

課題調査票

<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【S101M101L102_z01】 福島第一原子力発電所事故を踏まえた安全目標の設定とリスク認知</p>
<p>マイルストーン及び 目指す姿との関連</p>	<p>短Ⅲ. リスク情報に基づく対話力の向上 ⇒リスク情報に基づき、リスク低減への取組み等について、国民目線での丁寧な対話が行われる必要がある。 ⇒安全性向上を共通目的として規制機関と産業界との緊張感のある協調関係が確立される必要がある。 ⇒防災体制の拡充・高度化がなされる必要がある。</p> <p>中Ⅰ. 包括的リスク情報活用の向上 ⇒原子力に係るリスクを効果的・継続的に低減するとともに、リスク情報に基づく意思決定サイクルの考え方が定着・改善されている必要がある。</p> <p>中Ⅳ. リスク情報共有による対話力・マネジメント力の向上 ⇒良好なコミュニケーションに培われた国民との信頼関係が構築されるために必要。 ⇒リスク情報の開示から共有に至るよう対話力・マネジメント力の継続的向上が必要となる。</p> <p>長Ⅲ. リスク情報を共有した対話力・マネジメント力の維持・発展 ⇒全てのステークホルダー間でリスク情報が共有され、継続的安全性向上が図られている等の対話ができるよう対話力やマネジメント力の発展を目指す取り組み必要がある。</p>
<p>概要（内容）</p>	<p>日本の原子力事業者は、福島第一事故以降、新規規制基準への対応も含め安全性向上の取り組みを進めている。</p> <p>「どこまで安全なら十分安全といえるのか（How safe is safe enough?）」の原子力安全に向う姿勢が示すように、絶対的な安全はないとの前提で、国民や立地自治体の理解を得て、目指す「リスク低減目標」に向かって継続的な安全性向上に取り組んでいかなければならない。</p> <p>この「リスク低減目標（以下「安全目標」という。）は、規制側から提示されるのを待つのではなく、事業者自らも技術的視点に加え、社会科学視角も含む、安全性向上活動やリスクマネジメントの指標として検討・整理していくべきものである。</p> <p>と同時に、産業界はこれを学术界および規制、さらに国民と共にその妥当性を吟味し、定めていかなければならない。</p> <p>事業者は、リスク評価及びリスク低減策の高度化を通じて、安全目標及びその考え方を継続的に見直していくことにより、自主的・継続的に安全性向上に取り組んでいく。国は学术界と協働し、社会と一体となり安全目標のコンセンサスを形成し、設定する。学協会は、必要に応じて安全目標の考え方に関する規格策定を行う。</p>
<p>具体的な項目</p>	<p>(課題にぶら下がる細項目の課題を箇条書き)</p>

	<p>&lt;短期&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・福島第一原子力発電所事故から得られた知見の整理・データベース化</li> <li>・従来の規制要求の整理</li> <li>・国際的知見の導入</li> <li>・社会的ニーズの継続的把握</li> <li>・リスク情報の整理（ハザード、シーケンス、影響を再整理することで、何ができていて何ができていないかの現状分析を行う）</li> <li>・安全目標の考え方の整理</li> <li>・安全目標の考え方に関する規格策定</li> <li>・規制当局の安全目標の設定</li> <li>・事業者の安全目標の設定</li> <li>・社会との対話の場の設定</li> <li>・低線量被ばくの影響評価</li> </ul> <p>&lt;中期&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・安全目標に対する安全対策の達成度評価</li> <li>・自主的安全性向上活動の改善、規制当局との議論の継続</li> <li>・社会との対話の仕組みの改善</li> <li>・安全目標の再評価、規制への反映</li> <li>・より効果的な安全対策の検討（プラント設計の改善、アクシデントマネジメントや外部支援の改善（減災）、地域防災の高度化）</li> <li>・新技術導入のための社会システムの整備</li> </ul> <p>&lt;長期&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・広域防災への発展</li> <li>・海外への貢献</li> </ul>
<p>課題として取り上げた根拠 （問題点の所在）</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・現時点において、ステークホルダー間のリスクコミュニケーションに利用可能な安全目標が明確ではない。</li> <li>・また、安全目標に基づく安全性向上の仕組みが存在しない。</li> <li>・電気事業者・産業界・学協会・学术界・研究機関・国・自治体が国民と共に安全目標を設定することは、その目標を意識した事業者の自主的な安全性向上への取り組みを進めていくために重要である。</li> </ul>
<p>現状分析</p>	<p>現状分析は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・事業者としては、安全目標の考え方を整理したものはない。</li> <li>・規制当局の安全目標については、旧原子力安全委員会及び原子力規制委員会において議論がなされ、平成 25 年 4 月 10 日の原子力規制委員会において、決定されている。安全目標に関する議論は、原子力規制委員会として、今後も引き続き検討を進めていく、とされた。</li> </ul> <p>【原子力安全委員会】</p> <p>原子力安全委員会の専門部会において、平成 15 年に安全目標案、平成 18 年に安全</p>

目標案に対応する性能目標が取り纏められているが、原子力安全委員会決定とはなっていない。

- ・「安全目標に関する調査審議状況の中間とりまとめ」（平成 15 年 12 月原子力安全委員会安全目標専門部会）（抜粋）

(1) 定性的目標案

原子力利用活動に伴って放射線の放射や放射性物質の放散により公衆の健康被害が発生する可能性は、公衆の日常生活に伴う健康リスクを有意には増加させない水準に抑制されるべきである。

(2) 定量的目標案

原子力施設の事故に起因する放射線被ばくによる、施設の敷地境界付近の公衆の個人の平均急性死亡リスクは、年あたり百万分の 1 程度を超えないように抑制されるべきである。

また、原子力施設の事故に起因する放射線被ばくによって生じ得るがんによる、施設からある範囲の距離にある公衆の個人の平均死亡リスクは、年あたり百万分の 1 程度を超えないように抑制されるべきである。

- ・「発電用軽水型原子炉施設の性能目標について－安全目標案に対応する性能目標について－」（平成 18 年 3 月 28 日原子力安全委員会安全目標専門部会）（抜粋）

発電炉の性能目標の定量的な指標値として、

指標値 1. CDF :  $10^{-4}$  /年程度

指標値 2. CFF :  $10^{-5}$  /年程度

※ : CDF (Core Damage Frequency) 炉心損傷頻度

CFF (Containment Failure Frequency) 格納容器機能喪失頻度

を定義し、両方が同時に満足されることを発電炉に関する性能目標の適用の条件とする。

【原子力規制委員会】

平成 25 年 4 月 10 日の定例委員会において、安全目標について以下のとおり決定されている。

①旧原子力安全委員会安全目標専門部会検討結果は、原子力規制委員会が安全目標を議論する上で十分に議論の基礎となるものと考えられる。

②ただし、東京電力福島第一原子力発電所事故を踏まえ、放射性物質による環境への汚染の視点も安全目標の中に取り込み、万一の事故の場合でも環境への影響をできるだけ小さくとどめる必要がある。

具体的には、世界各国の例も参考に、発電用原子炉については、

- ・事故時の Cs137 の放出量が 100TBq を超えるような事故の発生頻度は、100 万炉年に 1 回程度を超えないように抑制されるべきである（テロ等によるものを除く）

ことを、追加する。

③バックフィット規制の導入の趣旨に鑑み、現状では安全目標は全ての発電用原子炉に区別無く適用する。

	<p>④安全目標は、原子力規制委員会が原子力施設の規制を進めていく上で達成を目指す目標である。</p> <p>⑤安全目標に関する議論は、原子力規制委員会として、今後も引き続き検討を進めていく。</p> <p>※: Cs137 放出量 100TBq については、平成 25 年 4 月 3 日の定例委員会において、更田委員より、以下のとおり発言されている。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 東京電力福島第一原子力発電所事故の際に、環境に放出された放射性物質の凡そ 100 分の 1 に相当</li> <li>・ 発電所近傍において、短期間の避難等で、帰還困難になる領域を作らないという意味の数字</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 規制当局と事業者が社会と共通認識とできる安全目標の考え方の整理が必要</li> <li>・ 社会的に許容される安全目標の考え方の整理（何を、どこまで実施するのか）が必要</li> <li>・ 多数基立地サイト、地域における個別プラントの安全目標の考え方整理が必要</li> </ul> <p>人材基盤に関する現状分析は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 事故時の影響評価（健康影響、社会的・経済的影響等）を踏まえて、考え方を整理できる人材がいない</li> </ul>
<p>期待される効果 (成果の反映先)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 原子力利用を進める上での安全目標の考え方を整理し、PRA 評価と合せて活用することにより、事業者が安全性向上活動を効果的に立案・実施することが可能となる。</li> <li>・ また、この安全目標について、社会と事業者や規制当局が共通認識とすることにより、事業者の安全性向上活動に対する社会の理解や規制当局の評価が促進され、科学的・合理的な規制の導入が可能となる。</li> <li>・ 事業者・規制当局の取組みを見える化することにより、社会はこれらを監視可能となり、原子力利用の安全性に対する判断材料が得られる。</li> </ul>
<p>他課題との相関</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ S103M102L101_b01 : リスク情報を活用したコミュニケーションの実施</li> <li>・ S104M101L102_b02-3 : 広域防災を意識した原子力防災への備え（オンサイト・オフサイト連携推進）・広域防災への事業者の関わり・支援</li> <li>・ S104M101L102_b02-1 : 原子力災害対策組織・体制（地域防災との関わり含む）の連携強化</li> <li>・ S104M101L102_b02-2 : オンサイトーオフサイト防災の円滑な情報連携への取組</li> <li>・ S104_b04 : 効果的な防災対策立案に有効な外的事象情報の提供</li> <li>・ M102L101L104_b08: 廃棄物や TRU 低減を実現する革新的技術及び軽水炉システムの構築</li> <li>・ S110M106L103_d01 : 福島第一原子力発電所事故の教訓、最新知見を反映する枠組みの構築及び維持</li> </ul>

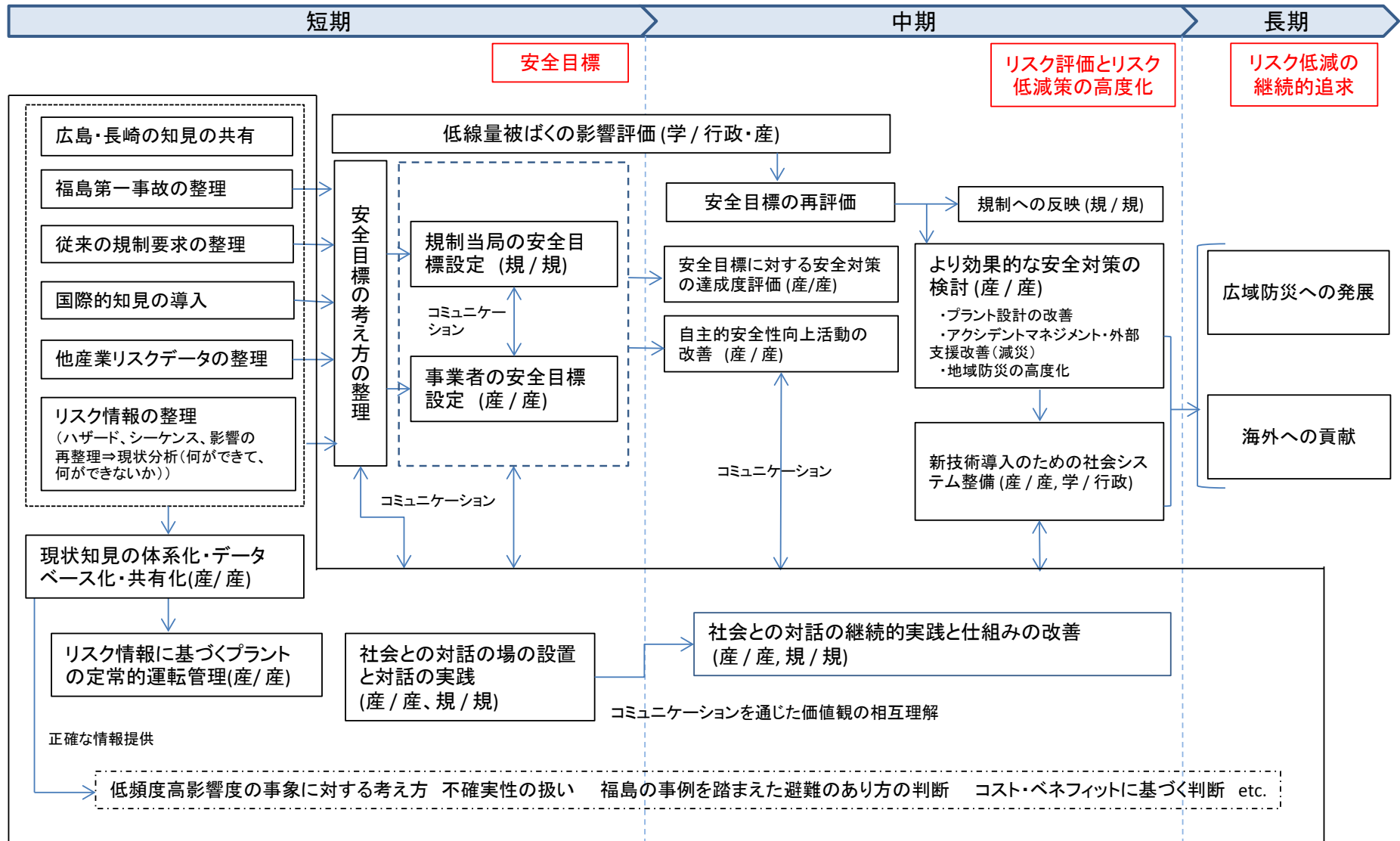
実施の流れ	当該ステージ
<p>実施機関／資金担当 ＜考え方＞</p>	<p>短期 中期 長期</p> <p>安全目標</p> <p>リスク評価とリスク低減策の高度化</p> <p>リスク低減の継続的追求</p> <p>※拡大図を後段に示す。</p> <p><b>産業界 / 産業界</b>          (福島第一原子力発電所事故から得られた知見の整理・データベース化、国際的知見の導入、社会的ニーズの継続的把握、リスク情報の整理、安全目標の考え方の整理、事業者の安全目標の設定、社会との対話の場の設定、安全目標に対する安全対策の達成度評価、自主的安全性向上活動の改善、規制当局との議論の継続、社会との対話の仕組みの改善、等)</p> <p><b>学术界・産業界 / 産業界</b>          (低線量被ばくの影響評価、より効果的な安全対策の検討、意思決定プロセスに必要な情報の観点からの確率論的リスク評価手法の高度化、低頻度高影響度事象のリスク認知評価手法の高度化、等)</p> <p><b>学术界・原子力規制委員会 / 原子力規制委員会</b>          (従来の規制要求の整理、安全目標の考え方の整理、規制当局の安全目標の設定、社会との対話の場の設定、安全目標の再評価・規制への反映、科学的根拠に基づく規制基準の高度化、社会との対話の仕組みの改善、等)</p> <p><b>産業界 / 産業界 自治体・学术界・産業界 / 行政</b>          (広域防災への発展、海外への貢献、等)</p> <p><b>学協会 / 産業界</b>          (安全目標の考え方に関する規格策定、各種 PRA 評価手法の規格策定・改訂等)</p> <p>#</p>

	<p>行政は、内閣府、文部科学省、経済産業省、厚生労働省、国土交通省、防衛省、原子力規制委員会等を含む</p> <p>&lt;考え方&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 行政は学术界と協働し、社会（自治体）と一体となり安全目標のコンセンサスを形成し、設定する。</li> <li>・ 電気事業者を中心とした産業界は実施主体として、学术界とも連携して、電中研リスク研究センター・原子力安全推進協会での研究活動と連携・協力して、安全目標への取組方を整理する。</li> <li>・ 学協会は、必要に応じて安全目標の考え方に関する規格策定を行う。</li> <li>・ 実施主体と資金担当の組合せはロードマップ全体に亘る検討事項。</li> </ul>
--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

【改訂履歴】

改訂番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
—	2015年3月31日	初版
1	2015年5月21日	実施機関 / 資金担当 等追記
2	2016年11月30日	・ 課題調査票の不整合修正（他課題との相関の箇所を見直し）

実施の流れ



課題調査票

<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【S102_z02】 リスクレベルに応じた規制制度変更とその円滑な実施</p>
<p>マイルストーン及び 目指す姿との関連</p>	<p>短Ⅲ：廃止措置におけるリスクベース規制制度の構築 数基の運転停止した原子力発電所に対して、廃止措置の計画を立案して、既存技術を基に施設を解体し、解体に伴って発生したクリアランス物や放射性廃棄物がそれぞれリスクに応じた適切な規制制度の中で滞ることなく円滑に処理処分されていること。 ⇒ 廃止措置関連の規制が合理的な制度になるためには、規制者及び事業者ともに、対象となる行為のリスクを理解した上で、段階的に低減していくリスクに応じた規制制度を構築していく必要がある。</p>
<p>概要（内容）</p>	<p>エネルギー基本計画で示された円滑な廃止措置を実現するため、廃止措置段階は運転段階とはリスクレベルが低くなるため、リスクとリスクレベルの定義や定量的に示す指標を検討し、過度な保守性を排除しリスクに応じた規制制度を構築する。規制制度としては、廃止措置施設の保安管理規制、廃止措置施設の設備規制、クリアランス検認、各放射能レベルごとの廃棄物の確認、埋設施設に係る規制が関連する。</p>
<p>具体的な項目</p>	<p>&lt;短期&gt; ・ 運転中よりも相対的に低くなる廃止措置中のリスク（人災リスクを含む）の定量的及び定性的把握（段階的リスクの低減評価を含む）により、次の廃止措置中における各規制制度を見直す。  <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 廃止措置施設の保安管理規制(保安検査頻度、保安規定、品証の程度等)</li> <li>➢ 廃止措置施設の設備規制(維持管理計画／専ら施設設置の扱い等)</li> <li>➢ クリアランス認可・確認</li> <li>➢ L1/L2/L3 廃棄物確認</li> <li>➢ L1/L2/L3 埋設施設規制</li> <li>➢ 廃棄物輸送規制</li> </ul> </p>
<p>課題として取り上げた根拠 (問題点の所在)</p>	<p>・ 原子力発電所の廃止措置は放射性物質を内在しているが故に放射性物質にかかる安全性を確保して実施しなければならないが、これが過度なものであると、廃止措置が停滞することになるため、廃止措置にブレーキがかかることがないように、リスクに応じた規制制度を構築する必要がある。          ・ 廃止措置施設のリスクは、運転段階に比べて低く、廃止措置の進展に伴って段階的に変化していくことから、廃止措置段階に応じた適切な規制にする必要がある。クリアランスのリスクは非常に低い。また、放射性廃棄物埋設のリスクも放射能レベルや物質の状態に応じて違うことから、欧米で用いられている廃止措置関連の評価指標を参考にすることなども考慮して、リスクに応じた規制制度にする必要がある</p>
<p>現状分析</p>	<p>廃止措置開始の届出制から認可制に改正されたが、規制の内容は廃止措置プラントにおける低いリスクとは無関係に横並びとなっている。 (背景) 平成 13 年に東海発電所が廃止措置を開始した時は解体届という手続きだけで、その他の規制は運転中の規制がそのまま継続していた。東海発電所の廃止措置を実施</p>



	<p>していく中で現場の実態と規制制度があまりにかけ離れていることから、平成 17 年に法改正を行って、一部規制を見直したが、リスクに応じた規制制度にはなっていない。その前後に整備されたクリアランスや廃棄物処分にかかる規制(廃棄物確認、埋設施設、廃棄物輸送等)に至っては、対象物のリスクとは関係なく、規制制度は横並びで構築されている。</p> <p>まず次の問題点に対応するためには、規制制度の見直しが必要</p> <p>①クリアランス制度における、測定方法の認可と確認のダブル規制。本来のクリアランスのリスクレベルとしては管理区域からの人の出入り管理と同等のレベルである。出入り管理をクリアランス制度と同様な規制を行ったら、管理区域の入退室ができなくなってしまう。クリアランスした物自体についても問題ないことが実績であきらかとなっていることから、こういった観点での制度・基準の見直しを行う必要がある。</p> <p>②炉心や施設から燃料が搬出されることにより臨界管理が不要となること、放射能漏洩のリスクが大幅に低くなること、管理すべき設備が撤去されていくことなどにより、廃止措置において、設備規制や保安管理規制は運転中における規制と同等である必要はないと考えられる。</p> <p>③現状では、内包する放射能量、廃棄体の線量のレベルに応じた輸送及び埋設の管理レベルを検討し、それらを規制制度に反映することが考えられる。</p> <p>人材基盤に関する現状分析は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・適正なリスクレベルでの保安管理、設備管理に従事すべき廃止措置要員を、過度な規制に対応させている状態。</li> </ul>
<p>期待される効果 (成果の反映先)</p>	<p>リスクレベルに応じた適切な規制制度となり、それを現場で適用することにより、円滑に廃止措置及び処理処分が進む。</p> <p>それら規制制度の対象は、廃止措置施設と廃棄物埋設施設。</p>
<p>他課題との相関</p>	<p>廃止措置にかかる規制制度は廃止措置計画から、クリアランス、廃棄物処理、廃棄物埋設、廃止措置終了に至るまでの行為で関連する。</p> <p>S113_d43 : 廃止措置実績に基づく廃止措置計画の構築方法の確立</p> <p>S113_d44 : 放射能レベルの高い機器の解体</p> <p>S103_b05: クリアランスリサイクルの実現</p> <p>S113_d45 : 処分場の設計・評価技術の確立による社会的受容性の向上</p> <p>S103_b06 : 処分場の確保</p> <p>M107_d46 : 廃止措置のための L3 埋設施設の管理方法</p> <p>M107_d48 : プラント機器撤去後の建屋・サイトの再利用</p> <p>L103_d49 : プラント機器撤去後のサイト解放支援</p> <p>M107_d47: 廃止措置実績を今後のプラントに反映</p>

	<p style="text-align: center;"><u>短期</u></p> <p style="text-align: center;">円滑な廃止措置が継続</p> <p>* 廃止措置中のリスク（人災リスクを含む）の定量的及び定性的把握（段階的リスクの低減評価を含む）</p> <p>&lt;見直し対象の規制制度&gt;</p> <p>運転中よりも相対的に低くなる廃止措置中のリスク（人災リスクを含む）の定量的及び定性的把握（段階的リスクの低減評価を含む）により、次の廃止措置中における各規制制度を見直す。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 廃止措置施設の保安管理規制（保安検査頻度、保安規定、品証の程度等）</li> <li>・ 廃止措置施設の設備規制（維持管理計画／専ら施設設置の扱い等）</li> <li>・ クリアランス認可・確認</li> <li>・ L1/L2/L3 廃棄物確認</li> <li>・ L1/L2/L3 埋設施設規制</li> <li>・ 廃棄物輸送規制</li> </ul>
<p>実施機関／資金担当</p> <p>&lt;考え方&gt;</p>	<p>電気事業者／電気事業者</p> <p>廃止措置と廃棄物の処理処分を規制制度に基づき実施。</p> <p>原子力規制庁／原子力規制庁</p> <p>現状の規制制度をレビューし、廃止措置の状態に見合った規制制度に見直す。</p> <p>学協会／学協会</p> <p>廃止措置標準を見直す。</p> <p>&lt;考え方&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 電気事業者は、新たに構築されたリスクレベルに応じた規制制度に従って、発電所の廃止措置及び廃棄物の処理処分を円滑に実施する。</li> <li>・ 原子力規制庁は、科学的にリスクレベルに応じた規制制度を構築する。また、そのために必要な安全性に関する研究を実施する。</li> <li>・ 学協会は、原子力規制庁及び電気事業者を支援するよう、廃止措置に係る標準を整</li> </ul>

	備する。
--	------

【改訂履歴】

改訂 番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
—	2015年5月21日	初版
1	2016年11月30日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 課題調査票の不整合修正（他課題との関連の箇所を見直し）</li> <li>・ ロードマップ上の要素課題（課題調査票）追加設定に伴う見直し（他課題との関連の箇所を見直し）</li> </ul>

課題調査票

<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【S102M101_a01】 リスク情報を活用する体制の検討着手（部分的な取り込み：関連する人材育成も含む） リスク情報を活用する体制の構築（高度化されたリスク評価技術の規格化：関連する人材育成を含む）</p>
<p>マイルストーン及び 目指す姿との関連</p>	<p>短Ⅲ. リスク情報に基づく対話力の向上 中Ⅳ. リスク情報共有による対話力・マネジメント力の向上 ⇒効果的・継続的なリスク低減活動・自主的安全性向上活動が進められるためには、信頼性のある組織・体制が構築・維持される必要がある。 ⇒さらに規制当局がリスク情報を活用し、効果的・継続的な規制の組織・体制の構築・維持することが必要である。</p>
<p>概要（内容）</p>	<p>米国においては、スリーマイル島原子力発電所（以下 TMI）事故、及びその後の対応の教訓を踏まえ、事業者の自主的安全性向上の仕組みを取り入れた、リスク情報の整備とそれに基づく最適な安全対策の実施に努めてきた。米国原子力規制委員会（以下 NRC）は、TMI 事故の 16 年後の 1995 年に「確率論的リスク評価（以下 PRA）政策声明」を発表した。この中で、発電所毎に評価される運転実績に基づくリスクに応じた規制の関与、コスト・ベネフィット分析を実施した上での既設発電所への最新規制の適用（バックフィット）の可否など、リスク情報に基づく規制運用が導入された。 我が国においても、リスク情報を正確に定義・理解・把握し、積極的に意思決定に活用し、安全性向上に向けた実際の行動に繋げるリスクマネジメントを実施することが必要である。このような活動により、リスク情報を活用した規制や関連人材の育成につなげる。</p>
<p>具体的な項目</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ リスク情報の定義</li> <li>・ リスク情報に基づく適切な意思決定の仕組みの構築</li> <li>・ 規制体系におけるリスク情報の活用</li> <li>・ リスク情報に基づくステークホルダー間のコミュニケーション</li> </ul>
<p>課題として取り上げた根拠 (問題点の所在)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 国、立地自治体、原子力事業者、原子力メーカー等のそれぞれの組織、または、相互のコミュニケーションの中に、適切なリスクガバナンス（リスク情報に基づき、然るべきリスクマネジメントを求めること）の枠組みが確立されていない。</li> <li>・ リスク情報に基づくリスクマネジメントについて、リスク評価技術、およびその取込み方法、規格化の在り方、規制運用方法などが明確ではない。</li> </ul>
<p>現状分析</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ PRA の活用の重要性は謳われてきており、原子力事業者各社は安全性向上に向けたリスクマネジメントに取り組み始めているところであるが、リスク情報の整備がまだ十分とはいえない。</li> <li>・ リスク情報を整備しても、それを活用した規制体系とその運用方法が明確となっていない。</li> <li>・ リスク情報の活用には、原子力安全に関する広範囲な知識と PRA 等から得られるリスク情報に対する深い洞察が必要となる。このような分野の人材の育成は、学会及</li> </ul>

	<p>び産業界・規制当局においても十分な時間を必要とするため、早期に人材育成に着手することが必要。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・リスク情報を活用できる状態になった場合に、我が国の社会全体として「原子力がかもたらす便益に照らして許容される範囲にリスクが抑えられるか」という概念の構築が課題。</li> <li>・PRA においては、手法が常に更新されていくが、評価結果の不確実さが大きなものも存在する。PRA の限界を認識して、適切な意思決定をすることが課題。</li> </ul>
人材基盤の現状分析	<ul style="list-style-type: none"> <li>・安全設計および安全評価においてリスク情報の活用精通した人材が不足</li> <li>・PRA 評価技術者が不足</li> <li>・技術者を育成・確保するための環境的基盤の確保が必要</li> <li>・リスク情報は事業者とメーカ、協力企業などの技術的なコミュニケーション促進にも有効であるが、そのような理解・活用事例があまりない。</li> <li>・運転・保守の現場でのリスク情報の有用性の理解・活用が進んでいない。</li> </ul>
期待される効果(成果の反映先)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・リスク情報に基づく原子力規制体系の構築と運用を実現できる。</li> <li>・リスクマネジメントに基づく適切な安全設備への投資ができる。</li> <li>・リスク情報を活用した、事業者及び規制当局からの立地自治体及び国民への説明性の向上に繋がる。</li> </ul>
他課題との相関	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ S102_a06 (リスク文化の定着)</li> <li>・ S104M101L102_b02-1 (外部支援組織との連携強化、地域防災への事業者の関わり・支援)</li> <li>・ S104M101L102_b02-2 オンサイトーオフサイト防災の円滑な情報連携</li> <li>・ S102_a07 (安全文化の醸成)</li> <li>・ S102_a12 (リスク情報(不確実さを含む)に基づく総合的意思決定に向けた枠組み構築と人材育成)</li> <li>・ S103M102L101_b01 リスク情報を活用したコミュニケーションの実施</li> <li>・ S108_c09 (外的事象の情報提示等ヒューマンインターフェースの高度化)</li> <li>・ Non_a13 継続的なプラント安全性向上を図り安定な運転を継続するための人材確保</li> <li>・ S111_d29: リスク情報活用による保全・運用管理の高度化</li> <li>・ S101M101L102_z01 福島第一事故を踏まえた安全目標の設定とリスク認知</li> <li>・ M101L101_a02 プラント全体のリスクを極小化する緊急時対応組織の対応能力強化(外部支援の強化等)</li> <li>・ M103L101_a04: 大規模自然災害対応へのリスクガバナンス構築</li> <li>・ S102_a09: リスク情報活用に向けた組織マネジメントの高度化</li> </ul>

<p>実施の流れ</p>	<p>S102_a06, S104M101L102_b02-1, S104M101L102_b02-2, S102_a07, S102_a12, S103M102L101_b01, S102M101_a01, S111_d29, S101M101L102_z01, S102_a09</p>
<p>実施機関／資金担当 ＜考え方＞</p>	<p>行政・産業界学協会／行政（原子力規制委員会、経済産業省）、産業界</p> <p>＜考え方＞</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 電気事業者は、事業主体としてリスク情報に基づく安全性の適正評価・向上に努める。</li> <li>・ 経済産業省(エネ庁)は、原子力利用に伴うリスクやベネフィットを社会に説明する基礎データを取得する立場から、学協会等を活用して検討する。</li> <li>・ 原子力規制委員会は、規制側の実施主体として、リスク情報を活用する規制の検討・適用に努める。</li> <li>・ 学協会は、リスク情報に基づく規格改定を行う。</li> <li>・ 実施主体が資金担当となることが適当。推進側と規制側が共同で検討する枠組みは、今後具体的に検討する。</li> </ul>

【改訂履歴】

改訂番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
-	2015年5月21日	初版
1	2016年11月30日	・ 課題調査票の不整合修正（他課題との相関、実施の流れの箇所を見直し）

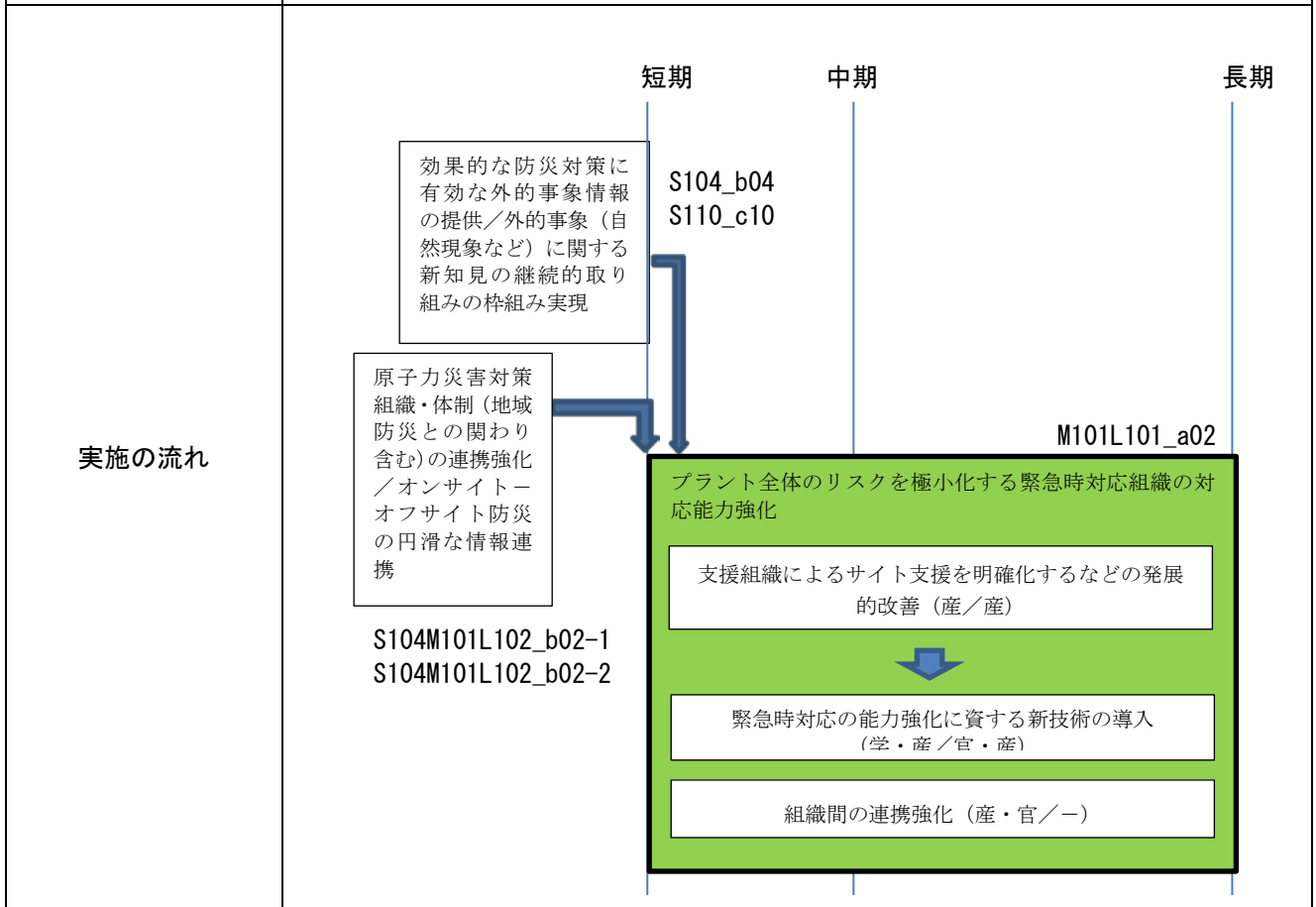
課題調査票

<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【M101L101_a02】 プラント全体のリスクを極小化する緊急時対応組織の対応能力強化（外部支援の強化等）</p>
<p>マイルストーン及び 目指す姿との関連</p>	<p>中 I. 包括的リスク情報活用の向上 ⇒原子力に係るリスクを効果的・継続的に低減するとともに、リスク情報に基づく意思決定にサイクルの考え方が定着・改善されている必要がある。</p> <p>長 I. プラント全体のリスク極小化 ⇒事故低減に係る革新的技術がなされるために必要。 ⇒ゼロエミッション電源として高い稼働率で安全・安定運転の継続が可能となるよう、設計・保守・運転等の各断面でリスク極小化を目指す取り組みがなされる必要がある。</p>
<p>概要（内容）</p>	<p>緊急時対応組織における重大事故等への対応能力の向上の結果として、</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 原子力緊急事態支援組織の柔軟な運用の発展的改善</li> <li>・ 組織間の連携強化（自衛隊等との連携強化による機動力の向上）</li> <li>・ 緊急時対応の能力強化に資する新技術の導入</li> </ul> <p>について検討する。</p>
<p>具体的な項目</p>	<p>【原子力緊急事態支援組織の柔軟な運用の発展的改善】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 原子力緊急事態支援組織の役割の拡大（緊急時対応業務の継続的な改善）</li> </ul> <p>【組織間の連携強化】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 発電所内外の緊急時対応組織間（警察、消防、自衛隊、海保等の災害対応機関を含む）の連携強化を図る</li> <li>・ 外的事象発生直後から事故に至る情報を速やかに共有する緊急時情報入手システムの整備</li> </ul> <p>【緊急時対応の能力強化に資する新技術の導入】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 緊急時対応の能力強化に資する新技術（遠隔操作等）の研究開発を進めると共に、有効な新技術については導入を進めていく</li> </ul>
<p>課題として取り上げた根拠 (問題点の所在)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 事故収束は長期的な活動を想定すべきであり、資機材、物資等の外部調達を適切かつ迅速に実施することが重要</li> <li>・ 支援組織は社会的にも注目度が高く、事故対応の側面からの外部支援活動に限定せず、より幅広い事故収束活動を可能にすることが重要</li> </ul>
<p>現状分析</p>	<p>現時点では、基本的に各社で事故収束を図ることになっている。そのため、各事業者は、シビアアクシデントに備え、サイト内に外部支援なしで7日間活動するための資機材、物資等を確保しており、サイトへの活動支援、物資等の調達は各社にて検討することとしている。更なるプラントのリスクを低減するためには、外部（他社）からの支援がある方が望ましい。</p> <p>緊急時支援組織の発足時の絵姿は明確にしており、また、原子力事業者間で原子力災害時の支援に関する協力協定を締結し、緊急時モニタリング要員、放射線管理資機</p>

	<p>材等の融通やこれらの物流拠点となる原子力事業所災害対策支援拠点が整備され、支援の仕組みが構築されている。加えて、原子力規制委員会からは、大型の可搬設備についての融通の検討を求められている。そのため、資機材リストの整備を進めている。</p> <p>現在、支援組織が発足し、事故が発生した発電所の物流拠点となる後方支援拠点に向けた偵察・測定ロボット等資機材の搬送を担っており、搬送手段やルート等の具体化を図っている。更に事故収束に資するためには、支援組織も当該事業者と共同して発電所で事故対応を担うことが望まれる。そのためには、事業者が有する事故情報・プラント情報を、支援組織も速やかに共有する仕組みが望まれる。</p> <p>大学・メーカー・電気事業者・規制の連携による、例えば遠隔操作技術等の研究開発から現場への導入までの一貫した体制や制度の整備については、改善の余地が多い。</p> <p>支援組織の長期的な改善の方向性については、具体的な議論は出来ていない。</p> <p>また、外部支援に必要な技術開発やサイト内活動を行う電気事業者および支援組織の人材基盤については、長期的に維持する必要がある。そのため、これら技術開発やサイト内活動を行う人材に必要な能力の明確化が必要である。</p>
<p>期待される効果 (成果の反映先)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 緊急時対応組織の対応能力の強化により、事故拡大による影響を緩和し、より早期の事故収束が可能となり、社会リスクの低減につながる。ひいては、社会からの信頼の醸成が期待される。</li> <li>・ 国際的な原子力利用の拡大を視野に入れ、緊急時対応支援組織のあり方に係る知見の発信は、国際社会への貢献につながる。</li> </ul>
<p>他課題との相関</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ S104M101L102_b02-1：原子力災害対策組織・体制（地域防災との関わり含む）の連携強化</li> <li>・ S104M101L102_b02-2：オンサイトーオフサイト防災の円滑な情報連携</li> <li>・ S104_b04：効果的な防災対策に有効な外的事象情報の提供</li> <li>・ S110_c10：外的事象（自然現象など）に関する新知見の継続的取り組みの実現</li> <li>・ S111_d33-2：事故時被ばくリスクの低減（放射線防護技術、遠隔操作・ロボット技術等）</li> <li>・ M103L101_a04：大規模自然災害対応へのリスクガバナンス構築</li> <li>・ S102M101_a01：リスク情報を利活用する体制の検討着手（部分的な取り込み：関連する人材育成も含む）リスク情報を利活用する体制の構築（高度化されたリスク評価技術の規格化：関連する人材育成を含む）</li> <li>・ S111_d29：リスク情報活用による保全・運用管理の高度化</li> <li>・ S102_a09：リスク情報活用に向けた組織マネジメントの高度化</li> <li>・ S104_c02：事故時手順書の高度化や対応要員の教育訓練（事故時対応力強化等）の高度化</li> </ul>



- ・ S102\_a03 : (通常運転時) 組織編制・機能分担の最適化
- ・ S105\_a05 : 緊急時対応における情報共有や意思決定判断基準の高度化 (環境影響評価/事象進展予測技術の高度化) 及び意思決定の教育訓練
- ・ S102\_a12 : リスク情報 (不確実さを含む) に基づく総合的意思決定に向けた枠組み構築と人材育成
- ・ SI04M101L102\_b02-3 : 広域防災を意識した原子力防災への備え (オンサイト・オフサイト連携推進)、広域防災への事業者の関わり・支援
- ・ S111\_d13 : リスク評価手法の改良と SA 対策への適用 S111\_d30 : 重大事故等 (SA) 対策機器の保全管理の確立



<p>実施機関／資金担当 ＜考え方＞</p>	<p><u>産業界／産業界</u> 支援組織によるサイト支援を明確化するなどの発展的な改善</p> <p><u>学术界・産業界／官界・産業界</u> 緊急時対応の能力強化に資する新技術の導入</p> <p><u>産業界・官界／－</u> 原子力災害対応における地域防災を含む自衛隊等との連携強化</p> <p>＜考え方＞</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・産業界は、実施主体として緊急時対応組織の機能強化に努める。</li> <li>・研究開発の実施主体としては、学术界や産業界が担う。新技術導入に伴う基礎研究の資金は、国益に適うもの（原子力災害時に役立つ技術が他の防災等にも役立つ）であることから、国家予算を投じる。新知見に基づく新技術の緊急事態支援組織への導入に伴う資金負担は産業界が担う。</li> <li>・組織間の連携強化については、事故情報を発信する事業者と自衛隊等の災害対策機関が主導的に検討を実施する。なお、組織の連携強化を図るうえで資金が必要であれば負担の考え方を協議する。</li> </ul>
----------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

【改訂履歴】

改訂 番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
－	2015年5月21日	初版
1	2016年11月30日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・課題調査票の不整合修正（他課題との相関、実施の流れの箇所を見直し）</li> <li>・課題調査票の不整合修正（マイルストーン及び目指す姿との関連に中期の項目を追加）</li> </ul>

課題調査票

<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【S102_a03】 (通常運転時) 組織編制・機能分担の最適化</p>
<p>マイルストーン および 目指す姿との関連</p>	<p>短Ⅱ. 信頼性のある組織・体制の構築・維持 (防災支援体制含む)</p> <p>⇒効果的・継続的なリスク低減活動・自主的安全性向上活動が進められるためには、信頼性のある組織・体制が構築・維持される必要がある。 ⇒事故発生リスクの低減のみならず、リスクが顕在化した際のリスク拡大防止のための組織マネジメント力 (人材基盤の強化含む) の向上がなされる必要がある。事業者にとどまらず、日本全体での最適化を考える必要がある。</p>
<p>概要 (内容)</p>	<p>効果的・継続的なリスク低減活動・自主的安全性向上活動が進められるためには、組織として安全性向上に高い使命感を持つリーダーと安全性向上を常に意識した組織員によって構成される必要がある。また、最新知見の反映などを含め、過去に行った安全性向上対策の効果の評価を行い、必要に応じて更なる追加対策などを行うなどの柔軟な対応が必要である。</p> <p>事故発生のリスク低減のみならず、深層防護の観点に立ち、組織はトップダウンで、リスク発生時の拡大防止のための組織またはリスクマネジメントの仕組みを用意し、拡大防止の検討 (訓練を含む) などを通じ迅速にリスク拡大防止を行えるようにしておく必要がある。</p>
<p>具体的な項目</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・深層防護に係る項目</li> </ul>
<p>課題として取り上げた根拠 (問題点の所在)</p>	<p>組織・体制は、構築された当初の、安全性向上に対する高い使命感や、積極的な取り組みについて、取組を進めるにあたって関与する人が変わる等の様々の環境変化の中においても、当初と同じ認識・意識を継続していくことが課題となる。また、今後は、従前どおりの対応を行うだけでなく、新しい知見を積極的に反映するという意識を常に持ち、安全性を向上させる取組につなげる必要がある。このような状況から、常に安全性向上への高い使命感を維持することが課題である。</p>
<p>現状分析</p>	<p>現状、各関係者において、自主的安全性に向けた組織・体制の整備が進められている。これらの組織においては、自らが定めた安全性への取組について、ロードマップなどを策定し、安全性向上に高い使命感を十分に認識し、積極的な取り組みが進められている状況である。</p> <p>これらの組織・体制において、関与する人が変わる等の様々の環境変化の中において、当初と同じ認識・意識を継続するために、各事業者はトップのコミットメントやその浸透についても並行して取り組んでいる。</p> <p>なお、特に今後は、従前どおりの対応を行うだけでなく、新しい知見を積極的に反映するという意識を向上させる必要がある。このような状況から、常に安全性向上への高い使命感を維持することが課題である。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・事業者では、各社において国内外情報の収集や、リスクマネジメントの仕組みの構築、また実施した対策などについてQMSに基づく業務の有効性評価などが行われ</li> </ul>

	<p>ているが、海外情報を含めて、事業者(プラントメーカー含め)の良好事例などの反映を全国大で網羅的に積極的に検討する場がない。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・海外からの学びにおいて、歴史的・経済的・社会的背景を踏まえてベンチマークし、国内において長期に定着するカスタマイズが必要。</li> <li>・事故から時間が経過しても、組織・機能を劣化させない長期的な取り組みが必要。事業者(メーカー含め)において、海外情報を含めて、事業者(プラントメーカー含め)の良好事例などの反映を全国大で網羅的に積極的に検討する場がない。</li> </ul>
<p>期待される効果 (成果の反映先)</p>	<p>高いレベルで信頼性のある組織・体制の構築・維持が可能となる。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・社会科学的な検討との連携や、原子力関係者のみではない幅広い分野のステークホルダーとの連携により、透明性が増すとともに社会的受容性(国民への理解)が高まる。</li> </ul>
<p>他課題との相関</p>	<p>S102_a07 : 安全文化の醸成  S102_a06 : リスク文化の定着  S110_c10 : 外的事象(自然現象など)に関する新知見の継続的取り組みの枠組み実現  S102_a09 : リスク情報(不確実さを含む)に基づく総合的意思決定に向けた枠組み構築と人材育成  M101L101_a02 : プラント全体のリスクを極小化する緊急時対応組織の対応能力強化(外部支援の強化等)  M103L101_a04 : 大規模自然災害対応へのリスクガバナンス構築  S110M106L103_d02 :  短期 : 福島第一原発事故を踏まえた外的事象に関連する IAEA 基準等策定への参画  中期 : 外的事象に関連する IAEA 基準等策定への貢献  長期 : 外的事象に関連する IAEA 基準等策定の主導  S104M101L102_b02-1 : 原子力災害対策組織・体制(地域防災との関わり含む)の連携強化  S104M101L102_b02-2 : オンサイト・オフサイト防災の円滑な情報連携への取組  S104M101L102_b02-3 : 広域防災を意識した原子力防災への備え(オンサイト・オフサイト連携推進)、広域防災への事業者の関わり・支援</p>

実施の流れ	<p>現状</p>
	<p>中・長期</p>
<p>実施機関／資金担当 ＜考え方＞</p>	<p>産業界／産業界</p> <p>＜考え方＞</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>産業界により自主的安全性向上を図るため。</li> </ul>

【改訂履歴】

改訂 番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
—	2015年5月21日	初版
1	2016年11月30日	・ 課題調査票の不整合修正（他課題との関連の箇所を見直し）

課題調査票

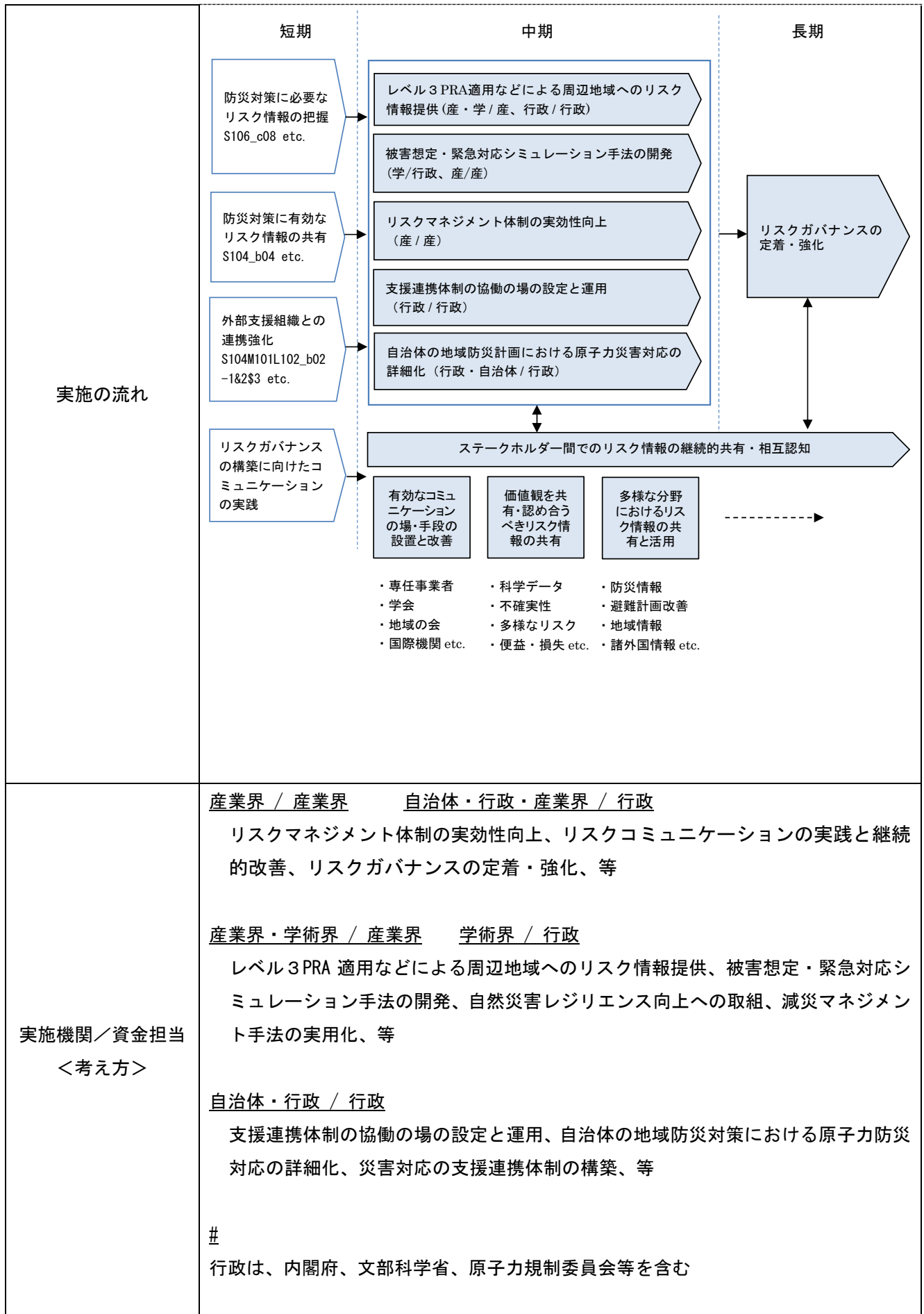
<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【M103L101_a04】 大規模自然災害対応へのリスクガバナンス構築</p>
<p>マイルストーン及び 目指す姿との関連</p>	<p>中Ⅰ. 包括的リスク情報活用の向上 ⇒原子力に係るリスクを効果的・継続的に低減するとともに、リスク情報に基づく意思決定サイクルの考え方が定着・改善されている必要がある。</p> <p>中Ⅳ. リスク情報共有による対話力・マネジメント力の向上 ⇒良好なコミュニケーションに培われた国民との信頼関係が構築されるために必要。 ⇒リスク情報の開示から共有に至るよう対話力・マネジメント力の継続的向上が必要となる。</p> <p>中Ⅴ. 国際貢献 ⇒国内技術・人材基盤に基づき、原子力導入国への最新知見が反映された技術が展開され、世界の原子力安全への貢献がなされる必要がある。</p> <p>長Ⅲ. リスク情報を共有した対話力・マネジメント力の維持・発展 ⇒全てのステイクホルダー間でリスク情報が共有され、継続的安全性向上が図られている等の対話ができるよう対話力やマネジメント力の発展を目指す取り組みが必要である。</p> <p>長Ⅳ. 国際貢献 ⇒世界の中で原子力安全・利用を主導できることを目指す取り組みが必要である。</p>
<p>概要（内容）</p>	<p>巨大地震、巨大津波、火山噴火などの大規模自然災害時における原子力発電所ならびに周辺地域の災害リスクを最小化する減災を確実にするため、リスクガバナンス※を構築する。適切なリスクガバナンスにより、大規模自然災害のリスク情報提供、被害想定・緊急対応シミュレーション、リスクマネジメント、災害発生時の協働・連携・支援体制、自治体の地域防災計画充実など、減災を確実にするための技術・仕組み・組織体制を、リスクコミュニケーションを軸にして有機的に運用する。</p> <p>リスクガバナンスの要素のうち、短期的には外部支援組織との連携や防災対策に有効なリスク情報の共有などが先行的に着手される。それらを受けて、防災関連組織の連携強化やより広域における多様な防災力の強化につなげていく。</p> <p>※リスクガバナンス：リスクシナリオ生成、リスク評価、リスク判定とリスクの規制・マネジメントならびにリスクコミュニケーションに至る各プロセスにステイクホルダーが参画することにより、柔軟なリスク対応の意思決定を行う仕組み（リスク学事典・改訂増補版，2006）</p>
<p>具体的な項目</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・レベル3 PRA 適用などによる周辺地域へのリスク情報提供</li> <li>・被害想定・緊急対応シミュレーション手法の開発</li> <li>・リスクコミュニケーションの実践と継続的改善</li> <li>・リスクマネジメント体制の実効性向上</li> <li>・支援・連携体制（内閣府／自治体／原子力事業者／原子力規制委員会）の構築，協働の場の設定及び運用</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>・自治体の地域防災計画における原子力災害対応の詳細化</li> <li>・リスクガバナンスの定着，強化</li> </ul>
<p>課題として取り上げた根拠 (問題点の所在)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・巨大地震、巨大津波、火山噴火などの切迫性が高まっているという意見もある。これらの災害時における原子力発電所の安全を確保するためには、東日本大震災以前では欠如していたと指摘されているリスクガバナンスの構築に必要な課題解決に早期に取り組むべきである。</li> <li>・大規模自然災害時には、複合災害や原子力発電所サイト内にとどまらない広域災害を認識し、その対応策についてステイクホルダーとの間でコンセンサスを得る必要があるが、これらについては原子力事業者だけでは対応できない。</li> </ul>
<p>現状分析</p>	<p>【技術動向に関する現状分析】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・大規模自然災害への対応を進めることで、大規模自然災害発生時におけるわが国産業の事業継続性や災害レジリエントな社会の構築に貢献できる。大規模自然災害への対応について周辺自治体と連携することは、社会からの信頼醸成、並びに地元とプラントの共生に資することから、重要な課題である。</li> <li>・日本においてはリスクが高いと考えられる大規模自然災害に対してリスク対応の行動計画を策定することで、リスク評価の信頼性向上につながる。</li> <li>・国の国土強靱化推進本部は「国土強靱化アクションプラン 2014」をとりまとめているが、原子力発電所の災害については扱われていない。</li> <li>・レベル3 PRA 手法は災害時の周辺地域への影響および既存地域防災計画などの有効性評価に関する有力なツールとなり得るが、評価手法は未整備であり、特定のサイトへの適用事例は見られない。</li> <li>・ハイパフォーマンスコンピューティング（HPC）の活用により、地震・津波複合災害シミュレーション、都市全体の被害想定シミュレーションが可能となっており、周辺地域全体の広域被害シミュレーション・避難シミュレーションへの応用が期待される。</li> <li>・原子力災害は広範囲に影響することから、原子力事業者はステイクホルダーとリスク認識、リスク低減目標および課題を共有し、継続的にリスクコミュニケーションする必要があるが、効果的な方法論や説明技法が確立されていないことから、現状のリスクコミュニケーションは不十分である。</li> <li>・リスクガバナンス、技術ガバナンス、減災のためのクライシスマネジメントなど、大規模自然災害対応についてのマネジメント面からの方策が、学会レベルで提言されているが、組織内でのリスクマネジメントに基づく意思決定プロセスや原子力事業者、国、自治体などの役割分担が具体化されていない。</li> <li>・自治体と原子力事業者との安全協定は存在するが、大規模自然災害発生時における近隣・広域間連携を強化する必要がある。</li> <li>・大規模自然災害、特に巨大津波、大規模火山噴火の影響は国外プラントにも及ぶ可能性があるが、その対応策について、原子力発電所はもとよりわが国の防災施策にも触れられていない。</li> </ul>

	<p>【人材基盤に関する現状分析】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・大規模自然災害の発生履歴調査，大規模被害シミュレーションなどの計算科学技術に通ずる研究者については，絶対数が不足しており，大学・独立行政法人系機関におけるポストも不足している。このため，これら機関において適切な研究課題設定を通じて育成の場を確保する必要がある。</li> <li>・リスクコミュニケーション技法を習得している実務系技術者が不足している。自然災害リスク情報から社会影響までを俯瞰でき，リスクコミュニケーションを実践できる人材を継続的に育成する必要がある。</li> <li>・自然災害に関する専門知識を兼ね備え，災害マネジメント分野への応用面まで掌握できる実務系技術者の育成の場を確保する必要がある。</li> <li>・原子力安全のみならず，地域，社会全体に対する広域防災を推進でき，防災行政にも通じる人材の育成の場を確保する必要がある。</li> </ul>
<p>期待される効果 (成果の反映先)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・災害レジリエントな社会の構築に貢献</li> <li>・全国規模大での大規模自然災害発生履歴の提供，大規模自然災害による被害想定シミュレーション手法開発などによる大規模自然災害対応に係る安全基盤の継続的強化に寄与</li> <li>・発電所周辺地域の防災リテラシー向上によるリスクマネジメント力の強化に寄与</li> <li>・原子力災害対応におけるステイクホルダーへの説明性向上と関係者の参画の実現による社会からの信頼の醸成に寄与</li> <li>・大規模自然災害発生時におけるわが国産業の事業継続性に寄与</li> <li>・東アジア諸国などを含めた国際社会からの防災面に関する信頼向上に寄与</li> </ul>
<p>他課題との相関</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・S102_a09：リスク情報活用に向けた組織マネジメントの高度化</li> <li>・S104_c02：組織対応力強化（専任化，事故時手順書の高度化）や対応要員の教育訓練(事故時対応力強化等)の高度化</li> <li>・S105_a05：緊急時対応における情報共有や意思決定判断技術の高度化（環境影響評価／事象進展予測技術の高度化）及び意思決定の教育訓練</li> <li>・S104_b04：効果的な防災対策に有効な外的事象情報の提供</li> <li>・S102_a12：リスク情報（不確実さを含む）に基づく総合的意思決定に向けた枠組み構築と人材育成</li> <li>・S106_c08：低頻度外的事象の監視モニタリング体制の構築</li> <li>・S110_c10：外的事象（自然現象など）に関する新知見の継続的取り組みの枠組み実現</li> <li>・S104M101L102_b02-1：原子力災害対策組織・体制（地域防災との関わり含む）の連携強化</li> <li>・S104M101L102_b02-2：オンサイトーオフサイト防災の円滑な情報連携への取組</li> <li>・S104M101L102_b02-3：広域防災を意識した原子力防災への備え（オンサイト・オフサイト連携推進）</li> <li>・S102M101_a01：・リスク情報を利活用する体制の検討着手（部分的な取り込み：関連する人材育成も含む）・リスク情報を利活用する体制の構築（高度化されたリスク評価技術の規格化：関連する人材育成を含む</li> </ul>



- ・ S111\_d29: リスク情報活用による保全・運用管理の高度化
- ・ S101M101L102\_z01 福島第一事故を踏まえた安全目標の設定とリスク認知
- ・ M101L101\_a02 プラント全体のリスクを極小化する緊急時対応組織の対応能力強化（外部支援の強化等）
- ・ S102\_a03:（通常運転時）組織編制・機能分担の最適化
- ・ S111\_d11-1:最終ヒートシンクの多様化と高機能化
- ・ S111\_d13: リスク評価手法の改良と SA 対策への適用
- ・ S111\_d33-1:被ばく低減技術の高度化（水質管理技術、遠隔操作・ロボット技術、放射線防護技術）
- ・ S110M106L103\_d02 :
  - 短期：福島第一原発事故を踏まえた外的事象に関連する IAEA 基準等策定への参画
  - 中期：外的事象に関連する IAEA 基準等策定への貢献
  - 長期：外的事象に関連する IAEA 基準等策定の主導
- ・ S111\_d14 : S A 対策機器の運用管理の最適化・高度化
- ・ S111\_d30 : 重大事故等（S A）対策機器の保全管理の確立
- ・ S102\_a06 : リスク文化の定着
- ・ S102\_a07 : 安全文化の醸成



	<p>&lt;考え方&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・行政（内閣府、文部科学省）および学术界（研究機関や大学等を含む）は、大規模自然災害対策に関わる施策策定，低頻度外的事象に関わる観測継続・発展，被害想定・緊急対応シミュレーション手法の開発，広域防災に関わる研究開発などを実施するとともに，国際連携の構築を検討する。特に文部科学省傘下の研究機関は，自然災害による被害の軽減を目指した研究開発の推進を担当する。また，自然災害レジリエンスに関わる事業・調査・研究などについて資金担当する。</li> <li>・内閣府については，原子力災害対応の支援連携体制の構築に向けて，関係省庁（規制），自治体，原子力事業者それぞれの役割についての総合調整などを担当する。また，原子力災害対応の支援連携体制の構築に関わる資金についても担当する。</li> <li>・学术界、自治体は、それぞれ災害マネジメント方法論の構築・提言、地域防災計画等への取込みとそれを踏まえた原子力事業者との連携体制や災害対策策定を担当する。</li> <li>・原子力規制委員会は、事業者、国、自治体等が原子力災害対策を計画・実施する際の専門的・技術的事項を定める。また、原子力災害対策指針の継続的改善，緊急時モニタリングの充実などに関する資金を担当する。</li> <li>・原子力規制委員会傘下の研究機関は、原子力安全規制への技術支援の他、原子力災害対策に係る国や自治体への技術支援などを担当する。</li> <li>・自治体は、リスクガバナンスの地域防災計画などへの取込みと，それを踏まえた原子力事業者などとの連携体制や災害対策策定を担当する。また、災害マネジメント論を踏まえた計画・対策策定について資金担当する。</li> <li>・電気事業者を主体とする産業界は、リスク情報に基づいて意思決定を行う体制を確立し，レベル3 PRA，リスクコミュニケーション，リスクマネジメントなどの実施主体として，リスク情報把握，ステイクホルダーとのリスク情報共有，課題認識する仕組みの構築などを担当する。また、レベル3 PRA，リスクコミュニケーション，リスクマネジメントなどの実施と継続的改善について資金担当する。</li> </ul>
--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

【改訂履歴】

改訂番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
—	2015年3月31日	初版
—	2015年6月15日	「他課題との相関」における ID 番号の修正
1	2016年11月30日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 課題調査票の不整合修正（他課題との相関の箇所を見直し）</li> <li>・ 課題調査票の不整合修正（マイルストーン及び目指す姿との関連から短期の項目を削除）</li> </ul>

課題調査票

<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【S105_a05】 緊急時対応における情報共有や意思決定判断基準の高度化（環境影響評価／事象進展予測技術の高度化）及び意思決定の教育訓練</p>
<p>マイルストーン及び 目指す姿との関連</p>	<p>短Ⅱ. 信頼性のある組織・体制の構築・維持（防災支援体制含む） ⇒効果的・継続的なリスク低減活動・自主的安全性向上活動が進められるためには、信頼性のある組織・体制が構築・維持される必要がある。 ⇒事故発生リスクの低減のみならず、リスクが顕在化した際のリスク拡大防止のための組織マネジメント力（人材基盤の強化含む）の向上がなされる必要がある。</p>
<p>概要（内容）</p>	<p>緊急時の的確な意思決定に資するよう、プラント状態の正確な把握により事象進展のロバストな予測を可能とする技術開発を継続する必要がある。プラント状態把握とロバストな事象進展予測手法の開発が主な研究内容であり、プラント状態の把握については、キーとなるプラントパラメータのオンライン収集と状態把握が迅速に可能となる情報集約表示技術の高度化を目標とし、事象進展予測については、プラント情報が欠損した状態でも事象進展の概要を予測し、モニタリングなどの測定結果を取り入れつつ環境影響を予測する技術の高度化を目標とする。</p>
<p>具体的な項目</p>	<p>（課題にぶら下がる細項目の課題を箇条書き）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ プラント状態収集・伝送・集約表示技術の高度化</li> <li>・ ロバストな事象進展予測手法の開発</li> <li>・ モニタリングデータとリンクした環境影響予測手法の開発</li> <li>・ 事象進展予測と環境影響予測のリンク</li> <li>・ プラント状態把握及び事象進展予測</li> <li>・ 環境影響予測を踏まえた緊急時対応手順の構築と運用訓練による検証方法の確立</li> </ul>
<p>課題として取り上げた根拠 (問題点の所在)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 従来の緊急時対応では、プラント状態の収集・伝送・表示は行われていたが、情報が限定されており、外的事象対応、使用済燃料プール対策、原子炉建屋対策を行うためには情報が十分ではなかった。また、防災側との連携も十分ではなかった。</li> <li>・ 事象進展予測については、MAAP コードをベースとしたシミュレータにより予測が行われていたが、福島第一事故等の最新知見の取り込みにより予測精度向上の余地が残されている。また、主要シナリオの事前予測データライブラリにおいて対応できる事象シナリオも現状は限定的であり、今後幅広い事象シナリオに対応するために更なる拡充が必要となる。</li> <li>・ また、環境影響予測も行われていたが、国の SPEEDI は活用されず、今後は OIL を基準とする実測値ベースでの住民防護措置が行われることとなった。</li> </ul> <p>上記からプラント状態把握／事象進展予測／環境影響予測の体系について抜本的見直しが必要である。</p>

<p>現状分析</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・プラント状態把握のため、プラントパラメータの収集・伝送・表示は行われていたが、外的事象対応、使用済燃料プール対策、原子炉建屋対策を行うためには情報が十分ではなかった。</li> <li>・事象進展予測は、主要シナリオの事前予測データライブラリと予測シミュレータは国（ERSS）にあったが、モデルの高度化による予測精度向上やプラント状態のオンライン取得等による迅速化の余地は残されている。また、主要シナリオの事前予測データライブラリにおいて対応できる事象シナリオも限定的であり、今後幅広い事象シナリオに対応するために更なる拡充が必要となる。</li> <li>・環境影響予測は、国の SPEEDI など専用予測モデルにより予測は可能であるが、事象進展予測や気象条件等の取り込みによる迅速化の余地は残されている。</li> <li>・一方、福島第一事故を踏まえ、国の防災基本計画からは、事象進展予測に係る記載は削除されるとともに、SPEEDI を用いた事故時環境影響予測の手法は、OIL を基準とした緊急時モニタリングによる実測値への対応に置き換えられ、主たる手段ではなくなった（2014.10.8 第31回原子力規制委員会）。これらを踏まえた予測計算の位置付けの議論を行い、その位置付けを満足する実効性のある技術開発が必要である。</li> <li>・プラント状態把握／事象進展予測／環境影響予測を想定した運用訓練は行われていたが、国の動向を踏まえ、あり方を見直す必要がある。</li> <li>・事象進展予測へのプラント状態の取り込み、環境影響予測への事象進展予測結果の取り込み等システム間の情報のインターフェースの構築を前提とすると、前段の情報が得られない場合、後段が従属的に不可能になるという課題がある。</li> </ul> <p>&lt;人材基盤の観点から&gt;</p> <p>現在の対策技術の設計を行える人材は、メーカーや電気事業者が育成しているが、新しい対策技術を開発する人材は、国内には少数しか存在せず、プラント状態把握／事象進展予測／環境影響予測を考慮した技術開発を行える研究者が不足している。このため、以下の人材育成開発者を育成するための高等教育プログラムが必要である。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・事象進展予測／環境影響予測の物理現象に関する理解とオーダーエスティメーションを含む評価技術を持った人材</li> <li>・事象進展予測モデルの改良ができる人材</li> <li>・システム間の情報伝送のインターフェース設計ができる人材</li> </ul>
<p>期待される効果 (成果の反映先)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・プラント状態把握／事象進展予測／環境影響予測の連携システムの構築により、迅速かつ的確な緊急対応が可能となり、リスクマネジメント力の向上、社会からの信頼の向上に寄与する。(⇒事故マネジメントの高度化、防災支援体制の高度化)</li> <li>・プラント状態把握の高度化（情報集約表示技術の高度化）、事象進展予測／環境影響予測の高度化（欠損状態、モニタリング測定結果等を取り入れた環境影響予測技術の高度化）により、防災に係る安全基盤の継続的強化に寄与する。</li> <li>・福島第一事故等の最新知見を反映したプラント状態把握／事象進展予測／環境影響予測の開発技術については、国際会議等の場での共有を図ることにより、国際貢献の推進にも寄与できる。</li> </ul>

<p>他課題との相関</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ S102_a09 : リスク情報活用に向けた組織マネジメントの高度化</li> <li>・ S104_c02 : 組織対応力強化（専任化、事故時手順書の高度化）や対応要員の教育訓練（事故時対応力強化等）の高度化</li> <li>・ S104M101L102_b02-1 : 原子力災害対策組織・体制（地域防災との関わり含む）の連携強化</li> <li>・ S104M101L102_b02-2 : オンサイトーオフサイト防災の円滑な情報連携</li> <li>・ S111_d22 : （既設）プラントの信頼性評価に有効な安全裕度評価の高精度化</li> <li>・ S108_c09 : 外的事象の情報提示等ヒューマンインターフェースの高度化</li> <li>・ M106_d06 : S F P 評価技術の高度化</li> <li>・ S104M101L102_b02-3 : 【MIV05】 広域防災を意識した原子力防災への備え（オンサイト・オフサイト連携推進）、【LⅢ03】 広域防災への事業者の関わり・支援</li> <li>・ M103L101_a04 : 大規模自然災害対応へのリスクガバナンス構築</li> <li>・ M101L101_a02 : プラント全体のリスクを極小化する緊急時対応組織の対応能力強化（外部支援の強化等）</li> <li>・ M106_d07 : 地震等外的事象後の具体的な再稼働可否判断基準の開発とその高度化</li> <li>・ S110M106L103_d02 :</li> </ul> <p>短期：福島第一原発事故を踏まえた外的事象に関連する IAEA 基準等策定への参画  中期：外的事象に関連する IAEA 基準等策定への貢献  長期：外的事象に関連する IAEA 基準等策定の主導</p>
<p>実施の流れ</p>	<p><u>現状</u></p> <p style="text-align: center;">▶ プラント状態、事象進展予測、環境影響評価、防災活動</p> <hr/> <p><u>短期ステージ</u></p> <p style="text-align: center;">▶ 緊急時対応の連携強化</p> <p style="text-align: center;"> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">プラント状態表示の高度化</span> S108_c09  ↓  <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">事象進展予測の高度化</span> S111_d22  S111M107_d0  ↓  S104M101L102_b02-1  S104M101L102_b02-2  S104M101L102_b02-3  <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">環境影響予測の高度化</span> </p> <p style="text-align: right;"> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">迅速かつ的確な緊急時対応</span>  S102_a09  S104_c02 </p> <p style="text-align: center;"> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">予測計算の位置付けを議論し、その位置付けを満足する実効性のある技術開発を実施（双方向からの検討）</span> </p> <p style="text-align: right;"> S101M101L102_z01  S110M106L103_d01 </p>

実施機関／資金担当 ＜考え方＞	<u>産業界／産業界</u> <u>学术界／行政</u> プラント状態表示の高度化、事象進展予測の高度化、環境影響予測の高度化  <u>自治体・行政・産業界／行政</u> 迅速かつ的確な緊急時対応、緊急時対応の連携強化  # 行政は、文部科学省、経済産業省、原子力規制委員会等を含む。
	＜考え方＞ <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 学术界は基盤技術の基礎研究を行う。</li> <li>・ メーカーはモデル改良、システム設計を行う。</li> <li>・ 自治体・行政・事業者は、緊急時対応の実効性強化に努める。</li> <li>・ 経済産業省は、予測手法の高度化など基盤技術開発の支援をする。</li> <li>・ 規制委員会は、防災活動の方針を定め、関係機関による防災活動を支援する。</li> <li>・ 防災基盤技術となることから行政も資金担当となることが適当。</li> </ul>

【改訂履歴】

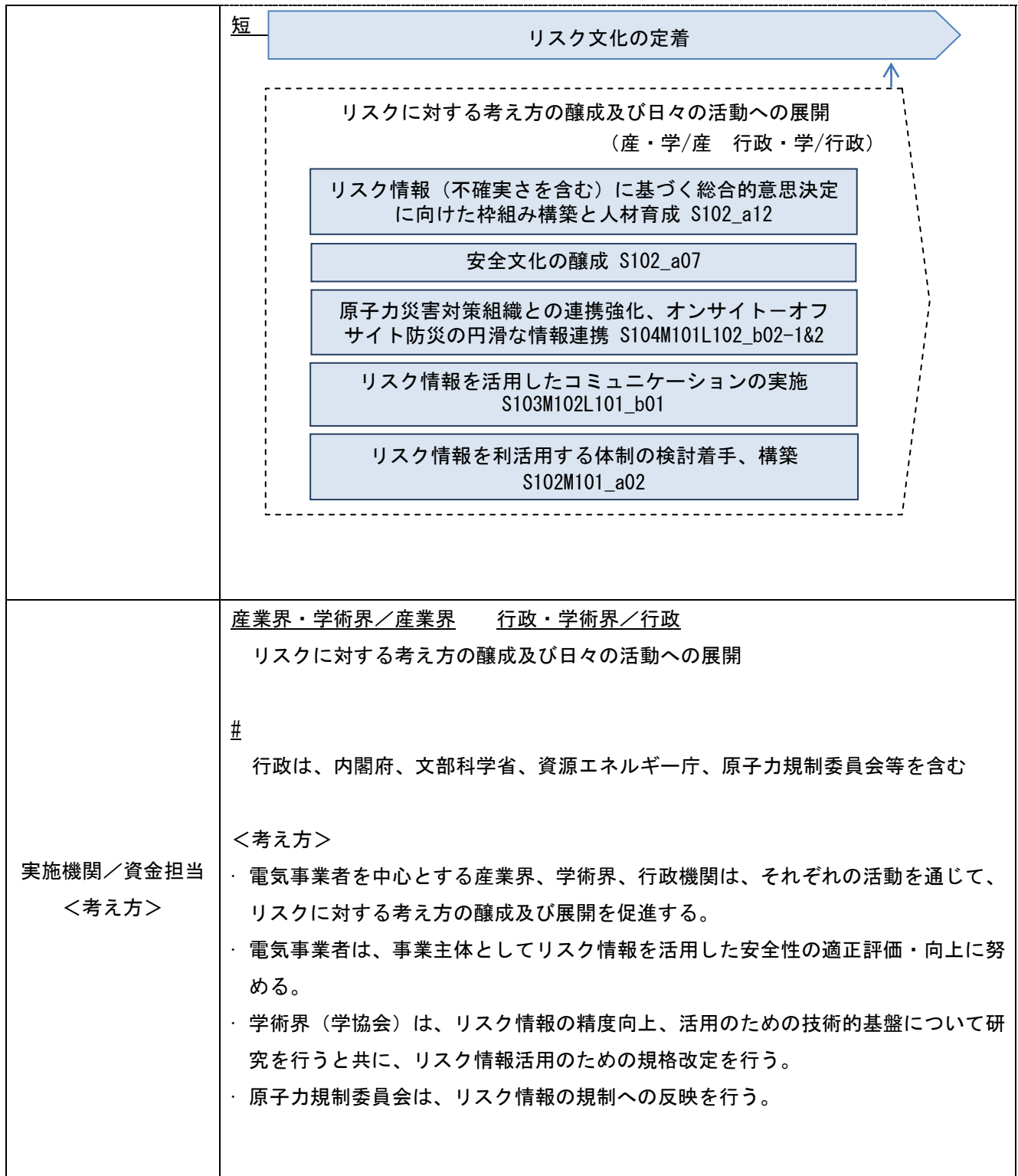
改訂 番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
—	2015年5月21日	初版
1	2016年11月30日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 課題調査票の不整合修正（他課題との相関の箇所を見直し）</li> <li>・ 記載の適正化（表現の見直し）</li> </ul>

課題調査票

<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【S102_a06】 リスク文化の定着</p>
<p>マイルストーンおよび 目指す姿との関連</p>	<p>短Ⅱ. 信頼性のある組織・体制の構築・維持（防災支援体制含む） ⇒効果的・継続的なリスク低減活動・自主的安全性向上活動が進められるためには、信頼性のある組織・体制が構築・維持される必要がある。 ⇒事故発生リスクの低減のみならず、リスクが顕在化した際の影響拡大防止のための組織マネジメント力（人材基盤の強化含む）の向上がなされる必要がある。</p>
<p>概要（内容）</p>	<p>米国においては、TMI 事故後の規制対応の保守化に対し、規制及び事業者は、事業者の自主的安全性向上の仕組みを取り入れた、リスク情報の整備とそれを活用した最適な安全対策の実施に努めてきた。NRC は、TMI 事故の 16 年後の 1995 年に「確率論的リスク評価（PRA）の活用に関する政策声明書」を発表した。この中で、リスク情報で発電所毎に評価される運転実績に応じた規制の関与、コスト・ベネフィット分析を実施した上でのバックフィット適用の可否など、リスク情報を活用した規制運用が導入された。</p> <p>我が国においても、リスク情報の精度を向上させ、積極的に活用し、安全性向上に向けた実際の行動に繋げるリスクマネジメントの向上が必要と考えられる。このような活動について、産業界から規制当局まで浸透した状態とすることが、リスク文化の定着に繋がると考えられる。</p>
<p>具体的な項目</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・リスク情報の定義の設定（活用項目に応じた適切な指標と監視項目の設定）</li> <li>・リスク情報を有効に取り扱う仕組みの構築（安全確保活動がどのように改善されるのか）</li> <li>・リスク情報を活用した適切な意思決定</li> <li>・現行の設置許可基準等の基準規則との整合性とリスク情報を活用した安全規制のあり方の検討や規制への反映</li> <li>・リスク情報を活用したステークホルダー間のコミュニケーションの実施</li> </ul>
<p>課題として取り上げた根拠 (問題点の所在)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・原子力規制委員会、政府（関係省庁）、立地自治体、原子力事業者、原子力メーカー等のそれぞれの組織、または、相互のコミュニケーションの中に、適切なリスクガバナンス（リスク情報を活用したリスクマネジメント）を更に強化していくことが重要。</li> <li>・規制当局が、シビアアクシデント対策の規制化、厳格なバックフィットルールの導入及び徹底した規制水準の引き上げ、想定外のリスクの存在を前提とした規制運用に徹し、事業者が安全性を向上させるための設備投資などを継続したとしても、それだけでは国民の原子力安全への信頼回復には繋がらない。</li> <li>・リスク情報を整備しても規制を含めたリスク情報活用の運用が硬直的であると、リスクマネジメントの実質的なメリットが生まれなため、その活用が進まない。</li> <li>・原子力発電所利用のメリットとの比較考量に基づいてリスクを許容したり、原子力事業者の自発的な安全性向上を促すインセンティブを付与するといった仕組みを、国内の規制や産業界で整備することが望まれる。</li> </ul>



<p>現状分析</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・各電気事業者においては、リスクマネジメントの強化のための体制整備や、PRA活用、リスクコミュニケーションの充実などを通じて、個社としてのリスクガバナンスの充実に向けた取組を進めている。</li> <li>・PRAの活用の重要性は謳われてきたが、リスク情報の整備が十分でない。</li> <li>・安全目標の議論は、福島第一原子力発電所の事故時の放射性物質排出量と過去の原子力安全委員会の議論をベースにしたものに留まっている。</li> <li>・新規制の下で実質的な安全性が向上していることを、国民や立地自治体などへ説明していくためには、絶対的な安全はないとの前提で、リスク低減目標に向かって継続的に取り組んでいる姿勢を、示していくことが重要。</li> <li>・リスク文化を定着していく上では、原子力安全に関する広範囲な知識とPRA等から得られるリスク情報に対する深い洞察が必要となる。このような分野の人材は、学界及び産業界においても育成に時間を必要とし、十分であるとはいえない。</li> </ul>
<p>期待される効果 (成果の反映先)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・リスクマネジメントに基づく効果的な安全設備への投資が促進される。</li> <li>・リスク情報活用のための規格改定に資する。</li> <li>・リスク情報を活用した規制運用を構築する。</li> <li>・リスク情報を活用することにより、事業者及び規制当局からの立地自治体及び国民への説明性の向上に繋がる。</li> </ul>
<p>他課題との相関</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ S102_a12 (リスク情報 (不確実さを含む) に基づく総合的意思決定に向けた枠組み構築と人材育成)</li> <li>・ S102_a07 (安全文化の醸成)</li> <li>・ S104M101L102_b02-1&amp;2 (原子力災害対策組織・体制との連携強化、オンサイト・オフサイト防災の円滑な情報連携)</li> <li>・ S103M102L101_b01 (リスク情報を活用したコミュニケーションの実施)</li> <li>・ S102M101_a01 (リスク情報を利活用する体制の検討着手、構築)</li> <li>・ S111_d29: リスク情報活用による保全・運用管理の高度化</li> <li>・ M103L101_a04: 大規模自然災害対応へのリスクガバナンス構築</li> <li>・ S102_a09: リスク情報活用に向けた組織マネジメントの高度化</li> </ul>
<p>実施の流れ</p>	<p><u>現 状</u></p> <p>原子力規制委員会、政府 (関係省庁)、立地自治体、原子力事業者、原子力メーカー等のそれぞれの組織、または、相互のコミュニケーションの中に、適切なリスクガバナンスを更に強化していくことが望まれる。</p>



【改訂履歴】

改訂 番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
—	2015年5月21日	初版
1	2016年11月30日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 課題調査票の不整合修正（他課題との相関の箇所を見直し）</li> <li>・ ロードマップ上の要素課題（課題調査票）追加設定に伴う見直し（他課題との相関の箇所を見直し）</li> </ul>

課題調査票

<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【S102_a07】 安全文化の醸成</p>
<p>マイルストーン及び 目指す姿との関連</p>	<p>短Ⅱ. 信頼性のある組織・体制の構築・維持（防災支援体制含む） ⇒効果的・継続的なリスク低減活動・自主的安全性向上活動が進められるためには、信頼性のある組織・体制が構築・維持される必要がある。 ⇒事故発生リスクの低減のみならず、リスクが顕在化した際のリスク拡大防止のための組織マネジメント力（人材基盤の強化含む）の向上がなされる必要がある。 ⇒リスクの存在を認識し、社会と向き合い、適切な言語でコミュニケーションを継続する必要がある。</p>
<p>概要（内容）</p>	<p>放射線リスクを生じる施設に係る活動に責任を負う全ての組織及び個人が、互いに連携して、安全を最優先とする行動を実践できるよう、安全文化醸成活動の継続を通じて、強固で浸透した安全文化を醸成、維持する。</p>
<p>具体的な項目</p>	<p>（課題にぶら下がる細項目の課題を箇条書き）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 各国・各機関の安全文化の状況をベンチマークし、ベストプラクティスを検討</li> <li>・ 安全文化の醸成レベルの評価手法と劣化の監視手法の検討</li> <li>・ 安全文化の効果的な醸成レベル向上策の検討</li> <li>・ 安全意識の向上を伴った安全確保活動の実践（良好な安全文化の特性として示される状態を以下に示す）             <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 安全と品質を最優先とする作業プロセスの構築と実行</li> <li>・ 常に安全に対する問題提起が奨励される環境の醸成</li> <li>・ 個人及び組織が常に安全に関心を持ち、問いかける姿勢を実践する仕組みの構築</li> <li>・ 根本原因の把握及び最善の解決策の検討に重点を置く姿勢を実践する仕組みの構築</li> <li>・ 安全確保に関する活動に対する説明責任の履行</li> <li>・ 安全への積極的な姿勢を強固にする方針の策定と実践する仕組みの構築</li> <li>・ 安全に関する効果的なコミュニケーションの維持</li> <li>・ 継続的な安全性向上を効果的に実践できる仕組みの構築</li> <li>・ 学習する組織の確立の促進並びに安全を確実にする方法を学ぶ機会の提供と常に学習する態度の実践</li> <li>・ あらゆる機会での個人及び組織の誠実な対応の実践する仕組みの構築</li> </ul> </li> <li>・ 安全文化の醸成を促進する活動（安全文化醸成活動）の継続</li> <li>・ 安全文化の醸成レベルの評価と改善（組織内の評価、第三者評価）</li> </ul>
<p>課題として取り上げ た根拠 (問題点の所在)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 安全文化は、関係する全ての組織及び個人の安全に対する姿勢とふるまいに影響を及ぼす組織文化の最も重要な要素である。福島第一原子力発電所事故の背景の一つとして、安全の責任を果たすに必要な制度、組織、体制、それらの相互関係の理解が未成熟であったことが、あげられている。</li> <li>・ 安全文化の醸成は時間を要するものであり、ある水準に達しても努力を怠ると劣化</li> </ul>

	<p>する恐れがある。各事業者を始め産官学関連機関は、このような安全文化の劣化を生じないように脚下照顧し、安全文化醸成レベルの向上と劣化防止を図っていく必要がある。</p>
<p>現状分析</p>	<p>【技術動向に関する現状分析】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・各事業者などにおいて、原子力発電の安全性向上に向けた自主的かつ継続的な取り組みの中で、安全文化の醸成が掲げられ、安全文化醸成活動が進められている。 (事業者などにおける安全文化醸成活動の例) <ul style="list-style-type: none"> <li>・経営トップからの安全に対する思いの発信</li> <li>・問いかける姿勢の定着</li> <li>・リスクを発見する意識の醸成</li> <li>・体験学習などを通じた通常と異なる状態に対する感性の醸成</li> <li>・部門、役職の違いを超えた活発な議論を通じた組織風土改革の取り組み</li> <li>・対話を重視したコミュニケーション活性化による協力会社との一体感の醸成</li> </ul> </li> <li>・各事業者の安全文化醸成の状況に対しては、安全文化現場診断、ピアレビューなどにより、定期的な外部評価が行われ、改善へのインプットとして活用されている。</li> <li>・経営層から実務レベルに至るまでの全員を対象として、リスクの低減を、日々当たり前の活動として実践すべく、安全文化醸成活動が進められている。</li> <li>・安全文化醸成は、継続的に評価・改善を行いながら推進していくことが必要であり、継続性が損なわれると、安全文化が劣化する恐れがある。</li> <li>・安全文化の醸成レベルや劣化の程度を客観的に把握することに難しさがある。</li> </ul> <p>【人材基盤に関する現状分析】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・安全文化の評価を行う人材基盤に関しては、原子力安全推進協会、原子力安全システム研究所、電力中央研究所などで蓄積が進んでいる一方、各組織内での自己評価、独立評価に関しては、IAEAの国際標準、米国の事例と比較すると、これを実施する人材が不足する。</li> <li>・安全文化の醸成においては、原子力の施設の安全に関わる活動に従事する全ての組織及び個人を対象とした次の人材基盤が構築、維持される必要がある。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・安全最優先の方針を定め、組織に徹底させるトップマネジメント</li> <li>・安全最優先の方針を、各部門の活動に展開する管理者</li> <li>・安全最優先の方針の下で、個々の活動を実施する実務者</li> <li>・安全文化醸成の状況を評価し、改善策を提案できる人材（組織内、組織外）</li> </ul> </li> </ul>
<p>期待される効果 (成果の反映先)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・強固で浸透した安全文化を醸成することにより、放射線リスクを生じる施設に係る活動に責任を負う全ての組織及び個人が、安全を最優先とする行動とその相互の連携した働きを可能とする。</li> <li>・国外の良好事例を取り入れるとともに、今後原子力発電の導入を希望する国に対して、安全文化の面で貢献することが出来る。</li> </ul>

<p>他課題との相関</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 安全文化は、関係する全ての組織及び個人の安全に対する姿勢とふるまいに影響を及ぼす組織文化の最も重要な要素である。特に関係する課題調査票は以下のとおり。</li> <li>・ S102_a12（リスク情報（不確実さを含む）に基づく総合的意思決定に向けた枠組み構築と人材育成）</li> <li>・ S102_a06（リスク文化の定着）</li> <li>・ S104M101L102_b02-1&amp;2（原子力災害対策組織・体制との連携強化、オンサイトオーフサイト防災の円滑な情報連携）</li> <li>・ S103M102L101_b01（リスク情報を活用したコミュニケーションの実施）</li> <li>・ S102M101_a01（リスク情報を利活用する体制の検討着手、構築）</li> <li>・ S111_d29: リスク情報活用による保全・運用管理の高度化</li> <li>・ M103L101_a04: 大規模自然災害対応へのリスクガバナンス構築</li> <li>・ S102_a09: リスク情報活用に向けた組織マネジメントの高度化</li> </ul>
<p>実施の流れ</p>	<p><b>現状</b></p> <p style="text-align: center;">各組織において安全文化醸成活動が推進</p> <hr/> <p><b>短期</b></p> <p style="text-align: center;">安全文化醸成活動の継続を通じた良好な安全文化の醸成、維持 (産/産 学/行政 行政/行政)</p> <p style="text-align: center;">↑↓</p> <p style="text-align: center;">安全文化醸成レベルの評価・改善 (産・学/産 行政・学/行政)</p> <hr/> <p><b>中長期</b></p> <p style="text-align: center;">海外の良好事例取り込み、原子力発電導入を希望する国への貢献 (産・学/産 行政・学/行政)</p>
<p>実施機関／資金担当 ＜考え方＞</p>	<p><u>産業界／産業界</u>   <u>学术界／行政</u>   <u>行政／行政</u></p> <p>安全文化醸成活動の継続</p> <p><u>産業界・学术界／産業界</u>   <u>行政・学术界／行政</u></p> <p>安全文化醸成レベルの評価，国際貢献，等</p> <p>#</p> <p>行政は，原子力規制委員会，資源エネルギー庁，文部科学省等を含む</p> <p>＜考え方＞</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 放射線リスクを生じる施設に係る活動に責任を負う全ての組織及び個人は、安全を最優先とする行動とその相互の連携した働きができるよう、強固で浸透した安全文化を醸成させなければならない。（原子力安全の基本原則 5）</li> </ul>

【改訂履歴】

改訂 番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
—	2015年5月21日	初版
1	2016年11月30日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 課題調査票の不整合修正（他課題との関連の箇所を見直し）</li> <li>・ ロードマップ上の要素課題（課題調査票）追加設定に伴う見直し（他課題との関連の箇所を見直し）</li> </ul>

課題調査票

<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【S102M102_a08】 短期：核セキュリティ文化の醸成 中期：核セキュリティ文化の浸透</p>
<p>マイルストーンおよび 目指す姿との関連</p>	<p>短期 II：信頼性のある組織・体制の構築・維持 ⇒原子力発電所に関わる核セキュリティの脅威を認識するとともに、セキュリティ対策の重要性と個人の役割を理解し、セキュリティに関する意識の向上を図る。 中期・長期 IV：リスク情報共有による対話力・マネジメント力の向上 ⇒核セキュリティ文化が浸透することによって、原子力の安全およびセキュリティリスクの包括的なマネジメント能力の向上を図る。</p>
<p>概要（内容）</p>	<p>原子力発電所における核セキュリティ性能を担保するためには、単に技術力の向上のみに頼るのではなく、組織全体として核セキュリティの重要性を理解し共有することが不可欠である。2012年の米国核関連施設 Y-12 への侵入事件などの事例でも明らかなように、核セキュリティの物理的防護システムを常に有効性を保つためには、それに関わる者が核セキュリティの重要性を十分に認識し、適切に運用するように組織をマネジメントしなければならない。すなわち、核セキュリティの脅威を認識し、セキュリティ対策の重要性と個人の役割を理解し、セキュリティに関する意識の向上によって核セキュリティ強化に貢献することが重要である。このことは IAEA の核物質防護勧告（INFCIRC/225/Rev. 5）、核セキュリティ基本文書（NSS-20）および改正核物質防護条約においてもすでに指摘されている。</p> <p>我が国では、原子力安全文化に比して核セキュリティ文化の醸成と浸透は未発達であると言える。核セキュリティ文化の醸成と浸透のために、更なる取り組みとして今後は以下が必要である。</p> <p>（短期）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 原子力発電所における職務に応じた核セキュリティ教育の実施。</li> <li>・ 原子力発電所における核セキュリティ教育のための標準シラバスの整備</li> <li>・ 原子力発電所における核セキュリティ文化の醸成・浸透の定期的自己評価と、文化醸成活動の施策や核セキュリティ対策への反映のためのシステム構築。</li> <li>・ 核セキュリティ文化教育の醸成・浸透についての外部評価システムの構築。</li> </ul> <p>（中・長期）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 継続的な核セキュリティ教育の実施による核セキュリティ文化のさらなる情勢と浸透。</li> <li>・ 国内外の最新動向を取り入れた、自己評価・外部評価システムの改善。</li> </ul>
<p>具体的な項目</p>	<p>（短期）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 核セキュリティ教育の対象者を整理</li> <li>・ 核セキュリティ教育の実施（脅威の認識、自己の役割の理解）</li> <li>・ 核セキュリティ文化自己評価によるギャップ分析</li> <li>・ 分析結果の文化醸成活動・核セキュリティ対策への反映</li> <li>・ <u>核セキュリティ文化に関する教育教材の整備</u></li> <li>・ <u>安全文化と核セキュリティ文化の融合概念の構築</u></li> </ul> <p>（中・長期）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 継続的な核セキュリティ教育の実施</li> <li>・ 核セキュリティ従事者の資格制度の整備</li> <li>・ 核セキュリティ文化醸成活動の PDCA サイクルの確立</li> <li>・ 国内外最新動向の取入れ</li> </ul>
<p>課題として取り上げた根拠 (問題点の所在)</p>	<p>IAEA の核物質防護勧告（INFCIRC/225/Rev. 5）、核セキュリティ基本文書（NSS-20）および改正核物質防護条約において、セキュリティ文化の重要性が指摘されている。また国内では、核セキュリティ文化の醸成は法令により事業者に義務付けられており、現状は原子力事業者による自主的な活動を中心に取り組んでいるところである。我が国での活動は始まったばかりであり、試行段階のものも見られる。また事業者だけでなく、原子力に携わる全ての人に核セキュリティ文化は重要である。</p>

<p>現状分析</p>	<p>セキュリティ文化については、IAEA INFCIRC/225/Rev. 5 および実用炉則で以下が要求されている。</p> <p>○INFCIRC/225/Rev. 5 の要求：      必要なセキュリティ文化、また、その醸成と維持に対して優先権を与えるべきである。（基本原則 F:セキュリティ文化）</p> <p>○実用炉則の要求：      核セキュリティ文化を醸成するための体制（経営責任者の関与を含む。）に関することを核物質防護規定に盛り込むことを要求している。</p> <p>上記、実用炉則の、核セキュリティ文化醸成体制の核物質防護規定への記載要求に対し、事業者は、核物質防護規定に核セキュリティ文化を盛り込み、経営責任者が核セキュリティ文化醸成の方針を示し、教育を計画的に実施し評価するなどしており、INFCIRC/225/Rev. 5 にも適合した運用がなされている。</p> <p>一方で、安全文化はチェルノブイリ事故や東電福島事故後に重要性が指摘され、長い蓄積があるが、セキュリティ文化は 2012 年に国内の核物質防護規制要件になったばかりで、歴史が浅く一般からの認識も低い。核セキュリティ対策が効果的に機能するためには、個々人のセキュリティ意識の向上と組織におけるセキュリティ文化の浸透が不可欠である。</p> <p>事業者の核セキュリティ担当者だけでなく、技術者、政策立案者等、原子力に携わる全ての人（経営層、安全、広報、人事等、すべてのセクション）が核セキュリティの脅威を理解し、セキュリティ対策の重要性を認識する必要がある。</p> <p>セキュリティ担当者以外へのセキュリティ教育を充実していく必要がある。</p>
<p>期待される効果 (成果の反映先)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・核セキュリティの意識向上による包括的なリスクマネジメント能力の向上</li> <li>・内部脅威の防止及び防護への貢献</li> </ul>
<p>他課題との相関</p>	<p>核セキュリティ文化は核セキュリティの脅威を認識し、対策の重要性を深く理解することから、全ての課題と相関がある。</p>
<p>実施の流れ</p>	<p>当該ステージ</p> <pre>     graph TD       subgraph ShortTerm [~短期]         A[核セキュリティ文化の醸成]         B[教育対象者の整理]         C[教育の実施： 脅威の認識 自己の役割の理解]         D[自己評価によるギャップ分析]         E[文化醸成活動および核セ キュリティ対策への反映]         A --- B --- C --- D --- E       end       subgraph MediumTerm [~中期]         F[核セキュリティ文化の浸透]         G[継続的な教育の実施]         H[醸成活動 PDCA サイ クルの確立]         I[国内外最新動向の取 入れ]         F --- G --- H --- I       end       A --&gt; F   </pre>
<p>実施機関／資金担当 &lt;考え方&gt;</p>	<p><b>教育対象者の整理</b>      実施機関：学術界・研究機関・産業界      資金担当：産業界・行政(文部科学省、経済産業省、原子力規制委員会)</p> <p><b>教育の実施</b>      実施機関：学術界・研究機関・産業界      資金担当：産業界・行政(文部科学省、経済産業省、原子力規制委員会)</p> <p><b>自己評価によるギャップ分析</b></p>



	<p>実施機関：学術界・研究機関・産業界、 資金担当：学術界・産業界</p> <p><b>文化醸成活動および核セキュリティ対策への反映</b></p> <p>実施機関：産業界・研究機関・学術界・行政(文部科学省、経済産業省、原子力規制委員会) 資金担当：産業界・行政(文部科学省、経済産業省、原子力規制委員会)</p> <p><b>教育・人材育成制度の基盤確立</b></p> <p>実施機関：産業界・研究機関・学術界・行政(文部科学省、経済産業省、原子力規制委員会) 資金担当：産業界・行政(文部科学省、経済産業省、原子力規制委員会)</p> <p><b>醸成活動PDCAサイクルの確立</b></p> <p>実施機関：産業界・研究機関・学術界・行政(文部科学省、経済産業省、原子力規制委員会) 資金担当：産業界・行政(文部科学省、経済産業省、原子力規制委員会)</p> <p><b>教育・人材育成制度の基盤確立</b></p> <p>実施機関：産業界・研究機関・学術界・行政(文部科学省、経済産業省、原子力規制委員会) 資金担当：産業界・行政(文部科学省、経済産業省、原子力規制委員会)</p> <p>&lt;考え方&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ それぞれの機関において、核セキュリティ文化醸成・浸透活動に係る費用は各自が負担することが重要である。</li> <li>・ しかしながらそれを実施する際の「実施の流れ」は、いずれの機関でも共通であることから情報共有を行うことが大事である。</li> </ul>
--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

【改訂履歴】

改訂番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
—	2015年5月21日	初版
	2017年1月3日	第1改訂

課題調査票

<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【S102_a09】 リスク情報活用に向けた組織マネジメントの高度化</p>
<p>マイルストーン及び 目指す姿との関連</p>	<p>短 I. 事故発生リスク低減・更なる安全性向上の実施 ⇒リスク情報に基づいた事故発生リスク低減策が効果的に実施される必要がある。 ⇒深層防護概念を踏まえ、規制の枠を超えた自主的安全性向上が効果的・継続的に実施される必要がある。 ⇒効果的・継続的なリスク低減活動・自主的安全性向上活動の推進にあたって、国際協力の枠組みの構築や規制の高度化が促される必要がある。</p>
<p>概要（内容）</p>	<p>リスクマネジメントを適切に実施するため、リスク情報に基づく経営判断、外部ステークホルダーとのリスク認識及び課題の共有、を適切に実施する仕組みを構築する必要がある。</p>
<p>具体的な項目</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・適切なリスクガバナンスの枠組みの下でのリスクマネジメントの実施</li> <li>・リスク情報を経営判断に迅速に反映できる経営判断に必要な情報の整理、課題共有の手順等の検討、組織・方法論の構築</li> <li>・外部ステークホルダーとリスク認識及び課題を共有するための仕組みの構築</li> </ul>
<p>課題として取り上げた根拠 (問題点の所在)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・PRA等のリスク評価結果をどのように経営判断に活用するか、考え方が整理されていないことから、何のために、何に対して、どこまで投資するのか、といった経営判断に有効に活用されていない。</li> <li>・不確実性の高い事象については、設備強化以外に、柔軟かつ機動的な支援が必要。サイト内外・外部機関との連携についても、事業者のみならず自治体や国の役割分担、指揮命令系統を明確にする必要がある。</li> <li>・事故が発生した場合、広範囲に影響することから、外部の様々なステークホルダーとリスク認識及び課題を共有し、継続的にコミュニケーションを実施する必要があるが、誰と、どのような内容をコミュニケーションするか整理されておらず、十分に実施されている状態には至っていない。</li> </ul>
<p>現状分析</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・PRAは、脆弱箇所の抽出、対策の効果を定量的に評価することができることから、リスクマネジメントのための判断材料として活用するため、原子力リスク研究センターの活動等を通じて、PRA評価手法の高度化を図っていく予定である。</li> <li>・PRA等のリスク評価結果をどのように経営判断に活用するか、考え方が整理されていないことから、何のために、何に対して、どこまで投資するのか、といった経営判断に有効に活用されていない。</li> <li>・安全目標（安全のために、どのようなことを、どこまで達成するのか）の考え方が整理されておらず、社会に対して、原子力リスクの存在とその対策の有効性を説明できていない。 安全目標の設定にあたっては、単に炉心損傷確率や放出量、健康影響だけではなく、幅広く社会的な混乱や影響も考慮する必要がある。</li> <li>・事故が発生した場合、広範囲に影響することから、外部の様々なステークホルダーとリスク認識及び課題を共有し、継続的にコミュニケーションを実施する必要がある。</li> </ul>

	<p>るが、誰と、どのような内容をコミュニケーションするか整理されておらず、十分に実施されているとは言い難い。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・福島第一事故の反省を踏まえて、以下の取組みが行われている。</li> </ul> <p>⇒個社の取組みとして、リスクマネジメント強化のための体制整備や、PRAの活用、リスクコミュニケーションの充実等を検討・実施している。</p> <p>⇒産業界全体の取組みとして、原子力安全推進協会、原子力リスク研究センターを設立し、両組織の活動を通じて、PRA手法の高度化等をはかっている。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・海外においては、仏国FARN等の支援組織が構築されている。国内でも既存の事業者間の協力協定を見直したうえで、さらに事故後の対応を強化すべく緊急事態支援組織など更なる連携の議論が進んでいるが、国・自治体を交えた検討を行なう必要がある。</li> <li>・経営判断、社会への説明の基となる安全目標に関する考え方を整理するため、事故による様々な社会的影響等の幅広い分野の知識が必要であるが、そのような分野の専門家を育成していく必要がある。</li> <li>・リスク評価結果をどのように経営判断に活用するか、考え方が整理されていない。</li> <li>・安全目標に対する考え方が整理されておらず、安全目標が設定されていない。</li> <li>・外部の様々なステークホルダーに対して、誰と、どのような内容をコミュニケーションするか整理されていない。</li> </ul> <p>人材基盤に関する現状分析は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・安全目標の検討にあたり、事故による様々な社会的影響等の幅広い分野の知識を持つ人材を育成していく必要がある。</li> <li>・リスク評価結果に基づき経営判断に資する情報を整理できる人材を育成していく必要がある。</li> <li>・事故による様々な社会的影響等の幅広い分野の知識を持つ人材の育成プログラムの作成と育成の場の確保が必要。</li> </ul>
<p>期待される効果 (成果の反映先)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・リスク評価に基づく安全性向上活動への適切な資源配分</li> <li>・適切な組織マネジメントによる安全対策の効果の最大化</li> <li>・適切なリスクコミュニケーションの実施による社会からの信頼性向上</li> </ul>
<p>他課題との相関</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・S103M102L101_b01 (リスク情報を活用したコミュニケーションの実施)</li> <li>・S101M101L102_z01 (福島第一原子力発電所事故を踏まえた安全目標の設定とリスク認知)</li> <li>・S102M101_a01: リスク情報を利活用する体制の検討着手 (部分的な取り込み: 関連する人材育成も含む) リスク情報を利活用する体制の構築 (高度化されたリスク評価技術の規格化: 関連する人材育成を含む)</li> <li>・M101L101_a02: プラント全体のリスクを極小化する緊急時対応組織の対応能力強化 (外部支援の強化等)</li> <li>・M103L101_a04: 大規模自然災害対応へのリスクガバナンス構築</li> <li>・S111_d29: リスク情報活用による保全・運用管理の高度化</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ S102_a06 (リスク文化の定着)</li> <li>・ S102_a07 (安全文化の醸成)</li> </ul>
実施の流れ	<p><b>現状</b></p> <p>リスク情報を経営判断に反映できる組織の構築</p> <p>外部ステークホルダーとリスク認識及び課題を共有するための仕組みの構築</p> <hr/> <p><b>当該ステージ</b></p> <p>リスク情報を経営判断に反映するメカニズムの導入</p> <p>PRA等のリスク評価 → 安全性向上対策の検討</p> <p>事故による社会的影響評価 → 安全目標</p> <p>← S101M101 L102_z01 (短期)</p> <p>経営判断のための情報整理</p> <p>外部ステークホルダーとリスク認識及び課題を共有するための仕組みの構築</p> <p>S101M101 L102_z01 (短期) → 安全目標   リスク情報   安全性向上対策</p> <p>誰と、どのような内容をコミュニケーションするか</p> <p>継続的にコミュニケーション</p>
実施機関／資金担当 ＜考え方＞	<p>電気事業者／電気事業者</p> <p>減災・防災レベルは規制庁・エネ庁・自治体/規制庁・エネ庁・自治体</p> <p>＜考え方＞</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 電気事業者は、実施主体として、適切なリスクマネジメントのための組織・体制を構築する。</li> <li>・ 減災、防災のレベルでは、規制庁・エネ庁・自治体が参画した組織マネジメントの構築が必要。</li> <li>・ 実施主体が資金担当となることが適当。推進側と規制側の共通課題を検討するために、今後共同で実施することも検討する。</li> </ul>

