

No.73
January 23, 1998

Information

講 演

1997 年 10 月 22 日 (水)・関西地区講演会 (京都・京大会館)

講師・演題

西原 英晃：「研究開発段階にある原子炉の安全性について」
—もんじゅ事故の教訓—

社団法人
日本工学アカデミー
THE ENGINEERING ACADEMY OF JAPAN

「研究開発段階にある原子炉の安全性について」 もんじゅ事故の教訓



西原 英晃 (にしはら ひであき)

1934年生まれ	
1958年	京都大学工学部土木工学科卒業
1960年	同 修士課程修了、博士課程進学
同 年	フルブライト留学生としてミシガン大学留学
1966年	京都大学工学部助教授
1979年	京都大学原子炉実験所教授
1989～94年	原子炉実験所長併任
1995年	原子炉実験所改組に伴い、同附属原子炉応用センター教授
1996年	エネルギー科学研究科教授併任
1997年	原子炉応用センター長併任

Ph. D., 工学博士。最近では、エネルギー科学研究科でエネルギー社会教育論を手がけている。「新原子力長期計画」に原子力委員会専門委員として参画、科学技術庁原子力安全顧問として「もんじゅ安全性総点検チーム」主査。

司 会（近藤良夫関西地区担当理事） ただいまから、関西地区の講演会を開催させていただきます。

実は、事務局の強い希望もございまして、京都でやることになりました。きょうは時代祭でございまして、また、そこまで気がつきませんで申しわけございせんでしたが、バスの停留所の名前が最近変わったみたいで、「東一条」がなくなって「京大正門前」になっておりました。ご迷惑をおかけしたところもあるかと思いますが、お許しいただきたいと思います。

時間の予定は、ただいまから西原先生をご紹介申し上げてから、約1時間ご講演をお願いいたします。それから、食事をまじえて質疑応答、ご歓談をお願いして、8時半にここをお出になって東京へお帰りになる方もおられるようでございますので、8時過ぎぐらいまでというような予定をいたしております。

きょうの演題は「研究開発段階にある原子炉の安全性について」で、これは大変興味のある、また難しい問題でございます。ご講演いただきますのは西原英晃先生でございます。

簡単に略歴をご紹介申し上げますと、西原先生は、昭和33年に京大の土木工学科をご卒業にな

り、大学院に進まれたのですが、そのころにちょうど原子核工学専攻ができました。専攻ができてから2年目のようでございますが、大学院は原子核工学専攻にご進学になった。そのときの指導教官が、もう一人のきょうおいでの西原宏先生でございます。修士を終えられ、ドクターに進まれてから、フルブライト留学生としてアメリカのミシガン大学に行かれまして、向こうでPh. D. をお取りになって、昭和41年に原子核工学の助教授として京大へお戻りになりました。昭和54年、京大の原子炉実験所の教授になられ、原子炉熱特性管理研究部門をご担当になりました。平成元年から6年まで原子炉実験所の所長を併任しておられます。平成7年に、原子炉実験所の組織が変わって、原子炉実験所附属の原子炉応用センターの教授になられました。大学院がいろいろ京大にできておりますが、大学院の重点化に伴いまして新しくできましたエネルギー科学研究科の教授を併任されまして、エネルギー社会教育論を手がけておられます。大変難しい部門であろうと思います。

研究歴は省略させていただきたいと思いますが、昨年から科学技術庁の原子力安全顧問として「もんじゅ」の安全性総点検チームの主査をやっておられます。きょうご講演いただく題目には大

変ふさわしい先生であらうと思います。早速、ご講演をお願いしたいと思いますが、どうぞ気楽にお願いしたいと思います。

西原英晃 近藤先生、どうも丁寧なご紹介をありがとうございました。きょうこの席で原子炉の安全性の話をしなさいというお話を、実は先ほどお話がございました私の恩師の西原宏先生を通じて近藤先生から回ってまいりまして、「はい」と申し上げたのですけれども、何しろいろいろ言い訳がございまして、忙しさにかまけていいまいしょうか、いまお話がありました「もんじゅ」の話も、本当はもう終わっているはずであったのですが、残念ながら、いろいろとその後出来事が起こっていきまして、まだ終結していませんので、明日もまた東京へ行きまして「もんじゅ」のことをやらないといけな、こういう状況でございます。

きょうは先達の先生方が大勢いらっしゃいますし、また、原子力の安全性にかけてはそれこそ大家中の大家と言われる先生方ばかりの前で話をせよというのは、どうも落第生が追試験を受けるような感じでございまして、そういう意味では大変緊張しておりますが、司会の近藤先生が一生懸命、そうならないように注意をしてくださっておりますので、ご注意に従って進めていきたいと思っています。

それから、後で懇談ということになっておりますけれども、私が申し上げることはじゅうぶん自分で問題として解けていないことがたくさんありますので、そういう問題を先生方からいろいろご示唆いただけたらありがたいと思っております。

OHP-1

「研究開発段階にある原子炉の安全性について」 (副題 もんじゅ事故の教訓)

京都大学原子炉実験所 西原英晃

1. 研究開発段階にある原子炉（開発段階炉）とは
2. 安全性から見た開発段階炉の特長
3. 技術者集団と開発段階炉
4. もんじゅ安全性総点検

まず、順番を考えてみましたが、研究開発段階にある原子炉の安全性の話をするということなので、その研究開発段階にある原子炉とは何である

かという、分類学のような話を最初にさせていただこうかと思います。

それから、主題に近いのですが、安全性から見た開発段階炉—研究開発段階にある原子炉を「開発段階炉」と短く省略させていただいています—の特徴は何であるかということ。

3番目のお話は、私、本当にわからないのですけれども、技術者集団と開発段階炉の関係はどういうふうに考えたらいいか。これは少し抽象的になってくるかと思っています。

最後に、「もんじゅ」安全性総点検ということで、具体的なこととして「もんじゅ」の話に再び立ち入らせていただこうと思います。

「もんじゅ」の話なども出てきますけれども、きょう私がお話しするのは全く個人的立場で申し上げるので、先ほどご紹介いただいた科学技術庁の「もんじゅ」安全性総点検ということとは直接関係のない立場であるということを、あらかじめ申し上げたいと思います。

まず、研究開発段階にある原子炉ということですから、これは大変退屈な話かと思いますが、先ほども申し上げたように、原子炉というものはどういうものであるかという、専門家の先生方にはまことに恐縮ですが、私ももちろんまだ知らない部分が多々ありますし、この原稿を準備している段階でもいろいろと新しいことを学んでいます。そういうことで、まずはこれを考えてみよう。ただ、我々工学畑の人間は、原子炉であれ何であれ製品をつくると、「モノ」としてそれを見るわけですから、同時に、社会的に見た場合にそれがいろいろな規制を受けることがあります。そうすると、社会の中でのシステムとして、制度として、これをまた見なければいけないということもあるわけで、この分類の仕方は、単純に工学的な分類ということでなくて、きょうは「研究開発段階にある原子炉」という言葉が定義されているのは法律ですので、おもしろくない話かもしれませんが、法律のお話を若干させていただきたいと思います。

これはどこで出てくるかといいますと、実は「核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律（法律第166号）」というのがあります（OHP 2）。

(設置の許可)

第二十三条 原子炉を設置しようとする者は、次の各号に掲げる原子炉の区分に応じ、政令で定めるところにより、内閣総理大臣、通商産業大臣又は運輸大臣（以下この章において「主務大臣」という。）の許可を受けなければならない。

一 発電の用に供する原子炉（次号から第四号までのいずれかに該当するものを除く。以下「実用発電用原子炉」という。）

通商産業大臣

二 船舶に設置する原子炉（第四号に該当するものを除く。以下「実用舶用原子炉」という。） 運輸大臣

三 試験研究の用に供する原子炉（前号に該当するものを除く。） 内閣総理大臣

四 研究開発段階にある原子炉として政令で定める原子炉 内閣総理大臣

2 前項の許可を受けようとする者は、次の事項を記載した申請書を主務大臣に提出しなければならない。

(研究開発段階にある原子炉)

第六条の二 法第二十三条第一項第四号に規定する政令で定める原子炉は、当分の間、発電の用に供する原子炉又は船舶に設置する原子炉として昭和五十四年一月三日までに原子力基本法等の一部を改正する法律（昭和五十三年法律第八十六号）による改正前の法第二十三条第一項の許可を受けたもの又は動力炉・核燃料開発事業団法（昭和四十二年法律第七十三号）第二十五条第一項に規定する動力炉開発業務に関する基本計画においてその設置が予定されていたものの型式と同型式の原子炉（次項において「特定型原子炉」という。）のうち、発電の用に供するものにあつては第一号及び第二号、船舶に設置するものにあつては第三号にそれぞれ掲げる原子炉とする。

一 高速増殖炉（動力炉・核燃料開発事業団法第二条第一項に規定する高速増殖炉をいう。）

二 重水減速沸騰軽水冷却型原子炉（減速材として重水を、冷却材として沸騰軽水をそれぞれ使用する原子炉をいう。）

三 軽水減速加圧軽水冷却型原子炉（減速材及び冷却材として加圧軽水を使用する原子炉であつて蒸気発生器が構造上原子炉压力容器の外部にあるものをいう。）
特定型原子炉以外の原子炉（発電の用に

ふつう「原子炉等規制法」と言っていますが、この中の23条で「設置の許可」という項目がありまして、この第1項に、発電の用に供する原子炉を「実用発電用原子炉」といって、これは通商産業大臣が許可をする。船舶に設置する原子炉を「実用舶用原子炉」といって、運輸大臣が扱う。試験研究の用に供する原子炉は、科学技術庁長官ということになりますが、内閣総理大臣が許可をする。研究開発段階にある原子炉として政令で定める原子炉と、法律だけで終わるかと思つたら、ここでまた政令が出てきます。4番目に出てくるのがきょうお話するもののカテゴリーです。研究開発段階にある原子炉という言葉がここで出てくるわけです。

ただ、私は原子炉実験所に勤務していますが、試験研究の用に供する原子炉、これは研究用原子炉、例えば熊取町の原子炉実験所で持っている京都大学研究用原子炉なども、3番目の試験研究の用に供する原子炉のカテゴリーに入っています。性格的には、4番目のきょうお話する研究開発段階にある原子炉とかなり似通ったところがありますので、考え方とか、後のお話の中では、そのあたりを若干混同して話が出てくるのではないかと思います。

