

原子炉物理分野の研究・開発ロードマップ策定
日本原子力学会 炉物理部会「炉物理ロードマップ」策定委員会

1.はじめに

2011 年 3 月に発生した福島第一原子力発電所におけるシビアアクシデントは、甚大な被害をもたらし、日本における原子力発電の利用のあり方について再考を促すものとなった。

原子炉物理は、「原子炉における核分裂の制御」という原子力安全の最も基礎を担う分野であるにもかかわらず、その原点から解離し、ともすると「炉物理のための炉物理」「技術のための技術」に偏重する傾向があったことは否めない。原子炉物理が原子力安全の本質に直接大きな貢献ができていなかったことを、真摯に反省すべきであると考ええる。

現在、国の各種委員会において、将来の原子力利用に関する議論が行われているところであり、日本における将来の原子力利用に関する見通しは、現時点においては不透明である。一方、国としては、世界最高水準の安全性を確保しつつ、既存の原子力発電所の再稼働に取り組む方針であることが示されている。

以上の背景のもと、関係者の意見交換を通じて原子炉物理を取り巻く現在の状況を整理し、原子炉物理分野で取り組むべき課題およびビジョンを優先順位と共に示すことは、原子力安全における原子炉物理の位置づけを今一度確認し、また、原子力施設における世界最高水準の安全性確保に原子炉物理が寄与するために、きわめて重要であると考えた。

本稿では、原子炉物理分野における研究・開発「ロードマップ」の策定経緯と現在の状況についてとりまとめた。なお、ロードマップの策定の意義は、アウトプットとして得られたロードマップ自体だけにあるのではなく、策定の過程でなされた議論そのものにもあると考えた。従って、議論の過程を示す議事概要を添付している。策定メンバーが様々な価値観を持ち、震災対応や本ロードマップへの取り組みにも相違がある中、議論や葛藤を経て、ある方向性を共有するに至った様子を読み取って頂けるものと考ええる。

2.これまでの経緯

炉物理ロードマップの策定は、原子力政策大綱の改定と合わせ、2010 年度に開始された。しかしながら、2011 年 3 月の福島第一原子力発電所の事故により、原子力を取り巻く状況が完全に変化したため、その目的や方法論をゼロから見直して「出直し」を図っている。以下では、炉物理部会のロードマップ策定委員会の活動について、これまでの経緯をとりまとめる。

2.1 2011 年 3 月まで

原子炉物理分野においてロードマップを策定する作業は、2010 年 11 月から開始された

原子力政策大綱の改訂に合わせて始まった。炉物理分野のロードマップ策定作業が開始された理由は以下の通りである。

- ・軽水炉を長期にわたって利用するために必要な基礎基盤技術の重要性が見直されつつあること。
- ・軽水炉プラントの輸出に向けて、オールジャパンの体制をとることが重要であること。
- ・国が実施する原子力の安全性研究の入力情報として、学協会が主体となってとりまとめる研究・教育ロードマップを参考とする方針であること。

原子力の各分野(例：水化学、熱水力)においても研究・教育の方向性を示すロードマップの作成が進んでおり、炉物理分野においても同様に研究・開発ロードマップ作成を進めることが有益であると認識された。また、作成した研究・教育ロードマップは、軽水炉に関連する基礎基盤研究のあり方と必要性についての検討を行う日本原子力学会の「軽水炉にかかわる基礎基盤研究の検討」特別専門委員会で紹介し、その検討材料の一つとすることが想定されていた。

原子炉物理分野におけるロードマップ策定作業の委員会は、炉物理部会の活動として承認され「長期的な軽水炉利用に関する炉物理ロードマップ作成委員会」との名称で活動をスタートした。本活動は、炉物理部会としての活動であることから、参加者は、原子炉物理の専門的知識を有する学会員として個人で参加する位置づけとされた。準備会合を 2 回開き、ロードマップ作成の必要性の議論などを進めた後、2011 年 2 月 17 日に第一回目の会合を開き、以下の点について議論を行った。

- ・ロードマップ作成方針：「技術戦略マップ」の考え方にに基づき、社会的なニーズにどのように応えるかを示す「導入シナリオ」→各項目についての技術的内容を示す「技術マップ」→技術マップで取り上げられた課題について実現すべきタイムスパンを示す「ロードマップ」の三層でロードマップを作成する。
- ・ニーズと課題の設定：既設炉、新設炉、核燃料サイクル、共通、基礎基盤の 5 項目に分けて課題を整理する。

第二回目の会合は 2011 年 3 月 17 日に予定されていたが、同年 3 月 11 日に発生した東日本大震災の影響によりキャンセルされ、そのまま活動が停止状態となった。

添付 1 にロードマップ作成メンバー、添付 2 に 2010 年度の第一回会合議事録を参考として示す。

2.2 炉物理部会企画セッション(2011 年 9 月)

2011 年 9 月の日本原子力学会秋の大会において、炉物理部会の企画セッション「福島原子力発電所事故と炉物理の将来」が開催された。この企画セッションにおいては、炉物理

技術と事故対応、原子力安全と炉物理の関係、情報発信のあり方、人材育成のあり方、今後の炉物理のあり方などについて幅広い議論がなされた。詳細は、「炉物理の研究」第 65 号の特集 1「福島第一原子力発電所事故と炉物理の係わり」を参照いただきたい。

本企画セッションの議論の一つに、炉物理部会の活動として、炉物理ロードマップ策定の再開を検討することがあげられ、企画セッションの参加者からもその方針が支持された。これを受けて、炉物理部会の活動としてロードマップ策定を再開することとし、2010 年度の活動メンバーに加え、参加希望者を募ることとなった。次章以降では、2011 年度にロードマップ策定活動を再開してからの活動状況を説明する。

3. ロードマップの策定状況

3.1 策定に関する議論

(1) 方針に関する議論

2.1 節で述べたように、東日本大震災前においては、炉物理分野のロードマップを策定する目的は、軽水炉の長期利用を念頭に置き、炉物理分野の基礎基盤技術の重要性を再確認しつつ、その維持・発展を図ることにあつた。しかし、東日本大震災以降、原子力発電を取り巻く環境が完全に変わったことから、ロードマップ策定作業を再開するにあたり、そもそもロードマップ策定にあたってのスタンスをどのように考えるべきかという基本方針から慎重に議論を進める必要があると考えられた。また、2010 年度においては、その活動目的から「長期的な軽水炉利用に関する炉物理ロードマップ作成委員会」という名称であったが、基本方針から抜本的に議論を見直す観点から、仮称として単に「炉物理ロードマップ」作成委員会とすることとした。以上のことから、2011 年度第一回会合前にロードマップ策定委員会メンバー(添付 1)に以下のアンケートを送付し、そのアンケートの集約結果に基づき、ロードマップのそもそもの必要性、策定方針について議論を行った。

1.ロードマップ策定にあたってのスタンス

以下から、ご自分のスタンスに近いものに○を付けてください(複数選択可)。

- ①今後の原子力利用の計画が定まっていな中、長期的なロードマップを策定することは困難(あるいは無意味)
今後の原子力利用の計画が定まっていなが、日本にとってあるべき原子力利用の姿を自ら思い描き、それに則ってロードマップを作成すべき
- ③原子力の即時撤廃は困難であり、中期的には原子力を利用する必要があることから、ロードマップを作成すべき
- ④日本の原子力利用は終結させる方向に進めるべきであり、廃止措置に関係する研究開発のロードマップを策定すべき。
- ⑤福島第一の事故収束に関するロードマップを作成すべき

【自由記述欄】(例：上記に自分の考えが含まれていない、所属している組織と自分のスタンスが異なる場合などについて、ご意見をお書きください。以下同様です。)

2.原子力政策大綱との整合性

どちらかに○を付けてください。

- ①考慮すべき
②考慮しなくて良い

【自由記述欄】

3.ロードマップ作成を行う場合の大項目案

以下から、ロードマップに含めるべきと考えられる項目に○を付けてください(複数選択可)。

- ①福島第一の事故対応
②既設炉対応
③新設炉対応
④人材教育
⑤基礎基盤研究

【自由記述欄】

アンケートの主要なとりまとめ結果を以下に示す。

(1)ロードマップ策定にあたってのスタンス

- ・日本にとってあるべき原子力利用の姿を念頭にロードマップ作成、あるいは中期的な原子力利用を想定したロードマップ作成を行うべきという意見が多い。
- ・一方、原子力政策大綱が決まっておらず、この状況下では議論が難しいとの意見も。
- ・原子力の即時撤退は困難で、(期間・量についての見解は分かれるが)今後も原子力利用を続けるのであれば、炉物理分野が進むべき方針を議論することには意味がある、という意見が多いように思われる。
- ・スタンスについては、例えば、以下の様な(あるいは、これを包絡する)考え方に基づくと考えられるが、要議論。

「あるべき将来の原子力利用についてロードマップを示す」

「即時撤廃は困難で、中期的な原子力利用についてロードマップを示す」

- ・ロードマップ作成の目的は、例えば以下の様に考えられるが、要議論。
「3.11 後の炉物理研究・教育について、炉物理部会としてのコンセンサスを醸成する(あるいは醸成するよう努力すること、今後の方向性を見いだすこと)」
- ・ロードマップ作成を誰のために行うか、については、例えば以下の様に考えられるが、要議論。
「①一般社会のため(炉物理部会としての考え方を一般社会に広く知ってもらおう)」
「②炉物理関係者のため(今後の研究・教育についての方向性を考える)」

(2)原子力政策大綱との整合性

-
- ・考慮すべきという意見が大勢。
 - ・一方で、現在、政策大綱について議論がまだ行われているため、①ロードマップ作成のためのスタンスの議論に注力する、②我々の大勢の意見が政策大綱と同じであろうと予測して作業を進める、③政策大綱の結果を予測してロードマップ作成を進める、④このロードマップの議論を政策大綱の議論の参考にしてもらう、の4通りの考え方があると思われる。

