

2010年度 循環ワーカー養成講座 第5回

『核燃料サイクル技術とその施設の安全性について』

講師：松本 史朗 氏 (独)原子力安全基盤機構 技術顧問

日時：2010年10月14日(木)

会場：ノルドスペース セミナールーム (東京都中央区京橋 1-9-10 フォレストタワー)

はじめに

東京工業大学原子炉工学研究所助手、ウィスコンシン大学化学工学科博士研究員、埼玉大学工学部応用化学科教授を経て、独立行政法人原子力安全基盤機構技術顧問をしています。専門は化学工学、核燃料サイクル工学です。大学にいたころに科学技術論の講義も担当していたので、そのころに作った資料を参考にして、最初は原子力という話とは異なりますが、そこから徐々に原子力、核燃料サイクル技術というお話に入っていくこととします。



1. 技術とは：その進歩と責任

まず最初に、「技術」と「科学」との仕切りをきちっとしておかなければならないと思います。「技術」とは「科学」の原理を実現し、実用化する手段であるということです。ですから、技術は社会を変えることもありますし、また、技術は、社会環境の変化に伴いそれに合った形で修正していかなければ、その技術はおそらく死んでいってしまうのだらうと思います。私は化学プロセス工学が専門であったものですから、その中で化学産業の基礎原料であるソーダの製造法の歴史を例に説明します。

18世紀終わり近くに世界で最初の工業的なソーダ製造法であるルブラン法が開発されました。しかし、初期のころの製品の品質は良くなく、コストは高いし、いわゆる公害を伴うような製造法でもあったわけです。技術的には、ある程度のものであったのですが、種々の欠点があった。世間はその欠点に対する技術改良を要請しますから、

表 ソーダ製造法とその特徴

製造法	利点	欠点
ルブラン法(1789年)	世界最初の工業的製法	低品位、コスト高 煙害、水質汚濁
アンモニアソーダ法 ソルベー法(1860年)	ルブラン法に比べ良質、廉価	食塩の利用率73%以下 残り廃棄物
シェライプ法(1885年)	食塩利用率向上、燃料の大幅な節減、塩安生成	残渣
塩安ソーダ法(改良型)(1950年)	ソーダ良質、効率的な塩安の析出	残渣
食塩水電解法 隔膜式(1890年) 水銀式(1897年)	無公害、塩素生成 良質、廉価、塩素生成 1973年クロード・システム化完成	コスト高、低品位 水俣病(有機水銀中毒)
イオン交換膜式(1975年)	良質、廉価、安全	膜性能

その後、アンモニアソーダー法などのいくつかの技術が開発されてきて、品質はもちろん、コストや環境にもいい製造法に改良されてきています。三つ目に出てくる食塩水電解法は食塩水からソーダを作り出そうという技術です。その中で水銀式というのがありますが、廃水中の有機水銀に伴う水俣病に繋がって行ってしまい、現在ではイオン交換法という、品質、コスト、環境によいという技術に進化してきているわけです。このように、技術というものは社会との接点において、きちっと社会の要請に対応していかなければなりません。一方、技術が社会を変えることがあります。それは例えば、イギリスで蒸気機関が発明されて社会の仕組みを変える形で産業革命が起こったことです。即ち、今まで人間が行っていたものを機械に置き換えるということが出来るようになったために、それを集中して工場を作ることになり、当時のイギリスの社会を変えることになりました。最近では、コンピュータというのがその典型で、この技術により社会が高度情報化社会という形に変化してきているのです。このように、技術というのは常に社会環境との接点でそれを見ていく必要があるのだということです。

一方、1985年にカナダの化学品生産者協会が、「Responsible Care」という運動を起こしました。産業の初期のころは良いものさえ作ればそれでいいということで生産活動が行われてきたのですが、生産等の活動に伴い多くの廃棄物が発生し、その廃棄物が環境汚染を伴い人間への影響をもたらせ、さらに地球規模への環境問題へと及ぼすという懸念へと展開されてきた。これに対し、この運動は、生産者、取り扱い事業者として、製品の開発から廃棄にいたるまでの環境、安全、人間の健康に対して責任を持って配慮する。即ち、化学物質というものが開発されて、それが使われ、捨てられ、あるいは人体に入ることによって様々な影響を起こすということが生じてきたために、化学物質を開発し、その製品の製造、流通、使用、消費を経て廃棄にいたる製品の全ライフサイクルにおいて社会、環境にどのような影響を及ぼすかということを配慮し、安全、健康、環境を確保することを経営方針において宣誓し、対策を実行していくという自主的な管理運動です。

