

## 核融合研究開発基本問題検討会（第3回） 議事録

1. 日 時 平成15年7月10日（水）10:00～12:30

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〕

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〕

伊藤浩吉（日本エネルギー経済研究所理事）

時松宏治（地球環境産業技術研究機構研究員）

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、松田慎三郎、三間園興

〔内閣府〕 榊原参事官、川口補佐

〔文部科学省〕 山口専門官、林補佐

4. 議 題：

（1）核融合研究開発の意義について

（2）核融合研究開発の現状について

（3）その他

5. 配付資料

資料検第3 - 1 - 1号 21世紀のエネルギー需要展望と原子力

資料検第3 - 1 - 2号 地球温暖化対策からみたエネルギー技術開発

資料検第3 - 2 - 1号 第三段階における炉工学研究開発の進捗：日本原子力研究所

資料検第3 - 2 - 2号 第三段階における炉工学研究開発の進捗：核融合科学研究所

資料検第3 - 2 - 3号 第三段階における炉工学研究開発の進捗：大学その他

資料検第3 - 3 - 1号 報告書案の詳細構成（案）

資料検第3 - 3 - 2号 核融合研究開発基本問題検討会（第2回）議事録

6. 議事内容

1) 21世紀のエネルギー需要展望と原子力について、資料検第3 - 1 - 1号に基づき、伊藤浩吉氏より説明がなされた。

2) 本件に関し、以下の質疑応答があった。

【井上委員】 グローバルな観点から見て、日本のエネルギーの需要は余り大きなポーションではないというのは15ページの図で確かに読み取れるのですが、これを見まして、もう1つの観点として、日本のエネルギーは、将来、ポーションは小さいけれども絶対値は増えるということはないのか、お聞きしたい。

また、ポーションが小さくなれば、それだけ途上国と資源を獲得するのに競争をしなければいけません。そういう意味で、国として考えると厳しくなるのではないのでしょうか。

また、ついでですが、23ページの「再生可能エネルギー起源水素」というのはどうい

う方法なのでしょうか。

【伊藤浩吉氏】 まず、日本のポーションが減るということについてです。今日、細かい資料はお付けしなかったのですが、日本の場合、これはケースによって若干違ってはいますが、おそらく2020年から30年ぐらいをピークに需要量自体も減っていくと思います。これは人口が減るとか、経済もほとんど成熟化しているとか、伸びも小さいということがありますので、需要量そのものも随分減っていくかと思います。人口は、ちょっと詳しい数字は忘れましたけれども、2100年で8,000万人、あるいはそれ以下かなという気がします。そういう意味で減っていくということです。

ただ、経済的には、一人当りのGDPでいえば、相変わらず世界のトップクラスにいるということは確かなのですが、ボリュームとしては減っていくということでもあります。

海外との競合が激しくなるかというのは、段階によって違うと思います。多分、2010年、2020年という期間は、日本もエネルギー需要がまだまだ伸びていくと思いますし、特にこの時期は、アジアを中心として石油とか化石燃料の需要が相当伸びると思います。そういう意味ではかなり競合が激しくなるけれども、その後に、再生可能エネルギーなり何なり、ほかのエネルギーが出てくると、少し緩和されるのかなということだと思います。

つぎに「再生可能エネルギー起源水素」についてです。1つは、若干、この分析の思い入れというのがあるのですが、正確な数字を申し上げられませんが、半分、あるいは半分強ぐらいが太陽光です。これは、そんなのあり得ないという評価もあるようですが、鉄腕アトムの世界だということを言われているわけですが、現にまだ実験等々をやられているわけで、太陽光、大型ソーラーが半分ぐらいと、半分がバイオマス関係もやっております。ですから、昔からよく「砂漠に太陽光を」と言われていた考えがまだここに入っているわけですが、そうでなければ、バイオマスを使うのか、あるいはそれが難しければ核融合もそこに入ってくるかなということで、この辺の競争というか取り合いは、少しバラエティーがあるかなという感じはしています。

【小川委員】 将来的原子力という定義について、ちょっと確認したいのですが、例えば20ページの図に、原子力と将来的原子力、それから水素転換分とあります。まず1点は、原子力といったとき、これは軽水炉等が中心だと思うのですが、20ページの図において、原子力はどういう制約条件で解析されたのか。

また、将来的原子力というのは、核融合しか含まれていないのか。特に水素転換分には、普通の核分裂関係のものも入っているのかどうか。またその場合、核融合の導入条件としてコストと年代等だけしか入っていないのか。その辺の定義についてお伺いしたい。

【伊藤浩吉氏】 単に原子力と呼んでいるものは、従来型とか在来型の原子力になりまして、これは、モデルの中で解いたのではなく、1つの前提条件としてこの中に与えているわけです。というのは、経済合理性等々から選択されるような性格のものではないかなという基本的認識がありまして、かなり原子力に対して前向きな国とそうじゃない国とがあると思いますので、そういう国の事情を考えながら、やや控えめに入れているというのがポイントであります。

