

日本原子力学会  
安全対策高度化技術検討特別専門委員会

活動報告書

平成 27 年 5 月

安全対策高度化技術検討特別専門委員会  
活動報告書

目次

1. 巻頭言.....	1
2. 活動報告.....	2
2. 1 背景.....	2
2. 2 会議体構成.....	2
2. 3 委員選定.....	3
2. 4 会議体開催実績.....	3
2. 5 総会および幹事会活動結果.....	3
2. 6 作業部会活動結果.....	4
2. 6. 1 設計による安全性向上作業部会.....	4
2. 6. 2 保全・運転管理作業部会.....	6
2. 6. 3 アクシデントマネジメント作業部会.....	7
2. 6. 4 耐震・外的事象作業部会.....	8
2. 6. 5 廃炉作業部会.....	9
2. 6. 6 核不拡散・核セキュリティ作業部会.....	10
3. 終わりに.....	17

資料集

資料1. 課題テーマリスト

資料2. 目指す姿と達成要件一覧

資料3. 課題調査票

参照資料 自主的安全性向上・技術・人材ワーキンググループ最終報告資料

## 1. 巻頭言

安全対策高度化技術検討特別専門委員会は、軽水炉の安全対策の高度化に係る広範な課題をその検討対象としており、多様な立場からの視点や幅広い専門分野をカバーできる方々に参加をいただくことが重要であると考えている。現在、本委員会の総会は、日本原子力学会に所属する会員を中心に、産業界、学术界、官界の46名の委員から構成されており、さらに常時参加者を加えて100名を超える関係者の協力の下、活動を進めてきた。

平成26年度は、平成24年度に検討した軽水炉のアクシデントマネジメントに関する領域を中心とした技術的・制度的・社会的課題に加えて、運転時の安全や廃炉、核不拡散・核セキュリティに係る課題を網羅的にカバーし、課題解決のための研究着手時期や課題解決時期を時間軸で示したロードマップを策定するための検討を行った。そのプロセスにおいては、軽水炉の安全性向上に係る課題を俯瞰的、網羅的に捉えるために議論を重ねると共に、個々の課題に対して現状分析や今後の課題解決に向けた取り組みのあり方について詳細な検討を加えてきた。その検討結果は、課題調査票として取りまとめた。

本報告書は、このような平成26年度の活動成果を取りまとめ、社会に発信し、今後の更なる軽水炉の安全性向上に向けた活動に資することを目的としている。今後も継続的な活動を進めるとともに、課題調査票とそれに基づく研究成果を評価しロードマップ自体を定期的に見直す「ローリング」を実施していかなければならない。このローリングは、安全研究、技術開発、マネジメント力の強化といった課題解決に向けた取り組みへの評価や課題の再設定等と同期して実施していくものである。したがって、ローリングの成果を社会に向けて分かりやすく提示していくことで、関係者の安全性向上に向けた取り組みの透明性が確保され、幅広い視点での評価や指摘を取り込むことにより、取り組みの改善がより適切に促されることが期待される。

これまでの多くの関係者の皆様の協力に感謝すると共に、今後も関連する活動を通じて軽水炉安全の継続的な向上に貢献していきたいと考えている。

(文責：関村主査)

## 2. 活動報告

### 2. 1 背景

安全対策高度化技術検討特別専門委員会は、東京電力福島第一原子力発電所（以下、福島第一原発）の事故の反省を踏まえ、経済産業省資源エネルギー庁の委託により、事故前において十分な対策が講じられてこなかった軽水炉のアクシデントマネジメント対策に焦点を絞った技術マップの策定を行う場として、平成 24 年度に設置された。

その後、規制体系の再構築などが進み、平成 26 年 5 月に総合資源エネルギー調査会原子力小委員会の下に設けられた原子力の自主的安全性向上に関するワーキンググループから、「原子力の自主的・継続的な安全性向上に向けた提言」が提示された。その中で、軽水炉の安全研究については、これまでの反省と課題が整理して示され、今後のあり方として、軽水炉の安全性向上のための研究開発課題を明確にするとともに、学協会、研究機関、メーカー、電気事業者等に軽水炉の安全研究に知見を持つ人材や各種実験施設、資金等が分散する中で、政府が中心となり軽水炉の安全研究に関する技術開発ロードマップ等を策定し、各主体間の連携を可能すべきであるという指摘がなされた。

これらを踏まえて、平成 26 年 8 月に設置が決まった、総合資源エネルギー調査会原子力小委員会傘下の自主的安全性向上・技術・人材ワーキンググループにおいて、福島第一原発以外の廃炉を含めた軽水炉の安全技術・人材の維持・発展に重点を置き、官界、産業界、学术界、学協会の関係者間の役割が明確化された原子力技術・人材に関するロードマップを作成することとなった。

このロードマップの策定検討の場として、安全対策高度化技術検討特別専門委員会が役割を担うこととなり、平成 24 年度末に一旦活動を停止していた同委員会は、立ち上げ当初のメンバーも見直し、平成 26 年 8 月より活動を再開した。

### 2. 2 会議体構成

平成 26 年度においては、自主的安全性向上・技術・人材ワーキンググループとのキャッチボールの下、同ワーキンググループから提示を受けた「軽水炉安全技術・人材ロードマップ策定の基本方針」を踏まえて、廃炉や核不拡散・核セキュリティ分野も含む、軽水炉安全全般をカバーするロードマップを策定することとした。

このため、効率的な議論を行う観点から、安全対策高度化技術検討特別専門委員会という一つの会議体の中を複数の小会議体で構成し、それぞれに役割を持たせると共に階層構造とすることで、小会議体間の横串を通じた議論や全体総括を可能とした。

具体的には、全体の意思決定や議論の方向性、検討結果の総括・承認を行う「総会」、多様かつ広範な分野を扱うロードマップに対して、専門性に立脚して個別分野ごとに議論を行う「作業部会」、そして総会から作業部会への指示の伝達や作業部会間の議論の状況を共有する「幹事会」を設置した。作業部会は、「設計による安全性向上」、「保全・運転管理」、「アクシデントマネジメント」、「耐震・外的事象」、「廃炉」および「核不拡散・核セキュリティ」の 6 つの小会議体構成と

した。

会議体構成の模式図は、本特別専門委員会から自主的安全性向上・技術・人材ワーキンググループへ検討結果を報告した最終報告資料（本報告書の巻末に参考資料として添付）を参照されたい。

### 2. 3 委員選定

上述した「総会」、「幹事会」、および6つの「作業部会」においては、それぞれの会議体の役割を担う上で必要な要件や専門性を有した人材を選定し、日本原子力学会から特別専門委員会の規約に基づき委員委嘱を行った。また、同規約に基づく常時参加者という位置づけでオブザーバー参加も可能とした。

