

核融合研究開発基本問題検討会（第14回） 議事録

1. 日 時 平成15年11月12日（火）10:00～12:30

2. 場 所 中央合同庁舎第4号館 11階 共用第1特別会議室

3. 出席者

〔核融合研究開発基本問題検討会構成員〕

玉野輝男（参与）、畦地宏、居田克巳、今川信作、大塚道夫、岡野邦彦、小川雄一、
可児吉男、菊池満、高津英幸、寺井隆幸、藤原正巳（座長）

〔招聘者〕

小西哲之（京都大学エネルギー理工学研究所教授）

近藤光昇（日本電機工業会核融合技術専門委員会委員長）

三浦幸俊（日本原子力研究所炉心プラズマ実験計測開発室室長）

〔核融合専門部会技術WG構成員〕

井上信幸、桂井誠、岸本浩、高村秀一、三間囿興

〔原子力委員〕

藤家委員長

〔内閣府〕

永松審議官、川口補佐

4. 議 題：

（1）核融合研究開発の基本的進め方について

（2）その他

5. 配付資料

資料検第14-1-1号 核融合研究開発に関する産業界の考え

資料検第14-1-2号 高ベータ値維持に関する研究の現状と将来

資料検第14-2-1号 核融合研究開発基本問題検討会（第13回）議事録

6. 議事内容

1) 核融合研究開発に関する産業界の考えについて、資料検第14-1-1号に基づき、近藤光昇氏より説明がなされた。

2) 本件に関し、以下の質疑応答があった。

【三間委員】 核融合の中で産業界の技術継承がどれくらい重要であるかについては、私もよく認識しているのですが、その技術継承は核融合であれば何でもよるしいのかということを確認したいのです。

今日のご報告は磁場閉じ込め核融合に限った話だったのですが、具体的な質問としては、日本電機工業会の核融合技術専門委員会の中で、慣性核融合についても議論のテーブルにのったことがあるのかというのが一つの質問です。

もう一つは、技術を継承する上では、核融合であればすべてのものを含めてある程度の規模でのプロジェクトが進んでいけばそれで対応できるものなのか、もう少しスペシファイしないとイケないものなのか、その辺の話を伺いたいです。

【近藤光昇氏】 まず最初のご質問ですが、先ほどの資料に書いてあります構成員

の6社には、実は慣性核融合の機器装置を製作する会社が入っておりません。したがって、慣性核融合についての議論はされていないのが現状です。

あと2番目の質問ですが、核融合すべてを継承するというのではなくて、やはり海外調達できるものはある。ただ、先ほども申しましたように、エネルギー技術の自立ということを将来に見据えた場合、どうしても国内技術で維持していかないといけない技術があると思います。例えば、磁場閉じ込めですと、超伝導コイル、特にD型のトロイダルコイルのようなものとか、真空容器がトリチウムの第一隔壁ですので、そういったものの製作技術、そういったものは継承していかないといけない。何のためにエネルギー開発をしているのかという観点から、これらについては国内の技術でやるべきだと考えております。

【三間委員】 産業界の技術継承を期待するという意味では、かなりスペシファイしたような形で期待するというか、お願いするということが、かなり特定しておかないといけないというご意見だと思ってよろしいでしょうか。あまり一般的な話では受けにくいと思ってよろしいでしょうか。

【近藤光昇氏】 それは、申し訳ありませんが、後日回答させてください。私個人の回答ではちょっとまずいと思いますので、持ち帰りまして審議した上で回答するということがよろしいですか。

【三間委員】 はい。どうもありがとうございました。

【小川委員】 技術の継承を30代、40代、50代と年次展開されているのは非常に興味深かったのですが、1点、コメントさせていただきます。

技術の継承は非常に大事であり、そのためには若手の研究者を育成する施策も大事である。ただし、若手の研究者に対して魅力を感じさせるときには、継承の技術ですというと、多分若手の研究者は魅力を感じないと思うのです。企業マネジメントという観点からすると、今こういう年次展開をして30代と50代をカップルしなくてはならないというのはわかるのですが、若手の研究者に魅力を感じさせるのは、「継承の技術」ではなくて「未踏の技術」だと思うのです。今までにない技術を開発していくことが必要なんだというアピールをしていかないと、若手の研究者はなかなか入ってこないという気がしています。

核融合を見たときに、今までの技術が本当に継承の技術なのか、それとも未踏の技術を開発してきたのか。今後とも発電実証炉に向かって未踏の技術を開発していかなくてはならないのか、それとも技術の継承なのか。核融合においては、これからは未踏の技術を開発していく必要があると思う。しかもそれは、世界のどこかにあって、日本でも開発を進めていかなければいけない技術というわけではなくて、世界のどこにもない、だから日本が初めて世界に先駆けて未踏の技術を開発しようとしている、そのためにはそれなりの技術の継承が必要なんだ、というような説明ができないのか。このような観点で、今までの技術というのを核融合に関して総括できないのか。もしできるのだったら、そのような観点でアピールできればというのが私のコメントです。このような報告書を今後まとめられるときに、是非、そういう未踏の技術を今まで核融合では開発してきて、今後ともそれが必要なんだという観点で見いただければというコメントでございます。

【近藤光昇氏】 わかりました。

【大塚委員】 まず、小川先生のコメントですけれども、やっぱり小川先生は大学の研究者の立場で発言されていると思います。会社の中では、確かに未踏の技術を開発するというのは、若い人をその仕事に参加させるすごいインセンティブにはなるのですけれども、霞を食って生きてはいけないので、お金というものがないと、そういう未踏技術の開発に関与させることはできないのです。そういう儲からない、あるいは利益を上げられない仕事に関与させられた人間というのは、逆に言うと、給料も上がらないし、ボーナスも上がらないし、会社の中でも将来やっていけないということにもなりかねないので、主任技師とか課長クラスの方は、将来を考えますと、若い人はそういうところにはなかなか従事させないというところがあります。ですから、単純に未踏技術だからということで若い優秀な技術者を参加させていくというのは、企業の中では難しいと思います。それは大学とはかなり違うところがあると思います。

【小川委員】 経営という感覚ではそのとおりだと思いますけれども、私は経営という感覚で申し上げているわけではありません。若手研究者が意欲をもっていたとしても、企業経営の立場としてはその部門に従事させられないという状況に対しては、先ほど述べた考えを施策という意味で反映させなくてはいけないと思います。会社としてこの部分の技術を継承しなくてはいけないから、「あなたはそこに行きなさい」と言われても、逆に能力のある人は行きたくないでベンチャーへ出ていってしまうということです。だから、経営という立場から、未踏技術より継承の方がいいというのであれば、本当に技術を持っている人は出ていってしまうということを心配しています。

【大塚委員】 ある意味では、小川先生の言われるのはもっともだと思うのですが、近藤さんが言われたのは多分、今は継承維持ということだけをやっていて、それさえもできなくなっているというところを強調されたのだと思います。核融合をやっていくためには、企業としても新しい技術を開発していかないとできないので、それは当然そのようにやると思います。

