

時論

2 原子力研究の裾野の拡大へ向けて

放射性同位元素や中性子線を的確に利用することで、植物の生育状態を直接観測することができる。

中西友子

4 期待外れの COP 15 で見えたもの

国益と国益の衝突であり、「地球益」などというきれいな言葉は、みなどこかに置き忘れてきてしまったかのような会議だった。

滝 順一

シリーズ解説

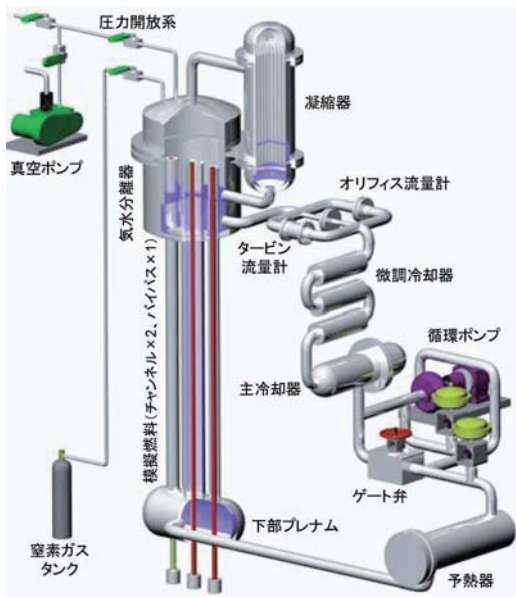
我が国の最先端原子力研究開発

No. 17 電中研

16 統計的安全評価手法に関する電力中央研究所の取組み

原子炉の安全審査において、導入が検討されている統計的安全評価手法および最適評価コード。その開発に関する電中研の取組みを紹介する。

古谷正裕, 西 義久



BWR の沸騰二相流を模擬した試験装置の概念図

巻頭言

1 原子力とニュートリノ

鈴木厚人

解説

21 福井大学における原子力教育・研究—地域連携型の教育・研究

福井大学では、2004年に大学院工学研究科原子力・エネルギー安全工学専攻を設立。また2009年に開所した附属国際原子力工学研究所は、2011年度に敦賀市に移転する。

竹田敏一, 泉 佳伸, 玉川洋一



ナトリウム火災消火実習のまよう

28 東北大学の原子力研究分野への取組み

東北大学は1913年に放射線の研究教育を開始。原子力分野を専攻する学生はこれまでに、延べ1,500名を超えた。

井上明久



初期にはマリ・キュリーが作成したラジウム副原器(左)を用いた教育が行われていた。右はその証明書。

表紙 福島第二原子力発電所の排気筒

(写真提供) フォトグラファー 柏木龍馬

(表紙デザイン) 鈴木 新

32 フランスの原子力事情

国内電力消費の約80%を原子力発電によってまかなっているフランス。将来も、原子力発電を電源の中心に据える方針は変わらない。その実情を紹介する。

東海邦博

連載講座 21世紀の原子力発電所廃止措置の技術動向(6)

38 廃止措置技術—処理処分の技術動向

原子力発電所の廃止措置では、数千～数万tの低レベル放射性固体廃棄物が発生すると推定されている。今回は、その処理処分に際して、重要となる減容処理や固型化処理等の技術動向について述べる。

水越清治

談話室

43 ウィーンから見た日本、そして原子力の未来(1)—JAEA ウィーン事務所から見た日本の原子力

杉本 純

会議報告

45 日本保全学会「第6回学術講演会」—新検査制度の施工後の保全技術への取組み

山本 智

46 古都金沢で原子炉熱流動研究の専門家会議盛況裡に開催—2/3以上が海外からの論文発表

二ノ方 壽, 前川 勇

47 アジア水化学シンポジウム2009

布施元正

学生連絡会報告

49 平成21年度「原子力と地域の関わりに関する調査研究活動」の紹介とこの活動に参画した学生連絡会の感想

上西紗耶加

6 NEWS

- 「もんじゅ」、ほぼ要求通りの予算に
- 柏崎刈羽7号機が営業運転を再開
- 玄海3号でプルサーマルの営業運転開始
- JNESが高経年化でシンポジウム
- 内閣府が原子力で世論調査
- GIF政策グループ新議長に佐賀山 豊氏
- 原産が「高レベルシンポ」を開催
- 三重の産業展に地層処分のパネルを出展
- J-PARCでニュートリノを検出(下図)
- 飛翔鏡からの反射光の強度を飛躍的に向上
- 海外ニュース



T2K 実験ニュートリノ検出器の模式図(News p. 10)

定点“感”測⑧

50 原発で考えてみた食のわがまま

土田美登世

ジャーナリストの視点

52 説明不足の『国策』

香取啓介

27 From Editors

48 支部便り 関東・甲越支部

猪飼正身

53 会報 原子力関係会議案内, 主催・共催行事, 人事公募, 英文論文誌(Vol.47, No.2)目次, 主要会務, 編集後記

WEB WEBアンケート

11月号のアンケート結果をお知らせします。(p. 51)
学会誌記事の評価をお願いします。<http://genshiryoku.com/enq/>

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

原子力とニュートリノ



高エネルギー加速器研究機構長

鈴木 厚人 (すずき・あつと)

東北大学大学院理学研究科修了。東北大学理学部教授，ニュートリノ科学研究センター長，東北大学副学長を経て，06年から現職。専門は素粒子物理。

役に立たない代名詞格のニュートリノが，汚名挽回すべく少しは役に立つようである。一般に，ニュートリノはエネルギーが生成される際に，付随して放出される。太陽のエネルギー源である核融合連鎖反応によって大量のニュートリノが発生し，宇宙空間に飛び出す。その数は地上で 1 cm^2 当たり1秒間に600億個になる。しかも，昼夜にかかわらず我々の体の中を通り抜けている。もちろん，人体に害を及ぼさない。百年生きて1個の太陽ニュートリノが人体と反応するかどうかである。また，地球磁場を産み出し，マントルの対流運動を引き起こす地球内部エネルギー源は，原始地球生成期に小惑星同士の衝突によって地球中心に蓄積された重力エネルギーと，地球内部に埋蔵する放射性物質の崩壊による放射化熱がそれぞれ $\sim 50\%$ ずつ担っていると考えられている。放射化熱起源の地球ニュートリノは2005年に，後述するカムランド実験によって初めて検出された。原子力発電所の原子炉内で誘起される核分裂反応からも大量のニュートリノが生成される。

神岡鉱山の地下に2002年に建設された1,000トン液体シンチレータ・ニュートリノ検出器：カムランドは，上記の太陽ニュートリノ，原子炉ニュートリノ，地球ニュートリノを検出して天体物理学，素粒子物理学，地球物理学の研究を行っている。これまでの原子炉ニュートリノを用いる実験から，原子炉燃焼記録に基づき計算したニュートリノ生成数と，ニュートリノ検出器による検出数が99%以上の高精度で一致することが示されている。この結果から，カムランドの小型(直径1mサイズ)版ニュートリノ検出器を原子炉の周りに複数台設置することによって，非接触でかつ運転を継続しながら，原子炉の内部を診断する手段の確立も夢ではない。いわゆるニュートリノ原子炉トモグラフィーである。

現時点では，以下のような原子炉診断が考えられる。(1)複数の検出器を用いてニュートリノを検出すると，その総数は原子炉総燃焼量に対応する。原子炉を透過してくるニュートリノにより，より直接的に燃焼量と燃料消費量が算出できる。(2)複数のニュートリノ検出器の検出数の相違を調べることは，原子炉内の場所，場所における燃焼率の相違を与えてくれる。原子炉内の燃焼率の空間分布は原子炉の燃焼状況のモニターとして新しい尺度をもたらす。(3)核分裂後に生成される中重核種は不安定ですぐにベータ崩壊する。このベータ崩壊に伴って，ニュートリノが生成される。ニュートリノのエネルギーは核種によって固有である。このため， $^{235,238}\text{U}$ ， $^{239,241}\text{Pu}$ の核分裂によって生成されるニュートリノのエネルギー分布はそれぞれ若干異なる。特に，エネルギーの高い領域は差異が大きく出る。このため，ニュートリノのエネルギー分布の高精度検出は，それぞれの核燃料物質の消費量(残存量)の時間変化や，時間変化の空間分布を与える。

以上はまだ極めて楽観的な机上の空論であるが，ニュートリノ原子炉トモグラフィー装置は，素粒子実験で使用されているモンテカルロ手法により，詳細設計が可能である。しかし，素人の考えよりも皆様方プロの意見に耳を傾けないと，再び役立たずのレッテルを貼られることになりかねない。是非ご批判，ご意見をお願いしたい。

(2009年 12月22日 記)



原子力研究の裾野の拡大へ向けて



中西 友子(なかにし・ともこ)

東京大学大学院農学生命科学研究科 教授
1978年東京大学大学院理学系研究科博士課程修了。理学博士。財団法人や企業勤務、米国ローレンスバークレー研究所博士研究員を経て1962年東京大学農学部助手。助教を経て現職。第20期日本学術会議会員。平成12年第20回猿橋賞受賞。

放射線利用の研究はどこに行ったのか。かつて理学、工学、生物学など広い分野で行われていた放射線を利用する研究は数が激減してきていることに加え、その教育さえほとんど行われなくなってきた。例えば「放射化学」という授業が行われている大学は非常に少なく、また「放射化学」という名称が残っている研究室は日本では数えるほどしか存在しない。12月の最初に米国で開催されたAPSORC 09(Asia-Pacific Symp. RadioChem.)では、米国の大学にはまだ20以上もの放射化学という名をつけた研究室が存在し、その数の減少も底を打ったと報告された。生物学分野でも放射線を扱う研究は、安全性確認が目的の生物影響研究を除けば、食品照射、突然変異体作成などはほんの少ししか研究されていない。また最近、「放射線」の代わりに「量子ビーム」という言葉が用いられるようになってから、放射線の利用とはJ-PARCやSPRING 8などの大型設備を扱う研究だけだと思われがちである。

1. 大型設備を扱う研究だけが放射線の利用ではない
身近で役に立っている放射線、例えば煙探知機の ^{241}Am の利用、 ^{85}Kr や ^{90}Sr を用いる厚さや密度計測、 ^{60}Co による土壌水分測定、さらには ^{14}C を利用した年代測定などをみても、放射性同位元素そのものの利用法が他の手法では行えない技術として確立している。実験室レベルでも各種放射性トレーサーの実験に支えられてきた研究実績があったからこそ、その応用が近年の遺伝子工学を目標として発展させたことは周知の事実である。例えば、物を合成実験で作出す場合、原料の化合物に放射性標識物を混合しておけば、反応収率、原料の拡散などが放射線を頼りにすぐ求まる。動物実験でも放射性標識物を利用することにより、投与されたものがどこにどの位の量運ばれていくかがわかるのである。それもマイクロレベルからマクロレベルまでの追跡が可能であり、こんな便利なツールは放射性同位元素をおいて他にはない。

2. 農業への応用としての放射線の利用

植物は無機栄養といわれるように、無機元素だけを栄養の糧として生育する。そこでかつては放射性の無機元素トレーサーの重要性を誰もが認識していた。作物にど

うしたら効率的に肥料を与えることができるか、養分元素の過不足がどのような病気を引き起こすのかなど、実際の現場に即した研究が多々行われてきた。戦後、食糧増産が大きな社会的要請であったことから1980年代頃まで、交配による新品種作成と同時に、放射線照射による突然変異体の作成も精力的に行われた。その後、畑に育てている作物に放射線を照射できる設備は各国で閉鎖される中、日本では γ フィールドと呼ばれている農水省の施設が残っており、今でも使用されていることはこれからの現場の農業の技術革新に大きな役割を果たすに違いない。この γ フィールドでは、作物を対象に収穫量が高く、背の低く丈夫な品種が得られただけでなく、常に根が地上部へ向かって生育する反重力作物や、花卉の開花なども行われてきた。菊ではひとつの品種から花の形が異なる600ほどの新品種が生まれ、面白いことには、これらの新品種は親株と同時期に一斉に花を咲かせる。農業ではその他、害虫駆除に利用されているがここでは説明は省略する。

3. 放射線を用いる分析

放射線を用いる分析で最も重要なものは放射化分析だろう。近年は即発 γ 線分析、多重 γ 線分析など測定法も発展してきている。他の手法では追従できないこの手法の大きな利点は、何といても非破壊分析が可能のため、元素の絶対量が求まることである。試料を溶解しなければならぬ他の分析方法では、使用する試薬からのコンタミと、本当に残渣なくすべてが溶解するかどうかはわからない。そこで米国のNIST(National Institute of Standards and Technology)では絶対量が必要な標準試薬の分析には放射化分析を採用している。かつて植物を頼りに金脈を探すというプロジェクトに関わっていたことがあった。分析法はもちろん、放射化分析が頼りであったが、放射化分析による金の分析は非常に感度が高いため、試料調製の際に金の指輪やネックレスをしているだけで試料に金がコンタミしてしまう。金脈付近では土壌の分析結果よりも植物を分析した方が金脈から遠い地点で金濃度が高くなる結果が得られたことは非常に興味深かった。

また15年ほど前、1ヶ月ほどのブラジルのフィールド調査に2回参加する機会も得た。フィールドに育つ植物や土壌中の多元素の分析を放射化分析で行える人が見つからず私に声がかかったのである。ブラジルの各地で採取してきた植物や土壌を分析してみると、各地の土壌の層ごとに含まれる元素量が異なり、それがその地層に伸びていた根の中の元素量と相関があり不思議だった。植物は自分が生育する深さの土層の性質を知り尽くして養分元素を吸収していたのである。一方、この多元素測定結果は作物の生育場所の特定にも役立つ。私達が行った結果では、同じDNAを持つタマネギやサトイモが生育する場所によって含まれる元素の量が異なることが見出された。他の分析法でも同様な結果を得ることはできるが、特にイオウやハロゲン元素など揮発しやすい元素が非破壊手法のため求まることから、今までとは異なるアプローチで産地を判別できることとなる。

さて、植物体の中にはきちんとした元素分布が存在し、それが生育過程で保たれているということをご存知だろうか。ムギやアサガオなど生育過程で各組織を切り分けて放射化分析を行うと実に見事に組織中に元素濃度勾配が形成されており、しかも例えば、カリウムは茎中の濃度が常に葉よりも高く、ナトリウムは根に蓄積している。一般に重金属元素は根に蓄積するがマンガンとクロムは地上部へも運ばれる。また根の先端では昼夜のリズムに合わせてアルミニウム濃度に変化していた。

4. 養分元素のリアルタイムイメージング

こんな植物体内の元素動態を何とかリアルタイムで見られないものか。それも大型設備を使用するのではなく、身近でしかも汎用アイソトープを利用して見てみたいということから私の農学部でのイメージング装置開発が始まった。植物に養分元素を与え、それがどのように吸収され分配されていくのか。現在、蛍光イメージングが大きく発展してきているが、生きている植物には光が必要なので光照射下では蛍光イメージングはできない。また放射線を測定すれば移動する元素の定量ができるが、蛍光では定量は不可能に近い。装置開発ではまず、植物から放出される放射線をシンチレータで光に変換するところの検討から始めた。各種シンチレータをこの厚さでMCP(マルチチャンネルプレオート、電子を2次元的に検出し増倍する電子増倍素子)に蒸着してほしいと頼んでも、業者からはなかなか試作品が届かない。やっとシンチレータの種類と厚さが決まり、微量な光を高感度CCDカメラで撮影する装置が出来上がった。次に植物体上部にLEDの光を照射し、根は暗く保ち、温度や湿度も制御できるようになった。その結果、水耕液中のイオンの動き、どのように根が水耕液中のイオンを吸収し地上部へ運ぶかがリアルタイムで見られるようになった。溶液中のイオンの動きが見られることは化学をして

いる人の醍醐味ではないだろうか。また植物は各箇所へ吸収されたイオンが一たん溜り、最適値となる量を分配しているようである。ダイズの場合にはサヤの中の種子へは等量が移行し、葉でも葉脈の分かれ目で一たん蓄積がある。また葉脈通りには移行せず、葉脈間に蓄積する葉も見られた。リン酸のほか、カルシウム、イオウやアミノ酸などの吸収動態も見られるようになった。

最も興味深いことは、土を通して土壌中のイオンの動きがわかることである。水耕液に育つ植物は常にヌクヌクと多量の養分元素を吸収しているものの、土壌に育つ植物は常に飢餓状態に近い。特にリンは土壌に吸着されることもあり、根は必死で根のごく近くのリンを吸収している。水耕では収量は土耕と比較してはるかに少ない。植物にとって多量の養分を吸収できることは種子をそれほど作らなくてもよいと判断しているようでもある。また実際に、畑に施肥され植物が吸収している養分量よりも水耕液中の養分の方が格段に多い。現在、植物工場ではそのほとんどが水耕であるが、もしかすると養分を始め、かなりエネルギーの無駄があるのかもしれない。

5. 水のイメージング

植物中の水の特異的なイメージングを行うのは中性子線の利用が最良の方法である。通常、見ることができない土壌中の水分分布や根の生育形態を非破壊状態で調べることができる。また、経時的に中性子線像を撮ると、種子がどこにどのように水分を吸収していくのか、小口材がどのように乾燥していくのかなどが目で見えるようになる。この手法は植物試料のみならず、食品類の水分吸収過程や乾燥過程にも応用できる。

一方、リアルタイムで水だけの動きを見るためにはアイソトープの利用しかないといっても過言ではない。植物中に今まで存在している水と新しく吸収される水を区別しなくてはならないからである。私達は半減期が僅か2分という酸素15を用いて植物に吸収される水の量が定量できる装置を組み立てた。その結果、水を通すパイプと思われていた導管からは常に多量の水が溢れ出し、また導管に戻って上部に運ばれるという水循環があることがわかった。湿度が高い場合、つまり葉の蒸散がほとんどない場合にも植物体内の水循環は保持されていたのである。また、湿度が100%とほとんど水を吸収しない状況でも植物はきちんと育つ。これらの結果は、本当は農業には普通考えられているほど水が要らないのではないかと示唆している。

以上、放射性同位元素や中性子線を的確に利用することで植物の生育状態を直接観測できることをいろいろな観点から述べてきた。この分野に限らず、放射線利用がもっとさかんになることを願って止まない。

(2009年 12月12日 記)



期待外れの COP 15 で見たもの



滝 順一(たき・じゅんいち)

日本経済新聞社科学技術部 編集委員
文系出身だが、向う見ずなことに、科学技術や環境問題などを担当する。著書に環境技術の開発にかかわる企業を紹介した「エコうまに乗れ」(小学館)などがある。

国益と国益の衝突であり、「地球益」などというきれいな言葉は、みなどこかに置き忘れてきてしまったかのような会議だった。

昨年(2009年)12月7日から15日間にわたって、デンマークの首都コペンハーゲンで開いた国連の第15回気候変動枠組み条約締約国会議(COP 15)のことだ。

開催前から、京都議定書のように拘束力を備えた法的文書(議定書や条約)の採択は難しいとされてきた。参加国の強い政治的な意思を示す政治合意文書の採択ができればよいと考えられてきた。「コペンハーゲン合意」と呼ぶ合意は確かにできた。しかし、それはあまりに内容空疎なものになってしまった。

報じられている通り、地球の平均気温の上昇を2度以内に抑えるという、温暖化対策の究極的な目標は盛り込まれたが、その実現を担保する温暖化ガス排出削減の中期目標(2020年まで)も、長期目標(2050年まで)も数値は交渉の過程で落ちた。

別表に、日米欧など先進国や、中国、インドなど新興経済国(条約上は途上国の扱い)がそれぞれ公表した目標を書き込むことになっているだけだ。それらの目標をまじめに達成したとしても、温暖化の進行は止められそうもない。

途上国が温暖化防止対策をとり、さらに気象災害による被害からの回復のために必要な資金として、先進国は2020年まで毎年1,000億ドルという途方もないお金を提供する目標が盛り込まれているが、どの国がいくらもつのかなど、具体策はない。

なぜこんな結果になったのか。事前には、米中が舞台裏で握っているので、2大国の主導で合意に達するのではないかと観測もあった。11月にオバマ大統領が訪中し胡錦濤主席と会談してからほどなく、両国がそれぞれ中期目標を公表した。示し合わせたような発表に、やはり米中は一定の合意に達したと思った人は、筆者だけではないだろう。

現実とは違った。会議が始まるや否や、米中の激しい応酬が火ぶたを切った。焦点は、中国が約束した排出抑制計画の実績をどう検証するかだ。米国は、国際的に透明

な検証を受け入れるように迫った。これに対し、中国は自国の実績は自ら検証し公表するとし、「国家の尊厳の問題」とすら口にして、まったく譲らなかった。

この問題は、オバマ大統領と温家宝首相のトップ会談にまで持ち越された。結局、合意では、途上国は先進国から資金援助を受けたプロジェクトについては、国際的な検証を受けることとし、途上国はまた、国全体の削減実績を2年に1度、国際機関に報告することを求められることになった。8割方、中国の要求が通った形だ。

会議を通じて、中国の交渉姿勢は強硬だった。それは08年の金融危機に端を発した経済的苦境に苦しみ続ける先進国をしり目に、成長センターとして世界経済をけん引する中国の姿と重なるものだと言える。

逆に先進国はいずれも、つけ込まれやすい弱みを持っていた。米国は、上院で温暖化対策法案の審議が難航しており、法案の成立がない限り、オバマ大統領にできることは少なかった。目標値をかさ上げすることも、新たな資金提供を確約することも、上院を配慮すれば、できない。中国の検証問題にこだわったのも、通商摩擦の相手国である中国に甘い顔を見せてはならないという政治的な判断があったのだろう。

オバマ大統領は当初、COP 15で首脳級の交渉に加わるつもりはなかった。ノーベル平和賞の受賞のためにオスロに行く途上で、コペンハーゲンに立ち寄る日程をいったん公表した。各国首脳とはすれ違いを狙った日取りだったのだが、フランスのサルコジ大統領ら欧州首脳から逃げ腰をなじられて、予定を変えた。2016年のオリンピック開催地にシカゴが落選したのも、コペンハーゲンだったことを思い起こすと、大統領にとって、デンマークの首都はつくづく験の悪い場所なのだ。

一方、欧州連合(EU)にとっては、排出量取引制度が人質だった。EUは2005年から域内で排出量取引を開始、京都議定書の第1約束期間が終わった後の、2013年以降も制度を維持したいと考えている。そのためには、国際的な枠組みが切れ目なく続くことが大事で、京都議定書を延長するにしても、新しい議定書をつくるにしても、時間が限られている。

COP 15の不満足な合意を受けて、欧州の排出量取引相場は急落した。交渉の決裂だけは避けたいという思いが、EUには強い。

日本はEUとは違い、京都議定書の延長だけは絶対に避けたいと考えていた。延長するくらいなら、交渉全体を崩壊させてもよいとすら考えていたかもしれない。現実には、政府首脳からは、そう受け取れなくもない発言があった。京都議定書に対して国内世論がひどく不公平感、とくに産業界の根強い不信の思いが交渉を縛った。

先進国は、中国がすでに世界最大の温暖化ガス排出国になったことを挙げ、責任ある行動を求めた。また、京都議定書の下で動いている途上国支援の仕組み(クリーン開発メカニズム=CDM)で、中国が大きな利益を得ていることを指摘し、支援が行き届かない最貧国や島国に働きかけて、途上国を分断しようと試みた。

これに対し、中国は自らを途上国だと開き直った。「国内にはまだ多数の貧困層があり、電気が通じていない地域も多い」と指摘した。同じような立場にある、ブラジルや南アフリカ、インドと連合して先進国に対抗し、最貧国に対しては、中国自身が支援するとの姿勢を示し、分断工作をはねかえそうとした。

インドネシアのバリ島で2年前に開いたCOP 13以来、交渉は2つの作業部会で進んできた。ひとつは、京都議定書の第2約束期間を定めるもの。もうひとつは、京都議定書から抜けた米国や、京都議定書では義務を負わない途上国にも、削減努力を求める新たな枠組みのたたき台をつくる交渉だ。

米国の09年初にホワイトハウス入りした、オバマ大統領は新しい枠組みに入ることを望んでいる。中国やインドなど新興経済国も参加すれば、世界の温暖化ガス排出のほとんどをカバーでき、温暖化防止に真に意味のある国際枠組みができる。先進国はそれを目指し、当初はCOP 15で新議定書をつくることまで夢見た。

温暖化防止は、環境政策というだけではない。先進国にとっては、石油・天然ガス資源の海外依存を減らすエネルギー戦略でもある。日本と違って、欧米ではこちらの意味合いの方が、むしろ重要視されている。

米議会で審議中の法案は、エネルギー自立のための脱化石燃料法案である。オバマ大統領は口を開くたびに「輸入原油依存からの脱却」を言う。また、ロシア産の天然ガスへの依存を強めつつある欧州においても、安全保障上の観点から、脱化石燃料の経済をつくりあげることが急務になっている。北海油田の先行きが見えた英国などにとっても、死活問題になりつつある。

エネルギー安全保障という点では、化石燃料を輸入に依存する中国やインドもまた、同じはずだ。温暖化対策の名の下に、化石燃料の消費を抑える方向で、主要国が

協力しないと、これからの世界は資源争奪戦の様相を呈してくる恐れがある。

温暖化問題の第3の側面として、技術競争がある。環境と安全保障の要請から、脱化石燃料が必要であったとしても、それを実現する技術と資金が必要だ。

ガソリン車がハイブリッド化し、電気自動車に移行するように、既存の産業構造を大きく変え、これまでの市場支配者をその地位から蹴落とす「下剋上」がありうる世界が眼前に見えている。この点では先進国は互いにライバルであり、それ以上に、新興経済国から見れば、先進国の経済・産業の優位を覆す好機とも映っているはずだ。コペンハーゲンの対立をすべて、技術をめぐる競争で説明することはできないだろうが、この第3の側面が影響をしているのは間違いないだろう。

「こんな合意なら、ない方がいい」と、コペンハーゲンの成果を否定的にみる人もいるだろう。しかし2年前を考えてみるといい。米国は温暖化ガス削減の制約をいっさい受けず、新興経済国も自らを縛る約束など口にしていかなかった。

COP 15が始まるまでに、それぞれの国が削減・抑制目標を公表した。目標水準や国際的な縛りで不満はあるが、前進であったことは間違いない。また、不十分な合意ではあるが、ともかく新議定書のひな型になる文書はできた。

COP 15での対立にもかかわらず、筆者は米中がやはり舞台裏のどこかで利害を分け合っているとみている。両国の合意なしに、グローバルな対策などできない。これから見えてくる新しい枠組みは、京都議定書より縛りの緩いものになるかもしれない。気位の高い2大国が互いに満足できる、あまり国際的な制約のない制度をつくるしか、打開の方向はないようにみえる。もちろん、緩い縛りでは2度以下目標を実現できない恐れはあるが…。

そのとき、すでに京都議定書という拘束力の高い枠組みに参加している、日欧などはどう振舞うのか。双方にとって非常に厳しい決断を迫られる局面を迎えるかもしれない。

当面は、COP 15で関係国と国連が負った打撃からどう回復するかが、課題だ。世界から100人を超える首脳を集めて、ろくな合意ができなかった国連のシステムに不信感が高まるだろう。オバマ大統領にとっては失態に近いし、欧州諸国も力を落としているに違いない。日本には一種の安堵感を覚えた人もいよう。

世界が味わった深い失望感乗り越え、前に進まなければならぬ時だと筆者は思う。日本国内においては、温暖化対策の方向性やあり方をしっかり議論し、政策を固めるための時間ができたということだ。

(2009年 12月24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。

「もんじゅ」、ほぼ要求通りの予算に—2010年度の政府予算案

政府は12月25日の臨時閣議で、2010年度の政府予算案を決めた。一般会計の総額は09年度当初予算に比べ4.2%増の92兆2,992億円で、このうち経済産業省分の原子力関連予算は同5.7%減の1,749億円。項目別では、原子力の利用高度化に向けた技術開発等の推進が同6.3%減の148億円、放射性廃棄物対策の推進が同15%減の42億円。また原子力発電施設等と国民・地域との共生は同3.7%減の1,265億円、国際原子力協力の推進が同8.3%減の11億円、原子力安全・防災対策の確保と向上が同10.7%減の283億円となっている。なお事業仕分けで「火力発電の算定について交付の比率を見直す方向で検討すべき」とされた電源立地地域対策交付金は同1.8%減の1,097億円で、火力発電に対する交付金の交付比率の算定については、今後どのような見直しが可能か論点整

