

核融合研究開発基本問題検討会（第6回） 議事録

1. 日 時 平成15年7月30日（水）13：30～17：00

2. 場 所 中央合同庁舎第4号館 4階 共用第2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、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、高津英幸、寺井隆幸、長崎晋也、藤原正巳（座長）、森田恒幸

〔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、桂井誠、岸本浩、高村秀一、西川雅弘、松田慎三郎、三間園興

〔原子力委員〕 藤家委員長、遠藤部会長

〔内閣府〕 永松審議官、川口補佐

〔文部科学省〕 山口専門官

4. 議 題：

（1）核融合研究開発の意義について

（2）核融合研究開発の基本的進め方について

（3）その他

5. 配付資料

資料検第6-1-1号 核融合エネルギーの利用に向けた発電ブランケット及び構造材料の開発の現状と今後の計画

資料検第6-2-1号 「今後の核融合研究の在り方について」 H14年度文科省核融合研究WGでの議論を中心として

資料検第6-3-1号 報告書案の構成（案）

資料検第6-3-2号 核融合研究開発基本問題検討会（第5回）議事録

6. 議事内容

1) 核融合エネルギーの利用に向けた発電ブランケット及び構造材料の開発の現状と今後の計画について、資料検第6-1-1号に基づき、高津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。

【藤原座長】 前回は、ITERの話と核融合の実用炉、炉設計に関する話をさせていただいたが、今日、この実証に向けてのいろいろな炉工学、特にブランケット、材料について御説明いただき、これで、トカマク型磁場核融合炉のお話は、国内で検討されている資料については、ほとんど出てきたと思うわけです。

特に、ITERについては、国際協力で大きなプラントであり、多くの人材と多くの資金を投入するわけで、前回もいろいろ議論になりましたが、なるべくITERは、つくったらとことん活用するというのが非常に大事です。特に、その辺のことで前提的な考え方として、藤家委員長から何かお考えをお話しいただければと思います。

【藤家委員長】 大変難しい問題だと思いますが、こういった核融合システムを、今日の

ご議論のように、実用化を目指してどういうストラテジーをもって開発していけばいいのかということだろうと思います。今はやりの「Fast Track」のキングさんが話を持ち出されたということで、以前、私と30分ぐらい話をしたことがありますが、その結果、彼はどうも、原子力委員長は「Fast Track」に対して余り好意的ではないという話を漏らされたようです。

この核融合の議論をしているときに、私が原研の岸本さんにお話ししたことがあるのは、段階的な炉型を積み上げていくというのは、高速炉の研究開発で余り成功していないということが明確になっているということです。可児さんもその辺はよくお分かりだろうと思います。実際に、実用化した軽水炉というのは、実験炉から云々というような段階的なステップアップをやらないで、実用炉の中で改良を重ねてきて今の姿がある。

核分裂のようにシステム・インテグレーションを伴うところで成功した例がそこにあるということは、特に社会との接点を考えるときに大変大事だと思うのです。ともすれば、核分裂の研究者も核融合の研究者も問題をつくり出すのは非常に得意でありまして、それを解決し、あるいは研究開発をしていくのに、時間が無限にあるような錯覚にとらわれているところがあるのではないかと。したがって、一度視点を変えて、これはいつエネルギーシステムになるのか、実用化するのかという話になってくると途端に、そういった意味での展望が開けてこないところがあります。

私は、高速増殖炉というか高速炉開発も、次のステップはもう原型炉とか実証炉ではなくて、実用炉がいかにか早くできるかということを考えてほしいなという気がしております。常々そういう話を関係者としてしているところであります。

核融合について、これを考えるとどうなるか。ここで、核分裂炉と核融合炉の、私が見ている機能論的な非常に大きな違いについて申します。私も幸か不幸か、よわい44歳から50歳近くまで名古屋大学のプラズマ研究所で、特に皆さんがやっておられた要素の組み上げの上にもものを見るのではなくて、機能論的にもものを見てきたというところがありますので、そういう観点に立って両者の違いを申しますと、核分裂炉というのは、機能が一カ所に集中しているというのが特徴でありますから、システム・インテグレーションの重要性というのは、核融合以上にあるのだと思います。核融合は、ご承知のように実験炉をつくるのにこれまで時間がかかったというのは、実験炉がそれだけにばかりかかっているものであって、小さいものからスタートできない特性があるということです。言い方を変えれば、実用炉もそんなにばかりかかからない。今のITERから見れば大体推測はできる範囲にあるのだということです。それから、機能が意外と分散的であって、核融合炉は分散システムとしての位置づけが可能であるとすれば、多くの炉型のステップアップはいらないのではないかとというのが私の率直な感じであります。

そういうことを前提に考えますと、核融合炉研究というのはもう皆さんよくご承知のようにINTORから始まって、やっと今ITERに来ているのですが、この間に2代ぐらい人が変わっています。その次、それではITERをやってから次へ行くのには何代人が必要なのかということを見ると、今のようステップアップ論だとか、あるいは問題設定して、それを一つずつ解決していく延長上に実用を考えるのは、そんな簡単なことではないのではないかとというのが私の考えであります。

一方、少し原子力委員会的な言い方をしますと、原子力委員会は、ご承知のように核融合会議でいろいろご議論いただく中で、ITERを日本誘致することの重要性というものを最初に指摘して、言い方を変えれば随分核融合の研究開発をやっているコミュニティとも、いさかいとまでは言いませんけれども、一つのブラッシュアップをしながらここまで引きずってきたような経緯があります。

私は、このITER日本誘致がなぜ大事かという最大の目標は、グローバル・スタンダード、大型技術あるいは巨大技術に対するグローバル・スタンダードを日本が初めてつくり上げるチャンスが来るということに一番大きな目標を感じています。核分裂炉、軽水炉

にしても高速炉にしても、あるいはほかのロケットにしても加速器にしても、グローバル・スタンダードは残念ながら日本ではないというのは、明治以来の日本の技術開発の歴史を見れば当然であって、その巨大技術のグローバル・スタンダードを持っていないということが、いかに日本の科学技術の研究開発上つらい思いをしてきたかということ実感としてあるわけであります。巨大技術のグローバル・スタンダードは、もし日本がこれから科学技術創造立国を目指し、その中に巨大技術というものが位置づけられるとしたら、これを持つことは不可欠であろうと思います。

たまたま、そのようなチャンスが、核融合開発という日本の地勢学的宿命というかエネルギー源の確保あるいは環境の保全というような、そういった日本にとって非常に重要な分野でこれが可能になるということは、私はいいと思う。だから、私のランキングの一番はグローバル・スタンダード、2番目が核融合開発という位置づけをしているところであります。そうなれば、今のような特性を見てみますと、ITERを一遍とったら、これはとにかくこれでやれることは全部やってしまわなければいけない。先ほどINTORから長い話、特に国際合意のいかに難しいかをお話ししたのですが、新しく何かをつくるときには非常に難しいのですけれども、何かを改造したり少し増やしたりすることについては、そんなにうるさくないかもしれない。すると、ITERという名前のもとにどんどんいろんなことを出していけばいい。その辺がスケールアップの必要性がそんなにない核融合、分散系のシステムとしての特徴を持つ核融合、この2つをとらえたときに、そこにITERを一度誘致したら、そこで実用とまで言うともた怒られるかもしれませんが、かなり先まで展開が可能になるのだと思っておりまして、私が「Fast Track」に余り賛成でないというような言い方をしたのは、キングさんの多分誤解だと思いますが、特に核融合を見たときに、今の核分裂炉のようなやり方をとる必要は必ずしもないのだと考えています。むしろ、それだけに、私はITER誘致の重要性というのは、皆さんが考えている以上に大きいものだと思っています。

【高津委員】 おっしゃるとおりの面が多いので、特にコメントというわけではないのですけれども、まずグローバル・スタンダードについては、ITERの誘致の上にきっと位置づけられるような価値があって、その価値が核融合で実現する見通しがあるということで原子力委員会もご判断いただいたのだと思います。それに向けて、技術もそうですし、安全規制もそうですし、さまざまな分野でそういう方向を実現していこうとして努力をしておるわけでございます。

もう一方、ITERをとことん利用するというのは、もうおっしゃるとおりだと思います。かつ分散系ということで、極端なことをいえばブランケットをいろいろ取りかえれば、高速炉になったり液体高速炉になったり、ガス炉になったり、水炉になったりというようなことまで実際に核融合の中で実現していけるわけですが、片やITERそのものが国際プロジェクトでして、国際的な話し合いのもとで計画を今見つめているという側面もあります。現実的にはとことん利用していくという姿勢にはきっと変わりはないのだろうと思いますが、現時点では、今我々が発電実証プラントと言っているところまでの利用が可能かどうかというのは、難しい面があるのではないかと考えております。

【藤原座長】 松田委員にお聞きしますけれども、ITERの建設に10年かかって、それから最初のプラズマの物理のフェーズと工学のフェーズというのがありますね。あれでいけば今の藤家先生の視点というのは、もし考えるとしたら、どういうふうになるのでしょうか。

【松田委員】 ITERの、特に20年のうちの後半の10年について、試験の計画は、そこでブランケットの開発を中心に行うという漠然としたところは大体議論されておしま

す。具体的に、どこの部分はどう改造して、どういうモジュールにするのかというところ、まだかなりオープンなところもあります。

ただし、改造するとき、最初の段階で、できるだけ改造しやすいように工夫しておく必要があるのではないかと思います。一たん運転しますと、やっぱり機器そのものは放射化しますから、そういうときに交換するところが交換しやすいようにつくられている必要があります。最初につくったものによって制限されて、なかなか交換や改造ができないという問題も起こりうるので、当初の計画の中にどの程度折り込んでいくかという検討が重要ではないかと思います。

【藤原座長】 それは議論されていないのでしょうか。

【松田委員】 それは、余り深くは議論されていません。現在は、モジュールの試験を中心に試験を行うというので、いろんな建物の配置とか、冷却系のいろんな条件とかについて検討は進んでいます。

【菊池委員】 藤家先生がおっしゃっているのは、まさに痛いところを突かれているというか、私もそれに賛成なところがあります。やはり、基本的に、前回話をさせていただいたのですが、炉心プラズマ技術の観点からいいますと、ローソン図上のパラメータからいえば、予定どおりでいけば1995-6年ごろには十分自己点火の条件を達成し得たと考えています。ところが、一方ではさまざまな情勢の中で、2015年ごろにしかITERは完成しないと、かなり遅れてきているという中で、やはり世界がどんどん変わってきていて、それなりのタイムスケールでやろうとすれば、ITER自身をできるだけさまざまな形で活用していくことが必要になります。JT-60自身も、当時さまざまな改造をしてやってきたわけですから、そういう面でITERというのはより大きなスケールで、もっともっと積極的に活用しなければいけないということは、実際そうだと思います。

ただ、一方で高津委員の方から言われたように、現実にはさまざまな制約条件の中でやられているということもあるわけですので、何が現状のITERの制約なのか、もっと有効に活用しようとしたとき、どの制約が外れた場合にはどこまでいけるのか、そういうところをやはり整理してみるということが非常に重要です。

藤家先生が言われているように、国内に誘致できた場合には非常に強い発言権ができてきます。松田委員が言われたように、後半の改造の方針について、かなりの発言力をもてるということもあります。仮にITERが外国にいったとしても、国際的なコンセンサスづくりを積み重ねていくことができるとすれば、それは国際的に認知され得る可能性が出るのではないかと思います。

まずは何が制約条件で、今の制約条件だどこまでできて、何を外したらどこまでできるのかということ整理するのが非常に重要なことかと思えます。これまでは第三段階の段階的開発計画に沿って、実験炉はトカマクだけでも、その先のことまではもう全く考えないんだということで、ある面では制約されていたことがございますので、ここで、これだけ巨大なプロジェクトとしてITERを進めるわけですから、そこについてちゃんと整理していくというのは、国民に対するメッセージとしても非常に重要なことかと思えます。

