

軽水炉に係る基礎基盤研究の課題と強化

平成 24 年 8 月 31 日

一般社団法人 日本原子力学会

「軽水炉に係る基礎基盤研究の検討」特別専門委員会

要旨

日本原子力学会では、原子力利用の最前線である軽水炉利用に係る分野から基礎基盤研究分野が乖離し我が国における軽水炉利用を支える基盤技術の弱体化が懸念されたこと、更に東京電力福島第一原子力発電所事故における環境への大規模な放射性物質放出を伴うシビアアクシデントを防げなかった現実を直視して、産学官での議論に基づき、幅広い基礎基盤研究のあり方や進め方について徹底して見直すこととした。その結果、原子力発電の安全性を世界最高水準に高めるとともに、原子力の安全な利用を追求する世界の国々の関心にしっかりと応えるために必要な基礎基盤研究の強化方策について、具体的な提言をとりまとめた。

基礎基盤研究は、原子力利用を分野横断的に支え、その技術基盤を高い水準に維持し、新しい知識や技術概念を獲得・創出するとともに、研究者・技術者の養成に寄与するものであり、軽水炉の安全な利用を支える重要な役割を担う。加えて、原子力関連学術活動と他の分野との橋渡しの役割を果たすことが期待され、ひいては学際的な新たな研究分野を切り拓く契機を提供する可能性を秘めている。また、福島第一原子力発電所の中長期措置、今後の原子力発電所の廃炉や廃棄物処分等の着実な遂行にも大きく貢献する。更に、現象を深く理解しようとする基礎基盤研究の性向は、予期せぬ事象に対して、プラントの現場で起きていることを迅速に把握し、複雑なメカニズムを早期に解明して事態に対処するに際して果たすべき役割は大きい。

軽水炉利用に係る課題として、安全性の継続的な向上、セキュリティ対策の強化、バックエンドの着実な実施、放射線防護対策の強化が挙げられる。これらの課題は今後の我が国における原子力発電の位置付けにかかわらず重要なものであり、これらの課題への取組を着実に進めるためには、基礎基盤研究の維持・強化が不可欠である。

しかしながら、我が国では、軽水炉導入の経緯等から、基礎基盤研究と軽水炉の導入が並行して進められ、その後、基礎基盤研究は軽水炉技術への成果の反映から遠ざかってしまった。また、東日本大震災以前から国の研究機関の予算及び人員数は全体的に削減の方向にあり、国としての研究ポテンシャルを維持するためには、大型実験施設等の戦略的な整備も大きな課題である。更に、専門分野の細分化が進み、システム全体を俯瞰した構想を持つ研究者が育たない状況となっており、東日本大震災後は大学で原子力を学ぼうとする学生の数についても極めて不透明な状況にある。

以上のような基礎基盤研究の必要性と現状・課題に鑑み、我が国における基礎基盤研究を以下のように強化すべきである。

- (1) 国は、世界最高水準を目指した継続的な安全性の向上のために、基礎基盤研究の中核として国の研究機関を有効に活用し、責任を持って基礎基盤研究を推進すべきである。加えて、国は、この中核機関を中心に産学官が連携して基礎基盤研究を進める仕組みを構築すべきである。その際、短期的な課題の解決だけに目を奪われることなく、長期的な視点を持って全体のバランスに配慮した研究リソースの配分を行うべきである。更に、国は学会等から広く意見を聴取し、必要な基礎基盤研究インフラ（施設、知識基盤、計算コード）の維持・整備に取り組むべきである。
- (2) 軽水炉利用と基礎基盤研究の乖離を解消し、強固な安全基盤の構築を目指して、産学官それぞれの役割に応じた協力体制を組み上げるべきである。このために、産業界は、原子力の社会的受容性や危機管理能力を高めるといふ広い戦略的視点を持ち、大学や研究機関との連携関係を積極的に構築し、実用化の最先端の課題を常に示し、研究開発の活性化を促すべきである。大学及び研究機関は、第4期科学技術基本計画の趣旨を踏まえ、原子力が抱える様々な課題の解決に向けた取組を先導するべく、社会のニーズを常に敏感に捉え、狭い学問領域に閉じこもることなく、幅広い分野の研究者との交流を通じて常に新しい視点を取り込む姿勢を持つべきである。また、人文社会科学を含む幅広い分野において継続的な知識情報基盤の整備に努め、原子力システム全体を俯瞰した課題発掘・提案を行うべきである。日本原子力学会は、公平・公正な立場から、透明性を持って国・産業界・大学及び研究機関等の交流の活性化に努めるべきである。その一つの手法として、これまでロードマップ活動があったが、福島第一原子力発電所の事故を踏まえ、我が国の科学技術基盤の充実の視点を常に意識しながらこの活動を進めることが求められる。このロードマップ活動では、国の適時・適切な投資に対する提言も含めて、産学官の役割分担や協力体制のあり方・進め方を示していくべきであり、当委員会できとりまとめた軽水炉に係る基礎基盤研究のあり方・進め方の提言についても反映されることを期待する。更に、学会は、他分野の学会等との交流を活発化して分野横断的な基礎基盤研究の方向性を議論する場としての役割を果たすべきである。
- (3) 人材育成に関して、国及び産業界は大学や研究機関との人材交流も含めて積極的なサポートを図るべきである。一方、大学及び研究機関はこれからも原子力分野が主導すべき我が国の科学技術の先端を切り拓き、その基礎基盤を支えることによって、これらの取組に魅力を感じる若い世

代を増やしていくよう努力すべきである。また、高い専門性に加えて広い視野を備えた人材を育成することも目指すべきである。

- (4) 様々な基礎基盤技術・知識情報をモデリングとシミュレーションを用いてシステム化することで、我が国の持つ「知識」をコードのかたちで体系化するべきである。その際、V&V (Verification and Validation: 検証及び妥当性確認) によるコードの品質管理を重視し、スケーリング概念の世界標準化を我が国が先導することが肝要である。なお、コード開発には、開発当初からユーザーが参加する体制や、メンテナンスのための仕組みを確立することが必須である。

福島第一原子力発電所の事故は、施設の保全や環境の回復のために解決しなければならない課題や、今後の原子力の安全向上のために取り組むべき課題を示している。基礎基盤研究への取組が、こうした課題の解決に寄与するとともに、課題に真摯に取り組むことが基礎基盤研究を強くする、そのような相乗効果を生むような取組とすべきである

我が国は福島第一原子力発電所事故の発生を深く反省し、その経験から最大限の教訓を得て強固な安全基盤を築き、それを原子力発電の導入を計画している国を含めた諸外国に提供する責任がある。諸外国も我が国の貢献に強く期待しており、軽水炉技術に係る基礎基盤研究の充実は、一貫して原子力の平和利用を進めてきた我が国の責務である。基礎基盤研究への取組とその成果が、我が国のエネルギー安全保障への寄与、地球温暖化防止への国際貢献、更には我が国の産業基盤の強化と産業の活性化につながっていくことを期待する。

目次

| | |
|--------------------------------|----|
| 1. はじめに | 1 |
| 2. 軽水炉に係る基礎基盤研究の整理 | 3 |
| 2.1 基礎基盤研究の定義 | |
| 2.2 基礎基盤研究の備えるべき機能と特徴 | |
| 2.3 検討の範囲 | |
| 3. 軽水炉利用に係る研究課題 | 6 |
| 3.1 安全性の高い軽水炉技術の構築と国際貢献に係る研究課題 | |
| 3.2 セキュリティ対策強化に係る研究課題 | |
| 3.3 福島第一原子力発電所の中長期措置に係る研究課題 | |
| 3.4 バックエンドの実施に係る研究課題 | |
| 3.5 放射線防護に係る研究課題 | |
| 4. 軽水炉に係る基礎基盤研究の現状と課題 | 9 |
| 4.1 歴史的経緯と背景 | |
| 4.2 分野毎の現状と課題 | |
| 4.2.1 炉物理・核データ | |
| 4.2.2 熱水力 | |
| 4.2.3 構造・耐震 | |
| 4.2.4 燃料 | |
| 4.2.5 材料・炉化学 | |
| 4.2.6 環境・放射線 | |
| 4.2.7 バックエンド | |
| 4.2.8 その他 | |
| 4.3 国の大型施設の現状と課題 | |
| 5. 軽水炉に係る基礎基盤研究のあり方・進め方 | 23 |
| 5.1 基礎基盤研究の役割 | |
| 5.2 国の基礎基盤研究が担うべき役割 | |
| 5.3 産学官の協力体制 | |
| 5.4 維持・整備が必要な基礎基盤研究インフラ | |
| 5.5 知識基盤の整備とソフトウェア整備 | |
| 5.6 基礎基盤研究が人材育成に果たすべき役割 | |

| | |
|--|----|
| 6. おわりに | 28 |
| 参考文献 | 29 |
| 参考資料1 「軽水炉に係る基礎基盤研究の検討」 特別専門委員会の構成員及び開催実績 | 32 |
| 参考資料2. 国の大型施設の現状 | 63 |
| 参考資料3. 原子力関連技術開発ロードマップと分析 | 65 |
| 参考資料4. 用語説明と組織・施設等略号 | 72 |

1. はじめに

平成 23 年 2 月、日本原子力学会は「軽水炉に係る基礎基盤研究の検討」特別専門委員会を設置した。その設立趣意は以下のとおりであった。

軽水炉及び関連サイクルの技術は、今後数十年間に亘り我が国の基幹エネルギーたる原子力の主役である。また原子力技術の国際展開やグローバル化の潮流の中で、軽水炉は今後さらなる高度化・最適化が求められる。特に、合理的な安全規制のための安全評価技術の高度化、Generation 3+ 炉や次世代軽水炉など将来の炉システムの経済性向上などは必ず必要となる課題であろう。こういった軽水炉と関連サイクルの進化を支えるためには、最新の知見や技術を提供できる科学技術基盤が継続的に必要である。そこで、産学官のステークホルダーが会して、長期的視野をもって軽水炉と関連サイクルを支えるためのニーズを明確にし、基礎基盤研究の必要性についての共通認識を築いて、必要なインフラも含め、取り組むべき基礎基盤研究のあり方や進め方について検討することを目的に、日本原子力学会に、「軽水炉に係る基礎基盤研究の検討」特別専門委員会を設置する。

即ち、この時点では、一方で世界的な軽水炉への需要の高まりがあり、しかし他方ではそれを支えるべき科学技術基盤の脆弱化が懸念されている状況がある中で、長期的視野をもって軽水炉と関連サイクルを支えるために、取り組むべき基礎基盤研究のあり方や進め方について検討することを目指していた。

しかしながら、その直後の平成 23 年 3 月 11 日の東北地方太平洋沖地震によって発生した東京電力福島第一原子力発電所の事故は、当委員会の設立の背景を大きく変えた。このため委員会では、議論の内容を大きく見直す必要があると判断し、いったん活動を休止した。

その後、福島第一原子力発電所では冷温停止に向けた懸命の作業が続けられ、循環注水冷却が開始されるなど、危機的な状況は脱することができた。事故は、直接的には、事前の想定を大幅に上回る津波が起因となったものであるが、事故時の事業者、メーカー、規制当局、技術専門家の対応を見ると、従来の技術基盤や人材に不十分さあるいは欠落があることも見受けられた。

一方で政府は、原子力安全規制に関しては新たな組織を構築する方針を固めた。また、原子力委員会においては、今後の原子力政策に関する有識者ヒアリングや福島第一原子力発電所における中長期措置の取組等が検討され、新しいエネルギー政策の検討が進められることとなった。

こういう新たな状況を受けて当委員会は、平成 23 年 10 月、活動を再開させ、

軽水炉の安全・安定な運転並びに更に高度な安全性を実現するための技術革新を支えたり、福島第一原子力発電所事故の収束や中長期的な復旧を図ったりする上で必要な研究のあり方・強化方策等を早急に議論することとした。当委員会の設立の背景は事故発生によって大きく変わったとの認識の下、福島第一原子力発電所事故から何を学ぶのか、基礎基盤研究は何を対象にどう進めていくべきか、我々原子力技術者・研究者に突き付けられた重い課題として検討を進めた。

本報告書は、委員会再開後、平成24年8月までの約10カ月の委員会での議論の結果をまとめたものである。

以下、第2章では、基礎基盤研究の定義やその果たすべき役割について考察し、本検討の範囲を示す。第3章では、福島第一原子力発電所事故や今後の軽水炉利用の動向を考慮しつつ、基礎基盤研究のあるべき姿を検討する際に不可欠な研究課題を抽出する。第4章では、基礎基盤研究と軽水炉技術の最前線が乖離していった経緯、研究機関等の現状、第4期科学技術基本計画の理念といった背景について簡単に整理した後、第3章で挙げた研究課題に取り組むに際して必要となる基礎基盤研究の現状と課題を検討する。第5章では、第4章で検討した課題を克服することを目指し、軽水炉に係る基礎基盤研究の今後の強化のためのあり方・進め方をまとめ、提言とする。

2. 軽水炉に係る基礎基盤研究の整理

2.1 基礎基盤研究の定義

平成 17 年 10 月に原子力委員会によって取りまとめられた原子力政策大綱^[1]では、「基礎的・基盤的な研究開発活動は、我が国の原子力利用を分野横断的に支え、その技術基盤を高い水準に維持したり、新しい知識や技術概念を獲得・創出する目的で行われ、研究者・技術者の養成にも寄与するところが多い。したがって、この段階の研究開発は、国や研究開発機関、大学によって、国際協力を効果的に活用しつつ、主体的に推進されるべきである。」とされている。また、その例として、原子力安全研究の他、核工学、炉工学、材料工学、原子力シミュレーション工学等原子力の共通基盤技術の研究、保障措置技術、量子ビームテクノロジー、再処理の経済性の飛躍的向上を目指す技術、放射性廃棄物中の長寿命核種の短寿命化等による放射性廃棄物処理・処分の負担軽減に貢献する分離変換技術の研究開発等を挙げている。

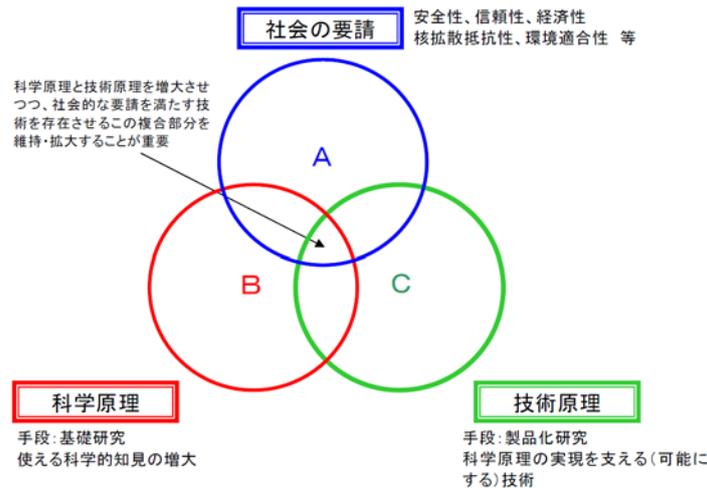


図 2.1 スパイラル型研究開発（平成 21 年 研究開発専門部会報告書より引用）

また、平成 21 年 11 月に原子力委員会・研究開発専門部会が取りまとめた報告書「原子力政策大綱に示している原子力研究開発に関する取組の基本的考え方の評価について」^[2]では、基盤的な研究は「市場の自由化が進む時代において、公益性の高い原子力エネルギー技術の民間による健全な利用を推進・規制するために、また、スパイラル型の研究開発・技術開発活動を実施していくために必要な技術基盤を国として高いレベルに維持するための取組」と定義づけている。図 2.1 は同報告書に記載されているスパイラル型研究開発の説明であり、基礎基盤研究は「B」の部分に相当し、社会の要請及び製品化の最前線と密接に連携しながら、研究開発を進めていく際の重要な要素であることが示されている。

なお、原子力政策大綱では国が行う安全研究を「基礎的・基盤的な研究開発活動」の中に位置付けており、「原子力安全委員会の定める『原子力の重点安全研究計画』を踏まえて着実に進める必要がある」と記載している。そして原子力安全委員会が定めた原子力の重点安全研究計画^[3]では、国の安全研究を「安全規制活動の科学技術的基盤を確立し、安全規制活動の向上を目的として行われる研究の総称」としている。しかしながら、安全に関する研究は事業者や開発主体によっても広範に実施されていることから、原子力安全・保安院は従来から産業界あるいは国の推進側が行う安全に関する研究を全て含めて「安全基盤研究」と称している。

本報告書においても、以下、原子力安全基盤機構や日本原子力研究開発機構（以下、「原子力機構」）安全研究センター等が規制当局から明確な目的を与えられて取り組む目的研究である「安全研究（規制支援研究）」との混同を避け、それを含めて安全のために行う研究を総称して「安全基盤研究」と呼ぶことにする。

2.2 基礎基盤研究の備えるべき機能と特徴

原子力政策大綱にあるように、基礎基盤研究には以下の3つの機能が要求される。

| 基礎基盤研究の備えるべき機能 |
|--------------------------------------|
| (1) 原子力利用を分野横断的に支え、その技術基盤を高い水準に維持する。 |
| (2) 新しい知識や技術概念を獲得・創出する。 |
| (3) 研究者・技術者の養成に寄与する。 |

この機能を的確に発揮するためには、以下の5項目の特徴を備えている必要がある。

| 基礎基盤研究の備えるべき特徴 |
|---|
| (1) 革新性 例. 原子力の新技術・新概念の創出、原子力の先端性、総合性に発した新しい科学技術の創成への貢献 |
| (2) 継続性 例. 標準、定数、データベース形成 |
| (3) 開放性 例. 産学との連携 |
| (4) 即応性 例. 事故対応、原因解明、国や自治体の支援 |
| (5) 戦略性 例. スパイラル型技術開発活動 |

図2.2は、原子力利用を支える基礎基盤研究の概念を模式化したものである。各学問分野が持つ基礎的な研究をベースに、原子力の基盤が形成され、それが

原子力利用を支える構造を示した。原子力の基盤形成の活動としては、各種データベース、ハンドブック、シミュレーションコードといった知識基盤の体系化、センシング技術、分析技術、各種実験技術といった最新技術基盤の維持、新型燃料・材料や分離変換技術といった革新的技術の創出、応用力のある専門家の育成や分野間相乗作用の活性化といった人材基盤の充実が挙げられる。これらの基盤は、各分野の基礎的研究によって常に拡張・充実が図られ、その成果は、軽水炉及びその関連サイクルのみならず、新型原子炉や核融合開発等にまで幅広く応用される。逆に、原子力利用の最前線のニーズは常に基礎基盤研究の実施主体に提示され、それに対応するために基礎基盤研究の活動が充実していくという相互関係を持つ。このように、基礎基盤研究は、我が国の原子力利用を支える上で、広範囲な基礎的研究分野と実用化のインターフェイスの役割も有する。

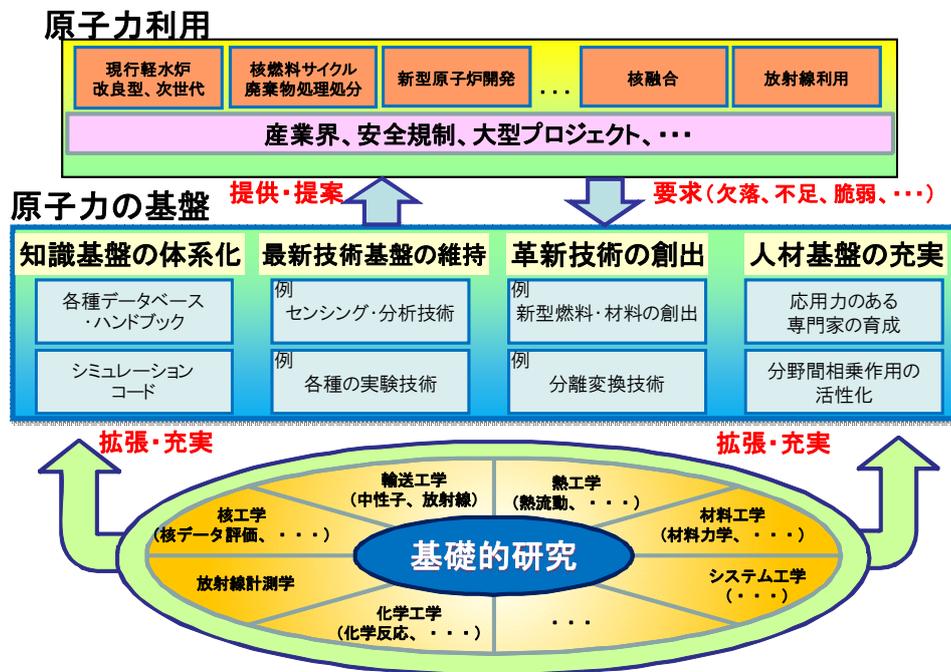


図 2.2 原子力利用を支える基礎基盤研究の概念 (第 3 回委員会資料)

2.3 検討の範囲

本委員会での検討範囲は、当初、軽水炉の国際展開に必要な基礎基盤研究を念頭に、軽水炉本体に関わる部分を中心とした取組を想定していた。しかしながら、福島第一原子力発電所の事故を受け、軽水炉本体に関わる技術だけでなく、今後の原子力利用で不可欠になると考えられる様々な研究をも包含し、幅広く検討を進めることとした。

3. 軽水炉利用に係る研究課題

本章では、福島第一原子力発電所事故や今後の軽水炉利用の動向を考慮しつつ、長期的な研究課題を概観した。

3.1 安全性の高い軽水炉技術の構築と国際貢献に係る研究課題

福島第一原子力発電所事故は、原子力安全に関する技術基盤にも大きな問題があることを示した。大きくまとめて言えば、一つは、多くの要素技術を組み合わせる考えなければならない安全問題を総合的に分析し解決する能力が不足していることであり、もう一つは、必要な要素技術に欠落があることである。

福島第一原子力発電所事故は、原子力施設の安全のレベルを評価し、弱点を同定して改善を図ることや、緊急時に敷地内・敷地外において適切に対応することが重要であること、そのためには、そうした活動を直接的に支える研究や継続的な安全性向上に資する研究が必要であることを示している。それを踏まえれば、例えば PSA の分野では、内的事象と地震に関しては以前から研究が進んでいるのに対し、津波・火災・航空機落下・テロ等の外的誘因事象についての PSA はほとんど進んでいない。また、PSA は手法を開発して計算をすること以上に、それをどう用いるかが重要であり、実プラントあるいは実規制への提案につながる研究が期待される。また、研究のどこに弱点があるのかを同定して、優先度を定めることも必要である。

福島第一原子力発電所事故は、また、計測系の性能や信頼性に問題があることを示した。シビアアクシデント状況下では計測の信憑性が失われ、外的事象（地震動や津波）あるいはシビアアクシデント時の諸現象（水素爆発等）の結果として、計測系やデータ伝送系に障害が起き得ることも明らかになった。こうした問題に的確に取り組んでいく必要がある。

このほか、熱流動・爆発等のダイナミックな現象、高温・高圧下での構造健全性等の多くの技術分野の課題について基盤構築が必要である。更に、安全性・経済性の高いシステム設計の基盤となる大型試験施設の運営・提供や国産解析コードの整備等による国際貢献が必要である。

上記基盤を構築するためには、枢要技術として、シビアアクシデント解析、プラント設計、炉心の高性能化、安全解析等を行うための国産の解析コードの開発・整備と各種コードの妥当性確認に必要な様々な実験の実施が重要である。国産コードの整備は、我が国が率先して福島第一原子力発電所事故から学んだ知見を知識基盤として集大成し、それを世界に提示する上でも極めて重要な研究課題と言える。

