

シリーズ解説

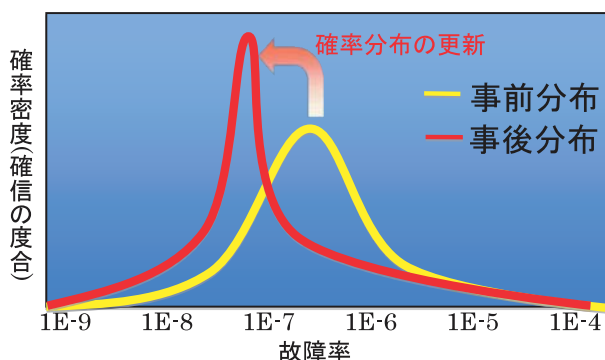
我が国の最先端原子力研究開発

No. 19 電中研

17 原子力発電所のリスクを定量的に把握する—確率論的安全評価のパラメータ推定技術

原子力発電所の安全管理の定量的評価として確率論的安全評価手法(PSA)が活用されている。PSAに用いる故障率や共通原因故障等を、国内の実機データから推定する取組みについて紹介する。

桐本順広, 眞田高宥



ベイズ統計によるパラメータ推定

連載講座 ICRP 新勧告—新しい放射線防護の考え方と基準(1)

39 放射線防護の歴史的展開—ICRP 勧告の変遷を中心として

国際放射線防護委員会は2007年に、主勧告の改訂を行った。この連載では放射線防護原則の変遷の歴史的経緯を紹介するとともに、17年ぶりに改訂された新勧告の内容を解説する。

小佐古敏荘

羅針盤

52 綱渡りから脱却できるか

小川 明

表紙の絵 「花の誘い」 石田育代

今月号から第41回「日展」へ出展された作品を掲載いたします。(表紙装丁は鈴木 新氏)

喧噪や雑踏の中で、街の花屋さんには人の心を和ませる気がします。花に誘われるように、ふっと歩調を緩める人の姿に心引かれ描きました。

巻頭言

1 「・」

石田寛人

時論

2 国際保障措置の現状と将来の課題

国際保障措置はグローバルな核拡散と機微情報の拡散など、さまざまな問題に直面している。

村上憲治

4 原子力平和利用のスリー・エス(3S)

原子力安全と核セキュリティ、そして保障措置のこれまでと、これからについて述べる。

坪井 裕

解説

23 原子力発電所の新しい保全への取組み—新検査制度の概要と事業者の取組み

国は昨年1月に、原子力発電所において新しい検査制度を導入。すべての原子力発電所で一律だったこれまでの検査頻度が変わる。新検査制度の概要と事業者の具体的な取組みについて紹介する。

原子力発電部会

報告

28 核廃絶に向けて—日豪国際委員会の提言と評価

日豪両政府の主導により発足した「核不拡散・核軍縮に関する国際委員会」は昨年12月に、核廃絶に向けた行動計画を盛り込んだ報告書「核の脅威を絶つために」を発表した。

遠藤哲也

ATOMOS Special

世界の原子力事情(4) 欧州 総括編

31 英国の原子力事情

電力自由化で原子力開発がストップしていた英国。しかし最近では、フランスEDFがBE社を買収するなど、新規建設の動きが加速してきた。

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(8)最終回

33 廃止措置技術—金属再利用の技術動向

110万kW級の原子力発電所を廃止すると、4～5万トンの金属廃棄物が発生する。その90%は、クリアランスレベル以下か、あるいは非放射性廃棄物だ。諸外国では、それらの多くを、溶融処理を経て再利用している。

村田 実

談話室

44 WIN-Japan 主催「サイエンス・ディナー in 松山」—モリモリ話そう、エネルギーや原子力のこと

河田朱実、黒岩温子

会議報告

46 高速炉システムの実用化を目指して

佐藤浩司

活動報告

47 アクチノイドの実験・取扱操作を体験する—J-ACTINET サマースクール2009を開催

逢坂正彦

48 「CO₂を減らすために、今、私たちができること」—JEMA 原子力PA 女性分科会が首都圏女性と懇談会

川畑有紀子

YGN 活動報告

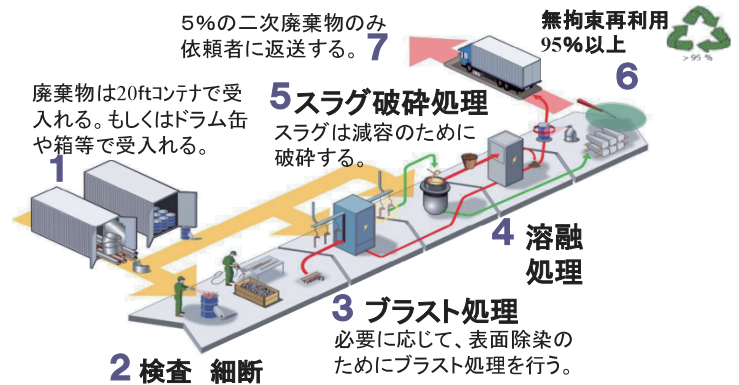
49 FBR 商業化に向けた国際協調のあり方について—高速炉システム国際会議(FR 09)ヤングジェネレーションイベントにて

城 隆久

ジャーナリストの視点

53 もんじゅ仕分け傍聴記

山田 聡



スタズビック社の汚染金属溶融処理フロー

6 NEWS

- 原子力機構、もんじゅ運転再開で地元に協議願い
- 上関1号が設置許可を申請、12年着工へ
- 原子力学会、高校教科書記述で提言
- 天然の無機化合物に強力な放射線防護作用
- 水系反応による新しい放射線加工技術を開発
- 水の放射線分解をピコ秒レベルで観測
- 松江市で原産年次大会を4月に開催
- 原産の動画配信のご案内
- 海外ニュース

学会からのお知らせ

16 原子力学会の異常事象解説チーム(チーム110)が活動開始

小川順子

22 From Editors

54 「2010年秋の大会」研究発表応募・参加事前登録のご案内

55 会報 原子力関係会議案内、主催・共催行事、人事公募、連載講座「軽水炉プラント」「高速炉の変遷と現状」書籍残部販売のご案内、平成22年度「シルバー会員」・「永年会員」の表彰、平成21年度(第3回)「日本原子力学会フェロー賞」受賞者一覧、「第42回(平成21年度)日本原子力学会賞」受賞一覧、英文論文誌(Vol.47, No.4)目次、主要会務、編集後記

WEB アンケート

1月号のアンケート結果をお知らせします。(p.51)
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/>

「・」



金沢学院大学長

石田 寛人(いしだ・ひろと)

東京大学工学部原子力工学科卒業後，科学技術庁入庁。原子力局長，科学審議官，科学技術事務次官，チェコ大使などを経て，2004年から現職。東大客員教授，原子力安全技術センター会長を兼ねる。

先日，ある文章を読んでいたら，『「科学技術」(science based technology)という日本独特の言葉に代表されるように』というくだりが目に入った。さらに，少し離れたところに『国際性豊かで独立性・独創性に満ちた科学・技術(science and technology)』と言う表現があった。この文章の書き手は「科学技術」という言葉は「科学に基づく技術」という意味であり，「科学と技術」を意味するとは解しがたい，あるいは，解さない方がよいと考えているようだ。「科学と技術」の表現法については，これまで，いろいろなきさつがあった。私も，美しい日本語にあこがれる者の一人として，また，科学技術の仕事に長年かかわってきた者として，いささか思うところがあるので，若干の愚見を述べたい。

まず，法律上，「科学技術」という言葉は，「科学と技術」を意味するものとして使われている。これは，「科学技術基本法」の規定ぶりからも読み取れ，「総合科学技術会議」の設置に際しても確認されたと聞いている。「科学技術基本計画」の内容からしても，科学技術は，今や「・」つまりナカグロなしで用いて，「科学と技術」を意味するのが一般的であると思われる。

また，「科学と技術」を意味するのに「科学・技術」の表現を用い，これに漢字を連ねて，例えば「科学・技術政策」と書くと，「・」の存在が前後を分断して，「科学政策と技術政策」の意か「科学と技術政策」の意味か，一見わかりにくくなる。ナカグロはうまく使えば重宝だが，文章中では，その前後を切り分けるように読めるため，多用すればなめらかな日本語表現から遠ざかる。

さらに，日本語では，漢字四文字で表現される言葉において，前の二字が後の二字を修飾する例は多いが，「研究開発」や「神社仏閣」などナカグロなしで前と後の並立を意味する使い方もかなり存在する。「科学と技術」を「科学技術」と書くことは，決して例外的な用法ではない。

最後に，科学と技術は，「科学技術」と表現することによって，並立しながらも，緊密に相互連携し，より強力に国民生活に貢献しようとしていると訴える効果があることを指摘したい。

しかし，科学技術基本法の対象から除かれている人文科学のみに係る活動は，用語としての「科学技術」に包含されるとしても，現実にはそうは認識しにくいと感じられる向きもあろう。広範な科学に関する活動全体を表現する場合には，「学術」という伝統ある表現を用いるのが妥当と思われる。

私は決して「科学・技術」という表記を排除すべしと主張したいわけではない。「科学」と「技術」のそれぞれを意識しつつ，いっしょに取り扱う際に，この表記を用いることは，とても意味のあることと思う。「科学技術」という表現がギリシャ語の「ATOMOS(分割できない)」でないのは当然である。ただ，言いたいのは，「科学・技術」の表記を多用して，両概念分離の感覚を強調するよりも，双方を融合する意味あいをも含む「科学技術」の表記を用いる方が，未来指向の表現としてふさわしい場合が多いのではないかということである。

私は，本来文系の道に進むべきところ，間違っただ科学技術畑に来たと思っている。今も大学では文学もどきのことを講じている。私が美しい日本語にあこがれる理由はそのあたりにあるが，実際に書く文章がこの文のようにはなはだ美しいことは，まことに残念ではある。

(2010年 2月15日 記)



国際保障措置の現状と将来の課題



村上 憲治(むらかみ・けんじ)

前 IAEA 保障措置査察部長。東京都市大学量子工学大学院客員教授。JAEA, NMCC, その他でアドバイザー。2010年より IAEA 保障措置諮問委員会(SAGSI)委員。ペンシルベニア州立大学大学院原子核工学修士修了。

昨今の国際政治情勢,特に核不拡散,核セキュリティに対する関心,核軍縮への動きを見ると,2010年にはこの分野で大きな展開が予想される。一方,イラン,北朝鮮の核問題は相変わらず解決せず,核テロの危機感も消えない状況で,国際保障措置にも,続けて高い関心と期待があると思われる。一般に「国際保障措置」という言葉は,あまり馴染みのある言葉ではないようで,その関係の仕事に携わる方にも,なかなかその全容,将来の動向がわかりにくいのではないと思われる。この機会に核不拡散の根幹である国際保障措置について少し考えてみたい。

国際保障措置といえば,まず IAEA 保障措置が考えられる。IAEA の保障措置は, NPT の歴史と共に大きく変遷を繰り返し,いくつかの危機を経験して,近年,その強化,合理化の道を行ってきた。特に,2005年には IAEA のノーベル平和賞受賞により,国際社会の大きな信頼を得るに至り,その活動結果は,時には国際政治に影響し,地域の安全保障にまでかかわることさえある。その活動に対して,国際社会の期待はますます高まるが,その反面,国際保障措置が直面している課題,将来への問題点等は,あまり語られていないようなので,そのいくつかを挙げて考察してみたい。

その第1が,グローバルな核拡散と機微情報の拡散の問題である。イラン,北朝鮮の核開発は相変わらず解決の目途が立たず,国際保障措置は,その本来の目的である,核開発の早期探知と抑止の効果の面において,その成果の面で難しい局面を迎えている。さらにシリアなど別の疑惑も存在し,国際社会が明快な解決策を見出せないうえ,さらに他の国に広がらないという確信が見えない以上,国際保障措置にとって引き続き大きな問題となる。

核開発関連の機微情報の拡散に関しては,近年のパキスタンの例を見るように,世界的な核密輸と核テロの脅威が次にあげられる。核開発関連の機微情報の管理と汎用品の輸出入規制は近年,向上しているといわれているがその全体像と規制の効果の実体は必ずしも明確ではない。わかっているのは,パキスタンのカーン博士によ

る国レベルの核密輸が,10数年にわたって国際社会で探知されずに行われ,その影響が今でも残っていることだ。核テロにおいては,その脅威は感じられているが,有効で十分な対応策がなされているかは確かではない。これらの問題は,国際保障措置の将来にとって,その信頼性と有効性の面で,核査察体系への長期的かつ包括的な影響を与えることになるだろう。

第2の課題は,国際保障措置が国際協定に基づいている以上,協定の普遍化の問題がある。現在, NPT 批准国の中でも,約30ヶ国が保障措置協定を未批准のまま, NPT の義務を満たしていない。さらに強化保障措置の追加議定書においては80余りの国で,まだ実施されていない現状だ。これらの国においては, IAEA の査察は不十分で,原子力が確実に平和利用に徹し,未申告の核活動はないという保障は得られていない。

さらに現行協定の基で,査察の体系が十分かつ完璧であるかという疑問もある。現行協定上,査察はその国からの申告,それに関する質疑の後にのみ,実施可能となる。イラン,シリアの査察でも見られるように,強い疑惑がある場合でも,いつ,どこにでも無通告で行けるようなことはない。さらに査察作業も,決められた活動の範囲内で行われ,勝手に何でも調べて,警察のような査察鑑識や関係者の尋問などは,現行協定上は不可能だ。そのような無制限の査察権限を与えることが良いとは,全く思わない。しかし強い疑惑のある場合に,通常の場合とは違ったはるかに強制権のある査察を行うことができないことが,イランでの査察活動にかなりの時間を要し,なかなかはっきりした結論が得られない理由の一つといえないことはない。その背景には,現行協定上の制限はもちろんだが,国際機関として,加盟国に対する差別行為を行うことの難しさと,技術的困難が挙げられる。いかに査察上強い疑惑と問題のある国に対して,通常以上の強制権を持って査察が行えるかどうかは国際保障措置の効果,効率化の面だけでなく,将来の信頼性の課題として取り組むべき問題だ。

第3には,将来の査察量の増加と技術革新が挙げられる。最近の原子力カルネッサンスに見られる原子力新興国

の増加は、その査察対象の核物質と関連施設の増加となり、国際保障措置上の仕事量の増加へとつながる。初めて原子力発電に取り組む新興国では、核物質の検認だけでなく、核物質管理体制の確立や、インフラ整備への支援等が必要となり、それらも国際保障措置の仕事対象として考慮する必要がある。日本で始められた、MOX燃料の使用や再処理施設の運転開始などもさらに査察量の増加につながる。さらに大きなチャレンジは、最近話題の次世代発電炉や、革新型燃料サイクルがある。これらは高度の技術と無人化の可能性があり、査察上も新しい概念と、進んだ技術の採用が必要になるだけでなく、設計の段階から査察を考慮に入れる必要が出てくる。どちらにしても、国際保障措置にとっても、革新的な改革が将来、要求されることは確かだろう。

第4として、核軍縮、カットオフ条約に進展が見られた場合、国際保障措置の技術的役割が増す可能性がある。核軍縮による解体核からの余剰核物質の査察は、米国においてすでに行われた経験があり、その分野での査察量の増加の可能性は十分にある。カットオフ条約においては、同様の施設での転用防止の実績を考えると、技術面でのサポートなども含め、国際保障措置の必要性が議論されるであろう。いずれにしても、この分野で国際情勢の展開によっては、国際保障措置にとっては全く新しい役割を負うことになるかも知れない。さらに、現在議論されている、核物質の多国間管理、供給保障の関連でも、その進展次第では、国際保障措置の果たす役割は大きいと考えられる。この問題については、その進展を見つつ、別の機会に触れてみたいと思う。

最後に、大きな課題として人的および財的資源の問題が挙げられる。現在、国際査察は、IAEAの年間予算、約160億円規模、600人弱の職員で行われている。このうち、いわゆる専門の査察官は250名前後。この人数(中規模都市の警察と同程度)で世界中の原子力施設の査察を昼夜、遂行していることはあまり知られていないかもし

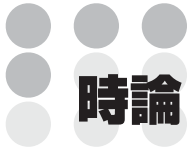
れない。前国連事務総長のコフィ・アナン氏が「IAEAの査察活動は、その成果とコストを考えた時、大きなバーゲンだ」といったことがある。この規模の財源を維持することはもちろん大切だが、さらに増えることと予想される活動に対しての人的、財的資源をいかに確保するかは、国際保障措置の将来にとって重要な課題となる。そのためには、IAEAにおいてはもちろん、管理の向上、効率化が望まれるだろうが、その活動に対する国際社会からの支援が大きく影響する。もう一つの面は、財源は確保されても人材の面で、経験豊富で十分訓練された査察官を、継続して維持できるかという課題もある。近年、経験豊富な査察官の退職と次世代の教育、育成の問題が深刻になってきている。査察業務の高度化、専門化も、その一因となっている。

以上に、国際保障措置を巡る課題、将来のチャレンジとして考えられる主なものを挙げてみた。

大きな課題で難しい問題を含んでいることは確かだが、その50年に及ぶ歴史と実績を考えると、国際保障措置は十分に確立された技術体系だといえる。原子力利用の将来を考える上で、昨今の原子力を巡る国際情勢を考えた時、信頼できる国際保障措置の裏付けなしには、世界の原子力の発展は考えられない、といっても過言ではない。これらの課題を解決して国際保障措置がさらに大きく発展し、国際社会でその使命を十分達成できるよう努めていく必要がある。その点で原子力開発および利用の先進国である日本の中で、特に日本原子力学会の中で、大きな関心と活発な議論がなされることを期待したい。

筆者は今年からIAEA事務局長の諮問機関であるSAGSI委員会(Standing Advisory Group on Safeguards Implementation)の委員に任命され、IAEAを含む国際保障措置の課題、将来について各国の専門家と、議論することになっている。

(2010年 1月20日 記)



原子力平和利用のスリー・エス(3S)



坪井 裕(つばい・ひろし)

文部科学省 大臣官房政策課長
 科学技術庁入庁後、保障措置室長、核燃料
 課長、原子力安全・保安院核燃料サイクル
 規制課長、内閣官房内閣参事官、文部科学
 省開発企画課長等を経て現職。博士(エネ
 ルギー科学)。

1. はじめに

今年、44ヶ国の首脳クラスが参加する予定の「核セキュリティ・サミット」が4月に米国ワシントンで、また、核兵器の不拡散に関する条約(NPT)の運用検討会議が5月に米国ニューヨークの国連本部で5年ぶりに開催される予定になっている。原子力発電をはじめとする原子力の平和利用にあたっては、原子力安全(Nuclear Safety)、核セキュリティ(Nuclear Security)、保障措置(Safeguards)の3つが特に重要であり、今年のこの2つの会議は、特に、核セキュリティと保障措置に対する関心を、改めて高めるのではないかと思われる。さらに、この3つの英語の頭文字をとった「3S(スリー・エス)」という言葉もあり、2008年7月に開催された北海道洞爺湖サミット的首脳宣言や議長総括で取り上げられている。これら3つのうち、原子力安全は広く認知された言葉であると思われるので、ここではまず、保障措置と核セキュリティを取り上げ、その後「3S」については、その政策目的によって、取り上げ方を工夫すべきことについて述べてみたい。

2. 保障措置について

原子力に関して、Safeguardsという用語が最初に公式に使用されたのは、広島・長崎に原子爆弾が投下されたわずか3ヶ月後の1945年11月に発表された「原子爆弾に関する米英加3国首脳共同声明」であろう。ここでは、原子力の実利用のためには、すべての国が受け入れ可能なSafeguardsが必要との趣旨が述べられていた。なお、Safeguardsの日本語訳に関しては、1955年の日米原子力協定における政府の最初の訳では「保管の措置」とされていたが、1956年10月にまとまった国際原子力機関(IAEA)憲章以降は「保障措置」となって現在に至っており、保障措置はIAEAの主要業務のひとつとして位置づけられている。なお、経済分野では、世界貿易機関(WTO)協定関係で緊急輸入制限措置の意味で用いられるSafeguardsの政府訳はカタカナで「セーフガード」とされており、漢字はあてられていない。保障措置は、報道では「核査察」と呼ばれたりすることもあり、確かにこの方が分かりやすいが、残念ながら正確とは言えない。

保障措置という日本語訳は、その文字だけでは具体的内容が想起しにくい点が残念である。

1957年のIAEA設立後、当初は、IAEAが供給した核物質や二国間原子力協定対象の核物質等が、軍事転用防止の観点から保障措置の対象とされていたが、1970年にNPTが発効し、非核兵器国に義務づけられたフルスコープ保障措置(当該国のすべての原子力活動に関する核物質が対象)がIAEA保障措置の基本になっていった。その後、1990年の湾岸戦争の後、フルスコープ保障措置を受けていた(はずの)イラクにおける秘密裏の核開発計画の発覚等に伴い、保障措置の強化等が検討されて、追加議定書の措置(未申告原子力活動の探知等)が追加され、さらに保障措置の合理化を可能とした統合保障措置の実施などの変化を経て現在に至っている。

現時点では、北朝鮮やイランの核問題という政治的要素が強い課題を別とすると、NPTからの義務づけがない追加議定書を、いかに多くの国に締結させていくか(追加議定書の普遍化)が主要課題になっている(なお2009年12月15日時点で128ヶ国が署名、94ヶ国が発効)。この問題に関しては、昨年のNPT運用検討会議の準備委員会で、EUの代表がフルスコープ保障措置と追加議定書保障措置を組み合わせた保障措置を標準的な検証手段とする旨を提案したり、輸出管理に関する原子力供給国グループ(NSG)ガイドラインでの条件を、現行のフルスコープ保障措置に加えて追加議定書の保障措置も条件にしようというアイデアもある。

ここで、EUの提案を発展させて、例えば、現在独立しているモデル保障措置協定(INFCIRC/153)とモデル追加議定書(INFCIRC/540)のふたつの文書をひとつにまとめて、例えば標準保障措置協定のモデル文書と呼べるようなものを、専門家のセカンドトラックで作成してみてもどうであろうか。化学兵器禁止条約や生物兵器禁止条約では、検証措置をそれぞれの条約の付属議定書で決めていることから、その変更には条約締約国の合意が必要であるが、NPTの場合は、必要とされる保障措置の中身については、IAEAに決定を委ねている。したがって、INFCIRC/153を改訂した形で標準保障措置モデル

協定を定め、それこそがNPTが必要とする保障措置であるとIAEAで決定することもできる可能性はありと考えられる。イラクの問題は、従来のフルスコープ保障措置協定がNPTの担保として不十分であったことを示したものであるとも言えることから、そもそもNPTの義務であるINFCIRC/153の改訂が必要であったと言えたのかもしれない。なお、この標準保障措置協定のモデル文書は、将来、兵器用核分裂性物質生産禁止条約(FMCT)(ただし、未だ正式な条約交渉も開始されていない)の検証議定書につながっていく可能性もあるかもしれない。

3. 核セキュリティについて

保障措置、原子力安全に比べると、核セキュリティということが言われたのは、歴史が浅い。ただし、現時点では、核セキュリティという枠組みの中に整理されるようになっている核物質防護(PP:Physical Protection)に関しては、米国において1960年代からの歴史があり、1972年3月にIAEAは、核物質防護に関する専門家会議を開催し、国際的に初めて「核物質防護に関する勧告」を作成して各国に配布し、1975年9月には、「核物質の防護」(INFCIRC/225)というガイドラインが発行されている。

Nuclear Securityという用語が、いつから公式に使用されるようになったか、必ずしも明確ではない。米国では、エネルギー省の国立研究所における中国人スパイ事件をきっかけとして、1999年にエネルギー省の中にNational Nuclear Security Administrationが設立されたが、ここは基本的に核兵器のことも扱う部署である。一方、2001年の米国における9.11テロ後、初のG8首脳会議である翌2002年6月のカナダのカナナスキス・サミットにおいては、まだ、核セキュリティという用語は使用されなかったものの、核テロ対策が大きくとりあげられ、それが後のG8首脳会議での核セキュリティの議論につながっていった。

IAEAでは、2002年1月に核セキュリティ諮問委員会(AdSec)が設置され、また、2002年3月には核セキュリティ基金(NSF)が設立されて、IAEAでの核セキュリティの活動が開始された。IAEAでは、核セキュリティとは、「盗取、妨害破壊行為、不法アクセス、不法移転その他の悪意を持った行為であって、核物質その他の放射性物質又はそれらの関連施設を巻き込むものに対する予防、検知及び対応」と定義されている。核セキュリティの大部分は核テロ対策を指すものと考えてよいかもしれない。なお、日本では報道等で「核安全保障」と訳されることがあるが、これだと、核兵器による国家安全保障というような印象を与えるので適当ではないように思える。中国では「核保安」と訳されているようであるが、我が国ではカタカナ語のまま「情報セキュリティ」という語も広く定着しており、「核セキュリティ」という言い方が

適当ではないかと考える。なお、保障措置とは異なり、核セキュリティには、核物質のほかに、いわゆる放射線源(RI:放射性同位元素)も対象に含まれる。

4. 3Sの異なる流れ

原子力安全、核セキュリティ、保障措置の3つを合わせた「3S」に関しては、異なるふたつの流れがある。

ひとつは、2008年1月の「持続可能な未来のための原子力」(財)日本国際問題研究所の「新しい核の秩序に関するタスクフォース」という提言に端を発し、北海道洞爺湖サミットでの報告書「3Sに立脚した原子力エネルギー基盤整備に関する国際イニシアティブ」に結実していく流れであり、「3Sとは、原子力の導入にあたり、安全、セキュリティ、保障措置の3分野において、国際的な基準を包括的に満たすことを促すための概念」という考え方に基づくものである。

この3Sは、さらに、新規原子力発電導入国に対する、原子力先進国またはIAEAによる支援措置という観点と、新規原子力発電所導入国が守るべき規範・要件という観点の両面があるように思える。ただ、支援措置であれば、3Sのほかにも、原子力損害賠償制度などの重要な事項がある一方、規制的色彩の濃い3Sの側面よりも、新規導入を円滑に支援する側面を重視することも必要に思える。一方、守るべき規範・要件であれば、保障措置に輸出管理なども含め「核不拡散」という方がより適当かむしろ、実際、北海道洞爺湖サミットでは、言葉は「核不拡散/保障措置(non-proliferation/safeguards)」となっていた。また、原子力安全は、他国から言われて守るべき規範・要件というよりも、自ら当たり前を目指すべき目標という感じがする。

一方、より以前の2006年2月にモスクワで開催された「効果的な原子力規制システムに関する国際会議」において、3S構想(Safety, Security, Safeguardsの協力体制)が議論されたことに端を発する議論の流れがある。こちらでは原子力安全、核セキュリティ、保障措置を、原子力の規制側面を代表するものととらえて、IAEAや原子力活動を実施している各国における効果的な原子力の「規制面」の活動の在り方が検討されている。また、これは、IAEA事務局における原子力安全・核セキュリティ局と保障措置局の連携問題にも関連している。

以上のような「3S」の別々の流れは、それぞれ3つの構成要素はほぼ同じかもしれないが、目指す目的等が異なることから、用いる際には、よく吟味し区別して検討することが重要であると考えられる。

いずれにしても、3Sが重要であるということは基本的なことであるので、国内的にも国際的にも関係者の理解と支持を得て、原子力の平和利用と国際展開が進むことを期待したい。

(2010年 2月20日 記)



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。

原子力機構、もんじゅの試運転再開で地元協議願う

原子力安全・保安院は2月10日、高速増殖炉「もんじゅ」の運転再開に問題はないとする結論をまとめ、12日に福井県と敦賀市に伝えた。また15日には原子力安全委員会に、その結論を報告。原子力安全委員会は19日にもんじゅ安全性調査プロジェクトチームを開催し、保安院の報告をほぼ妥当と判断。さらに22日の本会議で、高速増殖炉「もんじゅ」の運転再開に問題はないとする見解をまとめた。これにより、「もんじゅ」の運転再開に関する国の審査はすべて終了した。

これをうけて日本原子力研究開発機構は2月23

日、地元の福井県と敦賀市に対し、運転再開の協議願いを提出した。

なお原子力機構が同日、公表した「高速増殖原型炉もんじゅ性能試験(炉心確認試験)計画書」によれば、試運転再開後は、炉心確認試験、40%出力プラント確認試験、出力上昇試験の3段階に分けて、性能試験を実施する。このうち炉心確認試験では2ヶ月間にわたって、原子炉を臨界状態にして、炉心の安全性を確認。その上で炉物理データの取得や特性の把握、プラント系統設備の機能確認試験を行う計画だ。