総会の主査は、安全対策高度化技術検討特別専門委員会の主査が担うものとし、平成24年度から引き続き、東京大学関村直人教授にその重責を担って頂いた。6つの作業部会には、それぞれ主査と幹事を置き、主査は学术界、幹事は必要に応じて複数名産業界から選定した。幹事会は、作業部会の主査と幹事が委員となり、また総会の委員も幹事会の委員を兼ねるものとした。

以上に基づき委員として登録された各会議体のメンバーリストを表2.3-1から表2.3-7に示す。

### 2. 4 会議体開催実績

平成26年度の安全対策高度化技術検討特別専門委員会の活動実績として、総会、幹事会、および各作業部会の開催日時と場所を表2.4-1に示す。

### 2. 5 総会および幹事会活動結果

全体の意思決定や議論の方向性、検討結果の総括・承認を行う総会は、自主的安全性向上・技術・人材ワーキンググループとのキャッチボールの窓口の役割を担うため、平成26年度においては、同ワーキンググループの設置方針が定まり、同ワーキンググループの事務局を務める経済産業省資源エネルギー庁から、その方針の提示を受ける場としての第1回（平成26年8月25日開催）、同ワーキンググループへ行う中間報告の内容承認の場としての第2回（平成26年12月26日）、および同ワーキンググループへ行う年度内最終報告の内容承認の場としての第3回（平成27年3月11日）が開催された。

第1回会合では、同ワーキンググループからの要請を踏まえて、学会側でロードマップ策定の検討を行う上での基本方針の確認を行った。第2回会合では中間報告の内容として、各課題の取り組みステップをロードマップ化する上で、バックキャスト的な検討を行うために必要となる、各マイルストーンでの目指す姿と達成要件や、各課題を俯瞰的・網羅的に検討する上での複数の視点を明示した課題検討の柱、ならびに各課題の重要度や着手時期の優先度の指標を与える評価軸についての検討結果を確認した。第3回会合では、最終報告のドラフトとして盛り込んだ、ロードマップの素案ならびに具体的な課題調査票の事例に基づいた説明内容の確認、ならびに今後のローリングの基本方針の報告内容の確認を行った。

幹事会は、自主的安全性向上・技術・人材ワーキンググループでの議論の結果や同ワーキンググループから学会への依頼事項等を確認すること、ならびに各作業部会の検討進捗状況を作業部会間横串で共有することを目的に、計8回開催された。特に第1回会合では、総会に準じる場として位置付け6つの作業部会の主査の選任・確認を行った。

総会および幹事会は、当初想定したそれぞれの役割や位置づけに即した機能を果たし、6つの作業部会での議論と相まって、安全対策高度化技術検討特別専門委員会として、効果的かつ効率的な議論を可能とした。

## 2. 6 作業部会活動結果

### 2. 6. 1 設計による安全性向上作業部会

#### (1) 体制の構築

設計による安全性向上作業部会では、設計（燃料、材料、熱流動等）による安全性向上に係る課題検討を実施した。設立当初から所掌範囲が広範であることが容易に想像されたこともあり、また当作業部会に関係する原子力学会部会が核燃料、材料、熱流動、水化学にまたがることもあり、課題の抜け落ちを防ぐために、幅広く人材を募り、体制を構築した。

- a) 作業部会主査から、原子力学会の核燃料部会、材料部会、熱流動部会および水化学部会の各部長に協力要請を行い、各部会からの委員を含む体制とした。
- b) 電力、メーカー、大学、研究機関から委員を募り、バランス良い体制とした。
- c) 核燃料部会の検討に規制機関からオブザーバー参加を受けるなど、規制の課題を含めた議論が促進されるよう配慮した。

#### (2) まとめの方針

まず、それぞれの技術分野における課題をボトムアップ式にまとめ、重複や内容の細かさを恐れずに抽出することとした。課題ごとに課題調査票を作成し、ステークホルダーや解決に要する期間などをまとめた。その上で、上位概念の議論の進捗状況を逐次作業部会にフィードバックし、ロードマップ全体の枠組みと合わせて検討を進め、個別課題をまとめ上げる形で、粒度をそろえて課題を整理した。

なお、水化学分野の課題は保全・運転管理との関連が深く、また熱流動分野の課題の多くはアクシデントマネジメントに関連している。このように、原子力学会の部会と本特別専門委員会の作業部会は多対多の関係にある。抽出された課題の多くは複数の作業部会に関連していたので、他の作業部会への参加、作業部会間の相互レビューなどを通じて、作業部会をまたがった課題が全体としてロードマップに適切に反映されるよう心掛けた。

#### (3) 検討の実施

検討においては、原子力学会がこれまでに取りまとめた技術マップ、ロードマップなどを土台

として、福島第一原発事故後の新しい課題を積極的に取り入れた。

核燃料部会では、標準委員会システム安全専門部会炉心燃料分科会の活動に強くコミットする形で2014年度に「発電用軽水型原子炉の炉心および燃料の安全設計に関する報告書」を取りまとめ、これを土台に、事故前に策定したロードマップの改訂を検討していた。本特別専門委員会の始動に合わせ改訂作業が開始された。材料部会では、本特別専門委員会を契機として、材料ロードマップの検討が開始された。熱流動部会はロードマップの改訂作業がほぼ終了の段階にあり、また水化学部会ではロードマップが今後改定される状況であった。本特別専門委員会の始動に合わせて両者は、軽微な修正も含めロードマップの改定に向けた検討を行い、本特別専門委員会での検討に反映させた。作業部会では、それぞれの部会の検討の状況を把握し、互いにフィードバックをかけながら連携を促進させ、ロードマップの検討を進めた。

検討範囲が広範であること、上位概念の議論と個別課題の抽出を並行して進める必要があったこと、分野間で課題抽出の状況が異なる中で課題の粒度を定めていく必要があったことなどから、課題抽出に関しては多様な観点から意見が出され、とりまとめには時間を要した。情報を効率よくまとめるために範囲を限定することとし、2014年度の検討においては以下の範囲については対象外とした。福島第一の事故対応は既にRMがあることから含めない。別途検討が進んでいることもあり核燃料サイクルのうち再処理、処分、高速炉は含めない。使用済燃料中間貯蔵や使用済燃料輸送に関しては、軽水炉発電所における使用済燃料管理の検討を優先させている。これらについては必要に応じて今後のローリングで検討することも可としている。

#### (4) ローリングに託した検討事項

幅広いステークホルダーが参画した体制で検討を進めたことにより、本年度の作業部会の活動を通じて、現状としての課題抽出は実施できたと考える。ただし、たとえば新知見・新技術の円滑な導入に向けた枠組みの検討などを含め、軽水炉安全を向上させていく上では、規制機関などを含めた幅広いステークホルダーを交えた議論が一層活性化されるよう、環境整備を継続していくことが必要である。