このことを如実に喚起している例が、冷媒としてのフロン（クロロフルオロカーボン）の問題です。今ではフロンは使えないことになっていますが、これが発明されたときには極めて有用なものとしてもはやされたのです。1900年代に冷凍用冷媒というのは二酸化硫黄でした。これは人間が吸いますと危険なものでした。そして、1929年にアメリカのクリーブランド病院で冷凍システムの故障が生じ、二酸化硫黄で100人以上が死亡するという事故が発生しました。この事故がフロン開発のきっかけになりました。デュポンという化学メーカーとGM（ジェネラル・モーターズ）が共同して、新しい冷媒としてフレオン12を開発し、生産プラントを1930年に立ち上げました。その後、フレオンが冷媒として使用されてきたのですが、それに対し、ローランド博士らが1974年にフロンによるオゾン層の破壊予測の論文を発表したのです。（同博士らは、この研究で1995年にノーベル化学賞を受賞しています。）なお、フレオンという名称はデュポン社の商標で、日本以外ではフレオンと呼ばれていますが、日本ではフロンと呼ばれています。以下では、日本の通称に

従ってフロンと呼びます。

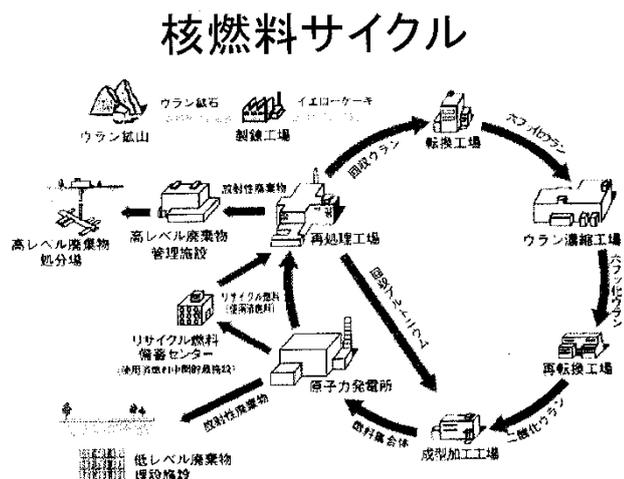
1970年ころのフロンの生産量は100万tです。これにはGMが関与しており、車のエアコン用の冷媒としてどんどん使われて、自動車産業が活況を呈し、更にこれが半導体生産にも使われるようになっていきました。これに対して1974年にローランド博士が先の論文を発表し、そして、1982年にオゾン層の破壊が発見されたのです。一般的に、大気中の汚染物質は、太陽光により分解されるか、雨により洗い落とされるか、あるいは酸化してなくなると言われているのですが、フロンは、光分解を起こさず、水にも溶けないし、更には、大気中の酸化物質とも化学反応を起こさない。ということで、フロンは、紫外線のエネルギーが大きい高度25~35kmの成層圏中部に移行するまではほとんど分解しないということがローランド博士の研究により分かってきて、それがオゾン層の破壊につながるという予測となったのです。オゾン層破壊の問題は、スケールが極めて大きい。そして、それが現れるまでの時間が極めて長い。今までの公害問題では、その原因の究明と対策というものは比較的短時間で出来たものですが、このような地球規模的な環境問題は顕在化しにくい。即ち、原因が発生してからその結果が現れるまでに極めて長い時間がかかるということです。そういうことは、それに対する対策を採ったとしても、それが効果を現すまでには同じくらい時間がかかるか、このような規模の問題が生じると恐らくそれを解決することは不可能なのではないかということが危惧されるわけです。これはどういうことかと言いますと、今までの公害問題は事後対策で対処可能だったのですが、これが通用しなくなり、今後は事前対策が必要になるということです。その意味では、ローランド博士が1974年にオゾン層破壊予測の論文を発表し、それが1982年に発見されたということは、科学の世界では極めて珍しいことであり、一つの啓示と言え、これからの地球規模の環境問題はこのような対応が必要になってくるのではないかと考えています。