特に先進国においては、原子力が今後拡大するというのは、正確にはちょっとわかりませんが、日本とフランスぐらいかなということで、アメリカは若干また少し揺り戻しがあるかもしれないけれども、いずれにしても急増するという仮定は入れていません。それから、途上国では、中国とかインドあたりが少し入ってくるかなという前提を置いてやったものでありまして、図で示すと、減っているわけではないのですが、余り大きな伸

びにはなっていません。

将来的原子力というのは、一言でいえば核融合だけを考えておりまして、技術開発に伴うコストの前提を置きまして、さまざまな再生可能エネルギーあるいは化石燃料のコストなり価格がこの中に出てくるわけですが、それらの兼ね合いで、市場に受け入れられるかどうかというような計算というか論理を含んでやっております。

仮に市場に受け入れられるという経済論理上の点に達しても、エネルギーというのはすぐに入ってくるわけではありませんから、やはりじわじわと入ってくるリードタイム等がありますので、2030年ぐらいから一応成功して入ってくるにしても、本格的に花開くという量的に多くなるのは、やはり21世紀後半かなということです。

【岡野委員】 ちょっと細かいことを伺って申しわけないのですが、16ページの図で、非在来型石油と非在来型ガスが10年で入れ変わりますよね。こういうのは、多分、製造のインフラストラクチャーを全部入れ変えるのではないかと思いますのですが、これはタイムスケジュール的に可能だという過去の予想か何かあったのですか。それとも何か理由があって10年になったのですか。

【伊藤浩吉氏】 生産設備が追いつくかどうかということでしょうか。

【岡野委員】 そうですね。全世界のガスと石油を、10年間でほとんど入れ変えていますよね。これが可能なのかどうか。単純に言えばそういうことです。

【伊藤浩吉氏】 厳密に設備をリプレースできるかどうかというのは、正直言って、この中で具体的にやっていないわけですが、ここは資源量との兼ね合いで、枯渇が始まったときにこっちにシフトしていくということで、10年ぐらいの期間があれば可能だろうと見ています。

非在来型についても、オイル・シェールとか、既にもう、ある意味ではコストはともかく実用化されている部分がありますので、本格的に開発すれば、このぐらいの時間があれば可能だろうと見ることもできます。おっしゃるように、こんなに急激にではなく、もうちょっとなだらかにした方が本当は現実的なものかもしれませんが。

【石谷委員】 これは、根本的に、将来的原子力がある範囲で発展しているという前提で計算されていると思いますが、結果としてのシェアなども前提次第ではないでしょうか。

【伊藤宏吉氏】 前提次第ですね。

【石谷委員】 再生可能エネルギー自体は相当コスト高ですが、これがこれだけ普及するところで、将来的原子力がそれより少ないシェアで限定されているというのは、再生可能エネルギーよりもかなり高いコストを前提とされていたのではないのでしょうか。

再生可能エネルギー自体も相当無理しないと普及しないというのが普通の見方ですが、それよりもさらに普及量が少ない一定量でとどまっているというのが将来的原子力の結果ですね。

【伊藤浩吉氏】 B A Uについてでしょうか。

【石谷委員】 B A Uではなくて、この促進ケースでも、再生可能エネルギーはもう相当な量を負担している。それに対して、将来的原子力は限定されている。どこに律則があったかということが疑問の一つです。

また、そうは言っても、この将来的原子力については、これだけの量が普及するという事は相当な大規模になっていますから、それはもう相当な経済的負担になっているはずなので、一体どういう前提でこういうものが実現できるのか。その単純なメカニズムはどうなっているのかを伺いたいです。

【伊藤浩吉氏】 この将来的原子力についての単純なメカニズムですが、再生可能エネルギーについても、一応コストと技術進歩を仮定してまして、もちろんかなり楽観的と思われるかもしれませんが、相当コストが下がってきて、これは非化石燃料と、分野によっては競合することになり、地域によって、競合できる国等から全部入ってくると、相当安くなっていくということです。

【石谷委員】 それに対し、将来的原子力は、それよりは高いわけですね。

【伊藤浩吉氏】 それよりは平均的に少し高いかもしれませんがね。ただ、地域によって大分違うということでもあります。

【石谷委員】 ただ、世界全体の量から見ると相当な普及量ですよ。ですから、それを2100年で見まして、将来的原子力でも、これはばかにならない量なので、もしそれが、高いコストで無理にやろうということなら経済的にもたないはずなんですけれども、それがそのくらいまで普及し、なおかつ、そこでとまってしまっているというのは、どういう事情でしょうか。

【伊藤浩吉氏】 その経済性で見ていくと、例えば9ページで、これがどのくらい可能かどうか、正直言って私にはよくわからないところなんですけれども、2100年にかけてキロワットアワー30セントから4セントまで下がっていくという技術進歩を仮定しています。ということは、これくらいに普及するということは、それなりにコストも安いということだと思うので、十分負担に耐えられるということだと思います。