【寺井委員】 技術の継承ということと、それからもう一つは、産業界としてやっていこうと思いますと、経営感覚からいうと、新しい方向への展開、あるいはよく言われるのでは、核融合で培った技術をほかの分野に波及させて、そこから新しい産業なりあるいはものをつくり出せないかという議論が多分あると思います。パンフレットを見ると、例えば核融合というのはこういう技術への波及効果があって、そこで役立っていますといった議論がよくあるのですけれども、本当のところ、産業界から見て、そういうものがあり得るのかどうか。だから、これはきれいごとであるのか、あるいは実際にそういう可能性も含めて核融合というものを見ておられるのかというのがまず一つの質問です。もう一つは、関連分野というのが多分あると思います。例えば、完全に同じではないにしても、核融合の大きなプラントということになれば、いわゆるフィッシュンのプラントという話があると思います。その辺とのいろいろな技術者の行き来とか、あるいは実際にいろいろな技術をどのようにそういった関連分野と関連づけて展開されるのか。そのあたりのところはいかがか、ちょっとお伺いしたいと思います。

【近藤光昇氏】 まず最初のご質問ですが、今まで核融合で開発した技術が他分野

に波及しているものはたくさんあると考えております。超伝導コイルですと、核融合でまず超伝導を開発して、現在、加速器にもMRIにも超伝導コイルを使っておりますが、すべて核融合が出発点であります。会社でも、まず核融合でそういったものを開発した人間がほかのそういった関連する分野でやっておりますので、波及したものはたくさんあります。

ただ、今仕事がないから、では今の核融合技術で何か新たなビジネスを起こしなさいと言われると、それはちょっとつらいというか、現実的にはそういうものは見つからないかなと思っています。ただ、申し訳ありませんが、今言ったのは私個人の考えということで、電工会の考えではありません。

あと、フィッションの関係者との交流についてのご質問ですが、今までは、はっきり申しましてJT-60までは、核を伴わないので、軽水炉部隊ではなく、核融合部隊だけで装置を開発してきていますが、今度は核を扱う施設になりますので、軽水炉のしかるべき部門とも当然交流を図ってやっていかないと難しいと考えております。

【玉野参与】 ちょっと関連して質問をさせていただきたいのですけれども、先ほど核融合に従事していた人間が減っているというお話がありました。その方々はどこか別の分野に行かれたのだと思いますが、その方々が有効に機能しているかどうかです。もし有効に機能しているとすれば、企業としてはそれなりの成果を上げてきているわけですから、別の見方ができると思うのですが、それに関してはいかがでしょうか。

【近藤光昇氏】 現状は有効に機能していると思いますが、核融合開発の段階で育成しており、投資しています。それがほかの分野へ移った場合に、そこでまたもう一度育成しないといけません。そういう意味では、核融合で育成するためにかかった費用は損失ということになりますので、今機能しているからといって、それでハッピーというわけではないと思います。

【高津委員】 近藤さんのご説明の中で、人が黄色信号から赤信号に変わっていったというご説明がありましたけれども、私自身も、JT-60の建設やITERの工学機器開発で産業界のこういった技術の力というのを享受させてもらってきたところがあります。

例を挙げてみますと、溶接技術など、当然産業界は非常にさまざまなノウハウを持っているわけですが、JT-60の装置をつくる時に、あるメーカーさんが電子ビームの厚肉溶接の技術を大幅に改良されて技術開発が行われてきたという実績があって、いい寸法精度の真空容器ができてきた。ただ、そこには核融合特有の課題というのはもちろんあるんですけれども、一般的な溶接技術としてのエキスパティーズが投入されて、そのときにはきっと他の機器を製造されていた方が移ってこられて、その中には技能オリンピックのチャンピオンのような方が何人かいらっしゃって、そういった方がリードしてレベルの底上げになってきたのではないかと理解してしまっていて、核融合の溶接技術開発のニーズはなくなっても、そういう方はさまざまな分野で活躍されているのではないかと推測しているわけです。

あるいは、個人的なことで申し訳ないですが、近藤さんはロボットのご専門で、ITERの工学機器開発で非常にいいロボットの開発を行われて技術実証をしていただいたわけです。その中で近藤さんが旗を振られて、ロボティクスの専門家が投入されて、そのエキスパティーズがうまく実力を発揮されてロボットがもの

になってきたということがあったわけです。そのときに、その専門家というのは、投入されたわけですけれども、基本的なエキスパートズを持っておられるということで、おそらく他のさまざまなニーズのロボティクスの開発に従事されているのではないかと思います。超伝導についてもしかり、他の分野についてもしかりで、そういったジェネラルな技術の、あるスペシフィックな技術について、いろいろなところに活躍されるエキスパートズを育ててこられたという観点から、この人数が少し減ってきているというのは確かに非常に残念なことではあるけれども、そういうとらえ方はできないのでしょうか。玉野先生とほとんど同じような質問なのですけれども。

【近藤光昇氏】 確かに、高津さんのおっしゃることはある意味ではごもっともだと思います。ただ問題なのは、要は一度他分野へシフトした人間を、建設とかのとき、いかにタイムリーに引き戻せるかということだけだと思います。

【菊池委員】 今日の資料は大変よくできていて、産業界の意見が非常に率直に述べられていると思います。特に、ロードマップをちゃんとつくるべきだということ自身については、今般、国の政策があまりロードマップ主体で進まなくなっている科学技術も多い中で、明確にやっていくという必要性をもっと強調すべきかなと思います。

ただ気にしているのは、前からも言っているのですけれども、産業界の力といいますが、例えばトヨタとかの自動車産業は、あらゆる改善活動を進めながら非常にすぐれた国際競争力を持ってきているわけです。ところが、一般に電力関係というのはこれまであまり国際的な競争の中では必ずしも成功してきていないという意味で、ITERの機器をつくる上でも、今後、ただでさえ高い核融合システムをより一層経済性を高めて、例えば国の戦略的な輸出産業に育てようと思ったときには、非常に体質を大きく変えていかないといけないと思うのです。そういう面でどのような工夫の仕方があるのかという視点がもうちょっとあればありがたかったかなと思っていますけれども、何かそれについてご意見があればお伺いしたいです。

【近藤光昇氏】 例えば、軽水炉のように実用化して何基も稼働しているようなものについては、かなりコスト競争力はあると考えています。1号機に比べて、建設コスト、メンテナンス費用はかなり下がっています。一方、核融合というのは、先ほども申しましたように、飛び飛びに単発かつ長期にわたる開発ということにして、例えば車のように実用化されているものと核融合を現時点で比較するのは、私はちょっと無理があるのではないかと思います。

もちろん、実用化の段階では産業界が大幅にコストダウンしてコスト競争力を確保するというのは当然ですけれども、現状ではかなり技術レベルの高い開発要素を克服しながら開発していくわけですから、それに対して大幅にコストダウンするとかいうのではなくて、いかにそれを解決していくかということを産官学が協力してやっていかないと日本としては進まないのではないかなと考えています。ですから、コスト意識をもつことは当然企業としては使命ですけれども、こういう開発段階でそこまで言えるのかなというのが私の個人的な意見です。

