

巻頭インタビュー



1 原子力はクリーンエネルギーの4番バッター

増子輝彦 経済産業省副大臣に聞く

「発電電力量に占める原子力のシェアを今の26%から、2020年までに40%程度にまで向上させることが目標だ。保安院の、経済産業省からの分離については、原子力安全委員会との一元化も視野に入れ、検討していく」

特別講演

3 原子力の平和利用とIAEAの役割

「原子力の軍事利用への転用の防止だけでなく、原子力の平和利用を通じて医療や食糧などのグローバルな問題の解決にも大きく貢献していきたい」と、天野氏は抱負を語った。

天野之弥

時論

6 生命医療工学分野の最前線が抱える問題点—脳科学分野に於ける規制と規制緩和の必要性

日本で最先端とされている日本製最終産物は世界から見ると、何世代昔のものか解らないほど立ち遅れたものとなった。

尾崎美和子

8 アジア諸国への原子力人材育成協力—現状と課題

原子力研修センターではこれまで、延べ3千人以上の国際研修生を受け入れてきた。

杉本 純

シリーズ解説

我が国の最先端原子力研究開発

電中研 No. 16

21 バックエンド事業の円滑な推進を支える—使用済燃料輸送・貯蔵と放射性廃棄物処分にかかわる先端技術の開発

電中研では使用済燃料の輸送・貯蔵や低レベルと高レベルの放射性廃棄物処分などの技術課題全般に対して、長年にわたって取り組んできている。ここではそのバックエンド技術に係わる最近の研究開発状況を紹介します。

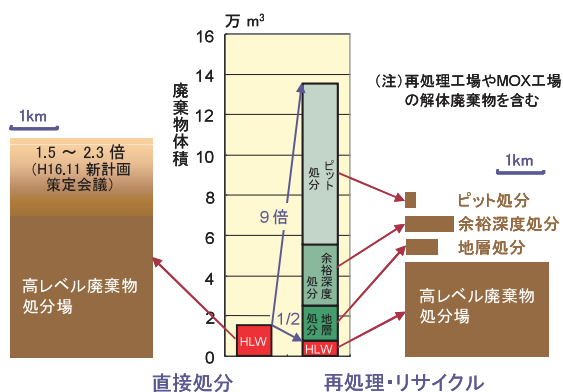
河西 基

解説

28 サイクル・廃棄物屋は、原子力の持続性を保証するために何をなすべきか？

原子力では燃料供給の持続性に加え、廃棄物処分や施設リプレースを永続的に進める条件を整えなければならない。

河田東海夫



再処理・リサイクル廃棄物の体積と処分場面積

解説

33 放射線遮へい技術の現状—放射線遮へい分野の技術ロードマップの策定に向けて

原子力関連施設の安全に必要な不可欠なのが、放射線遮へい。その現状と、今後の技術課題について紹介する。

「放射線遮蔽」研究専門委員会

39 安全文化と企業倫理が目指すもの 原子力発電事業者の一考察

原子力発電事業者の視点で、安全と信頼に着目して安全文化と企業倫理に対し、私自身の経験も踏まえ、考察を加える。

川俣 晋

表紙 柏崎刈羽原子力発電所におけるタービン検査

(写真提供) フォトグラファー 柏木龍馬

(表紙デザイン) 鈴木 新

44 欧州(EU)のエネルギー政策と原子力

チェルノブイリ事故後、停滞傾向にあった欧州での原子力開発は、近年になると大きく様変わりしてきた。世界各国の原子力事情を紹介するこのコーナーでは、まずEUのエネルギー政策と原子力開発を概観する。

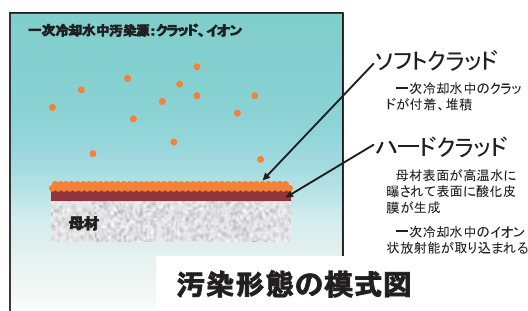
東海邦博

連載講座 21世紀の原子力発電所廃止措置の技術動向(5)

48 廃止措置技術—除染の技術動向

廃止措置時に重要となる除染技術。それは目的や対象物に応じて、さまざまな方法がある。

酒井仁志, 片岡一郎



談話室

53 広島、原爆投下(その2)

—X線フィルムの感光

広島が被災した直後、仁科は「これは原子爆弾だ」と断言した。

中根良平

会議報告

55 軽水炉水環境中における応力腐食き裂進展試験方法に関するフォーラム

新井 拓

56 燃料サイクルの産業化を目指して

井上 正, 深澤哲生

57 核燃料国際会議2009

安部田貞昭, 更田豊志

58 光医療産業バレー拠点創出シンポジウム

土田 昇

学生連絡会報告

59 第12回倫理研究会参加報告

山本哲大, 嶋田和真

10 NEWS

- 行政刷新会議が原子力関連事業を仕分け
- JCO事故から10年、安全委が取組みを総括
- 東芝のABWRが米NRCから認定
- 玄海3号でMOX燃料装荷
- 原産協会、民主党への期待を表明
- N-20会合を鎌倉で開催、日仏専門家が議論
- 第30回日韓原子力産業セミナーを開催
- 科学技術と社会安全の関係を考える市民講座
- 小山田氏が米機会学会貢献賞受賞
- 強い磁場によって安定化する超伝導
- 放射光軟X線を用いて選択的DNA損傷を誘発
- 核融合炉用マイクロ波発生装置で世界最高出力
- 海外ニュース

学会声明

20 平成22年度原子力関連予算に関する要望

定点“感”測⑦

61 国民の幸せにつながる電力源選択とは—ベストミックスの中に原子力を

鈴木 翔

ジャーナリストの視点

63 原発の隣で暮らす人々

大崎要一郎

60 日米欧学生交流「WSU 滞在記」 竹内百恵

64 会告 平成22・23年度代議員選挙に係わる支部、部会等の推薦候補の推薦について

65 From Editors

66 会報 原子力関係会議案内、主催・共催行事、新入会一覧、英文論文誌(Vol.47, No.1)目次、主要会務、編集後記

WEB アンケート

10月号のアンケート結果をお知らせします。(p.62)
学会誌記事の評価をお願いします。<http://genshiryoku.com/enq/>

学会誌ホームページが変わりました
<http://www.aesj.or.jp/atomos/>

「原子力はクリーンエネルギーの4番バッター」



経済産業副大臣 増子 輝彦氏に聞く

1947年福島県郡山市生まれ。早稲田大学商学部卒。福島県議会議員を経て、90年に衆議院議員に初当選（福島1区）。自民党、新党みらい、新進党を経て、98年の民主党結党に参画。07年9月に民主党のネクスト経産相、09年9月から現職。当選4回（衆議院3回、参議院1回）

2020年までに原子力のシェアを40%程度まで向上

—民主党はCO₂排出量を2020年までに90年比で25%減、2050年までに60%減を目標にしています。社会構造や産業構造も、変化を余儀なくされるかもしれません。その中で原子力の位置づけを。

鳩山総理は国連で、野心的な演説を行った。そこで掲げたCO₂削減の目標は国家として、やらなければならない。それは各国からも高く評価されている。もちろん、アメリカや中国など、先進国はもとより、開発途上国も参加することが前提になる。この目標は、民主党のネクストキャビネットのころから、岡田さんをヘッドとして検討し、地球温暖化対策基本法として議員立法で提出してきた。その中でも、CO₂削減25%減を盛り込んでいた。その時は産業界や霞ヶ関から「達成不可能だ」と言われた。しかし、厳しい高い目標を掲げ、それを実現するのが、政治だと思う。そのためにはあらゆる政策を動員していくことになる。新政権ではこれをむしろ、地球環境を守ると同時に、成長戦略としてぜひ、実現していきたい。

今の霞ヶ関では、かつての雰囲気とは異なり、この目標達成をやるしかないという決意ができたかと判断している。産業界からは、経団連は、この目標は厳しいという意見だが、経済同友会はむしろ、賛成だ。

どうやって、この25%減を達成するか。その中で、原子力が占める役割は非常に大きい。原子力のシェアを今の26%から、2020年までに40%程度にまで向上させることが目標だ。新設は9基程度をめざす。原子力はクリーンエネルギーの4番バッターの1つだと思う。

その推進にあたっては、安全の確保が大前提であるこ

とは言うまでもない。それをいかに確保していくか。ハード面の安全は確保されてきているが、ソフト面でも十分な安全確保ができてきているかどうか。これにしっかりと対応していく必要がある。

—米国などに比べると、日本の原子力発電所の稼働率は低い。

稼働率は80%以上を目標にしたい。しかし、それを実現する際のキーワードは安全だと考える。私の地元は福島県だが、原子力発電所がたくさん立地している。日本の原子力発電所ではさまざまなトラブルがあった。また日本は唯一の被爆国でもあり、日本人の深層心理には、原子力は危ないという意識がある。安全の問題が確保されれば、稼働率の問題あるいは原子力発電所の新設の問題も、クリアされていくと思う。

なお民主党は、私がネクスト経済産業相を務めた時から、原子力を積極的に進める方へとより明確に舵を切ったと自負している。

—新規立地については。

誘致をすることで地元にもメリットがなければならないことも、条件の一つだ。しかし、高レベル放射性廃棄物処分場でもそうだが、立地に際しては反対運動が起こる。新設については、全く新しいところというより、すでに今、原子力施設がある地点での増設をまず考えたい。

核燃料サイクル事業は安全を前提に推進

—再処理や廃棄物管理、FBRを含めた核燃料サイクルについても安全を確保した上で進めるということでしょうか。

これらは基本的に進めていかなければ、日本は立ちゆかなくなる。また玄海発電所では、プルサーマルが始まっ

た。これも進めていかなければならない。これがうまく進まなかったのは、データ改ざんや隠ぺいなどで不信感が高まったからだ。専門家から見れば、これぐらいの糊しろがあれば安全だということかもしれないが、素人はそうは思わないかもしれない。プロの視点だけでなく、一般の国民からの視点が大事だ。

—高レベル放射性廃棄物処分場の話が進まない。

名乗りをあげただけで、大変な騒ぎになる。わが福島県のある町でも、そんなことがあった。これは原子力で、最大の課題だと思う。

—学校教育で、原子力への理解をめざした教育が必要では。

それは時間がかかる仕事だが、やらなければならない仕事だと思う。高レベル放射性廃棄物処分場の話は思い切って、どこかの町が手を、名乗りをあげられるような体制ができるように、国をあげてサポートするしくみが必要だ。それは経済的な支援だけでなく、原子力の安全性に対する理解、原子力の必要性に対する理解や、原子力を進める側に対する信頼感が重要だ。これは民主党政権としてもぜひ、クリアしなければならないと思っている。

—CO₂削減では「可視化」が効果をあげている。電気についても、原子力のCO₂削減の貢献度合いを「見える化」してはどうか。

経済産業省では太陽光発電の買取りに力を入れているが、そこでは、この可視化が効果をあげている。見えるようにすることによって動機づけも働き、節約しなければという意識も生まれる。各家庭の電気料金表に、その消費電力の何kWが原子力発電で、CO₂の何kgの削減に相当しているか見えるようにするのは、いいアイデアだと思う。電事連に話してみよう。

CO₂削減のために、再生可能エネルギーや省エネの推進はもとより、今まで以上に原子力を推進していかなければならない。しかし、CO₂削減のための投資が、かえってエネルギー消費を増やすようなことになってはいけない。今のエネルギー消費は、景気の低迷もあって、産業用は伸びていない。しかし民生用は増えている。それにどう対応していくかが、課題だ。

—北欧の冷寒地住宅では断熱構造で二重、三重窓など、寒冷地ならではの工夫が活かされている。インシャルコストは高いが、明らかにエネルギー消費が少ない。

一般住宅を断熱構造にしたり、窓も二重窓にしたりしてエネルギー消費を少なくしていくことなどには今後、積極的に取り組んでいきたい。民生部門の省エネ化は経済産業省だけでなく、国土交通省など各省庁などとも連携して、進めていきたい。

保安院分離の検討を

—原子力安全・保安院を経済産業省から分離し、原子

力安全委員会と一元化する話について。

まず保安院の、経済産業省からの分離については、原子力安全委員会との一元化も視野に入れ、検討していくべきというのが私の考えだ。大臣も予算委員会の中で、これを検討していく旨答弁している。推進と規制が同じ省の中に同居しているのはおかしい、というのが立地地域の皆さんの見方。分離はすぐにはできないだろうが、マニフェストで約束したことも念頭に検討すべき話だ。

—原子力を進めるにあたって、福島特命担当相と意見の相違が見られるが。

さまざまな意見があるのは当然だ。社民党にとって脱原発は、大切な問題かもしれない。しかし政権の中に入るといことは、しかるべき責任が生じるということ。それを果たしていかなければならないと思う。原子力発電所の安全をしっかりと確保していくこと。それについては政権与党はみな、同じ思いだ。それが確保されれば、やみくもに原発反対ということにならないと思う。ドイツでもこの前の総選挙で、脱原発を軌道修正することになった。

日本の社民党も、責任を果たすべき政権与党となった。今までのような「何でも反対」というわけにはいかない。この点については、あまり心配していない。

—これまでとは比べものにならないくらい、政務3役の仕事量が増えたと聞く。

その通り。確かに体力的にも精神的にも大変だ。しかし、やりがいがある。野党の時代でも、自分たちで法律を作ってきた。政権与党となった今は、さらにスピードをあげて、課題に取り組んでいきたい。長年の悲願である政権交代を実現した。今の苦労は何の苦にもならない。

—日本の原子力政策は、経済産業省、文部科学省、内閣府などにまたがっている。原子力の基本政策の調整は基本政策閣僚委員会で行うのか。

各省庁の所掌が分けられているので、今のところはそれぞれで行っている。原子力政策については基本政策閣僚委員会で調整はやっていないが、実務者レベルでは行っており、それで問題はないと思う。しかし将来は、縦割りとなっている今のしくみを、一元化した方がよいのではないかと思う。制度を整理した上で。

—学会、学会員へのメッセージを。

繰り返しになるが、原子力はクリーンエネルギーの4番バッターだ。日本の将来戦略の中でも、重要な役割を占める。経済産業省などの政務3役や原子力委員会は、両輪となって、その役割をしっかりと果たしていかなければならない。特に原子力委員には深い知見や見識がある。私たちにも、その知見を教えていただいて連携と、かつ独立性を保ちながら、原子力を進めていかなければならないと思っている。

(2009年11月11日談、聞き手：近藤吉明、佐田 務)

特別講演 天野之弥大使に期待するシンポジウム

原子力の平和利用と IAEA の役割



国際原子力機関(IAEA)事務局長

天野 之弥(あまの・ゆきや)

外務省総合外交政策局軍縮不拡散・科学部長, ウィーン国際機関日本政府代表部大使などを経て, 2009年12月から現職。

「原子力の軍事利用への転用の防止だけでなく, 原子力の平和利用を通じて医療や食糧などのグローバルな問題の解決にも大きく貢献していきたい」-「NPO 法人ネットジャーナリスト協会」などが2009年10月19日に都内で開いた「次期 IAEA 事務局長・天野之弥大使に期待するシンポジウム」の中で天野氏は, IAEA の次期事務局長としての抱負を, このようにビデオメッセージで伝えた。ここでは同氏が「原子力の平和利用と IAEA の役割」をテーマに語った内容の概要を紹介する。

グローバルな課題に取り組む IAEA

ここではまず IAEA について, ご紹介いたします。

国際原子力機関である IAEA は, 1957年に発足しました。以来, 50年以上が経過し, IAEA は今や国連に次ぐ重要な機関という評価が定着したのではないかと思います。

この IAEA が設立された目的は2つあります。一つは, 原子力の軍事利用への転用の防止で, もう一つは平和利用の促進です。この平和利用の促進の中には開発途上国に対する技術援助が含まれています。IAEA には150の国が加盟していますが, それらの全加盟国で構成される総会, 35カ国で構成される理事会, そして事務局長に率いられる事務局の3つからなります。なかでも理事会は IAEA の実質的な意思決定機関として極めて重要な役割を果たしています。

IAEA には国連安全保障理事会と違いますが, 常任理事国や拒否権という制度はありませんが, 日本はルール上, 他の10カ国とともに毎回, この IAEA の理事会に選出される仕組みになっています。そういう意味で, 国連に例えれば常任理事国に近い立場にいるわけで, その責任も重いものがあります。

事務局は事務局長をトップに, 約2,300名の職員で構成されています。私は今年7月の選挙で当選し, 12月1日から第5代 IAEA 事務局長として勤務する予定になっています。

ところで, IAEA というと, 皆様はどのようなイメージを思い浮かべるでしょうか。日本では核の番人というイメージが定着していますので, 何か核に関する国際警察のような怖いイメージをお持ちの方が多いかと思いま

す。あるいは, IAEA イコール原子力発電というイメージをお持ちの方もおられるでしょう。両方とも間違っているとは申し上げませんが, ここで少し私の考えをご説明したいと思います。

私が考える IAEA というのは現在, 世界が抱えている課題, いわゆる「グローバル・イシュー」に対して原子力の技術を用いて取り組むための国際機関というものです。

IAEA に加盟している150カ国のうち, 100カ国以上は開発途上国です。この開発途上国が一番重視しているのは, 原子力のエネルギー・非エネルギー分野への応用とそれに関する技術協力です。例えば, がんと言え, 従来は先進国病と考えられてきました。しかし, 最近では途上国でもがんの患者さんがどんどん増えています。正確に言うならば, 実際はがんの検診の機会が増えたので, がん患者さんがより発見されるようになったということです。日本では重粒子線を使うなど非常に進んだ技術ががんの治療法として確立されてきており, これは世界のまさにトップレベルにあります。それを支える裾野も非常に広いものがあります。私は, このような日本の技術を世界と共有することによって, IAEA を通じて日本が世界に貢献することができるのではないかと思います。

また, 現在の世界が抱えている問題として, 食料問題があります。IAEA は品種の改良を通じて, 食料の増産に貢献することができます。さらに害虫の駆除によって, 食料の増産に貢献することもできます。そのほかに, 少し珍しい分野かもしれませんが, 水の同位体比を測定することにより, 地下水の循環に関する情報, また地下水がどれだけあるかということもわかります。人類の健

康や水資源、食料の問題、これらはいずれもグローバルな問題として、現在の世界が抱えている課題です。IAEAは原子力の技術を通じてこのような問題の解決に貢献しています。

北朝鮮とイランの核問題、核セキュリティ解決をめざす

原子力の平和利用を進めていく上で忘れてはならないのが、軍事利用、軍事目的への転用防止です。そのためにIAEAの保障措置が適用されているわけです。今のIAEAの保障措置として広く行われているのは、相手国の核活動、核物質についての申告に基づいて、IAEAがそれを確認するという制度です。これは、今まではおおむねうまく機能してきたのですが、イラクでの問題以来、相手が申告しなかった活動についてはIAEAが手の出しようがないということが顕在化しました。そこで現在では、加盟国が申告しなかったような活動、物質についても検証できるような制度もできました。

軍事目的への転用の防止、IAEAの保障措置活動という、避けて通れないのが北朝鮮とイランの問題です。これらには複雑な経緯がありますが、この2つは違った性格の問題です。これら2つの問題は、話し合いによる解決以外に方法はないと思っています。また、その中でIAEAの検証を通じて果たす役割というのは非常に重要なものです。したがって、事務局長に就任の暁には、この北朝鮮とイランの核問題について、公平・中立、プロフェッショナルな立場から、正面からきちっと取り組んでいきたいと思っています。

核兵器の拡散防止と並んでもう一つ重要なのが、いわゆる核セキュリティの問題です。現在の技術水準をもってすれば、国家でなくても、例えばテロリスト団体のような団体でも、核物質、特に高濃縮ウランさえ手に入れば、核兵器をつくることは可能だと言われています。また、核兵器と言わないまでも、プルトニウムやウランを爆発させれば、大変な心理的なパニックを起こすことができます。

この問題については米国、欧州などでは非常に関心が高いのですが、日本は安全な社会ということを反映してか、それほど関心が高くありません。しかし、2009年1月に発足した米国のオバマ政権は、この核セキュリティ問題を大変重視しています。このような国際的な潮流の中で、やがて日本としてもさらなる対応が必要となるということもあるかもしれないと思っています。

また、エネルギーは先進諸国が繁栄を続けるためにも、開発途上国が今後発展していくためにも、必要となる資源です。多くの国は、化石燃料や代替エネルギーだけではエネルギー需要に対応することができないということで、原子力に対して熱い視線を向けています。また、原子力エネルギーは発電過程で地球温暖化ガスを出さな

いエネルギー源として近年、大変に注目されています。もちろん、原子力発電を導入するかどうかということは、各国の決定の問題であります。

しかしIAEAとしては、多くの加盟国が原子力発電を導入しようとするのであれば、どのようにして安全な形で、また核拡散の危険を伴うことなく原子力を利用できるのかということについては、協力していきたいと思っています。

原子力発電の現状および将来

ここで原子力発電の現状および将来について、IAEAの見方を紹介します。

2009年現在、世界では30カ国で436基の原子力発電所が稼動しています。そこで発電される電気量は世界全体の発電量の約14%を占めています。原子力発電所の安全性と信頼性は着実に改善していますが、これは関係国の努力、協力、安全文化の強化、規制当局の監督などの成果だと思えます。今のところ、ウラン鉱石の供給と需要はマッチしており、ウラン濃縮能力、核燃料加工能力もこれから10年ぐらいにはほぼ適切なレベルになると見えています。使用済み燃料の保管、再処理、高レベル廃棄物の処理についても経験が蓄積されています。

しかし、多くの国は今後、使用済み燃料をそのまま廃棄するのか、処分するのか、あるいはもう一度燃料として使うかについてはまだ決定を行っておらず、各国の動きを見ているということが現状かと思えます。

将来に目を向けると、世界全体でのエネルギー需要およびエネルギー消費における電力の比率は、急速に増加しつつあります。その中で原子力発電の役割も増えていくと思います。すでに原子力発電を行っている30カ国のうち24カ国が、新しい原子炉を建設する意向を持っています。

また、このほかに40カ国以上が、新たに原子力を導入することに関心を示しており、そのうちの20カ国以上は特に、原子力発電の導入に熱心です。原子力を導入する動機はエネルギー需要の増大、エネルギー安全保障上の懸念、化石燃料の価格の不安定化、環境上の考慮などさまざまです。

今後についてIAEAは、2020年までに437~542 GW、2030年までに473~748 GWになると予測しています。これはかなり、不確実な幅をもった見通しです。しかし、いずれのケースでも、すでに原子力発電を導入している30カ国で、最も多くの増加が見込まれています。

次に、今後の原子力発電の行方を左右する要因について述べます。IAEAが注目しているのは、今後とも原子力の安全と信頼性が保たれるのか、経済的な競争力を改善できるのか、市民社会の信頼を獲得・維持できるのか、有能な人材を確保・育成できるか、使用済み燃料及び放射性廃棄物を管理できるか、核燃料の輸送を確保で

きるか、新規参入国の原子力の基盤を整備できるか、核不拡散および核セキュリティに対応できるかどうか、また効率的かつ持続的な資源の利用ができるかなどのポイントです。

人材育成が、原子力の成長を左右する

さらに、これから重要だと思われるのは、原子力産業の拡大を支えるために必要となる人材をリクルートし、教育し、訓練できるかどうかということ。これが今後の成長を確保できるかどうかの一つの大きな鍵になるのではないかと思います。先ほど効率的かつ持続可能な資源の利用と申しましたが、これは端的に申しますと、IAEAとしては、高速炉と閉じた核燃料サイクルの実現が資源の効率的かつ持続的な利用に貢献すると考えているということです。

日本では現在、53基の原子力発電所が稼動しています。このように多くの原子力発電所を持っている、またそれを稼動させていること自体、温暖化抑制という観点からすると、地球環境の保護のために大きな貢献をしていることになります。

今後は世界各国で、原子力発電所の建設ということが大きな課題になってきます。現在はいずれの国も、1カ国だけで原子力発電所を建設することはできません。その中で、日本は非常に発達した技術力を持っています。したがって、日本の協力は今後の原子力発電、また今後の世界のエネルギーの将来を占う上で非常に重要な要素になってくると思います。

もちろん、安全ということは非常に重要です。過去には日本だけでなく多くの国で、いくつかの問題がありました。日本でも柏崎刈羽発電所がある新潟県で大きな地震がありました。しかし、我が国においてはその都度、地元関係者、企業の努力、規制当局の指導によって安全が回復され、信頼が強化されていると受けとめています。これは、仮に問題が起きたとしても、関係者の努力により問題を克服できるということを示しているのだと思います。

また、人材の育成は、日本のようにすでに原子力発電を大規模に行っている国だけではなく、開発途上国でも大変大きな問題になっています。日本では最近、人材育成の努力が強化されていると承知しています。原子力工学に関するコースを設ける大学も増えており、外国人留学生の受入れも盛んです。この人材教育は大学や研究所がある日、思い立ってできるというものではありません。大学、研究所に加えて、産業の基盤、地域住民の理

解、それから現実に発電所が稼動しているという実績など、非常に幅広い基盤が必要です。そういう意味で、原子力発電に関する人材教育をできる国というのは限られています。その中で日本の果たす役割というのは非常に大きなものがあると思っています。

さらに、日本では近く「もんじゅ」の再開が待たれています。IAEAの報告にも述べられた通り、高速炉の実現は有限な資源の有効活用であり、IAEAはもちろんのこと、世界が注目しています。その再開は必ずや世界の多くの研究者にとって利益をもたらすものだと思います。

結 び

このようにIAEAにはさまざまな課題があり、私は着任次第、このような問題に取り組んでいきたいと思っています。なお、そこで重要なことは、一つはIAEAが原子力の軍事目的への転用の防止という目的と、もう一つは原子力の平和利用の促進という、2つの目的を持った機関であるということ。これらの目的に加えて、技術協力の促進という課題もあります。これらの課題をバランスよく取り上げていくということが、これからIAEAが発展強化するために非常に重要だと思います。

さらに、もう一つ。IAEAと申しますと、どうしても核の番人あるいはイコール原子力発電というように見られますが、IAEAはより広い、世界の食料や健康、水問題を含めて、多くの「グローバル・イシュー」に取り組んでいますし、また取り組んでいくことができる機関です。そういう意味で、IAEAは特殊な機関ではなく、他の国際機関と同様に、現在のグローバルな課題に取り組んでいますので、これらの機関、また加盟国との協力をぜひ進めていきたいと思っています。

私は12月から国際公務員ということで、公平・中立な立場から、日本という立場を離れて貢献していかなければならないことになります。もちろん、そういう公平性・中立性も必要ですが、だからといって私が日本人でなくなるわけではありません。日本には広島、長崎という経験があります。IAEAは不拡散、原子力の平和利用を扱う機関ですが、私は核兵器に反対するという気持ちを大事にして、新しい任務に取り組んでいきたいと思いません。

私は与えられた任期の中で、力を尽くして具体的な成果を上げるように、また日本人としてみっともないことはできないという気持ちを持ってIAEAの職務に取り組んでいきたいと思っています。

ありがとうございました。



生命医療工学分野の最前線が抱える問題点 —脳科学分野に於ける規制と規制緩和の必要性



尾崎 美和子(おざき・みわこ)

早稲田大学 教授

東京理科大学薬学部卒業。薬学士、薬学修士。薬剤師。総合研究大学院大学(博士課程)一期生として入学。博士(理学)。主に日本および米国の研究所で研究。脳科学者歴約18年。現在、シンガポールに研究室を持ち、脳疾患治療に向けた研究を行なっている。

1. はじめに

最近の脳科学分野の進歩は目覚ましい。

脳に科学技術的な刺激を与える治療方法もそうである。脳神経活動、つまり脳の電氣的活動を制御することにより、様々な神経疾患や精神疾患の治療が可能になってきた。特に、脳に電極を埋込み治療する脳深部刺激療法には劇的な効果が認められている。パーキンソン病に代表される運動障害やうつ病に代表される精神障害の治療等、様々な神経・精神疾患に適用され実績を上げている。またこの治療法は、将来、より幅広い脳神経疾患に応用が可能であるため、脳デバイスの開発も含め各国が力を入れ始めてきている。一方、日本では、こと脳科学に限らず、様々な分野の規制において、世界の技術と知識還流の輪(ブレインサーキュレーション)から徐々に外れていったことにより、少なからず科学技術分野で、世界の最前線から取り残されつつある。

2. イノベーションと規制

去る11月3日、日本科学技術振興機構(JST)が主催するイベント『サイエンスアゴラ』において、『イノベーションと規制』に関する公開討論会に招かれた。規制は、医療分野だけでなく、エネルギー環境、情報IT、廃棄物などに関連する多様な分野に存在し、科学技術分野の発展に影響を与えている。それがいかに日本の国益に反するかという問題提起のもとに、様々な意見が飛び交った。規制の問題を乗り越える要は、規制に関わる人の資質、事業の具体的な評価、職業倫理観ではないかという話にまで達した。これらは、非常に本質的なところを突いており、様々な分野の規制に共通するところがある。さらにいえば、それは規制のみならず、今、日本が抱えている種々の問題の根底にも通じると感じた。

3. 脳科学分野における規制と問題点

脳科学分野における規制とは何か? 医療分野には大きく分けて、薬物(あるいは再生医療や免疫分野の細胞等)に関する分野と医療機器に関する分野の規制問題がある。特に、私の研究分野では、医療機器分野が深刻な

規制問題に直面している。脳の活動の本質は電氣的活動である。いかに複雑で高次の機能現象(精神活動、思考、学習、運動など)でも電氣的信号がそれを制御している。神経回路間の電氣的活動バランスが崩れた状態が疾患である。崩れた活動を元にもどすことにより健全な状態を取り戻すことができる。また失われた機能は、人工的に電気信号を入れることで補償が可能になる。実際、劇的な効果が得られる。

この治療を実現するためには、脳神経学者、工学者、脳外科医らが連携し、研究を進めていく必要がある。ところが、まず、日本では規制以前の問題として真の異分野融合研究を行なうことが難しい。なぜなら研究者は、異分野融合研究というと、学術研究論文になりにくいのでリスクを取らないのである。

脳の中に埋込むデバイスを作成し、実際に人体に応用するためには、新しく開発され改良を重ねたデバイスが医師により臨床で研究される。次いで治験を行ない、厚生労働省から認可を受ける。そうして、はじめて保険適用可能な治療法となる。この過程に薬事法、医師法、保険法、製造物責任法、刑事法(業務上過失致死罪の取り扱い)等の規制が関与する。ワイヤレスのデバイスを開発したなら、さらに電波法にも規制される。

このような法の壁を乗り越えて、日本では、一部の脳外科医の努力により、運動障害のうちごく限られた疾患については、海外で認可されたデバイスを用いた治療が可能となった。ところが、同じ装置を他の疾患の治療に用いることは認可されていない。外国では、むしろ多少のリスクを覚悟で同じ装置を使って治療の幅を広げる努力を続けている。当然ながら、そのような結果はそれほどオープンにされず、リスクを取ったところに還元されていくのである。

デバイスの開発については、異種技術を統合できる人材の育成が要だが、異分野融合のケース同様日本はそれを長く放置してきた。その結果、元来中小企業などに高度の要素技術や精密な部品製造能力があったが、医療機器の開発製造は産業として育っていない。今や、新たな医療機器開発能力は完全に失われようとしている。簡単

なペースメーカーを作る技術さえも失い、今日本で最先端とされている医療機器分野の技術は世界的に見た場合、何世代も立ち遅れている。医療機器は輸入に頼る他ない状態である。

さらに、日本人の気質は感覚論に左右されやすく、新奇な治療法には危険性がともなうのではないかと過剰に恐れる傾向がある。つまり、リスクとベネフィットのバランスを冷静に判断できないがために、過剰な規制に走り科学技術分野の発展を妨げかねない状況になっている。このことは結果として、最終的に自身に還元される利益を大きく損ねている。

このように有形無形のいくつもの壁がある。その壁を乗り越え、日本のみで技術開発から臨床応用までを全うするのは今や至難の業といわざるをえない。

4. 脳科学の現状とレギュラトリーサイエンス

ヒトの脳を解析して解ったことだが、脳科学分野には当然と思われているが、実は何の科学的根拠もない風説がまかり通っていることがある。いくら時間とお金をつぎ込んで根本的な前提が間違った場合、その上に積み上げる科学はもはやサイエンスゲームと化し、たとえ論文は書けたとしても、真実には到達しにくい。当然、臨床応用にはほど遠い。ヒトに適用しにくい状況では、実証的なデータに乏しくなりがちで、この日本の科学技術環境は、基礎研究分野にも陰を落とし始めたと言える。脳機能を制御するのであるから十分に安全な状況が確保される必要があることは言うまでもない。しかし、感覚論として『怖いから』では、臨床での進展がない。切実に治療を希望している患者さんも沢山いらっしゃる。脳に電極を適用する治療方法は、幅広く脳疾患を治療する可能性が極めて高い。近い将来、日本人の多くが治療を希望するようになることも予想に難くない。しかしながら、今のままでは、必要性に気づいた時には手遅れになりかねない。

このような状況下で、規制の問題に科学的視点から取り組もうということでレギュラトリーサイエンス(規制科学)という分野が立ち上がってきた。規制を強化するあるいは緩和するというだけでなく、学問の見地から体系的に規制を扱っていかうというのである。これこそ社会に役立つ科学を実行しようと思った場合、真のイノベーションを考える上で避けて通れない分野であるが、残念なことにこの分野も日本であまり馴染みがない。当然、“イノベーションと治療”を研究のキーワードにした競争的資金の獲得も、評価者が何のことか判りかねるといったお粗末な状況である。申請内容にレギュラトリーサイエンスの話を盛り込んでも、的を得た回答が返ってきた試しがない。社会に還元できる脳科学を実行するためには、社会科学の視野も含めた広義の意味でのレギュラトリーサイエンスは必要である。また、脳科学分野はその成果を十分に社会還元できるほど、基礎研究分野(実証)が進んでいないことも念頭におく必要があ

る。まずは、十分な基礎研究と基礎研究の実証と応用のための医用工学分野の充実が必要だと思う。最近しばしば脳科学者が口にする『脳科学分野の多様性は著しく衰退し、科学的根拠のない説を一般社会に流布することがあたかも社会還元であると認識されるようになった』という言葉を真摯に受け止める必要があるのではないだろうか。このような現象を産んだ大きな原因は、長期に渡り、同じメンバーが意思決定機関に配置され、あらゆる競争的資金の評価者と被評価者を同じ組織に置き続けたことにある。これは科学技術分野の審査、評価の問題とも繋がるため、必ずしも脳科学分野の問題だけにとどまらないかもしれない。多様性が必要と云いつつも異質な意見は受け付けにくく、徹底的に議論するという習慣がない。そのため合理的な議論のもとに物事が決定されていかないと云った日本特有の問題がクローズアップされてくる。