【改訂履歴】

改訂番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
—	2015年5月21日	初版
1	2016年11月30日	・ 課題調査票の不整合修正（他課題との関連の箇所を見直し）

課題調査票

課題名 (レ点項目レベル)	【S102_a10】 新興の原子力利用国に対する核セキュリティ教育
マイルストーンおよび 目指す姿との関連	短期：国際貢献。海外の規制当局、 ⇒事業者の核セキュリティに係る基本的な理解が増進し、規制側、事業者側の教育体制が構築・強化される。
概要（内容）	<p>主要な研修テーマとして、核セキュリティに係る体系的学習、およびトピックスを原子力新興国の核セキュリティ関連の政策担当者、技術担当者に対し、解りやすく解説すると共に緊急性・必要性を理解させ、教育体制の構築を促す。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 本項はアジアを中心とした新興の原子力利用国への核セキュリティ教育について記載している。</li> <li>・ 日本国内の規制当局、電気事業者、メーカー等への核セキュリティ教育をどのような機関が実施していくか、また、資格制度等を設けるか否かは、今後の課題。</li> </ul>
具体的な項目	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 核セキュリティに係る体系的学習として原子力施設の核セキュリティの必要事項・設計・評価</li> <li>・ 核セキュリティに係るトピックスとして、国際動向、INFCIRC/225/rev5、内部脅威者対策、サイバーセキュリティの強化、核セキュリティ文化の醸成等</li> <li>・ トレーニングを行うためのカリキュラム開発、トレーニング施設整備</li> </ul>
課題として取り上げた根拠 (問題点の所在)	IAEA の 核物質防護勧告 (INFCIRC/225/Rev. 5)において、教育・訓練は、核セキュリティ強化のための必要条件であり、IAEA 文書の中でも「核セキュリティ教育」が取り上げられている。
現状分析	<p>海外の原子力新興国においては、治安の観点からのセキュリティについての意識は見られるものの核セキュリティについての理解が十分であるとは言えない。さらに、原子力施設において、これが十分に反映されているかについては、疑問である。設計によるハードの面からの核セキュリティ強化と共に、ソフト面からも教育を通じた人材育成が望まれる。</p> <p>現状の問題点として、核セキュリティに関する機微情報の保護や、国によって価値観が異なるため、包括的な教育には限界がある。国際貢献としての核セキュリティ教育は、当該国での施設に適した設計・評価を正しく行い、強固な核セキュリティ体制を維持できるようレベルアップを図る事である。それ以降の具体的な核セキュリティ強化は、当該国においてどのように展開を図るかに影響する。</p> <p>人材基盤に関する現状分析として、核セキュリティ分野の人材育成は、海外の原子力新興国においては、規制側から開始することが一般であり、事業者側には十分に行きわたっていないのが現状（事業者側は、初期段階では、プラント設計・運転に係る教育に終始）。このなかで、技術的には以下の人材の育成が急務。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 原子炉設計・安全の知識を有する核セキュリティ担当者。</li> <li>・ 核セキュリティの知識を有する設計担当者・安全担当者。</li> <li>・ 原子力施設の安全システムに関する知識を有したうえで、核セキュリティシステムを安全の見地から設計・構築できる人材の育成</li> <li>・ 核セキュリティシステムに関する知識を有したうえで、原子力施設の安全システムを核セキュリティシステムの見地から設計・構築できる人材の育成</li> </ul> <p>これに対して、以下のような問題点がある。 核セキュリティと安全の専門家との情報交流のしくみの不在</p>
期待される効果 (成果の反映先)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 原子力施設の核セキュリティ対策の充実</li> <li>・ 国情に応じた核セキュリティの考え方の整理</li> </ul>
他課題との相関	・ 教育自体は、すべての課題の基盤となるものであるため、他課題とは強い相関がある。

<p>実施の流れ</p>	<p>当該ステージ 具体的な項目で挙げた対応項目のカリキュラム整備等をすすめ、逐次トレーニングに供する。</p> <p style="text-align: center;">～短期</p> <div style="text-align: center;"> </div> <p style="text-align: right;">～中期、長期</p>
<p>実施機関／資金担当 ＜考え方＞</p>	<p><b>体系的学習カリキュラムの整備・検討</b>      実施機関：産業界・研究機関・学术界      資金担当：産業界・行政(文部科学省、経済産業省、原子力規制委員会)</p> <p><b>トピックスの充実、ベストプラクティスの共有</b>      実施機関：産業界・研究機関・学术界      資金担当：産業界・行政(文部科学省、経済産業省、原子力規制委員会)</p> <p><b>核セキュリティに関する法的整備</b>      実施機関：行政(文部科学省、経済産業省、原子力規制委員会)      資金担当：行政(文部科学省、経済産業省、原子力規制委員会)</p> <p><b>人材の確保、規制・推進組織の確立</b>      実施機関：産業界・研究機関・学术界・行政(文部科学省、経済産業省、原子力規制委員会)      資金担当：産業界・行政(文部科学省、経済産業省、原子力規制委員会)</p> <p><b>教育・人材育成制度の基盤確立</b>      実施機関：産業界・研究機関・学术界・行政(文部科学省、経済産業省、原子力規制委員会)      資金担当：産業界・行政(文部科学省、経済産業省、原子力規制委員会)</p> <p>＜考え方＞      アジアを中心とした新興の原子力利用国の教育として、地域の COE（中核的機関；現在、日・中・韓）の相互協力の下、以下の具体的項目をカリキュラム化しトレーニングを行う。      ・核セキュリティに係る体系的学習として原子力施設の核セキュリティの必要事項・設計・評価      ・核セキュリティに係るトピックスとして、国際動向、INFCIRC/225/rev5、内部脅威者対策、サイバーセキュリティの強化、核セキュリティ文化の醸成等      ・トレーニングを行うためのカリキュラム開発、トレーニング施設整備      ・ベストプラクティスの共有</p>

	その後の各国での人材育成に対しては主体は当該国であり、地域の COE は要望に応じ資金的に可能な範囲でサポートを行う。
--	-------------------------------------------------------------

【改訂履歴】

改訂 番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
—	2015 年 5 月 21 日	初版

課題調査票

<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【S102M102L101_a11】 原子力安全と核セキュリティの2Sインターフェイスの構築 短期：2S 定性的リスク評価手法の確立 中期：安全の深層防護とリンクする核セキュリティ深層防護の構築 長期：日本製 2S インターフェイスの概念と実装手法の IAEA による標準化。日本製 2S インターフェイスに基づく実装を魅力とする日本製原子力プラントの開発</p>
<p>マイルストーンおよび 目指す姿との関連</p>	<p>短期Ⅱ：2S 定性的リスク評価手法の確立 ⇒ターゲットの魅力度・個数・接近性・脆弱性、敵対者の人数・知識レベル・鎮圧時間、AM 策の有無、猶予時間などの指標を用いた、核セキュリティシナリオの半定性的リスク評価手法の開発。 中期：核セキュリティの深層防護 ⇒安全における深層防護対策に沿った核セキュリティ深層防護対策の検討、および安全とセキュリティの両専門家が情報交換・協力するための仕組みの構築。 長期Ⅳ：国際貢献。 ⇒我が国で構築された 2S インターフェイスの手法と実装が、IAEA にて評価・検討を受けて標準化され、さらに 2S インターフェイス未導入の国へ支援する。</p>
<p>概要（内容）</p>	<p>(短期) IAEA の Technical Guide (TG) である IAEA Nuclear Security Series No.16, "Identification of Vital Areas at Nuclear Facilities"では、同時に機能喪失することで原子力プラントの安全機能が失われて重大事故に到る重要機器・設備の組み合わせ (TS:ターゲットセット) が悪意を持つ人間・集団により同時に妨害破壊行為を受けないために必ず防護せねばならない枢要区域 (PS:Protect Set) を導出することが提言されている。 PS への妨害破壊行為シナリオは非常に多岐にわたるため、リスク評価に基づき高リスクのシナリオを優先する合理的な核セキュリティ対策が必要であるが、現状では核セキュリティのためのリスク評価手段は存在しない。 原子力安全では、偶発故障などの内的事象および地震・津波などの外的事象に対する重要機器・設備の機能喪失確率を用いた確率論的リスク評価 (PRA: Probabilistic Risk Assessment) が適用されているが、核セキュリティでは起因事象が悪意を持つ人間・集団による人為事象であるため、発生確率値の定量化を要する既存 PRA の導入は不可能である。 そのため、妨害破壊行為シナリオを、TS の魅力度・個数・接近性・脆弱性、敵対者の人数・知識レベル・鎮圧時間、AM 策の有無、猶予時間などの指標を用いて半定性的にリスク評価するための手法の開発が必要である。 (中期) 従来の核セキュリティにおける物理的防護システム (PPS:Physical Protection System) は設計基礎脅威 (DBT: Design Based Threats) を対象にしており、想定される核セキュリティ事象が発生しても敵対者による TS への妨害破壊行為が成功しないように設計されている。これは、妨害破壊行為による機能喪失の「防止」であり、原子力安全の視点からは深層防護第 1 層の対策である。しかしながら、世界における核セキュリティ脅威の高まりからも分かるように、今後はさらに想定を超える核セキュリティ脅威 (BDBT: Beyond DBT) に対する対策、すなわち核セキュリティにおける深層防護の検討が必要である。 しかしながら、原子力発電所における核セキュリティの最終目的は「安全」であって、核セキュリティと原子力安全との深層防護がそれぞれ並列に展開されることは実効的ではない。すなわち、核セキュリティの深層防護は、安全における深層防護に沿って展開されるべきである。具体的には、妨害破壊行為の防止に失敗した後に展開される安全対策の各深層防護レベルにおける活動において、安全とセキュリティとが交換すべき情報等は何かを事前に取り決めておく必要がある。そのためには情報交換の仕組みと組織の構築が必要であり、また、机上訓練などを通して安全とセキュリティとのコンフリクト (競合) に対する取り決めをシナリオや事象のレベルに応じて準備しておく必要がある。また、BDBT 時にも有効な対策を施設設計段階から取り込むことも考えられる。安全における重大事故対処設備とも照らし合わ</p>



	<p>せながら、BDBT（重大インシデント）時における有効性の観点から、重大インシデント対処設備を施設設計に反映することも考えられる。</p> <p>（長期）</p> <p>BDBT を想定した安全とセキュリティのインターフェイスを実装している国は世界でも未だほとんどない。中期課題にて開発する深層防護を考慮した2S インターフェイスの概念が IAEA にて評価・検討を受けて標準化され、かつ新設炉設計段階からその実装を導入すれば、妨害破壊行為に対しても世界最高レベルの安全性を有する日本製原子力プラントの開発が可能となる。これは日本製原子力プラントの海外受注加速に資すると考えられる。</p>
具体的な項目	<p>（短期）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>核セキュリティシナリオを対象とするためのリスク指標項目（TS の魅力度・個数・接近性・脆弱性、敵対者の人数・知識レベル・鎮圧時間、AM 策の有無、猶予時間など）の検討。</li> <li>上記指標を用いた、核セキュリティシナリオの半定性的リスク評価手法の開発。</li> </ul> <p>（中期）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>妨害破壊行為の防止に失敗したのちの、深層防護に基づく安全対策に沿った、核セキュリティ対策の展開。</li> <li>安全とセキュリティ間とで交換すべき情報の事前取り決め。</li> <li>安全とセキュリティの両専門家が情報交換・協力するための仕組みの構築。</li> <li>机上訓練などを通じたコンフリクト（競合）に対する事前取り決め。</li> <li>重大インシデント対処設備の検討</li> </ul> <p>（長期）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>2S インターフェイスに基づく PPS システムの概念構築と実装設計。</li> <li>IAEA における 2S インターフェイス標準化のための取り組み。</li> </ul>
課題として取り上げた根拠 （問題点の所在）	<ul style="list-style-type: none"> <li>IAEA の 核物質防護勧告（INFCIRC/225/Rev. 5）において、核セキュリティの新たな強調点として指摘されている。</li> <li>BDBT 事象に対して原子力プラントの安全を確保するためには、安全とセキュリティとの協調が必要である。そのための様々な具体的方策の事前検討が有効である。</li> </ul>
現状分析	<ul style="list-style-type: none"> <li>多くの原子力プラントにおいて、安全とセキュリティの各担当者間の、妨害破壊行為起因事故時における協調体制は、まだ確立されていない可能性がある。</li> <li>福島第一発電所事故以来、原子力発電所への悪意ある敵対者による妨害破壊行為の脅威が唱えられており、早急な上記の対応が必要である。</li> <li>セキュリティ対策を施設設計に反映するという意識は無い。</li> </ul> <p>【課題】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>原子炉設計・安全の知識を有する核セキュリティ担当者の育成。</li> <li>核セキュリティの知識を有する設計担当者・安全担当者の育成。</li> <li>核セキュリティシナリオの半定性的リスク評価手法の開発。</li> <li>安全の深層防護とリンクする核セキュリティの深層防護の概念の構築。</li> <li>安全とセキュリティ間とで交換すべき情報の抽出。</li> <li>安全（施設設計）とセキュリティ対策とのコミュニケーションの確保。</li> </ul> <p>【問題点】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>安全とセキュリティとのインターフェイスを実現可能とする事業者側の体制改善。</li> <li>施設が出来上がった後での手戻りのセキュリティ対策では限界がある。</li> </ul>
期待される効果 （成果の反映先）	<ul style="list-style-type: none"> <li>原子力発電所の核セキュリティ対策の高度化。</li> <li>2S インターフェイスシステムの開発。</li> <li>Security by Design のための設計概念の構築。</li> <li>妨害破壊行為に対しても世界最高レベルの安全性を有する原子力プラント</li> </ul>
他課題との相関	<ul style="list-style-type: none"> <li>S104_b04（効果的な防災対策に有効な外的事象情報の提供）</li> <li>S111_d14（S A 対策機器の運用管理の最適化・高度化）</li> <li>S104_c02（組織対応力強化（専任化、事故時手順書の高度化）や対応要員の教育訓練（事故時対応力強化等）の高度化）</li> <li>S105_a05（緊急時対応における情報共有や意思決定判断基準の高度化（環境影響評価／事象進展予測技術の高度化）及び意思決定の教育訓練）</li> <li>S111_d12（深層防護の第1-3層（設計）から第4層（AM対策）および第5層（防</li> </ul>

	<p>災)まで総合的に考えた設計への取り組みによる事故制御性の抜本的向上)          ・ Non_a13 (継続的なプラント安全性向上を図り安定な運転を継続するための人材確保)</p>
実施の流れ	<p>当該ステージ</p> <p>～短期</p> <p>2S 定性的リスク 評価手法の確立</p> <p>～中期</p> <p>核セキュリティ 深層防護の 概念構築</p> <p>安全とセキュリティ 担当者の情報交換の 仕組みの検討</p> <p>～長期</p> <p>海外展開</p>
実施機関／資金担当 ＜考え方＞	<p><b>安全との情報交換の仕組みの構築</b>          実施機関：学术界・研究機関・産業界          資金担当：産業界・研究機関・行政（文部科学省、経済産業省、原子力規制委員会）</p> <p><b>先進国への安全とセキュリティのシナジー導入の支援</b>          実施機関：行政（文部科学省、経済産業省、原子力規制委員会）・研究機関・学术界          資金担当：行政（文部科学省、経済産業省、原子力規制委員会）</p> <p>＜考え方＞          原子力安全と核セキュリティという互いに大きな分野のシナジーは、国策として進めるべき大きな課題である。さらに先進国への導入を行う際には IAEA など国際機関などを通じた活動が不可欠であることから、行政が主導してこれを実施し、学术界がそのサポートをすることが望ましい。</p>

【改訂履歴】

改訂 番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
—	2015年5月21日	初版
1	2016年12月25日	課題の追加

課題調査票

<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【S102_a12】 リスク情報（不確実さを含む）に基づく総合的意思決定に向けた枠組み構築と 人材育成</p>
<p>マイルストーン及び 目指す姿との関連</p>	<p>短Ⅱ. 信頼性のある組織・体制の構築・維持（防災支援体制含む） ⇒効果的・継続的なリスク低減活動・自主的安全性向上活動が進められるためには、 信頼性のある組織・体制が構築・維持される必要がある。 ⇒事故発生リスクの低減のみならず、リスクが顕在化した際のリスク拡大防止のため の組織マネジメント力（人材基盤の強化を含む）の向上がなされる必要がある。</p>
<p>概要（内容）</p>	<p>①規制あるいは事業者の自主的安全性向上における総合的意思決定の枠組み構築に 向けては、基本的理念を示す定性的な安全目標を掲げることおよび、それを達成す るための定量値の設定が必要となる。また、規制要求による取り込みと事業者が自 主的に安全性を向上させるための取り込みを明確にした上で判断する必要がある。 ②リスク情報（不確実さを含む）に基づく総合的意思決定の精度を上げるためには、 耐震・外的事象の検討精度（品質）を向上させることが必要不可欠である。自然現 象に関しては、東北地方太平洋沖地震での知見や新たな規制要求に対応するため に、地震、津波はもとより、巨大地震に伴う余震や誘発地震の扱い、地殻変動や竜 巻に関するハザードの検討などを実施する必要がある。また、それに合わせて機 器・建屋のフラジリティの検討も必要となる。 ③ リスク情報に基づく総合的意思決定では、検討精度（品質）を向上させること（②） に加えて、専門家の見解が一致しないような不確実な知見等に対する意思決定の 枠組みの確立が必要となる。 ④ロードマップとしては、上記①、②、③を緊密に連携させて検討していく必要があ る。本検討では、別途実施される①、②の結果を勘案しつつ、③について具体的に 検討し、下記に示す⑤、⑥の検討結果も踏まえ、総合的意思決定に向けた枠組みの 構築を目指す。 ⑤さらに、効果的な安全向上を目指すためには、より影響の大きい事象には頻度をよ り低くする手厚い対応を行うという考え方（グレーデッドアプローチ）及び効果的 な資源配分を行うための全体としての最適化の考え方を明確にする必要がある。 ⑥⑥なお、リスク情報に基づく総合的意思決定では、確率論的観点に加えて、深層防 護など決定論的な観点での精度向上（許容値の適正化を含む）や、発電所内外の関 係者の業務経験の収集などリスク情報以外の意思決定要素について併せて検討し、 透明性を確保しつつ包括的に意思決定を行う枠組みを整備することが、総合的意思 決定の精度を上げることにも繋がる。</p>
<p>具体的な項目</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ リスク情報に基づく意思決定手法の検討</li> <li>・ 地震（余震を含む）、津波、地盤変動、竜巻などの確率論的安全評価</li> <li>・ 低頻度外的事象のバラツキ等に関する不確実性低減</li> <li>・ 許容値の適正化およびその妥当性検討</li> <li>・ 専門家意見等新知見の意思決定への利活用判断手順の確立</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ グレーデッドアプローチ※の考え方及び効果的な資源配分を行うための全体としての最適化の考え方の明確化</li> <li>※（IAEA「基本的安全原則」での記載）安全のために設置者によって投入されるリソースや、規制の対象範囲および厳格さとその適用は、放射線リスクの大きさとその制御可能性に見合ったものでなければならない。</li> <li>・ 決定論的観点の精度向上（許容値の高度化を含む）及びリスク情報以外の意思決定要素の検討</li> </ul>
<p>課題として取り上げた根拠 (問題点の所在)</p>	<p>総合的意思決定の枠組み構築に必要な定性的、定量的安全目標について、社会との連携・協力を実施しつつ、日本全体としてのコンセンサスを形成する必要がある。また、事業者が自主的に安全性を向上させるため取り込みについても、その考え方の方向性について事業者間のコンセンサスも必要となる。</p> <p>地震・津波に関するハザード、フラジリティについては原子力学会標準に示されているが、東北地方太平洋沖地震での知見や新たな規制要求などの新たな知見に対する以下のような検討が必要である。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 巨大地震に伴う余震や誘発地震の取扱い</li> <li>・ 地殻変動や断層変位ハザード、フラジリティ評価</li> <li>・ 地震動と津波の重畳の取扱い</li> <li>・ 複数基立地の取扱い</li> <li>・ 低頻度外的事象のバラツキ等に関する不確定性低減の検討など</li> </ul> <p>更に、竜巻や火山などの外部事象ハザード、フラジリティについての具体的な内容は未だないため、新たに検討する必要がある。</p> <p>また、規制基準への適合判定などの決定論的評価では、当初設計時の許容値を用いた評価とすることが基本となっているが、知見の蓄積、設計用地震動レベルの増加などを考慮すれば、当初設計時の許容値による判断を用いることが不合理となる場合、あるいは確率論的リスク評価の結果に基づく判断とが整合しない場合がありうる。</p> <p>不確実さに関する意思決定については、専門家の見解が一致しないような不確実な新知見に対する意思決定の枠組みの構築など、不確実さに関する判断手順を確立する必要がある。</p>
<p>現状分析</p>	<p>総合的意思決定の枠組み構築に必要な定性的安全目標と定量的安全目標の関連性のコンセンサスがとられていない。</p> <p>地震・津波に関するハザード、フラジリティについては、以下の原子力学会標準に示されているが、東北地方太平洋沖地震の知見や新たな規制要求などの新たな知見に対する検討が必要。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 原子力発電所の地震を起因とした確率論的安全評価実施基準：2007</li> <li>・ 原子力発電所における津波を起因とした確率論的リスク評価に関する実施基準：2011</li> </ul> <p>また、喫急の課題として原設計の許容値を高精度化するための研究は計画されているが、それを継続的に進めていくロードマップが作成されていない。</p> <p>専門家の見解が一致しないような不確実な新知見に対する意思決定の枠組みの構</p>

	<p>築がなされていないなど、必ずしも不確実さに関する判断手順が確立されていない。人材基盤に関する現状分析は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 総合的意思決定の枠組み構築に関しては、事業者経営層、原子力部門責任者が的確な判断をするためのサポート体制が重要となる。</li> </ul> <p>上記を踏まえ以下のような人材が求められている。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 総合的意思決定の枠組み構築に関しては、事業者経営層、原子力部門責任者が的確な判断をするためのサポート的人材が必要</li> </ul>
<p>期待される効果 (成果の反映先)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 確率論的評価手法の高度化</li> <li>・ 既設プラントの迅速な再稼働</li> <li>・ 国民への説明性向上</li> <li>・ 外的事象発生時の安全性向上</li> <li>・ 再立ち上げ基準の明確化。安全性を犠牲にしないプラント効率向上</li> </ul> <p>→ リスク概念を用いた規制への発展</p>
<p>他課題との相関</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ S106_c03 (地震, 津波以外の外的事象が及ぼすリスク早期把握と継続検討項目の抽出)</li> <li>・ S106_c04 (原子力プラントを対象とした津波に対する安全性評価・安全性確保技術の構築 (耐津波工学の体系化))</li> <li>・ S106_c05 (リスク評価に用いる地震影響評価技術の構築 (断層変位, 斜面崩壊等のリスク評価も含む))</li> <li>・ M104L103_c06 (MI02 耐震性能評価精度向上をはじめとする低頻度外的事象に関する不確実性低減への継続的寄与)</li> <li>・ M104L103_c06 (LI07 低頻度外的事象に関する不確実性低減研究継続)</li> <li>・ S110_c10 (外的事象 (自然現象など) に関する新知見の継続的取り組みの枠組み実現)</li> <li>・ S102M101_a01 (リスク情報を利活用する体制の検討着手 (部分的な取り込み: 関連する人材育成も含む))</li> <li>・ S102M101_a01 (リスク情報を利活用する体制の構築 (高度化されたリスク評価技術の規格化: 関連する人材育成を含む))</li> <li>・ S101M101L102_z01 (福島第一原子力発電所事故を踏まえた安全目標の設定とリスク認知)</li> <li>・ S107_c08 (低頻度外的事象の監視モニタリング体制の構築)</li> <li>・ S111_d29 (リスク情報活用による保全・運転管理の高度化)</li> <li>・ M107_d23 (マルチユニット, レベル3 PRA を活用したプラント全体のリスク評価とリスク低減のためのマネジメント力向上)</li> <li>・ S102_a09 (リスク情報活用に向けた組織マネジメントの高度化)</li> <li>・ S111_d13 (リスク評価手法の改良と SA 対策への適用)</li> <li>・ M103L101_a04 (大規模地震災害対応へのリスクガバナンス構築)</li> <li>・ L103_d16 (外的事象によるプラント全体リスクを縮小化する設計技術・維持管理手法開発)</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ M103L101_a04：大規模自然災害対応へのリスクガバナンス構築</li> <li>・ M101L101_a02：プラント全体のリスクを極小化する緊急時対応組織の対応能力強化（外部支援の強化等）</li> <li>・ S110M106L103_d02： <ul style="list-style-type: none"> <li>短期：福島第一原発事故を踏まえた外的事象に関連する IAEA 基準等策定への参画</li> <li>中期：外的事象に関連する IAEA 基準等策定への貢献</li> <li>長期：外的事象に関連する IAEA 基準等策定の主導</li> </ul> </li> </ul>
<p>実施の流れ</p>	<p style="text-align: center;"><b>短期</b> <span style="float: right;"><b>中・長期</b></span></p> <p>個別技術の策定及び精度（品質）向上（S106 c03～c05）</p> <p>地震（余震含む）、津波、地盤変動、竜巻などの確率論的安全評価（学・産/産）</p> <p>低頻度外的事象のバラツキ等に関する不確定性低減（学・産/産）</p> <p>許容値の適正化およびその妥当性検討（学・産/産）</p> <p>専門家意見等新知見の意思決定への利活用判断手順の確立（学・産/産）</p> <p>リスク情報（不確実さを含む）に基づく総合的意思決定に向けた枠組み構築と人材育成（学・産/産）</p> <p>総合的意思決定に向けた枠組みの定着と人材育成の強化</p> <p>安全目標（S101M101L102_z01）</p> <p>グレーデッドアプローチの考え方及び効果的な資源配分を行うための全体としての最適化の考え方の明確化（学・産/産）</p> <p>決定論的観点の精度向上（許容値の高度化を含む）及びリスク情報以外の意思決定要素の検討（学・産/産）</p>
<p>実施機関／資金担当</p> <p>&lt;考え方&gt;</p>	<p>学术界・産業界／産業界</p> <p>&lt;考え方&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 学术界は、確率論的評価技術全般に関する助言、意思決定のための枠組み構築に向けた方法論を検討する。</li> <li>・ 電気事業者を主体とする産業界は、実施主体として、確率論的評価技術の検討、意思決定のための枠組み構築に向けた技術的検討を実施する。</li> </ul>

【改訂履歴】

改訂番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
—	2015年5月21日	初版
1	2016年11月30日	・ 課題調査票の不整合修正（他課題との相関の箇所を見直し）

課題調査票

<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【Non_a13】 継続的なプラント安全性向上を図り安定的な運転を継続するための人材確保</p>
<p>マイルストーン および 目指す姿との関連</p>	<p>短Ⅱ. 信頼性のある組織・体制の構築・維持（防災支援体制含む） ⇒効果的・継続的なリスク低減活動・自主的安全性向上活動が進められるためには、信頼性のある組織・体制が構築・維持される必要がある。 ⇒事故発生リスクの低減のみならず、リスクが顕在化した際のリスク拡大防止のための組織マネジメント力（人材基盤の強化含む）の向上がなされる必要がある。</p> <p>短Ⅵ. 国際貢献 ⇒福島第一事故を踏まえた安全性向上について、国内技術・人材基盤が整い、国際的貢献の責務が果される必要がある。 ⇒福島第一事故の情報・教訓等が適切に維持・管理され、正確に発信される必要がある。</p> <p>中Ⅱ. 既設プラントの高稼働運転と長期安定運転の実現 ⇒安定かつコストバランスに優れたエネルギー源としての利用に向け、高稼働運転や適切な高経年化対策を前提とした長期間運転が必要となる。</p> <p>中Ⅴ. 国際貢献 ⇒国内技術・人材基盤に基づき、原子力導入国への最新知見が反映された技術が開発され、世界の原子力安全への貢献がなされる必要がある。</p> <p>長Ⅰ. プラント全体のリスク極小化 ⇒事故低減に係る革新的技術がなされるために。 ⇒ゼロエミッション電源として高い稼働率で安全・安定運転の継続が可能となるよう、設計・保守・運転等の各断面でリスク極小化を目指す取り組みがなされる必要がある。</p> <p>長Ⅳ. 国際貢献 ⇒世界の中で原子力安全・利用を主導できることを目指す取り組みが必要である。</p>
<p>概要（内容）</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・学生の原子力離れや熟練技術者の高齢化などの人材に関する課題がある中、継続的な安全性向上と安定な運転を図るためには、短期的な視点だけではなく、中長期的な視点も含めた人材育成と維持の体系的な取り組みが必要である。産学官の分野でカバーすべき範囲は基礎研究から運転管理、技術開発、規制に至るまで広範にわたる。さらにグローバル化を見据えた共通基盤の整備も重要になっている。そのために産学官が一体となった体系的な体制の構築と継続的な施策の実行が必要である。</li> <li>・また、技術開発、技術革新、運転管理、基礎研究等に関わる人材育成だけではなく、例えば放射線被ばくやプラント技術に関する知識や情報を国民と共有するためのコミュニケーション活動を行う人材も必要と考える。</li> <li>・今後、福島第一事故を踏まえた先進的な安全技術の蓄積が期待されていることから、原子力安全の技術や知識レベルを体系化し、国際的な原子力安全を牽引する活動が求められるため、これに資する人材を育成する必要がある。</li> </ul>
<p>具体的な項目</p>	<p>&lt;短期&gt; 【初等・中等・高等教育】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・調査・現状分析</li> <li>・教員の確保</li> <li>・教育研究施設の維持</li> <li>・優秀な学生の育成・確保</li> </ul> <p>【産業界・学術界の活動】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・調査・現状分析</li> <li>・原子力の魅力発信（施設見学、インターシップ等）</li> <li>・業務知識・技術の明確化・標準化（安全運転、核燃料サイクル・バックエンド）</li> <li>・資格制度の活用</li> <li>・生きた仕事の間を通じた技術力維持・継承</li> <li>・継続研鑽（CPD）</li> </ul> <p>【国際貢献】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・調査・現状分析</li> </ul>



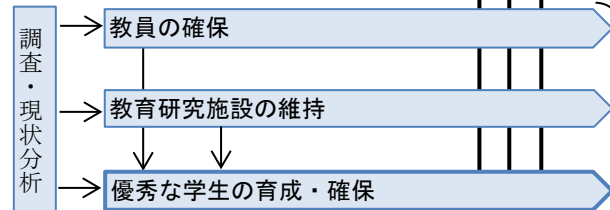
	<ul style="list-style-type: none"> <li>・人材育成体制検討</li> <li>・国際貢献に必要な業務知識・技術の明確化・標準化</li> <li>・人材育成の実施</li> <li>・原子力導入国の人材育成体制検討(ニーズやフェーズの把握)</li> <li>・育成の標準カリキュラム作成</li> <li>・原子力導入国の人材育成支援</li> <li>・国際的な場で活躍できる人材の確保</li> <li>【放射線・被ばくに関する知識・情報の共有とリスクコミュニケーション】</li> <li>・調査・現状分析</li> <li>・原子力に携わる者の中からのリスクコミュニケーション養成</li> <li>・原子力に携わる者によるリスクコミュニケーション活動</li> <li>・教員・医師・保健師等によるリスクコミュニケーション活動への支援</li> <li>・放射線・被ばくに関する知識・情報の共有</li> <li>&lt;中・長期&gt;</li> <li>・活動の継続的改善</li> </ul>
<p>課題として取り上げた根拠 (問題点の所在)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・今後の軽水炉プラントの継続的な安全性の向上を図り、安全で安定な運転に関わる技術を開発、適用し、現場で運用するためには人材の継続的な育成と確保が必要である。</li> <li>・大学レベルでは長年にわたって原子力離れが進んでおり、必要な基礎基盤工学に関する教育にしっかり取り組む必要がある。(教育研究設備の再整備を含む)</li> <li>・産業界では、大きな研究開発プロジェクトが少なくなり、プラント建設の機会が減少していることから、研究開発や設計、建設などの分野においては実務を通じた人材の育成が困難になりつつある。また、力量確保と透明性確保の観点から、資格制度の活用などの検討が望まれる。</li> <li>・国の原子力に関する長期政策に適合させて、産官学で連携したインフラ整備、国際化への対応などの課題がある。</li> <li>・人材の効率的な育成や国際貢献のためには、業務知識・技術の標準化が望まれる。</li> <li>・原子力の安全な利活用に理解を求めるためには、適切なリスクコミュニケーションなどを通して、発電所立地周辺地域をはじめ広く国民からの信頼が深まる必要がある。</li> </ul>
<p>現状分析</p>	<p>○現状分析</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・産学官一体となった取り組みには原子力人材育成ネットワークの活動があり、「原子力人材育成の今後の進め方について」がH26年8月に報告され、その中で提言がなされている。さらに、「原子力人材育成ネットワーク 戦略ロードマップ」が、H26年11月10日の自主的安全性向上・技術・人材WGにて紹介された。</li> <li>・教員や医療従事者等、初等・中等・高等教育や公衆被ばく等の点で関わりを持つ可能性のある専門職業人への教育(正確な知識の習得)が求められている。</li> <li>・学生の原子力離れが進んでいる。原子力を専門としない機械、電気、化学、土木、建築及び文系などの分野において顕著な傾向となっている。</li> <li>・大学の研究炉等大型教育・研究施設は、維持や更新、新設が課題となっている。</li> <li>・原子力・放射線・被ばく等を教えることのできる教員、特に初等中等教育段階の教員が必要となっている。</li> <li>・原子力発電所は、現在、長期停止中であり、技術を維持・継承する生きた仕事の場が弱体化している。</li> <li>・原子力人材に要求される業務知識・技術要件等が各社マターとなっており、標準化の取り組みが望まれる。</li> <li>・個々人が獲得した知識・技術を維持・発展させていることの確認を容易にする継続研鑽(CPD)の仕組みの導入が望まれる。</li> <li>・語学が堪能で日本の文化にも精通した国際舞台で活躍できる人材が必要となっている。</li> <li>・語学が堪能で原子力導入国の人材育成を担当できる人材の拡充が望まれる。</li> <li>・安全のためには、機微技術や核不拡散・核セキュリティ、防災・危機管理等を扱う、国内外の人材を育成していくことが望まれる。</li> <li>・放射線・被ばくの影響に対して広く理解を得るためには、若年者の教育を専門とす</li> </ul>



	<p>る教員、医療を専門とする医師・保健師等との連携が望まれる。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・国民とのコミュニケーションを通して、放射線や被ばく、プラントに関する知識や情報を国民と共有する活動を行う人材の育成が必要となっている。</li> <li>・課題に取り組むにあたって、体制の構築が問題となっている。(単発的な施策では目的を達成できないため、体制を構築した上で、産学官で体系的に取り組む必要がある。)</li> </ul> <p>○上記現状を踏まえ、以下のような人材基盤が必要である。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・原子力関連専攻だけでなく、機械、電気、化学、土木、建築及び文系などの原子力に必要な分野の人材。</li> <li>・大学の研究炉等大型教育・研究施設。</li> <li>・原子力・放射線・被ばく等について教育を行える教員。</li> <li>・技術を維持・継承する生きた仕事の場。</li> <li>・原子力人材に要求される標準的な業務知識・技術要件。</li> <li>・継続研鑽(CPD)の仕組み。</li> <li>・国際舞台で活躍できる人材の育成の仕組み。</li> <li>・海外から人材を受入れて教育する仕組み。</li> <li>・原子力分野で国際貢献を行う場へ積極的に出るインセンティブ。</li> <li>・放射線・被ばくの知識を有し、国民から信頼され、コミュニケーションできる人材。</li> </ul> <p>○着手の優先度</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・「実施の流れ」に示す4項目「初等・中等・高等教育」、「産業界・学術界の活動」、「国際貢献」、「放射線・被ばくに関する知識・情報の共有とリスクコミュニケーション」それぞれにおいて、まずは、しっかりと調査し現状分析することから着手する必要がある。</li> <li>・既存の調査・分析を活用しつつ、必要に応じて、現状分析を実施する組織の整備を行う。</li> <li>・なお、「産業界・学術界の活動」では、「業務知識・技術の明確化・標準化」は、国内人材の力量向上に寄与するだけでなく、原子力新規導入国の人材育成の観点からも必要であり、重要度が高いと考えられる。また、獲得した知識・技術を維持・発展させる「継続研鑽(CPD)」の仕組みの整備も、「資格制度」とも関連し、力量の高い人材の育成・確保に有効な取組と考えられる。</li> </ul>
<p>期待される効果 (成果の反映先)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・軽水炉プラントの安全性向上と安定な運転を継続的に保証する体系の維持。</li> <li>・副次的に、原子力導入国のプラントの安全・安定運転への貢献も期待できる。</li> </ul>
<p>他課題との相関</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・各技術課題に必要な人材の育成については、当該課題にて記述されることを念頭に、共通的な人材の課題についてのみ、ここでは扱うこととした。</li> <li>・「安全文化」の醸成活動なども、各技術課題に属さない共通的な活動ではあるが、別途「S102_a07 安全文化の醸成」という課題調査票があるため、ここでは扱わない。「リスク文化」についても別途「S102_a08 リスク文化の定着」の課題調査票があるため、同様。</li> <li>・リスクコミュニケーションについては、「S103M102L101_b01 リスク情報を活用したコミュニケーションの実施」という課題調査票があるが、原子力人材育成ネットワークからも提言されている「放射線・被ばくに関する知識・情報の共有」については、本課題調査票にて記述することとした。</li> </ul>

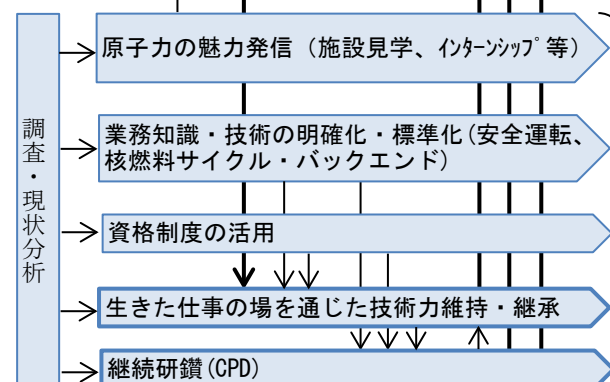
継続的なプラント安全性向上を図り安定な運転を継続するための人材確保

初等・中等・高等教育（学术界・研究機関／行政）



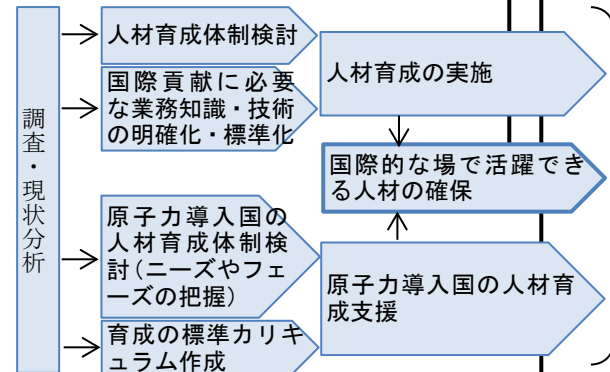
活動の継続的改善（中・長期）

産業界・学术界の活動（産業界・学术界／産業界）



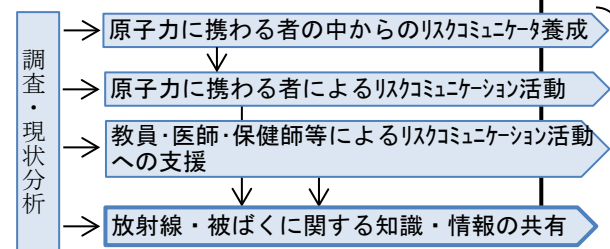
活動の継続的改善（中・長期）

国際貢献（産業界・行政・学术界／産業界・行政）



活動の継続的改善（中・長期）

放射線・被ばくに関する知識・情報の共有とリスクコミュニケーション（産業界・行政・学术界・学協会・原子力人材育成ネットワーク／産業界・行政）



活動の継続的改善（中・長期）

実施の流れ

実施機関／資金担当 <考え方>	<p><u>学術界・研究機関／行政</u>          (【初等・中等・高等教育】教員の確保、教育研究施設の維持、優秀な学生の育成・確保)</p> <p><u>産業界・学術界／産業界</u>          (【産業界・学術界の活動】原子力の魅力発信(施設見学、インターシップ等)、業務知識・技術の明確化・標準化(安全運転、核燃料サイクル・バックエンド)、資格制度の活用、生きた仕事の場を通じた技術力維持・継承、継続研鑽(CPD)、等)</p> <p><u>産業界・行政・学術界／産業界・行政</u>          (【国際貢献】人材育成体制検討、国際貢献に必要な業務知識・技術の明確化・標準化、人材育成の実施、原子力導入国の人材育成体制検討(ニーズやフェーズの把握)、育成の標準カリキュラム作成、原子力導入国の人材育成支援、国際的な場で活躍できる人材の確保、等)</p> <p><u>産業界・行政・学術界・学協会・原子力人材育成ネットワーク／産業界・行政</u>          (【放射線・被ばくに関する知識・情報の共有とリスクコミュニケーション】原子力に携わる者の中からのリスクコミュニケーション養成、原子力に携わる者によるリスクコミュニケーション活動、教員・医師・保健師等によるリスクコミュニケーション活動への支援、放射線・被ばくに関する知識・情報の共有、等)</p> <p>行政は、文部科学省、経済産業省、原子力規制委員会等を含む</p>
	<p>&lt;考え方&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 大学等の学術界や研究機関、行政の文部科学省は、教育研究活動を通じて人材育成を行う。</li> <li>・ 学協会および原子力人材育成ネットワークは、それぞれの役割に基づく活動を通じて、人材育成に貢献する。例えば、教員、医師、保健師等によるリスクコミュニケーション活動の支援など。</li> <li>・ 産業界の電気事業者は、事業主体として現場の実務を通じて人材の育成・確保を行う。</li> <li>・ 産業界のメーカーは、技術開発や設計製作の実務を通じて人材の育成・確保を行う。国(文科省、経産省、規制庁等)は、人材育成のインフラ整備、グローバル対応の環境整備、技術開発の体系的な推進、規制機関の人材育成などを通じて資金担当を含めた活動を行う。</li> <li>・ 行政の経済産業省、原子力規制委員会は、人材面での国際貢献への取組みとして、国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構(JAEA)、一般財団法人 原子力国際協力センター(JICC)、国際原子力開発株式会社(JINED)、一般社団法人 海外電力調査会(JEPIC)等の専門組織が個別に取り組みだけでなく、オールジャパン体制で取り組みを構築する。</li> </ul>

【改訂履歴】

改訂 番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
—	2015年5月21日	初版

課題調査票

<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【S103M102L101_b01】 リスク情報を活用したコミュニケーションの実施</p>
<p>マイルストーン及び 目指す姿との関連</p>	<p>短Ⅲ. リスク情報に基づく対話力の向上 ⇒リスク情報に基づき、リスク低減への取組み等について、国民に納得感をいただけるよう丁寧な対話が行なわれる必要がある。 ⇒安全性向上を共通目的として規制機関と産業界との緊張感のある協調関係が確立される必要がある。 ⇒防災体制の拡充・高度化がなされる必要がある。</p> <p>中Ⅳ. リスク情報共有による対話力・マネジメント力の向上 ⇒良好なコミュニケーションに培われた国民との信頼関係が構築されるために必要。 ⇒リスク情報の開示から共有に至るよう対話力・マネジメント力の継続的向上が必要となる。</p> <p>長Ⅲ. リスク情報を共有した対話力・マネジメント力の維持・発展 ⇒全てのステークホルダー間でリスク情報が共有され、継続的安全性向上が図られている等の対話ができるよう対話力やマネジメント力の発展を目指す取組みが必要である。</p>
<p>概要（目的・内容）</p>	<p>社会からの信頼回復を目的とした外部ステークホルダーとリスク認識及び課題を適切に共有した緊密なコミュニケーション（リスクコミュニケーション）の実施</p>
<p>具体的な項目</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・適切なリスクガバナンスの枠組みの下でのリスクマネジメントの実施</li> <li>・外部ステークホルダーとリスク認識及び課題を共有するための仕組みの構築</li> <li>・「安全目標」設定の考え方の検討・整理</li> </ul>
<p>課題として取り上げた根拠 (問題点の所在)</p>	<p>・電力各社はレベル3 PRA までを視野に取り組みこととしているが、その評価結果は、原子力事故が発生した場合の発電所周辺への人的、社会的影響を示すことになるため、広汎な議論を呼ぶことが想定される。そのため、レベル3 PRA から導き出される結果と「安全目標」との関係や、残余のリスクを低減させるための事業者の取り組みやその実績等訴求すべき事項を整理したうえで、周辺住民等と適切なコミュニケーションを図っていくためのアプローチの検討が必要。</p>
<p>現状分析</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・福島第一原子力発電所事故の反省を踏まえて、以下の取組みが行われている。</li> <li>⇒個社の取組みとして、リスクマネジメント強化のための体制整備や、確率論的リスク評価の活用、リスクコミュニケーションの充実等を検討・実施している。</li> <li>⇒産業界全体の取組みとして、原子力安全推進協会、原子力リスク研究センターを設立し、両組織の活動を通じて、PRA評価手法の高度化等をはかっている。</li> <li>・事故が発生した場合、発電所周辺の広範囲に影響することから、外部の様々なステークホルダーと原子力リスクを共有し、継続的にコミュニケーションを実施する必要があるが、その内容や対象について明確に整理されておらず、また、継続的に実施する仕組みも今後の課題となっている。</li> </ul>

	<p><u>人材基盤の現状分析</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 経営判断、社会への説明の基となる安全目標に関する考え方を整理するため、事故による様々な社会的影響等も含めた幅広い分野の知識が必要であり、そのような分野の専門家を育成していく必要がある。</li> </ul> <p><u>課題に取り組むにあたっての問題点</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 外部の様々なステークホルダーに対して、誰と、どのような内容をコミュニケーションするか整理されていない。</li> <li>・ 事業者として安全性向上に係る取り組みや姿勢、またその実績等も見える形で、コミュニケーションしていくなど、具体的な内容についても議論していく必要がある。</li> </ul> <p><u>必要な人材基盤と問題点</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 事故による様々な社会的影響等の幅広い分野の知識を持つ人材</li> <li>・ 事故による様々な社会的影響等の幅広い分野の知識を持つ人材の育成プログラムの作成と育成の場の確保</li> </ul>
<p>期待される効果 (成果の反映先)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 自ら設定する安全目標と、定量的なリスク評価結果とのギャップを踏まえた安全性向上に係る事業者の取り組み、姿勢、実績（数値的な効果を含む）等に関する説明性の向上</li> <li>・ 適切なリスクコミュニケーションの実施による社会からの信頼性向上</li> </ul>
<p>他課題との相関</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ S102_a09（リスク情報活用に向けた組織マネジメントの高度化）</li> <li>・ S101M101L102_z01：福島第一原子力発電所事故を踏まえた安全目標の設定とリスク認知</li> <li>・ S106_c03：地震、津波以外の外的事象が及ぼすリスク早期把握と継続検討項目の抽出</li> <li>・ S106_c04：原子力プラントを対象とした津波に対する安全性評価・安全性確保技術の構築（耐津波工学の体系化）</li> <li>・ S106_c05：リスク評価に用いる地震影響評価技術の構築（断層変位、斜面崩壊等、リスク評価も含む）の構築</li> <li>・ M104L103_c06：低頻度外的事象の知見に関する不確定性低減への継続的寄与 低頻度外的事象の知見に関する不確定性低減研究継続</li> <li>・ S111_d13: リスク評価手法の改良と SA 対策への適用</li> <li>・ S111_d22：(既設) プラントの信頼性評価に有効な安全裕度評価の高精度化</li> <li>・ S110M106L103_d01：福島第一原子力発電所事故の教訓、最新知見を反映する枠組みの構築及び維持</li> </ul>

<p>実施の流れ S101M101L102_z01</p>	<p>現状</p>
	<p>当該ステージ</p>
<p>実施機関/資金担当 ＜考え方＞</p>	<p>産業界/産業界 ＜考え方＞</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・電気事業者を中心とした産業界は実施主体として、電中研原子力リスク研究センターでの研究活動と連携・協力して、外部ステークホルダーとリスク認識及び課題を適切に共有する仕組みを構築する。</li> <li>・実施主体が資金担当となることが適当。</li> </ul>

【改訂履歴】

改訂 番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
—	2015年5月21日	初版
1	2016年11月30日	・課題調査票の不整合修正（他課題との関連の箇所を見直し）

課題調査票

<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【S104M101L102_b02-1】 原子力災害対策組織・体制（地域防災との関わり含む）の連携強化</p>
<p>マイルストーン及び 目指す姿との関連</p>	<p>短Ⅱ. 信頼性のある組織・体制の構築・維持（防災支援体制含む） ⇒効果的・継続的なリスク低減活動・自主的安全性向上活動が進められるためには、信頼性のある組織・体制が構築・維持される必要がある。 ⇒事故発生リスクの低減のみならず、リスクが顕在化した際のリスク拡大防止のための組織マネジメント力（人材基盤の強化含む）の向上がなされる必要がある。</p> <p>中Ⅳ. リスク情報共有による対話力・マネジメント力の向上 ⇒良好なコミュニケーションに培われた国民との信頼関係が構築されるために必要。 ⇒リスク情報の開示から共有に至るよう対話力・マネジメント力の継続的向上が必要となる。</p> <p>長Ⅲ. リスク情報を共有した対話力・マネジメント力の維持・発展 ⇒全てのステークホルダー間でリスク情報が共有され、継続的安全性向上が図られている等の対話ができるよう対話力やマネジメント力の発展を目指す取り組みが必要である。</p>
<p>概要（内容）</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 福島事故後の新たな原子力防災体制において、オンサイトの取り組みの強化として、支援組織（原子力緊急事態支援組織、他原子力事業者等）や防災関連機関（自衛隊、消防、警察、医療機関等）との連携を強化するため、原子力防災に係る運用、資機材の規格化を図る。</li> <li>➢ 自治体によるオフサイトの取り組みの支援として、原子力防災の専門家の育成を行い、自治体への人的・物的支援を提供する。</li> </ul>
<p>具体的な項目</p>	<p>(課題にぶら下がる細項目の課題を箇条書き)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 原子力災害時に必要となる資機材を整備し、それらを用いて災害対応にあたるため原子力業界内に設立した専門の組織を拡充する。(=原子力緊急事態支援組織)</li> <li>➢ 原子力事業者が所有する防災資機材の仕様、インターフェースを統一化することにより、防災資機材の共有、合理化を可能にする。(オンサイトSA対策資機材含む)</li> <li>➢ 放射性物質や軽水炉発電に係る専門的知識、原子力防災に係る知見を踏まえ、地域防災計画の策定・運用に関わる自治体職員や地域防災リーダーへの情報提供、研修・訓練等の支援(効果的な研修・訓練実施のためのツール提供を含む)を行う。その際は、中立的立場を確保するとともに、確定的影響や低線量被ばくの確率的影響など、放射線防護の知識・育成にも配慮する。</li> <li>➢ 原子力防災に関わる地域防災活動の促進や防災関連組織の維持に必要な人的・物的支援を提供する。</li> <li>➢ 原子力防災・減災にあたる全ての防災関連組織間の意思疎通を図るため、原子力防災に係る運用、資機材の規格化を行い、更なる連携強化を行う。(中期的な課題)</li> <li>➢ 原子力災害対策組織・体制との連携強化(諸外国の良好事例の国内への適用検討)</li> </ul>

<p>課題として 取り上げた根拠 (問題点の所在)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 原子力災害の発生・拡大防止に関する取り組みの大半は、法令に従い、各原子力事業者の責任の下において独自に実施しているが、原子力災害という非常に大きな社会的不安を払しょくするためには、他産業や海外の事例を参考に業界として原子力防災・減災へ積極的に取り組む必要がある。</li> <li>➤ 原子力災害に対応するために、短期的には原子力発電所に配備している防災資機材で対応するが、中長期的には他の原子力事業者が所有している防災資機材の提供を受けることで、合理的な運用、資機材のバックアップとすることができるが、それには仕様が同等であり、接続口、接続コネクタ等のインターフェースが一致している必要がある。</li> <li>➤ 原子力災害時に原子力事業者だけではなく、自衛隊、消防から防災資機材の提供を受けるためには、資機材の仕様、インターフェースを統一することが有用である。また、自衛隊、消防、警察、医療機関等の防災関連組織との連携のために、これら組織との意思疎通を図り、使用する図面の記載、呼称、など、業界全体を通じて原子力防災に係る規格化を進めることが有用である。(中期的課題)</li> <li>➤ 一方、自治体が作成する周辺住民の避難計画などの地域防災計画について、原子力業界としてその作成・運用を支援することが必要である。</li> <li>➤ 地方自治体と立地事業者の間には、健全な関係の保持が求められることから、地方自治体の原子力防災に関する取り組みをサポートすることのできる組織および自治体職員や地域防災リーダーを支援することのできる専門家が必要である。</li> </ul>
<p>現状分析</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 福島第一事故の経験から、発電所内外の緊急時対応組織間(警察、消防、自衛隊、海保等の災害対応機関を含む)の連携を強化し、緊急時には必要な情報を共有していくことが求められている。</li> <li>➤ 現在、原子力事業者が共同で原子力緊急事態支援組織(高放射線量下での作業員の被ばくを可能な限り低減するため、遠隔操作可能なロボット等の資機材を集中的に管理・運用し、高度な災害対応を実施することにより、事故が発生した事業者の事故収束活動を支援する組織)を設立し、24時間、緊急時に対応できる体制を整備して、高放射線量下で使用する偵察ロボット、作業用ロボット管理・運用を開始(第2ステップ)しており、今後、第3ステップとして防災資機材の充実を図るとともに、事業主体の検討を進めている。</li> <li>➤ また、原子力事業者間で原子力災害時の支援に関する協定を締結し、支援の仕組みが構築されている。</li> <li>➤ さらに、立地の近い原子力事業者毎に災害支援協定の締結も行われている。</li> <li>➤ 消防、警察、医療機関等の防災関係機関との連携は、原子力事業者毎に行われている。</li> <li>➤ 各電力会社は、供給エリアを所管する自衛隊の各方面隊との非常災害時の協力協定を締結しているが、その適用範囲に原子力災害は含まれていない。</li> <li>➤ 平成26年4月、防災基本計画の規定に基づき、関係省庁及び原子力事業者が、平時から情報を共有し、原子力事業所における応急対策及びその支援について連携を図る場として「関係省庁と原子力事業者との原子力災害対策に関する連絡会議の設置」が設置され、第1回原子力災害対策中央連絡会議が開催された。関係省庁として、原子力規制庁、内閣府、警察庁消防文部科学省、厚生労働省、</li> </ul>



	<p>資源エネルギー庁、海上保安庁、防衛省が参画している。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ その後、順次、原子力発電所毎に「原子力災害対策地域連絡会議」が開催されており、原子力事業者の応急対策に必要な装備資機材整状況、応急対策の手順及び緊急時 防災体制、原子力事業者による防災訓練の状況等についての情報共有されている。</li> <li>➤ 災害対策用資機材は、上述の原子力緊急事態支援組織で整備するロボット等の機材を除き、法令に基づき配備が必要な可搬型設備等、大半の設備は原子力事業者毎に保有することが義務付けられており、その仕様、接続口、接続コネクタ等のインターフェースの統一はなされていない。</li> <li>➤ また、図面などのその他資料についても、記号や記載方法等に統一は図られていない。</li> <li>➤ 法令上、原子力災害時における防災資機材の原子力事業者間の共有の位置づけが明確になっていない。</li> <li>➤ 一方、地方自治体との連携については、地域防災計画、避難計画策定への支援、防災訓練への協力等、限られた範囲での協力である。</li> </ul> <p><b>【課題に取り組むにあたっての問題点】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 既に配備が完了している資機材の更新対応</li> <li>➤ 新規制基準に関わる法令等による合理的資機材運用に対する制限</li> <li>➤ 不明確な国・自治体・事業者の原子力防災上の責任分掌</li> </ul> <p><b>【人材について】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 原子力防災に関する地域対応は、その他の原子力 PA の一環として行われている。</li> <li>➤ 地域へ根付いた原子力防災スペシャリストが不足</li> </ul> <p><b>【人材についての問題点】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 地域へ根付いた原子力防災スペシャリストの確保</li> <li>➤ 第三者的な立場で原子力防災を推進・支援する人材の確保</li> </ul>
<p>期待される効果 (成果の反映先)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 原子力防災に係る社会の信頼回復</li> <li>➤ 米国のフレックスストラテジと同様な合理的資機材運用</li> <li>➤ 地方自治体、外部支援組織とのリスクコミュニケーションの充実</li> </ul>
<p>他課題との相関</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ S104M101L102_b02-2 オンサイトーオフサイト防災の円滑な情報連携</li> <li>➤ S104M101L102_b02-3 広域防災を意識した原子力防災への備え (オンサイト・オフサイト連携推進)</li> <li>➤ S104_b04 効果的な防災対策に有効な外的事象情報の提供</li> <li>➤ M103L101_a04 大規模自然災害対応へのリスクガバナンス構築</li> <li>➤ S101M101L102_z01:福島第一事故を踏まえた安全目標の設定とリスク認知</li> <li>➤ M102L101L104_b08:廃棄物や TRU 低減を実現する革新的技術及び軽水炉システムの構築</li> <li>➤ M101L101_a02:プラント全体のリスクを極小化する緊急時対応組織の対応能力強化 (外部支援の強化等)</li> </ul>

	<p><b>現状</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>原子力緊急事態支援組織の運用 → ※ 1</li> <li>原子力事業者間の支援の仕組みの構築</li> <li>防災関連省庁との平時からの連携(情報共有) → ※ 2</li> <li>地域防災計画、避難計画策定への支援、防災訓練への協力</li> </ul> <p><b>当該ステージ</b></p> <p>※ 1 → 原子力事業者間の防災資機材の規格化、共有、合理化 → ※ 3 S104M101L102_b02-3</p> <p>※ 2 → 地方自治体への人的・物的支援の実施</p> <p>原子力防災スペシャリストの育成</p> <p>防災関連機関との連携強化 → ※ 3 S104M101L102_b02-2 → S103M102L101_b01</p> <p>諸外国における組織・体制・資機材等の調査、比較検討 → ※ 4</p> <p><b>中長期</b></p> <p>※ 3 → 全ての防災関連機関の原子力防災に係る運用、資機材の規格化</p> <p>※ 4 → 諸外国の良好事例も踏まえた災害対応組織の連携強化 → ※ 3 S104M101L102_b02-3</p>
<p>実施の流れ</p> <p>実施機関／資金担当 ＜考え方＞</p>	<p><b>実施機関</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 原子力緊急事態支援組織の設立（原子力事業者）</li> <li>➢ 他の原子力事業者との連携強化（原子力事業者）</li> <li>➢ その他防災関連組織との連携強化（原子力事業者、内閣府、防災関係省庁）</li> <li>➢ 原子力防災スペシャリストの育成（内閣府、原子力学会、原子力事業者、地方自治体）</li> <li>➢ 地域防災活動への支援（原子力学会、原子力事業者）</li> <li>➢ 法令上の防災資機材の共有化の位置づけ明確化（原子力規制委員会、資源エネルギー庁）</li> <li>➢ 原子力防災に関する責任分掌の明確化（内閣府）</li> </ul> <p><b>資金担当</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 実施主体が資金担当となることが適当</li> </ul>

【改訂履歴】

改訂 番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
—	2015年5月21日	初版
1	2016年11月30日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 課題調査票の不整合修正（他課題との相関の箇所を見直し）</li> <li>・ 課題調査票の不整合修正（マイルストーン及び目指す姿との関連に中期、長期の項目を追加）</li> </ul>

課題調査票

<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【S104M101L102_b02-2】 オンサイトーオフサイト防災の円滑な情報連携への取組</p>
<p>マイルストーン及び 目指す姿との関連</p>	<p>短Ⅱ. 信頼性のある組織・体制の構築・維持（防災支援体制含む） ⇒効果的・継続的なリスク低減活動・自主的安全性向上活動が進められるためには、信頼性のある組織・体制が構築・維持される必要がある。 ⇒事故発生リスクの低減のみならず、リスクが顕在化した際のリスク拡大防止のための組織マネジメント力（人材基盤の強化含む）の向上がなされる必要がある。 中Ⅳ. リスク情報共有による対話力・マネジメント力の向上 ⇒良好なコミュニケーションに培われた国民との信頼関係が構築されるために必要。 ⇒リスク情報の開示から共有に至るよう対話力・マネジメント力の継続的向上が必要となる。 長Ⅲ. リスク情報を共有した対話力・マネジメント力の維持・発展 ⇒全てのステークホルダー間でリスク情報が共有され、継続的安全性向上が図られている等の対話ができるよう対話力やマネジメント力の発展を目指す取り組みが必要である。</p>
<p>概要（内容）</p>	<p>・ 福島事故後の新たな原子力防災体制において、オンサイトとオフサイトのより円滑な連携により効果的な住民防護に資するため、互いが必要とする情報を特定し、情報流通経路を確立するとともに、平常時からの関係機関との連携体制を構築する。</p>
<p>具体的な項目</p>	<p>（課題にぶら下がる細項目の課題を箇条書き） ① オフサイト側（迅速な住民防護）が必要とするオンサイト情報（10 条通報、15 条報告、25 条報告以外）の抽出とオフサイト側への提供方法（提供タイミング、提供ルート、提供手段など）の検討 ② オンサイト側が必要とするオフサイト情報の抽出とオンサイト側への提供方法（提供タイミング、提供ルート、提供手段など）の検討 ③ オンサイト SA 対策を行う原子力事業者とオフサイト防災を担当する地方公共団体・実動省庁との平常時からの連携体制の構築（顔の見える関係、お互いの資機材・対応体制の理解など）</p>
<p>課題として取り上げた根拠 (問題点の所在)</p>	<p>・ 福島事故後の新たな防災体制において、従来オフサイトセンターを中心に展開したオンサイト・オフサイトの対応が、原子力災害対策本部（官邸および規制庁）中心に変わったものの、オンサイト、オフサイトでそれぞれが自所の活動に必要とするお互いの情報を整理する必要がある。 ・ オンサイト、オフサイトで情報をやりとりするルート・手段等が明確でない。 （国の原子力災害対策マニュアルでは、オンサイト情報は原子力規制庁 E R C で集約してオフサイトセンターに連絡することが決められているが、オフサイト情報をオンサイト側に提供する枠組みが明確ではない。） ・ 緊急時に円滑な連携を図るためには、平常時からオンサイト SA 対策を行う原子力事業者とオフサイト防災を担当する地方公共団体・実動省庁が連携しておくことが必</p>

	<p>要であるが、現在、原子力防災地域協議会の設置の方向性が示されたところで、今後、そのような体制の活用が期待されている。</p>
<p>現状分析</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 福島事故以前は、オフサイトセンターにおいて、プラント情報と住民情報などを一元的に集約し、関係者の協議により緊急時対応を行っていた。</li> <li>・ 福島事故を踏まえ、緊急時の対応はオンサイトとオフサイトに切り分けられ、それぞれが独立して対応する体制となった。(オンサイトは発電所緊急時対策所や即応センターを中心に、オフサイトはオフサイトセンターを中心に、官邸やERCがそれらをサポートする体制)</li> <li>・ また、PAZ圏内はEALに基づき住民防護措置が発動されることから、オンサイトの状況に応じたオフサイト防災を行える体制は既に構築されており、UPZ圏内に関しては、OILに基づく住民防護措置を行うことから、オンサイト状況は直接関係しない。</li> <li>・ 以上のことから、福島事故以前に比べて、オンサイトとオフサイトの連携がなくても原子力防災対応ができる体制が構築されている。</li> <li>・ しかしながら、住民防護の観点からオフサイト防災をより迅速に行うにあたっては、プラント状態の推移や放射性物質の放出情報（予測時刻、放出量想定等）などのオンサイト情報も必要であることから、それぞれが円滑な連携を図れるような枠組みを構築しておく必要がある。</li> <li>・ また、住民避難に責任を負う各地方公共団体の措置に関して、国が主導する緊急時モニタリングに原子力事業者が要員を派遣するなど、オフサイト対応に支援協力をする観点からも、オフサイト情報が原子力事業者側に的確に伝わることは重要である。</li> </ul>
<p>期待される効果 (成果の反映先)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 原子力災害時の人と環境の防護へ資することになる。</li> </ul>
<p>他課題との相関</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ S105_a05 緊急時対応における情報共有や意思決定判断基準の高度化（環境影響評価／事象進展予測技術の高度化）及び意思決定の教育訓練</li> <li>・ S104M101L102_b02-1 原子力災害対策組織・体制（地域防災との関わりを含む）の連携強化</li> <li>・ S104_b04 効果的な防災対策に有効な外的事象情報の提供</li> <li>・ M103L101_a04 大規模自然災害対応へのリスクガバナンス構築</li> <li>・ S104M101L102_b02-3 広域防災を意識した原子力防災への備え（オンサイト・オフサイト連携推進）／広域防災への事業者の関わり・支援</li> <li>・ S101M101L102_z01:福島第一事故を踏まえた安全目標の設定とリスク認知</li> <li>・ M102L101L104_b08:廃棄物や TRU 低減を実現する革新的技術及び軽水炉システムの構築</li> <li>・ M101L101_a02:プラント全体のリスクを極小化する緊急時対応組織の対応能力強化（外部支援の強化等）</li> </ul>

実施の流れ	現状	原子力災害対策マニュアルによる原子力災害対応体制での対応要領の策定
	短期	項目①：オフサイトのための必要情報特定と提供方法の確立 (産/産)
	項目②：オンサイトのための必要情報特定と提供方法の確立 (行政・地方公共団体/行政・地方公共団体)	項目③：事業者とオフサイト関係機関との連携体制の検討・構築 (行政・地方公共団体・産/行政・地方公共団体・産)
実施機関/資金担当 ＜考え方＞	<ul style="list-style-type: none"> <li>・内閣府</li> <li>・原子力規制庁</li> <li>・地方公共団体</li> <li>・原子力事業者</li> <li>・実動省庁（警察・消防・海保、自衛隊）</li> </ul> <p>※枠組みの構築であり特段の資金は不要。なお、枠組み構築に際して各実施機関で準備すべきものがあれば、自らの資金で実施。</p>	S104M101L 102_b02-1

【改訂履歴】

改訂 番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
—	2015年5月21日	初版
1	2016年11月30日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・課題調査票の不整合修正（他課題との相関の箇所を見直し）</li> <li>・課題調査票の不整合修正（マイルストーン及び目指す姿との関連に中期、長期の項目を追加）</li> </ul>

課題調査票

<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【S104M101L102_b02-3】                  広域防災を意識した原子力防災への備え(オンサイト・オフサイト連携推進)                  広域防災への事業者の関わり・支援</p>
<p>マイルストーン及び 目指す姿との関連</p>	<p>短Ⅱ. 信頼性のある組織・体制の構築・維持(防災支援体制含む)                  ⇒効果的・継続的なリスク低減活動・自主的安全性向上活動が進められるためには、                  信頼性のある組織・体制が構築・維持される必要がある。                  ⇒事故発生リスクの低減のみならず、リスクが顕在化した際のリスク拡大防止のため                  の組織マネジメント力(人材基盤の強化含む)の向上がなされる必要がある。                  中Ⅳ. リスク情報共有による対話力・マネジメント力の向上                  ⇒良好なコミュニケーションに培われた国民との信頼関係が構築されるために必要。                  ⇒リスク情報の開示から共有に至るよう対話力・マネジメント力の継続的向上が必要                  となる。                  長Ⅲ. リスク情報を共有した対話力・マネジメント力の維持・発展                  ⇒全てのステークホルダー間でリスク情報が共有され、継続的安全性向上が図られて                  いる等の対話ができるよう対話力やマネジメント力の発展を目指す取り組みが必要                  である。</p>
<p>概要(内容)</p>	<p>広域防災への関わりとして、避難計画の策定支援に向けたリスクコミュニケーション                  の実施について、検討する。                  また、大規模自然災害と原子力災害の複合災害発生時においては、自衛隊、消防、警                  察等の関係各機関の活動と原子力事業者の活動を相互に確認しながら広域防災にお                  ける情報連携、指揮命令を実施できる仕組みの構築について、検討する。</p>
<p>具体的な項目</p>	<p>(初期対応段階における防護措置の設定)                  ・原子力災害発生時における緊急事態の初期対応段階においては、放射性物質の放出                  開始前から、原子力施設の状況に応じてあらかじめ設定した緊急事態区分(3段階)                  に応じた防護措置を講じる。                  (平常時における防護計画の検討への活用)                  ・平常時から、関係者間でリスク情報を適切に共有することにより、原子力災害発                  生時における原子力施設の状況に関する必要な情報を関係各機関で共有し、限ら                  れた要員の中で必要な防護措置(住民避難等)を円滑に遂行する必要がある。こ                  の際、平常時における措置計画の検討として、予測・評価結果などを参考に活用                  する。                  ・諸外国の良好事例の国内への適用検討</p>
<p>課題として取り上げ た根拠 (問題点の所在)</p>	<p>・関係自治体にとって必要な原子力施設の状況に係る情報を、必要な箇所へ適切に情                  報伝達できるよう、平常時から、関係自治体・住民との対話及び原子力防災訓練等                  により相互に確認し、改善する必要がある。                  ・住民避難等の防護措置が開始された場合は、原子力事業者は、原子力施設の状況を                  踏まえ、移動手段の確保等、必要な協力を行う体制を整備しておく必要がある。                  (広域防災における情報連携)</p>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>・大規模自然災害に起因する原子力災害では、各災害対策本部の指揮命令の円滑な連携等が必要になる。このような状況下において大規模自然災害への対応と原子力災害への対応をどのように図るかより明確にする必要がある。</li> <li>特に初動対応において、自衛隊、消防、警察等による救助・救援を行いつつ、原子力事業者からの情報を踏まえた避難等の適切な放射線防護措置を行うために、両者の持つ情報をいかにして共有し、一元的な判断を行うかが課題となっている。</li> </ul>
<p>現状分析</p>	<p>現状分析は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・新規制基準対応で整備した設備・体制を踏まえたリスク評価の見直しに関する検討が必要。</li> <li>・新規制基準対応で設置される設備や整備される体制、また今後、事業者が自主的に整備する設備や運用を踏まえ、必要に応じリスク情報を見直し、関係者間で共有する仕組み作りが必要。</li> <li>・原子力施設の状況及び新たに整備される設備・体制を踏まえたリスク等を定量的に評価し、規制側も認める手法の確立が必要。</li> <li>・住民避難等の防護措置が開始された場合、刻々と変化する原子力施設の状況を踏まえた関係自治体と原子力事業者との協力内容の在り方について、検討が必要。</li> <li>・大規模自然災害等の広域防災では、災害対策基本法に基づく緊急災害対策本部の指示の下、活動を行う。一方、原子力災害が発生した場合、原子力災害対策特別措置法に基づく原子力災害対策本部の指示の下、活動を行う。原子力事業者はオフサイト対応に必要な情報を原子力災害対策本部に都度発信することになっている。</li> <li>・大規模自然災害による被災状況の確認は災害対策基本法に基づき緊急時対策本部がその機能を有し、原子力災害による放射線量の確認（緊急時放射線モニタリング）は原子力災害対策本部がその機能を有している。原子力事業者は緊急時モニタリングに協力するが、その情報をもとに事故収束支援、救助活動等を行うことになるため、これらの情報を重ね合わせた判断が必要となる。</li> <li>・限られた復旧資機材や輸送手段、対応要員（域外からの自衛隊等の応援者を含む）を、大規模自然災害等の広域防災と原子力災害対応に適切に割り振り、災害対応を迅速且つ適切に進める必要があるが、現状、双方の情報を確認し優先すべき順位等を判断の上、全体的な活動を取りまとめる仕組みについて更なる検討が必要。</li> </ul> <p>人材基盤に関する現状分析は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・原子力施設の状況及び新たに整備される設備・体制を踏まえたリスク等を、定量的に評価する人材の育成と継続的な確保が必要。</li> <li>・設備的な知識とリスク評価に関する知識を融合させ、防災体制の運用に係る評価結果を導く等、複数の専門的な知識を有する人材の継続的な確保が必要。</li> <li>・リスク評価など評価された結果を関係自治体と共有する対話力、マネジメント力を有する人材の育成と継続的な確保が必要。</li> <li>・大規模自然災害に対する対応事項と、原子力災害に対する対応事項を把握し、被害状況等から対応すべき優先度を判断できる人材の国大での育成と継続的な確保が必要。</li> </ul>



<p>期待される効果 (成果の反映先)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・必要な情報が明確になり、国、自治体はより精度の高い住民避難計画の策定することで住民との信頼関係を構築でき、住民は原子力に対する安全安心感を得ることができる。</li> <li>・精度の高い住民避難計画により住民避難等が円滑に実施できるうえ、原子力事業者は災害対応に注力する枠組みが構築できる。</li> </ul>
<p>他課題との相関</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ S104M101L102_b02-1 原子力災害対策組織・体制（地域防災との関わり含む）の連携強化</li> <li>・ S104_b04（効果的な防災対策立案に有効な外的事象情報の提供）</li> <li>・ S103M102L101_b01 リスク情報を活用したコミュニケーションの実施</li> <li>・ M103L101_a04 大規模自然災害対応へのリスクガバナンス構築 大規模自然災害対応へのリスクガバナンス構築</li> <li>・ S101M101L102_z01:福島第一事故を踏まえた安全目標の設定とリスク認知</li> <li>・ M102L101L104_b08:廃棄物やTRU低減を実現する革新的技術及び軽水炉システムの構築</li> <li>・ M101L101_a02:プラント全体のリスクを極小化する緊急時対応組織の対応能力強化（外部支援の強化等）</li> <li>・ S104M101L102_b02-2:オンサイトーオフサイト防災の円滑な情報連携への取組</li> </ul>
<p>実施の流れ</p>	<p>現状</p> <p style="text-align: right;">産／官</p> <p>従来からの法規制の枠組みに従った原子力防災体制の運用</p> <hr/> <p>当該ステージ</p> <p>S104M101L102_b02-1</p> <p>※5</p> <p>※7</p> <p>新規制基準等の枠組みに従った原子力防災体制の運用 → ※1</p> <p>更に発展させた原子力防災体制の運用</p> <p>S103M102L101_b01 M103L101_a04</p> <p>リスク情報の開示・共有によるコミュニケーションの確立</p> <p>諸外国の良好事例の調査・適用検討</p> <p>※1 → 原子力導入国への事例共有（必要に応じ支援）</p> <p style="text-align: right;">産／官</p>
<p>実施機関／資金担当 &lt;考え方&gt;</p>	<p>電気事業者・学協会／電気事業者・規制庁</p> <p>&lt;考え方&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・電気事業者は、事業主体として実効的な防災体制の確立・運用の向上に努める。</li> <li>・学協会は、電気事業者における評価手法及び人材基盤の整備を指導する。</li> <li>・規制庁は、リスク評価手法等の審査及び必要な法令改正を行う。</li> </ul> <p>また、本評価手法等は、原子力事業のみならず幅広く展開できることから、規制庁も資金担当とする。</p>

【改訂履歴】

改訂 番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
—	2015年5月21日	初版
1	2016年11月30日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 課題調査票の不整合修正（他課題との相関の箇所を見直し）</li> <li>・ 課題調査票の不整合修正（マイルストーン及び目指す姿との関連に短期の項目を追加）</li> </ul>

課題調査票

<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【S104_b04】 効果的な防災対策に有効な外的事象情報の提供</p>
<p>マイルストーン及び 目指す姿との関連</p>	<p>短 II：信頼性のある組織・体制の構築・維持(防災支援体制を含む)</p> <p>⇒ 防災計画の策定には、内的事象、外的事象を含め想定しうる事故の形態、放射性物質の放出までの時間と量、放出までになし得る施設での対策（アクシデントマネジメント（AM））などの情報を事故の発生可能性（発生頻度）の情報とともに適切に整理して提供することが必要である。さらに地震起因事象については、リスク寄与の高い地震動レベルの情報を基に、地域での交通・通信などのインフラへの影響も推定できれば、計画の充実化に参考となると考えられる。</p> <p>⇒ 防災計画への積極的情報提供及び共同の検討作業は、地域の総合的な防災機能の向上にも貢献し、そのプロセスを通じて社会からの信頼向上に寄与できる。</p> <p>⇒ 上記計画と共に、地震発生時～後の退避あるいは避難要否、避難経路の判断などに有効な情報を提供する。</p>
<p>概要（内容）</p>	<p>検討のモデルとするサイトを選定して地震等に関するレベル2及びレベル3のPRAを実施する。この中で、施設及び周辺地域における交通・通信などへの地震等の影響も考慮して、AM対策や防災対策による公衆のリスクの低減効果を検討し、リスク評価の防災への効果的な活用方法を提案する。その結果を地方自治体等に情報として提供する。地方自治体側からの追加検討の要望があれば、対応する。</p> <p>また、地震等外的事象発生時におけるプラント状態把握の情報及び放射性物質放出に関するモニタリング結果などの情報を地方自治体と共有し、退避あるいは避難等の防災対策に活用することも有効である。</p> <p>併せて、これら情報の提供・共有の仕組みを整備する。</p>
<p>具体的な項目</p>	<p>当面は地震を対象とし、中・長期的に対象事象を広げる。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 地震起因事象の確率論的リスク評価（地震PRA）による情報の取得             <ul style="list-style-type: none"> <li>－重要な事故シナリオ（シーケンス）及び事故発生リスクへの寄与度の大きい地震（群）の情報</li> <li>－事故進展の時間経過、放出タイミング、放出量、とりうる有効なAM策などの情報</li> <li>－リスク寄与度の大きい地震による地域への影響の検討及び防災対策の有効性などの情報。地形/気象など地域特有の条件があれば、それを含めて検討。</li> </ul> </li> <li>なお、必要に応じ、以上の解析のための解析手法の改良を含める。</li> <li>・ 評価結果の情報の地域への提供（質問/要望等のフィードバック、共同の検討を含む）</li> <li>・ 外的事象に対する情報の提供・共有、防災対策への活用（地震発生前の防災計画への反映、地震発生時の退避指示あるいは避難支援への活用など）</li> <li>・ 上記の情報提供、活用のためのモニタリング、ネットワークの整備</li> </ul>

<p>課題として取り上げた根拠 (問題点の所在)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>地震などの外的誘因事象による事故のリスクについては、定性的・定量的な分析が広くはなされておらず、また、「地震等が発生すると、どこで、何が起きるのか」というシナリオが公衆と共有できていないことから、公衆の不安の要因となっている。</li> <li>原子力防災計画は、IAEAの国際基準が示すように、すべてのハザードとの関連(all hazard approach)で対応を考慮すべきである。原子力防災は、自治体が行う総合的な防災活動の一環であり、地震等については、仮に初動対応等を行う場合には、一体として運用される必要があるが、現状では十分に検討が進んでいない。自治体における検討に積極的に情報を提供し協力することが望まれる。</li> <li>なお、このような検討を進めることで、公衆への直接的影響に関するリスク寄与の高い地震動レベルと、原子力災害を介して公衆のリスクに寄与する地震動レベルでは、発生頻度のオーダーがまったく異なる可能性もあるが、そのような知見を共有することも重要である。</li> <li>また、地震発生前の防災計画への反映に加えて、地震発生時の退避指示あるいは避難支援への活用、モニタリング・ネットワークのシステムの整備は進んでいない。</li> </ul>
<p>現状分析</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>地震起因事象のレベル1PRAは、多く実施されており、リスク寄与度の大きい地震動レベルも明らかになっている。しかし、リスクの観点でのAM対策の有効性評価はなされていない。</li> <li>地震起因事象のレベル2PRA手法は整備されているが、建屋損傷等の詳細分析が十分でないため、ソースターム(原子力施設から放出される放射能発生源)評価に結びついていない事故シナリオがある。また、炉心損傷後の影響緩和のためのAM対策の有効性検討はなされていない。</li> <li>地震起因事象のレベル3PRAについては、地域インフラへの地震の影響の検討及び防災対策の有効性検討の手法は、まだ十分整備されていないので、手法検討から開始する必要がある。</li> <li>リスク評価結果の情報の地域への提供については、いくつかの試行的な試みがなされてきた。これらも参考としつつ、方法論の検討を行いながら進める必要がある。</li> <li>同様に、地震等発生時におけるプラント状態把握の情報や放射性物質放出に関するモニタリング結果の緊急時対応への提供については、研究、試みが実施されているが、活用検討をさらに進める必要がある。</li> <li>リスク情報の提示が原子力の受容に悪影響を及ぼすとの懸念がある。リスク低減の努力を含めてリスク情報を提示するという方針への関係者の共通認識を明確にして進める必要がある。</li> </ul> <p><u>人材基盤の現状分析</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>現在、「PRAの実施」、「施設におけるAMの整備」、「防災対策支援」の3分野は、専門性が異なるため、事業者内の担当は分かれている場合が多く、全体を理解して、地方自治体や住民と議論できる人材や体制は準備されていない。全体を理解</li> </ul>

	<p>する担当者を各電力会社内、地方自治体、防災支援機関（自衛隊など）、規制機関などにおいて育成する必要がある。また、このような人材が、現実の事故発生時に有機的に連携して知見を活用できるよう AM・防災に係わる組織内に適切に組み入れることが望ましい。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 地震影響を含めたレベル 2、3 PRA の実施のためには、施設設計、シビアアクシデント時物理現象、環境影響解析、地震防災、地震ハザード評価など多様な分野の専門家の共同作業を実現する必要があるが、個別の専門家は存在する。</li> <li>・ 情報活用や防災対策の専門家は存在するものの、さらに原子力発電所の周辺自治体の対策に取り組む人材が必要である。</li> <li>・ 地震影響を含めたレベル 1、2、3 PRA の実施のためには、レベル 1、2、3 の PRA、施設設計、建屋及び機器の耐震設計、シビアアクシデント時物理現象、地震防災、地震ハザード評価など多様な分野の専門家の共同作業を実現する必要がある。</li> <li>・ 情報活用のためのヒューマンインターフェースや、防災対策のための専門家も必要であり、事業者、国、自治体が連携して人材を育成することが望まれる。</li> </ul>
<p>期待される効果 (成果の反映先)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 防災を積極的に支援することにより地方自治体の活動に寄与する。結果として透明性が向上し、社会からの信頼の醸成に寄与する。</li> <li>・ 研究推進のための関係者の共同作業及び情報交換の場を作ることにより、安全設計、AM、防災を総合的に理解できる人材を関係組織において育成する手助けとなる。</li> <li>・ 地震発生時の退避あるいは避難支援などへの活用により、地域防災に貢献する。</li> <li>・ 地震を中心とする外的誘引事象に関するレベル 2/3 の PRA 実施は、地域の総合的な防災機能向上にも繋がり、安全基盤の継続的強化にも寄与する。</li> <li>・ 最新の地震起因事象 PRA の知見の共有については、効果的・継続的なリスク低減活動・自主的安全性向上活動の推進に繋がり、国際貢献の側面においても期待される。</li> </ul>
<p>他課題との相関</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ S104M101L102_b02-1 原子力災害対策組織・体制（地域防災との関わり含む）の連携強化</li> <li>・ S104M101L102_b02-2 オンサイトーオフサイト防災の円滑な情報連携</li> <li>・ S108_c09 外的事象の情報提示等ヒューマンインターフェースの高度化</li> <li>・ S104M101L102_b02-3 広域防災を意識した原子力防災への備え（オンサイト・オフサイト連携推進）、広域防災への事業者の関わり・支援</li> <li>・ S101M101L102_z01: 福島第一事故を踏まえた安全目標の設定とリスク認知</li> <li>・ M102L101L104_b08: 廃棄物や TRU 低減を実現する革新的技術及び軽水炉システムの構築</li> <li>・ M101L101_a02: プラント全体のリスクを極小化する緊急時対応組織の対応能力強化（外部支援の強化等）</li> <li>・ M103L101_a04: 大規模自然災害対応へのリスクガバナンス構築</li> <li>・ S110M106L103_d02: ・福島第一事故を踏まえた外的事象に関連する IAEA 基準等策定への参画 ・外的事象に関連する IAEA 基準等策定への貢献 ・外的事象に関連する IAEA 基準等策定の主導</li> </ul>

<p>実施の流れ</p>	<p>当該ステージ S104M101L102_b02-1, S104M101L102_b02-2, S108_c09</p>
<p>実施機関／資金担当 ＜考え方＞</p>	<p>電気事業者・学協会／電気事業者・国 ＜考え方＞</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 電気事業者は、事業主体として評価の主体となる。</li> <li>・ 学協会は、評価手法の整備・標準化、情報発信などに貢献。</li> <li>・ 電気事業者及び国が連携して、評価法構築及び評価の実施、情報提供・活用のネットワーク整備における資金担当となることが適当。</li> </ul>

【改訂履歴】

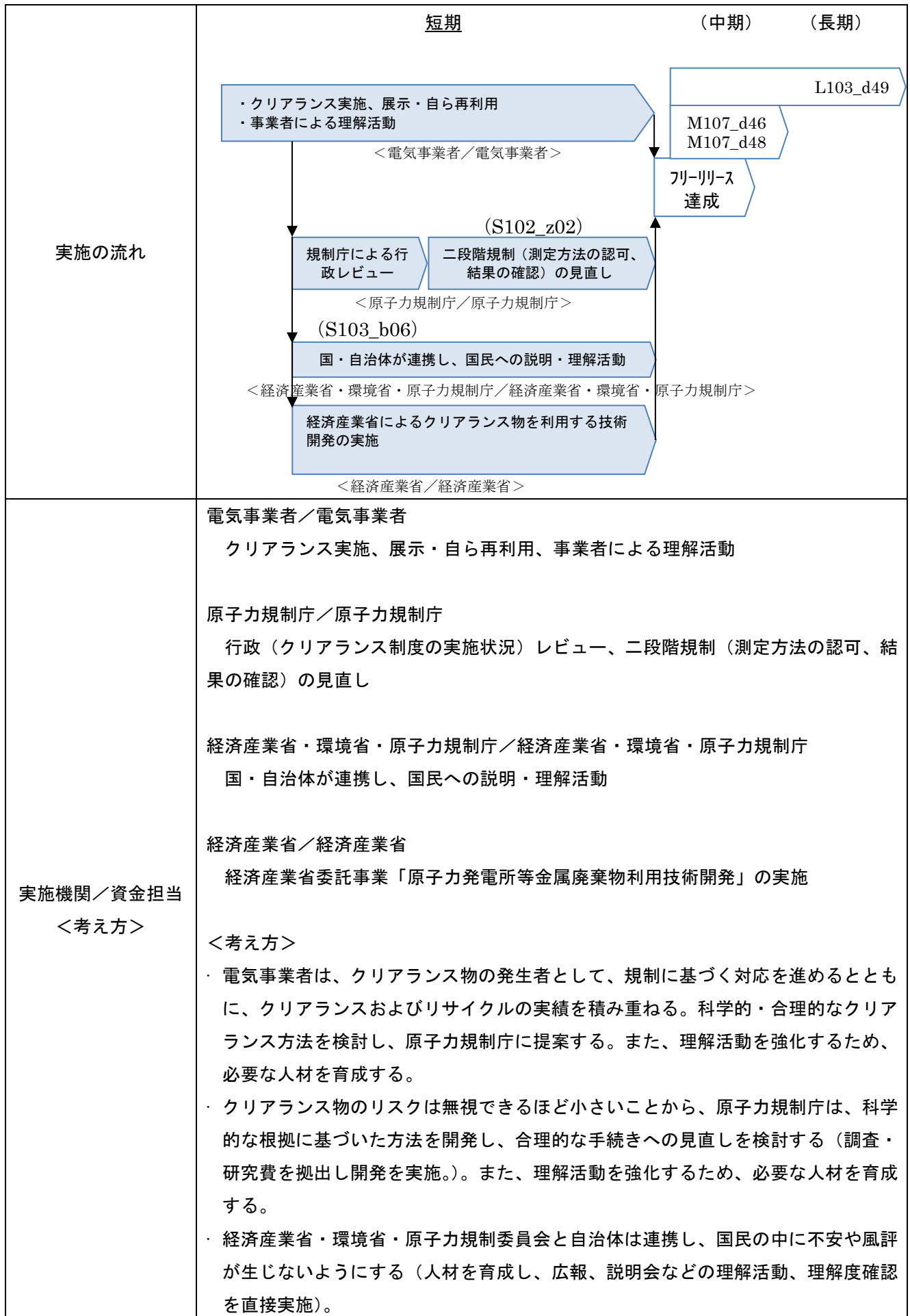
改訂番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
—	2015年5月21日	初版
1	2016年11月30日	・ 課題調査票の不整合修正（他課題との相関の箇所を見直し）

課題調査票

<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【S103_b05】 クリアランスリサイクルの実現</p>
<p>マイルストーン及び 目指す姿との関連</p>	<p>短Ⅲ. クリアランス物のフリーリリースの定着 数基の運転停止した原子力発電所において、廃止措置の計画を立案して、既存技術を基に施設を解体し、解体に伴って発生したクリアランス物のリサイクルの実績があり、フリーリリースが進んでいること。 ⇒クリアランス物のリサイクルに対する国民の理解が進み、クリアランスされた物が一般物と同様に流通している。 ⇒クリアランス確認に関して、合理的な規制が実施されている。</p>
<p>概要（内容）</p>	<p>エネルギー基本計画で示された円滑な廃止措置を実現するため、原子力小委員会における事業者からのプレゼンや委員からの意見として、クリアランス物のリサイクルが重要であることが示されている。国民のクリアランス物のリサイクルに対する不安の払拭や、規制に基づくクリアランス認可と認可後の確認を合理化することにより、廃止措置の初期段階から発生するクリアランス物を円滑にリサイクルへ回すことができる。国、事業者、加工事業者の共通の認識としてクリアランス物の直接廃棄はせず、リサイクルすることとしている。</p>
<p>具体的な項目</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・クリアランス実施、展示・事業者自ら再利用</li> <li>・事業者による理解活動</li> <li>・規制庁による行政レビューの実施</li> <li>・規制庁による二段階規制（測定方法の認可、結果の確認）の一段階規制への見直し</li> <li>・国・自治体が連携し、国民への説明・理解活動</li> <li>・経済産業省によるクリアランス物を利用する技術開発を実施。</li> <li>・一段階規制に適した民間規格・基準の制定</li> </ul>
<p>課題として取り上げた根拠 (問題点の所在)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・原子炉等規制法では、クリアランスレベルを下回ったものは、一般の物と区別なく取り扱うことができる制度となっているが、実際は、規制の枠組みを超えて、一次利用については事業者が率先して再利用することの指導がなされ、実行している。</li> <li>・クリアランスの実績は十分であり、原子炉等規制法に基づき一般産業界から出る廃材と同様な扱いがなされることが望ましい。</li> <li>・諸外国では、法に基づき、クリアランスレベルを下回ったものを一般の物と区別なく取り扱っている。</li> <li>・クリアランスの実績を妨げる要因として、二段階規制の適用による時間とコスト、国民のクリアランス物のリサイクルに対する不安がある。</li> <li>・廃止措置を計画通り遂行するためには、それに伴い発生する大量のクリアランス対象物の、円滑な認可・確認とリサイクル・処分が、施設の解体工程どおりに進む必要がある。</li> </ul>

<p>現状分析</p>	<p>具体的な項目に対する現状分析は以下のとおりである。</p> <p>①クリアランス測定対象物の認可・確認に係る規制手続きに非常に長時間を要しているため、円滑な廃止措置のためには、合理的となるよう改善が必要。原子力発電所の廃止措置により、数千トンのクリアランス物が発生するため、年間数百トンの早さでクリアランス確認を実施しないと廃止措置期間中にクリアランス処理が終わらない（片付かない）。</p> <p>（実例）日本原子力発電(株) 東海発電所の廃止措置に伴って発生するクリアランス測定対象物約2,000トンのうち約170トンが同社が指定する加工先（鑄造工場）に搬入し、ベンチ、テーブル、遮へい材等の製品に加工した（クリアランス制度が施行されてから約10年経過しており、年平均で17トン）。</p> <p>②クリアランス制度導入時の炉規制法改正に係る国会附帯決議事項に示された、政府による国民の不安を取り除くための周知、理解活動が不十分。事業者は、クリアランス物の発生者としてリサイクルのための加工先に説明するが、搬出先（加工先）の地元から受け入れを拒まれることがあった。このため、制度創設から10年たった現状においても、フリーリリースに至っていない。</p> <p>③事業者はクリアランス制度導入時の国会審議の中で、先ず率先してクリアランス物をリサイクル利用していくこととしており、その実績を重ね、原子力規制委員会が制度の運用状況をレビューし、フリーリリースへ移行させることになっているが、①と②の課題が解決していないため、実績を重ねることができていない。</p> <p>人材基盤に関する現状分析は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・電気事業者、国、自治体にクリアランス物の再利用に関する理解活動を行う人材が不足している。</li> </ul>
<p>期待される効果 （成果の反映先）</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・炉規制法に基づくクリアランス測定対象物の認可・確認が円滑に進む。</li> <li>・クリアランス物のリサイクルが円滑に進む</li> <li>・円滑に廃止措置が進む。</li> </ul>
<p>他課題との相関</p>	<p>S103_b06：処分場の確保</p> <p>S102_z02：リスクレベルに応じた規制制度変更とその円滑な実施</p> <p>M107_d46：廃止措置のためのL3埋設施設の管理方法</p> <p>M107_d48：プラント機器撤去後の建屋・サイトの再利用</p> <p>L103_d49：プラント機器撤去後のサイト解放支援</p>





	<p>・ 経済産業省は平成27年度から3ヵ年を目途にクリアランス物を利用する技術開発を実施する（国プロ資金を分担）。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 製造に係る調査・試作</li> <li>➤ 製造過程の成立性・安全性に係る調査</li> <li>➤ コスト評価（処分費用との比較を含む）</li> <li>➤ 社会的受容性に係る調査・評価 等</li> </ul>
--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

【改訂履歴】

改訂 番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
一	2015年5月21日	初版

課題調査票

<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【S103_b06】 処分場の確保</p>
<p>マイルストーン及び 目指す姿との関連</p>	<p>短Ⅲ. 低レベル廃棄物の処理処分 ⇒L3 廃棄物の処分に対する地元合意が得られ、過度な保守性を排除しリスクに応じた規制基準に基づき、トレンチ方式による L3 廃棄物の埋設処分が各地で実施できること。 ⇒L2 廃棄物の処分に対する地元合意が得られ、規制基準に基づき、ピット方式による L2 廃棄物の埋設処分が実施できること。 ⇒L1 廃棄物の処分に対する地元合意が得られ、規制基準に基づき、余裕深度方式による L1 廃棄物の埋設処分が実施できること。 ⇒解体に伴って発生した全ての廃棄物がクリアランス又は埋設処分できること。</p>
<p>概要 (内容)</p>	<p>廃止措置等に伴い発生する放射性廃棄物の処分場の候補地を適切な時期までに確保するために、必要な規制基準を整備し、地域や社会とのコミュニケーションを確保したうえで、処分場を確保する。</p>
<p>具体的な項目</p>	<p>①処分にかかる規制基準の整備 ②官民一体となった処分の安全性に関する国民理解の取得 ③処分場立地候補自治体との合意形成 ④余裕深度処分の安全確保に関する技術開発</p>
<p>課題として取り上げた根拠 (問題点の所在)</p>	<p>管理区域の指定されている施設の解体に伴い、放射性廃棄物が発生する。放射性廃棄物の貯蔵能力には限界があるため、解体の進捗に合わせた計画的な廃棄物の処分が必要である。また、廃止措置の完遂のためには、これら解体に伴い発生した廃棄物に加え、運転中に発生した廃棄物を含めたすべての放射性廃棄物が処分されることが必要である。 現状、運転廃棄物に関する処分場はドラム缶 40 万本規模のものが操業しているが、解体廃止措置に伴う廃棄物を受け入れられる処分場は存在しない。 処分場の確保のためには、その安全確保のロジックについて明確に示すとともに、その長期にわたるリスクについて地域や社会が受容できるための十分なコミュニケーションが必要である。</p>
<p>現状分析</p>	<p>具体的な項目に対する現状分析は以下のとおりである。 ①処分にかかる規制基準の整備 ピット処分、トレンチ処分の規制基準は整備されているが、余裕深度処分については、平成 27 年 1 月から規制基準の検討が開始されたところであり、安全確保のための技術要件が明確になっていない。また、解体廃止措置に伴い発生する多量の放射性廃棄物を処分するためには、ピット処分、トレンチ処分についても、多様な立地条件に対応できたり、一つの処分場でより多くの廃棄物を効率的に埋設できるような概念に対応した規制基準の見直しが必要である。 ②官民一体となった処分の安全性に関する国民理解の取得 高レベル廃棄物処分場については、国の審議会が官民一体となった処分の安全性に</p>

	<p>関する国民理解の取得に関する議論が行われているが、低レベル放射性廃棄物に関して、そのような議論は行われていない。</p> <p>③処分場立地候補自治体との合意形成  処分場の立地受け入れに対する地元のハードルは極めて高く、既存の施設以外で処分場立地候補自治体との合意形成は得られていない。</p> <p>④余裕深度処分の安全確保に関する技術開発  原子力規制委員会において余裕深度処分に関する規制・基準の検討を開始しており、事業者はこれらに応じて物理的抵抗性の維持期間の評価等の技術的課題の検討と施設設計への対応により長期の安全性を説明できるよう準備する必要がある。</p> <p>国民理解の取得、処分場立地候補自治体との合意形成を行うためにも、その前提となる安全確保のロジック確立が必須であり、「①処分にかかる規制基準の整備」は早急に行われる必要がある。また、処分事業者は「④余裕深度処分の安全確保に関する技術開発」を進める必要がある。そのうえで、「②官民一体となった処分の安全性に関する国民理解の取得」「③処分場立地候補自治体との合意形成」のために、事業者、原子力規制庁、地元のステークホルダー等の間で十分なコミュニケーションを図ることのできる仕組みの構築が必要である。</p> <p>人材基盤に関する現状分析は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・処分場の安全評価に関し、個々の要素技術の研究については関係研究機関で実施されているが、個々の処分場における総合的な評価については事業者が実施している。</li> <li>・既存の人材について、地域や社会と十分なコミュニケーションをとる能力を強化するとともに、新規人材の育成を進める必要がある。</li> </ul> <p>上記に記載した課題を解決するためには、処分場の安全確保について、事業者、原子力規制庁、地元のステークホルダー等の中で、オープンに議論して合意を得ていくなかで、コミュニケーション能力の向上を図っていく必要がある。</p>
期待される効果 (成果の反映先)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・放射性廃棄物の処分場の確保が容易になり、廃止措置が円滑に実施できる。</li> </ul>
他課題との相関	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ S102_z02 : リスクレベルに応じた規制制度変更とその円滑な実施</li> <li>・ S113_d45 : 処分場の設計・評価技術の確立による社会的受容性の向上</li> <li>・ M107_d46 : 廃止措置のための L3 埋設施設の管理方法</li> </ul>

<p>実施の流れ</p>	<p style="text-align: center;">短期</p> <pre> graph TD     A[処分に掛かる規制基準の整備 (原子力規制庁／原子力規制庁)] --&gt; B[余裕深度処分の安全確保に関する技術開発 (処分事業者／処分事業者)]     B --&gt; C[処分の安全性に関する国民理解の取得 (処分事業者、電気事業者、資源エネルギー庁（文部科学省）／ 処分事業者、電気事業者、資源エネルギー庁（文部科学省） 原子力規制庁／原子力規制庁)]     C --&gt; D[処分場立地候補自治体との合意形成 (処分事業者／処分事業者、電気事業者／電気事業者)]     D --&gt; E[処分場の確保]     E --&gt; F[M107_d46]     A --&gt; G[S102_z02, S113_d45]   </pre>
<p>実施機関／資金担当 ＜考え方＞</p>	<p><u>処分事業者／処分事業者、電気事業者／電気事業者</u> 処分場立地候補自治体との合意形成</p> <p><u>処分事業者、電気事業者、資源エネルギー庁（文部科学省）／処分事業者、電気事業者、資源エネルギー庁（文部科学省）、原子力規制庁／原子力規制庁</u> 処分の安全性に関する国民理解の取得</p> <p><u>原子力規制庁／原子力規制庁</u> 処分に掛かる規制基準の整備、国民への周知</p> <p><u>処分事業者／処分事業者</u> 余裕深度処分の安全確保に関する技術開発</p> <p>＜考え方＞</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 処分事業者は、安全確保のロジック確立、地域・社会とのコミュニケーションを通じて、処分場を確保する。</li> <li>・ 電気事業者は、地域・社会とのコミュニケーション、処分場の確保に関し、処分事業者を支援し、必要な資金を負担する。なお、電気事業者が処分事業者として上記事項を実施する場合もある。</li> <li>・ 原子力規制庁は、処分に掛かる安全規制の整備、国民への周知。そのために必要な基盤研究は原子力規制庁が負担する。</li> <li>・ 資源エネルギー庁（文部科学省）は、処分事業者または電気事業者による地域・社会とのコミュニケーションを支援し、処分事業を受け入れやすくするための制度を創設する。</li> </ul>

【改訂履歴】

改訂 番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
—	2015年5月21日	初版
1	2016年11月30日	・ 課題調査票の不整合修正（他課題との相関、実施の流れの箇所を見直し）

