

⑤-35
①

エネルギー総合推進委員会
第321回常任委員会記録

平成8年5月14日

エネルギー総合推進委員会

I. 日時：平成8年3月21日（木） 12時15分～14時

II. 場所：経団連会館8階 「蔵王の間」

III. 出席者：

両角 良彦 副委員長	岡 久雄 常任委員
岸本 泰延 常任委員	杉山 和男 常任委員
住吉 弘人 常任委員	竹中 一雄 常任委員
中原 伸之 常任委員	末田 守 常任委員
中山 賀博 顧問	山田敬三郎 顧問

IV. 議題及び講師：

「原子燃料サイクル確立への課題」
—「もんじゅ」事故を中心に—

(株)日本原子力産業会議 専務理事

森 一 久 殿

A. 森 一久 氏のお話

タイトルは「原子燃料サイクル確立への課題」となっておりますが、中身はほとんど「もんじゅ」の話になると思います。よろしく願いいたします。

「もんじゅ」の事故の背景や、これ程大きな騒ぎになってしまった理由などにつきまして私の所感を申し上げたいと思います。皆さんもよくご存じのとおり原子力というのは、推進側にしても反対側にしてもどうも建前が多くございまして、なかなか本当のことが分かりにくい状況にあります。そういう意味で今日のお話が少しは本当のところをご理解していただく上でご参考になればと思っております。

1. 馴染みは古い高速炉

「もんじゅ」はご承知のように高速増殖炉でございます。現在、原子力発電は世界の全電力量の 1/6 ぐらいを占めておりますが、その大部分は軽水炉でして、資料の 1 ページにありますように、四百三十台稼動しております。「もんじゅ」はその軽水炉とは全く違う高速増殖炉というものです。

資料の 2 ページに、「世界の高速炉開発の状況」という資料を載せてありますが、これが世界にある高速炉のすべてです。高速炉の高速という意味は、炉内の核分裂連鎖反応を媒介するものとして、高速の中性子を使っているということです。そしてその結果、燃える燃料（ウラン 235）よりも生成される燃料プルトニウムの方が多い場合、「増殖」炉になります。高速炉は必ずしも増殖炉ではありませんが、高速炉は増殖しやすいということです。高速増殖炉は、ウラン資源のほぼ全部をエネルギーに使えるので、原子力にとっての最終目標とされています。

高速炉の歴史をこの資料で振り返りますと、いちばん初めのものは研究炉ですが、二番目にある「EBR-I」によって実際に発電されています。1951年、アメリカでわずか100Wの電灯ですが、これが世界で最初に原子炉で起こした電気だったわけです。そのとき冷却材として既にナトリウムが使われています。当時、ナトリウム以外にも、有機材のようなもので熱をとるとか、あるいはガスといったようにいろいろなものを比較検討しておりました。その矢先にソ連が突然、世界最初の商業用原子力発電所をつくったわけです。それが1954年のことです。これを知ったアメリカは慌てまして、とにかく負けてはならじというので、製造中の原子力潜水艦用の炉を陸にあげて、6万kWの電気を起こしてみせたわけです。

10年ほど前に、たまたまアメリカ原子力委員会の初代原子炉開発部長、ハフスタッドさんにお会いまして、その時に、私は「あの頃はよくあなたのお名前を聞きましたが、その後全くお名前を聞かなくなったのは何故でしょうか」と質問しました。すると、「いや実は、あのときわたしは、ソ連に先行されたからといって慌てて水を使ってやるのではなくて、もう少し基本的にどれがいいかゆっくり考えようとずいぶん言ったんですけれども、みんなもう、ソ連に先を越されて頭に血がのぼっていたため、ちっとも私の言うことを聞いてくれない。もう面白くないから辞めて大学へ戻っていたという訳です。しかし、原爆被爆の経験もある日本で現在はアメリカよりも原子力発電が見事に稼動しているということは大変素晴らしい。今日はそのお祝いを言いに来たんです」というお返事でした。あの当時はそれぐらい真剣な議論があったのだなと知ったわけですが、その後は、平和利用でのイニシアティブをソ連とアメリカが取り合うため、てっとり早い軽水炉に傾斜していくことになりました。

一つの原子炉を1年運転した場合を「1炉年」という言い方をしています。

だいたい現在までに軽水炉に関しては8000炉年ぐらいの経験を持っています。これはご承知のように水を使うわけですが、人間が100万年も使ってきた水でさえもいろいろとトラブルがありまして、軽水炉ならなんとか自信を持って運転できるといえるようになったのはようやく最近のことです。

それに対しまして、たった20ほどの高速炉は、経験年数でいっても軽水炉の百分の一近くしかありません。日本は立地問題等で開発が遅れまして、やっと原型炉の「もんじゅ」が今年の8月に初送電をしたところです。そして今年中にはフル出力になるという段階まで来たところで、あの事故が起きてしまったわけです。

2. なぜナトリウムか

原子炉で起きたナトリウム漏れというのは、13ページにありますように、世界で現在までに138件あります。これにはアメリカのデータは含まれていないのですが…。日本は「もんじゅ」より前に東海村で実験炉の「常陽」というのが動いておりまして、これは18年間、ナトリウム漏れはもちろん、いわゆるトラブルが全く起きていません。これは奇跡というほかありません。先程から申しておりますように、世界に400もの軽水炉、さらに20ほどの高速増殖炉がありながら、20年近くも全く事故を起こしていないのはこの炉だけだと思います。こういう事故のない状況が続いていたことが、結局はアダとなり、騒ぎを大きくすることになったようにも思います。

実は、外国の事故例をいろいろ調べておきますと、138件のナトリウム漏れ事故のほとんどすべては溶接に原因がありました。ですから日本も溶接にはたいへん気を遣っていて、そのおかげで18年間何も起きていない炉をつくることができたわけです。ですから、「もんじゅ」の事故の際、現場の人たちは、溶

接部がどこかでやられたと思ったらしいのです。そう考えればそのあとに打った手が理解できます。

さて、話を少し元に戻します。3 ページに教科書的なことが出ております。これは先程も申し上げましたので簡単にいたしますが、ウランやプルトニウムは中性子によって核分裂をしてエネルギーを発生します。核分裂の際にまた中性子が幾つか出るわけです。一つは連鎖反応のために必要ですが、余った中性子は炉材料や分裂しないウラン成分（ウラン 238）などに吸収され、その結果、新しい燃料のプルトニウムができます。高速中性子ですと、核分裂したときに一度に出る余分な中性子が多いわけです。従って高速炉にしたほうが増殖がやりやすいということがいえます。

3 ページの下に「中性子エネルギー」というのがあります。ふつう「熱中性子」と言っております。熱運動によって振動している分子や原子と同じ位の速さで動く中性子という意味です。熱中性子の単位は「1 eV」で、「1 MeV」というのは「1 eV」の 100万倍です。1 eV程度ですと、核分裂をした時 2 個弱の中性子が出てきますが、水や材料に吸収されたりすることを勘案すると、連鎖反応を維持していくのにちょうどよいといえます。

これを 1 MeV の中性子で反応するようにもっていけば、この図にありますように 3～4 個中性子ができます。1 個は連鎖反応の維持に使われ、残りの 2 個はウランの大部分を占めるウラン 238 に吸収されて、プルトニウムになります。うまくいくと、燃える燃料より生産される燃料のほうが多くなる、つまり増殖炉になります。

次の 4 ページに、冷却材の比較を掲げております。ナトリウムの他、ナトリウムとカリウムの合金である NaK、それから水銀や鉛といった金属などが考えられます。ナトリウムはだいたい 100°C ぐらいで液体になりますので、温め

ておかないと固まってしまう。それ以外は、ここにありますが冷却材としてなかなか都合が良いのです。沸点は 882℃で、比重の点では水よりちょっと小さい。一種の金属ですから熱伝達の特性も悪くない。それから配管などの金属との相性も悪くないということになっております。

ここに「中性子の減速能」という欄があります。中性子の速度は材料によっても変わりますが、高速炉は遅くならないほうがいいわけです。そういう意味で減速能が小さいナトリウムは非常に都合が良い。

「放射化」というのは、そうはいいながらも少々中性子を吸いますので放射性を持つこともあるという意味です。そして価格も安いということで非常にいいわけです。

ただ面倒なのは中が見えないことです。今もまだ「もんじゅ」の事故原因となったサヤが見つかっておりません。全部ナトリウムを空にしているのですが、どこへひっかかっているのかわかりません。水の場合、見ればすぐ分かるのですが、ナトリウムの場合にはなかなか見えない。これが欠点です。

水ですと 200~300℃ぐらいまで沸騰しないように、数十気圧の圧力をかけて使います。ナトリウムは沸点が高いので、ナトリウムを循環させるために必要な 2 気圧程度で足ります。ですから、原理的には、ナトリウムの配管は薄くてもかまいません。水ですと何十センチという厚い圧力容器の中に入れていたわけですが、そういう必要はないということです。

