

第 13 回原子力委員会定例会議議事録

1. 日 時 2012 年 4 月 10 日（火） 10：30～12：00

2. 場 所 中央合同庁舎 4 号館 10 階 1015 会議室

3. 出 席 者 原子力委員会

近藤委員長、鈴木委員長代理、秋庭委員、大庭委員、尾本委員

文部科学省

坂本研究開発戦略官（核融合・原子力国際協力担当）

独立行政法人日本原子力研究開発機構

森核融合研究開発部門長

大学共同利用機関法人自然科学研究機構

小森核融合科学研究所長

大阪大学レーザーエネルギー学研究センター

疇地センター長

内閣府

中村参事官

4. 議 題

（1）我が国の核融合研究開発の現状について（文部科学省、独立行政法人日本原子力研究開発機構、大学共同利用機関法人自然科学研究機構、大阪大学）

（2）その他

5. 配付資料

（1－1）我が国の核融合研究開発の現状について（文部科学省資料）

（1－2）トカマク方式による研究開発の現状と今後の方向性（独立行政法人日本原子力研究開発機構資料）

（1－3）超高性能プラズマの定常運転の実証（大学共同利用機関法人自然科学研究機構資料）

(1-4) レーザー核融合の現状と計画 (大阪大学資料)

6. 審議事項

(近藤委員長) おはようございます。第13回の原子力委員会定例会議を開催させていただきます。

本日の議題は、1つが、我が国の核融合研究開発の現状についてご説明いただくことでございます。あとはその他でございます。よろしゅうございますか。

それでは、最初の議題、事務局お願いいたします。

(中村参事官) 最初の議題は、「我が国の核融合研究開発の現状について」でございます。まず文部科学省研究開発局坂本研究開発戦略官より全体をご説明いただきまして、その後、核融合の主な方式でありますトカマク方式、ヘリカル方式、レーザー方式について、それぞれ独立行政法人日本原子力研究開発機構・森核融合研究開発部門長、大学共同利用機関法人自然科学研究機構・小森核融合科学研究所長、それから大阪大学レーザーエネルギー学研究センターの疇地センター長より順番にご説明をいただきたいと思います。よろしくお願いいたします。

(坂本研究開発戦略官) 文部科学省の坂本でございます。今日はよろしくお願いいたします。

まず、文部科学省から資料1-1を用いまして説明させていただきます。

まず、最初に1ページ捲っていただきますと、核融合研究開発の位置づけということで、これまでの政策推進のフレームを簡単に書かせていただいております。我が国の核融合の研究開発につきましては、これまで原子力委員会にお示しいただきました方針、具体的に平成4年6月にまとめられた「第三段階核融合研究開発基本計画」、それから平成17年10月に専門部会報告書という形でおまとめいただきました「今後の核融合研究開発の推進方策について」に基づいて進められているところでございます。

更に、原子力政策大綱においても核融合について「長期的視野に立って研究開発を推進する」という方針が示されてございますし、更に最近では第4期の科学技術基本計画、昨年とりまとめられましたけれども、「核融合の研究開発については、エネルギー政策や原子力政策と整合性を図りつつ、同時に、その技術の特性、研究開発の段階、国際約束等を踏まえ、これを推進する」と示されているところでございます。

次のページをご覧くださいますと、こういった動きを受けまして、これは科学技術基本計画ができますと、文部科学省の方では各分野につきまして推進方策をとりまとめますが、原子力の分野につきましてもこの推進方策、平成24年1月に科学技術・学術審議会研究計画評価分

科会、そちらの方でとりまとめをさせていただいております。特にプロジェクトあるいは学術研究の進捗を踏まえまして、平成17年に原子力委員会の推進方策の方でお示しいただきました方針に則りまして、着実に進めるということを記載させていただいているところでございます。

3ページ、4ページはその内容でございます。細かい説明は割愛させていただきます。

飛んでいただきますと、現状をご説明させていただこうと思います。7ページをご覧くださいければと思います。これは既にご案内のとおり、大きく、今、原理実証の段階を超えたという意味では2つの方式が有力視されているところでございます。1つはトカマク、1つはヘリカルでございます。トカマクにつきましては、工学的実証段階ということで、国際的には現段階でこの方式が最も進展しているということで、国際協力におきまして実験炉ITER。国内のトカマク重点化装置と平成17年の推進方策でも位置づけられておりますが、JT-60SAというものの研究開発を進めていくということが行われているところでございます。

一方、もう1つの有力な候補として、工学的実証を目指す段階としてヘリカル方式がございます。これはトカマクに比べてプラズマの安定性という長所を持つということでございまして、こちら研究開発が着実に進められているということでございます。

更に、原理実証を目指す段階ではございますが、もう1つの有力な方式ということでレーザー方式でございます。イオン温度1億度をはじめ、成果が着実に出てきているところでございます。

こういった工学実証段階にあるもの、あるいは工学実証段階を目指して、今、科学的な実証を行っているもの。原理の実証を行うもの。大きく3つの方式で我が国の研究開発は進められているということで、後ほどそれぞれの形式についてご説明を各機関からお願いしたいと思っております。

1ページ飛ばしまして10ページをご覧くださいますと、核融合研究作業部会、これは科学技術・学術審議会の下にございます。そちらの検討状況について簡単にふれさせていただいております。第5期は、昨年1月まででして、その後第6期の活動期間に入っておりますけれども、第6期につきましてはこれまでの議論、特に原型炉の開発に向けて、解決が必要となる技術的課題の整理をこれまで議論しておりますので、具体的にこの第6期の作業部会の検討内容ということで、右側の技術的課題を9つ挙げておりますけれども、その原型炉概念の構築と設計作業を進める観点から、各技術的課題につきまして整理をいたしまして、報告書を取りまとめさせていただく予定で今議論を進めようとしているところでございます。

次のページをご覧くださいだと思います。こういった核融合エネルギーの実現に向けての研究開発あるいは検討を進めているところでございますが、その波及効果というところも重要でございます。平成17年の推進方策におきましても、例えばイオンビームにつきましてはハードディスク、あるいは半導体の製造技術についての応用の可能性について触れられておりました。あるいは、高周波加熱につきましてもセラミックスの焼結技術、これは我が国の素材産業にとっても今後重要な技術になっていくであろうということを考えております。こういったことを含めて文部科学省としては検討を進めていきたいと考えております。

最後に次のページでございますけれども、今後の核融合研究開発の推進のあり方に関する検討の方向性について1枚紙を付けさせていただきました。平成17年の推進方策における主要な指摘として、我々は3つの指摘が行われたと理解しております。1つは、それぞれの有力な方式についての研究開発の進め方でございますけれども、トカマク方式に関しては核融合炉建設について必要な研究開発を総合的に推進する。ヘリカル方式、レーザー方式につきましては核融合炉の選択肢を広げる観点から学術研究に重点を置いて研究を推進する。更に非常に重要なことは人材でございますので、多様かつ魅力ある研究の機会を様々なプロジェクトを通じて提供する。そういったことで優れた人材を育成する。更には今後のエネルギー源としての実現ということで基盤技術も重要でございます。核融合基盤技術の持続的な発展。これは産業界への連携。更には先ほど申し上げた先端技術の他分野への活用というのも重要だというご指摘がございますので、そういったものを図ることがございます。更に国際協力ということで国際貢献、あるいは開発リスク、コスト低減の観点から積極的に国際協力を推進するという、こういった大きく3つの主要な指摘があったと理解しております。