課題調査票

<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【S103_b07】 廃棄物・使用済燃料長期保管に向けた健全性評価技術、管理技術の高度化</p>
<p>マイルストーン および 目指す姿との関連</p>	<p>中Ⅱ. 既設プラントの高稼働運転と長期安定運転の実現 ⇒安定かつコストバランスに優れたエネルギー源としての利用に向け、高稼働運転や適切な高経年化対策を前提とした長期運転が必要となる。</p>
<p>概要 (内容)</p>	<p>高レベル放射性廃棄物（ガラス固化体）については、当初の計画では埋設処分する予定であったが、現時点で埋設処分場の目処がたっていない状況である。しかし、原子力発電所の長期的な運転、および古いプラントの廃止措置を進めていくためにはこれら放射性廃棄物の処分方法を確立する必要がある。一方で、上記状況から中間貯蔵施設等における使用済燃料の貯蔵技術の検討も必要である。貯蔵技術としては、金属キャスクとコンクリートキャスクによる乾式貯蔵方式がある。</p> <p>上記の状況を踏まえ、安全に廃棄物の処分を行うためには、高レベル放射性廃棄物の貯蔵容器の開発、長期貯蔵に対する健全性評価技術や管理技術の確立に向けた検討を行う。また、使用済燃料の中間貯蔵についても同様技術の検討を行う必要がある。</p>
<p>具体的な項目</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 長期貯蔵による燃料被覆管の健全性評価技術の高度化</li> <li>・ 金属ガasketの長期密封性能評価手法の高度化</li> <li>・ 中性子遮へい材、バケット等長期健全性評価手法の高度化</li> <li>・ キャニスタの SCC 評価技術及び SCC 防止・抑制技術の高度化</li> <li>・ 使用済燃料の長期貯蔵による健全性評価技術の高度化</li> </ul>
<p>課題として取り上げた根拠 (問題点の所在)</p>	<p>高レベル放射性廃棄物（ガラス固化体）については、当初の計画では埋設処分する予定であったが、現時点で埋設処分場の目処がたっていない状況である。しかし、原子力発電所の長期的な運転、および古いプラントの廃止措置を進めていくためにはこれら放射性廃棄物の処分方法を確立する必要がある。一方で、上記状況から中間貯蔵施設等における使用済燃料についても貯蔵技術の高度化検討が必要である。</p>
<p>現状分析</p>	<p>キャスクについては、現在、使用済燃料のキャスク等があるため、これら技術を活用しながら廃棄物保管のためのキャスクの開発ができると考える。</p> <p>また、健全性評価技術や管理技術については、現状も環境計測装置等があるため、それらの適用が可能であると考えられる。</p> <p>中間貯蔵施設等における使用済燃料の貯蔵については、国内では貯蔵期間を 50 年程度と想定しているが、海外では再処理・処分に長期間を要することから 100 年超の超長期貯蔵の検討が行われている。使用済燃料の中間貯蔵における燃料健全性維持において重要な特性（クリープ特性、燃料被覆管内の水素化物再配向特性および機械特性への影響等）に関する知見が蓄積されてきており、国内ではこれまでに国主体によって関連する照射後試験等が行われ、使用済燃料の中間貯蔵基準の策定に資するデータ</p>

	<p>の整備が進められてきているが、不十分な状況である。</p> <p>人材基盤に関する現状分析は以下の通りである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・キャスクの設計に関わる人材については、輸送用キャスクの設計・製造等を通じてメーカーにて育成している。(主に機械工学出身者)</li> <li>・放射線管理に関わる人材については、電力・メーカーがそれぞれ育成している。</li> <li>・使用済燃料の中間貯蔵(貯蔵前後の輸送含む)に関する燃料挙動評価・試験は電力・メーカーで実施しており、また、安全基準検討は国で実施しており、必要な人材はそれぞれで育成している。</li> </ul> <p>上記の通り、電力・メーカーで人材は育成しているが、若手の採用・確保に苦心している。</p>						
<p>期待される効果 (成果の反映先)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・高レベル廃棄物の長期保管や、使用済燃料の中間貯蔵の選択肢が増える</li> </ul>						
<p>他課題との相関</p>	<p>S111M107_d18-1：燃料の信頼性向上と高度化</p>						
<p>実施の流れ</p>	<p><u>現状</u></p> <p>既存技術の活用による健全性評価技術、管理技術の確立</p> <hr/> <p><u>当該ステージ</u></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="416 987 1098 1032">短期</th> <th data-bbox="1098 987 1460 1032">中長期</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="416 1032 1098 1279"> <p>【最終処分施設(再処理, 直接処分)】</p> <p>放射性廃棄物の保管技術の高度化</p> <p>保管容器・燃料の健全性評価技術、管理技術の高度化</p> <p>試験施設を用いた検証</p> </td> <td data-bbox="1098 1032 1460 1279"> <p>保管技術、健全性評価技術、管理技術の更なる高度化</p> <p>継続的なデータ取得</p> <p>試験施設での検証内容拡充</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="416 1279 1098 2000"> <p>【中間貯蔵施設】</p> <p>超長期保管(100年超)に関する課題検討</p> <p>長期貯蔵による燃料被覆管の健全性評価技術の高度化</p> <p>中性子遮へい材, バスケット等長期健全性評価手法の高度化</p> <p>キャスクの SCC 評価技術, SCC 防止・抑制技術の高度化</p> <p>貯蔵時(輸送含)における燃料健全性維持技術の高度化</p> <p>貯蔵時燃料健全性評価試験(落下事故時挙動評価の精緻化、地震等の自然事象の考慮含む)</p> <p>貯蔵時、貯蔵後の燃料健全性確認データ取得</p> <p>先行貯蔵試験実施</p> </td> <td data-bbox="1098 1279 1460 2000"> <p>超長期保管に向けた使用済燃料の長期貯蔵技術、健全性評価技術の更なる高度化</p> <p>貯蔵終了後搬出時の燃料健全性評価</p> <p>先行貯蔵試験実施内容の拡充</p> </td> </tr> </tbody> </table>	短期	中長期	<p>【最終処分施設(再処理, 直接処分)】</p> <p>放射性廃棄物の保管技術の高度化</p> <p>保管容器・燃料の健全性評価技術、管理技術の高度化</p> <p>試験施設を用いた検証</p>	<p>保管技術、健全性評価技術、管理技術の更なる高度化</p> <p>継続的なデータ取得</p> <p>試験施設での検証内容拡充</p>	<p>【中間貯蔵施設】</p> <p>超長期保管(100年超)に関する課題検討</p> <p>長期貯蔵による燃料被覆管の健全性評価技術の高度化</p> <p>中性子遮へい材, バスケット等長期健全性評価手法の高度化</p> <p>キャスクの SCC 評価技術, SCC 防止・抑制技術の高度化</p> <p>貯蔵時(輸送含)における燃料健全性維持技術の高度化</p> <p>貯蔵時燃料健全性評価試験(落下事故時挙動評価の精緻化、地震等の自然事象の考慮含む)</p> <p>貯蔵時、貯蔵後の燃料健全性確認データ取得</p> <p>先行貯蔵試験実施</p>	<p>超長期保管に向けた使用済燃料の長期貯蔵技術、健全性評価技術の更なる高度化</p> <p>貯蔵終了後搬出時の燃料健全性評価</p> <p>先行貯蔵試験実施内容の拡充</p>
短期	中長期						
<p>【最終処分施設(再処理, 直接処分)】</p> <p>放射性廃棄物の保管技術の高度化</p> <p>保管容器・燃料の健全性評価技術、管理技術の高度化</p> <p>試験施設を用いた検証</p>	<p>保管技術、健全性評価技術、管理技術の更なる高度化</p> <p>継続的なデータ取得</p> <p>試験施設での検証内容拡充</p>						
<p>【中間貯蔵施設】</p> <p>超長期保管(100年超)に関する課題検討</p> <p>長期貯蔵による燃料被覆管の健全性評価技術の高度化</p> <p>中性子遮へい材, バスケット等長期健全性評価手法の高度化</p> <p>キャスクの SCC 評価技術, SCC 防止・抑制技術の高度化</p> <p>貯蔵時(輸送含)における燃料健全性維持技術の高度化</p> <p>貯蔵時燃料健全性評価試験(落下事故時挙動評価の精緻化、地震等の自然事象の考慮含む)</p> <p>貯蔵時、貯蔵後の燃料健全性確認データ取得</p> <p>先行貯蔵試験実施</p>	<p>超長期保管に向けた使用済燃料の長期貯蔵技術、健全性評価技術の更なる高度化</p> <p>貯蔵終了後搬出時の燃料健全性評価</p> <p>先行貯蔵試験実施内容の拡充</p>						



実施機関／資金担当 <考え方>	<u>行政・産業界／行政</u> （最終処分施設：放射性廃棄物の保管技術の高度化、保管容器・燃料の健全性評価技術や管理技術の高度化、試験施設を用いた検証）
	<u>産業界／産業界 行政・産業界／行政</u> （中間貯蔵施設：超長期保管に関する課題検討、及びそれら課題の各種健全性評価手法の高度化等検討への反映、貯蔵時燃料健全性評価試験、先行貯蔵試験）
	<u>原子力規制委員会・学術界／原子力規制委員会</u> （健全性評価等に関する規制基準策定）
	<u>行政／行政、学術界・産業界／産業界</u> （健全性評価手法等に関する規格基準の整備）
	<考え方> <ul style="list-style-type: none"> <li>・産業界は、事業主体として安全性の適正評価・向上に努める</li> <li>・原子力規制委員会は、健全性評価等に関する規制基準策定等を行う。</li> <li>・学術界は、必要に応じて健全性評価等に関する規格策定を行う。</li> <li>・実施主体と資金担当の組合せはロードマップ全体に亘る検討事項</li> </ul>

【改訂履歴】

改訂 番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
—	2015年5月21日	初版

課題調査票

<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【M102L101L104_b08】 廃棄物や TRU 低減を実現する革新的技術及び軽水炉システムの構築</p>
<p>マイルストーン及び 目指す姿との関連</p>	<p>中期Ⅰ. 効果的な事故リスク低減の継続 中期Ⅱ. 革新的技術開発への継続的な取り組み 長期Ⅱ. 放射性廃棄物の減容化・有害度低減に係る技術開発の進展 ⇒原子力をベースロード電源として活用されるため、事故発生リスクを飛躍的に低減する技術開発および設計技術への反映がなされる必要がある。 ⇒革新的技術開発により、原子力プラントの安全・安定運転を目指す取り組みの必要がある。 ⇒放射性廃棄物の減容化・有害度低減に係る革新的技術開発により、環境負荷低減を目指す取り組みがなされる必要がある。</p>
<p>概要 (内容)</p>	<p>燃料中のウランの効率的な燃焼が可能な炉心を有する軽水炉システムを構築する。効率的な燃焼により使用済燃料中の残存 U や超ウラン元素 (TRU) 等の低減を図る。PWR においては、反応度制御材として使用される冷却材中のほう素濃度を低下させ、ほう酸廃棄物等の発生量やトリチウム発生量を低減する。</p>
<p>具体的な項目</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・最適燃焼条件炉心、燃料の開発【PWR】</li> <li>・既存燃料格子範囲 (チャンネルボックス内) の改良で最適燃焼条件を実現する燃料の開発および炉心特性評価【BWR】</li> <li>・既存燃料格子範囲を超えた、さらなる最適燃焼条件を実現する炉心、燃料の開発【BWR】</li> <li>・最適燃焼条件を実現するための炉内構造物の改良策検討【BWR】</li> <li>・放射性廃棄物の減容・処分技術の高度化【PWR, BWR】</li> <li>・TRU 等生成量の低減 (潜在的放射性毒性=有害度の低減)</li> </ul>
<p>課題として取り上げた根拠 (問題点の所在)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・環境適合性及び社会的受容性の観点から、放射性廃棄物を低減する革新的技術開発が必要</li> <li>・TRU や超寿命 FP を削減することは、環境負荷の高い廃棄物の軽減となることから、原子力発電の大きな課題として挙げられる。</li> <li>・増大する発電所廃棄物への対応が必要</li> <li>・また、環境への負荷を与える可能性が考えられる廃棄物 (ほう酸廃棄物等) の減容、処理 (固化) 技術のさらなる高度化が必要</li> </ul>
<p>現状分析</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・放射性廃棄物低減、減容技術の開発は実施されているが、革新的技術開発を導入し原理的に廃棄物発生を低減可能な軽水炉システムの構築には至っていない。</li> <li>・一般の液体や固体の廃棄物の減容、処理技術は確立されているが、ほう酸廃棄物などの廃棄物の環境へのリスクをより低減させる処理技術の高度化が必要。</li> </ul>

<p>期待される効果 (成果の反映先)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 既設プラントの耐震性向上、廃棄物低減</li> <li>・ 次世代軽水炉</li> <li>・ 本課題への取組みにより、炉心・燃料設計、燃料に係る耐震解析評価のエンジニア・専門家、並びに、放射性廃棄物処理処分・分析評価に係るエンジニアの育成に資することができる</li> </ul>
<p>他課題との相関</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ S103_b06 処分場の確保</li> <li>・ S103_b07 廃棄物長期保管に向けた健全性評価技術、管理技術の高度化</li> <li>・ S113_d45: 処分場の設計・評価技術の確立による社会的受容性の向上</li> </ul>
<p>実施の流れ</p>	<p>現状</p> <p>革新的な廃棄物低減技術を有する軽水炉システムの構築がなされていない</p> <hr/> <p>当該ステージ</p> <pre> graph LR     subgraph 短期         A[炉心・燃料の設計検討、軽水炉の概念構築]     end     subgraph 中期         B[炉心・燃料集合体の開発]         C[放射性廃棄物減容・処理技術高度化開発]     end     subgraph 長期         D[規制検討]     end     A --&gt; B     A --&gt; C     B --&gt; D     C --&gt; D   </pre>
<p>実施機関／資金担当 ＜考え方＞</p>	<p>メーカー、電気事業者、国、学協会／規制機関</p> <p>＜考え方＞</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 電気事業者は、事業主体として当該技術の適正評価・向上に努める</li> <li>・ メーカーは、プラント設計を熟知しており、技術開発を行う</li> <li>・ 本技術は、電力供給の安定性と効率向上、廃棄物の減容・有害度低減や、原子力安全の国際貢献に資するものであることから、国も資金負担することが適当</li> <li>・ 学協会及び規制機関は新規技術の導入に向けた規制の考え方の構築や新しい規制の導入に対応した活動を実施</li> </ul>

【改訂履歴】

改訂番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
—	2015年5月21日	初版
1	2016年11月30日	・ 課題調査票の不整合修正（他課題との相関の箇所を見直し）

課題調査票

<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【M106_c01】 計測技術・解析技術の高度化</p>
<p>マイルストーン及び 目指す姿との関連</p>	<p>中Ⅲ. 事故発生リスクを飛躍的に低減する技術の整備 ⇒原子力をベースロード電源として活用されるため、事故発生リスクを飛躍的に低減する技術開発および設計技術への反映がなされる必要がある。</p>
<p>概要 (内容)</p>	<p>計測と解析に基づくプラント挙動解析及び事象進展予測技術、事象緩和のための操作候補提示技術、操作候補に対する事象進展予測技術の高度化が、プラント過渡及び事故時の安全性確保のために重要である。</p>
<p>具体的な項目</p>	<p>(課題にぶら下がる細項目の課題を箇条書き)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 時次刻々と変化するプラント状態に追従した事象同定</li> <li>・ 事象進展予測</li> <li>・ 事象緩和のための操作候補の提示</li> <li>・ 操作候補に対する事象進展予測</li> <li>・ 事象発生後のプロセス状態の進展を予測する高速プラント挙動解析</li> <li>・ 経年劣化のような比較的長時間を要する挙動に対する事象計測と挙動解析の連動</li> </ul>
<p>課題として取り上げた根拠 (問題点の所在)</p>	<p>計測と解析により、プラント状態(原子炉水位、原子炉圧力等の変化)に基づき実時間より高速に事象進展予測が可能になれば、過渡及び事故事象を早期に抑制できる可能性がある。現状ではこれを実現するための技術が十分に開発されていない。また、経年によるプラント状態の変化(ＳＣＣき裂の発生等)に対し、外的事象(地震等)が加わる状態についても、計測結果を起点とすることでより精度の高い評価が可能となる。</p>
<p>現状分析</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ シビアアクシデント時の時次刻々と変化するプラントの状態に追従することが可能な計測器の開発を進めることにより、事象の把握が容易となり、アクシデントマネジメントを助けることに繋がる。</li> <li>・ 原子力分野に特有な計算コードの開発が進められているが、更なる開発により複数の事象を実時間より高速に解析できるプラント挙動解析が期待される。</li> <li>・ 事象緩和のための操作候補の提示及び操作候補に対する事象進展予測に関する技術も十分に開発されていない。事象発生後のプロセス状態の進展を予測するプラント挙動解析の検証や既設計装設備への影響評価が必要。</li> <li>・ 経年劣化(き裂や減肉等)に対し、保守的な評価は実施できているものの、現状の計測結果による将来予測や、地震等による劣化事象の促進(き裂の進展等)を実時間レベルで解析する技術は不十分である。経年事象を計測できる指標(例えば疲労損傷を示す計測可能指標)の開発が必要。</li> <li>・ 現在の技術を用いて評価を実施できる人材については、メーカーや電気事業者が教育しているが、海外で原子力の安全技術を把握し、原子力システム全体をみて運転性及び安全性の高度化技術の開発を取り纏めることができる人材は少ない。他分野で</li> </ul>

	開発された技術を原子力分野に適用する研究者も不足している。
期待される効果 (成果の反映先)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 過渡及び事故時運転支援の強化</li> <li>・ 既設プラントのより一層の安全性向上</li> <li>・ 経年劣化に対し、安全性向上に最適な保守・補修の実現</li> <li>・ 外的事象に対する再稼働時の安全性確保の迅速化</li> </ul>
・ 他課題との相関	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ M107_d25 (運転性能の高度化 (事象進展抑制、停止機能、負荷追従、等))</li> <li>・ S111_d11-2 (SA時計装、SA対応設備の多様化と高度化及び設備の設計技術)</li> </ul>
実施の流れ	<p>     S111_d11-2 → 計測技術・解析技術の高度化 ↔ M107_d25      プラント挙動解析の高度化・高速化      事象同定及び事象進展予測      事象緩和の操作候補の提示及び操作候補に対する事象進展予測   </p>
実施機関／資金担当 ＜考え方＞	産業界／産業界 ＜考え方＞ ・ 産業界は、事業主体として安全性の適正評価・向上に努める。

【改訂履歴】

改訂番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
—	2015年5月21日	初版

課題調査票

<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【S104_c02】 組織対応力強化（専任化、事故時手順書の高度化）や対応要員の教育訓練（事故時対応力強化等）の高度化</p>
<p>マイルストーン及び 目指す姿との関連</p>	<p>短Ⅱ. 信頼性のある組織・体制の構築・維持（防災支援体制含む） ⇒効果的・継続的なリスク低減活動・自主的安全性向上活動が進められるためには、信頼性のある組織・体制が構築・維持される必要がある。 ⇒事故発生リスクの低減のみならず、リスクが顕在化した際のリスク拡大防止のための組織マネジメント力（人材基盤の強化含む）の向上がなされる必要がある。</p>
<p>概要（内容）</p>	<p>導入する重大事故対処設備及び最新のPRAから得られる知見を踏まえ、訓練シナリオの拡充、緊急時マニュアルの改正を行い、これらを活用した訓練を通じ事故時対応力強化を図る継続的な取り組みが必要</p>
<p>具体的な項目</p>	<p>（課題にぶら下がる細項目の課題を箇条書き） 【導入する重大事故対処設備・PRAの知見を踏まえた手順書の策定】 ・新規基準および最新のPRAを踏まえたアクシデントマネジメント手順の改正 ・教育・訓練から得られる知見の手順書へのフィードバック 【PRAを活用した実践的な訓練の実施/緊急時対応能力の向上】 ・新規基準で追加する重大事故対処設備を活用した訓練の実施 ・最新のPRA及び事故シーケンスを踏まえた訓練シナリオの検討と訓練の実施</p>
<p>課題として取り上げた根拠 (問題点の所在)</p>	<p>既往PRAの知見、福島事故を踏まえた事故時手順書、訓練シナリオがあるものの、継続的な安全性向上を図るため、PRAの高度化研究を通じて得られる最新の知見を踏まえ、事故時手順書や訓練シナリオの見直し、拡充を継続的に行う取り組みが必要</p>
<p>現状分析</p>	<p>【PRAの知見を踏まえた手順書の策定】 ・既往PRAの知見を踏まえたアクシデントマネジメントガイドおよび非常時操作手順書の作成 ・福島事故を踏まえた電源機能等喪失時のアクシデントマネジメントガイドを作成 【PRAを活用した実践的な訓練の実施/緊急時対応能力の向上】 ・既往PRA結果を活用した訓練シナリオの策定 - 事故進展解析を踏まえたシナリオ - 水位変化等のパラメータ提供 - 炉心損傷、格納容器破損予測データ提供</p> <p><u>人材基盤の現状分析</u> ・既往PRAの知見、福島事故踏まえた事故時手順書、訓練シナリオを活用した対応要員の教育・訓練の実施</p> <p><u>課題に取り組むにあたっての問題点</u> 事故時対応力を定量的に評価する手法の確立</p>

	<p>事故時対応力を継続的に向上させるしくみの構築</p> <p><u>必要な人材基盤と問題点</u></p> <p>緊急時対応に対し適確にマネージできる判断能力に長けた人材を育成するプログラムの構築</p>
<p>期待される効果 (成果の反映先)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・PRA 高度化研究を通じて得られる最新知見を踏まえた事故時手順書の高度化により、安全基盤の継続的強化に寄与する。</li> <li>・PRA 高度化研究を通じて得られる最新知見を踏まえた訓練シナリオの見直し・拡充により、リスクマネジメント力の向上に寄与する。</li> <li>・上記活動を通じて、事故時対応力の強化を図ることができ、社会からの信頼の情勢に寄与する。</li> <li>・また、最新のPRAの知見、福島事故を踏まえた事故時手順書、訓練シナリオについては、効果的・継続的なリスク低減活動・自主的安全性向上活動の推進に繋がり、国際貢献の側面においても期待される。</li> </ul>
<p>他課題との相関</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ S111_d11-2 SA計装、SA対応設備の多様化と高度化及び設備の設計技術</li> <li>・ S110M106L103_d01 福島第一原子力発電所事故の教訓、最新知見を反映する枠組みの構築及び維持</li> <li>・ S104M101L102_b02-1,2 原子力災害対策組織・体制（地域防災との関わり含む）の連携強化, オンサイトーオフサイト防災の円滑な情報連携</li> <li>・ S108_c09 外的事象の情報提示等ヒューマンインターフェースの高度化</li> <li>・ M101L101_a02 プラント全体のリスクを極小化する緊急時対応組織の対応能力強化（外部支援の強化等）</li> <li>・ M103L101_a04 大規模自然災害対応へのリスクガバナンス構築</li> <li>・ S104M101L102_b02-1 原子力災害対策組織・体制（地域防災との関わり含む）の連携強化</li> <li>・ S104M101L102_b02-2 オンサイトーオフサイト防災の円滑な情報連携への取組</li> <li>・ S104M101L102_b02-3 広域防災を意識した原子力防災への備え（オンサイト・オフサイト連携推進）、広域防災への事業者の関わり・支援</li> <li>・ S110M106L103_d02】</li> </ul> <p>短期：福島第一原発事故を踏まえた外的事象に関連するIAEA基準等策定への参画  中期：外的事象に関連するIAEA基準等策定への貢献  長期：外的事象に関連するIAEA基準等策定の主導</p>

実施の流れ	<p>現状</p> <p>福島事故・既往 PRA の知見を踏まえた手順書の整備</p> <p>福島事故・既往 PRA を活用した実践的な訓練の実施／緊急時対応能力の向上</p> <p>(産/産)</p>
	<p>当該ステージ</p> <p>最新 PRA の知見を踏まえた事故時手順書の改訂、訓練シナリオの拡充</p> <p>↑</p> <p>最新 PRA を活用した実践的な訓練の実施／緊急時対応能力の向上</p> <p>↑</p> <p>最新 PRA の知見</p> <p>(産/産)</p>
<p>実施機関／資金担当</p> <p>&lt;考え方&gt;</p>	<p>実施機関／資金担当：電気事業者</p> <p>&lt;考え方&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 事故時対応力の強化は原子力事業者が実施主体</li> </ul>

【改訂履歴】

改訂 番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
—	2015年5月21日	初版
1	2016年11月30日	・ 課題調査票の不整合修正（他課題との相関の箇所を見直し）

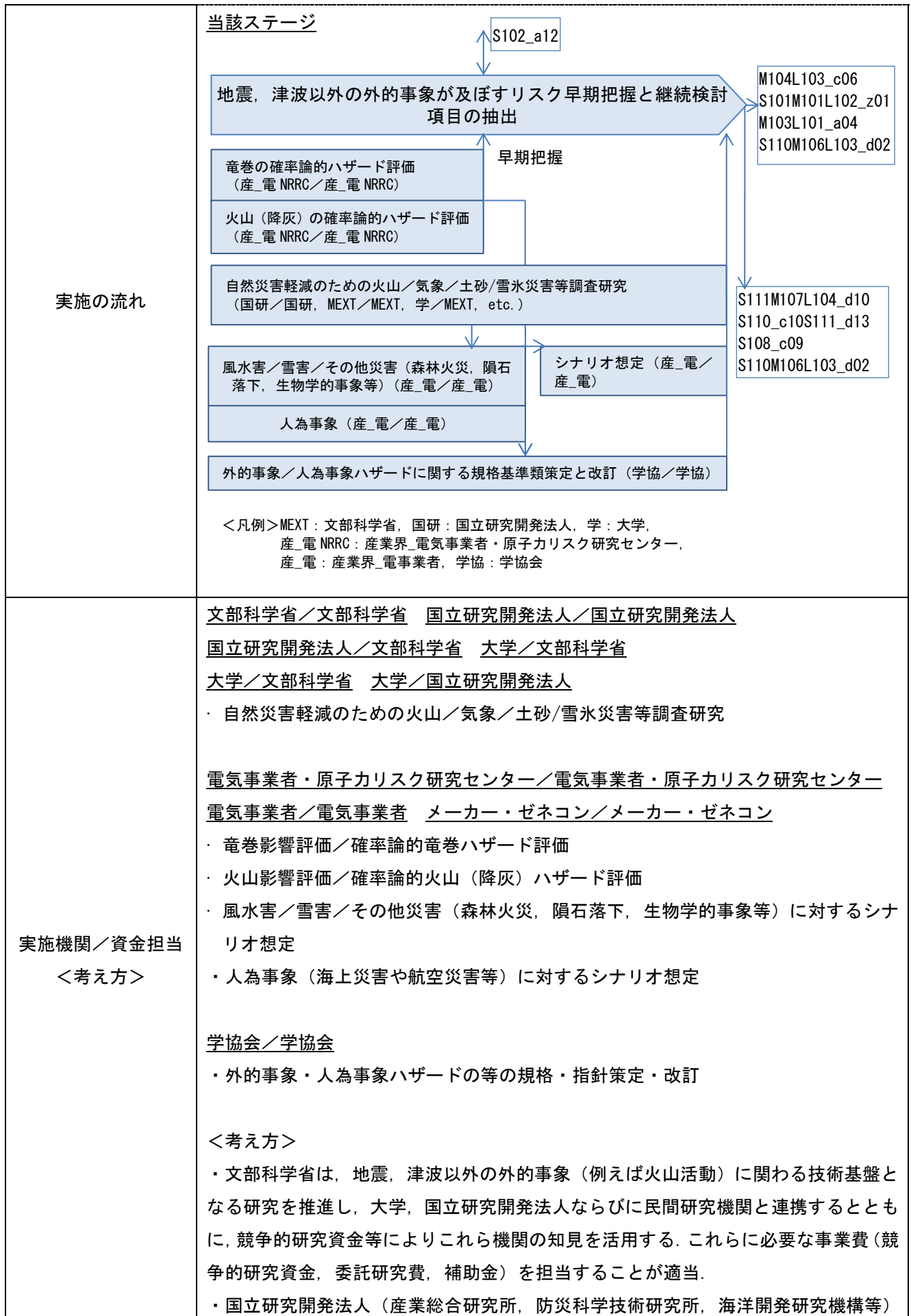


課題調査票

<p>課題名（レ点項目レベル）</p>	<p>【S106_c03】 地震、津波以外の外的事象が及ぼすリスク早期把握と継続検討項目の抽出</p>
<p>マイルストーン及び目指す姿との関連</p>	<p>短 I. 事故発生リスク低減・更なる安全性向上の実施 ⇒リスク情報に基づいた事故発生リスク低減策が効果的に実施される必要がある。 ⇒深層防護概念を踏まえ、規制の枠を超えた自主的安全性向上が効果的・継続的に実施される必要がある。 ⇒効果的・継続的なリスク低減活動・自主的安全性向上活動の推進にあたって、国際協力の枠組みの構築や規制の高度化が促される必要がある。</p> <p>短 VI. 国際貢献 ⇒地震、津波以外の外的事象に対する原子力プラントの安全性向上について国際貢献の責務を果たすため、国内技術・人材基盤を整える必要がある。</p>
<p>概要（内容）</p>	<p>・地震・津波以外の外的事象ハザードについて、潜在的なリスク影響を特定し、知見が少ない中であっても、早い段階で既存手法、観測データ、関連基準類を活用して暫定的・定性的にリスク評価する。当面、火山噴火、竜巻等を対象として暫定的リスク評価と必要な対策に着手し、これらの検討後に火山噴火、竜巻等について、継続的に評価手法高度化を目指した研究開発を検討する。その他の外的事象、人為事象についても網羅的・体系的なリスク影響把握を継続する。</p> <p>・巨大火山噴火等の低頻度外的事象については、長期間にわたる地球規模現象であり、現時点でも発生メカニズムや発生頻度等について不明な点があるため調査・研究は継続することが重要である。また、その時点での最新の知見を自主的安全性向上評価に反映させる必要がある。これらについては、中・長期課題「低頻度外的事象に関する不確定性低減研究」で継続的に展開する。</p>
<p>具体的な項目</p>	<p>（課題にぶら下がる細項目の課題を箇条書き）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 自然災害軽減のための火山／気象／土砂／雪氷災害等調査研究</li> <li>・ 竜巻影響評価／確率論的竜巻ハザード評価</li> <li>・ 火山影響評価／確率論的火山（降灰）ハザード評価</li> <li>・ 風水害／雪害／その他災害（森林火災、隕石衝突、生物学的事象）に対するシナリオ想定</li> <li>・ 人為事象（海上災害や航空災害等）に対するシナリオ想定</li> </ul>

<p>課題として取り上げた根拠 (問題点の所在)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地震・津波以外の外的事象ハザード（火山、竜巻等）が及ぼす原子力発電所リスクを概略評価して、必要に応じ安全対策を講じることが安全性の更なる向上に寄与する。</li> <li>・地震・津波以外の外的事象ハザードには各種ハザードがあるが、これらのうち、原子力発電所事故シーケンスに及ぼす影響が比較的大きい事象を抽出しておくことが必要。</li> <li>・巨大火山噴火等の低頻度外的事象については、長期間にわたる地球規模現象であり、発生メカニズムや発生頻度等について更なる知見の収集のための調査・研究は継続することが重要である。また、その時点での最新の知見を自主的安全性向上評価に反映させる必要がある。これらについては、中・長期課題「低頻度外的事象に関する不確定性低減研究」で継続的に展開する。</li> </ul>
<p>現状分析</p>	<p>技術動向の現状分析は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・現状の一般認識として、日本の原子力プラントにおいては、相対的に外的事象に対するリスクが高く、かつ、低頻度災害発生履歴の不確実性は大きいと考えられている。本課題検討に早期に着手することにより、自主的安全性向上活動において、地震、津波以外の外的事象に対するリスク低減の向上が期待される。</li> <li>・地震・津波以外の外的事象ハザードについては原子力発電所事故シーケンスに及ぼす影響が比較的大きい事象を抽出する必要がある。</li> <li>・経済産業省資源エネルギー庁は、外的事象における PRA の高度化、PRA の手法の高度化およびその原子力安全への適用の促進、PRA 分野での日米協力の進展等により、事業者の自主的安全性向上を進めていくものとしている。これを踏まえ、火災、竜巻、火山活動などの外的事象に関する PRA 手法の調査が実施されている。</li> <li>・電気事業においては、時間解像度 1 時間の高解像度・長期気象・気候データベース（CRIEPI-RCM-Era2）の整備、降下火山灰影響評価に関する数値解析手法の開発、などを実施している。</li> <li>・大学・国立研究開発法人においては、火山噴火予知研究、レーダ観測による局地的気象予測、HPC の活用による気象予測、気候変動予測などについて先進的なシミュレーション解析を実施してきており、原子力発電所については、火山活動、風水害、雪害などの外的事象予測への応用が期待される。</li> <li>・早期把握するのに必要な評価手法については、火山に関しては、日本電気協会「原子力発電所火山影響評価技術指針」、竜巻に関しては、日本保全学会「原子力発電所の竜巻影響評価について」などを利用できるが、これらは決定論的手法のため確率論的評価への応用が必要。</li> <li>・日本原子力学会においては、「外部ハザードに対するリスク評価方法の選定に関する実施基準」を制定。本基準に沿えば、原子力発電所に対する外部ハザードの同定、それぞれに相応しいリスク評価方法を選ぶことが可能。</li> <li>・地震、津波以外の外的事象に対するわが国の原子力発電所安全対策のレベルや位置づけについて、国際標準と照らした議論がなされていない。</li> </ul>

	<p>人材基盤に関する現状分析は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・地震・津波以外の外的事象に関する研究者・技術者は幅広い分野（気象工学、雪氷学、火山学等）に及んでいるが、人材としては、どちらかと言えば理学系が多く工学系は少ない。このため、工学分野からの原子力リスク研究に関する情報発信・研究課題設定等を通じて理学系からの人材供給を促す仕組みが必要である。</li> <li>・地震・津波以外の外的事象、人為事象について基礎研究から原子力安全への応用面まで視野を持つ研究者・技術者は限られている。このため、外的事象に関するリスク関連研究課題を設定すること等による人材育成の場を確保する必要がある。</li> </ul> <p>本課題に取り組むにあたっての配慮すべき事項の現状分析は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・暫定的・定性的なリスク評価に関する研究成果の発電所の安全対策への反映方法。</li> <li>・人為事象への取組みについては枠組みの検討から必要</li> <li>・発生頻度が極端に低い外的事象・人為事象スクリーニングに関する専門家活用</li> </ul>
<p>期待される効果 (成果の反映先)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・自主的安全性向上活動において、地震・津波以外の外的事象ハザード（火山、竜巻等）が及ぼす原子力発電所リスクを踏まえた実効的な設備対策</li> <li>・（既設）原子力発電所の外的事象ハザードに関する信頼性やステイクホルダーへの説明性向上</li> <li>・リスク評価に基づく規制枠組み構築への反映</li> <li>・IAEA等の国際基準策定への寄与</li> <li>・わが国特有の自然環境条件に対する原子力発電所リスク所在と低減方策の国際展開</li> </ul>
<p>他課題との相関</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ S111M107L104_d10：耐久力・復元力を強化した世界標準の軽水炉設計の構築【設計】</li> <li>・ S102_a12：リスク情報（不確実さを含む）に基づく総合的意思決定に向けた枠組み構築と人材育成</li> <li>・ S110_c10：外的事象（自然現象など）に関する新知見の継続的取り組みの枠組み実現</li> <li>・ S111_d13：リスク評価手法の改良と SA 対策への適用</li> <li>・ S108_c09：外的事象の情報提示等ヒューマンインターフェースの高度化</li> <li>・ S110M106L103_d02：短期：福島第一原発事故を踏まえた外的事象に関連する IAEA 基準等策定への参画</li> <li>・ M104L103_c06 低頻度外的事象の知見に関する不確実性低減への継続的寄与</li> <li>・ M103L101_a04：大規模自然災害対応へのリスクガバナンス構築</li> <li>・ S101M101L102_z01：福島第一原子力発電所事故を踏まえた安全目標の設定とリスク認知</li> <li>・ M107_d23：マルチユニット、レベル3 PRA を活用したプラント全体のリスク評価とリスク低減のためのマネジメント力向上</li> <li>・ S110M106L103_d02：中期：外的事象に関連する IAEA 基準等策定への貢献</li> <li>・ S103M102L101_b01：リスク情報を活用したコミュニケーションの実施</li> </ul>



は、自然災害軽減の観点から、火山／気象／土砂／雪氷災害等関連について観測、コンピュータシミュレーションによる実証的研究を推進する。これら防災に関わる自然災害研究について資金担当することが適当。

- ・経済産業省は、将来の原子力利用を踏まえた原子力技術開発、とくに原子力発電所リスク評価に必要な事業、などを推進する。これら推進にあたっては、大学、国立研究開発法人ならびに民間研究機関と連携するとともに、競争研究資金等によりこれら機関の知見を活用する。これらに必要な事業費（競争的研究資金、委託研究費、補助金）を担当することが適当。
- ・電気事業者と原子力リスク研究センターは、自主的安全性向上に関わる事業主体ならびに研究開発主体として火山影響、竜巻影響などによる早期リスク把握ならびにその他外的事象・人為事象に関する研究開発ならびその成果の現場適用により、リスク低減に努める。また、研究内容に応じて国立研究開発法人、大学等との共同研究により研究を効率的に推進する。さらに、火山／気象／土砂／雪氷災害等調査研究による最新知見を適切に反映する。このため、事業主体・研究開発主体として資金担当となることが適当。また、国等からの競争的研究資金、委託研究費、補助金等を導入することが適当。
- ・メーカーとゼネコンは、それぞれ火山影響、竜巻影響など外的事象に係わる機器・設備の開発・高度化、構築物の設計・建設技術に関する技術開発の他、研究機関からの委託研究や電気事業者との共同研究を実施し、これらに関わる資金を担当することが適当。
- ・大学は、外的事象・人為事象ハザードについての基礎・基盤的な課題、先進的な課題などを中心に取り組み、今後の原子力安全に大きく貢献するシーズを創出する。これら課題の実施にあたり文部科学省、経済産業省、国立研究開発法人の競争的研究資金を活用することが適当。
- ・学協会は、中立機関として、外的事象・人為事象ハザードの等の規格策定・改訂を行う。このため、委員会等会議経費を負担することが適当。

<原子力規制委員会の安全研究について>

- ・原子力規制委員会は、火山影響、竜巻影響等の規制基準の整備とその適用に必要な技術的知見の取得、個別の技術的判断の根拠となる知見の取得等を目的とした研究を推進しており、必要な事業費（委託研究費）を担当することが適当。

【改訂履歴】

改訂 番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
一	2015年5月21日	初版
1	2016年11月30日	・課題調査票の不整合修正（他課題との相関の箇所を見直し）

課題調査票

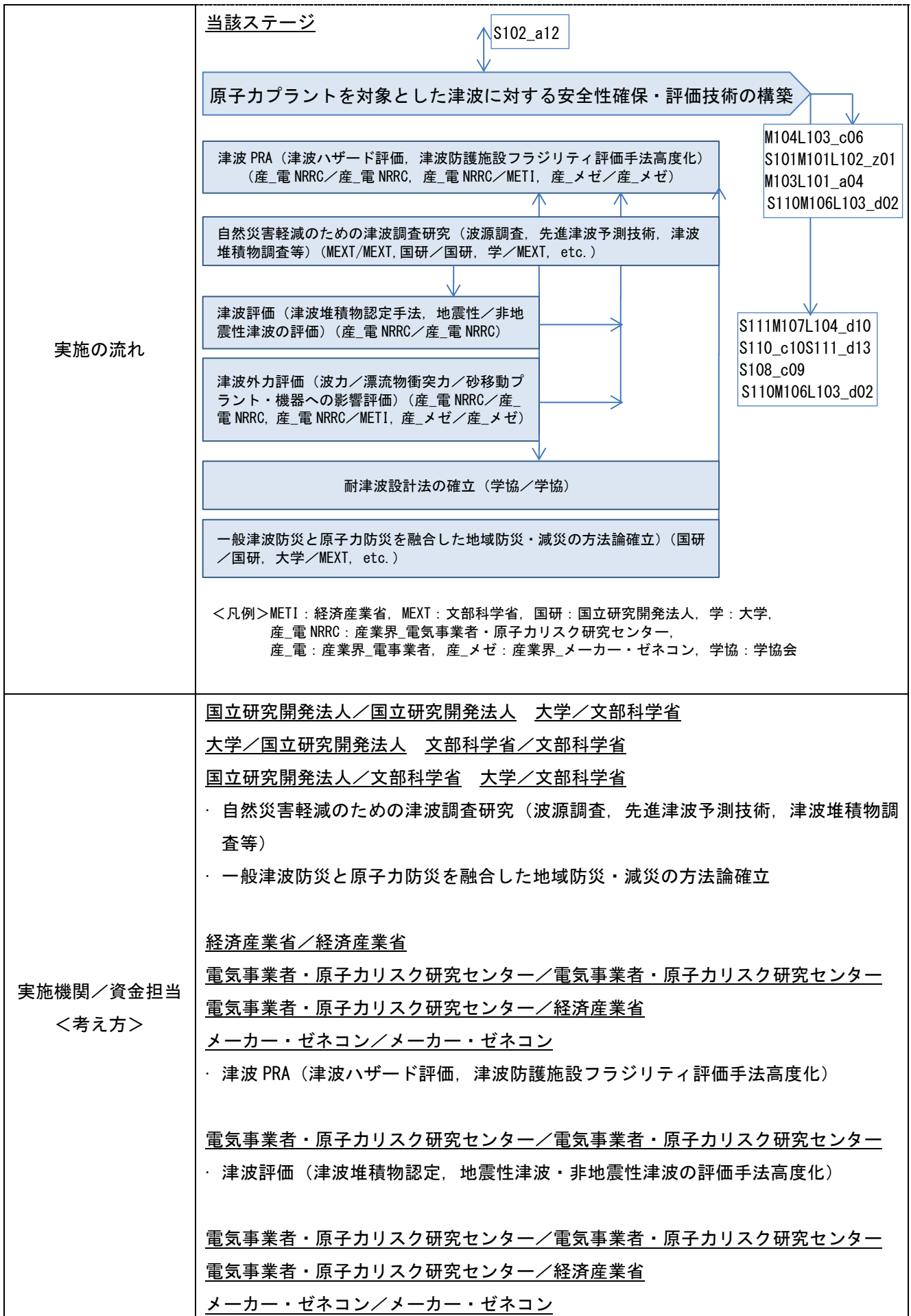
<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【S106_c04】 原子力プラントを対象とした津波に対する安全性評価・安全性確保技術の構築（耐津波工学の体系化）</p>
<p>マイルストーン及び 目指す姿との関連</p>	<p>短 I. 事故発生リスク低減・更なる安全性向上の実施 ⇒リスク情報に基づいた事故発生リスク低減策が効果的に実施される必要がある。 ⇒深層防護概念を踏まえ、規制の枠を超えた自主的安全性向上が効果的・継続的に実施される必要がある。 ⇒効果的・継続的なリスク低減活動・自主的安全性向上活動の推進にあたって、国際協力の枠組みの構築や規制の高度化が促される必要がある。</p> <p>短 VI. 国際貢献 ⇒津波を起因とする福島第一原子力発電所事故を踏まえた安全性向上について国際的貢献の責務を果たすため、国内技術・人材基盤を整える必要がある。</p>
<p>概要（内容）</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・自主的安全性向上評価における確率論的津波リスク評価（津波 PRA）や安全裕度評価を実施するにあたって、津波評価や発電所施設への津波影響評価に関わる手法を高度化・開発するものである。福島第一原子力発電所の津波被害を教訓として、津波作用と発電所施設に発生する応力を構造工学的観点から考慮した耐津波設計を行うための耐津波工学の体系化が求められている。これに沿って、事象進展抑制機能強化のため、遡上した津波の構築物・機器等への波力評価、浮力作用の評価、津波の二次的影響（漂流物、浮遊物、土砂移動等）評価を進める。また、耐津波工学は、海岸工学、地震工学、構造工学、原子力安全工学などの分野を横断して取組む。</li> <li>・巨大津波等の低頻度外的事象については、長期間にわたる地球規模現象であり、現時点でも発生メカニズムや発生頻度等について不明な点があるため調査・研究は継続することが重要である。また、その時点での津波評価や発電所施設への津波影響評価に関する最新の知見を自主的安全性向上評価に反映させる必要がある。これらについては、中・長期課題「低頻度外的事象に関する不確定性低減研究」で継続的に展開する。</li> </ul>
<p>具体的な項目</p>	<p>(課題にぶら下がる細項目の課題を箇条書き)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・自然災害軽減のための津波調査研究（波源調査、先進津波予測技術、津波堆積物調査等）</li> <li>・津波外力評価（波力・漂流物/砂移動評価、機器・プラント影響評価）</li> <li>・津波 PRA（津波ハザード評価、津波防護施設フラジリティ評価手法高度化）</li> <li>・耐津波設計法の確立</li> <li>・一般津波防災と原子力防災を融合した地域防災・減災の方法論確立</li> </ul>

<p>課題として取り上げた根拠 (問題点の所在)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・福島第一原子力発電所の津波被害を教訓として、津波に対する原子力安全の取組が規制当局、電気事業者それぞれにおいて具体的な方策が広範に検討・実施。</li> <li>・今後の自主的安全性向上評価において津波 PRA や安全裕度評価を実施するにあたっては、津波評価や発電所施設への津波影響評価に関わる手法の高度化・開発が必要。</li> <li>・津波による外力作用と発電所施設に発生する応力に対して構造工学的観点から考慮した耐津波設計を行うための耐津波工学の体系化による安全性の向上に期待。</li> <li>・原子力安全のための耐津波工学の体系化は、世界的にも行われておらず、国際貢献の観点からも重要度が大きい。</li> </ul>
<p>現状分析</p>	<p>技術動向の現状分析は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・現状の一般認識として、日本の原子力プラントにおいては、相対的に外的事象に対するリスクが高く、かつ、低頻度災害発生履歴の不確実性は大きいと考えられている。本課題検討に早期に着手することにより、自主的安全性向上活動において、津波に対するリスク低減の飛躍的向上が期待される。</li> <li>・巨大津波等の低頻度外的事象については、長期間にわたる地球規模現象であり、発生メカニズムや発生頻度等について更なる知見の収集のための調査・研究は継続することが重要である。また、その時点での津波評価や発電所施設への津波影響評価に関する最新の知見を自主的安全性向上評価に反映させる必要がある。これらについては、中・長期課題「低頻度外的事象に関する不確実性低減研究」で継続的に展開する。</li> <li>・津波による外力作用と発電所施設に発生する応力に対して構造工学的観点から考慮した耐津波設計を行うための耐津波工学の体系化による安全性の向上に期待。</li> <li>・原子力安全のための耐津波工学の体系化は、世界的にも行われておらず、国際貢献の観点からも重要度が大きい。</li> <li>・経済産業省資源エネルギー庁は、外的事象における PRA の高度化、PRA の手法の高度化およびその原子力安全への適用の促進、PRA 分野での日米協力の進展等により、事業者の自主的安全性向上を進めていくものとしている。これを踏まえ、津波や洪水氾濫時における構造物のフラジリティ評価手法の高度化・検証に関する実験的研究が実施されている。</li> <li>・電気事業においては、東北地方太平洋沖地震津波を踏まえた津波評価法の高度化（津波堆積物認定手法、確率論的津波ハザード評価の高度化、非地震性津波波源の策定と不確実性評価）、機器・配管系への遡上した津波の波力評価、津波二次的影響評価に関する実験的研究などを実施している。</li> <li>・大学、国立研究開発法人においては、HPC の活用により、地震・津波複合災害シミュレーション、観測・シミュレーション融合による次世代津波防災システム構築などの先進的な津波研究を実施してきており、原子力発電所への津波影響評価への応用が期待される。</li> <li>・原子力規制委員会「基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド」、耐津波設計に係る工認審査ガイド、日本電気協会「耐津波設計規程」、日本原子力学会「原子力発電所に対する津波を起因とした確率論的リスク評価に関する実施基準」、土木</li> </ul>

	<p>学会「原子力発電所の津波評価技術（2002）（改訂予定）」、「確率論的津波ハザード解析の方法（2009）」、国土交通省「津波避難ビル等の構造上の要件に係る技術基準」などの標準類が整備されているが、最新の知見を踏まえて継続的な改訂が必要である。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・日本地震工学会において、原子力安全のための耐津波工学の体系化作業が進められており、「耐津波安全の基本原則」、「津波の作用、影響、工学的な方法」、「社会との関わり」の観点からとりまとめが行われる予定であるが、多くの検討課題が残されている。</li> <li>・津波評価については、IAEA 基準等策定に寄与している。今後、構造力学的観点からの耐津波工学の体系を国際的に発信する必要がある。</li> </ul> <p>人材基盤に関する現状分析は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・耐津波工学に関しては、海岸工学、地震工学、構造工学、原子力安全工学などの研究者・技術者は産官学において層が厚く、また、分野横断的な取組みが根付きつつある状況である。その一方、耐津波工学に必要な専門分野を俯瞰できる若手研究者・技術者は少ない。このため、学協会における各種委員会活動を利用した分野横断的な人材育成の場を確保する必要がある。</li> <li>・津波堆積物調査分野については、地質学的調査・化学分析に関する知識が求められるが、構造地質・断層評価などの専門家が兼ねている場合が多く、津波堆積物調査を専門とする研究者の絶対数は少ない。このため、継続的な研究開発を通じた人材育成の場を確保する必要がある。</li> <li>・HPC を活用した津波遡上シミュレーション等の最新の計算科学技術に通ずる人材は大学・国立研究開発法人の一部の研究者に限られる。このため、継続的な研究開発を通じた最新の計算科学技術に通ずる人材育成の場を確保する必要がある。</li> <li>・津波 PRA を実施できる技術者の絶対数が少ないため、実務適用を通じて育成する必要がある。</li> </ul> <p>本課題に取り組むにあたっての配慮すべき事項の現状分析は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・国や自治体の津波規模・被害想定と原子力発電所サイトにおける津波評価の整合性</li> <li>・巨大台風時の高潮との重畳等、津波との複合事象の評価</li> <li>・津波防護施設、浸水防止設備等に求められる耐震裕度と耐津波裕度のバランス</li> <li>・津波ハザード評価に関する専門家活用</li> </ul>
<p>期待される効果 （成果の反映先）</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・安全性向上評価における津波 PRA や安全裕度評価ならびにそれらを踏まえた効果的な設備対策</li> <li>・（既設）原子力発電所の耐津波安全性に関する信頼性やステイクホルダーへの説明性向上</li> <li>・環太平洋諸国における原子力プラントへの津波対策技術供与</li> </ul>



<p>他課題との相関</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ S111M107L104_d10 : 耐久力・復元力を強化した世界標準の軽水炉設計の構築</li> <li>・ S102_a12 : リスク情報（不確実さを含む）に基づく総合的意思決定に向けた枠組み構築と人材育成</li> <li>・ S110_c10 : 外的事象（自然現象など）に関する新知見の継続的取り組みの枠組み実現</li> <li>・ S111_d13 : リスク評価手法の改良と SA 対策への適用</li> <li>・ S108_c09 : 外的事象の情報提示等ヒューマンインターフェースの高度化</li> <li>・ S110M106L103_d02 : 短期：福島第一原発事故を踏まえた外的事象に関連する IAEA 基準等策定への参画</li> <li>・ M104L103_c06 低頻度外的事象の知見に関する不確実性低減への継続的寄与</li> <li>・ M103L101_a04 : 大規模自然災害対応へのリスクガバナンス構築</li> <li>・ S101M101L102_z01 : 福島第一原子力発電所事故を踏まえた安全目標の設定とリスク認知</li> <li>・ M107_d23 : マルチユニット、レベル3 PRA を活用したプラント全体のリスク評価とリスク低減のためのマネジメント力向上</li> <li>・ S110M106L103_d02 : 中期：外的事象に関連する IAEA 基準等策定への貢献</li> <li>・ S106_c03:地震,津波以外の外的事象が及ぼすリスク早期把握と継続検討項目の抽出</li> <li>・ S106_c05:リスク評価に用いる地震影響評価技術の構築（断層変位,斜面崩壊等のリスク評価も含む）</li> <li>・ S111_d13:リスク評価手法の改良と SA 対策への適用</li> <li>・ S103M102L101_b01:リスク情報を活用したコミュニケーションの実施</li> </ul>
----------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



・ 津波外力評価（波力・漂流物/砂移動評価，機器・プラント影響評価）

#### 学協会／学協会

・ 耐津波設計法の確立

#### <考え方>

・ 文部科学省は，自然災害軽減の観点から津波調査研究を推進し，大学，国立研究開発法人ならびに民間研究機関と連携するとともに，競争的研究資金等によりこれら機関の知見を活用する。これらに必要な事業費（競争的研究資金，委託研究費，補助金）を担当することが適当。

・ 国立研究開発法人（産業総合研究所，防災科学技術研究所，海洋開発研究機構等）は，自然災害軽減の観点から，津波関連について大規模な津波堆積物調査，海域地殻調査，津波観測，大型実験設備などによる実証的研究を推進する。これら津波防災に関わる自然災害研究について資金担当することが適当。

・ 経済産業省は，将来の原子力利用を踏まえた原子力技術開発，とくに原子力発電所リスク評価に必要な事業，などを推進する。これら推進にあたっては，大学，国立研究開発法人ならびに民間研究機関と連携するとともに，競争的研究資金等によりこれら機関の知見を活用する。これらに必要な事業費（競争的研究資金，委託研究費，補助金）を担当することが適当。

・ 電気事業者と原子力リスク研究センターは，自主的安全性向上評価に関わる事業主体ならびに研究開発主体として津波に対する安全性評価・安全性確保技術（津波評価，津波外力評価，津波 PRA）に関する研究開発ならびその成果の現場適用によりリスク低減に努める。また，研究内容に応じて国立研究開発法人，大学等との共同研究により研究を効率的に推進する。さらに，自然災害軽減のための津波調査研究による最新知見を適宜に反映する。このため，事業主体・研究開発主体として資金担当となることが適当。また，国等からの競争的研究資金，委託研究費，補助金等を導入することが適当。

・ メーカーとゼネコンは，それぞれ耐津波性に係わる機器・設備の開発・高度化，構築物の津波防護に関する技術開発の他，研究機関からの委託研究や電気事業者との共同研究を実施すし，これらに関わる資金を担当することが適当。

・ 大学は，津波評価についての基礎・基盤的な課題，先進的な課題などを中心に取り組み，今後の原子力安全に大きく貢献するシーズを創出する。これら課題の実施にあたり文部科学省，経済産業省，国立研究開発法人の競争的研究資金を活用することが適当。

・ 学協会は，中立機関として，津波評価手法・耐津波設計等の規格策定・改訂を行う。このため，委員会等会議経費を負担することが適当。

#### <原子力規制委員会の安全研究について>

・ 原子力規制委員会は，津波ハザード，津波フラジリティなどに関する規制基準の整備とその適用に必要な技術的知見の取得，個別の技術的判断の根拠となる知見の取

	得、安全性向上評価における津波 PRA の妥当性確認等を目的とした研究を推進しており、必要な事業費（委託研究費）を担当することが適当。
--	---------------------------------------------------------------------

【改訂履歴】

改訂 番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
—	2015 年 5 月 21 日	初版
1	2016 年 11 月 30 日	・ 課題調査票の不整合修正（他課題との関連の箇所を見直し）

課題調査票

<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【S106_c05】 リスク評価に用いる地震影響評価技術の構築（断層変位，斜面崩壊等のリスク評価も含む）</p>
<p>マイルストーン及び 目指す姿との関連</p>	<p>短 I. 事故発生リスク低減・更なる安全性向上の実施 ⇒リスク情報に基づいた事故発生リスク低減策が効果的に実施される必要がある。 ⇒深層防護概念を踏まえ、規制の枠を超えた自主的安全性向上活動が効果的・継続的に実施される必要がある。 ⇒効果的・継続的なリスク低減活動・自主的安全性向上活動の推進にあたって、国際協力の枠組みの構築や規制の高度化が促される必要がある。</p> <p>短 VI. 国際貢献 ⇒原子力プラントの耐震性安全性向上について国際貢献の責務を果たすため、国内技術・人材基盤を整える必要がある。</p>
<p>概要（内容）</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・リスク評価に用いる地震影響評価技術を構築することを目的として、プラント耐震性評価に関わる研究開発を推進する。研究項目は決定論的評価，確率論的評価で構成され，地震発生頻度とその大きさ（地震動，断層変位）ならびに地震作用効果（建屋・機器・土木構造物・地盤）をカバーする。地震発生頻度，地震作用効果に関わる決定論的な評価手法の高精度化は終局状態に対する現状の状態を精度良く評価するものであり，確率論的評価法（リスク評価）のベースとなるものである。さらに，最近の HPC（ハイパフォーマンスコンピューティング）に着目し，原子力発電所サイトならびにプラントの全体～局所地震挙動評価が可能な次世代コンピュータモデルの開発を含む。</li> <li>・巨大地震等の低頻度外的事象については，長期間にわたる地球規模現象であり，現時点でも発生メカニズムや発生頻度等について不明な点があり，今後も継続的に新知見が得られる可能性があることから，人材や技術基盤を維持し，調査・研究は継続することが重要である。また，その時点での最新の地震情報，耐震性評価手法を自主的安全性向上評価に反映する必要がある。さらに，次世代コンピュータモデル開発等についても中長期的に取り組む必要がある。これらについては，中・長期課題「低頻度外的事象に関する不確定性低減研究」で継続的に展開する。</li> </ul>
<p>具体的な項目</p>	<p>（課題にぶら下がる細項目の課題を箇条書き）</p> <p>&lt;決定論的評価&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・自然災害軽減のための地震調査研究</li> <li>・活断層の連動性・年代評価法高度化</li> <li>・観測記録に基づく地震動策定法の高度化</li> <li>・断層変位評価（ハザード，作用効果）</li> <li>・建屋の局部応答・多入力応答評価手法の高度化</li> <li>・機器・配管系の弾塑性応答・機能維持評価</li> <li>・土木構造物の終局耐力評価</li> <li>・基礎地盤・周辺斜面の地震時変形評価</li> </ul>

	<p>&lt;確率論的評価&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 確率論的地震リスク評価（地震 PRA）コード・データベース整備</li> <li>・ 既存発電所を対象とした地震 PRA 実施</li> <li>・ 地震・津波重畳モデル，複数基立地モデル開発</li> </ul> <p>&lt;次世代コンピュータモデル開発&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 地盤・建屋連成大規模三次元地震応答挙動の評価手法構築</li> <li>・ 地圏（全球，日本列島，地域）マルチスケールモデル開発</li> </ul>
<p>課題として取り上げた根拠 (問題点の所在)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 今後の自主的安全性向上評価において地震 PRA や安全裕度評価を実施するにあたっては，地震動評価や発電所施設への地震影響評価に関わる手法の高度化・開発を推進する必要がある。</li> <li>・ 現行の規制基準では，活断層評価，震源評価などについて理学的知見から演繹的に設計用基準地震動を策定して施設の安全性確認を要求している。しかし，それが原子力発電所の安全性をどの程度向上させたかについての説明性に欠ける。</li> <li>・ 近年における設計用基準地震動を超過する観測地震動が得られている原子力発電所の安全上重要な機器・構造物・施設，地盤などの地震時挙動を踏まえた上で，これらの現実的な強度や実効的な地震動指標による耐力評価法を構築すべき。</li> <li>・ 確率論的リスク評価(PRA)の活用によりプラントの安全性向上に有用な情報を得ることで，安全上プライオリティの高い事項に人員・資金等のリソースを適切に配分することや，事故が起きた場合の計画立案等の準備等にも利用ができる。しかしながら，これまで，我が国では上記の利用を目的とした個別プラントを対象とした PRA の実施，特に外的事象(地震・津波等)における PRA の実施が不十分であることが指摘されている。</li> <li>・ 巨大地震等の低頻度外的事象については，長期間にわたる地球規模現象であり，現時点でも発生メカニズムや発生頻度等について不明な点があり，今後も継続的に新知見が得られる可能性があることから，人材や技術基盤を維持し，調査・研究は継続することが重要である。また，その時点での最新の地震情報，耐震性評価手法を自主的安全性向上評価に反映する必要がある。さらに，次世代コンピュータモデル開発等についても中長期的に取り組む必要がある。これらについては，中・長期課題「低頻度外的事象に関する不確定性低減研究」で継続的に展開する。</li> </ul>
<p>現状分析</p>	<p>技術動向の現状分析は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 現状の一般認識として，日本の原子力プラントにおいては，相対的に外的事象に対するリスクが高く，かつ，低頻度災害発生履歴の不確実性は大きいと考えられている。本課題検討に早期に着手することにより，自主的安全性向上活動において，地震に対するリスク低減の飛躍的向上が期待される。</li> <li>・ 経済産業省資源エネルギー庁は，外的事象における PRA の高度化，PRA 評価の手法の高度化及びその原子力安全への適用の促進，PRA 分野での日米協力の進展等により，事業者の自主的安全性向上を進めていくものとしている。これを踏まえ，日本原子力学会地震 PRA 実施標準等に基づき，既設発電所のうち，1プラントに対してレベル2地震 PRA が実施されている。</li> <li>・ 電気事業者においては，機器・構造物・施設，地盤の耐震性能評価のために非線形</li> </ul>

解析手法，三次元解析手法，大変形解析手法などの評価用解析コードを開発してきているが，これらを実用化するためには実験を通じた検証が必要．とくに，動的機器の一部については，設計用基準地震動の増大を考慮し，機能維持確認加速度の向上が必要．

- ・ 大学，国立研究開発法人においては，HPC の活用により，地震・津波複合災害シミュレーション，都市全体の被害想定シミュレーションなどの先進的な地震工学研究を実施してきており，原子力発電所については，地盤・建屋連成三次元大規模地震応答評価，地圏（全球，日本列島，地域）マルチスケールモデルによる活断層挙動の評価や工学的対応などへの応用が期待される．
- ・ 活断層評価，設計用基準地震動策定，安全上重要な機器・構造物・施設，地盤の耐震設計については，日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術規程・同指針」で標準化されており，規制基準適合性審査等にも活用されているが，最新の知見を踏まえて継続的な改訂が必要．
- ・ 断層変位については，わが国においても確率論的断層変位ハザード評価手法が開発・高度化中．学協会においては，原子力安全推進協会「原子力発電所敷地内断層の変位に対する評価手法に関する調査・検討報告書」が刊行．また，土木学会原子力土木委員会「断層変位小委員会」，日本原子力学会「断層の活動性と工学的リスク評価」調査専門委員会において，断層変位の可能性と影響に関する科学的評価について調査研究中．これらの成果を原子力発電所のリスク評価に組込むことが必要．

人材基盤に関する現状分析は以下のとおりである．

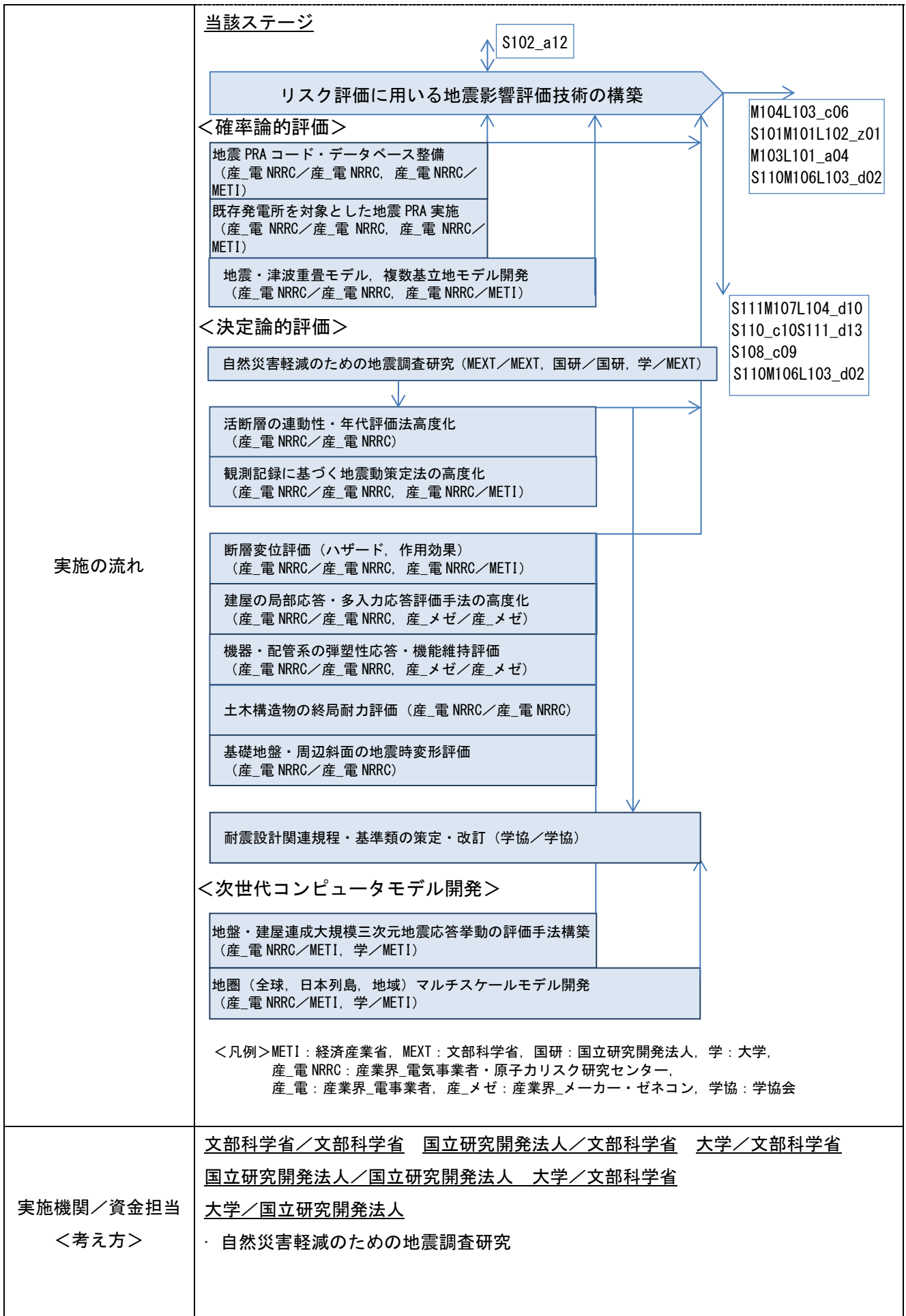
- ・ 活断層，地震・地震動，耐震設計分野については，大学・産業界において決定論の立場からの数多くの研究者・技術者を擁している．今後も若手世代への継続的な技術継承が必要である．
- ・ HPC を活用した大規模地震応答シミュレーション等の最新の計算科学技術に通ずる人材は大学，国立研究開発法人などの一部研究者に限られている．このため，継続的な研究開発を通じた最新の計算科学技術に通ずる人材育成の場を確保する必要がある．
- ・ 活断層，地震・地震動，耐震設計分野において，工学的なリスクの概念を理解し，工学に資する研究を行う研究者の絶対数は少ない．このため，リスク関連研究課題の拡大等を通じた人材育成の場を確保する必要がある．
- ・ 地震 PRA を実施できる技術者の絶対数が少ない．このため，実務適用を通じて育成する必要がある．

本課題に取り組むにあたっての配慮すべき事項の現状分析は以下のとおりである．

- ・ リスク評価に用いる地震影響評価に関する研究の公開性・透明性確保ならびに研究成果の公表
- ・ 地震ハザード評価に関する専門家活用や効果的なピアレビューを含むリスク評価の品質・信頼性確保方策の実施

<p>期待される効果 (成果の反映先)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 安全性向上評価における地震 PRA や安全裕度評価ならびにそれらを踏まえた効果的な設備対策</li> <li>・ (既設) 原子力発電所の耐震安全性に関する信頼性やステイクホルダーへの説明性向上</li> <li>・ リスク評価に基づく規制枠組み構築への反映</li> <li>・ IAEA 等の国際基準策定への寄与</li> <li>・ 原子力導入国への技術提供とプラント安全確保への貢献</li> </ul>
<p>他課題との相関</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ S111M107L104_d10 : 耐久力・復元力を強化した世界標準の軽水炉設計の構築</li> <li>・ S102_a12 : リスク情報 (不確実さを含む) に基づく総合的意思決定に向けた枠組み構築と人材育成</li> <li>・ S110_c10 : 外的事象 (自然現象など) に関する新知見の継続的取り組みの枠組み実現</li> <li>・ S111_d13 : リスク評価手法の改良と SA 対策への適用</li> <li>・ S108_c09 : 外的事象の情報提示等ヒューマンインターフェースの高度化</li> <li>・ S110M106L103_d02 : 短期: 福島第一原発事故を踏まえた外的事象に関連する IAEA 基準等策定への参画</li> <li>・ M104L103_c06 : 低頻度外的事象の知見に関する不確実性低減への継続的寄与</li> <li>・ M103L101_a04 : 大規模自然災害対応へのリスクガバナンス構築</li> <li>・ S101M101L102_z01 : 福島第一原子力発電所事故を踏まえた安全目標の設定とリスク認知</li> <li>・ M107_d23 : マルチユニット、レベル3 PRA を活用したプラント全体のリスク評価とリスク低減のためのマネジメント力向上</li> <li>・ S110M106L103_d02 : 中期: 外的事象に関連する IAEA 基準等策定への貢献</li> <li>・ S106_c03: 地震, 津波以外の外的事象が及ぼすリスク早期把握と継続検討項目の抽出</li> <li>・ S106_c04: 原子力プラントを対象とした津波に対する安全性評価・安全性確保技術の構築 (耐津波工学の体系化)</li> <li>・ S111_d13: リスク評価手法の改良と SA 対策への適用</li> <li>・ S103M102L101_b01: リスク情報を活用したコミュニケーションの実施</li> </ul>





経済産業省／経済産業省

電気事業者・原子力リスク研究センター／経済産業省 大学／経済産業省

- ・ 確率論的地震リスク評価（地震 PRA）コード・データベース整備
- ・ 既存発電所を対象とした地震 PRA 実施
- ・ 地震・津波重畳モデル，複数基立地モデル開発
- ・ 断層変位評価（ハザード，作用効果）
- ・ 観測記録に基づく地震動策定法の高度化
- ・ 地盤・建屋連成大規模三次元地震応答挙動の評価手法構築
- ・ 地圏（全球，日本列島，地域）マルチスケールモデル開発

電気事業者・原子力リスク研究センター／電気事業者・原子力リスク研究センター

- ・ 活断層の連動性・年代評価法高度化
- ・ 観測記録に基づく地震動策定法の高度化
- ・ 断層変位評価（ハザード，作用効果）
- ・ 土木建造物の終局耐力評価
- ・ 基礎地盤・周辺斜面の地震時変形評価

電気事業者・原子力リスク研究センター／電気事業者・原子力リスク研究センター

メーカー・ゼネコン／メーカー・ゼネコン

- ・ 建屋の局部応答・多入力応答評価手法の高度化
- ・ 機器・配管系の弾塑性応答・機能維持評価

学協会／学協会

- ・ 耐震設計関連規程・指針類の策定と改訂

<考え方>

- ・ 文部科学省は自然災害軽減の観点から地震調査研究を推進し，大学，国立研究開発法人ならびに民間研究機関と連携するとともに，競争的研究資金等によりこれら機関の知見を活用する。これらに必要な事業費（競争的研究資金，委託研究費，補助金）を担当することが適当。
- ・ 国立研究開発法人（産業総合研究所，防災科学技術研究所，海洋開発研究機構等）は，自然災害軽減の観点から，地震関連について大規模な地質調査，地震観測，大型振動台実験等による実証的研究を推進する。これら地震防災に関わる自然災害研究について資金担当することが適当。
- ・ 経済産業省は，将来の原子力利用を踏まえた原子力技術開発，とくに原子力発電所リスク評価に必要な事業，などを推進し，大学，国立研究開発法人ならびに民間研究機関と連携するとともに，競争的研究資金等によりこれら機関の知見を活用する。これらに必要な事業費（競争的研究資金，委託研究費，補助金）を担当することが適当。

	<ul style="list-style-type: none"> <li>・電気事業者と原子力リスク研究センターは、自主的安全性向上に関わる事業主体ならびに研究開発主体としてリスク評価に用いる地震影響評価技術に関する研究開発ならびその成果の現場適用によりリスク低減に努める。また、研究内容に応じて国立研究開発法人、大学等との共同研究により研究を効率的に推進する。さらに、自然災害軽減のための地震調査研究による最新知見を適宜に反映する。このため、事業主体・研究開発主体として資金担当となることが適当。また、経済産業省等からの競争的研究資金、委託研究費、補助金等を導入することが適当。</li> <li>・メーカーとゼネコンは、それぞれ耐震性に係わる機器・設備の開発・高度化、構造物の耐震設計・建設技術に関する技術開発の他、研究機関からの委託研究や電気事業者との共同研究を実施し、これらに関わる資金を担当することが適当。</li> <li>・大学は、地震リスク評価についての基礎・基盤的な課題、先進的な課題などを中心に取り組み、今後の原子力安全に大きく貢献するシーズを創出する。これら課題の実施にあたり文部科学省、経済産業省、国立研究開発法人の競争的研究資金を活用することが適当。</li> <li>・学協会は、中立機関として、耐震設計等の規格策定・改訂を行う。このため、委員会等会議経費を負担することが適当。</li> </ul> <p>&lt;原子力規制委員会の安全研究について&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・原子力規制委員会は、地震ハザード、地震フラジリティなどに関する規制基準の整備とその適用に必要な技術的知見の取得、個別の技術的判断の根拠となる知見の取得、安全性向上評価における地震 PRA の妥当性確認等を目的とした研究を推進しており、必要な事業費（委託研究費）を担当することが適当。</li> </ul>
--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

【改訂履歴】

改訂 番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
—	2015年5月21日	初版
1	2016年11月30日	・課題調査票の不整合修正（他課題との相関、実施の流れの箇所を見直し）

課題調査票

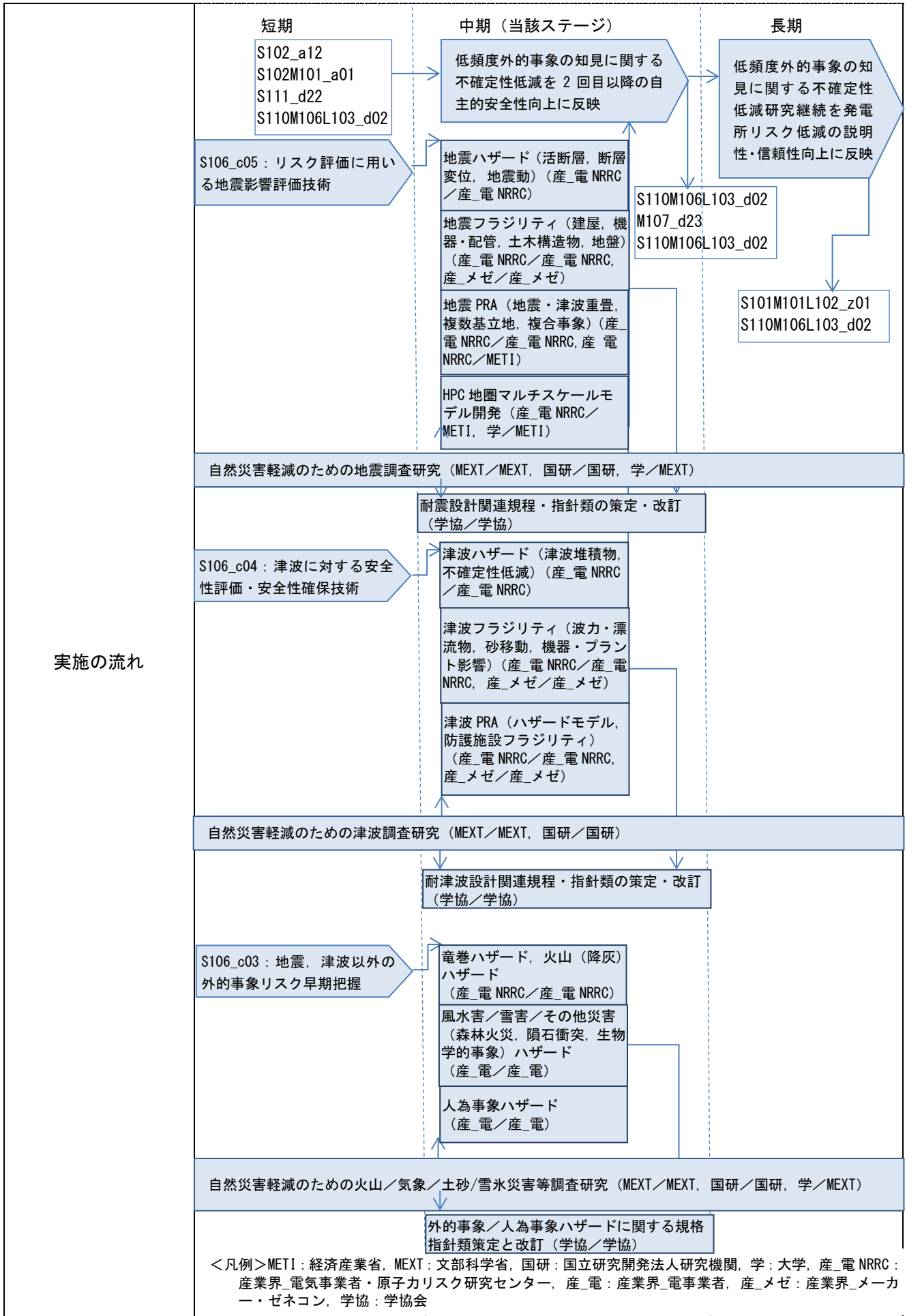
<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【M104L103_c06】 低頻度外的事象の知見に関する不確定性低減への継続的寄与 低頻度外的事象の知見に関する不確定性低減研究継続</p>
<p>マイルストーンおよび 目指す姿との関連</p>	<p>中 I. 包括的リスク情報活用の向上 ⇒原子力に係るリスクを効果的・継続的に低減するとともに、リスク情報に基づく意思決定サイクルの考え方が定着・改善されている必要がある。 長 I. プラント全体のリスク極小化 ⇒事故低減に係る革新的技術を開発・適用するために必要 ⇒ゼロエミッション電源として高い稼働率で安全・安定運転の継続が可能となるよう、設計・保守・運転等の各断面でリスク極小化を目指す取り組みがなされる必要がある。 中 V. 国際貢献 ⇒国内技術・人材基盤に基づき、原子力導入国への最新知見を反映した技術展開を行い、世界の原子力安全へ貢献する必要がある。 長 IV. 国際貢献 ⇒世界の中で原子力安全・利用を主導できることを目指す必要がある。</p>
<p>概要 (内容)</p>	<p>・原子力発電所には、常に最新の外的事象に関わる知見を取り入れ、施設の性能も考慮し、自主的安全性向上活動を通じて継続的にリスク低減していくことが求められる。新たな自然事象が発生する場合に備えた既存評価手法の改善、自然災害の発生履歴の調査、災害シミュレーション、モニタリング技術の活用、複数の自然外部事象の組み合わせ、施設の経年事象を取り込んだ耐震性能評価、などの観点から、低頻度外的事象に関する不確定性低減に関する研究を継続する。</p>
<p>具体的な項目</p>	<p>&lt;低頻度外的事象&gt; ・自然災害軽減のための地震/津波/火山/気象/土砂/雪氷災害等調査研究 &lt;地震リスク&gt; ・活断層の活動性評価高度化 (不確定性低減) ・地震動策定法の高度化 (不確定性低減) ・断層変位評価法の高度化 (不確定性低減) ・建屋の耐震性評価手法の高度化 (解析ツール機能拡張, 実務適用) ・機器・配管系の耐震性評価の高度化 (解析ツール機能拡張, 実務適用) ・土木建造物の耐震性評価の高度化 (解析ツール機能拡張, 実務適用) ・基礎地盤・周辺斜面の安定性評価高度化 (解析ツール機能拡張, 実務適用) ・地震 PRA 高度化 (地震・津波重畳モデル, 複数基立地モデル, 複合事象モデル) ・地圏 (全球, 日本列島, 地域) マルチスケールモデル開発 &lt;津波リスク&gt; ・津波評価の高度化 (津波堆積物認定, 地震性津波・非地震性津波の評価手法高度化) ・津波外力評価の高度化 (波力・漂流物・浮遊物/砂移動評価, 機器・プラント影響評価)</p>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 津波 PRA 高度化（津波ハザード評価，津波防護施設フラジリティ評価）</li> <li>　　＜その他外的事象＞</li> <li>・ 竜巻影響評価／確率論的竜巻ハザード評価の高度化</li> <li>・ 火山影響評価／確率論的火山（降灰）ハザード評価の高度化</li> <li>・ 風水害／雪害／その他災害（森林火災，隕石衝突，生物学的事象）に関する継続的検討項目のリスク定量化と対策技術</li> <li>　　＜人為事象＞</li> <li>・ 人為事象（海上災害や航空災害等）に対するリスク定量化と対策技術</li> </ul>
<p>課題として取り上げた根拠 （問題点の所在）</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 今後の自主的安全性向上評価において，その時点での低頻度外的事象に関する最新知見を反映させるためにも，S106_c03：地震，津波以外の外的事象が及ぼすリスク早期把握と継続検討項目の抽出／S106_c04：原子力プラントを対象とした津波に対する安全性評価・安全性確保技術の構築（耐津波工学の体系化）／S106_c05：リスク評価に用いる地震影響評価技術の構築（断層変位，斜面崩壊等，リスク評価も含む）の構築，などの短期における課題を中長期において維持・発展させることが必要である。</li> <li>・ 今後も原子力発電所近傍における地震や津波の情報が新たに提供されることが予想されるため，これらに対する原子力発電所のリスクを管理し，必要に応じて施設・設備を補修・補強して受容できるレベルまで低減することが必要である。</li> <li>・ 低頻度外的事象については，長期間にわたる地球規模現象であり，現時点でも発生メカニズムや発生頻度等について不明な点があり，今後も継続的に新知見が得られる可能性があることから，人材や技術基盤を維持し，調査・研究を継続することが必要である。</li> </ul>
<p>現状分析</p>	<p>技術動向に関する現状分析は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 現状の一般認識として，日本の原子力プラントにおいては，相対的に外的事象に対するリスクが高く，かつ，低頻度災害発生履歴の不確実性は大きいと考えられている。このため，原子力発電所には，常に最新の外的事象（自然事象，人為事象）に関わる知見を取り入れ，施設の性能も考慮し，自主的安全性向上活動において，継続的にリスクを特定し，それらを低減していくことが必要である。</li> <li>・ 低頻度巨大自然災害については，津波堆積物調査，活断層調査，火山噴出物，氷床コア分析などの地質学的調査により，長期間における自然災害の発生履歴が認識されつつある。有史以前の低頻度外的事象に関わる不確実性低減についての調査は継続する必要がある。</li> <li>・ ハイパフォーマンスコンピューティング（HPC）の活用により，地震・津波複合災害シミュレーション，都市全体の被害想定シミュレーションが可能となっており，原子力発電所については，地盤・建屋連成三次元大規模地震応答評価，地圏（全球，日本列島，地域）マルチスケールモデルによる活断層挙動の評価や工学的対応，施設の経年劣化を考慮した耐震性能評価シミュレーションなどへの応用が期待される。</li> <li>・ 地震観測，海域観測，火山観測等モニタリングは中期においても継続される。これらモニタリング技術の積極的な活用も重要。中小の地震も含めた地震動，各種構造物の応答，津波などの観測情報から設計やリスク評価に用いたモデルの妥当性を確認してリスク対策の意思決定に活かすべき。</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>・複数の自然外部事象の組み合わせを考慮する場合には、その発生確率や時間的な前後関係を考慮してシナリオを明らかにすべき。特定の事象への対策がその他の事象にどのような影響を及ぼすのかを確認することも必要。</li> <li>・わが国の原子力輸出が議論されており、そのセールスポイントのひとつとして地震、津波等に対する世界最高水準の安全性の提供が挙げられており、更なる技術の開発が有効。</li> </ul> <p style="text-align: center;">人材基盤に関する現状分析は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・低頻度巨大災害の発生履歴調査については、地球科学系研究者に依存せざるを得ないが、絶対数が不足しており、大学・国立研究開発法人におけるポストも不足している。このため、継続的な研究開発を通じた人材育成の場を確保する必要がある。</li> <li>・HPC を活用した大規模被害シミュレーション等の計算科学技術に通ずる人材は大学等の一部機関の研究者に限られている。このため、継続的な研究開発を通じた最新の計算科学技術に通ずる人材育成の場を確保する必要がある。</li> <li>・活断層、地震・地震動、耐震設計分野については、新規性のある研究課題の減少に伴う大学研究者の減少の懸念はあるが、大学・産業界において数多くの研究者・技術者を擁している。今後も若手世代への継続的な技術継承が必要である。</li> <li>・低頻度外的事象全般について幅広い知見を持ち、それらを原子力発電所のリスク低減に活かすことが可能な技術者を育成する場を確保する必要がある。</li> </ul> <p style="text-align: center;">本課題に取り組むにあたっての配慮すべき事項の現状分析は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・低頻度外的事象の優先度指標となるリスク定量化とそれを踏まえた意思決定。</li> <li>・理学系研究者と原子力プラント系技術者との間でのリスク低減に向けた意識共有。</li> <li>・短期的研究開発ニーズに左右されない継続的な低頻度外的事象の調査・研究の体制確保。</li> <li>・人為事象ハザードについては研究体制等の枠組みについての検討も必要</li> </ul>
<p style="text-align: center;">期待される効果 (成果の反映先)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・安全性向上評価における地震 PRA・津波 PRA ならびに安全裕度評価ならびにそれらを踏まえた効果的な設備対策の継続的推進</li> <li>・原子力発電所の耐震安全性に関する信頼性やステイクホルダーへの説明性向上</li> <li>・リスクをベースにした規制枠組み構築への反映</li> <li>・IAEA 等の国際基準策定への寄与</li> <li>・原子力導入国への技術提供とプラント安全確保への貢献</li> </ul>
<p style="text-align: center;">他課題との相関</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ S106_c03 : 地震、津波以外の外的事象が及ぼすリスク早期把握と継続検討項目の抽出</li> <li>・ S106_c04 : 原子力プラントを対象とした津波に対する安全性評価・安全性確保技術の構築（耐津波工学の体系化）</li> <li>・ S106_c05 : リスク評価に用いる地震影響評価技術の構築（断層変位、斜面崩壊等、リスク評価も含む）の構築</li> <li>・ S102_a12 : リスク情報（不確実さを含む）に基づく総合的意思決定に向けた枠組み</li> </ul>

構築と人材育成

- ・ S102M101\_a01 : リスク情報を利活用する体制の構築
- ・ S111\_d22 : (既設) プラントの信頼性評価に有効な安全裕度の高精度化
- ・ S110M106L103\_d02 : 短期 : 福島第一原発事故を踏まえた外的事象に関連する IAEA 基準等策定への参画
- ・ S101M101L102\_z01 : 福島第一原子力発電所事故を踏まえた安全目標の設定とリスク認知
- ・ M107\_d23 : マルチユニット、レベル3 PRA を活用したプラント全体のリスク評価とリスク低減のためのマネジメント力向上
- ・ S110M106L103\_d02 : 中期 : 外的事象に関連する IAEA 基準等策定への貢献
- ・ S110M106L103\_d02 : 長期 : 外的事象に関連する IAEA 基準等策定の主導
- ・ S103M102L101\_b01 : リスク情報を活用したコミュニケーションの実施
- ・ S111\_d13 : リスク評価手法の改良と SA 対策への適用
- ・ S111\_d22 : (既設) プラントの信頼性評価に有効な安全裕度評価の高精度化





<p>実施機関／資金担当 ＜考え方＞</p>	<p><u>文部科学省／文部科学省 国立研究開発法人／文部科学省 大学／文部科学省</u> <u>国立研究開発法人／国立研究開発法人</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 自然災害軽減のための地震／津波／火山／気象／土砂／雪氷災害等調査研究</li> </ul>
	<p><u>経済産業省／経済産業省 電気事業者・原子力リスク研究センター／経済産業省</u> <u>大学／経済産業省</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 地震 PRA 高度化（地震・津波重畳モデル，複数基立地モデル，複合事象モデル）</li> <li>・ 地圏（全球，日本列島，地域）マルチスケールモデル開発</li> </ul>
	<p><u>電気事業者・原子力リスク研究センター／電気事業者・原子力リスク研究センター</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 活断層の活動性評価高度化（不確定性低減）</li> <li>・ 地震動策定法の高度化（不確定性低減）</li> <li>・ 断層変位評価法の高度化（不確定性低減）</li> <li>・ 土木構造物の耐震性評価の高度化（解析ツール機能拡張，実務適用）</li> <li>・ 基礎地盤・周辺斜面の安定性評価高度化（解析ツール機能拡張，実務適用）</li> <li>・ 津波評価の高度化（津波堆積物認定，地震性津波・非地震性津波の評価手法高度化）</li> <li>・ 津波外力評価の高度化（波力・漂流物・浮遊物／砂移動評価，機器・プラント影響評価）</li> <li>・ 津波 PRA 高度化（津波ハザード評価，津波防護施設フラジリティ評価）</li> <li>・ 竜巻影響評価／確率論的竜巻ハザード評価の高度化</li> <li>・ 火山影響評価／確率論的火山（降灰）ハザード評価の高度化</li> </ul>
	<p><u>電気事業者・原子力リスク研究センター／電気事業者・原子力リスク研究センター</u> <u>メーカー・ゼネコン／メーカー・ゼネコン</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 建屋の耐震性評価手法の高度化（解析ツール機能拡張，実務適用）</li> <li>・ 機器・配管系の耐震性評価の高度化（解析ツール機能拡張，実務適用）</li> </ul>
	<p><u>電気事業者／電気事業者 メーカー・ゼネコン／メーカー・ゼネコン</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 風水害／雪害／その他災害（森林火災，隕石衝突，生物学的事象）に関する継続的検討項目のリスク定量化と対策技術</li> <li>・ 人為事象（海上災害や航空災害等）に対するリスク定量化と対策技術</li> </ul> <p><u>学協会／学協会</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 耐震設計，耐津波設計ならびに外的事象／人為事象ハザード関連規程・指針類の策定・改訂</li> </ul> <p>＜考え方＞</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 文部科学省は自然災害防災の観点から地震，津波等の外的事象に関わる技術基盤となる研究を推進し，大学，<u>国立研究開発法人</u>ならびに民間研究機関と連携するとともに，競争的研究資金等によりこれら機関の知見を活用する。これらに必要な事業費（競</li> </ul>

争的研究資金，委託研究費，補助金）を担当することが適当。

- ・ 国立研究開発法人（産業総合研究所，防災科学技術研究所，海洋開発研究機構等）は，自然災害防災の観点から，外的事象関連について大規模な調査，観測，大型実験等による実証的研究を推進する。これら自然災害研究について資金担当することが適当。
- ・ 経済産業省は，将来の原子力利用を踏まえた原子力技術開発，とくに原子力発電所リスク評価に必要な事業，などを推進し，大学，国立研究開発法人ならびに民間研究機関と連携するとともに，競争的研究資金等によりこれら機関の知見を活用する。これらに必要な事業費（競争的研究資金，委託研究費，補助金）を担当することが適当。
- ・ 電気事業者と原子力リスク研究センターは，自主的安全性向上に関わる事業主体ならびに研究開発主体として自然外部事象評価技術に関する研究開発ならびその成果の現場適用によりリスク低減に努める。また，研究内容に応じて国立研究開発法人，大学等との共同研究により研究を効率的に推進する。さらに，地震／津波／火山／気象／土砂／雪氷災害等調査研究による最新知見を適宜に反映する。このため，事業主体・研究開発主体として資金担当となることが適当。また，国等からの競争的研究資金，委託研究費，補助金等を導入することが適当。
- ・ メーカーとゼネコンは，それぞれ外部事象作用に係わる機器・設備の開発・高度化，構築物の設計・建設技術に関する技術開発の他，研究機関からの委託研究や電気事業者との共同研究を実施し，これらに関わる資金を担当することが適当。
- ・ 大学は，自然外部事象リスク評価についての基礎・基盤的な課題，先進的な課題などを中心に取り組み，今後の原子力安全に大きく貢献するシーズを創出する。これら課題の実施にあたり文部科学省，経済産業省，国立研究開発法人の競争的研究資金を活用することが適当。
- ・ 学協会は，中立機関として，耐震設計，耐津波設計，外部事象・人為事象ハザードなどの規格策定・改訂を行う。このため，委員会等会議経費を負担することが適当。

<原子力規制委員会の安全研究について>

- ・ 現時点において，原子力規制委員会は中長期においても，地震・津波ハザード，地震・津波フラジリティ，火山影響，竜巻影響ならびにその他の自然外部事象などに関する規制基準の整備とその適用に必要な技術的知見の取得，個別の技術的判断の根拠となる知見の取得を目的とした研究，今後の安全性向上評価における地震 PRA，津波 PRA などの妥当性確認等を目的とした研究を実施すると見込まれる。これらに，必要な事業費（委託研究費）を担当することが適当。

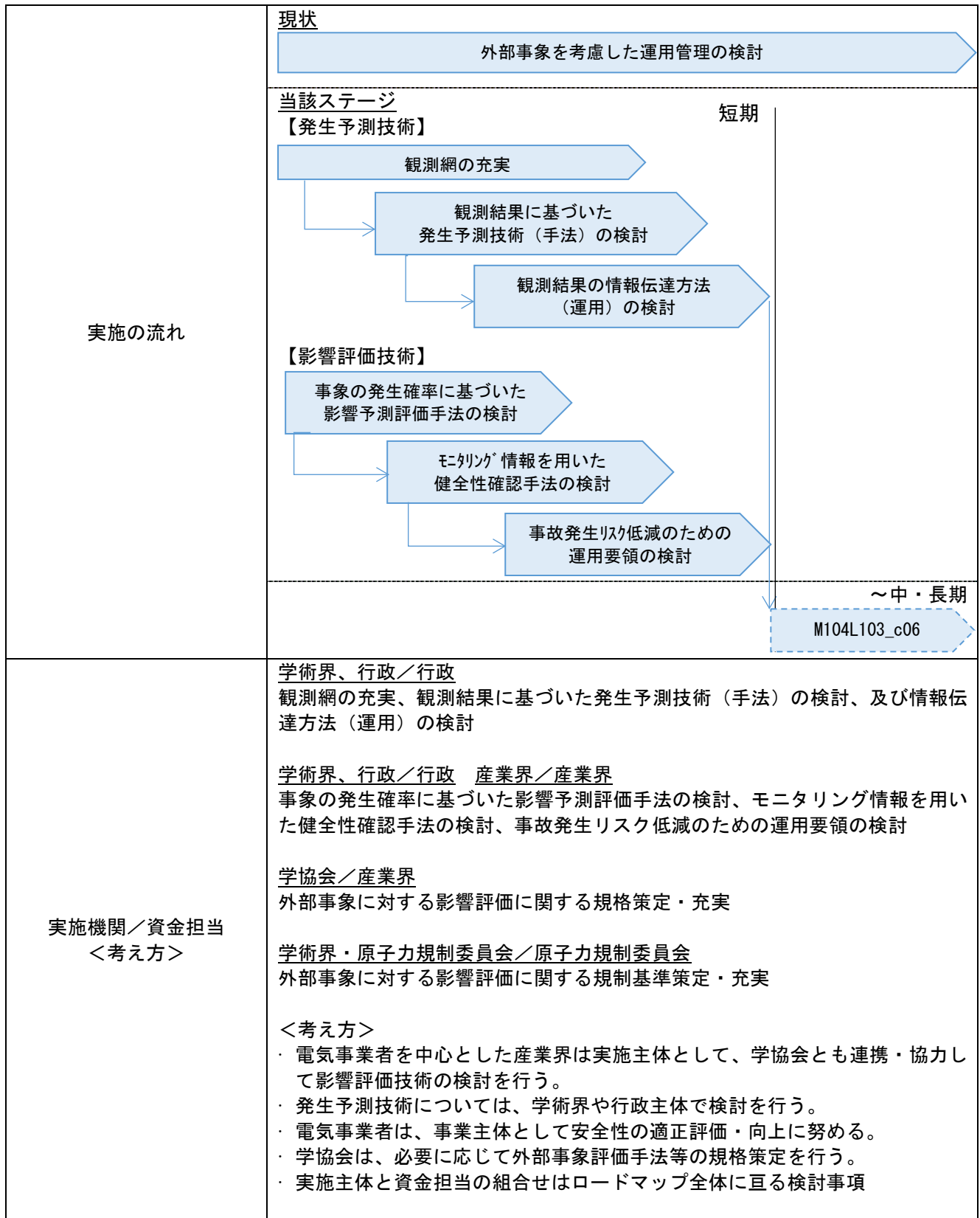
【改訂履歴】

改訂 番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
—	2015年5月21日	初版
1	2016年11月30日	・ 課題調査票の不整合修正（他課題との相関の箇所を見直し）

課題調査票

<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【S106_c07】 外部事象を考慮した運用管理（発生予測技術、影響評価技術等）</p>
<p>マイルストーン および 目指す姿との関連</p>	<p>短 I. 事故発生リスク低減・更なる安全性向上の実施 ⇒リスク情報に基づいた事故発生リスク低減策が効果的に実施される必要がある。 ⇒深層防護概念を踏まえ、規制の枠を超えた自主的安全性向上が効果的・継続的に実施される必要がある。 ⇒効果的・継続的なリスク低減活動・自主的安全性向上活動の推進にあたって、国際協力の枠組みの構築や規制の高度化が促される必要がある。</p>
<p>概要（内容）</p>	<p>事故発生リスクの低減対策として、可能な限り事前に発生を予測する技術検討を実施する必要がある。 しかしながら、外部事象のうち自然災害に関しては事前の予測が困難な場合もあることから、福島第一事故の教訓を踏まえ、設計条件を超えるような事象も想定した影響評価技術の検討も必要である。 また、人為的な外部事象（航空機落下等）に対しては、あらゆる可能性を想定した上で、対応が必要な事象を選定し対策を行うことが必要である。 上記を踏まえ、外部事象に対する発生予測手法や影響評価手法の整備・高度化を行う。なお、これら検討を行う際は、海外最新知見やリスク情報を活用した検討を行うことで事故発生リスクの極小化を図る。 また、検討した成果については、国際機関を通じた情報発信等を行うことで原子力安全に関する国際貢献を行う。</p>
<p>具体的な項目</p>	<p>[発生予測技術] ・自然災害発生予測に必要なデータ採取のための観測網の充実 ・観測結果に基づいた発生予測技術（手法）の検討 → 地震予知、火山予知、津波の想定など ・観測結果の情報伝達方法（運用）の検討</p> <p>[影響評価技術他] ・事象の発生リスクに基づいた影響予測評価手法の検討 → 考慮すべき外部事象の選定 → 津波漂流物や竜巻による飛来物、火山等による影響評価検討 ・モニタリング（観測結果）情報を用いた健全性確認手法の確立 ・予測された事象に対する事故発生リスク低減のための運用要領の検討</p>

<p>課題として取り上げた根拠 (問題点の所在)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 自然災害が多発している状況を考えると、これまでに経験したことがないような事象が発生する可能性があるが、事前予測に関する観測網の充実により、更なる安全性の向上が期待される。</li> <li>・ また、観測結果に基づいた予測技術についても検討が必要。</li> <li>・ 設計条件を超える事象、もしくはこれまで発生を予測していなかった事象（可能性が低く対応不要としていた事象含む）に対する影響評価も有効。</li> <li>・ 福島第一事故を踏まえ、事故発生リスクの低減方策としてSA設備を設置しているが、運用を含めた更なる事故発生リスク低減が有効。</li> </ul>
<p>現状分析</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 福島第一事故後の再稼働対応における対策において、種々検討がなされているが自然災害発生予測に必要なデータ（観測結果等）が十分でないため必ずしも合理的な設計になっていない。</li> <li>・ 影響評価等については、考慮すべき外的事象の選定や設計条件を超えた領域を考慮した評価方法の検討が必要である。</li> <li>・ また、最新知見活用等の観点から他分野学会（土木学会、日本気象学会等）との連携は有効である。</li> </ul> <p>人材基盤に関する現状分析は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 大学等の研究では自然災害の発生予測等実施している分野（地震・火山など）もあるが、自然災害等発生予測に関する専門人材が必ずしも十分でないため、それら人材を確保・育成する必要がある。</li> <li>・ 一方で、影響評価技術については、既存技術を用いて評価を行える人材は、メーカー・電気事業者が育成しており、更に新しい計算技術を開発する人材についても育成していく必要がある。</li> <li>・ 上記人材を確保・育成するためには、大学等での、開発者を育成するための教育プログラムの整備や育成の場の確保も有効である。</li> </ul>
<p>期待される効果 (成果の反映先)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 既設プラントの安全性向上対策への適用</li> <li>・ 外的事象発生時の安全性向上。効果的防護メカニズムの開発。</li> </ul>
<p>他課題との相関</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ S106_c03：地震、津波以外の外的事象が及ぼすリスク早期把握と継続検討項目の抽出</li> <li>・ M104L103_c06：耐震性能評価精度向上をはじめとする低頻度外的事象に関する不確定性低減への継続的寄与、低頻度外的事象に関する不確定性低減研究継続</li> <li>・ S107_c08：低頻度外的事象の監視モニタリング体制の構築</li> <li>・ S111_d11-2：SA時計装、SA対応設備の多様化と高度化及び設備の設計技術</li> <li>・ S111_d14：SA対策機器の運用管理の最適化・高度化</li> </ul>



【改訂履歴】

改訂番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
一	2015年5月21日	初版

課題調査票

<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【S107_c08】 低頻度外的事象の監視モニタリング体制の構築</p>
<p>マイルストーン及び 目指す姿との関連</p>	<p>短 I. 事故発生リスク低減・更なる安全性向上の実施 ⇒リスク情報に基づいた事故発生リスク低減策が効果的に実施される必要がある。 ⇒深層防護概念を踏まえ、規制の枠を超えた自主的安全性向上が効果的・継続的に実施される必要がある。</p> <p>短 VI. 国際貢献 ⇒効果的・継続的なリスク低減活動・自主的安全性向上活動の推進にあたって、国際協力の枠組みの構築や規制の高度化が促される必要がある。</p>
<p>概要 (内容)</p>	<p>巨大火山噴火等の低頻度外的事象の監視モニタリング情報により、事象発生時の原子力発電所の運転停止、燃料体取り出し、初動対応、復旧体制の構築、運転停止後の再起動判断、などに役立つ。モニタリングの継続実施とそのリソース確保、モニタリングに関わる技術開発、モニタリング情報の原子力安全への活用方法検討、などを実施する。</p>
<p>具体的な項目</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 低頻度外部事象（地殻変動、地震、火山、津波、気象、海象等）モニタリングの継続的实施と評価</li> <li>・ モニタリングに関わる技術開発・検証（観測データの不確実性の扱い、観測データの精度・信頼性向上、伝送方法、通信回線の安定性）</li> <li>・ 原子力安全へのモニタリング情報の活用方策の検討</li> <li>・ 地域防災との連携</li> </ul>
<p>課題として取り上げた根拠 (問題点の所在)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 巨大火山噴火、津波等のモニタリング情報により、事象発生時の原子力発電所の運転停止、燃料体取り出し、初動対応、復旧体制の構築などに役立つ必要がある。</li> <li>・ 国を中心として、地殻変動、火山活動、海域観測、気象観測、高潮観測などのモニタリングシステムが展開され、防災情報として活用できる段階にあるが、原子力発電所の安全対策としての利用方法は、新たな取り組み。</li> <li>・ 観測データの不確実性の扱い、観測データの精度・信頼性向上、観測機器類開発、伝送方法、通信回線の安定性などの技術開発・検証が必要である。</li> </ul>
<p>現状分析</p>	<p>技術動向に関する現状分析は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 現状の一般認識として、日本の原子力プラントにおいては、相対的に外的事象に対するリスクが高く、かつ、低頻度災害発生履歴の不確実性は大きいと考えられている。本課題検討に早期に着手することにより、外的事象に対する更なるリスク低減が期待される。</li> <li>・ 原子力規制委員会は「原子力施設における火山活動のモニタリングに関する検討チーム」を設置して「モニタリングに関する基本的な考え方」をとりまとめている。また、継続的に検討を進めることとしている。</li> <li>・ 火山活動観測では、噴火に至る長期的活動変化や噴火直前の前駆的現象の把握に成</li> </ul>

