

核融合研究開発基本問題検討会（第17回） 議事録

1. 日 時 平成16年1月6日（火）14:30～16:30

2. 場 所 中央合同庁舎第4号館 4階 共用第4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〕

畦地宏、石谷久、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、寺井隆幸、長崎晋也、藤原正巳（座長）

〔招聘者〕

植弘崇嗣氏（国立環境研究所国際室長）

〔核融合専門部会技術WG構成員〕

井上信幸、桂井誠、岸本浩、西川雅弘、松田慎三郎

〔内閣府〕

川口補佐、井出主査

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17-1-1号 高経済性実用炉CRESTと炉計画でのシステム統合

資料検第17-2-1号 核融合研究開発基本問題検討会（第16回）議事録

6. 議事内容

1) 高経済性実用炉CRESTと炉計画でのシステム統合について、
資料検第17-1-1号に基づき、岡野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。

【今川委員】 私も今、炉設計の勉強をしており、ちょっと興味があるところで2点だけ質問させていただきます。すでに検討されているのであれば教えていただきたいということなのですが、1点は、保守を短くするためということになると、マグネットの加温とかの時間が多分とれないと思います。そうすると、このCRESTの設計は、真空容器は切らずにブランケットだけ交換することを可能にしていると思うのですけれども、例えば、トロイダルコイルを小さくしていくと、真空容器を切断するようなことが出てくるのかなと思います。それはやはり炉設計としては考えられないオプションなのか、真空容器を切断してでも保守交換を短くするような方向はあるのかというのが1点です。つまり、真空容器を切断できないというのは、炉システムを考えたときに必要条件になっているのかという点です。

もう1つは、CRESTの例で、マグネットが大きくなっているのに、わざわざプラズマは小さいですね。それで n を上げて経済性を高めているというところがあると思うのですけれども、マグネットがせっかく大きいのだから、多少 n を落として、プラズマを大きくしたところに最適点があるのかなということですので、それはやはりできるだけ小さくして、 n はぎりぎりまで、許されるぐらい小さくした方が、

マグネットは多少大きくてもトータルシステムとしてはコストが安いということになるというのは、研究としては済んでいるのでしょうか。

【岡野委員】 まず第1点ですが、真空容器を切断するというよりは、クライオを常温に戻すという意味ですね。

【今川委員】 そうです。

【岡野委員】 それはLHDでご経験のとおり、すごく時間がかかりますから、多分、実用炉では毎回のメンテナンスの後に長期間かけて温度を下げることはあり得ないと思います。ですから、超伝導コイルを使っている以上は、常温に超伝導コイルを戻してメンテナンスすることは大故障のときだけだろうと思います。電流は切って磁場はないですが、超伝導状態のままでメンテナンスせざるを得ないと思います。将来、常温超伝導とかができれば話は別ですが、そうでない限り多分無理ですね。

それから、コイルとプラズマの大きさの関係ですが、こんなに小さいプラズマになっているのは、引き抜くためだけです。ブランケットをまとめて真っ直ぐ引き抜こうと思うから、こんなに大きなトロイダルコイルになっているので、引き抜くことを諦めれば、先ほどの20本コイルという例でお見せしたような、ぎりぎり小さい設計が可能です。コスト的には明らかにこの方が安いと思います。ただ、これぐらいの大きさになってくると、ITER方式でメンテナンスをせざるを得ないと思います。それができるということであれば、私もこういう小さいプラズマにぎりぎりのトロイダルコイルというのがいいと思います。障害はメンテナンスだけの話だと思います。

【菊池委員】 今の質問は、引き抜くという面では高さが制限されるので、もっと主半径が大きくて、 を下げて、高さは同じプラズマよりも、こうした方が性能がいいという結論が出ているのですかという趣旨だと思います。

【岡野委員】 アスペクト比をすごく大きくして、高さの低いプラズマで引き抜けるかということであれば、それは最適化はしていないのですが、ブランケットの表面熱負荷はもう決まっているとすれば、アスペクト比を大きくしていきますと、ブランケットの体積が増えますね。そうするとコストは上がるでしょう。それで、パワー密度の低い、ブランケット体積がすごく大きいプラズマをつくるというのは、少なくとも建設費からいうと高くなってしまふことが多いです。

ただ、最適化したのかと言われると、コスト解析をやったときに、アスペクト比が3から4がいいという結論が出てきたという以上のことは言えないです。

そのために本数を減らしたり、リップルで制約されたり、それは設計してみないと何とも言えないけれども、この設計でいうと、単に大きくするとか小さくするというときに、幾つか制約があって、引き抜けるかどうかだけではなくて、プラズマ表面のリップルが大きいとだめです。そのどちらが決めるかという話はここに書いてあるのですけれども、14本にしたときは引き抜き条件とリップル条件がほとんど同時に達成される大きさです。20本にしていきますと、プラズマ表面がコイルに近いですからリップルが制約してきます。それらを加味して抜けるかどうかを考えないといけないということです。