(3)ロードマップ作成を行う場合の大項目案

- ・おおむね、どの項目についても必要との意見。
 - ・新設炉については、国内での実現性を疑問視する意見と、この時期なので取り上げるべきとの意見あり。取り扱いについて議論が必要。
-

以上のように、炉物理関係者が集まり、ロードマップを作成するための議論を行うことには意義があるとの意見が多く見られた。しかしながら、ロードマップ作成を再開するにあたり、以下の点について、十分に意見交換することが重要であることが認識された。

- ・どのような目的で作成するか
- ・誰を対象として作成するか

第一回目の会合においては、アンケート結果に基づき、上記の論点を含むロードマップ策定方針について意見交換を行った(詳細は添付2の2011年の第一回会合議事録)。概要は以下の通りである。

(2)ロードマップ作成の目的および内容に関する議論

ニーズ駆動型のプロジェクトには、予算が投入されやすく、その遂行は比較的容易である。一方、原子力の利用と安全確保にとって必要不可欠ではあるものの、ニーズと直接結びつかない基礎基盤技術は維持が難しく、将来的に失われる技術も出てくることが想定される。そこで、このような基礎基盤技術の重要性を訴求することがロードマップ作成の目的であるとの意見が多数であった。つまり、原子炉物理の専門家集団として、原子力安全の観点から、今後開発を進めるべき、あるいは維持すべき基礎基盤技術を明示することが重要との認識が多く示された。

また、現時点では、原子力政策大綱策定の議論がなされている段階であり、日本における今後の原子力利用の道筋が明確に見えていないことから、既存炉・革新炉など対象を主体としたロードマップを作成することはあまり適切ではなく、その重要性が原子力利用の動向に大きく依存しない基礎基盤技術に焦点を当てたロードマップを作成することが適切ではないかとの議論がなされた。

なお、基礎基盤技術については、その不変性から適切な時間軸を設定する意味が小さい場合があるため、当面は時間軸を明示しない形でロードマップを作成する方針が確認された。

(3)ロードマップの対象者に関する議論

原子力関係者が社会に対して果たすべき説明責任を考えると、最終的には一般社会に対

する説明という観点が必要になるとの意見が多かった。ただし、まずは炉物理分野の関係者に対して説明を行い、次に原子力関係者への説明、最終的に一般社会への説明を行うことが適切ではないかとの意見が出された。また、原子力発電で重大な事故を起こした国の責任として、このようなロードマップを海外に発信し、失われた信頼を回復するための足がかりにすべきとの意見があった。

以上の議論より、基礎基盤技術に重点を置いた「技術マップ」形式でロードマップを課題と共にとりまとめる方針とした。

(4)原子炉物理の意義に関する議論

ロードマップ作成の議論の中で、原子炉物理の意義に関する議論が繰り返された。この議論の中で、原子炉物理は、核分裂の連鎖反応を制御するという原子力安全の根本をなし、原子炉が原子炉である理由を体系的に説明する唯一の学術分野であるにもかかわらず、この原点を忘れ、「原子炉物理のための原子炉物理」「研究のための研究」「技術のための技術」になっていたのではないかとの真摯な反省がなされた。

原子炉物理は、原子力安全の本質に直接貢献できる「大きな」安全に寄与できる分野であることを改めて認識し、我々はこの原点に立ち戻るべきであるとの認識が重要であると考える。

3.2 基礎基盤技術マップ

2011 年度第一回目の会合における議論を受けて、炉物理分野における基礎基盤の技術マップについて議論した。基礎基盤技術を以下の四分野に分類し、それぞれの分野について取り組むべき課題を整理表の形でとりまとめた。

- ・ 制度基盤
- ・ 人材基盤
- ・ 施設基盤
- ・ 技術基盤

表 1 に炉物理分野における基礎基盤技術マップのまとめ表を示す。表 1 は、縦軸を基礎基盤技術、横軸を主要な適用分野として、マトリックス形式で整理を試みたものである。また、表 2～表 5 には、各基盤分野の整理表を示す。

制度基盤については、主として、炉物理分野に関連する法令、民間規格・基準の整備および国際展開に必要となる規制体系の整備について取り組むべき課題が述べられている。

人材基盤では、まず炉物理の専門家としてのあるべき人材像の提示が必要との認識であり、また、原子力安全を切り口とした炉物理教育に必要な教材、現在でも不足が懸念され

ている炉物理を教育できる教員の減少、国際展開にあたって必要となる教材の拡充が課題となっている。また、解析コードを用いた教育にあたっては、外為法の制限を十分に考慮する必要があることが問題としてあげられている。

施設基盤においては、臨界集合体、研究炉、ホットラボなどの維持が課題としてあげられている。

技術基盤としては、原子力安全の観点から最適評価および不確かさ評価技術、また未臨界度測定を含む実験技術の開発、炉物理計算には欠かすことができない核データ評価技術の維持、不確かさ評価の入力データとなる共分散データの整備などが課題としてあげられている。

表1 基礎基盤技術マップまとめ表

項目	適用分野	1F事故対応	現行炉	高速炉	革新炉	核燃料サイクル	プラント輸出
制度基盤							
法令・指針							
	指針体系見直し		○			○	○
	規制体系の国際標準化		○	○			○
	プラント輸出に伴う安全規制						○
民間規格・基準							
	解析コードに対するトピカルレポート性の活用と拡大		○	○	○		○
	取替炉心の安全性評価手法		○				○
	燃料サイクル施設における仮想臨界事故解析手法					○	
	燃焼度クレジットによる未臨界管理	○	○			○	
	クリアランスレベル設定のための高精度インベントリ評価	○	○				
	臨界事故リスク評価手法	○				○	
	燃料デブリ除去に関する未臨界管理	○					
人材基盤							
	あるべき人材像の提示	○	○	○	○	○	○
	原子力安全のための炉物理教材の開発	○	○	○	○	○	○
	炉心設計学習のための炉心解析用ツールの開発(核・熱・機械連成解析)	○	○	○	○	○	○
	臨界安全学習のための教材と学習ツール開発	○	○	○	○	○	○
	炉物理講義指導要領の作成	○	○	○	○	○	○
	原子力工学を専攻する学生数の維持	○	○	○	○	○	○
	各機関のリソース・特徴を合理的に組み合わせた教育インフラの整備	○	○	○	○	○	○
	国際的原子力エンジニアを育成するための施設・設備の整備	○	○	○	○	○	○
	国際展開のための標準炉物理・炉心設計カリキュラムの開発	○	○	○	○	○	○
	原子力新興国の人材育成支援、解析コード提供	○	○	○	○	○	○
施設基盤							
	臨界集合体の維持・高度化	○	○	○	○	○	○
	研究炉・実験炉の維持・高度化		○	○	○		○
	ホットラボの維持・高度化	○	○	○	○		
	加速器施設の維持・高度化		○	○	○		
技術基盤							
解析技術							
	安全余裕の定量評価技術	○	○	○	○	○	○
	不確かさ評価技術	○	○	○	○	○	○
	マルチフィジックス・マルチスケールシミュレーション技術	○	○	○	○	○	○
	インベントリ・放射化高精度評価技術	○	○	○	○	○	○
	未臨界と判定できる実効増倍率の決定方法	○	○	○	○	○	○
実験技術							
	実験測定技術の高度化		○	○	○		
	未臨界度の絶対測定手法	○	○	○	○	○	○
データベース							
	核設計コードの標準(検証用)ベンチマーク問題の整備	○	○	○	○	○	○
	核データ評価技術の継承と高度化	○	○	○	○	○	○
	共分散を含む高品質の核データ整備	○	○	○	○	○	○
	国産標準コードシステムの開発、国産断面積処理コードの整備	○	○	○	○	○	○
革新炉の設計技術							
	核変換		○	○		○	
	固有安全炉				○		
	Thサイクル		○			○	

表2 制度基盤取りまとめ表

項目	概要と取り組むべき理由	分担 (産官学)	備考 (課題、他との関連)
法令・指針			
指針体系見直し	<p>【概要】福島第一での事故を踏まえて今後想定される安全審査指針見直しに積極的に貢献し、規制体系の中における炉物理の位置づけの見直しにつなげる。</p> <p>【理由】制度基盤と炉物理との間に明確なリンクを描くのは難しいが、原子力安全の根底に核反応に基づく原子炉の挙動が存在する以上、炉物理は必要不可欠な基礎的要素と言える。炉物理だけで解決できることは少ないが、炉物理無しに解決できることもまた稀有である。炉物理のための炉物理ではなく、世界最高水準の原子炉安全を実現するための炉物理であることを自覚し、道筋を描くことが重要である。</p>	官・学・産	規制の国際標準化、海外輸出と関連。
規制体系の国際標準化	<p>【概要】我が国の規制体系の見直し、シビアアクシデント対策の拡充を実施するにあたり、各国規制体系やIAEA安全基準を反映し、世界最高水準の原子炉安全を実現するための規制体系として国際標準化していく。</p> <p>【理由】近年、欧米諸国では地震のみならず、津波、ハリケーン、洪水、航空機、テロなどあらゆる原因を想定しシビアアクシデント対策を実施してきた。一方、我が国での対策は耐震に偏重し、核セキュリティやシビアアクシデントへの対策は必ずしも十分ではなかったとの反省がある。事故を起こした国の責務として、事故の再発防止と安全性向上のための教訓と知見を踏まえ、国際標準の策定と普及に貢献していく必要がある。</p>	官・学・産	規制体系を肌で学べる実地訓練の場として、臨界集合体や実験炉は貴重。Safetyはもちろんだが、Security、Safeguardsの視点は実経験なくして理解するのは難しい。

