

柏崎刈羽原子力発電所の透明性を確保する地域の会第27回定例会・会議録

- 1 日 時 平成17年9月7日(水)
- 1 場 所 刈羽村生涯学習センター「ラピカ」 1F文化ホール
- 1 出席委員 浅賀・新野・石田・井比・伊比(智)・伊比(隆)・金子・川口・久我・
佐藤・三宮・杉浦・武本・中沢・前田・吉野・渡辺(五)・
渡辺(仁)・渡辺(丈)委員 以上19名
- 1 欠席委員 阿部・今井・千原・宮崎・元井委員 以上5名
- 1 その他出席者 柏崎刈羽原子力保安検査官事務所 金城所長
柏崎刈羽地域担当官事務所 早川所長
新潟県 原子力安全対策課 飯吉主任
柏崎市 布施防災・原子力安全対策課長
刈羽村 中山企画広報課長
刈羽村 企画広報課 吉越副参事
東京電力(株) 長野室長 西田部長 守課長 阿部主任 杉山主任
柏崎市防災・原子力安全対策課 名塚係長 桑原主任 関矢主任
柏崎原子力広報センター 押見事務局長(事務局・司会)
- 1 講師 北海道大学大学院教授 佐藤正知氏

◎事務局

それでは、これより六ヶ所村視察を行うに当たっての勉強会ということで、北海道の方からお越しいただきました佐藤正知先生を、紹介をさせていただきたいと思います。

佐藤正知先生、現職は北海道大学の大学院、工学研究科の教授をなさっておられます。ご経歴ですが、昭和24年函館市にお生まれになりまして、以下ここに書いてございますので、割愛をさせていただきます。それでその下の方、委員会等とありますが、JNC課題評価委員会の委員等要職におつきでありまして、主な著書としましては、「エネルギーと環境」等出版されておられると。それから平成3年の3月には、第23回日本原子力学会賞の論文賞を受賞されております。あるいはFM北海道でのレギュラー番組に出演中ということで、幅広くご活躍中でございます。今日は私どものためにおいでいただきまして、本当にありがとうございます。

それでは、早速講義の方に入らせていただきますので、先生よろしくお願ひいたします。

◎佐藤氏（北海道大学大学院工学研究科教授）

こんばんは。ただいま紹介にあずかりました、北海道大学の佐藤でございます。よろしくお願ひします。

私がこういうお話をするのが適当かどうかよくわかりませんが、私も一応主なる仕事としては、大学で学生と一緒に研究をやっている立場であります。その一方で大学の研究者が社会貢献をしなくてはならないということも言われております。いろいろな努力をし続けつつやっているといるところですが、なかなかうまくいかないところもありますけれども、こういう分野についてもかかわっておりますので、今日は声がかかったのかなと思っております。今日は核燃料サイクルの状況についてということでお話をさせていただきますのでよろしくお願ひいたします。

資料に沿ってお話を進めていきます。今日のお話なんですけれども、始めは基礎的なことについて確認ということでお話をさせていただきます。核燃料サイクルとは、あるいは核分裂と熱の発生、それから原子炉の炉心の構成、原子力発電の仕組みについて簡単にご説明をさせていただきます。核燃料の中で起こる核分裂によってエネルギーが放出されるわけですが、その結果として核分裂生成物、あるいはプルトニウムができてきますけれども、再びエネルギーとして使われるものも生まれているということでございます。そこで再処理、MOX燃料の製造（プルサーマル燃料の製造）についてお話をします。欧州では20年以上前からこのプルサーマル、向こうはプルサーマルとは言わないようなんですけれども、MOX燃料を使っての軽水炉での発電が続いております。その元締めとして頑張っているのがフランスなんです。こういうフランスではどんなふう原子力に取り組んでいるのかということで、少しご紹介させていただきます。こうやって再処理をするというのも、行く行くは、今石油の価格が高騰しておりますけれども、いずれ石油資源は枯渇します。エネルギー資源を一言で言えば昔の太陽エネルギーの缶詰でございます。光合成、すなわち太陽の光と二酸化炭素と水から炭水化物ができて酸素が放出される反応で化石燃料が、太古の昔に生まれたわけです。そういう有限の資源を

どんどん我々は使い尽くしつつあるわけです。今何とかもっている間に、次のエネルギー利用のあり方を僕らが描けないと、食糧危機のようなエネルギー危機がやってくるわけです。そういう意味では高速炉というもの、高速増殖炉というのを必ず我々は手に入れないと、この資源小国で経済大国の日本は危うくなる。高速増殖炉だけでいいわけじゃないんですけれども、いろいろなエネルギーの選択肢を常に持って、いろいろな状況に応じてそれを使い分ける柔軟な姿勢を僕らは持っていない限り、こういう資源のない、そして経済規模の極めて大きな日本で、きちっと経済活動を続けていくことができなくなるということです。私といたしましては、プルサーマルというものも、プルトニウムをきちっと扱えることを社会に実績として示す一歩というふうに捉えております。

そうやってプルトニウムを核燃料の中に入れて燃やすということをやりますと、再処理をやるということですから、高レベル放射性廃棄物処分というのが、必ずそれは考えておかななくてはならない。研究開発をしておかなくちゃならないと、こういうことになります。高レベル放射性廃棄物の処分概念と、安全確保について少し、時間が限られておりますが、ポイントになるところを幾つか押さえてお話をさせていただきたい。

それから、日本ではこの再処理の核となる施設は青森県の六ヶ所村にございます。この施設が今ほぼでき上がっておりまして、つまり、まだ運転に入る少し前段階というところなんですけれども、その施設について少しご紹介をさせていただきます。

核燃料サイクルの話に入ります。ウラン鉱山がございまして、そこから鉱石を採掘してまいりまして、精錬工場で精製いたします。このウランをフッ素と反応させて、ガスにするんですね。幸運なことに、フッ素というのは19という重さ（正確には質量数）を持ったフッ素しか世の中になくはないわけです。ウランには235と238があるんですが、そのフッ素というのは19しかない。うまいことウラン-235とウラン-238をフッ素化した六フッ化ウランとを用いて、重いウランと軽いウランを濃縮工場で分けることができるんです。濃縮した後、それを再び酸化物にして燃料にするわけです。こうすることによって炉心を小さく小型化できます。大きな発電所をやや小さく、あれだけ大きいものでも小さくできているわけなんですけれども、そうやって経済性を高めるために濃縮をしているわけです。

サイクルを進めますが、使用済燃料が発生いたしまして、それを中間貯蔵いたします。そして再処理をする。再処理をしてウランと、プルトニウムを取り出しまして、高レベルの放射性廃棄物が発生します。今、世界的にも、再処理をして発生する高レベルの放射性廃棄物はガラス固化するというのが主流であります。そしてそれを冷却をして、地下にいろいろな負荷がかからないぐらいに長い間冷却をした上で、最終的に処分する、こういう流れが、これが核燃料サイクルでございまして。

それで、原子力発電により、エネルギーの選択肢を持つことができ、我々の生活は豊かなものになっているわけでありましてけれども、その根本は、化石燃料を燃やしてエネルギーを手に入れて、それで電気をつくるのと違い、ウラン-235の原子核に蓄えられたエネルギーを利用しています。大きな星には星の一生というのがあるんですけれども、非常に大きな星の中で徐々に核反応が進みまして、最後に大爆発をして、そして超新星になって、そのときにウランも生まれるわけです。この時、ウランの原子核にエネルギーが蓄えられるわけです。そのエネルギーを開放して我々の生活に利用しようとい