【菊池委員】 リップルの件はフェライトで補正できるので、おそらくそれは問題にならないと思います。

【岡野委員】 リップルの条件を外して最適化設計を考えた方がいいかもしれませんね。

【桂井委員】 資料の１２ページに配管が書いてありますが、引き抜くブランケットに１つの蒸気配管が通ることになるのですか。

【岡野委員】 １セットの配管が通ることになります。

【桂井委員】 それを外でまとめてタービン系に持っていくということですね。

【岡野委員】 はい。冷却ヘッダを含むところですね。ここに全部まとめて外に持っていくことにしています。

【桂井委員】 引き抜くところは、１本ずつを切断していけばいいということですね。

【岡野委員】 はい。ただ外で切りますし、ここは中性子が当たらないところですから、F 8 2 Hである必要さえないですね。普通のオーステナイト系で大丈夫なはずですよ。

【大塚委員】 ブランケットの遠隔保守の話に関してですが、ブランケット関係では、やはり固定法というのが一番問題です。どうやって遠隔で着脱して、かつ強固に固定できるかというのが一番大きな問題だろうと思うのですが、この一括のものですと、かなり幅が広いので、単に座らせているだけという感じで設計されているのでしょうか。

【岡野委員】 固定法ですね。そこの固定について、どこかのねじを締めるとか、そういうことは設計していません。ですから、置いておくだけでいいとも思っていないのですが、何らかの固定は必要ですが、そこは設計していません。外側から押さえるとかいうことが必要になるでしょう。ただ考え方として、これは極めて強固な一体であるというふうに設計で考えています。

【大塚委員】 だから、どちらかというと単純に座らせていて、電磁力とかは自分自身で自立するということで、地震のときに動き回るとよくないので、それだけをサポートしているという考え方ですか。

【岡野委員】 倒れるのに対しては隣で支えてもらうと思うのですが、自立して立っているというものはあるはずです。

【西川委員】 「共生点」という話が出てきましたけれども、これは設計上、何点ぐらいあるのでしょうか。非常に面白い考え方なので、もうちょっと整理していただければ非常にわかりやすいと思います。

【岡野委員】 今日お話ししたのは、代表的な、プラズマと炉工が干渉し合う部分ですね。もっと細かなところは幾つもあります。我々のメンバーだけではとてもやりきれていない点がたくさんありますので、今後やっていくべきだと思います。

【井上委員】 今の話と関連するのですけれども、共生点を探りながら難しい技術に挑戦していくというやり方は、核融合以外に、例えば宇宙開発が何かでやって成功した例というのはないのですか。宇宙の方は炉心物理みたいなものはないかもしれませんが。工学技術だけで行ったのかもしれませんが。

【岡野委員】 そうですね。もちろん宇宙は核融合より楽だと言ったら怒られてしまうとは思いますが、やはり核融合の方が難しそうな気がしますね。ITERはアポロと同じだと言ったら、アポロ計画はどうすればできるかわかっていたが、核融合はプラズマがまだわからないではないかと言われたことがあります。そういう違いはあると思いますね。

あと宇宙の場合、自重を打ち上げられないロケットはあり得ないわけで、その辺がスレッシュホールドで、この点での技術のトレードオフはハードだと思います。それは、ちょっと私が答えられる範囲ではないですけれども、どなたかわかる方がいらっしゃればお願いしたいと思います。

【井上委員】 先ほどの引き抜きのところで「位置安定化銅コイルとの整合？」と書いてあるのですが、これは決定的な話なのですか。10ページに書いてある図を見ると、コイルみたいなものが貫かなければいけませんね。そこは何か、鞍型コイルみたいになっていて逃げる手だてがあるのかどうか、それが1点です。

それから、ARIESの場合の導体というのは、バナジウムを使ったわけですか。リチウム鉛を使っているわけですか。

【岡野委員】 導体は、設計ではただの板、ぐるっと一周した板にしていまして、それを溶接にするのかどうか分かりませんが、切るというふうに考えていますが、ここを鞍型にして逃げるということはあるかもしれません。何も計算していないので無責任なことは言えないのですが、そういう計算はできるかもしれません。ただ、いずれにしても何かリンクはしそうですね。フィードバックコイルはリンクしないような鞍型にできるのかもしれませんが、工夫の余地はあると思います。ブランケットの外で、中性子があまり当たらない場所ですから、自由度は結構あるかもしれません。