こうした特長があるため、先程ちょっとご説明したように、20余りの実験炉や原型炉ではみんなナトリウムが使われてきました。

そして5ページに書いてありますが「ナトリウムの特性」、長所・短所です。だいたい正直に書いてありますが、比熱、つまり 1g でどのぐらいの熱が運べるかという数字が出ていません。ナトリウムは水の 1/3 ぐらいしか比熱

がありませんので、水と同じ熱量を運ぼうとすると3倍のナトリウムを流さなければなりません。これは短所にも書いてもよかったですかもしれません。

6ページにはナトリウムを使っていろいろな試験をしたということが書かれています。わざと火をつけて、どういうふうに燃えるか解析したり、消火剤には何がいいかを調べたりしております。そしてそのためにずいぶんビデオも撮っております。ですから動燃の関係者にしてみれば、ナトリウムが漏れて燃えたというのは、あまり大したことではないという先入観があったのかもしれない。

7ページに「もんじゅ」の配管図が書いてあります。余談ですが、いちばん左のほうにあります図を見た人から「どうして原子力発電所をこういう原爆ドームみたいな格好につくるんだ」と言われたことがあります。こういう格好が、圧力に耐える形として適しているのでしょうか。このガスタンクのような格好をしているのがいわゆる格納容器でして、何があっても中の放射能が外へ出てこないようになっているわけです。その真ん中のほうに描かれているのが原子炉で、ナトリウムを冷却材として熱をとっています。ナトリウムの放射能はなるべく直接外へ出したいものですから、熱交換器で別のナトリウムへ熱を移しかえて、そのナトリウムを外へ持ってきて水蒸気をつくり、発電するということをやっています。

3. 事故の状況と対応

上のほうにある矢印の部分は出口です。当時出力上昇中で温度が480℃に達しておりまして、ここからナトリウムが漏れたということです。実はこういうループがABCと三つありまして、このうちナトリウムの漏洩が起きたのは比較的長いCループの出口です。

ナトリウム配管にはいくつもの温度計が差し込まれています。ナトリウムは熱伝導が非常によいため、50cmぐらいのパイプの中の温度は中心部でも周辺部でも大きな違いはありません。水の場合は周辺部と中心部で温度差が出やすいのですが、ナトリウムではほとんど温度は変わりません。

事故の原因となった温度計はかなり長くつくられていましたが、今申し上げた理由から、そんなに長くなくても温度は計れたはずで、動燃事業団としては、おそらく研究的な意味からパイプの真ん中と周りの温度差についても調べておきたかったのだと思います。しかし、28万kWの電気を作るのですから、その意味では実用プラントということに徹する感覚があっても良かったように思います。

8ページの図を見て下さい。差し込んである部分の、折れて曲がっているのが熱電対で、かぶっていたサヤが外れてどこかへ行ってしまったということです。そしてそこに穴が開いた。この熱電対自身、サヤの太さがだいたい外径1cm、厚さが3mm、ということは真ん中が4mmということです。だから4mmの穴が開いて、ガラガラとナトリウムが出たと考えて下さい。

9ページに、今まで使っていた熱電対の比較があります。18年間何の事故も起きていない「常陽」という実験炉で使っていた1次系の温度計と2次系の温度計は、両方とも太く頑丈につくってあります。それから「もんじゅ」の1次系の温度計と2次系の温度計が比較してあります。問題の折れたのがいちばん右にあります。○や×は私が付けたもので、×の矢印がついたところがポキンと折れたわけです。

私は機械の専門家ではないのですが、「応力」という言葉をご存じの方であれば、これを見た途端に、「このところは大丈夫かね」とおっしゃいます。私ども原産会議の向坊会長のところに、ある機械の大御所の方から手紙が来ま

して、「こういう設計をするとは論外である。昔の日本の職人なら、設計図がそうであっても、サヤに丸みをつけて、こんなにガクツとなるものはずになかったろうに」と書かれておりました。ちょっと大げさかもしれませんが、事故の背景には日本的システムの変化ということもあるのではないかと思います。

もう一つ言いますと、「常陽」の場合はたしか、三菱重工が全体のシステムを総括的に見ていたと思います。そういうまとめ役がいれば、両方の温度計を並べて見ることにはなりますが、この「もんじゅ」の場合は、1次系は日立、2次系は東芝ということで、両方を比較できる立場の人が恐らくいなかったのではないかと思います。実は10年ほど前に、高速増殖炉に関する技術を蓄積、共有し次の世代へと引き継ぐ目的で、「高速炉エンジニアリング」という会社を作りました。しかし結局は大メーカーがノウハウを手放さなかったために、単なる窓口業務を行う会社になってしまいました。せっかくなのに残念だ、という話をあるところでいたしましたら、メーカーの方から「おっしゃる通りの目的でつくったのに、思うように機能しなかった」と言われたことがありました。

この温度計は全体では1次系も入れると百個近く付いています。動燃はなぜ見ていなかったのかと責められておりますけれども、これ位のことは常識的にはメーカーさんに任せておいても仕方ない範囲だったと思われれます。原因調査のための委員会が最近、設計不良ということだけ判明したと発表しておりますが、このことは事故が起きた途端に見た機械のご専門の方ならすぐ分かっていたことでもあります。

10、11ページは、動燃が国のデータを集めていろいろと分析をした結果です。これを見ていただければ分かりますように、ほとんど過去、世界各国のナトリ

ウム漏洩の原因は溶接ということです。

12ページに、今までにあった大きな事故が書いてあります。「スーパー・フェニックス」の場合はナトリウム貯蔵槽で、使用済み燃料を貯めておくところです。そこに溶接不良があって20m³という大量のナトリウムが漏れました。ちなみに「もんじゅ」の漏れは0.7m³といわれております。

13ページは、アメリカを除いたデータですが、ほとんどすべての炉がナトリウム漏れの経験をしています。ロシアなどは、70～80回にも達しています。日本だけがナトリウム漏れを起こしていない唯一の国だったのに、139件目として起こった今日の事故があれだけの大騒ぎになってしまったのは残念です。

16ページの時刻表ををご覧ください。「もんじゅ」の事故の経緯について、だいたい要約をしてありますが、12月8日の初日における対応等の経過が書かれています。

4. 12月8日の金曜日の夜に

まず、12月8日（金）、午後7時47分に初めの警報が出ています。「もんじゅ」はあまり大きな事故とは言えないのですが、これまで大きな事故というのは金曜日が多いのです。あとで聞いてみますと、動燃に、ボーナスが出た金曜日の夜ということです。チェルノブイリもたしかメーデー直前の週末だったように思います。ロシアの場合、メーデー休暇を取るため、実験を強行したことが原因だったのです。さて、もちろん「もんじゅ」はそれとは違いますが、責任者が家へ帰る途中であったりして、連絡に手間取ったというようなこともあったと思います。

そして19時47分に、「ナトリウムの温度が高くなっている」という信号が出ています。この温度計はさっきご覧いただいたように、体温計みたいな格好を

しておりますが、体温計と違いまして故障した場合には、安全サイドをみて、「温度が高い」と示すように初めから設計してあります。ですから、実際にナトリウムの温度が上がっていないとすれば、その部分の温度計が壊れたということの意味しています。

私は、関係者といろいろ議論した際に、なぜこの時点で温度計が壊れたと気付かなかったのかと、きいてみました。答は結局、外国の過去の事故例を見ると全部溶接だったものですから、とうとう日本も溶接で漏れたかなと思ったということでした。

このあいだ現場へ行った時に、4階のコントロールルームから漏れた部屋のドアを開けるところまで歩いてみました。3分ぐらいで行けます。事故が起きたとき、運転室には9人いましたが、そのうちの3人が見に行っております。開けてみたところ、もやがかかっていたため、いったん戻ってから協議をしています。マニュアルでは小さい漏れの場合はそのまま運転する、中ぐらいの場合は上司の了解を得て緊急停止する、多い場合は自分の判断で即時に原子炉を止めるということになっています。多いというのは、ナトリウムのタンクの液面が下がるのが分かるぐらい漏れた場合です。ですから、その時は一生懸命、液面を見たりしていたわけです。どう見ても少しの漏洩だということから、すぐに止めることはせず、ゆっくり手動で止めることにしたのです。

なぜもうちょっと早く止めなかったのか、という批判を聞きます。たしかに早く止めておれば二つの点で違っていただいかもしれません。一つは、ナトリウムの温度が早く下がったと思われること。つまり漏れていくナトリウムの温度が、さっき 480℃と申し上げましたが、これが 350℃ぐらいに下がったであろうということです。それと同時に、ポンプが動いてますから、小さいとはいえ2気圧程度の圧力がかかっています。それが漏れを増やす力になるわけです。ですか

ら止めていれば漏れる量が少なくなったかもしれません。

480℃で漏れたといっても直接鉄を溶かすような温度ではありませんが、漏れて下へ落ちますとすぐ固まって熱がこもり、その部分は数百度を越えます。そのために、下にある空調ダクトに穴が開いてしまいました。

