

### 巻頭言

#### 1 子供達に明るい未来を残そう

堀 義人

### 時論

#### 4 自動的に進行している「脱原発」

私たちの選択肢は、脱原発を「できるだけ緩やかに」するか「できるだけ速やかに」するかの幅の中にしかない。

竹田恒泰

### 時論

#### 2 原発運営は原点に回帰せよ～「国家管理化」でリスク管理とコスト合理化を両立すべし

新基準に対応できるような工事が完了するまでの間は、現行基準での稼働を容認するのが法政治行政としてあるべき姿である。

石川和男

#### 6 科学者のネットワーク

福島の問題は、科学がいかにしてその信頼を取り戻すかにある。

坂東昌子

### 特集 原子力人材教育の現状と課題 4

#### 15 国際原子力人材育成大学連合ネットの構築とモデル事業の成果

原子力教育・研究に携わっている14大学は平成22年度に、国際原子力人材育成大学連合ネットを発足させた。本特集では産官の支援を得てこのネットが3年間で行ってきた人材育成事業の成果を紹介する。

齊藤正樹

#### 17 第1分科会「横断的原子力基礎教育シリーズ・セミナー」の成果

第1分科会では原子力分野以外の学生を対象に、大学連携TV遠隔講義を使った原子力基礎教育に関するシリーズ・セミナー事業「原子力道場」や、学生を幹事校の拠点に集めてグループ討議などを行っている。

玉川洋一

#### 19 第2分科会「グローバル原子力エリート育成」の成果

第2分科会では大学院生を対象として、国際社会において原子力事業を先導するリーダーの育成を目的とした活動を実施している。

井頭政之

#### 21 第3分科会 国際舞台で活躍できる原子力ヤング・エリート人材育成

第3分科会に所属する大学の修士・博士課程の学生を対象に国際舞台で活躍できるとともに危機管理にも対応できる人材育成をめざして、企業と連携した実践的な企業研修などを行っている。

奈良林 直

#### 23 第4分科会「戦略的国際原子力教育」の成果

第4分科会では原子力を新規に導入するベトナムやタイなど7カ国を対象に、セミナーを開催することにより原子力教育基盤構築を図った。

杉本 純



表紙の絵(洋画) 「海原へ、明日もまた」 制作者 鈴木 順一

【制作者より】 帰ってくる時に大きな虹が見えたという。しばらくはいい日和が続きそうだ。漁師の天気の見立ては正確だ。島を越えて、海原への思いを胸に、見て回る漁港の日常を描いて、見えない世界への広がり想像していただければありがたい。

第44回「日展」へ出展された作品を掲載(表紙装丁は鈴木 新氏)

## 解説

### 26 日本原子力学会「福島事故調査委員会」中間報告「学会はなにをなすべきか—これからのとりまとめの方向」

学会事故調では専門家として持つ経験・知識を活用し、福島原子力発電所事故の根本原因の究明と分析と教訓抽出を目指している。これまでの議論をとりまとめるとともに、今後のとりまとめの方向を示す。 田中 知

## 解説シリーズ

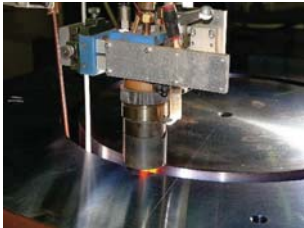
高レベル放射性廃棄物地層処分の工学技術—技術開発から理解促進へ(1)

### 30 オーバーパックの溶接と溶接部の健全性評価に関する技術開発

本シリーズではオーバーパックと緩衝材に関する技術開発の状況と、その成果を利用した理解促進活動の様子を紹介する。初回は、オーバーパックにガラス固化体を封入する溶接、溶接部の非破壊検査、溶接部の健全性評価について紹介する。

朝野英一、  
小林正人

オーバーパックの  
溶接試験(TIG溶接)



## 報告

### 35 日本原子力学会による日韓学生・若手研究者交流事業

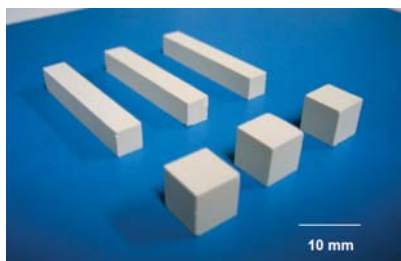
日本と韓国の原子力学会は10数年前から交流が活発になり、05年にはサマースクール支援事業が発足した。これまでの交流の経緯を振り返る。 石橋健二

## 私の研究から

### 44 ゼオライトと温故知新

セシウムを吸着する各種ゼオライトや不溶性フェロシアン化物などの安定固化法や安全性評価の成果は、吸着剤の高減容化および環境負荷低減に寄与できる。

三村 均



Cs 飽和ゼオライトの高温焼結により製造したセラミックス固化体

## 8 NEWS

- 規制委と原電、敦賀活断層で評価分かれ
- 東通でも評価は食い違い
- 「もんじゅ」の保守管理不備で是正措置
- 原子力機構、「もんじゅ」破砕帯で報告
- 規制委が安全目標で論点整理
- 汚染水対策委が遮水壁設置などを議論
- IAEA、福島対策で「統括的な戦略を」
- 11年度エネ需給で原子力供給は6割減
- 13年度は火力増で4兆円の負担増
- 原産協会が原産年次大会を開催
- UAE、トルコと原子力協定締結
- SPRING-8、X線の明るさが3倍に
- 海外ニュース

## From Abroad

### 39 Social and Institutional Management Leading to Risk Mitigation of Nuclear Power

原子力安全文化の重要性、原子力事業者の安全責任、規制者の役割、専門家と社会の関係について、これまでの放射線・原子力安全規制者として国際的事例評価の経験をもとに解説した。

Jukka Laaksonen

## ジャーナリストの視点

### 50 原子力学会員は科学者か呪術者か

後藤逸郎

### 48 新刊紹介

「科学者の責任」 佐田 務

「Agricultural Implications of the Fukushima Nuclear Accident」 横山須美

### 49 From Editors

51 会報 原子力関係会議案内、新入会一覧、「2013年秋の大会」見学会ご案内、英文論文誌(Vol.50, No.7)目次、主要会務、編集後記、編集関係者一覧

学会誌に関するご意見・ご要望は、学会ホームページの「目安箱」(<http://www.aesj.or.jp/publication/meyasu.html>)にお寄せください。

学会誌ホームページはこちら

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

# 子供達に明るい未来を残そう



グロービス代表

**堀 義人** (ほり・よしと)

京都大学工学部卒，ハーバード大学経営大学院修士課程修了。住友商事を経て，1992年，株式会社グロービスを設立。

まず，福島第一原子力発電所の事故以来，世論の厳しい批判を浴びながらも献身的な努力を続けてこられた学会員の皆さんに敬意と感謝の意を表します。決して起きてはならない事故が起きてしまったことについては，猛省が必要だと思えます。しかし，事故の検証から得られる膨大なデータと知見を活かすことによって，人類は原子力エネルギーをもっと安全に，もっと安心して利用できるようになるはずで。子供達のために明るい未来を拓き，残す者として，どうか誇りを持って取り組んでいただきたい。そして，使命感を持って正しいことを正しいと言い続けていただきたい。厳しい批判を浴びるかもしれませんが，覚悟を決めて向き合えば，必ずや国民の理解を得られるものと確信しています。

2011年8月5日，僕はソフトバンクの孫正義社長と日本のエネルギー政策について3時間半にわたる「トコトン議論」を行いました。マスコミも世論も「脱原発」一色の頃ですから，原発の必要性など説こうものなら，バッシングの集中砲火を浴び，社会的に制裁されるリスクがありました。でも，正しいことは正しいと言うべきだと信じて，あえて脱原発の急先鋒だった孫さんに公開討論を挑んだのです。その一部始終はインターネット動画で生中継され，多くの視聴者を集めました。結果として，孫さんは「脱原発論者」ではなく「原子力ミニマム論者」であって原子力を容認することが明らかになりました。すると，それまで「反原発」と叫んでいた人が迷い始め，迷っていた人は原発の必要性を感じ始め，原発に肯定的であったが黙っていた人が発言し始めたのです。

再生可能エネルギーを活用していくことは賛成です。ただし，実現性や経済性をよく考えないまま脱原発を進めてしまったら，電力料金の高騰を招き，産業を壊し，雇用を喪失し，貿易赤字は増え続け，日本の国家財政は破綻してしまうでしょう。子供達の世代に莫大な借金を押し付け，希望のない暗澹たる未来を残すことになってしまいます。そんなことは絶対にできません。

エネルギー政策を検討する際には4つの視点が大切だと思います。第1に，エネルギー安全保障という視点。エネルギー自給率が4%と極めて低い日本が自給率を上げるためには，再生可能エネルギーとともに原子力は重要な選択肢になります。第2に，50年，100年後の未来を考える視点。現在70億人強の世界人口は2083年には100億人を超えると予測されています。化石燃料はいつか枯渇するでしょう。水力や太陽光などの再生可能エネルギーだけで爆発する世界人口を賄うことは不可能です。第3は環境・生命への影響という視点。温室効果ガス(二酸化炭素)による地球温暖化は確実に進行しています。人類の存続に関わる大問題です。第4は実現性・安定性・経済性という視点。太陽光や風力は膨大な設置面積が必要で発電コストは高く，電気料金を高騰させ，経済活動に大きな負荷がかかります。気候条件による出力変動も激しく，ベース電源として原子力の代替になることはあり得ません。原発か再生可能エネルギーかというオールオアナッシングの発想では，建設的な議論はできません。子供達に明るい未来を残すために，誇りと信念と勇気を持って，今後とも正しいと信じることを発言していきたいと思えます。

(2013年5月13日 記)





## 原発運営は原点に回帰せよ～「国家管理化」でリスク管理とコスト合理化を両立すべし



石川 和男(いしかわ・かずお)

東京財団 上席研究員  
 東京大学工学部卒業。通商産業省(現経済産業省)入省。内閣府規制改革会議専門委員などを経て09年から現職。『脱藩官僚、霞ヶ関に宣戦布告!』などの著書あり。

いわゆるアベノミクス効果により円安・株高が進んだ結果、日本経済社会は全体として大きな利益を享受し始めているようだ。だが、置き去りにされている大問題がある。原子力発電所の運営に関することだ。7月の参院選後まで、政府・与党は政情などを考慮し、原発運営に関することを原子力規制委員会に“丸投げ”し続けるつもりに思える。参院選で大勝することで長期安定政権を築き、憲法改正や消費増税などの難題を円滑に進めたいとの思惑があるのかもしれない。そうは言っても、原発が定期検査後の再稼働を容認されない“塩漬け”状態をいつまでも続けると、アベノミクスどころか、日本経済社会全体に更に大きな悪影響を及ぼすことになる。

当面、社会保障と税の一体改革によって将来不安を払拭することが最優先の政策課題だ。消費税は現行の5%から、2014年4月に8%に引き上げ、15年10月には10%にまで引き上げられることが決まっている。増税分は3%分で8兆円、5%分で10兆円。原発停止によって火力発電所の追加燃料費が12年は年間3.2兆円となり、13年には年間3.8兆円と見込まれる。停止原発に係る費用負担が年間1.2兆円との政府試算があるので、今年合計5兆円が原発停止による追加負担費用として我々国民に押し掛かる。5兆円とは、消費税率10%に引き上げた場合の増税分の半分に相当する。いったい何のための消費増税なのか。海外の資源国への巨額の国富流出を伴う費用負担を強制され続ける可能性が高い。

7月に施行予定の原発新基準は「地震・津波対策」と「シビアアクシデント対策」の2本立てで、多くの原発には大規模な改修が必要となる。費用は電力業界全体で最低1.5兆円に達する見込みだ。真に必要な対策は、受益者負担を原則として実施すべきである。東京電力柏崎刈羽原発や中部電力浜岡原発を見ればわかるが、防波堤の設置などの対策を重ねることで原発の安全性が高まっている。原発以外の防災対策は進んでおらず、沿岸住民の天津波への安全対策も進んでいない。東日本大震災のような天津波が襲来した場合、原発は大丈夫だが周辺地域は壊滅するといった事態に陥らないだろうか。天津波対

策なら、原発だけでなく、沿岸地域にも防波堤を造るべきではないだろうか。

既設原発が新基準の全項目に合致するよう所要の工事を完了するには相当の時間を要する。そうになると、原発再稼働はいつになるかわからず、それまでの間は追加的な化石燃料調達や原発停止に伴う維持管理に相応の費用がかかる。いかなる制度も、新制度が施行されるまでは現行制度が適用される。新基準に対応できるような工事が完了するまでの間は、現行基準での稼働を容認するのが法行政としてあるべき姿である。原発稼働と新基準適合のための工事を並行させていくことが、新たな安全対策を効果的なものにしていくであろう。

有事の際は超法規的措置もあり得るだろう。筆者には、東日本大震災が東電福島第一原発以外の原発を全基停止に至らせる有事とは考えられない。福島第一原発以外の原発は事故を起こしていない。仮に超法規的措置が妥当だったとしても、事故直後に全原発を止めなければ整合性が取れない。現在、国内の全原発については、法的根拠なき停止という“超法規的措置”が罷り通っている。

明らかに変なのは、定期検査以降、停止状態に置かれ続けている全ての原発は、福島事故後も定期検査前までは稼働していたという事実だ。定期検査に入って根拠なく停止のまま“塩漬け”にされている。超法規的措置は、そのような措置があり得るとあらかじめ手続法として定められていなければならない。浜岡原発の停止が菅元首相の“要請”によってなされたのは、定めがないことの証左だ。今夏以降は、新基準の事後適用によって原発が止まりかねない事態になる恐れがある。そうなれば、行政権の異常な濫用となる。

5月15日、規制委有識者会合は日本原子力発電の敦賀原子力発電所2号機の直下にある断層を「活断層である」と断定する報告書を正式にまとめた。これを踏まえ、規制委は敦賀原発の再稼働の審査をしない方針を決めるようだ。日本原電が結論を覆す証拠を見出さない限り、敦賀原発の再稼働はできない。規制委には廃炉を命令する

権限はないが、原発稼働の容認の可否を決める権限を持つ。再稼働の見込みのない原発が存続するのは難しい。日本原電が「活断層でない」証明をすることができなければ、結果的に同社は廃炉を迫られる。こうした理由で敦賀原発が当初の予定通りの運営をできずに廃炉に追い込まれるのは国益の無用な損失だ。廃炉の費用は法令で「運転開始からおおむね40年かけて積み立てる」と定められている。事故原発ではない既存原発については、当初計画通りの工程で運営することが、コスト平準化や原発代替電源の確実な普及に資する。政治はそうした短期・長期の両方を見据えた政治判断をすべきだ。

「活断層があれば廃炉にする」という法令上の規定はない。活断層が近くにあると認定されたとしても、適切な対策を施せば地震による建造物の破壊は防止できるのではないか。原子力安全対策で、活断層は全体の中の一論点に過ぎなかった。そんな活断層に過度に注目して事故リスクを語り、既設原発を廃炉に導こうとするのは恣意的に過ぎる。新基準での活断層認否で「グレーなら稼働させない」という方針を規制委が続ければ原発再稼働は無理筋となろう。規制委は、原発を稼働させないために奇妙な規制を設けたいかのように見える。

原発の寿命は原則として40年程度とされる。活断層で検討される数十万年の時間と比べれば0.01%程度の時間でしかない。時間軸を考えれば、リスクを過度に注目することは著しくバランスを欠いている。活断層の近くに原発があることが危険というならば、新幹線、工場、学校、病院にも同じことが言える。今の規制委の新基準に対する姿勢は恣意的だ。福島第一原発のような事故を繰り返さないため、安全を追求しようとする意欲は理解できる。しかし、「独立性」を政治家など外からの圧力に屈しないこととだけと捉えるべきでない。幅広い意見を集めて適切な判断を行うことを期待されているからこそ、「独立性」が認められると解するべきだ。

規制委発足当時の野田前首相は、原発再稼働について「規制委が主導的な役割を果たす」と述べていた。現政権を担う安倍首相も、規制委の安全を確認したものから稼働させると語り続けている。規制委が自らの責任を減らそうと事故リスクについて非常に厳しい見方をするのは当然だが、今の規制委は我が国のエネルギー安全保障体制を危うくする存在でしかない。規制委の設置根拠法について、原発運営に係る決定権をエネルギー行政に置く

ような改正が必要だ。

震災以前から、ゼロからの原発の新規立地計画は極めて困難な状況にあったが、震災以降その傾向は更に固いものとなっているだろう。「自然的脱原発」は必ず訪れる。既設原発は今後とも最大限に有効活用して、当初計画以上の化石燃料輸入に伴う国富の追加的流出を抑制し、当面の電力コストの上昇要因を極力排除するために貢献させていくべきだ。原発代替電源の開発と円滑な廃炉のための財源を蓄積するためにも、一定の収益確保が求められる。特に東電の場合には、原発事故に係る賠償や除染に向けた所要の財源を確保するためにも、当面は被災していない原発の稼働は緊要となる。事故原発ではない柏崎刈羽原発を早く稼働させるための地元説得と決断を安倍政権は急ぐべきだ。廃炉には、相応の費用と技術の実証が必要となる。これに関わるヒト・モノ・カネをしっかりと確保していくことが肝要だ。マスコミ報道によく見られる今のような“世論”では、原子力分野に有能な人材や資金が集まることは期待できない。国家事業としての位置付けを明確に打ち出すことこそ、今後の原発の稼働や廃炉の円滑化にとって不可欠なものとなろう。

電力を低廉安定供給するシステムの維持は、エネルギー政策を司る政府の役割だ。「国策民営」を逆手にとって、その役割までも電力会社にアウトソーシングしている現状を改めるには、「原子力事業の国家管理化」しかない。と言っても、電力各社から原子力部門を資本分離し、国が所有することが良いとは思えない。民間主体で原子力を運営していく基本スキームは維持し、原子力部門に国家公務としての位置付けを明確に与える。原子力に係るリスクが顕在化した現在、原子力事業に対する政府の責任を明確化しない限り、民間企業が原子力事業に要する資金を調達することは難しい。政策変更により原発が当初計画を逸れて停止や廃炉に追い込まれた際には、国が責任を持って費用負担する仕組みが必須だ。それが、ここで提起したい「国家管理化」である。

これにより、電力会社が、竣工、検査、再稼働、廃炉のタイミングごとに恣意的な政治判断を押し付けられることを防ぎ、国自身が自らの責任において稼働・停止・廃炉などを実施するように仕向けることができる。原子力事業は純民間事業ではなく、国家事業であるという原点に回帰してこそ、原子力事業が適切な形で再起動していくものと強く確信する。(2013年5月20日 記)



## 自動的に進行している「脱原発」



竹田 恒泰(たけだ・つねやす)

慶應義塾大学 講師

昭和50年生。慶應義塾大学法学部法律学科卒業。現在、慶應義塾大学法学部講師。平成18年11月『語られなかった皇族たちの真実』(小学館, 平成18年)で山本七平賞を受賞。その他近著に『これが結論! 日本人と原発』(小学館, 平成24年)などがある。

福島原発の事故を機に、原発を巡ってこれまで様々な議論が重ねられてきた。主に「原発を推進する立場」と「脱原発を目指す立場」に大別されるが、「原発推進」「脱原発」という言葉の印象とは裏腹に、日本人が選択可能な範囲はあまり広くないという点を指摘したい。これにより、今後の議論が整理されることを期待する。

原発推進派は、原発を早期に再稼働させ、従来の発電比率を維持すべきと主張してきた。これに対して脱原発派は、直ちに全基廃炉、もしくは出来るだけ早い時期に脱原発を実現させるべきと主張してきた。本稿では再稼働については脇に置き、将来的に原発の数とその発電比率を維持することが可能であるか、検討を試みる。

原発の発電比率を将来にわたって維持するためには、運転寿命を迎えて廃炉になると、少なくとも同じペースで新設する必要がある。もし新設よりも廃炉のペースの方が早ければ、原発を新設し続けても、将来必ず原発はなくなることになる。

平成24年の原子炉等規制法の改正で、原発の運転期間を原則40年とし、原子力規制委員会の認可を条件に20年を上限に1回に限り延長が認められることが定められた。電力会社からの要請があれば、規制委は個別に審査し、延長の可否とその期間を判断することになる。しかし、規制委の田中俊一委員長は、延長の基準を満たすことは「そう簡単ではないと思う」と述べ、延長には時間とカネがかかり「費用対効果の面で必ずしも旨味があるものではない」と指摘している。

将来何基の運転延長が申請され、そのうち、何基がどの位の期間の延長が認められることになるか、現時点では全く不明だが、現在運転開始から40年超の原発は3基、また30年超の原発は14基にのぼるため、運転延長は電力会社の強い要求となっている。

今後新設がないことを仮定して計算すると、次のようになる。現在40年超と30年超の原発計17基のうち、もし一部が10年の延長を認められたとしても、今から20年後の2033年には、その17基が全て廃炉になり、原発の総数

は33基に減るばかりでなく、その頃には、現在20年超の原発21基が一斉に40年超を迎え、それらについて延長の可否が議論される。そして、仮にその一部が10年の延長を認められたとしても、今から30年後の2043年には計38基が廃炉になり、その時点で原発の総数は12基に激減していることになる。

もし将来にわたって原発の数を維持するなら、2033年までに17基を新設して稼働させる必要がある、また2043年までにさらに21基を新設する必要がある(無論、出力により差は生じるが、ここでは単純化して基数だけに特化していることをお断りしておきたい)。

果たして、20年間で17基、その後の10年でさらに21基の原発を新設することが可能であろうか。それが可能であれば原発の発電比率を維持することができるが、不可能であれば自然と脱原発に向かって緩やかに原発の総数が減っていくことになる。

現在建設中で完成間近の2基(島根原発3号機・大間原発)が将来稼働する可能性は高いとしても、その他建設中1基と計画中の8基のうち、一体何基が稼働に持ち込めるか現時点では全く不明であり、一部は中止される可能性もある。原発は他の発電プラントと異なり、新しいサイトを設置する場合には、新設計画が立ち上がってから稼働まで30年程度の期間を要する。それどころか、福島原発の事故後は、活断層の評価が厳しくなったことや、地域の自治体や住民の原発アレルギーが強まったこともあり、新設へのハードルは以前より高まった。また、既存サイトの増設も同様に、計画から稼働までに要する時間はより長くなるものと推測される。

原発新設には煩雑な手続きを伴う。福島原発事故後に原子力安全委員会が廃止されたことで、原発新設の手続きは全面的に改訂され、原子力規制委員会が一元的に対応していくことが決まったが、未だ不透明な部分が多い。今後の改訂は従来の手続きよりも敷居が高くなるのがあっても、簡素化されることはないと思われる。

本稿では従来の手続きについて、大まかに流れを示す



ことにする。まず、電気事業者は発電所の立地点を選定し、「環境影響評価方法書」などを経済産業省に提出して環境審査を受ける。その結果は総合資源エネルギー調査会電源開発分科会で審議され、知事の同意を得た上で、立地点として決定される。次に電気事業者は「原子炉設置許可申請」を経産省に提出して一次審査を受け、この審査結果について原子力安全委員会と原子力委員会の二次審査を受け、経産大臣に答申する。経産大臣が文科大臣の同意を得て原子炉設置を許可すると、電気事業者は「設計および工事の方法の認可」を経産大臣に提出し、認可を得て工事を着工させることができる。工事の工程ごとに経済産業省の検査を受け、使用前検査に合格すると、営業運転を開始することができる。

原発新設にあたり、実際にどの位の期間を要するか、最新の具体例を示したい。青森県下北郡大間町に建設中の大間原発は、1984年12月に大間町議会が原発誘致を決議して、2008年5月の第1回工事計画認可を受けて着工したものの、福島原発事故によって工事の中断を余儀なくされ、当初2014年11月の運転開始を予定していたのを、現在は「未定」としている。震災がなければ、町議会が誘致を決議してから30年で稼働できる予定だったことが分かる。

次に、既存サイトでの原発新設について、最新の事例を示す。島根原発3号機の増設は、1997年3月に、中国電力が島根県に増設の事前了解の申し入れをしたことで手続きが始まった。これを受けて島根県は調査委員会を設置して調査審議を行い、2000年9月に中国電力に安全協定に基づく事前了解を回答し、その後、原子炉設置変更許可の手続きなど、建設に伴う諸手続きが行われ、06年10月に本工事が着工された。12年3月の稼働を予定していたところ、震災によりその時期は「未定」とされている。既存サイトへの増設でも、手続きが始まった1997年から稼働予定の2012年まで、実に15年の歳月を要することが分かる。

この二つの事例は、福島原発事故前のものであり、今後は先述のとおり、新・増設のハードルは確実に高くなるため、新サイトの30年と既存サイトの15年を上回る準備期間が必要とされることになろう。

このような状況から考察すると、先ずもって20年後の2033年までに17基を新・増設することは不可能というほかない。将来にわたって原発の発電比率を維持するためには、30年後の2043年までに38基の原発を新・増設する必要があるが、これを実現するためには、立案から稼働までに要する期間を30年と想定すると、今直ちに38基分の新・増設の手続きを開始する必要がある、また要する期間を20年に短縮できたとしても、同じ手続きを遅くとも10年後までに開始する必要がある。

果たして10年後までに38基もの原発の新・増設の手続きを開始することが出来るだろうか。これが可能となっ

て、初めて従来の原発の規模を維持することが現実のものとなり、これができなければ、時間と共に原発の数は減少することになる。

米国では1979年にスリーマイル島原発事故が起きてから現在までの34年間、新たに着工した原発は1基もない。日米では事情が異なるとはいえ、建設中だった原発の稼働時期も見渡せない状況で、新・増設の計画が進展する見通しは立っていない。このような膠着状態が米国のように数十年続く可能性もある。

先述のように、現在30年超の原発17基が全て10年間の運転延長を認められた場合でも、20年後の2033年にはその17基が全て廃炉になるばかりでなく、その頃には、現在20年超の原発21基が一斉に40年超を迎えることになる。その21基のうち半分が廃炉を選択するか、もしくは運転延長を認められなかったと仮定すると、その時点で計算上は27～28基が廃炉になる。他方、20年後までに新たに稼働することが見込まれるのは、現在建設中の2～3基程度で、他の計画中の原発は未知数である。運良く計画中の原発8基のうち半数が10年以内に着工することができたとしても、新・増設できるのは合計で6～7基となる。このように希望的観測で見積もっても、20年後の時点で、原発は現状より21基減少し、合計29基に激減することになる。また、もし完成間近の原発だけが稼働に漕ぎ着けられた場合では、新・増設できるのは合計で2基となり、原発は現状より25～26基減少し、合計24～25基となる。しかも、原発が減少する速度は次の10年でさらに加速する。