これらにつきまして、今後の文部科学省としての検討の方向性としたしましては、まず先ほど申し上げましたように技術的な課題につきましては、科学技術・学術審議会の核融合研究作業部会において整理をさせていただくことを予定しております。さらに人材育成、それから基盤技術の発展、産業界との連携を含めまして、そういった点につきましてはITER計画あるいはBA活動で、現場でどのような取組が行われているか。更には学術研究の場においてもどういった取組が行われているか。進展がございますので、そういったものを踏まえまして産学官の関係者の参画を得て、幅広い観点で検討をしていく。例えば核融合フォーラムのような場で検討をお願いできないかと準備を進めているところでございます。3つ目の国際協力につきましては、既にITERは当然でございますが、IAEAなどの多国間協力あるいは2国間協力の枠組みもございますので、そういったものを最大限活用しまして着実に実施する。こうい

った形で検討を進めてまいりたいと考えているところでございます。

文部科学省からは以上です。

（森部門長）日本原子力研究開発機構の森でございます。トカマク方式による研究開発の検討概要ですけれども、繰り返しになるところもございしますが、日本原子力研究開発機構は核融合研究開発の基本計画に基づきまして、トカマク方式による国際熱核融合実験炉 I T E R 計画を国際協力の下で推進するということに併せまして、発電実証のための装置である核融合原型炉、この実現に必要な炉工学研究や、I T E R だけでは実施できないようなプラズマ物理研究などの課題について、日欧共同で取り組む幅広いアプローチ、B A 活動と呼んでいます、これを進めてございます。

また、B A 活動の中のサテライト・トカマク事業、これとトカマク国内重点化装置計画、これの合同プロジェクトとしまして J T - 6 0 の超伝導化改修を行う J T - 6 0 S A 計画を実施する。それとともに I T E R 計画や B A 活動では直接的にはカバーしきれないブランケット、それから核融合炉材料の開発などの核融合炉工学研究を行って、原型炉建設のための技術基盤を構築し、核融合エネルギーの早期実現を目指しているところでございます。

これらの計画の実施状況ですが、お手元の資料、第 1 ページ目をご覧ください。まず I T E R 計画です。この計画は、約 1 0 年で I T E R を建設して、その後、約 2 0 年間の運転でいくつかの所定の目標を達成するという計画です。昨年度の震災影響の緩和方策を国際的な特別作業グループというものをつくって検討しまして、最初のプラズマは 2 0 2 0 年 1 1 月となるものの、2 0 2 7 年の D T 核融合反応実験は変えないという国際合意の目標、スケジュールに従って建設を現在進めているところでございます。

まず、カダラッシュ I T E R サイトではトカマク建屋の基礎、それから I T E R 機構本部建屋、それからトロイダル磁場コイル製作等を順調に建設中でございます。一方、我が国の調達活動につきましては、我が国が調達するトロイダル磁場コイル、これは I T E R 全体の中の 2 5 % に相当しますが、そのコイル 3 3 本の 7 2 % の製作を完了いたしました。今後、これを引き続き継続をしていくということにしております。それから、平成 2 4 年度からは中心ソレノイドコイル、これは I T E R の 1 0 0 % 部分の導体を担当してありますが、この製作に着手いたします。

2 ページを開けていただきますと、トロイダル磁場コイルの我が国での試作状況を示したものでございます。いくつかの工程を経て、つまり素線をコイル状にしまして、あと巻き枠をつくって、その巻き枠にはめて、D 型の輪にして、更にケイシングをしてつくり上げるというい

くつかの工程を経る実規模 R & D によってトロイダル磁場コイルの製作方法を実証したところでございます。

平成 24 年度から実機の製作に着手いたします。このほかプラズマから出てくる熱と粒子を受け止めますダイバータ、これのプロトタイプを製作中。それから加熱装置関連の機器、一部の計測機器の製作を開始したところでございます。

高周波加熱装置技術開発関連では、我が国は世界の最先端をいってございまして、ジャイロトロンと呼ばれておりますミリ波発信管、これの効率の良い高周波運転方法を開発いたしまして、ヨーロッパ物理学会プラズマ・イノベーション賞というのも受賞してございます。

I T E R 機構に対する人的支援と業務支援につきましては専門職 28 名、支援職員 7 名、合計 35 名の日本人を派遣している。I T E R 機構の業務委託や職員募集などの情報については幅広く国内に展開をするといったようなことをしてございます。

その次のページをお願いいたします。B A 活動及びその他の計画につきましては、B A 活動の内の 1 つの事業、国際核融合エネルギー研究センター事業、I F E R C と呼んでございますが、これを六ヶ所村で進めてございまして、実験機器などの整備の完了、それから 5 つほどの R & D を本格開始、そして原型炉設計の日欧共同作用の実施、それから遠隔実験プロジェクトの検討を日欧で着手いたしました。

核融合計算シミュレーションセンターにつきましては、欧州による計算機の整備が予定どおりに完了いたしました。そしてその次のページの左上の方にグラフを示してございますが、世界第 5 位の最大演算性能を確認いたしました。そして平成 24 年 1 月から高性能計算機の運用を開始してございます。

六ヶ所でのもう 1 つの事業、国際核融合材料照射施設の工学実証と工学設計事業、I F M I F / E V E D A と呼んでございますが、これでは実験設備、付帯整備の整備と欧州から搬入する機器の施設への受入れ準備を進めてございます。4 ページ目の右の方の上にある 2 つの写真はヨーロッパで進められています機器の製作、主に加速器に関連するものですが、製作の状況を示してものです。日本は加速器から出てくる高エネルギーの粒子を受け止めますターゲット系を主に分担してございまして、I F M I F ターゲット系のリチウム試験ループを製作しました。これは実は昨年被災いたしましたので、これの修復作業を実施し完了いたしまして、実証試験に着手するための準備を行っているところでございます。

一方、那珂研究所で進めてございます J T - 6 0 S A 計画、これについては 4 ページの左下の方に写真がございましたように、真空容器 40 度セクター、これの 3 体目の製作が完了した状

況で、合計120度分が完成しました。全体の3分の1が完成したということです。

最初の超伝導平衡磁場コイル、これが今年の4月、まもなく完成予定です。そして、既設JT-60の解体、それから欧州からの機器の受入れ・組み立て準備が計画どおり進捗している状況でございます。右下の方の写真、これまでにございましたJT-60のトロイダル磁場コイルを解体して、吊り出しているところです。トロイダル磁場コイルは全部取り外した状況に現在はなっております。

また、200名を超える日欧の研究者によるJT-60SA研究計画、要するに装置ができ上った後の研究計画を日欧の多くの研究者で議論いたしまして、第3版、これは今後も年ごとに改訂していくことになると思いますが、第3版を完成しております。

そのほか炉工学研究につきましては、ITERのポートから挿入をして機能試験をするテストブランケットモジュールの実規模第一壁、それからトリチウム増殖材を充填する容器、それから側壁などの試作とか溶接部の構造健全性、除熱性能の確認といったことで製作性を見通しを立てております。また、実機材料低放射化フェライト鋼F82Hでありますが、これによる試験モジュール後壁の実規模モックアップの製作、これにも着手をいたしました。そのほか、中性子の照射試験等についても計画的に進めているところでございます。