上関1号が設置許可を申請、12年着工、18年営業運転へ 2号機は17年度着工めざす

中国電力は昨年12月18日、経済産業省に、上関原子力発電所1号機(ABWR, 137.3万kW, 山口県上関町)の原子炉設置許可申請を行った。同機の着工を2010年度から12年6月へ、運転開始を15年度から18年3月へとそれぞれ延期、工事計画変更を踏まえた供給計画変更届出も合わせてなされた。上関発電所計画は、2000年10月の旧通産省による第1次公開ヒアリング開催から、9年を経て、国による安全審査に入ることとなった。

上関発電所は、山口県南東部の瀬戸内海に面した上関町長島の最西端に位置し、敷地全体の面積は、埋立部分の約14万m²を含め約51万m²、今年4月に

準備工事が始まっている。工事は、08年10月の県による公有水面埋立免許等を取得して行われているが、建設に反対する島民らの危険な妨害行為が繰り返されており、難航している。これら反対運動に関して、申請書提出後、松井副社長は記者団に対し、地区説明会、戸別訪問などを通じ、より一層理解活動に努めていく考えを述べた。

また中国電力は、上関2号機(ABWR, 137.3万kW)についても、着工を2017年度に、運転開始を22年度に延期した。工事のふくそうを避け、安全かつ確実な工事を進めることを理由としている。

(資料提供：日本原子力産業協会)

原子力学会、高校教科書のエネルギー関連記述で学習指導要領改訂へ向け提言

日本原子力学会「原子力教育・研究」特別専門委員会(工藤和彦主査、同学会副会長、九州大学高等教育開発推進センター教授)は、高等学校の学習指導

要領の改訂に基づき、今後、編さんされる新しい教科書のエネルギー関連記述の充実を図ってもらうための必要な事項を抽出し、『新学習指導要領に基づ

く高等学校教科書のエネルギー関連記述に関する提言』としてまとめ発表した。発表に先立ち、工藤主査が2月16日、文部科学省の坂田東一事務次官に提言書を手渡した。

同委員会では、昨年1月に小中学校の学習指導要領の改訂に基づき「新学習指導要領に基づく小中学校教科書のエネルギー関連記述に関する提言」をまとめ発表しているが、今回、引き続き高等学校についても教科書執筆の指針となる学習指導要領が改訂され(平成21年3月告示、平成25年度の第1学年から学年進んで実施、ただし、数学と理科は平成24年度から実施)、それに沿って新しい教科書が編さんされ、検定を受けることになる。このため、ここ数年がより充実した教科書の完成を目指すうえで大変

に重要な時期であるとの考えで、新たに編さんされる高等学校の教科書において、エネルギー関連の記述として充実してほしい事項を、提言としてまとめた。

坂田事務次官の話「新しい学習指導要領にもエネルギー問題については、ていねいに取り上げるようにと書かれている。確かに原子力開発は、地球環境問題をはじめ、人類全体にとっての重要なエネルギー供給源であることは間違いないが、記述について、フェアに扱うのが基本中の基本と考えている。この貴重な提言を今後大いに活かしていきたい。一方で学会としても提言の内容を各方面に啓蒙していただけるよう努力をしてもらいたい」

(資料提供：科学新聞)

天然の無機化合物に強力な放射線防護作用

天然の無機化合物“バナデート”(酸化バナジウムとナトリウムの化合物)は、生体内に存在し食物からも摂取している身近な微量元素だ。放射線医学総合研究所放射線防護研究センター生体影響機構研究グループの王 冰・主任研究員、田中 薫・主任研究員、東京理科大学理工学部の池北雅彦教授、森田明典助教、鈴木紀夫・東大名誉教授らの研究グループは、バナデートが極めて強力な放射線防護作用を持つことを世界で初めて発見することに成功した。

近年、放射線は様々な分野で応用され、安全対策はとられているが、事故などで高線量の被ばくから人命を守るため、放射線防護剤が開発されてきている。田中主任研究員によると「今回、天然の無機化合物であり、血糖値を下げる効果があることが知られているバナデートが、極めて強力な放射線防護作用を持ち、これまでの放射線防護剤では効果がないとされる腸死を起こすような高線量でも、防護効果を発揮することを、マウスを使ったX線照射実験において証明しました」という。具体的には、防護剤を与えないマウス、バナデートを与えたマウス(マウス体重kg当たり20mg)、強い放射線防護効果が

知られているピフリスリン- α (cPFT- α)を与えたマウスの3群に分け、骨髄死を起こさせる線量(8グレイ(Gy))と腸死を起こさせる線量(12Gy)のX線を全身に照射、30日後の生存率を比較した。

その結果、8Gyでは、防護剤を与えなかったマウスでは約1/3しか生き残らなかったのに対し、照射30分前にバナデートを与えた群では生存率100%であった。また、cPFT- α を与えたマウスでは生存率90%であった。一方、腸死の場合、すべてのマウスが死亡する12Gyで、バナデート投与群で60%が生き残った。cPFT- α 投与群はすべて死亡したという。

またバナデートの防護効果は、放射線感受性の決定要因の一つであるp53(pはタンパク質、53は分子量、393個のアミノ酸から構成されている)によって引き起こされる正常細胞の急性放射線障害を軽減させることが証明された。「今後、放射線被ばく事故での救命やがん治療時の正常組織の防護への利用が可能となるよう、毒性についての検討や投与方法に関する検討を行っていく予定です」としている。

(同)

水系反応による高効率の新しい放射線加工技術を開発 —従来の2,000倍高速に金属を除去できる材料の開発に成功

倉敷繊維加工(株)と日本原子力研究開発機構は、反応効率の優れたエマルショングラフト重合法と呼ばれる方法で、金属を高速に捕集できる布を開発した。この金属捕集布は、半導体の洗浄液に含まれる微量な金属を浄化する材料として実用化されることが期待される。これは倉敷繊維加工の近石尚樹部長および竹田俊英主任研究員、原子力機構量子ビーム応用研究部門環境・産業応用研究開発ユニットの玉田正男ユニット長(兼：金属捕集・生分解性高分子研究グループリーダー)、同機構金属捕集・生分解性高分子研究グループの瀬古典明研究副主幹らによる研究成果である。

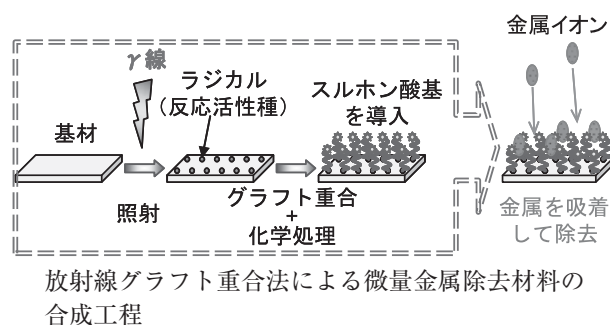
現在、半導体の高集積化に伴い、その製造に用いる洗浄液に含まれる微量の金属を低減させることが求められており、このために洗浄液への有機成分などの溶出が極めて少ない高性能の金属除去材料の開発が望まれている。

このため倉敷繊維加工は、材料の基材としてポリエチレン繊維を融着することで、基材自身から有機成分がほとんど溶け出すことがないポリエチレン100%の不織布を開発した。さらに原子力機構は、その基材にガンマ線や電子線などの放射線を照射し

た後、試薬と反応させてプラスチックの特性を改良する放射線グラフト重合と呼ばれる方法を改良。化学処理の方法を工夫することで、これまで使われていた有機溶媒の代わりに水を用いるとともに、材料に照射する放射線量を1/10以下に減らすことができる「エマルショングラフト重合法」で、金属除去材料を開発することに成功した。開発した材料は従来の吸着樹脂に比べ、2,000倍も高速に微量の金属を除去できるのが特徴である。

なお倉敷繊維加工は平成22年3月には、静岡工場に微量金属除去材料の製造装置を新設し、同年4月から、半導体洗浄液に含まれる微量金属を除去するフィルタの生産を開始する予定である。

(資料提供：倉敷繊維加工, 日本原子力研究開発機構)



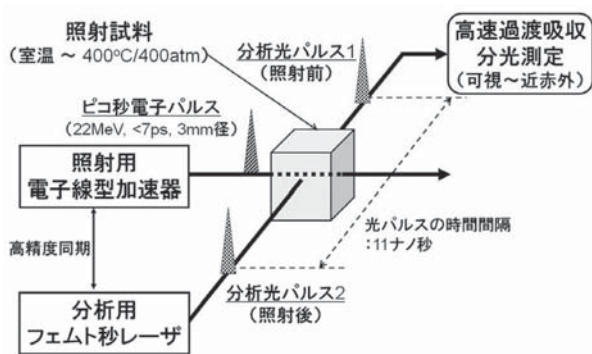
高温高圧下にある水の放射線分解をピコ秒レベルで観測することに成功—原子炉冷却水の管理技術向上に寄与

東京大学大学院工学系研究科原子力専攻の室屋裕佐助教およびフランス・パリ南大学物理化学研究所の Mehran Mostafavi 教授、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林銘章任期付研究員(副主任研究員)、勝村庸介グループリーダー(東京大学工学系研究科原子力国際専攻)らの国際共同研究グループは、原子炉冷却水のように、高温、高圧にさらされる水が放射線によってどのように分解されるかを、ピコ秒というごく短い時間の範囲で観測することに世界で初めて成功した。

水が放射線によって分解されると、さまざまな化

学種が生成する。それらの化学種は、接触する周囲の材料腐食に深くかかわることから、その管理は原子炉の長期間にわたる安全性とかがわる重要な課題となっている。また、水は374℃以上の高温になると、液体と気体の両方の性質をもつ超臨界水と呼ばれる状態となり、その放射線分解を把握し、冷却水の高度な管理へと役立てることは、次世代炉の開発においても必要不可欠である。

そこで東京大学と原子力機構は、短いパルス幅の放射線を照射するパルスラジオリシスと呼ばれる手法を応用して、室温から超臨界状態にわたる高温高圧水の放射線分解挙動を、これまで計測できなかった



新しく開発した高温超臨界・ピコ秒パルスラジオリ
シス装置の概略図

分析光パルス1を電子線照射直前の基準とし、照射後の分析光パルス2に含まれる信号成分を抽出する。この両パルスの間隔が11ナノ秒であるので、高温、高圧下の測定での揺らぎを押さえることができ、質の良い信号の取得が可能となった。

た60ピコ秒から6ナノ秒というごく短い時間範囲で、観測することに成功した。これは従来の時間分解能の約200倍に相当する。この成果は、現行軽水炉や研究が進められている次世代超臨界水冷却炉の安全運転に不可欠な冷却水管理技術の開発にも大きく寄与すると期待される。

(参考：<http://www.jaea.go.jp/02/press2009/p10012801/index.html>)

(資料提供：東京大学，フランス・パリ南大学，
日本原子力研究開発機構)

松江市で原産年次大会を4月に開催

日本原子力産業協会は4月20～22日、「エネルギー供給と温暖化対策の担い手として一原子力の将来を考える」をテーマに、第43回原産年次大会を島根県松江市の「くにびきメッセ」で開催する。3月上旬に参加者募集を開始する予定。

4月21日の開会セッションでは、天野之弥・国際原子力機関(IAEA)事務局長，リチャード・ジョーンズ国際エネルギー機関(IEA)事務局次長，ベルナルド・ピゴ・フランス原子力庁(CEA)長官，ウォーレン・ミラー米国エネルギー省(DOE)原子力担当次官補の4氏が講演する。

セッション1「気候変動問題解決の切り札として、原子力をどう位置づけるか」では、フランツ＝ミカエル・スキョル・メルビン駐日デンマーク大使による基調講演の後、鳥井弘之・元日本経済新聞社論説委員を座長に、秋元圭吾・財地球環境産業技術研究機構システム研究グループリーダー，近藤洋介・経済産業大臣政務官，鈴木達治郎・原子力委員

会委員長代理，東嶋和子氏(科学ジャーナリスト)が参加し，パネル討論を行う。

セッション2「原子力カルネッサンスの実現に向けて—各国の原子力・エネルギー政策と展望」では、イタリア，ロシア，中国，ベトナム，ポーランド，韓国の代表が発表する予定。

セッション3「原子力発電所のある町で、私たちは考える—島根県の原子力，四十年とこれから」では、ドイツ・ヘッセン州ビブリス町長の基調講演の後，八木絵香・大阪大学コミュニケーションデザインセンター特任講師を座長に，同大会組織委員会の山本座長も交えてパネル討論を行う。

会議前日の20日には，中国電力(株)島根原子力発電所などを見学するテクニカル・ツアーも行う。大会の詳細および最新状況は以下のURLにある。

http://www.jaif.or.jp/ja/annual/43rd/43rd-annual_top.html

(資料提供：日本原子力産業協会)

原産の動画配信のご案内

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，無料で届けている。

2010年1～3月の番組は以下の通り。

- ・「原子力回帰の潮流 原産の日中協力ほか国際情勢を聞く」(1/18公開)
- ・がん治療に新境地—重粒子線がん治療の最新動

向：放射線医学総合研究所・群馬大学の取組みから(2/15公開)

・柏崎刈羽原子力発電所の近況レポート(3/15公開予定) (同)

海外情報 (情報提供：日本原子力産業協会)

[韓国]

UAEの原子炉建設計画で4基の建設と運転を受注

アラブ首長国連邦(UAE)の首長国原子力エネルギー会社(ENEC)は昨年12月27日、同国初の民生用原子力発電所を設計、建設、操業する業者として韓国電力公社(KEPCO)が率いる韓国企業連合を選出した。入札にはフランスおよび日米の企業連合も参加し、それぞれの政府が政治的に働きかけるなど熾烈な競争となったが、官民の総力を傾注した韓国チームが初めて商用発電炉の輸出に成功した。

総計400億ドルに及ぶ契約のうち、韓国チームは約200億ドルで140万kW級の原子炉4基を設計・建設するとともに、初装荷燃料によってこれらを起動させる。また、残りの200億ドルで60年にわたって原子炉の運転支援、機器の取替えおよび共同検査を請け負うとしている。最初の1基は2017年に電力送電網への接続を予定しており、残りの3基も20年までに完成。これによりUAE内の電力需要の25%を賅う計画だ。

建設サイトについては、アブダビを本拠地とするENECがアラビア湾地域など10候補地の評価作業が最終段階に来ており、地震学や地層学、環境影響その他のファクタを科学的に詳細に調査中となっている。

契約ではまた、韓国チームをこの計画の出資者とする基本項目について両者が合意。これにより両者は事業パートナーとしての連携を強化し、UAEの原子力開発利用計画に基づき、原子力発電所を期限内に所定の予算で安全かつ高い信頼性をもって操業するのに要する技術や経験、知見等を保証する。韓国が過去30年間に発展させてきた原子力産業をUAEのモデルとし、今回の開発計画におけるリスク軽減を図ることになる。韓国はさらに、UAEが原子力開発利用計画や原子力産業のインフラ整備、商業産業として繁栄する基盤の確立に必要な人材を

確保できるよう、広範囲な人材育成・訓練、教育プログラムを支援していく。

今回の入札では韓国のほかに、仏アレバ社のグループ、米国のジェネラル・エレクトリック(GE)社と日本の日立の連合が参加したが、韓国チームの提示価格はフランスよりかなり安かったことなど、価格競争力と工期の短さが決め手になったと韓国政府は説明。一部の分析家も、中東地域における韓国の政治的影響力が皆無な点から見て、純粋に価格と同国での原子炉の安全実績に基づいて選定されたと見ている。

しかし、これに加えて、韓国チームが提案した原子炉設計の基幹部分はウェスチングハウス(WH)社の技術がベースであるため安全性能が保証されている点、契約獲得戦略の中で現代建設のCEOを務めた経験のある李明博大統領自らがUAE側と電話で直接協議し、軍事交流協定の締結も含めて原子力以外の分野でも長期的な保証を確約するパートナー関係を構築するなど、様々な外交努力を講じた点が大きい。

この契約を巡ってはフランスも、サルコジ大統領が率先してトップ・セールスを展開したと伝えられており、国際的な原子力ビジネスにおいて民間企業の努力のみならず、思い切った官民外交の展開など国の果たす役割がますます重要度を増してくると思われる。

韓国チームはKEPCOのほかにサムスン物産、現代建設、斗山重工業で構成されるが、下請け業者として次のような企業が加わっている。すなわち、エンジニアリング・資材調達・建設(EPC)契約、および原子炉の運転で主要な役割を担う韓国水力原子力発電会社(KHNP)、設計とエンジニアリング・サービスを提供する韓国電力技術会社(KOPEC)、燃料供給の専門企業である韓電原子力燃料会社(KNF)、原子炉の保守点検を担当する韓電機工社(KPS)、そして、基幹技術部分を供与するウェスチングハウス(WH)社である。

なお、UAEでは今回の4基に続く原子炉につい

ても順次開発していく計画。長期的な燃料供給や共同投資、人材の教育訓練などの初回契約のスコープ以外の分野で、ENECは韓国以外の入札者とも、今後の潜在的な協力について協議を続けていくとの考えを表明している。

採用された原子炉設計は、第3世代で140万kW級の改良型加圧水型炉(APR)1400。KEPCOの指揮の下、韓国原子力産業が1992年以降、約10年間かけて開発したもので、02年に韓国の規制当局から標準型炉の認証を取得したが、もともとは、WH社が米原子力規制委員会から設計認証を受けた「システム80+」に改良を加えた設計。TMI事故後の規制要項を満たすとともに、過酷事故時でも原子炉の停止と残留熱の除去、格納施設の健全性、放射性物質の放出防止等が確保されるとしている。

韓国が原子力輸出産業化戦略を策定、2030年までに80基輸出へ

韓国の知識経済省は1月13日、2030年までに原子炉80基を輸出し、世界の3大原子力輸出国となることを目指した「原子力発電輸出産業化戦略」を李明博大統領に提出した。昨年末、同国の企業連合が初めて、アラブ首長国連邦の原子力発電所建設計画を受注し、商業炉輸出に実績を残す機会を得たことから、国の有望な輸出産業として育成するため、人材育成や機器の国産化を含めた研究開発に大規模な投資を計画。完全な国産技術を持たない段階でも、時機を逃さず官民が全力で取り組むという積極的な姿勢により、遠からず世界有数の産業競争力保有国となることを目標としている。

同戦略によると、韓国は原子力発電プラントを2012年までに10基、30年までに80基輸出し、世界の新規原子炉建設シェアの20%取得を目指す。米仏に次いで世界で3番目の原子力輸出国となれば、総受注規模は4,000億ドルに達するとともに、雇用も10年に4万9,000名、30年までに156万7,000名分の創出が期待されるとしている。

戦略実現の柱となるのは、①機器製造およびエンジニアリング技術の完全国産化、②輸出対象国の条件にカスタマイズした輸出戦略の構築、③優秀な人材の育成、④ウラン燃料の安定確保——など。2012年までに計装制御系や冷却ポンプなど基幹技術を完

全国産化することを含め、11年から17年までの研究開発計画に総計5,000億ウォンを投資する計画だ。

また、来年までに国内の5大原子力企業(韓国電力公社、韓国水力原子力発電会社、韓国電力技術会社、韓電原子力燃料会社、韓電機工社)合計で約2,800名の人材が追加で必要になるとしており、輸出分野で550名、技術開発分野で500名、国内の新規建設分野で449名、および国内の新規運転分野で1,280名を新規採用することになる。

さらに、理工系の学部卒業者と卒業予定者をインターン社員として選抜し、現場の即戦力として活用できる原子力発電技術予備人材に養成することも検討。このため、韓国水力原子力では12年までに1,000名のインターン社員を選抜して、このうち200名を今年上半期にも採用。3か月間の就業教育に続いて6か月間、現場教育を施した後、新規採用時期に優先的に採用するとしている。

韓国政府はこのほか、世界初の試みとなる「国際原子力専門大学院」を来年9月に開校し、年間約100名の専門的人材の養成を計画。また、今年の上半期中にも、原子力に特化した大学を10校指定する予定だ。

【中国】フランスと中国が台山原発計画で合併

フランス電力(EDF)は昨年12月21日、中国・広東省の台山原子力発電所に175万kWの欧州加圧水型炉(EPR)を2基、建設・操業するための合併企業「広東台山原子力会社(TNPJVC)」を中国の広東原子力発電グループ(CGNPC)と設立すると発表した。

これはフランスのF・フィヨン首相の公式訪中に合わせ、中国政府当局から最終承認が得られたことによるもの。TNPJVCの設立構想は昨年8月に公表されており、同社の登記資本金167億4,000万円のうち、30%にあたる約50億元をEDFが今後50年間にわたり出資する。台山1号機の設計はフランスのフラマンビル原子力発電所で現在建設中の同3号機をモデルとしており、世界初のEPRとなるフィンランドのオルキルオト3号機から数えて3基目のEPR。完成は2013年後半を予定している。

なお、関連の計画としては、仏アレバ社も原子炉系統(NI)部分のエンジニアリングと機器調達サービスを統括する「WECAN社」をCGNPCと合併で設立する。こちらの出資比率はアレバ社が45%、CGNPCが55%となっており、深センを本拠地に従業員数2,000人程度で今年から業務を開始する。

ただし、このNIエンジニアリングおよび機器調達サービスは、WECAN社が中国国外に提供する可能性もあり、両社はこの件についても協定を結ぶ。アレバ社はこのほか、CGNPCと中国で建設する原子炉用の冷却ポンプ24台の供給契約を、子会社であるアレバ東方社を通じて約2億ユーロで獲得済み。技術供与しつつ機器供給の機会を得るなどして、今後も中国との関わりを深めていくと見られている。

[ベトナム]

ロシア国営企業とベトナム電力が原子力協力覚書を締結

ベトナム電力グループ(EVN)とロシアの総合原子力企業であるロスアトム社は昨年12月15日、ベトナム初の原子力発電所の建設協力に関する了解覚書(MOU)を締結した。

これはロシアを公式訪問していたベトナムのグエン・タン・ズン首相がV・プーチン首相と会見後、原油・天然ガス部門や軍事部門など、両国が今後の協力関係を強化していくために調印した複数の覚書の一つ。プーチン首相は声明文の中で、「今後、この協定により民生用原子力産業などの有望な分野で本格的な友好関係が築かれるだろう。我々は2020年までに原子力産業を発展させるというベトナムの国家計画を支援していく用意がある」と述べた。ズン首相も、「ベトナムは必要な基準を遵守しつつ初号機を建設するための支援者として正式にロシアを招いた」と明言。プーチン首相がベトナム側の要請すべてを考慮することに同意するとともに、ロシアの関係省庁に協力への指示を出したことを明らかにした。

ベトナムでは中南部ニン・トゥアン省の2サイトで各100万kW級原子炉2基、合計400万kWの初号機を2020年に運開させることを目指して準備を進めていた。07年にはEVN内に原子力発電専門組織を設置し、EVNを第1、第2サイトの事業主体に

決定。昨年6月の原子力法成立によって導入のための法的整備を完了したほか、昨年11月には同国国会がブレFSの結果を承認、同国での第1サイトでの2基分の原子炉建設を正式に決定していた。

[インド]

ラジャスタン6が臨界達成、インドの原発が456万kWに

インドのラジャスタン原子力発電所6号機(RAPP6)(PHWR, 22万kW)が1月23日に初臨界に達した。昨年11月に同型の5号機が初臨界を達成、12月に送電を開始したのに続くもので、インドの商業用原子力発電設備容量はこれで19基、456万kWとなった。

同機は5号機と同様、インドが自主開発した加圧重水炉で、昨年1月に新たに国際原子力機関(IAEA)の保障措置下に置かれた。ロシアが供給した天然ウランを燃料としている。

インドではこのほか、自主技術によるカイガ原子力発電所4号機(PHWR, 22万kW)とカルパッカムの高速増殖原型炉(PFBR, 50万kW)を建設中。また、クダンクラム原子力発電所サイトではロシアが100万kW級のロシア型PWRを2基建設している。これらすべてが完成すれば、インドの設備容量は728万kWに増加する。

長期的には今後、フランスや米国などの異なる原子炉技術と設計の採用によって約6,000万kWまで拡大する見通しだ。

[イラン]

最高安全評議会のトップが「原発10基建設を計画」と説明

イラン核問題交渉責任者のサイド・ジャリリ・イラン国家最高安全評議会事務総長は昨年12月22日、東京都港区の笹川平和財団で講演、イランの核開発疑惑や北朝鮮との協力疑惑を否定するとともに、「100万kW級原子力発電所を10基、建設しようとしている」と述べた。そのためにも「核燃料の供給が必要」だと述べ、国際原子力機関(IAEA)の査察下で新たなウラン濃縮工場を建設することの正当性を訴えた。

ジャリリ氏は「イランは核兵器を『合法性を欠く』と見ている」と述べ、核軍縮と核不拡散を進める意志を強調、一方で、国連安保理が3度にわたったイランへの制裁決議を行ったことや、先進国によるテヘラン研究炉への20%濃縮ウラン燃料の供給問題をめぐり対応などについて非難した。

[クウェート]

クウェート、フランスとの原子力協定に調印

クウェートとフランスは1月14日、原子力平和利用分野における協力協定に調印した。クウェートでは国全体の水需要の97%を海水の淡水化に依存していることから、原子力は石油資源枯渇後の電力の安定供給確保のほかに、効率のよい海水脱塩に利用する考えだ。

両国の今回合意は、昨年2月にフランスのN・サルコジ大統領がクウェートを公式訪問した際の、サバーハ首相との会談に基づいている。しかし関連報道では、仏アレバ社が国際原子力市場で台頭するために国外からの資本注入を必要としており、民生用原子力利用分野で同社とクウェート政府が資本提携するための布石であるとも見られている。

UAE やクウェートのほか、サウジアラビア、バーレーン、カタール、オマーンの中東の6か国で構成される湾岸協力会議(GCC)は2006年12月、原子力開発平和利用計画策定のための調査開始を公表。翌07年2月には原子力の導入実行可能性調査の実施協力で国際原子力機関(IAEA)と合意に達した。現段階では、GCC加盟国の中でも導入に緊急性を要するUAEが他に先んじているが、6か国とも、原子力導入に必要なインフラや人材育成制度が皆無なこともあり、導入計画には慎重を期しているとも伝えられている。

[カザフスタン]

ウラン生産量が09年実績で世界第1位に

カザフスタンはこのほど、2009年のウラン生産量で世界第1位になったと発表した。速報値でカナダと豪州両国の予定生産量を凌ぎ、08年実績を63%上

回る約1万3,900トンを生産したとしている。

国有原子力企業カザトムプロム社によると、同社傘下の鉱山会社は昨年12月21日までに1万3,500トンのウラン生産年間目標に達したと報告。これに加えて、少なくとも400トンが年末までに生産される。ウランの指標価格を公表している米UX社の予測によると、生産量で例年、世界の第1位と2位を占めるカナダと豪州で、09年のウラン生産量はそれぞれ約9,934トンと約8,022トン。このことからカザトムプロム社は、09年は同社が世界をリードするウラン生産国になったとしている。

現在、カザフスタンでは、原位置抽出(ISL)法による21のウラン鉱山が操業中。カザトムプロム社は09年の良好な実績は、新たな鉱山の開発と既存鉱山の生産能力向上により達成されたと指摘しており、昨年4月には、日本の電力会社や商社が権益を所有するハラサン1鉱山が正式に操業を開始したことを明らかにした。

同社はまた、08年から09年前半にかけてはISL法に不可欠な硫酸の供給に重大な技術的問題が生じたにもかかわらず、同社および亜鉛鉱業企業のカズジク社や銅鉱業企業のカザクマイズ社の努力により、目標の生産量達成に至ったと強調。今後、原子力産業が発展し続け、2次供給源からのウランが減少する限り、2016年以降は世界で天然ウランの不足が予想されるが、カザフはその時に備えて10年までに1万8,000トンまでウラン生産量を増加させる計画であり、ウラン需要のピーク時においても世界のウラン生産国になると明言した。

[リトアニア]

最後の1基を閉鎖、代替炉計画は投資者の募集段階

リトアニアは昨年12月31日付けで、同国に唯一残されていた原子炉であるイグナリナ原子力発電所2号機(136万kW, RBMK)を完全閉鎖した。2004年に欧州連合(EU)に加盟する際、課された条件を忠実に守った形だが、代替原子炉の建設計画はその3週間前、ようやく投資者募集の入札を開示した段階。順調に進んだとしても2018年までは、ロシアなど周辺国からのエネルギー輸入依存が大幅に高まるのは避けられない情勢だ。