うのが原子力発電の考え方ですね。

核分裂による熱の発生についてお話しします。中性子をウラン-235に当てますと、中性子を一個吸収して不安定なウランの核になり、2つに分裂します。そのときにすごいエネルギーが出てくるんです。このエネルギーは、ほとんどがこの2つの粒子に分け与えられ、それぞれの粒子は核燃料の中で完全に熱化します。止まってしまいます。したがって核燃料から熱が放出されるということになります。そのとき、中性子が2つちょっと放出されるんです。1個から2個、2個から4個、4個からというふうにどんどん増えていきますと、これでは制御不可能になります。しかしながら、1個からちょうどまた1個、また1個というふうに反応を進めていきますと、これは非常に定常的に、非常に安定した状態で燃やすことができます。ウラン-235に中性子が当たり、不安定になり、そして熱エネルギーが出まして、そのときに一部分は中性子を吸収する物質に吸収され、それから一部分は炉心の外の方に逃げます。こうして1個から1個というようにずっと燃やしてやることができるわけです。中性子の吸収材としての制御棒であるとか、あるいはホウ酸溶液を使ったりもしますが、ホウ素を含むものを炉心の中に入れてやるとブレーキがきくし、これを抜いてやるとアクセルになるという形で制御することができます。

核融合の場合は、エネルギーが中性子を介して出てしまうものですから、中性子は遠くまで飛ぶので、プラントが非常に大きくなって、しかも材料に対していろいろな悪さをするんです。これに対して核分裂の場合は、核燃料の中で熱にかわってしまうものですから、扱いやすいということになるんです。この場合、 UO_2 ペレットのいろいろな特性をきちっと把握しておかないとだめだということになります。このペレットをどうやってつくるのかと言いますと、 UO_2 というのは、黒いこげ茶色のような粉末なのですが、これをプレスしてチョークのような形にします。高さが1センチ、直径も約1センチの円柱状に成形します。それをちょうど瀬戸物を焼くように焼くんです。軽く焼いてから削りましてうまく形を整え、もう一回しっかり1,800度ぐらいで焼き固めまして、冷えてから高さが4メートルの燃料棒一本の中に納めます。直径1センチのペレットが入るものですが、そこに3メートル分入れまして、つまり一本の燃料棒に300個入れることになります。そして入れた後に溶接をして、このとき、熱を伝えやすいヘリウムガスを少し加圧して入れます。そうやって長さ4メートルの燃料棒ができます。それを束ねて燃料集合体をつくるんです。実は100万キロワット級の発電用原子炉の中には、このペレットが大ざっぱに1,600万個入っております。それは、この燃料棒が例えば集合体一体当たり264本ありまして、それが193体からなっていて、1本の燃料棒の中には300個入っているということで、 $193 \times 264 \times 300$ 、これだけの数が原子力発電所の中には燃料のペレットとして入っていることになります。ちょっと細かい話ですみません。

それで、これが燃料の集合体です。これが燃料ピンです。PWRとBWRによってちょっと違うんですが、大体直径が10ミリ、高さが1センチです。これが4メートルのピンの中の3メートル分に入っています。こちらは東京電力ですのでBWRでしようけれども、私は北海道に住んでおりますのでPWRの資料を持ってきて申しわけありません。そういう中に、今度は制御棒が入って、これをアクセル、それからブレーキとして

制御することになります。それを今度は炉心に入れるんですけども、先ほど193体と言いましたけれども、こういうふうに炉心の中に193体入れ、圧力容器に納められこういった格好になります。

これもPWRの形でありまして、少しこちらのBWR方式とは違うんですけども、これが圧力容器です。燃料は全部ジルコニウムの被覆管の中に入っておりますから、この水と直接は接触することはないんです。冷却水がぐるぐるぐるぐる回りますして、ここで熱交換をしまして、この部分で蒸気になります。蒸気がこのタービンを回して発電するというシステムです。ちょうど例えば自転車に発電機がついておりますけれども、モーターと発電機というのは裏腹の関係でありまして、電気を使ってモーターを回すこともできますけれども、モーターを外的な力でエネルギーを投入して回してやると電気が生じる、こういう関係にあります。

さて、今われわれは、世界の中でも豊かな生活をしています。その背景に社会を支えている幾つか非常に重要なインフラがあると思うんです。電力もその中で重要なものです。それでは電力事業は一体どのようなビジネスなのか少し考えてみることも意味があるのではと、思うわけでございます。

例えば出力が100万キロワットの原子力発電所を、1年間運転をするとういたします。仮にその設備利用率が定期点検もありますから、80%だと仮定いたします。そうすると、100万キロワットの発電所が1時間動きますと、100万キロワットアワーの電力を生み出します。それに24時間365日、しかしその中で8割しか動かないということになりますと、この70億キロワットアワーという電力になります。例えば1キロワットアワーあたり20円だと。大ざっぱに話をさせていただきますと、1年間には1,400億円、1日で3.8億円というものを毎日毎日生み出していくわけです。私の自宅では、例えばこれは北海道の場合は冬一番電気を使って、夏はクーラーはないですが、仮に400キロワットアワー使っているとしますと1万円弱ぐらいになるんでしょうかね。こういう大きな事業、ビジネスをやっていることになるわけでございます。

こういう発電所を1年間運転いたしますと、大体燃料が100トンぐらい入っておりますけれども、使用済燃料が30トン毎年発生し、これをガラス固化いたしますと大体30本発生します。最近では毎年1000トンを超える使用済燃料が発生するため、貯蔵施設の空容量が、かなり限られてきております。電力会社の経営者にとっては頭の痛い話だと思います。我々よりももっと先にそういう経験がある米国ではもっと大変だということで、米国の電力会社は、エネルギー省の高官に何とかしてこの貯蔵所や処分場をつくってくれるように再三言っていたはずなんですけれども、それがうまくいきませんでした。しかし、2002年になってネバダ州のヤッカマウンテンというところに一応使用済燃料の処分施設の立地がほぼ決まった形になって、電力会社の経営者も少し元気が出てきた訳です。日本でも同様な事情がありますので、いろいろな広い視点で電力事業というものを、もちろん電力会社の人考えるんですけども、そういう電力を使っている我々市民も、頭の中に入れながらいろいろ考えることがいいんじゃないかなと思うんです。そういうことで、使用済燃料が運び込まれ、間もなく六ヶ所村の施設で、再処理とガラス固化体の製造が動き始めることになります。

それでプールがいっぱいになることを予想すると、なるべく燃料をいっぱい燃やした

いと考えるようになるのは自然であります。日本はかなり世界の中でも進んでいる方で、ヨーロッパでもそうなっているんですが、燃料の高燃焼度化が進んでいるんです。その結果、発電電力量あたり発生する使用済燃料の本数も昔に比べると少なくなってきたということにはなりません。一方でガラス固化体の本数は発電した電力量に見合っ出てくるという、こういう状況になるはずなんです。最近では石炭も、今輸入している石炭は前の契約時からのもが引き続きですから上がっていないかもしれませんが、新しい契約ではもう2倍以上に上がっていると思います。石油も急激に価格が上がっておりまして、電力コストを上昇させないという意味では、原子力は寄与が大きいと期待感を持っております。原子力では、電気料金に占める燃料費の割合が低いのです。

