

長期計画策定会議第四分科会（第4回）議事概要

1. 開催日時：平成12年1月24日（月）14：00～17：00

2. 開催場所：KKR HOTEL TOKYO「瑞宝の間」

3. 出席者

委員：永宮座長、石井委員、伊藤委員、井上委員、大瀬委員、岡委員、
上坪委員、小林委員、齋藤委員、澤岡委員、田崎委員、谷畑委員、
平井委員、福永委員、藤井委員

説明員：伊藤泰男（東京大学原子力研究総合センター教授）

オブザーバ：神田啓治（長期計画策定会議委員）吉岡斉（長期計画策定会議委員）

原子力委員：藤家委員長代理、遠藤委員、依田委員

科学技術庁：興原子力局長、川原田研究技術課長

通商産業省：入江原子力発電課長

4. 議題

（1）持続可能な発展を目指して（第1回）

（2）その他

5. 配付資料

- | | |
|---------|---|
| 資料1 | 長期計画策定会議第四分科会（第3回）議事概要 |
| 資料2 | 原子力先端科学分野は原子力の傘から脱出して独自の文化圏を形成すべき時ではないか |
| 資料3 | 核融合研究開発推進の意義と将来展望－持続可能な発展のためと、先端技術のシーズとして－ |
| 資料4 | 核融合の研究について |
| 資料5－1 | 研究用原子炉の将来展望と課題 |
| 資料5－2－1 | 研究用原子炉－「研究炉機構」について－ |
| 資料5－2－2 | 研究炉の在り方に関する検討報告書（中間報告） |
| 資料5－2－3 | 研究炉の在り方に関する検討報告書（中間報告）（別冊） |
| 資料6 | 革新的な中小型炉の開発について <ul style="list-style-type: none">・ 研究炉燃料について・ 原子力関係の従事者数及び学協会会員数について・ 「検討に当たっての視点（素案）」に対するコメント |

- ・ ウラン加工工場臨界事故調査委員会報告
- ・ ウラン加工工場臨界事故調査委員会報告の概要
- ・ JCOウラン加工施設における臨界事故と環境への影響について
(ニュースレター第2報)

6. 議事の概要

(1)開会について

○座長より、開会にあたって、以下のとおり発言があった。

本日は「持続可能な発展を目指して(第1回)」ということで、井上委員、伊藤委員、岡委員、大瀬委員のプレゼンテーション及びそれについての議論を行う。

オブザーバーとして長期計画策定会議の神田委員及び吉岡委員が、また説明員として東京大学原子力研究総合センターの伊藤泰男教授が出席している。神田委員及び伊藤説明員は岡委員のプレゼンテーションの補足説明を行う。

前回欠席の澤岡委員より、あらためてプレゼンテーションを行ってもらおう。

○事務局より、配布資料の確認があった。

(2) 未踏分野への挑戦について(前回(第3回)会合の続き)

(2-1)原子力先端科学技術分野は原子力の傘から脱出して独自の文化圏を形成すべき時ではないか

○澤岡委員より、資料2に基づき、プレゼンテーションがあった。要旨は以下のとおり。

本分科会では原子力の傘を拡げ、その下に多くの関連分野を含めることが吟味されているが、昨今の出来事を踏まえると原子力委員会はエネルギーの問題に的を絞り込み、先端科学技術分野については切り離して別の場で議論し、政策を決定していくべき。

レーザーや加速器などの必要性は何となくわかるが、研究開発費は膨大で、その経費に見合う経済効果を説明することは困難。このため、国民の理解を得る上では夢やロマンを訴えることが必要。

夢やロマンの認識は刻々変わりつつあり、そうしたものを原子力の中に閉じ込めると本来の原子力の発展を阻害することになる。将来の原子力の発展に不利益をもたらすならば、その傘から脱出させて独自の文化圏を形成させることが重要。

