

座談会

16 共生から創発へ

高浜町に生まれ育って…

これが私たちの本音ですワ

一立地は地域に役立ったのか？
これからどうする地域振興！



運転開始からすでに30年以上たった高浜発電所。発電所ができて、地域はどう変わったのか。発電所と地域との関わりはどのようなものだったか。地元に住む人たちに、発電所と地域とのこれまでの関わりについて、本音で語ってもらった。

栗野明雄、岡本恭典、
田中康隆、舘太 正、廣瀬とし子

解説

22 小中学生への環境・エネルギー学習支援活動「げんでん e まなびクラブ」

日本原電が、茨城県東海村と福井県敦賀市などの小中学生を対象に始めた学習支援活動が、地域に定着してきた。

日本原子力発電(株)広報室

26 原子力施設におけるクライシス・コミュニケーションとメディア対応—災害や事故は忘れた頃にやってくる

事故やトラブルなどが起きた緊急時に、事業者および規制の側はどのように情報発信やメディア対応すべきか。また、平素からどのような備えをすべきか。

三谷信次

表紙イラスト

フランスの田舎町をイメージして描いた絵で、重い木のドアを開くと眩い朝の光が差し込み、そこにはテーブルがあるおしゃれなガーデンが広がっていた。女性が一人佇んでいたのでスケッチした。

巻頭言

1 エネルギーと原子力

伊賀健一

時論

2 原子力機器材料の歩みとルネッサンスへの対応強化

原発の圧力容器や蒸気発生器などの鍛鋼品で世界シェア80%を占める日本製鋼所室蘭製作所。「ものづくり」のこれまでと、これからを紹介する。

佐藤育男



EPR ノズルシェル 168トン

4 理研仁科センターとRIビームファクトリー

物質創生の謎を解明し、その応用を図る。それをめざした国際的な研究が、RIBF を舞台に進められている。

矢野安重

解説

31 使用済燃料の臨界安全管理の現実—「燃焼度クレジット」の概念と導入への課題

使用済み燃料の臨界安全性評価は新燃料の組成を使用して実施する機会が多いが、燃焼に伴う反応度低下を考慮して臨界安全性を評価する「燃焼度クレジット」の考え方を導入できれば、その取り扱いの経済性向上が期待できる。

須山賢也

36 開発途上国の原子力発電導入とIAEAの支援活動

増大するエネルギー需要に対処するため、まだ原子力発電を導入していない60以上の開発途上国が、その導入を検討し、IAEAにそのためのインフラ整備支援を求めてきている。

尾本 彰

絵 鈴木 新 ARATA SUZUKI
日本美術家連盟会員・JIAS 国際美術家協会会員

解説

42 欧州での“放射性廃棄物管理のガバナンス研究”の動向—社会の中で地層処分事業が長期に持続するために

欧州では、放射性廃棄物管理の問題解決に向けた意思決定や社会での合意形成のあり方をテーマとした研究が、急速に進展してきた。

佐原 聡, 坪谷隆夫

報告

47 原子力学会会員は技術士資格を今すぐ取ろう

原子力・放射線部門の技術士試験が2004年から始まり、約300名の技術士が誕生した。技術士制度を活用するためには、さらに技術士数を増やす必要がある。

岡 芳明, 工藤和彦, 林 克己

連載講座 軽水炉プラントの水化学(3)

50 水化学の基礎—酸化皮膜特性

原子炉構成材料は、高温の冷却水で腐食され、材料/水界面に酸化皮膜が形成される。安定な酸化皮膜の形態ならびに生成した酸化皮膜と水中イオンとの化学反応について、主として熱力学的な観点から解説する。

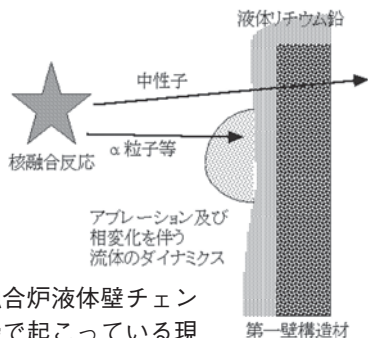
辻 利秀

連載講座 今、核融合炉の壁が熱い！—数値モデリングでチャレンジ(10)

56 壁は熱でどうなるか

核融合炉容器の最も内側の壁は、 α 粒子やX線などに照射されるため、非常に高温に達する。そうした環境下での壁の健全性を評価する。

古河裕之, 切刀資彰



レーザー核融合炉液体壁チェンバ第一壁近傍で起こっている現象の概念図

私の主張

60 高レベル放射性廃棄物処分の社会的受容性から見た考察

豊田正敏

会議報告

63 第9回国際核破砕材料技術ワークショップ開催記

菊地賢司, 川合将義

6 NEWS

- 東電、新潟県と地元市村に、7号再開了承を要請
- 福島県所在町協議会、第一プルで県に要望
- 原子力機構、炉外でレンズ状ポイドスリーブ現象を模擬
- 中性子利用でHIV-1プロテアーゼの全原子構造を直接観測
- ガンマ線ビームで隠れた物体の位置と形状を測定
- JNES、IAEA安全基準の邦訳版を公開開始
- 2007年度原子力産業実態調査の概要を発表
- 原産、『インドの原子力事情』を刊行
- 原産協会提供の動画番組のご案内
- 海外ニュース

Short Report

64 日本技術士会が柏崎刈羽原子力発電所の復旧状況の第2次調査を実施

(社)日本技術士会 原子力・放射線部会

日米欧学生交流

66 MSKCC 滞在記

水野和恵

ジャーナリストの視点

69 原子力の「社会的責任」果たせ

森瀬 明

25 新刊紹介

「技術立国 日本のエネルギー戦略」 澤田哲生

62 From Editors

65 支部便り 関東・甲越支部 富永基夫

70 会報 原子力歴史構築賞受賞一覧、「原子力総合シンポジウム2009」プログラム、平成21年度「日米欧原子力学生国際交流」派遣学生募集、フェロー基金寄付のお願い、平成20年度フェロー基金寄付者一覧、フェロー一覧、創立50周年記念CD-ROMのご案内、英文論文誌目次(Vol.46 No.5)、主要会務

WEB アンケート

12,1月号のアンケート結果をお知らせします。(p.67-68) 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/>

エネルギーと原子力



東京工業大学長

伊賀 健一 (いが・けんいち)

1940年広島県生。1963年東工大卒，1968年同大学院博士修了，工博。同年，東工大精密工学研究所助手，1973年助教授，1984年教授。1979～1980年ベル研究所客員。1995～1998年精密工学研究所長。2001年東工大名誉教授，日本学術振興会理事。2007年10月から東工大学長。面発光レーザーの発明と微小光学の研究を推進。紫綬褒章，朝日賞，藤原賞，IEEE ノーブル賞，C&C 賞，NHK 放送文化賞。

地球規模のエネルギー・環境対応の問題から，原子力が見直されている。東アジアで50基を超える設置計画，米国の原子力発電への回帰，欧州各国でも温暖化ガス排出の少ない原子力が見直され始めた。日本の大学の多くが持っていた原子力工学関連の学科や研究施設がどんどんとなくなり，数少ない大学がかろうじて維持してきた。ここにきて，再び復活の兆しが見えてはいるが，安定した政策があればこうしたことはなかったはずだ。

筆者の所属する東工大では，1956年に原子炉工学研究施設を作り，1957年原子核工学専攻を設置して教育も始めた。1964年に原子炉工学研究施設を附置研究所に昇格させてその振興に努めてきたし，教育と研究の努力を止めることはなかった。しかし，その運営は必ずしも順風にあったとは言いがたい。ファンディングの縮小，世論の逆風などもあったろうが，幾多の荒治療もあって研究所は存続し，最近では，文部科学省の21世紀 COE を獲得して拠点化を図り，国際的教育プログラムも精力的に継続している。

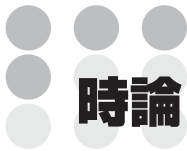
さて，新しい技術の開発はもちろん必要だが，地震などの避けがたいメガリスクを回避する方法を確立した上で，運営の透明化，安全管理の徹底などをもとに，健全なる原子力発電の発展を期待したいところである。本学の新しい原子力技術開発では，革新的原子力システムの開拓，アクチノイドマネジメントの研究，プルトニウムの安全性の高い再利用化，など精力的に進めている。また，国際的な教育という視点も原子力発電所の拡大からみて非常に重要で，大学での人材養成を極めて重要と位置づけている。

また，原子力と並んで，再生可能エネルギー技術開発とシステム構築も重要課題である。太陽電池，燃料電池，風力発電などの新しいエネルギー源開発は原子力の相補的要素となる。太陽電池は太陽光発電機であると同時に，文字通り電池である。東工大のグローバル COE で精力的に研究教育を行っている。ところで，大容量の電気を貯める電池はなかなか難しいものがある。そこで，夜間電力や電閑期の余力を使って太陽電池などを生産し，昼間に太陽発電する仕組みを作れば，揚水発電と同じく電気を蓄える装置と考えられよう。通常的大量電力を使って生産しては当然コストが高くなる。社会的コストもこのようなシステムとして理解し，企業化と政策を進めねばなるまい。

当然，各家庭や会社などの太陽電池発電が電力会社の電力線につながるものが想定される。ここで，インターネットと電力ネットワークを比較してみよう。インターネットは全世界が光ファイバで繋がっているように見えるが，実は途中のノードにはコンピュータがあって情報を一時蓄え再び送り出すわけで，常時接続されているのではない。これに対し，電力のネットワークは，実時間で大容量の電力がランダムに接続されることになる。電圧と周波数の安定化は大規模になればなるほど難しい。各家庭の発電接続が周波数と位相を制御した上でのものでないと，システムが暴走したり，不安定になったりする恐れが多分にある。このような電力ネットワークシステムの研究も東工大の統合研究院を中心に進められている。

発電および送配電の技術と研究は，実は日本において温存されているのである。日本の時代がくる。

(2009年 3月23日 記)



原子力機器材料の歩みとルネッサンスへの対応強化



佐藤 育男(さとう・いくお)

(株)日本製鋼所 常務取締役 室蘭製作所長
北海道大学工学部原子工学科を卒業後直ちに(株)日本製鋼所へ入社。入社以来、一貫して原子炉圧力容器用材料の性能向上および圧力容器部材の一体鍛鋼化に関わる技術開発に取り組み、数多くの業績を残す。

近年、世界各国では地球温暖化対策およびクリーンエネルギーとして原子力発電の役割が再評価され、「原子力ルネッサンス」の声が大きくなっている。安全と安心が不可欠である原子力機器材料に対する当社の開発の歩みと新規原子力発電所への供給対応について紹介する。

弊製作所は、北海道室蘭市に位置し、白鳥湾と呼ばれる天然の良港の地に民間最大の兵器会社として、主に砲身と防弾鋼板を国産化するため1907年に創業を開始した。終戦後、その技術は民需製品に転換され、原子力機器用材料等(特に高品質鍛鋼品)の製造へ受け継がれた。1965年に日本の第1号商業炉となった東海1号は英国で開発された「コールドホール型のガス冷却炉」が採用された。原子炉圧力容器の材料は約100mmのMn鋼で英国/スコットランドで製造されたが、日本での受入れ検査で「割れ状欠陥で不良」と判断され全数廃却となった。代品については当所の防弾鋼板の製造実績から資格判定審査を経て、全数要求品質を満足し製作された。これが、当社にとって初の原子力用材料の取組みであった。その後、原子力発電所の大型化に伴い、鋼板ばかりでなく、多くの鍛鋼品を世界各国に納入してきた。その実績は、原子炉圧力容器および蒸気発生器用鍛鋼品合わせて2007年度末で約1,800個にも及ぶ。

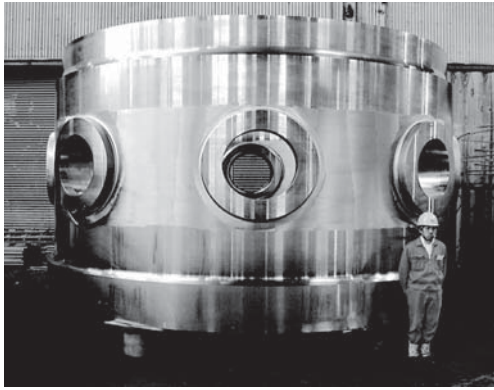
原子炉圧力容器類の鋼材は製鋼および製造プロセスが確立されているものから選ばれ、年月を経てMn-Mo-Ni鋼へと変わってきた。初期炉では、炭素鋼であるSA212, Gr.B(C-Si鋼)またはSA302, Gr.B(Mn-Mo鋼)であったのが、照射脆化の観点から韌性値向上を目的に、Mo, Ni, Crを添加した低合金鋼であるSA533, Gr.B, Cl.1(Mn-Mo-Ni鋼)の鋼板またはSA508, Cl.2(Ni-Cr-Mo鋼)の鍛鋼材が採用された。材料の変遷は予期せぬ損傷からもたらされた。1970年に発見されたアンダークラッドクラックの感受性がSA533, Gr.B, Cl.1よりSA508, Cl.2鍛鋼材の方が高いことが明らかになり、鍛鋼材も鋼板材と基本的に同一の成分を有するSA508, Cl.3(Mn-Mo-Ni鋼)鍛鋼材に変えられている。SA508, Cl.3は水素割れ感受性が強く、大型鍛造材に対し高真空下での鑄込み技術が

あってこそ可能であった。さらに近年は、コスト、耐震性など容器の軽量化が望まれ、高韌性を維持しながらより強度の高い材料へと進みつつある。最近の蒸気発生器用部材は、引張強さ規定が620MPa以上のMn-Mo-Ni鋼が採用されている(従来は550MPa以上)。

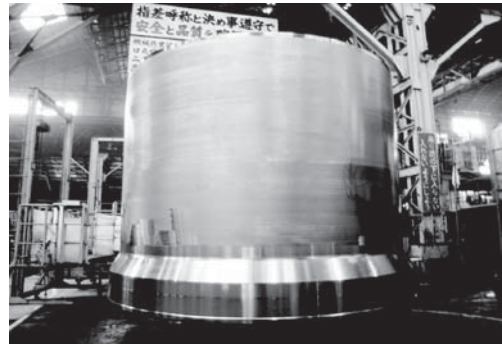
一方、原子力発電所の単基出力は約40年の間に急速に巨大化し、現在、BWRではESBWRが150万kW、またPWRではEPR(欧州型PWR)が160万kWまでに達してきている。単基出力の増大、建設工期短縮および供用期間中検査(ISI)の削減という点から、大型化、長大化、一体化および鍛鋼化への材料開発が重要である。一体化鍛鋼品の製造は、1972年のドイツ原発向け原子炉圧力容器用シェルフランジに始まった。それまで4個の鍛鋼板を曲げ成形後溶接したリングとして使用していたものを、当時世界一であった400トン鋼塊の製造技術および10,000トンプレスの外で鍛錬する特殊鍛錬技術を開発して一体化した。その後、ドイツほか18基に採用された。1982年には日本原子力発電(株)敦賀2号機にPWR炉心領域一体鍛鋼胴を開発し採用された。その後、国内PWRすべてに一体鍛鋼胴が採用されている。1986年には、改良型BWR(ABWR)で、RIP(インターナルポンプ)を取り付けるノズルが10個内外に一体化した下鏡リングを製造し、国内6プラント、海外2プラントに採用されている。1998年には、PWR上蓋をこれまでの鋼板成形ヘッドと鍛鋼フランジの溶接組立て品を一体鍛鋼品へと開発し、世界各国の取替え工事に数多く採用された。

また、1980年初頭に蒸気発生器部材の鍛鋼化開発を行い、ノズルと楕円ヘッドを一体化した上鏡、上下に円筒胴を一体化した円錐胴あるいは球形ヘッドにノズルおよびサポートを一体化した水室を商品化した。この開発品が1990年以降の蒸気発生器取替え工事に採用され、工期短縮に大きく寄与することになった。

このような製品開発と同時に、原子力製品の製造には不可欠な品質保証プログラムの構築も行った。1972年にはドイツ規格(TUEV)の認定を取得、1974年には米国規格(ASME)の認定を国内で初めて取得し現在まで更新し



EPR ノズルシェル 168トン



AP 1000 アッパーシェル 110トン



ESBWR ボトムドーム 94トン

ている。また、1985年からはフランス規格(RCCM)の品証プログラムも確立した。品質保証活動の要点は「識別管理」と「追跡性」である。これらは、製品のみならず、その製品を製造するための計画段階から出荷までの全工程にわたって必要とされる各種の書類(仕様書、作業記録、品質記録など)、機器類、そしてこれらの業務に携わる人にも及ぶ。品質保証プログラムを支える社内標準類も数多く整備してきた。

初の原子力材料の取組みから40数年が経った今、これまで築き上げてきた製造技術と品質保証プログラムを基盤として当社ではすでに「原子カルネッサンス」が始まっている。第三世代炉と呼ばれるEPR、AP 1000、ESBWRおよび中国標準炉であるCPR 1000、さらには改良型炉であるABWRの各部材が数多く製造中であり、今後も継続生産する予定である。これら改良型炉および第三世代炉の圧力容器および蒸気発生器などの耐圧容器は大型化しており、使用される部材も鍛鋼品が主流でかつ大型化、一体型化が採用されている。同時に、発電プラントの増加に伴い、大型低圧タービンロータシャフトおよび発電機ロータシャフトの需要増加も予想される。世界最大クラスの600トン鋼塊に代表される超大型鋼塊および200～250トンクラスの大型鋼塊から製造される鍛鋼品の製造能力向上が急務な課題となっている。

現在、ここ2～3年で製造能力を向上させてきた大型鍛鋼品の能力に対して、約2倍に増強する大型設備投資を順次2009年から2011年完成目指して進めている。この中には、1980年に開発した600トン鋼塊を650トン鋼塊へとアップ、14,000トン鍛造プレスの増設、大型熱処理炉、大型機械加工装置等の増設があり、工場建屋工事

を含め着々と進行しているところである。新規建設計画および炉型計画など見定めながら原子カルネッサンスを支える製造体制を計画していきたい。

また、「ものづくり」を支える人材についても、この2年間で約150名を中途採用し計画的な育成教育を行っている。ものづくりから受け継がれた技術・技能を進化させ、技術開発の継続と現場力(技術、技能+設備)の進化によってオンリーワン、ナンバーワン技術を創り上げ、「ものづくり」No.1工場を目指している。

最後に、当社の原子力材料の基礎を築き上げて惜しくも3年前に他界された先輩が残した言葉で結びとしたい。

「良い材料を生かす良い設計」は、「簡単な施工と検査」で「より安全な運転ができる」

(2008年12月20日記)

—参考文献—

- 1) 佐藤育男, “原子力機器材料の開発の歩みと今後の展望—室蘭から世界へ”, 日本原子力学会誌, 49[3], 184 (2007).



理研仁科センターとRIビームファクトリー



矢野 安重(やの・やすしげ)

理研仁科センター長
東京大学理学部卒，理化学研究所主任研究員を経て，平成18年4月より現職。

理研仁科研究室と2008年ノーベル物理学賞

私の手許に中根良平元理化学研究所(以下，理研)副理事長からいただいた昭和18年版「(財)理化学研究所案内」という小冊子のコピーがある。当時の理研をうかがうたいへん貴重な資料で，そこに「科学者の楽園」といわれた理研の社はや多額の特許収入を元手にした資金繰り，きら星のごとく並ぶ研究室が記述されている。

33名の主任研究員が主宰する研究室の室員と研究題目が紹介されているが，私ども素粒子・原子核研究者が圧倒されるのは，仁科芳雄主任研究員が率いる仁科研究室に居並ぶ重鎮である。理論の研究グループがあり，そこには仁科研究室で唯二人の研究員であった朝永振一郎博士，湯川秀樹博士のほか，助手武谷三男博士，嘱託坂田昌一博士，宮島龍興博士(中根先生が副理事長であったときの理事長)などなど，わが国の素粒子・原子核研究の礎を築いた大先達の名前がずらりと並んでいる。

昨年のノーベル物理学賞は，日本の素粒子論物理学者，南部陽一郎博士，益川敏英，小林誠両博士の「素粒子における対称性の破れ」の研究業績に与えられた。昨年は，わが国の物理学会にとってはゴールデン・イヤールであったといえよう。その南部博士は，後に東京文理科大学に移った朝永先生から素粒子論を学び，また，益川，小林両博士は，後に名古屋大学に移り名古屋学派を主導した坂田先生に学んでいる。このように歴史をみると，わが国の素粒子論発展の源流は理研仁科研究室にあるとって過言ではなからう。

仁科芳雄博士は「わが国の現代物理学の父」であるが，まことに多才な先生である。光子の電子によるコンプトン散乱を記述するクライン・仁科の公式で理論家として著名であるほか，加速器建造家として日本初，世界で2番目の理研1号サイクロトロンを1937年に完成させた。これが，わが国における加速器事始となった。1944年には当時世界最大級の理研2号サイクロトロンを完成させたが，1945年11月，占領軍によって原爆製造装置と誤解されて，1号サイクロトロンは破壊され，2号サイクロトロンは東京湾外海に投棄された。このために，わが国は加速器科学の分野で欧米に大きく水をあけられてしま

うこととなる。(2007年に現理研仁科センターのRIビームファクトリー，以下RIBF，が始動。RIBFは理研5，6，7，8，9号サイクロトロンと重イオンリニアックからなり，9号サイクロトロンは世界最大。以下，括弧内は現センターの成果。)

仁科博士は原子核実験家でもある。1号サイクロトロンで加速した重陽子で速中性子ビームをつくり ^{238}U の標的に照射したところ， ^{237}U ほか， ^{112}Pd 等7種類の放射性同位元素ができることを発見し，1940年，Physical Review 誌に発表している。 ^{237}U の発見は，これがベータ崩壊してできる原子番号93の新元素の発見であったはずであるが，同年，仁科論文の直後に発表したマクミラン達に命名権「ネプツニウム，Np」を奪われてしまった。(2004年に原子番号113の新元素を発見。命名権が与えられれば，ジャポニウムとなる模様。元素記号はJp。JとQで始まる元素記号は未だ存在していない。) ^{112}Pd 等7種類の新同位元素の発見は原子力の原動力である核分裂の発見であり，これもハーンとマイトナーによるウランの核分裂の発見とほぼ同時期であったことは特筆に値する。(RIBFでは超中性子過剰な4種類の新同位元素 $^{125,126,127,128}\text{Pd}$ のほか原子番号29(Cu)か53(I)の領域に20数種類の新同位元素を一挙に発見。)

さらに，仁科先生は加速器の応用の推進者でもあった。1990年には1号サイクロトロンでわが国初のRIの製造が行われたことを記念した切手が発行されている。戦後，自国ではもはやRIの製造ができない可能性があることを察知した仁科先生は米国と交渉を重ね，米国製RIの輸入の道を開く。これが後の(社)日本アイソトープ協会の設立につながっていった。(2007年よりRIBFで製造したRIが同協会から販売開始。)

仁科研究室員のなかに，放射線医学の草分けとなられた元日本医師会長の武見太郎先生の名前がある。研究題目は「人工放射能の生物学に対する応用ならびに影響」であった。(放射線医学研究所は当センターの加速器を利用して重イオンビームがん治療の基礎研究を行い実用化。当センターはこれを応用して重イオンビーム植物品種改良法を発明，これによって開発された有用草木商品

の販路が拡大中。)

理研仁科センターと RI ビームファクトリー

2006年4月、仁科先生の伝統を継承する素粒子・原子核の理論・実験研究グループ、加速器とその応用研究グループを統合して「理研仁科センター」が発足した。このセンターの使命は世界最高性能の RIBF の国際的共用を推進するとともに、米国ブルックヘブン国立研究所、英国ラザフォードアップルトン研究所にも拠点を有して国際的な連携の中で、原子核とそれを構成する素粒子の実体と本質を極め物質創生の謎を解明するとともに、それらの応用を開拓することにある。

以下に、仁科センターのご本尊である RIBF 建設の歴史と使命を述べる。

現代社会を支える 2 大基盤技術、原子力と超伝導には、その基礎をなす現象の理解の歴史に、妙に符合するところがある。まず原子核と超伝導が発見されたのはともに 1911 年である。その後、加速器あるいは低温技術の進歩によって多様な現象が見つかるが、原子核は 1950 年代に「殻模型」「集団運動模型」「原子核の飽和性」という 3 つのノーベル賞研究によってその標準像が完成し、超伝導も同年代にノーベル賞研究「BCS 理論」によって現象の実体と本質が明らかになった。ところが約 30 年後、原子核ではリチウム 11 という中性子過剰な放射性同位元素が鉛 208 に匹敵する超大原子核であることが 1985 年に発見され、また一方、超伝導では 1986 年に銅酸化物高温超伝導が発見されて、ともに再び謎に包まれてしまった。その後、両者とも従来の模型では説明の難しい現象が随所に発見されてきている。

高温超伝導フィーバーが始まった 1987 年の 10 月、科学技術庁と(財)日本原子力文化振興財団主催の第 24 回「原子力の日」記念講演会があり、そのパネル討論会「超伝導技術の進展と原子力」に、不肖私も金材研、原研、動燃事業団、電中研のリーダーの方々にまじってパネラーとして参加した。このパネル討論会で将来の夢として紹介させていただいたのが、世界初の超伝導リングサイクロトロンの実現による「理研 RIBF 建設計画」である。この年は SN 1987 A という超新星爆発が観測された年でもあり、後述するようになかなか因縁深い。

当時、加速器の利用は、加速器から発生する高速粒子線自身を利用してきた時代から、電子加速器におけるシンクロトロン放射光、陽子加速器における中性子、中間子、ミュオン、ニュートリノ、反陽子ビームのように 2 次粒子線を利用する時代へと大きく移行しつつあった。重イオン加速器における 2 次粒子線として新たに登場したのが放射性同位元素(RI)のビームであり、私はこれを、1987 年 6 月号の「パリティ」誌に掲載したニュース記事「重イオン科学のフロンティア、理研リングサイクロトロン始動」のなかの将来展望の節で、「RI ビーム」と呼んだ。

この RI ビームの発生利用技術は、1980 年代にはいつて米国ローレンスバークレイ研究所のベバラック重イオンシンクロトロン施設で発明され、いまでは天然に存在する原子核より極端に中性子や陽子が多いエキゾチックな RI がもたらす諸現象を探る唯一の研究手段として世界中で用いられている。その結果、エキゾチックな RI にはこれまで原子核の基本的性質と考えられてきた「原子核の飽和性」を破る中性子ハローやスキン構造(中性子の一部が陽子集団の外側に暈や皮のように異状に広がった構造)をもつものがあることや「殻模型」が予想する従来の魔法数が魔法性を失い、新たに別の魔法数が出現するなど、これまでの「原子核像の常識」を破る現象が数多く発見されてきた。これらの異常な現象までも包括して説明する新しい模型の構築が求められているところだが、それには、いまだ発見されていない RI を可能なかぎり多種類生成してそれらの特性を調べ、多様な原子核世界の全貌を明らかにする必要がある。

RIBF は、ウランまで全元素の RI ビームを、種類と強度において現在の世界水準をはるかに凌ぐ性能で発生させることができる。この施設によって、究極の原子核模型の構築だけにとどまらず、そもそも原子核はどのようにして生まれたのかという、いわゆる「元素の起源」の解明といったさらに根源的な研究が可能になる。また応用面では新しい RI 技術による新産業の創出、原子力の基礎基盤技術の拡充にも貢献することができる。(詳細は <http://www.nishina.riken.jp/>)

さて、夢を語って 10 年後の 1997 年度に予算が認可されて建設を開始し、さらに 10 年後の 2007 年 3 月、超伝導リングサイクロトロン SRC と超伝導 RI ビーム生成分離装置 BigRIPS を主力装置とする RI ビーム発生施設の整備が完了した。SRC は、世界初、総重量 8,300 トンで世界最大、史上最強のサイクロトロンである。

2007 年 5 月の試験実験での初の成果は翌月に東京で開催された原子核物理学国際会議で速報され、RIBF はドラマティックなデビューを果たした。フル性能からはるか下回る試験実験でも新同位元素発見の成果が得られたことは、RIBF がビッグバンこのかた宇宙で生まれたほぼすべての RI を生成できる潜在能力をもつ証左であり、SN 1987 A のような超新星爆発でウランにいたる重い元素が合成されたという仮説を実験室で検証できる人類初の施設が誕生したことになる。

1942 年、原子核の理論家でもあり実験家でもあったエンリコ・フェルミがシカゴパイルに火を入れて原子力時代が開幕した。その当時は原子力と原子核物理の区別はなかった。だが以来 60 年有余のうちに両分野の隔たりはあまりにも大きくなってしまった感がある。原子核物理学者が世界に冠絶する RIBF を活用して原子力の基礎基盤を支えるという機運をおおいに醸成していただきたいものである。(2009 年 1 月 27 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。

東京電力 新潟県と地元市村に、柏崎7号再開了承を要請

東京電力の武黒一郎副社長らは2月19日、新潟県、柏崎市、刈羽村を訪問し、柏崎刈羽原子力発電所7号機運転再開の地元了解を要請した。これを受け、泉田裕彦県知事は23日、会田洋柏崎市長と品田宏夫刈羽村長と県庁内で、県民への情報提供に関する3者会談を行った後、翌24日の県議会で、同機の設備健全性・耐震安全性について、「予断を持たずに、県民の皆様の安全と安心を第一に」と述べ、県の技術委員会での論点を整理し、県民にわかりやすく説明する考えを表明した。

原子力安全・保安院と原子力安全委員会は、18日までに東京電力・柏崎刈羽原子力発電所7号機が原子炉起動を伴う「プラント全体の機能試験」に入ることを正式に了承した。総合資源エネルギー調査会の

調査・対策委員会は13日に、保安院の「起動は安全上問題ない」とする判断を了承。保安院は16日に、この判断を原子力安全委員会に報告、同委員会は18日に報告を適切とする見解を決定した。

これに伴い、東京電力では翌19日、武黒副社長と半田光一・立地地域部長が森邦雄県副知事を、鼓紀男副社長と高橋明男・柏崎刈羽発電所長が柏崎市長と刈羽村長をそれぞれ訪問し、同機運転再開の了解を要請した。同社は自治体訪問後、今後のプラント全体の機能試験に際し、「地域の皆様に丁寧に説明するとともに、今回の被災により得られた知見を活かして安全で災害に強い原子力発電所となるよう、精一杯努力する」とのコメントを発表した。

(資料提供：日本原子力産業協会)

福島第一プルで県に要望 所在町協議会 議論再開を

福島県原子力発電所所在町協議会(会長=遠藤勝也・富岡町長)は2月9日、県庁に佐藤雄平知事を訪ね、東京電力の福島第一原子力発電所3号機のプルサーマル計画について、県として議論を再開するよう要望した。

立地4町で組織する同協議会は1月28日に同計画の受入れを決定、県や県議会議に議論再開を要請する方針を示していた。遠藤会長らは佐藤知事に、最近の福島第一・第二の安全安定運転を説明するとともに、エネルギー・セキュリティ、温暖化対策、地

域振興などから原子力の重要性を指摘。核燃料サイクルも国策として進めるべきとし、県が議論を再開するよう要請した。

佐藤知事は、同協議会の議論に敬意を示すとともに、安心安全の確保を重視しながら慎重に考えたいと応じたが、県としての具体的な対応は示さなかった。

この後、遠藤会長らは、県議会の遠藤忠一議長や各会派も訪ね、議論の再開を要請した。

(同)

原子力機構、炉外でのレンズ状ボイドスイープ現象模擬に成功

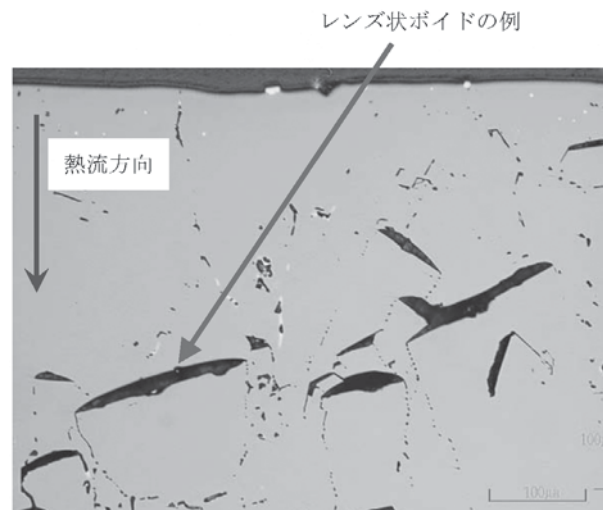
日本原子力研究開発機構はこのほど、 UO_2 ペレットを用いた燃料挙動模擬性検証試験において、製造過程などで燃料中に取り込まれた気泡が、原子炉での燃焼中に燃料内に生じる温度勾配によって、レンズ状の形状をとりながら燃料中心部に移動していく現象を再現することに成功した(写真は試験試料の

断面組織観察結果)。レンズ状ボイドスイープと呼ばれるこの現象は、ニュークリア・デベロップメントの試験施設に設置した試作試験装置による UO_2 ペレットを用いた燃料挙動模擬性検証試験で再現したもの。原子力機構は、高濃度のAmを含む混合酸化物型燃料などの新しい概念の燃料が高速炉の中で燃

焼中にどのようにふるまうかを効率よく確認できる試験手法を開発中で、この現象を再現できたことにより、手法の有効性を確認することができた。

原子力機構では、高速炉を利用したマイナーアクチニド(MA) 燃焼処分概念の実用化を目指し、文部科学省からの委託事業である原子力システム研究開発事業等で、高濃度に Am を含有させた混合酸化物型燃料や不活性母材型燃料の製造技術開発・物性研究を実施している。これらの新概念燃料が、原子炉での燃焼中にどのようにふるまうかを調べる照射挙動については、「常陽」等の実験炉を利用した照射試験により確認することが一般的だったが、多大な試験費と長期の試験時間が必要となる難点があった。

そのため原子力機構では、研究開発効率を向上させる観点から、照射試験を代替できる炉外実験手法の確立に着手。ニュークリア・デベロップメント(株)と助川電気工業(株)の協力を得て、酸化物燃料の照射挙動などを模擬するために、1970年に国内外で利用された方式を参考にした遮蔽型試験施設(グローブボックスあるいはホットセル)内実施型の温度勾配下恒温加熱試験手法の開発を進めてきていた。



試験材料の加熱後組織(写真上部が高温側)

原子力機構では今後、前述の2社と協力して、数年以内の試験手法確立を目指す。また試作試験装置で得られた知見を利用して、試験装置内雰囲気制御機能等を付加した実用試験装置を設計・製作し、高濃度 Am 含有酸化物燃料等の照射挙動研究に利用していく計画だ。

(資料提供：日本原子力研究開発機構)

中性子による HIV-1 プロテアーゼの全原子構造決定に成功 —より治療効果の高いエイズ治療薬の創製をめざして

原子力機構、大阪大学、京都薬科大学、(株)創晶の研究グループは、酵素タンパク質(HIV-1プロテアーゼ)と薬剤(KNI-272)の複合体の大型結晶を作製し、中性子を用い世界で初めて水素原子を含む全原子構造の直接観測に成功した。

エイズ撲滅を目指し世界で進められるエイズ新薬開発が注目を集める中、エイズウイルス増殖に深く関わりのあるとされる HIV-1プロテアーゼの作用メカニズムと、その作用を抑制する KNI-272の抑制メカニズムには複数の説が提唱されていた。このメカニズムの解明には中性子構造解析が最適であるが、その手法を用いるには高度に精製されたタンパク質試料と、その大型結晶の作製が重要な課題であった。

本研究グループは、HIV-1プロテアーゼと KNI-272の複合体について、これまで困難とされていた大型結晶の作製に成功した。さらに、この結晶を用



解析に使用した生体高分子用中性子回折装置

い、原子力機構の研究炉 JRR-3 に装備された解析装置 BIX-4 (生体高分子用中性子回折装置) を使用し、中性子による直接観測によりその構造を明らかにした。

本研究成果は、エイズ新薬開発における基礎研究の一端に新たな知見をもたらすものであり、今後、中性子による構造解析が、広く新薬開発の分野においても重要な役割を果たしていくことが期待される。

なお、本研究は、その一部を文部科学省科学研究費補助金および茨城県中性子利用促進研究会・生命物質構造解析研究会において重点化テーマとして実施した。

(参考: <http://www.jaea.go.jp/02/press2008/p09031001/index.html>)

(資料提供: 日本原子力研究開発機構, 大阪大学, 京都薬科大学, (株)創晶)

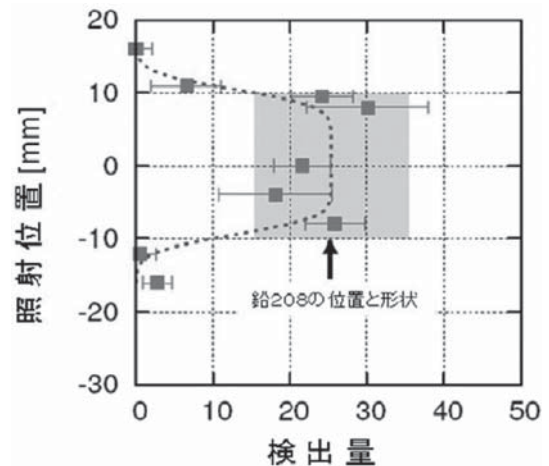
ガンマ線ビームを用いて隠れた物体の位置と形状を測定

日本原子力研究開発機構、産業技術総合研究所、京都大学の共同研究グループは、ガンマ線ビームの一つである「レーザー・コンプトン散乱ガンマ線」を厚い鉄板に覆われた中の物体(鉛)に照射し、その物体の位置と形状の測定に成功した。

本研究グループは、同位体が有する原子核共鳴蛍光散乱現象に着目し、電子加速器を用い、測定対象となる同位体の励起に必要なエネルギーのガンマ線を照射し、放出される散乱ガンマ線を計測した。この計測結果から同位体の存在位置を確認することで包蔵される物体の位置と形状を識別することに成功した。

なお、従来の X 線透過撮像法は、包蔵された物体の形状をその密度の違いからしか識別できなかった。

本測定方法は、放射性廃棄物に含まれる長寿命核種の非破壊での濃度計測などのほか、様々な分野での利用が期待される。



測定された鉛ブロックの位置と形状(縦軸はガンマ線の Y 軸方向照射位置, 横軸は鉛208からの原子核共鳴蛍光散乱ガンマ線の検出量)