ナトリウムのパイプの下に空調のパイプが通っていたというのは、設計上大きなミスですし、それから2次系の部屋に監視カメラがなかったことなども併せて考えますと、2次系のナトリウム漏洩という事態はあまり深刻に考えていなかったのだと思います。結局、それが対応時に慌ててしまった要因になっていたと考えられます。

また、県に即刻報告するという事になっていたにもかかわらず、1時間30分かかったということがありました。自治体の方々も第一報のときには、「2次系ですか、放射能はありませんよね」とおっしゃっており、大したことはないと受け止めていたようなのですが、話が大きくなるにつれ、住民への配慮を優先せざるをえなくなり、次第に厳しい姿勢に変わっていったわけです。

先日も私が記者クラブでしゃべったときに、いろいろ意地の悪い質問がありました。その中の一つに、三つの県の県知事が総理大臣にまで申し入れをして、こんなに大きな騒ぎになっているけれども、どう思うかというものがあって、私は、「この三県の知事の方々は原子力についてたいへんよくご存じで、2次系だから放射能の問題がないことぐらいは百もご承知だったはずですよ。それにもかかわらずあれだけ厳しくされるということは、よほどそのときまでに何かうっ積したものがあってのだろうと推察せざるを得ません。ちょっと言いすぎかもしれませんが、この機会に動燃にお灸をすえておこうという気持ちがあったのではないか」という感じのことを申しました。それ以外にも、世界にはこれまで150件のナトリウム漏れがあったという話もしているのですが、

それについては書かないで、今のような面白そうなところだけ記事にするのです。今日の資料と同じものを配ったり、パイプの比較についても説明したのですが、そういうこともぜんぜん書いてくれませんでした。

新聞記者たちにすれば、世界が高速増殖炉をやめる方向に動いているなかで、外国からは原爆を作るためにやっているのではないかといった非難さえあるのに、日本が高速炉の開発を進めていることに対して今まではなかなかうまい批判ができなかった。そこへ、今回の事故が起こったわけで、彼らに格好の材料を与えてることになってしまったのだと思います。

それから、動燃の「ビデオ隠し」の問題があります。最初のビデオは、事故発生日の夜中の2時に4分間撮ったものです。それから同じ日の午後4時に撮ったものとか幾つかあるビデオを編集して1分ぐらいのものにしたわけです。それからもう一つ、10分ほど映したものがありました。そういう中で、現場の若い方が記者連から「これが全部だね」と詰め寄られたときに、くたびれ果てていたためでしょうか、「これが全部です」とつい言ってしまった。それがウソをついたという決定的な証拠にされてしまったわけです。

これはあくまでも私の個人的な見解ですが、自殺された方は、こういうビデオ隠しが起きた原因の調査を担当させられた方で、非常に真面目な方だったと聞いております。つまり日頃、信頼している同僚を罪人扱いするような立場になってしまったことによる精神的な重圧は、相当大きかったのだと思います。大変お気の毒なことで哀悼にたえないところです。

さて、話を少し戻しますが、この事故があった途端に、一般事務棟は新聞記者で一杯になってしまいました。理事長が所員を集めて訓示するにしても、新聞記者が見ている前でやるわけです。ですから理事側も、心の通った話をしにくかったようです。

その結果、現場としても中央の気持ちに誤解を持つ人が出てきたのかもしれませんが。ビデオ隠しの問題についても内部告発があったと聞いています。ですから、私は原子力発電所なども、何かあったときに、別のところから運転指令ができるような建物を持っているのも結構だが、それよりもむしろ何かあったときに、新聞記者の方々に使ってもらう場所をあらかじめ作っておいたほうがいい、と言っております。

5. 高速炉は腰を据えて

ナトリウムというものに対しては、先程申しますように、ある意味では原子炉の冷却材としては、50年近く前に既に使っていました。従って水よりも馴染みは古いが、深い付き合いはないまま来たという感じです。水なら人体の90パーセント以上を構成してますし、毎日飲んでおりますから大体のことは身体で判っているのですが、ナトリウムにはそういうことはない。つまり軽水炉が運転を始めて30年になりますが、ナトリウムについては実地における体験というか、いわゆる肌で感じるものが少ないというところがあるわけです。

外国の人がよく、「高速増殖炉は100Wの電気を起こしてからもう40年も50年もたっていて、技術的にある程度確立している。それをなぜ日本は急ぐのだ。何か別に軍事的な狙いがあるのではないか。あるいは日本がないとしてもよそが真似するからやめるべきだ」といって批判しますが、これも、高速炉は技術的に成熟したものという先入観に立っているという気がします。

高速増殖炉がいつ実用化されるのかという議論でも必ず出てくるのが、ウランの値段が高くなると採算がとれないというものです。ウランの値段が1ポンド100ドル—今20ドルぐらいですから、5倍ぐらい—になったときにあればいいんだというわけで、まだまだ30年もあるじゃないか、何で日本は急ぐん

だと、もっぱらそういう議論です。

私は外国の人には、「確かに動いておるけれども、本当にこれが軽水炉並みの自信を持って、日々のトラブルを全部克服し、あるいは予見しながらやれるようになるには20～30年はかかる。だから、2050年に必要だとして、今からやっても間に合うかどうかである」というような説明をしていたのですが、今度のことで一層そういう思いを強くしております。絶対漏れないということは世の中にはありませんし、そういう中で漏れたときにどうするかとか、ナトリウムの中へ入れることができるカメラを発明するか、まだまだいろいろやらなければいけないと思います。今のところ原型炉から実証炉を目指して、本気で取り組んでいるのは日本とフランスとロシアだけです。できるだけ早く事態が落ち着き、再び研究調査に取り組んでいけるようになってほしいものだと思います。

もう一つは国際協力が足りないという点です。一時フランスで、「スーパー・フェニックス」という高速増殖炉が世論的に反発を受けましたが、その一番の理由は、ナトリウム漏れもさることながら、この炉からつくられたプルトニウムの一部が軍事に使われていたことに関連があります。つまり、高速増殖炉の場合、原子炉の中でもプルトニウムができますが、周りに天然ウランを置いておいて（これをブランケットといいます）、中性子を吸収させてプルトニウムをつくっています。このプルトニウムは炉心で出来る分よりも軍事に利用しやすいため、反核運動と結びついて大きな反対勢力をつくったわけです。

そのフランスとは私どもも協力していろいろやってきてまして、協定などもあります。しかし、今回の事故のあと動燃が熱心に向こうへ出かけていって、初めて彼らがすでに非常に短い温度計に取り替えていることが判ったという例が示すように、本当の意味での国際協力は今まで十分ではありませんでした。

ですから、数少ない原子炉でお互いの経験を生かしながらやっていくには、もっともっと国際協力をしっかりとやっていかなければいけないと思います。

今の軽水炉の燃やし方では現在のウラン資源はだいたい今の石油の量と同じぐらいのエネルギー量にしかありません。核燃料リサイクルということが成功して、何度も何度も再処理してはプルトニウムをとって、またそのプルトニウムを燃やしていけるようになれば、石炭の数十倍ぐらいのエネルギー源になる可能性があります。ウラン資源を数十年のもので終わらせるか、千年ぐらい使えるものに育てるのか、そのわかれ道は高速増殖炉をやるかやらないかにかかっているわけです。

私も、第一義的に日本はエネルギー資源がないから高速増殖炉の開発が必要だといっていますが、実はそれだけではなく、日本のハングリーな気持ちがそういう新しい技術の構築に駆り立てていると思っています。その結果、うまくいけば次世代の人類の大きな資産になるのだから、止めることないだろうと主張するのですけれども、外国の方は、何もそれほど急がなくてもいいではないか、必要になってからやればいいではないか、という気持ちが依然根強いわけです。

時間が参りましたので、私の話を終えたいと思います。ご静聴ありがとうございました。

B. 質疑応答（敬称略）

住 吉

高速増殖炉の開発を続けるか中断するかは、だれがどういうプロセスで決めるのですか。

森

基本的には原子力委員会が決めることです。ただ、こういう事故がおこったものですから、各方面から意見を聞く会というのを今後7～8回、開いてから決めていくこととなります。関係者は何とか今の向かい風の状況を乗り切って、開発を続けていくつもりでおりますが、反省点もあるので、三県の知事さんやジャーナリズムからの批判に対して答えを出し、信頼を回復するまでにはちょっと時間がかかるかもしれません。技術的には1年もあれば修繕はできると思います。

一部には、原子力委員会では推進側の人の集まりだからもっと中立の立場から総理直属の第三者による審議会でもつくって決めろという新聞の意見もありましたが、一応原子力委員会が先程のような手続きを経て決めることになっていきます。

実は反対の人の声は大きいのですけれども、ちゃんと論理づけて批判できる人は3～4人しかいないというのが現実です。

岸 本

私は将来に備えて原子力がぜひ必要だと思っております。一般論として申し上げたいのですが、マスコミは我々から見たら故障にすぎないものまで事故だ事故だと大騒ぎして報道しています。ひどい例では、大きい事故につながらないように、小さい故障でも自動的に安全装置が働いてシャットダウンするわけ