さて、政令で出てくるというのをもう少し調べてみますと、こっちのほう細かいのです（OHP3）。研究開発段階にある原子炉ということである書いてありますが、要するに何のことかとい

- 炉形の選択
 - 開発目的の設定
 - フィージビリティスタディ
- 実験炉と試験炉
 - 未臨界および臨界実験
 - 材料試験炉
- 原形炉
- 実用炉

うと、動燃事業団がつくる原子炉、このように読めるわけです。

まず、高速増殖炉（動力炉・核燃料開発事業団法第2条第1項に規定する高速増殖炉をいう）。ここまで私は法律を調べていませんので、その中にどういうふうに書いてあるかは知りません。

2番目として、重水減速沸騰軽水冷却型原子炉。大変長ったらしい名前ですが、「ふげん」などを指しているわけです。

3番目は、船舶に設置するものにあつては第3号に掲げる原子炉ということで、船舶に設置するという原子炉です。軽水減速加圧軽水冷却型原子炉。減速材及び冷却材として加圧軽水を使用する原子炉であつて云々ということで、これは船に積むPWRのことです。日本では残念ながらもうなくなってしまったものです。

次の、このOHPで欠けているところで、まだ続くのですが、特定型原子炉以外の原子炉で云々というのは、まだ分類がはっきりしていないものはどうするか、新しいのが出てきたらどうするかということで、それはどういうことになっているかといいますと、内閣総理大臣・通商産業大臣及び運輸大臣が速やかに検討を加えなさいということなので、そういうものが出てきたら、また各省庁の縄張りといいますか、どこでやるかということをお考えになる、ということになっています。

こういうことはふつうは技術屋にはあまりなじまないのですが、少し技術的に見てみますと、少し古いのですが、昭和51年に出た『原子力ハンドブック』がありまして、それに原子力発電プラントの開発から実用化に至るまではどういうステップをとりますかということが載ってしまし

た。それをお見せいたします（OHP4）。

それによりますと、炉形の選択をする。どういう原子炉をつくるかということを考えて、開発目的を設定する。そして、そういう原子炉がフィージブルなものであるか、十分フィージビリティ・スタディをする。これも注釈が必要かと思いますが、簡単にFSなどとおっしゃる方もいらっしゃいます。フィージブルであるかどうかの研究をするわけです。その後、物の形にしてテストをしていきます。実験炉と試験炉と書いてありました。そして、実際に未臨界及び臨界実験ということで、その上で考えたフィージブルであるということを実際に炉物理的にフィージブルかどうかという実験を試みる。あるいは中で使われる材料がじゅうぶん材料としてもつかどうかということで材料試験炉でやってみる。そのあたりではかなり中性子束密度が高いというか、10倍ぐらいのところでやってみる、こういうふうにハンドブックに書いてあります。

高速増殖炉でいいますと、「常陽」が実験炉、「もんじゅ」が原形炉に当たるわけです。そのような段階を経て原形炉をつくってみる。さらに次の段階として実用炉ということになるわけです。

いろいろな言葉が出てきますけれども、言葉だけで判断することができないということも事実です。いろいろな原子炉があつて、日本ではどういうぐあいかと思っているわけですが、ハンドブックによりますと、「もんじゅ」は高速増殖炉の原形炉ですが、その原形炉の段階を実は軽水炉は飛ばしてしまっているということが書いてある。なぜ飛ばしているのかといいますと、ご承知のようにPWRとBWRの二つのタイプがありますが、PWRについては軍事利用のPWRとしてじゅうぶん原形炉の開発段階の試練を経てきている。したがって、その後 SHIPPING BOAT の原子炉をはじめPWRだとか一連のものが出てきたわけですが、実用炉の段階にすぐ持っていくことができた。

もっとも、その途中のものもあつたかもしれませんが。BWRは特にそうでありまして、BWRはEBWR（Experimental Boiling Water Reactor）という段階を経ているわけです。先ほど、いろいろ

研究開発段階の原子力施設の
安全確保のあり方についての検討について

平成8年3月14日

原子力安全委員会

もんじゅナトリウム漏えい事故を踏まえれば、研究開発段階の原子力施設については、多くの運転経験を持ち、基本技術が定型化し確立されている実用段階の原子力施設とは異なり、研究開発段階の特性に十分配慮した安全確保対策が必要ではなかったかと考えられる点が見られる。

このため、既に設置されている「もんじゅナトリウム漏えいワーキンググループ」における原因究明、再発防止対策等についての調査審議に加え、原子力安全委員会は、別紙のとおり、臨時会合を開催して、研究開発段階の原子力施設の安全確保のあり方についての基本的考え方を検討する。

と言葉があるけれども、とらわれてはいけないうと申し上げたのは、実験炉というような名前はついていますが、EBWRというのは実は原形炉に近いものであったという位置づけではないかということです。その辺はすべてハンドブックの受け売りです。

日本のことを申し上げますと、私、学生のころサボっていましたので、そのころのことをよく知らないわけですが、特に軽水炉は、JPDRを経た後、アメリカでもう使われているからということで、すぐ実用炉で日本に導入されている。いろいろなトラブルはありましたが、今日では完全に成熟した技術になって、原子力産業を支えていると考えています。

それに比較して、高速増殖炉がずいぶん長い間実用炉になるまでに足踏みをしているということを申し上げたいと思います。これも先輩方には釈迦に説法ですが、発電炉として最初にできたのは、液体金属冷却の高速炉であったわけです。ところが、実用炉にはまだ至っていないで、ずいぶん長い間開発段階にありまして、甚だもって難しいものだという気がしているわけです。

そういうことが現在の状況です。「もんじゅ」のことを考えるときには、こういうことをじゅう

ぶんバックグラウンドとして知った上で、対応していかなければいけないのではないかと考えています。

次の項目のお話は「安全性から見た開発段階炉の特徴」ということを少し申し上げたいと思いますが、特に「もんじゅ」の事故の後、大変日本中で騒いでいるわけです。

米 澤 ((財)基礎化学研究所) 「もんじゅ」と「ふげん」の違いをご説明いただけますか。

西 原 (英) 「もんじゅ」は液体金属で冷却している高速増殖炉です。「ふげん」は中性子の減速に重水を使う。あとは軽水で冷却して発電する。そういう種類の原子炉です。「ふげん」のほうは新型転換炉と言われる原子炉です。

そういうことがあって、みんないろいろと頭を悩ましたと思います。当然、一番頭を悩まされたのは原子力安全委員会ではなかろうかと思いますが、この事故が起こったのが平成7年12月8日です。いろいろなことがありまして、その後、平成8年の3月14日に原子力安全委員会がこういう声明を出しています(OHP5)。「研究開発段階の原子力施設の安全確保のあり方についての検討について」という、「について」の「ついて」ということであります。これは2枚物になっていま

して別紙というのがありまして、そういうことだからいろいろと検討しなければいけないというのが2枚目にあります。

まず、そのやり方の一つとしまして、いろいろな人の意見を聞いてみようということがありまして、私にも、どう考えているか言ってみい、ということがありました。それが昨年11月ごろのことです。先ほどの3月14日で、その後、去年の春・夏から秋にかけていろいろな方がお話をされています。私が11月ごろになったのは8番バッテリーか9番バッテリーで、そのくらいになりますと、もう大体皆さん方がお話しになっていることはすべて網羅しているわけです。なぜほかの人がしゃべったことをおまえは知っているのか、こう言われるかもしれませんが、11月ごろになりますと、すべての情報は公開しなければいけない、特に原子力の安全性にかかわる情報などは公開しなければいけないということで、いま申し上げた1番バッテリーから8番バッテリーぐらいまでの方のご意見も全部最近インターネットに要旨が載っています。また、科学技術庁からも、いままでの方はこんなことを言っているというお話を承ったわけですが、そういうことであります。

私がしゃべったことは、これが直接ではないのですが、どういうことかといいますと、先ほどの分類の話と関係があるのですが、もともと我が国の原子力施設は研究開発段階のものから出発したと、当事の学生としてはそういうふうに思っていたわけです。出発したにもかかわらず、なぜいまになって研究開発段階の原子炉の安全性ということ原子力安全委員会がおっしゃるのか、これがまず不思議でした。

いろいろな方が意見を言っていられなければならないけれども、この問題を考えるには、逆に考えると、実用化された原子炉はどんなものであるか、実用化された原子炉の安全性と引き比べてみれば、研究開発段階にある原子炉の安全性もよくわかるのではないかと。それから、研究開発段階のものはそれぞれ個性がある。一番初めは単品生産で一品料理です。単品生産でやって、個性があります。そうすると、きめの細かい対応が必要であろう。それから、発電炉は初期の研究段階のものが進化して

きて実用化されてきているので、そのプロセスを大事に育ててやる必要がある、あるいは日本ではそれがもうじゅうぶんあって育ってきているのではないかと、こういうことを申し上げましたら、ある原子力安全委員の方から、そうではない、日本はやっといまになって研究開発段階に入っている、いまがそうなのだ、というようなご指摘も受けまして、私はいささかびっくりにしたことを記憶しているわけです。

それから、これは規制のほうの問題だろうと思いますが、現在、日本では実用段階の原子炉がもう四十何基発電をしまして、我々が毎日使う電力の3分の1以上は原子力発電で賄っているわけです。そういうふうになってきますと、実用炉の安全規制的な考え方が一つのパラダイムとして定着してしまいます。その定着した考え方で開発段階、もう少し若いほうの原子炉にも同じような規制の考え方でやられるということで、規制側にも、原子炉を持っている設置者にも、そういう気持ちが起こっているのではなかろうかと思ったわけです。

ですから、扱うパラダイムといいますか、パラダイムという言葉はなかなか難しい言葉で、最近またはやっているようですが、トーマス・クーンのもともとの科学革命の構造という本がありますが、その本のもともとの言葉に合わせて皆さん必ずしもお使いになっていないようです。私も慣用的なパラダイム・シフト、パラダイムということがわかったようなことで申し上げますが、そのパラダイムを変えないといけないのではなかろうか。そして、同一のパラダイムで扱うということは、かえっていまある実用炉の足を引っ張ることにもなろう、また逆に実用炉のパラダイムで開発段階のものを見てはいけなかったと思います。