理を行うこととなった。

一方、文部科学省の原子力関連予算は同2.7%減の2,195億円。事業仕分けで「事業の見直し」と評価された原子力機構の高速増殖炉サイクル研究開発については、高速増殖炉サイクル政策の推進のため、「もんじゅ」の早期運転再開と2025年の実証炉の運転開始は不可欠とした上で、421億円(要求額435億円)と、ほぼ概算要求通りの予算が計上された。材料試験炉研究開発は外部利用を拡大させることで国費を縮減することで39億円(同42億円)、高レベル廃棄物処分技術開発のうち、深地層部分はスケジュールに影響を与えない範囲で歳出削減を図ることで79億円(同83億円)となった。また国際熱核融合実験炉研究開発は32億円(同32億円)と、要求通りとなっている。

柏崎刈羽 7号機が 2年5ヵ月ぶりに営業運転を再開

東京電力の柏崎刈羽原子力発電所7号機が12月28日、中越沖地震から2年5ヵ月ぶりに営業運転を再開した。同機は09年5月に発電を開始し調整運転を続けていたが、漏えい燃料が確認されたため、9月

に原子炉を停止。約100体の燃料集合体を異物フィルター付きのものに交換したのち、11月から調整運転を続けていた。

玄海 3号でプルサーマルの営業運転開始

九州電力の玄海原子力発電所3号機が12月2日に、国内初の営業運転を始めた。8月末に定期検査入りした同機は、11月9日に試運転による発電を始めていた。

九州電力では、わが国の長期的なエネルギー安定確保に向けた原子燃料サイクル確立の考えから、04年4月、玄海3号機で10年度までを目途に実施することを決定。同社の玄海、川内発電所のいずれの原子炉でもプルサーマルは可能だったが、1基のプラントでより多くの燃料を装荷でき、燃料取扱上の作業スペースが広いことから、玄海3号機での実施と

なった。04年5月に経済産業省への原子炉設置変更許可申請および安全協定に基づく自治体への事前了解願い提出、安全審査を経て、05年9月に国からの許可、06年3月に地元了解をそれぞれ得た。

電気事業連合会が6月に発表した計画では、15年度までに国内16~18基の原子炉でプルサーマル導入を目指すこととしており、玄海3号機に続き、中部電力浜岡4号機、関西電力高浜3,4号機、四国電力伊方3号機での開始が10年度までに見込まれている。

(資料提供：日本原子力産業協会)

「JNES 2009シンポジウム—高経年化を迎えた原子力発電所の安全確保策」を開催

原子力安全基盤機構(JNES)は12月3日、東京・有楽町の朝日ホールにおいて、「JNES2009シンポジウム—高経年化を迎えた原子力発電所の安全確保策」を開催した。地方自治体や電気事業者、原子力関係の研究機関、メディアなどから約530名の参加があった。

シンポジウムでは、曾我部捷洋理事長の開会挨拶に続いて、科学ジャーナリストの東嶋和子氏が「『安全』を『安心』につなげるために」と題して特別講演を行った。キーノートスピーチでは、原子力安全・保安院の石垣宏毅氏が高経年化対策・廃止措置の現状について、また当機構の中込良廣理事がJNESの取組み状況について発表を行った。

パネル討論では「高経年化/廃止措置」をテーマ

に、東大の班目春樹氏をコーディネーターに、NISAの黒木慎一氏、電事連の辻倉米蔵氏、東嶋和子氏、福井大学の中川英之氏、JNESから中込良廣理事がパネリストとして参加し、高経年化したプラントの運転継続と廃止措置がどのように進められるか、その過程で課題にどう対応すべきか等について討論するとともに、技術専門家集団としてのJNESの役割や今後への期待について積極的な議論が交わされた。そのほか、当機構の業務成果として新検査制度の進捗や耐震関連の最新知見の発表を行った。

(参考：<http://www.jnes.go.jp/event/symposium09/index.html>)

(資料提供：原子力安全基盤機構)



原子力に関する世論調査—半数が温暖化防止に貢献

内閣府は「原子力に関する特別世論調査」を10月に実施、このほどその結果を発表した。この調査は、原子力に対する国民の意識を調査し、今後の施策の参考にするために全国の成人3千人を対象に、個別面接聴取により行った。有効回収数(率)は1,850人(61.7%)。調査項目は、原子力発電に関する認知度、推進に関する姿勢、感じ方、高レベル放射性廃棄物についての処分に対する責任、処分場設置の是非など。

調査の結果、認知度では「原子力発電は、発電の過程で二酸化炭素が排出されず地球温暖化防止に貢献する」50.0%(5年前35.6%)、「日本の電力の約3割は原子力発電によって賄われている」46.3%(46.8%)、「原子力発電に伴い高レベル放射性廃棄物が発生する」53.7%。

推進に関する姿勢では、◇推進していく59.6%(55.1%)、このうち積極的な推進9.7%、慎重な推進49.8%、◇現状維持18.8%(20.2%)、◇廃止14.6%

(14.7%)。

感じ方では、◇安心41.8%(24.8%)、不安53.9%(65.9%)。このうち安心だとする理由は、◇十分な運転実績39.5%(30.4%)、◇安全だから36.2%(29.6%)、◇国を信頼している33.1%(37.2%)。一方、不安とする理由では、◇事故が起きる可能性がある75.2%(80.2%)、◇国がどのような安全規制

を実施しているか分からない41.5%(36.5%)、◇地震が多いから53.1%。高レベル放射性廃棄物に対する責任については、◇そう思う82.2%、◇そう思わない8.8%、◇わからない9.0%。処分場設置の是非では、◇賛成16.1%、◇反対79.6%、◇分からない4.3%。

(資料提供：科学新聞)

GIF 政策グループ新議長に佐賀山 豊氏

第4世代原子力システム国際フォーラム(GIF)の政策グループ会合が12月3、4日に福井県国際交流会館(福井市)で開催され、これまで同フォーラム政策グループの議長であったジャック・ブシャール・フランス原子力庁長官特別顧問に代わって、佐賀山 豊・文部科学省参与(日本原子力研究開発機構理事長特別補佐)が選出された。

同フォーラムは、現在の原子力システム(第2世代:PWR, BWR等、第3世代:ABWR等)に続く、次世代の原子力システム(ナトリウムやガスで冷却する高速炉、発電と同時に水素製造を行う超高温のガス冷却炉など6つのシステム)の研究開発に関する多国間での国際協力の推進、調整を目的に2001年

に発足した。これまで各システムの長期的研究開発計画(ロードマップ)の策定や共同研究計画の検討・立案などを進めてきた。

一方、政策グループは、GIFの最高決定機関で、メンバー加盟、規定の制定、活動方針などGIF全体の運営に係わることの審議・決定を行う。日本は米仏とともにGIF活動の中核として活動してきただけに、加賀山氏が就任したことは、日本の今後のFBR開発計画推進をはじめ、国ならびに産業界にとって重要なGIFを日本がリードすることになる。

(同)

原産協会、地域で冷静な議論をテーマに「高レベルシンポ」開催

原産協会は11月20日、東京・築地の国立がんセンター国際研究交流会館国際会議場で、高知県東洋町が日本で最初に文献調査に応募した事例を参考に、「いかにすれば、地域で冷静な議論ができるか」をテーマとするシンポジウムを、当協会の地方組織と共催により開催。招待者や記者を含め約200名が参加した。

開会挨拶した八束浩・同協会常務理事は、今回のシンポジウムは、08年の「他施設から学ぶ」というテーマで開催した「高レベル放射性廃棄物処分シンポジウム」に続き、後者の議論を発展させることを目指しているもの、と説明した。その上で、調査受入れに関心を示す地域が、この問題について議論することすら難しい現状を問題視し、「いかにすれば、地域で冷静な議論ができるか」をテーマに選び、議論できる環境をいかに作っていくかについて、一緒に考えて行きたい」と会場の参加者に訴えた。

今回は基調講演として、新潟県柏崎市で議員3期、市長3期を務めた西川正純氏と、約3年前、文献調査に関心をもち、日本で最初に公募した田嶋裕起・前東洋町長を迎えた。

西川氏は、「私見一原子力発電をめぐる冷静な議論は可能か」と題して、世界最大規模の原子力発電所と向き合ってきた経験から、反対派との距離



感の取り方などを披瀝。高レベル廃棄物の処分場問題については、「議論の入り口を見つけることさえ難しい現状」ととらえ、まず事業当事者の「覚悟」と「使命感」を求めた後、事業主体の原子力環境整備機構(NUMO)が孤軍奮闘から孤立無援になっていなければよいが、と危惧した。同氏はまた、立地選定プロセスの中で、「当事者のNUMOが先乗りして出て行くのがいいかどうか」と疑問視し、国の役割に期待を示した。

一方、田嶋氏は、「文献調査に応募した町—その時、何が起きていたか」と題して講演。前町長は、地道に勉強会を町議員や町の執行部と行っていた途中に、地元新聞社に記事が掲載され、状況が一変、それからは「反対派による善良な町民を巻き込んだ『反核包围網』が張りめぐらされていった」と回想した。

なかには一緒に勉強会に参加していた議員もいつのまにか反対派に回る人もいて、町長辞職・出直し選挙でも最初から孤立無援で、文献調査の受入れを訴え、交付金を利用して想定される東南海地震対策

などを訴えても、「家の外で聞いてくれる人はほとんどいなかった」と述べた。

シンポジウムではこの後、鳥井弘之・元日経新聞論説委員が議長を務め、基調講演の2氏も加わり、青木俊明・東北工業大学経営コミュニケーション学科准教授、八木絵香・大阪大学コミュニケーション・デザインセンター特任講師、山本恭逸・青森公立大学経営経済学部教授の各氏がパネルディスカッションを行った(=写真)。

鳥井議長は、これまでの取組みについての「反省点」として、①短期的な取組みに重点が置かれ、長期的取組みが不十分、②第三者による勉強会の機会も必要、③県知事などに国が必要性的メッセージを出す、④反対派の攻撃に対する対策がなかった——などの点を列挙した。

さらに「討論の視点」として、①大義名分を明確化、②応募と切り離れた勉強会の実施、③反対派対策、④地域振興策のアピール——を提案。会場からの質疑も交えて活発な議論が行われた。

(資料提供：日本原子力産業協会)

「リーディング産業展みえ」に高レベル廃棄物地層処分のパネルを出展

原産協会は11月6、7日の2日間、四日市ドーム(四日市市)で開催された『リーディング産業展みえ2009』に、中部原子力懇談会(中原懇)との共催で、高レベル放射性廃棄物地層処分のパネルを出展した。2日間で6,883人の市民が来場した。

当協会と中原懇は、地方自治体等が開催する環境・産業フェアに来場する一般市民に対して、環境とエネルギー、生活と産業に貢献する原子力・放射線を理解してもらい、高レベル放射性廃棄物の処分が未解決の問題であることも知って、考えてもらうためパネルを出展した。同ブースでは、日本原子力研究開発機構による地層処分の概念模型の展示と説

明が行われた。

中原懇は従来からクイズラリーや簡単なアンケートを実施し、“知るほどなるほどエネルギー”と題したエネルギー・環境、放射線・原子力のパネルを設け、来場者にパネルを読んでもらう工夫を凝らしており、今回のクイズラリーには子供を含めて約1,400名の回答があった。

中原懇と共催のブース出展は09年が初めての試みだったが、「長野の信州環境フェア」、「静岡のしずおか環境・森林フェア」に続き、今回の「リーディング産業展みえ」への出展となった。

(同)

T2K 実験前置ニュートリノ検出器でニュートリノの初検出に成功—ニュートリノの謎の解明へ一歩近づく

茨城県東海村の大強度陽子加速器施設 J-PARC

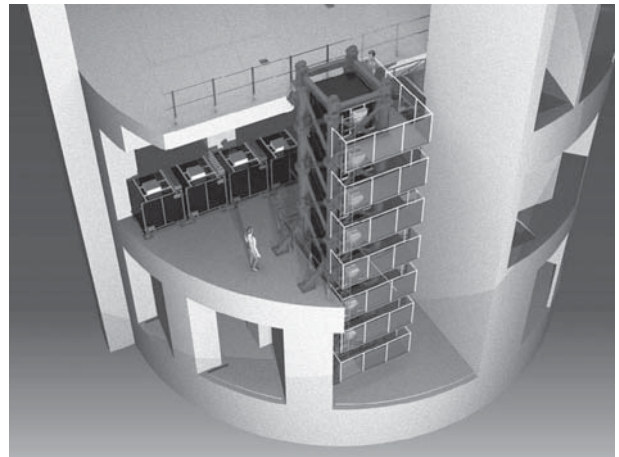
のニュートリノ実験施設において、11月22日、J-

PARCで生成したニュートリノを前置ニュートリノ検出器で初めて検出することに成功した。

T2K実験は、J-PARCで生成したニュートリノビームを、295km離れた岐阜県飛騨市神岡町にあるスーパーカミオカンデに打ち込み、その間にニュートリノが別の種類のニュートリノに変わる「ニュートリノ振動」と呼ばれる現象を高感度で測定することにより、ニュートリノの質量や世代間の関係など未知の性質の解明を目指す実験である。東海村(Tokai)と神岡町(Kamioka)の頭文字を取って「T2K実験」と名付けられた。

今回、ニュートリノを検出した前置ニュートリノ検出器は、ごくまれにニュートリノが物質と反応した際に生じる粒子をとらえることができる装置で、国際協力の下、国内外の多くの大学と研究機関が協力して製作した最新鋭の実験装置である。施設内には2種類の検出器があり、今回ニュートリノを検出したのは、INGRID(イングリッド)と呼ばれる総重量が100トンを超える大型の装置(=模式図)で、ニュートリノビームの強度とその方向を高精度で測定することができる。

実験グループは今後、ビーム強度を上げ、INGRIDに加え、すべての前置検出器およびスーパーカミオカンデを用いてニュートリノビームを精密に測定することで、新しいタイプのニュートリノ振動を発見することを目指す。



T2K実験ニュートリノ検出器 INGRIDの模式図

T2K実験は2004年度から建設が開始され、2009年3月にJ-PARCニュートリノ実験施設が完成。同年4月にニュートリノビームの初生成に成功、そして今回ニュートリノの初検出に成功した。T2K実験では、まだ見つからない新しいタイプのニュートリノ振動の発見を目指しており、世界の他のニュートリノ実験と熾烈な国際競争を行っている。今回のニュートリノの初検出成功により、他の実験よりT2K実験が一步抜きんできたといえる。(参考：<http://www.jaea.go.jp/02/press2009/p09112401/index.html>)

(資料提供：J-PARCセンター)

光速で進行する飛翔鏡からの反射光の強度を飛躍的に向上 —原子中の電子の観測・制御や超高強度場の実現へ弾み

日本原子力研究開発機構の量子ビーム応用研究部門レーザー電子加速研究グループの神門正城研究副主幹らによる研究チームは、高出力・超短パルスレーザーである高強度レーザーを用いて、プラズマ波で形成された「飛翔鏡」を作り出し、これにもう一つのレーザー光を正面から反射させる新しい手法により、反射光の信号強度を従来に比べて飛躍的に向上させることに成功した。

原子力機構では、高強度レーザーをヘリウムガス中に照射することで、ほぼ光速で進む電子のかたまりを作りだし、これを「鏡」として用いる「飛翔鏡法」を考案。2007年に原理実証に成功していた。この「鏡」

は、鏡自身がほぼ光速で進むため、相対論の効果により反射光の波長が入射光より短く、パルス幅も圧縮されるという特長を持つ。しかしながら、2007年の原理実証で得られた反射光の信号強度は理論予測値よりはるかに低いものだった。

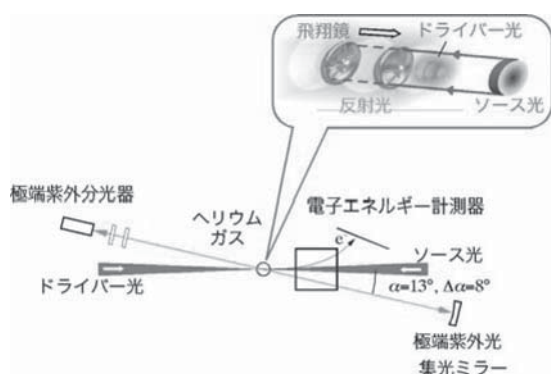
今回、原子力機構の研究チームは従来よりも強力なレーザー光で安定な「鏡」を作り、この「鏡」にもう一つのレーザー光を正面から反射させる新しい手法を開発。なお、2007年での実験でも、レーザー光を「鏡」に反射させることに成功していたが、その際にはレーザー光を斜めから衝突させていたため、反射したレーザー光の信号強度は理論予測値よりも低

かった。しかし今回はレーザー光を、正面から「鏡」に当てることで、2007年の実験の結果より信号強度が約4,000倍も向上した。これにより、理論予測値をほぼ達成し、新しい手法による「飛翔鏡法」が高効率で機能することが実証された。

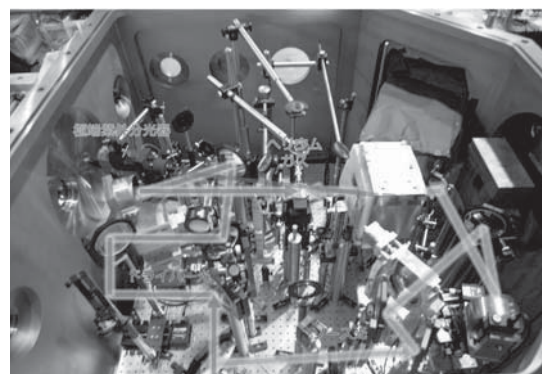
「飛翔鏡法」では、「鏡」の速さを変えることで、アト秒(10の18乗分の1秒=1百京分の1秒)という非常に短いパルスの波長可変X線を作り出すことができるため、現在は不可能である原子や分子中の電

子の運動の観測や制御を可能にする全く新しい手段となることが期待できる。また、この「鏡」を凹面鏡として用いれば集光強度を飛躍的に高めることもできるため、例えば、真空を破壊するといった超高強度場科学など物理学の新分野を切り拓く有力な手段となり得る。本成果は、これらの夢の手段の実現へ向けた大きな一歩であるといえる。

(参考：<http://www.jaea.go.jp/02/press2009/p09113001/index.html>)



実験配置図の模式図(左)と写真(右)



(資料提供：日本原子力研究開発機構)

海外情報

(情報提供：日本原子力産業協会)

[米国]

NEI, 原子力拡大で追加の融資支援を要請

米国原子力エネルギー協会(NEI)はこのほど、米国における原子力発電の拡大推進を目的とする政策提言を行い、融資面で連邦政府による追加支援立法の必要性を訴えた。

米国では09年6月に議会下院がワックスマン・マーキー法案を可決。現在上院がケリー・ボクサー気候変動法案を審議中だが、これらはともに、2050年までに83%の温室効果ガス排出削減を勧告。NEIによると、温暖化に対するこのような取組みについて複数の独立の機関が分析調査した結果、米国内の電力需要を満たしつつ温室効果ガス排出を削減するには、今後30年から50年間にわたって原子力の大規模な拡大が必要だと結論付けられている。

まず米国環境保護庁(EPA)の査定では、ワックスマン・マーキー法案の排出削減シナリオに基づく

と、2050年までに原子力発電を150%(原子炉187基の新設に相当)拡大することが必要。同様に、エネルギー省のエネルギー情報局(EIA)がワックスマン・マーキー法案を分析した結果、基本的シナリオで2030年までにおよそ70基の原子炉(新規の設備容量9,600万kW分)が必要と予測されている。

NEIによると、こうした目標を達成するには連邦および州政府と民間部門の協力が必要だ。原子炉1基あたりの新設には60億から80億ドルかかるが、小規模の事業者が建設するにはこれだけの資金を調達する財務能力がない。州政府による適切な支援としては、「建設仮勘定(CWIP)」条項を州の規制法規に盛り込むなどして、新たなプラントの建設期間中に事業者が資金調達コストを顧客から回収可能にすることが重要。また、連邦政府からは融資保証における追加支援が特に不可欠だとしている。

このためNEIとしては、新たに恒久的な融資基盤となるクリーンエネルギー予算の設立を提言した。現在の連邦政府による融資保証プログラム予算は185億ドルであり、これでは明らかに不十分。原

子力を含むクリーンエネルギー技術開発には、少なくとも1,000億ドルを追加する融資保証プログラムが必要だと強調した。

TMI で停止中に作業員が軽度被ばく

米ペンシルベニア州でエクセロン社が操業するスリーマイルアイランド(TMI)原子力発電所1号機で11月21日午後、原子炉建屋内の大気中放射線汚染警報が鳴り、発電所内にいた従業員約150名が退避・帰宅した。

同機は10月26日から燃料交換と保守点検、蒸気発生器の取替え作業のため停止中。作業員1名が16ミリレムの外部被ばくを受けた(※エクセロン社所有の発電所内における年間職業被ばく許容線量は2,000ミリレム)が、格納建屋外部の汚染影響はなく、周辺住民の健康と安全が確認されている。

[カナダ]

原子力公社の NRU 炉の運転再開は10年第1四半期

カナダ原子力公社(AECL)は11月11日、5月の重水漏れによりオンタリオ州チョークリバーで停止中のNRU炉について、原子炉容器壁の溶接修理用設備と器具類の最初の一式を施設内にある実物大模型にセットした。運転の再開は10年の第1四半期になる見通した。

AECLではまず、これらの設備を使い、修理をシミュレートした溶接訓練を実施する。溶接修理に必要な腐食箇所はアクセス口から9m下部にあり、ビデオ・モニタを使う以外に目視する方法がなく、実際の作業に入る前に設備と器具の扱いに十分な訓練が必要。

これと並行して、AECLは原子炉容器から採取した試料の分析を続けており、試験溶接や原子炉容器部材の状態評価に活用している。

このような帯状溶接集積技術の採用やこれまでに特定された修理箇所の数などから判断して、AECLでは現段階で推測できるNRU炉の運転再開時期は10年の第1四半期になるとしている。

[EU]

EPR 制御系で3か国の原子力規制当局が共同で問題提起

英仏およびフィンランド3か国の原子力規制当局は11月2日、仏アレバ社製欧州加圧水型炉(EPR)の安全性について、設計上の問題を提起する共同声明を発表した。

3機関によると、最も問題なのは異常時に原子炉を制御する安全系と、通常運転時用・制御系の機能的および物理的な独立性。制御系に不具合が生じた際、機能の独立した安全系がカバーすれば、双方が共に機能しなくなるということはないが、初期設計では、両系統はかなりの度合いで複雑に相互接続している。

英国では現在、保健安全執行部(HSE)が新規原子炉建設計画における設計認可プロセスとして包括的設計評価を実施中。EPRはAP1000とともに審査対象になっている。また、フランスではフラマンビル発電所、フィンランドではオルキルオト発電所(OL3)で1基ずつ、EPRの建設が進められている。

各国が個別にEPR設計を評価するなかで、英国のHSEとフランスの原子力安全局(ASN)およびフィンランドの放射線・原子力安全庁(STUK)はそろって、EPRの計装制御(I&C)系に安全性に関する不適合があると指摘。同じEPRでも立地国の規制に合わせて設計に若干の差異が生じるものの、3機関の指摘はおおむね共通しており、EPRで高度な安全性を確保するためにも共同で声明文を出すことになったとしている。

3機関はすでに、アレバ社に対して初期設計の改善を要請しており、同社も構造修正に同意した。同社によると、08年12月にI&C系設計の追加情報を要求してきたSTUKに対しては、独シーメンス社と協力して対処。HSEから4月に指摘された構造上の疑問点については仏電力(EDF)との協力により、英国の要件を満たすよう設計修正したという。また、ASNが10月15日付けで要請した追加情報に関しては年末を目処に回答する旨、約束している。

[英国]

政府が新規建設で10候補地、国家政策声明書案を公表

英国・エネルギー気候変動省(DECC)のE・ミリバンド大臣は11月9日、10か所の新規原子炉建設候補地リストを盛り込んだエネルギー・インフラに関する国家政策声明書(NPS)案を公表し、10年2月22日までの予定で公開諮問に付した。一般からの意見聴取に続いて議会の精査が完了すれば、政府は10年にも「エネルギーNPS」を正式に承認し、独立の機関として10年3月に新たに設置される基盤施設計画委員会(IPC)が、これに基づいて新規建設計画の申請を1年以内に審査・決定することになる。2018年以降の新規原子炉運開を目指した同国の原子力新設計画は、原子力白書に盛り込まれたスケジュールに従って着実に進展中だが、10年6月には議会の総選挙が予想されることから、産業界ではそれまでにNPSが正式承認されるのは難しいのではとの観測も広がっている。

NPSは国内の重要な基盤施設を開発する際、一般からの意見を十分聴取するとともに、複数機関による重複審査の無駄を省くなど、公正で迅速な判断を下すために定められた新制度の一部。施設の必要性や建設サイトの検討、影響の評価方法などが明記されている。今回DECCが公表したNPSは、原子力を含めて化石燃料や再生可能エネルギーなどの分野に関する6種類で、ミリバンド大臣は「低炭素エネルギー社会にシフトするため、大規模な発電容量を長期的に開発していく必要がある」と強調。このうち3分の1は2025年までの15年間に建設されねばならないとしている。NPSでは特に、再生可能エネルギーとクリーン石炭の利用枠組み拡大、そして新規原子炉建設に適切と評価された10サイトに基づいた新しい開発計画を明確な方向として据えている。

[オランダ]

NRG、ペッテン炉の後継にRI生産炉の建設準備開始

オランダの医療用放射性同位体(RI)製造業者である「原子力研究コンサルタント・グループ(NRG)」

はE・ONとRWEが11月19日、ペッテンにある高中性子束炉(HFR)の後継炉として検討していたパラス炉を建設するため、環境影響声明(EIA)報告書の開始前通知を住宅・国土計画・環境省(VROM)に提出した。

46年にわたり世界の医療用RI需要の3割を賅ってきたペッテン炉は08年8月の故障後、09年2月に運転を再開したが、暫定的な運転認可の期限は10年3月に迫っている。需要の約4割を生産しているカナダのNRU炉は、後継のメイプル炉計画が中止になった上、5月の重水漏れ以降、修理作業が10年第1四半期までずれ込むなど、核医学検査に不可欠なテクネチウム製品の供給は依然として危うい状況。パラス炉が計画どおり2015年に完成するとしても、それまでの期間、日本のJMTRの利用も含め、穴埋め供給体制を緊急整備する必要性は変わらないと見られる。

今回の手続きは、ペッテン炉に続く新たなHFRの建設・操業認可を得るために必要な規制手続きの最初のステップ。熱出力45MWのタンク型原子炉で、RIの継続生産を念頭に置いた、操作の簡便な設備を備えた設計になる。医療用RI生産のほかに、核科学応用研究のための中性子照射、教育訓練用に活用される計画だ。

NRGは2004年から、デルフト工科大やECエネルギー研究所等の協力を得つつパラス炉の建設プロジェクトを開始。建設サイトには、既存のHFRが稼働するペッテン、およびオランダ唯一の原子炉であるボルセラ原子力発電所(PWR、51万kW)の隣接区域が候補に挙っている。

[スウェーデン]

6社が原子炉建設促進で合併

スウェーデンで7基の原子炉を所有するバッテンフォール社は10月30日、国内の電力多消費産業5社と、原子力を含めた新たなベースロード電源確保を目的とする合併企業設立のための同意書に署名した。

生産工程で大量の熱と電力を必要とする製紙業界では、これまで石油価格の高騰に悩まされてきた。また、金属精錬業でも莫大な電力を消費することから、これら産業において電力の安定供給が確保でき

るか否かは業績に大きく影響する。折しも同国では09年2月、中道右派による連立政権が1980年の脱原子力政策の撤廃と、既存炉の順次リプレースを盛り込んだ長期エネルギー政策を発表するなど、原子力再生に向けた動きが現実味を帯びて来ている。

こうした背景から、製紙業の大手4社(エカ社、ホルメン社、ストラ・エンソ社、SCA フォレスト・プロダクト社)と金属採掘・精錬業のポリデン社は、コスト効率の良い新たなベースロード電源を確保し、長期的な産業活動を保証していくために、再生可能エネルギーや原子力を有望オプションとして、共同でエネルギー生産を確保する「スウェーデン産業力会社」を設立することになったとしている。

[ポーランド]

原子炉建設支援に仏が全面協力へ

フランスとポーランド両国は11月5日、エネルギーと環境および温暖化の問題に協力して取り組んでいく共同宣言に調印し、フランスはポーランド初の原子力発電所建設を支援していくことになった。

これはポーランドのD・トゥスク首相がパリを訪問した際、農業や防衛など両国間の様々な分野における協力合意の一つとして、フランスのN・サルコジ大統領と結んだもの。エネルギー供給構造の技術的および地理的な多様化と気候温暖化防止のためのエネルギー効率化を通じて、欧州連合(EU)域内におけるエネルギー供給の保証を目的としている。