2.核燃料サイクルについて

(1) 核燃料サイクルの概念

前置きはそこまでとして、核燃料サイクルの話に入ります。原子力技術の開発は、不幸にして原子爆弾の開発ということから始まったのですが、50~60年前に原子力発電用核燃料の開発が始まった時点では、既に核燃料サイクルということが考えられていたのです。それは、大量のエネルギーを安定的に得るために、原子力発電所に供給しなければならない核燃料及び使用済み核燃料のその後の処理及びリサイクルの体系が、自然環境のみならず政治、経済、安全保障の体系に大きなインパクトを与えるということが、原子力の平和利用の開発の初期から認識されていたということです。そして、核燃料サイクルに対する取り組みは、それが社会環境や自然環境に与える影響を定量的に評価することを目的としているということでした。即ち、核燃料サイクルという問題は、先ほど述べた地球環境問題における事後対策というよりも事前対策なのだということを意識しながら検討されてきたということを最初に理解いただきたいのです。

核燃料サイクルとは、右の図で説明しますと、ウラン鉱山からのウラン鉱石を製錬して転換工場に送り、ここでウラン化合物を六フッ化ウラン(UF₆)の気体にして、これをウラン濃縮工場で天然に存在する質量数235のウランと質量数238のウランの存在割合を質量数235のウランの存在割合を高めるという、いわゆる濃縮するという作業を行います。質量数235のウランが濃縮した気体は原子力発電所で使えるような形の酸化ウラン(UO₂)に転換され成型加工され、核燃料として原子力発電所に供給されます。それが原子力発電所で3~4年くらい核分裂反応に使用された後、使用済み核燃料は再処理工場に送られ、そこでウランおよびプルトニウムと核分裂生成物に分離し、回収ウラン、回収プルトニウムはリサイクルして再び原子力発電用の核燃料として利用し、核分裂生成物を安全に処分しようというものです。簡単に説明すると核燃料サイクルというのはこういうことを言います。このような核燃料サイクルの中で、今日は、ウラン濃縮と再処理の技術的な話をさせていただきます。



(2) ウラン濃縮について

ウラン濃縮についてご説明します。天然に存在するウランは質量数235のウランを0.7%程度しか含んでおらず、残りは質量数238のウランです。現在主流の軽水型原子力発電所で使用するためには質量数235のウランの濃度を3~5%程度に高めなければなりません。ここにウラン濃縮技術が登場します。

現在わが国が採用している濃縮技術は遠心分離法です。分離の原理は、円筒を数万回転の速度で回すことによる遠心力で、重いガス(ウラン238)は壁の方に、軽いガス(ウラン235)は中心の方に集まりやすくなることです。この方法で、ウラン235の濃度を高めていくというのがこの技術です。物質を分離する技術を選択する上での重要な判断指標として分離係数が使われます。分離係数が1ということは、全然分離しないということで、分離係数が1から大きくなっていくほど分離しやすいということです。

アメリカで原爆が開発されたときには、遠心分離法が開発されていなかったため、隔膜を使ったガス拡散法という方法が用いられていました。この方法は今でも使われているのですが、これは圧力差を利用して小さな穴の開いた隔膜を通して、高压側から低压側にガスを流すというものです。ガスの圧力が小さい状態では、隔膜を通過するガスの量は気体の重さによってわずかに違うという原理を用いているのです。この方法による分離係数は1.0042という1に近いものであります。それに対して遠心分離法はどうかといいますと、次に示す「分離法と分離係数」表のように、分離係数が1.04~1.3程度になっているわけで

す。その他の方法は、分離係数的には限りなく1に近くなっており、そう簡単には分離ができません。ただし、レーザー法は分離係数が非常に大きくて20とか30とかになるのですが、これは科学的な原理は分かっているものの、実用化技術としては現状では必ずしも成功していません。ということで、現在は、遠心分離法とガス拡散法が実用化されたものとして用いられているのです。

遠心分離法は、一台の遠心分離機でできるというものではなく、カスケード（階段状に液体が流れ落ちる状態）という形で、縦横に分離機を並べて、それを連続的に動かすということで、例えば、濃度0.7%のウラン235のUF₆を6t供給すると、濃度3%の濃縮ウラン235のUF₆が1t採れて、減損した濃度0.25%のウラン235 UF₆が5tとなる。即ち、原子力発電に適した濃縮ウランは、供給したウラン量の1/6程度しか生産されないということです。分離係数が小さいためにこのようになるのです。なお、遠心分離法の原理を分かっているにもかかわらずこれを成し遂げるためにはかなり高度の工業的な技術力を持っていなければなりません。