ですが、こういうものも事故だと言っています。自動車でエンジンがかからない程度の故障を事故だというようなものです。こうしたことがよくあるので、「もんじゅ」の現場の方々もなるべく内輪で済むものなら済ませたいという意識があったのではないかと、極めて同情的に見ております。

事故というと日本語では大問題ととらえられてしましますが、「トラブルが起きた」と英語で表現するとわりにソフトに聞こえます。少なくとも、故障を事故というのではなく、報道する側が少し心していただいたら、現場で働いている人にも救いになるのではないかと思います。

森

おっしゃる通りだと思います。世界各国でも事故のランクづけをしております。例えばチェルノブイリ級の大事故はランクが「9」です。今回の「もんじゅ」の事故はいくら大きく見ても「1」です。放射能を伴っていませんから本当は「0」ですけども…。とにかく、この前も記者の人に「あんまり厳しいことばかり言っていると、こういう困難な、将来のための仕事をやる若い人がいなくなりますよ」と言いました。こうした報道姿勢に見られるボタンのかけ違いは一つにはチェルノブイリの事故以降おこったように思います。

余談ですが、チェルノブイリの事故というのは放射線量で言いますと、広島原爆よりも少ないわけです。ですから広島で起きなかった遺伝的な影響などはチェルノブイリの周りでも起きないはずなのですけれども、最近子供に限って甲状腺のガンが以前よりも30倍ぐらい増えているという話が出ています。ご承知のように甲状腺のガンの治療はヨード131 というのを使って放射線でどんどん治っているわけですね。この放射線治療でガンを誘発したという例は1件もありません。ところがチェルノブイリの周りの子供だけに出てるわけで、両者の関係はなお調査を待たなければいけないことにもかかわらず、何の検証も

なくこうしたことが新聞に記事として出るわけです。

チェルノブイリの事故が起きたあと、奇形の動物の写真が新聞に載ったりもしました。そうした影響がすぐに出るわけではないんです。大衆の方々はこうした報道を見てきているわけで「あなた方は騙されているけれども、孫に奇形児ができるかもしれませんよ」といったようなことを反対派がささやけば、そうかなと思ってしまうわけで、そういう意味でかなり誤解が定着しているように感じます。

岡

日本はもともと原発に対するアレルギーがあります。社会党など一部の政党が強く反対し、それがずいぶん人々の考え方に影響していると思います。特に女性や学校の人の中には、将来のエネルギーとか、我々の経済活動というものに対しては間接的にしか考えない方がいまして、何となく放射能というものに対して危惧を持っています。

私がNEDOの理事長をしていたときは、どの人も新エネルギーはまだまだ駄目だけど、原発というのは絶対必要だといっていました。例えばスウェーデンに行って、シミュレーションの結果、いずれ21世紀に入れば再び原子力をつくらなければいけないという話もいろいろしたものです。私は女房に原発の話をして、おかげで彼女らは最近をよく理解してくれているようです。しかも皆さん原発に見学会に行くんですね。見学に行って、なるほどなと納得して皆それでシンパになってくれたわけです。

ところが、今回の事故で、また空気が変わってきています。私が実際には放射能が漏れたわけではないのだからと説明しても、ウソをついたという、そのことが女性には大変に大きな意味があるのです。何でウソをつく必要があるのかというわけです。もしそれが技術的にちゃんと解決できる問題であるならば、

ちゃんと正直に公明正大に言うべきなのに、ウソをついたというのは何かウラがあるのではないかと思いはじめているのです。

この感情的なものを早く正すことが大事だと思います。いま社会党がせっかく原発を認めているわけですから、政治的にもしっかりやって、将来に対して大きな禍根を残さないようにすることが大事だと感じます。

住吉

高速増殖炉の運転経費というのは年間でどのぐらいかかるのですか。

森

300億円ぐらいでしょうか。

住吉

外国が全部、最近になって高速炉開発をやめたというのは経済的な理由なのですか。それとも、もう実証済という理由なのでしょうか。

森

今おっしゃった二つでしょうね。データについてはフランス、アメリカも十分持ってます。それとエネルギー資源に対する飢餓感も少ないと思います。

中山

最近、日本は各国と二国間の話し合いを活発に行っていて、政治の話もするし、経済の話も科学技術の話もするという時代になってまいりました。例えばフランスと話をするとき、核の問題を取り上げるとした場合どういう人物が、どういう内容の話をすれば国際協力になるのですか。

森

フランスも、ロシアも、それから中国もそうですけれども、原子力における軍事利用と平和利用との分離がやっと出来るようになってきています。今までは平和利用の研究者だけが我々と対応してくれたことが多かったのですが、最

近、中国でも今まで軍事利用の第一線にいたと思われる有能な人が我々の対応に出てきています。

中山

そういうときに、軍事以外に話すべき協力事項というものがあるのですか。

森

むしろ軍事というのはなくて、ほとんど全て平和利用のことです。

中山

ただ、平和利用といってもその範囲は広いと思うのですが、いったいどういう話をすればエネルギーの問題、原子力の問題について国際協力の話をしているということになるのでしょうか。

森

人間としてはこの場合は動燃、原研の中の技術部門の中核の人だと思うのですけれども、先程申し上げた話のように、何が問題か、何を知りたいのかということについてこちらの方がはっきりしていませんと始まりません。先程の温度計の長さなどというのも今回の事故が起こるまでは念頭になかった。今になってそれが大問題だと気がついたというようなところがあります。

中原

2、3教えてください。私も高速増殖炉の積極推進派ですけれども、さっきのチェルノブイリの話に関して、高速増殖炉の場合にはメルトダウンの起こる危険性はどのくらいあるのでしょうか。軽水炉に比べて技術的にどこがどう違うのかお話を承りたいということが一つ。

それからもう一つは、海外で批判している国はだいたい分かるのですが、いちばん声高に日本のことを言っている国はどこで、どういう理由で言っているのでしょうか。その2点を教えていただきたいと思います。

森

最初の質問ですが、まだ高速増殖炉の技術が確立しておりませんから比較は難しいのですが、高速炉というのは、余計なものが入るとすぐに止まるといふ利点があります。しかし、一方でナトリウムは空気と触れると燃えます。そのため、1次系にはチツソが封入されていて、酸素が入らないようにしてあります。今の段階では軽水炉ほど確立した技術ではないので、研究炉に取り組んでいるわけです。

中原

あとどれぐらいたてば、軽水炉並みになるという見込みはございますか。

森

それはある程度、設計が確定してきて、世界で少なくとも20~30基ぐらいがいろいろなトラブルを経験しながら稼働していくなかで確固たる技術になっていくものではないでしょうか。したがって、まだ少なくとも30~40年以上はかかると思います。

中原

しかし、これまでのファースト・ブリーダー（高速増殖炉）の事故では、放射能が大量に漏れたという事故はありませんよね。

森

ありません。もう一つのご質問ですが、外国で日本のことを批判しているのはアメリカの一部の人です。

中原

共和党と民主党と、どちらが批判的ですか。

森

民主党です。例えば、レーベンソールというプルトニウム反対派の人がいま

すが、彼は原子力発電は賛成だけどプルトニウムは反対だと言っています。その理由は、プルトニウムは毒性が強くて原爆につながりやすいからだというわけです。

彼は使用済み燃料はそのまま埋めておけば大丈夫だと主張していますが、これを世界中がやりますと、結局、世界中あちこちにプルトニウム鉱山ができます。そして、次第に放射能レベルは下がっていきますから、時間がたてばたつほど掘りやすくなるわけです。先日もレーベンソールに「あなたは次の世代の人類のモラルが進歩すると信じているのか」と尋ねたところ、「いや、そんなことまで考えてない」と答えていました。だからプルトニウムは燃やしてしまい廃棄物だけ処分するというのが最も合理的な方法だろうと私どもは思っています。

末田

2つ質問があります。一つは、来月モスクワで、原子力安全に関するサミットがあります。旧ソ連圏における原子力諸活動の安全性を確保し、加えてサミット関係諸国はできるだけ援助しようということだろうと思いますが、何をやるのか、スケジュールの中身ははもう決まっているのでしょうか。

森

私も直接はよく知りません。今、末田さんがおっしゃった通り、何とか危険な原発を止めさせようということが中心であろうと思います。しかし旧ソ連圏は原子力発電所の蒸気で暖房しているわけですから、そう簡単に止められるわけではありません。チェルノブイリも事故をおこした炉以外は動いていますし、結局まだ止めたものはありません。手間がかかるうえ、うっかりおカネを渡しても別のことに使われる可能性もあって難しいですね。そもそも世界に、危険な炉と安全な炉の2種類があるのではなくて、チェルノブイリだって用心して

