

核融合研究開発基本問題検討会（第20回）議事録

1. 日 時 平成16年3月23日（火）13：30～16：00
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、植弘崇嗣、大塚道夫、岡野邦彦、小川雄一、菊池満、高津英幸、寺井隆幸、長崎晋也、藤原正巳（座長）

〔招聘者〕

林 巧（日本原子力研究所トリチウム工学研究室主任研究員）

齊藤正樹（東京工業大学原子炉工学研究所助教授）

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〕

伊藤早苗、井上信幸、桂井誠、岸本浩、高村秀一、西川雅弘、松田慎三郎

〔文部科学省〕

山口良文（核融合科学専門官）

青山 伸（原子力安全課長）

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20-1-1号 ITERの安全確保について

資料検第20-1-2号 核融合炉の安全研究について

資料検第20-1-3号 核融合炉システムの安全性について

資料検第20-2-1号 核融合研究開発基本問題検討会（第19回）議事録

机上配付 ITERの安全確保について（ITER安全規制検討会報告書）

6. 議事内容

1) ITERの安全確保について、資料検第20-1-1号に基づき、文部科学省原子力安全課の青山課長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】 今、いろいろ委員会の報告があるということでしたが、この報告書というのはホームページかどこかで見られるのですか。

【青山課長】 はい、御覧いただけます。それから、当然ながらこの検討を公開でやらせていただきましたし、昨年3月の取りまとめをする前、それから昨年11月に最終的な報告を取りまとめる前にご意見をいただく期間を4週間設けまして、ご意見をいただいて進めております。その結果も含めまして、私ども文部科学省のサイトからダウンロードすることができます。

【井上委員】 ITERで今発電するかもしれないということなのですが、これは、最初からそれについて検討するというわけではなく、進捗状況に応じて規制を考えるという部類に入るのですか。

【青山課長】 現在のところ、「真空容器内のいろいろな装置があっても、その装置の健全性は保たれますか」というのが私どもの課題でございまして、発電をするところまで技術的にできれば非常に結構なことだと思いますが、そういうモジュール自身を持ち込むことが実験装置として想定されているというところは理解しております。

その発電をするシステムについては、例えば原型炉、あるいは実証炉というところまでは当然いかならないものではないかなと今は考えていますが、そこは非常にその計画がうまく進んで、かなりの長時間運転が安定的にできるようになって、そういうモジュールでやるので少し変更しますということであれば、そこでまたそれまでの結果をいただいた上で検討をさせていただくということになるかと思えます。今は、少なくとも発電モジュールを持ち込むことが排除されていないということと私どもは理解しております。

【菊池委員】 規制のあり方を段階的に実験の推移に応じてやっていただけるという考え方は非常に画期的といえれば画期的なのですけれども、こういう実験装置の場合には特に大変ありがたいと思うのですが、国内でそういう形態で柔軟に規制をやっているという事例は今までにあるのですか。

【青山課長】 段階的という意味で言えば、例えば大型放射光のビームラインが増えるごとにどんどん追加の変更をしていただいたということはありますが、その場合には、特に根本的に変わるというものではなく、例えば今の核融合で検討されているようなD-DをD-Tに変えるというような大幅な変更というものではないものですから、そういうところは未経験です。少なくともD-Dの実験という意味ではJT-60で先行の経験がありますので、そういうものも踏まえながらどういうふうに見ていくのが最も適切なのかということを考えました。

もう一つ、国際機関の特殊性として考えなくてはいけないのは、敷地境界より外に放射線、あるいは放射性物質を出してもらっては困る、少なくとも基準を超えて出しているというには困るということはあるのですが、境界内での安全確保については具体的には国際機関が持つということになります。そこについても、私どもとしては少なくとも日本の国籍を持った方も参加するということを前提に考えれば、最低限私どもが国内で標準として持っているところは確保していただかなくてはならないというところがありますので、そういう点ではどういう形で安全確保をされるのかということも含めて、よく相手の機関のお話を承っておく必要があります。もちろん私どもとして出すリクエストというのは、当然今私どもの持っている障害防止の観点から見れば、すべてICRPの勧告、あるいはIAEAの基準を踏襲して進めておりますので、ITERの国際機関にとっても受け入れられるものだと思いますが、そこをきちんと議論させていただかなくてはならないと思っております。

【伊藤委員】 今、最後に言われた国際的なコンセンサスについてですが、もし段階的に変えるということになった場合、各国に現存する規制との整合性をつくっていく見通しはあるのでしょうか。

【青山課長】 ITER自身が初めて核融合を本格的に実現する装置ということで、先

行する規制の例がなく、各国どうやるかというのは、それぞれ基本的には設置された国の国内法に基づきますということで合意がとれております。そういう意味で、ほかの国の規制の枠組みと調整をするということが全然必要ありません。