イグナリナ発電所はロシア国外で稼働する RBMK としては最後のもの。1986年に大事故を起こしたチェルノブイリ発電所とほぼ同型であることから、早期に閉鎖させることが EU との約束になっていた。1号機が04年12月31日に閉鎖された後、2号機はリトアニアの総電力需要の約7割および輸出用電力を賄う重要な電源として稼働。同発電所の古参スタッフは「閉鎖は完全に政治的な判断だった。改修すればさらに20年は稼働できた」として失望感をあらわにする一方、同国の A・クピリアス首相は「閉鎖後直ちに電力供給危機が起こるわけではない。我々はまっとうな欧州人として、予定通りに義務を遂行した」と言明。A・セクモカス・エネルギー大臣も、喫緊の手当てとして火力発電、ラトビアとエストニアからの電力輸入に加えて、ウクライナ、ベラルーシおよびロシアからも輸入を計画しているほか、ロシアからはさらに、天然ガスの輸入量増加も必要になるとしている。

リトアニア政府は昨年12月8日、イグナリナ発電所敷地内(ピサギナス市の東6km)の2つの候補区画で建設を計画しているピサギナス原子力発電所プロジェクトへの投資者を募集するため、設計・建設・運転・閉鎖に関する諸条件を記載した入札を開示。同計画を共同で進めるのに必要な原子炉の運転および発電能力の向上に関する経験と専門知識を豊富に有する戦略投資家を募集するとし、地域パートナーとなる予定のラトビアやエストニア、ポーランドの企業とともに、新発電所の運営企業の株式を合わせて100%まで保有を認めるとしている。

予算としては1基あたり30億~50億ユーロで、2~3基の原子炉設置を検討中。今年の秋にはパートナー候補のラトビア、エストニア、ポーランドおよび戦略投資家との交渉および契約締結を済ませ、2年間かけて設計、6年ほどで建設し、2018~20年ごろの運開を目指している。

[米国]

GE 日立とエクセロン社、BWR で Co-60を生産

米国の GE 日立ニュークリア・エナジー(GEH)社は1月19日、同社の放射性同位体(RI)生産技術とエクセロン社の商業用BWRを活用して、Co-60を生

産することになったと発表した。

国際放射線照射協会によると、Co-60は現在、世界80か国の医療機関で毎年1,500万件のがん治療に利用されている。また、食料品の保存や包装材料の滅菌、化粧品、消毒、医薬品の精製にも使われ、米国で製造される医療器具の4割がCo-60で殺菌処理されている。

こうした米国のみならず、世界的なCo-60の需要増に対処するため、GEH社はエクセロン社と契約。GE社が原子炉を供給したエクセロン社のクリントン原子力発電所(BWR, 107万7,000kW)に、GEH社の設備を設置してCo-60を生産することにした。具体的には、Co-59入りの燃料棒を組み込んだ改造・燃料集合体8体を同機に装荷して中性子を吸収させるが、そのための認可修正は、すでに米原子力規制委員会(NRC)が承認済み。同機の次回の保守点検・燃料交換停止時にパイロット計画が実施される予定だ。

米原子力学会(ANS)は、米国内でRI供給不足が問題になってきた時期に両社が生産協力に合意した点を高く評価。米国ではいくつかの国立研究所が少量のCo-60を生産しているものの、商業的に大規模レベルで生産可能な設備がなく、国内で信頼できるRI生産源を確保することは喫緊の課題だと指摘した。

GEH社も、「エクセロン社の既存の発電炉を利用すれば、RI生産用の研究炉を新たに建設するコストを省くことが出来る」と強調。原子力産業界および医療業界にとっても経済的、環境的に有益だとしている。

Co-60の生産技術は、カナダのMDSノルディオン社と加原子力公社(AECL)がCANDU炉を使った方法を60年以上前に共同開発。同国のピッカリングA、B両原子力発電所やジェンティリー発電所、アルゼンチンのエンバルセ原子力発電所などのCANDU炉では、200炉・年以上のRI生産経験がある。現在、世界のCo-60需要の8割以上を両社がAECLのNRU研究炉を使って生産・供給しているが、経年劣化の進んだ同機は昨年5月の重水漏れにより、早くとも今年3月までは運転ができない状態となっている。

[カナダ] カナダの2つの州政府、原子力導入 で検討調査

カナダ中西部のアルバータ州政府は、昨年12月14日に原子力発電に対する州民の意識調査結果を公表し、全体の45%が「原子力はほかの発電オプションと同様、個別の案件ごとに検討していくべきだ」と回答したことを明らかにした。これを受けて同州政府は、これまでの政策を堅持し、企業による発電オプション提案のすべてを考慮。原子力については、認可権限を持つ連邦政府と協調しつつ、いかなる計画にも公的資金は投入しないとしている。

同州政府は昨年4月から7月まで、州内の一般市民約5,000名や20の団体などを対象に、メールと電話で意識調査した。その結果、回答者の45%が「原子力発電所の導入は個別案件ごとに検討すべき」だと答えたほか、19%が「州は民間企業の原子力提案を支援すべき」だと回答。一方、27%は「原子力の提案に反対すべき」、残りの8%は「分からない」と答えていた。

このほか、州民は州政府が原子力計画を評価する際、廃棄物の扱いも含めてその安全性や環境と州民への影響を最優先とすることを要求。79%の州民が電力料金を出来るだけ低く抑えることは重要だとするものの、電力供給の信頼性や経済的な利益等は、概して安全性や環境などのファクタの後に挙げている。

サスカチュワン州は原子炉建設に 懐疑的

サスカチュワン州では昨年、同州におけるウラン開発戦略方針を発表し、ウラン採掘・探査および原子力研究開発には今後も注力していくとする一方、ブルース・パワー(BP)社が2008年に提案した同州への原子力発電所建設計画については、当面のところ同意しないとの考えを示した。ただし2020年以降の中長期的なエネルギー対策として、原子力という選択肢を排除しないことも明記している。

カナダでは08年に全世界の1/5以上のウラン鉱石を生産したが、その大部分はサスカチュワン州産。北部には世界最大のウラン生産規模を誇るマッカーサー・リバー鉱山が位置するほか、東京電力が5%の権益を保有するシガーレイク鉱山も2011年の操業開始を目指して建設中だ。

同州では州政府への諮問委員会である「ウラン開発パートナーシップ(UDP)」を08年に設置。州政府のB・ポイド・エネルギー資源大臣によると、同州はUDPが昨年3月に提出した報告書の提案をほぼ受け入れるが、同州の今後のウラン戦略については引き続き協議プロセスからの追加情報とコンサルティングが必要だとした。

同ウラン戦略方針には以下が含まれる。(1)同州で50年間以上実績があるウラン探査および採掘の促進を継続、(2)原子力分野の研究・開発・教育の機会、特に採掘・中性子科学・同位元素・小規模原子炉設計・濃縮部門への投資を強化、(3)放射性廃棄物管理施設の誘致に関心を持つ同州の共同体を支持するかどうかの決定は留保、(4)州有電力であるサスクパワー社の2020年以降の中長期計画で発電設備を増加する際、原子力を利用可能な選択肢に含める——など。

原子力学会の異常事象解説チーム(チーム110)が活動開始

原子力施設で異常が発生した時に、自治体やマスコミからの要請にこたえて、いち早くその事象を解説する——そんな組織が日本原子力学会の中に誕生し、今年2月から活動を開始した。

異常事象解説チーム(チーム110)と呼ばれるこの組織は、原子力学会の広報情報委員会の下に設けられたもの。原子力施設での異常事象に対して誤った情報が流布されることや、不必要な不安が広がることを防ぐのがねらいで、大学教員や技術者など約40名が担当する。

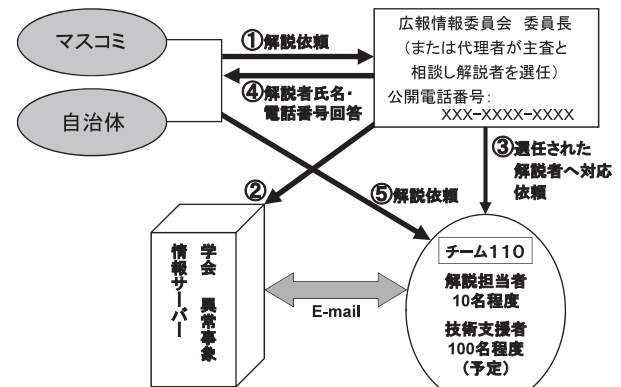
原子力学会ではJCO事故を契機に、大きな事故が発生した際に、原子力学会が社会に対して、公平で公正な立場で、原子力技術に関する適切な解説が提供できないだろうか、それを果たす機関を設置できないかと模索してきた。そうした中、2007年原子力政策大綱を反映した原子力委員会政策評価部会は、「学会による原子力110番の設置」への期待を明記。これを機に、学会をあげて強力に取り組んでいこうという機運が盛り上がってきた。

このため関係委員会では、基本的な枠組構築に着手。最初に自治体やマスコミからの要請に対し、前面に立って質問を受けてくれる解説者を選任する作業を始めた。これと並行して、関係者の情報共有の要となる情報サーバーを設置した。その後、各部会から側面支援として関連技術情報を提供する技術支援者を推薦してもらい、登録を依頼してきた。

解説担当者は現在、大学教授の職にある会員約10名、技術支援者約40名。将来は「チーム110」の名のとおり、解説担当者10名前後、技術支援者および関係者100名前後、合計約110名のチームに発展させる計画だ。

なお、同チームが想定している異常事象とは、原子力関連施設で放射性物質や放射線の漏洩が発生し、周辺の人々への被害が懸念されるもの。自治体関係者やマスコミ関係者が、そうした事象に対する学会の解説を聞きたいというニーズが発生した時に、「チーム110」が発動することになる。

具体的には最初に質問者が、「チーム110」専用電話に電話をかける。これを受けた窓口となる広報情報委員会担当者は、その質問内容と、異常事象発生施設のホームページ情報を情報サーバーに発信。「チーム110」関係者全員に情報サーバーに情報が入ったことが知らされる。



原子力学会異常事象解説活動体制

また関係者はその専門によって、サポートできる技術情報を情報サーバーに入れる。これらの情報は、関係者が共有することができる。さらに窓口の担当者は、チーム主査に連絡。主査は解説者を誰にするか決め、窓口から解説者を質問者に紹介する。これにより、質問者は解説者から解説を受けることができる。

課題もある。学会には、事象発生直後の情報を事象発生元から入手するルートはなく、最初の情報は、質問者から得る限られた情報しかない。また、24時間即時に答えることは、たやすくはない。

しかしながら「現在わかっている情報の範囲で、誠実に、技術に関する解説をする」ことにより、ネガティブに偏った風評や、不必要な不安が煽られることは、かなり防ぐことが期待できる。また、事象発生施設周辺に住む人たちが、一般の人々も、より冷静に事態を受け止めることができるようになるのではないかとと思われる。

学会では歴代会長が「行動する学会」「原子力村からの脱却」をめざすという表明を行ってきた。なお広報情報委員会ではそれに沿って、学会情報のプレスリリースやポジションステートメントの作成とホームページ掲載など、一般市民に開いた窓を年々広くしてきた。この「チーム110」の設置は、その中の大きなマイルストーンになるだろう。関係者の協力と尽力があつてのことと感謝している。

広報情報委員会委員長 小川順子(東京都大)

我が国の最先端原子力研究開発

シリーズ解説 第19回

原子力発電所のリスクを定量的に把握する

確率論的安全評価のパラメータ推定技術

電力中央研究所 桐本 順広, 眞田 高宥

近年、原子力発電所や航空機の安全性の評価手法として、確率論的安全評価(PSA: Probabilistic Safety Assessment, または確率論的リスク評価(PRA: Probabilistic Risk Assessment)ともいう)が活用され、従来の安全管理、保全方法に定量評価を適切に加味することで効果的・効率的な運用が行われている。電力中央研究所では国内でのリスク情報の活用に向けて、データベース開発、パラメータ推定手法の検討を通して、日本原子力学会や日本原子力技術協会への技術支援等に取り組んでいる。その概要について紹介する。

I. 確率論を用いた原子力発電所のリスク

PSAは、論理的に考えうるすべての事故シーケンス(起回事象、事故緩和操作の成功・失敗の組合せで決まる事故のシナリオのこと)を対象にし、異常・故障等を引き起こす事象(起回事象)が発生する頻度や、発生した事象の拡大を防止し、影響を緩和する安全機能の喪失確率等から事象の進展や影響を定量的に把握する。また、これらの望ましくないシナリオの発生頻度や影響の大きさ、あるいは両方の積(リスク)を基にどれほど小さいかで安全性の度合いを定量的に把握し検討する手法である。以下にその概要を説明する。

1. 確率論的安全評価

(1) 研究の始まり

原子力分野におけるPSAの議論は、1960年代にFarmer¹⁾により公衆のリスクを定量的に研究すべきとの指摘がなされたことで、1972年にM.I.T.(マサチューセッツ工科大学)のラスマッセン教授を主査とするReactor Safety Study(RSS)の研究が開始され、1975年の最終報告書(ラスマッセン報告)から始まった²⁾。この研究成果は、原子力プラントの安全性を考える上での転換点であり、現在のPSAはこの時に確立された方法論を基礎にしている。その後、1979年に米国ではTMI(スリーマイ

ルアイランド発電所)事故が起こり、この時の事故シーケンスの内容を検討した結果、シビアアクシデント(過酷事故)解析の重要性が改めて認識され、同時に、ラスマッセン報告の重要性も再認識された。このため、TMI調査団はPSA手法の適用を積極的にすすめた結果、米国内ではシビアアクシデントに関する研究プログラムを開始しており、1991年の始めに米国原子力規制委員会(US Nuclear Regulatory Commission: USNRC)がNUREG-1150:「5ユニットの原子力発電所におけるシビアアクシデントのリスク評価」³⁾を出版した。この評価内容がPRAを適用して行った研究として重要な転換点となり、炉心損傷が起きた場合の放射性物質の封込め能力を評価する手法が大幅に改善されることとなった。

現在は、従来の定性的知見とリスクによる定量的評価を総合的に用いて、原子力を安全に運用するための意思決定のツールとして応用されている。

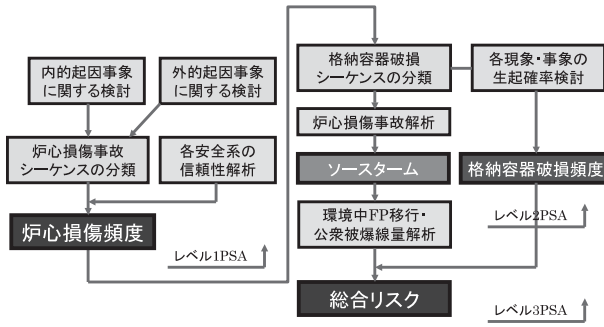
(2) PSA手法の概要

原子力発電所のPSAは、炉心損傷頻度(CDF: Core Damage Frequency)を評価するレベル1、その後には格納容器が破損して核分裂生成物(FP: Fission Product)の放出に至るレベル2、環境中にFPが移行し公衆被ばくへの影響を評価するレベル3がある(第1図)。

起回事象としては、原子炉冷却系の配管に破断や漏洩が生じて高温・高圧の原子炉冷却水が流出する冷却材喪失事故と、発電所の外側の送電線網で電力の供給が停止するような外部電源喪失や発電所の中の原子炉給水系ポンプの停止等の異常な過渡変化等がある。レベル1では、起回事象がランダムな機器故障や原子炉運転員の誤

The Quantitative Understanding of the Risk at the Nuclear Power Plant; Parameter Estimation for PSA: Yukihiko KIRIMOTO, Takahiro SANADA.

(2010年 1月14日 受理)



第1図 PSAの実施手順

操作によって生じる場合を「内的事象」とし、地震や火災、航空機の墜落等の外部からのインパクトによって生じる場合を「外的事象」として扱う。次いで、起回事象発生時にその拡大を防止するためにあらかじめ設けられている安全機能のうち、どれが成功し、どれが失敗したかの組合せを考えて、「事故シーケンス」を系統的に分類するために、「イベントツリー」を作成する(第2図)。さらにイベントツリーの中の各安全機能を果たすべき安全系の失敗確率を、「フォールトツリー」等の信頼性解析手法を用いて、基事象(機器故障、人的過誤等)にまで事象を分解してパラメータ値を定めることで定量評価する(第2図)。これらの論理モデルの計算から各事故シーケンスの発生頻度を求め、統合して炉心損傷に至る確率を求める。

レベル2では、「格納容器イベントツリー」を作成して事故シーケンスをさらに分け、格納容器の破損に至るような各事故シーケンスの発生頻度を求める。また、個々の事故シーケンスにおける核分裂生成物の放出・移行挙動を解析し、格納容器破損に伴う核分裂生成物の環境への放出量「ソースターム」を求める。

レベル3では、事故時ソースタームを、格納容器の破損形態や核分裂生成物の放出量の類似性を考慮して「放出カテゴリー」にまとめ、各放出カテゴリーに対しては、

大気中拡散や食物連鎖等による環境中の放射能移行解析を行って公衆の被曝線量を計算し、公衆のリスクを求める。

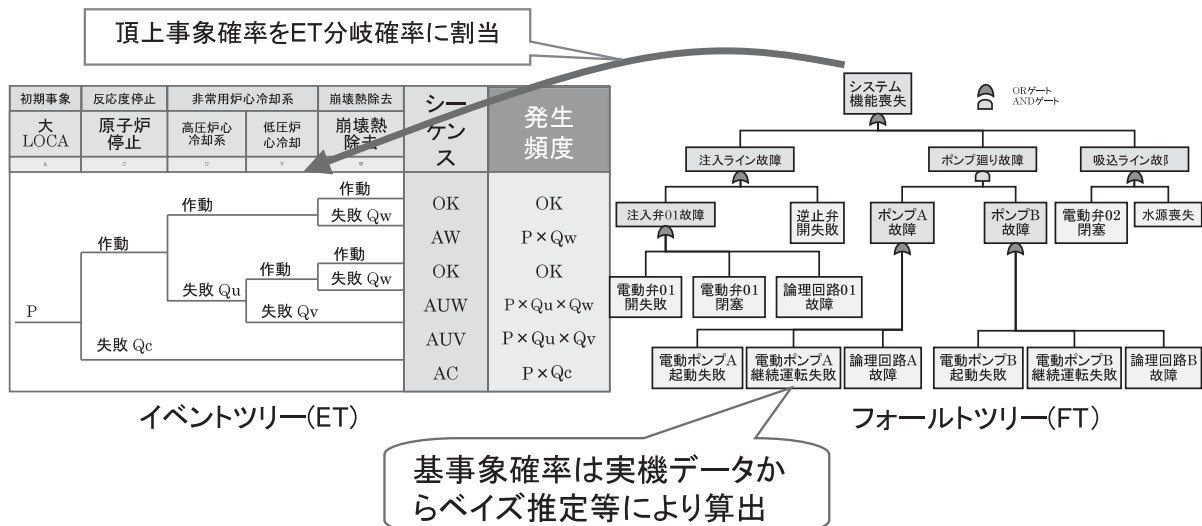
2. リスク情報を活用した安全規制

(1) 米国のリスクインフォームド規制

USNRCは、1995年に原子力安全規制全般にPRAの活用を展開していくというリスクインフォームド規制(Risk-Informed Regulation: RIR)の政策声明を発表した。リスクインフォームド規制実施計画の下、PSA技術の質の向上とアプリケーション(活用分野)の拡大を図る政策をとった。これにより、リスクインフォームド供用期間中検査(ISI)や、技術仕様書(Tech. Spec.)における定例試験頻度の変更、許容待機除外時間(AOT)の延長、供用中予防保全(オンラインメンテナンス: OLM)のリスク管理などが実施されてきた。この結果、これらのリスク情報活用も含めた安全確保活動の合理性、客観性、および透明性の向上、効率的なプラントの運営を実現することで、90%を超える高い稼働率を達成している。

(2) 我が国のリスク情報を活用した安全規制

前述の米国の動向を受けて、日本の原子力業界でもPRAを応用する「リスク情報活用」を進めようという機運が高まった。国や規制当局が検討を進め、原子力安全委員会からは、2003年に「リスク情報を活用した原子力安全規制の導入の基本方針について」、原子力安全・保安院からは2005~2006年にかけて、「原子力安全規制におけるリスク情報活用の基本的考え方」、「原子力安全規制への『リスク情報』活用の当面の実施計画」、「原子力発電所の安全規制における『リスク情報』活用の基本ガイドライン(試行版)」、「原子力発電所における確率論的安全評価(PSA)の品質ガイドライン(試行版)」が発行された。



第2図 PSAモデルのイベントツリーとフォールトツリーの例

原子力安全・保安院は、「基本的考え方」の中で、原子力発電事業者自身が PSA 技術の向上と必要なデータ整備を実施し、具体的な活用事例を提案することを要求している。そのため民間では日本原子力学会を中心に PSA 評価(レベル 1, レベル 2, レベル 3, 停止時, 地震)の実施基準, PSA 用パラメータ推定に関する実施基準, リスク情報活用に関する実施基準が策定または策定中である。リスク情報活用アプリケーションについては、電気事業により OLM の導入や保安規定の変更が検討されている。

これらの状況から我が国では PSA の実施にあたり、現実の発電炉の実態を表しているといえるモデルやパラメータを用いる事が重要になってきている。このため専門家判断等も活用しつつ実績データを評価し、より妥当性のある PSA を行うことのできる実施体制が求められている。

II. 電中研のリスク情報評価研究

原子力安全委員会や原子力安全・保安院の文書の中で、PSA 技術によるリスク情報活用の展開について、その基盤技術の整備の必要性が位置づけられている。基盤技術とは、

- (1) PSA 手法の開発・高度化
- (2) ガイドライン整備・PSA 品質の確保
- (3) PSA 用データ整備

である。電力中央研究所(電中研)のリスク情報評価技術に関する研究は、(1)については原子力学会の規格策定等を通じて技術を提供するための手法開発を実施、(2)については品質確保のための技術的妥当性評価および手法の検討の実施、(3)については国内 PRA 用のデータ整備に必要な技術基盤と手法の確立、国内トラブル事例の分析および国内 PSA 用パラメータの推定を実施することで、我が国の PSA に関するデータと推定パラメータの整備に寄与するものである。

特にパラメータ推定には近年、パラメータの推定値自身の不確かさを確率分布として扱えるベイズ統計手法を用いた推定について調査し、これら手法をパラメータ推定に用いることで、我が国における PSA 手法の不確かさ評価の統計学的品質の高度化を目指している。当所の研究で重要な技術である「ベイズ統計手法」については次節に概要を解説する。

1. PSA のパラメータ推定におけるベイズ統計手法

ベイズ推定とは、ある証拠に基づいて、その原因となった事象を推定するための確率論的方法である。現在、自然科学・社会科学の両分野で広く用いられており、近年のコンピュータの計算速度の向上により、金融やメールのスパムフィルタまで応用は多岐にわたる。

実験または理論的考察から求められる、客観的な観測結果と比較できるランダムな事象についての確率を「客観確率」といい、これだけを確率として容認する立場をとる統計を「頻度主義」という。これらは釣り堀に放流した魚の数等、完全データが客観的に得られている場合や、非常に大量のサンプルデータが得られている場合には非常に有効である。ただし、機器の故障率や起因事象発生頻度など実際の検査記録からのデータでは利用可能なデータ量が十分に得られない場合が多い。また、PSA で考慮すべき不確かさには、

- (1) 物理現象や機器の特性から、本質的にランダムな発生に由来するもの
- (2) 我々の知識/認識の限界に由来するもの

の 2 種類が存在しており、頻度主義では後者の不確かさを取り扱うことが難しかった。一方、ベイズ統計での確率とは、ランダムな事象が生起する頻度としての確率(客観確率)に加えて、ある命題のもっともらしさ、あるいはその根拠となる信念・信頼の度合を表す数値としての確率(主観確率)をも含めた広義の確率のことである。ベイズ統計の考え方は以下で表すことができる。いま、 A を仮説または原因、 B を得られている結果(つまり原因によって起きたと想定される事象)とすると、

$P(A)$ = 原因 A が真である確率(事前確率)

$P(A|B)$ = 事象 B が得られるとき、原因 A が真である条件付き確率(事後確率)

$P(B|A)$ = 原因 A が真であるとき、事象 B が得られる条件付き確率(尤度)

$P(A|B)$ は、ベイズの定理によって、

$$P(A|B) = \frac{P(B|A)P(A)}{P(B)}$$

と表される。分母の $P(B)$ は、すべての想定される原因事象 A から

$$P(B) = \sum P(B|A)P(A)$$

と求められる。つまり $P(A|B)$ は複数の原因 A_i について以下で表される。

$$P(A_i|B) = \frac{P(B|A_i)P(A_i)}{\sum_{i=1}^n P(B|A_i)P(A_i)} \propto P(B|A_i)P(A_i)$$

ベイズ確率の考え方では、 A を定数とする必要はなく、ある分布に従う確率変数としてよい。このため、事後確率分布は尤度関数×事前確率分布で表現できる。また、追加で得られたデータは、得られた事後分布を事前分布にしてベイズ更新することで、より不確かさの小さい事後分布に更新することができる(第 3 図)。

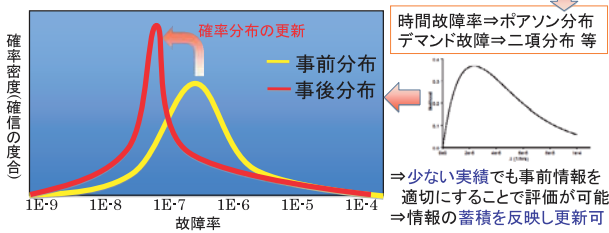
PSA 手法は開発当初から、ベイズ統計学における確率の定義を前提に構築されていたものであり、USNRC がパラメータ推定手法ハンドブック(NUREG/CR-6823)⁴⁾を 2002 年に発行したことで、我が国の PSA 分野

・知識／認識の限界

⇒ 未知母数は**確率分布**による確信の度合

・特性による**ランダムな発生**

⇒ データは尤度関数の確率モデルから発生



第3図 ベイズ統計の不確かさとパラメータの更新

でも同手法に対する認識が広まっているものである。

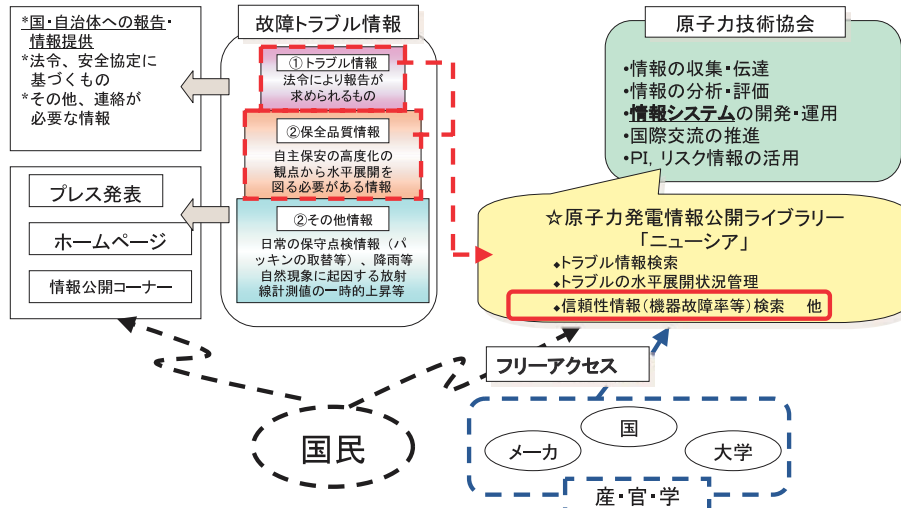
2. NUCIA における PSA 機器故障率データベースの整備

当所では、過去に原子力情報センター(NIC)を設けて、PSA の基事象で使用する機器故障率の算出のため

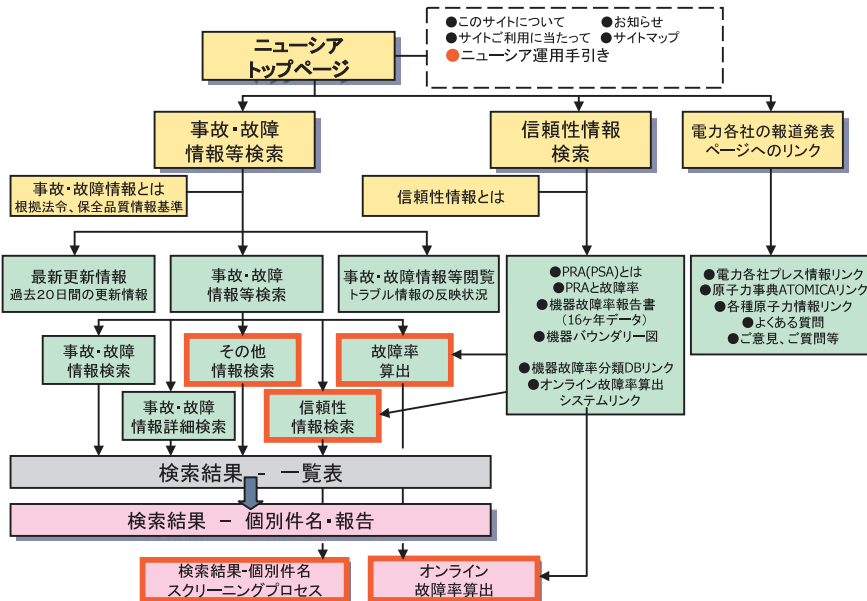
に、1982年度以降の国内トラブル事例による機器機能喪失事象を分析し整理するとともに、各個別プラントの機器員数データ、運転時間・デマンド(起動要求)回数データを収集しデータベース化してきた⁵⁾。これら分析結果や、データは2003年に NUCIA(原子力施設情報公開ライブラリー)で公開されており(第4, 5 図)、国内唯一の PSA 基礎データベースとなっている。NUCIA は2005年より日本原子力技術協会(原技協)に移管されたが、機能喪失事象の PSA 用の分析等の技術サポートを現在も当所で実施している。