3.2 セキュリティ対策強化に係る研究課題

テロ対策や自然災害等の外的誘因事象への対応のニーズを踏まえ、原子力施設の設計段階からの核セキュリティの考慮、輸送時の対策強化、自然災害時における防護設備代替措置等に応えるための技術課題があり、テロや災害に強いシステム構築の基盤となる技術の整備が必要である。また、これらの技術課題の解決を支える合理的な核物質・放射性物質検認技術の開発等の基盤構築が必要である。

3.3 福島第一原子力発電所の中長期措置に係る研究課題

国の原子力災害対策本部の政府・東京電力中長期対策会議が平成 23 年 12 月に取りまとめた「東京電力（株）福島第一原子力発電所 1～4 号機の廃止措置等に向けた中長期ロードマップ」^[4]を参考に検討したところ、福島第一原子力発電所の中長期措置に係るニーズとして、燃料デブリの取り出し、使用済燃料プールからの燃料体の取り出し、公衆及び作業安全に確実な確保、事故原因の究明等が挙げられる。これら、中長期措置を支える研究、廃炉や使用済燃料の処理処分等のバックエンドに関する研究に取り組む必要がある。

上記研究には、燃料デブリの組成や所在の予測、回収した燃料デブリの分析、シビアアクシデントを経験した材料の長期健全性評価に必要な海水に曝された材料の腐食抑制技術の研究開発等が含まれる。また、多種多様な放射性廃棄物の処理処分技術、処理処分に必要となる分析機能の確保、燃料デブリの計量管理技術による保障措置技術の開発等が必要である。

3.4 バックエンドの実施に係る研究課題

廃棄物低減・環境負荷低減のニーズに応えるため、放射性廃棄物の処理・処分技術、廃棄物の保管技術、廃止措置技術等の技術課題を概観し、検討を行った。

今後本格化する廃炉事業を支えるデータベースの整備や廃棄物発生量の低減等を図る新技術の創出、使用済燃料の処理と高レベル廃棄物の処分に不可欠な廃棄物組成評価手法及び再処理プロセスの特性や処分場の閉じ込め性能に関する基礎データ等の整備、これらの安全性・経済性等の向上に資する改良技術の提案等が研究課題として挙げられる。

上記研究課題には、放射性廃棄物の発生量評価の基本となる核データライブラリの整備や放射化生成物評価手法等の開発、再処理施設の安定な運転を支えるガラス固化施設の模擬試験による挙動把握等が含まれる。

3.5 放射線防護に係る研究課題

公衆及び作業員の安全確保のニーズに応えるため、放射線防護技術、被ばく

量評価等の技術課題を概観し、検討を行った。

これら技術課題を支える標準被ばく線量計算コードや線量換算係数の整備、低線量被ばくの人体影響の解明、遮蔽マニュアルの整備、環境影響評価のためのシミュレーション技術の整備と検証データの蓄積等が必要な研究課題として挙げられる。

4. 軽水炉に係る基礎基盤研究の現状と課題

産業界主体の軽水炉技術と国の進める基礎基盤研究が乖離してきた歴史的な経緯及び背景を整理するとともに、第3章で抽出した研究課題に取り組んでいく上で必要な軽水炉に係る基礎基盤研究の現状及び課題・問題点を検討する。

4.1 歴史的経緯と背景

産業界は昭和40年頃より米国企業との技術提携による技術導入を進めることで、国の研究機関への依存は少なくなり、産業界主体に進める軽水炉の導入及び開発から、国の進める基礎基盤研究の乖離が生じていくことになった。軽水炉の国産化が進み、昭和50年～60年頃にかけて軽水炉の第一次～第三次改良標準化を官（通商産業省：現経済産業省）－民（産業界）で推進し、被ばく低減や保守性向上等の運用高度化が図られ、日本型軽水炉としてABWR/APWRの開発が行われた。しかしながら、この流れは商業炉の高度化を目的としたものであり、国の進める基礎基盤研究を担う研究機関への期待は限定的であり、両者の乖離を解消する機会にならなかった。その間、炉物理や燃料/炉心分野、材料分野では国の研究機関との連携を継続し成果を上げてきた事例^{*)}はあるものの、一方で、フルMOX炉心に関する臨界試験や燃料照射試験等においてコスト・期間・施設条件の面から海外施設が利用されるなど、乖離が広がる事例もあった。基礎基盤研究の成果を適切に軽水炉技術へ反映させる仕組を十分構築できなかった、あるいは機能させられなかったことは大きな課題である。

- *) JMTR：Zr合金照射、高燃焼度燃料確証試験、制御棒材料照射特性
- NSRR：反応度投入事故（RIA）時挙動
- JRR3・大学（東大弥生炉）：金属間化合物の照射特性
- NUPEC施設：大型炉心確証試験、TCA：中性子反射体試験 等

ABWR商業運転が開始された平成9年頃以降は、民間の研究開発への投資は頭打ちになる中、平成20年度から次世代軽水炉開発が開始され、軽水炉分野が国際産業としての展開を迎えるにあたり、軽水炉に係る基盤強化を図るために、基礎基盤研究の重要性や人材育成の重要性が見直されてきた。なお、次世代軽水炉開発においては、JMTRを使った材料の照射試験や、5%を超える濃縮度の燃料を実用化するための臨界試験等、国の研究機関との連携研究を推進する予定であったが、福島第一原子力発電所事故により一部の開発は凍結状態にある。

(1) 研究機関における経緯

原子力分野に関係の深い研究機関として、原子力機構の最近の経緯について例示する。省庁再編により、経済産業省は実用化に近いところ、文部科学省は

実用化に遠いところのすみ分けが明確になり、商用化段階にある軽水炉分野については、文部科学省から予算が投入されなくなっている。原子力機構においては、軽水炉分野における研究開発は、国等からの受託による規制支援研究と民間等からの資金投入による受託研究が主になっている。

原子力二法人統合決定後の原子力機構の予算・要員の推移を図 4.1 に示す。基礎基盤研究のほとんどは主に一般会計によるが、平成 13 年度比でほぼ半減している。今後の原子力政策に依存するが、しばらくは一般会計における核融合開発に係る資金需要が増大し、基礎基盤研究予算については漸減する傾向となることが予想される。また、総人員数が漸減する中で 4 大事業（高速増殖炉サイクル、高レベル廃棄物の処分、核融合、量子ビーム）に優先的に人員の割り当てがなされてきた。この割り当ても原子力政策に依存するが、今後は、福島第一原子力発電所事故への対応に重点的に人員が割かれることが予想される。更に、原子力機構職員は、図 4.2 に示すとおり、研究系職員、技術系職員の高齢化が進んでいる。原子力開発の第一世代の研究者、技術者の引退に伴い、我が国の原子力開発創成期において技術開発の根幹から経験してきた人材が減少し、これが基礎基盤の弱体化の原因の一つとも言える。特に技術系職員については、50 代が 40%弱を占めていることから、10 年後には、職員の著しい減少と技術的なノウハウの断絶が危惧される。このため、早期に人材を確保し、技術の円滑な継承を図ることが重要となっている。

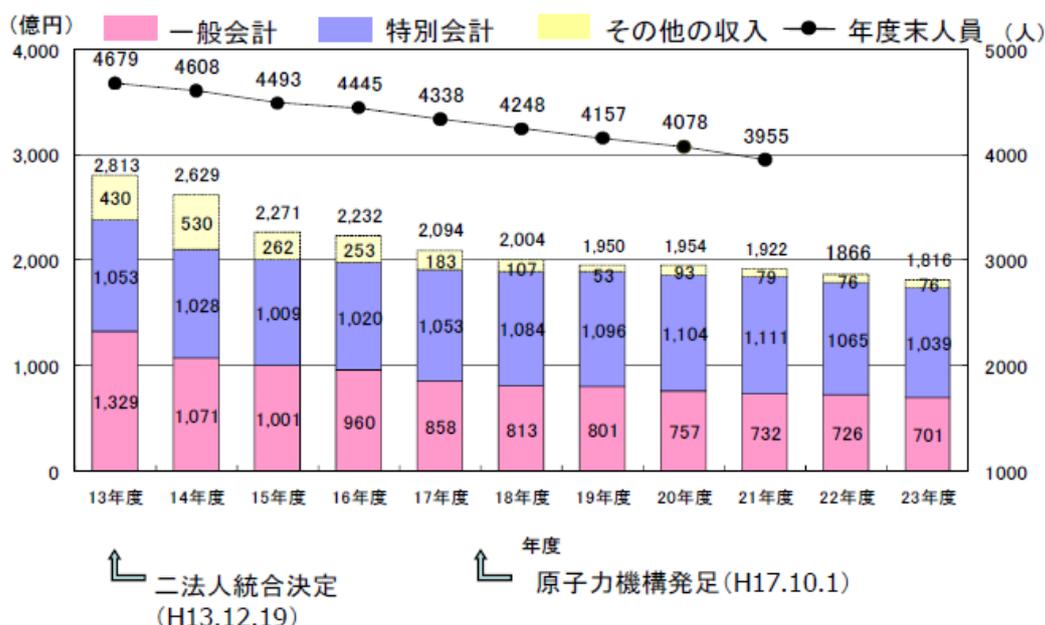
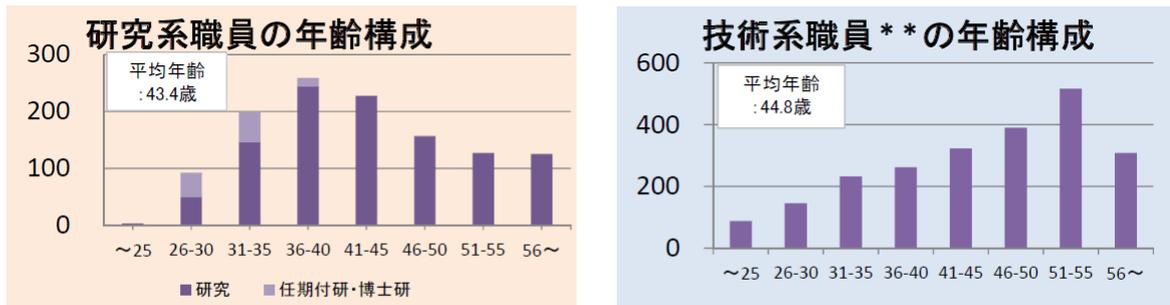


図 4.1 原子力機構の予算・要員の推移
(原子力機構ホームページより)

○我が国でも、職員の高齢化が課題である。

○研究系職員、技術系職員の高齢化が進んでおり、特に技術系職員については、50代が40%弱を占めている。10年後には職員の著しい減少が見込まれるため、早期に人材を確保することが重要である。

**施設の建設、運転管理から、安全、放射線、核物質などの管理や技術開発を行う専門職



出典：平成22年第5回原子力委員会 資料第2号より

図 4.2 原子力機構における職員の年齢構成

(出典：平成 24 年 2 月 28 日 新大綱策定会議 (第 14 回) 資料第 3 号 p15)

以上の状況から、原子力機構の基礎基盤研究の状況は以下のように整理される。予算総枠が限定された中で、プロジェクトの進展に伴う予算変動が基礎基盤研究に影響している。このため、「外部資金の取りやすい研究」へシフトする傾向が生じ、中長期的に重要な基盤的研究テーマや挑戦的な研究テーマへの取組意欲が衰退している。また、大規模インフラの整備等が困難な状況にあり、国際競争力が低下することが懸念される。更に、若手にポストドクターの割合が増えているが、そのキャリアパスが必ずしも明確ではなく、人材の確保につながらない懸念がある。

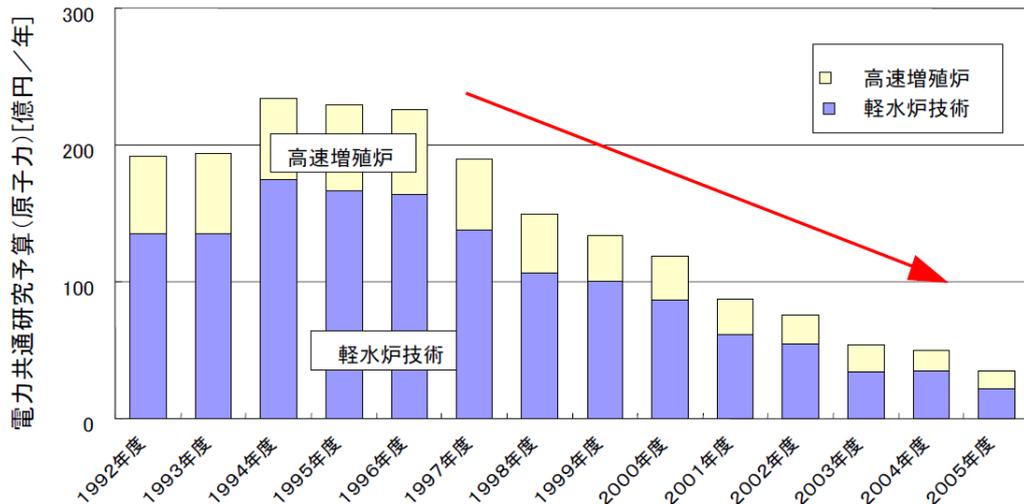
(2) 産業界における最近の動き

電気事業者が行っている電力共通研究への投資は、ABWR 商業運転が開始された平成 9 年頃以降、軽水炉技術分野での研究費減少等に伴い、平成 17 年まで減少するが、近年は高経年化への対応等に重点化して増加の傾向にある。(図 4.3 参照)

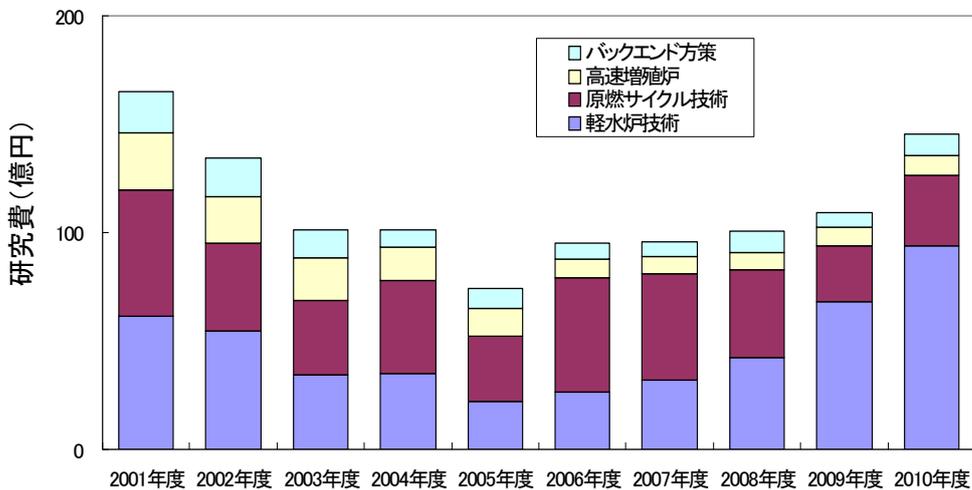
一方、電力中央研究所の最近の経緯を例示する。電力中央研究所では、給付金(売り上げとしての電気料金の 0.2%)は、近年、300 億円弱で推移しており、原子力研究の割合はその約 1/3 を占める。この状況に大きな変化はなかった。軽水炉関連のプロジェクト研究課題としては、平成 23 年までは、原子炉圧力容器(RPV)照射脆化、応力腐食割れ(SCC)/水化学、配管減肉(減肉耐震を含む)、

ケーブル劣化等の高経年化対応の研究が過半を占め、その他、高燃焼度燃料、プルサーマル燃料に関する研究を実施してきた。

なお、東日本大震災以降、電力中央研究所では、平成 24 年度より、軽水炉安全研究として、過渡事象解析、レベル 1PSA、レベル 2PSA の解析基盤の整備、既設プラントの脆弱性の抽出と改善策の有効性評価を研究目標として研究を開始している。



(a) 平成 4 年度から平成 17 年度までの推移（軽水炉技術及び高速増殖炉）
（原子力部会資料から抜粋）



(b) 平成 13 年度から平成 22 年度までの推移（軽水炉技術、高速増殖炉、
原燃サイクル技術、バックエンド方策）
（原子力安全研究専門部会資料から抜粋）

図 4.3 電力共通研究予算の推移^{[5]、[6]}

(3) 大学における経緯

大学では、研究機関や民間では成し得ない新しく自由な発想に基づく研究や、人文社会系をも含む多様な学問分野にわたる横断的・総合的な研究、幅広いバックグラウンドの人材を原子力分野に供給する機能等が期待される。我が国における軽水炉の導入期である昭和30年代から平成年代初頭ごろまで、多くの大学が様々な基礎基盤工学の研究者を糾合して「原子力」や「原子核」の名を冠する学科を設け、総合工学としての原子力を専門に学んだ人材を供給する役割を果たしてきた。一方で、原子力が自立した学問分野に成長するにつれ、当初の基礎基盤工学の諸分野との連携が希薄になっていき、結果的に原子力開発における基礎基盤研究の閉鎖性を生んだ側面もある^[7]。

その後、海外での事故、我が国での軽水炉建設基数の減少、大学における講座の大括り化等を背景に、原子力関係学科・専攻の数は減少した。原子力は総合的な学問分野の上に成り立つものであり、また、求められる人材も高度に多様化しているため、必ずしも「原子力」の名を冠する学科の数を大学における活動の活発性の指標とすることは適切ではないが、「原子力」と冠することで学生が集まってくる時代ではなくなったこと、原子力関係学科・専攻からの人材の輩出が減少したことは否定しがたい。

一方、平成10年代後半頃から、温室効果ガスの排出を抑制する観点から世界的な原子力の見直しの機運（いわゆる「原子カルネサンス」）が起り、再び、「原子力」を冠する学科の数は増加に転じた。しかしながら、程なくして福島第一原子力発電所事故が起き、我が国においては原子カルネサンスの流れは全く不透明になってしまった。また、平成年代初頭以降の大学における原子力関係学科の減少の影響から、大学においては原子炉物理学や核燃料工学といった原子力特有の分野を先導する十分な数の教員を確保できなくなっている。平成22年4月に日本原子力産業協会がとりまとめた「原子力人材育成関係者協議会報告書 ―ネットワーク化、ハブ化、国際化―」^[8]では、この時期の問題点として「工学部においては学科の統合化により、工学の基盤である機械工学や電気工学等の分野では基礎教育が維持されているものの、専門性の高い原子力工学系学科は、他の学科と一体化された結果、その専門性が薄められ、従来の基礎教育が困難な状況となっている。一部の若手教員には、原子力工学系に属しながら、原子力を研究していない教員も存在する。理学部においても、放射化学系の講座が急速に減少している。」と指摘している。

大学における原子力の研究及び教育に関する課題の一つに、施設の老朽化が挙げられる。これらの施設は我が国における原子力の黎明期に整備されたものが多く、また、原子炉、核燃料物質取扱施設、放射性物質取扱施設としての規制の下に厳重な管理が求められるため、大学にとっては重荷になりつつある。

なお、後述する第4期科学技術基本計画で示された方向性を踏まえると、大学には、単に基礎研究及び人材供給の担い手であるだけでなく、課題解決のためのイノベーションを先導する役割が求められており、他分野との競争関係にさらされていることに留意すべきである。また、福島第一原子力発電所事故を踏まえると、原子力の安全な利用は人類が直面する大きな課題であり、単に原子力関連学科の研究テーマとしてではなく、大学の総力をもって取り組むべき課題としてクローズアップされるべき時期に来ていると考えられる。その際、単に、国内の状況のみではなく、世界における原子力の状況を踏まえ、広く世界中から学生を集め人材を輩出するといった、グローバルな課題解決のための取組を進めることが求められている。

(4) 第4期科学技術基本計画と原子力

大学、研究機関における今後の原子力に関する基礎基盤研究を検討する上で重要な要因の一つに、平成23年8月に閣議決定された「第4期科学技術基本計画」の影響が挙げられる。第3期基本計画では重点4分野と推進4分野が指定され、「エネルギー」は推進4分野の一つとして挙げられた。一方、第4期では「グリーンイノベーションの推進」が、「震災からの復興、再生の実現」及び「ライフイノベーションの推進」とともに主要な柱として位置付けられている。グリーンイノベーションの推進における原子力に関する記述は、「東京電力福島第一原子力発電所の事故の検証を踏まえるとともに、今後の我が国のエネルギー政策や原子力政策の方向性を見据えつつ実施する。ただし、原子力に係る安全及び防災研究、放射線モニタリング、放射性廃棄物や汚染水の除染や処理、処分等に関する研究開発等の取組は、これを強化する」と記載されており、軽水炉に係る研究は、安全、防災、廃棄物に関するもの以外は今後の政策の方向性に大きく依存するものとなっている。

第4期科学技術基本計画では、これまでのような単純な分野への重点化ではなく、重要課題の達成に向けた施策の重点化、すなわち「課題達成型」の研究開発推進へ方針が転換されている。このため、産学官の「知」のネットワーク強化、オープンイノベーション拠点となる産学官協働のための「場」の構築、事業化支援の強化に向けた環境整備、知的財産戦略及び国際標準化戦略の推進等が求められている。

更に、第4期基本計画では、基礎研究及び人材育成の強化の必要性が指摘されており、大学院教育においては、グローバルに活躍するリーダーの育成を目指し、国際的なネットワークと産業界との連携の下、一貫性のある博士課程教育を実施する「リーディング大学院」の形成を求めている。

4.2 分野毎の現状と課題

軽水炉利用に係る研究課題に取り組むに際して必要となる基礎基盤研究について、各分野における現状、その評価と問題点及び保持すべき基盤について検討した。以下に分野ごとに総括した。この分野については、日本原子力学会における分野を参考にした。なお、安全基盤研究については全ての分野に横断的に関連するものとして特記していない。

4.2.1 炉物理・核データ

炉物理・核データ分野は、原子力の研究、開発及び利用に関する活動の基盤であり、自立的な原子力利用に欠かせない枢要な分野であるとともに、安全性の高い軽水炉技術の構築と国際貢献を進める際の基盤となる。このため、核データの測定や評価、炉物理実験データの取得や炉物理解析技術の基盤を維持しておくことが不可欠である。

これまで、産学官のコミュニティの形成による国産の核データベースの整備、臨界実験装置、詳細解析コード類、臨界安全ハンドブック・遮へいマニュアルの維持がなされてきている。しかし、例えば、核データライブラリを核特性解析に使用できるように加工するための処理コードを米国に依存しており、その利用制限を受けた場合や、日本国内需要のための改訂が必要な際は、核データライブラリの原子力利用への活用が制約が生じる懸念がある。また、安全性の高い軽水炉技術の確立や今後本格化するバックエンドからのニーズに応えるために、着目エネルギー範囲を踏まえた実験装置の改良や目的・要求精度に応じた試験装置の機能の充実化が必要である。しかし、核データ評価や炉物理分野での人材の高齢化や枯渇が顕著であり、技術の継承が危機的な状況にある。これに加え、臨界実験装置等の試験設備の老朽化が顕著である。

これらの状況を踏まえた課題は以下のとおりである。

- (1) 規制や開発、国際的貢献に利用できるコード・データベースの開発・整備に対して、実炉データを含めた V&V の実施体制及びコード・データベースの維持・管理体制の構築（人材育成を含む）
- (2) コード・データベースを国の共有財産とするため、開発当初からの産学官の連携体制の構築
- (3) 国際分担を踏まえた実験施設の維持（プルトニウム（Pu）やマイナーアクチノイド（MA）等の国際的な試料の供給体制の確立も含む）