【小川委員】 基本的に今の菊池委員と同じ意見です。実は、10数年前に藤家先生が名古屋大学プラズマ研究所のときに、核融合というのは分散型だということをおっしゃって、私も非常に重要な見方として見てたのですけれども、本日のお話はそれを機能としての分散ではなくて、開発としての分散型の開発戦略という斬新な考え方に対して、ある意味では目から鱗が落ちるような感じのところがありました。

それを現実問題に返って見たときには、今、菊池委員がおっしゃったように、やはりI

ITERというものが国際協力ですから、いろいろなバウンダリーがあるので、オフィシャルには検討できないにしても、ITERというものがどの程度のものにまでなるのかどうか、検討すべきかと思います。プラズマに関しては、岡野委員が前回に、最大どこまでいけるのか、13テスラという制約のもとで検討したけれども、極端にいえばそのような制約条件をも外して、電源等のインフラを持ってくればどこまで拡張できるのかという検討が必要です。それから、何がバウンダリー、制約条件になっているかというのを洗い出ししておく作業を、ぜひ我々としては早急にやる必要があるのではないかと思います。

【岡野委員】　　ちょっと今私の名前が出てきたのですけれども、前回のこの委員会でそういうお話をしたのではなくて、1年ぐらい前のITERシンポジウムの際に、ITERでコイルを変えない条件で大改造したとしたらどこまで電気が出せるかという電中研の解析をご紹介したことがあります。

【藤原座長】　　すでにある部分の検討はしてあるということですね。

【小川委員】　　部分的にはしてあるけれども、もっとたくさんの検討が必要です。

【寺井委員】　　藤家先生がおっしゃったことはそのとおりで、ただちょっと、私、別に核融合の肩を持つわけでも何でもないのですけれども、やはり核融合のシステム、原理そのものがやはり実証するのが難しいという面はあります。これは核分裂は要は減速材があればすぐにでも臨界になってしまう。それが意味でJCOの事故みたいなものを招いたわけですけれども、核融合の場合には、リアクションを継続的に起こすというのは非常に難しいということがあります。これもコミュニティの方々には全部よくご存じの話ですけれども、なかなかそれが外には伝わってないのだろうと思います。

そういう意味で、言ってみれば核融合というのは、藤家先生がおっしゃいましたように、機能論的にも炉心プラズマというのは、要はいかに効率よくDT反応を継続させて高エネルギーの粒子を取り出すかということです。その取り出した粒子、DTの場合には中性子とヘリウムですけれども、ヘリウムは炉心では加熱に使えるわけですが、要は14MeVの中性子がブランケットに来て、そこで熱を発生し、あるいは燃料になるトリチウムを増殖します。まあ遮蔽という議論もありますけれども。一方、核分裂の場合には、基本的には炉心の燃料そのものだけですよね。それは言いかえれば、3年ぐらいで取りかえるわけですから、ある意味で非常に楽なシステムなんだろうと思います。核融合には、その辺の基本的に難しいところがもう既にあると思います。

今後の発電ブランケットというようなこと、あるいはエネルギーを取り出す装置ということで考えますと、今日高津委員がおっしゃいましたように、ブランケットというのは、ある意味で基本的に極めて重要な機器になるということだと思います。そういう意味で、炉心とエネルギー取り出し部分が分かれているというのがその機能の、藤家委員長がおっしゃった分離であり、そういうことでニュートロンソースとブランケット部分を分けて開発することができるということに多分つながるということだと思います。

そういう意味では、核分裂と核融合ではそういう研究開発のシナリオも当然変わってくるだろうということで、スケールアップしていくような話ではなくて、むしろ別個にやって、あるときに統合していくというようなやり方があり得るということにはまさにそのとおりだと思います。

ITERというのは、基本的にはブランケットの機能を試験するためのテストベンチという形で十分使えるわけで、それが先ほど高津委員からご紹介があったテストブランケットモジュールというやつで、ここである意味1つのモジュールで十分なエネルギーの取り出しなりトリチウムの回収ができれば、それをインテグレーションしていけば、フル・ブ

ランケットができるということになりますから、実際には原型炉、実証炉という段階を踏まなくても、ある程度をそれを1つの形にできるような形が、テストブランケットモジュールがうまくいけば見えてくるということかと思えます。

そういう意味で、今日高津委員がおっしゃったシナリオというのは、特に早急にエネルギー取り出し装置としての核融合を実現してほしいという社会の要請から見れば、極めてリーズナブルですし、それに対して十分こたえ得る可能性があるものではないかと思えます。

【畦地委員】 先ほどの藤家先生の段階的な炉型を積み上げるようなやり方は成功してこなかったというのは、私にとってはかなりショッキングな話でございます。その理由が、1つは大き過ぎるということと、それから機能の分散ということをおっしゃられたのですが、そういう非常に大きな問題を抱えて、ITERという大きな装置をつくるので、だからとことん活用しなければならぬというのが1つ、初めに藤原先生がおっしゃられたこともそういう視点だったのですが、もう1つは、だからリスク・マネジメントをちゃんとやらなければいけないという視点も当然あると思えます。

それは、次に小川先生がおっしゃられるのではないかと思えますが、重点化した計画について、この委員会等で核融合エネルギー開発戦略の中で役割を与え、ITERと同時にやっていくという位置づけが必要ではないかと思えます。

もう少し具体的に言うと、例えばレーザーの実験炉というのは10メガワットサーマルぐらいで、ITERに比べたら桁違いに小規模なものなので、リスク管理のための計画として成立しうるのではないかと思えます。

だから、以前松田先生がおっしゃられたように、本当にそれがリアリティがあるのかということ議論した上で、トカマクという主計画のリスク・マネジメントのための計画として位置づけていくということが必要ではないかと思えます。それは次の議論に少し重なると思えますけれども、以上です。

【石谷委員】 慶応大学の石谷と申しますが、私は多分この中で数少ないコミュニティの外の人間だと思えますので、いろいろお話を伺って感じたことを申し上げます。

1つ感じましたのは、今のいろいろなご意見を伺っていて、大きなテストベンチみたいなものを今用意していらっしゃるという印象です。もちろん原子力委員会なり、あるいは工学的、社会的要請から見ると、これはすぐエネルギー制約とか環境制約を解決する道具だというふうな言い方をしたくなると思えますが、私の理解は、これは現時点ではやはり基礎科学の研究であって、その中にそういう可能性が将来あるものだという立場で進めていらっしゃると思いますと、なかなか難しいのかなというのが単純な印象でございます。

私、昔、宇宙開発に関し宇宙航空研究所で少しお手伝いしていましたが、あのときも、間違っても実用衛星ということには言わないでいたから、何があっても割合強かったと思えます。ただ、裏ではみんなそれを期待しておりまして、現実にはその衛星の技術とかは実用に流れていったと思えますので、やはりそういうことを感じさせながら進むというのが賢明に思えます。余り実社会の効果を表に出されるとタイミングが合わないときにどうかとか、あるいはそれがいわれた時期に実現しなかったときにどうかということになりますので、今いろいろお話が出たように非常な可能性をたくさんもっていて、これがパラレルに研究できるということを表に出されてやっていかれた方が、リスクと申しますが、過大に期待された場合に対して強いのではないかというのが単純な印象でございます。

それから、藤家先生にちょっと伺いたいのは、グローバル・スタンダードをITERに優先するというお話でございましたが、グローバル・スタンダードというのは、道具だけではなくなかなか難しく、どのくらいの間人がその社会にいるかということではないかと思えます。宇宙開発では、確かに先生がおっしゃるように、現実にはすべてアメリカの方が

先行していたわけですが、ある程度の人材と、それから後から追っかけていってもやはり最後は実力といいますか、能力が物をいって、グローバル・スタンダードの中的一端ぐらいいには入れたのではないかと思いますので、その点についてどうかということ、それからこのITERの関連の技術というか、研究開発がグローバル・スタンダードの段階に達しているのかどうかという点です。ITERの関連の研究はまだそれ以前なのかなという気もいたしますので、その辺についてちょっと教えていただければと思います。

【藤家委員長】 核融合研究開発は、日本でも昭和30年代の終わりから始めています。多くの方が日本でやった経験を持っていますが、外国へ行ってリーダーシップを發揮したのもこの核融合界の1つの大きな特徴だと思っていますから、人材と研究開発のキャリアはほかの国に決して劣るものではないという自信を持っている。そこが1つの大きなグローバル・スタンダード構築への根拠だと思っています。

それから、今、石谷先生がおっしゃった中で、これはほかの分野にも大事なことです。私が、外の社会からITERはエネルギー・マシーンかと聞かれたときは、多分先生と同じように、まだ科学技術の段階として見てくださいよと申し上げてきたのです。ただし、中の人たちにこれまでの30年にわたるいろいろな議論の中で、やはり核融合研究というのは合目的研究ですよ。したがって、グローバル・スタンダードというのは、私は一種の科学技術的な色彩で見ているのですけれども、このコミュニティの方々にはやはりエネルギー開発と受けとめていただかないと、やっている途中に副産物が出てくるという程度のもんではいけません。かつて軽水炉の研究はそういう側面がありました。当初、軽水炉が実用化するとはほとんど皆さん思ってなくて、二相流の研究ができるとか、あるいは核分裂のそういった研究ができるかと思っていたのですけれども、一度オイルショックが来たらあっという間に実用化したのです。だから、私はやはり高速炉をやっている人にも、核融合をやっている人にも、これは合目的研究で、まさに目指すところエネルギー研究だという側面を捨ててもらっては困る、それがむしろメインだと考えています。

ただ、外の社会に向けて言うときには、私は、高速増殖炉すらまだ研究開発段階で実用化が見込めているわけではありませんという言い方をしている。核融合はもう1つ前の段階で、ITERはサイエンス・マシーンというよりはもう少し進んだものであると思いますけれども、そういうマシーンだと思っていますという説明をしています。

【松田委員】 例えばITERというのは、いろいろな機能が集まっていて、一つのインテグレイティッドなマシーンだと思います。ただし、それは石谷先生がおっしゃったようなテストベンチというよりは、そのインテグレイティッド・マシーンそのものが改良されていく対象になります。

ITERのこれまでの議論の中で、特に後半の10年ぐらいについては、余り深くはテスト・プログラムが考えられていませんが、最初の10年ぐらいでいろいろなところを改良したり、ここを工夫すればもっと性能がよくなるというような議論が多分出てくるのだと思います。そうすると、例えば10年後に何らかの手を加えるというタイミングが出てきまして、そこから先、何が本当に一番いいかというのは、今の段階ではよくわからないから、後半の10年というのは余り深くは議論していないのだと思います。決してさぼっているわけではなくて、そういう余地を残しておく計画だという認識では、多分各国そんなに考えは違わないのだと思います。

だから、今議論されているようなプランケットを発展させていく可能性というのは、ITERが始まれば当然出てくる話だと思います。

【石谷委員】 実は今のお話でちょっと思い出したのですが、私は燃料電池の技術開発に今かかわっております。燃料電池と水素インフラというのは、まさに同じように将来がま

るで見えないところで、やはり計画のロードマップを検討しているのですけれども、ロードマップの見直し段階をかなり明確にしております。特にアメリカはそういうやり方が多いのですけれども、フェーズ1は何と何と何ができ上がったらフェーズ1終了である。その上で、どこができたらの流れに入る。フェーズ2はどこの段階までいったらここまでやる、というようになっています。

今おっしゃったように、10年先の計画は多分オープンになっていると思いますし、そのときにオプションが幾つかあるとは思いますが、その時点でどこまで完成していたらどっちへ流れるというぐらいまで具体的にロードマップをお書きになると、自然に実用化までの道とか、あるいはその途中が見えてきます。

こういうやり方は多少リスク回避のところもありますが、何年にどこまでやりますといったあとで、それができないときには、またかという話が必ず出てくるものです。そういったステップとして、年代の方はややオープンでもいいけれども、条件としてどこまでいったらどこへいくというような書き方をされると、割合説明しやすいと思います。実際には必ずそういった段階を踏むわけですから、具体的にそういうことを示されるといいのかなという感じがいたします。