ARIESの場合は、バナジウムのやはり1センチぐらいの板を配置していると思います。

【小川委員】 2点ありまして、1点は、岡野委員より原研の人に聞いた方がいいのかもしれない質問で、もう1点は個人的な感想を含めたコメントです。

まず最初の質問ですが、2.5 MeVのNBIが電流駆動のためには必要だと言われました。加熱という意味だったらパワーを入れればいいので、必ずしもビームエネルギーはそれほど上げる必要はないですけれども、電流駆動という意味ですと、やはりビームエネルギーを上げないとなかなか厳しいのだと思います。高々5メートルぐらいの装置でも2.5 MeVまで上げなくてはいけないという意味で、この辺のNBIの開発見通し、それからもっと広く言うならば、電流駆動のツールとして、高周波も含めて、何が一番いいのか、テクニカルな観点でどなたかコメントをいただければというのが1点です。

それから、もう一点のコメントの方ですけれども、岡野委員が幾つかアドバンスな仮定をされて設計されていますが、そのときの仮定を、2つのカテゴリーに分けて考えた方がいいのかなと思います。どういうカテゴリーかというと、一つは、それが達

成されればパフォーマンスが上がるとか、発電炉設備としての財産の価値が上がり、達成されなかったら価値がそれなりに下がるというものです。例えば、 β_N というのは、5.5 いけば COE (cost of electricity) が他の電源と競合できるレベルに入るけれども、5 にしかならなかったとか 4.5 だったら、それは発電単価である COE 値が上がり、発電プラントとしての相対的な価値が下がる、という側面をもつものです。

もう一つは、プラントとしての安全性という観点から考えたときに、その信頼性を十分高く確保できているかという点です。一つ気になったのが、このディスラプションの時間の点ですけれども、これは 0.5 MA/ms 以下でないと設計対応は難しく、そのためにキラーベレットなどが必要だと言われました。それはそれで面白い設計であり、設計としては自己矛盾なくいいと思うのですけれども、逆に言うとパッシブセーフティだけでは片付かなくて、アクティブなセーフティのものを導入しないといけない設計になっているという点であり、そのような設計をどう評価するか、という点であります。いろいろな仮定を、安全という観点から仕分けしたときにどうなるのか、1 回見てみる必要があるのかなと思います。私自身も見切れていないのですけれども、財産保全という観点と安全という観点から見たらどう仕分けできるのかということです。

【岡野委員】 最初の 2.5 MeV に関しては、これは 2 MeV ぐらいでも運転はできます。ビームパワーが 120 MW ぐらいになるというだけです。あとパラメーターを工夫すれば、トロイダルローテーションとかを含めて考えないといけないのですが、もう少し下がるかもしれません。ただ、2.5 MeV の方が駆動効率が高いのは間違いのないですね。一応できそうな、ぎりぎり上限を考えたということです。あと、それが 2 MeV なら開発できるかどうか、ちょっと私は判断できないので、原研の方をお願いしたいと思います。

それから 2 番目のご指摘ですが、達成できれば価値が上がるものと、どうしてもできなければいけないものという意味だったでしょうか。

【小川委員】 安全という観点からですね。

【岡野委員】 そうですね。ベータなんかはまさしくそのとおりですが、それはまさにプラズマという意味でのシステム・インテグレーションの一種だと思います。ベータを下げていけば、ほとんどディスラプション・フリーにできるわけですね。 β_N が 2 ぐらいで運転していいと言われたら、ほぼディスラプション・フリーで運転できるし、ディスラプションの時定数も長くなります。そういった運転の方が、本当は最初がいいのかもしれない。そういった観点は考えるべきだと思いますね。ベータを高くしていくことも、もちろん研究として重要なのはわかっていますけれども、そういった上で、少し余裕をもって低いところで運転しても、安全性が高い方が有利だということはあり得るのかもしれないと思います。

ただ、どうしても譲れない点というのは、やはり電気が出ない点ですね。電気が出ないところまで下がったらまずいので、おそらく β_N が 2.5 とか、その辺が妥協できないぎりぎりの下だと思います。あとは、それ以上であれば達成できればよろしいというもののばかりだと思いますね。

何度も言っていますが、核融合で性能が悪くてコストが高いというのは、状況によっては許されるかもしれない可能性があるのですが、絶対許されないのは、やはり安全でないものとか、それからもう一つは TBR が 1 を切っているものとか、そういう