現在、ウラン濃縮技術はガス拡散法から遠心分離法に変わってきていますが、その理由は、ガス拡散法の場合には、非常に多くの電力を必要とするということです。需要に合った形で核燃料の供給に対応しようとしますと、使用電力がガス拡散法の数十分の一で済む遠心分離法の方が経済性も高いこと、また、生産効率がいいことから、台数が少なく済みますので、需要を満たすということを考えれば遠心分離法がより妥当性があるということになります。

ここでも、最初に言いましたように、技術というのは社会的な要請に合った形のものに対応、変化していくということが現れていると思います。以上がウラン濃縮の話です。濃縮ウランは燃料に加工され、原子力発電所で使用されていくのです。

(3) 使用済み核燃料の再処理について

原子力発電所で所定量の核分裂反応をした核燃料は使用済み燃料として再処理工場にまわされていくわけです。どれだけ核分裂反応をさせたかということ「burn-up」（焼焼）という熱出力で把握しているのです。例えば、1tの核燃料を燃焼させたとして、使用済み燃料として出てきたものは、ウランの減少した量が38kg、そして、プルトニウムが8kg程度生産されて、核分裂生成物（FP）が30kg。ウランは38kg減少して、それにほぼ相当する量がプルトニウムと核分裂生成物に変換されている。即ち、質量（重さ）が減るということはほとんどない。このように核分裂反応というものはアインシュタインの唱えた相対性理論どおりの形で減った分だけがエネルギーに変わります。但し、物質は他のものに変

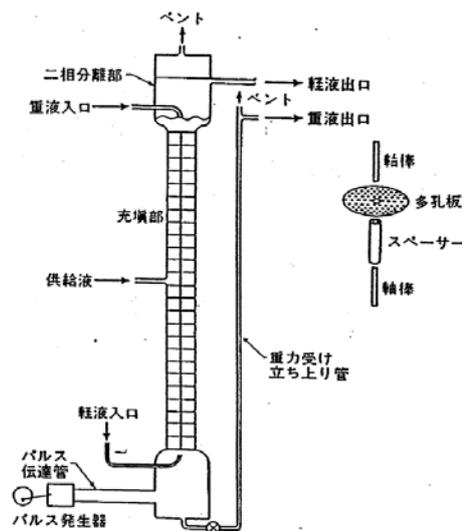
表12.2 分離法と分離係数

	段 分 離 係 数
遠 心 分 離 法	1.04~1.3
ノズル分離法	1.010 ~1.015
電 磁 法	≫ 1
ガ ス 拡 散 法	1.004
熱 拡 散 法	1.002
化学交換反応法	<1.0005
化学的分離法	<1.0005
レ ー ザ 法	≫ 1

換されているということです。その結果、使用済み核燃料中には、多くの放射性物質とともに、まだ多量なウランおよび新たな核燃料物質としてのプルトニウムが残っているということになるわけです。使用済み核燃料から核燃料物質をリサイクルするために分離回収する技術が、現在、フランスなど主要な国で行われている PUREX 法と言われる再処理技術です。PUREX とは、「Plутonium and Uranium Recovery by Extraction」の頭文字をとったもので、このまま訳せば、「抽出法によるプルトニウム及びウランの再生利用」ということになりますかね。これは、簡単に言えば、使用済み燃料を硝酸に溶解させ、その溶液からウランやプルトニウムを選択的に抽出するという性質を持つ、リン酸トリブチル（TBP）という有機溶媒を用いてウランとプルトニウムなどを分離回収する方法です。これを溶媒抽出といいます。

先ほどのウラン濃縮技術のところでは、分離係数ということをお話しましたが、再処理では物質分離度合いを「分配比」といいます。この分配比というのは、化学実験的に説明すれば、分液ロートを用いて、下に水相といわれる硝酸に溶解させた使用済み核燃料液、上に軽い有機溶媒（TBP 及びドデカン）を入れて、これを攪拌する。そうすると二つの液が混じりエマルジョン化する。これを静置すると再度分離するのですが、その時には有機溶媒と反応してウランやプルトニウムが有機溶媒側に移っている。このウランやプルトニウムが有機溶媒に存在している量と水相に存在している量の割合を「配分比」といいます。分配比は硝酸の濃度にもよりますが、数値的にはウラン、プルトニウムが 10 以上、ほとんどの核分裂生成物は 0.1 以下という形で現れてきます。このように溶媒抽出という方法で使用済み核燃料の溶解液からウランとプルトニウムを選択的に取り出すということが技術的なポイントなのです。