また、原子力学会の各部会において、ロードマップ検討が促進されているが、その境界条件は、各分野の研究開発、技術開発の状況を踏まえて柔軟に設定されており、現在の軽水炉安全技術・人材ロードマップの境界条件とは必ずしも一致しない。たとえば、前述のように核燃料サイクルへの適用を主目的とする技術は今回のロードマップ検討の対象外だが、燃料を高度化する技術開発にあたっては、核燃料サイクル全般に対する認識は必要である。今後のローリングにおいても、自主的安全性向上・技術・人材ワーキンググループとのキャッチボールを柔軟に行いながら、境界条件を含めた認識の共有を適切に図り、軽水炉安全技術・人材ロードマップと、個々の技術分野を対象としたロードマップとの間で、円滑に相互連携が図られるよう、配慮していくことが必要である。

(文責：阿部主査)

## 2. 6. 2 保全・運転管理作業部会

本作業部会では、主に軽水炉の「保全」と「運転管理」に関連する技術課題について、ロードマップの作成を実施した。ここで、軽水炉安全技術・人材ロードマップ全体の策定に際し、「保全」と「運転管理」に関連する技術課題の範囲は、解釈にもよるが極めて広い。さらに本年度においては、トップダウン的に進められる全体方針的な検討についても、各作業部会における検討開始と同時並行して着手されたため、本作業部会においては、まずはボトムアップ的な課題抽出から始め、作業部会内での検討の時点時点においてトップダウン的な全体方針の策定状況に応じて適宜軌道修正を掛けつつ、他の作業部会との調整も実施しながら最終的な保全・運転管理に関連するロードマップと課題調査票を纏めた。

具体的には、検討の初期においては、トップダウン的な全体方針や各作業部会における分担などを検討中であり未確定であったため、軽水炉全般にわたる「保全」と「運転管理」に関連する技術課題について、心持ち「幅広」の守備範囲を意識しつつ、電気事業者やメーカー、大学、中立研究機関（中立的な研究機関を含む）などの関連する可能性のある部署・技術者・研究者に広く意見を聴取するなど、ボトムアップ的に課題を抽出・整理を進めた。この際、ボトムアップ的な手法ではどうしても「抜け」や「漏れ」などが懸念されるが、それらが万が一にも出ないようにするためにも、技術課題の粒度を問わずに必要とされると考えられる「すべての」課題の抽出から作業を始めた。また、原子力学会の関連部会（水化学部会や材料部会など）、さらには原子力安全基盤機構における策定済ならびに検討中のロードマップや技術マップについても調査対象とし、資産の有効活用に努めた。

その後、自主的安全性向上・技術・人材ワーキンググループへの中間報告に向けての幹事会ならびに総会において、各課題を俯瞰的・網羅的に検討する上での複数の視点を明示した課題検討の柱、さらには各課題の重要度や着手時期の優先度の指標を与える評価軸、などに代表されるような、全体方針的な検討がなされるとともに、5年後（2020年）、15年後（2030年）、さらに30年後（2050年）の「あるべき姿」を踏まえたマイルストーンを設定し、その時点における「目指す姿」と「達成要件」を規定する方向性とおおよその内容が定まった。これを受け、本作業部会においても、その達成要件を満たせるように課題内容を具体的に再検討することにより、2020年までを Stage 1（短期）、2030年までを Stage 2（中期）、2050年までを Stage 3（長期）として、保全・運転管理作業部会として各 Stage で取り組むべき技術課題の明確化と、課題整理票に記載すべき内容の詳細化を進めた。

最終的に、自主的安全性向上・技術・人材ワーキンググループからの提示事項に基づいて、総会、幹事会などの上流側においてワーキンググループとのキャッチボールを経て確定された「目指す姿」と「達成要件」に代表される方針、項目、キーワードなどの全体方針を踏まえ、本作業部会では、重複や粒度の粗密のバランスなども検討途中で調整しながら、さらには他の作業部会との調整も行いつつ、保全・運転管理作業部会の所轄する技術課題が主要な位置となる枠組みとして、「② 既設の軽水炉の事故発生リスクの低減」ロードマップの中に検討した各課題を組み込んだ。

この自主的安全性向上・技術・人材ワーキンググループから提示された8項目の課題区分の第二項目に当該する上記ロードマップは、大きな5項目、すなわち、「常に新しい知見を安全対策に組み入れる」、「運転トラブルを防止する」、「経年劣化対策を行う」、「作業環境を改善する」、「人材育成」で構成され、これらの項目の中に、種々の濃密な議論を経て抽出・整理された保全ならびに運転管理の直接の所轄に関連する各技術課題が配置されている。

以上のように、本作業部会においては、ボトムアップ的な課題の抽出・整理とトップダウン的な全体方針との調整の繰り返しを幾重にわたり行い、軽水炉の「保全」と「運転管理」に関連する技術課題が、俯瞰的（トップダウンとして担保）、かつ、網の目を漏らさない（ボトムアップとして担保）ように構成されるように、ロードマップと課題調査票を取り纏めた。

（文責：望月主査）

### 2. 6. 3 アクシデントマネジメント作業部会

本作業部会は、主として深層防護の第4層および第5層を対象としてロードマップの検討を行った。対象に原子力防災を含み、範囲が広いことから、以下の考え方に沿って課題の洗い出し、整理およびロードマップの作成を実施した。

#### (1) 「2020年・2030年・2050年のあるべき姿」からのトップダウン的な課題の抽出

本ロードマップ作成にあたって、あらかじめマイルストーンとして設定された各時間断面における「あるべき姿」およびそれを達成するための要件から幅広くアクシデントマネジメントおよび防災に関連する項目・課題を展開した。例えば、2050年頃の断面における「事故やトラブルに伴う放射能の環境放出や被ばくに係るリスクの低減に係る革新的技術開発が進み、最新知見・技術を反映した国際的な安全基準や標準の下で、温室効果ガス排出削減効果が大きく、安全で安定的な主要電源として多くの国々で活用がなされている」という要件に対しては、「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）までを総合的に考慮した設計の取組による事故制御性の抜本的向上」「リスクが極小化されるマネジメント策・組織・制度を整備」「革新的な技術や外部緊急支援組織を活用し、大規模な災害時を含め、シビアアクシデントにおいても、発電所敷地外への影響を極小化できるマネジメントを整備」などがあげられている。

#### (2) ボトムアップ的な課題の抽出

トップダウン的なアプローチのみでは、現場での課題やシーズオリエンティッドな課題が抜け落ちる可能性がある。そのため、主として作業部会メンバーとともに課題の抜け落ちがないかをボトムアップ的に議論した。これは、産・官・学の広い分野から技術者・研究者が集まっている原子力学会の特徴を活かしたアプローチとも言える。

#### (3) 各種事故調報告書の提言からの課題の抽出

さらに、各種事故調報告書(主として、政府事故調報告書、国会事故調報告書、民間独立事故調

報告書、東電事故調報告書、原子力安全推進協会報告書、学会事故調報告書、その他海外報告書)においては、事故の教訓・提言が様々な形で取りまとめられている。そこで、これらの教訓・提言を網羅的に確認し、必要なものを今回作成するロードマップに取り込んだ。