ところで、日本の原発が減少する要素は原発の老朽化だけではない。第一に、安倍内閣が閣議決定した発送電の分離は、これまで独占状態が続いていた電力業界を自由化に導くもので、原発の維持にはマイナスに働く。第二に、福島原発事故後に火力発電設備が次々に新設されたことで、節電目標を定めずに夏の需要期を乗り越えられるようになり、電力不足が原発推進の動機にならなくなりつつある。第三に、米国のシェールガスを輸入する目処が立ちつつあり、また安倍内閣が石炭火力を推進する方針を打ち出したことで、今後、燃費を抑制することができる道が開け、燃費負担問題が同様に原発推進の動機にならなくなりつつあることが挙げられる点を付言しておきたい。

これまでの検討により、日本は自然と脱原発に向かっていると結論することができよう。そして、この脱原発の流れを転換し、30年後に至っても従来の原発の発電比率を維持することは、極めて困難であることも併せて見通すことができたと思う。したがって、今私たちが選択できるのは、原発維持と脱原発の間ではなく、脱原発を「できるだけ緩やかに」するか「できるだけ速やかに」するか幅の中にしかないのである。

(2013年5月23日記)



## 科学者のネットワーク



坂東 昌子(ばんどう・まさこ)

NPO 法人 知的人材ネットワーク  
あいんしゅたいん 理事長

1937年生(大阪)大手前高校卒('56), 京都大学理学部卒('60), 同大学院(湯川研)博士課程卒('65), 同助手・講師を経て, 愛知大学教養部教授('87), 男女共同参画推進委員長を経て日本物理学会長(2007), 現在 NPO 理事長。

はじめに: 「ほんとに, 好奇心だけで, 研究をしてこられたのですか?」という問いに私は戸惑った。この春の原子力学会男女共同参画の講演打ち合わせの席のことだ。彼女には, 私が古生物にでも見えたらしい。「どうしたら社会の役に立つのか」をずっと考えてきたという姿勢が見える。それに対して, 基礎科学分野は, すぐには役立たない。考えてみれば, 好奇心だけで研究出来るなどというのは贅沢な話だ。とはいえ, 女性の場合, 研究を続けるのはそう簡単ではない。常に, 何のために研究するのかと自問自答してきたことは確かだ。

コペンハーゲン精神: 20世紀は, 古典力学の枠を超え, ミクロの世界や宇宙の果てまでも統括する量子力学と相対性理論による近代科学の幕開けから始まった。原子・原子核, 素粒子の謎を解く営みが始まったのだ。多くの輝かしい巨匠が活躍した。そのリーダーの一人が, デンマーク, コペンハーゲンのニールス・ボーアである。ワイスコップは, ボーアの追悼集で述べている。「彼は, 科学が, 国家や政治の境界を越えた永続的な連帯を作り出す上で, そして地上に人類の超国家的社会の萌芽を作り出す上で, 果たすに違いない指導的な役割に気づいていた。」「科学は人間の協力の最も進んだ形の1つであると彼は考えた。それゆえ, 科学はよりよい人間関係へわれわれを導いてゆくに違いない」。

自由とは法則の認識である。自然の掟は冷徹だ。事実を無視し, 法則を外れた行動や方針は, 必ず失敗する。だからこそ, 科学は, 人類にとって, 国境を越え性差を超えた人類の純粋な共同作業を作り出し, 世界が戦争に巻き込まれた時代にも, 人々の絆をつくり, 国境を越えたネットワークを作り上げた。これが, 湯川精神でもあり, その原点ともいえる「コペンハーゲン精神」である。そして, そこから得られた科学的知見こそ, より良い生き方へと導く指針となれるのだ。

地平を開く気風: コペンハーゲン精神の影響は, アジアの東端にある日本にも伝わった。ヨーロッパに渡った先輩たちは, 単に真似をしたわけでも, 追いつこうとし

たのでもない。近代科学の息吹をいち早く察知したコスモポリタンであり, このコペンハーゲン精神を身に着けた伝道師だった。「先取の気風」は, 若者を未知の分野の水先案内に仕立てた。新たな学問の先端は, 大学の枠を超えたネットワークを作り目的のために助け合った。原子物理学を案内したのは, 湯川秀樹・朝永振一郎・坂田昌一・武谷三男で, 国内を結ぶネットワーク, 素粒子論グループ(SGと略す)が形成され, 学問の前では, 老いも若きも上下の区別なく対等平等だという「研究室憲章」を打ち立てた。コペンハーゲン精神は, 何も SG に特有のものではない。新たな分野を開拓するフェーズでは, いいものを評価し助け合う, 地平を開く気風が生まれる。例えば, 佐渡敏彦氏の講演会(大人の科学教室)を京都で開催した。ここには物理と生物の研究者, 教師や市民も加わった。放射線生物学の大先生だ, この機会を逃せないと思い, 単刀直入の質問をした。失礼であったかなと気になった。佐渡氏の「自由闊達なご発言と討論の雰囲気は私が若い頃に過ごした遺伝研で私が身につけた上下の別なく自由に発言, 討論する雰囲気に非常にマッチしていましたので, 私にとっても非常に楽しく有意義な数時間でした。」とのお答えに, 先端を切り開いた気風にはあい通じるものがあるなと胸が熱くなった。

2011年3月11日: 東日本大震災に伴い起きた福島第1原発事故は, 科学の在り方を巡って様々なことを問いかけた。原子物理学を専門とし湯川研究室で育った私は, 原子力研究と原子物理の乖離がなぜ起こったのか, それが今回の事故とどう関係しているのか, それがずっと気になっていた。また, 低線量放射線の生体への影響の評価について, 生物屋と物理屋との議論が決定的に欠けていたことを思い知った。2つの謎はこれと関係する。

湯川原子力委員辞任の謎: 1952年, 戦後禁止されていた原子力研究が解禁になったとき, 学術会議は原子力研究が戦争の具にされないという誓を込めて原子力3原則をきめた。SGで原子力問題が沸騰したのは, 1954年である。その1つは, 政府が初の原子力予算を計上, 原子



力委員会が立ち上がった。湯川委員の主張「急がば回れ」は退けられ、翌年には湯川原子力委員の辞任に至る。とともに、「原子力はもう SG の守備範囲ではない」と見切りをつけたような雰囲気があったのではと思う。湯川の原子力委員辞任の思いを考えると、さもありなんとと思う。実際、湯川も坂田も、その後は原子力に関して公式な発言はしていないし、SG の歴史を紐解いても、物理屋は、核兵器廃絶への取り組みのみに目標を設定している。まして、原子力に対する学問的言及はほとんどなく、東京で原子核研究所設立を巡って、市民を説得した際も、「原子力と原子核は違う」ことを強調している。原子力と原子物理との乖離は、そのまま現在に至ったのである。実際、私も学問としての原子力問題まで思いを広げたことはなかった。原子力は応用の段階に入り、物理屋はもう関係ない、ということで済まされる問題だったのか。今回の事故を経験して、両者の連携のなさを痛感したのは私だけであるまい。

武谷三男の謎： その中で、当時、武谷だけは原子力に対して意見を表明した。同じ1954年、ビキニ水爆実験の放射線降下物がマグロ漁船(第5福竜丸)を覆った。半年後(9月23日)無線長だった久保山愛吉氏が他界。「急性放射能症で死去」と報道された。武谷著『死の灰』(1955年8月初版)には、ビキニ患者主治医の東大内科 三好和夫博士の詳細な記録がある。そこには、「放射能症」という用語が見られる。「非科学の科学—放射能は人体に危険なのか、危険でないのか」(1955年「改造」)は、1971年星野芳郎編『科学技術の思想』に転載されている。そこでは、ビキニと住民に被害が少ないのに日本の患者に圧倒的に肝臓障害が多い原因を、自然放射線との比較も含めて、武谷は、あらゆる科学的考察を駆使して推理している。読んでみると、そこに展開された論理は、3・11後の「低線量放射線の危険」を主張する理論構築がここにあったことを痛感する。原因が分からないが、ともかく肝臓障害が起きているのだから明らかにこの事実を説明する必要がある。武谷の論理は明快だった。輸血が危ないという話は医療関係者の間では流布していたが、大量輸血による血清肝炎、いわゆる輸血後肝炎が死因だと公にされたのはいったいいつなのか。物理屋は聞いていない。生物屋はライシャワー事件以後にはほぼ明確になっており、1970年 B 型、1988年 C 型ウイルス確認と次々と明らかになった。三好医師の貴重な報告を読めば輸血後肝炎だったことは明らかだそう(宇野賀津子氏)。謎は、幅広い見識を持つ武谷にどうしてこの情報が届かなかったのか。少なくとも1964年には売血から献血に変更された時点で情報が共有できていいはずだ。分野間が分断されたせい、医者サイドで公にしなかったのか、政治が絡むのか。

科学の信頼の回復： 以上の2つの謎は、湯川世代の問題ではない。あとに続いた SG すべて、同じ道を歩んだ。

「原子力研究に飛び込んで、そこで基本性を守る行動をおさえているのも、必要を感じながら幅広い分野の研究者を結びつける行動が進まないのも、素粒子論研究者に、ある種のセクショナリズムが萌やしつつある(原文ママ)ためではなかろうか」という片山泰久・山田栄治の論説(1956年「自然」)は、今、大きな意味をもつ。

事故調査への期待： 「いかに重大な事故とはいえ、4つも事故調が出るのは前代未聞」と日本科学技術ジャーナリスト会議はいう。事故は常に起こる可能性がある。原子炉事故と他の事故との違いは何か。天災、人災、科学技術的欠陥…多様で複合的な事故であっても、エッセンスを抉り出してほしい。なぜ福島第一と女川や福島第二とは異なる経緯をたどったのか、新幹線は今回の地震では新潟地震以後かなりの対策を施したため事故には至らなかったというが、原発は新潟地震の教訓から学ぶことはなかったのか、その違いは制度的欠陥からくるのか、疑問はいろいろある。事故調がいくつでも、お互いの見解の違い、整合性も検討されないまま今に至っている。それを明らかにする科学的な検討の場は設けられているのだろうか。原子力学会が自ら事故調を立ち上げたからには、こうした手続きを踏んだ科学的議論の積み重ねが必要ではないか。米国原子力学会は、2012年に、分厚い福島に関するレポートをまとめているし、今必要なのは、偏見に頼らず事実をもとに議論を尽くした末に出てくる真実である。事故は複合的な要因が重なって、大きな事故につながることは確かである。ハインリッヒは、同一人物が起こした同一種類の労働災害5,000件余を統計学的に調べた、重大事故1に対して、29件の中小規模の事故、そして、300件の「ヒヤリ・ハット」が起きているはずだという。その陰には、幾千件もの「不安全」な状況が生じているはずだという(ハインリッヒの法則)。ヒヤリ・ハット、不安全の段階で、措置を講じれば事故は防げる。だからこそ、技術者は、“Get the Fact”が大切なのだ。現場をしっかりと見つめることこそ大切だ。今、私たちは、歴史的な重大事故を経験したのだ。4事故調後に出るのだから、著名機関の報告の引用ではなく、現場を見据えた科学的な検証、さすが学会らしい、といわれるような説得力のある報告を期待したい。

科学の復権を： 「福島最大の問題は、科学がいかにしてその信頼を取り戻すかだ。これはこれから50年100年の人類の歴史の方向を決める重大課題だ」国際会議での立ち話で UNSCEAR の Weiss 博士が熱く語られた言葉が忘れられない。放射線のリスクについてどれだけ科学的に確かな情報を科学者として語ることができるかを問いただそうと、あらゆるセッションで質問を投げかけ食いついていく科学者魂を目のあたりにした。科学者の信頼が失墜した要因を探ることこそ、今私たち科学者一人一人が直面している歴史的課題ではないだろうか。

(2013年5月12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。

## 規制委と原電、敦賀発電所の活断層で評価分かれる

原子力規制委員会は5月22日の定例の委員会で、日本原子力発電の敦賀発電所敷地内のD-1破碎帯を、耐震設計上考慮する活断層だと判断した。5月15日に規制委の「敦賀発電所敷地内破碎帯に関する有識者会合」が評価した内容を了承した。ただし「今後、新たな知見が得られた場合、必要があれば、これを見直すこともあり得るが、その際には、追加調査等によって、後期更新世以降の活動を否定する客観的なデータを揃えることが必要」だとしている。

日本原電は敦賀発電所の敷地内を走るD-1トレンチ内の地層について、同地層は最下位の①層から最上位の⑨層に区分され、⑤層には約9万5千年前に降下した火山灰が含まれる、⑤層下部に約12万年前に降下した火山灰が含まれることから、⑤層より上位は後期更新世の地層だと主張していた。

これに対し規制委員会は、⑤層下部で確認された火山灰の降灰層準の認定と火山灰の同定は不十分であり、⑤層下部を約12万年前の地層の特定するのは困難等の理由により、同地層は活断層であることを否定できないと判断した有識者会合の判断を承認した。

これに対し日本原電は5月22日、規制委に対し「客観的なデータによる科学的、技術的な判断を行うよう、再三にわたり要望」してきたにもかかわらず、「これらを何ら考慮することなく、また、これまでの審議経過・内容等を何ら詳細に検証することなく、報告書が了承されたことは、規制権限を行使する規制当局として、誠に不適切

であり、当社として断じて受け入れることはできない」とするコメントを公表した。

さらに日本原電は5月22日に規制委員会に対し、公開質問状を提出した。質問は15項目からなる。このうち「D-1破碎帯については、G断層、K断層が「一連の構造である可能性が高いと考える」根拠に対し、「印象的、感覚的な推測や可能性のみにより、客観的なデータに基づく証明は何ら示していない」として、規制委としての見解を問うている。また、結論を導く根拠について同社は、「D-1破碎帯が活断層ではないことを調査に基づく客観的事実とデータにより科学的に証明し、説明しているのであり、仮にこれを覆すというのであれば、規制当局こそがその裏付けとなるデータと根拠を明確に示して科学的に証明し、説明する責任がある。その証明責任、説明責任は指針が『活動が否定できないもの』と表現されていようとなかろうと何ら変わることはない」として、規制委に説明責任があることを指摘した。

なお日本原電はこれに先立つ5月21日に、2つの国際的な専門家グループによる中間的なレビュー報告を公表した。報告では全般的に日本原電の現時点での見解を支持しており、規制委の有識者会合と日本原電の報告書については今後、論点が包括的に整理されているかについて、中立的な専門家によって評価されるべきだとしている。

(原子力学会編集委員会)

## 東通でも評価は食い違い

原子力規制委員会の東北電力東通原子力発電所敷地内破碎帯の調査に関する有識者会合は5月17日の会合で、東通発電所の敷地内にあるF-3、F-9などの断層は後期更新世に活動した断層である可能性が否定できないとする報告をまとめた。有識者会合では、F-3断層には後期更新世の地層に横ずれ断層運動に特徴的な花卉構造に類似した多数の小亀裂が認められることや礫の落ち込みなどから、横ずれを伴う断層活動の可能性が否定できない、またF-9断層を覆う地層には累積性を有する可能性があり、断層活動の可能性が否定できないなどの理由をあげている。

これに対し東北電力は5月17日、敷地内の主要断層は

後期更新世以降の活動はなく、耐震設計上考慮する活断層ではないとする見解を発表した。同社によれば「礫の落ち込みは侵食・堆積作用によるものであり、横ずれ断層に特徴的な花卉構造は認められない」「F-9断層が逆断層として活動した場合、東側(下盤)が隆起することはない」と反論している。なお東北電力では7月中に固結・岩石化に係る新たなデータの提示などを行う予定で、原子力規制委員会に対しては、「今後も審議を継続し、追加地質調査で得られる新たなデータや知見を確認いただくとともに、科学的データに基づいた幅広い議論を行うよう求めている。

(同)

## 「もんじゅ」の保守管理不備で是正措置

文部科学省は5月16日、日本原子力研究開発機構の「もんじゅ」で起きた機器の保守管理不備に対し、5項目の是正措置を求めた。その内容は下記の通り。

- ・未点検機器の点検及び保全計画の見直しを早急に完了し、安全の確保に万全を期すこと。
- ・本件に係る責任の明確化を図った上で、再発防止に係る仕組みや体制の整備を図ること。
- ・機構役職員の安全文化の醸成に改めて最大限努める

こと。

- ・その他原子力規制委員会の命令等に対し早急に必要措置を講ずること。
- ・上記に加えて、今後の「もんじゅ」の取組を進めるに当たっては、安全の確保のための取組を最優先とすることを改めて徹底すること。

(同)

## 破砕帯の活動性はないと評価、「もんじゅ」敷地内

日本原子力研究開発機構は4月30日、「もんじゅ」の敷地内破砕帯に関する追加調査結果を原子力規制委員会に提出した。敷地内破砕帯には、活動的であることを示す痕跡は認められず、敷地から約500m西に位置する白木一丹生断層に引きずられて動くこともないと判断している。調査結果は今後、規制委の専門家会合で評価される。

原子力機構は12年8月、旧原子力安全・保安院より、「もんじゅ」の白木一丹生断層との地質構造上の関連性などに関する指摘を受け、追加調査を実施していた。今回の調査報告では、原子炉建屋基礎岩盤部で最長のa破

砕帯周辺の地形に断層変位は認められず、破砕帯性状も白木一丹生断層とは異なり、活動的であることを示す痕跡はないとしている。また、海上音波記録からも、白木一丹生断層と敷地内破砕帯のつながりを示す活構造は認められず、地盤変動解析の評価で、活動した場合であっても、複数の破砕帯に生じるひずみや応力は極めて小さく、破砕帯が引きずられて動くことはないなどと結論付けている。

(資料提供：日本原子力産業協会、以下同じ)

## 規制委が安全目標で論点整理、重大事故は100万炉年に1回以下

原子力規制委員会は4月10日、「安全目標」の今後の「議論の基礎」をまとめた。中断していた検討を再開するため、論点を模索してきたもの。

福島原子力事故の経験を踏まえ、原子力発電所は「事故時のCs-137の放出量が100テラベクレルを超えるような事故の発生頻度は、100万炉年に1回程度を超えない」ことを追加すべきとしている。Cs-137放出量100テラベクレルは、福島第一発電所事故のおよそ100倍、チェルノブイリ事故のおよそ10倍のレベルに相当する。

また、新たな規制で要求されるバックフィット制度の導入と同様に、「安全目標」はすべての原子力発電所に区別なく適用する方針だ。

田中俊一委員長は今回の決定について、「国際的レベルではまだ一里塚」と説明。規制委員会発足当初から、安全目標の議論の必要を主張してきた更田豊志委員は、「原子力発電所がある限り、リスクは決してゼロにならない」として継続的議論の意義を述べた。

## 汚染水対策委が遮水壁設置などを議論

東京電力福島第一原子力発電所の事故炉廃止措置における汚染水処理対策委員会の初会合が4月26日に開催され、大手ゼネコンより地下水流入の抑制策の提案を受けるなど、今後の中長期的対応の検討に着手した。同委員会は福島第一発電所の汚染水処理対策を総点検し、「今後対応の方向性」を5月中にも取りまとめるなど根本的解決策を検討していく。そのうえで6月中に親委員会の廃炉対策推進会議で見直される中長期ロードマップに、検討内容を反映する方針だ。

初会合では東京電力が、1日当たり400m<sup>3</sup>の地下水が

建屋に流入していると報告。地下貯水槽汚染水の地上タンクへの移送に加え、外部への汚染拡大防止のため、地下水バイパスの施工や陸側遮水壁の検討を行っていると言明した。

これに対し大成建設、鹿島、清水建設は恒久的対策として、建屋内への地下水流入量を大幅に低減する遮水壁施工を提案した。このうち鹿島の提案する「凍土遮水壁」は、1～4号機を取り囲む延長1,400mに、凍結管を地盤中に1m位の間隔で設置し、管内に-40℃程度の冷却材を循環させ、さらに凍結管周りに凍土の壁を造成する



もの。凍土がとけない限り、完全な遮水性能が維持され、地震時にクラックが入っても、直ちに再固結する自己修復性がある。また電源喪失になったとしても、数か月が

ら1年程度は完全融解せず、遮水性が維持可能であるという。

## IAEA 調査団、福島第一対策で「統括的な戦略を」

IAEAの専門家チームが4月15日から22日にかけて、日本を訪問した。東京電力の福島第一原子力発電所1～4号機の廃炉に向けた取組みの評価や、原子炉の安定状態や汚染水の漏えいトラブルを含め、放射性物質の放出管理など直面する課題について評価、助言を行うのが、その目的。

調査を終えた同調査団団長のファン・カルロス・レンティッホ氏は4月22日、都内で会見し、現地を視察した所感として「極めて献身的な作業」と評価する一方、汚染水の問題については「新たに統括的な戦略を立てる必

要」を指摘した。

また同氏は、廃止措置に向けた中長期ロードマップの早期策定、使用済み燃料プールからの燃料取り出し加速化、困難な原子炉からの損傷燃料の取り出し計画が進められていることを評価した。一方、廃炉の最終形態を定義する議論、トラブル対応に関する報告・コミュニケーションに関連し、ステークホルダーの関与の必要などにも言及。東京電力に対し、安全上重要なシステムの信頼性向上、施設の構造的健全性評価、外的リスクからの防護を向上させる継続的改善を助言した。

## 11年度エネ需給で原子力供給は6割減

経済産業省が4月12日にまとめた2011年度のエネルギー需給実績によると、最終エネルギー消費は、生産量の減少や節電効果等により、前年度比で3%減になった。エネルギー源別の最終エネルギー消費は、生産量の減少や節電効果等により電力が大きく減少(前年度比

6.2%減)した。一方、都市ガスが増加(同・+2.5%)した。

また1次エネルギー国内供給は、原子力が前年度比で64.5%減少する一方、原子力代替のための火力発電の増加の影響で、天然ガス(同・+16.4%)と石油(同・+3.3%)が増加した。

## エネ調小委、13年度は火力増で4兆円の負担増と試算

経済産業省の電力需給検証小委員会(委員長=柏木孝夫・東京工業大学特命教授)は4月17日、今夏の需給見通しは、いずれの管内も、安定供給に最低限必要な予備率3%以上を確保できるとする報告書をおおむね了承した。しかしながら大規模な電源脱落があれば、電力需給

ひっ迫の可能性もあるとして、引き続き、「予断を許さない状況」と警鐘を鳴らしている。また、電力需給の量的バランスだけでなく、コストにも留意すべきとし、13年度の原子力発電稼働停止に伴う火力たき増しによるコスト増は3.8兆円にのぼるとの予測値を示した。

## 原産協会、「第46回原産年次大会」を開催

日本原子力産業協会の「第46回原産年次大会」が4月24日と25日、東京で開催された。福島第一原子力発電所の事故後、国内では脱原発の議論もなされるなか、「原子力ゼロ?—世界がつきつける日本の責務」が今回の基調テーマ。世界の中で日本が原子力開発利用に果たすべき役割などを内外の識者の参加を得て議論した。

原産協会の今井敬会長は大会初日の所信表明で、「基幹電源としての原子力の必要性は自明」とし、安全が確認された発電所の再稼働に「早期に適切な判断を求めると述べた。ほぼ全ての原子力発電所の長期稼働停止に伴う日本経済への影響に加え、安定供給、エネルギー安全保障の観点からも、安全が確認された原子力発電所の早

期再稼働が必要だと訴えた。また日本は事故の経験と知見を世界と共有し、原子力安全向上につなげる責務があり、原子力技術の海外展開は日本の成長戦略の一翼を担っていくと強調した。さらに、原子力規制委員会が検討を進める新安全基準案について、徹底的に透明性を維持し、事業者や海外の専門家などとの意見交換を十分に行った上で実効的な規制を目指すことが大切だと訴えた。

2日間の大会では、日本のエネルギーミックスのあるべき姿、安全向上に向けた取組み、海外の知見に学ぶ復興への道筋をテーマに講演と討論が行われた。

## UAE, トルコと原子力協定締結

安倍晋三首相は UAE, トルコとの首脳会談で相次ぎ原子力協定締結に合意し、協定に署名した。トルコの計画は三菱重工と仏アレバの日仏連合の新型軽水炉採用が前提。訪問先のトルコで5月3日会見した安倍首相は「福島島の教訓を共有し安全性向上に貢献していくことが日本の責務」と国際的な役割を強調した。

安倍首相は4月30日～5月3日、サウジアラビア、アラブ首長国連邦(UAE), トルコを訪問し、原子力協定締結の手続きなど、資源・エネルギー分野を中心とする経済協力を含め、各国との「包括的パートナーシップ」を強化する共同宣言を発表した。今回の中東諸国訪問は、トルコで、シノップ・サイトの新規原子力発電所建設に関し、事実上、優先交渉権を獲得するなど、今後の日本のインフラ技術売り込みを見据えた安倍政権による本格的なトップセールス外交のスタートとなった。

訪問3か国のうち、日本との原子力協定が署名に至っ

たのは、トルコと UAE。サウジアラビアとは今後、原子力協力に向けた事務レベル協議を進めることが確認された。安倍首相は3日、トルコで R・T・エルドアン首相と、両国の主要経済関係者らも交えた首脳会談を行った。両首脳は会談後に共同宣言に署名し、原子力協定とシノップ原子力プロジェクトに関する政府間協定を交換し、共同会見に臨んだ。

エルドアン首相からはシノップ・プロジェクトに関し、日本に排他的交渉権を付与するとの表明があり、今後、国内メーカーによる取組が加速しそうだ。

日本とトルコとの原子力協定の締結は、11年1月より開始されたものの、福島原子力事故で中断。トルコは、他の3か国からの参画を歓迎しつつ、同じ地震国として、日本の耐震技術と事故対策に関心を示し、再度交渉継続となった。

## SPring-8, X線の明るさが3倍に向上

高輝度光科学研究センター(JASRI)と理化学研究所放射光科学総合研究センターの研究チームは特殊な高周波電場を使用し、電子ビームの広がり(エミッタンス)を低減することでX線の輝度(明るさの指標)を大幅に向上する手法を考案した。この手法を大型放射光施設 SPring-8の蓄積リングに適用すると、輝度が約3倍向上することが判明したことを4月2日発表した。