原理はこういうことなのですが、これをどのようにして工業的に成し遂げていくか。これは放射線場の非常に強いところで行われるわけですから、人間が立ち入ることは出来ません。ですから、遮蔽されたセルの中に装置を組み込んで、遠隔操作で動かすという工業的に高度な技術が必要なのです。パルスカラムという装置について簡単に説明します。これはどういう原理かといいますと、下から軽い液（有機溶媒）を入れて、上から重い液（硝酸水溶液）を入れます。そして、下からエアパルスを与えることにより軽液に圧力をかけることによって、軽液を多孔板という小さな穴が開いた板を通して押し上げます。この穴（孔）は小さなものなので、そこを通過した軽液は小さな液滴群として多孔板上部の重液中に分散されます。そのこと



【パルスカラム概略図】

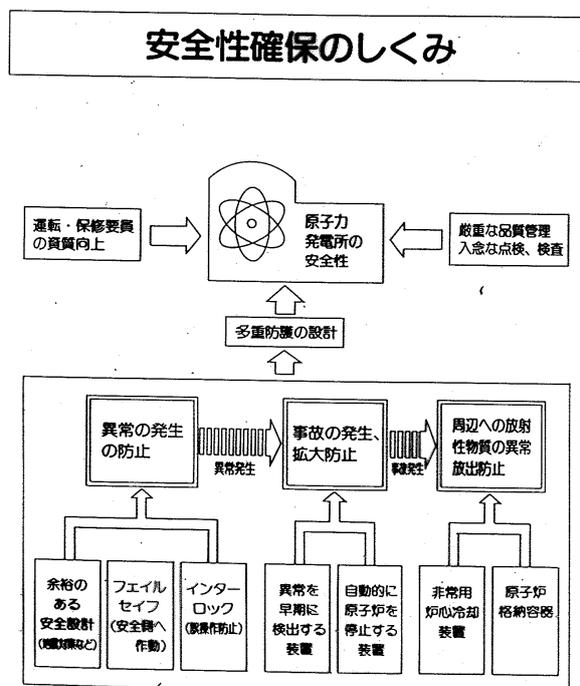
によって軽液と重液の接触表面積が大きくなり、硝酸溶液中にあるウランやプルトニウムが有機溶媒中に抽出されます。その後分散軽液滴は凝集し有機相として一体となります。その他の物質は硝酸水溶液に残るということとなります。次のエアパルスで上段の多孔板で同様なことを起こさせ、多孔板の数だけ繰り返すことによって、有機溶媒側にウラン、プルトニウムの所定量を抽出分離し硝酸水溶液側にほとんどの核分裂生成物を残すのです。

核燃料サイクル技術は、ウラン濃縮から核燃料加工技術および使用済み核燃料の再処理という一連の技術体系になっているのです。以上のように、原理そのものは非常にシンプルなのですが、それを実用化するという段階で高度な技術を要するということなのです。と同時に、核燃料に関しては、安全保障という観点からの核不拡散という基本が守られなければならないという宿命を持っているので、これをしっかりと守っていくという中で技術開発ということになっていくわけです。以上で核燃料サイクルの中での、ウラン濃縮とか再処理という技術の基本的なところのお話をしました。

(4) 原子力施設の安全確保の仕組み

次に、原子力発電所の基本的な安全確保の仕組みがどうなっているのかの話に移していきます。核燃料サイクル施設も基本的には同じです。

右の図は、原子力発電所の安全性確保の仕組みを示したのですが、原子力設備に関する安全性確保は、基本的には「深層防護」(Defense in depth) という考え方に基づいて行われています。その内容は、第一に「異常の発生防止」。第二が「事故の発生、拡大防止」。そして、第三が「周辺への放射性物質の異常放出防止」ということです。