現在日本の原子力発電所は53基、ひょっとしたら54基かもしれませんがそのぐらいでございます、日本の発電電力量の大体35%。先ほどちょっと高燃焼度化のお話をいたしましたけれども、従来どおりの発想でいきますと、大体年間1,200本ぐらいのガラス固化体を生成することになります。2030年、40年代の半ばぐらいまでには4万本程度のガラス固化体が発生いたします。これを地層処分場をどこかに見つけて、地下に処分するとしたときに、地下の面積が大体2キロメートル四方ぐらい必要となるわけです。ガラス固化体の処分費用もいろいろ試算されてはいるんですけども、これは少しぶれるとは思いますが、大体4,000万円/本ぐらいです。一方で我々が一生、80年生きるといたしまして、今現在の電力消費量の半分を原子力発電で賄ったといたします。それで80年間使ったといたしますと、高レベル放射性廃棄物ガラス固化体はゴルフボール3つです。したがって工学的なケアをちゃんとしてやれば、ガラス固化体による環境負荷を小さくできる。そういうふうに考えています。ただしそれには、その物理的特性、化学的特性が長期にわたって安定であればという話でありますけれども、私は極めて有望であると思っております。

次はそれでは再処理とMOX燃料の製造の話に移ります。プルトニウムを利用して、なるべくエネルギーを有効に利用しようということになりますと、燃えた燃料をもう一回化学的に処理をして、その中から燃やせるプルトニウムを取り出して、ウランと一緒に燃料をつくり直して、原子炉の中に入れて発電に用いることが期待されます。その場合、化学的に処理することになりますが、そのためのものが再処理工場ということになります。この再処理工場は、具体的にはどういうことをやるのかということなんですけれども、その前に、再処理工場に行く前にすみません。ここで燃料についてもうちょっとお話をさせていただきます。

これは天然ウランと呼ばれるものですが、ウラン鉱床から取り出したウランで、それを精製をして二酸化ウラン、 UO_2 と僕らは呼んでいるものです。そういうものにしたときに、燃えないウラン-238、これがもう大半でありまして、100グラムあれば99.3グラムはこのウラン-238です。それで残りの0.7グラムは燃えるウラン-235です。発電前には先ほどご説明したように濃縮し、このウラン-235を3%から4%、5%ぐらいにしてやるわけです。こうやって燃やしてやることによってエネルギー密度を高くする。そのことによって原子炉をコンパクトにして、経済性を高めると、こういうことなんです。さて、燃やしてやりますとどういうことになるかと言いますと、燃えるウランは燃えて無くなりますから、3から5%ぐらいからだんだんだんだん減っ

ていって、1%ぐらいまで減少します。一方、この燃えないウランがプルトニウムを一つ吸収をいたしますと、ウラン-239というふうはこの中性子の数が1つ、238から239に増えて、それがネプツニウム-239というものにかかわって、それがまた改めてプルトニウム-239に原子核が変わります。こうしてプルトニウムができるんです。プルトニウム-239が。それからウラン-235が燃えた燃えかすがここに黄色く色をつけた割合で存在することになります。それから、このプルトニウムを化学的に分離をいたしまして、このように新しい燃料にしたものがMOX燃料です。

それでは今度は、化学的に分離するというのをどうやってやるのかについてご説明いたします。まず、遮へい能力が十分なキャスクに入れて燃料集合体を運び込み、7メートル、とか8メートルの水の深さがあると、上からのぞき込んで見ても大丈夫なわけで、そういうところに入れて扱うんですが、次に遮へいされた厚いコンクリートで囲まれたところに運び込み、燃料棒を切断します。チョークを折ったような形の大きさの燃料を、100℃以上の濃硝酸の中で溶かしてやる。ウランは硝酸によく解けます。ここで赤丸がウラン、黄色がプルトニウムで、三角がウランの核分裂によって生じたものですが、これがみんな溶液の中に解けることになります。次にこれを分離するんです。いろいろな物質をいろいろな化学的状態にすると、水に溶けやすいもの、有機溶媒に溶けやすいものにしてやることができます。そうやって初めに酸に溶けた状態にして高レベル放射性廃液を分離するんです。有機溶剤の方にこのウランとプルトニウムを溶かし込むようにします。それから今度は化学的条件を変えて、ウランとプルトニウムを分離します。しかしながら、プルトニウムを純粋に取り出すことをやりますと、核拡散防止の立場から米国が文句を言います。国際的に核拡散防止上問題となることをやる気が全くないんだということを鮮明にする中でこういうビジネスが成り立つわけでありまして。そういうことで純粋なプルトニウムを分離をしないように扱って、再処理工場ではウラン酸化物と、ウラン・プルトニウムの混合酸化物という製品をつくります。

こうしてプルスーマルの燃料ができます。それをまた燃やして、それでそれから再処理、そして今言ったようにプルトニウムとウランからなるMOX燃料をつくる。それを何回燃やすことになるかについては決まっていません。少なくともこうやってエネルギーを有効に利用しようという流れが今始まろうとしています。

こういうふうにしてプルトニウムを利用している国の中で、最も実績を上げているのはフランスです。フランスやドイツといった欧州の国々では、20年も前からMOX燃料を利用しています。特にドイツは古いんです。その話しの前に、まず再処理の実績に触れてみます。これはフランスの再処理の実績なんですけれども、ここにありますように、毎年1,600トンの使用済燃料を何年かにわたって処理しています。最近では日本の電力会社が発注しておりませんので下がってきているんじゃないかと思えますけれども、1,600トンといいますと、六ヶ所村の再処理工場の2基分です。それをフランスは独自に商業ベースで開発しまして、MOX燃料を世界に、特にヨーロッパ諸国に供給し続けてきたという実績を持っています。ちなみにフランスの国内総生産(GDP)は、日本のGDPの3分の1ぐらいなんです。そういう経済規模の小さい国が、小さいといっても経済大国ですけれども、これだけの再処理工場を動かして、そしてMOX燃料を製造してプルスーマルも実施しているということで、すごいことをやっているって僕

は思っております。しかし恐らくフランスの人は当然のことをしているまでと
思っているだろうと思います。それがなぜできるのかというと、ヨーロッパという非常に大きな
経済市場があるからだだと思います。したがって、フランスの戦略としてやっているとい
うことなんです。フランスはそのほかにもエアバス社の航空機産業、アリアンロケット
で知られる宇宙情報産業でも世界をリードしておりますし、バイオテクノロジーでもな
かなかすごいんです。バケーションのフランスかな、なんて思っていたら、こういう主
要な最先端産業、そして原子力ビジネスも世界のトップを走っているというところがあ
ります。

それで、これはMOX燃料の製造工場です。ローヌ川の下流域にマルクールというと
ころがあります。そのあたりに原子力関係の施設がいくつもあるんですが、世界最大の
MOX燃料製造工場がございます。

先ほど1,600トン/年の使用済燃料を再処理した実績を紹介しましたが、これは
シェルブールという軍港がありますけれども、そこから40キロか50キロ離れている
ラ・ハーグというところにこの再処理工場があります。そこで年間16トンぐらいのプ
ルトニウムを抽出して、3つの工場でMOX燃料を製造しているということです。これ
は少しだけ古いデータですけれども、一番新しいものは後でお示ししますが、例えばフ
ランスですと57基の原子力発電プラントがあります。その中で16基について、MO
X燃料の使用が承認されている、その中の15基で、1987年からフランスは使っ
ている。ドイツも再処理路線をしばらく走っていたのですが、今はやめていますけれど、
それで21基ある中で11基が使用が承認をされていて、このうち8基を使って、19
82年から使っています。23年にもなるわけです。そういう国がまだほかにもありま
す。