○澤岡委員のプレゼンテーションに対する議論が行われ、主な意見は以下のとおり。

面白い意見だが、原子力の傘の下にある基礎研究とエネルギー生産を目的とした研究の間の断絶こそが真の問題ではないか。

むしろ、基礎研究が原子力の一端を支えていることを世の中に積極的に訴えるべきである。

原子力をエネルギーに特化させるとはいえ、基礎研究との分離は難しいのではないか。

昨今発生している問題は、物事の基礎をきちんと理解することで解決されると思う。

日本原子力研究所(原研)ではエネルギーに目標を置いた一連の基礎研究を進めてきた。

澤岡委員のプレゼンテーションには2つの問題点が含まれる。1つは、フロンティア的研究と巨大科学プロジェクトは背反する特徴があること。もう1つは、適切に予算を配分する判断基準が確立されていないこと。従来の予算の枠組みを踏襲するのか、新たな予算枠を用意するのかを考えた新しい予算配分の在り方が必要であろう。

原子力の分野に限らず、実用化された技術も問題の解決や技術を発展させるための基礎研究とともに大事である。

原子力分野では、加速器やレーザーの研究によって現在直面している問題を解決する糸口が見つかるのではないか。基礎研究と実用化研究あるいは技術の連携を活発化させるべきである。

加速器技術などが広くエネルギー技術にフィードバックできることを考えると、原子力の傘の下で基礎研究とエネルギー研究が密接な関係を持つのもやむを得ないと思う。

原子力発電に係る諸問題に直接関係する事項と基礎研究を同じく第四分科会で扱うことで、長期計画自体がわかりにくくならないか。ある程度分ける方がよいのでは。

(澤岡委員)

私自身以上に、多くの一般の人は一層わからなくなってしまうと思う。

(座長)

外国では基礎科学と原子力がともに発展してきた歴史があるが、日本ではそうでない。この際、融合していくべきではないか。

この問題については本日の会議では時間がないが今後議論を進めていきたい。

(3) 持続可能な発展を目指して

(3-1) 核融合研究開発推進の意義と将来展望－持続可能な発展のためと、先端技術のシーズとして－

○井上委員より、資料3に基づき、プレゼンテーションがあった。要旨は以下のとおり。核融合研究開発の意義を社会に対する貢献と科学技術に対する貢献の2つの視点でとらえた。前者には、人類の持続可能な発展と環境との調和を支えるエネルギーの開発という意義がある。資源の豊富さ、安全性、核不拡散性などの核融合エネルギー源の特徴に支えられ、技術的には原研のJT-60（臨界プラズマ実験装置）やJET（欧州トーラス研究施設）で臨界プラズマ条件が実現されており、増倍率10以上のITER（国際熱核融合実験炉）の建設が可能と予測。その後の実証炉による実証試験を経て、小型化、経済性の向上が期待されているところ。21世紀後半の基幹エネルギーの候補となる見通しを持っている。

段階的に進めている我が国の核融合計画において、第三段階核融合開発基本計画の中核装置としてITERを選定している。ITER計画推進の目的は重水素とリチウムを用いて制御された点火と定常運転を最終目標とした長時間燃焼の実現、及び核融合炉工学技術の総合試験である。また、ITER計画推進の意義は、この目的の達成と環境・安全性の実証、及び大規模な国際共同事業の推進にある。

国内の研究体制は、原子力委員会の核融合会議における計画の総合的推進、連絡調整のもと、大学、国立研究所、原研、産業界で研究を実施。第三段階核融合開発基本計画に沿い、原研ではトカマク型実験炉の開発研究とITERを担当し、大学、国立研究所はトカマク及び代替方式を検討。省庁統合を前にして、連絡・協議のための協力委員会を発足し、ITERについては全日本体制で取り組むこととなっている。

科学技術への貢献の視点では、科学技術を広げる先端技術のシーズという意義がある。核融合は科学技術の広い領域の先端を広げており、その結果、技術の波及が見られる。例として、核融合炉の炉心加熱する粒子ビームとして開発した負イオン源は、シリコン薄膜製作による超高速LSI用薄膜や次世代太陽電池への利用が可能。プラズマ加熱用の大出力で高周波の電磁波発生装置（ジャイロトロン）の開発技術は高機能セラミックの燃焼や結合、高機能新材料合成、エネルギー伝送に利用されている。将来のITERの実現に必要なレベルまで高性能化すると、高分解能レーダーや宇宙レーダー、環境保護にも利用できると期待している。