以上でございます。

(小森所長) 核融合科学研究所の小森と申します。よろしくお願いいたします。

核融合科学研究所では大型ヘリカル装置、LHDと呼んでおりますが、それによる核融合研究を進めております。現在、タイトルにありますように「超高性能プラズマの定常運転の実証」という格好で実験を進めております。

背景を読ませていただきます。「大学共同利用機関である核融合科学研究所では、我が国独自のアイデアに基づくヘリカル方式の超伝導コイルを有する大型ヘリカル装置を用いて、将来の核融合炉に不可欠な、超高性能プラズマの定常運転の実証研究を大学等と共同して推進」とあります。磁場閉じ込め方式では、日本原子力研究開発機構さんのJT-60などの装置が既に核融合条件を満たすようなプラズマの生成に成功しています。これを受けまして、現在の次世代に向けた課題としましては、核燃焼とその制御。それから、2ポツ目にありますように「定常運転と安定な制御」、この2つが大きな課題だと考えております。

最初の核燃焼とその制御は今のITERで行われますから、問題は2つ目です。大型ヘリカル装置は本質的に定常運転が可能な装置です。それから生成されたプラズマは非常に安定で静かだという特徴を持っておりますので、この2ポツ目にありますように、今2つ目の課題と申

し上げました「定常運転と安定な制御」の解決のために貢献できると考え、実験を推進しております。

最後のポツになりますが、「将来の核融合の早期実現に必要な学理の探求とその体系化を図るため、大型ヘリカル装置による研究を進めて」、トカマクなども含めて「環状プラズマの総合的理解や体系化を図ることが必須」であり、それを最終目標に研究を進めているところでございます。

現状のご報告をいたしますと、次のグリーンのところですが、まず1つ目は、ヘリカル系は定常に優れているのですが、それで炉心プラズマとなるようなプラズマができるのかという問題があります。これにつきましては、目標としまして、括弧の中にありますが、イオン温度、それから電子温度とも1億2,000万度をかかげ、これを達成するということで進めております。

イオン温度につきましては、現在8,000万度を達成いたしました。最終目標が1億2,000万度ですので、それに向かって進めている状況です。それから、電子温度につきましては2億3,000万度を達成しております。ただし、目標としている密度よりちょっと低い、1cc当たり2兆個ですので、目標である1cc当たり20兆個の高密度で目指そうとしております。

それから、プラズマの密度ですが、核融合条件としては1cc当たり100兆個ということですが、現在、既にこの10倍を超える1cc当たり1,200兆個の密度を達成しております。現在、高密度のプラズマをつくれるということがヘリカルの特徴になっております。

この高密度を達成したことによりまして、横の方に書いてありますが、トカマク系の炉は比較的溫度が高くて密度が低いというものを目指していますが、逆に比較的溫度が低くて密度が高い核融合炉ができるのではないかとということで、研究を進めております。

この良いところは、溫度が低くできることから、つくりやすいということです。壁などに対する熱負荷を低減できるという特徴がありますので、炉としてはつくりやすいと考え、今設計を進めております。

それから、右側にグラフがあります。横軸は年度です。縦軸が今申し上げましたイオン温度で赤です。それと中心密度が青になっております。順調に進んでおりますけれども、2005年から2007年あたりでイオン温度、中心密度とも急激に上がっています。これは、単純にプラズマを加熱するためのパワーを増やせば上というものではなくて、新しい現象、新しい物理を見つけ、それを基にいろいろ研究した結果、飛躍的にこういうジャンプが得られたとい

うことです。このように、学術研究とともに、目標を達成するような研究を進めております。

(3) ですが、先ほど原理的に定常運転が可能だと申し上げましたが、本当に可能かということを実験をしております。現在、プラズマの温度が1, 200万度ですが、約1時間のプラズマを点けることができており、定常性については実証したと考えております。今後はもうちょっと温度の高い数千万度で1時間程度のプラズマを作ることを考えております。

(4) ですが、環状プラズマの総合的理解とプラズマ物理の体系化を図っております。最初のポツに書きましたが、不純物の自動排出機構、不安定性の自己安定化、良好な粒子閉じ込めと高い安定性の両立等の革新的発見があり、これらを含む体系的理解を図っております。それに加えましてトカマク方式を含む環状プラズマの総合的理解というのを進めております。

これらにより、データベースの構築と高温プラズマに関する学術研究基盤の提供を図っております。上のポツには、最後に「革新的」と書いてありますが、この3つとも革新的で、ほかにもございますが、代表例として挙げさせてもらっております。

これですと分かりにくいのですが、例えば最初の不純物の自己排出機構をちょっとだけ説明させていただきます。普通の磁場閉じ込め装置では、トカマクもそうですが、プラズマの閉じ込めをよくして温度を高くしようとしますと、壁から出てきた不純物、鉄とか炭素などがプラズマの中心にだんだんたまっていきます。閉じ込めがよくなりますので、そういう不純物もたまっていくわけです。不純物がたまりますと、そこから光とか電磁波が出て、プラズマの温度を上げにくくします。そういうことで不純物が中心にたまるのは困るわけですが、大型ヘリカル装置の場合、温度をどんどん高くしていきますと、中心から不純物が自動的に外に逃げていくことがわかりました。通常の閉じ込め装置は先ほど申し上げましたように閉じ込めをよくすると中に不純物がたまっていくのですが、大型ヘリカル装置の場合は閉じ込めをよくすると中から不純物が外に出てしまい、ますます良いプラズマができることになります。このような革新的物理現象などを発見しております。他の現象もかなり画期的なものです。

次のページにいかせていただきます。核融合研全体としましては、今、「新たなステージへ」に書きました3つのことを進めております。1つは、大型ヘリカル装置の最終的な目標値を達成して、物理の体系化を図ることを進めております。

2番目は、大学の研究所・センターとネットワークを組み、双方型共同研究と呼んでいます。大学の総力を上げて、核融合工学、それから炉設計の研究を推進しております。

3番目は、核燃焼段階を補完する数値実験研究です。これは何かと申しますと、ヘリカルの場合はITERのような核燃焼実験はできないと考えておりますので、理論とシミュレーショ

ンでこれを補完する研究が必要になります。シミュレーションを中心に核燃焼段階を補完する数値実験、数値実験炉とも呼んでいます、研究を進めております。これらの研究を有機的に組み合わせて行うことにより、真ん中の矢印の下にありますように定常核融合炉の早期実現を目指しているところです。

これらの研究は、下にありますように、ITERへの寄与、産業界への波及、大学院生・若手研究者の教育に生かし、人材育成に貢献すると考えられます。それから現在、JT60が止まっておりますので、日本で唯一稼動している大型装置であり、核融合科学に関するCOEとして世界に大きく貢献しています。

例えば3番目のポツに大学院生・若手研究者の教育と書きました。核融合研自身が大学院を持っております。それから、各大学から大学院生を受け入れる連携大学院も持っております。また、共同研究を推進することによりまして、多くの大学院生を受け入れております。例えば昨年度LHDの研究に従事した者は全部で大体600人です。その中で核融合研の職員が110人ぐらいおります。学生も含めてです。外国の方が70人ぐらい。残りの420人が日本中の大学から来られた先生方と学生さんで、大学院生の方がかなり含まれております。LHDを中心に教育にも貢献しております。