フランスの最近の原子力事情なんですが、ここにありますような黄色のマークをつ
けた21カ所の発電所で、MOX燃料を使っています。ご承知のようにフランスにはロー
ヌ川、ロワール川、セーヌ川、ガロンヌ川という大きな川が流れています。こういった
川に沿って原子力発電所が並んでおります。そして発電所サイトの近くにもブドウ畑が
広がっております。別にそれを気にすることもなくフランス人はおいしくブドウを飲ん
でいるわけです。今フランスの原子力に対する支持率は80%に達していて、恐らくフ
ランス人は自国の原子力の水準を誇りにしているんだらうと思います。ヨーロッパでは
そういう国もあります。もちろんそういう国ばかりではありません。いろいろな国があ
るということがむしろ大事なんです。いろいろな国がいろいろな考え方を持ってヨー
ロッパに存在している。そこがヨーロッパの奥の深いところなんだらうと思うん
ですけれども、フランスは今ご説明した考え方で進めています。

これはMOXの燃料の加工施設が他にもいろいろなところにあることを示す表です。
イギリスは北海油田を保有して、石油の輸出国でございましたけれども、その北海油田
もピークを超えてしまいました。イギリスは恐らく今は輸入国に転落したのではない
かと思います。最近そういえば、石油の話になりますと、インドネシアが輸入国
になりました。それから中国は世界で5番目か6番目の産油量を誇っているんです
けれども、1993年に輸入国の仲間入りをいたしました。それから10年たった2003
年に、中国は日本よりも中東から多くの石油を輸入する国になりました。このよ
うに、世界のエ

エネルギー事情は大きく変化しているわけです。今日の新聞を見ても中国は9%成長を今後とも続けていく方針を立てているんだそうです。中国がどこまで経済成長を続けられるか不確定な要因を含んでいます。ただ、今までの実績からいたしますと、これまで通り続けていく可能性も十分あり得るわけでございます。そうなりますと、我々の持っているエネルギーの選択肢はこれでいいのか、将来に向けて考えておく必要があると思います。中国だけではなくてインドの経済成長もすごいんですね。中国は13億、インドは10億の人が住んでおります。そういうことで世界のマーケットを見ながらイギリスも最新鋭の再処理工場をつくって、そこでMOX燃料の製造も始めていると、そういうことでございます。

今日は台風が来ていますが、ちょうど1年前に北海道は大変な目に遭いました。すみません、休み時間に入ったような話になってしまいました。この写真は北海道大学の冬の風景です。魅力の一つだったポプラ並木なのですが、去年の台風で半分以上、3分の2近くが倒れてしまいました。そういうことでちょっと懐かしいんですが、この風景を見ていただきながら休憩時間とさせていただきます。

それでは、話はこれから後半に移ります。再処理の結果プルトニウムを取り出して、それを再び燃やしてエネルギーをつくれるということでございますけれども、一方で高レベルの放射性廃棄物が発生します。先ほどお話いたしましたように、一生にわたって電気の半分を原子力発電で賄ってゴルフボール3つ分ほど発生します。将来にわたっても人間の生活環境、あるいはいろいろな生物を取り巻く環境に悪い影響がないようにきちっと処分をする。そして、あらかじめ安全であることを確かめることが欠かせません。ただ、直接実験により確かめることはできません。けれども、いろいろな今の最新の科学技術をベースにして、十分に安全性を確保できると評価できるものでないと困るわけです。それについて少しこれからお話をさせていただきます。

放射性廃棄物と一般にいたしますと、これは低レベルの放射性廃棄物と高レベルの放射性廃棄物に分かれます。現在のところ行政のサイドでは、低レベルと高レベルということになっております。けれども、それにもう一つ、再処理工場やMOX燃料工場が発生するプルトニウムを含んだ廃棄物、これはTRU廃棄物、これは長い目で見るとやはりそれなりの毒性を持っているものなので、この3つを研究に携わっている僕らは区別しながら検討をしています。中でも、最もよく考えておかなければならないものがこの高レベル放射性廃棄物でございます。処分方針は国によって違うんですけれども、例えばカナダやスウェーデンや今のドイツでは、使用済燃料を直接地中に処分をいたします。直接といっても、いろいろな金属の容器に封入して、その周りに水と接触しないように粘土のようなもので覆って、そして地下深い、500メートルから1,000メートルの深い地中に処分することも考えています。また少し脱線しますが、使用済燃料の直接処分なんて可能なのかということに触れてみます。例えば鉄であれば、金属の鉄と酸化物の鉄があるように、ウラン化合物にも異なった特性を持ったものがあるんです。UO₂という化学種をベースにしている使用済燃料は、極めて水に解けにくいものです。水10億グラムに対してウランが3グラムぐらいしか溶けないんです。そういうことは実験で確かめられているんです。使用済燃料の直接処分が有望とされる理由が、ここにあります。

一方、アメリカの一部、軍事用のものですが、それからフランス、日本では核分裂生成物をガラスに閉じ込める方式を採用しています。ガラスには、ご承知のように化学実験に使うパイレックスガラスが知られています。このガラスよりは少し性能は落ちますが、優れた特性の化学的耐久性を持ったガラスです。ビール瓶のガラスよりもっと化学的に安定なものです。以上の2つの方式が世界で今のところ採用されているものでありまして、日本では後者のガラス固化で進めています。

廃棄物にも、先ほど言いましたようにいろいろな種類がありますが、繰り返しのようになりますが、この高レベル放射性廃棄物は日本の場合はガラス固化いたします。発生源は再処理施設から発生するというので、これから見学される六ヶ所村の施設にもこのガラス固化体をつくるシステムがございまして、日本ではガラス固化した経験は核燃料サイクル開発機構（現、日本原子力研究開発機構）の再処理施設においてだけですが、今まで貯蔵されている使用済燃料をガラス固化体に換算いたしますと、平成14年の1月末現在で1万5,500本程度に達します。先ほど申し上げましたように2030年から40年ぐらい、これからどう電力需要が伸びるのかに依存しますが、大体4万本程度になるのではないかと予想されています。それを処分することが必要になります。

まず、高レベル放射性廃液という硝酸溶液をそのまま置いておいたのでは、例えばコップに水を入れてそれがひっくり返ったんじゃないというのと同じで、危なくて危なくて。そこでガラスに固めるわけですが、どうやってガラスに固めるのかということになります。高レベル放射性廃液である硝酸溶液と、それからガラスのファイバー、グラスファイバーの束を用います。ところで、ガラスの管をバーナーで赤く輝くまで温め、引っ張れば繊維状になります。その繊維を束ねて、そこにこの高レベルの廃液をしみ込ませたものを熔融炉内に落としていきます。初めは周りに附属したヒーターで、1,150度に温めてやります。そうすることによりガラスが溶けていきます。そこに一定割合でしみ込ませグラスファイバーの束を落としていきます。温度の高いガラスは電気を比較的よく通します。ちょうど電熱器に電気を流しますとヒーターが赤く輝いてお湯を沸かすことができますよね。それと同じ原理で、電極に電圧を掛けることによって電気が流れ発熱します。このとき電気炉の中に対流が生じまして、濃度が均一になります。これはコンピュータ・シミュレーションをやったり実験をやって確かめます。こうして均一なガラスができることがわかっております。