【石谷委員】 ただ、逆に4セントになれば、いろいろな促進策があれば、ほとんど全部入れ変わってもいいくらいになるのではないかと。そこにどういう律則があったのか。要するに、それよりも再生可能エネルギーは安かったということですか。

【伊藤浩吉氏】 これは現状でもそうだと思うのですけれども、今でも日本においても安いエネルギー、高いエネルギーがあって、安いエネルギーが全部ってわけではありませんよね。それなりの利用分野とかミックスがあるわけですよ。ですから、安いものがより多く入ってくるかもしれませんが、全部が入れ変わるということはおそらくないと思います。

それから、これは全世界でやっています。国によって需要が違いますので、ほとんど入らない国とかなり入ってくる国との合成からできているということがあります。

【石谷委員】 要するに、再生可能エネルギーは、確かにおっしゃるように、かなり地域性に非常に依存するから、いくら安くても、高いところがあって、限界がくると。だけど、将来的原子力みたいに、かなり人為的なものは、一度安くなればどこにでも置けるわけで、資本だけの問題となったということでしょうか。

【伊藤浩吉氏】 そうですね。ですから、そのメカニズム、その仮定を今ご説明しなかったもので、わかりにくかったかもしれません。これも社会的受容性というのを若干考慮

しまして、この国についてはこの程度受け入れられるとかというのである程度カットしている国があります。歯止めを置いたりはしていないのですけれどもね。世界全部で受け入れられればもっといくかもしれません。

【菊池委員】 21ページで、2100年で32億トンほどに水素が上がってくるという状況になっていますが、こういう水素社会に持っていくために、この水素の生成コストは大体どれくらい下がっているのですか。

【伊藤浩吉氏】 ちょっとすみません。その詳しいデータは今ありません。

【菊池委員】 例えば、石油の生成コストに比べると、桁が高くてもこれくらい入ってくるのですか。

【伊藤浩吉氏】 いや、これは経済性から見て見合うから入ってきているということです。

【菊池委員】 ということは、石油程度ぐらゐのコストになっているのでしょうか。

【伊藤浩吉氏】 そうですね。末端の利用段階においてですね。水素の方は、例えば燃料電池自動車にしろ、効率がいいですから、経済効率性からミートする値段にはなってきていると。

【菊池委員】 それを入れないと入ってこないということですね。

【伊藤浩吉氏】 そうですね。

【玉野参与】 ちょっと簡単な確認だけさせていただきたいのですが、日本で使うエネルギーというときに、日本の国内で実質的に使うエネルギーと、外国で生産されたものを日本が使うという、その両方が考えられると思うのですが、ここでいうのはどちらでしょうか。

【伊藤浩吉氏】 日本で使うエネルギーですから、それが国内でつくられたか、海外でつくられたかというのは、いろいろなものが混ざっています。今と同じという状況ですね。

【森田委員】 100年で考えたときに、最近では、炭素固定技術が非常に競合してくるということを皆さんシミュレーションするのだけれども、この場合、どうして炭素固定技術は入れられなかったのですか。

【伊藤浩吉氏】 炭素固定技術、ちょっとなかなかはっきり言いにくいのですけれども、この中に入れることも可能かもしれませんけれども、この分ということですね。

【森田委員】 といいますのは、石炭を使うけれども、煙突から炭素を吸収して、それを固定して地下に廃棄していくとか、そういった技術が、これだけコストが高ければ、十分競合し得るという仮定が入ってきてもおかしくないのだけれども、あえてこれが入っていないのはなぜでしょうか。

【伊藤浩吉氏】 この中の例えばBAUケースでは、かなり電気が飛びますねと、石炭も使いますねという形で、これだと、私は乱暴に「破綻してしまいます」という言い方をし

たわけですけれども、もしそういうようなエネルギー需給構造の中でおさめるとしたら、それは炭素固定化技術が実現されてということになる。

要するに、石炭を大いに使うという需給構造を描くということであれば、炭素固定化技術とセットでないと描けないかなということだと思えるのですけれども、その具体的な検討とか計算をこの中ではしておりません。

【森田委員】 要するに、シナリオとして水素の社会に転換するという、最初にこのシナリオをやられているわけですね。

【伊藤浩吉氏】 需給をより考えると、最終的には非化石燃料というのは、言ってみれば非常に使いにくいエネルギーなのです。水素というエネルギーを考えない限りは、なかなか再生可能エネルギーなり何なりが使えないかなというふうに結びついてくるわけです。最初から水素エネルギー社会ありきということでは決してないですけれども。

【森田委員】 わかりました。

【可児委員】 将来的原子力といったとき、核融合とおっしゃっていますけれども、そこに入れている特性は、主にコストだと思うのですけれども、それは核融合ならではのことが入っているのか。

例えば、これからの先進的な原子炉とかF B Rとかの原子力でも、そこに入れている入力条件を達成できれば同じように入っていくと見ていいのかどうか。

【伊藤浩吉氏】 同じような計算をすれば入ってくる可能性もあるかもしれませんが。ただ私もその辺はよくわかりませんが、社会的受容性がどっちが高いとか、そういうほかのファクターも考えたときに、どっちが受け入れやすいかということも出てくるのではないかと。