例で申し上げますと、少し専門的になって恐縮ですが、保安規定を標準化しましょう、同じようなルールで研究開発段階のものもそうでないものもすべて同じように扱おう、というような規制側のお考えもあるようでして、そのようなことをあまり考えないで、形の上だけで取り入れるということはいかがなものであろうか。

また、私のところでも研究炉を持っていまし

安全性から見た開発段階炉の特徴

- 単品生産なので、統計的にもものがいえるほどのデータが少ないこと
- 商業的観点がないので、費用対効果の面からの対応が乏しいこと
- 完成するまではバスタブカーブの始めにいないこと
- 巨大プロジェクト完成のためのリーダーシップの欠如
- (我が国の原子力界)自らが国際的に先導した経験に乏しいこと
- 社会的逆風の中で当事者の士気(モラル)が低下していくこと

て、原子炉は、計画外停止といいますが、いろいろなトラブルで停止しますと大騒ぎになるわけです。というのは、動力用の原子炉、実用炉と同じパラダイムで計画外停止というのは大変なことだという考え方が蔓延してしまっていて、それが開発段階の原子炉に対しては大変ぐあいの悪いことになっている。例を挙げますといまのようなことがあるわけで、その辺のことを一口にパラダイムというわけのわからない言葉の中に押し込みますけれども、違ったパラダイムで対応しないとイケないのに、それができていないのではないかということなのです。

開発段階炉の特徴を安全性から見てピックアップしてみますと(OHP6)、先ほどから申し上げているように、単品生産ですから、統計的に物がなかなか言えないわけです。「もんじゅ」の件でもいろいろな外国の先行炉のトラブルの例を参考にしようと言っていますけれども、先行炉のデータもたくさんはないわけです。

ただ、「もんじゅ」は原形炉ですが、原形炉という規模の原子炉をつくるまでには、要素技術についてはハード的にもソフト的にもじゅうぶん確証を得た確認のあるもので対応していますので、要素技術を開発する段階で生じたいろいろなトラブルはじゅうぶんデータとしてあるわけです。しかし、これを研究開発段階の原子炉システム、でき上がってしまった原子炉に生かすという作業は、並大抵な作業ではありません。いまも動燃事業団はそういう種類の作業をやっておられますが、例えばナトリウム技術についての大変な数のトラブルの事例などをどういうふうに「もんじゅ」に持っていくかとなると、これはまた大変な作業であります。

次のことは私が全く勝手に書いた言葉で順不同

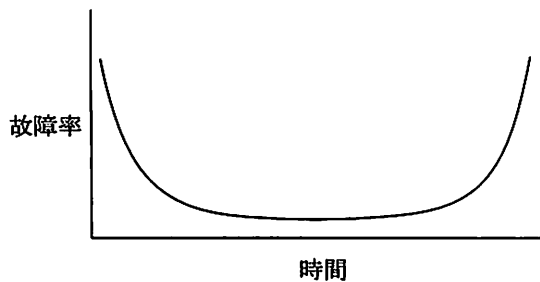
ですが、商業的観点がないので費用対効果の面からの対応が乏しい。これは安全性と直接関係がないのではないかとお考えになるかと思いますが、どういうことになっているかということ、安全設備として工学的な整合性がとれたものでは必ずしもないのではないかと。ここに商業的な見方が入ってくると、コストの考えをする中で、一番最適な安全設備は何かということをしゅうぶんお考えになるはずである。ところが、あるところは過剰にやっちゃって、あるところは手抜きではないがあまり手当てをしていないというのが現実ではないかと思います。全体として、システムとして、工学的な設備として、バランスのとれたものにするには商業的ペースのものが一番いいとは申しませんが、そのような観点を抜かしてつくってしまうといけないのではないかということなのです。

それから、当然ですが、完成するまではバスタブカーブの初めにいるという現実を忘れてはいけません。これは“世界的に言う”ということ、ちょっと問題かもしれません。しかし、日本としては高速増殖炉などはいま、だいぶ時間はたっていますけれども、まだ開発し始めたばかりであり、特に「もんじゅ」は運転までもいっぱいトラブルがありまして、実際に臨界になりパワーを上げてきたというのは最近になってからのことです。ですから、バスタブカーブの最初のところでトラブルが多いという現実には当然のことなので、そういうトラブルを見つけること自身も開発の一つの目的であるはずである。

米 田(東京大学名誉教授) バスタブカーブというのは何でしょうか。

西 原(英) ある設備の運転を開始して、故障率を時間とともにとりますとどういうことになる

かという、ちょうどバスタブ、つまり風呂桶のような曲線になります。



最初は故障率が高くて、真ん中は非常に安定した状態。寿命の終わりのほうになってくると、また経年変化がありまして故障率が上がってくる。

「もんじゅ」は試運転を始めて出力が40%になったところであのトラブルが起こったということで、まだまだトラブルは起こり得る段階であつたはず。それにもかかわらず、トラブルは起こりませんという立場をおとりになった。たしか動燃事業団はそういう態度であつたというふうに聞いていますけれども、それではぐあいが悪いので、それはパラダイムが違うということをじゅうぶん認識していない。

これは大変恐縮ですが、あるところで私はこういうふうに申し上げたことがあるのです。先輩方を前にして悪いのですけれども、ああいうことが起こったのは、大学にいる我々教官がじゅうぶんそういう技術者をつくらなかったのが悪かったのだと私は反省しています、こういうことを申し上げたのです。確かに、もうでき上がってしまった、じゅうぶんなことをやっているというふうに技術者が思い込んでいたということは事実ではなかろうかと推測するわけです。教え子たちにそこまで聞くのはかわいそうですから、そこまで聞いたことはないわけですが、そういうことであります。

もう一つは、これは後からご議論いただきたいと思いますが、巨大プロジェクト完成のためのリーダーシップの欠如ということで、実は後で、技術者集団と新しいものをつくっていくときの関係はどういうふうにあつたらいいか、ということで問題提起をさせていただこうと思っています

が、リーダーシップというのは何だろうかということです。

次は、いま日本が原子力の先進国になってしまいましたが、みずからが国際的に先導して原子力開発はやってきていない。ところが、いまはそれをやらなければいけないというところに、大変な日本の原子力の苦しみがあるように思います。

もう一つは、先ほど申し上げたことと関連があるかもしれませんが、社会的な逆風の中で、主として技術者たちの士気がだんだんと低下しているという事実は大変残念なことであります。私の同僚などで原子力工学をやっている者でも、もう動燃はだめだというようなことを言うのですけれども、そういうことを言っていたらだれがやってくれるのかということになりますので、私は、動燃の技術者たちを含め、関係している人に、「今はいい仕事をしているよ。ちゃんとやってください」と、励ましているのです。士気が低下してくると、だんだんとよくないことが続いてくるだろうというふうに悪い予感がしてくるわけです。

さて、技術者集団と開発段階の原子炉のことにつきまして、少し申し上げたいと思います。今回の、特にもんじゅ事故を例にとっていろいろ議論がある中で、例えば学術会議の原子力工学研究連絡委員会で「もんじゅ」の事故のお話が出たときに、直接原子力にタッチはされていないけれども、工学界の重鎮の方々のご意見は、原子力の開発では個人の名前が見えない、聞こえてこないのではない、だれがリーダーなのか、だれが責任者なのか、はっきりわからない、そういうことがあります、そのときそれに答弁をしていた動燃事業団の人は、まず質問の意味がよくわからなかったようです。というのは、そこまで個人ということをやめて開発している。殺してというか、個人ということが表にあまり出ないで開発しているというのが現状かと思っています。

なぜそうかということですが、その一つとして、原子力技術は巨大科学であるので非常に時間がかかります。ですから、固有名詞的リーダーシップは性質的にそこには出てこない。出てくる余地が非常に少ないのではなかろうかと思っています。私は個人的には強力なリーダーシップが必要

① 安全確保対策の充実

I 原子力安全規制

1. 安全審査体制

(i) 原子炉設置の場合

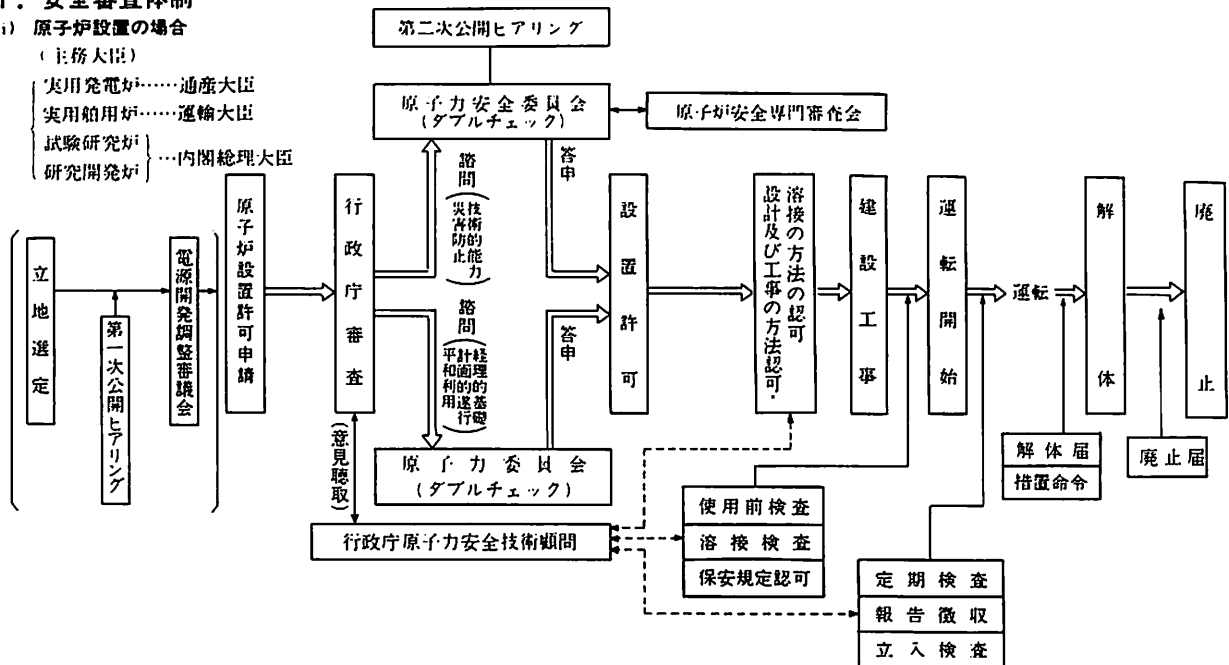
(主務大臣)