(参考: <http://www.jaea.go.jp/02/press2008/p09030601/index.html>)

(資料提供: 日本原子力研究開発機構, 産業技術総合研究所, 京都大学)

JNES が IAEA 安全基準の邦訳版を公開開始

原子力安全基盤機構(JNES)は、1月31日からIAEA安全基準の日本語版のホームページへの公開を開始した。<http://www.jnes.go.jp/database/iaea/iaea-ss.html>

IAEA安全基準は、原子力施設安全、放射線防護と放射線源の安全、放射性廃棄物の安全管理および放射性物質の輸送安全にかかる各技術分野の安全基準並びにすべての分野に横断的に適用される一般安全基準を策定している。これらの安全基準はすべて英語版で発行され、一部については国連の公用語で

あるフランス語、スペイン語、ロシア語、中国語、アラビア語版が発行されているが、その他の言語での出版は行っていない。<http://www-ns.iaea.org/standards/>

JNESは、日本語版の作成とその公開に関してIAEAと協定書を結び、発行済みのIAEA安全基準のうち、主要なものから順に日本語版の作成、公開を行うこととしている。JNESが日本語版を発行するのは、IAEA安全基準が「原子力の安全に関する条約」における各国の安全規制の状況確認のベース

として参照される方向にあり、IAEA 安全基準の存在感が国際的に高まったこと、各国の安全規制が国際整合性を求められる時代になりつつあること、また、国内では、IAEA 安全基準の日本語版を作成することにより、原子力関係者のみならず、広い範囲の人に IAEA 安全基準の内容を知ってもらうのは原

子力安全の理解を増進する一助になることを考えたことによるものである。

今後は、主として一般安全分野、原子力施設安全分野および放射性物質の輸送安全分野にかかる安全基準の邦訳版を順次公開することとしている。

(資料提供：原子力安全基盤機構)

2007年度原子力産業実態調査の概要を発表

日本原子力産業協会は、このたび2007年度/第49回原子力産業実態調査の概要を取りまとめた。

調査対象年度である2007年度は、建設中である泊3号機、島根3号機の工事が順調に進展したほか、耐震をはじめとする改修工事や取替え工事が進んだ。一方、海外では地球温暖化対策やエネルギー安定供給等の観点から、原子力発電所の新增設建設計画の進展など原子力回帰の動きもあった。

こうした状況を背景に、2007年度の調査結果で

は、電気事業による原子力関係支出高、鉱工業の原子力関係売上高および年度末受注残高、民間企業の原子力関係従事者数など、主要な調査項目において、いずれも前年度比で増加する結果となり、前年度に引き続いて原子力産業の堅調な成長が続いた。

(参考：http://www.jaif.or.jp/ja/news/2009/49th-jittaichousa_press-release.pdf)

(資料提供：日本原子力産業協会)

『インドの原子力事情—INSAC 2008参加原産協会訪印団報告書』を刊行

原産協会は2月17日、『インドの原子力事情—INSAC2008参加原産協会訪印団報告書』を刊行した。海外との原子力協力が解禁となり、現在注目を集めるインドの原子力事情について、2008年11月末にインドを訪問した原産協会訪印団の記録とあわせ、現地収集した最新情報をまとめたもの。

本報告書には、その訪印団の詳細記録を収録したほか、INSAC-2008で発表された今後の原子力開発

計画をはじめ、インドの3段階原子力開発計画、原子力委員長をトップとした原子力開発体制、インド原子力産業の状況等を掲載してある。さらに、米印原子力平和利用協力協定を巡るこれまでの経緯もまとめて収録している。

(参考：http://www.jaif.or.jp/ja/news/2009/india-report_announce.pdf)

(同)

原産協会提供の動画番組のご案内

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

2009年1月～4月の番組(予定も含む)は以下の通り。

- ・「原子力新年の集い、原子力産業セミナー2010」レポート(1月16日公開)

- ・中部電力浜岡原子力発電所リプレース計画等について(2月16日公開)
- ・FNCA(アジア原子力協力フォーラム)—活動と将来展望(3月16日公開)
- ・第42回原産年次大会レポート(4月23日公開予定)

(同)

海外情報 (情報提供：日本原子力産業協会)

[英国]

気候変動省、新規建設計画でサイト登録の受付開始

英国の気候変動省(DECC)は1月27日、新規原子力発電所の建設サイトとして選定評価を希望する候補地を指名登録するよう産業界に呼びかけた。受け付け期間は3月末までの2か月間で、DECCは同日、それらの候補地を選定評価する基準書も公表した。

この選定基準書は、英国政府が昨年7月から11月にかけて戦略的立地評価(SSA)手続きに関する公開諮問を実施した後、その結果に対する政府対応の一部としてまとめたもの。新設サイトとして人口密集地域や軍事関係施設の近郊をはずす——などの条件が明記されている。

一方の産業界側では、既存原子力発電所が立地する地域が新設サイトとして最も適切との見方が主流。1月に、フランス電力(EDF)のブリティッシュ・エナジー(BE)社買収により同グループの英国法人として設立されたEDF エナジー社は、同日、BE社が英国国内でもともと所有していた既存原子力発電所の5サイト(ヒンクリーポイント、サイズウェル、ヘイシャム、ハートルプール、ダンジネス)を指名登録するとの意向を表明している。これらのうち、ヒンクリーポイントとサイズウェルの両サイトについては、それぞれ2基ずつEPR(欧州加圧水型炉)を建設する計画であるとEDFはすでに昨年9月に発表。初号機は2017年にも操業を開始させたい考えだ。

また、SSA手続きの一環として、新規原子炉建設用地の売却を担当している原子力デコミッションング機構(NDA)は1月23日、セラフィールド・サイトの余剰地、および競売にかける予定のオールドベリー、ウィルファ、ブラッドウェル各発電所近郊の土地を新設に適したサイトとしてSSAに指名登録する方針だと発表した。NDA自らが原子炉を建設することはないが、これらの土地としての価値を高め、廃止措置基金用の収入を得るためと説明している。

指名登録の手順としてはまず、事業者は登録を計

画しているサイトの地元自治体および所有者にその旨を通知するとともに、メディア等を通じて地元へ広報する義務を負う。登録されたサイトは、ほどなく政府がリストにまとめて公表し、約1か月間パブリック・コメントに付す予定。政府はその後、各サイトについて基準書に従って「戦略的立地評価」を実施し、新設サイトとして戦略的に適当と判断されたものについては「原子力国家方針声明書(NPS)」の案文に掲載。関係自治体や議会が審議できるよう公表する。2010年以降は、事業者が地元自治体の同意を得た上で、NPSに掲載されているサイトの利用計画をインフラ計画委員会(IPC)に申請することになる。

[フランス]

国内2基目のEPR、パンリー発電所サイトに建設を決定

フランス大統領府(エリゼ宮)は1月30日、N・サルコジ大統領が、フラマンビル3号機に次ぐフランス国内で2基目のEPR(欧州加圧水型炉)を建設することを正式に決めたと発表した。

それによると、この建設計画はフランス電力(EDF)が管理し、大部分を所有する事業枠組みの中で進める。欧州第2位のエネルギー企業で仏政府が35.7%を保有するGDF-SUEZ社も同計画に参加する予定だが、ほかに出資を希望する企業があれば今後参加することが可能。建設サイトはパンリー原子力発電所(PWR 2基、各138.2万kW)で、パリの北西180km、セーヌ＝マリティーム県のディエップ近郊という位置になる。スケジュールは、2012年に着工、17年に送電網への接続を目指し、EDFは数週間以内に国の委員会に同計画に関する公開協議を申請する予定だ。

大統領の発表を受けてEDFのP・ガドネイ会長は同日、「原子力などCO₂を出さない電源の開発という当グループの長期的な産業戦略を支持するものだ」として高く評価。フランスの原子力産業全体のみならず、同国民の雇用のためにも素晴らしいニュースだとコメントし、需要増が見込まれるフランスおよび欧州において今後の電力供給を保障することになるとの見方を示した。

また、パンリー発電所サイトに関しては、「EPR

の建設に必要な技術的特質のすべてを備えている」と形容。建設に係わる提携企業については、ショーおよびトリカスタン原子力発電所の建設でベルギーのエレクトラベル社と提携したこと、また、フラマンビル3号機の建設でイタリアのENEL社と提携した例を挙げ、「産業界とバランスの取れたパートナーシップを構築して進める」との方針を明らかにした。

EPRを設計開発したアレバ社も、EPRの長所として実証済みの技術を基礎とする世界初の「第3世代+」原子炉設計であることや、安全当局による要求項目をフルに満たしている点を強調。12年に着工されれば、フィンランドと国内で各1基ずつ建設中のEPR、および中国で計画中の台山1,2号機に次いで、世界で5基目のEPRになるとしている。

アレバ社はまた、英国で進行中の新規原子炉建設計画でEDFとドイツのE.ON社がEPRで受注を狙っている点を指摘。米国でも電力会社が7基のEPR建設を計画しており、現在、米国の設計認証(DC)を取得するため審査中であると強調した。さらに、同社はGDF-SUEZ社および国際石油資本のトタル社と提携し、アラブ首長国連邦の初号機としてEPRを提案していることも明らかにしている。

サルコジ大統領がフラマンビルを視察、3基目のEPR建設示唆

フランス大統領府は2月9日、N・サルコジ大統領が6日に同国で初のEPR(欧州加圧水型炉)として建設中のフラマンビル原子力発電所3号機の作業現場を視察するとともに、先ごろ発表した国内2基目のEPR建設決定に続いて、第3のEPRを建設する可能性についても示唆したことを明らかにした。

同大統領は、アレバ社およびフランス電力(EDF)の案内でノルマンディ地方の建設サイト内を一通り視察して回った後、現場作業員を前にフランスの長期エネルギー政策に関する演説を披露。その中で同大統領は、フランスが原子力を中心としたエネルギー政策を実行するに足るインフラを保有するとともに、アレバ社やEDFのみならず、仏ガス公社を母体とするGDFスエズ社、国際石油資本のトタル社、タービン発電機製造のアルストム社が存在する

など、エネルギーを輸出する能力も持ち合わせている点を強調。フラマンビル3号機の建設工事が2012年の完成目指して順調に進んでいるという事実は、同大統領にフランス第二のEPRをパンリー発電所に建設することを決断させた理由の一つだと説明した。

大統領はまた、EPR1基で年間120億kWhの電力輸出が可能となり、フランス経済に6億ユーロの利益をもたらすことができると指摘。世界の原子力市場におけるフランスの優位を保たなければならないと訴えた。パンリーEPRの着工時期を2012年としたことについては、原子力産業の継続性維持を意図したためとの認識を提示。「自分は大統領に選出される前からEPR計画を支持しており、それは大統領となってからも変わらない」と強調するとともに、国内に3基目のEPRを建設する可能性についても今後数年間で熟慮し、「必要ということになれば決定を下す」と明言している。

大統領はさらに、国外のいくつかの国では有能な原子力産業を擁していながら、原子力部門への投資が停止していたがために、「新たな原子炉の建設を始めようにも必要な産業ノウハウや能力はすでに失われ、困難になってきている」と指摘。エネルギーの供給不足という事態を避けるためには産業としての原子力の継続性は非常に重要との見解を提示し、2012年にフラマンビル3号機が完成するころ、次の1基の建設を始めなくてはならないと訴えた。

大統領はこのほか、フランスでは原子力と再生可能エネルギー、および省エネによる実質的なエネルギー改革が始まっているとし、エネルギー供給におけるこれら3つのすべてについて、必要となる配慮と投資を同等に傾ける考えだと強調した。

[ドイツ]

シーメンス社、ロシアと原子力発電分野で協力へ

ドイツのシーメンス社は2月3日、ロシアのV・プーチン首相から同国の総合原子力企業であるロスアトム社と原子力発電分野で協力していくための協議について打診があったことを明らかにした。

これは同社のP・レツチャー社長兼CEOとプーチン首相との会談の席で、話題に上ったもの。シー

メンズ社は1990年代から複数の原子力発電所プロジェクトでロスアトム社との協力実績があり、スロバキアのコホフチェおよびボフニチェの両原子力発電所に対しては安全・運転関係の計装制御機器を供給。ブルガリアのベレネ発電所プロジェクトでも、ロスアトム社傘下の原子力輸出・建設企業であるアトムストロイエクスポルト社と協力関係にある。

レッシュャー社長は原子力発電を含めた協力関係の拡大で打診を受けたことについて、「非常に喜ばしい」とコメント。同社がロシアで150年以上にわたって事業経験を有するなど、同国とのパートナーシップを成功裏に構築してきたという背景を説明するとともに、「このような関係をさらに深めて行きたい」との抱負を明らかにした。

一方、ロスアトム社も同日、「我々はロシアとドイツのみならず、第三国の市場でも活発に活動していけるだろう」と発表。同社のS・キリエンコ総裁は「我々の協力は世界市場でそれぞれの立場の強化に役立つ」と述べ、特に中国の台山原子力発電所建設計画でシーメンズ社が制御システムを供給した事実言及した。

[イタリア]

仏電力と伊電力公社、イタリアにEPR 建設で合意

フランス電力(EDF)とイタリア電力公社(ENEL)は2月24日、イタリアに少なくとも4基の欧州加圧水型炉(EPR)を建設するための実行可能性調査の実施、またフランスで2基目のEPR 建設計画にENEL が参加することで2件の了解覚書(MOU)を締結したと発表した。

これはローマで開催されていた仏伊両国の定例サミットの折、両国間のエネルギー協力に関する了解議定書の枠組みの中で結ばれたもので、ENEL のF・コンティ CEO と EDF のP・ガドネイ会長が調印した。

一つ目の覚書によると、EDF と ENEL は50対50の出資比率で企業連合を創設し、イタリア国内に少なくとも4基のEPR を建設するための実行可能性調査(FS)を実施する。そして、イタリアにおいて原子力発電復活のための法的小および規制上の枠組みが整備され、資金調達に関する決定が出されれば、

両社はFSの結果に基づいて建設プロジェクトごとに新会社を設立することになる。新会社は発電所を建設、所有、操業する企業体となるが、共通する特徴は、①発電所所有権の過半数および電力引取り権はENEL が保有、②発電所の操業はENEL が主体となって実施、③ENEL と EDF が過半数支配権を保持した上で第三者にも発電所の所有権を開放する——としている。ENEL 側は、2020年までに初号機の運転開始を目指している。

もう一方の覚書は、先ごろ決定したフランスで2基目のEPRとなるパンリー原子力発電所の増設・操業計画にENEL が参加するというもの。ENEL はすでに、現在、フラマンビル発電所で進められているフランス初のEPR 建設計画に12.5%出資しており、2017年の運転を目指して建設される第二EPR 計画でも、他の出資企業とともに参加していく。

両社の協力関係は、2007年に両社がニースで結んだ合意に沿った内容となっており、ENEL は EDF がパンリー増設を含めて2023年までにフランス国内で計画している5基のEPR 計画に参加できる一方、EDF は ENEL がイタリアを含めた欧州全体で展開する原子力計画に参加するオプションを保有している。

[スウェーデン]

長期エネルギー政策で脱原発撤廃、順次リプレースへ

スウェーデンの中道右派4党による連立政権は2月5日、1980年に成立した脱原発政策を撤廃し、既存原子炉を順次リプレースしていく方針を盛り込んだ長期エネルギー政策を発表した。地球温暖化防止と長期的に持続可能なエネルギー供給の方策を模索した結果、2005年に積極的な原子力推進に転換した英国や昨年からの原子力発電復活に向けて基盤整備を始めたイタリアに続いて、原子力という現実的な選択肢に収束した模様。今後、新規原子炉が社会に及ぼす影響の評価や原子炉の世代交代を可能にするための法整備に向けて、審理を行っていくことになる。

この長期エネルギー政策は、地球温暖化防止と安定したエネルギー供給の確保という目標のために、①エコロジーの観点から持続可能、②競争力があ

る、③安定した供給の確保——という基本方針のもとに打ち出された。化石燃料依存から脱却した低炭素経済実現のため、2020年までに再生可能エネルギーによる供給を大幅に拡大し、温室効果ガスの排出量を40%削減するなどの目標を提示。2050年までには、持続可能で資源効率の良いエネルギー供給構造を獲得し、温室効果ガスの大量排出を実質的になくすとの構想を掲げており、エネルギー供給源の一つとして原子力を挙げている。原子力に関して記載されている具体的な施策は次の通り。

(1)原子力設備の新設申請を以前のように審査していく、(2)新規原子炉を既存の10基という枠内で既存サイトに建設することにより、原子力発電の利用期間を延長する。このため、既存炉10基が技術的経済的な寿命を迎えるごとに順次、リプレースを許可する、(3)「原子力の段階的廃止法」を取り消し、新規建設の禁止条項を撤廃。原子炉の世代交代を管理する法案作りに向けて審理日程を決める、(4)許認可手続きに関連して、新規原子炉建設プロジェクトが社会に与える影響について評価を実施する。「エネルギー供給保証」はそうした評価におけるよりどころの一つとなる、(5)新規原子炉に対する認可は、最も利用可能な発電技術に対する法制上の要求項目に基づいて評価される、(6)中央政府は、直接的、間接的を問わず原子力に対して補助金等の支援を行わない、(7)原子力損害賠償法を「原子力の分野における第三者責任に関するパリ条約」(および改正議定書)の最新版に適合させる、(8)原子炉の共同所有を廃止する。

スウェーデンでは米国 TMI 事故の翌1980年の国民投票の結果を受け、2010年までに原子力発電所を全廃するという方針を国会で決議。1999年にパーセベック1号機、2005年に同2号機を閉鎖した。06年の総選挙で、12年ぶりに社会民主労働党政権から中道右派4党による連合政権に交代。代替電源の見通しが立たないことを背景に、連立政権を構成するキリスト教民主党は07年、「2010年以降の原子炉新設を排除しない」とする環境問題報告書を作成しており、同年3月に政府は全廃の期限を撤回した。また、08年1月には与党自由党が独自の地球温暖化防止政策案の中で、新規原子炉の建設禁止政策撤廃と、少なくとも4基のリプレース炉建設の必要性を訴えるなど、徐々に脱原発政策撤廃の機運が高まってきた。

〔米国〕

原子力規制委、新設炉設計で航空機衝突への耐久性評価を要求

米原子力規制委員会(NRC)は2月17日、新規原子力発電所の認可申請者に対して、その設計が大型民間航空機の衝突による影響に耐え得る、あるいは緩和する能力を備えたものであるかを評価するよう要求する最終規則を公表した。

NRCのD・クライン委員長によると、これは「9.11事件で提起された課題に対する常識的なアプローチ」であり、新規原子力発電所の申請に対する規制上の枠組みの中で重要な要素となるはずだと強調した。

現在、米国の原子力発電所は、発生する可能性の極めて低い配管破断などの機器異常と同様に、大規模火災や洪水、地震、ハリケーンといった「設計基準事象」に際して、確実に安全停止するよう厳しい要求項目に基づいて設計されている。それらの要求項目には、それぞれの安全機能を果たすために2つの冗長システムを備えていることが含まれるが、今回発表された最終規則では、大型民間航空機の衝突は設計基準事象の範囲を超えた「超・設計基準事象」として扱われる。

同規則に準ずるという目的のためだけにのみ、採用された設計特性や機能としてNRCは、航空機の衝突影響から、①炉心の冷却機能、②格納構造の健全性、③使用済み燃料の冷却機能、④使用済み燃料冷却プールの健全性——を維持することを列挙。ただし、これらは厳しい基準を満たす機能や設計特性ではあっても、冗長システムの規制と同様、NRCの設計基準に基づく規制からは対象外となっている。

一方、NRCは原子力発電所が大型民間航空機の衝突を回避するための責任は連邦政府に帰すると指摘。そうした脅威に対して多重の防備を施すため、NRCは北米防空総司令部(NORAD)や連邦航空局などの連邦機関と緊密に協力するとともに、このような努力が航空機衝突事象の発生を効果的に防ぐことにつながると期待している。NRCはまた、新たな規則に則って設計された新規原子炉で万一、あまり起こりえない事象が発生した場合、新規規則に準じた対策を講じていない同型設計の原子炉よりは高い

耐久能力を發揮するはずだと強調している。

NRC はすでに02年、設計基準を超える航空機衝突の影響も含め、火災や爆発の影響を緩和する戦略の採用を事業者に求める指令を出すなど、原発における現実的な脅威に対する安全保障改善に取り組んでいる。

[インド]

AECL と L&T 社、ACR 1000 開発で覚書締結

インドのエンジニアリング・建設・製造会社であるラーセン&トップロ(L&T)社とカナダ原子力公社(AECL)は1月21日、改良型CANDU炉であるACR1000の開発協力で了解覚書(MOU)を締結したと発表した。

MOUへの調印はL&T社のM・コトワル上級副社長とAECLのH・マクディアミド総裁が行ったが、この合意が実行に移されるまでには、今後、インドとカナダ両国政府による最終承認と2国間の原子力協力協定締結が必要となる。

ACR1000はAECLが開発した「第3世代+」の新型原子炉設計で、加圧重水炉(PHWR)開発ですでに実証済みの技術を活用している。今回の合意により、両社はこのACR1000についてコスト的に競争力のあるモデルを共同開発。指標となるコスト・モデルが完成した後は、設計・機器調達・建設(EPC)ベースでインド国内に原子力発電所を建設するための協議を開始するとともに、世界の原子力市場で両者の専門知識を結集・活用していくことになる。

両社はACR1000で、今後、相当な需要があると見込んでおり、L&T社としては原子力分野の有力企業と強力なパートナーシップを組むことにより、原子力部門を早急に拡大させていく意図があることを明らかにした。

IAEA、民生用原子炉で保障措置協定

国際原子力機関(IAEA)は2月2日、インド政府とIAEAがインドの民生用原子力施設に保障措置を適用する協定に調印したと発表した。

同協定は米印原子力協定の前提条件として2007年

11月から両者が協議を重ね、昨年8月にIAEA理事会が承認していた。インド側で国内法規および憲法上の必要要件をすべてクリアし、それをIAEAに文書で通知し次第、発効する。

インド国内の原子炉のうち6基は1971年~94年までにIAEAの保障措置下にあったが、新たな協定締結により、これらを含めた14基—インドが平和利用目的に使用していると申告する核物質および原子力施設についてのみ—について2014年までに順次、保障措置が適用されることになった。

仏アレバが了解覚書に調印、インドにEPR 2基と核燃料を供給

仏アレバ社とインド原子力発電会社(NPCIL)は2月4日、インドに少なくとも2基のEPR(欧州加圧水型炉)を建設、およびそれらに対する燃料供給に関して了解覚書(MOU)をニューデリーで調印したと発表した。

調印式にはインド政府首相室のS・チャバン大臣、フランスのA-M・イドラック貿易担当閣外大臣、インド原子力委員会のA・カコドカル委員長らの立会いのもと、NPCILのS・ジャイン会長とアレバ社のA・ローベルジョンCEOが臨んだ。

今回のMOUは、昨年9月にインドとフランスが調印した2国間の原子力平和利用協力協定の枠組みの中で可能となったもの。MOUの調印により、両社は今後、インド・マハーラーシュトラ州のジャイタプール原子力発電所サイトにおける160万kW級EPR 2~6基の建設およびこれらの供用期間中の燃料供給について、契約締結やその他の詳細に関する準備のための協議開始が可能になった。

NPCILはインドの国営原子力企業として、原子炉のサイト選定から設計、建設、操業、メンテナンス、および寿命延長など原子力技術のすべての側面で包括的な能力を備えており、インド国内で17基・412万kWの原子炉を操業するとともに、5基・266万kWを建設中。インド政府はフランス、ロシア、米国との技術協力により、さらなる原子炉を海岸沿いに建設することを検討しており、それらのうち4サイトについてはすでに、政府の計画下にあるとしている。

一方、アレバ社はインド法人であるアレバT&D

社を通じて、同国の電力送配電市場で強力な存在感を表しているほか、バイオ・エネルギー分野においても同国の電力供給に貢献。インド国内にはすでに8つの事業拠点があり、4,200名以上の従業員を抱えている。

ロシア、インドに核燃料を長期供給

ロシアの原子燃料企業である TVEL 社は2月11日、インドの民生用原子炉に対する長期的な燃料ペレット供給契約をインド原子力省(DAE)と締結したと発表した。

これは昨年12月、ロシアのD・メドベージェフ大統領がインドを公式訪問した際、インドのクダンクラム原子力発電所にロシア製原子炉を2基増設する協定の調印とともに両国間で合意されていたもの。昨年9月の原子力供給国グループ(NSG)によるインドへの原子力禁輸解除決定を受けて可能となった。

契約総額は約7億ドルで、TVEL社が製造・供給する原子燃料は、インドで稼働中のタラプール原子力発電所のほか、2002年から建設中のクダンクラム1,2号機にも装荷されることになる。これら2基の建設作業はロシアのアトムストロイエクスポート社が主契約者となって進めているが、クダンクラムでは今後、7,8号機まで建設する可能性があるという。

今回の契約について TVEL 社のY・オレニン総裁は、「長期的で包括的な協力関係というものは、当社を含めたロシアの原子燃料サイクル企業による研究開発や設備・処理能力増強への投資促進につなが

る」と述べて高く評価。結果として、同社は顧客の要求項目に十分応えられる最高品質の製品を収めることができるとの考えを表明した。

[韓国]

斗山重工、初めて原子炉圧力容器を輸出

韓国の斗山重工業は2月9日、同社として初めて、原子炉圧力容器を海外に輸出したと発表した。中国の秦山原子力発電所・第Ⅱ期3号機(60万kW級PWR)用に製造したもので、同日、釜山の西40kmに位置する昌原原子力機器製造工場の埠頭から中国に向けて出荷したとしている。

同社はこれまで、米国の原子力発電所や中国の秦山発電所・第Ⅲ期1,2号機向けに蒸気発生器などを供給してきたが、原子炉機器の中でも最も重要な圧力容器を輸出したのは初めてのこと。2005年に中国核工業公司(CNNC)から秦山Ⅱ期3号機用に直径6.3m×長さ12.4m、重量300トンの圧力容器を受注。同機は6か月間の機器類設置作業完了後、試運転を経て11年にも運転を開始する見通した。

斗山重工はこのほか、07年に世界でも初のAP1000となる中国の三門発電所および海陽発電所計画で主要機器の供給契約をCNNCから獲得。昨年5月には中国の次世代原子炉建設計画に対する全面的な協力についてCNNCと了解覚書を取り交わしている。また、昨年6月には、米国のV・Cサマー原子力発電所2,3号機(AP1000)用の主要機器についても製造契約をウェスチングハウス社(WH)から獲得済みだ。

座談会

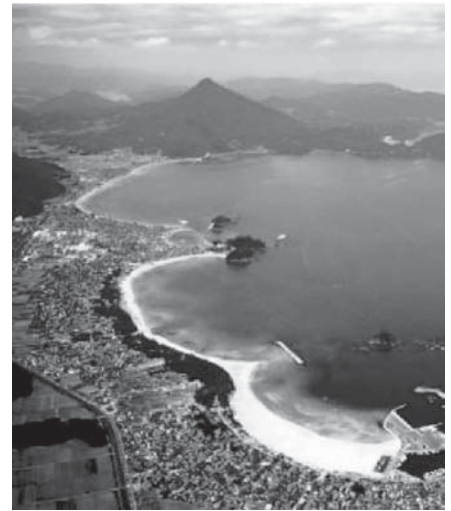
共生から創発へ

高浜町に生まれ育って…

これが私たちの本音ですワ

—立地は地域に役立ったのか？

これからどうする地域振興！



青葉山と青の里一帯

原子力発電所の廃炉やリプレースの声が聞かれるなか、早い段階に誘致を選択した立地地域では、すでに40年以上の歳月が流れた。この間、なにが起っていたのか、はたして立地地域は原子力と共存共栄しているのか？リプレースは歓迎されるのか？

進化か停滞か退化か……。金銭や財政的な豊かさと人々の心の充実感はどう変化してきたのか？

原子力と立地地域の、立地地域相互の、そして立地地域と消費地の新たな関係—単なる技術による進化でも退化でもないもの—を求めて。個々別々だったものがパートナーシップを組み、共に考え刺激し共振する。それぞれ固有の価値を繋ぎネットワークで相互作用して『創発』する。共生から創発のために！

〈話し手〉栗野 明雄 高浜町議会議員，鉄工所経営

田中 康隆 会社経営〔歴史に埋もれていた椿油を発掘〕

廣瀬とし子 婦人会会長，元看護師（50音順）

岡本 恭典 高浜町役場企画情報課

館太 正 郷土史家〔元家業は江戸時代から続く魚問屋〕

〈聞き手〉澤田哲生 編集委員

（2009年2月6日，ぷらっとHome 高浜にて取材）

1. 原子力は地域に役立っているのか？

—将来にわたるエネルギーセキュリティ，そして二酸化炭素の排出量の少ない社会（低炭素社会）の実現を考えると，日本の原子力発電の供給量は現状の2倍以上あってよいと思います。そのために超えるべき条件はいろいろありますが，何よりも過去の歴史をへて，立地地域の皆さんに豊かさの実感がなければならぬと思います。

まず，最初にお聞きしますが，高浜町は原子力発電所の誘致から約40年が過ぎました。誘致は地域の発展に役立ちましたか？皆さんの率直な意見をお話してください。栗野さんは，鉄工所を経営するかたわら，町議会議員をされていますね。青年の頃から原子力を見てこられました。いかがでしょうか。



田中康隆さん(会社経営)

栗野 確実に役立ってきました。発電所と共存共栄してきたと実感します。発電所なしでは，この町は栄えなかったと思いますよ。かつて海水浴³⁾で町は栄えましたが，海水浴は廃れました。原子力のおかげで人口が維持できています。人がいないとお話になり

ませんからね。

—館太(たちた)さんは，郷土資料館を始められましたね。もともと家業は魚問屋だったということですが。

館太 まずね，栗野さんにまったく同感ですよ。でも，これからの先き行が心配なんです。私は昭和53年春頃に，発電所建設の人材を集めて大阪から故郷にもどってきたんですよ。大阪のあいりん地区などから建設の人員を集めてきました。その立場から，安全衛生協議会⁴⁾を立ち上げました。

—原子力と地域振興をどうお考えですか？

館太 最初はねえ，漁業補償で漁師のみが恩恵を受けたんやね。地域全体に利は回っておらんかった。関電も地域振興にはあまり関心がなかったのと違うかな。箱ものができる仕組みはあったけどね。

—では，地域振興とか共生などといわれはじめたのは，いつごろからですか？

館太 20年くらい前からかなあ。

—原子力が来た頃は，田中さんは小学生ですか。石油

a) 明治期に京都大学教授が風邪の予防に海水浴が良いと説き，爆発的に流行った。若狭には，富豪の別荘地もある。

b) 発電所と協力会社等が一体となり，安全衛生活動を推進する組織。



廣瀬とし子さん
(婦人会会長)

販売業から最近では椿油の再生に取り組みられていますね。

田中 原発が誘致されて非常によかったと思います。それがなければ、今の人口(1万1,200人)は半減していたのではないのでしょうか。

ただし、功罪もある。私の目には「占領政策」のように映りました。お金で釣って、心がこもっ

てなかった。そして、私たちは、自分で何かしなければいけないという自助努力の精神を失った。なにかあれば関電に寄りかかってお願いしていたのです。一緒に汗をかこうという動きは比較的最近のことです。CSR研究会で、外来の企業は地域の人々と一緒に考えようという視点が大切との発表をしました。結構、質問がありましたよ。

—雇用と事業の創出についてはどうですか？

栗野 地元の人間を雇用せよということはできても、関連事業はなかなか育たんのですわ。九州玄海では、掃除などに地元業者が参入していると聞きます。

田中 地元事業者が業務を請け負った場合でも、今はそのまま他所に丸投げしている場合がある。これでは利益は出るが、雇用創出にはならない。長続きせん。

栗野 海水淡水化装置のメンテナンスを請け負っています。それを通じて、電力会社には地元を育てようという意識があることを知りました。

—廣瀬さんは、婦人会会長として地域でリーダーシップを発揮されていますね。

廣瀬 若狭高浜は海水浴の街というイメージでしたが、原子力ができて発展したと思います。将来を思うと、立地地域こそもっと電気や原子力のことを知ることが大切です。小学校時代から原子力に対する教育をきっちりして、高浜の自然を大切に活かし、若者が留まるようにしていきたいのです。主婦も、エネルギーや地域のことをもっと学習すべきです。他の立地地域の福島や静岡とも話を始めています。

—私たち原子力学会も小学生や中学生の教育では協力できると思います。そして最後に行政の立場から、岡本さんお願いします。

岡本 行政の立場からいいますと、バブリーな時代もあって、自助努力をあまりしてこなかったのは事実です。また、箱ものに走っていた。今、補助金が徐々にカットされているのが現状です。また、陳情は採択されなくなってきています。役場でも順序付けに知恵を絞るようになってきています。

昨秋のマキシマラソン^①はそういうちょうど転換の時期にできた。とてもタイミングがよかった。町が変わろうとしている節目で、その後押しになるとの期待があ

り、実際、大当たりでした。マラソンで7カ国もの外国の方々と接し、子供達にとっては非常に大きな経験になりました。

かつて、原子力に負のイメージが結構あったが、今やそれは薄らいで、むしろ温暖化の問題等で追い風が吹いている。この良いイメージを企業とともに町づくりに活かさない手はない。企業は重要なパートナーです。企業が環境問題に充分な力を注いで、お金も出しています。ここに共生をどうリンクさせていくかが、いま行政が抱えている課題です。

—もう少し具体的に教えてください。

岡本 私たちは“青の里”^②をブランドにしたいのです。青の里から、電気と同時に文化も送りたい。日本国内のみならず、世界にも発信していきたいのです。いろんな職種が原子力にあるので、この青の里に地元の人が戻ってくるように行政も地元企業も努力しないといけない。原子力に関係していろんな技能を伸ばす努力を『エネルギー研究開発拠点化計画』^③のなかで、キッチリ絵を描いて推進していくのが目下最大の関心です。

2. 地元との共生の新展開はどこに？

—エネルギー研究開発拠点化計画を行政の核にしているということでしょうか？

岡本 新しく産業を立ち上げるのは難しく、時間がかかります。私達はこれからも原子力でいくと腹を決めています。それをさらに国のエネルギー戦略のなかで包括的に位置づけていく。そこに、福井県、特にこの嶺南地域^④では、『エネルギー研究開発拠点化計画』に重心をおき、未来を担う世代の生活基盤をつくるという考えです。

田中 岡本さんは立場上なんかな、優等生の答弁やな。この拠点化計画ねえ。ちょっと浮いてる感じなんやなあ。身近にない。それに、福井市には、いわば中間搾取の構造があるわなあ。今後は、お金よりノウハウを地域に根付かせる方向に転換しないといかん。そのためには地域も関電も、ねばりと努力と我慢が必要です。それが共生の基本じゃあないですか。

舘太 若者が地元で根付かずにヤダメ。彼らの考え方は根本的に変わってきとる。知り合いの漁師の子が、「うちの親父は朝3時4時に働きに出ていく。早朝からエンジン音がやかましい。そんなんは堪らん。オレは出て行く」^⑤っていう。ワシちが若い頃はそんなことは考えられ

c) 2008年11月に京都から西の鯖街道を通り高浜までの約100kmで行われた駅伝形式のスポーツイベント。

d) 昔、大陸からの航行に、若狭富士と称する青葉山(標題写真)が目印になった。この山を中心とする一帯を青の里と呼ぶ。

e) 地域と原子力の自立的連携を目指して2004年に福井県が策定した。

f) 福井県南部の若狭湾沿岸地域。令領国の若狭国にほぼ一致する。

んかった。子供は親の職業を自然に尊敬してたんや。それで家族が生きていっとるという誇りがあった。

田中 昔は出たくても出られなかった。

舘太 自分個人の事情だけでは動いていなかった。家族や地域とのつながりがもっと強かったんやねえ。皆の心を繋ぐものがあつた。祭りや法事ですわ。ああいうのは一人ではできないので、プイッと出て行くわけにもいかなかったんやな。祭りや法事は心のふる里ですワナ。

栗野 うちは鉄工所で、最近、中途採用が2人入ってきた。

一同 おお、それは凄い！うらやましいなあ？

栗野 そのうち一人は自分は長男なんやという。ここ高浜に留まる気持ちを確実に持つてる。でも、なかなか良い職がない。農業も漁業も付加価値つけないと儲からんでしょ。だからジリ貧になる。漁業は資本がない。大事なものは、雇用の創出、さらには産業の育成ですワ。

外来型から内発的発展へ

—外来型から内発的発展^{g)}という視点で少し議論を深めたいと思います。豊かさの考え方が変わってきています。金銭や物的な豊かさから、心のやすらぎや充実感がなければ、本当に豊かとはいえないと。

田中 商工会の活動のなかで、特産品作りを熱心に行っていた時期があります。その中身を見て愕然としましたよ。なんか特産品をむりやり“ひねり出す”ことをしようとしていたのですよ。歴史や文化に根ざしてないとアカンでしょう。そこに心がこもってないとねえ。

—自らの文化や歴史を知らないということは往々にしてあります。

田中 私は石油販売をやってきましたが、ケツに火がつきましたね。いろいろ苦勞と試行錯誤をして地元にはもともと藪椿^{h)}がたくさん自生していること。かつて椿油を精製販売した歴史に、“ああ。これや！”と思った。そして、なぜこの土地に椿が多いんかという疑問をもった。来週、五島列島に行くんですよ。



藪椿

—なぜまたそんな遠くまで。

田中 これは高浜の椿のルーツ探しなのです。物語を求めて。昔からシルクロードは中国、朝鮮半島から若狭を通って、「西の鯖街道」ⁱ⁾から古都の奈良へと伝わっていった。

対馬海流とリマン海流の合流点が若狭の沖合にある。そこでぶつかって渦巻いたものが若狭に漂着した。そんななか五島列島から流れ着いた藪椿の実があつた。椿は本来、海岸沿いに繁っていた。シルクロードの西の端こと海流のぶつかる場所。ここにロマン(物語り)がある。お水送りが3月にありますね。あの辺(小浜市根来^{ねごり})には椿が群生している。なぜあの内陸に椿がたくさんあるのか、ってことですね。

—その熱意はどこからくるんですか。

田中 もともとね、高浜には自然発生的にものと人が集まって、自律的に産業が育つた。百年前に海水浴ブームが始まった。夏場30日稼げば一年暮らせるといわれた。40年前、原発が来てバブった。つい最近までのことです。こうして高浜は豊かでやってきた。ドボンとぬるま湯につかってしまったんですよ。ケツに火がついたときにハッと目覚めたんですよ。このままじゃあマズいと。

—目下の課題は？

田中 地産地消は、環境にやさしい言葉ですが、農業でもエネルギーでも量はしれているので産業にはならない。無意味です。うちの椿油も首都圏や京阪神でモノが売れなければ食っていけない。そして、日本人は舶来に弱く、海外で評価されると目の色が変わりよるね。

—アグリ、エコ、持続性そして物語りの発掘がうまく融合している。シルクロードの終点奈良で、来年、平城遷都1300年祭がありますね。

田中 ええ、もちろん狙っていますよ。京大や京産大などと連携した構想があります。奈良の平城京の広場で催しをやりたいと思っている。

—事業と地元の行政の関係をどう考えていますか？



せんとくん

©Heijo-kyo 1300 th Anniv.