第四段階を実現するための課題としては、低放射化材料開発とそのための14MeV強力中性子源がある。中性子源については技術的見通しが立っている。

研究開発には大きな投資が必要となるため、国際協力の重要性が高まり、新たな国際的な枠組みの構築や国際メガプロジェクトに取り組むためのチャンスが生まれる。

世界のトップランナーであることを維持し、新たな知見を世界に発信していくことは今後の我が国の研究開発の在り方として重要。

○井上委員のプレゼンテーションに対する議論が行われ、主な意見は以下のとおり。

省庁統合後の研究開発組織体制は決まっていないのか。

(井上委員)

まだ決まっていない。現在、大学、原研など10の研究開発機関の長が参加して「核融合研究関係機関間の連絡・協力に関する協議会」が設置され、議論が始められている。また、科学技術庁の下に「ITER建設計画策定に関する国内作業部会」が設置される予定である。

原研がITERを担当することになっているが、大学・国立研究所がトカマク及び代替方式を研究する意義は何か。

(井上委員)

ITERに一極集中して開発を進める段階まで達しておらず、トカマク方式は幾つかの問題点を抱えているため、この克服や他の方式の開発を同時に進める意義がある。大学がCOE（センター・オブ・エクセレンス：中核的研究拠点）の役割を果たすためには、様々な新しいアイデアを出す活動を進め、学生を集めなければならない。炉工学研究についても広範囲に進める必要がある。

(3-2) 核融合の研究について

○伊藤委員より、資料4に基づき、プレゼンテーションがあった。要旨は以下のとおり。

核融合研究は1958年に公開研究になり、閉じ込め方式の取捨選択が行われてきた。トカマクによる燃焼実験炉が1つの有力な選択肢になった。これはトカマクの実現パラメーターが核融合パラメーターに近づいた結果、現実性が認識されたことと、経験に基づく法則性や運転領域の知見が増加して設計の基礎ができたことによる。研究の歴史の中でプラズマの学術的理解は萌芽的であるが、多種の個物の知識が集積し、現在では普遍法則化されつつある。

プラズマの性能と維持能力の研究の進歩は、イグニッション（自己点火）と呼ばれる最終目標には未だ遠いものの、燃焼と定常性を表す指標について世界の最高水準の性能を持つ4つの装置のうち、3つまでが日本にあることは特筆すべき。

研究内容の現状の認識としては、燃焼プラズマ実現のための閉じ込め研究、定常プラズマを得る循環パワーの低減化、プラズマ物性の理論的基礎付けの研究がなされている。燃焼プラズマ実現のための閉じ込めの研究はHモードの発見で大きく助長され、現在ではデータベースづくりと経験則により進められている。データベースからプラズマはサイズにより性能が変わる。学術的には、Hモードという遷移現象が1982年に発見された後、自ら（伊藤委員）の研究で理論的解釈が示され、つづく演繹的研究で他方式によるプラズマにも適用できることが明らかになった。プラズマの閉じ込め改善は実験装置の建設コストの低減につながる重要な意味を持つ。

トカマク方式の場合、定常プラズマを得るために膨大なエネルギー（循環入力）を投入して電流を流す必要があるのに対して、ヘリカルの場合には定常性を得るための電流は原理的には不要なので、炉の建設及び運転コストを下げる観点から、炉形式の選択基準を得る上でヘリカル系の研究も必要。

低中性子炉や国民的受容性など環境整合性の観点からも、スフェリカル・トカマクなど別の炉形式についての研究も重要。

今後の研究の方向性として、プラズマの物理及び燃焼については、理論的予測と実験による検証により、学術的に普遍法則化することが重要。炉工学については、照射試験やシミュレーションの統合などによる系統的な方法論を形づくることが重要。科学・技術を総合的、体系的に伝承していくことも重要。