	<p>功した例もあり，実用的噴火予測が可能になりつつあるが，カルデラ噴火を機器観測できた事例がない。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・津波観測については，ほぼリアルタイムに情報提供される沖合津波観測データの防災上の判断基準が整備されていない。</li> <li>・既存原子力発電所では，地震に関しては，原子炉自動スクラム装置が完備されており，その機能は過去の地震発生時（例えば，東北地方太平洋沖地震）に検証されている。一方，津波については，GPS 波浪計，レーダー，高感度カメラなどの観測技術による津波観測システムが整備中である。</li> <li>・巨大災害，特に巨大津波，大規模火山噴火の影響は国外プラントにも及ぶ可能性があるが，その対応策について，原子力発電所はもとよりわが国の防災施策にも触れられていない。</li> </ul> <p>人材基盤に関する現状分析は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・自然事象のメカニズム，観測，観測データ管理，などについては理学系研究者に依存せざるを得ないが，絶対数が不足しており，大学，国立研究開発法人におけるポストも不足している。このため，これら機関では人材の継続的育成とポスト確保が必要である。</li> <li>・とくに，火山観測では，研究予算および職員の削減により火山観測機器の更新や火山観測実施の維持を担う人材確保が困難となっている。</li> <li>・原子力安全分野において，低頻度外的事象に関するモニタリング情報を活用でき，判断できる人材，ならびに地域，社会全体広域防災を推進でき防災行政にも通じる人材育成が必要である。</li> </ul> <p>課題に取り組むにあたっての配慮事項に関する現状分析は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・理学系研究者の人材確保と原子力安全分野への取り込み</li> <li>・不確実性下での意思決定プロセスの確立</li> <li>・周辺自治体との間での良好なリスクコミュニケーション</li> </ul>
<p>期待される効果 (成果の反映先)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・大規模災害発生時における原子力発電所運転停止の早期判断と過酷事故の回避</li> <li>・国，自治体や，諸外国への防災情報提供による被災度低減に貢献可能</li> <li>・原子力発電所安全対策についての社会からの信頼性獲得</li> <li>・東アジア諸国等からの防災面に関する信頼性向上</li> <li>・自然災害研究分野への観測データ提供</li> </ul>
<p>他課題との相関</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ S104_c02：組織対応力強化（専任化，事故時手順書の高度化）や対応要員の教育訓練（事故時対応力強化等）の高度化</li> <li>・ S105_a05：緊急時対応における情報共有や意思決定判断技術の高度化（環境影響評価／事象進展予測技術の高度化）及び意思決定の教育訓練</li> <li>・ Non_a13：継続的なプラント安全性向上を図るための人材確保</li> <li>・ S104_b04：効果的な防災対策立案に有効な外的事象情報の提供</li> <li>・ S102_a12：リスク情報（不確実さを含む）に基づく総合的意思決定に向けた枠組み</li> </ul>

	<p>構築と人材育成</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ S110_c10：外的事象（自然現象など）に関する新知見の継続的取り組みの枠組み実現</li> <li>・ S110M106L103_d02：短期：福島第一原発事故を踏まえた外的事象に関連する IAEA 基準等策定への参画</li> <li>・ M103L101_a04：大規模自然災害対応へのリスクガバナンス構築</li> <li>・ S110M106L103_d02：中期：外的事象に関連する IAEA 基準等策定への貢献</li> <li>・ S104M101L102_b02-3：広域防災を意識した原子力防災への備え（オンサイト・オフサイト連携推進）</li> </ul>
<p>現状分析</p>	<pre> graph TD     A[低頻度外部事象のモニタリングの継続的実施と評価 (気象庁/気象庁, 国研/国研, 学/学, 規制/規制, etc.)] --&gt; B[低頻度外部事象のモニタリング体制の構築]     C[モニタリングに関わる技術開発・検証 (メーカー/メーカー)] --&gt; B     D[原子力安全へのモニタリング情報の活用方策 (電気事業者/気象庁, 電気事業者/国研, etc.)] --&gt; B     E[地域防災との連携 (自治体/気象庁, etc.)] --&gt; B     B --&gt; F[M103L101_a04 S110M106L103_d02 S104M101L102_b02-3]     F --&gt; G[S104_c02S105_a05 Non_a13 S1107MIV05L11103 S104_b04 S102_a12 S110_c10]   </pre>
<p>実施機関／資金担当 ＜考え方＞</p>	<p><u>原子力規制委員会／原子力規制委員会</u> <u>内閣府／内閣府</u> <u>文部科学省／文部科学省</u> <u>気象庁／気象庁</u> <u>国立研究開発法人／国立研究開発法人</u> <u>大学／大学</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 低頻度外部事象（地殻変動，地震，火山，津波，気象，海象等）のモニタリングの継続的実施と評価</li> </ul> <p><u>電気事業者／内閣府</u> <u>電気事業者／文部科学省</u> <u>電気事業者／気象庁</u> <u>電気事業者／国立研究開発法人</u> <u>電気事業者／大学</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 原子力安全へのモニタリング情報の活用方策</li> </ul> <p><u>観測機器メーカー／観測機器メーカー</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ モニタリングに関わる技術開発・検証</li> </ul> <p><u>自治体／内閣府</u> <u>自治体／文部科学省</u> <u>自治体／気象庁</u> <u>自治体／国立研究開発法人</u> <u>自治体／大学</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 地域防災との連携</li> </ul> <p>＜考え方＞</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 内閣府，文部科学省，気象庁，国立研究開発法人ならびに大学は，低頻度外部事象に関するモニタリングを維持・発展させて情報発信する。これらに必要な事業費を担当することが適当。</li> </ul>



	<ul style="list-style-type: none"> <li>・原子力規制委員会は、巨大火山噴火に対処する方策等の調査・研究を推進する。これら調査・研究に関わる資金を担当することが適当。</li> <li>・電気事業者は、事業主体として監視モニタリング情報活用に努める。</li> <li>・自治体は、地域防災計画における監視モニタリング情報活用に努める。</li> <li>・観測機器メーカーは、観測機器類開発、伝送方法、通信回線の安定性などの技術開発に取組み、開発に必要な資金を担当することが適当。</li> </ul>
--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

【改訂履歴】

改訂 番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
一	2015年5月21日	初版

課題調査票

<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【S108_c09】 外的事象の情報提示等ヒューマンインターフェースの高度化</p>
<p>マイルストーン及び 目指す姿との関連</p>	<p>短 V. 保全・運転の負荷軽減・品質向上 ⇒効果的・継続的な自主的安全性向上が図られるためには、保全・運転管理の高度化が図られる必要がある。 ⇒我が国の原子力発電所従事者の被ばく量は世界的にみても高く、安全性向上を図りながら、被ばく低減への取組が行われる必要がある。 ⇒保全・運転における負荷軽減により作業品質を向上させ、ヒューマンエラー防止等へ繋げる取組みの継続がなされる必要がある。</p>
<p>概要 (内容)</p>	<p>プラントの保全・運転の負荷軽減・品質向上の観点から、外的事象（地震、津波、竜巻、航空機落下、火山、積雪、降雨等）情報のモニタリング、およびこれら外的事象に対するプラント影響の情報を、中央制御室へ随時提供する必要がある。 そのために、外的事象情報のモニタリング設備・システムの研究開発と、モニタリング設備設置個所の最適化検討、および外的事象に対するプラントの影響把握と状況分析をするための研究を実施する。 これらの研究から、外的事象とプラント状況の把握によって、保全・運転継続に向けた対応を高度化していく必要がある。</p>
<p>具体的な項目</p>	<p>(課題にぶら下がる細項目の課題を箇条書き) ・モニタリング設備、システムの研究・開発 ・外的事象に対する異常要因とその影響の分析（想定事象とその影響把握） ・モニタリング情報の中央制御室への表示 ・設備の損傷に対する裕度確認及び設備配置情報と安全ルートの検討 ・保全・運転を安全に対処するための設備配置・安全ルート情報の検討 ・通常時、および外的事象発生時の点検部位の選定 ・モニタリング結果に基づく設計時モデルや設定値の修正</p>
<p>課題として取り上げた根拠 (問題点の所在)</p>	<p>・個々の外的事象に対する安全性評価、保守的な制限値を超えない設計は実施されているものの、外的事象に対する直接および間接的な異常の検知に関する指標、検出方法の精度、データの拡充が必要であり、さらに、これらの情報をプラントの保全・安全に向けた情報として有効活用することが望まれる。 ・設備単体の安全余裕とプラントシステムの安全余裕の関係について、個々の外的事象に加え、同時発生時または、付随して発生した事象に対して、関連付けた整理が必要である。 ・外的事象に対する設備の損傷状態が明確化し、損傷状態を検知するためのモニタリングシステムの整備することが望まれる。設計事象と外的事象の関連性も究明していく必要がある。 ・モニタリング情報を活用したプラントの保全・安全に係る対応方法が整備が必要である。</p>

<p>現状分析</p>	<p>現状分析は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 設備の許容限界を制限値とし、これに対して設計がなされているが、要因を特定できない状況でのプラント警報情報と、プラント状況・異常要因分析が必要である。(警報情報に対する損傷機器の分類、損傷事象の特定、相関性が必要)</li> <li>・ 個別の外的事象に対しては設計・検討が実施されているが、事象発生時の影響範囲及び設備の損傷に対するモニタリングに関する検討は今後充実を図る必要がある。(気象庁等の外部情報からのプラント状況把握や、異常警報の想定整理が必要)</li> <li>・ 外的事象に伴う異常警報に対する状態把握・その後の対応のための安全ルートを示すような表示システムの整備が必要である。</li> <li>・ 地震やその他荷重のモニタリングは幾つか提案または実施され、履歴が考慮されているが、他の外的事象およびプラント全体としてのモニタリングは充実していく必要がある。</li> <li>・ 計測装置、システムの開発・研究</li> <li>・ 異常要因分析とモニタリング、警報信号の相関性の研究・検討</li> <li>・ 事故時の安全ルート表示マップの検討</li> </ul> <p>人材基盤に関する現状分析は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 現在の技術を用いてモニタリングシステムの研究開発を実施できる人材については、メーカーや電気事業者が育成している。しかし、新しい異常検知システムの研究開発や、個々の外的事象に対する設備損傷状況と警報情報の相関性に関する概念検討については、短期間での対応は困難である。そこで、他分野で開発された技術の原子力分野への適用などが有効であるが、適用のための研究者は不足していると考えられる。</li> <li>・ 外的荷重源想定と荷重設定、建物・構築物の評価/設計、機器・配管系の評価/設計、計測・システム評価、機器配置計画設計、解析環境/ソフト開発、等を実施可能な人材の確保が必要。</li> <li>・ 開発者を育成するための高等教育プログラムの作成と育成の場の確保が必要。</li> <li>・ 要員確保のための魅力の発信を行うべき。</li> </ul>
<p>期待される効果 (成果の反映先)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 効果的なモニタリングシステムの開発</li> <li>・ 既設プラントの再稼働に向けた信頼性向上</li> <li>・ 外的事象発生時の保全・運転負荷の軽減と異常事象の特定</li> </ul>
<p>他課題との相関</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ S111_d22 : (既設) プラントの信頼性評価に有効な安全裕度評価の高精度化</li> <li>・ S111_d11-2 : SA 計装、SA 設備の多様化と高度化及び設備の設計技術</li> <li>・ M104L103_c06 : 耐震性能評価精度向上をはじめとする低頻度外的事象に関する不確定性低減への継続的寄与、低頻度外的事象に関する不確定性低減研究継続</li> </ul>

<p>実施の流れ</p>	
<p>実施機関／資金担当 ＜考え方＞</p>	<p><u>産業界 / 産業界</u> <u>産業界 / 行政</u></p> <p>モニタリング設備、システムの研究・開発、外的事象に対する異常要因とその影響の分析（想定事象とその影響把握）、モニタリング情報の中央制御室への表示、設備の損傷に対する裕度確認及び設備配置情報と安全ルートの検討、保全・運転を安全に対処するための設備配置・安全ルート情報の検討、通常時、及び外的事象発生時の点検部位の選定、モニタリング結果に基づく設計時モデルや設定値の修正</p> <p>＜考え方＞</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 電気事業者を中心とする産業界は、事業主体として安全性の適正評価・向上に努める。</li> <li>・ 実施主体が資金担当となることが適当。</li> <li>・ 成果は、原子力事業のみならず幅広く展開できる可能性もあり、その場合には行政も資金担当となることが適当。</li> </ul>

【改訂履歴】

改訂番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
—	2015年5月21日	初版

課題調査票

<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【S110_c10】 外的事象（自然現象など）に関する新知見の継続的取り組みの枠組み実現</p>
<p>マイルストーン及び 目指す姿との関連</p>	<p>短Ⅱ：信頼性のある組織・体制の構築・維持（防災支援体制含む） ⇒効果的・継続的なリスク低減活動・自主的安全性向上活動が進められるためには、 信頼性のある組織・体制が構築・維持される必要がある。 ⇒事故発生リスクの低減のみならず、リスクが顕在化した際のリスク拡大防止のため の組織マネジメント力（人材基盤の強化含む）の向上がなされる必要がある。</p>
<p>概要（内容）</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 課題 S110M106L103_d01「福島第一原子力発電所事故の教訓、最新知見を反映する枠組みの構築及び維持」において確立する枠組みの下で、外部事象に関する新知見への取り組みを進める。</li> <li>・ 基準津波の高さの過小評価が事故原因のひとつであった福島第一原子力発電所事故の教訓を踏まえて、新たな知見が得られた場合にその外的事象の影響を評価し、知見の取込みが必要な場合に対策をたてるためには、低発生頻度の外的事象を含めて、外的事象に関する新知見の継続的取り組みが重要となっている。</li> <li>・ すでに考慮している外的事象であっても、その発生頻度や影響の程度などの見直しや新しい外的事象の取込みを継続的に行うことにより、リスク評価の信頼性が向上し、また、リスク評価の結果を原子力発電所の設計やアクシデントマネジメント (AM) 対策に反映することにより、原子力の安全性向上へ寄与できると考えられる。</li> </ul>
<p>具体的な項目</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 海外の安全基準、報告書、運転経験等を参考に、設計や AM 対策に影響があると考えられる外部事象を整理し、新しい外的事象については、発生メカニズムを分析するとともに、発生頻度、影響の程度、発生条件等を評価する。</li> <li>・ 発生頻度の評価が可能な外的事象については、その頻度等を参考に、新規の設計、既設の維持管理や AM 対策に反映すべきか否か検討する。</li> <li>・ 発生頻度の評価が難しい外的事象については、継続的に情報収集を行う。</li> <li>・ すでに考慮している外部事象に対しても、近年の発生状況等について分析し、必要に応じて既往の外的事象についての発生頻度、影響の程度、発生条件等を再評価する。なお、立地地点固有の外部事象についても、適切に整理・評価する。</li> <li>・ 新規の設計基準に反映するために、記録の信頼性、統計的な妥当性、最低限の苛酷性を考慮し、最新の科学的知見を踏まえ、設計条件を設定するとともに、設計条件を超える外的事象については AM 対策を検討する。</li> <li>・ 専門家意見の取込みの枠組みなどの標準的方法を確立する。</li> <li>・ 新知見の取込みによる規制やプラントの変更について、社会への説明責任を果たすリスクコミュニケーション手法を確立する。</li> </ul>

<p>課題として取り上げた根拠 (問題点の所在)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 外的事象について継続的に最新の知見を取り込むことは、リスクマネジメントの根幹である。リスク評価の信頼性を向上させて設計や AM 対策に反映し、安全性の検証や向上に寄与することは、原子力に対する信頼回復に不可欠である。</li> <li>・ 外的事象の発生メカニズム、発生頻度、影響の程度、発生条件等を評価するためには高い専門性が要求されることから、継続的な取り組みを実現できる枠組み（人材と体制）の確立が重要である。</li> <li>・ 変化する外的事象（自然現象など）に関する新知見を継続的に取り込むためには、規制基準の改定などにおいて、従来正しいとしてきた考え方を自ら否定するプロセスが必要である。このため、技術基盤の向上に加えて、規制機関や事業者がそのための説明を行うことに資するリスクコミュニケーション手法の確立に関する研究やリスクガバナンスに関する研究も必要である。</li> </ul>
<p>現状分析</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ これまでは、原子力の安全に対するリスクについて検討する仕組みが不足しており、津波をはじめとする低発生頻度の外的事象への対応が不十分だった。</li> <li>・ 諸外国では、地震ハザード評価など専門家の知見をどのように取り入れて、透明性をもった安全性の評価を行うかという方法論が提案され、実践されているのに対して、わが国での取り組みは極めて限定的である。</li> <li>・ わが国でも、新規規制基準下で活断層の判定で専門家意見活用が試みられたが、標準的な方法論が定着しておらず、様々な課題が明らかになっている。</li> <li>・ 規制の場における専門家意見の採用の是非自体が議論になることがある。</li> <li>・ 人材基盤に関しては、個別要素技術の研究者は多いが、全体を統合する専門家・研究者が不足している。また、自然現象の分析を担当する技術者と原子力施設の設計を担当する技術者との意思疎通が十分ではない。</li> <li>・ 課題に取り組むためには、以下のような基盤整備の活動が必要である。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ あらゆる外的事象に対する継続的な専門家の養成</li> <li>・ 外的事象について、理学的立場から学問として分析できる能力と、工学的立場から設計や AM に反映できる能力を両立させる人材の育成と組織の構築</li> <li>・ 国内外の新知見が適切に取り込まれているかを判断する監査やレビューを適切に遂行できる人材の育成と組織の構築</li> <li>・ 原子力発電所への新知見の取込みを最終的に判断する事業者経営層、原子力部門責任者へのサポート体制の構築と維持</li> <li>・ 推進行政と規制行政の意思の疎通と情報交換の促進</li> </ul> </li> </ul>
<p>期待される効果 (成果の反映先)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 「想定外」項目の排除を通じて原子力に対する国民の信頼性を向上させることに、リスク評価の前提条件の明確化を進めることで寄与できる。</li> <li>・ 国の規制基準、電気事業者の設計法・AM 対策に反映できる。</li> </ul>
<p>他課題との相関</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ S110M106L103_d01：福島第一原子力発電所事故の教訓、最新知見を反映する枠組みの構築及び維持</li> <li>・ S102M101_a01：リスク情報を利活用する体制の検討着手（部分的な取り込み：関連する人材育成も含む）、リスク情報を利活用する体制の構築（高度化されたリスク評価技術の規格化：関連する人材育成も含む）</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ S102_a12 : リスク情報（不確実さを含む）に基づく総合的意思決定に向けた枠組み構築と人材育成</li> <li>・ S106_c03 : 地震, 津波以外の外的事象が及ぼすリスク早期把握と継続検討項目の抽出</li> <li>・ M104L103_c06 : 低頻度外的事象に関する不確実性低減研究継続</li> <li>・ M103L101_a04 : 大規模自然災害対応へのリスクガバナンス構築</li> <li>・ S101M101L102_z01 : 福島第一原子力発電所事故を踏まえた安全目標の設定とリスク認知</li> <li>・ S111M107L103_d42 : システム・構造・機器（SSC）の信頼性向上と高度化</li> <li>・ M103L101_a04 : 大規模自然災害対応へのリスクガバナンス構築</li> </ul>
<p>実施の流れ</p>	<p>当該ステージ</p> <p>外的事象に関する最新知見取り入れの枠組み構築 (産・学/産 行政・学/行政)</p> <p>新知見の継続的取り組みに必要な研究の枠組み検討 (産・学/産 行政・学/行政)</p> <p>耐震外的事象を対象とした工学的意思決定と結びつくリスクコミュニケーション研究 (産・学/産 行政・学/行政)</p> <p>総合的意思決定に向けた枠組み構築と人材育成 (産/産 行政/行政)</p> <p>システム・構造・機器（SSC）の信頼性向上と高度化 S111M107L103_d42</p>
<p>実施機関／資金担当 ＜考え方＞</p>	<p>産業界・学术界／産業界 行政・学术界／行政 最新知見取り入れの枠組み構築、研究の枠組み検討及び実施</p> <p>産業界／産業界 行政／行政 意思決定に向けた枠組み構築</p> <p>＜考え方＞</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 学术界（学協会・大学）・産業界（電気事業者）：外的事象に関する情報収集、発生頻度の評価、設計やAMへの反映、外的事象に対する設計法やAM対策の検討</li> <li>・ 産業界（電気事業者）：新知見の取り込みを的確に判断する体制の構築及び維持</li> <li>・ 行政（原子力規制委員会）：外的事象に係る国際動向の国内規制への反映（網羅性を確保する観点から、国際的な連携は不可欠）</li> <li>・ 行政（資源エネルギー庁）：リスクコミュニケーションやリスクマネジメントを研究する工学研究者を継続的に確保する取り組みへのサポート</li> </ul>

【改訂履歴】

改訂 番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
—	2015年5月21日	初版
1	2016年11月30日	・課題調査票の不整合修正（他課題との相関、実施の流れの箇所を見直し）



課題調査票

<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【S109M104L103_c11】                  短期：妨害破壊行為の影響緩和および最小化（体系化：危機管理/緊急時対応計画の策定等）                  中期：妨害破壊行為の影響緩和および最小化（体制の整備と評価）                  長期：妨害破壊行為の影響緩和および最小化（国際化）</p>
<p>マイルストーンおよび 目指す姿との関連</p>	<p>短期 I. 事故発生リスク低減・更なる安全性向上の実施                  ⇒深層防護概念を踏まえ、規制の枠を超えた自主的安全性向上が効果的・継続的に実施される必要がある。                  短期 IV. 信頼性向上へ向けたプラント技術・運用管理の高度化                  ⇒事故リスク低減のため、通常運転、異常事象収束の信頼性向上に係る活動の活性化がなされる必要がある。                   最終的には、事業者による新規制基準対応が完了し、妨害破壊行為等を含む様々なリスクに対して、着実かつ計画的に対応を図ると共に継続的な改善を図っていく仕組みが構築されている。</p>
<p>概要（内容）</p>	<p>&lt;短期&gt;                  ・ 妨害破壊行為等に対する適切な計画（緊急時対応計画）の作成と、訓練や検査等による評価と必要な改善の実施。                  ・ 大規模損壊発生時の体制整備。                  ・ 特定重大事故等対処設備の設置。                  &lt;中期&gt;                  ・ 防災計画等との対応との整合                  &lt;長期&gt;                  ・ 国内外の最新知見の取り込みと発信</p>
<p>具体的な項目</p>	<p>&lt;短期&gt;                  ・ 妨害破壊行為等が行われるおそれがあり、又は行われた場合において迅速かつ確実に対応できるように適切な計画（緊急時対応計画）を作成すると共に、訓練や検査等による評価を行い、必要な改善を図っていく。                  ・ 新規制基準で求められた大規模損壊発生時の体制整備を図る。                  ・ 新規制基準で求められた特定重大事故等対処設備を設置する。                  &lt;中期&gt;                  ・ 防災計画等との対応との整合                  &lt;長期&gt;                  ・ 国内外の最新知見の取り込みと発信</p>
<p>課題として取り上げた根拠 (問題点の所在)</p>	<p>・ 妨害破壊行為の影響緩和および最小化（危機管理/緊急時対応計画の策定等）については、IAEAの核物質防護勧告(INFCIRC/225/Rev.5)でも強調された事項であり、また、新規制基準においても(同一表現ではないが)新たに対応が求められた事項となっている。                  ・ 様々な起因事象に対応するための体制や手順等からなる計画の整備、その継続的な改善は、原子力等の重要インフラを取扱う事業者に課せられた社会的な責務とも言える。</p>
<p>現状分析</p>	<p>・ 妨害破壊行為を含む様々な起因事象に対して、その影響を緩和・最小化するために様々な対応が必要とされ、それらは危機管理/緊急時対応計画として取りまとめられているが、同計画で規定される内容は、事象の影響緩和・最小化のために有効に機能すること、PDCAを回すこと等により常に最新化・改善が図られる必要がある。                  ・ さらに、新規制基準によって、大規模損壊発生時の体制整備、特定重大事故等対処施設の設置、が求められた。                   ・ 妨害破壊行為等に対応するための緊急時対応計画は、実用炉規則の要求に基づき、各発電所の核物質防護規定(非公開)に策定することが規定され、各事業者が策定している。(毎年の核物質防護検査で確認)</p>

	<p><u>人材基盤にかかる現状分析は以下の通り</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・現状、核セキュリティ関係要員については、各社において OJT・教育等を通じて育成している。</li> </ul>
期待される効果 (成果の反映先)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・核セキュリティ事案発生時の原子力発電所の対応能力の向上と被害の緩和・低減</li> <li>・原子力防災対応(原子力安全)へのフィードバック</li> </ul>
他課題との相関	<ul style="list-style-type: none"> <li>・WG 提示項目の③事故発生時のサイト内の被害拡大防止方策、④事故発生時のサイト外の被害極小化方策において規定された方策と、整合のとれた内容とする必要がある。S102M102L101_a11、S104M101L102_b02-3</li> </ul>
実施の流れ	<p><u>現状</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・実用炉規則の要求に基づき、各発電所の核物質防護規定(非公開)に対応計画を策定することが規定され、各事業者が策定している。(毎年の核物質防護検査で確認)</li> <li>・大規模損壊に関しては、今回の新規制基準において新たに規定されたものであり、現在各社にて審査中</li> <li>・特定重大事故等対処施設についても、今回の新規制基準において新たに規定されたものであり(5年間の猶予期間あり)、これまでに3社で設置変更許可申請を実施</li> </ul>
	<p><u>短期</u></p> <p>①②③      ②③      ③④</p> <p>①. 策定された緊急時対応計画等の、訓練や検査等による定期的な評価と、評価結果を踏まえた改善、新知見の取入れ等を実施していく。</p> <p>②. 新規制基準で求められた大規模損壊に対応するための体制整備、特定重大事故等対処施設の設置を進める。</p> <p>③. 上記2項目の対応において、原子力防災等での対応との整合を図っていく。</p> <p>④. 国内外の最新知見の取り込みと共に、原子力新興国等への支援</p>
実施機関/資金担当 <考え方>	<p><u>体系化：危機管理/緊急時対応計画の策定等</u></p> <p>実施機関：産業界・研究機関・学术界</p> <p>資金担当：産業界・行政(文部科学省、経済産業省、原子力規制委員会)</p> <p><u>体制の整備と評価</u></p> <p>実施機関：産業界・研究機関・行政(文部科学省、経済産業省、原子力規制委員会)</p> <p>資金担当：産業界・行政(文部科学省、経済産業省、原子力規制委員会)</p> <p><u>国際化</u></p> <p>実施機関：産業界・研究機関・学术界・行政(文部科学省、経済産業省、原子力規制委員会)</p> <p>資金担当：産業界・行政(文部科学省、経済産業省、原子力規制委員会)</p> <p>&lt;考え方&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・電気事業者を中心とした産業界は、実施主体として対策を進める。</li> <li>・研究機関・学会がリードし、国内外の最新知見の取り込み、国際支援を実施することが重要。</li> </ul>

【改訂履歴】

改訂 番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
一	平成 27 年 5 月 21 日	初版

課題調査票

<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【S109M104L103_c12】 短期：核セキュリティ対策強化に伴う安全対策への影響評価 中期：人為ハザードによる安全リスクの検討 長期：「深層防護」における安全と核セキュリティの統合</p>
<p>マイルストーンおよび 目指す姿との関連</p>	<p>短期Ⅱ. 信頼性のある組織・体制の構築・維持と現状分析（相互影響評価、深層防護） ⇒原子力安全を目的とする核セキュリティ対策には、原子力安全と核セキュリティとの情報交流・共有の機能を有する組織・体制の構築が必要である。 ⇒現在、進められている安全規制強化と核セキュリティの間の相互影響評価、すなわち両者間のシナジー（総合効果）およびコンフリクト（相反）の評価と、相反解消のための検討が必要である。 ⇒原子力安全における深層防護の各レベルに合わせた、自主的な核セキュリティ対策の検討および実施が必要である。 中期Ⅲ. 事故発生リスクを飛躍的に低減する技術の開発 ⇒原子力安全の知見を有し、核セキュリティの観点から人為ハザードに対する安全・セキュリティ対策の検討。 ⇒枢要区域同定 (VAI: Vital Area Identification) に基づく重大事故防止のための核セキュリティ対策の検討。 長期Ⅳ. 国際貢献 ⇒原子力と核セキュリティとの情報交流・共有の機能を有する組織・体制を、新規導入国へも導入することを支援する。 ⇒我が国における安全とセキュリティにおける深層防護の世界的地位の確立。</p>
<p>概要（内容）</p>	<p>(短期) ・原子力安全と核セキュリティの両専門家が情報交換・協力するための仕組みのあるべき姿を検討する。 ・両専門家による、安全規制強化と核セキュリティ強化の間の相乗効果と相反する影響を評価し、整理する。 ・原子力安全における深層防護に基づく安全対策を十分に理解し、偶発事象・自然事象ハザードに対する安全対策をもとに、人為ハザードについて追加検討すべき項目を深層防護の各レベル毎に整理する。 (中期) ・今後予想される脅威の拡大を考慮した妨害破壊行為など人為ハザードを起因とする事故リスク低減対策を、安全と核セキュリティの専門家両者が共同で検討し、核セキュリティを考慮した設計およびアクシデントマネジメントを抽出する。 ・VAI 評価と魅力度・接近性・脆弱性・検知性などに基づく人為ハザードに対する核セキュリティリスク評価手法の開発。 (長期) ・新規導入国への原子力安全と核セキュリティの情報交流・協力のための仕組みの導入を支援。 ・安全と核セキュリティの深層防護の統合の検討を行う。 ・高度な安全性能をもつことに加え、高度な核セキュリティ性能を持つことが海外諸外国が日本の原子炉導入の動機となるよう、我が国の核セキュリティ対策の世界的地位を確立する。</p>
<p>具体的な項目</p>	<p>(短期) ・原子力安全と核セキュリティの両専門家が情報交換・協力するための仕組みの構築 ・安全性向上に対する核セキュリティ対策の影響評価[既設炉での深層防護に配慮した対応] ・具体的には、核セキュリティ対策の強化（機微情報および重要施設（重要設備）へのアクセス管理）に伴う安全対策への影響評価（safety-security interface） ・例えば、特定重大事故等対処施設、可搬型重大事故等対処施設などの新規制基準にかかる安全対策を講じる際には、防護措置に伴う障壁や運用が、安全対策や関連する活動（特に屋外での可搬型設備の利用）を阻害しないか留意して行う。また、安</p>

	<p>全対策に関するアクセスルート確保面からみた核セキュリティの関係の整理を行う。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 敵対者による事故後の安全システムの継続的破壊など、更なる脅威に対する核セキュリティ防護対策の検討</li> <li>・ 事業者は、既設炉に対して、IAEA が唱導し、国内規制体系において具現化されたセキュリティにかかる深層防護概念に基づく措置を講じ、法令適合のみならず継続的改善を図る。(既存の深層防護概念を整理) [既設炉での深層防護に配慮した対応]</li> <li>・ 国内外最新動向の取入れ、発信</li> </ul> <p>(中期)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 今後予想される脅威の拡大を考慮した妨害破壊行為を起因とする安全リスクの評価</li> <li>・ セキュリティを考慮したシビアアクシデントマネジメントの検討・提言</li> <li>・ 事業者およびプラントメーカーは、プラントの基本設計が確立された炉 (APWR、ABWR) によるリプレースを視野にいれ、建設段階から、safety/security の設備・運用を考慮した設計をおこなう。(既存の深層防護概念を基に、一連のプラント建設において safety/security を並行して考慮する仕組みの構築)</li> <li>・ 学会およびプラントメーカーは、safety における 5 層の深層防護概念における、既存の security の深層防護概念がどのように統合されるかについて、既設炉、リプレース炉の知見を踏まえて、将来炉における safety &amp; security by design の実現のための定式化を行う。</li> </ul> <p>(長期)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 国際機関において新規導入国への原子力安全と核セキュリティの情報交流基盤導入を主導的に支援する立場となる。</li> <li>・ 事業者およびプラントメーカーは、safety と security の双方を考慮した深層防護概念に基づき、safety と security が設計上、合理的に最大限組み込まれた将来炉を建設、運用する。</li> <li>・ さらにこのことを、海外における我が国の原子力プラント導入のための競争力として認識されるよう、情報交流を行う。</li> </ul>
<p>課題として取り上げた根拠 (問題点の所在)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ IAEA の 核物質防護勧告 (INFCIRC/225/Rev. 5) において、安全とのインターフェースは核セキュリティの新たな強調点として指摘されている。</li> <li>・ 悪意ある人為事象によるシビアアクシデントへの対策を検討するためには、核セキュリティと安全の両面からのマネジメント策の構築が必要である。</li> <li>・ 等級別手法に基づくリスク管理および深層防護については、安全対策と同様に核セキュリティにおいても相補性があると言える。 また、核セキュリティ対策の強化が安全対策の強化に繋がり、逆に安全対策の強化が核セキュリティ対策の強化に繋がる相乗効果が期待できるが、一方で既設の原子力施設に対する対策強化を追及していくうえでは、それぞれの対策が二律背反的に両立できないものとならないよう合理的な検討が課題となる。</li> <li>・ 物理的防護は、信頼性ある情報源を用いて得られた脅威 (設計基礎脅威 : DBT) に対して、最新の評価に基づいて策定するべきであり、深層防護の観点からも更なる脅威 (Beyond DBT) に対する適切な核セキュリティ対策の検討が課題となる。</li> <li>・ また、核セキュリティと安全の専門家との情報交流の更なる促進を図る必要がある。</li> </ul>
<p>現状分析</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 原子力発電所の核セキュリティは放射性物質や核物質を盗取などから防護するのみではなく、原子炉の安全を守ることを最大の目的とするという特徴がある。そのためには他の原子力関連施設と異なり、安全を考慮した核セキュリティ設計や悪意ある人為事象によるシビアアクシデントへの核セキュリティ対策を構築する必要がある。</li> <li>・ 福島第一発電所事故以来、原子力発電所への悪意ある敵対者による妨害破壊行為の脅威が唱えられており、早急な上記の対応が必要である。</li> <li>・ 福島第一発電所事故以来、安全規制が強化され、安全設備が増強されており、その設備へのアクセス性など、核セキュリティとの関わりの深い部分について、どのように配置設計すべきか等の検討状況を整理しておく必要がある。</li> <li>・ 人材基盤については、現状は原子力発電所の核セキュリティ要員は、各社において OJT・教育等を通じて育成している。</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 深層防護については、以下の要求がある。 <i>INFCIRC/225/Rev. 5 の要求</i> IAEA 勧告文書では段階的手法（等級別手法）および深層防護が核セキュリティに関する基本原則に含まれており、柵および障壁等の物理的防護機能に限定したのではなく、機微情報および重要施設へのアクセス管理（信頼性確認を含む）のように多岐に渡っている。</li> <li>・ 等級別手法（段階別手法） 物理的防護要件は、最新の脅威の評価、相対的な不正利用価値、物質の性質、並びに核物質の不法移転及び核物質又は原子力施設に対する妨害破壊行為に伴う潜在的な影響を考慮に入れた等級別手法に基づくべきである。（基本原則 H：等級別手法）</li> <li>・ 深層防護 国の物理的防護の要件は、目的達成のために敵対者が克服又は迂回しなければならないような防護を（構造、その他技術的、人的、及び組織的に）多層化・多重化する考え方にに基づくべきである。（基本的原則 I：深層防護）</li> </ul> <p>3.45 物理的防護の概念は、ハードウェア（防護機器）、手順（警備員の組織及びその業務形態を含む）及び施設設計（レイアウト含む）を一体として組み合わせることを必要とする。</p> <p>3.46 検知、遅延、対応の 3 つの物理的防護機能は、<u>個々に深層防護を用いるべき</u>であり、適切で有効な防護を提供するために等級別手法を適用すべきである。</p> <p>3.47 内部脅威および回部からの脅威に対して防護するために、<u>深層防護は、物理的防護システム及び核物質の計量管理システムの能力を考慮に入れるべき</u>。</p> <p><i>実用炉規則の要求</i> 実用炉規則では第 9 1 条の防護措置において、等級別手法と深層防護が盛り込まれている。（代表的なものは以下のとおり）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 立入制限区域を設定し、侵入防止のため柵等の障壁で区画のうえ警告するための設備（標識、サイレン、拡声器等）および侵入を確認できる設備（照明装置等）を設置すること。（第 2 項第 3 号）</li> <li>・ 許可証等発行時の立入の必要性を確認すること。（第 2 項第 5 号）</li> <li>・ 中央制御室および特定重大事故等対処施設の堅固化（第 2 項第 1 3 号）</li> <li>・ 防護区域内防護対象枢要設備の設定（第 2 項第 1 5 号）</li> <li>・ 防護区域外防護対象枢要設備の設定（第 2 項第 1 6 号）</li> <li>・ 自然災害等に備えた監視所の設置（第 2 項第 2 3 号）</li> </ul> <p><i>規制適合性</i> 実用炉規則の要求事項（防護措置）に基づき、発電所毎に核物質防護規定を定め、規制機関より認可を受け、毎年の核物質防護検査において適合性を確認されていることから、要求事項は満足していると考える。</p> <p><i>改善の余地</i> 防護措置は P D C A サイクルによる自主的改善、規制機関による指導および治安機関との連携、国内外の情勢によって継続的に改善されるものである。</p> <p><i>safety 上の効果</i> 安全と核セキュリティとのインターフェースを確実に図り、核セキュリティ対策を強化していく上で安全対策の妨げにならないよう留意する必要がある。（安全と防護のインターフェース）</p> <p>&lt;分類分けの記載&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 防止、検知、通報、遅延、対応</li> <li>・ 防止、検知、通報、遅延、対応の各段階での深層防護 エリア区分に応じた多層化構造が特徴</li> </ul>
<p>期待される効果 (成果の反映先)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 原子力発電所の核セキュリティ対策の高度化</li> <li>・ 安全担当者とセキュリティ担当者との情報交流制度の構築</li> <li>・ IAEA の 核物質防護勧告（INFCIRC/225/Rev. 5）への提言</li> <li>・ 原子力発電所の安全対策と相乗効果を発揮する核セキュリティ対策の高度化</li> </ul>

<p>他課題との相関</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ S104_b04 (効果的な防災対策に有効な外的事象情報の提供)</li> <li>・ S111_d14 (S A対策機器の運用管理の最適化・高度化)</li> <li>・ S104_c02 (組織対応力強化(専任化、事故時手順書の高度化)や対応要員の教育訓練(事故時対応力強化等)の高度化)</li> <li>・ S105_a05 (緊急時対応における情報共有や意思決定判断基準の高度化(環境影響評価/事象進展予測技術の高度化)及び意思決定の教育訓練)</li> <li>・ S111_d12 (深層防護の第1-3層(設計)から第4層(AM対策)および第5層(防災)まで総合的に考えた設計への取り組みによる事故制御性の抜本的向上)</li> <li>・ Non_a13 (継続的なプラント安全性向上を図り安定な運転を継続するための人材確保)</li> </ul>
<p>実施の流れ</p>	<p>現状</p> <p>当該ステージ</p> <pre> graph TD     subgraph ShortTerm [~短期]         A[安全とセキュリティのシナジー構築の基盤の検討]         B[安全との情報交換の仕組みの構築]     end     subgraph MediumTerm [~中期]         C[セキュリティを考慮した設計とAM]         D[妨害破壊行為を起因とする安全リスクの評価]     end     subgraph LongTerm [~長期]         E[先進国への安全とセキュリティのシナジー導入の支援]         F[安全と核セキュリティの深層防護による統合]     end     A --&gt; B     B --&gt; C     C --&gt; D     D --&gt; E     E --&gt; F   </pre>
<p>実施機関/資金担当 ＜考え方＞</p>	<p>産業界・プラントメーカー/産業界・プラントメーカー</p> <p>「短期」核セキュリティ対策の強化(機微情報および重要施設(重要設備)へのアクセス管理)に伴う安全対策への具体的影響評価(safety-security interface)、安全対策に関するアクセスルート確保面からみた核セキュリティの關係の具体的整理、更なる脅威への防護検討、既設炉における深層防護概念の整理</p> <p>「中期」既存の深層防護概念を基に、一連のプラント建設において safety/security を並行して考慮する仕組みの構築</p> <p>「長期」人為ハザードに対するリスク(セキュリティ・リスク)を限りなく低減した将来炉を建設、運用</p> <p>学术界・原子力規制委員会/原子力規制委員会</p> <p>「短期」原子力安全と核セキュリティの両専門家が情報交換・協力するための仕組みの構築、両専門家による、安全規制強化と核セキュリティ強化の間の相互の相乗効果と相反する影響を評価し整理、深層防護概念の整理、</p> <p>「中期」今後予想される脅威の拡大を考慮した妨害破壊行為を起因とする安全リスクの評価、セキュリティを考慮したシビアアクシデントマネジメントの検討・提言、深層防護の仕組みの構築</p> <p>学术界・プラントメーカー/プラントメーカー</p> <p>「長期」将来炉における safety &amp; security by design の実現のための定式化</p> <p>国/国</p> <p>「長期」新規導入国への原子力安全と核セキュリティの情報交流基盤導入を主導的に支援</p> <p>＜考え方＞</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 電気事業者を中心とした産業界は、既設炉に関して、具体的な事例を抽出・検討し</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>て、整理を行う。</li> <li>・ 学术界は、専門家の情報交換・協力するための仕組みを構築し、深層防護の概念の検討を行う。</li> <li>・ プラントメーカーは、将来炉への設計反映を行う。</li> <li>・ 国、原子力規制委員会は、人的交流、国際交流、深層防護の全体を推進</li> </ul>
--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

【改訂履歴】

改訂 番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
一	2015年5月21日	初版
	2017年1月9日	第1改訂



課題調査票

<p>課題名（レ点項目レベル）</p>	<p>【S110M106L103_d01】 福島第一原子力発電所事故の教訓、最新知見を反映する枠組みの構築及び維持</p>
<p>マイルストーン及び目指す姿との関連</p>	<p>短Ⅰ. 事故発生リスク低減・更なる安全性向上の実施 ⇒リスク情報に基づいた事故発生リスク低減策が効果的に実施される必要がある。 ⇒深層防護概念を踏まえ、規制の枠を超えた自主的安全性向上が効果的・継続的に実施される必要がある。 ⇒効果的・継続的なリスク低減活動・自主的安全性向上活動の推進にあたって、国際協力の枠組みの構築や規制の高度化が促される必要がある。</p> <p>短Ⅱ. 信頼性のある組織・体制の構築・維持（防災支援体制含む） ⇒効果的・継続的なリスク低減活動・自主的安全性向上活動が進められるためには、信頼性のある組織・体制が構築・維持される必要がある。 ⇒事故発生リスクの低減のみならず、リスクが顕在化した際のリスク拡大防止のための組織マネジメント力（人材基盤の強化含む）の向上がなされる必要がある。</p> <p>中Ⅰ. 包括的リスク情報活用の向上 ⇒原子力に係るリスクを効果的・継続的に低減するとともに、リスク情報に基づく意思決定サイクルの考え方が定着・改善されている必要がある。</p> <p>中Ⅲ. 事故発生リスクを飛躍的に低減する技術の整備 ⇒原子力をベースロード電源として活用されるため、事故発生リスクを飛躍的に低減する技術開発および設計技術への反映がなされる必要がある。</p> <p>長Ⅰ. プラント全体のリスク極小化 ⇒事故低減に係る革新的技術がなされるために必要 ⇒ゼロエミッション電源として高い稼働率で安全・安定運転の継続が可能となるよう、設計・保守・運転等の各断面でリスク極小化を目指す取り組みがなされる必要がある。</p>
<p>概要（内容）</p>	<p>安全性及び信頼性を維持・向上させるため、福島第一原子力発電所事故の教訓を踏まえ、最新知見、国際的な安全基準、運転経験を事業者の活動に継続的に反映していくとともに、原子力に係るリスクは「0」ではないことを認識し、潜在事象の予見性を高めるための取り組みを継続的に実施していく。</p>
<p>具体的な項目</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・福島第一原子力事故の教訓を踏まえて、最新知見、国際的な安全基準、運転経験を、事業者、学協会、規制当局を含め、原子力安全の維持・向上に係る活動に継続的に反映していく仕組みの構築及び改善</li> <li>・潜在事象の予見性を高めていくために必要な枠組みの構築と人材の育成</li> <li>・不確かさの大きい新知見の取り扱いに関する方法論・枠組みの構築</li> </ul>
<p>課題として取り上げた根拠（問題点の所在）</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・日本原子力学会は、福島第一原子力発電所事故の直接要因として、事前に得られていた警鐘を活かせなかったこと、9.11 テロ後に海外で強化されたテロ対策がほとんど行われず、過酷事故に対する備えが不十分であったことを示すと共に、背景として、事業者、規制当局の意識の不足、謙虚に学ぼうとする取り組みの不足などを指</li> </ul>

	<p>摘している。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・原子力発電が社会からの信頼を取り戻すためには、福島第一原子力発電所事故の教訓を踏まえ、海外との強固な連携のもとで、外的事象を含めた最新知見・運転経験の収集及び分析を行って安全性向上対策に反映すると共に、その姿を国内外に示していく透明性が必要である。</li> <li>・国内研究機関や海外との連携等を通じて、国内外の事故・トラブル情報等の最新知見を収集し、原子力発電所の安全性向上に反映する仕組みは、従前から事業者等において構築されているが、外部事象を含めた国内外の知見を的確に反映する上で有効に機能しているか検証を行い、有効な仕組みを構築、維持していくことが必要である。</li> <li>・潜在事象の予見性を高めるためには、外的な事象による影響を含め、原子力発電所のシステム全体を俯瞰できる技術的能力が必要であるが、そのような能力を備えた人材を計画的・意識的に育成し適所に配置する取組は、まだ、限られている。</li> <li>・福島第一原子力発電所事故に対する調査では、基準津波への新知見の取り込みに時間を要し、結果として対策が間に合わなかった経緯が明らかにされている。新知見の確度は、時間とともに高くなっていくのが一般的であり、これをどのような形で実際のプラントに取り込んでいくのか、方法論が必要である。</li> <li>・単独では効果が限定的な対策でも、何も対策しないよりはるかに安全性は改善される。さらに、多様な対策を備えることで、より柔軟な対応が可能となる。不確かさの大きい最新知見への対応として、このような考え方は重要であるが、社会的に広く認知されるには至っていない。</li> </ul>
<p>現状分析</p>	<p>&lt;福島第一原子力発電所事故の教訓&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・福島第一原子力発電所事故の教訓</li> </ul> <p>福島第一原子力発電所事故について、国会事故調、政府事故調、民間事故調、東京電力、原子力学会事故調等により報告書が取り纏められており、事故の教訓が事業者の安全対策などに反映されている。</p> <p>&lt;組織・体制&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・原子力規制委員会の設置</li> </ul> <p>平成 24 年 9 月、国際的な基準を踏まえて原子力利用における安全の確保を図るため必要な施策を策定、実施する事務を一元的につかさどると共に、委員長及び委員が専門的知見に基づき中立公正な立場で独立して職権を行使する機関として、原子力規制委員会が発足。</p> <p>平成 25 年 7 月、福島第一事故の教訓を踏まえた新規制基準が施行され、原子力規制庁による適合性審査が開始。</p> <p>平成 25 年 9 月、安全研究の実施が必要な分野として 22 分野を抽出。安全研究が必要な分野については、新たな運転経験や技術的知見による生じる課題変化に柔軟に対応していくため、継続的に見直していくとされている。</p> <p>平成 27 年 2 月、信頼の確保、規制の厳正かつ適切な実施、技術・人材の基盤の構築、核セキュリティ対策の強化、原子力災害対策の充実などを目標とする 5 か年間の中期目標を策定。</p>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>・原子力安全推進協会の設立 平成 24 年 11 月、海外と連携して最新知見を取り込み、米国原子力発電運転協会（INPO）を手本として原子力施設の安全性向上活動を継続的に評価し、世界最高水準を追求する自主規制、自主改善組織として、原子力安全推進協会が設立。</li> <li>・各事業者における自主安全性向上の取組み 新規制基準への対応に留まらず、福島第一原子力発電所事故の教訓を踏まえて、自主的安全性向上の取組みについて、計画を策定し、2014 年 6 月に公表している。</li> <li>・原子力リスク研究センターの設置 平成 26 年 10 月、自主的安全性向上に必要な研究開発拠点とすべく、電力中央研究所に原子力リスク研究センターを設置。同センターは、確率論的リスク評価及びリスクマネジメント手法の国際的な中核的研究拠点たるべく、幹部等に海外からの参画を受けると共に、国内外有識者から活動のレビューを受ける体制としている。</li> <li>・メーカーなどの取組み メーカーなどは、安全に関する高度な技術・製品・サービスを提供するとともに、原子力安全推進協会への参画などを通じて関連機関と連携し、自主的安全性向上の事業者支援を開始している。</li> </ul> <p>&lt;人材基盤&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・福島第一事故の教訓を踏まえ、最新知見、国際的な安全基準、運転経験を原子力発電所の安全性向上に継続的に反映していくための枠組みは、構築されつつある段階であり、必要な改善を行いながら定着させていくことが必要。</li> <li>・潜在事象の予見性を高めるには、外的な事象による影響を含め、原子力発電所のシステム全体を俯瞰できる能力が必要であるが、そのような能力を備えた人材を計画的・意識的に育成し適所に配置する取組は、まだ、は限られている。</li> <li>・原子力発電所のシステム全体を俯瞰できる能力の定義や、その当該能力を育成していくための教育・訓練プログラムの確立が望まれる。</li> </ul>
<p>期待される効果 (成果の反映先)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・最新知見の収集・反映が適切になされる枠組みの構築、拡充を通じて、潜在事象を適切に掘り起こし、安全性向上対策を効果的に立案・実施することができる。</li> </ul>
<p>他課題との相関</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ S110_c10：外的事象（自然現象など）に関する新知見の継続的取組みの枠組み実現</li> <li>・ S101M101L102_z01：福島第一原子力発電所事故を踏まえた安全目標の設定とリスク認知</li> <li>・ S103M102L101_b01：リスク情報を活用したコミュニケーションの実施</li> <li>・ S110M106L103_d02：中期：外的事象に関連する IAEA 基準等策定への貢献 長期：外的事象に関連する IAEA 基準等策定の主導</li> </ul>

	<p><u>現状</u></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;">       福島第一原子力発電所事故調査報告書の取りまとめ        原子力規制委員会の発足、新規制基準の策定        事業者における安全性向上対策の推進        事業者における自主安全性向上ロードマップの策定        原子力安全推進協会の設立        原子力リスク研究センターの設置     </div> <hr style="border-top: 1px dashed black;"/> <p><u>当該ステージ</u></p> <table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center; vertical-align: top;"> <p>短期</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px 0;"> <p>産業界</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・各事業者における自主安全性向上ロードマップに基づく安全性向上活動</li> <li>・最新知見の安全性向上対策への反映</li> <li>・国内外の運転経験の継続的な収集・分析・評価・発信</li> <li>・確率論的リスク評価及びリスクマネジメント手法の国際的な中核的研究拠点の確立</li> </ul> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px 0;"> <p>原子力規制委員会</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・安全研究の実施・研究分野の継続的見直し</li> <li>・海外規制関係機関等の最新動向の把握</li> <li>・最新知見の安全基準・技術評価への反映</li> </ul> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px 0;"> <p>学協会</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・軽水炉安全技術・人材ロードマップのローリング</li> <li>・原子力界の組織運営の改革、安全研究の実効性向上などに向けた働きかけ</li> <li>・最新知見の国際共有の促進</li> <li>・最新知見の学協会規格などへの反映</li> </ul> </div> <p>最新知見の反映及び潜在事象の予見性向上</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・原子力発電所のシステム全体を俯瞰できる能力を持った人材養成</li> </ul> <p>ロードマップの共有などを通じた連携強化</p> </td> <td style="width: 5%; text-align: center; vertical-align: middle;">       ↓ ↑     </td> <td style="width: 45%; text-align: center; vertical-align: middle;"> <p>中～長期</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px 0;"> <p>安全性向上活動の継続を通じた実効性の向上</p> </div> </td> </tr> </table> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0; text-align: center;">       S110_c10     </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;">       外的事象（自然現象など）に関する新知見の継続的取り組みの枠組み実現     </div>	<p>短期</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px 0;"> <p>産業界</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・各事業者における自主安全性向上ロードマップに基づく安全性向上活動</li> <li>・最新知見の安全性向上対策への反映</li> <li>・国内外の運転経験の継続的な収集・分析・評価・発信</li> <li>・確率論的リスク評価及びリスクマネジメント手法の国際的な中核的研究拠点の確立</li> </ul> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px 0;"> <p>原子力規制委員会</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・安全研究の実施・研究分野の継続的見直し</li> <li>・海外規制関係機関等の最新動向の把握</li> <li>・最新知見の安全基準・技術評価への反映</li> </ul> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px 0;"> <p>学協会</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・軽水炉安全技術・人材ロードマップのローリング</li> <li>・原子力界の組織運営の改革、安全研究の実効性向上などに向けた働きかけ</li> <li>・最新知見の国際共有の促進</li> <li>・最新知見の学協会規格などへの反映</li> </ul> </div> <p>最新知見の反映及び潜在事象の予見性向上</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・原子力発電所のシステム全体を俯瞰できる能力を持った人材養成</li> </ul> <p>ロードマップの共有などを通じた連携強化</p>	↓ ↑	<p>中～長期</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px 0;"> <p>安全性向上活動の継続を通じた実効性の向上</p> </div>
<p>短期</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px 0;"> <p>産業界</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・各事業者における自主安全性向上ロードマップに基づく安全性向上活動</li> <li>・最新知見の安全性向上対策への反映</li> <li>・国内外の運転経験の継続的な収集・分析・評価・発信</li> <li>・確率論的リスク評価及びリスクマネジメント手法の国際的な中核的研究拠点の確立</li> </ul> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px 0;"> <p>原子力規制委員会</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・安全研究の実施・研究分野の継続的見直し</li> <li>・海外規制関係機関等の最新動向の把握</li> <li>・最新知見の安全基準・技術評価への反映</li> </ul> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px 0;"> <p>学協会</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・軽水炉安全技術・人材ロードマップのローリング</li> <li>・原子力界の組織運営の改革、安全研究の実効性向上などに向けた働きかけ</li> <li>・最新知見の国際共有の促進</li> <li>・最新知見の学協会規格などへの反映</li> </ul> </div> <p>最新知見の反映及び潜在事象の予見性向上</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・原子力発電所のシステム全体を俯瞰できる能力を持った人材養成</li> </ul> <p>ロードマップの共有などを通じた連携強化</p>	↓ ↑	<p>中～長期</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px 0;"> <p>安全性向上活動の継続を通じた実効性の向上</p> </div>		
<p>実施機関／資金担当 ＜考え方＞</p>	<p><u>産業界</u> / 産業界</p> <p>（自主安全性向上ロードマップに基づく安全性向上活動、最新知見の安全性向上対策への反映、国内外の運転経験の継続的な収集・分析・評価・発信、確率論的リスク評価及びリスクマネジメント手法の高度化、等）</p>			

学協会 / 学協会

(原子力界の組織運営の改革、安全研究の実効性向上などに向けた働きかけ、最新知見の国際共有の促進、最新知見の学協会規格などへの反映、等)

原子力規制委員会 / 原子力規制委員会

(安全研究、海外の規制動向調査などによる原子力安全規制の高度化、等)

産業界 / 産業界 学術界・学協会 / 行政 (経済産業省)

(原子力発電所のシステム全体を俯瞰できる能力を持った人材の養成、原子力に係る人材育成の支援、等)

<考え方>

- ・電気事業者は、原子力発電所の運営主体として、最新知見の反映及び潜在事象の予見性を高めるための取組みを進める。
- ・学協会は、専門家で構成される学術的な組織として、原子力界の組織運営の改革や原子力安全研究をはじめとするさまざまな活動の促進をはたらきかける。
- ・メーカーなどは、原子力産業界の一員として、世界最高水準を追求する自主規制、自主改善活動に参画し、軽水炉発電に係る最新知見の反映及び潜在事象の予見の向上に協力する。
- ・原子力規制委員会は、規制当局として、安全研究、海外の規制動向調査などを通じて、最新知見を安全基準などに反映する取組みを進める。
- ・産業界・学術界・学協会は、自らの人材育成の取組みを進めると共に、行政（経済産業省）は、原子力人材育成ネットワークの一員として、原子力に係る人材育成に協力する。

【改訂履歴】

改訂番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
—	2015年5月21日	初版
1	2016年11月30日	・課題調査票の不整合修正（他課題との相関の箇所を見直し） ・ロードマップ上の要素課題（課題調査票）追加設定に伴う見直し（他課題との相関の箇所を見直し）

課題調査票

<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【S110M106L103_d02】                  短期：福島第一原発事故を踏まえた外的事象に関連する IAEA 基準等策定への参画                  中期：外的事象に関連する IAEA 基準等策定への貢献                  長期：外的事象に関連する IAEA 基準等策定の主導</p>
<p>マイルストーン及び 目指す姿との関連</p>	<p>短VI. 国際貢献                  ⇒福島第一原発事故を踏まえた安全性向上について、国内技術・人材基盤が整い、国際的貢献の責務が果される必要がある。                  ⇒福島第一原発事故の情報・教訓等が適切に維持・管理され、正確に発信される必要がある。                  中V. 国際貢献                  ⇒国内技術・人材基盤に基づき、原子力導入国への最新知見が反映された技術が展開され、世界の原子力安全への貢献がなされる必要がある。                  長IV. 国際貢献                  ⇒世界の中で原子力安全・利用を主導できることを目指す取り組みが必要である。</p>
<p>概要（内容）</p>	<p>研究成果については、色々な形で海外のプラントに対しても有益であると想定される。海外との関係は、日本が先行あるいは大規模に実施しており成果を一方向的に提供するものと、諸外国でも同様に研究しており互いの成果を相互に反映するものがある。前者は、海外では想定しにくい規模の大きな地震の観測記録を含む研究等が相当し、後者としては竜巻の詳細解析法等諸外国からの研究とあわせて相互の有効性を高めるものである。国際的な協調項目としては、外的事象のハザードに関する研究、ハザードに対する構造物（建屋・機器）の応答／健全性に関する研究、それらのハザードに対する防護／アクシデントマネジメントに関する研究が対象となる。</p> <p>（短期）                  新潟県中越沖地震や福島第一原発事故を踏まえて実施されている地震・津波等の IAEA での基準等策定活動に加えて、国内での評価手法、評価・マネジメント指針を形とし IAEA 等への提供をスタートする。</p> <p>（中期）                  指針化された部分のうち暫定的に設定されている部分を高度化し、地理的条件や地質、プラント条件など諸外国の事情を反映し IAEA 基準策定に貢献する。</p> <p>（長期）                  地震や津波、免震、アクシデントマネジメント、防災等経験が蓄積され得意とする部分を中心に国際基準策定を主導する。また、IAEA 等の基準は性能規定が多く、日本が得意とする分野については仕様規定としてのデファクトスタンダードを提供する。</p>
<p>具体的な項目</p>	<p>（短期）                  ・ 地震動、津波等日本が有する他国より厳しいハザードの観測データや知見の蓄積、指針化に関する研究。                  ・ 諸外国ハザード評価も参考に、解析技術等を高度化する研究（竜巻解析等）</p>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ ハザードに対し建屋や機器の現実的な応答を評価（3D、非線形）し、健全性（耐衝撃、耐振動、強度、機能維持等）評価を行う手法の標準化に関する研究</li> <li>・ 各ハザードに対するフラジリティ評価結果に基づくリスク評価手法の構築に関する研究</li> <li>・ 免震・制振等を代表とするハザードの低減あるいはフラジリティの向上に関する先行分野の研究成果の標準化</li> <li>・ 各種指針・基準等に基づく I A E A 等への情報提供</li> </ul> <p>（中期）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 地震等他国より豊富な情報を有するハザードに関し、諸外国の特性を考慮した汎用化研究。（断層調査や地形に則した地震、津波評価法、低地震地域と高地震地域の評価法の整合等）</li> <li>・ 大規模あるいは長時間試験データの蓄積、解析手法改善の累積等、短期、単独では蓄積が難しい技術の供出（大規模加振・衝突試験、大規模・他ケース解析）</li> <li>・ 複合事象、複合作用、波及的影響、マルチユニット等短期開発の基本をベースに進展が見込まれる技術開発</li> <li>・ 成果の I A E A 等への提供を効率的、継続的に実施する組織、枠組みの確立</li> <li>・ 原子力新興国への技術供与による安全性低下の防止</li> </ul> <p>（長期）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 日本が先進性を有している分野、研究資源の豊富な分野を中心にデファクトスタンダードとなる技術、指針を提供</li> <li>・ 各国の指針等の相互認証等、高水準での国際技術整合化を推進</li> </ul>
<p>課題として取り上げた根拠 （問題点の所在）</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 大規模な地震の経験、観測データ等諸外国では得難いものについて、日本が貢献する必要がある。</li> <li>・ 竜巻の発生や状態の詳細解析等、計算機資源や研究物量（研究者数）を要するものについて分担して（相互に補完して）研究を進める必要がある。</li> <li>・ 外的事象は、立地地域の差はあるものの各国の共通課題であり、そのハザード、構造物の応答、防護・マネジメントについては個々の国が個別に研究することは、研究資源の有効活用の観点から有益ではない。</li> <li>・ 福島第一原発事故を踏まえた対応について、国内で評価指針等の整備が進められているがまだ確立されていないものがあるので、まず発信できる基を確立する必要がある。</li> <li>・ 確立された手法にも、短期的は暫定部や保守的仮定など高度化の余地が含まれていると想定されること、I A E A 等へ貢献するためには、諸外国の事情に配慮した形とすることが求められることから、これらに対応していくことが必要となる。</li> <li>・ 地震や津波に対する、経験・知見が多く研究の層も厚いと想定されることから、これらを中心に外的事象全般の国際基準策定に貢献することが可能と考えられる。</li> <li>・ 性能規定に対する仕様規定は個別に設定されているが、グローバルデファクトは A S M E 等外国の規定が多い</li> </ul>

現状分析

現状分析は以下のとおりである。

- ・地震に関しては、大規模な地震の観測記録や断層データ等諸外国に比べ豊富なデータやそれに基づく検証がなされた研究がある。確率論的評価を行うにあたっては、地震の少ない国では、中、小規模地震の歴史データから地震の発生確率等を推定しているものもあるが、大規模地震を加えた場合の想定を進める必要がある。
- ・竜巻や津波等については、過去の事象から設計用ハザードや飛来物（漂流物）の挙動等を想定し対策を検討しているが、発生した竜巻の状態や海洋地震による津波の発生、遡上などの数値解析手法は研究され成果が出ているものもある。
- ・外的事象に対するため、決定論的研究、確率論的研究とも、ハザード（事象発生）、フラジリティ（応答、健全性、防護）、リスク（影響度合いとマネジメント）の項目に大別された形で個別の研究が深められている。
- ・福島第一原発事故を踏まえ、地震動の見直しを初め地震以外の外的事象についての評価法、安全性確保の方策等が国、および国内の学協会等で整備されつつある。
- ・当面の評価法や安全性確保の指針には保守的仮定を含む暫定部が含まれた形となり、これを精緻化、合理化する研究が今後続けられる。また、ハザードについては諸外国の地域性を考慮したものとなっていない部分がある。
- ・地震等の研究については多数のものが発信されているが、国際的な基準策定を主導するには至っていない。また、仕様規定として相互に対等と想定されているものはあるが、国際的に代表的とされているものは少ない。
- ・課題に取り組むにあたって以下の問題点がある。
- ・基準国際化に対するコーディネータあるいはコーディネート組織の不足
- ・海外貢献へのモチベーションアップ施策の不足。学術的興味以外に経済的興味（企業の利益向上や事業継続等）を刺激する施策が不足している。
- ・プラントの脆弱性に関する機密（safeguard information、航空機の詳細情報）等の入手困難性

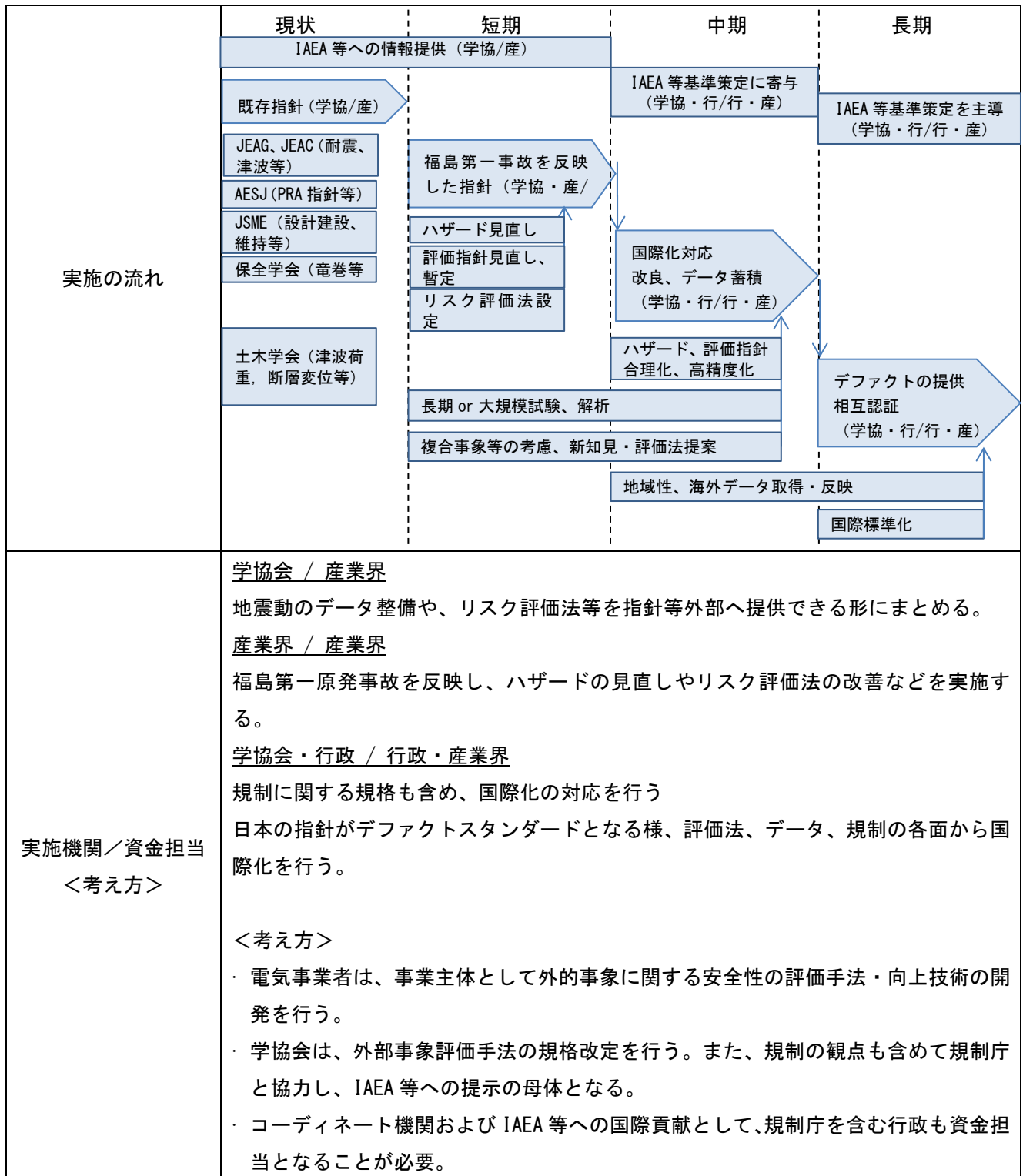
人材基盤に関する現状分析は以下のとおりである。

- ・地震等の一部の分野については、原子力の観点でも過去から多数の人材が存在してきたが、メーカーや電気事業者は兵庫県南部地震以後の地震経験を受け、見直した地震動でのプラントの評価を行うバックチェックや、新しく定義された地震動を設計に反映するバックフィットに資源を多く裂いており、またベテランのリタイヤに伴い新規の研究に向かう人材が豊富に育成されているとは言えない。
- ・学術界でも新たに原子力工学、耐震等の外的事象に関する学科などを設置する大学も見られるが、機械系では外的事象に関する研究者が減少傾向で、建築・土木分野の外的事象の研究者でも原子力分野に携わる人材が民間研究所、大学とも減少傾向にあり、全体としては今後の人材育成に好適な環境とはなっていない。
- ・解析ソフトウェア等の研究、開発は行われているものの、実用にあたっての（ソフトウェア開発としての）品質管理までを行える人材あるいは人材を集めた組織が少ない。結果的に商品化あるいはメーカーの設計等では海外ソフトが主流となりつつある。



	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ I A E A 等へ成果を提示し基準化に関与してゆくには、研究を実施する研究者と基準化をコーディネートするコーディネータが必要と考えられる。A S M E の Sec III や XI 等、多数の国内研究者、技術者が協力、貢献しているところもあるが、全般的にはコーディネータが不足していると思われる。</li> <li>・ 上記に取り組むにあたって、以下の人材基盤が必要となる <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 原子力関連研究者と技術者（建築、機械等分野の学生からの継続的研究者、技術者育成）</li> <li>➢ 海外基準策定コーディネータ</li> <li>➢ （原子力向け）ソフトウェア開発に関する品質管理技術者</li> </ul> </li> <li>・ 人材基盤に関しては、以下の課題がある <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 研究者や技術者の育成は教育機関（大学等）卒業後になされるが、原子力分野を志す研究者、技術者にとって魅力ある分野としての P R 不足</li> <li>➢ 海外基準コーディネータ、ソフトウェア品質管理技術者不足</li> </ul> </li> </ul>
<p style="text-align: center;">期待される効果 (成果の反映先)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 外的事象に対する国内性能規定、仕様規定の暫定と既設プラントの再稼働</li> <li>・ I A E A 等の基準（性能規定）策定への寄与と仕様規定としての国内基準の国際的認知</li> <li>・ 新興国等プラントの安全性確保（国内プラント同等）</li> <li>・ 新興国等基準策定負荷低減への貢献（基準策定 O D A ）</li> <li>・ 国内基準の国際的（相互）認証と国内プラントの世界標準化（輸出障壁低減）</li> </ul>
<p style="text-align: center;">他課題との相関</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ S111_d22 : (既設) プラントの信頼性評価に有効な安全裕度評価の高精度化</li> <li>・ S106_c07 : 外部 事象を考慮した運用管理（発生予測技術、影響評価技術等）</li> <li>・ S106_c03 : 地震、津波以外の外的事象が及ぼすリスクを早期の把握（第一近似）と継続検討項目の抽出</li> <li>・ S106_c04 : 原子力プラントを対象とした津波に対する安全性確保・評価技術の構築</li> <li>・ S106_c05 : リスクベースの地震影響評価技術の構築</li> <li>・ S107_c08 : 低頻度外的事象の監視モニタリング体制の構築</li> <li>・ Non_a13 : 継続的なプラント安全性向上を図るための人材確保</li> <li>・ S104_b04 : 効果的な防災対策立案に有効な外的事象情報の提供</li> <li>・ S101M101L102_z01 : 福島第一原子力発電所事故を踏まえた安全目標の設定とリスク認知</li> <li>・ S108_c09 : 外的事象の情報提示等ヒューマンインターフェースの高度化</li> <li>・ S111_d32 : 状態監視・モニタリング技術（予兆監視・診断、遠隔監視・診断等）の高度化</li> <li>・ M104L103_c06 : 耐震性能評価精度向上をはじめとする低頻度外的事象に関する不確定性低減への継続的寄与</li> <li>・ M103L101_a04 : 大規模自然災害対応へのリスクガバナンス構築</li> <li>・ S111M107_d09 : SFP 評価技術の高度化</li> <li>・ M106_d40-1 : 耐震安全性の評価と結び付けた維持管理</li> </ul>

- ・ M106\_d40-2 : 耐震安全性の評価と結び付けた維持管理
- ・ M106\_d07 : 地震等外的事象に対する具体的な再稼働指針の開発とその高度化
- ・ M107\_d38 : 建屋構造・材料の高度化
- ・ M106\_c01 : 計測技術・解析技術の高度化
- ・ M106\_d06 : 安全性の向上に応じた深層防護の新たな概念の確立
- ・ S111\_d15 : 耐震新技術（免震, 制震等）の適用
- ・ S111M107L104\_d10 : 耐久力・復元力を強化した世界標準の軽水炉設計の構築
- ・ M107\_d23 : マルチユニット、レベル3 PRA を活用したプラント全体のリスク評価とリスク低減のためのマネジメント力向上
- ・ S102M101\_a01 : リスク情報を活用する体制の検討着手（部分的な取り込み：関連する人材育成も含む）、リスク情報を活用する体制の構築（高度化されたリスク評価技術の規格化：関連する人材育成を含む）
- ・ L103\_d16 : 外的事象によるプラント全体リスクを極小化する設計技術・維持管理法開発
- ・ S103M102L101\_b01: リスク情報を活用したコミュニケーションの実施
- ・ M101L101\_a02: プラント全体のリスクを極小化する緊急時対応組織の対応能力強化（外部支援の強化等）
- ・ S105\_a05: 緊急時対応における情報共有や意思決定判断基準の高度化（環境影響評価／事象進展予測技術の高度化）及び意思決定の教育訓練
- ・ S102\_a12: リスク情報（不確実さを含む）に基づく総合的意思決定に向けた枠組み構築と人材育成
- ・ S104\_c02: 組織対応力強化（専任化、事故時手順書の高度化）や対応要員の教育訓練（事故時対応力強化等）の高度化
- ・ S111\_d11-1: 最終ヒートシンクの多様化と高機能化
- ・ S111\_d13: スク評価手法の改良と SA 対策への適用
- ・ S111\_d14: S A 対策機器の運用管理の最適化・高度化
- ・ S111\_d30: 重大事故等（S A）対策機器の保全管理の確立
- ・ M106\_d07: 地震等外的事象後の具体的な再稼働可否判断基準の開発とその高度化
- ・ S110M106L103\_d01: 福島第一原子力発電所事故の教訓、最新知見を反映する枠組みの構築及び維持



【改訂履歴】

改訂番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
—	2015年5月21日	初版
1	2016年11月30日	・ 課題調査票の不整合修正 (他課題との相関、実施の流れの箇所を見直し)

課題調査票

<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【S110_d03】 新知見・新技術の円滑な導入に向けた制度の検討</p>
<p>マイルストーン及び 目指す姿との関連</p>	<p>S I . 事故発生リスク低減・更なる安全性向上の実施 ⇒リスク情報に基づいた事故発生リスク低減策が効果的に実施される必要がある。 ⇒深層防護概念を踏まえ、規制の枠を超えた自主的安全性向上が効果的・継続的に実施される必要がある。 ⇒効果的・継続的なリスク低減活動・自主的安全性向上活動の推進にあたって、国際協力の枠組みの構築や規制の高度化が促される必要がある。</p>
<p>概要（内容）</p>	<p>安全性向上に資する新知見・新技術の円滑な導入を進めるためには、トピカルレポート制度の運用、型式認証制度の対象設備、分野の拡張、標準審査要領の整備といった制度の活用が効果的と考えられる。また、学協会規格の活用（課題 S110_d04 に分離）も効果的である。</p> <p>新たな技術の導入にあたっては、従来の安全性を損なうことなく、安全性向上に寄与することが実証されること、それが必要以上に時間をかけることなく認定されることが重要であるため、予め認定のための制度を検討しておく。</p> <p>無駄のない効率的な導入と運用が期待でき、被規制者・規制者のリソースをより安全上の重要度の高い事項に合理的に配分できると考えられる。</p>
<p>具体的な項目</p>	<p>(課題にぶら下がる細項目の課題を箇条書き)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ トピカルレポート制度の運用・適用範囲の拡張</li> <li>・ 型式認証制度の対象設備、分野の拡張</li> <li>・ 規制基準への最新知見の反映、及び最新知見が反映された基準の運用</li> <li>・ 標準審査要領の整備</li> <li>・ 先行使用燃料体の位置づけの明確化</li> </ul>
<p>課題として取り上げた根拠 (問題点の所在)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 解析コード等の妥当性を確認するためには、トピカルレポート制度の活用が効果的と考えられる。現状、原子力規制委員会では、トピカルレポート制度をどのように運用するか議論が進んでいない。</li> <li>・ 型式認証制度は、同一内容の繰り返し審査を回避する制度として効果的と考えられ、新知見・新技術を円滑に導入するためには、対象設備、分野の拡張の検討が必要。</li> <li>・ 最新知見を速やかに反映できるより良い制度の検討が必要。</li> <li>・ 新知見・新技術の導入に伴う審査を迅速かつ適切に進めるためには、標準審査要領の策定が効果的と考えられる。</li> </ul>
<p>現状分析</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ トピカルレポート制度は旧原子力安全・保安院時代に発足した。燃料棒熱・機械解析コードについて技術評価された例があり、また、燃料健全性に係る判断基準の見直しについて技術評価が進められていた。</li> <li>原子力規制委員会も運用を検討するとしているが、議論は進んでいない。</li> <li>米国では、燃料／集合体設計、燃料棒設計コード、先行使用燃料体の装荷に関するガイドライン、設計基準の考え方、等にトピカルレポートは活用されている。</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>改正原子炉等規制法で、型式認証制度が取り入れられているが、現時点での対象は「格納容器、非常用電源設備その他の発電用原子炉施設に係る機械又は器具のうち原子力規制委員会規則で定めるもの」とされており、新規制基準への対応に有効な設備が規定されており、諸外国では対象とされている燃料体は対象となっていない。このため、改良された燃料体の国内導入には、長い期間を要している。</li> <li>継続的改善を後押しするよう、最新知見の速やかな反映が必要である。</li> <li>規則の解釈、審査のガイドラインはあるものの、標準審査要領として定められたものはない。</li> </ul> <p>人材基盤に関する現状分析は以下の通りである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>国（原子力規制委員会）は新規制基準適合性審査のために多忙である。</li> <li>国も民間も安全性向上対策などの短期課題に集中している中、中長期的な枠組みに係る余裕がない状態であり、特により良い制度の検討に係る人材が不足している。</li> </ul>
<p>期待される効果 (成果の反映先)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>安全性向上に資する新知見・新技術の早期導入と運用が実施できる。</li> <li>リソースをより安全上の重要度の高い事項に合理的に配分できる。</li> <li>「最新の知見の反映」により総合的な安全規制全体の高度化を進めることができる。改良された燃料体の速やかな導入が進められることが期待される。</li> </ul>
<p>他課題との相関</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>S110_d04：学協会規格の策定</li> <li>M106_d05：新技術の認定</li> </ul>
<p>実施の流れ</p>	<p><u>現状</u> 新技術導入に係る制度が(一部)制定済。 継続してより良い制度の検討が進められている。</p> <pre> graph TD     S110[S110_d04] &lt;--&gt; A[検討の場の設定 (産・学術会・行政)]     A --&gt; B1[新規制におけるトピカルレポート制度の運用・適用範囲の拡張 (規制委員会/規制委員会)]     A --&gt; B2[型式認証制度の対象設備、分野の拡張 (規制委員会/規制委員会)]     A --&gt; B3[標準審査要領の整備 (規制委員会/規制委員会)]     B1 --&gt; C[新知見・新技術の円滑な導入 (産/産)]     B2 --&gt; C     B3 --&gt; C     C &lt;--&gt; D[より良い制度の継続検討]     D --&gt; M106[M106_d05]   </pre>

<p>実施機関／資金担当 ＜考え方＞</p>	<p><u>産業界・学協会／産業界</u> (産・官・学での検討結果を踏まえ、制度の提案)</p> <p><u>原子力規制委員会／原子力規制委員会</u> (提案内容を踏まえた、具体的な制度の検討)</p> <p><u>産業界／産業界</u> (制度に基づく新技術の導入)</p> <p>＜考え方＞</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 安全性向上に資する新知見・新技術を早期導入するためには、優先度の高い知見・技術を早期に見極め、その技術評価を適切に実施するための制度が効果的と考えられる。</li> <li>・ 制度を活用する立場から、より効果的な制度改善を検討して提案 (産・学協会)</li> <li>・ 制度の検討、範囲の拡張を検討、構築 (規制委員会)</li> <li>・ 制度に基づく新知見・新技術の円滑な導入に活用 (産)</li> <li>・ 継続してより良い制度を検討 (産・学協会・規制委員会)</li> <li>・ 実施主体が資金担当となることが適当。</li> </ul>
----------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

【改訂履歴】

改訂 番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
—	2015年5月21日	初版

課題調査票

<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【S110_d04】 学協会規格の策定及び改定</p>
<p>マイルストーン及び 目指す姿との関連</p>	<p>S I. 事故発生リスク低減・更なる安全性向上の実施 ⇒リスク情報に基づいた事故発生リスク低減策が効果的に実施される必要がある。 ⇒深層防護概念を踏まえ、規制の枠を超えた自主的安全性向上が効果的・継続的に実施される必要がある。 ⇒効果的・継続的なリスク低減活動・自主的安全性向上活動の推進にあたって、国際協力の枠組みの構築や規制の高度化が促される必要がある。</p>
<p>概要（内容）</p>	<p>国の規制基準は性能規定化し、具体的な仕様規定は最新知見などをタイムリーに反映できるよう学協会規格を活用する。 日本電気協会、日本機械学会及び日本原子力学会の3学協会は、学協会規格策定活動を強化するとし、優先度を設定した規格整備計画を設定した。 具体的な仕様規定について学協会規格を策定し、技術評価を計画的に進める。これを活用することで、新知見・新技術の円滑な導入、運用につなげる。 更に、学協会規格について、国際的な場での議論を促進し、IAEA ガイドラインなどとの相互連携を深めることを通じて、国際貢献に努める。</p>
<p>具体的な項目</p>	<p>(課題にぶら下がる細項目の課題を箇条書き) ・学協会規格の策定および技術評価 ・審査指針類の体系化・体系化された指針の運用 民間規格への最新知見の反映、及び最新知見が反映された規格の運用</p>
<p>課題として取り上げた根拠 (問題点の所在)</p>	<p>・審査のガイドラインで、保守的な扱いがなされていることを理由として、旧来の知見や手法が継続して用いられている場合があるなど、最新知見の導入が必要、内容の充実が求められているものがある。 ・審査のガイドラインがないものがある。 ・規制文書で原子力安全委員会指針類及びNISA文書を引用・個別に指定しているが、それらは今後のメンテナンスが行えないため、学協会規格による置き換えが必要となる。また、引用されなかった指針類は「VOID」となったと判断されるが、それらの中にも継続的適用を要するものが相当数残されている。 ・学協会規格への最新知見の速やかな反映が必要である。 各技術分野において、国際的な感覚を有し、学協会規格をIAEAなどの国際的な場で主導的に議論できる人材が必要である。</p>
<p>現状分析</p>	<p>・国の規制基準は性能規定化し、具体的な仕様規定は学協会規格を活用するという運用がなされていた。 ・原子力規制委員会として、技術評価を行った上で民間規格を活用していく方針が示された(H25.6)。すでに規則の解釈文書において引用している民間規格のうち、改訂版が発刊されている優先度の高い規格から技術評価が開始されている(H25.10~)。技術評価の実施計画は見直され計画的に進められている(H27.1)。 ・日本電気協会、日本機械学会及び日本原子力学会の3学協会は、原子力関連学協会</p>

	<p>規格類協議会において、学協会規格活用の意義を再確認し、一層活性化すべきと考え、学協会規格策定活動を強化するとした。(H24. 3)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 新規制基準文書の発効等に伴い「学協会規格整備計画 52 項目」を見直した(H26. 3)。優先度を設定した規格整備計画に従い、策定が進められている。</li> </ul> <p>学協会規格のあり方等に関する原子力規制委員会との意見交換が実施された。(H27. 2. 12 実施)</p> <p>人材基盤に関する現状分析は以下の通りである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 日本電気協会、日本機械学会及び日本原子力学会の 3 学協会は、規格策定の実績があり、人材は確保されているが、活性化のための充実が必要</li> <li>・ 標準類策定がベテランに依存している状況であり、世代交代が進んでいない。</li> <li>・ 国際的な感覚を有し、I A E A などの場でリードできるような人材は極めて少ない状況である。</li> </ul>
<p>期待される効果 (成果の反映先)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 国及び事業者については、無駄のない効率的な規制と運用が実施できる。</li> <li>・ 「最新の知見の反映」により総合的な安全規制全体の高度化を進めることができる。</li> <li>・ 国のガイドラインの改訂につながることを期待される。</li> </ul>
<p>他課題との相関</p>	<p>S110_d03 : 新知見・新技術の円滑な導入に向けた制度の検討</p>
<p>実施の流れ</p>	<p><u>現状</u></p> <p>学協会規格の策定を進めている。</p> <p>学協会規格の技術評価が進められている。</p> <p>規格化の優先度を設定して、規格整備計画を策定した。</p> <p>学協会規格のあり方等に関する原子力規制委員会との意見交換が実施された。</p>



	<p>当該ステージ</p> <pre> graph TD     S110_d03[S110_d03] &lt;--&gt; A[制定規格整備計画を策定]     A --&gt; B[規格化の優先度を踏まえて規格策定、説明会実施 (産・学協会/産)]     A --&gt; C[IAEA などとの国際連携の強化]     B --&gt; D[学協会規格の技術評価 (規制委員会/規制委員会)]     C --&gt; E[規格整備計画に反映]     E --&gt; F[学協会規格のあり方等に関する原子力規制委員会との意見交換]     F --&gt; G[整備を進めるべき学協会規格についての意見交換]     F --&gt; H[学協会の場への規制側の積極的な関与・参加]   </pre>
<p>実施機関／資金担当 ＜考え方＞</p>	<p><u>産業界・学協会／産業界</u> (学協会規定の策定)</p> <p><u>原子力規制委員会／原子力規制委員会</u> (学協会規定の技術評価)</p> <p>＜考え方＞</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 学協会は、「民間の自主的取り組み」として学協会規格の策定を行う。 規制基準との相互補完関係は重要なので、規制当局とのコミュニケーションが必要。</li> <li>・ 技術評価は、原子力規制委員会が行う。</li> </ul> <p>実施主体が資金担当となるのが適当。</p>

【改訂履歴】

改訂 番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
—	2015年5月21日	初版

課題調査票

課題名 (レ点項目レベル)	【M106_d05】 新技術の認定
マイルストーン及び 目指す姿との関連	中 III. 事故発生リスクを飛躍的に低減する技術の整備 ⇒原子力をベースロード電源として活用されるため、事故発生リスクを飛躍的に低減する技術開発および設計技術への反映がなされる必要がある。
概要 (内容)	事故発生リスクを飛躍的に低減するための新たな技術を実プラントの設計に適用する場合にその有効性を確認し安全性向上につなげるための必要な事項を明確にする。
具体的な項目	<ul style="list-style-type: none"> <li>・型式認定制度の実運用</li> <li>・新規制基準下での旧トピカルレポート制度を拡張した新制度の制定と活用</li> <li>・新技術の認定に係る学会標準 (あるいはガイドライン) の制定と活用</li> </ul>
課題として取り上げた根拠 (問題点の所在)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・中長期的に事故発生リスクを飛躍的に低減するために新たな技術を導入する必要があることが予想されるが、規制や学会標準等のそれまでの枠組みで対応できないことも予想される。</li> <li>・新たな技術の導入にあたっては、従来の安全性を損なうことなく、安全性向上に寄与することが実証されること、それが必要以上に時間をかけることなく認定されることが重要であるため、予め認定のための枠組みを検討し、速やかな対応を可能にしておく必要がある。</li> </ul>
現状分析	<p>【技術動向に関する現状分析】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・現在の規制においては、新たな技術を認定する手続きとしては、型式認定制度及び以前からのトピカルレポート制度が存在するが、適用範囲が狭く、まだ適用実績が少ない状況である。</li> <li>・また、民間においても新技術認定のための手続きを記した標準類は策定されていない。</li> <li>・解析コード類の認定にあたっては、標準的なベンチマーク問題のセットをあらかじめ用意しておくことが効果的であるが、そのようなベンチマーク問題のセットは設定されていない。</li> <li>・短期的な課題に優先順位の高いものが多く、取り組む余裕がない。</li> </ul> <p>【人材基盤に関する現状分析】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・国も民間も中長期的な枠組みに係る余裕がない状態であり、特に技術要件を明確化し、それを文書化可能な人材が不足している。</li> <li>・民間では規則レベルの高度な文書作成能力のある技術者が不足しており、標準類策定がベテランに依存している状況である。</li> </ul>
期待される効果 (成果の反映先)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・新術認定のためのルール制定</li> <li>・新技術の迅速な認定、実プラントへの適用</li> </ul>

<p>他課題との相関</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ S111_d12 深層防護の第1-3層（設計）から第4層（AM対策）および第5層（防災）まで総合的に考えた設計への取り組みによる事故制御性の抜本的向上</li> <li>・ S111_d15 耐震新技術（免震、制震等）の適用</li> <li>・ S111M107L104_d10 耐久力・復元力を強化した世界標準の軽水炉設計の構築</li> </ul>
<p>実施の流れ</p>	<p>現状</p> <p>新技術認定に係るルールが一部制定済</p> <hr/> <p>中期ステージ</p> <p>型式認定制度の運用明確化（規/規）</p> <p>新規制におけるトピカルレポート制度の運用・適用範囲の拡張（規/規）</p> <p>新技術認定に係る学会標準の策定（学/産）</p> <p>S111_d12 S111_d15 S111M107L104_d10</p>
<p>実施機関／資金担当 ＜考え方＞</p>	<p><u>原子力規制委員会／原子力規制委員会</u></p> <p>型式認定制度の運用明確化</p> <p>新規制制度におけるトピカルレポート制度の運用、適用範囲の拡張</p> <p><u>学協会／産業界</u></p> <p>学会標準の策定</p> <p>＜考え方＞</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 型式認定制度、トピカルレポート制度は、民間と意思疎通を図りつつ規制側で策定</li> <li>・ 学会標準は、学協会で策定</li> </ul>

【改訂履歴】

改訂 番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
一	2015年5月21日	初版

課題調査票

<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【M106_d06】 安全性の向上に応じた深層防護の深化と実装</p>
<p>マイルストーン及び 目指す姿との関連</p>	<p>中Ⅲ. 事故発生リスクを飛躍的に低減する技術の整備 ⇒原子力がベースロード電源として活用されるため、事故発生リスクを飛躍的に低減する技術開発および設計技術への反映がなされる必要がある。</p>
<p>概要(内容)</p>	<p>深層防護とは、人と環境を守る原子力の安全確保の目的を達成するための方策を構築する考え方を定める基本概念であり、安全対策の妥当性を社会に説明し、信任いただくものである。具体的には、ハザードと防護すべき対象である人と環境の間に複数の層を置くことにより、特定のハザードが防護すべき対象にとって顕在リスクとならないように、即ち、特定のハザードがもたらすリスクを許容できるレベルまで低減しようとするものにつながるものである。</p> <p>安全性向上に資する技術やマネジメント対応要件の一部を設計に取り込むことで、事故発生リスクを飛躍的に低減させるために、深層防護を深化させ、その効果的な実装を行う。</p>
<p>具体的な項目</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 深層防護の目的(防護の対象、深層防護で防ぐハザード)</li> <li>・ 設計拡張状態(Design Extension Condition)の検討</li> <li>・ 原子力安全規制の中での深層防護の位置づけ</li> </ul>
<p>課題として取り上げた根拠 (問題点の所在)</p>	<p>中期フェーズとなれば、SA対策技術の高度化、設計時からAM策を取り入れた事故制御性の向上、ハザードとしての対象の考え方が現在と相違しており、深層防護の新たな実装が必要となる。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 設計要求の範囲、設計評価の方法、評価における許容基準、重要度分類などのあり方について、深層防護レベルとの関係を検討する必要がある。</li> <li>・ 設計基準範囲(Design Basis Condition)と設計拡張状態(Design Extension Condition)の関係の検討。</li> <li>・ 設計基準を超える外的ハザードに対する考え方を示す必要がある。</li> <li>・ 原子力安全規制の中で、深層防護をどのように位置づけるか検討する必要がある。</li> </ul>

## 現状分析

- ・短期フェーズでは、深層防護を踏まえた自主的安全性および信頼性の向上の取り組みの検討が継続され、中期フェーズでは安全性向上に資する技術やマネジメント対応要件の一部を設計に取り込むことで、事故発生リスクを飛躍的に低減させることが達成要件となる。
- ・深層防護レベルの設定においては、現時点においては IAEA 等の海外動向も踏まえて、異常の発生防止、異常拡大防止、事故の影響緩和に、シビアアクシデントの2つの層（炉心損傷に対する影響緩和、放射性物質の環境への大規模放出に対する防災）を加えた5つの層が考えられている。
- ・設計拡張状態（Design Extension Condition）については、IAEA の最新の設計要件 No. SSR-2/1 で定めており、従来の beyond design Basis 事象に対しても予め設計で対処しておくために設定されてものである。
- ・WENRA（欧州原子力規制協会）では、IAEA の No. SSR-2/1 を発展させ新型炉の設計基準範囲（Design Basis Condition）を既設炉のものより拡大させている。
- ・深層防護の概念は必ずしも固定されたものではなく、時代とともに深化させている。深層防護の概念の深化ならびに具体的な適用（実装）を図ることが、より高い安全を達成するために極めて重要である。

### 人材基盤の現状分析

- ・深層防護の考え方を理解していく上では、原子力安全に関する広範囲な知識とシビアアクシデントに対する深い洞察が必要となる。このような分野の人材の育成は、学界及び産業界においても十分な時間を必要とするため、人材は十分であるとはいえない。

### 課題に取り組むにあたっての問題点

- ・設計拡張状態（Design Extension Condition）についての再検討
- ・各防護レベルの独立な有効性に関する検討
- ・設計基準を超える外的ハザードに対する取組み
- ・深層防護の考え方に関する共通の理解
- ・深層防護の有効性評価方法

### 必要な人材基盤と問題点

- ・安全設計及び安全評価においてシビアアクシデントの知見に精通した人材
- ・PRA 評価技術者
- ・技術者を育成・確保するための経済基盤の確保

<p>期待される効果 (成果の反映先)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 深層防護が深化され、それに対応する実装が検討されることにより、シビアアクシデントに対応する設備の設計対応方法が明確となる。</li> <li>・ 原子力安全規制の中で、深層防護をどのように位置づけるか検討できる。</li> <li>・ リスク評価を含め、深層防護の適切さを測る有効な手段が検討できる。</li> <li>・ 定量的な余裕を確保する合理的な規制 → リスク概念を用いた規制への発展</li> </ul>
<p>他課題との相関</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ S111M107L103_d42 : システム・構造・機器 (SSC) の信頼性向上と高度化</li> <li>・ S111_d11-2 : S A 時計装、S A 対応設備の多様化と高度化及び設備の設計技術</li> <li>・ S104_c02 : 組織対応力強化 (専任化、事故時手順書の高度化) や対応要員の教育訓練 (事故時対応力強化等) の高度化</li> <li>・ S111_d12 : 深層防護の第 1-3 層 (設計) から第 4 層 (AM 対策) および第 5 層 (防災) まで総合的に考えた設計への取り組みによる事故制御性の抜本的向上</li> <li>・ M106_d05 : 新技術の認定</li> <li>・ S111M107L104_d10 : 耐久力・復元力を強化した世界標準の軽水炉設計の構築</li> </ul>
<p>実施の流れ</p>	<p><u>現状</u> 深層防護を踏まえた自主的安全性および信頼性の向上の取り組みを継続中 深層防護の考え方を自ら咀嚼し、深化するための取り組みを実施中</p> <hr/> <p><u>当該ステージ</u></p> <div style="text-align: center;"> <p>S111M107L104_d10, M106_d05</p> <p>↑↓</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px auto; width: 80%;"> <p style="text-align: center;"><b>安全性の向上に応じた深層防護の深化と実装</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 深層防護の目的 (防護の対象、深層防護で防ぐハザード)</li> <li>・ 設計拡張状態 (Design Extension Condition) の検討</li> <li>・ 原子力安全規制の中での深層防護の位置づけ</li> </ul> </div> <p>↑</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px auto; width: 80%;"> <p style="text-align: center;">S A 時計装、S A 対応設備の多様化と高度化及び設備の設計技術</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px auto; width: 80%;"> <p style="text-align: center;">組織対応力強化 (専任化、事故時手順書の高度化) や対応要員の教育訓練 (事故時対応力強化等) の高度化</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px auto; width: 80%;"> <p style="text-align: center;">深層防護の第 1-3 層 (設計) から第 4 層 (AM 対策) および第 5 層 (防災) まで総合的に考えた設計への取り組みによる事故制御性の抜本的向上</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px auto; width: 80%;"> <p style="text-align: center;">システム・構造・機器 (SSC) の信頼性向上と高度化</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px auto; width: 80%;"> <p style="text-align: center;">耐久力・復元力を強化した世界標準の軽水炉設計の構築</p> </div> <p style="text-align: right; margin-top: 20px;">↓</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px auto; width: 30%;"> <p style="text-align: center;">新技術の認定</p> </div> </div> <p>S111_d11-2, S104_c02, S111_d12</p>

<p>実施機関／資金担当 ＜考え方＞</p>	<p><u>学术界・産業界 / 産業界</u>          (SA 対策技術の高度化、設計時から AM 策を取り入れた事故制御性の向上、ハザードとしての対象の考え方、設計拡張状態における設計等を考慮して、深層防護を深化し、深層防護を具体化する規格改定を実施、等)</p> <p><u>学术界・原子力規制委員会 / 原子力規制委員会</u>          (従来の規制要求の整理、深層防護の考え方の整理、深層防護の防護レベルの設定、重要度分類への反映、科学的根拠に基づく規制基準の高度化、等)</p> <p>＜考え方＞</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 電気事業者は、事業主体として深層防護の概念に基づく安全性の適正評価・向上に努める。</li> <li>・ メーカーは、技術開発・設計・対策提案の主体として深層防護の概念に基づく安全性の適正評価・向上に努める。</li> <li>・ 学協会は、深層防護を具体化する規格改定を行う。</li> <li>・ 実施主体が資金担当となることが適当。</li> </ul> <p>本評価手法は、原子力事業のみならず幅広く展開できることから国も資金担当となることが適当。</p>
----------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

【改訂履歴】

改訂 番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
	2015 年 5 月 21 日	初版
1	2016 年 11 月 30 日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 課題調査票の不整合修正（他課題との相関、実施の流れの箇所を見直し）</li> <li>・ 記載の適正化（実施の流れ欄の誤記訂正）</li> </ul>

課題調査票

<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【M106_d07】 地震等外的事象後の具体的な再稼働可否判断基準の開発とその高度化</p>
<p>マイルストーン及び 目指す姿との関連</p>	<p>中Ⅱ. 既設プラントの高稼働運転と長期安定運転の実施 ⇒安定かつコストバランスに優れたエネルギー源としての利用に向け、高稼働運転 や適切な高経年化対策を前提とした長期間運転が必要となる。</p>
<p>概要(内容)</p>	<p>新潟県中越沖地震等の地震後における原子力発電所の健全性評価・再稼働対応においては、点検評価計画書を策定しながら設備の点検評価を実施しており、プラント再稼働に多大な時間を要していた。また、東北地方太平洋沖地震を経験した女川原子力発電所の再稼働について議論がされている。このように原子力発電所がひとたび地震を受けると、設備の点検評価に多大な時間を要することから、予め地震前後の対応を指針として定めておくことで、設備の健全性評価とプラント再稼働可否判断を効率的に実施できる。同様に地震以外の外的事象に対しても再稼働可否に関する指針を開発する必要がある。また将来的に想定される各原子力発電所の外的事象に対して、継続的に指針を高度化する必要がある。</p>
<p>具体的な項目</p>	<p>(課題にぶら下がる細項目の課題を箇条書き)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・過去の外的事象経験の整理</li> <li>・外的事象の早期感知システム、施設のモニタリングシステムの開発</li> <li>・感知結果に基づく外的事象発生直後の対応指針開発</li> <li>・外的事象の構造物への影響度を簡易に判定可能な指標の開発(例えば地震動に対する気象庁震度、CAVなど)</li> <li>・影響度判定結果を考慮した再稼働指針の開発</li> </ul>
<p>課題として取り上げた根拠 (問題点の所在)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・新潟県中越沖地震等の地震後における原子力発電所の健全性評価・再稼働対応においては、点検評価計画書を策定しながら設備の点検評価を実施しており、プラント再稼働に多大な時間を要した。</li> <li>・その後、一般社団法人 日本原子力技術協会等で地震後の機器健全性評価ガイドライン(再稼働指針に相当)が発行されたが、規制側のエンドースには至っていない。また、地震以外の外的事象については再稼働指針は未だ策定されていない。</li> <li>・その後、一般社団法人 日本原子力技術協会等で地震後の機器健全性評価ガイドライン(再稼働指針に相当)が発行されたが、規制側のエンドースには至っていない。また、地震以外の外的事象については再稼働指針は未だ策定されていない。</li> </ul>
<p>現状分析</p>	<p>既に発行されている地震後の原子力発電所の再稼働に関連する指針のうち代表的なものを以下に示す。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・地震後の機器健全性評価ガイドライン[地震前計画と地震後の点検・評価] (一般社団法人 日本原子力技術協会)</li> <li>・Earthquake Preparedness and Response for Nuclear Power Plants (IAEA)</li> <li>・Nuclear Plant Response to an Earthquake (ANSI/ANS)</li> <li>・Guidelines for Nuclear Plant Response to an Earthquake (EPRI)</li> </ul>



	<ul style="list-style-type: none"> <li>・津波、竜巻等の地震以外の外的事象後の、原子力発電所再稼働に関連する指針は未だ開発されていない状況である。</li> <li>・モニタリング技術開発は進んでいるものの、モニタリング機器の配置、観測結果（データ）の分析法・判断法、及び関連の学協会規格の作成・改定などが課題である。</li> </ul>
<p>人材基盤の 現状分析</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・各外的事象に対する設計指針、影響評価ガイドが既に検討されており、その延長として再稼働指針の開発、高度化を行える人材は国内で確保されている。特に地震に対しては日本原子力技術協会において識者、電力、メーカーで議論されており、人材は確保されている状況である。</li> <li>・早期感知システム、モニタリングシステムを開発可能な人材は確保されていると考えられる。</li> <li>・外的事象の影響度判定指標に関する研究者が少ない。</li> <li>・各外的事象に対する再稼働指針を開発可能な人材、俯瞰的・全体的にレビューできる人材、早期キャッチアップシステムやモニタリングシステムを開発可能な人材、外的事象の影響度判定指標を開発可能な人材、開発者を育成するプログラムの作成と育成の場の確保、などが必要である。</li> </ul>
<p>期待される効果 (成果の反映先)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・再稼働の基準の明確化</li> <li>・安全性を犠牲にしない早期プラント再稼働</li> </ul>
<p>他課題との相関</p>	<p>L103_d16 : 外的事象によるプラント全体リスクを極小化する設計技術・維持管理方法開発</p>
<p>実施の流れ</p>	<pre> graph TD     A[過去の外的事象経験の整理(産/産 産/行)] --&gt; B[モニタリングシステム等の開発(産/産 産/行)]     B --&gt; C[外的事象発生直後の対応指針開発(学・産/産)]     C --&gt; D[構造物への影響度を簡易に判定可能な指標の開発(産/産 産/行)]     D --&gt; E[地震等外的事象後の具体的な再稼働可否判断基準の開発とその高度化]     F[影響度判定結果を考慮した再稼働指針の策定(学・産/産)] --&gt; E     G[L103_d16] --&gt; F   </pre>

実施機関／資金担当 ＜考え方＞	<u>産業界 / 産業界</u> <u>産業界 / 行政</u> 過去の外的事象経験の整理、外的事象の早期感知システム、施設のモニタリングシステムの開発、外的事象の構造物への影響度を簡易に判定可能な指標の開発
	<u>学協会・産業界 / 産業界</u> 感知結果に基づく外的事象発生直後の対応指針開発、影響度判定結果を考慮した再稼働指針の策定  ＜考え方＞ <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 電気事業者を中心とする産業界は、事業主体として安全性の適正評価・向上に努める。</li> <li>・ 学協会は指針発行、改定を行う。</li> <li>・ 実施主体が資金担当となることが適当。</li> <li>・ 感知システム、モニタリングシステムの開発は産業界が主体。ただし開発技術は他分野に応用も可能と考えられるため、行政も資金担当となることが適当。</li> </ul>