ポーランド政府は2006年、EUによるCO₂排出削減目標の達成などのためにバルト3国による原子力発電所共同建設計画への感心を表明したが、出資比率や電力配分などで参加国間の調整が行き詰まり、09年1月に独自の原子炉建設作業計画を公表。経済省が5月に作成した「2030年までのエネルギー政策」最終案文に基づき、8月には議会が、2020年までに初号機の運開を目指す原子力開発ロードマップを承認している。

[ロシア]

大統領が次世代炉の生産を明言

ロシアのD・メドベージェフ大統領は11月12日、一般教書演説の中で、2014年までに同国が次世代原子炉と新型原子燃料を生産していく方針であると発表した。

同大統領の演説は、国営企業の民営化など同国の近代化政策に焦点を当てたもので、原子力開発計画に関しては「近代化プロジェクトの中で別個の扱いになっていた」と指摘。他分野も含めた戦略的な情報技術の開発という優先政策の一環として、今後5年以内に新たな原子炉の設計も始めると明言しており、ロシア国内のみならず、諸外国の原子力市場の需要にも応えられる次世代原子炉と新しい燃料を生産していくとの考えを強調した。

同大統領はまた、ITERのような国際協力による核融合開発においても原子力技術開発先進国の一員として諸外国と連携していくとしている。

ロシアでは現在、60万kW級のBN-600が世界で唯一の商業用FBRとして稼働中。出力80万kWのBN-800も2012年の運開目指して建設中だ。また、出力150万kWで欧州電気事業者要件(EUR)文書を満たし、受動的安全性能を備えた次世代軽水炉「スーパーVVER」も開発中であることから、将来的にはこれらを国際市場にも輸出していくと考えられる。

[ヨルダン]

原子力委、原子炉の建設前コンサルティング発注

ヨルダン原子力委員会(JAEC)は11月15日、同国初の原子力発電所の建設前コンサルティング業務を、豪州に本社を置く国際的なエンジニアリング・コンサルティング企業であるウォーリーパーソンズ社に1,130万ドルで発注した。

契約期間は3年間で、ウォーリー社はヨルダンが導入する原子炉設計の選定や放射性廃棄物管理などで支援を提供。具体的には原子炉メーカーの入札準備や選定評価のほか、原子炉を所有・操業することになる電力会社を官民両セクターが設立するのを援助する。

天然資源に乏しいヨルダンは2040年までに国内の

電力需要の3割までを原子力で賄う計画で、2015～17年までには発電と海水淡水化に利用できる原子炉1基の完成を目指している。すでに、フランス、中国、韓国、およびカナダとは2国間の原子力協力協定を調印済みであることから、これらの国のメーカーによる原子炉設計の中から導入技術が採用されるものと考えられる。

なお、建設候補地はヨルダン南端に位置するアカバ市の南25kmで、ベルギーのトラクテベル・エンジニアリング社(GDF スエズ社の子会社)が09年9月にJAECからサイト調査を1,200万ドルで受注。こちらは2年契約で、環境影響や安全性影響に関する報告書作成の下準備を実施することになる。

[ベトナム]

国会が原発プレFSを承認、2020年の運開目指す

ベトナムの国会本会議で11月25日、懸案だった原子力発電所建設に向けた事前の事業化調査(プレFS)の結果を賛成382、反対93、棄権18の賛成多数で承認、同国初の原子炉建設が正式に決定した。

ニン・トゥアン省の2サイト(南部のフォック・ディン村と北部のピン・ハイ村)に100万kW級原子炉を各2基ずつ計4基、400万kWの建設を目指し、最初の1基は2014年着工、2020年運転開始を計画している。その他の号機の着工時期については今後検討されることになった。

日本は日本原子力発電を中心にFSの受注を目指している。

[韓国]

高稼働率に注目、安定して90%レベル維持

10月26、27日の2日間、東京・港区のアジュール竹芝で開催された第30回日韓原子力産業セミナーで、韓国の原子力発電所の稼働率が90%を上回る世界的に見ても極めて高い水準にあり、しかもその水準を10年以上にわたって維持していることが、改めて参加者の注目を集めた。日本は98年の最高水準でも84.2%にとどまっており、90年以降は常に日本の平均稼働率を上回っている。

韓国からの発表によると、08年の合計20基ある原子力発電所の平均稼働率は93.4%で、1基当たりの計画外停止は0.4回、燃料交換のための平均停止日数は32日間だった。韓国標準型PWRのウルチン3号(100万kW)では、同停止期間が20日という最短記録を達成した。

韓国の運転サイクルは標準的には20か月以内、初期のころの原子力発電所とカナダ型重水炉CANDU炉は15か月以内となっている。

燃料交換停止の実施については、運転サイクルごとに、長期として10回、中期として3回分というように段階的に計画を策定したうえで、12か月前にマスター計画を作り、さらに2か月前に詳細計画作りを行う方式を採用している。

我が国の最先端原子力研究開発

シリーズ解説 第17回

統計的安全評価手法に関する電力中央研究所の取組み

(財)電力中央研究所 古谷 正裕, 西 義久

原子炉の安全審査において、導入が検討されている統計的安全評価手法および最適評価コードの開発に関して、電力中央研究所の取組みを紹介する。軽水炉に関しては、沸騰水型原子炉(BWR)の沸騰二相流を模擬した SIRIUS-F 試験装置による二相流過渡現象の模擬および過渡解析コードへのデータの提供について述べる。また、高速炉に関しては、小型高速炉4Sの事前審査を通じた PIRT (Phenomena Identification and Ranking Table)作成および、プラント動特性解析コード CERES の開発について述べる。

I. はじめに

新規原子力発電所設置時の設置許可申請や新燃料導入時の変更許可申請において、安全審査指針に従った安全評価が行われる。現行の安全評価のための安全解析では、「決定論」と呼ばれる手法が用いられている。すなわち、解析モデル、解析条件や入力データの不確かさが解析結果に与える影響を十分保守的に取り扱っている。そのため、すべての解析条件と入力データとを「判断基準」に照らして解析結果が最も厳しくなるように選定している。

近年、運転経験の蓄積や、計算機能力の向上や解析手法の進展により、詳細な核熱水力モデルを用いる最適評価コードが開発されている。こうしたコードにより、高い信頼性をもって検証試験結果を実機条件へ外挿することができ、設計条件の変化に対するプラント挙動の感度を把握することができるようになってきている。さらに、解析モデルの外挿性および実験データに内在する不確かさの影響を定量的に把握するための手法が発達した。そして、結果的に包絡された事象について、最適評価コードと不確かさの影響を考慮する新たな安全評価手法の開発が進められている。

この新たな安全評価手法を用いて、安全裕度を適正化しようとする研究が欧米を中心に進められている。具体的なガイドラインの一つとして、米国 NRC から CSAU 手法 (Code Scaling, Applicability and Uncertainty Evaluation Methodology) が発行されている¹⁾。

Safety Evaluation Based on Uncertainty and Scaling Analyses with Statistical Approach by CRIEPI: Masahiro FURUYA, Yoshihisa NISHI.

(2009年 12月14日 受理)

このような外部動向に鑑み、日本原子力学会において統計的安全評価手法の基準化が進められ、公衆審査を反映して原子力学会基準として本年発行された²⁾。

本稿では、この統計的安全評価手法および最適評価コードの開発に関して、電力中央研究所(以下、電中研)の取組みを紹介する。

II. 軽水炉の最適評価コードの検証

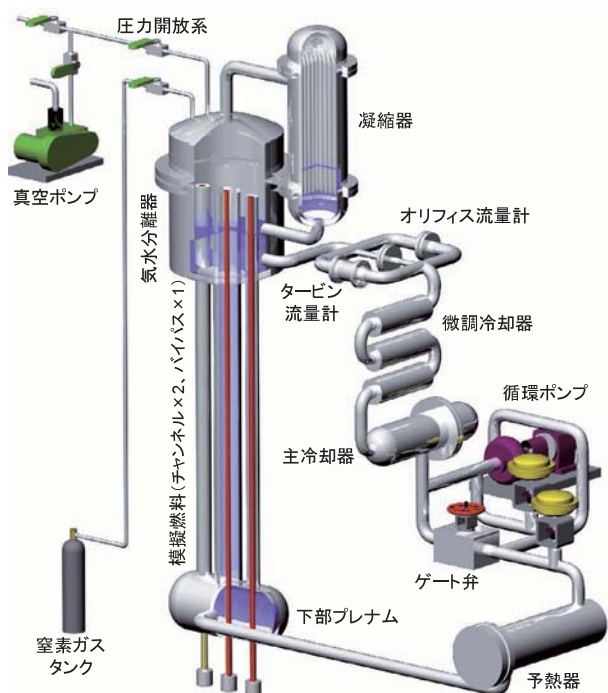
1. 過渡沸騰二相流の評価

沸騰水型原子炉(BWR)では、炉心入口流量が変化すると炉心内での沸騰気泡量がある時間遅れて変化する。このような沸騰二相流の解析では、定常状態の試験結果を基に気液二相流をモデル化した構成方程式が用いられている。そのため、入口流量などの境界条件が急速に変化する際の圧力変動等の二相流現象を把握することは重要である。

電中研では出力が異なる2並行流路を対象に、流量配分や流路間の差圧変動特性を把握するため、出力と流量が減少する過渡事象を模擬した実験を行った。得られた実験結果を最適評価コードの計算結果と比較して二相流過渡現象の予測精度を検証した。

2. BWR 過渡試験設備 SIRIUS-F

第1図に、電中研で独自に開発した試験設備 SIRIUS-Fの熱流動ループの概念図を示す。全高13mで、BWRの炉心内流動を高さ方向に模擬している³⁾。熱流動ループは下部プレナム、燃料の発熱を模擬して単管内に1本のヒータが挿入された流路(チャンネル)部、バイパス部、気水分離器、凝縮器、下降(ダウンカム)部、再循環ポンプ、冷却器、予熱器からなる。本実験では、バイパス流路を閉止し、並行2チャンネルのみを使用した。ヒ-



第1図 SIRIUS-F設備の概念図

タは間接加熱シースヒータで、加熱長さは3.7 mである。

BWR燃料を固定している炉心入口オリフィス、上部・下部タイプレートおよび7つのスペーサを模擬した構造をSIRIUS-F設備では採用し、圧力分布を一致させている。圧力分布を計測する差圧計の応答時定数は0.19 s、電源の応答時定数は0.0003 sと極めて高速である。

実験条件は気水分離器ドーム内圧は7.2 MPa、チャンネル入口温度は277.2°Cとして一定に保持した。出力およびチャンネル1の入口流量は10秒間のABWR負荷喪失事象の過渡解析結果と一致するように変化させた。初期($t < 0$ s)の相対流量は定格流量の90%とした。第1表に、ABWRの初期相対出力の組合せとして実施した8ケースを示す。

3. 最適評価コードの解析条件

本研究では、BWR過渡解析コードTRAC-BF1 [13] (2003年版)を使用し、SIRIUS-F設備のヒータ内熱伝導と流路内の沸騰二相流を解析した。境界条件として流入流量に実験計測値を与え、各チャンネル間の流量配分を計算した。

この流量配分について、実験と解析で比較することにより実施した解析精度の検証を次節で述べる。

4. 過渡実験・解析結果

第2図にNo.1の初期出力組合せ(47%出力-26%出力)の質量流束および表面熱流束、チャンネル差圧の時間変化を示す。実験結果は実線で、TRAC-BF1の解析結果は破線でプロットした。解析の想定値は実験結果とよく一致していることを確認しているため、同図には記載していない。

初期質量流束の実験値は、出力が高い(47%)チャンネル

第1表 試験・解析条件と差圧変動の試験結果

No.	Relative power		Difference of power	Std. dev. of diff. pres.	Fluctuations in diff. pres
	Q_{ch1} (%)	Q_{ch2} (%)	$Q_{ch1} - Q_{ch2}$ (%)	P (kPa)	$P / (P_{0s} - P_{10s})$ (%)
1	47.3	25.6	-21.8	0.111	0.23
2	47.3	36.4	-10.9	0.112	0.24
3	47.3	47.3	0.0	0.093	0.20
4	47.3	58.2	10.9	0.079	0.17
5	47.3	69.1	21.8	0.079	0.17
6	47.3	80.0	32.7	0.097	0.21
7	26.0	80.0	54.0	0.059	0.15
8	0.0	80.0	80.0	0.073	0.24

ル1の方が低い値となる。これは出力/流量比が高い場合にはボイド率が大きくなり、壁面および局所二相摩擦損失が増大するために流量が低減するためである。約1.7 sに両チャンネルの質量流束は同じ値となり、その後は逆転する。これは出力/流量比が低い場合には、壁面および局所二相摩擦損失が小さく、気泡発生による自然循環力により出力の高いチャンネル1の質量流束が増大するためである。TRAC-BF1の解析結果も同様に、約1.7 sで質量流束が逆転しており、また両チャンネル共に実験値と精度よく一致していることから、実験結果を精度良く解析していることが確認できる。

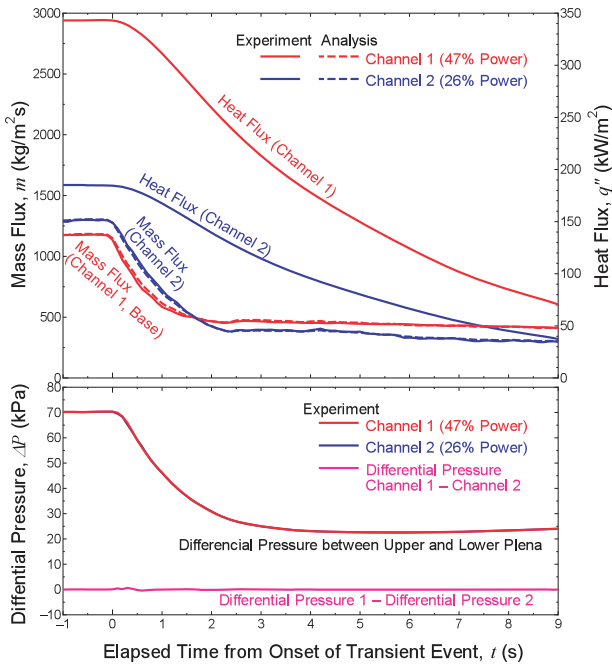
第2図下部には、実験で得られたチャンネルの上下プレナム間の差圧の時間変化をプロットした。両チャンネル共に初期に約70 kPaの差圧であるが、質量流束の低減に伴い約20 kPa程度に漸近する。両チャンネルでほぼ同じ値であるため、両者の差も小さい。図にはチャンネル1差圧から、チャンネル2差圧を引いた値をプロットした。急速な出力および質量流束の過渡変化にもかかわらず、その減算値はほぼ一定でかつ0 kPaであり、両チャンネルの差圧は常に一致している。

第1表に全8ケースの初期出力組合せに対して、チャンネル1上下プレナム間差圧からチャンネル2上下プレナム間差圧を減じた実験値の標準偏差および相対変動を示す。相対変動は標準偏差を10秒間の変動振幅で除した値である。実験した8ケースでは標準偏差は測定誤差以下であり、相対変動も0.15~0.24%と小さい。以上から、比較的大きな熱流束と質量流束の変化にもかかわらず、出力の異なる両チャンネルの差圧変動は一致することがわかった。

Ⅲ. 高速炉の統計的安全評価

1. 小型高速炉4SのNRCへの事前申請

4S(Super-Safe Small and Simple)は、島嶼や送電網の脆弱な地域などにおけるエネルギー供給を目的とし



第2図 質量流束および表面熱流束, チャンネル差圧

た, 30年間燃料無交換運転が可能な電気出力10 MW のナトリウム冷却小型高速炉(LMFR)である。1988年から開発が開始され, (株東芝が2008年度に米国 NRC の DA (Design Approval)^{a)}取得のための事前申請を開始した。電中研はチームの一員としてその申請をサポートした。

DA 申請においては, 試験プログラムの構築が必要である。これらの試験は, DA 申請において, 特に安全性にかかわる機器の性能保証に重要な役目を果たす。得られる試験結果は, 設計の妥当性を示すだけでなく, 安全評価に用いられるプラント動特性解析コード(安全解析コード)への解析モデルおよびその不確かさについてデータを提供する。

4S の事前審査では, 過渡事象における“現象”の重要度分類を行う PIRT (Phenomena Identification and Ranking Table) の考え方に従って試験プログラムの構築を行った⁵⁾。

AP-1000, IRIS などいくつかの軽水炉において, プラントの機器の機能やプラント過渡応答に対し, PIRT の適用がなされている。しかしながら, LMFR へ適用された例は見当たらない。

4S PIRT の実施においては, これまでの軽水炉の知見をベースに, 各ステップに LMFR および 4S の構造および事象推移の特性に応じて改定が加えられた。また熱流動, 高速炉, および PIRT などに知見を有する 5 名の有識者による独立したエキスパートパネルによりレビューが行われた。

2. 4S PIRT のプロセス

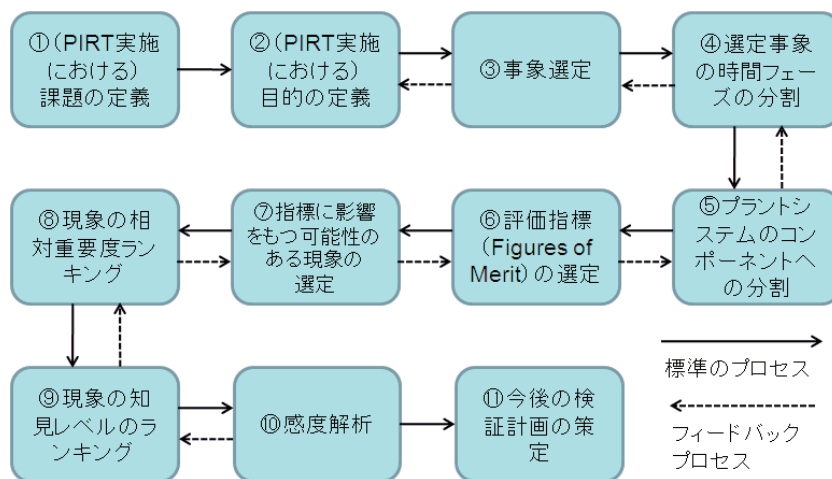
第3図には, このプロジェクトで使用した PIRT のプロセスを示す。このプロセスは Wilson らによって構築された軽水炉での実績⁶⁾をベースとし, 4S PIRT への適合性を考慮して11のステップに改定したものである。主なステップの内容は以下となる。

③【事象選定】 4S を特徴づけ, 原子炉の安全性を評価するために, 十分な包絡性を有する代表事象を定義する。以下の3つの事象を選定した。

- (1) 外部電源喪失(Loss of Offsite Power; LOSP)
- (2) 2次主冷却系からのナトリウム漏洩(Sodium Leakage from Intermediate Piping; SLIP)
- (3) キャビティ缶損傷(Failure of a Cavity Can; FCC)

LOSP は, 2次主冷却系に設置された崩壊熱除去系(IRACS)の性能評価に着目しており, SLIP は, 原子炉容器の空気冷却システム(RVACS)の性能評価に着目したものである。4S は, 炉心周囲に配置された中性子反射体を駆動することにより臨界を保つが, 反射体の上部には反射体の効果を高めるため, 不活性ガスを充填したキャビティ缶が配置されている。このキャビティ缶が損傷すると, 冷却材が流入することにより, 中性子のリー

^{a)}DA: 標準型炉の設計認証。米国規制委員会(NRC)から標準型炉として設計認証された炉型は, サイト固有の問題を除き, 安全問題がクリアされたとみなされる。



第3図 4S PIRT の流れ

クが減る。FCCは、原子炉保護系の能力に着目したものである。

④【選定事象の時間フェーズの分割】“現象”の相対重要度は事象に依存し、また、過渡の間に重要な現象は変化するため、各事象は適切に時系列で整理される。LOSPは、事象開始から自然循環が確立するまでの第1フェーズ、およびIRACSの崩壊熱除去状態の第2フェーズに分けられた。SLIPも同様に、2つのフェーズに分けられた。FCCはフェーズ分けの必要性なしと判断された。

⑤【プラントシステムのコンポーネントへの区分】関連事象を同定するために、原子炉を機器単位に分類する。4S PIRTでは、4Sを熱流動の観点から、炉心と燃料集合体、原子炉システム、1次主冷却系(PHTS)、2次主冷却系(IHTS)、崩壊熱除去系(RHRS)の5つのサブシステムに区分した。また、原子炉保護系の観点から、計測と制御システムをサブシステムに加えている。

⑥【評価指標の設定】現象の相対的重要度を定量的に判断するための評価指標(Figure of Merit; FoM)を定義する。先に述べたように、LMFRに関する先例がないことから、軽水炉のように燃料被覆管最高温度PCTや最小限界出力比MCPRなどの明確な基準の実績はLMFRに存在しない。そこで、4S PIRTでは、まず最高レベルでの原子力安全の考え方である「公衆被ばくの防護」に立ち戻り、FoMを定めた。そして、「燃料ピンの健全性」と「1次系バウンダリーの健全性」を守ることを考慮した。最終的に4S PIRTでは両者を満足できるFoMとして“被覆管温度”を採用した。

⑦【現象の選定】エキスパートの意見も含めFoMに影響を与える可能性のある“現象”を、各事象を対象に、サブシステムごとにリストアップした。

炉心/燃料集合体	26現象
原子炉システム	23現象
PHTS	13現象
IHTS	8現象
RHRS	15現象
計測制御系	5現象

⑧【現象の相対重要度ランキング】リストアップした“現象”について、FoMへの影響を考慮して相対重要度を4水準でランキングしている。

High(H)	FoMに対し高いインパクトを有する
Medium(M)	FoMに対し中程度のインパクト
Low(L)	FoMに対しインパクトが小さい
Insignificant(n/a)	FoMに対しインパクトはない

ランキングは、現状の知識でエキスパートにより一たん決定された後、感度解析の結果を反映して見直されている。

⑨【現象の知見レベルのランキング】リストアップした現象について、その理解度を実験データなど現在の知見をベースに3段階でランキングした。

Known(K) 解析モデルおよび実験データの不確かさが小さい

Partially Known(P) 解析モデルおよび実験データの不確かさが中程度

Unknown(U) 知見がとても限定されるまたはない、解析モデルおよび実験データの不確かさが大きい

⑩【感度解析】感度解析は現象重要度の初期ランキング結果を確認するために実施される。したがって、感度解析の結果、初期ランキング結果が改定されることがある。感度解析は、東芝が開発した過渡解析コードARGO⁷⁾で実施された。解析の結果は、初期ランキング結果の後、独立したエキスパートが相対重要度を評価するためのガイドに利用された。

3. 4S PIRTの結果

感度解析の結果、いくつかの重要度ランキングが改定された。例えば、LOSP事象では、21の現象が改定された。3つの現象のランキングが上がり、18の現象のランキングが下がった。

4. 研究開発プライオリティ

比較的高い重要度にランクされたにもかかわらず、比較的低い知見と判断された現象については、現象の知見の向上のため、試験や理論的評価が計画されている。

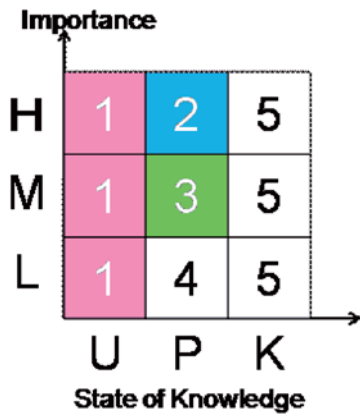
4S PIRTではエキスパートの助言をもとに、第4図に示すように、相対重要度と知見レベルの関係から、ランキング結果を5段階に分けた。小さい数は、高いプライオリティを有することを意味する。

このプライオリティ分類の結果をうけて、4S PIRTは将来の研究開発のプライオリティを示すことになる。プライオリティ1, 2, 3については、さらなる研究開発が必要であり、プライオリティ4, 5については、さらなる研究開発は不要としている。分類の結果、プライオリティ1の現象はなく、プライオリティ2, 3には16の現象が選定された。各現象は、概略で示すと、以下に分類される。

- ・極低流速条件での炉心流れ(圧損, 流量配分, 局所自然対流, 径方向熱移行, 集合体間の流れ)
- ・極低流速条件での上部プレナム混合効果
- ・極低流速条件での炉内構造物周辺自然対流
- ・極低流速条件での1次および2次主冷却系自然循環
- ・IRCASの空気側流れ
- ・RVACSの径方向熱伝達
- ・RVACSの非対称流れ
- ・キャビティ缶損傷の反応度投入

5. 最適評価コード CERES

電中研では、LMFR用のプラント動特性解析コードCERESの開発を進めている。CERESは、原子炉容器など、プラントの機器のうち、流れに影響を及ぼすような大きなプレナムを多次元モデルで扱い、それ以外の機器、配管を1次元モデルとし、それらをネットワーク化



第4図 研究開発のプライオリティの分類の考え方

して強制循環から一巡の自然循環に至るプラント動特性を解くことができる。

統計的安全評価手法で用いられる最適評価コードに対しては、先に示したように、PIRTなどの手法を用いて、適切に検証されていることを示すことが求められる。

CERESの開発に当たっては、Ⅲ章で指摘されているRVACSの空気側の熱伝達性能について、個別影響試験(Separate Effect Test; SET)として、第5図に示す除熱評価試験を行い、取得したデータによるモデル構築を行っている⁸⁾。また、総合影響試験(Integral Effect Test; IET)としては、日本原子力研究開発機構の協力を得て、平成7年12月に実施された高速増殖原型炉「もんじゅ」のプラントトリップ試験を対象に、検証解析を行っている⁹⁾。

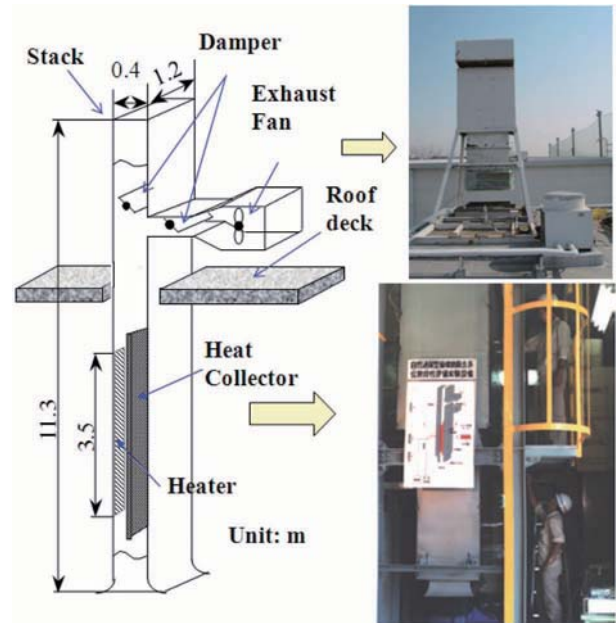
さらに、現在、米国アルゴンヌ国立研究所で開発され、EBR-IIやFFTFでの検証実績のあるSAS4A/SASSYS-1コードとのコードtoコードの比較により、自然循環状態での性能確認も実施している¹⁰⁾。

Ⅳ. 今後の展望

電中研では、軽水炉の許認可や高度利用に伴う統計的安全評価研究に資する実験を実施するため、SIRIUS-T設備を建設予定である。本設備は統計的安全評価手法の高度化に必要な①過渡二相流、②多次元二相流、並びに③核熱結合の最新の知見が得られるように工夫された試験設備である。また、LMFRについても、国と電力が共同で推進するFBRサイクル実用化研究開発や「もんじゅ」の試験研究に対し、解析等の面で積極的に寄与する予定である。

—参考文献—

- 1) B. Boyack, *et al.*, NUREG/CR-5249, (1989).
- 2) 統計的安全評価の実施基準: 2008(AESJ-SC-S 001: 2008), <http://www.aesj.or.jp/sc/s-list.html>
- 3) M. Furuya, PhD Dissertation, Delft University of



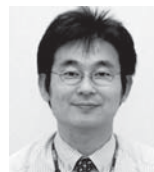
第5図 RVACS 除熱性能試験装置

Technology, ISBN1-58603-605-X, IOS Press, (2006).