運転すれば大丈夫だったはずですが、ブレーキを外してアクセルを踏むようなことをやるからああいう事故になるのです。それに、ドイツあたりが、とにかくソ連製は危険で、自国のは安全だということを言うために、意識的にロシアの原発を止めさせようとしている面がありまして、こういう動きにロシアは反発している面もあります。

末田

もう一点、住吉さんが、これからだれが決めるのかという質問をされていましたが、原子力委員会が責任を持って何か新しい審議組織というものをつくられて、その中に反対派も入れるということがありますか。

森

反対派も入れます。審議会というよりも、何回か会合をやるということです。

末田

それはそれで大事だと思うのですが、やはり高速炉は将来のエネルギー源としてのポテンシャルが非常に大きいわけで、そういう観点からの判断が原子力委員会だけでできるかどうかという問題があります。この問題は、総合エネルギー調査会も当然お考えになるわけですが、原子力委員会のほうでも是非考慮していただきたいと思います。

森

原子力屋が原子力は大事だと言うのは当たり前です。だから今の末田さんのお話は、エネルギー全般の安定供給という観点から見て、原子力を今後1と見込むのか、あるいは100と見込んでおいていいのか早く決めてくれと言われたら、100なければもたないと言うべきだというご指摘かと思います。

両角

今日のお話のように、増殖反応によって、2倍以上の率でプルトニウムが増

えていくということは、倍々ゲームのエンドレスなサイクルに入っていくわけですね。いったい、それだけのプルトニウムを発電だけで全部使い切れるものなのでしょうか。それとも、プルトニウムをどこかで管理し、ストックしなければならぬという問題が出てくるのでしょうか。

森

1回核の分裂で中性子が2.5ぐらい出たとします。中性子は結構いろいろなものに吸収されて、本当に増殖に使われるのは多くて1.2ぐらい。つまり1燃えたら1.2プルトニウムができるぐらいでしょうか。そんなに多くは増えないということです。使用済み燃料は少なくとも2年ぐらい冷やして再処理をして、それから分離していろいろすると6~7年かかるわけです。結局は電力需要の伸びに合わせてつくっていくということになると思います。しかし、管理をしっかりやらなければいけないという点についてはおっしゃるとおりです。ちなみに、最近日本の提案で、毎年、自分の国のプルトニウム保有量を公表することが条約によって定められました。

両角

ということは、2割増のプルトニウムは、電力需要の増大によって、吸収されるということですか。

森

そういうことです。その2割というのが毎年2割ではないですからね。6~7年かかって2割増えるだけですから。

両角

しかし、それが累積していくわけですよ。

森

1.2で余るということであれば1.1ぐらいの増殖比にするような調節はでき

ます。

末田

更に言えば、電力需要の増大に合わせて高速炉の設置を行っていくという考え方ですね。

杉山

ビデオをわざと隠した、ウソをついたということについては、はたから見てもましても弁解できないような話だと思います。しかし、もう一つ、通報が遅れたという話がよく出てきましたが、この資料を見ますと、四十何分後に県に通報しています。

大ざっぱに言っても1時間以内ぐらいにやっているわけですから、それほど遅れたとは思えません。遅れたというのはいったい何を基準に遅れたと言っているのでしょうか。

森

今、各県とだいたい同じような内容の安全協定が結ばれていまして、決められた範囲以上の事故の場合は、40分どころか10分ぐらいで通報することになっています。従って、それ以上かかってしまえば遅れたことになるのですが、同情できる事情もあります。最初に知らせろというのがたくさん控えてますから。新聞もいるし、今おっしゃった地方自治体もいるし、地方自治体の中にも町があり県がある。そういったところに同時に知らせるというのは大変です。しかも事故が発生した時刻が時刻だったものですから、幹部を呼び出すのにずいぶん時間がかかったようです。30~40分はあっという間だと思います。

やはりこういう場合には事故の当事者、現場の責任者が直接新聞記者等に冷静に接触するというのは無理です。気が動転してますしね。関西電力では福井事務所というのをつくっております。何か起きた場合現場は混乱しているだろ

うし、本社の大阪で考えても何となく臨場感がない。そこで発電所から20km位離れたところに原子力発電所の運転経験の豊富な取締役か常務を置いて、対外的な対応を行おうというものです。これもずいぶんいろいろ経験を重ねた末にできたものですが、非常に賢いシステムだと思います。

岡

今日の話で私が非常にショッキングなのは、日本の技術者、設計技術者とか、現場のいろんな運営技術者たちに原因は溶接という思い込みがあったということです。私はこういう思い込みは事実を見誤るいちばん大きな原因だと思っています。特に過去に成功体験があればあるほどそうです。もう一つはやはり機械設計者がああいう温度計の設計をしたという事実です。私も機械のほうを勉強していますが、この温度計の形を見たらやっぱり疑問に思えます。今はコンピュータとワークステーションを使ってやるCAD(computer aided design)というのが主流になっていて、自分の手で設計をしませんからそういう常識が育たないし、身につかないのです。これは非常に怖いことだと思います。

森

原子力だけに限らず日本がマニュアル社会になっているのでしょうか。また、原子力界も護送船団方式のようなところもあるし、今回の事故はやはりいろんな反省点を含んでいると思います。

以 上

(文責：事務局)

位
外
に

か、
こ
て
機
勉
ピ
と
育

また、
らん

局)

資料

「原子燃料サイクル確立への課題」

講演説明用資料

平成8年3月21日

(社) 日本原子力産業会議
専務理事 森 一久

世界の原子力発電設備容量

- 1995年6月末現在 -

(単位: 万kW, グロス電気出力)

順位	国名	運 転 中		建 設 中		計 画 中		合 計	
		出力	基数	出力	基数	出力	基数	出力	基数
1	米 国	10,474.1	109	121.1	1			10,595.2	110
2	フ ラ ン ス	5,979.3	55	730.0	5	303.0	2	7,012.3	62
3	日 本	4,053.1	49	499.7	5	165.0	2	4,717.8	56
4	ド イ ツ	2,392.0	21					2,392.0	21
5	ロ シ ア	2,125.6	26	540.0	6	749.6	13	3,415.2	45
6	カ ナ ダ	1,669.9	22					1,669.9	22
7	英 国	1,291.5	34	125.8	1	486.4	4	1,903.7	39
8	ウクライナ	1,288.0	14	600.0	6			1,888.0	20
9	スウェーデン	1,036.9	12					1,036.9	12
10	韓 国	861.6	10	510.0	6	400.0	4	1,771.6	20
11	ス ペ イ ン	740.0	9	381.0	4	104.0	1	1,225.0	14
12	ベルギー	580.9	7					580.9	7
13	台 湾	514.4	6			260.0	2	774.4	8
14	ブルガリア	376.0	6					376.0	6
15	ス イ ス	317.5	5					317.5	5
16	リトアニア	300.0	2					300.0	2
17	フィンランド	240.0	4					240.0	4
18	中 国	210.0	3	120.0	2	1,397.0	14	1,727.0	19
19	イ ン ド	195.5	10	188.0	6	188.0	6	571.5	22
20	南アフリカ	193.0	2					193.0	2
21	ハンガリー	184.0	4					184.0	4
22	チ ェ コ	176.0	4	194.4	2			370.4	6
23	スロバキア	174.0	4	176.0	4			350.0	8
24	メキシコ	135.0	2					135.0	2
25	アルゼンチン	100.5	2	74.5	1			175.0	3
26	スロベニア	66.4	1					66.4	1
27	ブラジル	65.7	1	261.8	2	811.2	6	1,138.7	9
28	オランダ	53.9	2					53.9	2
29	カザフスタン	15.0	1					15.0	1
30	パキスタン	13.7	1	32.5	1			46.2	2
31	ルーマニア			330.0	5			330.0	5
32	イ ラ ン			229.3	2	152.0	4	381.3	6
33	キューバ			88.0	2	176.0	4	264.0	6
34	トルコ					274.6	3	274.6	3
35	エジプト					187.2	2	187.2	2
36	タ イ					100.0	1	100.0	1
37	イスラエル					55.0	1	55.0	1
合 計		35,823.5	428	5,202.1	61	5,809.0	69	46,834.6	558