妥協できないものがありますね。そこは小川先生のおっしゃるように、分けるべきだと思います。

【寺井委員】 一番最後のあたりで、岡野先生が記載するのにお悩みのところの問題点のご指摘がありまして、一つには、共生点が見つかったということが、設計統合の重要なメリットになるということで、それはまさにそのとおりだと思いますし、もう一つ重要なポイントは、設計統合研究のミッションというのは、炉の成立性そのものについての検討を行うということですが、言うなれば実現可能な炉の形をつくることによって、そのために何を今後やっていかないといけないかという、研究開発あるいはR & D課題、特にその中でもクリティカル・イシューは何かとか、あるいは安全性、あるいは経済性を向上するために、どういう要素技術を今後研究開発していかないといけないのかというような問題点の抽出という観点が非常に大きなポイントではないかと思います。

そういう意味では、実際のR & Dをやっていく体制と、こういう設計統合をやっていく体制というのが相互にリンクしながら、相互作用を持ちつつ進んでいくというのが、ある意味で非常に重要なことではないかなと思います。原研でこれまで長年やってこられたのは、まさにある意味でそういう体制ですね。設計統合とR & Dを車の両輪のようにやっていて、ここまで来て、比較的リアリティーのある設計ができているのだと思いますし、研究開発もそれなりの個性を持って行われているのだと思います。

ですから、そういう体制を、今後の発電実証プラントの設計あるいはそれにに向けたR & Dの中で、どういうふうにやっていくのかということが、この設計研究体制のあり方とか、今後の研究開発体制のあり方というのが非常に大きくきてくるのだと思いますので、その辺の具体的な議論というのがある程度できると、それなりの説得力をもって報告書に記載できるのかなという気はしております。

【藤原座長】 非常にいい指摘です。この設計をされたのは何年前でしたか。

【岡野委員】 6年前に終了してIAEAに出しています。98年です。

【藤原座長】 その後5年くらいたって、世界のトカマクだとか、いろいろリアクター設計やら、技術のR & Dや何かを含めて、最初の設計では非常にアドバンスで大変じゃないかというようなものが、幾つかは解決できたのかどうかということもありますし、それは電中研の岡野さん一人が全部、世界の知識を集めてリバイズしていくのは大変だということで、できていない部分もあると思いますが、こういうリアクター設計というのは、あるところに収束していくのかという見通しについては、今のところどう思われていますか。

【岡野委員】 初代の発電実証炉をつくるということに関して言わせていただくと、ITERを我々はもう選んでしまったのだから、ITERから全然外れたパラメーター領域というのはあり得ないと思っています。もしも、そうではないのだったら、もう大変なことです。ですから、その領域の範囲でだったら収束していけるとしていますし、そこから全然違うところにはフォーカスのしようがないと思います。

あと、この何年かで変わったかと言われれば、高ベータの実験に関しては随分と進歩したはずですね。

【藤原座長】 だから、そういう意味で一番最後に書いてありますが、今までの実験装置というのは、その実験装置をつくる前に、それ固有の集団が設計をして、装置をつくってできれば今度は実験に取りかかるというような話でした。しかし、ITERの設計それからITERのこれまでの経緯を見ると、発電実証プラントは、この研究体制としては、ある意味でプロジェクトになっていないと収束していかないと思うのですね。

だから、そこへ産業界の人も、それからもっと言えばエネルギー問題の専門または廃棄物の専門の人も入って、この設計を詰めていくようなプロジェクトを、今の体制なり研究体制の中でつくっていけるか。それぞれが、例えばJT-60の実験をやっている人とかLHDをやっている人とか、要するに個別の集団がボランティアにやっていくというような話では、発電実証炉というものを詰めていけるかというのは、なかなか難しい点がありますね。

【桂井委員】 こういう方向は、ITERを一生懸命みんなでやっていけば、自然にこの方向に行くとは思えない、いろいろなパラメーターというか条件があるわけです。結局それはJT-60の改修とか、別のITERとは違う装置で並行してやっていかざるを得ない。すると、そこは一体どういう項目かというのを洗い出さなければなりません、大体ここで洗い出されていると思うのでしょうか。

【岡野委員】 いや、もちろん洗い出されていないと思いますね。

【桂井委員】 ITERだけの研究では不十分で、あとITER以外にどういう装置の研究を必要とするかということが最後になって必要とされるのではないかと思います。

【藤原座長】 それが、今作成している中間報告書ですね。

【岡野委員】 プラズマ統合としては、ITERと、今考えられている重点化装置とかLHDとかでいいと思いますが、それ以外のいろいろな開発について、IFMIFももちろんそうですけれども、メンテナンスのシナリオとかNBIとか、そういったものの全体について、もっと考えていく場が必要ですね。

