

第 2 5 回原子力委員会定例会議議事録

1. 日 時 2006 年 6 月 27 日（火） 10：00～

2. 場 所 中央合同庁舎 4 号館 7 階共用 7 4 3 会議室

3. 出席者 近藤委員長、齋藤委員長代理、木元委員、町委員、前田委員
内閣府 原子力政策担当室
戸谷参事官、森本企画官
文部科学省 原子力研究開発課
中村課長
海洋研究開発機構 地球シミュレータセンター
渡邊プログラムディレクター
日本原子力研究開発機構システム計算科学センター
平山システム計算科学センター次長
中島シミュレーション技術開発室長

4. 議 題

- （１）高速増殖炉サイクルの研究開発方針について－「高速増殖炉サイクルの実用化戦略調査研究フェーズⅡ最終報告書」の評価報告書－骨子（案）
- （２）【特定テーマ】原子力とシミュレーション技術について
- （３）原子力委員会議事運営規則の改定について
- （４）その他

5. 配付資料

- 資料 1－1 高速増殖炉サイクルの研究開発方針について－「高速増殖炉サイクルの実用化戦略調査研究フェーズⅡ最終報告書」の評価報告書－目次（案）
- 資料 1－2 高速増殖炉サイクルの研究開発方針について－「高速増殖炉

サイクルの実用化戦略調査研究フェーズⅡ最終報告書」の評価報告書－骨子（案）

資料 2－1 地球シミュレータ

資料 2－2 原子力機構におけるシミュレーション研究－3次元仮想振動台の研究開発を地球シミュレータとして－

資料 2－3 原子力機構におけるシミュレーション研究－シミュレーション研究・体制の概要

資料 3 原子力委員会議事運営規則（案）

資料 4 第24回原子力委員会定例会義議事録（案）

6. 審議事項

(近藤委員長) それでは、第25回の原子力委員会定例会議を始めさせていただきます。

本日の議題は、1つが、高速増殖炉サイクルの研究開発方針について-「高速増殖炉サイクルの実用化戦略調査研究フェーズⅡ最終報告書」の評価報告書-骨子をお詰めいただくことになっています。それから、2つ目は特定テーマで、原子力とシミュレーション技術についてということであります。それから、3つ目が原子力委員会議事運営規則の改定について、その他となっています。よろしくお願いいたします。

最初に、議事録です。

(戸谷参事官) 後ほどまた議事運営規則の改定ということもありますけれども、本日はまだ案という形で資料出していきますので、もし何か直すべき点があればお願いします。

(近藤委員長) 資料第4号です。いかがでございましょうか。後でご議論いただきますけれども、前回お話ししましたように方針を変えようかということで、確認という作業は省くという方向にしたいと思っておりますけれども。今は議事運営規則で確認することになっていますので。

よろしゅうございますか。

はい、ありがとうございます。

(近藤委員長) それでは、最初の議題。

(戸谷参事官) 高速増殖炉サイクルの研究開発方針についてということでございまして、文部科学省中村課長よりご説明をお願いいたします。

(中村課長) おはようございます。文部科学省の原子力研究開発課長の中村でございます。資料1-1号と1-2号に基づきまして、現在文部科学省で進めております、3月に報告されました「高速増殖炉サイクルの実用化戦略調査研究フェーズⅡ最終報告書」の評価の状況をご報告申し上げたいと思います。

まず、資料1-1にございますように、現在私どもの委員会で議論しております内容を見ますと、大綱に従いまして、最終的には研究開発方針をまとめようかと考えてございます。それをまとめるに当たって、最終報告書の評価をすると、こういうような骨格で議論が進められておりますので、報告書のタイトルにつきましても、「開発方針について」ということで、そのサブタイトルとしまして最終報告書の評価報告書であることを示したいと考えてございます。

その報告書の骨格でございますけれども、現在3部構成を考えてございま

す。第一部につきましては、全体の総論のようなところになってございます。技術的な事項につきましては第二部のところに詳しく書きまして、第一部の 3. の（3）がそのアブストラクトのような形になる予定でございます。

それから、第三部におきましては、第二部での検討を踏まえてとりまとめた研究開発計画と、それから今後の進め方、このようなものを取りまとめまして、これを要約しものが第一部の 3. の（4）に入っている、このような形でまとめようという方向で議論を進めてございます。

この報告書でございますけれども、最終的には 10 月にとりまとめる予定で現在作業が進んでございます。そのための中間とりまとめを、本来であれば 6 月のつもりで進めておったんですけれども、若干作業がおくれてございまして、現時点では 7 月中にまとめる方向で進めてございます。中間とりまとめの段階では、ここの 1. から 6. まで何とかラフな形でも形に整えたいなというふうに思っております、おおよその研究開発の課題あるいはロードマップが出てくることを想定してございます。

その上で、この研究開発課題や計画を達成するためにどんなふうな研究開発の進め方をすればいいのかということで、7 月以降、8 月になってから検討したいと考えてございます。

全体の骨格はこのようなものでございますけれども、次の資料の第 1－2 におきまして、それぞれのところでどんなことが議論されておって、書かれようとしているのかをお示しするために、骨子をまとめてございます。こちらの方でご説明申し上げたいと思います。

まず第一部でございまして、第一部は先ほど申し上げましたように、全体のとりまとめになってございます。この中の 1. 高速増殖炉サイクルのビジョンというところで、原子力を巡る情勢としまして、エネルギーセキュリティの確保が必要だということ、あるいは地球環境の問題が社会的な問題になっておるとということ、そのような中で、電力供給について我が国はベストミックスという考え方で進んでおり、その中で原子力に役割が与えられておるとということ、特に原子力については二酸化炭素の発生が少ない、あるいは基幹電源であるとともに、安全性ですとか管理の問題ですとか、核拡散抵抗性とかそういう問題もあるということを書きまして、こういう中で、将来の原子力である高速増殖炉サイクルの体系がどのような役割を担うことになるのかということ（2）で書こうと考えてございます。

現時点においては総発電電力量の 3 割から 4 割ということ以上の目標はないものですから、現在これをベースにして私ども議論しておりますので、これを書くとともに、エネルギーセキュリティとしてどんなことがあるのか、

あるいは放射性廃棄物の管理としてどんなメリットがあるのか、核拡散抵抗性に対してはメリットとしてどんなものがあるのかを書いていきたいと思っています。

さらに2. では海外の動向を書こうかと考えてございます。その上で、日本のこれまでの研究開発の動向を(2)、(3)の方で書いてみたいと考えてございます。特に(3)のところではこれまでも研究開発を続けてきておって、国際競争力が日本は世界の中でもトップグループにあるでしょうというようなことを書いてございます。

このような海外の動向あるいは日本が持っているポテンシャルを踏まえた上で、3. としまして研究開発の必要性を訴え、(2)で、であればその研究開発はどのような開発目標でいくのかということと5項目、「安全性」、「経済性」、「環境負荷低減性」、「資源有効利用性」、「核拡散抵抗性」等をご紹介しまして、これに見合うものとして、現在の知見で見通される最も可能性のある実用プラントをご紹介をすることを考えてございます。炉としては、ナトリウム冷却高速増殖炉、燃料サイクル施設としては先進湿式法再処理、簡素化ペレット法燃料製造ということが現在の議論の方向となつてございます。

研究開発の進め方については、まだ7章のところで未検討ですので十分書き込めておりませんが、これまで議論があったところでは、国、特に文部科学省、経済産業省、この2者でございますけれども、それと原子力機構、ユーザー、メーカー、このようなところでリクワイヤメントを含めてしっかりと研究開発に反映させるという体制が大事なのではないかとということ。あるいは、定期的なチェックアンドレビューをしながら段階的な研究開発を実施するという、特に本件につきましては今後5年、10年が重要であるということ、それから、国際標準を目指すためにも国際的なチェックアンドレビューを検討しなければならないのではないかとということ、現時点においては、最後の項目にしてございますけれども、2010年2015年のチェックアンドレビューのときに政策判断が行われると思われましても、そのときに必要な技術的な知見を提供することが目的なんですよということ、このようなことが7. のところの要約として書き込めるのではないかなと考えてございます。

これ自身では結論のようなことしか書かれてございませんけれども、実際第二部の方でいろいろ検討をした内容を紹介したいと考えてございます。まず、4. の高速増殖炉サイクル概念の選択でございましてけれども、「選択と集中」と「柔軟性」、この両方が大事ですけれどもそのバランスをとって、

選択の考え方としては、政策的な観点から基幹電源として実用化するものであること等を挙げ、技術的な判断の視点からは、開発目標及び設計要求に適合することなどを挙げまして、その上で選択をする目標として「主概念」を１つ、それから次のページにありますように、「補完概念」を選ぶことを考え、その上でそれ以外のものは原子力の裾野を広げる基礎研究とするのはどうだろうか、ということで現在検討が進んでございます。その上で、さまざまな候補概念を紹介いたしまして、その候補概念の比較を（３）で行うということをご骨格として考えてございます。

７ページの頭のところに参考トピックスと書いてございます。もともとの評価につきましては、ＦＳの報告書を評価するということで議論しております。一方で、最近の高速増殖炉をめぐる議論の関心事項ではあるんですけれども、ＦＳの報告書には十分書き込まれていないものが幾つかございます。その中で２つほど取り上げまして、委員会の中で議論が行われたところをご紹介できると良いのではないかと考えまして、その２つの課題を現在挙げてございます。

特に海外においてタンク型の経験が随分あるということ、そういう中で日本がグループ型を選ぶということ、このあたりについてどう考えるかをご紹介したいと思いますし、あるいはＭＯＸ燃料と金属燃料の比較もご紹介した方がいいのだろうと考えてございます。

それから、その後でございますけれども、炉の次にはサイクルの方をご紹介をして、その上で最終的に候補概念の選定をしたんだという流れで考えてございます。

この選定に当たりまして、さまざまなご議論がございました。そのご議論の内容を「検討を通じて明らかになった事項」として５．に書き込もうと考えてございます。その中では開発目標や設計要求に関する事項、それから８ページになりますけれども、安全性や経済性に関する設計要求、それから増殖性能、それからＭＡ含有率の５％というものの意味等々が指摘されてございますので、そういう点についてご紹介したいと思います。

（２）は技術開発課題でございますけれども、主概念において炉では１３課題、それからサイクル関係では１４課題が特に重要な技術というふうに検討されてございますので、その点についてご紹介をし、それぞれが非常に革新的な技術でございますので、研究開発の進展によってはなかなか実現しない可能性もあるという状況も想定し、万一技術が実現しなかったときのための代替技術もご紹介をしたいと思います。

さらに、ＦＳの報告書にはないんですけれども、こういう革新技術の新た

な芽というグループもつくってはどうかという議論になるところであります。具体的には、現在「主概念」として紹介されていますけれども、まだまだ新しい技術というものに置きかわる可能性があるという議論がなされてございまして、そういうものもご紹介しておくのがよろしかろうと考えてございます。