4.2.2 熱水力

軽水炉の安全解析やシビアアクシデント解析、炉心高性能化を含むプラント設計を行うためのコードは、一部の詳細解析コードを除いて、外国産コードが

主流となっており、新規コード開発技術の停滞が懸念される。また、個別モデルに注力する基礎基盤研究とモデルが連携するシステム挙動の全体を扱う軽水炉解析の実態に乖離が生じている。継続的な安全性向上や総合的な安全評価のためには、コードの国産化に向けた取組が必要である。コード開発においては、実機解析（外挿を含む）での精度を保證するために現象のスケーリングを考慮したコードの開発と、そのV&Vに必要な詳細なデータを取得する実験が必要である。しかし、事故解析に必要な実証データを取得する実験施設（特に大型実験施設）は、老朽化が顕著であるとともに、実験研究者及び実験補助技能者の高齢化・減少が特に深刻な状況にあるため、コードの開発とその検証を行うための実験技術及び装置の整備、研究者の養成が不可欠な状況にある。また、数値流体力学（CFD）を安全評価モデル開発やスケーリング課題の解決等に応用、適用するための取組も重要である。

このような状況下における課題は以下のとおりである。

- (1) 継続的な安全性向上や総合的な安全評価のために必要となるコードの国産化に向け、官民の役割分担（産業界又は規制の利用主体とそれを支えるコード開発主体としての基礎基盤研究）を踏まえた国産コードの開発・検証、利用並びに実験支援体制の維持・発展
- (2) 国産3次元混相流コード等、原子力に固有な伝熱流動問題に関するシミュレーション技術の維持・発展に必要な実験支援を含むマンパワーの確保
- (3) 継続的なコード整備と利用、実験支援に必要な人材育成体制の構築
- (4) 実験施設（特に大型実験施設）の経年劣化対策とコード開発に対応した整備
- (5) マルチスケール・マルチフィジックスシミュレーションコードの開発に向けた、計算機能力の拡充及びコード開発・実験・計測分野の連携体制の構築

4.2.3 構造・耐震

大地震に対する原子力施設の耐震余裕を詳細に評価できる耐震設計技術の研究開発、津波や爆発等、外的事象に対する安全性評価のための基盤構築が急務である。これらの推進には計算科学の進展と幅広い分野での分野横断的かつ総合的な産学官の連携が必要である。原子力施設の耐震余裕の定量的な評価には、計算科学を活用した損傷評価手法の確立の他、観測データや解析結果に含まれる不確かさ評価技術の研究開発が必要である。また、津波や爆発等外的事象に対する安全性評価の発生事象の予測につながる現象表現の高精度化や大規模問題を扱う解析技術・理論の研究開発が必要である。しかし、原子力に係る基礎基盤研究の現場には計算科学を除いて構造や耐震に携わる研究者がほとんど存在せず、自ら構造設計や耐震計算をしつつ物づくりができる人材が極端に減少しているため、研究分野としての再構築を図ることが必要な状況である。

このような状況下における課題は以下のとおりである。

- (1) 計算科学を活用した損傷評価手法を確立するための計算科学技術の進展を支える人的資源の確保
- (2) 外的事象リスク評価の確立のための分野横断的かつ総合的な取組体制の構築（例．公的研究機関や大学を含め、事業者、メーカーと連携して実施する体制の構築。ハザード評価については原子力分野以外の専門家との連携体制の確立。）
- (3) 産業界との連携等を活用した物づくりの経験を有する研究者の確保

4.2.4 燃料

これまで、研究炉やホットラボ等を用いた実験的研究と燃料挙動解析コード開発等の解析的研究、特に、照射済み材や実機材の評価解析が中心であったため、計算科学による基礎特性解析の取組を拡大していくことが必要である。

また、福島第一原子力発電所事故を受けて、シビアアクシデント時の燃料挙動評価の研究や、燃料デブリの基礎物性の把握、燃料デブリの性状予測、回収した燃料デブリの分析等の福島第一原子力発電所の中長期措置に向けた研究が不可欠な状況であり、事故条件を含めた広い範囲で最適評価を行うための燃料解析コードの開発と検証実験の実施が必要である。

燃料挙動評価手法整備やメカニズム解明・特性データの取得のためには、照射試験炉、照射装置、ホットラボ等大規模インフラが必要であるが、特に、大学においては核燃料物質を扱える施設は極僅かである。また、実験あるいは解析的研究の双方の研究者が激減している。

このような状況における課題は以下のとおりである。

- (1) 燃料分野に対する人員の拡充（研究者だけでなく技術者の育成、技術継承も課題）並びに産学官の連携における人材の育成と交流
- (2) 照射試験炉や照射装置、ホットラボ等の大規模インフラの維持・管理
- (3) 試験炉照射や実機先行照射試験等の段階に応じた産学官の適切な役割分担と連携体制の構築

4.2.5 材料・炉化学

実機では40年以上の長期使用後に発生する経年劣化事象に対して、その劣化機構は一部未解明な状況である。基礎基盤研究では、加速試験が必須であり、加速因子を特定した環境下での研究用原子炉及び加速器による加速照射試験とその詳細解析が重要である。しかし、実機に係る情報の不足により、加速照射と実機照射条件の整理と照射速度等の影響評価が困難な状況である。また、加速試験の結果より実機事象を予測するための計算科学手法の進展が必要である。

炉化学分野では、最適水化学的処理に向けた研究の推進に必要な基本的なセンサー技術（腐食電位センサーの開発等）を維持・更新する人材の不足により、

水化学環境定量評価の精度向上の停滞が懸念される状況である。また、大手素材メーカーは原子力材料の開発から撤退しており、非原子力分野との接点が狭まっている。

また、福島第一原子力発電所事故では、炉心や燃料プールへの海水の注入によって多くの材料がこれまで想定されていなかった環境に置かれたため、それらの健全性の検証等が急務である。

このような状況における課題は以下のとおりである。

- (1) 実機に係る情報を活用するための産学官の協力体制
- (2) モデル検証に用いる精度の良い実験データの取得のための施設や将来にわたり使用可能な研究試験炉等のインフラの整備・維持・管理、並びに、実験を進めるための人材の確保
- (3) マルチスケールシミュレーションのための計算機能力の拡充及び計算手法の開発するための人材の確保
- (4) 非原子力分野との交流の活性化と産学官の共同研究等を通じた人材育成

4.2.6 環境・放射線

今後、環境汚染核種による長期にわたる公衆の低線量被ばくに対する線量評価及びリスク評価技術の拡充が必要である。しかし、保有する施設の放射線管理も含め、保健物理に係わる人材が極めて少ないという状況にある。また、我が国全体として、保健物理や環境放射能研究について中核的な役割を果たす機関が不在であり、各省庁下の様々な機関に細かく分散していて、非常時の連携に難があった。今後、低線量被ばくの問題への対応と経済社会学的問題への対応との間に連携関係を構築する必要がある。また、これまで、広域環境移行シミュレーション技術開発、放射線輸送計算コードの開発と利用がなされてきたが、コード・データベースや試験装置の維持管理・更新の体制構築や環境汚染核種による長期にわたる公衆の低線量被ばくに対する線量評価及びリスク評価技術の拡充が必要である。

このような状況における課題は以下のとおりである。

- (1) 保健物理、環境放射能研究体制の国レベルでの再編の他、分散した研究資源を結びつけるネットワーク形成と基礎基盤研究の活性及び原子力以外の分野の研究者との交流活性化
- (2) 放射線影響について幅広く学際的に議論できる人材の育成
- (3) ソフト的取組の基盤となる、日常的測定機能の拡充
- (4) 標準コード・データベースの維持・管理体制の維持（人材育成を含む）

4.2.7 バックエンド

事故対応及び燃料高度化に伴う核種生成量評価等、バックエンド・計量管理

側での分析技術開発ニーズが増加している状況にある。分析においては、前処理技術の開発が重要であるが、特にホット試料をハンドリングして前処理を行えるような技術者の高齢化が顕著であり、また、核物質や放射性同位元素を比較的自由に使える実験施設が不足している。

原子炉の解体技術については、JPDR 解体の経験を有する研究者の多くが引退しており、ノウハウの継承が課題である。

再処理や地層処分に関しては、再処理プロセス・化学ハンドブックや核種移行データベースが編纂されてきているとともに、再処理における日本原燃と原子力機構の連携が継続的に進んでおり、バックエンドにおける官民の交流は活発化しているが、事業主体との交流を促進しつつ、ハンドブック作成や基礎データ取得を継続するための人員確保と実験施設整備が必要である。

このような状況における課題は以下のとおりである。

- (1) 核物質や放射性同位元素を比較的自由に使える実験施設の整備
- (2) 再処理や地層処分の事業主体との交流促進
- (3) ハンドブックやデータベース等知識基盤の維持・更新体制の維持

4.2.8 その他

計測技術等に携わる研究者は減少しており、このため、核物質・放射性物質検認技術の開発等の基盤としても重要であり、多様な分野で発展が著しいセンサー技術等を積極的に取り入れるための窓口機能が狭まっている。

事故解析支援においては、近年の事故・プラント損傷への対応を例にとれば、材料、燃料、水化学、プラント機器の機能に関する知識（原理的な理解）が必要である。しかし、このような幅広い分野を一人の研究者・技術者がカバーするのは困難であり、基礎基盤研究を担う研究機関においては複数分野の研究者が事象に応じて柔軟に対応できることが求められる。このような技術者集団は、試験研究用原子炉の建設が定期的に行われれば自然と養われるが、例えば原子力機構では HTTR 以降、原子炉の建設計画がなく、このような状況下での人材育成が困難である。また、水素挙動に関しては、軽水炉における水素挙動に関する専門家が減少している。

このような状況における課題は以下のとおりである。

- (1) 原子力分野以外の専門家との交流による活動の活性化
- (2) 産業界との人的交流・派遣、海外の研究炉建設への支援等による幅広い人的資源の養成
- (3) 水素挙動に関する人材の確保

4.3 国の大型施設の現状と課題

第3章で述べた軽水炉に係る課題への対応で必要となる基礎基盤研究で用いる主な研究施設は、研究炉、臨界実験装置、ホットラボ、熱流動試験装置、分析装置等に分類される。以下に、各施設・設備の保持すべき機能を分類して示す。

| 施設・設備の保持すべき機能 |
|--|
| <p>1. 研究炉</p> <p>燃料技術開発並びに通常運転、異常過渡及び事故時の燃料挙動評価に必要な燃料挙動評価手法整備やメカニズム解明・特性データの取得のため、また、安全性能向上を狙った新被覆管開発、構造材の高経年化対応に向けた加速試験等のために、照射炉（照射装置）が必要である。また、照射物を取り扱えるホットラボの併設が重要である。</p> |
| <p>2. 臨界実験装置</p> <p>安全評価データの取得や炉心溶融事故事象の詳細把握、臨界管理技術開発、廃棄物処理処分、廃止措置等に必要となる炉物理実験データの取得、核データの検証を含め炉心解析コードの検証用の炉物理実験データベースの整備等のために、臨界実験装置が必要である。MA等に関する炉物理実験データ取得等、従来の臨界実験より高い性能の実現や取り扱う物質の幅を広げることにとも取り組む必要がある。また、燃料デブリ対応等のためにホットラボが併設されることが望ましい。炉心溶融事故事象を含め、核データ検証や解析コードのV&Vのためには、熱中性子系及び高速中性子系実験施設の維持・管理及びPuやMA等の国際的な試料の供給体制の確立が課題であり、国際分担を踏まえた実験施設の維持・強化を図る必要がある。</p> |
| <p>3. ホットラボ</p> <p>照射による実証データの取得、照射材料試験及びシビアアクシデント時の燃料挙動評価に必要な燃料溶融の進展等に関する研究等が必要であり、極微量分析や福島（オンサイト）対応も含め、機能に対して幅広い要求がある。また、核物質や放射性同位元素を比較的自由に使える実験施設の整備が課題である。</p> |
| <p>4. 熱流動試験装置</p> <p>PWR及びBWR両方の炉型からのニーズに対応できるよう、実験施設を整備する必要がある。その際、通常運転、異常過渡及び事故時に対応して、実機解析での精度を保証するために現象のスケーリングを考慮しつつ、コードのV&Vに必要な詳細なデータを取得する実験が必要である。このため、実機（高温高圧）条件での炉心熱伝達実験、3次元2相流、マルチスケール（空間分解能、時間分解能）での現象の再現と計測と言った詳細計測技術の開発を併せて進める必要がある。</p> |

| 施設・設備の保持すべき機能 |
|---|
| <p>5. 分析設備・装置</p> <p>高レベル放射性廃棄物の地層処分に関する安全評価における信頼性の向上等のため、難分析長寿命核種の分析技術開発が必要であるとともに、福島第一原子力発電所事故からの復旧の過程で生じる多種多様な放射性廃棄物の処理処分に必要となる分析機能の確保が必要となる。このため、極微量分析から使用済燃料組成や汚染水組成分析まで、分析対象や機能に対して幅広い要求がある。</p> |
| <p>6. その他の施設（加速器施設等）</p> <p>核データ測定においては、核燃料及びRIの両方が測定可能な核データ測定施設の加速器整備が課題であり、国際分担を踏まえた実験施設の維持が課題である。また、安全性能向上のための新被覆管開発、構造材の高経年化対応に向けた加速試験のためにも加速器が必要である。更に、放射線輸送計算コードやデータベースの整備のために放射線標準施設を保持すべきである。</p> |

なお、我が国の主な研究施設・設備の現状を参考資料2. に示す。

平成22年10月に日本原子力学会でまとめられた「将来必要となる共同利用研究施設について」^[10] が示した研究施設に共通する課題を整理すると以下のようになる。上述した施設・設備に分類される既存施設についても同様な課題が存在している。

| 研究施設の課題 |
|--|
| <p>1. 施設の老朽化、施設設備の陳腐化</p> <p>(1) 高経年化対策の遅れ：計画外停止による運転中断のリスクが増大</p> <p>(2) 陳腐化：国外施設での試験実施につながり、我が国の基盤が維持できなくなるリスクが増大</p> |
| <p>2. 人材の維持・育成</p> <p>(1) 研究炉、臨界実験装置やホットラボの運転操作、測定に係る技術開発等に係る人材育成や技術の継承（知識マネジメント）</p> <p>(2) 分析技術の継承（分析技術開発基盤の維持）：原子力機構の前身（日本原子力研究所）時代には分析センターが中心となって使用済燃料の詳細な分析をはじめとする様々な分析技術の開発が行われたが、原子力機構となつてから分析技術は各施設に分散し、技術の継承が難しい。</p> |

研究施設の課題

3. 維持管理

- (1) 大学での研究炉やホットラボの維持管理について、燃料確保や廃棄物処分は一大学での対応が困難な問題が多く、核セキュリティ対策など設備の維持費用負担も大きいいため、閉鎖が進み、利用可能な研究炉やホットラボが減少。
- (2) 原子力機構についても運営費交付金の削減が続いている。今後の原子力政策にもよるが、今後も削減が予見されるため、維持管理が難しくなってきている。また、高経年化対策や設備機器陳腐化への対応のための新機種導入等の投資が難しい状態になってきている。

4. 許認可関係

- (1) 安全審査における課題：研究炉の特徴を十分に把握した、発電炉との潜在的なリスクの違いを理解した上での規制の適用
- (2) 施設運用後の課題： 実験装置である研究炉で起こるスクラムの扱い。発電炉とのスクラムの意味合いの違い。例えば、ノイズによるスクラムの場合、原因究明だけでも長期を要するためなかなか運転再開できず稼働率が低下する大きな要因となっている。
- (3) 各設備に細かく使用対象制限(例：「核燃料物質に汚染されたもの」となると RI 施設では扱えない等々)や、利用目的制限があり、組織として非合理的な冗長性を持たせないと、様々なニーズに臨機応変に対応できない。

5. 軽水炉に係る基礎基盤研究のあり方・進め方

5.1 基礎基盤研究の役割

基礎基盤研究は、原子力利用を分野横断的に支え、その技術基盤を高い水準に維持し、新しい知識や技術概念を獲得・創出する。更に、研究者・技術者の養成に寄与するものである。原子炉の挙動の解明、現象の理解に基づく精度の高い安全対策、新たな技術の開発等において、軽水炉の安全な利用を支える重要な役割を担う。

また、福島第一原子力発電所の中長期措置、今後の原子力発電所の廃炉や廃棄物処分等、我が国が中長期的かつ未知の課題に立ち向かう上で、技術的な基盤や最新の科学技術知見を提供する基礎基盤研究が充実していることは極めて重要である。

基礎基盤研究は現象を深く理解しようとする性向に根差したものであり、予期せぬ事象への対応においも不可欠である。このことは、基礎基盤研究が、想定外の事象が発生した際のセキュリティ対策においても重要な役割を果たすことを示唆している。

更に、基礎基盤研究は、原子力の外の科学技術分野との架け橋として機能し、ひいては学際的な新たな研究分野を切り拓き、最先端技術の適用を促進することで、原子力利用の高度化やプロジェクト開発の遂行に貢献する。今後、環境への放射性物質の大量放出を起こさない最高度の安全性を備えた原子力システムを構築していく上で、安全規制のための研究だけでなく、幅広く科学的・技術的基盤を形成する活動が必須である。

5.2 国の基礎基盤研究が担うべき役割

我が国における今後の原子力発電の割合のあるべき姿に関する議論は未だ結論が得られていないが、国は、世界最高水準を目指した継続的な安全性の向上を目指すべく、基礎基盤研究の中核として国の研究機関を有効活用し、責任を持って基礎基盤研究を推進すべきである。加えて、国は、この中核機関を中心に産学官が連携して基礎基盤研究を進める仕組みを構築すべきである。これは、事故の教訓を世界の原子力安全に生かすためにも必須であり、その責務から逃げることは許されない。その際、短期的な課題の解決だけに目を奪われることなく、長期的な視点を持って全体のバランスに配慮した研究リソースの配分を常に意識すべきである。更に、国は、学会等から広く意見を聴取し、適時・適切な投資を行うとともに、必要な基礎基盤研究インフラ（施設、知識基盤、計算コード）の維持・整備に取り組むべきである。

産業界からの視点では、今般の事故のように予想外の出来事に対して、プラ

ントの現場で起きていることを迅速に把握し、複雑なメカニズムを早期に解明して対処するに際して、基礎基盤研究の果たすべき役割は大きい。しかしながら、産業界においてそのような基礎基盤研究を網羅的に保持し続けることは困難であり、諸外国の例を見ても、原子力の基礎基盤研究は国が担うべきものである。また、軽水炉を今後も継続的に使用する場合、新たな高経年化評価の課題や炉心損傷対策等、今後必要となる規格・基準や基盤技術をメーカー／事業者側と規制側の共通の科学的知見のもとで整備することが必要となる。産業界は、原子力には今後の位置付けによらず様々な研究ニーズがあり、我が国の科学技術及び産業活動を担う中核として今後も必要な技術であると認識しており、人材の育成や人材の厚みの確保のためにも、国が基礎基盤研究の強化を図ることを強く望んでいる。福島第一原子力発電所事故以降においても世界規模での原子力プラント建設ニーズは高い。福島第一原子力発電所事故の教訓に基づく、世界最高水準の安全性向上に寄与していくのは日本の責務であり、世界の多くの国々が日本の技術に期待している。国内外で今後建設されるプラントは、世界標準に適合した性能を持つ必要があり、安全性、経済性、信頼性、環境調和性に関わる先進技術の開発／導入が必要になるとともに、これら技術導入に向けた規格・基準整備及びガイドライン策定が必要である。そのため、事故の教訓に基づいた日本発信の規格・基準整備及びガイドライン策定とそのための基礎基盤研究が必要である。具体的には、以下の4項目を挙げる。

| 項目 | 具体的な内容 |
|--------------------|--|
| ①プラント安全性強化に関わる技術対応 | 先進的な安全系、シビアアクシデント対策等に関する基盤研究及びガイドライン策定 |
| ②プラント性能向上に関わる技術対応 | 燃料、炉心性能向上に関する基盤研究、規格／基準及びガイドライン策定 |
| ③プラント信頼性向上に関わる技術対応 | 高経年化材料の安全規制の整備・運用に資する技術基盤整備 |
| ④環境調和に資する技術対応 | 高燃焼度燃料の再処理、高レベル廃棄物処分に関わる先進技術の基盤研究 |

日本の軽水炉技術は世界トップレベルで成熟しているが、その技術の足腰に相当する基礎基盤力の維持が難しくなりつつある。そのために、目的性・戦略性を持った基礎基盤研究が重要となる。国が進めてきた次世代軽水炉の開発プロジェクトは、基礎基盤研究の活性化にも役立つ重要な施策であったが、福島第一原子力発電所の事故を踏まえ、凍結状態にある。このため、国は、安全基盤研究の強化や、今後重要となるバックエンド対策のための基礎基盤研究の強化を行うべきである。その際、必要な大規模試験施設等をメーカー単独で確保

するのは難しいため、国は、先進技術の開発や安全ガイドライン策定に資する臨界実験施設、大型熱流動施設、照射試験施設、研究炉等の施設の保持と整備を主導する必要がある。

福島第一原子力発電所事故を受けて追加・強化すべき基礎基盤研究として、複合（材料、伝熱流動、炉物理、化学等）現象の解明、評価手法の確立、シビアアクシデントに関連した燃料被覆管・燃料ペレット熔融挙動、FP放出形態、拡散・付着挙動等の研究や、人体及び環境に及ぼす放射線影響評価の研究等が挙げられる。また、想定外事象に対応することは簡単ではないが、想像力とデータ（PSA等）を使って研究を深める必要がある。

なお、国による基礎基盤研究の推進においては、省庁間の連携を促進し、縦割りによる非効率化や欠落を回避することに留意すべきである。

5.3 産学官の協力体制

軽水炉利用と基礎基盤研究の乖離を解消し、強固な安全基盤の構築を目指して、産学官それぞれの役割に応じた協力体制を組み上げるべきである。

このため、産業界は、原子力の社会的受容性や危機管理能力を高めるという広い戦略的視点を持ち、大学や研究機関との連携関係を積極的に構築し、実用化の最先端の課題を常に示し、研究の活性化を促すべきである。

大学及び研究機関は、第4期科学技術基本計画の趣旨を踏まえ、原子力が抱える様々な課題の解決に向けた取組を先導するべく、社会のニーズを常に捉え、狭い学問領域に閉じこもることなく、幅広い分野の研究者との交流を通じて、常に新しい視点を採りこむ姿勢を持つべきである。また、人文社会科学を含む幅広い分野において継続的な知識情報基盤の整備に努め、原子力システム全体を俯瞰した課題発掘・提案を行うべきである。

日本原子力学会は、新規性のみならず産業応用も重視するとともに、公平・公正な立場から、透明性を持って国・産業界・大学及び研究機関等の交流の活性化に努めるべきである。その一つの手法として、ロードマップ活動があり、国の適時・適切な投資に対する提言も含めて産学官の役割分担や協力体制のあり方・進め方を示していくべきである。当委員会できとりまとめた、軽水炉に係る基礎基盤研究のあり方・進め方の提言については、学会のロードマップ活動において、国の適時・適切な投資に対する提言を含めた、産学官の協力体制の検討を通じて反映されることを期待する。更に、他分野の学会等との交流を活発化して分野横断的な基礎基盤研究の方向性を議論する場としての役割を果たすべきである。

これらの協力体制構築においては、第4期科学技術基本計画の示す科学技術イノベーションの推進に向けたシステム改革を進める必要がある。

日本原子力学会が主導するロードマップ作成活動について、学会は全体を俯

瞰しつつ、単に目的達成のためのロードマップだけではなく、周辺分野の基礎基盤研究の活性化までを含んだ効果的なロードマップ策定を主導することが望まれる。なお、これまでになされてきた様々なロードマップ策定活動は、福島第一原子力発電所の事故によって見直しが必要となっており、今後の研究開発の動向を踏まえた新たなものを包括的に策定することが望ましい。例えば、軽水炉プラントの課題では、シビアアクシデント対策、運転プラントのシステム安全、バックフィットの方法、津波対策等がロードマップ策定の対象として考えられる。また、軽水炉の周辺の課題では、除染方法、放射線研究、ロボット・自動機、事故プラント処理・処分技術、廃炉技術等が対象として挙げられる。