ただ、例えば今フランスと日本が候補地として残っているわけですが、フランスですと、ITERは原子力法の中で基礎科学装置としての位置付けにあり、新たなタイプの施設であるということで、安全の拳証責任はすべて設置者、所有者、運転者にあるということになっていますので、規制当局に「こういう形で安全を確保します。それでいいですか。」ということを出して、規制当局が「これとこれを満足してくれればいい」あるいは「さらに検討した結果を出してください」と回答するというようなやりとりをしながら進めるようですので、そういう点では私どもがとろうとしている方法と実質的には同じだろうと思います。

【伊藤委員】 何か法律的な問題で、どこかが引っかかってしまうというような点については大丈夫なのですか。

【青山課長】 そういう点では、私どもは設置を確認します。確認というのは、日本の事業者について見れば許可、大学の場合には承認ということになりますが、そういう行為があって、その後、より施設が具体化していく中で、それぞれの各段階を見ていくというのが従来の原子力施設での規制の考え方ですので、その点では問題はないと思っています。

あくまでも事業者の側、つくる側、運転する側で安全がきちんと確保できない限り、規制側としては実はどうしてもない部分も当然あります。その責任関係を明確にするという観点からも、透明性を確保して規制の進めたいと考えています。そういう点では、従来の原子炉の法律の体系にある設置の許可、設計工事の方法の認可、それから検査というような手続と同じもので今想定して組もうとしておりますので、法体系自身に違うものを持ち込むという形には多分ならないのだと思います。

ただ、唯一違うとすれば、ITERの場合は最大性能を直ちにさせないというところが多分一番大きな問題点なのだと思っております。その点で実験を阻害するような形の規制にならないようにするにはどうしたらいいのかということをお勧めして進めたいと思います。もちろん、それで安全が確保されているという前提の上ですけれども。

わからない部分に対しては非常に保守的な規制にすれば済むのですけれども、それでは実験装置として成立しないことになってしまうと考えているものですから、そこはどのような考えで段階的に進められるかということも含めて、よく建設する側と話し合いを進めていかなければいけないと思います。

【伊藤委員】 安全性の基準をつくる時に、いわゆる確率をパーセンテージで示すというような考え方は存在するのでしょうか。

【青山課長】 原子炉施設の確率論的な評価という並びで、核融合にそこまで今持ち込めるかどうか、そんなに明らかではないのでありますが、いずれそういうものにしていかなくてはいけないのだらうと思っています。ただ、私どもは試験研究炉を所管させていただいているという点から見ると、かなり難しいところがあります。

というのは、一品物がほとんどでして、なかなか横並びというか、アナロジーをとるだけのデータベースをそろえられるのかどうかということで自信がない部分があります。そういう意味では、今回のものについてもかなりの部分は原子炉でこれまで行われてきた基

準などが適用されてくると思われるのですけれども、そういうことも含めてどういうふう
にコードなどに組み込めるかというところだと思います。これはまだ実際の物をつくら
れる側との綱引きの部分があり、なかなか議論が成立しないかもしれないというところが若
干私どもは実は懸念を持っております。

I T E Rの場合、特に6つの国からそれぞれ物納される機器で全体を統合しよう
という話になっているものですから、我々は悲観的にいつも考えて、一番品質保証精度の悪
いところの水準で考えなくてはいけないのかということで、実は悩ましく思っています。
それで、これについては日本機械学会、原研をはじめコード化の努力もされていると承っ
ておりますが、なかなか足並みがそろわない。正直申し上げて、あまり関心を持っていな
い参加国もあるというのが私の印象であります。そういう点からも、とにかく早くサイト
決定が行われて、全体の作業が展開していかないと物事が先に進まないという感じがしま
す。

【今川委員】 既存の法律との関係で、例えば高圧ガス保安法という国内の法律があり
ますけれども、それとの関係はどうなるのでしょうか。

【青山課長】 それは申し訳ございませんが、推進側にご質問をしていただいた方がよ
ろしいかと思えます。私どもは、あくまでも放射性物質、放射線に対する安全という観
点での安全の確保を担当いたしております。

当然、安全については、設置される国の国内の規制を適用するということございま
すので、規制はされます。今の高圧ガス保安法の対象になるものがあれば、国内の事業
者と同等にそれは規制対象になると思えます。

【植弘委員】 放射線障害防止法との兼ね合いなのですが、これは新たなある種の放射
線発生装置として定義されることになるのですか。

【青山課長】 放射線障害防止法で仮に規制をするとすれば、荷電粒子を加速してとい
う放射線発生装置の今の定義に含めるのかという点については議論があると思えます。
ですから、核融合実験装置として1章立てて別な形で規制することも考えられます。

