

核融合研究開発基本問題検討会（第12回） 議事録

1. 日 時 平成15年10月7日（火）14:30～17:45

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、可児吉男、菊池満、高津英幸、寺井隆幸、長崎晋也、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）

〔核融合専門部会技術WG構成員〕

井上信幸、岸本浩、高村秀一、西川雅弘、松田慎三郎、三間園興

〔内閣府〕

川口補佐

〔文部科学省〕

山口専門官

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12-1-1号 核融合炉開発についての私見

資料検第12-1-2号 発電実証プラントの建設への移行条件について

資料検第12-2-1号 核融合研究開発基本問題検討会（第11回）議事録

6. 議事内容

1) 核融合炉開発についての私見について、資料検第12-1-1号に基づき、大塚委員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。

【高津委員】 大塚委員のご指摘はかなりごもっともな点が多いと思って聞かせていただきましたが、一つ大きなポイントで、保守が非常に大変だろうというご指摘があります。例えば3ページに、放射化した炉内機器のメンテナンスを完全に遠隔操作でやる必要があって、その辺が難しいというご指摘があり、現状レベルからの乖離大と指摘されているのですけれども、以前ここでご紹介させていただいたように、機器そのもの、メカニズムそのものは、はっきり言って既存の技術に基づいたものです。コンセプトが新しいのですけれども、メカニズムとしては機械工学の従来の技術に基づいた遠隔機器を開発して、制御等では非常に新しい知見を入れて、寸法が大きくぶれないような取り扱い精度を達成するための仕組みを入れてますが、かなりのところは既存の技術に基づいて開発がなされてきて、実際に要素技術としては目標を達成するような重量物を高精度でハンドリングできる技術は個々の要素としてはできていると思っています。

ただ、それをすべて組み合わせて放射線環境下で試験をしているのかという懸念

があって、その辺の総合試験が必要だろうという後の方のページに出てくるご指摘は、まさしくご指摘のとおりだと思います。実際の放射線環境下でいろいろ運転履歴を経た機器のメンテナンスをやるのかということを実証していかなければいけないと思っております。

それについては、5ページに書かれている(6)のご指摘は、まさしくご指摘のとおりだと思います。できるだけ早期にシステム総合試験を実施する必要があるということはこのとおりだと思います。今、限られた範囲では、組み合わせ試験、例えば放射線環境下でそういった機器が動くのかということについては、高崎研のガンマ線などを使って、部分的には性能を実証してきているのですが、本当に大型の遠隔機器全体を組み合わせ、放射線環境下でちゃんと動くかについては、やはりそういった環境を与える場で試験していく必要があると思っております。

I T E Rで順番に、組み立て期間を含めて徐々にそういった性能を確認していきつつ、I T E Rの放射化運転をしていくというふうにしていくべきだろうということからも、非常に早い時期から組み合わせ試験、総合試験をI T E Rの場でやっていくのが大事だろうと思っております。

そういう意味では、6ページ記載のいろいろと予期せぬことが実際に運転を経た後で起こるだろうということについてもご指摘のとおりで、そのために寸法合わせなどについては裕度をとって設計しておくわけですが、そういったものが、本当の変形なり、焼きつき、あるいは照射を受けた場で、その裕度が妥当なのかどうかをチェックしながら確認試験をしていくのがまさしくI T E Rの一つの大きな役割だろうと思っております。そういう意味では、ご指摘はごもっともだと思いますけれども、それをまさしくやっていくのがI T E Rで、注意深くそういう試験をしていく必要があると思っております。

【大塚委員】 私もそう思います。I T E Rでやって、具体的にそういう見通しがあるかどうかという判断を20年後ぐらいにやることになると思います。

ただ、問題は、最終的なバックアップ方法というのをやはり考えないといけないと思うのです。というのは、あれは中に入れるシステムですので、入れたのはいいけれども、何かが引っかかって取り出せなくなったということになるとどうしようもないわけです。ですから、多分、最終的なバックアップ方法というのは、あまり具体的には思い浮かびませんが、原始的な方法でしょうね。絶対これは信頼性があるという原始的な方法を考えないといけないと思います。

【菊池委員】 今、I T E Rでつくった機器についてのバックアップ方法は、すべての関節をアンロックして引きずり出してくる、そのロボットは取り出すというのが基本的なコンセプトなのですが、その辺についてはいろいろな制限があって、本当にレスキューしてこれるのか、助けに行ったのがまた詰まってしまうらどうするんだというような問題もありまして、I T E Rの工学R & D期間内では十分にまだそういう実証までできてませんので、これも実機をつくっていく段階でそういう性能まで調べていく必要があると思っております。

【岸本委員】 今のメンテナンスの件ですが、I T E Rでいろいろ日本とかヨーロッパがR & Dをやって、それなりの実績があって、また一方では、J E Tで現実に、重量は軽いですが、ダイバータの真空容器内コイルの製作という組み立てまで全部を遠隔でやったという実績があります。もちろん、トラブルなしで工事はできないわけですが、トラブルがあったときの対応についても、一応想定の中で対

処できたと、この間行ったときに言っていましたから、やはり経験を積むこと以外にはないのだろうと思います。JETは、1990年代にプラズマ物理の分野では残念ながら世界のトップから一步も二歩も遅れたのですけれども、この分野では非常に立派な実績を残して、我々がITERに進む大きな力、確信を与えてくれたのだと思いますけれども、そういう意味では着実に経験を積むこと以外にないのだろうと思うのですね。

それとは別に、もっと全般的なこういう開発研究における産業界のかかわりの仕方というのは、やはり考えておく必要があるのだろうと思います。それは、可児委員がいらっしゃるけれども、新型転換炉とか高速炉が産業界とどういうふうなかわりを持ってきたのが参考になります。原研にいて核融合をやっていた立場から、ずっと新型転換炉とか高速炉の様子を見て、なかなか難しい、単に産業界を入れればうまくいくなんで単純なものではないというのがわかりました。たしか行政監査まで受けて、手厳しい監査を経られたと思うのですけれども、でもどこかで思い切りが必要なのですね。いつまでも研究者がやっている段階では物にならないのは決まっていますから。産業界の技術者のチェック・アンド・レビューへの参加というのもご指摘されているのですが、私の経験で言えば、単に参加しているだけでは多分身の入ったご助言なんていただけないですね。次の時代はあなた方がやるんですよというようなメッセージがない限りは、単に批評家のご助言以上には出ません。本当に真剣に物にするためのプロセスとしては、どこかの時点で研究者から産業界にバトンが渡されるというのを前提にチェック・アンド・レビューに参加されれば、身の入れ方も違うのだろうと思います。

では、核融合はどの時点でバトンが渡されていくのか。袋叩きに遭うのを覚悟で、「研究者が中心になってやるのはITERで終わりにしたらどうだ」といつも言っています。そうでなければ、次の発電実証という限りは研究者の手を離れるはずで、炉心プラズマのところはまだプラズマの研究者がそれ相応の役割を果たすかもわかりませんが、プログラム全体は、研究者が何もかも立案し実行する段階から、物をつくり動かす人たちが中心になって、その一部をプラズマの研究者がサポートするというスタイルに移っていかない限りは、今描いているシナリオなどというのは多分絵に描いた餅になるのだろうと思います。どこかで言って袋叩きに遭いましたけれども、「研究者が楽しくやるのはITERで終わりだ。あとはもっと実務をやる人にバトンを渡せ。」というのが私の主張で、あまり核融合の世界で言うと石をいっぱいぶつけられて、全然通用しないのですけれども、それぐらいのつもりでないと、この会議で描かれているようなシナリオはなかなか実現しないのではないかと。これが私の感想です。

【菊池委員】　ちょっと表現が岸本委員とは違うかと思うのですけれども、1つは核融合というのは結構難しいところがあって、だから非常に強い意志を持ってやるというのが重要ですね。

例えば、私の経験から言うと、岸本委員とJT-60のアップグレードの改造の設計をやっていたときに、今100m³を超えるプラズマ・ボリュウムのああいいう真空容器ができていますけれども、ある日に当時私は実験室にいたのですが、日立製作所の主任技師の一番基本をやっている人が真顔で来て、「あと20センチか30センチ真空容器を小さくしていただかないと絶対に入りません」とおっしゃいました。なぜかという、フィードのことを考えるとトロイダルコイルの中に入らないとおっしゃられて、そういえばそうなのだけれども、そこを工夫するのが非常に重要なことで、結局、最終的には我々が当初考えたとおりのものを工夫に工夫

を重ねてつくったということがありました。

結局何が言いたいかというと、産業界の方がどうこうとか、研究者がどうこうとかではなくて、難しい問題があったときにどれだけ非常にすぐれたアイデアを出すかということが一番重要だろうと思いますね。だから、そういう果敢にチャレンジするというのを、あまり誰がということを考えずにやった方がいいのかなという気がしています。

それと、個別のことでちょっと言わせていただくと、真空容器を厚肉にすべきだという議論があったのですが、比較的厚い二重壁構造の真空容器のトロイダル方向のワンターン抵抗を減らしてやるという方法について、自分でも特許を取った覚えがあるので言うのですが、厚肉プラスベローズ構造というのに比べると、トカマクシステムの場合、むしろこちらの方がよほど簡単だと思うのですね。そういう面では、むしろ二重壁のつくり方をもっと単純にしていく、自動化しながらつくっていくという方向に考えた方が、原理的には素直ではないかと思うのですが、これはなぜこういうふうに書かれたのでしょうか。

【大塚委員】 これは一つの例として言っただけですけれども、厚肉ベローズではなくて全部厚肉という意味です。

【菊池委員】 それは難しいですね。

【大塚委員】 難しいとは思うのですけれども、二重壁というのは、ITERの真空容器の設計にいろいろかかわっていて……。

【菊池委員】 大塚さんは多分ご存じだと思うのですけれども、というか、自分自身で提案されたと思うのですが、H鋼を使ってつくってあげればいいのかという提案をされてたかと思うのですね。できるだけ、いわゆる既存のそういう二重壁にマッチした安い部材を使ってやっていくような工夫をすることが大事です。

今の二重壁構造というのは比較的複雑な構造になっているのは事実だと思うのですけれども、やはりトカマクにはそれなりの制約があるので、そういう日立さんが提案されたようなものを生かしながら、真空容器をつくる。そういう工夫の方が私は現実的かなという気はしてますね。それで、それが許容できないとは思えません。