5. 今後の規制のあり方について

ヨーロッパや北米の民主主義国家では、評価する側とされる側、あるいは審査する側とされる側には、異なる組織を充てることで、より公平で透明性のある判断を維持しようと努力している。一方、最近なにかと注目されるシンガポールでは、多くの場合、最終判断が権力中枢の少人数によりなされる。このプロセスはやや独裁的にも思えるが、最終決断に持ち込むまでに多くの情報を世界各国から収集している。利益を個人や組織レベルで考えた場合、数えきれないほどの選択肢があるかもしれない。しかし、国益といった視点で考えた場合、それほど選択肢は多くない。規制の問題もそうである。規制でがんじがらめにして現場の身動きを取れなくすることが安全な方策なのではない。逆に損失や危険を産む可能性を高め、関係者だけでなく国民にとっても良い選択でないこともある。ポイントを抑えた最低限の規制が現場の負担を軽減し、かつ安全性も維持できる。また、実行すべき項目に関しては、すべての基準を具体化することである。それにより当事者はどこまでやればよいかを時間軸に沿って考えることができる。時間軸で考えることは、将来計画をたてる上で重要である。また、時間軸の概念を持つと、常に最終点を基準に物事を逆算して考えることになる。例えば、脳デバイスは患者さんが亡くなられ火葬される場合、火葬前に脳から取り出す。加熱によりデバイスが爆発するのを防ぐのである。デバイス生産業者は回収されるまで責任をもつ。ここまでの話はすべて、議論ができる審査・評価システムの構築と各界(研究者や行政官等)担当者の職務に対するプロ意識と倫理観の高さの2つが揃えばすべて解決可能である。『甘くない思いやり』というものは存在する。これが実現できたならば、最少の規制で最大の効果を上げる方策もたてられる。結果、すべての立場の人はかなりの満足度を得ることができる。その近道は、徹底した議論を恐れぬこと、議論に感情をのせないことである。(2009年 11月18日 記)



アジア諸国への原子力人材育成協力 —現状と課題



杉本 純(すぎもと・じゅん)

日本原子力研究開発機構 原子力研修センター長

1975年京都大学原子核工学修士を修了し、旧日本原子力研究所に入所。炉心損傷安全研究室長、企画室調査役、計画調査室長、ウィーン事務所長を経て2007年から現職。

原子力カルネッサンスを迎えて

エネルギー確保、化石燃料価格の不安定、地球環境問題を背景として、中国、ロシア、インド、米国で原子力発電所の大規模な建設計画が進められるとともに、アジア、アフリカ等で新たに原子力発電導入の決定や検討する国が急増している。また、原子力のエネルギー利用分野ばかりでなく、医学、工業、農業などにおける放射線利用も拡大している。こうした状況を踏まえ、内外における原子力技術者・研究者の育成・確保の重要性が以前にも増して高まっている。特に、アジア諸国から我が国への原子力人材育成への協力の要望が拡大している。

日本原子力研究開発機構(原子力機構)の原子力研修センターは、昭和33年1月のラジオアイソトープ研修所の開講以来、平成20年度末の50年間で受講生は延べ約12万人に達し、我が国の原子力界に大きな貢献を果たしてきた¹⁾。このうち国際研修は、昭和34~46年までのIAEAとの共催による一連のアイソトープ訓練コース等を開催して以来、東南アジア諸国を中心とする国際研修受講生は平成20年度末までの約50年間に延べ3,000人を越えている。このほか、当センターでは、東大原子力専攻への協力や6大学と原子力機構を結ぶ遠隔教育システムである大学連携ネットを含め、延べ45の大学院等との連携協力を実施している。当センターが実施する原子力人材育成は、研究炉やRI取扱設備など原子力機構が有する多彩な施設、広範な分野の専門家、および長年蓄積したノウハウを活用できることが大きな特徴である。

本稿では、当センターが実施しているアジア諸国を対象とした原子力人材育成協力の現状と今後の課題について記述する。

アジアを対象とした国際研修

当センターでは、文科省の委託により以下の国際研修事業を実施している。

インドネシア、タイ、ベトナムを対象として、原子力人材育成に関わる講師候補に研修技術、各種機器類の取扱い等を熟知させる講師育成研修を平成8年度より実施している。単発の研修やセミナーと異なり、講師候補者を我が国で受け入れるとともに、現地で我が国講師と共同の研修を数年にわたって繰り返すことにより、講師と

して独り立ちすることによる裾野の拡大が目標である。これまで、放射線計測、放射線防護、放射線の工業利用、放射線緊急時対応など10コースを実施し、講師候補者87名を養成し、現地での研修生1,676名が参加している。

本研修は、基本的に招待ベースであるが、ベトナムの原子力発電導入ニーズに対応して19年度から開始した原子炉工学コースでは、20年度はマレーシアから2名が自費参加し、21年度にはインドネシアから1名が参加し、マレーシアからの1名とサウジアラビアから3名の研修生はそれぞれ自費参加するなど、アジアからの参加国、参加者が拡大している。

また、国際原子力機関(IAEA)との共催等により、IAEAの保障措置基準に基づく核物質計量管理制度と運営、実習等による関連技術を学ぶ保障措置コースを8年度より継続開催している。これまで、アジア諸国のほか、旧東欧諸国も含め、26ヶ国から170名の研修生が参加している。

さらに、原子炉プラントの特性や安全性、運転、保守等を学ぶプラント安全コースを原子力機構敦賀地区で継続開催している。講義ばかりでなく、福井県にある原電敦賀のBWR、関電美浜のPWR、原子力機構の高速炉「もんじゅ」の3炉型に接することができるのが大きな特徴である。18年度からこれまで、8ヶ国から36名の研修生の参加があった。

アジア諸国の人材育成への国際協力

原子力委員会が主催するアジア原子力協力フォーラム(FNCA)の8協力分野の一つとして、11年度から人材養成プロジェクトが開始され、FNCA参加10ヶ国における原子力開発利用のための人材育成をプロジェクト・リーダーとして協力している。ワークショップを年1回開催し、アジア原子力訓練教育プログラム(ANTEP)を中心に原子力分野の人材育成に関する連携協力活動を進めている。本年は福井県で公開セミナーと併せてワークショップを開催した。20年度から運用開始したANTEPでは、アジア各国の原子力人材育成ニーズと各国が有する研修やセミナーなどのプログラムとの間のマッチング調整を行っている。

19年度に開催されたFNCAスタディパネルにおい

て、原子力発電導入に向けた人材育成に関する情報をFNCA参加国間で共有することが提案され、20年度より内閣府の委託により、原子力人材データベースの整備を当センターが開始した。データベースには、各国が実施する原子力発電に関する基礎基盤から応用までの研修、セミナー等の情報ばかりでなく、原子力発電導入時の経験、必要な制度や安全規制、良好事例など、原子力発電導入にとって参考となる情報を収集している。21年度には、データベースの改良・拡充を当センターが実施している。

我が国の特別拠出金プログラムである国際原子力機関(IAEA)アジア原子力安全ネットワーク(ANSN)では、アジア地域における原子力施設の安全性向上のために技術知識と実践的経験を共有することを目的としている。本ネットワークの活動の一つに原子力安全に関する教育があり、当センターは関連会合に参加するとともに、教材を含む情報等を提供している。

今後の課題

アジア諸国を対象とした原子力人材育成に関し、私見を交えた今後の課題を以下に挙げる。

(1) 意義・目的、戦略の明確化

当センターの原子力人材育成は、国の方針に基づき、原子力先進国としての責務、安全確保は我が国にとっても必須、エネルギー安全保障や環境問題、原子力知的基盤形成への貢献、さらに、我が国の原子力産業発展への寄与などがその意義・目的としている。一方、2008年5月にフランスがCEA内に設置した国際原子力支援機構(AFNI)や韓国の人材育成に関する最近の動きを見ると、産官学が一体となってビジネス最優先でアジアの原子力人材育成を展開していると感じる。現下の状況を踏まえ、意義・目的を再検討し、特に、戦略を明確化する必要があると思う。アジア諸国にも経済的に余裕が出てきた国がある反面、バングラデシュのように本当に困窮している国もあり、招待ベースを一部見直す必要もあろう。また、我が国の原子力人材確保先として、欧米諸国に加えてアジア諸国も候補に入れる視点も必要と思う。

(2) 産官学の役割分担の明確化と連携協力の強化

これまで、文科省、経産省、電力、メーカー、大学、研究機関それぞれの役割分担があまり明確でなく、連携協力も不十分であり、むしろバラバラに実施してきた感がある。同一の研修生が両省関連で類似の研修を受けていた例などがあった。放射線利用を含む基礎基盤の研究は文科省、原子力機構などが担当し、設計、建設、運転、保守など原子力発電に直接関係する協力は経産省、電力、メーカーが基本的な役割分担であるが、安全規制など両者にわたる領域についても役割分担と連携強化が必要である。例えば、統一的な研修生データベースの整備、過去の研修生へのフォローアップ、産官学で中高年専門家や施設の相互活用などに取組んでいく必要がある。

(3) 効果的、効率的な実施方法の確立

アジア諸国からの人材育成ニーズの増大ばかりでなく、国内でも大学等から原子力機構への人材育成の要請が急増しており、退職や高齢化により講師の絶対数が不足気味である。研究や開発現場へのOJTの要請もあるが、同様の問題から受入体制の確保も難しくなっている。さらに、体験的訓練に必要な実習施設が高経年化や維持費の削減等により、その確保も厳しくなっている。今後は、知識・経験を有する中高年者の積極的な活用、講師を確保するシステムの導入、研修の品質向上の努力、内外人材育成資金の確保、遠隔教育システムの導入など、研修の効果的、効率的な実施方法を確立していく必要がある。

将来に向けて

当センターの直接の担当ではないが、昭和60年度から文科省が開始した研究交流制度では、我が国の研究機関・大学にアジア諸国の技術者・研究者をこれまで1,500名以上を受け入れてきた。このうち約100名が各国の原子力委員会委員、研究所長、部長、大学の学部長等のハイレベル職に現在就いている。筆者が2007年に出席したIAEAの諮問委員会では、あるアジア国の研究所長が議長を務め、ブレイク時に会話したらかつて研究交流制度で旧原研に数ヶ月派遣されていたことを知り、共通の知人が多いことから情報交換のレベルが急上した。委員会で議長から筆者の発言が取り上げられるなど、我が国の立場に好影響が得られた体験がある。こうした潜在的な我が国の応援団をシステムチックにネットワーク化し、関係者と情報を共有することにより、我が国原子力界の将来に役立てることも考慮すべきであろう。

かつて研究室にアジアからの研究者を何人も受け入れ、現在も国際研修・協力を実施している筆者の経験では、アジア諸国向けの人材育成活動を通じた多彩な交流から多数の知己を得るとともに、国情や文化の違いからも多くのことを学んでいる。そもそも教えることは基本的に面白く楽しいことであり、自己の勉強になり、かつ評価されることである。豊かな知的ネットワークの構築にも役立つ。筆者も参加している原子力人材育成関係者協議会²⁾では、産官学が連携協力して、上記を含めた原子力人材育成に関する諸課題を検討しており、こうした教育の原点も踏まえて、アジア諸国向けの人材育成協力のあるべき姿を関係者ととも検討し、我が国の将来に向けて尽力したい。

(2009年 11月 6日 記)

—参考文献—

- 1) 杉本 純, 学会と共に歩む原子力研修センターの50年, 日本原子力学会誌, 5[1], (2009).
- 2) 原子力人材育成関係者協議会報告書, 日本原子力産業協会, 平成21年4月.



このコーナーは各機関および会員からの情報をもとに編集しています。お近くの編集委員(目次欄掲載)または編集委員会 hensyu@aesj.or.jp まで情報をお寄せ下さい。資料提供元の記載のない記事は、編集委員会がまとめたものです。

行政刷新会議が原子力関連事業を仕分け

行政刷新会議は11月11日から27日までかけて都内で、来年度予算で要求された項目の「事業仕分け」を行った。原子力関連プロジェクトでは、原子力機構の高速増殖炉「もんじゅ」について、「経済産業省と文部科学省の責任、役割の分担が不明確であり、その整理をしなければ結論を出すのは困難」だとした上で、「もんじゅ本体の運転再開に関わる経費は残す」と運転再開を容認した。しかしながら一部の評価者は、その予算の削減を求めた。

高レベル廃棄物処分技術開発(深地層部分)については、文部科学省だけでなく経産省との共同所管であるため、「経産省の全体計画をしっかりと見直した上で、可能であれば来年度の予算計上の見送りの方向で、経産省と文科省と財務省とで協議する」こととなった。国際熱核融合実験炉研究開発(ITER サテライト・トカマク計画)については、要求通りの

評価となった。

また理化学研究所の大型放射光施設(SPring-8)については、予算を3分の1から2分の1程度に削減する評価となった。さらに原子力システム研究開発事業に関しては、「人材育成はとても重要だが、別途の競争的資金は無駄や重複が生じやすく、予算の縮減が必要」だと判断。戦略性と効率性を考えた上で、2割程度の縮減が妥当だと結論が下された。

これに対して総合科学技術会議は12月9日、科学技術予算の優先度判定を行い、事業仕分けで縮減とされたSPring-8については、着実・効果的に実施すべきだとする判断。また仕分けで事実上の凍結とされた次世代スーパーコンピュータについても、確実に推進すべきだとし、仕分けとは異なる判定を示した。

JCO 事故から10年、安全委がこれまでの取組みを総括「安全性をさらに確かに」

原子力安全委員会は9月30日、JCO ウラン加工施設臨界事故から10年が経つのを契機に、「JCO 臨界事故10年を迎えて一原子力安全委員会の取組み状況について」をまとめた。事故の教訓を踏まえて、同委がこれまで講じてきた原子力防災対策、原子力安全確保の取組みなどを整理したもの。これに伴い、同日の安全委臨時会議で、鈴木篤之委員長は「ルールは時として守られぬことがあり、むしろ守られぬ立場からの配慮も必要」とした上で、「制度、仕組み面での取組みを積極的に図り、安全性をさらに確かなものにしていくことが重要」などとする所感を述べた。

今回の取りまとめでは冒頭に、安全委員会による事故収束のための対応、原因究明・再発防止に向けた検討などを振り返っている。事故原因の究明に関

しては、吉川弘之・日本学術会議会長(当時)を長とする事故調査委員会を始動、11月5日には「緊急提言・中間報告」をまとめた。政府はこれを受け、早急に原子力災害対策強化のための法整備に乗り出し、12月13日、原子力災害対策特別措置法が成立。時期を同じくして、原子力施設の安全規制強化として、原子炉等規制法の改正もなされた。

また直嶋正行経済産業大臣は9月29日に、事故を踏まえた法整備、それに基づく取組みなどから、「徐々に国民の信頼も回復しつつある」とした上で、「事故の教訓を常に胸に抱きつつ、引き続き安全の確保充実に強い意識を持って取り組むとともに、万一の際の危機管理対応体制の確保に万全を期す」との談話を発表した。

(資料提供：日本原子力産業協会)

東芝が米 NRC から認定，ABWR 輸出へ大きく前進 磯子センターと府中事業所が米規制要求に合格

東芝は10月8日、米国原子力規制委員会(NRC)から、米国型 ABWR の原子炉供給メーカーとしての認定を受けた、と発表した。

東芝は09年2月に、米国テキサス州に建設予定のサウス・テキサス・プロジェクト(STP)3,4号機(各140万kW級 ABWR)の新規原子力プラントの設計・調達・建設を含むプロジェクト全体の一括契約(EPC契約)を受注し、日本企業として初めて海外での主契約者となり、原子力発電所の建設に乗り出していた。

今回の NRC の認定は、同社が原子炉を供給するにあたり、設計、品質管理について十分に米国の原子力規制の要求を満たしていることが認められたもの。

監査の対象となったのは、磯子エンジニアリングセンター(神奈川県横浜市)と府中事業所(東京都府中市)の原子炉の設計、品質保証部門。監査の結果、NRC は、同社の設計、試験検査に関わる品質保証システムや、許認可対応体制が要求を満たしていることを確認した。

サウス・テキサス・プロジェクト3,4号機は、米国政府による原子力発電所の新規建設の債務保証の最終候補プラントに選ばれており、着工に向けた準備が進められている。運転開始は同3号機が2016年、4号機が17年の予定となっている。

(同)

玄海3号, MOX 燃料装荷 国内初の本格プルサーマル発電開始へ 12月2日に営業運転開始 九州電力, 計画表明から5年半

九州電力は10月18日、定期検査中の玄海原子力発電所3号機(PWR, 118万kW)への MOX 燃料装荷を完了した。8月30日から実施中の定検に際し、10月15日より作業を行っていたもの。12月2日に営業運転に入り、これにより国内での本格的なプルサーマル発電がスタートした。

同社は04年4月、玄海3号機でのプルサーマル実施を決定、翌5月には MOX 燃料使用に関する国への原子炉設置変更許可申請と、安全協定に基づく佐賀県、玄海町への事前了解願いを提出した。以降、05年9月には国の許可、06年3月には自治体からの事前了解を得て、同9月に三菱重工と MOX 燃料供給契約を締結、燃料の製造はフランス・メロックス工場が行った。プルサーマル実施に向けた手続きとしては、同じ PWR では、98年に国の許可を得た関西電力高浜発電所の方が当初、先陣を切っていたが、燃料データ不正問題、美浜3事故対策により近年、玄海3などの他機計画が先行してきた。

今回の燃料装荷は、燃料集合体193体中、取替となる計80体の新燃料のうち、MOX 燃料を16体装荷

するもので、当初、今月3日に作業を開始する予定としていたが、佐賀県からの申入れを受け、延期となり、15~18日に実施された。国への許可申請上は、MOX 燃料の装荷は最大で48体となっている。

フランス製造のこれら MOX 燃料16体は去る5月下旬、航路にて玄海発電所に輸送・搬入されたのだが、同便にて、中部電力浜岡発電所、四国電力伊方発電所にも、BWR 燃料28体、PWR21体がそれぞれ輸送されており、両機とも来年度までには、定検時の燃料装荷を経て、プルサーマル発電を開始する見込みだ。

今回の MOX 燃料装荷を受け、森詳介・電気事業連合会会長は10月16日の定例会見で、「プルサーマルの実現は私どもにとって長年の悲願であり、原子燃料サイクルの確立に向けて極めて大きな前進」と述べたほか、6月に決議した「15年度までに全国で16~18基の原子炉でプルサーマル」が実現するよう、業界を挙げて取り組む姿勢を新たに示した。

(同)

原産協会、民主党への期待を表明 「温暖化の切り札に」

日本原子力産業協会の服部拓也理事長は9月25日、「原子力発電の着実な推進を期待する一民主党政権への期待」と題する提言を表明した。

服部理事長は、新政権が最優先で取り組むことを期待する3課題として、①原子力発電の温暖化対策の切り札としての位置付け、②積極的な海外展開による環境と経済の両立、③核不拡散への貢献一を挙げた。

提言では、原子力発電を地球温暖化対策の切り札として位置付け、既存の原子力発電所の能力を最大限に活用すること、日本の高い技術力をベースに、

原子力分野で積極的に海外展開することにより、地球規模の温暖化対策に寄与するとともに、わが国の経済発展にもつなげることを求めている。

また同時に、核不拡散に関する日本の技術力と実績を踏まえ、世界の原子力開発計画に貢献するとともに、核軍縮さらには核廃絶に向けての道筋を確かなものにしていくことを求めている。

提言の全文は、原産協会ホームページ(<http://www.jaif.or.jp/>)の「解説・コメント・コラム」のコーナーに掲載。

(同)

N-20会合を鎌倉で開催，日仏専門家が議論

原産協会がフランス原子力庁(CEA)をはじめとする仏専門家らと、ほぼ毎年、両国で交互に開催している日仏原子力専門家会議(N-20)の第16回会合が10月13、14日の両日、神奈川県鎌倉のホテルで開催され、14日に共同声明を発表した。

フランス側からはベルナル・ピゴ CEA 長官、ジャック・ブシャル CEA 長官付顧問、日本側から秋元勇巳・三菱マテリアル名誉顧問、近藤駿介・原子力委員長、服部拓也・原産協会理事長ら20数名が参加した。

両国関係者は、①前回からの進捗報告と原子力政策、②原子力発電国際協力、③第4世代炉と核燃料

サイクル、④核物質輸送一などについて個人の資格で意見交換した。

日仏双方はともに、気候変動対策における原子力発電推進の重要性に言及した。

原子力発電の新規導入国への協力・支援では、原子力発電が拡大していく上で、人材育成や保障措置/核不拡散、安全性、核セキュリティの3S確保の重要性でも一致した。

同会合の概要と共同声明は、原産協会ホームページ(<http://www.jaif.or.jp/>)の「原産協会からのお知らせ」のコーナーに掲載。

(同)

第30回日韓原子力産業セミナーを開催

原産協会は10月26、27日の両日、東京都港区のアジュール竹芝で、第30回日韓原子力産業セミナー(日本側準備委員長:服部拓也原産協会理事長)を開催し、両国の原子力開発利用をめぐる最新の情報・意見の交換を行った。

同セミナーは、1979年以来、韓国原子力産業会議との共催で、原子力開発利用に関する情報・意見の交換の場として交互に開催されているもの。

今回、韓国側からは、韓国原子力産業会議の具翰謨(ク・ハンモ)常勤副会長を団長とし、韓国水力・原子力発電、韓国原子力研究所、韓国電力技術や韓国放射性廃棄物管理公団等の46名が参加した。



セミナーでは、「原子力発電所の運転・保守」、「使用済燃料・放射性廃棄物の管理、輸送」、「原子力発電所の設計・製造」と「将来炉技術」をテーマとした講演セッションのほか、パネルセッションとして、原子力の「人材育成」について発表・討論が行われた。

セッションの中では、韓国側から、原子力発電所利用率94%達成を目指す取組みについて紹介されたほか、低レベル放射性廃棄物処分場が2009年末に一部操業を開始することや08年12月の研究開発長期計

画に基づく高速炉開発の状況に関して報告。人材育成のテーマでは、韓国の原子力開発50年間の人材育成の知見を海外と積極的に共有しようとする取組み等が紹介されたほか、今後、日韓に中国を加えた3か国が原子力人材問題について情報・意見交換を行うことも提案された。

第30回目の日韓セミナー開催にあたり、日本側から韓国側に記念の盾が贈呈された(写真)。

(同)

動画配信のご案内

原産協会では、原子力関係の情報を毎月、動画配信(インターネット・テレビ)「Jaif Tv」として、原産協会ホームページ(<http://www.jaif.or.jp/>)から、無料でお届けしている。

2009年9月～11月の番組は以下の通り。

- ・レポート 大強度陽子加速器施設 J-PARC (9/15公開)
- ・IAEA 総会天野次期事務局長ステートメント、ロシアへのフロント・エンド調査団(10/15公

開)

- ・国際人育成 WNU 夏季研修に参加して一向坊記念事業の活動(11/16公開)

また、英文ホームページ(<http://www.jaif.or.jp/english/>)から、日本の原子力産業を紹介する当協会作成のビデオ(英語)“MADE IN JAPAN—On Time, On Budget”を公開中。同ビデオは、IAEA総会時の展示会でも上映された。

(同)

科学技術と社会安全の関係を考える市民講座2009始まる

東京大学グローバル COE「世界を先導する原子力教育研究シニアチブ」が主催する市民講座が09年10月31日から始まった。この講座は05年度から続けられているもので、5年目となる。科学技術は生活を豊かにし、大自然の猛威から我々を守ってくれるが、その巨大さゆえに安全を脅かす存在でもある。そのような科学技術と社会安全の関係を多角的にとらえようとするのが講座の趣旨で、今年度は報道・地域経済・信頼・廃棄物処分・教育の各分野からの講演とパネルディスカッションが行われた。大規模科学技術の代表である原子力の話題が中心とはなるが、他の科学技術にも当てはまる様々な課題が浮き彫りとなった。科学技術をそれだけ単独で評価するのではなく、社会との様々な関係から見つめ直すことは、思考の枠を広げる効果があるとして好評をいただいている。



詳しくは <http://www.n.t.u-tokyo.ac.jp/gcoe/shiminkouza2009/> をご覧いただきたい。なお、本年度も昨年度同様、講座内容を取りまとめた冊子を編集する方向で検討している。

(資料提供：東京大学)

米機械学会貢献賞受賞—日本人で2人目

小山田 修・原子力安全委員は、このほど2009年米国機械学会(ASME)特別貢献賞を受章した。同賞は、1983年に創設され、10年以上にわたり、研究開発、基準策定などの面において学会に大きな貢献をした人に贈られる。日本人としては2人目。

ASMEは、米国における機械工学に関する学会・職能団体、1880年に創設された。ASMEには、日本からも多くの研究者、技術者が参加している。特

に、継続的に原子力発電所の建設が行われてきた原子力分野に関し、日本機械学会の発電用設備規格委員会の委員の参画などに貢献している。ASMEが規定する技術水準は、世界で最も権威のある技術基準の一つで、原子力プラント機器に関する規格は、日本の原子力安全の技術基準に大きな影響を与えている。

(資料提供：科学新聞)

強い磁場によって安定化する超伝導—フランス原子力庁青木氏ら明らかに

超伝導と強磁性は犬猿の仲で、お互いに相容れないというのが一般的な考え方だった。2007年にオランダで発見された強磁性ウラン化合物 UCoGe(ウラン・コバルト・ゲルマニウム)は、この常識を打ち破る物質であり、その超伝導の性質を解明することが待たれていたという。フランス原子力庁(CEA-Grenoble)の青木大研究員、ジャック・フルケ同研究員らは、UCoGeの高純度単結晶を育成し、極低温・強磁場の極限環境下で超伝導の性質を調べた結果、通常は磁場によって壊れるはずの超伝導が、逆に磁場によって安定化しており、むしろ磁場が超伝導の発現を促していることを突きとめることに成功した。

研究で調べられた UCoGe の超伝導の電子対のスピンの向きは、お互いに同じ方向を向いている。そのため少々の磁場を加えたぐらいではなかなか壊れないことに特徴がある。UCoGeの高純度単結晶は、最新式の日本製テトラアーク炉によって育成した。この試料を用いて低温・強磁場下の極限環境下で電気抵抗を精密に測定した。通常はほぼ直線的に変化するはずの上部臨界磁場曲線が、S字型の曲線を描き、絶対温度0.4K(ケルビン)付近で上部臨界磁場が急激に増大している。つまり超伝導が磁場に

よって安定化している。さらに絶対零度付近では、地磁気の約60万倍に相当する20T(テスラ)もの巨大な上部臨界磁場を持つ。通常のBCS超伝導メカニズムから期待される上部臨界磁場は1T程度なので、それに対してUCoGeの場合は実に20倍も強靱な超伝導が実現している。またS字型カーブのあたりを詳しく調べると、その近傍で磁場によって強磁性の磁気モーメントが揺らいでいること、さらに、そこでは伝導電子の質量が見かけ上重たくなっており、これが超伝導の特性と深く関係していることがわかった。

青木研究員の話「成果のポイントは、◇純良単結晶、◇磁場方向の精密制御の2点にあり、これにより、磁場が超伝導を強化するという通常では考えられない実験事実が明らかになった。今後、新たな強磁性超伝導体および“磁場に強い”超伝導体の物質探索を進めるとともに、磁性と超伝導の基本メカニズムの解明に発展させたい」。

この成果は、日本物理学会の英文誌 Journal of the Physical Society of Japan(JPSJ)の2009年11月号に掲載された。

(同)

放射光軟 X線を用いて選択的 DNA 損傷の誘発に成功—新たな DNA 操作技術への応用に期待

日本原子力研究開発機構先端基礎研究センター放射線作用基礎過程研究グループの藤井健太郎研究員らは、透過性が弱い軟 X線と呼ばれる X線を用いて、3種類の DNA 損傷を選択的に誘発させることに世界で初めて成功した。これにより将来、DNA の修復に関する医療の研究分野や、DNA をナノデバイスとして利用する産業開発の分野において、新たな DNA 操作技術への応用が期待される。

原子力機構はこれまで、放射線による細胞の致死や突然変異などの主要な原因とされる DNA 損傷がどのように誘発されるかを、SPring-8で発生させた軟 X線を利用して調べる研究を行ってきた。分光器と呼ばれる装置を用いると、軟 X線のエネルギーを選択することができ、一般的な放射線では難

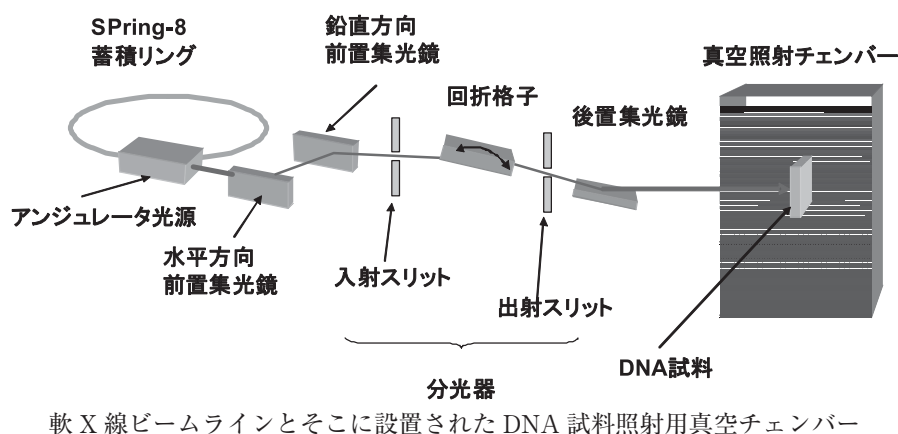
しかった DNA 中の特定元素を効率的にイオン化することが可能となる。そこで、軟 X線のエネルギーを選ぶことで DNA 中の炭素、窒素および酸素をそれぞれ選択的にイオン化し、この時に生成する様々な DNA 損傷の誘発頻度を調べてきた。

その結果、DNA の鎖の切断と、遺伝情報を担う核酸塩基であるプリン塩基とピリミジン塩基の変異という3種類の DNA 損傷を、元素を選択的にイオン化させることにより、異なる効率で誘発させることに成功した。

(参考 <http://www.jaea.go.jp/02/press2009/p09110501/index.html>)

(資料提供：日本原子力研究開発機構)

軟X線ビームライン (BL23SU)



核融合炉用マイクロ波発生装置で従来の1.5倍の世界最高出力を達成—ITER にも適用可能な新方式

原子力機構は、世界最大級の核融合実験装置「臨界プラズマ試験装置(JT-60)」に設置しているプラズマ加熱用マイクロ波発生装置「ジャイロトロン」のマイクロ波出力1.5MW(メガワット)を、4秒間にわたって維持することに成功した。1秒以上の時間を維持できたこれまでの世界最高記録は1MW。なお今回の成果は、現在建設中の国際熱核融合実験炉

ITER や JT-60の後継装置である JT-60SA の加熱装置の高性能化に大きく貢献することが期待される。

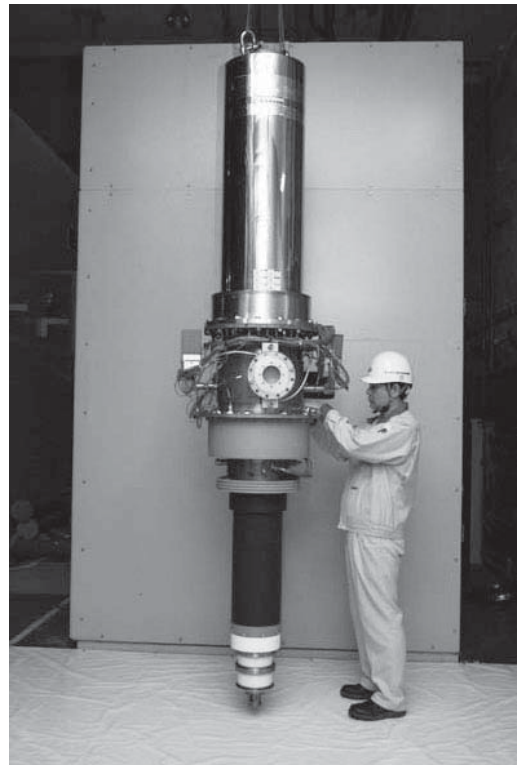
核融合反応を起こすためには、プラズマを効率よく加熱することが必要になる。このために用いられるのがマイクロ波である。なお大型の真空管である「ジャイロトロン」は、電子ビームを強磁場中で加速

し、そのエネルギーをマイクロ波に変換する装置であり、高出力マイクロ波を1秒以上発生できる「ジャイロトロン」の開発が世界中で進められている。

しかし、電子ビームのエネルギーを大きくすると、マイクロ波に変換されずは無駄になるエネルギーが増える。これまでに原子力機構では、磁場の強さを調整することで、電子ビームを受け止めるコレクタの発熱を大幅に減らせる「高効率動作」を実証していた。しかしながら、その「高効率動作」への移行に数10秒を要しており、それがコレクタへの熱負荷となる難点があった。

この問題を解決するために原子力機構では、電子ビームを引き出す電極の電圧を変化させて、電子ビームの軌道を制御する方式を開発。約0.1秒で「高効率動作」へ移行することに成功した。これにより、「高効率動作」へ移行するまでのコレクタの温度に余裕を確保できたため、従来の1.5倍のマイクロ波出力が可能となった。

(参考：<http://www.jaea.go.jp/02/press2009/p09111601/index.html>)



(同)

海外情報

(情報提供：日本原子力産業協会)

[国際]

OECD/NEA, 多国間設計評価で 国際会議

経済協力開発機構・原子力機関(OECD/NEA)は、同機関が事務局を務めている多国間設計評価プログラム(MDEP)のこれまでの活動と実績について、原子力産業界の関係者や実際の活動に加わっていない国の規制当局者などにも広く周知するための国際会議を9月10日と11日の2日間、パリで開催した。

MDEPの目的は、第3～第4世代の新しい原子炉設計について安全審査を効果的かつ効率的に進めるため、安全解析コードや基準、安全目標などに関する各国規制当局のリソースや知見が有効活用できるような革新的手法の開発に多国間で取り組むこと。05年に米原子力規制委員会(NRC)の当時の委員長がMDEPの前身となる設計承認プログラム(MDAP)を提案し、06年9月にプログラムとして

の付託条件が承認された。

日本からは原子力安全・保安院が、規格基準や安全目標の共通化に取り組む第2ステージの準備会合から参加。現在はNEAと国際原子力機関のほか、日本を含めた米、英、仏、韓、露、加、中、フィンランド、南アの10か国が参加している。

同プログラムには、発足当初は計画全体のマネジメントを担当する政策グループ(PG)の下に運営技術委員会(STC)と機器製造施設監督作業委員会(WGCMO)が設置された。STCはまず、プログラムの実現性を評価するため、06年秋から「パイロット計画」を開始。①ECCS、②シビアアクシデント、③デジタルI&C-について、規制要求や実務が共通する分野と相違する分野など、各国の規制活動について1年間にわたって調査した。同計画は07年末に完了し、08年3月には今後の活動の形態や項目を明記した「勧告と評価」が報告書にまとめられている。

現在のMDEPでは、同報告書に従って「MDEPライブラリー」が設置されたほか、STCの下部組織として、原子炉設計ごとに特化した作業グループ(現段階ではEPRとAP1000のみ)と、個別の課題ごとに3つの作業グループ(①デジタルI&C、②コード

および基準、③ベンダーの検査)が08年4月から活動。09年6月にはこれらの作業グループによる1年間の活動内容を初めて、年次報告書として作成した。

この中でPGのA・ラコステ議長は、MDEPとしてのこの最初の1年で、基準となる規制慣行や要求項目の統合を価値の高い、達成可能な目標だとするパイロット計画の結論が確認されたと評価。この目標達成のために、PGではMDEPを長期的なプログラムとして少なくとも5年、活動継続させることを決定したとしている。