さらにそこから先は炉とサイクルに分けてございますけれども、炉について特に議論のあった点としての蒸気発生器、あるいは２ループ化、それから主循環ポンプ組み込み型の中間熱交換器の件をご紹介をし、サイクル関係では、晶析法、それからウラン、プルトニウム、ネプツニウムの一括回収の件、それから抽出クロマト法の件をご紹介し、燃料製造についてはＭＡの取り扱いについてご紹介し、最後、共通事項としてＦＳの報告書で取り上げられていない保障措置技術、こういうものの研究開発も重要なんだということをご指摘をしたいと考えてございます。

骨子はこのように書いてございますけれども、特に全般的なこととしましては、今のＦＳ報告書に書かれてあります研究開発の目標というのが２０５０年以降、高速増殖炉の体系ができてからの技術体系を念頭に設定されているところが多いわけですがけれども、今回の議論の中では２０５０年までの過渡期における研究開発課題を明確にすることが大事なのではないか、そのときには５０年以降の課題と、それまでの課題とは若干状況は違うものですから研究開発課題自身が違うのではないかという指摘がなされてございます。

６．（１）の基本的な考え方の①というのは将来ビジョンと書いていますけれども、２０５０年以降のことを今後もちょうと継続して研究してくださいということです。現在のＦＳの報告書ではまだ十分になされていない部分として、②の将来ビジョンと現在をつなぐ部分についてしっかり研究開発をしてほしい、そのときの課題が明らかになってきているのでそこを研究開発をしてほしい、このあたりを強調したいと考えてございます。

あとは③としまして、研究開発課題の重点化として、資源配分としてどのような傾斜配分にしていくか、あるいはチェックアンドレビューの必要性を書きまして、１３ページでございますけれども、この将来ビジョンに向けてのロードマップをご紹介したいと思っています。ロードマップについては委員会ではまだ確定すべき時期ではないという意見がございます。現在、いろいろなロードマップがありますけれども、想定されるものの１つをご紹介するという位置付けでご紹介したいと考えてございます。

その上で、最後、７．でロードマップの課題を含めて進め方のポイントを

書きたいと考えてまして、恐らくここには国際協力の進め方をどう考えるかという項目も入ってくると考えてございます。

以上でございます。

(近藤委員長) はい、ありがとうございました。

今日は報告書の構成についてご紹介いただいたということでございますので、サブスタンスのところはこれからのようでございますけれども、この機会に原子力委員会として既に幾つか紙に記して申し上げているところでありますので、そのことを踏まえて、そのことを念頭に置いて、そのことも考慮してか、その辺わかりませんが、適切な作業が行われていると思いますけれども、その中間的な状況がこんなところであるということのご報告をいただいたということで、先生方のご意見をちょうだいできればと思いますので、よろしくお願いいたします。

どうぞ、前田委員。

(前田委員) 確かに今まで何回かお話しされて伺ってしまして、今までに申し上げた意見の繰り返しになることもあるかと思いますけれども、ちょっと二、三申し上げたいと思います。まず第1点目は、元々FSを始めたころは全てがFBRに置き換わった世界というものを念頭に置いて、そういう世界にもっていくためにはどうかという検討を進めてこられたわけですが、その検討の段階で今のシステムからFBRのシステムへ移行する実用化段階ということが非常に重要だというような議論が入ってきて、ここでもそういった実用化過程のビジョンを明確にすることが書かれたので、これ非常に結構なことだと思っています。ここをきちんと議論することによって研究のロードマップの現実性というか、そういうものが高まってくるのではないかと、そのように思います。

それから、課題として炉関係で13課題、それからサイクル関係で14課題が抽出されているわけですが、これは相当皆さん研究段階で議論をされて、また分科会等でも議論されて出てきた課題だと思っていますけれども。何と言いましようか、これで実用化までの取り組むべき課題が全て網羅的にカバーされているんだということを確認すると言ったらおかしいけれども、これで十分だというふうに言い切れるのかどうか、まだ何か残っているのかどうか、その辺はむしろ今は課題としてははっきりあがっていないけれども、今後出てくるかもわからない革新的な新しい中で出てくるのかな、そういうようなお考えなのか、ちょっとその辺の考え方を聞かせていただきたいということ。

そういうものが出てきて、その組み合わせで幾つかの概念が主概念、補

完概念、それから基礎的に研究するものと、こういうふうに分けられているんですけれども、これは僕は妥当な考え方だと思うんだけれども。その主概念、補完概念、特に主概念と補完概念の取組に際して、これからどういうような区別をしていくのか。例えば主概念がどうしても実現が難しいとわかったときに補完概念の取組を始めるのか、いや、補完概念はいつでもピンチヒッターとしていつでも監督から指名されたらバッターボックスに立てるように用意しておくのか、これは項目によってもいろいろ違うだろうとは思っていますけれども、それによって予算の配分や何かも随分変わってくるんだろうと思うんだけれども。その辺のざっくりした考え方、その辺をちょっとお聞かせいただきたいと思います。

(近藤委員長) どうぞ。

(中村課長) 最初の27課題の件でございます。現在の検討では、開発目標を達成するためには革新的な技術を導入しなければならないということで、その革新的な技術としてこの27課題が挙げられております。ただ、この革新的な技術ができればプラントが全てできるわけではありませんで、革新的な技術としてその部分ができるとともに、それ以外の部分もあって初めてプラントになりますので、実際にはここ以外の部分についても多くの課題があるかと思えます。ただ、革新的に取り組まなければならない27課題に力を入れて技術の実現性を確かめていこうというのがこれからの5年間なり10年間なんだろうと思っております。

革新的な技術が確定した段階で、例えば次に少し大型の施設をつくり総合力が試されていくことになるのではないかと考えてございます。

それから、2番目の主概念と補完概念への取り組みについてですが、現在実用炉として最も実現性のあるものとして見通せるものは主概念だろうと思っております。ただ、その主概念についてもうまくいかない可能性はあり得るわけですので、補完概念についても確実に技術開発を進めて、いざというときに補完概念が採用されることはあり得ると思っております。そのための研究開発の比重のかけ方をどうすればいいのかというのが次のご質問ですけれども、当面は主概念に力を入れていきたいと思えます。補完概念につきましては、海外において多くの知見があるものがノミネートされてますので、研究開発の進め方として海外との協力が重要になるのではないかと考えてございます。

(近藤委員長) 齋藤委員。

(齋藤委員長代理) 幾つかございますが、まず初めに、「高速増殖炉サイクルの実用化戦略調査研究フェーズⅡ最終報告書」の評価ということになります

と、一般的に原子力試験研究などの評価でも、最初に掲げた研究開発の目標が何であって、それに対して５年間それなりの資金と人員を投入して実施したその成果はどうであったのかという評価が始めにくるのかなと思ったのですが。今のお話を伺っていると、こういう構成になっているということで、その辺の通常の評価がどこに記載されるのかなという感じがあります。

今のお話を伺っていますと、６ページあたりに様々な候補概念の概要とあって、これがこういう炉形、再処理、燃料製造、そういうものについてケーススタディをやられたということなので、その中に入ってくるのでしょうか。なすべき評価の仕分けが余り明確でないという感じはいたしました。評価としてはきちんと過去は過去で評価し、その上でこれからやっていくものはこれが良いという議論で進んでいくものだと思います。その辺は整理の問題かもしれませんが、過去５年間の業務をきちんと評価する必要があると思います。

次に、２ページ目に、技術的な開発目標で安全性、経済性以下５項目、どこでも言っていることですが、これを掲げております。それで、これはもちろん重要な開発目標であります。私の考えでは、安全性の確保は極めて当たり前の話でありますし、経済性も成り立たないとエンドユーザーが使ってくれない。そのほかの３つはもちろん達成しなければいけません。例えば８０点、９０点台でも前の２つが達成されていれば採用されるということはあることで、逆に言うと、前の２つ、安全性、経済性は達成されていなければ３つ目以降が１００点だとしても採用されない。エンドユーザーとしては多分そういう判断をされるのではないかと思います。

それに関して、先ほどご紹介いただいた炉とサイクル合わせて２７課題あるということですが、こういうものが全て成立して、初めて経済性が成り立つということになりますと、では、逆に提案している革新的な技術というものが成立しないで代替案になった場合に、例えば経済性はどのくらい落ちるのかということも２７課題について個別に綿密によく評価しておく必要があるのではないかと思います。

この辺につきましては、先ほど５者協議会というお話がございましたけれども、そういうところでしっかりやっていただくことが大切であると感じました。

それから、一番最後におっしゃった国際協力、国際協働でありますけれども、燃料サイクル、先進的な再処理法などについては始めからある程度国際協力をやるとか、そういう戦略性が見えてない感じがいたします。

また、先ほど前田委員のご質問の主概念と補完概念でありますけれども、

両方ともナトリウム冷却で選ばれている訳です。それで要するに主概念がうまくいかなかったらそういうこともあり得るから補完概念を考えておくのだというお考えのときに、ナトリウム冷却がもしうまくいかない際に補完概念もナトリウム冷却では立ちいかなくなるということも、補完概念の選択の際に十分お考えいただいて、抜かりないようにしておくことが大切ではないかと思います。

それから、先ほどいろいろとロードマップというお話が出て参りましたが、これだけまだまだ27課題もあると、これが全てうまく目論みどおりにいくというようにも必ずしも思えない。そうしますと、当然代替案を考えていく、そういうのはやはりロードマップというよりもサクセスパスを明確にしておくということが大事ではないかと思います。

幾つか申し上げましたが、以上のような点についてもいろいろとご検討いただければと思います。

(近藤委員長) はい。何かレスポンスは。

(中村課長) 何点かございました。過去の評価を書き込んでほしいというお話がございました。これまでの研究成果をご紹介したいと思っておりましてけれども、確かに研究成果の善し悪しについてはちょっと弱いかもしれませんので、少し検討させていただきたいと思います。

それから、安全性、経済性とそれ以外の3つの間では、安全性、経済性が優先されることを前提にして、代替技術に置きかわったときの経済性をちゃんと評価しておくべきではないかというお話がありました。今後の研究開発課題の1つとして取り上げることを検討したいと思います。

それから、国際協力の戦略性が見えていないという点、これについては今後国際協力の在り方について議論をする予定でございますので、その中で取り上げ最終報告書にしっかり盛り込みたいと考えてございます。

それから、主概念と補完概念について、炉に関してはいづれもナトリウムではないかというお話でした。これではナトリウム炉がうまくいかなかったときに補完するものがないではないかというご意見であったと思います。

報告書の概念設計を見ますと、4つ絞り込まれており、この4つについて概念を比較検討しております。ナトリウム以外に鉛とヘリウムとそれから水炉がありますけれども、この中で、ヘリウムについては全ての軽水炉がヘリウムの高速炉に置きかわるのに120年かかる、あるいは水炉については二百四、五十年かかるとなっています。そうしますと、2050年に1号炉の高速炉が入ったとしても、軽水炉は寿命60年ですから、120年とすると、あと2世代ぐらい軽水炉をつくらなければならない状況になり、今の概念設

計を見る限りにおいては、なかなか社会に入りにくいだろうというご議論があったところです。鉛につきましては70年ということでしたので、まあその観点からは問題ないということでしたけれども。