【改訂履歴】

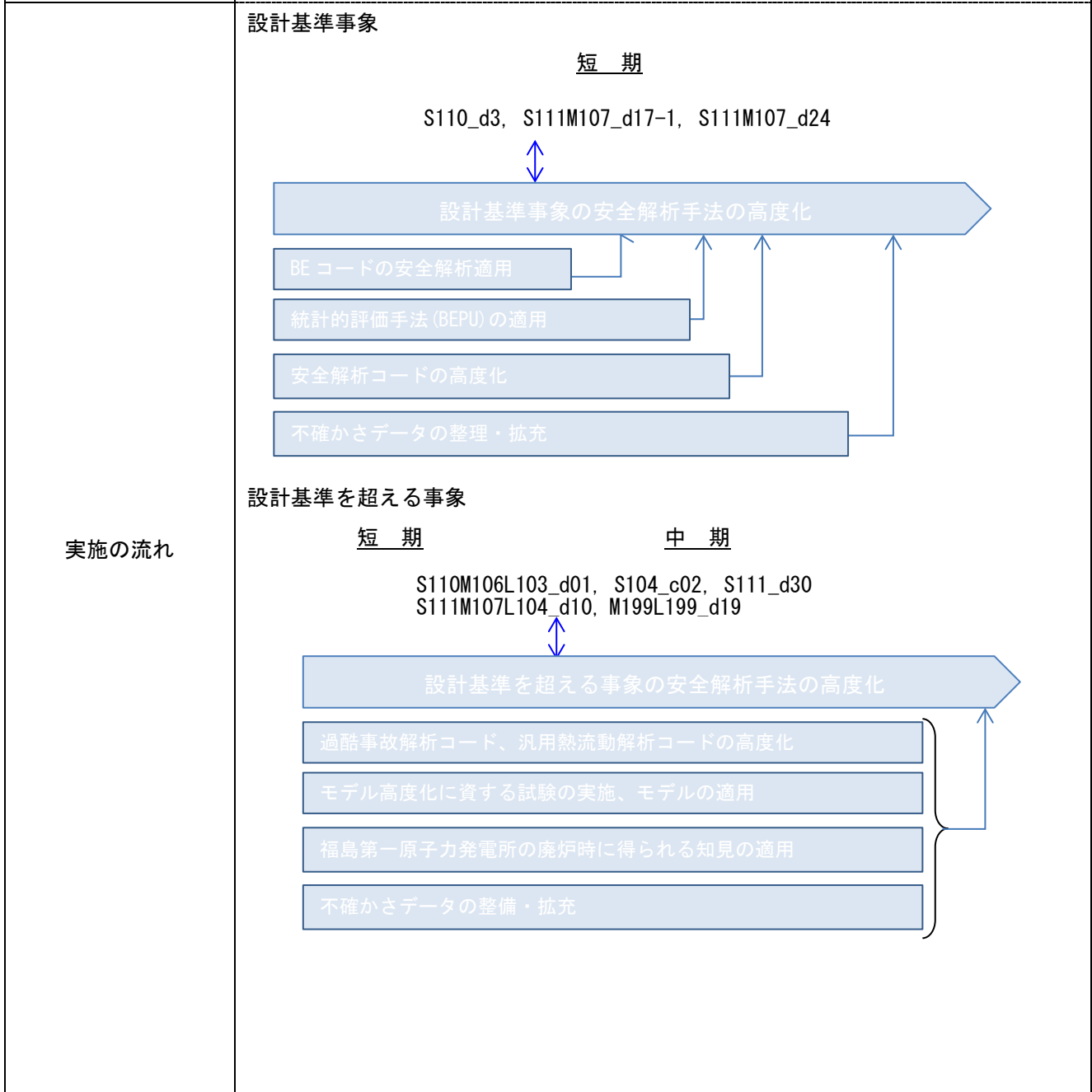
改訂 番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
—	2015年5月21日	初版

課題調査票

<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【S112M107_d08】 安全解析手法の高度化</p>
<p>マイルストーン及び 目指す姿との関連</p>	<p>短 I. 事故発生リスク低減・更なる安全性向上の実施 ⇒リスク情報に基づいた事故発生リスク低減策が効果的に実施される必要がある。 ⇒深層防護概念を踏まえ、規制の枠を超えた自主的安全性向上が効果的・継続的に実施される必要がある。 ⇒効果的・継続的なリスク低減活動・自主的安全性向上活動の推進にあたって、国際協力の枠組みの構築や規制の高度化が促される必要がある。</p> <p>短 IV. 信頼性向上へ向けたプラント技術・運用管理の高度化 ⇒事故リスク低減のため、通常運転、異常事象収束の信頼性向上に係る活動の活性化がなされる必要がある。 ⇒福島第一事故を踏まえ設置導入した SA 設備等の保全・運用管理が最適化される必要がある。 ⇒60年運転に向け、高経年化対策が高度化され設備信頼性の向上が行われる必要がある。 ⇒規制の高度化を促す環境が醸成されるために必要である。</p> <p>中 I. 包括的リスク情報活用の向上 ⇒原子力に係るリスクを効果的・継続的に低減するとともに、リスク情報に基づく意思決定サイクルの考え方が定着・改善されている必要がある。</p>
<p>概要（内容）</p>	<p>設計基準事象の評価にあたり、現行の許認可コードに代えてより詳細なモデル化が可能な TRAC 等のシステムコードを導入することにより、物理現象に即した評価を行うと共に、安全余裕の内訳を定量的に評価できる BEPU 手法にしたがった安全解析を導入する。BEPU 手法で使用する安全解析コードの高度化、不確かさ情報の整理・拡充を継続的に実施する。</p> <p>設計基準を超える事象の評価にあたり、過酷事故解析コード、汎用熱流動解析コードのモデル高度化、不確かさ情報の整理・拡充を継続的に実施する。またモデル高度化に資する試験についても国内外の研究機関と連携して継続的に実施する。</p>
<p>具体的な項目</p>	<p>【設計基準事象】 現行の許認可用安全コードは、保守的な条件及び手法を原則としているが、物理現象に即した安全余裕の内訳に係る説明性に改善の余地があり、国際的な水準から見ても最新化の必要がある。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ TRAC 等の最適評価 (BE) システムコードの安全解析 (Non-LOCA/LOCA) への適用</li> <li>・ BEPU 手法 (BE コードを用いた統計的安全評価手法) の安全解析への適用</li> <li>・ 安全解析・安全設計 (Non-LOCA/LOCA) コードの高度化</li> <li>・ BEPU 評価で用いる不確かさデータの整理・継続的拡充</li> </ul> <p>【設計基準を超える事象】 福島第一原子力発電所事故での事象解明のため、過酷事故解析コード、汎用熱流動</p>

	<p>解析コード等の種々コードが用いられてきた。過酷事故解析コード等の高度化は、主に海外での事故事象模擬試験等の知見をモデル化することで進められてきた。福島第一原子力発電所での事故事象を検証するため、モデルの高度化に資する試験を海外と連携して実施すると共に、今後、廃炉のプロセスで判明するデブリ状況を海外に情報発信し、海外と連携して過酷事故解析コードのモデルに反映する必要がある。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 過酷事故解析コード、汎用熱流動解析の高度化</li> <li>・ 過酷事故解析コード、汎用熱流動解析コードのモデル高度化に資する試験</li> <li>・ 過酷事故解析コード、汎用熱流動解析コードのモデルの不確かさデータの整理 (Verification &amp; Validation)</li> <li>・ 継続的補充</li> </ul>
<p>課題として取り上げた根拠 (問題点の所在)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 現行の許認可用安全コードは、保守的な条件及び手法を原則としているが、最新手法の反映が不十分であり、物理現象に即した安全余裕の内訳に係る説明性に改善の余地があり、国際的な水準から見ても最新化の必要がある。</li> <li>・ 福島第一原子力発電所事故での事象解明のため、過酷事故解析コード、汎用熱流動解析コード等の種々コードが用いられてきた。過酷事故解析コード等の高度化は、主に海外での事故事象模擬試験等の知見をモデル化することで進められてきた。福島第一原子力発電所での事故事象を検証するため、モデルの高度化に資する試験を実施すると共に、今後、廃炉のプロセスで判明するデブリ状況を海外に情報発信し、海外と連携して過酷事故解析コードのモデルに反映する必要がある。</li> <li>・ 安全解析対象の物理現象のモデル化を適切に行うと共に、試験データ等に基づき解析コードの妥当性検証等を実施可能な人材、規制を含めた設計、運用が可能な人材の育成が必要である。</li> </ul>
<p>現状分析</p>	<p>【技術動向に関する現状分析】</p> <p>【設計基準事象】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 過渡時出力分布、燃料チャンネル間流量配分等の物理現象に対する説明性が課題。</li> <li>・ 安全パラメータに影響する要因ごとの不確かさの影響は、全体の保守性に包絡されるとしている。</li> </ul> <p>【設計基準を超える事象】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 主に海外で開発され、海外での試験で検証されてきた過酷事故解析コード等を用いている。</li> </ul>
<p>期待される効果 (成果の反映先)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 安全解析における安全余裕の定量化、説明性向上</li> <li>・ 事故、過酷事故研究者の解析、試験技術の向上</li> <li>・ 国際連携による安全研究の促進</li> </ul>
<p>他課題との相関</p>	<p>【設計基準事象】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ S110_d03 : 新知見・新技術の円滑な導入に向けた制度の検討</li> <li>・ S111M107_d17-1 : 炉心・熱水力設計評価技術の高度化</li> <li>・ S111M107_d24 : 炉心設計・運用管理技術の高度化</li> </ul> <p>【設計基準を超える事象】</p>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ S110M106L103_d01 : 福島第一原子力発電所事故の教訓、最新知見を反映する枠組みの構築及び維持</li> <li>・ S104_c02 : 組織対応力強化（専任化、事故時手順書の高度化）や対応要員の教育訓練（事故時対応力強化等）の高度化</li> <li>・ S111_d30 : 重大事故等（S A）対策機器の保全管理の確立</li> <li>・ S111M107L104_d10 : 耐久力・復元力を強化した世界標準の軽水炉設計の構築</li> <li>・ M199L199_d19 : 革新的技術開発（材料開発等）と燃料濃縮度の見直しによる燃料長寿命化の追究</li> </ul>
--	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



<p>実施機関／資金担当</p> <p>&lt;考え方&gt;</p>	<p>産業界・学術界・行政／産業界・行政</p> <p>&lt;考え方&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・産業界（事業者）は、事業主体として安全性の適正評価・向上に努める。</li> <li>・学術界（研究機関や大学等を含む）は、評価手法の標準等の維持・改定を行う。</li> </ul> <p>【設計基準事象】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・産業界（メーカ各社）は、自社のコードについて技術開発・妥当性検証を実施する。</li> <li>・事業主体が資金担当となることが適当。</li> </ul> <p>【設計基準を超える事象】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・福島第一原子力発電所の事故事象の大規模解明試験、海外と連携して実施する実規模試験については、行政（資源エネルギー庁）が負担することが適当。</li> </ul>
-------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

【改訂履歴】

改訂 番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
—	2015年5月21日	初版
1	2016年11月30日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・課題調査票の不整合修正（他課題との相関、実施の流れの箇所を見直し）</li> <li>・課題調査票の不整合修正（マイルストーン及び目指す姿との関連に中期の項目を追加）</li> </ul>

課題調査票

<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【S111M107_d09】 使用済燃料の安全評価技術の高度化</p>
<p>マイルストーン及び 目指す姿との関連</p>	<p>中 II. 既設プラントの高稼働運転と長期安定運転の実現 ⇒安定かつコストバランスに優れたエネルギー源としての利用に向け、高稼働運転や適切な高経年化対策を前提とした長期間運転が必要となる。</p>
<p>概要 (内容)</p>	<p>原子力プラントの安全向上に当たっては、核燃料を多く貯蔵する使用済燃料プールの安全対策、サイト内の使用済燃料乾式貯蔵容器 (キャスク) の安全対策の高度化のための技術開発を継続する必要がある。使用済燃料が除熱機能を喪失した時の状態などを精度良く評価する技術を開発する。得られた手法は確率的評価法 (リスク評価) のベースともなるものであり、使用済燃料のリスクマネジメントに活用する。</p>
<p>具体的な項目</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 国内外で実施・検討されている使用済燃料貯蔵における安全対策の調査</li> <li>・ 使用済燃料プールが冷却機能を喪失した場合を想定した国内外の試験・研究の調査</li> <li>・ 重大事故時の燃料被覆管の温度上昇・燃料破損等の事象進展を再現できる重大事故解析手法 (MAAP、SAMPSON 等) の高度化             <ul style="list-style-type: none"> <li>①空気中の被覆管酸化モデルの高度化</li> <li>②スプレイ冷却モデルの高度化</li> </ul> </li> <li>・ 燃料損傷の影響を緩和するための燃料配置手法の構築</li> <li>・ キャスク設計への 3 次元モンテカルロ解析適用性検討</li> <li>・ 外的影響を考慮したキャスクの設計検討</li> </ul>
<p>課題として取り上げた根拠 (問題点の所在)</p>	<p>福島第一原子力発電所事故を踏まえ、外的事象による影響を含め、網羅的にリスクを把握し、対策を検討していくことが必要。</p> <p>原子力発電所や再処理施設にある使用済燃料プールについては、冷却機能の喪失によるプール水位の低下、燃料の温度上昇に起因した燃料破損、それに続く再臨界等の発生防止のため、注水強化等の安全対策が求められ、取り組みが進められている。通常時の安全性向上を図りつつ、燃料破損などが発生した場合においても、その影響を最小限に緩和するための燃料の貯蔵方法について検討を進め、原子炉、使用済燃料プール、使用済燃料乾式貯蔵設備などの安全対策に反映することが望まれる。検討においては、外的事象による影響、施設・設備が相互に影響を及ぼす可能性などを考慮することが必要である。</p> <p>また、3次元解析での現実的な遮へい解析によるキャスク設計の最適化を行い高収納型キャスク開発、高燃焼度燃料への対応などに繋げることも、使用済燃料管理の柔軟性を高める上で重要である。</p> <p>さらに、外的影響を考慮したキャスク設計の検討を実施することが望まれる。</p>
<p>現状分析</p>	<p>現状分析は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 使用済燃料は、使用済燃料プールや使用済燃料乾式貯蔵容器 (キャスク) などにおいて貯蔵、収納されている。</li> <li>・ 使用済燃料に対する安全対策が検討され、その有効性評価が実施されている。</li> <li>・ 高度化された解析手法に基づいて、より安全な使用済燃料の貯蔵方法や管理方法に</li> </ul>

	<p>ついて検討することができる。</p> <p>人材基盤に関する現状分析は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 現在の技術を用いて評価を行える人材は、メーカーや電気事業者が育成しているが、新しい計算技術を開発する人材については、国内には少数しか存在しない。基本的に、海外で開発された計算コードを活用している状況である。他分野で開発された技術を原子力分野へ適用するような研究者も不足している。</li> <li>・ 安全解析、機器配管系の評価/設計、試験装置の開発/運用/維持、解析環境/ソフト開発、等を実施可能な人材が必要。</li> </ul>
<p>期待される効果 (成果の反映先)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 使用済燃料のリスク低減。</li> <li>・ 使用済燃料の損傷に関する解析モデルの高度化。</li> <li>・ 使用済燃料の安全対策の高度化検討。</li> <li>・ 高度化された解析手法に基づく、今後の貯蔵対象（破損燃料など）の拡大</li> <li>・ 使用済燃料のリスクマネジメントの高度化</li> </ul>
<p>他課題との相関</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ S106_c07（外部事象を考慮した運用管理（発生予測技術、影響評価技術等））</li> <li>・ S111_d14（SA対策機器の運用管理の最適化・高度化）</li> <li>・ S106SIV06（安全解析手法の高度化）</li> <li>・ S111_d13（リスク評価手法の改良とSA対策への適用）</li> <li>・ S111M107_d17-1（炉心・熱水力設計評価技術の高度化）</li> </ul>
<p>実施の流れ</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around; text-align: center;"> <div>短期</div> <div>中期</div> </div> <p>短期</p> <p>中期</p> <p>使用済燃料に対する安全対策</p> <p>使用済燃料に対する安全評価手法の高度化、更なる安全対策への適用</p> <p>燃料被覆管の挙動把握（酸化、水素脆化特性など）</p> <p>冷却スプレイの性能向上検討</p> <p>重大事故解析コードの改良・評価</p> <p>3次元解析手法の構築</p> <p>使用済燃料貯蔵容器の設計開発（収納力向上、高燃焼度燃料、超長期貯蔵への対応など）</p> <p>使用済燃料乾式貯蔵への展開</p> <p>外的影響を含めた原子炉施設に対するリスク評価手法の確立、最新知見を踏まえた継続的見直し</p>



<p>実施機関／資金担当 ＜考え方＞</p>	<p><u>産業界・行政・学協会／産業界・行政</u></p> <p>＜考え方＞</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 産業界は、安全性の適正評価・向上に努める。</li> <li>・ 行政（原子力規制委員会）は、使用済燃料に対する安全基準の策定と技術評価を行う。</li> <li>・ 学協会は、外部事象評価手法の規格改定を行う。</li> <li>・ 実施主体である産業界が資金担当となることが適当。</li> <li>・ 評価手法は、原子力事業のみならず幅広く展開できることから行政（経済産業省）も資金担当となることが適当。</li> </ul>
----------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

【改訂履歴】

改訂 番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
一	2015年5月21日	初版

課題調査票

<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【S111M107L104_d10】 耐久力・復元力を強化した世界標準の軽水炉設計の構築</p>
<p>マイルストーン および 目指す姿との関連</p>	<p>短Ⅰ. 深層防護を踏まえた自主的安全性および信頼性向上の達成 短Ⅳ. 原子力導入国の原子力安全向上に貢献 中Ⅰ. 効果的な事故リスク低減の継続 中Ⅲ. 国際協力の枠組みの下での原子力安全への貢献 長Ⅰ. 放射能の環境放出や被曝リスク低減に係る革新的技術開発の進展 長Ⅲ. 国際的な原子力安全の牽引 ⇒リスク情報に基づいた事故発生リスク低減策が効果的に実施される必要がある。 ⇒深層防護概念を踏まえ、規制の枠を超えた自主的安全性向上が効果的・継続的に実施される必要がある。 ⇒効果的・継続的なリスク低減活動・自主的安全性向上活動の推進にあたって、国際協力の枠組みの構築や規制の高度化が促される必要がある。</p>
<p>概要（内容）</p>	<p>短期のマイルストーンである深層防護を踏まえた自主的安全性および信頼性向上を踏まえ、合理的効果的にプラントの安全性、信頼性を向上させて事故リスクが低減された、また、事故時の住民避難の回避や環境影響の極小化された耐久力・復元力の高い世界標準の軽水炉設計を構築する。 この安全性・耐久力・復元力の高い軽水炉設計に係る知見を共有することで、また、プラントとして輸出することで、世界の原子力安全の向上に貢献する。</p>
<p>具体的な項目</p>	<p>耐久力・復元力の強化には設計においては、事故時マネジメントの高度化と同時に安全に係わる構築物・システム・機器（SSC）の対外的事象や対事故時環境を含めた信頼性の向上を図る必要があり、具体的に以下のような項目があげられる。</p> <p>【SSCの信頼性向上及び高度化】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 制御棒システムの耐震性、制御性向上技術開発【PWR】</li> <li>・ 炉停止、臨界制御の高度化技術開発【PWR】</li> <li>・ RCP シール漏えい防止対策の実証【PWR】</li> <li>・ 2重格納容器及び建設工法の開発【PWR】</li> <li>・ 耐航空機衝突、耐火災の建屋・材料・建設工法の開発</li> <li>・ 免震システムの評価手法開発・高度化</li> <li>・ SCC 対策炉内構造材の開発【BWR】</li> <li>・ 材料・水化学の高度化（被ばく低減）【BWR】</li> <li>・ PCV 構造の健全性評価手法の高度化【BWR】</li> </ul>

	<p>【事故時マネジメントの高度化】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ SA 時崩壊熱除去技術開発【PWR】 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 格納容器冷却・炉心崩壊熱除去システムの開発</li> </ul> </li> <li>・ SA 時放射性物質放出低減技術開発【PWR】</li> <li>・ SA 晩期での水素除去システムの開発</li> <li>・ 静的格納容器冷却システムの開発【BWR】</li> <li>・ 静的デブリ冷却システムの開発【BWR】</li> </ul>
<p>課題として取り上げた根拠 (問題点の所在)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 事故リスク低減には、事故への波及防止の観点から通常運転における信頼性をより高めると共に、APC や火災等の外部事象に対する防護対策の高度化が必要</li> <li>・ 既設プラントにおいて事故時及び SA 時の対策高度化は検討されているが、追加設備のためマネジメントが複雑化しており、より運転員負担の小さい合理的な設計が必要</li> <li>・ SA 時の住民避難回避や環境への負荷低減も含め、深層防護を強化したレジリエンス性の高い軽水炉プラントの構築と関連技術の開発が必要</li> </ul>
<p>現状分析</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 既設プラントに対し東電福島第一原子力発電所事故を受けた新規制対応の対策は検討されている。</li> <li>・ 現状、既設への反映が困難な安全対策についても、新設設計なら適用可能なものもあり、今後のブレークスルーを検討していく上での参考となる。</li> <li>・ 新設プラントが見通せない中、新設プラントの概念・基本設計から携わった人材は減少している。</li> <li>・ 既設の継続的安全性向上のためにも、プラント全体としての設計を見渡せるプラントエンジニアの育成は最重要である。</li> </ul>
<p>期待される効果 (成果の反映先)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 既設プラントの継続的安全性向上</li> </ul> <p>安全性、信頼性の高い新設プラントの輸出、国際展開・本課題への取組みによりプラントエンジニア、安全評価・構造強度評価等の専門家、計算コード開発者・オペレータ、コードエンジニアの育成に資することができる。</p>

<p>他課題との相関</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ S106_c03 地震, 津波以外の外的事象が及ぼすリスク早期把握と継続検討項目の抽出</li> <li>・ S111_d22 (既設) プラントの信頼性評価に有効な安全裕度評価の高精度化</li> <li>・ M107_d38 建屋構造・材料の高度化</li> <li>・ S111_d15 耐震新技術(免震・制振等)の適用</li> <li>・ M199L199_d19 革新的技術開発(材料開発など)と燃料濃縮度の見直しによる燃料長寿命化の追求・M106_d06 安全性の向上に応じた深層防護の深化と実装</li> <li>・ S111_d11-2 SA時計装、SA対応設備の多様化と高度化及び設備の設計技術</li> <li>・ S111_d14 SA対策機器の運用管理の最適化・高度化</li> <li>・ S111_d32 状態監視・モニタリング技術(予兆監視・診断、遠隔監視・診断等)の高度化</li> </ul>
<p>実施の流れ</p>	<p>現状</p> <p>当該ステージ</p> <p>短期</p> <p>中期～長期</p> <p>プラント概念・基本設計</p> <p>技術課題抽出・要素技術開発</p> <p>規格基準化</p> <p>詳細設計・プラント建設</p> <p>S111_d15 耐震新技術(免震・制振等)適用、M107_d38 建屋構造・材料の高度化等</p> <p>サイト・サイト防災の円滑な連携への取組み等</p> <p>設計および評価に適用する解析コード・手法の開発・保守等</p>
<p>実施機関／資金担当 ＜考え方＞</p>	<p>メーカー、電気事業者、学協会、国</p> <p>＜考え方＞</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 電気事業者は、事業主体としてプラント要件を取りまとめる。</li> <li>・ メーカーは、プラント設計を熟知しており、具体的な設計と技術開発を行う。</li> <li>・ 学協会は、評価手法に係る規格基準の制定や改定を行う。</li> <li>・ 実施主体が資金担当となることが適当である。</li> <li>・ 本技術は、原子力の安全性向上、電力供給の安定性や、原子力安全の国際貢献に資するものであることから、国も資金負担することが適当である。</li> </ul>

【改訂履歴】

改訂 番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
—	2015年5月21日	初版
1	2016年11月30日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 課題調査票の不整合修正（他課題との相関の箇所を見直し）</li> <li>・ 記載の適正化（実施の流れ欄の誤記訂正）</li> </ul>

課題調査票

<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【S111_d11-1】 最終ヒートシンクの多様化と高機能化</p>
<p>マイルストーン及び 目指す姿との関連</p>	<p>短 I. 事故発生リスク低減・更なる安全性向上の実施 ⇒深層防護概念を踏まえ、規制の枠を超えた自主的安全性向上が効果的・継続的に実施される必要がある。</p>
<p>概要 (内容)</p>	<p>原子力プラントでは事故時の最終ヒートシンクを確保することが重要である。最終的な熱の逃がし場へ熱を輸送する系統の機能が損なわれた場合でも、除熱機能を確保することを目的として、最終ヒートシンクの多様化と高機能化に関わる研究・技術開発を進め、格納容器損傷の防止と放射性物質の放出抑制を強化する必要がある。</p>
<p>具体的な項目</p>	<p>(課題にぶら下がる細項目の課題を箇条書き)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・水質管理 (PH 制御) 技術</li> <li>・エアロゾル挙動評価技術、除去技術</li> <li>・ヨウ素挙動評価技術、除去技術</li> <li>・熱交換システムの高性能化、高信頼化</li> <li>・伝熱流動実験・解析技術</li> <li>・水素除去・処理システム技術</li> <li>・格納容器冷却システム技術</li> </ul>
<p>課題として取り上げた根拠 (問題点の所在)</p>	<p>福島第一原子力発電所事故の教訓の一つに格納容器防護の多様化がある。格納容器防護の多様化として、最終ヒートシンクの多様化、高機能化が必要である。</p>
<p>現状分析</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ S/P を経由する格納容器ベント系により除熱と共に放射性無機ヨウ素の放出を大幅に低減できることが分かっているが、無機ヨウ素の再揮発および有機ヨウ素の生成抑制のために S/P 水の PH 制御技術の開発が望まれる。また、S/P 水の PH 制御によるヨウ素揮発抑制効果を検証するためのヨウ素挙動解析技術 (化学反応及び物質移動速度) の高度化が望まれる。</li> <li>・ 格納容器ベントとしてはフィルタ装置で放射性物質を低減しながら格納容器を除熱するフィルターベントシステムの適用が進められている。フィルタ装置によるヨウ素除去特性については試験データがあり、フィルターベントシステムの設計に必要な知見がある。エアロゾル挙動解析技術の高度化、ヨウ素挙動解析技術の高度化が望まれる</li> <li>・ 最終ヒートシンクの多様化としては、RHR 系クーラの代替海水冷却手段として、空冷ユニット、車載代替熱交換器、大容量ポンプ車が考えられ、熱交換器の高性能化 (コンパクト化) や耐震高度化、高信頼化等の技術が望まれる。</li> <li>・ 最終ヒートシンクの更なる多様化としてドライウェルクーラの強化、空冷式冷却器を用いた代替 RHR 系、等が考えられている。</li> <li>・ ドライウェルクーラはファンが使用不可の場合でも冷却水を通水して自然対流で格納容器内の気相 (ガス+蒸気) を冷却できることから、最終ヒートシンクの候補と考えられる。適用に際しては SA 時の冷却挙動解明及び伝熱流動解析技術の確立、熱</li> </ul>

	<p>交換機の高性能化（コンパクト化）技術が望まれる。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 多様化した格納容器冷却手段の確立と並行して検討が必要な項目としては、炉心損傷時に発生する水素ガス処理対策があり、その処理技術として触媒により再結合装置が考えられている。さらなる技術開発として水素透過膜を利用した技術の高度化が望まれる。</li> <li>・ 格納容器の除熱に関わる熱流動実験・解析技術及び熱交換器の高性能化はメーカー、電力事業者が開発を継続してきており、現在は十分な人材が確保されているが、継続して開発するために人員の維持が必要である。</li> <li>・ 放射性物質の放出を抑制するための水質管理技術、エアロゾル評価技術、ヨウ素挙動評価技術も同様な状況にある。</li> </ul>
<p>期待される効果 (成果の反映先)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ プラントの耐性向上に寄与する。</li> </ul>
<p>・ 他課題との相関</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ S111M107L104_d10 耐久力・復元力を強化した世界標準の軽水炉設計の構築</li> <li>・ S110M106L103_d01 福島第一原子力発電所事故の教訓、最新知見を反映する枠組みの構築及び維持</li> <li>・ Non_a13 継続的なプラント安全性向上を図り安定な運転を継続するための人材確保</li> <li>・ M106_c01 計測技術・解析技術の高度化</li> <li>・ S111M107L103_d42 システム・機器・構造(SCC)の信頼性向上と高度化</li> <li>・ M103L101_a04 大規模自然災害対応へのリスクガバナンス構築</li> <li>・ S110M106L103_d02</li> </ul> <p>短期：福島第一原発事故を踏まえた外的事象に関連する IAEA 基準等策定への参画  中期：外的事象に関連する IAEA 基準等策定への貢献  長期：外的事象に関連する IAEA 基準等策定の主導</p>

<p>実施の流れ</p>	
<p>実施機関／資金担当 ＜考え方＞</p>	<p>産業界／産業界・行政</p> <p>＜考え方＞</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・産業界は、事業主体として安全性の適正評価・向上に努める。</li> <li>・大規模な実証試験等が必要な場合には行政（経済産業省）も資金負担することが適当である。</li> </ul>

【改訂履歴】

改訂 番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
一	2015年5月21日	初版
1	2016年11月30日	・課題調査票の不整合修正（他課題との相関の箇所を見直し）



課題調査票

<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【S111_d11-2】 S A 時計装、S A 対応設備の多様化と高度化及び設備の設計技術</p>
<p>マイルストーン及び 目指す姿との関連</p>	<p>短 I. 事故発生リスク低減・更なる安全性向上の実施 ⇒深層防護概念を踏まえ、規制の枠を超えた自主的安全性向上が効果的・継続的に実施される必要がある。</p>
<p>概要 (内容)</p>	<p>事故時運転手順、SA 設備の高度化に伴い、過酷事故時の状態確認、設備操作時の開始・成功の確認を実施する為に、計装システムによる監視強化も合わせて行う必要がある。これら計装システムに要求される条件は設備を動作させる事故状態及び手順により決まる。よって、システムに関する継続した耐環境評価、改善及び機能喪失時の代替計測などの多機能化と多様化に関わる研究・技術開発を進め計装システムの信頼性を向上していくことが必要である。また、SA 設備自身の多様化・高度化も継続的に実施し、SA 対処システム全体の信頼性を向上していくことが重要である。</p>
<p>具体的な項目</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 事故時影響評価</li> <li>・ 自己診断技術</li> <li>・ 機能喪失時の代替計測手段の検討</li> <li>・ 手順書高度化に伴う追加パラメータ計測システムの開発</li> <li>・ SA 設備の多様化及び高度化</li> </ul>
<p>課題として取り上げた根拠 (問題点の所在)</p>	<p>福島第一原子力発電所事故の教訓の一つに過酷事故発生時に十分機能する原子炉と格納容器などにおける計装系を強化する必要がある。事故時手順書の高度化に伴うシステム (ソフトウェア) の信頼性向上とともに対策設備や計装系の高度化に伴う継続した信頼性向上が必要である。</p>

<p>現状分析</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 過酷事故時に必要な計装システムについては福島第一原子力発電所事故の教訓並びに事故時運転手順等を検討しシステム開発が行われている。これらの開発品は保守的な過酷事故環境条件で機能維持することを確認する試験を実施しているが、過酷事故が発生する前の経年劣化を定量評価・試験等を行うことで信頼性の向上つなげる事が望まれる。</li> <li>・ 過酷事故時に計測された計測値の妥当性は①多重化又は多様化されている場合には他計装システムの計測結果との比較、②当該の計器の検出パラメータに相関するパラメータの計測値からの推定などで総合的に判断されるものであるが、何れも当該計器の機能維持が前提となる。その点で、現在開発しているセンサの実用化にあたり、重要な観点として健全性の確認手法の確立及び可能なものについては自己診断機能等の高度化が望まれる。</li> <li>・ 事故時手順書の高度化に伴い監視要求されるパラメータの追加などがある場合に、現状システムが機能喪失した場合の代替計測方法について検討しまとめることが望まれる。</li> <li>・ SA 設備は、現状十分な機能を備えているものの、対処機能の継続的な高度化が望まれる。</li> </ul> <p><u>人材基盤の現状分析</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ SA 計装開発・高度化についてはメーカー、電力事業者が開発を継続してきており、現在は十分な人材が確保されているが、継続して開発するために人員の維持が必要である。</li> <li>・ 事故時手順書からの SA 計装への要求条件に関する検討に必要な技術者も同様な状況にある。</li> </ul> <p><u>課題に取り組むにあたっての問題点</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 経年劣化時の評価条件の設定（放射線/温度条件などの同時劣化）。</li> <li>・ 事故状態の環境模擬。</li> <li>・ 個別のシステムに依存した健全性確認手法の確立及び診断機能の開発。</li> <li>・ 事故時手順書からの計装システムへの要求条件の明確化</li> </ul> <p><u>必要な人材基盤と問題点</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 安全解析、機器配管系評価/設計、計装システム設計、情報制御システム設計、電源計画、材料評価、解析技術、化学技術など多岐にわたる人材。</li> <li>・ 技術者を確保するための経済基盤の確保</li> </ul>
<p>期待される効果 (成果の反映先)</p>	<p>過酷事故時に事故進展抑制（プラントの耐性向上）に寄与する。</p>
<p>他課題との相関</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ S111_d14：SA対策機器の運用管理の最適化・高度化</li> <li>・ S104_c02：組織対応力強化（専任化、事故時手順書の高度化）や対応要員の教育訓練（事故時対応力強化等）の高度化</li> <li>・ Non_a13：継続的なプラント安全性向上を図り安定な運転を継続するための人材確</li> </ul>

	<p style="text-align: center;">保</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ M107_d25 : 運転性能の高度化 (事象進展抑制、停止機能、負荷追従、等)</li> <li>・ M106_c01 : 計測技術・解析技術の高度化</li> <li>・ S111M107L103_d42 : システム・構造・機器 (SSC) の信頼性向上と高度化</li> <li>・ S111M107L104_d10 : 耐久力・復元力を強化した世界標準の軽水炉設計の構築</li> <li>・ S111_d12 : 深層防護の第 1-3 層 (設計) から第 4 層 (AM対策) および第 5 層 (防災) まで総合的に考えた設計への取り組みによる事故制御性の抜本的向上</li> </ul>
<p style="text-align: center;">実施の流れ</p>	<p>現状</p> <p>SA 計装システムとして原子炉水位計等を開発中である。</p>
	<p>当該ステージ</p>
<p>実施機関／資金担当</p> <p>&lt;考え方&gt;</p>	<p>学术界・産業界 / 産業界</p> <p>(自己診断技術、機能喪失時の代替計測手段の検討、手順書高度化に伴う追加パラメータ計測システムの開発、SA 設備の多様化及び高度化、事故時影響評価の精緻化等)</p> <p>&lt;考え方&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 電気事業者は、事業主体として安全性の適正評価・向上に努める。</li> <li>・ メーカーは事業者のニーズに基づき技術開発を実施する。</li> <li>・ 事業主体が資金担当となることが適当である。</li> <li>・ 学協会は、高度化されたシビアアクシデントマネジメントを具体化する規格策定を行う。</li> </ul>

【改訂履歴】

改訂番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
—	2015 年 5 月 21 日	初版
1	2016 年 11 月 30 日	・ 課題調査票の不整合修正 (他課題との関連の箇所を見直し)

課題調査票

<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【S111_d12】 深層防護の第1-3層(設計)から第4層(AM対策)および第5層(防災)まで総合的に考えた設計への取り組みによる事故制御性の抜本的向上</p>
<p>マイルストーン及び 目指す姿との関連</p>	<p>中Ⅲ 事故発生リスクを飛躍的に低減する技術の整備 ⇒原子力がベースロード電源として活用されるためには、事故発生リスクを飛躍的に低減する技術開発および設計技術への反映がなされる必要がある。</p>
<p>概要(内容)</p>	<p>プラント設計時に取り入れ可能な、信頼性の高い重大事故対策の技術開発を継続する必要がある。重大事故の発生防止と発生後の影響緩和が確実に達成可能な対策技術の開発が主な研究内容となるが、得られた対策技術を取り入れることにより環境への放射性物質放出のリスクを飛躍的に低減することを目指す。重大事故の発生防止と発生した場合の格納容器破損防止を主として静的手段等により実現し、運転員のグレースピリオドの大幅な確保とノーベント達成による住民避難回避を目標とする。</p>
<p>具体的な項目</p>	<p>(課題にぶら下がる細項目の課題を箇条書き)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・継続的安全性向上のためのバックフィットを考慮した新設設計</li> <li>・アクシデントマネジメントを考慮した設計(アクセス性等)</li> <li>・新技術適用時のアクシデントマネジメントの確立</li> <li>・電源喪失時の隔離信号およびインターロックのあり方の検討</li> <li>・共通原因故障への強い耐性を持ったアクティブ系の多様化対策</li> <li>・静的炉心冷却対策</li> <li>・静的熔融炉心冷却対策(コアキャッチャ等)</li> <li>・静的格納容器除熱対策</li> <li>・静的水素処理対策</li> <li>・静的ソースターム低減対策(pH管理等)</li> <li>・アニュラスを活用した放射性物質抑制対策</li> <li>・Passive系とActive系の最適な組み合わせの検討</li> </ul>
<p>課題として取り上げた根拠 (問題点の所在)</p>	<p>福島第一事故では、長期間の電源喪失と最終ヒートシンク喪失が発生し、結果として環境への多量の放射能放出となった。</p> <p>従来のAM対策では、事故緩和のため外部からの可搬型設備持込による電源確保や注水手段や除熱手段の確保が中心になっており、人的要因や作業環境に大きく依存しているため、リスク低減に限界がある。また、格納容器破損防止対策には、格納容器ベントなど限定的ではあるが環境影響を伴う可能性のあるものも含まれる。</p> <p>新設設計の段階では対策のビルトインが可能であり、駆動交流電源や外部設備に依存せず格納容器内あるいは頑健な原子炉建屋内設備で事故影響を収束させる対策が可能となる。設計時に、深層防護(第4層、第5層)への対応を含めて、安全確保のための総合的な対応をすることが、大幅なリスク低減を可能とし、安全策の抜本的向上を図ることができる。具体的な例としては、以下の対策が可能である。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・静的な炉心冷却対策を取り入れ、炉心の発生熱を静的に格納容器外へ除熱する。冷却材の喪失も伴わない。(アイソレーションコンデンサ等)</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 静的な溶融炉心冷却対策を取り入れ、格納容器内の冷却水のみで溶融炉心の冷却を行う。(コアキャッチャ等)</li> <li>・ 静的な格納容器除熱対策を取り入れ、外部熱交換器や外部タンク水等への自然循環除熱により格納容器除熱を行う。(静的格納容器除熱(PCCS)等)</li> <li>・ 静的な水素処理対策を取り入れ、格納容器で発生した水素を触媒や吸収材により除去する。(アンモニア化等)</li> <li>・ 静的な揮発性放射性物質の発生抑制対策を取り入れる。(pH管理等)</li> <li>・ アニュラスを活用したSA時の放射性物質抑制対策の概念構築、設備構成検討した上で、二次格納容器に対する要求事項整理、有効性確認を実施</li> </ul>
<p style="text-align: center;">現状分析</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 炉心損傷防止のため、常設の代替ポンプ等を使用した注水を行うが、事故後早期の人的操作や電源確保に依存した対策となっている。</li> <li>・ 溶融炉心の冷却のため、常設の代替ポンプや可搬型ポンプにより注水するが、人的操作や電源に依存した対策となっている。溶融炉心による侵食により、格納容器構造のダメージが残り、耐震上のリスクが残る。</li> <li>・ 格納容器からの除熱を行うため、ファンクーラーや可搬型除熱設備を使用した代替除熱を行うが、人的操作や電源に依存した対策となっている。格納容器過圧を抑制できない場合は格納容器ベントが行われ、限定的ではあるが環境影響を伴う可能性がある。</li> <li>・ 水素処理のため、触媒式再結合器(PAR)やイグナイター等による計画燃焼が行われるが、不活性化雰囲気では処理できない。</li> <li>・ 高揮発性の放射性物質の格納容器空間への放出は、放射性物質が含まれるプール水のpHに依存しているため、アルカリ水や緩衝材注入によるpH管理が行われるが、人的操作や電源に依存した対策となっている。また、高揮発性の放射性物質の発生挙動は、未解明な部分が残っている。(有機ヨウ素の生成機構等)</li> <li>・ 溶融炉心冷却や水素処理等の多様な領域の試験が必要</li> <li>・ 対策設計の妥当性確認のための解析モデルの構築が必要</li> <li>・ 対策設計とプラント設計の最適化が必要</li> <li>・ 新技術に関する規格・基準類の整備が必要</li> </ul> <p>&lt;人材基盤の観点から&gt;</p> <p>現在の対策技術の設計を行える人材は、メーカーや電気事業者が育成しているが、新しい対策技術を開発する人材は、新規設計の機会の殆どない国内には少数しか存在しない。溶融炉心やソースターム等を扱うためには、熱水力のみならず、材料、化学、放射線が関わる複合的な現象を扱う必要があり、これら研究者が不足している。このため、以下の人材育成開発者を育成するための高等教育プログラムが必要である。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 熱水力以外に材料／化学／放射線の知識と実験技術を持った人材</li> <li>・ 重大事故発生時の種々の現象を理解し解析できる人材</li> <li>・ プラント設計と対策設計の最適化ができる人材</li> </ul>

<p>期待される効果 (成果の反映先)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 長期的な住民避難を必要としない設計が可能となり、それにより社会が受け入れやすい環境影響リスクを大幅に低減したプラントの安全設計が可能となる（→社会的受容性の向上）</li> <li>・ 深層防護を高めた世界最高水準の安全設計の手法が確立される（→原子炉輸出の促進による国際貢献）</li> </ul>
<p>他課題との相関</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ S111_d11-1：最終ヒートシンクの多様化と高機能化</li> <li>・ S111M107L104_d10：耐久力・復元力を強化した世界標準の軽水炉設計の構築</li> <li>・ S110M106L103_d01：福島第一原子力発電所事故の教訓、最新知見を反映する枠組みの構築及び維持</li> <li>・ S111_d22：（既設）プラントの信頼性評価に有効な安全裕度評価の高精度化</li> <li>・ S111M107L103_d42：システム・構造・機器（SSC）の信頼性向上と高度化</li> <li>・ M106_d06：安全性の向上に応じた深層防護の新たな概念の確立</li> <li>・ S111_d11-2：S A 時計装、S A 対応設備の多様化と高度化及び設備の設計技術</li> <li>・ S111_d14：S A 対策機器の運用管理の最適化・高度化</li> <li>・ M199L199_d19：革新的技術開発（材料開発等）と燃料濃縮度の見直しによる燃料長寿命化の追求</li> <li>・ S111_d32：状態監視・モニタリング技術（予兆監視・診断、遠隔監視・診断等）の高度化</li> </ul>
<p>実施の流れ</p>	<p>現状</p> <p>中期ステージ</p> <p>多様性、冗長性を強化した AM 対策技術の確立</p> <p>プラント設計にビルトイン (例) S111_d11-1、S111M107L103_d42</p> <p>静的炉心冷却設備 (評価・設計) → 炉心損傷頻度大幅低減</p> <p>静的溶融炉心冷却設備 (試験・評価・設計) → 格納容器破損頻度大幅低減 ノーベント設計 大幅なグレースピリオド確保</p> <p>静的格納容器冷却設備 (試験・評価・設計) → 格納容器破損頻度大幅低減 ノーベント設計 大幅なグレースピリオド確保</p> <p>静的水素処理設備 (試験・評価・設計) → 格納容器破損頻度大幅低減 ノーベント設計 大幅なグレースピリオド確保</p> <p>揮発性放射性物質発生抑制設備 (試験・評価・設計) → 住民影響の緩和</p> <p>S111M107L104_d10 耐久力・復元力を強化した世界標準の 軽水炉設計の構築</p> <p>住民影響の緩和</p>
<p>実施機関／資金担当 ＜考え方＞</p>	<p>産業界／産業界 学術界／行政</p> <p>多様性、冗長性を強化した AM 対策技術の確立、ビルトイン設備の開発</p> <p>自治体・行政・産業界／行政</p> <p>住民影響の緩和を考慮した防災対策の見直し (行政は、文部科学省、経済産業省、原子力規制委員会等を含む。)</p>

	<p>&lt;考え方&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 学術界は基盤技術の基礎研究を行う。</li> <li>・ メーカーは技術開発、対策設計、プラント設計を行う。</li> <li>・ 電気事業者は、ユーティリティ要求をまとめる。</li> <li>・ 経済産業省は、基盤技術開発の支援をする。</li> <li>・ 学協会で規格・基準類の整備を実施する。</li> <li>・ 規制委員会は、新技術に対応した規制の見直しを実施する。</li> <li>・ 自治体・行政・事業者は、新技術に対応した防災計画の見直しを行う。</li> <li>・ 新しい基盤技術となることから、エネ庁、規制庁も資金担当として役目を果たすことが適当。</li> </ul>
--	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

【改訂履歴】

改訂 番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
一	2015年5月21日	初版
1	2016年11月30日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 課題調査票の不整合修正（他課題との相関、実施の流れの箇所を見直し）</li> <li>・ 課題調査票の不整合修正（課題調査票 ID、実施の流れを短期課題に統一）</li> </ul>

課題調査票

<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【S111_d13】 リスク評価手法の改良と SA 対策への適用</p>
<p>マイルストーン及び 目指す姿との関連</p>	<p>短Ⅲ. リスク情報に基づく対話力の向上 ⇒リスク情報に基づき、リスク低減への取組み等について、国民に納得感をいただけるよう丁寧な対話が行なわれる必要がある。 ⇒安全性向上を共通目的として規制機関と産業界との緊張感のある協調関係が確立される必要がある。 ⇒防災体制の拡充・高度化がなされる必要がある。</p>
<p>概要 (内容)</p>	<p>S A 対策の計画、有効性の評価、運転手順や設備の重要度の評価、対策整備後での安全水準の定量的評価などに活用できるよう、内的事象のみならず、地震、津波、内部火災、内部溢水等の主要外的事象を対象に、レベル 1, 2, 3 の P R A 手法のパイロット研究を実施し、S A 対策評価等への活用の基礎事例を提供することで、共通の基盤を整備する。</p>
<p>具体的な項目</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ PRA に関わる各種国内データの整備</li> <li>・ 人間信頼性手法の高度化</li> <li>・ 複数基立地サイトを含めたサイトの総合的リスク評価</li> <li>・ 外的事象評価の高度化と範囲拡大</li> <li>・ A M の有効性評価のための指標の検討</li> <li>・ 国際的 SA 研究への参加と知見のリスク評価手法への反映</li> <li>・ リスク評価の SA 防止・緩和対策への合理的な反映方策の検討</li> <li>・ PRA 評価手法・ツールの高度化</li> </ul>
<p>課題として取り上げた根拠 (問題点の所在)</p>	<p>意思決定に用いることができる品質の PRA を構築するためには、評価手法の高度化と国内プラント向けデータの整備が必要</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 国内プラントの運転経験を反映した PRA データ (故障率、起因事象発生頻度等) を評価するためのインフラ (国内データベース) が整備途中</li> <li>・ 過酷環境下や複雑な操作が必要な SA 対策設備に対する人間信頼性手法が未整備</li> <li>・ 隣接プラントの影響を評価する手法、およびサイトリスクの定量的な扱い方針が確立されていない</li> <li>・ 地震および津波以外の外的ハザードの評価実績が不足</li> <li>・ 欧州では SA 研究が継続的になされており、国際協力で研究効率化及び SA 対策への意識の向上に役立てる必要がある。</li> <li>・ 評価手法・ツールは海外ソフトに導入により実用化されているが、評価対象範囲/深さの拡大およびリスク情報の活用を拡大してゆくにあたっては、高度化を継続してゆく必要がある</li> </ul>
<p>現状分析</p>	<p>【技術動向に関する現状分析】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 評価手法・ツールの高度化             <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 内的・外的事象に対する評価手法・ツールは、海外ソフトウェアに依存している状況であり、また、効率化のために改良の余地がある</li> </ul> </li> </ul>



	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 国内データの整備 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 原子力学会が「原子力発電所の確率論的安全評価用のパラメータ推定に関する実施基準：2010」を策定。</li> <li>・ 原子力安全推進協会において国内パラメータの整備作業を検討・実施中</li> </ul> </li> <li>● 人間信頼性 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 外的事象や SA 時の過酷環境を想定してない米国 PRA の人間信頼性手法を適用</li> <li>・ 電中研リスク研究センター（NRRC）において人間信頼性評価の中長期的な研究に着手</li> </ul> </li> <li>● 複数基立地サイトのリスク評価 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ サイト単位でのリスクを評価する手法およびリスク指標は未整備。</li> <li>・ IAEA や米国 NRC を初めとした各国で近年研究がされ始めた段階。</li> </ul> </li> <li>● 外的事象評価 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 原子力学会が「外部ハザードに対する評価方法の選定に関する実施基準：2014」を策定。</li> <li>・ 地震、外部火災、内部溢水、津波 PRA については原子力学会の実施基準整備済</li> <li>・ 火山、外部溢水、外部火災など上記以外の PRA については実施基準未整備</li> </ul> </li> <li>● AMの有効性評価 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 複雑な現場判断を伴う AM や復旧操作に対する信頼性評価手法が未成熟。</li> <li>・ PRA がまだ十分に有効性評価に活用されていない。</li> </ul> </li> <li>● 国際的 SA 研究への参加と知見のリスク評価手法への反映 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 最新知見をリスク評価手法に取り込むためには、欧州における SA 研究のフォローが必要。</li> </ul> </li> </ul> <p>【人材基盤に関する現状分析】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ PRA モデル構築のためには、設計情報の収集、モデル構築作業等に相当の人的リソースが必要であり不足。</li> <li>・ 現在の技術を用いて評価を行える人材はメーカーや電気事業者が育成しているが、人間信頼性評価や外的ハザード評価には原子力に限定されない専門知識が必要であり、分野毎の専門家が不足。</li> <li>・ 先進の PRA 技術については、米国等の海外コンサルや海外技術の直接導入に頼らざるを得ない状況。</li> <li>・ 上記の課題解決には、官民ともに人材を確保し、専門能力を育成するプログラムの作成と育成の場の確保が必要。</li> </ul>
<p>期待される効果 (成果の反映先)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ PRA の品質向上による、よりの確な意思決定</li> <li>・ サイト単位でリスク評価にもとづいた、SA 対策や防災体制の拡充・高度化提案（複数基同時の電源、ヒートシンクの喪失対策等）</li> <li>・ サイトリスクに基づいた周辺住民との対話</li> <li>・ 幅広い外的ハザードに対するリスクを把握することによる、広範囲の事象に対応した SA 対策高度化提案</li> </ul>

<p>他課題との相関</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ S101M101L102_z01 福島第一原子力発電所事故を踏まえた安全目標の設定とリスク認知</li> <li>・ S106_c05 リスク評価に用いる地震影響評価技術の構築（断層変位, 斜面崩壊等のリスク評価も含む）</li> <li>・ S102_a12 リスク情報（不確実さを含む）に基づく総合的意思決定に向けた枠組み構築と人材育成</li> <li>・ S110_c10 外的事象（自然現象など）に関する新知見の継続的取り組みの枠組み実現</li> <li>・ S103M102L101_b01 リスク情報を活用したコミュニケーションの実施</li> <li>・ S102M101_a01 リスク情報を利活用する体制の検討着手・構築</li> <li>・ M104L103_c06 耐震性能評価精度向上をはじめとする低頻度外的事象に関する不確定性低減への継続的寄与、低頻度外的事象に関する不確定性低減研究継続</li> <li>・ M107_d23 マルチユニット、レベル 3PRA を活用したプラント全体のリスク評価とリスク低減のためのマネジメント力向上</li> <li>・ S111M107L103_d42 システム・構造・危機（SSC）の信頼性向上と高度化</li> <li>・ M101L101_a02 プラント全体のリスクを極小化する緊急時対応組織の対応能力強化（外部支援の強化等）</li> <li>・ M103L101_a04 大規模自然災害対応へのリスクガバナンス構築</li> <li>・ S110M106L103_d02</li> </ul> <p>短期：福島第一原発事故を踏まえた外的事象に関連する IAEA 基準等策定への参画  中期：外的事象に関連する IAEA 基準等策定への貢献  長期：外的事象に関連する IAEA 基準等策定の主導</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ S111_d22：（既設）プラントの信頼性評価に有効な安全裕度評価の高精度化</li> </ul>
<p>実施の流れ</p>	<p>現状</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0; text-align: center;">       限定された事象に対するリスク評価とその知見の活用     </div> <hr/> <p>短期ステージ</p> <div style="text-align: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0; text-align: center;">         リスク評価手法の改良と SA 対策への適用       </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin: 5px 0;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center; width: 20%;">           PRA に関わる各種国内データの整備（産・学/産）         </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center; width: 20%;">           人間信頼性手法の高度化（産・学/産）         </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center; width: 20%;">           外的事象評価の高度化と範囲拡大（産・学/産）         </div> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0; text-align: center; width: 60%;">           国際的 SA 研究への参加と知見のリスク評価手法への反映（産・学/産）         </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0; text-align: center; width: 40%;">           サイト単位での総合的リスク評価（産/産）         </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0; text-align: center;">           評価手法・ツールの継続的改善（産・学/産）         </div> </div>

<p>実施機関／資金担当 ＜考え方＞</p>	<p><u>産業界・学協会／産業界</u></p> <p>＜考え方＞</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 学協会は、リスク評価、リスク情報活用に関する規格策定・改訂を行う。</li> <li>・ 産業界は、事業主体としてリスク評価の実施と SA 対策の高度化、安全性向上に努める。</li> <li>・ 実施主体が資金担当となることが適当。</li> <li>・ 原子力安全規制の高度化につながる内容については原子力規制庁も資金担当となることが適当</li> </ul>
----------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

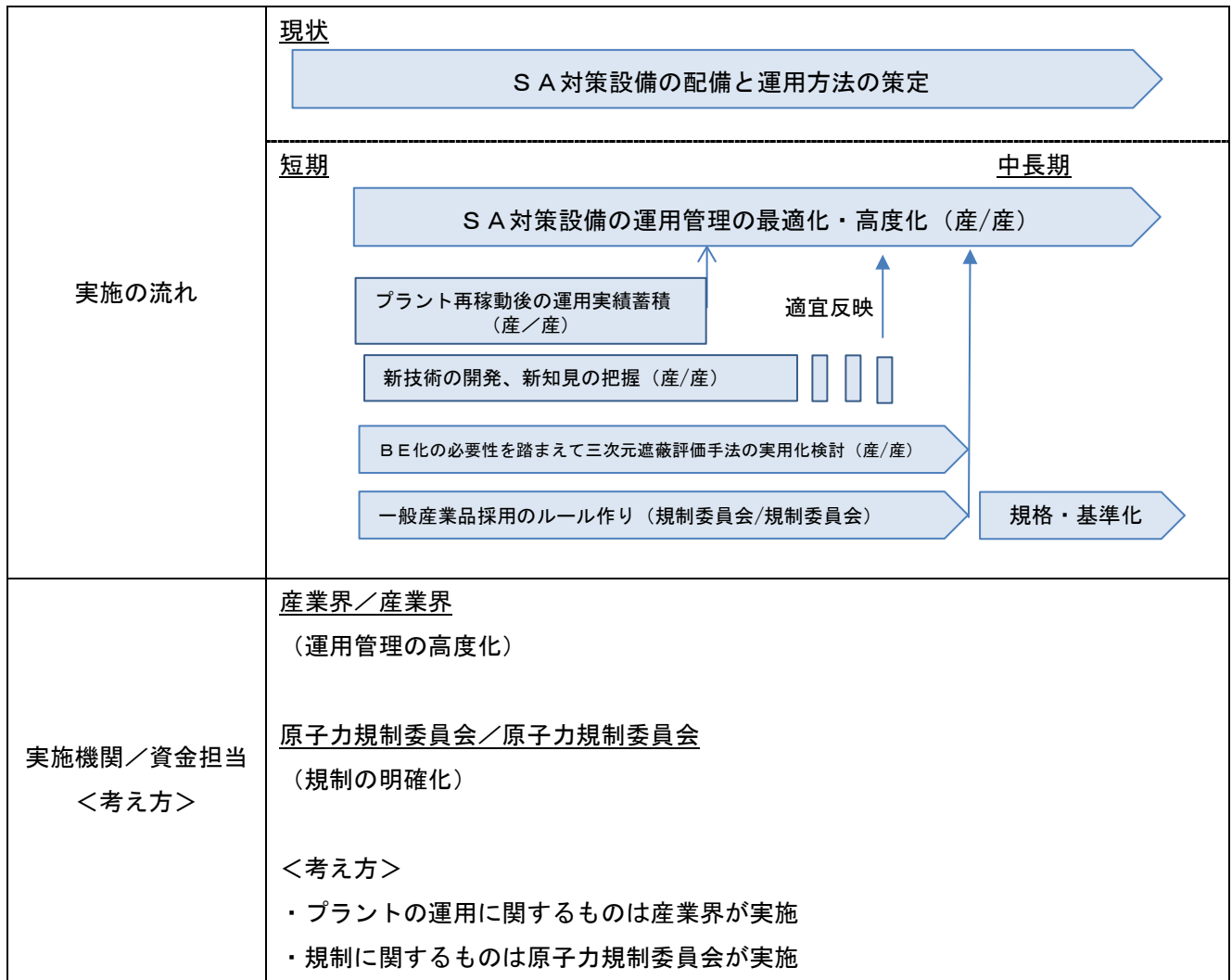
【改訂履歴】

改訂 番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
一	2015年5月21日	初版
1	2016年11月30日	・ 課題調査票の不整合修正（他課題との相関の箇所を見直し）

課題調査票

<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【S111_d14】 S A対策機器の運用管理の最適化・高度化</p>
<p>マイルストーン および 目指す姿との関連</p>	<p>短 I. 事故発生リスク低減・更なる安全性向上の実施 ⇒リスク情報に基づいた事故発生リスク低減策が効果的に実施される必要がある。 ⇒深層防護概念を踏まえ、規制の枠を超えた自主的安全性向上が効果的・継続的に実施される必要がある。 ⇒効果的・継続的なリスク低減活動・自主的安全性向上活動の推進にあたって、国際協力の枠組みの構築や規制の高度化が促される必要がある。(事業者間、メーカー支援、自治体、国の間で、可搬設備や共有設備を運用する方法が考えられる)</p>
<p>概要(内容)</p>	<p>S A対策機器は、事故時の多様な状況を想定し、柔軟性を高めておくことが重要となる。そのためには、同一の機器を多数保有するだけでなく、多様性を持った設備を配備すること、柔軟性の高い可搬設備と対処時間が短く作業効率が高い恒設設備を適切に組み合わせること、最新技術を取り入れる等の運用管理の最適化・高度化について、実際の運用実績も踏まえて継続的に検討・改善することが必要である。また、事故を想定した訓練を適切に実施しておく必要がある。</p>
<p>具体的な項目</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ S A対策機器の配備・運用方法の最適化(恒設・可搬の最適組合せ等)</li> <li>・ 新技術の開発、新知見の把握・反映による運用管理の高度化</li> <li>・ 技術基盤として規格基準他</li> <li>・ BE化の必要性を踏まえて3次元モンテカルロコードのSA作業時被ばく評価への適用検討</li> </ul>
<p>課題として取り上げた根拠 (問題点の所在)</p>	<p>現在、新規制基準への適合に向けてS A対策設備を配置して故障想定に対して信頼性を向上させているものについては、仕様の異なる設備により多様性確保することでさらなる安全性向上できる可能性がある。</p> <p>また、ある1つの事故シナリオに着目した場合には、恒設の設備で対策する場合は、対処時間が短く、作業性・被ばく防止の観点からも優れる面がある。一方で、可搬型設備で対策する場合は、あらゆる事象への柔軟な対応という点で、恒設よりも優位であることから、これらの最適な組合せを考慮しておく必要がある。加えて、作業時被ばく評価への3次元コード適用によりBEの線量評価を行うことで、より効率的な対処方法を構築できる可能性もある。</p>

<p>現状分析</p>	<p>現状、S A対策機器はオンサイトでの対応を中心としているが、再稼動プラントの増加等で設備数が多くなるとオンサイトのエリアは限られており、エリア的な制限を受けることになる。</p> <p>また、S A対策機器は、事故を収束するための最適なS A対策設備として、現時点で適用可能な技術・設備を導入しており、原子力仕様品に限らず、一般産業品も配備している。可搬設備と恒設設備の適切な組合せを目指す上で、規制基準の要求事項を満足するために、一般産業品の信頼性を確認しつつ、一般産業品は調達が可能であることのメリットを活かして使用範囲の拡大を図る。</p> <p>人材基盤に関する現状分析は以下の通りである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・事業者では教育、事故時訓練等を通じて、S A対応要員を育成している。</li> <li>・規格基準の要求事項を満足する一般産業品を採用するために、一般産業品に関する知識が必要か、さらには、一般産業品の設計者に原子力に関する知識を要求するか等について検討が必要。</li> </ul>
<p>期待される効果 (成果の反映先)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・S A発生時の安全性・信頼性向上</li> <li>・規格他等による透明性向上及び社会的受容性の向上</li> </ul>
<p>他課題との相関</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・S111_d30：重大事故等（S A）対策機器の保全管理の確立</li> <li>・S104M101L102_b02-1：原子力災害対策組織・体制（地域防災との関わりを含む）の連携強化</li> <li>・S104_c02：組織対応力強化（専任化、事故時手順書の高度化）や対応要因の教育訓練（事故時対応力強化等）の高度化</li> <li>・M103L101_a04：大規模自然災害対応へのリスクガバナンス構築</li> <li>・S110M106L103_d02： <ul style="list-style-type: none"> <li>短期：福島第一原発事故を踏まえた外的事象に関連するIAEA基準等策定への参画</li> <li>中期：外的事象に関連するIAEA基準等策定への貢献</li> <li>長期：外的事象に関連するIAEA基準等策定の主導</li> </ul> </li> <li>・S111M107L104_d10：耐久力・復元力を強化した世界標準の軽水炉設計の構築</li> <li>・S111_d12：深層防護の第1-3層（設計）から第4層（AM対策）および第5層（防災）まで総合的に考えた設計への取り組みによる事故制御性の抜本的向上</li> </ul>



【改訂履歴】

改訂 番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
—	2015年5月21日	初版
1	2016年11月30日	・課題調査票の不整合修正 (他課題との関連の箇所を見直し)

課題調査票

<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【S111_d15】 耐震新技術（免震・制振等）の適用</p>
<p>マイルストーン 及び 目指す姿との関連</p>	<p>中 III. 事故発生リスクを飛躍的に低減する技術の整備 ⇒原子力をベースロード電源として活用されるため、事故発生リスクを飛躍的に低減する技術開発および設計技術への反映がなされる必要がある。</p>
<p>概要（内容）</p>	<p>事故発生リスクの低減として、最新知見を反映した技術成果（免震・制振技術）の活用を実施する。 原子力への適用にあたっては、事故発生リスクの低減効果の確認として、設計条件を超えた場合の評価手法についても評価手法を確立する必要がある。</p>
<p>具体的な項目</p>	<p>短期では、既存技術の高度化及び設計を超えた事象に対する検討を行うとともに、中・長期にて実施していく耐震新技術に関する基礎的な検討（一般建築への適用事例を踏まえた検討など）を実施する。その後、短期での成果を踏まえ中・長期的に耐震新技術を適用した場合のリスク評価や3次元免震の原子力施設への適用などの更なる技術検討を行う。</p> <p><b>【免震】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 複合荷重を対象とした解析手法の検討             <ul style="list-style-type: none"> <li>→ 3次元動的条件下における免震装置の特性変化（熱影響）の把握、渡り配管に及ぼす熱影響評価手法の開発、建屋偏心による影響など</li> </ul> </li> <li>・ 荷重（変位含む）評価方法の検討</li> <li>・ 終局（及び終局後）挙動の評価方法             <ul style="list-style-type: none"> <li>→ 建屋と擁壁衝突対策</li> <li>→ 免震装置の終局レベルにおける復元力特性（部分破断、全数破断時の支持機能）の把握</li> <li>→ 免震装置破断限界のシミュレーション解析手法の確立</li> <li>→ 渡り配管のサポートおよび埋込み金物を含めた配管サポート系の限界耐力の把握</li> </ul> </li> <li>・ 免震技術の高度化（建設工法含む）             <ul style="list-style-type: none"> <li>→ 複合免震装置（LRB とすべり支承の併用）等による変形性能向上及び鉛直応答の抑制の実機への適用を踏まえた有効性検証</li> <li>→ 免震建屋の建設工法高度化</li> <li>→ 免震装置ペDESTALの合理的設計法</li> <li>→ 航空機衝突、竜巻等の飛来物の衝突荷重に対する免震建屋の影響評価手法</li> <li>→ 浸水時（津波・洪水・溢水）における免震装置の健全性</li> <li>→ 3次元免震、アクティブ免震など</li> </ul> </li> </ul> <p><b>【制振】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ メカニズムと適正な荷重評価法の対応</li> <li>・ 終局（後）挙動の評価方法</li> <li>・ 建屋・大型機器応答低減のための制振技術の検討</li> <li>・ 制振ダンバ適用の機器設計方法検討</li> <li>・ 原子力機器向け制振装置の開発</li> <li>・ 保守の高度化（フリーメンテナンスなど）</li> </ul>

<p>課題として取り上げた根拠 (問題点の所在)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 規制側では、平成 18 年 9 月 19 日に「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」が改訂され、改訂前の審査指針の基本方針で記載されていた岩盤支持の要求がなくなり国内でも免震・制振設計が導入可能な状況</li> <li>・ 免震システムは、「原子力発電所免震構造設計技術指針 (JEAG4614-2013)」(日本電気協会) を制定</li> <li>・ しかし、現行の設計基準では、設計条件を超えた領域における裕度の確認が不十分       <ul style="list-style-type: none"> <li>→ 設計条件を超えた領域における免震装置耐力の把握 (データ拡充)、これを踏まえた挙動評価手法 (免震建屋と非免震建屋の間を渡る配管等の健全性評価手法の確立、建屋と擁壁衝突対策等) の確立 (残余のリスク評価手法の高度化) ・ 規程への反映が必要</li> </ul> </li> <li>・ 鉛直方向地震動に対する応答低減対策の実用化       <ul style="list-style-type: none"> <li>→ FBR 向けなど一部で 3 次元免震の研究がなされていたものの、従来の免震システムの検討は、基本的に積層ゴムを用いた水平方向のみの免震である。しかし、新規基準対応において鉛直方向の地震動においても水平方向と同様に大きくなっていることから鉛直方向についても応答低減対策が必要</li> </ul> </li> <li>・ 制振構造は、「原子力発電所耐震設計技術規程 (JEAC4601-2008)」において、機器・配管系に対する制振サポートを用いた場合の設計法を規程</li> <li>・ 対象のタイプは、弾塑性ダンパ、摩擦ダンパ、鉛ダンパなど       <ul style="list-style-type: none"> <li>→ 適用可能なタイプが限定的であり、原子力分野も含めた最新の知見・技術の導入や、原子力設備適用にむけた設計法や新規装置開発の研究、規格化が必要</li> </ul> </li> <li>・ 地震以外の事象に対する免震・制振システムへの影響 (地震との組合せの考え方も含む) 検討が必要</li> </ul>
<p>現状分析</p>	<p>現状分析は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 新設プラント (リプレース含む) では、既設プラントよりも事故発生リスクが低いプラントが求められると予想される。特に、事故発生リスクへの影響度が高い外的事象 (地震) に対しては耐震新技術適用によるリスク低減が望まれる。</li> <li>・ この耐震新技術については、一般建築においてすでに適用されている事例 (3 次元免震を適用した共同住宅) や原子力施設への適用を前提とした振動試験等の事例がある。</li> <li>・ 耐震新技術適用においては、試験など検討に時間がかかることから、短期での検討を踏まえた中・長期的な視野での継続的な計画が必要である。</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>－ 設計条件を超えた領域での設計法やリスク評価手法の確立</li> <li>－ 地震以外の外的事象 (津波・竜巻・航空機衝突等) による影響について、課題の抽出・評価手法の検討</li> <li>－ 原子力施設に適用可能な 3 次元免震システムの開発</li> <li>－ 弾塑性ダンパ、摩擦ダンパは JEAC4601-2008 に規定されているが、一般建築・機械設備で既に実用化されているオイルダンパ、粘性ダンパなどの制振装置の導入や、設計法の検討は進んでいない</li> </ul> <p>人材基盤に関する現状分析は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 一般建築分野を中心に制振装置の実用化が進んでおり、関連する人材はおり、また原子力においても免震システムの適用に関する研究を実施していることから、人材はいるが新設プラントが無いため従事者が少ない。また、規制機関においても新設プラントが無いため、審査できる人材・体制は整備されていない。</li> <li>・ 上記状況を解決するためには、以下の取り組みが必要である。       <ul style="list-style-type: none"> <li>－ 育成する環境の確保 (具体的な適用目標の設定)</li> <li>－ 国・事業者含めた規制の枠組み作り</li> </ul> </li> </ul>
<p>期待される効果 (成果の反映先)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 新設プラント (リプレース含む) への適用</li> <li>・ 事故発生リスクの低減 → 安全性向上対策での活用</li> </ul>



<p>他課題との相関</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ S111_d22 (既設) プラントの信頼性評価に有効な安全裕度の高精度化</li> <li>・ L103_d16 外的事象によるプラント全体リスクを極小化する革新的設計技術・維持管理法開発</li> </ul>
<p>実施の流れ</p>	<p>The flowchart is divided into three time periods:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>短期 (~短期):</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>S111_d22 (dashed arrow)</li> <li>免震システムの評価手法の開発</li> </ul> </li> <li><b>~中期:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>免震システムの評価手法の確立 (産/産 学・行政/行政)</li> <li>設計条件を超えた領域での設計法・リスク評価検討</li> <li>外的事象による免震システムへの影響</li> <li>複合免震装置(積層ゴム+すべり支障など)の適用</li> <li>3次元免震装置の開発・適用検討</li> <li>制振構造の評価手法の確立 (産/産 学・行政/行政)</li> <li>設計条件を超えた領域での設計法・リスク評価検討</li> <li>外的事象による制振構造への影響</li> <li>最新知見、技術を反映した制振装置の適用検討</li> </ul> </li> <li><b>~長期:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>L103_d16 (dashed arrow)</li> </ul> </li> </ul>
<p>実施機関／資金担当 ＜考え方＞</p>	<p><u>産業界／産業界</u> <u>学术界・行政／行政</u> 耐震新技术(免震・制振)に関する手法の確立、設計想定を超えた領域でのリスク評価の検討</p> <p><u>学協会／産業界</u> 耐震新技术を適用するにあたっての規格策定・充実</p> <p><u>学术界・原子力規制委員会／原子力規制委員会</u> 耐震新技术に関する規制基準策定・充実</p> <p>＜考え方＞</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 電気事業者を主体とする産業界は、事業主体として学术界とも連携・協力して安全性の適正評価・向上に努める。</li> <li>・ 学協会は、免震システムの評価手法の規格改定を行う。</li> <li>・ 実施主体が資金担当となることが適当であるが、耐震新技术は、原子力事業のみならず幅広く展開できることから行政も資金担当する。</li> </ul>

【改訂履歴】

改訂 番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
一	2015年5月21日	初版

課題調査票

<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【L103_d16】 外的事象によるプラント全体リスクを極小化する設計技術・維持管理法開発</p>
<p>マイルストーン及び 目指す姿との関連</p>	<p>長Ⅱ. 革新的技術開発等による原子力のメリット最大化・デメリット極小化 ⇒革新的技術開発により、原子力プラントの安全・安定運転を目指す取り組みがなされる必要がある。 ⇒放射性廃棄物の減容化・有害度低減に係る革新的技術開発により、環境負荷低減を目指す取り組みがなされる必要がある。</p>
<p>概要 (内容)</p>	<p>地震、津波、竜巻、航空機衝突などの外的事象に対するプラント全体のリスクを極小化するため、設計技術、維持管理方法、またこれらの技術による安全確保を補完する、解析評価技術や新たな材料を開発する。</p>
<p>具体的な項目</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ リスク低減のための耐震、免震及び制振の設計技術の開発</li> <li>・ 津波、竜巻などの外的事象に対する設計技術の開発</li> <li>・ 地震、津波、竜巻、航空機衝突といった実機大の試験が困難な外部事象での構造健全性を、弾塑性/大変形を考慮して精緻に評価する解析技術の開発</li> <li>・ 経年劣化事象を反映した設計技術の開発</li> <li>・ 飛来物衝突による衝撃力の緩和や、コンクリート壁補強にも適用でき、かつジェット燃料による火災への耐性も合わせ持つ、高粘性/高難燃(コーティング)材の開発</li> <li>・ 新知見に関する管理基準及び対策指針の策定</li> </ul>
<p>課題として取り上げた根拠 (問題点の所在)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ リスク低減のための耐震、免震及び制振の設計技術の開発</li> <li>・ 地震や津波等の外的事象に対する設計技術は適宜、設計や規格基準に反映されているものの、中長期的に設計技術、維持管理方法の開発は必要である。</li> <li>・ 竜巻や航空機衝突に対する数値解析評価は、さらなる高度化が必要であり、またこれら外部事象への緩和策の検討が必要と考えられる。</li> </ul>
<p>現状分析</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 設計条件を超えた領域での設計法やリスク評価については規定されておらず、現在実施中の研究成果を踏まえた評価手法の確立が必要である。</li> <li>・ 竜巻・航空機衝突等の衝撃荷重による影響について、課題の抽出・評価手法の検討が必要である。</li> <li>・ 維持管理に関する日本の技術は高レベルにあるものの、中長期的な技術高度化は必要である。</li> <li>・ 外部事象に対する緩和策・健全性確認方法の検討が必要である。</li> <li>・ 耐震、免震設計技術に関する研究は現在、行われており、関連人材はいるものの、新設プラント建設が無いため、中長期的な人材確保は課題と考えられる。</li> <li>・ 竜巻、航空機落下に関する影響研究が本格化しつつある段階であり、今後、計画的な人材の育成が必要である。</li> </ul>

<p>期待される効果 (成果の反映先)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・新設プラント（リプレース含む）への適用</li> <li>・事故発生リスクの低減</li> <li>・動的荷重に対する耐力強化</li> <li>・新知見に関する基準の明確化</li> </ul>
<p>他課題との相関</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ M106_d40：耐震安全性の評価と結び付けた維持管理</li> <li>・ M106_d07：地震等外的事象に対する具体的な再稼働指針の開発とその高度化</li> <li>・ S111_d15：耐震新技術（免震、制震等）の適用</li> <li>・ S111M107L103_d42：システム・構造・機器（SCC）の信頼性向上と高度化</li> <li>・ S110_c10：外的事象（自然現象など）に関する新知見の継続的取り組みの枠組み実現</li> </ul>
<p>実施の流れ</p>	<p>S111M107L103_d42, S110_c10, M106_d40, M106_d07, S111_d15</p> <p>→ 外的事象によるプラント全体リスクを極小化する革新的設計技術・維持管理法開発</p> <p>リスク低減のための耐震、免震及び制振の設計技術の開発(産/産)</p> <p>津波、竜巻などの外的事象に対する設計技術の開発(産/産)</p> <p>弾塑性/大変形を考慮して精緻に構造健全性を評価する解析技術(産/産)</p> <p>経年劣化事象を反映した設計技術の開発(産/産)</p> <p>高粘性/高難燃(コーティング)材の開発(産/産)</p> <p>新知見に関する管理基準及び対策指針(産・学/産)</p>
<p>実施機関／資金担当 ＜考え方＞</p>	<p><u>産業界 / 産業界</u></p> <p>リスク低減のための耐震、免震及び制振の設計技術の開発、津波、竜巻などの外的事象に対する設計技術の開発、弾塑性/大変形を考慮して精緻に評価する解析技術、経年劣化事象を反映した設計技術の開発、高粘性/高難燃(コーティング)材の開発</p> <p><u>産業界・学協会 / 産業界</u></p> <p>新知見に関する管理基準及び対策指針の構築</p> <p>＜考え方＞</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 電気事業者を中心とする産業界は、事業主体として安全性の適正評価・向上に努める。</li> <li>・ 学協会は、規格化を行う。</li> <li>・ 実施主体が資金担当となるのが適当。</li> </ul>

【改訂履歴】

改訂 番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
—	2015年5月21日	初版
1	2016年11月30日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 課題調査票の不整合修正（他課題との相関、実施の流れの箇所を見直し）</li> <li>・ 記載の適正化（表現の見直し）</li> </ul>

<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【S111M107_d17-1】 炉心・熱水力設計評価技術の高度化</p>
<p>マイルストーン および 目指す姿との関連</p>	<p>短 IV. 信頼性向上へ向けたプラント技術・運用管理の高度化 ⇒事故リスク低減のため、通常運転、異常事象収束の信頼性向上に係る活動の活性化がなされる必要がある。 ⇒福島第一事故を踏まえ設置導入した SA 設備等の保全・運用管理が最適化される必要がある。 ⇒60 年運転に向け、高経年化対策が高度化され設備信頼性の向上が行われる必要がある。 ⇒規制の高度化を促す環境が醸成されるために必要である</p> <p>中 II. 既設プラントの高稼働運転と長期安定運転の実現 ⇒安定活コストバランスに優れたエネルギー源としての利用に向け、高稼働運転や適切な高経年化対策を前提とした長期間運転が必要となる。</p> <p>中 III. 事故発生リスクを飛躍的に提言する技術の整備 ⇒原子力をベースロード電源として活用されるため、事故発生リスクを飛躍的に低減する技術開発および設計技術への反映がなされる必要がある。</p>
<p>概要 (内容)</p>	<p>炉心及び熱水力設計評価技術は、通常及び事故時の炉心挙動評価の基盤技術である。これらの技術の信頼性向上は、通常運転および異常事象収束の信頼性向上に直接寄与する。特に最適評価および不確かさ評価技術、また未臨界度測定を含む実験技術の開発、炉物理計算には欠かすことができない核データ評価技術の維持、不確かさ評価の入力データとなる共分散データの整備を行い、炉心及び熱水力設計評価技術の高度化に資する。また、上記手法はその時々最新のハードウェア(例として、高度化燃料等)に対応できるように整合を取った検討とする必要がある。更に SA、クリアランス、DBA など様々な評価にソフトウェアの観点から適用されることを想定する必要がある。</p>
<p>具体的な項目</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 不確かさ評価技術及び安全余裕の定量評価技術の向上</li> <li>(2) 数値シミュレーション技術の高度化(*)のための最適評価手法の開発</li> <li>(3) インベントリ・放射化高精度評価技術の高度化とクリアランスレベル設定への適用技術</li> <li>(4) 実験計画・測定技術の高度化</li> <li>(5) 未臨界度の絶対測定手法及び未臨界と判定できる実効増倍率(最大許容増倍率)の決定方法</li> <li>(6) 燃焼度クレジットによる未臨界管理</li> <li>(7) 燃料サイクル施設における仮想臨界事故解析手法の高度化</li> <li>(8) 核データ評価技術の継承と高度化及び核データの整備</li> <li>(9) 国産標準コードシステムの開発、国産断面積処理コードの整備</li> <li>(10) 核設計コードの標準(検証用)ベンチマーク問題の整備</li> <li>(11) 高度化燃料の材料開発/照射挙動評価</li> <li>(12) 高度化 MOX 燃料の開発</li> <li>(13) 座屈燃料に対する熱水力特性評価</li> </ol>

	<p>(14) 高度化燃料・高度化手法導入に向けた熱水力試験実施，評価コードの開発 (15) 崩壊熱評価手法の高度化</p> <p>(*) マルチフィジックス・マルチスケールシミュレーション技術</p>
<p>課題として取り上げた 根拠 (問題点の所在)</p>	<p>「具体的項目」毎の根拠を以下に示す。</p> <p>(1) 安全解析に見込む余裕は、保守的に想定される最も厳しい条件における解析結果と通常運転範囲の解析結果の差に基づくもの、製造公差や測定誤差及び物性値の不確かさからの伝播誤差によるもの、工学的判断によるもの等、様々な方法で設定される。このように設定されている安全余裕の内訳を定量的に把握することは、原子力安全を科学的・合理的に確保する観点から重要である。また、物性値（断面積、崩壊定数等）、製造スペック、計算手法、検証に用いる測定手法や実験手法等に不確かさが含まれることから、現在の原子炉の設計手法では、これら個々の入力の不確かさを伝播させる形で対象パラメータの誤差を評価するのではなく、対象パラメータに対する保守性や安全余裕を設定し、安全性を担保している。このため、個々の炉物理パラメータに対する不確かさ定量評価技術は発展途上にある。一方、解析手法を高度化することにより、モデルが詳細化し、安全評価に用いられる従来の代表的かつ粗視的パラメータ（炉心パラメータ）に加え、詳細な解析結果と個別条件での現実の解析対象との物理的対応が明瞭になる。従って、こうした解析評価技術の高度化に適した不確かさの評価技術が必要となる。</p> <p>(2) 安全余裕の定量化、不確かさ評価技術の高度化のために、直接、実験によって検証できない事象を数値シミュレーションで代替する技術が必要である。実験や測定と計算科学技術が相補的に作用することで原子炉の状態把握や予測精度に大きな向上をもたらす。この際、種々の不確かさの要因（モデル、数値計算方法、試験など）について、バランスよく低減することが必要である。</p> <p>(3) 燃焼や放射化による核種の生成量の精度検証を測定のみ reliant する方法では、労力とコスト面から恒常的な実施が難しく、非破壊測定と解析との融合による経済的かつ信頼性の高い評価技術が必要である。また、臨界評価において燃焼度クレジットを導入する際の品質保証としても期待できる。更に、クリアランスの評価における放射化精度向上は、廃棄物低減の観点からも有用である。</p> <p>(4) 事故時/事故後の炉心状態を正確に把握するために、測定可能な中性子と <math>\gamma</math> 線、放出核種等を活用した遠隔で高精度な炉物理パラメータ測定技術が必要となる。また、一般に実験体系と実機体系は異なったものにならざるを得ないが、実験で実機をできるだけ正確に模擬するため、実機体系の特徴を客観的に再現する指標がどのようなものであるべきかについて研究を進める必要がある。</p> <p>(5) 最大許容増倍率は、核燃料の臨界安全（臨界事故防止）において最も重要なパラメータであり、その設定については高い説明性が求められるため、最新知見に基づいた検討を行う。また、原子炉起動前などの通常運転で現れる原子炉の未臨界状態に加え、異常時の炉心、燃料プール等の貯蔵施設、加工施設を対象とした未臨界度の絶対測定技術は、核燃料を取り扱う施設一般の安全性向上に貢献すると</p>

考えられる。また、起動前の原子炉の特性を測定することにより、原子炉の設計の妥当性を起動前に確認することが可能となり、安全性の向上につながる。なお、未臨界度の絶対測定技術は、現在に至るまで原子炉物理の未解決の問題の一つであり、その開発は学術的にも大きな意義を持つ。

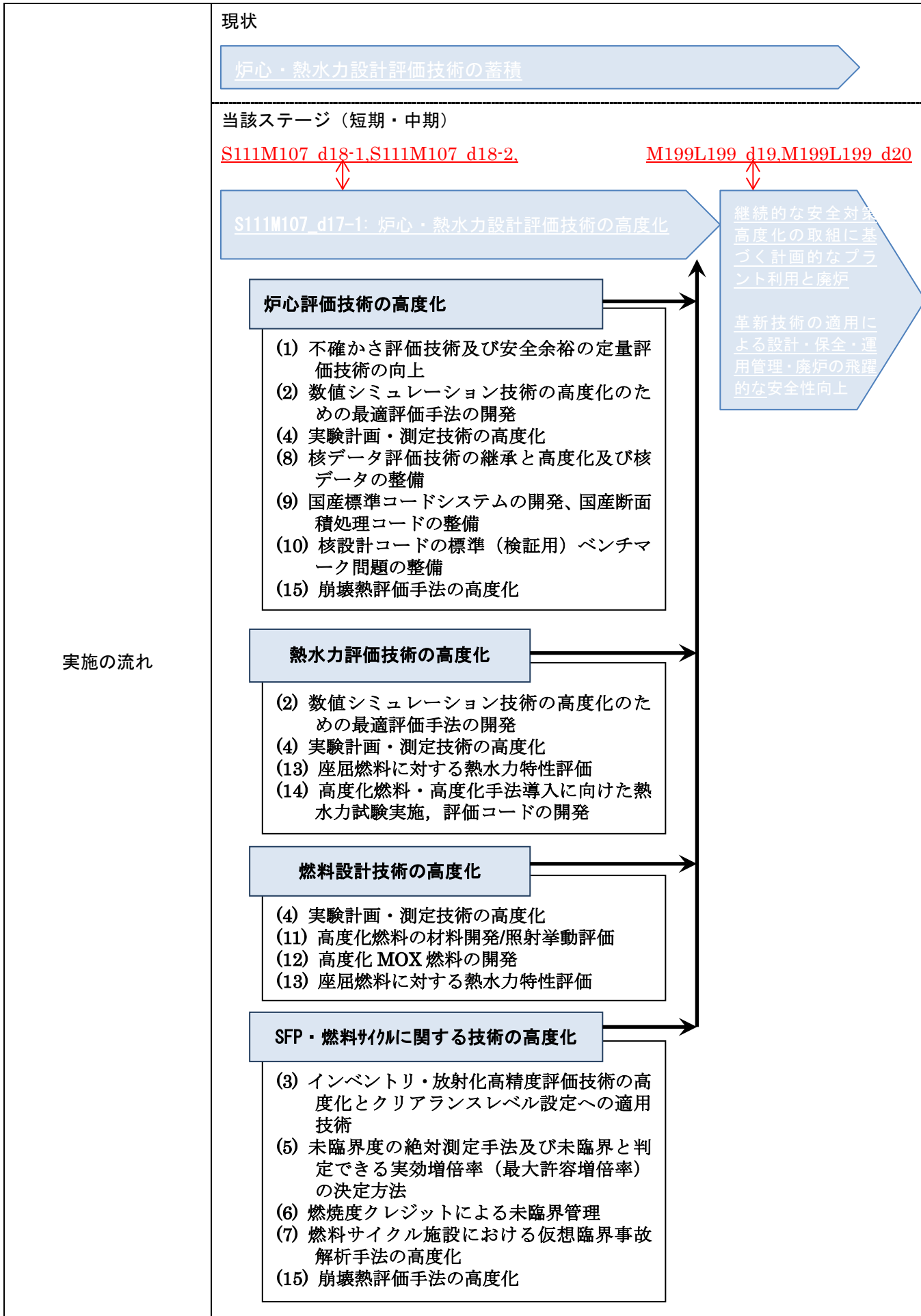
- (6) 使用済・一部照射済燃料の臨界安全において、燃焼による反応度の低下を評価に取り入れることで、合理的な保管や輸送が可能となる。健全性が保たれている通常の燃料に加え、福島第一の燃料デブリを含む廃棄物燃料についても適切に燃焼度クレジットを考慮し、安全に管理する必要があるため燃焼度クレジットによる未臨界管理の標準化は必要である。
- (7) 再処理施設や濃縮度 5wt%を超える加工施設などにおいて、臨界事故を想定した臨界安全・臨界管理の標準的な設計手法は、必ずしも確立されていない。燃料サイクル施設に対して実施されるストレステストおよび総合的安全性評価も見据え、科学的・合理的な手法に則った標準的な設計手法を示す必要がある。
- (8) 核データ評価にはノウハウに依拠するところが大きく、その継承が課題となっている。核データは、炉物理を支える基礎物性データとして不可欠のものであり、その評価技術が維持され続けることが必要である。このため、核データ評価技術を継承されやすい形に標準化する。さらに、標準化により、核データの品質向上に寄与する。また、核データは、原子力利用の初期よりその整備が進められており、これまでもかなりの精度向上が図られてきてはいるが、いまだに積分実験との乖離がみられる場合もあり、特に MA 核種については、評価済ライブラリ間で有意な差異が存在しているものもある。また、核データ由来の核計算誤差評価は、今後の核設計において必須のものとなりつつあり、このための共分散データの整備も進められているが、現存する核データの共分散のすべてに十分な信頼性があるとは言い難く、今後も実験データ取得や評価を通じて継続的に改善を図る必要がある。
- (9) 実験的な実証性を補足するためにモンテカルロコード等が参照解とされている。JAEA の MVP や米国の MCNP 等が良く利用されているが、炉心設計全般を解析するためのコードではなくベンチマークの参照解としての利用が主である。この参照解としてのコードシステムの研究開発は継続されるべきであるが、メーカーや電力会社の炉心設計や安全解析の妥当性を規制当局が客観的に確認するための標準コードシステムが必要である。また、その入力となる核データについては、処理コードと合わせ、その信頼性実証と品質保証を含む整備が必要である。今後の原子力プラントの輸出を考慮すると、国産コードの開発の必要性は高く、そのコードを維持管理していく仕組み(組織)が必要である。
- (10) 炉物理解析分野において、最新知見の取り込みを迅速化するために、その標準的な検証方法を確立する必要がある。標準的な検証法は、解析コードの型式認定にも使用することが可能であると考えられる。このような標準的な検証方法を整備することにより、新たなコードを開発した場合に、客観性、透明性のある検証が可能となり、説明性と安全性の向上に寄与することができる。
- (11) (12) 炉心・熱水力設計評価技術は、燃料設計・開発(含む MOX 燃料)にも適用



	<p>されるため、高度化燃料設計においても、より精度の高い炉心・熱水力設計評価を適用していくことが燃料設計の安全裕度の精緻化の観点でも望まれる。</p> <p>(13) 地震発生後の座屈燃料に対して冷却性能や燃料圧損など熱水力特性を把握することが重要である。</p> <p>(15) 現在、崩壊熱評価で使用している学会推奨の崩壊熱は、核分裂生成物とアクチニドによる崩壊熱を評価できるものの、アクチニドについては短半減期の2核種に限定されている。シビアアクシデントでは、長期的なアクシデントマネジメントが求められることから、長期にわたる崩壊熱を評価するためににはアクチニドの評価核種を充実させるなど、評価精度を向上させることが求められている。</p>
<p>現状分析</p>	<p>「具体的項目」毎の現状分析を以下に示す。</p> <p>(1) 不確かさ評価技術は、安全余裕の定量化の基礎となるべき技術であり、炉物理の入力となる物理量、炉物理で生成(計算)される物理量に対し、それぞれの不確かさの伝播および評価技術を確立する必要がある。併せて、検討すべき不確かさを整理し、不確かさ評価が可能な物理量、現時点で評価不可能なもの、実験等を実施すれば評価可能となるもの等に仕分けする必要がある。また、安全余裕に関し、炉心設計や安全解析で利用される炉物理技術を抽出し、炉物理的な解析値に対して安全余裕を見込むべきパラメータ、材料/寸法のスペックに反映すべきパラメータ、解析の前提条件に反映すべきパラメータなどに整理し、それぞれの定量化方法を定める必要がある。</p> <p>(2) 通常運転、過渡・事故における炉内の核・熱・流動現象を詳細に模擬するマルチフィジックス統合解析を、メゾからマクロスケールまでのマルチスケールで実施できる技術を最新の計算科学技術に基づき開発する必要がある。このような解析技術により、実験が困難な異常時、特に減速材密度等が通常運転時から大きく乖離した場合の炉心挙動を正確に推測することが可能となる。このような解析手法は、例えば過酷事故時の炉心挙動を把握するための基盤技術として必須である。</p> <p>(3) 計量管理、臨界監視、保障措置、クリアランスなどの観点から核種インベントリに対し信頼性の高い評価を与える技術開発を行う必要がある。また、低レベル廃棄物のクリアランスレベル設定にあたり、炉物理・核計算の立場から放射能濃度測定・評価の高精度化を図る必要がある。</p> <p>(4) 事故時評価や将来炉設計を見据えた体系の模擬性や測定技術の高度化に資する関連技術を開発する必要がある。</p> <p>(5) 核燃料を含んだ種々の体系に対して、未臨界度の絶対値を測定する手法を開発する必要がある。また、臨界安全ハンドブックによると、対象系が未臨界であると計算により判定するために用いられる中性子増倍率である「最大許容増倍率」は、臨界になると思われる値(推定臨界値)を推定する際の誤差を考慮して定めた「推定臨界下限増倍率」(未臨界であると判断してよいと考えられる中性子増倍率の上限)に安全裕度を考慮して定めることとなっている。この最大許容増倍率の設定方法を最新知見に基づいて検討する必要がある。</p> <p>(6) 燃焼度クレジットを適用する際の臨界安全設計と運用管理の手順について、評価</p>

	<p>の考え方、計算条件の設定、考慮する核種の選定、核データ、燃焼計算コードの妥当性確認法などが検討されている段階であり、標準化はされていない。</p> <p>(7) 臨界安全の観点から、事故シナリオの設定、シナリオ毎の未臨界度の評価、臨界の検知、終息手段の検討、事故時の被曝線量評価等の手法を開発・高度化し、より安全性・説明性の高い燃料サイクル施設の設計に資する必要がある。</p> <p>(8) 実験的研究により得られた測定値と理論的研究により得られる計算値を基にして、最も適切と考えられる核データの値を評価するための技術について、その標準化を図り、次世代に継承するとともに、高度化（改良）を進める必要がある。また、ここでの核データ評価技術には、核データ測定や理論計算も含めて考えるものとする。また、共分散データを含めた核データについて、その品質を管理し、より高精度の核データとして整備する。MA等のサンプル入手の問題を考えると、国際的な枠組みでの取り組みが必要である。</p> <p>(9) 炉心設計の検証に資する国産標準核計算コードシステムと断面積処理コードを整備する必要がある。</p> <p>(10) 核計算コード（核データを含む）の信頼性評価（検証）に利用できるベンチマーク問題を整備し、標準的な検証手法を確立する必要がある。今後 20-30 年程度に許認可の対象になり得ると考えられる炉等（サイクル施設も含む）について、規制も交えた場でベンチマーク問題の選択を行い、各炉等に対する「標準」として提供する。「標準」としての検証用問題の整備では、対象となる炉型や（サイクル）施設に応じて適切なベンチマーク問題を選択する必要があるが、その際にどのような観点で対象とする炉等との類似性を判断するのかが重要となる。また、実証性の観点から実機商業炉のデータに基づくベンチマーク問題の整備について検討する必要がある。</p> <p>(11) (12) 高度化燃料の設計・開発（MOX 燃料を含む）に求められる技術範囲が現状の炉心・熱水力設計評価の適用範囲と整合していれば現状の評価手法が適用可能である。適用可能な場合でも高度化された炉心・熱水力設計評価を用いた方が評価精度向上に繋がると予想される。</p> <p>(13) 座屈燃料に対する熱水力特性を定量評価可能なデータが不足している。</p> <p>(15) 崩壊熱評価の精度向上の為には、核種の燃焼チェーンの充実とこれに基づく核種生成（崩壊熱評価）コードの開発、及び PIE データの拡充等による検証が必要である。JAEA の主導にて崩壊熱評価コードを開発・検証し、その後、民間を含めて崩壊熱評価の標準手法を構築し、評価精度の精緻化を図っていく。</p>
<p>期待される効果 (成果の反映先)</p>	<p>「具体的項目」毎の期待される効果を以下に示す。</p> <p>(1) 不確かさの評価技術の向上により、詳細な解析結果と個別条件での現実の解析対象との物理的対応が明瞭になる。また、安全余裕の内訳を定量的に把握することは、原子力安全を科学的・合理的に確保する事ができる。</p> <p>(2) 安全余裕の定量化、不確かさ評価技術の高度化のために、直接実験によって検証できない事象を数値シミュレーションで代替する事ができる。</p>

	<p>(3) クリアランスレベル設定に関し、非破壊測定と解析との融合による経済的かつ高信頼性のある評価技術が入手できる。</p> <p>(4) 事故時/事故後の炉心状態を把握するための高精度な物理パラメータ測定技術の確立</p> <p>(5) 未臨界度の絶対測定手法が確立でき、核燃料を取り扱う施設一般の安全性向上に貢献できる。</p> <p>(6) 燃焼度クレジット評価手法の標準化の確立と合理的な保管や輸送の確立</p> <p>(7) 再処理施設や 5wt%燃料を超える加工施設での臨界事故を想定した臨界安全・臨界管理の標準的な設計手法の確立</p> <p>(8) 炉物理を支える基礎物性データである核データ評価技術の標準化と高度化および MA 核種などに関する共分散データを含めた核データの整備と精緻化</p> <p>(9) 炉心施設や安全解析の妥当性を規制当局が客観的に評価するための国産標準コードシステムの確立と国産断面積処理コードの整備</p> <p>(10) 標準ベンチマーク問題の整備による標準的な検証方法の確立 新コード開発に対する客観性・透明性のある検証手段の確立</p> <p>(11) (12) 高度化燃料設計・開発のインプットとなる精度の高い炉心・熱水力設計評価手法の確立</p> <p>(13) 座屈燃料に対する冷却性能や燃料圧損など熱水力特性の把握。</p> <p>(15) 長期冷却に対する崩壊熱評価手法の標準化</p>
<p>他課題との相関</p>	<p>S111_d32 : (状態監視・モニタリング技術 (予兆監視・診断、遠隔監視・診断等) の高度化</p> <p>S111_d11-2 : SA 計装、SA 設備の多様化と高度化及び設備の設計技術</p> <p>S112M107_d08 : 安全解析手法の高度化</p> <p>S111M107_d36 : 高経年化評価手法・対策技術の高度化</p> <p>S111M107_d18-1 : 燃料の信頼性向上と高度化</p> <p><u>S111M107_d18-2 : 燃料の信頼性向上 (燃料の基準等整備と安全裕度評価手法の明確化)</u></p> <p>M107_d25 : 運転性能の高度化 (事象進展抑制、停止機能、負荷追従、等)</p> <p>S111M107_d09 : 使用済燃料の安全評価技術の高度化</p> <p>S103_b07 : 廃棄物の長期保管に向けた健全性評価技術、管理技術の高度化</p> <p>S111M107_d24 : プラント運用技術、炉心設計管理の高度化</p> <p>M199L199_d20 : 事故時耐性燃料・制御棒の開発</p> <p>M106_c01 : 計測技術・解析技術の高度化</p> <p>M102L101L104_b08 : 廃棄物や TRU 低減を実現する革新的技術及び軽水炉システムの築</p> <p>M199L199_d19 : 革新的技術開発 (材料開発等) と燃料濃縮度の見直しによる燃料長寿命化の追究</p> <p>L103_d21 : 負荷追従性の高度化</p>



<p>実施機関／資金担当 ＜考え方＞</p>	<p>実施機関及び資金担当の考え方は次の通り</p> <p>原子力規制委員会、産業界(電気事業者・メーカー)、学協会(学会、大学、研究機関)</p> <p>＜考え方＞</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・産業界は、事業主体として炉心・熱水力設計評価技術の高度化を図る。</li> <li>・産業界および学協会は、必要な技術開発に努める</li> <li>・原子力規制委員会と産業界は導入に当たっての枠組みを検討する。</li> <li>・学協会、産業界は、技術高度化に係る民間規格制定・改定または、必要な規格などについて検討する。</li> <li>・原子力規制委員会は、炉心・熱水力設計評価技術の高度化に関し必要となる規制を主体的に準備し、技術評価及び認可を行う。</li> <li>・国産標準コードシステムの開発は産業界・国の機関・学協会が、主体的に参加することが望ましい。</li> <li>・実施主体が資金担当となることが適当。</li> </ul>
----------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

【改訂履歴】

改訂 番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
制定	2015年5月21日	初版
1	2016年11月30日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・課題調査票の不整合修正（他課題との相関、実施の流れの箇所を見直し）</li> <li>・課題調査票の不整合修正（マイルストーン及び目指す姿との関連に中期の項目を追加）</li> </ul>

課題調査票

<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【S111M107_d18-1】 燃料の信頼性向上と高度化</p>
<p>マイルストーンおよび 目指す姿との関連</p>	<p>短 IV. 信頼性向上へ向けたプラント技術・運用管理の高度化 ⇒事故リスク低減のため、通常運転、異常事象収束の信頼性向上に係る活動の活性化がなされる必要がある。 ⇒福島第一事故を踏まえ設置導入した SA 設備等の保全・運用管理が最適化される必要がある。 ⇒60 年運転に向け、高経年化対策が高度化され設備信頼性の向上が行われる必要がある。 ⇒規制の高度化を促す環境が醸成されるために必要である。 中 II. 既設プラントへの高稼働運転と長期安定運転の実現 ⇒安定かつコストバランスに優れたエネルギー源としての利用に向け、高稼働運転や適切な高経年化対策を前提とした長期間運転が必要となる。</p>
<p>概要 (内容)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 燃料の高度化と安全機能の裕度向上は、以下の幅広い方策で達成することを検討することが必要であり、かつ重要である。             <ul style="list-style-type: none"> <li>- ハード/ソフト両面での燃料・炉心設計改良</li> <li>- 評価技術の高度化又は精緻化 (含、流動解析手法)</li> <li>- 判断基準値・許容設計限界値類の見直し</li> <li>- 炉心運用・管理の合理化、</li> <li>- 燃料関連設備の設置対応、</li> </ul> </li> <li>・ 燃料の高度化により、同じウラン平均濃縮度で高燃焼度を達成して使用済み燃料体数、廃棄物量を低減する。             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 燃料内のウラン濃度分布と冷却材密度分布の最適化</li> <li>- スペクトルシフト効果の活用</li> </ul> </li> <li>・ 設計改良によって燃料の信頼性を向上させ、燃料破損に伴って放射性物質を放出させるリスクを低減する。</li> <li>・ 炉心の運転条件を見直す場合において、安全余裕を確保して原子炉を運転するために必要であれば、燃料の設計改良を行う。</li> </ul>
<p>具体的な項目</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 設計、加工・製造における安全裕度向上</li> <li>・ 通常時から B-DBA までの燃料堅牢性向上 (貯蔵時を含む)</li> <li>・ 通常時から B-DBA までの燃料挙動予測技術の維持向上</li> <li>・ 現行軽水炉燃料の高度化 (省ウラン、高燃焼度化、スペクトルシフトなど)</li> <li>・ 炉心解析技術の高度化</li> <li>・ 熱水力設計評価技術の高度化 (熱水力試験実施、評価コード開発)</li> <li>・ 炉心解析技術、熱水力設計評価技術を支える 3 次元ボイド率実証データ取得</li> <li>・ 原子力安全確保のための技術情報基盤の整備</li> <li>・ RIA/LOCA 時の燃料挙動予測技術の維持向上</li> <li>・ B-DBA 条件での燃料挙動の把握・予測技術の維持向上</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 貯蔵時燃料健全性維持</li> <li>・ 燃料挙動素過程研究に関する技術の維持・向上・再構築</li> <li>・ 人材基盤</li> <li>・ 施設基盤整備</li> <li>・ 研究開発リソースの確保・維持・向上</li> </ul>
<p>課題として取り上げた根拠 (問題点の所在)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 燃料は、放射性物質の閉込め機能などを担っており、継続的に燃料の信頼性を高めていくことが必要。</li> <li>・ 燃料の高燃焼度化は、燃焼度を段階的に上げ、実炉で燃料の健全性を確認しながら進めてきた。燃料の高燃焼度化に伴い、BWR では水ロッドや部分長燃料棒を採用してきた。国内外で、部分長燃料棒を減速材密度が大きい水ロッドやチャンネルボックス隣接部に集中配置し、減速材密度を積極的に非均質化して、燃料経済性を向上させることが考えられている。これらのハード設計に対応できるボイド率評価技術、炉心設計、熱水力設計評価技術が必要。</li> <li>・ BWR では炉心流量を制御するスペクトルシフト運転が従来から実施されているが、スペクトルシフト効果を増大するスペクトルシフト燃料が考えられている。スペクトルシフト燃料の採用により、使用済み燃料体数、廃棄物量が低減できる。今までに炉心流量でスペクトルシフトロッド（改良水ロッド）内の水位を制御できることは既に確認されているが、照射炉での材料健全性、出力上昇時の熱水力特性の確認が必要。</li> <li>・ 燃料の材料を変更する場合には、燃焼の進んだ燃料を対象とした実験の実施のために専用の施設（設備、機器の整備が必要な場合あり）及び多額の予算が必要である。新たにデータ及び知見を取得しつつ公知化を進め、それらを規制基準に反映するまでには 10 年程度を要すると考えられ、早期の着手が必要である。特に、LOCA や RIA などの事故時の評価に必要なデータの取得については、国と産業界との協力が望まれる。</li> <li>・ 安全裕度の向上を、挙動解析コード等の整備、挙動解析評価手法の開発及び改良により行う際には、新しいデータ及び知見を取り入れつつ継続的に進める必要がある。またコードの円滑、タイムリーな認可を可能にする制度の構築が必要。</li> </ul>
<p>現状分析</p>	<p>現状分析は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 国内における燃料の破損割合は、海外と比較して低いレベルで推移しているものの、ピンホールの発生による放射性物質の漏えいなどが撲滅された状況には至っておらず、信頼性を高める改良設計を導入することにより、燃料の破損割合を更に低減していくことが必要である。</li> <li>・ 燃料の信頼性を高める方策として、材料の耐食性の改善、燃料への異物混入を防止するフィルター機能の強化、核設計の柔軟度を高める燃料棒配列の見直しなど、国内外で様々な改良設計の開発が進捗しており、海外を中心に順次導入が進められている。</li> <li>・ 燃料の安全機能の裕度向上は、以下の幅広い方策で達成することを検討することが必要であり、かつ重要である。</li> </ul> <p>⇒ハード／ソフト両面での燃料・炉心設計改良</p>