5.4 維持・整備が必要な基礎基盤研究インフラ

研究のニーズに対応するため、また国としての研究ポテンシャルを維持するためには、大型実験施設等の戦略的な整備が必要である。その際、研究施設と商用施設の違いを踏まえた合理的な安全規制の適用により実験施設に係る安全規制の簡素化等で柔軟な対応がなされないと、国際競争力を維持できない状況であることに留意すべきである。

軽水炉に係る基礎基盤研究で必要となる主な研究施設は、研究炉、臨界実験装置、ホットラボ、熱流動実験装置、分析装置に集約される。

施設に対し要求する性能には幅がある。また、高い性能や新しい機能を求める研究があり、既存の施設では対応できず更新や新規の整備が必要な施設がある。研究の進捗とともに要求される性能に対応可能な施設設備の維持整備が重要である。

一方、現状では、予算の削減によって研究施設の維持管理が難しくなっており、老朽化や設備機器の陳腐化への対策を取りにくい。高経年化対策の遅れは、計画外停止による研究中断のリスクの増大につながり、陳腐化への対応の遅れは国外施設での試験実施につながり、我が国の基盤が維持できなくなるリスクが増大する。

このような状況を踏まえ、今後10年～20年間で必要なインフラについて調査検討を行い、既存施設の利活用や新規施設整備を、我が国全体の視点から、戦略的に進める必要がある。

更に、インフラを維持・発展させる人材の確保・育成も重要である。施設の運転操作や測定技術等の開発は技術の継承や人材育成に重要であるため、各施設で継続的に行われるべきである。また、特に分析技術の維持・継承が難しくなっているため、基盤を維持し技術開発を継続させる対策が必要である。

5.5 知識基盤の整備とソフトウェア整備

核特性、熱流動、構造、材料等様々な基礎基盤技術・知識情報をモデリング

とシミュレーションを用いてシステム化することで、我が国の持つ「知識」をコードのかたちで体系化すべきである。特に、安全解析に利用されるコードは、主に米国製であり、知財戦略上の制約を受ける。このため、国産のコード開発を進める動きがあるが、その際、V&Vによるコードの品質管理を重視し、スクーリング概念の世界標準化を我が国が先導することが肝要である。なお、コード開発には、開発当初からユーザーが参加する体制や、メンテナンスのための仕組（人材の確保を含む）を確立することが必須である。

5.6 基礎基盤研究が人材育成に果たすべき役割

人材育成に関しては、基礎基盤研究は、将来の原子力の研究・開発・利用を担う人材の育成に極めて重要な役割を果たす。このため、国及び産業界は大学や研究機関との人材交流も含めて積極的なサポートを図るべきである。一方、大学及び研究機関は、これからも原子力分野が主導すべき我が国の科学技術の先端を切り拓き、その基礎基盤を支えることによって、これらの取組に魅力を感じる若い世代を増やしていくよう努力すべきである。また、高い専門性に加えて、広い視野を備えた人材を育成することも目指すべきである。

6. おわりに

当委員会では、軽水炉に係る基礎基盤研究について、福島第一原子力発電所事故を踏まえた課題の解決を意識した検討を行い、第5章において、そのあり方・進め方の提言をまとめた。我々原子力に携わる技術者・研究者は、同事故を回避できなかった責任を痛切に感じつつ、国内外を問わず、今後二度と同様の事故を発生させないよう、原子力の更なる安全性の向上に向けた研究開発を推進すること、並びに今後の福島第一原子力発電所事故の後処理を安全に速やかに進めることに真剣に取り組むことを責務と考えている。また、原子力の今後の位置付けによらず、取り組むべき様々な研究課題があり、我が国の科学技術及び産業活動を担う中核として、原子力は今後も必要な技術であると認識する。これらの課題に取り組、安全性向上や事故処理等の責務を果たすには、軽水炉の基礎基盤研究を国としてしっかりと保持・強化することが必須であり、産学官が一体となって取り組む必要がある。

また、基礎基盤研究への取組が、福島第一原子力発電所に関連した課題の解決に寄与するとともに、福島第一原子力発電所事故に関連した課題に真摯に取り組むことが基礎基盤研究を強くする、そのような相乗効果を生むような取組とすべきである。

我が国は福島第一原子力発電所事故の発生を深く反省し、その経験から最大限の教訓を得て強固な安全基盤を築き、それを原子力発電の導入を計画している国を含めた諸外国に提供する責任がある。諸外国も我が国の貢献に強く期待しており、軽水炉技術に係る基礎基盤研究の充実は、一貫して原子力の平和利用を進めてきた我が国の責務である。基礎基盤研究への取組とその成果が、我が国のエネルギー安全保障への寄与、地球温暖化防止への国際貢献、更には我が国の産業基盤の強化と産業の活性化につながっていくことを期待する。

参考文献

- [1] 「原子力政策大綱」，平成 17 年 10 月 11 日，原子力委員会
<http://www.aec.go.jp/jicst/NC/tyoki/taikou/kettei/siryol.pdf>
- [2] 「原子力政策大綱に示している原子力研究開発に関する取組の基本的考え方の評価について」，平成 21 年 11 月 17 日，原子力委員会 研究開発専門部会
<http://www.aec.go.jp/jicst/NC/senmon/kenkyuukaihatu/houkoku/091125-houkoku.pdf>
- [3] 「原子力の重点安全研究計画（第 2 期）」，平成 21 年 8 月，原子力安全委員会
<http://www.nsc.go.jp/anzen/sonota/houkoku/200908-jutenanzen.pdf>
- [4] 「東京電力（株）福島第一原子力発電所 1～4 号機の廃止措置等に向けた中長期ロードマップ」，平成 23 年 12 月 21 日，原子力災害対策本部 政府・東京電力中長期対策会議，
http://www.kantei.go.jp/jp/singi/genshiryoku/dai23/23_09_gensai.pdf
- [5] 「今後の原子力発電（軽水炉）技術開発の方向性」，平成 17 年 8 月 9 日，総合資源エネルギー調査会 電気事業分科会 原子力部会（第 2 回）資料，
http://www.enecho.meti.go.jp/info/committee/data/nuclear_02_siryou_03.pdf
- [6] 「原子力関連研究への取組（電気事業連合会資料）」，平成 22 年 9 月 14 日，原子力安全委員会 原子力安全研究専門部会第 30 回会合資料，
<http://www.nsc.go.jp/senmon/shidai/genanken/genanken030/siryol.pdf>
- [7] 「震災後の工学は何をめざすのか」，東京大学大学院 工学系研究科編，内田老鶴圃（2012）。
- [8] 「原子力人材育成関係者協議会報告書 ―ネットワーク化、ハブ化、国際化―」，平成 22 年 4 月，社団法人 日本原子力産業協会
http://www.jaif.or.jp/ja/seisaku/jinzai-kyogikai_report1004.pdf
- [9] 「科学技術基本計画」，平成 23 年 8 月 19 日，閣議決定

<http://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/4honbun.pdf>

- [10] 「将来必要となる共同利用研究施設について」，平成 22 年 9 月，日本原子力学会 将来必要となる共同利用に供する研究施設検討特別専門委員会

参考資料

参考資料 1

「軽水炉に係る基礎基盤研究の検討」特別専門委員会の構成員及び開催実績

参考資料 2.

国の大型施設の現状

参考資料 3.

原子力関連技術開発ロードマップと分析

参考資料 4.

用語説明と組織・施設等略号

参考資料 1

「軽水炉に係る基礎基盤研究の検討」特別専門委員会の構成員及び開催実績

| | | |
|----|------------------|-----------------------|
| 主査 | 河原 暁 | 日立 GE ニュークリア・エナジー株式会社 |
| 幹事 | 久語 輝彦 | 日本原子力研究開発機構 |
| | 山下 和彦 (第 1 回まで) | 東京電力株式会社 |
| | 千種 直樹 | 関西電力株式会社 |
| 委員 | 阿部 清治 | 日本原子力学会原子力安全部会長 |
| | 植田 伸幸 (第 2 回から) | 電力中央研究所 |
| | 大橋 弘忠 (第 1 回まで) | 東京大学 |
| | 岡嶋 成晃 | 日本原子力研究開発機構 |
| | 岡本 孝司 (第 3 回から) | 東京大学 |
| | 橘川 敬 | 株式会社 東芝 電力システム社 |
| | 佐治 悦郎 | 三菱重工株式会社 |
| | 四竈 樹男 | 東北大学 |
| | 関村 直人 | 東京大学 |
| | 曾根田 直樹 (第 1 回まで) | 電力中央研究所 |
| | 田中 隆則 | エネルギー総合工学研究所 |
| | 中島 健 | 京都大学 |
| | 野口 哲男 (第 2 回から) | 原子力安全基盤機構 |
| | 平井 睦 | 日本核燃料開発株式会社 |
| | 更田 豊志 | 日本原子力研究開発機構 |
| | 峯尾 英章 | 日本原子力研究開発機構 |
| | 村上 博之 (第 1 回まで) | 原子力安全基盤機構 |
| | 守屋 公三明 | 日立 GE ニュークリア・エナジー株式会社 |
| | 山中 伸介 | 大阪大学 |
| | 山本 章夫 | 名古屋大学 |

(開催日)

- 第 1 回 平成 23 年 2 月 10 日
- 第 2 回 平成 23 年 10 月 27 日
- 第 3 回 平成 24 年 1 月 17 日
- 第 4 回 平成 24 年 3 月 27 日
- 第 5 回 平成 24 年 6 月 14 日
- 第 6 回 平成 24 年 8 月 24 日

第1回「軽水炉に係る基礎基盤研究の検討」特別専門委員会 議事録

1. 日時 平成23年2月10日(木) 13:00~16:00

2. 場所 航空会館 703会議室

3. 出席者(敬称略)

委員:河原(日立GE、主査)、久語(JAEA、幹事)、山下(東電、幹事)、阿部(安全部会)、大橋(東大)、橘川(東芝)、佐治(三菱重工)、曾根田(電中研)、田中(エネ総工研)、千種(関電)、中島(京大)、平井(NFD)、更田(JAEA)、峯尾(JAEA)、村上(JNES)、守屋(日立GE)、山本(名大)(以上17名) [欠席:岡嶋(JAEA)、四竈(東北大)、関村(東大)、山中(阪大)]

オブザーバー:森山(文科省)、篠崎(文科省)、池田(文科省)、阿部(文科省)、生越(保安院)、大島(保安院)、鶴(電事連)、浅野(東電)、小澤(日立GE)、松浦(日立GE)、吉津(三菱重工)、江里口(東芝)、四柳(東芝)、宮野(法政大)、迎(JNES)、小川(JAEA)、村松(JAEA)、木下(電中研)、秋本(JAEA)、塚田(JAEA)、永瀬(JAEA)、鬼沢(JAEA)、坂場(JAEA)、大井川(JAEA)、菅野(原子力学会)(以上25名)

4. 配布資料

特01-01:「軽水炉に係る基礎基盤研究の検討」準備会合議事録(案)

特01-02:基礎基盤研究の定義について

特01-03:既存ロードマップの概要(熱水力)

特01-04:既存ロードマップの概要(燃料高度化)

特01-05:既存ロードマップの概要(高経年化)

特01-06:既存ロードマップの概要(水化学)

特01-07:既存ロードマップを参考にした各分野で国の基礎基盤研究が果たすべき役割と分野間連携の方向性

特01-08:国際展開に当たっての課題~次世代軽水炉開発の経験を中心として~

特01-09:照射試験炉の必要性について

特01-10:軽水炉長期利用と国際展開に係る諸課題について(1)

特01-11:新原子力政策大綱の策定への提言について

5. 議事

5.1 主査挨拶

河原主査より、学会の理事会にて委員会設立が承認されたこと等が報告された。

5.2 委員及びオブザーバー挨拶

配布資料確認の後、準備会合に欠席した委員及び常時参加者より挨拶があった。

- ・(森山オブザーバー) 原子力は成熟産業と言われるが、世界を目指す上で心配な点がある。民間だけでなく国レベルで基礎基盤から考えていくことが必要。
- ・(中島委員) 炉物理や臨界安全に携わってきた。サイクルも含めて考えていきたい。大学の立場から人材育成についても充実させていきたい。
- ・(曾根田委員) 軽水炉高経年化に関する材料の研究に従事している。この分野でも国際化や人材育成の必要性を痛感している。
- ・(村上委員) JNES では保安院が行う規制に関する研究を取りまとめている。基礎基盤との関係をどう整理するのか考えていきたい。
- ・(山本委員) 核分裂を定常的に維持できるのが原子炉であり、その基盤を形成する炉物理に携わってきた。大学では基盤分野が崩壊しかけており、危機感を抱いている。
- ・(浅野オブザーバー) 材料の高経年化対応等に携わっている。JMTR が今年から再稼働することに期待している。
- ・(阿部オブザーバー) 試験研究炉の安全規制と核燃料物質の使用を担当している。安全性研究や合理的な安全規制の在り方等を勉強していきたい。

5.3 準備会合議事録(案)確認

山下幹事より、資料「特 01-01」に従い、1月28日にあった準備会合の議事録(案)の確認があった。委員各位で確認し、修正等があれば幹事まで知らせることとした。

5.4 基礎基盤研究の定義について

久語幹事より、資料「特 01-02」に従い、基礎基盤研究の定義の整理や軽水炉に係る基礎基盤研究の在り方に関する検討状況が示された。主なコメントは以下の通り。

- ・(大橋委員) どんな基盤が重要かを議論するためには我が国としての戦略性が重要。軽水炉時代が続くなか、経済性に関しては利用率向上が、安全性に関してはロジック整備とロジックへの適合性を示していくことが求められる。次世代軽水炉のようなトップダウンのニーズオリエンテッドな展開の中でどう基礎基盤を支えていくのか考える必要がある。
- ・(森山オブザーバー) 目指すべきものがあり、それを支える基礎基盤が必要と書くべき。
- ・(守屋委員) 本当に基礎的な研究も大切にすべき。将来メーカーにまで役立つ可能性をウォッチしながらイノベティブな研究を育てるという観点も加えるべき。
- ・(阿部委員) 安全研究は目的研究であるが、基礎基盤研究には「広がり」が必要。
- ・(峯尾委員) イノベティブな点を入れることで若い人に基礎基盤研究に入ってきて

てもらおうドライビングフォースとしたい。

- ・(久語幹事) 基礎基盤から実用化へうまくつながった良好事例等を挙げてほしい。
- ・(篠崎オブザーバー) 炉周りの議論が多いが、政策的にはデコミや廃棄物、場合によっては放射線管理等メインストリームではなかった分野が重要かも知れない。社会的に何が課題で求められているかの検討が必要。その中でフォーカスするなら、それなりの説明が必要。
- ・(河原主査) 場合によっては委員にご協力頂きながら、幹事で整理したい。

5.5 国際展開に当たっての課題

田中委員より、資料「特 01-08」に従い、次世代軽水炉開発の経験に基づいた国際展開への課題について説明があった。燃料供給から運転・保守、規制制度まで含めたパッケージ供給体制の弱さ、国際展開への対応が難しい規制制度、解析コード開発体制の脆弱化等が課題として挙げられた。

5.6 既存ロードマップの概要

更田委員より、資料「特 01-03」～「特 01-06」に従い、熱水力、燃料高度化、高経年化、水化学の4つの既存ロードマップについて、策定の経緯、主な内容、基礎基盤の主な役割等の説明があった。

「5.5 国際展開に当たっての課題」と合わせた議論での主なコメント等は以下の通り。

- ・(阿部委員) 国際化や安全性についての研究は目的研究。それを支えるためにどのような基盤が必要か議論すべき。安全研究については保安院と JNES で既に整理している。ロードマップでは足りないところ等は安全部会で検討している。本特別専門委員会では軽水炉長期利用や海外展開を支える基礎基盤研究が脆弱化しているとの認識が前提となっており、その趣旨の説明があれば良い。
- ・(山下幹事) 「基礎基盤」と言ったり「基盤技術」と言ったりしているが、目的研究は「基盤」であり、「基礎」はもっと上流。その整理が必要。廃炉と廃棄物処理処分をスコープに入れるのかも議論すべき。
- ・(田中委員) 日本が世界をリードしていく上で基礎基盤が果たすべき役割を検討すべき。課題オリエンテッドで、裾野の広い研究が挙がることを期待する。民間が研究する際の施設の提供サービスも重要な基盤だ。研究オリエンテッドな組織でハルデンのようなサービスが可能か等、広い目で見ることが必要がある。
- ・(小川オブザーバー) トップダウンとボトムアップの整合性をどう取るかが重要。基礎基盤研究をやっている人達は全体が見えない。どの分野を取ることが戦略的に大事か、課題から見たトップダウン的なものの見方を整理してほしい。基礎基盤研究には原子力に収まりきれない広がりがあり、原子力の健全な発展や新しい技術の創出につながる。例えば J-PARC における応力測定技術。そういう広がりをもった

基礎研究をどう位置付けるか、国として官学の協力の在り方を考えていくべき。

- ・(木下オブザーバー) 現在多くの軽水炉が動いており、その現場ではサプライズがしばしば起きている。例えば、浜岡での破損事象等。現場で起こるリニアの予測が効かない複雑系の現象をどう理解するか、その基盤を支えるのが基礎研究であり、メカニズムがみえる人材が必要。複雑系がたくさんあるのが軽水炉の現場だ。
- ・(河原主査) 基礎基盤研究とニーズの整理を進め、基礎基盤の definition の検討を進めていくこととする。

5.7 既存ロードマップを参考にした各分野で国の基礎基盤研究が果たすべき役割と分野間連携の方向性

久語幹事より、資料「特 01-07」に従い、前出の 4 つの既存ロードマップを参考に、国の基礎基盤研究が担うべき役割、国で保持・整備すべきインフラ、分野間連携の方向性等に関して検討した結果について説明があった。主なコメント等は以下の通り。

- ・(山本委員) 基礎基盤には基礎基盤技術と基礎基盤研究の 2 つの意味合いがある。ハードだけでなく知識やソフトウェアといった形のない基盤技術も維持すべきと明示的に書くべき。また、基礎基盤技術を維持するには基礎基盤研究が必要。
- ・(村上委員) 「国が担うべき」と対になる「産業界は如何にあるべきか」というペーパーが必要。
- ・(更田委員) 民間と国の役割分担について、ロードマップの検討において議論された。例えば、安全研究については民間が導入すべきものしかやらないことになっている。広がりをもった議論をする前に、軽水炉の利用率を上げるためといった観点から、まず基盤を議論すべきである。国際展開のために不足しているもの、米国産コードに依存しているとか、バックエンドのコードが必要などを考えるべきである。
- ・(大橋委員) 「まとめ」には違和感がある。事業者が担うべきか国が担うべきかは、国民目線からは電気代になるのか税金になるのかの違いだけだ。国がこういうことをやるには理屈が必要。国が関与する理由として、その利益の国民的な広がり、世代間の負担の関係、民間では背負えないリスク、国がやることによる信頼感等の視点が挙げられる。安易に「基盤が大事」と言うよりも、現在及び将来の国民のために人材とか技術維持とか国際展開などといった観点で基礎基盤を用意していくことがメリットになると言えるか問われている。最初から大型施設が必要といった議論にはならないのではないか。
- ・(河原主査) 今後、少し時間をかけて議論していきたい。

5.8 照射試験炉の必要性について

山下幹事及び浅野オブザーバーより、資料「特 01-09」に従い、高経年化対策や次世代軽水炉対応等、現在及び将来に亘り、多様なニーズに応え得る材料試験炉の必要性が

常に存在することの説明があった。また、地震対応、バックエンド、燃料サイクル、デコミ等、現在の軽水炉技術は広い範囲で基礎基盤研究に支えられて成り立っているとの認識が述べられた。

5.9 軽水炉長期利用と国際展開に係る諸課題と基礎基盤研究

久語幹事より、資料「特 01-10」に従い、軽水炉長期利用と国際展開に係る具体的なニーズと関連する技術課題に対する基礎基盤研究分野の整理例が示された。前出のトップダウンとボトムアップの関係の俯瞰に役立つとのコメントがあった。

5.10 意見交換

これまでの議論及び発表を踏まえ、さらに議論を行った。主なコメント等は以下の通り。

- ・(平井委員) 燃料に関する技術を日本で残していくのに必要な照射ベッドが無いのが現状。JMTR は材料試験炉としては良いが、燃料照射孔が無い。ハルデン照射は輸送が大変であり、燃料技術が日本には残らない。国が外国に頼ると判断するのであればよいが、エネルギーセキュリティ上まずいのではないかと。
- ・(河原主査) ニーズ側の整理としてインプットしていただきたい。
- ・(阿部委員) ロードマップは、JNES が作っているものか、JNES が依頼して作らせているものであるため、安全規制の観点が中心になっている。安全研究よりも広げて考える必要がある。推進に必要な国の目的に沿った基盤を上げることが重要。
- ・(更田委員) 安全研究は、かつて開発が盛んであった頃に整備されたインフラに頼っているのが現状。将来のニーズに応える安全研究という意味ではインフラが不十分であり、将来の安全研究への備えには不安を感じている。
- ・(田中委員) 具体的ニーズと技術を繋ぐところが難しい。単純に施設が必要と言うだけでなく、思想・サービスも含めて考えるべき。例えば、計算コードについては、規制に使うには、NRC で使ってもらうには、それぞれどういうステップが必要かまで考えるべき。
- ・(河原主査) 頂いたコメントについて幹事団で検討し、方向をまとめてメール等で諮った上で、その結果を踏まえた実務を進めていきたい。基礎基盤の定義、何故今軽水炉か、どういう部分に絞り込むのかについて、ニーズ側と技術側の両方の立場のすり合わせが必要。

5.11 新政策大綱策定への提言

久語幹事より、資料「特 01-11」に従い、新政策大綱策定への提言の案が説明された。軽水炉利用の目指すべき方向として長期利用と国際展開を挙げ、それを支える基礎基盤研究の課題を整理し、国に期待する役割等が示された。主なコメント等は以下の通り。

- ・(山本委員) 計算コードの国産化は「研究」と言うより「技術基盤の維持」という意味合いではないか。両者が混じって課題として挙げられていて混乱するのではないかという印象。「研究」は分からないことを調べること。「技術」は公知のものを基盤として維持することだ。
- ・(森山オブザーバー) 安全規制に必要なコードは JNES が発注すればよいが、そのためには研究が必要。こういった観点から基礎基盤研究が何故大事であるかを示すべき。
- ・(阿部委員) 安全規制体系の整備は研究ではなく、そのために行う基盤の研究が重要である。
- ・(森山オブザーバー) 日本の原子力が国際競争力を維持するのに、基礎となる研究が無くては戦えないのではないか。何かあった時に問題を解決するだけの基盤があるのか。本来持つておくべきものが無くなって、競争力を失っているのではないか。「外国から買ってければ良い」とするのか。
- ・(千種委員) 現在の政策大綱では基礎的・基盤的な研究開発活動を「分野横断的に支え、その技術を高い水準に維持(①)したり、新しい知識や技術概念を獲得・創出(②)する目的で行われ、研究者・技術者の養成(③)にも寄与する」とされている。この①～③の3項目に焦点を当てて整理するのが良い。
- ・(河原主査) ニーズ側からみて欠けているものを整理する分科会等が必要かもしれない。
- ・(守屋委員) 基礎基盤の必要性を言うのに、海外展開に寄り掛かり過ぎていると感じる。パッケージ型輸出に関連して基礎基盤で重要なのは人材育成。いかに早く育てられるかが重要。場所が提供できるということも日本のメリットである。国産コードに関しては、これまで戦略なしで開発してきたツケが現れている。日本で使用していないコードを売ることはできない。まず、自分たちが使っていく体制を制度的にも整えるべき。政策課題がまずあり、そのために基礎基盤研究をどう展開するのか、何が欠けているのか、指摘を明確化すべき。
- ・(山下幹事) 現在の政策大綱に対応して整理することに賛成。研究開発段階にも呼応させれば良い。海外展開のための課題を整理すべき。
- ・(守屋委員) 海外展開の課題は、新興国を対象にするのか、既導入国である欧米を対象にするのかで大きく異なる。米国には SC 構造の規格が無いので、基準を持つて行く必要がある。新興国へは如何に早く導入してもらうかが重要で、そのために何が必要かの議論をするべき。相手によって整理すべき。
- ・(河原主査) 海外展開した時に、海外で何かあっても日本でも解決できないということにならないようにすべき。
- ・(平井委員) 今ある技術を少し変えるだけでもその基盤技術が無いと変えられない。そういうリクエストに、今だけでなく将来的にも対応できるようにすることが重要。