<p>プラント輸出に伴う安全規制</p>	<p>【概要】原発新興国に我が国からプラントを輸出するにあたり、3S (Safety、 Security、 Safeguards)を確保するための規制体系を構築・整備する。 【理由】プラント技術を海外、とりわけ新規原発導入国へ輸出する際は、導入国のニーズ (インフラ、リソース、デマンド) に合致したパッケージ型の提案が必要である。安全規制は当然として、電力安定供給、緊急時・災害時対応、核物質防護・核不拡散も含めたトータルな規制体系の再構築が導入国・輸出国双方に必要である。</p>	<p>官・学・産</p>	<p>外為法や機密保持との関係、即ち、核不拡散、独自技術維持と国際貢献、国際ビジネスとのバランスが課題。</p>
<p>民間規格・基準</p>			
<p>解析コードに対するトピカルレポート制の活用と拡大</p>	<p>【概要】トピカルレポート制度について、炉物理分野としては特に解析コードに関する技術的要件 (審査項目) と検証方法 (標準ベンチマーク問題の設定) を明確化し、制度の活用と拡大を図る。 【理由】原子力安全を向上させるための継続的取り組みにおいて、最新知見の迅速な反映は重要である。この取り組みの一つとして、安全評価に使用される解析コード毎に、その適用範囲、評価手法、精度検証及び管理手段をトピカルレポートとして文書化し、規制認証を受ける審査制度の活用と拡大が必要である。これにより、解析技術の高度化を促進し、解析手法の精度・信頼性向上を設計に反映させることが可能となる。</p>	<p>産・官・学</p>	<p>技術基盤の不確かさ評価技術、標準 (検証用) ベンチマーク問題と関連。</p>
<p>取替炉心の安全性評価手法</p>	<p>【概要】取替炉心毎に安全性を確認する評価項目を再整理するとともに、その根拠についてまとめ、評価手法を民間規格化する。 【理由】現在の設置変更許可においては、代表炉心解析により実際の炉心を包絡する安全余裕をとっている。しかしながら、燃料や炉心運用の範囲拡大に伴い、代表性の考え方を再整理する必要性も生じている。そこで、取替炉心の安全性評価項目とその選定根拠について再検討を行う。さらに、代表炉心の安全余裕の定量化を行い、安全評価に対する余裕の考え方を明確化する。これにより、取替炉心の安全性に関する透明性と説明性を高め、さらなる安全性の向上に貢献する。</p>	<p>産・官・学</p>	<p>技術基盤の安全余裕の定量評価技術と関連。 民間規格では手順のみを規定し、評価結果の妥当性は申請者が示すことになる。</p>

<p>燃料サイクル施設における仮想臨界事故解析手法</p>	<p>【概要】 臨界安全の観点から、事故シナリオの設定、シナリオ毎の未臨界度の評価、臨界の検知、終息手段の検討、事故時の被曝線量評価等の手法を開発し、より安全性・説明性の高い燃料サイクル施設の設計に資する。</p> <p>【理由】 再処理施設や濃縮度 5wt%を超える加工施設などにおいて、臨界事故を想定した臨界安全・臨界管理の標準的な設計手法は、必ずしも確立されていない。燃料サイクル施設に対して実施されるストレステストも見据え、科学的な手法に則った標準的な設計手法を示す必要がある。</p>	<p>産・官・学</p>	<p>臨界事故リスク評価手法開発とも関連。 「特定加工指針」への取り組み方に課題。</p>
-------------------------------	---	--------------	---

<p>燃焼度クレジットによる未臨界管理</p>	<p>【概要】燃焼度クレジットを適用する際の臨界安全設計と運用管理の手順について、評価の考え方、計算条件の設定、考慮する核種の選定、核データ、燃焼計算コードの妥当性確認法などを標準として規定する。 【理由】使用済・一部照射済燃料の臨界安全において、燃焼による反応度の低下を評価に取り入れることで、合理的な保管や輸送が可能となる。健全性が保たれている通常の燃料に加え、福島第一の燃料デブリを含む廃棄物燃料についても適切に燃焼度クレジットを考慮し、科学的手法に則り、安全に管理する必要がある。</p>	<p>産・官・学</p>	<p>技術基盤で示す高精度のインベントリ評価技術や核データが必要。</p>
<p>クリアランスレベル設定のための高精度インベントリ評価</p>	<p>【概要】低レベル廃棄物のクリアランスレベル設定にあたり、炉物理・核計算の立場から放射能濃度測定・評価の高精度化に貢献する。 【理由】低レベル廃棄物のクリアランスレベルは、第一義的には対象とする廃棄物の放射能濃度の測定・評価によって決定される。しかしながら、作業の合理化のためには予め解析によって廃棄物の放射化量および放射能濃度を予測し、分類分けしておくことが望ましい。また、対象物の表面線量から内容物全体の放射能濃度を同定するにあたっては、一部の核種についての測定値を活用しつつ、信頼性の高い核計算によって評価することが重要である。</p>	<p>産・官・学</p>	<p>技術基盤で示す高精度の放射化評価技術や核データが必要。</p>
<p>臨界事故リスク評価手法</p>	<p>【概要】臨界事故の影響度と発生頻度の双方を精査し、事故リスクの定量化を行う。許容されるリスクレベルについても説得力のある設定根拠を提示する。 【理由】リスク評価手法（影響度と頻度の積をリスクと定義）を臨界事故に適用する場合、影響度が高い反面、発生頻度は極めて低いため、各因子の数値と不確定さにより評価結果が大きく左右される。今後臨界事故リスクの定量化がより求められると推測されるが、このような低頻度・高影響度事象に対するリスクの評価方法や結果の取り扱いについて検討が必要になる。</p>	<p>産・官・学</p>	<p>リスクの絶対値でなく、リスクプロファイルを評価し、リスクレベルの相対的低減を継続的に実施すべき。</p>

<p>燃料デブリ除去に関する 未臨界管理</p>	<p>【概要】 福島第一事故の燃料デブリ除去に関して必要となる臨界安全設計、臨界安全管理に関して、評価の考え方、評価ツールや使用データ、評価項目、評価手法等について標準を提示する。</p> <p>【理由】 福島事故においては様々な形状、形態の燃料デブリが炉内に存在することが想定される。これらを除去するにあたっては、未臨界を維持する作業手順の策定、作業中の未臨界度の測定・監視、保管・輸送時の未臨界管理など、様々な局面で未臨界度の評価・測定技術が必要となる。</p>	<p>産・官・学</p>	<p>技術基盤で示す未臨界度測定技術や高精度のインベントリ評価技術、核データが必要。</p>
------------------------------	---	--------------	--

表3 人材基盤取りまとめ表

項目	概要、取り組むべき理由、留意事項	分担 (産官学)	備考 (課題、他との関連)
あるべき人材像の提示	<p>【概要】 炉物理分野から輩出すべき人材像を提示する。これには、①原子力安全を大所高所から確認する管理者、②原子力一般に携わる技術者・研究者と、炉心安全解析や臨界安全性評価など、炉物理の専門的な知識を活かした技術者・研究者の三通りが想定される。①に対しては、原子力安全の観点からの炉物理の知識を、②に対しては、標準的な炉物理の知識およびスキルを提示する。③に対しては、炉物理の知識およびスキルに加え、総合工学としての原子力として、安全の観点から身につけておくべき知識および炉物理研究者・技術者としての心構えを提示する。</p> <p>【理由】 原子炉物理は原子力が原子力である理由(核分裂の制御と予測)を体系的に教える唯一の項目であり、安全性の観点を含む全ての原子力利用の基礎となる。従って、原子力に従事するものの基礎的な素養として、原子炉物理の基礎を習得していることは必須であると考え。そこで、炉心核特性や臨界安全性評価など、習得しておくべき標準的な知識やスキルを提示することで、その知識に大きな抜けがないことを保証する必要がある。一方、専門家に対しては、炉物理のみでは原子力安全は達成できないことを認識し、原子力工学全体を俯瞰する能力が重要であることを示す必要がある。</p>	学・産・官	技術士、原子炉主任技術者、核燃料取扱主任者などを標準的な資格として推薦することも考えられる。国が実施している原子力人材育成プログラムなどとの連携も要検討。
原子力安全のための炉物理教材の開発	<p>【概要】 原子力安全の観点から、原子炉のマルチフィジックス性を切り口にした新たな原子炉物理の教材を開発する。</p> <p>【理由】 大学で教えられている原子炉物理は、中性子の挙動の予測に重点を置いたものとなっている。一方、実機原子炉は、プラントの熱水力や燃料の機械的振る舞いが核特性に大きな影響を及ぼしている。従って、これらの相互作用を把握することは、原子炉の安全性にとって重要であることから、このような教材の開発が必要となる。</p>	学・産・官	

<p>炉心設計学習のための炉心解析用ツールの開発 (核・熱・機械連成解析)</p>	<p>【概要】プラント設計の基礎の基礎を理解した技術者を project based learning などで養成するため、簡単な炉心(プラント)設計演習に用いることが出来る解析ツールを開発し、教育現場に提供する。 【理由】原子炉の安全確保の観点から、座学による講義のみならず、原子炉の振る舞いをシステムとして「体で理解する」ことは重要である。特に原子力プラントの振る舞いの概要を「紙と鉛筆で」解析できる能力が非常時対応などで重要となる。臨界集合体などによる演習はその重要なステップとなるが、使用できる機会は限られ、また熱的なフィードバック効果を学習することは難しい。そこで、このような解析ツールを開発し、設計演習などを通じて上記の能力を身につけさせる。</p>	<p>学・官</p>	
<p>臨界安全学習のための教材と学習ツール開発</p>	<p>【概要】臨界安全の考え方を学習するための1~2コマ分の講義資料と、臨界安全を体感するための学習ツール(簡易な実効増倍率解析コード)を整備する。 【理由】核燃料管理は今後の原子力利用の動向にかかわらず必要な技術である。臨界安全は原子炉物理の一つとして「片手間に」教えられているケースが多いと思われるが、その重要性から考えると、より系統的に取り上げられるべきである。そこで、講義を容易に実施出来るように上記の教材を開発する。</p>	<p>学・官</p>	
<p>炉物理講義指導要領の作成</p>	<p>【概要】標準的な炉物理教材を用いた指導要領の作成を行い、原子炉物理を教育できる教員の数を増加させる。この指導要領は、国際展開にも貢献できると考えられる。 【理由】全国的に原子炉物理を主たる研究分野としている研究室が減ってきており、炉物理を体系的に教えることが出来る教員の減少が見込まれる。一方で、原子炉物理は原子力安全の基盤であることを勘案すると、原子炉物理を履修しない状態が発生することを避けなければならない。そこで、炉物理を主たる研究対象としていない教員をサポートするため、上記の教材を作成する。</p>	<p>学</p>	<p>連携大学院などの考え方を使得、広域で学生を教育するシステムを活用することも重要。</p>