社会にどのように導入していくかを考えると、今の設計において高速炉としての有用性を十分に生かしているのかどうか議論になりますので、こういう結論が導かれようと現在しております。ただ、設計によっては全く違う設計というのもあり得ありますので、ここについては、主概念や補完概念というほどに傾斜配分するかは別にして、その傾斜配分の仕方については別途議論しなければいけないと思いますけれども、基礎的には必ずちゃんとやっていかなければいけないと思っております。

それから、最後に、ロードマップといってもいろいろなものがまだあるので、サクセスパスをちゃんと明らかにしていくべきというご指摘でございました。

研究開発課題を挙げたいと考えてますけれども、何年ぐらいにはどれくらいの成果を出すのかというような形で明らかにしていくことを考えてございます。恐らくこのような研究開発課題だけではなくて、制度、改正といった全体的な判断やサクセスパスもあろうかと思っておりますので、こういうものは段階的な研究開発の中で総合的な判断の節目において全体を評価し、明確にしていくものと考えてございます。

(近藤委員長) 町委員。

(町委員) もう既に委員会としていろいろコメントを出していますので、それをできるだけ尊重していただきたいなと思うんですけれども。私の1つの懸念というのは、この研究開発を進めていくためのリソースがかなり限られるというわけですね。人的リソース、財政的なリソース含めてですね。しかも時間も2025年実証炉造設目標と、できるだけ早めるという方向もあるわけで。その中で、いかに効果的にこの戦略を進めていくかということだと思うんですが、そのためには1つはやはり補完概念というものに対してどのくらいリソースを割くのかという決断が非常に大事なんですね。それを決めるためにはやはり主概念の技術的信頼性を十分見きわめて、主概念がしっかりしたものであればもうそれに集中していくとか、そういうような評価が大事なかなと思います。

それから、もう1つは、国内の人的資源も限られているわけで、これをJAEAのみならず民間あるいは大学の先生方等の知恵を活用する、産学官一体の取組というものを、5者協議という話もありましたけれども、大変いいことだと思うんですが、実際の協力を行う体制についてこの骨子の中に余り

見えていないので、ぜひ具体的に取り組をしっかり決めていく必要がある。

それから、炉についてはナトリウム冷却が主概念で信頼度は高いんだらうと思うんですけども。再処理については先進湿式・簡素化ペレット法というのを主概念として選定したときの実証的な根拠というものが比較的に見えにくいというふうに感じております。

それで、これ第3フェーズの再処理を進めるに当たっては、チェック・アンド・レビューを入れて段階的に研究を進め、プロセスの最適化とかを炉に比べるとより厳しく進めていく必要があると感じております。

以上です。

(近藤委員長) 何かいいですか。

(中村課長) リソースの分配、この辺は非常に重要なことだと思いますし、推進体制も非常に重要なことだと思いますので、研究開発の進め方の議論をする際に、ご趣旨も踏まえましてご議論していただきたいと思います。

それから、再処理と炉を比べた場合、再処理関係の方が実証的な根拠が薄いのではないかとのご指摘、私どもの委員会でも炉と比べますと再処理の方が難しいというか、データが炉と比べて不足しているという意見が出てございます。再処理あるいは燃料はそういう意味では遅れているので、しっかりと研究をしなければならないという意見が出ており、その辺は報告書の中に反映させていきたいと思っております。

(近藤委員長) どうぞ。

(木元委員) 今日はフェーズⅡの報告書のまたその評価の報告書という形でお示しいただいた。これは骨子案とあり、構成の案ということですね。それに関して申し上げるべきことなのだと思いますので、一言。この骨子案は、頭の中で非常にスムーズに流れていける構成だと考えています。ただ問題は、この後に展開される書かれるべき内容と、それからその内容の表現ぶり、これがどうなるかによってまたちょっとニュアンスが変わってくるということもありますので、そここのところは次の段階でぜひ読ませていただきたいと考えます。

それから、一般的に関心があるのはやはり7ページで、町委員も前田委員もおっしゃったんですが、主概念の今後の研究開発の進むべき方向ということで、具体的に日本はどうするのかと関心を持って皆さんごらんになると思います。そこで、ここを一番きちんとして書いていただきたいと思います。

それから、もう1つは、何といたっても第3部になると思うんですが。さて、日本はこれからどうするのか、この研究はどういうことをやったのか、それがどういうふうに自分たちの生活に影響があり、日本のエネルギー戦略に反

映されるのか。このあたりの今後の進め方ですが、12ページからになりますけれども、この中でどう書いていただくのか、あるいはどのようなお示しがあるのかということに、私は非常に関心を持ち、なおかつ期待させていただきたいと思っています。

以上です。

(近藤委員長) はい。では、私からも1つ2つ申し上げます。1つは、最初のページというか、1ページですね、1の2。原子力委員会は原子力政策大綱で高速増殖炉について幾つかのキーワードを、あるいはキー概念、かぎとなる概念を述べているわけですね。その用語はほとんどお使いいただいていないと、概念も使っていないというのが第一の感想でしてね。それはしょうがないのかなと思うけれども、やはり私どもとしては昨年決めた大綱ですから、そこにある基本的な哲学というのは引き続き維持されるべきで、変更したいとするならばそういうふうにきちんと宣言をして理由を述べて変更していただきたいなという感じを持ちます。

一番大きいのはFBRについては将来の最も有力な選択肢という言葉をしたしか使っていると思うんですよね。それはやはり研究開発ですからサクセスプロバビリティ100%というギャランティはないわけですね、常に。ですから、常にそういうスタンスで謙虚に考えましょうというのがもんじゅのトラブルを踏まえた原子力界の総意だったと思う。それを踏まえてそういう用語法が使われてきたところは、今は急に変える必要は私はないと思うんです。

ですから、そのこのところがこのFBRサイクルのビジョンと書いてありますが、ビジョンというのは常に非常に大事なんだけど、原子力界の原子力のビジョンとFBRのビジョン、FBRコミュニティのビジョン、ここへ書くべきが原子力のビジョンであるべきなのか、原子力のビジョンにおけるFBRの位置付けを書くべきなのか、FBRコミュニティのビジョンを書くべきかとこれは大きな選択なんですね。原子力委員会としては、恐らく皆さん先生方もご賛同いただけると思うんですけれども、大事なのは原子力のビジョン、そこにおけるFBRの期待される役割ということになるんじゃないかなと思うんです。

その意味で、そういう目で見てみますと、例えばこのFBRサイクルが担う役割というところが非常にいろいろなことが混在してて、いつの間にか軽水炉サイクルより高いシステムを確立、これも気持ちはいいいんだけど、やや図々しいというか、ロジックを整理していかなきゃいけないというふうに。むしろそういうものを必死で追求することがビジョンの実現、つまり将来において原子力がより多くの人類に使われるためには必要だということ

でしょう。それは開発のビジョンというか開発の目標というふうに書けるわけですね。その腰の置きどころがどうもはっきりしないんです。やはり原子力界の外側に説明していくときには、そういう起承転結をきちんとしていかなければならないという意味で、最初のところは少し書き直していただけると。私としては、まず原子力界のビジョンから入っていただきたいというふうに思います。

それから、2つ目は、そうすると、そういうビジョンにおいてFBRに期待するところが、期待する性能というものがうたわれるべきなんですね。この性能は、先ほど齋藤委員がおっしゃったように、安全性、経済性に始まって環境的合理性とか廃棄物の性能とか、まさにおっしゃるように核不拡散性、それから恐らくこれからの世の中では社会的なアクセプタンス、言い換えると、ソーシャルインフラストラクチャーとのコンパティビリティということが非常に重要になってくると思うんですけれども。

幸いにインプロ（INPRO）ではアドバンストイノベーティブニュークリアシステム（INS）のサステナビリティに関する性能要求というのがまとめられている。GIFでも同じものがまとめられていますね。これはもちろんここに書いてあるように日本が提案したとすればそれはそれで結構なことなんだけれども、それが具体的であることが非常に重要なわけです。安全性と経済性がよければいいんじゃない。全部必要だと私は思います。決めた以上、その性能は全部満足しなかったらものにならないのです。

例えば、アメリカのGNEPではウェイトの性能が要求を満たさなかったら何の意味もないとはっきり言っているわけですね。廃棄物についてこういう性能をマスト、エッセンシャルな性能と自ら決めた以上はそれをちゃんと守ることが大切。そうでなかったら決める意味がないわけです。そういう開発の成否を決める性能のビジビリティが低いと思います。まず、ビジョンがあって、それを達成するために必要な性能、技術に対する性能要求というものを明確にしていきたいと思います。廃棄物あるいは核不拡散性でよりよいものとするならば、それは具体的にどういうことを要求することになるのかということについて明定しなくては開発が出来ないからです。

廃棄物について言えば、ここに軽水炉より大幅にウェイトが減ると簡単に書いてあるけれども、これはアクチナイドもロングライフもマストにするのかどうかという問題になるわけですね。簡単に書いているけれども、そこに非常に大きな選択があるわけです。今、アメリカが悩んでいるのは、そこをどこにするか、とりあえずセシウム、ストロンチウム、最も短時間発熱するものだけを取るのか、はたまたアクチナイドまで取るのかということ

すね。まだそんな技術はないという認識ですよ。ですから、それをリストに載せるということは研究開発における非常に大きな選択、覚悟を持たなければならないことですね。そういう意味の性能目標に対する覚悟というかな、ちょっとは出ているのかもしれませんが、ちょっとレベルが低いので、もう少し高いレベルにうたっていただくことが重要じゃないのかなというふうに思います。

それから、3つ目は、そうしたものが決まると、それを持てる資源を最大限に活用してビジョンを達成するための戦略を、言いかえれば資源を時間・空間展開する戦略論を示すことになる。戦略論のベースはどういうメジャーアクティビティー、マイルストーンを置くのが成功確率を高くするのか、それを持てる資源との間でイタレーションして最適化していく、そういう作業をする。R&Dがその技術の不確実性を下げていくという意味でのR&Dの規模とそれによって達成されるはずの技術に対する不確実性の低減の量というもののトレードオフをしながらその統合体としての計画をつくっていくという、そういう作業をするんだと思うんですけれども。

そこは専門家の方でご議論いただいているので十分にご議論をされていると思いますが、やはり非常に重要なのは、これが長期的な取組だということです。長期的な取組ということは不確実性が大きい、特に先の方は不確実性が大きいので今決めるべきことと今決めなくていいことの仕分けをきちっとして、決めるべきことは何かという決め方は何か、そこが非常に重要な議論のしどころだと思いますので、そのところのご苦労、多分されていると思いますけれども、重要。

それから、もう1つの観点は、進化の袋小路に入らないことということですね。これも同じことなんですけれども、余り早く決めてしまうと、後ですばらしい知恵が出てくる可能性のある道をたどれなくする可能性があるわけですね。そういう意味で柔軟性というのは極めて重要。選択と集中と柔軟性と、言葉を大変苦労して使っておられるすけれども、まさしくそのところは非常に重要な思案のしどころというふうに思いますので、ぜひ思案をしていただきたいということです。