【森田委員】 私は、石谷先生と同じように外のコミュニティに属しますが、国民に対するアピールということについては、石谷先生と意見を異にしておるわけでございます。

それは、やはり国民に対して基礎的な研究ということを強調し過ぎると、ここの懇談会の報告書に非常にうまく書いてあるのですけれども、あたかも人類の将来の自由度を保証するための保険料のようなものであるといったときに、保険料が高いか低いかによって国民に対する説明の仕方が大きく変わってくるのだらうと思います。ITERに突入した途端に、やはり保険料というのは国民に対して基礎研究ではとても説明できないものがあるということであって、だからやはりエネルギーを供給するということ国民に対して説明しなければいけないということになります。

だから、そこに対してある種の緊張関係を持って説明した方がいいのではないらうかと思えます。その方がこのコミュニティにとっても、ある種の次の発展につながるのではないらうかというのが私の意見です。そこだけはちょっと違います。

【長崎委員】 私も今の森田委員と同じ意見で、藤家先生と少し意見が違うかもしれないのですけれども、やはり外のコミュニティに対してもエネルギーをつくるんだということを出していかないと、例えばこういうものを実用化していきますよというときに、本当にどこまで産業界がついてこれるのかとか、今、核融合の分野にどれだけ若い人たちが来て、その人たちが中心になっているのか私は全然知らないのですけれども、本当に夢を与えていくようなことをはっきり言っていけないと、基礎研究が好きな学者はたくさんいますが、本当に人類に貢献するんだとか、環境問題に貢献するんだということに対して、今の若い人たちはものすごく関心があります。ですから、そういう人たちをいかに引きつけてきて、人材をきちんと確保していくかということを見ると、やはりエネルギーに対してきちんと責任を持ってやるんだということを実際に社会に対して言っていけないのではないかなと思えます。

例えば核分裂の方の話になりますと、一昔前は、発電所なら敦賀あたりの人たちは、子供に対し「おまえはちゃんと勉強すれば発電所で働けるようになる」と言っていた。いわゆるエリートだという認識。ところが、今はどういうふうになっているかというと、「おまえ勉強しないと発電所で働かなければいけなくなる」となっている。これくらい違っている。ということは、それだけ人が来なくなっているわけです。

ですから、これから本当に開発していこうというときに、夢を与えていくにはどうしたらいいのか。それは、1つは基礎研究かもしれないのですけれども、例えばアメリカが10

年後には人類を月に送り込みますと明確に宣言してやったわけですが、そうすれば、やはりそれに対して夢を与えられる。

核融合炉も基礎研究をやっている。でも、それはやはりものすごい小さなところだけであって、しかもそれはやはり一般の社会に対して受け入れてもらえないと思うのですね。たまに一般で研究されてノーベル賞をもらえるのかもしれないのかもしれませんが、それではなかなか社会はついてきません。こういうことは余り適切な言い方ではないですが、たまたま昨年度ですと小柴先生と田中さんがもらわれた。田中さんがもらった瞬間から小柴先生の影というのはものすごく薄くなっている。私ははっきり言ってそう思うのですけれども、をれは、基礎研究に対して社会がどう思っているかという一面を非常に端的にあらわしていると思います。田中さんも立派な基礎研究をされているのですけれども、逆に言えば、小柴先生は、東京大学であれだけお金を使ってやっているのだから、もらって当たり前だなんていうことを言っていた学生がいました。

そういうことを考えてくると、本当に核融合研究は一体何をすべきかについて、エネルギーをきちんと出して、石油だとか天然ガスが非常になくなってきて、それから資源を国際的に競争して獲得していかなければいけない中で、日本はエネルギーをきちんと確保するためにやっているんだということを示していくことが一番大事ではないかと思えます。

【藤原座長】 多分いろいろな意見が出て、大部分のところは一致しているのだと思います。藤家先生のおっしゃられた合目的にやれという要素が大事だというのはそういう意味だと私は理解しているわけですが、一方で、まだ基礎科学の要素もITERには十分あるというのは確かなわけですね。ですから、核融合の研究というのはそういうフェーズにいるんだというのは、だからといってエネルギー問題から目をそらせとは言っていないわけで、私はITERというのは、実際には、核融合がエネルギーとしてどうなるかというのをかなりに世に知らしめていく段階になるんだというふうに思っております。

【桂井委員】 核融合のエネルギーということになりますと、やはりエネルギーにはいろいろなオプションがあって、経済性というものがやはりそれなりに表に出てくるということですね。そうしますと、今の高津委員の資料の13ページですが、ITERとエネルギーとして魅力ある核融合炉というものの間にどのくらいの乖離があるかというのが明らかになるわけで、ITERは左下にあるわけですね。しかし、エネルギー源として魅力あるものは材料温度500度以上、それから中性子照射量が10MW年/平方メートルぐらい、ここを狙わなくてはいけないというような先回の菊池委員のお話でもあったわけで、ここを狙うに当たって、いろいろコンポーネントで個別にやっていきたいと思いますというわけですね。

ITERが、500度で10MW年/平方メートル、この図の真ん中の領域で運転できるかということは無理である。ITERというのは、やはりとことん利用するということが冒険があまりできない。さっきおっしゃったようにブランケット交換に1年もかかるなんていうことを考慮すると、リスクはとれない。となると、ITERの運転というものと、この真ん中あたりの経済的な核融合炉というものをコンポーネントテストだけで持っていけるという20ページのようなロードマップというのは何かちょっと私には飛躍があり過ぎて、もう1つ間を埋める何かがあるのではないかというような気がします。

本当にこの飛躍が、コンポーネントテストだけで持っていけるといふふうに説得できるのでしょうか。

【藤原座長】 むしろ、それは何かこれはこうした方がいいというご提案があればお願いしたい。桂井委員も核融合がご専門の先生ですから。

【桂井委員】 つまり、この20ページのこういうロードマップについてもう少し懐疑的にというか、別のシナリオ、いろいろなシナリオを検討しなくてはいけないのではないのでしょうか。

【藤原座長】 桂井先生が何かお考えをおっしゃってくださると非常にありがたいのですが。

【桂井委員】 今の席ではないのですが、国際的にもどう考えているかというほかの例もあります。これは正直言って原研中心のシナリオだと思います。

【高津委員】 桂井先生のご質問というかコメント、十分に理解していないかもしれないのですが、ITERでモジュールの試験をして、次の発電プラントにつなげていくのかということなのでしょう。

【桂井委員】 ITERは非常に出力密度が低いわけで、壁負荷も小さいわけですから、今言ったような壁負荷も高く材料温度も高い試験はITERではできないわけです。個別にできますけれども、統合的にはできないですね。

【高津委員】 できないというよりできると言った方がいいと思います。そこはブランケットの試験体を実際の核融合炉で使われる条件が発揮できるようなモディファイをして試験するのです。ブランケットの世界ではルック・アライクモデルとアクト・アライクモデルという議論が昔からあります。実用で使うそのもののブランケットをITERで試験するのか、あるいはその性能を試験するために多少構造なり配置を変えたものを試験するのかという議論です。今、ITERでは、実用炉で発揮できるような性能のブランケットを、若干実用炉と寸法などが違うものを試験する考えです。試験体といいましても、1メートル角の2メートル規模のサイズのもので、十分に次の段階に進み得るデータベースが整えられます。重照射のデータだけがないということで、別途材料データをとれば、合わせ技で十分次が見込めるとしております。

もちろん、もうワンステップ着実に何か試験すればというご議論もあるかと思っておりますけれども、若干余分な投資のかかるステップになってしまうと思っております。

【井上委員】 先ほど石谷先生から、ITERの前半でどういう条件が満たされれば後半へ行けるかというようなご質問がありましたけれども、私の理解では、やはり核融合で燃えているプラズマを我々が制御できるかどうかというのが一番大きな問題だろうと思っております。

それからもう1つは、いろいろな機器コンポーネントがありますけれども、それぞれが機能することはもちろんですが、全体として、いわゆるシステム・インテグレーションといいますが、そういう機能が全体として満たされるかということ。それが安全にも貢献するわけで、総合機能が満たされることが2番目と思っております。

3番目は究極の目的になっていきますけれども、定常運転というものを目指しておりますので、そのための物理的なデータベースも必要ですし、定常運転の実現をすることが求められます。

最後の問題は難しいかもしれませんが、そこら辺が満たされれば次へ行けるのではないかと理解しております。

【石谷委員】 私が質問したのはそこまで行ったところで、その先にまだITERで描ける絵があると思っておりますので、その辺を今おっしゃったような、ここまで行ったら次にこれ

があるというように示されてはどうかということでした。

それから、さっき森田さんや長崎委員がおっしゃったことは、私はもちろん原則としては非常に説得力が必要だと思っており、この委員会があること自体がもう既に皆さんもそういうふうに感じていらっしゃるのだと思います。ただ今までも実用化の期待とか効果はそれを何回か言ってこられたと思いますが、このITERに関するご説明を伺っている限りは、今の桂井先生のお話にもあったように、これでもって直ちにエネルギーが取り出せるような段階にははるかに遠いのではないかというのが私の理解です。それは多分正しいと思いますが、いままたエネルギー問題の解決につながるということを言って、研究を始めたとき、そのITERが終わった段階でその後がなくなったときには、非常に危険なのではないかということです。むしろ正直に今の段階とその先の絵を書かれて、その上で進められる方がよいのではないか、これを通せばすぐエネルギーがとれるというような書き方はかえって危険なのではないかというのが私の申し上げた意図です。多分座長はその辺はよくわかりいただいたのだと思いますけれども、ちょっと説明させていただきました。

【松田委員】 ITERというのは、運転の期間が20年と非常に長いのですね。その長い期間の最初のころの課題と、それから後の方の課題と随分変わってくるように思います。井上委員がおっしゃられたように、プラズマの制御がうまくいって、各コンポーネントの機器がちゃんと動くようになったというのが確認されますと、後は何が必要かということ、性能向上でいかにエネルギーを取り出すかということが焦点になってくるわけです。

高津委員が説明しましたように、少なくともブランケットのモジュールに関する限りは、エネルギーは取り出せるんですね。それを発電機につなげるかどうかというのはありますけれども、高い温度の熱というのは取り出そうと思えばできるということです。問題は、それをいかに原型炉の実際の次の本格的な発電に近い条件に近づけるかということだと思います。

【岸本委員】 実はITERの協定書をつくってしまっていて、協定書の目的のところ、今までは核融合エネルギーの平和的利用というのが目的だったのですけれども、割と最近なのですが、もっと具体的に書かなければいけないといって、「サステイン・フュージョン・エナジー・ジェネレーション」というのが目的ですという文章を協定書に入れてもらっています。ヨーロッパと日本からは余り文句は出なかったのですが、アメリカが入ってきて、文句が出るのかなと思っていたら、今のところは出ていません。だから、皆さん、腹はくくったのだらうと思って様子を見ています。

【菊池委員】 先ほど申しましたように、いろいろな制約条件がITERの中にあって、何が現状ではできる範囲内か、それから制約をとったらどうなのか、そこを次回か次々回かどこかで説明をした方がいいのかなと思いますので、そういうチャンスをいただければと思います。

3) 「今後の核融合研究の在り方について」(H14年度文科省核融合研究WGでの議論を中心として)について、資料検第6-2-1号に基づき、小川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。

【藤原座長】 第三段階の平成4年の研究開発基本計画の中には、要するにトカマク以外の研究についてはどう考えるかということが幾つかの視点で書かれているわけでありまして、その辺も踏まえて、それともう一つは、この検討会の最初に申しあげましたけれども、背景としては、このワーキンググループの報告を尊重するというのが基本的な姿勢として

考えられるわけです。

特にここでいろいろ議論をしておかなければいけないことがあるのではないかと思います。まず最初に小川先生のお話に対してご質問とかご意見がございましたらお願いしたいと思います。

【高村委員】 このワーキンググループで、私も小部会に参加して議論に加わりましたけれども、少し触れてない部分を申し上げたいと思います。

全く触れてないわけではなくて、一番最後のところで他分野との関係と申しますが、あるいはもともとこの報告書自身が大きなセンターとか研究所、原研とか核融合科学研究所などの視点から書かれています。核融合研究というのは非常に裾野が広いわけで、工学を含めると、いろいろな講座レベルの研究というのも非常に重要であります。報告書ではそういう視点がやや希薄ではないかというのが第一点で申し上げたいことです。