<p>原子力工学を専攻する学生数の維持</p>	<p>【概要】原子力工学を専攻する学生数を維持する。 【理由】原子力利用の動向にかかわらず、原子力施設の安全性向上および安全性確保には優秀な人材が不可欠である。また、原子力施設の安全な運用にあたっては、炉心解析および臨界安全技術など原子炉物理の専門的な知識を持った人材が、一定数が必要である。</p>	<p>学・産・官</p>	<p>学生に対し、将来性を含むビジョンを提示する必要がある。このビジョンには、就職先の確保が含まれる。</p>
<p>各機関のリソース・特徴を合理的に組み合わせた教育インフラの整備</p>	<p>【概要】各機関が有する解析技術などのソフトウェアおよび臨界集合体などのハードウェアに関するリソースをピックアップし、それらを組み合わせた機関横断的な教育インフラの整備を行う。 【理由】原子炉物理実験、数値解析による原子炉解析は炉物理教育において重要であるが、各機関においてはそれぞれ得意分野があり、それぞれの機関の特色を活かした教育インフラの整備が望まれる。特に、臨界集合体を含めた教育施設や原子炉解析を教えることのできる教育者は限られており、これらのリソースを共通の財産として活用する方策が重要である。</p>	<p>学・官</p>	<p>実験装置そのものが、法や核燃料管理を学ぶ格好の施設であり、教育プログラムとしても考慮されるべきである。国が実施している原子力人材育成プログラムなどとの連携も要検討。</p>
<p>国際的原子力エンジニアを育成するための施設・設備の整備</p>	<p>【概要】原子力新興国の原子力研究機関との連携を考慮した教育プログラム、教育インフラの整備を行う。 【理由】原子炉プラント輸出を行う場合、輸出先の原子炉運転・技術者の育成は重要な課題である。また、各国の原子力規制に関する考え方も異なっており、国際的原子力エンジニアを育成するためには、今後の重要な輸出先と考えられるアジア地域との人材交流を通じた教育が必要であり、そのための施設が望まれる。さらに、グローバルな視点からアジア地域で使える出力規模の大きな研究炉も検討すべきである。</p>	<p>学・産・官</p>	<p>国が実施している原子力人材育成プログラムなどとの連携も要検討。</p>
<p>国際展開のための標準炉物理・炉心設計カリキュラムの開発</p>	<p>【概要】原子力安全の観点から必要な炉物理と炉心設計に必要な炉物理を区別し、これらについて標準的な英語の教材を作成する。 【理由】プラント輸出を進めていく際、炉心設計に関する基礎的な技術も同様に輸出することを検討する必要がある。その際に炉物理および炉心設計を教育するための教材が必要となる。</p>	<p>産・学</p>	<p>原子力人材育成プログラムで既に取り組みされている。</p>

<p>原子力新興国の人材育成 支援、解析コード提供</p>	<p>【概要】 プラント輸出対象国に対し、講師の派遣、研修生の受け入れ等の観点から人材育成の支援を行う。また、核計算に関する基礎的な解析システムを提供し、人材育成に使用する。 【理由】 プラント輸出を進めていく際、同時に現地国での人材育成も進めていく必要がある。そのために、上記の活動が必要となる。</p>	<p>産・官</p>	<p>外為法やライセンスの関係で、解析コードを使用した演習が制限される可能性がある。</p>
-----------------------------------	---	------------	--

表4 施設基盤取りまとめ表

項目	概要と取り組むべき理由	分担 (産官学)	備考 (課題、他との関連)
臨界集合体の維持・高度化	<p>【概要】 原子炉物理の観点から、核燃料サイクル全体を通して、必要となる基礎データ、その重要性、不足している実証実験をまとめ、各施設の特徴を考慮し、実験の実施計画の提案、施設の改良を提案していく。また、今後どのような臨界集合体が必要であるか議論し、新たな施設提案についても検討する。</p> <p>【取り組む理由】 臨界集合体は炉心・燃料設計の手法の妥当性、設計精度を検証するために重要であるとともに、原子炉物理教育についても重要な役割を果している。また、従来の燃料加工施設や再処理施設の臨界安全に関する研究に加えて、最近シビアアクシデント時の熔融炉心の研究など安全性研究にも利用が検討されている。一方、臨界集合体自体の数は減少しており、施設の維持も容易ではない。特に、核データの検証や反応度係数の精度検証等の基礎データ取得は、原子力の安全性を担保する基礎基盤技術であるが、1機関での取り組みが困難であり、国内の技術力を維持するためにも国家プロジェクトとしての推進が重要である。また、新興国の原子力技術向上のための国際協力も今後重要となっていく。</p>	学・産・官	外為法を考慮した外国への技術提供についても議論が必要である。
研究炉・実験炉の維持・高度化	<p>【概要】 原子力安全性向上研究から中性子の産業利用まで広い利用分野を考慮し、必要となる研究炉・実験炉の機能の強化およびリプレース、新興国への輸出も視野にいれた新たな研究炉・実験炉のあり方を提案していく。</p> <p>【取り組む理由】 中性子の産業利用は年々増加しており、非破壊検査、物質構造解析、材質改変、半導体製造、RI製造、医療照射等、その利用分野も拡大している。このため、研究炉の役割も原子炉運転訓練や原子炉物理実験の役割、実験炉における実機モックアップの役割から中性子利用、材料照射へと拡大している。また、新興国の原子力技術向上のための国際協力も</p>	学・官	研究炉・実験炉のリニューアルに対する安全規制のあり方、使用済み燃料の処理も課題である。

	今後重要となっていく。		
ホットラボの維持・高度化	<p>【概要】 燃焼を伴う炉物理の検証には、照射後試験が重要であり、必要となる照射後試験、ホットラボの機能強化を提案していく。</p> <p>【取り組む理由】 実機・研究炉での照射後試料の研究において、ホットラボは必要な施設である。ホットラボ施設の維持には、維持費、人材育成が必要であり、長期的な開発計画の基に、施設更新、人材育成を行っていく必要がある。</p>	学・産・官	
加速器施設の維持・高度化	<p>【概要】 核データの精度向上・検証のためには、微分実験施設としての加速器施設が不可欠であり、原子炉物理の観点から必要な核データの反応種類、エネルギー範囲、精度の確保等のための施設・設備の維持・拡充についての提案を行っていく。</p> <p>【取り組む理由】 J-PARCに代表される加速器施設は、産業利用にも広く利用されることが期待されるため、原子炉物理の観点から必要な核データ取得のためのマシンタイム確保が重要となる。このため、密接な関係がある原子炉物理と核データのそれぞれの分野が相互に情報を交換し、新たな付加価値を生み出し、また、工学的インパクトを提案していく必要がある。</p> <p>核データの精度確保のためには、入射エネルギーのある程度の単色性を確保する必要がある。熱中性子エネルギー以外の単色性の強い中性子源を得るためには加速器施設が不可欠である。</p>	学・官	

表5 技術基盤取りまとめ表

項目	概要と取り組むべき理由	分担 (産官学)	備考 (課題、他との関連)
解析技術			
安全余裕の定量評価技術	<p>【概要】 炉心設計や安全解析で利用される炉物理技術を抽出し、炉物理的な解析値に対して安全余裕を見込むべきパラメータ、材料/寸法のスペックに反映するべきパラメータ、解析の前提条件に反映するべきパラメータなどに整理し、それぞれの定量化方法を定める。</p> <p>【理由】 安全解析に見込む余裕は、対象によって、非現実的ながら想定される最も厳しい条件による解析結果と通常運転範囲の解析結果の差に基づくもの、あるいは、製造公差や測定誤差及び物性値の不確かさからの伝播誤差によるもの、工学的な観点によるもの等、様々な方法で設定される。このように設定されている安全余裕の内訳を定量的に把握することは、原子力安全を科学的・合理的に確保する観点から重要である。なお、こうした定量化の実施においては、実機 PWR 及び BWR 炉心を含む検証マトリックスやベンチマーク問題の整備とデータベース化も必要となり、安全性を高める技術や実験の明確化も期待できる。</p>	学・産・官	
不確かさ評価技術	<p>【概要】 不確かさ評価技術は、安全余裕の定量化の基礎となるべき技術であり、炉物理の入力となる物理量、炉物理で生成(計算)される物理量に対し、それぞれの不確かさの伝播および評価技術を確立する。併せて、検討すべき不確かさを整理し、不確かさ評価が可能な物理量、現時点で評価不可能なもの、実験等を実施すれば評価可能となるもの等に仕分けする。</p> <p>【理由】 物性値(断面積、崩壊定数等)、製造スペック、計算手法、検証に用いる測定手法や実験手法等に不確かさが含まれる。現在の原子炉の設計手法では、これら個々の入力の不確かさを評価して対象パラメータの誤差を評価するのではなく、対象パラメータに対する保守性や安全余裕を設定し、安全性を担保している。このため、個々の炉物理パラメータに対する不確かさ評価技術は発展途上にある。一方、解析手法を高度化することにより、モデルが詳細化し、安全評価に用いられる従来の代</p>	学・産	断面積伝播誤差に関する感度解析が学問的にも設計手法としても研究されている。