それではその熱い溶けたガラスをどうやって下に取り出すのかということですが、蛇口をひねればやけどしちゃうということになりますが、ここにはそれなりの技術開発が行われました。金属製のおなべの部分だけを温める高周波を使った加熱装置があります。これと同じ原理で蛇口の部分だけを温めると、粘性があるものですから糸を引いたように下に落とすことができます。適当なところまで金属の容器に入ったとき、蛇口を冷やせば止まります。そして出来上がったものが高さが1.2メートル、直径が30から40センチぐらいのガラス固化体です。このガラス固化体が100万キロワット級の原子力発電所で年間30本発生します。これを多いなと見る人と、いや、わずかしかな発生しないんだなと見る人と両方あるかと思えます。大学で聞いてみると「たったそれだけしか出ないの」と、口を揃えて言います。

こうやってガラス固化体ができますと、これをこのまますぐに処分するわけにはいか

ないんです。地中奥深くの中で放射性核種が仮に広がるとするとどう広がるのかということを考える。核種は地下水に溶けて広がるんですね。広がるとすれば、地下水の流れが処分する前に測定したものと同じ状態で流れていることが前提となります。ということは、発熱性のガラス固化体を処分すると、地下水が温められて上方に少しずつ、岩石の中を上昇していきますよね。お風呂が沸くのと同じように対流が起こります。そうになると、評価が非常に難しくなるので、ガラス固化体一本あたり350ワット以下になるまで冷やしてくださいと、そういうふうに我々研究者の間では考えています。したがって、発熱量が多い固化体だとすると、とにかく350ワットになるまで長い時間がかかっても冷やす必要があります。そのために例えば50年にわたって冷却貯蔵いたします。ステンレスの長い筒がありまして、そこに縦に何段にもこのガラス固化体を積み上げて収納します。筒の外側と固化体を収めている筒の内側は隔離されておりまして、この外側からガラス固化体の崩壊熱が弱まるまでじっくり冷却しながら貯蔵するわけです。

この写真はクレーンで運ぶときの様子を示しています。ガラス固化体の外表面をいろいろ調べたり、いろいろな点をチェックします。この写真はみんなロボットがやるんです、無人で。したがってこういう施設には、必ずハイテクに精進した技術屋さんがやってきて修理をしたり、ものをつくったりします。したがって、こういう施設ができるということは、その地域のいろいろな方面での技術力が伸びることになります。

さて、そうすると今度は実際に処分ということになりますけれども、大体500メートルとかという深さが問題なんじゃないんですね。その場所がどういう特性を有する場所であるかによってこの深さが決まってくるんです。それから岩盤がどういう性質のものであるかによって処分様式も変わってくるんです。例えば、こういう岩盤にアクセス用の縦坑を掘り、次に横坑を掘りまして、そこから、またトンネルを掘るんです。この一つのトンネルのところに10メートルぐらいの間隔でガラス固化体を処分していきます。例えば4万本が処分される場合、2キロ四方ぐらいの面積を占めることになります。

処分ではガラス固化体の周囲を粘土で包みます。粘土には水を流しにくい性質があるからです。粘土の中に水も含まれているんですが、その水はほとんど動きません。地下水位の勾配に応じて、どのぐらいの速さで動くのかということもわかっています。したがって、金属封入容器が腐食して、粘土中の地下水が仮にガラスと接触したとしても、接触面から粘土の外側に達するまでに極めて長い時間がかかります。30ないし40センチ、あるいは場合によっては50センチぐらいにしますけれども、その粘土を通りぬけてから、今度は天然の地中を移動することになります。ここで悲観的なシナリオを考えて、それでは一体何年後、何年後といってもすぐに出て来る訳ではないんですけれども、生活環境に影響を与える可能性があるのかということの世界のこの分野の研究者はいろいろな手法で研究しています。

少ししゃべり過ぎたものですから、時間がなくなってきたので、少し端折らせていただきます。

今まで高レベル放射性廃棄物の話しをしておりますが、これは当然ですけれども、地下の処分場のごく近傍に完全に封じ込めないとだめです。極めて多量の放射能を含んでおりますので、まず、ガラス固化体に封じ込める。そしてそれを宇宙に処分する、また

は氷床に処分する、海洋底下に処分する、地層処分する。いくつかの処分方法が検討されました。以前にスペースシャトルの事故がありましたけども、爆発事故の可能性が否定できないようでは、だめですね。また、南極の氷床への処分を考える場合ですが、南極大陸は2,000メートルぐらいの氷で厚く被われているんです。仮に、大陸の中心部に処分したとしますと、2,000メートルの氷の層の一番下に達して、氷がそこから冰山として海洋に達するまでに大体10万年かかると言われております。それまでに問題ない程度まで放射能は減衰すると考え、検討されたこともありました。

それから4,000メートルの海洋底には50メートルほどの粘土のような堆積層があります。海上から落下させて重みで潜り込ませてしまえば、堆積層の中には流れがないので、移動速度は極めて遅いと考え、検討されました。しかし、これは公海、いろいろな国の共有の財産です。原子力発電の恩恵に浴していない国もあり、現実的には合意が得られないということがあり、地層処分が最も有力視されているんです。地層処分が有望とされる理由はいろいろあるんですが、一つは人間の継続的な関与なしに長期的に安全性を確保できる見通しがあるということですね。この点についてはこのあとお話しします。それから封じ込めによる長期的な安全性を科学的に評価できること。それから廃棄物を発生する国の国内で処分が実施できる可能性がある。日本のような狭いところでも可能性としては十分あります。それから再取り出しということもできないわけではない。しかし何よりも科学的に評価できる見通しがあるということがやはり非常に重要な点です。

そういうことで地層処分が最も有望ということになっているんですけれども、先ほど申し上げましたように、まずガラス固化体に封じ込めるんです。ガラスについて私も溶けるスピード（溶解速度）について測定をしたことがあります。メカニズムについて解明できない部分はあるんですけれども、ガラスの溶解速度が時間経過とともに遅くなることだけは十分確認できます。例えば3年から5年かけますと、一年間に10の5乗分の1以上溶けることがない特性を有するガラスをつくることのできるころまでは実験で確かめられます。本当はそれよりももっともっと溶解速度は低いけれど、5年以上実験室で頑張ることも大変で、天然のいろいろなガラスを試してみることも有力な研究方法になります。黒曜石とかいろいろな天然のガラスがありまして、そういうものの溶解速度を評価してみますと、ガラス固化体は1万年や2年以上にわたって十分健全性を持ち続けるだろうと考えられます。ただし、蒸留水のような水であるとかアルカリ性の水であるとかそういう水ではちょっと事情が違います。地下深くで石英の成分を含んだ水でありますと、富士山の裾野のガラスの研究でもわかっていますが、ガラスの表面に粘土が生じてくるんです。地下水の水質に依存して、生じる粘土の種類も違うんですけれども、そういう粘土がガラスの表面を覆いまして、ガラスの溶解速度を一層低下させることになります。それでガラス固化体の外側にベントナイトという水を極めて通しにくい粘土を置いてやる。ベントナイトによって地下水は流れをなくしてしまうので、ここから溶け出した放射性物質がベントナイトの部分を通り抜けるまでに物すごい時間がかかります。それで、さらにその外側に天然の地層があるんですが、どうせ原子力をやっている方々は深く掘ればいいと、深く掘れば安全だと思っているんでしょうと。決してそうではないんです。天然の地層や岩盤は、地層や岩盤によっても特性が違うんです