田中 行政が側面に立って、本当にやりたい人をサポートするというのが筋であり理想です。

助成金がいろいろあるけど皆さんほとんど知らない。のほほんとしている。助成金は町が受けないとできない場合が多いし、助成金が原子力発電所などから出てくる場合もありますが、そんなケースでは、“原子力に関係しないとだめ”といわれていた。しかし、最近では「アグリのなものも対象になる」という。変わってきているんです。そこを皆は知らない。助成金は内発性を誘うんですよ。

—例えば、関西電力賞という名の地域振興賞のようなものが創設されたらどうでしょうか？特定業種に限定せずに、多様なアイデアを募り育てるような試みとして。地域振興はもとより、発電立地地域と消費地の相互理解、相互交流を促進するような創造的起業などですな。舘太 関西電力にはそういうシステム(補助金)があるんですよ。でもね、文書作成が難しいんですよ。文書作成能力以上のもの、なんていうか“こういう風にか”と、

g) 内発的発展の基本は、地域の多様性の尊重、個々人の能力の伸張、個人と地域の自立性の重視にある。

h) 狭義の椿のこと。若狭一帯に原生林がある。伝説では、北方の海岸まで生えているのは若狭比丘尼が植え広めたともいわれる。

i) 高浜から美山、周山の山岳地を超えて京都から奈良へ至る古代からの通商道路。

そもそも通らん”というようなものがある、敷居は高いよ。面倒くさがってるうちに“鳶に油揚さらわれる”ようなことも起ってくるんよ。結果、やる気が失せるっていうのかな。それではイカンのやで。

田中 “行政は交通整理役に徹する”で良いと思う。

岡本 行政の立場で、まさにそうだと思います。“この指とまれ”に集まってくれる人でないと、長続きしないですよ。そんな人をどう集めるのか、どう支援するのか行政のポイントだと思います。

田中 やる気のある人を掘り起こして、ケツを押すってことやな。“忙しくなると困る”という人も結構いるんですよ。なんていうか、欲がない。そんな精神風土がここにはある。日本全国、本来そんなもんちやいますか。田舎の人間にはもともとあんまり欲がないんですよ。

—個人や地域の自立性についてのお考えは？例えば、田中さんが成功者として、ノウハウの学習会のようなことをしてはどうですか？

田中 若年労働者がじわじわ減ってきているし、見通しは楽観できないですね。私みたいなハングリーは実際なかなかいない。それにね、地元ではどこそこのだれそれはどこに勤めてんの？などと聞く。まあ、品定めがありますわなあ。そんなことを考えると、結局は“役場か原発(原子力発電所)”がエエってことになっとんちやいますかあ？(笑)

—行政の考えは？

岡本 うちで最近、力を入れているエコツアーの“ドコイコ・ナニシヨ・ミニツアー！”¹⁾は、外向けだけではなく、地元の人が知らないということ掘り起こしたい。そして地元の人にも知ってほしいという企画意図がありました。自らの気づきに役立てる。

“豊かさ”のイメージですが、外から見た視点と内側からの視点が異なっているんですね。都会から移住してきた家族に教えられたことがあります。いつも家族と一緒にいられることが“豊かさ”だということですね。心のやすらぎや充実ですね。そんなのは田舎ではあたりまえですね。あたりまえの豊かさの気づきが大切です。

舘太 あのねえ、私自身の見てきたもの、身近にあったものから始めて、保存して伝えていかんとあかんと思たんです。郷土資料館を自宅に開いた動機です。自分のことも知らなくて、どないして前に進めるのかってという思いがあった。歴史や文化のことも、そしてエネルギーについてもっと意識して子供の頃から学習機会をつくって提供していかんと、どんどん町は廃れていくと思うんですわ。関電のPR施設も子供なんかは、いつでも自由に見れるように開放すればいいんちがうの？

岡本 申し込めばいつでも見れますよ。

舘太 そ〜うかあ、それはもっと宣伝すれば良いのちがうか。それに申し込んでも、フリーで入れるようにしたらアカンのか？そんな気持ちがあって、ボクは歴史資

料館の看板挙げたんだよ。

—廣瀬さんは婦人会をまとめておられますが……

廣瀬 私はねえ、食育の機会を増やしていきたいと思っておりますよ。この土地には身近にエコなえもんがいっぱいあるんですよ。例えば、忘れかけているイゴ^{k)}(海藻)のありがたさをもっと皆に知ってほしい、思い返して伝えていってほしい。そんな思いで活動しています。

田中 ものと同時に心の繋がりやね。失われていく法事の習慣とかを、もっと掘り起こして、伝えていかないといかん。ここには他所よりも伝統的風習が確実に伝わっていく素地があります。まずはピンポイントで提案して、手の届く地域資源をもっと活用していくんですわ。廣瀬 若いお母さん達に、地元を知って、工夫してほしい。これからの世代を育てるのが若いお母さん達なんですよ。

内発から地域間連携の可能性へ

—栗野さんは原子力発電立地地域の横のネットワークについていろいろ考えておられます。そこで伺いますが、立地地域同士は似てるんですか？

栗野 それが実はよくわからんです。ネットワークの第一の目的は、情報交換の基盤づくりです。基盤ができればその上でソフト的にいろいろやっていける。だいたいね、他所の地域のことってお互いあんまり知らないんですよ。知れば、それで助け合うことができるんちやうかな。知恵の出し合いのようなことが。

原発に甘えていれば、先細りという危機感がある。そういうのは、他の立地地域ではどうなってるのか大変関心がある。先細り感って、コワイもんなんです。そういう弱みを利用されたくもないしね。

田中 私が、伝統産業を掘り起こした心根には、手の届く所でやっていかないといかんという意識が強くあったんですわ。うちの椿油の事業もだいたい話題になってきて、良い意味でのプレッシャーですわ。これはね、立地地域の人々同士でも伝えていきたいなあ。新しいものと伝統との共存共栄ってのを見える形にしたい。

栗野 福島県の双葉町の財政が全国のワースト6になった。立地地域の地方行政は、全部下水道整備をやってきた。近代化のわかりやすい施策です。しかし、作ったのはよいが維持が難しくなってる。金がかかりすぎる。設備



岡本恭典さん
(高浜町役場企画情報課)

j) 高浜町で企画運営されているエコツアー。海山古刹めぐりや食体験の20コースほどがある。

k) イゴはエゴノリという紅藻類の細い海藻。かつて高浜町の伝説には欠かせなかった。



舘太 正さん
(郷土史家, 元魚問屋)

投資は財政面に悪いこともある。原子力で贅沢(箱もの)したがゆえに、かえって苦しくなっている例です。福島県の大熊町は下水道整備はやってなくて、福祉に金をまわしていると聞いている。これは今となってはうまくやり方かなと思えます。近くの若狭町は、原子力発電所は立地してない。そのせいか遅しくシビアナ人材が育っているようです。

舘太 井の中のカワズなんやで。かつて人員確保対策で高浜町を回った時もねえ、地元の方はちっとも来ないんや。地元オンリー主義では、結局は発展性が広がっていかないんですわ。そういう面はちゃんと見なアカンで。町としては続いているっていいですけど、それはねえ、ある面“ヨイショ”されて保ってきたところがある。協力会社が関電やその地元の関連企業をヨイショするからねえ。これは勘違いでっせ。自分できっちり考えんとね。

3. これからどこへ向かうのか。いつまで原電頼りができるか？共生のパラダイムシフトは… —新規増設やリプレースについてはどうですか？

栗野 増設できるんだったらしてもらったらいと思えます。高浜はもう敷地に余裕がないという話もありますが、実際には温排水(の温度が上がりすぎる)問題だと感じています。古くなった号機のリプレースは私が議員でいる間に提案するかもしれません。

田中 エネルギー供給地域としてやっていくと決めてますからね。増設できるんだったらやればいいんです。しかしねえ、時代の流れや人の心の変化に合わせた制度ちゅうかパラダイムシフトが必要ですワ。そうやって原子力との共生の実(じつ)をあげるちゅうのかなあ。

舘太 私もねえ、もう発電所しかないと思うよ。せやけど、原子力にもたれかかり過ぎはアカンでよ。原子力だけでない、職場はいろいろある方が良くんですよ。

栗野 エネルギーセキュリティを担うエリアとしてやっていく。その上での課題は、①地元に根づいたメンテ企業の育成、②自助努力が必要、③簡単なことから始める。今後10年程度でめどをつけたい。

日本の原子力、MグループならMでごっそり関連企業がある。そういうなかのひとつを地元で誘致する。大飯郡に8基あって、1社か2社M社の関連企業を持って来て地元で技術者を育てたいというのは正直な願いです。

田中 高浜は原子力がコアになってしまっている。関電が地元に出しやすい仕事を町に流してほしいですな。私は高浜町立原子力発電所が理想ですな。社長も高浜町から出る。そうなれば発電所は町民にとっても身近な場所になるやないですか。

舘太 そのためにも小学校からキッチリ勉強せなあ。岡本 原子力を中心に、プラス他のバリエーションで生活に潤いが出てくる。そういう工夫をしたい。コアは原子力発電所で、関電と一緒に町づくりを歩んでいく。

これまでは地域振興のために“おねだり”をしてきた側面もある。これからは環境問題も含めて、一緒に高浜町を築き上げていくところに共生の先の道がみえてくるのではないかなあ。

—具体的には？

岡本 はい。近畿電源地域連絡協議会^{l)}の平成20年度の会長を野瀬町長が務めています。そんななかで、子供の漁村体験プロジェクト構想があります……。都会から小学生が体験にくる。恵まれた自然環境に原発が立地していることとうまく繋げたいのですね。このプロジェクトは、向こう5年くらいで実施する予定です。地域の特色として、高浜では、将来のエネルギーの勉強ができることを売りにしたいのです。環境に役立つ原子力の理解です。協議会では電力ともいろいろ相談しています。

廣瀬 なにか高浜の独自性がほしい。私は古代鮓^{m)}を今風に再現し、高浜を“すし発祥の地”として売り出してい



たかはま鮓

きたい。そういうブランド育成が活力と潤いを生む。誰かが“この指とまれ”と音頭とりすれば、ついていく傾向が強いですよ。そこをうまく活かして、食に対しての子供達の体験が多様にできるような体制が欲しい。

補助金でありがたいし責任重大です。ほんとに努力せないけません。それから私の夢がひとつあります。町を花でいっぱいになりたいんですよ。これからのテーマです。

岡本 婦人会だけでなく、埋もれている人・もの・コトをうまく掘り出していきたいといけないんですよ。

—畜養の若狭ふぐⁿ⁾も高級ブランドですね。



若狭ふぐ

廣瀬 ええ。最近は米粉パンを地域で発信してますよ。

4. 自立的に意思決定し、行政を通じて町づくり に反映していく

栗野 万一、原子力がなくなったときも見据えて、発電関係の技術が地元で根付くことが大事です。電力が腹決めて仕事をだしてくればできることがあります。これま

- l) 近畿電源地域市町村の相互の連携強化と情報交換そして長期的な振興を図ることを目的としている。
- m) 奈良の平城宮址から発見された「荷札木簡」に若狭国遠敷郡青里(現在の高浜町)から多比鮓(鯛のすし)を御贄として献上した記録がある。
- n) 発祥には諸説あるが、昭和29年に高浜町の定置網に入ったトラフグから畜養が始まったとも。

では体質的に飲ませ食わせの営業体質があったし、地元は仕事に来て当然だと思っていた。電力の担当者はどうしても実績のある所に出したいですよ。ですから新規参入はなかなか難しい。

田中 はっきり言わせてもらえば、できれば地元とは関わりたくないという思いもあったん違うかな。既存の高度な技術習得が必要な事業ではなく、それ以外の部分、誰にでもできるもので都市部の業者に直接出ているものは地元にも回せないかという思いがある。例えば、物流関係。高浜はもともと自立発生型でやってきたから、商工関係者が多い。発電設備とそれ以外のものに分けて、それ以外のものは地元でも請け負える。

栗野 仕事に山谷あるので、地元には来にくい。それに高浜町は大飯町に比べて地元に出ているほうだと思う。

岡本 地元を下ろせる牌は全部地元を下りている。同じ牌の下で新規参入となると奪い合いになる。

栗野 技術者をちゃんと育てるんですよ。そうやって請け負えば絶対行ける。

館太 若狭には15基もあるので……燃料工場を高浜に作ればよいのと違うか。

5. これからのこと—共生から創発へ

—最後に、これから先の展望を聞かせてください。

館太 マキシマラソンでわかったのは、外国からたくさん人が来たけど、みんなえらい気さくでざっくばらんなんや。嬉しかったワ。ワシらの発電所のひとももっと気軽に原子力やれんのじゃないのかと。固いんやなあ。もっと普通の顔が見えるようにしたらエエ。

田中 電気事業者も横のつながりをもって、もっと仲良くしてほしいですね。わたしが実際に現地で知った例ではね、九州電力の玄海はね、地元と電気事業者の人間としてのつながりが非常に強い。関電の人は、“ここで3年間我慢したら良い”と思っているん違うかと勘ぐりたくなるねえ(微笑)。仮にそうなら真剣な付き合いできないですな。

栗野 ことお金で解決しようとするのはいただけない。「釣り竿と魚」でいえば、お金は魚。私たちは釣り竿をつくる技術がほしいし根づかせたい。

田中 電気事業者はその都道府県の知事の顔色しか見ていない。町長にも目は向いているが。地域共生といいつつコアなところは地元が目が向いていない。

岡本 事業者だけでなく、国のシステム自体がそうなのかもしれない。原子力立国計画^{o)}で「ぶれない」をうたっているが、立地政策が「ぶれていない」のでない限りだめ。交付金は都道府県に降りてくる。なぜ立地市町村が道府県に頭を下げないといけなくないのか。これじゃあ実際に立地し苦労してきた市町村の立場がないじゃあないですか。市町村が豊富な財源に甘えていた側面もあるが、立地地点の幸福がないと、“ぶれない”ということはできない。

田中 県はいわば胴元ですね。胴元ってねえ、普通25%取るんですよ。それが75%もとってるんですよ。

館太 県がねえ、気にしているのは北朝鮮ですよ。その対策って大変やでえ。わたしらのところやったら、舞鶴には自衛隊の基地がある。そして若狭は原子力……。軍事的な国防とエネルギー確保をこの地域一帯が担ってる。この紛れもない事実はちゃんと認識せんといかんし、もっと表に出してもええんちゃうかな。私なんか、若狭と舞鶴で“独立県”になったほうがエエとまで思ってますよ。真剣に背負ってる人たちが、恩恵もちゃんと受け取れるようになったほうがわかりやすいやないですか。

田中 舞鶴を入れて若狭県にすればよい。そうして、エネルギーと国防の一端をきっちり担うんですワ。

廣瀬 ここ若狭は立地地域ですが、福井県が運営している建物が若狭には全くない。全部嶺北に回っている。嶺南は交通の便なども悪く、割を食っていると感じています。

—対話と相互理解の機会をもっと増やさないといいですね。

栗野 全国的には立地地域のネットワークを組む動きはある。立地住民がネットワーク組んで悩みを共有するということは、一般の人々の原子力への理解促進にも役立ちます。これがないと今後の立地は進んでいかないと思うんです。これを、知恵を出し合ってぜひ皆で推進したい。立地地域の原子力への理解は進んでいるが、遅れているのはむしろ消費地とちがいますか。そのギャップを埋めるのに、ネットワークが役立つはずですよ。

—原子力学会もお手伝いできることがあるかもしれませんね。「創発」^{p)}という考えがあります。別々だった個々が繋がれば、相互に刺激し合って、単なる個々の価値の総和を超えて、ネットワークとしての価値を生み出す現象です。

栗野 そうですね。そこです。ネットワークは産官学の協力とともにあるのが理想です。学会の役割は大きいです。日本の将来のためにも学会としてもっと地方に目を向けて頂きたいと思っています。

—今日はとても良いご意見をたくさん頂きました。まずは、皆さんの率直な思いと肉声を原子力学会の会員や他の立地地域の方々と共有することから始めたいと思います。皆さん、お忙しいなかありがとうございました。



栗野明雄さん
(町議会議員)

o) <http://www.enecho.meti.go.jp/topics/images/060810-keikakukosshi.pdf>

p) 創発(emergence)は、個々が孤立しているのではなく相互に適切なコミュニケーションをとることで、個々の価値の単なる総和を超える新たな価値が生まれることをいう。

小中学生への環境・エネルギー学習支援活動 「げんでん e まなびクラブ」

日本原子力発電(株) 広報室

当社は、発電所立地地域である茨城県東海村と福井県敦賀市および周辺地域において、次世代層の“科学する心”を育むための手助けとなるよう、エネルギーや環境に関する学習教材や学習成果発表の場を提供するなどの学習支援活動「げんでん e まなびクラブ」を展開している。

本稿では、学校の先生方の協力を得ながら、当社の学習支援活動をどのように構築していったかについて紹介する。

I. 「げんでん e まなびクラブ」の開設

当社は、従来より小・中学生への環境・エネルギー学習支援活動を当社の発電所立地地域で展開していたが、平成14年4月より、「げんでん e まなびクラブ」活動としてプログラムを整理し、活動を開始した。

本章では、茨城県東海村および周辺地域(東海地区)の小・中学校を対象に開始した活動について紹介する。

1. エネルギー教育の背景と「げんでん e まなびクラブ」の活動のポイント

エネルギー教育を取り巻く状況として、次の3つが挙げられる。

- ・平成14年にエネルギー基本法が制定され、将来の科学技術分野の人材育成や、将来の適切なエネルギー選択のためにエネルギー教育が重要であると提唱されている。
- ・平成14年に学校教育において「総合的な学習の時間」が導入され、生徒たちが自主的に学び、自ら考える能力の向上を目指している。
- ・当社の原子力発電所の立地地域である茨城県および福井県の自治体においてもエネルギー教育についてのニーズが高まっている。

また、日本の小・中学生の“理科離れ”も指摘されており、このような状況の中で、当社は、生徒たちが科学に興味を持つための教育プログラムを整備し、それにより、原子力への正しい理解につながることも期待した。これは、自発的な学習意欲を引き出すことにもつながり、学校教育の総合的な学習の時間の目的に通ずるも

のである。

このような考えを基本に、当社は、平成13年まで実施していた次世代層に対する活動を「げんでん e まなびクラブ」(以下「e まなびクラブ」という)として新たに開設した。(げんでん(原電)は、当社社名の日本語の略称。eは、環境=environment, エネルギー=energy, 電気=electricity, そして教育=education を表現)

「e まなびクラブ」の活動のポイントは、次のとおりである。

- ・学校教育における総合学習支援である。
- ・子供たちに科学に対する興味を持ってもらうための学習プログラムである。
- ・3つの学習ステップ「課題に気づく」「自ら学ぶ」「自ら解決する」に沿った学習支援である。

2. 継続的な教育支援のための学校訪問活動

子供たちに科学に興味を持ってもらうためには、継続的な支援が必要である。そのため、平成14年4月、活動を開始するにあたり、当社は、8名のメンバーによる学校訪問チームを構成し、まず、東海村および周辺地域で活動を開始した。

訪問対象は、約220校の小・中学校で、メンバーは年4回以上、延べ約900回の学校訪問を行っている。訪問



第1図 「げんでん e まなびクラブ」のロゴマーク

Supporting Activities in Energy Education for the Next Generation The GENDEN Es' Education Club (G.E.E.C.): Public Relations Department, The Japan Atomic Power Company.

(2008年 12月24日 受理)

時には、学校のニーズを把握しながら出前授業や教育支援ツールの紹介を行い、総合学習の進捗に合わせた支援を行ってきた。

以下は学校訪問の標準スケジュールである。

- ・ 3～4月： 新学期の学級編成に合わせ、当社の活動について紹介
- ・ 7月初旬： 夏休みに当社が主催するイベント等の案内
- ・ 10～12月： 生徒たちが授業や自由研究でまとめた作品を当社主催の学習成果発表会で発表してもらうための参加依頼

活動当初は、地道に学校を回り、先生方の会合等で説明する機会を得ながら、趣旨を理解していただいた。その中で興味を持っていただいた先生方が少しずつ当社に出前授業を依頼するようになってきた。

3. 自ら課題解決するための3つの学習ステップ

当社は、生徒たちが何かに興味や疑問を持って課題を見つけ、自らの学習意欲を高め、課題解決につなげるための3つのステップに合わせ、学習ツールを提供している。

(1) ステップ1：「課題に気づく」

当社は、最初に、生徒たちが、興味や疑問に気づく手段として、地域の社会見学ツアーのコースを紹介している。総合学習は、科目の枠を超え、先生方がさまざまなツールを活用して授業内容を組み立てることができる。

当社が紹介する社会見学コースは、当社への発電所見学はもとより、茨城県内にある県庁、消防署、テレビ局や博物館を訪れるコースで構成されている。

その他、学習のヒントになるパンフレット、CDデータ集や地球環境や生活の中でのエネルギーとのかかわりを示した「地球つながりマップ」などを配布し、次世代層と当社が接点を持つ機会を得ている。

(2) ステップ2：「自ら学ぶ」

次のステップでは、生徒たちがさらに関心を高め、疑問を解くため、自ら学べる学習ツールを提供している。そのため、当社社員をゲストティーチャーとして学校に派遣(出前授業)し、学校のニーズに合わせ、原子力発電、電気、エネルギー、放射線や環境をテーマにした授業を年間約20回行っている。授業では、発電模型や地球温暖化のしくみがわかる模型、放射線の通った跡を見る実験(霧箱)を活用し、楽しくわかりやすい授業を心がけている。

また、夏休みや春休みは、生徒たちの自由研究を支援するための科学体験、自然観察や地域の施設見学を行うイベントとして、「夏休みeまなびスクール」や「とびだせeまなびキッズ」、春休みには「げんでんサイエンスショー」を開催している。

その他、東海村にある当社のPR施設、東海テラパー

ク内には、生徒たちがエネルギーや環境に関する参考書やパソコンを自由に利用できる学習コーナーを設置しており、夏休み期間中は、質問コーナーも開設している。

(3) ステップ3：「自ら解決する」

学習の仕上げのステップでは、生徒たちが、授業や夏休み期間中にまとめた学習成果を発表する場として、毎年2月に「eまなびクラブ交流会」を東海テラパークで開催し、平成15年度からは地域の教育委員会の後援を得ている。

この交流会は、平成20年2月に第5回を迎え、口頭または展示による約60チームが毎年出場するとともに、先生方や保護者たちを含めて約260名が参加している。生徒たちは、自分たちの研究をまとめることで、課題を解決する能力を高めることができる。彼らの中には同じテーマで何年も継続して研究をしている生徒もあり、彼らの好奇心には驚かされる。(第2図)

「eまなびクラブ交流会」には、次のようなメリットが挙げられる。

- ・ 参加している生徒たちは、プレゼンテーションスキルが向上するだけでなく、さまざまな学年や地域から参加した生徒たちの学習成果を見ることにより、さらに自分たちの研究を進める意欲を高める機会となる。
- ・ 先生方や保護者たちは、子供たちの学習成果を確認することで、子供たちが課題を自ら解決する努力に対して目を向け、彼らを励ますことの重要性を再認識する良い機会となる。

以下は、「eまなびクラブ交流会」に参加した先生方の感想である。

- ・ 生徒たちが「eまなびクラブ交流会」に参加するよう今後も勧めたい。
- ・ 「eまなびクラブ交流会」は、生徒たちがさらに学習を深めるための励みになる
- ・ 我々は、地域の一員として、原子力について学ぶべきである。

II. 「eまなびクラブ」の活動の拡大

福井県敦賀市(敦賀地区)における活動では、まず初め



第2図 「eまなびクラブ交流会」

に、教育関係者の方々と当社の学校支援について、ひざを交えた相談から始めた。これらの議論の結果、敦賀地区においては、「校外自主学習支援活動」と「学校教育支援活動」を2本立てとした活動を実施していくこととした。

東海地区の「eまなびクラブ」が学校単位で活用してもらう学習支援であるのに対し、敦賀地区では、校外自主学習支援活動として会員制の学習クラブを開設した。これにより、「eまなびクラブ」の新たな活動形態が整備され、地域特性に合った当社の総合学習支援が揃ったことになる。

本章では、敦賀地区での「eまなびクラブ」活動について紹介する。

1. 校外自主学習支援活動「げん丸塾」(会員制学習クラブ)の開設

敦賀地区では、学校教育での総合学習の導入を契機として、地元の先生方と、当社の学習支援活動について検討を重ねた。その結果、敦賀地区では、「eまなびクラブ」の一環として、小学校3年生から中学校3年生を対象とした会員制の学習クラブ「げん丸塾」を、平成16年10月に開設した(会員 260名、平成20年3月現在)。敦賀市内にある当社事務所には、校外学習拠点としてエネルギー・環境・原子力などについて気軽に調べたり相談したりできる「げん丸塾」コーナー(第3図)を設け、「星の観察」「河川の水質調査」「放射線」などの体験学習や講座を開催している。「げん丸」とは、敦賀地区の広報用マスコット名)

また、会員による学習成果発表会、「げん丸塾会員のつどい」は、平成17年度より開催し、保護者たちを含め、毎年約70名が参加している。

敦賀市内の祭りやイベントの際には、当社もブースを出して科学に関する工作教室などを開くが、「げん丸塾」会員の生徒たちが、参加者の子供たちの手助けをしている。また、編集委員会を作り、会報「げん丸塾だより」を発行するなど、自主的にクラブの運営に取り組んでいる。

2. 「学校教育支援活動」

当社は、「げん丸塾」開設後も、先生方との検討会を継



第3図 「げん丸塾」コーナー

続し、平成17年度には、小・中学校への出前授業の実践につなげることができた。現在、敦賀市と周辺地域では約30校、福井市と周辺地域では約70校を対象に、エネルギーや原子力発電のしくみをテーマに、放射線測定体験、霧箱実験や自転車を使って人力で電気をおこす体験ができる出前授業などを行っている。先生方と授業内容を検討する中で、エネルギーや原子力ばかりでなく、地球温暖化をテーマにした授業の要望もあり、当社も授業に必要な機材やシナリオを整備した。先生方との授業作りを通し、当社も教育支援の充実を図っている。

III. 今後の展望

1. 「eまなびクラブ」のブランド化を目指して

「eまなびクラブ」は、それぞれの地域のニーズに合った形で整備された。

当社は、「eまなびクラブ」を次世代層に対する当社の総合学習支援活動のブランドとして定着させるため、ロゴマークの商標登録を行った(第1図)。今後は活動の認知度を高めると同時に、内容を充実させていく。そのための一つの方策として、東海地区および敦賀地区の生徒たちの作品相互交流を行っている。

また、平成18年4月に「eまなびクラブ」のウェブサイトを開設し、当社が提供している学習支援の情報や生徒たちの作品を掲載している。ウェブサイトをさらに活用していく方法も今後検討していく。(第4、5図)

2. 将来の科学技術と立地地域への貢献のために

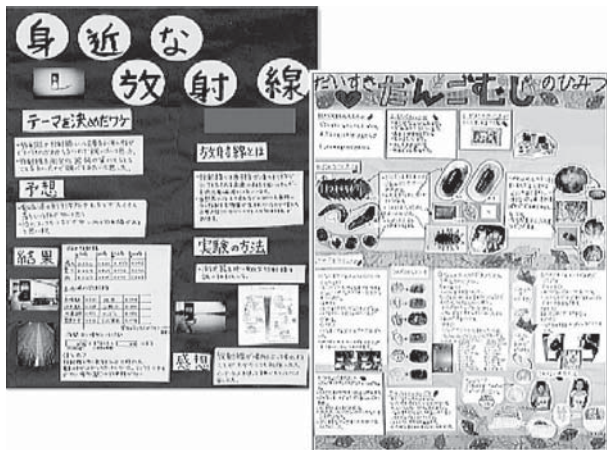
現在、電力会社や他のエネルギー関連の企業は、エネルギー・環境教育について、同様の活動をそれぞれの地域で展開している。

「eまなびクラブ」が力を入れているのは、継続的な学習支援のために、定期的な学校訪問と生徒たちが学習してきたことをまとめる機会となる学習成果発表会であり、年間を通して生徒たちを支援できると考えている。



第4図 「eまなびクラブ」のウェブサイト

<http://e-manabiclub.com>



第5図 ウェブサイトに掲載中の生徒の作品

「eまなびクラブ」は、自ら課題を解決する力を養うことをねらいとした総合学習と合致した教育支援活動として体系化し、定着してきている。

学校訪問の際、当社は常に、良い教育支援ツールを作ろうと先生方と授業を工夫している。

「eまなびクラブ」を通し、学校と当社が子供たちの“科学する心”を育むことが、将来の科学技術の発展につながるるとともに、地元企業として地域の方々と一体となって、地域の繁栄にも貢献できると考えている。

新刊紹介

技術立国日本のエネルギー戦略

(財)エネルギー総合工学研究所編著、253 p. (2008.9)、
エネルギーフォーラム、
(定価2,500円+税) ISBN 978-4-88555-353-0

カフェで本書を読んでいたときのこと。ついコックリコックリ心地よい眠気が一瞬襲われた。すると、吉永小百合がにっこり微笑んで「原発ドーム(建家のこと?)もぜんぶ太陽光パネルで覆っちゃいましょうよ!」というのにびくついて我にかえった。変な白日夢であったが、女神のお告げかとも思った。

本書は、(財)エネルギー総合工学研究所設立30周年記念事業の一環として出版された。“エネルギーと地球環境の未来を拓く”という意欲的なサブタイトル。それが示す通り、現在実用に供しているエネルギー源を中心に、その現状と近未来の展望および課題が解説される。あまねく技術を網羅し分析する。

現在、発電電力量のトップは原子力で31%である。それに次ぐのが石炭火力(26%)であるとは、本書をひも解くまで寡聞にして知らなかった。意欲的な技術革新がどんどん進み、最新鋭のコンバインドサイクルでは、発電効率が60%にも達する。これだと二酸化炭素排出量が現状よりなんと15%も削減されるというのである。これには刮目した。低炭素社会に

向けて、石炭火力は悪者的にとらえていたが、浅はかであった。

このような話が個別技術ごとに展開される。太陽光、風力、ごみ発電、省エネ、燃料電池、電気自動車などなど。原子力については、高速増殖炉と高レベル廃棄物処分を中心に、約20ページが割かれる。

そして、技術解説の後に、各界の識者27名の現状俯瞰と将来展望の論が続く。これはなかなか読み応えがある。評者が特に興味を持ったのは、安藤(石炭エネルギーセンター)、竹村(リバーフロント整備センター：省エネ)、浜野(シャープ：太陽光)3氏の各論である。

本書を通読して改めて思ったのは、「日本の技術は“ものすごく”進んでいる」ということ。しかし、マイナス6%の削減目標達成の見通しは暗く、COPでの日本の評判も芳しくない。なぜなのか。なにが足りないのだろう。

本書の序章では、この書物の刊行の動機あるいは哲学が語られる。なかでも「私たち一人ひとりが戦略の概念を擁し、国家の大戦略についても概念を共有していくこと」という言葉に心が吸い寄せられた。求められているのは、技術+αのアルファのなかみだ。冒頭の小百合女神のお告げも、あなたが荒唐無稽ではないかもしれない。

(東工大・澤田哲生)



原子力施設におけるクライシス・コミュニケーションとメディア対応

災害や事故は忘れた頃にやってくる

原子力安全基盤機構 三谷 信次

平成19年7月に発生した中越沖地震においては、柏崎刈羽原子力発電所が罹災し、屋外変圧器の火災や微量の放射性物質の所外への流出などがメディアにきわめて大きく取り上げられた。このとき事業者をはじめ中央官庁や自治体等が外部発信の面での初動体制にいくつかの課題を残した。これらの反省を踏まえて、「総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会」の下部に「原子力施設に関する自衛消防及び情報連絡・提供に関するワーキンググループ」が設立され、数多くの課題の摘出・提言がなされた¹⁾。これらを踏まえつつ、事業者および規制の側の緊急時の情報発信(クライシス・コミュニケーション)はいかにあるべきかを検討した。さらに、災害・事故がやって来たとき、平時よりPDCAを廻して周到な備えがなされているか。また平時・有事を含め、メディアの論理とその対応について考察した。

I. クライシス・コミュニケーションとは何か

リスクコミュニケーションという言葉がある。代表的な定義として「相手の持っている情報、ことにリスクに関する情報を、関係する人々にできるだけ開示し、たがいに共有することにより、問題解決に至る道筋を探す社会的な技術」であるといわれている²⁾。ここでの相手とは情報を発信する側のことと解釈できる。クライシス・コミュニケーションとは、このような技術の中で、実際に事が起きてしまった場合の有事のリスクコミュニケーションの一つであると考えることができる。したがって、リスクマネジメントの一つと位置付けられ、平時より十分な計画や訓練が行われてはじめて有事にその成果が顕在化するものといえる。

しかるに、有事という場面とくに重要になるのが組織のトップが責任にどのように対応するかということである。責任には法的責任と社会的責任がある。平時は基本的には法的責任を中心に考えていけば大きな間違いはない。しかし有事には社会的責任という考え方が大きく顕在化してくる。社会的責任の一つは、関係する組織トップの説明責任(Accountability)である。原子力の場合を考えてみると、有事になると多くは平時の計画・訓練を十分に生かしきれていない。とくにリスクマネジメント

の一つ、メディア対応については必ずしも十分であるとはいえなかった。メディアに大げさな取り上げ方をされたり、発信した意図とは違った報道をされたりして、その結果、立地地域に風評被害をもたらすといった事例を数多く見てきた。またクライシスと一口にいても、発生した事例により、様々な領域があり、コミュニケーションの仕方は状況により変わってくる。

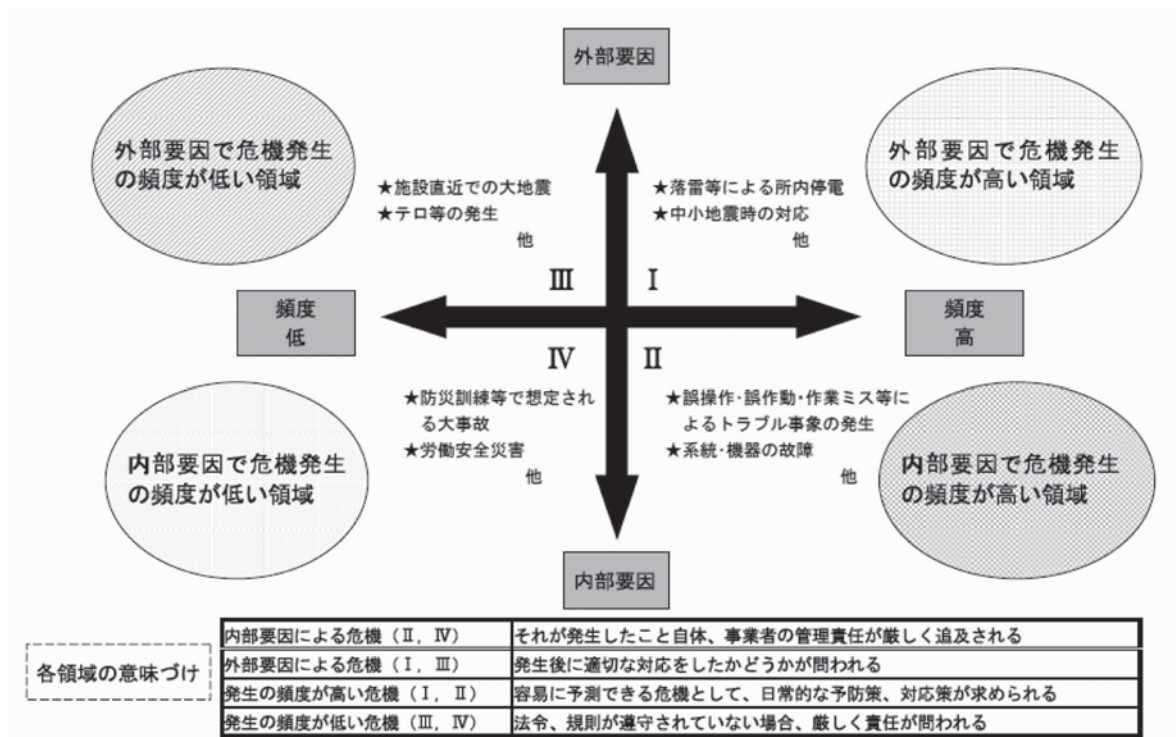
原子力施設での事故・トラブル・災害等の事象を有事の程度で分類すると、一般の事例³⁾を参考にして第1図のように表される。

(I)の領域の事例については、運転訓練センター等での徹底した事前訓練や、設計段階での考慮が十分になされており、適切に対応をしてきている場合が多い。クライシス・コミュニケーションは比較的うまくいっていると考えられる。

(II)の領域は、原子力の専門家と、取材するメディアの間で事象のとらえ方に大きな認識の違いがあるところである。この領域のクライシス・コミュニケーションについては、後のII-4(1)で詳しく述べる。

(III)の領域は、中越沖地震発生時の場合等がこれにあたる。原子力事業者だけでなく、中央官庁、自治体までが、地震発生直後に適切なクライシス・コミュニケーションをしたかどうか厳しく問われた。

(IV)の領域は、防災訓練で想定されるような大きな事故のときである。シナリオ通りに行けば混乱は少ないと考えられるが、メディア訓練等に関しては、欧米の例に学ぶべきことが多く残っているようにも思える。