以上のようなアプローチにより、今後取り組むべき課題については、ほぼ網羅できているものと考えられる。ただし、技術開発や状況の変化により、課題の優先度が変化したり、新たな課題が浮上したりしてくる可能性は当然ある。これらについては、今後のローリングにおいて継続的に対応がなされる必要がある。なお、アクシデントマネジメントは、設計・保全・運転管理・外的事象などとの接点が多く、幅広に課題を抽出したことから、一部の課題については、他の作業会と乗り入れる形で所掌範囲の調整を行った。

アクシデントマネジメントについては、事故後、様々な議論・研究開発がなされてきたこともあり、相当詳細な課題抽出が体系的にできたものと考えられる。一方、原子力防災については、地方自治体など直接関係する組織が多くなること、オンサイト・オフサイトの連携に関する議論が今後、進んでいくと予想されること、等の理由から、今後新たな課題が浮上してくるものと考えられる。また、防災に関しては、現在ロードマップに記載されている課題も、より深掘り・咀嚼していく必要があり、これらについては、ローリングの中で取り組んでいくべきものと考えられる。また、重要なのは計画立案そのものではなく、その計画に従って取り組みを確実にやっていくことであり、達成状況の評価を勘案しつつ、適宜ロードマップを改定していく必要がある。

(文責：山本主査)

#### 2. 6. 4 耐震・外的事象作業部会

耐震・外的事象作業部会では、設計、保全から敷地外の緊急時対応（原子力防災）まで全てを対象とし、耐震・耐津波の研究課題を中心に、他の作業部会とも連携しながら、その他の外的事象に関する研究課題も網羅的に含むロードマップの作成を行った。

耐震分野の課題に関しては、昨年度まで実施していた高経年化対策技術に関連して作成してきた既存の耐震性能評価技術向上のためのロードマップをスタートとして議論を開始した。2007年の新潟県中越沖地震を受けてとりまとめられた日本原子力学会および日本地震工学会の地震安全ロードマップとのすりあわせを行い、他機関との整合性を図った。加えて、自然現象や人為事象も含むその他の外的事象もロードマップの対象とした。耐震分野・耐津波分野以外の外的事象の研究課題にあたっては、網羅的に抜け落ちがないこと、また、成果が必要とされる猶予時間やリスクの大きさの観点からみた重要度に応じた研究課題の設定となるように留意した。

以上のようなボトムアップ的な検討に加えて、5年後（短期）、15年後（中期）あるいは最終的には30年後（長期）の「あるべき姿」を達成するために、必要となる研究開発項目についてトップダウン的な議論を行うことで、課題の抜け落ちがないように努めるとともに、研究成果の具体的な適用目標を明確にし、共有されるように心がけた。

また、既存のロードマップには、必要な人材（国内・国外）に関する事項は明示されてこなかった。本来、新しい仕組みを構築していくためには、色々なレベルや組織において新しい人材が

必要となる可能性がある。原子力施設に関する分野に関わる新しい若い人材を増やすことだけでなく、設計や高度な判断、評価に携わる新しい人材を必要としないか、多角的に検討することに注意した。

構造物の設計と性能評価は、構造物を精確にモデル化し、対象とする外力を設定し、外力下での構造物の応答と応力を推定し、構造物が保有する性能を計算して応答と比較することが必要となる。現時点では全ての項目が詳細に出来るわけではなく、知識と技術のレベルにも相違がある。最終的な目標である構造物の精確な安全性評価に到達するために、短期・中期・長期で達成すべきことを整理する上で、各課題の関連性に特に注意した。具体的には、ひとつの課題が達成されて次の課題が開始できるものや、ひとつの課題そのものの達成にある程度の時間がかかるものの区別である。

地震は自然災害であり、その全てを人間が理解しているわけではない。実地震の作用により新しく気づくことや、将来の学術の進歩・発展により新たに明らかになることもある。特に対象とする地震作用（加速度のみならず活断層変位など）と発生頻度も含めた評価方法の検討成果に従って、新たな課題や研究テーマが浮かび上がってくることは間違いない。硬直化を防ぐためにも、ロードマップの定期的な確認と見直しが重要である。

また、福島第一原発事故の事故調査からは、原子力安全は分野の隙間から破たんすることが改めて認識された。耐震・耐津波を含む外的事象の研究は、建築・土木工学、機械工学、原子力安全工学、防災学などの工学分野に加えて、理学分野など多くの分野が関わり実施される。今後定期的に実施されるロードマップの見直し（ローリング）の作業においても、それぞれの分野の閉鎖的な価値観を認識し、それを克服する分野間の協働の継続と発展を促す仕組みとなることが求められる。

（文責：楠主査・糸井主査）

## 2. 6. 5 廃炉作業部会

### (1) 作業方針と経緯

本部会の作業は、軽水炉安全技術・人材ロードマップの課題区分の基本構想において、軽水炉の設計／建設／運転／廃炉という一連のプラントライフサイクルの終端に位置づけられているが、ライフサイクル前段に関連する部会が主として稼働状況にあるプラント安全性向上の技術課題を対象としているのに対し、当部会は運転停止後、しかも通常の廃止措置事業の守備範囲である使用済み燃料を搬出した後の技術課題を対象としている。従って、プラント安全性に対するリスクは格段に低く、また福島第一原発事故の教訓を活かすという視点も弱いので、先行して提示された課題区分の大枠に適切に当てはめることが難しいと判断し、現行の既設炉の廃止措置技術を念頭に独自の課題抽出と分類を行うこととした。

課題抽出の議論の中では、ベースとなる参考資料等は明示されなかったものの、メンバーとして参画されている研究機関（エネルギー総合工学研究所、原子力研究開発機構）の廃止措置技術調査結果や原子力施設の廃止措置計画・実施等に関連した原子力学会標準を参照するとともに、

現在廃止措置が進行中の電力メンバーより、現場のニーズを色濃く反映したボトムアップ的な課題案が多数挙げられた。これら各課題の相互関係、時系列的な展開の在り方、特に大学側のメンバーから、新技術開発、若手人材育成、国際貢献の可能性等について意見交換が行われ、適宜、盛り込まれた。ただ、短期間でとりまとめる必要性から、作業負担を減らすことと網羅性を逸しないようにするため、できるだけ大きくくりで課題数を絞り込むこととした。その結果、短期6件、中期3件、長期1件の課題を選定し、主としてメール審議により、記載内容のブラッシュアップとロードマップ化を図った。