I T E Rが想定された場合は、研究体制として、I T E R実行部隊（大規模な国際共同体）、タスクと予算の裏付けがしっかりした物理R & Dグループ、研究グループのコンソーシアムが必要。

将来展望を考える要素は次のとおり。核融合研究がI T E R計画を中心として推進される場合には、同時にヘリカル等の他方式の研究を進める必要がある。時期を考えると、（原子力研究開発利用）長期計画の策定や省庁統合を機として2001年頃から動きがあると考えられる。I T E R建設は世界チームでの対応が予想されるので、全日本的体制で取り組むとともに建設機関に加え、独立な研究コンソーシアムのような概念も必要。燃焼プラズマ（すなわち、未知のシステム）の実現に挑戦しつつ、科学・技術財産の伝

承を図り、学問の進歩を遂げなければならない。建設プロジェクトと核融合研究全体の研究プログラムをいかに進めるかが課題と思う。

○伊藤委員のプレゼンテーションに対して議論が行われ、主な意見は以下のとおり。

高温プラズマの理論的解釈が残されている部分に対する、プラズマのダイナミクス（運動）などのシミュレーションの精度はどの程度なのか。

（伊藤委員）

高温プラズマは、典型的な遠非平衡状態（熱平衡状態から非常に遠く離れた非平衡状態）の例であり、既存の物理学ではその物性を説明できない部分が多い。

わからない部分についてはモデル化と実験的な検証が続けられている。設計は一般に経験則による。

理論化を進めていく際の実験として、工学的な観点からと物理的な立場からの実験で、扱うプラズマは同じでよいのか。

（伊藤委員）

違う。工学的な観点では技術目標を達成することで十分かもしれないが、物理的な立場ではリスクを背負いつつも装置の性能をさらに高く設定し、例えば高いレベルの燃焼まで実験の範囲に含めて研究計画を策定すべきである。さらに多種のプラズマ実験が必要である。

補足説明するが、ITER設計に関わるエネルギー閉じ込め時間については、経験則の外挿を行っているが、プラズマの振舞いがブラソフ方程式とマックスウェル方程式に従うとして無次元解析により理論的に予測すれば、矛盾がないことが証明されている。

資料4の10頁の表の縦軸で表す「 $W_{dia}(J)$ 」とは何か。

（伊藤委員）

内部エネルギーのこと。プラズマのサイズが大きいほど閉じ込め性能がよくなる。

プロジェクト推進者ではなく一人の研究者として、ITERをどう位置付けるのか。

（伊藤委員）

現時点で核燃焼の研究設計が可能なのはトカマクのみ。ヘリカル方式ではデータが不足している。燃焼実験をやめることは核融合研究が停止することに等しい。もし、核燃焼実験をやらなかった場合、何十年も、50年、100年と研究が停滞する。

現時点ではトカマクのITERだけということか。

（伊藤委員）

現時点では燃焼実験についてはトカマクである。将来、どの方式を取るにせよ、プラズマの燃焼は原理を解明しなければならない物性。燃焼状態を実現できない装置を設計したら、投資が無駄になる。ITERが燃焼実験装置として妥当であるかどうかは、現在、ITER技術部会等で検討が続いている。

今後100年間はITERでしか核燃焼ができないということか。

（伊藤委員）

そうではない。燃焼実験の実現をやめたら世界中で予算が削減されて研究が下火になってしまい、研究の科学水準が現状まで回復するためにきわめて長期間かかるという意味である。

理論的に演繹できるとは、異なる方法で同じ現象を検証できるという意味であろうが、理論的にはその段階まで達しているのか。

(伊藤委員)