- ・（河原主査）なぜ軽水炉でなぜ基礎基盤なのか、ニーズと「何が欠けているのか」という面を明確にすべき。一方で基礎基盤の担い手である JAEA と大学でできるかといった視点と海外展開を支える基礎体力があるかといった視点からの整理が必要。これらを区別しながら幹事団で検討していく。協力要請もしていく。場合によっては分科会を開くようなことも考えていきたい。

5.12 その他

次回は4月15日（金）の13:00～16:00に航空会館で開催することとした。

第2回「軽水炉に係る基礎基盤研究の検討」特別専門委員会 議事録

1. 日時 平成23年10月27日(木) 10:00~12:00

2. 場所 電力事業連合会 1801会議室

3. 出席者(敬称略)

委員:河原(日立GE、主査)、久語(JAEA、幹事)、塩谷(関電、千種幹事代理)、阿部(安全部会)、岡嶋(JAEA)、四柳(東芝、橘川委員代理)、佐治(三菱重工)、古谷(電中研、植田委員代理)、田中(エネ総工研)、平井(NFD)、与能本(JAEA、更田委員代理)、峯尾(JAEA)、守屋(日立GE)(以上13名) [欠席:野口(JNES)、四竈(東北大)、関村(東大)、中島(京大)、山中(阪大)、山本(名大)]

オブザーバー:篠崎(文科省)、正岡(文科省)、宮下(経産省)、鶴(電事連)、津山(電工会)、富永(日立)、松浦(日立GE)、吉津(三菱重工)、江里口(東芝)、宮野(法政大)、小嶋(JNES)、小川(JAEA)、村松(JAEA)、河村(JAEA)、大井川(JAEA)(以上15名)

4. 配布資料

特02-01:第1回「軽水炉に係る基礎基盤研究の検討」特別専門委員会 議事録
特02-02:「軽水炉に係る基礎基盤研究の検討」特別専門委員会の活動再開について
特02-03:「軽水炉に係る基礎基盤研究の検討」特別専門委員会の再開後の進め方(案)
特02-04:福島事故を踏まえた軽水炉に係る基礎基盤研究
特02-05:新原子力政策大綱の策定への提言(案)
参考資料:福島第一原子力発電所 中長期措置に係る研究開発項目について

5. 議事

5.1 主査挨拶

河原主査より、委員会再開に際して、今般の事故で原子力の基礎基盤が重要であることが一層明らかとなったこと、学会活動らしく忌憚ない意見を出してほしいこと、それによる原子力の足腰の強化を成果として出していきたいこと等が述べられた。

5.2 資料確認と委員交代について

配布資料確認の後、委員の異動等による交代について諮られた。山下幹事が異動により委員を辞退するため、千種委員が幹事を務める。曾根田委員と村上委員は異動のため、新たに植田氏と野口氏に委員を委嘱する。大橋委員は都合のため委員を辞退するが、新たに岡本氏に委員を打診する。

5.3 前回議事録確認

久語幹事より、資料「特 02-01」に従い、2月10日にあった第1回委員会の議事録の確認があった。

5.4 活動再開について

河原主査より、資料「特 02-02」に従い、委員会再開の趣旨について説明があった。

5.5 再開後の進め方について

久語幹事より、資料「特 02-03」に従い、テーマの再設定と今後の各回の委員会の進め方について提案があった。テーマについては、①事故復旧と廃止措置に関わる基礎基盤研究、②軽水炉の安全性の継続的な向上のための研究、③高度な安全性を実現するための革新的技術の創出を支える基礎基盤研究 の3項目を設定し、今後、来年8月までに4回の委員会を開催して報告書を取りまとめる案である。また、政策大綱策定のタイミングを見計らいながら、提言を出していく。主な質疑、コメントは以下の通り。

- ・(守屋委員) テーマはこれまでのものに追加するのか。安全ばかりが基礎基盤ではない。
- ・(河原主査) くくり方を変えた。①は福島に、②は現行炉に、③は将来炉を見据えたものである。
- ・(阿部委員) 知識だけでなく、制度や人材の基盤が重要である。
- ・(河原主査) 拡散しないように留意しつつ、制度や人材の視点も考慮すべきと思う。
- ・(篠崎オブザーバー) 国では、年内に原子力の取扱いをエネルギー環境会議が中心にまとめ、3月に政策オプションを示し、夏に新政策大綱を固めるという流れで、それに合わせる必要がある。基礎基盤研究には規制のためのものとそれ以外の例えば安全性向上のためのものがあるので、その整理をしてもらいたい。また、モニタリングや計測機器といった炉周り以外に社会的ニーズがあることにも留意が必要だ。
- ・(小川オブザーバー) 学会には「原子力安全」調査専門委員会があり、どこでどの議論を行うべきか、学会において整理すべき。
- ・(河原主査) 「原子力安全」調査専門委員会の成果を参照して整理していきたい。
- ・(篠崎オブザーバー) 原子力の今後のオプションによって影響を受ける部分があるので、その仕分けをしておくことが必要。
- ・(田中委員) 世界では原子力利用に積極的な動向であり、アジアを巻き込んだ共同研究や、規制のモデル提示等のソフト的な研究も含め、国際責務を果たすためにやるべきことは多い。
- ・(小川オブザーバー) テーマ設定は時間とともに動いても良く、臨機応変に対応すべきだろう。

5.6 福島第一原子力発電所事故を踏まえた軽水炉に係る基礎基盤研究

久語幹事より、資料「特 02-04」に従い、福島第一原子力発電所事故を踏まえた軽水炉に係る基礎基盤研究の項目をテーマ①～③に仕分けた例が説明された。主な質疑、コメントは以下の通り。

- ・(佐治委員) 基礎基盤研究に対する認識にずれがある。資料で挙げられているのは安全研究や目的研究ばかりに見える。核データや崩壊熱のための FP データ等は今回の事故でも重要な役割を果たした。本当の基礎基盤研究に注目すべきだ。
- ・(河原主査) 改訂して行くためのたたき台であるので、どんどん意見を頂きたい。
- ・(田中委員) ショッピングリストを並べた印象であり、もっと掘り下げるべきだ。
- ・(阿部委員) 基礎基盤研究はだれがやるのが重要である。②に仕分けられている項目は当面の規制のニーズに役立つものは無いようであるが、人材育成には役立つ。
- ・(守屋委員) 広い基礎基盤が最初にある中で、その中で福島で重要になったものはどれかという整理はあるかもしれないが、この資料では福島からスタートしており、他の委員会との差別化ができない。
- ・(河原主査) 再整理するので、いろいろな委員の意見が欲しい。
- ・(津山オブザーバー) どのような種類の人材をどのくらい残すかが重要。事故時の放出をいかに少なくするかを考えることでプラントエンジニアは残せると考える。
- ・(守屋委員) 防災対応の専門家の育成を盛り込みたい。
- ・(田中委員) ここしばらく国際的な場で安全思想の整理をやる人が出てきていない。
- ・(阿部委員) 基礎基盤研究も大きな意味でニーズにつながっていないといけない。安全研究者がやりたい研究が並んでいる印象だ。ニーズの同定からやってほしい。
- ・(小川オブザーバー) この資料のタイトルが適切ではないかもしれないが、ここではボトムアップよりもニーズオリエンテッドを整理した。しかし、基礎基盤研究に携わる研究者の考えるニーズは適正ではないかもしれないので、意見を頂きたい。
- ・(阿部委員) 核データや遮蔽等は継続しておく必要がある。津波、火災、航空機落下等、これまでにやってこなかった項目も必要。
- ・(小川オブザーバー) 全体に見える人がいないのも問題だ。トータルな視点で構築していくための意見も頂きたい。
- ・(宮下オブザーバー) 政府としては、福島の見点は外せないところ。また、目先だけでなく、原子力に夢を与えられるものもあってほしい。それが将来の人材確保につながる。
- ・(篠崎オブザーバー) 福島を踏まえた軽水炉と言うとほとんど安全研究にならざるを得ない。その他に、保障措置、廃棄物、防災等もある。全体マップを作って整理することが必要ではないか。また、規制側の立場でトップダウン的に必要なアイテムを考える人が必要。外国に任せるとの割り切りもある。規制側と推進側の整理も

必要。P7 にはプラント以外も入っているが、除染、廃棄物貯蔵、農産物への吸収等にも社会ニーズはある。

- ・(河原主査) 幹事会で議論するので、安全研究のニーズ等を挙げてもらいたい。
- ・(塩谷幹事代理) 電気事業者としては現有発電所を使っていく研究が重要と考えており、ソフト面も人材面も入れていってほしい。

5.7 その他

本日の議論を踏まえ、幹事会を中心に議論して行くこととした。次回委員会の日程は未定。

第3回「軽水炉に係る基礎基盤研究の検討」特別専門委員会 議事録

1. 日時 平成24年1月17日(火) 10:00~12:00

2. 場所 電気事業連合会 1802会議室

3. 出席者(敬称略)

委員:河原(日立GE、主査)、久語(JAEA、幹事)、阿部(安全部会)、岡嶋(JAEA)、岡本(東大)、橘川(東芝)、佐治(三菱重工)、植田(電中研)、田中(エネ総工研)、平井(NFD)、更田(JAEA)、峯尾(JAEA)、守屋(日立GE)(以上13名) [欠席:千種(関電)、野口(JNES)、四竈(東北大)、関村(東大)、中島(京大)、山中(阪大)、山本(名大)]

オブザーバー:生川(文科省)、正岡(文科省)、宮下(経産省)、鶴(電事連)、津山(電工会)、富永(日立)、松浦(日立GE)、吉津(三菱重工)、四柳(東芝)、宮野(法政大)、小嶋(JNES)、小川(JAEA)、村松(JAEA)、河村(JAEA)、中村(JAEA)、大井川(JAEA)(以上16名)

4. 配布資料

特03-01:第2回「軽水炉に係る基礎基盤研究の検討」特別専門委員会 議事録

特03-02:第2回委員会での委員発言に基づく課題リスト

特03-02 補足:基礎基盤研究の定義の整理

特03-03:国の政策策定の状況について

特03-04:原子力関連技術開発戦略マップと分析

特03-05:福島事故を踏まえた軽水炉安全規制の視点からの研究課題

特03-06:産業界からの基礎・基盤研究への期待

特03-07:軽水炉に係る研究課題と関連する研究分野

特03-08:報告書の目次案

5. 議事

5.1 主査挨拶等

河原主査より、タイミング良く提言を出していくために委員各位の協力を得たい旨の発言があった。

新たに加わった委員として植田委員及び岡本委員の紹介が、オブザーバーの交代として文部科学省の生川課長の紹介があった。岡本委員より、我が国では原子力に関するソフトウェアが脆弱であることに危惧を抱いているとのコメントがあった。また、河原主査より、文部科学省の森山審議官からのコメントとして、現在の基礎基盤研究で欠けている部分等を明確化すべきと言われている旨の紹介があった。

河原主査より、本日は時間も限られているので、全ての資料の紹介を終えてから議論をする旨の方針が示され、了承された。

5.2 前回議事録確認等

久語幹事より、資料「特 03-01」の前回議事録の確認があった。

また、前回において委員等からあった指摘事項等について、資料「特 03-02」に従い、項目毎に分類し、委員会としての「考え方と対応」の案が示された。

これに関連して、大井川オブザーバーより、資料「特 03-02 補足」を用いて、基礎基盤研究の定義の再確認及び委員会での議論の進め方の提案があった。

5.3 国の政策策定の状況について

久語幹事より、資料「特 03-03」に従い、エネルギー・環境会議、総合資源エネルギー調査会、原子力委員会、原子力災害対策本部等における政策検討・策定の状況及び今後のスケジュールについて紹介があった。

5.4 学会等に設けられた他組織における検討の状況について

宮野オブザーバーより、資料「特 03-04」に従い、原子力関連技術開発戦略マップに関するこれまでの取組と、今後の展望について説明があった。既存の各マップ作成の取組は、震災以降は見直しが必要なものが多い現状が示された。また、震災以降に新たに加わったプラントの課題として「シビアアクシデント対策」、「運転プラントのシステム安全」、「バックフィット方法」、「津波対策」等が挙げられ、既に議論が開始されているとのことである。また、周辺の課題として、「除染方法」、「放射線研究」、「ロボット・自動機」、「事故プラント処理・処分技術」、「廃炉技術」等が挙げられた。

5.5 軽水炉利用に係る研究課題について

大井川オブザーバーより、資料「特 03-05」に従い、阿部委員作成資料及び同委員からのヒアリングにより抽出した安全規制の課題並びに安全研究のあり方と基盤確保の重要性について説明があった。規制当局にとっての最大のニーズの一つは、常に規制当局を支援する技術者集団が存在することであり、短期的なニーズだけでなく、施設維持を含めて、基礎的な研究が維持されることが重要とのことであった。

松浦オブザーバーより、資料「特 03-06」に従い、産業界からの基礎基盤研究への期待が示された。極限的な過酷事故の発生により、基礎基盤研究の持つメカニズム解明の機能のニーズがより高まったこと、新知見につながる研究開発を進めることは人材育成等にも重要であること、日本発信の規格・基準の整備等のためには基礎基盤研究が必要であること、等が強調された。強化すべき事項として複合現象の解明・評価手法の確立が、追加すべき事項として放射線影響研究が挙げられた。

久語幹事より、資料「特 03-07」に従い、軽水炉に係る研究課題と関連する研究分野

の整理について説明があった。震災前に作成した軽水炉長期利用と国際展開に係る項目の整理を例に、安全性向上、セキュリティ対策強化、福島第一原子力発電所の中長期措置、バックエンド及び放射線防護について同様の整理を行うことが提案された。

5.6 報告書の目次案について

久語幹事より、資料「特 03-08」に従い、報告書の目次案と、それに沿った委員会での議論の進め方が示された。次回委員会では軽水炉に係る基礎基盤研究の現状と課題を整理するとともに、Executive Summaryの作成を目指すことが提案された。

5.7 主な意見等

- ・(阿部委員) 安全研究は規制のための目的研究だが、規制にとって基盤の保持は大目的の一つである。安全規制の独立性は必要だが、安全研究の独立性は不要であり、国外でも規制機関と産業界が協力している。但し、成果の判断では独立性が必要。最近の軽水炉の寿命に関する政府見解等に対して、学会が声明を出すべきだ。
- ・(更田委員) 高経年化対策が材料に偏っているが、設計の高経年化がバックフィットとの関連でも重要だ。
- ・(更田委員) 新大綱策定の当面の進め方として「将来の原子力発電規模にかかわらず必要な取組を優先」とあるが、当委員会での炉周りを中心とした検討方針と整合していないのではないか。使用済燃料のサイト内貯蔵や土壌からのセシウム除去の方が喫緊の課題ではないか。
- ・(小川オブザーバー) 基礎基盤研究がセシウム除去等に貢献するのは当然である。当委員会は軽水炉の現場と基礎基盤研究が乖離してしまったことを危惧して始まっており、その問題意識からあまり離れない方が良いのではないか。
- ・(河原主査) 序論において「除染は範囲から外す」と書くことで検討範囲を明確化する。
- ・(阿部委員) 研究の観点では炉周りを中心とするので良いが、炉周り以外が弱すぎると感じている。防潮堤は安全設計でどう位置付けるか決まっていない。福島第一原子力発電所事故ではソフトを動かすためのハードが機能しなかった。
- ・(阿部委員) 分野間連携の希薄化にも危惧を感じる。
- ・(守屋委員) 基礎基盤研究の定義にも関わることだが、目的がある研究は黙っていてもお金が付くが、フォーカスされない部分が脆弱化し、そういうところが次に問題を起こすことになる。絶対に保持すべきなのはどこか、その技術と人をどう保つべきかを議論すべき。シミュレーションや計測などが挙げられる。資料「特 03-04」の p.4 の進め方は良いと思う。
- ・(宮野オブザーバー) 基礎基盤研究を目的研究にうまく滑り込ませる工夫も必要だ。
- ・(岡嶋委員) 分野横断的に研究することも大事だ。
- ・(岡本委員) シミュレーションと実験は一对一で必要だ。また、セキュリティの観点から弱かったと思うが、公開できるのか疑問だ。弱点をさらけ出すことになる。

- ・(更田委員) 事故前から、シビアアクシデントが起こるとしたら外的事象と考えていた。欠けているのはマンメイドの事故、セキュリティだ。
 - ・(田中委員) セキュリティについては JAEA で取り組んでいると思うし、近藤委員長も取り組んでいた。指摘するに留めてはどうか。
 - ・(宮野オブザーバー) 米国では現場の議論をキチッとやっている。安全を守るためには我が国でもセキュリティの議論をしっかりやるべき。次はテロが危惧される。
 - ・(鶴オブザーバー) 電事連でもセキュリティの議論は行っているが、情報管理には気を使っている。明日の新大綱策定会議において今まで出された委員の意見を踏まえた論点、ならびに今後の進め方が示されると思う。意見の一つとして、想定外の事象が無くなることは無いことを肝に銘じるべしというものがあったと思うが、私どもはそれと共に、その想定外の部分を少なくしていく努力が必要と認識。大綱会議での説明は、わかりやすく、説得性、納得性が必要で、例えば、顕在化し検討が行われている問題はある意味想定内のものだが、基礎基盤研究にはそれ以外のところも含めて支え、想定外の部分を少なくしていく役割もあるといったような整理ができないか。技術基盤維持の重要性については電事連からも発言している。
 - ・(田中委員) セキュリティについては IAEA の CSS で議論されている。
 - ・(守屋委員) 本当に必要であれば、クローズドでも議論すべき。
 - ・(小川オブザーバー) 基礎基盤研究で大事なものは、ニーズに応えるだけでなく、人が見ていないところに取組む自発性だ。セキュリティについては、外務省や防衛省との連携が必要で、科学的基礎を持った人が他の分野と交流することが重要だ。
-
- ・(河原主査) 今後のまとめ方についてはどうか。次回では Executive Summary をまとめたいと考えている。
 - ・(宮野オブザーバー) 産業界が JAEA に予算を出して基礎基盤研究を支える仕組みの必要性を書けないか。
 - ・(佐治委員) これまで JAEA と人材交流等をやってきている。現状においては産業界が抱える課題もあり、側面支援にならざるを得ないと言うのが率直なところだ。
 - ・(宮野オブザーバー) プラントを作っていない状況では研究開発はできない。
 - ・(阿部委員) 福島第一原子力発電所事故はあったが、それを反映して安全性が向上し、国内でも受け容れられるようになったことを示さないと国際展開は困難だろう。
 - ・(河原主査) 現在、東南アジアへの出張が増えているが、マレーシアでは、プラントを日本に任せれば自ずと福島の Lessons Learned が反映されているはずと思われる。
 - ・(更田委員) 福島第一原子力発電所事故を考えた時、人的因子、組織因子、安全文化等をスコープに入れるか検討すべき。
 - ・(田中委員) 多重防護の考え方等、日本発信の思想がないのではないか。多重防護の深化がなおざりになっている。
 - ・(更田委員) WENRA では「継続的改善にコミットする」としており、それこそが研究の

目指すところではないか。

- ・(田中委員) 目次案の第3章の最初に「長期利用と国際展開」が挙がるのは如何なものか。国際貢献とすべき。
- ・(守屋委員) 体制に関する実情の整理が必要だろう。既に全ての研究機関で止められている項目、金材研等の JAEA 以外の研究所の現状、原安協でかつて行われていた低線量被ばくに関する取組等、現状のあぶり出しが重要だ。
- ・(更田委員) 基礎基盤研究においてはある程度の研究の重複は問題ない。余裕に通じる部分であり、想定外の事象への対処に役立つ。クロスカッティングも重要な視点だ。
- ・(宮野オブザーバー) 津波関連の委員会を開いても、原子力の人は他の分野の人と交流しない傾向があり、懸念される。
- ・(河原主査) 放射線の人体への影響の研究等でも同様の傾向があるようだ。
- ・(守屋委員) 交流が途絶えると、他所での活動が分からなくなる。クロスカッティングは重要な視点だ。全てをつなぐ活動が重要である。
- ・(阿部委員) 安全部会では2月17日にセミナーを開催する。原子力では横のつながりが弱いと感じる。
- ・(津山オブザーバー) 安全研究で独立性が必要と言っているのは日本だけだ、世界が10×10燃料なのに日本だけ9×9燃料なのは10年遅れている。より軽水炉を高度化するための基礎基盤研究が必要ではないか。
- ・(植田委員) 基礎基盤研究に予算を付ける省庁の担当者の任期が短いのではないか。10年先にどう育てるのかの視点が必要だ。

5.8 その他

本日の議論で言い足りないところ、その他のコメント等を幹事まで送るよう要請があった。次回委員会の日程は未定。

第4回「軽水炉に係る基礎基盤研究の検討」特別専門委員会 議事録

1. 日時 平成24年3月27日(火) 13:30~16:30

2. 場所 電気事業連合会 1801会議室

3. 出席者(敬称略)

委員:河原(日立GE、主査)、久語(JAEA、幹事)、奥本(関電、千種幹事代理)、阿部(安全部会)、岡嶋(JAEA)、江里口(東芝、橋川委員代理)、佐治(三菱重工)、四竈(東北大)、関村(東大)、植田(電中研)、田中(エネ総工研)、中島(京大)、更田(JAEA)、峯尾(JAEA)、野口(JNES)、守屋(日立GE)、山本(名大)(以上17名) [欠席:岡本(東大)、平井(NFD)、山中(阪大)]

オブザーバー:舟木(経産省)、宮下(経産省)、安良岡(経産省)、鶴(電事連)、津山(電工会)、小嶋(JNES)、松浦(日立GE)、吉津(三菱重工)、宮野(法政大)、小川(JAEA)、河村(JAEA)、大井川(JAEA)(以上12名)

4. 配布資料

特04-01:第3回「軽水炉に係る基礎基盤研究の検討」特別専門委員会 議事録

特04-02:第3回委員会での主な発言の整理

特04-03:軽水炉に係る研究課題と関連する研究分野

特04-04:基礎基盤研究の現状と課題

特04-04補1:原子力機構における予算と人員の現状と課題

特04-04補2:軽水炉に係る基礎基盤研究のための実験施設の現状と課題

特04-05:東京大学大学院工学系研究科原子力国際専攻における教育プログラムと人材育成

特04-06:シミュレーション&モデリング 原子力安全を担保する基盤

特04-06補:PSAとシビアアクシデントに係るシミュレーションについて

特04-07:軽水炉に係る基礎基盤研究の課題と強化について(案)

特04-08:原子力発電所の安全対策高度化のための技術開発・基盤整備について

参考:報告書目次案

5. 議事

5.1 主査挨拶等

河原主査より、今回委員会の後、2回の委員会で成果を取りまとめるので、活発な議論をお願いしたい旨の発言があった。資料確認の後、河原主査より、本日は盛りだくさんなので議論を3つに分けて行うとの方針が示された。