## (2) ローリングに託した検討事項

今回、本作業部会で提示した廃止措置の技術課題ロードマップは、これまで蓄積されてきた要素技術開発の成果や現在進行中の実炉廃止措置事業の実績・経験を踏まえて作成されたもので、少なくとも短期課題の設定は妥当と考える。ただ、大きくくりで課題をとりまとめたため、それらを具体的に解決する方策の詳細化が今後必要と思われる。例えば、現行の規制制度の問題点（見直しすべき項目）が示されているが、改善に向けた（諸外国では既に実施されている）規制機関との共同研究の実施等が盛り込まれるとよい。また、廃止措置の規制制度や低レベル放射性廃棄物処分場確保のために、リスク論的なアプローチのニーズが強く示されているが、人材育成を含め、他部会の同様のニーズ（既設の軽水炉等のリスク情報の利活用的高度化等）との連携対応が強く望まれる。

一方、中期課題の中の「廃止措置実績を今後のプラントに反映」や「プラント機器撤去後の建屋・サイトの再利用」は、課題および時期設定として妥当と思われるが、プラントのリプレースの是非は社会的に十分な議論が行われていないことも鑑み、現状分析や役割分担は現時点で記載が可能なレベルに留めている。今後、社会状況に応じて、より適切な記載に見直していく必要がある。

また、放射性廃棄物処理・処分技術に関して、今回のロードマップの検討対象外とされているが、高レベル放射性廃棄物とはもかく、廃炉で大量に発生する低レベル放射性廃棄物の処理・処分の技術開発と処分場の確保は、既設炉の廃止措置事業の円滑な実施と安全性向上において必要不可欠であり、今後、放射性廃棄物WGとの連携・協力を期待したい。

(文責：井口主査)

## 2. 6. 6 核不拡散・核セキュリティ作業部会

### (1) 本検討の方針

核セキュリティ・核不拡散に関わるすべての分野をカバーするのではなく、とくに原子力プラントの安全性向上を核セキュリティ・核不拡散の見地から強化するための技術的課題を検討することを主眼としている。

## (2) 検討の方法

核セキュリティに関する重大な提言の先例として、IAEA の INFCIRC/225/Rev.5 (核物質防護勧告) および核セキュリティ文書シリーズ、核セキュリティサミットにおけるコミュニケ、改定核物質防護条約 (日本未批准)、実用炉則などが挙げられる。

とくに INFCIRC/225/Rev.5 では 16 項目の要求事項が重要な課題として強調されており、核セキュリティ・シリーズ文書では 20 項目について課題の検討が行われている。

そこで本検討では、これらの 2 つの文書にて挙げられている課題を参考として原子力プラントの安全に直接的に関わる 6 件を選択し、さらに「核拡散抵抗性」、「核セキュリティ教育」を加えた下記の計 8 件を出発点として課題の検討を行った。

課題の検討に当たっては、「学」と「産」の双方の観点を網羅するよう留意した。

- 段階的手法と深層防護の深化
  - 内部脅威者の脅威に対する防護
  - コンピュータセキュリティ
  - 妨害破壊行為の影響の緩和および最小化
  - 安全とセキュリティのインターフェースの明確化と協力推進の必要性
  - 核セキュリティ文化
- +
- 核拡散抵抗性
  - 核セキュリティ教育

## (3) ローリングに委ねる事項

平成 26 年度は活動期間が短く、かつ核不拡散・核セキュリティに関するロードマップの検討は本件が初めてであったため、上述の 2 書を起点とする検討に留まった。

今後はローリングを通じて他の課題についても検討の範囲を広げていきたいと考えている。

(文責：出町主査)

表 2.3-1 「総会」委員リスト

(敬称略、順不同)

主査	関村 直人	東京大学
委員	東 隆史	三菱重工業
委員	阿部 弘亨	東北大学
委員	新井 健司	東芝
委員	飯島 唯司	日立 GE ニュークリア・エナジー
委員	伊神 和忠	三菱重工業
委員	井口 哲夫	名古屋大学
委員	糸井 達哉	東京大学
委員	梅澤 成光	三菱重工業
委員	大友 敬三	電力中央研究所
委員	大山 勝義	東京電力
委員	岡本 孝司	東京大学
委員	小此木 一成	東芝
委員	織田 伸吾	日立 GE ニュークリア・エナジー
委員	尾野 昌之	電気事業連合会
委員	楠 浩一	東京大学
委員	熊崎 隆啓	中部電力
委員	後藤 晃	中部電力
委員	佐々木 泰	日本原燃
委員	佐治 悦郎	三菱重工業
委員	座間 俊行	電力中央研究所
委員	神保 雅一	東芝
委員	杉本 純	京都大学
委員	鈴木 雅秀	長岡技術科学大学
委員	高田 孝	大阪大学
委員	多田 伸雄	日立 GE ニュークリア・エナジー
委員	田中 秀夫	原子力安全システム研究所
委員	出町 和之	東京大学
委員	仲神 元順	中部電力
委員	中村 隆夫	大阪大学
委員	名倉 孝訓	中部電力
委員	西田 浩二	日立 GE ニュークリア・エナジー
委員	古田 泰	関西電力
委員	文能 一成	関西電力
委員	本間 俊充	日本原子力研究開発機構
委員	卷上 毅司	東京電力

委員	丸山 一平	名古屋大学
委員	三村 聡	東芝
委員	宮野 廣	法政大学
委員	村松 健	東京都市大学
委員	望月 正人	大阪大学
委員	森下 和功	京都大学
委員	山内 豊明	日本原子力発電
委員	山口 彰	東京大学
委員	山本 章夫	名古屋大学
委員	吉津 達弘	三菱重工業

表 2.3-2 「設計による安全性向上作業部会」委員リスト

(敬称略、順不同)

主査	阿部 弘亨	東北大学
幹事	小此木 一成	東芝
幹事	西田 浩二	日立 GE ニュークリア・エナジー
幹事	卷上 毅司	東京電力
幹事	吉津 達弘	三菱重工業
委員	安部田 貞昭	原子力安全推進協会
委員	天谷 政樹	日本原子力研究開発機構
委員	尾形 孝成	電力中央研究所
委員	亀田 保志	関西電力
委員	金田 潤也	日立 GE ニュークリア・エナジー
委員	草ヶ谷 和幸	グローバル・ニュークリア・フュエル・ジャパン
委員	倉田 正輝	日本原子力研究開発機構
委員	篠原 靖周	ニュークリア・デベロップメント
委員	鹿野 文寿	東芝
委員	鈴木 嘉章	原子力安全推進協会
委員	茶谷 一宏	日本核燃料開発
委員	根本 義之	日本原子力研究開発機構
委員	久宗 健志	日本原子力発電
委員	平井 睦	日本核燃料開発
委員	福田 龍	三菱重工業
委員	藤井 克彦	原子力安全システム研究所
委員	森下 和功	京都大学
委員	中村 秀夫	日本原子力研究開発機構

表 2.3-3 「保全・運転管理作業部会」委員リスト

(敬称略、順不同)