第1図 原子力施設における有事の事象の分類例

II. クライシス・コミュニケーションの実施

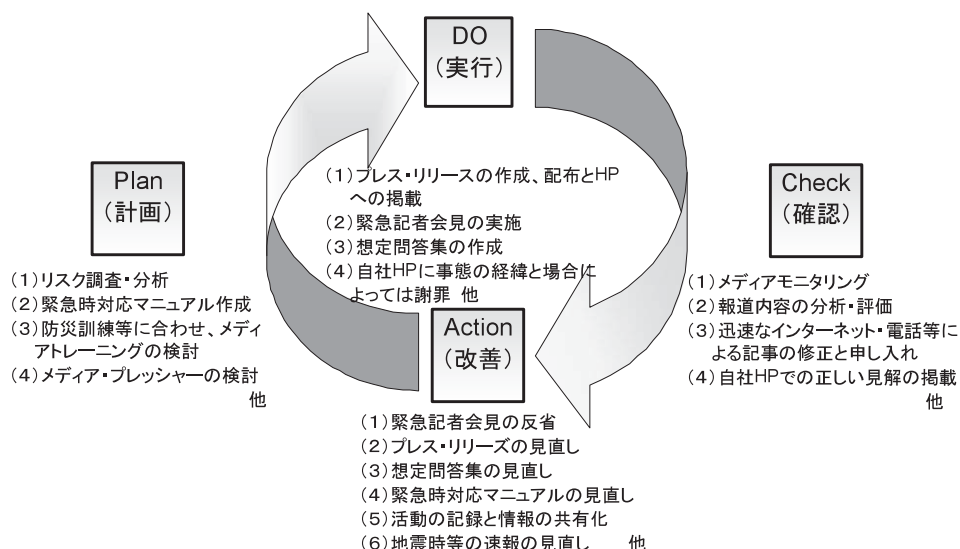
先に述べた「ワーキンググループ報告書」¹⁾では、「情報連絡・提供に関する対応の見直しに当たっては、原子力安全・保安院及び必要に応じて原子力事業者や地方自治体等も参加した訓練を実施、検証し、PDCAサイクルにより、個々の問題点の抽出と改善を継続的に行うことが必要である」と述べている。

それでは、クライシス・コミュニケーションにリスクマネジメントの分野でよく使われているPDCAサイクルを適用するとどのようになるのだろうか。原子力施設におけるクライシス・コミュニケーションについて、

PDCAサイクルの一般事例⁴⁾を原子力事業者の場合に適用してみた一例を第2図に示す。

1. Plan(計画)

計画の段階では多くの関係機関で比較的しっかりした計画書、マニュアル類が整備されている。クライシス・コミュニケーションでは、(3)メディアトレーニング、(4)メディア・プレッシャー等の検討がとくに重要である。メディアトレーニングとは新聞記者やTVカメラを相手に記者会見またはインタビューを行う訓練のことで、有事には緊迫した雰囲気で行われる。またメディアプレッシャーとは、そのときメディアから受ける有形無形の圧



第2図 原子力施設におけるクライシス・コミュニケーションに関するPDCAサイクルの例

力のことである。原子力防災訓練などでは、関係する記者クラブの記者に質問してもらい有事の臨場感を出したりする。これは有事のストレスに耐え抜く強い報道官や広報要員を育成するためのものである。他に多数のメディア記者から次々と質問を浴びせられたり、1分間に10本の電話を同時に鳴らして矢継ぎ早な質問に対応させる等の訓練がある。これらはフランスの規制機関(ANS)や電力公社(EDF)、および米国での民間機関(NEI)等で実施されている。我が国でも参考にするべき点が多い。有事のプレッシャーは組織内の上司などからもかかってくる場合がある。組織のトップはこれらの人達をしっかりと支える責任がある。原子力の場合、原子力専任のNo.2が全権をまかされて、立地地域に赴任している例が多くなってきた。平時のトップはアフターユー(部下に任せて仕事を進める)でもよいが、有事のトップはフォロワー(率先垂範で仕事を進める)が求められる。以上のような理由からか、欧米のほとんどの組織では、広報部門はトップに直結している場合が多い。

2. Do(実行)

(1) プレスリリース文の作成・配布とホームページ(以下HPと記す)への掲載等

最近では緊急記者会見まで行かないレベルでも、原子力安全・保安院や原子力事業者等の間でプレスリリースやHPを使った情報伝達はかなり普及・浸透してきている。速報が大事で有事の際には発表のスピードが遅いとあらぬ疑惑を招く結果にもなりかねない。

(2) 緊急記者会見の実施

有事の情報伝達には、伝達手段の多重性・多様性が求められる。その中でメディアを使った伝達が最も迅速で効果的であることは論をまたない。記者会見はその対応いかんでその後の推移に大きな影響を与え新たな有事を招きかねない。

(a) 情報の一本化

原子力災害特別措置法でいう「施設周辺に影響を及ぼすような事態」に至れば、立地地域に規制機関・事業者・自治体等が一同に集まる、いわゆる「オフサイトセンター」⁹⁾が開設される。中越沖地震後は、原子力災害以外で大きな地震災害の場合でも開設されるようになった。各関係機関は、ここで情報を共有することができ、内外に一本化した情報発信ができる。ここでの情報をもとに中央官庁や事業者本社(店)でも整合のとれた緊急記者会見が実施される。

クライシス・コミュニケーションでは、関係する地域社会への情報伝達には十分配慮する必要がある。地域社会が伝聞情報しか入手できない場合、たがいの信頼関係が損なわれ、不必要な憶測や感情的対立をもたらすことがある。地域社会がメディア報道や地域外からの伝聞で先に重要情報を入手する等のことのないよう、必ず優先

的に情報を流す配慮が必要である。

(b) 記者会見での留意事項

- a) 質問には原則一問一答(ワンボイス)で、30分以内で終わらせる。
- b) 発表文は原子力の専門家が日常よく使う専門用語や略称は極力使わないで平易な言葉で話す。(専門用語や技術知識等が必要な場合は、簡略図や説明文を使用する)
- c) 初動の情報の90%は事実と異なるといわれており、記者は内容の正確度より対応の迅速性を求めている(第3図)⁹⁾。(確証のとれていない情報は、必ず変更の可能性について記しておく)
- d) 言語情報(7%)よりも視覚情報(55%)が優先する(第4図)。(第1報は新聞よりも先に、テレビ、インターネット等で国民に伝わる。発表者の一挙一動、服装を国民はシッカリ見ている。)

3. Check(確認)

PDCA サイクルの中で最も大切な部分である。発信した情報をメディア(特に新聞、テレビ)は正しく伝えているか。発信者は手分けしてでも、伝えられたメディアの情報を追跡・チェックする必要がある。欧州、米国では、メディアトレーニングの段階から特に力を入れている。

我が国では、インターネットの発達に伴って、事業者等がインターネットのHPを利用して、メディアの誤報を正す例が出てきている。たとえば、事故・災害の例ではないが浜岡原発訴訟について、中部電力が毎日新聞の第1報に誤報があるとして発表後数時間内にクレームをつけた例がある(第5図)。このHPを見た毎日新聞社や他社のメディアのその後の報道は、中部電力のクレーム

■(社)日本パブリックリレーションズ協会が行った「危機管理に関する広報担当者と記者への緊急アンケート」(2003年2月実施)結果から

質問：緊急事態発生時の初期マスコミ対応で、企業が重視すべき項目は？

記者100名の回答：対応の迅速性	53%
対応の誠実さ	24%
情報の公開性	19%
回答の正確度	4%

第3図 クライシス・コミュニケーションでメディアが求めているもの

「メラビアンの法則」→→→第一印象に求める要素
米国の心理学者アルバート・メラビアンが1971年に提唱

表情・しぐさ・服装など外見(視覚情報)	55%
声の質・トーン・大きさ・テンポ(聴覚情報)	38%
言葉・話の内容(言語情報)	7%

第4図 メラビアンの法則

毎日新聞夕刊記事(平成20年9月2日)
「浜岡原発 停止打診へ」に関する報道について

平成20年9月2日
中部電力株式会社

本日、東京高等裁判所において、浜岡原子力発電所運転差止請求控訴事件の第2回進行協議期日が行われました。

一部新聞報道によれば、「東京高裁は2日、第1回口頭弁論(19日)で双方に和解を打診する方針を示した」とありますが、当社に対し裁判所から和解を打診されたという事実はありません。

当社としましては、第一審と同様、控訴審においても浜岡原子力発電所の安全性、耐震性に係る当社の主張が裁判所にご理解いただけると確信しております。

適切に訴訟対応を行い、早期に勝訴判決をいただけるよう努めてまいります。

以上

中部電力ホームページから引用

第5図 メディアの誤報を正す例

を取り入れた形の流れになっていった。メディアチェックが成功した例である。

メディアチェックは時間との勝負である。先発のメディアの報道に問題があれば迅速に対応しないと後続のメディアが先発の報道に影響され、その後の報道全体に大きな流れが作られてしまうことになる。中越沖地震時のNHKによる火災の長時間にわたるTV放映は、遠方へ行くほど重大にとらえられ、海外ではチェルノブイリ級の事故のように一部誤解されて伝わった。実にメディアチェックをしっかりと行う必要性を痛感させる。

報道内容に明らかな技術的な間違いや、一般の人に誤解を与えそうな報道内容を見たときはどうするか。インターネットが発達してきている現在、テレビ局でも新聞社でも電話やネットによるコメントを受け付けており、原子力学会員個人でも積極的に発言することが以前より容易になってきている。一例として代表的な2社についてのアドレスを以下に示す。

<http://www.nhk.or.jp/css/goiken/mail.html>
(NHK)

<https://se01.asahi.com/reference/form.html>
(朝日新聞東京本社)

4. Action(反省・見直し)

リスクマネジメントにおいて、組織は常にパフォーマンス評価を怠らず、トップのレビューを受けることが求められる⁷⁾。しかしクライシス・コミュニケーションにおいてもPDCAサイクルの不断の遂行が期待されるが、現実には、P(計画)とD(実行)に力が入られ、C(確認)とA(改善)については後回しになりがちである。これには解決課題がいくつかある場合、先送りにされてし

まうケースが多いからと思われる。

(1) 「取材ランクのガイドライン」の必要性

第1図に示したクライシス・コミュニケーションで大きな課題の残るのが、内部要因で危機発生頻度の高い(Ⅱ)の領域である。毎日どこかの立地地域の地方新聞で原発での不具合・トラブルが、大きくあるいは小さく報道されている。お粗末な事象もいくつかあるが、国際原子力機関(IAEA)の事象区分(INES)からすれば、安全と環境に影響を及ぼさないとされる最低ランクのものが大半以上である。原子力事業者と自治体間で結ばれた「安全協定」により、事業者はどのような小さな不具合・トラブルでも公表基準等にしたがってすべて自治体に報告するようになった。原子力の専門家から見れば大した不具合でなくても、社会面をはじめ多分野の記事を一手に取り扱う地方記者にとっては、特ダネの宝庫のように見えるのだろう。両者間で不具合・トラブルを見るモノサシが違うのである。これが一般の人々の目には「原子力では事故が多い」と映って不安を大きくし、事業者は信用できなくなってしまう。

自動車の部品総数は3万個/台、ジャンボジェットは45万個/機。1,100万kW級原発では1,000万個/基といわれている。常時、点検・検査・補修をやっている他産業に比べれば、不具合や故障の件数ははるかに多い。産・官・学の関係者が根本原因を見つけ出し、これらを減らすための努力・工夫をやっているが、他産業との比較の点では限度がある。ここで「あらぬ不安を大きくしない」で「事実に近い理解を相互に促進」するにはどうすればよいか。一案として、自治体やメディアおよび風評被害に関係するステークホルダーが一つの場をもってよく話し合い、原子力の専門家を入れて協働して「取材ランクのガイドライン」を作成してみてもどうだろうか？それがうまく運用されることで立地や消費地域の住民にとっても、原子力の専門家にとっても、お互いの立場を理解した取材方法になるのではないだろうか。

(2) 「インタープリター」の必要性

事件を主として扱っている社会部記者が原子力の有事の取材で一番知りたいのが、関係する原子力の基礎知識である。経済部や科学部の記者がメディア社内で取材記者に情報を出して理解を助けるようであるが、原子力専門家に意見を求める必要がある場合も出てくる。「反対派といわれる団体の広報活動はメディアに積極的でわかり易い」といわれている。原子力学会では、このような場合に備えて「原子力110番」を開設する運びとなったわけである。しかし、関係する専門家と一般市民の間に入るインタープリターが必要となる場合もあり、「わかり易い図面集」や「説明文」の整備も必要となる。電気事業連合会の「原子力図面集」や文部科学省の「原子力百科事典」は有事の際、一般市民向けにそのまま使用するには課題が多い。反対派といわれている人達と同じスピード

でわかり易い資料を揃えるには、産官学とメディアが一体となった協働作業によるインフラ整備が課題となろう。

原子力安全委員会や原子力安全・保安院の発表するプレスリリースは平時・有事を問わず難解である。立地地域の住民や一般の人達にはわかりづらいから、もっと平易に説明せよとよくいわれる。しかしこれらの中央官庁は発言に言質を取られるため、慎重な文言と正確性が求められる。有事の速報には間に合わないが、自治体の広報誌、保安院の立地地域向け情報誌である NISA 通信、あるいは原子力安全基盤機構の広報誌や HP 等がリスクコミュニケーションとしてインタープリターの役割を果たしていると考えられる。

Ⅲ. メディアの論理とその対応

- (1) 有事の記者(社会部)は、平時につき合っている記者クラブの記者(経済部, 科学部)と違って修羅場での取材のプロである。彼らは原子力の知識は社会面を通しての認識しかなく厳しい態度で質問してくる。記者会見の発表者は有事の記者, カメラマンの背後に数百万の人々の眼があるとして丁重かつ冷静に対応する必要がある。彼らはあらかじめストーリーを持って取材に臨むわけではないといわれている⁸⁾。しかし丸腰でやってくるわけではなく、彼らの得意とする切り口で取材すると考えるべきである。しかし、発表者の側の意図が少しでも正しく伝わるよう、記者クラブの記者とも平時にリスクコミュニケーションをよくやっておくことで、有事の誤解を少しでも避ける努力も必要である。
- (2) 新聞については版立てや締切り時間が存在する。スクープや緊急性のあるものなどニュース価値の高いものは、朝刊で朝1時半頃、夕刊で午後1時20分頃となっている。過去に締切り直前に発生したトラブル事例として、紙面のスペースを先に割り当て、締切り後に記事をつっこむ事例が見受けられた。このような場合は、記事にボリュームがないため、見出しが異様に大きくなったりする。
- (3) 欧州・米国の記者には、メディアには所属せず、取材した記事をメディアに売って仕事しているフリーライターが多くいる。専門性が高く、その分野においては何十年と書きつづけている有名な人が多く、ネーム入りで記事が載る。一方、日本の記者はメディア各社の所属社員で、専任記者は少なく数年で配置換えとなる。新しい環境下で勉強・経験しながら取材することになる。中越沖地震のときは、NHKの記者には若手の新人が多かったためか、原発が安全停止したことがうまく伝わらなかったと聞く。しかし、あの時期、事業者の広報窓口もオフサイトセンターの所長も赴任直後であって、地元自治体では有事のコミュニケーションに苦勞したよう

ある。配属換えは日本の産・官の枠組みの基本であり、長所短所はあっても今後なくなることはなかろう。そのことを前提に立地地域では、事業者、自治体、オフサイトセンター要員等と地元ステークホルダー等が地元メディアを入れて、平時のリスクコミュニケーションを行う場を持っていることが大切であるように思う。英・仏ではこのような場が「地域情報委員会」という名前で健全に育まれている。日本でも柏崎にフランスの例を参考にした NPO がすでに出来上がっている。全国の立地地域に広がっていくことを期待したい⁹⁾。

Ⅳ. おわりに

本解説を執筆するにあたり、経済産業省のクライシス・コミュニケーションに関する重要な情報を提供していただいた原子力安全・保安院の原 昭吾広報課長と前川之則統括安全審査官に、またメディア対応に関する有益な助言等をいただいた原子力安全委員会の佐田 務技術参与に感謝の意を表します。

—参考資料—

- 1) 総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会中越沖地震における原子力施設に関する調査・対策委員会(第5回)「中越沖地震における原子力施設に関する自衛消防及び情報連絡・提供に関する WG 報告書」, (2008).
- 2) 木下富雄, 他, “放射線の健康影響とリスクコミュニケーション”2008年放影協講演会[講演6], p.1(2008).
- 3) 関内 靖, 危機発生時の広報, TALISMAN TC-7, 4~12(2000).
- 4) 宇於崎裕美, “クライシス・コミュニケーション—危機発生時のマスコミ対応—”, 予防時報 No. 218, 34~40(2004).
- 5) 例えば, 原子力安全・保安院のホームページ, [原子力の安全>原子力防災>オフサイトセンター]
- 6) 日本パブリックリレーションズ協会, 危機管理に関する広報担当者と記者への緊急アンケート, (2003).
- 7) JISハンドブック[58-4], リスクマネジメント[Q 2001], (2005).
- 8) 新井光雄, “社会の木鐸になれ”は死語か—メディアの実態を踏まえた原子力情報の発信を, 日本原子力学会誌, 50[8], 478~479(2008).
- 9) 青山美子, 澤田哲生, 藤井靖彦, “原子力施設運転に関するステークホルダー・ミーティングの事例分析と社会的合意形成システムの設計に関する考察”, 日本リスク研究学会誌, 18[1], 113~120(2008).

著者紹介

三谷信次(みにに・しんじ)



原子力安全基盤機構
(専門分野/関心分野)原子力安全, 放射線
安全/リスクコミュニケーション

解説

使用済燃料の臨界安全管理の現実

「燃焼度クレジット」の概念と導入への課題

文部科学省 須山 賢也

おもちゃが動かなくなると内蔵の電池を交換した後、取り出した古い電池は弱っていても使えないというのは、電池交換を頼んできた子供も理解している。最近では電池も資源回収の対象になっているので、回収日まで指定されたビニール袋の中でお休みいただくこととなる。同様に、中性子増倍という役目を十分に果たせなくなった核燃料は炉外に取り出されて保管され、時がくれば原子炉サイトから再処理(資源リサイクル)工場へと輸送される。ここで問題となるのは、電池ならビニール袋に入れて適当に保管すればよいところが、使用済燃料の場合は「炉外では絶対に臨界にしない」という臨界安全管理を行うことが厳密に要求されることである。一般に、使用済燃料の場合、燃料の中性子増倍を行う能力(反応度)が低下しているため、それを新燃料と同じ量だけ集め同じように配置しても、中性子増倍率は新燃料の場合よりも小さくなる。言い換えると、同じ中性子増倍率を与えるために必要となる燃料の量は使用済燃料の方が多い。よって、輸送や取扱いの効率を考えるならば、もちろん除熱や遮蔽などの他の条件が許すのであれば、燃料の反応度の低下を考慮することでさらに多くの使用済燃料を貯蔵したり輸送したり出来るはずである。このように使用済燃料の反応度低下を考慮してその臨界安全性を評価する考え方を「燃焼度クレジット」という。本稿では、この概念の概要とそのために必要な技術開発の現状を概観し、今後、我が国において燃焼度クレジットをさらに導入するために克服すべき点を論じたい。

I. 燃焼度クレジット¹⁾

1. 新燃料仮定とは

原子炉の外において想定しない臨界を防止することは、核燃料施設の安全評価において必ず求められる事項である。日本原子力研究所のレポートとして公開された臨界安全ハンドブック第2版(JAERI-1340)の「臨界安全評価の基本」と題する章では、「技術的に想定されるいかなる場合でも臨界を防止すること」が要求されており、そのために、燃料物質の種類、量、物理的・化学的狀態を考慮して、施設の設計、製作、施工、運転の各段階で十分な安全裕度を見込むことを求めている。ここで問題になるのは核燃料の組成である。

ここでいう組成データとは燃料を構成する同位体組成や原子個数密度のデータであるが、それが正しいということを証明することが必要であり、また、それが可能でない場合、仮定した同位体組成が反応度評価の観点で保

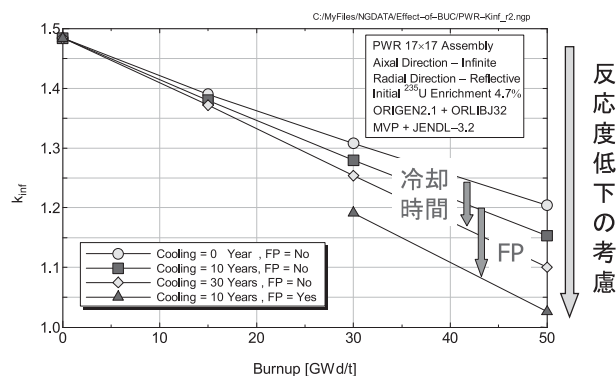
The Reality of Criticality Safety Control of Spent Nuclear Fuel; A Concept of Burnup Credit and the Topics for Its Introduction: Kenya SUYAMA.

(2009年 1月19日 受理)

この解説は、筆者が日本原子力研究開発機構(原子力機構)在籍中に行っていた研究に基づいている。

守的な仮定に基づいていることを担保する必要が生ずる。

燃焼燃料の場合、燃料の燃焼に伴って²³⁵Uは減少し²³⁹Puや²⁴¹Puは増加する一方で、中性子を吸収する核分裂生成物は蓄積される。第1図に可燃性毒物がない場合の燃焼に伴う中性子増倍率の変化の例を示す。可燃性毒物がない場合、燃焼に従い燃料の反応度は単調に低下していく。これは自明でも臨界安全評価に使用すべき燃料の同位体組成(原子個数密度)評価の正しさやそれが反応度評価上安全側に設定されているということを証明することは実は容易でない。というのも、燃焼燃料の組成は燃焼度だけの関数ではなく、照射時の中性子スペクトルや炉心出力の履歴等にも依存しており、燃料組成の評



第1図 燃焼に伴う中性子増倍率の変化

価は照射条件の評価を行って初めて正確に実施できるからである。その上、臨界安全評価の場合は先に書いた「保守的に」という条件も追加される。複雑に変化する照射条件を考慮した同位体組成評価を行った上で、どのように保守的な同位体組成を決定するのであろうか？

一方、新燃料の場合、その組成は核燃料製造プロセスでの品質保証によってその正しさが確認される。そして可燃性毒物を使用しないのであれば、未使用の新燃料が最も反応度が高いということは広く知られている事実である。そのため使用済燃料を取り扱う施設においては「新燃料を仮定した」燃料組成を使用して臨界安全評価が行われてきた。この「新燃料仮定」は保守的な反応度評価を行っているという理論が容易に構築されるため広く用いられている。

2. 臨界安全ハンドブックにおける燃焼度クレジットの扱い

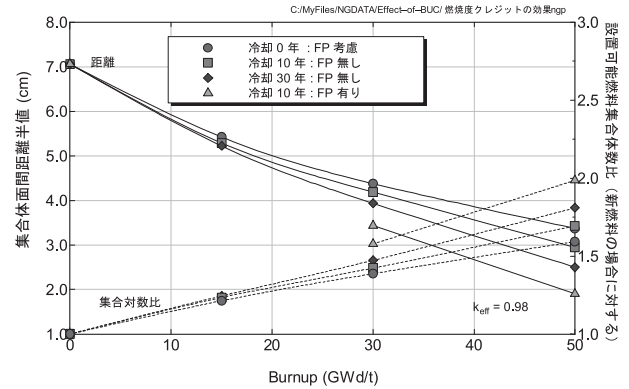
緒言に書いたように、使用済燃料の臨界安全評価において使用済燃料の反応度の低下を考慮することを「燃焼度クレジット」といい、以前よりその取り入れが検討されている。1988年公刊の臨界安全ハンドブック第1版(科学技術庁原子力安全局核燃料規制課編、にっかん書房)において、すでにそれを排除していないことが知られている。その中では、「高精度の燃焼度測定が可能な場合には、燃焼度を考慮して臨界安全性評価を行っても良い」と述べられており、さらにその第2版(JAERI-1340)では、「燃焼度の評価が臨界安全上妥当であれば、燃焼に伴う核種組成の変化を考慮して臨界安全評価を行っても良い」と記述されている。

さらに、臨界安全ハンドブック第1版および2版においてはウランおよびプルトニウムの実測値のまとめが、また第2版では臨界安全上評価してよいFP核種の選定が行われた。また、燃焼度クレジットに関わる技術的成果をまとめた「燃焼度クレジット導入ガイド原案⁹⁾」が2001年に公刊され、そこでは燃焼度クレジット導入に必要な技術的項目がまとめられている。すなわち燃焼度クレジットという概念は、以前より我が国においても広く知られたものであった。

II. 燃焼度クレジット導入の動機

燃焼度クレジットが注目されるのは、燃料の貯蔵、輸送、再処理などで臨界安全の観点から決められた燃料の取扱量の制限を緩和したいという場合である。第2図に燃焼度変化に対する $k_{eff}=0.98$ という条件を満たす燃料集合体間隔と、単位面積あたりの使用済燃料貯蔵可能体数の変化を示す。燃焼度の増加とともに、新燃料より単位面積あたり多数の燃焼燃料が貯蔵可能となる。

別の見方をすれば、燃焼度クレジットの導入による合理的な安全評価モデルを導入することで、新燃料仮定に



第2図 燃焼度に対する $k_{eff}=0.98$ となる使用済燃料体数の変化

基づく安全評価モデルでは扱えなかった仕様の燃料を扱える可能性がある。例えば、フランス La Hague 再処理工場での燃焼度クレジット導入の動機は、高い初期濃縮度の燃料を受け入れる必要が生じたことであった。現在の核燃料施設の多くは ^{235}U 初期濃縮度が5 wt%以下であることを前提に設計されているが、今後さらなる高燃焼度を達成するために初期 ^{235}U 濃縮度が5%を超える燃料を導入する場合、新燃料仮定に基づいた安全評価モデルではそれらを貯蔵したり輸送したりすることが困難となるケースが出てくる可能性もある。このような場合、燃焼度クレジットの導入がその解決のための一つのオプションとして考えられる。すなわち、既存の核燃料サイクルの効率化のためだけでなく、高燃焼度燃料を導入した将来の原子力システムの構築においても、燃焼度クレジットの概念は重要になる。

III. 燃焼度クレジットで考慮してよい核種と燃焼度クレジットのレベル

燃焼度クレジットの導入においては、その評価モデルで考慮すべき同位体の選定が必要となる。大きく分けると、アクチニドだけを考える場合とFPまでを含めて考えるふた通りの方法がある。従来、核計算コードの精度評価はUやPuを含むアクチニド核種を中心に行われていたことや、反応度の観点から、重要なFP生成量の計算精度評価に必要な組成測定データが少なかったため、最初にアクチニドのみを考える手法(レベル1)が考えられた。そしてレベル1の燃焼度クレジットを導入した国は、燃焼度クレジット導入の効果を十分にとるためFPも考慮に入れること(レベル2)を検討している。

レベル1あるいはレベル2のどちらかを採用するにしても、考慮すべき核種が多い方が燃料の燃焼の結果を正確に取り入れるという観点からは好ましい。しかし微量しか存在せず反応度効果が小さい同位体まで考慮することは安全評価上の意義は小さく、燃料の溶解などを行うと燃料中での存在が担保できない場合も考えられる。よって、評価対象とする同位体は適切に選択されるべき

である。我が国では文献1)に示した燃焼度クレジット導入ガイド原案において、燃料の輸送・貯蔵時と再処理時に考慮してよい同位体として、アクチニドは ^{234}U , ^{235}U , ^{238}U , ^{238}Pu , ^{239}Pu , ^{240}Pu , ^{241}Pu , ^{242}Pu , ^{241}Am を、FPは ^{95}Mo , ^{99}Tc , ^{103}Rh , ^{143}Nd , ^{145}Nd , ^{147}Sm , ^{149}Sm , ^{150}Sm , ^{152}Sm , ^{133}Cs , ^{153}Eu , ^{155}Gd を選定している。このうち、 ^{95}Mo , ^{99}Tc , ^{103}Rh は再処理の溶解工程以降では、燃料中での存在が担保できないため考慮しない。

IV. 各国での燃焼度クレジット導入の状況と国際協力

1. 燃焼度クレジット導入の現状

日本のように核燃料の再処理を行う路線をとっている国では、従来、使用済燃料の原子炉サイトにおける蓄積はあまり問題にはならなかった。一方、米国のように直接処分を行う国では、最終処分場が決まらない限りは燃料貯蔵の場所を確保する必要があり、燃料の貯蔵密度の増加を要求する。この例が示すように、燃焼度クレジットの導入は技術レベルの問題以外に各国の使用済燃料取扱いを取り巻く事情で決まるといえる一面もある。

米国は燃焼度クレジットの導入に熱心で、PWRの使用済燃料貯蔵プールにおいてアクチニドのみを考慮した燃焼度クレジットが導入されている。しかし、BWR燃料の貯蔵プールでは燃焼度クレジットは適用されていない。輸送キャスクに対しては、原子力規制委員会(NRC)はアクチニドのみを考慮する燃焼度クレジットは認めたものの、現時点で実際に燃焼度クレジットを適用して運用されているキャスクはなく、申請もないようである。これは、現時点では輸送の場合はIAEA輸送規則が求めている燃料誤装荷を防ぐための燃焼度確認が必要とされるというのがNRCの見解であり、さらにアクチニドだけを考慮するのでは経済的メリットが小さいためであると考えられる。一方、原子炉サイトでの使用済燃料貯蔵キャスクにはアクチニドおよびFPを考慮した燃焼度クレジットが採用されたとのことである。米国では燃焼度クレジットの扱いについてNRC、電力、メーカ等間で議論が続いており、その成果はISG(Interim Staff Guidance)-8改訂3版として、2009年6月頃にまとまる予定である。

フランスでは、La Hagueの再処理工場においてUおよびPuを考慮した燃焼度クレジットが導入されているが、近くFPも考慮したシステムへと移行する。厚みのあるデータの蓄積をもとに議論を行うのがフランスの原子力業界の方式であるが、La Hagueでの経験をもとに必要なデータの取得に対しても非常に熱心である。フランスでは燃料の輸送にはアクチニドのみを考慮する燃焼度クレジットが導入されているが、PWRサイトのプールでは燃焼度クレジットは導入されていない。これは技術レベルの問題ではなく、再処理が国是であるため使用

済燃料が原子炉サイトに蓄積しないためにその必要性が小さいためであろう。

我が国では、六ヶ所再処理工場の燃料受入れプールと溶解槽の臨界安全設計ではじめて燃焼度クレジットが採用された(レベル1)。前者では、燃料の燃焼度と残留U濃縮度を測定し、そのデータに基づいて受け入れた燃料の貯蔵ラックを選択する。後者では、測定された燃焼度と初期濃縮度から溶解槽に投入する硝酸ガドリニウムの濃度を決定している。この六ヶ所での燃焼度クレジットの導入のあと、我が国では輸送や貯蔵といった他国が熱心に導入を目指している分野での導入は行われていない。貯蔵分野での導入が進まない理由は、再処理を行う政策をとっていることや、それぞれの原子炉サイトでの使用済燃料貯蔵量の増大を、使用済燃料貯蔵プールにおける貯蔵設備の変更(リラッキング)やその新設、そして中間貯蔵施設の設置で対応できているためと思われる。

2. OECD/NEA/NSC 臨界安全性ワーキングパーティーにおける活動²⁾

経済協力開発機構 原子力機関(OECD/NEA)原子力科学委員会(NSC)には、臨界安全性ワーキングパーティー(Working Party on Nuclear Criticality Safety: WPNCS)があり、いくつかの専門家グループを有して臨界安全性に関わる技術的問題の議論を行っている。そのグループの一つに、燃焼度クレジット臨界安全専門家グループ(Expert Group on Burnup Credit Criticality Safety: EGBUC)がある。このグループは1990年代の頭から燃焼度クレジットに関わる計算コードのベンチマークを中心に活動を行っている。

初期のEGBUCの活動は、燃焼度クレジットの効果を手軽な計算モデルで確認することに主眼をおいた臨界計算や単純な単一ピンセル体系を対象にした燃焼計算であったが、最近では制御棒の存在が燃焼計算結果に与える効果等の複雑な燃焼計算を行うようになってきている。EGBUCの構成メンバーは、いわゆる原子力先進国の研究機関に所属している専門家であり、技術レベルの高い議論が行われている。そのためこのグループは世界の燃焼度クレジット導入方針に対して大きな影響力を持っている。

V. 燃焼度クレジット導入に必要な研究課題

燃焼度クレジットは事業者の視点に立てばコスト削減を可能にすることに魅力があり、今後の先進的核燃料サイクルや燃料の高燃焼度化(高濃縮度化)にとっても重要な概念である。しかしその導入が進んでいる国は限られ、適用範囲も多くない。実際、我が国も六ヶ所再処理工場での導入の後は足踏みをしている状態にある。今後、燃焼度クレジットの導入が進展するには、どのよう

な研究項目が必要であろうか。

1. 導入のための方法論

「保守性を確保する」ための方法論である。つまりこれは、同位体組成の保守性だけにとどまらず、臨界安全性評価全体を見たとき、解析モデルの「どこ」で「どの程度」の保守性を取り入れて、最終的に安全評価モデル全体の信頼性をいかに確保するのか、という概念設計ともいえる。

燃焼度の設定(分布)、考慮する同位体、冷却時間の設定方法など、使用済燃料の中性子増倍率に影響を与える要因は多く、それらの安全側の設定を規制側が納得する方法で示さなければならない。また燃料誤装荷等への対応など実際の運用における担保事項も考えつつ、基盤となる技術の正しさだけでなく運用面との組合せも考えられるべきであろう。また、将来の技術的進歩や新しい知見の導入があっても破綻のない安全評価モデルが必要である。現在の臨界安全ハンドブックや燃焼度クレジット導入ガイド原案でも、燃焼度クレジット導入のための方法論までは論じられていない。これは、安全評価モデルは燃焼度クレジットの適用を考える事業者サイドが構築するものであるとの考えからであるが、規制当局にも理解されうる評価モデルの構築は、燃焼度クレジット評価の標準化にもつながるものであり、広く国内で検討されるべきであろう。

2. 正確な同位体組成の評価方法

燃焼度クレジットという言葉だけをとれば「燃焼度を信用する」ということになるが、実際の臨界安全評価では、燃焼度が正しく与えられたときの燃焼燃料の組成評価の精度が問題となる。この課題には以前より多くの努力が注がれてきた。

例えば、原子力機構は以前より汎用核計算コードシステム SRAC を開発してきたし、現在では連続エネルギーモンテカルロコード MVP を利用した燃焼計算コード MVP-BURN の開発によって、複雑な体系の燃焼計算も可能となった。さらに原子力機構では、SRAC と多数の同位体の燃焼計算を行う 1 点炉燃焼計算コード ORIGEN 2 を組み合わせた統合化燃焼計算コードシステム SWAT や、MVP 並びに米国ロスアラモス国立研究所で開発された連続エネルギーモンテカルロコード MCNP と ORIGEN 2 を組み合わせた SWAT 3 の開発も行っている。

また、燃焼計算結果の正しさを示すには実験値との比較が必要不可欠であり、そのためのデータの取得やデータ収集も行われている。旧原研は使用済燃料同位体組成データベース「SFCOMPO」の開発を行った。これはその後、広くデータを公開するため World Wide Web に対応したシステムに変更され、2002年に OECD/NEA

に移管されている。

3. 正確な燃焼度を与える方法(燃焼度確認)

炉心管理の結果得られる燃焼度を燃料の燃焼度とし、その値に基づいて管理を行おうという考え方はとても自然である。原子炉の出力は電気出力としても常時モニタされており、多くの原子炉が計画通りの運転を行っていることを考えれば、全体として炉心管理データの正しさは理解されよう。しかし現状では、炉外に持ち出す燃料については炉心管理データをそのまま利用した臨界安全評価は認められていない。すなわち IAEA 輸送規則では、使用済燃料の輸送時に、燃焼度クレジットの適用を禁じてはいるが、輸送前の物理的な手段による燃料の燃焼度確認を求めている。

フランスでは PYTHON という燃焼度モニタを使用して輸送前の燃焼度の測定を行っている。米国は Los Alamos 国立研究所で開発された FORK システムを有しているが、実際の燃料輸送に適用されたことはない。我が国では、六ヶ所再処理工場の使用済燃料受入れプールに燃焼度計が設置されているが、原子炉サイトで使用する燃焼度モニタは開発されていない。今後、使用済燃料輸送に燃焼度クレジットを導入する場合、原子炉サイトに設置可能な燃焼度測定装置が必要とされよう。あるいは、測定によらず、炉心管理データによって燃焼度を必要な精度で確認することが可能であることが示される必要があるであろう。

VI. その他の技術的課題

1. 冷却時間

使用済燃料の燃料組成は冷却時間に伴って変化し、それに従い中性子増倍率も変化をする。100年程度の冷却時間までは²⁴¹Puの放射性崩壊とそれに伴う²⁴¹Amの蓄積、および¹⁵⁵Euの放射性崩壊に伴う¹⁵⁵Gdの蓄積によって中性子増倍率が低下するが、その後、²⁴¹Am や²⁴⁰Puの放射性崩壊によって増加に転じ、数万年の冷却後にピークを生じる。時間スケールをどの程度まで考えるかによるが、仮に核燃料の直接処分を行う場合に燃焼度クレジットを考慮するなら検討を要する。

2. 燃料の燃焼度分布

燃焼燃料の燃焼度測定の必要性を述べたが、その平均値だけでなく分布が重要になることがある。核燃料は端部で燃焼度が低くなる燃焼度分布を有するが、燃料組成に平均燃焼度から求まる平均組成を使用した場合と、燃焼度分布に応じた軸方向組成分布を考慮した場合では、燃料の燃焼度が高い場合は、後者の条件において中性子増倍率が增大することが知られている。これは端部効果と呼ばれ、典型的な PWR 燃料では平均燃焼度30 GWd/t 以上の場合に現れる。この効果は冷却時間が長く、臨

界安全評価に核分裂生成物を考慮するという、中性子増倍率が小さくなる条件で顕著になる。つまり、燃焼度クレジットの導入メリットが高くなる高燃焼度燃料で端部効果を生じる可能性が高くなるため、燃焼度クレジットに関連した研究の中でも端部効果の取扱いは主要テーマの一つである。

燃焼度クレジットの導入に熱心なフランスでは、La Hague 再処理工場において実機の燃料を対象にした燃焼度分布測定を行い、そのデータベースを作成するとともに、燃焼度分布のばらつきについての考察を行っている。2007年に開催された「臨界安全国際会議」においてその結果が報告され、燃焼燃料の燃焼度分布は互によく似ているとのことであった。

3. 冷却材ボイド率分布(BWR 燃料)

BWR 燃料の燃焼度クレジットを考える上で重要なのは軸方向のボイド率分布の考慮である。ボイド率の違いは中性子スペクトルに影響を与え同位体組成にも差が生じる。軸方向ボイド率分布や運転期間中の履歴は BWR 燃料の組成を得るために必要であるが、典型例が公開文献に提示されている例があるものの、一般に利用可能なデータはない。BWR 燃料への燃焼度クレジット導入においてはボイド率が重要なポイントであることは明確で、関係者の今後の対応が重要であろう。

Ⅶ. 終わりに

燃焼度クレジットという概念は理解されやすいが使用済燃料の安全性に関わる問題であり、その導入は慎重に進められてきた。我が国における燃焼度クレジット導入状況は他国に比べ若干ペースが遅くなったようである。

一方、最近話題となっている次世代軽水炉において利用が検討されている高濃縮度燃料を扱う場合などでは、使用済燃料の輸送や貯蔵で燃焼度クレジットの取入れを行うことが必要とされる場面が出てくることが予想される。

燃焼度クレジット導入には、核計算の精度向上だけでなく、保守的なモデルの構築方法などの安全確保に対する考え方やその妥当性も問われるため、多くの努力と時間が必要とされる。今後の原子力発電の利用にとって必要とされるこの概念が、原子力関係者に理解され、その導入に向けた取組みが強化されることを願っている。

—参考資料—

- 1) 臨界安全性実験データ検討ワーキンググループ, 燃焼度クレジット導入ガイド原案, JAERI-Tech 2001-055, (2001).
- 2) Y. Rugama, *et al.*, "Overview of the activities of the OECD/NEA/NSC Working Party on Nuclear Criticality Safety," *Proc. Int. Conf. on the Physics of Reactors (PHYSOR 08)*, Interlaken, Switzerland, Sept. 2008, (2008).