コストに関しては、逃げるわけではありませんけれども、私どもが全くはじき出せる代物ではありませんので、ご専門家の皆さんに想定していただいた値でスタートしているということになります。

3) 地球温暖化対策からみたエネルギー技術開発(核融合のポテンシャルと現実)について、資料検第3-1-2号に基づき、時松宏治氏より説明がなされた。

4) 本件に関し、以下の質疑応答があった。

【三間委員】 図7についてお伺いしたいのですけれども、2050年から10年、2060年まで参入の時期が遅れると、急激に発電シェアが2100年において減少するということですが、2050年というのはどれくらいクリティカルなのかという質問です。

図7は、参入時期が2050年より遅れると、急激に核融合の発電シェアが2100年において低下するという評価を示していると思うのですけれども、その一番の原因はどのように考えたらいいのでしょうか。

それとも、2060年まで参入が遅れても、2100年以降に発電シェアが上がってくる可能性があるのか、その辺のことをお伺いしたい。

【時松宏治氏】 まず、こちらの解析についての結果だけ申し上げます。

単純にいいますと、10年遅れることによって発電シェアが下がるというのは、こちらの解析の前提条件自体が、設備容量を与えて、それを満たす発電コストは幾らなのかという

のを解析したということだけでございますので、10年遅れるとその分だけシェアが下がるというのは、ある意味では当然の結果であります。

もう1つ、2100年以降の議論は、例えば温暖化対策の世界では2100年以降の議論をしても、極端なことを言えばしようがないというのは変ですけども、その世界ではそういうところがありまして、2100年以降、このまま伸ばしていくとまだシェアが上がっていくと、こちらの解析ではそういう結果になります。

ただし、次のページでご説明いたしました図8の方におきましては、ここでは核融合は入れておりませんが、他の革新的技術の明示的ないろいろなコストとかを入れていくわけですが、こういった解析で実際にたたかわせた場合、10年遅れることがどれだけ大きくなるのかというのは、まだ実際スタディしておりませんので、はっきり申し上げることができません。

【井上委員】 I T E Rでエネルギー費とキロワットアワーあたりの炭酸ガスを計算していますね。これは定常運転で電力を出したと考えているのでしょうか。

それから6ページの「12．核融合開発の難しさ」のところに、「将来の価値は割り引かれる」とありますが、これは大体みんな希望的に述べるので、現実には割り引かれるということですか。

【時松宏治氏】 表2の核融合炉の欄のI T E R - E D Aで書いているのは、ちょっと誤解を招くのかもかもしれませんが、解析当時、もう5年ぐらい前のものなのですけども、そのときのI T E - E D Aのものをベースに、もし仮に発電できたと想定したならばという前提条件のもとでやっているということでございます。

もう1つ、先ほどちょっとコメントしませんでしたけれども、将来の価値というものは、経済学の世界ですと、例えば割引率というものがありまして、例えば利子率みたいなものだと考えていただければいいのですけれども、将来の価値というものは、今現在に直すと価値が下がってしまう。ただ、それにもかかわらず核融合に対しては、今でも研究開発投資というのは高いわけですから、それだけ核融合は期待されているということだと思っております。

【大塚委員】 地球温暖化の場合で、炭酸ガスの問題とか言われるのですけれども、実は私、学生のときに、太陽からの入射エネルギーに対しある程度の割合以上が地球上で人工的に発生されると気候が変わるといようなことを習ったような記憶があります。現在、東京なんかは熱帯化しているとかいような話があって、結構厳しくなっていると思うのですけれども、地球全体で見ればまだ大したことがないので、ここら辺の問題というのは余り関係ないというか当面の地球温暖化に対しては考えなくてもいいという感じなのではないでしょうか。

【時松宏治氏】 地域でローカルに見ますと、グローバルなレベルとは、やはり環境に与える影響のメカニズム自体が違ってきますので、議論はまた別と考えた方がよろしいかと思えます。

【大塚委員】 今のこういう温暖化対策の検討には、ローカルでもやはり問題にはなると思うのですが、それは考えておられないということですか。

【時松宏治氏】 ローカルのスタディを集中的になさっている研究者もたくさんおられます。特にNO<sub>x</sub>とか、日本で言うならば公害時代みたいな話が例えば中国ではあるわけですし、日本では、ヒートアイランドの話もあるわけですし、そういった研究をなさってい

る方もいらっしゃるかもしれませんが、こちらでは世界の地球温暖化ということだけに限ってお話をさせていただきました。

【桂井委員】 先ほどの三間先生の話の続きなのですが、図7で、導入を遅れるとシェアが減ってくると。その大きな原因は図8にある新しいエネルギーの競争力がどんどん強まっていくことであるという話だったかと思うのですが、核融合もいろいろな改善が行われて、例えば極端な話、DDぐらいまでいって、それが非常に高ベータで安くなっていくなんていうようなことまで進んだ場合、この導入が遅れて比率が下がっていくということは、逆転するとか改善される可能性はあるのですか。