主査	望月 正人	大阪大学
幹事	東 隆史	三菱重工業
幹事	新井 健司	東芝
幹事	多田 伸雄	日立 GE ニュークリア・エネルギー
委員	大木 義路	早稲田大学
委員	鬼沢 邦夫	日本原子力研究開発機構
委員	笠原 直人	東京大学
委員	高木 敏行	東北大学
委員	文能 一成	関西電力
委員	丸山 一平	名古屋大学

表 2.3-4 「アクシデントマネジメント作業部会」委員リスト

(敬称略、順不同)

主査	山本 章夫	名古屋大学
委員	高田 孝	大阪大学
幹事	織田 伸吾	日立 GE ニュークリア・エネルギー
幹事	梅澤 成光	三菱重工業
幹事	名倉 孝訓	中部電力
幹事	三村 聡	東芝
委員	糸井 達哉	東京大学
委員	杉本 純	京都大学
委員	出町 和之	東京大学
委員	中村 隆夫	大阪大学
委員	丸山 結	日本原子力研究開発機構
委員	宮野 廣	法政大学
委員	村松 健	東京都市大学

表 2.3-5 「耐震・外的事象作業部会」委員リスト

(敬称略、順不同)

主査	楠 浩一	東京大学
主査	糸井 達哉	東京大学
幹事	飯島 唯司	日立 GE ニュークリア・エネルギー

幹事	伊神 和忠	三菱重工業
幹事	大友 敬三	電力中央研究所
幹事	神保 雅一	東芝
委員	岸本 一蔵	近畿大学
委員	北山 和宏	首都大学東京
委員	長井 宏平	東京大学
委員	中村 隆夫	大阪大学
委員	日比野 陽	広島大学
委員	前田 匡樹	東北大学
委員	丸山 一平	名古屋大学
委員	村松 健	東京都市大学

表 2.3-6 「廃炉作業部会」委員リスト

(敬称略、順不同)

主査	井口 哲夫	名古屋大学
幹事	佐々木 泰	日本原燃
幹事	仲神 元順	中部電力
幹事	山内 豊明	日本原子力発電
委員	柳原 敏	福井大学
委員	林道 寛	日本原子力研究開発機構

表 2.3-7 「核不拡散・核セキュリティ作業部会」委員リスト

(敬称略、順不同)

主査	出町 和之	東京大学
幹事	古田 泰	関西電力
幹事	大山 勝義	東京電力
幹事	熊崎 隆啓	中部電力
幹事	後藤 晃	中部電力
幹事	小倉 一知	日本原子力発電
委員	相楽 洋	東京工業大学
委員	木村 祥紀	日本原子力研究開発機構

表 2.4-1 会議体開催実績

会合	主査	開催回数	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	
総会	関村(東大)	3	○第1回総会 2014/8/25(月)13:30-16:30 航空会館 801会議室				○第2回総会 2014/12/26(金)15:00-18:00 三菱総合研究所 4階 CR-DE会議室			○第3回総会兼第8回幹事会 2015/3/11(水)18:00-20:30 場所:東京大学 工学部 8号館 2階 226会議室	
幹事会	関村(東大)	8			○第1回幹事会 2014/10/3(金)17:00-19:00 三菱総合研究所 4階 大会議室B	○第2回幹事会 2014/11/14(金)18:00-20:45 三菱総合研究所 4階 CR-DE会議室	○第3回幹事会 2014/12/3(水)9:30-12:30 航空会館 501+502会議室	○第5回幹事会 2015/1/29(木)9:30-12:30 三菱総合研究所 4階 大会議室A	○第6回幹事会 2015/2/16(月)15:00-18:00 東大工学部8号館 2階226会議室	○第7回幹事会 2015/2/26(木)13:00-16:00 三菱総合研究所 4階 大会議室	
作業部会	保安・運転管理	望月(阪大)	5		○第1回作業部会 2014/10/31(木)18:00-20:00 三菱総合研究所 4階 大会議室D	○第2回作業部会 2014/11/26(水)18:30-20:30 三菱総合研究所 4階 大会議室B	○第3回作業部会 2014/12/17(水)14:00-17:00 東大工学部8号館2階226会議室	○第4回作業部会 2015/1/20(火)18:00-20:00 三菱総合研究所 4階 CR-C会議室	○第5回作業部会 2015/2/12(木)10:00-12:00 三菱総合研究所 4階 CR-E会議室		
	設計による安全性向上	阿部(東北大)	5		○作業部会 検討準備会 2014/10/17(金)14:00-16:00 三菱総合研究所 4階 大会議室A	○第1回作業部会 2014/11/26(水)14:00-16:00 電力中央研究所 大手町ビルディング 7F 第1会議室	○第2回作業部会 2014/12/18(木)14:00-16:00 TKP赤坂駅カンファレンスセンター ホール14C	○第3回作業部会 2015/1/20(火)10:00-12:00 場所:電力中央研究所 大手町ビル ディング 第4会議室	○第4回作業部会 2015/2/10(火)18:15-20:15 三菱総合研究所 4階 大会議室CD		
	AM	山本(名大)	5			○第1回作業部会 2014/11/5(水)10:00-12:00 三菱総合研究所 4階 CR-DE会議室	○第2回作業部会 2014/11/27(木)17:00-20:00 三菱総合研究所 4階 大会議室B	○第3回作業部会 2014/12/11(木)9:30-12:30 TKP赤坂駅カンファレンスセンター ホール14C	○第4回作業部会 2015/1/15(木)16:00-19:00 航空会館 701会議室	○第5回作業部会 2015/2/10(火)18:15-20:15 三菱総合研究所 4階 大会議室CD (第5回耐震・外的事象作業部会と合同開催)	
	耐震・外的事象	楠(東大) 糸井(東大)	5		○第1回作業部会 2014/10/15(水)18:00-20:00 三菱総合研究所 4階 CR-E会議室	○第2回作業部会 2014/11/18(金)18:15-20:15 三菱総合研究所 4階 大会議室B	○第3回作業部会 2014/12/12(金)10:00-12:00 東大工学部8号館 2階226会議室	○第4回作業部会 2015/1/7(水)13:00-15:00 三菱総合研究所 大会議室B	○第5回作業部会 2015/2/10(火)18:15-20:15 三菱総合研究所 4階 大会議室CD (第5回AM作業部会と合同開催)		
	廃炉	井口(名大)	3					○準備会合 2015/1/19(月) 13:00-15:00 東大工学部8号館 2階226会議室	○第3回作業部会 2015/2/12(木) 17:30-19:30 三菱総合研究所 4階 CR-D会議室		
								○第1回作業部会 2015/1/22(木) 18:15-19:30 三菱総合研究所 4階 CR-D会議室	○第2回作業部会 2015/1/27(火) 16:30-18:30 東京大学 工学部 8号館 5階 510会議 室		
核不拡散・核セキュリティ	出町(東大)	3					○準備会合 2014/12/16(火)10:00-12:00 三菱総合研究所 4階 大会議室A	○事前打合せ 2015/1/7(水) 10:00-12:00 三菱総合研究所 4階 CR-C	○第3回作業部会 2015/2/10(火) 12:30-14:00 三菱総合研究所 4階 CR-E会議室		
								○第1回作業部会 2015/1/13(火) 13:00-15:30 三菱総合研究所 4階 大会議室B			
								○第2回作業部会 2015/1/26(月) 10:15-13:30 東大工学部8号館2階226会議室			
その他		2			○3作業部会主査打合せ(保安・運転 管理、設計による安全性向上、AM) 2014/10/17(金)18:00-20:00 三菱総合研究所 4階 MR-B					○作業部会主査・幹事会合 2015/2/23(月)18:30~20:30 三菱総合研究所4階CR-DE	