この三つの基本思想を踏まえてシステムのデザインをします。ですから、例えば、「異常の発生防止」ということについては、設備を地震対策などの観点から余裕のある安全設計にするとか、フェイルセーフやインターロックという考え方で、システムの作動に間違いがあったときや誰かが誤操作したときにこれを防止するというです。要するに、手順書にのっとった形で動かさない限りは、ブロックが掛かって作動しないというような思想でシステムの設計をするわけです。それでも運転をしている過程で機械の故障などの事象が発生することがあり得るわけですから、そういう場合には、「事故の発生、拡大防止」ということで、異常を早期に検出する装置とか自動的に原子炉を停止する装置とかを設備することで対応する。それでも万が一、事故が起こった場合には、非常用炉心冷却装置を作

動させるとか原子炉格納容器の中に閉じ込めるという対策を講じて「周辺への放射性物質の異常放出を防止」するわけです。

もう一つの重要な概念は、放射能を閉じ込めるということです。

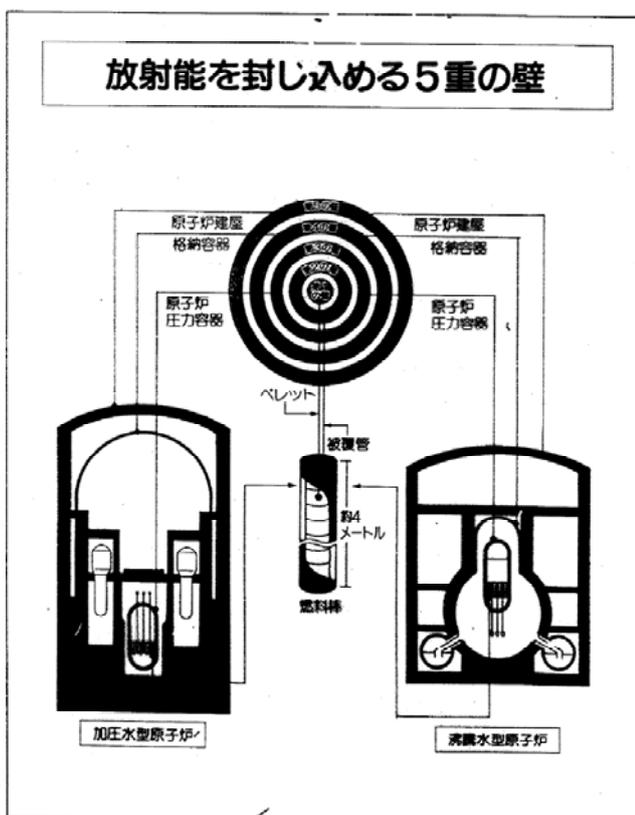
原子炉は、その中心部に燃料棒があり、燃料ウランの核分裂により核分裂生成物が発生しますが、ウランは①ペレットに焼き固められ、かつ②被覆管という丈夫な容器に入れ、更に、これを③原子炉の圧力容器、④格納容器、そして、⑤原子炉建屋で覆うという形で、5重の壁で封じ込める設計がなされています。即ち、原子力のシステムは、「深層防護」という考え方と同時に、「多重防護」という考え方にに基づき設計されているということです。

再処理工場もほとんど同じような考え方で設計されており、当然、異常の

発生を防止をする、異常の拡大及び事故への進展を防止するという考え方で設計をするし、事故が発生したとしても周辺への放射性物質の異常放出を防止するという仕組みを再処理工場の中でも考えているわけです。ただ、原子炉と少し違うのは、再処理工場は化学プラントですから、建屋の中の一部の機器類から出た排ガスは排ガス処理システムによって放射性物質の除去を行い、放出規定値を十分低いことを監視することとしており、また、閉じ込めの方法として、負圧の管理という考え方で行なわれています。即ち、建屋の外側の圧力より建屋の中の圧力が低い。更に、建屋内部の圧力より機器類を入れてあるセルの気圧のほうが低いという形で、圧力差を用いて封じ込めをするわけです。原子炉と閉じ込めの概念は全く同じですが、再処理施設の場合には、物質が機器間を移動させるわけですからこのような形での閉じ込めになるわけです。