著者紹介

須山賢也(すやま・けんや)



文部科学省

(専門分野/関心分野)使用済燃料の同位体組成と臨界安全評価/原子力開発における国際協力と知識管理

開発途上国の原子力発電導入と IAEA の支援活動

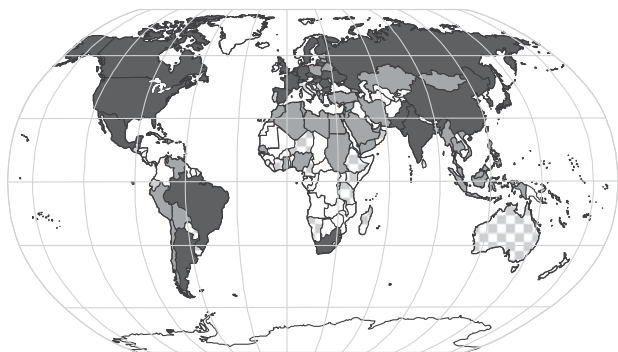
国際原子力機関 (IAEA) 尾本 彰

現在、原子力発電は30カ国が行っているが、これに加え新たに60を超える開発途上国が、ほぼ共通する理由(エネルギー消費の増大に対処するにあたってエネルギーセキュリティ、化石燃料価格への関心、環境問題を考慮)から、原子力発電導入を考え、IAEA にそのためのインフラ整備支援を求めてきている。

本稿は、(1)はじめにこの原子力発電利用拡大の動きを概観し、(2)拡大と新規導入のための課題、これに対処する IAEA の支援活動を、IAEA の果たすべき役割に関しての考え、ガイダンス図書策定の動きと主要図書の発しているメッセージ、具体的な支援活動としての技術協力プロジェクトの概要を述べ、(3)これらの活動で浮かび上がってきている、共通する課題とそれに対する国際社会および IAEA の対処について考えるところを述べる。最後に、(4)日本の原子力関係者への期待を記述する。

I. はじめに

今日、世界で30カ国が商業用原子力発電を行い、60を超える新たな国が、様々なチャンネルを通して IAEA に原子力発電導入の意向を示し、その多くが技術協力プロジェクトによる IAEA の支援を求めてきている(第1図)。米国を始め、すでに原子力発電を行っている国でも、おおむね20年間の沈静期を経て原子力発電拡大の計画が実施あるいは計画されてきている¹⁾。2020年までに中国が現状の9 GWe から60 Gwe へ、インドが現状の4 GWe から30 GWe へとそれぞれ数倍以上の拡大計画を掲げ、欧州でもウクライナ、ブルガリア、スロバキアな

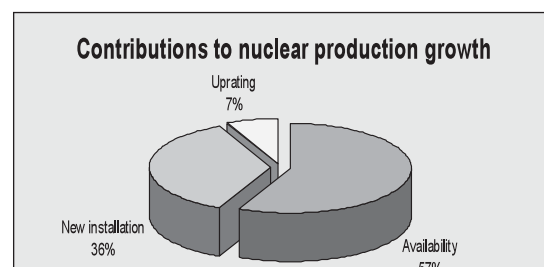


第1図 原子力発電実施国(黒)、導入考慮中の国(灰)、原子力オプションを検討し始めた国(縞)

Developing Countries Embarking on Nuclear Power Programme and IAEA's Relevant Activities : Akira OMOTO.
(2009年 3月19日 受理)

どの東欧や、フィンランド、フランス、英国などで新規計画が立てられ、あるいは実行されつつある。新規参入国の動きが活発とはいえ、今後十数年における新規プラント数は、既存国における増加が新規参入国を上回るの間違いのないであろう。

かように、2006年以降顕著になってきた世界的な原子力への期待の高まりは、何を背景にしているのであろうか？それは、開発途上国を中心とした世界的なエネルギー需要の増加に対処するための供給計画を策定するに当たり、各国が、エネルギー供給のセキュリティ、化石燃料価格の高騰と先行きへの懸念、環境問題という必ずしも現時点での市場価格には反映されない事項を含めた長期的な問題を考慮しはじめた結果といえよう。原子力発電の持つ持続的な発展への貢献ポテンシャルが認識されてきた結果ともいえよう。もちろん、90年代から今日に至る原子力発電が多く の国で示してきた安全で安定した運転実績による信頼醸成も無視できない。第2図に示すように、1990年から15年間に原子力発電量は、新規稼働基数が少ないにもかかわらず40%伸び、そのうち、



第2図 原子力発電量の推移(1990~2005年)

57%は良好な稼働性能による。知識経験の交換による良好事例の普及、優れた運転会社への淘汰、リスク情報を活用した安全規制などがこの良好な稼働実績の背景にある。この稼働実績改善は、WANO(世界発電事業者協会)の安全に関する指標の推移でもわかるように、安全性、信頼性に関する WANO 発足後のおしなべて良好な推移と一体である。

II. 拡大および導入に向けての主要な課題と IAEA の果たすべき役割

1. 共通する課題

開発途上国にとっては、原子力発電を安全に安定的にかつ効率的に運用するために必要な法体系など、基礎的な仕組みや国内産業体制や人材や資金確保など基礎的なインフラ整備が必須である。原子力発電の拡大と開発途上国による導入を円滑に進める上で、世界的に対処すべき課題は以下に要約されよう¹⁾。

- いま運転している原子炉の安全安定運転の継続
- 発電市場での優位性確保とファイナンス
- 国民の支持
- ウラン供給体制の改善
- 安定的な燃料供給確保と廃棄物処分の見直し確立
- 人材確保と知識管理
- 核不拡散とセキュリティ問題への確信
- 開発途上国の原子力運用インフラ整備

2. IAEA の役割

IAEA は、「平和的利用のための原子力の研究、開発及び実用化を奨励しかつ援助」(憲章 3 条)する任務を有する。開発途上国の原子力発電導入支援に当たっては、計画が安全・セキュリティ・核拡散のリスクを最小限にしつつ実施されるように支援し、計画が成功裏に達成されていることを確認し、かつ、開発途上国が最終的に自立的に計画を立案実施し、成功裏に原子力発電を運営できるように能力涵養に協力することが必要と考えられる。さらに、その計画が持続的発展を考慮したものとなるよう、ガイダンスを与えるのも必要である。

先進国からの技術の導入は行われるとしても、安全規制を含めた安全確保は国外にアウトソースはできない。自立できる能力の涵養には、当該国政府の長期的支援と確かな規制が必須である。

IAEA は、様々なガイダンス文書の発行、レビューサービス、ワークショップやセミナーや評価ツールの配布などを通じた知識交換と能力の涵養を通じて、上記の役割を果たそうとしてきている。

開発途上国支援はおおむね 80 M\$ にのぼる技術協力プロジェクト(比較のため、通常予算は、2008 年度で約 270 M Euro)を通じて行われる (IAEA Annual Report 2007)。この技術協力は、食糧、水資源、放射線利用に

よるがん治療など広い範囲を含み、原子力発電部での原子力発電導入支援のプロジェクト数は、開発途上国の支援要請増加の結果、2007～8 年度で 13 の国別、2 つの地域別プロジェクトから 2009～11 年度で 38 の国別、6 つの地域別プロジェクトへと大幅に増加した。

IAEA の支援活動は、法務部門、安全、セキュリティ、セーフガード、経済評価、原子力技術等、IAEA 内部の多部門が関与するために、開発途上国ニーズに見落とされている分野がないように、かつ、的確に対応するための部門間の調整のための機関が 2007 年以降活動している。

III. IAEA の具体的な支援活動

1. 技術協力プロジェクト

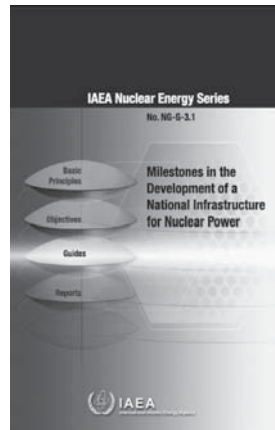
原子力発電の導入に関する技術協力プロジェクトは、従来、個別の重要テーマ(例えば、立地評価、原子力法の制定、規制体系の確立、人材開発、フィージビリティスタディのレビュー、運転会社の能力涵養、入札評価手法策定など)に即してプロジェクトが組まれることが多かった。しかし、忘れられがちな課題も多く、広範なインフラ整備の課題を包括したプロジェクトが、例えばエジプト向けに組まれてくるようになってきている。具体的な技術協力プロジェクトの中身は、IAEA の活動に協力する専門家と一緒に課題別のワークショップ開催、方策のレビュー助言などである。プロジェクト数が増加するにつれ、効率性の観点から、類似のテーマで国別に支援するよりも、地域ごとあるいは共通するテーマごとの支援活動の比率が増加している。

2. ガイダンス文書等の作成配布

技術協力プロジェクトにおけるアドバイスの背景にあるのは客観的な基準あるいはガイドである。IAEA 加盟国は核拡散防止条約締結の下、IAEA との間に保障措置協定を結ぶ義務があるし、IAEA 安全基準のように、一部の国あるいは分野ではそのままその国の基準として使われている場合もあるが、これら基準とガイドは拘束力を持つものではない。しかし、IAEA としての基準の制定と運用は憲章に定めるところである。保障措置に関する追加議定書(INFCIRC/540)は強く奨励しているものの、義務ではない。IAEA では、Nuclear Safety Series, Nuclear Security Series, Nuclear Energy Series, Nuclear Law Handbook など各種の基準とガイドブックを策定してきた。その一部は、原子力発電導入を考えている国におけるインフラ整備のガイドとして有用だが、策定期間が古く、内容の改訂が必要であったり、原子力発電導入という目的意識に即応するものではない場合が多々ある。そこで、IAEA では、2005 年より原子力発電導入に向けた体系的なガイドの整備を開始し、2007 年以降、順次刊行されてきた。

(1) マイルストーン図書²⁾

Nuclear Energy Series 中のガイドとして2007年に刊行されたこの図書は、原子力発電のために必要と考えられる主としてソフトインフラ19項目^{a)}にわたって、どの段階までにどのような整備を図ることが望ましいかを、時間軸を次のように区切って示しているものである。これは「要求」ではなくて、原子力発電を実施している30カ国の経験に基づいたガイドと解釈されるべきである。



第3図 マイルストーン図書

前段階

原子力を将来オプションの一つとしてエネルギー計画^{b)}のなかで検討する段階。

第1段階

原子力発電の有用性と意義、原子力発電に取り組むにあたって必要な義務/コミットメントに関して検討する段階で、通常1～3年間の必要期間。第1段階の終了マイルストーンは、原子力発電導入に関する国の公式な意思決定(現在、60を越える国のほとんどがこの第1段階にある)。

第2段階

原子力発電のインフラ整備で、通常3～7年間の必要期間。第2段階の終了マイルストーンは、初号機の入札開始。

第3段階

初号機の建設期間で通常4～6年あるいはそれ以上。第3段階の終了マイルストーンは、運転開始。

(2) その他インフラ整備ガイド

2006～8年にわたって以下のガイドが整備刊行された。

- 基本的なインフラ(TECDOC-1513)
- インフラ共有(TECDOC-1522)
- 初号機プロジェクトのマネジメント(TECDOC-1555)

^{a)}国の原子力に関するポジション、法的な枠組み、規制の枠組み、放射線防護、ファイナンス、人材開発、保障措置、セキュリティと物的防護、エネルギー計画、燃料サイクル、廃棄物処分、環境保護、原子力安全、敷地と周辺施設、ステークホルダーとの関係、送電線、運営管理、産業基盤、調達。

^{b)}IAEAは経済性、環境影響などを考慮して将来のその国のエネルギー供給のプロファイルを策定するためのツールをいくつか整備してきて、これらは120カ国13の国際機関で使用され、現在も90の国がその使用に関してIAEAの技術協力を得ている。ツール使用能力の涵養のためのワークショップによる訓練も技術協力プロジェクトの重要なテーマである。

○インフラ整備状況レビューガイド(NE Series NG-T-3.2)
引き続き、いくつかのガイドを整備中であるが、以下にその中から重要なものを示す。

- ファイナンス(NE Series NG-T-4.1)

国あるいはプロジェクトの creditworthiness を高めるために国として検討整備すべき内容を掲げたもので、例えば、電力の長期電力購買契約、国による債務保証等

- 発電施設のための人材育成

- NEPIO(Nuclear Energy Policy Implementation Organization : NE Series NG-T-3.6)

上記第1段階では、政府の中でエネルギー省が主導権を取り、関係省庁との協調のもと、第1段階に必要な検討を行うとともに、第2段階におけるインフラ整備の方針を策定してその実施と進捗管理に主要な役割を果たすことが必要で、そのような省庁横断的な組織をNEPIOと称している。

- 発電所と送電系統との関わり合い

すでに25年前に技術レビュー図書が刊行されているが、内容を最新の知見に合わせ、敷地選定に関する図書の一部として刊行予定。原子力発電導入を考えている開発途上国には信頼性が低く規模も小さな送電系統の国が多々あるので、改訂が期待されていた。

- 契約と所有に関する非定型アプローチ

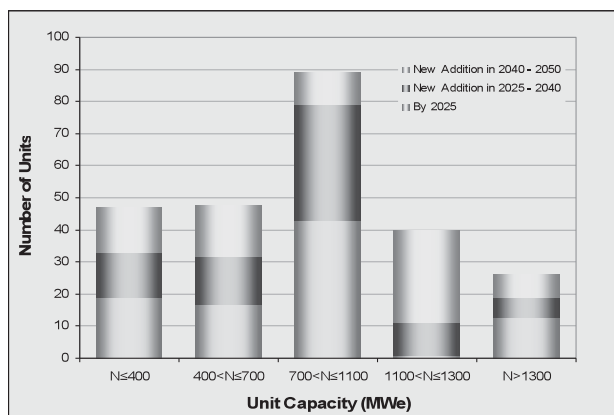
BO(Build and Operate)、BOO(Build Own and Operate)といった従来原子力以外では多数あるものの、原子力では例を見ない契約と所有に関する方式が中近東で検討されている。また、ロシアでは砕氷船等で培われた技術を利用して船に搭載した原子炉を需要地に搬送して電力供給を行った後、燃料交換を当該発電地点で行わず母港で行う方式が検討され、この利用に関する法的制度的問題への対処、安全基準策定など課題への取組みと解決方策も論じる図書を策定中である。

(3) INSAG-22³⁾

INSAG(International Nuclear Safety Advisory Group)は安全に関するインフラを論じたINSAG-22を昨年刊行した。もとより安全と安全規制はアウトソースできず、新たな原子力発電を行う国に生じた事故は世界の事故として原子力の行く手に大きく影響しかねない。これらの国における安全に関するインフラを定義し、その整備を呼びかけるものである。

(4) 開発途上国の共通考慮事項(Nuclear Energy Series NW-T-1.17)

これはガイダンス文書ではないが、ここで扱っている事項は、とりわけ供給国にとって興味あると思われる。IAEAの2006年総会は、その決議でIAEAが開発途上国の持つ「原子力発電プラントへの共通する期待ないし



第4図 期待する原子炉サイズの分布図

要求」をまとめて提示するように求めた。主たる関心は中小型であった。IAEA は原子力発電導入と拡大を考えている開発途上国54カ国(すでに大規模な拡大計画を進めているインドと中国を除く)を対象として、当該国への訪問、専門家とのワークショップ、専門家への文書による質問、などの手段により、共通考慮(要求)事項を報告書にまとめた。予測される通り、「標準化され安全安定運転が立証された多電源に対する市場競争力を有する原子炉」というのが共通する期待であるが、供給する側への融資や燃料引取りへの期待も多数意見である。必要とする原子炉の単機容量に関しては、将来、電力需要が拡大するに従い大型化するが、実際上54のうち30を越える国が相当の送電網連携を考えない限り700 MWe 以下の中小型炉の使用に当面制約され、当該国の専門家もこれを意識した炉の設計選定を考えていることがうかがわれた。

(5) 長期的な原子力計画策定支援

原子力導入は優に100年を越す長期にわたる国の関与と環境整備を必要とするのは、廃棄物を考えれば当然のことである。長期的な原子力シェア、国の産業育成、燃料サイクルの方針、人材育成などは、長期方策なしでは目標を達成できない。その観点から、IAEA は

- 代替エネルギーとの比較評価を含む長期エネルギー計画策定
- 持続的発展に資するためのエネルギー指標(目標までの距離を測定し、今後の方策立案)
- 原子炉とサイクル技術の包括的な(安全、セキュリティ、核不拡散、経済性、廃棄物、環境、インフラ)評価⁴⁾

の3つを原子力導入を考えている国が初期段階から考慮しておくことが重要と考え、これを促す図書を策定中である。個々のガイダンス文書あるいはツールはすでに存在するが、これらを包括的に初期段階で考えておくことが重要との認識を示すためのものである。

3. レビューミッション

IAEA では、ことに安全セキュリティ部門で、策定した安全セキュリティに関する基準に基づいた OSART 等の様々なレビューミッションが下に示すように行われてきて、対象国に改善に向けたアドバイスがなされている。その多くは既存の発電炉を対象としたものである⁵⁾。

- IRRS(Integrated Regulatory Review Service)
- OSART(Operational Safety Review Team)
- SEDO(Safety Evaluation of Fuel Cycle Facilities During Operation)
- SCAT(Safety Culture Assessment Review Team)
- INSARR(Integrated Safety Assessment of Research Reactors)
- DESAR(Design/Engineering/Safety Assessment Review Services)
- INSServ(International Nuclear Security Advisory Services)
- IPPAS(International Physical Protection Advisory Services)
- Site evaluation in ENSARS(Engineering Safety Review Services)

原子力発電導入支援の一環として、上記レビューミッションと相互補完する形で、その国のインフラ整備状況のレビューミッションの環境整備が進められてきている。もちろん、これらはレビューを受ける国の発意に基づくものであるが、レビューによって、その国のインフラにおける目標とするマイルストーンまでの距離(あるいはギャップ)が明確になり、そのギャップを埋めるために当該国が、あるいは IAEA の技術協力プロジェクトあるいは先進国間の協調でどのように取り組むか、方策が策定可能となることを期待するものである。

この目的から、インフラ整備状況のレビューミッションは第1段階および第2段階終了期が重要となるものと考えている。そのミッションは、インフラ19項目を包括的に扱う INIR(Integrated Nuclear Infrastructure Review)について準備が整い、INSAG-22に立脚した安全基準を用いた安全に関するインフラレビューミッションの確立も2010年をめどに考えられている。

INIR ミッションは、マイルストーン図書に照らして現在置かれている状況を独自に判断するもので、昨年刊行された図書に具体的な評価項目と評価手法が明記されている。なお、この評価は本来、当該国が自らのインフラ整備進捗状況を定期的にチェックするためのものであるが、第2段階終了時における IAEA による INIR ミッションの結果が供給国等と共有されることになれば、ファイナンスを含めた国際的な信用獲得に大きくつながるのではないかと考えるものである。原子力を進めるにあたってはかような透明性の確保が重要である。

4. 情報交換

IAEA では、開発途上国を中心とした原子力導入に係る様々な課題について意見を交換し、ガイダンス文書の普及を図り、IAEA の将来取るべき行動について意見を聞く等の目的で、様々な様式の会合を関係国の専門家を招いて開いている。開発途上国の原子力導入に関してウィーンの IAEA 本部で最近行われた会合のいくつかを示すと

- 原子力発電導入に関するワークショップ(2006年12月)
- マイルストーン図書とファイナンスに関するワークショップ(2007年11月)
- インフラ整備状況評価ワークショップ(2008年12月)
- 導入する原子炉の技術評価に関するワークショップ(2007年10月, 2008年11月(第5図))
- 供給者責任に関するワークショップ(2008年7月)
- 開発途上国の共通考慮事項ワークショップ(2008年9月)

これらワークショップで発表された資料等の多くは、IAEA のウェブサイトで公開されている。

IV. 課題

本章とV章で述べることは、多かれ少なかれ、私見である。

原子力発電の導入と拡大は、安全、セキュリティ、核拡散のリスクの増大を伴わずに達成されるべきで、安全基準の策定や査察などユニークな権限を有する IAEA は、大きな責任を有する。原子力発電自体の増加が直接核拡散リスクの増大につながるわけではないが、発電に伴う濃縮と再処理という燃料サイクルにおける機微技術の拡散には大きな関心が寄せられる。すでに2003年秋に IAEA 事務局長はこれら機微技術を多国籍管理の下に置くことを提案し⁶⁾、燃料供給保障を通じて個々の原子力発電国が濃縮を自前で行わなくても燃料供給を確保できるようにするなど、様々な具体方策がこの5年間論議されてきたところである⁷⁾。IAEA は、原子力導入を図る開発途上国が、安全条約等に加わり、追加議定書⁸⁾の署名批准など、安全、セキュリティ、核拡散に関する懸念



第5図 2008年11月ワークショップ

がない体制をとってきていることを国際社会に示し、これを IAEA がレビューすることが必要と考えている。先述の INIR ミッションは初号機の入札開始前に国際社会のこれら懸念がないことを示す一助となることが期待される。開発途上国が安全条約を締結しそのレビュー会議で懸念のない体制が確立されてきていることを国際的に示し、一方で、供給者は懸念のある国に安易に原子炉を売らないという道義的な責務を果たすことも重要である。

IAEA は、導入段階における政府の計画支援と規制体制確立が大変重要と考えている。原子力発電を始めるにあたって定めるべき法的な枠組みや締結が必要あるいは望ましい国際的なプロトコルや条約は多数あり、政府のみがこれを執行可能である。人材育成を含めたインフラ整備は政府の整備予算なしには不可能である。環境と人の健康の保護は政府の仕事である。ファイナンスが得やすいように国とプロジェクトの creditworthiness を高めるのも政府の関与なしにはあり得ない。導入しようとしている国でこれらが統一性を持って進められ、計画に関与する人が頻繁に交代することがないようにすることが望ましい。

安全とセキュリティとセーフガードは、原子力発電導入に係るリスクを管理し、これを低減する上で国として原子力インフラ整備の比較的早い段階から体制整備を考えておくべき課題で安易な供給国依存は疑問である。

原子力発電導入を円滑に進めるために、重要な課題として開発途上国がよく言及するのは、人材育成と資金融資である。IAEA は様々なガイダンス文書と一部の分野では教材を出しているものの、直接人材育成にかかわることはない。その他、開発途上国の人材育成計画策定への協力、地域協力の促進を行ってきている。例を挙げると、アジア地域では ANENT⁸⁾(Asian Network for Education in Nuclear Technology)や ANSN⁹⁾(Asian Nuclear Safety Network)という地域協力スキームの調整役をになって、原子力教育のカリキュラムの標準化、Distance learning の機会促進)に数年前から取り組んでいる。世界の研究炉は242を数え、さらに7基が建設中であるが、概して研究炉の利用率は高くない。原子力発電のための人材育成に研究炉のネットワークを活用し、複数国で地域における訓練教育センターとして利用するのも将来案である。各部門を横断したグループがこの重要課題にいかにか IAEA が期待に添えるようにできるのか取り組んでいる。

時折見られるのは、前述のマイルストーンを考えた段階を踏んで目標に近づこうとするのではなく、法律や規制体系もないまま供給者からの入札を求めないと、電力需要の増加に対処するオプションにならないとした早急な動きである。長期的なエネルギー供給計画を持たないまま、その時々の流れに身を任せて良い結果を生むに

は、発電施設(ことに原子力)の計画から実現に至るまでの時定数は長過ぎる。

比較的規模の小さな国が原子力導入を計画するとき気になるのは、燃料サイクルと廃棄物の長期方策についてどう考えているのだろうかということである。本格的なリサイクルの導入はすべての原子力発電国がリサイクル技術を持つ形で実現されるとは考えにくく、多国間協力あるいは地域協力が必須であろうと考えるが、廃棄物に関しても、そうした考慮をいずれは必要とするであろうというのが私見である。この議論は、大規模な原子力発電計画を進めている、あるいは進めてきた国が、処分場計画を先送りするための口実として使われてはならないのはもちろんである。燃料サイクルと廃棄物問題は、これから原子力発電に取り組もうとする国が廃棄物条約加盟を含め、早い段階から将来を検討すべき重要な課題である。

上記項目に関係するが、地域協力で原子力導入を進めようとしている例は少ない。バルト沿岸諸国、ガルフ諸国、南欧の一部で例がある。送電線連携で大型炉導入による経済メリットを享受するほか、教育訓練施設の共有など地域協力をもたらす効率性は大きいと思われるので、IAEA は積極的にこれを支援している。

様々な国と機関が新規参入国支援を行うなか、発電施設を供給する側と国際的な機関 IAEA, EC, WANO との間で、重複支援を排除し、インフラのギャップに協調して対処しようとの動きがあり、受益者である開発途上国の利益に合致するよう、かつその国の発意でこの協調が行われるように仕組みをつくるのが課題となってきた。

ところで、今後 IAEA には何が期待され、どのように期待される役割を効果的に果たすべきかについて、IAEA 内部での議論とこれを踏まえた有識者報告¹⁰⁾がある。気候変動への対処オプションの一つである原子力の利用拡大を安全、セキュリティ、核拡散のリスクを伴わずに可能にする上で、IAEA への期待は大きい。有識者報告は、期待に答える活動をするには2020年には予算倍増が必要だろうと述べている。大きな課題である。なお、オバマ政権は4年間で IAEA への拠出金倍増を言明している。

V. 日本への期待

日本は、原子力発電の導入に向けて2.35億円の調査を含む予算を組んでからほぼ12年後には初の商業原子力発電を開始した。平和利用に徹する国としてこの短期導入実現の実績は、開発途上国としてその手法を学びたいところである。また、日本は工業力を背景に優れた原子力発電技術を有する輸出国と見られている。しかしなが

ら、上に述べてきた IAEA のガイダンス文書策定や技術協力プロジェクトの下でのミッションなどの諸活動に日本の専門家が参加されることは残念ながらまれである。IAEA 技術協力局のスタッフや開発途上国からなぜなのかを聞かれることもしばしばである。近年の原子力発電諸国の一般的に良好な稼働実績は、良好事例、経験、教訓の共有に負うところが大きいと筆者は考えている。原子力インフラ整備の分野も、同じく良好事例、経験、教訓の共有が重要である。

日本は、これから原子力を始めようと考えている国から、その貢献を期待されている。

なお、最後に本稿は、IAEA の活動をできるだけ事実を踏まえて記述しているが、すべてにわたって IAEA の考えを述べているわけではなく、とりわけ第Ⅳ、Ⅴ章は私見であること、IAEA 谷口次長(安全セキュリティ局長)に多々助言いただいたことを付記しておく。

— 参考資料 —

- 1) International Status and Prospects of Nuclear Power, IAEA, (2008).
- 2) Milestones in the Development of a National Infrastructure for Nuclear Power, NE Series NG-G-3.1, IAEA, (2007).
- 3) Nuclear Safety Infrastructure for a National Nuclear Power Programme Supported by the IAEA Safety Principles, INSAG-22, IAEA, (2008).
- 4) Methodology for the Assessment of Innovative Nuclear Reactor and Fuel Cycles, TECDOC-1434, IAEA, (2004).
- 5) <http://www-ns.iaea.org/reviews/>参照.
- 6) Towards a Safer World, M. Elbaradei, Economist, 16 October 2003.
- 7) Multilateral Approaches to the Nuclear Fuel Cycle, Expert group to the DG of the IAEA, IAEA, (2005).
- 8) <http://www.anent-iaea.org/>参照.
- 9) <http://www-ns.iaea.org/projects/ebp-asia/default.htm> 参照.
- 10) Reinforcing the Global Nuclear Order for Peace and Prosperity: The Role of the IAEA to 2020 and Beyond, GOV/2008/22-GC(52)/INF/4.

著者紹介

尾本 彰(おもと・あきら)

IAEA 原子力発電部長
(専門分野)原子力発電全般



欧州での“放射性廃棄物管理のガバナンス研究”の動向

社会の中で地層処分事業が長期に持続するために

原子力環境整備促進・資金管理センター 佐原 聡, 坪谷 隆夫

原子力発電から発生する高レベル放射性廃棄物の後始末は、廃棄物が処分できる形や条件が整うまでのすべての過程を前提とした、複雑で不確実性を含む問題である。欧州連合(EU)では2006年後半から2007年にかけて、そうした複雑で不確実性がある放射性廃棄物管理の問題解決に向けた意思決定や社会での合意形成のあり方、いわゆるガバナンスをテーマとした3つの共同研究プロジェクトが立ち上げられた。本稿では、それらの研究動向を紹介し、それらの研究で扱われている。最終処分事業を運営する上での規範的な理論や考え方について解説する。

I. はじめに

私たちの社会は、多くの科学技術によって支えられている。しかし、科学技術は人々に便益だけをもたらすのではなく、不利益(デメリット)もあることが認識されてきている。人々は、その不利益による被害を必ずしも受けるわけではないが、その可能性があることに不安を感じることもある。そうした被害やその可能性をいい表すときに、「リスク」という用語が使われる。リスクとは「被害を受ける確率と被害の影響度を掛けた数字」を指すが、実生活の中では、それらの一方だけを指したり、被害を受ける可能性自体を指す場合も多い。また、不利益に関する情報が隠されていることや未知であることをリスクと呼ぶこともある。

科学技術やそれを応用する公共的な事業の場合、従来はリスクを評価し、それを管理または規制することにより、人々の健康と安全を守ることが比較的容易であった。影響の性質と範囲を予測して、影響を受ける可能性がある人々が特定されるなら、事業者(または受益者)とリスクを取る人々の間で合意や補償を調整できよう。ところが、最近は科学技術が高度化・複雑化しただけでなく、人々の生活との関係が深くなってきている。そのために、たとえば環境汚染のように、発生源を特定したり、被害の因果関係に基づいて補償することが困難な場合があることも知られてきた。リスクの評価が難しくなったのである。そして、リスクの評価結果に不確実性がある

という条件下で、判断や意思決定を行わざるを得ない状況が生まれているのである。

公共的な事業にリスクや見通しに不確実性があるなかで、資金、物資、人材を投入すべきかを判断する際には、合理的な説明が求められる。事業推進側は、人々にリスクと不確実性に対処する方法を示し、それでもなお事業を推進することに価値がある、と説得する必要がある。規制監督側も、リスクに対する規制行為のあり方、そのための資金、物資、人材の使い方、そして、規制の有効性や妥当性を示すことが求められる。

公共的な事業のリスク評価と管理に加えて、便益とリスク(不確実性も含む)の合理的なバランスの考え方の説明責任を含めた全体運営のことを「リスクガバナンス」(risk governance)、あるいは単に「ガバナンス」という。この言葉の意味は「国や組織の統治・統制」であるが、とくに、意思決定や合意形成の手続きが「利害関係者の主体的な作用でなされること」を特徴とする場合に使用されることが多い。広い意味でのガバナンスには、規制監督を含むが、ガバナンスはそれだけではない。

ガバナンスで行われることの一つは政策決定であり、その政策内容は問題の位置付けられ方や、社会情勢によって影響を受ける。また、問題解決に使える資源(人・モノ・お金)や時間にも限りがあることも政策内容を決める前提条件である。さらに問題解決に向けた政策を実施したとしても、それが最適な解であったかどうかは、後にならないとわからないことが多い。このため、そのようなプロセスを策定する際に、どのような知識が役立つか、それらをどうしたら利用できるかという「ガバナンスの研究」が行われている。

表題にあげた「放射性廃棄物管理のガバナンス研究」とは、原子力発電から発生する高レベル放射性廃棄物の後

Observations of European Research Projects on Governance of Radioactive Waste Management—Social Vitality in and of Sustainable Implementation of HLW Disposal : Satoshi SAHARA, Takao TSUBOYA.