【桂井委員】 ただ、一つのポイントとして、小川委員は逆の極端として、現在のITERの延長でできるような炉を提言されています。そういうことでいえば、ITER以外にある研究装置というのは大がかりでなくて済むわけですね。だけれども、ここまで持ってくると、非常にITER以外にあるプロジェクトが大がかりになってくる。そこをどこの点に落ち着けるかというところは、その報告書で結論を出していくのでしょうか。

【岡野委員】 ちょっとコメントですが、CRESTはITERの次につくる装置ではないです。ITERの次のDemo-CRESTと言っているのは、ものすごく保守的に設計されていて、保守的過ぎてしまわれているぐらいですけれども。ですから、このCRESTをITERで100%確認する必要はないですね。

【桂井委員】 ITER以外に、もう一つ要るわけですね。

【岡野委員】 いずれにしても、それはそうなりそうな気がします。

【桂井委員】 それが、どのくらいのものかという展望が重要だと思います。

【井上委員】 昔、どこかの会のシンポジウムで、私は核融合開発のトリレンマというものを言ったことがあるのですが、先ほど寺井委員がおっしゃっていたような経済性と安全性は2次元のジレンマの一つで、どちらかを立てればどちらかが引っ込むようなものだと思います。それに、トリレンマとして何を加えたかということ、実現性だったわけです。それで、小川先生たちとやっていたのは、実現性にばかり重点を置いて、安全性は軽視しなかったけれども、経済性の方は引っ込んだというふうな考え方をしたケースがあったわけですね。

ですから、今、座長の方から、どこに収束点を見出すかというお話がありましたが、いずれにしても、共生点あるいは妥協点といった方がいいのかわかりませんが、どこかを伸ばせばどこかが引っ込むという軸がたくさんあるところで物を考えざるを得ないですね。ですから、どういう軸があるのかというのを少し整理する必要があります。今3つと言いましたが、そのほかにたくさんあるかもしれません。そういうところで妥協点を探っていくしかないのではないかというのが私の考えです。

【藤原座長】 発電実証炉というのは、報告書の方へも、ITERの後の段階として考えるということで報告書を書いているわけですので、この体制は、やはりある意味では、こういう方向でこういうふうにやっていった方がいいのではないかというのをどこかに書かなければいけないですね。プロジェクト的に動かすのかどうかということと、技術判断が可能な組織によって評価・調整ができるような体制を組めるかということが非常に大事なポイントだと思いますので、ここのところは報告書の中へ、ある程度の記述を考えていくことが大事だと思います。

【菊池委員】 大体いろいろな意見が出たところで、ちょっと確認しておきたいと思います。設計体制の話は非常に重要で、今論点整理の中でも、トカマクの設計については原研が中核になるということを考えているわけです。岡野委員のご指摘されている「大型プロジェクトは軌道修正に極めて時間がかかる」ということは、ITERの経験でみんな嫌というほどよく知っているし、おそらく可児委員も高速炉の研究開発で非常に経験がおりかと思えます。そういう面で、それをどうするかというのが、特に世界的な大型プロジェクトを成功に導く面では非常に重要な点なので、そこについてはもう少しちゃんと、むしろ岡野委員に具体的な提案をしていただくことが必要かなという気がします。

一方で、やるからには、やはり責任機関がどこかでやらないといけないと思います。ただし、それが、いわゆるここでおっしゃっているような問題点を起こさないように、どう批判的な意見を含めて、ちゃんと機能させるか、軌道修正させるかというメカニズムの導入が必要だと思います。その点をここで議論していただきたいというのが1点です。

もう一つは、CRESTというのは、約5,000億円の建設費と電力中央研究所として評価しておられると思うのですが、基本的にこれであれば、発電コストも1.5倍ぐらいということで、そこそこRITE等のシナリオとも合う。どういうプラズマにするかというのは、実際にJT-60の実験とかから考えると、このとおり我々として実現できるとは思ってはいないのですが、一番我々として知りたいのは、こういうレベルの、5,000億円程度以下でつくれる発電プラントをつく

っていかなければいけないんだという電中研の岡野委員の提案が、基本的な考え方として、それでよろしいのですかということです。

さらにもう一つは、その後でITERの次にこれをつくるのではないんですよとおっしゃったときに、ではここでおっしゃっている「Demo - CREST」というのは、おそらく1兆円近くかかると思うのですけれども、そういうものもターゲットの範囲内にしてよろしいということなのかどうか。そこは非常に大きな問題で、ITERのときに、国際協力で作っているにもかかわらず、1兆円になったがために計画が非常に厳しくなってきたという経験を持っているわけで、そういう中でも、やはり発電実証プラントとしては、「Demo - CREST」並みのプラントシステムをつくるのかということは非常に重要な点です。