燃焼の物理についてはまだ達していない。実験から帰納的なフィードバックがかかり始めるところによくさしかかった段階。

(3-3) 研究用原子炉の将来展望と課題

○岡委員より、資料5-1に基づき、プレゼンテーションがあった。要旨は以下のとおり。

日本の研究炉は、原研や大学、民間では東芝が保有しているほか、原研の試験炉及び核分裂の試験を行う臨界集合体が8基ある。これらは材料試験用の大出力の原子炉と汎用の百kWから数MWの出力の原子炉に大きく分かれる。私立大学は古くより独自の施設を整備し、永く研究を行ってきて、原子力利用の理解増進に歴史的な役割を果たしてきた。世界の研究炉の数は若干の減少傾向だが、途上国では研究用原子炉は増えている。世界で256基、日本では19基ある。

日本の研究用原子炉の役割は次のとおり。動力炉開発を目的とした材料試験炉を用いた材料照射による研究、理工学のための放射化分析や生物照射をはじめとする照射利用研究と中性子散乱、中性子ラジオグラフィなどのビーム利用研究、医療・産業利用のためのラジオアイソトープの生産と利用や中性子ドーピング法による高品質半導体材料の生産、ホウ素中性子補足治療。さらに、教育・人材育成の面で、核分裂の原理を実際に見て知ってもらうためにも研究用原子炉が不可欠。原子力の専門家を育てる以外に一般の人にも、原子力や放射線を正しく理解してもらう上で重要。

照射を材料試験に付属して、受けた燃料や材料の物理化学的、機械的データをホットセル内で取得するホット試験施設の充実や改善が重要。今後は、複合環境でのその場試験などの照射後試験や、ホット機械加工としての役割が大きくなる。

我が国のほぼ全ての試験・研究炉は共同利用に供されている。原研の場合、材料試験炉(JMTR)は原研以外に産業界、大学に利用されているし、研究用原子炉(JRR-3及びJRR-4)は大学の利用が大きな割合を占めている。ホット試験施設の利用は産業界と所内の利用が半分ずつを占める。

将来展開として、ニーズの高度化への対応や効率的な運転維持管理策を含んだ世界トップレベルの先端的研究施設の維持更新、及び機関間連携を強化した共同利用施設としての体制の整備があげられる。施設高度化と技術の継承、さらに使用済燃料の処理と廃棄物処分の問題の解決が課題。

中性子利用の観点からは加速器と原子炉の関係は相補的。原子炉中性子は広い空間に対して連続的なビームを出し、加速器中性子源は狭い空間領域に高強度でパルス状のビー

ムを出す。

- 伊藤説明員より資料5-2-1に基づき、補足説明があった。要旨は以下のとおり。

共同利用に供されてきた研究炉は、マシンタイムの不足、医療用R I、例えばMo-99（モリブデン-99）の生産に対応できていない等の問題がある。教育・研究面で非常に重要な役割を果たしてきた小型の立教炉（立教大学研究用原子炉）や武蔵工大炉（武蔵工業大学研究用原子炉）は経営困難や需要の壁により2000年度から運転が困難となる。約1年前の日本原子力産業会議のアンケート調査によると、研究炉利用の要求は非常に高く、現状の問題を解決しながら利用を続けていくべきとの多数の回答を受けて、解決法の一つとして研究炉機構を検討している。これは国と民間からの資金で、総合的な利用計画の立案、利用の調整と拡大を目指し、協議会的な連携と支援及び情報活動・国際協力の強化を図るもの。立教炉のように経営困難なものを積極的に受け入れたり、将来的な研究炉の維持・管理の問題や新しい計画について、調査・検討・提言を行う。

世界的には研究炉機構と同様の組織はないが、近い例では米国に国内の研究炉全てを支援するTRTR（National Organization for Test, Research, Training Reactors）があるほか、Reactor Sharing Program という共同利用プログラムが活動している。EC（ヨーロッパ共同体）では全体で活発に活動中。日本では文部省の原子力施設共同利用が永く存在し、大学の研究者は大きな恩恵を受けてきたが、より強い支援が必要。

研究炉機構の長所としては、円滑な利用と発展が実現する一方で、原子力に関する教育が徹底され、社会に原子力の安全確保の基礎が築かれる点であろう。
- 引き続き、神田原子力長期計画策定会議委員より、資料「研究炉燃料について」に基づき、補足説明があった。要旨は以下のとおり。