近年、「SACLA(さくら)」などのX線自由電子レーザー(XFEL)により、原子レベルの高分解能で極めて短い時間スケール(千兆分の1秒程度)の観察が可能になり

つつあるものの、XFELは強度が強いため瞬時に観察試料を破壊してしまうので、長時間にわたり現象を観察するには不向きとされてきた。そのため、試料を破壊せず生物試料などをそのまま結晶化せずに観察可能な光源として「次世代リング型放射光光源」の開発が進められている。

今回考案の高周波電場を用いる手法は、SPring-8の蓄積リングへの適用も可能。これは、「電場を使用して振動モード間でのエミッタンス交換はできない」という長年の定説を55年ぶりに覆した点でも注目されるという。

### 海外情報

(情報提供：日本原子力産業協会)

#### [米国]

### 原子力予算は14%減 2014年度要求

米国のB・オバマ大統領は4月10日、今年10月から始まる2014会計年度の施策に必要な歳出額を見積った予算教書を議会に提出した。原子力を管轄するエネルギー省(DOE)の予算要求額は現行水準より6.7%増の284億ドルで、技術革新やクリーン・エネルギー技術への投資を優先するという包括的アプローチ戦略を進める内容。このうち約28億ドルが割り当てられた再生可能エネルギー関係予算は55.9%という大幅な増額となる一方、原子力関係予算は7億3,546万ドルで現行水準から13.9%の減少となった。

原子力予算の減額項目の中で最も端的なのは「総合大学プログラム」予算で、毎年計上されていた約500万ドルを全額カット。「放射線学関連施設管理」の経費も92.8%減額されたが、これは宇宙・防衛インフラ予算がゼロとなったため、研究炉インフラであるアイダホ等にある国立研究所予算の500万ドルは0.3%増額となった。

「原子炉概念の研究開発と実証」予算も、34.5%の削減。次世代原子炉(NGNP)予算の3,900万ドルを全額削ったのが大きい。先進原子炉概念については930万ドル増やし3,100万ドルになっている。

「小型モジュール炉(SMR)の認可技術支援」については7,000万ドルが当てられており、現行水準から4.5%上昇。官民による経費折半で、出力30万kW以下の有望なSMR設計2件について設計認証の取得と商業化を促進

するプログラムだ。5年間に4億5,200万ドルが連邦予算から提供される計画だが、14年度予算による作業項目としては支援対象枠の残り1設計に関するメーカーとの協力合意交渉を終え、概念設計報告書の作成を完了させる。また、すでに支援対象に決定したバブコック&ウィルコックス社の「mPower」で建設予定サイトの特性調査活動を完了し、原子力規制委員会に設計認証を申請させることになる。

「燃料サイクル研究開発」の要求額は8.8%減の1億6,510万ドル。放射性廃棄物の集中中間貯蔵パイロット施設の建設・運転や本格的な規模の貯蔵施設、深地層最終処分場開発に向けた経費は3.6%増えて6,000万ドル。ユッカマウンテン処分場計画に代わる使用済み燃料の管理処分計画を実行に移すための予算で、最初の10年間に56億ドルが必要との見方を示している。

14年度予算での作業項目としては、集中貯蔵施設の設計概念作成や閉鎖サイトからの使用済み燃料の搬出分析完了、深地層の掘削孔への処分に関する調査研究の継続などが挙げられている。

## B&W 社が SMR 支援計画で DOE と協定

米ノースカロライナ州のバブコック&ウィルコックス(B&W)社は4月15日、同社が開発中の小型モジュール炉(SMR)である「mPower」で政府から初年度分の支援金7,900万ドルを直ちに受け取るため、米エネルギー省(DOE)と資金調達協力協定書に調印した。これは民間企業と経費を折半して、2022年までに有望なSMR設計2件の商業化を実証支援するという政府のSMR認可技術支援プログラムに基づくもの。議会による予算配分、およびB&W社による協力協定書の遵守状況次第で、DOEは5年間に約1億5,000万ドルを融通するとしているが、同協定では連邦予算から2億2,600万ドルが、それ以上の提供が可能となっている。

受動的な安全系を備えた出力18万kWの地下建設式・一体型PWRとなるmPowerは米国で政府の商業化支援を受ける初のSMR設計だ。B&W社はこのため、同設計の開発専門子会社としてmPower社を設立したほか、テネシー峡谷開発公社(TVA)、ベクテル社とは開発協力チームを結成した。

### [英国]

## ABWRの型式認証審査開始

英国原子力規制庁(ONR)と環境庁(EA)は4月9日、日立GEニュークリア・エナジー社の英国型ABWRの包括的設計審査(GDA)を開始するため、様々な合意手

続き文書に調印した。英国西部のオールドベリー、ウィルファの2サイトで合計4~6基の原子炉新設を計画していたホライズン社を日立製作所が昨年11月に買収したことから、採用設計も日立GE社の130万kW級ABWRに決定。同設計が安全・セキュリティと環境保全、および廃棄物管理の面で英国の厳しい基準を満たしているかに関する約4年間の審査が正式に始まることになった。

英国における原子炉型式認証にあたるGDAの審査範囲は土木建築から原子炉化学まで17の技術分野にわたり、経費も1設計につき3,500万ポンドが必要。これは日立GE社の負担となるため、今回、関係者全員が経費に関する正式合意書や原子力規制関係の議定書に署名するなど、正式な誓約取り決めが整えられた。次のステップとして、日立GE社は今年の秋までに審査書類をONRとEAに提出する。

### [ドイツ]

## 最終処分場計画でゴアレーベンを白紙に、サイト選定手続き改めて法案化

ドイツ連邦政府は4月9日、連邦環境相と州政府および政党の代表らを含めた協議の結果、使用済み燃料を含む高レベル放射性廃棄物の最終処分場サイト選定に関するこれまでの作業を白紙とし、連邦政府と州政府、野党などの合意ベースで改めてサイト選定を開始する手続き法案を早急に議会下院に提出し、休会前の7月初旬までに成立させると発表した。

今回の発表は3月24日に連邦環境・原子力安全省(BMU)のP・アルトマイヤー大臣が、処分場サイトの有力候補だったゴアレーベンを擁するニーダーザクセン州政府の首相および環境相との間で合意に達した内容をサイト選定作業に関する具体的な法案の骨子として示したものの。

ゴアレーベンの適性を巡る数十年間の論争に終止符を打ち、連邦と州の両政府や各界の関係者で構成される24名の委員会が2015年末までに安全要件やサイト選定基準に関する提案を策定。31年までに特定の候補地を議会に勧告すると見られている。米国でユッカマウンテン処分場計画が白紙撤回され、合意ベースでのサイト選定が改めて始められることになったのと同様、処分場選定における社会全体の同意の重要性がドイツでも明確に認識される結果になった。

法案では「原則」として国民の合意に基づいて解決策を探るとしており、国内で発生した廃棄物は国内で処分することとした。候補地は科学的根拠に基づいて選定し、決定するまでの全ての段階で透明性と国民の参加が前提となる点を明記。各段階の重要な判断は議会が下すとしている。



また、「方策」として、ゴアレーベンのように特定のサイトを除外することなく、技術的に立証可能な基準に基づいて、民主的で合法的な手続きによるサイト探しを段階毎に実行するとしている。

### [フィンランド]

## ハンヒキビ計画，中型設計はロシアに交渉権

フィンランド中西部のピュハヨキで最大180万kWの原子炉建設を計画しているフェンノポイマ社は4月5日、出力を100万～130万kWの中型炉とした場合の直接交渉権をロシアの総合原子力企業であるロスアトム社に与えると発表した。大型炉設計を採用した場合の直接交渉権を東芝が2月に得たのも束の間、思わぬ伏兵の出現に受注競争の行方は一転し、不透明な状況となった。ロスアトム社との交渉は直ちに開始されるとしており、出力規模を含めた、最終的な採用設計の判断は年内にも下される計画だ。

この「ハンヒキビ1号機」建設計画について、フェンノポイマ社は2011年7月に仏アレバ社と東芝に入札案内状を送付。昨年1月に両社が商業入札書を提出した後、同社は優先交渉権を与える直接交渉の相手として2月に東芝を選定し、160万kW級の「EU-ABWR」建設に関する契約交渉に入っていた。

ただしその際、中型炉を採用する可能性についても検討開始したことを明示。昨年10月に独E.ON社が同建設計画から撤退したのに伴う措置で、候補メーカーとしてはロスアトム社を加えた3社、およびそれ以外の業者を加える可能性もあると指摘していた。

今回の発表によると、フェンノポイマ社は3月末までの間、ロスアトム社のほかに東芝、アレバ社、アレバ社と三菱重工の合併事業体の中型炉設計について評価。ロスアトム社の120万kW級PWR「AES-2006」に関心を抱いたとしており、選定が決まれば同国の最新の安全要件を満たせるよう設計を改訂するとしている。

### [ベラルーシ]

## 原子力計画でロシア企業が压力容器等を受注

ロシアの原子力総合企業・ロスアトム社傘下の発電機器製造企業であるアトムエネルゴマッシ(AEM)社は4月17日、ベラルーシがロシアの協力により同国初の原子力発電所としてフロドナ州オストロベツで準備中のプロ

ジェクトに压力容器やコア・キャッチャーを供給する契約を獲得した。

同計画では、福島事故直後の2011年3月15日に両国が原子力発電所建設に関する2国間協力の合意文書に調印。ロシアから輸出融資を提供する契約の締結を経て、昨年7月にロスアトム社傘下のアトムストロイエクスポルト(ASE)社がベラルーシ政府と100億ドルという同建設計画の一括請負契約に調印した。

出力120万kW級のロシア型軽水炉(VVER)である「AES-2006」シリーズを2基、ターンキー契約で建設することになっており、ボルゴドンスクにあるAEMテクノロジー社は、これら2基用の压力容器や原子炉シャフト、反射遮へい材、コア・キャッチャーなど、総重量4,000トンという機器を17年までに製造・納入する。サイトでは今年の第4四半期にも同1号機で最初のコンクリート打設が予定されている。

### [ヨルダン]

## 研究炉にアレバ社が燃料供給

仏アレバ社は4月17日、ヨルダンが韓国との協力で建設している研究炉「JRTR」に初装荷燃料と1回分の取替用燃料を供給することになったと発表した。この契約は韓国原子力研究所(KAERI)と大宇社の企業連合と結ばれており、2015年初頭に燃料を納入する計画だ。アレバ社はすでに2011年に、大宇社に低濃縮ウランを供給する契約、およびKAERIと大宇の連合に試験燃料を納入する契約を締結。今回の燃料供給契約受注は、こうした協力関係の積み重ねによるものだと評価している。

ヨルダン原子力委員会(JAEC)は2009年12月に、同国初の研究炉の供給業者として韓国の企業連合を選定した。首都アンマンの北70kmに位置するラムサ市郊外のヨルダン科学技術大学で、熱出力0.5万kWの新型高中性子束応用炉(HANARO)を建設中。出力の大きい商業炉の導入に先立ち、原子力関係の研究開発と運転員の訓練に活用する。また、将来的にJRTRの出力を1万kWに増強し、中性子ビーム研究のほかに医療用放射性同位体の生産を含めた照射サービス、原子力エンジニアや科学者の育成にも利用するとしている。

なお、商業炉の入札ではJAECが昨年4月に候補メーカーをロシアのアトムストロイエクスポルト(ASE)社、アレバ社と三菱重工の合併事業体であるアトメア社の2社に絞ったところ。20年頃までの運転開始を目標に、いずれかを選定すると見られている。

# 原子力人材育成の 現状と課題

## 国際原子力人材育成大学連合ネットの構築と モデル事業の成果



福島原子力発電所事故が起こり、人材問題が深刻さを増している。そんな逆風の中で、産官学はさまざまな取り組みを行っている。原子力学会誌では昨年11月号で産官学の取り組みについて紹介し、今年の1月号には若手技術者と学生による座談会を開いてこの議論を深め、5月号では原子力人材育成ネットワークの活動を紹介した。

さらに今月号では、国際原子力人材育成大学連合ネットの活動について紹介する。このネットは原子力教育・研究に携わっている各大学がもつ人材育成資源を持ち寄って、横断的、効果的、効率的かつ戦略的に国内外の質の高い国際原子力人材を育成するために、平成22年度に設立されたものだ。その活動内容を、5人の方に紹介していただく。なお本稿は今年3月末に近畿大学で開かれた「国際原子力人材育成大学連合ネットの構築とモデル事業の成果」で紹介されたものを加筆修正したものである。

# 国際原子力人材育成大学連合ネットの構築とモデル事業の成果 全体概要

本シリーズ報告は、原子力教育・研究に携わっている我が国の有志の大学が連携して、それぞれの人材育成資源を持ち寄り、横断的、効果的、効率的かつ戦略的に国内外の質の高い国際原子力人材を育成するために、産官の支援・協力の下に、文部科学省の支援により平成22年度から24年度実施した国際原子力人材育成事業の成果をまとめたものである。本事業の参加大学は平成22年度では、14大学ならびに湘南工科大学がオブザーバー参加であったが、平成23年度に湘南工科大学が正式参加し、さらに平成24年度には、15大学に加え長岡技術科学大学がオブザーバーで参加した。

東京工業大学 齊藤 正樹

## 1. 事業の目的

我が国の原子力分野における国際競争力のより一層の強化、国際的な原子力安全・核セキュリティ・核不拡散の強化、原子力平和利用技術の国際的な理解の促進を目指して、原子力教育・研究に携わっている有志の大学が連携して、それぞれの人材育成資源を持ち寄り、横断的、効果的、効率的かつ戦略的に国内外の質の高い国際原子力人材を育成するために、産官の支援・協力の下に、国際原子力人材育成大学連合ネットを構築する。また、この新しく構築する国際原子力人材育成大学連合ネットを基に、国際原子力人材育成モデル事業を実施する。

### 事業参加大学：

茨城大学、大阪大学、岡山大学、金沢大学、近畿大学、九州大学、京都大学、東海大学、東京工業大学、名古屋大学、八戸工業大学、福井大学、北海道大学、山梨大学、湘南工科大学、長岡技術科学大学

### 事業協力機関：

日本原子力研究開発機構、日本原子力産業協会、電気事業連合会、若狭エネルギー研究センター、中国電力、関西電力、東北電力、日本原燃、日立 GE ニュークリア・エナジー、三菱重工業、東芝等

## 2. 事業内容

### (1) 国際原子力人材育成大学連合ネットの構築

原子力教育・研究に携わっている有志の大学が連携して、それぞれの人材育成資源を持ち寄り、横断的、集約

*Present Status of Japanese Nuclear Energy Human Resource Development and Nuclear Engineer Education in Universities and Industries; Establishment of University Network for Global Nuclear Human Resource Development and Results of Model Programs; "Summary": Masaki SAITO.*

(2013年5月14日 受理)

的、効果的、効率的かつ戦略的に国内外の質の高い国際原子力人材を育成するための基本方針の策定やモデル事業の企画・調整・運営を効果的に実施するために、「運営会議」、「企画・調整会議」及び以下に示す「4分科会」からなる国際原子力人材育成大学連合ネットを平成22年度に構築した。

### (2) 国際原子力人材育成モデル事業

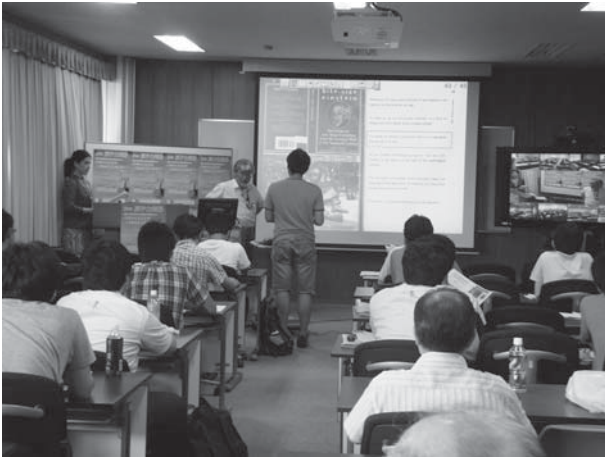
#### (a) 第1分科会「原子力基礎教育」

原子力に関心があるが、原子力教育を受けたことのない国内の優秀な学生(他専攻、他学科、高専)等を主な対象(原子力分野の学生も参加可)として、東京工業大学、福井大学、茨城大学、岡山大学、大阪大学、金沢大学の6大学で実施している既存の大学連携TV遠隔講義ネットワーク拠点に他の2大学(北海道大学、八戸工業大学)を加えて(合計8拠点)、全国を横断的に連携して、効率よく効果的に原子力基礎教育に関するシリーズ・セミナー事業(原子力道場)を実施した。

平成22年度及び23年度に、第1回「新型炉開発」(幹事校：福井大学)、第2回「原子力の安全性及び原子力平和利用と核不拡散」(東京工業大学)、第3回「原子力発電と燃料サイクル」(八戸工業大学)、第4回「低線量放射性廃棄物の処理」(岡山大学)、第5回「高レベル放射性廃棄物について」(北海道大学)、第6回「放射線と医療工学」(大阪大学)を実施し、平成24年度に、第7回「核変換について」(茨城大学)、第8回「宇宙(創性、開発)と原子力」(東工大)、第9回「原子力安全性、防災・危機管理」(福井大学)、第10回「暮らしとエネルギーと原子力」(東京工業大学)を実施した。

更に、TV遠隔ネットによるセミナー(講義形式：2日間)の後、全国の各拠点から優秀な学生数十名を幹事校の拠点に集め、現地の協力機関と連携して、あらかじ





TV 遠隔講義の様子

め与えられた課題についてのグループ討議や関連する原子力関係施設を訪問し、原子力に関する知識を更に深める「原子力道場全国大会」を実施した。(ただし、予算の関係で平成23年度には原子力道場全国大会は実施できなかったが、平成24年度に復活した。)

全10回のTVセミナーの延べ受講者数は1,128名、また2回の全国大会の受講者は69名となり、これらの総数は延べ1,197名に達した。

(b) 第2分科会「グローバル原子力エリート育成」

7大学(東京工業大学、北海道大学、京都大学、東海大学、大阪大学、福井大学、名古屋大学)の代表が参加して、将来、原子力輸出の拡大と我が国原子力産業の世界展開の実現に向けて、国際社会において原子力事業を先導するリーダーを育成するため、特に優秀な大学院(修士課程及び博士課程)の学生を対象として実施するグローバル原子力エリート育成に関する基本的な育成戦略を検討した。(平成22年度：フィージビリティ・スタディ)

平成22年度に検討した基本的な育成戦略を基に、平成23年度には、「機関横断的連携による原子力安全性・核セキュリティ・危機管理教育の実施」(代表校：東京工業大学)の別プログラムに発展させた。

更に、このプログラムの成果を踏まえて、全国の原子力関連専攻・学科の大学院生等に向けた原子力安全性、核セキュリティ及び原子力危機管理等に係わる高等教育を連携して実施することで、これらの知識・技術を修得した我が国の原子力人材を効果的に育成することを目的として、平成24年度から26年度にかけて、原子力人材育成等推進事業費補助金復興対策特別人材育成事業「機関横断的連携による原子力安全性・核セキュリティ・危機管理高等教育の実施」(代表校：名古屋大学)を実施している。

(c) 第3分科会「国際原子力ヤング・エリート育成」

5大学(東京工業大学、北海道大学、京都大学、大阪大学、九州大学)の代表が参加し、将来の原子力新規導入や輸出において、我が国のみならず、原子力新規導入国の有能な若手(25～35歳)技術者、行政官、研究者を対象とした国際原子力ヤング・エリート育成に関する基本的な育成戦略を検討した。(平成22年度：フィージビリティ・スタディ)

このフィージビリティ・スタディの成果を踏まえて、平成24年度から平成26年度にかけて、文部科学省原子力人材育成プログラム「国際舞台で活躍できるヤング・エリート人材育成」(代表校：北海道大学)を実施している。

本事業は、原子力過酷事故や防災などの危機管理に対応できるリーダー的な人材を育成することを目的として、全国19大学を代表して北海道大学が提案し、平成24年度から開始されたものである。大学の修士・博士課程の学生(留学生を含む)を対象とし、原子力関連企業(東芝、日立、三菱など)やJAEAと連携し、研究開発施設や工場の施設、電力会社(北海道電力)のプラントシミュレータなどを使った実践的な企業研修(インターンシップ)と北大の所有する高圧蒸気源を使った過酷事故対応(AM注水)実験や原子力防災ロボット教材を使った研修などを実施している。

(d) 第4分科会「戦略的国際原子力教育」

この事業は、原子力新規導入予定国のアジア7ヶ国を対象として、現地の行政機関、大学、産業界等と連携して、現地に原子力教育グループ(7～10名程度)を約1週間派遣して原子力セミナーを開催することにより、原子力新規導入国の原子力教育基盤構築に貢献することを目的としている。平成22年度はマレーシア、平成23年度はベトナム、タイ及びサウジアラビア、平成24年度はモンゴル、インドネシアおよびフィリピンにおいて原子力セミナーを実施した。

これまで実施した7ヶ国での講義受講者総数は386名を数えた。

事業参加16大学及び事業協力機関の強い連携とご協力がなければ、本事業の当初の目的を達成することができなかったと思います。事業参加16大学及び事業協力機関に感謝を申し上げます。また、本事業を支援して頂いた文部科学省研究開発局原子力課に感謝を申し上げます。

著 者 紹 介



齊藤正樹(さいとう・まさき)  
東京工業大学  
(専門分野)原子炉安全工学、核セキュリティ、核不拡散科学技術

# 国際原子力人材育成大学連合ネットの構築とモデル事業の成果

## 第1分科会「横断的原子力基礎教育シリーズ・セミナー」の成果

第1分科会では、原子力分野以外の優秀な学生等が原子力分野の専門教育に参加することを目的として、様々な学生を主な対象として、既存の大学連携TV遠隔講義ネットワーク拠点を他の2大学に拡張して(合計8拠点)(他専攻, 他学科, 高専等)全国を横断的に連携して、効率よく効果的に原子力基礎教育に関するシリーズ・セミナー事業「原子力道場」を10回にわたって実施した。また、全国の各拠点から優秀な学生を幹事校の拠点に集め、原子力関連の課題についてのグループ討議や原子力関係施設を訪問し原子力に関する知識を更に深める「原子力道場全国大会」も現地の協力機関と連携して開催し、第1分科会事業として総数1,197名の受講生を数えた。

福井大学 玉川 洋一

### 1. 第1分科会の役割

国際原子力人材育成大学連合ネット第1分科会では、原子力分野以外の優秀な学生等が原子力分野の専門教育に参加することを目的として、様々な学生(他専攻, 他学科, 高専等)を主な対象として、既存の6大学連携TV遠隔講義ネットワーク拠点到2大学を追加して(合計8拠点)全国を横断的に連携して、効率よく効果的に原子力基礎教育に関するシリーズ・セミナー事業「原子力道場」を実施してきた。また、全国の各拠点からTVセミナーの受講生の中の優秀な学生を幹事校の拠点に集め、原子力関連の課題についてのグループ討議や原子力関係施設を訪問し原子力に関する知識を更に深める合宿形式の学習機会「原子力道場全国大会」を現地の協力機関と連携して開催し、全国に存在する原子力に関心の高い学生を発掘し入門教育と現場に関する議論を通じた実践的な教育を行ってきた。

### 2. 「原子力道場」TVセミナー

原子力分野に属さない学部学生等の原子力初学者向けの「原子力道場」を、これまで6大学(茨城大, 東工大, 金沢大, 福井大, 大阪大, 岡山大)で利用してきた「原子力教育大学連携ネットワーク」のTV講義システムを核として、さらに拠点を2つ(北大, 八戸工大)増やして8拠点で実施している。このTVセミナーとして開講する科目の内容は各拠点(幹事校)の特色があらわれており、

各回のTVセミナーでは下記に示すような原子力に関わるテーマを設定し実施した(第1図)。

- (第1回: 福井大学)「新型炉開発」(2011年2月1日, 3月1日実施) 149名
- (第2回: 東京工業大学)「原子力の安全性及び原子力平和利用と核不拡散」(2011年8月9, 10日実施) 145名
- (第3回: 八戸工業大学)「原子力発電と燃料サイクル」(2011年8月31日, 9月1日実施) 114名
- (第4回: 岡山大学)「低線量放射性廃棄物の処理」(2011年11月9, 10日実施) 107名
- (第5回: 北海道大学)「高レベル放射性廃棄物について(地球環境と原子力発電)」(2012年1月25, 26日実施) 133名
- (第6回: 大阪大学)「放射線と医療工学」(2012年3月1日, 2日実施) 74名
- (第7回: 茨城大学)「核変換について」(2012年9月25, 26日実施) 106名
- (第8回: 東京工業大学)「宇宙(創成, 開発)と原子力」(2012年9月27, 28日実施) 135名
- (第9回: 福井大学)「原子力安全性, 防災・危機管理」



第1図 インターネットを使ったTVセミナーの様子

*Present Status of Japanese Nuclear Energy Human Resource Development and Nuclear Engineer Education in Universities and Industries—Establishment of University Network for Global Nuclear Human Resource Development and Results of Model Programs ; Results of 1st Subcommittee “Cross-over Seminar of Fundamental Nuclear Educational Series” : Yoichi TAMAGAWA.*

(2013年5月14日 受理)

(2013年2月18,19日実施) 69名

(第10回:東京工業大学)「暮らしとエネルギーと原子力」(2013年2月27,28日実施) 96名

このように毎回テーマを変えつつ、各々のTVセミナーでは入門から専門性の高いものまで順次理解できるようにセミナー内容を工夫しながら、それぞれ2日間にわたり開催している。また学生が参加しやすい拠点を選んで自由に参加できる形態としているため、参加学生は上記の8拠点の学生ばかりでなく、近隣の他大学からも応募し参加している。3年間で10回のTVセミナーを実施した結果、受講学生数は延べ約1,128名に上った。3.11福島原子力発電所事故以降にも多くの学生が受講しており、学生達の原子力分野への関心の高さが伺える。