今回、パリで開催された国際会議では、23か国・10国際機関から170名以上が出席した。事務局であるNEAは同会議により、MDEP参加国は非参加国の規制当局者のみならず、原子力産業界および基準開発機関の代表者らと正式に意見交換するための貴重な機会が得られたと強調。すべての出席者にMDEPの活動と実績の概要を説明するとともに、原子炉設計の標準化や規制要求項目の調整で世界がどのように協力していくべきか勧告する機会になったとしている。

日本からは原子力安全・保安院の中村幸一郎首席統括安全審査官が出席したほか、産業界から三菱重工業やGE日立、日本製鋼所、電気事業連合会、原産協会の代表者などが発表者として登壇した。

[米国]

オバマ大統領、NRC 委員にマグウッド氏ら 2 氏を指名へ

米国のオバマ大統領は10月9日、米原子力規制委員会(NRC)委員の2名の空席に、マサチューセッツ工科大(MIT)のG・アポストラキス教授と、元・米エネルギー省(DOE)高官のW・マグウッド氏を指名するとの意向を表明した。

アポストラキス教授は1973年にカリフォルニア工科大で工学・応用数学の博士号を取得。米原子力学会、リスク研究学会のメンバーで、MITでは工学システムの教授を務めている。複合的な技術システムのリスクおよび信頼性評価や原子炉安全、不確定性解析、設計における確率論的リスク評価(PRA)などで数多くの研究論文を執筆しており、一時期はNRCの原子炉安全諮問委員会委員長を務めていた。

一方、NRCのD・クライン委員は10月16日、オバ

マ大統領宛ての書簡の中で2011年6月の任期満了を待たずにNRCを辞したいとの意向を伝えるとともに、後任委員を指名するよう要請した。退任後はテキサス大学で教授職につくなど個人としての生活に戻りたいと希望する一方、後任委員が就任するまではNRCでの職務を全うするとしている。

[アルゼンチン]

加との CANDU 協力を延長

カナダ原子力公社(AECL)は9月21日、CANDU 6型炉に係るアルゼンチンとの協力プログラムおよび新型CANDU炉(ACR1000)の開発協力を延長するため、同国と新たに3年間の協力協定を結んだと発表した。

アルゼンチン側から署名に臨んだのは原子力委員会(CNEA)およびアルゼンチン原子力発電会社(NASA)の幹部。同国で稼働するCANDU 6であるエンバルセ原子力発電所(64.8万kW)の運転寿命延長や、同国における新たなCANDU炉建設の実行可能性調査(FS)など、2006年に両国が結んだ複数の協力プログラムを継続する内容となった。協定にはまた、加圧重水炉技術の高度化や燃料チャンネル機器の製造、CANDU燃料サイクル設計などに関する計画の枠組みも明記。AECLはこれらにより、南米でさらなるビジネス・チャンスを模索していきたいとしている。

なお、アルゼンチンは同日、ヨルダンとも原子力平和利用協力協定を締結した。こちらは、原子力の導入により経済の活性化を目指すヨルダンに対し、アルゼンチンが基礎研究や放射性同位体製造、発電炉と研究炉の設計・建設・操業、燃料機器と材料、廃棄物処理などの面で支援を提供する予定だ。

[ブルガリア]

新政権、ベレネ計画で資金調達を再検討

ブルガリア国営通信(BTA)が伝えたところによると、同国のT・トライコフ経済・エネルギー・観光相は9月29日、ベレネ原子力発電所建設計画に対してブルガリア政府が当初計画通り、51%出資する考えはないと発言した。

これは同計画に関する議会の円卓会議終了後、記者会見の席で明らかにしたものの。トライコフ経済相によると、政府は同計画の資金調達構造を再構築するためのコンサルタントを雇い、新たな出資者を募る競争入札手続きを公表する方針だ。

ベレネ原子力発電所建設計画では08年12月、国営電力である NEK 社がドイツの RWE 社と、同建設計画のための合併企業を設立することで合意。NEK 社が51%、残りの49%を RWE 社が出資し、2014年までに100万 kW 級の VVER(ロシア型軽水炉)を2基建設することになっていた。しかし、09年7月の総選挙で発足した中道右派政権は翌8月、財政危機を乗り切るために前政権時代に締結した関連契約の見直しを開始していた。

円卓会議では、同計画の総コストについて様々な見解が錯綜。主契約者が出した当初の見積額である40億ユーロ説のほかに、100億ユーロかかるとの見解も提示され、政府が出資リスクを負った場合の過度な予算負担に対して懸念が表明された。

[ベルギー]

政府が脱原子力政策を見直し、最初の3基の操業を10年延長

ベルギーのP・マニェット気候・エネルギー相は10月12日、エネルギーの安定供給やCO₂の排出抑制などのため、同国政府は2015年に閉鎖予定だった第1段階の原子炉3基の停止時期を、条件付きで10年延期する判断を下したと発表した。03年に同国で成立した脱原子力法では、国内の原子炉の運転期間を40年間に制限。ただし、実際に運転延長するために、議会や行政命令を通じて法改正するのか、あるいは同法に規定された免責事項を適用するのかなど、具体的な方策についてはまだ不透明な状況だ。

同国では脱原子力法成立の数か月後には、総選挙で緑の党が政権を離脱。それ以降の政権下では折りに触れ、閣僚や政府の諮問委員会が脱原子力法見直しの可能性や地球温暖化防止の観点から原子力を不可欠とする見解を表明していた。

しかし、08年3月に誕生した5党による現在の連立政権は脱原子力政策の維持を明言。国内で7基の原子炉を操業するエレクトラベル社とその親会社である GDF スエズ社に対して、国家財政立て直しの

ための暫定税2億5,000万ユーロを課す一方、原子力も含めた長期的なエネルギー供給構造のあり方について、政府が設置した専門家グループ(GEMIX)に調査を指示していたもの。

GEMIX が10月1日にマニェット大臣に提出した最終報告書によると、エネルギー生産部門では2015年に脱原子力政策による運転期限を迎えるドール1、2号機およびチアンジュ1号機の運転期間を10年延長しなければ発電量の不足を補えないとしたほか、ドール3、4号機およびチアンジュ2、3号機についても20年運転延長する必要性を勧告していた。

[ドイツ]

右派中道・新政権が発足、既存炉の運転期間延長へ

ドイツのメルケル新連立政権が10月28日に発足した。連邦原子力規制を所掌する新たな連邦環境・自然保護・原子炉安全大臣には、キリスト教民主同盟(CDU)のノルベルト・レトゲン連邦議会議員(44)が任命された。それに先立つ26日、与党を構成するキリスト教民主/社会同盟(CDU/CSU)と自由民主党(FDP)の党首が連立協定に署名した。

その中で、「原子力は橋渡しテクノロジーであり、信頼をもって再生可能エネルギーでとって代わられるまでの間、活用していく」との基本的な考え方が示されている。具体的には、「ドイツや国際社会の厳しい安全基準を遵守して、ドイツの原子力発電所の運転期間を延長する用意がわれわれにある」という。この点は、選挙中の両党共通の最大の公約の一つであった。

一方、「原子力法の新規建設禁止は存在し続ける」として、CDU/CSUの公約どおり、新たな原発は明確に建設しない方針だ。

原子力発電所の運転期間延長によって生じた追加利益の「実質的部分は、国が徴収することとする」と述べている。その収入は、「再生可能エネルギーの蓄電技術やエネルギー効率の強化などの研究」にあてるといふ。こういう面を含め、「運転期間延長の諸条件については、事業者と詳細を詰めていく」として、具体的な内容を今後の交渉に委ねている。

もう一つの公約であったゴアレーベン岩塩鉱の調査再開も、連立協定で明確にしている。かつての社

会民主党と緑の党の連立政権は2000年に、大手電気事業者と、調査凍結で合意した。その凍結をただちに解除し、「ゴアレーベンが最新の国際基準を満足させるかどうか、国際ピアレビュー団を招いて検証する」と述べている。

さらに、岩盤の安全性が問題となっているアッセ処分実験場と旧東独のモルスレーベン最終処分場は、すみやかに閉鎖する。

[フランス]

安全規制局、カダラッシュの事象をレベル2に

フランス原子力安全規制局(ASN)は10月14日、カダラッシュで解体中の MOX 燃料製造工場でプルトニウム蓄積量の推量管理ミスがあったにもかかわらず、ASN への届出が数か月遅れたことを重く見、国際原子力事象評価尺度(INES)でレベル2に相当すると裁定した。

1964年に操業開始した同施設(ATPu)は、仏アレバ社が91年にフランス原子力庁(CEA)から引き継いで、主に高速炉用の MOX 燃料を製造していた。03年に約40年間の商業運転を終了するまでに約50トンのプルトニウムをリサイクル。08年3月から解体作業が行われており、立入り不能なグローブボックス部分には操業終了当時、合計約8kgのプルトニウムが蓄積されていると見積もられていた。

しかし、解体作業開始後、新たに22kgのプルトニウムが回収され、蓄積量は今後の精査で約39kgに達する見通しとなっている。

CEA では09年6月頃この事実に気付いたにもかかわらず、ASNに報告したのは今月6日になってから。ASNでは、蓄積量の過少見積もりは臨界事故防止上、安全裕度を損なうことであり、操業期間中にこれを探知できなかった上、ASNへの報告が遅れたことは安全文化の欠如を露呈していると言明。ASNは9日に独自の検査を行った結果、同事象をINESの7段階評価で「異常事象」を表すレベル2

に分類するとともに、解体作業の停止を命じている。

[イタリア]

米国とイタリアが原子力発電分野で協力、伊の軽水炉建設を支援

米国とイタリアは9月29日、原子力部門における研究開発協力と産業協力を進めるため、2種類の2国間合意文書に署名した。イタリアにおける新たな原子力発電所建設に協力し、その実現に向けて一層具体的な道筋を付けるとともに、先進的な原子力システムや関連する燃料サイクルの研究開発で両国が協力関係を深めていくことになった。

[中国]

ロシア、中国でのFBR建設で協力

中国外務省は10月13日、中国国内における軽水炉建設およびFBR実証炉建設計画で、ロシアと協力合意文書を交わしたことを明らかにした。

これらはロシアのV・プーチン首相が第14回中ロ定例協議のために訪中した際、温家宝国务院総理(首相)との間で調印された。一つは、中国で稼働中の「田湾原子力発電所関連の原子力協力に関するロシアと中国核工業集团公司(CNNC)との了解覚書(MOU)」で、もう一つは「中国におけるFBR実証炉の事前設計調査契約に関する中ロの建設協力」に関するもの。

具体的な協力内容について中国外務省は明らかにしていないが、106万kWのロシア型軽水炉(VVER)が2基稼働する田湾発電所関連では、2期工事建設のための価格上限や双方の希望事項など、同発電所プロジェクトをさらに進めていくための議定書が定められた模様。FBR関連では、ロシアがベロヤルスク4号機として建設しているBN-800(FBR、80万kW)との類似原子炉について、設計作業など事前プロジェクトを始めるための議定書が調印されたと伝えられている。

このほど日本原子力学会は、政府の行政刷新会議の事業仕分け作業における原子力関連予算に対する要望書を文部科学大臣に提出しましたので、ここに掲載します。

平成21年11月27日

文部科学大臣 川端 達夫 様

日本原子力学会
会長 横溝英明

長期的展望に立った原子力エネルギー研究開発の推進を (平成22年度原子力関連予算に関する要望)

(社)日本原子力学会は、原子力の広範囲にわたる学術・技術専門家集団として、原子力分野の科学者・技術者の英知を集め、原子力平和利用の調和ある発展を通じて世界の人々の幸福と平和に貢献している学会であります。

今般、鳩山内閣による平成22年度予算の事業仕分けの模様を拝見し、科学技術、特に原子力技術関連予算の検討と評価結果について、本要望書を提出させていただきますので、ご配慮のほど、宜しく願い申し上げます。

科学技術とは、長期的展望に立った戦略のもとに着実に積み重ねていくものであり、科学・技術者のチャレンジフルな意欲を維持することが科学技術立国を標榜する我が国にとって、非常に重要な視点であります。原子力技術にとってもそれは例外ではありません。長期的展望に基づかない方針変更は、研究開発を停滞させ、取返しのつかない成果の後退に見舞われることは必至であります。

鳩山総理大臣は、総理就任直後の国連気候変動サミットにおいて、「日本は、2020年迄に温室効果ガス排出量を25%削減する」という目標を示され、地球環境に対する見識の深さ、世界に先駆けて高い理想を掲げていくリーダーシップの力強さを世界に印象付け、日本の総理大臣として高く評価されております。民主党のマニフェストにも「原子力は着実に推進する」と謳われているように、この目標を達成する有力な施策のひとつに原子力エネルギーの貢献があることは疑いのないところと考えております。しかし、今回の事業仕分けで、「材料試験炉 JMTR」「高速増殖炉サイクル研究開発」「高レベル放射性廃棄物処分技術開発」および「原子力システム研究開発事業(競争的資金)」が、「事業凍結または見直し」と判定されたことから低炭素社会に向けた基幹電源として認識されている原子力エネルギーの研究開発が滞ることが危惧されています。国内における研究開発の停滞は、日本の国際的立場を弱め、対等の国際協力を築くにあたって、障害となる懸念がありますし、運転中の原子力発電所にも悪影響を及ぼしたり、原子力分野の人材育成に甚大な支障を来す恐れがあります。

資源の少ないわが国が、国際的に名誉ある立場を得、国益を確保するためには科学技術が重要であることは論を待ちません。その有望な技術資源のひとつが原子力技術であることもまた自明であります。そうした戦略に沿った予算確保を強く要望し、原子力関連予算に対する再考をぜひお願いいたします。

日本原子力学会は、今後とも原子力研究開発の重要性を十分認識し、この分野の一翼を担い、社会の発展に寄与してゆく所存です。

以上

我が国の最先端原子力研究開発

シリーズ解説 第16回

バックエンド事業の円滑な推進を支える

使用済燃料輸送・貯蔵と放射性廃棄物処分にかかわる
先端技術の開発

(財)電力中央研究所 河西 基

我が国においては、エネルギー安定供給と地球温暖化対策が重要な課題となっており、当面は原子力発電がその中核的な役割を期待されている。原子力発電の安定な推進を図る上では、使用済燃料の中間貯蔵、あるいは低レベルや高レベルの放射性廃棄物の処分を円滑に進めることが極めて重要である。電力中央研究所(以下、電中研)では、上記の課題に関わる技術開発を“バックエンド事業支援技術”という位置づけのもと、全所横断的なプロジェクト課題として取り組んできている。本稿では、それらのバックエンド事業支援技術の最新の研究開発動向を紹介する。

I. はじめに

現在、地球温暖化対策やエネルギー源の安定確保が世界規模での重要な課題になっている。特に、エネルギー資源に乏しい我が国においては、原子力発電が当面の基幹電源としての役割を果たすことが期待されるとともに、原子力発電所で運転した後の使用済燃料を再処理し、まだ使えるウランやプルトニウムを取り出して使用するリサイクル路線を基本方針としている。

我が国で初めての民間再処理工場は日本原燃(以下、JNFL)により運転の準備が進められているが、今後の原子力発電の柔軟性を確保する上では、特に六ヶ所再処理工場の運開が当初の計画より遅れてきている現状などもあり、使用済燃料中間貯蔵施設の重要性が増してきている。このような状況の中、我が国初の使用済燃料中間貯蔵施設の事業許可申請が2007年3月にリサイクル燃料貯蔵(以下、RFS)によりなされ、青森県むつ市において2012年度操業を目指して安全審査が行われている¹⁾。また、使用済燃料やMOX燃料に加えて放射性廃棄物などの輸送量が今後、大幅に増大することが予想さ

れており、それらの安全性確保がますます重要となっている。

一方、原子力発電所の運転に伴って発生する低レベルの放射性廃棄物を対象とした処分に関しては、低レベル濃縮廃液をセメント等により固化した第1号の埋設施設が1992年より、また雑固体廃棄物を対象とした第2号の埋設施設は2000年より操業が開始されている。いずれも青森県六ヶ所村においてJNFLにより順調に運転されてきており、2009年7月末現在で、ドラム缶廃棄物の受入れ本数は約212千本(第1号:約141千本、第2号:約71千本)に達している²⁾。また、現行に比べ、放射能レベルがやや高い高 $\beta\gamma$ 廃棄物などを対象とした次期フェーズの低レベル放射性廃棄物に関しては、地下50m以上(おおむね100m程度まで)のやや深い地中におけるトンネル方式による埋設処分施設の事業許可申請に向けた検討が電気事業においてなされている。これは、一般的な地下利用に対して十分に余裕をもたせた深度での処分という意味合いから「余裕深度処分」などと呼ばれており、国による基準・指針の策定や原子力学会等による民間規格等の検討も急ピッチでなされてきている³⁾。

さらに、高レベル放射性廃棄物に関しては、我が国では、再処理施設から発生するガラス固化体を対象として、2000年に制定された最終処分法により、地下300m以上の深い安定した地層中に処分する方針とされ、原子力発電環境整備機構(以下、原環機構)がその実施主体と

Development of Advanced Technology for Transport & Storage of Nuclear Spent Fuel and Radioactive Waste Disposal by CRIEPI: Motoi KAWANISHI.

(2009年 11月25日 受理)

して設立された⁴⁾。また、処分事業として取り組む当面の大きな課題であるサイト選定については、概要調査地区→精密調査地区→最終処分施設建設地の選定という3段階で段階的に行われる計画である。原環機構では、その第1段階にあたる文献調査に基づく概要調査地区選定調査の進め方や考慮事項などを公表するとともに、2002年12月から全国の市町村を対象に調査対象地域の公募を開始した。その後、2007年1月に至って高知県東洋町から初めての応募がなされたものの、その後に取消しがなされ、それ以降、応募がない状況が続いている⁵⁾。

このような状況を受け、2007年6月には「最終処分法」が改正され、最終処分計画とその実施スケジュールが改定されるとともに、高レベルに加えて地層処分対象の長半減期低発熱性廃棄物(TRU廃棄物)も対象とされることとなった。さらに、経済産業省総合エネルギー資源調査会・放射性廃棄物小委員会では、国による文献調査実施の申入れもできるようにしたり、国民の理解活動を国・実施主体・電気事業者や研究機関等がより連携し合って進めることなどの諸方針が打ち出された⁵⁾。

こうした状況の中、電中研は、上述のような使用済燃料の輸送・貯蔵あるいは低レベルと高レベルの放射性廃棄物処分などの技術課題全般に対して、長年にわたって取り組んできている国内でも希有な研究機関であり、事業化推進や基準・指針策定などに研究成果を反映させてきている。

以下では、電中研におけるバックエンド技術に係わる最近の研究開発状況を紹介する。

II. 電中研のバックエンド研究推進状況

バックエンドを取り巻く周辺環境の変化が激しい近年における課題解決のため、電中研では、バックエンド事業支援研究としての位置づけのもと、次の3つのプロジェクト課題を設定して研究開発を推進している。

- (1) リサイクル燃料の輸送・貯蔵(使用済燃料をリサイクル燃料と位置づけ)
- (2) 高レベル放射性廃棄物処分
- (3) 低レベル放射性廃棄物処分

また、これらの研究推進にあたっては、次のような基本的な目標のもとに実施している。

- ・各バックエンド事業の円滑な推進の支援と将来展開に備えた技術の開発と確立
- ・国による基準・指針や学協会による民間規格の策定への積極的な協力と必要な技術開発の分担実施

なお、実施にあたっては、各課題には技術的には共通するところも多いことから、所内横断的に各プロジェクト課題間の連携による総合力の発揮や外部機関との連携・協力などを積極化させることにより、限られた研究資源を有効活用して研究の推進を図っている。

以下では、電中研における各プロジェクト課題ごとに最近の取組み状況を紹介する⁶⁾。

1. リサイクル燃料の輸送・貯蔵技術

(1) 研究の目標

わが国初のRFSによるむつ市における金属キャスク貯蔵方式での使用済燃料中間貯蔵施設の事業許可申請や、各電力における計画検討を技術的に支援するとともに、より経済的で合理的なコンクリート製のキャスクを用いることなどによる新しい貯蔵方式の実用化に向けた技術開発を行う。また、今後の輸送量の増大等に備え、合理的・経済的な輸送に向けた技術開発も行う。

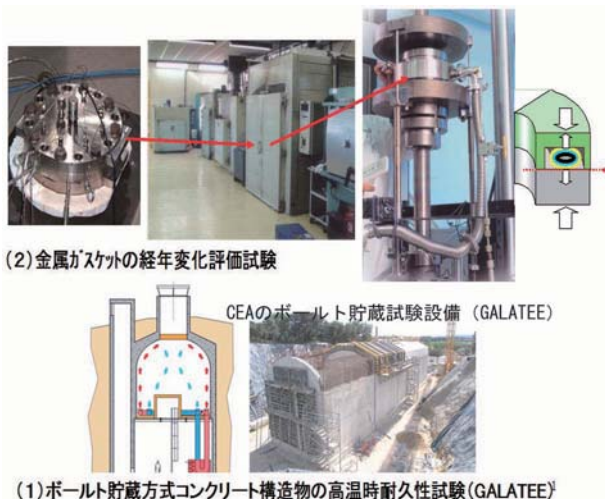
(2) 最近の主な研究内容と成果

現在、RFSにより、青森県むつ市において、金属キャスク方式による使用済燃料貯蔵施設である「リサイクル燃料備蓄センター」の2012年操業開始を目指した事業許可を申請中であるが、その円滑な操業開始を支援する一方、中部電力等でも使用済燃料中間貯蔵施設計画の検討が具体化しており、これらの計画を技術的に支援している。また次世代型貯蔵方式として、使用済燃料をキャニスタと呼ばれる鋼製容器に収納した上で、それをコンクリート製キャスクに貯蔵(コンクリートキャスク貯蔵)やコンクリート製の半地下建屋内に貯蔵(ボルト貯蔵)による新しい貯蔵技術の実用化に向けて、必要な要素研究、実証試験研究等を推進している。

これまでに、金属キャスク貯蔵の安全性のほか、安心の確保の観点から、航空機が貯蔵建屋に落下衝突した場合を想定した高速飛来物衝突時の試験・解析を行い、十分な密封健全性を有することなどを確認した⁶⁾。

また、コンクリートキャスク貯蔵におけるキャニスタの長期密封性に関して、高耐食性キャニスタ材を対象としたSCC(応力腐食割れ)試験を行い、約60年程度の貯蔵期間中に、キャニスタ表面にSCCが発生する可能性は低いことを示した¹⁰⁾。一方、コンクリートキャスクの地震時安定性については、実物大のコンクリートキャスク試験体を用いて、防災科学技術研究所・兵庫耐震工学研究センターの実大3次元震動破壊実験施設(E-ディフェンス)の大型振動台による試験を行った。この結果、固縛をしないコンクリートキャスクは、地震により揺れ、滑りや回転を伴う3次元的な応答を示したが、阪神大震災規模の地震でも転倒には至らないことを明らかにした。また、これらの試験結果から、キャスク内部に収納された使用済燃料集合体に発生する最大応答ひずみは弾性範囲内であることを示すと同時に、転倒評価指標と地震力に対する燃料集合体の応答評価手法の提案も行った⁶⁾。

ボルト貯蔵に関しては、第1図に示すようなフランスCEAとの共同研究により、浅地下ボルト貯蔵施設の概念の成立性につながるデータを取得した。



第1図 フランス原子力庁(CEA)との共同研究
大容量貯蔵施設の経年変化評価手法の高度化

(3) 今後の課題と研究の方向性

使用済燃料中間貯蔵施設を原子力発電所敷地内などに設置する場合の計画検討の支援にあたっては、個々のサイトの立地条件に応じた方法を考える必要があり、それらに関して技術的な蓄積と提案を図っていく。また、今後の安定的な原子力発電所の運転と再処理計画の柔軟性を支えるため、より経済的で信頼性の高い長期・大容量の貯蔵技術の開発、実用化を図っていく。このため、コンクリートキャスク貯蔵技術の実用化への課題である SCC 発生メカニズムの解明と具体的対策技術の開発、確立を図る一方、次世代型大容量貯蔵方式としてのボルト貯蔵施設の大型コンクリート構造物の実物大の試験等により、現行の温度制限値の緩和見直しの可能性等を実証的データと評価により明らかにしていく。

2. 高レベル放射性廃棄物処分技術

(1) 研究の目標

原環機構による高レベル放射性廃棄物および地層処分対象の TRU 廃棄物の最終処分手業を技術的に支援するとともに、合理的な処分を行うための調査・設計・評価技術の開発、実用化を図る。特に、処分手業のマイルストーンを考慮し、3段階のサイト選定のうち、当面の目標となる概要調査地区選定後の調査の円滑な実施およびその次の精密調査地区選定の段階に向けての調査・評価手法の高度化と体系化を図る。その他、最終処分施設建設地選定段階に備え、さらに必要となる調査・設計・評価手法に関わる技術開発を着実に進めていく。

(2) 最近の主な研究内容と成果

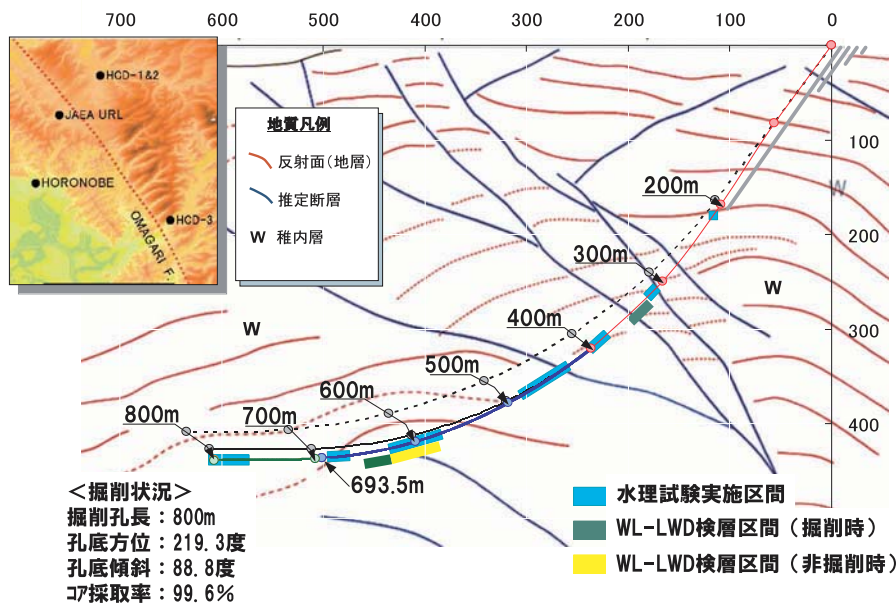
地質環境特性に関する実データに基づき概要調査の具体的な実施方法について検討し、時系列的で総合的な調査・評価フローを構築し、提案した。また、本フローに基づいて調査、評価を行うことにより、考慮すべき事項(選定要件)を十分に判断できるデータの取得が可能であ

る見通しを示した。これらは今後、原環機構による概要調査に反映が期待される。また、原環機構との共同研究として、電中研横須賀地区構内において、概要調査において用いられると想定される一連の調査技術、特に概要調査で重要となるボーリング調査について、計画からボーリング掘削、調査と評価の手順に関する現場での適用性を確認し、取りまとめた。

概要調査や精密調査等で用いるための基盤技術開発に関しては、経産省受託研究として、コントロールボーリング掘削調査技術(任意の方向と傾斜でボーリング掘削をしながら詳細な調査が可能な技術)の改良、高度化と適用性実証試験を、北海道幌延地区に分布する大曲断層を挟む地域において実施している(日本原子力研究開発機構(以下、JAEA)との共同研究)。地表踏査や地震探査の結果に基づいて設定した計画孔跡に沿って長さ約800 m、深さ450 m、最終傾斜が水平となるコントロール掘削を平成20年度末までに完了し、脆弱な地質にもかかわらず、ほぼ100%のボーリングコアの採取ができたほか、孔内やコアを用いた各種の試験により、大曲断層の地質、水理特性などを明らかにするなど、コントロールボーリング掘削調査技術が、概要調査や精密調査で十分に実用的に用いることができる見通しを示した(第2図)⁶⁾。さらに、電中研が保有する水理特性調査評価技術、地下水年代測定技術および地下水水質進化評価技術を総合的に評価することにより、より精度の高い地下水年代測定と地下水流動評価ができる技術として高度化・体系化を図り、原位置への適用によりそれらの妥当性を示した。なお、国の基盤技術開発に関しては、経済産業省資源エネルギー庁主導による“地層処分基盤研究開発調整会議”(国内主要研究機関や原環機構などにより構成)において効率的な推進のための総合調整と協力が透明性を考慮して行われている。

このほか、地質環境の長期安定性調査評価技術に関しては、隆起・沈降を評価する指標である段丘の形成年代を地質・地形・火山灰層序、地形解析および地質年代測定の手法を総合的に適用することにより高精度化した。これにより、段丘の形成年代、それらを指標とした隆起・沈降速度の精度の良い特定、あるいは明瞭な変異地形の現れていない活構造の存否の判断材料を提供できる可能性を示した⁶⁾。

さらに、JAEA との共同研究として「岐阜県瑞浪サイトにおける地下水年代測定」、「核種移行特性へのコロイド影響」、「セメントの高アルカリ性によるベントナイト材料性能などへの影響を軽減するための低アルカリ性セメントの適用性」などの研究を開始した。一方、スイス放射性廃棄物管理共同組合(NAGRA)のグリムゼル地下研究施設(以下、地下研)における花崗岩を対象とした「コロイドの形態と移動」に関する共同研究への参加も開始した。また、経産省受託研究として岩盤中トレーサ移行



幌延の大曲断層を対象として、孔長800 m のほぼ水平に達するまでコントロール掘削を実施し、大曲断層の地質・水理・地化学・物理・力学的な特徴を把握した。

第2図 コントロールボーリング掘削調査技術の実証(幌延サイト、経産省受託/JAEA との共同研究)⁶⁾

状況を精度よく評価する手法を開発・高度化するとともに、対象とする割れ目の性状を評価するためのラドン計測、音響を用いた断層写真計測技術や高粘性流体試験法などを適用し、割れ目系岩盤中の物質移行を評価するシステムとして体系化した。さらに、スイス・モンテリ地下研における堆積岩を対象とした国際共同研究では、岩盤の異方性を考慮した応力測定法の適用・実証の研究などを行っている。このほか、東急建設・横浜国大との共同研究により、堆積岩が分布する相模原の地下坑道内で、処分環境を模擬した原位置ヒーター試験を実施した。ここでは、計測技術や物理探査による簡易な温度分布評価法などの高度化および加熱時の岩盤挙動特性の把握を行った。さらに、原環機構との共同研究・受託研究などとして、地下処分空洞の坑道壁面保護などに用いられる可能性のある国内外の低アルカリ性セメントの既往の知見を整理・分析し、高レベル廃棄物処分施設への適用にあたっての課題を明確化した。

(3) 今後の課題と研究の方向性

概要調査地区選定のための調査地域への自治体からの応募が近い将来になされることが期待されているが、その後の概要調査や精密調査の実施に向けて、より適切かつ合理的な調査評価技術の体系化整備を原環機構との共同研究などにより協力して進めている。一方、国の基盤技術開発にも積極的に協力してきており、上述のコントロールボーリング調査評価技術、古い地下水年代測定評価技術や岩盤中物質移行特性試験評価技術などの高度化と実用化を進めている。そのほか、JAEA やスイス NAGRA、スウェーデン原子燃料廃棄物管理会社(SKB)

など国内外の研究機関などとの研究協力・共同研究をさらに積極的に展開し、当所独自の地質・地下水・岩盤等の調査・評価技術の原位置試験への適用などによる高度化・実証を進展させていく。さらに、今後の高レベル放射性廃棄物処分に係わる基準・指針の整備の方向性をらみつつ、学会での民間規格策定や技術報告書の取りまとめなどに積極的に協力していく。

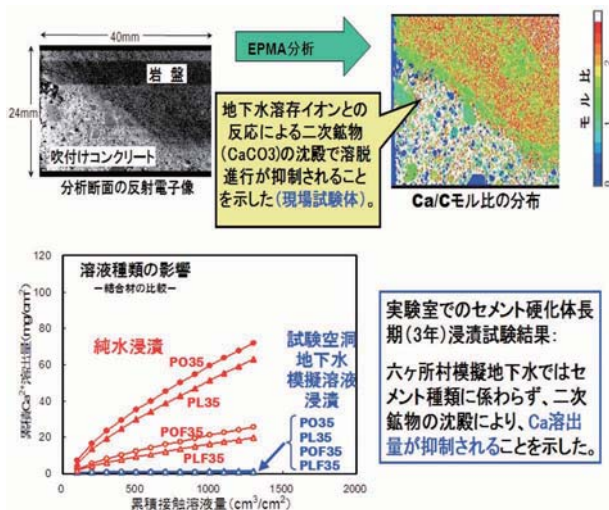
3. 低レベル放射性廃棄物処分技術

(1) 研究の目標

低レベル放射性廃棄物のうち、原子力発電所の運転や廃止措置・解体撤去に伴って発生する使用済み樹脂や高 $\beta\gamma$ 廃棄物などの従来よりもやや放射能レベルの高い低レベル放射性廃棄物を主対象とした余裕深度処分事業の円滑な実施に向け、電気事業や日本原燃を技術的に支援する。特に、処分施設の設計・評価における人工バリア(セメント、ベントナイト系材料)の千~万年程度の長期性能に関する技術の信頼性確保方法の高度化・確立を図る。また、地質・地下水・岩盤等の天然バリアの長期性能評価やモニタリング技術の高度化・確立を図る。さらに、国や学会において鋭意進められている基準・指針あるいは民間規格の策定に積極的に協力する。

(2) 最近の主な研究内容と成果

人工バリアの長期性能に関しては、処分環境条件下での長期耐久性試験(セメント系材料、ベントナイト系の変質)と評価を行ってきた。その結果、セメント系材料の変質については、2次鉱物の沈殿によりCaの溶脱(あるいは溶出)が抑制されることを明らかにするとともに



第3図 処分環境条件下におけるセメント溶脱メカニズムの解明⁶⁾

に、これまでに開発してきた解析コードをそれらの抑制効果を考慮できるように高度化・整備した(第3図)⁶⁾。また、余裕深度処分施設の重要な人工バリア構成要素の候補材料と考えられている高圧縮ベントナイト系材料の透気メカニズムの成果も取り込んだガス移行解析手法を提案・整備した。一方、ベントナイト混合土は現行のピット処分施設の埋め戻し材への使用が予定されているが、処分環境条件下での試験・評価を行い、塩類等による変質影響に対しても透水性などの要求性能を満足できる見通しを提示した。

さらに、電中研の地質・地下水・水質・微生物の調査技術を総合的に六ヶ所サイトの試験空洞に適用し、試験空洞の処分施設設置深度付近では安全性評価上で重要な還元性が保たれていることなどを明らかにした。

現在、余裕深度処分に係る国における基準・指針の改訂検討が進んでおり³⁾、それに連動して原子力学会による民間規格や土木学会による技術報告書の取りまとめ公表が積極的に行われている。電中研では積極的にこれらに協力してきている。特に、土木学会エネルギー委員会による技術報告書の平成20年6月⁷⁾および平成21年7月⁸⁾における取りまとめ公表に電中研は中心的な役割を果たした。これらは、原子力学会標準委員会において策定⁹⁾もしくは策定予定の学会標準に反映されている。