- 4) 古谷正裕, 他, 電中研研究報告 L 07006, (2008).
- 5) H. Horie, H. Matsumiya, K. Miyagi, Y. Nishi, T. Greci, M. H. Fontana, F. J. Moody, H. Ninokata, G. E. Wilson, A. Yamaguchi, NURETH-13, Kanazawa, Japan, (2009. 9).
- 6) G. E. Wilson, B. E. Boyack, *Nucl. Eng. Des.*, **186**, 23-37, (1998).
- 7) K. Tsuji, *et al.*, "Parametric Study on Ultra-Long Life Core, Pb-Bi Cooled U-Zr Metallic Fuelled Core With Burnable Poison Reactor," *Pro. ICONE-11*, (2003).
- 8) 西 義久, 木下 泉, 植田伸幸, 古谷正裕, 電中研総合報告 T 45, (1996).
- 9) 西 義久, 植田伸幸, 木下 泉, 宮川 明, 加藤満也, JNC-TY 2400 2005-001, (2005).
- 10) 西 義久, T. H. Fanning, F. E. Dunn, 植田伸幸, 西村 聡, 電中研報告 L 07004, (2008).

著者紹介

古谷正裕(ふるや・まさひろ)



(専門分野/関心分野)伝熱流動, 電気化学, 分析化学, 材料科学, プロセス工学

西 義久(にし・よしひさ)



(専門分野/関心分野)伝熱流動, プラントシステム解析, プラント機器性能評価など

解説

福井大学における原子力教育・研究

地域連携型の教育・研究

福井大学附属国際原子力工学研究所 竹田 敏一，泉 佳伸，
福井大学大学院工学研究科 玉川 洋一

福井大学では、平成16年に設立された大学院工学研究科原子力・エネルギー安全工学専攻に加え、平成21年には附属国際原子力工学研究所が開所した。この研究所は、平成23年度には原子力施設が集まっている福井県敦賀市に移転する予定であり、福井大学における研究・教育のさらなる向上を図る。福井県嶺南地区の種々の研究センターの設備を用いた実習・体験を通し、座学で学んだことを実学にしていく地域連携型の教育を行い、さらに将来的には、高速炉の実用化のための研究、「もんじゅ」性能試験への研究参加、アジアの人材育成をはじめとした国際協力等の発展を目指している。

I. はじめに

福井大学は、福井県の県庁所在地である福井市に位置し、1949年(昭和24年)に設置された国立大学である¹⁾。現在、教育地域科学部、医学部、工学部の3学部からなる比較的小さな地方国立大学ではあるが、工学部は8学科から構成され、学生定員2,160名を有する日本海側に位置する国立大学の中でも有数のものとなっている。

一方、福井県は14基の様々なタイプの原子炉を持ち、その発電量の多くを関西方面へと供給する原子力発電の立地県としてその役割を担ってきた。福井大学は福井県の推進する「福井県エネルギー研究開発拠点化計画」²⁾に参画してきた。

そのような流れの中で、平成21年4月1日に福井大学附属国際原子力工学研究所が開所した。日本のみならず、世界トップレベルでの特色ある原子力人材育成および研究開発を行い、我が国の原子力立国計画の実現に寄与するとともに、海外、主としてアジアの人材育成を通し、環境と調和した持続的なエネルギー供給基盤を持つ世界の構築に貢献することを研究所の目的とする。

この研究所では、北陸・中京・関西圏等の大学関係者が共同利用でき、さらに、平成23年度には原子力施設が集まっている敦賀市に移転し、より研究・教育の向上を図っていく予定である。平成21年度に、大学院博士前期・後期課程の教育カリキュラムを、福井県嶺南地区の原子

力関連施設を活かすことを考えに入れて作成する。このカリキュラムに基づき、工学研究科原子力・エネルギー安全工学専攻に原子力工学特別コース(仮称)を設け、学生の受入れを平成23年4月から開始する予定である。

また、福井県嶺南地域の原子力関連施設を有効に利用し、研究の質の向上並びに幅広い原子力研究を進め、原子力関連の研究所、電力等との協力を通し、地域連携で中身の濃い教育・研究を推進していく予定である。

今回、この研究所の設立を機に、福井大学における原子力教育と研究について、主に工学的領域について紹介したい。

II. 福井大学における原子力教育・研究

1. 独立専攻としての原子力・エネルギー安全工学専攻

福井大学は、エネルギーおよび原子力に関する問題を「安全と共生」という観点から、学際的・学術的にアプローチし研究を行う場として、平成16年に大学院工学研究科原子力・エネルギー安全工学専攻を設置した。学生定員は、博士前期課程27名、後期課程12名で、独立専攻として学科の枠を超えた総合的な教育研究組織となっている。この専攻は、日本のエネルギー事情と原子力エネルギーの役割の重要性、原子力の環境および社会における受容性、原子力技術者の不足という現実を鑑み、「安全と共生」をキーワードとして、原子力とエネルギーにおける諸課題に関する研究を推進し、同時に、この分野において活躍できる高い倫理観を持つ高度専門技術者を育成することを目的としている。

本専攻は、第1図に示すような5つの研究分野の講座からなっている。「原子力安全工学講座」は破壊力学を基

Education and Research of Nuclear Engineering in University of Fukui—Regional Collaborative Education and Research: Toshikazu TAKEDA, Yoshinobu IZUMI, Yoichi TAMAGAWA.

(2009年 11月26日 受理)

福井大学大学院工学研究科
原子力・エネルギー安全工学専攻
(独立専攻)

原子力安全工学講座

地域共生工学講座

原子力発電安全工学講座(連携講座)

プラントシステム安全工学講座(連携講座)

加速器応用工学講座(寄付講座)

第1図 原子力・エネルギー安全工学専攻の講座編成

にした機械的安全性に関する研究を行う構造安全性評価分野とヒューマンインターフェースや生体情報を扱う情報安全工学分野の2分野から構成され、「地域共生工学講座」は防災や地域共生を研究対象とする共生システム工学分野、放射線計測技術に関する研究を行う放射線環境工学分野、レーザーの応用研究開発を行うエネルギー・アメンティエー工学分野の3分野を包括している。「原子力発電安全工学講座」と「プラントシステム安全工学講座」は連携講座であり、日本原子力研究開発機構(JAEA)および原子力安全システム研究所からの研究者により構成されている。また、加速器の原子力への応用研究を進めている「加速器応用工学講座」がある。

本専攻における教育は、大学内における講義・演習に加えて、学外の原子力施設等を利用した実験・実習からなる。この学外での実験・実習は、京都大学原子炉実験所での「原子炉工学実験」、JAEA 東海での「核燃料サイクル実習」、敦賀地区の複数の原子力施設を利用した「敦賀原子力夏の大学」等であるが、それぞれが5泊6日程度の泊まり込み合宿形態の実習である。それぞれが、講義・演習・実験・解析・レポート報告等が課せられる大変充実した内容で、参加学生は大学内の学習で身につけた知識をフルに活用して現場での実験実習に取り組むことになり、これらの実習に参加した学生からの評価は大変高いものとなっている。

「原子力教育大学連携ネットワーク」

専門の学部を持たない独立専攻という性格上、専攻所属の教員だけでは広範な原子力分野の教育に限りがあるため、この専攻の発足当初から立ち上げた「原子力教育大学連携ネットワーク」が運営する複数の科目を利用して補っている。このネットワークは、東工大が中心となって参加する複数の大学(平成21年度時点での参加大学は、東工大、金沢大、福井大、茨城大、岡山大、大阪大の6大学)と事務局としてのJAEAから構成される新しい教育組織である³⁾。講義はネットワーク経由で配信される双方向の受講しやすいシステムとなっている。このネットワークでは大学の夏期休暇を利用して、JAEA 東海事業所を中心とした原子力関連事業所で行われる実習を開催し、遠隔で学んでいた学生が1ヵ所に集まり、核

燃料・ウランの分離・高速炉・放射線被曝線量管理・地層処分等について現場の技術者の指導の下で学んでいる。

生きた原子力学習の場としての「敦賀原子力夏の大学」

原子力・エネルギー安全工学専攻では、「福井県エネルギー研究開発拠点化事業」²⁾の中の原子力人材育成のためのプログラムとして、平成18年度に「敦賀原子力夏の大学」⁴⁾をスタートさせた。これは、福井県敦賀地区の原子力研究施設を利用した実習形態の原子力教育の新たな試みである。現在は、福井大学・若狭湾エネルギー研究センター・JAEAを主体として福井県嶺南地域に存在する原子力研究機関の協力の下、経済産業省委託事業「チャレンジ原子力体感プログラム」の一つとして実施している。このプログラムは、福井大学ばかりでなく、日本全国の原子力を学ぶ学生(大学院生)を対象としており、これまでも、京都大学・大阪大学・金沢大学等全国の大学から毎年40名程度の原子力系大学院学生が参加している。

内容としては、世界のエネルギー事情に関する講義に始まり、「もんじゅ」シミュレータ実習、渦電流検査器を用いたパイプき裂の診断、ナトリウム取扱い(第2図)等の実習教育と原子力施設の見学が主になっているが、特に、国際的な技術者としての自覚を啓発するために外国人研究者との英語による討論会を企画し、あるテーマについて半日間、英語のみでの議論を行ってグループ発表を行うプログラムを持っており、毎年、参加学生からも大変好評を得ている。さらに、経済産業省の人材育成プログラムとして実施できることとなった平成19年度からは優秀学生を6~7名選抜し、フランスCEAの原子力教育機関であるINSTNへ派遣する「海外インターシップ研修プログラム」を実施し、国際的な視野で考えることのできる原子力エンジニア育成の一助としている。

2. 工学部原子力・エネルギー安全工学副専攻コースの設立

福井大学工学研究科は平成21年度より「原子力・エネ



第2図 ナトリウム火災消火実習

第1表 副専攻科目

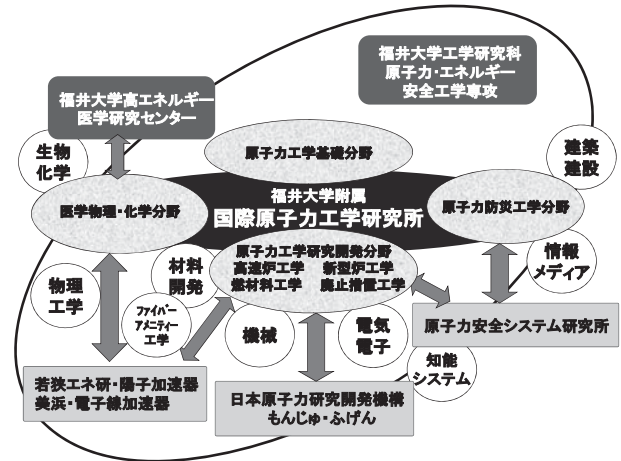
区分	授業科目	単位数
コース専用科目	原子力システム概論	2
	技術者の倫理と安全確保	2
	放射線物理学・化学	2
	放射線生物学	2
	放射線測定・管理	2
	核燃料サイクル工学	2
	地球環境・エネルギーと原子力	2
	原子炉熱工学	2
	原子炉材料学	2
	原子炉物理学	2
	原子力・エネルギー	2
	安全工学実習	2
全学科共通	放射線安全工学	2
	合計	22

ルギー安全工学コース(副専攻)を立ち上げた。副専攻コースは福井大学が進めている幅広い分野に対応する技術者養成のために実施されている教育的な取組みである。この原子力関連の副専攻コースは、工学部の学部生向けに開講される科目群で、「地球環境・エネルギーと原子力」、「原子力システム概論」、「技術者の倫理と安全確保」、「原子炉物理学」等の用意されている11科目22単位中20単位(第1表)を取得することで、卒業時に「原子力・エネルギー安全工学コース(副専攻)修了証」が授与されるものである。

原子力・エネルギー安全に関する教育を、前に述べた独立専攻の大学院生ばかりでなく、興味を持っている様々な学部の学生(2年生～4年生)にも広げる目的である。時間割の都合上、すべての科目が5時限目(16:30～18:00)および6時限目(18:00～19:30)という大変遅い時間帯に開講されているにもかかわらず、21年初年度の受講生は科目間の平均として前期約80名、後期約60名と、この分野に実に多くの学生が興味を抱いていることがわかる。さらに、後期には原子力・エネルギー安全工学専攻のすべての研究室を訪問して最先端の研究を経験できる実験科目も開講されているが、こちらへも50名近い学生が登録し、現在、実際に手を動かしながら様々な実験を経験しているところである。

3. 附属国際原子力工学研究所

原子力教育では、原子力の基礎・基盤となる原子物理学、原子炉物理学、放射線計測学、核燃料・材料学、原子炉制御学、原子炉工学、核燃料サイクル工学等のカリキュラムを体系的に教え、学生が自ら体験できる原子力実験・実習を必須科目として、学生に原子力を実感してもらう教育システムを構築する予定である。また、留学生、特にアジアからの留学生を受け入れ、原子力の基盤、さらには応用を英語により教え、人材育成を通しアジア地域の原子力のポテンシャルアップを図りたいと考えて



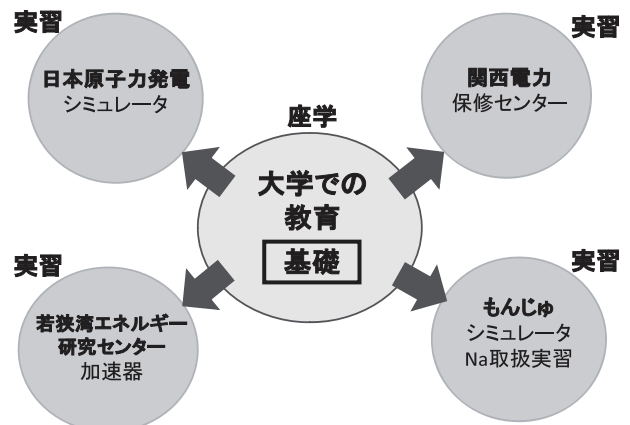
第3図 研究所の構成と福井県の関連施設との関係

いる(第3図)。

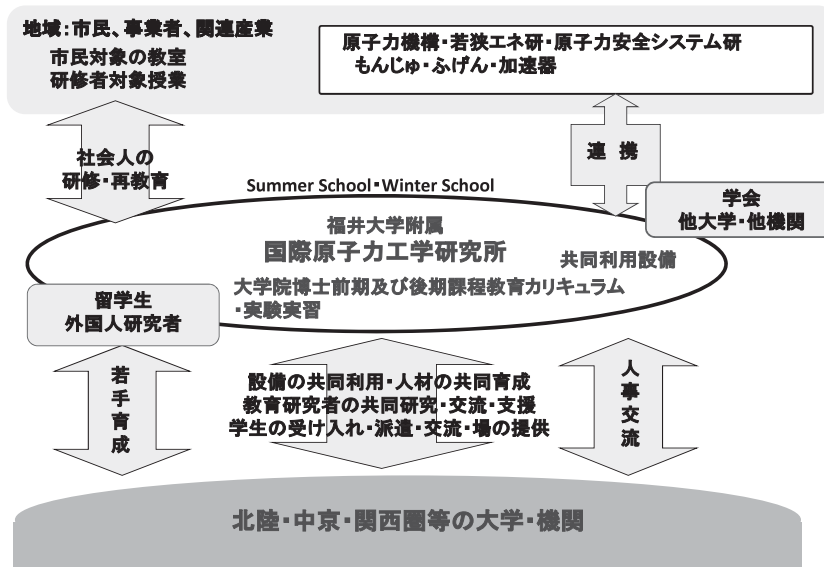
また、大学内だけでの教育とは別に、地域全体としての若手人材育成に向けての教育も進めたいと考えている。地域の中の大学、研究所、発電所を有機的に結合し、大学で基礎を座学で教えた後、日本原子力発電のシミュレータを用いてPWR, BWR等の軽水炉の運転に関する実習、さらに関西電力の研修センターによる機器の点検に関する実習、「もんじゅ」シミュレータを用いた高速炉の訓練・実習、若狭湾エネルギー研究センターでの加速器を用いた実習により、座学で学んだことを、体験により実学にしていく地域連携型教育を押し進めていく(第4図)。

また、北陸・中京・関西圏等の大学・研究機関との設備の共同利用、人材の共同育成、共同研究、学生の受入れ・派遣・交流を積極的に実施し、さらには社会人の研修・再教育に貢献したいと考えている(第5図)。

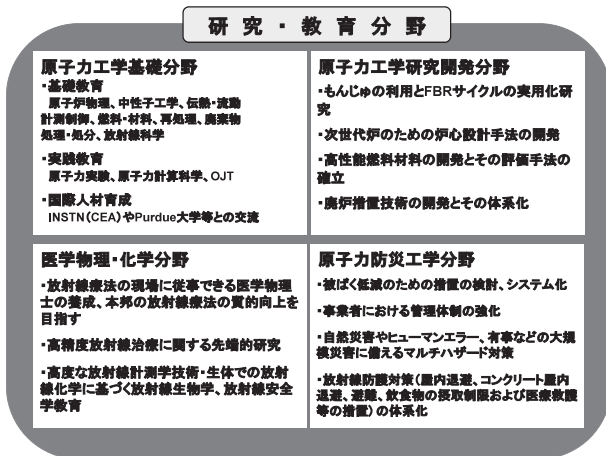
附属国際原子力工学研究所においては、原子力研究の高速炉、新型炉および燃材料、廃止措置等の分野で、福井の特色を生かした研究を実施する。この目標を達成するため、原子力の分野で世界トップレベルの知識、技術を持った研究者をこれからも受け入れ、育成していく必要がある。原子力、特に高速炉の持続可能性、安全性、



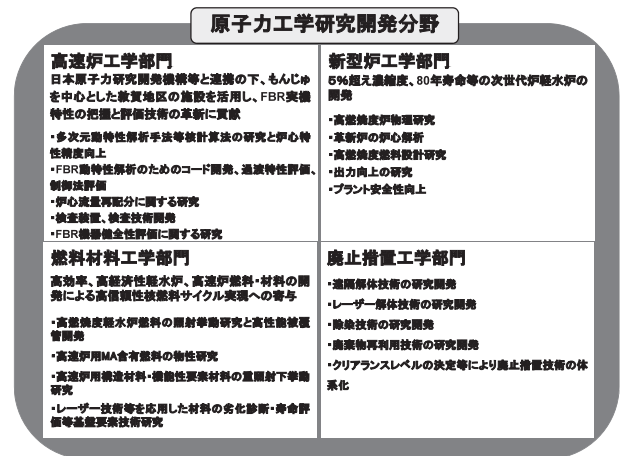
第4図 地域協力型人材育成



第5図 研究所と関連する北陸・中京・関西圏等の大学・機関との関係



第6図 研究所の各分野の研究内容



第7図 原子力工学研究開発分野の研究内容

経済性、核拡散抵抗性の向上を図り、原子力プラントの信頼性を確立するため、米国、フランス等との国際協力を推し進める。

以上の分野の研究体制を確立していくため、研究所は第6図に示した、原子力工学基礎分野、原子力工学研究開発分野、医学物理・化学分野、原子力防災工学分野の4つの研究分野の充実を図っている。

原子力工学基礎分野では、研究所の将来構想、海外の研究所との研究協定を含めた国内外の人材育成構想の調査・研究および戦略作成、カリキュラムの構築、原子力シミュレーション等の基礎研究を実施する。原子力工学研究開発分野では、原子力に特化した研究を行う。この分野が研究所のメインであり、研究所の目玉でもある。研究部門としては、高速炉工学部門、新型炉工学部門、燃料材料工学部門、廃止措置研究部門がある(第7図)。医学物理・化学分野では、放射線の医学利用に関する研究開発、共同研究を実施する。さらに、将来に向けて原子力防災工学分野の研究も実施する予定である。特に原子

力プラントの耐震性は、原子力発電所が集積する福井県のみならず、全国的にも重要なテーマであり、地震動の伝搬や地質学のみならず、建屋施設、およびプラントの各コンポーネントがどう応答するかを明らかにしつつプラントの耐震性についての研究が必要である。原子力防災工学分野ではこの様な視点に立った基礎から工学にわたる研究を行う予定である。

第7図に示した高速炉工学部門では、JAEAと連携のもと「もんじゅ」等の大型施設を活用した高速炉研究をアカデミックな立場で実施する。この研究により「もんじゅ」の後に予定されている実証炉、実用炉の設計、建設、運転の基礎・基盤に貢献したいと考えている。研究内容としては、実機データを用いた核・熱流・構造・プラント特性研究、検査技術開発、機器健全性評価研究、および炉心、プラントの詳細研究ならびに次世代炉・革新炉設計ツールのためのコード開発、手法開発を考えている。

新型炉工学部門では、5%超濃縮度、高燃焼度の次世

代軽水炉の設計研究，設計手法の開発，出力向上に関する研究，プラント安全性向上の研究等を実施する予定である。

燃材料工学部門では，高効率，高経済性軽水炉および高速炉用燃料・材料の開発研究を実施し，高信頼性核燃料サイクルの実現に寄与する。このため，高燃焼度軽水炉燃料の照射挙動研究および高性能被覆管の開発研究，マイナーアクチニド(MA)含有高速炉用燃料の物性研究，高速炉用材料の重照射下での挙動研究，レーザー技術等を応用した材料の劣化診断・寿命評価等の基盤要素技術研究等を実施する。

廃止措置研究部門では，「ふげん」を活用した廃止措置技術開発と学問としての体系化を図る。具体的には，遠隔解体技術の研究開発，レーザー解体技術の研究開発，除染技術の研究開発，廃棄物再利用の研究開発，クレアランスレベルの決定および処理方法の研究開発等を行う予定である。

4. 教育・研究における福井大学と他機関との連携

以上に述べたように，福井大学における原子力の教育・研究は，福井大学が単独として行っているものばかりでなく，県内外の原子力関連施設や企業体と連携して進められているものが多い。福井県においては，「福井県エネルギー研究開発拠点化計画」の下，県内の原子力関連企業が集まり有機的に連携しながら様々な事業が進められており，福井大学もその一員としてその流れを見極めながら大学としての取組みを展開している。

JAEA とは平成18年に包括的連携協定が結ばれ，大学全体の多岐にわたって良好な連携形態が営まれ，これまで述べてきた工学分野ばかりでなく，高エネルギー医学研究センターを中心とした医学分野やエネルギー教育にフォーカスした教育分野においても多大な協力を得ている。

また，平成19年には，原子力・エネルギー安全工学専攻内に関西電力の協力の下，加速器工学講座を開設し，研究教育の両面における大きな支援をいただき，専攻全体の発展に寄与している。

Ⅲ. 将来構想

福井大学の将来構想として，教育面では原子力の将来を担う，リーダーシップの取れる学生を育てていきたいと考えている。このため，福井県の数多くの研究所，発電所の施設を活用させてもらい，実学を身に付けさせることを狙っている。さらに，特にアジアからの留学生を受け入れ，先ほど述べた福井県の優れた原子力環境を活用して，すぐれた人材を育成していきたい。

「敦賀原子力夏の大学」については，経済産業省委託事業「チャレンジ原子力体感プログラム」の事業終了後も，生きた原子力学習の場として，また国際的な視野で考え

ることのできる原子力エンジニア育成のためにも重要であると位置づけている。特に「海外インターンシップ研修プログラム」は，「敦賀原子力夏の大学」の特徴であり目玉である。継続実施のための予算獲得に向けて関係各所の協力を仰ぎながら検討を行っている。

また，放射線の医療への利用はすでに盛んに行われており重要であるが，国内各地に設置され，あるいは建設されつつある放射線治療施設を効果的に活用するためには放射線治療の品質管理を専門にする人材が不足している。特に，放射線治療はIMRT(強度変調放射線治療)，粒子線治療(陽子線治療，炭素線治療)のように高度化し，それらを理解している医学物理士が必須となりつつある。日本では医学物理士は382名(平成20年2月)のみが認定されている状況にあるので，医学物理教育カリキュラムの検討を行ってきたい。

研究面では，発電所立地県内の大学としてのメリットを活かして，以下の研究課題について積極的に取り組む。

1. 高速炉の実用化のための中核的研究開発

「もんじゅ」性能試験データを有効に活用し，高速実証炉，実用炉の①炉心・燃料技術の研究開発，②プラントの安全性に関する研究開発，③高速増殖炉の保全技術の開発を実施し，今後の高速炉のより一層の経済性向上，安全性向上を図ることに資する。これらの研究課題は文部科学省の原子力システム開発事業特別推進分野の「もんじゅ」における高速増殖炉の実用化のための中核的研究開発に応募したもので，福井大学が中心となり，オールジャパンの体制で研究を実施する。研究内容については第8～10図に示す。

①炉心・燃料技術に関する研究開発

(1)炉心核設計手法に関する技術開発

- a. 核特性解析手法の調査検討、検証
- b. 解析値の不確かさ評価
- c. 太径・中空ペレットに対する評価方法の検討
- d. 3次元動特性解析手法の開発

(2)燃料・材料の評価手法に関する技術開発

- a. 中空ペレットの熱伝導度評価技術の開発
- b. 高燃焼度燃料の燃料-被覆管化学的相互作用 (FCGI) 挙動解明
- c. 粒子分散による燃料特性の向上研究
- d. 燃料検査・評価手法の検討

第8図 「もんじゅ」における高速増殖炉の実用化のための中核的研究開発で取り組む研究テーマ(炉心・燃料技術開発分野)

②プラントの安全性に関する研究開発

- (1)熱交換器内部の流動・伝熱数値解析手法の開発
- (2)温度成層発生部位の温度分布およびその時間変化の予測手法の開発
- (3)放射性物質のナトリウム中移行挙動評価手法の開発
 - a. 放射性物質の移行挙動評価
 - b. 燃料破損位置検出に関する研究(FFDL)

第9図 「もんじゅ」における高速増殖炉の実用化のための中核的研究開発で取り組む研究テーマ(プラント安全性技術開発分野)

③プラントの保全技術に関する研究開発

(1)劣化診断技術開発

- a. 高温多軸疲労損傷機構の解明と損傷評価
- b. 高クロム鋼/ナトリウム冷却材化学的反応による損傷評価
- c. 液体金属中のキャビテーション破食損傷挙動評価
- d. 「クリープ・疲労」劣化損傷評価
- e. 溶接継手部の保全補修計画立案のための劣化・損傷予測

(2)検査モニタリング技術開発

- a. ガンマ線コンプトンカメラによるナトリウム漏洩検出技術の開発
- b. FBGセンサーによる歪み・温度モニタリング技術の開発
- c. 高温用き裂・減肉モニタリング電磁超音波センサーの開発

(3)補修技術開発

- a. 表面損傷部に対するレーザー補修溶接技術の開発とその適用性評価
- b. ロボットを用いた遠隔操作溶接補修技術の高度化

(4)高速増殖炉の保全評価手法の構築

FBRにおける保全方式の最適化、保全計画の策定方法に必要なデータベース及びそれらを有機的に活用する設備管理システムを構築する。

(1)-(3)で開発した保全技術を活用し、もんじゅでの検証等を通して実証炉用の保全計画の原案を構築することにより、実用炉・実証炉の保全計画立案が可能となる。

第10図 「もんじゅ」における高速増殖炉の実用化のための中核的研究開発で取り組む研究テーマ(プラント保全技術開発分野)

2. 「もんじゅ」性能試験および解析

「もんじゅ」性能試験では、炉心・遮蔽特性試験およびプラント特性試験の計117項目が実施される予定である。JAEAとして予定しているこれらの試験に加え、日本原子力学会から広く学会員に希望試験項目を募り、その実現可能性について検討した。これらの項目が炉心・燃料関係およびプラント関係で提案されているが、例として、炉心・燃料関係を第2表に示す。例えば、第2表の中では、炉雑音試験、Am含有の炉心評価は性能試験で実施あるいは性能試験データの結果より研究が実施できるものであり、このような新しい試験・解析にも福井大学として積極的に挑戦していきたい。

第2表 原子力学会からの提案項目(炉心・燃料関係)

番号	提案試験項目	性能試験への反映
1	炉雑音試験(炉雑音法による未臨界度評価)	性能試験の中で実施する予定
2	中性子相関測定による炉出力校正	(性能試験では実施しない。今後の研究課題)
3	最小自乗逆動特性解析による実効中性子源強度の測定	性能試験の中で実施する予定
4	動的制御棒値測定	(性能試験では実施しない。今後の研究課題)
5	制御棒全引状態の実効増倍率測定	提案に近い状態を性能試験中に評価できる見込み
6	Am含有の炉心評価(新旧燃料の反応度係数)	提案趣旨を参考に試験結果を分析する予定
7	冷却材反応度の再測定	(再測定は実施しない。)
8	固定吸収体置換反応度の再測定	(再測定は実施しない。)
9	ADSの模擬実験	(施設的に実施できない。)
10	モンテカルロ法を用いた反応度係数解析	性能試験後の解析検討に反映する予定
11	出力分布の推定法の開発	燃料集合体出口温度を測定して基礎データとする予定
12	高速炉次世代炉物理解析システムの検証	性能試験後の解析検討に反映する予定
13	三次元輸送計算コードの検証	性能試験後の解析検討に反映する予定
14	流量制御のみを活かした条件での反応度外乱印加	提案趣旨を性能試験に反映する予定
15	静的反応度同定試験	提案趣旨を性能試験に反映する予定
16	フィードバック反応度成分分離試験	提案趣旨を性能試験に反映する予定
17	温度係数分離・測定研究	提案趣旨を性能試験に反映する予定
18	新燃料貯蔵ラックでの炉雑音データ測定	(炉心での炉雑音法測定結果を見て今後検討する予定)
19	Amを含む燃料炉心の温度反応度係数測定・評価	性能試験の中で実施する予定
21	モンテカルロ法を用いた核出力校正としゃへい評価	性能試験後の解析検討に反映

3. 共同研究・共同利用の推進

研究所の敦賀移転後は、実験設備・装置の充実を図り、嶺南地域の施設・装置と研究所の装置の有効利用を通して、共同研究・共同利用を推進していきたい。さらに、日本の各大学との共同研究・共同利用についても活性化していきたい。

4. 国際協力

高速炉、新型炉関係の研究を世界レベルで展開していくため、フランスCEA、INSTNや米国INL等との国際協力関係を進めていく予定であり、現在はINLからオランダ国籍の若手研究者を特別研究員として採用している。また、米国エネルギー省傘下の国立研究所からの研究者との共同研究の実施、研究者の受入れについて調整しているほか、INSTNやフランスの大学との協力についても検討しているところである。また、原子力安全研究協会を通じたアジアからの外国人研究者受入れをすでに開始しており、現在はフィリピンから2名の研究者を受け入れている。

今後はさらに、アジアからの留学生を積極的に受け入れようとしている。

IV. おわりに

福井大学では、原子力・エネルギー安全工学専攻を中心とした工学研究科と国際原子力工学研究所との連携のもと、福井県での JAEA をはじめとする原子力関連組織とのより一層の協力を図り、原子力教育・研究の活性化を進め、世界トップレベルを目指していく。

さらに、北陸・中京・関西地域の大学間との共同研究を推進するとともに、地域連携型での原子力教育・研究の拠点化を図りたい。

また、国際協力により、高速炉開発等に必要の研究を進展させ、その実用化にも寄与したいと考えており、より広範囲で中身のある協力体制を確立していく予定である。

—参考資料—

- 1) 福井大学50年史, 福井大学, (2002).
- 2) <http://www.werc.or.jp/kyotenka/keikaku/pdf/kyotenkeikaku.pdf>
- 3) http://www.jaea.go.jp/02/press/2008/p_09032701/
- 4) 原子力人材育成プログラム事業(チャレンジ原子力体感プログラム)平成20年度成果報告書, 福井大学, (2009).