実は放射線障害防止法の方は、放射線発生装置については使用前の遮蔽性能を見てお
りますけれども、それ以外の部分については炉規法に今ある仕組みをいろいろ使おうと思
っているところがありますので、全く独自に考えた方がいいのではないかという意見もあ
りますが、そこはまだ議論の余地があります。そういう点では、I T E Rのために独自の
枠組みをつくるということの方がすっきりしているのではないかというような議論も内部
ではしております。

【桂井委員】 I T E Rのサイトが六ヶ所に決まったとして、隣接する再処理工場の安
全問題に比べて、I T E Rの安全問題はどうか違ってくるのでしょうか。また、もし例えば中間
地点の道路上で放射線漏れが検知された場合、きちっとその原因がアイデンティファイ
されるような体制まで考えられているのでしょうか。

【青山課長】 まず、I T E Rの場合には、いわゆる原子力施設で求められている災害
対策が必要ないという点が大きな違いだと思います。

それから、中間地点の道路上で放射線漏れが検知された場合には、当然ながらこれはリ
アルタイム計測をしていただいているので、もし両方で同時に起こった場合にはどう評価

するのかという割りつけの問題というのがあるかもしれませんが、それぞれの設置者はそれぞれのところで何が起きているのかというのを当然把握しているということが前提になると思います。

【桂井委員】 地域全体をきちっと統一してモニターできるのでしょうか。

【青山課長】 それぞれ独立に事故が起きた場合に問題があるかないかという検討は当然しているわけですが、その地域全体で事故発生の同時性があるかということではあまり議論にならないのではないかと考えております。独立にそれぞれ評価して十分に安全であることというのは、まず評価しなくてははいけませんし、当然ながら隣接してそういうものがあるということは知っているということが大前提です。

【小川委員】 将来の核融合炉の規制をどうするかという観点で考えた場合、ITERの規制と違ってくる条件は、核融合出力の大きさなのか、あるいは発電をするかしないかという点なのか、もし、その辺を委員会で議論されたことがあるのであれば、教えていただけないでしょうか。

【青山課長】 この検討会自身はITERを大前提にお話しをさせていただきましたのですが、1つは原子力についての現在の行政が続くか続かないかという問題があると思います。どこが責任を持つのかという点では、現在のITERについては文部科学省で原子力の面からは見させていただきますけれども、エネルギー発生装置ということになれば、現在の行政体制がそのまま続いていけば経済産業省ということになります。

それから、先ほどITERについて申し上げたところの崩壊熱密度が小さい装置であるという点に対し、崩壊熱密度が大きくなっても、十分に耐える材料があって、冷却のシステムを持っていなくても成立するというシステムであれば、今と同じ考えでいけるのかもしれませんが、そこはどういうふうに技術が展開していくのかということに依存しているのではないかと考えています。

【伊藤委員】 最後に、いろいろ考えていきますと、いわゆる学者ベースの問題と政府のいわゆる法律をつくるという問題が前途にあると思いますけれども、ということは、ひるがえって考えますと、日本が新しいいわゆる世界的な安全基準をつくる中心となるという可能性があるということですか。

【青山課長】 はい、それはITERが世界で初めての装置であるという点に依存しているところでありまして、フランスにつくられても日本につくられても、世界で初めて標準となるような安全確保の手続が完成していくと思っております。

3) 核融合炉の安全研究について、資料検第20-1-2号に基づき、日本原子力研究所トリチウム工学研究室の林巧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。

【菊池委員】 先ほどの青山課長のお話に関連して質問したいのですが、ITERの場合は真空容器が閉じ込めのバウンダリーということで、これの健全性が非常に重要だと思うのですが、先ほどITERの場合は崩壊熱密度が小さいからこういう

規制体系でいいのではなかろうかというお話がありました。発電実証プラントに向けてそれが変わり得るのは、真空容器の温度が高くなるかならないかという点で決まると理解してよろしいでしょうか。

【林巧氏】 基本的には、いわゆる一次障壁にかかるエネルギーのソースタームをどういうふうに制御できるかということに尽きていると思います。1つは温度でございます。もっと違う要因（圧力や電磁力など）に対しても一次障壁の健全性が確保されるといったことがITERの現状の安全確保の概念をそのまま適用するというのであれば重要になってくると考えております。

【小川委員】 後半のフェーズで用いるテストモジュールブランケットをいろいろ今考えていると思うのですけれども、そういうものに関して、安全対策との関係での解析は、今どうなっているのか、教えていただければと思います。