2006年5月12日までに取り出された米国籍の使用済燃料は2009年5月12日まで米国が受け入れるが、それ以降の引き取られない燃料への対応が問題。国内で保管又は再処理を行うか、英仏のいずれかで再処理することになる。

使用済燃料を英仏が再処理する場合、フランスからは2008年以降、英国からは2018年以降若干の高レベル廃棄物を日本に持ち帰らねばならず、動力炉の高レベル廃棄物と同様に今から対応策を考えておく必要がある。

国の方針としては、使用済燃料は一義的には事業者の責任であるが、国外で再処理した後を持ち帰るとなると、一事業者では対応が難しい。

第二分科会での議論には高レベル廃棄物の問題は扱っているが、研究炉から発生するのは含まれず、この問題を第四分科会でも認識して欲しい。
- 岡委員のプレゼンテーション、伊藤説明員及び神田長期計画策定会議委員の補足説明に対する議論が行われ、主な意見は以下のとおり。

研究炉設置許可申請では使用済燃料の再処理が原則として義務づけられているが、特殊な燃料の処理にはその実用化のためにも多額の費用を要し、再処理コストは非常に高く、そのメリットについて疑問。直接処分を選択肢があってもよいのではないか。

Mo-99の生産は、科学技術庁の検討の結果、コスト的に見合わないので国内で生産しないとの結論になった。それを翻す議論の提案をする場合は、経済性の観点からも再考願う。

第二分科会では研究施設から出た高レベル廃棄物の処理については審議しないのか。

(神田長期計画策定会議委員)

高レベル廃棄物についての議論は行うが、動力炉の核燃料サイクルが中心。第四分科会から審議を求める意見があれば検討する。第二分科会では日本原燃の竹内社長が委員なので、処理機関に日本原燃を想定したり、全く関係ない第三の機関を想定することも可能。ただし、第二分科会で扱うには第四分科会で議題となった事実が必要であろう。

(座長)

この問題については扱いが難しく、結論を出すのが困難である。

(神田長期計画策定会議委員)

結論を出すことを望んでいるのではない。第四分科会がこの問題を認識せずに第二分科会で独自に議論を進めることはできない、という意味である。

(原子力委員長代理)

原子力委員会では平成9年からバックエンドや高レベル廃棄物の問題の議論を進めており、かなり結論に近づいている。その中で研究炉の問題も認識している。

原子力委員会の基本的な見解は(廃棄物、使用済燃料の)共同墓地構想である。これは、発生者責任ということはあるが、日本に何箇所も施設をつくって対応することは困難なためである。議論は前向きに進んでいると思う。

研究炉の個別ケースが十分に見えない状況でどこまで取り上げてよいか不明。研究炉の将来に大きな発展可能性が見えず、従来の問題の解決に苦勞されているように思える。かつて大学が無理をしても独自に研究炉を持とうとした意欲が喪失されている状況で、次をどう考えるかという発想で議論をしているのではないか。今日提案があった研究炉機構もその現れと思える。研究炉の将来展望が現時点で明確になれば、これから永く使い続けることを想定して、研究炉の在り方を考えていきたい。

(神田長期計画策定会議委員)

2006年までに炉心に入った原研と京都大学の米国籍の使用済燃料は全て米国に引き取られるが、武蔵工業大学、立教大学、民間の東芝と日立製作所の研究炉については米国の引取条件から外れており、廃棄物を取り残されることが大きな問題。2008年以降をどのように考えて現在を進めるかという観点で意見を述べた。

(原子力委員長代理)

提案があれば出してもらうのはよいが、個別の問題については個別で対応すべき。必ずしも長期計画全体の議論にする必要があると思わない。

研究炉の役割として教育・人材育成は重要。東北大学では毎年三年生から希望者を募り、東京大学原子炉「弥生」での原子炉実習と東海・大洗地区の原子力施設の見学を行って

いる。今年度はJCO事故により参加者の減少を心配したが、昨年度と同様30名近い学生が参加する。事前に原子炉の運転があることも説明しており、教育・人材育成の必要性を学生は理解している。研究用原子炉は、実習に必須であり、それが関係者の努力で可能になっていることに感謝している。