注1: 順位は運転中の設備容量順を原則とし、順次、建設中および計画中の容量順とした。

世界の高速炉開発の状況

着工 ■ 初臨界 (運開) —◆— : 閉鎖 —▶— : 運転 □ : 計画中

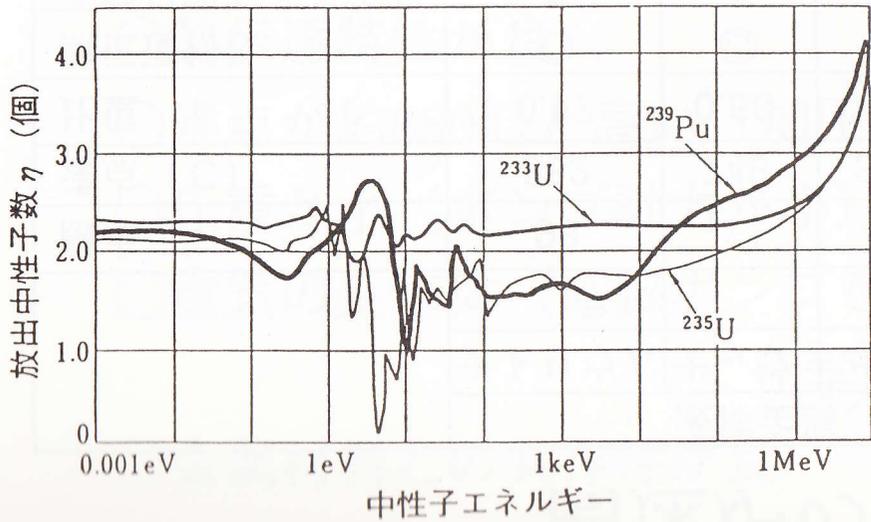
国名	プラント名	出力 (炉型)	西 暦														
			'50	'55	'60	'65	'70	'75	'80	'85	'90	'95	2000				
アメリカ	実: Clementine	25kWt(L)	46														
	実: EBR-I	0.2MWe(L)	46	51													
	実: LAMPRE	1MWt(L)			59	61	65										
	実: EBR-II	20MWe(T)			57		63(65)										94/9 運転停止
	実: E. Fermi	61MWe(L)			56		63(66)										
	実: SEFOR	20MWt(L)					65		69								
	実: FFTF	400MWt(L)							70								
	原: CRBR	380MWe(L)															
証: PRISM	155MWe/m (T)																計画中
イギリス	実: DFR	15MWe(L)			55		59(63)										
	原: PFR	250MWe(T)						66									
フランス	実: Rapsodie	40MWt(L)															
	原: Phenix	250MWe(T)															
	証: Super Phenix	1200MWe(T)															定期点検中
ドイツ	実: KNK-II	20MWe(L)															
	原: SNR-300	327MWe(L)															95/12 運転開始
日本	実: 常陽	100MWt(L)															
	原: もんじゅ	280MWe(L)															
	実証炉	660MWe(L)															95/8 初送電
ロシア	実: BR-5/BR-10	5.9/10MWt(L)															
	実: BOR-60	12MWe(L)															
	原: BN-600	600MWe(T)															
	証: BN-800	800MWe(T)															建設中断(90)
カザフスタン	原: BN-350	150MWe+脱塩(L)															

高速炉によるプルトニウムの利用

ロシア	実: BOR-60 原: BN-600 証: BN-800	12MWe(D) 600MWe(T) 800MWe(T)							71	80(80)	86		
カザフスタン	原: BN-350	150MWe+脱塩(L)							65	72(73)			建設中(90)

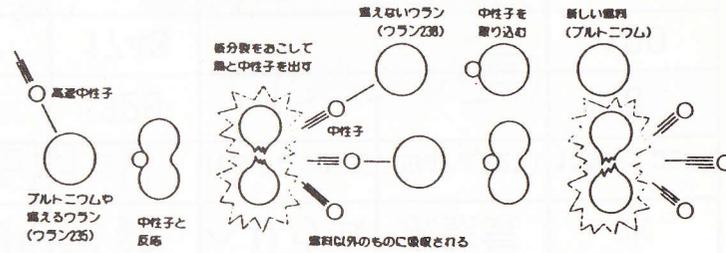
高速炉によるプルトニウムの利用

- ウラン資源の有効利用 [$^{238}\text{U} \xrightarrow{(n, \gamma)} ^{239}\text{U} \xrightarrow[25.3\text{分}]{\beta^-} ^{239}\text{Np} \xrightarrow[2.35\text{日}]{\beta^-} ^{239}\text{Pu}$]
- 高速中性子で ^{239}Pu は核分裂し、高速中性子を平均的に η 個放出する (増殖には η が2.2以上必要)



核分裂当たりの放出中性子数のエネルギー依存性

- ・ ^{238}U への吸収
- ・ ^{239}Pu や ^{235}U の核分裂
- ・漏れや燃料以外の捕獲



増殖のしくみ

高速炉の冷却材

	液体金属 (327°C)				ガス (327°C)		備考
	ナトリウム	ナック	水銀	鉛	ヘリウム	水蒸気	水
					10MPa, 327°C	7.5MPa, 327°C	15MPa, 327°C
融点 (°C)	98	-11	-38	328	-	-	0
沸点 (°C)	882	748	357	1743	-	-	100
比重	0.87	0.80	12.9	10.6	0.0079	0.033	0.66
熱伝達特性	◎	◎	○	○	△	×	△
金属材料との共存性	○	○	△	×	○	△	○
中性子の減速能	小	小	小	小	小	中	大
中性子の吸収断面積	小	小	大	小	小	小	小
化学的活性	大	大	小	中	小	小	小
放射化	有り	有り	有り	有り	無し	無し	無し
価格 (Naに比べて)	-	高い	安い	安い	高い	安い	安い
その他			毒性				

ナトリウムの特徴

ナトリウムの特性

長所

短所

<核的性質>

*半減期：約15時間

○中性子の減速能、吸収が小 ●放射化 ($^{24}\text{Na}^*$)

<物理的・電氣的性質>

○熱伝達特性が良

○沸点が約880℃と高い (加圧不要) ●融点が約100℃

○比重が小 (ポンプ動力が小) (予熱が必要)

○電氣の良導体 (電磁ポンプを使用可)

<化学的性質>

○金属材料との共存性が良 ●化学的活性が大

(水や空気と反応)

「もんじゅ」の研究開発

— 蒸気発生器及びナトリウム漏えい関連 —

1. 蒸気発生器の研究開発

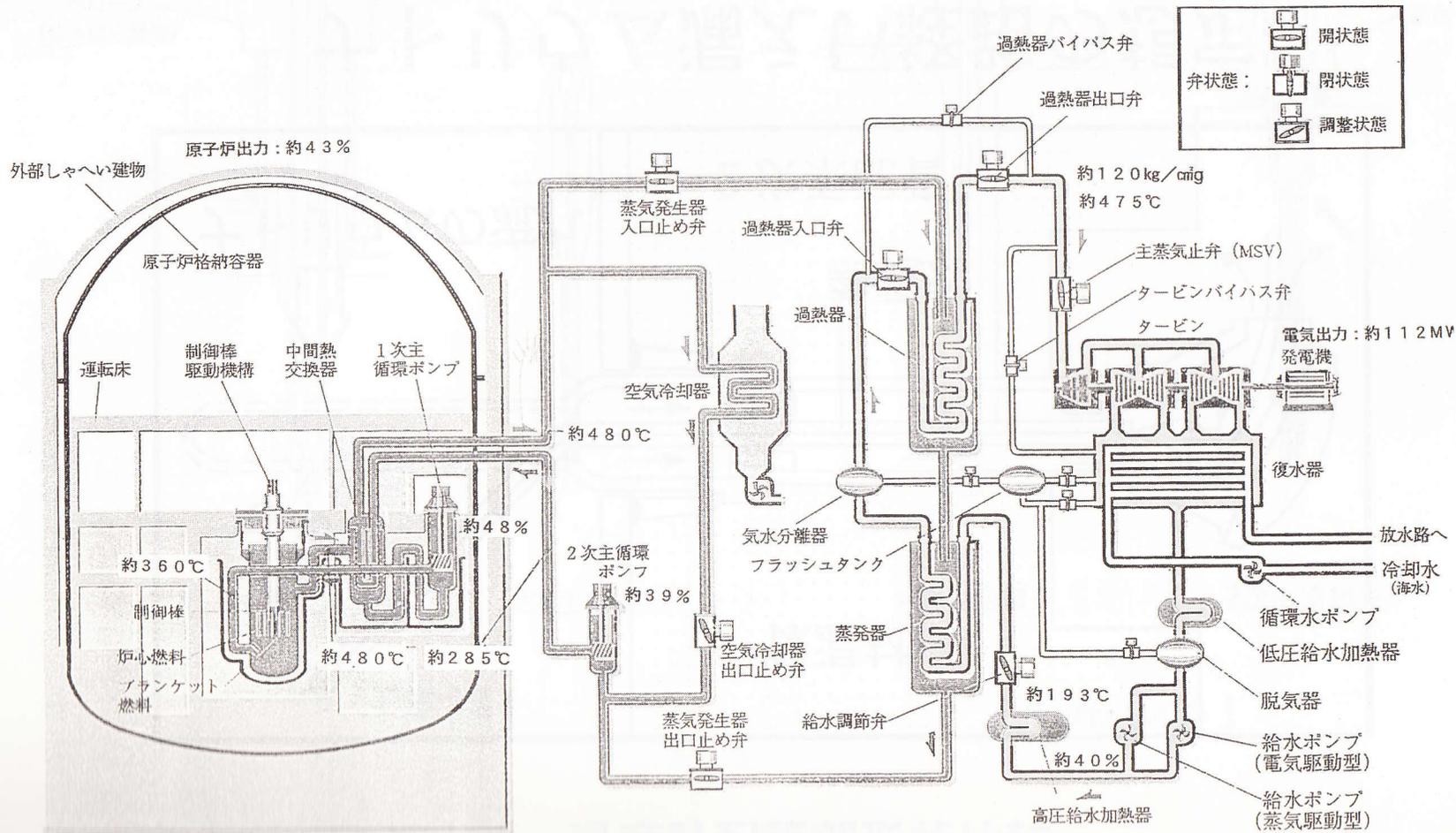
- 1MW小型モデル、50MW大型モデルによる性能及び信頼性確認
- 小リークから大リークまでのナトリウム—水反応試験
- 高感度水漏えい検出システムの研究開発