原子炉と再処理施設の基本的な特性を比較すると、その閉じ込め機構は、炉の場合が多重の静的なバリアによるのに対して、再処理の場合には、負圧管理による動的な閉じ込めと放射性物質の一部については吸着除去によって環境への放出を制限値以下に抑えるというシステムで閉じ込めるわけです。また、施設のリスクという点を見ますと、炉の場合には、炉心自体が一番大切なものですからここに集中できますが、再処理の場合には、種々の機能が各工程に分散しているというところが炉と異なり、その点の配慮をする必要があります。

安全な操作という観点で考えますと、原子炉の場合には、「停めて、冷す、閉じ込める」



という言葉が標語になっていて、比較的単純なのですが、再処理施設の場合には、簡単に全体を停めるといふわけにはいきません。各工程がつながっていますので、停める場合には、その運転毎に合わせた形で停める操作を行わなければならないということになります。

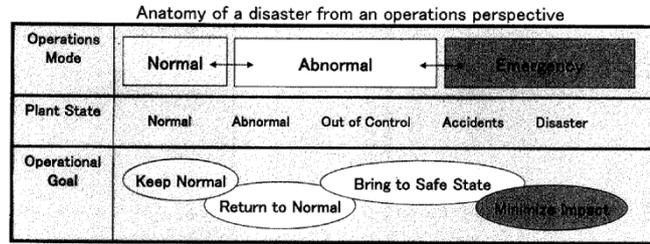
原子炉の場合には、正常運転の状態と事故の状態ということしかないので、再処理施設の場合には、化学プラントですから、ノーマルな状態と事故の状態の間にアブノーマルな状態というものがあります。このアブノーマルな状態になったときにはノーマルな状態に戻す操作をします。ここでノーマルな状態に戻せない場合には安全な状態に戻すということを行うのです。それでも事故に至っ

てしまったときには、その影響をどれだけ少なくするかという運転を行うのです。ですから、再処理施設における「停止操作」というものは、安全な状態に持っていくということが停止操作の対応となるわけです。

再処理工場での唯一の大きな事故は、ロシアのトムスク7というところですが、この工場は六ヶ所再処理工場より小さいですが、事故の原因は、硝酸濃度の酸調整をするために濃硝酸を入れたところ発熱して爆発し、火災が起こってしまったというものです。このときの放射能の施設外への漏洩量がどのくらいのものかといいますと、ロシアの報告ですからその精度は分かりませんが、約40キュリーです。原子力発電所事故で有名なチェルノブイリの場合には、これが2,500万から5,000万キュリーということですから、桁違いに発電所の事故のほうが大きくなるということが言えます。再処理工場は、確かに放射性物質をハンドリングするわけですが、仮に事故が起こって屋外に放出するとしてもトムスクが40キュリーですから、それほど大きな被害を起こさせるものではないということです。

再処理工場の場合には、「Smooth and safe control」というような運転をするということが重要なことです。これはフランス人が考えた標語ですが、六ヶ所では「Smooth and safe control」という考え方の下で、運転されています。即ち、オペレーションのエリアがあって、更にその外側にセーフティ・エリアがある。その端にセーフティ・リミットがある。そのリミットを如何に超えないように運転するかということです。六ヶ所の場合には、ほとんどがフランスの技術で作られているものから、既にフランスで実績があるプラントを基に作られており、この思想に基づいた運転が行われていますので、プラントを動かす以上小さなトラブルはありますが、重大な事故は起こらないだろうと思っています。

再処理施設の安全な「停止操作」の考察(続き)
プラント状態とその対応—化学プラントの場合注1—



注1:「CHEMICAL ENGINEERING PROGRESS, SEPTEMBER 1995」より

Return to Normal の領域
Operational Goalに沿って考察するとわかり易い
・自動的に正常に戻す操作又はオペレータの介入により正常に戻す。
・ここまでは原子炉施設も同様。

3.六ヶ所再処理工場の現状について

六ヶ所再処理工場の状況ですが、基本的には、いくつかのステップを踏み使用済み燃料を処理する試運転が進められているところですが、使用済み燃料の溶解、溶媒抽出分離、それからウラン、プルトニウムの精製、それを混ぜてMOXの原料になるMOXの粉を作るまでのプロセスは、ほぼ順調に行われたと思います。ちなみに、MOXとは、Mixed OXidの頭文字をとったもので、MOX燃料とは混合酸化物燃料のことです。再処理により使用済み核燃料に含まれるプルトニウムを取り出し、二酸化プルトニウムと二酸化ウランを混ぜ合わせたものです。なお、六ヶ所再処理工場は試運転ですから、マイナーなトラブルは起こっており、それらのデータも収集しており、基本的なプロセスはフランス・イギリスからの導入技術であり、両国での経験に基づいた運転をしておりますので、問題はありませ