	<p>表的かつ粗視的パラメータ (炉心パラメータ) に加え、詳細な解析結果と現実の解析対象との対応が明瞭になる。従って、こうした解析評価技術の高度化に適合した不確かさの評価技術が必要となる。</p>		
<p>マルチフィジックス・マルチスケールシミュレーション技術</p>	<p>【概要】 通常運転、過渡・事故における炉内の核・熱・流動現象を詳細に模擬するマルチフィジックス統合解析を、メゾからマクロスケールまでのマルチスケールで実施できる技術を開発する。</p> <p>【理由】 安全余裕の定量化、不確かさ評価技術の高度化のために、実験的に直接的には検証できない事象を数値シミュレーションで代替する技術が必要であり、実験や測定と計算科学技術が相補的に作用することで原子炉の状態把握や予測精度に大きな向上をもたらす。</p>	<p>学・官・産</p>	<p>米国では軽水炉における実験代替シミュレーションの研究 (CASL) が進められている。</p>
<p>インベントリ・放射化高精度評価技術</p>	<p>【概要】 計量管理、臨界監視、保障措置、クリアランスなどの観点から核種インベントリに対し信頼性の高い評価を与える技術開発を行う。</p> <p>【理由】 燃焼や放射化による核種の生成量の精度検証を測定のみ reliant する方法では、労力とコスト面から恒常的な実施が難しく、非破壊測定と解析との融合による経済的かつ信頼性の高い評価技術が必要である。また、臨界評価において燃焼度クレジットを導入する際の品質保証としても期待できる。更に、クリアランスの評価における放射化精度向上は、廃棄物低減の観点からも有用である。</p>	<p>学・産</p>	
<p>未臨界と判定できる実効増倍率 (最大許容増倍率) の決定方法</p>	<p>【概要】 臨界安全ハンドブックによると、対象系が未臨界であると計算により判定するために用いられる中性子増倍率である「最大許容増倍率」は、臨界になると思われる値 (推定臨界値) を推定する際の誤差を考慮して定めた「推定臨界下限増倍率」 (未臨界であると判断してよいと考えられる中性子増倍率の上限) に安全裕度を考慮して定めることとなっている。この最大許容増倍率の設定方法を最新知見に基づいて検討する。</p> <p>【理由】 最大許容増倍率は、核燃料の臨界安全 (臨界事故防止) において最も重要なパラメータであり、その設定については高い説明性が求められるため、最新知見に基づいた検討を行う。</p>	<p>産・学・官</p>	<p>ANSI/ANS-57.2-1983 は、未臨界評価における余裕を、通常は 0.05 とするが、妥当性が示されれば、0.02 を限度に余裕を小さくとも良いとしている。</p>

実験技術			
実験計画・測定技術の高度化	<p>【概要】 事故時評価や将来炉設計を見据えた体系の模擬性や測定技術の高度化に資する関連技術を開発する。</p> <p>【理由】 事故時/事故後の炉心状態を正確に把握するために、測定可能な中性子と線、放出核種等を活用した高精度な測定技術が必要となる。また、一般に実験体系と実機体系は異なったものにならざるを得ないが、実験で実機をできるだけ正確に模擬するため、実機体系の特徴を客観的に再現する指標がどのようなものであるべきかについて研究を進める必要がある。</p>	学・産	<p>代表性因子等の研究がなされているが、実験計画への応用等の手法確立が望まれる。</p>
未臨界度の絶対測定手法	<p>【概要】 核燃料を含んだ種々の体系に対して、未臨界度の絶対値を測定する手法を開発する。</p> <p>【理由】 福島第一の事故を踏まえると、原子炉起動前などの通常運転で現れる原子炉の未臨界状態に加え、異常時の炉心、燃料プール等の貯蔵施設、加工施設を対象とした未臨界度の絶対測定技術は、核燃料を取り扱う施設一般の安全性向上に貢献すると考えられる。また、起動前の原子炉の特性を測定することにより、原子炉の設計の妥当性を起動前に確認することが可能となり、安全性の向上につながる。なお、未臨界度の絶対測定技術は、現在に至るまで原子炉物理の未解決の問題の一つであり、その開発は学術的にも大きな意義を持つ。</p>	学・産	
データベース			
核設計コードの標準(検証用)ベンチマーク問題の整備	<p>【概要】 核計算コード(核データを含む)の信頼性評価(検証)に利用できるベンチマーク問題を整備し、標準的な検証手法の確立を目指す。今後20-30年程度に許認可の対象になり得ると考えられる炉等(サイクル施設も含む)について、規制も交えた場でベンチマーク問題の選択を行い、各炉等に対する「標準」として提供する。「標準」としての検証用問題の整備では、対象となる炉型や(サイクル)施設に応じて適切なベンチマーク問題を選択する必要があるが、その際にどのような観点で対象とする炉等との類似性を判断するのが重要となる。また、実証性の観点から実機商業炉のデータに基づくベンチマーク問題の整備について</p>	学・産・官	<p>NEAを中心とした国際的な取組み(ICSBE、IRPhE)が行われており、日本からもベンチマークデータが提供されている。貴重な炉物理実験データは国際的な財産として、広く共有されるべきであり、</p>

	<p>検討する。</p> <p>【理由】 炉物理解析分野において、最新知見の取り込みを迅速化するために、その標準的な検証方法を確立する必要がある。標準的な検証法は、解析コードの型式認定にも使用することが可能であると考えられる。このような標準的な検証方法を整備することにより、新たなコードを開発した場合に、客観性、透明性のある検証が可能となり、説明性と安全性の向上に寄与することができる。</p>		<p>今後も日本からのデータ提供を継続すべきである。</p>
核データ評価技術の継承と高度化	<p>【概要】 実験的研究により得られた測定値と理論的研究により得られる計算値を基にして、最も適切と考えられる核データの値を評価するための技術について、その標準化を図り、次世代に継承するとともに、高度化（改良）を進める。また、ここでの核データ評価技術には、核データ測定や理論計算も含めて考えるものとする。</p> <p>【理由】 核データ評価はノウハウに依拠するところが大きく、その継承が課題となっている。核データは、炉物理を支える基礎データとして不可欠のものであり、その評価技術が維持され続けることが必要である。このため、核データ評価技術を継承されやすい形に標準化する。さらに、標準化により、核データの品質向上に寄与する。</p>	学・産	<p>シグマ委員会において核データの品質保証WGが設置され、核データ評価の際の手法や用いたデータ等の品質に係る記録の作成・管理についての議論が行われ、基本方針がまとめられている。</p>
共分散を含む高品質の核データ整備	<p>【概要】 共分散データを含めた核データについて、その品質を管理し、より高精度の核データとして整備する。MA 等のサンプル入手の問題を考えると、国際的な枠組みでの取り組みが望ましい。</p> <p>【理由】 核データは、原子力利用の初期よりその整備が進められており、これまでもかなりの精度向上が図られてきてはいるが、いまだに積分実験との乖離がみられる場合もあり、特に MA 核種については、評価済ライブラリ間で有意な差異が存在しているものもある。また、核データ由来の核計算誤差評価は、今後の核設計において必須のものとなりつつあり、このための共分散データの整備も進められているが、現存する核データの共分散のすべてに十分な信頼性があるとは言い難く、今後も実験データ取得や評価を通じて継続的に改善を図る必要がある。</p>	学・産	<p>核データコミュニティにおいては、プライオリティリストを作成し、その上位のものを中心に核データの測定・評価が進められつつあるが、現状ではサンプル入手の困難さなど十分に測定が実施できない核種もある。</p>

<p>国産標準コードシステムの開発、国産断面積処理コードの整備</p>	<p>【概要】炉心設計の検証に資する国産標準コードシステムと断面積処理コードを整備する。 【理由】実験的な実証性を補足するためにモンテカルロコード等が参照解とされている。JAEAのMVPや米国のMCNP等が良く利用されているが、炉心設計全般を解析するためのコードではなくベンチマークの参照解としての利用が主である。この参照解としてのコードシステムの研究開発は継続されるべきであるが、メーカーや電力会社の炉心設計や安全解析の妥当性を規制当局が客観的に確認するための標準コードシステムが必要である。また、その入力となる核データについては、処理コードと合わせ、その信頼性実証と品質保証を含む整備が必要である。今後の原子力プラントの輸出を考慮すると、国産コードの開発の必要性は高く、そのコードを維持管理していく仕組み(組織)が必要である。</p>	<p>学・官</p>	<p>必ずしも国産である必要はないが、米国コードのように国外への開示制限が生じる状況を考慮すると、制約を受けないコードとする必要がある。特に断面積処理コードは米国のNJOYに全面的に頼っており、多様性の面から脆弱な構造となっている。</p>
<p>革新炉の設計技術</p>			
<p>核変換</p>	<p>【概要】将来の核変換に係る技術を整備(維持、高度化)する。 【理由】放射性廃棄物の負担軽減(減容、短寿命化)の観点から重要である。今後の炉型戦略に対応した核変換技術の研究が必要となる。原子力エネルギー利用の大きな負の遺産を解決(負担軽減)するための技術であり、その影響は経済的にも社会的にも非常に大きい。</p>	<p>学・官</p>	
<p>固有安全炉</p>	<p>【概要】将来の革新的原子炉に係る技術を整備(維持、高度化)する。 【理由】福島第一のシビアアクシデントの反省として、「想定外」にも耐えられる原理的に安全性の高い原子炉の開発が求められている。原子炉物理は、このような革新炉開発にあたり、先導的な役割を果たすべきである。</p>	<p>学・官</p>	
<p>Th サイクル</p>	<p>【概要】将来のエネルギーリソース多様化に係る技術としてThサイクルの技術を整備(維持、高度化)する。 【理由】エネルギーリソースの多様化として、U-Puサイクルに加え、Th(U-Th)サイクルについても、その技術基盤を失うことのないように研究を継続する必要がある。</p>	<p>学・官</p>	