著者紹介

竹田敏一(たけだ・としかず)



福井大学附属国際原子力工学研究所
(専門分野/関心分野)原子炉物理学, プルサーマル炉の研究, 高速炉の研究, 福井県における地域連携型の原子力研究・教育

泉 佳伸(いずみ・よしのぶ)



福井大学附属国際原子力工学研究所
(専門分野/関心分野)放射線生物学, 放射線化学, 放射線医療応用, 放射性物質の移行挙動

玉川洋一(たまがわ・よういち)



福井大学大学院工学研究科
(専門分野/関心分野)放射線計測, 高エネルギー物理実験, 高エネルギー粒子計測の原子力応用技術

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—
(1月8日 第7回編集幹事会)

【学会誌関係】

- ・今までの学会誌は原子力に関する記事を中心に分野別に掲載してきたが、原子力だけに特化しないで、幅広い記事を求める読者(Web アンケートなど)の声も考慮し、今後幅を拡げることとした。また、巻頭言、時論についても執筆者の幅を拡げていくことにした。
- ・会議報告には一般の活動報告と支部便りがあるが、支部便りは1/2ページとし、会報に掲載することにした。
- ・4月から1年間の学会誌表紙の絵は、第41回日展の洋画

日本画の展示作品の中から12点を選び、装いも新たなレイアウトを採用し一新することにした。

【論文誌関係】

- ・編集委員会規程の改正について検討した。
- ・投稿論文審査電子化の進捗状況が報告され、査読委員の登録について検討した。
- ・The Joint International Conference on Supercomputing in Nuclear Application + Monte Carlo 2010 国際会議のプロシーディングを英文論文誌の Supplement として出版することを承認した。

編集委員会連絡先 hensyu@aesj.or.jp

訂正

2009年11月号 p.28 解説記事のタイトルに誤りがありましたので、お詫びして訂正いたします。

誤：都市域における放射能散布テロへの対応
正：都市域における放射性物質散布テロへの対応

東北大学の原子力研究分野への取組み

東北大学 井上 明久

東北大学は1907年の建学以来、「研究第一」、「門戸解放」、「実学尊重」の理念を掲げ、世界トップレベルの研究・教育を創造してきた。原子力研究・教育においては、開学6年後に放射性同位体を用いた研究教育を行っている。現在、東北大学マスタープラン(井上プラン)の下に、大洗、仙台、六ヶ所を拠点として原子力研究教育を推進している。本稿では、東北大学における開学から現在に至るまでの原子力研究教育の歴史、本学における原子力研究教育の位置づけ、そして現在の取組みを紹介する。

I. はじめに

このたびの日本原子力学会「2009年秋の大会」(平成21年9月16～18日)が東北大学青葉山キャンパスで開催され、成功裡に閉会されたことを心からお喜び申し上げます。本学会が開催された4日後に、米ニューヨークの国連本部で気候変動首脳会合(気候変動サミット)が開幕され、鳩山由紀夫首相が日本の温室効果ガス排出量を2020年までに1990年比で25%削減する意向を表明した。この国際公約を果たすためには、原子力エネルギー利用の推進の責務をほとんどの原子力研究者が感じたことと思われる。また、原子力カルネッサンスといわれている現在、大学を含む各方面で原子力研究教育に関する様々な取組みが行われている。本学も長年にわたり原子力研究に取り組んできた。今回、本誌に秋の大会の初日に行った特別講演「東北大学の原子力研究分野への取組み」を紹介する機会を頂いた。

II. 東北大学マスタープラン

(井上プラン)における原子力研究

東北大学は1907年の建学以来、「研究第一」、「門戸解放」、「実学尊重」の理念を掲げ、世界トップレベルの研究・教育を創造してきた。また、研究の成果を社会が直面する諸問題の解決に役立て、指導的人材を育成することによって、平和で公正な人類社会の実現にも貢献してきた。いま、人類社会は地球規模で克服すべき様々な、複雑かつ困難な課題に直面している。東北大学は、これまでの歴史の中で継承してきた知の蓄積と、絶えざる研究・教育の創造を通して、人類社会の発展への貢献とい

Approach of Tohoku University to the Atomic Energy Research Field : Akihisa INOUE.

(2009年 12月11日 受理)

*本内容は、平成21年日本原子力学会「2009年秋の大会」の特別講演(平成21年9月16日)で紹介されたものである。

う揺るぎない姿勢を持ち、克服すべき課題に積極的に取り組んでいる。

筆者は、この人類社会の発展への貢献という揺るぎない姿勢をもって、本学の「世界リーディング・ユニバーシティ」への道程として、筆者の任期中に取り組もうとしている重点的な課題について、教育、研究、社会貢献、キャンパス環境、組織・経営という5つの柱ごとに、そのアクションプラン、いわゆる「井上プラン」として取りまとめた。いくつかの重大な課題の中の一つであるエネルギー問題も、「社会的課題に応える戦略的研究」の一つとして、このプランの中で考えている(第1図)。

過去においては、原子力エネルギーに関しては、東北大学は総長を議長とした原子理工学委員会の下、原子力研究および原子力教育の推進を図ってきたが、国立大学法人化により新しい体制となった現在、井上プランの下でその推進を図っている。

筆者は、生命科学、環境科学など、重点的に取り組むべき課題および新たな魅力ある課題の推進に対しては、「異分野融合」の重要性をこれまで提唱してきた。原子力



第1図 東北大学 井上プラン

技術はエネルギーの生産技術だけにとどまらず、医学から工学まで幅広く応用できる技術であり、この意味で、原子力研究は、エネルギー科学だけでなく「異分野融合型研究」としても井上プランの中で位置づけることができると考えている。

Ⅲ. 東北大学の原子力分野への取組みの歴史

さて、東北大学の原子力分野への取組みは、1913年に遡る。1913年に、マリ・キュリーが作製した塩化ラジウム9.8mgの第8号ラジウム副原器が東北大学に導入され、これを用いた放射線の研究教育が開学6年後にすでに開始された(第2図)。

そして、1940年には、ヴァンデグラフ加速器が建設され、原子力研究の一分野である加速器による研究教育が開始された。その後、電子シンクロトロン、ベータトロン、ヴァンデグラフ加速器と加速器の大型化がなされ、1967年には当時、世界最高水準の300 MeV電子線線形加速器が建設された。これらの加速器は、主に原子核物理学および工学の研究に供された。さらに、1977年に医学応用を含めたわが国で最初の多目的利用のAVFサイクロトロンが本学に建設された。

一方、原子力分野のエネルギー技術に関する研究に関しては、まず、1957年から1962年にかけて、金属材料研究所に原子炉材料研究部関係の4部門を設置し、1969年には大洗に全国共同利用のための金属材料研究所・材料試験炉利用施設を設置し、現在も共同利用を展開している。このように、東北大学の伝統である材料研究の一つである原子炉材料の研究が開始されると同時に、東北大学選鉱製錬研究所においても、1957年から核燃料に関する研究が開始された(第3図)。

原子力教育に関しては、1958年に工学研究科に原子核



第3図 東北大学金属材料研究所附属量子エネルギー材料科学国際研究センター

工学専攻がまず設置され、次に1962年に工学部に原子核工学科が設置されて、原子力人材育成の体制が整った。1978年からは、東北大学サイクロトロン・ラジオアイソトープセンターにおいて原子力分野では欠かすことのできない放射線の人体への影響を研究する保健物理の研究教育も開始された。

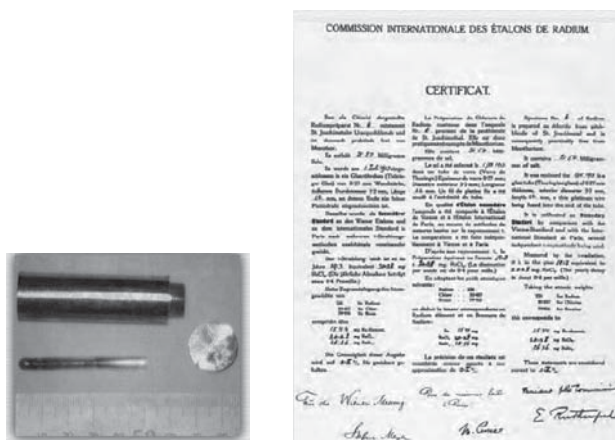
一方、東北大学には原子炉実験施設がないので、京都大学原子炉実験所の臨界集合体実験装置での研修や、東京大学の原子炉「弥生」での研修に参加することで、学生の原子炉実習を行っている。また、大洗を中心とした日本原子力研究開発機構との連携により、原子炉を用いた実地教育および研究を実施している。

このように東北大学は原子力分野の研究教育を精力的に推進し、これまで延べ1,500名以上の原子力分野専門の学生を輩出し、現在も工学研究科量子エネルギー工学専攻において、学部・大学院一貫した原子力人材育成を行っている(第4図)。

Ⅳ. 新たな取組み

1. 青森県六ヶ所村での出前授業

2008年からは六ヶ所村において、日本原燃(株)の社員を主とした社会人原子力教育(出前講義)を実施するとともに、2006年から毎年、六ヶ所村の支援の下、東北大学の大学院生と青森県在住の原子力分野の社会人との交流の



第2図 1913年に、マリ・キュリーが作成した塩化ラジウム9.8mgの第8号ラジウム副原器と証明書
マリ・キュリー、アーネスト・ラザフォードの署名が見られる。これを用いた放射線の研究教育が開学6年後にすでに開始された。

東北大学大学院工学研究科原子核工学専攻 (量子エネルギー工学専攻) 1958年～



第4図 東北大学大学院工学研究科量子エネルギー工学専攻・仙台アトムサイエンスパーク

青森県六ヶ所村での原子力人材育成



第5図 青森県六ヶ所村での出前授業

場としての量子フォーラムを開催している(第5図)。

また、東北大学は文部科学省・経済産業省が推進する原子力人材育成プログラムにも積極的に取り組み、3つのプログラムを実施している。1つ目は原子力研究基盤整備プログラムで、先進バックエンド研究教育を展開している。これは、工学研究科のRI施設を用いて、原子燃料サイクル関連の学生実験を行い、六ヶ所サイトのニーズにこたえる戦略的な研究教育活動の推進を目的としたものである。2つ目は、原子力コア人材育成プログラムで、教員に対する保全工学の実践と持続的な学生教育システムの構築を行うものである。この2つの文科省のプログラムに加えて、経済産業省によるチャレンジ原子力体験プログラムも実施している。これは、学生に原子力産業分野の実態の理解、原子炉基礎知識の習得、材料照射実験を体験させるとともに、実プラントに対する体験実習を行うものである。

2. 新原子力利用研究分野の開拓

さて、フェルミが原子炉を初めて開発し、核分裂の連鎖反応の制御に史上初めて成功して以来、原子炉技術は日進月歩の進歩をたどり、今日では安心・安定な技術となっている。また、原子燃料サイクルが考え出され、高速増殖炉を用いることで天然ウランのほとんどであるU-238も燃料として使えるようになってきた。

一方、今日、地球温暖化対策が世界共通の喫緊の課題となっており、その解決が急務となっている。このためには、炭酸ガスを出さない原子力エネルギーの利用は必須と考える。地球温暖化の原因は、先進国によるものだけでなく、発展途上国の工業化によりますます深刻化している。発展途上国の大国である中国やインドは炭酸ガスを出さないエネルギーである原子力をエネルギー源として採用し、今後、両国合わせて100基以上の原子炉の建設を計画している。さらに、米国も原子炉の建設を再開している状況である。また日本においては、全国の原子炉のリニューアルが始まろうとしている。

このように原子力エネルギーが現在、見直されており、今まさに、原子力カルネッサンスの時代となっている。今後、日本も含めた原子炉建設のラッシュが予想される

ことに対して、原子力人材育成と原子炉から排出される高レベル放射性廃棄物の問題の解決が重要課題となっていることはいうまでもない。現在、高レベル放射性廃棄物をガラス固化体にして適当な場所に永久埋蔵処分することが考えられている。しかしながら、現在、この最終処分地として受け入れようとする候補地は今のところ見つかっていない。これから、ますます高レベル放射性廃棄物が排出される状況を考えると、最終処分地の候補地の選定を急ぐとともに、廃棄物を少しでも低減する技術の開発が必要不可欠かつ緊急の課題と考える。

このような原子力エネルギー事情を鑑みて、筆者は、青森県および八戸工業大学と本学との連携により、六ヶ所村に研究教育センターを設立して、高レベル放射性廃棄物を核種ごとに分離し、またそれを利用することによって高レベル放射性廃棄物を低減する「新原子力利用研究分野の開拓」事業を展開することとした。

「新原子力利用」の研究は、「高レベル放射性廃棄物の有効利用」の観点から生まれたと聞いている。これは、「高レベル放射性廃棄物の高度分離」と「放射性同位元素の高度利用」とが共用されて初めて実現されるもので、東北大学における放射性同位元素の高度分離技術および放射線の高度利用に関する長年の研究によるものである。

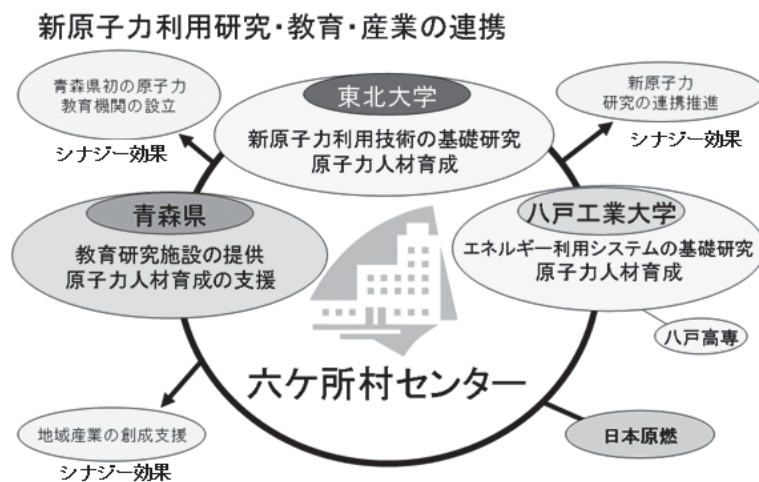
これにより、高レベル放射性廃棄物が低減され、原子燃料サイクルによる安心・安定なエネルギー供給に貢献することが期待できる。さらに、放射性同位元素の工業から医療の分野への高度利用により、高度な機器の開発、人の健康保全にも貢献することが期待できる。本事業は、文部科学省特別教育研究経費、連携融合事業として認められた。期間は平成21年度から平成25年度となっている。

本事業において、東北大学は、原子力エネルギー技術の中でも、原子燃料サイクルにおいて排出される高レベル放射性廃棄物に含まれるすべての放射性同位元素を高度なクロマト技術^{a)}のもとに分離する技術と分離して得られた放射性同位元素を工業から医療までの幅広い分野に応用する放射性同位元素トータル利用システムの技術を開発する予定である。

本事業の初年度においては、六ヶ所村より既設建物の提供を受け、六ヶ所村に東北大学サイクロトロン・ラジオアイソトープセンターの六ヶ所村分室を設け、核燃料科学研究部と放射線高度利用研究部の2研究分野を開設し、新原子力利用技術の研究教育を開始する。

教育においては、六ヶ所村で新原子力利用技術に関する教育および原子力基礎教育を推進する。仙台在住の東北大学の大学院生を対象とするだけでなく、六ヶ所村

^{a)}クロマト技術：物質を分離して精製する技術。物質の大きさ、吸着力、電荷、質量などの違いを利用して、物質を成分ごとに分離する技術。



第6図 六ヶ所村における東北大学の取組み：新原子力利用研究分野の開拓

近隣の原子力関連企業に就業する社会人等を東北大学の社会人大学院生として受け入れ、教育指導を行う。さらに、東北大学のみならず、六ヶ所村に隣接する八戸工業大学、八戸高専とも連携した教育を実施する。

本事業により、東北大学が青森県、八戸工業大学と連携することによって、原子燃料サイクルの拠点である青森県六ヶ所村に初めて、原子力人材育成のための教育拠点が設置され、地元の学生、さらには全国・海外からの学生を教育して、地元の原子力サイトおよび全国・海外の原子力サイトに人材を輩出することが可能となった。また、放射性同位元素を工学から医学までの幅広い分野に応用する高度利用技術を地元企業へ教授し、地域産業の振興に貢献する。

V. おわりに

以上の取組みに加えて、青葉山キャンパスの工学研究科量子エネルギー工学専攻の原子力実験施設群によって「仙台アトムサイエンスパーク」を構成することにより、原子力応用技術の産学連携への対応の準備が整った。さらに、核融合研究に関しては、2009年3月9日に自然科学研究機構核融合科学研究所と連携協定を結び、特に、核融合炉材料についての研究教育を共同で強力に推進する運びとなった。

このように、東北大学は、「新原子力利用研究分野の開拓」、「原子炉材料」、「核融合」などの原子力研究を今後も強力に推進することによって、原子力人材育成に貢献していく所存である。

最後に、東北大学の原子炉を用いた教育実習にご協力下さっている、京都大学、東京大学、日本原子力研究開発機構に、この場をお借りしまして感謝の意を表します。また、「新原子力利用研究分野の開拓」事業の開始式が本年5月25日、青森市において行われた。この場をお借りして、改めて本事業の実現にご尽力頂いた文部科学省・青森県・六ヶ所村・八戸工業大学の関係者の皆様に厚く御礼を申し上げます。

著者紹介

井上明久(いのうえ・あきひさ)



東北大学大学院工学研究科博士課程を修了後、東北大学金属材料研究所に奉職、1990年に同研究所教授、2000年に同研究所所長に就任し、2006年11月より東北大学総長に就任。金属ガラスの世界的権威。金属ガラスを作る井上製法の原子力技術への応用が注目されている。

フランスの原子力事情

(社)海外電力調査会 東海 邦博

フランスは米国に次ぐ原子力発電大国で、国内電力消費の約80%を原子力発電によってまかなっている。近年、EU大での再生可能エネルギー開発促進の動きを受けて、発電では風力、太陽光などの開発にも積極的に取り組んでいるが、将来的にも、原子力発電を電源の中心に据える方針は変わらない。フランスは原子力を、エネルギー・セキュリティの確保はもちろん、気候変動問題対策の重要な柱と位置付け、2020年以降の建て替えに向けて新型炉の建設に着手している。また、海外での原子力開発にもメーカーのみならず、電力会社も建設に乗り出している。以下、これまでの経緯も振り返りながら、フランスの原子力開発の近況を報告する。

I. エネルギー・原子力政策

1. 石油危機で原子力発電開発にまい進

フランスは従来、化石燃料資源に乏しく、輸入に大きく依存してきたが、1973年の石油危機を契機に大規模な原子力発電開発にまい進し、2009年現在、原子力発電は59基6,600万kWの設備容量を有し、1次エネルギーの40%、発電の80%を賄う最重要エネルギーの地位を確立している。また、この原子力開発によって、エネルギー自給率は1970年代初めの20%台から50%にまで改善された。さらに、原子力は地球温暖化防止にも大きく貢献しており、フランスの電源は原子力と水力などの再生可能エネルギーを合わせて90%以上がゼロ・エミッション電源である。

2. 現在のエネルギー政策：再生可能エネルギー開発、省エネルギーにも注力

このフランスは、将来も原子力を電源の中心に据えることを明らかにしている。2005年に制定された「エネルギー指針法」(日本のエネルギー政策基本法に相当)では、気候変動対策、エネルギー・セキュリティ確保のため、原子力開発を維持することを決めている。

ただし、このエネルギー指針法では、原子力とともに、今後、省エネルギー、再生可能エネルギー開発を推進することも決められた。

実際、原子力重視のフランスにおいても、電源開発では欧州(EU)全体のエネルギー政策に合わせて、一定の再生可能エネルギー発電の開発を行わざるをえない状況下にある。EUでは、2009年4月に「エネルギー・気候変動パッケージ」と呼ばれる一連の法規を制定し、温室効果ガスについて2020年までに90年比で20%削減(2005年比では14%)、また、省エネルギーについて、2020年

に最終エネルギー消費想定量から20%削減とするとともに、再生可能エネルギーについては、2020年に最終エネルギー消費に占める比率を20%に引き上げる(2006年現在8.5%。発電では2006年現在15%を2020年に34%)ことを達成目標として設定した(注：EUのエネルギー政策については本誌1月号参照)。

また、フランスにおいても、1997~2002年の左翼連立内閣時代には、原子力反対の緑の党が入閣し、一時、原子力開発が停滞した。

このような事情から、フランスでも前述の指針法を制定し、原子力の重要性を再確認するとともに、省エネルギー、再生可能エネルギー開発の推進もエネルギー政策で謳うこととなった。

2007年の「環境グルネル会議」(「グルネル」というのは、1970年代初めに政官・労使が労働法の改革のために一堂に会した建物の通りの名前で、今回は環境問題の解決に一致団結して当たるといふ意気込みを示すためにこの名前が冠せられた)では、特に再生可能エネルギー開発と省エネルギーに注力した具体策を法制化することを決めた。

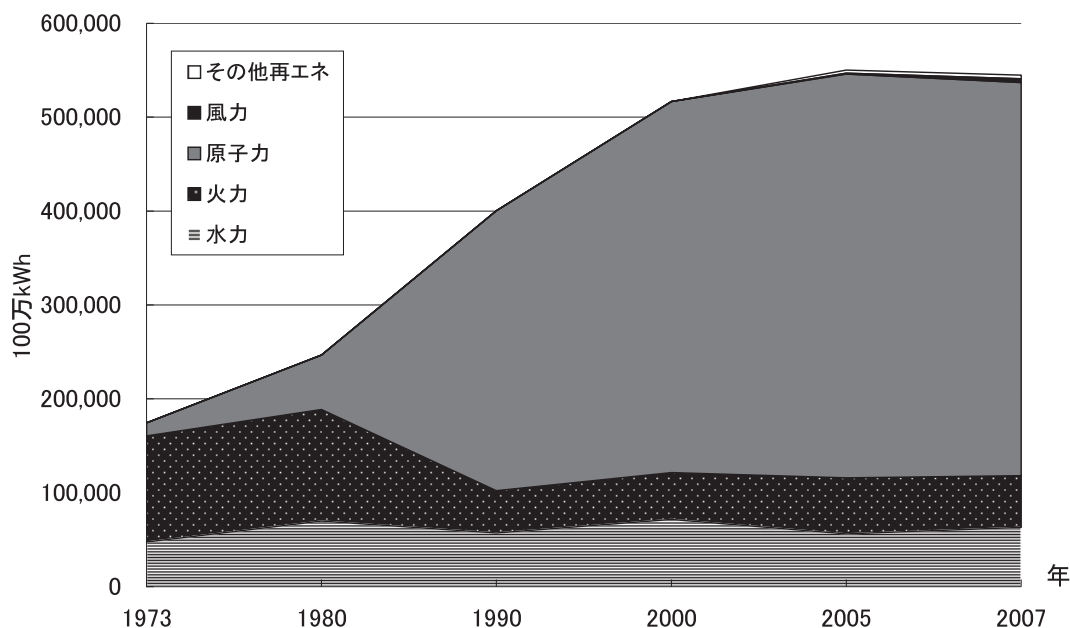
2009年8月には、グルネル会議を受けて「環境グルネル基本法(第一法)」が制定され、前述のEUでの目標値に準じて、温室効果ガス削減目標として、2050年までに90年比75%、2020年までに20%削減することが決められる一方、再生可能エネルギー開発については、2020年に最終エネルギー消費に占める比率が23%と設定され、それまでに風力発電を2,500万kW(2008年現在340万kW)、太陽光発電は540万kW(同9万kW)を開発することが決められた。

II. 原子力発電

1. 原子力発電の現況

(1) 原子力発電の余剰分を輸出

このように、近年、電源として、再生可能エネルギー



第1図 フランスの電源別発電電力量の推移

出典：フランス送電会社 RTE(フランス電力 EDF の子会社) 年報などから作成

発電開発も積極化しているフランスではあるが、電源の中心が原子力であることは変わらない。

2009年初め時点では、フランスには59基6,600万kWの原子力発電設備が運転されており、総発電設備の55%を占める。また、発電電力量では、総発電電力量5,490億kWh(日本の約半分)のうち76%を占める(その他：水力12%、火力10%、風力1%、風力・水力以外の再生可能エネルギー1%)(第1図)。

一方、国内需要は4,950億kWh(2008年)であり、余剰電力は輸出に充てている。2008年は輸出810億kWh、輸入350億kWhで、差し引き460億kWhの輸出超過となった。この輸出超過分は、従来、原子力発電の順調な運転により600~700億kWh台で推移してきたが、ここ2年は、EU大での電力自由化などの影響による輸入増に加えて、原子力発電所でのトラブルや職員のストの影響で減少している。

(2) シリーズ生産で経済性確保

現在運転中のすべての原子力発電プラントは、1基(高速炉)を除いて、加圧水型軽水炉(PWR)である。1950~60年代の原子力開発当初は国産のガス炉を開発していたが、1960年代末に軽水炉の導入を決め、70年代初めには米国ウエスチング社からのライセンス供与を受けたPWRへの一本化が図られた。1970~80年代にはフランス化され、標準化された原子炉が続々とシリーズで建設された。90万kW級34基は4炉型、130万kW級20基は2炉型に標準化した。この標準化とシリーズ生産により、フランスの原子力発電プラントの建設費は他国に比べて低く抑えられたといわれている。実際、フランスの電気料金はEU諸国の中でも低い部類に入る(第2図)。