### 3. 「原子力道場」全国大会

上記の原子力道場(TVセミナー)を受講した全国の学生の中から優秀な学生を選抜し、一つの拠点に集め、原子力関連の課題についてのグループ討議や原子力関係施設を訪問し原子力に関する知識を更に深める「原子力道場全国大会」を現地の協力機関と連携して開催した。全国大会は下記の通り2回開催している。

- ・第1回全国大会 in つるが: 福井大学  
(2011年9月12~14日実施, 第2図)
- ・第2回全国大会 in いばらぎ: 茨城大学&東京工業大学(2012年12月25~27日実施)

第1回原子力道場全国大会は、当初の予定が震災2日後であったためその影響から開催を2011年9月に延期し40名の学生の参加を得て開催した。第2回は年末の慌ただしい時期であるにもかかわらず、全国から29名の学生の参加を得て開催されている。どちらも、3.11の原子力発電所事故後の開催であったが、3日間の開催期間中、学生は皆、大変熱心に座学・研修・討議に参加している姿が印象的であった。大会参加者からは毎回アンケートを採っているが、ほとんどの参加者はこの事業への参加を「参加してよかった」、「機会があればまた参加したい」



第2図 第1回全国大会での学生による討論会の様子

と評価している。アンケート自由記述欄(感想)を抜粋ながら挙げておく。

- ・全く大学の違う学生同士仲良くなれるチャンスが多いのが良かった。内容はもっと専門的でも良い。
- ・エネルギーの将来について詳しく討論できて良かったです。
- ・学生発表準備のための時間をもっと長く確保してほしいかった。最後の学生発表をもっとしたかった。
- ・討議を通して、エネルギー問題を真剣に考えていく時間が有益でした。
- ・原子力に関しての知識が深まった。
- ・この大会は、外国人に対して間違いなく日本の大学生と深く交流できるだけでなく理解と信頼を築く chance だと思います。この間に、友愛の雰囲気が強くなりました。先生たちからたくさん世話になりました。心から、本当にありがとうございました。将来の道場を楽しみにしています。(留学生からの感想)
- ・自分自身の成長につながる素晴らしい大会でした。参加する前は、知らない分野の討論が可能か不安でしたが、学ぶところが多く有意義でした。
- ・5年10年先だけでなく、数百・数千年先のことを考える視点を学びました。技術伝承・国際共同体の意味など新しい見識を得られました。ありがとうございました。
- ・他大学の学生と交流し、謙虚に学ぶことができました。後輩にも勧めたいです。

### 4. ま と め

以上のように、第1分科会が行った原子力道場TVセミナーと全国大会の参加者からは大変前向きで積極的に原子力を学ぶ姿勢が感じられた。特に、3日間の全国大会期間内では大学の枠を超えた学生同士のつながりが生まれ、本音で議論することの大切さを実感できたものと感じられる。これは、幹事校の準備・実施・運営の手間の煩わしさを超えた非常にうれしい結果となった。今後も原子力に関心のある若い人たちに対して、継続してこのような事業を実施していきたいと強く思う。

### 著 者 紹 介

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)原子核実験, 高エネルギー物理  
実験, 放射線計測等





# 国際原子力人材育成大学連合ネットの構築とモデル事業の成果

## 第2分科会「グローバル原子力エリート育成」の成果

文部科学省国際原子力人材育成イニシアティブ「国際原子力人材育成大学連合ネットの構築とモデル事業の実施」(2010～2012年度)の第2分科会「グローバル原子力エリート育成」では、2010年度にグローバル原子力エリート人材を育成する原子力高等教育(修士課程や博士課程)の基本的な戦略を検討し、2011年度には前年度に検討した基本的育成戦略を基に、「機関横断的連携による原子力安全性・核セキュリティ・危機管理教育の実施」を別プログラムに発展させ、文部科学省事業のフィージビリティスタディとして実施した。

東京工業大学 原子炉工学研究所 井頭 政之

### 1. はじめに

文部科学省国際原子力人材育成イニシアティブ「国際原子力人材育成大学連合ネットの構築とモデル事業の実施」(2010～2012年度)の第2分科会「グローバル原子力エリート育成」では、原子力輸出の拡大とわが国原子力産業の世界展開の実現に向けて、特に優秀な大学院生を対象として、国際社会において原子力事業を先導するリーダー、すなわち、グローバル原子力エリートの育成を目的としている。

2010年度は参加15大学が連携し、グローバル原子力エリート人材を育成する原子力高等教育(修士課程や博士課程)の基本的な戦略を検討した。

2011年度は、前年度に検討した基本的育成戦略を基に、「機関横断的連携による原子力安全性・核セキュリティ・危機管理教育の実施」(代表校：東京工業大学)を別プログラムに発展させ、文部科学省事業のフィージビリティスタディ(FS)として実施した。

2012年度には、前年度のFSをさらに発展させて、3年計画の「機関横断的連携による原子力安全性・核セキュリティ・危機管理高等教育の実施」(代表校：名古屋大学)を文部科学省事業として開始し現在に至っている。

以下、2010～2011年度の成果について記す。2012年度以降の成果については別の機会に譲る。

### 2. 原子力高等教育の基本戦略

まず、参加15大学が連携して、2011年3月に起きた東京電力福島第一原子力発電所事故も踏まえて現状の課題整理を行い、以下の5課題を確認した。

- (1) 東電福島事故等に対応できる、安全管理と危機管理ができる人材の育成が必要である。
- (2) 教員および学生ともに安全工学的知識が不足している。
- (3) 原子力分野全般の授業をカバーする教授陣を擁している大学が少ない。
- (4) 大学連携授業においては克服すべき課題(聴講料発生、授業時間帯不一致等)がある。
- (5) 大学の実験施設が老朽化し、また、不足している。

そして、これらの課題を解決する、グローバル原子力エリート育成のための構想を以下のようにまとめた。

- (1) 大学連合ネットとしての原子力集中講義の実施  
実習等に適した地域に合宿し、分野を分けて集中講義を毎年複数回実施する。各大学は自学で不足する分野の集中講義に学生を派遣する。主な対象は修士課程学生(留学生も含む)であるが、事業者や規制官庁等から講師を招いて実施する「グローバル原子力ジェネラリスト育成コース」は博士課程学生の参加も念頭に置く。各大学が集中講義に講義名称を付してそれぞれ単位化し、単位互換の問題と授業時間帯の不一致の問題を解決する。

- (2) 送受信可能なテレビシステムによる授業の実施  
単位互換や授業時間帯の問題を解消できる大学連合ネット参加大学間においては、連携に適した授業を双方向通信可能なテレビシステムを利用して実施する。

- (3) 国際インターンシップと国際学生交流の充実  
大学連合ネットにおいてあらかじめ海外研修先と派遣人数を検討し、海外研修を希望する各大学の博士課程学生の選抜を行い、派遣先に見合った予備教育を実施した

*Present Status of Japanese Nuclear Energy Human Resource Development and Nuclear Engineer Education in Universities and Industries; Establishment of University Network for Global Nuclear Human Resource Development and Results of Model Programs; Results of 2nd Subcommittee "Education for Global Nuclear Elite": Masayuki IGASHIRA.*

(2013年 5月14日 受理)

後に、国際原子力機関(IAEA)や欧州原子力教育ネットワーク(ENEN)加盟大学等に派遣する。また、博士課程学生を主たる対象として、アジア等に派遣し、現地の大学院生や若手技術者・研究者と交流させる。

#### (4) 大学連合ネット等による実験施設の整備拡充

大学連合ネットが中心となり、各方面とも意見調整等を行い、核燃料物質や放射性物質の取り扱いが可能な、原子力人材育成のための実験施設等の拠点形成の具体化計画を立案する。

### 3. 機関横断的連携による原子力安全性・

#### 核セキュリティ・危機管理教育の実施

まずは、課題(1)~(3)の解決に対応した一つの具体策として、「機関横断的連携による原子力安全性・核セキュリティ・危機管理教育の実施」(代表校：東京工業大学)を別プログラムに発展させ、文部科学省事業のFSとして実施した。

FSは、(A)放射線測定フィールドワークの実施、(B)リスク・危機管理セミナー等の実施、(C)原子力安全性・核セキュリティ・危機管理連携授業開発の3項目で構成され、(A)と(B)の成果は(C)に取り込まれる。

#### (A) 放射線測定フィールドワークの実施

本フィールドワーク(FW)に参加する大学院生等にNaI, GM, 電離箱の各サーベイメータの測定原理・特徴等をあらかじめ学習させ、これらの3種類のサーベイメータ等を用いて福島においてFWを実施させ、測定方法による測定結果の差の原因等を学生に学習させ、サーベイメータを用いて適切な放射線計測を行うことのできる人材育成を一つの目的とした。また、原子力大規模災害による空間線量及び表面汚染等のレベルをFWで実体験させ、原子力研究開発の原点に戻った原子力安全性及び原子力(放射線)危機管理に取り組む人材育成をもう一つの目的とした。

FW(2012年2月27日~3月2日)では、教員(5大学8名)と大学院生等(8大学16名)で5チームを編成し、各チームが上記の3種類のサーベイメータ等を携えて5台のレンタカーに分乗して測定地域に行き、放射線測定FWを実施した。FWの様子の一例を第1図に示す。こ



第1図 放射線計測フィールドワークの様子

の日はあいにく、雪の中のFWとなった。傘、折り尺、サーベイメータ、NaIスペクトロメータ等を持ってFWを実施している。東電福島事故後に設置された後ろのモニタリングポストは0.745  $\mu\text{Sv/h}$ を示している。

朝は30分程度のミーティング、夜は1時間程度の測定データ整理と1.5時間程度の測定結果についての議論を行い、参加学生のサーベイメータを使用した放射線計測技術の理解促進を図った。後日、参加学生にアンケートを採ったところ、本FWに大変満足し、「後輩にもぜひ参加させたい。」「文科系を含む他の多くの学生にも体験させるべき。」との意見が多くあった。

なおFW中、地元の方々とは何度か接触する機会があったが、今回の人材育成を目的としたFWに極めて好意的であった。

#### (B) リスク・危機管理セミナー等の実施

原子力事業所現場の若手従業員を中心に、リスク管理および危機管理に関する知見を付与するとともに現場の実態を吸い上げ、あわせて、最新の展開を知るとともに本項目の成果を下記項目(C)に反映することを目的に、セミナー(2011年12月15日：参加者123名)、講演会(2012年2月15日：参加者99名)及び意見交換会(2011年12月16日：参加者20名、2012年2月15日：参加者91名)を開催した。

#### (C) 原子力安全性・核セキュリティ・危機管理連携授業開発

大学連合ネットに参加する15大学の原子力教育レベルおよび対象者にはかなりの温度差があるが、各大学が意見を出し合って連携授業を開発することは、原子力人材育成の輪を広げる観点から非常に重要である。そのため、各大学の事情を考慮し、開発した連携授業をできるだけ多くの大学で正式授業科目として実施できるように、連携授業検討委員会を設置して3回開催した。その結果、上記の項目(A)および(B)の成果も取り入れた授業骨子、シラバス、および教材の原案を作成することができた。

### 4. おわりに

上記FSの成果をベースとして、2012~2014年度には名古屋大学が代表の「機関横断的連携による原子力安全性・核セキュリティ・危機管理高等教育の実施」が実施されており、第2分科会でまとめた構想の実施がさらに加速されるものと期待される。

#### 著者紹介



井頭政之(いがしら・まさゆき)  
東京工業大学 原子炉工学研究所  
(専門/関心分野)核データ、核変換、元素合成、原子力人材育成

## 原子力人材育成の現状と課題

# 国際原子力人材育成大学連合ネットの構築とモデル事業の成果

## 第3分科会 国際舞台で活躍できる原子力ヤング・エリート人材育成

福島第一原子力発電所の事故の反省として、規制および事業者の双方が、平時および緊急時の安全性向上に対する設備の備えや訓練、緊急時の過酷事故緩和マネジメントに対する深い専門知識と強いリーダーシップが欠けていたことが、政府や国会などの事故報告書で指摘されている。過酷事故や防災など危機管理に対応できるリーダー的な人材を育成するため、企業の研究開発施設や工場の施設、北海道電力のプラントシミュレータなどを使った実践的な企業研修や北大の過酷事故対応実験や原子力防災ロボット教材を使った研修など、学生が選択できるメニューを用意し、原子力学会シニアネットワークの支援を受けながら、原子力ヤング・エリート人材育成を推進した。

北海道大学 奈良林 直

## 1. はじめに

東日本大震災により起こった福島第一原子力発電所の事故から学んだ教訓を伝えていくとともに、原子力過酷事故や防災など危機管理に対応できるリーダー的な人材を育成する必要がある。そこで、文部科学省の原子力人材育成公募事業に応募した。採択された事業では、原子力関連企業や日本原子力研究開発機構(JAEA)と連携し、研究開発施設や工場の施設、電力会社(北海道電力)のプラントシミュレータなどを使った実践的な企業研修と、北海道大学の所有する高圧蒸気源を使った過酷事故対応(炉心冷却)実験や原子力防災ロボット教材を使った研修メニューを用意した。このような実践的な研修を通じて、危機に遭遇しても、それを突破してリーダーシップが発揮できる人材を育成する。更に、原子力の黎明期に幹部として陣頭指揮して活躍された原子力学会シニアネットワークの諸先輩の厳しい薫陶も受けながら、実体験に基づく真の原子力ヤング・エリート人材育成を開始した。3年間の公募事業である。本公募事業は、大学連合ATOM第3分科会に所属する全国19大学の修士・博士課程の学生(留学生を含む)を対象に、指導教官から推薦された優秀な学生が参加した。

## 2. 目標とする人材像

福島第一原子力発電所の事故の反省として、規制およ

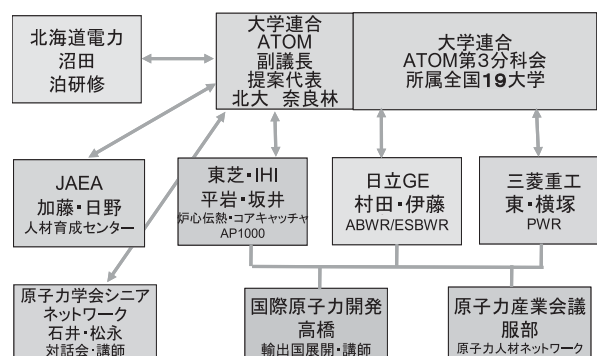
び事業者の双方が、平時および緊急時の安全性向上に対する設備の備えや訓練、緊急時の過酷事故緩和マネジメントに対する深い専門知識と強いリーダーシップが欠けていたことが、政府や国会などの事故報告書で指摘されている<sup>1~3)</sup>。そこで、本事業で目標とする人材像は、世界一の安全性を目指して耐震・免震・津波対策、固有の安全性、過酷事故対策、受動的冷却系などの深い知識を有し、国内外で活躍できる、危機管理や統率力、国際視野を有する逞しい若きエリートとした。

## 3. 実施状況と主な成果

第1図に示す実施体制のもと産業界の全面のご協力を得て、平成24年度は、以下の4件の研修を実施した。

(1) 静的冷却系等の企業インターンシップ研修とシニアとの対話会(日立GE・JAEA・電気の史料館)

日立GE社のABWRや高経路単純化BWR(ESBWR)関連の研修やJAEAの研究施設の見学を行った。日立GEニュークリア社の全面的な協力を得て秋葉原の日立本社、日立市の日立製作所での研修(第2図)、JAEAの常陽や高温ガス炉の見学を実施した。また、二



第1図 実施体制図

*Present Status of Japanese Nuclear Energy Human Resource Development and Nuclear Engineer Education in Universities and Industries; Establishment of University Network for Global Nuclear Human Resource Development and Results of Model Programs; Results of 3rd Subcommittee "Education for International Nuclear Young Elite": Tadashi NARABAYASHI.*

(2013年5月26日 受理)





第2図 日立GEニュークリア社での企業研修



第3図 電気の史料館での学生とシニアの対話会

度と福島のような事故を繰り返さないために、原子力学会シニアネットワークのご協力をいただき、東京電力の電気の史料館でシニアと学生との対話会を実施した(第3図)。

#### (2) PWRの過酷事故緩和対応等の企業インターンシップ研修とシニアとの対話会(三菱重工)

三菱重工神戸造船所のPWRの製造施設の見学とPWRの過酷事故時の冷却に用いる蒸気発生器の構造や機能についてハードウェアの見学と専門家の講義(海外展開含む)や国際的に活躍した技術士の講義、学生と若手技術者との対話会(第4図)やシニアと学生の対話会を実施した。

#### (3) ABWR炉心過渡伝熱・過酷事故対策、AP1000のSG関連の企業インターンシップ研修

東芝の炉心伝熱試験データを使った研修(第5図)と過酷事故対策のためのコアキャッチャの研究施設、府中工場での原子炉制御盤開発設備を使った過酷事故対応研修やIHI横浜のAP1000用の蒸気発生器開発施設見学やシニアと学生の対話会を実施した。

#### (4) 北大でのAM冷却研修と北電泊原子力訓練センターでの体験研修

米スリーマイル島(TMI)原発事故の際のカーター大統領(当時)と元NRCのデントン氏の迅速な事故対応の



第4図 三菱重工での研修(若手技術者との対話会)



第5図 東芝での研修とコアキャッチャ装置(写真右)



第6図 北大での非常用復水器実験装置による炉心冷却訓練と防災ロボットの操縦訓練



第7図 北電における全交流電源喪失模擬訓練

講義や、北大の高温高圧実験装置を使った非常用復水器による炉心冷却と減圧の研修(第6図)と防災ロボットを使った防災訓練を実施した。北海道電力の全面的協力を得て、泊原子力訓練センターを使った全交流電源喪失体感研修(第7図)では、過酷事故対応に強い人材育成に注力した。また、国際原子力開発から海外輸出に関する講義とシニアと学生の対話会を実施した。

#### 4. おわりに

本事業は産業界やJAEAの横断的な支援を受け、大学連合ATOMに所属する全国19大学をはじめ更に参加大学が増えた。シニアと学生の対話会も効果的であった。研修を修了した学生達は達成感にあふれ、その後の就職活動も順調なようである。彼らの将来の活躍に大いに期待したい。

#### —参考文献—

- 1) 奈良林 直・杉山憲一郎, 原子力学会誌, 53(6), 387-400(2011).
- 2) 政府事故調中間・最終報告書, メディアランド, (2012).
- 3) 国会事故調報告書, 徳間書店, (2012).

#### 著者紹介

奈良林 直(ならばやし・ただし)

北海道大学 大学院工学研究院

(専門/関心分野)原子炉工学・原子炉安全工学・気液二相流・過酷事故・原子力人材育成教育



# 国際原子力人材育成大学連合ネットの構築とモデル事業の成果

## 第4分科会「戦略的国際原子力教育」の成果

平成22年度～24年度にかけて、マレーシア、ベトナム、タイ、サウジアラビア、モンゴル、インドネシア、フィリピンの7カ国を対象とした「戦略的国際原子力教育」事業を実施した。合計386名の受講者を得て、原子力新規導入国の原子力教育基盤構築に貢献するという初期の目的を達成した。特に、原子炉プラントの全体像を理解・把握するための基礎的な講義プログラム構成、グループ討論を多用した双方向型の講義運営が高い評価を得た。国際原子力教育では、人的ネットワークの維持・拡充が極めて重要であり、各国からの希望も強いことから、我が国産業界との戦略的かつ緊密な連携の下に、25年度以降も本事業を発展的に継続・拡充して進めていくことが重要である。

京都大学 杉本 純

### 1. はじめに

「戦略的国際原子力教育」事業は、原子力新規導入予定国のアジア7カ国を対象として、現地の行政府、大学、産業界等と連携して、現地に原子力教育グループ(7～10名程度)を約1週間派遣して原子力セミナーを開催することにより、原子力新規導入国の原子力教育基盤構築に貢献することを目的としている。平成22年度はマレーシア、平成23年度はベトナム、タイおよびサウジアラビア、平成24年度はモンゴル、インドネシアおよびフィリピンにおいて原子力セミナーを実施した。本報告では、原子力セミナーの実施状況と主な成果について述べる。

### 2. 基本方針

本原子力セミナーを開催するに当たって、基本的な方針は以下とすることとした。

- (1) 原子炉プラントの全体像を理解・把握するための基礎的な講義プログラムとする。
- (2) 全講師は原則全講義に参加し、他の講義の質疑応答を適時支援するとともに、各講義後に設けたQ&Aセッションに参加して、幅広い観点からのグループ討論を行うことを支援する。
- (3) Q&Aセッションでは、各講義内容に関連する設問を与え、グループ討論の結果を受講生の代表者に発表させて、それについても全体で議論する。

*Present Status of Japanese Nuclear Energy Human Resource Development and Nuclear Engineer Education in Universities and Industries; Establishment of University Network for Global Nuclear Human Resource Development and Results of Model Programs; Results of 4th Subcommittee "Strategic International Nuclear Education": Jun SUGIMOTO.*

(2013年 5月8日 受理)

(4) 全セミナーの終了後は、受講生からセミナーの結果、印象等についてグループ討論して、その結果を代表者から発表させる。

(5) これらのグループ討論を主体とした講義構成により、一方通行の講義ではなく、受講生の参画意識を高めた双方向型の講義とする。

講義科目は、福島第一原子力発電所事故、原子力発電プラント、原子炉炉心・燃料、原子炉安全、原子炉熱流動、核燃料サイクル、原子炉物理などであった。

### 3. 原子力セミナーの実施状況と主な成果

#### ○マレーシア

当初、2011年3月下旬に開催を予定していたが、福島事故発生のため延期を余儀なくされ、2011年7月4～8日にかけて、マレーシア原子力庁(MNA)において原子力セミナーを開催した。受入機関はMNA、受講者数は65名であり、受講者の内訳は、MNA職員、原子力許認可委員会、テナガ大学他であった。日本側講師は計10名であり、日本側幹事は東京工業大学が務めた。2021年の原子炉導入を控え、若手技術者が真剣に取り組んでおり、受講生グループの発表セッションでは、「マレーシアの原子炉1号炉導入に役に立つ多くの知識を得た」、「豊富な実務経験に裏付けられた講義が貴重」、「双方向性を持った責任感あるセミナー運営方法に感謝」などの感想が述べられた。閉会の挨拶でMNAの副総裁が述べたように、初回の原子力セミナーとしては大成功であった。これは講師陣が時間を惜しまずに作った実務経験に裏打ちされた分かりやすい教材、受講生が能動的に考えるようなプログラム構成、受講生の熱意、マレーシア側の手厚い準備と運営支援などが組み合わさった結果であった。次年度以降の継続とさらに長期のセミナーを希





第1図 福島事故特別講演(齊藤教授, 聴衆は200名以上)

望する声を受講生からあった。

#### ○ベトナム

2011年12月19～23日にかけて、ハノイ郊外のベトナム原子力研究所(VINATOM)訓練センターにおいて開催した。受入機関はVINATOM, 受講者数は48名であり, 受講者の内訳は, 約50%がVINATOMから, 次いでハノイ工科大学, 原子力関連企業, 放射線・原子力安全庁, 原子力庁であり, 全体の25%が女性技術者で, 平均年齢は30歳代であった。日本側講師は12名, うち企業側講師4名が参加した。日本側幹事は大阪大学が務めた。総じて, 受講生が真剣に聴講し議論に参加していることが感じられた。特に, 2020年に原子力発電所2基(1GW/基)を建設するという政府計画に対する若手技術者の真剣さが伝わるとともに, 自分がどの分野に進むかを定めるために真摯に勉強する様子を感じられた。また, 講師陣に企業側講師が4名も参加したことにより, 「ベトナムでは不可能な実務経験が豊富な各分野の専門家から直接講義が聴け, 意見交換ができ, 議論できた」と評価を得ており, 最新の発電型軽水炉の具体的な内容を直接知る良い機会となったことが特筆される。

#### ○タイ

2012年2月6～10日にかけて, バンコク郊外のタイ王立電力庁(EGAT)において原子力セミナーを開催した。受入機関はタイ原子力技術研究所(TINT), 受講者数は48名であり, 受講者の内訳は, 54%がEGATから, 次いでカセサート大学理学部, タイ原子力庁, TINT, チュラーロンコーン大学原子核工学科の順で, 全体の約40%



第2図 受講修了証の授与(ベトナム)



第3図 グループ討論結果の発表(タイ)

が女性技術者, 年齢は20～40歳代であった。日本側講師は7名, 日本側幹事は京都大学が務めた。福島事故の影響で原子力導入が6年延期されたが, 受講生の平均的なレベルは高く, グループの発表セッションでは, 「今回のセミナーはタイが原子力発電プラントを開発する上で非常に有益であった」, 「原子力発電の現状と展望および原子炉技術の基礎などは多くの分野で有用である」, 「グループ討議で互いの意見を交換でき, また各人の講義の理解度を把握できて, 非常に印象的であった」などの感想が述べられた。また, 今後への希望として「ある講義ではレベルが高かったため, もっと基礎の講義が欲しい」などの要望が述べられた。

#### ○サウジアラビア

2012年3月3～7日にかけて, ジェッダ市内のキング・アブドゥルアズィーズ大学(KAU)工学部において原子力セミナーを開催した。受入機関はKAU, 受講者数は57名であり, 受講者の内訳は, 学生・院生(原子核工学, 医療物理, 土木工学, 熱工学, 計算機工学, 物理)と原子核工学科の教育スタッフであった。男女は別々のキャンパスにあるため, 女性受講者の参加はなかった。日本側講師は7名, 日本側幹事は北海道大学が務めた。講義には, 学生・院生だけではなくテーマによっては教授を含めた教育スタッフも参加したことが特記される。受講生には原子力の基礎教育を終えていない低学年の学生から原子力基礎課程を終えた院生もいて, その幅が広く, また今回の講義がKAUで初めての原子力専門家による講義であった。そこで, 講義中は高いレベルの話だけではなく, 平易な解説にも各講師は心を砕いた。当方講師陣が学生と一緒に議論に参加するなどして, 学生の理解を促すなどもした。こうした双方の努力の結果, 事



第4図 受講生と日本人講師(サウジアラビア)