それから、核融合研究に対してシンパといいますか、それを支えていくエネルギーといいますか、そういうのはやはり学術研究としてはできるだけ多くの方がそれに実際に参画して、そこで実感していただくという面もあると思います。そういう点からすると、他分野の人に発信するというのは、ある意味ではこちらのポテンシャルを示すという意味で非常に重要ですけれども、他分野の人たちをどんどん取り込んでいく、あるいは他分野の人たちが非常に興味を持つようにすることは、情報発信と裏腹の部分もあるわけですが、そういう面が余り指摘されてない。

前回、森田先生だったと思うのですが、反対の方々の意見を活発にするということが、ひいてはそれを推進していく1つのモチベーションになるということをおっしゃったと思います。ちょっとそれと似たところがあるわけですね。ですから、そういうような配慮というのは、これはエネルギー開発研究においても、それを支えていく基盤を広げていくという観点からすると、非常に重要な視点だと私は思います。その辺が若干希薄であるとか、問題意識がないといいますか、そういう点があるのではないかなということ、これは本当は文部科学省のワーキンググループなり、そういうところで言うべきことだったかもしれませんが、そういう場を私は十分与えられませんでしたので、ここで申し上げます。

【小川委員】 ご指摘のとおりだと私も認識しております。私は、個人的にこの図1の学術研究基盤のところ、他分野とか産業界とかを書きたかったのですが、この段階では核融合だけでとめました。けれども、この図の中に他分野、それから産業界とか、もっといえば一般国民をも含めて裾野が広がっていくと考えております。そういう図として私は個人的に書きたいと思っています。

【三間委員】 私もこの報告書をつくる段階で、部会のメンバーとして加わった者なのですが、先ほどの高村先生とは少し違った観点で、この報告書で触れ切れなかったところというのを1点指摘したいと思います。

先ほど小川先生の方からも話がありましたように、今後30年程度で核融合原型炉を実現するための課題の解決ということで、その可能性のあるものとして、重点課題が議論されたわけで、そこまではよろしいのですが、それではそれを先ほど石谷先生からも話があったように、核融合エネルギー開発としてのロードマップの中でどう明確に位置づけていくかという議論が欠けていて、その辺は多分ここで議論すべき課題でないかと思います。

具体的には、それぞれしかるべき時期に評価をしてどのように核融合エネルギー開発戦略の中に取り込んでいくかという議論が、文部科学省のワーキングでの議論でなされなかったのではないかと私は思うので指摘したいと思います。

【小川委員】 今後、10年から20年にわたる我が国の核融合開発推進をするために重点化すべきという観点で4つの項目を選びました。先ほど畦地委員からお話があった、レーザーで10メガワットサーマルの実験炉というような話というのは、この段階では俎上に上がってこなかったもので、議論の対象になっておりません。

レーザーに関しましては、高速点火という新しい先進的な方式の提案がありまして、それをどのような位置づけにするかという点に関して議論し、ここでそれを重点化として選んだということです。ただし、それはレベルとしては学術的な位置づけがまだ強いのではないかというものでして、その後のロードマップに関しては、ワーキングでは議論しませんでしたし、提示もなかったという認識でございます。

【三間委員】 だから、研究計画を本当にちゃんと位置づけるというか、いつの段階でどういうふうな形で重点化計画をエネルギー開発のなかで位置付けるかを議論すべきです。もちろんITERで進められることは精いっぱいやって、エネルギー開発を現実のものにしていくことは大いにやるべきことで、核融合コミュニティとしてのファースト・プライオリティであるということはよく認識をしているのですけれども、じゃあそれで最後までいけるかという、よりよい核融合エネルギーという観点からすれば、ある段階でどんどん新しい方式を入れていくことが必要です。だからこそ大学サイドというか、この幾つかの重点化した研究の意味があるわけですね。

その意味を明確にするためには、いつの段階でどういう条件を満たせば、どういうふうな形で戦略に入れていくかという議論を、多分まだされていないと思っているのですが、それをやらないといけないのではないかと思います。

【菊池委員】 まず、科学技術・学術審議会のバックグラウンドの中で、私とか本島先生、小川先生、寺井先生が幹事団として選ばれている議論している中で、そのバックグラウンドにある非常に重要な点としては、現時点でLHD、ヘリカル型については、基本的にはトカマクを大幅に上回る閉じ込め性能が現時点では出ていないということがあります。ただし、実験期間としてはまだ四、五年というオーダーで、JT-60でもそのようなのですが、10年以上の時間を経てかなり高性能になってきたということがあるわけですね。そういう面では、ヘリカルがトカマクに比べて非常に高性能になる、コンパクトな炉で非常に高性能な核融合炉になり得るという可能性については、まだそれを問う時期ではないような気がするのですよね。それが1つ。それはJT-60の経験からもそうだと思います。だから、そういう面で、今ワーキングの報告書でもLHDによる学術研究を進めるとしており、核科研の目標として、トロイダルプラズマの共通理解という学術的目標を立てているということが1つあると思います。

それから、レーザーについては、高速点火のペタワットレーザーによる性能がある程度示されているのですけれども、この間も申し上げましたが、やはり性能としてはGEKKO-11号の性能に比べて大幅に増えているわけではないという段階ですよね。けれども、高速点火のFIREX-11については進めるということになっていて、それでその高速点火については、いわゆる原理実証が進むと思います。その結果を見てみないと、どういうふうに本当にレーザー核融合を進めていくのかというのは見えないと思います。そういう面で、やはりレーザー高速点火についても、FIREX-11については学術研究として進めるという格好になっていると思います。

そこで、そういう面でいいますと、今回、10年たってチェック・アンド・レビューということがあったわけですが、いわゆるヘリカルにしるレーザーにしる、次の10年でのチェック・アンド・レビューで大きく真価が問われることになるのかなと私は理解していて、現状、ワーキンググループでは、両方とも学術研究として当面進めるということが言われているのだと理解しています。

【三間委員】 何のために10年後にFIREX-の結果をチェック・アンド・レビューするのか、また、ヘリカルを今から10年後にどういう観点でもってチェック・アンド・レビューをするのかという観点が明確になっていないですよ。何のためにそれをするのか。その次期計画は、一体、核融合エネルギー開発の中でどういうものを考えて、10年後に現在進んでいる実験結果をチェック・アンド・レビューするのであるというシナリオがないと、行きどまりのような話になる事が心配です。

【小川委員】 三間先生のおっしゃるように、レーザーも含めてですけれども、核融合研究というのはゴール・オリエンティッドですから、ゴールまでどう行くのかというロードマップをそれなりにどの方式も書いているのだと思います。ただ、そのレベルが稚拙なものなのか十分に書いているものなのかという差があるとは思いますが。

例えば学術基盤として我々がやっているような先駆的・萌芽的なコンセプトも、場合によっては核融合炉までのロードマップは書くのです。レーザーも、それなりにロードマップを書かれているのだと思います。慣性核融合炉としての新しい概念としてのスタートポイントである今回の高速点火の原理実証研究というものを立ち上げましょう、というのがこのワーキングの結論です。それを学術というレベルおよび視点でまずは捉えましょう、というものであって、そのときに何を評価してほしいかというのは、こちらから出すこともできるし、レーザーサイドの方から、ここまで達成出来れば次のITERレベルまで行けますよというのを提示していただいて、それをチェック・アンド・レビューするというように、それはお互いのボールの投げ合いだと思います。

1ページ目の図でいうならば、今はレーザーがこの真ん中のところにおいて、ITERのところにはレーザーに対応するものが何も無いというのではなく、別にこれはITERが唯一ある装置ではなくて、次の核融合炉に行くための実験炉がここにあるというものであります。従って、ここに行けるかどうかというのはそれぞれの方式の頑張り方次第であって、上の階層に進むに際して、それぞれがそれなりのチェック・アンド・レビューをそこで受けるのだと思います。

今の段階から、レーザーの10年後のチェック・アンド・レビューの内容を決めてくださいというのは、書くのはいいですけれども、それを評価するのは別問題なのかなと思います。

【岡野委員】 私は、現段階でまとめられたものとしては、このワーキンググループの報告書はこの分類でしようがないのだと思うのですけれども、10年、20年たてば、ブレークスルーは絶対あるわけですよ。それも、相当あるかもしれないわけです。そういう場合に、何をもちって見直すのかというのは全く書かれていないですよ。

例えば、10年後にチェック・アンド・レビューするといったって、もうその段階でITERは建設が始まっているわけでしょう。ものすごい慣性なのです。もうほとんど動かせない。そういうときに、新しいものが出てきたときにどうやって取り込むかという計画が何も書いていないですよ。ということは、新しいものが出て、10年前の報告書に学術研究と書いてあるのだからもう我慢しなさいという話になりかねないのではないかと、いう危惧を今持っています。

ヘリカルなのかレーザーなのか、あるいはその他なのかわからないですけれども、10年たてば何かが起こるかもしれないから、それを取り入れるスキームは、少なくとも示されているべきではないかなと私は思います。このままだと、間違いなく、もう1回乗ったレールは絶対外れないというストーリーになってしまっているように見えます。

【小川委員】 いや、イクスクルードはしていないつもりですけれども。

【岡野委員】 でも、事実上、ITERの建設が始まっていけば不可能ではないですか。

【菊池委員】 結局、1つは藤家先生が多分ご指摘になっている話で、実験炉をITERでやると決めている中で、原型炉というのは1つしかなくて、原型炉の方式を、その後それまでの成果でもってトカマク型からヘリカルに乗りかえたりレーザーに乗りかえたりするシナリオというのは矛盾しているということだと思います。例えばトカマクで実験炉をやっているのに、その成果でもってレーザーの原型炉が作れるかのような書き方が、今、第三段階計画書ではされているわけですね。これは技術的には、特にレーザーの場合ですと、ギャップが大き過ぎてベースにならないだろうということがあって、そこをまずこの検討会で認識することが非常に大事です。ある面では、ヘリカルについてはかなり共通な部分がありますから非常にドラスティックなことが起こって、先ほど岡野さんが言われたブレイクスルーがあった場合に、これはあり得ないわけではないですけども、ただITERというものをつくるというのを決めて、それを最大限に有効にしていけないといけないというのは多分共通認識だと思うのですが、その中では、よほどのことがない限り、ヘリカルにころっと変わるといのは難しいかなという気はするというのが1つです。

一方で、レーザー核融合の場合ですと、やはりそれなりにITERとは独立したあるシナリオを考えざるを得ないでしょう。だけれども、それだって、岡野さんが言われたようにすごいブレイクスルーがあるとした場合の話です。学術研究という位置づけをしているというのは、原理がものすごく、ドラスティックなブレイクスルーがあるかもしれないと思っているからやっているという部分があるわけですね。そういうことを踏まえて、その起きた時点ではそれなりの資源配分をする。ただし、ITERというのは、核融合開発にとってかなりの資源配分をするわけですから、そういう中では少ないコストでそういうものが実現できるというシナリオでなければ、やはり幾つも入れ込むというのは難しいというのを我々自身が認識すべきではないかと思います。

【小川委員】 そういう意味でいうならば、米国はNIFというのでレーザーをやっています。この図1を米国にかかせれば、ITERとともにNIFが入るのだと思います。そのくらいの金でやっているのだと思います。

それに対して、我が国としては、レーザーに関しては高速点火というオリジナリティーある新しい方式を選択して、それを学術研究としてスタートするというのをアプルーブしたという図になっているのだと私は認識しております。重点化するに当たって、ITERのところには幾つかの装置を入れたいというのがあるのでしょうかけれども、それはなかなか難しいのでそれなりに重点化する。上に行けば行くほどオプションは制限されてくるということになります。

ただし、もちろん岡野先生が言うように、上に行くパスを切っているわけではありません。岡野先生は切っているとおっしゃっているけれども、私は切っているつもりではなくて、そういうものがあれば、ITERに代わる何か、またはそこにNIFというのが入ってくるかもしれませんし、そういうオプションはもちろんあるのだと思いますけれども、その判断基準が何ですかというのは、明示的にはっきり書いていませんが。