最後のページを説明致します。大型ヘリカル装置をもう十数年動かしてまいりましたが、最初の10年近くは、ヘリカル型で大きな装置が世界的にありませんでしたので、基本性能の検証を進めてまいりました。ここに書きましたように、いろいろな基本的事項の研究を進めてまいりました。

現在は、真ん中のグリーンのところ、大型ヘリカル装置の超高性能化を図っております。「核融合を見通せる1億2,000万度のプラズマの実現と核融合科学の学術体系化」を進めています。このため、高性能排気、加熱機器増強、重水素実験などが必要となります。重水素実験につきましては、重水素実験を行いますと多少放射線が出ますので、地元と協定書を締結した後に実施する予定です。実験と並行しまして、核融合工学、それと数値実験を進めており、総合的に核融合に向けた学術的な研究を現在推進しているところです。

核融合工学につきましては、現在、基礎研究を行っております。これを数年先には実規模の実証研究に持っていきたいと考えております。数値実験は先ほど申し上げたとおりでございます。

将来的には、製作設計をしまして、発電を実証するようなものをつくりたいと考えております。ここに2040年ぐらいと書いてありますが目標です。

それから、将来的に、ピンクのところになっておりますが、核融合研としましては大学と一緒に、革新概念の学術研究、更なる高性能核融合を目指した基礎学術研究、基礎学術による課題解決の研究などを進め、上に書きました研究とタイアップしながら核融合炉ができることに邁進したいと考えております。以上です。

（疇地センター長）大阪大学レーザー研究所の疇地と申します。どうぞよろしくお願いいたします。

それでは、資料1－4に従って説明をいたします。核融合の反応を電力が取り出せるほど十分に起こすためには燃料の持続時間が大変長いか、もしくは燃料の密度が大変高いか。どちらかが必要でございます。最初の燃料の持続時間が大変長いということを主に重視して進められているのが今原子力研究開発機構と核融合科学研究所からご説明のあった磁場核融合方式と呼ばれるものでございます。これは左下に書いてありますが、通常、固体密度の10億分の1という、非常に低い密度でありますけれども、定常的に閉じ込める定常炉を目指すということで、全体に燃料の大きさは10mとかそういう大きな規模になってございます。

このような磁場核融合に対して、レーザー核融合は、閉じ込めはいたしません。そのかわりに右の絵にありますように核融合燃料の周りからレーザーを当てて、固体密度の凡そ1,000倍ぐらい、太陽の中心密度の数倍程度の密度まで圧縮をして、それで燃料が勝手に飛び散るまでの有限の時間の間に燃やし尽くす、こういう方式でございます。従いまして、必然的にこの炉はパルス炉になります。1秒にこういう反応を10回ぐらい繰り返してエネルギーを取り出すというのがレーザー核融合の特徴でございます。先ほどの磁場核融合に比べて燃料の直径が極めて小さい、5mm程度の大きさです。

この意義と申しますと、磁場核融合、レーザー核融合、原理が全く異なるものでございますから、新しい核融合炉の可能性を広げる、これが最大の意義でございます。それに加えて、今申し上げたようにコンパクトであることとか、パルス炉でございますから、その繰り返しの比率を変えることによって負荷変動に対応できること等の特徴がございます。

レーザー核融合に関しては、日本では大阪大学。海外では米国のローレンス・リバモア国立研究所、フランスの原子力庁などで行われているところでございます。

それで、次のページです。レーザー核融合で炉心プラズマをつくるためにはマッチで火を点けるように点火を起こすことがまず必要でございます。その点火を起こす方式として、これまで行われてきた中心点火というのもございます。これは、左上にありますように燃料の容器の中に燃料を詰めて、その周りからレーザーを照射する。そうしますと、レーザーが当たった部分が高温になって四方八方に飛び散る。その反作用で燃料を中心に向かって圧縮をしていきま

す。最後になりますと燃料の中心部から点火が始まって、それで周りの緑色の部分が燃えていく。これが中心点火方式でございまして、アメリカにおける国立点火施設と呼ばれている施設で、早ければ今年、遅くとも2、3年後には投入したエネルギーの数倍、10倍程度の核融合エネルギーが出てくると期待されているところです。

これに対して我が国初の高速点火と呼ばれるものが今、我々が進めている方式でございまして。これは燃料を圧縮するところまでは同じでございすけれども、最も圧縮したところに2つ目の別のレーザーでもって燃料を加熱して、点火、燃焼を起すという方式でございまして。

右の方に2つのエンジンの方式が書いています。欧米が行っているのはディーゼルエンジン方式、自然発火で着火するものに対して、日本が行っているのは点火プラグで強制的に点火を行うということで、これはガソリンエンジン、ディーゼルエンジンの違いと同様に高速点火というのは極めてコンパクトな施設で同じように炉心プラズマをつくることができるというのが最大のメリットでございまして。こういうコンパクトな高速点火というものが今後のレーザー核融合エネルギー開発を大きく加速するということを期待しているところでございまして。

我が国の研究開発の現状でございまして。今、こういう高速点火の実証を行うための計画を展開しています。ページ番号がありませんが3ページでございまして。計画の名前をFIREX Fast Ignition Realization Experiment という名前を付けております。その計画の第1期を今進めているところでございまして。第1期の目的は、こういうやり方で本当に点火温度まで加熱することができるのかどうかを確かめることです。それがうまくいった次の段階で今度は本当に点火燃焼を起こすというのが第2期の目標でございまして。

FIREXの現状。ここの写真にございましてように、かなり大きな建物があります。サッカー場1面ぐらいの大きさで、その中に左下にあるような、これもかなり大型のレーザー施設が建設されています。写真の中央にありますものが3年前に運転を開始した加熱用のレーザーでございまして。右の方に並んでいるものが30年前に完成した圧縮用のレーザーでございまして。こういう2つのレーザーを下の右にあるような人間の目の瞳孔と同じぐらいの大きさの燃料ターゲットに照射をして圧縮と加熱を行うということで、これまでに昨年の段階で1,000万度までの加熱を実証したところで、これは予定のエネルギーのほぼ10分の1でここまでいった結果でございましてので、今後、所定のエネルギーまで増強すると点火温度5,000万度まで加熱できる、こういう見通しを得たところでございまして。

今後のレーザー核融合実現への構想でございまして。まず、2009年から始まったFIREXの第1期計画の後に、点火実証を行うFIREX-IIへ進む。これに関しては原子力委員会

核融合専門部会等の答申で第1期の成果によって次の第2期計画に発展させるか否かの判断を科学技術・学術審議会等における評価を踏まえて行う、こういうことになってございます。

FIREX-I、IIで炉心プラズマができるということが分かりましたならば、それを1秒に10回繰り返して発電を行うという、こういう構想を持っておりまして、それが右下の発電実証を行う実験炉ということで、Laboratory Inertial Fusion Test という名前を付けておりますが、LIFTということで2030年頃の発電を行いたいと考えております。

最後でございますけれども、こういうレーザー核融合でエネルギーを取り出すような、かなり大規模な研究は国際協力が欠かせないということで、日本においてはLIFTの構想、左上の欧州においてはHiPER、米国においてはLIFE、こういう構想が検討されているところでございますが、それぞれの国と協力しながらやっていきたいと思っていますところですよ。