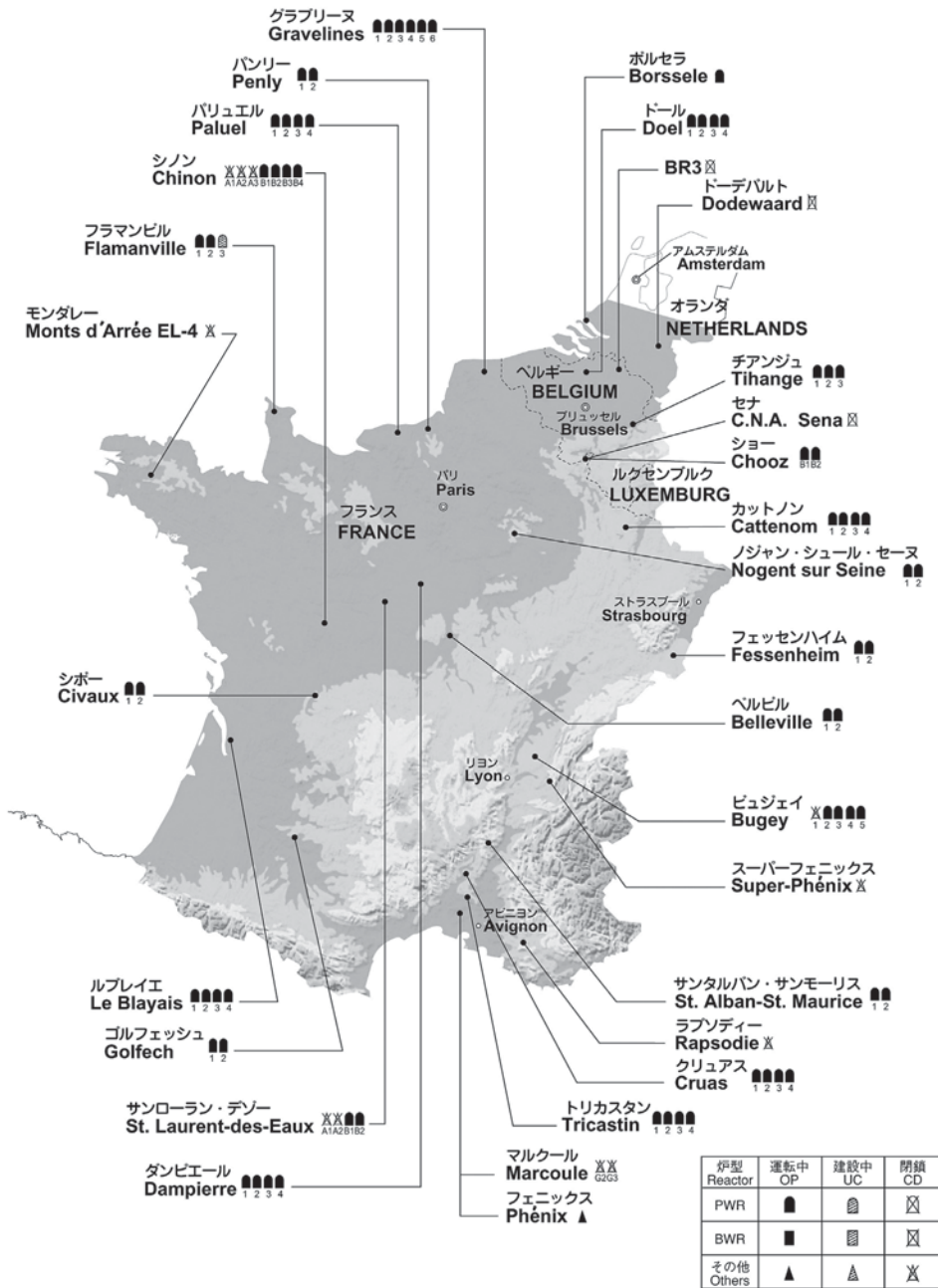
(3) 運転上の特徴：出力調整運転、プルサーマル、運転サイクルの長期化

運転上の特徴としては、まず出力調整運転が挙げられる。出力調整運転とは電力消費の大きさに合わせて、供給側の発電設備の出力を調整するもので、フランスは原子力比率が高いため、ベース負荷に加えて中間負荷も原子力がカバーすることから出力調整運転を行っている。当初、90万kW級で行われたが、現在はすべてのプラントで運転可能となっている。比較的穏やかな出力調整は1次系冷却水中のボロン濃度の調整、また急速な出力調整はグレイロッドと呼ばれる特殊な中性子吸収の低い制御棒によって行われる。

この出力調整運転の影響から稼働率(設備利用率)は他の国に比べて低くなっている。それでも従来は80%台を維持してきたが、2008年は蒸気発生器やタービン発電機のトラブルで79.2%、2009年もストによる燃料取替え作業の遅れなどにより78%に留まる模様である。

また、フランスには、いわゆる日本の法定年間定期検査はなく、法定検査は10年に一度あるだけである。したがって、フランスでは燃料取替えのために運転停止を行い、必要なメンテナンスを行うが、この燃料取替えのサイクルは現在、一部の90万kWプラントおよびすべての130万kWプラントで18か月サイクルとなっている。

さらに、プルサーマルも実施されている。軽水炉でのMOX燃料の使用は1980年代後半から開始され、現在、20基の90万kWプラントに装荷されている。さらに2基への装荷が決定しており、最終的には24基まで装荷する計画である。



第2図 フランスの原子力発電所

出典：日本原子力産業協会「世界の原子力発電開発の動向2009」より転載

2. 原子力開発成功の背景

(1) 政治的なコンセンサス

さて、このように順調な開発を見せてきたフランスの原子力開発であるが、その成功の理由としてはいくつか挙げられよう。

一つは政治的な意思が持続されてきたことである。原子力発電の大規模開発の真っ只中であった1981年に社会党が政権に就いたが、原子力開発政策に変更はなかった。その後、1997～2002年の左翼内閣時に原子力開発は一時停滞を見せたが、その後は原子力推進の保守政権となり現在に至っている。フランスでは、緑の党、社会党の一部を除いて、保守政党、共産党は原子力推進であり、社会党も基本的には原子力容認である。

フランスには労働組合として共産党系 CGT、社会党系 CFDT、キリスト教系 FO などがあるが、これらも、CFDT 内の一部を除いて原子力推進・容認である。世論調査でも、チェルノブイリ事故直後の一時期を除いて原子力開発賛成が過半数を占めてきた。そのため、環境保護派などによる原子力反対運動もドイツなどに比べてそれほど活発ではなかった。

この政治的コンセンサスの背景にはフランスの置かれたエネルギー事情がある。70年代に石油危機を迎えた時、化石燃料資源の乏しいフランスにとって、北海からの天然ガスや石油および石炭を抱えた英国や、石炭を大量に抱えたドイツに対抗し、欧州の大国として「エネルギー自立」を図るには、原子力という選択肢しかなかっ

たということがある。当時、テレビで「われわれには石油はないが知恵がある」という政府広報CMが頻繁に流された。

実際、フランスには原子力についての知識・技術の蓄積があった。フランスは第二次大戦前から原子力の研究開発を行ってきたが、戦後は原子力庁(CEA)を設立し、ド・ゴール大統領による「フランスの栄光」路線に基づき米国、ソ連に対抗して核開発に着手した。続いて、民事利用も早くから行ってきた。50年代からガス炉を中心に軽水炉、重水炉、高速炉の研究開発を行うとともに原子燃料サイクルの開発も進めてきた。これらの技術が石油危機後の大規模な商業開発のベースになったといえよう。

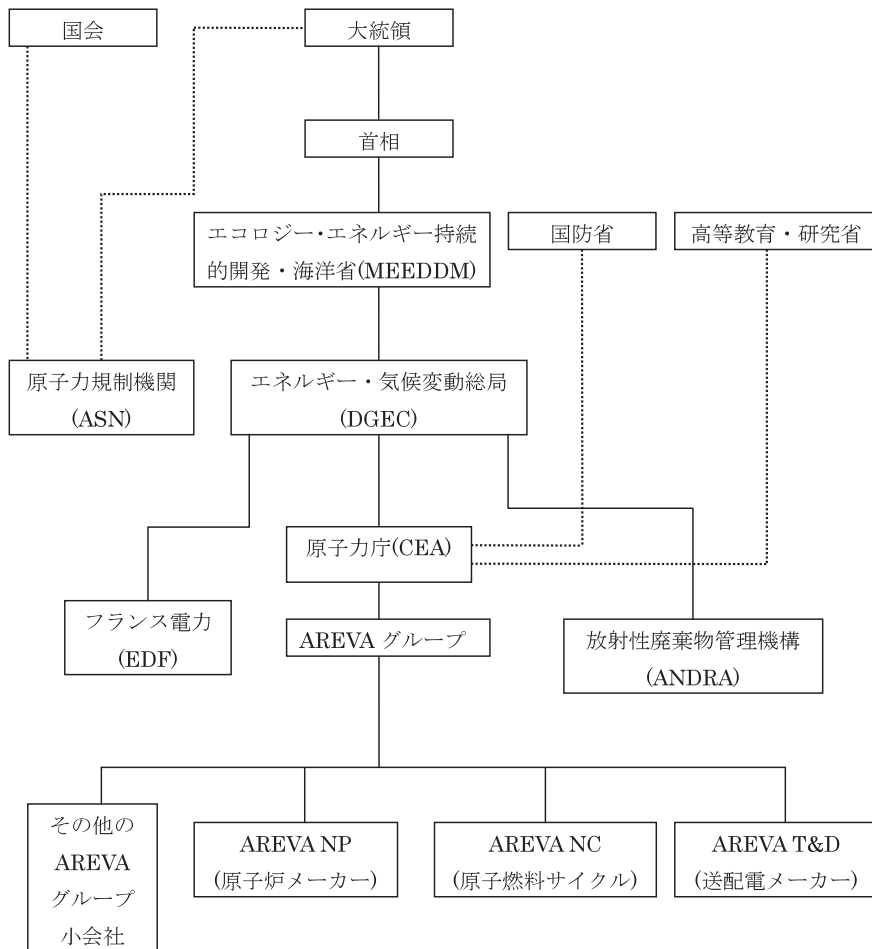
(2) 国による開発体制の一元化

第2には、国による原子力開発体制の一元化である。フランスの政治・行政制度は、ルイ王朝以来の強力な中央集権体制を残している。強大な大統領権限、国会の小選挙区制などにより政権は安定的である一方、行政は中央政府が強力な権限を持ってきた(現在は地方分権化も進められている)。また、経済も「混合経済体制」といわれる計画経済的手法を導入し、中央政府が多年度の「経済社会計画」を策定し、経済活動を誘導してきた(エネ

ギー産業など国家関与の高い産業分野については、エネルギー計画を策定)。また、法体系も公益重視のラテン法体系で、個人の利益保護を重視するアングロ・サクソン法と異なり、国益や公益を優先させる傾向が強い。さらに、教育制度もグランド・ゼコールを頂点とするエリート養成を重視した制度で、これらの学校の卒業者は官界にとどまらず、政界、実業界にも進出している。

このような体制の下、原子力開発は、中央政府および国の機関、国有企業を中心として一元的に進められてきた。すなわち、中央政府(産業省など)が開発行政と許認可、原子力庁(CEA)が研究開発、フラマトム社が原子炉、フランス電力公社(EDF)が設計エンジニアリングと発電所運転、コジェマ社が燃料サイクルという分担に従って開発が進められた(現在、フラマトム社は AREVA ANP 社、またコジェマ社は AREVA NC 社として AREVA グループの子会社となっている)(第3図)。

また、地理的にサイト適地が豊富であったことも挙げられよう。フランスは農業国でもあり広大な国土を持っているが、過度な産業化、都市化が進んでおらず、発電所のみならず、燃料サイクル関係施設についても適地が存在した。



第3図 フランスの原子力開発体制

出典：各種フランス関係機関資料より作成、注) AREVA T&D は売却の予定。

Ⅲ. 新規原子炉建設

前述のように、フランスは今後も原子力発電開発を継続してゆくことを法律で決めており、すでに具体的な動きが出ている。

電力会社のフランス電力(EDF)は、2007年にノルマンディ地方のフラマンビルに3号機となるEPR(欧州加圧水型炉)1基160万kWの建設を開始した。EPRは仏独の協力によって開発した第3世代炉と呼ばれる改良炉で、メーカーのAREVAが世界的な売込みを図っている。すでにフィンランドに1基建設中で、フラマンビルはそれに続くEPRの建設であり、2012年の運転開始を目指している。

さらに、このフラマンビルに続いて、2009年4月、政府はパンリーにEPR1基を建設することを決定した。建設主体はEDFであるが、EDFが50%強、GDFスエズが33.3%を出資し(GDFスエズの出資分には石油会社トタールの出資分も含まれる模様)、残りはドイツE.ON、イタリアENELなど、他の事業者が出資する模様である。ちなみに、フラマンビル3号機にはENELが12.5%出資しており、EDFとの約束でパンリーにも同率の出資を行う権利を保持している。

1. 海外での原子力展開を活発化

この国内でのEPR建設は、もともと海外への原子炉売込みの「ショーウインドー」とすることが狙いの一つであった。

実際、最近のフランスの海外への原子力の売込みはさまざま勢いで進められている。現在、世界では東芝・WH、GE・日立、AREVA・三菱重工、ロシア・アトムエネルゴプロムと、主に4つのグループが原子炉の売込みでしのぎを削っているが、官民挙げて最も強固な体制を構築し、アグレッシブな活動を展開しているのがフランスである。

政府サイドでは、サルコジ大統領が「地中海連合」構想を打ち出し、中近東・アフリカのイスラム諸国(アルジェリア、リビア、モロッコ、エジプト、カタール、UAE、チュニジア、ヨルダン)に加えてインド、スロバキアなどを歴訪し、原子力協定や覚書を締結したり、締結の方向で合意するなどトップセールスを展開している。

これを受けて原子炉メーカーで燃料サイクル事業も抱えるAREVAは、EPRでは前述のフィンランドを皮切りに、欧州、米国、中国、南アフリカへの売込みのほか、インド、中近東にも政府の強力なバックアップを得て攻勢をかけている。AREVAの強みは、原子炉だけでなく、燃料の調達、成型加工、濃縮、再処理までのサービスを提供できることである。

一方、電力会社のEDFも、世界的な原子力発電企業を目指して海外での原子力発電投資を拡大している。

2009年8月には英国BE社の買収が完了、EDFは英国内に4基のEPR(2サイト各2基)を建設する計画である。また、米国では、電力会社であるコンステレーション社の原子力部門の49.99%を買収し、2基のEPRの建設を進める計画(将来的にはさらに2基)である。また、中国では、広東核電(CGNPC)と共同会社(EDFは30%出資)を設立し、EPR2基(台山発電所1・2号機)を建設する計画である。

Ⅳ. 原子燃料サイクルと放射性廃棄物を巡る動き

1. 原子燃料サイクル

フランスは日本同様、再処理リサイクル路線を採用している。燃料サイクルの研究開発は原子力庁(CEA)が、また、商業ベースでの活動は国有企業AREVAグループ(CEAが79%出資、その他もほとんどは国の関連機関・会社等が出資)の子会社AREVA NC社(旧コジェマ)グループが中心となって展開されており、同社は、採掘、濃縮、成型加工、再処理まで一貫した燃料サイクル事業体制を構築している。

採掘・開発事業は、国内のウラン資源の減少により、カナダ、ニジェール、カザフスタンなど海外での採掘が進められている。2008年は約6,300トンの天然ウランを生産した。

また、濃縮では、1982年からユーロディフ社(AREVA NCが59.7%所有、残りは外国資本)のジョルジュ・バス工場(ガス拡散法:10,800tSWU/年)が運転されているが、2013年には閉鎖される予定である。この後継工場として、現在、第二工場(遠心分離法)が建設中である。2009年中に運転開始し、順次、製造能力を高め、2022年には11,000tSWUまで拡張する計画である。同工場の電力消費は第一工場の1/50程度になる。

燃料の成型加工は、PWR用燃料がFBFC社(AREVAグループ)のロマン工場(容量700t/年)、ピエールラット工場(容量500t/年)、デセル工場(容量400t/年)で、MOX燃料は南仏マルクールにあるAREVA NCのメロックス工場(現在195tHM)で製造されている。2008年は126t製造し、累積で1,430tに達した。

再処理は現在、AREVA NC社がノルマンディ地方のラ・アーグに再処理工場を運転している。同工場にはUP-2施設(800t/年)とUP-3施設(800t/年)がある。UP-3では海外からの再処理委託(ドイツ、日本などから)を行ってきたが、現在はほぼ終了している。2008年には両施設合わせて937tを再処理した。累積では2.5万tに達する。

2. 放射性廃棄物処理・処分

放射性廃棄物の処理・処分については、放射性廃棄物管理機構(ANDRA)が中心となって実施している。

低・中レベル廃棄物は浅地中処分している。ラ・マー

ンシュ貯蔵センター(ラ・アグ再処理工場に隣接)はすでに閉鎖され長期貯蔵に移行しており、現在はローブ貯蔵センター(容量100万 m³)が1992年からオーブ県スレーヌで運転されている。また、極低レベル廃棄物貯蔵センター(容量65万 m³)も2003年からオーブ県モルヴィリエで運転中である。

一方、中・高レベル長寿命(長半減期)廃棄物については現在、処分方法の選定、処分施設の立地作業が鋭意進められている。同廃棄物は、当初は深地層処分の方針だけ検討されていたが、1991年「長寿命放射性廃棄物法」(通称バタイユ法)で、深地層処分のほかに核種分離・変換、長期貯蔵も含めて3つの方法を検討することが規定された。さらに、2006年「放射性廃棄物管理法」では、深地層処分を標準的な方法としながら、3つの方法の調査・研究を今後も継続し、3つの方法を相互補完的に活用しながら効率的な最終処分方法を確立することが規定された。

このうち、深地層処分については現在、ピュール(フランス北東部ミューズ県、粘土層)に地下研究所が建設され研究が行われている。この結果を踏まえ、政府は2015年には処分施設自体の設置許可申請を行い、2025年には運転開始に持ち込みたい意向である。

V. 原子力安全と情報公開・広報活動

1. 安全規制

フランスの原子力安全規制は、「原子力安全規制当局」(ASN)によって行われている。従来、原子力安全規制は産業省の一組織が担当していたが、2002年に原子力安全と放射線防護に関する規制を統括し、「原子力安全・放射線防護総局」(DGSNR)が設置された。さらに2006年には、「原子力安全・透明化法」に基づき DGSNR は、大統領直轄の独立規制機関 ASN になった。ASN は前述の DGSNR および関連地方機関が行っている検査業務などすべての業務を引き継ぐが、米国の NRC とは異なり、依然として原子力施設設置関連の許認可、規則の制定などの権限は管轄官庁が保持する。

2. 情報公開・広報活動

フランスでは、従来から政府機関、電力会社、原子力関連機関により、原子力関連の情報公開や広報活動が活発に行われている。

規制当局は、1987年から原子力施設の運転状況等の情報を、電話回線を利用した文字・画像情報として引き出せるサービスを提供してきた(最近ではインターネット)。また、他国に先駆けて、1989年から原子力発電所の事故・故障の程度を一般にも理解しやすいように、地震の震度に似た等級区分にして発表している。当初、フランス独自のものを使用していたが、1994年から IAEA の国際

評価尺度に変更した。

電力会社も PR 館訪問、展示、出版、インターネットなどで広報活動を展開している。特に小・中学校の教師・生徒、および医師など医療関係者向けの活動を活発に展開している。時期を見ては、テレビ、新聞などでの広告キャンペーンも実施している。

地元への情報公開では、「地方情報委員会」(CLI)と呼ばれる組織を設置している点が特徴的である。CLI は1980年代から原子力施設立地地域に設置されてきたが、2006年「原子力安全・透明化法」で明確にその役割等が規定された。同法により、1つ以上の原子力関連施設が立地するサイトでの CLI 設置が義務付けられた。CLI は非営利法人で、構成メンバーは市町村議会議員、県議会議員、地域議会議員、環境保護団体、経済界、労働組合、医療機関、有識者等の代表者で構成される。委員長は県議会議長(日本の県知事に相当)で、メンバーは同議長が任命する。安全規制当局、その他政府関係機関、原子力施設運転者の代表も会議にオブザーバーとして参加できる。CLI の使命は、当該施設の原子力安全および放射線防護に関する一般的な情報入手と情報評価であり、その施設から排出される廃棄物・放出物の環境影響について、別途、専門家に測定あるいは解析を依頼できる。また、協議・情報入手の場として、原子力施設運転者及び国の規制機関から、その使命達成に必要な資料・情報入手できる。

3. 地元への経済的メリット

原子力施設の立地・周辺自治体には、税収として事業税が落ちる。フランスには日本の電源三法に相当するものはないが、固定資産税に加えて、事業税と呼ばれる間接税(地方税)があり、発電所立地市町村、隣接市町村、県内の他の市町村にその税収が入る。また、国の「大規模公共事業設備計画」に基づき、立地市町村の公共施設拡充に対して資金援助がある。

また、施設の所有者である EDF や AREVA などの企業は、地元雇用・調達を優先して行っている。また、発電所などの温排水を利用した温室栽培、養殖などが行われている。

以上、述べてきたように、フランスは、今後も原子力開発を重視する方針である。EPR の建設では、フィンランドや国内で建設の遅延が発生する一方、折からの金融危機、経済不況で、世界各国での原子力開発にも影響が懸念されるところではあるが、中・長期的に見て、原子力が気候変動問題やエネルギー・セキュリティ問題への対応で鍵になるエネルギーであることは変わらない。国内のみならず、世界的な原子力開発に関与するフランスの今後の動向が注目されるところである。

連載
講座21世紀の原子力発電所廃止措置の
技術動向

第6回 廃止措置技術—処理処分の技術動向

富士電機システムズ(株) 水越 清治

I. はじめに

原子力発電所の廃止措置では、大量の固体廃棄物が発生する。これらの固体廃棄物は、低レベル放射性廃棄物(以下、LLWと称す)と放射性物質として扱う必要のない廃棄物(クリアランス対象)および放射性廃棄物でない廃棄物に分類される。さらに、LLWは、廃棄物の放射能濃度に応じて放射能濃度が比較的高いもの(L1廃棄物)、放射能濃度が比較的低いもの(L2廃棄物)、放射能濃度が極めて低いもの(L3廃棄物)に分類される。原子力発電所の廃止措置で発生する固体廃棄物は、110万kW級軽水炉1基当たり、約50万~55万tと推定され、そのうち、LLWは約0.6~1.2万tと推定されている。また、16.6万kWGCR(ガス冷却炉)の場合も、廃止措置で発生する固体廃棄物約19万tのうち、LLWは約2.3万tと推定されている。

これらのLLWについては、放射能濃度の区分や廃棄物の種類、形状等の特性を考慮して、合理的かつ安全に処理処分する必要がある。主に、原子力発電所の廃止措置で発生するLLWの処理処分に際して重要となる減容処理や固型化処理等の技術動向について述べる。なお、クリアランス対象に係る技術動向については、本連載講座の第4回目(放射線計測)および第5回目(除染)を参照されたい。

II. LLWの区分と処理・処分の方法

1. LLWの種類と区分

原子力発電所の廃止措置で発生するLLWは、原子炉

Trend on Decommissioning Technology of Nuclear Power Plants in 21st Century(6): Decommissioning Technologies—Status and Development of Waste treatment and disposal Technologies for LLW: Seiji MIZUKOSHI.

(2009年 6月29日 受理)

各回タイトル

- 第1回 廃止措置の世界の概況とわが国の現状
- 第2回 廃止措置技術—鋼材解体の技術動向
- 第3回 廃止措置技術—コンクリート解体/はつりの技術動向
- 第4回 廃止措置技術—放射線計測の技術動向
- 第5回 廃止措置技術—除染

内構造物や機器等の解体により発生する金属廃棄物や生体遮へい壁や建屋の解体により発生するコンクリート廃棄物が大部分を占める。これらのLLWは、政令および第二種廃棄物埋設規則に定められる濃度上限値に基づいて区分される。

2. LLWの処理・処分の方法

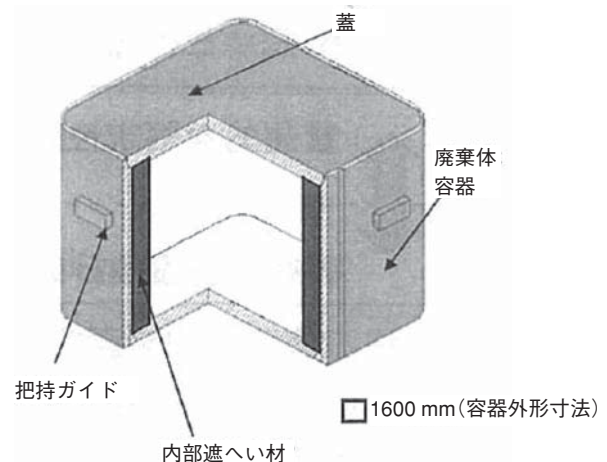
放射能濃度に応じて区分されたLLWは、その区分に応じて以下のような処理処分が行われる。

(1) 放射能濃度が比較的高いもの(L1廃棄物)

LLWのうち、放射能濃度が比較的高いもの(L1廃棄物)は、第二種廃棄物埋設規則第8条第2項に定められる技術上の基準に基づいて、容器に封入または固型化した廃棄体として製作される。これらの廃棄体は、十分余裕を持った深さ(例えば地下50~100m)に設けたトンネル型あるいはサイロ型のコンクリート構造物内に埋設処分(余裕深度処分)される計画である。廃棄体の製作方法については、日本原子力学会の標準委員会において1.6m³の角型容器による廃棄体の概念が検討されている。第1図にその廃棄体の概念の例を示す。

(2) 放射能濃度が比較的低いもの(L2廃棄物)

LLWのうち、放射能濃度が比較的低いもの(L2廃棄物)は、第二種廃棄物埋設規則第8条第2項に定められる技術上の基準に基づいて、容器に固型化した廃棄体として製作される。これらの廃棄体は、六ヶ所低レベル放射性廃棄物埋設センターに埋設処分(コンクリートピツ



第1図 角型容器廃棄体の概念(例)

ト処分)される計画である。廃棄体の製作方法については、使用する容器も含め、今後、日本原子力学会の標準委員会で検討される予定である。

(3) 放射能濃度が極めて低いもの(L3廃棄物)

LLWのうち、放射能濃度が極めて低いもの(L3廃棄物)は、第二種廃棄物埋設規則第8条第3項に定められる技術上の基準に基づいて、放射性物質の飛散防止措置等の必要な措置が講じられる。これらの廃棄物は、人工構造物を設置しない簡易な埋設施設に埋設処分(トレンチ処分)される計画である。廃棄物の取扱い方法については、今後、日本原子力学会の標準委員会で検討される予定である。

Ⅲ. LLW 処理技術の分類

LLW を合理的かつ安全に処分するためには、放射性廃棄物の物量を低減するための減容処理や廃棄物を容器に安定化するための固型化が重要となる。原子力発電所の廃止措置で発生する LLW の減容処理に適用可能な主な処理技術として、切断法、圧縮法および溶融法が考

えられる。その概要を第1表に示す。このうち、切断法は、設備規模が圧縮法や溶融法に比べて小さいが、減容性は低く、切断粉塵等の2次廃棄物が発生する。圧縮法は、設備規模が切断法に比べて大きい、減容性は高く、2次廃棄物もほとんど発生しない。また、溶融法は、減容性は最も高いが、排ガスが多量に発生し、排ガス処理設備等の設備規模が最も大きいなど、それぞれ特徴を有する。

一方、LLW の固型化処理に適用可能な技術には、セメント固化、アスファルト固化、プラスチック固化技術があるが、セメント固化技術が国内外で最も採用されている。その概要を第2表に示す。セメント固化技術のうち、インドラム混練法、アウトドラム混練法および真空注入法は、いずれも液体状や粉粒体状廃棄物を対象とし、均一・均質固化体の製作に適用される方法である。充填固化法は、混練機による練り混ぜが困難な金属廃棄物等をドラム缶等の容器に収納した後、別途、調整したモルタルを充填して固型化する方法であり、原子力発電所の運転中 LLW を対象とした充填固化体の製作に適用されている方法である。

第1表 放射性固体廃棄物の減容処理技術の概要

方式	主な対象廃棄物	方法	主な特徴
切断法	金属廃棄物等	切断対象物をソー、カッターなどの機械的またはプラズマアーク、ガスなどの熱的に切断する	・減容性は比較的低い ・設備規模は比較的小さく、メンテナンスが容易 ・切断粉塵等の2次廃棄物が発生する
圧縮法	圧縮可能な金属廃棄物等	圧縮対象物を必要により切断し、ドラム缶などの容器に入れてプレス機で圧縮する	・減容性は切断法に比べて高い ・設備規模は切断法に比べて大きい、メンテナンスは簡易 ・2次廃棄物はほとんど発生しない
溶融法	不燃性雑固体廃棄物	金属廃棄物、コンクリート片等の不燃性雑固体廃棄物を電磁誘導加熱、プラズマアーク加熱等により溶融し、金属層、セラミック層からなる溶融体にする	・減容性が高く、金属層、セラミック層で廃棄物性状を均質化できる ・設備規模は大きく、メンテナンスも複雑 ・排ガスが発生する