【藤原座長】 4ページの上の方に「今後30年程度で核融合原型炉を実現するための課題の解決に必要な研究計画であることを考慮した」とあります。そうすると、今後30年程度で原型炉へ行きますよというのを、それぞれのコンセプトで議論したのですか。私は、ここがちょっとよくわからなかったのですけれども。

【小川委員】 それぞれの方式に対して原型炉への見通しを議論したのではなくて、今後3

0年程度で核融合開発として原型炉に行くことを想定したものです。今それをロードマップとして書いているのは、ITERを建設・運転し、その後原型炉に行こうというものです。それが、どの程度サポータブルなものになるのかという意味で、例えばIFMIFみたいなものがあったり、ヘリカルもそれがサポートできるとかということです。

【井上委員】 今の議論ですけれども、ブレークスルーはあるかもしれませんが、それがあるかもしれぬからそれまで待って、今の計画をとめろという話ではないだろうと思うのです。それで、そんなものは、要するに今の核分裂炉の進歩の過程を見ていると、実用化された軽水炉などがある段階でも、やはり高温ガス炉とか研究しているわけですから、そういうものと同じ位置づけだろうというふうに考えればいいわけで、その道を閉ざしているわけではないのでしょう。

【小川委員】 はい、そうです。

【井上委員】 3ページで、重点化において考慮すべき評価基準として4つ集約していますけれども、これはどう見ても同時に満たすことができるような評価基準ではないわけですよ。そうすると、それぞれ1つずつどれでもいいからという話になると思うのですが、それならば人材育成のための何らかの手だてとありますが、あるいはそういうプランを立てたところには、かなり重点化して予算配分なりなんなりが行われるのかどうかということが1つ。

それからもう一つ質問があって、この報告書が出るまで、2年間かけて何回もやったということをたびたび伺っておりますけれども、どこが一番大きな問題になってそんなに時間がかかったのか。さっきから話が出ているようなことで時間がかかったのでしょうか。議論に参加していない者としては、そういうところがお伺いしたいところです。

【小川委員】 適切に答えられるかどうかわかりませんが、まず最初に、重点化したものが、4つの評価基準に対して、どの程度満たしているかどうかということに関してお答えいたします。1から4番が同時に満たされるかどうかというのは、必ずしも十分でない可能性があるのは、おっしゃるとおりですけれども、重点化というのは1つをもって重点化というのではなくて、この1ページ目に示しましたように、真ん中のレベルはこの4つに重点化した。それから、下の学術基盤というの、それなりの部分でそれなりに重点化されるべきものであって、そこで新しいブレークスルー的なものの提案があれば、重点化という言葉が適当かどうかわかりませんが、そこも重点化される。そこがある意味では新たな可能性への挑戦に対するものなのだと思いますけれども、そういうことにも配慮しますということです。

それから真ん中の重点化に関しても、それなりに新しい重点化を図るならば配慮しますというオピニオンを言っているものであって、具体的にというのは、今後、どういうプロポーザルが出てくるかによるものでして、それぞれのレベルにおいてそれぞれの重点化、それからそれぞれのサポートプランが出てくるのだと思っています。ですので、新たな可能性への挑戦というのが萌芽的研究から起こるのでしたならば、そういうための重点化として学術研究基盤の一番下の段階で重点化される。それも、重点化という言葉で言うならばですね。減らしたということだけが重点化ではなく、先ほど言った多様性の確保というのも、ある意味で重点化の1つのキーワードだと思っています。

それから、後半の質問で、どこがどう重点化したかという観点に関しましては、ここの4つの項目に絞り込むというプロセスにおいて議論が白熱しました。それからこのプロセスの中においても、例えばトカマク方式でいうならば幾つかのプロポーザルがあって、それを1つのトカマクに絞るための議論がありました。それから先ほど言いましたレーザー

等に関しては、どのような位置づけでどう議論するのかという点です。それからもう一つが、それ以外の大学等で幾つかある割合大きな装置群の計画を完了させるという観点で、ある意味での痛みを伴う判断をしているわけですが、その合意形成を得るのに時間がかかりました。大学等の研究をいろいろな意味で発展させるための共同利用、共同研究の活性化、それから新たな可能性への挑戦に対する考え方、その辺の議論と合意形成のために時間がかかったと判断しております。これらの議論のために、約半年、毎週のように議論致しました。

【井上委員】 そうすると、ここでまたその合意形成の過程を繰り返す必要はないわけですね。

【小川委員】 はい、個人的にはそう考えております。だから、それは座長から冒頭に、このワーキンググループの報告を尊重していただけると伺ったので、私はそれをリスペクトしたいと思います。

【井上委員】 重点化の指針というのは、レーザーの先ほどから話が出ておりますようなものは、核融合炉の可能性を広げる研究と、それから学術的な普遍化ということだったわけですね。

【小川委員】 はい、そういう意味です。

【井上委員】 この1番のITERへの寄与というのは非常にわかりやすいのですけれども、ほかの3つが、人材もわかりやすいかもしれませんが、そういうことでまとめているのであれば、それはそれでいいと思います。

【長崎委員】 1つはものすごく単純な質問で、1つはちょっとお願いみたいなものなのですが、この人材の育成のところですが、核分裂の方でも、常に何かやるためには人材の育成が重要であって、あるいは大学に対しても、若い人をきちんと教育して、そういう原子力に貢献できるような人を育ててほしいという部分はよく見るし、自分でも書いたことがあるのですけれども、そうしたら具体的に、例えばそういうふうな育った人がどういうところに就職できるのか。

例えば、核分裂であれば、重電3社と電力会社、官庁等々と裾野は広がっていると思うのですけれども、本当に核分裂の中核の部分にどれだけ就職先があるのかということ、ほとんど今はないですね。それが本当に人材の育成になっているかといえば、他分野にとってはいろいろな周りのところへ行く分には貢献していると思うのですが、核融合の20年、30年先の中核になるべき人材を育成しようとしたときに、これから大学がいろいろな学生を教育し、社会へ出ていった学生がきちんとそういうところで働ける場、例えば今だったら、大学に就職します、あるいは核融合研へ行きます、原研へ行きます、そういうものだけで足りるのか。そう思うのは、本当にいわゆるメーカーのところにきちんと行って、その人たちがそこでやれるような場が本当にできているのかということ。おそらくメーカーにかなり行かないと、人というのは続かないのではないかなと思います。

私は、原研とか核融合研の就職状況というのは全然知らないのですけれども、そういうところへ毎年のように確実にもう日本全国で10人ぐらいどんどん行っているのであれば全然何の問題もないと思うのですけれども、本当に1年に1人行っているか2人行っているぐらいで、ずっとある意味で細くやっているのだったら、人材の育成ということにはならないと思うのですね。だから、その辺が、いかにメーカーみたいなところにきちんと人を送り込んで、そこでいわゆるメーカーも、当然儲からないといけないわけですから、

そこで人を養っていける仕組みができていいのかということ、私はそれが核融合の分野ではどうなっているか伺いたいというのがまず質問です。

もう一つお願いは、小川先生の8ページ目に個人的ご意見ということを書かれていて、失敗の経験というのがのところを書かれていまして、これは私も大学での教育という意味では非常に重要なところだと思うのですが、核分裂をやっている最近非常に思うのは、核分裂系に関して、特に日本と申しますか、社会というのは失敗を許してくれない社会になってしまっています。ですから、例えば何とかの事故が起こりましたら、それに対応するということがもう今はできないですよ。事故が起こったらやっていますけれども、理想的にはそうですが、現実的にはそうしたらフランスに委託し、アメリカに委託して、こういう事故が起こったときにどういうデータになりますか、どういうふうにするかというデータをとってくださいとお金を出して委託し、そのうちのいわゆるB級資料がやってきて、シークレットの部分というのはわからない。そこに対してまたお金を払ってその資料をもらう。ものすごく日本の、いわゆる国益というのかどうかわかりませんが、余り日本のためになっていない風潮になってしまっております。

ですので、そういうものはぜひ繰り返さないで、ITERとか核融合の研究では、こういう失敗の経験というか失敗はあるものだというような雰囲気の中できちんとやっていただきたい。そうでないと、ご存じのように、例えば大学の人気を見ますと、原子力工学科のときは、スリーマイルが起こったらこの学科の進学生の点数は下がり始めて、チェルノブイリでだめを押されて、JCOでとどめを差されたわけですね。現実的にはそれがある。ですから、不断の人材の育成といいながらも、来なくなったらだめなわけですから、そういう意味できちんとその辺のことを考えて、ぜひ失敗の経験が生かせるような社会コミュニティーであり、そういうものということをして社会に発信できるようなコミュニティーにしていきたいと思っております。これは、2つ目のお願いの方です。

ちょっと、私はこれで失礼いたしますので、1つ目のメーカーなどの方だけ、教えていただければと思います。

【藤原座長】 学生の就職先はいかがであるのか。人材育成といっても、学生は就職先がないと来ないと思っております。

【小川委員】 具体的な数字というのを、私が必ずしも持っているわけではありませんが、現実問題としては、今は割合、核融合の研究をした学生が核融合分野に就職するというのは、客観的にはなかなかポストが厳しくなっております。そういう意味でいうならば、だから例えばITERのようなものが動くことによって、我々としても、人材の育成のための就職先を確保するという意味でも進めたいというのが1つあります。

そのときの我々の教育に関する基本的なオピニオン、考え方というのは、7ページ目にも書きましたけれども、学生を最先端の研究の場に置くとか、萌芽的・独創的研究ができるという、つまりある意味での研究の最前線に置くということです。教育という観点からは、研究をしながら結果的に教育になっているという観点に置きたい。そのような努力を、今までの諸先輩の先生方はしてきたのでしょし、我々も今後していきたいと思っております。

それで、あとそれが結果的に、このページの一番下に書いてありますように、大学院レベルの研究では、不幸にして核融合の分野に就職できなくて別の分野に行った場合においても、これは自画自賛してしまっているのかもしれませんが、核融合の最先端の技術をやってきた人が、他分野に行ってもある程度活躍しているのではないかと考えております。そういう観点で見ますならば、たとえ就職先がなくても、他分野でも重要な人材になっているのではないかと期待しております。その辺は、メーカーの方、大塚委員に聞いていただければと思います。

それから2番目の質問で、失敗の経験についてです。原子力分野では失敗ができないようになっていて長崎委員はおっしゃいましたけれども、長崎委員はそう思っているのかもしれませんが、客観的にはそういう面もあると思いますが、私は失敗というものに対してちょっと違うオピニオンを持っております。

つまり、例えば飛行機が落ちた、それから地震で高速道路が倒れたといったときに、そうすると非常に大きな失敗なわけですね。例えば、阪神・淡路大震災のときに、それまでカリフォルニア地震のときにフリーウェイがつぶれたのに対し、日本では絶対あんなことは起こらないと言っていたのが、阪神・淡路大震災のときに倒れた。そうしたら、「土木屋さん、あなた方が言ったのは嘘なのですか。」という非難に対し、そうではなくて、土木学会というのが逆に、それまでの安全基準というのが甘かったということで学会自身が非常に活性化して、それから社会も、あの失敗を繰り返さないようにということで一生懸命そういう学会をサポートするし、飛行機が落ちれば、飛行機が今度は落ちないようにということで一生懸命サポートする。

原子力でも、それなりに社会のアクセプタンスをちゃんと受けていけば、事故が起こればそうならないようにというある意味でのサポートが得られるようになるでしょう。それは失敗ができないというわけでもなくて、それがどのように社会に受け入れられているかによって変わってくると思います。もちろん失敗しないにこしたことはないのですが、その失敗をいかに有用に生かせるかというのは、社会とのかかわりによってある程度決まってくるのではないかと私は個人的に思っているところがあります。

【今川委員】 炉工学という観点からいうと、核融合もまさしく原子力なのですね。ですから、原子力分野では就職先がないということをおっしゃっていますけれども、それは当然、核融合にかかわる炉工学の分野の研究をやる人と同じ状況です。そういう意味では、核融合だから特殊なものというわけではありません。もちろん例えば超電導マグネットとか、軽水炉では現時点では使われていないので特殊な分野もありますけれども、実際、炉をつくっていくということにおいては、工学という意味では原子力ですから、そういう意味では、他人ごとみたいな言い方に聞こえてしまったものですから、やはりその人材育成という意味では、うまく核融合の研究を使うという方向に持っていく方がいいのだと思います。