最後の問題は、原子力委員会は本綱でもって2015年までのお願いということをしているわけですね。それは、明確な用語法を使っている。実用化像と、それを達成する研究開発計画を用意してください。国としてそれを議論できる段階にしてくださいと書いてあって、その3行ぐらい後に実証炉が適切にそこに位置付けられているべきということを書いてあるわけですね。これがリクワイアメントなんです。私としてはそういうものをちゃんと考慮

してレポートを書いていただくとありがたいなというふうに思うところです。

全体としてのコメントはそういうことです。キーイシューはその3つというか、ビジョンとパフォーマンスと、それから戦略ということになろうと思いますけれども。時間は限られていると思いますけれども、ここで10年間のことを決めるわけですから、あるいはさらにもっと先のことも関係しているわけでありますので、骨太という表現は適切かどうかわかりませんが、全体としてはこれらについて骨太のところを決め、10年間の活動については十分議論してということかと思います。後で歩きながら決めていいことについてはまた後で決めるという、そういう意味の重点的な検討を進めていただくことが適切なのかなというふうに思っております。

何か。

(中村課長) 難しいところなのでときどきご相談させていただきながら、教えていただきながらでないとなかなか書けないこととかあるので、よろしくお願いいたします。

(近藤委員長) それから、これは全く些細なことで、今コメントすることではないのですが、各国における「研究開発計画の急進」とあるけれども、どうしてそんな表現になっちゃうのかなと思います。

(齋藤委員長代理) 私もくだらないからやめておこうかと思ってやめたのですが、急進とか、その次の急激な拡大計画とか、このような表現はないですよ。

(近藤委員長) 高速増殖炉の世界と原子力の世界とをミックスしちゃっていませんか。ちょっとバブリーな表現ですよ。あなた方はもうバブルが終わった時代に生きていたからあまり気にならないかもしれないけれども、我々はバブルを経験した世代だから、バブル的な表現についてはややセンシティブなんです。

(齋藤委員長代理) ロシア、インド、中国は前から計画されていたわけでありまして、フランスもあって、たまたまGNEPが出てきたぐらいの話であり、急激な拡大計画という言葉は直していただいた方が良く私は思っていましたけれども。

(近藤委員長) はい。それでは、今日は骨子ということで感想を述べさせていただきました。ありがとうございます。

(近藤委員長) それでは、次の議題。

(戸谷参事官) 次は特定テーマで、原子力とシミュレーション技術についてあります。原子力研究開発機構の平山次長と中島室長、それからあと海洋研究開発機構の渡邊ディレクターにお出でいただいておりますけれども。まず

最初に、海洋研究開発機構渡邊プログラムディレクターからお願いします。
(近藤委員長) お忙しいところありがとうございます。よろしくお願いします。
(渡邊プログラムディレクター) では、海洋研究開発機構地球シミュレータセンター、渡邊と申します。よろしくお願いします。

私どものは、地球シミュレータと申しまして、約4年ちょっと前に開発が完了し運用されてきております。当初は地球温暖化ということを中心にメインテーマとして開発が開始されました。ただ、それ以外にもこれは当時、今もそうなんですけれども、世界最大級のコンピュータですので、必ずしも地球科学だけではなくということ、他の分野、例えばナノとかバイオ、そして原子力、核融合などのエネルギー分野にも解放して参りました。

これが地球シミュレータですが、この回りの黒っぽく見えているのがコンピュータでして、640台ございます。これが全て1対1で結ばれている形で、あたかもこの640台全体が1個のコンピュータとして使えるという特徴を持っております。

右側に示しておりますのはその計算資源配分ですが、地球科学という部分が、いろいろな地球温暖化ですとか地震とかが行われている部分です。それから、計算機科学、先進・創出、ここまでが公募課題でして、毎年1月から2月に公募いたしまして、課題選定を行ってやっております。

25%の特定プロジェクトというのは、国からの資金で計算資源を買い取って行っているものでして、特に地球温暖化というのを中心に共生、防災というところにメインを置いたCREST、それから産業連携という形の戦略活用プロジェクトです。

ここで関係があります原子力関係は、公募課題の先進・創出という分野、つまり、地球シミュレータを使わなければならない仕事というのは必ずしも地球環境じゃないという立場からつくられている資源分野なんです。この中に原子力がありまして、ちなみにここに直接関係している原子力プロジェクトを4課題を挙げておりますが、これ以外にも乱流ですとか、あるいは構造解析という、もっと広い形での原子力関連プロジェクトが走っております。

この先進・創出15%の計算資源がありますが、このうち約3分の1が原子力関係と考えていただくと結構かと思えます。

成果を一部ご紹介するんですが、原子力直接の話というのはこの後、専門の方がされますので、私の方はむしろその周辺分野をご紹介いたします。

まず、地球温暖化ですが、これは電力中央研究所による研究でして、横軸が西暦、縦軸が全球の平均地上気温です。この温暖化といいますのはCO₂の濃度がどうなるかということについて国際的に幾つかシナリオが想定され

ております。電力中央研の場合は、1つのシナリオは2100年にCO₂を550ppmで安定化した場合、それから二つ目は750ppmで安定化をした場合。それから、もう一つは750ppmまで増加したんだけど、2150年に550ppmまでCO₂を減らすことができた場合、3つの場合についてシミュレーションを行いました。

これは1900年から2000年にかけて既に1度温度は上がっているわけですが、これでいきますと550ですと何とかもう1度ぐらいの上昇で済むということなのですが、750ですとこれは温度は上がり続ける。750から550に2150年にCO₂を減少させることができたとして、そうすると温度は下がってきて、めでたしめでたしかなと思ったら、実は北極・南極の氷は溶け続けて海面上昇はとまらないということがわかりました。

それで、これだとせいぜい上がっても2度とかそのあたりだから余り大したことないだろうとお考えかもしれませんが、これは全球を平均しているということにある種のトリックがありまして、次に示しますのは東大の研究結果ですが。これは1900年との温度の違いを示しております。白くなっちゃうと1900年と比べて12度上がることになります。現在、2016年、2017年ときておりますが、こう見ていただくと極域で温度がかなり上がってきているのがわかります。つまり、全球を平均して2度とか3度とか上がったとしても、実際に上がっているのはこの極域ですとかあるいはチベット、このあたり、つまり寒いところが上がってくる。だから、全球で2度とか3度というのは大したことないじゃなくて、こういうところで恐ろしいことになっていると、こういう話です。

これは、今、中国のCO₂の排出量が非常に心配されておりますが、今後やはりそういう中国の排出量が多い2つの大きな要素は電力と鉄鋼だというふうに聞いておりますが、やはり原子力化するということの重要性を示唆しております。

それから、これは地震でして、東京大学の地震研のレポートなのですが、このコードは一昨年、紀伊半島沖、いわゆる東南海地震の際の地殻構造をかなり正確に反映しています。つまり、岩盤構造あるいは、ものが積もってできる堆積層というものをかなり正確に反映しており、1年半前の紀伊半島の地震をほぼ正確に再現しています。

そのコードを使って今度は東南海地震が起きた後、東海地震が誘発されたらどういうことになるかということを示しております。そうしますと、地震発生から40数秒、約1分たちました。ここで注目していただきたいのは、

意外と遠い場所でもかなり強い地震が観測されるということでした。これは何かといいますと、堆積層にある種の増幅効果というものがあります。そして、こういう地震波というのは、これは堆積層上での値ですが、大体7秒周期ぐらいの波が強いそうです。2004年の紀伊半島の地震では非常に大きな長周期運動を観測して、千葉県で石油タンクが共振現象を起こしまして破壊されるということがあったんですけれども、こういう長周期のものというのは構造物に大きな被害を与える。そして、今お示しいたしました東海、東南海が連続して起きた場合というのは、中越地震の、これが速度で10倍ほどですから、数倍というふうに控えめには申ししておりますが、かなり大きな地震になってくるということが予想されます。

こういう地震に対する、例えば原子炉の安全解析、構造解析というのは、これは九州大学でむしろ構造解析ということをしておられるところが東電のABWR圧力容器モデルを用いまして構造解析を行って、一体どこにどれだけの力が加わるか。これが世界標準の地震データらしいんですが、それを用いて計算した結果がこれでした。この東電の圧力容器の場合、このあたりに集中することと、それから付け根のところに相当応力が集中する。つまり、全体を見てどこもかしこも10倍のセーフティーファクターを掛けてつくるのではなくて、こういうところを特に集中して、逆に言ったら、手抜きしてもいいところもあるはずだということなんです、それを示しております。

こういう構造解析というものが果たして信用できるのかということでお示ししますのが次のものでして、これは自動車の衝突シミュレーションの例です。従来、自動車会社各社は、前半分を数十万要素ぐらいに分けた衝突シミュレーションをやっておりました。せいぜい100万要素ぐらいです。ですが、なかなか実際のものを再現できないので、あくまでも参考資料程度にしかならなかったことがあります。そこで地球シミュレータを用いて、いっそのことたくさん切ってみたらどうかということをやったのが2年前からの共同研究でした。約1,000万メッシュでやりますと、右側が実車でぶつけた後、これは前半分1,000万メッシュで切り分けて、そして衝突させたもの。これで100万では全然再現できなかった傷ですね、折れ目、これが再現できた。

この結果の非常に重要な点は、これによって確かに構造解析が信用できるということと同時に、1,000万ぐらいでいいんだということなんです。要するに1億も10億も分けなくても、1億、10億分けようとしたらネジ山1つ1つまでモデル化しなければいけない。それをしなくて済む。これは

前半分なので、多分車全体で言ったら3, 000万ぐらい分ければ済むであろう、それが非常に大きな成果であったということです。

ここまでのシミュレーションというのはいわゆる従来の1つの、例えば構造なら構造、あるいは大気でもそうなんですけれども、ある1つのことに絞って行ったものです。ところが、我々何を知りたいかというと、本当に知りたいことは何かといいますと、地球全体の雲の流れから台風、ここまでは私どもきちんとやっております。でも、ここまでは同じ流体の法則に従っています。でも、我々が本当に日常生活で知りたいのは、これが本当にどれだけの雨を降らせて、そしてそれがどれだけ地中にしみ込んでということ、そのためにはものすごいミクロプロセスをやらなければなりません。実際にどんな雨が降るのか、それをやろうと。

ところが、雨が降るというのは、大気の運動とは全然物理学とか法則性が異なります。そこで私どもが地球シミュレータセンターで開発を進めておりますのは、台風の予測、これは従来私どもがやっている結果ですが、この中から例えばこの雨雲の強いところだけを選び出しまして、その気温、湿度、それから風向、圧力等を入れまして、今度はその中で1ヶ所取り出して、ミクロン以下の水滴、これが雲になり雨になって落ちてくるというシミュレーション、これは全く別のシミュレーションですが、こういうのをやっております。

これが実際に雲をつくってみたシミュレーションです。この青色の台風の場所から雲を起こしたんですが、まだ実験段階ですので結果はまだですが、これは雲をつくって実際に水色の、要するにミリオーダーになった雨が降ってくるということを示しています。まだテスト段階で1ヶ所だけとったものですから雲が流れていくというところまでは出ていないんですけれども、それは時間の問題だと思います。これで本当に正しいものができる。小さな水の粒がお互いにぶつかって大きくなって、本当に雨が降ってくるというところまでを追いかけてきました。