3. ベイズ信頼性解析手法の確立と応用

PSA の技術的妥当性について、主に課題となっているパラメータ推定の妥当性を確保するための研究を進めている。原技協を中心に行われた国内一般故障率の推定の議論で用いられた階層ベイズモデル⁶⁾による故障率推定の際の事前分布の選択指針について技術的検討を行



第4図 原子力発電所のトラブルデータの NUCIA データベースによる収集枠組み



第5図 NUCIA メニュー構成と機器故障率の算出機能の概要

い、PSA 評価への適用性の技術的根拠を整備することで、我が国で PSA におけるベイズ手法の確立を目指している。

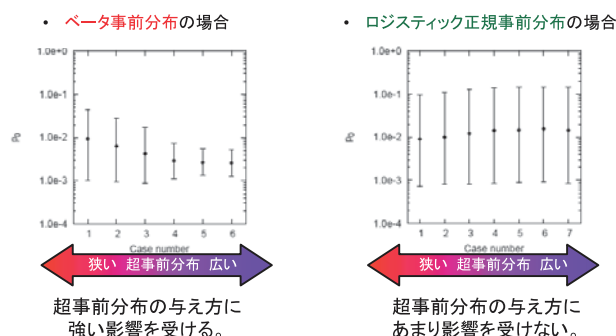
ベイズ推定手法では、事前分布の表し方によって事後分布が影響を受けるため、適切な事前分布選択の方法を確立することが必要とされている。当所では、階層ベイズ手法における二項過程に従うデマンド(起動要求時)故障確率の推定について、事後分布推定式の解析的性質を調べ、事前分布に用いる確率分布がベータ分布の場合には、事後分布の範囲は超事前分布の影響を受けやすく、ロジスティック正規分布の場合には、事後分布が超事前分布の分布形状に影響を受けにくい特性があることを明らかにした(第 6 図)。

4. 機器故障率算出機能における一段階ベイズ推定機能の開発

機器故障率の算出は原子力学会の「PSA 用パラメータ標準」の要求事項に対応する必要がある。パラメータ推定にはベイズ統計が推奨されており、各プラントでの個別評価にも故障率を適正に更新するプロセスが必要となってくることから、原技協では NUCIA の故障率算出機能の追加機能として、ベイズ推定手法を用いた個別プラントの機器故障率の算出システムの構築を開始している。当所ではこのシステムの開発にあたり、ベイズ手法を用いて個別プラント故障率を算出するシステムの技術検討およびプログラム開発先への技術指導および設計支援を実施した

5. 共通要因事象分析手法の確立と応用

PSA の基盤技術/データ整備の中で、我が国に置ける



第 6 図 超事前分布の分布形状の幅を 6 ケースで評価した推定結果の違い

^{a)}ベイズ手法では、データを得る前のパラメータの不確かさ確率分布(事前分布)に、発生したデータの情報をもつ尤度関数を乗ずることにより、データを得た後でのパラメータの不確かさ確率分布(事後分布)を算出するが、階層ベイズ手法では、さらに事前分布の母数(超母数という)にも不確かさ確率分布(超事前分布という)[0]を導入することで、各プラントのデータは類似するが、母集団から発生するパラメータはプラントごとで異なるとして推定し、個別プラント故障率等を取り扱うことができる。

課題として共通原因故障(Common Cause Failure: CCF)の分析手法ならびに共通原因故障率パラメータ整備がある。共通原因故障は共通の原因によって同時または短時間のうちに生じる 2 つ以上の機器の従属故障である。発電所の深層防護に影響する重要な問題であるが、我が国ではこれまで PSA 用に国内の CCF を分析した例がほとんどなかったため、分析手法の理解と国内実施基準の整備、および分析の実践が必要とされていた。PSA における CCF パラメータは、独立故障と従属故障を含んだ機器故障率に対する従属故障の割合である。ただし、実際の CCF 事象の記述は一般に明確でない場合が多く、事例も少ないため、CCF 事象に影響を与える複数の仮説に対する分析者の確信度を与えて事象を取り扱う。この確信度を用いて、共通原因で故障する機器台数ごとの事象発生確率を表し、その発生確率を成分とするベクトルで表現したものをインパクトベクトル手法という。CCF 事象の分析は、①機器の状態、②故障原因、③故障の結合要因(設計、場所、環境、使命、運転、保守および試験手順における類似性)、④防護メカニズム等の要素があり、その結果から、共通原因故障のインパクトの設定に関して、機能低下度、時間遅れ、原因の共通性の不確かさ等の評価を実施する。

CCF パラメータの推定にはパラメトリックモデルを用いており、米国の共通原因故障分析手法であるインパクト(影響)ベクトル手法を用いて推定するモデルとして、 β ファクタモデル、MGL(Multiple Greek Letter)モデル、 α ファクタモデルが、またインパクトベクトルを用いないモデルとして BFR(Binomial Failure Rate)モデル等がある。インパクトベクトル手法およびパラメトリックモデルは現在、公衆審査中の日本原子力学会「原子力発電所の確率論的安全評価用のパラメータ推定に関する実施基準」の附属書 N および M に詳細記載があるので参照されたい。

当所ではインパクトベクトル手法を用いて、我が国における PSA 入力用共通原因故障の分析手順案を作成し、国内 BWR の原子力発電所重要機器(非常用ディーゼル発電機、弁、ポンプ)の運転実績を用い、共通原因事象分析と共通原因 PSA モデルパラメータの試算を行っている。

この検討の中で、専門家判断の重要性や、機能喪失に至らない劣化事象も含んだ事象データの取扱の必要性等を明らかにした。次段階として国内の一般的な CCF パラメータを設定するために、外部の専門家を含む検討 WG を開催して当所の分析結果に対するレビューを実施していく予定である。

本稿 II-3 節の階層ベイズ手法における事前分布選択指針の研究については、中村誠氏(東京大学大学院新領域創成科学研究科)の電中研在籍中の主な研究成果によ

ている。ここに感謝の意を表する。

—参考資料—

- 1) F.R.Famer, "Reactor Safety and Siting: A Proposed Risk Criterion", *Nucl. Safety*, 8, 539-548(1967).
- 2) U.S. Nuclear Regulatory Commission, *An Assessment of Accident Risks in U.S. Commercial Nuclear Power Plants*, WASH-1400, NUREG-75/014, (1975).
- 3) Nuclear Regulatory Commission, *Severe Accident Risks: An Assessment for Five U.S. Nuclear Power Plants*, NUREG/CR-1150, (1990).
- 4) C.L.Atwood, et al., *Handbook of Parameter Estimation for Probabilistic Risk Assessment*, NUREG/CR-6823, (2003).
- 5) 桐本順広, 他, 原子力発電所に関する確率論的安全評価

用の機器故障率の算出(1982年度~1997年度16カ年49基データ 改訂版), 電力中央研究所報告 P 00001, (2001).

著者紹介

桐本順広(きりもと・ゆきひろ)



電力中央研究所 原子力技術研究所
(専門分野/関心分野) 確率論的安全評価と
故障事例分析, PSA 用パラメータ推定手
法, データベース構築, リスク評価

眞田高宥(さなだ・たかひろ)



電力中央研究所 原子力技術研究所
(専門分野/関心分野) 共通原因故障, 確率
論的安全評価と故障事例分析, リスク評価

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—
(3月5日 第9回編集幹事会)

【学会誌関係】

- ・ 編集委員会関連規程類の見直し作業は5月までに終了するよう進めている。
- ・ 春の年会の企画セッション等から記事候補の選出を行った。選出案をもとに事務局が執筆の打診をして、了承されたものから順次執筆依頼を発信する。
- ・ 巻頭言、時論、インタビュー、シリーズ解説等の企画記事の予定について確認した。
- ・ 新企画記事の「羅針盤」およびリレー・エッセイ「ドナウ川の畔から」の進め方および掲載時期を確認した。

- ・ 10月号より新シリーズ解説『我が国の原子力黎明期の活動』を10月号から12回の予定でスタートすることにした。
- ・ 新企画の「原子力関連機関の紹介(仮題)」の内容が各機関のHPと同様な内容にならうよう進めることとした。

【論文誌関係】

- ・ 編集委員から提案のあった総説2件について採択し、依頼することとした。なお、編集委員会からの依頼による総説の掲載については、16ページまでの掲載料を無料とし、それを超える分については著者負担とすることとした。(年間予算最大100万円程度まで)
- ・ J-Stage 運営の科学技術振興機構から、海外データベース(Scopus)へ収録されている英文論文誌のコンテンツデータをエルゼビア社に提供することの可否について問い合わせが来ていることについて検討した。
- ・ NTHAS-6 特集号の審査進行状況が報告された。
- ・ 新論文審査システムについて準備状況が報告された。

編集委員会連絡先 hensyu@aesj.or.jp

解説

原子力発電所の新しい保全への取り組み

新検査制度の概要と事業者の取り組み

原子力発電部会

原子力発電部会は平成21年9月17日、東北大学で開催された秋の大会にて、企画セッション「原子力発電所の新しい保全への取り組み」を設け、新検査制度の概要と事業者の取り組みについて議論した。

国は平成21年1月1日に新しい検査制度を施行し、事業者に対し、①保全計画の事前届出、②保全活動の評価・改善の繰返し、③適用可能な新技術の運転中検査への適用等を義務付けた。定期検査間隔については、従来の一律13ヶ月からプラントごとに延長して設定することが可能とする制度変更を行った。また、安全実績指標評価(PI評価)や安全重要度評価(SDP評価)を活用したプラント総合評価の実施が導入された。このプラント総合評価の本格運用は平成22年度からの予定である。事業者は新検査制度に対応するべく設備保全に係る技術評価を進めるとともに、状態監視技術の高度化など新たな設備診断技術の導入を目指している。

本稿では、新検査制度の概要とその目指すところおよび事業者の具体的な取り組みについての会場での講演内容を簡潔にまとめ、質疑の内容を含めて疑問点をわかりやすく解説した。

新検査制度のあらまし

1. はじめに

原子力安全・保安院は、平成21年1月に保全プログラムを基礎とした新しい検査制度を施行した。同制度では、保全計画の届出と国による確認、設備の劣化状況に関するデータの収集と点検への反映、新しい技術を用いた状態監視に基づく保全方式等を導入した。これまで各電力会社から約40のプラントに係る保全計画が提出され、国の確認を経て順次定期検査が行われている。本稿では、新検査制度の実施状況について述べる。

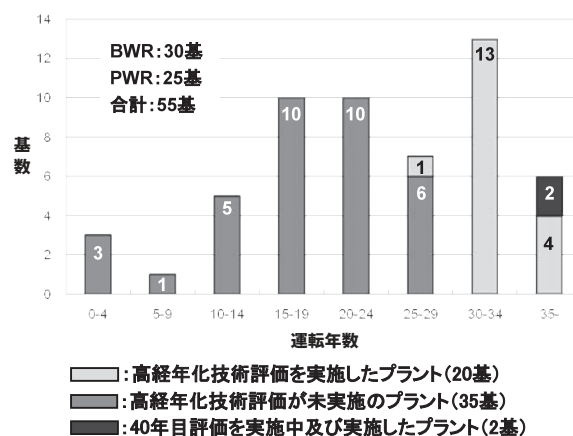
2. 保全の充実に向けた保守管理体制の構築

保全プログラムに基づく保全の充実を図るため、原子炉等規制法に基づく保安規定において定めている保守管理プロセスの内容を充実することとし、平成20年12月12日、すべての原子力発電を行う事業者の保安規定を認可した。具体的には、保全プログラムを実行する際における構築物、系統および機器の保全重要度の設定、保全活動管理指標の設定および監視、保全方式に応じた点検計画(方法、頻度、実施時期等)、科学的なデータに基づく評価の実施、保守管理の有効性評価などを規定し、いわ

ゆる保守管理に関するPDCA(Plan Do Check Action)サイクルを構築している。

また、高経年化対策を強化するため、従来から実施している高経年化技術評価の結果に基づき、10年間に実施すべき保守管理の方針(長期保守管理方針)を新たに策定し、同方針に従った保全を実施することを規定している(第1図)。

原子炉の毎サイクルごとの運転期間は、原子炉を停止して行う点検・検査の間隔や燃料交換等から定まる原子炉の運転期間などから設定されるため、国がその妥当性を確認した上で認可するよう保安規定の記載事項としている。これまで申請されたものでは、すべて運転期間は13ヶ月となっており、今後、保全の有効性評価などを踏



第1図 運転年数と基数分布

Application of Advanced Maintenance System for Nuclear Power Plants Outline of New Inspection System and Approach of Electric Power Company: Operation and Power Division.

(2009年 12月28日 受理)

まえて運転期間の変更の検討・認可申請がなされるものと考えている。

3. 保全計画の策定および国の確認状況

前述の保全プログラムにおいて、事業者は原子力発電所の個別機器の点検や補修等に関する保全計画をプラントごとに、かつ運転サイクルごとに国に届け出て確認を受けることになる。保全計画は、設備の重要度や過去の運転経験、機器の劣化状況等から、個別機器毎に保全の方式・点検内容・頻度を設定して点検計画を定めるものであり、振動診断などの運転中の機器の状態監視計画などについても記載される(第2図)。

保全計画には、保全サイクルの期間として次の定期検査までの期間も記載される。新検査制度では、事業者は個々の点検項目について、過去のトラブルなども含めてデータを収集し、どの方法で点検を行えば安全上より適切であるか技術評価(機器について、それぞれ最適な検査間隔を評価)を行うことが義務づけられている。国は事業者の技術評価の妥当性を審査し、プラントごとの特徴に応じた適切な検査間隔を設定する。これまで一律13ヶ月と定めていた定期検査間隔については、新検査制度のもとでは、最大24ヶ月(今後、5年間は最大18ヶ月)までの定期検査間隔を定めることができるが、あくまで事業者のきめ細かな保全活動に基づき、適切な検査間隔を設定するというのが制度の趣旨である。

平成21年1月に関西電力美浜発電所2号機を最初としてこれまで、39のプラントの保全計画が国に届出(12月1日現在)され、国の確認を経て順次定期検査が実施されている。特に、建設中のプラントや地震等による長期停止をしているプラントについては、特別な保全計画も策定されて提出されている。なお、新検査制度では13ヶ月以上の定期検査間隔の設定は可能ではあるが、これまで提出された保全計画における定期検査間隔は、すべて13ヶ月以内となっており、地元自治体の理解などを得るなど慎重な取組みがなされている状況といえる。

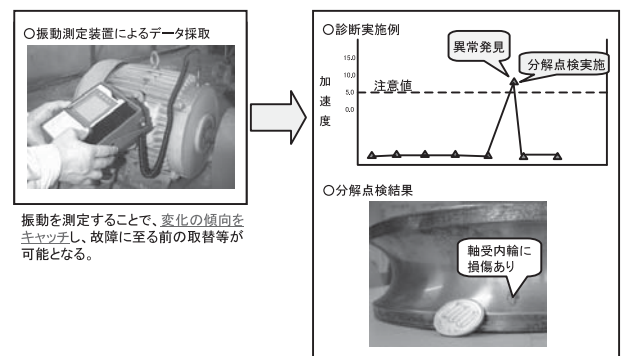
すでに国による確認が終了した東京電力福島第一2号機の保全計画の例で見ると、保全活動管理指標として、

計画外自動スクラム回数を7,000臨界時間あたり1回未満とするなど約180の管理指標が設定されている。また、点検計画では機器の重要度や運転経験を踏まえ、例えばポンプの構成品(主軸・羽車等)の点検を78ヶ月(6定検)ごとに実施するなど約1,100機器の保全方式・点検内容・頻度が記載されている。また、点検周期の偶数化や点検実績等を踏まえた点検周期の見直し、保全方式の変更も行われている。状態監視技術の導入については、ポンプや電動機等の回転機器に対する振動診断(約130機器)や赤外線サーモグラフィ(約150機器)が適用される(第3図)。

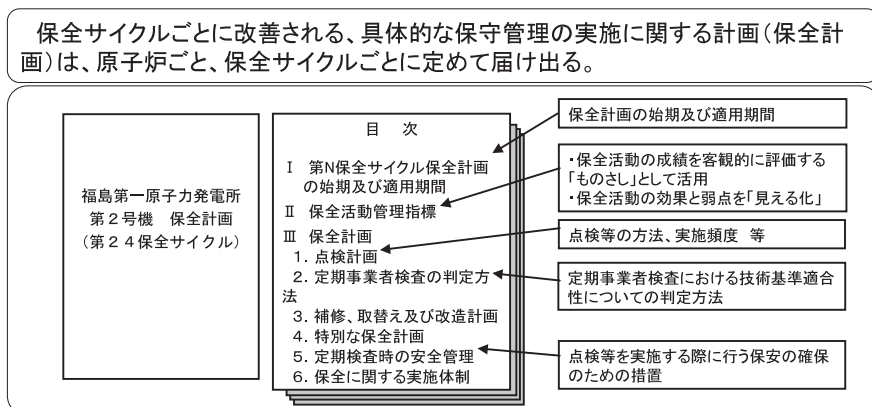
原子力安全・保安院および原子力安全基盤機構(JNES)による確認・評価は、約60項目にわたるチェックシートに従い、計画内容を系統的に確認し、必要に応じ立入検査(浜岡3号の例)を行うなどして、事業者の自立的改善を促す観点から、過去の点検結果等を踏まえた安全向上に向けた継続的な改善がなされているかに着目して実施している。また、確認状況や結果については、関係する審議会(保守管理検討会)に報告するとともに、確認結果を原子力安全・保安院のホームページに掲載している。

4. 結 言

新検査制度は平成21年1月から開始され、各事業者においては保守管理体制の充実を図り、保全計画に基づく保全活動が順次開始されている。保全活動の充実が事業



第3図 振動診断技術の積極的な活用



第2図 保全計画のイメージ

者の主体的な取り組みの下で継続的な改善がなされていくことが重要であり、その結果として、原子力の安全性の向上やパフォーマンスの向上を促していくよう、規制当局としても取り組んでいくこととしている。

(原子力安全・保安院・野口康成)

中部電力(株)浜岡3号機設備の点検間隔の延長に係わる技術評価

1. はじめに

平成21年4月以降、定期検査を開始するプラントから新しい検査制度が適用となり、保全計画の届出が必要となった。浜岡原子力発電所3号機の保全計画において、これまで定期検査ごとに点検を実施している機器について、点検の実施頻度を今回改めて評価した。その結果、原子炉を停止して実施する必要がある点検の最短の間隔を、調整運転期間等を考慮して24ヶ月以上と評価し、第16保全サイクルの保全計画に詳細な技術評価を添付した。なお、一部の定期事業者検査では、18ヶ月未満の期間で技術基準適合性を確認することとしており、第16保全サイクルの定期検査の間隔は、従前通り13ヶ月となる。

ここでは、技術評価の概要について述べる。

2. 技術評価の概要

(1) 機器の分類

詳細な技術評価対象機器を選定するため、定期検査ごとに点検を実施している機器を対象に、以下の手順に従い、機器の分類を行った。

(a) 性能維持のための措置を実施しない点検の分類 (分類1)(316機器/731機器)

目視点検、弁作動試験、運転試験(運転状態確認)、絶縁抵抗測定などの調整行為や性能維持のための措置を実施しない点検のみを行う機器については、原子炉を停止して実施する必要がある点検の実施頻度の設定には、影響しないことから、詳細な技術評価の対象外とした。

(b) 原子炉を停止して行う必要がある点検の実施頻度の設定において考慮不要な点検の分類(分類2) (237機器/731機器)

本項に分類される機器については、予備機がある等で運転中に点検、補修等が可能であることから、点検、補修等のために原子炉を停止する必要のないことを確認しているため対象外とした。

(c) 詳細な技術評価を実施する対象機器の選定(分類3)(178機器/731機器)

上記(a)(b)のいずれにも属さない機器のうち、定期検査時の作業に伴い実施する点検項目等(3機器)を除く175機器に対して、原子炉を停止して実施する必要がある点検の間隔を評価した。なお、技術評価書の作成に際しては、機器数も多いことから同種機器をグループ化するなど、合理的に作成し、31の評価書にまとめた。

(2) 過去のトラブル実績および是正状況の確認

10年間のトラブル実績のうち、時間依存性のある劣化事象の発生の有無を確認し、発生している場合には是正処置が適切に行われていることを確認した。また、トラブル発生時の不適合管理および是正処置の仕組みが構築されていることを確認した。過去のトラブル実績としては、国内情報は原子力施設情報公開ライブラリー「ニューシア」の法令報告事象を、海外の運転経験は米国原子力規制委員会(NRC)のBulletin, Generic Letterを対象とし、同種機器にかかる時間依存性の有無について確認した。確認結果として、国内情報については10年間のニューシア情報1,360件のうち20件、また、海外事象については10年間に発行されたBulletin:11件、Generic Letter:18件のうち3件について抽出し、おのおの該当する詳細な技術評価に反映した。

(3) 詳細な技術評価が必要な部位の抽出

(a) 各部位に対して想定される経時的な劣化メカニズムの整理

原子力プラントの高経年化技術評価を踏まえ、日本原子力学会標準として制定された経年劣化メカニズムまとめ表に基づき、事業者の保全内容を決定していく上で有用な情報を取り込み、現状保全項目を追加した劣化メカニズム整理表(電事連版)が作成されている。この劣化メカニズム整理表(電事連版)を浜岡の機器仕様と合致するよう修正し作成した劣化メカニズム整理表(浜岡版)に基づき、保全結果、評価内容、周期延長の妥当性を加え、保全内容決定表を作成し、各部位に対して想定される経時的な劣化メカニズムの整理を行った。

(b) 詳細な技術評価が必要な部位の抽出

経時的な劣化事象に着目し抽出された主要部位のうち、定期検査の都度、点検を実施するにあたっての点検のポイントについて、現状の運転サイクルである13ヶ月を基準に、2サイクルに相当する26ヶ月での点検の実施頻度を想定した現状保全の整理を実施し、あわせて当該設備の過去の点検実績について妥当性を確認した。

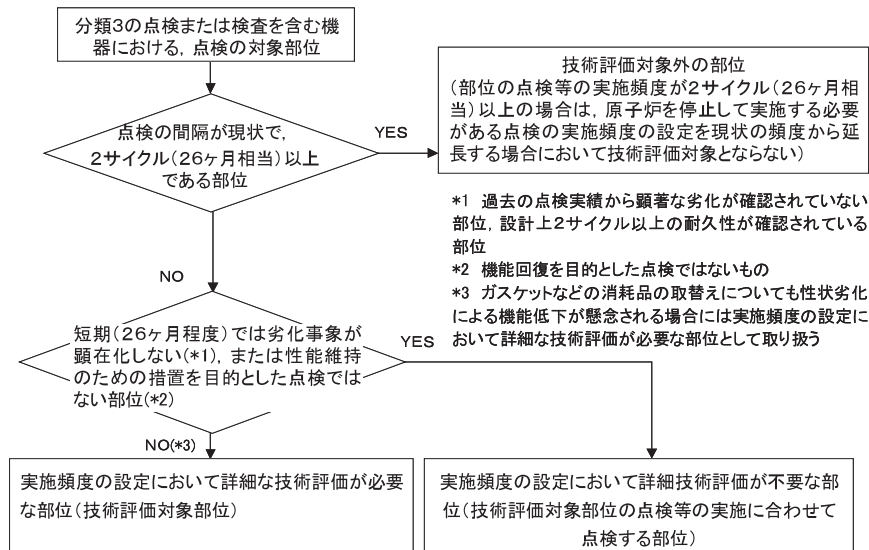
以上の整理および確認を踏まえ、性能維持のための措置を伴う点検の対象部位を、フローに従い実施頻度の設定において詳細な技術評価が必要となる部位として抽出を行った(第4図)。

(4) 詳細な技術評価

定期検査の都度行われている点検または検査のうち、定期事業者検査の対象機器について詳細な技術評価が必要と判断した機器(代表31の評価)について、以下の4つの評価を適切に組み合わせて26ヶ月(24ヶ月運転+2ヶ月(調整運転等))使用可能であることを評価した。

(a) 点検および取替結果の評価(31機器)

点検および取替結果の評価は、31機器すべてについて実施し、そのうち20機器(本格点検(機器を分解、開放して行う点検)を実施する機器を中心)については、点検手



第4図 部位の抽出フロー

入れ前データも使用して評価を実施した。

(b) 劣化トレンドによる評価(2機器)

原子炉冷却材再循環ポンプ電動機の潤滑油に含まれる酸化防止剤の残存量について JIS 規格(JIS K 2514)に定められている回転ポンベ式酸化安定度試験を用いて傾向を確認している。回転ポンベ式酸化安定度は、取替基準を満足する範囲内であれば運転時間に比例して低下するという知見から、26ヶ月連続運転した場合であっても回転ポンベ式酸化安定度は取替基準値を満足すると評価した。ほかに、計測制御系統設備のドリフト評価について劣化トレンドによる評価を実施した。

(c) 研究成果による評価(4機器)

原子炉压力容器 O リングに使用されるインコネル718の応力緩和挙動については、高温領域(540~600℃程度)において、供用開始後から応力緩和が進行するが、時間の経過とともにその進行は緩やかになる。また、温度が低ければ緩和の程度は小さくなる。

以上の知見に、試運転時の運転期間(19ヶ月)の実績等を踏まえ、26ヶ月の使用は可能と評価した。ほかに、原子炉格納容器主フランジパッキン、非常用ディーゼル機関等のパッキン、O リングおよび計測制御系統設備(地震加速度検出器、放射線計測装置(主蒸気管モニタ等)、信号変換処理部(タービン軸振動))について、研究成果による評価を実施した。

(d) 類似機器等の使用実績による評価(29機器)

類似の機器の抽出にあたっては、以下の条件を満たす類似機器の中から、浜岡原子力発電所の類似機器を優先し、なければ他電力の類似機器の中から選定した。

- ・機種が同種あるいは点検の間隔を決定するための主要部位の使用材料が同種のもの
- ・使用条件(連続使用、待機系等)および使用環境(温度、圧力、または水質等)が同等以上のもの

3. おわりに

浜岡原子力発電所3号機の保全計画においては、プラント全体にわたって、これまで定期検査ごとに点検を実施している機器について、点検の実施頻度を今回改めて評価した。その結果、原子炉を停止して実施する必要がある点検の最短の間隔は、調整運転期間等を考慮して24ヶ月以上と評価した。今後1サイクル以上は、現行の13ヶ月運転を継続し、保全活動の更なる充実(点検手入れ前データの充実等)を行い、知見の蓄積を図っていく。

(中部電力・松崎章弘)

日本原子力発電(株)における設備診断技術の導入状況

1. はじめに

平成21年度に導入された新検査制度では、原子力発電所の特定の設備に対して運転中の設備診断が義務化されている。運転中の設備診断の目的は、異常の兆候を早期に発見することにより、原子力発電所の安全性、信頼性を確保するものである。

一方、日本原子力発電(株)では、平成11年度より設備の信頼性確保、保全の合理化等を目的に設備診断を積極的に導入してきている。

ここでは同社における設備診断の導入状況および運転中定期事業者検査への対応について述べる。

2. 設備診断技術の導入状況

平成10年に設備診断の導入を検討し、平成11年度より設備診断チームを設置し、保全内容の合理化・適正化に向けた検討を開始した。

設備診断技術の適用に当たっては、他産業で実績の多い回転機器の振動診断、潤滑油診断、赤外線診断の3つの状態監視技術を導入した。この設備診断技術を用い、社員自らがデータを測定、診断、評価し、機器の状態確認や点検計画の立案を行っている。設備診断技術の導入

当初は、メーカー推奨値や公的規格を参照とした管理をしていたが、データの蓄積に伴い固有の特性、運転状況、設置環境を考慮した、機器ごとの管理値を設定し、設備の信頼性、安全性の確保に努めている。