【高津委員】 今の長崎先生のコメントで、ちょっと感じたことがあります。1つは、後の方で、失敗の経験というのが非常に大事だとおっしゃった点については全くそのとおりだと思っていて、例えば今日ご説明させていただいた成果とか、前回、ITER、工学R&Dを中心にした成果を報告してもらいましたけれども、言ってみれば報告される最後の内容はきれいごとで、ここまで行きましたという成果につながっているわけですが、その背景には失敗した事例が当然どの技術分野にもありまして、そういうものをどう体系化して考えてどう改善につなげていくかというのは、実際にやってきている中で非常に強くそういうものを反映して、我々は「プロジェクト・ペケ」と呼んでいるのですが、超電導コイルでもブランケットでもダイバータでも、すべてプロジェクト・ペケを自分たちでかみしめて、どこが悪かったのかという反省のもとにいい方向に向かってきたという事実がございます。

今後、大きなプロジェクト・ペケは、きっとITERの建設と運転の中に大きくいろいろと種があるのだと思うので、非常にITERの建設と運転というのが大事だというふう認識して、その失敗の経験というのを生かしていきたいと思っております。

【居田委員】 先ほどから評価基準の話が出ていますので、これは小川委員に対する質問というわけではないのですが、ちょっとひとこと、言いたいと思います。

先ほど、菊池委員の方からも、核融合炉への可能性について、ヘリカルの方はブレイクスルーが出てくる可能性があるという話をされました。ヘリカルをそのように評価していただいていることは非常にいい事ですが、核融合炉への可能性というのは重点化における4つの評価基準のうちの1つにすぎないと思います。このことは、小川委員の資料でいえば、2番の核融合炉への可能性を広げるという評価基準にあたると思います。この小川委員の資料の一番のポイントは、評価基準というものが1個ではなくて複数あるという事のが、これからは重要ではないかという点だと思います。その後のページにも書いてありますが、いままでの核融合研究はパラメータ競争という面が強く、まさにパラメータ競争というのが、ある意味では唯一の評価基準であった。今後は評価基準の数がもう少しふえてきて、今は資料にも書いてありますように4つの評価基準になっているということだと思います。

先ほど、この4つの評価基準を同時に満たすの研究を行うのは難しいのではないかという意見もあったと思いますが、核融合研では実際にこの4つの評価基準を満たす方向性で研究しております。例えば超電導とか負イオンビームとか、工学的にはITERへの寄与というものを考えておりますし、先ほどのプラズマの閉じ込めでは核融合炉の可能性、それからあと学術的な普遍化という意味では、私の発表でも申しましたように電場と閉じ込めの関係といった重要なトピックスについて研究しておりますし、人材養成については総研大で大学院教育をやっているということで、まさにこの4つの評価基準を満たすような方向性で研究しています。

最後に、方式を超えた学術基盤、方式を超えた普遍的な理解を目指すためにどうすればいいかという点について、ひとつと言わせて頂きます。これは私見になりますが、普遍的な理解、普遍的な物理を得るには同じ方式で研究してはだめだと思います。要するに、同じ方式での研究からは普遍的なものは出てこない。逆にも積極的に違う方式で研究する事からこそ、普遍的な物理が出てきて学術基盤ができるのではないかと私自身は考えております。

【藤原座長】 なかなかうまく言っていたのですが、大学の研究の位置づけというのは、1つはやはり大学ですから、基礎科学、学術研究というのが基本的な骨組みになっていくんだというふうに思いますね。小川先生の話の中にある将来社会の役に立つ、人類の役に立つということを目指した学術研究というものもあるんだという視点もあって、その辺が一番の今の大学の研究のバックグラウンドにあるわけでありまして。ですから、この小川先生のまとめた資料の8ページにあるように、要するにいわんとすることはのところなのでしょうけれども、やはり革新的なあるブレイクスルーをもたらすということです。そうすれば、将来ものすごく核融合炉にとってはいいんだということになれば、ほうっておいても実験炉をつくると思います。ですから、そういう将来ものすごく革新的なブレイクスルーを生み出すんだというような研究というのは、やはり大学でなければできないわけでありまして。

ですから、やはりそういう意味で、適正規模で推進すべきというところをよくよく考えなければいけない話だと思いますね。多分、この話というのは、いつまでたってもやっていく種としてはあるわけで、ですからそういうものを大学が受け持っているというのは非常に大事であると思います。

次回、また岡野先生にアメリカの核融合開発研究のお話を少ししてもらおうと思うのですが、アメリカのこの前の話を聞いていると、やはりあと20年くらいで大体コンセプト・エクスプロレーションというのは終わるような感じになっているわけですが、そうではなくて、大学というのは、やはりバックグラウンドとして基礎科学、学術というものを育てていく。その中で新しいブレイクスルーを生んでいけば、さっきも言いましたが、本当にいいものなら、実験炉なんてほうっておいても世の中がつかれと言うに決まっ

ているのです。そこまで至らないと、多分だめなんだと思いますよ。

【三間委員】 受け皿は必要でしょう。その受け皿を、ちゃんと用意しておく必要があるわけで、何も無いのに勝手に走りますではないでしょう。

【藤原座長】 ですから、受け皿というのは、何も約束ではないわけですよ。

【三間委員】 ええ、もちろん約束しろという話ではなくて、受け皿、そういうフレームワークをつくっておいてくれ、そういう意味を私は申し上げたのです。

【藤原座長】 それはもちろんです。

【三間委員】 それがどんなものかというのは、やはりここで議論されるべきことではないかと思います。

【藤原座長】 ええ。だから、その中身が、非常に具体的話まで言う話なのか、枠としてそういうものをちゃんと考えますよというくらいで済むのかということはあるですよ。

【松田委員】 長崎先生がおっしゃられた、研究者が育っていても就職するところがあるのかというのは非常に重要な点で、実は原研の中の研究所というか、核融合をやっている部分はここ10年ぐらい、非常にそういう新しい人を採る枠が少なく、その世代は非常に少ないです。確かに、非常に優秀な方は多数応募してこられるのですが、残念ながら採用の枠がなくて採れていないというのが、かなり世代的な問題としてあります。多分、ITERが建てば、そういう大きな目玉が建つと、それに伴って人の枠というのが増えてきて、それで確保していけるのですが、今ちょうど省庁統合で人を減らすとか、そういうフェーズにもあって、3年ほど前に比べると、もう20人近く減っているというような感じです。

そういう意味でいいますと、特に核融合というのは、ITERなんかも抱えて、長期的に断絶というか、ある世代の人がいないというのは非常に困るわけで、そこは政策的にも少し議論していただいて、お役所を含めて考える必要がある問題だと思います。

【寺井委員】 一番最初に高村先生がおっしゃったのにまたちょっと戻ってしまう点があるのですが、私自身は大学の1つの講座で研究していて、別に大型装置を持っているわけでも何でも無い。それで、ある意味で講座研究という格好でやっているわけですね。大学の大多数の先生は、そういう格好で核融合というのにコミットしておられると思います。そういう先生方の中からいろいろなブレークスルーが生まれてくるということは当然あり得る話ですし、ただその前には、今ちょっとお話があったように受け皿みたいなところがやはり要って、何も無いから何も出てこないという話が当然あるわけです。

今回、このワーキンググループには、私はそういう立場で幹事として参加させていただいて、ある意味での大学のノット・ウエル・オーガナイズド・メンバーズをどういうふうにしていけば、ブレークスルーという意味も含めた核融合の次を担っていけるのかということはかなり大事ではないかなと思っていて、そういう意味でこの5ページ目のところには、核融合研がある意味の中核機関として、そこを経由してつながるんだというふうな形で書いてあるわけです。

そういう意味では、具体的な制度設計をその中でどうしていくかというところを、やはり真剣に議論する必要があるのではないかなと思っていて、この場がそれに適するのかわからないのですが、何かあるところで具体的なそういうもののあり方とい

うのがないと、なかなか始まらないという気がします。これは、プラズマあるいは炉工学の先生だけではありませんが、炉工学は特にそういう部分がありまして、基本的に小規模にこれまでやってきています。原研等では非常に大きな、原研の方に言わせると、それほど大きくないとおっしゃるのですけれども、それなりの組織とお金でもって組織的に20年間やってこられて、今日、高津委員がお話しになったような固体ブランケットのR&Dあるいはセルフ・コンシステントな設計ができています。

ですから、今後、例えば液体ブランケットを大学でというのであれば、少しそういう制度的なものも多分必要になってきますし、これは炉工学だけの話ではなくて、炉心プラズマの話も多分ありますから、ある幾つかの特定の装置に集約していく、あるいは重点化していくのと並行して、そういったその周辺をどういうふうに取り組んでいくのか、取り込んでいくのかという組織づくりですね。これは、多分この中に、小川先生が言われたのは入っていると思うのですけれども、それをどういうふう実際に実現していくかということの議論をしていただけるとよろしいのではないかと思います。

【小川委員】　そういう意味では、この報告書は、ある方向性、グランド・デザイン的なところを示してありますので、それを具現化するための施策の具体的な進め方という観点に関しては、まだ不十分なところがありますので、今後も文科省の方と相談しながら、それを具現化するための制度設計みたいなものをしていきたいと思っております。

【西川委員】　8ページのところが話題に出てきたので、ちょっとこのペーパーが外へ出ていったときに誤解を生むのではないかとということで申し上げたいと思います。小川先生の私見だということで、何を書かれてもいいのだと思うのですが、核融合開発研究の特徴ということで、「国民の理解が必要」ということで、あと「100年かけて開発、1,000年以上にわたって人類に貢献」とありますが、これはどんな小さな開発でも、1,000年にわたってきつといろいろ貢献をしているものもあるし、今後の核融合の開発が100年かかるとは限らないので、もうちょっと前向きな表現をされた方がいいのではないかと思います。

一応現状は、ITERが現実になりつつあって、そこまでは100年ぐらいかかっているのかなということもあって100年という数字が出てきたのかもわかりませんが、ちょっとその辺はこのまま出ていくと非常に誤解を与えますので、ちょっとその辺をお考えいただいたらいかがかと思います。

【小川委員】　その点は、別の委員の方からも指摘がありまして、私のこの100年という数字は丸目の数字で、おっしゃる意味では、核融合は1950年ぐらいからスタートしているから、今まで、もう50年も使ってしまったということで、あと30年後と言ったならば、それは80年なのです。もしこれが不適當でしたらば、別に削除してもよいと思っています。

【西川委員】　いや、教育の場としては、僕らがどう言っているかと言ったら、80年かかってやっとなんかいうことに最初はなったけれども、今後はもっと早いのではないかと教育をしています。というのは、例えばちょっと出ていました先ほどの問題もありましたように、慣性核融合などというのは、ブレークスルーがいろいろ落ちてきて、いろいろな科学的な芽が出てきて、今後開発が早いよという状況になっているわけです。

【小川委員】　ただ、我々がここ数年間いろいろなものを書いたときに、先ほど高津委員の中から出ましたように、「Fast Track」として出しても30年後に発電実証です。そして、その後、数回前に時松委員が書かれましたように、核融合がエネルギーの

シェアとして20%、30%を占めるのは2100年レベルだというような事実を、客観的に我々は知っているわけですね。それを覆すようなことは、なるべく言いたくはないと思います。

【西川委員】 だから、客観的に書かれた方がいいですよ。何でこんなことを言うかという、これがここにもうばんと出てきたら、例えば聞いているいろいろな人が、どんな開発でも100年かかるのかというように誤解します。

【小川委員】 そのところは、私は別にやぶさかではないです。

【西川委員】 いや、ストーンとそこで体落としを食らったような感じがありますので。

【松田委員】 あと100年かかるというのと誤解されやすいのですね。

【小川委員】 そう読まれてしまうからという危惧ですね。

【岡野委員】 私はむしろ、この1,000年の方が気になっているのですけれども、過去の歴史を見ても、エネルギーで数十年以上にわたってメインであったものなんかは存在しないですね。