けれども、鉱物から構成されているんです。鉱物といえば例えば石英とか長石とか雲母とかいろいろなものからなっているんです。こういった鉱物は、いろいろな特性を持っているんですが、実はイオン交換樹脂と同じ特性を持っているんです。ただ、イオン交換樹脂ほど特性はよくないです。イオンを交換する特性について少々ご説明します。例えば僕は、廊下を歩いて学生と一緒に昼に食事に行きます。何人かで「食事行くぞ」と言って廊下に出て歩き始めます。その廊下には両側に教室とか実験室があります。隣の研究室に友達がいたら「おまえも行かないか」と言って、声をかけながら学生がその部屋の中に入っちゃう。また別のところに入っちゃうとなると、われわれの歩いているスピードはみんなが整然と廊下を歩くときに比べればずっと遅くなります。いつの間にか先に進む人の数も減ってしまいます。この現象と同じように僕は吸着という言葉を使っているんですが、イオンがそういう鉱物の表面にくっつくんです。長期滞在型でくっつくんです。そのことによって地下水の動きに比べてイオンの動きは数万分の1とか数十万分の1とか、それは条件によって違いますが遅れるんです。そのことが、深地層における核種封じ込め特性を効果的なものにしております。

仮に、ガラスが溶けたといたしまして、イオンとして地下水に溶け出したとします。イオンは、高等学校の教科書に出てきます。ところで、そのイオンと化学的にやりとりするのは岩石なんですが、岩石はいろいろな鉱物から構成されております。その鉱物の表面を調べてみますと、例えばシリカという鉱物がありまして、そこに酸素があって、その外側にHがあると。例えばセシウム-137がやってきますと、このHとセシウム-137が置き換わるんです。これをイオン交換特性、イオン交換過程と呼んでおります。アルミニウムの酸化物も入っております、そこでは官能基がありまして置きかわる。こういうふうにして先ほどの昼食に行くときに、両側に教室や実験室があって、「おいおまえ何やってる。おまえの実験うまく言っているか」と言って、「おれは飯食いにいくんだけど」とか言いながら、歩いている人が両サイドの室内に入ってしまうと、最前列の移動のスピードは両側に実験室などが無いときに比べるとずっと遅くなるわけです。こういう過程により放射性物質の地中を動く速度が地下水に比べて数万分の1といったスピードになることを我々はいろいろな実験で確かめることができます。

こういう実験室での研究も非常に大事なので今も続けているんですが、ところで東濃というところがありますね。名古屋の郊外で岐阜県の長野県よりのところに美濃焼きの発祥の地で有名な土岐市があります。その土岐市に花崗岩からなる地下の地層科学の研究施設があります。この施設は、放射性物質は一切使わないことになっておりますけれども、放射性核種を運ぶ地下水の流れであるとか、その地下水の化学的特性であるとか、岩盤の強度であるとか、いろいろな化学的、物理的特性を測定し研究するところです。

それから北海道の幌延町にも、東濃の方は花崗岩で固い岩盤ですけども、幌延の方は堆積岩系の地層なんです、研究施設を建設中です。そういう異なる2種類の日本に存在する岩石について研究を始める、本格的に研究がそういうところまでできることになると思います。

この種の施設での研究は既にドイツの場合は、岩塩を対象に進められていますが、1965年、したがって今から40年前から進められています。それからスウェーデンも1970年代に入ってからずっと続けておりますし、スイスもかなり古い、ベルギーも

そうですね。カナダもやっておりますよ。米国も。実際に研究室での研究のほかに、こういった地下の研究施設を使って研究が進められてきました。もし機会があれば、外国に行かれたときに、見せてもらえばどのぐらいの熱の入れようなのかかわかると思います。

フィンランドという国があります。この国はなかなかすごいんです。原子力発電所をつくる前にいずれ寿命が尽きて処分することになる原子力発電所の圧力容器の処分場所をあらかじめ地下に用意しておくという国なんです。米国とともにフィンランドは、2002年、議会で高レベルの放射性廃棄物の処分地を決めました（日本経済新聞、2002年8月15日付）。そうやって処分に向けて手を打ち、新しい原子力発電所をつくることも決めたんです。そういう国もあります。地下施設を利用した研究をヨーロッパの国々や米国やカナダはずっと長い間にわたって続けておりますが、遅まきながら日本も始まったと、こういうことです。

この図は、いろいろな国が地下施設や実験室を使って実際にいろいろなデータを集めて、コンピュータで地下水の動きとともに放射性核種の動きを評価して、処分場から一定の距離だけ離れたところで、どのぐらいの被ばく線量になるのか、あるいは地表に達したときにどのぐらいの被ばく線量になるのかをまとめたものです。自然放射線のレベルと、安全基準に照らしてどのぐらいの影響があり得るかということの評価をしています。こういう評価書には必ず膨大なデータが添付されていますので、一般の方はなかなかフォローできませんけれども、専門の方ですと、どの程度のことをやっているか理解できるようにつくられております。

ここで六ヶ所村にサイクル施設ができた背景について少し整理をしたのですが、時間の関係でこれは読んでおいていただくことにいたしまして、日本原燃の核燃料サイクル施設の見所について触れてみます。私も時々見せていただいております。また、私どもの研究室の出身学生も、ここ十数年の間に既に6人が日本原燃に就職しておりますけれども、この日本原燃の施設の再処理能力は800トン・ウラン／年です。ですからフランスのちょうど半分の処理能力になります。

操業開始として、今考えられているのは2007年ですけれども、これまでにかかった費用が2兆2,000億円と言われております。これだけの資金を投入する電力業界もなかなかすごいんですけれども、電力料金を支払っているのは日本の4,400万世帯の一般市民や製造業などということでありまして、日本の経済の規模がものづくりと消費のバランスの上に、そこまで達しているからこそできることなんです。

さて、使用済燃料の貯蔵能力も重要でありまして、つまり運んできてすぐに再処理するわけではなくて、順調に処理が進むこともあるし、そこまで進まないこともあるかもしれない。柔軟に対処するには、貯蔵施設はどうしても必要になります。そのために貯蔵能力が3,000トンということになっています。100万キロワット級の原子力発電所を1年間運転すると使用済燃料が30トン発生しますので、大体貯蔵の容量というのがどの程度かが推しはかれます。ご承知のように使用済燃料は既に受け入れをしています。

それから、使用済燃料を再処理して発生した高レベル放射性廃液をガラス固化して、それを貯蔵しておく施設が既に動いております。しばらく前から動いております、これが高レベル放射性廃棄物貯蔵管理センターです。六ヶ所村の再処理工場はまだガラス

固化体をつくっていませんので、これは、フランスから返ってきた返還ガラス固化体を貯蔵する施設です。ガラス固化体等の廃棄物だけでなく、プルトニウムもイギリスやフランスから返ってくるので、日本とヨーロッパ諸国の間で信頼関係が成り立っていることを示す証拠であると思います。これは日本の戦後の平和主義が、そして信頼構築の努力が作り出したものと、そういうふうには受け止めています。

ウランの濃縮工場ですが、ウラン濃縮技術は最高機密でございます。というのは、どこかの国が突然ウラン濃縮を始めた、ということになっては困るわけです。したがってこの施設の中は細かくは見せていただけないと思います。六ヶ所村の濃縮工場では、遠心法によって濃縮を続けています。かなりの電力を消費するんですけども、原子力発電プラントの規模を小さくでき、経済性を高める上で欠かせないものです。