【時松宏治氏】 結局、ここで与えましたコスト条件と設備容量の前提条件を満たすのであれば、ここはトカマクの前提条件で議論はしているわけですが、ほかのタイプであっても、同じ議論は通じるのではなかろうかと思います。

【桂井委員】 トカマク前提だけど、トカマクの例えば3分の1ぐらいの発電コストのものでできたらどうなるかとか、そういう議論はされていないわけですか。

【時松宏治氏】 こちらではまだしておりません。

【長崎委員】 今の桂井先生のご質問と似てしまうのですが、6ページの13番のところに、「Early action vs Delay action」とあるのですが、先ほど、2100年以降については、温暖化の話をしてほとんど意味がないと言われました。温暖化のことを置いておいたとしたときに、そうすると、今度は例えばエネルギー源として考えたときに、エネルギー源の基幹として核融合を位置づけたときに、「Delay action」というのが本当に意味があるのですか。

もちろん、安くなればよいという話もあるのでしょうけれども、そのときは、ほかにも安くなっているはずで、「Delay action」というのがエネルギー源として本当に意味があるのかというのは、私はちょっとわからなかったもので、その辺のお考えを教えてくださいませんか。

【時松宏治氏】 エネルギー開発という面と学術科学という面で分けた方がいいと思います。「Delay action」といった場合、私の意見では、もう少し学術とか科学という面で、プラズマあるいは核融合というものが社会に対して貢献できる、すなわち、意味があるというような考え方がいいのではなかろうかと思っております。

【長崎委員】 学術的な面というものが、どれだけの価値があるのかということは、人それぞれだと思うのですが、先ほどいろいろなお金の話をされていて、例えば図12を見ますと、太陽光の発電に対しての開発費は、先ほど年間数十億円ぐらいという話があったと思います。おそらく、国民は、エネルギー源として、クリーンエネルギー源を得るために年間数十億円かけることを認めているわけですね。

同じように考えたときに、本当に「Delay action」ということに対して、どこまでお金をかけることを国民は許してくれるのかという議論はきちんとされているのですか。

別にこれは核融合に限りませんが、この「Early action」と「Delay action」、そこにすぐに役立つものと100年後に向けての学術という面で、本当にどこまでそういうものがあるか。これはおそらく一般の原子力とかほかのも全部そうだと思うのですが、その辺の議論はどうなっているのか教えてくださいませんか。



【時松宏治氏】 一般的にどうなっているかということまで私が申し上げることはちょっとできません。単に問題提起として、こちらで提起させていただいたということでありませう。

【石谷委員】 時松さんが言われるような学術的という意味でこういうことをやられるのは、私はそちらの方面が専門ではないからよくわからないけれども、少なくとも説得力はあると思うのですけれども、このCO<sub>2</sub>の削減ですとかエネルギー問題で考えたときには、実用的な可能性がどのくらいあるかということはかなり表明しなければならない。そういう問題では、コスト的にどちらがよりリスクが低くなるかという話に必ずなると思います。

ただ、私も門外漢として聞いていると、いつもこれは、将来エネルギー問題の解決になるということで、何年も何年もやってきております。それが延び延びになっているような印象を受けるので、むしろ最後の6ページのところにいろいろ時松さんが書いていらっしゃる13項目のところに、今までどうだったかということをもうちょっと説明していただいた方がわかりやすい。

要するに、この何十年でできるとか50年で実用化するとかというような話だったのが、私が理解するかぎりでは、現実の進行状況はそのテンポが少しおくられているように思いますので、一体何が問題で、これから30年先、50年先にどこまでいくかということと一緒につけていただかないと、見込みだけでまた議論されて、やはりこれはまた延びるのかなと考えざるを得ないということかと思えます。そういった疑問もありますので、その辺について、是非、一度何かの機会に整理していただきたい。

【藤原座長】 非常に大事な視点だと思います。そういうことをある程度突っ込んで議論するために、この会議をやるわけです。ですから、一連のこのエネルギーとか環境の問題、それから原子力政策の中でどう考えていくんだというようなところのお話を伺った後で、リアクターの設計またはその展望というものは議論したいと思っております。

【岡野委員】 先ほどの桂井先生のご質問にちょっと私の方からコメントをしておきたいと思えます。

将来、すばらしいDD炉ができれば、ちょっと遅れてもすごい勢いで入るかというお話なのですけれども、多分、この時松さんの解析には既にそれが入っているような、実質的にそれが読み取れるデータがあるはずだと思うのですね。図6の右に「MC S c a s e」という点線がございますけれども、この「MC S c a s e」は、初期装荷トリチウムなしでトカマクがスタートできるという前提で計算されてますので、次の核融合炉の分のトリチウムを増殖しなくても次の核融合はつくれますという状況で、これはDD炉のケースとまさに一致しているわけですね。

ですから、これは何が制約をしているかということ、世界の建設キャパシティというか、1年間に着工できるのは100台ぐらいだろうとか、そういうので制約されているのですね。この立ち上げの速度は軽水炉の過去の歴史よりもはるかに早いはずですよ。