【小川委員】 1,000年後の、つまりこれはポテンシャルティーとして、核融合というのがそういうことを出せるということです。

【岡野委員】 いや、でも1,000年後には、何か噴火エネルギーを吸い出しているとか、SFでもいろいろありますからね。

【藤原座長】 小川先生、いろいろなご意見を伺って、これをもう少しリバイスするならしてください。

【小川委員】 はい。では、そこを切ることは別にかまいません。

【藤原座長】 大学の研究としては、大体今までの議論で出ているようなところでよろしいでしょうか。これを実際に文章化していくときには、またこれをベースにしている議論をしなればいけないのですが、私は、大学研究というのは要するに、先ほども言いましたように学術だと思います。この学術という意味にはいろいろな意味があるのですけれども、それが一番のベースである。ですから、国の政策としてエネルギー開発をかなり前に出してやるというような話とはちょっと違うよというところは、やはり視点として持っていないとまずいでしょう。もちろん、藤家先生がおっしゃるように、合目的にエネルギーを開発するという将来の目標を持っているというのは大事ですし、そのためにそのブレークスルーを生んでいくというのは大事なファクターです。

だけれども、この小川先生の絵の上の赤い色と、それから下のだんだん色がついて緑色になってきている部分というのは、ある程度は分けて考えるというのも大事な視点だと思っております。むしろその方が、大学は自由度が増して、いろいろ研究に幅が出るのではないかと。要するに、いついつまでに何を開発しますというようなところに本当に踏み込んでいって、だからそれでお金を取ってというような格好が大学の研究として適しているかというのは、よくよく考えなければいけないのではないかと思います。ですから、一度そういうことも含めて、文章化したときにいろいろ議論をまたお願いしたいと思います。

【大塚委員】 大学の研究とは直接関係ないのですけれども、原型炉の前に他方式と比較して云々というのが第三段階に書いてございますよね。それをどうするのかというのは、この検討会の大きな目的の1つだと思います。第2回でしたか、岡野さんが欧米の「Fast Track」の報告をされたときに、その報告の中で、日本で原型炉はトカマクでいくということに決まったと言われて、ちょっとそのときは時間がなかったので、後で岡野さんにどこで決まったのですかという話を聞いたのですけれども、この検討会の親委員会の技術ワーキンググループでそういう話になったというふうにお答えになりまして、その後でそこら辺の経緯とかそういう内容とかのご報告があるのかなと思っていただのですが、ちょっと今までに無いのですが、これから何かそういう報告もされるということなんでしょうか。

【玉野参与】 それでは、そこを少しまずは正確に説明いたします。

技術的に非常に早いタイムスケールを考えたときに何が可能かということで、そこではトカマクですねということになりました。そういうものが技術ワーキンググループの作業会での報告ということですので、それを全体的な立場からいろいろ考えたときに、どれが一番核融合の開発の進め方としていいかという議論は、ここを含めて技術ワーキンググループ及び専門部会でやっていって報告書に反映させるという考え方であります。

【大塚委員】 ということは、これから何かその議論をやるのでしょうか。

【玉野参与】 ええ、当然そういうことも含めて、報告書に記述されることを期待しています。

【大塚委員】 はい、どうもありがとうございます。

【畦地委員】 今の玉野先生のお話だとすると、第三段階の基本計画では、原型炉というかデモの段階で、いろいろな方式について再度レビューするという事になっていたと思うのですけれども、それはもうしないということになったわけですか。

仮にそうだとすると、先ほどの議論に戻ってしまうのですが、例えばヘリカルについては、デモの時点でジョインをするとなっていたわけですが、その時点、先ほど10年後にチェック・アンド・レビューをするというお話がありましたけれども、そのパスというのはなくなってしまったということになるわけですね。だから、先ほどの重点化計画について、IFMIF、トカマクはともかくとして、ヘリカル、レーザーという重点化計画は、実は宙に浮いてしまったということになるように思うのですが、その辺はいかがなんでしょうか。核融合炉開発の中で、位置づけがなくなってしまったということになりませんか。

【井上委員】 戦略検討のときにも幾つか議論はあったのですけれども、開発戦略検討分科会報告書の67ページに具体的な図がかいてあります。もちろん開発戦略検討分科会というのは、第三段階から逸脱しないようにしながら議論していますけれども、この絵はそれに沿って見まして、そこに大学でよくやっているヘリカルとかミラーとか慣性閉じ込めというのがありますが、原型炉へ行く前にレビューするという事になっていますね。それで、藤家先生がここでたびたびおっしゃっていることは、そこら辺をもう少しこの場で見直してほしいというお話ではないかと思うのです。もちろん比較、レビューをしないで次の原型炉へ行くということはないでしょうけれども、そのあたりを現状に沿って見直してはどうかということではないかと思います。

それで、私が先ほど申し上げたのは、原型炉あるいは実証炉ができて、そこでほかの方式をやめるということではないのです。この図にかいていますが、先進閉じ込め方式というのは原型炉とパラレルに進んでいますよね。前は、たしかそこで切れてしまっていたのではないかと思います。戦略検討分科会で検討したときには、やはりそういう考え方で、よりいいものというのは、原型炉ができようが実用炉ができようがあり得るわけですから、先々まで研究開発を進めていく必要があるのではないかとということです。

原子炉といいますか、核分裂炉では実際そういうことが行われているわけですし、そもそも一番最初にできた高速炉が実用化されているわけではなくて、実際は軽水炉が実用化されているわけですよね。その先は、また別の炉型についての研究が行われているという状況ですから、核融合炉もそういう道をたどるといえるのではないかと考えられるのですけれども、大体そういうことを申し上げたかったのです。

【藤原座長】 それで、私が先ほど小川先生に質問したのは、4ページの「今後30年程度で核融合原型炉を」といったときの原型炉というのは、それぞれのコンセプトの話ですかというのがお聞きしたかったことです。

【小川委員】 そこまでは、議論していません。

【井上委員】 要するに、ブレイクスルーがあるかもしれないからここで比較するというのではなくて、もしなかった場合にどうするかということも考えなくてははいけません。あるかもしれない限りは、これは研究する必要があると思いますし、だからといってブレイクスルーを待たないと次のステップへ行けないかということ、それは確実なものの進歩、発展をとめることになりますから、今できることをやりながら、ブレイクスルーのありそうなものを並行してやっていくということではないかと思えます。

【畦地委員】 そのブレイクスルーの可能性のあるものについて研究を続けるというのは、基本的にはこの小川先生の1ページ目の分類でいいますと、学術研究基盤というところに対応するものではないかなと思うのですね。何度もヘリカル、レーザーの話をしてきましたが、この2つについては、やはり相当規模の予算、資源を使ってやっているわけですから、それが核融合開発研究の中で、開発の中にちゃんと位置づけられなければならないのではないのでしょうか。

【藤原座長】 開発研究として位置づけるのですか。

【畦地委員】 いや、開発研究全体のストラテジーの中でヘリカルなりレーザーなりがどういう役割を果たすのかというのは、やはりはっきりさせておく必要があると思うのですけれども。

【藤原座長】 いや、ですから核融合ワーキンググループとしては、その辺の議論の結果が8ページの、の辺なのでしょうね。1番というのは、全体の開発研究です。2、3が、要するに今この核融合ワーキンググループでもって議論した大学、センターも含めた研究としてとらえている。違いますか。

【小川委員】 私もそのように見ている、ブレイクスルーというのが、畦地委員は3番だとおっしゃいましたが、私は例えば高速点火などというのも、あのレベルでのブレイクスルーを、NIFがありながらそういうふう考えたという意味での1つのブレイクスルーとしてとらえています。

ブレイクスルーというのはそれぞれの研究レベルによって規模が違いますので、本当に萌芽的なブレイクスルーもあるかもしれないし、適正規模で、それだけの規模でやらないとブレイクスルーとして出てこないものもあるだろうと思います。従って、別にブレイクスルーという言葉があるところにその規模でアイデンティティ化する必要はなくて、そのレベルによって適正規模が決まってくるというものであって、この適正規模として推進すべきというのでしょから、我々ワーキンググループでは2番として4つのものを選んだというのが現在のものであるという判断でございます。

【畦地委員】 ブレイクスルーを2番から外すという発言は撤回しますが、その2番の2つの方式について、炉への可能性のチェック・アンド・レビューのようなことがやはり必要ではないかなということをお願いしているのですね。

もう少し具体的に言うと、例えばヘリカルだったらどのくらいの規模の炉が可能であるかとか、レーザーについては原理的にそういうパルス炉が成立し得るのかとか、そういう議論をやはりちゃんとまじめにした上で、適正規模で推進するという判定をするべきではないかなと思うのですが、いかがでしょうか。

【藤原座長】 私は、大学の研究、要するに特にセンター、講座単位の研究というのは、この核融合ワーキンググループが、大竹室長によると二十何回も会合をやってようやくまとめてきたものであるということで、その辺の基本的な議論というのは、ある程度のコンセンサスを持っていると思うのですが、違いますか。

【畦地委員】 いや、そのとおりだと思いますよ。ただ、これは先ほど三間委員も言っていたと思うのですが、10年、20年の路線をワーキンググループでは議論した。この委員会ではそれ以上の視野をもつ必要があるのではないのでしょうか。

【藤原座長】 いや、いいのですよ。だけれども、ここの4ページに「今後30年程度で核融合原型炉を実現するための課題の解決に必要な研究計画であることを考慮した」と書いてあります。1つは、それは多分何人かのグループで検討すると、微妙なところはやはりニュアンスとか考え方に少し違いがあるかと思しますので、今後もうちょっと議論はしますけれども、申しましたように、私はこのワーキンググループの報告書がある程度尊重していきたいと思う。これが大学の研究者の中でやはりコンセンサスがとれていないとまずいですね。

【今川委員】 私は誤解しているかもしれませんが、大学でやる研究という意味では、ヘリカルもレーザーも、多分この小川先生のまとめられたものでいいと思うのですが、その方式、ヘリカル型のリアクターとかレーザーのリアクターとかの展望という意味では、大学をもう超えた話ですので、ですからそれについては、例えばLHDがヘリカル型では進んでいますので、LHDプロジェクトは、何年先かわかりませんが、やはりチェック・アンド・レビューが入って、レーザーも当然、高速点火の計画が入ったときにチェック・アンド・レビューが入って、だからそういうことはちゃんと政策として行われるということですよ。

だから、大学の研究の進め方という意味では小川先生のまとめられた範囲で、学術をベースにブレイクスルーを探すんだということで異論はないと思うのですが、多分、畦地先生がおっしゃっているのはその先の話で、つまり大学を超えたようなところまで、道筋としては議論しておく必要があるのではないかとということだと思つたので、それはヘリカルも多分LHDを超えた話として、研究が進む場合には同じことになると思います。

【藤原座長】 いや、それはだから井上先生が、その戦略のところに書かれているような考えでどうなんですかというのを問いかけているわけですよね。

【井上委員】 そうです。

【小川先生】 今の段階では、だから先ほど言ったように、重点化はしたけれども多様性はここのレベルまで保つと、真ん中の段階ですね。そういう発想です。その上に上がるかどうかの判断、チェック・アンド・レビューは、今おっしゃったように必然的に入るのだと思っていますけれども。

【井上委員】 いや、やめるとは言っていないわけですよね。ここで言っている戦略のところだと今おっしゃったのですけれども。ただ、原型炉へいく前に比較するかどうか。比較するとすればどういう比較をするのかですよね。その辺が一つ差しあたったの問題になってくるのではないかと思うのですが。

その後、ここでヘリカルはやめるべきだとか、そんなことを言っているのであれば、それについて非常に議論しなければいけないと思うのですけれども、今のワーキンググループでも、その位置づけをきちんとされていますし、ここではブレイクスルーが本当に出てきたときには、それは取り上げて推進していけばいいわけですし、そういうことなのではないでしょうか。今からこういうブレイクスルーがあるからやるべきだとか、書くのかどうかですね。