中性子利用研究を研究炉で大々的に展開する提案がある一方で、加速器を使う大々的な要求がある。将来、研究炉から加速器にユーザーが移る印象があるが、どうか。

(岡委員)

中性子の利用にはいろいろあり、加速器中性子源と原子炉は相補的。全てを加速器に頼ることができる考えるのは現実的でない。原子炉の特徴を活かして高度化することが必要。現在の原子力事情や必要性に鑑みても、将来、研究用原子炉がなくなることは考えられない。

(神田長期計画策定会議委員)

医療用の中性子利用に関する国際学会に加速器部会の設置を提案し、説明したが、医者は、いつでもビームを取り出せて出力が安定した研究炉がよいと思っている。

冷中性子をつくるために加速器から出る高エネルギー中性子を冷やすのはたいへんではないか。

冷中性子、超冷中性子の発生には線原中性子の密度(束)が高い方が重視され、この点は加速器を使った方が有利。

前回、中性子散乱のプレゼンテーションで、数MWの加速器ができれば、原子炉のように定常の中性子で同等の中性子束が得られることを報告した。今の加速器はまだ160kWが最高強度であり、原子炉よりも定常の中性子束は低い。

冷中性子モデレーター(減速体)の技術が発達し、冷中性子専用中性子束の高いものができるようになった。数MW以上の加速器ができれば、原子炉を代替できている。

(伊藤説明員)

加速器中性子源について、原子炉より中性子束が二桁高いと言われているのはパルス幅の時間中のことで、パルス中性子を利用する中性子散乱研究等には適しているが、直流ビームを必要とするRI製造などの場合は原子炉の方が中性子束が高く、より適する。

(3-4) 革新的な中小型炉の開発について

○大瀬委員より、資料6に基づき、プレゼンテーションがあった。要旨は以下のとおり。

IAEAの目安では30~70万kWの出力のものが中型炉、30万kW以下が小型炉とされている。経済性、安全性、運転保守容易性、核不拡散性の4項目が特徴的な革新的技術である。炉型には、軽水炉、高速炉、高温ガス炉、熔融塩炉がある。

従来は、スケールメリットによる経済性向上と立地地域が限られた中での有効利用を目指した大型軽水炉の開発の結果、単基出力は136万kWのものがつくられるとともに経済性と安全性の向上が図られてきた。今後も大型軽水炉が電力供給の柱になるだろう

が、経済成長と地球環境問題・資源問題の両立、遠隔化する立地・立地難、開発途上国を中心とするエネルギー需要増大、若い世代の原子力離れによる優秀な研究者・技術者の不足などの背景から、21世紀には、電力供給・エネルギー供給の多様化、立地の多様化、多くの国への原子力普及の協力、若い世代への魅力的技術分野提供といった新たなニーズが出現すると思われる。こうしたニーズを満たし、経済性、安全性、プラント容量の柔軟性、運転・保守容易性、熱利用、核不拡散性の要件を実現する革新的な中小型炉の開発が必要。

安全性を中心とした中小型炉の特徴は、炉型に応じて異なるが、非常用炉心冷却系に用いられる重力や自然循環などの静的安全技術、冷却水を使わない大気循環による原子炉冷却、負の反応度温度係数による炉停止などがある。また、システム構成機器と炉心の一体化等によるシステムの簡素化により、経済性の向上も期待される。

単位出力当たりの建設費用及び運転要員費用の増大、いわゆるスケールデメリットの克服や多くの発電所の分散配置に伴う核物質の管理が今後の課題である。スケールデメリットについては安全特性に基づく安全系統簡素化、システム簡素化、標準化、量産効果など革新的な中小型炉の特徴によりその克服が期待できる。