前の予想以上の成果を上げることができた。

#### ○モンゴル

2012年9月10～14日にかけて、ウランバートル市内のモンゴル国立大学において原子力セミナーを開催した。受入機関はモンゴル国立大学、受講者数は45名であり、受講者の内訳は、モンゴル大学とモンゴル科学技術大学の学生・院生(原子核工学と核物理が約9割)で、残りが原子力庁や民間の若手であり、女性が約1/3であった。日本側講師は7名、日本側幹事は東京工業大学が務めた。受講生グループの発表セッションでは、「福島事故が理解でき、安全についての貴重な知識を得た。チェルノブイルとフクシマを学び、最新の原子力発電プラントを河川か湖の近くに建設したい」、「原子炉発電プラント、炉の基本、PWRとBWRの改良と燃料の特徴が学べた」などの感想が述べられた。モンゴル国立大学は基礎教育がしっかりしている分、受講生の理解度の高いことが討論から分かり、終始熱心に講義を聞き、詳細にノートを取るなどの高い意識を示した。ほとんどの学生が日本の原子力に関心を持ち、日本留学を望む学生も多かった。最終日の受講生による講義の評価も高かった。

#### ○インドネシア

2012年10月15～19日にかけて、バンドン市内のバンドン工科大学において原子力セミナーを開催した。受入機関はバンドン工科大学、受講者数は80名であり、受講者の内訳は、バンドン工科大学ほか、7大学の学生、院生並びに原子力庁、原子力規制局、また、民間組織からの若手であり、約1/3が女性であった。日本側講師は7名、日本側幹事は東京工業大学が務めた。受講生グループの発表セッションでは、「新しい技術や燃料、廃棄物管理、安全などを学んだ」、「国際級の専門家の講義を受けることができたことを名誉なことと感じている」、「立地選定、安全、クリーンなことをより深く理解できた」などの感想が述べられた。また、今後の希望として、「毎年このような講義を開催してほしい」、「上級コースを開催してほしい」、「他の都市でも開催してほしい」などの要望が述べられた。受講生からの講義の評価は高く、今回の講義により、インドネシアに原子力が必要なことが分かり、学生らは原子炉を建設する意欲を掻き立てられたものと感じた。

#### ○フィリピン

2013年1月14～18日にかけて、フィリピン原子力研究所にて開催された。受入機関はフィリピン原子力研究所、受講者数は43名であり、受講者の内訳は、教員(デラサール大、イーストマニラ大、極東航空輸送機構大他)、電力公社、エネルギー省、科学技術省、原子力研究所である。日本側講師は7名、日本側幹事は福井大学が務めた。フィリピンにおける大学の原子力教育は、パターン原子力発電所の凍結とともに中止され、原子力導入の政治決定は行われていないが、導入に備えて規制の



第5図 受講生と日本人講師(インドネシア)

充実と人材育成に国として力を入れている。受講生は一貫して熱心な受講姿勢を示し、討論にも活発に参加した。受講生グループの発表セッションでは、「原子炉を導入する我が国にとって貴重なことを教えて頂いた」、「講義で我々全員が力を与えられた」、「原子炉に関する十分な知識をもっていない受講生にも、狭すぎず、広すぎずの適切な講義内容だった」、「講師全員が知識と説明力に優れていた」などの感想が述べられた。また「他のテーマの講義も行ってほしい」などの希望が述べられた。



第6図 受講生と日本人講師(フィリピン)

#### 4. おわりに

平成22年度～24年度にかけて、アジア7カ国を対象とした「戦略的国際原子力教育」事業を実施した。受講者総数は386名を数え、原子力新規導入国の原子力教育基盤構築に貢献するという初期の目的を達成した。特に、原子炉プラントの全体像を理解・把握するための基礎的な講義プログラム構成、グループ討論を多用した受講生の参画意識を高めた双方向型の講義運営が各国の受講生や受け入れ機関から高い評価を得た。国際原子力教育では、人的ネットワークの維持・拡充が極めて重要であり、また、各国からも原子力セミナーの継続・拡大の希望が強いことから、我が国産業界との戦略的かつ緊密な連携の下に、25年度以降も本事業を発展的に継続・拡大して進めて行くことが重要である。

#### 著者紹介



杉本 純(すぎもと・じゅん)  
京都大学 原子核工学専攻 教授  
(専門分野)原子炉システム安全工学、  
シビアアクシデント研究、原子力人材育成

# 日本原子力学会「福島事故調査委員会」中間報告 学会は何をなすべきか—これからの取りまとめの方向

日本原子力学会「東京電力福島第一原子力発電所  
事故に関する調査委員会」

委員長 田中 知(東京大学)

日本原子力学会は、わが国の原子力の学術分野を担う集団として、2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震を起因とする東京電力株式会社福島第一原子力発電所の大量の放射性物質を放出する未曾有の大事故(過酷事故)に関して、なぜこのような過酷事故を起こす事態となってしまったのか、またどうすれば未然に防ぐことができたのであろうか、どのような対策が必要だったのか、と合わせて特に地域社会、地球環境にどのような放射性物質の被害を与えたのか、を解明することが重要な役割と考える。

日本原子力学会は、原子力分野の様々な研究、開発、運用の情報交換や考え方の構築、議論の場として重要な役割を果たし、原子力安全の確保に注力してきたはずである。しかし、大規模地震に伴う巨大津波の結果とはいえ、絶対に起こさないと考えてきた過酷事故を起こす事態を招いてしまったことに、原子力安全を最重要課題として活動してきた組織として痛恨の極みと言わざるを得ない。学会は、わが国の原子力安全を学術から監視する役割があると考え、その役割を果たすべく東京電力福島第一原子力発電所事故の分析と、国民への説明、今後の取り組みへの提言、活動の監視などを進めて行かなければならない。

事故調査委員会としての活動の報告と、分析、検討の方向性を示し、広く学会員から意見を求めたいと考えるものである。

## I. 背景

日本原子力学会では、2011年6月の理事会の決定により、「福島第一原子力発電所事故に関する調査委員会」(以降、「学会事故調」という)を立ち上げ、活動を進めてきた。学会事故調の委員は、学会の部会、委員会などそれぞれの専門分野の活動部門から推薦を経た専門家で構成している。原子力の分野に係る専門家集団である原子力学会員は学術界の一員として、また科学者の責務として、その倫理に基づいて事故調査に取り組まなければならない。学会事故調では、新たにヒヤリングをしたり実験をしたりはしないが、専門家として持つ経験・知識を活用し、これまでに得られている知見から、この複雑な原子力システムが受けた大規模な事故の根本原因の究明と分析を行い、真実を推察し、今後の原子力安全の活動に活かすべく実効ある教訓を抽出し、一定の結論を導き出すことを目指している。

*Interim Report of Investigation Committee on the Nuclear Accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station : Satoru TANAKA.*

(2013年 5月17日 受理)

実質の活動を開始して約半年ではあるが、これまでの議論を取りまとめるとともに、今後の取りまとめの方向を示し、広く学会員からの意見をうかがうものとして、中間報告を取りまとめた。

巨大な津波についての「想定外」は許されない、また「想定外」に対する備えとしてシビアアクシデントへの対策が重要である、という指摘から、原子力エネルギーの利用に伴う放射性物質の放出のリスクとその環境への影響を中心課題として、学会の専門性を活かした検討をすすめており、本中間報告では、以下にその論点を提示する。

- ・リスク評価と深層防護による安全確保
- ・外的ハザードへの対応
- ・シビアアクシデント対策とその実効性の確保
- ・原子力防災：緊急時対策と長期防護措置
- ・環境の除染と環境の修復
- ・安全の基盤としての多様な局面・場面に共通するコミュニケーションの課題
- ・学術団体としての責務

なぜ大規模事故にまで至ったのかを分析し、どのような仕組み、活動、対策が施されていれば、この事故を未然に食い止められたのかは、学会事故調として提示すべ

き命題である。それは、将来において、このような事故を、また公衆と環境に甚大なる影響を及ぼす事態を二度と起こさないようにするために、何をすべきかを得ることに繋がる。これが総合技術である幅広い原子力分野の専門家の集まりである日本原子力学会として、議論を深め、学会事故調が提示すべき課題と考える。

## II. 事故の要因

福島第一事故に対しては、様々な分野にわたり事故の要因があり、それら全体への調査・検討が必要である。これまでの各事故調の調査やデータから推定される直接的な主要因を以下に示す。

主要因：

- ・東北地方太平洋沖日本海溝で発生した予想を大きく越えた海溝型地震の発生に伴う、想定を超える津波により、原子炉の様々な機能が失われ、最終的に炉心・原子炉の冷却機能が失われ、過酷事故に進展した。
- ・津波の科学的分析の歴史は浅く、原子力発電においても、襲来する津波の“想定”を超えると重大なリスクがもたらされることが共通認識となっていなかった。
- ・燃料損傷や炉心溶融というシビアアクシデントに対して、そのような事故は発生しないとの思い込みがあり、必要な様々な対策への取組みが、十分に行われてこなかった。

## III. 学会事故調での論点

学術界として、単に事故を起こさないためにどのような設備を備えるべきか、という検討ではなく、様々な事故の発生要因に対応し、原子力の安全確保のためになすべきことを、リスク分析を活用し、網羅性と論理性をもって広く分析して提言するものである。

### 1. 深層防護の考え方とリスク

深層防護は“万全としたはずである安全対策の不確かさに対する備え”である。深層防護は、安全対策には不確かさが残ることを教えてくれ、原子力安全の目的を明確にでき、そして必要な対策の体系化に役立つ有用なものである。この深層防護の考え方に従い、設計基準を定め事故の未然防止策をとり、これを超える領域ではリスクを基準に影響緩和策をとる。

出来得る限りに放射性物質による被ばくを低くする方策(ALARA)を執ったとしてもリスクはゼロにはならない。たとえ厳しい事故が発生しても、深刻な影響を社会に与えないようにできるかぎりの準備をすることが必要である。原子力の利用は社会に大きな便益をもたらす得ることも踏まえ、リスクを社会が許容できるレベル以下にする必要がある。それは社会との約束事であり、コン

センサスを得た安全の目標を定め、事故が起きたときには社会から支援・協力をも仰ぎ、深刻な影響を人と環境に及ぼさないようにするのである。この安全目標は国民に認めていただき、皆で尊重しなければならない。

—リスク評価は特別なものではない。どのような事象に対してでも、様々な目的のために、まずリスク評価を行ってリスクを知ることが大切であり、継続して評価法を改善していく。安全の目的の達成度を確認し、シビアアクシデントの発生を防止し、人と環境への被害を抑制する

### 2. 外的ハザードへの対応

福島第一原子力発電所の過酷事故は、自然現象がもたらす外的ハザード、特に津波に対する設計と備えが十分でなかったことが大きな要因の一つとしてあげられる。このような外的ハザードに対しては、IPEEE(Individual Plant Examination of External Events：外的ハザードに対するプラント固有の耐性評価)などにより包絡的にリスク評価を行うとともに、先に示した安全目標から得られる原子力発電所としての性能目標に整合した設計基準の設定、設計基準を超過する外的ハザードに対する備えとしての安全余裕と深層防護による設計などを合わせて対処する仕組みとすることが重要である。

—わが国での自然災害として厳しい地震に比較して、津波への備えが不十分であった。

更により幅広い自然災害への対応が必要である。

### 3. シビアアクシデントマネジメントの重要性

発電所毎に、最適なマネジメントやそのマネジメントをサポートするハードは異なる。リスクを許容できるまで低減するとともに、可能な限り小さくすることを目指す対策をとることが必要である。リスクの低減はマネジメントが重要であり、設備対応はそのマネジメントを補助するものである。つまり、運転や保守に与えるリスクなども考慮して、総合的にリスクを低減するという視点が重要である。確率論的リスク評価だけでは不十分である。全ての対策は、対象とするリスクを低減できるが、必ず新たなリスクを導入する。よって、対策の導入については、総合的なリスクの観点から評価しなくてはならない。

—シビアアクシデントの発生を想定していたが、想定外があることを想定していなかったために、十分な対応ができなかった。総合的なリスクを低減するマネジメントを考える必要がある。事故シナリオに依存することなく、あらゆる事象を検討し、教育訓練を行うことで発電所のマネジメント能力を高めることが必須である。



#### 4. 緊急事態への備えと対応

国際標準に従い、施設の状態に関してあらかじめ決められた判断基準に基づいて予防的防護措置が放射性物質の環境への放出前に迅速に実施できるような準備を確立しなければならない。放射性物質の放出後における緊急防護措置実施の判断は、環境で測定可能な量で示される運用上の介入レベル(OIL)とモニタリングによって迅速に行われるスキームの重要性が明らかとなった。飲食物摂取制限については、国内事情はもとより国際的に共通の考え方を確立する必要がある。

人や環境の防護の最後の砦として、「緊急事態への備えと対応」がある。その主要な目標は、現場、地域、国、国際間で効果的な対応ができるように確実に取り決めがなされること、合理的に予測可能な事象に対して確実に放射線リスクを軽微なものとする、人や環境への影響を緩和するための実行可能な手段を講じること、などである。

一緊急防護措置はあらかじめ計画を立案し定めて、手順に従い実行することが基本である。現場、地域を中心とした体制を構築し、訓練によってフィードバックを行い絶えず見直す枠組みを確立する必要がある。

#### 5. 環境修復と除染

除染は難しい課題を多く抱えている。学術的視点を取り入れて俯瞰的に環境修復を進めることが必要である。例えば、除染技術、廃棄物管理、線量目標、環境回復、地域復興などを踏まえて、今後の除染、復興の進め方についての検討が重要であり、除染と地域振興は一体で進める必要がある。

除染の進展とともに取り組まなければならない課題も多い。仮置き場設置には住民との対話、理解が不可欠であり、一様には進められない。除染廃棄物置場への柔軟な対応と、専門家等も含めて安全確保に関する科学的根拠などを誠実に説明することが基本である。また市町村が行う除染による汚染土壌等は仮置場までは市町村が、それ以降は国の責任で進めるべきであり、中間貯蔵へ移す場合の対応方針等を早く決める必要がある。

汚染廃棄物に対する合理的な考えの導入をして行かなければならない。減容化の推進や再利用の推進、動態調査と情報の速やかな開示などに取り組まなければならない。

一被ばく線量の目標値を達成する手段は除染だけではない。住民の暮らし方に関する工夫と組み合わせることが重要である。そのための方針も国が早く示す必要がある。

#### 6. 学術界の責務

学会は学術に取り組む組織の一つとして、自らの組織

的・社会的な問題点とも向き合い、原子力災害を防げなかった要因を明らかにして、組織として必要な改革を提言することも重要な取り組みである。このため、学会事故調においては、学会の役員・部会長等の経験者に対してアンケートを実施し、原子力学会自身がこの事故を防ぐ、あるいは事故の影響をより小さくするために行うことができたこと／行うべきであったことについての検討を行っている。意見の一部ではあるが、「議論、共有し、評価できる」、「総合的に課題を捉えて議論する」、「原子力安全問題に関する分野横断的に検討する」などの場を構築が必要との意見が多く出されている。これらを基に、広く学会員からの意見を踏まえた上で、学会事故調として今後の取り組みを検討し、日本原子力学会の学術機関としてのあるべき姿への改革への提言等に取りまとめていく。

#### 7. まとめ

原子力発電所の利用にはリスクがあることを認識した上で、それを上回る「ベネフィット(便益)」があると考え、従来、原子力発電所を利用してきた。学会事故調では、事故を分析することで、このリスクをどのように捉えて適切に対応することにより、これらのリスクはどのように低減されるかを中心に検討を重ねている。リスク分析に取り組むことで、網羅性が確保されると同時に、重点化すべき点が見えてくるものと考えている。絶えざるリスクの抽出とリスク低減活動に取り組むことが最も必要なことである。

### IV. 今後の対応

学会事故調では、上述した視点での課題の分析と今後の対応を検討し提言を抽出していくものであるが、これらの議論では、具体的には以下の点が重要な個別の論点と考えている。

- ・地震の影響
- ・事故進展とソースタームの評価
- ・原子力防災における緊急防護措置
- ・IC/RCICに係る問題の整理と評価
- ・事故炉の中長期対策及び福島復興のための除染対策に関する検討
- ・国際的な知見の整理・分析
- ・事故に至らなかった原発の分析
- ・外部事象の評価と対策
- ・核セキュリティ対策
- ・セイフティとセキュリティのインターフェース

これらの評価と検討を進める上で、学会員からの率直な意見を求める。学会事故調としては積極的に取り入れていくものであり、直接事務局(ULR参照)まで提示いただきたい。今後、これらの議論を取りまとめ、同時に英文化し海外のレビューも受け、年末には正式報告を提

示する予定である。

今後、福島第一原子力発電所事故のような深刻な事態は二度と起こさないことが重要な課題である。学会事故調は、それが実現できるよう、事故とその背景の分析ならびに提言を行うとともに、このような活動の成果を社会に発信し、常に社会との接点を忘れないことも大切である。この報告を基に、これから原子力利用にかかわる原子力界の人のよりどころの一つとして活用されるものとした。

#### —参考資料—

多くの参考とする資料があるが、ここでは省略する。特に、国会事故調、政府事故調、民間事故調と東電事故調の各報告書を参考にするとともに、

- ・原子力安全部報告「福島第一原子力発電所事故に関するセミナー」報告書—何が悪かったのか、今後何をすべきか—、(2013年3月発行)。

詳細は <http://www.aesj.or.jp/~safety/seminor.html> のセミナー資料を参照

- ・標準委員会技術資料 AESJ-SC-TR 005「原子力安全の基本的考え方—第I編 原子力安全の目的と基本原則」(2013年4月発行)を参考とした。

事故調の URL は下記。

<http://www.aesj.or.jp/jikocho/index.html>

#### 著者紹介

田中 知(東京大学教授)

原子力工学全般、核工学、処理処分、原子力安全等。

日本原子力学会 前会長。

#### 補足 学会事故調の委員一覧(敬称省略)

以下に活動に参加の全員をリストアップする(所属は省略)。

委員会、部会の各部門からの推薦により参加している。

委員長：田中 知(前日本原子力学会会長)

理事会：木村晃彦，田中隆則(幹事)，奈良林 直，山本一彦

委員長指名委員：越塚誠一，平野雅司

原子力安全調査専門委員会

技術分析分科会：岡本孝司，山本章夫

放射線影響分科会／保健物理環境科学部会：横山須美

クリーンアップ分科会／再処理・リサイクル部会：

井上 正，梅田 幹

広報情報委員会：小川順子，倫理委員会：大場恭子

標準委員会：宮野 廣(幹事)，山口 彰，河井忠比古

炉物理部会：中島 健，核融合工学部会：小西哲之

核燃料部会：山中伸介

バックエンド部会：林道 寛，新堀雄一

熱流動部会：片岡 勲，放射線工学部会：高橋浩之

ヒューマン・マシン・システム研究部会：

五福明夫，佐相邦英

加速器・ビーム科学部会：上坂 充

社会環境部会：佐田 務，諸葛宗男(幹事)

保健物理・環境科学部会：百瀬琢磨

核データ部会：千葉 敏，須山賢也

材料部会 阿部弘亨，原子力発電部会：松岡恒太郎

計算科学技術部会：中島憲宏

水化学部会：内田俊介，塚田 隆

原子力安全部会：関村直人(幹事)，本間俊充，新田隆司

新型炉部会：山野秀将

核不拡散等連絡会：藤巻和範，久野祐輔

オブザーバ(随時参加)：野村茂雄，堀池 寛，池本一郎，

藤田玲子

学会事務局長：澤田 隆

「学会事故調」担当：荒井滋喜

# 高レベル放射性廃棄物地層処分の工学技術

## —技術開発から理解促進へ—

### 第1回 オーバーパックスの溶接と溶接部の健全性評価 に関する技術開発

原子力環境整備促進・資金管理センター 朝野 英一, 小林 正人

高レベル放射性廃棄物地層処分の人工バリア材料の製作や処分場の操業に関わる工学技術の開発が国の基盤研究開発として進んでいる。本シリーズではオーバーパックと緩衝材に関する技術開発の状況と、技術開発の成果を利用した理解促進活動の様子を紹介する。初回は、オーバーパックにガラス固化体を封入する溶接、溶接部の非破壊検査、溶接部の健全性評価について、実規模スケールの試験を基本にした技術開発成果を紹介する。

#### I. はじめに

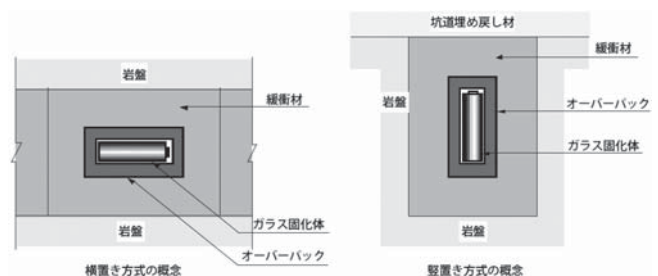
我が国における高レベル放射性廃棄物の対策は、1976年に原子力委員会決定として地層処分に重点を置く基本方針が示されて以降、研究開発、技術開発が進められて来た。平成11(1999年)には、当時の核燃料サイクル開発機構(現、日本原子力研究開発機構。以下、原子力機構という)による第2次取りまとめ<sup>1)</sup>がなされ、我が国における地層処分の技術的信頼性が示されると共に、処分予定地の選定と安全基準の策定の技術的よりどころが示されている。平成12(2000)年に「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律」<sup>2)</sup>が制定され、地層処分の事業主体である原子力発電環境整備機構(NUMO)が設立されると共に、事業資金管理業務のために当時の財団法人原子力環境整備センターが財団法人原子力環境整備促進・資金管理センター(平成22(2010)年より公益財団法人。以下、原環センターという)に名称変更されて処分事業の態勢が整備された。NUMOは、地層処分の実現に向けて、平成14(2002)年に、概要調査の候補となる区域の公募を開始した。しかし、現在に至るまでにまだ候補区域は見出されていない。

我が国における高レベル放射性廃棄物地層処分の概念は、第1図に示すように、ガラス固化体をオーバーパックと呼ばれる金属製の容器に封入し、その周囲を粘土鉱

物からなる緩衝材で覆った状態で安定な地層に埋設するものである。地層処分の技術的成立性、言い換えるとその安全確保の基本的な考え方は、①適切な地質環境の選定、②適切な工学的対策、③長期安全性の予測的評価の3つであり、従って研究開発、技術開発はこれらに対応して、①地質環境、②工学技術、③安全評価の3つの分野からなっている<sup>1)</sup>。なお埋設深度は地下300 m以深である<sup>2)</sup>。

ガラス固化体が内包する放射性核種の半減期が長いこと、それを地下深部に埋設することから、その安全確保には時間的、空間的な不確実性が存在することは避けられない。従って、これまで進められて来た3分野の研究開発、技術開発には、このような地層処分特有の課題、困難さが伴うことになる。

原環センターでは、前記の第2次取りまとめにおいて提示された処分概念を念頭に、平成12(2000)年度より、地層処分場での人工バリア材料の製作、施工、搬送、定置といった操業に係る工学技術の開発を進めて来た。処分場の候補地が見つからない現状に鑑み、多様な処分場概念に対応する技術選択肢を幅広く提示することを目的として、実規模スケールの試験装置と実物の人工バ



第1図 地層処分の概念<sup>1)</sup>

Engineering Technologies for Geological Repository Program of High-Level Radioactive Waste—Turning Developing Technologies to Public Relation (1); R&D on Welding and Integrity of Weld Joint for Overpack Sealing Technologies: Hidekazu ASANO, Masato KOBAYASHI.