【菊池委員】 多分、第三段階で書かれているときに非常に問題だったのは、トカマクの開発スケジュールに引っ張られる格好で位置づけられてしまっているという点です。だから、ここで我々がまとめなければいけないのは、当面、レーザーにしてもヘリカルにしても、ブレイクスルーを目指して研究を進めますと。だけれども、それが明確な展望が見えたときには、その時点でチェック・アンド・レビューをして、それぞれ独自の開発にシナリオを変えていくということによろしいですか。

要するに、トカマクのベースで今進んでいますよね。その開発シナリオのタイムスケジュールに合わせて、ほかのものが引っ張られるというのはよくないと思います。特にレーザーの場合は大きく違いますので、それに引っ張られる必要はなくて、もちろんヘリカルの場合は、かなり機器構成にしても同じようなものが結構多いから、かなりブーストされると思いますけれども。

だから、むしろ第三段階の書きぶりみたいに、トカマクベースの開発シナリオに引っ張られる形ではなくて、独立に判断をしていくと。ただし、それにはやはり学術研究から一歩前に出せるかどうかというものをどこかで判断をするんだという記述が必要だということではないですか。

【高村委員】 今、菊池委員が言われたのは非常に妥当な考え方だと思いますね。私は賛成します。

【藤原座長】 またよく議論をしましょう。

【高村委員】 そういう意味でも、やはり井上先生が示された図を、やはり図を書くべきではないでしょうか。そこで今菊池委員が言われたようなチェックポイントが戦略のところには書かれていないわけですよね。

【井上委員】 書いてありますよ。原型炉の前に比較すると書いてある。

【高村委員】 ですから、ちょっとそこは若干違ってきますよね。ですから、そういう図をやはり書いて、やはりきちっと議論した方がいいのではないですか。

【岡野委員】 一つだけコメントさせてください。戦略のところの原型炉と、それから早期発電実証という玉野先生の下で検討させていただいたのはちょっと違うということだけは、やはり認識していただかなければいけなくて、早期発電実証炉は、ITERが成功するや否や実証炉の設計を開始するという条件で設計したら、もうトカマクしかあり得ないですよというロジックですよ。

ですから、別のパスでブレイクスルーがあり得るのだったら、そういうパスを示せばいいわけですから、あれによってトカマク以外の可能性をすべてシャットアウトしたのではなくて、早期発電実証が可能な姿はこれですということを見せてただけですから、そこはちょっと従来の路線とは違うものだったというのは理解していただきたいと思います。

【玉野参与】 この前の報告書に書かれているのと、それから今岡野委員から言われたような早期発電の可能性というものの一つの違いは、ロジックとしては、この前の報告書に書かれているロジックで、多分皆さん納得されるのだと思います。ただ、そこに年というようなタイムスケールを入れますと、そうすると、これはやはり個々のどういう方式を考えているかということによっていろいろと変わってくるのだと思います。

そういう意味で、一番早く実現できるのはどういうものでしょうかというときには、トカマクとしてのタイムスケールが入ってきたわけで、チェック・アンド・レビューをして、適切なきに今後やるということは、これはもう当然あると思います。もしそのときに何か方向を変えとか、あるいは新しいものを取り入れるとかということになると、やはりそのときにタイムスケールも当然それに応じて変わってくるべきであると思います。その辺をもう少し明確にしていこうというのが、今お願いしている検討の対象になっておりますので、ロジックと、それから具体的なプランというのと少し違うということを理解していただく必要があると思います。

【菊池委員】 もう一つ付け加えておきますと、チェック・アンド・レビューするというのは、ステップアップするという可能性を含んでいると同時に、もっと絞りなさいということも当然あるわけです。長崎先生が言われていますように、ITERに集中すべき時期だということで、いろいろなトカマク、ヘリカル、レーザーと3つもやりますよというのは、やはりそれなりに何らかの絞りこみが必要になります。例えば10年先はかなりブレイクスルーがあったとしますね、何かによって。例えばレーザーのブレイクスルーがすごく進歩したというときには、やはり今3つにある程度絞ったわけですが、さらに絞るべきだという議論は当然出てくると思います。そういうサクリフェイスがなくてステップアップするのは、多分国民の側から見たら受け入れられないステップアップの議論だということになるのではないのでしょうか。

【畦地委員】 おっしゃるとおりだと思います。

【藤原座長】 多分この議論は今日で収束するとは思えないので、もうちょっと議論をしなければいけないと思います。要するにだんだん認識を深めて、コンセンサスを得ないためな部分だと思います。

5) 報告書案の構成について、資料検第6 - 3 - 1号に基づき、藤原座長より説明がなされた。

6) 本件に関し、以下の質疑応答があった。

【三間委員】 3.2節について、これはワーキングの結果で、せっかく重点化というのが見えているわけですから、総花的な、抽象的な表現ではなくて、例えば重点化核融合研究の位置づけというようなものを何らかの形で章立ての中に入れていたらいかがでしょうか。

【菊池委員】 重点化だけ書いたら、その他の新たなる可能性は何もなくなるということになってしまいます。

【三間委員】 というのであれば、「及びその他」という形ではどうでしょうか。やはりワーキングでせっかく長い議論を経て決まったものは大事にすべきではないでしょうか。

【藤原座長】 いや、タイトルがどうかは別にして、この中には入っています。要するに前に出した資料にも重点化というのはキーワードで入っているわけです。

【三間委員】 「各種閉じ込め方式」というのは、いかにも前の古い言葉を引きずっているような感じなので、少しここを変えておいた方がいいかと思います。

【井上委員】 資源配分のことまでここで議論をやるのですか。期間はいいのですけれども、4.4節ですね。

【藤原座長】 いろいろ並べたといっても、資源をちゃんと確保してくれなければできないのではないかと思います。

【井上委員】 そういう意味ですね。配分ではないのですね。必要だということ言うまでですか。

【菊池委員】 アメリカの場合、全部で2.4兆円だったでしょうか。

【岡野委員】 ただ、あの2.4兆円だって、途中で2回ぐらいチェック・アンド・レビューが入って、どれも大成功でいけいけということになったときにという前提ですよ。

【藤原座長】 いや、あんなものが出るとはとても思わない。資源ですね。

【井上委員】 資源配分ではなくて、必要資源という意味ですね。

【藤原座長】 大体こんな構成でよろしいですね。あと、その詳細のところはいろいろ議論があるかと思います。

【松田委員】 今度のこのペーパーというのは、政策のペーパーにしようしますと、多分パブリックコメントとか、そういうものもオープンにして、それでいろいろな意見をいただきながらという形になると思います。そうすると、難しい文章というのは多分読んでもらえないのだと思います。だから、議論としてはきちり議論しないといけないのだけど、報告書は核融合の専門家にわかるというのではだめで、そこは一般の人が見てなるほどと思うような、そういう書き方にならないといけません。

そういう意味では、特に森田先生、可児先生、石谷先生、長崎先生とか、そういう外部の方に見ていただいてコメントをいただいた方がよろしいような気がします。できるだけ

読みやすいというか、わかりやすい形にした方がいいと思いますので。

【藤原座長】 この検討委員会の委員の先生方には、大体どこかに入ってもらって、担当してもらおうと思っております。そういう意味で、森田先生にも、石谷先生にも、長崎先生にも、可児先生にもぜひお入りいただいて、それから大塚先生にも入っていただいて、原稿は見てもらうということになるかと思えます。

ただ、この1章から4章だけでいいのか、それとも何か要約みたいなものをつくるのですか。それは原子力委員会の方でやるのですか、前のITER計画懇談会報告書みたいに。

【玉野参与】 報告書としては、やはり同じ形のものがよろしいと思います。私の希望としては、やはり今松田委員が言われたように、最初の部分は、専門家でない方々が読んでも読めるスタイルというのが望ましいのではないかと思います。

ただし、やはり核融合の専門家も入った議論ですから、その裏づけというのは当然しっかりしていなければいけないということで、できる限り参考資料とか、あるいは付録というところとちょっと言葉遣いが悪いですが、そういう形をとる必要があるのではないのでしょうか。筋書きは読めるというようにして、ただし、その裏づけはなるべくそういう形でつけていくというような編成ができないかなと、私個人としては考えております。

【藤原座長】 実は、もう一つお断りしておかなければいけないのは、事務局にいろいろお願いをして、今までに出た論点をいろいろ挙げてまとめてもらったものがあるわけですが、それを見ると、当然のごとく結構核融合にシビアな意見が多いわけです。もちろん核融合に対して大いにやらなければいかぬというような話もあるわけで、そういう論点もこれに加えていってということを見ると、こういう基本構成を少しモデファイしなければいけないかもしれないですね。

要するに、そういういろいろな、特に核融合の専門以外の委員の先生方、それから招聘して講演をしていただいた人たちの意見をまとめると、やはり我々が考えているこういう章立てで、それに対応し切れるかというところがちょっとありますので、それらの論点をあわせて次回に出して、そのときにこの章立てでいいかどうかということもあわせてご議論いただきたいと思えます。大まかに、私としては、大体各委員が手分けをして各章を少し担当していただきたいと思っております。

【井上委員】 この報告書をつくること自体が、第三段階を一応リセットするということの意味するわけですね。つまり新しい基本計画みたいなものをつくると。そのことをどこでコメントするのですか。違うのでしょうか。第三段階をそのまま続けるわけではない。見直しという話だったのですけれども、見直すなら、なぜ見直したか。どういうふうに見直すかというのは、3章・4章あたりになるのでしょうか。その理由も書かなければいけませんよね。どこかにそういう章をつくらないといけないのでしょうか。

【玉野参与】 結論を先に推測するわけにまいりません。必ずしもリセットをするということをお前にレビューをお願いしているわけではなくて、もしリセットをする必要があればするということです。

【井上委員】 それはいいのですけれども、それをどこでコメントするかということです。

【玉野委員】 まえがきのところでですね。もしリセットするということであれば、どういふふうに見直しをしたかということが明確になるような書き方になると思えますので、そこは変わってくると思えますが。

【井上委員】 それからもう一つ、前の戦略検討のときに、まとめを書いて、それをもっと前に出したらどうかという話もあったりしたのですよね。そこしか読まないだろうという話があって。ただ、まとめが一番前に来るのも変な話だということで、このままになっているわけです。何かエグゼクティブサマリーみたいなものをまとめ以外につくって、先ほど玉野先生がおっしゃったみたいに、全体が言わんとしていることはそこだけでもわかるような、そういうものを別につくった方がいいのではないかという気がするのですけれども、どうなのでしょう。だれも読んでいないよという話にならないように。

【藤原座長】 そうですね。だから、そういう意味で私も先ほど言いました。だけど、それは原子力委員会がつくるのではなくて、ここがつくった方がいいですね。

【玉野参与】 当然それはここで原案をつくった方がよろしいと思います。

7) 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】 報告書の執筆方針等につきましては、次回議論したいと思います。多分、核融合の委員に、それぞれ章立てのところは世話役を引き受けていただいて、核融合以外の委員の意見を集約してくるという責任を持ってもらうというふうに考えております。ですから、核融合の委員の特に中堅の委員には、次回、どの章をお願いしますよと私の方で申し上げたいと思います。

次回は予定としては、少し論点の整理というものをすると、それから既に幾つか出されている論点に対して、だんだん答えていくというプロセスに入りたいと思っております。

それで、先ほども申しましたけれども、要するに外国の核融合開発計画というのが、ITERが一つのトリガーになっているのでしようけれども、リバイスしてやっているみたいで、一番風呂敷をいっぱい広げているアメリカの開発計画について、FESACのレビューパネルの中で報告書が出されておりますので、それを岡野先生にお願いします。

【岡野委員】 同じような話をもう一遍するということですか。

【藤原座長】 もう少し詳しい話をお願いできるでしょうか。

【岡野委員】 ええ、もちろん詳しくはなりますけれども、時間をいただければ。

【藤原座長】 それとあと、小西先生の方から少し、今までの論点の中で私から幾つかお願いしたいことがございまして、お話をいただくということにしたいと思っております。

それから、3つ目に大事なのが、今出た論点を全部一遍集約して、それをどの章立ての中へ盛り込んでいくかということも議論をお願いしたいと思っております。次回は、8月12日になりますけれども、お盆のちょっと前で申しわけありませんが、よろしくお願ひいたします。

以上