実用発電炉……通産大臣

実用船舶炉……運輸大臣

試験研究炉……内閣総理大臣

研究開発炉



であろうと思っていますけれども、それが出てこない性格があるのではないかな。

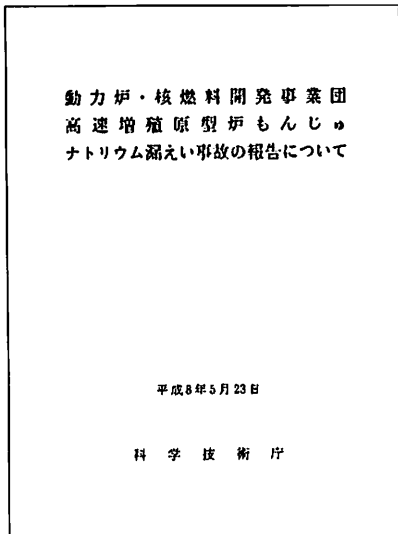
それから、これは直接動燃ということではないのですが、ある意味では日本の悪い風習でありまして、Japan Incorporatedという考え方が非常に強いので、総花的に、特に原子力開発では幾つかの原子力グループに分担して物をつくってもらわなければいけないというお考えがあるのではなからうか。ですから、ある会社がリーダーシップをとるのがなかなかできにくい、そういうことがあるのではないかと思います。

余談になりますが、そうでないケースもあるようで、そうでないケースは「ふげん」の開発です。「ふげん」の開発もいろいろな会社がかかわってやったのですが、ある一社が全体を取りまとめて総括するリーダーになった。ですから、つくり上げるまでは少なくとも問題なくできたというお話を承っています。その後は、「ふげん」もいまの動燃の体質の中に埋没してしまったようなところがあるかと思いますが、いずれにいたしましても、ハード的にも、規制を含んでソフト的にも、非常に複雑・巨大なシステムを完成する工学

的な技術、体系化させていかなければいけないものが、まだできていないのではないかな。そのためには、きょうここにいらっしゃる諸先生方のような工学の泰斗の方々のいらっしゃる工学アカデミーなどでじゅうぶんお考えいただきたいというのが、実はきょうの問題提起です。そして、指導的な役割を果たしていただきたいと思っています。

時間が迫っていますので、最後の「もんじゅ」安全性総点検について一言申し上げたいと思います。

先ほども申し上げましたけれども、「もんじゅ」はいまどういう状況にあるか。これ(OHP7)は大変小さくて細いプリントでコピーをとってきましてのでわかりにくいのですが、原子炉設置のときの状況・審査体制などが書いてあります。立地地点を選定し、設置の許可をとった後、実際に物をつくってやっていくのだということで、この辺の詳しい話は省略しますが、設置許可の後、その工事の方法などをいちいちチェックしまして、建設に入る。そして、「もんじゅ」の場合は完成して、使用前検査という段階に入って



いたわけですから、使用前検査の段階で「もんじゅ」はストップしているわけです。運転開始というのは、フルパワーで原子炉としてちゃんと認められてオーケーを得た後に、運転開始です。いままで運転はしていても、それはあくまでも使用前検査の一つの手続としてやっていたわけです。

一昨年(平成7年)の12月に事故が起こりまして、昨年(平成8年)の2月27日に動燃は「もんじゅ」の安全性総点検を行うことを言明されました。それを受けまして、科学技術庁が「もんじゅ」を監督している役所ですが、科学技術庁はレポートを二つ出しています。これ(OHP8)が後のほうのレポートですが、平成8年5月23日に「動力炉・核燃料開発事業団高速増殖原型炉もんじゅナトリウム漏えい事故の報告について」という報告をされていまして、その中で、動燃が自主保安を強化することの必要性を指摘していますし、さらに、科学技術庁は原子力安全技術顧問を中心に専門家技術者による総点検チームをつくり、動燃の報告する結果の妥当性を検討するとともに、具体的改善策についてもその妥当性の検討確認をするということになって、現在に至っているわけです。

しかし、そういう行政サイドの作業のほかには、実にいろいろなところで作業が並行して行われていまして、私も完全に理解していません。理解している範囲で少し拾ってみますと(OHP

- 原子炉安全審査部会 ワーキンググループ (原子力安全委員会)
- FBR 懇談会 (原子力委員会)
- 動燃改革委員会 (科学技術庁長官直轄)
- 科学技術庁 タスクフォース

9)、原子力安全委員会の原子炉安全審査部会にワーキンググループが置かれまして、このワーキンググループは、もんじゅナトリウム漏えいのその後の事故の経緯を少し技術的にもはっきりさせよう、科学的にデータをはっきりさせようということで作っているグループです。ここもいろいろとその後を追いかけた実験などを解析したりしていますが、まだ事象が完全に科学的にわかったという段階ではないように聞いています。

それから、これは順不同ですが、FBR懇談会を原子力委員会が設けられまして、これは日本のFBRの将来路線をどういうふうに考えたらよいかという非常に基本的なところを考えられる委員会というふうに承っています。東北大学の前の総長の西澤先生が委員長として取りまとめをされています。

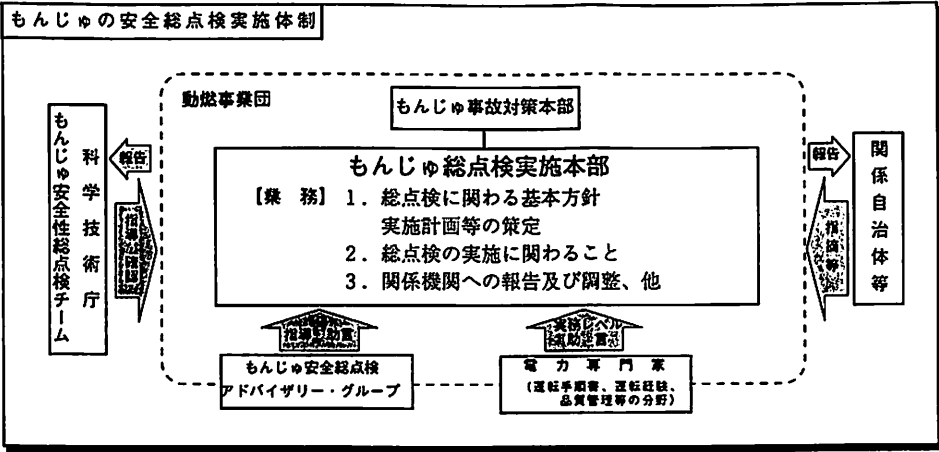
次の委員会は、科学技術庁の長官の直轄と聞いていますが、動燃改革委員会という動燃の組織を見直すということをやっている委員会で、これは東京大学の前の総長の吉川先生が主査で、これは最近一応のレポートをおまとめになったわけですが、それに基づいて動燃事業団は新法人にするという作業が役所のほうでなされているのではないかと思います。

それから、科学技術庁のタスクフォースというのがありまして、行政庁の作業ですが、このタスクフォースというのは、事故が起こった後即座に科学技術庁が専門家を集めまして、この近くでは大阪大学の宮崎教授もその中に入っておられましたが、直ちに対応をされたグループです。このグループの活動は実質的には終わっているのではないかと思います。

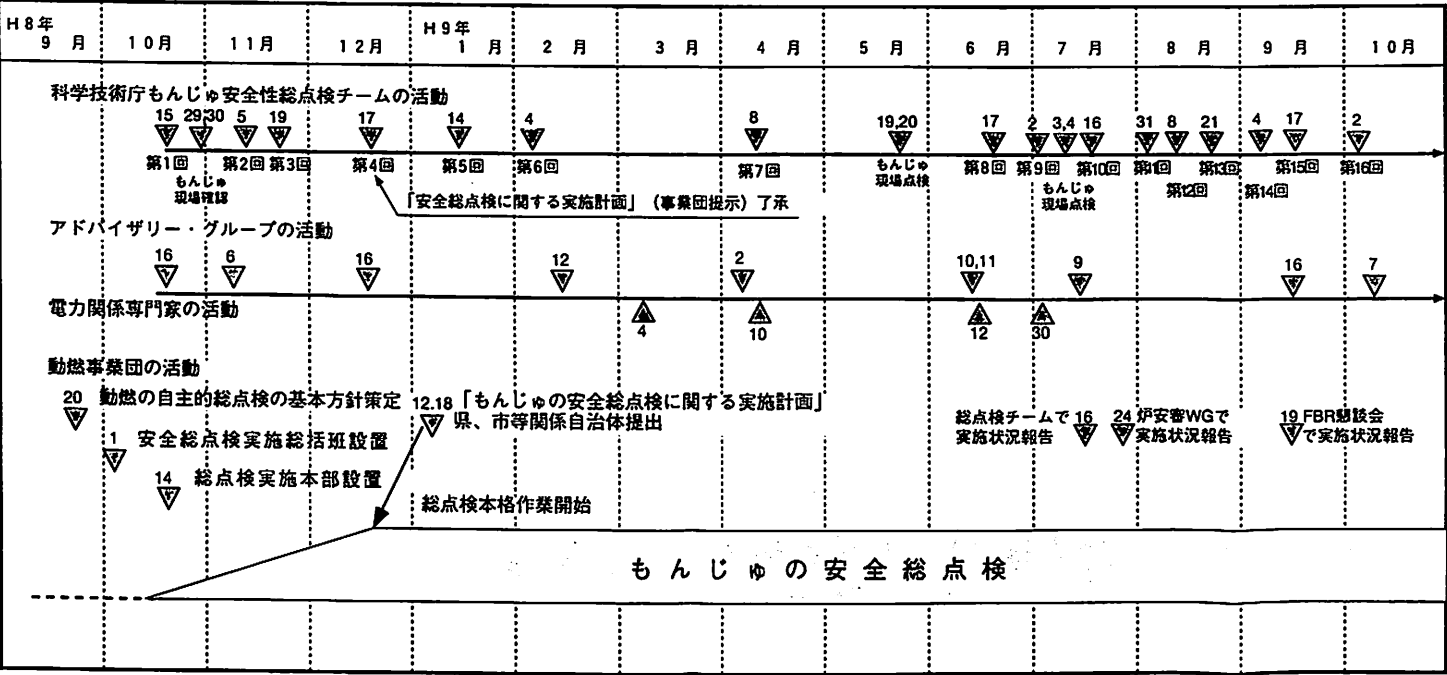
そのようにいろいろな動きが並行して起こってしまして、さらに、直接国レベルのことではありませんけれども、設置している福井県とか敦賀市の地元も対応をいろいろとなさっているようで