また、設備診断業務で培った知見、ノウハウを基に弁メーカーと電動弁診断装置(MOVDAS)・制御弁診断装置(AVIDAS)を開発している。さらに、米国よりディーゼル機関診断を導入するなど、設備診断技術を積極的に適用し、状態監視を実施している。

第5図に、敦賀発電所2号機の振動診断導入状況(例)を示す。敦賀発電所2号機には約700台の回転機器があり、構造上測定できないものや高線量区域の機器を除いて約400台に対して状態監視を実施している。

3. 適切な活動プロセス

設備診断技術による状態監視の活動プロセスは、PDCA サイクルを確実に実行することが重要である。PDCA サイクルを確実に実践するため、他産業での適用事例・保全計画を参考にした状態監視計画書の作成(Plan)、状態監視を行うための手順書・要領書の作成および測定(Do)、メーカー推奨値や点検手入力前データとの比較による状態診断(Check)、診断結果に基づいた監視強化への移行や分解点検の推奨等(Action)を行っている。

4. 診断技術者の力量

設備診断チーム員の技能向上と、測定、診断、評価結果の信頼性向上のため、国内外での診断技術トレーニングに参加するとともに、第1表に示す設備診断に関する資格を積極的に取得している。社員の技術力向上および電力会社等への貢献のため、日本機械学会公認の訓練機関として平成17年よりISO 準拠機械状態監視診断技術者(振動)の訓練コースを開設し、平成17年度から平成20年度までに同社・電力会社・協力会社等を含めて約190名が資格を取得している。また、平成21年10月からはISO 準拠機械状態監視診断技術者(振動)の訓練コースを開設している。

5. 運転中定期事業者検査への対応

平成21年1月に電気事業法に基づく施行規則が改正され、運転中定期事業者検査の実施が追加された。

運転中定期事業者検査は、「機器が動作している状態で異常の発生の兆候を確認する検査」とされており、設

第1表 設備診断に関する資格

資格名	認証機関	資格概要
機械保全技能士(設備診断作業)	厚生労働大臣 都道府県知事	・振動、油分析、絶縁診断の診断技術を検定
ISO 18436-2準拠機械状態監視診断技術者(振動)	日本機械学会	・振動測定・解析を行う技術者の資格と能力の認証 ・ISO に準拠した資格 ・VI と相互認証
Vibration Analyst	Vibration Institute (VI)	・振動診断専門家の認証 ・ISO に基づいた資格 ・日本機械学会と相互認証
ISO 18436-4準拠機械状態監視診断技術者(トライボロジー)	日本機械学会 トライボロジー学会	・潤滑油の測定・解析を行う技術者の資格と能力の認証 ・ISO に準拠した資格(平成21年10月より開設)
Machinery Lubricant Analyst	International Council for Machinery Lubrication	・潤滑油分析専門家の認証
Machinery Lubricant Technician	International Council for Machinery Lubrication	・潤滑油管理技術専門家の認証
Certified Infrared Thermographer	Academy of Infrared Training Inc. Infraspection Institute	・赤外線診断(サーモグラフィ)専門家の認証

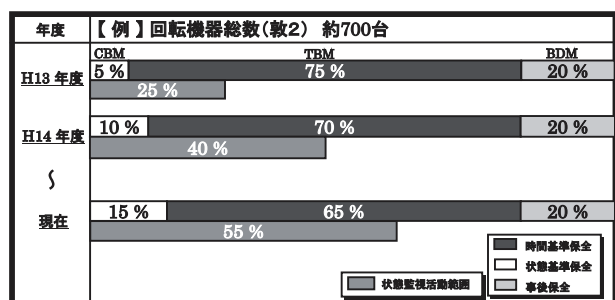
備診断技術(振動測定)を用いた状態監視を、発電所運転中に定期的実施している安全系設備サーバランス(機能確認検査)に併せて実施することとなっている。

運転中定期事業者検査の対応として、検査体制は発電長を検査実施責任者とし、機器の機能確認(圧力、流量等の確認)は発電室運転員で行い、振動データの測定は、設備診断チームのISO 準拠機械状態監視診断技術者(振動)の有資格者が実施することで検討中である。

6. 結言

従来の原子力発電所の保全は、時間基準保全を中心としていたが、今後は状態監視により設備の信頼性・安全性を確保しつつ、状態基準保全の割合を増加し、保全の合理化を進めていきたいと考えている。さらには新検査制度による運転中定期事業者検査により、異常の兆候の早期発見に努め、発電所の安定運転に寄与していきたい所存である。

(日本原子力発電・中村茂雄, 長谷川 彰)



第5図 敦賀2号機の振動診断導入状況(例)



核廃絶に向けて

日豪国際委員会の提言と評価

国際問題研究所シニアフェロー 遠藤 哲也
元原子力委員長代理, UCN 会*

報告書の提出

2009年12月15日, 東京の首相官邸で鳩山首相とラッド豪首相に対し, 核不拡散・核軍縮に関する国際委員会(ICNND)の共同座長であるエバンス(元豪外相)及び川口順子(元外相)両氏より最終報告書が提出された。この大部の報告書は, 2008年7月に福田(当時)・ラッド日豪首脳会談で合意された国際委員会が4回の本会合と地域会合を開き, 1年半あまりの検討の結果を取りまとめたものである。

(本会合)

- 2008年10月20~21日 第1回会合 (シドニー)
- 2009年2月14~15日 第2回会合 (ワシントン)
- 6月20~21日 第3回会合 (モクスワ)
- 10月16~20日 第4回会合—最終会合 (広島)

(地域会合)

- 2009年5月2~3日 中南米地域会合 (サンチアゴ)
- 5月22~23日 北東アジア地域会合 (北京)
- 9月29~30日 中東地域会合 (カイロ)
- 10月3~4日 南アジア地域会合 (ニューデリー)

筆者は委員会の作業に助言を与える調査研究機関として指名された外務省系の日本国際問題研究所の代表として報告書の起草作業に参加した。

報告書の骨子

共同委員会は核ゼロを最終目標として, 段階的かつ実践的, 具体的な行動計画を打ち出し, 世界中の政策決定者に行動を呼びかけている。政策指導者向けの行動計画である。この包括的な提言は, 「政府の立場より, 数歩前」を意識して作成されたものである。

報告書の概要は次のとおりである

- (1) 短期的行動計画(現在~2012年, なお2012年はオバマ米大統領, メドベージェフ露大統領の現在の任期が終わる年である)
 - ・米露による第1次戦略兵器削減条約(START I)の後継条約締結と, さらなる削減交渉

- ・すべての核保有国による, 核の目的を核使用の抑止のみに限定するとの宣言(「唯一の目的」宣言)同時に同盟国の安全保障上の懸念に配慮する。特に化学兵器, 生物兵器に配慮する。

- ・核兵器不拡散条約(NPT)加盟の非核国への消極的安全保障の提供

- ・包括的核実験禁止条約(CTBT)の発効, 兵器用核分裂性物質生産禁止条約(カットオフ条約)の締結
- ・核燃料サイクルの多国間管理化

3S(保障措置, 核セキュリティ及び安全)に係る国際協力の推進

- ・改正核物質防護条約の早期発効

- (2) 中期的行動計画(2012~2025年—最小化地点**—にかけて)

- ・世界の核兵器総数(戦略核, 戦術核を含むすべての種類)を2,000発以下にする。米露それぞれ500発。他の核武装国は少なくとも兵器数を増強せず, 大幅に削減することが望ましい。

- ・すべての核保有国, 核武装国による核先制不使用の確約と, 配備の変更

- ・包括的核兵器(禁止)条約の作成

- ・核燃料サイクルの多国間管理の達成

- (3) 長期的行動計画(2025年を超えて)

- ・重大な戦争・侵略の可能性を小さくし, 核抑止が不要と見なせる地政学的条件を作り出す

- ・核兵器禁止違反を探知できる検証システム, 違反への罰則制度の確立

- ・兵器開発に結びつかない核燃料サイクルの創設

- ・核関連知識の管理体制の整備

報告書の評価と今後のフォローアップ

核廃絶を巡る動き

近年, 核軍縮, 核廃絶(a world without nuclear weapons)を求める気運が世界的に高まっている。この報告書もその流れの中に位置づけられるが, まずは核軍

*UCN 会は Union of Concerned に由来。

<http://www.ucn-kai.jp>

**核廃絶の前段となる状況を「最小化地点」という。最小化地点に至る中期的行動課題(2025年まで)として, 全世界の核兵器数を2千発以下にすると明記されている。

縮を巡る最近の動きを見てみよう。

皮切りは、米国の四賢人(キッシンジャー、シュルツ元国務長官、ペリー元国防長官及びナン元上院軍事委員長)のウォール・ストリート・ジャーナルへの共同寄稿論文であったといつてよかろう(2007年及び2008年1月)。続いて、米国の民間の有識者から起ったグローバル・ゼロ運動、何といつても最大のハイライトはオバマ大統領のプラハ演説(2009年4月)であった。その後、2009年9月の国連安保理でのオバマ大統領を議長とする核軍縮問題だけに的を絞った首脳協議、本年2月のグローバル・ゼロのバリ大会、4月のワシントンでの核セキュリティ(核テロ対策といつてもよい)のサミットと続く。そして5月にはニューヨークでNPT運用検討会議が予定されている。日豪共催の国際委員会もこの潮流の中にある。

これまでの核軍縮・核廃絶運動は、唯一の被爆国である日本、非同盟国諸国、北欧、カナダ、オーストラリア、ニュージーランドなどによって主導され、その主張は核兵器の悲惨さ、非人道性を訴えるもので、あえて言えば、感情的なもの、理想主義的なものが多かった。ところが、近年盛り上がって来た核廃絶運動は、ロシアと並んで核兵器の最大の保有国である米国からの提唱であり、(ちなみに米露両国で世界中の核弾頭の約95%を占めている)、しかも提唱者には上記のとおり、米国の核戦略に直接関与した元政府高官が含まれている。その極め付きはオバマ大統領自身である。そして、その主張は安全保障論、戦略論を踏まえたもので具体的なロードマップを描くなど、ある意味で足が地についたものになっている。

核廃絶論の理論的根拠

核廃絶、その前駆としての核削減(核軍縮)を巡って近年多くの提案がなされているが、細部についての違いはあるものの大筋では共通点が少なくない。

冷戦時代は、核兵器はそのもつ抑止効果(相互確証破壊—MAD)により安全保障上不可欠とみなされ、大戦争を防ぐという観点からは役割を果たしてきた。だが、冷戦が終り、米露二大核兵器国間での核の応酬の可能性は極めて低くなり、核兵器の主な役割は、増えてきた核兵器保有国の核の使用を抑止するためとなり、その限度を超える核兵器の保有は、核拡散の口実や核テロなどの源泉となり(核セキュリティ)、むしろ危険なものにさえなってきた。

米国にとって安全保障上の現在の最大の脅威は核テロで、テロリストが核兵器なり核物質を入手することである。万一、テロリストが核を入手すれば、テロリストには抑止という考えはないので、これを使用することをためらわないであろう。他方、“原子力カルネッサンス”で原子力発電が広がるにつれて、核拡散、核テロのリスクは

増えている。このような核拡散・核テロのリスクを減らすためには、核拡散を防ぐこと、核物質の防護をしっかりとすること、そのためには核軍縮を進め、究極的には核をなくすことが必要である。以前は核軍縮と核不拡散はどちらにウエイトを置くかで各国の態度が分裂していたが、今や一つのコインの裏表になってきたといえよう。

それでは、如何にして核を減らし、最終的に「核なき世界」に到達できるのだろうか。段階を踏んで核廃絶に至るのは百年河清を待つようなものである。したがって核の開発、保有を「人道に対する罪」とした国連決議を即刻採択し、違反国への厳罰を安保理で決議すべきだとするような主張もある。だが、大勢は段階的なアプローチを提案している。

「核兵器なき世界」は実現可能か

核廃絶は理想だが、それに到達する道程は長く、険しい。オバマ大統領のプラハ演説は画期的なものだが、他方「地球上に核兵器が存在する限り、米国は核を廃棄しない」「同盟国に対する核抑止の約束は守る」「私の在命中(オバマ氏は現在49歳)に核廃絶は不可能だろう」とも述べており、理想と現実とを分けている。先に引用したキッシンジャー等米国の四賢人も最近のウォールストリート・ジャーナルへの寄稿(1月20日)で「如何にして米国の核抑止力を守るか」の題の下に、他国が核保有を続ける限り米国は十分な抑止力を守ることが必要としている。理想は理想として、現実的には核抑止力の維持、核不拡散、核テロ対策を重視している。いずれにしてもこの観点から、近く発表される米国の「核戦略見直し」(Nuclear Posture Review: NPR)が安全保障上核兵器の役割をどのように規定するかが大いに注目される。核廃絶は前途多難、前途遼遠である。

核廃絶の道は険しく、喫緊の短期的対策のいずれの措置をとっても容易でなく、(例えば、CTBTの発効、カットオフ条約の交渉)短期対策から中期対策へと道程が進むに従ってますます難しくなっていく。この報告書は、地域問題には深入りしていないが、北朝鮮、イランの核問題の解決は容易なことではない。最終段階にさしかかると特に核削減が難しくなってくる。筆者個人としては、核廃絶はいくら国連を改革してみても(それはそれで結構だが)主権国家体制が存続する限り限界があり、結局、世界国家のような体制が確立しないとどうてい無理ではないかとさえ思う。しかし絶望してあきらめてはいけない。核不拡散、核軍縮を一步ずつ着実に進めながら核廃絶を目指すべきで、核廃絶に向かって進んでいくことが世界の平和、人類の幸福のために必要である。

評価とフォローアップ

これまでの類似の報告書・提言としては「キャンベラ委員会報告書」(1996)、「東京フォーラム報告書」(1999)、

スウェーデン主催の「ブリックス委員会報告書」(2006)などがあるが、これまでの報告書がどちらかといえば核軍縮に力点が置かれた。核不拡散と核軍縮とともに、NPTの三本柱のひとつである原子力の平和利用面については、ほとんど触れられなかった。今回の報告書では、これら3つの柱が比較的バランスよく取り上げられているといえよう。

軍縮のロードマップが、practical, realistic, implementableなものになっていることも指摘できよう。最終段階の核廃絶の時期が言及されていないことを批判する向きもあるが、核廃絶は短期、中期の諸措置が一步步実施されてはじめて到達しうる点であり、現在の国際政治を考えればその時点を示すことは不可能に近いであろう。

なお、この報告書の起草過程で次のような諸点が議論の対象となり、上記の報告書の骨子でまとめられているとおりの一応の結論を得てはいるが、やや玉虫色のところもありこれからの実施の過程で議論を呼ぶかもしれない。

- ・核の目的を核使用の抑止のみに限定する(「唯一の目的」)との宣言。
- ・核の先制不使用の約束(如何にして保証するか)
- ・(以上2点と関係するが)同盟国に対する拡大抑止。いわゆる核の傘と核なき世界への方向を如何に調和させるか。
- ・(核軍縮は米露が主導するにしても)他の核武装国、特に中国をいつから如何にして核軍縮のフレームワークに参画させるか。
- ・平和利用の面でのプルトニウム、特に高速増殖炉(FBR)の取扱い

以上述べたように、本報告書の内容は一応評価できると思うが、問題は実行である。これまでの報告書も発表された時は前向きに取り上げられたものの、正直いってその後は棚上げされているのが残念ながら実情である。この報告書について最も大切なのはフォローアップである。日豪が音頭をとるのは当然であるが、フォローアップのメカニズムを設けて進捗状況を適時採点していくの

も一案かもしれない。いずれにせよ、核軍縮、核不拡散にとって今年一年は極めて重要な一年である。

日本の役割

それでは、日本の究極的な核の廃絶、それに向かっての核軍縮推進のために何をなすべきであろうか、あるいは何ができるだろうか。唯一の被爆国として核の惨禍を世界に伝え続けることは何よりも必要であり、また、義務でさえある。

また、自らは非核政策を堅持するとともに、世界に向かってそれを明らかにしていかなければならない。しかるに、日本の要人から時々核武装を匂わせるような不用意な発言が飛び出すのは甚だ遺憾である。日本核武装論は現実的な政策ではなく、外交的にも経済的にも自殺行為であり、かかる発言は外国にいたずらに誤解を与えるだけである。以上は必要条件であっても十分条件でない。核軍縮の主役は核保有国であって、核保有国がその気にならない限り核軍縮は進まないことからすれば、日本など非核兵器国は脇役であるかもしれない。だが脇役にも役割がある。核軍縮、核廃絶に向かっての国際世論の盛り上げ(国連総会決議などもその一つである)、NPT、CTBT、FMCTなど核軍縮の枠組み作り、ルール作りへの貢献、原子力平和利用、核不拡散面でのロードマップの各段階に応じた具体的な施策の提案などである。例えば平和利用の面では、「3S」、核燃料サイクルへの何らかの国際規制、核拡散抵抗性技術の開発などを積極的に取り上げていきたいと考えている。

著者紹介

遠藤哲也(えんどう・てつや)



1958年東京大学法学部卒、外務省入省。89年在ウィーン国際機関日本政府代表部大使、93年日朝国交正常化交渉日本政府代表、94年朝鮮半島エネルギー開発機構(KEDO)担当大使、96年駐ニュージーランド大使、98年原子力委員、委員長代理、2004年外務省参与、07年日本国際問題研究所シニア・フェロー。

ATOMOS Special

欧州 総括編

世界の原子力事情 第4回

英国の原子力事情

(社)海外電力調査会 東海 邦博

フィンランド、フランスに続いて、他の西欧諸国においても、原子力新規建設の動きが出てきた。なかでも有望と見られているのが英国である。同国では電力自由化で原子力開発がストップしていたが、現在、原子力発電会社 BE 社を買収したフランス EDF などが建設計画を進めている。以下、本稿では英国について新規建設の動きを中心に紹介する。

I. エネルギー・電力事情

英国はフランスとは対照的に化石燃料資源に恵まれた国である。産業革命以来、使用してきた石炭に加えて、1960～70年代からは北海での石油・ガス開発が開始され、80年代からはエネルギー自給率100%を達成するに至った。

発電では、この北海での石油・ガス開発後も、国内炭保護の観点から石炭の使用が義務付けられたが、1990年の電力自由化および電気事業民営化によって、天然ガスが発電用に使用可能となり、価格や環境面で有利なガス火力の建設が進んだ。その結果、現在は、かつて発電の70%以上を占めていた石炭は30%台に減少する一方、ガスは40%以上を占めるに至っている。

しかし、天然ガスは消費が増大する一方、生産が2004年から鈍化し輸入超過となり、2005年以降は価格が高騰、それを反映して電気料金も大幅に上昇した。現在は経済不況で価格は落ち着きを取り戻したものの、今後、石油、ガスともにさらに生産が減少し、2015年には需要の半分を輸入に依存するとの予測も出ている。

II. 原子力発電開発

1. 経緯：新規建設は電力自由化でストップ

原子力発電開発には、フランス同様、英国も戦後の早い時期から取り組んできた。1950～60年代には国産のマグノックス炉(黒鉛ガス冷却炉：GCR)、さらに1960～70年代には改良型ガス炉(AGR)を開発した。

しかし、英国は70年代の石油危機に際して、フランスとは異なったエネルギー政策を選択した。北海での石油・天然ガス開発を優先する一方、発電用燃料として国内炭の使用を義務付け、原子力はフランスほど大規模に開発しなかった。また、技術的には国産ガス炉に固執し、世界の趨勢であった軽水炉開発も70年代末のサッチャー政権になってやっと WH 社製 PWR・1基の導入を決めた。

さらに、英国の原子力発電開発にとって不幸であった

のは、英国が欧州諸国の先陣を切って、1990年から電力自由化と電気事業の民営化を実施したことである。政府は原子力開発についても市場原理に委ねる方針を示し、積極的に支援する政策は取らなかった。そのため、民営化後も国有のまま残された原子力発電会社は、計画していた PWR の新規建設をすべて凍結した。さらに1996年の民営化で設立されたブリテッシュ・エナジー社(BE)は、経済性を理由に直ちに新規建設の中止を決めた。

2. 政府の原子力政策：積極支援に転換

このように、英国では原子力発電開発が近年、停滞してきた。しかし、前述のような北海での石油・天然ガス生産の減少や価格高騰、さらには EU 大での CO₂削減要求への対応の必要から、2005年を境に政府は原子力開発への取組み姿勢を大きく変えた。市場原理に委ねる従来の政策の見直しを表明したのちに続いて、2007年には「エネルギー白書」、2008年には「原子力白書」を発表し、原子力開発を政策的に支援するため、サイト選定や許認可手続きの簡素化などの環境整備を行う方針を決めた。

さらに、2009年7月に発表された「気候変動・エネルギー国家計画」では、2008年制定の「気候変動対策法」(温室効果ガスを90年比で2020年に34%、2050年に80%削減する目標を設定)、および EU 再生可能エネルギー開発促進指令を受けて、発電部門での CO₂排出量を2020年までに2008年比で22%削減すること、そのため、発電に占める低炭素電源を40%にまで引き上げること、そのうち30%を再生可能エネルギー、残りの10%を原子力と石炭火力(CCS 設置)で賄うことを打ち出した。ちなみに2008年現在、原子力は発電の13%、再生可能エネルギーは4%を占める。

3. 新規建設計画：欧州大手が建設に意欲

この政府の原子力開発支援政策に呼応して、電気事業者も建設に向けて動き出した。ただし、英国の場合、自由化の進んだ電力市場には、フランスやドイツなど欧州大手電力会社が既存の英国電力会社を買収する形で進出し、すでに大きなシェアを占めており、新規建設を計画しているのもこれら欧州大手である。

その筆頭はフランス EDF で、2009年には BE 社を買

収し、2つのサイト(ヒンクリーポイント、サイズウェル)にEPRを2基ずつ合計4基建設する計画である。

また、ドイツのE.ON, RWEは共同会社ホライズン・ニュークリア・パワー社を設立し、2つのサイト(ウィルファ、オールドベリー)に合計600万kWの設備を建設する計画である。炉型はE.ONがEPR, RWEがWH・東芝のAP1000を予定している。また、RWEは別途、ブレストーンズ、カークサントンの2つの新規サイトでの建設も計画している。

さらに、ベルギー・フランス系のGDFスエズ、スペイン系のイベルドロラ、およびスコティッシュ&サザン・エネジー(SSE)の共同会社は、セラフィールドに合計360万kWを建設する計画である。

4. 政府の支援策：サイト選定、許認可手続き期間を短縮化

政府サイドの支援策も進められている。一つは「戦略的サイト評価」(SSA)の実施である。SSAによって一般的な要件を満たすサイトをあらかじめ認定しておき、個別審査での審査項目の削減を図ることで、全体の審査期間を短縮しようというものである。前述の電気事業者が建設を予定しているサイトは、一部を除き既設の原子力施設サイトで、すべてSSAの対象となっている(第1図)。

また、原子炉の技術・安全関連許認可では、「一般設計評価」(GDA)が導入された。GDAというのはサイトを特定しないで原子炉の設計をあらかじめ評価し、手続き期間の短縮を図るものである。現在、AREVAのEPRと東芝・WHのAP1000が審査を受けており、2011年6月に完了の予定である。

さらに、政府は規制機関についても現在見直しを進めている。政府は短期的には、規制機関の人員増による体制強化を行う一方、中期的には、現在、原子力安全規制の中心的存在である雇用・年金省の保健安全執行部(HSE)原子力課(ND)を再編し、独立規制機関の設立を目指す方向である。

政府は、これらの改善・改革によって、初号炉は2011年には建設許可を交付、2018年には運転開始に漕ぎ着け

る計画である。

Ⅲ. 原子燃料サイクル

従来、原子燃料サイクル事業は、国の機関、すなわち研究開発を原子力公社(UKAEA)、また、商業ベースでの活動を核燃料公社(BNFL)などが担ってきた。BNFLについては順調な運営と政府事業の縮小を背景に一時は民営化も構想された。

しかし、MOX燃料検査データ偽造問題や、政府の老朽原子力施設廃止促進の方針を受けて、2005年に「原子力廃止機関」(NDA)が創設され、UKAEAおよびBNFLの資産はNDAに移管された。その結果、BNFLは、NDAからの委託を受け、原子力施設を運転・管理するだけの国有企業へと変更された。さらに、このBNFLの事業再編と売却も順次実施された。原子炉メーカーの子会社の売却を皮切りに、再処理、廃止、除染などの事業を行う子会社BNG社の傘下企業も順次売却され、09年5月にはすべてのBNFLグループ会社の売却・整理が完了した。

このうち、MOX燃料成型加工および再処理施設は、セラフィールドのサイトで、米英仏合弁のセラフィールド社が引き続き運転している。MOX燃料成型加工施設としては2001年からSMP(設計加工能力120トン)が、また、再処理はGCR燃料用のB-205施設(1,500トン/年)およびAGRと軽水炉用燃料の再処理を行うTHORP施設(1,200トン/年)が運転されている。THORPは日本など海外からの再処理委託も受けてきた。

一方、濃縮事業については、英国、オランダ、ドイツ3か国共同出資のURENCO社が、カーペンハウスト施設(生産能力年間1,500トン)を運転している。方式は日本と同様の遠心分離法である。

Ⅳ. 放射性廃棄物処分

放射性廃棄物の処理・処分については、環境・食料・田園省(DEFRA)が管轄しており、政府は低レベル廃棄物は浅地中処分、中・高レベルは地層処分する方針である。

従来、放射性廃棄物の処理・処分の実施主体は、NIREX社(BNFL, UKAEA, BEなどが出資する民間会社)であったが、現在はDNAに変更されている。

低レベル廃棄物については、すでにドリッグ・サイトで浅地中処分を行っているが、将来的な容量不足を踏まえて新規施設の建設を検討している。一方、中レベル廃棄物は、試験施設の建設計画(セラフィールド近郊)が地元議会の反対などで頓挫し、現在、各発電所サイトで貯蔵されている。また、高レベル廃棄物についても立地できていない。現在、サイトを公募中であり、2つの自治体から応募があった。しかし、処分施設の立地・建設まで時間がかかることが予想されるため、中間貯蔵施設の建設も狙上に上っている。その間、ガラス固化廃棄物はセラフィールドの再処理施設サイト内で貯蔵される。



第1図 新規建設の候補サイト(SSA対象)

連載
講座21世紀の原子力発電所廃止措置の
技術動向

第8回(最終回) 廃止措置技術

—金属再利用の技術動向

三菱マテリアル(株) 村田 実

I. はじめに

わが国において、鉄スクラップは年間3,000万トン以上が回収され、その100%近くが再利用されている。その市場規模は1兆円であり、回収—流通—再溶融・加工—再利用の資源リサイクルが成熟している。世界市場でも約9,000万トンの輸出入が行われており、“鉄はリサイクルの優等生”といわれるゆえんである。

一方、原子力発電所の廃止措置で発生する金属の量は、110万kW級のプラントで、BWRが約4万トン、PWRが約5万トンである。また、その約90%がクリアランスレベル以下ないしは放射性でない廃棄物(汚染履歴のない廃棄物)であり、比較的放射能濃度が高い金属廃棄物は、BWR、PWRそれぞれ約80トン、約100トン程度しかない。このように、廃止措置では、放射能レベルが低い金属が多量に発生することと、一般市場では金属リサイクルが成熟していることを鑑み、原子力発電所の廃止措置が検討された当初から、世界中で金属再利用が検討され、実施されてきた。

わが国においても、2005年に制定されたクリアランス制度に基づき、日本原子力発電(株)東海発電所の廃止措置で発生する金属のうち、クリアランスレベル以下の金属107トンの国による放射能濃度の確認が2007年に行われた。これらの金属は原子力施設内のベンチや遮蔽ブロックとして再利用されており、今後の実績作りが重視されているところである。

Trend on Decommissioning Technology of Nuclear Power Plants in 21st Century(8); Decommissioning Technologies—Technical Trends of Recycling Contaminated Metals: Minoru MURATA.