(3) 今後の課題と研究の方向性

原子力安全委員会による低レベル放射性廃棄物埋設処分に関する基本的考え方(中間報告)では³⁾、安全確保シナリオにおいては発生頻度を考慮して三区区分とし、それぞれの安全評価の目安となる線量も国際的なレベルを考慮して設定することが検討されており、天然バリアや人工バリアの長期の不確実性を考慮した性能評価・安全評価が求められる見通しである。このため、処分施設環境条件を考慮した人工バリアの長期性能に係わるデータの取得と評価手法の高度化・確立を図り、また地質地下水

環境特性の詳細把握とその定量的評価手法を確立することなどにより不確実性を軽減化し、長期性能を合理的に考慮した余裕深度処分施設の設計・安全評価の実施に資する。また、人工バリア中のガス移行に関わるデータ取得と評価手法の高度化・確立を図る。

Ⅲ. 電中研における基盤技術の開発展開

上述のように、電中研においてはバックエンド事業を支援するための研究を重点的に推進しているが、今後も長期にわたってこれらの研究を維持・発展していくために、先端的な基盤技術力の開発・高度化を着実に進展させていくことが重要である。電中研では、これまで低レベル(廃炉措置を含む)～高レベルの放射性廃棄物処分、使用済燃料の輸送・貯蔵などのバックエンド研究に長く関わってきており、これらを俯瞰した研究展開を通じて総合的で豊富な技術蓄積をしてきている国内有数の研究機関である。それらを支える基盤技術に関しては電中研独自の技術も多く、各課題の将来展開を見通し、限られた研究資源を有効に活用するとともに、総合力を発揮して目標を達成するため、第4図に示すような進め方で研究展開を図っている。この中で、電中研における基盤技術としては、“地質環境長期挙動調査評価”、“施設の設計・性能評価”、“施設材料特性の長期挙動”、“安全評価”の4つに大きく分類して、特有の技術・手法の開発を進めており、以下に各基盤技術項目ごとにその概要と今後の方向性を述べる。

(1) 地質環境長期挙動調査評価技術

地震・断層、火山・火成活動、隆起・浸食、地形変動等の地質環境の長期安定性あるいは地質・岩盤・地下水・地化学等の地質環境特性に関する調査技術に関しては、これまでの電力施設立地調査等での豊富な知見と技術蓄積があり、さらに処分問題などに特有の超長期性なども考慮し、最先端の技術に進化させてきている。例えば、天然の環境地下水中に存在する He-3、He-4や Cl を用いた100万年オーダーの古い地下水年代を精度よく測定する技術やサンプリング技術など、電中研独自の技術を多く開発しており、これらをさらに高度化・実証していく。

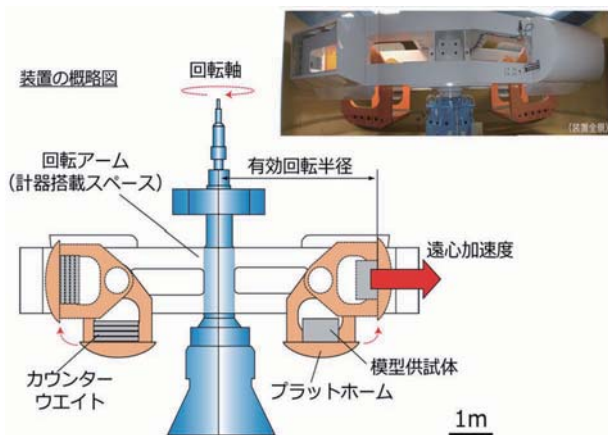
(2) 施設の設計・性能評価技術

使用済燃料の輸送・貯蔵に主に係わるものとして、落下衝撃、除熱性能、地震時安定性、金属材料腐食、あるいは経年劣化・長期密封性等の試験・評価技術(実規模大を含む)を開発・高度化している。また、処分施設関連では、地下空洞・地下処分施設の長期安定性評価技術などの開発を進めており、平成21年度初めには独創的な超長期遠心載荷岩盤実験装置を導入・設置した(第5図)。本装置は、処分施設内の廃棄体～人工バリア～周辺バリアまでを模擬した縮尺模型を供試体として、最大

(目標) バックエンド事業化・推進(+基準・指針・民間規格策定)への寄与



第4図 電中研のバックエンド関連基盤技術と反映先



第5図 超長期遠心荷重岩盤実験装置：相似則に基づく人工バリア周辺の力学挙動加速試験への適用

約50 Gの遠心加速度で回転させ、力学的挙動などを測定できるようになっている。この装置を用いて、時間～空間の縮尺に関する相似則の原理に基づき、実証が難しい長期の挙動を相似則に基づく短時間の加速試験(例えば、1,000年分を1～2ヶ月の試験で)により短期間で確認できることが期待される。

(3) 施設材料特性の長期挙動試験評価技術

処分施設材料として重要なベントナイト系材料やセメント系材料に関しては、千年オーダーあるいはそれ以上の長期の性能について評価する必要性が高まってきている。電中研では、実際の処分環境での地化学条件等を考慮して各種の長期挙動試験や評価手法の開発・高度化を

進めており、設計や評価における保守性や不確実性をできるだけ減らした合理的な方法の確立を目指す。

(4) 安全評価手法

使用済燃料等の海上輸送時の安全評価に必要な海洋大循環・環境影響評価手法を基本的に確立し、今後、増大する原子燃料・廃棄物の輸送時安全評価に関して適用を図っていく。一方、放射性廃棄物処分施設の人工バリア長期挙動、処分施設周辺岩盤中核種移行、あるいは天然バリア性能に関する地下水流動・物質移行評価手法については、国外ではスウェーデンSKBのエスポ・ハードロック(HRL)あるいはスイスNAGRAのグリムゼルやモンテリ地下研での国際共同研究、国内では瑞浪や幌延の地下研などを活用したJAEAとの共同研究などにより、高度化・実証を図っていく。また、今後は特に、天然バリアでは地下水・物質・熱・応力・化学の連成解析コードの高度化・実証を、また人工バリア・ニアフィールドを中心として、リスク論的手法による不確実性評価手法の開発・高度化などを進めていく。

Ⅳ. おわりに

本解説においては、電中研における原子力研究の中でバックエンド事業支援研究との位置づけで推進しているリサイクル燃料の輸送・貯蔵、高レベルおよび低レベルの放射性廃棄物処分に関わる技術開発の現状と今後の方向性を述べた。電中研では、これらの研究を長年にわた

り総合的に実施してきている特徴を生かして、国内外の関連研究機関等との協力・連携を一層図りつつ、電中研の総合力を発揮して、中長期的なバックエンド事業のマイルストーンを念頭におき、積極的に技術開発や技術協力等を推進し、わが国におけるバックエンド方策の確立・発展に寄与していきたいと考えている。

最後に、本稿の取りまとめにあたり、電中研バックエンド研究の3主要プロジェクト課題推進責任者である三枝利有氏、木方建造氏および廣永道彦氏の各位に多大なるご協力を戴いた。ここに記して、感謝の意を表する。

— 参 考 資 料 —

- 1) リサイクル燃料貯蔵会社ホームページ, (2009).
- 2) 日本原燃ホームページ, (2009).
- 3) 原子力安全委員会, 低レベル放射性廃棄物埋設に関する安全規制の基本的考え方(中間報告), (2007).
- 4) 特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律, 平成12年法律第117号, (2000).
- 5) 原子力発電環境整備機構, 知ってほしい今, 地層処分—放射性廃棄物の地層処分に向けた取り組み, 原環機構パ

ンフレット, (2009).

- 6) 電力中央研究所, 原子力研究の主要な成果(2008年版/2009年版), (2008, 2009).
- 7) 土木学会, 余裕深度処分の安全評価における地下水シナリオに用いる核種移行評価パラメータ設定の考え方, (2008).
- 8) 土木学会, 余裕深度処分における地下施設の設計, 品質管理および検査の考え方, (2009).
- 9) 日本原子力学会, 日本原子力学会標準 余裕深度処分の安全評価手法, AESJ-SC-F 012-2008, (2009).
- 10) 三枝利有, 他, 中間貯蔵用キャニスタの耐食性評価—(1) 応力腐食割れ評価手法の提案, 原子力学会「2009年秋の大会」, (2009).

著 者 紹 介

河西 基(かわにし・もと)



電力中央研究所 地球工学研究所
(専門分野/関心分野)地下水理・安全評価,
バックエンド・放射性廃棄物管理



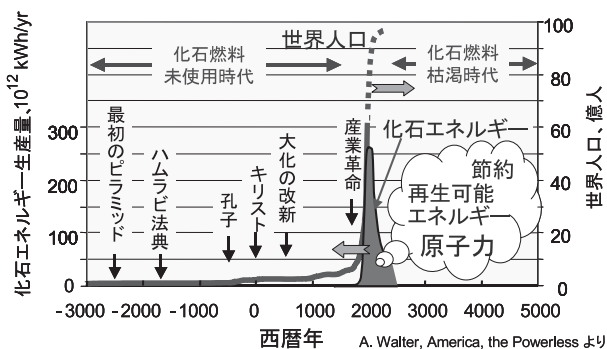
サイクル・廃棄物屋は、原子力の持続性を保証するために何をなすべきか？

原子力発電環境整備機構 河田 東海夫

低炭素化時代に向け、原子力への期待が高まっている。その期待に本当に応えるためには、原子力自体を真に持続性のあるエネルギー供給源に育て上げなければならない。そのためには、燃料供給の持続性に加え、廃棄物処分や施設リプレースを永続的に進める条件を整えなければならない。

I. 原子力のミッション

化石エネルギー利用と人口の関係を示す第1図に人類文明的時間スケールで示す。産業革命で始まった人類の化石燃料利用は、世界人口の爆発的増加を招き、それがさらに化石燃料消費の増大を加速している。使い始めてからたった3～4世紀で人類は化石燃料を使い果たそうとしている。石油資源の将来にはすでに陰りが見え始め、人口大国、中国とインドの急速な経済成長で、世界的なエネルギー資源争奪戦が始まっている。大量の化石燃料消費はまた、地球温暖化を招き、その影響は年々顕著になりつつある。エネルギー問題と地球温暖化問題は、現状を放置すれば、人類文明の崩壊を招きかねない重大問題であり、待ったなしの対応を迫られている。そのため人類が早急に取り組むべき対応とは、「省エネ」とエネルギーの生産・利用体系の「低炭素化」であることはいうまでもない。そうした中、原子力は、炭酸ガス放出を伴わない大量発電手段としての重要性が世界中で再認識されており、各地で新規原子力発電所建設の動きが活発化している。今後、様々な新エネルギーを含む再生可能エネルギーの利用拡大が進むと期待されるが、枯渇に向か



第1図 人類とエネルギー

Mission of Cycle and Back-end Engineers to Realize Nuclear Sustainability : Tomio KAWATA.

(2009年 10月13日 受理)

う化石燃料のすべてを代替できるわけではない。化石燃料枯渇時代の電力供給の大きな部分は、やはり原子力に期待せざるを得ない。そうであれば、原子力自体が持続可能なエネルギー供給システムでなければならないが、残念ながら現在の軽水炉システムではその期待に応えきれない。原子力開発に携わる者の大きな任務は、原子力を、真に持続可能なエネルギー供給源へと育て上げていくことにある。

II. 原子力の持続性

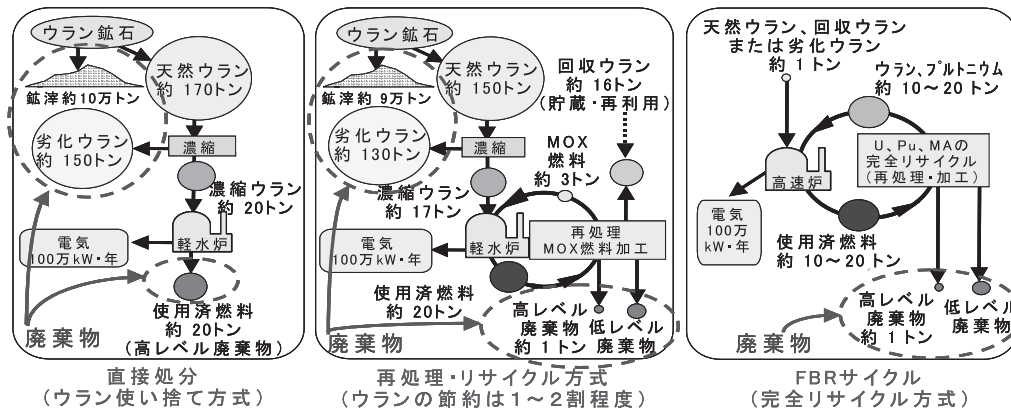
1. 持続性達成のための基本3条件

原子力が、真に持続的な大量エネルギー供給源となるための基本条件は、①燃料供給の持続性、②廃棄物処分の永続的実施可能性、③リプレース用原子力施設用サイトの永続的確保、の3点に集約できる。このことを、ウラン資源をベースとする原子力について、国土の狭い日本の環境も考慮して、もう少し具体的に表現すれば、

- (1) 高速増殖炉(FBR)サイクル技術を完成させ、ウラン資源からの無尽蔵に近いエネルギー取出しを可能とすること
 - (2) 放射性廃棄物の合理的な処分方法を確立し、かつそれが半恒久的に実施可能となる道筋を確立すること
 - (3) 退役原子力施設の合理的後始末方法を確立し、原子力サイトの恒常的な再利用の道筋を確立すること
- ということになる。

2. 劣化ウランは軽水炉なら膨大な廃棄物、FBRなら500基、3000年分の燃料

第2図に、軽水炉の直接処分方式と再処理・リサイクル方式、およびFBRサイクルのそれぞれにおけるマテリアル・バランスの概略を示す。軽水炉の場合、どちらの方式をとっても、膨大な量の濃縮のテイル(劣化ウラン)が残る。仮に軽水炉サイクルが恒久化した場合は、濃縮テイルは明確に廃棄物として位置付けられ、その処



第2図 各種燃料サイクルのマテリアルバランス

分は地層処分になる公算が極めて大きい。

直接処分は、後述するように、地層処分のスペースの負担が大きく増大する。それに加え、使用済燃料中に蓄積するプルトニウムをそのまま地下埋設するため、いわゆる「プルトニウム鉱山問題」を惹起する。仮に今世紀末までに発生する世界中の使用済燃料を直接処分するとすれば、1万トン近いプルトニウムが地下埋設される。使用済燃料は、300年もすれば接近が容易になり、発熱同位体Pu-238が崩壊してしまうため、核兵器への転用の魅力が格段に増す。直接処分の果てしない継続は、将来の人類にとって制御しがたい核拡散リスクを、管理不能なまでに拡大する危険性ははらんでいる。

海水中に約45億トンあるウランを回収すれば、軽水炉でも無尽蔵のエネルギーを入手できるとの意見もある。しかし、軽水炉システムは、たとえリサイクル路線をとったとしても、基本的にウラン資源を1%程度しか利用しないまま捨てる方式である。原子力の持続性は、単に燃料供給の持続性で達成できるのではなく、廃棄物処分が永続的にできなければ、現実には達成できない。その点、FBRサイクルが実現できれば、軽水炉時代の負の遺産である大量の劣化ウランを膨大なエネルギー資源に転化でき、しかもプルトニウム鉱山問題を回避できる。2005年末時点の全世界の劣化ウラン蓄積量は160万トンで、これは100万kW級FBR 500基の3000年分の燃料となる。

Ⅲ. 廃棄物処分の観点からの持続性

原子力の真の持続性は、廃棄物処분을恒常的に続けられる条件が整えられるかどうかにかかっている。処分場は、廃棄物発生が続く限り非可逆的に拡大し続ける宿命を負っている。その一方で処分場の確保は、特に国土の狭いわが国では、社会的・政治的に大きな困難を伴う。その困難を乗り越えて確保された処分場は、国民全体にとっては極めて貴重な社会資産である。恒常的処分を可能にするための条件整備とは、その貴重な社会資産である処分場を、極力長く利用できる方策を追求することに

ほかならない。

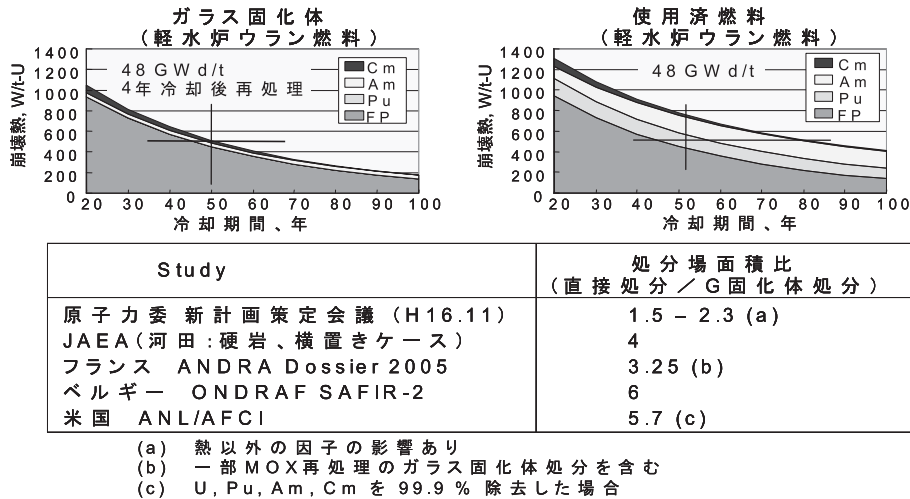
1. 高レベル放射性廃棄物処分

(1) 直接処分はより大きな処分場を必要とする

高レベル廃棄物は、直接処分の場合は使用済燃料そのものであり、リサイクル政策をとる場合は、再処理で発生する高レベル廃液をガラスに固めて安定化した、いわゆるガラス固化体である。高レベル廃棄物の処分では、廃棄物を数十年貯蔵して崩壊熱が一定レベル以下になるまで待った後、地下深部の安定した岩盤中に埋設する、いわゆる地層処分という方式がとられる。高レベル廃棄物は、オーバーパックと呼ばれる金属製の外筒で覆い、さらにその周囲を粘土の一種であるベントナイトを主成分とする緩衝材で埋める。緩衝材は地下水の浸透を防ぎ、放射性核種の溶出や拡散を抑える重要な役割を持っている。それらの機能を長期にわたり保持させるためには、緩衝材の温度を抑える必要があり、わが国ではその制限値を暫定的に100℃としている。この制限温度を守るため、残留発熱の程度に応じ、埋設廃棄物間にある間隔を保持する必要が生ずる。このため、埋設時の廃棄物の残留発熱は、処分場の必要面積を決める重要な設計因子の一つとなる。

第3図に示すように、使用済燃料の崩壊熱(ウラントン数で規格化)は、プルトニウムやアメリシウムなどの発熱が加算されるため、ガラス固化体のそれに比べ、50年冷却時点で約6割大きい。いくつかの国で検討されたガラス固化処分と直接処分のそれぞれにおける処分場面積の比較例を図中の表に示す。これらは、廃棄物のパッケージの設計や配置、岩盤強度、温度制限値などが、それぞれに異なり、まったく同じ条件での比較ではない。しかしながら、一般的に直接処分は、ガラス固化体処分に比べ、より広い処分場面積を必要とすることが如実に示されている。

再処理を行うと、ガラス固化体のほかに通常、TRU廃棄物と呼ばれる2次廃棄物が発生する。TRU廃棄物は、放射能濃度に応じて、ピット処分、余裕深度処分、

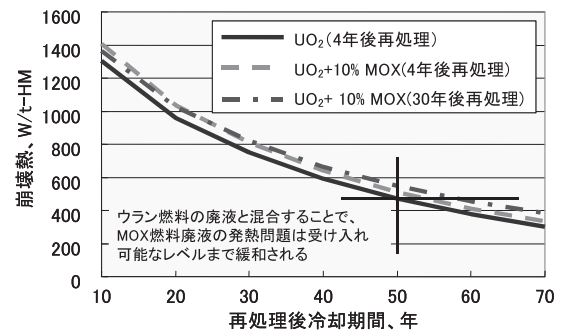


第3図 ガラス固化体と使用済燃料の崩壊熱特性と処分場面積

地層処分の3形態の処分に振り分けられるが、発熱量が小さく集約的に処分することができるため、必要とする処分場の面積はかなり小さくて済む。その結果、第4図に示すように、再処理・リサイクル方式の全体の処分場必要面積は、直接処分に比べ明らかに小さくなる。

(2) 地層処分から見たプルサーマル燃料

ガラス固化体の埋設時発熱の増加は、処分場の所用面積に大きな影響を及ぼす。プルサーマル燃料(MOX燃料)の場合、ウラン燃料に比べ、燃焼中にアメリシウムやキュリウムなどのマイナーアクチニド元素(MA)がより多く蓄積し、それらが再処理廃液中に移行する。特にAm-241は発熱が大きく、しかも半減期が432年と長いため、地層処分への影響度が大きい。MOX燃料の場合、再処理を遅らせると、その分燃料中のPu-241の崩壊が進むので、Am-241が一層増える。いずれにしても、MOX燃料の再処理廃液のみを集めてガラス固化すれば、埋設時の発熱がウラン燃料の場合の倍以上大きな固化体できてしまい、処分以上好ましがらざる廃棄物になってしまう。しかし実際には、プルトニウムバランス的に、MOX燃料は軽水炉燃料全体の10%前後を占めるに過ぎない。第5図に、ウラン燃料の再処理廃液にMOX燃料の廃液を10%混入させた場合の崩壊熱特性を示すが、混合廃液



第5図 プルサーマル燃料比率が10%の場合の再処理廃液の崩壊熱

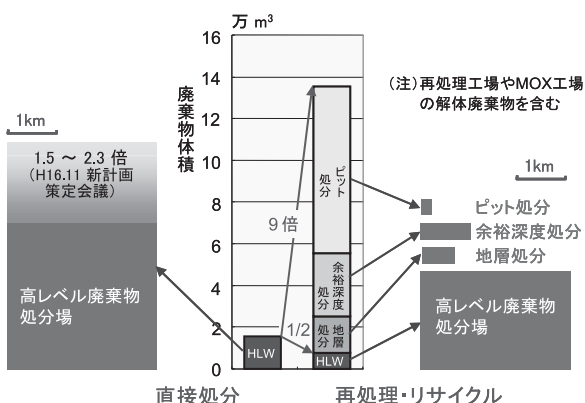
のガラス固化体を処分する場合には、冷却期間を10年ほど延ばせば、発熱は標準ガラス固化体と同程度にできる。したがって、現実にはMOX燃料の再処理を行っても、困るような事態にはならない。

六ヶ所再処理工場は、MOX燃料再処理の許可をとっていない。このため、使用済みMOX燃料は再処理されずに長期貯蔵されることになるが、これは決して問題の先送りを意味するのではない。わが国では、今世紀中頃の実用化を目指しFBR開発が進められているが、軽水炉からFBRへの移行期には大量のプルトニウムを必要とする。プルトニウム含有量が高い使用済みMOX燃料は、FBR移行期の貴重なプルトニウム供給源になるので、その時まで備蓄しておく必要がある。

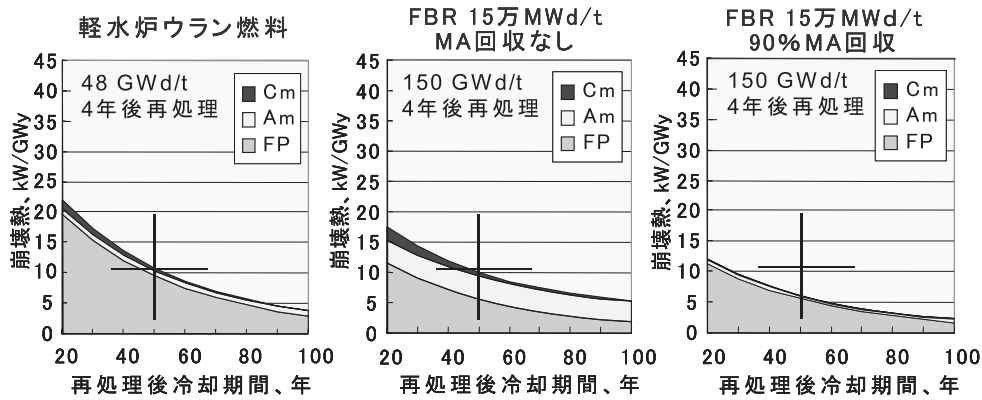
FBR移行期には、FBR燃料の再処理も開始されるが、初期段階ではその再処理能力に余裕が見込まれる。使用済みプルサーマル燃料の再処理は、その余裕を利用するのが最も合理的である。そのときにMA分離・変換技術が実用化されていれば、Am-241蓄積の問題も解決できる。

(3) FBR時代に望まれる90% MA回収

ここで、FBRサイクルが、廃棄物処分の観点からも持続性あるエネルギー供給システムといえるか否かを検討してみる。



第4図 再処理・リサイクル廃棄物の体積と処分場面積



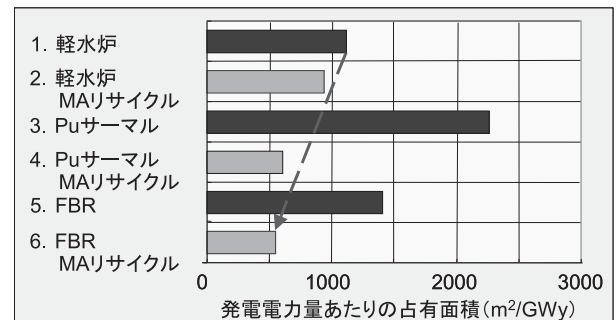
第6図 FBRサイクルの再処理廃液の崩壊熱

第6図に、FBRの使用済燃料再処理で、MA回収を行わない場合と、90%回収する場合とについて、廃液の崩壊熱特性(単位発電量あたりで規格化)を軽水炉ウラン燃料のそれと比較して示す。FBR燃料の場合、炉心燃料とブランケット燃料があるが、ブランケット燃料中の高品位プルトニウム単独回収を回避するため、両者は再処理時に混合されることを仮定しており、崩壊熱特性は両者の混合廃液の特性を示している。

MA回収を行わない場合のFBR再処理廃液の特徴は、標準軽水炉廃液に比べてアメリシウムの発熱寄与が相対的に大きいことと、その一方で核分裂生成物(FP)の発熱が半分程度しかないという点である。ここで、FP発熱が顕著に小さいのは、FBRは軽水炉に比べ熱効率が2割近く高いため、同じ電力発生に必要な核分裂数がその分少なくて済むことに加え、プルトニウムの場合、FP中の主要発熱元素の一つであるSr-90の核分裂収率(核分裂による生成率)がウランよりも小さいことによる。

FBRサイクルの場合、再処理工程でMAの90%を回収・除去できれば、第6図から明らかのように、ガラス固化体の発熱を、軽水炉の場合に比べ半分程度に抑えることができる。このことは、FBR時代には、軽水炉時代よりも、高レベル廃棄物処分場の所要面積がより小さくて済む可能性を示唆している。回収したMAはFBRで燃焼させることができる。第7図は、日本原子力研究開発機構の検討例であるが、MA分離・変換を行うことで、FBR時代の処分場の単位発電量あたりの所要面積を、軽水炉時代の4割程度に低減できる可能性を示している。

MA分離・変換は従来、高レベル廃棄物の毒性低減の観点からその有用性が主張されてきた。しかし、ガラス固化体の地層処分では、MAは線量評価上の重要核種ではなく、MA分離の有無にかかわらず、線量は十分低く抑えられる。また、毒性低減のためには、99.9%以上のMA回収率が必要とされ、産業レベルでの実現性のハードルも高い。こうした点を考慮すると、MA分離・変換は、毒性低減のためというよりも、むしろ廃棄物からの



第7図 MAリサイクルと処分場占有面積
 処分条件: 硬岩、横置き、緩衝材温度制限=100℃
 原子力委員会研究専門部会分離変換技術検討会
 JAEA説明資料より関係部分を抜き出し

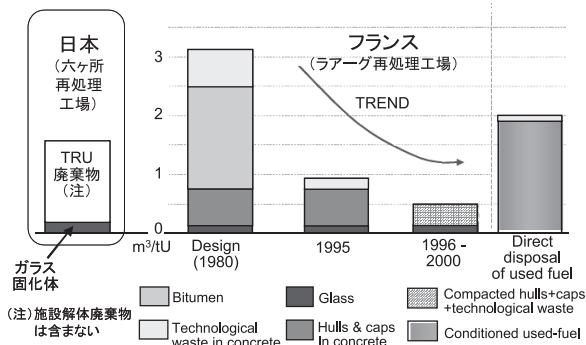
余剰発熱源除去の観点で現実的なニーズが高い。その場合、必要とされるMA回収率は90%でよく、実現性も十分期待できる。

(4) FBR時代の処分場は、1世紀に羽田空港1つ程度

総発電容量60 GWeの軽水炉体系から排出される使用済燃料を全量再処理すると、年間約1,500本のガラス固化体が発生し、1世紀では15万本分の処分場を必要とする。これは、現在、原子力発電環境整備機構(NUMO)が計画している規模の処分場の約4基に相当し、面積にすれば羽田空港の敷地面積の約2倍に相当する。同じ総発電容量のままMA分離・変換機能を備えたFBRサイクルへの移行が完了し、単位発電量あたりの処分場の所要面積が半減するとすれば、1世紀の間に必要とする処分場の広さは、羽田空港1基分となる。国土の狭いわが国でも、低炭素化時代の電力安定供給の重要性を考えれば、この程度の負担は国民にとって受容可能といえるのではないだろうか。

2. 低レベル放射性廃棄物処分

六ヶ所村の日本原燃低レベル放射性廃棄物埋設センターでは、各地の原子力発電所で発生した廃棄物を埋設処分しているが、最終的に60万m³(ドラム缶300万本相当)の受入容量を持つ。この容量は、今後のサイクル事業の本格化や、運転中のすべての原子炉や再処理施設な



第8図 日仏の再処理廃棄物量の比較

どの解体で発生する廃棄物を考慮しても十分な容量であるが、恒常的な廃棄物量低減努力がなければ、今世紀中に次の処分場確保の必要性が生じうる。

廃棄物量低減努力は、すべての原子力施設に求められるが、この点で、フランスのラ・アージュ再処理工場の事例は大いに参考となる。ラ・アージュでは当初、低レベル廃液をアスファルト固化していたが、ガラス固化に変更することで約1/50の減容に成功し、固体廃棄物も強力なプレスで高減容を達成した。六ヶ所再処理工場でも、今後、こうした方向の改善が進むことを期待したい(第8図)。

今後、設計・建設される施設の場合、設計の当初から廃棄物処分の観点からの最適化を設計目標の一つとして明確化しておき、それを達成するための技術開発を進めておくことも重要である。近年、経済産業省の公募事業で行われた低放射化コンクリートの開発はそうした努力の好例である。それが実用化されれば、将来の原子炉施設の解体廃棄物量を大幅に減らすことが可能となる。

再処理工場の低レベル廃液発生低減のためには、外から持ち込む試薬を極力完全再利用するか、または完全分解が可能なものにしていくことが求められる。後者は、いわゆるソルトフリー化で、そうした方策は六ヶ所でもすでに採用されているが、将来のMA回収プロセスなどでも同様の努力が求められる。

以上、廃棄物発生量低減について事例的に述べたが、廃棄物に関するクリアランス制度の合理的運用も重要な視点である。特に、廃止措置で大量に発生する解体廃棄物のうち、クリアランスレベルを下回るものについて、資源としての再利用を含む合理的運用ができれば、処分場への負担を大きく軽減できる。

IV. 廃止措置は、貴重な原子力サイトの再生事業

廃棄物処分場と同様に、原子力施設のサイトもまた容易には得がたい貴重な社会資産である。しかし原子力施設は寿命があるので、一定期間ごとのリプレースが必要となる。そこで、退役施設解体後の跡地を再利用できる道を確認することが求められる。

日本原燃の六ヶ所の敷地には、再処理工場を2つ設置するのに十分なスペースがある。再処理工場も寿命があり、おおむね半世紀毎のリプレースが必要になる。そこで、「2つ分の敷地」を有効活用し、伊勢神宮の「式年遷宮」にみられる方式で、施設退役の時期にあわせて隣に新規施設を作り、新規施設運転期間中に旧施設を解体し、跡地を次の施設建設用地として再生させるというサイクルを確立することが望まれる。「式年遷宮」方式リプレースは、各発電所サイトでも実現できることが望ましく、1つのサイトで無理な場合でも、別サイトとのセットでそれを実現することが望まれる。こうすることにより新規立地問題に煩わされることなく、原子力事業全体を恒久的に継続できる基盤を固めることができる。廃止措置は、今のところ施設の後始末との認識が強いが、あらためて貴重な社会資産である原子力サイトの再生事業として認識されるべきである。その上で、それを実現するために必要な対策を今から検討しておくべきである。

V. おわりに

以上、サイクル・廃棄物屋の視点で原子力の持続性とは何かを検討してみたが、今後に向けて、いくつか私見を述べておく。

- (1) MA分離・変換機能を備えたFBRサイクルは、廃棄物処分の観点からも持続性ある原子力システムの現実的オプションであり、実用化に向けて技術開発が着実に前進することを期待する。その場合、MA回収率は90%でよい。
- (2) FBRサイクルは、経済的合理性や核不拡散の観点で、原子力利用を進める国すべてが自ら採用できる技術ではないが、その恩恵は等しく享受できることが望ましい。そのための新たな国際的枠組みの検討が望まれる。
- (3) 処分場面積は、ここでは廃棄物の発熱問題にスポットを当て、やや単純化した議論をしたが、実際には、廃棄体の設計、埋設までの冷却期間の設定等々さまざまな因子による検討が必要である。
- (4) 廃棄物発生量低減化や、原子力サイト再生に関しての長期課題は、わが国ではまだきちんとした議論がなされていない。今後、国、事業者および研究機関の間で包括的な議論が開始されることが望まれる。

著者紹介

河田東海夫(かわた・とみお)



原子力発電環境整備機構
(専門分野)核燃料サイクル全般、バックエンド

放射線遮へい技術の現状

放射線遮へい分野の技術ロードマップの策定に向けて

「放射線遮蔽」研究専門委員会

放射線遮へいは、核燃料物質、放射性同位元素および放射線を取扱う原子力関連施設において特有なものであり、放射線作業従事者や一般公衆の健康と安全を確保するとともに、周辺環境への影響を最小限度に留める上で必要不可欠である。そのため、これまでに原子力発電関連施設を中心に放射線遮へいの解析手法、核データ、遮へい効果の判断方法などの整備が行われてきたが、まだ解決できていない問題もいくつか残っている。また、放射線利用の拡大、加速器施設など、原子力発電関連施設以外の分野での放射線遮へいも考えていく必要がある。そこで、現状の放射線遮へいに係る技術課題の現状を整理した。