【高津委員】 テストモジュールについては、少しわかっていることをお答えさせていただくと、ITERのテストモジュールとして想定される試験体の寸法とか作動流体の温度、圧力、それからビルドアップ等がわかっていますので、ITERの条件のもとで水漏れが起こったときの予備的な評価はやってございます。それで、今のITERの先ほど紹介があった圧力逃がし系で十分対応できて、2気圧を超えないという評価をして、そういった内容はITERチームとすり合わせをして、こういったモジュールなら一応予備的な評価としては受け入れられるというようなすり合わせはやってございます。

【井上委員】 専門家として一般の人から聞かれたときに答えなければいけないような立場になる可能性もありますので、少し定量的なことをお尋ねしたいのですけれども、今ここに書いてありますように、ITERの廃棄物量は運転直後に3万トンですね。これが100年たつと6,000トンになる。この6,000トンというのは一辺が10メートルの立方体ぐらいらしいですね。それで、その6,000トンの中の一部の一番長寿命の核種は半減期が20万年ぐらいなのですか。そうした場合、もともとの3万トンとこの6,000トンというのは分離できるのですか。

【林巧氏】 少なくとも、この運転満了時と100年後で廃棄物量が違いますという話は、冷却期間として例えば何年か置いたとき、その時点で適用できるであろうクリアランスの考え方のもとで、切断をして適切に分離をしたとすれば、この程度の物量の廃棄物量にまで低減できますという試算でございます。例えば30年ぐらいの冷却で埋めたものにつきまして、放射能が減ったからといってそれが再度掘り返して簡単に分離できるかといったことではございません。ただ、少なくとも現状の廃棄物の基準から考えたときに、この程度までは適切に切断をして分離をすれば低減できると考えてございます。

【井上委員】 それで、3万トンから6,000トンを除いたうちの大部分というのは100年たつと触れても大丈夫で再利用できるようなものなのでしょうか。

【林巧氏】 基本的に、再利用する、しないというのは別の観点が必要でございます。あくまでもここで言っているRI研究所等廃棄物を含めて、その濃度レベル以下のものにできるということで、今後の原子炉の廃炉のプラクティスに応じて現実的にクリアランスができるかどうかということもございまして、放射性核種濃度上は問題ないレ

ベルまで低減できるという以上のことはなかなか言えないかと思います。

【井上委員】 もう一つ、100年たった場合に石炭火力の放射能よりは弱くなるというのは正しいのですか。

【林巧氏】 もともとこの図は廃棄物量として比較をしたものでございますので、高を含めて、そのレベルを直接比較した例ではございません。

【藤原座長】 この問題は非常に大事ですね。要するに、核融合炉というのは安全だと言うけれども、もちろんトリチウムの問題はあるけれども、廃棄物というのは量が多いのか少ないのか、どのぐらいの放射能があるのかというのを一般の人がちゃんと理解しないと、数字で出されても、核融合がどのぐらい安全なのか、なかなかわかりにくいのですよ。

【井上委員】 そうですね。しかも、うかつに下手な数字を出して、後で違っていたということになると問題です。

I T E Rの排気設備でトリチウムを99%除去するという話ですが、残りの1%は煙突から出るのですか。

【林巧氏】 はい。

【井上委員】 それはどれぐらいの放射能と考えてよろしいのですか。

【林巧氏】 基本的に、これは平常時から動いてございますので、管理の基本といたしましては、いろいろなもので定められております濃度限度を守ることになるかと思えますし、事故時については要するに放出される量がどの程度かということに依存しますけれども、保守的にみて最低でも99%は除去する性能は持ったものであるということが実績から評価されています。(実績としては99.9%以上の除去性能あり)

【植弘委員】 真空容器の健全性は維持されるという前提で多分この全部の仕組みが動いていると思うのですが、ディスラプションが起こったときに、例えば真空容器が破壊したときに何が起こるかという想定はしなくていいのですか。

【林巧氏】 基本的に、設計上は、そういうディスラプションの荷重ですとか、いろいろな荷重も含めて、当然健全なように設計します。しかし、かなりのR Iを内蔵してございますので、それが破れたときにどうなるかといったようなことは想定する必要があらうと考えてございまして、そういった状況でも十分安全が確保できるといいますか、影響が緩和できるような設備を備えなさいというのが文部科学省でまとめていただいた安全確保についての基本方針の基本的なところかと思えます。

ですから、そういった意味での影響緩和設備の性能評価といったものは、今後安全確認をする中で、きちっと評価していただくようなことにならうかと思えます。

【植弘委員】 私が言ったのは外壁が破壊した場合についてです。つまり、今これは外壁は維持されるという前提なのですが、ディスラプションが起こったときのエネルギーを吸収する構造体が多分外壁ですよ。違うのでしょうか。

【林巧氏】 真空容器等の設計上はそういったものもきちっと吸収するような形で作るのですが、それとは全く別として、要するに放射性物質を部屋に放出するといいますが、そういった想定をきちっとして、それでも環境に対して影響が緩和できるような（排気塔や建家を含めた）影響緩和設備というものはきちっと備えますということでございます。