(2010年 1月11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5回 廃止措置技術—除染
- 第6回 廃止措置技術—処理処分の技術動向
- 第7回 廃止措置技術—コンクリート再利用の技術動向

本連載講座の最終として、廃止措置に伴い発生する金属の再利用に関して、溶融処理による再利用が世界の主流であることの技術的理由を解説し、また国内外の動向や国内研究を整理し、わが国での廃止措置における金属再利用の今後を推察する。

II. 汚染金属の再利用技術

1. なぜ溶融処理による再利用なのか

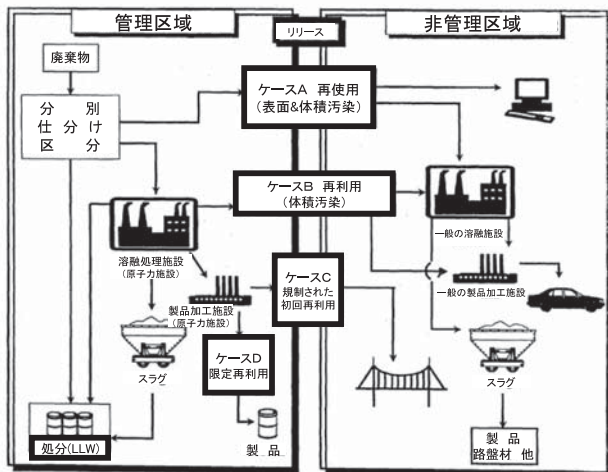
一般工業界において、金属リサイクルが盛んな理由は、溶融することにより“何度でも”、“様々な形”に加工することが可能であり、省資源と省エネルギーにマッチして、コスト的にも安価であることは、身の回りの金属製品から十分理解できる。金属リサイクルは“溶融し再利用できる形態に再製造・加工する”というプロセスが基本であり、最初の形状のまま使われ続けるということは、その形状と歴史に価値がある美術品でもない限り、ほとんどないといえる。

廃止措置で発生する放射能レベルが低い金属の再利用方法には、

- (1) プラストや酸性液等で除染し、クリアランス材とし非限定再利用(一般市場で溶融して再利用)する
- (2) 管理区域内で溶融処理して限定再利用(原子力施設内で再利用する)
- (3) 管理区域内で溶融処理して、放射能濃度測定を行い、レベル以下のものは非限定再利用する

の3つの方法がある。しかし、(1)の方法では、除染に伴って2次廃棄物(廃プラストや廃液など)が多量に発生することがある。一方、(2)や(3)の溶融処理法では、

- (a) 溶融による除染効果(溶融除染)が期待できる
- (b) 複雑形状で放射能測定が困難な廃棄物であっても、溶融することにより表面汚染が体積(バルク)汚染となり、溶融サンプルを採取し測定することで容易に放射能濃度の測定ができる
- (c) 減容効果があり、輸送や取扱いに有利である
- (d) 放射性元素をわずかな量の2次廃棄物(スラグ・ダスト等)に濃縮でき、固体廃棄物として処分しや



第1図 放射性金属の再利用概念

すい

(e) 一般市場で大量に流通している非汚染の金属による希釈効果が見込める

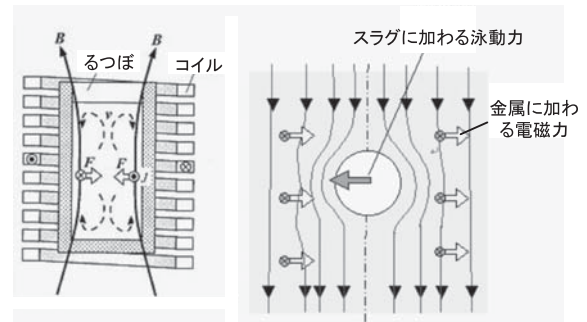
等のメリットがある。

OECD/NEAによる世界における汚染金属の再利用技術の調査^{1,2)}によれば、汚染金属の再利用ルートには第1図に示すA~Dのケースがあるとされている。すなわち、パソコンや工具類など、そのまま“再利用”が可能な金属(ケースA)を除いては、すべてのケースが溶融処理を介して再利用されているのが実態である。また、単純形状(平板状)の汚染金属は、管理区域内での溶融処理を行わずに再利用(ケースA)されるが、再利用先で一般の金属スクラップと混合して溶融処理され、再利用製品となる。なお、ケースCの“規制された初回再利用”とは、最初の再利用先は規制当局に指定されるが、その製品が寿命となり、2回目以降の再利用では一般の鉄スクラップと同様に再利用されるということで、一般市場による希釈効果を考慮した措置である。

2. 溶融除染と溶融による均質化の効果

前述のとおり、汚染金属に対して溶融処理を行うことの最大のメリットは、溶融除染効果と、複雑形状で測定困難な汚染金属の放射能濃度を測定できることにある。

一般に、元素は大気中で高温環境(溶融状態)におくと、揮発性の元素(Csなど)は蒸発し、また、酸化物生成自由エネルギーの差にしたがって酸化しやすい元素(U, Pu, Amなど)と、酸化にしにくい元素(Fe, Coなど)に分かれる。これにより、溶融処理することで揮発性元素と金属単体と金属酸化物(スラグ)を分離することを溶融除染という。加えて、金属の溶融を誘導炉で行うと金属と酸化物の透磁率の違いにより、電磁アルキメデス力(フレミングの法則により金属が磁界の中央に集まろうとすることでスラグ粒子がはじき出される力:材料電磁誘導プロセッシングの原理)が溶湯中のマイクロな領域に発生し、これによりppmオーダーの濃度までスラ

第2図 電磁アルキメデス力³⁾

グが除去されるようになる(第2図)。

さらに、誘導炉は電磁誘導による強い攪拌力が発生するので均質な金属溶湯を作り出すことができ、溶湯サンプルを測定することで放射能濃度が簡易に測定できる。

このような効果により、半減期が長いCs-137(半減期:30年)を蒸発分離し、U, Pu, Amなどの α 核種はスラグとして分離する。また、金属中に残るCo-60などの核種(半減期:5.3年)については、減衰するまで一時保管することで再利用を行うことができる。

Ⅲ. 諸外国における再利用実績

1. ドイツ⁴⁾

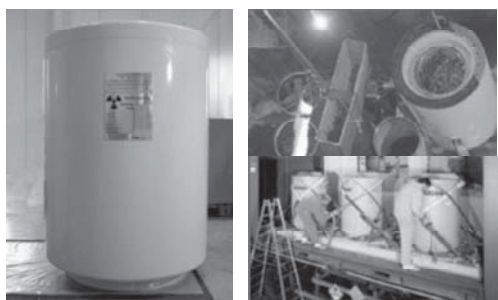
ジメルカンパ社(Siempelkamp GmbH)は長い歴史のある民間の鋳造会社で、1965年にドイツ原子力船「オート・ハーン」の1次遮蔽壁を鋳造したことから原子力にかかわり、1980年代中ごろには原子炉の運転や廃止措置で発生する金属廃棄物を再利用して鋳造品を製作することを開始した。1984年にはディッセルドルフ市の認可を得て鋳造試験を開始し、1989年に汚染金属を溶融処理するための管理区域内溶融処理施設(カーラ:CALA)の操業を開始した(第3図)。

カーラ施設には3トンの誘導炉を設置しており、許可処理量は4,000トン/年である。操業開始以来これまでに25,000トン进行处理し、9,000トンを非限定再利用に、14,500トンを主にMOSAIK[®]と呼ばれる放射性廃棄物処



第3図 カーラ施設外観(上段)と誘導炉(下段)

分・貯蔵容器に casting した(第4図)。したがって、2次廃棄物となったのは残りの5%である。2次廃棄物であるスラグ、フィルタダスト、炉の耐火物廃材などは依頼主に返却している。カーラ施設は管理区域内に溶融炉を設置した施設であるが、ここではインゴット casting までを行い、放射能濃度測定したのちに非管理区域にある casting 施設で MOSAIK® などの製品加工を行っている。原料となる汚染金属の質にもよるが、MOSAIK® にはおおむね約25%の再利用金属を使用している。さらに1990年代からは、再利用金属を溶融し、流水中に流し込むことで製作した金属粒を骨材とした重コンクリート(密度4 g/cm³)によるコンクリート製容器の試作評価も行っている(第5



第4図 MOSAIK®(左)と水中での充填(右上)・輸送(右下)

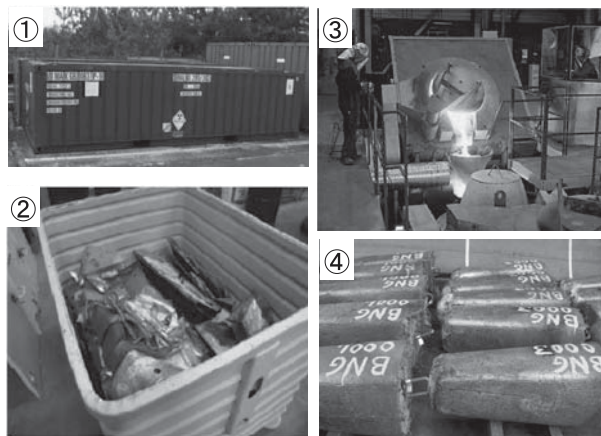


第5図 再利用金属粒骨材コンクリート製容器の落下試験

図)。

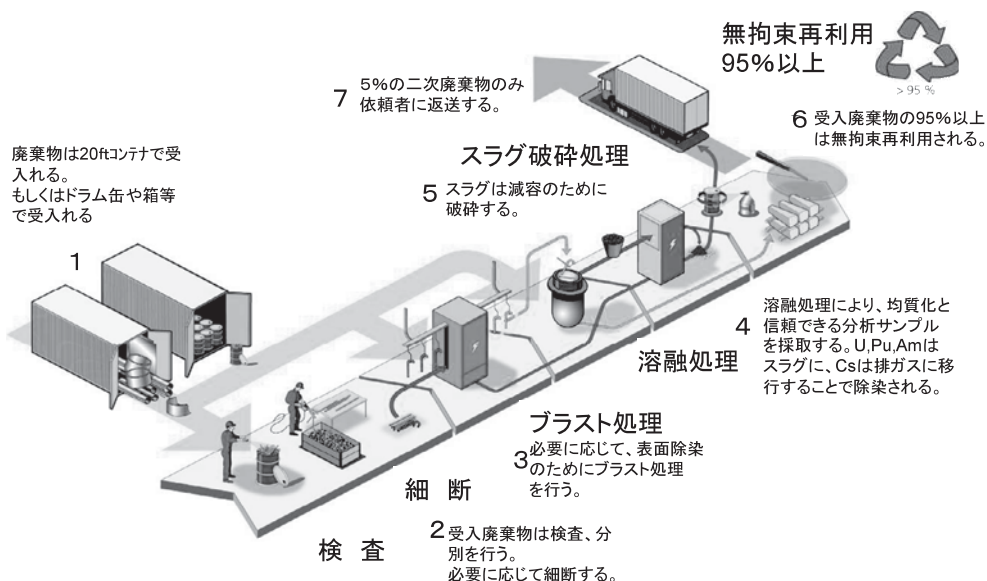
2. スウェーデン⁵⁾

スタズビック社(Studsvik RadWaste AB)は1947年に、原子力発電所の開発と建設、運転のために半官(57%)半民で設立された会社である。汚染金属の溶融処理施設は1987年から操業している(第6, 7図)。管理区域内には、3.2トンの誘導炉を設置している。スタズビック社では、一般の casting 施設で再利用溶融を行える放射能レベルに減衰するまでインゴット状態で一時保管することを特徴としている。一般施設でのインゴットの再溶融は、原子力の規制を受けない。その理由は、揮発性のCs-137がスタズビック社の管理区域内での溶融で除去されているので、一般施設のダストが汚染することがないこと、表面汚染がなくなるので分別の必要がないこと、スラグは放射性廃棄物として最初の溶融で除去されているからとしている。溶融による2次廃棄物の発生量は3~5%で、スラグなどは粉碎して容器に詰め、依頼元に返



(①廃棄物コンテナ, ②廃棄物, ③溶融炉, ④製品インゴット)

第7図 スタズビック社の金属溶融処理状況



第6図 スタズビック社の汚染金属溶融処理フロー

却している。当初、スタズビック社が許可されていた溶融能力は年間2,500トン(鉄だけでなくアルミニウム、真鍮、銅の溶融も許可範囲)であったが、2006年に年間5,000トン(ただし、アルミニウム、真鍮、銅は1,500トン/年、鉛は1,000トン/年)の新たな許可を得た。

さらに、2009年には英国セラフィールドに汚染金属の前処理施設(解体・分別の処理能力3,000トン/年)を建設し、操業を開始した。なお、英国ではカーペンハースト濃縮施設の廃止措置で溶融を試行したが、原子炉施設の廃止措置で溶融は行っていないため、溶融処理はスウェーデンの工場で実施している。さらに、英国の施設でも鉛の再利用も開始した。

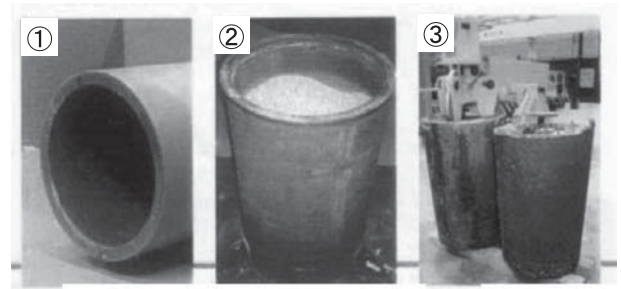
3. フランス⁶⁾

フランスでは、ガス冷却炉であるG2、G3の解体廃棄物の溶融処理施設として、1992年にG3原子炉施設内にアーク炉(12トン/バッチ)を備えた溶融処理施設(INFINITE)を設置し、3,600トン进行处理した。その後、オーブ処分場の長期利用のためにフランス原子力庁(EDF)とアレバ社(AREVA)がソコディ社(SOCODEI: 出資比率EDF 51%, AREVA 49%)を設立し、1999年からセントラコ工場の管理区域内溶融炉で限定再利用と減容のための溶融処理を行っている。

セントラコ工場では、汚染金属、可燃物、液体廃棄物を受け入れているが、汚染金属については処理量4,500トン/年(溶融炉4トン)の許可を得ている(第8図)。この施設で製造している鑄造製品は、処分用のインゴットと、固化した焼却灰を入れる遮蔽円筒容器と鑄造管である(第9図)。遮蔽円筒容器と鑄造管は遠心鑄造で製作している。溶融により発生する2次廃棄物は5~6%(廃ブラスト材、フィルタ、耐火物等を含む)である。

4. 米国⁷⁾

米国では、1992年に金属廃棄物の溶融処理を開始したデュラテック社(Duratec)が、2006年にエネルギーソ



第9図 ①鑄造管, ②遮蔽円筒容器, ③処分用インゴット

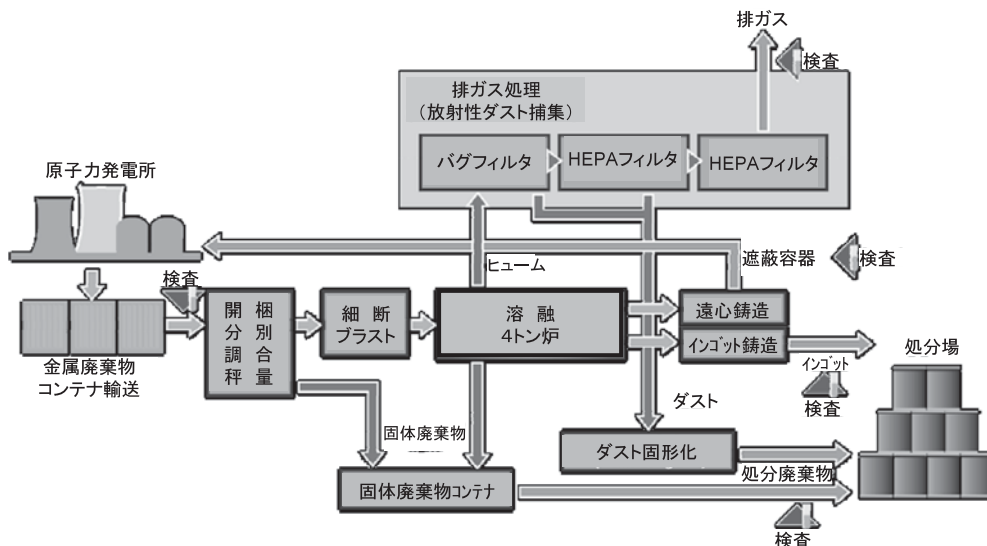
リューションズ社(Energy Solutions)に買収されて、現在に至っている。エネルギーソリューションズ社はユタ州のクライブ処分場(トレンチ処分)の所有者であり、またサウスカロライナ州のバーンウェル処分場(ピット/トレンチ処分)の運営も行っているため、溶融処理で発生した2次廃棄物はこれら処分場で埋設処分しており、原則として依頼者に返却していない。

溶融処理は、ベアクリーク施設で実施しており、1994年からこれまでに53,000トンの処理を行い、主に高エネルギー研究所向けの遮蔽ブロックに鑄造している(第10図)。また、新たな製品としてセキュリティバリアや廃棄物容器なども製作している(第11図)。処理対象は主に鉄系廃棄物であるが、鉛についても再利用処理を行っている。この施設は米国内のみならず、カナダや欧州の廃棄物も処理している。ベアクリーク施設では再利用処理のための汚染金属を受け入れることはできるが、放射性廃棄物としての受入れは許可されてなく、受入れ・払出しについては米国規制に従って、毎回個別の許可がなされている。

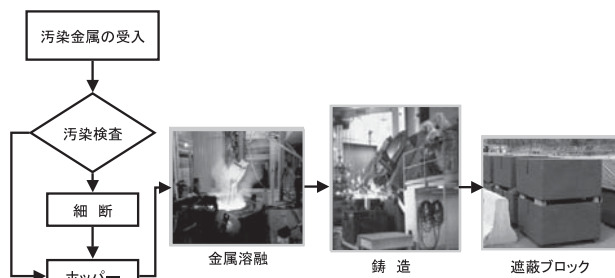
Ⅲ. わが国の状況

1. 日本原子力研究開発機構の高減容処理施設⁸⁾

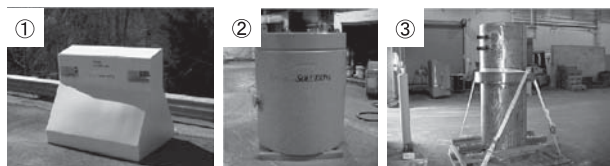
放射性廃棄物の減容処理を目的として建設された高減



第8図 ソコディ社の汚染金属の処理フロー



第10図 エナジーソリューションズ社の溶融処理フロー



第11図 ①セーフティブロック, ②照射汚染物容器, ③鉛再利用製品

容処理施設は2003年2月に完成した(第12図)。この施設には汚染金属を溶融し、遠心铸造によりドラム缶遮蔽材を製造する金属溶融設備が設置されている。溶融能力は4トン/バッチで遠心铸造容器を1日14個製造する能力を有している。また、この施設には大型廃棄物の解体分別棟も併設されている。わが国における汚染金属再利用の唯一の施設であり、その本格稼働が期待される場所である。

2. 日本原子力発電(株)における再利用⁹⁾

日本原子力発電(株)東海発電所の廃止措置は「放射性物質として扱う必要のない物および放射性廃棄物でない廃棄物は、可能な限り再利用する」という方針の下に実施されており、クリアランス金属に関しては2007年より再利用が行われている(第13図)。クリアランスレベル以下の金属は、一般铸造メーカーで铸造して、原子力施設で

再利用されている。これまでに製作した再利用製品には、遮蔽体、車両進入防止ブロック、配管サポート埋め込み金具、テーブル、ベンチなどがあり、2009年11月時点で累計113トンの再利用を達成している。

3. わが国の放射性金属の再利用技術開発¹⁰⁾

放射性金属廃棄物の再利用に関する技術開発は、1980年代より日本原子力研究開発機構(JAEA)や原子力発電技術機構(NUPEC)が実証試験などを行ってきた。

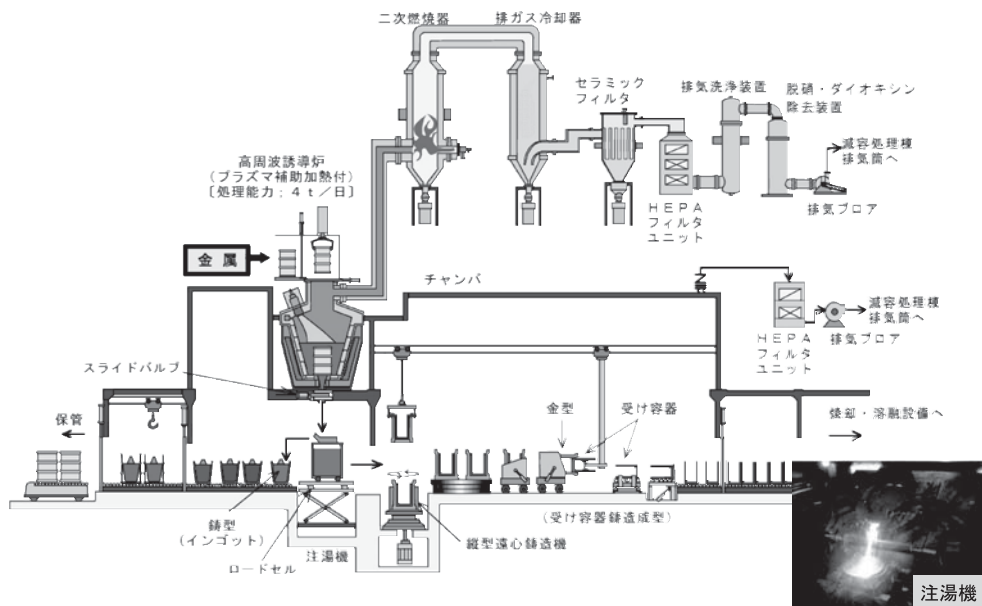
その主眼は、いかに減容率を高めるかであり、ドイツでも検討されていた複合铸造容器とオニオン廃棄体に関する高い減容率を目指した技術開発を進め、基礎～実証試験段階を完了している(第14図)。また、クリアランス金属の再利用としては鉄筋等への再利用に関する技術開発も行い、再利用により処理処分トータルコストの低減が可能であるとの結果を得ている。

IV. まとめ—金属再利用実現のために

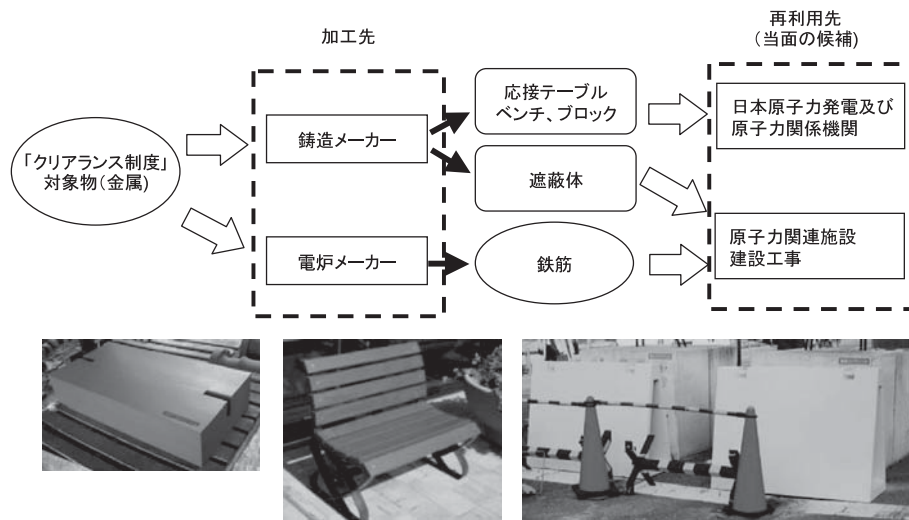
このように、諸外国では廃止措置により発生した金属を特定の放射線管理区域施設に集荷し、溶融処理による再利用が年間数千トン規模で実施されている。

しかしながら、わが国においてはまだ廃止措置施設からの発生量が少なく、再利用が本格化していない。

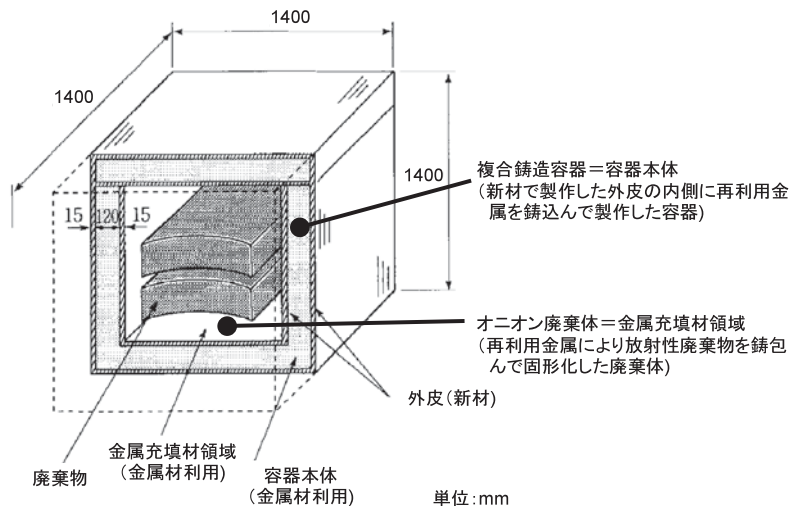
今後は、安全性の実績作りとコストダウンが重要な課題である。安全性については、溶融区域からの可燃物の排除による防火、金属の乾燥前処理による防爆など施設の設計段階での配慮が不可欠であるが、実現可能である。コストに関しては、一般の铸造工場の建設費は年間数千トンの製造規模で数十億円程度であるが、铸造品の単価は数十万円/トンといわれているように生産量でコストダウンを図っている。原子力産業界でも金属廃棄物が多量発生すれば、コストダウンを図れる集中処理施設



第12図 高減容処理施設の概要



第13図 東海発電所のクリアランス金属再利用 (上段：処理フロー，下段：再利用製品)



第14図 複合鋳造とオニオン鋳造による廃棄体

建設について検討の価値がある。

これらの方策を取り、技術の実績作りを主眼に着実に進めることで、諸外国同様、わが国でも金属再利用のための処理が定着していくものと考えられる。

—参考資料—

- 1) OECD/NEA, *Recycling and Reuse of Scrap Metals*, A Report by a Task Group of the Cooperative Program on decommissioning, (1996).
- 2) OECD/NEA, *Decontamination Technique Used in Decommissioning Activities*, A Report by the NEA Task group on Decontamination, (1999).
- 3) 東北大学インターネットサイト：<http://www.material.tohoku.ac.jp/jp/h-student/h-stu14.html>
- 4) Bulletin The Siempelkamp Magazine : 5000 th MOSAIK Container : A success story, (2008).
- 5) Studsvik Waste Treatment Technology : IoMc 26 Th, (2008).
- 6) C. Dergel, Experience of management of radioactive

waste issued from dismantling activities in France, Deregeng, (2005).

- 7) B. Brown, *Material Recycling and Waste Volume Reduction Services*, Energy Solutions, (2007).
- 8) ATOMICA (低レベル放射性固体廃棄物の減容技術に関する現状(05-01-02-09))：<http://www.rist.or.jp/atomica/index.html>
- 9) 日本原子力発電インターネットサイト：http://www.japc.co.jp/haishi/re_output_01.html
- 10) 加藤 貢, 放射性金属の再利用について, 原環センタートピックス, 47, 1-7(1998).

著者紹介

村田 実(むらた・みのる)



三菱マテリアル(株)
(専門分野/関心分野)放射性廃棄物処理,
廃棄物リサイクル

連載
講座ICRP 新勧告
—新しい放射線防護の考え方と基準第1回 放射線防護の歴史的展開
—ICRP 勧告の変遷を中心として

東京大学 小佐古 敏荘

I. 序

1. 連載講座の初めに

本講座は、「新しいICRP—新しい放射線防護の考え方と基準」と題した、計8回の連載講座である。国際放射線防護委員会(ICRP)は2007年に17年ぶりの主勧告の改訂を行い、ICRP-Publ.103として出版を行った。これを機に、放射線防護原則の変遷の歴史的経緯を紹介し、その基礎的な考え方を解説するとともに、最新の科学的知見をレビューし新勧告の内容をわかりやすく解説する。

2. 放射線の発見と放射線防護

放射線はレントゲン博士により1895年11月8日、X線の発見の形で登場した。科学者たちは、その物を透視して見ることができるとして特別な能力に着目し、様々な応用、とりわけ医学における利用を試み、X線の利用は爆発的に広まっていった。

レントゲン博士はその功績のゆえに第1回ノーベル物理学賞を受賞している。しかし、ほどなく(1896年1月)グラーベによりX線の利用に伴う放射線障害(手のX線皮膚炎)が確認され、その後も、X線火傷、脱毛、さらに、皮膚がん、白血病等が引き続き見つかり、その防護の必要性が認識された。これらの放射線障害の事例は、英、米、仏等の学会などで取り上げられ、各国で対策を考える国内委員会が設けられた。これらは国際放射線医学会議での検討などを経て、1928年には国際X線・ラジウム防護委員会(IXRP:International X-ray and Radium Protection Committee)が組織された(IXRPは後にICRPと改称される(1950年))。それ以降、IXRPが世界の放射線防護の議論を牽引し、その活動、とりわけ放射線防護に関する勧告は世界中で権威あるものとして認められ、各国の放射線防護の基準として用いられていった。

New ICRP Recommendation—New Radiation Protection Principle and Standards: Historical Progression of Radiation Protection Principle— Following ICRP Recommendation Histories: Toshiso KOSAKO.