【大塚委員】 結局、二重壁は、ダブレットで最初にアイデアが出されて、非常にスマートなアイデアだと私は思ってましたが、実際ITERのように放射線機器というふうにバウンダリが規定されますと、検査がついて回るわけですね。二重壁構造と検査性がなかなか両立しがたいということが、これまで延々とITERで検討されてきていると思うのですけれども、なかなかこれだという抜本的な解決策はまだ出ていないのではないかと私は思うのですが、そういう意味で、二重壁というのはできれば一重にさせていただいた方がいいということですね。

【菊池委員】 それは多分、許認可の問題とも絡んで考えていらっしゃるのかもしれませんが、今、ITERというのは炉規は適用されないという形の安全委員会の基本的考え方が出てますよね。だから、核融合の特徴を踏まえると、レギュレーションのシンプルシティということが現実的にITERの規制体系の中で可能であるということが出てきているわけなので、それに伴って、ある面では検査も簡素

化されると私は理解しています。

【大塚委員】 簡素化されるとは思いますが、全然ゼロというわけにはいかないで、内壁はいいとしても外壁の検査をどうするかという問題はありますね。余り詳しい話をここでしてもしょうがないと思うのですが。

【岸本委員】 二重壁と一重壁の話ですが、JT-60は、最初、厚肉ベローズでやった。一生懸命精いっぱい設計したのだけれども、残念ながら全部設計に読み込めなくて、想定しないような塑性変形が至るところで起こった。なぜかという単純で、設計が実態を追い切れてなかったからである。それで、改造のときは設計がクリアにできるような構造にしようと考えた。これはトラス方向に厚くなったり薄くなったりしないような構造にすれば、ちゃんと設計計算にのるような構造物ができるということで二重壁を採用したのであって、どこに重点を置くかで変わると思う。いろいろつくってきた経験からいくと、どうせ厚肉にするとどこかを薄くしなければいけないわけで、それは構造設計上、あるいは電磁力の設計上、あまり賢明な選択ではないように思うのですね。

だから、厚肉ベローズという構造は、構造的にはシンプルなのでしょうけれども、ダブレット以降、JT-60でダブルシェルを採用して以降、あまり採用されていないのは、設計計算にうまく乗っからないというのが最大の理由だと思いますね。もちろん、これからは検査の問題があるから、別の視点も導入しないといけないかもわかりませんが、これまで経てきた技術的な変遷からいくと、明らかに設計のやりやすい構造を採用してきたというのがこれまでの歴史だと思います。

【大塚委員】 私も岸本委員のご意見には賛成です。厚肉にしたから非一様になるのであれば、それは二重壁にした方がいいと思います。私が言っているのは、全部厚肉で一様にできないかという無茶な話ですけども、そういうのができれば、プラズマ物理の方からも一番いいし、安くもできるということです。

【井上委員】 大塚委員が指摘しておられる軽薄短小と重厚長大のところですけども、よく言いますように、半導体のメモリーの数の進歩とn-Tの進歩というのは、どちらかというとな-Tの方が勾配が大きいぐらいの進歩で来ているのですね。多分、ここは技術のことを指摘しておられるのでしょうけれども、炉心に対してそれを実現するような技術というのは、昔から、ある程度はついてきているのではないかと思います。

今お話しになったことの基調を拝見しますと、まず核分裂炉と核融合炉を比べられて、このところでは大分やはり核融合炉の難しいところが浮き彫りになっていると思いますね。それで、その後いろいろと細かいところは今お話がありましたように、二重壁とかのご指摘もたくさんこの中に書かれているわけですが、これを見るとちょっと全般的にそういうお話を伺うと暗い気持ちになるのですけれども、最後のところで、企業として核融合が自立できていない、近い将来自立できるという展望を持たないという結論になっているわけですけども、これは先ほど岸本委員がおっしゃいましたように、現在こういう国の委員会で検討しているわけですが、そこに企業の方がたくさん入っていただければ解決できるようなものなのかどうかということをお伺いしたいと思います。

それから、もう一つはこれまで企業の方々というのは核融合に対して、ここに基本スタンスが書いてありますが、この基本スタンスなるものが従来と変わってきた

ことがあるのかどうか。昔はもう少し楽観的だったけれども、最近になって実現性が高まるにつれて、非常に悲観的になってきたような面があるのか。あるいはもう少し研究者の方から、あまりにも楽観的なインプットをしたものだから、企業の方々もそれを信じてついてきたのだけれども、今になってよく見てみると、どんでん返しみたいなものを食らっているのではないかという気がしておられるのか。その辺をもう一つ伺いたいと思います。

そういう場合に、こういう委員会に企業の方が出て、いろいろと指導をしていただけると、研究者の方としては、そんなふうな暴走ぎみな考え方を持つようなことはなくなるであろうかと思いますが、これからの委員会の進め方とかについて、その辺のお考えが何かありましたら教えてください。

【大塚委員】 この基本的スタンスに関しては、3年前の北大でありましたプラズマ核融合学会のシンポジウムで報告させていただいたときに、こういう文章を私がつくったのですけれども、多分こういう考え方は昔からあったのだと思います。ただ、文章としてきちっとこういう形で書かれてはいなかったと思うのですけれども、社内の古い人にいろいろ聞いても、こういう考えでやってきたということ聞いてますので、これは多分、考え方自身はずっと変わってないと思います。

それから、こういう検討会に企業の間が参加したらという話ですけれども、確かに企業の間考え方の考え方は多分大学の先生方とか原研さんとは違うところがあると思いますので、こういう検討会に参加して、特に技術的な成立性とか見通しとか、現在の到達点の評価とかに関して、企業の観点からの意見を言うのは非常に役に立つのではないかなと思います。

ただ、先ほど岸本委員が言われましたように、核融合炉というのは将来、私どもの会社の屋台骨を支えるようなビジネスになるかという観点で見ると、企業で将来というのはかなり長くて20年先、普通は5年ぐらいだと思うのですが、そのぐらいの先に、まだ核融合炉はそこまでは到底行ってない。だから、どちらかという大型の実験装置をつくる、KEKなどで大型の加速器をつくるというような位置づけですね。我々の商売のねたになると思えば、多分先ほど岸本委員が言われたように、根性を入れてやるということにもなると思うのですけれども、今の段階ではまだそういう意味では、なかなかそういう段階にまでは到達できていないと思いますね。

ですから、新型転換炉とか高速炉に比べましても、ああいう核分裂炉の場合、できるというのは明らかですね。発電ができるということも既に常陽などではずっと発電しているわけですね。それに対して、核融合炉の場合は本当にエネルギー生産システムとして動くのかというのはわからない、実証されてない。多分、ITERをつくれれば自己点火はほぼ確実にいくだろうと私は思うのですけれども、それが500秒、1,000秒、あるいは何日もずっと自己点火核燃焼の状況で制御ができるかというのは、ちょっとやってみないとわからないだろうなという気がしております。

そういう段階ですので、企業の参入の仕方というのも限度があるだろうと思います。どういう施策をすれば、そういう産業界をうまくインボルブできるかというのは、ちょっとこういうところで言うのは適切でないかもしれませんが、お金ですね。お金がなければ我々は何もできないですね。

大学の先生方とか原研さんもそうですけれども、お話ししていて一番違うのは、皆さんやはり予算が厳しくなればお金がないと言われるのですけれども、先生方と言われるお金がないというのは、実験費とか研究費がないということで、人件費は

別途あるわけですね。我々がお金がないというのは、人件費すらもない。だから、我々がお金がない場合は即人間がいなくなります。今までは、まだ商売がある部分に配置転換したりしてやりくりしてきたわけですが、それも立ち行かなくなって、去年は、私も何年かずっと一緒にやっていた核融合の人間が、早期退職で五、六人が七、八人ぐらいやめましたですね。そういう状況ですので、一口で言えばお金ですね。お金をいかに手当てしていただけるかというところで産業界がどれだけ参加できるかというのは決まると言っても過言ではないと思いますね。

それで、具体的にそれをどうするのかというのは、いろいろ難しい問題があると思うので、私もどうしたらいいかというのはアイデアはないのですが、一つはヨーロッパのやり方というのは、多分彼らは100年、200年かけて教会をつくるような伝統があるところですので、割と参考になるのではないかなとは思いますが。アメリカのやり方というのは、ちょっとまた違うように思うのですが、それは玉野先生の方がよくご存じだと思います。

【松田委員】 6ページに書かれておられる(5)のあたりに大塚委員のお考えが浮きでているように思うのですが、これは企業全体の意見なのか、大塚委員ご自身のお考えなのか、その辺をお聞きしたいです。

一方ではどんな世界でもリスクが全くないというのはないですよ。そうすると、電力自由化を初めとして外部の関係は非常に厳しいというのはわかるのですが、一方、企業として核融合というものに対して魅力を持っておられないのだったら、それで特に議論する必要はなくて、そうすると、例えば国の方だって、予算を確保したけれども別に日本の企業でなくたっていいやという話にもなり得るわけですね。そこが企業と政策を決める国との関係というのがあって、企業はこういう技術開発を前向きにとらえるという姿勢があって、そうしたとき初めて国もそういうものを育てていくのが重要であるという考えが出てくるのだと思います。

そういう意味で言うと、この最後に書かれているところには、非常に拒絶反応的な用語が多くて、金さえあれば何とでもなりますよというだけのメッセージでは、やや悲しいのではないのでしょうか。今までJT-60なりLHDなり、いろいろな核融合研究に企業の方が協力してくださったというのは、単にお金が十分ついていたからというだけでは絶対ないと思うのですよね。そこは企業人として何かモラルみたいなもの、それから核融合にかける熱意というのがあって、そういうものが企業集団としての意志を決めてきたように思うのですね。

そういう点で、やはりITERに対する取り組み、あるいはその次の核融合炉に対する取り組みという点で、もう少し前向きのメッセージも同時に入っていれば安心するのですが、やや否定的なメッセージが並んでいるものですから、これだけを見た方が受ける印象として、日本の企業というのはお金がもうからなければ全く参入しないですよと受け取られるので、ややそのあたりは補足をしていただいた方がいいのではないかなという気がいたします。これは単に感想でございます。

【大塚委員】 最初のご質問ですが、これが私個人の意見か、企業全体の意見かということであれば、私個人の意見です。別に企業全体としてこういう考えを持っているというのをオーソライズして、私がここで代表してしゃべっているわけではありませんので、私個人の意見だと思っていただいて結構です。

国家プロジェクトで推進される云々というのが基本的なスタンスです。これは3年前に松田委員がちょうど司会をされていたシンポジウムで私がしゃべらせていただいたのですが、この後で他のメーカーの方から、そういうことではない、