5.2 前回議事録確認等

久語幹事より、資料「特 04-01」の前回議事録の確認があった。

また、前回において委員等からあった指摘事項等について、資料「特 04-02」に従い、項目毎に分類し、委員会としての「考え方と対応」の案が示された。

5.3 軽水炉に係る研究課題の整理について

久語幹事より、資料「特 04-03」に従い、これまでの議論に基づいた研究課題の整理として、「安全性の高い軽水炉技術の構築と国際貢献」、「セキュリティ対策」、「福島第一原子力発電所の中長期措置」、「バックエンドの着実な実施」及び「放射線防護の高度化」が挙げられ、それぞれに対して基礎基盤研究が取り組むべき事項等が表の形で示された。

5.4 基礎基盤研究の現状と課題について

久語幹事より、資料「特 04-04」に従い、「核データ・炉物理」、「熱水力」、「構造・耐震」、「燃料」、「材料・炉化学」、「環境・放射線」、「バックエンド」及び「その他」の各分野毎に整理した基礎基盤研究の現状と課題並びに保持すべき基盤等が示された。また、事務局より、資料「特 04-04 補 1」に従い、原子力機構における基礎基盤研究の現状と課題として、予算及び人員の推移の説明があった。さらに、峯尾委員より、資料「04-04 補 2」に従い、実験施設の現状と課題として、施設の老朽化・設備の陳腐化、人材の維持・育成、施設の維持管理、許認可等に係る問題点の指摘があった。

5.5 大学における人材育成の現状と課題について

関村委員より、資料「特 04-05」に従い、東京大学原子力国際専攻の教育研究、福島第一原子力発電所事故の反映等について説明があった。社会技術化能力の不足や構想力と俯瞰力の不足が事故の背景にはあり、今後の人材育成に反映すべきであると強調された。また、国際貢献というよりも国際的な求心力を持つべきであること、学際的な研究が必要であることなどが示された。

5.6 ここまでの議論

- ・(河原主査) 基礎基盤研究が大変な状況であることが認識されたかと思う。未来志向の議論をしてほしい。
- ・(四電委員) 記載内容について足りないところを指摘するのか。
- ・(河原主査) 課題を明確にすることが目的だ。
- ・(守屋委員) 今日の資料では原子力機構の状況が示されたが、黄金時代には金材研や大学にも活動があり、それらはもっと活動が低下していると思われる。なぜ、過去において基礎基盤研究を大切にしなかったのか、システムティックに全体を見なかったのかを振り返るべき。全体として実態を明確化すべきだ。
- ・(阿部委員) 今日の資料では予算をつけたいとは思えない。実社会にどう役立つかの視

点が抜けている。

- ・(小川オブザーバー) ニーズが重要なのは理解できるが、それだけでは不十分であり、ニーズの手前を掘り起こすことが必要だ。トップダウンとボトムアップの両者が必要だ。
- ・(阿部委員) トップダウンとボトムアップをどう組み合わせるかが重要だ。
- ・(守屋委員) これまで出口戦略が明確でなかったことが問題だ。JENDLを作ったらそれを日本では使うんだという強い意志が必要だった。
- ・(佐治委員) 出口戦略がなかったとすればその理由を検討すべきだ。JENDLを軽水炉に使わなかったのは他に理由があるのではないか。
- ・(守屋委員) 日本は軽水炉を外国から導入し、原研の研究をどう使うかを考えなかったのが一因ではないか。
- ・(河原主査) リーダーの不在によりミスマッチが生じたのではないか。国、大学、メーカーでの基礎基盤研究の状況を調査したいと考える。
- ・(関村委員) 軽水炉導入からその安全性を高める中で黄金期があったとしても、今、そこに戻ることを志向すべきではない。ボトムを支える部分をどうデザインするか、個別ではない共通目的をどう設定するのが重要だ。かつて軽水炉はプループンで研究することはないといわれていた。
- ・(宮野オブザーバー) 本日の資料では事故を踏まえて原子力機構がこうしたいという方向性が見えない。予算や人員が削減されているのは、それでよかった、手を打ってこなかったということと思われる。今の状況で何が必要という議論が要るのではないか。
- ・(更田委員) 原子力機構に何が期待されるのかを明確にすべき。
- ・(宮野委員) 日本全体が原子力を必要と思っていない状況で、原子力機構が必要だと言わないといけない。
- ・(河原主査) 事故を踏まえて基礎基盤が問題だと考えた。国にも納得してもらうために現状整理が必要であり、前回と今回で一緒に就いた。後ほどのExecutive Summaryで意見を反映させたい。
- ・(佐治委員) 軽水炉の導入にあたって我が国には基礎基盤がなかったがうまくいった。しかし海外展開しようと思うと、導入元がデータを出さなくなり、頼れなくなり、基礎基盤の脆弱性が露呈した。これがこの委員会設立の趣旨だった。
- ・(守屋委員) その反省に基づき、軽水炉に係る基礎基盤研究をしっかりと日本のものとして立ち返らせるべきだ。
- ・(阿部委員) 福島第一原子力発電所事故以降、基礎基盤が弱体というだけでなく、実プラントと基礎基盤研究をつなぐ安全研究が弱体だったことが露呈した。元々脆弱だったところが事故によって顕在化した。
- ・(山本委員) 脆弱化には理由があるはずで、その原因を明確化して対策を施さないとまた元に戻る。
- ・(河原主査) 電気事業者とメーカーで軽水炉をやってきたが、原子力機構を軽く見てい

たのではないか。

- ・(守屋委員) 原研の ROSA 等の取組を産業界とコンタミさせないようにすべきという考えがあったかもしれない。
- ・(関村委員) 個々の基礎基盤研究は高いレベルにあったとしても、全体としてビジネスモデルがなかった。総合的な基礎基盤研究がフロントランナーになるのを支える構図を描くべき。
- ・(四竈委員) 社会的な側面も含め、我々は本当にフロントランナーになる資質があるか。あまり前のめりにならないようにすべき。
- ・(更田委員) 人員や予算が減っているといても仕方がない。
- ・(中島委員) また言ってると思われない訴え方を工夫すべき。

5.7 我が国におけるシミュレーション技術の現状と課題について

岡嶋委員より、岡本委員が用意した資料「特 04-06」に従い、シミュレーションとモデリングの現状と課題について説明があった。福島第一原子力発電所事故前からの課題として V&V の標準化、国産独自コード開発、V&V 用精度保証付実験データベースが挙げられ、さらに事故によって人材育成とシビアアクシデント解析が加わったことが示された。また、阿部委員より、資料「特 04-06 補」に従い、シビアアクシデントの発生頻度とコンシケンスの評価には大きな不確実性があり、PSA の結果はそれをクライテリアと比較して是非を判断するようなことは不適切で、決定論的規則に反映する努力が必要であること、解析コードの開発は技術力の維持に役立つので継続的に実施すべきであるが、個別現象の詳細モデルを作っても、全体としての精度の向上にはつながらないこと等が述べられた。

これに対し、以下のような質疑・コメントがあった。

- ・(更田委員) 条件付き PSA の結果を決定論的な規制に反映するのは喫緊の課題であるが、具体的な考えがあるか。
- ・(阿部委員) 米国の安全目標の当初の利用法を踏襲するものであるが、PSA を実施してあるプラントではクライテリアを満足し、あるプラントでは満足しないというようなことが起こった時に、どういう決定論的ルールにすれば良いかと考えることが必要である。
- ・(田中委員) SAMPSON は総合コードであるが専門家の判断をサポートするものとして位置付けている。あまり寄りかかってはいけなないと考えている。専門家の判断を含めてモジュールをつなげる努力をしていくことが必要だ。
- ・(阿部委員) モジュールを変えた時の影響を知ることはいいことだ。

5.8 Executive Summary について

久語幹事より、資料「特 04-07」に従い、これまでの議論の整理として、検討の経緯、基礎基盤研究の担うべき役割、軽水炉利用に係る研究課題の例、軽水炉に係る基礎基盤

研究の現状と課題並びに在り方・進め方についての要約案が説明された。今後、事務局から電子データを委員等に送り、コメント等を集約していくこととした。

また、宮下オブザーバーより、資料「特 04-08」に従い、資源エネルギー庁における軽水炉の安全対策高度化のための技術開発・基盤整備の取組について説明があった。福島第一原子力発電所事故を踏まえた教訓や既設炉への対策を念頭に、いくつかのテーマについて予算措置を検討しているとのことであった。補足として、舟木オブザーバーより、これまで原子力を推進する中でコンシステントに基礎基盤研究をやっとなかったとの反省に基づき、本事業では、安全と人材の確保、学生に夢を持ってもらう機会の提供等を目的とし、文科省や原子力機構との連携も図っていく旨の説明があった。また、原子力以外の分野との連携や実用化のターゲットを明確化した取組が求められるとのことである。

これに対し、以下のような質疑・コメントがあった。

- ・(阿部委員) 関係者が自分のできる思い付きばかりやってきた結果が福島第一原子力発電所事故であり、今後は、思いつきでなく、欠けていたことをやっていくことが必要。事故の前と同じアプローチではいけない。外的事象への対策は不十分であった。また、現在の計装はシビアアクシデント状況下では信憑性がない。
- ・(関村委員) 技術戦略マップをどこが担うべきなのか、学会としてどうローリング体制を作るのが重要。
- ・(宮野オブザーバー) 技術戦略マップの議論は開始されたものと理解している。
- ・(関村委員) 安全部会で横をつなぐ機能が果たせると考える。
- ・(小川オブザーバー) 個別に上がってくる課題はダメということになると自縄自縛に陥って動かなくなる。個別課題への取組をトレーサビリティを確保しながら進めるべきであろう。

5.8 その他

河原主査より、基礎基盤研究の弱体化の原因について整理が必要であり、サブ・コミッティーを設けるべきであるとの意見が述べられ、拡大幹事会メンバーに大学から人を入れて検討していくことが承認された。次回委員会の日程は未定。

第5回「軽水炉に係る基礎基盤研究の検討」特別専門委員会 議事録

1. 日時 平成24年6月14日(木) 10:00~12:20

2. 場所 電気事業連合会 1801会議室

3. 出席者(敬称略)

委員:河原(日立GE、主査)、久語(JAEA、幹事)、奥本(関電、千種幹事代理)、阿部(安全部会)、四竈(東北大)、関村(東大)、植田(電中研)、田中(エネ総工研)、中島(京大)、平井(NFD)、更田(JAEA)、峯尾(JAEA)、守屋(日立GE)、(以上13名) [欠席:野口(JNES)、岡嶋(JAEA)、岡本(東大)、橘川(東芝)、佐治(三菱重工)、山中(阪大)、山本(名大)]

オブザーバー:正岡(文科省)、宮下(経産省)、安良岡(経産省)、鶴(電事連)、津山(電工会)、小嶋(JNES)、松浦(日立GE)、吉津(三菱重工)、宮野(法政大)、大井川(JAEA)(以上10名)

4. 配布資料

- 特 05-01: 第4回「軽水炉に係る基礎基盤研究の検討」特別専門委員会 議事録
- 特 05-02: 軽水炉に係る基礎基盤研究の課題と強化について
- 特 05-03: 第4回委員会での主な発言の整理
- 特 05-04: 基礎基盤研究の弱体化
- 特 05-05: 基礎基盤研究のあり方、進め方について
- 特 05-06: 東京電力福島第一原子力発電所事故後の国際動向を踏まえた軽水炉基礎基盤研究のあり方(論点)
- 特 05-07: 報告書(ドラフト)

5. 議事

5.1 主査挨拶

河原主査より、最終回である第6回委員会へ向け、議論を集約していきたい旨の発言があった。

5.2 前回議事録確認等

資料確認の後、久語幹事より、資料「特 05-01」の前回議事録の確認があった。

5.3 原子力委員会の大綱策定会議の報告

河原主査より、資料「特 05-02」について、5月29日の大綱策定会議に提出し、その説明者として出席したが、核燃料サイクル政策の議論の進め方や大綱策定会議の構成員

の妥当性等に関して会議が紛糾したため、説明の機会が無かったことが説明された。今後、大綱策定会議の再開時期については不明であるとのことであった。

5.4 前回の主な発言事項の確認

久語幹事より、前回において委員等からあった指摘事項等について、資料「特 05-03」に従い、整理が示された。これに対し、以下のような質疑応答があった。

- ・(阿部委員) 安全研究と基礎基盤研究の関係が曖昧だ。基礎基盤研究は安全に役立つものだけではない。
- ・(河原主査) 両者が混同されないように報告書に記載したい。

5.5 基礎基盤研究の弱体化について

久語幹事より、資料「特 05-04」に従い、原子力に関わる人材の推移のデータ、軽水炉導入からその高度化にかけての基礎基盤研究との関わりの経緯、研究資金の推移等が示された。これに対し、以下のような質疑応答があった。

- ・(更田委員) この資料に出てくる研究は基礎基盤研究とは思えない。また NUPEC や JNES が実施していたのは規制研究である。このデータで基礎基盤研究の弱体化を示すのには無理がある。
- ・(守屋委員) 軽水炉技術と基礎基盤研究の関わりの経緯の記載が圧縮され過ぎているのではないか。重要なのは、省庁再編により国の研究機関の研究対象は高速炉に集約されたこと、メーカーが米国企業からの技術導入を進めたため国の研究機関への依存が少なくなったこと、軽水炉の改良標準化を通産省と産業界で進めた際に国の研究機関への期待が小さかったことの3点だ。安全研究には人材のリカバーの意図もあった。
- ・(四竈委員) 原子力機構の予算推移は、基礎基盤研究を担う一般会計が半減し、しかも大半が量子ビーム等に吸い上げられたことを示している。
- ・(更田委員) 原子力機構の行う安全研究は大半を保安院からの受託で行っている。より普遍性のある基礎基盤研究の必要性について議論すべき。
- ・(植田委員) 電中研では、研究課題を基盤課題と応用課題に位置付けている重点課題ないしは重点プロジェクト課題に分けている。紹介いただいた課題の全ては重点プロジェクト課題である。高経年化対応の研究に加えて、3.11 を受けて H24 年度より安全研究を立ち上げており、軽水炉の課題は増えている状況にある。
- ・(宮下オブザーバー) 経産省も FBR 開発に予算を出している。要は、実用化に遠いところは文科省、実用化に向かう研究開発は経産省と言う整理だ。
- ・(平井委員) 炉型によって分けると基礎基盤研究はどちらでやるのか曖昧になるのが問題だ。
- ・(関村委員) 原子力界の人材供給体制について、大学の学科の数を指標にはできない。原子力は総合工学であり、工学・理学・人文科学で支えるべきもの。第4期科学技術基本計画になって予算配分の考え方が変わっており、そういう動きを前提に議論すべ

き。

- ・(河原主査) 基礎基盤研究と産業界との乖離についてはマクロにはこの資料で良いと思うが、基礎基盤研究の定義も含め、執筆陣の勉強に期待する。
- ・(関村委員) 大学の重点化、修士から博士中心への変化、国際化等が今の流れ。旧来の枠に押し込めるべきではない。
- ・(更田委員) 原子力機構は施設を大学に使ってもらうことが重要とされた。
- ・(峯尾委員) 公募研究が増え、大学の先生もプロジェクト志向になっていった。
- ・(河原主査) この資料は「弱体化」よりは「乖離」を説明するものと理解する。
- ・(宮野オブザーバー) 基礎基盤研究とはこういうものだと言わなければならない。大学の先生は自分で方向を変えられるが、JAEA はいつまでもしがみついている。大学と同様に変わるべきだ。
- ・(阿部委員) 安全研究と安全基盤研究があり、規制支援研究と開発研究の中にも基礎基盤研究はある。安全研究の目的の一つは基盤を維持することでもある。国際共同研究は進めるべきだが、キーになるところは、それが施設なのか研究そのものなのかはあはるにせよ、日本に置いておくことも重要だ。

5.6 基礎基盤研究のあり方・進め方及び報告書案について

久語幹事より、資料「特 05-05」に従い、基礎基盤研究のあり方・進め方についての Executive Summary の記載の整理について説明があった。また、資料「特 05-07」に従い、報告書のドラフトについて記載内容の説明があった。これに対し、以下のような質疑応答があった。

- ・(阿部委員) 報告書案には安全研究は基礎基盤研究の一部と書いてある。また、Executive Summary では、何故基礎基盤研究だけがセキュリティ対策や技術者倫理につながるのか分からない。「弱点が生じないように」というが、全体として強いところを伸ばすという考えもある。さらに、「システム化」は目的が無いとできないが、そもそも基礎基盤研究はシステム化されていないものだ。
- ・(更田委員) コード開発において、良いものを作れば使われるという発想は捨てるべきだ。
- ・(守屋委員) 全体に書いてあることは良い。今考えるべきなのは、成果が残らないことの原因だ。基礎基盤研究に投資しながら、何故、産業界は輸入技術の上に立っており、基礎基盤研究は発展できていないのか。出口をしっかりと見ながら、どう展開するか視点が抜けていた。どう橋渡しをするのかを書かないといけない。
- ・(更田委員) 韓国では根幹的なコードは国産になっている。日本では MAAP、MELCOR、TRAC、RELAP 等、使っているのは米国産ばかりで、これまで研究開発に投資しながら、ものにできていないのが問題だ。
- ・(阿部委員) 国内のインフラが本当に必要かは分からない。
- ・(守屋委員) 全方位は無理であり、どこを取るのかを考える必要がある。

- ・(関村委員) 研究で重要なのは Complementary、Collaborative、Competitive の3つのCだが、Competitive の部分が抜けているのではないか。技術マップ策定では、技術基盤、人材基盤、制度基盤、施設基盤、財政基盤、知識情報基盤の6つの基盤が必要としており、全体を見られる人材を育てることが必要だ。JAEA が competitive を含む「研究」をしたいのか、単なる基礎基盤の維持を図るのか、明確化すべきだ。
- ・(四竈委員) 出口の見えない基礎基盤研究がいけないというのは違うのではないか。目的志向の研究開発と基礎基盤研究を繋ぐインターフェイスの問題が大きい。前者が後者に強く要求しすぎている。
- ・(守屋委員) 基礎基盤研究は千に三つの成功があれば良い。
- ・(宮野オブザーバー) とは言え、目的は必要ではないか。
- ・(河原主査) ていねいな記述を考えていきたい。

5.7 事故後の国際動向を踏まえた基礎基盤研究の在り方について

田中委員より、資料「特 05-06」に従い、福島第一原子力発電所事故を踏まえての研究課題として、原子力規制科学の創設、事故原因の学術的な徹底分析と根本原因の導出等が挙げられた。また、研究手法として、ソリューション・アプローチの採用と異分野との連携の必要性が示された。さらに、国際貢献の視点から、事故対策の国際的な取り組みをリードし、国際的なルール化・基準化、事故炉の廃止措置の経験共有及び国際シンポジウム等を通じた情報共有を進めるべきとの見解が示された。

5.8 意見交換

以上の発表等を踏まえ、さらに以下のような意見交換があった。

- ・(河原主査) 基礎基盤研究の定義は報告書案にも書いてあるが、本日いただいた意見を踏まえて、さらに充実させたい。
- ・(峯尾委員) 現行の政策大綱では、国の関与の度合いによって研究開発を5段階に分けた。そのため、安全研究が基礎基盤研究として記載されているが、当時から異論があり、それゆえに段落を分けて書いていることに留意が必要だ。
- ・(河原主査) 大学における第4期科学技術基本計画の影響についても取り込んでいきたい。
- ・(関村委員) 大学では運営費交付金が減り、プロジェクト的に外部資金を獲得せざるを得ない状況だ。大学における教育で魅力的なものを見せればよいと言った単純なものではない。
- ・(中島委員) 学科の名前は、原子力と言う名前で学生を募集し、その名前で卒業させていくという覚悟のようなものの表れでもあり、一概に意味のない指標とはいえないのではないか。
- ・(阿部委員) 独立性と言う観点からは安全研究と基礎基盤研究は分けておいた方が良い。
- ・(関村委員) 6つの基盤について広く考える方が良い。あまり狭くしない方が良い。

- ・(田中委員) 基礎基盤研究をやっていたら福島第一原子力発電所事故が防げたのか。こういうことをしていれば事故を防げたと思わせるような仕掛けが必要だ。
- ・(阿部委員) 研究と制度は別に整理した方が良い。
- ・(宮下オブザーバー) 本委員会の報告書は国としての予算措置等の検討に活用していきたい。国としては脱原子力依存の方向となっているが、それでも基礎基盤研究は重要であるということは委員の共通の認識だと思うので、報告書では、この点を明確にした方が良くと思う。また、福島第一原子力発電所事故の対応のために、積極的に取り組むべき事項を整理して記載した方が良く思う。
- ・(阿部委員) 報告書を原子力以外の人が見たときと、原子力分野の人が見た時の2つの面から考える必要がある。行うべき事項として並んでいる項目は、「落とさないで」という項目に見える。詳細については付録に回す等の工夫が必要ではないか。
- ・(宮下オブザーバー) 項目にはプライオリティを付けた方が望ましいと思う。
- ・(阿部委員) 安全研究については別に特別専門委員会を立ち上げて包括的に見ていきたい。
- ・(河原主査) 具体的な研究については学会で取り組まれている各種のロードマップに委ねる。
- ・(更田委員) 基礎基盤研究についてもロードマップを作るべきとは思わない。
- ・(守屋委員) 全てのロードマップで基礎基盤研究が重要であると書けばよい。
- ・(宮野オブザーバー) 他の学会との関わりの重要性についても記述すべきだ。

5.9 その他

河原主査より、幹事会で報告書案を詰めていき、8月前半に第6回委員会を開催したい旨の発言があった。次回委員会の日程は未定。

第6回「軽水炉に係る基礎基盤研究の検討」特別専門委員会 議事録

1. 日時 平成24年8月24日(金) 14:00~16:30

2. 場所 電気事業連合会 1801会議室

3. 出席者(敬称略)

委員：河原(日立GE、主査)、久語(JAEA、幹事)、千種(関電、幹事)、
阿部(安全部会)、岡嶋(JAEA)、橘川(東芝)、佐治(三菱重工)、関村(東大)、
植田(電中研)、田中(エネ総工研)、平井(NFD)、峯尾(JAEA)、野口(JNES)、
守屋(日立GE)、(以上14名) [欠席：岡本(東大)、四竈(東北大)、
中島(京大)、更田(JAEA)、山中(阪大)、山本(名大)]
オブザーバー：津山(電工会)、富永(日立GE)、松浦(日立GE)、吉津(三菱重工)、
宮野(法政大)、大井川(JAEA)(以上6名)

4. 配布資料

特06-01：第5回「軽水炉に係る基礎基盤研究の検討」特別専門委員会 議事録
特06-02：報告書(案)

5. 議事

5.1 主査挨拶

河原主査より、本日が最終回の委員会開催であり、報告書の取りまとめを行う旨の発言があった。

5.2 前回議事録確認等

資料確認の後、久語幹事より、資料「特06-01」の前回議事録の確認があった。

5.3 報告書の要旨について

久語幹事より、資料「特06-02」の要旨の説明があり、内容について討議した。主なやり取りは以下の通り。

- ・(橘川委員) 本文第5章に「原子力は国力維持のために必要な技術であり、衰退産業にしてはならない」との記述があり、重要な論点だと思うので、例えば要旨の最後の部分にも記述してはどうか。
- ・(阿部委員) 趣旨には賛同するが、衰退産業という用語は避けるべきではないか。
- ・(守屋委員) 要旨の冒頭では良くないと思ったが、最後に入れるのは良い。
- ・(峯尾委員) 賛成する。
- ・(田中委員) 国力維持という用語は時代がかっている。良い表現を考えるべき。