こういうことが可能だということで、次にお示ししますのが私どもの提案として、これは将来構想としての提案ですが、この原子力ということに絞って申し上げますと、蒸気発生器の丸ごとシミュレーション。つまり、今までのシミュレーションといいますのは例えば冷却水だけが蒸気発生器の方に入っていくとか、あるいは多分後でお話があると思いますが、気泡、蒸気ですね、蒸気の気泡と流体、両方が混相でいく場合どうなるか。それぞれの断面を切ったシミュレーションはこれまで行われて参りましたがけれども、そうではなくて、最初から、水が流れてものすごく小さな気泡が発生して、それが

合体成長する。合体成長して二相流が発達していくんですが、その間にも気泡が次々発生していく。さらにここから水が入ってくるわけで、逆流みたいなのが起きますが、そこで多次元の流れ。この間でもさらにまた気泡が発生していく。最後は全部蒸気になる。これを最初の冷却水全部水から全部気体、ここまでを全てシミュレーションできないか、こういうことを考えております。

これは今PWRを示しておりますが、FBRでも同じですし、それからBWRでも圧力容器内ということを見れば同じようなことになります。こういうことを将来の話としてこういう産学官連携で適用できたらと。これをやれば安全性あるいは効率を上げることができると思います。実験と云うたってそんなに簡単に色々な実験をできないでしょうから、かなりのところまではこのシミュレーションでやって効率を上げるということを考えて、その上で最後は実験でしょうから、やれたらどうかというのが私どもの提案です。

以上です。

(近藤委員長) はい。それでは、続けてお願いします。

(平山次長) 私、日本原子力研究開発機構の平山でございます。本日は原子力機構におけるシミュレーション研究の体制の概要につきまして私より報告させていただきます。3次元の仮想振動台に関しましては中島よりご報告いたします。

まず、お手元の資料を1枚めくっていただきまして、原子力機構におけます計算科学の展開戦略ということにつきまして簡単にご説明申し上げます。私ども旧原研時代、計算科学に関する総括評価といたしましてこの冒頭のような評価をいただいております。読み上げさせていただきますと、従来、理論や実験的なアプローチでは対応が困難な原子力の複雑な諸問題、例えば耐震、経年変化等の解決を図ることが重要である。モデルの精密化、複雑化とともに、コンピュータ技術の成果を取り入れて、実験のみではなしえなかった成果を挙げることを期待されると、こういう評価をいただいております。

この評価結果を踏まえまして、従来の計算科学による理論・実験支援からさらに一歩進めまして、計算科学による予測工学といった分野を確立し、原子力研究、シミュレーション研究に役立てていくという計画でございます。

そのためには、平成7年からちょうど旧科学技術庁の高度計算科学研究を推進する実施機関として私ども共通基盤技術といった分野に関しまして研究開発等を進めてまいりました。それは計算機運用あるいは情報工学・可視化技術、さらには高速化、また計算機資源の有効な活用を図りますグリッド技術といった計算科学技術の基盤的な厚みを持っております。こういった厚み

を生かしまして広範な原子力研究及び先端技術の研究開発部門と連携いたしましてシミュレーション研究に取り組んでまいろうというところでございます。

次のページをお願いいたします。具体的な取組の事例といたしまして、原子力機構の重要な研究課題でございます高速増殖炉サイクル技術、核融合エネルギー技術及び量子ビームテクノロジーに関しましてシミュレーション研究の一端をご紹介します。

高速増殖炉サイクル技術につきましては、例えば従来不可能であった規模の蒸気発生器の熱応答解析のシミュレーションといったものを先ほどのグリッド技術を活用いたしまして大規模な計算をするということを今挑戦しております。また、長時間を要します原子炉トリップ時の高温のナトリウムと低温のナトリウムの界面、その近傍に生じます軸方向の非常に大きな温度勾配、そういったものの解析。さちには、第一原理原理計算によります鉄粒界のヘリウム脆化の分析といった課題に取り組んでおります。

核融合エネルギー技術に関しましては、今、国が開発を進めようとしております京速コンピュータ、これは10ペタフロップスという非常に大きな能力を持った高性能の計算機でございますが、そういった計算機の利用を前提とした乱流シミュレーションに基づく核燃焼プラズマ予測コードの開発を進めております。また、ITERあるいはITER-BAを想定いたしました遠隔実験参加システムの開発といったものもこのグリッド技術を用いて進めております。

遠隔実験システムにつきましては、去る6月6日に京都大学と那珂研究所との間でJT-60を用いた実験を成功裏に行いまして、将来の遠隔実験のめどを立てることができる状況になっております。

量子ビームテクノロジーに関しましては、J-PARCの中性子発生装置であります水銀ターゲットの開発におきまして熱、流体、構造といった複雑な連成シミュレーション技術を開発いたしまして、それを用いて水銀中に発生するキャビテーションの詳細評価を行っております。また、中性子非弾性散乱スペクトルによって得られますタンパク質の振動スペクトルを解析するシミュレーションも行われるようになっておりまして、これによって実験データとの解析を行っておるところでございます。

これら広範な原子力研究を支えますシミュレーション基盤技術といたしまして、先ほど申し上げましたグリッド技術あるいは可視化技術の研究開発も引き続き進めております。グリッド技術につきましては、国の京速コンピュータのプロジェクトの一環として、ナショナル・グリッド・インフラを整備

するというプロジェクトに参加しております。また、欧米の研究機関との間でも原子力分野での計算科学と情報技術に関する国際協力を広く展開しております。

こういったそれぞれのシミュレーション研究が進められておるわけですが、こういう研究を推進する体制といたしましては、この図の中央にございますように、各研究部門との間で実施する研究テーマにつきまして、関連する部門から人と予算を持ち寄り、特定ユニットという名前のバーチャルな組織体制を構築することで実施するテーマに対して取り組む体制を明確にし、効率的な研究を進めようとしておるところでございます。

次のページでございます。今のような原子力機構としての取組をシステム計算科学センターという私どもの立場から見直した図が3の計算科学に関する機構内連携体制でございます。当センターでは基盤技術を担当いたします高度計算機技術開発室と、シミュレーション技術を担当いたしますシミュレーション技術開発室、この2室がございます。この2研究室が全ての研究開発部門との間で支援あるいは連携研究という形で研究を展開しております。こういった中でより広範囲に取り組む必要のある研究テーマにつきましては、先ほどの特定ユニット体制というものを設け、統一的に推進するということを進めております。

以上、簡単でございますが、原子力機構におけますシミュレーション研究と体制について概要をご報告させていただきました。

続きまして、中島より3次元仮想振動台の報告をさせていただきます。

(中島室長) それでは、当機構のシミュレーション研究の中で3次元仮想振動台というテーマに絞りましてご報告申し上げます。ページを1枚めくっていただきたいと思います。

まず、3次元仮想振動台とは、原子力プラント全体を解析する振動の観点で解析するものでございます。では、なぜプラント全体解析が必要かということについてまずご報告を申し上げます。原子力プラントは、ご存じのとおり、部品集積の巨大な複雑構造物でございます。一般に部品点数約1,000万点を超えるというふうに言われております。自動車が約10万点と呼ばれていますので、これの約100倍以上の部品点数を有しているというところに特徴がございます。

現状の原子力プラントの設計等で行われる解析というものは部品単位で解析されるというやり方をされております。これに対して現状こういったニーズがあるかということ、プラント全体挙動の把握をしたい。もう1つは部品の集合体を一体構造物として扱うことの限界に対して何らかのブレイクスルー

を持ちたい。これは部品を3つ4つ集めて解析するということに対して1つの限界があるということを示唆しております。

まず最初のニーズの問題でございますが、下の図で兵庫県の地震調査報告書でもございますとおり、部分的な解析では発現しない現象の報告というものがございます。明らかにきちんと設計され、きちんと部品単位で解析されたものを集合体として建てられたものについて、予期せぬ突発的な大地震等で発現しないだろうと予測されていた現象が起きている、これが例えば座屈現象であるとか亀裂という問題として報告されております。

一方で、セラフィールド再処理施設、右側の図でございますが、に見られますように、複数部品の集合が生じるような場合に不具合が生じやすいということが報告されています。これは、設計の観点から考えますと、部品点数が多いと各種のトラブルを起こしやすいというような設計論の立場からも裏づけされていると考えられます。

次に、部品集合体を一体物として扱うことの限界に対する課題でございますが、右上の図で2つの観点でご説明申し上げます。第1の観点が計算機の資源の問題でございます。圧力容器のようなものは非常にたくさんの部品からなっておりますので、これを一体型で計算しようとしたしますとデータ量が非常に膨大になります。当然、人間の手でデータの操作ができないというような問題が出てまいります。また、計算量が膨大になる、計算時間が長大になるというようなことで、1台の計算機では計算できないという現象が発生しております。

これに対してグリッド計算基盤ということで、計算機をネットワークでつないで複数の計算機をうまく活用して計算をこなすという技術を進めております。これは、計算技術というものとアプリケーション技術、つまり原子力の研究というこの2つの両輪を計算機という視点だけでなく、こういった計算が必要かという視点で基盤を開発するという視点から生まれてきているものでございます。

一方で、こういった巨大プラントを解析するというものの問題点といたしましては、実大実験がまずできない。三木市の震動台をもってしても6分の1程度の規模のモデルでしか実験ができない。また、部品単位で計算をしていきますと、機器間の接続問題というものの精緻化がなかなか難しい。そして、実験というものを一方で進めるわけですが、実験の実測とシミュレーションとの連携というものが難しいという問題がございます。こういった問題を解決するために、組立構造物解析という考え方を私どもは導入してございます。これは、部品と部品を一体物として扱うのではなく、結合物として組

み合わせて解析するという手法でございます。

さて、特大地震の話在先ほどちょっと申し上げましたが、この特大地震に関する解析要件というようなものが産業界のニーズとしてあがっております。現状のプラントの全体解析というものは右下の図にございます赤い線と点でつないだように、串団子モデルと言われるバネと質点の問題、1次元解析をするという形で解析をしております。これは、計算機資源の問題から計算対象をモデル化する、抽象化するという意味でございますが、そういった形で簡略化して計算をする。しかしながら、こういった計算をすることによって全体の挙動は十分つかめるとというのが現状でございます。

ただ、この全体挙動解析をしたときに、部分的に詳細を見たいということは必須でございますので、必要な部分について詳細解析をしているという状態でございます。

一方で、突発的な大地震が起きたときに、では、プラント全体がどのように挙動するのかということを知るためには、プラント全体の詳細解析が必要です。この必要な理由の大事な要件として、実物のように観察できるシミュレーションでの分解能、1次元のモデルというものではなくて3次元のモデルという分解能が必要であるというニーズがうたわれております。

次のページにまいります。次のページでは私どもの3次元仮想振動台というものがどういったどの部署と連携しながら進めているかというものを簡単にご報告いたします。

当機構には安全研究センターという部署がございまして、こちらの部署で安全研究を進めております。安全研究センターでは安全研究センターの手法として確立論的破壊力学解析コード、こういったものを導入して地震時の機器構造信頼性評価というものを行っております。