1つだけコメントいたしますと、米国の計画は、今現在はエネルギー開発だけではなくて、国防計画の一環としてもやられている側面がございます。そういうことで、国際協力に関してはかなり慎重な扱いが必要であると思っていますところですよ。アメリカの計画の中でも国防計画と科学計画とはかなり明確に区別されてきたということで、この1年程度をかけて日本と米国の基礎科学に関する協力協定が結ばれたところでございます。

以上、大変簡単ではございますけれども、レーザー核融合の現状と計画についてお話をさせていただきました。以上でございます。

(近藤委員長) ありがとうございます。それでは質疑をお願いしたいと思います。

現在、原子力政策大綱の改訂の議論をしているところでありますが、その中で、研究開発のあり方についてもレビューして、今後の方針を打ち出すことになると思います。今日はそのための勉強ということで幅広くお話を伺ったということでございます。私どもは、ITERの理事会の報告は定期的に聞いていますが、核融合の話を全体として聞いたのは久しぶりだと思います。私がこのところ気になっていましてはこの分野の人材問題です。私自身がしばらく大学から離れて久しいのですが、絶えずこの分野における人材の動向を気にしてきました。従来は大学が人材の供給源としてありましたが、大学が国立大学法人化したというより、競争的環境におかれて、研究分野で成果の出やすい所に投資や人がいくというような変化が起きているのではないか、他方で国の予算はITERの建設に吸い取られ、おまけにJT-60も止まっているという状態ですね。研究をする立場からは研究をする場が限られているということもあるのかなと。

そんな中で人材の育成に関する展望はどうか。核融合研では精力的に人材育成活動がな

されていると伺いましたが、これについての文部科学省としての問題意識はどうなっているのか、お考えをお聞かせ頂ければと思います。

（坂本研究開発戦略官）ありがとうございます。人材育成、この核融合エネルギーの発展、あるいは核融合研究というものの成果を社会にきちっと還元といいますか、価値を生み出していくために非常に重要であると考えています。先ほど、近藤先生から核融合研のお話がございましたが、双方向型共同研究という形で、全国の研究者あるいは学生の方々と研究協力という形で人材育成を進められているということがございます。

J T - 6 0 は止まっていますが、核融合研を中心にそういった共同利用の場というものを通じて、更に人材交流でありますとか、研究協力が進められて、教育あるいは研究、若い方によるそういったものが進められないか、そういった仕組みを作れないかということで、我々地道な努力も含めてしっかりと考えていきたいと思っております。

もう1つは、先ほど核融合技術の産業応用の話をいたしました。核融合のエネルギーとしての利用だけではなくて、核融合の学理というものを様々な技術分野に展開していくことが、こういった研究を通じて育成された方々、当然トカマクにしてもヘリカルにしてもレーザーにしても、それぞれの主力となるプロジェクトでご活躍をいただくのは当然ですが、それ以外のところにも培った優れた能力を生かしていただくようなチャンネルを産業界にも作っていくということができないかということで幅広く議論させていただきたいと思っております。

（近藤委員長）大学等における基礎・基盤的研究の取組は重要ですが、それはアプリケーションの世界との相互作用でしっかりしていくのだと思います。ですから、絶えず、その相互作用の場を持つことが大切と思うところ、大学がそうした場をもつかどうかは大学のイニシアティブにまかされているのが普通ですから、特にこういう状況で現場とのインタラクションを教育現場でどうしているかが気になります。例えば学術会議の伊藤早苗さんは I T E R の現場で、学生さんに感触を味わわせるというプロジェクトをやっておられたかと記憶していますが、そういう現場とのインタラクションについても教育の場に取り上げていくことは重要だと私は思います。その辺についてはどうなのでしょう。それぞれご苦労されていると思います。皆さん、自分の現場を持っておられ、インタラクションを求められる方だから心配ないよと言われるかもしれないけれども、いかがですか。

（小森所長）核融合研では先ほど申し上げましたが、大学院生を預かって、特別共同利用研究員と呼んでいます、L H D や大型計算機を使って、研究を一緒に行い、ドクターやマスターをとっていただく制度があります。また、共同研究者として大学院生が核融合研の L H D とか

に共同研究で来てくださっていますので、共同研究の内容でドクター、マスターをとる方もかなりおられます。正確な数字ではありませんが、５年間ぐらいで１００人か、２００人ぐらいの方がドクター、マスターをとられています。

先ほど申し上げました双方向型の共同研究に、今、６研究所・センターが参画してくださっています。この６研究所・センターと共同で大学院生を育てることを考えています。研究所・センターは特徴がありますので、学生さんにこういう教育をしたいというときは、核融合研も含め、最適なところに大学院生を送って教育する。期間を設けて、また戻ってもらう。必要があればまた別のところに行ってもらう。その人が育つような環境をつくって教育するための準備をしています。現在は、核融合研にかなり来ていただいて教育をしています。

（近藤委員長）ＪＡＥＡはどうですか。

（森部門長）まず、教育という観点でいきますと、ＪＡＥＡにも特別研究生という枠組みで、そういった学生を受け入れて教育をする制度がございますので、年間に数名程度ではありますが、そういったことで教育という意味ではやっております。あと、大学の先生方との協力研究の中には大学の学生さんが協力研究者ということで結構一緒に入ってきます。ＪＴ－６０関連の協力研究だけでも３０件とかそれぐらいございますので、そういった中で我々としても教育には多少なりとも貢献できているのかなと思ってございます。

一方、原子力機構の中の核融合研究をやっている人材の育成、これについて今はＩＴＥＲの建設とかＪＴ－６０ＳＡの建設とか、そういったことでいわゆるものづくりの部分が非常に多うございまして、いわゆる学術研究、まさに動いているプラズマを触るということにはなかなか携われない状況にあります。そんな中で国際協力を活用して、例えば韓国のＫＳＴＡＲという装置が動き始めていいデータを出し始めていますし、欧州にもＪＥＴという装置がございます。アメリカにも装置がございます。そういったところでできるだけ人材を派遣して、共同研究をやって、将来のＩＴＥＲの運転とかＪＴ－６０ＳＡの運転のときに十分に力を発揮できるような準備を進めるべきということで、人数が限られていますので、物作りと研究活動とのバランスをとりながらやっていかなければいけないなと思っているところです。

とは言っても人員の絶対数は、原子力機構の核融合研究開発は今なかなか足りているという状況ではなくて、もっと増やしたいと思ってございます。一方、原子力機構全体としては福島対応ということもあって、そちらに大きく人を投じないといけない。一方では原子力機構全体で人数のキャップがかかっているというところで、なかなか核融合部門の人数を増強できない状況にあって、その辺は今後もいろいろ工夫しながらやっていかないといけないなと思っています。

るところです。

（近藤委員長）疇地さん。

（疇地センター長）人材育成に関して光の部分と影の部分と両方あるなと思っています。まず光の部分に関していいますと、阪大レーザー研の場合は数年前から共同利用、共同研究拠点ということで、全国からいろいろな方がレーザー研のレーザーを使いに来て研究成果を出してくださっています。そういう仕組みのおかげで、昨年度の場合ですと共同研究者が延べですが900人を超えています。延べですから実数はその半数ぐらいだと思っていただいていいと思います。そのうち学生は実数で83名です。この分野に参入してきた方が増えているということが光の部分です。