4.まとめ

炉物理部会の活動として実施している炉物理ロードマップの策定状況についてとりまとめた。策定にあたっては、原子力政策大綱の議論が現在進行中であることを考慮し、基礎基盤技術を中心にして炉物理分野の技術マップを取りまとめる方針で作業を進めてきた。

原子力を取り巻く状況は非常に厳しいものの、我々としては、少なくとも中期的には原子力発電の利用が現実的な選択肢の一つであると認識している。原子力の利用を継続する場合には、その安全性の向上がきわめて重要な課題であり、そして原子炉物理分野は、安全性向上を支える基盤および応用技術として欠かせないものであると考えている。

今回の技術マップ策定作業は、東日本大震災後、初めて炉物理分野の専門家が会して意見交換を行った場にもなった。専門家集団として、福島第一原子力発電所のシビアアクシデントに関する反省を出発点として、炉物理の今後について、非常に突っ込んだ意見交換を行った結果、専門家集団としてのある程度の方向性、コンセンサスを醸成することができたのは、技術マップを作成したこと自体よりも大きな成果であったと考えている。

ロードマップ策定は、「継続的改善」が重要である。今後、以下に示すような取り組みを継続する必要がある。

- ・技術マップの詳細化と時間軸を含んだロードマップへの展開
- ・原子力人材育成プログラムなどで実施されている事業との連携
- ・原子力政策大綱の議論の反映
- ・優先度を考慮した上での、重要項目への取り組み

添付1 ロードマップ策定メンバー一覧

2012年3月10日現在

主査

山本章夫 名古屋大学

メンバー

青木繁明 三菱原子燃料
青山肇男 日立製作所
池原 正 GNF-J
岩崎智彦 東北大学
岡嶋成晃 原子力機構
北田孝典 大阪大学
小坂進矢 テプコシステムズ
佐治悦郎 原子力学会炉物理部会長(三菱重工)
杉村直紀 原子力エンジニアリング
松本英樹 三菱重工
中島 健 京都大学
中島鐵雄 JNES
長家康展 原子力機構(事務局)
山崎正俊 原子燃料工業
吉岡研一 東芝

オブザーバー

宇根崎博信 京都大学
遠藤知弘 名古屋大学
亀山高範 電力中央研究所
儀宝明德 四電エンジニアリング
千葉豪 北海道大学
深堀智生 原子力機構
溝上伸也 東京電力
横山賢治 原子力機構

(五十音順、敬称略)

添付 2 議事録

2010 年度第 1 回会合議事録(2011 年 2 月 17 日)

長期的な軽水炉利用に関する炉物理ロードマップ作成委員会第 1 回会合議事録

日時：2011 年 2 月 17 日 (木) 13:15 - 16:30

場所：原子力機構上野小会議室 1

参加者 (敬称略)：山本章夫、北田孝典、池原正、青山肇男、郡司智(吉岡委員代理)、巽雅洋(山崎委員代理)、小坂進矢、杉村直紀、松本英樹、佐治悦郎、青木繁明、儀宝明德、溝上伸也、岡嶋成晃、長家康展、計 15 名

配布資料

1. 議事次第
2. 炉物理ロードマップ作成委員会メンバー (資料番号 1)
3. 第 2 回炉物理ロードマップ検討委員会準備会合メモ (資料番号 2)
4. 原子力学会 2009 年秋の大会「原子力分野の技術戦略マップ間の連携について」(資料番号 3)
5. ロードマップ作成方針に関する論点 (資料番号 4)
6. 炉物理におけるターゲット、ニーズ、課題の設定 (資料番号 5)
7. 原子力分野研究開発ロードマップ (資料番号 6)

議事

資料確認、各自自己紹介した後、議事次第に沿って議事を進行した。

○趣旨説明

岡嶋委員により、本委員会設立の趣旨を説明された。背景として、軽水炉に関する基礎基盤技術が見直されつつあり、学会の各分野でロードマップが作成されており、炉物理分野においても作成するのが有益であるということ、軽水炉技術の輸出ため、オールジャパンの体制づくりが必要であるということが述べられた。また、これまでに炉物理関係者の間で、準備会合を 2 回開催し、ロードマップ作成のコンセンサスが得られたことが説明された。また、軽水炉利用がキーワードとなっており、軽水炉は安全性、経済性の向上が求められている。軽水炉の長期利用、国際展開を図る上で、どのように炉物理を戦略的に考えていくかが必要であることが述べられた。

山本主査より、国の安全研究についての傾向についての紹介があり、ロードマップに基

づいて安全研究を実施するという方向性になりつつあるという現状が紹介された。産官学が協調し、三者共勝者の関係になるための連携を構築することが重要であるということが述べられた。

○ロードマップ作成委員会メンバーについて

提案したメンバーで特に異論はなく、産官学の主要なステークホルダーの方に入っただけしているものと認識で一致した。今後、新メンバーとして推薦があれば、随時ご参加いただくこととした。また、核データについても議論することがあるかもしれないので、核データの方にコンタクトし、オブザーバーとして加わっていただくことも了承された。

○ロードマップ作成委員会の位置づけについて

松本委員の方から、炉物理部会でこの委員会の設立が承認されたことが報告された。次の総会、全体会議（3月29日）で事後承認を取る必要があるということも報告された。また、最初の提案で、この委員会の名称を、「軽水炉の長期利用に対応した炉物理ロードマップ作成委員会」としていたが、これは軽水炉の超長期利用を連想するので、「長期的な軽水炉利用に関する炉物理ロードマップ作成委員会」という名前に変更させていただいた旨が報告された。

その後、本委員会の活動期間についての議論が行われ、1年が妥当であるということで合意した。

○炉物理ロードマップ作成方針の議論

長家委員により、原子力学会 2009 年秋の大会「原子力分野の技術戦略マップ間の連携について」で発表されたスライドを元に、技術戦略マップ、水化学ロードマップ、熱水力ロードマップがレビューされた。これを元に、炉物理ロードマップをどのように作成していくべきかが議論された。議論の概要は以下のとおりである。

- ・水化学ロードマップでは、課題毎に 3 階層すべてを与えており、一方、熱水力ロードマップでは、第 3 階層目だけ個別のロードマップを作成している。炉物理では、水化学ロードマップを作成するのは難しいので、熱水力ロードマップのようなものを作成するのがよい。

- ・各ロードマップの横の連携が重要であることは合意したが、まずは、炉物理だけにしぼったロードマップを作成し、連携については後から考える方向で検討することになった。

- ・ロードマップ作成の対象範囲について検討を行い、軽水炉のみを対象とすること、バックエンドまで含めること、核データまで含めることで合意した。ただし、核データについては、核データ部会側の意見も伺って、どちらでロードマップを作成するか今後検討していくこととした。

- ・本委員会の名称についても、核データという名前を明示的に入れるかどうか、核データ

を含めた大きな枠組みの名称を考えるかという議論があったが、核データ側の意見を伺って今後検討することとした。

・炉物理ロードマップに取り上げる範囲として、基礎基盤分野だけではなく、応用分野についても考慮することとした。

○炉物理分野におけるニーズ・課題の設定についての議論

長家委員が、準備委員会で行ったアンケート結果をまとめ、提示した。それを元に議論を行い、以下のような意見が出た。

・大項目の区分については、少し細かすぎるので、既設炉、新設炉、共通、核燃料サイクル、基礎基盤の5つの項目に分けることで合意した。

・バックエンドのカテゴリがなかったので、核燃料サイクルというカテゴリを新たに新設した。

・トリウムについては、基礎基盤で取り扱うこととした。

・他の分野では、国プロのみをロードマップに乗せている。

・中性子源、規制、臨界実験設備、V&V、ベンチマーク問題、シミュレーション技術、動特性はどのカテゴリに入れるべきかが議論された。次回の会合までに、各担当でたたき台を作成することになった。

○大項目ごとの取りまとめ役の決定について

大項目5つに基づいて、炉物理分野における課題とニーズを整理することになった。3月17日に次回会合が予定されているので、それまでにニーズ、課題を取りまとめるための担当者を決定した。担当者は以下のとおりである。

・既設炉、新設炉、共通：松本委員、小坂委員

・核燃料サイクル：吉岡委員

・基礎基盤：北田委員、山本委員

○今後の予定について

次回会合までに、大項目別に詳細項目出しをし、産官学の担当区分のたたき台を作成することとなった。次回会合は、3月17日の予定。

2011 年度第 1 回会合議事録(2012 年 1 月 16 日)

炉物理ロードマップ作成委員会 2011 年度第 1 回会合議事録

日時：2012 年 1 月 16 日 (月) 13:30-17:00

場所：品川、三菱重工殿会議室 (品川ビル 3F:305 会議室)

参加者 (敬称略)

主査：山本章夫

委員：佐治悦郎、松本英樹、北田孝典、杉村直紀、池原正、青山肇男、小坂進矢、吉岡研一、中島鐵雄、山崎正俊、岡嶋成晃、長家康展

オブザーバー：亀山高範、加藤芳樹(儀宝代理)、横山賢治

計 16 名

配布資料

1. 炉物理ロードマップ作成委員会メンバー (資料番号 1)
2. 長期的な軽水炉利用に関する炉物理ロードマップ作成委員会第 1 回会合議事録 (資料番号 2)
3. 炉物理ロードマップ作業再開にあたっての方針に関するアンケート結果 (資料番号 3)
4. 炉物理ロードマップ作業再開にあたっての方針のアンケートまとめ (資料番号 4)
5. 原子炉物理分野研究開発ロードマップ (資料番号 5)
6. 東京電力 (株) 福島第一原子力発電所 1～4 号機の廃止措置に向けた研究開発ロードマップ
7. 原子炉物理分野研究開発ロードマップ
8. 炉物理 RM 作成委員会再開後第 1 回会合資料 2012 年 1 月 16 日