【菊池委員】 核融合について言っているのではなくて、いわゆる産業分野としての電機工業会は、国際的な競争力が十分あって、コスト低減の能力を十分持っている、今、軽水炉の例でもって言われたわけですので、そういうことかなと理解し

ます。要するに、民に移していくときに、競争力のない民に移したのでは、おそらく産業として育っていかないだろう。そこに懸念があるわけですが、今の近藤委員長のお話ですと、十分な競争力はあるということですので、そういうことかなと理解いたしました。

【今川委員】 2つ質問をさせていただきたいと思います。1つは、大型装置の話だけがここに出てきたのですけれども、私の経験などを考えても、技術者として経験を積むという意味では、小型の装置をまとめるとか、そこでちょっとした失敗をすとかということが結構役に立つと思います。そういう小型の装置をつくってみるといったことが産業界としてはもう要らないのか、そういうのはあってトライ・アンド・エラーをする必要があるのかというところでコメントがあったらお願いしたいと思います。

もう一つは、19ページの図で、ITERの段階では産業界は構造仕様に基づいて製造する立場だと書かれてあるのですが、これはこれでよしとされているのか、あるいはITERをよくするためには産業界も機器仕様とかシステム設計にもっと入っていかねばならないと思われているのか、コメントをいただきたいと思います。

【近藤光昇氏】 申し訳ありませんが、2つとも後日回答ということによろしいでしょうか。

【今川委員】 はい。

【高村委員】 10ページと19ページに関係するのですが、空白期間ということをおっしゃられたわけですが、このとらえ方で、従来の加速器とかであれば、こういう空白期間ということが言えるかもしれませんが、核融合の場合はだんだん商用に近づいていくわけです。ですから、単に受注するという考え方だけでいいのか、要するに産官学の関わり方に関係すると思います。だんだん発電実証プラント、商用炉となって、商用炉では全面的に参入されるでしょうけれども、ITERの基本性能運転期間であっても、かなりメーカーの方が参入していくということが、実際にそれが炉につながるかどうかを判断する場合に非常に重要だと思います。

「この期間は研究者がやればいいんで、産業界は関係ない」という考え方は多分、非常に非生産的で、もっと積極的にお互いに近づいていかないといけないと思います。産業界はむしろ基本性能運転であっても非常に有効な期間で、そこで資金的には難しいかもしれませんが、人的にはつながっていく可能性が十分あるわけです。いろいろな、例えばコンピューターなどでも、コンソーシアムといった考え方で産官学で連携してやっている。ですから、従来の考え方を少し変えていくことが必要なのではないかなと私は感じました。

【岸本委員】 2点あるのですが、1点は、産業界から見たら核融合技術ではJT-60が大体出発点になると思うのですけれども、当事者が言うと、あちこちからお叱りを受けるかもわからないのですが、我々原研にとっても、産業界にとっても、JT-60というのは悪しき前例だといつも思っているのです。コスト意識が全くなくて、際限なくお金を使ってもいいんだというのが発注する側にも受注する側にもあって、そんなのは全く通用しない世界に我々は来ているんだというのをまず考えないと、こんなのは成立しない。どこかの事業団と同じようになる。

ヨーロッパとアメリカと日本でやっているぐらいはいいのですが、それでも心配なのだけでも、韓国とか中国まで入れてやるようになってくるとどういうことが起こるかというのは、多分産業界もある程度は想像していると思いますけれども、今までのコスト意識では話にならないんだというのをまず念頭に置いておかないと、ここでいろいろ高邁なことを述べていただいたのですが、そのようにはいかないんですね。全然コストのレベルが違うところと同じような場で仕事をするわけですから、ほかの分野ではそういうところともいろいろ厳しい競争をされていると思いますが、日本国内だけで、ある閉じた世界でコストが決まり、もののクオリティーが決まっていたのと違うフェーズにあるんだということを念頭に置いておかないと、我々発注する側も産業界もなかなか大変だと思います。これがまず1点。

それから、またお金の話をしますが、産業界はここではあまりあからさまにおっしゃらないので、あまり不満はないのかなという気もするのですが、例えばITERのコスト評価について、一部の産業界は大変ご不満で、非常に厳しいコスト評価だと思っておられるかもしれませんが、我々の方から見れば、産業界が持ってくるコスト評価というのはいつも全く信用ができない。なぜならば、いつも我々が持っている予算の2倍か3倍を持ってお見えになる。だから、そんなのを我々のところに持ってくる間はいいのですが、国際社会にそんなのを持っていったら信用をなくすだけなのだから、そのそういう体質をまずよくお考えいただかないと、国内だけでない仕事のときはなかなかつらいものがある。

その2点をちょっと念頭に置いていただいて、ご苦労されているのはよくわかっているのですが、特にお金に関しては大分認識を変えていかないと、核融合コミュニティだけではなくて産業界も含めて、なかなか立ち行かなくなるのではないかという懸念をもっています。その2点です。

【桂井委員】 空白期間の存在というので非常に不安感があったというお話だと思うのですが、逆に考えれば、どの産業分野においてもこういう不確実性があるし、例えば今話題になっている燃料電池にしる、これはバブルなのか、それとも継続される技術なのかというのはわからないと思います。そうすると、空白期間があるというのは、逆に言えば、いよいよ各社の経営戦略が問われるチャンスである。この期間で逃げ出すのか、きちっと我慢して次のチャンスをつかむのか、まさに各社の正念場であって、私は空白期間は非常に将来展望にとってはいい期間ではないかと思うのですが、いかがでしょうか。

【近藤光昇氏】 それはまさに各社のそれぞれの経営戦略に依存します。ですから、逃げ出す会社もあるであろうし、逆の場合もあるかもしれません。ただ、先ほどから申していますように、あくまでも要はこういう将来のエネルギー源の有力な候補の一つという前提で我々は考えております。

ですから、先ほどコストのこととか、いろいろおっしゃりましたけれども、要は最終的に自前でエネルギーを供給するときに、すべての機器を海外のメーカーから調達して本当にエネルギー・セキュリティを確保するのか、そこだけだと思います。その点において、国内メーカーに国際競争力はないといった場合は、先ほど申しましたように、各社の経営戦略によって、撤退する会社もあるであろうし、そのまま踏みとどまる会社もあるということではないかと思います。

【井上委員】 22ページの「明確なロードマップに必要な要素」というところには非常に重要なことが書いてあると思います。ここは予算にストレスを置いてある

わけですけれども、研究をやっている立場でもこれはいつも苦悩するところだと思います。3番目の「代替案も含めたシナリオの構築」については、これまでこういう委員会でやってきたことは、科学技術的な判断をして、それで代替案というものをどう判断するか、いわゆるフローチャートのどっちへ分岐していくかという案をいろいろ考えてきたわけです。それで、ここで外部要因としてITERの国内・国外建設とかIFMIFの建設とかに関するお話がありましたけれども、これはすべて今までの経緯からおわかりのように予算に絡んだお話であるわけです。それから4番目に「各シナリオにおける予算の選択と集中」で「優先順位の低いものから削る」とありますが、これはすべて、この優先順位を判断するには予算が大きな要素となってくるということを示しておられるのかなと思いますけれども、これについて、先ほど岸本委員からもお話がありましたように、産業界というものはこういう案をつくる上でかなり正確な予算を出していただけるのかどうか、そういうところを少しお伺いしたい。