(2013年 4月11日 受理)



リア材料を用いた要素試験, それらを組み合わせたシステム成立性の確認, そして製作, 構築した人工バリアの品質や健全性を評価する試験などを実施し, 平成24(2012)年度にそれまでに得られた成果を一つのデータベース(技術メニュー, 後述)としてまとめたところである<sup>3)</sup>。

一方, 技術開発の成果を利用して地層処分の概念や工学技術を実感, 体感して理解を深めてもらうことを目指す事業も同じく資源エネルギー庁により平成20(2008)年度から開始された。原環センターは初年度からこの地層処分実規模設備整備事業に取り組んでいる。この事業では, 広く一般の人達を対象に, 工学技術の開発成果を利用して, オーバーパックと緩衝材を製作して展示, あるいは処分孔に緩衝材を定置する技術の実証を念頭に緩衝材定置装置を製作し, 定置試験を公開で実施するなど, 実規模, 実物を基本として, 原環センターと原子力機構の共同研究契約に基づき, 北海道幌延町にある幌延深地層研究センターの敷地内に施設を整備して平成22年4月28日から一般公開している。

本シリーズでは, 以上に示した事業の成果に基づいて, 地層処分の工学技術について, 技術開発の進め方とその成果, 及びその成果を活用した理解促進の活動状況を3回に分けて紹介する。初回はオーバーパック。ガラス固化体を封入するために必須となる溶接とそれに端を発する諸課題への対応を紹介する。第2回目は緩衝材。その製作と地下施設への搬送・定置に関連する技術開発と定置後の緩衝材の品質評価を紹介する。最終回は理解促進。緩衝材定置の公開試験の様子を含めて実規模設備整備事業での様々な活動の状況を紹介したい。

## Ⅱ. オーバーパックに関わる技術開発

### 1. 技術開発の背景

前述した第2次取りまとめでは, オーバーパックは内包したガラス固化体と地下水の接触を1,000年間防ぐことを前提として, 地下水との接触による腐食に対する耐食性と, 埋設状態での外圧に対する構造健全性に留意した機械的強度を有することが基本的な設計要件として示されている<sup>4)</sup>。候補材は炭素鋼, チタン, 銅の3種類であるが, 腐食挙動や使用実績などの点から炭素鋼が第一の候補材料である。炭素鋼製オーバーパックの仕様例は, 直径820, 高さ1,730, 厚さ190(単位はmm)の円筒型。板厚は, 炭素鋼の酸化性環境と還元性環境での腐食挙動の研究成果に基づいて設定した1,000年間の腐食代40mmと外圧に対する強度層と放射線遮蔽機能を考慮した150mmを足したものとなっている<sup>4)</sup>。内包するガラス固化体1本当たりの初期の発熱量は約350Wで1,000年後には1/100程度まで減少する。定置される岩盤は堆積岩(軟岩)と結晶質岩(硬岩)の2種類で, 地表面の地温は15℃, 地温勾配は3℃/100mとし, オーバーパッ

クの外側に設置される緩衝材の制限温度を100℃として人工バリアシステムと処分場の成立性が提示されている<sup>1,4)</sup>。

### 2. オーバーパック蓋溶接の特殊性と課題

オーバーパックにガラス固化体(キャニスターと呼ばれるステンレス鋼製容器にガラスが充填されたもの)を封入するには, 円筒型の胴体部分にガラス固化体を挿入し, 蓋をして溶接する。溶接は材料の加熱, 溶融, 冷却, 凝固という熱プロセスを利用して部材同士を接合することから, 溶接部の組織, 組成, 応力, きず, 表面状態はこのプロセスの影響—溶接影響—を受けて母材とは異なる状態を呈することは避けられない。しかし, オーバーパックの胴体と蓋の間に生じる溶接部にも1,000年間の閉じ込め機能が要求される。換言すると, 母材に要求される耐食性と機械的な構造健全性は溶接部においても満たさなければならない。

そこで本技術開発では, 以下の点に着目した試験, 検討を行った。

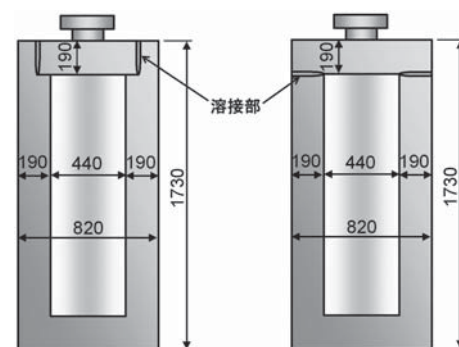
- (1) 厚さ190mmの炭素鋼製オーバーパックの蓋の溶接技術と溶接部の非破壊検査技術の適用性確認
- (2) 溶接部の腐食特性の評価
- (3) 溶接きずの発生(存在)を前提にした, オーバーパックの構造健全性評価手法の検討

なお, オーバーパックの設計, 製作に関わる指針や技術基準はまだ定められていない。そこで現状の知見に基づいて, オーバーパックの基本的な蓋構造を第2図は, 強度, 溶接性, 製造方法などを考慮して炭素鋼鍛鋼品であるSF340A(JIS G 3201)を選定した。

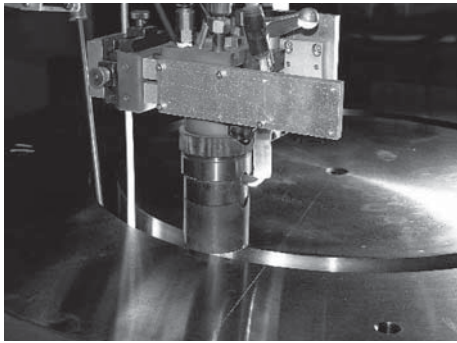
## Ⅲ. 溶接技術と非破壊検査技術

### 1. 溶接技術の比較と適用性の評価

溶接には異なる原理に基づく各種の手法がある。オーバーパックでは190mmの炭素鋼を周方向に溶接して容器を封入することから, 高品質の溶接が効率的に行われることが望ましい。そこで, 厚板狭開先の溶接において一般産業界や原子力産業界で実績のある手法の中からアーク溶接法であるTIG溶接とMAG溶接を, また代



第2図 オーバーパックの基本構造



第3図 オーバーパックの溶接試験(TIG溶接)<sup>3)</sup>

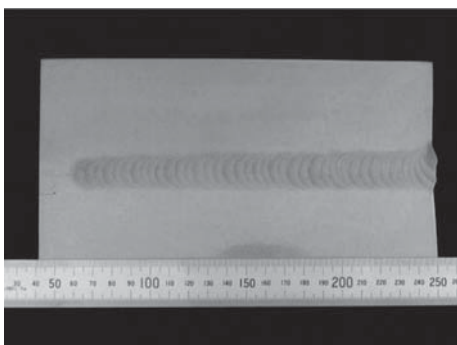
表的な高エネルギービーム溶接法である電子ビーム溶接(以下、EBWという)を評価対象とした。前者は開先への溶接材料の多層盛による接合、後者はワンパスの貫通ビームによる母材同士の直接接合が特徴である。

溶接試験は、溶接深さを190, 100, 50mmなど種々変えた実規模オーバーパックの蓋部供試体を用いて実施した。溶接後の継手性能試験(溶接部の機械特性の測定)等により溶接条件の妥当性を確認した。第3図に溶接試験の状況を示す。

TIGとMAGの両溶接法は、時間を要するものの(落とし蓋、190mm完全溶け込みで、約33時間(TIG)と約4時間(MAG))継手性能試験の結果は良好で、有意な溶接きずの発生は認められなかった。また、EBWは高能率ではあるが(平蓋、190mm完全溶け込みで、約30分)、溶融金属の膨出による表面荒れの発生と、周回した電子ビームの終端部処理過程において溶け込み不良に起因するポイドの発生が見られた。100mm部分溶け込み(平蓋)や80mm部分溶け込み(落とし蓋)ではこの膨出が抑制され、終端部での溶け込み不良は長さ数mmに止めることができた。溶接条件(入熱条件や真空条件)を変えた試験を種々行ったが、基本的に溶融金属の膨出と終端部処理過程における溶け込み不良の発生を抑制するには至っていない。第4図に溶接部の断面観察写真を示す。

## 2. 非破壊検査技術の比較と適用性の評価

溶接影響の一つにきず(一般的には溶接欠陥といわれる)の発生がある。オーバーパックの溶接部において腐



第4図 溶接部の断面(TIG溶接)<sup>3)</sup>

食代と強度が適切に確保されているかを確認するためには、きずの位置、寸法、形状に関する情報が必要となる。そこで非破壊検査については、検出性と定量性(サイジング)、さらに測定データの可視化に優れた超音波探傷法(以下、UTという)の適用性を比較、評価した。

UTにはその原理により、表面、表層、深部のきずの検出や定量に適したそれぞれの方法がある。本技術開発では、表面から深さ190mmまでの間にMAG溶接による自然欠陥を付与した炭素鋼製供試体を作成し、種類の異なるUTでそれらを探傷、その後供試体をスライスして欠陥の位置、寸法、形状を目視観察して両者のデータを比較した。比較結果に基づき、きず高さに対する検出確率(以下、POD:Probability of Detection)を算出した。さらに、前述したEBWによる実規模蓋部溶接供試体の自然欠陥のデータを加えてPODデータの精度を向上させた。

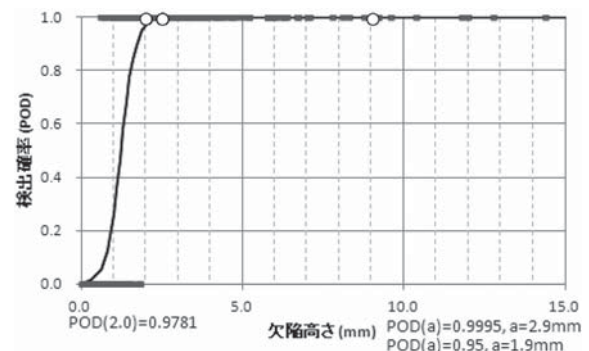
きずの検出性は、表面:クリーピングウェーブ法、表層~190mm深さはTOFD(Time of Flight Diffraction)法、あるいはフェイズドアレイ法の組合せが適すると判断した。得られたPOD曲線を第5図に示す。本図より検出確率100%のきず高さは2ないし3mmとした。なお、測定データの可視化やきず検出に関する数値解析手法の開発などを含めて表層以下の深さにはフェイズドアレイ法が優れていると判断した。

## IV. 溶接部の健全性評価

オーバーパックの溶接部には、母材と同様に1,000年間の健全性が求められる。本技術開発では、耐食性と機械的な構造健全性について溶接試験に基づく調査、検討を行った。

### 1. 溶接部の耐食性評価

第2次取りまとめにおいて、オーバーパック母材の炭素鋼に関する腐食シナリオが提示されている<sup>4)</sup>。溶接部の腐食挙動は本シナリオを基本としてその評価対象を、①酸化性雰囲気での腐食、②還元性雰囲気での腐食、③応力腐食割れ(Stress Corrosion Cracking:SCC)、④還元性条件での水素吸収とし、溶接試験体から試験片を切



第5図 POD曲線(○はEBW供試体のデータ)<sup>3)</sup>

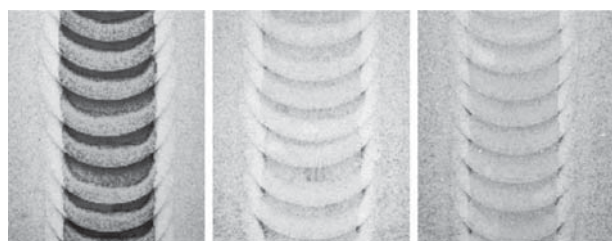


り出して各種の腐食試験を実施した。①と②は人工海水や人工淡水への浸漬試験，③は炭酸，重炭酸イオン濃度を変えた溶液条件での低歪み速度引張り試験(Slow Strain Rate Test:SSRT)，④は還元性条件での溶液浸漬中の水素吸収量の測定を実施した。

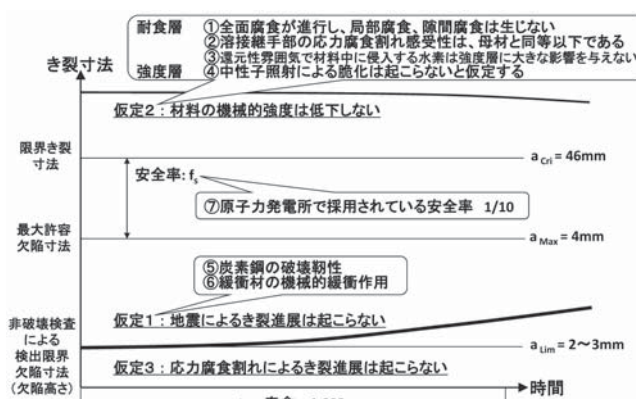
②と④については3年間浸漬までの腐食速度と水素吸収挙動から溶接部は母材と同等の耐食性を有し吸収水素濃度の増加が認められないこと，③での割れ発生状態の観察から溶接部の SCC 感受性は母材よりも低いこと，を確認している。一方，①では，TIG と MAG 溶接による溶接金属部分において選択的な腐食の発生が認められた。全面腐食進展時の最大腐食深さの算定からは，特に TIG 溶接において，母材の腐食量を上回る可能性が示唆された。母材と溶接金属の組織，組成の観察や分析を行うと共に，選択的な腐食に対して改善効果が見込まれる元素4種を含む模擬溶接金属を製作して腐食特性を調査するなどして，溶接材料への Ni 添加による溶接金属の耐食性向上を対策として提示した。選択的な腐食の状況と Ni 添加の効果を第6図に示す。こうして，溶接部が母材と同等の耐食性を有していることを確認し，溶接法の妥当性を提示した。

## 2. 溶接部の構造健全性の評価

溶接によりきず(き裂)が導入されることを前提とし，溶接部においてき裂進展による破壊が1,000年間生じないことを説明する構造健全性評価法(モデル)を検討，提示した。これは原子力発電設備の維持規格<sup>5)</sup>において寿命延長の理論的根拠を与える破壊力学に基づく評価法を，オーバパックの特殊性を考慮して溶接部への適用を図ったものである。これを第7図に示す。横軸が時間，縦軸がき裂寸法で，き裂進展の曲線(右上がり)と強度劣化の曲線(右下がり)が1,000年の寿命期間中は交差しないことから溶接部の破壊は生じないことを説明しようとしている。き裂寸法には3つの指標がある。非破壊検査による検出限界欠陥寸法は，前述した UT の POD 曲線の検討から設定した。破壊に至る限界き裂寸法は，埋設条件下での外圧と溶接残留応力，地震荷重を考慮した溶接部の応力解析に基づき脆性破壊の評価式から算出した値である。限界き裂寸法46mm は，落とし蓋構造で50



第6図 溶接金属の選択腐食と Ni 添加によるその改善効果 (黒色側が腐食量大)<sup>3)</sup>



第7図 溶接部の健全性評価の概念<sup>3)</sup>

mm の部分溶け込み溶接という溶接部に発生する最大主応力が大きくなる場合の値である。同構造で190mm の完全溶け込み溶接の場合の限界き裂寸法は69mm という値を得ている。紙面の都合で詳細な説明は割愛するが，図中の条件について，腐食試験による確認，中性子照射脆化の解析的検討，前述の維持規格を参照した安全率の設定などに基づくと<sup>6)</sup>，仮定1と仮定2が成立すると共に，縦軸のき裂寸法の数字の大小関係には矛盾がないことから，今後，仮定3についての知見を得ることなど課題はあるものの，溶接部の構造健全性はその腐食特性を条件として取り込んだ形で成立し得ると判断している。

## V. まとめ

平成12年度から平成24年度までの技術開発の展開を第8図に示す。左から右に時間を追った年表形式としている。開発初期は溶接，非破壊検査技術の適用条件や適用範囲を確認する要素技術開発，その後は装置化を意識した技術開発を進めると共に，溶接部の品質，健全性評価に調査，検討範囲を拡大した。開発成果の全ては，各要素技術の知見，それらをまとめた総括的な知見などに分類して階層構造とした「技術メニュー」と呼ぶデータベースとして取りまとめた<sup>3)</sup>。これより，例えば，落とし蓋のオーバパック，190mm の完全溶け込み溶接であれば，MAG 溶接。溶接後に溶接残留応力を除去する熱処理を行い，非破壊検査は表面/表層はクリーニングウェーブ法，それ以深の190mm まではフェイズドアレイ法，というような溶接，検査のシステム例の提示が可能である。

本技術開発により，オーバパックの溶接と溶接部の非破壊検査，及びその耐食性と構造健全性の評価について，実規模，実物の材料を基本とした試験，解析，検討を実施して，具体的な技術オプションを提示した。一方，オーバパックにおいては，その役目である1,000年間の閉じ込め機能の確保が最重要である。溶接部の施工品質と長期にわたる健全性の確保を技術的に実現する(ハード技術)と共に，その妥当性を説明すること(ソフト技術)の両者が求められる。今後はこの両者の融合と





第8図 オーバーパックの溶接に関わる技術開発の展開<sup>3)</sup>

いうことを念頭にさらに技術開発を進めていく必要がある。

この一連の技術開発は資源エネルギー庁の委託事業として実施されたもので、その成果は国の地層処分基盤研究開発の成果の一部である。

— 参考資料 —

- 1) わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性—地層処分研究開発第2次取りまとめ—総論レポート/JNC TN 1400 99-020, 核燃料サイクル開発機構, 平成11年11月20日.
- 2) 特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律, 平成12年6月7日, 法律第117号.
- 3) 平成24年度地層処分技術調査等事業 高レベル放射性廃棄物処分関連: 処分システム工学要素技術高度化開発報告書, 原環センター, 平成25年3月.
- 4) わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性—地層処分研究開発第2次取りまとめ—分冊2 地層処分の工学技術/JNC TN 1400 99-022, 核燃料サイクル開発機構, 平成11年11月20日.

5) 日本機械学会; 発電用原子力設備規格 維持規格(2007年追補版), JSME SNA1-2007, 2007年9月.

6) H.Asano, A.Nakamura, M.Kobayashi, Long-Term Integrity of Overpack Closure Weld for HLW Geological Disposal, Part 1—Prediction and Evaluation Method for Structural Integrity for the Weld Joint, Corrosion Engineering, *Sci. Technol.*, Vol 46, No 2, 2011.

著者紹介



朝野英一(あさの ひでかず)  
原子力環境整備促進・資金管理センター  
(専門分野/関心分野)原子力工学, 地層処分/人工構造物の寿命評価



小林正人(こばやし まさと)  
原子力環境整備促進・資金管理センター  
(専門分野/関心分野)金属工学/金属材料の溶接技術, 腐食挙動評価

## 報告

## 日本原子力学会による日韓学生・若手研究者交流事業

## 日韓原子力学生・若手研究者交流小委員会

10数年前から日韓交流が活発になり、学会開催時に相互に日韓合同セッションなどが開かれるようになった。これらを背景に、人材育成の立場から若い時期の交流が国際的立場の中での次世代の日韓の協力・共同歩調に役立つだろうという認識が生まれ、2005年に部会による学生・若手研究者の交流(サマースクール等)を支援する事業が発足した。この事業の実績と現状を把握しておくことは、今後の発展に役に立つとともに、これまで関わっていなかった分野/部会の本事業への参加も期待される。

## 1. はじめに

日韓交流に関して、1999年の日本原子力学会創立40周年記念にあわせ、日韓原子力学会間で学術交流協定が締結され、その際、両国の学生が学術的、文化的交流を深めることが両国の将来にとって好ましい、との観点から日韓原子力学生交流協定が結ばれ、学生交換事業が始まった。続いて、2002年に国際活動委員会(齋藤伸三委員長)から日本原子力学会の年会・大会の国際化を推進することが発案され実施が要請されるようになった。各部会の自主的な動きとともに企画委員会からの働きかけもあって、日本と韓国の学会開催時に交互に日韓合同セッションが開かれるようになった。そして、各部会の活動によって日韓合同セッションを通じた日韓交流が活発になったが、この活動は日韓の部会の研究者間の交流と位置付けられる。

一方、2004年に岡 芳明・竹田敏一両前企画委員長から、この研究者間の交流とは別に人材育成の観点から、若い時期の交流が次世代の日韓の協力・共同歩調に役立つだろうという提案がなされた。そして、上述の日韓合同セッションの推進は各部会に任せることにして、学会としては、特に若い世代の交流を後押しすることの重要性が認識された。日本の部会側としても、例えば、韓国の学生が日本に来て交流した経験があると、先々研究者となったとき日本に協力的・共同歩調の姿勢になることが想定され、また将来的に日本の当該部会の国際的発言力が増すことなども期待される。

この人材育成については、日韓原子力学生交流事業運営連絡会の芹澤昭示委員長の努力により、2005年に両学会間で学生・若手研究者間の交流に関する付属協定が締結され、日韓相互に日韓サマースクール/日韓学生セミナー等の開催を財政支援する事業が発足した。日韓原子

力学会学生・若手研究者交流事業運営連絡会(香山晃委員長)のもとに活動が開始されたが、この日韓交流事業もほぼ10年が経過した。今までの交流の経過を振り返り、将来を展望しておくことは有意義と思われる。

## 2. 日韓サマースクール/学生セミナーの開催状況

第1表に、この事業による日韓サマースクール/学生セミナーをまとめている。以下に、主な日本開催分について、開催の要点、感想、特筆すべきことなどを記載している。なお、韓国開催分を含む詳細は、国際活動委員会のホームページに掲載されている。

## 【2005年】(第1G)日韓4部会合同サマースクール

学会企画委員会等の強い指導による学会の国際化活動の一環として、4部会(加速器・ビーム科学, 核データ, 放射線工学, 炉物理)による日韓サマースクールが、7月23~27日東海村リコッティにて開催された(第1図)。本サマースクールは、前年開催の韓国浦項における4部会合同日韓サマースクールの経験および反省を踏まえて計画された。今回は、本サマースクールへの参加実績は、参加学生の大学院のほとんどでインターンシップとして単位化された。

冒頭に芹澤昭示日本原子力学会会長(京大)(当時)を始めとする開会の挨拶があった。加速器技術をベースに、加速器ベース大強度中性子源, 核データ, ADS(加速器駆動システム), 検出器, 医療用加速器(粒子線, 電子・X線), 先端放射光源(利用, 自由電子レーザー, 第4世代), 放射線化学, レーザー加速を網羅した講義が行われた。平均45分の講義が19件あり、内7件を教育的(tutorial)にし、12件は最新科学技術に関するものとした。4日目は原子力機構 J-PARC, 東大加速器施設の見学会があった。

加えて、夕食の後毎晩、学会学生連絡会と韓国学生の自主企画による学生セッション(ポスター・PCによる研究紹介, 質疑応答, 懇親会)が催された。

AESJ-KNS Exchange Work of Students and Young Researchers : Subcommittee on Student and Young Researcher Exchange Program.

(2013年 5月16日 受理)



第 1 表 日韓サマースクールまたは日韓学生・若手研究者セミナー

開催年	部会グループ	名 称	開催国	関連部会	参加総数(学生若手数日本、韓国)	備考
2004年	(第1G) 第1回日韓4部会合同サマースクール(7/26-30, 韓国浦項, 浦項加速器研究所)		韓国	核データ部会、加速器・ビーム科学部会、放射線工学部会、炉物理部会	85名(学生若手数日19名、韓44名)	事業の正式発足前
2005年	第1	(第1G) 第2回日韓4部会合同サマースクール(7/23-26, 東海村, 東海村リコッティ)	日本	核データ部会、加速器・ビーム科学部会、放射線工学部会、炉物理部会	70名(学生若手数日30名、韓20名)	
	第2	(第2G) 第2回日韓先進原子力燃・材料・核融合工学夏の学校(8/1-3, 韓国釜山, 東儀大学)	韓国	核融合工学部会、材料部会、核燃料部会	182名(学生若手数日47名、韓43名)	第21回核融合炉夏季セミナー
2006年	第1	(第1G) 第3回日韓4部会合同サマースクール(8/6-11, 韓国大田, KAERI)	韓国	加速器・ビーム科学, 核データ, 放射線工学, 炉物理部会	85名(学生若手数日14名、韓45名)	PEFPワークショップ併催
	第5	(第5G) 第1回日韓原子力学会学生・若手研究者サマースクール(11/23-25, 韓国釜山, 韓国海洋大学)	韓国	熱流動部会、計算科学技術部会、原子力発電部会	53名(学生若手数日16名、韓国22名)	
2007年	第2	(第2G) 第3回日韓合同サマースクール(8/27-31, 韓国ソウル, ソウル国立大学)	韓国	核融合工学部会、材料部会、核燃料部会	150名	
2008年	第1	(第1G) 第4回日韓4部会合同サマースクール(8/5-8, 福岡市, 九州大学伊都キャンパス)	日本	加速器・ビーム科学部会、核データ部会、放射線工学部会、炉物理部会	103名(学生若手数日41名、韓国40名)	
	第5	(第5G) 第2回日韓原子力学生・若手研究者セミナー(原子炉熱流動と安全)(11/22-23, 那覇市, 琉球大学)	日本	熱流動部会、計算科学技術部会、原子力発電部会	23名(学生若手数日13名、韓国10名)	NTHAS6に併催
2009年	第1	(第1G) 放射線工学部会日韓サマースクール(7/15-17, 北九州市, 北九州国際会議場)	日本	放射線工学部会	45名(学生若手数日18名、韓20名)	ISORD-5に併催
2010年	第4	(第4G) 日韓学生セミナー「保健物理・環境科学2010」(5/24-28, 千葉市, 東京大学検見川ハウス)	日本	保健物理・環境科学部会	98名(学生若手数日17名、韓国13名)	AOCR-3に併催
	第1	(第1G) 第5回日韓4部会合同サマースクール(7/26-30, 韓国水原, 成均館大校水原キャンパス)	韓国	加速器・ビーム科学, 核データ, 放射線工学, 炉物理部会	91名(学生若手数日20名、韓18名)	PEFPサマースクール兼催
	第5	(第5G) 第3回日韓原子力学生・若手研究者セミナー(原子炉熱流動の将来研究)(11/11-13, 韓国大田, KAIST)	韓国	熱流動部会、原子力発電部会、計算科学技術部会、原子力安全部会	91名(学生若手数日15名、韓国56名)	NTHAS7に併催
	第1	(第1G) 日韓核データセミナー(11/25-26, 春日市, 九州大学筑紫キャンパス)	日本	核データ部会	25名(学生若手数日21名、韓4名)	核データ研究会に併催
2012年	第1	(第1G) 第6回日韓4部会合同サマースクール(8/27-30, 熊取町, 京都大学原子炉実験所)	日本	加速器・ビーム科学部会、核データ部会、放射線工学部会、炉物理部会	66名(学生若手数日11名、韓21名)	
	第5	(第5G) 第4回日韓原子力学生・若手研究者セミナー(原子炉熱流動の将来研究)(12/7-8, 別府, B-Conプラザ)	日本	熱流動部会、原子力発電部会、計算科学技術部会、原子力安全部会、新型炉部会	36名(学生若手数日19名、韓国17名)	NTHAS8に併催



第 1 図 (第 1 G) 第 2 回日韓 4 部会合同サマースクールの参加者

これらにより、毎日のように講師同士、学生同士の懇親が深められた。最後に別れを惜しむ学生の姿が印象的であった。運営に当たったものとしても、とても名残惜しい気分となった。

#### 【2008年】(第 5 G) 第 2 回日韓学生・若手研究者セミナー

本セミナーは11月22～23日に琉球大学で開催された。このセミナーは、参加者の時間的・経済的な負担軽減を図るため、同じ沖縄県で開催された第 6 回原子炉熱流動と安全に関する日韓シンポジウム(NTHAS6)と連続させて実施された。両国の専門家による関連分野に関する



第 2 図 (第 5 G) 第 2 回日韓学生・若手研究者セミナーのポスターセッション

キーノート講演、参加者全員によるポスター発表(要旨集の配布)及びテクニカルツアー(NTHAS6と合同実施)で構成された。韓国側部会(熱流動部会)の担当者は、韓国側での企画内容の承認、講師の依頼、開催案内及び参加者募集・取りまとめ等を責任をもってスムーズに対応してくれた。

本セミナーのキーノート講演では、日韓それぞれ2名の講師に異なる原子炉型の特徴を1時間ずつ講義して頂き、参加者からの質問を受けた。ポスター発表(第2図)では、研究の結果や現時点で直面している問題・課題な



どについて、参加者と議論を深めた。日韓とも優れた研究が多く、ポスター発表を講師及び主催者で厳正に審査し、発表態度も含めた優秀な論文を日韓それぞれ1件ずつ選んで表彰した。セミナー後の自由時間には、日韓の学生が自主的に会議室に集まり、小規模な懇談会を通じてお互いに情報交換している姿が見受けられた。