それ以外に仕組みとして2つの仕組みをレーザー研だけではありませんが、大阪大学として進めています。1つは、インターナショナルフィジックスコースという、外国の学生を集めてきて、それで英語で教育をして、レーザー研とか大阪大学の場合ですと核物理研究センターとか、そういうところのプロジェクト研究に参加してもらおうという、こういう仕組みです。これの最終的な狙いは国際的なリーダーを養成するということになるのだと思います。それが2つ目の光の部分です。

3番目は、JSPSの仕組みで、今名前は忘れてしまいましたが、日本の中の学生で国際的なリーダーを育てるということで、レーザー研のレーザーを使ったり、フランスのレーザーを使ったり、イギリスのレーザーを使ったりという国際共同研究の中に、若い学生を言えば放り込んで、その中で鍛えるという、そういう仕組みでございます。こういうことで量の面でも質の面でも大変いい兆候にはなっていると思います。

一方、影の面というのは、これは統計にまだ表れてきていないのですが、そういう意味では皮膚感覚、私を含めたたくさんの方の皮膚感覚で、大学が法人化して以降のことですが、大学の法人化というのは基本的には各大学が教育研究の面で競争するという仕組みでございます。そうするとある大学から別の大学へなかなか学生が行かない、そういう現象が起こっています。その波及効果で学部から大学院へ行くときに私どものような、これは核融合に限りませんが、大学の中の附置研とか附置センターの方に優秀な学生が来なくなっている、こういう現象がございます。数はまだ減っていませんが、質がはっきり言うと低下しているなというのは皮膚感覚です。これから、また何年かすると、この状態が放置されると数も減っていくのではないかと、こういう大変強い危機感を持っております。以上、プラスとマイナスでございます。

（近藤委員長）坂本さん、何か。

（坂本研究開発戦略官）ありがとうございます。近藤先生が今ご指摘になった開発研究と学術研究の相互作用、これは非常に重要だと思っております。私は着任してまもなくで、不勉強でございますが、例えばプラズマ物理の世界にしても、プラズマの性能をどんどん上げていくためには、今まで分かっていなかったような物理、例えば全く異なる時定数を持った現象というもののカップリングであるとか、あるいは非常に空間的に離れているものの現象が実は相互作用しているとか、いろいろなことが分かってきているというものはこういったところにサイエンスの面白みというか、興味を若い人に持っていただきたい。そういったところはまさに現場、まさにチャレンジをしているところに若い方に入っていただいて、そういった課題を見出して、それを自分でやろうというところ、そういった気持ちを持って、また各大学に戻っていただく、そういうインタラクション。更に新しい知見が生れれば、またそれを開発研究に持っていくというインタラクションを起こすことができないか。これはプラズマ物理だけでなく、あるいは材料工学とかいろいろなところに多分あるかと思しますので、そういったことをコミュニティの先生方と一緒により良い仕組み、今、現場には非常に努力していただいていると思いますが、もっと相互作用が行われるような仕組みが作れないか、検討してみたいと思っております。

（近藤委員長） それでは、鈴木委員。

（鈴木委員長代理） ありがとうございます。今の視点と関係してきますが、学術研究とITERの原型のプロジェクトを分けていらっしゃるのですが、現実にはその辺はもっとインタラクションすべきだろう。ただ、予算がそうならない。学術研究は少なめになってしまって、ITERに取られてしまう。実際はそういうことがあると思います。その辺の悩みをどうするかというのが今後の我々の議論の中でも原子力全体、予算全体が厳しい中で基礎基盤である学術研究の強化をどう図るかというのが悩みのタネなので、核融合についてはサイエンスという側面をもうちょっと強められないか。

今日伺って、レーザー核融合もヘリカルもかなり進んでいて、レーザー核融合の話は2030年に実験炉ができてしまうというアイデアを出されていますが、その方が社会にはもちろんアピールできると思いますが、多分現実にはサイエンスとしての核融合研究というのにすごく価値があって、その部分でしっかり研究開発予算を付けていくという方が多分現実的なのではないか。その辺、位置づけについてお聞きしたいのがまず1点。

2番目は、コストについては多分サイエンスであれば国際協力ができるのではないかと。今日、レーザー核融合の話とヘリカルのお話を今日お聞きして、私も印象深かったのは、もちろん日本独自の方式ということを強調されていて、これはすごく重要だと思います。だから、国際協力

を推進するという視点の下でいかに日本の強さを守っていくか。この辺が難しいと思います。この辺について阪大と核融合科学研究所の方で国際協力は今後もどんどん進めていく。その中で日本の優位性というか、特徴をどうやって維持していくかについてご意見を伺えれば。この2点についてお願いします。

（小森所長）先ほど申し上げませんでした。核融合研でも国際協力をかなり進めています。国を代表する6つの2国間協定。それから国際エネルギー機関の基にある、3つの多国間協定を結んでいます。

更に17の機関と学術交流協定を結んでいまして、国際協力を進めています。例えば日米とか日韓、テキサス州のような代表的なものは国内委員会を作り、半数以上を外部の先生にお願いする格好で運営しています。

例えば日米ですと、人日ですが、日本から派遣するのは1,000人日を超えています。向こうからは半数ですが、500人日ぐらい来られています。それから、日中も300人日くらい、行くのも来るのも300人日くらいです。日韓は、少ないのですが、それでも日本からは150人日くらい行き、相手からも60人日くらい来ておられ、国際協力はかなり進んでいます。

それから、自然科学機構の拠点形成事業としては、実際には核融合研が主に行っているのですが、合わせて700人日くらいの交流があり、国際共同研究を活発に行っています。

その中で、先生がおっしゃったようにどう優位を保つかということですが、やはり一番は装置そのものがかなりユニークなものであるということです。今この大きさに動いているものは世界で1つしかなく、優位を保っています。

ドイツが実は追ってきています。2015年から同じくらいの大きさと、ちょっと方式が違うのですが、同じヘリカル方式のものが動きだします。しかし、プラズマとしては、核融合研が、既に今ドイツの目指しているプラズマを凌駕しているのではないかと思います。ドイツの方がやることがないというぐらい優っています。装置の方式が違うので、かなり違う物理が出てくる可能性があり、両国で争って、全体的に体系化をしたいと考えています。それはトカマクも一緒に、丸い格好をした、ドーナツ系に共通、それから共通でないことを明らかにしておくことが将来の核融合に非常に必要だと考え、今進めています。今のところは、ほかに同等のヘリカル装置がないということもあり、核融合研の研究が世界を圧倒しています。しかも先ほどご紹介しましたが、今まで理論的に予想されなかったような新しい現象がたくさん出ています。そのようなことで、外国の研究者も年にLHDだけで70人くらい来てくださって実験を

進めている状況です。

（堺地センター長）阪大のレーザーの場合は、大型施設を使った研究の全体のうちの30%から40%ぐらいが海外からの提案による国際共同研究です。現時点ではむしろ多すぎるので、もっと日本の国内のコミュニティを育てることに力を注ぐべきではないかという意見も運営委員会の中からは出ている状態です。

今、小森先生がおっしゃられたように、日本の強さがどこにあるのかということですが、やはり核融合研究のほかの例にも漏れず、レーザーにおいても国際的にユニークな施設を持っていることがその強みの源泉です。先ほどの私の説明で、3ページで写真を見ていただきました。爆縮用のレーザーと加熱用のレーザーと2つあって、この2つを使っているところは世界にはほかにはほとんどないということが1点。それから加熱用のレーザーの尖塔値といいますピークの強度が世界の電力の1,000倍とか2,000倍とか、そういうとてつもなく強度が高いという意味で世界的にユニークな施設であると。そういう強い電磁場の下でどういう物理があるのかというのは未知の世界で、そこにたくさんの方が関心を持って使いたいという提案を出してきておられます。