安全総点検の実施体制と活動の経緯

- メーカー及び協力会社と連携しながらもんじゅ建設所を中心に本社、大洗工学センター及び東海事業所を含めた全社を挙げての取組（もんじゅ総点検実施本部）
- 科技庁のもんじゅ安全性総点検チームへの実施状況及び点検結果の報告
- 社外の幅広い専門の有識者からの指導と助言（アドバイザーグループ、電力関係専門家）
- 関係自治体等からの指摘等



もんじゅ安全総点検活動の経緯



す。それをすべて整合性のあるように持っていくのは並大抵の事ではないのではなかろうかと思いますが、全体のコンダクターはまた例によっていないわけです。総点検の話はいままだ続いてまして、詳しいことを申し上げる余裕もないわけですし、私も動燃の仕事全部知っているわけではありませんが、いま動燃がやっている状況を少しだけ動燃の資料でご紹介しますと（OHP10（前頁））、安全総点検の実施体制と活動の経緯ということで、この右上にあるのが「もんじゅの安全総点検実施体制」という絵で、左側にありますのが科学技術庁の「もんじゅ安全性総点検チーム」で、私がお手伝いをしているのはこれです。その右の点線の中が動燃自身の動きで、「もんじゅ総点検実施本部」というものを置かれました。この下に書いてあります「もんじゅ安全総点検アドバイザーグループ」という専門家の方を何人かコンサルタントにされて、いろいろ検討を進めておられます。実はご出席の若林先生はアドバイザーグループのメンバーのお一人です。先ほど申し上げましたように、関係自治体との接点もありますし、なかなか難しい作業を日夜続けていまして、科学技術庁のほうの作業も、今月に入りまして、この段階ではまだ1回しか開いておりませんが、明日もありまして、その後続けてこの月には4回やる。一番頻度は多いわけでありまして、一応の中間的なことを申し上げなければいけないというような状況になっているわけです。

まだまだいろいろなことがありますけれども、現状の「もんじゅ」の話はこのぐらいにさせていただきます。

いろいろなご議論もあろうかと思いますが、きょうは開発段階にある原子炉の安全性ということで、私、あまりうまくご説明申し上げることができなくて、むしろ先生方に問題を差し上げたというようなことでお許しをいただきたいと思います。

どうもご清聴ありがとうございました。（拍手）

司 会 ありがとうございます。

予定でいきますと、食事をしながらご歓談・ご質問をいただくということになっています。何で

も結構ですから、ご発言がございましたら、どうぞ。

弘 岡（流通科学大学） 私、化学の会社に長いことおまして、そういう経験からしますと、今回の事故が、原子力、特に増殖炉で特殊な理由で起こった事故ではなくて、単に非常に初歩的な問題で発生した事故であるということの認識が、じゅうぶん説明されていないのではないかという気がするわけです。つまり、水とナトリウムと接触させれば爆発するのは化学屋の常識であって、それは原子力とは全く無関係な事故なのです。なぜそれが、原子力が怖いという印象を与えるような報道になるのか、説明がきちっとできないのか、そこは非常に腑に落ちないところがあるわけです。

ですから、一つは原子力とは無関係な事故ということですが、もっと言えば、なぜ水とナトリウムを直接接触するようなオペレーションをやっているのかというのは、化学屋からすればきわめて初歩的なミスであって、設計の最初の思想が間違っているのではないかと思うわけです。化学工学屋の立場からするとどうしようもないことをやっているという気がして、こんな危ないことをよくやるな、という認識になるわけです。ですから、それは原子力が危ないのではなくて、設計自身がきわめて初歩的なミスをやっているということに尽きるのではないかと。

もう一つ、増殖炉は、なぜフランスの「フェニックス」がやめて、世界中がやめたのかということの問題は、最初考えていたほど増殖効果がなくて、あまり増殖炉をつくる意味がないということなのかどうか、そちらの議論がほとんどなくて、増殖炉がやめになる寸前のところで、あれは危ないものだという認識で取りやめにさせられるというのはおかしい話で、ナトリウムの爆発事故という全然原子力とは無関係な事故によって「もんじゅ」の企画がつぶされるということも、また理屈にあわない議論であるわけです。その辺のロジックがきわめて不明確なままに議論が進んでいるということについて非常に不満というか、何か腑に落ちないものを感じるわけです。その辺のことがどうして議論にならないのか私にはよくわか

らないということで、少しご説明をいただきたい。

西 原（英） 最初のお話でございますけれども、「もんじゅ」をはじめ高速増殖炉は、なるほど蒸気発生器の段階では水とナトリウムが接触する場所—接触というのは直接ではありませんで、蒸気発生器を通して接触するわけです。薄い金属の隔壁を通じて。そういうところはございますが、今回の事故はそこで起こったのではございません。ナトリウムだけが漏れた。ナトリウムと水との反応については高速増殖炉をつくる連中はずいぶん研究をして確かめてきています。もちろんそこにはいまご指摘のような問題はあるわけですが、今回のことはそこで起こったのではなくて、単にナトリウムが漏れたというだけであります。

ところが、単にナトリウムが漏れたことだけでは、工学的に見ると大したことではないのであります。単に漏れただけです。ただ、なぜそれが事故から事件へというふうになってきたかというのは私もよくはわからないのですが、一つには、そういうことは起こらないのだということで周りにも説明をし、当事者もそういうつもりでいたというところから、混乱が発したわけです。

それから、それまでの問題として、熱電対のさや管と言われるところからナトリウムが漏れるような、あるいはさや管が壊れるような設計になぜなっていたかということがございますが、それは、流体の中に物を置くとそれが振動するというのは当然のことですが、その振動モードについては機械工学の方面の専門家は常識的に知っている事柄を、設計する担当者は十分には知らなかったということが最近明らかになりました。それを知っていれば、基準がはっきりしていて、その基準に合わせて設計するというのがなされたはずですが、その辺が非常にあやふやだったのです。ですから、ちゃんとした基準でないところで設計がされていた。

もう一つは、工作のことで、事故が起こったときにすぐ問題になりましたのは、応力集中が当然あるところのチューブにこういうものを取りつけてあるわけです。当然付け根では応力集中があるのですが、そこでの工作的にアールのとり方が悪

い。直角的にといいですか、アールが非常に小さい。0.1か何かでそういう工作をされていたということもありますが、それよりもっと根本的なことは、いま申し上げたように、振動に対する十分な知見が現場の者にまで行っていなかったということが言われています。

もう一つの問題はもっと大きな問題でありまして、それも私は、「もんじゅ」をはじめそういう原子炉をつくってから今後データをとって研究すべき事項だろうと思いますが、増殖率が思ったほど上がらないのではないかという問題は、これから十分研究しなければいけないことだと思いますし、その辺はきょうは私よりもご専門の先生方が大勢いらっしゃると思いますので、お教えいただけたらありがたいと思います。

司 会 食事中ですけれども、ご発言されたい方はご遠慮なくどうぞ。

安 藤（東京大学名誉教授） 私、理事をしております安藤でございますが、理事会で、東京の役員もなるべく他地区の活動に参加してほしいというお話がありまして、きょうのお話が原子力の話で、私は原子力をやっていますので、行くべきであらうということで拝聴にまいりました。

きょうのお話で、いろいろなことはあるのですが、昔の経験で、私は長年安全審査委員をしていまして、動燃では「常陽」「もんじゅ」「ふげん」、原研ではJMTR、JRR-4、NSRR、それから原子力発電所はずいぶん関係しましたし、研究開発段階ということで原子力船「むつ」にも関係しました。「むつ」のころは始まったばかりで、私は船舶を出たものですから、「むつ」の船体のほうの審査を主にやったのです。

いまの流体的な流れと構造物、特に断面が丸い構造物ですけれども、それと流れが一緒にありますと、ある振動数で振れるということがあります。「もんじゅ」の場合には、対称うずの振動数と温度計の筒の固有振動数が一致したということで、大きく振動してクラックが入って折れてナトリウムが出たということになっていますが、似たような事故は昔からかなりありまして、私は学生のときに海軍の委託生で研究所にいたのですが、そのときも潜水艦でそういうことがありました。

それから、原子力が始まって日本最初の東海のガスクールリアクターは、来年でとめて、あとは解体することになっておりますが、それはつくるときにバスタブ型の最初の段階で、スチーム・レイジング・ユニットと申しますけれども、熱交換機の中のロープレッシャー・スーパーヒーターという管群があるのですが、それがクーラーの炭酸ガスが通ったとき、管の振動数とカルマンうずの振動数が一致して大きく振動してクラックが入ったのです。そして、今度の場合はナトリウムが漏れたわけですが、東海ではスチームが漏れたわけです。スチームは漏れても温度が高いですから、全然どこへ行ったかわからないぐらいになって、問題は少ないのです。

その振動が起こるのに、もう一つ、日本は地震国だというので地震の先生が非常に強力なものですから、ガチッとそのパイプを押さえたのです。そうすると、温度が上がったり下がったりしますと、熱応力でストレスが出る。そこへ振動のストレスが出るということで、疲労クラックが発生します。