I. はじめに

原子炉、燃料サイクル施設、輸送容器、RI取扱施設、加速器施設、核融合実験施設、放射線医療施設等の安全評価上、放射線遮へいは必要不可欠なものであり、これらの安全評価に基づく安全規制は国民の健康と安全を守るためにも必須である。日本原子力学会では1964年から放射線遮へいをテーマとした研究専門委員会が設置され、各種放射線施設の線源および放射線挙動に関連したデータや解析手法の情報収集等が行われ、施設に対する遮へい設計の信頼性は格段に向上してきた。また、近年の研究および計算機技術の進歩を踏まえて遮へい設計法の高度化も進み、高エネルギー加速器などの新しい施設に対する適用性についても検討されてきた。さらに、医療分野や工業分野においても、放射線が積極的に利用されてきており、放射線解析計算や関連データの適用分野の拡大が見込まれる。一方で、原子力船「むつ」での放射線漏れ^{a)}以降、放射線遮へいによる大きな事故・トラブルは発生していないことから、現状の技術レベルでも十分に安全を確保できるものであるとも考えられる。

このような社会環境の変化に伴って、放射線遮へい技術に対する今後の展望を検討する上で、現状のニーズに照らし合わせて技術レベルを見渡し、また、原子力開発等の動向を踏まえて、放射線遮へい分野において、どの

ような放射線遮へいの技術開発課題が残されているのか整理する必要がある。

放射線遮へい技術のような要素技術の開発については、それ自身だけの研究予算を確保していくのは難しくなっており、原子力関連施設の開発上の重要な要素技術であることを明確にし、その中で研究開発予算を確保していくことが必要であることから、将来動向を踏まえた開発課題の整理は極めて重要なことといえる。

産官学連携による効率的・効果的な研究開発の推進が必要であり、国内の研究リソースを結集して課題解決に取り組んでいくためにも、学会のような中立的な機関での議論が有効である。また、技術開発の重要性を積極的に提言していくことも、学会の責務である。

放射線遮へい技術を適用する分野や施設は多岐にわたるため、「放射線遮蔽」研究専門委員会では、現状の適用分野や取り組み状況を踏まえ、原子炉施設、再処理・加工施設、廃炉・低レベル廃棄物、輸送・貯蔵施設、核融合炉、加速器、医療(医療用加速器)、航空宇宙、工業利用、その他に分けて、現状課題と将来動向について検討した。そして、これらの適用分野・施設について、今後、取り組む必要があると考えている技術課題を集約した。

II. 放射線遮へいに係る現状の課題認識と将来展望

1. 原子炉・核燃料施設分野における展望と課題

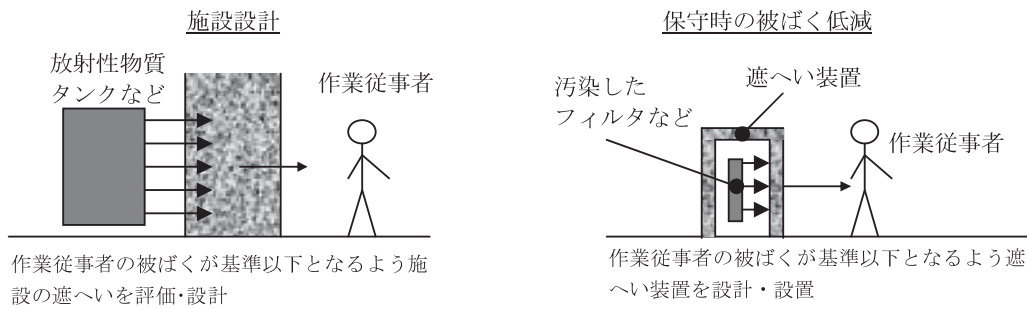
放射線遮へい技術は、軽水炉プラント、核燃料施設(燃料の濃縮・再転換・加工、使用済燃料の再処理施設)の安全設計を行うための放射線強度の評価、管理区域内の生体遮へい設備の設計、敷地内外の線量評価等、放射線安全確保の観点から重要な役割を果たしており、プラントの安全設計を支える重要な技術である。

*Current Status of the Technology of Radiation Shielding :
Research Committee of Radiation Shielding.*

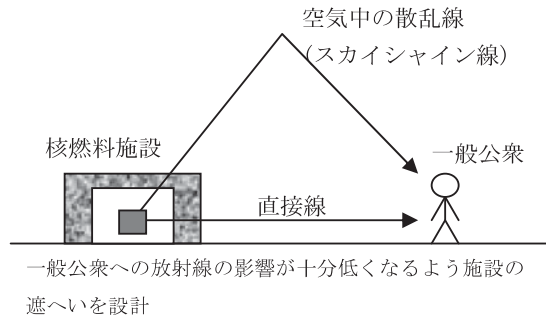
(2009年 9月2日 受理)

^{a)}1974年の出力上昇試験中に発生した中性子ストリーミングに起因する放射線漏れで、遮へい設計にあたって複雑形状部に配置された遮へい材の遮へい能力の評価が適切でなかったことが大きな原因と指摘された。

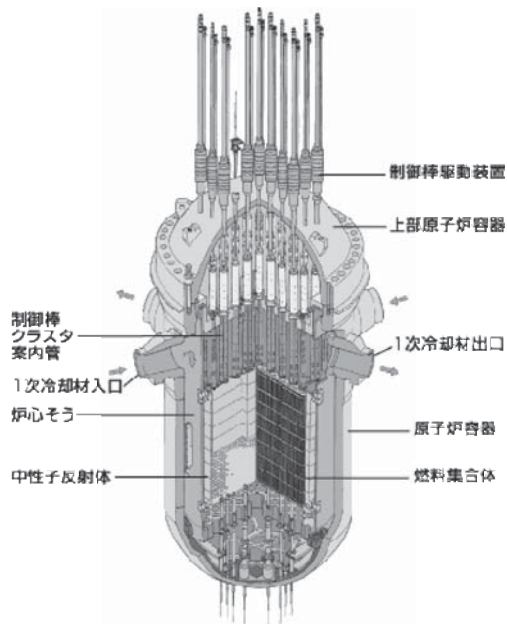
①作業従事者の被ばく評価



②一般公衆の被ばく評価



③中性子照射による損傷評価、放射化評価



原子炉部材の損傷評価
炉内構造物は中性子照射により、徐々に損傷し劣化する。放射線遮へい技術を用いてこれを評価・推定し、原子炉の長期健全性確認に寄与している。

中性子照射による放射化
原子炉周囲の物質は中性子の照射により放射化して、放射性物質となる。放射線遮へい技術を用いて、保守時の被ばく量や処分時の放射線レベルを評価し、原子炉の安定運用に寄与している。

PWRプラントの炉内構造物の例
(図は、三菱重工業ホームページ(<http://www.mhi.co.jp/products/detail/reactor-internals.html>)より引用)

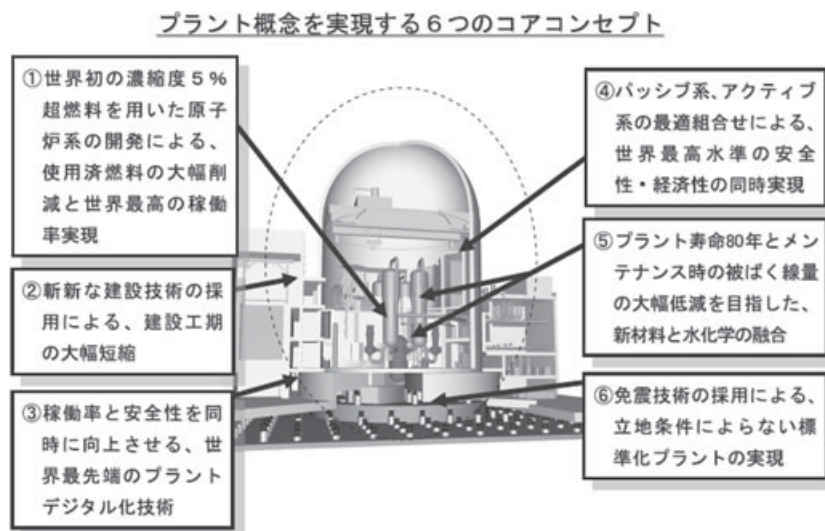
第1図 原子炉・核燃料施設分野における放射線遮へい評価の役割

また、放射線遮へい評価手法を利用して施設の保守等に必要な情報の提供もしている。具体的な役割の例を第1図に示す。

原子炉・核燃料施設に関しては、軽水炉プラントの効率的な運転を目指した燃料の高燃焼度化、長サイクル運転が計画されている。このほかにも、高速増殖炉「もんじゅ」の運転再開、国内 MOX 燃料加工工場の建設、六ヶ所再処理工場の本格稼働、商業炉の廃止措置等の様々な計画が進行している状況にある。

また、10～20年後の将来には、国家プロジェクトとして、電気出力170～180万 kW 級(80～100万 kW 級も視野)の BWR および PWR 型炉心の次世代軽水炉の計画が進行している。その開発に当たっては、第2図に示す世界標準を獲得しうる高い革新性を有する6つの技術が開発項目となっており、放射線遮へい技術が安全設計の重要な一役を担うこととなる。

課題の一つとして軽水炉が稼働してから約40年が経過し、実績を積み重ね、様々な計画が進行中の原子炉・核



(図は、財エネルギー総合工学研究所ホームページ(<http://www.iae.or.jp/group/06.html>)より引用)

第2図 次世代軽水炉計画における開発項目

燃料施設分野であるが、いくつかの課題も指摘されている。

最新知見の取込みと検証の充実が挙げられる。最新の核データやガンマ線ビルドアップ係数の整備が行われているが、原子炉・核燃料施設評価用の放射線遮へい関連の計算プログラム・核データに、これらの最新知見の取込みを促していくような取組みが必要である。また、許認可等での説明を考慮すると、その導入には十分な検証が必要となるため、これに必要なベンチマーク等の実験の充実も課題である。

3次元モンテカルロ計算コードも近年の計算機の高速度化により実用的なレベルに達しており、放射線ストリーミングなど特定の解析への適用ニーズも高まっている。本格的に許認可申請を行う場合には、評価手法の標準化やガイドラインの策定が課題となる。

原子力プラントメーカーなどでは、熟練技術者の退職等により人員構成が若手中心となり、年齢構成にムラが生じてきており、技術伝承において障害となっている。

2. 廃棄物・輸送・貯蔵分野における展望と課題

放射線遮へい技術は、放射性廃棄物の埋設や輸送の区分を決定するための放射線強度評価、原子炉解体時のプラント内・敷地外の線量評価、輸送・貯蔵容器および中間貯蔵施設の線量評価等、放射線安全確保の観点から重要な役割を果たしており、核燃料サイクルを支える重要な技術である。

現在、日本原子力発電東海発電所および日本原子力研究開発機構「ふげん」で原子炉の廃止措置が進められている。また、廃止措置計画の申請がなされている原子炉プラントもあり、今後、原子炉の廃止措置に伴う廃棄物が大量に発生することが見込まれている。また、蒸気発生器および原子炉圧力容器等の交換によって生じる大型放

射性機器については、従来より、サイト内の施設に保管されているが、国際原子力機関(IAEA)においては、大型放射性機器を安全に輸送するため、放射性物質輸送安全規則の改訂が検討されている。放射性物質の輸送に関しては、原子炉の廃止措置に伴って発生する低レベル放射性廃棄物のほか、使用済燃料の高燃焼度化が進むとともに、MOX燃料加工施設の稼働後には国内でのMOX燃料の輸送が想定される等、今後、輸送量が増加し、また、輸送物の形態も多様化する傾向にある。さらに、中間貯蔵施設等の稼働により、放射線安全確保のための線源評価や遮へい安全評価がますます重要な役割を果たす。

このような状況のもと、遮へい評価用のデータおよび遮へい評価手法等の標準化、ガイドラインの整備を進め、新たなニーズに対応した遮へい評価手法等の体系化を推進していくことが必要である。具体的には、線源評価手法およびデータ(放射化評価用材料元素データ等)、遮へい計算手法(バルク遮へい、ストリーミング、スカイシャイン等)、断面積データライブラリー等について、標準化を目指す必要がある。また、これらのデータおよび手法の標準化、ガイドラインの作成にあたっては、許認可における遮へい評価等において十分使用できることを示すことが重要であり、妥当性検証用データ等の整備も必要である。すでに、放射性物質に対する輸送容器および貯蔵容器の放射線遮へい評価のため、JENDL-3.3¹⁾に基づく新しい断面積セット(群定数)の整備が行われているほか、モンテカルロ計算法も設計段階では利用されている。今後、新しい群定数およびモンテカルロ計算法が許認可に使用され、最新の科学的知見に基づく合理的な安全審査を実現するには、これらのデータおよび手法の標準化、ガイドラインが重要な役割を果たすものと期待される。

遮へい計算コードの高度化により、複雑な計算が比較的容易にできるようになる一方で、計算コードのパラメータ設定により、計算結果の信頼性に問題が生じるケースも存在しており、これまでに蓄積された遮へい評価技術の継承が必要である。これには、遮へい評価手法の標準化とともに、これまでに蓄積されてきた遮へい評価技術に係る知見の散逸を防止し、技術伝承を確実に行うことが必要である。

3. 核融合分野における展望と課題

核融合分野でも放射線遮へいは重要な役割を果たしている。その主な役割は、原子炉分野同様、許認可や運転時の被ばく評価のための施設の遮へい、許認可、保守時の被ばく、廃棄物評価のための中性子照射による放射化評価である。これ以外に、この分野で特徴的な役割として、中性子・ガンマ線による機器(超伝導電磁石、第一壁等)の発熱・放射線損傷評価がある。放射線遮へいは、核融合炉を作る上で不可欠な技術の一つであるが、核融合炉の燃料供給の観点でキーとなるトリチウム増殖率評価にも適用できる。

現在、国際熱核融合実験炉(ITER)の建設がフランスのカダラッシュで始まり、設計変更に伴う遮へい設計、許認可に向けた遮へい設計が精力的に行われている。また、EUとの国際協力で行っている幅広いアプローチ活動の中で実施しているJT-60超伝導化改修装置(JT-60SA)計画の中で、装置の許認可に向けた遮へい設計も並行して行われている。10~20年先を見ても、40 MeV、250 mAの重陽子ビームを用いる国際核融合材料照射施設(IFMIF)計画、核融合原型炉計画等があり、これらの施設の遮へい設計を行う必要から、今後も核融合分野での放射線遮へいのニーズは無くなることはない。

核融合分野での放射線遮へいの現状の技術課題としては以下のものがあり、適切に対応する必要がある。

- (1) 構造が極めて複雑な装置を対象とした評価の効率化
CADデータから解析コードの幾何形状入力データを自動的に作成するシステムの開発が必要。
- (2) 次期装置に向けた遮へい構造の合理化による建設コスト削減のための設計裕度の低減化
更なる核データおよび遮へい設計の精度向上を目指したベンチマーク実験を含む研究が不可欠。近年、予算削減の名の下に、まだ使える既存の実験施設を安易にシャットダウンしようとする動きがあるが、このような研究を大きく阻害してしまうことになる。
- (3) IFMIF関係で20 MeV以上の中性子入射および重陽子入射の核データ(放射化データを含む)の整備
- (4) モンテカルロ計算コードの許認可での使用
- (5) 既存施設の廃止・解体のための放射化物のクリア

ランス制度の制定

人的課題として、①若手のポストがなく、育成、技術伝承が困難、②この分野に携わっている研究者の数が少なく、研究者間の連携が少ない等がある。若手のポスト問題は他の分野でも大きな問題であるが、核融合分野では特に深刻な状況にある。限られた人的資源の中で人材育成、技術伝承を行い、研究内容を相補発展させるためにも、研究者間の連携強化を図る必要がある。

4. 加速器・放射線利用・その他の分野における展望と課題

(1) 加速器施設、加速器の医療利用

加速器施設の設計には放射線遮へい設計が必須である。現状では、一部の施設が詳細な計算法による設計が行われているが、大半の施設が半経験式に基づく評価・設計法や原子力施設等の遮へい計算で用いられて1次元あるいは2次元の決定論的計算コードが用いられている。一方、医療現場では患者への線量評価の精度が10%以内と要求されており、中性子、荷電粒子、光子・電子に対する核データの現状および整備に対する要求がまとめられている²⁾。

国の対がん10ヵ年計画に基づいて各県にがん拠点病院が計画され、平成20年4月1日現在、47の都道府県がん診療連携拠点病院と304の地域がん診療連携拠点病院が設置されている。がん拠点病院は、がんの手術治療、抗がん剤治療とともに、放射線治療が一定の基準を満たしていることが条件である。現状の医療用加速器等の数は、X線治療用800台、粒子線治療施設6(他に予定4、計画12)、ホウ素中性子捕捉療法(BNCT)施設2、PETとRI製造施設132、RIデリバリーを利用したPET施設73であり、今後ますます増える見込みである。また、各施設での稼働効率も向上している。

加速器施設、特に医療用加速器施設の放射線遮へいに係る課題として、①施設遮へい・照射効果向上のための核データの評価・整備、②線量評価法の妥当性検証・確保のための、評価法の整備・標準化とマニュアル化、防護用線量換算係数の整備、吸収線量評価法の妥当性検証、医学分野と放射線防護分野での線量概念の統一、③障害防止法等の整備に関連して、加速ビームで照射された物・放射化物および照射時間の取扱い、老朽加速器の更新手続き、④放射線業務従事者の被ばく低減に関してRI製造技術者および照射技師の被ばく低減と防護の効率化、⑤医学物理士との作業の融合が挙げられる。

(2) 宇宙・航空分野

宇宙・航空分野における宇宙放射線に対する被ばく評価では、高エネルギー加速器遮へい分野における計算コード、核データ、核反応モデルおよび防護量の知見が活かされている。線源項の評価には、宇宙・地球物理に関する知見を基に、観測結果をモデル化して使用されて

いる。また、各種放射線に対する検出器およびモニタリング装置は近年、小型化・軽量化・自動化・高精度化が図られている。

今後の展望としては、①国際宇宙ステーションや「きぼう」日本実験棟における日本人宇宙飛行士の長期滞在、②月面基地計画や火星航行等の次期有人計画、③通信・放送、環境等における人工衛星の利用拡大、④航空機の高高度飛行に伴う航空機乗務員および高頻度航空機利用者の宇宙放射線の被ばく評価法の精度向上と国際的な標準手法の確立が挙げられる。

この分野の課題として、①量・質の点で十分でない情報の広く網羅的な収集、継続的な計測、エネルギー・線種・位置情報等の計測範囲の拡大、新型の計測装置の開発、②精度検証が不十分な被ばく評価法に関して、検証用実測データの蓄積、核反応モデルおよび輸送計算モデルの検証、検証データを取得するための加速器施設等の基盤整備が挙げられる。

(3) 放射線・RIの工業利用

放射線利用経済規模に関する調査報告書³⁾によれば、平成17年度の工業利用の経済規模の評価値は約2.3兆円(内訳は、照射設備約0.46, 放射線計測機器等約0.10, 非破壊検査約0.11, 放射線滅菌約0.17, 高分子加工約0.10, 半導体加工約1.35, 単位はいずれも兆円)、医学医療におけるそれは約1.5兆円、農業利用のそれは約0.28兆円(突然変異育種約0.25兆円、アイソトープ利用0.015兆円、照射利用約0.010兆円)であり、放射線利用の合計は約4.1兆円である。一方、原子力発電の売電収入および原子力機器の輸出額の総額の評価値は約4.7兆円であり、ほぼ放射線利用の経済規模と同じであることがわかる。第1表に照射と計測に分類した放射線利用の種類を示す。

このような多岐にわたる放射線利用での施設・機器の遮へい計算法に関する系統的な調査はまだ行われてい

いが、実務マニュアル⁵⁾では、¹⁹²Irによる非破壊検査施設、蛍光X線分析計、ガンマ線あるいはベータ線を利用した厚さ計等に対する遮へい計算定数を用いた方法が例示されている。また、一般的な決定論的な遮へい計算コードやモンテカルロ計算コードも多分に使用されている。このような状況において、放射線遮へいに係る課題は、遮へい計算定数の高度化とそれを組込んだ簡易計算コードの整備であり、また、原子力施設や加速器施設の遮へい計算等で用いられているモンテカルロ法を含めた詳細計算コードの普及である。遮へい計算を専門としない技術者等が計算を行うためには、ユーザーに優しい計算コードを開発するとともに、マニュアル等の整備、講習会の開催が必要である。

さらに、詳細遮へい計算コードの使用は、施設・機器表面等の線量率評価とともに、放射線・ビーム利用における照射効果評価の高度化に結びつく。例えば、線源からの放射線あるいはビームに対する散乱線等による2次放射線・ビームの混入の評価や、吸収線量のみならず2次荷電粒子のエネルギーや線エネルギー付与の分布として照射効果を検討するのに役立つものとする。

Ⅲ. まとめと今後の取組み予定

放射線遮へいの解析技術の進展・向上に伴い、解析における不確かさは減少してきており、最新の知見を活用することで、さらに合理的・経済的な遮へい設計に寄与することができる。しかし、「放射線」に対する不安感が依然として一般公衆に存在するとともに、放射線挙動工学に係る知見がまだ完全でないことで遮へい設計において適切な裕度設定が難しかったり、安全規制への最新知見の取入れを促すような取組みが十分に行われていない現状がある。これらの問題を解決していくためには解析手法の標準化や、その妥当性検証とともに、そのためのデータの蓄積が必要であり、照射施設の基盤整備・維持

第1表 放射線利用の種類⁴⁾

照 射		計 測	
原理	手法：利用技術	原理	手法：利用技術
物理効果	励起：夜光時計	壊変	核種分析：年代測定、資源探査
	電離：静電気除去	放射	ト्रेस：ト्रेस・オートラジオグラフィ、シンチスキャン、PET、SPECT
	起電力：原子力電池	励起	特性X線測定：蛍光X線顕微鏡、偏光X線分析、PIXE
	発熱：熱源、アイソトープ発電	電離	電離測定：煙探知、カスチロメトグラフィ
化学効果	活性種生成：化学反応解析	散乱・吸収	透過・散乱測定：厚さ計、密度計、分析計、レベル計
	架橋：高分子物性改善		イメージング：ラジオグラフィ、CT
	崩壊：リソグラフィ	回折	イメージング：分子構造解析、応力測定
	重合：高分子合成	共鳴	スペクトロスコピー：マスバウ
	グラフト重合：機能材合成	対消滅	陽電子消滅測定：物性分析、欠陥分析
	分解・合成：有機合成、排煙処理	吸収	放射化：放射化分析
生物学効果	殺菌：医療用具滅菌、排水処理	即発放射線分析	中性子捕獲γ線分析
	発芽防止：食品保存		
	細胞破壊：がん治療		
	突然変異：品種改良		
	不妊化：害虫駆除		

が重要である。また、国際的な協力・情報交換ができる体制の強化が望まれる。それには、国際的に通用する国産解析コードや核データの整備、高度化技術の充実が不可欠である。

これまでに蓄積されてきた放射線遮へいの技術や知見を次世代の研究者・技術者に継承していくことは、分野共通の課題であり、次世代の研究者・技術者を教育・育成するとともに、遮へい計算コード使用上のノウハウを継承していくためにも遮へい評価手法の標準化やガイドライン化が必要となる。また、これまでに蓄積されてきた遮へい評価技術に係る知見の散逸防止や、基礎・基盤研究の継続的な実施に繋がる課題設定も必要となる。

さらに、原子炉施設等に対する設計・評価手法および設計プロセスも、許認可の特殊性を考慮しつつ、より高い信頼性と合理性をもったものにすることが重要である。

当該研究専門委員会では、放射線遮へい分野に絞り、検討を行ってきたが、放射線計測・モニタリング技術、照射量評価技術や放射線被ばく線量評価技術など、放射線遮へいに深く結びついた分野と関連した開発課題もある。例えば、2007年に国際放射線防護委員会(ICRP)から新勧告⁶⁾が出され、遮へい計算で評価する線量の算出に必要な線量換算係数に関係する放射線荷重係数や組織荷重係数の値が一部変更された。今後、新勧告に沿った実効線量への換算係数が出されると、スペクトルデータを算出する詳細計算法では、それに線量換算係数を乗ずることで実効線量率を評価できる。一方、スペクトルデータを算出せずに線量換算係数に依存した遮へい計算定数

を利用した簡易計算法では、新しいガンマ線ビルドアップ係数や線量減衰率データを整備しなければならなくなる。

このように、今後は、対象を放射線工学分野全体に広げて課題の整理を行いつつ、これらの課題解決に向けた取組を促進するための技術ロードマップの策定を具体化していく予定である。

(執筆担当 三菱総研・高木俊治, 三菱重工・森島 誠, 海技研・小田野直光, 原子力機構・今野 力, 坂本幸夫)

—参考資料—

- 1) K. Shibata, *et al.*, "Japanese Evaluated Nuclear Data Library Version 3 Revision-3: JENDL-3.3," *J. Nucl. Sci. Technol.* **39**, 1125, (2002).
- 2) 古林徹, 他, 医学用原子分子・原子核データに関するアンケート調査報告書, 2004, JAEA-Review 2006-002, (2006).
- 3) 第18回原子力委員会資料第1号, 平成19年度放射線利用の経済規模に関する調査報告書—要約版(内閣府委託事業), 日本原子力研究開発機構, (平成19年12月).
- 4) 原子力ハンドブック編集委員会編, 原子力ハンドブック, オーム社, (2008).
- 5) 原子力安全技術センター, 放射線施設のしゃへい計算実務マニュアル, (2007).
- 6) International Commission on Radiological Protection, "The 2007 Recommendations of the International Commissions on Radiological Protection, Publication 103," *Ann. ICRP*, **37**[2-4], Elsevier, (2007).

安全文化と企業倫理が目指すもの

原子力発電事業者の一考察

東京電力(株) 川俣 晋

原子力利用は、地球環境問題、エネルギー自給率、エネルギーコスト等、いわゆる3Eの観点で、その重要度を増しているように思う。一方、放射線の人体への影響や、放射性廃棄物の処分見直し等に対する社会的不安があることも事実である。そこで、原子力利用に関する社会的受容性を高め、社会的利益を最大にするにはどうすべきかとの課題に突き当たる。この課題に対しては、それぞれの組織の立場や業態により多様な対応方法が考えられるが、対応の根拠となるのは組織の文化や倫理である。そこで、原子力発電事業者として文化や倫理がなにを目指すのかとの視点で考察を加えることとした。

I. はじめに

安全文化、倫理という言葉は非常に抽象度が高く、その解釈も人や組織により異なる。また、文化あるいは倫理は、法令のように他律的に強制されるものではなく、個人や組織が自律的に取組み、醸成するものと考ええる。

本稿では、原子力発電事業者の視点で、安全と信頼に着目して安全文化と企業倫理に対し、私自身の経験も踏まえ考察を加える。なお、本稿は、原子力学会「2009年秋の大会」での倫理委員会(学会常置委員会の一つ)特別セッションにおいて発表した内容を基にまとめたものである。

II. 原子力発電に対する基本認識

まず、原子力発電事業者として原子力発電に対する基本認識を2点挙げたい。

- (1) 原子力発電は潜在的には危険
- (2) 利害関係者との相互信頼は重要

1. 原子力発電は潜在的には危険

原子力発電が他の発電方式や一般産業と比べ潜在的には危険だとする意味は、大量の放射性物質を取り扱うという点であり、ここでいう危険とは、「放射線の人体への影響」である。当然のことながら、原子力発電の安全に対し一義的に責任を有するのは事業者である。

一方、原子力や放射線に係らない一般の方は、発電所からの放射線や放射能に対しては極めて敏感である。しかし、自然の放射線を受けながら生活していることを自覚している人は少なく、「航空機やラドン温泉の利用に

は躊躇がなくても、人工の放射能は微量であっても怖い」と思う人がいるように、自然の放射線と人工の放射線は人体への影響も異なるといった誤解や曲解もある。

2. 利害関係者との相互信頼

当社の原子力発電事業をとってみても、多くの利害関係者がいる。

私は、社会からの信頼を大きく損ねた2度の不祥事を柏崎刈羽原子力発電所の現場で経験した。一つの事例として「配管の応力腐食割れ(SCC)の隠ぺい」(IV-1(1)項参照)がある。その当時聞いた地域の方(利害関係者の一人)の意見は、今でも忘れることができない。

「原子力の難しいことはわからないが、あなた方を信じていた。にもかかわらず、あなた方は(配管のひびを)隠した。あなた方は、私達を信じていなかったということだ。」

安全か否かではなく、隠し事をする組織は、誠実さが無いのだから信じるに足らないという意だと思う。

以下、安全と信頼に着目し、安全文化と企業倫理について考察する。

III. 安全の達成のために

原子力安全を達成するために、何が必要か。

人材を含む技術力が設備構築の基盤となり、危険を顕在化させないための仕組み(例えば深層防護)も構築されている。

しかし、技術力や深層防護といった仕組みだけで安全は達成できない。旧ソ連のチェルノブイリ事故(1986年)以降、安全文化という考え方が提唱された。

当時、安全文化とはいったい何かとの疑問から調べてみると、いろいろな組織や個人が定義付けしていることがわかった。

What Safety Culture and Corporate Ethics aim for: Susumu KAWAMATA.

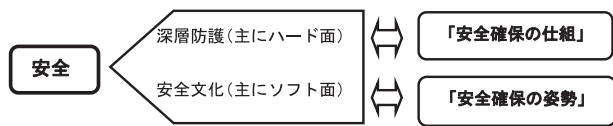
(2009年 10月30日 受理)

以下、当時の安全文化に関する定義

- 原子力の安全確保のためには、単に定められた手順や慣行を守ればよいというものではなく、一層の安全の向上を志向した組織とこれを構成する個々の人間の姿勢 ……IAEA INSAG-4
- 原子力安全の最優先につながる組織の価値であり行動：組織のリーダーが模範を示し、組織内の各人がそれを自分のものとして吸収する価値および行動 ……WANO
- 安全に対する組織の価値観 ……OECD/NEA
- 安全優先を支持する組織のポリシーおよびその中の個人の思考と行動のあり方 ……米国 NRC
- 安全の向上に向けて全体で努力すること ……心理学者 リーズン氏

これらの定義やこれまでの私の経験から、原子力に携わる組織は、深層防護といった仕組みがあることに安住せず、組織として安全最優先で取り組む姿勢が重要であり、不可欠なものであると思う。

このように考えると、原子力安全の牽引車は、設備構築の基盤である技術力であり、下支えするものが仕組みや姿勢であるといえるのではないか(第1図)。



第1図 安全確保の仕組みと姿勢

しかし、安全確保のための取組姿勢(安全文化)は、技術力や仕組みとは異なり、抽象的で見えにくい。後述するように、利害関係者の関心事が多様にあるなかで、安全文化が原子力安全を達成するために果たす役割は、今後も増していくと考えている。

IV. 信頼を向上させるために

信頼とは何か。相手に信じてもらい、頼りにしてもらう(あるいは、相手を信じ、頼りにする)ことである。相手とは、当社の利害関係者と位置づけた。また、相手に信じてもらうためには、うそ・偽りや隠し事のない誠実な行動が求められ、頼られるためには、相手の立場を理解した上で、自らの知識や経験等に基づき判断する賢さが求められるといわれている。

本章では、当社が信頼を失った2度の不祥事から、それぞれ1件ずつ事例を紹介し、その後、信頼を向上させるための取組みについて考察する。

1. 信頼を失った不祥事

近江商人は「信頼を失った者は、死んだも同然」と考えていたと聞く。当社も2度の不祥事で大きく信頼を失った。それも、事業基盤の要である発電所立地地域の方の信頼を失ったことは、前述の通りである。

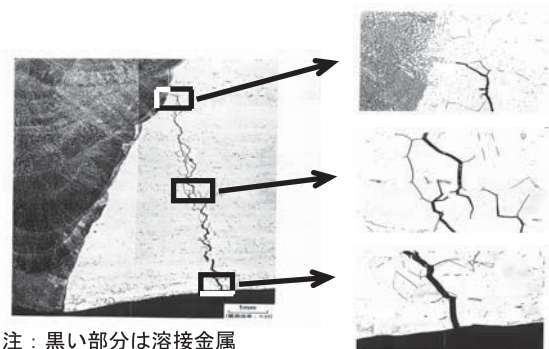
具体的な事例として、「東電不祥事」(2002年)および「発電設備不祥事」(2006年)の事例を1件ずつ紹介する。

(1) 配管の応力腐食割れ(SCC)の隠ぺい 〔東電不祥事〕2002年)

1970年代、「SUS 304」製配管(原子炉圧力容器につながる原子炉冷却材再循環系の配管)の溶接熱影響部(材料の鋭敏化によるクロム欠乏層)で、多くのSCCを経験した。

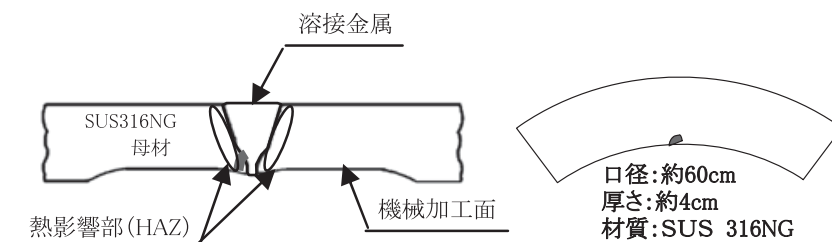
対策として、SCC発生の3要素(材料の鋭敏化特性、腐食環境、引張応力)のうち、材料の鋭敏化に着目し、「SUS 316 NG」材を開発した。これにより、SCCは克服したと考えていたが、当該材料にもSCCが発生した。腐食環境や残留引張応力の2要素が残存しているなかでの、材料に対する過信である。この事実は隠ぺいされた(第2～4図)。

当時、検討されていた維持規格に基づき、き裂の進展評価が行われ、構造上は安全であることは、組織の内部で確認していた。しかし、安全であるということと、隠ぺいしたことは別次元の問題であり、信頼を大きく損ねることとなった。

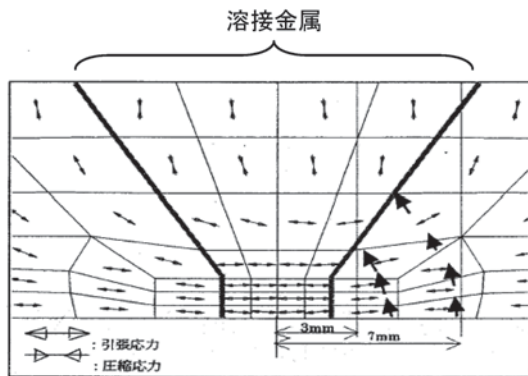


注：黒い部分は溶接金属
白い部分は母材

第3図 SUS 316 NG のひび



第2図 SCCの発生部位



第4図 ひび発生部位の残留応力の解析例

その後、当該の配管に対し SCC の有無を確認するための検査が、他の電力会社でも行われ、数多くのひびが確認され、構造健全性の確認が行われた。これらひびに関する情報は共有され、その結果、超音波探傷検査技術(ひびの発見、大きさの予測)やき裂進展評価技術は、客観性を持って大きく進歩し、これらの経験は、確実に規格、基準類に取り込まれ、現状では一定の制限のもと、ひびがあっても運転が継続できる状況になっている。

隠すということが、信頼を失うのみならず、技術の発展や進歩をも阻害する事例でもある。

(2) 取水/放水温度差データの改ざん

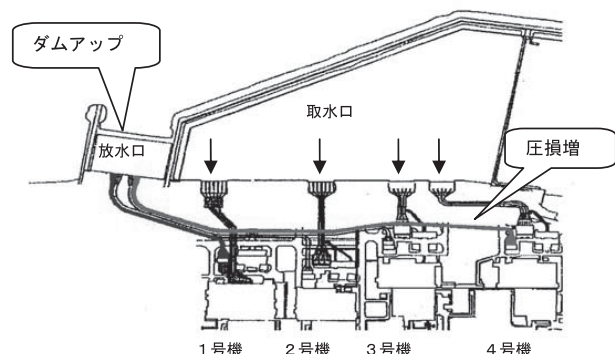
(「発電設備不祥事」2006年)