○配布資料の確認。

○会合目的説明

山本主査より会合目的について説明があった。9 月の学会の炉物理部会会合において、研究や教育についての方向性について話があり、ロードマップ (RM) もしくは今後の計画を考えてもよいのではという提案があり、RM 作成委員会の活動を再開すべく、本日の会合を開催したと述べられた。全体として、今後の炉物理研究・教育やそのために必要な活動について、共通の認識を持つことが会合の目的である。

○議事進行について

長家委員が第一回議事録(資料2)をレビューした。その後、山本主査が、RM作成にあたってのアンケート結果を報告した。それを踏まえ、重要な論点について、どういうスタンスでRMを作成するのか、政策大綱の整合性、大項目案について、フリーディスカッションを行った。山本主査より、一番重要なのは、RMの目的であり、誰に向かって作るのか、基礎的な部分について議論を尽くすことであることが述べられた。

RM作成のスタンスについて

山本主査が、RM作成にあたってのアンケート結果を報告した後、以下のような意見が出された。

- ・RM作成の目的として、一般社会や炉物理関係者に対してRMを作成するのは難しいので、具体的なターゲットを決めるべき。
- ・RM作成の目的は、放っておくと消滅してしまう分野についてアクティビティを維持することである。だから、将来必要だが消滅しそうなものをRMに載せるべき。
- ・原子力の基礎基盤技術の”足腰”となる炉物理や核データを支えるためにRMを作成する。基礎基盤自体の重要性を訴える手段としてRMがあってもよい。
- ・技術基盤を強化するための戦略を炉物理部会で考えるのがよい。
- ・3.11以前から、RM作成の真の目的は、基礎基盤である。
- ・3.11以前において、RM作成の目的は、基礎基盤分野のアクティビティ維持に関して炉物理業界でコンセンサスを得ることであったが、3.11以降それは少し変わり、説明責任を果たすことが目的となった。

○誰のためのRMなのか、誰に対してRMを作成するのか

以下のような意見が出された。

- ・最終的には一般社会。今原子力をやめても廃棄物処理など原子力技術は必要なので、原子力関係者として、一般社会に対してRMを提示する必要がある。
- ・伝え方については、工夫が必要になるかも知れないが、一般社会に対して提示する。
- ・日本の一般社会に対して、また世界に向けてRMを作成し、失った信頼を回復するべき。

RMへ載せるカテゴリについて

RMへの載せるカテゴリは3つあることが確認された。

1. ニーズに対してどういう技術開発が必要かというカテゴリ。目標が明確に設定されていて、説明が明確にできる。目的指向のカテゴリ。
2. 炉物理関係者が必要だと考えるものを載せるカテゴリ。
3. 載せておかないと消滅してしまうものを載せるカテゴリ。

○基礎基盤についての議論

以下のような意見が出された。

- ・基礎基盤は、これまで目的研究の副産物として維持されてきたが、明示的に基礎基盤として必要だとする言い方をしてもよい。
- ・RMという言葉を使うよりは、技術戦略という言葉を使って、基礎基盤を強化するための方法論を提示していくのが良い。
- ・学生がRMを見て、炉物理業界のビジョンを描けるような項目を盛り込んだRMを作成すべき。

○その他の議論

- ・RM作成については、これまで、軽水炉にしぼってきたが、高速炉や新型炉（トリウム炉）も含めて議論するべきである。将来必要だと思われる技術は、RMに載せる必要がある。
- ・3.11以前に作ったRM案は、本質をついていて、悪いものでない。時間軸を修正すればよい。

○原子力政策大綱との整合性について

山本主査より、アンケート結果からは、政策大綱との整合性については大半が考慮すべきであると考えていると報告された。また、政策大綱が出来上がっていないので、ある程度予想を立てた上でRMを作成し、政策大綱が出来上がればフィードバックをかけるのが現実的であるということになった。

○ロードマップの大項目案について

- ・これまでに提案されていた大項目案に、福島第一の事故対応を明示的に追加すべきとの意見が出された。
- ・北田委員より、基礎基盤の大項目において、人材基盤で、臨界実験装置・研究炉を用いた原子力教育を追加したとの報告があった。
- ・山崎委員より、核燃料サイクルの大項目において、事故時の熔融燃料の取り出し処置（未臨界度モニタリング、臨界安全技術）を追加したとの報告があった。
- ・大項目については、新たに、福島第一の事故対応が加えられ、その他4つの項目はそのまま残すこととなった。
- ・目的が分かるような項目名にするべきである。大項目にリンク付けするための目的としては、エネルギーセキュリティ、経済性、環境調和性の3つがある。
- ・既設炉、新設炉の個別案件は不確定性が大きいので、現時点では、どちらの方向に行っても必ず必要になるところに焦点を当てて議論すべき。
- ・基盤技術とアプリケーションをそれぞれ軸とし、マトリックス形式で整理するのが良い。その次に、時間軸と優先順位を考えればよい。

○次回の予定

- ・次回会合までに、基礎基盤の担当であった北田委員と山本委員で RM 項目を整理しなおし、その試案を各委員に提示する。
- ・次回のスケジュールは、2 月 21 日午後、JNES 殿会議室の予定。

2011 年度第 2 回会合議事録(2012 年 2 月 21 日)

炉物理ロードマップ作成委員会 2011 年度第 2 回会合議事録

日時：2012 年 2 月 21 日 (火) 13:30-16:30

場所：神谷町、JNES 虎ノ門タワーズオフィス 13 階 13D 会議室

参加者 (敬称略)

主査：山本章夫

委員：佐治悦郎、松本英樹、岡嶋成晃、長家康展、池原正、中島鐵雄、杉村直紀、青木繁明、青山肇男、小坂進矢、平野豪、吉岡研一、山崎正俊、亀山高範、中島健

オブザーバー：儀宝明德、千葉豪、遠藤知弘

計 19 名

配布資料

1. 炉物理ロードマップ作成委員会 2011 年度第 1 回会合議事録 (資料番号 1)
2. 炉物理ロードマップ基礎基盤とりまとめ (資料番号 2)
3. 炉物理分野において基礎基盤分野として取り組むべき課題 (制度基盤) (資料番号 3)
4. 炉物理分野において基礎基盤分野として取り組むべき課題 (人材基盤) (資料番号 4)
5. 炉物理分野において基礎基盤分野として取り組むべき課題 (技術基盤) (資料番号 5)
6. 炉物理分野において基礎基盤分野として取り組むべき課題 (知識基盤) (資料番号 6)
7. 炉物理分野において基礎基盤分野として取り組むべき課題 (施設基盤) (資料番号 7)

○前回議事録の確認

資料番号 1 に従い、前回議事録を確認した。特にコメントはなく、議事録は承認された。

○「軽水炉に係る基礎基盤研究の検討」特別専門委員会の検討状況について

岡嶋委員より「軽水炉に係る基礎基盤研究の検討」特別専門委員会の検討状況の報告がなされた。報告内容は以下のとおりである。

- ・前回の「軽水炉に係る基礎基盤研究の検討」特別専門委員会は 1 月 17 日に開催され、基礎基盤研究の定義や、基礎基盤研究の位置づけについて議論が行われたが、1 月 17 日の会合は意見を出し合っただけで、意見をまとめるには至らなかった。
- ・1 月 17 日の会合では、ソフトウェア基盤の脆弱性が指摘された。
- ・基礎基盤研究で欠けている部分を明確にすべき、将来必要であるが研究が止まっていて消滅してしまいそうな技術をあぶりだすべき、という意見が出された。

- ・特別専門委員会の次回会合は、3月27日でそれまでに、executive summary を用意する。
- ・特別専門委員会の結論は、8月を目途にまとめる予定である。

○原子力政策大綱の策定状況について

岡嶋委員より、原子力政策大綱の策定状況について報告がなされた。内容は以下のとおりである。

- ・政策大綱の方も、1月7日から大きな進展はなく、粛々と進められている。
- ・小委員会の方で、原子力発電に関連する部分のコストに関連する議論がなされている。
- ・小委員会の議論が先になり、大綱の取りまとめはその後になるであろう。2月か3月ぐらいにある程度のめどが立ち始めると思われる。
- ・基礎基盤については、4月ぐらいに話が出てくるのではないかと思われる。

○炉物理 RM 基礎基盤のとりまとめについて

山本主査より、炉物理 RM の基礎基盤を技術戦略マップとしてまとめたたたき台が提示され、それについての議論が行われた。主要な意見は以下の通りである。

- ・知識基盤の項目は、他に入らないものを集めている感じである。トリウムや核変換技術を考えると「知識基盤」の名前を変更したほうが良いかもしれない。
- ・トリウムや核変換技術は、発想力が必要で、解析技術にはなじまないのではないか。
- ・核データ評価は、技術基盤の解析技術でもよいのではないか。
- ・知識基盤は、将来可能性のある技術を消滅させないという観点でまとめるとよい。
- ・ベンチマーク問題の項目は、制度基盤や技術基盤にも入る可能性がある。
- ・中性子源である研究炉は重要な項目で、新設、リプレース、維持、高度化を含めて考えるべき。照射用途の目的が重要になってきているので、それも考慮するべき。

○制度基盤の議論

山崎委員より、資料3に基づき、制度基盤について炉物理分野として取り組むべき課題の説明がなされた。それを受けて、以下のような意見が出された。

- ・国際化対応の内容は、炉物理に関係するのかわ疑問である。また、この内容は、指針体系の見直しにも含まれるのでないか？
- ・規制面で炉物理と関連付けるのは難しいが、明確な関連性がなくてもよい。
- ・MOX 加工施設、再処理施設、濃縮度 5%超加工施設（特定加工施設）を一緒に取り扱ってもよいのか。
- ・臨界事故リスクについては、影響度と頻度が無限大×0のようになるので、評価が難しい。
- ・臨界下限値推定とか、燃焼クレジットは検討されているが、課題に入るのか。
- ・燃料デブリに対する未臨界管理について標準が必要である。