結局、東大にあります私の研究室でその模型をつくって実験したところが、割れたのと同じクラックができました。これを直すためにはどうしたらいいかということ、振動数が一致しないように変えればいいので、結果的に見ると非常に簡単で、地震に対する拘束を少し緩めて、伸び縮みが自由にできることにしたことと、鎖をパイプにずうっとかけた。そうしますと振動数が一致しないので、それで運転しましたら非常にうまくいきまして、これから解体しようとするぐらいですから、30年以上も、ちょっと直ただけで無事運転されて、いまに及んでいるわけです。

そのころは、そういうクラックが出て、マスコミも、役所も、だれが悪いということばかりを追求するのではなくて、これは日本で最初の原子炉だから、何とかして完全に動くようにしないではいけない、そういうふうに関係者もメーカーも電力会社も我々も協力したのですけれども、そういうことで無事動くようにしたわけです。

その次にいろいろあったのが原子力船「むつ」ですが、これは新聞記者を大勢乗せて実験してい

るところで放射線が漏れたものですから、みんな知っているわけですが、原子炉をとめればすぐとまるわけで、全く人体には影響がないのです。しかし、「むつ」は最初に臨界になって、次の臨界になるまで16年間かかったのですが、その間にマスコミはいろいろ書きますけれども、役所から、関係者が悪いのだということは全く言われてなくて、試行錯誤でそういうことは起こり得るのだということで、役所も、原子力船事業団も、何とかこれを動かすようにパブリック・アクセプタンスを得られるようにいろいろ説得しようということをやったわけです。

今度の「もんじゅ」の場合はそれに似ていて、試行錯誤という言葉がありますけれども、やってみたらしくじったというようなことでありますが、実際には動燃自身の品質保証体制が非常に悪かったと思います。IAEAのセイフティ・シリーズの中に品質保証についての規則が出ていますが、これはサーマル・リアクターに適用する。原子力のご専門でない方もいらっしゃると思いますが、原子炉を動かして核分裂してできた中性子をモデレーターという減速材で速度を落としてまたぶつけるとよく反応するというので、軽水炉とか、「ふげん」にしてもそうですが、そういうリアクターに適用する。ですから、ファスト・リアクターである「もんじゅ」にはそれは適用されないわけです。私は高速炉用の品質保証の規則をつくるべきだと言っているのですが、軽水炉と同じような規則に「もんじゅ」を当てはめようとすると、どこか無理になるところがあるかと思っています。

安全審査のやり方については、いまはリアクターが中心で、そこに向かって、それが大丈夫かということに重点が置かれているのですが、私は、それは昔のお医者さん、薬師(くすし)の時代だと言っているのです。昔のお医者さんは、明治になってからでも、内科の医者しか医者でないとか、そのうちに外科も入ってきましたけれども、そういう重要なところの医者は医者と言いますが、末端のほうは、お医者さん自身が、あれは医者の中に入らないというような時代があったのです。いまは総合病院が普通でありまして、いろ

いろいろなことを総合的に診て、大丈夫かということになるわけです。ですから、「もんじゅ」の場合にナトリウムが末端で漏れたというのは、昔流の江戸時代のお医者さんと同じで、真ん中のほうは何ともない、端っこでナトリウムが漏れようがそんなことは何ともないというのが、実際には問題が大きくなって、それがために、これからいろいろなことをやっていくということになるわけです。安全の面も総合病院的にやったほうがいいのではないかと考えております。

いろいろございますけれども、せっかく東京からまいりましたので発言しました。どうもありがとうございます。

西 原 (英) いま先生がご指摘の品質保証の話でございますが、これは「もんじゅ」でも重要なことと受けとめておりまして、これは動燃の総点検、あるいは科学技術庁の安全性総点検の中でやっていることですが、「もんじゅの品質保証体系活動の点検」ということで、かなりこの分野で経験のある方、軽水炉での経験でございますが、品質保証体系に非常に通曉されているベテランの方にメンバーに入っていて、やっているわけでございます。その結果、どういうことになったかということをご紹介しますと、体系としては非常にうまくできている。形式は。ところが、中味は全然だめであるというのが「もんじゅ」の場合でございます。

いま、中をどうやってやらせるのがいいのかということを含めてきているわけですが、動燃という組織の問題とも絡みまして、本社が東京にあり、現地が敦賀にある。ただ、いまは敦賀でかなりのことができるようになってはいるけれども、製作段階では本社主導でこの品質保証も全部やっている。そうすると、現地がよくわからないままやっているという状況があったわけです。

今後、それは動燃事業団自身の改組ということで解決しなければいけないのですけれども、この図 (OHP 11 (次頁)) で申し上げると、点検しているというのはこれだけの項目でやっておりまして、ナトリウム漏えい関連設備を中心とした点検、「もんじゅ」の設計から運用に至るまでの点検、運転手順書等の点検、研究開発成果・技術情

報がちゃんと反映しているかどうかの点検、それと同時に全体について品質保証体系がちゃんとできているかどうか、対応がちゃんとできているか、ということでやっているのですが、これが非常に悪うございまして、形式はいいのだけれども、中身はこれからやらなければいけない。ずっと家庭教師がついていてやらないと、できないのではないかという印象でございます。

米 澤 先ほどの熱電対の設計の問題は、私のような素人は簡単にできるように思いますが、それはいかがでございますか。

西 原 (英) 振動に対するじゅうぶんな認識がなかった。その振動も、揚力方向、流れに直角な方向の振動モードについてはじゅうぶん検討したけれども、流れに平行な方向の振動にじゅうぶんな検討をしなかった。そして、共振周波数と非常に合うところにモードがなっていたということで、大変これは残念なことでございます。そういう種類の熱電対さや管がまだ何本かありますので、それは全部取りかえたり、設計変更したり、ということに対応することになっています。

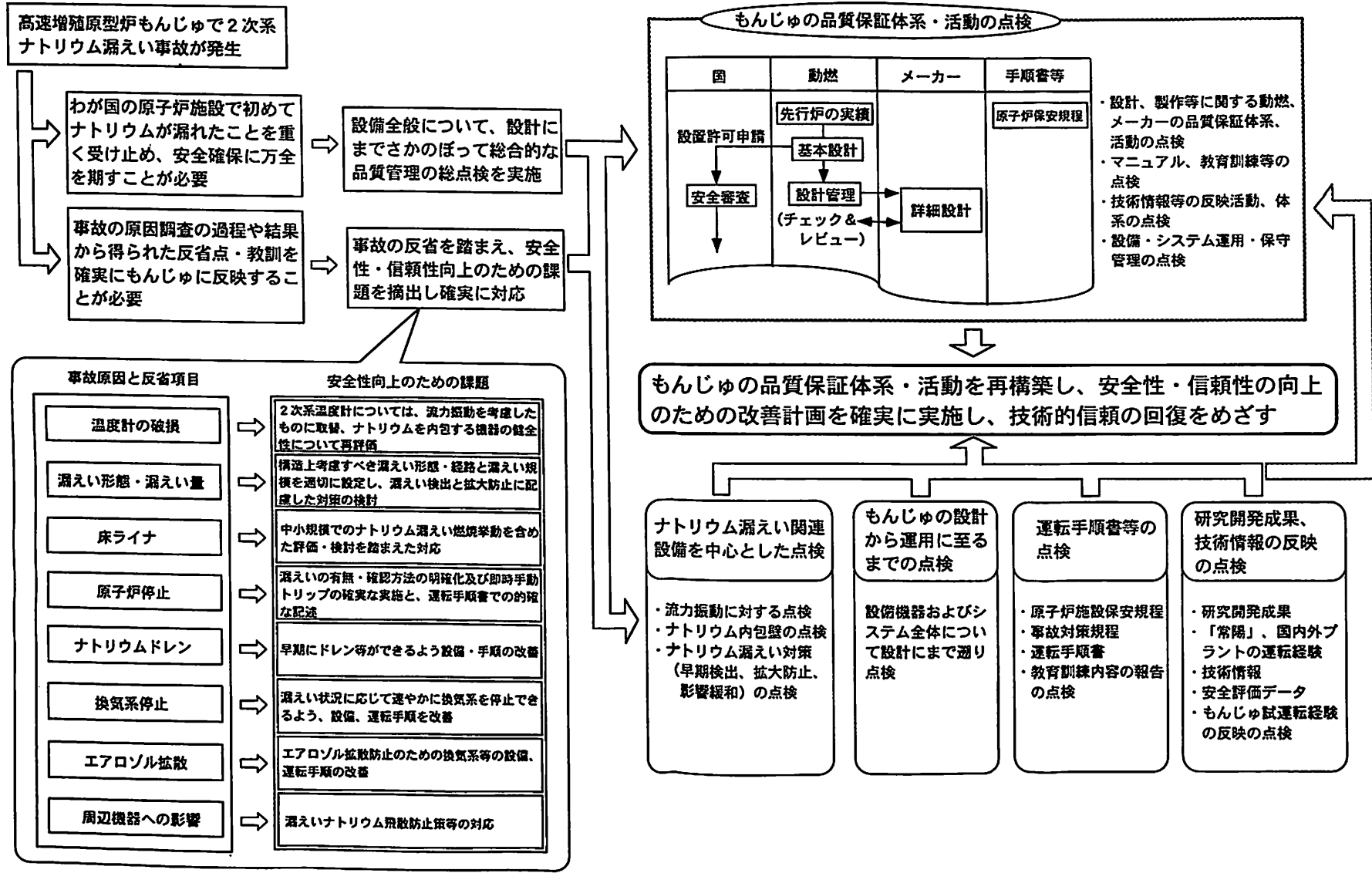
米 澤 増殖率の問題はどういうことなのでございましょうか。

若 林 (未来エネルギー研究協会) それは何ともわかりません。ただ 1.0 ~ 1.2 の間であろうということとも言えると思います。1.0 というのはちょうど使っただけのが増えるというわけですが、その間にあるのではないかと思います。

もう一つ、先ほどアドバイザリー・グループの話が出ましたので一言申しますと、動燃の計画につきましてはアドバイザリー・グループの意見を聞いて、動燃の責任で物事をやっていくことになっておりますけれども、いろいろと活発な意見が出ております。その中で、いま西原さんからもありましたけれども、運転までこぎ着けたらいいという形のものではなくて、将来にわたってアドバイザリー・グループは存続させて、問題があれば、逐次その問題についての専門家としてのアドバイスをしていこうという形で進めております。