けしからんという話は聞いてませんので、多分皆さんこういうふうに思っておられるのではないかなとは思いますが。

私も核融合をやり始めて、学生のと時から35年か6年になりますけれども、核融合に対する思いというのはいろいろあるわけです。やはり会社を取り巻いているというか、企業を取り巻いている、あるいは日本を取り巻いている状況というのが、JT-60をつくったときと今とでは全然違いますよね。そういう状況の違いがまずはあるということです。

お金がないとやらないというのは寂しいと言われますけれども、お金がないとやれないというのは、企業である限りは、事実ですよね。逆にお金がないのにやれば、それは株主に対して背信行為になるわけで、逆に株主代表訴訟とかで訴えられる可能性も企業としてはあるわけですね。だから、そこら辺はお金がないとできないというのは、それは企業である限りしようがないので、それを寂しいと言っていたらとちょっと困るのですけれども。

核融合に対してどう思っているかという話では、核融合炉というのが本当にこれは魅力的なエネルギー生産システムだなと夢が持てるようなコンセプトを、提示していただけないかなというのが私の思いですね。ITERを15年ずっとやってきたわけですが、なかなか核融合炉というのは難しいなと思っていましたけれども、ITERであれだけの人とお金をかけて開発したわけですから、もっとおもしろいというか、抜本的なコンセプトなりアイデアなりが出てくるかなと思っていたのですが、まあちょっとそれほどでもなかったなという、半ば失望しているところはあります。私個人としてはですね。

【玉野参与】 大塚委員にいろいろコメントをしていただいて、少なくともこういう観点は、十分に考えなければいけない事柄であるということ間違いなくと思います。ただ、一つコメントをさせていただきますと、核融合システムには機械工学の面と電気工学の面があって、先ほど、機械工学では、大きなものから小さなところへ行った例がないということですが、電気工学で少し大きなものをとれば、例えばトランスフォーマーとかコンデンサバンクなどは、もう最初のものはかなりでかいですね。それが今、非常に小さいものになってきている。おそらく核融合システムの中にも、そういう面もあるのではないかと思います。

それから、ご存じのように、アメリカの場合は、今までの核融合システムの製作の経験というのは、研究機関が責任をもってエンジニアリングまで大体やっているということですので、大分事情はそういう意味では違うと思うのですが、ただ実情は、大塚委員が言われたのと先ほど岸本委員が言われたのと両方の面を持っております。例えば、私がおりましたジェネラル・アトミックス、GAの場合ですと、核融合以外は高温ガス炉をやっていたわけで、GA自体の人間が1,000人から3,000人という間を、数年の周期でもって行ったり来たりしているというのは現実なのです。

その反面、核融合とか、あるいは高温ガス炉でもそうですけれども、中にエンジニアがおりますので、その者は自分の給料もかけているわけですので、やらなければ自分の生活にかかってくるわけで、そういうところから出てくるメリットというのは確かにあるので、そういう切りかえをしていくというか、そういう段階を経ていくということも非常に大切なことではないかと思います。やはり、ただつくるだけの分野と設計するだけの分野というふうになっていると、どうしても今のような議論になってしまうかと思うのですけれども。

【松田委員】 JT-60の頃とは全く変わっているというのは、私もそのとおり認識しておりまして、むしろ大塚委員がおっしゃったようにビジネスチャンスのもの、あるいは魅力が感じられたときには、多分企業もある種の投資をするのだと思うのですよ。それは一種のリスクですけれどもね。問題は、そういうところにかに早く到達させるかという話です。

例えばITERのとき、設計活動そのものに対しても、これは研究機関あるいは大学などと産業界というのは対立的な構造でやってきているわけでは決してなくて、一緒に参加してやってきているわけですね。だからそういう中で、世界的によりいいアイデアを議論して取り入れていくというメカニズムはできているのだと思います。そのとき、いろいろなアイデアを出した方などが、取り入れられたか取り入れられなかったかというのは説得性の問題で、そこまで熱意を持っていたらいろいろな人を説得してアイデアが取り込まれていってでしょうし、例えば日本の合理化のデザインだって、日本の熱意がいろいろな人の合意を得てITERに採用されたわけです。

そういう意味では、考え方を入れ込む場というのは今後もおそらく出てくるのですね。ITERのフレームワークあるいは次の炉の開発にしろ、各企業の技術者あるいは研究所の研究者が、それぞれ一番いいと思う考えというのを入れ込んでいくというシステム自身はあるはずなので、だから、そういうシステムで、ここがまずいとかいう改良は当然やらないといけないのですけれども、待っていたらいいものができるという考えではなくて、みんながそれぞれいいものを出し合って、よりいい計画、よりいいものをつくっていこうという方向の姿勢が大事ではないかなと思います。

【菊池委員】 大体大塚委員の方で指摘されているのは、それほど驚きはあまりない話が私は多いと思うのですね。表1自身は、昔からよく言われているような話を大体整理されたのと、戦略検討分科会で評価したものを入れ込んでおられると思います。

それで、一つ言っておきたいのは、やはりインテグラルに考えたときに、高速炉の「もんじゅ」は大体6,000億でつくったわけですがけれども、我々はITERという、機器製作の立場から見れば極めて複雑とおっしゃっているものを含めて5,000億ぐらいの値段でつくれるであろうと我々が今思えるようになっているということは非常に重要で、まずそこは確認しておいた方がいいと思うのですね。

しかし、やはりその中でも、幾つかまだまだ複雑であるということは事実なので、メーカーの方はいわゆる機械電気系統のものづくり方はよく知っていらっしゃるわけなだから、むしろ積極的に具体的な提案をされた方がいいと思います。具体的な例でいえば、レブーさんはウエッジに対してバックリングシリンダを提案されたし、それから実際にはそうなりませんでしたがけれども、うちの西尾でいえば、センターソレノイドをとってウエッジ支持を全くなくするとか、そういう突飛ではあるけれども非常に革新的なアイデアというのは、幾つかのところから出ていると思うのですね。

残念ながら、トカマクのコンセプトを画期的に簡素化するというコンセプトは、メーカーの方から今のところ出てきてないというのが現実だと思います。それは、どちらかという、研究開発機関の中から出てくるアイデアに対して、メーカーはそれを受けて現実化するということが今までの構造だったからなのかもしれません。ただ、今後は、発電実証プラントというような方向に行く場合には、やはりこういうメーカーとしては重要な視点というのが幾つかあって、これはもう昔から言われ

ていることですが、それを具体的な提案としてやはり入れたコンセプトを提案された方がいいと思うのです。幾つか芽出しというのはあると思うので、ぜひそういうところをやっていたらという気がしています。それは、逆に言えば非常に売れるものになるし、特許になって特許料も入ってくるということで、メーカーにとってもお金になる話だと思います。

【大塚委員】 確かにそのとおりで、ITERなんかはいろいろ設計検討に参加させていただいて、提案とかはさせていただいていると思うのですが、例えば先ほどのように真空容器は厚肉一様の構造にしてほしいという、やはりプラズマ上できないわけですね。だから、やはりプラズマの制御とか運転とかに絡んできますので、なかなかそれは我々が提案してもできないというのがいっぱいありますよね。それと、炉心プラズマに関しては、私もは全然それを研究する能力もないし、やってもいけないので、そこら辺はまだなかなか難しいと思いますね。

【菊池委員】 ただ、いわゆる重厚長大と言っているマグネットの支持の問題とかは、ウエッジでは非常に応力が高くなるというのは、みんなよく知っているわけで、それに対してレブーさんなんかはバックリングシリンダを提案されたように、そういう問題意識、幾つかここで挙げていないやつの中で、本当の意味で簡素化につながるようなもの、本質的なものというのはあると思うのです。そういうものは、やはり具体的に提案されることが大事なのではないかなと思います。ブランケットもそうだと思います。ブランケットも、私自身も構造はもっと簡略化しなければいけないと思っていますけれども。

【松田委員】 関連で、ITERのブランケットテストモジュールの議論というのが、ここ1年ちょっと休会になっていたのですが、ITERの交渉が進展してきて、いよいよ決まるという段階になったので、ITERテストブランケットワーキンググループというのを再開することになりました。10月に再開の1回目が開かれるということで、そこに例えば日本がどういうブランケットをつくりたいかという議論も入ってきますので、ぜひ設計の考えをそういう中に折り込んでいただければと思います。

【三間委員】 大塚委員のコメントを見て、この検討委員会のタスクは、加速案ということで実証炉をどういう手順でやっていくかという議論が主課題であったかと思うのですが、ここにはITERでやるべき課題というのが挙げられて、ITERを大いに進めるべしとは受け取れると思うのですが、それではITERができる前の今の段階で、「Fast Track」という観点で今進めるという議論をこの委員会として出すのですかということに対する、やはりある種の疑問を呈しているのではないかと私は思います。

それにしても、ここは何となく課題が重いというか、やはりいろいろなステップをもう少し幅広く考えなければいけないですよというメッセージのように思うのですが、いかがですか。

【藤原座長】 三間委員のおっしゃることも非常にわかると思うのですが、ずっと大塚委員のこの話を聞いていて、今のいろいろな意見を聞いていて、核融合炉全体に対するこれから考えなければいけない話と、それからITERでR&Dも含めてこれまでにある程度ディベロップしてきたので、この辺はこういうふうにいけそう

ですよという話と、それからITERを実際やっていく過程の中で開発していこうという課題と、幾つかがミックスしているんですよ。ですから、ある程度それを整理して、例えば発電実証プラントに向けて何がまだやらなければいけないことなのかを、この中からいろいろ整理してみないといけないのではないかと思います。

もちろん、企業に赤字まで出してやれというような話はちょっと考えなければいけない話で、今のところ核融合というのは国のプロジェクトとしてやっているわけですから、企業が参加をするという参加の仕方もよく考えなければいけない話だと思うのですが、今言ったように、実際の発電実証プラントに向けて本当にやらなければいけない課題、それから今までJETやJT-60である程度はわかってきたという問題、その辺をもう少し整理してみるということが大事ではないか。だから、その意味で、いやここではどうするんだという話は、発電実証プラントに向けてどういうことをこれから考えていかなければいけないんだということ、ある程度ピックアップして整理していくのが非常に大事だと思いますね。

【三間委員】　そうですね。私もおっしゃるとおりだと思います。だから、それがやはりきっちりここで議論されておかないと、うかつに実証炉やれやれというのは、核融合コミュニティーの人間としては、それは非常に結構なことだし私自身は歓迎するのですが、本当にやれるのかと改めてこういうふうに示されると、私自身は心配になって、そういうものに対してもう少し慎重に議論するべきではないかと思うのですが、いかがですか。