一方、皆さんも新聞等でご存知のように、現在、高レベル放射性廃液をガラス固化するという試験を行っている段階でトラブルが生じています。最初のころは、ケミカル試験と言って装置が正常に作動するのかということで炉の運転特性を見る上で、放射性物質を使わない形での試験を行っていました。そこまでは順調だったのです。しかし、実際に高レベル放射性廃液を使った試験を開始した段階で、ノズルから溶融ガラスをキャニスター（保管用のふたつき容器）に注入し、それにふたをしなければならぬのですが、ふたの溶接が上手く行かず手間取ってしまいました。そのことを含めて廃液中の核分裂生成物の一部の成分等による影響により、炉内の温度管理に不具合が生じ、炉底に白金族成分の堆積によって次の処理が難しくなっていました。この状態というのは、ガラスの粘性が高くなり流動性が悪くなるために、ノズルから流出しづらくなり、閉塞が起こってしまったということです。その炉底に溜まったガラスを、機械的に攪拌して、下のノズルから落とすような作業を行ったのですが、ノズルの直径は小さく、モニターを見ながら遠隔操作で行うものですから、なかなか難しく、少し強く押したときに攪拌棒が曲がってしまった。それと時系列は分からないのですが、上部レンガが落ちてしまった。落ちたレンガがノズルのところに溜まりガラスが流下できなくなった。このようなトラブルが起こったためにガラス溶融炉の運転がストップしております、それを解決するために東海にあるモックアップ（実物とほぼそっくりな溶融炉）施設で原因究明ならびにこのようなトラブルが起こらないような運転管理技術を確立するためにデータの取得試験を行っているところです。

4.六ヶ所再処理工場の安全性について：質疑を踏まえて

① 六ヶ所再処理施設の下に活断層があるという話は聞いてはいない。

地質の専門家ではないのでよくは分からないが、六ヶ所周辺で起こりえる地震の施設への影響は再検討され、近辺の断層などを震源とする地震などを考慮して、耐震性を解析した結果は妥当と判断され、安全は確保されていると聞いている。地震については、柏崎刈羽の地震以降、専門家が各地域の特性を調べて評価の条件を決め、それに基づいて

きっちりとやっているものと思う。

- ② 六ヶ所の計画は2年間延期されたと申し上げたが、そもそも炉の運用は5年程度で考えられており、既に新たな炉の設計が始まっている。それは今回のトラブルへの対応を含めたものとなっており、修正の検証を行っているところである。その検証結果を踏まえて改良炉の設計が行われるものと思われる。六ヶ所のガラス固化はトラブルを起こしていることは事実であるが、フランスなどでもガラス固化技術は最初の段階ではトラブルを起こしており、その技術の確立には相当の年月を要している。六ヶ所のガラス固化の技術は東海で開発されたガラス固化技術を採用したが、ある意味では、六ヶ所のトラブルは、その技術を確立する過程で生じているものと考えている。
- ③ 六ヶ所再処理施設から放射性の有害物質が出ているとの情報があるとのことであるが、どのような情報かは知らないものの、六ヶ所のガラス固化のトラブルがあったといっても、これで放射性物質が施設外に漏れるということはない。また、六ヶ所再処理施設の運転で人体に有害な物質が基準値以上排出されているということはない。一部の放射性物質が出ていることはあるが、水・空気・土壌などを総合的に見ても、これらは人間が被曝しても国際基準を十分下回った量であり、まったく問題はなく、心配する必要はない。
- ④ 高レベルの放射性廃液は冷却しないと爆発するのかという恐れについては、六ヶ所の廃液の中には当該成分はほとんど含まれていないので、爆発することはないと考えている。
- ⑤ 耐用年数が来た原子力発電所の解体をどうするのかということまでを考えた設計思想が初期の原発にあったかという点については、疑問といわざるを得ない。このような思想は、種々の問題がクリアーになってきて始めて生まれてくるものであり、解体まで含めて考え始めたのは最近のことだと思う。

(この記録は、咲田宏氏が作成し、松本氏にご加筆・ご修正いただいたものです。)