その中で、現在私も問題にしているのですが、設置県は福井県ですが、福井県には11基か12基の動力炉があります。研究開発段階の原子炉である

安全総点検実施の基本的考え方



けれども、ある程度の信頼性は持ってほしい。福井県で十何基の原子力発電所で年に1回起こる程度のトラブルが高速炉で年に1回起こるのが限度であろう、それよりも信頼性が落ちるようでは福井県としては受け入れてもらえないだろうと言っておりまして、できればその方向でリライアビリティも上げていこうという形で現在進めております。

年に1回起こるとすれば、リライアビリティ自身が10分の1になるわけですので、おそらくそれが限度であって、それよりもっとよくなるということを考えております。というのは、あれは28万キロの動力炉でございますので、研究開発、研究開発と言いながら、火力発電で28万キロといえは非常に大きな発電所ですので、やはり動力炉並みのリライアビリティを持たせる。いまは研究開発の段階ですので、悪ければすぐとめることはできるとしても、とにかく運転している間は動力炉並みのリライアビリティを持たせるということで努力しております。

西原(宏) (原子力安全システム研究所) 高速炉固有の技術でない、つまり、化学工学の人から見たら知っていて当たり前のようなことを、見落としたというのではないけれども、間違いだったというのは、どうしてそんなことが起こったのかというご指摘だと私は思うのです。つまり、あれがなぜ折れたかということではなくて、なぜ折れるようなさや管をつくってしまったのか。それから、ナトリウムが漏れるのは当たり前ののに、漏れてからあれを大事にしてしまったのはどういうことなのか。これは委員会からたくさん報告が出ていまして、なぜ折れたか、あんなまずい設計をしたかというのは、非常に高邁な言い方をすると、横振動を考えたけれども、縦振動は考えていなかった。縦振動が取り入れられるようになったのは比較的新しい知見だということなのですから、実験炉の「常陽」ではああいうことは起こっていないのです。

あれは一応できた技術だと、関係者はみんなそう思ったと思うのです。ところが、実際に当業者はそれを検証していないのです。なぜそんなことが起こったかといったら、あれは担当する会社が

変わっているのです。違う会社が担当しているのです。それで、私は密かに「常陽」のとき担当した会社の人に、「あなたがあの『もんじゅ』のさや管を見たら、一目でおかしいことがおわかりではありませんか」と言ったら、「そのとおりです」と言いました。しかし、そういうのは教えないのです。

教えないというのは、どういう仕組みになっているかということ、高速炉を開発して、技術が蓄積して、知識は蓄積するけれども、それは担当会社に蓄積するのです。例えば、米国の場合でしたら、アメリカの機械学会のようなところが共通の知識としてそういうものを刊行しているわけです。日本のメーカーでもそういうものはみんな使っているのです。しかし、実際問題として、あのときあれを設計した人は全然そういう経験がないのです。あれは見落としたのはおかしいと言うけれども、見落とす前に、あんなのを設計したのはちょっと考えられないようなことなのです。見落としたというのも、実際にどういうことが起こったかというのを、表から見た見方でなくて裏から見ますと、あの図面は何回もメーカーと動燃の間で往復しているのです。しかし、そこはだれもチェックしていないのです。

それから、ナトリウムが漏れてあんなことになったのはどういうことかということ、どういう現象が起こったかということではなくて、どうしてあんなことになったのかというのは、あれはナトリウムと空気のバウンダリーになっているので、普通の原子力の安全性の考え方だったら漏れないように設計してつくっているのだけれども、もし漏れたときというバックアップをやるわけです。それが全然やってないのです。あれは二次系だから、事故としては原子力として重要な事故ではないのですけれども、一次系のほうは完全にその対策をとってあるのです。ナトリウムが漏れたら、基本的にはまず窒息消火ですから、空調はとめる。しかし、あれは空調は回しっぱなしなのです。漏れたやつを、漏れるかもしれないとだれか一人気がついたら対策をとっているのですけれども、そういうことがとれていないのです。まともに言ったら、西原教授が言われたように、全体の

システムを見ている人がいなかったということは言えると思うのですが、起こったことは要するにそういうことなのです。

若 林 実は、安全審査のときに設計審査をやったのですが、これは漏れますよ、漏れる可能性があるということを指摘したのです。そうしたら、漏れたときにはナトリウムが下にたまってスポットでとれますから、全然問題ありませんと言っていました。二次系の漏れは質問したのです。

西 原 (宏) それを答えた人はナトリウムの技術者ですか。

安 藤 一応の対策としては、漏れたら床にたまる。床に鉄板が張ってありまして、少し縁もこうなっているのだと思うのですが、それでとめるということになっているのが、コンクリートと反応して熱が出て、それで大きくなったと聞いております。

西 原 (宏) 漏れるかもしれないと思って、対策は練っておくべきですね。

西 原 (英) 大きなシステム、特に原子力のようなものを設計するときに、マキシマムのところで包絡すれば、それまでのものは全部その中で解決できるという考え方が大体あるのです。ところが、この場合の漏えいも非常に少ない量の漏えい、出力もそれほど高くないところ。これは「もんじゅ」だけではありませんで、TMIの事故についても、チェルノブイリの事故についてでさえ、非常に出力の低いところで起こった事象なのです。ですから、そういうあたりも含めて、それから全体の出力の中は当然のことですが、設備の寿命全体にわたってずっとフォローして、問題はないかということをやっていかなければいけないけれども、その点が非常に欠けていると思います。

西 原 (宏) もう一つだけ付け加えると、ああいう原子力の開発のような事業の場合は、コアになる主要な技術以外のところでああいうことが起こるわけです。それが起こっても命取りになるという社会現象があるわけです。

もう一つ重要だと思う点は、大体実験炉をやるときは、本当に初めてやるとみんな思っているか

ら、選りすぐりの技術者が集まってやるわけです。しかし、それで一たんうまくいくと、技術は一応できたと思うのです。だから、次の原形炉のときには、言葉は悪いけれども、ちょっと調子を落としてくるところがあるのです。それは、フランスでもそういう例があって、トラブルは一から全部やり直した。

司 会 気を抜いたわけですね。

弘 岡 あまり時間がないのですが、問題提起をしたいと思います。

原子力の問題は、チェルノブイリとかスリーマイル・アイランドでメルトダウンまで行った事故が現実に関わったということで、パブリック・アクセプタンスはもう回復不可能ではないかというふうに考えるべきではないかと思うのです。しかし、これから原子力は大事ですから、何とかあれでエネルギーをキープしないと間に合わないという問題意識がありますから、何とかしたいということなのです。

では、どうするのかという答えは見えていないと思うのです。そこで、私は素人なのでピンぼけのことを申し上げるかもしれないけれども、西堀栄三郎先生のパンフレットを見ましたら、トリウム原子炉をやれと書いてあるわけです。あれは原子爆弾にもならないし、メルトダウンも起こらない、非常に安全なプロセスでやって、ウランではない、資源も豊富だ、といっぱいいいことが書いてあるわけです。ただ、あれも熔融塩原子炉ですから、今回のような問題点がある。あれはフッ素化合物の熔融塩ですから、そういう点でテクニカルには難しいところがあるかもしれないけれども、いまからあれに移ったほうがいいのか。お金がかかるけれども、結局そのほうが早道ではないかという気がするのですが、そういう議論がもう少しあってしかるべきではないか。

いまのを何とかパッチ当てをして、何とかやろう、やろうとするよりも、もうこれは捨てたということで、トリウムに切りかえるという方向転換をしたほうが、まだ間に合うのではないかという気がするのですが、それはピンぼけな意見なのでしょうか。

西 原 (宏) あれを信じている人は大勢おられますけれども、トリウム原子炉は非常に難しいです。

弘 岡 あれはオークリッジで実験をやっていますね。

西 原 (宏) 燃料の再処理に非常に難関がある。

弘 岡 廃棄物がずっと少ないという意見も書いてありますけれども。

西 原 (宏) 熔融塩炉は、燃料再処理工場と原子力プラントが一体化したようなものですからね。

弘 岡 そうです。ですから、ケミカル・プロセスが非常に重要だと書いてある。

西 原 (宏) ああいう新技術が何重にもあるものというのは、私はそう簡単にはできないと思うのです。

安 藤 トリウムは新しく開発すると非常に長い年月がかかります。

いま軽水炉が盛んに動いていて、使用済み燃料をフランス・その他に送ってプルトニウムをとって、それが日本に送り返されてくるわけですが、そういうのが国際的に決まっています、軽水炉をたくさん動かせば必ずプルトニウムができるわけです。軽水炉でも、初めにプルトニウムは入れてないのですけれども、中でプルトニウムができて、それも燃えています。再処理するとプルトニウムはどんどん増えるわけです。これを消費しないと、日本は爆弾をつくるのではないかということもありまして、「もんじゅ」のような高速炉で使うのが一つ、「ふげん」のような新型転換炉で使うのが一つ。

しかし、新型転換炉は次をつくろうとしたところが、軽水炉の3倍もかかるというので電力会社が拒否して、これは先へ進まないと思います。高速炉は次々やっついこうというのですけれども、いま問題がある。それで、もう一つやろうというのがプルトニウムのサーマル・リアクター利用です。これをプルサーマルといいます、数年中に東電とか関電とか中電とかが少しずつ動かして、そのうちに全国の電力会社で使って、プルトニウムを減らしていこうというような計画なのです。

「もんじゅ」の事故でパブリック・アクセプタンスが悪いので、何とかお願いして使っていただくというようなことにしないといけないのではないかと思います。

弘 岡 ただ、基本的には、放射性廃棄物処理のめどが立っていないわけですね。いまの段階では、ハイレベルの放射性廃棄物の対策はないわけでしょう。

安 藤 ええ。いまは次々運んできますけれども、50年ぐらい冷却して、最終的な貯蔵するところをつくる。研究だけは何百メートルか地下に入れて処分することをやっているわけです。再処理を外国に頼んでいますので、ハイレベルの廃棄物は日本が引き取らないというわけにいかなくて、もうすでにそれを積んだ運搬船が2隻入っていますし、これは次々に送られてきて、いま下北で50年ほど冷却する設備はつくっております。