【菊池委員】　前回、ぜひ大塚委員の方に問題提起してくださいと言った理由は、まず炉心とか炉工の基本的な開発だけではなくて、こういう実用化にとって、製造の立場から考えたときにある問題点をちゃんとリストアップして、それをどう持っていくかという議論も並行してやらなければいけない。つまりITERをやり、炉心をもっとよくし、炉工も基本的な技術を開発するだけではなくて、プラントシステムとして製造の立場から、ちゃんとしたもの、もっとものになるものにするという作業を並行してやらない限りは、発電実証プラントをある時期に決断しようと思うときに全く足りてないだろうと思っているから、前回ぜひ話をしてくださいと言ったわけです。大体出てくるものは出てきていると思うのですけれども。

ITERをやることは決まっているわけで、一方でワーキンググループでトカマクの改良研究もやらなければいけない、IFMIFもやりましょうということはあるわけですが、最後に抜けているのはここなんですよ。ここをどういうふうに行進して進めて、そういうものをインテグラルに判断して、ITERの次に発電実証プラントをつくるのかつくらないのかという技術ベースをつくって、そこで議論して、いくのかいかないのかを決めなければいけないと思うのですね。

最後の4つ目の一番重要なことを、今回大塚委員から言っていたので、これをどういうシナリオの中で、特に製造の現場の方の方々がかなり絡まないといけないと思うのですけれども、どういうふうに進めるのかというところを、オーガナイズの仕方をやはり議論すべきだと思います。個別の技術の議論をしてもしょうがなく、これはやれるところまでやって、もしだめだったらやはり実用化にならないと思うのですね。そこを言っているわけです。

【高津委員】　今の菊池委員の意見と似ているのですけれども、例えば4ページにご指摘いただいた大塚委員のコメント「機器製作の立場からの要望事項」というのは、内容としてはご指摘ですけれども、言ってみればかなりの項目というのは、いわゆ

るインテグレーション・イシューなのですね。だから、実際どうしようもないものあるのですけれども、実際にメーカーの立場からすると、コストカッティング要因というのはこういうところにあるのだろうというご指摘で、それは実際に、これからつくって運転していく中で、こういうところをどう合理化していけるかという視点で多分つくって行って、運転をして行って、データを見ていくということになると思うので、こういう観点で見ていくというのが多分ご指摘の内容だろうと思います。

一方、先ほど松田委員のお話もあったのですけれども、メーカーさんの立場は、確かに私企業ですから、そんなに公益的な立場でいろいろなことはできない、受注がくれば仕事をするというのは、ある立場ではごもっとです。一方、最後から2枚目にも記載がありますように、核融合はいろいろな技術分野に及んでいるというのは、これは事実として書かれているのだと思いますが、逆にそういうことから超電導コイル技術なり、ロボットの技術なり、高熱機器の技術なり、そういうものが産業界と一緒に今までここまで進んできて、それがまたいろんな分野に生かされていると思うのです。そういう製造技術の観点から、そういった先端技術をどのように維持して、受注がない間もどのようにつないでいくのかという視点から、少し前向きなご意見がいただければよかったかなという気がします。

【岸本委員】 ITERの交渉の場で、いつも激論を延々交わして、もうみんなからあきれられているのですが、JT-60をつくったときに原研の関係者は100人だった。そのときに、JETが600人で、TFTRは900人だった。やる仕事の量は変わっていないはずなのに、何でそんなに違うのか。これはもう明らかで、プロジェクトの推進側と産業界の仕事のバウンダリが、日本とヨーロッパとアメリカで全然違ったということです。

今、ITERはコアパートは何人でやろうとしているかということ200人です。200人でやるということは何を意味しているかということ、日本がJT-60でやったのと同じようなバウンダリのとり方をしない限りは、このプロジェクトはできないということを物語っていて、言いかえれば産業界が相当のところまで関与してこないとITERはできない。

そういう意味では、プロジェクトが進展し、ステップを踏んで実用に向かっていくときには、やはり産業界の占める割合というのがどんどん広がってくる必要があります。コア部分、すなわちインテグレーションとか、困難があったときの突破力というのはプロジェクトの推進側が担うにしても、なるべく多くの領域を、ものをつくる側あるいは運転し動かす側の守備範囲としていくのが、やはりこういうプロジェクトがうまく進展していく一つの軌跡といつも思っています。そこはなかなか国際チームとかヨーロッパのおじさん方とは相容れない部分です。先ほど大塚委員はヨーロッパのやり方がいいとおっしゃいましたが、私はヨーロッパのやり方なんて全くなっていないと言って、いつも口を極めて攻撃しています。

やはり、大きな組織で産業界の守備範囲を狭めていくと、つくるもののクオリティーというのは下がります。任したらクオリティーが上がるというわけではないのですけれども、ある程度責任をもってやってもらう領域を増やしていくということが、将来の実用化に向かったの非常に大きなステップだと思います。赤字を出してもやってねと言っているわけではありません。

やはり、産業界の守備範囲というのは、少なくともアメリカやヨーロッパよりは、日本は大きな範囲をお願いして任せてやっていただいていた。それは、多分今後も変わらないのだろうと思います。そういう意味では、後ろ向きであると松田委員は

ご心配されていましたが、実際はそうではなくて、産業界は核融合の分野については非常に前向きにこれまでやってこられて、評価を高めてこられたわけですから、今後もそうやってプロジェクトの主要な部分を占めてやっていただければと思います。それは、発電プラントの実現という意味では、非常に本質的なことだと思っております。

I T E Rを実際どうやるかというのは、与えられたバウンダリは200人ということですから、おのずとやることは見えてあるわけで、みんないろいろなことを言いますが、大体原研がJ T - 60をつくったときと同じようなスタイル以外にはとりようがない。T F T Rが900人か1,000人を抱えてやったのと同じようにはもうやれない。それは目に見えているわけですから、いろいろ議論はしますが、答えはわかっているといつも思っています。そういう方向で多分行くのだと思います。

【藤原座長】 これから産業界は、やはり非常に大事だと思います。日本でやった研究開発の大部分、技術的な側面というのは、確かに産業界が背負ってきたところがありますからね。

【大塚委員】 最後にちょっと言わせていただくと、こういう非常に高度な技術を使わないといけないという場合に、確かに日本は岸本委員が今言われたようにずっとやってきたわけですが、I T E Rは今までのJ T - 60なんかと比べるとはるかに難しい技術を使うわけで、システムとしても非常に巨大なわけですので、産業界としてリスクヘッジをどうするかということなのですね。それがやはり最大の問題で、そのうまいやり方を皆さんと議論して決めていかないと、やはり実際問題としては難しいだろうと思います。

【松田委員】 この大塚委員のペーパーというのは、実用になるまでの課題をいろいろまとめていただいたと理解をしています。そのうち、発電実証プラントまでに間に合わせて取り入れないといけないものと、ゆっくりコンポーネントライクで開発を任せればいい部分もありますよね。大部分は、多分発電実証プラントまでに必要な要素であると理解するのですが、そういう認識でよろしいでしょうか。

【大塚委員】 はい、そういうふうに私は思って書きました。というのは、発電実証プラントというのが昔の原型炉と実証炉とを合わせたようなイメージですよね。そうなりますと、実際もうほとんどすぐに商用化できるというレベルぐらいまでは持っていったらいいんじゃないだろうと思うからです。

【松田委員】 ただ、誤解するといけないのは、問題設定として、発電実証プラントというのは、実用化の前の最後のインテグレイティド・マシンだということを言っているのであって、コンポーネントで改良が進んでいくというのは、その後も、実用第1号炉、実用第2号、第3号とずっと続く過程でもどんどん進むわけです。インテグレイティド・マシンとして、どれだけいるかという意味では、発電実証プラントというのが最後ですという認識でスタートしていますので、そこで開発がすべて終わるといふ認識とは、また別な話だと思います。

【大塚委員】 それはわかっているつもりです。

3) 発電実証プラントの建設への移行条件について、資料検第12-1-2号に基づき、菊池委員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。

【高村委員】 「システム」ということが、菊池委員の資料に書かれているわけですが、すけれども、また、6ページに「実用化を見通す発電プラント概念の物理、工学的基盤は十分か？(産業界を含めた評価)」ということで、今日、大塚委員が話されたことも含まれた記載がありますが、この辺が、私の印象ではまだ十分練られていないのではないかと思います。それで、藤家委員長が炉工学とプラズマ炉心とは、核融合の場合はある程度切り離されているというようなことを時々おっしゃるわけですが、これはある意味では正しいのですが、必ずしもそうではない部分があるだろうということで、それがシステム統合ということだと思えるのです。そのシステム統合というのは、どうもその具体的なイメージがまだ私自身もあまりはっきりしないし、何をターゲットにすればいいかというクライテリオンとかがあまり明確にされていないような気がするのです。それは、やっていく中で明らかにすることなのかかもしれないのだけれども、可能な限り、それを事前に書き出す必要があるのではないだろうか。

具体的に言いますと、例えば先ほど完全非誘導のモードというようなことを言われたわけですが、こういう装置、大きなシステムとなると、必ず定常状態から何らかのいろいろな原因ですれてくる。そうすると、それをいかにリカバーするかとか、そのためにはどのくらいのパワーが必要で、どういう手順でやるかとか、その時定数はどのくらいであるかとかですね。実際に発電する段階では、結局パワーが出なくなるわけですよ。出なくなってくると、今度はそのプラズマを維持するためにはパワーを電力系統から逆にとらないといけないわけですね。そういうようなことがあまり十分に検討されていないような気がするのです。ですから、そういうことをもう少し書き出す必要がある。

産業界からのいろいろな要素技術として、あるいは統合技術として、どういうことをやっていかなければいけないかということと同時に、炉心の運転と、それから炉工学的なことと、そういう加熱機器とか制御ですね。制御では、例えば内部コイルを入れて制御しているのが、たまたま電源が動かなくて制御から外れるということは当然あり得ることですね。そのときどうリカバーするかとか、あるいはもうそこでやめてしまって、もう1回再立ち上げするかとか、実際の発電をやっていく場合には、その辺までを見通さないといけないのだろうと思うのです。ですから、そういう項目を、やはりできるだけ可能な限り挙げておく必要があるのではないかと。ITERとして、その書かれた項目についてどこまでやるのかを検討することが必要なのではないかなと感じるわけです。