#### 【2009年】(第1G)放射線工学部会日韓サマーセミナー

本サマーセミナーは、放射線工学に関わる日韓の学生・若手研究者の教育と研さんを目的として、2009年7月15～17日に北九州国際会議場で開催された。放射線安全計測技術国際シンポジウム(ISORD-5)が開催される時期に合わせて、放射線工学部会の従来のサマーセミナーの参加対象を韓国の学生・若手研究者まで広げて開催した。概要は、教育講義3件、実習1件、トピックス講義4件、ポスター発表による研究交流、自由討論会、懇親会となっている。教育講義では、線量概念の理解とそれに関わる放射線工学分野の代表的な2つの粒子輸送コードを取り上げた。実習では、世界で標準的に使用されている電子ガンマ線シャワーコード(EGS)を参加者に体験させた。トピックス講義は、本部会分野で各国の関心が高い5つの話題を取り上げた。ポスター発表では、優秀な発表を選定し、優秀ポスター賞を授与し顕彰した。

学生にとって、演習を含む基礎的なスクーリングから最先端の研究成果報告が一度に体験できたこと、また、国際交流の良い機会となったことなど、有意義なサマースクールになったと思う。

#### 【2010年】(第4G)日韓学生セミナー「保健物理・環境科学2010」(日本)

本セミナーは、The Third Asian and Oceanic Congress on Radiation Protection(AOGRP-3)(5月24～27日、東京都船堀タワーホール)の一部として企画されたものである。このセミナーは、日韓2ヶ国を中心にして、参加学生の対象者をアジア・オセアニア地区まで拡大し、アジア諸国の学生達同士で自由に討論を行うことを目的とした。基調講演として日韓の学生が「研究環境とキャリアプラン」「放射線の農業利用」「放射線の医療利用」「放射線の工業利用」の4テーマにつき、両国の現状を紹介した。その後パネルディスカッションが開催され、あらかじめ選出された日韓とその他諸国の学生が壇上に上がり、自国の現状を踏まえた上で各議題についての意見交換をした。

企画立案からプログラムの調整、会の準備、進行まで、すべて日韓両国の学生が担当した点が注目値する。AOGRP-3に参加した学生達は、会期中の5日間、国籍を問わず全員が東京大学検見川寮で生活を共にした。短期間ではあるが日常的に異文化と触れ合い(第3図)、小



第3図 (第4G)日韓学生セミナーの懇親会(緑日体験)

さなトラブルを経験し、それを自分たちで克服する機会を意識的につくった試みである。日韓以外に、アジア7ヶ国からの参加もあった。

#### 【2010年】(第1G)日韓学生若手核データセミナー

核データ部会は、当該年度の核データ研究会を九州大学筑紫キャンパスで開催した。九州大学は韓国から地理的に近く、韓国の大学や研究所との相互交流に積極的な環境にある。そこで、韓国からの学生若手の参加も得て、11月25日から3日間、日韓学生若手核データセミナーを実施した。まず、2日間の核データ研究会に参加し、国内外の第一線の講師陣による講演や学生向けのチュートリアル講義を聴講することで、核データおよび関連応用分野の基礎や最新動向について学んだ。

核データ研究会との共催で実施したポスター発表セッションでは、学生や若手研究者が各自の研究成果を披露して、各ポスターの前では中堅・シニア研究者も交えた質疑応答や情報交換が積極的に行われた。最終的に3名が優秀ポスター賞を受賞した。引き続き行われた懇親会でも、お互いの親睦をさらに深めることができた。セミナー最終日には、伊都キャンパスにある九州大学加速器センターに設置中のFFAG加速器を見学し、加速器およびその応用について知見を広げる良い機会となった。今後も同様なセミナーを企画し、両国の相互交流と次世代を担うグローバルな人材の育成に貢献していくことにしている。

#### 【2012年】(第1G)第6回日韓4部会合同サマースクール

本サマースクールは、京都大学原子炉実験所(大阪府泉南郡熊取町)にて8月27～30日に開催された(第4図)。今回は、加速器・ビーム科学、核データ、放射線工学、炉物理の4分野に関する通常講義の他に、福島事故関連の特別講義、および京都大学原子炉実験所の各施設・設備を利用した実験実習を加えた構成とした。特別企画である福島事故関連の特別講義では、学生諸君の専門分野を越えた幅広い知見を学んでもらうことを目的と



第4図 (第1G)第6回日韓4部会合同サマースクールの講義

して、地震学、放射線影響、エネルギーシナリオをテーマとした3つの講義を企画した。実験実習では、開催地の「地の利」を活かし、京都大学原子炉(KUR)、ホットラボ、ライナック、固定磁場強収束(FFAG)加速器、臨界集合体(KUCA)附属の放射線測定機器を用いた5つのテーマを設定し、参加学生諸君には、あえて自身の専門分野以外のテーマを極力割り当てるように配慮した。

ポスターセッション(ポスター総数28件)では、終了時刻を越えた熱心なディスカッションが行われ、学生諸君にとって、講師陣からのハードな質問への対応、学生同士のホットな議論等、貴重な経験となったものと考えている。今回のサマースクールでは、実験実習を含め、学生諸君にはかなりハードなスケジュールであったようであるが、昼間がハードであった反動なのか、アフター5には若干羽目はずし気味の密度の濃い交流が繰り広げられ、親睦が日に日に深まっていた模様である。

#### 【2012年】(第5G)第4回日韓学生・若手研究者セミナー

本セミナーは、「第8回原子炉熱流動と安全に関する日韓シンポジウム(NTHAS8)」に併設して12月7～8日に大分県別府市(別府国際コンベンションセンター)で開催された。今回のセミナーは、両国の専門家による原子力熱流動研究に関するキーノート講演4件及び参加者全員によるポスター発表で構成された。キーノート講演では質疑が活発であり、学生の意識の高さがうかがわれた。ポスターセッションにおいても1時間半を休まず議

論がなされた。ベストポスター賞は筑波大学と蔚山科学技術大学(UNIST)の各1名に贈呈された。また、3日間にわたって寝食をともにしたことも相まって、参加者全員が親睦を深められたように見受けられた。セミナーの翌日のテクニカルツアーでは、NTHAS8参加者若干名を加えて、九州電力八丁原地熱発電所を見学に行ったが、今冬一番の大雪となり1時間遅れの到着となり、見学も室内に限定された。それにもかかわらず時間超過で質問が相次ぎ熱心な様子うかがわれた。

### 3. まとめ

日韓サマースクール/学生セミナーの事業は当初、企画委員会の強い後押しで開始された面があり、初めは日韓の部会で部長間に親密な交流がなかった例もあるようだ。しかし、特に韓国側が熱心に取り組んでくれ、取りまとめ役を務める日本通の人が積極的に動いてくれたり、役割を分担して組織的に対応してくれたりするなど、継続的に円滑に進むようになったようである。

韓国の原子力学会で指導的な立場の研究者の多くは、米国で学位をとった人が多い状況にある。日韓サマースクール/学生セミナーは、3、4日にわたる企画になる。この長さは、もちろん学生の交流に有効である。しかし、半日前後の日韓合同セッションなどよりも期間が長いので、懇親会での付き合いも含め、研究者間も次第に親密になっていく。日韓合同セッションや日韓サマースクール/学生セミナーなどが定常的に開催される前は、韓国側も米国にだけ目がいていたように思うが、約10年を経てその状況に変化を感じる。今後、もう10年が経過すると、そろそろ、両国の初期の参加者が国の研究を主導していくようになる時代が近づいてくると期待される。

---

執筆担当：石橋健二(九大)、上坂 充(東大)、守田幸路(九大)、佐藤 泰(産総研)、飯本武志(東大)、渡辺幸信(九大)、宇根崎博信(京大炉)、山野秀将(原子力機構)

---

## From Abroad

# Social and Institutional Management Leading to Risk Mitigation of Nuclear Power

Jukka Laaksonen\*

*Rusatom Overseas*

All of the accidents that have led to serious reactor core damage at a nuclear power plant have been surprising and different from the events that have been considered in the design and licensing of the respective nuclear power plants. The experiences show that social and institutional management would be valuable for controlling the risks already before they lead to abnormal events at nuclear power plants. This requires that the responsibilities of different organizations are defined and recognized and the lessons are effectively learned from the past events. Clear processes are needed to transform the lessons to safety enhancing measures. Proactive communication on nuclear risks with the general public and the news media is needed, in order to build the trust to the licenses and regulators and to ensure rational public response to abnormal events at nuclear power plants.

### 1. Introduction

All of the accidents that have led to serious reactor core damage at a nuclear power plant have been surprising and different from the events that have been considered in the design and licensing of the respective nuclear power plants. The root cause of the accident has in each case been a failure to prepare for the event that has initiated the accident sequence although the respective hazardous phenomena were known to some experts. In the TMI accident in 1979 the operators were not properly trained and not equipped with necessary instructions to handle the event they faced. The response of a PWR primary circuit to the initiating event would have been understood by researchers familiar with thermo-hydraulics but the operators were not able to diagnose the state of the plant before it was too late. This indicates the need to transfer the research knowledge to the operator training and guidance, and even today such knowledge transfer is an issue of concern. Before the Chernobyl accident the inherent risks involved in the reactor design features were known by the reactor designers but the purpose and the importance of limits set for controlling those risks were

not communicated to the operators. The operating culture did not give first priority to safety and the production pressure caused the operators to overlook the hazards. Before the Fukushima Daiichi accident the historical data from tsunamis was known in the society but necessary protection was not provided and the institutional management could not correct the initial mistakes in the design.

The experiences thus show that social and institutional management would be valuable for controlling the risks already before they lead to abnormal events at nuclear power plants. This requires that the responsibilities of different organizations are defined and recognized and the lessons are effectively learned from the past events. Clear processes are needed to transform the lessons to safety enhancing measures.

### 2. Safety responsibility of the licensees

#### 2.1 Grasping the responsibility

The main international statute that regulates nuclear safety is the Convention on Nuclear Safety adopted in 1994<sup>1)</sup>. All countries that operate nuclear power plants have taken it as a part of their legislation. Among other articles, it states that "prime responsibility for the safety of a nuclear installation rests with the holder of the relevant licence". Many licensees are also emphasizing that ensuring nuclear safety is a necessary condition for successful protection of investment. A profitable nuclear power plant needs to be protected not only from accidents but also from harmful consequences of loss of public and political trust.

\*Prof. Jukka Laaksonen ; Former Director General, Radiation and Nuclear Safety Authority (STUK), Finland, Former Chairperson, Western European Nuclear Regulators' Association (WENRA)  
23 A, Tarasa Shevchenko Embankment, 121151 Moscow, Russia  
Tel : +79150759775, Fax : +79150759775,  
Email : YTLaaksonen@rosatom.ru

(Received May 6, 2013)



## 2.2 Learning from experience

Successful licensees learn from their own experiences and from other experiences reported worldwide. Based on lessons learned they take voluntary actions for removing the risks revealed by these experiences, and not only when required to do so by regulatory requirements.

Two global networks are available for learning from NPP experiences: WANO network used by the operators and the IAEA/IRS network which is at the disposal of both operators and regulators. Licensees in all countries are expected to benefit from these systems. A licensee having an advanced management system reports abnormal events and their causes to WANO and IAEA whenever it has decided to take some significant safety enhancing measure based on its own experience. It has also established a process for reviewing all received operating experience reports. The process is aimed to assess whether the reports indicate an opportunity to enhance safety. Furthermore, the WANO and IAEA would welcome feedback reports on actions that have been taken in response to a report received from the global reporting network. Such feedback reports would be valuable information to other licensees that may not have initially recognized the importance of some reported experiences.

## 2.3 Safety upgrades

Safety reassessments in response to Fukushima Daiichi accident, called “stress tests”, which were conducted in all European states using nuclear power and the peer review of the “stress test” results revealed big differences in safety upgrade practices between plants that are operated in different countries. Differences in safety upgrade practices were surprising to peer reviewers because the general European principle, agreed in consensus by all regulators and also confirmed in the EU’s first nuclear safety directive in 2009<sup>2)</sup>, is to enhance the safety of NPPs systematically over the entire lifetime of the plant and to ensure harmonized safety approaches. For instance, some licensees have already in the 1980’s, based on the lessons from TMI and Chernobyl, started measures to eliminate the risk of a large radioactive release from their NPPs after a potential core meltdown accident, while some others have done very little in this respect. After peer reviews there seems to be a good European consensus on lessons learned from the Fukushima Daiichi accident and on the proposals for safety enhancing measures. However, the progress in implementation of these measures seems to vary a lot from country to country.

In some other countries, for instance in the USA and Japan, similar determined safety enhancement has not been a general policy of the licensees and it has not been enforced as part of the nuclear regulation.

## 2.4 Exemplary actions by the Russian Licensee

As a model of exemplary voluntary action in taking a serious response to lessons from Fukushima Daiichi accident, I want to point out the measures taken by the power company Rosenergoatom which owns and operates all Russian NPPs. The response is consistent with the safety enhancing principles that were adopted already after Chernobyl accident. Concrete measures were decided and implemented at all NPP sites already before the end of 2012. These included improving strength of structures and equipment against seismic events and installation of a seismic protection system that initiates reactor trip in case of an earthquake. Mobile diesel generator units with nominal powers of 2 MW and 0.2 MW were provided to all plant units, and power supply circuits from connection points of these diesel generators were installed to vital systems that are needed to maintain the plant in safe shutdown. Furthermore, mobile high pressure motor driven pumps and low pressure high capacity motor driven pumps and additional firefighting trucks were purchased. New water supply lines were installed to provide water from the mobile pumps to the primary circuit, steam generators and spent fuel pools. In order to enhance its organizational preparedness for emergency operations, Rosenergoatom made improvements in its centralized Crisis Center and Technical Support Centers and modernized the already advanced video conference possibilities between these Centers and the NPPs. An ongoing measure to be implemented at all VVER-1000 plants is installation of filtered containment venting system and passive hydrogen recombiners in the containments. In the longer term, Rosenergoatom is providing additional offsite power supply lines from near-by power plants and diverse permanently installed onsite power systems that will strengthen maintaining long-term safe conditions in case of NPP blackout. It should be emphasized that all of the above measures were decided by the licensee in order to ensure that it maintains the trust of the general public to safety of nuclear power and can thus serve the society by providing nuclear power into the long term future.

## 2.5 Periodic Safety Reviews

Periodic Safety Reviews (PSR) are conducted in all European countries about once every ten years. The prime responsibility for the review is assigned to the licensees. The experience has shown that PSRs are valuable in many respects because many changes can happen in a ten year period. Regular safety reviews are needed to take into account changes in the external site conditions and in the safety expectations by the society. In a ten year period the technology can change in many ways and PSR gives an opportunity to consider possible

safety benefits offered by the newest technology. Also the safety analysis methods are being developed and the quality of previous safety reviews can be further improved by applying the most advanced methods. An indirect benefit of PSR is its great value in educating new generations of experts to make safety assessment and in giving them in-depth understanding of safety issues that are not normally encountered in daily operations.

### **3. Enhancing the NPP safety over the entire lifetime**

#### **3.1 Assurance of safety cannot be stagnant**

Maintaining safety at the same level as it was at first start up is not possible without plant changes when external conditions keep changing. New environmental hazards, both natural and manmade may appear. Current hazards must therefore be assessed and the coming ones have to be predicted. Safety expectations of the society keep changing and less risk from nuclear power plants is accepted when other perceived risks in the society are decreasing. For instance, design limits for radioactive doses to the public, as used in the plant acceptance criteria have been significantly reduced over the years. The technological advancements permit us to make safer plants. Also traditional beliefs might be challenged when understanding of risks increases.

#### **3.2 Response to changes in the environment**

Among the new environmental hazards to be considered are phenomena related to the climate change: rise of sea water level (there is a large variation of estimates), larger storms than before, larger flooding of rivers than before, larger snow loads than before, extreme draughts, and extreme temperatures. Of great concern since September 11, 2001 is the behavior of terrorists: terrorists do not hesitate to give their lives in attacks expected to get worldwide attention. And there are potential manmade accidents that could impact availability of the water bed used as an ultimate heat sink, such as oil polluting the sea after a tanker ship accident.

#### **3.3 Modern society demands high safety level**

Less risk is accepted when other perceived risks towards the society are decreasing. For instance, air traffic and road traffic risks have dramatically decreased since 1970's when air planes and cars have been replaced by new generations of vehicles. Lifetime of a NPP lifetime can be more than 60 years, and major changes happen in the society in such time. Several modernizations can be well founded during its lifetime.?

Limits for radioactive doses that should not be exceeded in connection with accidents have been significantly reduced over the years. In the early 1970's, a limit of 250 mSv for the general public was defined in

the U.S. regulations and this was used as a model in most other countries. Operating license was issued to a nuclear power plant if analyses of the design basis accidents made with conservative models demonstrated compliance with this limit. Since the early 1980's, limit of 5 mSv has been applied for design basis accidents in some European countries, when analyzed with best-estimate models. Targets for public protection after a real accident have been considered by the International Commission on Radiological Protection (ICRP). The ICRP has recommended a decontamination target that limits the public dose below 20 mSv during the first year after return to evacuated areas. WENRA design target for new reactors is defined as follows: for accidents with core melt that have not been practically eliminated, design provisions have to be taken so that only limited protective measures in area and time are needed for the public—no permanent relocation, no need for emergency evacuation outside the immediate vicinity of the plant (3km), limited sheltering and iodine prophylaxis (not beyond 5km), no long term restrictions in food consumption—and that sufficient time is available to implement these measures<sup>3)</sup>.

#### **3.4 Improved technology gives new opportunities**

Safety technology keeps improving and shows that a belief on what is actually possible may change with time. Safety research and new insights have shown that design targets and solutions initially not considered realistic are actually achievable. For instance, in the 1970's it was thought that it is not feasible to contain radioactive releases from a core meltdown accident. Research conducted since the end of 1970's and the TMI accident have proven the opposite. During the design of current power reactors it was thought that passive heat transfer from the reactor core to the atmosphere in a closed heat transfer loop and passive emergency core cooling are not feasible. Today new designs with passive features, for instance passive systems of new VVER plants called AES-2006 and of new PWR plants called AP-1000 have been tested and licensed.

#### **3.5 Rare events cannot be ignored**

A number of optimistic basic beliefs that were used as a basis for NPP design in the 1970's have turned out to be wrong when knowledge on risks has increased through experience. Following are examples of this:

- “severe reactor accident is not possible”
- “designing a NPP against a certain set of Design Basis Accidents gives an adequate safety envelop protecting from other accidents”
- “operator actions are not very important in accident situations because safety systems are designed to bring the NPP to a safe condition”
- “reactivity of core is fully under control by the

applied means and reactivity accidents are not a significant concern”

- “terrorist attack with major damage is not a real threat”
- “AC power with adequate diversity and redundancy is absolutely reliable”
- “seismic events or tsunamis in the range of highest experienced magnitude are not expected to happen close to NPPs”.

In the light of short history of nuclear power operations we could ask whether all potential hazards are today properly addressed in NPP design. For instance, following is still believed as basis for the NPP siting and design :

- “major volcanic events do not happen close to NPP site”
- “maximum amount of hydrogen generated in severe core damage can be handled with best current systems”
- “worst steam explosions possibly occurring after a severe core damage are not a threat to containment integrity”
- “sudden Reactor Pressure Vessel failure is not possible”
- “core meltdown in high pressure can be eliminated with current approaches”.

#### 4. Regulator’s role and regulatory approach

##### 4.1 Independent, competent, and cooperative regulator makes significant contribution to risk reduction

Regulators need independence in safety decision making and legal authority to enforce safety measures that they consider necessary. Regulatory decision making must be based on safety evaluation by regulatory experts who have at least same competence level as experts who are at the disposal of licensees. Mutual trust between licensee and regulatory experts is necessary for making best possible decisions from safety point of view.

Effective regulation with positive safety impact is based on recognition that regulators and licensees have the main common goal: to avoid accidents that could have severe consequences to the society. Best possible solutions can be found by both sides working together and striving to achieve consensus on what is reasonably achievable. Communication between parties should not have a spirit of trading between costs and safety although the licensee is expected to focus on costs and the regulator is expected to focus on safety. All parties should take all relevant aspects into account, including societal considerations.

Regulators should be ready to work seven days a week and 24 hours a day when inspections are needed for continuous progress of work at NPPs. This is important for avoiding unnecessary economic losses,

and the regulators should recognize their responsibility to society. It has also been observed in practice that the on line availability of regulatory inspections is useful for promoting safety culture in the licensee organization.

##### 4.2 Up-to-date safety requirements provoke innovative thinking of the industry

Regulators should consider with regular intervals the need to revise the safety requirements for “new plants”, i.e. plants that are still in the design state. In their considerations the regulators should take into account similar time related changes that were mentioned above in the context of periodic safety reviews. The experience has shown that many of the new requirements could be applied also for the operating plants. Therefore, as a general rule the licensees are expected to evaluate their existing plants against new requirements whenever new safety requirements are issued. The goal is to meet the new requirements to the extent reasonably achievable. The technical solutions for meeting new safety requirements at existing plants are necessarily much depending on design features of each plant and it may take many years of design, testing and implementation to achieve some goals. Especially challenging could be elimination of large radioactive releases from a core meltdown accident and protection from a large airplane crash.

A realistic and reasonable implementation schedule for safety upgrades takes into account the constraints set by the initial design and the results of probabilistic risk analysis, as concerns the achievable safety improvement.

#### 5. Relations between experts and society

##### 5.1 General public is more afraid of unknown phenomena than real everyday risks

The experience has shown that in all societies the general public tends to have some doubts on the honesty and wisdom of experts who work in areas from which people do not have their own experience and good understanding. In an area that is frightening to many people, such as exposure to man-made radiation, the lack of trust by the society could even prevent the experts from making decisions that would be the most reasonable for the overall safety of the society.

For instance, the public desire to reduce the radiation doses in areas contaminated by the Fukushima-Daiichi accident to a very low level before returning from evacuation is against the practically unanimous recommendation by national and international experts. Such desire is unnecessarily very counterproductive to the general health of the evacuated people and the well-being of the society.



### 5.2 Proactive communication is a key for trust building and helps to avoid irrational behavior of the public

In order to maintain their capability to serve the society in the best possible way, the nuclear experts and in specific the regulators and the licensees need to keep building public trust on their work. This requires proactive and regular information on the licensee's activities and future plans, on the regulatory decisions, and on any abnormal events as soon as such events may occur.

All members of the society should be told that performance at NPPs cannot always be perfect but abnormal events and small accidents keep occurring and it is necessary to stop them before escalation to a severe accident. Regular information is necessary to give a correct picture of the operation of NPPs and to avoid giving public a "blind trust", which can be lost overnight as we have seen after Fukushima Daiichi accident.

Good experiences have been achieved in Europe from contact groups between licensees and trusted representatives of society, both at local and regional level, to convey information on society's expectations to the licensees and to explain the licensees' response to these expectations. Corresponding contact groups have been formed at national level between regulators and trusted representatives of the society, such as parliamentarians and other opinion leaders.

In some countries the regulatory organization is organizing training courses to journalists on radiation and nuclear safety related topics. Such courses including both lecture days and interesting site visits have been well received by the news media.

### 6. Management of emergency situation after a severe accident

A necessary pre-requisite for successful management of emergency situations is to acknowledge that rare events exceeding design basis can occur and should be prepared for in advance.

One of the lessons of Fukushima Daiichi accident was that the complicated structures and organizations resulted in delay in urgent decision making.

Clear and authoritative decision-making during rare events is critical to effective emergency management and risk mitigation. The goal shall be to ensure that decisions are made by knowledgeable people based on the best available information and then implemented with skill, on a timely basis.

Some decisions, during and after nuclear accidents, have large socio-political and economic importance, including evacuation of people, and land use restrictions. Responsibility for the decisions with direct impact to the life of ordinary people is with the political leaders and the rescue authorities.

Other decisions involve plant safety, including intentional releases of radioactivity to the environment to maximize plant resilience to further damage. Such decisions have to be made by the plant management and they must have a right to deviate from rules that are issued for normal operations if such deviations can be explained by safety arguments.

#### References

- 1) Convention on Nuclear Safety, INFCIRC/449  
<http://www.iaea.org/Publications/Documents/Infcircs/Others/inf449.shtml>
- 2) COUNCIL DIRECTIVE 2009/71/EURATOM of 25 June 2009 establishing a Community framework for the nuclear safety of nuclear installations
- 3) WENRA Report Safety of new NPP designs,  
[http://www.wenra.org/media/filer\\_public/2013/04/30/rhwg\\_safety\\_of\\_new\\_npp\\_designs.pdf](http://www.wenra.org/media/filer_public/2013/04/30/rhwg_safety_of_new_npp_designs.pdf)



Jukka Laaksonen was Director General of STUK in 1997-2012. He started his regulatory career in 1974, and has also worked with USNRC in 1981-82 and the IAEA in 1987-89. After retirement from STUK he works with Rusatom Overseas. He has held several international chairmanships, among others WENRA and OECD/NEA's Committee for Nuclear Regulatory Activities. Currently he is Vice Chair of INSAG.

# 私の研究から

## ゼオライトと温故知新

東北大学 三村 均

各種ゼオライトおよび高除染用吸着剤(不溶性フェロシアン化物, ヘテロポリ酸塩等)の高塩濃度溶液でのセシウムの選択性および安定性評価データは, 原発事故での高汚染水処理の基礎的な情報源となり, これら吸着剤の安定固化法および安全性評価の成果は, 吸着剤の高減容化および環境負荷低減に寄与できると考えています。これらの成果は, ゼオライトの無機イオン交換特性以外の, セシウムガスに対するトラップ機能およびゼオライト自体の優れた自己焼結機能を有効に活用した成果であり, わが国独自の高汚染水および廃棄物の処理・処分法の開発に応用できると考えています。

### I. 研究開始の経緯について

私が学術業績賞を頂いた業績の名称は「ゼオライトを主体としたセシウム高選択性吸着剤の開発と特性評価」で, ゼオライト自体とこれを担体として利用した複合体およびマイクロカプセル開発が対象となっています。ゼオライトを初めて知ったのは, 大学院(原子核工学専攻)の研究テーマ「ゼオライトによる放射性廃液の処理に関する基礎研究」を開始してからです。指導教官の菅野卓治教授から, セシウム(Cs)をよく吸着する石があるので, とりあえずこれのCs吸着特性を, pHを変えて調べてみてはということでした。日本中のゼオライト鉱山からゼオライトを送っていただいて研究を開始しましたが, 会社からはセメント袋で送ってくれるのでRI実験室がセメント袋の集積場と化しました。

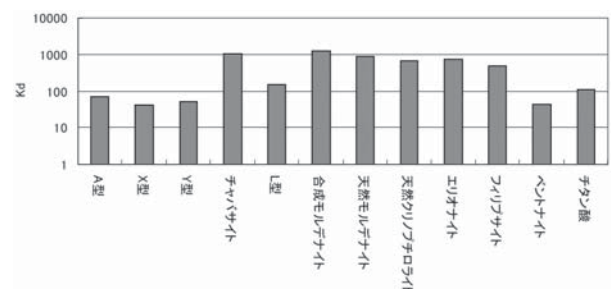
### II. 各種ゼオライトのセシウムの吸着特性評価と高汚染水処理

各種ゼオライト(天然および合成ゼオライト)を対象として, Csをはじめとして, ほとんどの核種の吸着特性を, 分配平衡およびカラム吸着の両面から評価していきました。研究時期は, 大学院生から助手にかけての博士論文をまとめるまで続けました。研究は, pH変化から, 吸着速度, 吸着機構, 交換容量, カラム特性など, 試験項目を変えて実施していきました。この中では, TMI事故汚染水に関する研究や高濃度ナトリウム塩溶液(海水を含む)からのCsの高度除染に関する研究も行いました。TMI事故汚染水に関する研究では当時, 大学院生だった山岸 功氏(現 JAEA)が精力的に研究に加わり, Cs選択性のチャバサイト, モルデナイトおよびSr選択性のA, X型ゼオライトによる除染研究に成果を出してくれました<sup>1)</sup>。当時の東北大学核理研研究報告

*Zeolites and Taking a Lesson from the Past*: Hitoshi MIMURA.