⇒評価技術の高度化又は精緻化（含、流動解析手法）

⇒判断基準値・許容設計限界値類の見直し

⇒炉心運用・管理の合理化

⇒燃料関連設備の設置対応

- ・ 材料開発、並びに新材料に対応した評価技術の開発、それを担う人材育成にはリードタイムが必要であることから、早急な着手が望まれる。
- ・ 長期にわたる原子炉停止により、更なる信頼性向上、高度化を目指した燃料開発が停滞しており、技術の後退が生じる前に早急に技術開発に着手すべきと考える。

#### 問題点

- ・ 燃料の信頼性に係る国内外の知見を確実に反映する基盤（国際プロジェクトへの参画を含む照射試験・照射後試験の実施、国内外の運転経験を共有など）の維持
- ・ 特に海外で豊富な実績を有する改良設計などについて、その迅速かつ円滑な導入を促す仕組みの充実（学協会規格の整備、トピカルレポート制度の活性化など）

人材基盤に関する現状分析は以下のとおりである。

- ・ 燃料の設計に必要な技術は、原子力安全の確保の基本となる技術の一つであり、必要な人材基盤を継続して確保していくことが重要であり、確保されてきた。
- ・ 今後も人材基盤を維持していくためには、大学等の教育段階から優秀な人材を集め、かつ、人材を計画的に育成していくとともに、実際に燃料設計の経験を積んでいくことが必要である。
- ・ 大学等においては人材育成に枢要な教育・研究用原子炉が少なく、かつ、今後の維持・管理にも困難が予想されている。
- ・ 我が国において開発された燃料設計に関する各種コードを世界の原子力安全に役立たせる、世界標準に反映させるコードエンジニアを育成し、活躍してもらうことが必要。
- ・ 東電福島第一事故とそれに続く原子力プラントの長期停止は、若い世代の優秀な人材を原子力分野に惹きつけ難くなっていることが懸念されている。

人材が求められる分野

- ・ 燃料設計（核設計、熱機械設計、熱水力設計）
- ・ 燃料評価（炉外試験・照射試験・照射後試験、燃料検査、熱水力試験）
- ・ 炉心設計およびその評価・検証（安全評価、臨界試験、中性子側分布測定試験等）
- ・ 水化学

#### 問題点

- ・ JMTR等の研究炉は長年、利用できないでいる。
- ・ 必要とされる人材基盤の規模は、原子力発電に関する国の方針に依存し、これに対応して計画的かつ継続的な人材確保が必要である。
- ・ 東電福島第一事故後の原子力プラントの長期停止により、実際に経験を積む場が少なくなっている。



<p>期待される効果 (成果の反映先)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 燃料の高度化により、使用済み燃料体数、廃棄物量が低減できる。</li> <li>・ 燃料の信頼性を高め、放射性物質が燃料棒から原子炉内に放出される可能性を低減することにより、放射性物質を外部に放出させるリスクが低減される。</li> <li>・ 安全評価では、ピンホールなどから燃料棒内部に水が侵入した燃料（浸水燃料）が一定割合で存在することを前提として、浸水燃料の破裂などに伴う事故時の炉心の健全性を確認しており、燃料の信頼性を高めることで、事故時の炉心の健全性確保に関する安全余裕を高められる。</li> <li>・ 高い燃焼度においても、統合的に安全性／堅牢性を有する燃料を導入することにより、炉心運用の高度化を促進できる。</li> </ul>
<p>他課題との相関</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ Non_a13：継続的なプラント安全性向上を図り安定な運転を継続するための人材確保</li> <li>・ S110_d03：新知見・新技術の円滑な導入に向けた制度の検討</li> <li>・ S110_d04：学協会規格の策定及び改定</li> <li>・ M119L119_d19：革新的技術開発（材料開発等）と燃料濃縮度の見直しによる燃料長寿命化の追究</li> <li>・ M119L119_d20：事故時耐性燃料・制御棒の開発</li> </ul> <hr/> <p>この他、以下のものに強く関連。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ S112M107_d08：安全解析手法の高度化 <ul style="list-style-type: none"> <li>－ 評価技術の高度化（含、流動解析手法）</li> </ul> </li> <li>・ S111M107_d17-1：炉心・熱水力設計評価技術の高度化</li> <li>・ S111M107_d18-2：燃料の信頼性向上（燃料の基準等整備と安全裕度評価手法の明確化）</li> <li>・ S111M107_d24：炉心設計・運用管理技術の高度化 【M1108】プラント運用技術の高度化（出力向上、長サイクル運転等） <ul style="list-style-type: none"> <li>－ 炉心運用・管理の合理化</li> </ul> </li> <li>・ Non_a13：継続的なプラント安全性向上を図り安定な運転を継続するための人材確保</li> <li>・ 判断基準・許容設計限界の見直し</li> <li>・ 燃料関連設備対応</li> <li>・ DBA と SA（燃料構造崩壊・溶融）の間（B-DBA）の安全裕度の基準類の整備や安全裕度評価手法の明確化 <ul style="list-style-type: none"> <li>－ 多重故障や複数機能喪失などに基づく評価事象の設定</li> <li>－ （炉心冷却可能形状の維持）機能の喪失の判断基準・限界の明確化</li> <li>－ 燃料棒のみでなく集合体の構造維持も含む</li> <li>－ LOCA 時安全裕度の DBA 以外の温度履歴の影響</li> </ul> </li> </ul>

	<p><b>現状</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 通常時から異常過渡時までの燃料堅牢性向上を準備中。</li> <li>・ 国内における燃料の破損割合は、海外と比較して低いレベルで推移しているものの、燃料の破損割合を更に低減していく必要がある。</li> <li>・ 燃料の信頼性を高める方策として、材料の改良、燃料設計改良、核設計改良などが進められており、海外を中心に順次導入が進められている。</li> <li>・ 燃料の安全機能の裕度向上は、幅広い方策による達成を検討することが必要であり、かつ重要。</li> </ul> <p><b>短期、中期</b> S111M107_d18-2, M119L119_d19, M119L119_d20</p> <p><b>実施の流れ</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>高度化燃料 (MOX、燃焼度伸長等) の政策的位置づけ</li> <li>基本設計～詳細設計～プラント個別設計</li> <li>量産加工技術の確立</li> <li>技術導入</li> <li>運転条件 プラント条件</li> <li>燃料材料開発</li> <li>材料選定 試験計画</li> <li>試験炉照射 出力急昇試験</li> <li>炉心設計技術、熱水力設計技術の高度化 3次元ボイド率検証データ取得</li> <li>安全基準確証・技術情報基盤整備 試験技術・評価技術の維持向上</li> <li>海外炉照射、国内少数体先行照射によるデータ採取</li> <li>燃料挙動解析コード・評価手法の継続的改良と検証 燃料挙動データ等新知見の継続的収集</li> <li>規格基準・ガイドラインの再構築 再構築に必要な試験データの取得</li> <li>インフラの維持・整備、人材の確保・育成</li> <li>S110_d03</li> <li>S110_d04</li> <li>Non_a13</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 低水素吸収燃料被覆管の開発</li> <li>・ 耐 PCI 燃料の開発</li> <li>・ 低 FP 放出燃料の開発</li> <li>・ 熱的余裕向上燃料の開発</li> <li>・ 高燃焼度、出力向上、長サイクル運転、他</li> </ul>
<p><b>実施機関／資金担当</b> ＜考え方＞</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 産業界・学术界・行政</li> <li>- 燃料開発・性能評価：産</li> <li>- 材料開発：産・学</li> <li>- 民間規格策定：学术界（行政（原子力規制委員会）がエンドース）</li> <li>- 知見の反映：産・行政・学</li> <li>- 安全基準策定・技術評価：行政（原子力規制委員会）</li> </ul>

	<p>#</p> <p>特別に記載のない行政は、経済産業省、文部科学省、原子力規制委員会等を含む</p> <p>&lt;考え方&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 産業界は、事業主体としてハード・ソフト両面から統合的安全性／堅牢性を有する燃料の研究開発、性能実証・確証に努め、行政（経済産業省）は国産の新規技術の大型実証試験プロジェクトを支援するのが適当。</li> <li>・ 学界は、規格基準整備、ガイドラインの策定を行う。</li> <li>・ 行政（原子力規制委員会）は、必要となる規格基準の導入を図るとともに、安全基準の策定と技術評価を行う。また、そのための技術の維持向上に努める。</li> <li>・ 最終使用者を含めた実施主体が資金担当となるのが適当。</li> <li>・ 通常運転から B-DBA の領域における燃料挙動予測、事象進展把握、解析技術の基盤となる燃料挙動データの取得については、産業界と行政（経済産業省、原子力規制委員会）の共同参画（国際プロジェクトへの参加、国内試験炉での照射試験の実施等）が適当。</li> <li>・ 行政（資源エネルギー庁）は、短期的段階では、大きな資金を必要とする共通基盤技術開発や、開発リスクのある有力な要素技術開発に資金を提供し、効率的な研究開発を支援する。本技術は、既に米仏を中心に世界各国が大きな研究開発資金を投入しており、我国の技術開発がこれらに乗り遅れないように支援を行う。併せて、国際協力の推進を支援する。</li> </ul> <hr/> <p>基礎基盤に関する項目</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 燃料挙動素過程研究に関する技術の維持・向上・再構築</li> <li>・ 人材基盤</li> <li>・ 施設基盤整備</li> <li>・ 研究開発リソースの確保・維持・向上</li> </ul> <p>学界、行政、産業界</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 大学および研究機関を中心とした実施</li> <li>- 行政からの投資</li> <li>- 産による積極的利用</li> </ul>
--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

【改訂履歴】

改訂番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
一	2015年5月21日	初版
1	2016年11月30日	・ 課題調査票の不整合修正（他課題との相関、実施の流れの箇所を見直し）

課題調査票

<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【S111M107_d18-2】 燃料の信頼性向上（燃料の基準等整備と安全裕度評価手法の明確化）</p>
<p>マイルストーンおよび 目指す姿との関連</p>	<p>短 IV. 信頼性向上へ向けたプラント技術・運用管理の高度化 ⇒ 事故リスク低減のため、通常運転、異常事象収束の信頼性向上に係る活動の活性化がなされる必要がある。 ⇒ 福島第一事故を踏まえ設置導入した SA 設備等の保全・運用管理が最適化される必要がある。 ⇒ 60 年運転に向け、高経年化対策が高度化され設備信頼性の向上が行われる必要がある。 ⇒ 規制の高度化を促す環境が醸成されるために必要である。 中 II. 既設プラントへの高稼働運転と長期安定運転の実現 ⇒ 安定かつコストバランスに優れたエネルギー源としての利用に向け、高稼働運転や適切な高経年化対策を前提とした長期間運転が必要となる。</p>
<p>概要（内容）</p>	<p>規格基準等や安全裕度評価手法が明示化されていない燃料安全裕度に関わる項目について、基準等の整備や燃料の安全裕度の評価手法を明確化することにより、通常運転時から DBA に至る事故リスクを低減するとともに、規制の高度化を促す。</p>
<p>具体的な項目</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 燃料被覆管の機械的破損に関わる考慮事項（閉込め機能）</li> <li>・ 通常時から異常過渡時までの燃料挙動予測技術の維持向上</li> <li>・ LOCA 時又は LOCA 後の燃料被覆管の冷却性に関わる要求（冷やす機能）</li> <li>・ 燃料集合体の安全機能評価の条件に関わる考慮事項（止める機能、冷やす機能）</li> <li>・ RIA/LOCA 時の燃料冷却性維持</li> <li>・ RIA/LOCA 時の影響評価と燃料挙動予測技術の維持向上</li> <li>・ 原子力安全確保のための技術情報基盤の整備</li> <li>・ 燃料挙動素過程研究に関する技術の維持・向上・再構築</li> <li>・ 人材基盤</li> <li>・ 施設基盤整備</li> <li>・ 研究開発リソースの確保・維持・向上</li> </ul>
<p>課題として取り上げた根拠 (問題点の所在)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 燃料の安全性に係る国内外の知見、海外の規制動向を考慮し、明示的に定められていない安全機能に関する評価項目について明示化する。</li> <li>・ 燃料の安全性に係る国内外の知見、海外の規制動向を確実にかつこまめに、適時に、産業界の評価及び規制側審査に柔軟に反映する仕組みを構築する。 (トピカルレポート制度、学協会での技術レポートの活用、規制側との海外情報分析検討会の類の活用など。)</li> </ul>
<p>現状分析</p>	<p>現状分析は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 現行炉心・燃料に関し、最新知見等も踏まえた安全機能を評価すべき項目について、設計・製造段階で自主的に考慮されているものの、規格基準等や安全裕度評価手法が明確化されていない項目や安全裕度をさらに高めることが望ましい項目があり、短期的に解決すべき課題であると考ええる。</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 例：内圧、腐食、PCI、DHC、設計基準事故時の燃料集合体評価、</li> <li>- 例：摩耗。PCMI、内圧。また、化学的損傷の項目である腐食・水素吸収については、他の評価項目（応力、歪、PCT/ECR等）への影響もあり、継続的な対応が望まれる。（「具体的な項目」参照）</li> <li>・ 海外の燃料の安全機能評価と国内とのギャップ分析や新知見を踏まえ、新たに定量評価をすべき項目や、評価条件などを追加していく必要がある項目があり、短期的に解決すべき課題であるとする。</li> <li>- 例：LOCA後の長期冷却に係る諸案件（LOCA後燃料耐震、LOCAデブリの炉内閉塞影響、ホウ酸析出など。）や照射特性を踏まえた燃料集合体の制御棒挿入機能への影響など。（「具体的な項目」参照）</li> </ul> <p>人材基盤に関する現状分析は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 燃料の信頼性向上のための基準等整備や安全裕度評価に必要な技術は、原子力安全の確保の基本となる技術の一つであり、これまで、必要な人材基盤を継続して確保してきた。</li> <li>・ 今後も必要な人材基盤を維持するためには、大学等の教育段階から優秀な人材を集め、かつ、人材を計画的に育成していくとともに、実際に設計・評価の経験を積んでいくことが必要である。</li> <li>・ 大学等における人材育成に重要な教育・研究用原子炉が少なく、かつ、今後の維持・管理にも困難が予想されている。</li> <li>・ 我が国において開発された各種コードを世界の原子力安全に役立たせる、世界標準に反映させるコードエンジニアを育成し、活躍してもらうことが必要。</li> <li>・ 東電福島第一事故とそれに続く原子力プラントの長期停止は、若い世代の優秀な人材を原子力分野に惹きつけ難くなっていることが懸念されている。</li> </ul> <p>必要な人材基盤</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 設計・評価技術を身につけた人材</li> <li>・ コードエンジニア</li> </ul> <p>問題点</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ <u>JMTR等の研究炉は長年、利用できないでいる。</u></li> <li>・ 要員育成のための大学等における教育・研究用原子炉等大型実験施設の維持（教育・研究用原子炉等の大型実験施設を用いた実験・実習を通して設計・評価技術のセンスを身につけた人材を原子力界に供給し続けられること。）</li> <li>・ 日本において開発されたコードを国際標準とするためのコードエンジニアの育成</li> <li>・ 要員確保のための魅力の発信</li> </ul>
<p>期待される効果 (成果の反映先)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 運転状態ごとに、燃料棒・集合体の安全機能の評価項目すべてを対象として、網羅的、かつ継続的（最新知見反映等）に、安全裕度を定量的に示すことにより、安全確保をより確実なものとするができる。</li> <li>・ このような検討を定着・マニュアルさせることで、次代を担う原子力技術者の広い視野での無駄なき無理なき安全設計・評価作業の道標ともなる。</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 安全裕度が定量化されていない項目の裕度の定量化、安全裕度の向上は、高燃焼度化、出力向上、長サイクル等への対応のための燃料の高度化への円滑な推進となる。</li> </ul>
<p>他課題との相関</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ S111M107L104_d10：耐久力・復元力を強化した世界標準の軽水炉設計の構築【設計】</li> <li>・ S111M107L103_d42：システム・構造・機器（SSC）の信頼性向上と高度化</li> <li>・ S111M107_d17-1：炉心設計およびその評価技術の高度化</li> <li>・ S111M107_d18-1：炉心運用高度化に対応した、燃料・設備の高度化及び評価技術（燃料設計評価、炉心・熱水力設計評価技術 等）の高度化、燃料の信頼性向上と高度化 <ul style="list-style-type: none"> <li>- ハード/ソフト両面からの燃料・炉心設計改良</li> </ul> </li> <li>・ <u>M199L199_d19：革新的技術開発（材料開発等）と燃料濃縮度の見直しによる燃料長寿命化の追究</u></li> <li>・ <u>M199L199_d20：事故時耐性燃料・制御棒の開発</u></li> </ul> <hr/> <p>このほか、燃料の安全機能に関する規格基準類の整備や安全裕度評価手法の明確化は、以下の幅広い方策で達成することを検討することが必要であり、かつ重要である。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ S112M107_d08：安全解析手法の高度化 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 評価技術の高度化（含、流動解析手法）</li> </ul> </li> <li>・ 判断基準・許容設計限界の見直し</li> <li>・ S111M107_d24：炉心設計・運用管理技術の高度化、プラント運用技術の高度化（出力向上、長サイクル運転等） <ul style="list-style-type: none"> <li>- 炉心運用・管理の合理化</li> </ul> </li> <li>・ 燃料関連設備対応</li> <li>・ DBA と SA（燃料構造崩壊・溶融）の間（B-DBA）の安全裕度の基準類の整備や安全裕度評価手法の明確化 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 多重故障や複数機能喪失などに基づく評価事象の設定</li> <li>- （炉心冷却可能形状の維持）機能の喪失の判断基準・限界の明確化</li> <li>- 燃料棒のみでなく集合体の構造維持も含む</li> <li>- LOCA 時安全裕度の DBA 以外の温度履歴の影響</li> </ul> </li> </ul>

	<p>現状</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 現行炉心・燃料に関し、最新知見等も踏まえた安全機能を評価すべき項目について、設計・製造段階で自主的に考慮されているものの、規格基準等や安全裕度評価手法が明確化されていない項目や安全裕度をさらに高めることが望ましい項目がある。</li> <li>・ 海外の燃料の安全機能評価と国内とのギャップ分析や新知見を踏まえ、新たに定量評価をすべき項目や、評価条件などを追加していく必要がある項目がある。</li> <li>・ 海外において、信頼性を高めた改良設計燃料が順次導入されている。</li> </ul> <p>短期</p>
<p>実施の流れ</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 検証データ蓄積：産業界</li> <li>・ 民間規格の策定：学术界（行政（原子力規制委員会）がエンドース）</li> <li>・ 知見の反映：産・行政・学术界</li> <li>・ 安全基準策定・技術評価：行政（原子力規制委員会）</li> </ul> <p>#</p> <p>特別に記載のない行政は、経済産業省、文部科学省、原子力規制委員会等を含む</p> <p>&lt;考え方&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 産業界は、事業主体としてハード、ソフト両面から安全性の適正評価・向上に努める。</li> <li>・ 学术界は、規格改定を行う。</li> <li>・ 行政（原子力規制委員会）は、安全基準の策定と技術評価を行う。また、それに必要な解析技術の維持向上を行う。</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 実施主体が資金担当となることが適当。ただし、基盤となる燃料挙動データの取得については、産業界と行政（経済産業省、原子力規制委員会）の共同参画（国際プロジェクトへの参加、試験炉での照射試験の実施等）も想定される。</li> </ul> <p>-----</p> <p>基礎基盤に関する項目</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 燃料挙動素過程研究に関する技術の維持・向上・再構築</li> <li>・ 人材基盤</li> <li>・ 施設基盤整備</li> <li>・ 研究開発リソースの確保・維持・向上</li> </ul> <p>学術界、行政、産業界</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 大学および研究機関を中心とした実施</li> <li>- 行政からの投資</li> <li>- 産業界による積極的利用</li> </ul>
--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

【改訂履歴】

改訂 番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
—	2015年5月21日	初版
1	2016年11月30日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 課題調査票の不整合修正（他課題との相関、実施の流れの箇所を見直し）</li> <li>・ 課題調査票の不整合修正（マイルストーン及び目指す姿との関連に中期の項目を追加）</li> </ul>

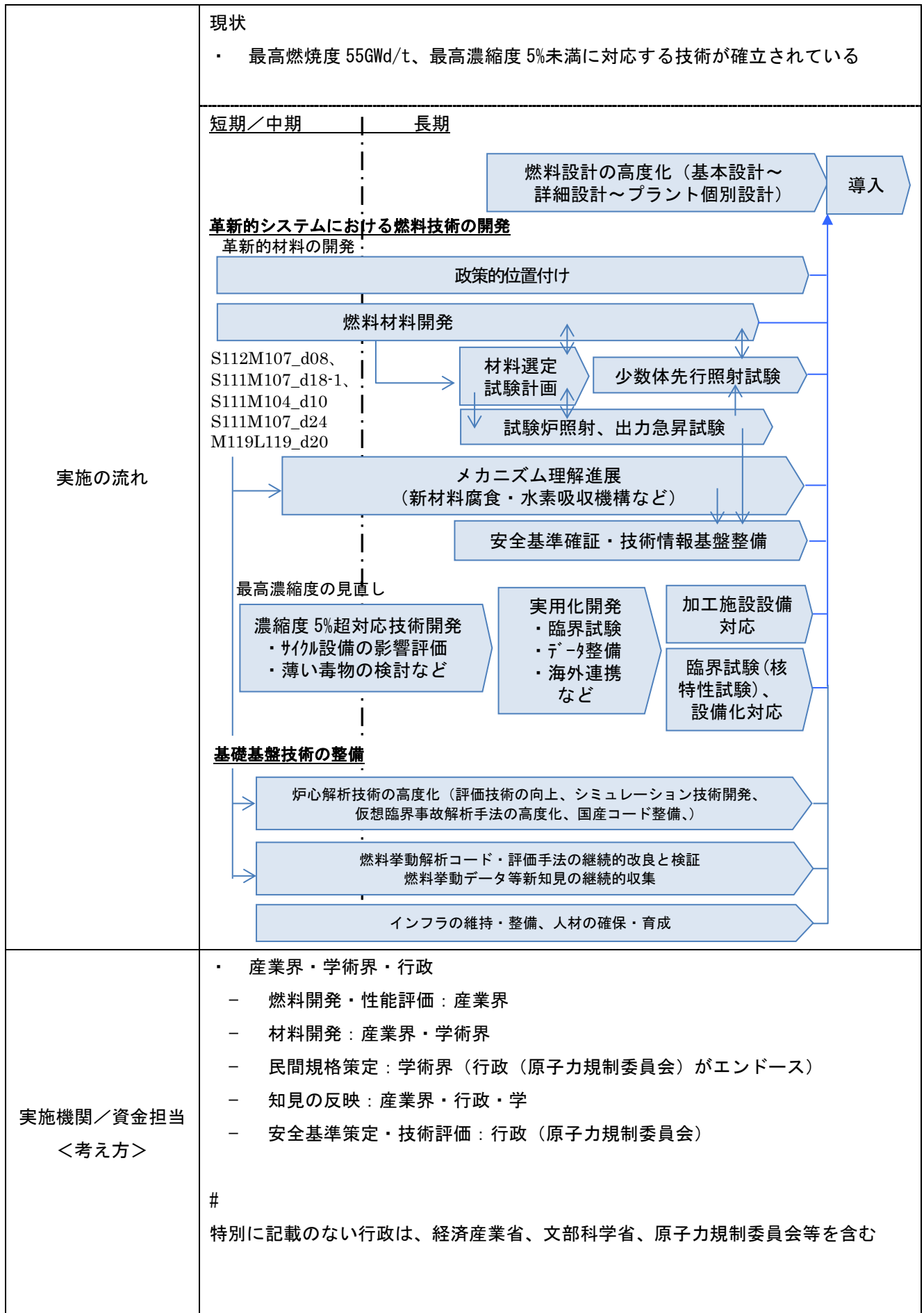


課題調査票

<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【M199L199_d19】 革新的技術開発（材料開発等）と燃料濃縮度の見直しによる燃料長寿命化の追究</p>
<p>マイルストーン及び 目指す姿との関連</p>	<p>中Ⅱ. 既設プラントの高稼働運転と長期安定運転の実現 ⇒安定かつコストバランスに優れたエネルギー源としての利用に向け、高稼働運転屋 適切な経年劣化対策を前提とした長期間運転が必要となる。 長Ⅱ. 革新的技術開発等による原子力のメリット最大化・デメリット極小化 ⇒革新的技術開発により、原子力プラントの安全・安定運転を目指す取り組みがなされ る必要がある。 ⇒放射性廃棄物の減容化・有害度低減に係る革新的技術開発により、環境負荷低減を 目指す取り組みがなされる必要がある。</p>
<p>概要（内容）</p>	<p>革新的材料開発と燃料濃縮度の見直しを実施することにより、燃料の長寿命化を達成 し、原子力のメリット最大化に資する。また、炉心解析技術の高度化を図り、適正に 安全性向上を進める。</p>
<p>具体的な項目</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 革新的システムにおける燃料技術の開発             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 政策的位置付け</li> <li>- 燃料の材料開発                 <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 燃料材料開発／材料選定・試験計画策定／試験炉照射・出力急昇試験</li> <li>➢ 安全基準確証・技術情報基盤整備</li> <li>➢ 少数体先行照射などによるデータ採取</li> <li>➢ メカニズム理解進展（新材料腐食、水素吸収機構等）</li> </ul> </li> <li>- 最高濃縮度の見直し                 <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 濃縮度 5%対応技術開発（サイクル設備の影響評価・薄い毒物の検討等）</li> <li>➢ 実用化開発</li> <li>➢ 加工施設設備対応</li> <li>➢ 臨界試験（核特性試験）、設備化対応</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>・ 基礎基盤技術の整備             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 炉心解析技術の高度化                 <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 不確かさ評価技術及び安全余裕の定量評価技術の向上</li> <li>➢ マルチフィジックス・マルチスケールシミュレーション技術</li> <li>➢ インベントリ・放射化高精度評価技術の高度化とクリアランスレベル設 定のための高精度インベントリ評価の高度化</li> <li>➢ 実験計画・測定技術の高度化</li> <li>➢ 燃料サイクル施設における仮想臨界事故解析手法の高度化</li> <li>➢ 核データ評価技術の継承と高度化及び核データの整備</li> <li>➢ 国産標準コードシステムの開発、国産断面積処理コードの整備</li> <li>➢ 核設計コードの標準（検証用）ベンチマーク問題の整備</li> </ul> </li> <li>- 燃料挙動解析コード・評価手法の継続的改良と検証</li> </ul> </li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 燃料挙動データ等新知見の継続的収集</li> <li>- インフラの維持・整備、人材の確保・育成 <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 実験技術／解析（計算科学を含む）維持・向上</li> <li>➢ 研究リソースの確保・維持、向上</li> <li>➢ 関連する諸課題に対応する(できる)人材の育成と産官学への輩出</li> <li>➢ 関連する開発研究・安全研究に必要な施設基盤の整備と設備利用に関する戦略的・合理的な国際協力</li> <li>➢ 知的財産の確立と国際標準化に向けた戦略的国際協力の両立</li> <li>➢ 施設基盤整備（臨界集合体／研究炉・実験炉／ホットラボ／加速器施設等の維持・高度化）</li> </ul> </li> </ul>
<p>課題として取り上げた根拠 (問題点の所在)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 高い信頼性と長寿命を両立させる燃料の導入は、原子力のメリットを最大化する方策の一つであり、これを実現するためには、革新的材料の開発と燃料濃縮度の見直しが必要</li> </ul>
<p>現状分析</p>	<p>現状分析は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 現在、国内では燃料集合体最高燃焼度 55GWd/t、最高濃縮度 5%未満の燃料に対応する燃料設計、炉心設計、運用管理技術が確立している。燃料集合体最高燃焼度と最高濃縮度は、共に、海外と同等のレベルである。</li> <li>・ 燃料材料開発並びに新材料に関する評価技術開発、それを担う人材育成には比較的長いリードタイムが必要であるため、設定された長期的目標を達成するためには、早急に着手する必要がある。</li> <li>・ 長期の原子炉停止により、革新的燃料材料ばかりでなく、更なる安全性向上、高度化のための燃料材料開発も停滞しており、技術が後退する前に、早期着手し、技術確保を行う必要がある。</li> </ul> <p>問題点</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 世界の軽水炉技術を牽引する改良材料、燃料濃縮度などの導入を、海外へ展開する基盤（国際プロジェクトへの参画を含む試験の実施など）の確立</li> <li>・ 世界の軽水炉技術を牽引する改良材料、燃料濃縮度などの迅速かつ円滑な導入を促す仕組みの充実（学協会規格の整備、トピカルレポート制度の活性化など）</li> </ul> <p>人材基盤に関する現状分析は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 燃料の設計に必要な技術は、原子力安全の確保の基本となる技術の一つであり、必要な人材基盤を継続して確保していくことが重要であり、確保されてきた。</li> <li>・ 今後も人材基盤を維持していくためには、大学等の教育段階から優秀な人材を集め、かつ、人材を計画的に育成していくとともに、実際に燃料設計の経験を積んでいくことが必要である。</li> <li>・ 大学等においては人材育成に枢要な教育・研究用原子炉が少なく、かつ、今後の維持・管理にも困難が予想されている。</li> <li>・ 我が国において開発された燃料設計に関する各種コードを世界の原子力安全に役立たせる、世界標準に反映させるコードエンジニアを育成し、活躍してもらうことが必要。</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 東電福島第一事故とそれに続く原子力プラントの長期停止は、若い世代の優秀な人材を原子力分野に惹きつけ難くなっていることが懸念されている。</li> </ul> <p>人材育成が求められる分野</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 燃料設計（核設計、熱機械設計）</li> <li>・ 燃料評価（炉外試験・照射試験・照射後試験、燃料検査）</li> <li>・ 核燃料施設設計・評価（臨界安全）</li> <li>・ 炉心設計およびその評価・検証（安全評価、臨界試験、中性子束分布測定試験等）</li> <li>・ 水化学</li> </ul> <p>問題点</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 必要とされる人材基盤の規模は、原子力発電に関する国の方針に依存し、これに対応して計画的かつ継続的な人材確保が必要である。</li> <li>・ 東電福島第一事故後の原子力プラントの長期停止により、実際に経験を積む場が少なくなっている。</li> </ul>
<p>期待される効果 (成果の反映先)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 革新的技術の導入によって燃料の長寿命化を達成することにより、原子力のメリットが最大化される。</li> </ul>
<p>他課題との相関</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ S112M107_d08：安全評価手法の高度化</li> <li>・ S111M107_d18-1：燃料の信頼性向上と高度化</li> <li>・ S111M107_d18-2：燃料の信頼性向上（燃料の基準等整備と安全裕度評価手法の明確化）</li> </ul> <p>-----</p> <p>この他、以下の項目について強く関連。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ S111M107L104_d10：耐久力・復元力を強化した世界標準の軽水炉設計の構築【設計】</li> <li>・ S111M107_d36：高経年化評価手法・対策技術の高度化</li> <li>・ S111M107_d17-1：炉心・熱水力設計評価技術の高度化</li> <li>・ S111M107_d24：炉心設計・運用管理技術の高度化、プラント運用技術の高度化（出力向上、長サイクル運転等）</li> <li>・ M107_d25：運転性能の高度化（事象進展抑制、停止機能、負荷追従、等）</li> <li>・ S111M107_d09：使用済燃料の安全評価技術の高度化</li> <li>・ S103_b07：廃棄・使用済燃料物長期保管に向けた健全性評価技術、管理技術の高度化</li> <li>・ M199L199_d20：事故時耐性燃料・制御棒の開発</li> <li>・ S105_a05：緊急時対応における情報共有や意思決定判断基準の高度化（環境影響評価／事象進展予測技術の高度化）及び意思決定の教育訓練</li> <li>・ M106_c01：計測技術・解析技術の高度化</li> <li>・ M102L101L104_b08：廃棄物や TRU 低減を実現する革新的技術及び将来型軽水炉システムの構築</li> <li>・ L103_d21：負荷追従性の高度化</li> </ul>



	<p>&lt;考え方&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 産業界は、事業主体としてハード・ソフト両面から統合的安全性／堅牢性を有する燃料の研究開発、性能実証・確証に努める。</li> <li>・ 学術界は、規格基準整備、ガイドラインの策定を行う。</li> <li>・ 行政（原子力規制委員会）は、必要となる規格基準の導入を図るとともに、安全基準の策定と技術評価を行う。また、そのための技術の維持向上に努める。</li> <li>・ 最終使用者を含めた実施主体が資金担当となることが適当。</li> <li>・ 日本のエネルギーセキュリティ確保に資する革新的技術の導入に関しては、行政（経済産業省）の負担とすることが適当。</li> </ul> <p>-----</p> <p>基礎基盤に関する項目</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 燃料挙動素過程研究に関する技術の維持・向上・再構築</li> <li>・ 人材基盤</li> <li>・ 施設基盤整備</li> <li>・ 研究開発リソースの確保・維持・向上</li> </ul> <p>学術界、行政、産業界</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 大学および研究機関を中心とした実施</li> <li>- 行政からの投資</li> <li>- 産業界による積極的利用</li> </ul>
--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

【改訂履歴】

改訂 番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
—	2015年5月21日	初版
1	2016年11月30日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 課題調査票の不整合修正（他課題との相関、実施の流れの箇所を見直し）</li> <li>・ 記載の適正化（表現の見直し）</li> <li>・ 課題調査票の不整合修正（マイルストーン及び目指す姿との関連に中期の項目を追加）</li> </ul>

課題調査票

<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【M199L199_d20】 事故時耐性燃料・制御棒の開発</p>
<p>マイルストーン及び 目指す姿との関連</p>	<p>中 III. 事故発生リスクを飛躍的に低減する技術の整備 ⇒原子力をベースロード電源として活用されるため、事故発生リスクを飛躍的に低減する技術開発および設計技術への反映がなされる必要がある。</p> <p>長 IV. 国際貢献 ⇒世界の中で原子力安全・利用を主導できることを目指す取り組みが必要である。</p>
<p>概要 (内容)</p>	<p>事故時耐性燃料・制御棒は、想定外の事象に起因する事故も含めて、事故発生リスクの飛躍的低減や事故拡大リスクの大幅な抑制を達成する概念であり、中期的段階での実用化を目指す。そこに向けて、短期的段階からの戦略的な取り組みが必要である。</p> <p>短期的段階では、革新的な候補技術の開発を活性化し、共通基盤技術や候補技術の固有課題について技術成熟度を向上させると共に、革新技術導入による安全性向上効果の定量評価法を確立した上で、技術の最終的な達成目標と達成に至るまでの開発課題や開発ステップ、及び候補技術の選択の手法等を明確にする必要がある。共通基盤技術の開発では、照射データの蓄積や工学規模の性能検証試験等において、長期の開発期間や大きな費用が必要であり、短期的な段階からの戦略的な研究開発推進が重要となる。</p> <p>併せて、他の革新技術の導入と同様に、燃料設計、燃料製造技術、安全性評価だけでなく、炉心設計や炉心運用技術、さらに規格基準や規制も含めて、現行技術に対する高度化の開発要求を明確化し、かつ、それを分野横断的に認識共有する必要がある。この点についても短期的段階からの包括的な取組が重要となる。</p> <p>中期的段階では、短期的段階において技術選定した実用化技術に基づき、経済性のある燃料の設計、量産加工技術の開発、安全性評価手法の確立、安全性向上効果の検証、革新技術に対応した炉心設計や炉心運用技術の高度化及び規格基準や規制の整備、等を着実に進め、実用化を目指す必要がある。</p> <p>また、短期的段階から、中長期的段階にかけて、規格基準や規制、技術評価、共同照射試験、材料ベンチマーク試験、等に係る国際協力の枠組みにおいて、他国をリードする人材と技術レベルを伴って、国際的な原子力安全の向上を主導していく必要がある。</p>
<p>具体的な項目</p>	<p>(短期的段階)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 候補技術 (改良ステンレス鋼、SiC (炭化ケイ素)、改良ジルカロイ、高度化燃料、TRISO 燃料 (被覆粒子燃料)) 開発の活性化と技術成熟度の向上 [⇒開発主体が中心に実施する項目]</li> <li>-燃料基本性能や照射特性の確認</li> <li>-燃料設計データベースの整備、燃料ふるまい解析モデルの確立</li> <li>-燃料製造基本プロセスの確立</li> <li>-技術のスクリーニング、実用化技術開発ステップの明確化</li> <li>・ 革新技術導入による安全性向上効果の評価 [⇒開発主体による評価だけでなく、</li> </ul>

学協会レベル等での分野横断的な認識共有が重要となる項目]

-最終的な達成目標（燃料破損・溶融/水素発生/酸化発熱の抑制に基づくシビアアクシデント（SA）への事象進展の抑制・遅延、核分裂生成物閉込性能向上/再臨界防止に基づく SA 発生時の事象拡大の抑制、等）の明確化

-SA への事象進展の抑制・遅延あるいは SA 発生時の事象拡大の抑制等の評価手法の確立（典型シナリオや解析条件の選定）と定量評価による開発目標の具体化

-通常/過渡/設計基準事故（DBA）/設計基準事故を超える事故（B-DBA）条件での燃料ふるまい解析、安全性解析

-現行の炉心・プラント特性、プラント水化学に与える影響評価と開発課題の明確化

-現行の輸送・貯蔵・処理・処分技術に与える影響評価と開発課題の明確化

-現行の炉心設計や炉心運用技術への影響評価

-新たな規制基準の検討に必要な知見の整備

-短期的段階で新たに導入されるその他の技術に関する影響評価

・ 共通基盤技術の開発 [⇒短期的段階から、国による大きな開発資金の支援が必要となる項目]

-材料照射/燃料照射/過渡照射試験データの蓄積

-工学規模性能検証試験

-インフラ整備

・ 国際協力

-規格基準、規制、技術の現状と開発目標のギャップ、開発ステップ設定、開発課題の抽出等に関するガイドラインの検討

-国際共同照射試験、材料ベンチマーク試験の推進

-人材交流、各国のニーズの理解

（中期的段階）

・ 選定された候補技術に基づく実用化技術開発 [⇒開発主体が中心に実施する項目、学協会レベルでの分野横断的な認識共有も重要]

-燃料設計の完成とプロトタイプ燃料照射による燃料設計の検証

-燃料製造プラント設計と品質検査技術を含む工学レベルでの量産加工技術の完成

-DBA/B-DBA/SA の安全評価手法の確立と実機の安全評価

-事故耐性燃料・制御棒を導入した炉心動特性やプラント熱水力特性の評価手法の確立

-事故耐性燃料・制御棒の貯蔵、輸送、処理、処分等の課題の解決

-炉心設計や炉心運用技術の高度化

-実機安全審査の準備、許認可の準備

・ 国際協力

-商用軽水炉での事故耐性燃料利用に係る各種ガイドライン、高度化開発情報

-新たな原子力発電参入国への技術情報や知見の提供

<p>課題として取り上げた根拠 (問題点の所在)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・事故時耐性燃料・制御棒として、革新的な燃料被覆管材料等を導入することにより、事故時の水/ジルコニウム反応に起因する、水素発生や化学反応熱による炉内温度上昇が防止あるいは大幅に緩和される。さらに、燃料破損・溶融に至った場合においても、放射性物質の拡散や再臨界の可能性を大幅に低減できる。米国が実施した予備的な解析では、燃料溶融や水素爆発に至った福島第一原子力発電所事故と同様の条件で、SAに至ることなく事故が収束する結果が得られており、本技術が実用化できれば、SAへの進展の可能性を飛躍的に低減できる。</li> <li>・さらに、本技術の導入により、事故時の安全性の裕度が大幅に拡大するため、通常時においても経済的なプラント運転につながる可能性が高い。</li> <li>・事故発生や事故拡大リスクを飛躍的に低減できる技術ポテンシャルを有する複数の候補技術について、基礎基盤的な研究開発が進展している。</li> <li>・一方、短期的な段階から不可欠となる、<u>革新技術導入による安全性向上効果の定量評価や現行の燃料設計/燃料製造/安全性評価/炉心設計・炉心運用/規格基準/規制等の高度化に向けた開発要求の明確化</u>は予備的な検討段階にとどまっており、産官学による分野横断的な知見・認識の共有に基づき、これらを推進する必要がある。併せて、候補技術の実用化までの開発ステップやスクリーニングに関する認識共有も重要である。</li> <li>・また、<u>共通基盤技術の開発</u>も短期的段階からの推進が不可欠となるが、安全性向上効果の評価手法の開発、安全性評価の典型シナリオ選定、照射試験や性能検証試験の推進、データベース/燃料設計コード/安全評価コード等の開発、等に関する包括的な取組みは進められていない。</li> <li>・国際的な観点では、米国とフランスを中心に、事故時耐性燃料・制御棒の開発が急速に進展しており、特に米国は2022年のプロトタイプ燃料の商用炉照射を計画する等、研究開発を加速化している。国際的な研究開発においても、上記下線部分がキーワードとして注目されている。</li> </ul>
<p>現状分析</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・現行軽水炉燃料は、定常運転/過渡事象/事故事象に対応して、現行の規制に即して、十分な安全上の裕度を持つ設計を達成している。また、SA事象進展の理解と外部への影響評価に関しても、実用的な解析手法の開発が進められている。</li> <li>・他方、通常/過渡/DBA/B-DBA/SA/貯蔵/輸送、等の様々な条件に対し、高性能化の研究開発が進められている。</li> <li>・国内においては、事故時耐性燃料・制御棒に関して、SiC、改良ステンレス鋼、新型吸収材等の要素技術の研究開発が進められているが、上記の通り、安全性向上効果の定量評価、開発要求の明確化、共通基盤技術の開発等に関する包括的な取組は着手されていない。また、現行燃料の高性能化に対して進められている他の取組みとの間で、開発目標や開発課題に関する相互の認識共有を図ることが重要で、情報共有を進めていく必要がある。</li> <li>・国際的には、米国で、軽水炉における安全性の一層の向上を目指して、2022年に商用の軽水炉でのプロトタイプ燃料照射を計画する等、急速に研究開発が進んでいる。また、フランスでは産官学共同で新たな規格基準の選定なども視野に入れつつ</li> </ul>



	<p>研究プロジェクトが推進されている。他の欧州各国、ロシア、韓国、中国などでも基礎基盤的な研究開発が進み、これ以外の各国の注目度も高い。これらを背景に、OECD/NEAに専門家会合（EGATFL）が設立され、情報交換が進められている。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 課題への取組みにあたっては、包括的な研究開発推進体制の構築、「課題として取り上げた根拠」欄の下線部に関する認識共有、共通基盤技術に向けた環境整備、国際協力の推進などが必要である。本技術開発に対しては、国際的な注目度が高まっており、長い期間と大きな資金を必要とする基礎基盤段階からの技術開発を、国際プロジェクトとして効果的に推進することで、将来我が国がこの技術分野でイニシアティブを取って、事故発生リスクの飛躍的低減や事故拡大リスクの大幅な抑制に貢献すべく、国の支援が求められる。</li> </ul> <p>【人材基盤に関する現状分析】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 本課題では、軽水炉技術の根幹となる核燃料に関して革新的な事故耐性技術を開発する。従って、短期的段階から、事故耐性燃料・制御棒の要素技術の専門家に加えて、軽水炉燃料/プラントメーカー、電気事業者及び安全研究の専門家等の参画が不可欠である。また、照射試験、工学規模性能検証試験、データベース、燃料設計コード、安全性評価コード等の共通基盤技術に関する専門家も必要となる。現状では、国内に、これらの分野ごとに中堅クラスの人材は比較的充実しているものの、軽水炉への導入で不可欠となる分野横断的な情報共有は十分に進んでいない。また、現行軽水炉への革新技術導入の影響評価は、規格基準や規制等への影響評価も含めて重要となるが、この分野での人材が不足している。</li> <li>・ 本技術の導入時期は中期的段階と見込まれる。また、本技術開発は、軽水炉関連技術を総合的に俯瞰できる知見が必須であり、若手技術者・研究者の育成に好適な開発課題である。本技術開発を用いた、戦略的な人材育成と技術継承のしくみの構築が強く望まれる。</li> </ul>
<p>期待される効果 (成果の反映先)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ ベースロード電源として維持される原子力発電における安全性の向上</li> <li>・ SA時の水素や熱の発生抑制及び再臨界可能性の低減等のSA事象進展の抑制・遅延、SA影響の大幅な緩和</li> <li>・ 外的事象発生時の安全性向上、効果的防護メカニズム開発</li> <li>・ 安全性裕度の一層の向上によるプラント運転の効率化</li> </ul>

(概略) 現行の軽水炉技術 (燃料/炉心/プラント設計、燃料製造、炉心/プラント運用、安全性評価、規格基準、規制、等) に対し、事故耐性燃料・制御棒を導入する際の影響表を実施する必要がある。さらに、短中期的段階で新たに導入・検討される様々な安全性向上対策のうち、核燃料に係る開発課題について、これらの対策に加えて事故耐性燃料・制御棒を導入することによる影響評価を実施する必要がある。中期的段階以降で、事故耐性燃料・制御棒が導入された場合には、長期的段階で導入・検討される様々な安全性向上対策のうち、核燃料に係る開発課題について、影響評価を実施する必要がある。

他課題との関連

- ・ S110\_d03 (新発見・新技術の円滑な導入に向けた制度の検討)
- ・ S110\_d04 (学協会規格の策定)
- ・ S111\_d12 (深層防護の第1～3層(設計)から第4層(AM対策)及び第5層(防災)まで総合的に考えた設計への取り組みによる事故制御性の抜本的向上)
- ・ M106\_d05 (新技術の認定)
- ・ M106\_d06 (安全性の向上に応じた深層防護の新たな概念の確立)
- ・ S111\_d11-2 (SA計装、SA対応設備の多様化と高度化及び設備の設計技術)
- ・ S112M107\_d08 (安全解析手法の高度化)
- ・ S111\_d12 (深層防護の第1～3層(設計)から第4層(AM対策)および第5層(防災)まで総合的に考えた設計への取り組みによる事故制御性の抜本的向上)
- ・ S111\_d14 (SA対策機器の運用管理の最適化・高度化)
- ・ S111M107\_d17-1 (炉心・熱水力設計評価技術の高度化)
- ・ S111M107\_d12-2 (炉心運用高度化に対応した、燃料・設備の高度化及び評価技術(燃料設計評価、炉心・熱水力設計評価技術等)の高度化)
- ・ S111M107\_d18-1 (燃料の信頼性向上と高度化)
- ・ S111M107\_d18-2 (燃料の信頼性向上(燃料の基準等整備と安全裕度評価手法の明確化))
- ・ M199L199\_d19 (革新的技術開発(材料開発等)と燃料濃縮度の見直しによる燃料長寿命化の追求)
- ・ L103\_d21 (負荷追従性の高度化)
- ・ S111\_d22 ((既設)プラントの信頼性評価に有効な安全裕度評価の高精度化)
- ・ S111M107\_d24 (プラント運用技術、炉心設計管理の高度化)
- ・ M106\_d06 : (安全性の向上に応じた深層防護の深化と実装)
- ・ M107\_d25 (運転性能の高度化(事象進展抑制、停止機能、負荷追従、等))
- ・ S109M104L103\_d26 (短期:核拡散抵抗性概念の適用可能性検討  
中期:核拡散抵抗性の高い設計基準の導出・有効性の実証  
長期:核拡散抵抗性の高い設計基準の適用)
- ・ S111M107L104\_d10 : (耐久力・復元力を強化した世界標準の軽水炉設計の構築)

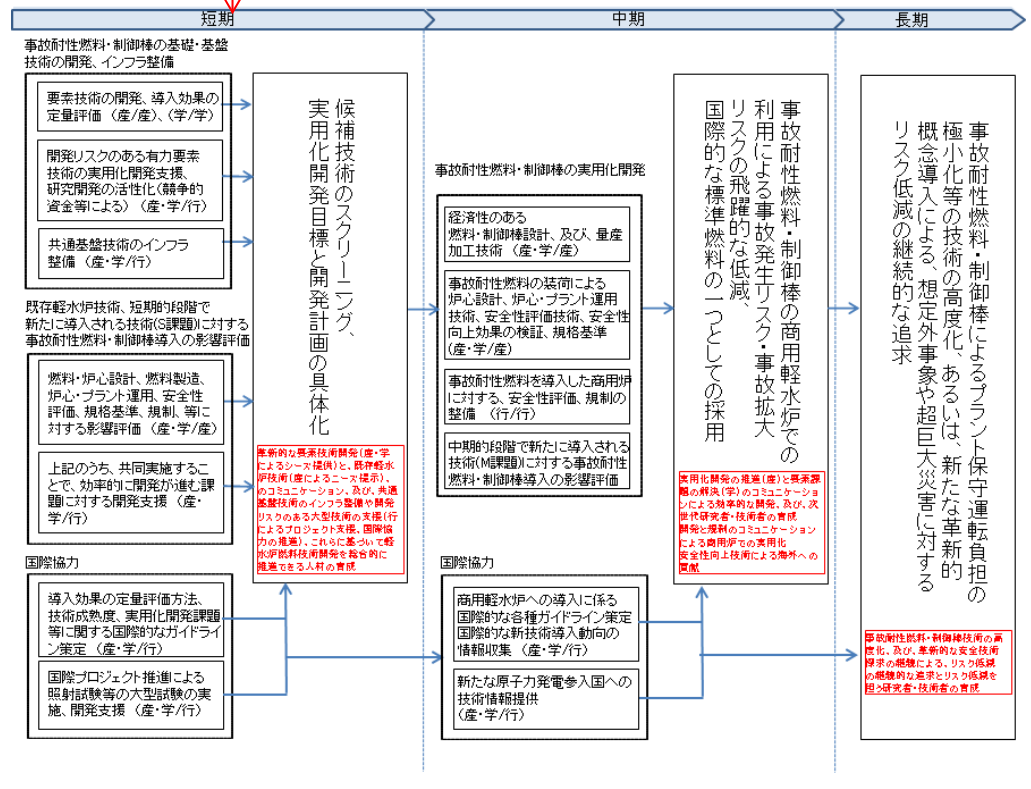
・ M106\_d06 : (安全性の向上に応じた深層防護の深化と実装)

現状

現行燃料に基づく燃料設計、燃料製造、安全性評価、炉心設計、炉心運用、規格基準、規制等に係る技術はいずれも確立されている。

S111\_d12,S111M107\_d18-1,S111,M106\_d06,M107\_d18-2,S111M107\_d24,  
S111M107L104\_d10,M199L199\_d19

実施の流れ



実施機関／ 資金担当 <考え方>	<p>産業界・学術界 / 産業界    産業界・学術界 / 行政</p> <p>短期的段階での、要素技術の開発、現行軽水炉技術（規格基準や規制も含む）への影響評価、導入効果の定量評価、共通基盤技術の開発及びインフラの整備</p>
	<p>産業界・学術界 / 産業界    学術界・原子力規制委員会 / 原子力規制委員会</p> <p>中期的段階以降での、実用化技術の開発、新たな規格基準・規制の構築</p> <p>&lt;考え方&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 産業界（電気事業者やメーカー）は、短期的段階では、学術界（研究機関や大学等）と連携し、要素技術の開発、既存軽水炉技術や短期的段階で開発される安全性向上課題への本技術導入の影響評価を担当し、候補技術のスクリーニングや実用化開発目標や実用化開発計画の立案を担当する。中期的段階では、本技術の実用化開発を資金面も含めて主担当する。</li> <li>・ 学術界は、短期的段階において、産業界と連携し、要素技術の成熟度向上や共通基盤技術の開発、インフラ整備を主担当する。さらに、規格基準や規制のガイドライン策定、及び、分野横断的な開発ステップや開発課題に関する認識共有を推進する。併せて、国際協力を推進する。中期的段階では、産業界に協力し、実用化開発の過程で発生する個別の技術課題を解決する。</li> <li>・ 行政（資源エネルギー庁）は、短期的段階では、大きな資金を必要とする共通基盤技術開発や、開発リスクのある有力な要素技術開発に資金を提供し、効率的な研究開発を支援する。本技術は、既に米仏を中心に世界各国が大きな研究開発資金を投入しており、我国の技術開発がこれらに乗り遅れないように支援を行う。併せて、国際協力の推進を支援する。</li> <li>・ 国（原子力規制委員会）は、中期的段階において、新技術の導入に係る規制基準を明示する。</li> </ul>

【改訂履歴】

改訂 番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
—	2015年5月21日	初版
1	2016年11月30日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 課題調査票の不整合修正（他課題との相関、実施の流れの箇所を見直し）</li> <li>・ 記載の適正化（他課題との相関欄の誤記訂正）</li> </ul>

課題調査票

<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【L103_d21】 負荷追従性の高度化</p>
<p>マイルストーン および 目指す姿との関連</p>	<p>長Ⅱ. 革新的技術開発等による原子力のメリット最大化・デメリット極小化 ⇒革新的技術開発により、原子力プラントの安全・安定運転を目指す取り組みが必要である。</p>
<p>概要(内容)</p>	<p>将来的に電源構成における再生可能エネルギーの割合が増加し、ベースロード電源として位置付けられる原子力発電においても負荷調整が必要とされるような状況が生じた場合においては、電力系統における発電量と負荷の時々刻々とした変化に対して、原子力発電所の出力調整をかけることにより、上記受給バランスを安定させ、電力系統の周波数を基準値に維持することに寄与可能な技術開発を実施する。</p>
<p>具体的な項目</p>	<p>短・中期的には炉心・燃料設計の高度化を進め、長期的対応として運転・運用に係る検討を行う。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ガバナフリー運転</li> <li>・中央給電指令所とリンクした負荷周波数制御(LFC)及び経済負荷配分制御(ELDC)</li> <li>・電力系統瞬時電圧低下時の出力運転継続(FRT)</li> <li>・負荷追従運転(ガバナフリー運転等含む)に対応した1次系出力制御/補機制御の高度化</li> </ul>
<p>課題として取り上げた根拠 (問題点の所在)</p>	<p>2014年に策定されたエネルギー基本計画においては、再生可能エネルギーを重要な低炭素電源と位置づけ、2013年から3年程度、導入を最大限加速していき、その後も積極的に推進していく、と記述されている。今後の再生エネルギー適用拡大にあたっては、電力の安定供給のために、これまでのように負荷側の変化のみに着目するのではなく、発電側の大きな変動も十分に考慮することが必要になってくる。これに対して、再生エネルギー発電側での短周期変動抑制や出力一定制御、また火力発電所における負荷追従制御によって対応することが必要であるが、原子力発電所はベースロード運転で出力一定が基本になっている。</p> <p>将来的に電源構成における再生可能エネルギーの割合が増加し、ベースロード電源として位置付けられる原子力発電においても負荷調整が必要とされるような状況が生じた場合原子力発電所でも電力系統の受給バランスの補正に寄与可能とするためには、負荷追従性の高度化に係る技術開発が重要となる。</p>
<p>現状分析</p>	<p>【技術動向に関する現状分析】</p> <p>欧米では、再生可能エネルギー発電の大量導入に対応して、発電プラントに対する電力系統運用上の要求仕様がグリッドコードにて規定されている。特に、電力系統安定化のために、電力系統事故による瞬時電圧低下発生時にも発電所が脱調せずに出力運転を継続するFRT(Fault Ride Through)要求や、周波数変動に対する出力応答要求などは再生可能エネルギーだけでなく原子力発電所にも要求されている</p> <p>一方、日本では、日本電気協会により、再生エネルギーに対する「系統連系規程」がまとめられ、2013年度から一部適用が始まったところであるが、FRT要求などは再生エネルギーに対してのみで原子力発電所は適用対象外になっている。</p>

	<p>日本国内の原子力発電所では、これまでベースロードによる出力一定運転が基本となっていたことから負荷追従運転の実績はなく、今後の原子力発電所に対する負荷追従能力の要求は明確化されていない。</p> <p>【人材基盤に関する現状分析】</p> <p>本課題に対しては、原子力プラントの制御技術、動特性解析技術を始めとして機械・電気等の広範の技術分野の人材が必要となり、メーカーや電気事業者により育成されているが、原子力プラントに対して電力系統側からの要求を踏まえた研究評価を実施してきた研究者は不足していると推察される。</p>
<p>期待される効果 (成果の反映先)</p>	<p>今後、日本国内にますます再生エネルギーの導入が拡大され、一方、火力発電所が縮小された場合で、ベースロードと位置づけられる原子力発電においても負荷調整が必要とされる場合においては、原子力発電所の負荷追従性を高度化することにより、十分な安全性を確保した電力供給の安定運転に寄与する。</p>
<p>他課題との相関</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ S111M107_d24⇒炉心設計・運用管理技術の高度化</li> <li>・ S111M107_d17-2⇒炉心運用の高度化に対応した、燃料・設備の高度化及び評価技術（燃料設計評価、炉心・熱水力設計評価技術等）の高度化</li> <li>・ M107_d25⇒運転性能の高度化（事象進展抑制、停止機能、負荷追従、等）</li> </ul>
<p>実施の流れ</p>	<p>The diagram illustrates the implementation process across three time horizons: 短期 (Short-term), 中期 (Medium-term), and 長期 (Long-term). A large blue arrow on the right points to the goal: 負荷追従性の高度化技術の確立 (Establishment of load-following technology). This goal is supported by several key activities:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>短期 (Short-term):</b> 炉心設計・運用管理技術の高度化 (S111M107_d24) and 炉心運用の高度化に対応した、燃料・設備の高度化及び評価技術 (S111M107_d17-2).</li> <li><b>中期 (Medium-term):</b> 運転性能の高度化 (M107_d25), 目標数値の設定 (Setting of target values), and 現状の原子力プラントにおける負荷追従能力の評価と技術開発の方向性の明確化 (Evaluation and clarification of technology development directions for load-following capacity in existing nuclear plants).</li> <li><b>長期 (Long-term):</b> 技術開発及び検証計画 (Technology development and verification plan) and 実機プラントにおける試運転検証 (Verification through test operation in actual plants).</li> </ul> <p>Arrows indicate that these activities contribute to the overall goal of establishing advanced load-following technology.</p>

<p>実施機関／資金担当          &lt;考え方&gt;</p>	<p>産業界 / 行政</p> <p>原子力規制委員会 / 原子力規制委員会</p> <p>&lt;考え方&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・電気事業者は、負荷追従運転の運用面からの要求事項を纏める。</li> <li>・メーカーは、炉心・燃料、プラント設備の技術開発、設備の高度化設計等を行う。</li> <li>・規制庁は規制事項等を整理し、関係機関とともに運用面を支援する。</li> <li>・行政は技術開発等を支援する。</li> </ul>
-------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

【改訂履歴】

改訂 番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
一	2015年5月21日	初版

課題調査票

<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【S111_d22】 (既設) プラントの信頼性評価に有効な安全裕度評価の高精度化</p>
<p>マイルストーン及び 目指す姿との関連</p>	<p>短 IV. 信頼性向上へ向けたプラント技術・運用管理の高度化 ⇒事故リスク低減のため、通常運転、異常事象収束の信頼性向上に係る活動の活性化がなされる必要がある。 ⇒東京電力福島原子力発電所事故を踏まえ設置導入した SA 設備等の保全・運用管理が最適化される必要がある。 ⇒60 年運転に向け、高経年化対策が高度化され設備信頼性の向上が行われる必要がある。 ⇒規制の高度化を促す環境が醸成されるために必要である。</p>
<p>概要 (内容)</p>	<p>構築物・系統及び機器の設計においては、大きな安全率を取っているものがある。またクライテリアを満足することを確認するが、それを超える真の性能は評価してこなかった。裕度評価をより高精度にすることにより、真の性能を把握することが信頼性向上のために必要である。また、既設プラントの設計条件を超えた外的事象荷重を受けた場合についても構築物の安全裕度を評価する必要がある。裕度の定量的な評価を行うための決定論的な評価手法の高精度化が主な研究内容となるが、得られた手法は確率論的評価法 (リスク評価) のベースともなるものである。終局状態に対する現状の状態を精度良く評価するものであり、荷重 (ハザード) ~ 建屋・機器の応答、劣化・損傷状態の評価までをカバーする。</p>
<p>具体的な項目</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 決定論的手法による耐震・耐津波裕度の確認 建屋/機器・配管の応答および性能評価法、終局状態に対する裕度評価の高度化、評価のための高精度解析法の適用 (3D、非線形等)。リスク評価にも適用可能。</li> <li>・ 地震・津波以外のハザードに対する評価法構築</li> <li>・ 複合事象・波及的影響等の評価法構築</li> <li>・ 経年劣化、モニタリングによる実構築物からのフィードバック法の構築 RC 構築物の安全裕度評価手法の開発と妥当性の確認等 (設計想定以上の状況を対象)</li> <li>・ リスク評価のベースとしての対応性確認</li> <li>・ 設計条件を超えた領域を考慮した試験方法、または試験代替手法の開発</li> <li>・ 学協会規格の作成・改訂 (データの整備・規格化) 手順、組織等の確定と規格作成・改訂の推進</li> </ul>
<p>課題として取り上げた根拠 (問題点の所在)</p>	<p>定性的な安全性評価、保守的制限値を超えない設計は実施されているものの、安全に対する裕度を定量的に表す指標、手法の精度、データが不足している。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 東京電力福島原子力発電所事故を踏まえ設置導入した SA (シビアアクシデント) 対応設備等において、相互の効果の比較、有効性の程度・順位の比較が最適化されていない。</li> <li>・ 構築物の健全性裕度とプラントシステムとしての安全余裕との関係が定性的</li> <li>・ 正確な終局状態の把握ができていない。終局状態までの各種評価法の余裕の過剰な</li> </ul>



	<p>累積（材料、応答（解析）、評価法等がそれぞれ持つ余裕の定量化・適正化が必要）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ばらつきと余裕（安全率）の考え方の統一が必要（荷重側と構造側それぞれ）</li> <li>・モニタリング情報を活用して裕度の精度向上を図る手法が不十分。</li> </ul> <p>課題解決を阻害する要因として以下が上げられる。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・設計条件を超えた領域を考慮した試験を行う装置が無いあるいは少ないため、試験実施が困難</li> <li>・学協会規格の作成・改定（データの整備・規格化）手順、組織が未確定</li> </ul>
<p>現状分析</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・終局まで十分余裕がある（余裕が不明な）制限値に対し、設計がなされている。これまではクライテリアを満足する事の確認に主眼がおかれ、今後はクライテリアを超えて実性能を確認する必要がある。終局状態までの試験が為されていない（特に動的機能維持については、増大する上下動や衝撃力（パルス振動）等未確認のものがある）。</li> <li>・試験装置の限界を補う手法の高精度化が途上（弾塑性やGAPなどの非線形挙動や交番荷重のような簡略化法が明確でない特性を含む場合において、地震時動的機能損失や崩壊等の破損は、地震入力に対する外挿性が明確でなく試験で確認することが現状必要な状況であるが、試験条件が加振台の最大加速度を超える場合はこれを局所の接触挙動や弾塑性挙動、減衰発生等のメカニズムから明確化し高精度に推定する手法が必要である。また、津波による敷地内で機器への波力の分布や竜巻による風力の建屋・機器周辺での3次元分布等、試験装置で必ずしも再現できていないものについては、解析等による補完が必要である。）</li> <li>・裕度評価を行う際の荷重の条件（3方向地震動、竜巻の空間分布等も含む）が明確でなく、確立する必要がある。</li> <li>・荷重・材料、応答（解析）、評価法等で個別に余裕を確保している。</li> <li>・時刻歴、3D、非線形、連成（地盤—建屋、流体—構造等）等、解析技術も進歩してきておりプラント評価にも適用できる段階に来ているものも多いが、精度が低いものもある。</li> <li>・余裕が明確化（定量化）されているが簡易な評価法が不足。</li> <li>・地震やその他荷重のモニタリングはいくつか実施され、荷重履歴が考慮されているが、損傷の累積や劣化を反映した余裕評価法の精度を高める必要がある。</li> <li>・複合事象については一応は考慮されているが、定義、考慮方法を明確にする必要がある。</li> <li>・フラジリティ設定時などに決定論的手法を延長した考え方が採用されている。</li> <li>・設計条件を超えた荷重に対しては安全解析等で評価がなされているが、実力に対する裕度評価法については、データ不足あるいは不確実性の大きな仮定が支配的な要因となっているものがある。たとえば、長期間、高温環境下に晒されたRC構造物に対する温度影響を評価する場合、火災を対象としたデータ等を適用して評価しており、また温度依存を考慮した劣化特性や鉄筋とコンクリートの複合効果等のRC部材に対する構成則を確立する必要がある。</li> </ul> <p>人材基盤に関する現状分析は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・現在の技術を用いて評価を行える人材は、メーカーや電気事業者が育成しているが、阪神淡路大震災以後の現状の健全性を再評価するバックチェック、設計想定を変更</li> </ul>

	<p>して機器の設計に反映するバックフィット等に資源の多くが投入され、ベテランのリタイアと相まって新規技術を開発する人材が豊富に育成されているとは言えない。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 学術界でも新たに原子力工学、耐震等の外的事象に関する学科などを設置する大学も見られるが、全体的に学生および研究者における原子力不人気の傾向がみられ、人材育成に好適な環境とはなっていない。</li> <li>・ ソフトウェアの開発も学術界を含め実施されているが、ソフト開発の品質管理に精通した技術者あるいは組織が少なく実用化段階のソフトへの展開が少ない。このような状況から、海外で商品化された計算コードの利用が増加する傾向である。</li> <li>・ 試験装置については国内建築分野を中心に需要が高く、世界的にも最先端の研究開発を行う人材が現在は国内で確保されている。</li> </ul> <p>上記を踏まえ以下のような人材が求められている。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 荷重源想定と荷重（地震や津波）設定、建物・構築物の評価/設計、機器配管系の評価/設計、構造信頼性評価、試験装置の開発/運用/維持、解析環境/ソフト開発、等を実施可能な人材</li> </ul> <p>また、人材基盤を構築する上で下記のような問題が生じている。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 研究者や技術者の育成は教育機関（大学等）卒業後になされるが、原子力分野を志す研究者、技術者にとって魅力ある分野としてのPRが不足しており、原子力離れの傾向がある。</li> <li>・ 試験施設、装置を扱う人材の将来的な育成、確保計画の明確化が必要</li> <li>・ ソフトウェアの高い品質管理が求められるようになっているが、ソフトウェア開発者と研究者が同一の場合、利用者への配布・販売、維持管理までを行うことは難しく、プラントレベルでの利用を意識したソフトウェア管理技術者が必要であるが、現状不足している。</li> </ul>
<p>期待される効果 (成果の反映先)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 既設プラントの安全余裕の明確化と安定運転</li> <li>・ 外的事象発生時の安全性向上。効果的防護メカニズム開発。</li> <li>・ 定量的な余裕を確保する合理的な規制 → リスク概念を用いた規制への発展</li> </ul>
<p>他課題との相関</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ S106_c07 : 外部事象を考慮した運用管理（発生予測技術、影響評価技術等）</li> <li>・ S111_d11-2 : SA 計装、SA 設備の多様化と高度化及び設備の設計技術</li> <li>・ S106_c03 : 地震、津波以外の外的事象が及ぼすリスク早期把握（第一次近似）と継続検討項目の抽出</li> <li>・ S106_c04 : 原子力プラントを対象とした津波に対する安全性確保・評価技術の構築（耐津波工学の体系化）</li> <li>・ S106_c05 : リスクベースの地震影響評価技術の構築（断層変位、斜面崩壊等、リスク評価も含む）</li> <li>・ M104L103_c06 : 耐震性能評価精度向上をはじめとする低頻度外的事象に関する不確定性低減への継続的寄与</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ M107_d23 : マルチユニット、レベル3 PRA を活用したプラント全体のリスク評価とリスク低減のためのマネジメント力向上</li> <li>・ S111_d13 : リスク評価手法の改良と SA 対策への適用</li> </ul>
<p>実施の流れ</p>	<p>当該ステージ</p> <p>M104L103_c06 M107_d23</p>
<p>実施機関／資金担当 ＜考え方＞</p>	<p><u>産業界 / 産業界</u>      余裕度が明確でない動的機器等について試験を実施しデータを蓄積する。      ハザードを想定し、構造物への荷重条件をより詳細化、明確化する。</p> <p><u>学术界・産業界 / 行政</u>      試験技術としても世界の先端を進む大荷重（大地震）等を模擬できる装置の開発、性能向上を行い、真の裕度把握を行う。      安全裕度を真の評価に近づけるための新知見を工学として利用できる形とするための研究を実施し、裕度評価手法を確立する。</p> <p><u>学協会/産業界</u>      安全裕度評価法の規格化を行う。</p> <p><u>学术界・産業界 / 産業界・行政</u>      構造物応答・損傷に対応する実力評価可能な解析手法の開発と妥当性検証を行う。      また、より高度な解析手法の開発と、これらを通じた解析技術者の育成と維持を図る。</p> <p>行政は、内閣府、文部科学省、経済産業省、厚生労働省、国土交通省、防衛省、原子力規制委員会等を含む</p> <p>＜考え方＞</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・行政は学术界と協働し、社会インフラとして必要な大規模な研究装置の開発や、これまでにない概念の創出等を行う。製造などに当たっては、産業界が主体となる部分もあるが行政はこれを補助する。</li> <li>・電気事業者と中心とした産業界は、学术界・電中研リスク研究センター・原子力安全推進協会での研究活動と連携し、実プラントに即した評価・裕度向上に取り組む。</li> <li>・学協会は、外部事象評価手法の規格改定を行う。</li> <li>・実施主体が資金担当となることが適当。学協会（学术界）の活動については、電気</li> </ul>

	<p>事業者または国がその目的に合わせ資金負担することが必要。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 基盤としての技術や知見を蓄積する研究施設は、行政が主体となり整備する。</li> </ul>
--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

【改訂履歴】

改訂 番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
—	2015年5月21日	初版
1	2016年11月30日	・ 課題調査票の不整合修正（他課題との相関の箇所を見直し）

課題調査票

<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【M107_d23】 マルチユニット、レベル3 PRA を活用したプラント全体のリスク評価とリスク低減のためのマネジメント力向上</p>
<p>マイルストーン及び 目指す姿との関連</p>	<p>中 I : 包括的リスク情報活用の向上 ⇒原子力に係るリスクを効果的・継続的に低減するとともに、リスク情報に基づく意思決定サイクルの考え方が定着・改善されている必要がある。</p>
<p>概要(内容)</p>	<p>福島第一事故により、原子力発電所の安全対策において、複数基立地による号機間の干渉、複数ハザードの重畳への対策の重要性が認識されており、これらを考慮して、サイト全体としてリスクを低減させていく必要がある。 また、レベル3 PRA を安全目標の設定に合わせて適切に活用し、社会的影響についても適切に考慮し、リスク低減に取り組んでいく必要がある。</p>
<p>具体的な項目</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 複数基立地（以下「マルチユニット」という。）を考慮したリスク評価</li> <li>・ 複数ハザードの重畳（以下「マルチハザード」という。）を考慮したリスク評価</li> <li>・ マルチユニット、マルチハザード、レベル3 PRA の知見を活用した意思決定</li> </ul>
<p>課題として取り上げた根拠 (問題点の所在)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 意思決定に用いることができる品質の PRA を構築するためには、評価手法の整備が必要であるが、マルチユニットを考慮したリスク評価手法は国内では未整備</li> <li>・ 地震及び津波以外の外的ハザードの評価実績が不足しており、マルチハザードを考慮したリスク評価手法は、国内では未整備</li> <li>・ マルチユニット・マルチハザードを考慮したサイト全体のリスク評価結果やレベル3 PRA をリスク低減への取組みに活用する際に必要となる社会的影響まで考慮した意思決定の考え方（安全目標含む）が未整理</li> </ul>
<p>現状分析</p>	<p>現状分析は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ マルチユニットを考慮したリスク評価 ⇒マルチユニットを考慮したリスク評価手法は国内では未整備であり、IAEA や米国 NRC を初めとした各国で近年研究がされ始めた段階</li> <li>・ マルチハザードを考慮したリスク評価 ⇒地震及び津波以外の外的ハザードの評価実績が不足しており、マルチハザードを考慮したリスク評価手法は、国内では未整備</li> <li>・ マルチユニット、マルチハザード、レベル3 PRA のリスク評価を活用した意思決定 ⇒マルチユニット・マルチハザードを考慮したサイト全体のリスク評価結果やレベル3 PRA をリスク低減への取組みに活用する際に必要となる社会的影響まで考慮した意思決定の考え方（安全目標含む）が整理されていないことから、何のために、何に対して、どこまで投資するのか、といった経営判断に有効に活用されていない。</li> </ul> <p>人材基盤に関する現状分析は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ マルチユニット、マルチハザードを考慮した PRA モデル構築のためには、設計情</li> </ul>

	<p>報の収集、モデル構築作業等に相当の人的リソースが必要</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 地震・津波等外的事象、建屋/機器/システム、ソースターム、被ばく等に関する専門知識を有した人材が必要であり、メーカーや電気事業者にて育成中</li> <li>・ 一方、外的ハザード評価や社会的影響については原子力に限定されない専門知識が必要であり、専門家が不足</li> <li>・ 専門人材確保、専門人材を育成するプログラムの作成と育成の場の確保が必要</li> <li>・ 先進の PRA 技術については、電中研原子力リスク研究センターを中核とした研究開発を実施中。</li> </ul>
<p>期待される効果 (成果の反映先)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ マルチユニット、マルチハザードの影響を考慮した効果的なリスク低減対策立案</li> <li>・ レベル3 PRA 等の知見を活用した適切な意思決定への支援</li> </ul>
<p>他課題との相関</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ S106_c04：原子力プラントを対象とした津波に対する安全性評価・安全性確保技術の構築（耐津波工学の体系化）</li> <li>・ S106_c05：リスク評価に用いる地震影響評価技術の構築（断層変位，斜面崩壊等のリスク評価も含む）</li> <li>・ S102_a12：リスク情報（不確実さを含む）に基づく総合的意思決定に向けた枠組み構築と人材育成</li> <li>・ S110_c10：外的事象（自然現象など）に関する新知見の継続的取り組みの枠組み実現</li> <li>・ S103M102L101_b01：リスク情報を活用したコミュニケーションの実施</li> <li>・ S111_d13：リスク評価手法の改良と SA 対策への適用</li> <li>・ S101M101L102_z01：福島第一原子力発電所事故を踏まえた安全目標の設定とリスク認知</li> <li>・ M104L103_c06：耐震性能評価精度向上をはじめとする低頻度外的事象に関する不確定性低減への継続的寄与</li> <li>・ M104L103_c06：低頻度外的事象に関する不確定性低減研究継続</li> <li>・ M103L101_a04：大規模自然災害対応へのリスクガバナンス構築</li> <li>・ S111M107L103_d42：システム・構造・機器（SSC）の信頼性向上と高度化</li> </ul>
<p>実施の流れ</p>	<p>現状</p> <pre> graph TD     A[安全目標] --&gt; B[サイト全体のリスク評価結果を活用したリスク低減への取組みに関する考え方の整理]     B --&gt; C[マルチユニット、マルチハザード、レベル3 PRA に関する知見の活用]     D[マルチユニットを考慮した PRA 実施のためのツール整備] --&gt; E[マルチユニットを考慮したリスク評価]     F[マルチハザードを考慮した PRA 実施のためのツール整備] --&gt; G[マルチハザードを考慮したリスク評価]     E --&gt; B     G --&gt; B     H[安全目標の設定に応じたレベル3 PRA による社会的影響の評価] --&gt; B   </pre> <p>S101M101L102_z01 → 安全目標 → サイト全体のリスク評価結果を活用したリスク低減への取組みに関する考え方の整理 → マルチユニット、マルチハザード、レベル3 PRA に関する知見の活用</p> <p>マルチユニットを考慮した PRA 実施のためのツール整備 → マルチユニットを考慮したリスク評価 → サイト全体のリスク評価結果を活用したリスク低減への取組みに関する考え方の整理</p> <p>マルチハザードを考慮した PRA 実施のためのツール整備 → マルチハザードを考慮したリスク評価 → サイト全体のリスク評価結果を活用したリスク低減への取組みに関する考え方の整理</p> <p>安全目標の設定に応じたレベル3 PRA による社会的影響の評価 → サイト全体のリスク評価結果を活用したリスク低減への取組みに関する考え方の整理</p>

実施機関／資金担当 <考え方>	<p><u>産業界 / 産業界</u></p> <p>(マルチユニットを考慮した PRA 実施のためのツール整備、マルチハザードを考慮した PRA 実施のためのツール整備、マルチユニットを考慮したリスク評価、マルチハザードを考慮したリスク評価、安全目標の設定に応じたレベル3 PRA による社会的影響の評価、サイト全体のリスク評価結果を活用したリスク低減への取組みに関する考え方の整理、リスク評価結果を踏まえた安全対策の実施、等)</p>
	<p><u>学協会 / 学協会</u></p> <p>(リスク評価、リスク情報活用に関する規格策定・改訂、等)</p>
	<p><u>原子力規制委員会 / 原子力規制委員会</u></p> <p>(安全研究、海外の規制動向調査などによる原子力安全規制の高度化、等)</p>
	<p><u>産業界・学術界 / 行政 (経済産業省)</u></p> <p>(原子力発電の安全性向上に繋がる研究の実施、外的ハザード評価や社会的影響等に携わる専門家人材の育成支援、等)</p>
	<p>&lt;考え方&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・電気事業者は、事業主体としてリスク評価の高度化とそれに基づく対策の実施により、安全性向上に努める。</li> <li>・学協会は、リスク評価、リスク情報活用に関する規格策定・改訂を行う。</li> <li>・原子力規制委員会は、規制当局として、安全研究、海外の規制動向調査などを通じて、原子力安全規制の高度化を進める。</li> <li>・行政 (経済産業省) は、原子力発電の安全性向上に繋がる研究の実施や外的ハザード評価や社会的影響等に携わる専門家人材を継続的に確保する取組みを支援する。</li> </ul>

【改訂履歴】

改訂番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
—	2015年5月21日	初版

課題調査票

<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【S111M107_d24】 プラント運用技術、炉心設計管理の高度化</p>
<p>マイルストーン及び 目指す姿との関連</p>	<p>中Ⅱ. 既設プラントの高稼働運転と長期安定運転の実現 ⇒安定かつコストバランスに優れたエネルギー源としての利用に向け、高稼働運転や適切な高経年化対策を前提とした長期運転が必要となる。</p> <p>短Ⅳ. 信頼性向上へ向けたプラント技術・運用管理の高度化 ⇒事故リスク低減のため、通常運転、異常事象収束の信頼性向上に係る活動の活性化がなされる必要がある。</p> <p>中Ⅲ. 事故発生リスクを飛躍的に低減する技術の整備 ⇒原子力をベースロード電源として活用されるため、事故発生リスクを飛躍的に低減する技術開発および設計技術への反映がなされる必要がある。</p>
<p>概要（内容）</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・原子力プラントの性能を最大限に活用し設備利用率を向上させるためには、出力向上や長期サイクル運転といったプラント運用技術の高度化が有効である。具体的に、出力向上については、必要に応じてタービンや蒸気発生器等の設備拡張（それに伴う材料開発等の要素技術開発含む）や給水流量の測定精度改善、原子炉熱出力向上の安全評価技術の高度化等が必要となる。また、長期サイクル運転や設備利用率向上のためには、燃料の高燃焼度化、状態監視の幅広い導入やリスク情報活用によるオンラインメンテナンス導入（作業員の負荷平準化等）などによる設備信頼性の向上が有効である。</li> <li>・炉心構成要素（高燃焼度燃料、事故耐性燃料および制御棒等）の設計変更、原子炉の運転条件見直しに対し、運転上の制限を遵守し、安全余裕を確保した状態で原子炉の運転を行うためには、炉心設計、運用管理技術の高度化を継続的に推進していくことが必要である。</li> </ul>
<p>具体的な項目</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・プラント運用高度化のための技術課題は短期の個々課題にて整理されている。</li> <li>・炉心解析技術の高度化（不確かさ評価技術および安全余裕の定量評価技術の向上等）</li> <li>・炉心監視機能の向上、運転余裕の明示化</li> </ul>
<p>課題として取り上げた根拠 (問題点の所在)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・原子力プラントの安全運転と性能の発揮を両立させ、さらに高稼働率を実現するためにはプラント運用技術の高度化が必要である。そのためには、リスク情報活用技術、熱流動/炉心技術、水化学技術、機器健全性評価技術、状態監視技術等を高度化していくことが有効である。例えば、現在は定検期間に作業が輻輳することから、作業員の確保が困難であるが、リスク情報を活用したオンラインメンテナンスを導入することで負荷平準化が図れる。また、現在はTBM（タイムベースドメンテナンス）を主体として点検を実施しており、劣化がないにも関わらず分解点検等を実施することでいじり壊しのリスクが増加するが、状態監視の幅広い導入により保全周期の適正化が図られることで信頼性の向上につながる。</li> <li>・燃料などの炉心構成要素（高燃焼度燃料、事故耐性燃料および制御棒等）の設計や</li> </ul>



	<p>原子炉の運転条件が変更された場合でも、運転上の制限を遵守し、安全余裕を確保した状態で原子炉の運転を行うためには、燃料の性能向上、燃料設計及び炉心設計の精緻化などによる影響を適切に把握できるよう、炉心解析手法についても高度化を進め、解析精度を高めていくことが必要</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・運転条件（運転期間、運転出力など）の変更にあたっては、燃料取替体数や燃料の取出燃焼度が変化するため、安全余裕を適切に確保できることを評価しながら炉心運用するためには、燃料設計の変更を含め、運転条件に対応した燃料配置の設計（炉心設計）の高度化が必要</li> <li>・高稼働率運転、長期安定運転のためには、定格出力運転から部分負荷運転時を含め、燃料健全性や安全上重要なパラメータに対する運転余裕の活用が考えられ、停止機能の評価を含め、運転余裕の精度向上を実現する評価手法の高度化・適用とともに運転中における炉心監視機能の向上による運転余裕の明示化が望まれる。</li> </ul>
<p>現状分析</p>	<p>現状分析は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・米国等では、状態監視の幅広い導入や、オンラインメンテナンスの導入等を行い、出力向上や長期サイクル運転が実施されている。国内の原子力発電所でも状態監視を導入し、データが蓄積されている。</li> <li>・炉心設計コード、炉心運用管理の手法等、現行のジルカロイ被覆管とペレット型の核燃料を基本とする軽水炉燃料の高度化に対応できる、炉心設計、運用管理技術は確立している。</li> <li>・海外では、原子力発電所の高稼働運転、高出力運転が実用化されており、これに対応するための燃料設計の高度化が図られると共に、高稼働運転、高出力運転を実施するための炉心設計、運用管理技術が確立されている。これらの技術の国内適用に必要な検討、更なる改良、それを担う人材育成には、比較的長いリードタイムが必要であるため、設定された中期目標を達成するためには、早急に着手が必要である。</li> <li>・また、安全性の一層の向上を目指して、事故耐性燃料等の、現行とは異なる燃材料概念に基づいた核燃料の研究開発が進められ、一部の研究開発プロジェクトは国が支援している。これらの革新的燃材料に対する、現行の炉心設計コードや炉心運用管理手法の適用性は今後検討していく必要がある。</li> <li>・実用化開発に向けて、事故耐性燃料等の要素技術の開発と炉心設計や運用管理技術との間で、開発目標や開発課題に関する相互の認識共有とフィードバックが重要であることから、研究開発体制の構築が必要である。</li> <li>・長期の原子炉停止により、革新的な燃材料開発及びその炉心運用管理方法等の適用性確認や、更なる改良に向け、適切な研究開発体制の構築等の対応が遅れており、技術が後退する前に、早期着手し、技術確保を行う必要がある。</li> </ul> <p>問題点</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・規制側／事業者側の枠組み検討</li> <li>・事故耐性燃料等の革新的燃材料の適用を含めた様々な運転条件に対応した炉心設計に係る国内外の知見の確実な反映とその改良について国際的に展開する基盤（国際プロジェクトへの参画を含む臨界試験・中性子束分布測定試験などの実施、国内外の運転経験の共有など）の確立。</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>・特に海外で豊富な実績を有する解析手法などについては、その迅速かつ円滑な導入を促す仕組みの充実（学協会規格の整備、トピカルレポート制度の活性化など）。</li> </ul> <p>人材基盤に関する現状分析は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・事業者においては、現在導入している状態監視技術に関する知識・技能を有した人材の育成が行なわれてきた。</li> <li>・メーカーでは原子力設備の海外輸出等を通じて、必要な技術開発にかかる人材の育成を行っている。</li> <li>・炉心設計、運用管理技術は、原子力安全の確保の基本となる技術の一つであり、必要な人材基盤を継続して確保していくことが重要である。今後も人材基盤を維持していくためには、大学等の教育段階から優秀な人材を集め、かつ、人材を計画的に育成していくとともに、実際に炉心設計、運用管理の経験を積んでいくことが必要である。</li> <li>・海外の実用化技術の反映にとどまらず、その改良をもって、更なる原子力安全に役立つ運用管理技術を国際的に展開できる人材を育成し、活躍してもらうことが必要。</li> </ul> <p>人材育成が求められる分野</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・炉物理・臨界安全、炉心設計、燃料設計、安全設計、タービン設計、熱交換器設計、状態監視技術</li> <li>・炉心設計手法開発技術、炉心設計評価技術、炉心設計手法検討技術（臨界試験、中性子束分布測定試験）</li> </ul> <p>問題点</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・必要とされる人材規模は、原子力発電に関する国の方針に依存し、これに対応して、計画的かつ継続的な人材確保が必要である。</li> <li>・東電福島第一事故後の原子力プラントの長期停止により、実際に経験を積む場が損なわれている。</li> <li>・優秀な人材を惹きつけるという意味において、東電福島第一事故とそれに続く原子力プラントの長期停止は、若い世代の原子力離れを招いている。</li> </ul>
<p>期待される効果 (成果の反映先)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・原子力発電所の高稼働運転による環境負荷軽減</li> <li>・燃料などの炉心構成要素の高度化や、原子炉の運転条件が見直された場合においても、運転上の制限を遵守し安全余裕を確保した状態で原子炉の運転が可能となる。</li> </ul>

<p>他課題との相関</p>	<p>S111_d32 : 状態監視・モニタリング技術（予兆監視・診断、遠隔監視・診断等）の高度化</p> <p>S111_d11-2 : SA 計装、SA 設備の多様化と高度化及び設備の設計技術</p> <p>S112M107_d08 : 安全解析手法の高度化</p> <p>S111M107_d36 : 高経年化評価手法・対策技術の高度化</p> <p>S111M107_d17-1 : 炉心・熱水力設計評価技術の高度化</p> <p>S111M107_d18-1 : 燃料の信頼性向上と高度化</p> <p><u>S111M107_d18-2 : 燃料の信頼性向上（燃料の基準等整備と安全裕度評価手法の明確化）</u></p> <p>M107_d25 : 運転性能の高度化（事象進展抑制、停止機能、負荷追従、等）</p> <p>S111M107_d09 : SFP 評価技術の高度化</p> <p>S103_b07 : 廃棄物長期保管に向けた健全性評価技術、管理技術の高度化</p> <p>M199L199_d20 : 事故時耐性燃料・制御棒の開発</p> <p>S105_a05 : 緊急時対応における情報共有や意思決定判断基準の高度化（環境影響評価／事象進展予測技術の高度化）及び意思決定の教育訓練</p> <p>M106_c01 : 計測技術・解析技術の高度化</p> <p>M102L101L104_b08 : 廃棄物や TRU 低減を実現する革新的技術及び軽水炉システムの構築【PWR】</p> <p>M199L199_d19 : 革新的技術開発（材料開発等）と燃料濃縮度の見直しによる燃料長寿命化の追求</p> <p>L103_d21 : 負荷追従性の高度化</p>
<p>実施の流れ</p>	<p>現状</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <p style="text-align: center;">原子力発電所の安全安定運転（13ヶ月運転前提）</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <p style="text-align: center;">現行の燃料設計、運転条件に対応した炉心運用手法が確立</p> </div>

	<p>当該ステージ（短期～中期）  S111M107_d10, S111M107_d18-1, S111M107_d18-2, M199L199_d19, M119L119_d20</p> <p>当該ステージ（中期）</p>
<p>実施機関／資金担当  &lt;考え方&gt;</p>	<p><u>産業界／産業界</u>  （状態監視技術等の高度化、リスク情報活用的高度化、熱流動/炉心、水化学技術、燃料技術の高度化、機器健全性評価技術の高度化等必要な技術開発を実施）</p> <p><u>原子力規制委員会／原子力規制委員会</u>  （規制の枠組みの整備、技術評価）</p> <p>&lt;考え方&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・電気事業者は、事業主体として保全の信頼性向上に努める。</li> <li>・メーカーは、必要な技術開発に努める</li> <li>・原子力規制委員会は、電気事業者のニーズを踏まえて規制基準及び導入の枠組みを定め、技術評価を行う。</li> <li>・実施主体が資金担当となることが適当と考える</li> </ul> <p><u>産業界・学協会／産業界</u>  （炉心の運用高度化検討、それに関する規格策定）</p>

	<p><b>原子力規制委員会／原子力規制委員会</b></p> <p>(炉心の運用高度化にかかる規制基準の整備、技術評価)</p> <p>&lt;考え方&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・産業界が主体となって炉心運用の高度化とそれに必要な燃料の高度化を図る。</li> <li>・学協会は、炉心運用高度化及び付随して必要となる燃料高度化等の具体的な項目に必要な規格等について検討を行う。</li> <li>・原子力規制委員会は、炉心運用高度化及び付随して必要となる燃料高度化等の具体的な項目に必要な規制基準を整備し、技術評価及び認可を行う。</li> <li>・実施主体が資金担当となることが適当。</li> <li>・原子力規制委員会が規制の観点からが主体となる事項について資金担当となることは適当。</li> </ul>
--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

【改訂履歴】

改訂 番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
一	2015年5月21日	初版
1	2016年11月30日	・課題調査票の不整合修正（他課題との相関、実施の流れの箇所を見直し）

課題調査票

<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【M107_d25】 運転性能の高度化（事象進展抑制、停止機能、負荷追従、等）</p>
<p>マイルストーン及び 目指す姿との関連</p>	<p>中Ⅱ. 既設プラントの高稼働運転と長期安定運転の実現 ⇒安定かつコストバランスに優れたエネルギー源としての利用に向け、高稼働率運転や適切な高経年化対策を前提とした長期運転が必要となる。</p>
<p>概要（内容）</p>	<p>既設プラントの高稼働率運転、長期安定運転の実現は、炉心出力の向上や長期サイクル運転の導入、プラント制御系／インターロック機能の強化により達成される。燃料濃縮度は増加の方向であり、過渡・事故時の事象進展を緩和する停止機能の向上や反応度制御能力を向上する技術の高度化が重要である。また、負荷追従運転を含め、運転条件に即した現実的な安全余裕を定量的に把握し、運転管理に役立てることが重要である。</p> <p>課題である運転性能の高度化に係る技術開発は、高稼働率・長期安定運転時の一層の安全性向上に資するものである。</p>
<p>具体的な項目</p>	<p>（課題にぶら下がる細項目の課題を箇条書き）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 炉停止能力・反応度制御能力の向上</li> <li>・ 制御棒システムの耐震性向上</li> <li>・ スペクトルシフト効果拡大策の開発</li> <li>・ 高信頼性燃料（材料）の開発</li> <li>・ 運転余裕評価手法の高度化開発（統計評価手法の適用等）</li> <li>・ 炉心監視機能の向上、運転余裕の明示化</li> <li>・ 多様な制御棒構成を活用した出力急減機能の開発</li> <li>・ プラント制御系／インターロック機能の強化</li> </ul>
<p>課題として取り上げた根拠 (問題点の所在)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 過渡事象等の緩和や制御棒価値の増大等によるスクラム反応度の向上を図ることで、安全基準に対する運転余裕を増大し、長期サイクル運転等の設計に振り向けることが期待される。</li> <li>・ BWRは炉心部のボイド流の特徴を活用し、給水温度制御による反応度制御幅の拡大により、運転期間の増加が考えられる。また、流量スペクトルシフト技術の高度化（流量制御幅拡大、等）による反応度制御能力向上についても同様の効果を期待できる。</li> <li>・ PWRは通常運転時の反応度制御に制御棒とホウ酸水濃度制御系を使用。冷温停止を実現するために、制御棒挿入に加え、炉水のほう素濃度調整が必要。制御棒の価値を十分増大できれば、ほう素濃度調整（化学体積制御設備）不要、もしくはほう素濃度の調整量を低減することが期待される。</li> <li>・ 燃料の高燃焼度化では、燃料材料への水素吸収増大、水素脆化の可能性がある。このため、燃料の閉じ込め機能の観点から、高信頼性燃料材の開発が重要である。</li> <li>・ 高稼働率運転、長期安定運転のためには、定格出力運転から部分負荷運転時を含め、燃料健全性や安全上重要なパラメータに対する運転余裕の活用が考えられ、停止機能の評価を含め、運転余裕の精度向上を実現する評価手法の高度化・適用とともに</li> </ul>

	<p>運転中における炉心監視機能の向上による運転余裕の明示化が望まれる。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 規制基準の観点からは、運転サイクルごとの実際の運転条件を評価条件として、運転特性に応じた安全余裕の確保を評価、確認していく体系の導入が課題。学協会規格の改定（データの整備・規格化）、運転サイクル毎許認可の検討（範囲、内容等）及び導入が必要である。</li> <li>・ PWRにおける出力急減機能の開発により、負荷急減や主蒸気隔離弁誤閉止、主給水ポンプトリップといった事象が生じた場合でも、早期に1/2次系の出力アンバランスを解消し、プラントの継続運転が可能となることが期待される。</li> <li>・ より高度なプラント制御系/インターロック機能を備えることで、外乱の停止/パラメータの変動抑制を図り、原子炉トリップやECCSの作動回避が期待される。</li> </ul>
<p>現状分析</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ BWRでは通常運転時の反応度制御に制御棒と炉心流量を使用。</li> <li>・ BWRの制御棒によるスクラム反応度は、他の設備と相まって、運転時の異常な過渡変化においても燃料の許容設計限界に至ることが無いように決められている。</li> <li>・ 定格出力時に流量制御幅を設け、炉心流量での反応度補償を一定程度行っている。プラントによっては、再循環系の設備余裕を流量幅の拡大に活用することが期待される。</li> <li>・ PWRは通常運転時の反応度制御に制御棒とホウ酸水濃度制御系を使用。冷温停止には、制御棒の挿入とホウ酸水の両方で反応度を制御している。</li> <li>・ 高燃焼度化に対して、より信頼性の高い燃料材の開発が求められている。</li> <li>・ 運転時の異常な過渡変化においても燃料の許容設計限界に至ることがないように、運転制限値を、決定論により、保守的な入力条件を用いて解析評価している。</li> <li>・ 安全解析では、炉心の運転状態の全体を包含するよう保守的に設定された解析条件の結果に基づき評価した通常運転時の制限値の適用を規制基準としている。</li> <li>・ PWRにおいて負荷急減や主蒸気隔離弁誤閉止、主給水ポンプトリップといった事象が生じた場合、原子炉トリップに至る可能性がある。</li> <li>・ 現在の技術を用いて評価を行える人材は、メーカーや電気事業者が育成しているが、海外での原子力安全技術を把握し、原子炉システム全体をみて運転性能の高度化技術の開発を取りまとめることができる人材の増加が望まれる。基本的に、設備毎に細分化され、特定分野のみの専門家に偏りがちな状況である。他分野で開発された技術を原子力分野へ適用できる研究者の増加も望まれる。炉心設計、原子炉システム設計、プラント過渡・事故解析、設備計画、構造評価、燃料材料開発、試験装置の開発/運用/維持、解析環境/ソフト開発、等を実施可能な人材が必要である。</li> </ul>
<p>期待される効果 (成果の反映先)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 出力向上、長期サイクル運転時の運転余裕の向上。効果的な反応度制御系の実現。</li> <li>・ 燃料の高燃焼度化でも水素脆化が抑制される信頼性の高い燃料の実現</li> <li>・ 現実的な運転余裕の実現と規制基準への発展</li> <li>・ サイクル毎許認可による現実的な安全余裕の確保</li> <li>・ プラントへの外乱や機器の誤動作が生じた際の運転継続能力の向上</li> </ul>

<p>他課題との相関</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ S111M107_d18-1：燃料の信頼性向上と高度化</li> <li>・ S111M107_d24：炉心設計、運転管理技術の高度化</li> <li>・ S111M107L103_d42：システム・構造・機器（SSC）の信頼性向上と高度化</li> <li>・ S111M107_d36：高経年化評価手法・対策技術の高度化</li> <li>・ S112M107_d08：安全評価手法の高度化</li> <li>・ S111M107_d24：プラント運用技術、炉心設計管理の高度化</li> <li>・ M102L101L104_b08：廃棄物や TRU 低減を実現する革新的技術及び軽水炉システムの構築</li> <li>・ S111_d29：リスク情報活用による保全・運用管理の高度化</li> <li>・ S111_d30：：重大事故（SA）対策機器の保全管理の確立</li> <li>・ S111_d32：状態監視・モニタリング技術（予兆監視・診断、遠隔監視・診断等）の高度化</li> <li>・ S111M107_d34：保守・運転管理の合理化・省力化による保守・運転員負荷低減</li> </ul>
<p>実施の流れ</p>	<div style="text-align: center; margin-bottom: 20px;"> <p>M102L101L104_b08</p> <p>↕</p> </div> <div style="text-align: center; margin-bottom: 20px;"> <div style="border: 1px solid black; background-color: #e6f2ff; padding: 5px; display: inline-block; border-radius: 10px;">       運転性能の高度化（事象進展抑制、停止機能、負荷追従、等）     </div> </div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;"> <p>S111M107_d18-1 S111M107_d24 S111M107L103_d42 S111M107_d36 S112M107_d08 S111M107_d24 S111_d29 S111_d30 S111_d32 S111M107_d34</p> </div> <div style="border-left: 1px solid black; padding-left: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; background-color: #e6f2ff; padding: 5px; margin-bottom: 5px; width: 100%;">           停止能力・反応度制御能力の高度化開発         </div> <div style="border: 1px solid black; background-color: #e6f2ff; padding: 5px; margin-bottom: 5px; width: 100%;">           制御棒システムの耐震性向上         </div> <div style="border: 1px solid black; background-color: #e6f2ff; padding: 5px; margin-bottom: 5px; width: 100%;">           スペクトルシフト効果拡大手法の開発         </div> <div style="border: 1px solid black; background-color: #e6f2ff; padding: 5px; margin-bottom: 5px; width: 100%;">           高信頼性燃料（材料）の実用化開発         </div> <div style="border: 1px solid black; background-color: #e6f2ff; padding: 5px; margin-bottom: 5px; width: 100%;">           運転余裕評価手法の高度化開発         </div> <div style="border: 1px solid black; background-color: #e6f2ff; padding: 5px; margin-bottom: 5px; width: 100%;">           炉心監視機能の向上、運転余裕の明示化         </div> <div style="border: 1px solid black; background-color: #e6f2ff; padding: 5px; margin-bottom: 5px; width: 100%;">           多様な制御棒構成を活用した出力急減機能の開発         </div> <div style="border: 1px solid black; background-color: #e6f2ff; padding: 5px; margin-bottom: 5px; width: 100%;">           プラント制御系／インターロック機能の強化         </div> </div> </div>



<p>実施機関／資金担当</p> <p>&lt;考え方&gt;</p>	<p>産業界・学協会・行政／産業界・行政</p> <p>&lt;考え方&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 産業界（電気事業者）は、事業主体として安全性の適正評価・向上に努める。</li> <li>・ 産業界（メーカ）は、技術開発・設計・対策提案の主体として安全性の適正評価・向上に努める。</li> <li>・ 行政（原子力規制委員会）は安全基準の策定と技術評価を行う。</li> <li>・ 学協会は関連する規格改定を行う。</li> <li>・ 産業界が資金担当となることが適当。</li> <li>・ 本課題の対応は、安全基盤技術の開発に係ることから行政（資源エネルギー庁）も資金担当となることが適当。</li> </ul>
-------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

【改訂履歴】

改訂 番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
—	2015年5月21日	初版
1	2016年11月30日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 課題調査票の不整合修正（他課題との相関、実施の流れの箇所を見直し）</li> <li>・ 課題調査票の不整合修正（マイルストーン及び目指す姿との関連から短期の項目を削除）</li> </ul>

課題調査票

<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【S109M104L103_d26】 短期：核拡散抵抗性概念の適用可能性検討 中期：核拡散抵抗性の高い設計基準の導出・有効性の実証 長期：核拡散抵抗性の高い設計基準の適用</p>
<p>マイルストーンおよび 目指す姿との関連</p>	<p>短期Ⅱ．信頼性向上に向けたプラント技術・運用管理の高度化 ⇒核拡散抵抗性概念を導入し、設計による保障措置有効性の向上及び核物質転用困難性の向上への適用可能性を検討する。 中期Ⅲ．リスクを飛躍的に低減する技術の開発 ⇒プラントへの核拡散抵抗性概念の導入項目を決定し、核拡散抵抗性の高い設計を行う上での性能基準を導出する。更にその有効性を実証する。 長期Ⅱ．プラント全体のリスク極小化 ⇒核拡散抵抗性の高い設計基準を適用し、平和利用に特化した原子力プラント管理システムを構築する</p>
<p>概要（内容）</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・核拡散抵抗性は、国家による未申告の核物質の生産や転用及び技術の不正使用を妨げる原子力システムの特性で、国家の決意や保障措置を初めとする外在的措置と、原子力システムの技術的な設計上の特徴といった内在的特性からなる。</li> <li>(短期)</li> <li>・軽水炉システムへの核拡散抵抗性概念の適用可能性検討を行い、プラント運用を阻まず核拡散抵抗性を向上させる実効的な技術開発項目を導出する。</li> <li>(中期)</li> <li>・保障措置の実施を容易にする技術開発、核物質転用困難性を向上させる技術開発を行う。</li> <li>・核拡散抵抗性の高い設計を行う上での性能基準を導出しその効果を実証する。</li> <li>(長期)</li> <li>・核拡散抵抗性の高い設計基準を適用し、平和利用に特化した原子力プラント管理システムを構築する。</li> </ul>
<p>具体的な項目</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(短期)</li> <li>・軽水炉への、保障措置の実施を容易にする設計・技術(検認技術の高度化とプラント運用、設計情報モニタリングシステム導入等)の適用性評価</li> <li>・核拡散リスクを低減する内在的技術(高燃焼度化、物質障壁等)の適用性評価</li> <li>・技術開発項目の導出と優先順位の策定</li> <li>(中期)</li> <li>・保障措置の実施を容易にする技術開発、核物質転用困難性を向上させる技術開発。</li> <li>・核拡散抵抗性の高い設計を行う上での性能基準の導出と効果の実証</li> <li>(長期)</li> <li>・核拡散抵抗性の高い設計基準の適用</li> <li>・平和利用に特化した原子力プラント管理システムの構築</li> </ul>
<p>課題として取り上げた根拠 (問題点の所在)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・世界的に多くの原子力発電所建設が計画されており、技術及び人的水準が異なる国々においても一定以上の核不拡散性の担保が必要。</li> <li>・原子力システムの深層防護の深化の観点から、悪意をもった国家による核拡散活動の検知や予防のみならず、核物質転用困難性を高める技術も重要である。</li> <li>・核セキュリティ・核不拡散の共通深化の有効性がIAEAにより指摘されている。</li> </ul>
<p>現状分析</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・保障措置に加え、原子力システムの技術的な設計により核不拡散をより強固なものにする核拡散抵抗性概念がIAEAや第四世代原子力システムフォーラム(GIF)等により提案され、我が国を始め米国、ロシア、ヨーロッパ等で研究が進められている。</li> <li>・設計初期段階から保障措置適用性を組込むこと(Safeguards by design)により、保障措置実効性を高めながらプラント寿命における運用コストを削減するのに有効であることが、IAEAや米国エネルギー省国家安全保障局により指摘されている。</li> <li>・次世代原子力システムの必須要件として評価指針作成が進められている。</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>IAEA 勧告 (INFCIRC225rev. 5) により核セキュリティと核不拡散の共通深化(計量管理情報の活用等)が推奨されている。</li> <li>核拡散抵抗性は新しい概念であり、我が国においては、大学、研究機関の一部の研究者が関与しているのみである。</li> <li>次世代原子力システムの必須要件となっている</li> </ul>
<p>期待される効果 (成果の反映先)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>原子力システムの技術的な設計による核不拡散の深化と合理化</li> <li>核セキュリティとの共通深化</li> </ul>
<p>他課題との相関</p>	<p>核拡散抵抗性概念の適用により、規制当局による設計情報モニタリングの容易さ、核物質計量管理の高度化、核兵器転用困難性の向上等が期待され、災害時の安全対応や、核物質盗取・転用脅威に対する核セキュリティに対し相乗効果がある。</p>
<p>実施の流れ</p>	<p><u>現状</u></p> <hr/> <p><u>当該ステージ</u></p>
<p>実施機関／資金担当 ＜考え方＞</p>	<p><b>核拡散抵抗性概念の適用可能性検討</b>      実施機関：行政(文部科学省、経済産業省、原子力規制委員会)・産業界・研究機関・学術界      資金担当：行政(文部科学省、経済産業省、原子力規制委員会)</p> <p><b>核拡散抵抗性の高い設計基準の導出・有効性の実証</b>      実施機関：行政(文部科学省、経済産業省、原子力規制委員会)・産業界・研究機関・学術界      資金担当：行政(文部科学省、経済産業省、原子力規制委員会)</p> <p><b>防御の更なる高度化(セキュリティフリーなど)</b>      実施機関：行政(文部科学省、経済産業省、原子力規制委員会)・産業界・研究機関・学術界      資金担当：行政(文部科学省、経済産業省、原子力規制委員会)</p>