### 3. 終わりに

総合資源エネルギー調査会原子力小委員会自主的安全性向上・技術・人材ワーキンググループからの要請を受け、日本原子力学会においては、安全対策高度化技術検討特別専門委員会を検討の場として、軽水炉安全技術・人材ロードマップの策定を行った。

そこでは、同ワーキンググループとのキャッチボールの下での検討プロセスとしたが、学会としての主体性を持って、検討に取り組んだ。

学术界、産業界、学協会、さらには規制機関を含む官界の多様なステークホルダーが集う場としての学会の特性を生かし、広範な視点から課題の検討を行った。検討プロセスにおいては、日本原子力学会に閉じず、日本建築学会や日本地震工学会との連携も図り、原子力以外の分野の専門家にも検討に参画頂いた。また、5本の課題検討の柱の1つにも掲げたように、国際的な視点からも課題の抽出や国際連携・国際協力等のあり方について検討した。

平成27年5月に取りまとめた今回の検討結果は、今後も引き続き参画メンバーの範囲を広げ、検討範囲の拡張や検討内容の深化を図り、多くのステークホルダーが参照・活用していくことを促すロードマップにしていく所存である。

今後も基本的に毎年ローリングを行い、定期的に最新知見の反映とそれに照らした課題設定や研究プロセスの見直しを行っていく。このローリングが、多様な関係者間のコミュニケーションならびに世代間の知識や技術の伝承にも資するものであることを期待する。

最後に、今回の活動に参加、協力を頂いた多くの関係者のみなさまに感謝の意を表し、本報告書の取りまとめとする。

(文責：安全対策高度化技術検討特別専門委員会事務局)

## 資料集

ここでは、安全対策高度化技術検討特別専門委員会で検討がなされ、総合資源エネルギー調査会原子力小委員会自主的安全性向上・技術・人材ワーキンググループへ最終報告された「軽水炉安全技術・人材ロードマップ」のベースとなった検討素材を資料集として取りまとめた。

同ワーキンググループへの最終報告資料は、本報告書の巻末に参考資料として添付した。

### 資料 1. 課題テーマリスト

軽水炉安全技術・人材ロードマップの策定に際して、できるだけ課題に漏れが生じないように、6つの作業部会において重複を恐れずに課題を抽出し、後掲する課題調査票の作成を行った。その後、類似課題や関連性の強い課題については、必要に応じて一つの課題として集約させ、課題テーマも代表的な名称を設定した。

最終的に取りまとめた全課題テーマのリストを資料 1 に示す。

### 資料 2. 目指す姿と達成要件一覧

課題の抽出と検討に際しては、各課題の取り組みステップをロードマップ化する上で、バックキャスト的な検討を行うため、2020年、2030年、および2050年に各マイルストーンを設定し、その時点における、ある程度普遍的な目指す姿と達成要件を定めた。その普遍的な達成要件を満たす課題内容を検討し、2020年までを Stage1(短期)、2030年までを Stage2(中期)、および2050年までを Stage3(長期)として、各 Stage で取り組むべき課題を明確化した。

資料 2 に、設定した目指す姿と達成要件の一覧表を示す。

### 資料 3. 課題調査票

軽水炉安全技術・人材ロードマップのベースとなった個別課題に関して、詳細に書き下した課題調査票を、資料 3 として示す。ここでは、検討の主體的な場となった6つの作業部会ごとに取りまとめた。

各課題調査票は資料 1 のテーマリスト順としており、課題調査票中の「マイルストーン及び目指す姿との関係」の欄中の記号と記載は、資料 2 の目指す姿と達成要件に対応している。

### 参照資料： 自主的安全性向上・技術・人材ワーキンググループ最終報告資料

本資料は、経済産業省からの委託を受けた株式会社三菱総合研究所が事務局を務める形で、安全対策高度化技術検討特別専門委員会の活動成果を取りまとめ、同ワーキンググループへ報告を行った位置づけにあたる。この資料に反映されているロードマップは、上述の資料 3 の課題調査票を基に作成されたものであり、日本原子力学会の幅広い専門分野ならびに立場の有識者の検討結果が反映されている。

資料1 全課題テーマリスト (1/2)

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
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
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・関連する人材育成も含む)
M101L101_a02	プラント全体のリスクを種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)組織編成・機能分担の最適化
M103L101_a04	大規模自然災害対応へのリスクガバナンス構築
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_a06	リスク文化の定着
S102_a07	安全文化の醸成
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
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
S102_a10	新興の原子力利用国に対する核セキュリティ教育
S102M102L101_a11	短期:原子力安全と核セキュリティの情報交流基盤(インターフェイス)の構築 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の導入支援
S102_a12	リスク情報(不確かさを含む)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
S103M102L101_b01	リスク情報を活用したコミュニケーションの実施
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
S104_b04	効果的な防災対策に有効な外的事象情報の提供
S103_b05	クリアランスサイクルの実現
S103_b06	処分場の確保
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
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
M106_c01	計測技術・解析技術の高度化
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
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、斜面崩壊等のリスク評価も含む)
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
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)
S107_c08	低頻度外的事象の監視モニタリング体制の構築
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
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
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)
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
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
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
S110_d03	新知見・新技術の円滑な導入に向けた制度の検討
S110_d04	学協会規格の策定及び改定
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深化と実装

資料1 全課題テーマリスト (2/2)