高レベルの放射性廃棄物の処分場の建設場所は、今公募中です。声が出ては消え、声が出ては消えておりますけれども、まだ具体化していません。一方、低レベルの放射性廃棄物の埋設施設はこの六ヶ所村にあります。いろいろな意味で六ヶ所村の方にお世話になっていると思っているんですが、今までに処分したものの中から何か特別なことが起こるといふふうには僕も思いません。300年、400年ぐらいこういうところで処分しても特に環境に影響が生じることはないと思います。これからいろいろな種類の放射性廃棄物を処分することについては、やはりきちっとデータをとって、それでそのデータの信頼性を、いろいろ学会等でチェックし合って、そしてつくっていくという、そういう手順が非常に重要ですね。

すみません。少し遅れましたけれども、最後のスライドということでもとめに入らせていただきます。私ははじめにエネルギー環境問題についてしっかり話しをしたかったんですけど、時間がなかったので、このまとめの中に顔を出す程度になっています。今は大量生産と大量消費、大量廃棄という経済体制の中で、われわれは豊かな生活を送っています。ここから抜け出すことはそう簡単にはできないように思われます。しかし、いつまでも今のまま続くものではないと考えています。それは世界の市民がわかっていることだろうと思うんです。この状態を続けられる間にわれわれは次のライフスタイルをつくり上げなければなりません。今は化石燃料が主流ですけども、きちっとした環境影響のないエネルギー源を用意しなくてはなりません。今は地質学的年代にわたり地表と地中に蓄えられた太陽エネルギーを利用しています。太陽から、8分程で飛んでくる光子とっていますが、光ですね。これが持つエネルギーを、生物的な作用で光合成を介して、CO₂の炭素を還元し、化石燃料として蓄えられたエネルギーを急激に消費しています。そして産業革命以降、快適な生活を送っているというのが現況でございます。しかしながら、過去の太陽エネルギーの缶詰ですので有限です。ということは、我々だけがよければいいということではないわけで、将来世代の人のことをしっかり考えないとならないでしょう。将来世代の人の生き方に制約を課すということになれば、現代人の倫理観の無さが後の人から批判されるでしょう。強く批判されるでしょうね。そういうことで、現代人の倫理観というのが問われているわけでございます。

そう言いながらも、エネルギーは1日も欠かすことはできません。さまざまな変化に柔軟に対応するため、幾つかのエネルギーの選択肢を常に持っている必要がある。日本は特に米国やカナダとは違いまして、資源小国で経済大国です。そういうことで、有力

な現実的な選択肢の一つ、化石燃料ももちろん有力な選択肢なんですけれども、ますます原子力が重要になると思います。けれども原子力ですべてやり切れるわけではなくて、有力な選択肢の一つということです。そしてMOX燃料を用いたプルトニウムの利用は、とりあえずエネルギーの有効利用という面と、将来の高速炉の利用に向けた重要な一歩という面があります。この高速炉の利用には2つの課題がありまして、高速炉自身の安全性、それからプルトニウムの利用をきちっと安全にやり遂げられるかと、この2つですね。それでMOX燃料の利用を通じてプルトニウムを安全に利用できることを示すステップですね。これは極めて重要であるとの認識でおります。

いずれにしてもこういうことをやろうとすると、放射性廃棄物処分に関する研究開発を着実に進める必要がある。環境対策ですね。基本的に私は放射性廃棄物処分の研究開発は、環境問題への取り組みの最先端を歩んでいると思っております。自然環境と整合性を有する工学的な核種の動きをとめるいろいろな障壁、我々は工学障壁または工学バリアと呼んでおりますけれども、先ほどのイオン交換樹脂に比べますと性能は落ちるといっても、その量は膨大なものです。それで、処分場を適切に選ぶことができれば化学的過程に期待して地層処分は信頼できると考えています。そういうことで原子力もわれわれの生活を支えるエネルギーの有力な選択肢の一つとして育てていかなければならないというのが私の考え方です。

今後は将来世代のためにも、この文明を豊かに築き上げてきた科学技術を環境保全の分野に、積極的に利用する。そして、新しい産業分野として発展させていく必要があると思います。廃棄物に関する研究開発はその先駆けを担うものというふうに評価されるように努力を続けたいと思っております。

そのうち水素を利用する社会がくるだろうと言われていたのですが、実はその切札の燃料電池は、電力を供給するとともに、60度から70度の熱も供給します。給湯、暖房ができます。したがって、エネルギーを有効に利用するという面では非常に優れています。ところが天然ガスのようなものを水素にかえて、そして効率のいいものに、クリーンなものとして利用しようとするのですが、複数の段階がどうしても必要なものですから、そんなにいいものであるかどうかはやってみないとわからない。そんなに一方的にいいなんていうふうには余り期待できない面もあります。従って、将来的には米国の国立研究所も言っているんですけども、化石燃料の価格上昇と環境対策の面から原子力で水素製造を行うという時代が来るんだろうと考えています。地道に一步一步積み上げて行って、そしてチャンスがあれば資金を投入して、実証規模でやってみて、信頼性があれば使うということを積極的に時代の変化に合わせてやっていけばいい。一度おかれてしまって日本の経済が疲弊してしまうと、いろいろな意味で難しくなります。そういうことで、先手、先手でいろいろな研究開発を、科学技術を使った研究をしておかないと、われわれの生活のレベルを維持、発展させることができない。豊かな時代であるがゆえに余力があって、環境に手を出せるんですね。それはわれわれが1970年代を振り返りますと良くわかります。大都市の光化学スモックであるとか、川がなぜあんなに汚ったのかいろいろ考えますと、日本はあのころは余裕がなかった。豊かになって余裕ができたからこそ、環境が汚れているんじゃないかと言えないという民意が起こってきた。そういうところに力を入れない企業はイメージが悪く、製品を買ってもらえな

くなる。今は、消費者が買い控えると企業がつぶれる時代です。その一方で、企業があつての日本の社会である面も間違いないんですね。われわれ自身消費者がどういう消費動向をとるのか、それから企業がそれにどう対応するのか、こういうところがうまく回り続けている間は、日本は何とか豊かさを維持できるんじゃないかなと、そういうふう

に思っております。

長い、勝手な漫談のお話をいたしました。しかも時間を15分近くもオーバーしてしまいました。お許してください。どうも長い間ご清聴ありがとうございました。

◎新野議長

ありがとうございました。おかけいただいて。

この会場が9時半にはもう皆さん席を立たねばならないという制約がありますので、今ちょうど9時ですので、ぎりぎりこれからまた効率よく進めたとして、10分ほど先生にどうしても今日お伺いしたいというような質疑があれば委員の方から質問をいただきたいのですが。

吉野さん。

◎吉野委員

私は核燃料サイクルの安全性について最も心配しているんですけども、その安全性については推進する先生も含めて先生方は、安全だという希望的な観測を述べておられると思うんですけども、でもむしろそういうものよりも、先進国の現実といいますか、操業実績から判断すべきだと思うんです。最近私が見た資料では、イギリスのセラフィールドのソーブ再処理工場というところで重大事故がありまして、これは何か最高の技術でやっているという操業10年になる再処理工場らしいですけども、ここで今年の4月に使用済燃料の硝酸溶液が大規模、83立方メートルですかね。ということで漏れる大事故があつて、工場は無期限の停止、施設閉鎖になるんじゃないかと、こういう先進国の現状があるわけですけども、こういう現状についてどのようにお考えなのかということをお聞きしたいと思うんですけど。