だから、すばらしい核融合炉ができたとしても、この点線は越えられないということではないかなと私は思います。つまり、図7の右で言うと上の方の点線ですね。本当に安いDD炉がもしもできれば、これぐらいにまではいける、やっぱりこんなものだというふうに読めるのではないかな。私が言って申しわけないですけども、よろしいですよ。

【時松宏治氏】 ありがとうございます。

【菊池委員】 時松先生の図7に「B r e a k e v e n P r i c e s」というのがある

のですけれども、100ミル/kWhとか 200ミルとかといいますと、すごく何か高くてもいいというふうに見えてしまうのですけれども、これのセンシティビティというのはどんな感じですか。

先ほどの伊藤理事の説明ですと、30ミルぐらいまで下がった場合には入ってくるよという話で、一方、時松先生の場合ですと100ミルでも200ミルでも入ってくるという感じのですけれども。

【時松宏治氏】 こちらのグラフの見方ですけれども、このカバレッジしている領域が参入する可能性がある領域ということでして、そのカバレッジの下ラインよりも核融合の発電導入時の「Break even Prices」が安ければ確実に参入できて、そのカバレッジの領域でいくと参入するかどうかわからない不確実な領域であり、それを超えてしまうと、経済的には、こちらの解析では参入が無理であろうということです。

このカバレッジの範囲というのは、まさしくどれだけのセンシティビティなのかというお答えになるわけですが、こちらの解析の前提条件といたしまして、エネルギーシナリオ、CO<sub>2</sub>排出のシナリオにつきましても、3つのエネルギーシナリオを前提にして、非常に大きい見積もりの場合、小さい見積もりの場合という複数のケースをやっておりますし、あと、先ほど出てきましたが、図6の方で2つ、トリチウムの制約がある場合、ない場合とありますけれども、それぞれの制約をいろいろ入れた場合の感度の幅を示しているわけですので、それだけの不確実な幅があるということでございます。

5) エネルギー・環境問題解決への核融合の役割について、以下の議論があった。

【石谷委員】 一般的に言って、これが実現すればエネルギー問題とCO<sub>2</sub>の問題の解決になるというのは、これは明らかでして、モデルを出すまでもないのですけれども、コストの前提ですとか、あるいはコストが安くなっても、安くないのだろと思いますが、それでもある限定されたシェアだけしか入らないモデル試算結果が出てくる。これは一体どうやって入れたのかというあたりが必ずしも明確でないわけですね。かなり強制的に入れているようなところが当然ありまして、そういうものをもって核融合はこれだけの意義があるとか、意味があるというふうに言うのは、ある意味で非常に危険なところもあって、誤解を招きかねない。

もしこういう結果をお使いになるのであれば、前提条件を非常にはっきりさせるということと、どうしてそこでとまるのかというのは、さっき伊藤理事にもご質問したのですけれども、投資の問題ですとか、そういった経済的な問題である程度限定されているというのが多分基本にあると思いますが、それも仮定次第ですから、そのあたりを明確にさせんと、こういうモデルでこのくらい普及するとか、これだけ意義があるという言い方は少し気をつけないといけない。

モデルを用いた場合、何でもそうですが、そういった前提条件が気になりますので、その辺を扱われる上で注意したらいいかなと思う。

【森田委員】 私も石谷先生と全く同意見でございますけれども、ただ、今日、お二方が出された資料は、この核融合炉の将来を考える上での大変いい材料だと思います。非常にバランスのとれた材料だと思います。

この2つのご発表の共通したメッセージというのが、やはり、地球温暖化問題に役に立つためには、何とか2050年ぐらいにマーケットに参入してほしいという大変に大きな期待でありますし、それから逆算しますと、伊藤理事のおっしゃられたように、2030年までに何とかプラントの実証を終えてほしいという声でございます。それにこたえなければ、なかなかうまくいきませんよというメッセージではないかと思えます。

さらに、2050年にマーケットに参入した後、コストをぐっと下げていかなければならない。そのためには、マーケットでいかに競合しながら取り引きされるかということが一番大きな条件になってくると思う。そのところで、今、核融合というものを、国産の技術、あるいは特に先進国だけの固有の技術として開発するのではなく、ある程度いろいろなところで参入させて、これがある種のテクノロジーとしてグローバルに取り引きされるようにする。あるいは最近、ITなんかでも、わざわざそれをオープンにしてマーケットで取り引きされるようにしているように、非常に革新的な工夫をして、コストを下げるということが求められていますよということを多分おっしゃっておられるのだと思います。だから、それをフィードバックして核融合の計画を見直していただければありがたいなと、私はそういう感想を持ちました。

【藤原座長】 核融合にとって非常に厳しいご要求だと思います。これは時松さんの資料6ページの項目13のところに書いてある、の「世間感覚で議論できるための設計、シナリオ作りが必要」ということと、の「現実的なロードマップが必要」ということにつながってくる。