【菊池委員】 ITERでどこまでやるかという面では、前回のITERの有効利用のときに申し上げたのですが、ITERの技術目標を達成するための国際合意というのは、ある面ではできているわけですね。ところが、それを原型炉、発電実証プラントにどうつなげていくかという観点で、どうITERを有効利用していくかということについては、国際的な協議がされていないと思うのです。

ですから、前に申し上げたように、ITERで、発電実証、その次の段階のデモ炉に向けてITERのどういう使い方をしていくかということは、協定が成立した後で早々にでも、やはり早く議論を開始すべきだと思います。そこについては、報

告書に書くのか書かないのかわかりませんが、非常に重要な視点かなという気がしております。

それから、先ほどのシステムというところで、もちろん高村委員がおっしゃるように、運転の停止とか、そういうプラントとしての運転シナリオの問題というのはちゃんとやらなければいけないし、先ほど大塚委員から言われたように、戦略検討分科会報告書でも書いていますけれども、起動電力というのが数十メガワット以上は要るわけで、核融合炉というのは自分では立ち上がらないシステムなので、そこは別途、火力にしる原子力にしる、そういうシステムでのサポートが必要だということがあるかと思えます。当然、1度止まってしまいますと、ブランケットの温度も下がっていきましますし、そこでのシステムの健全性というのは、設計上、担保されなければいけませんから、そういうシステム設計は当然要ると思えます。

ただ、一番私が心配しているのは、やはり大塚委員が言っているように、製造技術として物にしていく上で、いろいろなところを簡素化していかないといけないし、炉のシステムとして物にできるように製造技術そのものを改良していかないといけないと思うのですね。HIPが、本当に大塚委員が言うように非常に製造技術として難しいのであれば、それにかわる技術を開発しなければいけないということになるわけですが、そこはやはり、仮に大塚委員が私見としてそう言われるのであれば、よく原研の技術者とも議論していただかないといけないし、そういう場をつくって、どういうものを製造技術として核融合炉では採用していくべきなのかということも1つ1つ、やはり産業界とよく議論するという場が必要になるのかなと思っています。そういう積み重ねの中で、最終的な発電実証プラントのコンセプトが決まります。

発電実証プラントの後半では経済性改善への見通しを得ようとするわけですから、そういうものにつながるコンセプトであるかということも、ある段階で判断することが必要になると思えますね。その部分を、やはり高村委員がおっしゃるように、もうちょっとよく議論しておく必要があるかなと思っています。特に、そういう面では、産業界からもう少しいろいろな視点から、アクセプタブルな核融合炉技術とは何なのか、プラントにし得るアクセプタブルな技術とは何なのかという点を、もう少しよく忌憚のないご意見をいただいた方がいいかなと思っています。

【西川委員】 1ページに炉心プラズマ分野とか炉工学分野とあり、「対向機器試験(ブランケット、ダイバータ)」という項目が炉心プラズマ分野として書いてあります。次のページにも書いてありますが、ダイバータはプラズマ・コンパティビリティという意味で理解できるのですが、ブランケットの構造を炉心の方に入れたというのは、どういうことなのか。

【菊池委員】 構造というのは、1つは多分、原型炉以降で銅は使えないですね。

【西川委員】 いや、そういうことも、炉心の方でそれをされるというのはなぜでしょうか。普通、一般的に炉工の方のフィールドかなと思うのですが。

【菊池委員】 要するに、カーボンベースですと、ラディエーション・コラプスとかが無くて済んでいますけれども、おそらくメタルベースになるのかなと思っています。そうすると、やはり重金属のインピュリティー・コントロールの問題、それからELMでとんでもないことが起こらないか。そういうことをやはりちゃんとチェックしないとイケないということになってきてしまいますね。そういう

ところを意識しています。

【西川委員】 特に、この分野で僕が言いたいのは、こういうフィールドになると、炉工も炉心もない。このダイバータ部分が非常に2つのグループを融合するところなので、そういう書き方をしていただいた方がいいのではないかというのがコメントです。

【菊池委員】 はい、そうだと思います。むしろ、炉心・炉工の統合技術かと思えますね。おっしゃるとおりです。

【岡野委員】 発電実証プラントの基盤形成のところですけども、高規格化ベータ3.5以上、長時間維持というのをここで約束して、これができないと実証炉へいけないというのを言うてしまうということは、相当意を決して決めないといけない数字ではないかと思うのですけれども、この「長時間」の定義はどうなっているのでしょうか。

【岸本委員】 ブランケットの熱時定数ですよ。

【岡野委員】 そこまでやるということですか。

【岸本委員】 そう思いますよ、通常の意味では。

【岡野委員】 でも、これは別にITERでやるわけではないですよ。

【菊池委員】 プラズマの開発ですから、基本的には電流拡散時間というのが1つの目安になっているわけですね。

【岡野委員】 いや、ITERはそうですけども、でもこれで3.5以上を実現することを約束するわけではないですよ。

【岸本委員】 そうではない。長時間という意味では、ブランケットの熱時定数が一番長い。3,000秒というのはそういうところから来ているのだろうと想像していますけれども。

【菊池委員】 ですから、これはワーキンググループでもいろいろな意見があって、1つは、まず最低超さなければいけないのは「電流拡散時間を超す」ということだと思いますね。その次に議論されたのが、やはり材料の改質が起こり得る「数時間オーダー」の議論が九州大学の方からされていますね。だから、そういう面で、第三段階の技術目標としてどの時定数が適切なのかというのは、ここで議論すべき問題かと思えます。

【長崎委員】 1つ教えていただきたいのですが、この発電実証プラントというのは誰がつくるといふか、誰が買うといふか、誰がその設置責任者といふ前提なのでしょうか。

【菊池委員】 それは、やはり国ということですね。国が関与する最後の開発研究

ということで、戦略検討分科会で定義されて、あのときは、原型炉と書いてありますけれども。

【長崎委員】　ということは、これができた後に、例えば電力会社が何かするとか、そういう位置づけですか。

【菊池委員】　はい、そういうことですね。そういう面で、判断するときには、産業界が、先ほど大塚委員がおっしゃったような点をかなりしっかりと議論した上で、建設の判断をしなければいけないと思います。それだけステップ数をやはり減らすというわけですから、かなりしっかりしたレビューが必要だと思います。

【長崎委員】　原子力の人間からすると、その後、全く普通の電力会社が買うのだとしたら、実証炉をきっと日本原電がつくって、その次に民間の9電力が何か1つつつつくっていくというイメージでいくと、この実証プラントというのが、実証プラントという名前にはなっているけれども、現実には原型炉であって、その後ろにはやはり電力会社は実証炉、商業炉というものをつなげていくというふうにとってしまうと、結局同じではないのですか。そういうわけではないのですか。

【菊池委員】　そこは松田委員にお答えいただくのがいいと思います。戦略検討分科会報告書を書かれたときに、松田委員がフィロソフィーを決められた部分です。

【松田委員】　民間が主体になって研究開発をやっていくというときに、どこから実用化かという線は、もともと非常に引きにくいのですね。というのは、実用化というのは市場にどんどん参入が広がっていくということを意味しているのだと思うのですが、そういう意味でいうと、例えば以前の定義ですと、この核融合炉の実証炉というのは経済性を実証するのだという目的を持っていたのですが、経済性の実証というのは何が満足すればそれを満たすと言えるのかという意味でいいますと、そのつくる側、民間側が満足しなかったら、実証したことにいつまでたってもならないのですね。そういう意味では、原型炉というのは国が関与する最後のインテグレート・マシンであって、そこから先は民間主体になって開発していくという考えを入れましょうということです。そういう意味では、原型炉の次に電力なり民間がつくる装置というのは実用1号炉と言ってもいいかもしれないのですが、結局同じことです。そういうもので市場にどんどん参入していく。参入していく過程でも、どんどん改良はあるわけですね。そういう認識です。

一方、国が最後の関与をするのはどこまでが適切だろうかという、インテグレート・マシンとしては発電実証プラントが最後ですが、そこから先の研究開発に国が全く関与しないということを言っているわけではないです。例えば、コンポーネント・ライクで何かある部分のところだけ改良すれば非常に経済性が上がるというときに、国が補助金を出したりすることはもちろんあるわけで、そういう意味での国の関与というのは、多分その以後もあるのだと思いますが、全体の装置をつくるというのは、その発電実証プラントで最後にするのがいいのではないかとというのが基本的な考えなのです。

【菊池委員】　多分、可児委員にお聞きするのがよろしいかと思いますが、私の認識では、今、高速炉については、実証炉を民間がつくるというふうには、最初はそ

ういうつもりだったのだけれども、現実はそうならないというのが事実だと思うのですね。

【藤原座長】 可児委員にご意見を伺った方がいいのではないですか。

【菊池委員】 その方がいいですね。

【可児委員】 ですから、もともとは動燃事業団自体のミッションとしては、原型炉をつくるころまでということですずっとやってきていて、それで次の実証炉については電力が中心になってやるということで、実際、実証炉のいろいろな設計研究等については電力がやってきたわけですがけれども、最近「もんじゅ」の漏えいのトラブル以降、若干トーンダウンしているということもあって、実際に実証炉をどうするかについては、きちっと「もんじゅ」を動かして、その成果を確認した上で改めて決めると、今の長計はたしかそうなっていると思います。

ですから、従来は、実用化につなぐという意味で、早期に産業界が入ってきた方がつながりやすいということもあって、実証炉ぐらいからは電力といいますか、ユーザー側が関与した方がいいという話は当然あったと思いますけれども。

【藤原座長】 今の話は、ある意味で非常に近いのですか。

【菊池委員】 そういう意味で、もともとの第三段階で議論したときに、我々が、例えば高ベータの実験をしようと思って原型炉のためにやるのですよと言っても、いや、原型炉は経済性なんて要求されていないのじゃないと言われてしまうわけですね。だけれども、そうではない。国が関与する最後のステップと思ったら、その次に産業界がつくるわけですから、経済性を見通さないといけないわけですよ。そういう視点がイクスプリシットに書いていない。だから、何かをこのためにやらなければいけないといっても、全然通用しないのですね。

だから、そこをもう少しちゃんと書いて、松田委員がおっしゃったように、これを国が関与する最後のステップとするために必要なことは何なのかということをよく考えて、それを第三段階のチェック・アンド・レビューとして明確に書いた方がいいのではないかという視点で書いてあります。

【今川委員】 炉工関係の話で、今日の大塚委員の話もそうなのですが、気になることとして、高津委員が出された資料というのは、多分これは原研が実際研究としてやろうとされているものが別添1という形でまとめられていて、もちろんこれは私もお伺いしていますし、こういうやり方の開発もあるというのは理解しているのですがけれども、これから先、実際に産業界でやろうとするときに、もっといろいろなものが多分必要になってくるが、そのシナリオまで今議論しておく必要があるのかどうかというところは考えておいた方がいいかなと思います。