この評価手順は左側のフローに出ておりますが、この中で一部地震応答解析をする部分というのが先ほどのビーム解析、1次元の串団子モデルという形で計算をされております。この部分をより詳細化する、あるいは具体的にイメージ化する、精度を向上する。また、先ほどの確率論的破壊力学の検証というものの結果がどうであったかというものを検証するために、これは私どもは組立構造解析というツールを提供するという事で協力しております。

また、基礎工学部門というところでは、材料試験評価ということをやっております。こちらの方では非常にミクロな問題を扱いますので、原子レベルの詳細解析から科学的に材料変化を分析して、新材料の健全性を評価する、こういった手法の中で私どもの持っている組立構造解析に代表される、大規

模解析技術というのが必要となっております。

また、F B R設計支援という観点では、小型化設計や機器設計ということが重要視されております。現状の技術ではなかなかきちんと評価できない部分について、私どもの大規模解析技術というものを適用してみようという動きをしております。

一方で、外部との連携ということで、電力電機産業というところとご協力いたしまして、原子力学会の中に研究専門委員会を設立し、商用施設の耐震検証ということに挑戦しております。これは突発的な大地震に備えて大規模解析を行うという位置付けで進めております。

ページ4にまいります。ここで私どもの3次元仮想振動台の全体のイメージと、今何ができ、今後何をしていくかということについてご報告申し上げます。

左図にございますように、原子力プラントの炉心と一次冷却系の組立構造解析ということで、多数の部品を集めた解析が現在できるようになっております。これはスーパーコンピュータの世界最大の国際会議でございます、SC2005というところでオナラブルメンションという賞を受賞しており、組立物の構造解析という視点では2300万自由度というところを実現しております。現状の商用解析は約100万自由度程度で計算ということから比べますと、この組立構造解析をやっていくことによってプラント全体の解析ができるという可能性が裏打ちされているというように考えます。

現状はこれらの部品が縦断的につながった、つまり連続してつながった解析というのを今実現しております。現状の段階では、簡単な実験炉等では全体が解析できるという見通しを得ています。

来年度には建屋・機器等の横断的解析を目指す予定でございます。これは、部品と部品が直結していなくても、中間を例えば実験データで置換して全体を解析するというような離れた部品間での解析を実現するというものでございます。

2008年度には組立構造物、建屋まで含めて全体の総合解析ができるようにしたいと考えております。そして、2010年度には実際にその構造の中で水を流したり、炉心を運転させることによって生じるさまざまな事象を再現できるように運用状態の全容解析を目指したいと考えております。

もう1枚めくっていただいてページ5で、一方でこういったマクロな解析のほかに、私どもの振動台の中でのシミュレーションの要素技術として、現在マルチ・フィジックス、異なる物理場と、マルチ・スケール、オングストロームからキロメートル単位までのスケールに向けての総合的な解析という

ものを目指してございます。これは全体解析と詳細解析を連動させ、種々の問題の発現を科学的に示していこうという考え方でございます。

簡単にご説明いたしますと、右側の現状技術、バーのようなものの両端に外力を加えて真ん中を押さえていくと、現状の技術では変形というものが再現できます。一方で、亀裂の発現点ということを示唆すれば、亀裂というものがわかります。こういった技術を今後組み合わせ、あるいは改良していくことによって、下にございますように変形が起きたときにどこから亀裂が発展する可能性があるかというところまでの詳細解析を総合的にやる技術を現在研究開発している状況でございます。

こういった技術は左側にございますような技術でございます。割れるという視点で考えますと、粒界の割れシミュレーションということで実際の亀裂形状を十分よく再現できる状況になっております。ただ、粒界が割れる、金属の中は粒でできているわけですが、それがどのように割れるか、つまり亀裂箇所がどこから始まるかということを中心に科学的に説明する必要がございます。

その意味で、左図にございますように、金属の中の原子間の力の結合の度合いがどのように変化するかというような問題を解くことによって、将来的にシミュレーションが総合的に可能になるというふうに考えております。

左側の金属の原子間の結合の強さが不純物によってどういうふうになるかという技術につきましては、サイエンスという雑誌の中に報告され、レビューペーパーとして登録されているもので、私どもとしては画期的な研究成果を示せたと考えております。

以上、まとめまして、私のご報告を終わらせていただきます。

第1に、3次元仮想振動台技術により、原子力プラントの全容解析の道を開いたと考えております。現状実験炉クラスの全機器を対象化しております。

第2点といたしまして、3次元仮想振動台における部品組立解析技術により、大規模問題解明の緒につけたと考えております。これは、FBRで今までも詳細解析は行っているのですが、さらに精度を高めた解析をするという意味で従来不可能だった詳細解析に現在挑戦中でございます。

また、原子レベルのシミュレーションからプラント構造までのマルチ・フィジックス／マルチ・スケールシミュレーション技術の要素技術開発とその連携を現在形にしつつございます。この技術は学会、国際会議等で現在評価、受賞等を受けている状況でございます。

そして最後に、理論と実験の融合技術として、実験結果と連動したシミュレーション技術を組立解析システムの中で実現しつつあります。これは、電

中研などとともに実験連動化技術の開発に現在着手している状況でございます。

以上でご報告とさせていただきます。

(近藤委員長) ありがとうございます。

それでは、先生方、ご質疑、ご討論お願いします。お一人5分ずつぐらいにしましょうか。では、町委員から。

(町委員) 最初に、地球温暖化のことをちょっとお聞きしたいんですけども。例えばこの前アメリカのニューオーリンズを襲ったカトリーヌ台風、ハリケーンですね、ああいうものの原因が地球温暖化による海面温度の上昇にあるのではないかとされているわけですが、こういう現象は比較的簡単にシミュレーションできるんでしょうね。

(渡邊プログラムディレクター) いや、それは必ずしも、例えば大きな台風が発生した原因は、温暖化によってその海水温度が何度も上がっていると言えるわけじゃないですから、ですから、それが原因だというふうに言い切るとはまだできないと思います。が、その要素、可能性は非常に高いです。可能性は高いですが、言い切るところまではまだきてないと思います。

(町委員) それから、こういうシミュレーションの結果というのはIPCCのコミッティにはかなり反映されていると考えていいですか。

(渡邊プログラムディレクター) はい。日本の報告はかなり反映されているそうです。

(町委員) わかりました。それから、原子力のことで、お話の最初のところにちらっと出てくるんですけども、このシミュレーションを使った経年変化の予測研究というのは非常に大事になったと思うんですね。実験的にむづかしい経年劣化、経年変化の予測にうまくシミュレーションという技術を使う計画はあるんですか。

(平山次長) 今現在基礎工学部門との間で経年変化の問題についていろいろ研究テーマを立ち上げたところでございます。ですから、計画としてあると言えばありますが、なかなかゴールを明確に今定める段階ではまだございません。

(近藤委員長) では、齋藤委員。

(齋藤委員長代理) 幾つかあるのですが、この地球シミュレータの製作、それから運営の始めに少々携わったこともありますので、その後どうなったかというような観点でお伺いしたいと思います。

1つは、地球シミュレータ完成時に世界最速、今でもそうであると先ほどおっしゃったかと思いますが、地球シミュレータをつくって、それで膨大な

全地球モデルをつくり上げていくというときに、1つの機関だけで世界の最先端をいけるものができるのか、やはりそれだけのプロジェクトを組んでしっかりとしたチームワークでやらないといけないのではないかと私は議論したことがあるのですが、現段階では自由にいろいろな機関がやって様々のモデルが出てきて、それなりの成果を出していると、そういうことでしょうか。

それから、いや、それにも増してやはりオールジャパンで世界に冠たるものを目指すべきであるというような議論があるのかどうか。という点はどうなっているのでしょうかというのが1つであります。

二点目としては、いろいろと先ほどより興味深いお話をお聞かせいただいたのですが、自動車業界とかあるいは一般の民間が使う場合には、有料ということになるのか、全て成果を公開すれば無料というようなシステムを採っているのか、その辺はどういうシステムで運営されているのでしょうか。この二点がまず全体の地球シミュレータについての質問です。

質問だけまとめてさせていただきますと、3次元仮想振動台の研究開発、これも非常におもしろいお話をお聞かせいただいたわけではありますが、防災科学研究機構が、三木市に3次元の大きな振動台をつくりましたですね、その実験データとの検証はどの程度されているのか、もしわかったら教えていただきたいと思います。

それから、お話しいただいた資料で5ページの第一原理を用いた材料の問題、これも大変重要な問題でいろいろおもしろい世界だと思うんですが、昔から言われておりますように、こういうものがうまくいくと新合金の設計というのがこのような計算でできるのではないかと。今までの合金の開発というのはある研究者の勘で鼻薬をちょっと入れていい合金ができたというところが多々あるわけではありますが、こういう計算シミュレーションというのが進むと、系統的に新合金というのが開発できるのではないかと思います、今その領域まで目標を設定しておりますかという質問です。

以上です。

(渡邊プログラムディレクター) それでは、最初のご質問から。まず、チームを組んでとかオールジャパンでというお話があったんですが、まずハードウェアに関して言いますと、これはオールジャパンで支えていくべきだと思います。要するに巨大な計算機というのは必ず世界の最先端の計算機が要だと思います。私どもこれを富士山型と言います。それから、それに対してハケ岳型といいますか、あちらこちらにかなりの規模の、トップまではいかないけれども、かなりの規模のものがやはり必要だと思います。そこはちゃんと使う対象を考えてすみ分けていく。実際に地球シミュレータも課題審査する

際には地球シミュレータでなければならないかどうかというところを問います。

それから、ソフトに関して言いますと、これは確かに地球温暖化なんかですと共生というプロジェクトである程度重点化したチームを選んでやっています。ただ、このチームを一本化すればいいかというと、やはり学問の世界というのは一本化してするものではなくていろいろな考えが入っていてやるべきですから。だから、狙う先は温暖化であったとしても、そこにはいろいろな考え方のチームがあっていると思うんですね。ただ、だけれども、そのいろいろなチームを国として支援していくということが重要だろうと思います。

原子力の話は私はそれほど詳しくはありませんけれども、やはり、
(齋藤委員長代理) いや、私が言っているのはそういうものでいろいろな考えを持ち寄って、これが日本版の世界に冠たるシミュレーションであるという1つのモデルをつくり上げるというところにはいかないんですか。

(渡邊プログラムディレクター) はっきり言ってまだ、これは温暖化に関してですが、これが正解というモデルはまだないんです。例えばいまだに欠点として言われている1つは、植生の問題、それから炭素の循環の問題、この辺というのは皆それぞれいろいろな勘どころ的な方程式でやっているわけですね。ですから、そこにはいろいろな思想が入っています、研究者の。ですから、これを統一したからといって日本で、あるいは日本のモデル、これが世界で日本だけが進めるモデルだということは言えないと思います。まだそんな段階ではないと思います。