◎佐藤氏（北海道大学大学院工学研究科教授）

そういうことが起こったということなんですね。再処理工場というのは、僕らが実験を行うときもそうなんですけれども、ステンレスのきちとした内張りをして漏れても大丈夫なように、あらかじめ用意はする。漏れることは決してよくないことですよ。だけれども、いろいろなことを想定して再処理工場をつくっているんです。それから漏れた放射性廃液はポンプでくみ上げることによって回収できます。そして酸溶液等を使うことによって除染できます。こうして放射線のレベルをかなり落とすことができると思います。

僕は何でそのパイプに穴があいて漏れたのかということは、今詳しい資料を持っておりませんが、お答えできません。もとに戻す程度のことにはできることなのです。僕はそのことに目くじらを立てて、心配だ心配だ、全部だめだ、絶望的だというような言い方をしていると、せつかくのいい施設を利用できないことになります。そういうことは解決できるのです。長い研究開発、いろいろな技術開発というものは、やはりこれは大きな失敗、小さな失敗いろいろ評価が分かれるところだと思いますし、それは歴史が評価することかもしれないけれども、そういうことを続けながら今に至っているんです。で

すから、余り弱気にならないで、一方で現場の方々は一生涯懸命やっただいて、それでも再処理工場で不具合が何回か起こることはあるかもしれません。我々は努力しながら技術を自分のものにしていくことが重要です。フランスは少なくともそうやって自分のものにしたんですね。その技術を、日本としてはお金は随分かかったとは思いますが、教えていただいた訳です。我々自身もエネルギーの選択肢の一つを手にするには、積極的に研究開発を進めて、お金をかけて、実際に安全にやれるところまでもっていくことが必要なんじゃないかと思っています。ただし、もしその始末をいい加減にするようなことがあっては困りますので、透明性を確保できる仕組みの中で、余り現場の人にプレッシャーをかけないようにしながら、解決していくことが大事だろうと僕は思います。

完全に安全な施設が初めからあるということはないですね。それをやっていたら、結局我々の将来はないと私は思います。すみません、これは意見が人によっていろいろと、大きく右と左にあるいはその中間に分かれるだろうと思っています。僕はむしろそういうことが重要だと思います。私は右端から左端の極端じゃなくて、この中間を含めた考え方を広く議論しないと新しい価値ある技術は最終的には自分たちのものにならないと思っています。できる限りサポートをしたいと思っています。しかしそうかといって、やはり事故や不具合ができるだけ発生しないように、そして、そういうことを教訓として生かすようにしていただきたいと、そういうふうに思っています。

◎新野議長

ありがとうございました。

◎吉野委員

大変細かく勉強していらっしゃる先生のご努力と申しますか、そういうご熱意はよくわかるんですけども、今回のこのイギリスでのソープの事故でも、結局新プラント信仰というのが原因だったということが報道されている記事に出ているんですけども、それはどういうことかと言いますと、最高水準の技術で建設されたから大規模な事故はあり得ないと思うと、そういう運転者も管理職もみんなそう思っていて、実際には9ヶ月もこの漏れているのに気がつかないでいたという、物すごい重大な事態だと思うんです。それでその後の事故調査についても、放射能の汚染がひどすぎて、なかなか先生みたいな研究者の方がそばに行って実際に研究しようと思っても危なくて、自分の命を捨てなきゃ研究できないとそういう事態の報道を見まして、そういう確かに専門分野に細かく分かれた研究者の方にこういうことを言うのもちょっと酷かもしれないんですけども、でも私たち一般国民に対して、少なくとも推進の話をされる以上は、こういう一般庶民が考える当然な疑問に対してやはり納得いける、そういうお考えをお聞かせ、とても信用はできないと、安心はできないという心境です。

◎佐藤氏（北海道大学大学院工学研究科教授）

すみません。それは私もそういうところで実際に働いたことがないですね。ですから、ある程度以上のことは私も責任持ってそれをしゃべる気持ちもありませんし、しゃべることができないんです。ただその一方で、プルトニウムの239よりももっと半減期の短いアメリシウムであるとかそういうものを実際に学生と一緒に使って実験をやっているの、その恐ろしさもよく知っているし、ちゃんと使えば恐ろしくないというこ

ともわかっているものですから、そういうベースが一般の方々と違うということで、恐らく僕のしゃべっていることが少し今おっしゃっている方と乖離していると思っています。そういうことギャップが実際にあって当然であると思うので、僕もこれ以上は、その点については、私のただ思いをお伝えをしたということに留めたいと思います。僕のようなものは社会の中で少ないんでありまして、一般の方はそれぞれの分野で忙しく働いておられるわけですから、そういった中で、心配と思う人は、心配だ心配だとおっしゃるのもこれも当然だと思います。例えば私の家の隣に生物工学の遺伝子を扱う施設が来るとすると、果たしてそこで事故が起こったらどうなのかと思ったら心配なところだっているんです。それは生物工学をよく知らないというところもあるし、それが今の社会、どうしても専門、専門で能率を上げている社会なものですから、隣の人が何をやっているかわかりにくい社会になっているんです。そのことによって我々はそれぞれの人々がそれぞれにまじめにやっているんだけど、けどどうも互いによくわからないと。僕はそこを非常に心配しております。ですから大学で、幅広い知識を持ってバランスのとれた科学技術に対する見解を述べられる人を教育をして、研究をしてもらって、そして社会に送り出すということが、ある面で経済性を高める気がしております。今の効率のよい社会の欠点という気がするんです。今のお話に対するお答えにはなっていないですよ。一般市民の方々がそれぞれの専門の違いの中で、一生懸命生きておられる中で私に近い分野に対する理解、これは難しいと思うんですよ。それはやはり私どもの方からいろいろとこれからも努力していかなくちやならないんだらうと思います。

◎新野議長

ありがとうございました。もうちょうど吉野さんの2つの質問で時間が終わってしまいましたけれど、六ヶ所へ私ども2班に分かれてこれから今月中に伺いますので、先生とは直接質疑はこれ以上は続けられないんですが、また引き続きそちらの場で同じようなテーマで今日の勉強させていただいたことが土台になって、また同じことをもう一度あちらでご説明いただけたらと思いますので、またさらに多分、二度お聞きすることで私どもも理解が一度よりはかなり深まるんだらうと期待しているんですが、そういうふうな今日の講義を先へつなげさせていただきたいと思います。

吉野さんのご質問の最後のは、私どもはいろいろな立場といろいろな考え方の集団でして、結論は導けないというのをある程度覚悟してやっています会ですので、こうやって立場の違い、専門の違いの者たちがとか、そういう人たちがここで接するという機会を得るということが非常に私は価値があるように思いますので、またそういうふうにとらえていただいて、今後もご活躍をご期待いたします。ありがとうございました。

◎事務局

本当に視察を前にしての勉強会といいますか、有意義であったかと思えます。本当に遅い時間までありがとうございました。

それでは皆さんにお願いですが、今の先生の講義のテキストの下の方にアンケートの用紙を置かせていただきました。時間がない中で恐縮なんですけれどもお書きいただきまして、帰り、受付をさせたところにご提出をお願いいたします。よろしくお願いたします。

..... 21 : 30 閉会