私も超電導の専門家なので、例えばNb₃Alを原研は今やろうとされている。それはそれで、チャレンジングなことだと思いますけれども、そうすると、ある特定のメーカーとNb₃Alの線材の開発をされる。ある特定なところではできるようになるのだけれども、それは実証段階に移ったときに、すべてのメーカーができるわけではないという問題を同時に引きずってしまうと思うのですね。そうすると、実用化に向けて技術をどういうふうに移していかっていくかということ、今議論できるのだったらしておいた方がいいかなと思います。

高速炉の場合には、多分メーカー主体でされたR&Dが結構あったというふうに思っていますので、この発電実証プラントの段階からメーカー主体でやるようなものも計画として立ち上げていくのかということころは、立ち上げていけたら立ち上げていった方がいいと思うのですけれども、その辺は、今できるのだったら議論をしておいた方がいいと思います。

【高津委員】 今のご指摘は、ちょっと十分理解できなかったのですけれども、幅広い産業界の製造基盤を確保していけるような進め方をした方がいいのではないかとのご指摘かと思ったのですけれども、ちょっと違うのでしょうか。

【今川委員】 いや、ちょっとそれはそういうことではなくて、研究開発段階という意味では、原研がやろうとされていることをまとめられたテーブルがあるのですけれども、実際、物をつくる段階というのは、さらにそれから製作性なりコストなりを考えて、改良なり改善なりをしていかなければいけないわけですね。そこまでのシナリオが、高津委員の資料の中にはまだないと思うのですけれども、そういう計画の段階、時期を議論できるのだったらしておいた方がいいのではないかとことです。

そういう意味では、例えばマグネットについても、原研がこういうことをやろうとされているのですけれども、もちろんそれ以外の方式だってあるわけですね。現時点でいうと、多分Nb₃Snの方がつくれるメーカーも多いですし、入手しようと思ったら、入手性もいいわけですね。それでも原研としてはNb₃Alを開発されるというのは、それはそれで私としては理解するのですけれども、そうすると、それは実用化を考えるとときには同時に問題点も引きずってくるということを心配するわけです。つまり特定のメーカーしかできないということですね。

【松田委員】 議論が深まる前に、クларリファイしておいた方がいいと思うのは、この移行時期判断の基準というときの「移行」というのは、どこへの移行か。つまり、発電実証プラント建設のキックを移行とするのか、そうではなくて発電実証プラントの設計開始か。例えばITERでいうとEDAの開始の時期に第三段階が始まったわけです。そのどちらなのかということをはっきりさせておいた方がいいと思うのです。それによって、準備しておかないといけないもの、第三段階の間に確実にここまでやっておかないといけないというものがはっきりすると思います。

【高津委員】 まず、後の松田委員のご指摘については、この7ページの表というのは、さまざまな、先ほどご説明申し上げたようにブランクセットならブランクセットの各次のステップに移ることまで含めて、かなり2次レベルの判断基準を書いています。その中で、2020年ごろというふうになっているのが、菊池委員に言葉でまとめていただいている6ページの発電実証プラント段階に移行する判断基準のベースになるものだと考えております。それでよろしいでしょうか。松田委員へのご回答なのですけれども。

【松田委員】 極端な言い方をしますと、その次の発電実証プラントに移行するとき、R&Dの多くのものは何も準備できていなくても、入ってからR&Dをやればいいのかという考えも一方にあるわけですね。だから、移行のイメージを、その建設着手前の設計開始時点に置くのか、建設をスタートするという時点に置くのかというのは、6ページの菊池委員の書かれた資料でも、別に工学的分野

について数値的な意味でははっきり書かれているわけではありません。

【岡野委員】 今の松田委員のコメントに関係があるのですけれども、いつの時点の判断基準なのかが不明です。それからここに書かれている条件は、1つ残らず満たさないと進めないとは見えないのですよね。これはあった方が望ましいというのと、これがないと絶対だめというのが分けられていないのは非常にわかりにくいと思うので、そこは分けた方がいいのではないのでしょうか。

【菊池委員】 何ページのですか。

【岡野委員】 7ページで、例えばS i C / S i Cはなくても進められます。

【高津委員】 それは、あくまでも最初に申しあげましたように、さまざまな技術について、次の発電実証プラントに移る判断としては、やはり6ページのような判断基準で考えています。よりその背景をご理解いただくために、細かい各個別の項目を挙げていますのですけれども、例えばおっしゃったようにS i C / S i Cは、判断がつかないと次のところにいけないとは考えていないので、そこはもし必要ならば整理し直して、またご提示することも可能だと思います。

【井上委員】 今も議論になっているのですけれども、これは1つのあるべき姿というものを描いて、それを達成するためにこういうことをやっていかなければいけないという立場で書かれているわけで、委員会の資料としてはこういうものは非常に重要だと思うのですね。

ただ、今、岡野委員が心配したように、そのときに何か達成できないとほかに逃げ道がないというような書き方をすると、また後で困ることが出てくるわけですね。それで、前の第三段階の文書を見ますと、その2ページ目というのは非常にあいまいな表現になっていて、ほかの考え方もしようと思えばできるように書いてあるわけです。それからもう一つは、これには参考資料というのがあって、参考資料の方は具体的に書いてあります。

どちらをどういうふうにかくかというのは、これから考えていく必要があると思いますが、ずるいかもしれませんけれども、ある程度は将来何かあまり書いたことにとらわれ過ぎて身動きがとれないようにならないような書き方をする必要がありますと思うのですね。そういう意味では、岡野委員が心配された_Nの件などがありますけれども、こういうことは参考資料の方にそれとなく書いておいて、本文の方は、何とか程度というような表現でやっておいた方がいいのではないかと思います。

それから、1つ質問なのですけれども、菊池委員の資料の2ページに「完全非誘導運転(同上)」と書いてありますが、この「同上」というのは何のことですか。

【菊池委員】 1,000秒という意味です。

【井上委員】 この辺も、何かあまり数字を出すよりは、今、岸本委員がちょっと指摘されたように、プランケットの熱定常時間とか、それから先ほどの材料改質時間とか、これをクリアする時間とか、そんな表現をしておいた方がいいのではないのでしょうか。そうすると、非誘導という話が完全非誘導という話とはちょっとそぐわないかもしれませんけれども、あまり数字を出し過ぎて後で困ってしまうというのは、どうもこういう計画についての報告書としてはまずいような気がするのです。

けれども、どうですか。かといって、あまりあいまいにすると、今度はそれもまずいという話になるかもしれないけれども。

【菊池委員】 先生がおっしゃっていることは、まさにそのとおりではあるのですが、一方で、ここまで第三段階を10年やってきて、かなり技術的に何ができて何ができないか、発電実証プラントで何が必要になるのかというのも、ある程度見えてきている部分もあるわけですね。そういう面で、より国民にわかりやすくするためには、厳選して、明確なことが書けるものは書いた方がいいと私は思っています。

【井上委員】 ですから、それは本当にどれくらい自信を持ってそれを言えるかによろと思うのですよ。Qが20の話もそうですよね。実際つくるときは10を公式の目標にしているわけですがけれども、核融合会議としては前に20と言っていて、実際そこまでカバーできるからよかったですけれどもね。

そういう事情が、将来、予算の制限とか何かいろいろ出てきて発生した場合に、身動きがとれないようになるのは困るなという感じなのですよね。

【菊池委員】 むしろ、設定したら、それが得られるまで頑張るということになると思うのですね。むしろ、設定した目標に、次の段階に行くために必要なものがそろっていないということが、ある面ではITER計画の遅れにもなったと思います。

【井上委員】 そうでしょうか。むしろその予算的なこととかで遅れてしまっている面がありますので、実際の現実の研究の進展としては、ITERはもっと前にできている可能性だってあるわけです。

【菊池委員】 私が申し上げているのは、例えば臨界プラズマ条件さえいけばもう核融合はできるのかといったら、実はそうではなかったわけですね。ダイバータの熱・粒子束を低減するとかトカマクを定常化するための研究も必要だったし、それからベータ限界を上げるための研究も必要だったわけです。そういう面で、それぞれにでき得ることを明確にステップとして書いていくこと自身は大事なのですが、その次を見た技術目標というのも適切に設定しておかなければいけません。そうでなければ、一方で技術目標は実現したのだけれども、次のものは見えない技術目標だったねということになりかねませんが、これはやはり避けた方がいいのかなという気がしています。

【井上委員】 第三段階のときは、第四段階に行くための目標を達成するという表現で終わっているのですね。それ以外のことは、参考資料の方には詳しく書いてありますけれどもね。

【菊池委員】 我々は、あくまでその参考資料に相当するものをまずつくることが、この検討会のミッションだと思っていますので、それを踏まえて専門部会なり原子力委員会がどういうまとめの文章をつくれるのかというのは、また別に議論していただければと思います。

【岸本委員】 大ざっぱな感想としては、6ページの判断基準というのは、グローバルにはおおむねこの3項目でいいのだろーと思いますけれども、個々の中身をどこまで規定するかというのは、今いろいろなご意見があったように、そんなに簡単

には収束しないかもしれない。特に、1番目のキーポイントになるところは、完全非誘導電流駆動という言い方がいいのかどうか、あるいは定常運転という言い方がいいのかというのは若干吟味した方がいいかも知れませんが、今から10年前に、ITERの技術目標というのをリュートフがたしか議長で議論されたときに、ITERで $Q = 10$ 以上で定常運転ができればいいなというのは大方のコンセンサスだったけれども、当時の研究の段階ではとても $Q = 10$ 以上というのは見通せなかったので、 $Q = 5$ 以上で定常運転というのをアルティメット・ゴールにしたというふうに聞いています。5年前にもう一度技術目標を見直したときには、そこは特に深くは突っ込まなかったのですが、ただ定常運転の重要さというのはその間に十分理解されるようになって、アルティメットという言葉が落とされて、装置が大幅に小さくなったにもかかわらず、 $Q = 5$ というのは変えなかった。これは、非常に大きな進歩というか、認識の進展だったと思いますね。パルス運転は無敵大から10まで落としたのに、定常運転のはるかに難しい方がより高い目標を設定した。それは、10年前と5年前のトカマク研究の進展を裏づけした厳然たる事実だと思うのですが、では今あれから5年たってどうかというと、やはりあまり変わらない。できれば10以上で定常運転というのが望ましいのだと思いますが、ここに幾つか例がありますけれども、10以上というのを間違いなく言い切って、それが発電実証への移行の条件だというふうに設定すると、いけるかも知れないけれども、非常にバリアが高いかもしれない。本当はいけるぐらいでないと、将来はなかなか大変だろうとは思いますが、今は見通せないという意味では、やはり $Q = 5$ ぐらい以上で定常運転というのが今下せる1つの判断かなという気がしますね。それは、10年前にリュートフたちが議論したのと得られたデータベースはもう随分違いますけれども、判断としてはやはりそんなところかなという気はします。