今言った3つの点については、少しご検討いただければと思います。原研としても非常に重要なポイントなので、その3つの点が委員会としてどういう考え方になるかによって、原研側の対応の仕方もおそらく変わってくると思います。

【藤原座長】 発電実証プラントというのは、主要論点のところずっと議論した一つの重要なファクターである「経済性」に大きく関わります。これまでは原型炉と、その次は実証炉ということで考えていて、原型炉は大規模発電の実証で、経済性は、定常的な安定な稼働率の問題も含めてということで実証炉の方へかばせていたのですが、その2つを1つにするということは、発電実証プラントにとって、経済性がかなり重要なファクターになってきているのです。発電実証プラントの次は実用炉だと言ったら、その経済性というのはかなり重要なファクターになるわけです。

ただ、このCRESTの話を聞いたときに、先ほどの井上先生の話にもあるのですが、うまい妥協点が、このCRESTを通して見通せるかというところの議論が大事ですね。それが今の時点で、例えばベータが非常に高い、そのかわりコンパクトな設計というものが、どのくらいのフィージビリティをもって見えるのか。要するに、これから何年かたって、ITERも進み、ほかのトカマクも研究が進んだときにどうなのか。それで先ほど私はそういう質問をしました。要するに、5年前に設計して、5年間の研究の進展を見たときに、最初は大変だなと思った幾つかは片づいてきた。けれども、これは片づいていないという点があったときに、あと何年かを見通したら、どのくらいの収束性が見えるのかというところが大きなファクターになっていくわけです。

この報告書としては、今まで言ってきたことは、技術的な実現性という話と、もう一つ新たに出てきたものとして、経済性が大事だということです。だから、ここに書かれているような、ある程度のコンパクトなリアクターを、発電実証炉のキャンディデートとして選ぶという意味の裏には、その経済性がちゃんと保障されるということが、ある意味で非常に重要なファクターになっているわけです。そういう意味では報告書としては、ハイベータでコンパクトなトカマクリアクターというものを、発電実証炉の主要なキャンディデートにするということは今まで言ってきたのです。

というのが今までの報告書のいろいろな議論ですが、ほかに何かご意見ございますか。

【小川委員】 今の菊池委員が指摘されたコメントの一つについて申し上げます。岡野委員を弁護するわけでもないのですけれども、5.4メーターマシンのCRESTと7メーターの「Demo - CREST」という、ある意味では相矛盾するもの2つを、岡野委員が電中研の立場で出してくるのかというようなニュアンスのコメントと受け取れたのですが、私はそういう感じを受けませんでした。ユーティリティサイド

として岡野委員がそれなりの考えで発言されているとは思いますが、ユーティリティサイドとして一番の魅力があるものとしては、この5.4メートルぐらいまではいきたいということですね。ただし、ユーティリティサイドとして、それなりのリーズナブルなものだったら、7メートルぐらいのものも考えられる、という設計提案かと思います。このような大型装置設計を電中研の責任において出したということを強く求めるのだったら、それは違います。私もある程度絡んでいる設計でありますので、我々が考えたら、こういう一つの案があると位置付けていただいて構わないと思います。

そういう意味で言うならば、設計というのは、画一的にいつも一つが決まるわけではなくて、先ほど井上先生が3つの軸をおっしゃいましたが、場合によってはほかにもたくさん理由はあると思うのですが、どこを強調するかというので幾つかのオプションが出てくる可能性はあると思います。さらに申し上げるなら、それをどの時代にどれからとるかというのは、その時代がトリレンマのどれを一番重視してやるかによって決まってくるのであって、時代とともにある程度のフレキシビリティはあるものだと思います。

【今川委員】 そういう意味では今までの議論と関係すると思って発言するのですが、これからどういうことをやらないといけないかということに関して、少し話をさせていただきたいと思います。

先ほど私が質問した趣旨の背景には、ブランケットとかマグネットシステムというところについては、最適化の余地は、まだかなり残されていると思っているのです。例えば、先ほどの「一体引き抜き」のときにも、結局この場合はトロイダルコイルの幅というのがリミットになっていると思うのですが、ただトロイダルコイルの外側の電流密度を上げるとかということも考えられます。もちろんそれはつくれるかということもひっくるめてやらないといけないですが、概念としてはまだまだいろいろアイデアは出せると思うのです。

そういうアクティビティというのは、実は今あまりないといっていると思うので、私は、そういう意味では若い人もひっくるめて、独創的なアイデアが出せるような、そういう若い組織の設計活動みたいなものも必要なんだろうと思います。つまり、原研が主体となってやる、国家プロジェクトとしてやる設計活動というのは、かなり保守的なものになると思うのです。