【井上委員】 先ほどからお話の出ているロードマップというのは、前にも核融合のほうから出してはいるんですね。開発戦略検討分科会報告書の、ちょっと何ページにあるかわかりませんが、例えば103ページのところはJT-60まででしょうか。その後、材料の開発が170ページにありますけれども、全体がどこかにあって、確かに2030年ではありませんけれども、実用化までは2050年で、発電の実現の方はもっと早いというシナリオだったと思います。

ここでのご指摘は、もっとそれをきちんとしたロードマップにすることで、30年後に自信が持てるようなロードマップをつくるのだらうと思いますけれども、それもこの検討会の一つの仕事になっているわけですね。今やっているように、外からのいろいろなご意見を伺いながらやるのが一つ。

それから、先ほどからコストの話が出てきますけれども、いろいろなエネルギー源についてのコスト、キロワット当たり何セントかかるかという話は、時間の関数で変化していくのではないかと思います。ただ、CO<sub>2</sub>回収装置付きの石炭火力が将来どうなっていくとか、その辺については、今度は核融合の専門家はわからないものですから、その辺の変動分を入れたようなシミュレーションというのができないのかどうか。これは時松さんへの質問なのですが、そのあたりは何か考慮されているのでしょうか。そうしないと、核融合がいつまでたってもほかより高いということになります。これが真なのかどうかというのはわからないですね。

【時松宏治氏】 私どもの研究法では、CO<sub>2</sub>回収技術は入れております。

【井上委員】 ですから、それとほかのエネルギー源と比べてどちらが有利かという話に発展していかなければいけないと思うのです。CO<sub>2</sub>回収そのものがほかの経済環境のもとでの係数みたいなものとして出てくるのかどうかということです。

【時松宏治氏】 一連の解析について、例えば図8なんかはCO<sub>2</sub>回収分離技術を入れたときの解析の結果であります。それから、こちらは発電でしか示しておらず、CO<sub>2</sub>削減量では示してないのですが、CO<sub>2</sub>削減量で示したときには、例えばCO<sub>2</sub>の分離処理技術というものがそれなりの割合だという結果も出ています。

【井上委員】 そうすると、核融合の努力目標も、その辺を参考にしながら考えていけば

いいということなのでしょう。

【時松宏治氏】 先ほどからいくつかご質問をいただけてます図7の方でも、CO<sub>2</sub>分離回収技術を入れた場合の解析結果であります。

【森田委員】 多分、時松さんのシミュレーションでは、あらゆる技術に対してコストが下がっていくということは非常にフェアに入れていらっしゃると思います。一般的にそのコストの下がり方というのは、将来よくわかりませんものですから、かなりフェアに入れています。

だけれども、問題なのは、最近の例えば原子力の技術のコストです。最近のこのコストをプロットしてみますと、ほかの技術のコストが下がっているにもかかわらず、原子力だけは下がってないのですね。そこところが非常に我々は不安なのです。

それは、いろいろな要因があると思うのですが、やはり技術開発だけではコストは下がらなくて、それがどんなふうにマーケットで導入されていくかということが一番大きな要因を占めるのではないだろうかと思われたいです。そこをうまく乗り越えていっていただきたいというむしろ期待になるのですね。

【菊池委員】 先ほどの、先進国だけではなくて、途上国がかなり入ってこなくてはいけないという観点から見ると、まずITERの中に中国が入ってきているというのは非常に大きなインパクトがあるのかなと思います。

それと、時松先生がおっしゃるように、2030年までに何が約束できるかは非常に重要だと思います。そういう面で今日の議論を聞かさせていただく限りは、2050年ごろからちゃんと入るとというのが非常に厳しく問われているということから見ると、そのための資源の配分、原子力分野における資源の配分というのはやはり大きな問題になってくるのかなと思います。

時間さえたてば済む話だけではなくて、しっかりとしたシナリオとそれに伴う資源配分の問題をよく考えていかないといけないと思います。

【藤原座長】 非常に大事な視点だと思います。今後の作業の一番根幹にかかわるところですので、また引き続いて次回以降もご議論をお願いしたいと思います。

6) 第三段階における炉工学研究開発の進捗(日本原子力研究所)について、資料検第3-2-1号に基づき、高津委員より説明がなされた。

7) 第三段階における炉工学研究開発の進捗(核融合科学研究所)について、資料検第3-2-2号に基づき、今川委員より説明がなされた。

8) 第三段階における炉工学研究開発の進捗(大学その他)について、資料検第3-2-3号に基づき、寺井委員より説明がなされた。

9) 報告書案の詳細構成(案)(資料検第3-3-1号)に関し、以下の議論があった。

【藤原座長】 前回、「報告書案の詳細構成(案)」をお渡ししてありますので、特にこの場で、この構成を大幅に変えてほしいというようなことがありましたら、お聞きしたいと思います。