【植弘委員】 それはよく理解しているのですが、ディスラプションが起こったときに外壁が損傷を受けるかどうかというあたりに関しても評価されているのでしょうか。

【松田委員】 それは当然評価はしています。そして、外壁が壊れないように設計するのだけれども、仮想的に壊れた場合という前提を置いて、外部のプロテクションを考えるわけです。

【藤原座長】 話が2つあって、1つはディスラプションが起こったとき、その荷重に耐えられるような構造の設計になっている。だけれども、何かとんでもない破天荒なことが起きて、真空容器が破れたときに、外部（環境）に対する被曝がどうかという評価もちゃんとされているというのが今のお答えですね。

【植弘委員】 それは、そのレベルで理解したつもりなのですが、ディスラプションが起こっても、真空容器ではなくて、建物の方は維持されるという前提で今ここに計算されているけれども、ディスラプションが起こったときに、建屋の方に対するエフェクトというのはどの程度に評価されているのでしょうか。

【林巧氏】 （ディスラプションで建家に影響がある可能性ということ）一番考えられるのは、例えば冷却水が噴出して圧力異常が起こるといったようなことかと思います。あとは、ディスラプションが起こって、いろいろなことが起こっても、要するに核融合反応自身はすぐに止まってしまいますので、熱的な話とか、そういったものも含めて、特に建家への影響の問題はありません。

そのような冷却水放出による圧力異常の事態が生じたとした場合でも、予備的評価では百mmA q ぐらいの圧力異常が起こる程度だったと記憶してございまして、特段大きな荷重がかかって、外側の建物に影響を与えるということは基本的にはないと考えてございまして。

【大塚委員】 4ページのところですけれども、真空容器内の「共堆積層の堆積」とありますが、共堆積層というのは一体どういうものなのでしょうか。それから、その下に発電実証プラントでは「低減」と書いてあるのですが、それはどうしてでしょうか。

【林巧氏】 今、ITERで想定されている真空容器内の壁の中に炭素系の材料がございまして、ダイバータの一部に炭素系の材料が使われてございまして、今の大型トカマク等々、いろいろな実験の延長線上で考えますと、炭素とトリチウムといいますが、水素同位体が結合いたしまして、真空容器内とか、いろいろな第一壁の上に堆積するという結果が出てございまして。そのトリチウム量を大体1キロ程度以下に制御をするという目標になってございまして。

【大塚委員】 ダストとは違うのですか。

【林巧氏】 ダストもあるのですが、それよりはどちらかということ、壁に堆積していくようなものと考えていただければと思います。

【大塚委員】 簡単には動かないということですか。

【林巧氏】 そうですね。フィルムのようなというか、場合によってはそういったようなものと考えていただければと思います。

発電実証プラントでは、「低減」と書いてございますのは、今のところの想定としては、発電実証プラントでは炭素系の材料というのは第一壁やダイバータといった真空容器内構造物の表面には使用しないか、あるとしても、運転温度が高いとか、その共堆積層というのは温度が高いとトリチウムが堆積し難いという傾向もあると聞いてございますので、いろいろな意味で発電実証プラントでは真空容器内のトリチウム堆積量については低減されるだろうと考えてございます。

【大塚委員】 放射化ダストは、例えばブランケットを交換したりする際、中に遠隔操作の機器を入れるときには多分掃除しないといけないと思うのですが、共堆積層というのは、別に掃除しなくてもそれほど安全上問題はないという感じですか。

【林巧氏】 ITERにつきましては、少なくとも定期的に共堆積層に取り込まれておりますトリチウムを低減するというような運転を別途実施することにしてございます。遠隔操作で除去するかどうかというのは今後の課題ではございますけれども。

【大塚委員】 いやいや、メンテナンスの際、遠隔操作の機器を中に入れるときに、多分ダストはとらないといけないと思うのですが、共堆積層というのは、特にそう簡単に吹けば飛ぶようなものではないのでとらなくてもいいという感じなのですか。

【林巧氏】 そうだと考えてございます。

【大塚委員】 はい、わかりました。どうもありがとうございました。

【高村委員】 コメントをしますと、今の共堆積層に関しては、もしトリチウムの量が非常に多くなれば、やはり今の大塚委員のお話は問題になってくるので、その辺はちょっとご訂正いただきたいと思います。

【林巧氏】 トリチウム堆積量が多くなればトリチウムの雰囲気への移行の可能性という観点からは考慮を要する課題であり、取らなくても良いということではありませんので、訂正いたします。