・クリアランスは、炉物理の不確かさ評価の技術を使わないとできないところがあり、これも項目の1つとして考えられる。

○人材基盤の議論

山本主査より、資料4に基づき、人材基盤について炉物理分野として取り組むべき課題の説明がなされた。それを受けて、以下のような意見が出された。

- ・教育のためでも、原子力コードの利用制限が厳しい、また、手続きが煩雑である。
- ・国産コードを海外へ輸出するには、外為法の問題がある。
- ・外為法については、項目にするべき課題ではなく、**problem**の方がふさわしい。これについては、制度基盤の方で考慮する。
- ・炉物理が専門でない教育者のための指導要綱をつくるのはよいが、炉物理の中核的人材育成はどうするのか？
- ・炉物理を教育できる人材が減少している。裾野を広げることからはじめていくことが必要。
- ・外国人留学生を受け入れるのは良いが、技術を持ち帰られてしまうだけの場合がある。国内の学生に対する人材育成も必要。

○施設基盤の議論

吉岡委員より、資料7に基づき、施設基盤について炉物理分野として取り組むべき課題の説明がなされた。それを受けて、以下のような意見が出された。

- ・今後、どういう臨界集合体が必要なのかを考えるべき。また、集合体の必要性を示すべきである。
- ・臨界集合体の維持では、外為法と同じような **problem** についても整理すべき。
- ・試験用研究炉は、臨界集合体と研究炉と実験炉があり、実験炉が抜けているので、これについても考慮する。
- ・長期的に研究炉を使うのであれば、研究炉の使用済み燃料の処理も課題である。
- ・安全規制のバックフィットを含めた研究炉のリニューアルについての必要性も考慮する。
- ・グローバルな視点から、アジア地域で使える、多少大出力の研究炉があってもよい。
- ・実験装置そのものが、法とか核燃料管理を学ぶ場であり、その観点を課題に入れておくべき。

○技術基盤の議論

松本委員より、資料5に基づき、技術基盤について炉物理分野として取り組むべき課題の説明がなされた。それを受けて、以下のような意見が出された。

- ・炉雑音解析手法は、シミュレーションと融合した新しい手法の開発を目指して、必要ならば実機のデータも用いてオールジャパンで研究する。

- ・クロスチェックのためには標準コードシステムが必要であるが、国産コードにはこだわっていない。国産標準コード開発には実機のデータが必要でこの点が難しい。
- ・プラント輸出の観点からも、国産コードの開発は必要。また、コードの維持管理が必要で、この点をどこかに明記しておく。
- ・課題については、**subject** だけでなく、**problem** も挙げておく。
- ・「臨界実験測定技術の高度化」と「未臨界度の絶対測定手法」は分けずに、「実験測定技術の高度化」とした方がよい。
- ・施設基盤において、施設だけではなくて、「測定技術の高度化」を入れてもよいかもしれない。

○知識基盤の議論

中島委員より、資料6に基づき、知識基盤について炉物理分野として取り組むべき課題の説明がなされた。それを受けて、以下のような意見が出された。

- ・「臨界下限値推定方法の高度化」については、臨界下限値と核的制限値を整理してまとめる。
- ・「臨界下限値推定方法の高度化」に関連して、核データの共分散についての書き方は見直す。原子力機構の核データ評価グループや共分散利用WGと一緒に調整する。
- ・「トリウムサイクル」を知識基盤に入れるのは違和感があり、見直す。ソースの多様化という観点で見直したほうがよい。

○今後の進め方、予定

- ・3月21日の炉物理部会の企画セッションで、この委員会の議論の結果を発表する。
- ・炉物理部会会報もしくは学会誌に記事を投稿する(未定)。
- ・軽水炉に係る基礎基盤研究の特別専門委員会で本検討結果を紹介する(未定)。
- ・次回会合までに、本日の議論を踏まえて、各担当で資料を修正する。
- ・次回のスケジュールは、3月9日午後、JNES 殿会議室の予定。

2011年度第3回会合議事録(2012年3月9日)

炉物理ロードマップ作成委員会 2011年度第3回会合議事録

日時：2012年3月9日 13:30-16:40

場所：神谷町、JNES 虎ノ門タワーズオフィス 13階 13D 会議室

参加者（敬称略）

主査：山本章夫

委員：佐治悦郎、松本英樹、岡島成晃、池原正、中島鐵雄、杉村直紀、青木繁明、青山肇男、吉岡研一、山崎正俊、亀山高範、中島健、平野豪(小坂委員代理)

オブザーバー：今村康博(儀宝代理)

計 15 名

配布資料

1. 2011年度第3回炉物理ロードマップ作成委員会議事次第 (資料番号1)
2. 炉物理ロードマップ作成委員会 2011年度第2回会合議事録 (資料番号2)
3. 原子炉物理分野の研究・開発ロードマップ作成について (資料番号3)
4. 炉物理分野において基礎基盤分野として取り組むべき課題 (制度基盤) (資料番号4)
5. 炉物理分野において基礎基盤分野として取り組むべき課題 (人材基盤) (資料番号5)
6. 炉物理分野において基礎基盤分野として取り組むべき課題 (施設基盤) (資料番号6)
7. 炉物理分野において基礎基盤分野として取り組むべき課題 (技術基盤) (資料番号7)
8. 炉物理「ロードマップ」の検討状況 (資料番号8)

○前回議事録の確認

資料番号2に従い、前回議事録を確認した。特にコメントはなく、議事録は承認された。その際、3月5日に行われた作業会の概要として、①報告書の草稿について検討したこと、②各基盤分野で挙げられている項目について、意見交換を実施し、不足部分、不要部分を修正し、3月9日の打ち合わせに持参することとなったこと、が紹介された。

○報告書に関する討論（ロードマップ作成について）

山本主査より資料番号3をもとに報告書案の紹介があった後に、本委員会の成果物をどのように発信するか？内容をどうするか？といった観点から討議した。主な決定事項を以下に示す。

- ・成果の公表方法として、まずは「炉物理の研究」での発行を目指す。

・報告書に議事録があると、炉物理の専門家がロードマップ策定にあたりどのように考えてきたかが分かるので、議事録は報告書に添付する。

その他の主なコメント・意見を以下に示す。

・本委員会の成果を伝える相手は、①他の炉物理関係者、②他の原子力関係者、③一般社会であろう。

・伝える内容は、専門家としてロードマップをどのように策定してきたのか（考え方・姿勢）を示すべきであろう。

・東日本大震災の前後でロードマップの考え方などが大きく変化している。再開した際の位置付けの変更について追記（説明）が必要。

また、反省も踏まえこれまでは炉物理の先端技術はテクノロジーの領域に留まっていたが、今後は炉物理をきちんと安全に展開することが大事というメッセージを発信すべき。

・本委員会は、炉物理の専門家が（自主的に）集まって行って実施したものである。参加は自由であったこと、組織の代表ではなく、個人（炉物理の専門家）として集まったことを明記する方が良いだろう。

○制度基盤の議論

山崎委員より、資料番号4をもとに、前回会合からの変更点を中心に制度基盤について炉物理分野として取り組むべき課題の説明がなされた。それを受けて、以下のような意見がだされた。

・項目「指針体系見直し」における備考は、国際標準を目指すという位置付けが良いのではないか。

・項目「解析コードに対する型式認定」のタイトルは、型式認定ではなくトピカル制度の方が良いだろう。また、取り組む理由としては、安全性への貢献が重要。

・デブリ未臨界モニタに関する記載や、燃焼度クレジットといったキーワードも記載すべき。

○人材基盤の議論

山本主査より、資料番号5をもとに、前回会合からの変更点を中心に人材基盤について炉物理分野として取り組むべき課題の説明がなされた。それを受けて、以下のような意見がだされた。

・人材基盤に施設基盤の中の教育施設を移しており、追記が必要。

・項目「あるべき人物像の提示」の取り組む概要において、「倫理」は炉物理の専門家だけでなく、原子力一般に携わる技術者にも必要だろう。

・項目「原子力安全のための炉物理教材の開発」において、成果物は狭義の炉物理教材に留まらず原子力プラント工学の教材になるように感じる。一方で、全体を俯瞰でき、現象

を予測できる技術者が求められており、このような取り組みは必要だろう。

- ・全体として、重複しているように見受けられる部分があり、整理が必要。

○施設基盤の議論

吉岡委員より、資料番号6をもとに、前回会合からの変更点を中心に施設基盤について炉物理分野として取り組むべき課題の説明がなされた。それを受けて、以下のような意見がだされた。

- ・対象施設にホットラボや核データ測定に必要な施設といった炉物理に関連する施設も追加する。
- ・施設の機能強化について、具体的な例が示せないか？（例えば、照射機能を有する多機能な実験・研究炉など）
- ・安全研究利用の観点から、実験炉について記載を追加する。
- ・臨界施設の取り組みに、デブリの未臨界管理に関する記載を追加する。

○技術基盤の議論

松本委員より、資料番号7をもとに、前回会合からの変更点を中心に施設基盤について炉物理分野として取り組むべき課題の説明がなされた。それを受けて、以下のような意見がだされた。

- ・専門家として訴えるべき問題点はきちんと記載すべき。
- ・項目「炉心診断手法/診断技術」は記載しなくても良いのでは。

○炉物理「ロードマップ」の検討状況

山本主査より、炉物理部会企画セッションで発表予定のOHP案をもとに、発表内容の紹介があった。それを受けて、以下のような意見がだされた。

- ・本委員会の成果の一部をメッセージとして伝えるのはどうか？（これまでの反省や原点に戻るべき（安全が大事）といったメッセージ）