それから、8ページのところで、ITERの設計で当初産業界が出したコストは必ずしも信頼性のあるものではないというコメントをされたと思うのですが、そのあたりとの兼ね合いで、予算は水ものだということで今のような何倍かのものが出てきたりするというのであれば、選択の判断などに大きな影響が出てくると思うのですが、その辺はどうなのでしょう。

【近藤光昇氏】 電工会としては、特にコストに関しましては、ちょっと回答できないと思います。

【井上委員】 こういうところでいろいろものを考えていくにあたって、コストは大きな要素ですよ。

【近藤光昇氏】 はい。ロードマップのところで予算と言っておりますけれども、これにつきましては、当然、先を想像しながら見積もりますので、正確な値は出ないと思いますが、それでも、それを産官学が共通認識で合意した上での予算と我々は考えておりますので、産業界がふっかけるというようなことではなくて、核融合開発にどれぐらいこれからお金がかかるかということについて産官学が共通認識を持つという意味で私は予算ということを挙げております。

【高津委員】 先ほどの空白期間という議論に少しコメントをさせていただきたいと思います。10ページで、ITERの建設が終わってしまったら空白になるのではないかというご懸念ですけれども、これはもちろん産業界の関わり方の姿勢にも関連すると思いますが、例えば、また近藤さんには釈迦に説法ですが、ロボティクスを例にとれば、建設期にロボットを完成させ、試験をしていって、運転が始まって、なるべく中性子を浴びない範囲で性能を見ていって、当然、いろいろな改良部位が出てくると思います。そういったときに、国際事業体を中心になってそういった技術を開発なり保守改善していくことになると思いますけれども、そういった過程でも常に関わりが期待されているし、ノウハウを蓄積し、かつ磨いていく期間にもなると思うのです。超伝導コイル、あるいは真空容器、炉内機器、ブランケット、あらゆるものにそういった貢献が期待されているし、統合化技術の習得という意味で、空白期間になるという認識ではないのではないかと思います。

【大塚委員】 先ほど岸本委員が言われたコストの話ですけれども、JT-60の

場合は非常に高いという話は以前からずっとありました。実はJT-60の場合は日本は結構高かったと言われているのですけれども、例えばJETとかFTFRなどの場合、本当にJETとかFTFRにどれだけかかったかというのはよくわからないのです。JT-60の場合は、前々回でしたか、岸本委員が、100人ぐらいしか原研は関わってなくて、システム設計とかはメーカーが全部やっていたと言われました。一方、FTFRとかJETというのは700~800人から1,000人いて、研究所側がそういうのをやっていたということでした。そういう方の人件費とかも勘定に入れて全部計算すると、そんなに大きな差はないのではないかとこの気はして、そういう試算結果も聞いたことがあるような気もするのです。

そういう意味で、一つは表面的な予算だけで見てもそれはよくわからないのではないかとこのことと、もう一つは契約形態が全然違うのではないかとこのことです。日本の場合は、特にJT-60の場合などは全部請負契約です。一方、欧米の場合はどちらかという出来高払いみたいな契約になっていると思うので、何か途中で行き詰まった場合は、発注者側と受注者側が相談して、また必要であれば、それが正当であれば予算を上積みするとかいうことが行われていると思います。日本の場合は、例えば何かうまくいかなくて失敗しても、それは請負ですから、全部メーカーが責任を持って納めないといけないということになるので、そういう見積もりに関して、契約形態の習慣の違いを考慮しないと、一概に海外、例えば中国とか韓国というのはちょっと別にしても、欧米と比較するのはあまりフェアではないかと私は思います。

【小川委員】 今日のお話では、システム統合がメーカーさんにとっては非常に大事であり、JT-60やLHDではある程度システム統合全体に絡んできたということでした。それに対し、ITERにはそういう観点でコミットしていないという形で、ITERの場合、先ほど今川委員から、産業界が一番ボトムのところしかコミットしていないが、これでいいのかというコメントがありました。

核融合というのを日本の技術としてキープするといったときに、何をキープするのかということ、そのプラントを全部つくる工場をキープするという考え方だと、先ほど岸本委員が言われたように、工場が安いところで作った方がいいですねということになるので、そうではなくて、例えばLSIであれば、最近は何をやっているかということ、システムLSIとかインテグレーションをやっているわけです。核融合も、その辺のシステム及びキーとなるテクノロジーというのを日本の産業界としてちゃんとキープできるように、ITERも含めて、そういう観点で必要に応じてのスリム化を図っていくことが大事なのかなという気がいたしました。

【藤原座長】 ほかにのご意見はあるかと思いますが、今日お話しになったことは常々産業界から言われていることで、私が一番気にするのは、ITERをやるとなったときに、それが研究ももちろんですけども、産業界を含めてドメスティックの方が弱体化するようなものだったら、それはもう由々しき問題になるわけです。

おっしゃったようにエネルギー問題でちゃんとやっていくのであれば、行く行くは国の産業が作れるだけの基盤がないと意味がないわけですから、結局は今日おっしゃったいろいろなことを勘案して、産業界が今までの関与の仕方とは少し違う新しい関与の仕方があるのかということ、この検討会としては相当考えなければいけない話であると思っております。

もう一つ心配しているのは、ITERへの関与の仕方がもう一つ具体的にわからないのですが、端的に言うと、今はどうなっているのですか。今はメーカーはあま

り直接的な関与はないわけですね。

【岸本委員】 話がだんだん現実的になってきているので、一度産業界も含めてプロジェクトの実施側も入れて議論する場を設けようという話は、せんだってちょっとヨーロッパとはしたのですが、今のところはむしろ、もっと大きな問題は、旧4極と、新たに追加された2極か3極との技術的なギャップをどう埋めるかの方がまず頭が痛い話です。どう埋めるかと言っても、何も持っていない人と持っている人と一緒に仕事をしようというわけですから、いろいろなフリクションが当然想定されるわけで、これがむしろこれから実際にものをつくっていく上での一番大きな問題だと思っています。そんなことを7極みんなのいる前で言うと、「またあいつは」とかと言われるので、日本が言うと大変なのですけれども、技術系の方はみんな、クリティカルなサイドの人は別にして、今一番頭を抱えていることだろうと思います。

【藤原座長】 近い将来に産業界が入った格好でのITERの建設に向けての議論の場が設けられるということですね。

【岸本委員】 それは当然で、今までも形式的には何回かあったと思うのですが、私は出たことはないからわからないのですが、それぞれの国の産業界が出てきて言いたいことを言って帰っていったということを知ります。今後は、そんなのでは済まないだろうと思っています。

それから、ちょっとインテグレーションの話が出ましたけれども、こんなことを言うとまたエマールの批判になるのですが、インテグレーションなどだれもやっていないです。やらないとだめだと何回も言ったけれども、やられていないので、多分これからの課題だと思います。