(2009年 1月15日 受理)

始末という、きわめて複雑でリスクを伴う公共的な政策問題が対象である。加えてこの政策問題で考えるべき時間の長さは、処分実施に至るまで、さらには処分場を閉鎖するまで、あるいはそれ以降も続く長い期間である。このことも問題を複雑にしている。こうした問題をうまく解決する戦略を策定するうえで、役立つことや心がけるべきこと(規範)を明らかにすることがテーマである。

本解説ではまず、先ほどの「リスクガバナンス」について、欧州での先駆的な研究事例を紹介する。その成果が、放射性廃棄物の処分事業や政策問題にどう反映されようとしているのかを紹介する。そこでは、高レベル放射性廃棄物の最終処分事業は、社会情勢の変化に耐えること(頑健性または持続性)が重要と考えられている。社会の理解を獲得する上で、事業推進プロセスにそのような性質を持たせることの必要性に関する理論的な背景について解説する。

Ⅱ. リスクガバナンスの研究事例：

TRUSTNET プロジェクト(1997-2006)

リスクガバナンス^{a)}においては、リスクの評価と管理に加えて、リスクをもたらす事業の「正当性の説明責任」が強調される。欧州では、1997年にリスクガバナンスを研究する各国組織が協調行動をとり、“TRUSTNET”という名称の国際研究ネットワークが設立された。TRUSTNETは、人間や環境に対する危険・リスクを伴う事業活動を、政府が公共政策によって社会の舵取りを行い、事業目標の達成に向けて様々な調整を図っていく政策プロセスを研究するプロジェクト組織である。参加組織は、リスク管理、政策科学、行動科学、社会学、経済学、法学、倫理学などの専門家グループのほか、EU・国・地域レベルの行政当局、企業団体、労働団体、自治体、NGOなどである。欧州委員会(European Commission)の研究総局(DG Research)から資金提供を受け、プロジェクトは1997年から2006年までの3期10年間継続し、3つの報告書¹⁻³⁾を取りまとめている。

このプロジェクトは研究方法に特徴がある。従来から行われてきたトップダウン型のガバナンスでは困難を抱えている実際のケース(BSE問題に関連した食料・農業政策、地域開発と環境保護の衝突、エネルギー政策などの10ケースが事例研究対象)において、ステークホルダー間の対話に研究者(分析者)がファシリテータ(進行役)あるいはメディエータ(仲介役^{b)})として参加し、問題解決の要求に答えようとする。それと同時に、問題のコンテキストを理解・分析するための方法論を確立することを目指している。そのためには、参加者でなければ知り得ない情報を入手する必要があるという考え方である。

第1期と第2期では、上記の研究方法によって、対象事例を現象論・解釈論的に分析し、問題が解決に向けて変化していく過程のモデル化を試みている。そして、そ

のような変化を生み出す「インクルーシブ・リスクガバナンス」(inclusive risk governance)、あるいは単に「インクルーシブ・ガバナンス」と呼ばれる新たな概念を検討している。報告書²⁾によると、インクルーシブなガバナンスの性質として、以下の特徴が指摘されている。

- (1) 対話に参加する情報弱者の権限と能力の向上
- (2) 敬意と信頼観を保った対話の運営
- (3) 科学的な証拠を適正なレベルで提供
- (4) 意思決定が実行可能となるように、その段階的なプロセスを形成
- (5) 決定行為者たる理由(正統性)と公正さの担保
- (6) 決定内容とその理由の十分なフィードバック
- (7) リスクアセスメントの方法論自体がもつ強み・弱みについての相互認識の醸成

これらの特徴を見ると、「インクルーシブ」の意味するところは、意思決定で扱う範囲が包括的であるというのではなく、包括的でありたいと指向する性格を有することのように考えられる。どれほど包括的であれば十分かどうかは、個別ケース次第という考え方である。さらに、同報告書は、従来の政策決定アプローチが失敗する原因として、意思決定を位置づける上で複雑性を単純化にしても限界があること、そしてステークホルダー間の対話に曖昧さや不信感を生む土壤があることを指摘している。前者の意思決定に複雑性が生じる原因として、決定すべき事項が多階層(EU、国、地元のレベル)であること、決定すべき内容が多様な次元(価値の観点)にわたること、市民をはじめとするステークホルダーが従来の代表制民主主義に対して幻滅・失望を感じている状況があることを指摘している。

TRUSTNETプロジェクトの第3期である“TRUSTNET-in-Action”(TIA)では、インクルーシブ・ガバナンスの文化の普及活動、TRUSTNETで開発された参加的政策研究の方法論の実用性向上のほか、政策決定の環境である社会的・政治的構造のあるべき姿や民主主義モデルの研究が進められている。

Ⅲ. 放射性廃棄物処分事業を対象としたガバナンス研究

1. 放射性廃棄物処分への展開

TRUSTNETによるリスクガバナンスの研究成果を放射性廃棄物処分事業に応用する研究がなされている。

^{a)} リスクガバナンスは、リスク問題に対する全体論的アプローチであり、例えば、リスクコミュニケーションといった方法に期待する効力が発揮される前提条件を整えたり、その欠点を補う他の方策を組み合わせたり、リソースの有限性を克服するための権限委譲や教育などの多数の方策と組み合わせるための権限委譲や教育などの多数の方策と組み合わせるための概念である。

^{b)} メディエータ(mediator)は、紛争を裁判等の制度ではなく、話し合いで解決する際の仲介役を指す。また、そうした解決プロセスをメディエーション(mediation)と呼ぶ。

放射性廃棄物処分のガバナンス研究は、EUの国際共同研究の枠組みである Framework Programme (FP) で実施されている。FPは、EU全体の躍進的で競争力のある経済発展を達成することを目的とした研究支援制度である。科学技術研究のみならず、社会・政策研究にも研究費が注がれる。原子力分野の研究の場合は、欧州原子力共同体(EURATOM)の研究予算でまかなわれる。欧州委員会の研究総局がFP全体を管理運営するが、研究領域と予算配分を設定することにより、研究全体の方向性を調整するにとどまる。オープンコール方式で具体的な多年度研究提案を募集し、審査を通過したプロジェクト・コンソーシアムに研究費を提供する仕組みである。

現在実施されている放射性廃棄物ガバナンスの研究プロジェクトは、第6次FP(2002-2006の4年間)の研究領域「放射性廃棄物管理」の枠内に位置づけられている。主として高レベル放射性廃棄物の地層処分の実施に向けた政策決定や意思決定を支援するために、下記の3つのプロジェクトが立ち上げられている。

- ・ COWAM(2000-2006), COWAM-in-Practice(2007-2009)

〔コミュニティにおける廃棄物管理〕

テーマ：インクルーシブ・ガバナンス

- ・ ARGONA(2006-2009)

〔リスクガバナンスの政策過程論〕

テーマ：参加的政策決定プロセスと透明性の確保

- ・ OBRA(2006-2008)

〔長期ガバナンスのオブザーバトリー〕

テーマ：情報提供サービスのプラットフォーム創設

これらには延べ14カ国からの参加があり、処分実施主体、規制機関、大学を含む研究機関、コンサルタント、自治体、NGOが参加している。各プロジェクトは、処分場立地を推進する側と処分場を受け入れる可能性がある側の両方の組織を含んだコンソーシアム形態で実施されていることが特徴である。

3プロジェクトの相互連携を図るために、合同Webサイト⁴⁾が運用されている。以下では、この合同Webサイトからの情報を中心に研究状況を紹介する。

(1) COWAM プロジェクト

COWAMは“Community waste management”の略称で、「コミュニティ(における・による・のための)廃棄物管理」をテーマとしている。ここでのコミュニティとは、廃棄物を受け入れる地元ではなく、廃棄物と関連する多様な利害関係者すべての集まりを指す。

このプロジェクトは、フランス、スペイン、英国、スロベニア、ルーマニアの各国における放射性廃棄物管理のステークホルダー間の対話プロセスに、TRUSTNETで開発された研究者参加型の分析方法を応用している。5カ国の事例から得られた知見を持ち寄って、放射性廃

棄物処分においてインクルーシブ・ガバナンスの概念を具体化する方策を研究している。

COWAMは、解決に長期の時間を要する放射性廃棄物管理の問題に対して、持続的かつ頑健な(将来の社会情勢の変化に耐えうる)ガバナンスはいかにあるべきかに注目している。このために、コミュニティを組織化して巻き込むための方法論、法制度の枠組みと執行面に関する良好事例の研究と応用を研究している。

(2) ARGONA プロジェクト

ARGONAは“Arenas for risk governance”からの造語で、リスクガバナンスが行われる場(アリーナ)を研究している。このプロジェクトは、放射性廃棄物管理の問題がどのように政治の場に持ち込まれ、具体的な政策がどのように形成されていくのかという政策過程論の研究である。政策目標が明確であれば、それを達成する最適な手段が合理的に選択できるはずであるが、現実にはそうならないことが多い。とくに、高度で複雑な科学技術の問題の場合には、たとえ専門家とはいえ、限られた視野と知識でなされる政策決定の合理性には限界がある。この限界を克服する役割が民主主義という体制的な要素にあると考えられている。

ARGONAは、放射性廃棄物管理の公共性が広範な人々に認識され、受け止められていくプロセスをメディエーション(mediation)と見ている。政策過程においてこの役割を果たすメディエータの性質を分析し、公衆参加と透明性の確保に向けたガイドラインをまとめることを目的としている。

(3) OBRA プロジェクト

OBRAは“Observatory for long-term governance on radioactive waste management”の略称で、特に高レベル放射性廃棄物の処分におけるガバナンスは長期に持続する必要があることに着目している。初めから大規模な投資や開発(処分場建設)を正しいと判断するための情報が揃っているわけではない。必要な情報を徐々に揃え、誰が何をどこまで決定するか判断を積み上げる必要がある。国際的な事例から、処分場建設に踏み切るまでには、数十年の時を必要とするのである。

こうした長期にわたるガバナンスのあり方を研究するために、OBRAプロジェクトは、欧州に分散している様々なガバナンス研究の成果や知見を集積する専門のプラットフォームOBRAを設立することを検討している。研究者向けには、事例の解釈論的研究を行う材料をデータベースとして提供する。そして、そうした研究から得られる知見を意思決定者や政策決定者にわかりやすく提供し、幅広く役立ててもらふことを目的としている。こうした研究プラットフォームは一般に「オブザーバトリー」⁵⁾と呼ばれ、複雑な社会問題の理解とその解決の見通しを得るための「展望台」を意味する。OBRAの設立は、この問題を「なんとかする」必要があることを欧

州レベルで訴えるメッセージとなりうると考えられている。

2. ガバナンス研究の焦点とアプローチ

上記の3プロジェクトには、研究スコープや研究方法論に違いがあるが、共通な目標は「処分実現に至るまでの長期にわたって、段階的な意思決定を積み上げていくプロセスをいかにして達成するか」ということにある。

この問題に取り組む社会科学・政策科学の研究者らの問いは、「何を決定すべきか？」ではなく、「どのような決定方法をとるべきか？」である。決定の結果は時の審判に委ねられるものであり、現在行う決定は、政策問題の多元性、不確実性、不可逆性のある条件で行わざるを得ない。決定を行う時点で短期的・長期的に良い決定であるという保証は存在し得ないという認識である。

他方、政策決定者や行政組織は、良い決定をしたいと望んでいる。ここに研究者らとの認識にギャップがある。このギャップを埋めるガバナンス研究の着眼点は、ステークホルダーが良いと考えるような意思決定を現実にも可能とする政策の決定プロセス、あるいは伝統的な政策決定アプローチからの変化にあると考えられている。

TRUSTNET や COWAM のプロジェクトでは、そのイニシアチブを多分野の専門家からなるネットワーク組織がとるというアプローチである。TRUSTNET-in-Action の報告書³⁾は、専門家のイニシアチブによって解決に向けて動き出すケースもあるが、それに対してステークホルダーが不快感を示すケースもあることも指摘している。

一方で、専門家は、意思決定する役割をもつ様々なステークホルダーの知識向上とスキルアップを支援するというアプローチもあり、ARGONA や OBRA プロジェクトがこれに相当する。「ガバナンス」という言葉が持つ意味は多義的であり、多様な使われ方がなされている。また、「参加」、「インクルーシブ」、「透明性」といった概念についても同じことがいえる。このため、意思決定や政策決定を行う側は、ガバナンス研究の成果や内容を理解するのに困難を感じている。それらを利用するスキルを底上げするという問題が認識されている。専門家はこの問題を解消するために働くというアプローチである。

3. 信頼観の形成と共有が必要な理由

放射性廃棄物のガバナンス研究プロジェクトで取り上げられている課題は、最終処分事業が途中で放棄されることなく、安全が達成されるように長期に持続して実施されるべきことである。そのために、事業実施過程のさ

まざまな段階で行われる決定の質を高め、決定内容だけでなく、その論拠を含めて後の世代に引き継いでいくための具体策が研究されている。

事業の長期持続性に関して、TRUSTNET の報告書¹⁾では、社会が変化するのは当然であるなかで「リスクガバナンスを考える際には、人々が事業に対して一定不変の信頼観(confidence)を持つと想定できない」と述べられている。この信頼観とは、人が信頼に足ると判断する理由として持っている理解を指す概念である。ものごとの価値の判断はその人の価値観次第であるのと同じように、信頼レベルはその人がもつ信頼観で決まるという考え方である。人の信頼観は、本来損なわれやすく、日常的な事象、例えば、遠くで起きた地震被害のニュースでも揺らいでしまうことがある。また、社会情勢によっても影響を受けるもので、例えば、食生活の変化を反映して、食料自給率の低下や輸入食材の安全性に対する不安が生じたりする。

TRUSTNET の報告書¹⁾では、個人の信頼観が社会で共有されることが重要とされており、これを「社会的信頼観形成」(social trust building)と呼んでいる。その源泉は、社会で通用している価値判断基準(規範)とされている。こうした概念は、わが国の言葉で「社会常識」に相当し、普段は意識されない性質のものと考えられる。それを関係者間で確認し合い、それを起点として社会的信頼観を形成することによって、個人の信頼観が一定レベル以上に維持されうると考えている。

こうした考えに基づくと、事業の便益やリスクだけを説明しても、本質的な解決につながらない。TRUSTNET の分析¹⁾によれば、リスクガバナンスが問われる事業では、多くの場合、価値観の衝突がある。事業の便益とリスク/デメリットの合理的なバランスの考え方、そしてそれらの分配の合理性が問われているのである。事業に対する信頼観が共有されていく過程では、社会の価値観に合致するかどうか政治的に判断される。事業の意義付けが浅ければ、ささいな問題でも事業に悪影響が生じ、推進に苦労しがちになると分析されている。反対に、事業の意義が十分に正当化され、より大きな枠組みの中で信頼観が共有されているならば、個人レベルの信頼観に影響する危機が生じて、社会の力によってそれを克服する余地も生まれるとされている。このことは、例えば、リスクを引き受ける地元住民に不安が生じるようなことがあっても、それらの人々の誇りや尊厳を守る力が本当に働きうることを意味すると考えられる。

IV. 最終処分事業に対する社会の理解とガバナンスの関係

わが国においては、2000年5月に「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律」(最終処分法)が制定され、長期にわたる持続性が求められる高レベル放射性廃棄物の

³⁾欧州に既存のオブザーバトリーには、中小企業支援政策、健康保険制度、人口・社会資本整備政策を扱うものがあり、これらの問題はEU域内での市場拡大や人材流動化を背景として、研究対象が複雑かつ欧州全域で共通的な問題として認識されている。

処分に向けた基本制度が確立した。同法により、処分費用の拠出制度、処分実施主体の設立などが定められ、最終処分施設建設地のサイト選定プロセスなどが定められた。民間の発意で「原子力発電環境整備機構」(NUMO)が設立され、2000年11月に処分実施主体として認可された。NUMOは、2002年12月から最終処分施設の設置可能性を調査する区域を公募している。2007年1月に、高知県東洋町から文献調査への初めての応募があったものの、町長選挙で民意が問われ、その結果、同年4月に応募は取り下げられた。その後2007年11月に、経済産業大臣の諮問機関が「最終処分事業を推進するための取組の強化策」⁵⁾を取りまとめた。これを受けて、最終処分事業の推進について、国民との相互理解および協力を得るために、国、NUMO、電気事業者などが一体となり、より一層踏み込んだ理解促進活動が開始されている。

欧州で実施されているガバナンス研究を参考として、わが国で「国民との相互理解および協力を得る」ための課題について、次のように考えることができる。

まず、課題の一つとして、段階的に長期に継続する処分地選定プロセス内での、地域に対する配慮が挙げられよう。「地域の発展のために、処分候補地としての将来に期待を賭けるべきか、それとも他の選択肢に展望を見出すべきか」の判断は、その判断がもつ重みとその判断に利用できる情報を考慮してなされるものである。それらがバランスするタイミングが最終処分事業の計画と折り合わなければ、「協力」の機会がないのと変わらない。

また、2つ目として、最終処分事業の将来展望に対する「社会的信頼観形成」を促進することが挙げられよう。言い換えると、不確実なリスクがあることを差し引いても、「地域の発展のために、処分候補地としての将来に期待を賭けることには価値がある」と信じられる環境を整えることである。最終処分事業の実施や受入れによって達成したい目標や理念は、推進側や受入れ側などの立場によって異なるものである。その目標を相互理解するだけでなく、その目標に対して、最終処分事業という手段がもつ強みと弱み、機会と脅威が、立場によってどう異なるかの理解を共有することが必要である⁶⁾。誰が誰に対して、いつ何ができるかを予測できれば、いずれの立場からも理解が得られやすい戦略を立てやすい。

最終処分事業の将来展望に対する社会的信頼観のレベルを高めることは、「国民との相互理解を得る」ことと同じ意味と考えられるかもしれない。その到達レベルと高レベル放射性廃棄物の後始末にある不確実性の関係を明らかにし、最終処分事業の運営計画を最適化する観点の

一つとすることが必要である。最終処分事業の推進をより確実にするためには、最適化の考え方を根拠とする事業運営、すなわちガバナンスがなされるような仕組みや制度を考慮することが重要と考えられる。

原子力発電から発生する高レベル放射性廃棄物の後始末は、廃棄物が処分できる形や条件が整うまでのすべての過程を前提とする問題である。個別の前提に起因する不確実性を反映して、いっそう複雑な問題となっている。このため、処分候補地としての将来に不確実性があることは避けられない。しかし、同じことはそれ以外の選択肢の将来にもいえる。そうした中で、将来の不確実性に挑戦していく仕組みや制度を備えることは、最終処分事業に対する国民の理解と信頼観を一層強化するものと考えられる。

なお、本解説の執筆者は、OBRA プロジェクトの公開プロジェクト会議(2008年9月16~17日、スペインのバルセロナで開催)に参加し、EUにおける放射性廃棄物のガバナンス研究動向を調査する機会を得た。

— 参考資料 —

- 1) TRUSTNET project, *The TRUSTNET Framework: A New Perspective in Risk Governance*, EUR 19136, (1999)
- 2) TRUSTNET project, *Towards Inclusive Risk Governance*, EUR 21024/1, (2004)
- 3) TRUSTNET project, *TRUSTNET-in-Action*, Final Report, (2007)
- 4) A newsletter on ARGONA, COWAM-in-Practice and OBRA—three innovative projects on governance. No. 1, August 2007; No. 2, June 2008.
<http://www.radwastegovernance.eu>
- 5) 総合資源エネルギー調査会電気事業分科会原子力部会放射性廃棄物小委員会、放射性廃棄物小委員会報告書中間とりまとめ—最終処分事業を推進するための取組の強化策について、平成19年11月1日。

著者紹介

佐原 聡(さはら・さとし)



原子力環境整備促進・資金管理センター
(専門分野/関心分野)放射性廃棄物処分/諸
外国における事業・規制制度

坪谷隆夫(つばや・たかお)



原子力環境整備促進・資金管理センター
(専門分野/関心分野)放射性廃棄物処理・
処分/バックエンド政策

⁶⁾このようなビジョンや戦略の立案時に使用される現状分析手法は、強み(Strength)、弱み(Weakness)、機会(Opportunities)、脅威(Threats)の頭文字をとって、SWOT分析と呼ばれる。

報告

原子力学会会員は技術士資格を今すぐ取ろう

日本原子力学会 会長 岡 芳明, 副会長 工藤 和彦,
日本技術士会 原子力・放射線部会 部会長 林 克己

原子力・放射線部門の技術士試験が5回行われ、309名の技術士が誕生した。部門設置答申に謳われた制度活用の方針については、各方面からの期待や原子力法制度の見直しの機運とも呼応し、具体化の検討が一挙に進み始めた。本格的運用を始める前には、十分な事前検討とともに各組織での「練習」が必要であり、またそれを行う技術士数はそろい始めた状況である。しかし総合科学技術である原子力で実際に技術士制度を活用するためには各分野の専門家が必要であり、これから運用までに十分な技術士数を増やす必要がある。原子力学会会員は技術士資格をぜひ早く取得いただきたい。

I. 5年間の技術士試験合格者数

原子力・放射線部門の技術士試験は、2001年の原子力学会会長からの部門設置要望を受け、2003年の科学技術・学術審議会の答申¹⁾、法改正を経て、2004年度から試験が始まった。

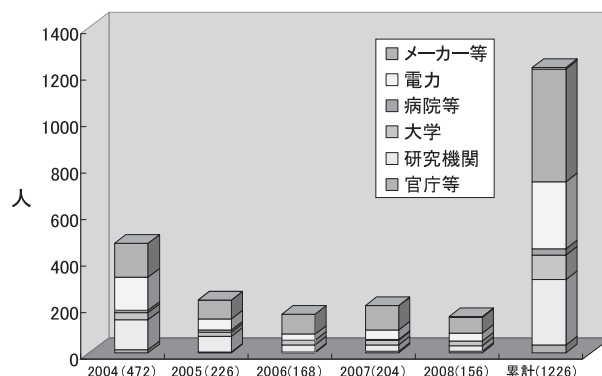
技術士になるためには、大学の専門課程卒業程度の知識を問われる第1次試験(筆記のみ)に合格し、所定の実務経験年数を積んだあと第2次試験(筆記および口答の2段階)に合格し登録することが必要である。第1次試験の合格部門と第2次試験の受験部門は異なってもよい。

原子力・放射線部門では、この5年間で第1次試験に累計1,226名、第2次試験に累計309名が合格している。合格者数の推移と累計を第1, 2図に示す。

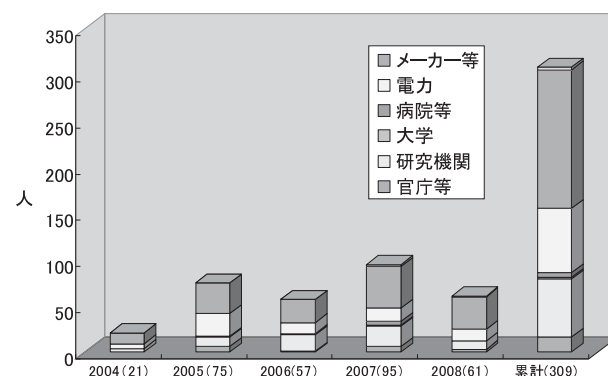
第1次試験合格者は初年度は472名と多かったが、その後、150~200名/年で推移している。合格者の所属は、メーカー、電力、研究機関、大学が5:3:3:1の割合であり、少ないながら、官庁、病院からも合格者が出ている。合格率は平均80%程度であり、全部門の平均である約40%の約2倍となっている。

第2次試験合格者は、あらかじめ別部門の第1次試験を合格した方だけ受験した初年度は21名と少なかったが、その後、50~100名/年で推移している。合格者の所属は、メーカー、電力、研究機関が2:1:1の割合であり、官庁、病院からも合格者が出ている。合格率は平均38%程度であり、全部門の平均である18%の約2倍となっている。所属別の合格者数や、選択科目別(原子炉の設計・建設、運転・保守、核燃料サイクル、放射線利用、放射線防護の5つ)の合格者数と合格率は日本原子力学会の技術士情報ページ²⁾に掲載されているので参照されたい。

AESJ Members are Encouraged to Get PE Qualification :
Yoshiaki OKA, Kazuhiko KUDO, Katsumi HAYASHI.
(2009年 2月22日 受理)



第1図 技術士第1次試験合格者数の5年間の推移と累計



第2図 技術士第2次試験合格者数の5年間の推移と累計

II. 技術士制度はどう使われるか

1. 部門設置目的とその達成度

原子力・放射線部門はどのような目的で作られたのだろうか。部門設置答申¹⁾では必要性和効果を次のようにまとめている。

・近年の原子力技術に関する社会的認識と視点の変化から、国や組織としての安全性等の担保にあわせて、技術者一人一人が組織の論理に埋没せず、常に社会や技

術のあるべき姿を認識し、意識や技術を向上させる仕組みが必要である。

- ・そのため技術者倫理や継続的な能力開発が求められる技術士資格を活用することが有効であり、この部門を新しく設置することにより次の効果が期待できる。

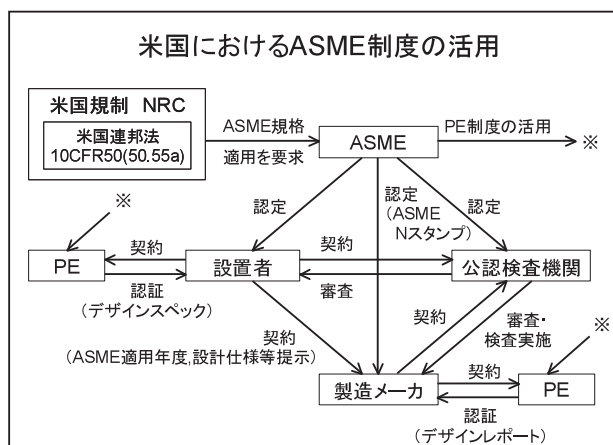
- (1) 原子力技術分野の技術者のレベルアップ
- (2) 事業者における安全管理体制の強化
- (3) 原子力システムに関する安全規制への活用
- (4) 国民とのリスクコミュニケーションの充実

日本原子力学会「原子力教育・研究」特別専門委員会と日本技術士会 原子力・放射線部会では、この活用イメージを具体的な仕組みにするために、2006年春の年会、2007年秋の大会、2008年春の年会と総合講演を企画し議論を進めてきた。また原子力・放射線部会では、2007年3月と5月に制度活用に関する提案書³⁾「期待に応える原子力・放射線部門の技術士(初版)」「技術者倫理の徹底と法令遵守のための技術士制度の活用について」を発行し、関連機関に配布して意見を求める活動も行ってきた。

これまでは、前述の部門設置答申で期待された(1)については、業界各組織にも認知が進み資格取得の推奨がなされているが、(4)については、ようやく技術士個人や日本技術士会の活動として始まったところであり、「柏崎刈羽原子力発電所 復旧状況現地調査」⁴⁾等もそのひとつである。しかしながら(2)、(3)の具体的な仕組みは残念ながらまだできていない。

2. 将来の原子力法制度

技術士資格は、現在の日本の原子力法制度の中に組み込まれてはいない。このことが技術士資格取得に対する事業者の姿勢と所属する技術者の意欲が高まらない要因となっている。たとえば米国の規制体系では、工事計画認可の手続きはなく、第3図に示すように、規制当局であるNRCが米国機械学会(ASME)規格適用を要求していること、およびASMEの定めた資格要件を満たすプ



第3図 米国の原子力規制におけるPEの役割
(法制研究会資料より)

ロフェッショナルエンジニア(PE)が設計仕様図書や設計書のレビューと認証を行うことで成り立っている。このように経験を積み、技術を熟知し認定された技術者が審査を行うことにより規制の実質性と透明性が確保されている。

2007年3月から、東大の「原子力法制研究会」で将来の法制度のあり方の検討が始まっている。この研究会では、原子炉等規制法と電気事業法の規制の一本化、設置許可・工事認可の確認項目の過不足、設計確認や製品検査の深さ、検査制度のさらなる改革項目など全体にわたり、海外の規制体系も参考にしながら検討がなされる予定である。その中で、工事計画認可の構造強度、耐震計算等を技術士(PE)が対応することも検討が始まっている。審査にかかわる技術士は第三者機関が認定した技術士か、第三者機関に所属した技術士か等も検討項目であるが、米国の例からみて認定が実質的で良いと思われる。「構造強度、耐震計算等」では機械部門が主と思われるが、「放射線遮へい計算」、「臨界」では原子力・放射線部門、それ以外にも電気電子部門等関連する部門も幅広い。また、これらの「法制研究会」の検討にも技術士会からの委員を出し、また技術士会でも検討事項を「技術士制度活用WG」で集約しているところである。

3. 現行法制度内での活用効果と将来への準備

将来の法制度への移行は少なくとも数年先であるが、誰もが納得できる状況になれば法律は速やかに変わらない。移行については十分な準備と現行法制度内での経験が必要である。

それぞれの組織ではどんな準備が必要であろうか。また、どんな効果があるのだろうか。各組織に在席する技術士数で今できることから始めるのがいいと考える。

(1) 技術士資格数の表示

民間会社は会社の身上書である「会社経歴書」等に保有資格者数を表示して、業務遂行能力の証明としているところもある。通常は、博士数、技術士数等が書かれるが、これ以外にも各社ホームページなどで技術士数を公表し業務遂行能力の証明のひとつとしていただきたい。(原子力学会ホームページの「技術士情報ページ」²⁾には独自調査の表は掲載してあるが、「原子力・放射線部門」に限られている。)

各組織が資格取得を推奨し、この資格に挑戦する技術者が増えることによりレベルアップが期待できる。

(2) 設計書への技術士表示

設計書には作成・審査・承認のサインがなされるが、技術士資格を持ったものが作成、審査、承認する場合、サインとともに技術士(技術部門)と表示を入れることから始める。技術士としてのサインであるため、公益確保の責務と信用失墜行為の禁止義務が課せられることからチェックのレベルが上がるのが期待される。また、将

来の事業者審査における役割を果たす訓練となる。さらに、組織外部に向けて技術士関与とともにレベル向上に対する組織の姿勢を示すことができる。同時に、外部にも技術士関与を促しレベルを上げる効果を期待することができる。

これらを行うことにより、事業者審査に本格的に活用する場合の組織内に必要な技術士数をつかむことができる。また将来の法制度での審査にあたる組織内外技術士の選定責任は事業者になると考えられることから、選定に関する各組織の基準作りの一助にもなると考えられる。

(3) これ以外にも

技術士制度利用についての特集「原子力と技術士—その制度利用の可能性」⁹⁾には業界・学界の Opiniオンリーダー各氏からの提案が示されているので、ぜひ一読されたい。また前述の制度活用に関する提案書²⁾には職域ごとの様々な提案がまとめられているので検討されたい。

Ⅲ. どんな準備をすればいいのか

1. 必要人数は

原子力・放射線分野の技術者は約4万人といわれている。事業者審査に移行するときは、審査にかかわる技術士がその分野の設計者の5～10%と考えればかなり多く必要となることがわかる。原子力学会の会員は現在約8,000人であり、2割の方に技術士資格を取っていただければ合計5%程度となる。原子力・放射線分野でも技術士制度が早く活用できるよう、会員諸氏の受験をお願いしたい。

2. 今年の技術士試験

今年の試験日程⁶⁾は以下のようになっている。

〔第1次試験〕

●受験申込

(インターネット) 6月1日(月)～15日(月)
(郵送及び窓口) 6月16日(火)～7月3日(金)

●筆記試験 10月12日(月・祝日)

〔第2次試験〕

●受験申込

(インターネット) 4月1日(水)～16日(木)
(郵送及び窓口) 4月17日(金)～5月7日(木)

●筆記試験(総合技術監理部門) 8月1日(土) (その他の20部門) 8月2日(日)

●口頭試験 12月～1月の指定された1日

試験の概要は、日本原子力学会 技術士情報ページ²⁾にまとめられているが、毎年、原子力 eye 誌に掲載されている対策講座シリーズ⁷⁾や、受験体験談⁸⁾なども参考となる。

Ⅳ. おわりに

原子力学会からの要望でできた原子力・放射線部門であり、これからの本格的な活用に向けて産官学の原子力関連組織が準備を行っていただきたい。また、各組織に属する技術者—特に学会員諸氏—にはすぐに技術士資格を取得されることをお願いする。

—参考資料—

- 1) 技術士試験における技術部門の見直しについて(答申), 平成15年6月2日, 科学技術・学術審議会.
- 2) 日本原子力学会 技術士情報ページ
<http://www.aesj.or.jp/gijyutsushi/index.html>
- 3) 日本技術士会 原子力・放射線部会ホームページ
<http://www.engineer.or.jp/dept/nucrad/open/index.html>
- 4) 「柏崎刈羽原子力発電所 復旧状況の第2次現地調査」
<http://www.engineer.or.jp/topics/kahou2-index.html>
- 5) “(特集)原子力と技術士—その制度利用の可能性”, 原子力 eye, 54 [12], (2008).
- 6) 日本技術士会 試験・登録情報ページ
http://www.engineer.or.jp/examination_center/index.html
- 7) “平成21年度技術士試験「原子力・放射線部門」対策講座 第1回～第5回”, 原子力 eye, 55 [1～5], (2009).
- 8) “(特別企画)座談会 私はこうして技術士(原子力・放射線部門)試験を突破した”, 原子力 eye, 54 [10], (2008).

著者紹介

岡 芳明(おか・よしあき)



東京大学
(専門分野)原子炉設計, 原子炉物理, 原子炉安全工学

工藤和彦(くどう・かずひこ)



九州大学
(専門分野/関心分野)原子炉物理, 原子炉安全工学, 原子炉工学/原子力教育

林 克己(はやし・かつみ)



日立 GE ニュークリア・エナジー
(専門分野/関心分野)放射線遮蔽/原子力・放射線分野における技術士制度活用

連載
講座

軽水炉プラントの水化学

第3回 水化学の基礎—酸化皮膜特性

北陸先端科学技術大学院大学 辻 利秀

I. はじめに

高温の冷却水が接している主な原子炉構成材料は、炭素鋼、オーステナイト系ステンレス鋼、ニッケル基合金、ジルコニウム基合金である。これらの原子炉構成材料は高温水と反応し、材料/水界面に酸化皮膜を形成する。生成した酸化皮膜が腐食現象に直接関与することを踏まえ、本稿では、材料として配管構成材料と被覆管をとりあげ、両者の表面に生成する酸化皮膜特性を熱力学、電気化学、材料物性などの観点から解説する。

II. 配管構成材料/水界面に生成する酸化皮膜

1. 鉄基・ニッケル基合金表面の酸化皮膜

軽水炉構成材料として主に使用されている炭素鋼(主成分 Fe)、オーステナイト系ステンレス鋼(主成分 Fe, Cr, Ni)、ニッケル基合金(主成分 Ni, Cr, Fe)を取り上げる。

これらの材料が高温水との腐食反応で生成する主な腐食生成物として、鉄、クロム、ニッケルからなるコランダム型(α - Fe_2O_3 など)とスピネル型(NiFe_2O_4 , FeCr_2O_4 など)の酸化物が考えられる。放射性腐食生成物としては、コバルトイオン(主な核種 ^{58}Co , ^{60}Co)と腐食生成物から生成する複合酸化物も少量ながら存在する。また、最近、原子炉水に亜鉛注入が行われているケースもあるので、亜鉛イオンと腐食生成物との反応で生ずる酸化物についても議論する。

2. 酸化皮膜の熱力学的安定性

(1) 電位(E)— pH 図

高温水中における構成材料の腐食は電気化学的な湿式反応で起こるといわれている。通常、25°Cにおける水質

Water Chemistry of LWR-Plants(3); Fundamental of Water Chemistry—Properties of Oxide Layers: Toshihide TSUJI.

(2008年 11月10日 受理)

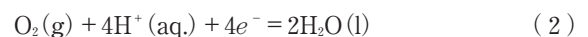
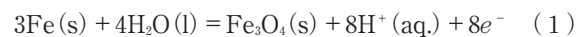
各回タイトル

第1回 軽水炉プラントにおける水の役割と水化学制御

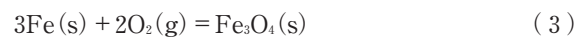
第2回 水化学の基礎—腐食と電気化学

を、BWRでは $pH=5.6\sim 8.6$ の酸化性雰囲気、PWRではホウ素とリチウム濃度の組合せから決まる $pH=4.2\sim 10.5$ の還元性雰囲気、炉水管理をしている。

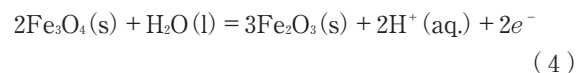
弱酸性水溶液における炭素鋼の主要成分である鉄の腐食反応は、基本的には、以下に示すアノード反応の(1)式とカソード反応の(2)式により進行する。



鉄の全腐食反応は、両者の和である次式

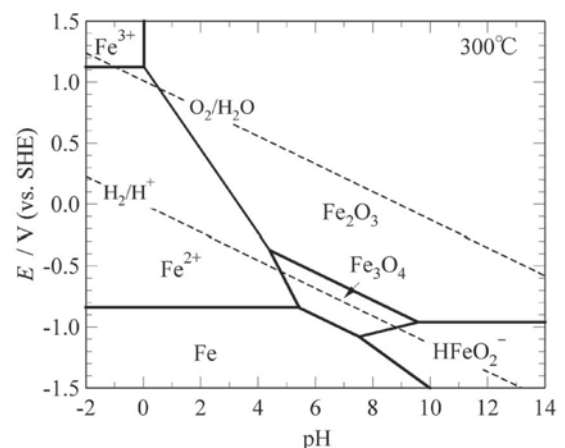


で進む。さらに Fe_3O_4 の皮膜上に、次の反応で α - Fe_2O_3 が生成する。



鉄表面に生成した Fe_3O_4 と α - Fe_2O_3 の酸化皮膜は、その後の酸化反応の抵抗となり、母材の鉄(炭素鋼)を保護する能力があるので、酸化皮膜の構造とその性質を理解することはきわめて重要となる。

第2回連載講座で原¹⁾により提案された300°CにおけるFe-H₂O系の電位— pH 図を第1図に示す。図において、Fe(s)と Fe_3O_4 (s)の境界線、 Fe_3O_4 (s)と α - Fe_2O_3 (s)の境界線における電位(E)と pH の関係は、それぞれ反応式(1)と(4)に対応している。図より、300°Cにおける中性条件の $pH=5.7$ では、 -520 mV 以上では α - Fe_2O_3 が、以下では Fe_3O_4 が安定である。



第1図 300°CにおけるFe-H₂O系の電位— pH 図

通常の水質条件(NWC: Normal Water Chemistry)である酸化環境(高い電位)における酸化皮膜は、金属表面にタイトに生成した内層(主成分は Fe_3O_4)と、ルーズに付着した外層(主成分は $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$)との二層構造からなり、水素注入条件(HWC: Hydrogen Water Chemistry)のような還元環境(低い電位)では、 Fe_3O_4 のみが生成するという一般的な実験事実を電位-pH 図から理解することができる。

オーステナイト系ステンレス鋼やニッケル基合金の材料と高温水との腐食反応で生成する酸化物は、 E -pH 図から、Fe-Cr-O系では、 FeCr_2O_4 、 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ などが、Fe-Ni-O系では、 Fe_3O_4 、 NiFe_2O_4 、 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ などが、Ni-Cr-O系では、 NiCr_2O_4 、 NiO 、 Cr_2O_3 などが生成すると予測される。

(2) スピネル型酸化物の熱力学的安定性

原子炉水中の各種イオンと材料との腐食反応では、複雑な多元系の熱化学反応式を解く必要がある。しかし、高温水中では、熱力学的平衡が必ずしも成立するとは限らないし、高温水での熱測定が困難なことから、すべての物質の熱力学量が求められていない。ここでは、議論をより単純化するため、代表的なイオン種と材料との反応で生成する酸化物を取り上げ、反応の方向性について熱力学的安定性の観点から述べる。

鉄基・ニッケル基合金を構成している鉄、ニッケルとクロム、放射能に大きく寄与するコバルト、炉水に添加された場合の亜鉛等からなるフェライト(2価の金属イオン(II)と3価の鉄イオンからなる $\text{M}^{\text{II}}\text{O}\cdot\text{Fe}_3\text{O}_4$ 型の鉄スピネル)とクロマイト(2価の金属イオン(II)と3価のクロムイオンからなる $\text{M}^{\text{II}}\text{O}\cdot\text{Cr}_2\text{O}_3$ 型のクロムスピネル)のスピネル型酸化物の熱力学的安定性を、反応のギブス自由エネルギーを用いて評価する。

298 Kにおける各種のフェライトとクロマイトの標準生成自由エネルギー($\Delta G_f^\circ(298)$)、標準エントロピー($S^\circ(298)$)、熱容量の温度依存データを熱力学データベースで調べ²⁾、これらの値から計算した288°C(561 K)における標準生成自由エネルギー $\Delta G_f^\circ(561)$ の値を第1表(a)に示す。表より、酸素との親和力が強いクロマイトの標準生成自由エネルギーはフェライトの値より負の絶対値が大きく、より安定であることがわかる。このことは材料表面の内層にクロマイトが、外層にフェライトが生成している実験事実と一致している。

高温での金属イオンの標準生成自由エネルギーは、室温における熱力学的データからCriss-Coble法で計算するか、250°C以上における信頼ある高温の実測データを用いる。求めた561 Kにおける各種イオンの標準生成自由エネルギーの値を第1表(b)に示す。

次に、2価金属イオン($\text{Me}^{2+} = \text{Ni}^{2+}, \text{Co}^{2+}, \text{Zn}^{2+}$)と Fe_3O_4 ならびに FeCr_2O_4 との反応の標準自由エネルギーについて検討する。

第1表 561 Kにおける酸化物の熱力学的安定性
(a) スピネル型酸化物の標準生成自由エネルギー

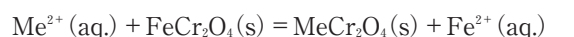
3価イオン	2価イオン	化学式	$\Delta G_f^\circ(561)$ [kJ/mol]
鉄	Fe^{2+}	Fe_3O_4	-927.29
	Ni^{2+}	NiFe_2O_4	-879.68
	Co^{2+}	CoFe_2O_4	-893.76
	Zn^{2+}	ZnFe_2O_4	-972.22
クロム	Fe^{2+}	FeCr_2O_4	-1,255.65
	Ni^{2+}	NiCr_2O_4	-1,175.30
	Co^{2+}	CoCr_2O_4	-1,227.11
	Zn^{2+}	ZnCr_2O_4	-1,340.77

(b) 金属イオンの標準生成自由エネルギー

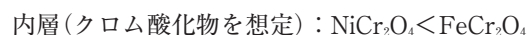
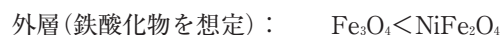
金属	2価イオン	$\Delta G_f^\circ(561)$ [kJ/mol]
鉄	Fe^{2+}	-91.27
ニッケル	Ni^{2+}	-25.00
コバルト	Co^{2+}	-27.50
亜鉛	Zn^{2+}	-126.80