海外の開発状況については、単純化軽水炉や小型軽水炉は米国やアルゼンチンで設置認可やその検討段階、高速炉は米国、ロシアで概念設計中。高温ガス炉は予備的安全審査を経て、ロシアが2009年を、南アフリカ共和国が2005年を、それぞれ運転開始目標として建設計画を発表している。

我が国の開発状況については、小型軽水炉、高速炉は概念検討中、単純化軽水炉は概念設計を終了し、高温ガス炉はHTTR(高温工学試験研究炉)が運転を開始したところ。

○大瀬委員のプレゼンテーションに対する議論が行われ、主な意見は以下のとおり。

発電用原子炉は今後も軽水炉が主力と考えることに異論はないが、他電源の技術革新を考えると、それとは別の次元で動力用原子炉の技術革新を検討すべき時期にあると思う。例えば、今後、東南アジアのエネルギー源の中東地域への依存度が増大する可能性もある。核分裂エネルギーがこれから人類に役立つよう、様々な技術革新を検討すべきと考える。技術革新を考える1つの機会として、中小型炉が検討されるのはよいことと思う。中小型安全炉という言葉から安全を削除したことには賛成。安全性は多様なものである一面だけをとらえて安全というのは適当でない。

本来、技術革新の追求では原子炉の出力の大小が「目玉」であるのはおかしいので、中小型にとらわれず、原子力の技術革新を進めていくべき。

100万kWの電力需要がある際に、大型炉1基で賄う方法に対して、20万kWの中型炉を6基用意し、1基が定期検査を受けても残りの5基で常時100万kWを生産する方法を考えると、量産によるコスト削減が図れるし、2、3基毎に運転要員を付けるので済めば、総合的に評価して中型炉が大型炉に比べて経費が高くなるとは限らないのではないか。ことさらにスケールメリットを強調せず、中小型炉の特徴を活かした研究

をし、大型炉との比較検討をきちんとしてコストを評価することが必要である。

(大瀬委員)

工場の製作における量産効果、設計・安全審査の標準化、静的安全性を利用した軽装備化などが経済性の向上につながると思う。

中小型炉の開発ではどこまでが国策で、どこからが商業ベースと考えられるのか。

(大瀬委員)

実用化するには10年、15年という長期間の経済性、安全性に関する革新技術の実証が必要。このような長期間にわたる投資回収を考えると民間企業での対応は困難であり、また核燃料サイクルとの整合性もあり、国の政策的、財政的支援が必要となる。

外国でもそうなのか。

(大瀬委員)

米国のNERI（原子力エネルギー研究イニシアチブ）計画は政府が新型炉の開発を支援する形で進めている。長期的なプロジェクトは国の支援なしに進まないと思う。

安全性が重要だが、中小型炉の安全性を定量的に説明できないのか。

(大瀬委員)

個人的には、大型軽水炉も中小型炉も十分に安全という意味で、安全性に大差がないと思っている。事故が起きる確率までは分析していないが、中小型炉は、一般の人々に安心感を与える可能性があるのではないかと。

(4) その他

○座長より、次回（第5回）会合について以下のとおり説明があった。

開催日時：平成12年2月14日（月）10：00～12：30

開催場所：調整中

テーマ：持続可能な発展を目指して（第2回）

説明者：伊藤委員、岡委員、大瀬委員

なお、次回予定していた井上委員のプレゼンテーションは、都合により、第6回会合で行ってもらうこととする。

○その他、以下のような発言があった。

本日配布された資料「原子力関係の従事者及び学協会会員数について」にプラズマ核融合学会の会員数を追記して欲しい。会員数は1950名である。

○福永委員より、第3回会合における配布資料「検討に当たっての視点（素案）」に対するコメントがあった。要旨は以下のとおり。

原子力先端技術開発の理念及び仕組み（意義・方向性、研究開発体制・役割分担の考え方等）と、具体的研究開発項目を区別した長期計画が望ましい。

検討の視点としては以下についても議論し、長期計画で言及することを望む。

－研究開発計画及びその成果についての評価の仕組み

－研究開発の状況・成果に関わる情報発信及び技術移転方策の仕組み

一研究開発に関わる人材育成方策

以上