【藤原座長】 国の将来の計画について産業界がちゃんとある程度入ってきて意見を言えるということは、だんだん実用に近づけばそういう段階になるのは当然のことですので、ロードマップも含めて、新しい時代における産業界の関与の仕方について、検討会の報告書の方に今の御意見をいろいろ反映させていきたいと思っています。

3) 高ベータ値維持に関する研究の現状と将来について、資料検第14-1-2号に基づき、三浦幸俊氏より説明がなされた。

4) 本件に関し、以下の質疑応答があった。

【桂井委員】 N の話では、菊池委員がよく出されている図のように、横軸をBにとって、縦軸を N でとると、右下がりの特性が出てくる。今日のお話は、Bに対するパラメータが全然記入されていないので、いろいろな装置が横並びになっているので、ちょっとその辺を補足していただきたいと思います。

【三浦幸俊氏】 同じ圧力ではBが高ければベータは下がるということで、桂井先生がおっしゃるとおりの特性があります。

【桂井委員】 横軸の磁界に対して N の限界が変わってくるわけですね。

【小川委員】 桂井先生がおっしゃった「横軸 B で縦軸 N 」の図についてですが、3 GW の核融合炉を必要としたときに、磁場を上げれば N の制限が緩くていいですというプロットをいつも菊池委員は出しているのであって、磁場を上げたら N のリミットが下がるということではないわけです。磁場を上げれば核融合炉としては N に対する緩和作用が出ますという話です。

【居田委員】 形状制御で三角度を上げればベータは上がるという話をされたのですけれども、そのときに三角度だけがキーになっているのか。例えば、アスペクト比とか S パラメータとかはベータを上げるときにはどのように効いてくるのでしょうか。

【三浦幸俊氏】 9 ページ目を見てください。横軸は S と書いています。S はプラズマの安全係数とプラズマ電流、プラズマのマイナー半径、トロイダル磁場で書きましたけれども、依存性として「アスペクト比」、「非円形度」、「三角度」等の関数となります。だから、アスペクト比を小さくすると S は大きくなりますし、非円形度と三角度を両方とも大きくすれば大きくなるという関数になっております。

今の居田先生の質問に対しては、三角度を上げると JT-60 で達成している H モードのペDESTAL な領域のプレッシャーが大きく上がったということが 1 点です。非円形度も同じように効果があります。すべて総合でその効果があるので、S であらわされていると考えています。

【居田委員】 そうしますと、9 ページの絵だと、規格化ベータの目標達成領域があるのですけれども、S との関係がかかれていません。だから、これだけ見ると、達成できる目標の規格化ベータは形状パラメータと関係なく、S が小さくても大きくても規格化ベータは高いところへいくかのような図になっていますが、その辺はどうなのでしょう。

【三浦幸俊氏】 申し訳ありません。それはそのように見えますが、この領域が目標ということであって、S で書いたら、S が小さくなる方では規格化ベータ値は下がってくるというのはご存じのとおりです。

【藤原座長】 いや、そうではなくて、トカマク国内重点化装置の目標領域である S はどの辺ですか。

【三浦幸俊氏】 上に 4 つの真空容器の中に入ったプラズマ断面が書いてあるかと思いますが、そのパラメータがトカマク国内重点化装置の今考えているパラメータです。

【居田委員】 だから質問は、この目標領域が水平で引かれていますけれども、S を変えたとこの領域は変わってくるのではないのでしょうかということです。

【三浦幸俊氏】 変わってきます。それで、今そういう意味で申し訳ありませんと言ったのは、例えば S が 3 のところで、今達成できそうな値を書いたら、この目標領域のところまではいけないかもしれません。それはそういう意味です。

【高村委員】 n を上げていくということと定常というのは非常に大切ですけれども、ちょっと細かい部分ですが、2点ほどこのプレゼンテーションに関し、質問します。4ページのJETのデータで、10秒を超えるくらいのところで小さい値になっていますけれども、これは、加熱パワーの問題なのか、実際にこの時間で n が1くらいであるということなののでしょうか。それが1点です。それからもう1点は、8ページのJT-60の結果で、磁場の乱れが収まっていて、多分高周波のパワーでアイランドに流れる電流が緩和された。それで、その後しばらくの時間は抑制が続いていますね。そのリラクゼーションといいますか、どれくらいパワーを長く入れ続けられないといけないのかという、そのリラクゼーションと、重点化装置で100秒と言っていますが、そことの関係はどのようになっているのか。その2点について教えてください。

【三浦幸俊氏】 まず4ページ目の方からですが、ここのJETの値がどういうパラメータだったかというのは正確には今頭に入っていないので申し訳ありませんが正確に答えられません。けれども、多分、その限界点はパワーの限界点であろうと思っています。

【高村委員】 もしパワーであれば、プロットする意味があまりない。ちょっと違った意味になってきますね。

【三浦幸俊氏】 JT-60も同じように、例えば2.7の n が7秒近く実現されていますけれども、その値もパワーで決まっています。

【高村委員】 それは区別しないと、ちょっと混乱を招きますね。

【三浦幸俊氏】 次に、8ページの新古典ティアリングモードですけれども、高村先生がおっしゃるように、新古典ティアリングモードの発生自身がヒステリシスを持っていますので、どれだけ時間幅でパワーを入れ続けられないといけないかということも明確に今は言えません。けれども、アイランドの発生する位置を見つけて、発生したらすぐに電子サイクロトロン波を入射するというところで、新古典ティアリングモードを抑制し続けていくと考えています。

【高村委員】 リラクゼーションに関しては、まだよくわかっていないということでしょうか。

【三浦幸俊氏】 明確にはわかっていないところがあります。後ろ側の11秒近くで発生しているところの成長スピードは、前半のところとはスピードがちょっと違っているという現象は見ての通りです。

【高村委員】 ありがとうございます。

【大塚委員】 最後の12ページのまとめのところですが、2)のところで「十分射程内」と書いておられるのですけれども、これはどういう条件かということで2つお聞きしたいと思います。1つは容器内のコイルを使った条件かということと、もう1つはバップル板が重点化装置では使われると思うのですけれども、そのバップル板のトロイダル方向を今は接続できるようにしていると思うのですが、接続した

条件でなのかということです。

といいますのは、発電実証プラントでは容器内コイルというのは結構つらいだろうというのと、それからバッフル板に相当する第1壁のブランケットのところをつなくというのは結構難しいだろうという気もしております。といいますのは、十数年前にEDAが始まるころに、ベータの問題ではなくて、ブランケットが細切れになっていると鞍型の渦電流が流れて、それによる電磁力が結構ねじれる方向に生じて、サポートするのが非常につらいということで、前面をつなごうというコンセプトを一応出しましていろいろ社内で検討したのですが、どうしても完全遠隔操作で接続片を着脱できるというアイデアが出なくて結局あきらめたという経緯がありまして、その辺の条件がどうかなというのでちょっとお聞きしたいのです。

【三浦幸俊氏】 先ほどお話ししましたように、自由境界の領域のぎりぎりぐらいのところには $n = 3.5$ というのは位置しているだろうと考えております。先ほどの自由境界の限界の近くのところまでは、壁がプラズマから離れていれば抵抗性壁モードで不安定にならないと考えております。つまりサドルコイルを使わなくていける最大値だと考えていますし、そこまで見通せるだろうと考えております。