高村先生から、定常状態からずれたときにどのくらいの復元の可能性があるかを検討すべきだという議論があったのですが、それは Q 値を決めれば自動的に決まるというのが原研の一貫した主張です。 $Q = 20$ と決めれば、2割が外部パワーなので、2割の外部パワーでコントロールできる。 $Q = 50$ だと、1割の外部パワーでコントロールできる。だから、 Q を幾らに設定するかでコントロールできるパワーのレベルというのは自動的に決まります。あとは燃焼するプラズマがどれぐらいの外部パワーでコントロールできるかは、残念ながらやってみなければわからない。ただ、例えばJT-60の場合、DDですから、多分DTと違うとは思いますが、DD反応の中性子の量をモニターしながらコントロールしている範囲では、その触れ幅は $\pm 10\%$ ぐらいですね。もうちょっと飛び出しているものもあるかもしれないけれども。そんな感じで、DT燃焼のプラズマは、やってみないとちょっとわかりません。

【高村委員】 むしろ、アクシデントがあった場合の復元力みたいなものを危惧しているのですけれども。

【岸本委員】 ディスラプションがあったときでしょうか。

【高村委員】 ディスラプションというか、もうちょっとマイルドなものでいいと思いますね。

【菊池委員】 現実には、例えばNTMが起こった後にベータが下がるのですけれども、サプレッションしてもなかなかベータが上がっていかないという問題はやは

りあるわけですね。だから、それを高村委員もご指摘されているかと思うのですが、けれども、やはりそういう幾つかの問題は、プラズマの実験結果をよく整理して、回復シナリオをつくらないといけないと思いますね。

【岸本委員】 もう一つ、統合技術とは何かというお話があったのですが、プラントあるいは装置をつくり上げてきた経験からいくと、トカマクの場合は2つの大きな統合技術というのがあります。一つはやはりトカマク部分の統合ですね。これは、主に電磁界、熱と、それからITERの場合は放射線、この3つが組み合わさった条件の中で空間的な取り合いを適切にするというのが統合化技術の1つです。もう一つは、水とか電気システムとか、ローテクなのだけれども、プラント全体をうまく統合していかないといけない。

その2面があって、それはITERも次の段階も変わらないでしょうから、ITERでそういうものをちゃんと経験すれば、統合化技術というのは一応は見通しが得られるのだらうと思います。

それから、 N が3というのは、いろいろな方がご心配されてますが、3.5から5.5、これはJT-60の改修計画でチャレンジして確認する以外には、ちょっと今すぐにはわからないですね。理論的にはいけるのでしょけれども。

【菊池委員】 私が申し上げているのは、何ができるかということを経験目標にしたって、それでは発電実証プラント段階にいけないだらうということを経験目標にしているのですね。

【岸本委員】 では、3.5を切ったら望みがないのかというと、それはまたいろいろな議論があるようにも思いますけれどもね。

【菊池委員】 そこは議論だと思いますね。ですから、先ほどから申し上げているように、発電実証プラントの初期の段階としては、当然2.6とか2.7でも定常運転は、ブートストラップ・フラクシオンがほぼ50%程度でのシナリオがあり得ますので、それはできるのですが、おそらくそれでは、プラントの最終段階では経済性見通しを得るといって発電実証プラントに新たに加えられたミッションに対して、とてもじゃないけれども見えないと思いますね。そういう面で、ある面ではそういう高いベータに持っていけるというポテンシャルティーが示されていないと、おそらく次の段階にはいけないのではないかと。要するに計画が失敗するか失敗しないかということが問題ではなくて、何がクリアされないとおそらく次の段階にいけないかということの判断をすることが大事かなと思っています。

【岸本委員】 ただ、 N が幾らまでいけるかというのは、経済性の要求との兼ね合いですから、経済性というのはいろいろな要素が複合してコストというのは決まってくるわけで、それと物理のこういう非常に難しい話とが、今の場合は1対1にリンクしているのですけれども、それを非常にクリアカットにここで設定できるかどうかというのは、先ほどの定常運転のQ値と同じで、ITERで10までいければハッピーだけれども、見通せるのは5だという議論と同じだと思うのですけれどもね。

【菊池委員】 私は、5でもいいと思っているのですけれども、5と書きますかということをお願いしているのです。

【岸本委員】 それは、国際社会で5と書いたわけだから。

【菊池委員】 いや、あれは「aimat」にしかっていないので、これを書いたら、それを達成しないと次段階にいけないということになります。

【岸本委員】 でも、「aimat」というのはもうやるということだから、アルティメットで、あんなものはいければいいのだからやらなくていいというレプーさんの議論とは全く違う表現だから、それは同じようにしない方がいいと思いますけれどもね。

【藤原座長】 この話は、この検討会で、要するに発電実証プラントというものをどう考えるか、どの程度書くのかということに係ると思うのです。だから、いや、ITERはとにかく国際交渉であるけれども、大体ルールに乗って、どうまとまっていけばいいかはあれですけども、動き出してきている。そうすると、その後、例えばハイベータのトカマクの物理をきちっと作り上げるというようなものと材料の開発をして、その結果を見ながら発電実証プラントの作業をずっと進めていくのだというふうにするのか、それとも作業を進めていって、ITERや他のハイベータのトカマクのフィージビリティの結果が出てきて建設判断をしますというような報告書にするなら、それはそれで1つのやり方なのですね。

【菊池委員】 いや、問題は、いわゆる発電実証プラントをつくるために明確な技術目標を定めて、それを実現するために並行して物を進めるという議論をしているわけですね。そこで目標設定がされていなければ、それをやることにはならないわけですね。やる必要性はなくなります。だから、頑張ればやれるという範囲内ではなくてはいけないわけですけども、明確に発電実証プラントに行くためには最低これだけのものはクリアしなくてはいけないし、しかもそれをクリアできれば、ほぼ国民というか有識者も含めて納得していただけるデータベースがつかれるだろうというものをつくり上げなければいけないと思います。

【長崎委員】 全く部外者からしたならば、もうITERでかなりのものができるという印象がきつとあると思うのですよ。この後ろにまたほとんど並行して国の税金でこんなものをつくると思っている人は、原子力のほかの分野の人間でもあまりいないかもしれないと思うのですよね。だからこそ、本当に核融合を実現するのだとしたら、先ほど藤原先生が言われていましたけれども、この実証プラントとは一体どういう位置づけなのか、これをするためにはどういうものが最低限実現されていないといけないのかということを明確にある程度示さないと、ITERである程度税金を使って、なおかつ後ろにはまた何か大きなものをやらなければいけない。その先にまだクエスチョンマークがついているというようなものは、なかなかもう受け入れてもらえない可能性もあるのではないかと、そこを心配しているのですけれども。

ですから、そういう意味では、この実証プラントとは一体何なのかということ、かなり明確に定義づけしておかないといけないのではないかなという印象があります。

【畦地委員】 私も、長崎委員と同じ印象を持っておりまして、2回ほど前だった

か、加速案の検討をしていたときに、発電実証プラントで何をやるかというのは、必ずしも統一がとれていなかったように感じました。大きく分けて2つの考え方があったと思います。1つは、低いベータだけれども燃焼するITERと、高いベータだけれども燃焼はしない国内重点化装置の2つの知識でもって発電実証プラントをつくるだけの十分な知識を得るという考え方と、それからもう一つは、これは岡野委員だったかと思うのですが、絶対確実に低い β_N でまずは実証炉をやるのだという考え方です。

その2つの考え方について、一体どちらをやるのですかと私はそのとき聞いたのですけれども、今日の菊池委員のお話では前者で、とにかくハイベータで発電実証プラントに行くのであるという非常に明確なステートメントがあったと思います。それは、私は基本的には賛成です。

【岡野委員】 多分、私の見解を少し誤解されていると思うのですが、私はベータの高い燃焼しないトカマクは要らないと言っているつもりは全然なくて、それはやるのが当然なのだけれども、発電実証を最初のもうワンショット目から、あるいは運転早期から、たとえ低いベータでも成功するのだという保守的な設計をしておいた方が絶対安全ですよという意味で言っているだけで、いきなりフルパワーで走ることが前提の設計でしか動けないものではまずいのではないかと。やはり助走して行ってフルパワーまで行くという設計にすると、もう少し大きい方が楽ですねという提案をしているだけです。

【畦地委員】 いや、それは当然で、最初から難しいことをやるようなやり方はばかっていると私も思います。

これは私の誤解かもしれませんが、最初に低ベータでやって次に高ベータまで持っていくというのは、2段階なのではないですか。ということは、原型炉と実証炉を2つ合わせてやるという話と少し矛盾があるように思うのですが。

2つの違うものを、発電実証プラントという同じ1つの呼び方で呼んでいるだけのように思えます。

【岡野委員】 全然違うものですよ。改造も何もせずにいけるという前提ですから。改造も何もしないけれども、新しい炉をつくっていきなり300万キロワットは出さないでしょう。やはり10万キロワットから、だんだんパワーを大きくしていくのではないですかという意味なのですね。

【畦地委員】 それは、やり方の問題であって、その発電実証プラントで何を指すか、最終的に何をゴールにするかということで、そこでやるべきことが決まるのではないですか。最初に簡単なことからやるというのは、ある意味、当たり前の話ではないのでしょうか。

【岡野委員】 だから、そこが核融合の設計の難しいところで、その最初のところが簡単ではなかったりするわけですよ。これは最高性能で設計しておく、出力の低いところがうまく運転できなかつたりする可能性があるわけですよ。その低いところに設計基準を合わせるかという話なのですね。

【井上委員】 要するに、この発電実証プラントが、そのままメーカーにお渡しして商売に使えるようなものではないことは間違いありませんよ。やはり研究開発を

するわけですから、ある程度のフレキシビリティを持った装置であって、少しずつ目標に向かって、ベータ値がこれこれというところへアプローチしたりするわけですね。そういうものだろうと思うのですよ。ですから、余り完璧なところをねらって身動きできないようなものをつくってしまったら、研究という要素を入れる余地がなくなりますよということと言えるのではないかと思いますね。