- ・(河原主査)「我が国の産業活力維持の視点から」ではどうか。
- ・(佐治委員) 産業だけでなくエネルギー安全保障も重要だ。
- ・(阿部委員)「我が国の産業及び科学技術を担う中核として今後も必要な技術」でどうか。
- ・(河原主査) 阿部委員の案を参考に主査及び幹事で検討する。
- ・(河原主査) 次の論点に移る。国が必要な基礎基盤研究インフラの維持・整備に取り組む際に学会等からの意見を聴取することを提言として入れていたが、学会等からの意見聴取の部分を削除すべきとの意見が事前に寄せられた。特に意見がなければ現在の記述のままとする。
- ・(河原主査) 次の論点に移る。人材育成に関する大学及び研究機関への提言のところ、常に魅力的で革新的な原子力の研究課題を提示することを入れていたが、その部分を削除すべきとの意見が事前に寄せられた。この部分はあった方が良くとも思うが、意見はないか。
- ・(阿部委員) 研究課題については、各委員が思いつくものを列挙しただけで、この委員会として合意したものではないから削除を提案した。それから、基礎基盤研究に安全研究が入っているとのことなので、その前提でのコメントであるが、要旨の冒頭部分で「軽水炉利用と基礎基盤研究が乖離した」と書かれると、安全研究も乖離していることになる。しかし、安全研究は、規制当局から直接委託を受けて実施しているし、規制に役立つようにとのロードマップに沿って実施していて、むしろ軽水炉利用が一番近いところにある。「それでうまくいったのか」という批判は当然あると思うが、乖離しているのは安全研究以外の基礎基盤研究であるし、「弱体化」についても丁寧な記述が必要だ。また、今の文章は、基礎基盤研究を見直せばシビアアクシデントが防げるように読めるが、論理的な筋が見えない。
- ・(河原主査) 安全基盤研究と規制支援研究の関係については本文に記載した。
- ・(宮野オブザーバー) 本文に書いてあれば良いと思う。一方で、肝心なことが抜けているのではないか。基礎基盤研究を担う中核的な機関として JAEA を位置付けるべきであり、そのことが書かれていない。予算が減っていると書かれているだけだ。
- ・(守屋委員) 何をこの委員会の新しい提言とするのかを考えた時、宮野オブザーバーの意見に賛成だ。今後の改善の姿として、JAEA がかなり軽水炉の基礎基盤研究にシフトしていくべきことを記載すべきだ。
- ・(宮野オブザーバー) 要旨の(2)は役割分担の話であり、JAEA がリーダーシップを持って基礎基盤研究を引っ張るのなら、要旨の(1)に記述すべき。
- ・(阿部委員)「軽水炉に係る基礎基盤研究が脆弱であったので、目的に向かってロードマップを活用して産学官で連携すべきあるが、基礎基盤研究は国が主導すべきだ。福島第一原子力発電所事故をどうとらえるのかが見えない。事故により基礎基盤研究の欠落が見えた」と書くのか。
- ・(佐治委員) 事故を契機に徹底的に見直したという現在の記述が現時点で書けることだ

と思う。

- ・(阿部委員) 規制支援研究で何が欠けていたのか、事故対応で何が欠けていたのか、書くべきではないか。
- ・(河原主査) それは難しい。原子力学会ではこれから事故調査委員会が始まるのだから、その議論は次のフェーズだ。
- ・(関村委員) 東大では「震災後の工学は何をめざすのか」という本を出版し、その中でどうして基礎基盤研究が必要かという突っ込んだ議論をしている。原子力は建築、化学等の様々な分野の集まりである。安全と基礎基盤研究を切り離して扱っている JAEA は組織を変えてでも取り組むべきだ。ロードマップで複合的な基礎基盤研究が必要となった時に JAEA がそれを受け止められるかという問題がある。
- ・(岡嶋委員) 関村委員のご意見について、JAEA でも検討を開始している。ご意見については報告書に是非書いて頂きたい。
- ・(守屋委員) 福島第一原子力発電所事故と基礎基盤研究の関係については、現在の記述に落ち着くのではないか。事故の原因は地震であるが、基礎基盤研究で影響を小さくできたかもしれない。しかし、その可能性を具体的に特定はできない。様々な幅広い基礎基盤研究が必要だと言うことだ。
- ・(関村委員) 基礎基盤研究が幅広い分野にわたると言うことは、頂点が高くなったこととしてとらえるべきだ。
- ・(千種幹事) 現在のエネルギー環境会議における原子力の割合の議論の状況がどうなったとしても基礎基盤研究が必要だという記述が必要ではないか。
- ・(宮野オブザーバー) 今後の原子力発電の位置づけによらず研究ニーズがあることを書くべきだ。
- ・(関村委員) 要旨の(2)で「非原子力分野」とあるのは「他の学会」に修正すべき。また、人材育成のところには、原子力が我が国の科学技術の先端を切り拓き、それを支える基礎基盤研究を担うことが若い世代に魅力的であるように書くのが良い。

5.4 報告書の本文について

久語幹事より、資料「特 06-02」の本文について、事前配布版からの修正点を中心に説明があり、内容について討議した。主なやり取りは以下の通り。

- ・(久語幹事) 第1章で、福島第一原子力発電所の事故の原因を津波としているが良いか。意見がないのでそのままとする。
- ・(久語幹事) 第1章で、事故時の対応に従来の技術基盤に不十分さあるいは欠落が見受けられたとの記述は、記載箇所を次の段落に移す。
- ・(久語幹事) 第2章に安全研究と基礎基盤研究の関係を記述した。
- ・(阿部委員) 「安全研究を『基礎的・基盤的な研究活動』として位置付けており」という記述の中で、「として」は「の中に」とすべき。
- ・(阿部委員) 第3.1節は、内容は変えていないが優先度が分かるように書き換えた。

- ・(関村委員) 第 4.1 節の大学に関する記述で、原子力が総合的な分野であるというのはその通りだが、教育を含めて高度な技術・人材が求められていることに留意すべきだ。
- ・(富永オブザーバー) 第 3.1 節の PSA に関する記述は重複があるので修文すべきだ。
- ・(宮野オブザーバー) 第 3.1 節で「不得意な分野には手を出さない」という表現は「研究の谷間」等の表現に変えてはどうか。また、「産学官」の順番は統一すべきだ。
- ・(守屋委員) 第 4.1 節の大学に関する記述で、「優秀な」は削除すべき。

5.5 今後の対応について

大井川オブザーバーより、文部科学省の森山審議官から寄せられたメッセージの紹介があった。これと報告書の記載に関連して、今後の対応について討議した。主なやり取りは以下の通り。

- ・(阿部委員) 森山審議官のメッセージにある「基礎基盤研究への取り組みが、福島第一原子力発電所に関連した課題の解決に寄与するとともに、福島第一原子力発電所事故に関連した課題への取り組みが基礎基盤研究を強くする、そのような相乗効果を生むような取り組み」が重要である点を報告書に記載してはどうか。
- ・(河原主査) 賛成。記載場所は主査、幹事で検討する。
- ・(宮野オブザーバー) 森山審議官のメッセージにある事故調査等の知見のアーカイブ化については、国会図書館が行うと言われているが、まだ議論中である。
- ・(田中委員) 学会の事故調査委員会は予算がないので難しい。
- ・(阿部委員) アーカイブ化については新しく発足する原子力規制委員会の業務そのものではないか。
- ・(宮野オブザーバー) 産学官がどう面倒を見て行くかの問題だ。
- ・(河原主査) アーカイブ化の重要性については、報告書にコラムを別に設けて記載することを検討したい。
- ・(守屋委員) データベースも重要だが、事故を踏まえて安全の体系化をまとめて議論し、世界に発信することが必要ではないか。
- ・(阿部委員) 新しい安全の論理に外的事象をはめ込むことになる。仕組みをどう作るかが重要だ。
- ・(宮野オブザーバー) 安全だけの問題ではなく、基礎基盤全体の問題としてとらえるべきだ。
- ・(河原主査) 修正案を文章として主査、幹事に送ってほしい。9 月末までに印刷できるようにしたい。
- ・(宮野オブザーバー) 報告書は印刷して、役所などに説明して回るべきだ。
- ・(河原主査) 学会の企画委員会で承認を得るべく努力する。

参考資料 2.

国の大型施設の現状

(1) 試験研究炉

| 名称 | 稼働 開始年 | 利用状況等 |
|--|-----------|--|
| JMTR | 1968 年 | 2007 年から 4 年間で改造。軽水炉技術関連等での利用を計画 |
| NSRR | 1975 年 | 安全研究に特化し事故時の燃料安全性についての試験研究を実施) |
| JRR-3 | 1962 年 | 我が国の中性子ビーム実験の中核。1990 年に改造 |
| JRR-4 | 1965 年 | BNCT (ホウ素補足療法によるがん治療法) の研究 |
| KUR | 1964 年 | 全国の大学・国公立研究機関の共同利用研究施設として理学、化学、生物学、工学、農学、医学等の実験研究に広く利用 |
| 近大炉 | 1961 年 | 熱出力 1W の小型炉 |
| 東大炉、武蔵工大炉、立教大炉、日立炉、東芝炉 : 廃止済み、廃止中、又は廃止がほぼ確定 | | |

(2) 臨界実験装置

| 名称 | 稼働 開始年 | 利用状況等 |
|---|-----------|--|
| FCA | 1967 年 | 高速中性子体系、MOX 燃料関連での測定等を実施。J-PARC 核変換実験施設への移行を検討中 |
| STACY、 TRACY | 1995 年 | STACY: 硝酸ウラニル溶液燃料から固体燃料を用いる熱中性子体系への更新を実施中 TRACY: 過渡臨界実験装置 |
| KUCA | 1974 年 | 京大: 原子炉物理や放射線物理等に関する基礎研究、院生教育に利用 |
| NCA | 1963 年 | (株) 東芝: 軽水炉技術開発と教育用 |
| JMTRC、DCA、VHTRC、TCA : 廃止済み、廃止中、又は廃止がほぼ確定 | | |

(3) ホットラボ

| 名称 | 稼働 開始年 | 利用状況等 |
|-------------|-----------|--|
| 燃料試験施設 | 1979年 | NSRR と連携。フルサイズの軽水炉燃料集合体を取扱い。照射後試験 |
| JMTR ホットラボ | 1971年 | JMTR と連携。軽水炉燃料・材料 |
| AGF・FMF・MMF | 1971年 | 「常陽」と連携 |
| NUCEF | 1995年 | BECKY は STACY との連携も可能 |
| WASTEF | 1982年 | 再処理用材料照射下腐食試験、Cm 固体化学実験を実施 |
| 第4研究棟 | 1981年 | 原子力機構：ホット試料分析、トレーサ利用放射化学実験等 |
| 東北大、京大炉 | | 東北大：材料、核燃料の研究のための大型試験研究炉利用施設。国立大学のみならず、私立大学、独立行政法人等の利用も受け入れ。高レベル放射性同位元素（照射済み燃料、材料を含む）取扱施設 京大炉：(1)試験研究炉の項参照 |
| NDC、NFD | | 軽水炉燃料、材料等の試験を実施。フルサイズの軽水炉燃料集合体を取り扱える |

(4) 熱流動試験施設

| 名称 | 稼働 開始年 | 利用状況等 |
|-------|-----------|--|
| LSTF | 1985年 | 加圧水型原子炉（PWR）の事故時熱水力挙動及びアクシデントマネジメント策に関する実験、次世代型軽水炉の新型安全系有効性確認に関する実験、原子力機構主催 OECD/NEA ROSA 国際共同研究プロジェクト |
| THYNC | 1998年 | 沸騰水型炉（BWR）の核熱水力安全性に関する実験 |

(5) 分析設備・機器

| 名称 | 稼働 開始年 | 利用状況等 |
|-------|-----------|--|
| CLEAR | 2001年 | 極微量分析、環境試料分析) の他、各ホットラボに元素分析、質量分析、放射線測定装置を設置（フードやGBに設置したものもある） |

参考資料 3.

原子力関連技術開発ロードマップと分析

本資料は、研究開発の方向性を明らかにするために、これまでに策定した技術戦略ロードマップを参考に、福島第一原子力発電所事故の教訓から、新たに加わった研究課題を加え、これから新たに検討が必要な研究課題をまとめるために参考としてとりまとめられた第 3 回委員会での一葉資料を次頁以降の 6 ページにまとめなおしたものである。

なお、炉物理部会により本年 3 月に基礎基盤技術を中心にして炉物理分野の技術マップがとりまとめられている。(炉物理部会「炉物理ロードマップ」策定委員会、「原子炉物理分野の研究・開発ロードマップ策定」、炉物理の研究 第 64 号 (2012 年)。http://rpg.jaea.go.jp/else/rpd/annual_report/pdf64/No64-7.pdf)

1. 原子力関連技術開発ロードマップの概要

(1) 研究開発の検討の体制と進め方

産学官での総合的な取組の目的は

① 原子力安全の確保

(例：基本的な安全確保のための研究、国際基準の策定のための研究等)

② 国策としてのシステムの高度化による輸出促進

(例：炉心評価コード、安全評価コード等のプラントシミュレータの開発、
FBR、処理処分の必要分野の開発 等)

にある。

*原子力委員会・資源エネルギー庁が責任母体の研究開発

*原子力規制庁が責任母体の研究開発

を分離することが必要であり、

連携は、技術戦略マップ（ロードマップ）によるものとし、管理する母体を明確にする。

(2) 各技術分野、システム分野の研究開発のロードマップは図示のとおりである。

燃料高度化

熱水力・安全

水化学

高経年化

耐震

(3) 3. 1 1 以降のプラントの課題

○シビアアクシデント対策

○運転プラントのシステム安全

○バックフィット方法

○津波対策

等が新規に加わった。

(4) 3. 1 1 以降の周辺の課題

○除染方法

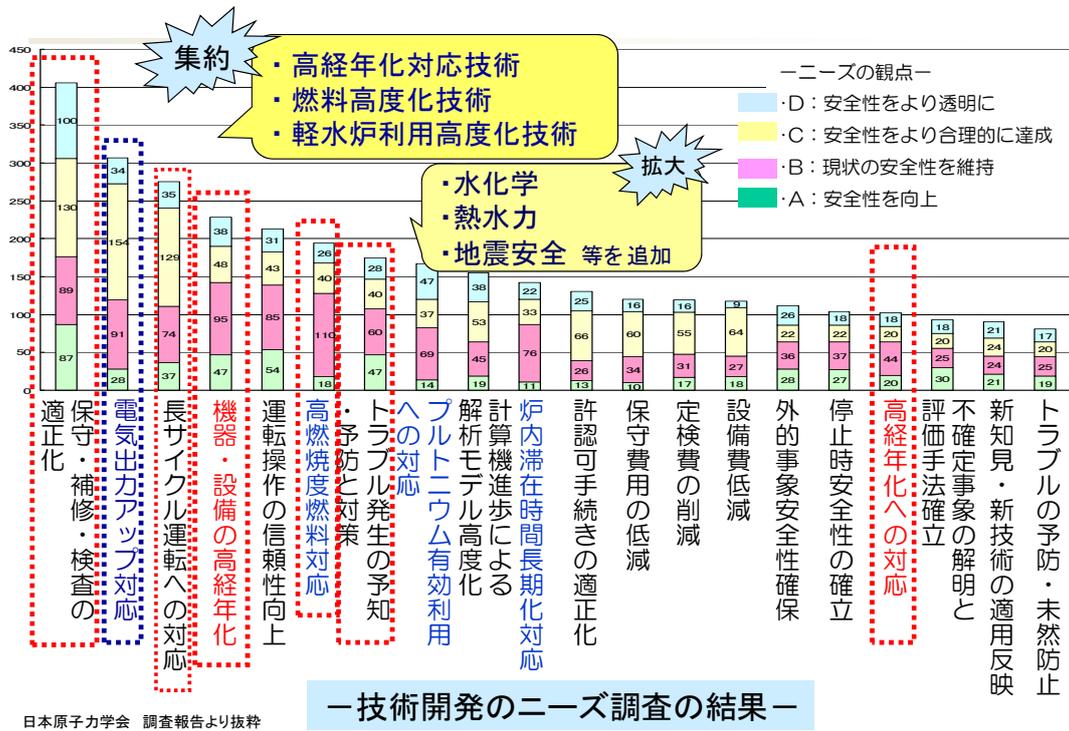
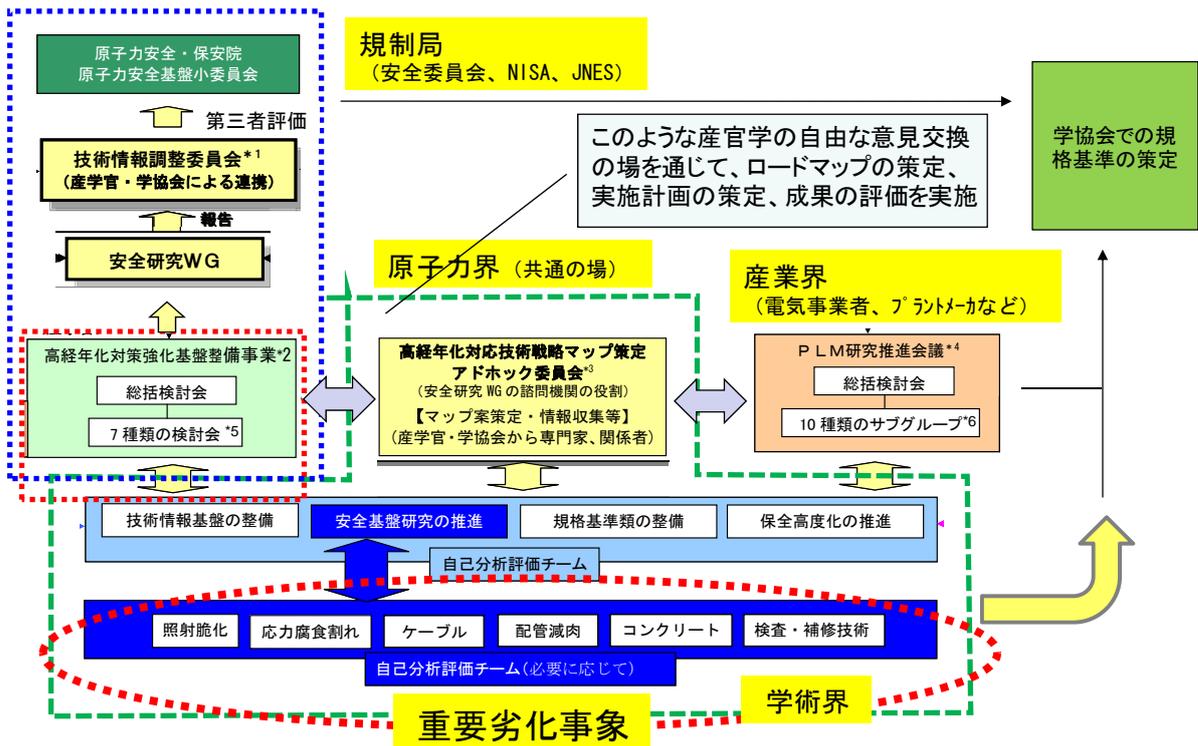
○放射線研究