【大塚委員】 それと、第1壁というかバッフル板のトロイダル方向の接続はどうでしょうか。今は重点化装置の設計ではバッフル板のトロイダル方向というのは、電氣的に接続できるようにしていますね。

【三浦幸俊氏】 はい。

【大塚委員】 それは接続した状態なのか、あるいは切断したというか接続しない状態なのか。

【三浦幸俊氏】 接続しない状態でも可能だと思っています。

【大塚委員】 いや、接続しない状態で可能である方が実際の実機としては多分つくりやすいと思います。実証プラントでは、多分第1壁の部分を接続するというのはなかなかつらいだろうなという気もするのですが。

【三浦幸俊氏】 自由境界の境界ぐらいのところには位置していると考えていますので、接続していなくて大丈夫だと考えております。

【大塚委員】 どうもありがとうございました。

【菊池委員】 発電実証プラントで実際に抵抗性壁モードの安定化、要するに壁の安定化がどこまで期待できるかというのが非常に重要なファクターになって、大塚委員のおっしゃるとおりですけれども、我々が今考えていますのは、SSTRのときの設計もそうですが、永久ブランケットというのと交換型ブランケットというものの2つに分けるという考え方をしています。昔はポートから取り出すというシップ・イン・ボトルみたいな構造を考えていたのですが、今はどちらかというといTERのメンテナンスと同じように、ある $1\text{ m} \times 2\text{ m}$ とか $2\text{ m} \times 2\text{ m}$ ぐらいのブロックのブランケットモジュールを遠隔操作で着脱する、ただしその下には永久ブランケットがあるという構造になるかと思えます。そういう構造の場合ですと、確かに

今のITERでもそうなのですが、交換ブランケットの部分については壁の安定化効果というのは非常に効きにくい。つまり渦電流がトロイダルにつながっていないと、安定化効果を持つような形での安定化はできないわけですね。ところが、その下の数けた以上ニュートロンフラックスが落ちる永久ブランケットの部分については、ちゃんと壁の安定化が効くだろう。そういう面で、非常にプラズマ表面に近くに安定化板を設けた場合には、 n_N が5.5とか、そういう領域までいき得る可能性を岡野委員が設計されたCRESTのリアクターでは提案されているわけです。そこまではいかないでしょうけれども、現実的には、そういう交換型ブランケットと永久ブランケットという構造を考えたときに、どこまで壁安定化効果が効くのかということ踏まえてリアクターを設計すれば、十分その幅の中のどこかまではいくだろうと考えています。

そこで問題になってくるのがインターナルコイルのメンテナンスの問題で、ニュートロンフラックス上は数けた下がっていますから、交換ブランケットより内側に置けばいいのですが、トラブルが起こったときにそれをどうやって着脱するかということになるわけですが、それはおそらく交換型ブランケットの取り外しと同じような考え方になっていくのだろうと思います。

【岡野委員】 今のとちょっと関係があるのですが、10ページの図の見方ですけども、これを見ると、プラズマ半径の1.4倍から1.5倍のところに壁が置ければ、 n_N 5ぐらいまでいけそうだと読んでよろしいですね。ただし、抵抗性壁モードは不安定かもしれないということですね。

【三浦幸俊氏】 はい、そうです。

【岡野委員】 そういうことですね。菊池委員が今ちょっとおっしゃった、交換ブランケットの外に壁が置ける限界というのは多分1.3倍とかそのぐらいからなので、このとおりだとすれば確かに置けますね。CRESTは相当近くに置いていますけれども、もう少し離せるのであれば、1.3倍以上のところに置けるのだったらより確実です。

もう一つの質問は、セクターコイルというのはどの辺にあればいいのか。壁の外でよろしいのでしょうか。

【三浦幸俊氏】 今、改修装置では、第1壁のバツフル板の裏に設計しています。どこというのは明快な指針があるわけではないですけども、今は最も近いところでバツフル板の裏に置くように設計しています。

【三間委員】 NTMとか、この n_N を決めるフィジックスというのは、かなりプラズマの自己組織化みたいなものと密接につながっているような気がするのですが、要するにプロファイルのセルフコンシステンシーであるとか、ブートストラップカレントであるとか、そういうものと密接に関係していますね。こういうのは、バーニングプラズマになったらプラズマの性質が変わってくるような気がするのですが、それに対してこういうシミュレーション的なバックアップというか、理論的な予測みたいなものはある程度されているのですか。

【三浦幸俊氏】 三間先生がおっしゃる通りです。今 n_N というのは、多分 p_T と r_T の積のルートぐらいの値になっていて、 p_T がプラズマ電流をブートストラッ

ブ電流で流そうと思ったときに重要となるパラメータです。70%ぐらいがブートストラップ電流というところで、実際にそのプラズマにどのように影響するかというのは調べています。シミュレーション的には、今の輸送コードで、どんどん分布が変わって行って不安定になるかどうかというのを完全に一体型のコードでできているわけではありませんけれども、輸送計算をやって、電流分布が発展していったときに、個々の時間点でそれが安定かどうかという判定をするというところで計算が進められています。

【藤原座長】 燃焼しているプラズマでですか。要するにセルフヒーティングしているプラズマでやっているのですか。

【三浦幸俊氏】 今のシミュレーションではセルフヒーティングではないです。

【藤原座長】 三間先生は、シミュレーションだったらそれくらいのことはやった上でいろいろ考えなければだめじゃないですかということ言われているのです。そうしないと、燃焼しているプラズマはまたハイドロジェンのプラズマとは違うというのでは問題です。

【三浦幸俊氏】 この安定性に関しては、今は電流が圧力で変わっていくという状況で調べておりますので、藤原先生のおっしゃるとおり、今の計算では燃焼がまだ入っていないですけれども、トカマク国内重点化装置用にそういうシミュレーションを今やっております。

【三間委員】 理論的な考察で、そういう燃焼しているかしていないかがクルーシャルではないという話がある程度わかっているならばそれでいいのですけれども、私はその辺のことをよくわかっていないものですから確認したかったのです。

【三浦幸俊氏】 今は、この安定性に関しては、電流と圧力勾配で決まりますので、燃焼のタームでどれだけ圧力が変わるかというのは、自分の加熱でフリーパラメータになりますので、現状の見積もりではそれを含めなければいけないのは事実ですけれども、まだ外部加熱でやっているというのが現状です。しかし、それほどクルーシャルではないのではないかと考えています。

【三間委員】 では、次の先進トカマクの装置ができて、そのデータベースをベースにしたら、バーニングプラズマへの拡張性というのは理論なりシミュレーションである程度やれるようになるという見通しがあると思っていいいですか。

【三浦幸俊氏】 あると思っています。

【小川委員】 9ページの図に関し、1点質問と、それから私なりのコメントをさせていただきますと思います。9ページの図で、ITERが N が2~2.5ぐらいでプロットしてありますね。これはITERの目標値で、私もそれなりに知っているのですけれども、一方、この形状ファクターでダブルレットは3.5ぐらいのところまで実験的に達成されていますね。こう見ると、まず1点の質問は、ITERはいろいろな制約があるので、ある程度はわかっているつもりですが、ITERでダブルレットの領域までいけると読めるのですけれども、なぜいけないのか。もちろん