(c) フェライトおよびクロマイトと2価イオンとの反応の標準自由エネルギー

反応物	2価イオンとの反応	$\Delta G_f^\circ(561)$ [kJ/mol]
鉄 酸化物	$\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{Ni}^{2+} = \text{NiFe}_2\text{O}_4 + \text{Fe}^{2+}$	-18.66
	$\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{Co}^{2+} = \text{CoFe}_2\text{O}_4 + \text{Fe}^{2+}$	-30.24
	$\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{Zn}^{2+} = \text{ZnFe}_2\text{O}_4 + \text{Fe}^{2+}$	-9.40
クロム 酸化物	$\text{FeCr}_2\text{O}_4 + \text{Ni}^{2+} = \text{NiCr}_2\text{O}_4 + \text{Fe}^{2+}$	+14.08
	$\text{FeCr}_2\text{O}_4 + \text{Co}^{2+} = \text{CoCr}_2\text{O}_4 + \text{Fe}^{2+}$	-35.23
	$\text{FeCr}_2\text{O}_4 + \text{Zn}^{2+} = \text{ZnCr}_2\text{O}_4 + \text{Fe}^{2+}$	-49.62



(5)と(6)式から計算した反応の標準自由エネルギーの値を第1表(c)に示す。ただし、計算にあたって、イオン濃度(厳密には活量であるが、希薄溶液としてイオン濃度を用いる)を1 [mol/l]と仮定して求めた。第1表から、鉄、ニッケルとクロムから生成される外層と内層のスピネル型酸化物の熱力学的安定性は、右に位置する酸化物の方が大きいことがわかる。



これらの関係から、熱力学的に安定な外層のフェライトは NiFe_2O_4 で、安定な内層のクロマイトは FeCr_2O_4 であることがわかる。

実機のPWRにおいて、ステンレス鋼の腐食で生成した内層と外層の酸化皮膜構造と組成を第2表に示す³⁾。この表では、内層はクロマイト、外層はフェライトで、熱力学データからの予測と一致している。しかし、スピネル型結晶構造は各種の陽イオンを容易に固溶しうるので、表に示すように、単純なクロマイトとフェライトではなく、両者の合金成分が一部固溶した酸化物となる。

第2表 PWRにおけるステンレス鋼の酸化皮膜

Authors	Inner layer	Outer layer
R. L. Tapping <i>et al.</i>	amorphous (Fe, Cr) ₂ O ₃	NiFe ₂ O ₄
J. Robertson	Fe _{1.92} Cr _{1.08} O ₄	Fe ₃ O ₄
D. H. Lister <i>et al.</i>	Cr rich spinel (Fe, Ni)Cr ₂ O ₄	Fe rich spinel Ni _{0.6} Fe _{2.4} O ₄

また、水質環境によっては、内層に α -(Fe, Cr)₂O₃ も生成している。

次に、放射能蓄積に重要な影響を与える2価のコバルトイオンと、フェライトまたはクロマイトとの反応を、熱力学的安定性の観点から検討する。第1表(c)に示すように、外層を形成しているFe₃O₄中の一部の2価鉄イオンまたはNiFe₂O₄中の一部の2価ニッケルイオンが溶液に存在する2価のコバルトイオンと置換し、CoFe₂O₄を形成すること、内層を形成しているFeCr₂O₄中の2価の鉄イオンの一部が、2価のコバルトイオンと置換し、CoCr₂O₄を形成することが予測される。また亜鉛を冷却水に注入したときには、第1表(c)から、内層にZnCr₂O₄が生成することも熱力学的に予測可能である。

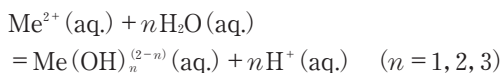
これまでの議論はイオン濃度を1 [mol/l]と仮定しているが、実際にはイオン濃度の影響を考慮して評価する必要がある。例えば、次式の反応の自由エネルギー



$$\Delta G^{\circ}(T) = G^{\circ}(T) + RT \ln \left[\frac{[\text{Co}^{2+}]}{[\text{Ni}^{2+}]} \right] \quad (8)$$

において、 $[\text{Co}^{2+}]/[\text{Ni}^{2+}] = 10^{-2}$ と置くと、561 Kでは、(8)式の第2項の寄与は、-21.48 kJ/molである。この値と、第1表(a)(b)から計算した第1項の値(11.58 kJ/mol)から、 $\Delta G^{\circ}(561) = -9.9$ kJ/molが求まり、反応は右に進むことがわかる。このことは、高温水中のニッケルイオン濃度を増大(高ニッケル運転)すると、配管へのコバルト付着が抑制されることを意味する。

厳密には、さらに2価金属イオン(Me^{2+})の解離平衡



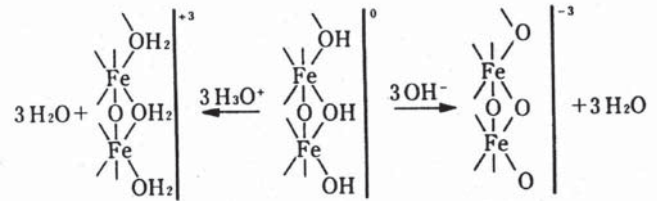
についても考慮する必要がある。

なお、高温水に対する放射線の影響については、水化学に関する他の解説を参照されたい。

3. クラッド(酸化物)とコバルトイオンとの反応

配管表面の腐食生成物は、なんらかの原因で剥離したり、イオンとなって溶解したりして、原子炉水に放出される。剥離したクラッド(0.45 μm のフィルタを透過しない遷移金属の酸化物や水酸化物)は一般に表面電荷を有している。このことはコバルトなどの陽イオンのクラッドへの吸着を考える際に重要である。

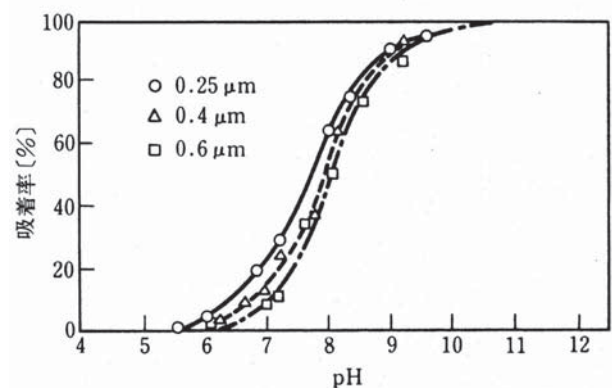
表面電荷は系のpHに依存し、第2図に示すように、粒子表面の反応で支配される。表面電荷は、あるpHで



第2図 表面電荷のpH依存

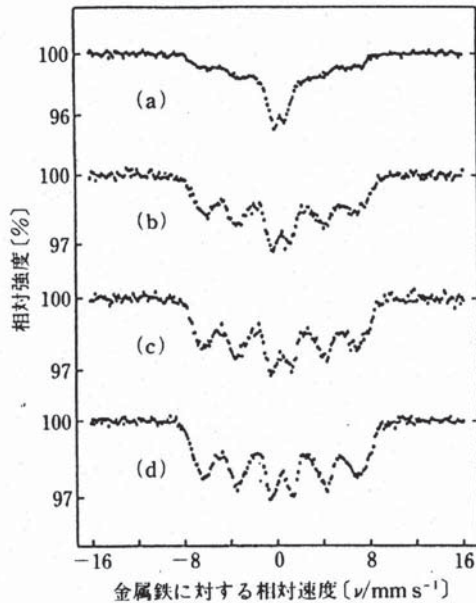
0となり、このときのpHを等電点PZC(point of zero charge)と呼ぶ。クラッドはPZCより大きなpHでは負に、PZCより小さなpHでは正に帯電しているため、高pHでコバルト陽イオンはクラッドに吸着しやすいといえる。PZCは酸化物の基本的な表面物性値と考えられるが、試料の調整法や表面処理によってかなり異なった値を示す。代表的なクラッドである α -Fe₂O₃(5.2, 6.7, 8.6), Fe₃O₄(6.5), NiO(10.3)のPZCを化学式の後に括弧で示す。

25°Cにおける粒径の異なる3種類の α -Fe₂O₃への⁵⁷Coの吸着に及ぼすpHと粒径の影響を第3図に示す³⁾。pH = 7付近から急激に吸着が増加し、pH = 9以上でほとんど100%吸着している。また、小さな粒子ほど比表面積が増加するので、表面の負電荷密度が高くなり、吸着が増加している。

第3図 25°Cにおける α -Fe₂O₃へのコバルトの吸着に及ぼすpHと粒径の影響

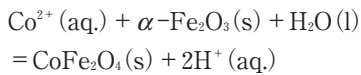
[Co(II) = 30 ppb, α -Fe₂O₃ = 11 ppm]

第4図にNiFe₂O₄表面に吸着したコバルトからの室温における発光メスバウアースペクトルを示す。図から、NiFe₂O₄表面のコバルトの吸着は、室温では常磁性が主体の弱い吸着であるが、高温での前処理時間を長くすると、磁場成分を示すメスバウアースペクトルの6本線の強度が増加し、より強い吸着が生じている³⁾。これは、(7)式の逆反応、すなわちNiFe₂O₄の2価のニッケルイオンを2価のコバルトイオンが置換する反応($\Delta G^{\circ}(561\text{ K}) = -11.58$ kJ/mol)が熱力学的に安定であることによる。また288°Cでは α -Fe₂O₃に吸着したコバルトイオンがコバルトフェライトに変化することも知られている。これは



第4図 NiFe₂O₄の表面に吸着したコバルトからの室温における発光メスバウアースペクトル
 (a) 前処置なし (b) 98°Cで2時間加熱
 (c) 98°Cで6時間加熱 (d) 98°Cで12時間加熱

熱力学的に次式の反応が進むことから理解される²⁾。



Ⅲ. 燃料皮覆管/水界面に生成する酸化皮膜

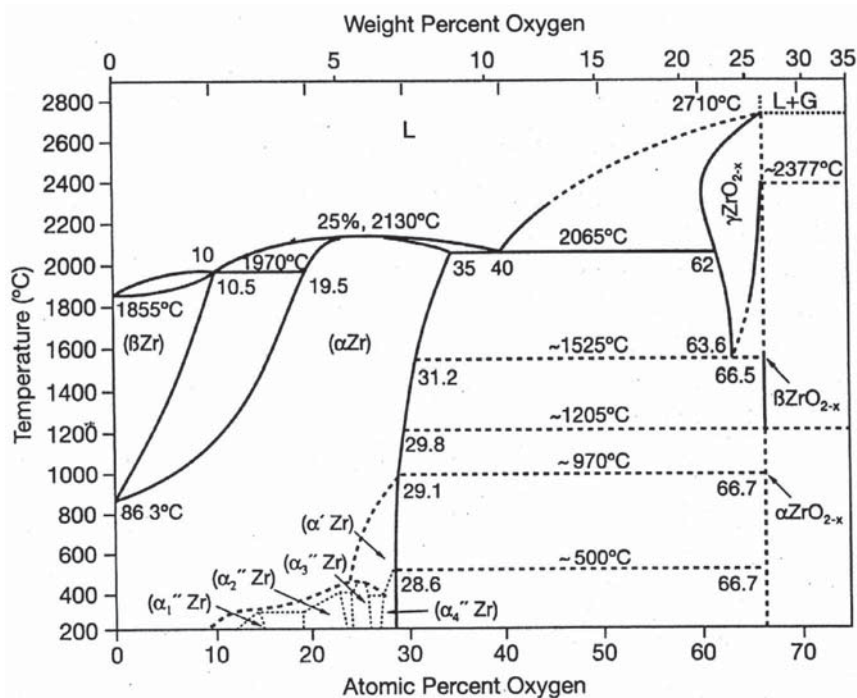
1. ジルコニウム基合金の基礎物性

軽水炉燃料の現行被覆管は、BWRではジルカロイ-2(主成分 Zr, Sn, 少量の Fe, Ni, Cr, O)が、PWRではジルカロイ-4(主成分 Zr, Sn, 少量の Fe, Cr, O)が使用されている。腐食抵抗を増大するために加えられているスズはジルコニウムの α 相(第5図参照)を安定化する元素で、 α -Zr 相への固溶限は約29 at%である。スズの添加量1.2~1.8 mass%では、ジルカロイ-2と-4とも添加したすべてのスズは、ジルコニウムと置換固溶体を形成していると考えられる。鉄、クロム、ニッケルは β 相を安定化する元素で、これらの固溶限は非常に低く、金属間化合物 Zr(Fe, Cr)₂(六方最密充填構造)および Zr₂(Fe, Ni)(体心正方構造)として析出しており、腐食に重要な影響を与える。酸素は不純物ではなく、合金添加元素の一つとして考えられており、その添加濃度は800~1,600 ppmであり、ジルコニウム金属の格子間位置に存在する。酸素は α 相を安定化する元素で、降伏応力を強くするため、被覆管製造の際に、ZrO₂の形で添加されている。

2. 酸化皮膜の熱力学的安定性

高温水中におけるジルコニウム基合金の腐食は、高温ガス中での金属の腐食(乾式腐食)に類似した形で進行すると考えられている。II-2節で述べた湿式腐食における熱力学的安定性を評価する E - pH 図に対応するのが、乾式腐食では、Zr-O系や Zircaloy-O系の相図である。

第5図に、Abriataら⁴⁾によりまとめられた1気圧下におけるZr-O系の相図を示す。図に示すように、ジル



第5図 1気圧におけるZr-O系の相図

コニウムには、低温の α 相(六方最密構造)、高温の β 相(体心立方構造)が存在し、1気圧のもとでは、 α 相 $\leftrightarrow\beta$ 相の相転移温度は863°Cである。

Zr-O系で唯一安定な酸化物は二酸化ジルコニウムで、高温では定比組成に比べて酸素が不足している ZrO_{2-x} の形で存在する。 ZrO_{2-x} は α - ZrO_{2-x} (単斜晶)、 β - ZrO_{2-x} (正方晶)、 γ - ZrO_{2-x} (立方晶)などの多形をもつが、その数、相転移温度については正確にはわかっていない。高温相に関するデータは比較的得られているが、被覆管の使用温度である300°C付近における低温相(特に α - ZrO_{2-x})に関するデータは非常に少ない。特殊条件下では、高温の安定相である β - ZrO_{2-x} (正方晶)や γ - ZrO_{2-x} (立方晶)が、室温では、準安定状態で存在する。また、1,200°C以下での加熱・冷却中、これらの準安定相は低温で安定な α - ZrO_{2-x} (単斜晶)に徐々に変化することが知られている。

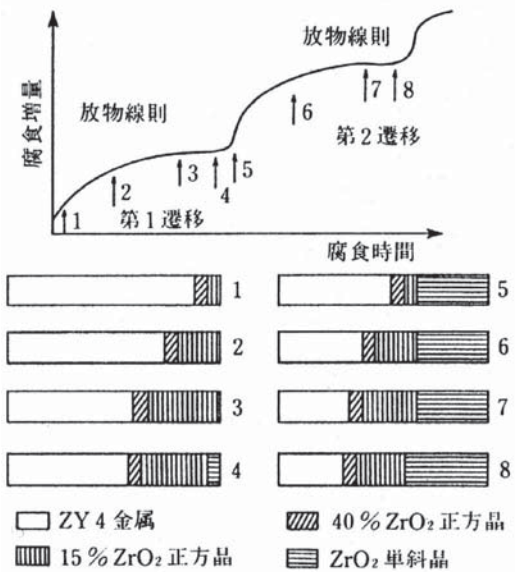
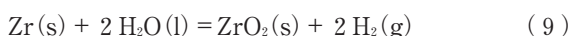
第5図から、 α -Zr相は1,200°C付近まで、29at%に及ぶ酸素固溶限を有する。また、 α -Zr相中の α 、 α' 、 α'' は、ジルコニウムの格子間に存在する酸素原子が規則的に配列した相(α - ZrO_x)であり、 α は完全不規則相、 α' は面間不規則相、 α'' は完全規則相を表す。

Zircaloy-O系の α - β 相境界に関する部分相図から、同一温度での α -Zr相における酸素の固溶限は、Zr-O系と比べて減少する⁵⁾。また、スズを添加することにより、 α - β 相転移温度は70°C前後低下する。

3. ジルコニウム基合金の腐食反応

乾式腐食の特徴はジルコニウム側から順に、高次の酸化物が層状に形成される点である。第5図の相図からわかるように、被覆管の使用温度である300°C付近では、熱力学的には、唯一の安定な単斜晶の α - ZrO_2 のみが、 α -Zr/ α - ZrO_x / α - ZrO_2 の順で、ジルコニウム(ジルカロイでも同様)表面上に形成されると考えられる。しかし、現実的には第5図に示す1,100°C以上の高温で安定な正方晶の β - ZrO_2 が反応中間体として、ジルカロイ表面に生成し、水側には低温で安定な単斜晶が生成されている(第6図参照)。熱力学から予測されるように、腐食反応時間の経過とともに、低温で安定な単斜晶の割合が増大している。また、二酸化ジルコニウム中では、格子間位置を占めているイオン半径の小さな酸素イオンの拡散係数は、ジルコニウムイオンの値より大きいので、ジルコニウムの酸化膜成長は、早い拡散種である酸素イオンが皮膜内を母材側へ拡散し、進行すると考えられる。しかし、実際には、酸素イオンの拡散はバルクの拡散ではなく、粒界の細孔を通しての拡散であると説明されている。

ジルコニウム基合金の主要成分であるジルコニウムの乾式腐食反応は



第6図 ジルカロイ-4の腐食増量と皮膜構造の時間変化

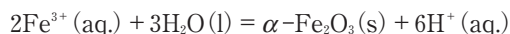
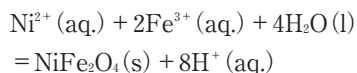
と考えられている。ジルコニウム金属は水分子と反応し、二酸化ジルコニウムが形成され、その際に、水素が発生する。この反応で生成した水素の一部は酸化皮膜内を水素原子として拡散し、母材金属に吸収される。固溶度以上の水素はジルコニウム水素化物を形成する。このため、母材の延性が低下し、脆化が生じるため、被覆管の健全性評価には、腐食と水素化の両者が重要となる。

ジルコニウム金属の場合、Pilling-Bedworth比(金属1モル上に生成した酸化物の体積と金属1モルの体積の比)は1.56と1より大きいので、緻密な酸化皮膜が合金表面に形成される。しかし、酸化が進行し、酸化皮膜が厚くなると内部応力が高くなり、緻密な膜が破壊される。約2 μ mごとにこの破壊と緻密な酸化皮膜生成を繰り返すことが、ジルコニウム合金の炉外試験で報告されている。

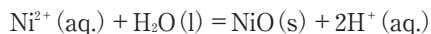
4. 被覆管表面へのイオンとクラッドの付着

ジルカロイ表面に生成した二酸化ジルコニウムは熱力学的に非常に安定で、高温水にはほとんど溶解しない。そのため、放射化された⁹⁵Zrは炉水にほとんど検出されず、被ばく線源とはなっていない。構造材料の腐食反応で生成した腐食生成物はイオンまたはクラッドとして炉水に放出され、被覆管表面に蓄積し、炉心で放射化され、放射性腐食生成物となる。主な放射性核種は⁶⁰Co、⁵⁸Co、⁵⁴Mn、⁵⁹Fe、⁵¹Cr、⁶⁵Znなどであり、これらの核種を含む燃料被覆管表面の放射性腐食生成物は、イオンまたはクラッドとして、炉水に再放出され、溶解度を超えると燃料被覆管表面(厳密には二酸化ジルコニウムの表面)に再付着する。

原子炉水への鉄の持込み量がニッケルの量と比べて多い場合には、次式に示す反応で $NiFe_2O_4$ と α - Fe_2O_3 が生成する。

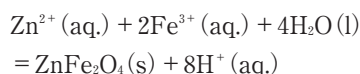


実機クラッドは $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ が主体のルーズに付着した外層クラッドと、 NiFe_2O_4 が主体のタイトに付着した内層クラッドの2種類に大別される。他方、鉄の持込み量と比べて、化学量論比 ($\text{Ni}/\text{Fe}=1/2$) よりニッケル量が多い場合には、微量ではあるが次式で NiO が生成する。



量的には、コバルトイオンは微量であるため、コバルトイオンが主となる酸化物は形成されず、性質が類似した NiFe_2O_4 や NiO 内に取り込まれて、複合酸化物 $\text{Ni}_{1-x}\text{Co}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$, $\text{Ni}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}$ を形成する。これは、(7)式から NiFe_2O_4 の2価のニッケルイオンを2価のコバルトイオンが置換した方が熱力学的に安定であることによる。

また、炉水に亜鉛を注入した場合には、次式の反応で ZnFe_2O_4 が形成されると思われる。



IV. あとがき

原子炉構成材料は高温水で腐食され、その表面に酸化皮膜が形成される。安定な酸化皮膜の形態ならびに生成

した酸化皮膜と水中イオンとの化学反応について、主として熱力学的な観点から解説した。実機の炉水における現象はかなり複雑なうえ、放射線の影響などがさらに加わる。酸化皮膜特性から見た水化学の本解説が炉水中における腐食反応の理解の助けになれば幸いである。

—参考文献—

- 1) 原 信義, 日本原子力学会誌, 51〔3〕, 173(2009).
- 2) 日本原子力学会編, 原子炉水化学ハンドブック, コロナ社, (2000).
- 3) C. Domain *et al.*, *Proc. Water Chemistry of Nuclear Reactor Systems 8*, Bournemouth, BNES, London, p.253 (2000).
- 4) J. P. Abriata, J. Garces, R. Versacie, "Binary Alloy Phase Diagrams", 7〔2〕, 116(1986).
- 5) H. M. Chung, T. F. Kassner, *J. Nucl. Mater.*, 84, 327 (1979).

著者紹介

辻 利秀(つじ・としひで)



北陸先端科学技術大学院大学
(専門分野/関心分野)原子炉化学, 固体科学



連載
講座今、核融合炉の壁が熱い！
—数値モデリングでチャレンジ

第10回 IX. 壁は熱でどうなるか

レーザー技術総合研究所 古河 裕之, 京都大学 切刀 資彰

I. はじめに

磁場核融合および慣性核融合において核融合炉が担う重要な役割の一つは、核融合反応により生じた中性子、 α 粒子、X線等、および炉心プラズマを外部に漏らさないことである。核融合炉容器(以降、チェンバと呼ぶ)の最も内側の壁(以降、第一壁と呼ぶ)は、 α 粒子やX線等および炉心プラズマからの粒子等が照射されるため、非常に高温環境下にさらされる。したがって、高熱粒子環境下で第一壁の健全性(例えば、壁温度の上昇等)を評価することは、トカマク型磁場閉じ込め核融合炉設計および慣性核融合炉設計における大きな課題の一つである。本稿では、主に慣性核融合の代表例であるレーザー核融合炉設計における第一壁の熱問題について述べるが、それは定性的には磁場核融合炉設計と共通したものである。

II. アブレーションと熱流体運動

最新のレーザー核融合概念設計炉 KOYO-F¹⁾については、本連載の第1回で紹介したように、厚さ3~5mmの液体リチウム鉛が第一壁に沿って滝状に流下する構造、つまり「液体壁」を形成して第一壁を保護している。この液体壁概念については、水を用いた模擬実験により第一壁面上に流下液膜を形成可能であることが原理実証

The Fusion Reactor Wall is Getting Hot!—A Challenge towards the Future for Numerical Modelling (10): Chap. IX How does the wall behave by the high energy particle irradiation?: Hiroyuki FURUKAWA, Tomoaki KUNUGI.

(2009年 1月5日 受理)

各回タイトル

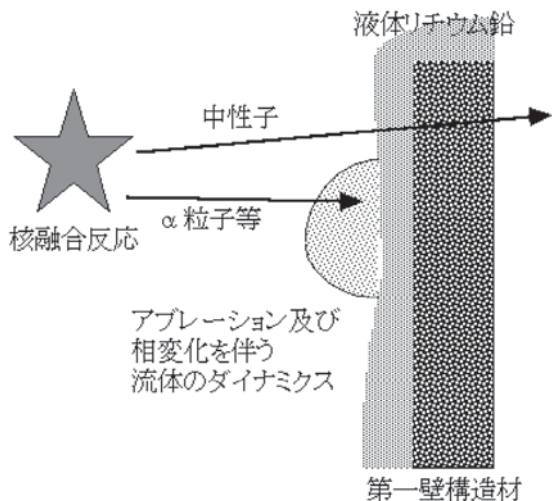
- 第1回 I. はじめに
 II-1 壁の前で何が起きているか?(物理モデル)
 第2回 II-2 壁の前で何が起きているか?(プラズマの攻撃)
 第3回 III. 壁の表面で何が起きているか
 第4回 IV. 壁の中で何が起きているか
 第5回 V. 壁はどのくらい熱くなるか
 第6回 VI-1 壁の中は傷まないか(放射線の照射によって受ける壁材料のダメージ)
 第7回 VI-2 壁の中は傷まないか(放射線の照射によって受ける壁材料のダメージをいかに予測するか)
 第8回 VII. 核融合材料のメソスケールシミュレーション
 第9回 VIII. 壁が作る燃料をどうするか

されている²⁾。1ショット当たり発生する核融合エネルギーは200 MJ、燃料球(以降、ターゲットと呼ぶ)とチェンバ第一壁の最短距離は3mとなっている。このような条件下では、液体壁は液体から中性気体、部分電離プラズマへと相変化を伴いながらアブレーションする。アブレーションとは、急激な蒸発現象または急激な沸騰現象のことである。このアブレーションにより生成されたブルーム(気体、液体、固体などの塊)中では微細なクラスタの生成やブルームの凝縮(気体から液体への相変化)を生ずることが予想される。

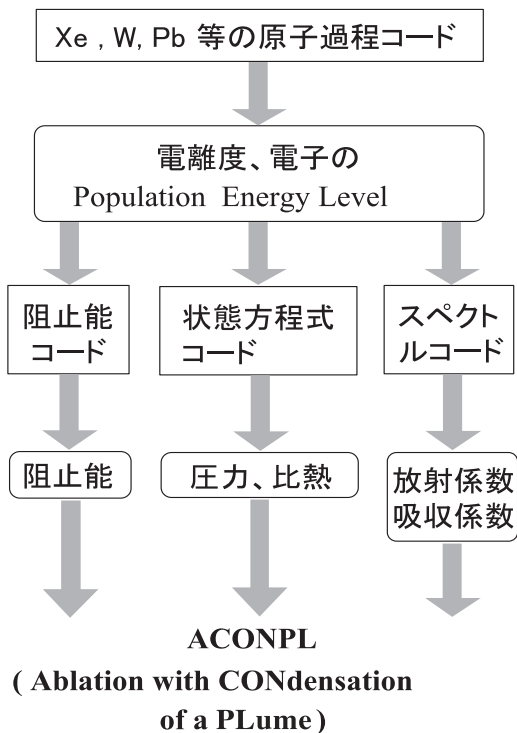
本連載の第1回でも述べられたが、 α 粒子等の荷電粒子は、液体金属中に入ると衝突を繰り返し、エネルギーを失い停止する。停止するまでの距離を飛程と呼ぶ。 α 粒子のエネルギー吸収は、表面から内部に7.5 μm 程度進んだ位置で最大になり、飛程も同程度となる。そのため、液体表面は内部から押される形ではげ落ちるようにアブレーションされる³⁾。このエネルギー吸収過程を決定づけている物理量として、金属(部分電離プラズマ)における荷電粒子に対する阻止能が挙げられる。第一壁のアブレーションを議論する場合、先行して入射した α 粒子からのエネルギー付与によりアブレートした物質(部分電離プラズマ)が、後に入射される粒子のエネルギーを吸収する効果が重要である³⁾。したがって、幅広い温度・密度領域の部分電離プラズマに対応した阻止能を求める必要がある。エネルギーを吸収した液体金属は相変化しながら流体運動を行う、つまり、アブレートした液体金属は断熱膨張によって急速に冷却され、クラスタを生成しながら飛散する。

第1図は、レーザー核融合炉液体壁チェンバ第一壁近傍で起こっている現象の概念図を示したものである。高強度X線、 α 粒子および高エネルギー荷電粒子等によるアブレーション過程は、液体、気体、部分電離プラズマが混在する複合複雑現象であり、数値シミュレーションによる研究はあまり行われていない。これらの複合複雑現象を解析するため、筆者らはアブレーションにより生成されたブルームの凝縮⁴⁾についても取扱い可能な統合シミュレーションコード DECORE(Design Code for Reactor)を開発した³⁾。

第2図は DECORE の解析フローの概念を示しており、様々なコードを統合したものである。まず、原子過



第1図 レーザー核融合炉液体壁チェンバ第一壁近傍で起きている現象の概念図



第2図 DECOREの解析フロー概念図

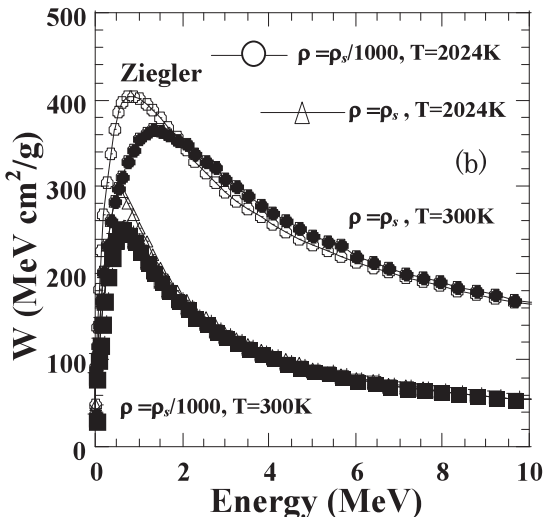
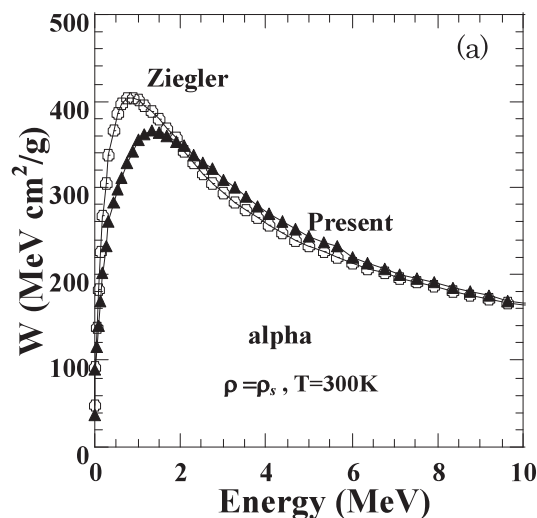
程コードを用いて、鉛などの多数の電子を有する高Z原子に対して、様々な価数のイオンの基底状態、励起状態における電子のエネルギー準位、全電子エネルギー等を求め、これらのデータを基に、ある温度密度における電離度、基底状態や励起状態のPopulation等を決定する。得られた電離度、Population等と、阻止能コード、状態方程式コード、スペクトルコードを用いて、金属および部分電離プラズマの阻止能、圧力、比熱、X線の放射係数、吸収係数等を求める。それらをアブレーションコード(ACONPL: Ablation with CONDensation of a PLume)に取り込み、液体、気体、部分電離プラズマが混在する複合複雑現象をシミュレートすることができ

る。

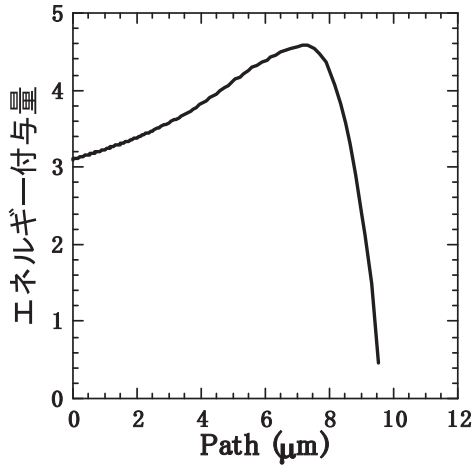
高Z固体金属の荷電粒子に対する阻止能の理論モデルとしては、実験値をよく再現するモデルとして、Zieglerのモデル³⁾がよく知られている。筆者らは、アブレーションコードに取り込むプラズマの阻止能のモデルとして、広い温度・密度範囲でより正確なモデルを開発した。

第3図は鉛中の α 粒子に対する阻止能の計算結果であり、横軸は α 粒子のエネルギー、縦軸は阻止能の値である。第3図(a)は固体金属の鉛に対する阻止能、第3図(b)は鉛の温度密度を変えた時の阻止能を示している。阻止能に関しては、常温の固体金属中に荷電粒子を照射した場合にしか信頼できる実験結果が存在しない。第3図(b)のラインは、すべて計算値である。今後、常温の固体金属以外の実験結果が待たれるところである。

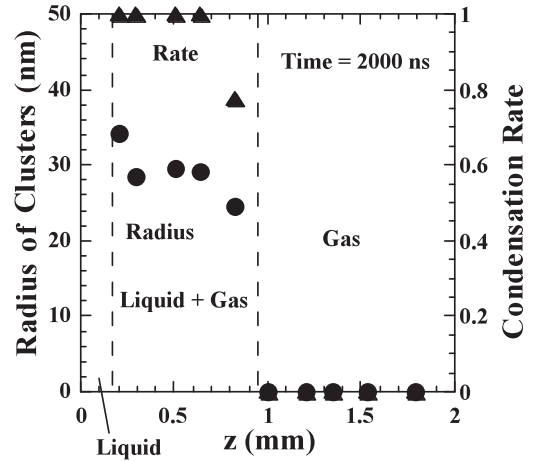
第4図は固体金属鉛に初期エネルギー3.52 MeVの α 粒子が入射した際の、 α 粒子から固体金属鉛へのエネルギー付与量を α 粒子の飛行距離の関数として表したものである。図からわかるように、7.5 μm 辺りでエネルギー付与量が最大となり、その後、急激に0に近づく。



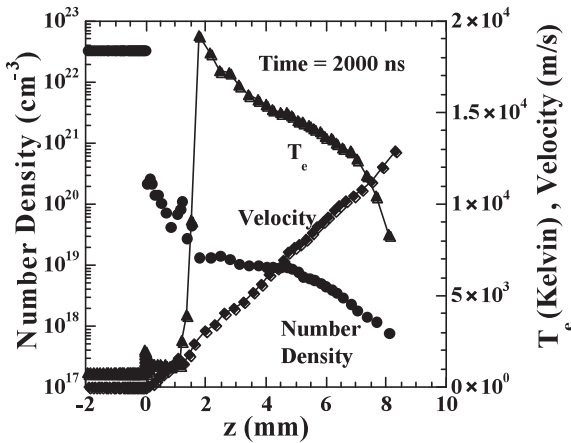
第3図 鉛中の α 粒子に対する阻止能



第4図 固体金属鉛に初期エネルギー3.52 MeVの α 粒子が入射した際の α 粒子から固体金属鉛へのエネルギー付与量



第6図 DECOREにより求めたブルーム中のクラスタ粒子の半径分布と凝縮率



第5図 DECOREにより求めた液体金属およびアブレートした物質のプロファイル

このため、液体壁に α 粒子が入射されると、表面から7.5 μm 程度内部から押される形ではげ落ちるようにアブレーションされる³⁾。

第5図は、DECOREにより求めた、最新のレーザー核融合概念設計炉 KOYO-Fの第一壁近傍の液体金属およびアブレートした物質のプロファイルである。上述したように、液体壁がはがれ落ちて飛散の様子が見て取れる。典型的なブルームの温度は15,000 K程度であり、物理的に様々な状態が混在しうる非常に解析が難しい領域である。

第6図は、DECOREにより求めたブルーム中のクラスタ粒子の半径分布と凝縮率である。クラスタ粒子の半径は30 nm程度であり、ブルームは液体部分、液体と気体の混合部分、気体部分から構成されていることがわかる。

Ⅲ. 逃走電子による第一壁の熱損耗

トカマク型核融合炉の磁場に閉じ込められたプラズマ

中の荷電粒子は2つの力によって駆動されている。その一つは、電場による加速力であり、他方は荷電粒子間での衝突による摩擦(減速)力である。仮に、加速力が摩擦力に打ち勝った場合には、トロイダル方向(トーラス状のプラズマの対称軸をまわる方向)の電場によって電子群が高エネルギー状態へ加速され、実質的に摩擦力の低減化をもたらし、やがて電子群がプラズマ領域外へ飛び出す事態となる⁶⁾。このような高エネルギー電子群を逃走電子(Runaway Electrons)と呼び、トカマク型核融合炉ではプラズマ崩壊(ディスラプション)の際に発生する。与えられたプラズマ閉じ込め容器の定ループ電圧に対する電子の持つ最大エネルギーは、シンクロトロン放射または加速時間のいずれかで決まる。

現実のトカマク装置においても数多くの逃走電子によるとみられる損傷あるいは痕跡が観察されており、その最大のものが第一壁の局所損傷として報告されている⁷⁾。また、逃走電子が第一壁へ衝突した際の最も定量的情報は、制動放射(Bremsstrahlung)による (γ, n) 反応で生成される中性子発生量の測定から得られている。これら逃走電子を捕捉するための測定は、中性子の直接測定や、第一壁材料の放射化生成物の検査により行うことができる。後者は、多くの放射化生成物が30 MeV以上の電子エネルギーを必要とするしきい値反応で生成されているため、衝突した逃走電子の空間分布が放射化生成物の第一壁内での分布から決定できることを利用している。この他の逃走電子の捕捉方法として、逃走電子と第一壁との相互作用の際に発生する強X線放射を測定する方法がある⁸⁾。

例えば、ITER(International Thermonuclear Experimental Reactor)のEDA(Engineering Design Activity)設計に基づく核融合実験炉については、どの程度の頻度で逃走電子が発生するかは全く不明であり、プラズマ運転制御や第一壁設計に依存している。JET(Joint European Torus)における実験では、ベリリウム被覆し

た第一壁でダイバータ配位(プラズマ粒子を集中させることで対向壁の損耗とそれに伴う不純物の混入を低減させる磁場配位)のプラズマ運転を行った場合は、第一壁に炭素材料を用いてリミター配位(プラズマと金属容器壁との相互作用を防ぐために、固体リミターでプラズマ境界を規定する磁場配位)の運転を行った場合に比べて逃走電子の発生頻度が著しく減少したと報告されている⁹⁾。ITER-CDA(Conceptual Design Activity)の概念設計では、最も可能性の高いパラメータ域として、逃走電子エネルギーは300 MeV程度および表面熱負荷は30 MJ/m²と考えられている。また、逃走電子と第一壁の相互作用の時間スケールは1 msのオーダーであるとされている。

プラズマ対向機器への逃走電子による熱負荷は、逃走電子が厚い被覆層を貫通して冷却管を加熱するため、ディスラプション時の高熱流束による表面熱負荷と大きく異なっている。この逃走電子による冷却管加熱によって管壁内部に急峻な温度勾配がついて冷却管の溶融や構造材の損傷が生じ、真空容器内に冷却材が浸入する事故事象の引き金となり得る可能性がある¹⁰⁾。このように核融合炉の健全性のみならず、安全性を検討する上でも逃走電子の第一壁に及ぼす影響を定量的に評価することは重要である¹¹⁾。

IV. まとめ

上記に述べたように、核融合炉壁の熱負荷に関する問題は、多くの物理現象が極めて複雑に関連しており、非常に複雑な問題であるが、核融合炉の健全性や安全性に大きな影響を及ぼすため、その研究が急がれている。特に、アブレーション研究分野はまだ歴史が浅く、今後、若い研究者が大いに活躍できるチャレンジングな研究課題であると同時に、様々な分野の研究者の連携協力による研究推進が望まれる課題である。

—参考文献—

- 1) 神前康次, 他, プラズマ核融合学会誌, **82**, 819-822 (2007).
- 2) T. Kunugi, *et al.*, *Fusion Eng. Des.*, **83**, 1888-1892 (2008).
- 3) 古河裕之, 他, プラズマ核融合学会誌, **82**, 617-627 (2006).
- 4) B. S. Luk'yanchuk, *et al.*, SPIE 3618, 434-452(1999).
- 5) J. F. Ziegler, *Stopping Cross-Sections for Energetic Ions in All Elements*, Pergamon, 5, 391-394(1980).
- 6) H. Knoepfel, *et al.*, *Nucl. Fusion*, **19**[6], 785(1979).
- 7) K. J. Dietz, *J. Nucl. Mater.*, **8**, 155-157(1988).
- 8) R. D. Gill, JET-P 28, (1993).
- 9) G. R. Harris, JET-R 07, (1990).
- 10) T. Kunugi, *et al.*, *Fusion Eng. Des.*, **42**, 67-72(1998).
- 11) H.-W. Bartels, *et al.*, *Suppl. J. Nucl. Fusion Eng.*, **5**, 225-244(1994).