【菊池委員】 先ほどの植弘先生のご心配なのですけれども、プラズマのディスラプションというのは、リング状の電流に関して生じるものですので、建屋のところでの磁場というのは、距離の三乗に比例してどんどん小さくなっていくのですね。ですから、実質的に建屋のところでのディスラプションに伴う磁場変動というのは非常に小さい。しかも真空容器とかクライオスタットという導電性のもので囲まれていますので、いわゆ

る磁場がシールドされてしまって、変動も小さくなります。

そういう面で、基本的にはディスラプションに伴って建屋に働く電磁力は非常に小さいと考えられます。ですから、それが影響をするということはほとんどないと思います。むしろ地震の方が非常に荷重としては大きいのだと思うのですけれども、それについては免震装置で対処することになっています。そういうところが本質的な部分かと思います。

【藤原座長】 植弘先生の質問は非常に大事だと思います。要するに、今までの説明というのは、コミュニティのそれも専門家でないとわかりにくいのですね。

【玉野参与】 誤解を受けるといけないので申し上げておきますが、電磁力というのがショックウエーブを出す可能性があって、今までにも電気機具の破壊のためにショックウエーブで建物等に影響を受けたというようなこともありますので、そういうことも考えておかないといけないのだらうと思います。普通の意味での電磁力だけの概念で考えるのはいけないと思うので、その辺まで考えられていると思います。

【松田委員】 玉野先生のおっしゃるショックウエーブとは何ですか。

【玉野参与】 電磁機器が破壊したときに、それから生じる電磁波が一方向に伝播するという現象ですね。

【松田委員】 ただ、今議論になっているのはディスラプションの話なので、ディスラプションが起こるとショックウエーブが生じるのかというふうに誤解されます。

【玉野参与】 要するに、電流が流れているコイルの破壊が生じることを想定すれば、その辺まで考えておかなければいけないのだと思いますけれども。

【高津委員】 ディスラプションの破壊のお話であれば、多分そういう電磁現象としては非常にショックウエーブ的な短い時定数での挙動が起こることをご指摘なのだと思いますけれども、一方、構造物の応答というのは構造物のまた時定数がございますので、どれだけ早い変化が起こっても、せいぜいITERとかJT-60のようなクラスであれば、ダイナミックな応答をするレベルということで、ダイナミックな評価をしておけば、おそらく機器の健全性という意味では十分なのだらうと思います。

【長崎委員】 先ほど、井上先生が廃棄物量の話をしていましたけれども、おそらく、誰がどこにちゃんと責任を持って最後に処分してくれるのかということまである程度考えていないと、これは青森県が引き取ってくれるのだよねというぐらいの気持ちだったら、おそらく嫌だと言われてしまうのではないかという気がするのですけれども、これは誰が処分することになっているのでしょうか。

【林巧氏】 基本的に、先ほど来の計画のとおり、20年の運転の後、5年間の除染期間を経て、その後、そのもの自体がホスト国に移管をされることとなります。

ですから、当然、日本が国を挙げて誘致をするという段階におきましては、その辺のところも含めて日本がきちっと処分をするということを考えなければいけないというのが前提だと思います。

【長崎委員】 おそらく日本が処分するのは当たり前のことだと思うのですが、例えば普通の原子力発電所から出た低レベルの廃棄物ですら、300年の管理期間をもって日本原燃が処分しているわけです。そういうものに対し、安全評価をしてみないとわからないですが、例えば、同じく300年管理してくださいと要求されたらどうするのかとかいうことは少しは考えておいた方がいいのではないかと。

それは核融合屋さんではなく処分屋さんの問題だよというのではなくて、電力はおそらく知らないと言うに決まっていますので、そうすると文部科学省の管轄なのかどうかかわからないですが、それはちょっと考えておいた方がいいのではないかと。検討が必要なのは物量だけではないと思います。

【青山課長】 先ほど申し上げましたように、ITERが終わった後の廃棄物の安全の確保については、埋設ができるようにということで制度の展開をお願いしているところですが、そもそもその基本にあるところは、先ほどちょっとおっしゃられた電力というのは、今回のITER計画ということで考えれば全く関係ない形で、電力で処分をされるということはあると思います。

要は廃棄物については、皆さんご承知のとおり、排出者責任ということですので、皆様が例えば放射性同位元素をお使いになっても、皆様がお使いになったものは皆様が処分をする責任があります。これは原則ですから貫いていかなければいけない。そういう意味で、少なくとも現在埋設処分ができていう点では、原子力発電所から発生する低レベルの廃棄物について、六ヶ所村で原燃が処分をしているということでございますけれども、それと同じように、どういう仕組みになるのかというのは今後の展開になるかと思っておりますけれども、責任を持って処分をする体制をつくっていただかないと私どもとしても困ります。それは国民の皆様を代表して安全を確保するという立場の我々にとっては避けては通れないというふうに理解しております。