第2表 放射性固体廃棄物のセメント固化技術の概要

方式	主な対象廃棄物	方法	特徴
インドラム混練法	液体状廃棄物 粉粒体状廃棄物	ドラム缶等の処分容器に攪拌機を挿入して、廃棄物とセメント、水を容器内で混練し、固化する	均一・均質固化体の製作に適用され、処分容器サイズまでの処理に適している
アウトドラム混練法	液体状廃棄物 粉粒体状廃棄物	別置の混練機で廃棄物とセメント、水をあらかじめ混練し、ドラム缶等の処分容器に充填して固化する	均一・均質固化体の製作に適用され、処分容器のサイズに関係なく処理が可能である
真空注入法	液体状廃棄物	密閉したドラム缶にあらかじめセメント、パーミキュライト混合物を充填しておき、内部を真空引きして液体廃棄物を注入含浸させて固化する	均一・均質固化体の製作に適用されるが、固化体内に注入管が使い捨てとなる
充填固化法	金属廃棄物等の 固体状廃棄物	ドラム缶等の収納容器にあらかじめ固体状廃棄物を収納しておき、別に調整したモルタルを充填して固化する	サイズが大きく、混練機による練り混ぜが困難な固体状廃棄物に有効な方法であり、充填固化体の製作に適用される

Ⅳ. LLW 処理技術の適用・開発実績

1. JPDR での実績

日本原子力研究所(現日本原子力研究開発機構)の JPDR の解体で発生した LLW は、放射能レベル等によって分類区分され、処理、保管廃棄等が行われている。以下にその概要を示す。

(1) LLW の分類区分

JPDR の解体で発生した LLW は、その処理にあたり、金属、コンクリート等の廃棄物素材および放射化物、2 次的汚染物の汚染形態により分類区分された。また、“低レベル放射性固体廃棄物の陸地処分の安全規制に関する基本的考え方”(昭和60年10月、原子力安全委員会決定)等を踏まえて、第3表に示すような区分Ⅰから区分Ⅳまでの4段階の放射能レベル区分が設定された。

(2) LLW の処理シナリオ

以上の分類区分と既存の放射性廃棄物処理施設および保管廃棄施設の利用の原則等を考慮して、解体廃棄物の処理シナリオが策定され、その処理が行われた。

このうち、放射化金属、汚染金属、放射化および汚染コンクリートの一部および解体付随廃棄物は、容器に収納され、既存の保管施設に保管廃棄された。また、放射能レベルの極めて低いコンクリートについては、放射性物質の飛散防止措置としてフレキシブルコンテナやビニールシートによってこん包された後、簡易な方法による埋設処分(トレンチ処分)が行われた。

(3) 減容処理技術開発

金属廃棄物の圧縮減容性を把握することを目的に、800 トンの圧縮力を有する門型プレスによる圧縮試験が行われ、その圧縮減容性が確認された。また、圧縮処理の前処理として、配管類、形鋼、グレーチング等を対象とする油圧駆動シャー方式による切断試験が行われ、切断性能が確認された。

2. 原子力発電所の運転中 LLW の充填固化

原子力発電所の運転中に発生する LLW は現在、“充填固化体の標準的な製作方法”(電力10社)に基づき容器(200 l ドラム缶)に固型化した充填固化体として製作され、六ヶ所低レベル放射性廃棄物埋設センターのコンクリートピット内に埋設処分されている。これらの充填固化体の製作方法の概要を以下に示す。

(1) 充填固化体製作の基本要件

充填固化体は、以下の技術基準および埋設施設側の製作条件に対応して製作することを基本としている。

- ・放射性廃棄物を告示に定める方法により固型化すること
- ・埋設事業許可申請書に記載された最大放射能濃度を超えないこと
- ・表面汚染密度が表面密度限度の1/10を超えないこと
- ・健全性を損なう物質を含まないこと
- ・耐埋設荷重強度を有すること
- ・著しい破損がないこと
- ・放射性廃棄物および線量当量率に応じた標識と整理番号が表示されていること
- ・埋設事業許可申請書に記載された最大表面線量当量率を超えないこと
- ・廃棄体の重量が1,000 kg を超えないこと
- ・埋設施設の健全性に著しい影響を与える量の物質を含まないこと

このうち、最大放射能濃度の確認のための放射能測定、廃棄体の表面汚染密度、表面線量当量率、重量、著しい破損のないことおよび標識・表示に係る項目については、充填固化体製作後の検査により対応することとしている。

(2) 充填固化体の製作方法

充填固化体の製作工程は主に次の工程から構成される。

- ・貯蔵場所からの取出し
- ・分別：埋設対象外物品の除去、仕分け
- ・処理：必要に応じて、切断、圧縮、溶融
- ・容器に収納
- ・固型化：固型化材料等の充填、養生

このうち、廃棄体の製作上重要となる固型化については、JISR 5210または JISR 5211に規定されるセメントと骨材をあらかじめ均質に練り混ぜた流動性の良い固型化材料等を用い、容器に収納された固体状廃棄物と一体となるような充填固化法が採用されている。固型化材料等の流動性については、“土木学会コンクリート標準示方書”に示されるプレパックドコンクリートのPルートによる流下時間を参考として、第4表に示す流下時間の目標値を設定し、管理することとしている。

3. NUPEC 確証試験

原子力発電技術機構(NUPEC)では、放射性廃棄物の再利用技術開発の一環として、金属やコンクリートの切

第3表 JPDR 解体廃棄物のレベル区分

廃棄物の種類	放射能レベル区分			
	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
放射化金属、放射化コンクリート、汚染コンクリート(Bq/g)	4×10^3 以上	$4 \times 10^3 \sim 4 \times 10^4$	$4 \times 10^4 \sim 4 \times 10^{-1}$	4×10^{-1} 未満
汚染金属(Bq/cm ²)	4×10^5 以上	$4 \times 10^5 \sim 4 \times 10^9$	$4 \times 10^9 \sim 4 \times 10^1$	4×10^1 未満

第4表 Pロートの流下時間

固型化材料の種類	Pロートの流下時間(目標値)	
	上限値	下限値
高性能減衰剤を使用したもの ^{a)}	50 s	16 s ^{b)}
上記以外	20 s	16 s ^{b)}

^{a)}高性能 AE 減衰剤を含む。

^{b)}下限値を下回る場合は、材料分離が著しくないことを事前に確認する。

断に伴って発生する2次廃棄物を充填材や固型化材料として再利用する廃棄体製作技術に関する確証試験が実規模縮小モデル試験体を用いて行われている。以下にその概要を示す。

(1) 溶融充填

溶融充填は、放射性金属スクラップを溶融し、一体型金属廃棄体等への充填材に再利用する技術で、固型化材料相当分の放射性金属の処分量低減や遮蔽性向上などによる廃棄物取扱い面で合理的な方法の一つである。

NUPECの廃炉設備確証試験では、第2図に示すような薄肉容器に炉内金属などの模擬廃棄物を挿入した試験体を用いた充填試験により、廃棄物充填率95%以上を達成し、有害な空隙や変形がないことが確認された。

(2) 金属粒充填

金属粒充填は、放射性金属スクラップを金属粒に加工し、骨材として一体型金属廃棄体等への充填材に再利用する技術で、固型化材料相当分の放射性金属の処分量低減や遮蔽性向上などによる廃棄物取扱い面で合理的な方法の一つである。NUPECの廃炉設備確証試験では、コンクリートガラを模擬廃棄物とした充填固化試験の結果、以下の条件で充填固化が可能であることが確認された。

- ・金属粒径：0.6 mm
- ・ガラサイズ：50 mm
- ・Pロート流下時間：30 s 程度

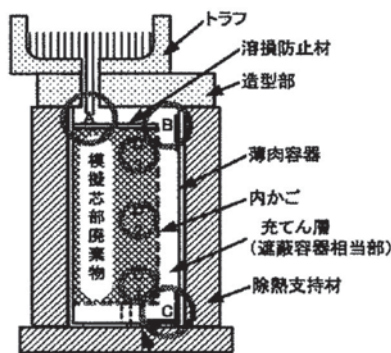
(3) 金属ドロス充填

金属ドロス充填は、放射性金属の熱的切断に伴う2次

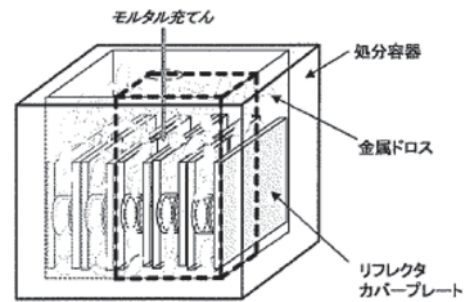
廃棄物の金属ドロス(粒径0~200 mm)を金属廃棄物が収納された処分容器の隙間へ充填する方法で、廃棄体数を削減することにより、放射性廃棄物処分費の低減を目的とした技術である。NUPECの廃炉設備確証試験では、第3図に示すようなGCRの炉内構造物のリフレクタープレートを模擬廃棄物とした充填固化試験の結果、粒径10~200 mmの金属ドロスは、前挿入して充填固化が可能であるが、粒径10 mm以下の金属ドロスは、キャニング等の前処理の後に固化する必要があることが確認された。

(4) コンクリート充填

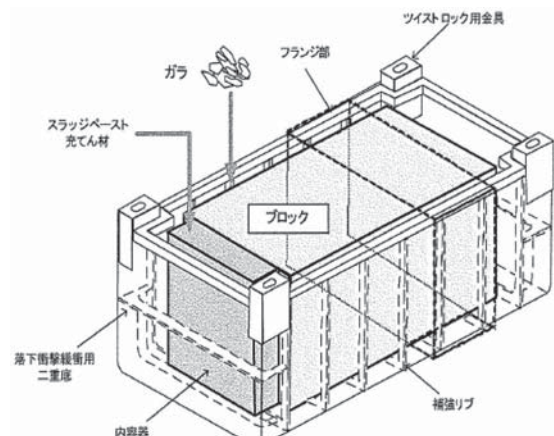
コンクリート充填は、コンクリートガラや放射性コンクリートのワイヤーソー等のブロック状切断に伴うスラッジを充填材および固型化材料として利用する方法で、廃棄体数を削減することにより、放射性廃棄物処分費の低減を目的とした技術である。NUPECの廃炉設備確証試験では、スラッジを含めた放射性コンクリート全体の減容処理方策として、第4図に示すようなコンクリートブロックが収納された処分容器の隙間にコンクリートガラおよびスラッジを充填する廃棄体が検討された。縮小モデルによる充填固化試験の結果、コンクリートブロック、粗粒ガラの前挿入およびスラッジ、細粒ガラを固型化材料に利用することにより、廃棄物充填率は、約75%となり、GCRの廃止措置に本技術を適用した場合、廃棄体数は1/3に低減できる見通しがあることが確認された。



第2図 溶融充填試験体



第3図 金属ドロス充填試験体



第4図 コンクリート充填試験体

V. LLW 処理の適用技術と課題

LLW の処理・処分に当たっては、合理的な廃棄体を安全に製作することが重要となる。本章では、廃棄体製作に係る適用技術と想定される主な課題を以下に示す。

1. 高放射化廃棄物の減容処理

原子炉構造物等を構成する高放射化廃棄物は放射能レベルが高く、大部分がL1廃棄物、L2廃棄物に該当する。

これらの高放射化廃棄物は、大型角型容器に封入または固型化した廃棄体として処分されることが検討されている。これらの高放射化廃棄物、特に、L1廃棄物の処分単価は総合エネルギー調査会原子力部会資料(平成10.8.28)によると110万kW級原子力発電所の解体廃棄物の場合で、1,500万円/m³と試算され、処分費が高くなることが示唆されている。したがって、できるだけ廃棄物の充填率を向上させ、廃棄体数を削減して処分費の削減を図ることが重要となる。また、高放射化廃棄物は、高線量物となることが予想されるため、遠隔操作による取扱いや取扱い時の汚染拡大防止対策および遮蔽対策等が必要となるなどの特徴がある。このため、高放射化廃棄物の減容処理技術の選定に当たっては、これらの廃棄物の特徴を踏まえるとともに、第1表に示した減容処理技術の特徴を考慮して選定することが望ましい。

2. 高放射化廃棄物の遠隔収納

高放射化廃棄物を大型角型容器に収納する場合には、マニプレータ等を用いた遠隔操作による収納が必要となる。原子炉構造物等を構成する高放射化廃棄物は種々の形状、大きさ、重量のものが予想される。また、これらの高放射化廃棄物を大型角型容器へ遠隔収納する場合には、目標とする廃棄物充填率を確保しつつ、効率よく、かつ安全に収納することが望まれる。このため、事前に収納する廃棄物の形状、大きさ、重量を調査し、廃棄物の容器への収納方法を検討するとともに、実規模モデル等を用いた遠隔収納試験を実施し、廃棄物の収納性を検証する必要がある。

3. 大型容器に対する充填固化の条件

高放射化廃棄物を大型角型容器に固型化処理する場合には、原子力発電所の運転中に発生するLLWと同様に、充填固化法を適用することが考えられる。現行の原子力発電所の運転中LLWを対象とする充填固化法では、前述のように、固型化容器として200lドラム缶を使用している。

一方、高放射化廃棄物のうち、L2廃棄物については、現状、まだ容器の大きさは確定していないが、フランス、米国等で解体廃棄物で用いられている大型容器等を参考に5m³容器等の大型角型容器も検討されている。現行200lドラム缶の充填固化の条件を大型角型容器に適用する場合には、主に、以下のような課題があり、そのま

ま適用できるか不明である。このため、実規模モデル等を用いた充填固型化試験を実施し、充填固化の条件を検証する必要がある。

(1) モルタルの注入速度

現行の200lドラム缶の充填固型化では、モルタルの注入速度を25l/min(上昇速度12cm/min相当)以下を適用している。大型角型容器では、この注入速度が適用できるか不明であり、“土木学会コンクリート標準示方書”のプレパッドコンクリート基準(上昇速度0.5~3cm/min相当)を参考にした注入速度によって、モルタル充填性を検証する必要がある。

(2) モルタルの注入位置

現行の200lドラム缶の充填固型化ではモルタルの注入位置としてドラム缶上部からの注入を適用している。大型角型容器では、この注入位置が適用できるか不明である。プレパッドコンクリート基準では、モルタルの注入位置を容器底部からとしていることから、大型角型容器の上部からモルタルを注入する場合には、この注入位置によって、モルタル充填性を検証する必要がある。

—参考資料—

- 1) 総合エネルギー調査会原子力部会報告書—商業用原子力発電施設の廃止措置に向けて、(1997)。
- 2) 総合エネルギー調査会原子力部会中間報告—商業用原子力発電施設解体廃棄物の処理処分に向けて、(1999)。
- 3) 原子力発電技術機構 廃止措置技術総合調査委員会編、廃止措置技術ハンドブック、(2007)。
- 4) 小野文彦、施設設計の考え方、第22回バックエンド部会夏期セミナー資料集、(2006)。
- 5) 日本原子力産業会議 原子力発電所の解体廃棄物(平成10.8.28付総合エネルギー調査会原子力部会資料、原産マンスリー、No.34)。
- 6) 阿部昌義、他、JPDR 解体実地試験—JPDR 解体廃棄物の管理、デコミッションング技報No.15、原子力施設デコミッションング研究協会、(1996)。
- 7) 北海道電力、他、充填固型体の標準的な製作方法改訂4、(2006)。
- 8) 原子力発電技術機構 平成12年度実用発電用原子炉廃炉設備確認試験に関する調査報告書、(2000)。
- 9) 原子力発電技術機構 平成13年度実用発電用原子炉廃炉設備確認試験に関する調査報告書、(2001)。

著者紹介

水越清治(みずこし・せいじ)



富士電機システムズ(株)
(専門分野/関心分野)廃止措置

談話室

ウィーンから見た日本, そして原子力の未来(1) JAEA ウィーン事務所から見た日本の原子力

日本原子力研究開発機構 杉本 純

筆者は日本原子力研究開発機構のウィーン事務所長として、2004～2007年までの3年間、ウィーンに勤務した。業務を通じて得た知見や体験等に基づき、原子力機構や我が国の原子力、およびウィーンの日本人社会と原子力に関する雑感を2回にわたって述べたい。

ウィーン事務所の主な業務

原子力機構は、中東欧、ロシアにおける原子力研究開発情報の収集・分析、国際機関、日本政府代表部との調整・協力強化等のため、1989年よりウィーン事務所を設置している。ウィーン国際センター近くのウィーンで最高層のビル、ミシュック・タワー最上階の34階に居室がある。日本人職員2名と現地秘書1名の計3名で構成されている。

原子力研究開発情報では、「ウィーン通信」というメールニュースをほぼ毎日、原子力機構の課長クラス以上に発信している。月報では、趣味も兼ねて描いた風景画を掲載してウィーンの雰囲気も伝えようとした。今やインターネットにより、どこからでも情報が得られる時代であるが、自ら会合に参加したり、会合参加者から得られる情報など、独自の情報収集と情報の分析に重点を置いた。

ウィーンの原子力といえば何と云っても、国際原子力機関(IAEA)の存在が最も重要であり、IAEA主催の国際会議には、我が国が積極的に関与すべきである。その一環として、原子力機構は地元ホストとして、2007年4月に原子力の非電力応用に関する国際会議を大洗において、また同年11月に保障措置技術に係るワークショップを東海で共催した。同年6月にウィーンで開催された

IAEA主催の原子力における知識管理に関する国際会議では、原子力機構が協力機関として参加し、プログラムの作成等で貢献できた。2000年から開始したIAEAの革新的原子炉・核燃料サイクルに関する国際プロジェクトであるINPRO計画へは、日本は長らく参加していなかったが、2006年4月に正式参加を表明し、原子力機構による高速炉を用いた燃料サイクルに基づく革新的原子力システムの評価などに参加している。いずれも、IAEA、政府代表部、文科省、内閣府等の関係者と原子力機構間の密接な連携協力による成果だった¹⁾。

IAEAは例年9月に総会を開催しており、世界から約2千名の参加があるが、2006年の第50回記念総会には、燃料供給保証と核不拡散に関する特別イベントも開催され、我が国から、松田科学技術担当大臣、近藤原子力委員長、鈴木原子力安全委員長、服部原産副会長を始め27名の派遣団が参加した。この記念総会に合わせて、初めて原子力機構のブース展示を行った。始動が遅れたためスペースは大きくなかったが、結果的に良い場所を確保できたのは幸いだった。ブースには、松田大臣も立ち寄って下さったが、その後、上品なご婦人がお連れとSP2名を伴って現れたのが忘れがたい。説明後、他の方と同様「失礼ですが、名刺を頂けますでしょうか」と聞いたら、「名刺は持っていません。ただ、主人はエネルギー省長官のポドマンです」といわれ皆で驚いた。その後、ブース展示は毎年実施し、最近は原産協会や放医研とも共同で日本ブース展として実施している。

ITER(国際熱核融合実験炉)次官級会合が、2004～2005年にウィーンで3回開催された際は、深夜、日本で待機する関係者へメールによるリアルタイム状況報告などを担当した。結局、ITERは仏カダラッシュに建設されることになったが、EUと日本間のサイト招致を巡るホットな議論に間近で立ち会うことができたのは幸運だった。

2005年10月に開催された原子力機構統合記念式典では、主要国や国際機関にビデオ・メッセージを依頼することになった。その目玉の一つとしてエルバラダイIAEA事務局長に広報を通じてお願いしたが、期限が迫っても一向に埒があかず困っていた。あるパーティーに出席したら、偶々ご本人が出席していたので、筆者から直接突撃依頼して快諾を得た。10月3日にビデオを入手した直後の7日に氏のノーベル平和賞受賞発表があ

原子力機構ウィーン事務所月報 (2006年1月号)



所長
杉本 純
杉本文筆
Christiane Preisinger
2006年1月31日

ペーター教会
(シュテファン寺院からグラウベン通りを2～3分歩いた右側の小さなペーター広場に建っているバロック様式の教会。建設は16世紀初頭のカール大帝の頃までさかのぼる。ウィーンで2番目に古い教会。現在の建物は1708年に完成。バルヴェーレ宮殿を設計したヒルデブラントの代表作として知られる。内部はヨハン・ロッドマイヤーの「聖母マリアの昇天」の天井画や主祭壇の彫刻など華麗な装飾で飾られている)

原子力機構ウィーン事務所月報(1面冒頭)



日本原子力研究開発機構統合記念式典における前エルバラダイ事務局長のビデオメッセージ

り、その後は超多忙で無理だったろうから、間一髪だった。記念式典で外国からのメッセージの冒頭に事務局長が写し出されると、満員の会場にどよめきが起きたと後から聞いた。

政府、大学、産業界からの出張者の対応も重要であり、必要な情報の提供や意見交換の場の設定などもある。その分野のトップクラスなど日本ではとても会えない要人も話ができたことは貴重な財産である。2006年3月、殿塚原子力機構理事長(当時)のウィーン訪問時は、エルバラダイ IAEA 事務局長やトクト CTBTO 事務局長らとの会談を設定し随行した。IAEA の事務次長5名との昼食会も開催して、意見交換会の場を設けることができた。その他、短期派遣者の事務所への訪問者数は、2006年1年間で316人(原子力機構関係130人、他機関186人)にのぼった。

地元日本人プレス8社への原子力機構設立説明会、日経産業新聞による IAEA 総会でのブース展示取材、ウィーン大学日本語科学生への日本の原子力状況説明会、オーストリア日本人会への幹事としての参加など、地元への地道な広報活動も重要である。また、様々な媒体への寄稿を通じて、一般に対して原子力機構の活動や原子力を知ってもらおうきっかけを作れたのではないかと考えている。例えば、オーストリア日本人会会報「ウィーンの風」へは、「原研ウィーン事務所」、「チェルノブイリ事故20年に想う」「チェルノブイリ訪問記」などの記事を掲載して頂いた。地元の情報誌「月刊ウィーン」(ウィーンを訪問する日本人観光客が主な対象、約5,000部発行)には、「ウィーンと原子力(1)―国際原子力機関(IAEA)―」と「ウィーンと原子力(2)―代表部・CTBTO・原子力機構―」などの記事を掲載して頂いた。

課題と今後の方向性

2009年12月に天野 IAEA 事務局長が就任された。原子力の平和利用を50年以上発展させてきた我が国にとって、念願の事務局長誕生であるが、世界的に急増する原子力発電導入国への支援、北朝鮮やイランの核開発など問題が山積する中、我が国関係機関の強力な支援が改め

て求められている。ウィーン事務所にとっても、これまでは、谷口事務次長、村上保障措置実施C部長、尾本原子力発電部長と日本人幹部が3人もいて情報入手が比較的容易だったが、2010年からは天野事務局長を除けば、室谷保障措置実施C部長の1人だけとなる。日本人以外の部長クラスにも情報収集の対象を広げ、我が国からの支援を拡充する必要がある。

国連など他の国際機関もそうであるが、我が国の拠出金に比べ、正職員数が他国と比べて極端に少ない問題がある。国際基準の策定、途上国への支援、保障措置関連査察など、IAEA は原子力界では今や大きな影響力を持っており、各国も国益の観点から重視している。欧米は政策決定に関するラインの長に人員を確実に配置している。拠出金の少ないロシア、中国、インドなども多くの人材を派遣している。優秀な人材を IAEA 正職員として派遣するためには、帰国後の処遇が明確でないことや上司の理解が得られないことなどがネックとなっている。ノーベル賞受賞以来、特に途上国からの応募が増え、1つのポストに世界から100名以上の応募がある場合もあるなど現実には厳しいが、国際的な貢献を果たすだけでなく、IAEA を我が国の将来のために活用する観点から、外国に派遣しやすい環境整備と計画的な人材育成が産官学で必要である。

短期出張者が参加する各種会合では、OECD/NEA の会合等に比べて、日本人が議長を務めるケースは極めて少ない。議論をリードする積極性のある日本人参加者も実際は多くない。技術的知見等に基づき、燃料供給保証などの国際的枠組み、国際基準作りに我が国は主導的に参画する必要がある。特に、原子力人材育成が今後の主要なテーマの一つとなるため、この分野でも我が国のプレゼンスを示すことにより、アジア等への産業展開にも繋げていく視点が必要であろう²⁾。さらに、これまで以上に我が国がホストとなって、IAEA 主催の国際会議を開催することにより、我が国の主導性を発揮するとともに、若手の人材育成の場とすることに挑戦すべきであろう。

IAEA の募集職種は、技術職ばかりでなく、法務、広報、技術協力、研究情報など事務系の職場もある。日頃から専門家を目指すこと、英語力、調整力、多文化親和性を磨き、会合での積極的な発言を含め、若い人には果敢にチャレンジしてもらいたい。

(2009年12月22日 記)

—参考文献—

- 1) 尾本 彰, 森脇正直, 杉本 純, 中井良大, INPRO(革新的原子炉及び燃料サイクル国際プロジェクト)の活動状況と今後の計画, 日本原子力学会誌, 49(2), 89-111, (2007).
- 2) 杉本 純, アジア諸国への原子力人材育成協力―現状と課題, 日本原子力学会誌, 52(1), 8-9, (2010).