弘 岡 私が申し上げたいのは、もっと基本的にスタンスを変える議論がなぜ起こらないのかということなのです。いまおっしゃった、非常に難しいということは確かにあるかもしれないけれども、初めはみんな難しいわけで、やっているうちにフィージブルになるかもわからないわけで、それは細々でもいいから続けるべきではないか。

安 藤 もう一つは、話が直接ではないのですが、この12月にCOP3という会議が開かれます。地球温暖化を防止しようということで、CO₂とかCH₄とかN₂Oを何%か減らそうというのに対して、ヨーロッパは15%、日本は5%、アメリカはゼロとかいって、これは中間段階ですから12月にどう出てくるかわかりませんが、日本の5%減らそうというのに対しても、CO₂など温室効果ガスの出ない原子炉を2010年までに20基つくらなくてはいけないということになっているのです。

言うのは簡単ですけれども、では、20基を私のところでつくらせてあげますよと言うかどうか問題です。CO₂を減らせというほうは5%でなくてもっと減らせと言う。そうすると、もっと原子力発電所をつくらなくてはいけないことになりますけれども、実際には、電気は要るけれども、俺のところに発電所をつくるのはお断りだ、こうい

うのがいまの日本人の雰囲気のようなのです。

弘 岡 CO₂の問題も、アメリカが言うのも理由があるわけで、あまりにもCO₂に議論が集中し過ぎて、CO₂がすべてのような議論になってしまっている。しかし、もっと大事なことは、CO₂も出ない新エネルギーをどうやって開発するかというめどが全くないのが問題なので、それを先にやらなければいけないのにその議論は全くなくて、CO₂を何とか抑え込もうという話しかないというのもまた不思議な話です。もっと本質論をきちっとやって、技術屋として、サイエンティストとして、こうなんだという意見を出すのが工学アカデミーの本来の使命ではないか。

桜 井 (専務理事) いまの弘岡さんの議論には若干反論があります。工学アカデミーエネルギー専門部会がありまして、それがそのものをいまやっているわけです。エネルギーについて、5年先、10年先ぐらいの話は通産省もやっている。

弘 岡 やっていないのではないかと思います。

桜 井 電気事業審議会というのがあって、エネルギー需給を何年か先までは見ている。ところが、あと50年以上先の話になると、世の中何がどうなるのか全然皆さん議論もされていないし、わからない。きょうの原子力の話を伺いまして、その前提にあるのは現在の軽水炉でやっている限りは原子力をいくら増やしても、いまの化石燃料のエネルギー供給に比べて五十歩百歩だ。何割増えるというような、せいぜいよくて倍になるという程度のオーダーで、化石燃料が、石炭を除いて、あと50～100年ぐらいで危ないと言われていられるけれども、原子力をやったところでそれが倍に伸びるとも言えないわけです。何割か伸びる程度だ。それを何倍にも伸ばす、あるいは将来もっと新しいエネルギー源、核融合であるとか太陽熱のうまい利用とかが考えられるまで引き伸ばすためには、どうしても増殖炉をやらなければ、絶対量としてのコントリビューションがないというのが、エネルギー源量の現在わかっている需給のデータなのです。

そういう意味で、少なくとも化石燃料と五十歩百歩のもの以上のものを得ようとすれば、いまのところは増殖炉以外に見えるものがない。しか

し、それはまだ50年ぐらい先に問題になる話だから、いまはまだしばらくほっておこうというのも一つの考えだと思います。

弘 岡 それが基本的に間違っているわけで、新しい技術を開発しようと思ったら、30年かかるわけです。そういう議論がちょっと足りないのではないか。

西 原 (英) 先ほどのトリウムの話で申し上げておきたいのは、熔融塩の技術はなかなか難しく、私はよく存じませんが、基礎的な研究をされているところはあると思うのですけれども、もう一つは核的な特性。これは、トリウム自身が核分裂するのではなくて、トリウムがウラン233に変わって、それが核分裂をする。それ自身の特性、核的な特性も、まだ日本としてはじゅうぶんな研究ができていないのが事実でございます。それに対して我が京都大学原子炉実験所では、若干のウラン233を、法律等が許せばこれを購入して、それで臨界にするわけにいきませんけれども、それを使ってもっと核的な特性を研究しようという地道な努力もやっておりますので、それだけは申し上げておこうと思います。

弘 岡 昔、住友グループが住友商事がかついでオークリッジのデータを徹底的に分析してやるプロジェクトが動いていましたものですから、私も興味があって、少しかじっておりましたので、中身はよく知らないのですが、少なくとも西堀先生の提案に対する答えがあまり出ていなかったのではないかという気はずっと持ち続けておりましたので、こういう機会に、せっかく専門家がいらっしゃるので、一応問題提起をしておきたいと素人なりに思っただけのことでございます。

米 田 聞くところによると、パッシブ・リアクターというのがあるそうですね。要するに暴走は絶対にしないという、それはあるのですか。

若 林 研究はされています。

米 田 それは、安全性という意味からいって、見込みはどうなのですか。容量が、一つの単位が30万キロワットぐらいしかできないから、あんなものは使い物にならんという話を電力系の方から聞いたけれども、いまのお話のように、パブリック・アクセプタンスが得られないで100万キロと

か何かもできなくなったら、30万キロぐらいをたくさんつくるよりかしようがないと思って伺ったのですが、あれはどうなのですか。そういう話を聞いたのですが、これは間違いですか。

西原(英) リアクターはあります。現に、それをかなり動かして研究している国もございます。

米田 それは暴走はしないことになっているわけですね。

西原(英) 暴走はいたしません。つまり、暴走しないという意味は、暴走はしないはずなのですけれども、何かのかげんで非常に出力が高くなったり、冷却を要するときに、ほっといても自然対流で冷却するだけでもいいという考え方に基づいております。つまり、パッシブ、受け身で、ひとりで収束するという考え方です。

米田 そうすると、冷却水を出しても問題はない、と。

石谷(大阪大学名誉教授) 時間が迫っているようで大変恐縮でございますが、西原先生のOHPにも出ております品質保証が当面最大のキーポイントだと思います。なぜかと申しますと、先ほどからお話が出ていますように、当たり前であるべきはずのことが現実には当たり前でなくなり、それから事故が多発するというとんでもない異常を克服する問題が、つまり品質保証の問題だからです。

そういう基本的問題提起が日本で従来なぜできなかったかというのは、時間がありませんので結論が飛躍するのはやむを得ぬとお許し願いたいのですが、これは簡単に言うと官庁縦割りで、これも結論だけを申しますので議論が飛躍するのはご勘弁願いたいのですが、イギリスもドイツも昔は官庁縦割りで、権威主義的であったのです。現在の日本の制度と完全にエクイバレントな制度というのはもちろんありませんけれども、縦割りで権威主義的という点で似た制度を探しますと、今世紀初めのドイツが大体それに当たり、それは今のドイツからいえば古い制度です。また、英国は1970年に安全衛生行政の徹底的な一本化を志しまして、議会の中にローベンス・コミッティなるものをつくり、1972年に報告を出しました。これは

我々の仲間では有名なのですけれども、そのルートをちょっと外れた方はちっともご存じないようですが、ローベンス・レポートという有名なレポートがありまして、英国はそれをちゃんと実行するのです。実行して、官庁縦割りをやめてしまいました。

安全衛生行政における官庁縦割りの廃止は、日本ではとてもできないと思います。しかし、英国はそれを断行した。これがヨーロッパ統合にも大いに影響し、ECはEUになった。国境を通過するたびに危険物は検査証書がないと通れないわけですが、検査証書を一国で一遍取ったら、どこへ行こうとフリーパスになることをワンストップ・サーティフィケーションというのですが、それがEUではちゃんと法律になって実現しました。

この流れの源には、1972年に英国の議会でローベンス・レポートが採択されて、英国政府がそれを実行し、省庁縦割りを廃止したことがあります。その結果、役所がばらばらにコントロールするのではなくて、私がいつも言っている民間の第三者検査機構がコントロールする体制ができ上がりました。その中央機関の名は、英国ではUKAS、ドイツではDARです。アメリカもそれをまねしてRABなる組織をこしらえました。

これに対して日本は、官庁の縦割りを検査に関して廃止するなどということは、まずお役人は口が曲がっても言わないでしょう。民間の人も、役所ににらまれると怖いから言わない。したがって、どこからも議論が出てこない。こういう状態が私は非常に悪いのだと思います。

たまたま私はきょう手元に、日本船舶機関学会誌に講義として3回連続物で載せたもののコピーを持っています。これはイロハのイから説きほぐしてあるから、3回連続の講義になってしまうわけですが、結論は簡単なことです。いま日本では英国流のビッグバンが問題になっていますけれども、英国のビッグバンというのは金融とか経済のところだけかと皆さんお考えかもしれませんが、そうではなくて、1970年代に安全衛生行政の一本化という大変なビッグバンをやっている。これが日本では全くできそうにない。何とかしたいということで多少動いている組織も非常に微弱です。

実は、私がその非常に微弱な第三者検査機構研究会の会長を土光臨調以来ずっとやっておりまして、こういうことを多少フォローしております。私としては、機会があればぜひ皆様方に聞いていただきたい。それこそ、旅費がなくても東京へでもどこへでも出かけますから、聞いていただきたいと思っていますところ。最近、方々からこの件の講演依頼がくるようになりました。これは大変な進歩だと思うのです。ところが、役所縦割りの話はやはりタブーでございまして、露骨な話にしないように話さないと、話が出た瞬間、それはだめだといってボンと投げられてしまいます。ですから、ほどほどの話にすべく努力して話しています。要するに、品質保証体制の点では実は日本

は世界でたった一つの例外国で、非常に遅れている。これが原子力のパブリック・アクセプタンスにも関係していると私は感じております。

どうも最後に時間をちょうだいして恐縮でございました。悪しからずお許し願いたいと思います。

司 会 では、時間が過ぎましたので、これで終わりたいと思います。きょうはどうもありがとうございました。

* 当日は、地区活動についての意見、法人化最終段階の報告等があったが、ここでは講演に直接関係するもののみに限らせて頂いた。

1998年1月23日

編集発行

(社)日本工学アカデミー

〒100-0005 東京都千代田区丸の内1-5-1

新丸ビル4-007

TEL : (03) 3211-2441~2

FAX : (03) 3211-2443