著者紹介

古河裕之(ふるかわ・ひろゆき)



レーザー技術総合研究所
(専門分野/関心分野)シミュレーション物理学/アブレーション物理学, プラズマ物理学, 原子物理学

切刀資彰(くぬぎ・ともあき)



京都大学
(専門分野/関心分野)混相流工学/伝熱工学/数値流体力学/核融合炉工学(ダイバータ, ブランケット, 安全性)

私の主張

高レベル放射性廃棄物処分の社会的受容性から見た考察

元東京電力(株) 副社長 豊田 正敏

高レベル放射性廃棄物の処分は、原子力発電を円滑に進めるために、解決すべき残された極めて重要な課題であるが、計画通りに進んでいるとはいえない。その最も大きな原因は技術開発及び広報活動において、社会的受容性に対する配慮が十分でないことである。本稿では、社会的受容性を得ることに重点を置いた進め方について考察する。

1. 高レベル放射性廃棄物処分の基本的考え方

処分の基本的考え方は、高レベル廃棄物のガラス固化体を地下数百mの安定な地層(岩盤)に埋設することにより、人間環境から隔離することである。

具体的には、まず、ガラス固化体をオーバーパックと呼ばれる頑丈な金属製の容器に密封し、ガラス固化体を地下水と長期間にわたって接触させない。次に、その周りを粘土の一種であるベントナイトで取り囲む。これは緩衝材として、岩圧や地震などによる外力を和らげ(力学的緩衝材)、オーバーパックを保護するとともに、オーバーパックの腐食破損により漏れ出てくる放射性物質の地下水中への移行をくい止め、吸着する。さらに、これらの人工バリアを取り囲む天然バリアの岩盤が漏れ出てくる放射性物質を岩盤の隙間や微小な割れ目に吸着することにより、人間環境に達するまでには、微量となるとともに、それまでに長年月を要することによる放射能の減衰によって、さらに微量となる。このように、人工バリアと天然バリアよりなる多重バリアによって、人間環境から隔離される。

このような説明を視聴覚に訴え、草の根的広報活動により、理解を得ることが重要である。

2. 安全評価

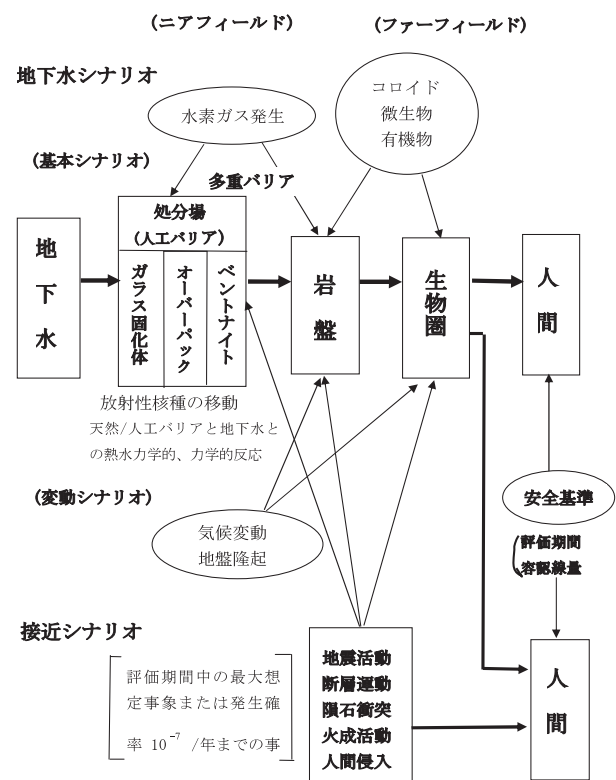
処分が廃棄体の放射性核種を長期間、人間環境から隔離し安全が保たれることを確かめるために安全評価が行われる。この安全評価については、各国で若干手法に相違が見られるものの根本的考え方にはそれほど差がないが、各国とも、一般国民の理解を得て、立地が円滑に進んでいるとはいえない。以下に、社会的容認性の観点から、安全評価手法、評価期間および安全指標を中心に考察する。

(1) 安全評価手法

安全評価シナリオは第1図に示すように、地下水シナリオと接近シナリオに大別される。

地下水シナリオはガラス固化体を格納するオーバーパックがある期間の後破損し、ガラス固化体に含まれている放射性廃棄物が地下水中に漏れ出し、周りのベントナイトおよび岩盤を経て、人間環境に影響を及ぼすというシナリオである。これに対し、接近シナリオは地震、断層などの突発的事象および人間活動によって、人間環境に直接影響を及ぼすというシナリオである。

地下水シナリオの場合、長期間にわたり、処分により、人間環境への影響を安全評価によって確かめる必要がある。その手法には決定論的手法と確率論的手法とがあるが、他の原子力施設にも一般的に用いられており、一般国民の理解を得やすい決定論的手法を用いるべきである。ただし、数百m地下の長期にわたる現象の解析であるので、生ずる不確実性に対し、解析モデルについては検証または確認によって十分吟味すべきであり、パラメータについては実験による確度の向上をはかるとともに、感度解析または確率論的手法によりその影響を確認すべきである。また、不確実性は避けられないので、社会的容認性の観点から適地選定に当たって、地下水の流れがないか、ゼロに近い地点を選定することが極めて重



第1図 高レベル廃棄物処分シナリオ

要である。

変動シナリオの代表例として約1万年後に到来すると予想される氷河期が考えられる。氷河期には生物圏、人間環境や生活様式に大幅な変化が予測され、正確な評価は難しいが、一方、その頃には、処分場周辺の平均有害度係数が低くなっていることで相殺できると考える。

第1図に示す接近シナリオは低確率の確率的事象によって、直接人間環境に影響を及ぼすものであるため、確率論的安全評価によらざるを得ない。

(2) 人間侵入

接近シナリオの中、最も重要な人間侵入については

(a) 意図的侵入

処分場および廃棄物の存在を認識した上でテロ組織などが侵入する場合であるが、彼らにとってはわざわざ、地下数百mのところから廃棄物を奪取するよりも、化学兵器や細菌兵器の方が手っ取り早くて、経費も少なくてすむので、その可能性は考慮する必要はない。

(b) 不注意侵入

処分場および廃棄物の存在を認識しないで、不注意に侵入する場合の防止策としては、国が処分場のサイトを保有し、管理するとか、法律で処分場およびその周辺の掘削を禁止するとか、大型の標識または碑を立てるなどの制度管理による方法が考えられる。したがって、不注意侵入の可能性は、記録の保存の有効性を考えると処分後、1,000年以降に発生すると考えられ、その頃の探査や掘削技術の進歩、人間環境や生活様式の変化を考慮した解析を行う必要がある。これらの現段階での正確な推定は難しいが、発生確率が極めて低いことも配慮すべきである。

3. 評価期間と安全指標

(1) 評価期間

上述のように、高レベル廃棄物の処分の安全評価は放射性核種を長期間、人間環境から隔離し安全が保たれることを確かめるために行われるものであるため、人間環境への影響がピークに達する数十万年までを評価期間とすべきである。

安全評価に伴う不確実性は、時間とともに増加するが、一方、放射性核種は時間とともに減少し3万年後には、廃棄体の周辺区域の平均有害度係数が天然ウラン鉱石並以下¹⁾となる。一方、オーバーパックはその周りが圧縮ベントナイトで取り囲まれた水素ガス雰囲気であることを考えれば、地下水による腐食速度は0.002 mm/年を十分下回ると予想されるので、5万年以上健全性が保たれる。以上のような説明は社会的容認性の観点から極めて有利であると考えられる。

(2) 安全指標

安全指標としては、地下水シナリオには放射線量、接近シナリオにはリスクが用いられる。確率とか、リスク

といった考えは、特に、わが国では一般国民の理解が得られにくい、他の人間活動との比較ができる合理的なものであり、ICRPも線量限度を決めるに当たって、リスクを考慮して決めているので、これを出発点として検討すべきである。

リスクとして $10^{-5} \sim 10^{-6}$ /年を出発点として、線量影響リスク係数を 10^{-2} /Svとすれば、安全指標としての放射線量は1~0.1 mSvとなる。世界では、自然放射線の変動幅以内であれば人体に対する影響はほとんどないとし、0.1~0.3 mSvを採用している国が多い。

問題は、ICRP Pub.46で規制免除線量として「一人の個人の受ける年線量の合計は一つの免除された線源からの寄与分の10倍よりも低いことはほとんど確実であると考えられるので、規制免除基準を0.1 mSvから0.01 mSvに減らす」ことを勧告していることおよびICRP Pub.60で「線量影響リスク係数を 10^{-2} /Svから、その後の知見により、 5×10^{-2} /Svに変更する」ことを勧告していることである。わが国の規制当局がこれらの勧告にどう対処するか見守る必要がある。しかし、このような低線量に対して、ICRPの「しきい値なしの直線性の仮説」を適用することには疑問があり、上述の1~0.1 mSvに止めるべきである。

接近シナリオの場合、その発生確率にそれに伴う人間への影響を乗じてリスクを算定し、安全指標と比較する。

4. 可逆性(Reversibility)と再取出し可能性(Retrievability)

地層処分は、モニタリング、メンテナンスおよび制度的管理を必要としない方法で、長期間、放射性廃棄物を人間環境から隔離し、安全が確保されることが基本である。

処分を段階的に進めるステップにおいて、不都合が生じた場合には、いくつかのステップを元に戻す可能性(可逆性)や、一たん定置した廃棄物を物理的に元に戻す可能性(再取出し性)を考えておくべきである。適地選定段階において、候補地点が最適地でないと判断された場合には、設計の改善方策について検討し、それでも難しい場合には別の地点に移すことを考慮すべきである。また、処分場建設の各段階において、高レベル放射性廃棄物の再取出し可能性を考慮した処分概念および回収技術の実証を考慮しておく必要がある。

処分場閉鎖後については、処分が本来、制度管理を必要としない条件下で、放射性廃棄物を人間環境から完全に隔離することであり、閉鎖に先立って、安全評価や施工の完全性を確かめた上で行うので、再取出し可能性の必要性は極めて低いと考えられる。

しかしながら、閉鎖後に、施工の不完全に気づくとか、新知見によって再取出しが必要になるとか、地元利害関

係者(stakeholder)の安心を得て処分事業を円滑に進めるために必要と判断されるなどの理由により、再取出しの可能性をあらかじめ検討しておくことが望ましい。しかし、それは大掛かりな処分概念の変更ではなく、例えば、水平連続配置に代えて、連絡坑道に直角に垂直または水平に処分孔を設置する程度の変更で可能と考える。

また、閉鎖後のモニタリングについても、処分場周辺に閉鎖後、1,000年程度の間放射能が漏れ出すことはあり得ないが、地元利害関係者の意向などにより、処分事業を円滑に進めるために必要と判断される場合には、適当な期間のモニタリングを考慮すべきであろう。

5. 地下研究施設

地下研究施設の意義、目的は、深地層の岩盤特性、地下水の性状などを測定、解明し、また、実際に岩盤を掘削し、廃棄体を定置、埋め戻しを行うことにより、短、長期に生ずる諸現象をできるだけ正確に把握するとともに、掘削および建設工法、廃棄体定置方法および埋め戻し方法などを実地に検討し、これらにより取得された技

術データ、ノウハウおよび経験を実際の処分場の設計、安全評価、建設および操業に活用することである。さらに、これを一般国民に公開し、実状を見学してもらうことは廃棄物処分の理解を得るために極めて有効である。

この中、最も重要なのは、(1)電熱管よりなる模擬廃棄体を埋設し、その後の人工、天然バリアと地下水との熱水力学的相互作用の実測、(2)模擬廃棄体を収納する気密かつ、弾力性のある容器の内面から、オーバーパックの腐食膨張に近似する圧力を徐々に高めていき、容器とベントナイトおよび岩盤との力学的相互作用の実測を行うことであり、これらにより得られたデータにより、安全評価の不確実性の低減が期待できる。もちろん、20~30年の実験では十分とはいえないが、不確実性の低減には大いに役立つと考えられる。特に堆積岩の幌延地下研究施設では、地元の理解を得て、ぜひ実施すべきである。

(2008年 12月17日 記)

—参考文献—

- 1) 豊田正敏, 原子力工業, 43(4), 79(1997).

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>

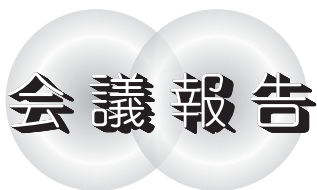
—最近の編集委員会の話題より—
(第8回, 第9回編集幹事会)

【学会誌関係】

- ・巻頭言、時論、解説、報告等の記事提案があり、検討した。今後の新記事企画として、教育関係記事の充実の提案があり、大学の原子力教育活動関係のNEWS記事、主要大学の活動状況と今後の展望などに関する解説記事等を今後検討することとした。
- ・本年度の学会誌表紙のデザインについて検討した。
- ・現在、学会では多くの海外機関(64機関)へ学会誌・論文誌を寄贈しているが、先方から交換寄贈があるのは2機関のみである。送付先が適当か見直すこととした。
- ・学会誌記事のDown Loadが出来るように、和文論文誌分離後の検索システムを作れないか検討することとした。

- ・「わが国の最先端原子力開発」シリーズを7月より再開することとした。
- ・「春の年会」企画セッションの執筆依頼先を検討した。
- 【論文誌関係】
- ・論文誌へのReview・「総説」の掲載を促進するための検討を行った。編集委員から候補者と内容を提案し幹事会にて検討する方式で、試行することとした。なお、査読は投稿論文と同様とすることとした。
- ・論文誌の海外無料配布先について、数年に一度は相手方の意志の確認をすることとした。
- ・各分野別に論文担当状況を勘案して、平成21年度の編集委員数を決めた。各分野責任者に新編集委員候補の推薦を依頼した。
- ・第一分野(総論)の投稿論文の審査基準について検討した結果、特別の基準を設ける必要は無いが、編集委員によって判断がぶれないようにするために、なんらかの指針を作り内部資料として持つことにした。
- ・論文著作権の原子力学会から他機関への委譲について、基準等を検討した。
- ・英文誌に対する平成21年度の科学研究費出版補助金申請が採択された。

編集委員会連絡先 hensyu@aesj.or.jp



第9回国際核破砕材料技術ワークショップ開催記

9th International Workshop on Spallation Materials Technology

2008年10月20~24日(北海道大学, 札幌市)

1. 原子核を破砕して量子を取り出す!

量子ビームを科学実験や産業应用到に利用する陽子加速器施設が注目されている。日本では、東海村のJ-PARC (Japan Proton Accelerator Complex)施設が2008年12月より利用を始めた。同じ規模の中性子ビームを科学実験に利用する施設 SNS (Spallation Neutron Source) が米国のオークリッジにもあり、そちらは2年前から利用を開始している。2つの施設の共通点は MW 級の出力を有する高エネルギー陽子ビームを核破砕標的に入射することである。相違点は、J-PARC では、米国のように中性子を利用するだけでなく、ミュオンの利用およびパイオン、ニュートリノを用いた科学実験にも利用する。応用はエネルギー分野にも広がり、最近では核変換に応用する技術としても発展してきている。

2. ワークショップの歴史は13年前に始まった

第1回の核破砕材料技術ワークショップを米国で開催したのは今から13年前のことである。大強度の核破砕標的の設計に必要な材料開発と寿命の評価を行うためである。世界中の専門家が一堂に会して、知恵を集めた。高エネルギー陽子を照射した場合に起こる材料特性の変化を知るため、使用済みの標的からサンプルを取り出して試験をした。明確な使用条件でのサンプルの特性を知るため、新たにスイスのポールシェラー研究所にある核破砕標的場を利用して、材料照射を開始した。世界の研究機関が分担して特性の変化を調べ、今回もその結果を中心に北海道大学の会場で議論した。

従来の核分裂炉で照射した材料変化と同じ現象が現れるのか、あるいは違う現象が起こるのか、未知の分野で性能を発揮できる材料を開発したいと考えてきた。

3. 材料データは開発の運命を変える?

MW 級の出力を持つ核破砕標的の固体のタンゲステンを使うのは無理ではないかと、1990年代にはそう思われていた。理由は格子原子への放射線損傷が大きいという考えである。その後、0.8 MW で長年使用されたタンゲステンに力をかけて破壊試験をした。予想されたボロ

ボロの状態にはならなかった。

放射線下で発熱するタンゲステンを水で冷却する。そのときエロージョンが起きて、目減りする。そこで腐食に強い材料で被覆する必要がある。適した材料にタンタルがある。放射線損傷により固くなって全く伸びないというデータがあった。MW 級の標的への応用には無理だと考えられた。英国の施設で使われた標的からサンプルを取り出し、試験をした。ところが、伸びる特性がまだ残っていた。違いは純度にあった。高純度の材料ほど放射線の損傷を受けにくいことがあとでわかった。

現在、米国の SNS と J-PARC では、水銀標的を入れる容器にステンレス鋼を使用している。1990年代の後半に、放射線損傷により突然伸びなくなるデータが報告され、その時期が使用の限界と考えられた。その後、従来の特性を覆すデータが報告された。ステンレス鋼と一口にいても種々あり、材料が異なるため、と専門家は考えている。J-PARC に先行運転中の SNS で使用している材料は、旧来のデータから判断すると寿命で交換時期となる。しかし、現在壊れておらず、新しい材料試験データもまだ使えることを示していることから、SNS はさらに使い続けるという判断を下した。

今回も新たに報告された材料のデータが、標的の選択および交換時期の選択に大きな影響を及ぼした。材料特性は、全く別の開発方向を選択させるという道標の役目を果たしているといえる。

4. 次の開催地は?

今回のワークショップは、核破砕施設の建設を計画している中国で2年後に開催する予定である。期待している発表は、鉛ビスマスや水銀を使った使用済みの核破砕標的の材料データ、MW 級固体回転ターゲットの開発についてである。欧州は2003年に大出力の中性子源施設の建設計画をキャンセルしたが、建設の再チャレンジを図っている。

(日本原子力研究開発機構・菊地賢司,
高エネルギー加速器研究機構・川合将義,
2008年12月15日 記)

Short Report

日本技術士会が柏崎刈羽原子力発電所の 復旧状況の第2次調査を実施

(社)日本技術士会は、平成20年11月に原子力・放射線、機械、電気電子、建設の4専門分野の技術士有志で構成する「柏崎刈羽原子力発電所第2次復旧状況調査チーム」により、同発電所復旧状況の現地確認調査を行った。

平成20年4月の第1次調査結果は、報告書が日本技術士会のホームページ¹⁾でも公表されている。その後、同発電所では復旧作業が進められ、先行する7号機では建物・機器の健全性評価や耐震強化工事が終了し、系統単位の機能確認試験が行われている。今回の調査も、実務的技術専門家集団としてこれらの進捗状況を確認し、発電所立地地域をはじめ、社会の皆様のご理解に役立てていただけるように情報を透明に提供し、わかりやすく説明していくことを目的としている。

主な調査場所は、1号機～4号機の屋外設備(1号機軽油タンク、2号機主変圧器、3号機所内変圧器)、5号機～7号機の屋外設備(No.4 汚過水タンク、防火水槽埋設地、架空消火配管)、6号機と7号機非管理区域(6号機、7号機中央制御室、6号機原子炉建屋オペレーティングフロア)、6号機と7号機管理区域(原子炉格納容器ドライウェル内、タービン建屋オペレーティングフロア、高圧・低圧タービン)である。

現地調査においては、

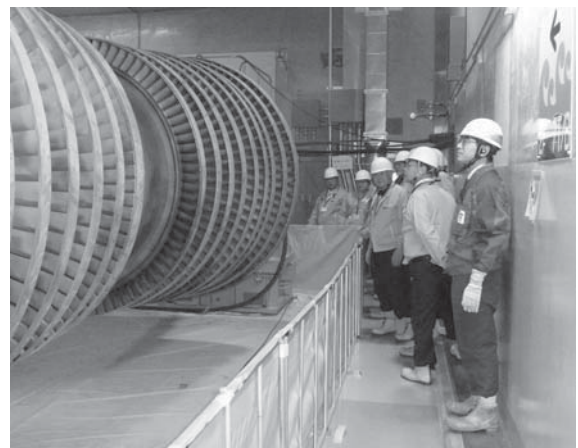
- (1) 前回調査した地震による不適合事象の復旧状況
- (2) 設備健全性に関する点検・評価
- (3) 耐震性向上への取組み
- (4) 災害に強い発電所を目指した取組み

の4つの観点を中心に調査・確認した。

今回の調査結果は、前回と同様に、報告書として取りまとめ、自治体等に配布するとともに、ホームページでも公表している。



座屈した汚過水タンク復旧の説明を受ける技術士会メンバー



7号機の高圧タービンローターを確認する技術士会メンバー

—参考資料—

- 1) 日本技術士会トピックス

<http://www.engineer.or.jp/topics/>

(社)日本技術士会 原子力・放射線部会、

2008年 12月25日 記)

支部便り

関東・甲越支部

第8回 Atoms for Future

講演「原子力をめぐる諸情勢と今後の課題」

関東・甲越支部では、第8回 Atoms for Future(AFF)を1月22日に秋葉原ダイビル(日立本社)で開催した。AFFは支部主催の講演会で、今回は鈴木康郎氏(日本原子力技術協会専務理事)を講師に迎え、「原子力をめぐる諸情勢と今後の課題」というタイトルで講演いただいた。原子力カルネッサンス時代ともいわれている情勢の中で、新聞や雑誌などのマスコミで原子力発電が取り上げられることが少なくなってきた昨今、米国オバマ大統領就任直後の講演会ともなり、今回の講演はまさに時期を得たものとなった。電気事業者として原子力発電所で実際の原子力発電プラントの運営の指揮を執られ、また、原子力発電の品質・安全の向上に尽力された経験に基づき、現在は日本の原子力発電を牽引する立場の鈴木氏の講演ということで、講演には80名強の参加者が集まった。この参加者数は、第1回講演に次ぐ歴代2位の記録であり、参加者の関心は高く、活発な質疑応答がなされ、大盛況であった。

講演では、原子力発電に対する再評価の動きの中での世界の発電所建設経験、建設計画、日本の原子力発電所の運転状況を踏まえて、今後の電力事業における課題と改善・向上に向けた取組み、そして事業者の取組みを支援している日本原子力技術協会(以下原技協)の役割・活動の紹介があった。

特に事業者の取組みに対する原技協の支援の主要なポイントとして次が紹介された。

- (1) 新保全プログラム： 事業者は体系的な保全プログラムに基づき、プラントごとの特性に応じた信頼性重視の保全活動を実施。その支援のため保全プログラム作成に必要な「電力共通技術基盤」を原技協で整備
- (2) NUCIA(トラブル情報システム)の活用： トラブル情報・保全品質情報等を各事業者で登録・水平展開を実施。NUCIAを運用する原技協では、登録基準の明確化、提言等の的確化、フォローの厳格化等を実施
- (3) ピアレビュー： 事業者に対する現場観察を主体とした公開レビューを実施
- (4) 安全文化醸成： 安全セミナー、安全キャラバン等の安全文化浸透・向上活動の実施

- (5) 規格・基準の整備、原子力技術者の育成・維持： 学協会規格・指針等の民間規格整備に対する技術サポート、運転責任者判定業務・技量認定制度の制度設計に対する支援など

鈴木氏によれば、日本の原子力発電は高い技術力を有する原子力先進国であるものの最新の年間平均設備利用率は60%を下回っており、新潟県中越沖地震の影響を受けた柏崎刈羽原子力発電所の7基の長期運転停止等を除いたとしても、近年の設備利用率は80%を下回っており、設備利用率90%以上の米国などから遅れをとっている。講演では、エネルギー安定供給と地球温暖化対策の観点から原子力発電が再評価され、世界的な原子力回帰への動きが活発化している今日、日本の原子力産業界が力を合わせて設備利用率の向上を含めた原子力発電のパフォーマンスを高めるとともに、原子力発電所の建設経験を継続している日本の強みを活かして日本の原子力産業界を盛り上げていくという鈴木氏の強い意気込みが感じられた。若手研究者を含む参加者の最近の原子力情勢と産業界の努力に対する理解がより一層深まったと考える。

また、安全文化の醸成に関しては、最後の質疑応答でも活発なやり取りがなされた。鈴木氏からは、原技協案として安全文化を観る7原則：①安全最優先の価値の徹底、②トップの安全に対する強いリーダーシップの明確化、③業務活動への安全確保の仕組みの取込み、④関係機関および社会との円滑なコミュニケーション、⑤責任を持って是正する姿勢、⑥業務や設備に潜む潜在的なリスクの認識、⑦自由に物が言える活気と想像力のある職場環境が講演で紹介されたが、参加者からは原子力の安全を社会に受け入れてもらうためにどうしたらよいか、倫理を徹底するためにどう取り組んだらよいかなどの前向きで活発な議論がなされた。原子力発電に対する信頼を回復し、マスコミなどを含む原子力を取り巻く環境改善に向けて、原技協のリーダーシップに大いに期待したい。

質疑応答の中で、鈴木氏の強調された言葉「産業界の変わらぬ強い意志」が特に心に残る有意義な講演会であった。

(支部企画委員 富永基夫、2009年2月4日記)

日米欧原子力国際学生交流事業派遣学生レポート

MSKCC 滞在記

東京大学大学院工学系研究科
原子力国際専攻 博士課程1年 水野 和恵

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

私は、日本原子力学会の平成20年度日米欧原子力学生国際交流事業の派遣学生として、2008年8月25日から10月24日にかけて、米国ニューヨーク州にある Memorial Sloan-Kettering Cancer Center (MSKCC) に滞在しました。MSKCC は癌治療の分野では米国でもトップクラスの病院として知られており、放射線治療においては世界に先駆けて IMRT (強度変調放射線治療) の開発を行うなど、研究開発も盛んに行われています。MSKCC はマンハッタンを中心に5つの病院をもっており、私はハドソン川沿いに電車で40分ほど北に位置する Sleepy Hollow 支部に滞在しました。自然が豊かなところで、病院のすぐ隣には、鹿やリス、コヨーテなどが住む大きな公園があり、10月半ばには紅葉が素晴らしくきれいでした。

今回の留学の目的は、米国の放射線治療の様子、特に医学物理の現状について学ぶことでした。日本の病院の放射線科と異なり、米国では医師、放射線技師に加え、Dosimetrist (治療計画作成者)、そして Medical Physicist (医学物理士) という専門職があります。医学物理士は、治療装置の高度化に伴い、工学・理学の知識をもつ専門の人材が必要となったため導入されました。医学物理士の仕事は主に、①治療装置の品質保証および治療計画の作成、②治療の改善に向けた研究、③次の世代の医学物理士の教育、の3点です。私は主に、医学物理士の Dr.

Song から、午前中は一対一で医学物理の現状や最新の治療技術についての講義を受け、午後は治療や治療計画作成の様子を見学しました。また治療が終わり、患者さんが帰った後に、CT スキャナやライナックを使って、4 D-Radiation Therapy (4 DRT, 4次元治療) に関する研究を行いました。

4 DRT は、3次元の線量分布を考慮した従来の3 DRT に加え、呼吸に伴うターゲット(腫瘍)および周囲の臓器の動きを考慮に入れた治療を行うものです。患者さんの呼吸の情報を得るには、現在2種類の方法が実用化されています。ひとつは胸部に赤外線反射マーカーを置き、上下の動きを CCD カメラで撮影する Real-time Position Monitoring System (RPM)、もうひとつは圧力センサが入っているベルトを胸部に巻く Bellows System です。私は新しく開発された人型の呼吸ファントムを用いて、両者の感度や得られる呼吸位相情報の比較を行いました。また、それらを用いて治療計画を立てた場合に、どれだけ正常組織への被曝を回避できるかについて、ゲーティング(ある呼吸位相でのみ照射を行うこと)を想定して計算を行いました。今回得られた成果は、放射線治療に関する国際学会 (ICTR 2009) で発表する予定です。

Sleepy Hollow 支部では、学生の受入れは初めてだったそうですが、先生方やスタッフの方々が、優しく迎えてくださいました。学生は私一人だったので、同世代の友達ができなかったのが残念でしたが、事務の女性達や下宿先の大家さんと仲良くなりました。週末にはマンハッタンを訪れ、メトロポリタン美術館や自然史博物館に行ったり、ミュージカルを観たりして、世界の文化の中心といわれるニューヨークを肌で感じる事ができました。

8週間という短い間でしたが、いつも気にかけてくださった Dr. Obcemea, 講義や実験の指導に時間を割いてくださった Dr. Song, 病院のスタッフの皆様に感謝いたします。このような機会をくださった日本原子力学会と、学会会員の皆様に心からお礼申し上げます。

(2009年 2月10日 記)



頻繁に行われるお誕生日パーティーにて
(MSKCC の医師や事務の女性達と)

50周年記念企画公募記事に共感の声

全体的に興味のある記事が多かった(12月号の Web アンケート結果)

「原子力学会誌」12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97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。12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	解説	なぜ「掲載否」と判定されるのか —論文査読者からのコメント	4.00
2	談話室	核分裂は誰が発見したのか? (その1)	3.88
3	50周年 企画公募	巨大トリチウムエネルギー産業 の早期世界展開	3.84
3	ジャーナリスト の視点	「安全」と「安心」の間にあるもの	3.84

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	巻頭言	原子力にも闘魂ゲノムを!	3.93
2	解説	なぜ「掲載否」と判定されるのか —論文査読者からのコメント	3.74
3	談話室	核分裂は誰が発見したのか? (その1)	3.64
4	50周年 企画公募	「日本のチェルノブイリ」と言わ れて	3.59

50周年記念企画公募記事が上位に入っています。

2. 自由記入欄の代表的なコメント、要望等

- (1) 外部の人の意見が掲載されるようになり、専門外の人がどういう見方をしているかわかる記事が載っていることは大変よいことだと思う。
- (2) 今回のように、過去のことであれ、今の人が学ぶにふさわしい記事を載せてほしい。トリチウムの記事のように、隠さず現状を会員に話してほしい。新たな技術の発展につながると思う。
- (3) Nuclear News の燃料の特集では、世界のウラン市場の状況や、ウランの再利用の状態が比較検討されていることを知ることができてありがたい。

3. 編集委員会からの回答

- (1) 今月号の記事は全体に話題が興味あり、また過去にあったことも紹介されて、現在に至る原子力の歩みがよくわかったとの声が多くありました。

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。

最先端の研究に大きな期待が

ITER, J-PARK, 放射性炭素の利用の実現に向けて

(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52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	核分裂は誰が発見したのか? (その2)	4.08
2	巻頭言	「原子力」という言葉によせて	3.96
2	解説	社会に信頼される原子力を目指して	3.96
4	ジャーナリストの視点	北海道と原子力発電	3.91

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	ジャーナリストの視点	北海道と原子力発電	4.05
2	巻頭言	「原子力」という言葉によせて	3.91
3	談話室	核分裂は誰が発見したのか? (その2)	3.82
4	時論	ITERの使命—今世紀半ばの実用化を目指して—	3.63

巻頭言、談話室、ジャーナリストの視点が上位に入っています。

2. 自由記入欄の代表的なコメント、要望等

- (1) 核融合がエネルギー問題を解決してくれるという夢が、私がこの世を去った後に実現しそうで。
- (2) J-PARC がいよいよ始動しようとしている。ビームを利用した研究や開発が予定されているのをうかがい、未来へ大きな可能性を期待している。
- (3) 「談話室」に関して、この記事では、先人達が核分裂をどのように発見してきたかがわかり、まるで緊迫感のあるミステリー小説を読んでいるようだ。
- (4) JCOで臨界事故が起きてから、今年の9月で丸10年になる。これまでに語られなかった事実やこの事故の必然性など、記事にしていきたい。

3. 編集委員会からの回答

- (1) 地球温暖化等で原子力が見直されているのに、原発即原爆にいつてしまう人が多い日本人。このような日本人のつまらぬ頑固さを、最近の脳科学から議論してもらい、それを変えるためには、どのような刺激を与えればよいのか議論してほしいというような提案もありました。皆さんは、どのようにお考えですか？

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

ジャーナリストの視点 Journalist's eyes

原子力の「社会的責任」果たせ

福井新聞 森瀬 明

日本で最も原発が集中立地する福井県。ナトリウム漏れ事故で停止したままの高速増殖炉「もんじゅ」、廃炉措置を進める新型転換炉「ふげん」、プルサーマル、増設、そして大小さまざまな事故、トラブルといった問題に直面してきた。原発取材の最前線からは3年近く離れていたが、東京でここ数カ月間に取材した二、三の出来事を踏まえ、国策民営としての原子力の「社会的責任」を考えてみたい。

昨年10月に開かれた総合資源エネルギー調査会のもんじゅ安全性確認検討会で、原子力安全・保安院は日本原子力研究開発機構の組織風土について「外部からの指摘を真摯に受けとめ、対応しようとする姿勢や取り組みが不十分」と指摘した。実に厳しい評価だ。推進側と自任する委員からも「技術上だけでなく、組織的、経営的問題があるのでは」などと強い調子の指摘が相次いだ。「これじゃあ運転再開どころではない」と痛感した。

再開目標が迫る中で、ナトリウム検出器の誤作動、屋外排気ダクトの腐食と相次いだトラブルは、もんじゅに巣食っていた「安全文化の欠如」という問題を浮き彫りにした形だ。長い停止の間に使命感や、技術者、組織としての倫理が薄らいってしまったのだろうか。結局、4度目の工程変更を余儀なくされ、技術的な信頼性はもとより、社会的な信頼性が大きく揺らいでいる。同じように操業時期がずるずると延びる青森県六ヶ所村の再処理工場にも相通じる要因が潜んでいるのではないかな。

もう一つは、1月に開かれた「原子力と地域の関わりに関する調査活動」壁新聞発表全国大会。文部科学省が主催する高校生対象の事業だ。ある高校は、国際原子力事象評価尺度ではもんじゅのナトリウム漏れを「逸脱」としている点を挙げ、「事故ではなく事象。言葉の使い方と受け止め方が変わる」「もんじゅの安全は確保されている」と発表していた。この事業自体の意図は否定しないが「科学的態度とはなんぞや」という思いに駆られた。

事故当時、「事象にすぎない」と説明した国に対し、県民からは激しい批判が起きた。また、配管損傷による蒸気噴出で死傷者11人も出した2004年の関西電力美浜原発3号機事故も、評価レベルでいえば「逸脱」だ。

こうした事実を踏まえてなお、「事故でなく事象」と言えるだろうか。

決して高校生を責めるわけではなく、指導したり、レクチャーした側に問題があるのだ。科学的態度とは、一方の見方だけをうのみにせず、さまざまな可能性に想像力をめぐらせ、客観的に物事をみて判断することではないか。そうした点から将来の技術者を養成すべきだし、冷静に判断、対応できる社会風土も醸成されていくのだろうか。

2つのことは、別次元の話であり、無理に結びつけようとは思わない。ただ、技術倫理を欠いては安全は確立し得ないし、技術的に安全だというだけでは、本当の信頼感は得られないということだ。コストの適合性、住民の理解、国民的合意などを含めた複雑な連立方程式の解を提示しなければ、原発を立地し、運転してはいけない。CSR(企業の社会的責任)風に言えば、ステークホルダーは多方面にわたる。

もんじゅ事故以降、政策決定や審議の場が公開され、原子力委員会、経産省などは国民との対話も試みているが、道半ばの感がある。美浜原発3号機事故ではコンプライアンスの問題がクローズアップされるなど、社会的責任の重要性はより注目されるようになってきた。

日本原子力学会は2001年に「倫理規程」を定めた。倫理委員会を設けて議論を重ね、継続的に見直しも行っている。美浜3号機事故の際には特別セッションを実施したし、事故、不祥事に対しては提言、意見表明を行ってきた。社会との対話強化もうたっている。こうした取り組みは評価できるが、果たして実効ある形で広く浸透しているのだろうか。関係者が「技術倫理」を自らに問いかけるとともに、国、原子力業界ともに社会的責任を自覚し、しっかり取り組んでもらいたい。



森瀬 明(もりせ・あきら)

福井新聞社政治部長

1985年、大阪大学文学部卒。福井新聞社入社後、経済部、共同通信社政治部出向、東京支社編集部長などを経て、2009年3月から現職。