ITERの方は設計目標だから、ギャランティーするのはここまでですということはあるでしょう。ただし、これで見ると、ダブレットみたいな努力をすれば3.5くらいまでいけますねというのが、物理屋さんの目標としては見えるのです。それは何を努力すればいいのか。何がITERの設計の中の制約条件となっているのかを教えてくださいということなのです。

それと、それを踏まえコメント致します。先ほど日本としてどこまでITERの重要な技術をとってこれるかという点の指摘がありましたが、ITERの物理において我が国がどれだけ主導権をとってやっていけるかという点があります。この図を見ますと、ダブレットとかJETとかASDEXとかの実験に基づいて、多分、彼らはこのITERでいかにパラメータを上げていくかという物理の提案をいっぱいしてくると思います。そう見たときに、JT-60は右側の方しかない。そうするとITERレバントではないですねということになります。

その観点から見たときに、日本がITERでの物理で主導権をとるために必要なことが2つあると思っています。1つは人材を派遣すること。そのためにも我々が大学等において学術研究としていろいろな人材を育てながらITERに派遣する。もう一つは、このようにそれなりの装置を国内に持っていて、ITERにアタックするような研究をやっていくというのが大事だと思います。ですので、私は、これはコメントですが、資料の一番最後のところに、トカマク国内重点化装置というのは発電実証プラントへ向けての技術開発をするマシンであるとして書いてありますが、昨年のワーキングでもこのような位置づけで議論しまして、それはそのとおりだと思っています。それと同時に、このような国内装置を用いてITERでの研究で日本がリードをとることが大事なのです。

ダブレットと国内重点化装置の違いは何かというと、これは銅コイルマシンか超伝導マシンか、つまり定常で引っ張れるかどうかということところがクリティカルです。そういう意味で言うならば、国内重点化装置は、ITERでいかに日本がイニシアチブをサイエンスでとっていくかという意味での意義付けもあるのではないかと、というのが私のコメントです。前半の質問にお答えいただけないでしょうか。

【三浦幸俊氏】 今私がここにプロットしたITERのパラメータは、標準運転と定常の $Q = 5$ のときのプラズマパラメータです。一つの問題は、もうちょっとダブレット領域にいこうとすると、多分ITERのところではX点がもう一方に出てくるというのが大きな障害になるのではないかと考えています。

【小川委員】 でも、それはダブレットでも出るはずですね。

【三浦幸俊氏】 ダブレットは、右側のところはダブルヌルに近い状況で運転しているかと思っています。ITERは、設計のときにCSコイルの分割を変えて三角度が上げられるようにして、この領域に来ていると理解しています。

あと、ダブレットと何が違うかというもう1点は、先ほどの新古典の領域というのが、ダブレットと国内重点化装置では大きな差があると思います。

【井上委員】 7ページの衝突周波数とポロイダルラマ半径も違うのではないですか。ダブレットはこの領域にあまり十分入っていないですね。

【三浦幸俊氏】 はい、そうです。それがもう1点です。

【桂井委員】 三間先生と全く同じ質問になるかと思うのですが、結局、バーニングプラズマになってITERレベルになったときのプラズマと、重点化装置でのプラズマとは大分加熱が違うわけで、そのときにティアリングモードと壁モードについては同じなのかどうか。そこが一つちょっと説得力がないなという気がしますけれども、どうなのでしょう。

【藤原座長】 加熱が違うというのはどういう意味ですか。

【桂井委員】 つまり、わざわざ外からパワーを入れなくても、アルファ粒子加熱で電子加熱がかなり起こるのではないかといった楽観論があるし、もう一つ、アルファ粒子でプラズマが回転すれば壁モードも大分楽になってくるといった多少荒っぽい楽観論もあると思うので、その辺の見通しをもうちょっとつけないと、せっかくつくった装置がITERの結果と違ってきてしまうというおそれはないのでしょうか。

【三浦幸俊氏】 プラズマの回転という意味では、確かに回転のトルクを外側からニュートラルビームで例えば片方向にだけ入れているというところでは大きな差があるかと思います。両方からバランスで入射しているところでは、回転に関しては燃焼と同様にできていると思います。確かに回転の効果は大きく効きますので同様に考えるべきです。あとは、バーニングと、例えば輸送障壁ができるということの差で見たら、輸送障壁ができてどこかの領域で閉じ込めが良くなって急に分布が変わるということの方が、自己組織化という意味では効果として大きくあらわれるのではないかなと思います。

【居田委員】 今の桂井委員の質問に対して私の方からコメントですが、非常に単純化して考えますと、バーニングというのは基本的にはプラズマの中心で起こりますので、プラズマの中心付近の分布はバーニングするかしないかで、大きく変わる可能性がある。だから、例えばバーニングによって内部輸送障壁が新たにできるとか、逆に内部輸送障壁ができなくなるとか、そういったことは可能性としてあると思います。しかしながら、今問題になっているベータの話は、基本的にはプラズマの周辺部分の圧力勾配がどう効くかというのが非常に重要になってくる問題ですから、プラズマの周辺部分にとっては、中心の加熱がバーニングであろうと外部から加熱したものでであろうと、周辺に流れてくるヒートフラックスが同じであれば、圧力勾配は同じになりますので、あまり効かないというのが単純化した場合の考えだと思います。もちろん、ちゃんとした計算をやるべきかもしれませんが、非常にナイーブに考えれば、バーニングであっても、そうでなくても、周辺部分の安定性には大きな変化がないだろうと見るのが妥当な考えではないかと思います。

【桂井委員】 単純にはそうだということは理解しましたがけれども、ちょっと違うのではないかなという気もしないでもないです。

【藤原座長】 言いたいのは、要するにこういうハイベータのデータベースをためるために水素や重水素のプラズマでとったデータが、今度は本当に例えば発電実証プラントみたいなバーニングしているベータの高いプラズマに使える、そのままそれがエクステンドできるというのでなければ、これは意味がないですね。

だから、その辺の見通しは、要するにトランスポートなりスタビリティなり、みんなシミュレーションのコードはそろっているのですから、バーニングしている

プラズマのシミュレーションぐらいはやれるのではないかということです。

【三浦幸俊氏】 実際にコードで示すということですね。はい、了解しました。

【菊池委員】 もちろんコードでやることも大事ですが、結局、ITERそのものである程度、燃焼に伴う自律現象というのは、物理としてそのエッセンスがわかってくるわけです。実際にハイベータの領域ではないにしても、今の燃焼していないプラズマでも、JT-60みたいなものでも、 β_p が高いときにはブートストラップ電流が絡んだ自律的な現象というのはかなりわかってきているわけです。そのように、ITERでも燃焼に伴う非線形ループの自律現象というのは、居田委員がおっしゃるように、燃焼そのものに絡んでいるものはあまり大きくは出てこないとは思いますが、ある程度出るとしたら、それはそれ自身としてITERの中である程度わかってくる。しかも、その物理のメカニズムは何なのかというのがわかってくると思います。それをシミュレーションに入れて、かつ重点化装置でハイベータのところを実際にできているのであれば、そういう効果を、アルファ粒子の自律的な現象を、ITERの結果を踏まえて予測計算の中に組み込んでいけば、発電実証プラントで考えているハイベータの定常運転領域でどういう問題が発生するのか、問題なくそのまま発電実証プラントとしてつくれるのか、そういう判断はできると思います。すべて実証で確認するというのは確かに望ましいのですけれども、藤家先生が言っておられるように、技術者というのは次々と問題を出してくる。あまりすべて実証主義でいくと、おそらく無限に開発がかかるというところで、ある面では踏み切るといえるか、あるところである部分は合わせ技でやるという判断も必要なのではないかなと思っています。