ただ、今後のことは、当然こういう施設というのはほかの国もつくろうとするわけです。先ほどちょっとだけ言いましたが、アメリカの国立点火施設に関して言うと、彼らは常にナンバーワンを目指しますから、日本と同等のものが数年先にはできるだろうと思います。それからフランスについても、これはもう年も決まっていて、2014年にこれと同等の施設をつくるように進めているところでございます。そのときにどう闘うかは考えておかないといけません。

（坂本研究開発戦略官）1点目の研究開発投資のところだけ簡単にご説明させていただきたいと思います。今ご指摘の点、基礎、学術研究とプロジェクトというものとどうバランスさせていくか。これははっきり言いますと核融合もそうですが、先端的な科学技術分野全体で非常に大きな問題であると思っています。私もこの核融合分野をどうしていくのか。しっかりと検討させていただきたいと思っています。まさに先生ご指摘のように核融合のサイエンスの側面をもっとしっかり見るべきではないか。強調すべきではないか。これは非常に重要だと思っています。これはエネルギー技術としての核融合の将来性を高めるという意味でも、あるいはその波及効果、多様な技術分野への波及ということを考えるのに非常に重要である。そういったサイエンスの面の足腰をしっかりとさせていくことと、あと第四期科学技術基本計画で強調されている課題解決型研究は大きく打ち出すべきと思いますが、そういったところに重点投資、これは多分国家体制が非常に厳しい状況の中、多分その流れはどんどんこれから強まっていくと

思います。そういったものをどううまく結びつけていくか。バランスさせるかというところをしっかりと考えていきたいと思います。

（近藤委員長）秋庭委員。

（秋庭委員）ありがとうございました。今、最後におっしゃったことは私も伺いたいなと思っていました。国家財政が厳しい中で、このような巨額な費用がかかるプロジェクトに対する予算をどうやって獲得していくかは大変重要な問題だと思っています。

透明性を確立し、成果を社会に向けて発信していくことが必要なのではないかなと思うのですが、具体的に今後の予算獲得のために何か方策は考えられていらっしゃるのでしょうか。どう考えていったらいいのか、何かコンセプトみたいなことをお考えであれば、ぜひ伺いたいと思います。

もう1つは世の中の風潮として、やはり3.11以来、安全性を社会の人々が大変重要に考えるようになりました。核融合においても、今まで気づかなかったかもしれないですが、人々が安全性の面について厳しい目で見えていくような気がします。そこについても新たに安全性について、今後どういう面を強化していこうとなさっているのか。その点についてお伺いさせていただければありがたいです。

（坂本研究開発戦略官）まず、2点目の安全性につきましては、これは非常に重要なテーマです。原型炉の概念構築に向けても主要なテーマの1つに入っていますので、補足があれば森部門長からお願いしたいと思います。

1点目の国民の方々に対して理解を求め、どう支持を得ていくかは非常に重要でございます。はっきり言いますと、これまでも情報発信の取組は研究コミュニティの方々も行ってきたと思いますが、ITERあるいはブロードアプローチのプロジェクトも進捗しておりますので、今どこまで来ているのかということと、どういう展望があるのかということ、できたら出版物とかそういうものだけでなく、直接それを担っている方と、重要なステークホルダー、産学官、国民一般の方も含めて直接コミュニケーションできるような場も作っていききたい。はっきり言いますとパブリックアクセプタンスといいますか、そういった分野は、即効性はないかと思いますが、できるだけビジビリティを高めるための工夫をコミュニティの方、文科省も考えていきたいと思っております。

（森部門長）核融合の安全性については、基本的には安全性に対しては非常に優れた特徴を持っていますので、それについての説明などもこれまで以上にやらないといけないと思っています。ただ、今回の震災の後、津波等これまでの想定を超えるということが結構問題になってい

ます。したがって、どういうところまで想定を広げるべきか、最大どんなことが起こってもこういうようなところにとどまるのだよといった類のこと、そんなことを踏まえて基本設計の見直しをかけるということは今後関係の方と相談しながら検討していくことになるのだろうなどは思っています。

そういった意味でも、実はこのB A活動の中で欧州と日本と協力して進めているトカマク型の核融合原型炉の設計活動の中で、核融合原型炉の安全性について共同で再評価をしようではないかということを議論して、始めようということになってございます。

（近藤委員長）大庭委員。

（大庭委員）本日はご説明ありがとうございました。大体議論は尽くされていると思いますが、気になるところを2点お伺いしたいと思います。1つは、少し大きな話です。日本政府の予算で核融合研究開発を進めているということですから、日本にとって資するような形で研究開発してもらわなければ困るというロジックは分かりますが、研究の現場では研究さえ進めば日本国内の人材ではなくても、どんどん国際的な人材が集まるのだったら、それはそれで良いのではないかという考え方も一方ではあり得ると思うのです。

だけれども先ほどの話、鈴木委員長代理の質問への答えからしますと、皆様やはり人材育成ということは非常に大事だという認識のようです。確かに国際協力を進める中でもいかに日本の国益を維持していくかという中に多分人材育成も入っていると思いますが、他方、研究開発の現場の感覚として日本の中でいろいろな要因で人材が集まらない場合に海外からどんどん入れて、それで進めていけばいいのだという本音はないのでしょうか。すなわち、あえて日本の人材が必要だという研究の現場で考える場合にどうしてそう考えるのかということについてお伺いしたいというのがまず1つです。

それから、もう1つ、細かい話ですが、先ほど人材育成の光の部分、影の部分ということで非常に印象に残ったのですが、影の部分についての理由ですが、独法化の後、ある大学に所属してしまうと別の大学に学生さんが異動しなくなってくる傾向があるということです。そのことと附置研が大変だ、人を集めるのが大変だという話は、間にワンクッションがあるような気がしたので、もし差支えがなければお伺いしたいと思います。以上です。

（小森所長）外国からという話ですが、うちの総合研究大学院大学にドクターコースがありますが、今半分ぐらいの人が中国の人です。中国の人はドクターをとると必ず国に帰って職を持ちますが、中国も人材の養成といいますか、優秀な者を自分の国に抱え込んでおり、残りません。韓国とかも大体そうだと思います。ですから、日本は、当分は日本人の優秀な人を抱え込

まなくてはいけないのではないかと思います。中国はダイナミックで、研究所の今年の予算は去年の1.8倍とかお聞きしていますから、人もものすごく必要なのだろーと思います。

もう1つ、疇地先生の先ほどの話ですが、うちの場合は大学がもともとありません。総研大は大学院だけですので、そういう意味では大学院の重点化の時から、学生数が減ってきています。附置研どころではなく受験する人がだんだん減ってきています。それはうちの核融合だけでなく、文科系はちょっと違うかもしれませんが、理科系はそうです。そこで今、総研大としては、体験入学とか、そういうイベントをたくさんやって、学部の学生さんに興味を持ってもらおうとしています。普通の大学よりも悩みが深いといえます。私たちも大学ですが、学部がない大学ですから、大学院生を集めるのは非常に大変です。