【岡野委員】 いや、保守的にならないから問題なのです。それを私が言っているわけです。

【今川委員】 保守的であるべき活動と言った方がいいのでしょうか。国家プロジェクトであるようなところは、保守的な設計活動で、少々技術開発が進まなくても、ちゃんと最低限のものはつくれるというような設計活動を、しっかりとしたスケジュールでやる必要があります。ただそれだけだと新しいアイデアがなかなか出てこないの、そこをインカレッジするようなシステムが必要ではないかなと思います。

超伝導の関係で言わせていただくと、やはりなかなか参加しづらいというか、参加するところがよくわからないから、結局やらないんだというのが多分今の実態だと思います。けっして興味がないわけではない。つまり、大型マグネットに興味がないわけではないのだけれども、どういうふうに、そういう活動に参加すればいいのかわからない。そういうのが多分背景にあると思いますので、具体的に言うと、例えば科研費みたいなもので設計アクティビティみたいなものが募集されるとか、そういうの

は一つのアイデアとしてあるのかなと思います。

【菊池委員】 若い人が柔軟にいろいろなアイデアを出すというのは非常に重要で、それが必要ですけれども、私が昔若かったころの経験から言うと、原研みたいなところにいますと、そんなに頑張ることは今要請されていないという状況であれば、そんなことはやらなくていいということになってしまうのですね。そうすると、どういうものを目指さなければいけないかという設定がずれていると、若い人はものすごく口スをするのです。だから、非常に大きな、こういう原子力委員会とかで出される基本的な方針というのは、その下で研究開発をやっている何百人、一千人以上の研究者にとっては、非常に重要ですね。ただし、できないことをやってはいけません。そこが一番難しいところで、若い人のためには、非常に大きな設定の仕方を間違わないようにすべきだと思っています。

【藤原座長】 今川委員の言われたことは、もう少し若い人が参加できて、非常にアドバンスなリアクターの設計ができるような道を探してくれということですね。

【可児委員】 この資料のCRESTとDemo-CRESTというものの関係がちょっと理解できていないのですが、Demo-CRESTが発電実証炉で、原型炉と実証炉を合わせたような一つのステージのものであるということからすると、CRESTの方は、一番最初のタイトルにあるように、高経済性実用炉という定義からすると、実用炉であれば、経済性の観点からいえば、現行電源とほぼコンパラでないとだめなのではないかと思います。それでDemo-CRESTが早期発電実証炉ということで、ITERの次をねらうのであれば、これが1.5とか2ぐらいをねらうのが筋ではないかなという感じがしました。

【岡野委員】 それは菊池委員からのご指摘にも関係しています。それが筋だというのは、まことにそのとおりだと思います。

私がCRESTとDemo-CRESTを両方出している理由は、Demo-CRESTの方がいいとか言っているのではなくて、CRESTがITERの次につくれるならば、それがいいに決まっています。それは、多分誤解している方はいらっしゃると思うのですが、私は、Demo-CRESTをぜひつくってほしいと言っているのではなくて、Demo-CRESTは最低限度のところですよ。これはさすがに、これならいくら何でもできますよねという例なのです。これとCRESTの間に多分答えがあるのです。だから、Demo-CRESTだけ性能が悪過ぎて責められても困ります。私は、こんなものはできれば作りたくないと思っているのですよ。ただ、CRESTを、では本当につくりましようと言ったら、ITERの次にできるんですかというのを私は再三言っているわけです。ITERの次にできるためには、何が要るかといっても、重点化装置しか今計画がないですね。重点化装置とITERだけでCRESTにたどり着けるのかといったら、やはり私は難しいと思っています。それで、その間のステップでDemo-CRESTをつくって、これは多分、発電単価としては20円ぐらいになってしまうでしょう。でも、ここでCRESTのプラズマは完全に再現して、次は小さい炉に行くというストーリーを描けるのではないかと、その最低限ぎりぎりのところをやったのがDemo-CRESTですね。もちろん、Demo-CRESTを経ないでCRESTに直接行けるなら、それに越したことはないと思っています。

あと、CRESTの発電単価は12円/kWhですから1.5倍ではなくて、今が

10円とすれば1.2倍ぐらいですね。ただ、言うまでもなく軽水炉とかいったものとは勝負にならないぐらい高いです。それはもう仕方がないですね。現状ではそういう設計なんだと言わざるを得ないと思います。

【菊池委員】 発電単価の計算の仕方が古いですね。償却年数が16年ですね。

【岡野委員】 それは、前にご紹介しましたね。発電単価の計算で、割り引き率等を変えれば、7円ぐらいの計算もできないわけではないのですが、そういうものを持ってきて7円ですと言っても、あまり意味がないと思ったので、相対的に見ていただければいいかなと思います。