【桂井委員】 藤原先生のおっしゃるシミュレーションということですが、せっかく文科省には地球シミュレータというすごいコンピューターがあるわけですから、「Numerical」ITERなり、「Numerical」バーニングプラズマなり、バーニングプラズマの「Numerical」シミュレーションをやるといったプロジェクトはないのでしょうか。

【三浦幸俊氏】 NEXTという計画でそれは進められています。

【桂井委員】 実際動いているわけですか。

【三浦幸俊氏】 はい。

【三間委員】 今の桂井先生のコメントとまるっきり同じことなのですが、国内重点化装置を進めるのと抱き合わせで、今のトカマクシミュレータというか、バーニングプラズマシミュレータは、主体的にというか、どこがというか、日本原子力研究所が主体でやることになるのでしょうか、こういうプロジェクトを提案するときには、それと抱き合わせで提案していただきたいと思います。

【菊池委員】 それについては、既にITERに向けて所内の体制をかなり変えています。JT-60というのは炉心プラズマ研究部でやっているのですが、炉心プラズマ研究部がITERの燃焼プラズマの研究も責任を持ってやるということになっていまして、理論部門も、今後いわゆるプラズマ理論研究室という名称から燃

焼の理論研究室という形に変えていこうと考えています。そういう面で、今後の計算機資源の性能アップも踏まえて、そういう燃焼プラズマの自律現象を、これまで蓄積してきているトカマクの研究を踏まえて進めるという方向性は出ております。ただし、当然のことながら、原研のいわゆる理論スタッフというのは少ないですので、日本全体の理論のアクティビティーと強い連携をしながらやっていくということになるかと思えます。

【高村委員】 一つコメントですが、小川先生がおっしゃるのが適当だと思うんですけども、特定領域という科学研究費のアクティビティーの中でも、まさにその主題を中心にとらえて今提案しつつあると伺っていますので、これもむしろ皆さんのサポートが得られると大変結構だと思います。つまり、核燃焼の理論シミュレーションという主題で申請しつつあります。

【藤原座長】 この検討会の大きな論点の一つとして、要するに国内重点化計画とあって核融合ワーキンググループの方から出されたトカマクの話があるわけです。将来の経済的な見通しを得るためのトカマク型の核融合炉を考えたときに、これが必要だという議論が出てきて、それが例えばハイベータであることが重要であって n がもるに経済性ですよといった話を言って出しているわけです。

だけど、一つは要するにITERでどこまでできるんだということがあります。スタンダード運転では確かにこの図にあるようになるでしょう。だけど、ITERでどこまでできるんですかという話と、それからこの国内重点化装置の設計パラメータがそのまま発電実証炉へスケールアップすればエクステンドできるというように、燃焼しているプラズマまで含めて少なくとも物理の問題は片づけられて、そういうことがこれで見通せるのですか、というところが一番大事な点だと思います。

それが例えばD-DやらJETやら、それから今つくりつつあるKSTARのような装置ではできません、または、それは日本の国内のいろいろなプログラムを強化する上で必要なんですといったいろいろなファクターがある中で、一番のポイントはそこだと思います。要するに、これをやると、ITERのバーニングプラズマの特性と合わせて実用炉がそのまま見通せますよというところまで得られるかどうかですけれども、その辺はそう考えていいのですか。

【三浦幸俊氏】 そう考えております。

【井上委員】 この重点化装置でできなくて、実用炉で起こることというのと、アルファ粒子加熱が起こるか起こらないかだろうと思います。アルファ粒子加熱というのは、要するに決まったエネルギーのアルファ粒子が等方的に出てくるわけです。そういうエネルギーが空間的に付与されるわけですが、それは今の実験、加熱方法では、どの加熱方法でもできない。ですから、それをシミュレーションでやって、あとはどの辺にエネルギーが付与されればどうかということと、それから今実験でやっているような等方でない加熱と等方の加熱の間のつなぎというのは、これはリラクゼーションタイムが何か知りませんが、そういうところは計算すればできるかもしれませんがね。ですから、そういう形の検討をシミュレーションでやれば、この装置をつくる意義というのは出てくるのではないかと思います。それがそんなに難しい問題かどうかはよくわからないのですけれども、プラズマの中でいろいろな空間的な領域にどういうエネルギーが付与されていくか。そのエネルギーそのものは、これは別に分布を仮定すれば確実にどれくらい出てくるかわかるわ

けですから、そういう計算を試みられたらどうかと思います。ほかに、今わかっていないような非線形のリラゼーションとか、そういう現象というのは、わからないからITERでやろうとしているわけですから、そういう考えでいけばよろしいのではないかと思います。

【小川委員】 先ほど私が申し上げた主張をある意味ではもう一度述べることになるのですが、皆さんがおっしゃったように、ITERがなぜ必要かという、シミュレーションを一生懸命やったり、いろいろな模擬実験をやるのは、もちろん必要なのですが、ITERをやってみないとわからないからというので世界中がITERを欲しがっているわけです。ということはどういうことかという、ITERでやる研究で日本がイニシアチブをとることが非常に大きなイシューであるのです。イニシアチブをとるといいう方は悪いかもしれませんが、それを引っ張っていくということは非常に大きなイシューであって、ITERをだれかがやってくれるから、その結果を待つというのではなくて、日本がITERの物理で頑張っていくというのが本当は非常に大きなモチベーションであって、そのサポートとしてシミュレーションやいろいろなものがある、と言えます。

これを先ほどの9ページの図で見ると、それに対して、ダブレットやJETの方が頑張りますと言い出すような気がするのです。つまり、自分たちがそれと同じ形状パラメータの装置で予備実験をやっているわけですから、その提案を持っていくでしょう。JT-60は、やっぱりアスペクト比が違うから違いますねということになります。JT-60のデータベースについても、「アスペクト比が違うからスケールアップに寄せられません。JET、ダブレットでスケールアップをしましょう。」と最初は言われていたわけです。そういう形を見たときに、ワーキングのときに、ここでも書きましたけれども、「ITER計画での主導権の確保と、数百名規模での人材育成によるITER計画との有機的連携を図るために、国内のトカマク装置を重点化する必要がある」ということを言っているのであって、我々にとって、ITERでそれなりに日本が引っ張っていくということにとってどう大事かというのが、もう一つの視点としてやはり重要ではないかと私は思います。

5) 幹事会の開催および今後の予定について、藤原座長より説明があった。

以上