（大庭委員）附置研もある意味同じだと思います。つまり附置研は学部生はたしか取らないです。大学院生以上だと思うのです。

（疇地センター長）2つ目のご質問からお答えします。マクロに見ると大学間ですが、ミクロにといいですか、具体的にはそれぞれの研究室から外へ行くことが抑制されているということですよね。ですから、そこが抑制されるとほかの大学にもなかなか行かないし、附置研センターの方にも行かない、そういう構図だと思います。

それから、日本の政府の予算でやっていることに対して、日本の人材育成に集中するべきなのか、そういうことはあまり気にせずに海外の人と一緒に育成するのはどうかという考え方ですが、研究現場では後者ですね、明らかに。どこの国であろうが、どこの場所であろうが、とにかく研究が進めばいいのではないかという考え方をしてる方は大変多いと思います。

ただ、現実には優秀な人材の獲得競争というのが国際的になされているわけです。しばらく前になりますが、イエール大学の副学長が大阪大学の総長を表敬訪問されたことがあって、私もたまたまその場に呼ばれて行きました。話を聞いてみると、表敬訪問なんかでは全くなくて、大阪大学のトップ5%の学生を送り込んでくれということなのです。授業料も寮費も全部免除するからと。いろいろな統計を見せてくれましたが、イエールに来ている中国、韓国、日本の統計を見ると明らかに日本がほかの2国に比べて下がっている。「何とかしないといけないよ」みたいなことを言われるのです。

それはイエールだけではなくて、ハーバードとか、著名な大学は副学長クラスが世界中を回って学生を集める活動をその当時やっていたようです。そういう競争が実際始まっているわけです。なので、答えにはあまりなっていませんけれども、研究現場ではあまり国籍を意識していませんが、日本の人材を育成するという行政や政府の立場からすると、そこは何かの上限

が必要かなと。プロ野球の外国人枠ではないですが、共同研究の枠も、今は3、4割なのでOKでしょうが、それが5割を超えると、そういうことになってくると何らかのレギュレーションは必要になるのではないかと思います。

（大庭委員）ありがとうございます。非常に参考になりました。細かい点だけ。学振のPDですが、私が聞いたところによると、今PDを受けるときに自分が教育を受けた大学院ではなくて、ほかのところに所属を移らなければいけないという制度があると聞いたのですが、それでも機関の中で、大阪大学だったら大阪大学の中でなかなか附置研にはいかないという構造があるのでしょうか。

私は文系なので、もしかしたら理系は話が違うのかもしれませんが、そういうことをお聞きしたことはないということであればご放免ください。

（疇地センター長）すみません、ちょっと考えさせてください。

（大庭委員）理系と文系で制度が違うのかもしれませんが、私の分野の社会科学系ですと、例えば東大のある学部が上についている大学院で教育を受けた場合には、そこでそのままPDをもらうときに所属することはできなくて、ほかのところに移らなければいけないんです。

（疇地センター長）それは理系も同様で、ポスドクになるときに外に出るという。

（大庭委員）そうです。

（疇地センター長）私が先ほど申し上げたのは、学部から大学院に行くときの話なので、その部分はそれぞれの大学に閉じこもる傾向があるのではないかと、そういうことでございます。

（尾本委員）既に大庭委員とのやり取りの中でお話がありましたが、日本が原子力から離れていく傾向の中で放射線利用と核融合等の分野は発電とは違いがあると考えていいと思いますが、将来にわたって核融合の見通しを国際的にも共有する中で展望を示していく、そういうことが人材確保という点でも非常に重要ではないかというのが1つの感想です。

質問が2つあります。1つは、先ほどの鈴木委員長代理との議論の中でありましたが、文科省の中での学術振興という分野と、それから具体的なプラクティカルな予算という点で、今後の原子力関係の予算の見込み、原子力予算は福島を除いて今まで年間4,300億円、そのぐらいで推移してきているわけです。例えば1-2の原子力機構さんの資料で今後の展望が書かれているわけですが、そういう中で核融合に関する研究予算は概ねどう推移していくものと考えていけばいいのだろうかというのがまず1つの質問です。

もう1つは、ITERは国際的な競争と協調という点で非常に面白いやり方をしていると思います。つまり参加国が現物を支給して組み立てる。それは国際分業という点では非常に面白

いやり方だと思いますが、一方、担当していない分野の産業インフラというのは、それによりインパクトがあるものなのか、それは無視できるということなのか、実際のところはいかなるものかを知りたいところです。

（坂本研究開発戦略官）１点目の資金計画につきましては、この資料１－２にも書かれていますように機器の製作が本格化してまいりますので、はっきり言いますと大幅な増額が必要になります。どういう計画でやっていくのか。あるいはどういう手当が付くのかというのは、今後、財務当局とよく相談しなければなりません。今、２５年度の概算要求をこれから見積もる中で、今数字をお示しすることはできませんが、国際協力を進めるにあたって必要な予算は相当増額にはなっていくであろうということは見込まれることは申し上げます。

（森部門長）国際分担でものをつくって納めるという形で、日本の場合は核融合に特徴のある最先端的な機器については、大雑把に言うとどれもカバーして製作している。例えば超伝導コイル、加熱装置など先端的なものはございます。ハイテクの部分をどの部分についても担当していますので、ここを担当していないから日本の技術獲得にとって不利になるということは幸いにしてないと考えています。

ただ１点、ITERはフランスで現在製作してございます。そういう意味では、各国から出てきた装置を組み上げて、ちゃんとプロジェクトとしてまとめ上げていく、それは一には国際機関であるITER機構が責任を負うわけですが、ITER機構と密接に連携をとりながらプロジェクトの調整と組み立て統合をやっていくということは欧州に装置があるためになかなかやりづらい。それについては日本の地で進めるJT-60SAのプロジェクトの中で我々は貴重な経験を積んでいけるだろうと思っています。

（小森所長）予算の話ですが、核融合研は大学の予算です。高エネ研とかスバルとかと同じように大学の特別経費から予算をいただいております。阪大もちろん同じです。

（近藤委員長）今日はこれぐらいでよろしゅうございますか。

それでは、皆様、どうもありがとうございました。

つぎ、「その他」議題、何かありますか。

（中村参事官）事務局から１点ご報告というか訂正させていただきたいことがございます。先週の定例会の最後に資料６について「ご意見、ご質問コーナーに寄せられたご意見、ご質問についてホームページと虎ノ門三井ビル２階の原子力公開資料センターで公開している」と申し上げました。これまで原子力安全委員会とともにこの原子力公開資料センターを運営してまいりましたが、今般の原子力の利用と規制の分離という観点から、この公開資料センターから原

子力委員会の資料を撤去しようということになりましたので、4月1日からは公開しておりません。それをご報告させていただきたいと思います。

資料につきましては、これからは原子力委員会のホームページで全てを公開することにしていきます。それから、今まで公開していたものでお問い合わせ等がありましたら、原子力政策担当室までお問い合わせをいただきたいとさせていただきたいと思います。

今の方向としては、公開資料センターにあった資料については全てホームページに載せるということで対応しようと思っておりますので、ご連絡をさせていただきます。

ご連絡は以上でございます。

(近藤委員長) 先生方、何かありますか。よろしいですか。

では、これで終わります。次回予定は。

(中村参事官) 次回第14回の原子力委員会の定例会でございます。4月17日火曜日10時半からこの会議室を予定してございます。よろしくお願いいたします。

(近藤委員長) ありがとうございます。終わります。

—了—