(2010年 1月25日 受理)

II. 放射線防護のための基準とその変遷

放射線防護は当初、皮膚等の紅斑の発現を避けることを目安としていた。つまり、人が障害を受けずに長期間にわたって耐えうるX線の線量(耐容線量: Tolerance Dose)という概念を用いていた。それは1ヵ月当たり皮膚紅斑線量の1/100であるとし、それ以下であれば、放射線作業者は安全であるとしていた。

1934年に、IXRPは耐容線量の考え方を採用し、1925年より発足した国際放射線単位・測定委員会(ICRU: International Commission on Radiation Units and Measurement)が1928年に定めた放射線の単位 レントゲン(当時は小文字rを用いた。約10 mGy)を用いて、放射線作業員に対して0.2 r/日とした(これはほぼ600 mGy/年に相当する)。

第二次世界大戦後は、放射線、原子力の利用は、従来からの医療分野のX線、ラジウムだけの利用から、工業利用、加速器、原子炉等を含み多様化していった。これを受け、1950年に、IXRPはその名称を国際放射線防護委員会(ICRP: International Commission on Radiological Protection)と改めた。その際、放射線安全基準の再検討が行われ、耐容線量に代わり最大許容線量の考え方が導入され、放射線作業員に対して空中線量で0.3 r/週とした(rはレントゲンの旧表示)。その後、放射線量の単位として、吸収線量ラド(rad: radiation absorbed dose, 10 mGyに相当)、人体への影響を表す量レム(rem: Roentgen equivalent man, 10 mSvに相当)が導入された。また、初めて公衆の最大許容線量が職業人の1/10と定められた。

1958年には、ICRPは初めての勧告、ICRP Publication 1を刊行し、放射線作業員と公衆に対して放射線安全基準を示した。最大許容線量の規制は次のとおりである。つまり、放射線作業員に対しては、①赤色骨髄、生殖腺に対して最大許容集積線量、 $D = 5 \cdot (N - 18)$, N : 年齢、および、3 rem/13週、②皮膚 8 rem/13週、③手、足など 20 rem/13週、④その他の臓器 4 rem/13週、⑤集団を対象とした最大許容遺伝線量 5 rem/30年を示し

た。公衆に対しては職業人の1/10とされ、赤色骨髄、生殖腺に対して0.5 rem/年を示した。

1965年には、ICRP Publ.9で、放射線作業員に対して①最大許容集積線量を廃止し線量限度を5 rem/年とし、②皮膚などを30 rem/年、③手、足などを75 rem/年、④その他の臓器を15 rem/年とした。公衆に対しては0.5 rem/年とした。

1977年には、ICRP Publ.26で、放射線作業員(職業人)については、①主として発がん等の確率的影響を避けるものとして実効線量当量限度を定め、50 mSv/年、②主として確定的影響を避けるものとして組織線量当量限度を定め、目の水晶体について150 mSv/年、皮膚その他について500 mSv/年とした。公衆に対しては、①実効線量当量限度として1 mSv/年を、②目の水晶体、皮膚等に対する組織線量当量限度として50 mSv/年とした。

1990年には、ICRP Publ.60で、放射線作業員(職業人)については、①主として発がん等の確率的影響を避けるものとして実効線量限度を定め、5年間の平均が20 mSv/年を超えず、かつ50 mSv/年を超えないこと(Sv: Sievert)、②主として確定的影響を避けるものとして等価線量限度を定め、目の水晶体について150 mSv/年、皮膚、手・足について500 mSv/年、妊婦の腹部表面について2 mSv/妊娠期間とした。公衆に対しては、①実効線量限度として1 mSv/年を、②目の水晶体について15 mSv/年、皮膚に対して50 mSv/年の等価線量限度とした。

2007年には、ICRP Publ.103で、放射線作業員(職業人)については、①主として発がん等の確率的影響を避けるものとして実効線量限度を定め、20 mSv/5年平均で50 mSv/年を超えないこと、妊婦の胎児について1 mSv/妊娠期間、②主として確定的影響を避けるものとして等価線量限度を定め、目の水晶体について150 mSv/年、皮膚、手・足について500 mSv/年とした。公衆に対しては、①実効線量限度として1 mSv/年を、②目の水晶体について15 mSv/年、皮膚に対して50 mSv/年の等価線量限度とした。

Ⅲ. 国際放射線防護委員会(ICRP)と 国際原子力機関(IAEA)

本章では、放射線防護基準の策定について重要な役割を持つ2つの機関について概説する。

国際放射線防護委員会(ICRP)は、その活動を1928年(昭和3年)に開始した任意団体で、「公共の福祉に供することをめざし、科学としての放射線防護を進展させること」を目的として設立された。ICRPは、現在も放射線防護に関連する学者の任意団体としてその活動を維持しており、約70名の委員を有している。委員は学者としての資質に基づきICRP自身が選任し、委員はその良識に基づき意見を述べ、活動を行うこととなっている。特

定の政府や、特定の企業等に縛られることなく検討が行われ、放射線防護に関する勧告を出してきている。ICRPの勧告は中立性が確保され、各国の放射線防護の基礎としてその勧告は尊重され、法令等に取り入れられている。

ICRPはその活動をいくつかの委員会で分担して行っている。節目ごとに主な勧告を出し、全体のハーモニゼーションをとる主委員会、放射線生物影響を検討する第1委員会、外部被ばく、内部被ばくの換算係数等の検討等の誘導限度を検討する第2委員会、医療分野の検討を行う第3委員会、委員会の行う勧告の現場への適用を検討する第4委員会、環境放射線防護を検討する第5委員会よりなる。ICRP勧告はこれらの委員会に対応してなされるが、節目ごとの主委員会の勧告が全体の防護体系を語り、それを補完、展開した形で勧告がなされる。現在のICRP出版物の形をとるようになって出された主委員会の勧告は、ICRP Publication 1 (1958), Publ.6(1962), Publ.9(1965), Publ.26(1977), Publ.60(1990), Publ.103(2007)である。放射線防護が、広島・長崎の原子爆弾の被ばく生存者の疫学データを本格的に取り込んで、体系化を確立していくのはPubl.26(1977)からである。

他方、国際原子力機関(IAEA)は、各国の代表により構成されており、その意味でICRPとは性格を異にする。つまり、IAEAは国連(UN)の下にあり、その決定は基本的には加盟各国の合意に基づくため、いくつかの国の反対があれば、その表現は変えられる可能性があるということである。IAEAは1957年設立の国連の機関で、原子力の推進、安全、核不拡散等を進めるが、安全・セキュリティ部門の活動として、「放射線・原子力分野における国際整合性の取れた安全基準文書体系を供給すること」も行っている。

原子力安全分野では、IAEAは安全基準の体系化を図ってきており、原子炉安全基準委員会(NUSSC)、輸送安全基準委員会(TRANSSC)、放射線安全基準委員会(RASSC)、放射性廃棄物安全基準委員会(WASSC)ごとに安全基準を策定し、全体としても体系化が図られている。「放射線防護に関連する原則」、これは各分野、とりわけ後2者においては、安全の原則としてICRPの勧告を持ってきている。IAEAではこれを展開した基準類になっている点には留意の必要があろう。IAEA-RASSCにおける放射線防護原則はICRP勧告の概念を使用し、加盟国間で共通して使用できる国際基準の策定を目指している。放射線安全基準(RASSC)分野においては、ICRP Publ.60、1990年の勧告の際は、その最上位の基準として、「放射線防護の国際安全基準(BSS: Basic Safety Standards)」がWHO, ILO, FAO, OECD/NEAなどの国際機関との共同文書として策定された。これはIAEAのSS(Safety Series)-115として、独立の文書として刊行され広く用いられた。ICRP Publ.103, 2007年の勧告に

対応しては、放射線安全基準(RASSC)の要件(Requirements)文書として、基準体系の中の一つの文書として策定されることになっており、現在その作業が進行中である。

Ⅳ. 放射線防護の体系化へむけて

1970年代に入り、本格的に広島・長崎の原爆被爆生存者の疫学データが活用できるようになり、放射線の単位系も国際SI単位系に統一され、吸収線量はグレイ(Gy)で、人への放射線リスクは線量当量(後に、実効線量)シーベルト(Sv)で表されるようになる。放射線防護の基礎も、確定的な影響の防止から長期の発がん等の確率的な影響の防止の視点が強調されるようになっていった。この一連の流れは、ICRP Publ.26(1977), Publ. 60(1990), Publ.103(2007)と続き、放射線防護の体系化が図られていく。本章では、放射線防護の体系化の意義について述べ、その後、近年の防護の体系化に重要な意味を持つPubl.60, Publ.103の位置づけを簡単に述べる。

1. 放射線防護の体系化の意義

放射線防護の体系は人の疫学データにより組み上げられている。このことは一般にはよく知られていない点であり、日本人の広島・長崎の約17万人になる被爆生存者の貴重な疫学データが、放射線防護のための骨格を構築しているわけである。我々人類は環境リスクを与える人工物質を万を超えて作ってきたといわれているが、そのどれひとつとして十万人を超える人の疫学データ(それも、かなり完全な形で)を基礎として安全基準を策定したものはないし、これからもないであろう。被爆者の苦しみの中での協力があってのもので、貴いことである。これらの情報は、日米の合同機関である放射線影響研究所(RERF、従前は米国の機関、原爆障害調査委員会(ABCC)と呼ばれていた)で、放射線リスクを表現する疫学データとしてまとめられ、原子放射線の影響に関する国連科学委員会(UNSCEAR)や米国、電離放射線の生物学的影響(BEIR)委員会などでヒトへの影響として検討され、ICRPで放射線防護の原則としてまとめられていく。

2. ICRP Publ.60, 1990年勧告による放射線防護の体系化

1980年代後半より指摘されてきた、DS 86線量評価システムによる広島・長崎の原爆線量再評価、疫学データの蓄積、がん誘発の予測モデルの変更等によるリスク係数の変更等により、ICRPはPubl.60(1990)の主勧告を出版した。本勧告においては、緒言に続く第2章で放射線防護に用いられる諸量を付属書Aとともに、きちんと定義した。放射線荷重係数と組織平均の吸収線量との積により等価線量を定めた。放射線荷重係数について

は、特に中性子についてエネルギー依存の形で与えた。人の体全体のリスクは組織ごとの等価線量に組織荷重係数を掛けることにより実効線量の形で与えた。

放射線防護の生物学的側面(第3章)においては、付属書Bとともに、電離放射線の生物影響が、そのメカニズムにも論及し議論されている。より明確な定義の下に「損害」を論じ、確定的、確率的影響をまとめている。また子孫における確率的影響や、出生前被ばくの影響も考察している。その結果、総損害はPubl.26よりも大きくなっているが、新しく線量・線量率効果係数(DDREF)を持ち込み、この損害が高くなる効果は緩和されている。リスクや将来予測モデル(相乗モデルを評価に持ち込んでいる)については付属書Cに詳細に述べられているので、リスクの定量評価のみならず、職業人、公衆の線量限度を選定するための多属性分析についても知ることができる。(Publ.26では他の職業等のリスクの比較が議論の中心であったが、Publ.60では多面的な検討の上でこれを決めている)

放射線防護の概念的な枠組み(第4章)として、放射線防護の目的を「放射線被ばくの原因となる有益な行為を不当に制限することなく、人を防護するための適切な標準を与えることである」とし、「放射線防護の基本的な枠組みには、必然的に、科学的な判断だけでなく社会的な判断も含めなければならない」としている。ここに「線量制限体系:Publ.26」から「放射線防護体系:Publ.60」へと転換を遂げたのである。放射線防護の原則として、①行為の正当化、②防護の最適化、③個人線量の限度があげられ、全体の統一的表現を試みている。

行為に対する防護体系(第5章)として、被ばくの種別を①職業被ばく、②医療被ばく、③公衆被ばくに分け、おのおのについての防護体系の適用性を検証している。職業被ばくについては多属性アプローチを試み、年20mSvの数値を導出している。医療被ばくについては、正当化、最適化、線量限度、妊娠中の女性の医療被ばくにつき論じている。公衆被ばくについては、その限度設定についての詳細な検討が行われている。潜在被ばくにおいては、個人リスク限度とリスク拘束値が必要になるが関連する勧告(Publ.64, Publ.76)を参考にすべきであろう。防護が、線源関連の評価に基づくものか、個人関連の評価に基づくものかの認識も、また大切である。

Publ.26においては、介入(第6章)の議論は未だ事故後の介入が中心であった。Publ.60においては、行為(線量を増やす行動)に対抗する概念として介入(線量を減らす行動)がはっきりと定義されはしたが、とりわけ公衆の介入についての詳細はPubl.82(長期被ばく状況における公衆の防護)を待つ必要があった。介入は行為に比べると少し理解しにくい概念であるが、日常生活ではときどき使われる概念である。これを十分に理解することが重要である。

委員会の勧告の履行(第7章)においては、作業場所については、管理区域設定の自由度、作業条件の区分(A区分、B区分)の廃止、緊急時計画、免除と除外等について考察が加えられている。

ICRP Publ.60(1990)の勧告の骨子は、以下のとおりである。

1. 緒言
2. 放射線防護に用いられる諸量(等価線量など)
3. 放射線防護の生物学的側面
4. 放射線防護の概念的な枠組み(放射線防護体系、行為と介入など)
5. 提案された行為と継続している行為に対する防護体系(職業被ばく、医療被ばく、公衆被ばく、潜在被ばくなど)
6. 介入における防護体系(事故及び緊急時、救済措置など)
7. 委員会勧告の履行(緊急時計画、除外と免除など)

勧告の要約

付属書 A. 放射線防護に用いられる諸量

付属書 B. 電離放射線の生物影響

付属書 C. 放射線の影響の重要性を判断するための基礎

付属書 D. 委員会刊行物のリスト

3. ICRP Publ.103, 2007年勧告による放射線防護の体系化

放射線防護の体系は、1977年勧告(Publ.26)、1990年勧告(Publ.60)においてその完成度を高めてきているが、2007年勧告はこれらを発展させたものであり、本質的には1990年勧告を引いている。この新勧告に従って概要を以下に述べる。

まず、勧告の目的と範囲(第2章)であるが、「線源に関連する原則」は、すべての状況に適用するとしている。つまり、従前は含まれることのなかった、自然起源の放射性物質による被ばくも含めている。それらすべてに、「正当化」、「防護の最適化」の原則を適用しようとするわけである。また、「個人に関連する原則」について被ばく状況を、「計画被ばく状況」、「緊急時の被ばく状況」、「現存する被ばく状況」に分け、全体を「線量拘束値」による「バンド表示」を試みている。それはそれでいながら、「線量限度」は依然として堅持するとしている。これらの関心領域を外れるもの、いわゆる「トリビア」な、取るに足りないもの、あるいは「コントローラビリティ」、つまり制御性のないものは、「除外と免除」の概念により、明確に防護の体系からはずしている。

具体的に勧告の検討をしてみよう。まず、生物学的側面(第3章)であるが、従前からの「確定的影響」をより正確に、「生体組織反応」ということを提言しているが、前述も併用するとしている。また、「発ガンのリスク」と「遺

伝的リスク」を同じ尺度で扱っている点について議論されたが、これも従前どおりとしている。新勧告においては、損失を補正した名目リスク係数を、全人口に対して $6.0 \times 10^{-2} \text{Sv}^{-1}$ (7.3×10^{-2} : Publ.60)、成人に対して $4.0 \times 10^{-2} \text{Sv}^{-1}$ ($5.6 \text{E}-2$: Publ.60) としている。胎児被ばくについては、すでに Publ.60でも約100~200 mSv のしきい値を指摘し、遺伝的感受性は、Publ.79で論じている。発ガン以外の発病については引き続きの調査等の研究が必要であるが、Sv レベルのしきい値の検討もされた。

防護量(第4章)についても、放射線加重係数のうち中性子線のそれを変更した。このことはすでに、Publ.92にて公表されている。これらは、陽子の放射線加重係数を5から2に変更していることに関連している。組織加重係数も、乳房を0.05から0.12へ、生殖腺を0.20から0.08へと大きく変えている。組織等価線量、実効線量、計測量は従前の考え方を引き継いでいる。職業被ばく、公衆被ばく、医療被ばくも同様である。集団線量については線量ごとの多次元の検討を要求しており、従前のようなシングル・バリューでの使用に警鐘を鳴らしている。

人への放射線防護の体系(第5章)では、線源を自然起源のものを含め広く定義している。「被ばくの状況」を、計画被ばく、緊急時被ばく、現存する被ばくに分類、従前の「行為と介入」の介入側が分離して表現されている。「被ばくの種類」は前述のように、職業被ばく、公衆被ばく、医療被ばくに分けているが、「被ばくする個人」に着目、作業員(妊娠時については配慮)、公衆、患者・介助者・介護者について、より丁寧な防護体系としている。放射線防護のレベルとして、計画被ばく状況下で管理された線源に対して線量限度を、すべての被ばく状況下で単一线源に対して線量拘束値と参考レベルを求めている。「放射線防護の原則」として、①すべての被ばく状況下で線源に対する原則として、「正当化」、「防護の最適化」を求め、②計画被ばく状況下で個人に関連する原則として、「線量限度」を適用するとしている。

勧告の履行(第6章)は、計画被ばく状況、緊急時被ばく状況、現存する被ばく状況に分けて議論、緊急時および現存する被ばく状況下での胎児の防護の配慮も必要になる。現存する被ばく状況については、1990年勧告以前は、鉱業のラドン以外は系統的に扱われることのなかった、自然界からの被ばく(ラドン、自然起源の放射性物質(NORM)、航空機乗務員の宇宙線、宇宙飛行士の宇宙線)などへこれを適用、放射線安全の考え方を展開している。

患者の医療被ばく(第7章)についても、「患者の医療被ばくの正当化」、「患者の線量の防護の最適化」について従前以上に論及があり、具体的に、「医療被ばくにおける実効線量」、「妊娠時の対応」、「ビーム治療及びブランク治療時の事故回避」、「患者の退出」、「医学研究時の志願者」なども議論され記述がなされた。

環境の防護(第8章)については、環境防護の目的に沿うよう、人以外の動・植物についても、参考動物と参考植物を定め、その防護体系を今後、策定するとしている。これらはすでに、Publ.91にて出版されている。

ICRP 2007年の新勧告は1990年勧告と異なり、基礎となる個々の勧告をまとめる形で、主勧告が位置づけられている。1990年勧告は大部で(力作であり、全体の体系を示している点で優れている)まとまっているが、新しい主勧告はわかりやすくすっきりと書くべきであるとの議論がICRPであり、前述の形をとった。したがって、ICRP 新勧告を理解するには関連する勧告もきちんと参照することが肝要である。

ICRP Publ.103(2007)の勧告の骨子は、以下のとおりである。

1. 緒言
2. 勧告の目的と適用範囲
3. 放射線防護の生物学的側面
4. 放射線防護に用いられる諸量
5. 人の放射線防護体系
6. 委員会勧告の履行
7. 患者、介助者と介護者、生物医学研究志願者の医療被ばく
8. 環境の防護

付属書 A. 電離放射線の健康リスクに関する生物学的及び疫学的情報

付属書 B. 放射線防護に用いられる諸量

全参考文献

V. 終わりに

ICRP を中心とする放射線防護基準の体系化は、医療分野での経験、放射線生物による基礎実験に加え、広島・長崎のデータ、環境のデータ、原子力発電所に関連するデータ、医療のデータ、等々を考察に加え、その応用とフィードバックにより構築されてきているが、それはかなりの完成を見てきている。関心は、極めて線量の高い

もの、極めて低いもの、環境に関連するもの、自然界に存在しているもの、化学リスクなどの異分野、国際間の整合性、などに向かっている。また、セキュリティやステークホルダー・インボルブメント(利害関係者の意思決定への関与)についても大切な問題として触れられている。

—参考資料—

- 1) ICRP Publication 1, Pergamon Press, Oxford, UK, (1958).
- 2) ICRP Publication 6, Pergamon Press, Oxford, UK, (1962).
- 3) ICRP Publication 9, Pergamon Press, Oxford, UK, (1965).
- 4) ICRP Publication 26, Pergamon Press, Oxford, UK, (1977).
- 5) ICRP Publication 60, Pergamon Press, Oxford, UK, (1990).
- 6) ICRP Publication 103, Pergamon Press, Oxford, UK, (2007).
- 7) <http://www.icrp.org>
- 8) IAEA, *International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources*, Safety Series 115, Vienna, Austria, (1996)
- 9) <http://www.iaea.org>

著者紹介

小佐古敏荘(こさこ・としろう)



東京大学大学院工学系研究科
(専門分野/関心分野)放射線安全/広島・長崎の原爆線量評価、放射線防護の体系化・標準化、環境放射線安全、放射性廃棄物処分の安全基準、など。放射線遮蔽/原子力施設の放射線遮蔽、高エネルギー加速器施設の放射線遮蔽、スカイシャイン問題、など。放射線計測/中性子スペクトロスコピー、個人・環境の線量計測、など。

談話室

WIN-Japan 主催 「サイエンス・ディナー in 松山」

モリモリ話そう, エネルギーや原子力のこと

四国電力(株) 河田 朱実, 三菱重工業(株) 黒岩 温子

原子力や放射線の仕事に携わる女性たちで組織するWIN-Japan(小川順子会長)は、原子力の理解促進には女性や次世代層に対する理解活動が重要ととらえ、face to faceでのさまざまなコミュニケーション活動を行っている。大学生を対象とした「サイエンス・ディナー」はその取組みの一つで、エネルギーや原子力の話題を提供し、会食しながら自由に語り合うもの。これからの時代を担う大学生に、エネルギーや原子力について正しく判断し、行動できる力を付けていただくことは大変重要であり、なかでも、将来、母親になると思われる女子大学生への理解促進活動は、次の世代への正しいエネルギー教育につながるものと期待される。

今年度2回目となるサイエンス・ディナーは、原子力学会中国・四国支部の協力を得て、2009年12月1日に松山市内のホテルで開催され、愛媛大学など松山市内の大学の理学部、工学部、農学部、教育学部、法文学部などに籍を置く、1年から4年生までの女子大学生20名が参加した。会場で彼女たちを迎えた9名のWIN-Japanメンバーは、学生とともに4つのテーブルに分かれ、双方向のコミュニケーションによる原子力の理解活動を行った。

まずは、情報提供として、WIN-Japanメンバーにより、「エネルギー・環境・原子力全般」、「原子力発電の安全性」、「放射線」、「原子燃料サイクル」、「四国電力のプルサーマル計画」と題してパワーポイントを使った説明を行った。

その後、各テーブルごとに霧箱の実験を行った。今回、線源に閃ウラン鉱を使い、非常にはっきりと飛跡を見ることができた。見ることも、においを嗅ぐことも、触ることもできないと思っていた放射線が、たとえ飛跡であってもその存在を目で確認できることは新鮮な驚きであったようで、いつまでも飽かずに眺めている姿が印象的であった。

また、 β 線測定器ベーターちゃんを使って、実際に

放射線の測定も行った。「 β 線を出している昆布を食べても大丈夫なのか」、「湯の花は放射線を出しているのに身体に良いことを知って驚いた」と感想をもらしていた。身の回りの放射線に興味があわいた様子で、壁や観葉植物なども計測していた。

その後、夕食を囲みながら行ったテーブルトークの中で、参加者から次のような意見を伺った。

・放射線について

「放射能が体内に残るというイメージがあり、身体に悪いと思い込んでいたが、そうではなく、病院の検査で受けた放射線は身体を通過するだけと聞いて驚いた」、「被ばくすると体内に放射能が残り、それで死んでいくと家族も私も思っていた」など、放射能と放射線を混同していた。また、「私は、農学部で勉強しているが、今まで放射線殺菌や品種改良に放射線を使うべきでないと考えていた。この会に参加して、放射線を使うのも悪くないと考えるようになった」という意見もあった。

・高レベル放射性廃棄物について

「母は、高知県東洋町での処分施設の応募に反対した。応募すればお金はたくさんもらえるが、孫の世代になっても安全かどうかかわからないし、お金は孫の代ではもらえないといっていた。今日の参加だけでは、それについてどう考えたらよいか結論は出せない」というかなり具体的な発言もあった。

・原子力発電について

「原子力は環境に悪いという人と、良いという人がいて、どちらが本当なのかかわからない」といったように、原子力発電に対して、諸手を挙げて賛成という意見は少なかった。しかしながら、「原子力発電の長所と短所をきちんと理解した上で判断したい」という理性的な意見が多かった。「正直にいうと、すべてわかったとはいえず、わからない所もあった。しかし、怖いだけ思っていたイメージは変わった」、「今日参加した人たちは、若い学生なので新しい知識を吸収できたが、親は新しい知識を吸収できるであろうか」と、原子力を理解することは容易ではないという印象を語った。

四国電力は、今回のサイエンス・ディナーのフォローアップ企画として、今回の参加者を対象に、同県にある伊方発電所の見学会を開催し、今まで原子力発電になじみのなかった女子大学生に、原子力について理解を促していく予定である。今回のつながりが、さらに発展することを期待したい。

以下に、当日参加していただいた女子大学生の感想をご紹介します。



○愛媛大学 教育学部
学校教育教員養成課程
4 回生

やました ともえ
山下 朋恵



2009年の夏、四国電力(株)のWIN-Japanメンバーより、「サイエンス・ディナーを、女子大学生向けに開催したいので、人集めを手伝ってほしい」というお話をいただきました。私の原子力のイメージは、とても大きくて危険なもので、電気をつくるもの。知っていることといえば、伊方にある発電所が原子力発電所であること。思い出すことは、CMで流れている“ニューモ”くらいでした。それも、“ニューモ”って何なのだろうという感じで、よくわかっていませんでした。考えてみると、私はいつも使っている電気を作り出している原子力について、考えたことがないことに気がつきました。それで、これは原子力を考える良い機会と考え、愛媛大学リーダーズ・スクール(新時代の学生リーダー養成プログラムのことで、平成19年度文部科学省「新たな社会的ニーズに対応した学生支援プログラム」に採択された事業)に所属する女子メンバーに参加を呼びかけました。

サイエンス・ディナーでは、女性らしい視線で、そして私たち大学生にも理解しやすいように説明していただきました。私が一番印象に残っているのは、ペレットの小ささでした。セミナーで模型を見せていただくまで、私は原子力発電所の中にあるペレットは、学校の体育館くらいの大きさだと勝手に思っていたからでした。そのほかにも説明を聞いている中で、思い込みや勘違いしていることがたくさんありました。

しっかりと正しい知識を持つことが大切であると、改めて感じました。霧箱の実験は、何がどうなって放射線が見えるのかという原理はわかりませんでしたが、放射線の飛跡はとてもキレイでした。宇宙からも降ってきているものだということにも驚きました。霧箱実験や、放射線を計ったことで、今まで目に見えなかった放射線というものが見えて、少し安心しました。テーブルトークでは、WIN-Japanのみなさんに私たちが今まで感じていた、原子力に関する疑問や、女性として社会で働くことについてなどの質問に快く答えていただきました。

今回、お手伝いさせていただいて本当によかったです。原子力やエネルギーについては、まだまだ課題がたくさんあるとは思いますが、その課題に対して知らないふりをせずに、これからの生活の中で少しずつ考えていきたいと感じました。

(2010年 1月12日 記)

○愛媛大学 農学部
生物資源学科
4 回生

みょうが みな
明賀 美奈



今回サイエンス・ディナーに参加させていただいたのは、今まで原子力発電反対の方の意見を伺うことはありましたが、賛成派の意見、それも実際にその現場で働いておられる方の意見を、生でお聞きできる貴重な機会であると思ったからです。

私は、環境問題について学びたいと思い、愛媛大学農学部に進学をしました。しかし、大学に入学し、机の上で勉強をしても、自分の周りや社会を少しも変えることはできないと感じていました。そこで、まずは自分で何ができるのかやってみようと思い、大学内の環境サークルやNPOでの活動を始めました。環境サークルでは、大学の学園祭をなるべくエコなものにしよう、使用する容器を「バガストレー」という堆肥化できるものに変え、ごみを減らすことができました。NPOでは四国全体の大学生の環境活動を支援する活動をしています。

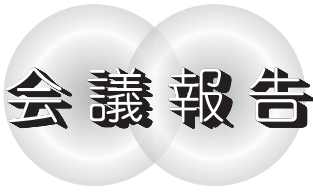
しかし、原子力発電は環境に良いのでしょうか。私は今まで、原子力発電について明確な自分の意見を持っていませんでした。原子力の問題は、社会問題の中でも難しく複雑、というイメージがありました。賛成派と反対派の両方の意見を収集して、自分なりに判断するに至っていませんでした。