それで、この高ベータ定常運転というのは、何もこの装置を使わなくてもというか、むしろこの装置を使わなくて、今のJT-60を改修するようなやり方でもってアプローチできるわけですし、それをそのままこの発電実証プラントの方へデータベースを取り込めるという考え方ではないかと思うのですね。確かに、今こういうものが発電実証プラントかというのは、かなり混乱しているような気はするのですね。私はそう思っているのですけれども、ほかの人はぜんぜん違う考えを持っている可能性だってありますので。

【玉野参与】 皆さんいろいろな見方があるのだと思うのですけれども、1つ、混乱があるといけませんのでコメントをさせていただきます。おそらく菊池委員が書かれたこの6ページの1というのは、ITERという現実に設計されているものの中でできる事柄という意味合いだと思うのですね。それでは、もちろん次の段階あるいは実用炉に対して不十分です。その次にあるものが発電実証プラントになるわけなのですけれども、その発電実証プラントにいったときにはITERでできなかったものができますよということを経験として、同じ時期に確立しておく必要がありますねという意味が2なのだろうと思うのです。

ですから、ITERの中でこの2つができるわけではないですから、これは発電実証プラントにいったときにはこういうことができる可能性がありますよということを示すという事柄なのだと思います。

それから、もう一つ非常に大切な視点で、おそらく同じこの6ページのベースには乗らないと思うのですけれども、1つそれは今トカマク方式で走ってみましょうという話をしているわけですので、当然、判断基準の中に、もちろんすべてが成功すれば万々歳なのですけれども、もし何かが進んでいないときに、それがトカマクゆえに進んでいないのかどうかという判断をすることは、非常に大切な要素なのだろうと思います。ここの項目としては、これを判断基準とするからいろいろな議論があるので、判断項目という書き方であれば、おそらく大部分の皆さんが賛成されるのではないかと思うのですが、その中で、自己点火とか長時間燃焼とかいう事柄は、トカマクでなくても必要なわけで、そういうことが実現されるということは当然必要なわけなのですけれども、もし実現されなかったときに、それがトカマクゆえであるかどうか、そういう判断をしておくことが1つ大切な要素なのではないかと思います。いずれにしても、これは発電実証プラントへ移行する前に判断をしようという基準ですので、どうしてもそれが判断なのだと思うのですね。つまり、もう既にデータベースがあって、実証プラントをつくってみましょうという話にはどうしてもいかないというところがあると思います。

【松田委員】 移行の前には、当然、総合的なレビューをやって、つまり他の方式も含めたレビューをやって判断するのだと思うのですが、ここに書かれているのは、トカマクで実証プラントへいくときの必要条件なのだと思うのですね。だから、これ以外のいろいろな要素、例えば資金的な要素とかいろいろな要素を考慮するのを否定しているわけでは全くなくて、最低、少なくともこの基準は満たさないといけないというものが書かれているのだと思います。

【岡野委員】 判断基準にしても、判断目標にしてもいいのですけれども、この6ページに書いてあるものでやはり私が気になるのは、例えばQが5だったら、いろいろなパス、いろいろな方法で達成可能だと思うのですよ。だけれども、この N だけは、3.5と言った時点で、「Resistive Wall Mode」の制御に完璧に成功しない限り、もうトカマクはやめるという意味ですよ。そう読めてしまいませんか。だから、例えば3.0とか2.9ぐらいにしてあればよいのです。いや本当に、これはほかにパスがないではないですか。もし「Resistive Wall Mode」が制御できなかつたら、何か別の方法で N を3.5にできるわけではないですよ。

今、見通しがあまり見えてもいないのに、理論上はできるし、ダブレットの実験が少しはあるけれども、そこまで書けますかね。そこは、私はちょっともう少しよく議論した方がいいと思うのですよ。確かにこうあるべきだと思うけれども、何で3.5なのか。経済性ならば、3.0だって頑張れば強磁場で何とかなるかもしれない。それは、私もちょっと自信はないけれども、将来の経済状況によっては何かパスがあるかもしれないけれども、逆に言うと3.5を達成するのは、もう「Resistive Wall Mode」の制御以外にパスがないわけでしょう。そこはどうなのですか。

【菊池委員】 そこは難しいところで、 N が本当に適切なパラメータかというのはあるのですけれども、アスペクト比が低くてシェイピングが強いところだと、「No Wall」リミットでも、例えば極端にいつてSTの領域までいけば4.幾つかまでは「No Wall」リミットなのです。だから、それはいろいろあると思うのですけれども、基本的にはこれくらいいったとしても、例えば3.5にいったとしても、SSTRでもやはり火力の1.5から1.7倍なわけですよ。CRESTで1.2とか1.3でしょうけれども、そういう領域が得られなければ、なかなか発電実証プラントをつくるという判断にいかないと思うのですよ。

ここは、岡野委員、小川委員と意見の分かれるところなのですけれども、ITERが何で5,000億円にこだわったかということ、やはり実用プラントのコストの目安になってしまうのです。だから、例えば7mにして、多少大きいけれども発電できますよというものでやると、やはり発電プラント系を考えると1,000億円以上の投資が要りますから、今のコスト体系からいうと、やはり6,000億円、7,000億円という発電実証プラントになっていってしまうわけですね。そうすると、ITER-FDRとコンパクトITERの議論でもあるのですけれども、やはり5,000億円以下でないと、なかなか国がみずからつくろうというモチベーションが働かないと考えると、やはりしっかりとそこは見きわめておかないといけないのかなというのが私の個人的な意見です。

【藤原座長】 これは、ずっと議論すると、時間が幾らあっても足りないと思うのですが、今日出た意見は、今そのパラメータをデフィニットにしなければいけないのかということところが1つありますね。やはり、ある程度のフレキシビリティを持った検討が、この玉野先生のやられた委員会の報告書なのです。これは、 N がそんなにいかななくても書いてあるわけですね。経済性の問題なんか、それはもちろん検討しなければいけないのしょうけれども、今、発電実証プラントのパラメータをデフィニットにするのがどうしても必要かということについては、私はもうちょっと幅があってもいいのではないかと思います。

【菊池委員】 いや、玉野先生の報告書には、ちゃんと n についての目標値が書いてあるわけですね。

【藤原座長】 ええ、書いてありますよ。ただ、これから検討を続けていくのだということです。もうあした建設を判断しなければいけないというような話ではないわけで、もう一つは、産業界の意見もあるだろうし、それから今川委員の言ったように、要するに開発の項目の中にかかなり絞り込まれたものでないものも入っているわけで、もう少しこれをブラッシュアップする必要があるのではないのでしょうか。

【大塚委員】 私は、菊池委員の考えに近いのですが、といたしますのは、発電実証プラントをつくった後というのは、今考えておられるのは、電力会社が自分の金を投下してつくるという段階になるわけですね。それを考えると、発電実証プラントをつくったけれども電力会社はつくらないということになると、やはり困りますよね。だから、やはり発電実証プラントをつくる前のこのチェック・アンド・レビューの段階ではかなり厳しい評価をして、電力会社がこの後、自分の金を使ってでもつくりたいと思うようなレベルまで持っていかないと、やはりなかなかその先が続かないのではないかという気がしますね。

実証プラントの後も国が主体で金を出してやるというのであれば、それは話は別なのですが、ただ核融合の場合は、非常にそこら辺が厳しいという気がするのです。今のコンセプトを見ていると、電力会社が使いたいと思うだろうかというのは、私はものすごく厳しいという気がするのです。だから、この段階での判断というのは厳密にやらないと、その先がうまくいかないという気がします。

【藤原座長】 私の言っているのは、報告書にどこまで書くかですよ。こういう検討資料は検討資料でいいのですけれどもね。

【菊池委員】 多分、ストラテジーとしてどれだけ明確に国民に対していわゆる発電に向けての開発計画がイメージとして見えて、かつ今までの実験炉だけのミッションを進めるのか、それともその次の発電実証プラントを見通した研究開発として第三段階計画を進めるのか。そこはやはりどれだけの見通しを我々が示しているかということにかかっていると思うので、ぼやかして書くのは、私自身の個人的な意見としては、あまり賛成ではないですね。

【岸本委員】 JT-60の臨界プラズマ条件の際、私が設定した目標ではないのだけれども、達成する役割だけが降ってきて、がむしゃらにやって達成したわけですが、そのときの、私だけではなくて、かかわった人の多くの実感から言いますと、狭い目標をぱたっと与えられて、時間がたつと目標の意味すら議論しないといけないような状況になるわけですから、そこはある程度長いレンジの目標であれば、それ相応のフレキシビリティというか、本質を外すようなフレキシビリティでは困ると思うのですが、本質を外さない範囲であれば、研究の発展で物事のある程度の見方が変わるようなものは、そんなにリジッドに絞ってもあまり意味がないと思います。

ここで1、2、3と挙げてあって、特に問題になるのは2のところ、技術目標は達成されたかと書いてあるから引がかかるのであって、そういう見通しが得られたから次に行きましょうということであればいいと思いますが、それが実証されて

いないと次に行けませんと言われると、そんな遠い先の目標をリジッドに定めるのはあまり賢明とはなかなか思わない。やはり、ベータ値で3.5と3というのは全然違うわけで、3.5と言われると岡野さんが言うように、真空容器の中にコイルを入れるのを前提に考えなければいけないのかとか、そんなことまでちらちらと頭に浮かぶものだから、えーとか思うわけで、そうでない範囲、例えば3以上ぐらいとかであれば、そんなに難しいことをしなくてもいけるかもわからない。

経済性というのは、例えば超伝導コイルのコストが20年後にどうなっているかというのは、EDAの期間を経過しただけでも、当初見通しが一遍に半分になったこともあるわけで、これからの産業界の努力だと思うのですが、装置のプラントのコストというのは、そういう経験にも依存するところもあるわけですから、コストまで入れて見通すということになると、非常にリジッドに書かないといけないかもわからないけれども、そこまでぎりぎりにしないといけないとはあまり思わないです。

【藤原座長】 これは少し時間を要する話で、非常に大事な項目ですので、このことについては継続審議にしたいと思います。

5) 幹事会の開催に関し、藤原座長より報告があった。

6) 次回会合に関し、藤原座長より、以下の連絡があった。

【藤原座長】 次回は10月24日でございますけれども、内山先生にエネルギー問題ということでもう少し違った視点からお話をいただくということと、それから、核融合炉を使った場合の水素製造というものはどう考えるかというような話を小西先生の方からお願いをしたいと思っております。

以上