この詳細構成案は、大体この委員会がチャージされた事柄について、こんな項目で書かなければいけないだろうということをつくったものであります。フィックスしたわけで

はありませんので、これからご意見をいろいろ取り入れていきたいと思っておりますが、この項目、章立てについて、何か特にご意見はありますか。

【井上委員】 大分変えた方がいいような気がするのですが、第４章を第３章の前に持っていた方がいいのではないかという感じですね。基本計画についてまず説明して、それから進め方というところに持っていた方がいいのではないかと思います。

それから、第３章に書いてある基本的進め方の中に、「原子力エネルギー開発の中での位置付け」とありますけれども、これは何となく核融合をやっているのここへきて、しかも位置付け、進め方ではなくて位置付けとありますので、少しどこかに持っていた方がいいような感じがします。

それから、その次の「各種閉じ込め方式の位置付け」もやっぱり進め方と書かないとですね。あるいは位置付けを書かないか。

それから、進め方の中に、下の４．３とか４．４、研究開発の分担とか資源配分というのが入るべきではないか。それだけ感じました。以上です。

【藤原座長】 いかがですか。確かにそうですね。研究開発の分担、資源配分というのは進め方に入るのですね。それが最後の章、第４章になると。全体の大きな大枠の構成はこれでよろしいでしょうか。

【三間委員】 ４章の４．２．２の「核融合研究の学理的展開」というのが、どうもここで要求されている議論すべき全体の項目と整合性がとれないのではないか。むしろ言うならば「先進核融合方式による研究の展開」という形で位置づけるべきではないかと思うのですが、いかがでしょうか。

【藤原座長】 これは、最初に申し上げましたけれども、科学技術学術審議会の核融合研究ワーキンググループで議論されたことの枠を尊重するということがあります。

【三間委員】 当面はそれで結構だと思うのですが、ここの議論はもう少し先まで見た話だと思います。もちろんそれは尊重して、現状、それから近い将来についてはそういう話はあると思うのですが、ワーキンググループの中でも、たしかそういう３段階のグランドプランがあると思います。それは開発を見ての話でございますので、ここの学理的展開という形で、極めて制限したような形の章だてにしなくても、ワーキンググループの結論とは矛盾しないと思います。

【藤原座長】 これはどうですか。いろいろ核融合研究ワーキンググループをやってこられた小川委員の方からお願いします。

【小川委員】 おっしゃるように、核融合研究ワーキンググループは、今後１０年、２０年を見通した核融合開発の重点化、効率化という観点でまとめております。それで、今、三間委員がおっしゃいましたように、３０年後、５０年後の開発という意味ではWGでの議論の枠を越えているという見方ができるのかと思います。

それはそれとして章だてするのかもしれませんが、章だての議論に関しては座長の考え方に従います。まとめ方、ワーキングとの整合性という意味では、私は以上のように考えております。ワーキングは１０年、２０年のところを見据えたものを議論しまして、具体的にはまた来週、次回会合で議論させていただく予定です。

【井上委員】 この問題を考えるに当たって、国がどういう評価をして予算をつけている

か、その物事の決まり方ですね。そういうところをコメントするような章かなんかあってもいいのではないかという気はしますけれども。

【藤原座長】      もう少し具体的をお願いします。

【井上委員】      例えば、ITER計画懇談会でやったりとか、総合科学技術会議が予算つけるに当たってはどういう評価をして、それが各省庁へどう流れていくとかですね。余り必要ないのでしょうか。つまり、資源配分とかいう話が出てくるものですから、そういうところに思い及んでしまうわけですけども。

【藤原座長】      少し考えさせてください。

10) 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】      それでは、次回の予定ですが、もう一つ重要な部分として、この検討会のチャージの中にある「原子力政策の中における核融合の位置づけ」という点の位置づけというようなものを、今後、ご審議いただいて、報告書に書いていかなければいけないわけでありまして、ここにおいでの方の可児先生と長崎先生にひとつ、今のいわゆる原子炉、原子力と核融合のそれぞれの役割、意義というものを原子力の側から見てどう考え、展望されているかというのを伺いしたいと思っております。

それもしろいろな意味で資源だとか安全性、環境社会との適合性だとかですね。廃棄物の問題もあるわけですが、そういうようなものを含めて、少しお互いに核融合と核分裂の役割とか総合性というようなものを少しお話をいただくとありがたい。

それから、基本的にはこの開発戦略検討分科会報告書の第1章のところに、全体エネルギーの展望、原子力との関係、いろいろ書いてございます。これは核融合炉側の人間がそれぞれいろいろな、もちろん原子力の分野の人のご意見、エネルギーの専門家のご意見を伺って書いたものでありますが、その後、いろいろな検討の進展がございますので、その辺も含めて、この第1章について少しコメントをいただくということをお願いをしたいと思います。

それからもう一つは、小川先生のスケジュールの関係で、本当は25日にやろうと思っていましたけれども、次回(16日)に、今の大学のいわゆるいろいろな展開している研究というものについてどう考えるかという議論を少し始めたいと思っております。最初ですので、核融合研究ワーキンググループのフィロソフィーが何であったかということから少し議論を進めたいと思います。

よろしくお願いいたします。

以上