これはひょっとすると永久にその段階というのは来ないかもしれません。
というのは、余りにも複雑で、

(近藤委員長) 私もそれが常識だと思います。残念ながら。

(齋藤委員長代理) わかりました。

(渡邊プログラムディレクター) それから、有料、無料の件ですが。これは自動車工業界に関して言いますと、今年の3月までは無料でした。今年から有料で始まっております。この最初の無料というのは、企業がシミュレーションから離れたということがあって、それを呼び戻すためだったんです。バブルが崩壊して企業が真っ先にやったことというのは、IT部門を切り離していくことだったんですね。そのためにそこでシミュレーションの文化があったところも途絶えてしまって、そして、今、その人たちがみんな離散しちゃっているんです。その企業にもう一度シミュレーション文化を植えつけようというので、それでお試し期間としてやったわけです。ですから、お試し期

間が済んで役に立つなと思ってくれたらお金出してもいいから使ってあげようかなという気になってくれればいいわけですが、あるいは彼らがコンピュータをそれでは買おうと思ってくれれば、それだけコンピュータも安くなりますから、いいわけですし。そういう意味で私どもはやっています。

現在は、無料の場合は原則として成果公開。有料で100%お金を出してくれるんだったらそれはもう完全に成果を持って帰って下さっても結構。その間いろいろな段階があります。知財を分けたりという形とか、いろいろな段階があります。

(中島室長) まず、ご下問のございました始めの防災科研との関係でございますが、防災科研とは過去5年間、国のプロジェクトでグリッドコンピューティングのプロジェクト、ITBLというのがございまして、そちらで5年間耐震関係等で協力してまいりました。ようやく本年からイーディフェンス、先ほどの三木市の震動台でございしますが、立ち上がりました。こちらにつきましては原子力学会の先ほど申し上げました産官学連携システムの枠組みをつくりました。その中に防災科研の方にも参加していただきまして、シミュレーションと実験の融合ということがどこまで進められるかということは今模索している段階でございます。外部資金等で提案をして、イーディフェンスとシミュレーションの接続実験等を今後資金獲得ができればやっていきたいというふうに考えております。

第2点の、第1原理シミュレーションを使った新合金設計に対するご質問でございますが、まず第1に、計算機とソフトウェアというものは人間の新しいツールだと思っております。つまり、鉛筆や紙にかわる道具ではなくて、鉛筆や紙に加えた新しい道具で、この道具をいかに使うかという、これは人間の叡知の問題だと思っております。そこで、私どもは試験的な試みといたしましては、先ほどのITBLのプロジェクトの中では物材機構とこういった新合金設計の道があるかないかということを探索してまいりました。

そして、先ほど平山次長からお話があった特定ユニットというものを今原子力機構の中につくりつつあります。そこで基礎工学部門と連携して、果たしてそういったところでシミュレーションを道具と使っていけるだろうかということを探索しております。明らかに第一原理シミュレーションというものを使いますといろいろなパラメータサーベイができます。これは人間が経験と勘に頼ってどういうふうな状態か推測すること以上に計算機というパワーを使って、どれだけの幅でこういった可能性があるかということを見きわめることができます。これを使うのは人間次第ということになりますので、そういった視点でパラメータサーベイ等を併用して検討的な設計作業を

支援するツールを仕立てるということは、一つの道としては可能だと思しますので、今後特定ユニット等の活動の中で研鑽してまいりたいと思います。
(近藤委員長) では、前田委員。

(前田委員) 非常におもしろいお話を聞かせていただいたと言いたいところなんですけれども、私は余りコンピュータに強くないのでちょっとかいま見たぐらいだなと思っているんです。そういう意味でちょっとややピント外れな質問になっちゃうかもわからないんですが、幾つかお聞きしたいんです。

最初にお聞きしたいのは、こういうシミュレーション、大規模なシミュレーションによって従来実験等で確認できなかったいろいろな事象が非常に正確にわかるようになってきた、すばらしいことだとは思いますが、そのシミュレーションの妥当性の確認をどうやってやるのかということ、これが一番気になるんですけれども。先ほど自動車の実験で非常にこれはよく合っているということ確認できたというお話ありましたね。あるいは気象現象なんかでも実際にそういう気象が発生すればそれで確認できたというようなこともあるのかもわかりませんが、それがシミュレーションしている対象、何をシミュレーションしているかによって確認のしやすさとかが随分違うんだと思うんですよね。そういう確認という作業を伴うことによるシミュレーションのアプリケーションの限界みたいなものがあると考えられるのか、いや、それは数学モデルや何かをもっと精密に開発していけば恐らくどんな事象でもシミュレーションできると考えられるのか、その辺ひとつお聞きしたいなと思います。

それから、原子力をやる者にとってはやはり原子力プラントの地震時の応答だとか、あるいはさっきちょっと町委員が聞かれた高経年化のときの劣化の状況だとか、そういうことが本当にきちんとシミュレーションできるということになるとこれは非常にいいなと思うんですけれども。

そういう原子力プラントについてシミュレーションをやろうとすると、今言った妥当性確認との関係でどういような人材というカリソースを動員してやる必要があるのか。当然、コンピュータの専門家だけでなく、恐らくプラントをよく知って人や材料をよく知っている人とかいろいろな人が必要になってくるんだと思うんだけれども、これはさっきシミュレーションと実験の融合とかいう話もありましたけれども、そういうところで既にいろいろそういうチームを組んでやってられるだろうと思うんですけれども。大きな原子力プラントを何らかの形でシミュレーションするというのを想定した場合どうなのかということをお聞きしたいなと思います。

それから、最後に1つ渡邊さんにお伺いしたいんですが平成18年度の地

球シミュレータの利用のお話がさっきありましたけれども、これ予算はどのくらいのお金ですか。

以上です。

(近藤委員長) では、どうぞ。どっちからでも。

(渡邊プログラムディレクター) どんなことがシミュレーションで可能かという話なんです、まず、物理法則そのものに完全に従っているもの、これは可能だと思うんです。例えば実際にはここではご紹介しませんでしたけれども、ナノチューブでこんなのをつくればいい、それを実際にやってみてシミュレーションのこれの方がいいよということなのでそういう実験やってみたら確かにそれだけの性能が出ている。あるいはテラヘルツ発振素子というのも開発されていまして、それはシミュレーションでまずどういうふうにしたらいいかというのを条件を定めておいて、実物の素子をつくってみたら確かに発振して、今その改良に入っていると、そういうのがあります。

こういう物理法則に完全にのっとっているものというのはいいんですが、例えば先ほどの温暖化の話ですと、ここには生態系が働いていますし、人間の経済活動、社会活動など全部入ってきます。この辺は物理とは違ってまいります。その要素が意外と効いてくるものでして、これはどこまでシミュレーションできるかというのは謎です。

ですから、先ほどの温暖化で、1900年から二千何百年までやっていますが、1900年から2000年は合っているんです。あれは過去のやつから出発させてちゃんと合うかどうかの検証をしています。でも、それ以外の要素が実は2000年以降どんどん入ってきているはずなんです。それは、一体どの時期にどういうことが入るのか、これはだれにも言えない要素もありますし、それから生態系なんてほとんどわかっていない部分も多いですから。そういう点で、できるものとできないものがあるということです。ただ、物理法則に従っている限りにおいては私はできると信じております。

(平山次長) 人材とリソース、どういったものが要かという話でございますが、現在の計算機を使いこなすということはそれはそれで大変なスキルを要といたします。したがって、いわゆる原子力の研究者、一般の方にそういったスキルを求めていくということはある意味かなり難しい問題がございます。したがって、原子力の研究をやる方と、あるいは計算科学をやるそういう専門家、それがうまくタイアップいたしまして、お互いの力を出していわゆる車の両輪のような形で研究を進めていく、これは不可欠でございます。そのために今回特定ユニットというお話で先ほど来させていただいておりますが、これはそれぞれの研究現場の研究者及びその研究ニーズに対

しまして私どものセンターが計算科学という視点で何が協力できるか、あるいは何が持ち出してとしてもやっていけるかというところをうまく調整しながら、車の両輪を構成していくと、そういうバーチャルな組織体制で今現在原子力機構は大々的に進めようとしております。

(前田委員) 例えば原子力発電所というのも新しいのでも何でもいいけれども、シミュレーションを大規模にやろうと思うと、具体的にチームとしては何十人とかどれくらいのリソース、人材が必要か。

(中島室長) 現在の例えば商用炉の規模でございますと、これはやはり電力会社からデータをちょうだいするという形をしてしております。そうしますと、電力会社、電機会社合わせると恐らく30人から40人規模の方たちがデータの収集等に関わっていらっしゃるという状況でございます。

私どもの機構の中での耐震へのアプローチといった視点でいきますと、現在8名ほどでそれを対応しております。ですが、やはりインハウスの実験のレベルでございますので、これは先ほどの商用炉の規模にいきますと、やはり50人規模の人数が恐らく必要になると思います。間違いなく実験とのデータの照査であるとかそういったことも必要になりますので、最低でもそれくらいの人数でやっていくべきでなかろうかなと思います。

(近藤委員長) 費用の質問がありましたね。

(渡邊プログラムディレクター) では、最後のご質問の地球シミュレータの費用の件ですが。地球シミュレータを現在運用しておりますのに運転の電気代やら保守、それから普段のいろいろなオペレータ等、それからあと運転、そういうものを入れまして約40億円ちょっとというところでしょうか。

(前田委員) 年間ですか。

(渡邊プログラムディレクター) 年間40億、41億ですかね。そのくらいです。

(前田委員) はい、ありがとうございました。

(近藤委員長) 木元委員。

(木元委員) 大変興味あるお話でした。地球を知るという観点からこういうシミュレーションの必要性は言うまでもないのですが、今日は原子力に特化してお話ししていただいたのですけれども。その地球を知るというときにやはり問題意識を持ってシミュレートする。温暖化について、あるいは地震についてということで考えていきますよね。そうすると、どうしても問題意識を持つということが、結果によってはアラームを発するようなシミュレーションとして出てくるわけです。そういう結果によって派生する効果をどういうふうにお考えになるのか。もちろん関連企業がいらっしゃるので、さきほど

の自動車工業の例もありましたけれども、アラームとしてどういう形でこのシミュレーションの結果をお出しになっていくかということがあります。ちょっと細かくなりますが、お伺いさせていただきたいと思います。

(渡邊プログラムディレクター) 確かにこれ、例えば地震ですとこれは内閣の危機管理センターの方に来ていただいたりして、こういうことが今できるようになっている、そちらはどうかとかそういうこともやっておりますし。それから、私どもそういう方々も含めてものすごい数の、私どもの成果発表会もありますが、それ以外にも見学という形でたくさんの方に来ていただいております。それもこちらから積極的に働きかけて来ていただくという場合もあります。

(木元委員) そうすると、例えば今日一番関心があるのが前田委員がおっしゃったように、地震だと思っんですよね。東海と東南海がプラスされて8.2ですか、こういう形がパンと出ますと、専門的に研究している方にとっては、ああこれは当然の結果だとおっしゃるかもしれませんが、今、耐震関係で、原子力を危ないと考えている方がどう受けとめるかということが気になるんです。

(渡邊プログラムディレクター) ですから、これ地震に関しては私どももかなり注意はしています、発表の仕方には。今日はあえてそういうデータを出しましたけれども、それでも例えばもうちょっと問題意識を持っていただくために、これよりもちょっと弱いバージョンですがショックなバージョンといいますのは、東京都の直下でマグニチュード7が起きた場合、これ堆積層では先ほども言いましたように、7秒周期のものが。大体80階建てのビルものが共振を起こすんです。新宿は堆積層の上にあって80階建てのビルありますよね。これはものすごく揺れます。