柏崎刈羽原子力発電所の1号機と4号機において、冷却用海水の取水/放水温度差(ΔT)データを計算プログラム上で改ざんした。

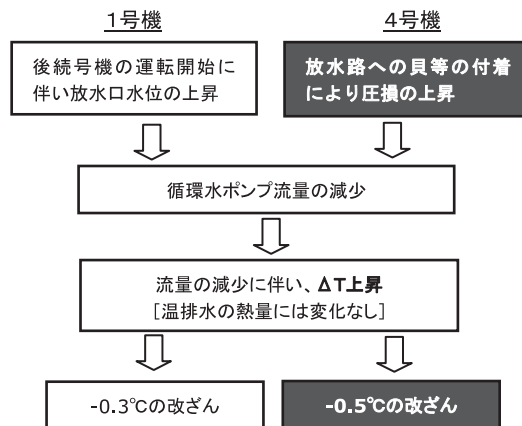
1号機の場合、後続号機(2~4号機)の運転開始に伴い放水口水位が上昇(ダムアップ)し、背圧が高くなったことにより、流量が低下した。また、4号機の場合は、長い水路に海生物が付着したことにより、システムロスヘッドが上昇(圧損増)し流量が低下した。

いずれの場合も、流量の低下に伴い物理的に温度差(ΔT)は上昇したが、放出エネルギーの増加はなく、環境への影響もなかった(第5、6図)。

現状は、号機ごとの温度差(ΔT)のトレンドをホームページに公開するとともに、環境との接点である2つの放水口(1~4号機用の南側放水口、5~7号機用の北



第5図 1~4号機の平面図



第6図 取放水温度差の上昇

側放水口)における平均温度差(ΔT)が恒常的に管理値(7℃)を越えるような場合には、水路清掃(海生物の除去)を行うなどで対応することとしている。

この改ざんは、2002年「東電不祥事」以前に行われたものであるが、説明責任を果すことなく、安易にデータ改ざんという手法で取繕ったものである。

2つの事例を紹介したが、それ以外の事例を含め、共通していることは、組織にとって都合の悪いことを隠したということであり、そこには、倫理観の欠落、説明責任の回避(正直にものをいえない風土)、不明確な判断基準/手順の放置といった背景がある。

これら不祥事の再発防止として、東電不祥事(2002年)後に「しない風土」、「させない仕組み」、また、発電設備不祥事(2006年)後には「言い出す仕組み」を構築し、当社の業態や企業風土に応じた対策を実行した。具体例としては、QMS(品質マネジメントシステム)の導入や後述する行動基準の策定などがある。

以上は、組織活動の結果として信頼を失った事例であるが、組織は個々人の集合体であり、個々人の職業人としての行動が信頼に大きな影響を及ぼすことはいうまでもない。一昨年発生した中越沖地震において、変圧器の火災などで多くの方に心配をかけた。一方で、あまり注目されていないが、休日にもかかわらず、また、自らも被災者であったにもかかわらず、多くの社員が自らの判断で発電所に駆けつけた。

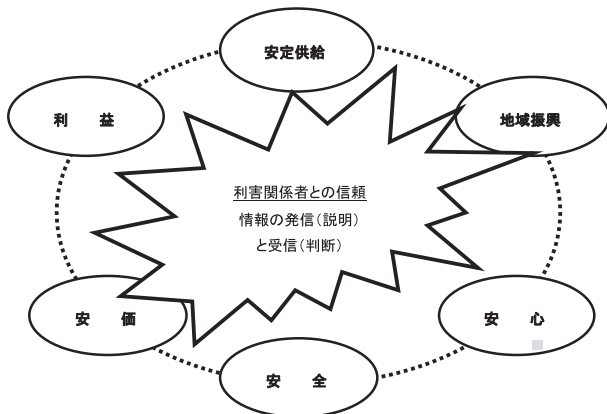
文化や倫理の根源をなす個々人の職業人としての自覚に基づく行動は、同じく個々人に帰属する知識、技術・技能と同様に重要である。

2. 信頼関係を向上させるために

多種多様な利害関係者の関心事が何であるかを考える必要がある。

当社の原子力発電所の立地地域は、新潟県と福島県であり、いずれも電力供給を行っていないエリアである。

利害関係者としては、発電所の立地地域の方以外に



第7図 利害関係者の関心事

も、規制当局、電力消費者、株主、マスコミ等複数あり、立地地域の中にも原子力発電に肯定的な人、否定的な人と立場の異なる人がいる。当然、関心事も異なる(第7図)。

問題は、関心事が異なっているだけではなく、場合によっては関心事が相反する場合があるということで、例えば、“安全であっても安心できない”、“高価であっても再生可能エネルギーは受容する”という事例がある。

関心事が異なれば、同じ情報であっても受け止め方が異なる。ということは、利害関係者との信頼関係の向上は、科学的合理性や社会的受容性などの観点で発信情報を優先付けすることが非常に難しいことであることを意味している。そこで、当社の場合、信頼を得るため企業倫理遵守の徹底に取り組む中で、あるべき行動は何かを考え、企業倫理遵守に関する行動基準を定め、社員に周知することとした。

本来、倫理あるいは倫理感というものがある個人の内的な価値観に委ねられるものであるのに対し、当社の企業倫理は信頼を得るための組織としての行動基準と位置づけている。

当社の企業倫理に関する行動基準は、「ルール遵守」、「誠実な行動」、「オープンなコミュニケーション」の3つの柱を基本に据えている。

V. 安全文化と企業倫理の定着に向けて

安全文化や企業倫理を、原子力発電事業者として単純化して例えると、

安全文化=安全を得るための組織の姿勢

企業倫理=信頼を得るための組織の行動

ということができる。

しかし、このような単純化が言葉遊びで終わることなく、具体化され、安全に対し効果的でなければ意味がない。私の考える、定着に向けてのポイントを3点示し、本稿のまとめとする。

- (1) 重要度の認識：安全上、何が重要かを認識し、組織としてその価値を共有

- (2) 仕組みの充実度：安全確保の仕組みを構築し、PDCAを回し充実
- (3) 成果の実感度：仕組みの実行により安全が向上し、そのことを組織として実感

1. 重要度の認識

数ある価値のうち、即物的な価値、例えば、ファスト・フードのテレビCMでの「安い」、「早い」、「うまい」といった価値の中で、どの価値が重要度の高い価値かは、業態により異なる。しかし、組織の文化(取組みの姿勢)については業態によらない共通的な原則のようなものが存在しうる。

例えば、「強力な原子力安全文化のための原則」(WANO GL 2006-02)では、原子力発電事業者が重要な価値と認めるべき原則として、以下の8項目を挙げている。

- ・各自が個人として原子力安全に責任を担うこと
- ・リーダーが安全確保への固い決意を示すこと
- ・信頼が組織の中に浸透すること
- ・安全第一を反映した意識決定を行うこと
- ・原子力技術を特殊かつ独特な技術であると認識すること
- ・問いかける姿勢を実現すること
- ・学習する組織を実現すること
- ・常時、原子力安全を監視すること

一例として、「問いかける姿勢」について付言する。人は成功体験は忘れない、それはそれで重要だが、更なる安全を目指すのであれば、失敗から学ぶ姿勢も重要であり、自ら本当に安全か、さらに安全にすることはできないかといった「問いかける姿勢」も重要である。

2. 仕組みの充実度

組織が重要と認める価値が同じであっても、仕組みも同じでよいとは限らない。各組織は、業態に応じその弱点を見極め、組織として必要と考える仕組みを構築し、充実していくこととなる。

安全確保のための大きな仕組みとして深層防護があると述べたが、ここでいう仕組みは、大がかりなものである必要はなく、組織の資源も考慮した実行可能で効果のある仕組みづくりを心がけるべきである。この仕組みは、ルールと同様手段であり、時とともに、陳腐化/形骸化することに注意すべきである。JCO事故のように、せっかく臨界防止のための仕組みを作っても、その仕組みを軽視したのでは意味がなく、仕組みは重要度の認識と対になって効果を出す。

3. 成果の実感度

最後に、成果の実感度についてであるが、成果として単に、「原子力安全が十分達成されている」と考えること

は正しくない。築かれた仕組みはいつか陳腐化し、安全への取組み姿勢も時がたてば風化すると考えるからである。

原子力の危険を正當に理解し、科学的な合理性を持って評価され、成果を立地地域の方々を含む利害関係者と共有できることが最後のゴールと考えてもよいのではないだろうか。

これらの“重要度”，“充実度”，“実感度”が，社会共通のものさしで合理的に測られ，原子力発電が社会一般に受容されるよう，今後も自律的に努力し続けることとしたい。

—参考資料—

- 1) 第5回「原子力安全管理と社会環境」ワークショップ報告書，(2009)．
- 2) IAEA INSAG-3：Basic Safety Principles for N.P.P.
- 3) IAEA INSAG-4：Safety Culture.
- 4) 平成17年版 原子力安全白書．

著者紹介

川俣 晋(かわまた・すすむ)



東京電力㈱
(専門分野/関心分野)福島第二原子力発電所の建設工事，柏崎刈羽原子力発電所の建設計画，建設工事ならびに保守業務などに従事

日本原子力学会 Web 会議システムの導入と運用に係るお知らせ

社団法人日本原子力学会事務局

学会では，各種委員会が開催されますが，この会議に出席するため遠方より片道3時間以上かけて参加される多くの委員がおられます。また，遠方である理由から学会活動ができない方も多くおられるようです。このような潜在的課題を解決する一方策として新たに Web 会議を本年9月末に導入し試験運用を行っております。

導入した Web 会議は，㈱ブイキューブの nice to meet you(<http://www.nice2meet.us/>)とよばれる Web 上に存在する仮想会議室です。この Web 上の仮想会議室にインターネットを経由し参加することにより，①音声による会話，②参加者の画像および③資料の共有化などが行えます。仮想会議室に参加するためには，①インターネットに接続できかつ Web ブラウザーが利用できる環境を持っていること，②Web カメラが利用できること，③ヘッドセットもしくはノイズキャンセラー付のマイクおよびスピーカーがあることが条件です。サポート OS は，Windows VISTA，Windows XP，Windows 2000 および Mac OS X です。また，ブラウザーは Internet Explorer 6 以上および Firefox 2 以上(以上 Windows)ならびに Safari 2 以上

および Firefox 2 以上(以上 Mac)です。これ以外にはハードもソフトもいないことから多くの方々が使用可能と思います。ただし，最近の各社・各機関でのインターネットセキュリティ強化のため，必ず使用可能かどうか不明のところがありますので利用を希望する方は事前試験することが必要と思います。

Web 会議を利用するために学会会議室に液晶ディスプレイおよび会議用マイクスピーカーなどが準備されております。利用するためには，学会会議室の申込時に Web 会議の利用の申し込みをしていただきます。初めて使用する場合は，遠方からの参加者の方と事前に接続試験を行い接続上の問題が可否について事前チェックを行います。使用方法は，ほとんどの方には必要のないようなインターフェースをしておりますが，使用マニュアルは http://documents.nice2meet.us/2009042400/Meeting_Quick.pdf をご利用ください。

今後，仮想会議室を利用するための手順および運営マニュアルなどについて整備し学会のホームページに掲載およびリンクする予定です。

欧州(EU)のエネルギー政策と原子力

(社)海外電力調査会 東海 邦博

欧州(EU)でも、エネルギー・電力について、気候変動とエネルギー・セキュリティが現在、最も重要な政策課題であり、その対応策として省エネルギー、再生可能エネルギーや原子力開発が重要な施策であることは日米と変わらない。しかし、気候変動ではEUは日米に先行して施策の法制化を進めてきた。12月にコペンハーゲンで15回目の国連気候変動枠組条約締結国会議(COP 15)が開催された2009年には、EUは4月に温室効果ガス削減中期目標(2020年に90年比で20%減)に加えて、再生可能エネルギーや省エネルギーの開発目標も法律で制定するなど、気候変動で世界をリードする意気込みを見せた。

原子力開発は、チェルノブイリ事故の影響で反原子力・脱原子力政策を取る加盟国が存在することから、EUとして開発目標を設定したり、開発の積極推進を謳うことはしていない。しかし、各国ベースでは、CO₂削減には原子力が不可欠との認識が進み、脱原子力を見直したり、新規建設に着手・計画する加盟国も増加している。以下、EUのエネルギー政策と原子力開発を概観する。

I. EUのエネルギー政策

1. 法制面から見たEUのエネルギー政策

EUの法体系の基本は条約である。1951年の石炭・鉄鋼共同体条約に始まり、最近のものでは2005年の加盟条約がある。EUではそれらの条約に基づき、指令、規則、決定など下部の法規が制定されている。

環境(気候変動)政策についてはEC条約にすでに規定されているが、エネルギー政策については、これまで各国の利害対立が絡み、条約としては規定されてこなかった。しかし、2009年12月に発効したリスボン条約には、エネルギー政策が条約として初めて盛り込まれた。すなわち、同条約第21編「エネルギー」第194条には、「EUのエネルギー政策は、域内市場の形成および環境保護・改善の必要性を考慮し、①エネルギー市場の機能の確保、②エネルギー・セキュリティの確保、③省エネルギーおよび再生可能エネルギーの開発、および④エネルギー・ネットワークの連系推進を目的とするものでなければならない」とし、「これらの目的達成のため、加盟国は諸措置を制定しなければならない」としている。

原子力開発がこの条項で触れられていないのは、依然としてチェルノブイリ事故の影響でEU加盟国の中に反原子力国や脱原子力国が存在し、コンセンサスが得られなかったためである。しかし、同条項には、「エネルギー源の選択は各国に委ねる」との文言があり、原子力は各国の判断で開発が可能である。また、欧州委員会も2007年の第1次戦略的エネルギーレビュー「欧州のエネルギー

政策」で、CO₂削減、エネルギー・セキュリティの観点から、原子力は重要なエネルギー源の一つとしており、原子力の重要性は十分、認識されている。

2. 具体的なEUのエネルギー政策

環境条項およびリスボン条約のエネルギー条項に示されるように、EUは政策課題として、エネルギー・セキュリティとともに、気候変動問題を重視しており、特に近年は気候変動問題に積極的に取り組んできた。温室効果ガス削減の実績では、EUは京都議定書での90年比2008～2012年・8%の削減目標に対して、2007年には4.3%の削減を達成している(日本は8.2%増)。

さらに、EUは「ポスト京都」の議論でも先行してきた。2009年末にコペンハーゲンで開催されたCOP 15に向けて、EUは同年4月、2020年の中期目標として、温室効果ガスを90年比で20%削減する(他の先進国が同意すれば30%)という指令を採択した。

また、これらの政策課題の解決に向けて、EUはリスボン条約のエネルギー政策条項でも明記されているように、省エネルギーの推進、再生可能エネルギー開発の促進などの施策を打ち出している。2009年4月には、「エネルギー・気候変動パッケージ」と呼ばれる一連の法規(指令、決定)が閣僚理事会で採択され、前述の温室効果ガス削減目標のほかに、省エネルギーの達成目標として、2020年に最終エネルギー消費をこれまでのトレンドを反映した想定量と比較して20%削減するとした。また、再生可能エネルギーについては、2020年に最終エネルギー消費に占める比率を20%に引き上げる目標(2006年現在8.5%)が設定された。

これらを総称し、2020年レベルでの「3つの20%の目

標」という意味で「3×20(トリプル・トゥエンティ)」といわれているが、このほか、CO₂排出量取引制度(EU-ETS)、CO₂回収・貯留技術開発(CCS)に関する指令も制定されている。

3. EUで盛んな施策：再生可能エネルギー開発

これらの施策の中で、日米との比較で、EUで特に注目されるのは再生可能エネルギーの開発である。EUでは、2001年制定された第1次・再生可能エネルギー開発促進指令を契機に、ドイツ、スペインなどで開発が大きく進展した。これらの国は主に反原子力あるいは脱原子力国であり、エミッション・ゼロ電源として、原子力の代わりに再生可能エネルギー、特に風力開発が行われた。その結果、風力発電は2008年末現在、ドイツ2,390万kW、スペイン1,670万kWなどEU合計で6,500万kWに達し、世界の風力発電のほぼ半分を占める。

風力開発がEUで進んだ理由は、風況の良い宏大な土地、発電機の性能向上・コストダウンなどに加えて、各国で推進策として買取制度(電力会社に再生可能エネルギーによる発電電力を固定価格で強制的に買い取らせる)が導入されたことが大きい。

また、風力に続き近年、買取制度に支えられ、太陽光発電の導入も盛んになっており、2008年末現在、ドイツ540万kW、スペイン340万kWなどEU全体で950万kWの設備が設置されている。

もう一つEUで先行している施策としては、CO₂排出量取引制度(EU-ETS)が挙げられる。EUは2005年から導入しているが、2009年4月に採択された指令では、2013～2020年を適用期間とする制度が新たに制定された。この新制度では、発電部門には全量を競売で取引する仕組みが導入される。

II. EUでの原子力開発

1. EUとしての原子力開発政策

前述のように、EUレベルでの開発促進が法制化されている再生可能エネルギーとは対照的に、EUのエネルギー政策の中では、リスボン条約の項で述べたような事情から、原子力開発は各国マターという位置付けである。

原子力に関する条約としては、1957年に締結された「欧州原子力共同体(EURATOM)条約」があるが、同条約は原子力開発・産業の推進を謳ってはいるものの、設立当初の加盟国間の共同研究開発、放射性物質の管理といったものが主な活動であり、エネルギー政策的な観点から原子力を規定するといった性質のものではない。

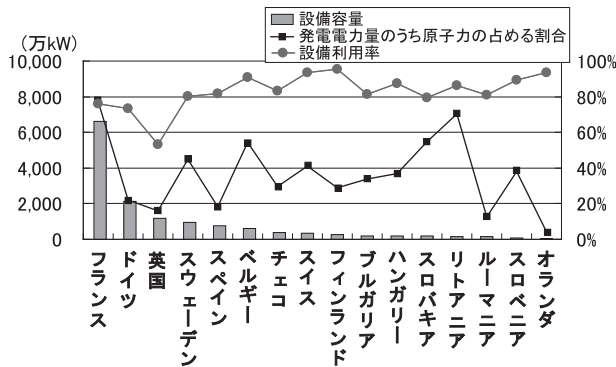
2. EU各国の原子力開発

このような事情から、欧州での原子力開発は各国ベースで行われてきており、すでに一定規模の開発が行われている。1970年代の石油危機を契機にして、各国政府の石油代替エネルギー開発政策の一つとして開発が推進され、2009年初め現在、欧州28カ国(EU 27カ国+スイス)のうち、16カ国で原子力発電設備(合計150基、1億4,300万kW)が運転されており、EUでの発電に占める比率は28%と石炭火力と並ぶ重要な電源となっている(2007年のEU発電構成：石炭(褐炭・泥炭を含む)29%、原子力28%、ガス23%、水力10%、石油4%、バイオ・ごみ3%、風力3%)。

この原子力開発は、1979年の米国スリーマイル島(TMI)事故、さらには1986年のウクライナ(旧ソ連)のチェルノブイリ事故の影響で、80年代後半以降停滞してきたが、近年、各国レベルで原子力再始動ともいえるべき



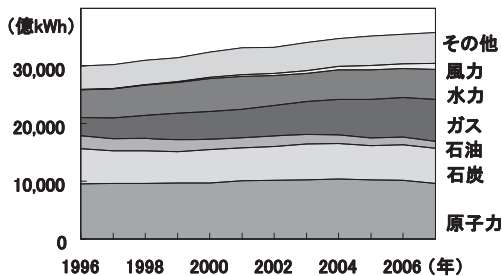
出典：日本原子力産業協会「世界の原子力発電開発の動向2009」より作成
第1図 欧州の原子力発電国と各国の原子力発電の基数(2009年初め現在)



出典：日本原子力産業協会「世界の原子力発電開発の動向2009」などより作成

設備容量は2009年，原子力比率，設備利用率は2007年。

第2図 欧州各国原子力発電設備の容量，原子力比率，設備利用率



出典：EU 統計局 (Eurostat) ウェブサイトより作成
注) 褐炭，泥炭は「その他」に分類

第3図 欧州の発電電力量の燃料別内訳

動きが出てきた。

(1) 脱原子力の見直し

一つは脱原子力国での政策見直しの動きである。ドイツでは、2002年に各原子力発電ユニットを32年間運転後閉鎖する脱原子力法が制定され、すでに2基が閉鎖された。しかし、2009年9月の総選挙で、原子力推進のキリスト教民主・社会同盟(CDU・CSU)と自由民主党(FDP)の連立政権が誕生し、今後、脱原子力の見直しは必至である。

一方、スウェーデンでは、2005年までに脱原子力政策により2基閉鎖したが、2006年に成立した保守政党中心の新政権は2010年まで脱原子力政策を凍結することを決定した。さらに、2009年2月には、これら政権与党は、脱原子力政策の放棄、新規建設の容認(既設の建替え)を含んだエネルギー・気候変動政策を発表した。

また、ベルギーでは、2003年に運転期間を40年に限定する脱原子力法が制定されたが、2009年10月、政府は2015年以降停止が予定される3基について、10年間の運転期間延長を電力会社と合意した。

(2) 新規建設

一方、新規建設にまで踏み込む国も出てきている。フィンランドでは、すでに4基280万kWの原子力発電プラントが運転されているが、現在160万kWのEPR(独仏

で開発したPWR 新型炉)1基を建設中である(2012年に運転予定)。目的としては気候変動対応に加えて、対外依存、特にロシア依存の軽減(ロシアから消費電力の10%以上を輸入)が挙げられている。フィンランドの特徴は、資金調達方法として、産業用需要家や配電会社が出資する見返りに電力を買取るプロジェクト・ファンド方式を取っていることである。同国では、さらに1基建設する計画があり、3社が名乗りを上げている。

フランスでもEPRを1基建設中(2012年運転予定)である。周知のようにフランスはすでに、その発電の80%を原子力が占める世界2位の原子力大国であるが、2020年以降の建替えへの準備に加えて、海外への事業展開をにらんで、独仏で第3世代炉として開発したEPRを国内でも建設する計画である。2009年2月には、さらに1基EPRを建設することが決まっている。

フランスの原子力開発は、原子力産業の維持・発展という国の産業政策が深く絡んでおり、炉に加えてサイクル事業も行う国有企業AREVAは、政府の強力なバックアップを得て、欧州のほか、米国、中国、インド、アラブ首長国連邦など世界各国に原子炉の売込みを行っている。また、国有電力会社のEDFも海外での原子力発電所の建設・投資を活性化させている。

その他の西欧諸国の中で、現在建設計画が具体化しつつある国は、英国、スイス、イタリアである。英国では、2007年に、政府がそれまでのレッセ・フェールの市場主義から、原子力の新規開発を積極的にバックアップしていくことの方針転換した。政府は許認可手続きの見直し(公聴会の簡素化、設計認証の導入など)での支援を進めている。具体的な建設は、英国の原子力発電会社BEを買収したフランスEDFなどが行う予定であり、EDFはEPR4基の建設を計画している(2017年に初号機が運転開始の予定)。

また、スイスでも2008年、電力会社が合計2基の建設を政府に申請している。イタリアでは、2008年11月に原子力再導入法案が下院で採択され、2018年までに1基建設する計画である。

西欧以外では、東欧・中欧で開発計画が目白押しである。もともと、これらの地域には、主に旧ソ連型の軽水炉が建設・運転されてきたが、チェルノブイリ事故の影響、さらには冷戦終結後の経済停滞で開発計画はストップしていた。しかし、2005~2007年に、これら諸国がEU加盟を果たし経済発展が加速化しており、その旺盛な電力需要にあって、再び原子力開発の再始動が計られているものである。第1表に示すように、スロバキア、ブルガリア、チェコ、ルーマニア、ハンガリー、リトアニア(エストニア、ラトビアと共同)、ポーランドなどで建設を計画あるいは検討中である。

第1表 中欧・東欧での原子力発電所建設計画

国	発電所名	状況
スロバキア	モホフチェ 3, 4号機	建設工事再開
ブルガリア	ベレネ 1, 2号機	準備工事再開(凍結の可能性あり)
チェコ	テメリン 3, 4号機	環境影響調査開始
ルーマニア	チェルナボダ 3, 4号機	建設・運転を行う合弁会社を設立
スロバキア	ボフニチェ発電所増設	増設に向けた合弁会社を設立
ハンガリー	パクシュ発電所増設	ハンガリー議会が増設計画を承認
リトアニア	ヴィサギナス発電所	イグナリナ発電所代替として計画中
ポーランド	サイト未定	2020年までに導入初号機の運転を計画

出典：各種新聞・ウェブサイトのニュースなどより作成

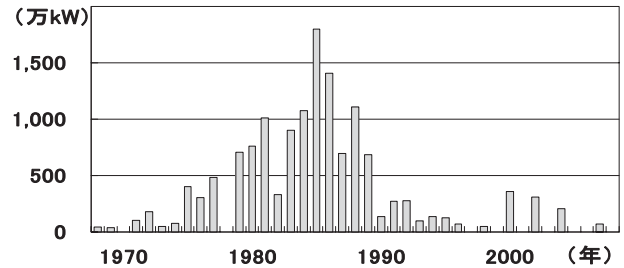
3. 原子力再始動の背景と今後の見通し

原子力カルネッサンスに向けた動きが出てきた理由は、すでに述べたように、気候変動問題やエネルギー・セキュリティ問題の先鋭化によって、政界や世論に変化が起きてきたことが挙げられる。特にCO₂削減では、再生可能エネルギー開発など、EUレベルで合意した施策だけでは目標を達成できない可能性があるとの見方が広がりつつある。また、脱原子力、反原子力の国においても、気候変動問題への対応に迫られ、原子力の必要性が再認識される方向にある。

また、エネルギー面でのロシア依存の危うさが認識されてきたこともあろう。EUでは近年、電力市場自由化の中、経済性や環境特性の良さから天然ガス火力の建設が増加してきたが、ガス価格の高騰や、ロシアからのガス供給停止事件によって、燃料供給が安定している原子力発電に目が向けられるようになってきた。特に、EU加盟後も、石油、ガスの供給でロシア依存の続いている東欧・中欧には、原子力開発を推進し、原子燃料の供給を含めて、ロシア離れを目指そうという動きがある。

しかし、この各国レベルで始まった原子力開発の再始動が、「原子力カルネッサンス」と呼べるような大規模な開発につながっていくためにはいくつかの課題がある。

一つは社会的・政治的に原子力推進の流れを維持していくことができるかどうかである。国によっては依然として原子力反対の世論が根強く残っている。そのため、



出典：日本原子力産業協会「世界の原子力発電動向2009」より作成

第4図 欧州の原子力発電設備の運転開始年

原子力施設の安全確保はもちろん、高レベル放射性廃棄物処分計画のさらなる進展が必須である。

また、円滑な資金調達が行い得るかどうかも重要である。今後、原子力発電の建設コストが妥当な水準で抑えられ、化石燃料価格やCO₂排出量取引価格が相対的に高い水準で維持されて原子力の競争力がさらに高まれば、資金調達はより容易になる。また、今後、再生可能エネルギー発電やCCS(石炭火力)の開発がどのように進むのかというのも大きなファクターとなる。さらに、当面の問題として、世界的な金融・経済危機の影響がある。これまでのところ欧州では建設計画の中止はないが、電力会社の中には電力需要の鈍化を見越して設備投資を控える動きも出て来ている。また、ウラン資源の確保や人材確保の問題も無視できない。

いずれにしろ、第4図に見るように、既設炉は運転開始から20年以上経過しているものが大半であり、欧州で新規建設が進むにしてもそれは建替えという意味合いが強く、中期的には原子力比率の大幅な増大にはつながらないと考えられる。その意味で、今後、世界的に原子力比率が増大してゆくには、中国、インドなど途上国での原子力開発の進展が重要である。欧州での原子力開発は、それら途上国での開発をサポートし、リードするものとなることが期待される場所である。

著者紹介

東海邦博(とうかい・くにひろ)



社団法人海外電力調査会
(専門分野/関心分野)欧州の電気事業(特にフランス)

連載
講座21世紀の原子力発電所廃止措置の
技術動向

第5回 廃止措置技術—除染の技術動向

(株)東芝 酒井 仁志, 日立 GE ニュークリア・エナジー(株) 片岡 一郎

I. はじめに

廃止措置時における除染技術は、解体作業における作業員の被ばく低減や、放射性廃棄物量低減のために、非常に重要な技術である。廃止措置時においては、その目的や除染対象物に応じた最適な除染方法を選定していくのが望ましい。しかしながら、除染対象物の材質、形状、汚染形態は種々多様であり、それらにあわせて適切な除染方法を選定することが重要と考えられる。

II. 廃止措置における除染技術の適用

廃止措置時における主な除染技術の適用としては、解体前系統除染と解体廃棄物除染があげられる。

(1) 解体前系統除染

解体前系統除染は解体時の被ばく低減を目的としている。この場合の除染範囲としては、解体時に作業員の年間被ばく制限に影響する範囲と考えることができる。具体的には国際放射線防護委員会(ICRP)の1990年勧告の年間平均の実効線量20 mSvを基に計算すると約0.05 mSv/hとなる。発電所や系統により、必要な除染係数(DF)は異なるが、軽水炉の一次系においては、DF 20~100が期待されている。

(2) 解体廃棄物除染

解体廃棄物除染の目的は可能な限り放射性廃棄物量を低減し、廃止措置における処分費用を低減することである。したがって、除染方法として選定するポイントは、①クリアランスレベルまでの除染が可能であること、あるいは処分区分が低減できること、②除染に伴う二次廃棄物の発生量が少ないことである。また、除染を検討す

るうえでは、解体手順や除染前後の線量測定と密接に整合をとっておく必要がある。

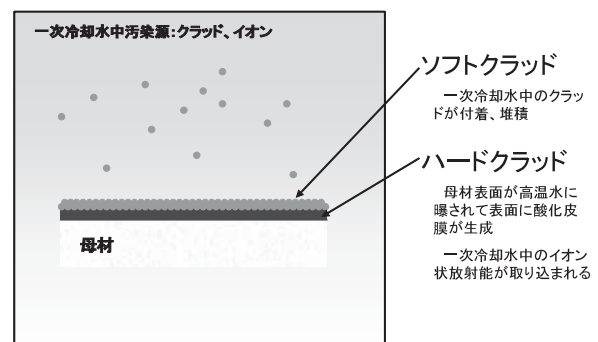
III. 除染技術の開発実績

(1) 配管、機器の汚染形態

原子力発電所における汚染は燃料表面で析出生成したクラッドが炉水を媒体として運転中の流動、定期検査時の燃料移動等により脱離移行し、配管、機器に付着堆積したものである。また、一次冷却系等の高温部においては配管、機器の表面に酸化皮膜が生成し、一次冷却水中の放射性物質が取り込まれて汚染源となる。汚染は比較的ルーズに付着しているソフトクラッドと比較的タイトに付着しているハードクラッドに分類される。汚染形態の模式図を第1図に示す。

ステンレス鋼の場合、クラッドの成分は鉄、クロム、ニッケルの酸化物で構成されており、その存在割合は構成材料や水質制御方式によっても変わる。BWRでは鉄酸化物(α - Fe_2O_3 , Fe_3O_4 等)が多く見られるが、ステンレス鋼の表面にはクロム酸化物、ニッケル酸化物が存在する。PWRではBWRに比較してニッケル基合金(インコネル)の割合が多いため、鉄酸化物の割合が少なく、クロム酸化物、ニッケル酸化物の割合が多い。

一方、炭素鋼の場合も付着堆積するソフトクラッド、母材表面で生成されるハードクラッドが存在するが、いずれもほとんどが鉄酸化物であるため、一般的にソフトクラッドとハードクラッドとを区別していない。



第1図 汚染形態の模式図

Trend on Decommissioning Technology of Nuclear Power Plants in 21st Century(5): Decommissioning Technologies—Status and Development of Decontamination Technologies: Ichirou KATAOKA, Hitoshi SAKAI.