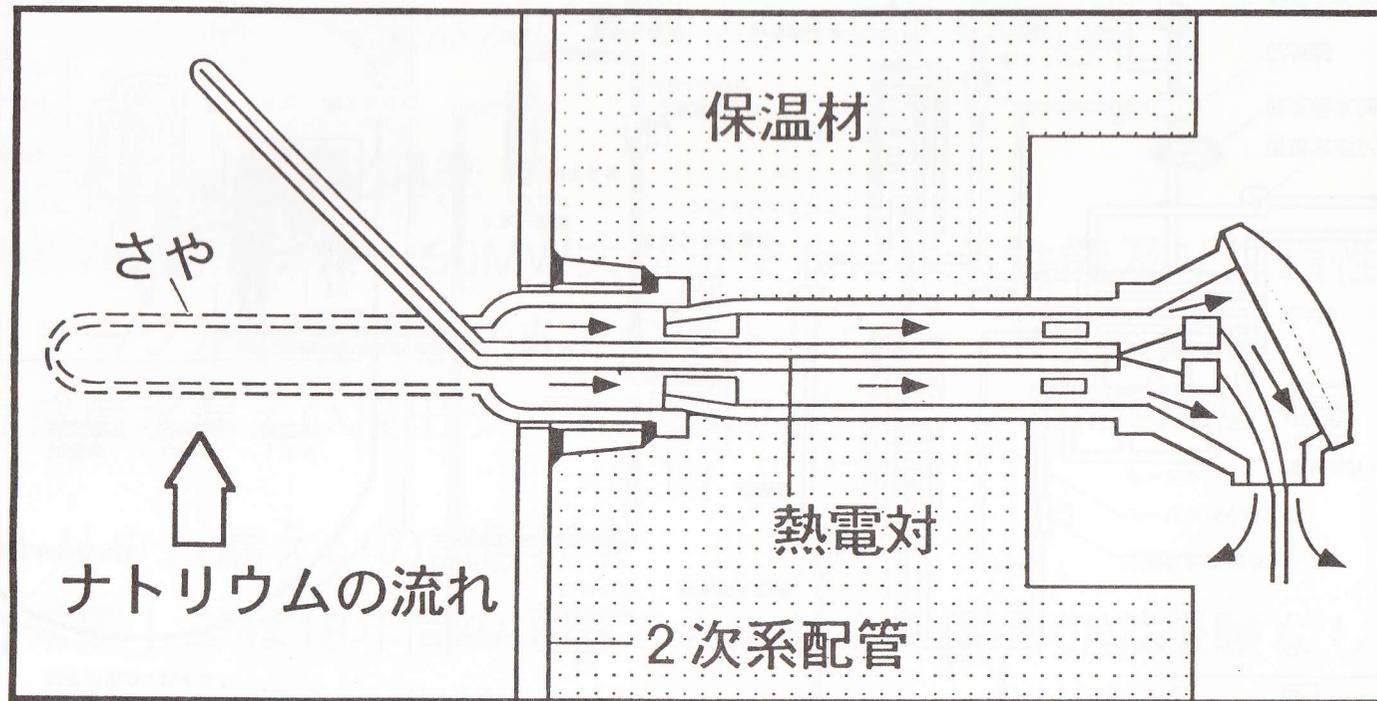
2. ナトリウム漏えいの試験研究

- 「常陽」では18年間の運転でナトリウム漏えいの経験なし
- ナトリウム漏えい燃焼試験
 - ナトリウム漏えい形態の研究
 - ナトリウム燃焼対策の有効性確認
 - ナトリウム燃焼解析コードの改良・整備

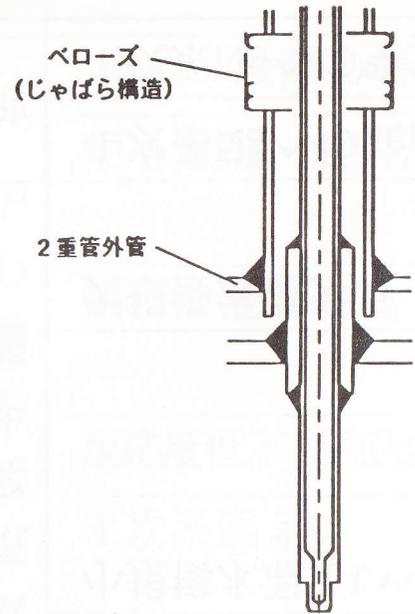
ナトリウム燃焼解析コードの改良・整備

2次主冷却系Na漏えい時のプラント状態図





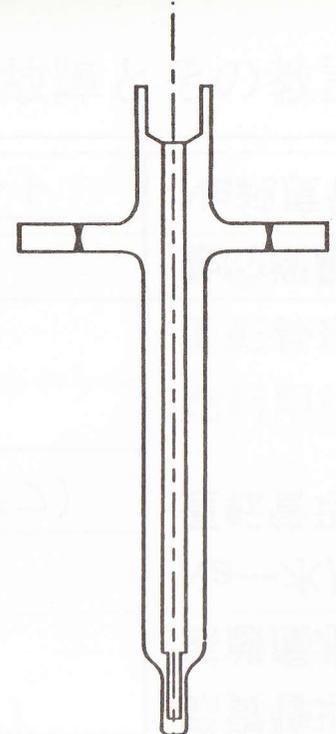
ナトリウム漏えい経路の想定



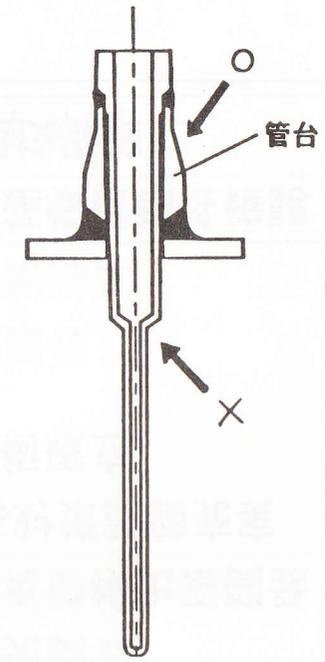
1次主冷却系



2次主冷却系



1次主冷却系



2次主冷却系

「常陽」

「もんじゅ」

温度計配管部形状比較

先進国における事故・故障とその教訓

事故・故障の種類		発生プラント	主な教訓
蒸気発生器	伝熱管破損 (水漏えいなし)	EBR-II (米) BR-5 (口)	材料選定・構造材料開発 溶接施工法の開発 品質管理の充実 高感度水漏えい検出系開発 Na—水反応対策設備充実 運転管理技術確立
	小規模水漏えい	PFR (英) Phenix (仏) BN-600 (口) BN-350 (カザフ)	
	大規模水漏えい	E. Fermi (米) PFR (英)	
他	1次系Naへの油混入	PFR (英)	動的機器の運転信頼性確認 Na純度管理技術確立
	1次系Naへの空気混入	Phenix (仏)	

先進国における事故・故障とその教訓

	事故・故障の種類	発生プラント	主な教訓
炉心燃料	炉心溶融・燃料溶融	EBR-I (米) E. Fermi (米)	炉心・燃料安全性確立 運転管理技術確立 燃料用材料開発
	燃料被覆管破損	DFR (英) BR-5 (口)	
	反応度低下 (原因調査中)	Phenix (仏)	
Na漏えい	1次系漏えい	DFR (英) Rapsodie (仏) BN-600 (口)	材料選定・構造材料開発 溶接施工法の開発 品質管理の充実 応力緩和技術の開発
	2次系漏えい	DFR (英) Rapsodie (仏) Phenix (仏)	
	炉外燃料貯蔵槽	Super Phenix (仏)	

ナトリウム漏えい量が公開されている事例

プラント名	発生年月	漏えい場所	漏えい量
スーパ-フェニックス (仏)	1987年 3月	使用済燃料炉外貯蔵槽	約 2.0 m ³
KNK-II (独)	1971年 3月	2次系ナトリウム加熱ヒータ	約 0.5 m ³
BN-350 (カザフ)	1989年	蒸気発生器	約 1 m ³
BN-600 (ロシア)	1993年10月	1次ナトリウム純化系配管	約 1 m ³
BN-600 (ロシア)	不明	2次系ドレン配管	約 0.6 m ³
BN-600 (ロシア)	不明	2次系主配管弁	約 0.3 m ³
BN-600 (ロシア)	不明	2次系ドレン配管	約 0.3 m ³