ID	課題調査票題目
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
S112M107_d08	安全解析手法の高度化
S111M107_d09	使用済燃料の安全評価技術の高度化
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
S111_d11-1	最終ヒートシンクの多様化と高機能化
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
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_d13	リスク評価手法の改良とSA対策への適用
S111_d14	SA対策機器の運用管理の最適化・高度化
S111_d15	耐震新技術(免震・制振等)の適用
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
S111M107_d17-1	炉心・熱水力設計評価技術の高度化
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
M199L199_d20	事故時耐性燃料・制御棒の開発
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確化
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
S111M107_d24	プラント運用技術、炉心設計管理の高度化
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
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 ・中期:コンピュータセキュリティ防御の高度化 ・長期:コンピュータセキュリティ防御の更なる高度化
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
S111_d29	リスク情報活用による保全・運用管理の高度化
S111_d30	重大事故等(SA)対策機器の保全管理の確立
S111_d31	プラント長期停止時の管理技術の高度化
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_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)
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)
M107_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
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
S111M107_d36	高経年化評価手法・対策技術の高度化
S111_d37	構造材料の高信頼化
M107_d38	建屋構造・材料の高度化
S111_d39	検査・補修技術の高度化
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)
S111M107L103_d42	システム・構造・機器(SSC)の信頼性向上と高度化
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
S113_d44	放射能レベルの高い機器の解体
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
M107_d46	廃止措置のためのL3埋設施設の管理方法
M107_d47	廃止措置実績を今後のプラントに反映
M107_d48	プラント機器撤去後の建屋・サイトの再利用
L103_d49	プラント機器撤去後のサイト解放支援
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

資料2 目指す姿と達成要件の一覧

マイルストーン	目指す姿	達成要件・達成要件設定の理由
短期	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 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が進み、これらに対して、国民目線でのリスクの開示と対話が円滑になされている。</li> <li>2. 事業者の新規制基準への対応が完了し、自主的安全性向上の取り組みが定着化して、規制と事業者の間で更に安全性向上を促すより良い関係構築がなされる。</li> <li>3. 防災支援体制が拡充・高度化され、放射線からの人と環境への防護のみならず、自然災害防止への取り組みとの調和がなされている。</li> <li>4. 国際的な原子力利用の拡大が進みつつある中、国内での豊富な運転経験・知見に基づき、技術や情報の提供を通じて原子力導入国の原子力安全向上に貢献している。</li> </ol>	<p><b>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。            ⇒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><b>II. 信頼性のある組織・体制の構築・維持（防災支援体制含む）</b>            ⇒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><b>III. リスク情報に基づく対話力の向上</b>            ⇒リスク情報に基づき、リスク低減への取り組み等について、国民目線での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><b>IV. 信頼性向上へ向けたプラント技術・運用管理の高度化</b>            ⇒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><b>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</p>

	<p>【廃炉】</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p>	<p>の継続がなされる必要がある。</p> <p><b>VI.国際貢献</b></p> <p>⇒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たされる必要がある。</p> <p>⇒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>【廃炉】</p> <p>⇒ 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>⇒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。</p> <p>⇒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>⇒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。</p> <p>⇒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。</p> <p>⇒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。</p> <p>⇒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>⇒廃止措置計画の構築方法を確立すること。</p> <p>⇒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。</p> <p>⇒実施要件と認可要件を統合すること。</p> <p>⇒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。</p> <p>⇒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>【核不拡散・核セキュリティ】 信頼性のある組織・体制の構築・維持</p> <p>事故発生リスク低減・更なる安全性向上の実施</p> <p>信頼性向上へ向けたプラント技術・運用管理の高度化</p>	<p>⇒廃止措置を進めていくには、全ての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、各発電所内や近傍での分散配置処分を実現する。</p> <p>【核不拡散・核セキュリティ】</p> <p>⇒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。</p> <p>⇒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。</p> <p>⇒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。</p> <p>⇒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>⇒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>⇒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。</p> <p>⇒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が必要である。</p> <p>⇒深層防護の概念を踏まえ、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。</p> <p>⇒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。</p> <p>⇒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。</p> <p>⇒福島第一発電所事故以来、世界で高まっている核セキュリティ脅威への対策が必要である。特に内部脅威者による妨害破壊行為リスクへの対策は急務であり、検知技術（ハード）と検知の仕組み（ソフト）の早期開発が必要である。</p> <p>⇒ビッグデータを用いて外部および内部脅威者に対する高度監視・検知技術を開発し、人為的事象による事故発生リスクを未然に防止するための方策が必要である。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総合的に評価することで、核セキュリティ脅威の未然防止を可能とするシステムの開発が要求される。</p>
--	--	---

<p>中期</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 効果的な事故リスクの低減が継続しており、良好なコミュニケーションで培われた国民の信頼の下で、他電源とのコストバランスや安定的なエネルギー源として原子力発電が利用されている。</li> <li>2. 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知見の獲得や、革新的な技術開発への取り組みが継続的になされている。</li> <li>3. 原子力利用国が増加した中、国際機関において他国をリードする人材と技術レベルを伴って、国際協力の枠組みの下での活動を通じて原子力安全に貢献している。</li> </ol> <p><b>【廃炉】</b>  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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>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。</li> <li>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。</li> <li>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。</li> <li>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。</li> <li>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。</li> </ol> <p><b>【廃炉】</b>  ⇒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埋設施設を合理的に管理する方法を構築。  ⇒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。  ⇒建設、運転、廃止措置の発電所のライフサイクルが繰り返すというサイト利用の考え方を確立する。  ⇒廃止措置終了後サイトを解放するのではなく、次世代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。  ⇒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。  ⇒国内の標準的な廃止措置を確立すること。</p>
-----------	--	---

	<p>【核不拡散・核セキュリティ】 リスク情報共有による対話力・マネジメント力の向上</p> <p>事故発生リスクを飛躍的に低減する技術の開発</p>	<p>【核不拡散・核セキュリティ】</p> <p>⇒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>⇒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・セキュリティ対策を検討する。</p> <p>⇒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。</p> <p>⇒情報技術の進歩に対応し、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・検討する対応を継続的に行い高度化を図る。</p>
<p>長期</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 事故やトラブルに伴う放射能の環境放出や被ばくに係るリスクの低減に係る革新的技術開発が進み、最新知見・技術を反映した国際的な安全基準や標準の下で、温室効果ガス排出削減効果が大きく、安全で安定的な主要電源として多くの国々で活用がなされている。</li> <li>2. 放射性廃棄物の減容化・有害度低減に係る技術開発が進み、将来世代の当該課題リスク低減の見通しが得られている。</li> <li>3. 原子力安全の技術や知識レベルが世界的に向上し、常に最新知見が国際的に共有・活用される中、わが国が国際的な原子力安全をけん引している。</li> </ol> <p>【廃炉】 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。</p> <p>【核不拡散・核セキュリティ】 国際貢献 プラント全体のリスク極小化</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>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。</li> <li>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。</li> <li>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がある。</li> <li>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。</li> </ol> <p>【廃炉】</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>I. サイト解放 ⇒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する。 ⇒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する。</li> </ol> <p>【核不拡散・核セキュリティ】 ⇒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。 ⇒原子力と核セキュリティとの情報交流・共有の機</p>

		<p>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。</p> <p>⇒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>⇒情報技術の進歩に対応し、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・検討する対応を継続的に行い更なる高度化を図る。</p> <p>⇒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を、設計のみによるのではなくマネジメントの効果によっても実現する必要がある。</p>
--	--	---

### 資料 3 課題調査票

参照資料

自主的安全性向上・技術・人材ワーキンググループ最終報告資料