原子力発電はCO₂排出量が少なく、安定的な電力を供給できるというメリットは、私たちの生活や経済活動を支える上で非常に重要な点です。しかし、「安全」という面で問題を感じられる人が多いのも事実です。どう判断すべきか難しい問題です。

サイエンス・ディナーでいわれていた「環境問題を感情論で片づけてはならない」という言葉は、とても印象的でした。原子力発電については、簡単に是非がいえるものではないと思います。

今回参加させていただいて、お話を伺っただけで私は原子力賛成!とは言いきれません。ただ、これから毎日を送っていく中で、原子力の話題には敏感になっていきたいと思っています。これまで「原子力」と聞いて、マイナスイメージを持っていましたが、今回お話を伺って、それが「フラット」になりました。原子力に対する情報に対して、マイナスではなく平等な見方をできるようになったことが、今回の成果であると思います。

(2010年 1月12日 記)



高速炉システムの実用化を目指して

International Conference on Fast Reactors and Related Fuel Cycles
—Challenges and Opportunities— (FR 09)

2009年12月7～10日(京都), 11日(敦賀)

高速炉システムに関する国際会議(FR 09)が、国内外での高速炉開発機運の高まりの中、1991年の第5回会議(FR 91)から18年ぶりに、IAEA 主催、日本原子力研究開発機構を実施機関として京都および敦賀で開催された。京都会議には20カ国、4国際機関から688名(海外から223名)、敦賀セッションには611名(海外から109名)、「もんじゅ」見学には127名(海外から98名)の参加者があり盛会であった。京都会議では、基調講演16件、招待講演8件を含む122件の口頭発表と、143件のポスター発表があった。

オープニングセッションでは、岡崎俊雄大会議長の「世界の高速炉開発は、いわゆる“冬の時代”を乗り越えて、実用化を目指した新たな取組みの時代に入ってきた」との開会挨拶の後、主催者を代表して、12月にIAEA事務局長に就任したばかりの天野之弥氏からビデオメッセージにより、「原子力は、グローバルなエネルギーミックスの中でもますます重要性を増しており、その中でも高速炉とその燃料サイクル技術(以下「高速炉サイクル技術」という)は、エネルギー資源を数千年持つものにするとともに、放射性廃棄物による将来への負担を軽減する」との高速炉サイクル技術に対する期待と本会議の重要性が表明された。

プレナリーセッションでは、高速炉開発計画を有する7カ国・3国際機関から最新の開発計画が紹介された。日仏は、第4世代炉のMOX燃料ナトリウム冷却高速炉(SFR)の実用化時期を今世紀中頃(2040～2050年)として、実証炉JSFR(日; 50～75万kWe)/プロトタイプ炉ASTRID(仏; 50～60万kWe)を2020～2025年に運転開始する計画である。韓国は金属燃料の60万kWeのSFR実証炉を2028年に運転開始し、2040年頃からの実用炉(120万kWe)を本格導入する計画である。

一方ロシアは、140炉・年にわたるSFRの運転実績と



オープニングセッションでの岡崎大会議長挨拶

豊富な開発経験を踏まえ、現在建設中の実証炉BN-800(88万kWe; 2014年に運転開始予定)を大型化したBN-1200(122万kWe)を2020年に運転開始させ、2020～2030年頃から同規模の実用炉の本格導入を開始する計画である。また、併行して鉛や鉛・ビスマス冷却の高速炉や多目的試験炉の開発も進めている。

急速な電力需要の伸びに対応するため原子力利用の急拡大を目指すインドと中国は、ウラン資源制約の懸念から、高速炉の早期(2020～2030年)実用化を目指している。現在、50万kWeの原型炉PFBRを2012年の運転開始を目指して建設中のインドでは、より安全性と経済性を向上させた同規模の実用炉を2023年までにツインプラントで3セット建設する計画である。中国では、現在建設中の実験炉CEFR(2万kWe)を2010年に臨界させた後は、原型炉をバイパスし、ロシアとの協力を得て2018～2020年に実証炉(60～90万kWe)を運転開始する計画である。さらに両国では当面はMOX燃料を使用するが、将来的には高増殖可能な金属燃料へ移行する計画である。

他のプレナリーセッションと技術セッションでは、革新的原子炉、システム設計、安全性、炉心材料、先進燃料、燃料サイクル、過去の経験と教訓、先進的シミュレーション等について発表があった。また、経済性・性能および国際的活動をテーマにしたパネル討論では、国際設計評価・承認システムの検討の必要性や国際標準化へ向けての取組の提言があった。さらに、若い世代の議論の場としてヤングジェネレーションイベントを実施した。

「敦賀セッション」では、日米中の専門家を講師として招き、「未来を開く高速炉について語ろう」をテーマに福井県内の一般市民・学生と専門家を交えて開催された。本セッションおよび京都会議では、運転再開を目指す「もんじゅ」に対する国際的な期待が強く表明された。

今回の会議では、原子力、高速炉の開発がこのアジア、ロシアを中心として加速度的に高まっているということを確認させられた。また、実用化までの課題については、世界共通の課題である安全性・信頼性の向上や核不拡散性を中心に、人材育成・技術継承、開発経験、施設の共有を含め、国際協力を活用しつつ開発を加速したいとの意向が多く参加者から示された。

最後に、今後も本国際会議をIAEA主催の下で約3年ごとに継続的に開催したいとの意向が主催者から表明された。

(原子力機構・佐藤浩司、2010年2月1日記)

活動報告

アクチノイドの実験・取扱操作を体験する

J-ACTINET サマースクール2009を開催

日本アクチノイドネットワーク

日本アクチノイドネットワーク(J-ACTINET)活動の一環として、若手研究者・技術者を対象にアクチノイド研究の体験的理解のための機会を提供することを目的として、サマースクール2009を開催した。

J-ACTINETは、国内のアクチノイド関連施設を有機的に連携させてアクチノイド研究に関連するネットワークを構築することを目的として、2008年3月に設立された。アクチノイド、特にネプツニウム、プルトニウム、アメリカシウム等の超ウラン元素(TRU)は、材料科学や物性物理のフロンティアを構成する元素群である。同時に、アクチノイド研究は、軽水炉高燃焼度化、高速炉をはじめとする次世代炉開発のための新型燃料、関連核燃料サイクル技術開発の基盤を確立するために不可欠である。アクチノイドは高 α 放射体であるため、その管理技術に支えられた研究環境が必須である。にもかかわらず、現状、国内においてそのような環境整備は十分とはいえない状況である。さらに、原子力全般における課題である人材育成、技術継承においても、主にその取扱いの困難さに起因し、アクチノイド研究は、とりわけ深刻な状況であるといえる。このような中、J-ACTINETにおいては、その目的達成のために、基礎科学の振興と若手研究者育成、先端科学に触れさせることによる体験的理解の醸成等をその活動方針としている(詳しくはJ-ACTINETホームページURL <http://www.j-actinet.jp/>参照)。

2009年8月24~26日、茨城県大洗町および東海村にある東北大学金属材料研究所附属量子エネルギー科学国際研究センター(金研大洗)、日本原子力研究開発機構(JAEA)で開催された「サマースクール2009」は、上述したJ-ACTINET活動方針に則り行われたものである。なかでも「体験的理解」の入口となるような機会をなるべく多くの若手研究者・技術者に提供することを目指した。このため、自身のネットワークはもとより、日本原子力学会、物理、化学関連学会へも幅広く参加を募った。

一方で、いかにして実質2日間という短期間で参加者に効果的に体験的理解の入口に立ってもらうかが本サマースクール実施における最大のポイントであった。いうまでもなく、体験的理解の最も本質的かつ効果的な方法は、実際にアクチノイドを取り扱う実験を行うこと、そしてその実験過程において α 放射体管理設備である遠隔操作用マニプレータやグローブボックス等の操作を行うことであるが、これには数ヶ月にわたる実地訓練を

含めた長期の教育が必要である。

そこで、装置や設備の見学を主体とした通常の施設見学とは異なり、大学等の施設では見ることができないマクロ量(肉眼で見える量)のアクチノイド、特にTRUの化合物・溶液の実物観察を主体とし、マニプレータの操作体験等、実習の要素を加味した「見学実習」をその中心に据えた。多様なアクチノイド化合物・溶液を観察できるようにするため、JAEAおよび金研大洗の施設の中から見学実習会場をアレンジすることにより(JAEA大洗:燃料研究棟・照射燃料試験施設;金研大洗:アクチノイド棟;JAEA東海:NUCEF)、TRUの金属、酸化物、窒化物に加えて、使用済燃料等の実物を観察する機会を提供した。

一方、機器操作体験においては、マニプレータ操作体験用に放射性物質取扱設備を整備することや放射性物質を使用していない訓練用グローブボックスの使用等、安全性に配慮することにより、通常は放射線業務従事者に限定されるマニプレータ・グローブボックス等の機器・設備の操作体験をできるようにした。また、体験的理解の効果を少しでも高めるため、見学実習と講義内容に関連性を持たせた。加えて、アクチノイド研究の特徴であるフロンティア研究という側面にも配慮し、講義は最先端科学から工学的課題まで幅広い内容が含まれるようにするとともに、J-PARCの見学も行った。

トラブル等もなく無事スクールを実施するとともに、22名という当初予想を超える多くの受講者を得ることができた。受講者の研究・専攻分野は様々であり、これはJ-ACTINETのネットワーク機能が発揮された結果と考えられる。

スクール終了後のアンケート結果から、以下が明らかとなった。実物観察・操作体験等、大変貴重な体験をした、アクチノイド研究の幅広さを感じたという参加者からの感想が多数あったことから、体験的理解の入口となるという所期目的は達成されたと考えられる。一方、内容が幅広すぎてフォローできないとの感想もあった。これはアクチノイド研究の特徴を反映しているものの、短期間のスクールにおいては今後、工夫が必要である。そこで「フロンティア」「工学」をテーマとしたスクールを隔年交互開催することや、スクールの最初にアクチノイド研究全体の体系論の講義を入れること等を考えている。

(日本原子力研究開発機構・逢坂正彦、
2010年1月19日記)

活動報告

「CO₂を減らすために、今、私たちができること」

JEMA 原子力 PA 女性分科会が首都圏女性と懇談会

原子力 PA 女性分科会

(社)日本電機工業会(JEMA)の原子力 PA 女性分科会は2010年1月26日に都内で、首都圏在住の女性を対象に懇談会を開いた。「CO₂を減らすために、今、私たちができること」と題したこの会合では、地球温暖化と原子力発電に関する講演およびCO₂削減をテーマとしたグループ討議を実施。参加者からは、環境に配慮した自らの実践例の紹介や、政府などへの提案もなされた。また会合後に実施したアンケートでは、全員が「参加して良かった」と回答した。

この会合はJEMA 原子力 PA 女性分科会が毎年実施している広報活動の一環で、これまでは会員企業・団体を対象とした原子力関連施設見学会などを実施していた。

今回は、まず首都圏の働く女性向けのフリーペーパーに活動報告を掲載。そこで本分科会の活動を紹介するとともに、読者(20代~50代女性)にアンケートを実施した。国内外で低炭素社会実現のために原子力発電の必要性が見直されている中で、国内では、特に電力消費地に住む人々の原子力に対する理解が重要となっているとの認識を踏まえ、アンケートの内容を選定した。その結果、エネルギー問題や地球温暖化問題に興味があると回答した人の割合はどちらも90%を超えていたのに対し、CO₂削減に原子力発電が有効であることを知っていた人は約40%にとどまっていることがわかった。

この結果を踏まえ、フリーペーパーの読者の中から、エネルギー問題および地球温暖化問題に関心がある首都圏在住の女性31名を対象に、懇談会を開催。会合では主催者から一方的に情報を提供するだけでなく、一緒に討議する形式とした。具体的には、下記のような構成とした。



グループ討議の様子円卓を囲んでの和やかな雰囲気の中、グループ討議が行われた。

- (1) 講演：地球温暖化の現状および日本・世界のCO₂削減に対する取組みの紹介
- (2) CO₂削減のために個人レベル・企業レベル・国内レベル・世界レベルでできることについてグループ討議
- (3) 講演：CO₂削減に有効な原子力発電の紹介

参加者はこれまで原子力広報に触れたことのない方が大半だったにもかかわらず、エネルギー問題や地球環境問題に関心のある女性が多かったため、講演の最中も、熱心にメモを取る姿が多く見られた。

次のCO₂削減をテーマとしたグループ討議では、エコバッグやエアコンの設定温度など、個人レベルですでに何らかの取組みを実施している例が数多く紹介された。なかには「エコ検定を受けた」「待機電力を減らすために、外出時はブレーカーを落としている」など、非常に高い意識でCO₂削減に取り組んでいる参加者もいた。また国内外での取組みについては「政府や団体による、CO₂削減のためのPRがもっとあってもよい」「日本の優れた技術を各国へ輸出し、世界全体としてCO₂を削減する」など、より積極的な行動を促す意見が多く出された。

さらに懇談会終了後に、懇談会の感想とエネルギー・原子力に対する認識度に関するアンケートを実施したところ、全員が「懇談会に参加して良かった」と回答した。また「女性が活動していることが良い」「自分が知らない温暖化対策がたくさんあることを知った」「原子力は危険なイメージしかなかったが、CO₂を出さないなどのメリットがあることがよくわかった」といった感想が寄せられた。今後、原子力広報として取り上げてほしいテーマについては「放射性廃棄物の処理方法」と「原子燃料サイクル」が最も多かった。

なおアンケート結果からは、廃棄物の最終処分地の問題や、プルサーマルについて最近、多くの報道がなされていたため、参加者の関心が高かったものと推察された。

今回の会合では、電力消費地の方々の声を聞く機会を得ることができ、原子力の理解促進に関して一定の成果を上げたと考えている。

(日立 GE ニュークリア・エナジー(株)・川畑有紀子、
2010年 2月8日 記)

Young Generation Network

FBR 実用化に向けた国際協調のあり方について 高速炉システム国際会議(FR 09)ヤングジェネレーションイベントにて

原子力青年ネットワーク連絡会(YGN-Japan) 城 隆久

2009年12月9日、森山氏(京都大学)、鳥井氏(科学技術振興機構、NPO テクノ未来塾理事長)をコーディネータとして、伊藤氏(原子力委員会)を基調講演者として迎え、「高速炉システム国際会議(FR 09)ヤングジェネレーションイベント」が京都で開催された。本イベントには、中国、韓国、フランス、欧州(ENS)、ドイツ、米国、ロシア、日本から総勢10名の参加があった(日本からはYGN-Japan¹⁾より城(JAEA)が参加)。

基調講演

基調講演では、伊藤氏より「FBR 実用化のためには、実効力のある先進的な保障措置方法の開発等、世界的に協調しなければ解決できない課題がある。これらは今後若手技術者が直面する課題であり、若手の意見が最も尊重されなければならない。FBR 実用化の早い段階で世界中の若手が課題を共有することが望ましく、若手の果敢な取組みを期待する」と若手への期待が述べられた。

パネル討論—FBR 実用化に向けた国際協調のあり方

パネル討論では、各国の若手から、「技術的安全性や経済的合理性の確立、核不拡散性の確保、社会的受容性の促進等の課題を解決するため、IAEAを基盤とした世界的な取組みを行いたい」との意見が出された。また、「これまでFBR 開発への関与が少なかった地域も含め、より広範囲な国際交流を行い、FBR 実用化に向けたビジョンを世界中で共有するとともに、シニアからの技術継承に係る取組みが活発に行われることを若手として望む」ことも確認できた。

FR 09ヤングジェネレーションイベントからの声明

①国際協調の必要性について

- ・安全性や経済性は、世界中の原子力関係者が共有すべき重要な課題である。これらの課題に対する国際的な情報交換をさらに活性化する必要がある。

②国際協調における IAEA の役割について

- ・若手技術者とシニアの情報交換は、IAEA を基盤として実施されることが望ましい。
- ・情報交換に際しては、世代間の技術継承だけでなく、文書化されていないシニアの経験にも焦点を当てる必要がある。
- ・技術継承においては、若手技術者とシニアが一緒になって仕事をするだけでなく、定期的に会議を開催し、交流機会を得ることも重要である。IAEA には、若手技術者に対してこれら2つの機会を同時に提供することを期待する。
- ・若手が国際協調活動を継続的に実施するためには、IAEA の資金援助が不可欠である。IAEA からの予算等の支援を望む。

③世界中の若手技術者による国際協調について

- ・原子力青年国際会議や各国の原子力青年ネットワーク連絡会のような、若手技術者が自ら主体的に実施してきた国際活動を、これまで以上に連携させることで、若手の国際協調活動を活性化できる。
- ・若手技術者は、これらの国際協調活動を通して、更なる向上を図っていく。



これを受け、YGN-Japanからは「IAEA内に効率的な情報交換を推進するための枠組みを作るべき。自国の情報を集約の上で国際会議等の場で発表するなど、まずは各国で国内交流を活性化させてはどうか。日本の若手技術者の活性化および国際化を促すため、YGN-Japanとして国内交流の更なる強化を図るとともに、原子力若手技術者の国際組織である「International Youth Nuclear Congress (IYNC)：原子力青年国際会議³⁾」に参加し、将来的には同会議の日本開催も視野に入れるなどの国際協調活動にも積極的に取り組みたい」と述べた。

会場との意見交換では、「会議に加えて、実際に協働し、知識と経験を共有することが研究開発を加速させる。IAEAはそのような国際的プラットフォームを提供すべき」、「過去の設計にとらわれない『若い人の高速炉開発』のような集まりを設けては」等の意見も出た。

FR 09ヤングジェネレーションイベントからの声明

パネル討論の結果を取りまとめ、FR 09のクロージングセッションにて、各国を代表してYGN-Japanより先の声明文を発表した(IAEAのホームページにも掲載³⁾)

YGN-Japanの今後の活動について

本イベントを通じて、FBR開発に係る国際協調活動の必要性を再認識することができた。YGN-Japanとして、今後、電力・メーカ、学生との意見交換等を通じて国内交流の更なる活性化を図るとともに、「原子力青年国際会議」の将来的な日本開催も視野に入れ、国際協調活動の活性化に取り組みたい(同会議の日本開催に係るYGN見解については、別稿にて報告する)。

(2010年 1月29日 記)

—参考文献—

- 1) 原子力青年ネットワーク連絡会(YGN-Japan: Young Generation Network Japan)ホームページ
<http://www.ygnj.org/>
- 2) 原子力青年国際会議(IYNC: International Youth Network Congress)ホームページ
<http://www.iync.org/>
- 3) IAEA ホームページ(FR 09報告部分)
http://www-pub.iaea.org:80/MTCD/Meetings/cn176_Presentations.asp



原子力の平和利用へのリーダーシップに大きな期待

「被ばくのイメージから早く脱皮を」との声も (1月号の Web アンケート結果)

「原子力学会誌」1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86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。1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	談話室	広島，原爆投下(その2) —X線フィルムの感光	4.23
2	特別講演	原子力の平和利用とIAEAの役割	4.12
3	時論(1)	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	4.08
4	巻頭インタビュー	原子力はクリーンエネルギーの4番バッター	4.04

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	特別講演	原子力の平和利用とIAEAの役割	4.12
2	巻頭インタビュー	原子力はクリーンエネルギーの4番バッター	3.96
3	NEWS	NEWS 1月号	3.83
3	解説(1)	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？	3.83
3	定点“感”測	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	3.83

IAEA 事務局長の天野氏による「特別講演」が「内容」、「書き方」とも上位にきています。

2. 自由記入欄の代表的なコメント、要望等

- (1) 特別講演では、IAEAの全体像が描かれていてIAEAの働きがよくわかった。日本が被ばく国だという同情を得るようなことばかりに振り回されず、平和社会の中で、秩序を守っていけるように、世界を指導して頂けることを期待したい。
- (2) 巻頭インタビューに関して、なぜ4番バッターなのか？私は1番バッターだと思っているのに。
- (3) 解説(1)に関して、Am-21等のMA分離・核変換と廃棄物に関係を説明する内容は大変興味深い。

3. 編集委員会からの回答

- (1) 1月号は、IAEAやアジア諸国への人材育成協力など、日本が原子力の平和利用に貢献できる記事があり、それに期待する声が多かったようです。

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。



綱渡りから脱却できるか

共同通信 編集委員兼論説委員 小川 明

科学担当の論説委員や解説委員の守備範囲は広過ぎる。論説を担当してきた10年を振り返ってつくづくそう思う。原子力から温暖化、医療、基礎科学など多岐にわたる。事件や事故に振り回されつつ、同僚らと議論し、大急ぎで勉強したり取材したりして書き連ねてきた。

一夜漬けの資料集めならましな方で、1時間ぐらいしか割けない時すらある。浅い知識や常識、緊急の電話取材で材料をかき集めて、無難な文章を一気に書き上げる。速さがジャーナリズムの身上だが、そこに間違いが入り込む危険も潜む。速さと正確さは矛盾する。その狭間で、一般の記事を超え、意味のある評論や提言ができたのか、いつも悩ましい。

「ニュースの間屋」といえる通信社で、主に地方紙向けに書いてきた。昔は各紙の読者が重なるケースはまずなかったが、最近は各紙の社説がインターネットで流れるようになった。共同通信の配信した同じ論説があちこちの新聞に載っていることが分かったのは、こうした事情からだ。

激動の10年

10年間で原子力について書いた論説は30本ほど。論説を書き始めた1999年9月30日に東海村臨界事故が起きた。もう10年が過ぎた。2002年の東京電力のトラブル隠しやデータ改ざん、04年の関西電力美浜3号機の11人死傷事故、07年の中越沖地震による東電柏崎刈羽原発の被災と復旧などが続いた。金沢では、もんじゅと志賀原発の訴訟で原告住民が勝訴する判決も出た。03年8月発行の原子力安全白書のはしがきに当時の松浦祥次郎委員長が書いたように「いったん失われた信頼の回復は困難で、綱渡りのような状態」がずっと続いた。

激動の10年だった割には、原子力の執筆は少なかった。私の怠慢もあるが、明確な視点を打ち出せないまま、どっちつかずになってしまったからだと考えている。安全最優先と情報公開、説明責任を主張していれば、論説は何とか取り繕える。二酸化炭素排出を減らすためにも原子力に依存せざるを得ない。日本全体でも各電力会社でも30~40%の電源を原発に頼るのが妥当な選択だろう。過重な規制を避けて稼働率を着実に上げることが望ましい。

この間、原子力安全委員会や原子力委員会の存在感は格段に低下した。青森県六ヶ所村の再処理工場と、福井県敦賀市の高速増殖炉もんじゅが競い合うように、完成

や運転再開がずれ込んだ。原子力政策の根幹に位置づけられる両巨大施設の停滞が暗い影を落としている。技術的な問題はいずれ解決できるにしても、予定が延々と先送りされたのは原子力の持続可能性への信頼をじわりと失わせた。

学会に期待

原子力学会を直接取材したのは02年9月のいわき市で開かれた大会だけである。東電データ改ざん発覚直後の休日の開催だったので、日帰りで行った。東電問題特別セッションでは、今年1月から原子力委員になった尾本彰氏(当時・東電原子力技術部長)が会場を埋めた参加者を前に硬い表情で「信頼を損ねる行為で、おわびする」と語っていたことを思い出す。その大会で倫理委員会や若手が活発に活動していることを知ったのは収穫だった。

会員の規範となる倫理規程や行動の手引きは、工学系の学会としては先駆的で、その後の改訂も含めて、優れた内容である。安全優先や安心できる社会の構築、技術成熟と経済性優先への戒めなど、ほとんど必要な事項に目配りが利いている。原子力の専門家は、役所や企業などを離れて、積極的に社会にかかわり、正確な情報を提供していく責務がある。原子力学会は「迅速に判断し、活動・行動する学会」「原子力村からの脱却」を掲げている。その姿勢は評価できる。2月から自治体関係者らを対象に始めた「トラブル発生時に的確な知識を迅速に発信する」取り組みに注目したい。

アラブ首長国連邦とベトナムで原発建設受注の国際競争に日本は連敗した。日本の原子力産業に活路はあるのか、悲観材料ばかりの中で、優れた倫理規程を持つ原子力学会と会員たちの、閉塞感を破る目覚ましい活動に期待している。

(2010年 2月15日 記)



小川 明(おがわ・あきら)

1949年愛知県生まれ。京都大理学研究科博士課程を中退して75年に共同通信社入社、科学部などを経て99年から現職。

ジャーナリストの視点 Journalist's eyes

もんじゅ仕分け傍聴記

読売新聞 山田 聡

読者が選ぶ昨年の国内10大ニュースの1位は「政権交代」だった。

新政権で、どんな「チェンジ」が起きるのか？そんな期待感の中、年末に行われた事業仕分けは、新政権の方向性が示されるとあって注目を集めた。

もっとも、一般うけたのは、仕分け人が公の場で官僚を相手に予算の無駄をバツサリ、という構図だろう。民主党の蓮舫参院議員らが「天下りはいいる？何人？」「人件費は？」と質問を浴びせる。官僚OBが天下りした財団法人への委託事業は「廃止」や「予算削減」の判定が相次いだ。本紙も「インターネットでも生中継される異例の公開裁判」と紹介、初日はネット回線がパンク寸前で、つながりにくい状態が続いたほどの人気だった。

400以上の事業が仕分け対象になる中、原子力では1995年12月のナトリウム漏れ事故以来止まっている高速増殖炉「もんじゅ」が標的にされた。

もんじゅ VS 仕分け人…。想像しただけでも「もんじゅ危うし」である。もんじゅを動かす日本原子力研究開発機構は独立行政法人で、理事長の岡崎俊雄氏は1999年に東海村で起きたJCO臨界事故時に科学技術庁事務次官だった官僚OBだ。さらに仕分けでは、次世代スーパーコンピューター（スパコン）が事実上の凍結を宣告されるなど、科学技術への風当たりも強い。（スパコンは結局、大臣折衝で約40億円削減した227億円の計上）

11月17日、もんじゅの仕分けは予定より約30分遅れの午後6時ごろから始まった。会場となった国立印刷局体育館（東京・市ヶ谷）の傍聴席は埋まり、立ち見も二重三重にできた。見渡すと経済産業省記者クラブの原子力担当記者をはじめ大勢のマスコミが詰めかけている。が、説明者席に岡崎理事長の姿は見えず、蓮舫議員の姿も国会審議の影響らしく見あたらない。期待したバトルはなさそうだ。

議論を前に、仕分けで統括役を務める民主党の枝野幸男・元政調会長が一言。「議論を制限するつもりはないが、（もんじゅは）大きな政治問題となっている。仕分け、予算編成ですら、単純に結論を出せる性質のものではない、より高度かつ広範な最終結論があるもの、ということを入り込んで（ください）」。

冒頭で、くぎを刺したという感じだ。

審議が始まり、エネルギー政策の中でのもんじゅの位置づけについて質問が出るが、出席しているのは文

部科学省の担当で、所管している経済産業省資源エネルギー庁関係者がおらず、議論はかみ合わない。

1時間以上の審議の末、仕分け人の判定は、予算計上の見送りが2人、予算要求の縮減・その他が7人（半額5人、2割1人、その他組織そのものの変更1人）。結局、判定は「見直し」となったが「経産省と文科省の責任、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」とのコメントが付いた。最終的にはもんじゅを含めた高速増殖炉開発は、ほぼ無傷の420億円（要求額は435億円）となった。

仕分け人の質問は、高速増殖炉開発におけるもんじゅの位置づけや、もんじゅ再開を先送りできない理由、海外との開発競争など、本質的な内容が相次いだ。

もし、私が仕分け人だったら、もんじゅ再開までに14年以上かかった原因および、その責任の所在について、説明を求めただろう。

もんじゅは停止期間中も年間約100億～200億円がつき込まれてきた。停止が長期化した理由の一つに排気ダクトの腐食（さび）穴の放置がある。2008年末の経産省の審議会で、機構の幹部は「ナトリウム漏れ事故後の緊張感と改革改善の精神を風化させてしまった」「プラント管理に甘えがあった」と、腐食の背景に安全意識の問題があったことを認めている。機構はこれを踏まえ、09年春に大幅な組織変更を行った。職員の意識も改善しつつあるとして、運転再開に問題はないとしている。

「身から出たさび」で停止が長期化しても、おとがめなし。巨額予算の上にあぐらをかいては、安全意識もさびつく。運転再開を喜ぶのは結構だが、再開までに14年以上かかった意味を、関係者は今一度考えるべきだ。

果たして、もんじゅは「チェンジ」できたのか？知恵をつかさどる菩薩の名に恥じない運転を期待したい。

（2010年 2月3日 記）



山田 聡（やまだ・さとし）

読売新聞東京本社編集局科学部
記者

1991年筑波大学第二学群生物学類卒。読売新聞入社後、富山支局を経て1997年から科学部。茨城県つくば支局時代に東海村でのJCO臨界事故を取材。