○ロボット・自動機

○事故プラント処理・処分技術

○廃炉技術

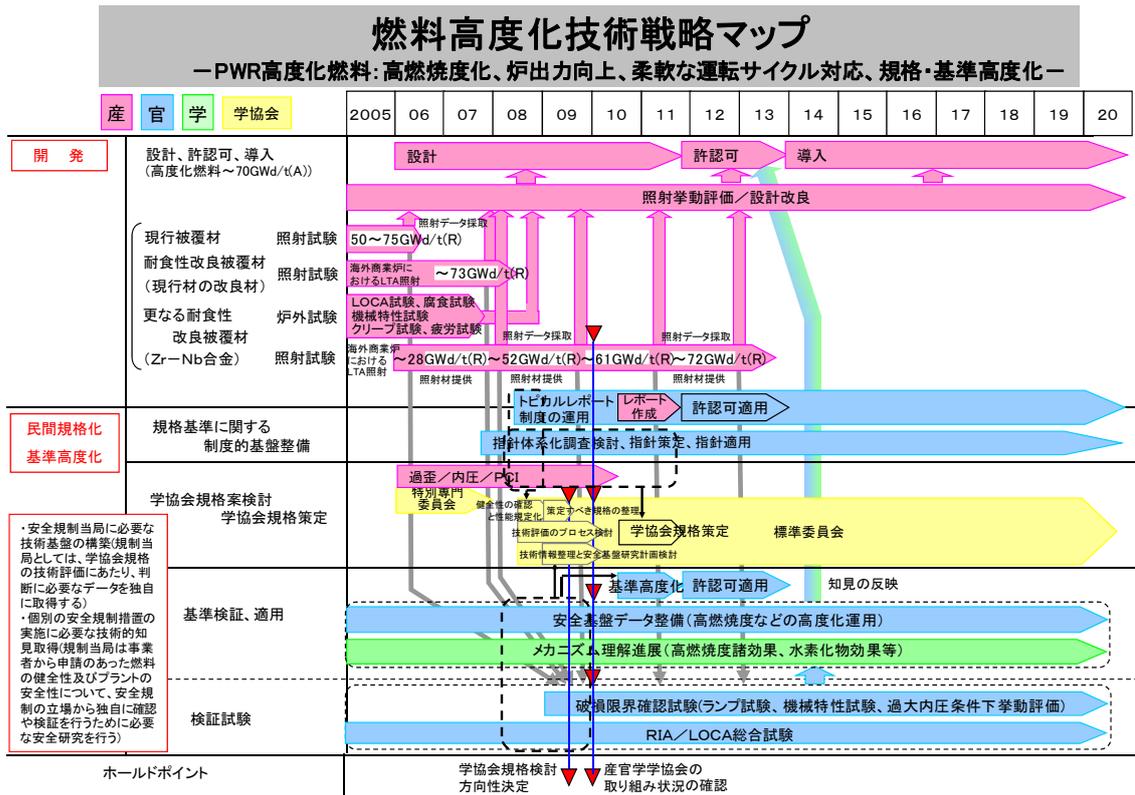
等



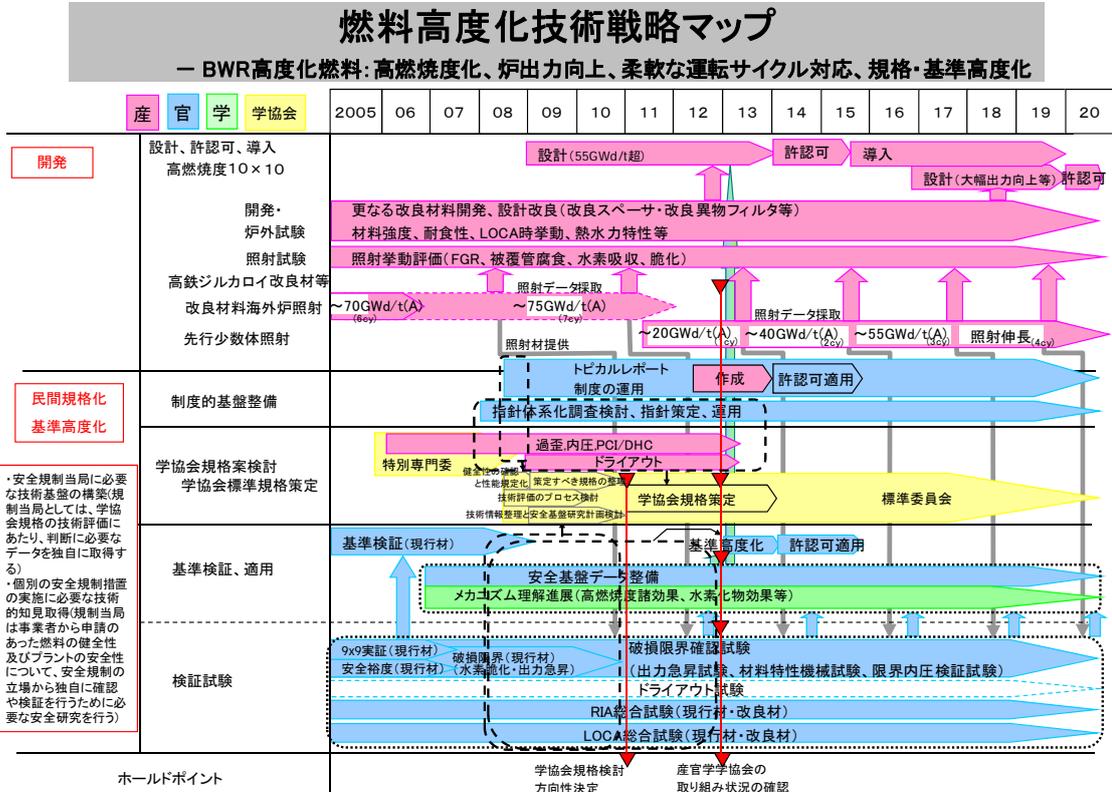
※産学官で必要な研究・開発事項のニーズを再度見直し、明確にすることが必要

2. 各種ロードマップ

2. 1 燃料高度化

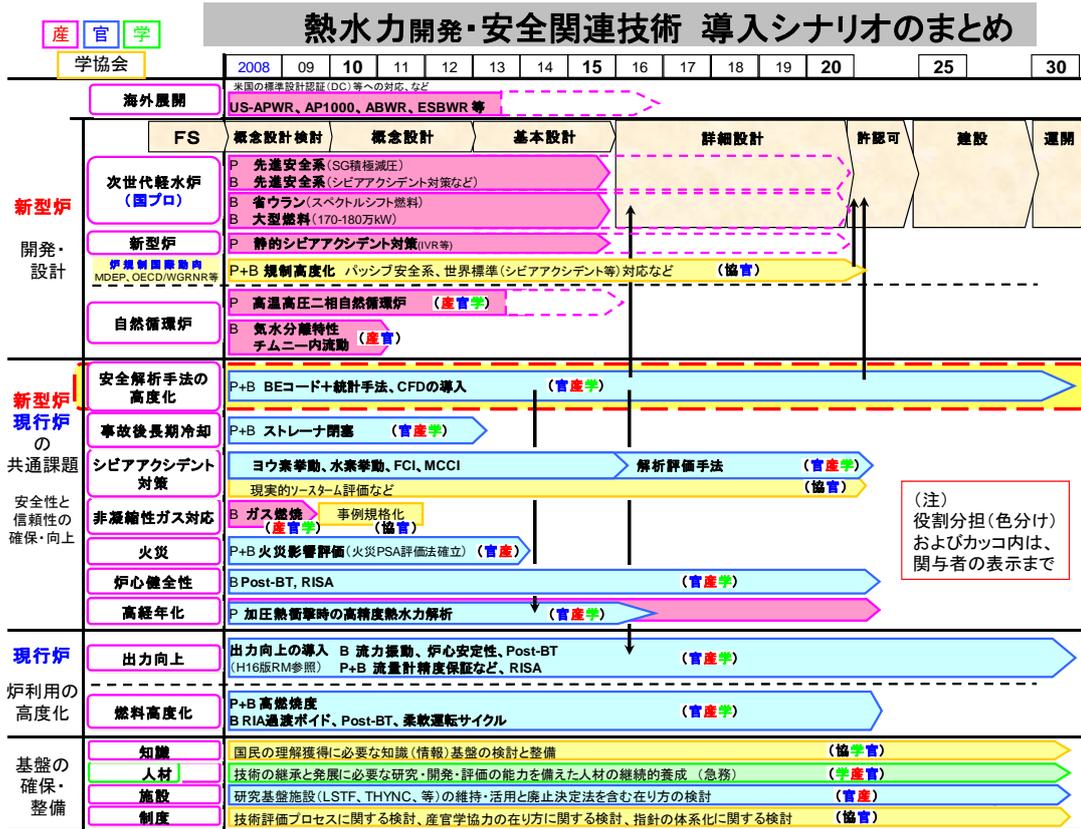


※燃料の研究・開発は、「高燃焼度」研究、「照射評価技術の高度化」で継続。



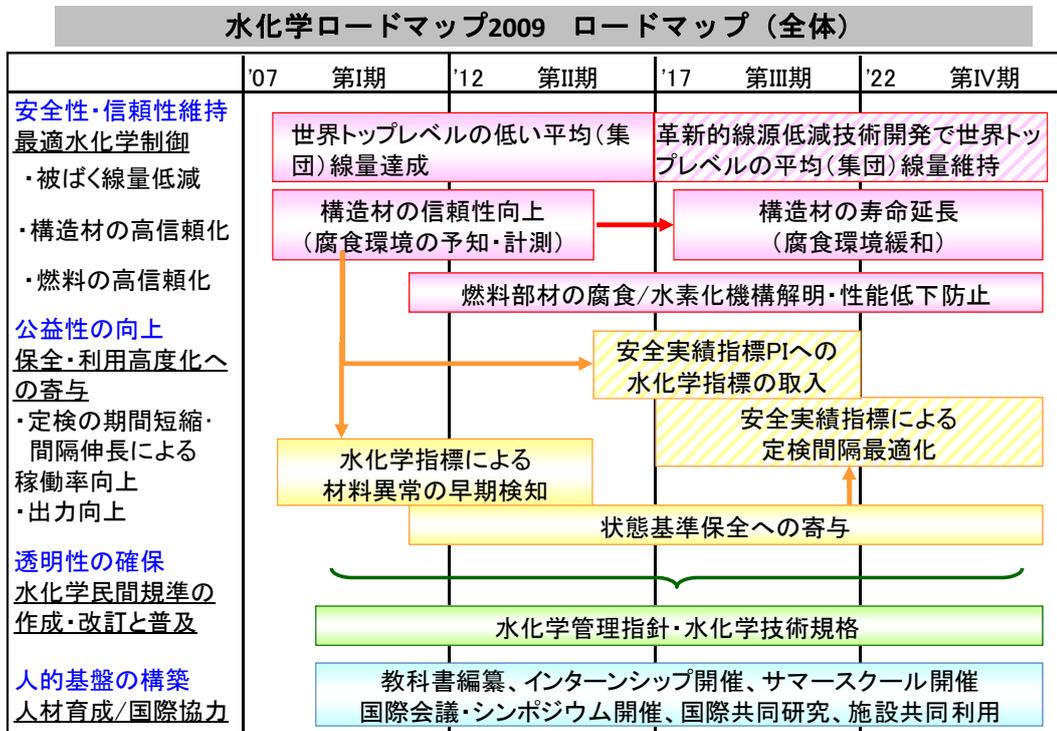
※高経年化の研究・開発事項は、23年度から新たに運転プラントの安全評価(PSR)の見直し研究の一環がスタート。燃料の見直しもスタートした。

2. 2 熱水力・安全



※重要な事故対応等の項目を既に含んでおり、再度見直し、具体的な活動を進めるべきである。

2. 3 水化学



※具体的な取組はない。「配管減肉管理」や「燃料開発」と協働作業の分野。

2. 4 高経年化

高経年化対応技術戦略 — 俯瞰的戦略マップ —

| 4大項目 | 産学官 | 第Ⅰ期 (2005-2009) 5年間の成果 | 第Ⅱ期 (2010-2019) 10年間 | 第Ⅲ期 (2020-2029) 10年間 |
|--------------|------------------------|--|--|--|
| 技術情報基盤の整備 | 産業界 | 保全最適化の推進 ・プラント運転データベースの整備 ・電力共通基盤の整備 人材育成 | <ul style="list-style-type: none"> 電力共通基盤の整備 リスク情報活用による保全高度化 重要情報の抽出と活用 技術情報ネットワークの高度化 50年目技術評価の妥当性確認 人材育成 次世代炉設計ガイドライン策定 | <ul style="list-style-type: none"> 80年運転の可能性検討情報分析 次世代炉設計ガイドライン(Ⅱ)(材料選定と設計改良) |
| | 官界 | ガイドライン、標準審査要領、技術資料集の整備等 | | |
| | 学・協会 | 知識処理・活用システムの構築 ・知識抽出・構造化研究等 | | |
| 安全基盤研究の推進 ※1 | 産業界 | 応力腐食割れ対応検査・評価・補修に関する研究等 | <ul style="list-style-type: none"> 廃炉材を用いた各種経年劣化事象別研究の推進 加速試験の妥当性検証 運転中モニタリング技術実証 バックチェック結果を考慮した耐震安全性評価技術の検証 | <ul style="list-style-type: none"> 機構論に基づく経年劣化予測研究 耐IASC材料等の開発 シミュレーション技術の実用化 |
| | 官界 | 機器の健全性評価、民間研究成果の検証、材質劣化を中心とした高経年化対応研究 | | |
| | 学界 | 発生と進展メカニズム解明等の基礎研究による潜在的な事象の抽出 | | |
| 規格基準類の整備 | 学協会 産業界 学界 | 保守管理規程・指針、高経年化対策実施基準、定期安全レビュー実施基準など新検査制度移行対応各種規格基準類の整備(41件エンドース) | <ul style="list-style-type: none"> 各種研究成果の規格化 民間規格の技術評価(エンドース) 国際規格化戦略 | <ul style="list-style-type: none"> 廃炉材を使った国際標準化戦略(原子炉圧力容器鋼、炉心支持構造物の高経年化対策等) |
| 国際協力の推進 | 学協会 産業界 学界 官界 | <ul style="list-style-type: none"> 自律的国際協力、共同研究推進 OECD/NEA SCAP対応 IAEA IGALL策定等 | <ul style="list-style-type: none"> 実機材を用いた国際共同研究 80年運転に関する国際共同研究 OECD/NEA 活動の継続 IAEA IGALLへの戦略的参加 | <ul style="list-style-type: none"> 廃炉措置計画の国際標準化戦略 |

※1低サイクル疲労、応力腐食割れ、中性子照射脆化、2相ステンレス鋼の熱時効、電気・計装品の絶縁低下、コンクリート劣化、配管減肉、耐震安全性等

※高経年化の研究・開発事項は、23年度から新たに運転プラントの安全評価(PSR)の見直し研究の一環がスタート。燃料の見直しもスタートした。

高経年化対応技術戦略マップ—規格基準類の整備に係わるロードマップ

| 時間軸 | 第Ⅰ期 | | | | | 第Ⅱ期 | | | | | | | | | | 第Ⅲ期 | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|---|------|------|------|------|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|--|--|--|--|
| | 初期のプラントが40年を超えるまでの時期 技術基盤の整備 (制度面及び技術面の整備) | | | | | 40年を超えて50年を迎えるまでの時期 技術の高度化 (運転実績、実機材サンプリングによる最新知見の整備) | | | | | | | | | | 50年を超えて60年を迎えるまでの時期 次世代原子力発電所の開発・建設 (大型炉設計、原子炉容器取替、最新炉技術の開発実証) | | | | | | | | | | | | | | |
| 年度 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | | | | | |
| マイルストーン | 国による高経年化対策ガイドラインなどの公表 | | | | | 運転開始後40年を迎える時期 | | | | | | | | | | 運転開始後50年を迎える時期 | | | | | | | | | | | | | | |
| 課題 | 平成17年8月に国が発表した技術基準の整備 | | | | | 1. 実機損傷予測を可能とする評価手法の開発 2. 実機損傷と試験結果の比較評価手法の開発 3. 損傷機構に基づく高信頼性試験によるデータ整備 | | | | | | | | | | 1. 次世代中大型原子力発電プラントの設計及び機器開発 2. 原子炉容器取替技術等の開発、実証試験 3. 新たな原子力政策に必要な技術情報の整備 | | | | | | | | | | | | | | |
| 経年化対応技術開発及び予測しない事象への対応技術開発 | 基盤の整備 ・精度面の整備 ・技術面の整備 | | | | | 運用による高度化 ・知見の反映 ・適用による検証 | | | | | | | | | | 将来展望 ・物理的寿命 ・経済的寿命 ・エネルギー戦略 | | | | | | | | | | | | | | |
| 規格・標準の開発整備 | 規制から民間規格までシームレスな規制・規格体系の開発整備 経年劣化対策技術評価審査ガイドライン・審査要領等の策定 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 包括的経年化管理・ガイドラインの整備 (予期しない事象への対応ガイドラインをきむ。) | | | | | 包括的経年化管理・監視ガイドラインの高度化 包括的経年化管理と監視 | | | | | | | | | | 国際標準の経年化管理・監視ガイドラインの策定及び履行 国際標準化への取り組み | | | | | | | | | | | | | | |
| | PLM/PSR標準並びに維持規格等の発行 安全規制と整合した基盤及び管理規格体系へと改訂・整備する | | | | | 高度化された包括的PSR/PLM標準の開発 ・性能化された要求ベース標準+代表的な仕様ベース標準 ・個別損傷モードに対応した規格の高度化 ・新たな知見の反映 ・予防、計測、監視、評価、補修など | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 国・学協会が制定されたリスク関係規格・ガイドラインに基づきPSR・PLM標準等を改訂・策定 | | | | | リスクを考慮した数量化 ・リスクを考慮し数値化した性能要求標準の開発 ・保全体系の整備(規格・基準・ガイドラインの整備) | | | | | | | | | | 既設経年化プラントの特徴を踏まえた標準の知見の次世代原子力発電プラントの設計に反映するためのデータの整備と新たな設計規格基準の開発 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 計画・検査・評価・監視等の規格化 劣化・損傷モードを想定した監視規格の整備 | | | | | 監視基準の整備 想定されていない劣化・損傷事象への対応としての監視基準 | | | | | | | | | | プラントを包括した総合的な監視基準の整備 | | | | | | | | | | | | | | |
| 情報基盤整備 | 規格・基準の裏づけと策定過程を管理する統合データベースの構築 | | | | | 安全設計資料から保安全管理までの規格基準の体系化(体系的整備) ・容易に検索可能なデータベースの構築 ・再利用・高度な評価が可能となる評価手法の整備 ・国内官民協同データベース運用 ・国際的なデータベース構築への指向 | | | | | | | | | | 国際データベース構築と管理 開発と連携したデータベースの仕組みの構築 | | | | | | | | | | | | | | |
| 人材の育成 | ・コードエンジニアの仕組みの構築 ・規格・基準策定の統一した体制の整備 | | | | | 規格・基準全体をマネジメントする技術者の育成 | | | | | | | | | | 規格・基準体系をマネジメントする技術者・組織の育成 国大で産官で統合した組織の構築と人材の育成 | | | | | | | | | | | | | | |

※指針の省令・告示化への対応のため、民間基準の整備が早急に必要。

2. 5 耐震

| | | 地震安全ロードマップ 「原子力発電所地震安全特別専門委員会」 2012年1月 | | | |
|---------------------|--|---|--|----------------------------|--|
| 分野 | 研究(検討)項目 | 2008 | 2010 | 2015 | 2020~ |
| I. 地震安全の論理 | ①新しい地震安全確保のための論理の検討 | | | リスク論を全面的に展開した論理構想の構築 | リスク論を全面的に展開した論理の構築 |
| | ②地震火災/溢水/津波に関する安全確保の論理の検討 | 漏水、火災の対策検討中 | 火災、溢水、津波の安全確保の考え方の整理 | | 地震火災、地震溢水、地震津波の論理の整理 |
| II. 地震・地震動 | ①地震規模および震源断層に関する検討 | 活断層調査・認定手法及び震源断層のモデル化手法の精度向上 | | | |
| | ②地盤増幅特性に関する検討 | 深部地盤の地震動増幅特性評価手法の高度化・標準化 | | | |
| | ③応答スペクトル距離減衰式に関する検討 | 応答スペクトル距離減衰式の整備 | | IAEA・基準への反映 | |
| | ④断層モデルに基づく地震動評価手法の検討 | 震源断層モデルによる地震動解析の不確実評価手法の整備 | | | |
| | ⑤要求性能を踏まえた基準地震動の工学的決定法 | | 基準地震動S ₀ の決定ルール | 整備 | 凡例 実施中であり計画が決定している期間 現時点で未実施であるが計画が決定している期間 現時点で未決定だが将来的に研究等を想定している期間 |
| | ⑥確率的基準地震動の策定 | 確率的な手法を用いた基準地震動策定手法の整備 | | | |
| ⑥地震随伴事象等の評価技術に関する検討 | 斜面、津波、火山に係る評価手法およびデータベースの整備 | | | | |
| III. 構造健全性 | ①建屋・機器の耐震余裕の検討 | 現行知見に基づく耐震余裕の定量評価と高度化技術の抽出 | | | |
| | ②地震動指標の検討 | | | 健全性評価指標の構築 | |
| | ③耐震設計の合理化・高度化 | | | 減衰定数、動的ひずみ、弾塑性応答解析、弾塑性強度評価 | |
| | ④新技術の採用 | | 免振構造の実プラントへの適用 | | |
| | ⑤地震後(時)の評価 | 地震後耐震評価基準の策定 | | 機器系地震観測装置、地震後評価基準、点検ガイドライン | |
| IV. 安全評価 | ①地震PSA手法の充実 | データの充実および合理化、高度化に供し得る知見の抽出 | JNES研究「地震PSA手法の高度化」 | | 凡例 実施中であり計画が決定している期間 現時点で未実施であるが計画が決定している期間 現時点で未決定だが将来的に研究等を想定している期間 |
| | ②地震時過渡事象評価の必要性検討 基準地震動以下の地震動時のシステム挙動の確認 | 原子炉トリップを考慮した安全解析 PWR電力委託「地震時の安全評価手法策定に関する調査検討」 | 多数基リスク評価手法の整備 JNES研究「多数基立地におけるリスク評価手法の高度化」 地震火災、地震溢水、地震津波の発生 | 地震火災・地震溢水・地震津波PSA手法の確立 | |
| V. 国際戦略 | ①IAEA基準に対する我が国の耐震基準の反映 | | 規定形態の整備 | 我が国の耐震基準のIAEA基準への反映 | |
| VI. 人材育成 | ①技術の継承と国際的に活躍できる人材の育成 | 地震安全に関する分かり易い説明法の検討 | | 国際的に活躍できる人材の育成 | |
| | | | 情報伝達システム、地震情報の分かり易い整理 | | |

※耐震関連の研究・開発事項の具体化を図る。また、これに津波対応を加えて、新たなロードマップとする。本件は、耐震では産学及び原子力安全基盤機構の課題は集約されているが、これに津波対応を加えて新たなロードマップとする。

参考資料 4.

用語説明と組織・施設等略号

用語説明

| | |
|--------------------------|---|
| <p>Generation 3+</p> | <p>1999年、米国は後述する「Generation IV」の概念を提唱した。Generation IVでは、黎明期の原子炉（第1世代）、現行の軽水炉等（第2世代）、現在導入が開始されている改良型軽水炉等（第3世代）に続く原子力システムの概念。経済性、安全性、持続可能性（省資源性と廃棄物の最小化）、核拡散抵抗性等を総合して他のエネルギー源に対して十分な優位性を持ち、2030年頃に基幹エネルギーを担い得るものを目指している。</p> <p>第3+世代（Generation 3+）は、経済性向上を目指した発展的設計をしたもの。</p> <p>（転換分野ロードマップ解説 - エネルギー総合工学研究所、外務省ホームページより）</p> |
| <p>燃料デブリ</p> | <p>核燃料が炉内構造物と熔融し再度固化したもの。</p> <p>（東京電力（株）福島第一原子力発電所1～4号機の廃止措置等に向けた研究開発計画について（概要版）より）</p> |
| <p>PSA</p> | <p>Probabilistic Safety Assessment（確率論的安全評価）。</p> <p>原子力施設における安全性を定量的に評価する手法。</p> <p>原子力施設で発生する可能性がある異常事象を想定し、その後の事象進展の確率を設備構成や故障率等をもとに分析、評価する。</p> <p>レベル 1PSA：原子炉施設を構成する系統、機器の信頼性を分析し、炉心損傷事故の発生頻度までを評価。</p> <p>レベル 2PSA：多量の放射性物質が施設外へ放出される事故の発生頻度とソースターム（放射性物質の種類、性状、放出量、放出時期等）までを評価。</p> <p>レベル 3PSA：更に公衆の被ばくリスクまでを評価。</p> <p>（原子力ハンドブック、オーム社(2007)より）</p> |
| <p>V&V</p> | <p>Verification & Validation（検証と妥当性確認）。</p> <p>Verification: 計算が数学モデルを正しく表現しているかどうかを決める過程。</p> <p>Validation: 使用に対して実世界の物理現象を正しく表現しているかどうかを決める過程。</p> <p>（ASME V&V 10-2006より）</p> |
| <p>マルチスケール・マルチフィジックス</p> | <p>マルチスケールとは、ある領域において、文字通りスケールの異なる複数の現象が存在し、これらが相互に影響を与える状態。マルチフィジックスとは、複数の物理現象が相互に影響しあう状態。一般に個々の物理現象の時間あるいは空間スケールは異なるため、マルチスケール(マルチスケール・マルチフィジックス)ともなる場合が多い。</p> |

組織・施設等略号

| | | |
|--------|---|--------------------|
| ABWR | Advanced Boiling Water Reactor | 改良型沸騰水型原子炉 |
| APWR | Advanced Pressurized Water Reactor | 改良型加圧水型原子炉 |
| NDC | Nuclear Development Corporation | ニュークリア・デベロップメント(株) |
| NFD | Nippon Nuclear Fuel Development Co., LTD | 日本核燃料開発(株) |
| NUPEC | Nuclear Power Engineering Corporation | (財)原子力発電技術機構 |
| AGF | Alpha-Gamma Facility | 照射燃料試験施設 |
| CLEAR | Clean. Laboratory for Environmental Analysis and Research | 高度環境分析研究棟 |
| DCA | Deuterium Critical Assembly | 重水臨界実験装置 |
| FCA | Fast Critical Assembly | 高速炉臨界実験装置 |
| FMF | Fuels Monitoring Facility | 照射燃料集合体試験施設 |
| HTTR | High Temperature Engineering Test Reactor | 高温工学試験研究炉 |
| JMTR | Japan Materials Testing Reactor | 材料試験炉 |
| JMTRC | Japan Materials Testing Reactor Critical Assembly | 材料試験炉臨界実験装置 |
| JPDR | Japan Power Demonstration Reactor | 動力試験炉 |
| JRR-3 | Japan Research Reactor-3 | 研究用原子炉 |
| JRR-4 | Japan Research Reactor-4 | 研究用原子炉 |
| KUCA | Kyoto University Critical Assembly | 京都大学臨界実験装置 |
| KUR | Kyoto University Research Reactor | 京都大学研究用原子炉 |
| LSTF | Large Scale Test Facility | 大型非定常実験装置 |
| MMF | Materials Monitoring Facility | 照射材料試験施設 |
| NCA | TOSHIBA Nuclear Critical Assembly | 東芝臨界実験装置 |
| NSRR | Nuclear Safety Research Reactor | 原子炉安全性研究炉 |
| NUCEF | Nuclear Fuel Cycle Safety Engineering Research Facility | 燃料サイクル安全工学研究施設 |
| STACY | Static Experiment Critical Facility | 定常臨界実験装置 |
| TCA | Tank Type Critical Assembly | 軽水臨界実験装置 |
| THYNC | Thermal-HYdraulics & Neutronics Coupling | 核熱結合試験装置 |
| TRACY | Transient Experiment Critical Facility | 過渡臨界実験装置 |
| VHTRC | Very high Temperature Reactor Critical Assembly | 高温ガス炉臨界実験装置 |
| WASTEF | Waste Safety Testing Facility | 廃棄物安全試験施設 |