5) 核融合炉システムの安全性について、資料検第20-1-3号に基づき、東京工業大学原子炉工学研究所の齊藤正樹氏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。

【長崎委員】 2つ簡単なことを教えていただきたいと思っております。

今日は安全性ということで、基本的に事故時みたいな話をずっとされていたと思うのですが、定検のときの安全というか、定検のときの被曝はどうなのでしょう。トリチウムがあるところには弁があって、弁は普通は漏れるとか思うのです。そういったときの、いわばそういう定検などの際の安全性については、どれくらい研究が進んでいるものなのでしょう。

もう一つは、ダストということをやっと言われていたのですが、ダストの粒径は大体どれくらいになるのでしょうか。

【齊藤正樹氏】 二つとも原研さんからお答えすべき点だと思いますが、ITERの点検の仕方というのは、私はよく知りませんが、ある部所を取り替えなければいけないというのは、よく聞きますね。そうすると、真空容器を開けたりすることは十分あり得るわけです。構造材が持っている放射能にさらされないような工夫を遠隔操作とかでやると思うのですが、開けたときに出てくるダストが真空容器の設置されている建物の中にこぼれてくると、後々、掃除も大変になりますので、真空容器内のダスト

トをきれいに掃除をするということは非常に重要なことではないかと思えます。

ダストの大きさについては私はデータを持っていません。ただ、いろいろなところで実験をやってデータをとっていると思えます。容器内に空気が入って、それがまた出ていくわけですが、そのときにダストが巻き上がって一緒に出ていかないかとか、そういう研究も原研でやられておまして、何十マイクロンか、非常に小さなダストもあると聞いております。

【林巧氏】 ダストについては、タングステン・ダストなんかだと平均粒径が大体20マイクロン程度だというような資料は報告されてはございます。

【齊藤正樹氏】 これからこういうデータをどんどん集めていく必要があるとは思いますが。

【林巧氏】 作業従事者の被曝という観点では、局所排気をするとか、いろいろなことが経験上重要だと考えてございまして、ダストの管理という点では、原子炉での経験を含め、いろいろなフィルターの開発というのが進んでございまして、そういったものが十分適用できると思えます。

トリチウムにつきましては、原研の施設で大型機器のメンテナンスや開放点検を含めて、いろいろな経験を積んでございまして、局所的な排気をすることで、特に被曝の経験もございませぬし、当然、ITERでは遠隔操作を含めて実施するわけですが、トリチウムプラント機器なんかでも、経験としては問題なく対応できるものと考えてございまして。

【長崎委員】 ありがとうございます。

【齊藤正樹氏】 ダストの粒径は、水蒸気との反応のときなどにも重要になってきますね。酸素との反応のときでも表面積で効きますので、ダストは細かければ細かいほど、同じ200キロと言っても表面積は増えますから、その反応する量が増えてくるわけですね。だから、そういう意味でも粒径というのは大事です。

【桂井委員】 事故や故障が起こってからどうなるかという話の前に、それがどうして起こったかということになると、劣化とか人為ミスとかになると思うのですが、その辺の確率というのはどうですか。

【齊藤正樹氏】 確率というのは、故障確率ですか。

【桂井委員】 そうですね。つまりトリチウムが放出される、配管が破れるというのは、劣化で破れたり、あるいはバルブの操作ミスとかもありますが、そういうことが起こる確率です。

【齊藤正樹氏】 2つあると思えますね。機器の故障確率みたいなものと、人為ミスが起こる確率があるのですが、非常に難しい話だと思えます。

機器については、まず異常な発生を防止するために、非常にクオリティーの高いものを使いなさいよという考え方があるわけですが、十分マージンをとっておきなさいよというものもあるわけですね。それが、マージンをどんどん減らしていけるかどうかというせめぎ合いに一つはなると思うのです。

そういうふうにして選んできた機器が、今まで産業界で原子力発電所も含めて使われてきたものであれば、その故障確率というのは使えると思う。全く新しい機器については、そのデータはないものですから、よく似たメカニズムを持っているものから、それをさらに分解して、スプリングがどうだとかと分解して見積もっていくことが、一つは可能かもしれませんが、新しい機器については、やはりデータベースをこれから蓄積していく必要があります。それがITERの実験炉の装置の役割でもあると思うのです。ITERでいろいろなところを確認していく。

それから人為ミスについては、基本的には人は間違いを犯すものであるということを前提にして、特にコントロールパネル周りは設計すると思いますけれども、それはITERだから特にどこかの確率が極端に変わるということはありません。ただ、炉心を守ればよいという観点で事故対応をするのと、あちこちに分散しているうちのどこが漏れたというところに常に気を配っておかないといけないというのでは、多少、人の対応の仕方は違うかもしれない。