(2009年 11月 2日 受理)

各回タイトル

第1回 廃止措置の世界の概況とわが国の現状

第2回 廃止措置技術—鋼材解体の技術動向

第3回 廃止措置技術—コンクリート解体/はつりの技術動向

第4回 廃止措置技術—放射線計測の技術動向

第1表 化学除染方法の概要

小分類	適用	概要	代表的な薬品	個別技術
還元溶解	供用中	金属母材表面の鉄酸化物を溶解、金属母材には影響を及ぼさない。	シュウ酸、クエン酸、ギ酸、L-アスコルビン酸、バナジウム	LOMI法、OX法
酸化溶解	供用中	通常還元溶解の前酸化処理として実施。金属母材表面のクロム酸化物を溶解、金属母材には影響を及ぼさない。	過マンガン酸カリ、過マンガン酸、オゾン	AP、NP、HP
	廃棄物/廃止措置	非常に強力な酸化剤により、金属母材表面を溶解する。	Ce ⁴⁺ (硝酸セリウム、硫酸セリウム)	セリウム4価オゾン再生除染法、強力化学除染法(硝酸・セリウム除染法)、硫酸・セリウム除染法
酸溶解	廃棄物/廃止措置	酸により、金属母材表面を溶解させる。	硫酸、塩酸、硝酸 ギ酸(炭素鋼の場合)	塩酸系除染法、硝酸法、ギ酸除染法
酸化/還元溶解	供用中	上記供用中の酸化溶解と還元溶解との組合せである。	酸化剤: アルカリ過マンガン酸カリ 還元剤: シュウ酸、クエン酸	AP/還元溶解除染法
	供用中(マルチサイクル)		酸化剤: 過マンガン酸、過マンガン酸カリ、オゾン等 還元剤: シュウ酸	CORD [®] 法、HOP法、T-OZON法(オゾン法)
	廃棄物/廃止措置	酸化溶解と還元溶解の組合せであるが、金属母材表面を溶解させる。	酸化剤: 過マンガン酸 還元剤: シュウ酸	CORD [®] /D法
酸溶解/酸化溶解	廃棄物/廃止措置	酸溶解と酸化溶解との組み合わせである。酸化剤の過マンガン酸カリはフッ化ホウ素酸との共存により金属母材表面を溶解できる。	酸: フッ化ホウ素酸 酸化剤: 過マンガン酸カリ 分解剤: シュウ酸	DfD法

個別技術の概要
略号:名称
(主要薬品)LOMI: Low Oxidation Metal Ion Decon.Process
(バナジウム、ギ酸、ピコリン酸)OX: Oxalic Acid
(シュウ酸)AP: Alkali Permanganate
(水酸化ナトリウム、過マンガン酸カリウム)NP: Nitric Acid Permanganate
(硝酸、過マンガン酸カリウム)HP: Hydrogen Permanganate
(過マンガン酸)CORD[®]: Chemical Oxidation Reduction Decon.Process
(シュウ酸、過マンガン酸)CORD[®]/D: CORD/Decommissioning
(シュウ酸、過マンガン酸)HOP: Hydrazine Oxalic acid and Potassium Permanganate
(シュウ酸、ヒドラジン、過マンガン酸カリウム)T-OZON: Toshiba Ozone Oxidizing decontamination
for Nuclear Power Plants
(シュウ酸、オゾン水)DfD: Decontamination for Decommissioning
(フッ化ホウ素酸、過マンガン酸カリウム、シュウ酸)

(2) 除染方法

(a) 化学的除染方法

化学的方法の概要を第1表に示す。化学的方法は大きく分類して、還元溶解、酸化溶解、酸溶解に分類できる。発電所の供用中機器の被ばく低減を目的とした除染においては、金属母材を溶解させず、放射能の取り込まれている金属母材表面の酸化皮膜だけを溶解する必要がある。この場合には通常シュウ酸、クエン酸、ギ酸、L-アスコルビン酸等の還元性を有する酸及びバナジウムが使用されてきている。初期の古い型のBWRにおいては酸化皮膜のほとんどが鉄酸化物であるため、還元溶解が実施されてきている。

一方、PWRや最近のBWRでは酸化皮膜にクロム酸化物が含まれており、還元溶解における鉄酸化物の溶解が抑制されるため、還元溶解の前に酸化処理をして、クロム酸化物を溶解し、その後還元溶解するのが効果的である。この供用中機器を対象とした酸化処理は通常還元処理と組み合わせ、2段階処理(及びその繰り返し)されるため、酸化/還元溶解法に含まれる。

化学的除染法は系統除染であっても、タンク浸漬式であっても、化学除染剤の循環を行って除染する方式が一般的である。しかしながら、循環ループを構成するのが非常に困難な場合やタンク等のように液比(除染対象表面積に対する除染剤量)が大きい場合には、使用する除染剤量を抑制するためにコーティング法を用いることがある。コーティング法は化学除染剤を含んだ泡、ゲル、ペースト、塗料等を除染対象表面に一定期間塗布して除染する方法である。

(b) 機械的除染方法

機械的方法としての除染方法は多種多様であるが、廃止措置に適用する観点から、金属母材表面の酸化皮膜あるいは金属母材表面を除去可能な方法として、ブラスト

法、噴射法、研磨法をとりあげた。

ブラスト法は、除染対象物に研磨材を加速して打ちつける方法であり、射出方式の分類として、エアブラストとショットブラストに別けられる。エアブラストは圧縮空気の圧力により、研磨剤の砥粒をノズルから噴射して対象面を研削する方法である。また、砥粒を水に混合させてポンプにより噴射する湿式ブラストもある。一方、ショットブラストは高速回転している羽根車により、砥粒を遠心投射して対象面を研削する方法である。

噴射法は、高圧水ジェット洗浄などがあり、通常供用中機器に対しては20~30 MPa程度までの範囲で使用されているが、この圧力範囲においては金属母材表面の酸化皮膜を完全には除去しきれないことがある。このため、酸化皮膜の完全な除去を目的とする場合には圧力を上昇させる必要がある。どの程度の水圧で目標を達成できるかは試験等により確認が必要である。研磨法は水の流動あるいは空気の旋回流に砥粒を随伴させて配管内面等を除染する方法である。

(c) その他の除染方法

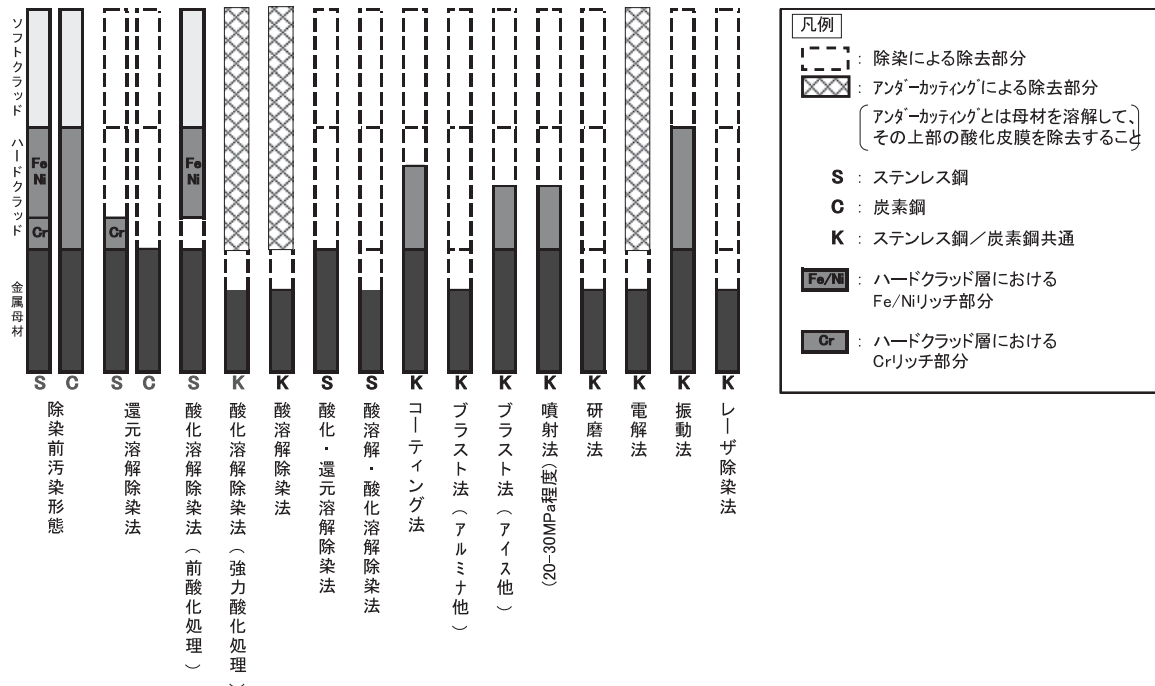
化学的除染方法、機械的除染方法で分類できない電解法、振動法(超音波除染法)、溶融分離法、レーザー除染法等をその他の方法として分類した。

(3) 汚染形態と適用除染法

汚染形態と除染方法の違いによる除染能力適用範囲との相関を第2図に示す。第2図に示す3つの汚染形態は第1図に示すソフトクラッド、ハードクラッド、母材と同様である。

(a) 化学的除染法

還元溶解除染法は鉄酸化物、ニッケル酸化物の溶解除去に適している。ステンレス鋼が除染対象の場合、ソフトクラッド及びハードクラッド層における鉄/ニッケルリッチの部分については溶解可能であるが、ハードク



第2図 汚染形態と除染方法の違いによる除染能力適用範囲との相関

ラッド層におけるクロムリッチの部分については溶解できない。また、炭素鋼が除染対象の場合にはハードクラッド層にクロムリッチの部分がなく、ソフトクラッド及びハードクラッドを溶解可能である。有機酸による還元溶解除染を行う場合、除染対象がステンレス鋼の場合はシュウ酸、炭素鋼の場合はギ酸を主体とした除染剤等を適切に選択する。

酸化溶解除染法は、前述の還元溶解除染法と組み合わせて実施する前酸化処理と金属母材を溶解して徹底除染できる強力酸化処理に分けられる。前者はハードクラッド中のクロム酸化物を溶解除去できる。前酸化処理単独ではソフトクラッド及びハードクラッドの除去はできない。したがって、前述の還元溶解除染法を組み合わせるのが効率的である。また、酸化剤として Ce^{4+} を使用する強力酸化処理では金属母材を溶解できる。この場合、表層のソフトクラッド、ハードクラッドは溶解できないが、母材を溶解することにより剥離される。いわゆるアンダーカッティングにより剥離されることとなる。

酸溶解は金属母材を溶解できるが、酸化皮膜への溶解力が低い場合がある。表面の鉄酸化皮膜に対する溶解力が低い場合でも、表面の鉄酸化物がポーラスな場合、あるいは金属面が一部露出している場合には、前述と同様に母材が溶解することにより、ソフトクラッド、ハードクラッドをアンダーカッティングで剥離することができる。

酸化・還元溶解除染法は、前述の還元溶解除染法と前酸化処理としての酸化溶解除染法を組み合わせた方法である。ハードクラッドはクロム酸化皮膜と鉄酸化皮膜の複合体となっていることから酸化還元除染が有効である。酸化と還元を繰り返すことにより、クロム酸化皮膜

と鉄酸化皮膜の複合体を効率良く除染することが可能である。

コーティング法はソフトな汚染の除去に有効である。また、剥離性塗膜除染法は仮設機材の汚染防止用として、機材の使用前に塗布する方式も有効である。

(b) 機械的除染法

ブラスト法は金属母材まで研削可能なスチール、アルミナ、ジルコニアなどの研磨剤の選定が重要である。研削能力は劣るが、二次廃棄物量低減を目的としたレジン、ドライアイス、アイス等はソフトな付着汚染のみの場合には有効である。

噴射法で一般的な高圧水ジェット洗浄(20-30 MPa程度)ではハードクラッドを完全に除去することはできないことが多い。さらに圧力を上げていくことは可能であるが、高圧水の供給ポンプが高圧になることや、高圧大流量の装置は現実的ではなく、20-30 MPa程度までの圧力で、化学的除染後の残留クラッドの洗い流し等に使用するのが一般的である。

研磨法は水流動あるいは空気旋回流に研磨材を随伴させて除染する方法であり、研磨材の種類によって、金属母材までの研削能力がある。

(c) その他の除染方法

電解除染は金属母材表層を溶解する技術である。表層の酸化皮膜が厚い場合には、ブラスト等によりあらかじめ除去しておくことが有効である。

振動法(超音波除染法)は表面のルーズな付着物を除去する方法であり、ソフトクラッドの除去が可能である。また、レーザー除染法はその出力調整により、付着物除去から金属母材表層の除去が可能である。

Ⅳ. 除染技術の適用

廃止措置時における主な除染技術の適用としては、解体前の系統除染と解体後の廃棄物除染があげられる。これらのケースを想定してその除染技術適用のポイントを整理した。

(1) 解体前系統除染

(a) 対象物への適用性

原子炉一次系の機器、配管を除染対象として DF 20～100が期待できる除染方法としては化学除染の適用が考えられる。個別技術としてあげられた化学除染方法のうち適用可能と考えられるのは①CORD[®]法、HOP法、T-OZON法等の供用中に適用された酸化還元マルチサイクルの化学除染方法、②金属母材を溶解できるセリウム4価オゾン再生除染法、塩酸系除染法、DfD法等が廃止措置の系統除染に適用可能であり、高DFが期待できる除染方法である。

上述①のCORD[®]法、HOP法、T-OZON法の場合、供用中における目標DFを10以上としている。実績では10～100程度であり、確実に高いDFを達成するためには、除染時間の延長、除染サイクルの増加等の対応が必要と考えられる。また、CORD[®]法においてはCORD[®]/D法(廃止措置用)の適用が考えられる。

上述②のセリウム4価オゾン再生除染法、塩酸系除染法、DfD法等の系統除染法においては金属母材表層を溶解できるため高DFが期待できるが、一方で表層の酸化皮膜の影響や系統内の流動条件により、除染効果の偏りや二次廃棄物の増加の可能性があることに注意が必要である。

(b) 作業被ばくの抑制手段

系統化学除染を実施する場合、溶解した金属酸化物に含まれる放射性物質が系統内を循環するため、除染作業場所の雰囲気線量が上昇する懸念がある。①CORD[®]法、

HOP法、T-OZON法の場合は溶解した金属イオンを逐次カチオン樹脂で捕捉し、樹脂塔をあらかじめ遮蔽しておくことにより、除染作業場所の雰囲気線量の上昇を抑制している。②セリウム4価オゾン再生除染法、塩酸系除染法の場合には樹脂の適用ができないことから別の被ばく抑制手段が必要となる。(DfD法は樹脂で捕足)

(c) 二次廃棄物の種類

化学除染廃液の処理方法としては、①溶解した金属イオンを除染中に逐次樹脂で捕捉する方法と②除染終了後の廃液を中和等により処理する方法がある。前者の場合は、溶解した金属イオンを捕捉した樹脂および分解した除染剤に含まれるイオン成分を吸着するための樹脂が二次廃棄物となる。後者の場合は、中和処理をした際に発生する中和塩及び水酸化物が二次廃棄物となる。

(2) 解体廃棄物除染

(a) 対象物への適用性

解体廃棄物除染においてはクリアランスレベルまで除染することが目標であるから、第2図に示す除染方法のうち金属母材表層まで溶解あるいは研削できる技術が適用できる。第2表に各除染技術の適用性のまとめを示す。

化学的除染法ではタンク浸漬式が基本である。対象物の大きさはタンクに入る大きさであり、除染液が滞留しない形状であることが望ましい。除染液が滞留することがあらかじめわかっている場合は当該部分の流動を促進する対策も可能である。化学除染のうちでも母材を溶解する場合は表面の酸化皮膜が母材の溶解を阻害することから、事前に酸化皮膜を除去することが望ましいが、酸化皮膜が薄い場合やポーラス状の場合(炭素鋼の場合)は必ずしも事前に除去する必要はない。化学除染のうちでも酸化皮膜を溶解する技術ではクリアランスレベルまでの到達は難しく、母材表層を溶解する追加処理が必要である。

ブラスト法、研磨法は母材まで研削できることから廃

第2表 解体廃棄物除染技術の適用性のまとめ

	適用材質	方式	形状	寸法	汚染状態	備考
酸化溶解除染法 (Ce4+)	SUS CS	タンク浸漬式	除染液が滞留しない形状	タンクに入る大きさ	表面の酸化皮膜がタイトでないもの	表面の酸化皮膜がタイトなものは前処理により除去するのが望ましい。
酸溶解除染法	SUS CS	タンク浸漬式	除染液が滞留しない形状	タンクに入る大きさ	表面の酸化皮膜がタイトでないもの	表面の酸化皮膜がタイトなものは前処理により除去するのが望ましい。
酸化・還元溶解除染法	SUS CS	タンク浸漬式	除染液が滞留しない形状	タンクに入る大きさ		酸化皮膜溶解後に多少母材を溶解する追加処理が必要
ブラスト法	SUS CS	キャビネット内噴射式、投射式	汚染面が露出している物	キャビネット内に入る大きさ	汚染レベルの低い物	
研磨法	SUS CS	—	配管	直管	汚染レベルの低い物	
電解法	SUS CS	タンク浸漬式	単純形状(平板、配管等)	タンクに入る大きさ(非接触式ではカゴに入る大きさ)	表面の酸化皮膜がタイトでないもの	表面の酸化皮膜がタイトなものは前処理により除去するのが望ましい。
レーザー除染法	SUS CS	キャビネット内レーザー照射式	汚染面が露出している物	キャビネット内に入る大きさ	局所限定汚染	

棄物除染に適用可能である。

電解法は金属母材の溶解が可能であるので廃棄物除染に適用可能である。電解除染では除染対象物の形状にあわせた電極が必要であることから、単純な形状のものを大量に処理する場合には有効となる。

レーザー除染法は、その出力に応じて付着物除去から母材溶融まで可能であるため、廃棄物除染に適用できる。ただし、処理速度が遅いため、除染対象物の全面をレーザーで除染するのは効率が悪く、再除染において、局部汚染を除去する方法として有効である。また、これらの技術を組み合わせて適用すると効果的である。

(b) 作業被ばくの抑制手段

化学除染において、解体前除染では系統から除去した放射性物質を、あらかじめ遮へいを施した樹脂塔に逐次捕集することにより、作業者の被ばく低減を図る手段が有効である。一方、解体廃棄物除染においては、解体前除染と比較して溶解金属量が多くなるため、必ずしも樹脂で捕集することが得策とならない場合がある。この場合は廃液をバッチ式で処理することとなるが、除染場所、廃液処理場所の雰囲気線量が上昇することから、除染タンクや廃液処理タンク等の線量上昇が予想される機器をあらかじめ遮へいしておくのが必要である。

プラスト除染においては研削粉が被ばく源となる。サイクロンセパレータで粒子と研削粉を分離する方法ではダストコレクタに研削粉が回収されることから、ダストコレクタをあらかじめ遮へいしておくのが効果的である。

いずれにしても、除染中、廃液処理中にどの機器にどのくらいの放射性物質が存在する可能性があるかを事前に評価して、仮設遮へい計画をたてるのが望ましい。

(c) 二次廃棄物の種類

化学除染廃液の処理方法としては前記の通り、①溶解した金属イオンを除染中に逐次樹脂で捕捉する方法と、

②除染終了後の廃液を中和等により処理する方法がある。解体廃棄物除染の場合は一般的に解体前除染より溶解金属量が多くなることから、イオン交換樹脂で捕捉するよりも、中和等でスラッジ化させて処理するのが得策であると考えられる。

プラスト処理においては、使用したプラスト材がそのまま二次廃棄物となる。粒子を繰り返し使用する場合はその分二次廃棄物の低減が可能である。

V. 除染技術のまとめ

廃止措置時の除染技術の適用にあたっては、除染対象物の形状、材質、汚染状態、除染の目的を考慮し、被ばく低減、二次廃棄物量低減となる方法を選定することが重要である。

—参考資料—

- 1) 石樽顕吉他編集, 原子炉水化学ハンドブック 第9章 除染, 日本原子力学会, (2000).
- 2) 財原子力発電技術機構廃止措置技術総合調査委員会編, 廃止措置技術ハンドブック, (2007).

著者紹介

酒井仁志(さかい・ひとし)

本誌, 51[11], p.35(2009)参照.

片岡一郎(かたおか・いちろう)

日立GEニュークリア・エナジー(株)
(専門分野/関心分野)除染, 廃止措置



談話室

広島，原爆投下(その2)

X線フィルムの感光

仁科記念財団 中根 良平

ベータ線観測

8月8日、仁科は再び所沢からDC-3機で広島に飛び、長い夏の暮色の中、上空を何回も旋回した。市の中心部は焼け、その外側の家々は放射状に倒壊していた。明らかに通常の焼夷弾による被害と異なり、一発の爆弾によるものであることが一目瞭然であった。仁科は「これは原子爆弾だ」と断言した。そして

- (1) 中性子照射のため被害者の白血球が減少している
- (2) 中性子照射のため地上の金属などが放射化している
- (3) 2次的に発生したガンマ線によりX線フィルムなどが感光している

等を確認するため、同行していた将校達と9日、調査を開始した。電気や水道などがすべて止まっていると考えていた仁科はガイガー・カウンターを持参してこなかったため、爆心地の西錬兵場付近で採取した銅線(電線が焼けて裸線になっていた)、石、木切れなどを航空機で理研に送った。10日夕方、受け取った木村一治がローリッツエン電位計で測定すると、銅線から天然の3倍程度の弱いベータ線が検出された。放出された中性子により銅線が放射化されたので、原子爆弾の直接証明になった。11日夕方には1/2以下に減衰し、12日には最早認められなかった^{1,2)}。

X線フィルムの感光

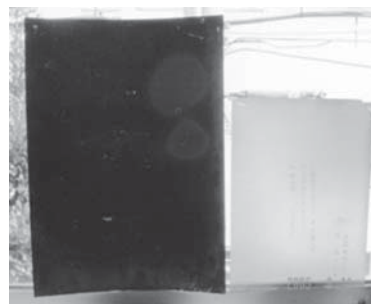
9日、仁科の指示で船舶司令部の将校が被災地の病院を廻り、第二陸軍病院三滝分院、陸軍共済病院、吉島本町病院などでX線フィルムや乾板を集め、爆心地の南1.5kmの日赤病院に持って行って現像を依頼した。暗室が破壊していたので、2階の廊下に暗幕を張り、現像した。

現像の結果、日赤病院2階のレントゲン撮影室にあり、撮影用取枠内に挿入してあったX線フィルムは黒く感光していた。レントゲン撮影室は病院の正面玄関のすぐ上にあり、爆心に向いていた。そのフィルムと爆心を結ぶ直線上にコンクリート壁があるが、その壁を通してガンマ線が、6日、患者を撮影するために用意したと思われる取枠内に取り付けたX線フィルムを感光したのである。しかし、やはり撮影室内にあり、亜鉛引箱に収納されたフィルムはカプってはいたが、感光していなかった。また地下室にあったフィルムも感光していなかった。

爆心地の北2.5kmの倒壊した三滝分院の室内に放置されたX線フィルムもカプってはいたが感光していなかった。共済病院(爆心より3.5km)のフィルム、吉島本町病院(爆心より3.0km)の乾板もまた感光していなかった。

これらの結果は直ちに陸軍軍医学校に報告された。そして“感光材料カブリ調査表”を付した[原子爆弾による広島被災医学的調査報告]には、「感光材料はいずれもカブリあり。然れども感光材料は打撃、圧迫等の物理的原因或は化学薬品によりても、又不良保存法によりてもカブリを生ずるものにして、実際被験感光材料中には、かかる原因によると思考せらるものあり、俄かに判定し得ざるも、日赤にて得たる取枠内(増感紙付)フィルムのカブリ甚しきは放射線に依ると考えて可なるべし」と記されている²⁾。

これらX線フィルムは一たん同学校に保管された後、終戦後仁科に寄贈された。仁科の没後、長い間、戸棚の奥に放置されていたが数年前発見され、新聞などに発表されて話題を呼んだ³⁾。



仁科が保管していたX線フィルム、左は日赤病院2階で感光したフィルム、右は三滝分院の室内の未感光フィルム

ソ連、宣戦布告

9日午前、仁科の不在中に、

「敵情第一号 二十年八月九日 (極秘)」

と書かれた次のような号外が研究室に届けられた。

「 [宣戦布告正文]

モスクワ九日発同盟 タス通信社は八日深更、つぎのとほり発表した

モロトフ外務人民委員は八日夜佐藤大使を招致しソヴィエト政府を代表し日本政府に伝達さるべきつぎの宣言を傳達した

日本武装勢力の無条件降伏を要求した今年七月二十六日の三國、即ちアメリカ合衆國英國並びに支那の要求は

日本の拒否するところとなった、従って極東戦争調停に関するソヴィエト政府に宛てられた日本政府の提案は一切の基礎を失った、聯合國はソヴィエト政府に対して日本の侵略に対する戦争に参加し戦争終結の時期を短縮するよう提案した、ソヴィエト政府は聯合國に対する自國の義務に従ひ聯合國の提案を受諾し本年七月二十六日の聯合各國の宣言に参加した……以上に鑑みソヴィエト政府は明日即ち八月九日よりソヴィエト聯邦が日本と戦争状態に入る旨宣言する……」

原爆投下によって日本がポツダム宣言を受諾すれば、参戦を条件として南樺太と千島の割譲を約束したヤルタ秘密協定は空文化するので、調停仲介を懇請されていたにもかかわらず、ソ連は一方向的に中立条約を破棄し、降伏寸前の日本に宣戦を布告したのである⁴⁾。

大本営広島爆撃調査報告

10日午前、仁科ら有末調査団をはじめ、原爆投下直後から救援や調査に当たっていた第二総軍、船舶司令部、呉鎮守府その他の陸海の関係者が、比治山東南の陸軍兵器廠に集まり、合同会議を開き、その席で決まったことが正式の報告書「広島爆撃調査報告」として十日付けで大本営に飛行便と電報で送られた。

午前中、現地調査した陸海の関係者が各自報告した後、いろいろ意見を述べた。マグネシウム爆弾、液体酸素爆弾などであるといった主張もなされたが、結局、仁科が「日赤病院のX線フィルム感光」を報告し、投下された爆弾は原子爆弾であるという「判決」が下された。「判決」という言葉は陸軍報告書の一つの慣用語であって、報告執筆者が出席者の意見をまとめ、総合判断を下すことを言う^{1,2)}。

この間の議事を仁科が丹念にメモした2冊のノートが仁科記念財団に残されているが、「海軍の調査は最も徹底せり」と書いている。そして判決が下された瞬間を記したページはとくに印象深いので次に示そう。

「13時再開 判決

弾種

爆薬ニ非ラズ

1000~2000トンノ火薬ニアタル

爆薬デハ熱ナシ 焼夷剤モダメ

焼夷剤ヲマキ コレニ火ヲツケル

原子弾又ハ同程度ノモノ

爆発高度、地点

護国神社300 m 南、高度550 m

爆圧

施設本部

草津 0.2 Kg/cm(硝子)

巴黎 0.6 Kg/cm(家半壊)

∴ 中心 6 Kg/cm 地上

火傷ノ原因

3 Km ヤケ ソレヨリ先ハバラバラ

熱線アルモ、β線ノ疑アリ

持続時間(1~2 sec)

光ノ持続時間ハ瞬間ニハ非ザルモノノ如シ

火災ノ原因

引火シ易キ可燃性物質ノ光線ニヨル発火

ノ場合モアリ

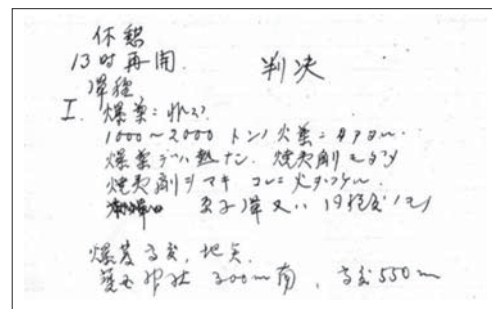
投弾方法

此種投弾ハ単機又ハ少数機ニヨル投

必ズシモ落下傘ヲ伴ハズ

(以下略)」

20ページにわたる生々しい大変貴重な記録である。



仁科のノートの一部

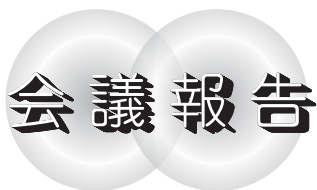
午後、京都大学教授荒勝文策、大阪大学教授浅田常三郎や長崎の被爆調査をした後、駆け付けた九州大学教授篠原健一が参加した²⁾。

15日夜、理研に帰って最初に発した仁科の言葉は「サイクロトロンノ真空は大丈夫か」であった。4月13日の東京大空襲により小サイクロトンや熱拡散塔等の施設はほとんど焼滅したが、幸いにも大サイクロトンは無事であったので、いつでも実験が再開できるように真空ポンプを昼夜兼行で稼働させていたのである。しかしそれは11月、米軍により破壊され、東京湾に捨てられた。一方、仁科は室員を指揮して広島、長崎の被爆調査を行い、日本映画社を支援して原爆映画を作った。この映画は米軍に接収されたが1967年返却され、NHK テレビなどで放送された^{2,5)}。

(2009年 10月13日 記)

一参考文献一

- 1) 「昭和史の天皇」4, 250(1968), 読売新聞.
- 2) 「原子爆弾 広島・長崎の写真と記録」42(1973)光風社書店.
- 3) 毎日新聞: 8月17日, 夕刊(2005); 文芸春秋: 2月特別号, 278(2005).
- 4) 迫水久常: 正論9月号, 55(2003), 産経新聞.
- 5) 中根良平, *Isotope News*, 155, 20(2000).



軽水炉水環境中における応力腐食き裂進展 試験方法に関するフォーラム

2009年7月13日(東京体育館会議室)

軽水炉冷却水環境中における応力腐食割れ(SCC)は、克服すべき事象の一つである。SCCの進展速度を求めるとき裂進展試験は幅広く行われているが、軽水炉冷却水環境中に適した試験規格の整備が遅れていた。(社)腐食防食協会では委員会を設置し、SCC進展試験法の規格案の検討を行ってきた。本フォーラムは検討中の規格案をより良いものとするため、規格案の内容とその技術的根拠を公開の場で説明し、広く意見を求めるためのものである。

フォーラムの概要

フォーラムでは6件の講演と総合討論が行われた。

- (1) 試験規格案策定の経緯 (東北大・庄子哲雄)
- (2) 軽水炉環境中における応力腐食き裂進展試験規格案の概要 (東芝・伊藤幹郎)
- (3) 試験片寸法の有効性(BWR) (日立・青池 聡)
- (4) 試験片寸法の有効性(PWR) (INSS・寺地 巧)
- (5) 試験結果の評価方法及び有効なき裂進展量 (電中研・新井 拓)
- (6) 定期的除荷の条件について(三菱重工・堤 一也)
- (7) 総合討論

SCC進展試験は、環境中で切り欠き入りの試験片に対して試験機等により引張応力を与えることにより、切り欠き先端からSCCを発生させ、き裂長さの時間変化から進展速度を求めるものである(図)。試験規格においては、試験片、環境条件の設定方法、応力の付加方法、試験結果の評価等が重要なポイントとなる。

(1)および(2)において、試験規格整備の必要性や試験規格の現状と課題などの背景と規格案の概要に関する説明が行われた後、(3)~(6)において技術的にポイントとなる点に関する説明が行われた。

(3)、(4)は試験片の寸法に関するものである。SCC進

展試験では、試験片の厚さが12.5~25 mm程度の比較的小型の試験片を用いて行うことが多い。このような小型試験片に過大な応力を付加するとき裂先端の応力条件が実機のような厚肉構造物のそれと大きく異なり、試験結果に影響を与える場合がある。このため、進展速度を求めたい応力条件で使用できる最小の試験片寸法を規定することが必要である。これまでは、破壊靱性試験に関する規定(判定式)を便宜的に適用していたが、本規格案ではBWRおよびPWR環境条件のそれぞれについて文献データを基に検討し、新たな判定条件を規定した。

(5)は、試験結果の評価に関するものである。軽水炉冷却水環境中のSCC進展試験の特徴として、進展速度が0.1~3 mm/年程度と非常に小さく、数か月にわたる試験においてもSCC進展量が1 mm以下の場合が多い、き裂が試験片内を均一に進展しない場合があるなどが挙げられる。このため、得られた結果が有効か否かを進展量や進展の均一性などから判定する規定が設けられている。ここでは、これらの規定の根拠に関する説明が行われた。

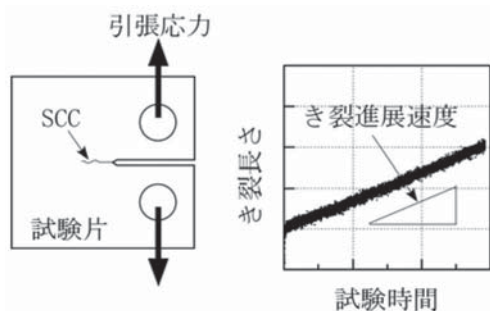
(6)では、き裂の進展が試験途中で停止する、もしくは、非常に進展が遅い場合に、除荷とその後の再負荷により、き裂先端を再度活性化させ、き裂の進展を促すことを目的に行う定期的な除荷操作について、条件設定の考え方に関する説明が行われた。

(7)総合討論では、現在、オーステナイト系鋼および合金としている対象材料の拡張の可能性、規格案では参考扱いとなっている水質条件の取扱いや実機条件との関係、本規格案を基に取得したデータのプラント評価上の取扱い等に関する質問や意見が出され、活発な議論が行われた。

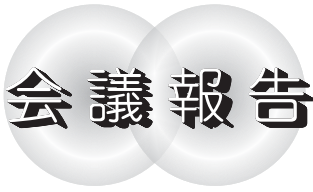
おわりに

フォーラムには、プラントメーカ、大学、研究機関、電力会社や試験機メーカに加え、実際に試験を行う技術者の方々等、当初の予想を大幅に超える約80名の参加があった。講演後の総合討論においても予定の時間を超える活発な討論が行われ、本試験規格に対するニーズや関心の高さを改めて実感することができた。本フォーラムでの議論を参考に試験規格案がより良いものとなることを期待したい。

(電力中央研究所・新井 拓, 2009年10月7日記)



き裂進展試験の模式図



燃料サイクルの産業化を目指して

GLOBAL 2009 : International Conference on the Nuclear Fuel Cycle, Sustainable Options & Industrial Perspectives

2009年9月6～11日(パリ, フランス)

燃料サイクル, 先進炉に関する GLOBAL 会議は, 1993年以降, 米仏日で2年ごとに開催されている。9回目となる今回は, 燃料に関する Topfuel 会議との合同開催で, GLOBAL へは34ヶ国から約700名が参加し, 開催国を除けば日本が約100名と最も多かった。

開会式で, フランス原子力庁(CEA)のビゴ-長官が気候変動と資源確保の観点で原子力, 燃料サイクルが必要で, 経済性向上, 資源最適利用, 廃棄物低減, 核不拡散, 安全確保を通じた継続的發展に寄与する先進技術が各国で開発されていると現状分析した。続いて, 近藤原子力委員長らが自国の状況を概観し, 産業界を代表して AREVA のローベルジョン CEO が巨大投資による継続的發展への寄与を PR した。研究開発から産業化までの一貫した連携の強さを誇示するフランスの意図がうかがい知れた。

多くの各国代表発表者が, 2020～2030年に核拡散抵抗性に優れた先進技術の導入を開始し, 2050年頃に低炭素社会を目指す, 将来展望を示していた。日本も2025年頃 FBR 実証炉, 2050年頃実用炉をそれぞれ運転開始(対応するサイクル施設も前後して導入)する計画であり, 世界的に共通のマイルストーンを持っていることがわかった。

プレナリーでは, 米国エネルギー省のサベージ部長が国内向け GNEP(Global Nuclear Energy Partnership)は元の AFCI(Advanced Fuel Cycle Initiative)に戻り長期的な研究開発を推進すると, 政権交代の影響を説明した。米国での原子力シェアは現状(20%)維持か2050年に30%を目指し, 高レベル廃棄物処分は必須でユッカマウンテンの代替技術を探る必要があるとのことであった。

パブリックアクセプタンスのプレナリーで, ヨーロッパ市民は2003年で原子力反対が2割多かったが, 2008年ではほぼ同数になったと報告された。反対の大きな理由は廃棄物問題で, 処分場決定には市民も参加すべきとの

意見が大勢を占めた。

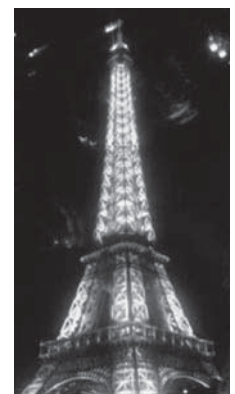
技術セッションでは, 再処理・リサイクル部会が企画した「各国の革新的燃料サイクル技術開発動向」が注目を集めた。フランスは, 再処理運転実績に基づく将来展望の中で, MAを一括抽出する GANEX 法の進展, Am の高速炉ブランケット装荷, 回収ウランの再濃縮, ヨウ素回収・セラミック固化等の新概念を紹介した。米国は, 従来の AFCI を方向修正し, 超ウラン元素と揮発性核種のみ分離する簡素化プロセスを重点開発すると明言した。日本は, 軽水炉から FBR への移行期の重要性和開発課題への取組み状況を報告した。韓国は乾式処理の積極的開発状況, インドは2012年頃 FBR 原型炉運開など高速炉サイクルの着実な推進状況を報告した。中国は残念ながら欠席した。

移行期については, 他のセッションでも各国から多くの発表があり, 高速炉平衡時代へ柔軟に移行する必要性が強調された。その他, 先進炉, 燃料サイクル, 核種分離変換, 廃棄物処理・固化, 核不拡散の各セッションで熱心な議論が展開された。

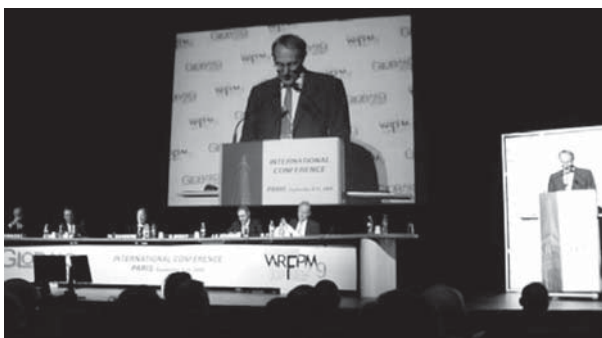
閉会式では, 藤家前原子力委員長が過去から未来への原子力文化(進化)論を講演し, 仏プログラム委員長が会議を詳細に総括した。最後に, 次回日本で開催される GLOBAL 2011の紹介があり, 再会を約束して閉会した。

テクニカルツアーで, 会議終了後ラア-グ再処理工場を訪問し, ガラス固化施設等を視察した。2バッチで1固化体を製造する小型装置で順調に動いているが, 炉の耐久性向上のためコールドクルーシブル(炉壁冷却型溶融炉)技術の実用化を目指している。バンケットのセヌ川クルーズは, 2001年パリ会議では9.11テロのため急遽中止となったが, 8年後に夢がかない感慨深かった。遊覧船から見た夜のエッフェル塔はひとときわ美しかった。

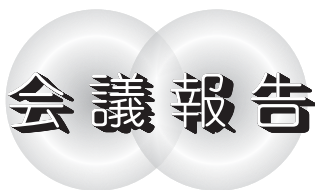
会議は全般的にかなり良く運営されていたが, 参加費が13万円と高いこと, プレナリーが毎日午前と午後であり, 同じ分野の技術セッションが重複していたことが反省材料と考える。次回日本開催時には改善したい。GLOBAL 2011は, すでに原子力学会主催, 9月4～9日名古屋開催が決定しており, 鋭意準備を進めている。(電中研・井上 正, 日立 GE・深澤哲生,



2009年10月8日記



開会式でのビゴ-長官の講演



核燃料の信頼性を向上させる努力について

Top Fuel 2009 will be placed on fuel reliability in the general context of nuclear “Renaissance” and recycling perspective.