海外のプラントでのナトリウム漏洩件数

(アメリカは除く)

イギリス

DFR (実験炉) 7件

PFR (原型炉) 20件

フランス

Rapsodie (実験炉) 2件

Phenix (原型炉) 23件

Super-Phenix (実証炉) 3件

ドイツ

KNK-II (実験炉) 21件

SNR-300 (原型炉) 1件

旧ソ連

BR-10 (実験炉) 19件

BN-350 (原型炉) 15件

BN-600 (原型炉) 27件

合計 138件

主要国のウラン濃縮工場

設置者 (国名)	濃縮法	工場所在地	規模
DOE (アメリカ)	ガス拡散法	ポーツマス パデューカ	2工場合計 約19,200tSWU/年
ユーロディフ (フランス等5カ国)	ガス拡散法	トリカスタン (フランス)	約10,800tSWU/年
ウレンコ (イギリス・オランダ・ドイツ)	遠心分離法	カーンハースト (イギリス) アルメロ (オランダ) グロナウ (ドイツ)	約1,000tSWU/年 約1,050tSWU/年 約530tSWU/年 1,000tSWU/年まで 拡張予定
動力炉・核燃料開発事業団 (日本)	遠心分離法	岡山県人形峠	200tSWU/年 原型プラント
日本原燃株式会社 (日本)	遠心分離法	青森県六ヶ所村	600tSWU/年 逐次増設し、最終的には 約1500tSWU/年にする予定

注) SWUは、分離作業単位 (Separative Work Unit) の略。ウランを濃縮する際に、必要となる仕事量の単位。

出所: 「原子力ポケットブック」ほか

主要国の再処理工場

運転中

国名	運転者	工場所在地 (工場名)	処理能力
イギリス	BNFL (イギリス原子燃料会社)	セラフィールド (B205) (THORP)	天然ウラン 1,500tU/年 濃縮ウラン 1,200tU/年
フランス	COGEMA (フランス核燃料公社)	マルクール (UP1)	天然ウラン 400tU/年
		ラ・アーグ (UP2-800) (UP3)	濃縮ウラン 800tU/年 濃縮ウラン 800tU/年
日本	動力炉・核燃料開発事業団	茨城県 東海村 (東海再処理工場)	濃縮ウラン 0.7tU/日

建設中

国名	運転者	工場所在地	処理能力	操業開始予定
日本	日本原燃株式会社	青森県六ヶ所村	濃縮ウラン 800tU/年	2000年頃

出所：「原子力ポケットブック」ほか

発生状況	プラント主要操作・現場確認
<p>12月8日</p> <p>19:47 「IHX C 2次側出口Na温度高」 警報発報</p> <p>19:47 火災報知器作動 2次主冷却系CW-7配管室 : A-446 (他1箇所、総計2箇所)</p> <p>19:48 「C 2次主冷却系Na漏えい」警報発報 (2箇所)</p> <p>19:48-19:57 火災報知器作動 (計14箇所)</p> <p>20:28-20:49 火災報知器作動 (計50箇所、以降略)</p> <p>21:10 Na漏えい発報 (8日中に計6箇所)</p>	<p>19:48 運転員 (3名) が、現場確認に向う (配管室扉(A-446)で煙の発生を確認し 中央制御室に電報に連絡) (現場制御盤(A-512)に到着しNa漏えい信号を確認)</p> <p>19:58 運転員が中央制御室に戻り現場状況を当直員</p> <p>19:58 2次系C蒸発器及びオーバ-フロー tanksのNa液位 (小漏えいと)</p> <p>20:00 出力降下操作開始 2次系C蒸発器及びオーバ-フロー tanksのNa液位</p> <p><制御棒挿入操作等停止操作へ></p> <p>20:50 運転員、再び現場に向う 頃 配管室の白煙の増加とNa漏えい信号の増大 確認し、中央制御室に連絡</p> <p>21:00 2次系C蒸発器及びオーバ-フロー tanksのNa液位 頃 運転員は中央制御室に戻り現場状況を当直員 (中漏えい手順に移行)</p> <p>21:15 発電機解列</p> <p>21:20 原子炉手動トリップ</p> <p>22:27 ドレン操作に向けて温度降下中 (約330℃)</p> <p>22:40 2次主冷却系Cループ ドレン操作開始</p> <p>22:55 2次主冷却系Cループ ドレン開始: ドレン</p> <p>23:13 2次主冷却系Cループ 配管室蒸気発生気室 (00:15 2次主冷却系Cループ ドレン完了)</p>

プラント主要操作・現場確認	連絡等
<p>員(3名)が、現場確認に向う (A-446)で煙の発生を確認し 室に簡単に連絡) 整(A-512)に到着しNa漏えい信号を確認 員が中央制御室に戻り現場状況を当直長に報告 系C蒸発器及びオーバーフロー tanksのNa液位変動なし (小漏えいと判断) 降下操作開始 系C蒸発器及びオーバーフロー tanksのNa液位の継続監視 挿入操作等停止操作へ></p>	<p>18:55 当直長よりプラント第1課長(P1課長)にボックベルで連絡 18:55 P1課長より当直長へ電話で確認 18:57 P1課長より原子炉主任技術者及び副所長に電話で状況報告 P1課長は電話にて出力降下操作開始を了解した。 当直長は直員に出力降下を指示した。 20:16 P1課長から所長へ連絡 20:16 ボックベルにより、関係者を一斉呼出し 20:16 以降動燃敦賀分室に事業所対策会議設備及び状況確認し、 電話通報を開始。 20:17 自衛消防隊長を招集 20:30頃 P1課長建設所に到着 20:35 福井県 原子力安全対策課へ第1報(分室より) 20:43頃 科技庁原子炉規制課へ第1報(分室より) 本社へ第1報(分室より) 20:48 敦賀市 原子力安全対策課へ第1報(分室より) 20:50 自衛消防隊(編成・待機) 20:50 県よりもんじゅ付近に向かう旨連絡あり 20:58 美浜町 企画課へ第1報(分室より) 21:00 福井県警敦賀警察署・敦賀美方消防本部へ連絡(分室より) 21:10頃 炉主任よりもんじゅ緊急室へ原子炉手動トリップに移行 する旨連絡 市へ原子炉手動トリップに移行する旨状況報告 21:12 本社安全部長へ連絡 21:13 本社動開本部副本部長へ連絡 21:15 P1課長から安全管理課長へ連絡 21:20 事故発生速報(第1報)FAX(分室より) 21:20 通産省 北陸支局へ連絡 21:25 環境安全課よりモニタリングポスト・ステーションの値に変化なしとの連絡あり 21:57 市よりもんじゅ付近に向かう旨連絡あり 22:10 プレス発表 22:10 県職員 現地到着 22:16 事故発生速報(第2報)FAX 22:25 敦賀市職員 現地到着 22:34 事故速報FAX</p>
<p>員、再び現場に向う 室の白煙の増加とNa漏えい信号の増加を 員、中央制御室に連絡 系C蒸発器及びオーバーフロー tanksのNa液位の継続監視 員は中央制御室に戻り現場状況を当直長に報告した 漏えい手順に移行)</p>	
<p>手動トリップ 操作に向けて温度降下中(約330℃)</p>	
<p>主冷却系Cグループ ドレン操作開始 主冷却系Cグループ ドレン開始:ドレン弁開 主冷却系Cグループ 配管室蒸気発生気室調系停止 主冷却系Cグループ ドレン完了)</p>	

エネルギー総合推進委員会

・〒100 東京都千代田区内幸町2丁目1番4号

日比谷中日ビル

TEL 03-3501-6833 FAX 03-3501-8601

E-MAIL GDA00450@niftyserve.or.jp

・発行月日 平成8年5月

・担当者 エネルギー総合推進委員会事務局 青木岳洋

① $\frac{1}{2} \frac{d^2 x}{dt^2} = -kx$
高速度 全印を在る

② $\frac{1}{2} \frac{d^2 x}{dt^2} = -kx$ の限界

③ 振動 (強制) の $\frac{1}{2} \frac{d^2 x}{dt^2} = -kx + F \sin pt$ の場合
共振の現象 (共振)

④ $\frac{1}{2} \frac{d^2 x}{dt^2} = -kx$ (共振) の場合 $\frac{1}{2} \frac{d^2 x}{dt^2} = -kx + F \sin pt$
を $\frac{1}{2} \frac{d^2 x}{dt^2} = -kx$ の場合と区別する

共振の現象を $\frac{1}{2} \frac{d^2 x}{dt^2} = -kx$ の場合と区別する

共振 (共振) と共振条件
① $\frac{1}{2} \frac{d^2 x}{dt^2} = -kx$ の共振と減衰

② $\frac{1}{2} \frac{d^2 x}{dt^2} = -kx + F \sin pt$ の場合 (共振) 他共振の場合も
共振と減衰の区別 (共振) を示す。

③ 共振の限界を打破