そういう意味では、ちょっと言葉は悪いのですが、核融合炉システムは、わりとゲリラ戦で来るのではないかと。どこから来るかわかりにくいなというのを、これはあくまでも私の印象ですけれども、そういう感じがちょっとしております。

【小川委員】 藤家先生の時代から、核融合は分散系だという視点で、非常に貴重な研究をされていますけれども、その辺の経験から教えていただきたいと思えます。

今まで、フィッション関係ですと、多重防護、深層防護などの安全工学的なコンセプトが出てきました。そういう観点で見たときに、こういう分散系というものに関して、各論ではなく一般論として、そういう安全工学上の考え方のコンセプトというものは何かあるのか。また、そういう分散系の安全解析というのは、ほかの分野では例えばどういうものがあるのか。

その辺を教えていただければと思います。

【齊藤正樹氏】 まずは方法論ですけれども、玄人の私が知る限りでは、あまり無いのではないかと思います。すぐPSA（確率論的安全評価）的な発想の持ち込みをするのですけれども、非常にシステムがこんがらがって、分岐ツリーをなかなかつくりにくいというのがあります。

一つあるのは、これは自分たちの宣伝ではないのですが、藤家先生当時からつくられた、GEM-SAFE（General Methodology of Safety Analysis and Evaluation for Fusion Energy Systems）という考え方、コンセプトですね。先ほどお見せしましたが、例えばこういう事故が想定されますよというものを切り出したのも、この考え方で分析をしてきたわけです。これは単に安全評価をするという意味だけではありません。例えばある設計が出てきたときに、その設計をこのGEM-SAFEの考え方でアプライしまして、どこに弱点、弱いところがあるかを分析し、ここはこういうふうに1枚板を入れる、あるいはトリチウムの配管で、ここに一つ分岐点を設けておくことが安全上非常に重要ですよということを、設計側に提案できる方法論であります。

ある事象があって、その事象がどういうふうに進展をしていって、それが結果的に安全であるか安全でないか、そういうコード、モデルはいっぱいあります。個々にですね。だけれども、どういう事象を選定すべきかが問題となります。安全設計を確認する上で、いわゆる原子炉の場合は設計基準事象というものが選定されるわけですが、どういう事象を選定すべきかということを網羅的に、いろいろな事象を包含した形で切り出しておかないと、ある事象が落ちていたということでは困るわけですね。

だから、そういう意味で、このGEM-SAFEという考え方は、そういう事象を包含した形で切り出してこれという意味では、唯一の考え方ではないかなという気はしております。確率論的にやろうとトライしている人はたくさんいると思いますけれども、なかなかうまくいっていないのではないかと思います。

それから、分散系でよく似たものがないかということですが、燃料サイクルがまさに分散系だと思うのですね。燃料サイクルは燃料物質がサイクルシステムの中に回っていますから、そういう燃料サイクル技術というのは、まさに分散系である。だから、あちこちでウオッチする必要がある。炉心だけ集中管理するのではすまない。だから、そういう意味での経験はあると思うのですね。

【高村委員】 冒頭で先生は強いところを幾らかカバーしてもいけない、弱いところを検討しないといけないと言われました。それに対して、分散系でゲリラ的であるというわかりやすいご説明がありましたけれども、これまでの先生の解析では、弱いところというのは、ここでは真空容器周りのソースタームというところを少し触れられていますけれども、特にどういう点が一番弱いというふうにお感じになっていますか。

【齊藤正樹氏】 まず真空容器周りのソースタームというのは、放射性物質としては、吸蔵されたりはしていますけれども、全体から見るとたくさんたまっているのですね。吸蔵されている限りは出てこないわけですが、ある条件下ではそれが出てくる可能性がある。だから、その条件をうまくクリアするようにしておかないといけないと思いますけれども、先ほどからも話がありましたダストの問題でもそうですが、ダストというのは、まだよくわからない部分もあるわけです。

そういう意味で、先ほどお見せしたソースタームの図では、ダストを動きにくい部類に入れていますが、実はダストみたいなものは動きやすい部類のところに入ってくる可能性があります。だけれども、ダスト吸塵機でどんどん掃除すればいいのではないかと、量は減るよという対応もありますけれども、もし動きやすい部類にそれだけの量が入ってくると、これはかなりシビアにその部分に対応する必要があるのではないかなと考えます。というのは、バウンダリーが破れると、そのままふっと出てくる可能性が大いにあるわけですから。

そういう意味で、ダスト関係、あるいはダストにしみ込まれているトリチウムとか、そこら辺のダストの挙動というのは、これは軽水炉でも経験がないものですから、非常にシビアに今後見ておく必要があるのではないかと、研究が非常に重要ではないかと思えます。

7) 今後の予定等について、藤原座長より説明があった。

以上