(木元委員) 免振構造であったにしても。

(渡邊プログラムディレクター) はい。ですから、その辺は実は東京都さんとかも私どもは、今連携を組もうとしておりまして、国ということでありまして私どもは文部科学省ですので、国土交通省がとかいろいろな話になって、なかなか難しい側面もありますので、むしろ地方自治体と直接連携を組んでいこうということもやっております。

そういう形で、せめてその方たちがそういう情報を知っていただくというところをスタートにする、あるいは逆にリクエストは何かという、そういうことです。

(木元委員) 例えば、今日のABWRのモデルを東京電力からご提供していただいております。それは東京電力さんはもちろん関心を持っていろいろ

ろと協力なさっていると思うんですけれども、耐震強化をなさることにした中部電力さんとか、そういう方からもコミットはあるんですか。

(渡邊プログラムディレクター) こういうのはかなり企業機密に属するところもありますので、そうすると付き合いの関係がありまして、ただ中部電力さんも、実は私、この海洋機構に来る前は岐阜の方の核融合科学研究所というところにおりましたので、中部電力さんとはまんざらつながりがいいわけではないので、そっち側ルートでやるという手もあるかなとは思っておりますが。あまり手を広げて。

(近藤委員長) ここで個別企業に関する話をされるのは余り適切ではないと思いますけれどもね。

(木元委員) 連携を持っていけないと、今日のようなご報告が近視眼的に社会で受けとめられた場合、それにきちんとお答えできるということにはならない、というような印象を持ったものですから。

(近藤委員長) 産業界にいかにして技術移転していくかというのは非常に重要なポイントだとは思いますが。

(渡邊プログラムディレクター) ただ、漠然と連携では進まないの、むしろ具体的に進めているという話です。

(木元委員) それが確認したいところでした。

(中島室長) ちょっと誤解のないように補足させていただきたいんですが。私も例えば中部電力、7電力とは協力関係をとって、先ほどの原子力学会の中でそういったことを十分ウォッチしているつもりでございます。

それから、こういった大地震が起きたときに、原子力の建屋というのは普通の建屋と違いまして非常に安全に設計されています。ですから、通常の建物の挙動とは大分違ってくるのです。こういった地震があっても大丈夫かもしれない、これだけの地震があっても、それを我々がきちんと証明すべきだということです。万が一事故が起きたとしても、どのような形で倒壊が起きるのか。安全サイドに振ればそれはそれで比較的安全だということが言えると思うのです。ただ、そこまではまだシミュレーション技術が到達していない状況でございますが、可能性としては安全サイドで何も起きないかもしれない、また安全サイドに微小な事故に軽減され、とどまるかもしれないということは今の技術では言えるのではないかと推測はしております。これは検証してみないとわからないと。そういう見通しを持って各業界と連携して進めるべきだという意識を持って進めております。

(近藤委員長) 木元さん、もう5分終わり。

(木元委員) はい、ありがとうございました。

(町委員) いいですか、1分。

(近藤委員長) はい、いいですよ。

(町委員) かなり違う角度からの質問なんですけれども、今実は世界の貧困というのが非常に深刻な状況になっていて、その中の最たるものが水なんですね。フレッシュウォーターが飲めないという人口が10億人ぐらいいるわけですよ。それは非常に地下水が少ないためです。今アイソトープ水理学という分野があって、アイソトープを活用して水の動きを調べていますが不十分です。こういうものこそシミュレーションをうまく使えば、効果的なドリリング、試掘ができるんじゃないかと思えますけれども。先進国日本はこういうようなことも国際協力の一環としてぜひ考えていただきたい。

(近藤委員長) 商業的には石油探査に関連して多くの仕事になされてツールもあると思いますが、ご提言がパブリック、人類のためとなるとなかなか難しい問題ですね。だれがお金を出すかという問題だと思えますけれども。ただ、非常に可能性がある領域とは、そう思います。

私にもいくつかコメントさせてください。1つはシミュレーション技術はおっしゃるように鉛筆、カリキュレーターの延長だという、プラスアルファだという考え方もあるかと思えますけれども、しかし、その持つポテンシャルからすると研究開発あるいは産業活動にパラダイムシフトを迫るものであるというふうに思うわけです。

そういう意味で、特に研究開発機構がそういう問題意識を経営として、研究開発組織の経営という問題意識を持って取り組むべきで、そういう研究開発組織のイノベーションという観点からこのシミュレーションというものの位置付けをしていくべきだと私は思うんです。そういう問題意識を持ってこの二室が横グシでさまざまなアクティビティーとリンクしていくということを考えたのかなと思いつつ、これを見ていると、先ほどあなた方の議題の前に議論したところを担う次世代グループはどうもシミュレーション技術とうまくつながっていないなと思って、私としては大変不満な思い。やはり研究開発組織としての経営という観点からパラダイムシフトするという問題意識を持って各ディビジョンとコミュニケーションしていくということは道半ばなのかなというふうに思いました。

2つ目は、これも前から特に核融合のグループの皆さんに申し上げているんですけれども、非常に長丁場の研究開発をやる場合にナレッジマネジメントをどうするかという問題があるのですが。大きな装置を誰でもが勝手にいじることができるようになってきた時代におきましては、このシミュレーション技術がナレッジマネジメントのツールとして非常に重要な役割を持つ

と思うのです。そういう観点で、研究開発のライフサイクルの中でナレッジマネジメントという観点からシミュレーションを位置付けていく、これも経営問題だとは思いますが、ぜひご検討いただくべきなのかなというふうに思いました。

それから、3つ目は個別具体的なことですけれども、前田委員のご質問に関すること、我々の言葉で言えばV & Vのあり方、これは永遠の課題と言えば永遠の課題なんですけれども、非常に大きな問題領域だというふうに思っていますところ、この言葉が今日のプレゼンには余り見えなかったけれども、当然のことながら非常に重要な課題として認識されていると思います。

加えて、私はさっきの木元先生がおっしゃったこととの関係、あるいは地震というのは我々の世界ではリスク管理の世界でありますから、不確かさと不確実さ解析ですね、シナリオの不確かさとフィジックスデータの持つ不確実さと、この2つの影響をいつも明らかにしておかないと。シミュレーションをやった、すごいだろうと言ってもこれが無くてはほとんど意味が無い、使い物にならない。大学ではいつもそう言っていたのですけれども、不確かさと不確実さに言及して初めて一人前のプレゼンテーションというふうに言ってきたのですけれども。これは実は厄介な問題がたくさんあるわけでした。そういう観点で問題をかかえているということを正しく伝え、解決努力を重ねていく覚悟というのにも必要かなと。

それから、やや個人的趣味に近くなりますけれども、期待している分野を一つだけ。それは人とのインターアクションですね、これはデジタルシティとかデジタルエコシステムのように、原子力発電所の場合についていえば、メンテナンスとか極めて日常的な業務、例えば最近話題になっている六ヶ所の被ばくとか、ああいうのも結局はそういうデジタル六ヶ所工場、あるいはデジタル分析室というものをつくってその人間の動作の解析をしていくことによって被ばくのチャンスを見だし、それをコントロールする手段を提案していくことができる、あるいは事前にデジタル工場で人に操作をさせてトレーニングをすとか、そういうやや人間くさいデジタル工場、デジタルシティのプラントバージョンのアクティビティーが今日のプレゼンには見えなんでしょうけれども期待しています。極めてデータインテンシブな世界になると思うんですよ。データインテンシブなシミュレーションで人間くさいシミュレーションですがコストベネフィットの大きいエリアというふうに思っていますので、ぜひ研究を進められるといいなと。

私のコメントは以上です。経営問題については理事長にそのうちお考えをお聞かせ頂きたいと思っていますのでよろしくお伝えください。

それでは、今日は大分、５分ぐらい予定時間を超過しましたがけれども、大変貴重なプレゼンテーションをいただき、またご議論いただきましてありがとうございます。これで終わらせいただきます。

ご苦労さまでした。

(近藤委員長) それでは、次の議題。

(戸谷参事官) 原子力委員会の議事運営規則の改訂についてであります。資料３号でございますけれども、前回委員会におきまして議事録についての手続きをどうするのかというご議論がありまして、今回そのご議論をもとにこういって進めたらどうかということで。具体的に規則で変更を今ご提案させていただいておりますのは、第六条でありまして。今お手元に席上で現行の六条と今回ご提案申し上げています改訂案を両方比較対照したものを配らせていただいております。

現行の議事録の作成につきましては、第六条におきまして、委員会の議事経過の要点を摘録して作成し、原則次の回の定例会議又は臨時会議において配布し確認を受けるものとするというふうにしております。

これは、これまでの議事録は委員会の議事の中で発言された方の発言についてはここにございますような要点の摘録ということでまとめた形で作成をするということで、どういうふうにまとめるのかということもございましたので、その内容につきまして次の定例会議で一々議論するというのでこれまでやってきたということでもあります。

ただ、今年になりまして過渡的にやっておりましたように、今の議事録は速記録をもとにいたしまして、発言された方の発言が基本的にそのままになるような形で運用しておきまして、そういうふうにした場合に、一々会議の確認をする必要があるのかどうかということでありまして、しかもこの会議につきましては公開で行われていると、そういったようなことも加味いたしますと、基本的には実際に発言されたとおりになっているかどうかということについて発言者のご確認をするということで、次の回に配付をするということで十分ではないかということでこういうぐあいにさせていただいたらどうかということでございます。

現行規則につきましては第六条の１のところにつきましては、「委員会の議事録は速記録として作成し、発言者の確認を経て、原則次の回の定例会議又は臨時会議において配布するものとする。」ということでありまして。これまで通常各回冒頭行われております議事録の確認につきましては、この改定案でよしということになれば、今後この議事録の確認というのは必要としないということでもあります。

(近藤委員長) はい、ありがとうございました。

前回の議論を踏まえましてこんな案を提案させていただきますが、いかがでございましょうか。なお、ほかの事例も調べかつこういう会議の規則として国際社会の常識となっているロバートの会議規則というのがあるんですが、それも調べてみましたが、公開の会議の議事録というのは本来的に速記録そのものであると、ワードバイワードと書いてありましたけれども、ということでこれで国際標準になったのかなというふうに思いますが。いかがでございましょうか。

(前田委員) 私は結構だと思いますけれども。そうしますと、今日の第4号はまだ(案)がついているけれども、次回からは(案)がとれて配付されるということですね。

(近藤委員長) よろしゅうございますか。

それでは、そのようにさせていただきます。ありがとうございました。

(近藤委員長) では、その他議題。

(戸谷参事官) その他議題は特にございませんけれども、日程的なことだけ申し上げます。次回の会議は7月4日の10時半から、場所はここの743会議室であります。次回、7月の第1火曜日ということでございますので、プレス懇談会を予定しております。よろしくお願いいたします。

(近藤委員長) ありがとうございました。

先生方の方から何か。よろしゅうございますか。

それでは、今日はこれで終わります。

ありがとうございました。