【桂井委員】 その重点化装置ではCRESTにいけないというところが非常に問題ではないでしょうか。

【岡野委員】 いや、いけないと断定はしていませんよ。

【桂井委員】 重点化装置でもって、どうしたらCRESTにいけるような設計ができるか。重点化装置は、まさにCRESTにいける可能性を探るものではないのですか。

【岡野委員】 重点化装置ではいけないと言ったのは、重点化装置ではCRESTのプラズマは再現できるかもしれませんが、燃焼しないですね。燃焼しないで、次にCRESTを燃焼させるんですかというのを私は再三聞いているだけなのです。だから、確実に燃焼する装置で、まずは発電実証をして、CRESTのプラズマを燃やしましょう、それからDemo-CRESTですね。そういうステップを踏めば安心ですねと言っているわけです。

ただ、計算、シミュレーションその他が非常に進歩して、あるいはITERの燃焼実験が、全くその計算、シミュレーションとぴったりで自信を持てるんだということで、重点化装置の燃焼をしていないハイベータとITERの燃焼実験を合わせれば、もう自信をもってCRESTの燃焼プラズマをつくれるんだという時代に、今から20年後にはなるかもしれませんね。その場合はそれでいけるんだと思います。

私が疑問に思っているのはその点だけです。CRESTと同等のプラズマの燃焼試験ができないと言っているだけです。

【菊池委員】 岡野委員の意見に近いのですけれども、ちょっと違うのは、一つは、まず燃焼しなくてもCRESTまでいかない可能性は、かなりの確率であると思っています。ただし、我々としては、ちょっと違う形でCRESTくらいのものに持っていきたいというのが基本的な考えで、だからいろいろなことで議論させていただいています。

今まで我々が原研で設計してきた重点化装置の目標はNを3.5から5.5という領域に設定しているわけですが、5.5というのはまさにCRESTに相当して、極めてうまくいった場合にはそうなるかもしれない。だけれども、非常にリスクです。というのは、ほぼもう完全に上限値で、強度でいったら破壊強度で設計しているようなものになっていますので、マージンが要るわけですね。基本的に運転にはマージンが要る。そのマージンがどれくらい要るかというのが非常に問題で、それを大きくとろうとすると、ちょっと違うプラズマにせざるを得ないかもしれない。そ

ういう工夫の一つの中に、もちろんCRESTの中でやっているシェーピングの強化だとか、分布制御の強化というのはあるのですが、それ以外にアスペクト比も含めて探究していかないといけないでしょうというのが、科学技術・学術審議会の中とか重点化装置計画の委員会の中で検討されたことです。

そのときに、ベータが上がらないときに、磁場を増やさざるを得ないということがあったわけですが、非常に磁場を強くするとマグネットの設計が大変になるし、そのエネルギーもどんどん増えていく。それを回避するためには、やはり一つの道は低アスペクト比というのが言われているわけですね。ただし、アメリカとかヨーロッパが言っているような球状トカマクまで持っていくと、常伝導しか使えないので、それについては非常に疑問があるということで、そういう範囲内でさまざまな議論をさせていただいて、フレキシビリティを幅広く重点化装置で持たせている。そういう中で、3.5から5.5もしくはCRESTで言っている核融合出力密度くらいのものを実現できるめどを、どこまでマージンをもってつくれるかということが非常に重要だと思っています。そういう面で重点化装置というのは、将来を見越して最適化されなければいけないと思っています。

【藤原座長】 だから、この中間報告の中に盛り込まれる発電実証炉のイメージというのは、次の実用炉に移行できるだけの経済性について、ある程度の見通しを持たなければいけないというものである。そうすると、発電実証炉というものがどういうものであるかというのは、ある程度イメージは出てくるわけです。

だけれども、一方で、このCRESTだけではなくて、SSTRもあって、それからもう少しアスペクト比を振った場合の設計もある。ですから、その設計そのものには、今の段階ではある一つの広がりがあるのですね。そういうある広がりの中での発電実証炉というものが、これからいろいろな研究の進展で、どうやって、どこへ収束していくのかというのは、これからの研究ですね。だけれども、それがとんでもなく違ったものにはならない。

ということで、発電実証炉というものの設計を、第三段階の後半に、ITERと並行してきちっと詰めていくということによろしいのではないですか。それが、COEが2倍ぐらい高いものでもいいではないかという意見もあるのだけれども、設計研究をしていくという意味では、経済性を詰めるということは大事なファクターになっていると思いますので、そういうことを含めて、その後半の段階で、もう少しシステムティックにやっていくことの方が大事ではないかと思います。

3) 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