2009年9月6～9日(パリ, フランス)

2004年より、核燃料分野に関する国際会議を米国原子力学会(ANS)、欧州原子力学会(ENS)、日中韓原子力学会(AESJ, CNS, KNS)がそれぞれ3年ごとに開催することにより、毎年、米欧亜のいずれかで同分野の国際会議が行われるシステムとなっている。今年、ENSが主催で、動力炉燃料の炉内挙動や基礎物性などに関する研究報告を中心に、Top Fuel 2009が開催された。

基調講演として、燃料信頼性向上を焦点にパネル討論が行われ、EPRIおよび産業界から、Zero by 10(2010年までに燃料破損をゼロにしようという取組み)の目標の下、改良燃料の導入と慎重な運転により、近年、燃料破損は低減しているものの、設備利用率が向上し、燃料に対する要求がさらに高くなっているため、燃料の改良に向けた努力が引き続き必要であるとの講演があった。

技術セッションは、技術分野別に並行して講演が行われた。以下、断片的にならざるを得ないが、技術講演のいくつかを紹介する。

1. 炉内挙動, 信頼性, 運用経験

IAEAからは各国の燃料破損率の整理結果が紹介され、各国とも信頼性改善により、破損率は低減傾向であるとの報告があり、日本におけるリーク率が他国と比較し1桁低いことについても言及があった。一方、各ベンダーおよび電力会社からは、信頼性向上のための取組みとして改良設計と製造改善および監視手法について紹介があった。WHからは、INPOが定めた主要な燃料破損原因(グリッドと燃料棒のフレッティング磨耗、クラッド誘起局所腐食、ペレットと被覆管の相互作用(PCI, 異物)に対して、それぞれ対策を講じることで燃料破損低減を目指しているとの報告があった。各ベンダーとも燃料製造に起因する破損を低減するための製造監視に取り組んでいる。また、2000年以降、ペレット欠けに起因したPCI破損が見られているとの報告もあった。EPRIからは、様々な改良水質によるクラッド関連の挙動についての発表がなされ、燃料信頼性向上の取組みの中では燃料ハード設計変更とともに、特に米国では、炉水環境の影響を評価し炉心運用へフィードバックする分野が進展している。EDFからは、トラブル対策および性能向上のための改良設計が取り入れられ、2008年以降、燃料破損は発生していないとの報告があった。

2. 過渡時の挙動および安全性

反応度事故(RIA)時燃料挙動についてはJAEAが3件の講演を行い、高燃焼度 UO_2 およびMOX燃料を対象としたNSRR実験の結果をベースに、それぞれ①MOX

燃料における破損限界、変形、FPガス放出、②RIA時燃料挙動解析コードRANNSによる実験解析、③燃料の機械的破損に及ぼす初期冷却材温度の影響を論じた。冷却材喪失事故(LOCA)時燃料挙動については、USNRCが性能規定化を目的とした被覆管脆化に関する基準の改定計画について報告したのに対し、JAEAはLOCA模擬試験では破断しない被覆管がリング圧縮試験では塑性変形をせずに破損することを示し、リング圧縮試験が過度に保守的な結果を与える旨を指摘した。

3. 水炉燃料技術の進展

BWR燃料の開発状況として、AREVAよりATRIUM燃料の開発状況が紹介され、 11×11 燃料の先行照射試験が2011年から始まるなどの情報がもたらされた。ジルコニウム合金の腐食、水素吸収特性については、NFDより各種合金の炉外スクリーニング手法および表面酸化膜の特性評価が紹介された。NFDおよびJNESからは、BWR燃料の出力急昇時の外面割れに関する研究が報告された。NFDからは、水素遅れ破壊(DHC)におけるき裂伝播をSEMで観察した結果が報告され、き裂と被覆管内に分布する水素化物の相互作用などが示された。またJNESからは、DHCき裂進展に対する熱流束の影響が報告され、温度勾配の有無でき裂進展に顕著な差が認められる一方、線出力とき裂長さには明確な相関が見られないことなどが示された。

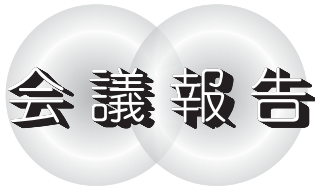
4. 使用済燃料の輸送, 中間貯蔵

中間貯蔵中の燃料の状態に関するモデル化と解析が報告された。CEAからは、中間貯蔵時の被覆管破損に伴う燃料の酸化を未照射および照射済み UO_2 の酸化試験に基づいて作成した酸化モデルの報告があった。

5. 先進的燃料設計および炉心管理

CEAからは、初期の反応度を抑制するErを被覆管に混入する概念の燃料について、中間層にEr添加層のある3重構造管を試作した結果の紹介があった。3重構造管とすることでEr添加による被覆管の耐食性劣化の課題を解決するものである。また、KAERIからは、PWR向け二重管中空冷却燃料棒向けのペレット製造の紹介があり、また二重管中空冷却燃料について、既存炉での設備(制御棒挿入機構、冷却材ポンプ等)を変更することなく、20%アップレートに対応できることを核的/熱水力的/安全解析で確認した結果が紹介された。

(三菱商事・安部田貞昭, JAEA・更田豊志,
2009年10月9日記)



光医療産業バレー拠点創出シンポジウム

Symposium for Photo-Medical Valley

2009年10月29日(けいはんなプラザ, 京都府精華町)

日本原子力研究開発機構(以下、原子力機構)では、平成19年度に科学技術振興調整費「先端融合領域イノベーション創出拠点の形成」プログラムに、課題「『光医療産業バレー』拠点創出」を提案し、採択された。このプロジェクトは、原子力機構で培ってきた高強度レーザー技術を医療分野に応用し、レーザー加速原理を用いて現状の粒子線がん治療器に比較して1/10の規模、コストを目標とした超小型粒子線がん治療器を開発し、その周辺技術も含めた医療機器の産業化を図り、けいはんな学研都市(京都府・大阪府・奈良県にまたがる関西文化学術研究都市)エリアを中心とした産業バレーを構築しようとするものである。

原子力機構では、平成18年から、自治体、関連機関などと連携して、けいはんな学研都市を中心とした「けいはんな光医療産業バレー」構想を推進しており、毎年「光医療産業バレー拠点創出シンポジウム」を開催してきた。

今回のシンポジウムは、第4回目にあたり、原子力機構の光医療研究連携センターを中核とした「『光医療産業バレー』拠点創出」プロジェクトの成果と今後の展開を紹介するとともに、地域に根ざした大学病院(京都大学医学部附属病院, 京都府立医科大学附属病院)の最先端のがん治療(放射線治療, 外科治療, 化学療法, 免疫療法)現場最前線からの報告を行った。基調講演で阿部光幸氏(兵庫県立粒子線医療センター名誉顧問, 京都大学名誉教授)が述べられた粒子線治療の長所と問題点を以下に示す。

長所

- ・患者にやさしい治療(痛みや苦痛が少ない)
- ・比較的早期の原発がんに適応すれば切らずに治療可能

- ・副作用が少なく QOL(生活の質)が高い
- ・速やかな社会復帰が可能
- ・高齢者の場合、苦痛の少ない生き甲斐のある人生を送ることができる

短所

- ・治療費が約300万円と高額で、現在のところ自己負担
- ・治療施設が2009年現在、7ヶ所と限られている

原子力に関係の深い、原子力機構の関西光科学研究所長・光医療研究連携センター長の河西俊一氏の講演と京都大学医学部附属病院の光森通英准教授の講演を紹介する。

○『光医療産業バレー』拠点創出プロジェクトが拓く未来

原子力機構・河西俊一氏

先進的レーザー研究を展開している原子力機構の関西光科学研究所(京都府木津川市)の紹介と最新の成果を報告した。高強度レーザーによる粒子線発生技術では、7 MeVの陽子線、20 MeVの重イオンの発生が確認された。今後、80 MeVの陽子線の安定な発生を目標とし、7年以内に超小型粒子線がん治療器の原型機の開発を目指すという計画が述べられた。治療器の主要構成部であるレーザー装置の開発では浜松ホトニクスと協働して小型高性能半導体レーザーの開発を進め、照射システムについては東芝と連携して開発を進めていく計画である。兵庫県立粒子線医療センターをプロジェクトのサテライト拠点と位置づけ、臨床研究を進めていく計画を述べた。

○放射線治療の最前線—手術なしでもここまで治る

京都大学医学部附属病院・光森通英准教授

放射線治療が進化して、安全に治療が行えるようになった最新の状況から、放射線で治せるがんの種類、特徴などが紹介された。舌がん(形態・機能を残して治す)、食道がん(抗がん剤と併用で手術不能ながんも切らずに治す)、肺がん(ピンポイント照射で切らずに治す)、前立腺がん(ハイテク治療で切らずに治す)を例に挙げ、放射線治療の成績が手術に匹敵しうるレベルになっている状況が紹介された。京都大学医学部と三菱重工業が共同開発した高精度ながん治療ができる高精度画像誘導放射線治療装置「MHI-TM 2000」の紹介も行われた。がん治療において、副作用が少なく、QOLが高い治療が望まれる最近の情勢からも、一層の放射線治療の啓蒙・普及が望まれる。

(日本原子力研究開発機構・土田 昇,

2009年 11月11日 記)



光医療産業バレーについて特別講演を行う河西俊一氏

学生連絡会報告

第12回倫理研究会参加報告

学生連絡会 山本 哲大(福井大学), 嶋田 和真(東京大学)

7月25日に東京大学にて行われた倫理研究会に学生連絡会のメンバーが参加しました。今回の研究会は、社会人と学生が合同で議論できるところが特徴的でした。

研究会の流れとしてまず、倫理委員の宮越直樹氏(三菱重工業)の講演から始まりました。企業内でふとしたことから起こる予期せぬ出来事が不正や不適切なものにならないように非常に気を遣いながら対応されている実態を実例やデータを交えて話されました。

次に、6つのグループに分かれて、2つのケーススタディを行いました。私のグループでは、ある企業内で起こった、ライン洗浄の工夫の末の火災事故に関する事例を基に、倫理的な問題点やその予防策を議論しました。議論の中で、現場のトップが最も責任が重く、問題行動が多かったという意見が多く出ました。次に責任があると考えられたのは、現場のベテラン技師の判断や工夫に甘えていた末端の職員でした。それに反して、創意工夫を提案したベテラン技術者には責任は余りないという意見が多く出ました。これは、学生と社会人両方が同じような意見であり、同じテーマを与えられた他グループでも同じような傾向が見られました。しかし、各グループの成果を発表し、グループ間で議論していくうちに、このベテラン技術者に対する許容的な態度こそが、日本の企業における倫理問題の一役を担っていることに私は気づかされました。

倫理問題の難しさとは、問題の当事者が必ずしも悪とはいえず、また背景や当時の環境をトレースしながら考えた時、大多数の人が違反者と同じ行動をとりうる可能性がある、ということ、私だけではなく多くの参加者が気付かされたと思います。

私が一番興味深かった点は、我々学生連絡会を含めた学生参加者の積極的な態度です。中には学生同士で熱い議論をする場面もありました。倫理委員や社会人の参加者の方々にとって、学生のフレッシュな意見を聴くことはいい刺激になったと思います。また、私達学生も、社会に出た時に直面するであろう諸問題と、その時にどう立ち向かっていくかといった対策を、この倫理研究会から学べたと思います。

私の今回の研究会での一番の収穫は、「再発防止策」という言葉は、その後形を変えて起こる未来の別の事故のためにあるべきものであり、当事者ではなく「隣の人のための改善案」なのだということを念頭において、再発防止策を作成しなければ意味をなさないという言葉でした。

自分の中に第三者的な視点を持ち、自分を律するだけでなく、周りの人間にそれらが伝わり、うまく機能するように意識することが、倫理問題と向き合っていく上で最も重要なことだと学びました。

(福井大修士課程2年・山本哲大)

嶋田は昨年に引き続き倫理研究会に参加させていただきました。昨年の研究会と異なる点は、ケーススタディとして「技術者の倫理ケースブック2」の題材に加え、JCO 臨界事故の事例が取り上げられたことです。これは、JCO 臨界事故から今年でちょうど10年になるので、ぜひとも倫理研究会で取り上げたいと自分から倫理委員の皆様をお願いをして実現しました。1999年夏、高校生の自分は東海村の当時の原研でサイエンスキャンプに参加し、施設見学や霧箱作製など、今の自分につながる多くの経験をしました。その2ヵ月後、事故のニュースを聞き、衝撃を受けたことを今でも覚えています。

JCO 臨界事故のケーススタディにおいて、自分のグループでは問題点とその対策として主に以下の2点が挙がりました。

- (1) 作業員に臨界安全の教育がなされていなかったことに対し、作業を行うにあたって各種認定試験を設けること。
- (2) 経営合理化による人員削減により作業手順が簡略化されたことに対し、経営層と従業員のコミュニケーションの円滑化を図り、作業内容の変更の際には多くの人が意見をいえる風土を作ること。

議論を終えて思ったことは、2つ目の問題点と対策は「ライン洗浄の工夫の末に起こった火災事故に関する事例」とほとんど同じだったことです。倫理の視点からすれば、2つの事故は同じ対策が取られることになることは予想外の結果でした。

しかし、仮に工場で火災事故が起こり、2名が死亡したとしても、新聞一面にはならないと思います。世間からの視線が厳しい分、原子力業界に携わる人々は、日々高い倫理観を持って仕事をする必要があると今回の倫理研究会で実感しました。

この感想に対して学生の間で「すべての原子力業界の人間が高い倫理観を持っているわけではないのでは?」と議論になりました。私の反論は、「だからこそ、多くの原子力業界の人々に倫理研究会に参加してほしい」です。

(東京大学博士課程1年・嶋田和真)

(2009年 9月30日 記)

日米欧原子力国際学生交流事業派遣学生レポート

WSU 滞在記

名古屋大学大学院工学研究科
 マテリアル理工学専攻博士課程前期課程1年

竹内 百恵

本事業は、日本原子力学会と米国原子力学会シカゴ支部(アルゴンヌ国立研究所)の間で1979年に開始されました。その後、米欧全域へと派遣先が拡張され、現在に至っています。交換留学生の公募は毎年行われていますので、詳しくは、<http://www.aesj.or.jp/gakuseikouryu/index.html> をご覧ください。

このたび私は、日本原子力学会の平成21年度日米欧原子力学生国際交流事業の派遣学生として、2009年8月29日から9月29日にかけて、米国ワシントン州立大学(Washington State University: WSU)に滞在しました。WSUは広大な農地に囲まれており、私が訪ねた時期はちょうど収穫が終わった頃で、日本では見ることのできない、延々と広がる砂漠のような景色がとても印象に残りました。WSUの施設は赤レンガで統一されており、敷地内では野生のリスを時折見かけました。

私の研究課題は、水相にキレート剤を添加した溶媒抽出による、ランタニド(Ln)とマイナーアクチニド(MA)の分離です。この研究は、原子力発電によって生じる高レベル放射性廃液から、燃料として用いることのできるMAを回収する際に、化学的性質のよく似たLnとの分離方法として提案されました。私はこの留学で、放射性核種である ^{241}Am を用いて実験を行うことを目的としました。

WSUには、この研究分野に詳しいProf. Kenneth L. Nashがいらっしゃる、今回の留学ではスーパーバイザーになっていただきました。Prof. Nashには、お忙しい中、快く迎えていただき、研究を進める上でも大変貴重なアドバイスをしていただきました。

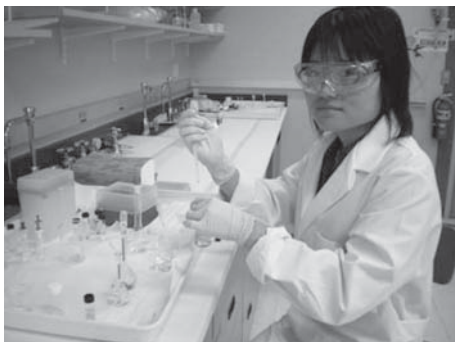
実験では、研究員のJana Sulakova氏や名古屋大学榎田研究室の先輩である宇留賀和義氏に実験装置や放射性物質の扱いについて教わりました。私は放射性物質を用

いて実験した経験が乏しかったため、安全に実験を進めることができるのか不安でしたが、お二人の熱心な指導により、安全に実験を行うことができました。また、週に1回行われる汚染検査にも参加させていただき、米国での放射性物質の取扱いについて一通り学ぶことができました。

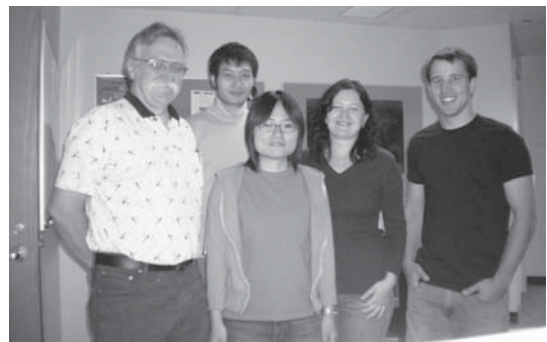
研究室で毎週開催されるミーティングでは、毎回3人の学生や研究員が研究成果の報告をし、それに対して活発に討論が行われていました。ミーティングはいつも和やかな雰囲気で行われていましたが、時には意見がぶつかることもあり、研究に対する学生たちの真剣な姿勢がうかがうことができました。

また、週末にはJanaの自動車でカナダ付近までドライブに連れて行ってもらったり、アメリカンフットボールの試合を観戦したりしました。WSUのスタジアムで試合が行われる週末は市内のホテルが満室になるほどの賑わいで、アメリカンフットボールの人気を実感しました。

最後に、1か月という短い間でしたが、親切にいただいたProf. Nashと研究室の皆様、留学にあたって種々の手続きをしていただいたRobert Cassleman氏を始めとするWSUの皆様、そして、このような貴重な機会を与えてくださった日本原子力学会学生国際交流事業の関係者の皆様および学会会員の皆様に心からお礼申し上げます。
 (2009年10月29日 記)



実験室にて



Prof. Nash や研究員の方々と筆者



⑦ 国民の幸せにつながる電力源選択とは —ベストミックスの中に原子力を



北海道函館中部高等学校・1年 鈴木 翔

世界中で唯一の被爆国となった日本は、原子力という言葉に異常なほどのアレルギーを示すようになった。そして、少しでも「原子力賛成」「原子力発電も良いのではないか」と言おうものなら、まるで「戦争推進者」「核兵器容認者」というレッテルでもつけられそうな雰囲気がある。「原子力は核兵器につながるもの」「プルトニウムやウランは危険なもの」……この文言は、北海道電力が進める泊発電所のプルサーマルに反対する人たちが、ハンドマイク片手に叫んでいた言葉である。私は本当にプルサーマルは危険なんだろうか、この人たちは北海道や日本の電力事情を正しく理解しているのだろうかかと疑問に感じていた。

それは以前、見学したことがある北海道電力原子力PRセンター「とまりん館」での説明が頭に残っていたからである。北海道では現在、泊1号機、2号機が運転し、道内の総電力量の約19%が原子力発電である。そして、12月から本格運転となる泊3号機を合わせると、約40%が原子力発電に頼ることになるのである。原子力に反対している人たちは、この現実を知っているのだろうか。もし、今、北海道や日本各地の原子力発電所の稼働が止まったら、私たちの生活は成り立つのだろうかかと尋ねたい。答はもちろんNOであり、私たちは平和利用としての原子力の恩恵に大いにあずかっているのである。また、「日本のエネルギー自給率19%(原子力を含む)、原子力を除くと自給率4%」という現実をどれだけの人々が理解し、危機感をもっているのか……、おそらく日本国民のほとんどの人は、あまり関心がないと思う。

実際、安定した電力確保に向けて、日本はいくつかの大きな課題を抱えている。その一つは、石油・石炭・天然ガスなどの化石エネルギーの限界である。それぞれの天然資源の埋蔵量には限りがあり、新技術が開発されたとしても、いずれ資源は枯渇することは明らかである。そして天然資源が乏しく、そのほとんどを輸入している日本は、戦争や国際紛争など政治情勢が不安定になると、途端に石油や石油製品の値上がりが続ぎ、時には物不足で社会全体がパニックに陥る経験をしてきた。昭和50年代に起きた物不足、最近ではガソリンや重油などの価格がわずかな期間に急騰し、漁船が一斉休漁したり、運送会社のトラック便が激減したことなど、石油の確保や価格は物流システムなど社会の根幹にかかわる面を持っているわけである。二つめは、二酸化炭素などの排出による環境問題である。ここ数年、原油投機によるガソリン高騰や地球温暖化の関心の高まりとともに化石燃料の代替燃料としてアルコールが注目され、サトウキビ・トウモロコシを原料とした燃料が利用されてきた。「地球にやさしい」という心をくすぐるような言葉とは反対に、食糧である大豆・トウモロコシの価格は大幅値上

がりをし、発展途上国では日々の食べ物にさえこと欠く状況を生み出してしまった。また、自然エネルギーの活用では、風力発電が世界一のドイツと比べて、日本は設置数・総発電量とも極めて少ない。その理由としては、①安定して強い風が吹く陸地が少ない、②山岳地が多く平地に人口密度が高く立地に適していない、③洋上立地にしても遠浅な海域が少ないなど、風力発電を推進する条件が日本にはそろっていないのである。地熱発電に目を向けても、地中深くのマグマの熱を利用して蒸気でタービンを回す発電システムは、総電力量が数万kW程度の出力のため、活用できる地域と用途は限られたものになっている。三つめは、コストの面である。いかに環境に良いからといって、発電コストを無視できるわけではない。電気事業分科会の報告によると、燃料費・設備費・人件費などを加えた1kW時当たりの算出では、原子力発電が5.3円、火力発電は5.7~10.7円、水力発電は11.9円になっている。単純に価格だけで比較できるわけでもなく、原料の調達・二酸化炭素の排出量・電力需要など、その利点、欠点条件などさまざまな観点からの選択が大切である。また、リサイクル面から考え、原子力発電所で使い終わった燃料を再処理してプルトニウムを取り出し、ウランと混ぜて新しい燃料をつくり、再び利用する「プルサーマルの流れ」が安全に機能し、これらのことが国民の間に「原子力は、安全・クリーン・安価・環境にやさしい」ことが浸透していけば、国民の原子力への意識や関心は変わってくると思う。

冒頭の「原子力は核兵器に」「プルトニウムやウランは危険」と叫ぶことは簡単である。しかし、夢物語のような再生可能で環境に影響のないエネルギーは存在しないという現実を直視した時、私たちは今の文明や社会を持続させていくためにも、一つの選択をしなければならない。それは、原子力に対するイメージを、危険なものというマイナスから、期待・安全・信頼・リサイクルというプラスのイメージ転換を図らなければならない。そして、電力源の特性とこれからの社会の電力需要などを見越して、綿密な計画を立て、実行していかなければならない。ヨーロッパの国々のように、他の国から電力を購入することが難しい日本では、国民が安全に安心して快適に生活できるため、安定した電力を確保することこそが最大の使命である。そのためにも特定の電力源ではなく、なにか不測の事態が起きても対応できるバランスの良い電力源の選択と、非難や批判だけではなく、あらゆる世代・多くの立場の人々が、原子力を支えていくという考え方で、原子力を利用していくことが重要だと思う。日本の電力源のベストミックス、その中に原子力が多くの割合を占めることは言うまでもない。

(2009年 11月26日 記)

註：今回は、日本原子力文化振興財団・日本原子力研究開発機構が原子力の日記念に募集した作文論文(応募総数12,057編)のうち、文部科学大臣賞に選ばれた鈴木翔さんの論文を紹介しました。©財団日本原子力文化振興財団

立地住民の声に共感の声が多く

核セキュリティについての記事も好評 (10月号の Web アンケート結果)

「原子力学会誌」10月号に対して寄せられた Web アンケートの結果をご紹介します。今回は106名の方から、回答がありました。

1. 高く評価された記事

Web アンケートでは、各記事の内容および書き方について、それぞれ5段階で評価していただいています。10月号で高く評価された記事について、「内容」、「書き方」に分けてそれぞれ上位4件をご紹介します。

第1表 「内容」の評価点の高かった記事(上位4件)

順位	記事の種類	タイトル	評点 (内容)
1	時論	日本社会と核セキュリティ —原子力の国際展開の中のセ キュリティ認識	4.06
2	講演	立地町の一住民としての思い —原子力発電所とともに歩む 「原子力総合シンポジウム2009」 に参加して	3.90
3	定点 “感”測	原子力の“グローバル”展開	3.84
4	解説	核拡散をめぐる国際政治 —インド、パキスタンの核兵器 開発を中心に	3.83

第2表 「書き方」の評価点の高かった記事(上位4件)

順位	記事の種類	タイトル	評点 (書き方)
1	講演	立地町の一住民としての思い —原子力発電所とともに歩む 「原子力総合シンポジウム2009」 に参加して	3.83
1	定点 “感”測	原子力の“グローバル”展開	3.83
3	巻頭言	「マニフェストと起請文」 —政治家は花魁じゃない	3.80
4	時論	日本社会と核セキュリティ —原子力の国際展開の中のセ キュリティ認識	3.77

今月は、時論、講演が好評でした。

2. 自由記入欄の代表的なコメント、要望等

- (1) 最近、NHKで「知られざる原発解体」が放送されたが、番組の制作に当たっている方が、原子力を視聴者にどのように伝えたいと思っているのか、また、製作担当者は原子力をどの程度理解して番組を作っているのかを知りたいと思う。製作者と専門家の対談のような記事があったら良い。
- (2) 最近の学会誌は読んだ内容について、周辺の人に内容を気軽に話せる記事が多くなった。自分への知識だけでなく、周辺の人に話題提供できるようになってきたことは、原子力への理解を広めるためにも有用である。
- (3) 報告「企業における女性のキャリアの磨き方」に関して、よい集会であったと思う。女子が特別でなく、しかし男子と同じでなくそれぞれのよさを発揮して、より良い職場を作っていけることがなによりである。

3. 編集委員会からの回答

- (1) 上記(2)のコメントに対して、今後も、会員への話題提供ができるような記事を企画していきたいと思っています。

学会誌ではこれからも、会員の皆様により質の高い情報を送りたいと考えております。記事に対する評価はもとより、さまざまな提案もぜひ、Web アンケートでお寄せ下さるようお願いいたします。

ジャーナリストの視点 Journalist's eyes

原発の隣で暮らす人々

NHK 報道局 大崎 要一郎

2004年5月28日。その日、私は取材のため佐賀県玄海町の町役場を訪れていた。役場では九州電力の松尾新吾社長(当時)が神妙な面持ちで事前了解を願い出る。凍結されていたプルサーマルが再び動き出した瞬間だった。

当時の私はといえば、生まれてはじめて東京を離れ、佐賀放送局に赴任して2年目。駆け出しのサツ回り(警察担当)記者で、学生時代から筋金入りの文系人間にとっては、県内にある玄海原子力発電所もさして関心の対象ではなかった。思えばそんな私が突然玄海町に派遣されたのは、2か月後の人事にむけた伏線であったのか。その年の7月、私は玄海町をカバーする唐津報道室に異動することになった。

玄海町は「虹の松原」や「焼き物」で知られる唐津市の隣、人口およそ6,000人の小さな町で、当時、原発の交付金を積み立てた約150億円の基金の活用などをめぐって唐津市との合併協議から離脱したばかりだった。

取材を始めるとすぐに、私は原発が町民の生活と切っても切れない存在だと気づかされる。町民の多くが九州電力の関連会社や旅館、飲食業といった原発相手のサービス産業など何らかの形で原発に関わる仕事をしている。財政は豊かで、町役場や体育館、温泉施設は原発の交付金で作られた。農家も漁民も交付金で整備された農地や港を利用している。手厚い町の支援によりハウスみかんや畜産業が盛んで、1戸あたりの農業生産額は県内トップクラスだ。

しかし、豊かな財政にも関わらず、解決できていない課題もある。人口の減少には歯止めがかからず、後継者のいない農家や漁家が8割以上と深刻な問題になっている。私は、子どもたちが家を出て夫婦2人暮らしというみかん農家を取材したことがある。何気ない会話の中でふと「あと何年作れるかねえ」という言葉を耳にした。笑顔の中に一抹の寂しさがうかんでいた。

また、玄海町は人口あたりの医師の数が県内で最も少なく産婦人科はない。医療体制に関する取材の中で私が出会った女性は、玄海町から30分かけて唐津市内の病院に通っていたが、突然の破水で緊急出産となっ

た。さらに1時間以上かけて佐賀市内に搬送される最中「もうしばらくお腹の中にいてね」とお腹の子に必死で呼びかけたという。

原発の町と呼ばれる玄海町。しかし、町議会や町長の選挙では、原発が争点になることはほとんどない。原発とともに暮らすことをどう感じるか、とマイクを向けても町民は多くを語ろうとしない。2006年2月17日、町はプルサーマルの受け入れを決めた。寺田司前町長は当時、取材に対し「固定資産税が先細り、交付金に頼らざるを得ない中、プルサーマルがもたらす新たな交付金が重要だった」と話した。だが住民が本当に求めているのは交付金ではなく、それによってもたらされると期待した暮らしの豊かさではなかったか。

あれから3年。町では今、新しい豊かさを模索する動きが始まっている。2006年7月に当選した岸本英雄町長は、原発を中心にした特色ある町づくりを目指す。薬草研究所や次世代エネルギーパークの誘致。「玄海町を魅力ある町にしたい」と語る町長。交付金制度の改正で用途も広がってきたことで、教育への投資にも積極的だ。だが、赤字の温泉施設や大型施設の維持費が財政を硬直化させる。長い間ハコモノ型の行政を続けてきた町が、暮らし優先へ転換するのは容易ではない。

最後に。本欄の執筆依頼をいただいたものの、原子力について何がしかを語ることの難しさに悩んでいた去年11月、玄海3号機でプルサーマルが始まった。東京からニュースを報じた時、ふと玄海町を遠くに感じた。直嶋経産大臣は「国民の理解と信頼を得ながら」原子力を進めていくと語っているが、理解と信頼を得るべき人たちの姿が見えているだろうか。私はその思いを自分自身に言い聞かせるように本稿をしたためた。

(2009年11月15日記)



大崎要一郎 (おおさき・よういちろう)

NHK 報道局 科学文化部記者
2003年東京大学教育学部卒。NHK 入局後、佐賀放送局、唐津報道室勤務を経て2008年より現職。

From Editors 編集委員会からのお知らせ

○学会誌記事執筆者のための

テンプレートを用意しました
執筆要領と合わせてご利用下さい



<http://www.aesj.or.jp/atomos/atomos.html>

○「投稿の手引」「和文論文テンプレート」を 改定しました。

<http://www.aesj.or.jp/publication/ronbunshi.htm>

—最近の編集委員会の話題より—
(12月4日 第6回編集幹事会)

【学会誌関係】

- ・巻頭言、時論、座談会・インタビュー記事について、今後の計画を検討した。川口順子参議院議員へのインタビュー、学生座談会『原子力の安全』等を今後予定している。
- ・新企画として、世界各国の原子力事情（欧州編）、解説「主要大学の活動状況と今後の展望」をスタートする。
- ・記事策定チームを設けることについて検討。一年間の記事計画を立て、原子力分野とそれ以外の技術分野、環境・社会分野などの掲載バランスについて検討する。

- ・各編集委員には、それぞれの専門分野と関心のある分野について、新しい記事の掘り出しを依頼することとした。
- ・来年度の表紙デザインについて検討した。
- ・「軽水炉・FBR 連載講座」の冊子について、予定の販売部数以上の予約があったことが報告された。

【論文誌関係】

- ・ケンブリッジ大学出版局から、英文論文誌の出版に協力したい旨の申し出があった。先の Taylor & Francis 社と同じような内容である。英文誌発行の大手出版社依頼に関して継続して議論することとした。
- ・原子力学会の一般社団法人への移行案について説明があった。学会誌・論文誌発行が公益目的事業となる予定。
- ・査読遅延防止対策について検討した。査読委員の確保のため、新規候補者を追加する。
- ・第一分野の審査状況の説明があり、編集委員2名を追加承認した。
- ・学会の規定類の統一的な見直しに関連して、編集委員会規定の改定案について検討した。編集委員会が関連する他の要領等も随時見直していく。

編集委員会連絡先 hensyu@aesj.or.jp

日本原子力学会誌 ATOMOS 広告のご案内

社団法人 日本原子力学会

「日本原子力学会誌」は、特集・解説・講演等、広く原子力に関わる記事を掲載し、我が国原子力研究、産業の発展に資するべく、努力しております。学会誌は毎月約8,000部が発行されており、電力、メーカー、大学、研究機関を中心とする会員および賛助会員の原子力関係者はもとより、広く原子力関係機関、市町村、マスコミ等にわたっております。本誌への広告掲載は、発展の一助になるものと信じておりますので、ぜひ、広告の掲載をお願い申し上げます。

■賛助会員料金(消費税別)

表2	150,000円	前付	110,000円
表3	140,000円	後付	100,000円
表4	190,000円	差し込み (本誌に同封)	230,000円

■一般料金(消費税別)

表2	160,000円	前付	120,000円
表3	150,000円	後付	110,000円
表4	200,000円	差し込み (本誌に同封)	240,000円

■上記の金額は、1ページあたりのモノクロの料金です。カラーの場合、1ページあたり120,000円追加となります。また、版下・フィルム製作費は別途申し受けます。

■過去1年以上毎月出稿された機関につきましては10,000円引きとなります。

■連絡先 105-0004東京都港区新橋2-3-7新橋第二中ビル3F

社団法人日本原子力学会 学会誌編集担当 富田、野口

TEL 03-3508-1262, FAX 03-3581-6128, E-mail: hensyu@aesj.or.jp