	<p>&lt;考え方&gt; 核不拡散は国策として取り組むべき課題である。 行政(文部科学省、経済産業省、原子力規制委員会)が主導して科学研究費や核不拡散・核セキュリティ関連国費等の助成研究により、研究機関・学術界および産業界がこれを実施することが望ましい。またその際には IAEA の動向や規制当局(原子力規制委員会)の意向を踏まえて、検討を実施する。</p>
--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

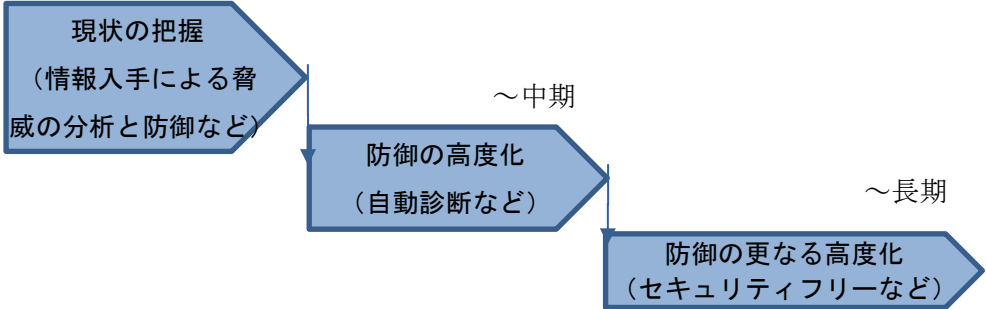
【改訂履歴】

改訂 番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
一	2015年5月21日	初版

課題調査票

<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【S109M104L103_d27】 短期:コンピュータセキュリティ脅威の分析との防御ー 中期:コンピュータセキュリティ防御の高度化ー 長期:コンピュータセキュリティ防御の更なる高度化ー</p>
<p>マイルストーンおよび 目指す姿との関連</p>	<p><b>短期Ⅰ:事故発生リスク低減・更なる安全性向上の実施</b> ⇒リスク情報に基づいた事故発生リスク低減策が効果的に実施される必要がある。 <b>中期Ⅲ:事故発生リスクを飛躍的に低減する技術の整備</b> ⇒原子力をベースロード電源として活用されるため、事故発生リスクを飛躍的に低減する技術開発および設計技術への反映がなされる必要がある。 <b>長期Ⅰ:プラント全体のリスク極小化 プラント全体のリスク極小化 プラント全体のリスク極小化</b> ⇒事故低減に係る革新的技術がなされるために必要</p>
<p>概要(内容)</p>	<p>&lt;短期&gt;  <ul style="list-style-type: none"> <li>・ サイバー空間を想定したサイバー攻撃対応 VAI 評価手法の確立</li> <li>・ 重要機器・設備に、プラントの重大事故に到るような機能喪失を発生させ得るサイバー攻撃の同定</li> <li>・ 現在のアクセス遮断が破られる可能性があるサイバー攻撃に関する情報やアクセス遮断に係る防護措置の情報を入手・検討することが必要である</li> </ul> <p>&lt;中期&gt;  <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 情報技術の進歩に対応し、上記対応を継続的に行い高度化を図る。</li> </ul> <p>&lt;長期&gt;  <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 情報技術の進歩に対応し、上記対応を継続的に行い更なる高度化を図る。</li> </ul> </p></p></p>
<p>具体的な項目</p>	<p>&lt;短期&gt;  <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 通常のVAI(Vital Area Identification)で想定されている物理的空間への侵入ではなく、サイバー空間を想定したVAI(Vital Access Identification)評価によるサイバー攻撃に対応した新たなプロテクトセット(PS)の抽出が必要である。</li> <li>・ PSの導出のためのFault Tree解析による、機能喪失をすることで原子炉の重大事故に到る重要機器・設備(TS:ターゲットセット)の導出</li> <li>・ TSへのサイバー攻撃手段として①～④による安全機能喪失リスクを評価する。 <ul style="list-style-type: none"> <li>① 制御盤に対する、安全対策装置への事故時起動信号発動の妨害</li> <li>② 安全対策装置に対する、事故時に起動する制御プログラムの改竄</li> <li>③ 安全対策装置に対する、保全情報の改竄による故障誘発</li> <li>④ 中央制御室モニターに対する、誤表示発生のためのプログラム改竄による安全対策の人為的ミス誘発</li> </ul> </li> <li>・ 上記リスク情報に基づくサイバー攻撃への核セキュリティ対策の重要度評価を行う。</li> <li>・ 解析事業者間またはメーカー等から、現在のアクセス遮断が破られる可能性があるサイバー攻撃に関する情報やアクセス遮断に係る防護措置の情報を入手する必要がある。</li> <li>・ 現在のアクセス遮断が破られる可能性があるサイバー攻撃に関する情報やアクセス遮断に係る防護措置の情報を入手した場合には、防護措置の改善について検討する。</li> </ul> <p>&lt;中期&gt;  <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 情報技術の進歩に対応し、上記対応を継続的に行い高度化(自動診断化など)を図る。</li> </ul> <p>&lt;長期&gt;  <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 情報技術の進歩に対応し、上記対応を継続的に行い更なる高度化(セキュリティフリーなど)を図る。</li> </ul> </p></p></p>

<p>課題として取り上げた根拠 (問題点の所在)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ IAEA の Technical Guide (TG) である IAEA Nuclear Security Series No.16, "Identification of Vital Areas at Nuclear Facilities"では、TS への攻撃を防ぐために必ず防護せねばならない区域 (PS: Protect Set) を導出するための VAI (Vital Area Identification) が解説されているが、通常の VAI 評価では悪意を持つ人間がその区域に物理的に侵入して TS を攻撃する場合のみが想定されている。しかしながらサイバーセキュリティの場合には、人間が PS に物理的に侵入することなくコンピュータネットワークを通して TS を機能喪失に到らしめることが可能であるため、通常の VAI とは PS が異なる可能性がある。</li> <li>・ サイバー攻撃により、安全上の重要機器・設備を機能喪失に至らしめる手段としては、上記の①～④が考えられる。これら①～④に対する重要機器・設備の脆弱性は機器・設備の特性により異なるため、機能喪失可能性の可否を重要機器・設備ごとに評価する必要はある。</li> <li>・ 現在のアクセス遮断が破られる可能性があるサイバー攻撃に関する情報やアクセス遮断に対するサイバー攻撃の技術が進歩し、現在のアクセス遮断が破られる可能性が出てきた場合には、防護措置の改善を図る必要がある。</li> <li>・ コンピュータセキュリティは、「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」の第7条「発電用原子炉施設への人の不法な侵入等の防止」及び第24条「安全保護回路」、並びに「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」の第9条「発電用原子炉施設への人の不法な侵入等の防止」及び第35条「安全保護装置」で要求されている「不正アクセス行為の防止」と共通部分があることから、safety 上も効果がある。係る防護措置の情報を入手することが必要である。</li> </ul>
<p>現状分析</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ IAEA Nuclear Security Series No.16 の要求 サイバー攻撃を想定した VAI 解析評価手法は確立されていない。</li> <li>・ INFCIRC/225/Rev.5 の要求 コンピューターベースのシステムは、脅威評価又は設計基礎脅威と整合するように侵害行為 (例えばサイバー攻撃、ごまかし又は偽造) に対して防護されるべきである。</li> <li>・ 実用炉則の要求 第91条 第2項 18 発電用原子炉施設及び特定核燃料物質の防護のために必要な設備又は装置の操作に係る情報システムは、電気通信回線を通じて妨害行為又は破壊行為を受けることがないように、電気通信回線を通じた当該情報システムに対する外部からのアクセスを遮断すること。 19 前号の情報システムに対する妨害行為又は破壊行為が行われるおそれがある場合又は行われた場合において迅速かつ確実に対応できるように適切な計画 (第九十六条第一項において「情報システムセキュリティ計画」という。) を作成すること。</li> <li>・ 関連する IAEA 核セキュリティシリーズ文書 No.17 原子力施設のコンピュータセキュリティ</li> <li>・ 規制適合性 実用炉規則に基づき、発電用原子炉施設及び特定核燃料物質の防護のために必要な設備又は装置の操作に係る情報システムに対する外部からのアクセスを遮断するとともに、妨害破壊行為に備え、情報システムセキュリティ計画を定めている。 また、これらの措置については、核物質防護規定に規定され、毎年の核物質防護検査で確認されている。</li> <li>・ 改善の余地 サイバー攻撃の技術が進歩し、現在のアクセス遮断が破られる可能性が出てきた場合には、防護措置の改善を図る必要がある。</li> <li>・ safety 上の効果 コンピューターセキュリティについては、以下の要求事項と共通部分がある。 「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」 第7条 発電用原子炉施設への人の不法な侵入等の防止 第24条 安全保護回路 「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」 第9条 発電用原子炉施設への人の不法な侵入等の防止 第35条 安全保護装置</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ <u>分類分けの記載</u> コンピュータセキュリティのうち、外部からのアクセス遮断は「防止」、情報システムセキュリティ計画の作成は「対応」に分類される。</li> </ul> <p><u>人材基盤に関する現状分析は以下の通り</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 現状、核セキュリティ関係要員については、各社においてOJT・教育等を通じて育成している。</li> <li>・ 発電所におけるコンピュータセキュリティは、一般にIT、電気・計装部門が担い、連携して対応している。</li> </ul>
<p>期待される効果 (成果の反映先)</p>	<p>安全への効果との視点</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」の第7条「発電用原子炉施設への人の不法な侵入等の防止」及び第24条「安全保護回路」、並びに「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」の第9条「発電用原子炉施設への人の不法な侵入等の防止」及び第35条「安全保護装置」で要求されている「不正アクセス行為の防止」と共通部分があり、アクセス遮断の改善を図ることによって、safety 上の不正アクセス行為の防止対策の強化に繋がる。</li> </ul>
<p>他課題との相関</p>	<p>・S109M104L103.d28</p> <p>短期：核セキュリティ脅威検知手法の開発 中期：ビッグデータを用いた監視・検知システムの開発 長期：核セキュリティ脅威リスクを可能な限り低減させた管理</p>
<p>実施の流れ</p>	<p><u>現状</u> 実用炉規則に基づき、発電用原子炉施設及び特定核燃料物質の防護のために必要な設備又は装置の操作に係る情報システムに対する外部からのアクセスを遮断するとともに、妨害破壊行為に備え、情報システムセキュリティ計画を定めている。 また、これらの措置については、核物質防護規定に規定され、毎年の核物質防護検査で確認されている。</p> <p><u>短期</u></p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 事業者間またはメーカ等から、現在のアクセス遮断が破られる可能性があるサイバー攻撃に関する情報やアクセス遮断に係る防護措置の情報を入手する必要がある。</li> <li>・ 現在のアクセス遮断が破られる可能性があるサイバー攻撃に関する情報やアクセス遮断に係る防護措置の情報を入手した場合には、防護措置の改善について検討する。</li> </ul>
<p>実施機関／資金担当 ＜考え方＞</p>	<p><u>現状の把握（情報入手による脅威の分析と防御など）</u> 実施機関：産業界・研究機関・学術界 資金担当：産業界・行政（文部科学省、経済産業省、原子力規制委員会）</p> <p><u>防御の高度化（自動診断など）</u> 実施機関：産業界・研究機関・学術界 資金担当：産業界・行政（文部科学省、経済産業省、原子力規制委員会）</p> <p><u>防御の更なる高度化（セキュリティフリーなど）</u> 実施機関：産業界・研究機関・学術界 資金担当：産業界・行政（文部科学省、経済産業省、原子力規制委員会）</p>

	<p>&lt;考え方&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ コンピュータセキュリティは変化が速く、また原子力に限らずあらゆる分野において共通の重要課題である。この分野に強い産業界のメーカ・学会がリードし、その知見を取り入れていくことが重要。産業界は、国内・国外におけるの実例などを調査し、これを参考に原子力発電プラントにとって有効なコンピュータセキュリティ対策を構築するとともに、その強化に努める。</li> <li>・ 学界は現状のコンピュータセキュリティを元にさらにその先の近い将来に必要となるコンピュータセキュリティ対策を検討する。</li> <li>・ 行政(文部科学省、経済産業省)は、原子力以外の分野において先行しているコンピュータセキュリティ政策と連携し、研究プロジェクトを指導すると共に資金面で補助する。</li> </ul>
--	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

【改訂履歴】

改訂 番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
一	平成 27 年 5 月 21 日	初版
	平成 28 年 12 月 27 日	第 1 改訂



課題調査票

<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【S109M104L103_d28】 短期：核セキュリティ脅威検知手法の開発 中期：ビッグデータを用いた監視・検知システムの開発 長期：核セキュリティ脅威リスクを可能な限り低減させた管理</p>
<p>マイルストーンおよび 目指す姿との関連</p>	<p>短期Ⅳ．内部脅威者妨害破壊行為自動検知技術の開発 ⇒原子力発電所内に設置された監視カメラ画像の解析により、内部脅威者による妨害破壊行為を選択的に高精度で自動検知する技術を開発する必要がある。 中期Ⅲ．内部脅威者妨害破壊行為による事故発生リスクを飛躍的に低減する技術の開発 ⇒原子力プラントに設置されている監視カメラや各種センサから得られる情報をビッグデータ解析により総合評価することで、核セキュリティ脅威の未然防止を可能とするシステムを開発する。 長期Ⅰ：プラント全体のリスク極小化 ⇒内部脅威者検知システムを設計段階から組み込んだ、内部脅威者妨害破壊行為による核セキュリティ脅威リスクがほとんどゼロとなる次世代原子炉の実現。</p>
<p>概要（内容）</p>	<p>核セキュリティにおける脅威は、放射性物質の散布・妨害破壊行為・核物質の盗取・食物、水、空気の汚染の4つに大きく分類される。核セキュリティの対象施設は原子力プラント・核燃料再処理施設・その他の放射性物質取り扱い施設など様々だが、原子力プラントと原子力安全の共通目的と考えた場合、4つの脅威の中で最も着目すべきものは、妨害破壊行為であると言える。4つの脅威の中では妨害破壊行為が、原子力プラントの安全上重要な機能の喪失に直結する可能性を有する。妨害破壊行為は、</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. 外部脅威者（アウトサイダー）によるもの、</li> <li>b. 内部脅威者（インサイダー）によるもの、</li> <li>c. 上記の両者による協力によるもの</li> </ul> <p>の、大きく3つに分類される。外部脅威者とは原子力施設関係者ではない第三者を意味しており、また外部脅威者による妨害破壊行為は、外部から監視区域や枢要区域に侵入し、安全機能等の破壊を行うことを主な目的とする。内部脅威者とは原子力プラント作業員など施設関係者であり、その妨害破壊行為は施設内部へのアクセス権限を有するという特性から、重要設備の機能喪失・アクシデントマネジメントの妨害・メンテナンスや監視の放棄など、多種多様な可能性がある。また両者が協力して、例えば内部脅威者が外部脅威者の侵入を手引きする場合には、外部脅威者を対象とした既存の侵入防止・検知設備の多くが機能しない可能性もある。</p> <p>日本においては内部脅威者に対する対策が海外に比べて遅れているという点である。米国などでは原子力施設の作業員を雇用する際には雇用前背景調査を入念に行い、原子力施設に脅威を及ぼす可能性を減らすのが一般的なのだが、日本においては背景調査が海外と比して十分とは言えない。また、日本の核施設におけるセキュリティ設備は外部からの侵入を監視し検知するためのものが主であり、内部脅威者が関わる妨害破壊行為を監視し検知する設備は十分ではない。</p> <p>また、内部脅威者には重要設備への高いアクセス権がある場合があること、そして、高い専門的知識を有する場合があることである。アクセス権や専門的知識を有する内部脅威者が関わる妨害破壊行為は、それ以外の妨害破壊行為に比べて効果的かつ迅速に目的を完遂させる能力が高いと考えられる。このため、内部脅威者が関わる妨害破壊行為には、外部脅威者単独の場合と同等か、それ以上の対策を講じる必要がある。</p> <p>また、近年は原子力発電所のサイバーセキュリティの必要性が叫ばれているが、そのほとんどは外部からのインターネットを通じて侵入されることに対する対策であり、内部脅威者によるUSBフラッシュメモリやモバイル機器を用いてウィルス混入させる場合への対策はまだ未開発である。この対策としても、内部脅威者の行動検知は有効であると考えられる。</p> <p>(短期)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・機能喪失により原子力プラントの安全機能喪失に到るような重要機器・設備はロバーストに製作されており、これらに重大事故を引き起こすような妨害破壊行為のための行動は限定可能である。各種センサによるデータの中では画像データが内部脅威者の行動に関する情報を最も多く含むため、短期では、限定された妨害破壊行為行動を原子力発電所内に設置された監視カメラ画像の解析により検知する技術の開発</li> </ul>

	<p>を行う。</p> <p>(中期)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 監視カメラ画像データ以外にも、既存のセンサ類による音響データ、温度データ、個人認証や移動ルートなどの情報、また、個人に対する行動監視により得られる情報をビッグデータ解析し、内部脅威者による妨害破壊行為行動の発生とその予兆を未然に検知する監視システムの開発</li> </ul> <p>(長期)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 設計段階からビッグデータを用いた内部脅威者検知システムを組み込み、内部行為者による核セキュリティ脅威がほとんど起こり得ない原子力プラントを設計する。</li> </ul>
具体的な項目	<p>(短期)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 重要な妨害破壊行為シナリオと対策シナリオの構築する。</li> <li>・ 実行可能性の高いシナリオと妨害破壊行為を抽出する。</li> <li>・ 抽出された妨害破壊行為を実現するための内部脅威者による行動は限定可能であり、これを同定する。</li> <li>・ 同定された妨害破壊行為を行う内部脅威者の行動に対する検知技術の開発</li> <li>・ とくに、USB フラッシュメモリやモバイル機器などを用いた内部脅威者によるサイバー攻撃行為の検知手法の開発</li> </ul> <p>(中期)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 各種センサ情報およびマネジメント情報を統合して集積する技術構築</li> <li>・ 集積された情報へのビッグデータ解析により妨害破壊行為行動検知ソフトウェアの開発</li> </ul> <p>(長期)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 核セキュリティ脅威フリー原子炉の設計指針</li> <li>・ 設計要求の維持・向上に必要な管理要件の抽出</li> </ul> <p>抽出された管理要件を実現するためのシステムの構築とその長期持続のための方策の開発</p>
課題として取り上げた根拠 (問題点の所在)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ IAEA の 核物質防護勧告 (INFCIRC/225/Rev. 5) において、「内部脅威者の脅威に対する防護」が核セキュリティの新たな強調点として指摘されている。</li> <li>・ 現状においても、内部脅威対策として、設備対策、運用対策の整備はされているが、運用を行っていくなかで認められた、問題点等について継続して改善に取り組む必要がある。</li> <li>・ 我が国の核セキュリティ対策において、内部脅威者 (インサイダー) に対する核セキュリティ対策は外部脅威者に対するものに比べて十分とは言えないことから、海外での導入例もある信頼性確認制度 (国による実施、第三者機関での照会) の早期導入に加え、ソフト・ハードの両面で内部脅威者を検出できる新技術の開発が必要である。</li> </ul>
現状分析	<p>【ソフト】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 原子力発電所などでは、内部脅威者対策として枢要設備に対し実用炉則に定められる防護措置「2人ルール」などを適用しているところもある。</li> <li>・ 現在、原子力発電所などの防護区域等への常時立入者に対する信頼性確認制度の導入について検討中である。本制度の導入にあたっては、個人情報・人権への配慮等、制度導入前に十分な検討が必要であり、また、導入後も効率性 (共有データベースの整理)、実効性 (第三者機関での照会) のある制度となるよう継続的に改善していく必要がある。</li> <li>・ 米国などの海外では、内部脅威者の検知システムとして、人や組織 (上司など) による作業員の行動監視プログラムが適用されている。</li> </ul> <p>【ハード】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 原子力発電所などでは、内部脅威者対策として、枢要設備に対し実用炉則に定められる防護措置 (障壁の設置、監視設備の設置) を講じており、国が行う核物質防護検査により実施状況、有効性等が確認されている。</li> <li>・ 内部脅威者のみを対象としたハード検知・遅延技術はまだ実用化されていない。</li> <li>・ 画像技術などを用いて、内部脅威者の妨害破壊行為を検出する技術は、一部の研究者により開発されつつある。</li> </ul>
期待される効果 (成果の反映先)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 原子力発電所における物理的防護システムの高度化</li> <li>・ 福島原子力発電所事故以来、増大している原子力発電所への核セキュリティ脅威への効果的対策の実現</li> </ul>

他課題との相関	<p>MsI01：人為ハザードによる安全リスクの検討</p> <p>Ms I 04：妨害破壊行為の影響緩和および最小化（体制の整備と評価）</p> <p>【S109M104L103_d26】核拡散抵抗性の高い設計基準の導出・有効性の実証</p> <p>短期：核拡散抵抗性概念の適用可能性検討</p> <p>中期：核拡散抵抗性の高い設計基準の導出・有効性の実証</p> <p>長期：核拡散抵抗性の高い設計基準の適用</p>
実施の流れ	<p>現状</p> <p>・従来より、主に外部侵入者を検知するための技術の開発・導入が進められている。</p> <pre> graph TD     A[内部脅威者による妨害破壊行為検知手法の開発] -- 短期 --&gt; B[核セキュリティ脅威によるリスクを可能な限り低減させるための技術と仕組みの構築]     C[核セキュリティ脅威検知手法の開発] --&gt; B     B -- 中期 --&gt; D[ビッグデータを用いた監視・検知システムの開発]     D --&gt; E[セキュリティリスク・フリーな原子力プラント管理システムの構築]     E -- 長期 --&gt; F[核セキュリティ脅威リスクを可能な限り低減させた管理システム]   </pre>
実施機関／資金担当 ＜考え方＞	<p><b>現状の把握（情報入手による脅威の分析と防御など）</b></p> <p>実施機関：研究機関・学術界</p> <p>資金担当：行政（文部科学省、経済産業省、原子力規制委員会）</p> <p><b>防御の高度化（自動診断など）</b></p> <p>実施機関：研究機関・学術界</p> <p>資金担当：行政（文部科学省、経済産業省、原子力規制委員会）</p> <p><b>防御の更なる高度化（セキュリティフリーなど）</b></p> <p>実施機関：研究機関・学術界</p> <p>資金担当：行政（文部科学省、経済産業省、原子力規制委員会）</p> <p>＜考え方＞</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>既存の信号検知技術に強い産業界のメーカ・学会がリードし、さらに新たな発想に基づく新検知技術を、研究機関・学術界が開発する。</li> <li>行政（文部科学省、経済産業省、原子力規制委員会）は、新規研究公募等によりこれを資金面でサポートする。</li> </ul>

【改訂履歴】

改訂番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
一	2015年5月21日	初版
	2016年12月28日	第1改訂

課題調査票

<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【S111_d29】 リスク情報活用による保全・運用管理の高度化</p>
<p>マイルストーン および 目指す姿との関連</p>	<p>短 IV. 信頼性向上へ向けたプラント技術・運用管理の高度化 ⇒事故リスク低減のため、通常運転、異常事象収束の信頼性向上に係る活動の活性化がなされる必要がある。 ⇒福島第一事故を踏まえ設置導入した SA 設備等の保全・運用管理が最適化される必要がある。 ⇒60年運転に向け、高経年化対策が高度化され設備信頼性の向上が行われる必要がある。 ⇒規制の高度化を促す環境が醸成されるために必要である。</p>
<p>概要 (内容)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・リスク評価手法 (PRA) の整備・高度化を行うとともにリスク情報<sup>*</sup>と保全・運用管理行為を結びつける基準やルール、活用方法・手法の整備・充実を行う。</li> <li>※リスク評価 (PRA) 等により得られる系統・機器等の重要性、事故・故障のリスクに与える影響、これらの不確実性など、リスクに関して得られる様々な情報</li> <li>・その際、海外におけるリスク情報活用等に関する最新知見も活用していく。</li> <li>・また、国際機関等を通じた当該課題成果に関する情報発信やそれら成果の輸出プラントへの適用などにより、原子力安全に関する国際貢献を行っていく。</li> </ul>
<p>具体的な項目</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・リスク評価手法 (PRA) の整備・高度化             <ul style="list-style-type: none"> <li>・火災、内部溢水、地震、津波等に係る PRA 手法の整備・高度化</li> <li>・マルチハザード、複数ユニット・サイトに係る PRA 手法の整備</li> <li>・ソースターム、環境影響評価に係る PRA 手法の整備・高度化</li> <li>・人間信頼性解析手法を考慮した PRA 手法の整備・高度化</li> <li>・機器の経年劣化による故障率への影響を考慮した PRA 手法の整備・高度化</li> <li>・リスクデータベースの整備/充実 (保全データや経年劣化の観点を考慮)</li> </ul> </li> <li>・リスク情報活用の規制基準の明確化</li> <li>・リスク情報を活用に関する民間ガイドラインの充実</li> <li>・保全プログラムの充実 (リスク情報活用のプロセス追加)</li> <li>・リスク情報の活用方法・手法の整備 (RI-ISI、OLM、コストベネフィット解析、高経年化評価・対策技術への活用等)</li> <li>・PRA を活用するためのツールの整備 (リスクモニタ等) 等</li> </ul>
<p>課題として取り上げた根拠 (問題点の所在)</p>	<p>リスク情報を活用する上で基準やルール、活用方法の整備・充実等が必要であり、規制基準についても明確化する必要がある。更に、今後、安全性向上評価の5年毎の実施が必要であり、リスク評価やリスク情報活用のための人材基盤 (規制側含め) の構築が必要である。</p>

<p>現状分析</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・リスク評価手法については、電中研リスク研究センターにおいて高度化検討が行われおり、それに合わせ、学术界等において新たな評価（マルチハザード、複数ユニット・サイト等）に対する基準整備が必要。</li> <li>・リスク情報活用状況について、国内では一部活用*が行われているが欧米のように積極的な活用が望まれる。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・欧米（米国、スウェーデン、フィンランド等）では、リスク情報は安全性の確認にとどまらず、検査・運転分野においても供用期間中試験・検査、保守活動（OLM）等で活用されている。</li> </ul> </li> <li>※保全プログラムの保守管理活動（設備のリスク重要度設定）、定検工程管理（リスクレベルの変化の把握（リスクモニタリング））等</li> <li>・リスク情報活用に関するガイド等を整備する取組が行われているが、リスク情報を活用するための基準（規制基準含む）を明確化する必要がある。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・保安院が「原子力発電所の安全規制における『リスク情報』活用の基本ガイドライン（試行版）」（H18年4月）を取り纏めている。</li> <li>・リスク指標の絶対値は、原子力規制委員会が安全目標として設定している。</li> <li>・原子力学会が「原子力発電所の安全確保活動の変更へのリスク情報活用に関する実施基準」（H22年6月）を制定。</li> </ul> </li> <li>・リスク情報活用方法・手法の整備が必要である。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・例えば、RI-ISIについては、米国手法の国内プラントに適用し試評価等行われているが、国内で適用可能な評価手法の整備が必要である。</li> </ul> </li> </ul> <p>人材基盤に関する現状分析は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・PRAモデル構築のためには、設計情報の収集、モデル構築作業等に相当の人的リソースが必要であり、また、保全・運転に関わる人材に対し、PRAやリスク情報活用に関わる教育を浸透させる必要がある。</li> <li>・今後必要な人材基盤として、内的・外的PRA評価等の実施可能な人材や地震・津波等外的事象、建屋/機器/システム、FP、材料劣化、被ばく等に関する専門知識を有した人材が考えられる。そのためには、専門人材の確保と専門人材を育成するプログラムの作成と育成の場の確保が必要である。また、PRAは重要視されており、今後対外的に技量評価説明が必要とされるのであれば、共通した技量評価となる認定制などが考えられる。</li> </ul>
<p>期待される効果 （成果の反映先）</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・供用期間中検査や保守管理活動において、リスク重要度等を考慮することで、より最適な検査、保守管理計画の立案が可能になり、事故発生リスクの低減に繋がる。また、安全確保活動に関する説明性、透明性が向上する。</li> <li>・リスク情報を活用しOLM等を実施することで、保全に関する作業負荷平準化が期待でき、それにより優秀な作業員の確保や作業集中の回避などが可能となり保守作業品質の向上に繋がる。</li> </ul>
<p>他課題との相関</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・S101M101L102_z01：福島第一原子力発電所事故を踏まえた安全目標の設定とリスク認知</li> <li>・S111M107L103_d42：システム・構造・機器（SSC）の信頼性向上と高度化</li> <li>・S102_a06：リスク文化の定着</li> <li>・S102_a12：リスク情報（不確実さを含む）に基づく総合的意思決定に向けた枠組み構築と人材育成</li> <li>・S106_c05：リスク評価に用いる地震影響評価技術の構築（断層変位、斜面崩壊等のリスク評価も含む）</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ S111_d13 : リスク評価手法の改良と SA 対策への適用</li> <li>・ M107_d23 : マルチユニット、レベル 3PRA を活用したプラント全体のリスク評価とリスク低減のためのマネジメント力向上</li> <li>・ <u>M107_d25 : 運転性能の高度化（事象進展抑制、停止機能、負荷追従、等）</u></li> <li>・ S102_a07（安全文化の醸成）</li> </ul>
実施の流れ	<p>現状</p> <div style="border: 1px solid black; background-color: #e0f0ff; padding: 5px; margin: 10px 0; text-align: center;">一部活動でのリスク情報の活用（保全プログラムにおける保守管理、定検工程管理等）</div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin: 10px 0;"> <span>短期</span> <span>中期</span> <span>長期</span> </div> <p><b>当該ステージ</b></p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p><u>S101M101L103 z01, S111M107L103 d42</u> <u>S102 a06, S102 a12, S106 c05, S111 d13,</u> <u>S102 a07</u></p> </div> <div style="width: 45%;"> <p><u>M107 d23, M107 d25</u></p> </div> </div>
実施機関／資金担当 ＜考え方＞	<p><u>産業界／産業界</u> リスク評価手法の整備（外的事象、マルチハザード、複数ユニット等）、経年劣化を考慮したリスク評価手法の検討、経年劣化を考慮したリスク評価手法の整備・高度化（機器故障データベース含む）、日本版 RI-ISI 手法整備、保全プログラム充実</p> <p><u>学協会／産業界</u> リスク評価に関する学会標準の整備、リスク情報活用に関する民間ガイド整備・充実</p> <p><u>学术界・原子力規制委員会／原子力規制委員会</u> リスク情報活用に関する規制基準整備・充実</p> <p><u>学术界・産業界／産業界</u> リスク評価に関する専門人材の育成の枠組み整備</p>

	<p>&lt;考え方&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・電気事業者を中心とした産業界は実施主体として、学協会とも連携し、電中研リスク研究センター・原子力安全推進協会での研究活動と連携・協力して、リスク評価手法やリスク情報活用の手法などを整備する。</li> <li>・学協会は必要に応じてリスク評価やリスク情報活用に関する規格策定を行う。</li> <li>・実施主体と資金担当の組合せはロードマップ全体に亘る検討事項</li> </ul>
--	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

【改訂履歴】

改訂 番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
—	2015年5月21日	初版
1	2016年11月30日	・課題調査票の不整合修正（他課題との相関、実施の流れの箇所を見直し）

課題調査票

<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【S111_d30】 重大事故等（SA）対策機器の保安全管理の確立</p>
<p>マイルストーン および 目指す姿との関連</p>	<p>短 IV. 信頼性向上へ向けたプラント技術・運用管理の高度化 ⇒事故リスク低減のため、通常運転、異常事象収束の信頼性向上に係る活動の活性化がなされる必要がある。 ⇒福島第一事故を踏まえ設置導入した SA 対策設備等の保全・運用管理が最適化される必要がある。 ⇒60 年運転に向け、高経年化対策が高度化され設備信頼性の向上が行われる必要がある。 ⇒規制の高度化を促す環境が醸成されるために必要である。</p>
<p>概要（内容）</p>	<p>新規制基準以降、原子力発電所では種々の SA 対策設備を導入している。実際に事故が発生した際に、適切に事故収束させるためには、配備している SA 対策設備が確実に使用できることが非常に重要である。そのためには、保全内容・頻度等を適切に定め、保守管理を行うことが必要である。</p>
<p>具体的な項目</p>	<p>SA 対応設備の保安全管理の高度化</p>
<p>課題として取り上げた根拠 (問題点の所在)</p>	<p>SA 対策設備は実際に事故が起こった際に期待される機能・性能を果たすことが重要であり、そのためには通常時の保全を適切に行う必要がある。 今回導入した SA 対策設備はこれまで原子力業界では使用実績がない一般産業品も含まれていることから、今後、実際に使用した実績等に基づき、最適化を図っていく必要がある。</p>
<p>現状分析</p>	<p>新規制基準対応として種々の SA 対策設備を導入しており、その中にはこれまで原子力業界では使用実績がない一般産業品も含まれている。これらに対しては、原子力で使用実績がある類似機器の過去の運転実績や、一般産業界での使用実績等を踏まえて、保全計画を立てている。</p> <p>人材基盤に関する現状分析は以下の通りである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・各電気事業者では設備の保守に精通した人材がおり、また、教育、事故時訓練等を通じて、SA 対応要員を育成している。</li> <li>・SA 対策機器としては、一般産業品も採用しているが、当該設備の設計等に携わる技術者は原子力に関する知識はないため、そういった技術者に原子力に関する知識が必要か否かについては検討が必要。</li> <li>・SA 対策機器の操作訓練は、既に実施され力量が付与されているが、SA 対策機器を直営で保守・整備できる力量付与が必要かどうか検討が必要（輸入品や一般汎用品など）。</li> <li>・一般産業界のデータや各発電所の使用実績情報を共有し、事業者で議論する場が必要である。</li> </ul>



<p>期待される効果 (成果の反映先)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ S A 発生時の安全性向上</li> <li>・ 保全内容の最適化による作業員の負荷軽減</li> </ul>
<p>他課題との相関</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ S111_d14 : S A 対策機器の運用管理の最適化・高度化</li> <li>・ S111_d29 : リスク情報活用による保全・運転管理の高度化</li> <li>・ S111M107L103_d42 : システム・構造・機器 (SCC) の信頼性向上と高度化</li> <li>・ M107_d25 : 運転性能の高度化 (事象進展抑制、停止機能、負荷追従、等)</li> <li>・ M101L101_a02 : プラント全体のリスクを極小化する緊急時対応組織の対応能力強化 (外部支援の強化等)</li> <li>・ M103L101_a04 : 大規模自然災害対応へのリスクガバナンス構築</li> <li>・ M106_d07 : 地震等外的事象後の具体的な再稼働可否判断基準の開発とその高度化</li> <li>・ S110M106L103_d02 : <ul style="list-style-type: none"> <li>短期 : 福島第一原発事故を踏まえた外的事象に関連する IAEA 基準等策定への参画</li> <li>中期 : 外的事象に関連する IAEA 基準等策定への貢献</li> <li>・ 長期 : 外的事象に関連する IAEA 基準等策定の主導</li> </ul> </li> </ul>
<p>実施の流れ</p>	<p>現状</p>
<p>実施機関／資金担当 &lt;考え方&gt;</p>	<p>産業界／産業界 (運用実績に基づく SA 対策設備の保全高度化・継続的改善)</p> <p>&lt;考え方&gt; プラントの運用に関するものであることから電気事業者が実施</p>

【改訂履歴】

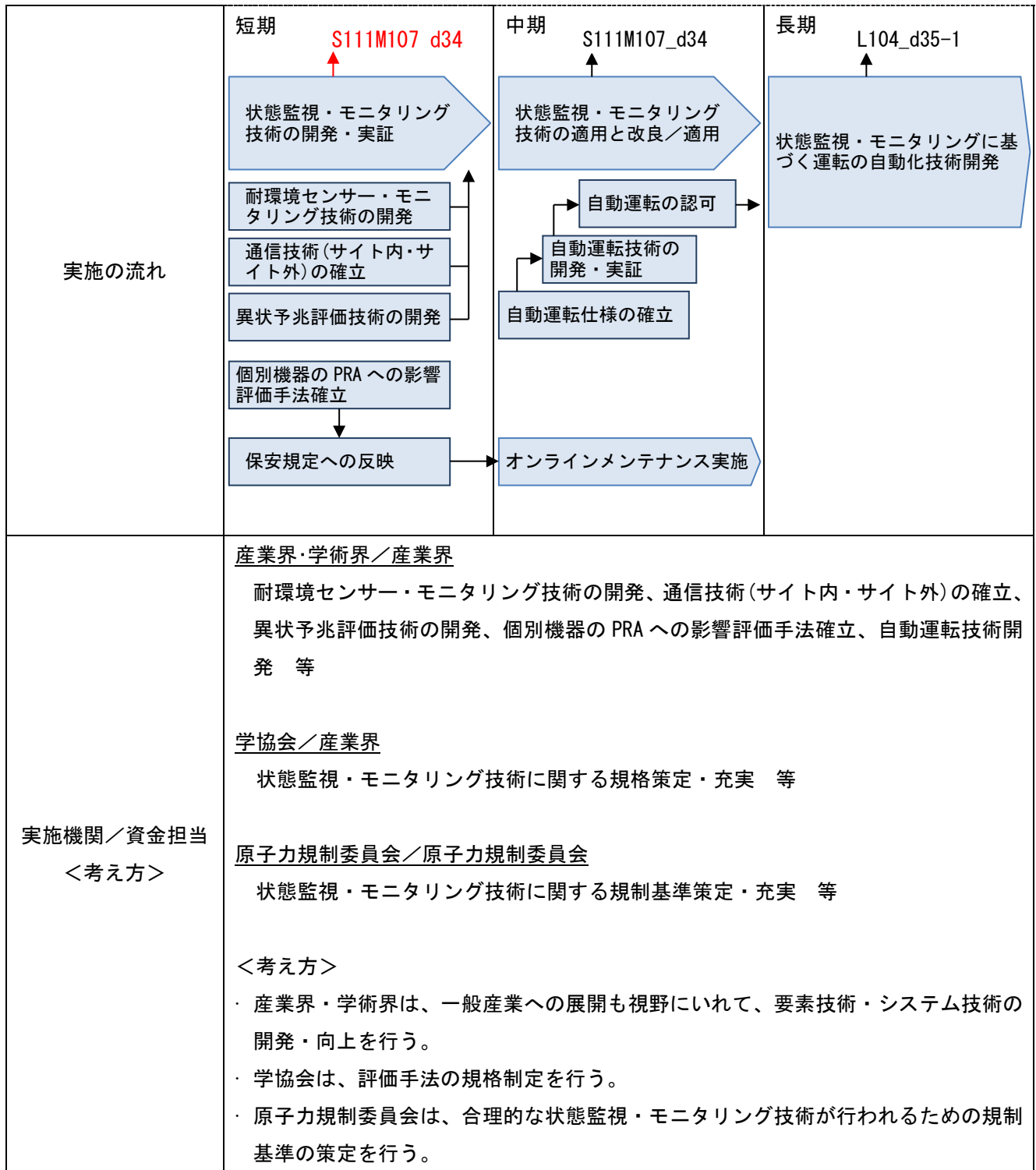
改訂 番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
—	2015 年 5 月 21 日	初版
1	2016 年 11 月 30 日	・ 課題調査票の不整合修正 (他課題との相関の箇所を見直し)

課題調査票

<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【S111_d32】 状態監視・モニタリング技術（予兆監視・診断、遠隔監視・診断等）の高度化</p>
<p>マイルストーン および 目指す姿との関連</p>	<p>短Ⅰ. 事故発生リスク低減・更なる安全性向上の実施 ⇒リスク情報に基づいた事故発生リスク低減策が効果的に実施される必要がある。 ⇒深層防護概念を踏まえ、規制の枠を超えた自主的安全性向上が効果的・継続的に実施される必要がある。 ⇒効果的・継続的なリスク低減活動・自主的安全性向上活動の推進にあたって、国際協力の枠組みの構築や規制の高度化が促される必要がある。</p> <p>短Ⅳ. 信頼性向上へ向けたプラント技術・運用管理の高度化 ⇒事故リスク低減のため、通常運転、異常事象収束の信頼性向上に係る活動の活性化がなされる必要がある。 ⇒福島第一事故を踏まえ設置導入した SA 設備等の保全・運用管理が最適化される必要がある。 ⇒60年運転に向け、高経年化対策が高度化され設備信頼性の向上が行われる必要がある。 ⇒規制の高度化を促す環境が醸成されるために必要である。</p>
<p>概要（内容）</p>	<p>原子力プラントの安全性向上に当たっては、原子力プラントを構成する機器・システムの信頼性が確保されていることが前提となる。一方、機器・システムは使用に伴う劣化が避けられず、機能を適切に維持すること（保全行為）が必須である。</p> <p>确实で合理的な保全を実施するためには、原子力プラント構成機器の運転状態やシステム及び水化学管理の状態を監視し、そのデータを診断することが必要である。</p> <p>このため、診断に必要な物理量が適切な頻度で測定可能であり、測定したデータを効率的に収集・保存でき、異常予兆を捉えて適切な保全時期を判断できる技術を原子力発電所向けに開発し実用化する。</p> <p>また、将来的にはプラントを構成するシステムや個々の機器の状態をリアルタイムに把握して、起動・停止、さらには負荷追従運転を自動化できるシステムを開発する。</p>
<p>具体的な項目</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 機器の使用環境に即したセンサーの開発</li> <li>・ 外的事象や故障等の事象による振動等、機器の損傷や劣化につながるような事象を監視できるシステムの開発</li> <li>・ センサーからのデータを伝達するシステムの開発</li> <li>・ データを統合して機器・プラントシステムの状態を監視するシステムの開発</li> <li>・ データのトレンドから異常予兆を判断し、異常発生時期を予測するシステムの開発</li> <li>・ 機器やプラントシステムの状態 によるプラント安全性への影響程度を評価するシステム(PRA等)の開発（PRA：確率論的リスク評価）</li> <li>・ 状態基準保全手法の開発と適用による点検項目・頻度・管理の適正化</li> <li>・ 新しい水質環境での環境緩和効果の確認手法の確立</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 長時間 SCC 寿命推定に必要な加速試験法・長時間寿命推定法の確立</li> </ul>
<p>課題として取り上げた根拠 (問題点の所在)</p>	<p>現在、機器の保全は一定の期間を超えない時期に点検する時間基準保全が主体となっている。このため、劣化が進んでおらず機能的には問題のない機器においても分解点検などを実施することも多い。健全性を十分保っている機器に対して分解点検などで手を加える結果、かえって機器の健全性を損なう、いわゆるいじり壊しが発生し、プラントの安全性を低下させ事故発生リスク低減を妨げる可能性がある。</p> <p>また、保全作業員が不要な作業を実施することで人的リソースの有効活用を阻害したり、作業員の被ばく量を増大させたりする可能性がある。</p> <p>プラントの信頼性・安全性を高め、作業員の被ばく量を低減するためには、原子力プラント構成機器の運転状態やシステム及び水化学管理の状態を監視し、そのデータを診断した結果に基づいた合理的な保全とすることが必要である。</p>
<p>現状分析</p>	<p>技術に関する現状分析は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 現状の発電所の状態監視保全ではポータブルの振動計や電流・電圧計等を用いることが多い。この方法では常時監視が難しく、対象もポンプ、モータや電動弁等に限定される。また、常時監視でないため故障等が発生したときに、実際にどの程度の異常が機器に発生したか（例えば異常な機械的負荷等）の判定が難しい。</li> <li>・ 機器、構造材及び水化学環境の状態を把握するためのセンサー類について、適用可能なものは使用が開始されている。さらに適用範囲を広げるための十分な耐熱性・耐放射線性を有するセンサー（振動計・超音波センサー等）は開発されつつあるものの、実機適用性や機能実証が十分でない。</li> <li>・ センサーからの信号を伝達するシステムも無線やグラスファイバを用いたものが一部開発され、適用されつつある。</li> <li>・ 上述の通りセンサーや信号伝達は一部実用化されているものの、簡易な現場適用には至っていない。</li> <li>・ 機器の状態を遠隔監視・診断するシステムは、一般産業の機器や一部の原子力機器においては実現しているものもある。</li> <li>・ 諸外国では既に適用され、効率的に状態監視保全が行われている例もある。また一般産業においては、複数サイトを一箇所で見守っている例もある。しかしながら、国内ではこれらが実効的に運用されていない。</li> <li>・ 機器の異常予兆を判断する技術はこれまでも研究が続けられており、適用検討がなされ始めようとしている段階である。ただし、異常原因と異常データとの対応は全てが十分に把握できているわけではない。</li> <li>・ 対象となる機器の異常のプラントの安全性への影響程度を評価するシステム（PRA）については、定量化研究が開始され始めた段階である。</li> <li>・ 水質モニタリングや診断技術はこれまでに多くの研究開発が行われ、プラントの水質維持に貢献してきたが、手動で行われている分析項目が多数あり、より一層の保全支援を行なうためには高経年化対応関連の研究と水化学研究をリンクさせていく必要がある。</li> </ul>

	<p>人材基盤に関する現状分析は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・事業者においては、現在導入している状態監視技術に関する知識・技能を有した人材の育成を行っている。</li> <li>・センサーの開発は学术界・産業界において実施されている。</li> <li>・信号伝達システムの開発は学术界・産業界において実施されている。</li> <li>・機器の状態を遠隔監視・診断するシステムや機器の異常予兆を判断する技術の開発は、産業界を中心に実施されているが、異常原因と異常データとの対応や異常予兆とその進展程度を判断できる人材を育成する必要がある。</li> <li>・機器の異常がPRAに与える影響を定量化できる人材を学术界・産業界ともに育成する必要がある。</li> <li>・産業界、学術研究機関には水化学の専門家がいますが、官・学には水化学の専門家がない。また、原子力発電所の水化学を専門として研究している大学がない。</li> </ul>
<p>期待される効果 (成果の反映先)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・原子力プラントの保全計画が最適化でき、プラントの信頼性・安全性が向上する。</li> <li>・保全計画立案者・保全作業者の負担が軽減し、リソースの有効活用が可能となる。</li> <li>・保全作業者の被ばく量が低減する。</li> </ul>
<p>他課題との相関</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ S106_c07 外部事象を考慮した運用管理（発生予測技術、影響評価技術等）</li> <li>・ S111M107_d36 高経年化評価手法・対策技術の高度化</li> <li>・ S111M107L103_d42 システム・構造・機器（SSC）の信頼性向上と高度化</li> <li>・ S111_d30 重大事故等（SA）対策機器の保全管理の確立</li> <li>・ S111_d39 検査・補修技術の高度化</li> <li>・ Non_a13 継続的なプラント安全性向上を図り安定な運転を継続するための人材確保</li> <li>・ S111M107_d34 保守・運転管理の合理化・省力化による保守・運転員負荷低減</li> <li>・ L104_d35-1 保守・運転の負荷を極小化する革新的技術（保守・運転の自動化等）の適用</li> <li>・ S111M107L104_d10 耐久力・復元力を強化した世界標準の軽水炉設計の構築</li> <li>・ S111_d12 深層防護の第1-3層（設計）から第4層（AM対策）および第5層（防災）まで総合的に考えた設計への取り組みによる事故制御性の抜本的向上</li> <li>・ S111_d29 リスク情報による保全・運用管理の高度化</li> <li>・ M107_d25 運転性能の高度化（事象進展抑制、停止機能、負荷追従、等）</li> </ul>



【改訂履歴】

改訂番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
—	2015年5月21日	初版
1	2016年11月30日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ロードマップ上の要素課題(課題調査票)追加設定に伴う見直し(他課題との関連の箇所を見直し)</li> <li>・課題調査票の不整合修正(他課題との関連の箇所を見直し)</li> </ul>

課題調査票

<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【S111_d33-1】 被ばく低減技術の高度化（水質管理技術、遠隔操作・ロボット技術、放射線防護技術）</p>
<p>マイルストーン および 目指す姿との関連</p>	<p>短Ⅴ. 保全・運転の負荷軽減・品質向上 ⇒効果的・継続的な自主的安全性向上が図られるため、保全・運転管理の高度化が図られる必要がある。 ⇒我が国の原子力発電所従事者の被ばく量は世界的にみても高く、安全性向上を図りながら、被ばく低減への取組が行われる必要がある。 ⇒保全・運転における負荷軽減により作業品質を向上させ、ヒューマンエラー防止等へ繋げる取組みの継続がなされる必要がある。</p> <p>中Ⅲ. 事故発生リスクを飛躍的に低減する技術の整備 ⇒原子力をベースロード電源として活用されるため、事故発生リスクを飛躍的に低減する技術開発および設計技術への反映がなされる必要がある。</p> <p>長Ⅰ. プラント全体のリスク極小化 ⇒事故低減に係る革新的技術がなされるために必要 ⇒ゼロエミッション電源として高い稼働率で安全・安定運転の継続が可能となるよう、設計・保守・運転等の各断面でリスク極小化を目指す取組みがなされる必要がある。</p>
<p>概要（内容）</p>	<p>原子力プラント供用中における従事者の被ばく量を最小限にするため、以下の技術(1)(2)(3)の高度化を実施する。また、事故時において必要と考えられる下記(2)(3)の技術も準備しておく。</p> <p>(1)水質管理技術・材料開発 放射性物質が水中に移行しにくくなるような材料の開発や、水質管理技術の高度化により定検中の被ばく線源となっている放射性物質の一次系への付着を抑制する。また、これに必要な、プラント水質データの共有化データベースの構築も行う。</p> <p>(2)計測・表示・遮へい・除染技術 管理区域内の放射線計測（運転中計測を含む）・線量マッピング技術や遮へい技術、除染技術を高度化することにより、従事者の被ばく量を低減する。</p> <p>(3)遠隔技術 線量の比較的高い場所においては、遠隔作業が可能になるロボット等を導入する。また、遠隔作業に適した装置・機器の開発も実施する。</p>
<p>具体的な項目</p>	<p>短期においては、被ばく量が世界的に見ても高い原因を明確にした上で、下記の要素技術を確立する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 水質管理技術</li> <li>・ プラント水質データの共有化データベース化</li> <li>・ 配管等表面処理技術（付着抑制技術・除染技術）</li> <li>・ 放射線計測技術（耐放射線性、指向性）</li> <li>・ 線量率マッピング技術</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 線量率マップ情報提示技術</li> <li>・ 遮へい計画立案システム</li> <li>・ 高効率遮へい技術、可搬型遮へい技術</li> <li>・ 遠隔作業ツール・ロボット技術</li> <li>・ 共通操作インターフェース</li> <li>・ 遠隔保守が可能な装置・機器の開発</li> <li>・ 耐放射線性向上技術</li> <li>・ 複雑構造物内での通信技術</li> <li>・ 遠隔給電技術(非接触など)</li> <li>・ 材料開発(高耐食材、高耐摩耗材、低放射化材)</li> </ul> <p>中期においては、確立した要素技術を適宜組み合わせることで技術実証・改良を行い、実機への適用・拡大を図る。また、必要に応じて国内規格化を行う。</p> <p>長期においては、更なる技術高度化と適用範囲拡大を進めながら、国際規格化を目指す。</p>
<p>課題として取り上げた根拠 (問題点の所在)</p>	<p>近年、我が国の「平均(集団)線量」は諸外国と比較して高く推移している。この原因については運転期間の違い等による年間当たりの作業量の違いが平均(集団)線量の差に表れているとの指摘があるが、我が国の被ばくの現状を詳細に分析し、今後予想される運転期間の長期化等の環境変化等を踏まえ、更に被ばく低減を進める必要がある。一方、「個人線量」については、現在も法規制値を十分に満足する管理が実施されているところであるが、作業員の放射線安全を確保するため、ALARAの精神に則り、線量率低減に継続して取り組むことは事業者の使命である。</p>
<p>現状分析</p>	<p>技術に関する現状分析は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 我が国の定検時被ばく総量は世界的に見ても高いレベルにある。</li> <li>・ 定検時の被ばく線源となっている一次系配管内面に付着している放射性物質を減らすための水質管理技術・除染技術、配管内表面処理技術は、長年にわたり継続的に開発され適用されてきたが、まだ改善の余地がある。</li> <li>・ ガンマカメラ等の線量測定技術が開発されているが、それらを活用して定検ごとのプラント内の線量率マップを表示し、提示するシステムが望まれている。</li> <li>・ 運転中に測定員がアクセスできない箇所(BWR格納容器内など)での線量率計測方法は開発されつつある。</li> <li>・ 被ばくを低減するための遠隔作業範囲を徐々に広げていく努力は継続してなされている。</li> <li>・ 福島第一の廃炉に向け、防災関係ロボット技術、遮蔽設計及び車両改造技術などの現存技術を組み合わせることで対応しているとともに、国際廃炉研究開発機構(IRID)において、様々なロボットの開発を進めている。</li> </ul> <p>人材基盤に関する現状分析は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 放射線作業従事を希望する者は減少していく方向にあると考えられ、技術を有した作業員も減じていくと思われる。</li> <li>・ 被ばく低減のための水質管理技術はメーカーや電気事業者が開発を継続してきてお</li> </ul>

	<p>り、現在は十分な人材の確保に努めているが、継続して開発を進めるために人員の維持が必要である。官・学には水化学の専門家が少ない。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・東京電力福島第一原子力発電所の復旧対応で、線量の測定技術開発やロボット開発が進められており、そのための人員は増加してきている。</li> <li>・原子力プラント内を三次元的に表す技術も進歩してきており、その技術を担う人材も確保に努めているが、線量率を三次元的にマッピングする技術者はまだ十分ではない。</li> <li>・大学や研究機関では被ばく低減をテーマに扱う研究者・設備が少ない。</li> <li>・技術の実証のためには実験炉や高温・高圧環境下での長時間試験を行う必要があるが、必ずしも十分ではない。</li> </ul>																																						
<p>期待される効果 (成果の反映先)</p>	<p>本技術によりプラント従事者の被ばく量が低減し、従事者の安全性が向上するだけでなく、以下のような効果もある。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・原子力プラント関連業務への抵抗感が薄れ、社会的受容性が増すとともに、作業人員の確保が容易になる。</li> <li>・被ばく低減に対する国際貢献に資することができる。</li> <li>・被ばく低減技術を盛り込んだプラント設計・運用計画を行うことで、プラント輸出における競争力が高まる。</li> </ul>																																						
<p>他課題との相関</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ S111_d32 状態監視・モニタリング技術（予兆監視・診断、遠隔監視・診断等）の高度化</li> <li>・ S111_d39 検査・補修技術の高度化</li> <li>・ S111M107_d34 保守・運転管理の合理化・省力化による保守・運転員負荷低減</li> <li>・ L104_d35-1 保守の効果を高め運転をサポートする革新的技術（保守・運転の自動化等）の適用</li> <li>・ ロボット・遠隔技術においては、福島第一原子力発電所の廃炉のために開発した技術を適切に活用することが合理的</li> </ul>																																						
<p>実施の流れ</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>短期</th> <th>中期</th> <th>長期</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="10">被ばく低減技術の高度化</td> <td>水質データ共有化データベース構築</td> <td>水質データ共有化データベース拡充</td> <td>水質データ共有化データベース国際化</td> </tr> <tr> <td>既存水質管理技術の高度化(最適化)</td> <td>水質管理技術の実証・改善</td> <td rowspan="3">線源となる付着放射化物の最小化と水質管理技術の国際規格化</td> </tr> <tr> <td>放射性物質付着抑制技術の開発</td> <td>放射性物質付着抑制技術の実証・改善</td> </tr> <tr> <td>高耐食材、高耐摩耗材、低放射化材の設計・試作</td> <td>新材料の実証・規格化</td> </tr> <tr> <td>高度除染技術の概念検討・要素試験</td> <td>高度除染技術の実証</td> <td rowspan="3">リアルタイム高精度線量率マッピング提供と国際規格化</td> </tr> <tr> <td>高精度・高速・高分解能放射線計測技術開発</td> <td>高精度・高速・高分解能放射線計測技術改善</td> </tr> <tr> <td>線量率三次元マッピング技術確立</td> <td rowspan="3">放射線管理システムの高度化</td> </tr> <tr> <td>線量率現場表示技術開発</td> </tr> <tr> <td>遠へい計画立案システム開発</td> </tr> <tr> <td>遠隔作業範囲の設定</td> <td rowspan="5">遠隔保守の実証と試運用</td> <td rowspan="5">遠隔保守の適用範囲拡大と国際規格化</td> </tr> <tr> <td>遠隔保守可能機器の設計・試作</td> </tr> <tr> <td>遠隔操作ロボットの設計・試作</td> </tr> <tr> <td>共通操作インターフェース確立</td> </tr> <tr> <td>局所除染ロボットの設計・試作</td> </tr> <tr> <td>事故対応装置仕様の設定</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>福島第一廃炉</td> <td>燃料デブリ取出し用工法・装置開発</td> <td>燃料デブリ取出し</td> <td>廃止措置完了</td> </tr> </tbody> </table>		短期	中期	長期	被ばく低減技術の高度化	水質データ共有化データベース構築	水質データ共有化データベース拡充	水質データ共有化データベース国際化	既存水質管理技術の高度化(最適化)	水質管理技術の実証・改善	線源となる付着放射化物の最小化と水質管理技術の国際規格化	放射性物質付着抑制技術の開発	放射性物質付着抑制技術の実証・改善	高耐食材、高耐摩耗材、低放射化材の設計・試作	新材料の実証・規格化	高度除染技術の概念検討・要素試験	高度除染技術の実証	リアルタイム高精度線量率マッピング提供と国際規格化	高精度・高速・高分解能放射線計測技術開発	高精度・高速・高分解能放射線計測技術改善	線量率三次元マッピング技術確立	放射線管理システムの高度化	線量率現場表示技術開発	遠へい計画立案システム開発	遠隔作業範囲の設定	遠隔保守の実証と試運用	遠隔保守の適用範囲拡大と国際規格化	遠隔保守可能機器の設計・試作	遠隔操作ロボットの設計・試作	共通操作インターフェース確立	局所除染ロボットの設計・試作	事故対応装置仕様の設定			福島第一廃炉	燃料デブリ取出し用工法・装置開発	燃料デブリ取出し	廃止措置完了
	短期	中期	長期																																				
被ばく低減技術の高度化	水質データ共有化データベース構築	水質データ共有化データベース拡充	水質データ共有化データベース国際化																																				
	既存水質管理技術の高度化(最適化)	水質管理技術の実証・改善	線源となる付着放射化物の最小化と水質管理技術の国際規格化																																				
	放射性物質付着抑制技術の開発	放射性物質付着抑制技術の実証・改善																																					
	高耐食材、高耐摩耗材、低放射化材の設計・試作	新材料の実証・規格化																																					
	高度除染技術の概念検討・要素試験	高度除染技術の実証	リアルタイム高精度線量率マッピング提供と国際規格化																																				
	高精度・高速・高分解能放射線計測技術開発	高精度・高速・高分解能放射線計測技術改善																																					
	線量率三次元マッピング技術確立	放射線管理システムの高度化																																					
	線量率現場表示技術開発																																						
	遠へい計画立案システム開発																																						
	遠隔作業範囲の設定	遠隔保守の実証と試運用	遠隔保守の適用範囲拡大と国際規格化																																				
遠隔保守可能機器の設計・試作																																							
遠隔操作ロボットの設計・試作																																							
共通操作インターフェース確立																																							
局所除染ロボットの設計・試作																																							
事故対応装置仕様の設定																																							
福島第一廃炉	燃料デブリ取出し用工法・装置開発	燃料デブリ取出し	廃止措置完了																																				

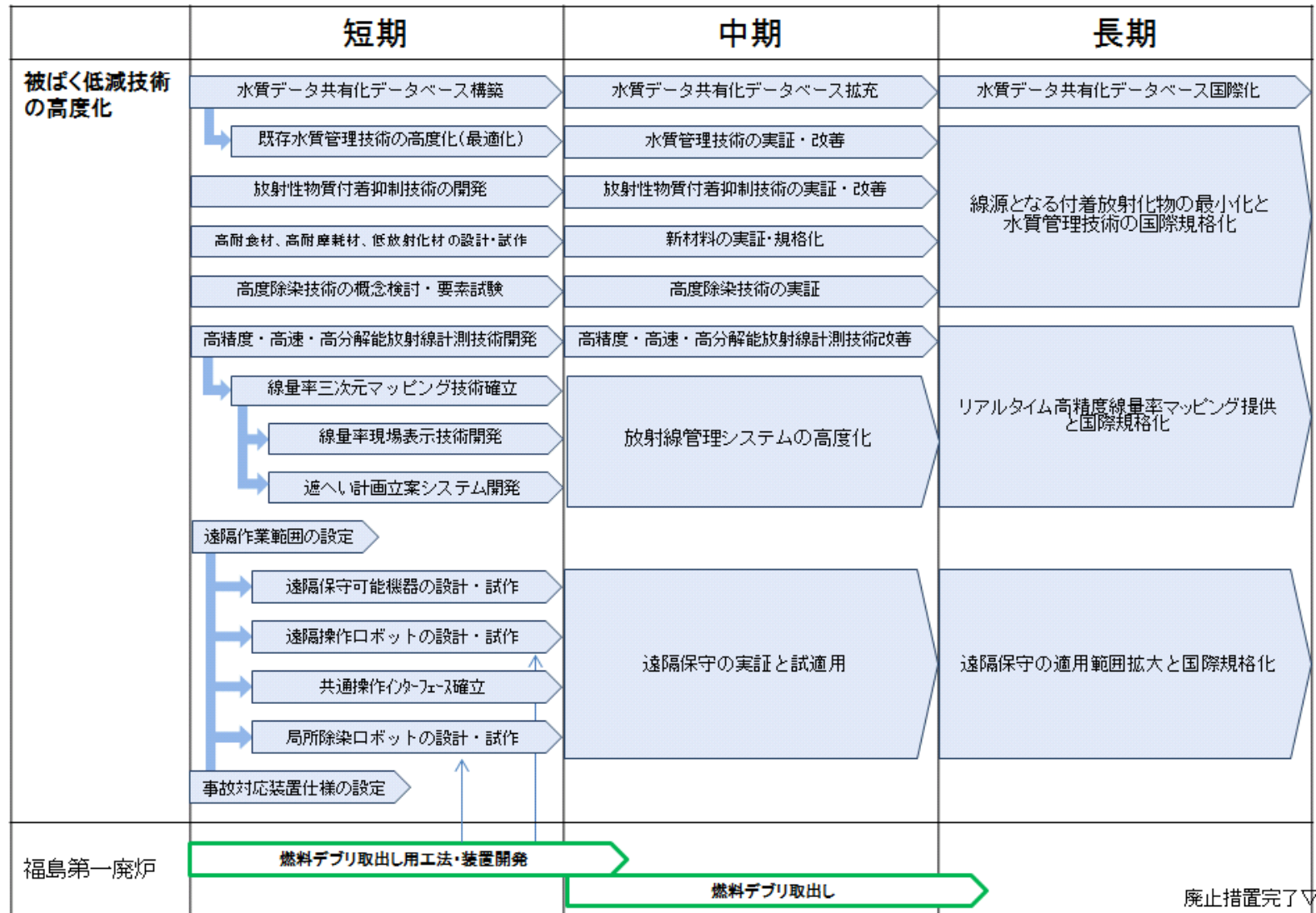


	※拡大図を別紙に示す。
実施機関／資金担当 ＜考え方＞	<p><u>産業界・学術界／産業界</u> 「具体的な項目」欄に記載した諸要素技術の開発 等</p> <p><u>産業界／産業界</u> <u>産業界／エネ庁</u> ロボット・遠隔技術の実証</p> <p><u>学協会／産業界</u> 被ばく低減技術に関する国内・国際規格策定・充実 等</p> <p>＜考え方＞</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 電気事業者は、事業主体として作業者の被ばく低減に努める必要があり、そのためのニーズを明確化するとともに、必要な資金を提供する。</li> <li>・ 産業界・学術界は、事業者のニーズに基づき技術開発を実施する。</li> <li>・ 学協会は、必要に応じ新技術に対する規格を整備する。更に、エネ庁と協力し、IAEAの標準やその他の国際規格への反映に協力する。</li> <li>・ 事故時の遠隔技術は、自然災害や他産業の事故時にも適用ができるため、エネ庁が資金担当となる場合もありうる。</li> </ul>

【改訂履歴】

改訂 番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
—	2015年5月21日	初版
1	2016年11月30日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 課題調査票の不整合修正（他課題との相関の箇所を見直し）</li> <li>・ 課題調査票の不整合修正（マイルストーン及び目指す姿との関連に中期の項目を追加）</li> <li>・ 課題調査票の不整合修正（課題調査票 ID を短期・中期・長期課題に修正）</li> </ul>

実施の流れ



課題調査票

<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【S111_d33-2】 (既設) 事故時被ばくリスクの低減(放射線防護技術、遠隔操作・ロボット技術等)</p>
<p>マイルストーン および 目指す姿との関連</p>	<p><b>短V. 保全・運転の負荷軽減・品質向上</b>  ⇒効果的・継続的な自主的安全性向上が図られるため、保全・運転管理の高度化が図られる必要がある。  ⇒我が国の原子力発電所従事者の被ばく量は世界的にみても高く、安全性向上を図りながら、被ばく低減への取組が行われる必要がある。  ⇒保全・運転における負荷軽減により作業品質を向上させ、ヒューマンエラー防止等へ繋げる取組みの継続がなされる必要がある。</p>
<p>概要(内容)</p>	<p>シビアアクシデントが発生した場合には、事故収束のために作業員の相当の被ばくが想定される。  予め、必要な作業を想定し、それらを行うために必要な工具、装置の自動化・ロボット化を行い、作業員の被ばく低減を図る。</p>
<p>具体的な項目</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・放射線量計測遠隔化(ロボット化)</li> <li>・可搬型遮へい装置の開発</li> <li>・各作業工程に必要な治工具の開発(作業時間の短縮)及び遠隔化(ロボット化)</li> </ul>
<p>課題として取り上げた根拠 (問題点の所在)</p>	<p>福島事故では、運転員・作業員の作業前の放射線計測や事故現場の状況把握に苦労し、相当の被ばくが認められる。今後、事故時の放射線計測及び放射線管理や、状況把握を確実にかつ最小限の被ばく量とする必要がある。また、作業員の人数に限りもあることから、各作業時間を短くし、個々の被ばく量を低減する方策を検討しておく必要がある。</p>

<p>現状分析</p>	<p>現状分析は以下のとおりである。</p> <p>現状、世の中(海外も含めて)に存在するロボット、防保護具などを組み合わせて対応しているが、被ばく量を管理しながら頻繁に作業員などの交代が必要である。このため、被ばく低減のため効果的な装置等の開発及び放射線環境下での使用を想定した実機適用性確認が必要である。</p> <p>現状は、防災関係ロボット技術、遮蔽設計及び車両改造技術などの現存技術を組み合わせて、対応できることに対して実施しているとともに、福島第一のデブリ撤去などに向け、種々のロボットを開発している。</p> <p>アクシデントにおいてプラントがどのような状態になるかを適切に想定し、必要なロボットの仕様を決定する必要があるが、最適な手法は確立されていない。</p> <p>発電所に保管できる設備についても限りがあるため、発電所単位で保有するもの及び事業者共有で保有するものなど整理が必要。</p> <p>一般汎用品などの改造で対応するため、原子力用としてどこまでシビアアクシデント後に使用する設備に仕様を要求するか明確にする必要がある。</p> <p>人材基盤に関する現状分析は以下のとおりである。</p> <p>防災関係ロボット技術、遮蔽設計及び車両改造技術などの人材の力を借りて、装置を検討・開発しようとしている。シビアアクシデント時の被ばく低減の作業やその基本的対応(概念設計)などは、事業者やプラントメーカーの安全、保全担当で検討している。</p> <p>原子力の専門家と原子力以外(一般汎用品)の専門家におけるコミュニケーション(設計の常識の差異)に課題があり、その溝を埋めるためお互いが相手側の知識を理解する必要がある。(両方理解する人材が必要)</p>
<p>期待される効果 (成果の反映先)</p>	<p>直接的な成果としては、事故時における運転員、作業員の被ばくの低減及び熟練作業員の各作業時間の短縮により、結果として、熟練作業員による長期間の作業が可能となり、熟練作業員による確実な作業が行えるということで、安全性・信頼性の向上が図れる。</p> <p>間接的な成果としては、各々の個別の技術は、原子力の通常運転時にも適用でき、各技術の組み合わせをアレンジすれば、他産業の防災にも応用できると考える。</p>
<p>他課題との相関</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ S104_c02 : 組織対応力強化(専任化、事故時手順書の高度化)や対応要員の教育訓練(事故時対応力強化等)の高度化</li> <li>・ S111M107_d34 : 保守・運転管理の合理化・省力化による保守・運転員負荷低減</li> </ul>

実施の流れ	<p>現状</p> <p>現状使用可能な設備の組合せ及び多量のマンパワー投入により被ばく大</p>
	<p>被ばくの大きい作業の抽出及び低減対策の実施(継続) (産/産)</p> <p>放射線測定や作業の治工具の遠隔化・自動化 (産/産、産/行)</p>
<p>実施機関/資金担当 ＜考え方＞</p>	<p><u>産業界/産業界</u> (事故時の被ばく低減に有効な技術開発等)</p> <p><u>産業界/行政</u> (事故時の被ばく低減に有効な技術開発等のうち、他産業にも応用可能な技術については行政も費用負担)</p> <p>＜考え方＞</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 電気事業者・メーカーは、事業主体として被ばく低減の検討・実施。</li> <li>・ 電気事業者・国は、シビアアクシデントマネジメント全体の中で、保管場所などを整理検討し、必要に応じて規格、基準に反映する</li> <li>・ 実施主体が資金担当となることが適当。国民及び作業員への影響が大きく、また成果については、他産業の防災対応にも応用できると考えることから国も資金担当すべき。</li> </ul>

【改訂履歴】

改訂番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
—	2015年5月21日	初版

課題調査票

<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【S111M107_d34】 保守・運転管理の合理化・省力化による保守・運転員負荷低減</p>
<p>マイルストーン および 目指す姿との関連</p>	<p>短Ⅰ 事故発生リスク低減・更なる安全性向上の実施 ⇒リスク情報に基づいた事故発生リスク低減策が効果的に実施される必要がある。 ⇒深層防護会念を踏まえ、規制の枠を超えた自主的安全性向上が効果的・継続的に実施される必要がある。 ⇒効果的・継続的なリスク低減活動・自主的安全性向上活動の推進にあたって、国際協力の枠組みの構築や規制の高度化が促される必要がある</p> <p>短Ⅴ 保全・運転の負荷低減・品質向上 ⇒効果的・継続的な自主的安全性向上が図られるため、保全・運転管理の高度化が図られる必要がある ⇒保全・運転における負荷低減により作業品質を向上させ、ヒューマンエラー防止等へ繋げる取組みの継続がなされる必要がある</p> <p>中Ⅰ 包括的リスク情報活用の向上 ⇒原子力に係るリスクを効果的・継続的に低減するとともに、リスク情報に基づく意思決定サイクルの考え方が定着・改善されている必要がある。</p> <p>中Ⅲ 事故発生リスクを飛躍的に低減する技術の整備 ⇒原子力をベースロード電源として活用されるため、事故発生リスクを飛躍的に低減する技術開発および設計技術への反映がなされる必要がある。</p>
<p>概要（内容）</p>	<p>これまでは原子力発電所の機器の運転状態は運転員が現場にて確認しているが、これらを遠隔かつリアルタイムに監視し、またそれらのデータ分析による異常の兆候把握システムを構築する。また、保守についても、リスク情報を活用したオンラインメンテナンスや、状態監視に基づく保全計画（保全プログラム）を中心とした保守に移行し、定期検査中の保守関係のピーク作業低減や被ばくの低減を図る。</p>
<p>具体的な項目</p>	<p>ROP国内導入・オンラインメンテナンス実現に向けたルール整備 保全プログラムの整備 保全時のリスク評価手法整備</p>
<p>課題として取り上げた根拠 (問題点の所在)</p>	<p>現在、機器の運転状態の把握は運転員が現場にて直接監視する、もしくは、運転中にアクセスできない機器については関連パラメータにより間接的に監視をしており、運転員の負荷となっている。 また、現状は一定期間を超えない時期に点検を行う（TBM）ことが主体となっており、機器の劣化が認められない場合でも分解点検を実施しており、その結果としていじり壊し（ヒューマンエラー）の発生や、被ばく増加が発生する要因となっている。</p>

<p>現状分析</p>	<p>一般産業界では遠隔監視・診断を実現している実例もある。</p> <p>原子力発電所においても、現在、各種診断技術（振動診断、油分析等）を導入しており、データの蓄積等が進んでいる。しかし、これらの遠隔化、自動化が図られているわけではなく、これらの技術開発、信頼性の実証等が必要である。</p> <p>また、海外も含めたベンチマーク（オンラインメンテナンス、リスク情報活用等）も実施しているが、保全計画を大幅に見直す（効率化・適正化）までには至っていない。今後は更に、米国の規制制度（ROP*）の国内導入を見据えて、これら技術についての検討も必要である。（*：ROP：Reactor oversight process）</p> <p>人材基盤に関する現状分析は以下の通りである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・事業者においては、現在導入している状態監視技術に関する知識・技能を有した人材の育成を行っている。</li> <li>・一般産業界では遠隔監視・診断を行っている例もあることから、それに関わる人材は育成されている。</li> <li>・若手の採用・確保に苦心しており、将来的に技術伝承が困難になる可能性がある。</li> </ul>
<p>期待される効果 （成果の反映先）</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・2030年には海外と同等レベルの被ばく量を目指し、被ばく量の低減が期待できる。</li> <li>・保全計画においても、分解点検主体からCBM（状態監視保全）主体に移行する</li> <li>・運転員や保修員の肉体的、精神的負荷を軽減する事で、ヒューマンエラー防止に繋がり、安全性・信頼性が向上する。</li> </ul>
<p>他課題との相関</p>	<p>S111_d29：リスク情報活用による保全・運用管理の高度化</p> <p>S111_d30：重大事故等（SA）対策機器の保安全管理の確立</p> <p>S111_d32：状態監視・モニタリング技術（予兆監視・診断、遠隔監視・診断等）の高度化</p> <p>S111_d33-1：被ばく低減技術の高度化（水質管理技術、遠隔操作・ロボット技術、放射線防護技術）</p> <p>S111_d33-2：（既設）事故時被ばくリスクの低減（放射線防護技術、遠隔操作・ロボット技術等）</p> <p>L104_d35-1：保守の効果を高め運転をサポートする革新的技術（保守・運転の自動化等）の適用</p> <p>M107_d25：運転性能の高度化（事象進展抑制、停止機能、負荷追従、等）</p> <p>S111M107L103：d42 システム・構造・機器（SSC）の信頼性向上と高度化</p>
<p>実施の流れ</p>	<p>現状</p> <p>▽2016/5 検査制度見直し検討チーム設置（会合スタート）</p> <p>▽ 2017/2 法案提出/審議スタート</p> <p style="text-align: center;"> </p> <p style="text-align: center;">▽2020 法施行</p> <p style="text-align: center;"> </p>

	<p>当該ステージ</p> <p>短期</p> <p>中期</p> <p>保守・運転管理の合理化、省力化に向けた方針検討</p> <p>保守・運転管理の合理化・省力化の実現</p> <p>S111_d32：状態監視モニタリング技術の高度化（産/産）</p> <p>保守プログラムの継続的見直し（産/産）</p> <p>S111_d30：重大事故等(S/A)対策機器の保安全管理の確立（産/産）</p> <p>検査制度改革に基づく保全プログラムの確立（産/産）</p> <p>S111_d29：リスク情報活用による保全・運転管理の高度化</p> <p>適宜反映</p> <p>海外のベンチマーク（オンラインメンテナンス、リスク情報活用、等）</p>
<p>実施機関／資金担当</p> <p>&lt;考え方&gt;</p>	<p>産業界／産業界</p> <p>（必要な技術開発、検討を実施し、実機の保全計画へ反映）</p> <p>&lt;考え方&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・電気事業者は、事業主体として運転員の負荷軽減、保全の信頼性向上に努める。</li> <li>・メーカーは、必要な技術開発に努める</li> <li>・実施主体が資金担当となることが適当と考える</li> </ul>

【改訂履歴】

改訂番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
一	2015年5月21日	初版
1	2016年11月30日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・課題調査票 ID、マイルストーンおよび目指す姿との関連の見直し（短期課題の追加）</li> <li>・「具体的項目」の設定</li> <li>・「実施の流れ」の見直し（短期課題と中期課題の識別）</li> <li>・ロードマップ上の要素課題（課題調査票）追加設定に伴う見直し（他課題との相関の箇所を見直し）</li> <li>・課題調査票の不整合修正（他課題との相関の箇所を見直し）</li> <li>・記載の適正化</li> </ul>



課題調査票

<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【L104_d35-1】 保守の効果を高め運転をサポートする革新的技術（保守・運転の自動化等）の適用</p>
<p>マイルストーン および 目指す姿との関連</p>	<p>長 I. プラント全体のリスク極小化 ⇒事故低減に係る革新的技術がなされるために必要 ⇒ゼロエミッション電源として、高い稼働率で安全・安定運転の継続が可能となるよう、設計・保守・運転等の各断面でリスク極小化を目指す取り組みがなされる必要がある。</p>
<p>概要（内容）</p>	<p>現状の原子力発電所の保守では、定期的な分解点検を実施しているが、分解点検の都度、故障リスクを増加させている。したがって、分解点検せずにプラント運転中に点検できるシステムを構築することにより、定検を無くすことによるプラント稼働率向上、分解点検を無くすことによる故障リスクの低減を達成することができる。 プラントを構成するシステムや個々の機器の状態をリアルタイムに把握して、起動・停止、さらには負荷追従運転を自動化できるシステムを開発する。 また、将来の故障リスクを判断し、最適な保全計画の立案をアシストするシステムを開発する。</p>
<p>具体的な項目</p>	<p>短・中期的には遠隔監視・診断技術の高度化を進め、長期的対応として自動化等の革新技術の検討を行う。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 内部点検のためのマイクロマシン</li> <li>・ 内部透視的技術</li> <li>・ ロボットによる自律的な点検・補修</li> </ul>
<p>課題として取り上げた根拠 (問題点の所在)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 現状の保守では、配管、熱交換器等について、定期的な分解点検や検査が必要であり、保全の負荷が高く、工程的にも稼働率向上の妨げになっているだけでなく、分解点検の都度、故障リスクを増加させているため、定期的な分解点検を不要にできるような抜本的な改善が必要である。</li> <li>・ また、状態監視保全の場合は、分解点検を最小にできるため、故障リスクの増加は抑えられるが、振動や油分析等のデータ採取の負荷が大きい。また、これらは故障や劣化そのものではなく、それによって発生する2次的な事象であるため直接的でなく、誤った判断につながる場合がある。</li> <li>・ 点検作業が煩雑で人手が掛かる。</li> </ul>

<p>現状分析</p>	<p>例えば機器の内部を常時監視し、異常の発見、異常発生時のリカバリーが可能な技術は検討されていない。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>一部の機器についてX線シンチレーション等があるが、機種及び故障モードを網羅できていない。</li> <li>振動や油分析による診断は手法として確立されているが、例えば軸受の劣化による振動や摩耗粉の増加を監視しているものであり、軸受の劣化そのものを監視する技術は検討されていない。</li> <li>ロボットにより点検、補修を行う技術は確立されていない。</li> </ul>
<p>期待される効果 (成果の反映先)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>作業員の被ばく低減</li> <li>プラントの稼働率向上</li> <li>故障リスクの低減</li> <li>新設計プラントへの反映</li> </ul>
<p>他課題との相関</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>S111_d33-1⇒被ばく低減技術の高度化（水質管理技術、遠隔操作・ロボット技術、放射線防護技術）</li> <li>S111_d32⇒状態監視モニタリング技術（予兆監視・診断、遠隔監視・診断等）の高度化</li> <li>S111_d33-2⇒事故時被ばくリスクの低減（放射線防護技術、遠隔操作・ロボット技術等）</li> <li>S111M107_d34⇒保守・運転管理の合理化・省力化による保守・運転員負荷低減</li> </ul>
<p>実施の流れ</p>	<p>短期                      中期                      長期</p> <p>状態監視モニタリング技術 S111_d32 事故時被ばくリスクの低減 S111_d33-2</p> <p>保守・運転管理の合理化・省力化による保守・運転員負荷低減 S111M107_d34</p> <p>保守の効果を高め運転をサポートする革新的技術（保守・運転の自動化等）の適用</p>

<p>実施機関／資金担当</p> <p>&lt;考え方&gt;</p>	<p><u>産業界 / 行政</u></p> <p><u>学協会 / 産業界</u></p> <p>&lt;考え方&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・電気事業者はプラント運転・保守経験を活用し、要求事項を整理する。</li> <li>・学協会で規格・基準類の整備を実施する。</li> <li>・メーカーは技術開発、プラント適用設計を実施する。</li> <li>・エネ庁は技術開発等を支援する。</li> </ul>
-------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

【改訂履歴】

改訂 番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
一	2015年5月21日	初版
1	2016年11月30日	・課題調査票の不整合修正（他課題との相関の箇所を見直し）

課題調査票

<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【S111M107_d36】 高経年化評価手法・対策技術の高度化</p>
<p>マイルストーン および 目指す姿との関連</p>	<p>短 I. 事故発生リスク低減・更なる安全性向上活動の実施 ⇒事故リスク低減のため、原子炉圧力容器の健全性等、安全上重要な機器の高経年化評価手法や対策技術の高度化及び劣化機構の解明に努める必要がある。</p> <p>短 IV. 信頼性向上へ向けたプラント技術・運用管理の高度化 ⇒再稼働後の安定運転をより確実なものとするために、経年劣化評価手法・対策技術の高度化を継続的に進める必要がある。</p> <p>中 II. 既設プラントの高稼働運転と長期安定運転の実現 ⇒60年運転に向け高経年化対策の高度化により設備信頼性の更なる向上を図る。</p>
<p>概要(内容)</p>	<p>経年劣化(中性子照射脆化、IASCC、SCC、熱時効、疲労、コンクリート劣化、ケーブル絶縁劣化)やその他の材料劣化(腐食等)に対する劣化予測手法、検査技術、評価技術、補修・取換技術、水化学技術等の劣化緩和技術の高度化を図るために、以下を行う。</p> <p>短期的には経年劣化評価手法や対策・検査技術の高度化を図り、安全上重要な機器の劣化損傷の発生を防止することにより事故発生リスクの低減を図る。またその他の機器については、劣化損傷の発生防止、発生時の対応の迅速化を図ることにより信頼性の向上を図る。更に、劣化機構解明に取り組むことで、新たな損傷発生の防止に努める。</p> <p>中期的には、劣化予測手法や対策・検査技術の継続的な高度化を行うと共に、耐環境性に優れた材料の開発、長期健全性評価手法の開発を行う、</p>
<p>具体的な項目</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 現行劣化予測手法、対策・検査技術の高度化、</li> <li>・ 廃止措置プラント材料、実機廃却材の調査による実機劣化状況の把握と現行評価手法・対策技術の検証</li> <li>・ 長期信頼性評価手法の開発</li> <li>・ 新たな劣化対策技術の開発(耐環境性向上材料等)</li> <li>・ 劣化メカニズムの解明</li> <li>・ 水化学の高度化による環境緩和対策</li> </ul>
<p>課題として取り上げた根拠 (問題点の所在)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 安全上重要な機器の経年劣化対策・検査技術の高度化を図ることは事故発生リスクの低減につながるが、震災前までの技術開発は安定運転継続による稼働率向上や検査・評価の合理化に焦点を当てていた。</li> <li>・ 経年劣化対策・検査技術の高度化を継続的に進めることにより計画外停止を減らすことが可能となり、信頼性の向上につながることから継続的な研究開発が必要である。</li> <li>・ 運転期間許認可延長制度に対応するために必要な検査技術や原子炉圧力容器監視試験技術に関する研究課題に取り組む必要がある。</li> <li>・ 高経年化技術評価とIAEAのI-GALLの評価にギャップが認められる項目があり、国際標準への適合の観点から対応が必要である。</li> <li>・ 経年劣化評価手法や対策技術の多くは、加速条件下におけるラボ試験(模擬材料、小型試験片)の結果を基に開発されている。長期間実機で使用された材料に対する調査結果に対する現行評価手法や対策技術の検証を行うことにより、評価手法の裕度や課題を明確化することができると考えられるが、廃炉材や実機廃却材を用いた研究は廃止措置プラントの有効活用等により今後実施していく必要がある。</li> <li>・ 経年劣化のメカニズムに関する理解を深めることにより、より高精度の評価手法の開発や複数の劣化事象の重畳や顕在化していない劣化事象が予測できる可能性が</li> </ul>

	<p>高まるが、照射脆化研究を除き、経年劣化メカニズムに関する研究は、十分に行われているとは言えない。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・耐環境性に優れた材料を開発することにより、材料劣化に起因する計画外停止を減らすことが可能となり信頼性の向上につながるが、耐環境性向上材料の開発に関する技術開発研究は震災以降停滞しており、震災以降、研究開発が進んでいない。</li> <li>・水化学の高度化による環境緩和対策は、腐食劣化損傷（SCC, 減肉）に対し有効な対策技術の一つである。</li> </ul>
<p>現状分析</p>	<p>現状分析は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・安全上重要な機器の経年劣化対策・検査技術に対する課題抽出と研究開発が産業界を中心に行われている。</li> <li>・経年劣化についてはある程度の対応が可能なレベルに達しているが、運転期間の長期化により現行予測手法の改定が必要な事例も認められおり、産業界を中心に継続的な研究開発が進められている。</li> <li>・運転期間許認可延長制度に対応するための研究・技術開発課題への取り組みが産業界で始まった。</li> <li>・高経年化技術評価に関する IAEA I-GALL と国内評価のギャップ解消のための研究開発が産業界で始められつつある。</li> <li>・廃止措置プラント材料や実機廃却材を用いた現行評価手法や対策技術の検証は、これまでほとんど行われておらず、中部電力浜岡 1, 2 号機を用いた研究が始まったところである。今後国内で新たな廃炉プラントが出てくることが想定され、多様な廃却材を用いた計画的な研究立案が可能となることから、全体構想と研究計画の検討を進める必要がある。</li> <li>・経年劣化メカニズムに関する研究を強化していくことが必要である。</li> <li>・耐環境性に優れた材料の開発に関する研究を進めていくことが必要である。</li> <li>・水化学管理の高度化に関する研究を継続的に進めていく必要がある。</li> </ul> <p>人材基盤に関する現状分析は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・経年劣化評価、対策技術に開発に関する人材は、メーカーや研究機関、電力会社で育成しているが、人材の高年齢化に伴う退職により実機での経年劣化損傷を経験した人材が減りつつあり、技術継承が十分に行えていない。経年劣化対応を行う人材の育成と技術継承が必要である。</li> <li>・震災以降、人材が福島第一発電所廃炉研究に振り分けられており、人材が不足しつつある。経年劣化対応を行う人材を確保していく必要がある。</li> <li>・原子力材料や腐食、溶接技術に関する大学の講座は減少しており、電気事業、メーカー、研究機関において新たな人材確保が難しくなりつつある。上記分野へ人材を供給する高等教育プログラムの作成と育成の場の確保が必要である。</li> <li>・試験装置については分析機器の高度化は進んでいる一方で、試験機メーカーの技術基盤力が低下しており、将来の研究開発に支障をきたす恐れがある。試験装置関連人材の育成と技術基盤力の維持・向上が必要である。</li> </ul> <p>・ <u>上記に記した課題の解決を図るためには、以下への取組みを強化することが必要である。</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 廃止措置プラント材料、実機廃却材を用いた経年劣化研究を効果的に進める枠組みの構築</li> <li>・ 照射および照射後試験施設の基盤維持と有効活用</li> </ul>

<p>期待される効果 (成果の反映先)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>安全上重要な機器の経年劣化対策強化による既設プラントの再稼働後の事故発生リスクの低減。</li> <li>再稼働後および 40 年超運転における経年劣化損傷に起因する計画外停止の低減による信頼性の向上。</li> <li>劣化環境への耐性に優れた材料や劣化の長期予測手法の開発によるプラントの長期健全性の確保。</li> </ul>
<p>他課題との相関</p>	<p>S111_d37：構造材料の高信頼化  S111_d13：リスク評価手法の改良と保全への適用  S111_d32：状態監視・モニタリング技術（予兆監視・診断、遠隔監視・診断等）の高度化  S111_d39：検査・補修技術（遠隔操作・ロボット技術等）の高度化  S103_b07：廃棄物長期保管に向けた健全性評価技術、管理技術の高度化  M107_d38：建屋構造・材料の高度化  M106_d40-1：耐震安全性の評価と結び付けた維持管理（建屋）  M106_d40-2：耐震安全性の評価と結び付けた維持管理（機器）  L104_d41：高経年プラントの安全運転に向けた革新的技術の開発（材料開発等）</p>
<p>実施の流れ</p>	<p>現状</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center; margin: 10px auto; width: 80%;"> <p>経年劣化に対するある程度の対応が可能な技術レベルに達している</p> </div>
<p>他課題との相関</p>	<p>当該ステージ</p> <p>S111_d37,S111_d13,S111_d32, M106_d40-1,M106_d40-2 L104_d41  S111_d39,S111_d38</p> <p>産：産業界，行：行政，学術：学術界，学協：学協会</p>

実施機関／資金担当 <考え方>	<p>&lt;考え方&gt;</p> <p><u>産業界/産業界, 学术界/行政, 学協会/学協会</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・電気事業を中心とする産業界は、実施および資金提供の主体となり研究開発を進める。</li> <li>・エンドース対象となる規格基準に関する重要な技術的根拠等については、行政の資金提供の下、学术界を中心に検証を行うことも必要。</li> <li>・劣化予測手法、対策・検査技術の高度化に不可欠な劣化メカニズムの解明については、産業界に加え、学术界が行政の資金提供の下に研究を進めることが効果的である。</li> <li>・学協会は、規格基準の整備を継続的に実施する。</li> </ul>
	<p><u>産業界/産業界, 産業界, 学术界/行政</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・今後の高経年化対策研究の柱となる廃止措置プラント材料を用いた研究については、産業界が実施および資金提供として研究を進めていくが、現行評価の裕度の確認が行えること、IAEA CRP 等国際的な取り組みへの参加による国際貢献が行えること、また、実施に当たっては大きな資金が必要となり事業者単独での実施が難しいことから、行政の資金提供下で産業界と学术界が連携して研究を進めていく必要がある。</li> </ul>
	<p><u>行政/行政</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・高経年化対策研究を支える上で不可欠な照射および照射後試験施設の基盤維持については、行政が責任を持って行う必要がある。</li> </ul>
	<p>高経年化対応に関する RM として高経年化技術マップ 2009 が取り纏められている。材料に関する具体的な課題については、原子力学会材料部会で課題整理表を取り纏めている。</p>

【改訂履歴】

改訂 番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
—	2015 年 5 月 21 日	初版
1	2016 年 11 月 30 日	・課題調査票の不整合修正（他課題との相関の箇所を見直し）

課題調査票

<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【S111_d37】 構造材料の高信頼化</p>
<p>マイルストーン及び 目指す姿との関連</p>	<p>短IV. 信頼性向上へ向けたプラント技術・運用管理の高度化 ⇒事故リスク低減のため、通常運転、異常事象収束の信頼性向上に係る活動の活性化がなされる必要がある。 ⇒60年運転に向け、高経年化対策が高度化され設備信頼性の向上が行われる必要がある。 ⇒規制の高度化を促す環境が醸成されるために必要である。</p>
<p>概要(内容)</p>	<p>構造材料の高信頼化のためには、通常運転あるいは異常事象時の環境が材料特性に及ぼす影響等に対して、以下のような取り組みが必要である。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・メカニズムやモデルに基づく評価手法の検討及び規格への反映</li> <li>・評価手法をサポートする材料データベースの構築</li> </ul> <p>また、現行規格の範囲に限定せずに材料の検討を行い、必要に応じた規格への反映を実施する。</p>
<p>具体的な項目</p>	<p>(課題にぶら下がる細項目の課題を箇条書き)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・破壊じん性値に及ぼす照射影響評価手法の高度化</li> <li>・IASCC評価手法(感受性、進展速度)評価手法の高度化</li> <li>・二相ステンレス鋼熱と照射重畳影響評価手法の高度化</li> <li>・マルテンサイトステンレス鋼熱時効評価手法の高度化</li> <li>・RPV材の照射脆化評価手法の高度化</li> <li>・ニッケル基合金/低合金鋼溶接部の構造健全性評価手法の高度化</li> <li>・実機材活用による評価手法の実証</li> <li>・耐劣化材料(耐IGSCC、耐IASCC、耐脆化)開発</li> <li>・SCC(ステンレス鋼、Ni基合金)、IASCCデータベースの拡充と進展評価線図の信頼性向上</li> <li>・環境疲労評価手法の高度化および保全技術の高度化</li> <li>・国内外でのプロアクティブ評価により抽出された潜在的劣化事象に関する新たな課題の取込み</li> </ul>
<p>課題として取り上げた根拠 (問題点の所在)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・従来の材料特性の評価手法はデータトレンドによる経験的なものがほとんどであり、データベースへの依存度が高い。</li> <li>・説明性の観点からは、材料特性に及ぼす運転環境の影響をモデルあるいはメカニズムの観点から検討し、評価式を構築すべきである。</li> <li>・また、評価式をサポートするために、体系的な材料データベースを構築し、従来知見で不足があれば拡充する必要がある。</li> <li>・評価手法の実機適用にあたっては、規格化を行う必要がある。</li> <li>・評価手法の高度化とともに、保全技術の開発も必要である。</li> <li>・現行材より特性に優れた材料の開発を進め、設計への反映を行う。</li> <li>・候補材が材料規格等がない場合は規格への反映を検討する必要がある。</li> </ul>



現状分析

現状分析は以下のとおりである。

- ・ 現状の破壊じん性値に及ぼす照射影響評価手法は制定当時の既存データを基に保守側の評価となるよう設定されたものであり、現時点での知見、モデルやメカニズムに基づく見直しとデータベースの拡充が必要。
- ・ IASCC進展速度については過去に提案されたモデル式はあるが、非照射材の知見をベースにしており現状の知見に基づき見直しが必要。また、ラボで取得されたデータは進展速度が速く、実プラントの検査結果とかい離があるのでデータベースの拡充も必要。
- ・ IASCCしきい値は制定当時の既存データから設定されており、モデルやメカニズムに基づく見直しとそのためデータベース拡充が必要。
- ・ 二相ステンレス鋼の熱時効については国内外で評価式があるが、照射の重畳影響による材料データは不足しており、データベース拡充と評価式の検討が必要。
- ・ マルテンサイトステンレス鋼の熱時効については材料データの拡充と評価式の検討を行うとともに、熱時効に対して耐性の高い材料の適用が求められる。
- ・ RPV材の照射脆化評価手法については規格化されているが、実プラントの監視試験結果を反映した高度化が必要。また、運転期間延長申請への対応も組み込む必要がある。
- ・ 劣化を抑制した材料開発は長期間を要す場合もあるが、継続した開発を行い、短期開発材は実機適用を図る必要がある。SCC評価線図は整備されているが、実機データを反映し、精度向上に向けた継続的な取り組みが必要。
- ・ 構造材料の高信頼化のためにすでに保全技術が開発、適用されているが、さらなる技術の高度化による高信頼化が必要。また、構造設計からのアプローチも必要。
- ・ 当該課題に取り組みにあたっては、モデル・メカニズムの構築とそのオーソライズ、系統的な照射材の確保（実機廃材の活用を含む）、照射試験施設の整備（JMTTRの復旧等、高経年化材のデータ取得環境の整備）などの問題点が挙げられる。
- ・ 健全性を維持するための検査や補修・交換を考慮した設計検討が必要。
- ・ 経年劣化と耐震裕度の適切な把握と維持管理手法の確立が必要。

人材基盤に関する現状分析は以下のとおりである。

- ・ 材料技術者についてはメーカーや電気事業者で育成しているが、課題の多様性に対して人材が不足している傾向がある。
- ・ 必要な人材基盤と問題点として以下が挙げられる。
  - － 冶金、照射、腐食等、材料に関する幅広い知見を持ち、プラント設計に関する知識と経験を有する人材の育成
  - － プラント新設、運転の停滞による設計経験蓄積の機会喪失
- ・ 材料に関わる冶金、金属、溶接など原子力専攻以外の学生が原子力分野に魅力を感じ、原子力分野への参加（就職）を促進することが必要

<p>期待される効果 (成果の反映先)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 既設プラント評価の高精度化</li> <li>・ 評価の精度向上による適切な保全等の実施およびプラント保全技術の高度化</li> <li>・ 適切な検査間隔の設定による安全性確保と稼働率向上の両立</li> <li>・ モデルやメカニズムに基づく説明性の高い評価基準の設定と規格化</li> <li>・ 耐劣化材料の適用によるプラント高信頼化</li> </ul>
<p>他課題との相関</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ S111M107_d36 (高経年化評価手法・対策技術の高度化)</li> <li>・ M107_d38 (建屋構造・材料高度化)</li> <li>・ L104_d41 (高経年プラントの安全運転に向けた革新的技術の開発 (材料開発等))</li> <li>・ M106_d40-1 (耐震安全性の評価と結び付けた維持管理 (建屋))</li> <li>・ M106-d40-2 (耐震安全性の評価と結び付けた維持管理 (機器))</li> </ul>
<p>実施の流れ</p>	<p><u>短期ステージ</u></p> <p>The flowchart illustrates the implementation process in four stages from bottom to top:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Bottom Stage:</b> 劣化事象に対して耐性の高い材料の開発と規格化 (産業界・学協会/産業界, 産業界・学術界/行政). This stage leads to S111M107_d36 and L104_d41.</li> <li><b>Second Stage:</b> 材料データベースの構築 (産業界/産業界, 産業界・学術界/行政). This stage leads to S111M107_d36, M107_d38, and M106-d 40-1,2.</li> <li><b>Third Stage:</b> 材料特性評価手法の高度化 (産業界/産業界, 産業界・学術界/行政). This stage leads to S111M107_d36, M107_d38, and M106-d 40-1,2.</li> <li><b>Top Stage:</b> モデルやメカニズムに基づく評価手法の構築と規格化 (産業界・学協会/産業界, 産業界・学術界/行政). This is the final outcome of the process.</li> </ul>
<p>実施機関/資金担当 &lt;考え方&gt;</p>	<p><u>産業界・学術界/行政</u>    <u>産業界/産業界</u>    <u>産業界・学協会/産業界</u></p> <p>(データベース化・経験に基づく評価手法の構築、モデルやメカニズムに基づく評価手法の構築と規格化、材料特性評価手法の高度化、材料データベースの構築、劣化事象に対して耐性の高い材料の開発と規格化、等)</p> <p><u>学術界・原子力規制委員会/原子力規制委員会</u></p> <p>(規制への反映、科学的根拠に基づく規制基準の高度化、等)</p> <p>&lt;考え方&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 電気事業者を中心とした産業界は事業主体として、学術界とも連携して、評価手法の技術開発、設計および適正評価・向上に努める。</li> <li>・ 学協会は、必要に応じて評価手法の整備、標準化、規格化、改訂、情報発信などに寄与する。</li> <li>・ 規制委員会は、必要に応じて評価手法や規格に対応した規制の見直しを実施する。</li> <li>・ 行政は学術界および産業界と協働し、評価手法構築や評価に関わる基盤技術開発へ支援することが適切。</li> <li>・ 実施主体と資金担当の組み合わせはロードマップ全体に亘る検討事項。</li> </ul>

【改訂履歴】

改訂 番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
—	2015年5月21日	初版
1	2016年11月30日	・ 課題調査票の不整合修正（他課題との相関の箇所を見直し）

課題調査票

<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【M107_d38】 建屋構造・材料の高度化</p>
<p>マイルストーン及び 目指す姿との関連</p>	<p>中 III. 事故発生リスクを飛躍的に低減する技術の整備 ⇒原子力をベースロード電源として活用されるため、事故発生リスクを飛躍的に低減する技術開発及び設計技術への反映がなされる必要がある。</p>
<p>概要(内容)</p>	<p>外的事象(地震、火災、航空機等衝突)に対して高い稼働率や安全率を確保する耐性の高い建屋材料、構造を原子力仕様で採用する。 プラントの改良に伴い、プラントの要求機能や健全性評価手法に見合った材料側の評価手法のアップデートを行う。また、リスク低減、安全性確保に向けて新材料の開発を行う。</p>
<p>具体的な項目</p>	<p>(課題にぶら下がる細項目の課題を箇条書き) [建屋構造/コンクリート] ・ 補修補強材料の高度化、既設プラントを長寿命化させるための補修・補強技術、材料や構法(S C構造など)に加えて外的事象に対する抵抗性の高い建屋構造(平屋根ではなくドーム形状など)について検討する。 ・ 航空機衝突等に対するため、一般建築である程度実績がある高強度の材料の原子力適用開発を行う。 ○超超高強度コンクリート ○繊維強化コンクリート (衝撃強度に優れる) ・ 地震等に対する強度向上構造 ○重量・軽量コンクリートS C等 ・ 一般S Cに準ずる性能の確認、施工品質の非破壊検査方法開発 ○合理的施工方法の開発 ○船殻構造等 ・ 耐熱性対策、剛性バランス対策 ○有機繊維コンクリート等 ・ 放射線による劣化、その他の原因による経年劣化や既存の劣化・損傷(疲労、乾燥収縮ひび割れ、中小地震損傷、火災)課題への取り組みなど ・ 遮へい性能の強化 ○重量コンクリート等 ・ 各種高機能材料(高機能コンクリート等)を使用した合理的施工方法の開発 [機器材料] ・ その時点のプラント健全性評価に沿った材料評価手法の確立 ・ 耐照射性、耐食性に優れた材料の開発</p>
<p>課題として取り上げた根拠 (問題点の所在)</p>	<p>(建屋構造/コンクリート) 新規基準でも考慮されるように、地震・津波以外の外的事象(航空機衝突、竜巻、森林火災等)に対する建屋の健全性要求がより大きくなっている。 上記への対応として、建屋材料として強度(衝撃強度)の向上により、重量増加(耐震性低下)や工期延長がなくより安全なプラントとすることができる。材料以外に工</p>