会議報告

日本保全学会「第6回学術講演会」 新検査制度の施行後の保全技術への取組み 6th Annual Meeting, Japan Society of Maintenology 2009年8月3～5日(ホテルニューオータニ札幌, 札幌市)

日本保全学会主催の学術講演会は本年度で6回目を数え、参加者数約900名、講演数142件、企業展示22件と、いずれも過去最多であった。また、本年は木元教子氏による「鉄腕アトムと原子力—こどもたちの未来のために」と題した特別講演が公開特別企画として行われ、北海道内をはじめとする多くの教育関係者の参加もあった。

今年の学術講演会は、保全・補修・状態監視などの技術に関するものにとどまらず、耐震補強や核燃料・再処理/廃炉、原子力発電プラントの増出力など、近年のトピックスに着目した新たなセッションが設けられた。また、将来における本分野の発展を担う学生らに期待する意味で設けられた「学生セッション」も、新たな取組みとして注目された。これらのセッションの中から、本年度より施行された新検査制度に関し、小職が座長を務めた「新検査制度と技術」と題して行われたセッションについて報告する。本セッションでは、新検査制度施行後の原子力発電プラントへの導入を目的とした機器オンラインモニタリングや遠隔状態監視に関する技術開発の取組み動向、実際のプラントに関して点検頻度の最適化を評価した実例など、7件の講演が行われた。

「ポンプ軸受及びインペラの不具合の大きさと電磁診断技術の信号との相関関係」では、ポンプ軸受とインペラの不具合程度の評価について、実際に軸受やインペラを損傷させて得た実験および解析データから、電磁センサを用いた設備診断装置の性能が、実機適用可能なレベルにあることの報告があった。

「回転機器への音響診断適用について」では、これまで熟練した検査員が行っていた聴診技術を音響診断法として音色まで数値化、標準化することで、機器の疲れ具合まで評価し、余寿命診断にも発展できる期待が寄せられた。また、この分野における検査員の技術伝承の難しさ

や重要性についても報告があった。

「その場計測による回転機モニタリング」として、回転機器の騒音波形から周波数解析を行って機器の状態を監視する技術の可能性について報告があり、今後、プラントの現場における回転機器のオンライン検査技術に発展できる期待が寄せられた。

「自己修復型センサネットワークの研究」では、状態監視保全を最適に運用する上で重要となるモニタリングシステムの信頼性等を向上させる技術として、センサのネットワーク化による相互補完を利用したシステムや、システムの簡素化や敷設の低コスト化が期待される無線センサネットワークの提案がなされた。

「浜岡3号機設備の点検間隔の延長に係る技術評価の概要について」として、実際の原子力発電プラントにおける保全計画について、従来の13ヶ月ごとの定期検査で行ってきた機器点検の実施頻度を評価して、原子炉を停止して実施する必要がある点検の最短の間隔は、新検査制度で定められた最長の運転間隔である24ヶ月よりも長くなるとの報告がなされた。

「高経年化機器の新検査・モニタリング技術のニーズ・シーズデータベース」では、新技術の速やかな実機適用を実現するためのスキームを構築する目的として、具体的なニーズと現状シーズという二面からの調査結果から得られた情報をデータベース化する新たな取組みについて報告があった。今後はシステムをWeb化するなど運用方法の検討や、他産業も含めたシーズが収集できる仕組みを整えるなど、実用化に向けた検討が進められる。

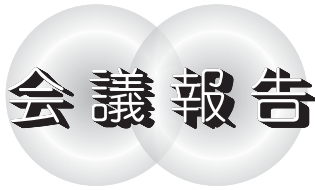
「公開データ及び情報に基づく日本の原子力発電プラントのパフォーマンス評価(2)」として、プラントにおける保守履歴と故障に関する公開情報を収集し、機器の劣化現象や寿命を表す確率分布(ワイブル分布)を用いた解析により統計的に整理することで、機器の保守履歴がプラントの発電停止率などに与える影響を定量的に評価した結果について報告があった。より適切な機器メンテナンス時期を決めるための手段として期待される。

新検査制度の円滑な運用にあたり、ここで報告されたモニタリング技術や評価手法は、いずれも、近い将来、実際の原子力発電プラントへ適用が可能であると思われる。こられる分野の技術開発は今後も急速な発展・発達が予想され、より安全で稼働率のよい原子力発電プラントの実現に向けて、ますます期待が高まった。

(東芝・山本 智, 2009年 9月16日 記)



会場風景



古都金沢で原子炉熱流動研究の専門家会議盛況裡に開催 2/3以上が海外からの論文発表

13 th International Topical Meeting on Nuclear Reactor Thermal Hydraulics (NURETH-13)
2009年9月27～10月2日(石川県金沢市)

9月27日より10月2日の6日間、石川県金沢市の石川県立音楽堂およびホテル日航金沢で、第13回原子炉熱流動に関する国際会議(NURETH-13)が開催された。米国原子力学会(ANS)熱流動部会と日本原子力学会熱流動部会の共催である。NURETHは1980年、米国サラトガスプリングスでの第1回会議以来、原子炉の熱流動の会議としては最も歴史が古く、米国および米国以外を交互に開催場所とし、約2年おきに開催されてきている。日本では1997年京都での第8回会議以来、2回目、12年ぶりの開催であった。

会議参加登録者418名(内訳は日本からの参加者199名、海外からの参加者219名)、最終論文総数345(うち240件が海外からの発表)で、過去のNURETH会議の平均的規模を大幅に上回った。この数は、昨年来の未曾有の世界的大不況が後を引く時期に極東で開催された専門家会議としては驚きである。何はともあれ、出席者数の半数以上、発表数の2/3以上が欧米を中心とする海外からで、名実ともに国際会議の名にふさわしいものであった。

NURETHという伝統ある会議の、高い論文品質の維持と向上を図ることは、参加者の希望であるのは当然のこと、日米の熱流動部会からの至上命令でもあった。そのためには、丁寧かつしっかりとした査読を行うことに尽きる。今回の講演論文査読では論文1件につき査読者3名が割り当てられた。国内外の420名以上の査読者の方々には、延べ1,000件以上の論文を査読いただいたことになる。忙しい中、時間を割いて学術論文誌並みの精緻な査読をしていただいた多くの方々の献身的な努力に改めて感謝する次第である。

会議初日、午前の石川県立音楽堂邦楽ホールでは、開会に先立って、石川県箏曲連盟の方々による箏と17弦の7面の琴による邦楽合奏が披露された。荘重な琴の調べのあと、技術プログラム委員会(TPC)委員長を務めた二ノ方よりNURETH-13の開会を宣言した。引き続き成合大会委員長、Rempe TPC共同委員長、秋本熱流動部会長の歓迎挨拶、来賓の杉本石川県副知事よりお祝いの挨拶を頂いた。

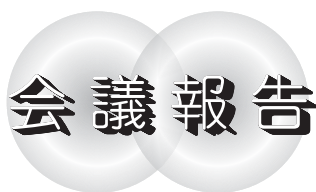
プレナリー4講演、キーノート8講演を除く合計333件の発表は、8会場で行われる合計80セッションに割り振られた。プレナリーセッションでは、MITのTodreas教授、Texas A&MのHassan教授、スウェーデン王立工科大学のSehgal教授による炉心設計、数値シミュレーション、シビアアクシデントに関する講演に加え、原子

力熱流動研究の発展に尽力された故秋山守先生の追悼セッションとして、東大の岡本先生に流れの可視化に関する講演をお願いした。

以下、論文集に載る内容を羅列する代わりに、TPC企画パネルセッションの中身を紹介する。まず第1部では、フランス、米国から各2名、日本、韓国、中国、イタリア、ドイツから各1名ずつのパネリストに、それぞれの国を代表して原子力開発プログラムにおいて最も重要と考える熱流動テーマの例を紹介してもらった。その結果、おおむね各国ともシミュレーション(詳細解析、コンポーネント解析、プラントシステム解析の重層的組合せ)によって安全性評価や炉の熱流動設計を進めようとする方向が強く出ていた。このことを受け、第2部では「原子力熱流動シミュレーションのパラダイム」について自由な討論が行われた。解析の標準化と品質保証、ユーザー教育が大事なこと、精度の良い小規模実験の必要性、実験・計測技術のさらなる発展とともに国際レベルでの実験要員の養成やベンチマークの作成など、ますます検証に必要な高品質のデータ取得、計測技術の開発および資金の調達と集中が必要との議論が熱く交わされた。原子力では古くからDesign by Analysisが主流であるものの、計算のベンチマークと位置づけられる直接シミュレーションで達成できることは限られており、シミュレーションの品質と不確かさを評価できる実験・計測技術とその人材開発のニーズはむしろ強まっていることを強く感じさせられた。多くの国で採用される可能性が高いEPRやAP1000などの新型軽水炉の開発や安全規制の分野でも、設計や安全評価に用いられるコードやその利用法などの国際標準化が提案されており、その品質保証を行ううえで同様のニーズの存在がうかがわれる。

3日目火曜の夜の晩さん会では、金沢市の森副市長から挨拶を頂戴するとともに、会議参加者には金沢ならではの日本料理と多くの趣向を楽しんでいただいた。最終日金曜日、高速増殖炉「もんじゅ」発電所へのテクニカルツアーには78名が参加した。なお、これらの行事を含め今回の会議の成功は、地元金沢大学の先生方のご協力や、万博記念機構、金沢市、石川県、電気事業連合会、INSS、IAEAなどからの財政的支援なしにはありえなかったことをここに申し添えたい。

(NURETH-13 TPC Chair: 東京工業大学 二ノ方壽,
Assistant Chair: カワサキプラントシステムズ 前川 勇,
2009年11月10日 記)



アジア水化学シンポジウム2009 Symposium on Water Chemistry and Corrosion in Nuclear Power Plants in Asia 2009

2009年10月28～30日(名古屋市)

本シンポジウムは、日本、韓国、台湾で隔年ごとにこれまで計3回開催されており、今回は、中国、インドにも参加を呼びかけ、水化学部会が中心となり中部電力の全面協力の下で名古屋で開催した。アジアでの原子力発電への活発な動きに対応すべく、水化学面でも緊密な連携を図り、技術発展に寄与することが謳われた。参加者数は国内が約135名、台湾、韓国から各10名前後、中国、インドから各2名の参加があった。さらに、アジアでの活発な動きに対応し、米国(EPRI, WH, GE-Hitachi)、欧州(Areva, Studsvik等)からも合わせて10名を越す参加者があり、盛況であった。会議は勝村部会長と中部電力阪口氏の歓迎挨拶で幕を開いた。

全体セッションで、目黒副部会長(日本原電)より、国内BWRでの水化学改善に係わる歴史的経緯と今後の出力向上、長期サイクル運転を見据えた被ばく低減、SCC環境緩和についての考え方が説明された。台湾ではBWRの環境緩和に関心が高く、Yeh氏(清華大)が出力向上に絡み、炉心出力レベルが水化学と腐食環境に与える影響に関する評価結果を紹介、また韓国のKim氏(韓国原子力研)からはPWRの水質に起因する軸方向出力分布異常(AOA: Axial Offset Anomaly)に関する総合的な評価結果の報告があった。韓国ではAOA事象が顕在化しており、クラッド付着組成の分析など多面的な検討が進んでいる。

テクニカルセッションでは、運転経験(6件)、燃料関係(2件)、基礎技術(3件)、流動加速腐食(FAC)およびスケール付着(3件)、応力腐食割れ(SCC)(8件)、それに被ばく低減(7件)の発表があった。

運転経験では、国内の被ばく低減に関する技術適用状況の紹介があった(中部電、東北電)。また、インドからは、PHWR炉の水化学(Bhabha研)、台湾、韓国からはおのおの固有の課題の紹介があった(台湾電力、韓国原子力研、他)。燃料関連はいずれも韓国からPWRのAOA

に係わる燃料上のクラッド付着挙動についての発表であった。

基礎分野とFACおよびスケール付着挙動についてはすべて日本からの発表となった。特に、水の放射線分解挙動に係わる研究は日本が主導している面があり、今回は超臨界圧条件での挙動と水酸基ラジカルの反応係数等の評価結果の発表があった(東大, JAEA)。FACでは、皮膜形成や剥離の基礎過程をモデル化し、減肉量を評価する試みが紹介された(エネ総研, 他)。また、敦賀2でのFAC挙動とその対策(日本原電)、PWR2次系でのSGへのクラッド付着挙動評価(三菱重工, 他)に関する発表があった。

SCCに関しては、多くの機関で活発な検討が進められており、種々発表があった。具体的には、ZrO₂被覆(台湾・清華大)、貴金属技術(GE-日立)の紹介、腐食電位(ECP)評価に係わる基礎データ(日立)、BWR実機でのECP計測結果(東電)、材料挙動としては、水素注入の稼働率がアロイ182のき裂進展に与える影響(台湾電力, 他)、アロイ690の電気化学挙動(中国・金属研)、またPWR環境での腐食に与える温度の影響(INSS)、水素濃度最適化の試み(Studsvik, 日本原電)がある。

被ばく低減では、台湾・清華大の総合報告をはじめ、化学除染技術(WH, 中部電)、極低鉄運転の改良に関する検討(東芝)、炉内での放射性物質の移動モデル(韓国原子力研)それにPWRへの亜鉛注入適用についての評価(北海道電, Areva)に関する発表があった。

ポスターセッションでは31件の発表があり、基礎分野から実機での経験の紹介まで多岐にわたり活発な議論があった。今回からポスター賞が創設され、優秀ポスター賞に、実機へ配管線量率抑制手法を適用した結果を紹介した中国電の梶谷氏が選ばれた。このほか4名の方々に賞が贈呈された(日本2名, 中国, スウェーデン各1名)。

次回は、2011年に韓国で開催される予定である。

(日立GE・布施元正, 2009年11月20日記)



シンポジウム参加者集合写真

支部便り

関東・甲越支部

「原子力オープンスクール2009」

未知との遭遇 アトムの世界

2009年8月2日(電力館, 東京)

関東・甲越支部では、会員間の交流、若手研究員の育成および地域における理解活動の場として、毎年、講演会、研究発表会、見学会および本報で紹介する原子力理解活動を行っています。

「どうしたら子供たちに、知る楽しさや科学への興味を伝えられるか、原子力や放射線について正しい知識を持ってもらうためには、どんな方法が有効か」——そんな目的をもって、関東・甲越支部は8月2日、渋谷の電力館で小中学生を対象に「原子力オープンスクール」を開催しました。電力館での開催は初めてですが、スクール自体の開催は今年で4回目。スクールには昨年を上回る1,318人が参加しました。

開催のねらいを達成するために主催者が考えた工夫が、「参加型イベント」。ふだんは知ることができない(未知)の原子力を、実験やゲームを通じて体験(遭遇)してもらう。そんな思いを、「未知との遭遇 アトムの世界」というサブタイトルに込めました。

具体的には、光の性質や真空について学ぶ「おもしろ実験ショー」、放射線を観察する霧箱の製作や測定器による身近なものの放射線測定、高レベル放射性廃棄物処分に使われるベントナイト(粘土)の役割を体感する実験や光の不思議を理解・体験する万華鏡の製作などの体験実験とゲームを楽しみながらエネルギーや原子燃料サイクルについて学ぶ参加型ゲームです。

参加者の中には、夏休みの宿題で原子力について調べているという高校生のグループもあり、原子力オープンスクールのスタッフをつかまえて熱心に質問している姿も見られました。参加した子供からは、「来年も参加したい」、「夏休みの宿題の参考になった」、「実験ができて楽しかった」などの声が多く聞かれました。保護者からは、「放射線について分かりやすく学ぶことができた」、「普段体験できないものが経験できてよかった」などの声もあり、主催者の目的は達成されました。



くるくるウランゲームを楽しむ参加者

しかし、「時間調整がうまくいかず、参加できないプログラムがあった。見直しをしてほしい」との声もあり、複数のイベントを重ねて実施したため、複数のイベントに参加したいお客様には、ご不便をおかけしました。今回は、この点を改善し、参加者2,000人を目標に、渋谷周辺の小中学校を中心に開催案内の強化を図って行きたいと考えています。イベント内容の概要は次の通りです。

1. おもしろ実験ショー

- (1) 光の不思議な世界；分光シートや懐中電灯、放射線測定器などを使った、光の実験ショー。虹や電磁波の性質を学び、放射線の特徴について考える。
- (2) 真空の不思議な世界；減圧装置、ピンなどを使った、真空に関する実験ショー。真空について学び、原子や分子の存在について考える。

2. 体験実験

- (1) 君は放射線に取り囲まれている；身近にある物から出ている放射線を計測。放射線の話聞きながら、自由に放射線測定器を使って、干し昆布、肥料、湯の花などの試料を測定し、身近なものから放射線が出ていることを実感する。
- (2) 見えない放射線を見る；シャーレやドライアイスを使って「霧箱」を製作し、放射線が通った跡(飛跡)を観察する。
- (3) 光のファンタジーワールド！万華鏡；光の不思議を理解・体験できる万華鏡を製作。光は波(電磁波)であることを勉強する入り口として、光に親しむ。
- (4) 地面のパワーを感じてみよう；「色つきろうそくの製作」により物質を閉じ込める力を体験。「ベントナイト(粘土)の止水試験」により粘土の性質を学び、粘土の水を止める力を体験。高レベル放射性廃棄物の処分において重要な役割を果たす「ガラス固化」と「ベントナイト(粘土)による止水性能」を体感する。

3. 参加型ゲーム

- (1) GEN-6(ゲンロック)；クイズとすごろくが一体となったゲーム。ゲームを楽しみながら原子力、石油、天然ガスについて学ぶ。
- (2) くるくるウランゲーム；ウラン鉱山をスタートして、燃料加工、発電、最後に地層処分まで、ゲームを通じて原子燃料サイクルを学ぶ。

* 電力館；<http://www.denryokukan.com/index.html>

(支部企画委員・猪飼正身, 2009年11月25日記)

学生連絡会報告

平成21年度「原子力と地域の関わりに関する調査研究活動」の紹介と この活動に参画した学生連絡会の感想

東京都市大学 大学院1年 上西紗耶加

1. ハイライト

高校生が自らの目で見、足を運んで原子力や放射線のことを調べる—そんな取組みが、全国25ヵ所の高校で行われました。この活動は日本原子力文化振興財団が文部科学省の委託を受けて行っているもの。次世代の高校生に対し、原子力や放射線に関する正しい知識の普及と理解増進に資することが、そのねらいです。4回目となった今年の活動では、高校生たちが6月から半年間にわたって、専門家の講義を聞き、原子力関連施設を見学。さらに同年代の参加者とも交流を行い、原子力・エネルギー、放射線や環境問題について理解を深めていきました。学生連絡会のメンバーは、原子力を学ぼうとするそんな高校生たちの活動のサポートを行いました。

2. 活動の概要

8月下旬に開催した交流会「高校生原子力サミット」では、全国から117名の高校生が東京に集結し、「地球環境と原子力」「核燃料サイクル」「放射線」の3つのテーマについて、計11グループに分かれ、意見交換をし、その内容を提言としてまとめ、発表を行いました。その中で、関東圏の学生連絡会のメンバー11名(東京大学、東京工業大学、東京都市大学)が高校生のサポートをして原子力の基礎知識などのアドバイスなどを行いました。本交流会の結果を各高校が持ち帰り、引き続き調査をし、その集大成として壁新聞を作成、壁新聞について審査を受け、1次選考に通過した数校が、12月に開かれる全国大会に出場できます。



グループディスカッションの風景

3. 活動に参画した学生連絡会の感想

まず、高校生と意見交換をするにあたり、印象的だったことは、高校生が原子力に必要性を感じ、なおかつ賛成する意見が多かったということです。

ですが、グループディスカッションが進むにつれ、ほとんどの学生が原子力に対し、負のイメージを強く持っていて、原子力は危険だと感じていることに私たちは気がつきました。すでに高校生の段階で、原子力についてはその危険性だけをより意識するような状態になっている人が多いので、原子力に対して施されている安全防護策や、エネルギー供給面で果たしている役割などを含めた客観的な情報を早い段階で伝える必要性を強く感じました。

また、グループディスカッションの中で、「日本の発電所でチェルノブイリのような事故が発生したら怖い」という意見に対して、「発電所のタイプが異なるから、起こらないのでは」と切り返すような学生がいて、彼らの原子力の関心の高さに感動しました。それでも、多くの高校生にとって原子力は難しいという印象が強いように筆者には見えました。筆者もグループの前で原子力全般について説明しましたが、高校生にとっては、まだわかりにくい所があったと反省しています。原子力を高校生にわかりやすく教えるために、もっと原子力を勉強しようと思いました。

これからの原子力産業の発展のためには、私たちの次を担う世代が原子力に対し理解し、協力してもらうことが不可欠だと思います。原子力を勉強してみたいと思う高校生を増やすための課題は、いかにわかりやすく原子力を伝えるかであると、今回の高校生との交流を通じて感じました。

私たちは、多くの高校生と原子力についてグループディスカッションを行い、非常に有意義でした。この経験を自分の学生生活にも活かしつつ、またこのような世代を超えた交流の場に積極的に参加したいと思います。

(2009年 12月14日 記)



⑧ 原発で考えてみた食のわがまま

食記者・編集者 土田美登世



食業界のキーワードは自然、安全

2009年の食業界を振り返ったとき、話題となったキーワードといえば「有機」「国産」だ。スーパーマーケットにそうした食材が並んだことはもちろん、レストランでは日本国内の産地を冠した食材を盛り込んだ料理名がメニューに登場した。フォワグラやトリュフだけではなく「鹿児島・黒豚のソテー 北海道・真狩村のジャガイモ 有機ハーブを添えて」みたいな料理が人気となった。つまり、これまでは贅沢を求めていたレストランに、「ECO」や「安全」といったイメージも求められるようになっていく。

東京で料理をするのだから

そうしたものがキーワードになる前から、日本全国の情熱的な生産者を休みのたびに訪ね歩いているシェフがいる。生産者の出会いのなかから、農薬を使わないハーブを取り寄せ、手を凍えさせて育てた甘い人参を葉っぱまで大事にし、ゲームハンターではなくプロの猟師が撃った鹿や鴨を料理してすばらしいひと皿に仕上げている。

彼は先日、甘鯛で有名な若狭湾近辺に仕事で招待され、原子力発電所を目の当たりにしたそうだ。

「実際、あそこでは漁が盛んですからね。安全であることはわかっているんですけど、やっぱり、怖かったです」

30代の彼は、10代のときに見たチェルノブイリ事故の赤い松の森の映像や、放射能で奇形になった野生動物の噂のインパクトがやはり大きいという。自分たちは自然の恵みをいただいて料理するのが仕事。チェルノブイリの記憶から、原子力はそうした自然とは「敵」に思えてしまうのだ、と。

もし、彼が大事にしている畑や漁港、野生動物のいる深い森の近くに原子力発電所の誘致があったら……。可能性はなくはない。唐突ではあったが「嫌ですよ？」と聞いてみた。彼は一瞬考えてこう答えた。

「本音は嫌です。でも、嫌だといっただけはいけない気がします。電力の恩恵が一番受けている東京で暮らし、東京の客を相手に料理をつくっているんですから」

日本人のあれも嫌これも嫌体質

「国産」や「有機」といったものがキーワードになる背景には、その対極にあるものへの危惧があるからだ。記憶に新しいところといえば、中国産の食材に対する拒否反応は大きな引き金になっただろう。マスコミは「中国の

毒入り餃子」とあおり、残留農薬の問題をおもしろおかしく取り上げた。同じ頃「フードマイレージ」という言葉も出て、地球に負担をかけないように輸送エネルギーのかからない日本の食材を使いましょうと言いだした。その結果、スーパーマーケットでは国産野菜、有機野菜が急に並んだ。消費者はすぐに飛びついた。

だが同時に、「食材が高い」だの「野菜に虫が付いていた」「野菜の色が汚い」だのといったクレームも多くなったそうだ。日本で育てるならもとの人件費も高いし手間隙をかけたなら経費もかかる。虫を肯定するわけではないが、農薬を使わなければ虫が付く可能性も出てくる。ちょっと考えたらわかりそうなものだが、日本人にはどうも「あれも嫌」「これも嫌」「こうしてくれなくちゃ嫌」といったわがまま体質があるようだ。

レストランでも同じだ。シェフたちはこれまで以上に努力を強いられていると思う。実は、生産者の顔が見える食材、有機農法の野菜を仕入れようとする、コストも手間もかかる。だが、それで料理価格を上げられない。フォワグラやトリュフのように高いお金を払わないからだ。付け合せの野菜だけでひと皿の値段を高くしようものなら、今の時代はネットでたたかれるだろう。お客にとってレストランはおいしくて楽しくて安全で、それでいて安いのが当たり前なのだ。

彼らに「自分の町に原発誘致の話がきたらどうする？」と聞けば、間違いなく「NO」だろう。眠らない町で、夜中まで遊んでまぶしいほどの電気をジャンジャン使ったとしても、だ。原発にNOをした結果、もし電気料金が高くなるものなら、それも「NO」。「じゃあ、どうすりゃええねん」と関西弁で突っ込みたくなるようなわがままが問題となるのは、食も原発も同じだと思った。原発を否定してはムシが良すぎる——シェフの言葉にはわがままな日本人の姿が顔をよぎったに違いない。

(2009年 12月25日 記)

土田美登世(つちだ・みとせ)

東京在住。大分生まれだが広島市に育ったため、核・原子力・放射能には常に意識がある。食欲を表す星座・蟹座に生まれ、幼い頃から食に対して異常な興味を示す。進学しても衰えず、学士論文では「手延べそうめんの厄の研究」、修士論文では「牛肉の加熱による呈味性の変化」をまとめた。食の専門雑誌「専門料理」「料理王国」の編集部就職し、編集長を経てフリーランスに。現在、食に関する雑誌に寄稿し、単行本も執筆・編集。近著は『日本イタリア料理事始め』(小学館) 趣味：小唄。先日、名取りになったことがうれしい 座右の銘：なんとかなる

原子力にもっと独創性を

放射線やリスクの教育が必要との声を (11月号の Web アンケート結果)

「原子力学会誌」11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90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。11月号で高く評価された記事について、「内容」、「書き方」に分けてそれぞれ上位4件をご紹介します。

第1表 「内容」の評価点の高かった記事(上位4件)

順位	記事の種類	タイトル	評点 (内容)
1	時論	地方から見た原子力	4.07
2	定点 “感”測	中学生の誇り、原子燃料サイクル施設—早期推進を積極的に	3.93
3	時論	ドラえもんを作ってください	3.90
4	ジャーナリスト の視点	ぬぐい去りたい地震への不安	3.81

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	時論	ドラえもんを作ってください	3.93
2	巻頭言	東京都市大学の新たな試み	3.74
3	新・不定期連載	未来型リーダーシップを抱く③ ヴィクトル・ユゴーが描いた世界	3.70
4	定点 “感”測	中学生の誇り、原子燃料サイクル施設—早期推進を積極的に	3.67

今月は、時論、連載が好評でした。

2. 自由記入欄の代表的なコメント、要望等

- (1) 時論に関して、「一見したところばかげていないアイデアには、見込みがない」というアインシュタインの言葉の引用がよい。
- (2) シリーズ解説「材料と水で軽水炉を護る」に関して、原子炉を長く安全に利用するためには、構造材料、水による事故が起こらないように、点検、保守作業が重要になる。今後も、このような地道な研究をがんばってほしい。
- (3) アンケート結果の報告の中で、点数が出ていますが、どのように算出しているのでしょうか。
- (4) 解説「都市域における放射能散布テロへの対応」のタイトルは、「放射能」ではなく、「放射線物質」が正しいのではないかと。

3. 編集委員会からの回答

- (1) 上記(3)のコメントに対して、全体の回答数と各記事の回答数を把握していますので、各記事の点数は、該当記事の回答数を用いて平均点を算出しています。
- (2) 上記(4)のコメントは、ご指摘の通りです。著者からの訂正が p. 27に記載しています。

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

説明不足の『国策』

朝日新聞 香取 啓介

2009年4月から原子力担当になり、経済産業省原子力安全・保安院を中心に、原子力政策をウォッチする機会に恵まれている。

09年一番のニュースといえば、九州電力玄海原発3号機のプルサーマル発電の開始だろう。日本初の商業用プルサーマル発電が動き出し、関係者も胸をなで下ろしている。

しかし、推進派、慎重派のこれまでの議論を聞いてみると、プルサーマルを不憫に思うことがある。10年の道のりを経て身の丈以上の役目を負わされてしまったのではないかと。

「プルサーマル」というネーミングが一例だ。1960年代の原子力長期計画(長計)では「熱中性子炉におけるプルトニウムの利用」との呼ばれ方をしていたが、80年代に「プルサーマル」という和製英語が登場した。「当時はよかれと思って考えたネーミングだったと思うが、かえって特別なことをするようなイメージを持たれた」と電力関係者は言う。

プルサーマルは欧米で十分な実績があり、ウラン燃料とさほど変わらず運転できる。とはいえ、原子力利用の慎重派からは、プルサーマルの危険性を指摘され続けた。受け入れるかどうかは、地元政治家の国や電力会社への「カード」となった。

これに対抗するためか、電力各社はプルサーマルを「日本のエネルギー政策の切り札」のように宣伝した。「ウラン資源の有効活用」「エネルギー安全保障のため」と唱え、国は受け入れ自治体に60億円の「核燃料サイクル交付金」を積み上げた。これらの反応に対し推進側から「導入へのハードルを自ら上げてしまった」との反省の弁も聞かれる。

プルサーマルが始まったことは、核燃料サイクルの輪が一応閉じたことになり、意味がある。ただ、プルサーマルはあくまでもつなぎの技術だ。高速増殖炉が動かなければ、資源の有効利用にはほど遠い。使用済みMOX燃料の処理方法も決まっていないが、推進側は「10年度から検討することになっています」と原子力政策大綱を引き合いに出して答えているだけだ。「いずれどうにかなる」との認識しか持っていないのでは、と疑わざるを得ない。

そもそも根底には「原子力政策の見えにくさ」がある。その一端が、かいま見えたのが鳩山政権による行政刷新会議の事業仕分けだった。

11月17日、日本原子力研究開発機構の高速増殖原型炉「もんじゅ」関連予算の議論。

停止中の14年間にも2,300億円かかっている事業の継続に仕分け人から疑問の声が上がった。文部科学省

の官僚はエネルギー政策基本法や原子力政策大綱を持ち出し「国の政策として決まっている」の説明に終始した。

説明を聞いていた枝野幸男衆議員は「これでは形式論だ。政治が決めたから続けるとのことなら、政治がやめたらやめるということになる」と批判した。なぜ事業を進めるか、長期的な見通しと世界状況に立った説明がなかったのだ。

原子力政策を取材していると、私も何度となく同じような感覚を持った。

この政策は「○○強化策」で決まっています。元は「△△計画」で、それは「××大綱」で示されていて……。

タマネギの皮をむき続けるのに似ている。一つ一つはがしていくと結局、根拠はよく分からない。政策決定の責任の所在も分からなまま、国策の名の下に進められていく。

計画、技術開発、立地・実用化の各段階のタイムスパンが長すぎるのも一因だと思うが、こんな説明で国民が納得するとは思えない。

世界は原子力カルネサンスの潮流にある。09年11月に発表された内閣府の「原子力に対する特別世論調査」でも、「原発を推進していく」と答えたのは6割近くに上った。回答者の半数が「地球温暖化防止に貢献することを知っていることも追い風になっている。ただ、4年前の前回調査から電力会社が信頼を回復していたのに対し、国は信頼を失っている(原発を安心と思う理由「国を信頼しているから」37.2%→33.1%)。

原子力の必要性は、電力会社や国、学会の活動のためか、社会の共通認識になりつつある。しかし今後、将来にわたって基幹電源であり続けるには、研究開発や立地、政策誘導など、国の舵取りが不可欠だ。「エネルギーは国家百年の計」「原子力は特別」。そういう思いがまず先にきて、肝心の説明をおろそかにすれば、進む政策も進まなくなる。

本当に何が必要なのか、今の枠組みから離れて、白紙に描いてみればどうなるか。誰か自らの言葉で責任を持って語ってくれる人はいないものか。

(2009年12月15日記)



香取啓介(かとり・けいすけ)

朝日新聞東京本社・科学医療グループ記者

2002年、早稲田大学法学部卒、朝日新聞社に入社。長野総局、さいたま総局、東京本社編集センターを経て08年から東京本社科学グループ(現科学医療グループ)。