	<p>法として、強度向上と工期短縮などのコストバランスに優れるSC構造や船殻構造が考えられる。航空機衝突対策の場合、建屋上部まで強度向上をはかるため、トップヘビーとなり耐震性が犠牲になる可能性がある。そのため、軽量コンクリートと組み合わせたもので性能が確保できれば耐震性の犠牲が小さくできる。また、重量コンクリート採用により遮蔽強化と建屋配置合理化を両立させることができる。船殻構造も同様の効果を狙えるが、鋼材のみでの構成となるため耐火性能に課題がある。また、遮へいが必要な部分と一般部で剛性比が大きくなり、地震時に荷重の局所集中が発生する可能性を解決する必要がある。</p> <p>(機器材料)</p> <p>プラントの改良に伴い、健全性評価手法も変遷していくことが予測される。材料特性の評価は健全性評価の要であるため、その時点での材料健全性評価に沿った材料評価手法を確立とそのための材料データベースを構築する必要がある。</p> <p>原子炉内で使用する場合、照射による材料特性の変化が想定される。照射による脆化を抑制した材料の開発が求められる。また、SCCをはじめとする腐食に対しても耐性がある材料の開発が求められる。</p>
<p>現状分析</p>	<p>現状分析は以下のとおりである。</p> <p>(建屋構造/コンクリート)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 超超高強度コンクリート、繊維強化コンクリートは橋梁等を含む一般建築では採用されており実現性はある。航空機衝突対策としての効果や、原子力プラントでの使用については未確認の部分がある。</li> <li>・ SC構造については原子力プラント向けに開発が実施されているが、さらに軽量という付加価値を確立するにはデータが不足している。また、SC構造では両面が鋼板となるため施工後もコンクリート部分が目視できず、コンクリートの打設が確実に行われたことを非破壊検査で確認する技術が確立されれば、施工品質のばらつきに起因するリスク低減を避けることが可能となる。</li> <li>・ 船殻構造についてもこれまで研究がなされてきているが、外的あるいは内部事象としてのリスクが高まっている火災への対応が課題として残っている。コンクリートに比べ、鋼材は熱伝導がよく火災からの熱を直接受けると、板厚内部まで早い時間で高温となり全体として強度低下を生ずる課題がある。</li> <li>・ また、遮へいのため部分的にコンクリート充填を行うとコンクリート打設部と非打設部の剛性比が大きくなり、剛な部分の荷重負担が増大し局所的に裕度低下する可能性が指摘されている。</li> <li>・ 課題に取り組むに当たっては、衝突、耐火等の試験設備が少ない、試験条件が限定される(実機大試験等の困難さあり)などの問題点が挙げられる。</li> </ul> <p>(機器材料)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 耐照射性に優れた材料の検討は行われているが、顕著な効果を持つ材料は開発されていない。</li> <li>・ 課題に取り組むに当たっては、モデル・メカニズムの構築とそのオーソライズ、系統的な照射材の確保(実機廃材の活用を含む)などが問題点として挙げられる。</li> </ul>

	<p>人材基盤に関する現状分析は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 建屋技術者については建築会社や電気事業者、一部メーカーで育成しているが、現状はある程度の技術者を確保している。プラントの建設が無いことから原子力としての建設技術詳しい技術者が減少する可能性が高い。</li> <li>・ 材料技術者についてはメーカーや電気事業者で育成しているが、課題の多様性に対して人材が不足している傾向がある。</li> <li>・ 必要な人材基盤と問題点としては以下が挙げられる。 <ul style="list-style-type: none"> <li>－ 建築、材料に関する知見と原子力適用に関する知識と経験を有する人材</li> <li>－ 冶金、照射、腐食等、材料に関する幅広い知見を持ち、プラント設計に関する知識と経験を有する人材の育成</li> <li>－ プラント新設、運転の停滞による設計経験蓄積の機会欠如</li> </ul> </li> </ul>
<p>期待される効果 (成果の反映先)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 建設プラントの安全性向上</li> <li>・ 新規追加施設の安全性向上</li> <li>・ 既設プラント評価の高精度化</li> <li>・ 評価の精度向上による適切な保全等の実施</li> <li>・ 適切な検査間隔の設定による安全性確保と稼働率向上の両立</li> <li>・ モデルやメカニズムに基づく説明性の高い評価基準の設定と規格化</li> </ul>
<p>他課題との相関</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ S111_d37(構造材料の高信頼化)</li> <li>・ S111M107L103_d42 (システム・構造・機器 (SSC) の信頼性向上と高度化)</li> <li>・ S111M107L104_d10 (耐久力・復元力を強化した世界標準の軽水炉設計の構築)</li> <li>・ S111M107_d36 (高経年化評価手法・対策技術の高度化)</li> <li>・ S111_d39 (検査・補修技術の高度化)</li> <li>・ L104_d41 (高経年プラントの安全運転に向けた革新的技術の開発 (材料開発等))</li> </ul>
<p>実施の流れ</p>	<p>短期 → 中期 → 長期</p> <p>S111_d37</p> <p>建築物の高強度化 (産業界/産業界, 産業界・学術界/行政) → S111M107L103_d42, S111M107L104_d10</p> <p>SC建屋構造・建設工法改善による高強度化 (産業界/産業界, 産業界・学術界/行政) → S111M107L103_d42, S111M107L104_d10</p> <p>原子力適用確認試験[衝撃、耐火、耐震等] (産業界/産業界, 産業界・学術界/行政) → S111M107L103_d42, S111M107L104_d10</p> <p>プラント健全性評価に沿った材料特性評価手法の確立 (産業界/産業界, 産業界・学術界/行政) → S111M107L103_d42, S111M107L104_d10</p> <p>材料データベースの構築 (産業界/産業界, 産業界・学術界/行政) → S111M107L103_d42, S111M107L104_d10</p> <p>耐照射性・耐食性に優れた材料の開発・規格化 (産業界・学協会/産業界, 産業界・学術界/行政) → S111M107_d36, L104_d41</p>

実施機関／資金担当 ＜考え方＞	<u>産業界・学術界／行政</u> <u>産業界／産業界</u> <u>産業界・学協会／産業界</u> (建築材料の高強度化、S C建屋構造・建設工法改善による高強度化、原子力適用確認試験(衝撃・耐火・耐震等)、材料特性評価手法の高度化、材料データベースの構築、劣化事象に対して耐性の高い材料の開発・規格化、等)
	<u>学術界・原子力規制委員会／原子力規制委員会</u> (規制への反映、科学的根拠に基づく規制基準の高度化、等)
	＜考え方＞ <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 電気事業者を中心とした産業界は事業主体として、学術界とも連携して、評価手法の技術開発、設計および適正評価・向上に努める。</li> <li>・ 学協会は、必要に応じて評価手法の整備、標準化、規格化、改訂、情報発信などに寄与する。</li> <li>・ 規制委員会は、必要に応じて評価手法や規格に対応した規制の見直しを実施する。</li> <li>・ 行政は学術界および産業界と協働し、評価手法構築や評価に関わる基盤技術開発へ支援することが適切。</li> <li>・ 実施主体と資金担当の組み合わせはロードマップ全体に亘る検討事項。</li> </ul>

【改訂履歴】

改訂番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
—	2015年5月21日	初版
1	2016年11月30日	・ 課題調査票の不整合修正(他課題との相関、実施の流れの箇所を見直し)

課題調査票

<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【S111_d39】 検査・補修技術の高度化</p>
<p>マイルストーン および 目指す姿との関連</p>	<p>短V. 保全・運転の負荷軽減・品質向上 ⇒効果的・継続的な自主的安全性向上が図られるため、保全・運転管理の高度化が図られる必要がある。 ⇒我が国の原子力発電所従事者の被ばく量は世界的にみても高く、安全性向上を図りながら、被ばく低減への取組が行われる必要がある。 ⇒保全・運転における負荷軽減により作業品質を向上させ、ヒューマンエラー防止等へ繋げる取組みの継続がなされる必要がある。</p>
<p>概要（内容）</p>	<p>原子力プラントの装置・機器の健全性を確認するために、法令に定められた検査や事業者が自主的に検査を行っている。 検査精度を高めると、より早期に異常を検知できるとともに、欠陥の大きさなど機器の状態をより正確に捉えることができる。その結果、適切な対応を早い段階でとることができるので、プラントの安全性を高めることができる。したがって、一層の検査精度向上を行える技術の開発を実施する。また、これまで検査の実施困難な部位について検査可能範囲を広げられる技術もプラントの安全性を高めることができる。 また、管理区域内での検査業務の短縮につながる検査業務の高速化技術開発も実施する。 検査の結果、欠陥等が発見された際にはプラントの安全性を維持確保するために補修が必要となる場合があるが、迅速かつ補修箇所以外に影響を与えにくい補修方法の開発も実施する。</p>
<p>具体的な項目</p>	<p>短期では下記を行うものとするが、中期以降も継続して改良を継続することが望ましい。また、新手法等が考案された場合には、中期以降の計画を立てるものとする。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 耐放射線性向上</li> <li>・ 新検査技術開発</li> <li>・ 新補修技術開発</li> <li>・ 検査精度の向上</li> <li>・ 検査範囲の拡大</li> <li>・ 検査結果表示の明確化</li> <li>・ 検査の高速化</li> <li>・ 熱影響等、部材への影響を最小化した補修技術</li> <li>・ 補修の高速化</li> <li>・ 補修後検査の容易な補修技術</li> <li>・ 検査・補修ヘッドの小型化・軽量化</li> </ul>



<p>課題として取り上げた根拠 (問題点の所在)</p>	<p>検査はプラントを構成する機器・装置の状態を把握する重要な業務であり、その正確性はプラント安全性評価にも影響を与えるため、精度の向上は不断に実施する必要がある。また、アクセスや検査が困難な領域を最小化しようとする取組は、プラント状態の正確な把握や保全という観点で、長期的にはプラントの安全性を左右する可能性があり重要である。</p> <p>検査により欠陥等が発見された場合、補修が必要となる場合がある。補修を行うためにはこれまで比較的長期にプラントを停止する必要がある、ベースロード電源としての原子力の活用に影響を与える恐れがある。これまでに種々の補修方法が開発・適用されてきているが、検査範囲の拡大や検査精度の向上により、これまでの補修方法では対応が困難な補修が必要となる可能性もあり、より高度な補修方法を確立することが望ましい。</p> <p>また、検査や補修の高速化も作業員の被ばく低減に直結するため、継続して開発することが望ましい。</p>
<p>現状分析</p>	<p>技術に関する現状分析は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・被ばくを低減するため、作業環境の線量を下げたり、作業時間短縮(効率化)を進めたり、遠隔の検査・作業範囲を徐々に広げたりしていく努力は継続してなされているが、まだ被ばく量を下げる余地がある。例えば配管の肉厚測定を行なうにあたっては、決められた箇所を一点一点地道に超音波検査を行っている。検査員の被ばくだけでなく、検査前後の保温材の脱着作業においても被ばくをしている。このような被ばくを低減するための技術開発は継続されているが、まだ実用化に至っていない。</li> <li>・プラントを構成している機器に欠陥が発見された場合には、継続使用の可否や補修の要否を判断するために欠陥の形状や大きさを測定する必要がある。検査精度は、検査員と検査機器・手順を認定する仕組みができあがっており一定水準が担保されている。しかしながらその精度はプラント安全性の向上に影響するため、継続的にその向上を図っていく必要がある。</li> <li>・超音波探傷や渦電流検査などにおいては、出てきた信号を読み解く必要があるが、専門的な訓練が必要である。表示技術などの開発・改善もこれまでなされてきているが、検査員の負担低減や新たな検査員人材確保のために、表示・判定技術のさらなる向上が望ましい。</li> <li>・補修技術も、これまで炉内構造物に対する補修工法が多数開発され、適用されてきているが、比較的工期が長く作業員に負担をかけたり、熱影響など材料へ負担をかけたりするものが多かった。また、狭隘部の存在等でアクセスが困難な領域がまだ多く残されており、高アクセス性・低負担の技術開発が望まれている。</li> </ul> <p>人材基盤に関する現状分析は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・検査員は産業界で育成しており、資格認証試験(PD)を合格した検査員は増えているが、今後とも増加を図る必要がある。</li> <li>・検査技術の高度化開発は産業界・学術界で継続されているが、プラントが長期停止していることもあり、人材の維持の困難に直面しつつある。</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>・補修の作業員・補修技術の開発を行なう人材は、補修作業が現在実施されていないことから、現在は非常に手薄になっており、将来必要になった場合に緊急対応が取れないおそれがある。</li> </ul>
期待される効果 (成果の反映先)	<p>検査精度の向上によって、プラント状態のより正確な把握が行なえることから、プラント安全性評価の精度が向上するとともに、安全かつ合理的なプラント設備管理を行うことができる。</p> <p>検査員・作業員の線量下での作業が減らせることから、検査員・作業員の被ばく低減や負荷低減に寄与する。また、検査・作業に要する期間も短縮することが期待される。</p>
他課題との相関	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ S111_d33-1 被ばく低減技術の高度化（水質管理技術、遠隔操作・ロボット技術、放射線防護技術）</li> <li>・ S111M107_d36 高経年化評価手法・対策技術の高度化</li> <li>・ M107_d38 建屋構造・材料の高度化</li> <li>・ M106_d40-1 耐震安全性の評価と結び付けた維持管理（建屋）</li> <li>・ M106_d40-2 耐震安全性の評価と結び付けた維持管理（機器）</li> <li>・ L104_d41：高経年プラントの安全運転に向けた革新的技術の開発（材料開発等）</li> </ul>
実施の流れ	<p>短期の課題として記載したが、中期以降も継続して改良を継続することが望ましい。また、新手法等が考案された場合には、中期以降の計画を立てるものとする。</p>
実施機関／資金担当 ＜考え方＞	<p><u>産業界・学术界／産業界</u> 「具体的な項目」欄に記載した諸要素技術の開発 等</p> <p><u>学協会／産業界</u> 検査・補修技術に関する規格策定・充実 等</p> <p>＜考え方＞</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 産業界・学术界は、必要な技術開発の主体となる。</li> <li>・ 学協会は、新技術に対する規格・基準を整備する。</li> <li>・ プラント安全性向上は電気事業者の責務であり、電気事業者が資金担当となることが適当。</li> </ul>

【改訂履歴】

改訂 番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
—	2015年5月21日	初版
1	2016年11月30日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ ロードマップ上の要素課題（課題調査票）追加設定に伴う見直し（他課題との関連の箇所を見直し）</li> <li>・ 課題調査票の不整合修正（他課題との関連の箇所を見直し）</li> </ul>

課題調査票

<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【M106_d40-1】 耐震安全性の評価と結び付けた維持管理（建屋）</p>
<p>マイルストーン及び 目指す姿との関連</p>	<p>中Ⅱ：既設プラントの高稼働運転と長期安定運転の実現 ⇒安定かつコストバランスに優れたエネルギー源としての利用に向け、高稼働運転や適切な高経年化対策を前提とした長期間運転が必要となる。</p>
<p>概要（内容）</p>	<p>経年変化による材料特性変化や部材の耐力変化を評価して材料・部材ベースの健全性を確認するとともに、材料特性変化や部材の耐力変化が建屋の振動特性や構造性能に及ぼす影響を考慮して、建屋レベルでの健全性評価する方法を構築することにより、材料から構造体までの総合的な健全性を把握することができる。</p> <p>さらに、材料特性変化や部材の耐力変化だけでなく、地震による損傷が建屋の振動特性や構造性能に及ぼす影響を考慮して、建屋レベルでの健全性評価する方法を構築することにより、地震後、迅速に再起動することができる。</p> <p>このように、経年変化や地震損傷を考慮して、材料レベルから建屋レベルまで一貫した健全性評価法を構築することにより、既設プラントの高稼働率と長期安定運転に貢献できる。</p>
<p>具体的な項目</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 経年劣化（乾燥収縮、アルカリ骨材反応等）による材料の特性変化が、部材の耐力や建屋の振動特性や構造性能に及ぼす影響評価法の確立</li> <li>・ 経年劣化に対するよる材料特性、部材耐力および建屋の健全性評価に関する評価指標とクライテリアの構築</li> <li>・ 地震損傷が建屋の振動特性や構造性能ならびに耐久性能に及ぼす影響評価法の確立と地震による建屋振動特性の変化と材料特性との関連性の把握</li> <li>・ 地震後再起動に向けた材料特性、部材耐力および建屋の健全性評価に関する評価指標とクライテリアの構築</li> <li>・ 経年変化および地震後対応を考慮した健全性評価フローの構築</li> </ul>

<p>課題として取り上げた根拠 (問題点の所在)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 建屋に関する高経年化評価は、材料ベースの評価にとどまっており、材料特性の変化が建屋の振動特性や構造性能ならびに耐久性能に影響を及ぼす場合の評価は行われていない。</li> <li>・ 建屋に関する地震後の再起動基準は構築されていない。</li> <li>・ 原子力発電所の高稼働率と長期安全運転は、原子力を保有する国々の共通の課題であり、欧米では、日本では実例が報告されていない劣化要因による劣化事象が発生していることが報告されている。</li> <li>・ 米国の西側を除く欧米では、材料的な視点で健全性評価を行えば事が足りる。一方、日本や米国西部では、プラント稼働期間における地震による影響は否定できないので、材料劣化だけでなく、材料劣化や地震損傷に起因する建屋振動特性の変化を考慮した健全性評価法を構築する必要がある。</li> <li>・ また、経年劣化や地震損傷を考慮した建屋全体の健全性評価は、地震国特有の非常に重要な課題であるので、この分野では、日本は海外をリードできると考えられるので世界的な貢献が大きい。</li> <li>・ 過酷事故後は、RPV ペDESTALや生態遮蔽体（シェル壁）の剛性が大幅に低下し、地震時の負担力が再配分されるので、事故前は地震時の応力が厳しくなかった部位が、事故後厳しくなる可能性がある。</li> </ul>
<p>現状分析</p>	<p><u>現状分析は以下のとおりである。</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 伊方発電所のようにタービンペDESTALにアルカリ骨材反応が発生し振動特性や構造性能に影響を及ぼす事例に、現状対応できる枠組みが存在しない。</li> <li>・ 地震後の再起動に向けて、地震損傷やその後の補修を考慮した建屋の健全性評価法、評価指標とクライテリアは明確になっていない。</li> <li>・ 過酷事故後の建屋の健全性評価法、評価指標とクライテリアは明確になっていない。</li> <li>・ 上記に記載した課題を解決するためには、以下への取り組みが必要である。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 材料特性変化と部材耐力との関係を把握するための試験の実施</li> <li>・ 材料特性の変化が建屋の振動特性に及ぼす影響を把握するための調査・計測</li> <li>・ 材料のサンプリングや建屋の振動特性を柔軟に評価できる廃炉プラントを活用した高経年研究の実施</li> <li>・ 過酷事故による材料特性変化が、部材の耐力・剛性や建屋の振動特性ならびに耐久性に及ぼす影響を把握するための実験</li> <li>・ 学協会指針への反映（データの整備・規格化）</li> </ul> </li> </ul> <p><u>人材基盤に関する現状分析は以下のとおりである。</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 材料特性変化と地震損傷による建屋振動特性や構造性能を考慮した健全性評価法を構築することが重要であり、耐震問題は、電気事業者・ゼネコンが担当している重要課題の1であるので、人材育成は電気事業者やゼネコンで行われている。</li> <li>・ 但し、材料特性変化や地震損傷が建屋振動特性や構造性能に及ぼす影響評価については枠組みや方法が構築されていない。材料特性が建屋振動特性や構造性能に及ぼす影響については、基礎的な研究といえるので、大学が担当し、研究者や技術者を育成する必要がある。</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 上記に記載した課題を解決するためには、以下への取り組みが必要である。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ コンクリート材料劣化を建屋の振動特性の変化へ展開し、健全性評価を行うことができる人材、材料の知見を建屋に展開できる人材の育成（従来は、材料と建屋耐震の間にはギャップが存在しており、きたと考えられる）</li> </ul> </li> </ul>
<p>期待される効果 (成果の反映先)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 既設プラントについての材料から建屋まで一貫した健全性評価法の構築</li> <li>・ 材料特性変化、建屋損傷および建屋振動特性などの関連性を考慮した地震後健全性評価法の構築</li> <li>・ 経年変化や地震だけでなく過酷事象に対する健全性評価法のロバスト性の向上（適用できる劣化要因や劣化事象の拡大）</li> <li>・ 既設プラントの高稼働運転と長期安定運転の実現</li> <li>・ 合理的な保守計画</li> </ul>
<p>他課題との相関</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ S111M107_d36 高経年化評価手法・対策技術の高度化</li> <li>・ S111M107_d24 プラント運用技術、炉心設計管理の高度化</li> <li>・ S111_d22 プラントの信頼性評価に有効な安全裕度評価の高精度化</li> <li>・ S111_d37 構造材料の高信頼化</li> <li>・ S111_d39 検査・補修技術の高度化</li> <li>・ S111_d32 状態監視・モニタリング技術（予兆監視・診断、遠隔監視・診断等）の高度化</li> <li>・ M106_d07 地震等外的事象に対する具体的な再稼働指針の開発とその高度化</li> <li>・ L104_d41 高経年化プラントの安全運転に向けた革新技术の開発（材料開発等）</li> </ul>
<p>実施の流れ</p>	<pre> graph TD     A[日本建築学会での検討] --&gt; B[S111M107_d24 炉心設計・運用管理基準の高度化、プラント運用技術の高度化 (出力向上、長サイクル運転等)]     A --&gt; C[S111_d37 構造材料の高信頼化]     B --&gt; D[M106_d40-1、M106_d40-2 耐震安全性の評価と 結び付けた維持管理]     C --&gt; D     D --&gt; E[L104_d41 高経年プラントの安全運転に向けた 革新的技術の開発 (材料開発等)]     E --&gt; F[日本建築学会 維持管理指針への反映]     F --&gt; A   </pre> <p>上記の項目すべてについて（産・学／産） IAEA での規格化などについては（産・学・国／国）</p>

<p>実施機関／資金担当 ＜考え方＞</p>	<p>電気事業者・学協会／電気事業者・国</p> <p>＜考え方＞</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 電気事業者は、事業主体として健全性評価法の構築に努める。</li> <li>・ 学協会は、材料から建屋までの健全性評価に関する枠組みを検討するとともに、構築された枠組みを学会指針、民間基準に反映する。</li> <li>・ 電気事業者が評価法構築における資金担当となり、国は国際貢献について資金担当となることが適当。</li> </ul>
----------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

【改訂履歴】

改訂 番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
一	2015年5月21日	初版
1	2016年11月30日	・ 課題調査票の不整合修正（他課題との相関、実施の流れの箇所を見直し）

課題調査票

<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【M106_d40-2】 耐震安全性の評価と結び付けた維持管理（機器）</p>
<p>マイルストーン及び 目指す姿との関連</p>	<p>中Ⅱ. 既設プラントの高稼働運転と長期安定運転の実現 ⇒安定かつコストバランスに優れたエネルギー源としての利用に向け、高稼働運転 や適切な高経年化対策を前提とした長期間運転が必要となる</p>
<p>概要（内容）</p>	<p>経年劣化状態を適切に管理して、安定的な長期運転を可能とする必要がある。経年劣化が進行すると耐震裕度が低下する。従って、経年劣化を適切に把握するとともに、経年化によって低下する耐震裕度を適切に把握し維持管理していく方法を確立していく必要がある。</p>
<p>具体的な項目</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 主要な機器の維持管理すべき経年劣化事象の選定方法の検討             <ul style="list-style-type: none"> <li>－ 配管、弁など対象とすべき機器の選定方法</li> <li>－ 減肉などの経年劣化事象の選定方法</li> </ul> </li> <li>・ 選定された経年劣化事象の状態把握方法の検討             <ul style="list-style-type: none"> <li>－ 定量的な劣化状況の把握方法（例えば減肉であれば、どの部位がどの程度の肉厚になっているのか定期的に超音波厚み計で JSME 減肉規格に準じて確認する等）</li> <li>－ 管理部以外の劣化の模擬方法（全ての対象部位の劣化状況を監視していないことへの対策方法）</li> </ul> </li> <li>・ 経年劣化事象を反映した耐震評価方法の検討             <ul style="list-style-type: none"> <li>－ 経年劣化事象の耐震評価時の模擬方法（具体的には、耐震評価における経年劣化事象のモデル化方法。例えば配管減肉であれば、減肉部を最長厚さの一樣薄肉配管でモデル化する等。）</li> </ul> </li> <li>・ 経年劣化状態の定期的な把握方法の検討             <ul style="list-style-type: none"> <li>－ 経年劣化事象の監視方法（例えば配管減肉であれば、定検毎の肉厚測定、超音波厚み計の設置による常時監視等）</li> </ul> </li> <li>・ 管理基準及び対策指針の策定             <ul style="list-style-type: none"> <li>－ 継続使用、取替え等の判断基準の検討</li> </ul> </li> </ul>
<p>課題として取り上げた根拠 (問題点の所在)</p>	<p>原子力発電所の経年技術評価において指針はあるものの、耐震評価に当たっては経年劣化の具体的な模擬方法等詳細な部分の規定がなく、事業者が独自に経年事象を模擬して、個々にプラント寿命までにおける機器の健全性を評価している。保守・運転管理の高度化、国内外に対しての安全性向上対策の取り組みの説明性を踏まえて、統一された経年化技術評価手法を確立することが望ましい。</p>
<p>現状分析</p>	<p>我が国の保守・運転管理技術は高レベルにあるものの、耐震安全性に関わる内容について、電気事業者が独自に設定する管理・評価方針に委ねられる範囲が広く、同一な品質での維持・管理の点で説明性の更なる向上が必要。さらに、東北地方太平洋沖地震を踏まえた設計地震力の見直しが行われる中、耐震裕度は相対的に減少していく傾向にある。</p> <p>また、十分な各プラントの経年劣化に関する実機データの収集、分析が課題である。</p>



<p>人材基盤の 現状分析</p>	<p>機器の点検計画・点検を実施していく人員は確保できている。また、点検結果を管理・維持するための人員、さらに評価する人員も現状は確保できている。一方、適切な管理手法の策定、経年劣化事象を組み合わせた耐震評価を行う人材は不足していると思われる。</p>
<p>期待される効果 (成果の反映先)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 経年プラントの信頼性向上、高稼働運転と長期安定運転が可能となる。</li> <li>・ 合理的な保守・改修計画</li> </ul>
<p>他課題との相関</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ S111M107_d36 : 高経年化評価手法・対策技術の高度化</li> <li>・ S111_d32 : 状態監視・モニタリング技術（予兆監視・診断、遠隔監視・診断等）の高度化</li> <li>・ M104L103_c06 : 耐震性能評価精度向上をはじめとする低頻度外的事象に関する不確定性低減への継続的寄与</li> <li>・ L104_d41 : 高経年プラントの安全運転に向けた革新的技術の開発（材料開発等）</li> <li>・ M106_d40-1 耐震安全性の評価と結び付けた維持管理（建屋）</li> <li>・ S111M107_d24 炉心設計・運用管理基準の高度化、プラント運用技術の高度化（出力向上、長サイクル運転等）</li> <li>・ S111_d37 構造材料の高信頼化</li> <li>・ S111_d39 検査・補修技術の高度化</li> </ul>
<p>実施の流れ</p>	<p>S111M107_d24, S111_d37      M106_d40-1      L104_d41</p> <p>耐震安全性の評価と結び付けた維持管理（機器）</p> <p>維持管理すべき経年劣化事象の選定方法の検討(産/産)</p> <p>選定された経年劣化事象の状態把握方法の検討(産/産)</p> <p>経年劣化事象を反映した耐震評価手法の検討(産/産)</p> <p>経年劣化状態の定期的な把握方法の検討(産/産)</p> <p>管理基準及び対策指針の策定(学・産/産)</p>

<p>実施機関／資金担当 ＜考え方＞</p>	<p><u>産業界 / 産業界</u></p> <p>主要な機器の維持管理すべき経年劣化事象の決定方法の検討、選定された経年劣化事象の状態把握方法の検討、経年劣化事象を反映した耐震評価方法の検討、経年劣化状態の定期的な把握方法の検討</p> <p><u>学協会・産業界 / 産業界</u></p> <p>管理基準及び対策指針の策定</p> <p>＜考え方＞</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 電気事業者を中心とする産業界は、事業主体として安全性の適正評価・向上に努める。</li> <li>・ 学協会は、規格化を行う。</li> <li>・ 電気事業者が資金担当となることが適当。</li> </ul>
----------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

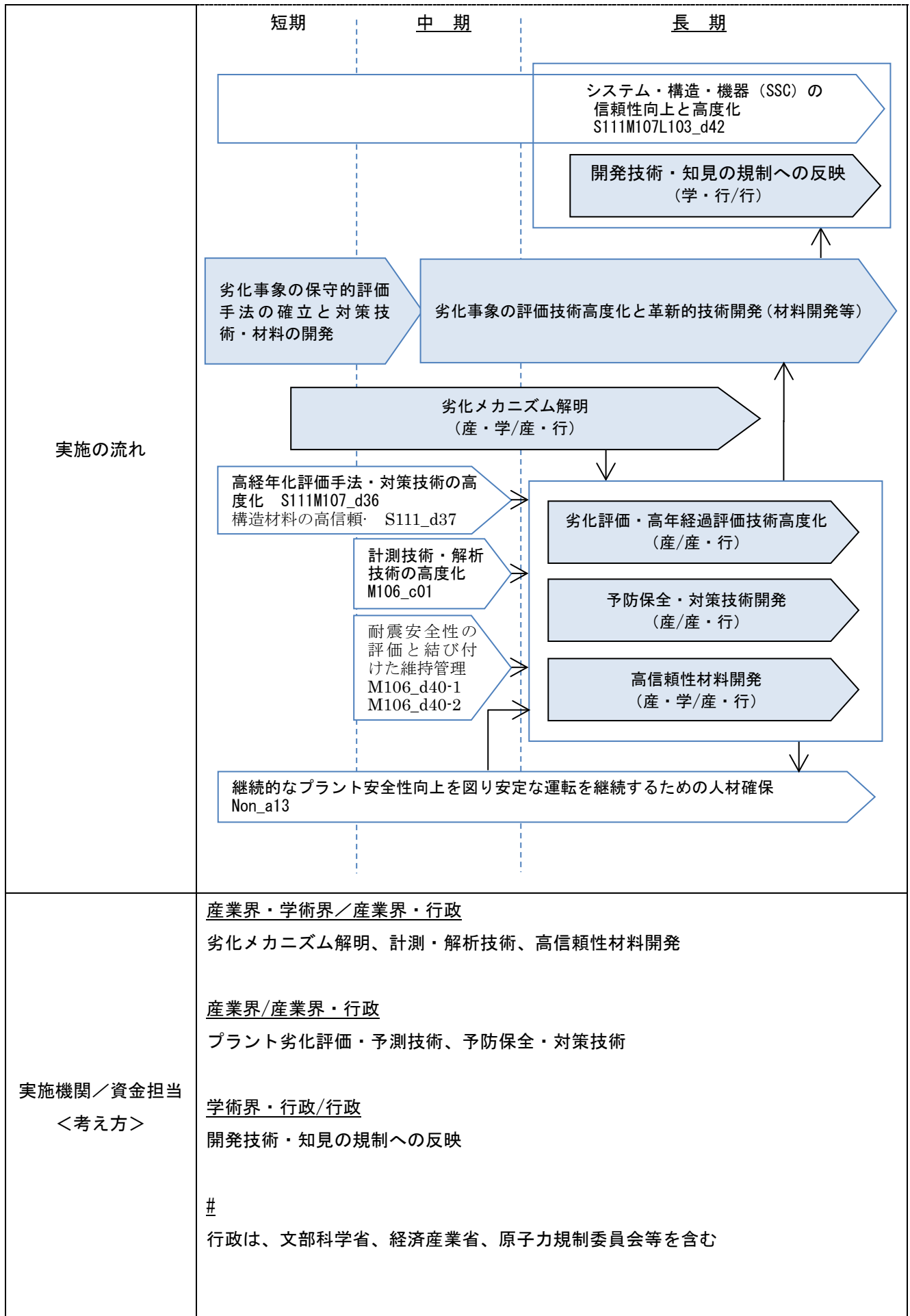
【改訂履歴】

改訂 番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
—	2015年5月21日	初版
1	2016年11月30日	・ 課題調査票の不整合修正（他課題との相関、実施の流れの箇所を見直し）

課題調査票

<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【L104_d41】 高経年プラントの安全運転に向けた革新的技術の開発 (材料開発等)</p>
<p>マイルストーン及び 目指す姿との関連</p>	<p>長 II. 革新的技術開発等による原子力のメリット最大化・デメリット極小化 ⇒超長寿命プラント運転を実現するためには、機器および構造物の高信頼化が必要である。 ⇒機器および構造物の劣化を防止・抑制するためには、劣化メカニズムを解明し、それに基づき対策・改善技術を開発する必要がある。 ⇒プラントの健全性を確認するために、計測・解析技術を活用したプラント劣化評価・予測技術の高度化が必要である。</p>
<p>概要 (内容)</p>	<p>超長寿命プラント運転を実現するためには、まず機器および構造物の劣化要因を明らかにすることが必要である。その上で、劣化要因を取り除くために予防保全技術および対策技術の開発、さらには高信頼性材料の開発が必要である。 一方、プラントの健全性を評価・予測する技術も必要であり、そのためには劣化事象の計測・解析技術の開発とともに、プラントの劣化評価・予測技術の高度化が必要である。</p>
<p>具体的な項目</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 劣化メカニズム解明</li> <li>・ 計測・解析技術</li> <li>・ プラント劣化評価・予測技術</li> <li>・ 予防保全・対策技術</li> <li>・ 高信頼性材料開発</li> <li>・ 開発技術・知見の規制への反映</li> </ul>
<p>課題として取り上げた根拠 (問題点の所在)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ プラントの高信頼化、安全性向上を実現するためには、より長寿命のプラント運転を可能にする革新的技術の開発が有効である。</li> <li>・ すでに劣化原因が明らかになっている事象に対しては対策が講じられているが、劣化発生の可能性が皆無でない場合は、対策技術の高度化あるいは新たな技術の開発が必要である。</li> <li>・ 未解明あるいは顕在化していない劣化事象やアクセスが非常に困難な部位に対しては、長期的にはプラントの安全性に影響を及ぼす可能性があるため、劣化メカニズムの解明や劣化の評価および計測/予測技術が必要である。</li> </ul>
<p>現状分析</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ SCC や FAC のように顕在化事象に対しては、発生要因の究明が行われ、対策も講じられている。しかし、未だ未解明な部分が残されている。</li> <li>・ 長期運転により顕在化する可能性のある熱時効や照射影響などは、現在研究が行われている段階にあり、今後さらに進める必要がある。</li> <li>・ 腐食、水素化、照射影響などの劣化事象に対し、その抑制対策技術や改良材の開発が行われており、実機適用されている技術もあるが、さらなる高度化は依然求められており、革新的な材料と対策技術の開発による課題解決が期待される。</li> <li>・ 劣化事象の評価・予測技術の開発が進められてきているが、事象によっては精度の良い予測技術が確立していないものもあり多く、高度化が必要である。</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 材料開発、材料分析、材料試験、構造信頼性評価、解析、劣化診断、予防保全設備の開発、材料試験炉の運用/利用、照射後試験等を実施可能な人材が不可欠であり、人材を育成するための研究開発プログラムの創生と試験設備の維持・高度化が必要である。</li> </ul>
期待される効果 (成果の反映先)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 既設プラントの高信頼化・安全性向上</li> <li>・ プラント寿命予測と高信頼性材料の確立による超長寿命運転の実現</li> <li>・ 国際的に活躍できる研究者の育成</li> </ul>
他課題との相関	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ S111_d37 : 構造材料の高信頼化</li> <li>・ S111M107_d36 高経年化評価手法・対策技術の高度化</li> <li>・ M106_d40-1 : 耐震安全性の評価と結び付けた維持管理 (建屋)</li> <li>・ M106_d40-2 : 耐震安全性の評価と結び付けた維持管理 (機器)</li> <li>・ M106_c01 計測技術・解析技術の高度化</li> <li>・ S111M107L103_d42 システム・構造・機器 (SSC) の信頼性向上と高度化</li> <li>・ Non_a13 継続的なプラント安全性向上を図り安定な運転を継続するための人材確保</li> </ul>



	<p>&lt;考え方&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 事業者は、事業主体として安全性の適正評価・向上に努める。</li> <li>・ 産業界は、学术界とも連携して産業界および行政のニーズに基づき技術開発を実施する。</li> <li>・ 学术界は、劣化評価・予測技術等の規格基準化を実施する。</li> <li>・ 行政は、計測・解析技術、プラント劣化評価・予測技術、予防保全・対策技術のうち、規格基準のエンドースなど規制にかかわる分野を担当する。</li> <li>・ 学术界および産業界は材料等の基礎・基盤的な研究開発を実施する。</li> <li>・ 事業者が資金担当となることが適当であるが、基礎・基盤の研究開発については行政が資金負担することが適当である。</li> </ul>
--	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

【改訂履歴】

改訂 番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
—	2015年5月21日	初版
1	2016年11月30日	・ 課題調査票の不整合修正（他課題との相関、実施の流れの箇所を見直し）

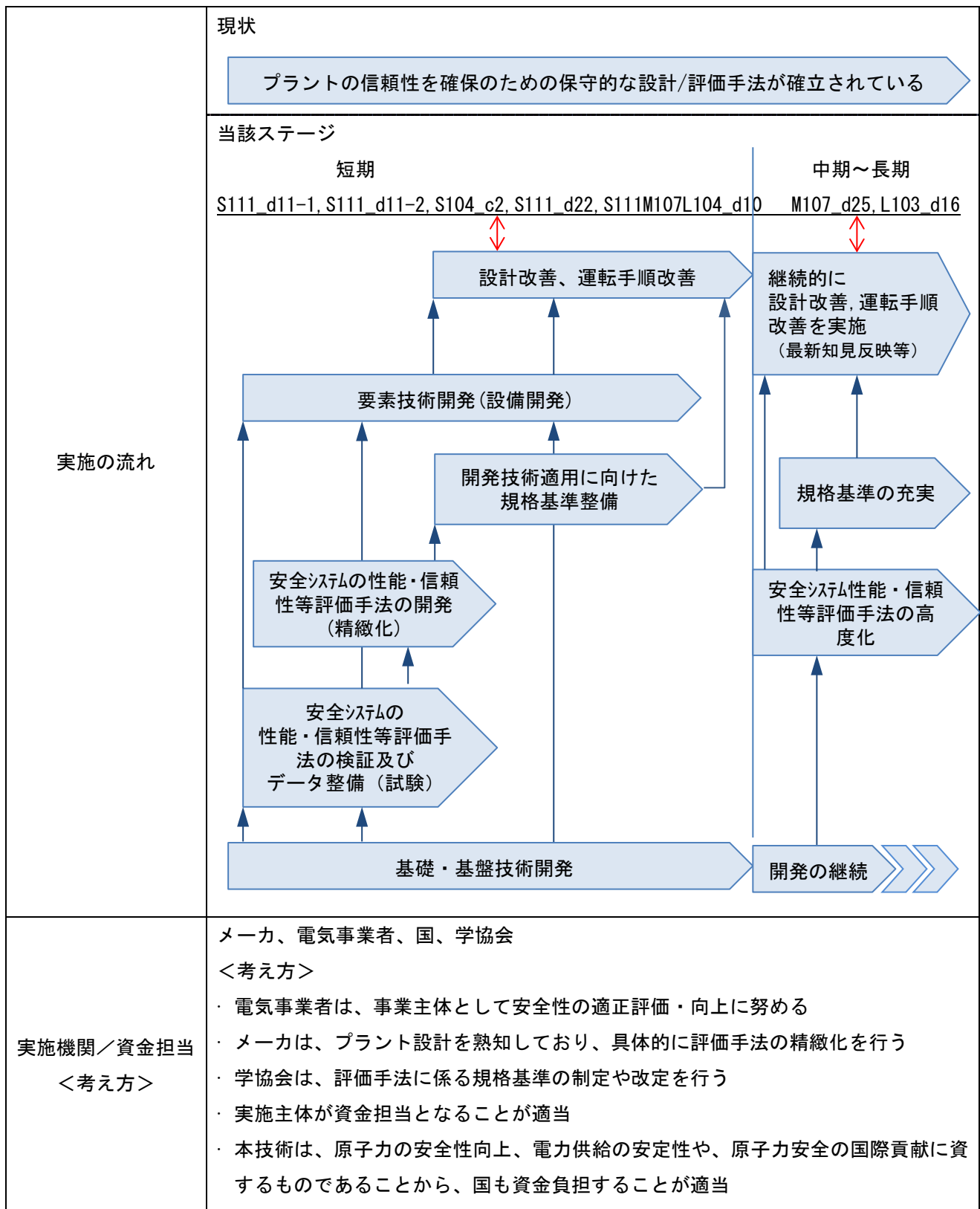
課題調査票

<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【S111M107L103_d42】 システム・構造・機器（SSC）の信頼性向上と高度化</p>
<p>マイルストーン および 目指す姿との関連</p>	<p>短Ⅰ. 事故発生リスクの低減・更なる安全性向上の実施 ⇒リスク情報に基づいた事故発生リスク低減策が効果的に実施される必要がある。 ⇒深層防護概念を踏まえ、規制の枠を超えた自主的安全性向上が効果的・継続的に実施される必要がある。</p> <p>短Ⅳ. 信頼性向上に向けたプラント技術・運用管理の高度化⇒事故リスク低減のため、通常運転、異常事象収束の信頼性向上に係る活動の活性化がなされる必要がある。 ⇒福島第一事故を踏まえ設置導入した SA 設備等の保全・運用管理が最適化される必要がある。 ⇒60年運転に向け、高経年化対策が高度化され設備信頼性の向上が行われる必要がある。 ⇒規制の高度化を促す環境が醸成されるために必要である。</p> <p>中Ⅲ. 事故発生リスクを飛躍的に低減する技術の整備 ⇒原子力をベースロード電源として活用されるため、事故発生リスクを飛躍的に低減する技術開発および設計への反映がなされる必要がある。</p> <p>中Ⅴ. 国際貢献 ⇒国内技術・人材基盤に基づき、原子力導入国への最新知見が反映された技術が展開され、世界の原子力安全への貢献がなされる必要がある。</p> <p>長Ⅱ. 革新的技術開発等による原子力のメリット最大化・デメリット極小化 ⇒革新的技術開発により、原子力プラントの安全・安定運転を目指す取り組みが行われる必要となる。</p> <p>長Ⅳ. 国際貢献 ⇒世界の中で原子力安全・利用を主導できることを目指す取り組みが必要である。</p>
<p>概要（内容）</p>	<p>深層防護概念適用の強化として、まず、事故への進展を防止するための対策強化を行う。また、事故対応の安全設備については、設計想定を超える事象や条件における設計裕度を把握し運用方法や設備改善につなげる。事故・シビアアクシデントの防止・緩和については、対策設備の高度化と共に、運転員の負荷低減に繋がる技術や手順等の開発を行う。その際、安全システムの高度化等においては、リスク情報を活用した検討を行うことで、事故・シビアアクシデントの発生及び拡大リスクの極小化を図る。また、海外における福島第一事故を踏まえた安全強化策や安全研究の成果等に関する最新知見も活用していく。</p> <p>更に、国際機関等を通じた当該課題成果に関する情報発信や、それら成果の輸出プラントへの適用などにより原子力安全に関する国際貢献を行っていく。</p>

<p>具体的な項目</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 蒸気発生器の信頼性高度化（耐震、流動励起振動評価の高度化）【PWR】</li> <li>・ 安全システムの信頼性高度化（耐震評価の高度化） <ul style="list-style-type: none"> <li>- 空冷ユニットの耐震評価手法の確立</li> </ul> </li> <li>・ 安全システムの性能評価手法高度化（炉心冷却・除熱性能、格納容器冷却・除熱性能等） <ul style="list-style-type: none"> <li>- 蒸気発生器による炉心冷却・減圧評価手法の高度化【PWR】</li> <li>- PCV 冷却・除熱系（ドライウェルクーラの信頼性高度化、スプレイステムの開発、静的格納容器除熱システム開発）【BWR】</li> </ul> </li> <li>・ 制御棒システムの耐震性、制御性向上技術開発【PWR】</li> <li>・ 炉停止、臨界制御の高度化技術開発【PWR】</li> <li>・ フィルターベント、ドライウェルクーラの SA 時活用検討【BWR】</li> <li>・ SRV 減圧機能の信頼性強化【BWR】</li> <li>・ RCP シール漏えい防止対策の実証【PWR】</li> <li>・ 免震システムの評価手法高度化</li> <li>・ SA 用計測制御システムの開発</li> <li>・ SA 用電源システムの開発</li> <li>・ 水素対処設備の高度化・信頼性向上</li> <li>・ 使用済燃料プール冷却の強化</li> <li>・ 特定重大事故等対処施設の高度化</li> <li>・ MCCI 防止対策の開発【BWR】</li> <li>・ SA 用安全システムの高度化 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 格納容器冷却・炉心崩壊熱除去システムの高度化【BWR】</li> <li>- PCV 冷却・除熱系（ドライウェルクーラの信頼性高度化、スプレイステムの開発・静的格納容器除熱システム開発）【BWR】</li> <li>-MCCI 発生防止および熔融デブリ冷却システムの開発</li> </ul> </li> <li>・ SA 時ストレーナ閉塞対策の高度化</li> <li>・ SA 環境での原子炉隔離時冷却系ポンプの信頼性高度化【BWR】</li> <li>・ PRA ツールの高度化</li> <li>・ モバイル遠隔監視操作系の高度化</li> <li>・ 格納容器内冷却水の酸性防止対策の有効性評価</li> <li>・ 事業者共用モバイル基地の高度化（事故後の多核種処理設備も含む）</li> </ul>
<p>課題として取り上げた根拠 (問題点の所在)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ プラント安全性向上には、運転員負荷低減も考慮した事故への進展防止策やシビアアクシデント対策設備の高度化が必要</li> <li>・ 耐震強度等の設計評価手法や評価基準は整備されているが、裕度を精度良く評価する手法の高度化、データの充実が必要</li> <li>・ 保守的（安全側）の評価だけでなく、最確値を精度良く求めることは、プラント全体の真の挙動を把握し、安全上の課題と対策を検討するために必要</li> </ul>



<p>現状分析</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・福島第一原子力発電所事故を受けた新規規制対応の対策は一部実施又は検討されている</li> <li>・保守的（安全側）な評価により SSC の構造強度等の健全性は確認できている</li> <li>・保守的な条件の下、設計想定事象に対するプラント挙動評価は確認できている</li> <li>・電中研リスク研究センターにおいてリスク評価手法の高度化検討が行われ、学協会等においてリスク評価（PRA）に関する基準整備が行われている</li> <li>・福島第一原子力発電所事故を踏まえた安全性向上に関する取り組み等について国際機関（IAEA 等）を通じ情報発信を行っている</li> <li>・従来の設計想定事象をベースに設計・評価が実施できる人材は、メーカーや電気事業者が育成、保持している</li> <li>・プラント挙動の評価能力は、実機運転や試験により培われるものであり、特に福島第一事故を契機として、設計想定を超える条件を想定した設計・評価ができる人材を確保していく必要性が高まっている</li> </ul>
<p>期待される効果 （成果の反映先）</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・既設プラントの継続的安全性向上</li> <li>・残余のリスクを低減させる設備改善、運転手順の改善</li> <li>・本課題への取り組みによる、プラントエンジニア、構造強度評価等の専門家、計算コード開発者・オペレータ、コードエンジニアの育成に資することができる</li> </ul>
<p>他課題との相関</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ S111_d11-2 SA 計装、SA 設備の多様化と高度化及び設備の設計技術</li> <li>・ S111_d11-1 最終ヒートシンクの多様化と高機能化</li> <li>・ S104_c02 組織対応力強化（専任化、事故時手順書の高度化）や対応要員の教育訓練（事故時対応力強化等）の高度化</li> <li>・ S111_d22（既設）プラントの信頼性評価に有効な安全裕度評価の高精度化</li> <li>・ <u>S111M107L104_d10 耐久力・復元力を強化した世界標準の軽水炉設計の構築</u></li> <li>・ M107_d25 運転性能の高度化（事象進展抑制、停止機能、負荷追従、等）</li> <li>・ <u>L103_d16 外的事業によるプラント全体のリスクを極小化する設計技術・維持管理法開発</u></li> <li>・ S111M107_d34 保守・運転管理の合理化・省力化による保守・運転員負荷低減</li> <li>・ M107_d25 運転性能の高度化（事象進展抑制、停止機能、負荷追従、等）</li> </ul>



【改訂履歴】

改訂 番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
—	2015年5月21日	初版
1	2016年11月30日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 課題調査票の不整合修正（他課題との相関の箇所を見直し）</li> <li>・ 課題調査票の不整合修正（マイルストーン及び目指す姿との関連に短期、中期、長期の項目を追加）</li> </ul>

<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【S113_d43】 廃止措置実績に基づく廃止措置計画の構築方法の確立</p>
<p>マイルストーンおよび 目指す姿との関連</p>	<p>短 I. 廃止措置計画の構築方法の確立 (既存の知見を参照した準備作業標準の整備) ⇒廃止措置計画の構築方法を確立すること。 ・ 廃止措置計画の立案には、2つの側面がある。ひとつは事業者が実務として実施する廃止措置の計画を立案することであり、施設の特徴を踏まえた工事工法、工期などを検討し、廃止措置が環境に与える影響を評価した上で、最適化を図っていくものである(実施要件)。もう一つは、廃止措置を実施するために必要な認可を得るための廃止措置計画認可申請書の作成である(認可要件)。理想的には、前者の結果をそのまま申請書に記載することであるが、必ずしもそのようになってはいない。両者の実施において、重複や手戻りなどを可能な限り排除していくために、既存の知見を活用して廃止措置計画の構築方法(準備作業)を確立していく必要がある。 ⇒個別技術分野の技術を整備し、事業者の廃止措置計画立案と規制の審査に適用すること。 ・ 廃止措置計画の構築方法(準備作業)に必要な技術分野は多岐に渡る。廃止措置計画の構築方法(準備作業)の確立には、個別技術分野の技術整備が必要である。また、個々の技術分野間で相互に情報を交換し合う必要がある。準備作業の標準化に当たっては、実施要件及び認可要件の両面から業務分析を行い、個別技術分野間の情報交換の流れを明確にして、手戻り等を発生させない最適な業務フローを整備することが重要である。 ⇒実施要件と認可要件を統合すること。 ・ 準備作業において実施される個別技術分野の実施事項が、認可の基準の要求する要件をどのようにすれば満たすことができるかを明確にしていくことで、両者(実施要件と認可要件)の差異を解消していくことが可能となる。</p> <p>中 I. 廃止措置実績に基づく見直し (国内の実績及び新たな知見に基づく標準の再整備；国内の標準的廃止措置) ⇒国内の標準的な廃止措置を確立すること。 ・ 短期課題の対応期間に開発整備された各技術分野の実績及び実例に基づく標準を用いた廃止措置計画の認可、廃止措置工事の実績及び実例、廃棄物処理処分の実例及び実績、並びに、外部要因すなわち既設炉廃炉安全短期課題又は中期課題の達成結果を参照し、標準をスクラップアンドビルドすることで、廃止措置準備作業から実施及び終了確認に至る国内の廃止措置標準を確立する。その成果は国際的に通用するレベルを達成し、海外へ積極的に発信していくことを目指す。また、廃止措置関連の技術分野を体系化することで、廃止措置分野を担う原子力技術者の恒常的育成の推進に資することを目指す。</p>
<p>概要(内容)</p>	<p>1. 原子力施設の廃止措置に向けた計画立案のために実施する作業を廃止措置準備作業と呼ぶ。準備作業で実施する作業を関連する分野で分類すると次の6分野になる。 (1) 放射能インベントリ評価 (2) 廃止措置対象施設の状況に関する特性調査 (3) 廃止措置エンジニアリング (4) 廃止措置時の安全評価 (5) 廃止措置費用評価 (6) 廃止措置計画の最適化と規制要件への整合性評価 6つの分野についてはさらに作業を細分化できるが、作業ごとに必要な情報の授受について整理することで、準備作業における「手戻り」等を起こすことのない効果的な計画立案が可能となる。このうち、(1)、(2)は廃止措置対象施設の特性を把握するものであり、廃止措置準備作業の最も上流側で実施する。この作業の信頼性が廃止措置計画全体の信頼性を決定すると言える。この点を踏まえ、廃止措置の安全かつ合理的な計画立案及び実施に対して大きな影響を与えることに留意して、この2つの作業の技術整備を進めていくことが重要である。(3)では、廃止措置対象の特性を踏まえ、最適な工事技術を選択していくことが要求される。このために既存技術はもちろんのこと最新技術の動向調査や他の工学分野のものまで広く情報を得ていくことが必要である。また、福島第一発電所の廃炉のため開発される技術も積極的に取り入れていくことが重要である。(4)は、周辺環境や作業従事者の放射線被ばくリスク及び一般労働安全(労災の発生防止)について、技術的な側面で信頼性向上を図ることはもちろんのこと、廃止措置という事業の社会受容性の観点からどのような安全性を担保していくべきかを3. 1.1以降の社会情勢に合わせて検討し、評価要件を整備していく必要がある。(5)費用評価について</p>

	<p>ては、廃止措置事業だけでは費用回収が行えないという特徴を踏まえ、その事業の進め方が最適であり、過度な保守性を排除しリスクに応じた規制基準に対応した費用であることを説明できる必要がある。費用は、安全性と共に社会受容性を持つものとするのが重要である。なお、費用評価においては、発生することが予想される廃止措置における工事実施上の要因及び外部環境の変化等を可能な限り勘案し、工程遅延のリスクとして、費用評価に取り込む方法も考えていくべきである。</p> <p>2. 以上の5項目は実施要件であると共に、認可要件でもある。準備作業におけるこれら個別技術分野を確立していく上では、次の事項を、事業者及び規制で使用できるようなものとして取りまとめる。</p> <p>(1) 5つの技術分野の個別具体的な作業内容、作業手順 (2) 「手戻り」等が発生させることなく、効率的かつ合理的に作業を進める方法     - 個別作業間のデータフローの明確化     - 個別作業の結果と計画認可申請書の記載との関係の明確化 (3) 実施工程の最適化、工事の合理化、費用の最適化を図る計画立案方法 (4) 廃止措置計画認可における技術的要件の必要十分条件の明確な提示 ⇒ NRC “Consolidated Decommissioning Guidance” (NUREG-1757) の日本版制定を目指す。 ⇒ NRC の規制体系の整理     下記の NRC の規制体系の整理を行い、国内の廃止措置の実状に適した事項を抽出し、制定を目指す上記 NUREG-1757 日本版に取り込んでいく。</p> <p>(1) 連邦規則(10CFR〇〇)     10CFR50：施設許認可     10CFR20：サイト解放基準、認可終了のための放射能基準汚染の最小化 (2) 規制指針(Regulatory Guide〇〇)     RG1.159：廃止措置資金利用可能性の保証     RG1.179：認可終了計画書     RG1.184：廃止措置(内容)     RG1.185：停止後廃止措置活動報告書     RG1.202：廃止措置費用見積り内容     RG4.22：運転中の廃止措置計画立案 (3) 規制ガイダンス(NUREG-〇〇)     NUREG-0586：サイト外環境影響評価     NUREG-1713：廃止措置費用見積りの審査指針     NUREG-1757：廃止措置手引き</p>
<p>具体的な項目</p>	<p>既存の知見や新規開発等を用いて廃止措置計画の構築方法(準備作業)の確立を行う場合に実施する具体的な実施項目は次の通りである。</p> <p>(ア) 既に廃止措置計画認可を受けた計画(実績)の整理と課題の抽出 (イ) 5つの個別技術分野(上述「概要」の(1)～(5))の整備と確立 (ウ) 廃止措置を取り巻く外部要因の把握 実施要件及び認可要件に基づく準備作業の業務分析(上述「概要」の(6))</p>
<p>課題として取り上げた根拠 (問題点の所在)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・今後数年のうちに複数の原子力発電所が廃止措置に入るものと想定されている。</li> <li>・安全かつ計画的に廃止措置を行うために準備作業として実施していく必要十分条件が明確に示されていない。</li> <li>・準備作業で実施する個別技術分野の実施事項が十分に検討されていない。</li> <li>・電力事業者が申請する廃止措置計画の審査において、廃止措置が安全かつ計画的に実施できることを判定する基準が明確に示されていない。</li> </ul>
<p>現状分析</p>	<p>具体的な項目に対する現状は次の通りである。本課題の対応は、下記の順番((ア)から(エ))で順次対応していくことを想定している。</p> <p>(ア) 既に廃止措置計画認可を受けた計画(実績)の整理と課題の抽出     ・既認可の廃止措置計画認可申請書はいずれも記載の形式が異なっている。 (イ) 5つの技術分野の整備と確立     ・個別技術分野について事業者毎に独自に実施している     ⇒個別技術分野において総合的な検討がなされていない。     ⇒実施要件及び認可要件の両者を満たす要件が整理されていない。 (ウ) 廃止措置を取り巻く外部要因の把握     ・廃止措置の実施に影響を及ぼす外部要因は認識されているが、具体的対策は未定である。     なお、外部要因とは、現在利用可能又は今後利用となる除染技術及び解体技術、並び、今後検討されていく解体撤去物の取り扱い、廃止措置の終了要件及び廃止措置費用の問題等</p>

	<p>をいう。</p> <p>(エ) 実施要件及び認可要件に基づく準備作業の業務分析</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・準備作業は事業者が実施している。</li> <li>・「最適な準備作業」の定義はない。</li> </ul>
<p>期待される効果 (成果の反映先)</p>	<p>今後、廃止措置を開始しようとする発電所が増加していくと考えられるが、廃止措置計画認可申請書も設置許可申請書のように統一された形式の記載としていくことが可能となる。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 事業者に対して：廃止措置に向けて何をすればよいか明瞭になり、準備作業が効率的かつ合理的に進められ、安全かつ合理的な廃止措置の実施が可能となる。</li> <li>- 規制に対して：今後増加が予想される計画認可申請に対して、円滑な審査が可能になる。</li> </ul>
<p>他課題との相関</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ S113_d44：放射能レベルの高い機器の解体</li> <li>・ S113_d45：処分場の設計・評価技術の確立による社会的受容性の向上</li> <li>・ M107_d46：廃止措置のためのL3埋設施設の管理方法</li> <li>・ M107_d47：廃止措置実績を今後のプラントに反映</li> <li>・ M107_d48：プラント機器撤去後の建屋・サイトの再利用</li> <li>・ L103_d49：プラント機器撤去後のサイト解放支援</li> <li>・ S102_z02：リスクレベルに応じた規制制度変更とその円滑な実施</li> </ul>
<p>実施の流れ</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around; border: 1px solid black; padding: 5px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 45%;"> <p>Stage1: 既存の知見による廃止措置計画立案と実施 (既存の知見を参照した標準)</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 45%;"> <p>Stage2: 確立した手順による廃止措置計画立案と実施 (国内の実績及び新たな知見に基づく標準の再整備)</p> </div> </div> <p>個別技術分野の整備、確立</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 放射能インベントリ評価</li> <li>(2) 廃止措置対象施設の状況に関する特性調査</li> <li>(3) 廃止措置エンジニアリング</li> <li>(4) 廃止措置時の安全評価</li> <li>(5) 廃止措置費用評価 (学术界/産業界、産業界/産業界)</li> </ol> <p>(6) 廃止措置計画の最適化と規制要件への整合性評価 (委員会、学术界/委員会)</p> <p>廃止措置準備作業の確立</p> <p>新たな知見等による改善 (産業界/産業界、大学/文科省)</p> <p>M107_d46 M107_d47 M107_d48 L103_d49</p> <p>S113_d44 S113_d45 S102_z02</p>
<p>実施機関／資金担当 ＜考え方＞</p>	<p>学术界／産業界 (廃止措置準備作業の技術整備と確立、民間規格基準の構築、整備した民間規格基準の英訳による海外発信)</p> <p>産業界／産業界 (廃止措置準備作業の実施による実績の蓄積、整備された技術による認可申請対応、民間規格基準に従った人材育成)</p> <p>原子力規制委員会、学术界／原子力規制委員会 (認可要件、審査基準の整備)</p> <p>大学／文部科学省 (廃止措置に係るカリキュラムの策定と技術者の育成)</p> <p>＜考え方＞</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 学術研究機関は、エネ庁予算又は電気事業者の資金を得て、個別技術分野((1)～(5))の技術整備と確立を進める。</li> <li>・ 学協会は、電気事業者の資金を得て、整備された個別技術を整理し、準備作業の実施要件を、民間規格(標準)として確立する。また、標準の英語翻訳を行い、海外へ発信していく。</li> <li>・ 電気事業者等は、実施要件に基づき準備作業を主体的に進め、実施上得られた知見を「標準」に反映すると共に、実施要件と認可要件の統合に関与していく。また、準備作業を進めるこ</li> </ul>

	<p>とで人材の育成及び確保を図る。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・原子力規制委員会は、独自に規制基準を検討する他、学協会整備された技術分野ごとの実施要件を参照して、認可要件を整備する。</li> <li>・大学等教育機関は、文科省の資金を得て、廃止措置に係る体系的なカリキュラムを策定し、廃止措置に係る知識の若手原子力技術者への普及を図る。</li> </ul>
--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

【改訂履歴】

改訂 番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
—	2015年5月21日	初版
1	2016年11月30日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・課題調査票の不整合修正（他課題との相関、実施の流れの箇所を見直し）</li> <li>・課題調査票の不整合修正（課題調査票 ID を短期・中期課題に統一）</li> </ul>

課題調査票

<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【S113_d44】 放射能レベルの高い機器の解体</p>
<p>マイルストーン及び 目指す姿との関連</p>	<p>短 II. 廃止措置の安全かつ確実な実施 ⇒放射能レベルの高い（高線量）機器について、ICRP で提言されている ALARA の考え方に基づく被ばく低減を考慮した解体が確実に実施できること。 ⇒高度に放射化した構造物を安全性、経済性、廃棄物対策などを総合して撤去するための計画立案、機器設計ができる技術を身に着けた人材を ALL JAPAN（学協会等の知見、メーカーの技術開発力、現場施工メーカーの施工能力、電力のコーディネイト力など）で育成すること。</p>
<p>概要（内容）</p>	<p>放射能レベルの高い機器の解体は、予防保全工事等で実績はあるものの、その範囲は限定的である。また、現在、余裕深度処分対象廃棄物の規制基準の検討が進められているが、安全性を確保したうえで、廃止措置を計画的に着実に進捗させることのできるよう、放射能レベルの高い機器を解体、廃棄体化する必要がある。 したがって、当該機器の解体は、従来の予防保全工事とは異なり、廃止措置工程の中での実施頻度が少なく、かつ、ある程度の期間を要して実施されるものであり、それを担う人材育成・確保が求められている。</p>
<p>具体的な項目</p>	<p>放射能レベルの高い機器の解体に向けて、以下の課題を克服する必要がある。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 規制基準整備、技術要件整備     解体時に製作する余裕深度処分対象廃棄体の技術基準等の整備</li> <li>・ 解体工法検討、解体方法確立、及び海外への技術移転による国際貢献     高線量機器の解体方法及び廃棄体製作方法の確立、海外への技術移転</li> <li>・ 放射能評価方法検討、放射能評価方法確立、及び海外への技術移転による国際貢献     廃棄体の放射能評価方法の確立（機器のインベントリ評価方法の確立含む）、     海外への技術移転による国際貢献</li> <li>・ 人材育成     当該技術を開発、実施する人材の育成・確保</li> </ul>
<p>課題として取り上げた根拠 (問題点の所在)</p>	<p>余裕深度処分対象廃棄物の規制制度は、具体的な規制基準が整備されておらず、現在、原子力規制庁にて検討が開始されたところである。放射能レベルの高い機器は、その余裕深度処分対象廃棄物に該当し、その要件を満足する廃棄体を製作する必要があり、その要件が決まらなると実質的に解体はできず、解体せずに長期保管を行うか、或いは、将来、再度切断等のリスクを負って解体する手段しか残されていない。 また、高線量機器の解体にあたっては、海外では、従来の熱的切断方法はドロス発生等が課題となり、機械的切断が主流となってきているが、技術動向や廃棄体仕様を考慮した切断工法等を踏まえ、最適な解体方法を選択する必要がある。さらに、廃棄体の放射能評価については、米国のように代表的なサンプルや線量測定結果をもとに計算コードにより行うのか、或いは、現行の L 2 廃棄体のように 1 体ずつ測定するのにかによっても、解体時に考慮すべき事項や、それ以降のハンドリング等を考慮した解</p>



	<p>体設備にも影響がある。</p> <p>上記のような規制面や技術面での課題に加え、廃止措置の特性（長期間、かつ、実施頻度少）を踏まえた場合、前述のとおり、ALL JAPAN でその技術を身に着けた人材を確保していく必要がある。</p>
<p>現状分析</p>	<p>現状分析は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・原子力小委員会での放射能レベルの高い廃棄物の早急な技術基準の整備が必要との指摘を踏まえ、余裕深度処分対象廃棄物の規制基準の整備が規制庁により進められようとしている。</li> <li>・解体については、海外において、米国では大型機器は一体型処分が主流であるが、欧州では処分等を考慮したサイズでの切断が実施されており、現行の技術で、解体自体は可能と考えられ、今後、どのような解体工法を選ぶのが課題である。</li> <li>・放射能評価については、原子力学会において検討が実施され、技術基準の制定を踏まえてそのエンドースが待たれているところである。</li> </ul> <p>上記の現状分析を踏まえると、解体自体は、海外での実績もあることから、実現は可能であるが、解体廃棄物の余裕深度処分を含めた処分場を確保することが、大きな課題である。そのためにも、まずは、処分に係る規制基準の整備が重要である。次に、その規制基準に沿った、解体工法、放射能評価方法の検討を行い、確立していくことが重要である。また、将来的に、国際貢献のために、開発した解体、放射能測定技術等の海外移転も重要である。</p> <p>人材基盤に関する現状分析は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・研究機関は、放射能評価などの知見を保有している。</li> <li>・大型機器の解体については、予防保全の観点から実施されているシュラウド（BWR）、炉内構造物（PWR）などの高線量機器の交換などを通じて、メーカーの技術者が知識、経験を保有している。</li> <li>・現場施工メーカーは、現場に即した、安全かつ効率的な工事を実施する知識、経験を保有している。</li> <li>・放射能評価については、放射能レベルの高い廃棄物の処分にに向けた検討の中で、電力・メーカーの技術者が知識、経験を保有している。</li> </ul> <p>これに対して、実際の廃止措置に当たっては、以下のような人材基盤が必要と考えられる。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・解体については、複数の解体工事の経験を積んだ人材の確保</li> <li>・放射能評価については、専門的な知識を有した人材の確保</li> <li>・廃止措置の特性（長期間、かつ、実施頻度少）を踏まえた人材の確保</li> </ul> <p>上記に記載した課題を解決するためには、廃止措置プラントの数自体は、今後、増えていくとしても、実際に解体する機器数は限られており、実施頻度も少ないことから、通常の予防保全工事等での取替工事等と合わせて、計画的に人材基盤を確保していく必要がある。そのためにも、まずは、解体工事の経験を積んだ人材や、放射能評価の専門的な知識を有する人材を確保することが重要である。次に、当該技術をさらに発</p>

	<p>展させるための人材育成や確保が重要である。</p>
<p>期待される効果 (成果の反映先)</p>	<p>放射能レベルの高い機器の解体は、廃止措置においてクリティカルとなるものであり、その解体と処分が可能となることで、計画的な廃止措置の実現が可能となる。</p>
<p>他課題との相関</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ S113_d43：廃止措置実績に基づく廃止措置計画の構築方法の確立</li> <li>・ S103_b06：処分場の確保</li> <li>・ S102_z02：リスクレベルに応じた規制制度変更とその円滑な実施</li> <li>・ S113_d45：処分場の設計・評価技術の確立による社会的受容性の向上</li> <li>・ M107_d47：廃止措置実績を今後のプラントに反映</li> </ul>
<p>実施の流れ</p>	<p><b>短期</b></p> <p>海外への技術移転による国際貢献 (産・工/産・工)</p> <p>S103_b06 S113_d45</p> <p>S113_d43/S102_z02/M107_d47</p>
<p>実施機関／資金担当 ＜考え方＞</p>	<p><u>規制庁／規制庁</u> (規制基準整備、技術要件整備、等)</p> <p><u>産業界／産業界</u> (解体工法検討、解体工法確立、解体、放射能評価、処分、等)</p> <p><u>産業界・学協会／産業界</u> (放射能評価検討、放射能評価方法確立、等)</p> <p><u>学協会・産業会／文科省・産業界</u> (人材育成、等)</p>

	<p><u>産業界・エネ庁／産業界・エネ庁</u> (海外への技術移転による国際貢献、等)</p> <p>&lt;考え方&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 規制庁は、未整備の規制基準・技術基準の整備を進める。</li> <li>・ 電気事業者を中心とした産業界は、解体工法、放射能評価方法にかかる検討を進め、解体、放射能評価、処分を進める。また、当該技術を身に付けた人材の確保策について検討を進める。</li> <li>・ 学協会は、解体後に発生する廃棄物の処分に向けた廃棄体要件、放射能評価、処分場にかかる規格化を進める。また、その実現に向けた人材育成を進める。</li> <li>・ 文科省は、解体、放射能評価技術を身につけ、将来の技術開発に貢献できる人材育成のための教育環境整備を進める。</li> <li>・ エネ庁、産業界は、国際貢献のため、開発した解体、放射能測定技術等の海外移転を進める。</li> </ul>
--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

【改訂履歴】

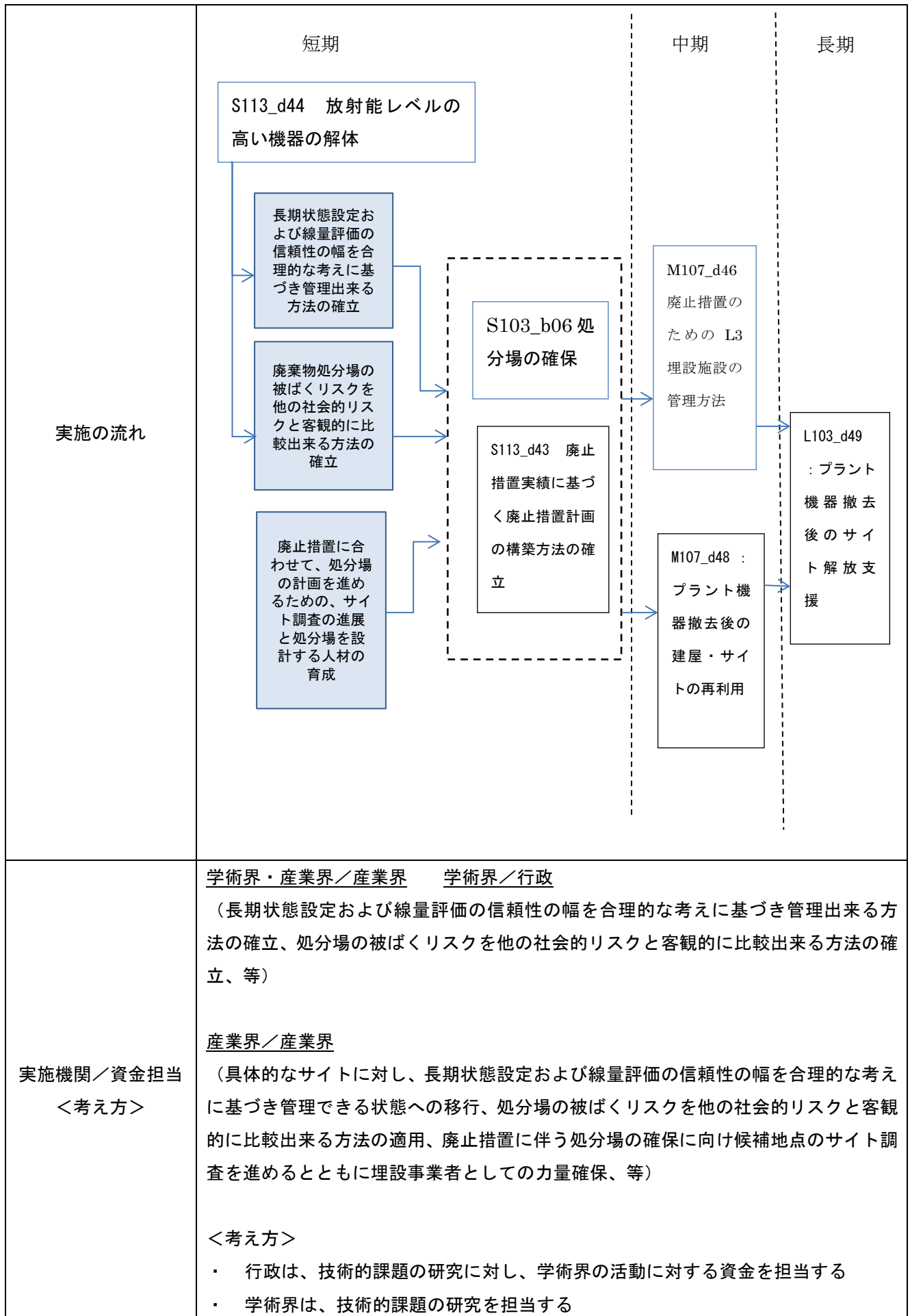
改訂 番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
一	2015年5月21日	初版

課題調査票

<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【S113_d45】 処分場の設計・評価技術の確立による社会的受容性の向上</p>
<p>マイルストーン及び 目指す姿との関連</p>	<p>短IV. SV04 廃棄物の発生量低減技術や処理・減容技術の高度化 数基の運転停止した原子力発電所の廃止措置から出てくる放射性廃棄物が滞ることなく円滑に処分されていること。 ⇒廃止措置を進めていくには、処分場の立地を遅滞無く進めることが必要。特に、解体初期及び廃止措置末期の建屋解体時に大量に発生する極低レベルの放射性廃棄物全てを輸送等の安全面を考慮して処分するために、多様な地点での分散配置処分を実現する。そのためには、電気事業者が廃棄物施設事業者として十分な力量を持つとともに、処分場の設計・評価に基づき、廃棄物施設が安全に設置できる見通しがあることを国民に理解されることが必要。</p>
<p>概要（内容）</p>	<p>処分場は、管理期間後の長期の潜在ひばくを考慮し設計・評価することが特徴である。能動的管理に頼らないことから、長期の予測の信頼性に応じた頑健性のある設計としておく必要がある。長期の予測は、廃棄物のインベントリ、施設の状態設定など多くのシナリオ、モデル、パラメータに基づき行われることから、これらシナリオなどが評価結果に与える影響や感度を確認し、実際に埋設した廃棄物の特性などの管理期間中に得られる情報に基づき、その信頼性を向上させるような管理が出来、継続的に改善する仕組みが定着している状況にする。 また、一般国民の処分場の社会的受容性の観点から、処分場の被ばくのリスクが他の社会的リスクと比較して十分小さいことについて説明性を上げる。</p>
<p>具体的な項目</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 長期状態設定および線量評価の信頼性の幅を合理的な考えに基づき管理出来る方法の確立</li> <li>・ 処分場の被ばくリスクを他の社会的リスクと客観的に比較出来る方法の確立</li> <li>・ 廃止措置に合わせて、処分場の計画を進めるための、サイト調査の進展と処分場を設計する人材の養成</li> </ul>
<p>課題として取り上げた根拠 (問題点の所在)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 処分場の安全性に対する国民への説明が十分でなく、安全か否かの判断も専門的な内容があることから、結果として処分場の必要性は理解しても、自分の家の近くに建設されることには反対する、N I M B Y (Not In My Back Yard) の温床となっている。処分場の設計(安全評価)のロジックを簡潔かつ分かり易くすること、及び、処分場の被ばくリスクを他の社会リスクと客観的に比較できることが、立地の促進のためにも重要</li> <li>・ 処分場の安全性に対する不安は、長期の予測に対する信頼性の幅への信用度の低さが主な要因である。信頼性の幅の管理が行える必要があるが、そのためには、幅広い分野の技術からなる処分システム全体の信頼性の幅を統合的に管理できる状態にする必要があるが、現状は全体を統合的に管理出来ていないため、一部分を見て課題や研究テーマを決めることになりがちである。</li> <li>・ 信頼性の幅の適切な管理が行われないと保守的な設計に陥りやすく、リスクに応</li> </ul>

	<p>じたバランスある合理的な設計が行われない。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 廃止措置に合わせて多様な地点に対応した処分場の設計を進めていくためには、十分なサイト調査と処分場の設計を行える人材の育成が必要である。</li> </ul>
<p>現状分析</p>	<p><b>【技術動向に関する現状分析】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 東海の JAEA のトレンチ処分場（試験埋設完了）および六ヶ所の JNFL のピット処分場（ドラム缶 40 万本相当、埋設中）が現状稼動している処分場。</li> <li>・ 新規制基準       <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 平成 25 年 12 月、ピット・トレンチ処分に対する新規制基準が施行された。</li> <li>➢ バックフィット規定はなく、新規制基準による適合性審査は実施されていないため、新規制基準で新たに取り入れられた、長期状態設定やそれに基づく基本・変動シナリオによる線量評価結果は現状示されていない。10 年を超えない期間毎に行う定期安全レビューが制度化され、保安規定の下で、自主的に行うこととなっている。</li> </ul> </li> <li>・ 平成 27 年 1 月から、余裕深度処分の規制基準の検討が規制委員会で開始された。</li> <li>・ 新規の処分場の立地受け入れに対するハードルは極めて高い。</li> <li>・ 長期状態設定および線量評価の信頼性の幅を統合的に管理する仕組みは確立されていない。</li> <li>・ また、処分場の被ばくリスクを他の社会的リスクと客観的に比較し示すことも十分に出来ていない。</li> <li>・ 電気事業者の中で、廃棄物埋設の許可を得たものはない。</li> </ul> <p><b>【人材基盤に関する現状分析】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 処分場の建設は、原子力施設共通のものも多いため、処分場に特化して人材を育成する必要性は低い。</li> <li>・ 建設技術の中で、処分場固有の技術としては、一般構造物では要求されない、低透水、低拡散、高度なひび割れ制御の技術がある。これらは、他にニーズが無いため、処分場固有の技術として開発するための人材基盤が必要。現状は学術機関の指導・助言受けながら産業界が中心に実施。</li> <li>・ 設計（評価）技術は、長期の状態設定、評価に関する技術で、必要に応じ、温度、水理、力学、化学を連成させて予測するもの。計算手法は既存の技術の応用で対応可能なため、必ずしも処分場固有の技術は必要としないが、解析の時間軸が超長期にわたるため、モデルの適用限界、計算精度、および、入力パラメータの精度の観点から処分場固有の技術を必要とする場合もある。現状は学術機関の指導・助言を受けながら産業界が中心に実施。</li> <li>・ 処分場の管理期間後の長期の安全評価の前提となる、長期のシナリオや状態設定には、種々の信頼性に幅があり、正確な予測をすることは困難であることから、管理期間後の設計は、様々な想定される事象に対する処分システムの頑健性を評価する視点で行う。様々な事象の発生の可能性と結果の影響を見ながら、総合的にバランスを取った設計が出来る人材が必要である。現状は事業者が実施。</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ これらの処分場に固有の技術は、従来は地層処分や余裕深度処分の人材を養成してきているが、いずれもプロジェクトが停滞しているため、関連する技術者の高齢化が進んでいる。</li> <li>・ 電気事業者の中では、埋設事業に固有の調査、設計に必要な力量を持った人材は不足している。</li> </ul> <p>【現状分析（人材基盤含む）に基づく課題（優先課題）】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 長期状態設定および線量評価の信頼性の幅を合理的な考えに基づき管理出来る方法の確立</li> <li>・ 処分場の被ばくリスクを他の社会的リスクと客観的に比較出来る方法の確立</li> <li>・ 廃止措置に合わせて、多様な地点での処分場の計画を進めるための、サイト調査の進展と処分場を設計する人材の養成</li> </ul>
<p>期待される効果 (成果の反映先)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 処分施設の安全性に対する理解が進み、結果として処分場の立地の障壁が低下する。</li> <li>・ 処分場の合理化が進み、原子力の全体コストが適正化され、原子力の利用の正常化が図られる。</li> </ul>
<p>他課題との相関</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ S103_b06 処分場の確保</li> <li>・ S113_d44 放射能レベルの高い機器の解体</li> <li>・ S113_d43 廃止措置実績に基づく廃止措置計画の構築方法の確立</li> <li>・ M107_d46 廃止措置のためのL3埋設施設の管理方法</li> <li>・ M107_d48：プラント機器撤去後の建屋・サイトの再利用</li> <li>・ L103_d49：プラント機器撤去後のサイト解放支援</li> </ul>



	<ul style="list-style-type: none"> <li>産業界は、廃棄物発生者が中心となり、技術的課題に取り組むとともに、必要な研究資金も担当する。また、開発された手法の具体のサイトに対する適用および、処分場の確保に向けたサイト調査を担当するとともに、埋設事業者としての力量確保に努める。</li> </ul>
--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

【改訂履歴】

改訂 番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
一	2015年5月21日	初版



課題調査票

<p>課題名（レ点項目レベル）</p>	<p>【M107_d46】 廃止措置のためのL3埋設施設の管理方法</p>
<p>マイルストーン及び目指す姿との関連</p>	<p>中 II. 極低レベル廃棄物埋設管理 廃止措置に伴って発生した放射能レベルの極めて低い廃棄物が確実に埋設処分され、原子力発電所の廃止措置が効率的に進められている。 ⇒廃止措置に伴って発生した放射能レベルの極めて低い廃棄物を埋設処分する L3 埋設施設を管理する方法を構築。</p>
<p>概要（内容）</p>	<p>放射能レベルの極めて低い廃棄物を埋設した後の埋設施設のリスクは埋設期間に伴って段階的に変化していく。放射能レベルの極めて低い廃棄物は発生量も多いことから、輸送時の安全等を考慮した場合、原子力発電所のサイト内や近傍などに埋設施設を設置するのが選択肢の一つと考えられる。このことから、埋設施設のリスクや埋設場所に応じて管理する必要がある。</p>
<p>具体的な項目</p>	<p>（課題にぶら下がる細項目の課題を箇条書き）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・埋設段階の管理方法の構築</li> <li>・保全段階の管理方法の構築</li> <li>・上記に対応する人材、実際に管理する人材、安全性の理解活動を行う人材の育成・確保</li> </ul>
<p>課題として取り上げた根拠（問題点の所在）</p>	<p>原子力発電所の廃止措置では放射能レベルの極めて低い廃棄物が多量に発生する。しかし、日本には放射能レベルの比較的低い廃棄物の処分場（低レベル放射性廃棄物埋設センター）が唯一操業しているだけで、廃止措置に伴い発生する放射能レベルの極めて低い廃棄物の埋設施設がまだない。 廃止措置を円滑に進めるためには、放射能レベルの極めて低い廃棄物の処分場の確保、そのために必要な埋設施設の管理方法を構築する必要がある。</p>
<p>現状分析</p>	<p>【技術動向に関する現状分析】 平成 13 年に東海発電所が廃止措置を開始し、平成 21 年に浜岡原子力発電所 1, 2 号機が廃止措置を開始した。運転に伴い発生する廃棄物のうち放射能レベルの比較的低い廃棄物については、低レベル放射性廃棄物埋設センターが操業しているが、廃止措置に伴い発生する放射能レベルの極めて低い廃棄物の処分場がない。 廃止措置では、放射能レベルの極めて低い廃棄物が最も多く発生する。廃止措置を円滑に進めるためには放射能レベルの極めて低い廃棄物の処分場として、廃止措置のための L3 埋設施設を早急に整備する必要がある。 廃止措置に伴って発生した放射能レベルの極めて低い廃棄物を埋設処分する L3 埋設施設の管理方法がない。 埋設段階の管理方法の構築を優先的に進める必要がある。</p> <p>【人材基盤に関する現状分析】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・廃止措置のための L3 埋設施設に関わる人材育成は行っていない。</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>・放射能レベルの低い廃棄物の処分に関わる人材を育成・活用する。</li> <li>・放射能分析に関わる人材を活用する。</li> <li>・施設の放射線管理に関わる人材を活用する。</li> <li>・ステークホルダーへの理解活動行う人材育成は行っていない。</li> </ul>
<p>期待される効果 (成果の反映先)</p>	<p>・廃止措置のための L3 埋設施設の管理方法が構築され、それを現場で適用することにより、円滑に放射能レベルの極めて低い廃棄物の処分が進み、廃止措置が円滑に進む。</p>
<p>他課題との相関</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ S103_b06 処分場の確保</li> <li>・ S103_b05 クリアランスリサイクルの実現</li> <li>・ S113_d45 処分場の設計・評価技術の確立による社会的受容性の向上</li> <li>・ M107_d48 プラント機器撤去後の建屋・サイトの再利用</li> <li>・ L103_d49 プラント機器撤去後のサイト解放支援</li> <li>・ S102_z02 リスクレベルに応じた規制制度変更とその円滑な実施</li> </ul>
<p>実施の流れ</p>	<p>S103_b06, S103_b05, S113_d45, M107_d48, S102_z02</p>
<p>実施機関／資金担当 ＜考え方＞</p>	<p><u>行政・学術界 / 行政・学術界</u> 廃止措置のための L3 埋設施設の管理基準の構築、等</p> <p><u>産業界 / 産業界</u> 構築された管理基準等に従った処分場での埋設の実施、等</p> <p># 行政は、原子力規制委員会、経済産業省等を含む</p> <p>＜考え方＞</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 行政は、科学的な観点から廃止措置のための L3 埋設施設の管理基準を構築する。</li> <li>・ 学術会は、行政及び産業界を支援するよう、放射能レベルの極めて低い廃棄物の処分場確保に向けた管理基準を整備する。</li> <li>・ 産業界は、新たに構築された規制基準、学術会の基準に従って、放射能レベルの極めて低い廃棄物の処分場の確保を円滑に実施する。</li> </ul>

【改訂履歴】

改訂 番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
—	2015年5月21日	初版
1	2016年11月30日	・ 課題調査票の不整合修正（他課題との相関、実施の流れの箇所を見直し）

課題調査票

<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【M107_d47】 廃止措置実績を今後のプラントに反映</p>
<p>マイルストーン および 目指す姿との関連</p>	<p>中 III. 原子炉の安全性向上のための調査研究を反映した新たなプラント設計検討に着手する際には、廃止措置の経験・実績をも考慮したプラント設計を目指す。 ⇒廃止措置の経験が蓄積され、解体が円滑に進んでいる。 ⇒クリアランス測定評価や廃棄物確認の経験が蓄積され、より合理的な規制に見直されている。 ⇒多くの廃止措置に対応するため、L1/L2 廃棄物の大量輸送、埋設のための社会インフラが確立している。 ⇒廃止措置終了後サイトを解放するのではなく、次の発電所として利用するサイト利用サイクルの確立を目指す。</p>
<p>概要(内容)</p>	<p>廃止措置経験が蓄積されており、それらの整理・分析により新たに進められる廃止措置をより計画的に行うとともに、新たにプラントの設計検討に着手する際には、廃止措置の実績・経験を反映する。</p>
<p>具体的な項目</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 今後の軽水炉開発等において、今後本格的に行われる廃止措置（解体工事、解体物の処理処分・リサイクル）の実績・経験を基にプラント設計に反映する。例えば、             <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 原子炉の運転（中性子照射や放射性物質の付着）によって起こるプラントの放射能特性を把握するのに必要な情報を設計・製作段階で明らかにする。</li> <li>✓ 機器撤去（運転中は取替）のし易さ、放射性物質が付着し難い材料、除染のし易さを考慮したプラント設計。</li> <li>✓ 大型機器や高放射能機器の撤去・取替がしやすいプラントレイアウト。</li> <li>✓ 撤去後のリサイクル（異種金属の分離のし易さ）を考慮した機器設計。</li> <li>✓ 処分で問題となる長半減期核種が生成され難い材料の開発。</li> <li>✓ 建設のみならず撤去工事も考慮した CAD をベースとした IT 技術(6DCAD)。</li> <li>✓ 廃止措置計画を立案するうえで必要な設計情報のメーカーから電力への移管体制。</li> <li>✓ 運転プラントにおける“保守管理のしやすさ（「機器／部品の汎用化、標準化、共用化、共通化等」「機器取替えの容易化」「汚染管理区域の限定化」等）や運転管理のしやすさ”は、廃止措置がしやすいプラント“解体のしやすさ、放射性廃棄物の限定と処理処分や解体物のリサイクル費用の低減”につながる。廃止措置で発生するものを再利用していく仕組み整備を行う。</li> <li>✓ 解体撤去物等の限定再利用方法の確立</li> </ul> </li> </ul>
<p>課題として 取り上げた根拠 (問題点の所在)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 既存の原子力プラントのリプレースや新規建設をするうえで、これまでの運転経験や今後廃止措置における経験を反映することにより、安全面はもとより、より効率的で経済的な運用ができるよう設計面で配慮することは重要である。</li> <li>・ 既存のプラント設計は必ずしも廃止措置（解体・処分）の視点が考慮されていない。</li> <li>・ 特に、運転期間中にプラント構成材料がどのような放射能を帯びるのかといったプラントの放射能特性を把握することは、廃止措置を計画するだけでなくコスト预见性の高い解体工事や解体物の処理処分・リサイクルという観点でも、廃止措置で最</li> </ul>

	<p>も重要な課題であるが、放射能特性を想定するのに必要な情報が不足している。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 余裕深度処分を含む放射性廃棄物埋設において、規制対象となる放射性核種とその濃度上限値を考慮し、埋設処分がより容易になされるよう、親元素含有量の少ない開発を進めることが重要である。</li> </ul>
現状分析	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 上記「具体的項目」は現時点で想定される一例である。</li> <li>・ まず現状認識（現時点でどこまでわかっているのか）と検討課題の抽出を行うための検討体制を構築することが重要である。</li> </ul>
期待される効果 （成果の反映先）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 国のプロジェクトとして今後のプラント開発を進める場合、廃止措置の観点でのニーズ反映や研究開発に組み込んでいく仕組みを構築しておくことが望ましい。より精度の高い廃止措置計画が迅速に構築でき、費用的な面でも予見性が高くなる。</li> <li>・ 解体工事の効率的運用が可能になる。</li> <li>・ 解体物の処理処分・リサイクルの観点でも経済性が高まる。</li> <li>・ 運転経験において今後のプラントへ反映させるべき点は、廃止措置を容易にする方策としても有効であるが、これから本格化する廃止措置において、困難性が予見される事項の対策の中には今後のプラントに反映させるべき点があるはずである。</li> </ul>
他課題との相関	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ S111_d37 構造材料の高信頼化</li> <li>・ S111M107_d34 保守・運転管理の合理化・省力化による保守・運転員負荷低減</li> <li>・ L104_d41 高経年プラントの安全運転に向けた革新的技術の開発（材料開発等）</li> <li>・ S113_d43 廃止措置実績に基づく廃止措置計画の構築方法の確立</li> <li>・ S113_d44：放射能レベルの高い機器の解体</li> <li>・ S102_z02：リスクレベルに応じた規制制度変更とその円滑な実施</li> <li>・ L103_d49：プラント機器撤去後のサイト解放支援</li> </ul>
実施の流れ	<p style="text-align: center;">中期</p> <p>○今後のプラント設計に反映すべきことを抽出・検討する体制をまず構築する。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px auto; width: 80%;"> <p style="text-align: center;">廃止措置実績・経験の蓄積</p> <p style="text-align: center;">今後のプラントへの反映事項の検討体制の構築・運営</p> </div> <p style="text-align: center;">○軽水炉での廃止措置完了実績</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px auto; width: 60%;"> <p style="text-align: center;">具体的な設計検討に反映</p> </div>
実施機関／資金担当 ＜考え方＞	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 電気事業者はまずは廃止措置の実績を出すこと。</li> <li>・ その過程において、今後のプラント設計に反映すべき事項の抽出を行う。</li> <li>・ 国（経済産業省、規制当局）プラントメーカー・ゼネコン、電気事業者、研究機関、学協会等の役割分担・資金担当をまず明確にして進めることが重要。</li> <li>・ プラント設計部隊との連携・運営が重要。</li> </ul>

【改訂履歴】

改訂 番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
—	2015年5月21日	初版
1	2016年11月30日	・ 課題調査票の不整合修正（他課題との相関の箇所を見直し）

課題調査票

<p>課題名 (レ点項目レベル)</p>	<p>【M107_d48】 プラント機器撤去後の建屋・サイトの再利用</p>
<p>マイルストーン及び 目指す姿との関連</p>	<p>中Ⅱ. 建屋・サイトの再利用 プラント機器を撤去した後の建屋やサイトが有効に再利用されている。これにより、原子力発電が継続的に進められ、安定なエネルギー供給が行われている。 ⇒プラント機器撤去後の廃止措置の終了要件を構築。 ⇒プラント機器撤去後の建屋・サイトを円滑に再利用する規制制度を構築。 ⇒プラント機器撤去後の建屋・サイトの再利用を円滑に進めるための安全評価技術や測定技術を開発。</p>
<p>概要(内容)</p>	<p>原子力発電を維持するために、プラント機器撤去後の建屋・サイトの再利用を円滑に進める規制制度を構築する。プラント機器撤去後の建屋・サイトのリスクは極めて低いことから、安全に建屋・サイトを再利用する適切な規制制度にする必要がある。また、再利用の促進には再利用のメリットを論じることでも有効であり、建屋・サイトの再利用方法に応じた規制制度が必要である。</p>
<p>具体的な項目</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ プラント機器撤去後の廃止措置の終了要件</li> <li>・ プラント機器撤去後の建屋・サイトの再利用基準</li> <li>・ プラント機器撤去後の建屋・サイトの安全評価技術</li> <li>・ プラント機器撤去後の建屋・サイトの測定技術</li> </ul>
<p>課題として取り上げた根拠 (問題点の所在)</p>	<p>廃止措置が順調に進み、プラント機器撤去が終了するサイトが発生する。廃止措置終了後の建屋・サイトは、新規の原子力発電所へのリプレースを含めた色々な目的で再利用が行われることになる。 プラント機器撤去後の廃止措置の終了要件を開発する必要がある。 プラント機器撤去後の建屋・サイトを安全に再利用するための規制制度の構築とそれに関連する安全評価技術や測定技術を開発する必要がある。</p>
<p>現状分析</p>	<p>【技術動向に関する現状分析】 平成 13 年に東海発電所が廃止措置を開始し、平成 21 年に浜岡原子力発電所 1, 2 号機が廃止措置を開始しているが、原子炉周辺機器等の解体を行っている段階である。これまでにプラント機器撤去完了の事例には JPDR がある。JPDR のサイトはグリーンフィールドとなっている(注意: サイトは周辺監視区域内にある)。 廃止措置の終了要件について優先的に検討を進め、建屋・サイトの再利用基準を検討する必要がある。次に、建屋・サイトの安全評価技術と測定技術の開発を進める必要がある。</p> <p>【人材基盤に関する現状分析】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 廃止措置の終了及び建屋・サイトの再利用に関わる人材育成は行っていない。</li> <li>・ 放射能レベルの低い廃棄物の処分に関わる人材を活用する。</li> <li>・ 放射能分析に関わる人材を活用する。</li> <li>・ 施設の放射線管理に関わる人材を活用する。</li> </ul>

<p>期待される効果 (成果の反映先)</p>	<p>・プラント機器撤去後の廃止措置の終了要件、建屋・サイト再利用のための適切な規制制度及び安全評価技術や測定技術が開発され、それを現場で適用することにより、円滑に廃止措置及び廃止措置後の建屋・サイトの再利用が進む。</p>
<p>他課題との相関</p>	<p>・ S103_b05 クリアランスリサイクルの実現          ・ L103_d49 プラント機器撤去後のサイト解放支援          ・ S102_z02 リスクレベルに応じた規制制度変更とその円滑な実施          ・ S113_d43 廃止措置実績に基づく廃止措置計画の構築方法の確立</p>
<p>実施の流れ</p>	<p>S103_b05, S102_z02, S113_d43</p> <pre> graph TD     A[機器撤去後の廃止措置の終了要件の作成 &lt;行政・学術界 / 行政・学術界&gt;] --&gt; C[機器撤去後の建屋・サイトの安全評価技術の開発 &lt;産業界 / 行政・産業界&gt;]     B[機器撤去後の建屋・サイトの再利用基準の作成 &lt;行政・学術界 / 行政・学術界&gt;] --&gt; C     B --&gt; D[機器撤去後の建屋・サイトの測定技術の開発 &lt;産業界 / 行政・産業界&gt;]     C --&gt; E[建屋・サイトの再利用支援 &lt;産業界 / 産業界&gt;]     D --&gt; E     E --&gt; F[原子力発電所のリプレース等]         </pre>
<p>実施機関／資金担当 &lt;考え方&gt;</p>	<p><u>行政・学術界 / 行政・学術界</u>          機器撤去後の建屋・サイトについて、科学的な観点からの廃止措置の終了要件の構築、建屋・サイトの再利用基準の作成、等</p> <p><u>産業界 / 行政・産業界</u>          機器撤去後の建屋・サイトの安全評価技術の開発、建屋・サイトの測定技術の開発、等</p> <p><u>産業界 / 産業界</u>          構築された廃止措置の終了要件、建屋・サイトの再利用基準に従った、建屋・サイトの安全評価の実施、建屋・サイトの測定の実施、機器撤去後の廃止措置の終了、建屋・サイトの再利用、等</p> <p>#          行政は、原子力規制委員会、経済産業省等を含む</p> <p>&lt;考え方&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 行政は、科学的な観点から廃止措置の終了要件等を含む規制制度を構築する。</li> <li>・ 学術会は、行政及び産業界を支援するよう、廃止措置後の建屋・サイト再利用に係る基準を整備する。</li> <li>・ 産業界等は、安全評価技術や低レベル放射能の測定技術を開発し、廃止措置後の建</li> </ul>

	<p>屋・サイトの再利用に活用する。</p> <p>・産業界は、新たに構築された規制制度、学会会の基準に従って、廃止措置後の建屋・サイトの再利用を円滑に実施する。</p>
--	---------------------------------------------------------------------------------------

【改訂履歴】

改訂 番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
—	2015年5月21日	初版
1	2016年11月30日	・課題調査票の不整合修正（他課題との相関、実施の流れの箇所を見直し）



課題調査票

<p>課題名（レ点項目レベル）</p>	<p>【L103_d49】 プラント機器撤去後のサイト解放支援</p>
<p>マイルストーン及び目指す姿との関連</p>	<p>長 I. サイト解放 プラント機器を撤去し、事業終了後のサイトが一般に安全に解放されている。 ⇒事業終了後のサイトを安全でしかも、円滑に一般に解放する規制制度を構築。 ⇒サイト解放を円滑に進めるための安全評価技術や最終放射能サーベイのための測定技術を開発。</p>
<p>概要（内容）</p>	<p>エネルギー基本計画で示された円滑な廃止措置を実現するため、プラント機器撤去後のサイトを解放する具体的な条件（規制制度）を構築する。プラント機器撤去後のサイトのリスクは極めて低いことから、サイトを解放するための適切な規制制度にする必要がある。</p>
<p>具体的な項目</p>	<p>（課題にぶら下がる細項目の課題を箇条書き）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ プラント機器撤去後のサイトの解放基準</li> <li>・ プラント機器撤去後のサイトの安全評価技術</li> <li>・ プラント機器撤去後のサイトの最終放射能サーベイのための測定技術</li> </ul>
<p>課題として取り上げた根拠（問題点の所在）</p>	<p>廃止措置が順調に進み、プラント機器撤去が終了し、事業を廃止するサイトが発生すれば、事業終了後のサイトは解放され、色々な目的で再利用が行われることになる。廃止措置を円滑に進めるためには、プラント機器撤去後のサイトを安全に解放するための規制制度の構築とそれに関連する安全評価技術や測定技術を開発する必要がある。</p>
<p>現状分析</p>	<p>【技術動向に関する現状分析】 平成 13 年に東海発電所が廃止措置を開始し、平成 21 年に浜岡原子力発電所 1, 2 号機が廃止措置を開始しているが、原子炉周辺機器等の解体を行っている段階である。これまでにサイトを一般に解放した事例はない。 平成 23 年に総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会廃止措置安全小委員会でサイト解放基準の中間とりまとめの報告書が出されているが、制度化は行われていない。このため、プラント機器撤去後のサイトの解放基準の検討を進め、制度化を優先的に進める必要がある。また、解放基準の検討に併せて安全評価技術の開発を進める必要がある。さらに、解放基準の制度化までに最終放射能サーベイのための測定技術を開発する必要がある。</p> <p>【人材基盤に関する現状分析】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ サイト解放に関わる人材育成は行っていない。</li> <li>・ 放射能レベルの低い廃棄物の処分に関わる人材を活用する。</li> <li>・ 放射能分析に関わる人材を活用する。</li> <li>・ 施設の放射線管理に関わる人材を活用する。</li> </ul>

<p>期待される効果 (成果の反映先)</p>	<p>・サイト解放の適切な規制制度及び安全評価技術や測定技術が開発され、それを現場で適用することにより、円滑に廃止措置及び廃止措置後のサイト解放が進む。</p>
<p>他課題との相関</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ S103_b06 処分場の確保</li> <li>・ S113_d43 廃止措置実績に基づく廃止措置計画の構築方法の確立</li> <li>・ S113_d45 処分場の設計・評価技術の確立による社会的受容性の向上</li> <li>・ M107_d46 廃止措置のためのL3埋設施設の管理方法</li> <li>・ M107_d47：廃止措置実績を今後のプラントに反映</li> <li>・ M107_d48 プラント機器撤去後の建屋・サイトの再利用</li> <li>・ S102_z02：リスクレベルに応じた規制制度変更とその円滑な実施</li> </ul>
<p>実施の流れ</p>	<p>S103_b06, S113_d43, S113_d45, M107_d46, M107_d47, M107_d48, S102_z02</p> <pre> graph TD     A[プラント機器撤去後のサイトの解放基準の作成 &lt;行政・学術界 / 行政・産業界&gt;] --&gt; B[プラント機器撤去後のサイトの安全評価技術の開発 &lt;産業界 / 行政・産業界&gt;]     A --&gt; C[プラント機器撤去後のサイトの最終放射能サーベイの測定技術の開発 &lt;産業界 / 行政・産業界&gt;]     B --&gt; D[サイト解放支援 &lt;産業界 / 産業界&gt;]     C --&gt; D   </pre>
<p>実施機関／資金担当 &lt;考え方&gt;</p>	<p><u>行政・学術界 / 行政・産業界</u></p> <p>プラント機器撤去後のサイトの解放基準について、科学的な観点からの規制制度の構築、サイト解放基準の整備、等</p> <p><u>産業界 / 行政・産業界</u></p> <p>プラント機器撤去後のサイトの評価技術の開発、サイトの最終放射能サーベイの測定技術の開発、等</p> <p><u>産業界 / 産業界</u></p> <p>構築された規制制度、基準に従ったサイトの安全評価の実施、サイトの最終放射能サーベイの実施、サイト解放、等</p> <p>#</p> <p>行政は、原子力規制委員会、経済産業省等を含む</p> <p>&lt;考え方&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 行政は、科学的な観点から規制制度を構築する。</li> <li>・ 学術会は、行政及び産業界を支援するよう、廃止措置後のサイト解放に係る基準を整備する。</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 産業界等は、安全評価技術や最終放射能サーベイのための測定技術を開発し、廃止措置後のサイト解放に活用する。</li> <li>・ 産業界は、新たに構築された規制制度、学会の基準に従って、廃止措置後のサイト解放を円滑に実施する。</li> </ul>
--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

【改訂履歴】

改訂 番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
—	2015年5月21日	初版
1	2016年11月30日	・ 課題調査票の不整合修正（他課題との相関、実施の流れの箇所を見直し）