(2013年 5月16日 受理)

(1988年)<sup>2)</sup>には論文の冒頭の一文に, 「わが国にはこのような高汚染水処理に関する研究例はほとんど無く, 除染システムはいまだ確立されていない。このような観点から, ゼオライトを利用したわが国独自の高汚染水処理処分システムを早急に確立しておくことは重要である」があり, 自戒もこめて, 現在の研究遂行の推進力を得ています。また, 各種ゼオライトを用いた海水からのCsの吸着に関しては, 研究室のゼミで発表しただけで, 研究ファイルに保存しておいただけでした。震災直後, 研究室の本棚が飛散し, 後片づけしているときに飛散したファイルに実験データが出てきました。昔の青焼きコピーで消えかかっていたのですが, 再度データ化したものを第1図に示します<sup>3)</sup>。吸着実験は, 各種粉末状ゼオライトへの女川の海水からの<sup>137</sup>Csの分配係数の測定でした。この図から, <sup>137</sup>Csは米国産のチャバサイト, わが国の天然産ゼオライト(モルデナイト, クリノプチロライト)によく吸着することがわかります。海水からでもゼオライトを用いることにより, 分配係数( $K_d$ )は $10^3 \text{ cm}^3/\text{g}$ 付近の高い値を示すことがわかり, 関係機関に発信しました。事故直後に, この図を見た瞬間, 大量のゼオライトが今後必要になることを直感しました。この図は, 粉末ゼオライトの結果であり, 汚染水処理ではカラム処理が主流になることから, 原子力学会の有志チームで, 粒状ゼオライトへの海水からのCsの吸着特性評価を, 3月後半から4月上旬にかけて実施しました。研究室保管のゼオライトや仙台近郊のゼオライトを, 各大学, JAEAに緊急に郵送し, 各大学間で実験条件を統一

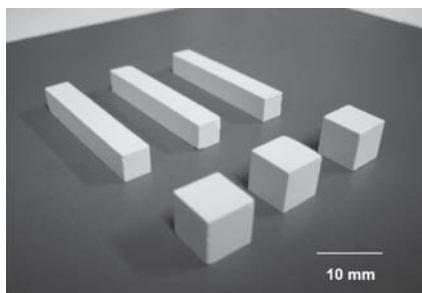


第1図 各種ゼオライトへの海水からのCsの分配係数

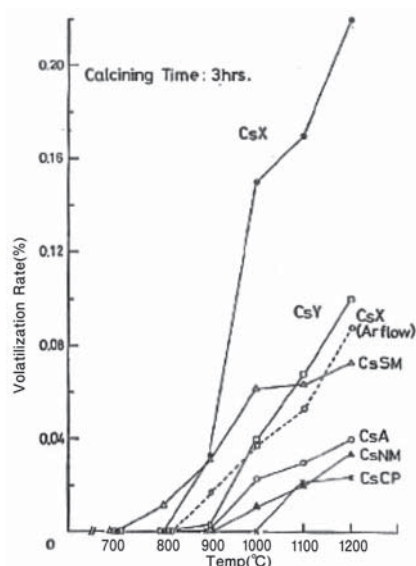
して吸着データを集積し、学会のHPに公表しました<sup>4,5)</sup>。

### III. Cs 吸着ゼオライトの安定固化

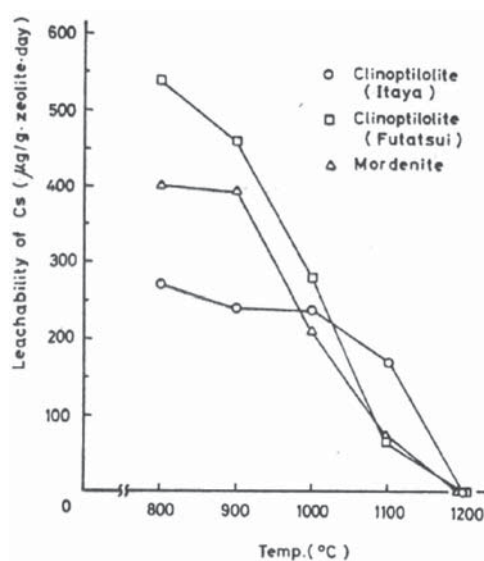
ゼオライト(モルデナイト, フェリエライト, クリノプチロライト)に対してCsがよく吸着することは確かめましたが, このまま処理したら, またCsが溶出するため, Csを固定化する必要性が出てきました。固定化の手法として, 単純に, そのまま高温で焼結する方法を思いつきました。他の吸着剤は, Csを吸着しても高温で焼成すると容易にCsが揮発してしまい, Csの固定は困難ですが, ゼオライトは1,200°Cで加熱焼結してもCsの揮発はごくわずかで, 安定なセラミックス固化体が製造できます(第2図)。一例として, 焼成温度とCs揮発率との関係を第3図に示します<sup>6)</sup>。当時は固相分析用のX線分析装置(EDS)が使えず, 横型電気炉の石英管内でCs吸着ゼオライトを焼成して, 毎回酸で洗ってCsを定量しました。合成ゼオライトに比べて天然産ゼオライトに吸着させた場合の方がCs揮発率は低く, 高温相が結晶化するよりガラス状のほうが低い傾向であることが分



第2図 Cs飽和ゼオライトの高温焼結により製造したセラミックス固化体



第3図 Csを飽和した各種ゼオライトにおける焼成温度とCs揮発率の関係



第4図 Csを飽和吸着した天然ゼオライトの高温焼結体からのCs浸出率

かります。

加熱焼結によりCsを固定化した固化体の処分時の安全性評価も重要です。安全評価の指標として, 固化体からのCs浸出性も評価しました。一例として, Csを飽和吸着した天然ゼオライトの高温焼結体からのCs浸出率を第4図に示します<sup>7)</sup>。焼成温度を高めると, 固化体からのCs浸出性は急激に低下し, Cs浸出率として $10^{-9}$ g/cm<sup>2</sup>・d以下の値を得ています。今後, 処理時のCs揮発性と処分時の浸出性をできるだけ低減させる最適化が課題と考えます。

### IV. セシウム高除染用吸着剤の特性評価<sup>8)</sup>

各種ゼオライトの吸着特性および安定固化処理の研究から, より選択性の高い吸着剤の開発にシフトしたのは, 文部省在外研究員として, ヘルシンキ大学化学科の放射化学研究室で研究を開始したのが最初です。この研究室は, チェルノブイル事故後, 核種吸着剤の開発, Cs, Puなどの移行評価, トナカイの放射能, コケ類の放射能などを測定しており, トナカイの肉はかなり食べさせられました。研究では, LehtoおよびHarjula教授から不溶性フェロシアン化物沈殿の作り方を教わり, 5M(=mol/l)の高濃度硝酸溶液中から<sup>137</sup>Csの吸着を調べたときは, 実験結果に懐疑的でした。なぜなら, 液中の放射能がBGレベルになっていたからで, 当時はセシウム吸着剤としてゼオライトくらいしか知らなかった筆者にとっては画期的なことでした<sup>9)</sup>。放射化学研究室の実験室は, 実験環境が整備され, RI実験では,  $\gamma$ 線オートウエルがあって, しかもあらゆる核種があまり制約なく使用できたため, 研究のスピードは大いに高まりました。吸着剤開発の研究員10人ほどが, いろいろな核種選択性吸着剤を開発していて, 大いに刺激を受けたことが思い出さ



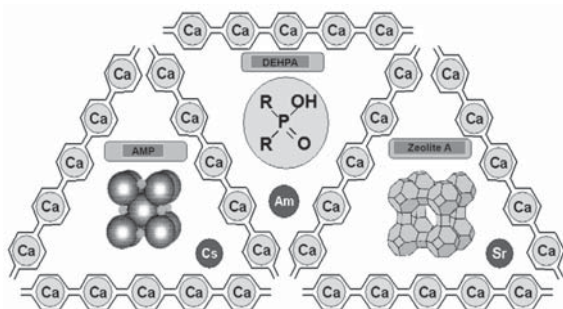
れます。帰国後は、さらに Cs 高選択性吸着剤としてヘテロポリ酸塩の吸着特性評価も行いました。ただし、これら高選択性吸着剤は、微結晶粉末で扱いにくく、Cs 吸着後は高温焼結すると容易に熱分解し、Cs は全て揮発してしまいます。このため、カラム使用に耐える粒状化と Cs 吸着後の安定化が課題となっています。

## V. セシウム高選択性吸着剤の複合化<sup>10)</sup>

微結晶粉末であるセシウム高選択性吸着剤(不溶性フェロシアン化物、ヘテロポリ酸)を粒状化する手法として、無機多孔体への担持<sup>a</sup>および有機ポリマー(アルギネート)への包括固定法を開発しました。担持法は、これら吸着剤が沈殿として合成されることから、無機多孔体のマクロ孔内部で沈殿合成できます。各種ゼオライトや多孔性シリカゲルを担体として、容易に担持でき、カラム使用に耐えることが分かりました。また、有機アルギネートポリマー内部に包括固定する方法は、マイクロカプセル化手法であり、微細な無機イオン交換体のみならず有機抽出剤も固定でき、核種選択性の幅が広まりました。第5図は無機イオン交換体や有機抽出剤を内包した多機能型マイクロカプセルの概念図を示します。高レベル廃液からの核種の精密分離に有効で、MOX 燃料の実溶解液から Cs, Pd, Zr, Mo, Tc などが選択的に吸着でき、クロマトグラフィ分離により高純度で単離できることを実証しました。高レベル廃液中の各核種のコンパクトなイオン交換分離プロセスに応用できると考えています。高選択性分離剤のマイクロカプセル化は、今後の Cs 以外の多核種の選択的除染法の開発にも展開可能と考えています。

## VI. ゼオライトのセシウム固定化への利用

高選択性吸着剤(不溶性フェロシアン化物)は、福島原発事故後、メーカーや研究機関で様々な形態として開発されています。また、循環注水冷却システムでは、凝集沈殿法で使用され、高濃度の放射性セシウムを吸着し

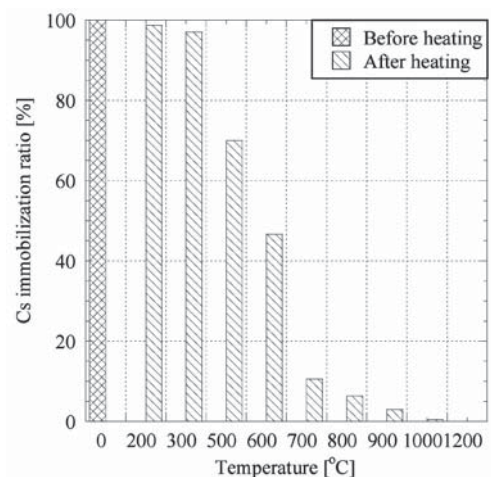


第5図 多機能型マイクロカプセルの模式図

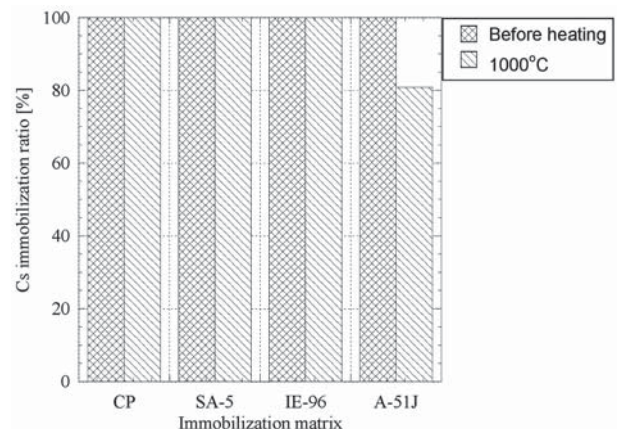
<sup>a</sup> 多孔体の内部に、特定物質を化学反応により合成し導入すること。

た不溶性フェロシアン化物スラッジが発生し、嚴重な保管体制がしかれています。不溶性フェロシアン化物は、Cs 吸着後、ゼオライトの場合と異なり容易に Cs 固定化ができません。そのまま加熱すると熱分解して、Cs は全て揮発してしまいます(第6図)。また、雰囲気(不活性、還元性)によってはシアンガスも発生します。Cs の揮発を抑えた安定固定化が課題となりますが、これを解決するヒントが、先に述べた Cs 吸着ゼオライトの安定固定化特性にありました。Cs を飽和吸着した不溶性フェロシアン化物に、ゼオライトを混合し高温焼結すると、1,000℃でも Cs はほぼ100%固定されます<sup>11)</sup>(第7図)。

このように、ゼオライトの有する機能として、Cs に対する高いイオン交換能力以外に、高温での優れた Cs ガスのトラップ機能、安定固定化を可能とする自己焼結機能を有していることが確認できました。安価でわが国に多量に産出されるゼオライトを、汚染水処理における2次廃棄物の安定固定化処理に応用可能と考えられます。



第6図 Cs を飽和吸着した Co 系不溶性フェロシアン化物(KCoFC)の焼成温度による Cs 固定化率の変化



第7図 Cs 飽和吸着 KCoFC と各種ゼオライト混合体の 1,000℃焼成体の Cs 固定化率 (CP:クリノプチロライト, SA-5:天然モルデナイト, IE-96:チャバサイト, A-51J:A型ゼオライト)

## Ⅶ. おわりに

各種ゼオライト(チャバサイト, モルデナイト等)および高除染用吸着剤(不溶性フェロシアン化物, ヘテロポリ酸塩)の高塩濃度溶液でのCsの選択性および安定性評価は, 原発事故での高汚染水処理の基礎的な情報となり, これら吸着剤の安定固化法および安全性評価の成果は, 吸着剤の高減容化および環境負荷低減に寄与できると考えています。これらの成果は, ゼオライトを単なる無機イオン交換体としてではなく, Csガスに対するトラップ機能およびゼオライト自体の優れた自己焼結機能を有効に活用した成果であり, わが国独自の高汚染水および廃棄物の処理・処分法の開発に応用できると考えています。

### —参考文献—

- 1) 三村 均, 山岸 功, 秋葉健一, ゼオライトによる放射性セシウムとストロンチウムの除去, 日本化学会誌, 1989, No.3, 621~627.
- 2) 三村 均, 山岸 功, 秋葉健一, 高汚染水からのゼオライトによるセシウムとストロンチウムの選択的除去, 東北大学核理研研究報告, 21, 64-70(1988).
- 3) 三村 均, 佐藤修彰, 桐島 陽: 原子力高レベル汚染水の処理法におけるイオン交換の役割(1), ゼオライトによる放射性核種の選択的分離・固化, 日本イオン交換学会誌 特集記事, 22(3), 1-13(2011).
- 4) 福島第一原子力発電所内汚染水処理技術のための基礎データ収集, 日本原子力学会バックエンド部会HP, (2011).
- 5) 清水智史, 長岡 亨, 原子力バックエンド研究, 18, 37-39 (2011). <http://www.nuce-aesj.org/doku.php>
- 6) 三村 均, 菅野卓治, ゼオライトによる放射性廃液の処理(Ⅳ), ゼオライトの高温焼成時におけるCsの揮発, 日本原子力学会誌, 20, 282-287(1978).
- 7) 三村 均, 菅野卓治, ゼオライトによる放射性廃液の処理(Ⅲ), ゼオライトの耐酸性および天然ゼオライト焼成固化体からのCsおよびSrの浸出性, 日本原子力学会誌, 19, 170-176(1977).
- 8) 三村 均, 山岸 功: 原子力高レベル汚染水の処理法におけるイオン交換の役割(2), セシウム高除染用吸着剤の物性および吸着特性, 日本イオン交換学会誌 特集記事, 23(1), 1-15(2012).
- 9) H. Mimura, J. Lehto, R. Harjula, Ion Exchange of Cesium on Potassium Nickel Hexacyanoferrate(Ⅱ)s, *J. Nucl. Sci. Technol.*, 34, 484-489(1997).
- 10) 三村 均, 山岸 功: 原子力高レベル汚染水の処理法におけるイオン交換の役割(3), 高除染用複合吸着剤の開発および選択的吸着特性, 日本イオン交換学会誌 特集記事, 23(2), 1-14(2012).
- 11) Y. Ikarashi, R. S. Masud, H. Mimura, E. Ishizaki, M. Matsukura, Development of Stable Solidification Method for Insoluble Ferrocyanides, *Proc. WM 2013*, No.13170, Feb.24-28, 2013, Phoenix, Arizona, USA.

### 著者紹介



三村 均(みむら・ひとし)  
 東北大学大学院工学研究科  
 (専門分野/関心分野)原子力化学工学/特に放射性核種  
 の分離化学および放射性廃棄物  
 処理・処分

## 新刊紹介

### 科学者の責任—哲学的探究

ジョン・フォージ著, 佐藤透, 渡邊嘉男訳, 396 p.  
(2013. 3), 産業図書.  
(定価3,800円) ISBN 978-4-7828-0175-8C 1012

「科学者の責任」——重い言葉である。福島での事故を経た今、本学会を含め原子力に携わってきた関係者には、避けては通れないテーマの一つだろう。

本書は具体的事例として、マンハッタン計画における科学者の責任から説き起こし、対象は今日の工学や医療、農業、電子機器・情報、エネルギーの多岐な分野にわたっている。

そこでの科学者の「責任」とは何か。それはどんな種類があり、どのような局面が行為者に「責任」を遡及させるのか。さらに意図や無知、能力はどう関わるのか。グループでの場合は個人としてどのように責任を問われるのか。そのような多様な例について、本書は膨大な事例をもとに論を展開する。

それらをつらぬく論理を私なりに整理するならば、それは「科学者はその成果がもたらす可能性がもつ影響について熟慮したか」ということに尽きるようだ。

一方で著者であるフォージは、「不作為」についても多くの紙幅を割いている。

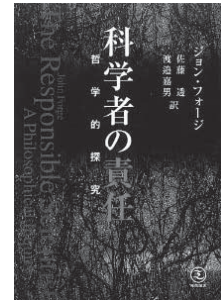
「なすべきことを意識していながら、それをしなかった」結果として重大な悪影響が出たのであれば、この当事者の意図的な不作為は、それに付随する要因(例えばコストなど)を無視すれば、これは結果として糾弾される行為となる。

さらに、「それをなす必要はない」との判断を下すのであれば、その判断に至るまでに十分な熟慮が必要だとしている。

フォージはこれらをふまえた上で、科学者は「してはならない」という、いわば最低限の義務(フォージは「否定的な義務」と言う言葉で表現している)だけでなく、不作為を超えて、「なさねばならない」という「積極的な義務」が科学者には必須だと訴える。

ひらがえって、福島原発事故の「責任」をめぐる原子力関係者の議論はどうか。この事故をめぐる原子力関係者による「責任」という視点からの自己検証は、実はほとんど行われていないのではなからうか。

この問題に関心をもつ関係者には、一読を勧める。わかりやすく書かれてはいるものの、その内容は多岐にわたり、事例は恐ろしく膨大である。通読するには、ある種の「覚悟」が必要である。  
(佐田 務)



### Agricultural Implications of the Fukushima Nuclear Accident

Tomoko M. Nakanishi, Keitaro Tanoi 編, 204 p.  
(2013. 04), Springer 社.  
(定価\$59.95) ISBN 978-4-431-54327-5

東京電力福島第一原発の事故から2年が経過した。世間の人々は、一見、落ち着いた暮らしを取り戻しているように見える。しかし、放射性物質で汚染された土壌、森林の除染は今もなお、多くの人々の頭を悩ませている。

福島第一原子力発電所事故では、環境中に放射性物質が放出され、土壌が汚染、海洋にも汚染水が放出された。これにより、直接的に土壌や海洋汚染の被害を受けた発電所周辺に暮らす人々だけでなく、農作物、家畜や海産物といった食品の汚染に対する不安は、発電所から離れた地域に暮らす人、さらには海外の人にもまで影響を与えた。幸いにも、早い段階での出荷制限や食物摂取制限のおかげで、食品の摂取による内部被ばくは抑えられているが、現在でも、公的もしくは私的なさまざまな立場からの食品中の放射性物質の検査が継続実施されている。

これらの結果は、関係機関のホームページに行けば比較的容易に入手することができる。データがそろっていることは大変ありがたいが、情報は日に日に増えてデータベースは肥

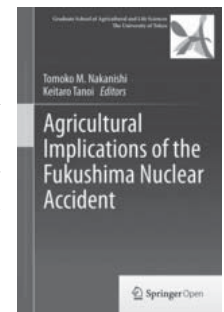
大化し、また、たいいてい各項目ごとにまとめられているので、各項目がどのように関係しているのかを知るのは大変である。

本書は、東京大学大学院農学生命科学研究科の中西友子博士及び田野井慶太郎博士が中心となって取りまとめたものである。「食」の観点から、土壌、農畜産物中の放射性物質の濃度や測定方法、さらにはそのリスクに関する人々の認知等の一連のデータをこの1冊で見ることができるという点で大変興味深い。特に、事故初期のデータに関しては、十分な数と質の確保が困難であったことから、将来的にも有用なデータとなるに違いない。

また、本書は、Springer 社から出版されている。環境試料の測定や分析を行ったことのある人ならば、よく知られている出版社で、目を通す機会も多い。海外に向けて情報を発信すると言う点でも大変有効であろう。

原子力発電所事故による環境汚染からの回復は、膨大な時間、コスト、人々の努力が必要不可欠である。本書にまとめられたような研究が今後も継続して実施され、取りまとめられることに期待している。

(藤田保健衛生大学・横山須美)







## From Editors 編集委員会からのお知らせ

—最近の編集委員会の話題より—  
(6月3日第12回編集幹事会)

### 【論文誌関係】

- ・英文誌の出版状況が報告された。Web投稿・審査システムにより5月期に14論文が投稿された。内6論文が海外から。8月号入稿済みで、そのうち1報は早期公開済み。
- ・英文誌の投稿原稿にCrossCheck(公開論文との重複度審査)を導入することとし、判定基準を定めた。
- ・二重投稿に対する編集委員会の対応を要領として纏めた。
- ・JNSTのSpecial Issue実施要領の改定案を検討した。
- ・Editorial Summaryの名称を決定した。執筆依頼済み。
- ・掲載否論文著者からのコメントへの対応が報告された。

### 【学会誌関係】

- ・学会誌編集委員会の体制強化策の一環として各分会・各連絡会・各委員会から編集幹事会への出席を依頼しており、3回目として、保健物理・環境科学部会から出席願った。学会誌の今後の記事企画についてのコメントがあり、今後検討していくことになった。
- ・学会誌の9月号以降の記事企画が少ない上に、10月号から学会誌の印刷業者を変更することになり、繰り上げ入稿が必要になった。これに今後どう対応していくかが差し迫った課題になっている。
- ・新年度の学会誌編集委員会の体制案について委員長より報告があった。

編集委員会連絡先<hensyu@aesj.or.jp>

### 日本原子力学会誌 ATOMOS 広告のご案内

一般社団法人 日本原子力学会

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

#### ■賛助会員料金(消費税別)

表2	150,000円	前付	110,000円
表3	140,000円	後付	100,000円
表4	190,000円	差し込み	230,000円

#### ■一般料金(消費税別)

表2	160,000円	前付	120,000円
表3	150,000円	後付	110,000円
表4	200,000円	差し込み	240,000円

※差し込みは本誌に同封となります。

■上記の金額は、1ページあたりのモノクロの料金です。カラーの場合、1ページあたり120,000円追加となります。

また、版下・フィルム製作費は別途申し受けます。

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

■連絡先 105-0004東京都港区新橋2-3-7新橋第二中ビル3F、一般社団法人日本原子力学会 学会誌編集担当 富田、野口  
TEL 03-3508-1262, FAX 03-3581-6128, E-Mail: hensyu@aesj.or.jp

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

## ジャーナリストの視点 Journalist's eyes

### 原子力学会員は科学者か呪術者か

毎日新聞社 週刊エコノミスト 後藤 逸郎

明け透けで、失礼な問いかけだが、本当に分からないから、ずっと困っている。日本原子力学会が原因究明に淡泊としか見えないためだ。

2011年3月11日の東日本大震災で、福島県にある東京電力福島第一原子力発電所が壊れ、原子炉格納容器外に放射性物質が放出された。原発周辺の9市町が警戒区域に指定され、約7万7,000人が避難を余儀なくされた。

この事実が意味するのは、原発の「安全神話」の崩壊という観念的なことではない。放射性物質の封じ込めをうたった「深層防護」が機能しなかった事実だ。放射性物質が原発の運転に伴い必ず発生し、人体に影響をもたらすこと、そして学会が原子力の平和利用の旗を掲げて原発を推進してきたことを考えると、原発設計思想の根幹を揺るがすはずだ。

だから、事故原因の究明は期待していた。有り体に言えば、マグニチュード9の揺れが原因で原発が壊れたかどうかを知りたかった。

壊れていなければ、他の原発の安全性を押し量る目安になる。壊れていたのなら、他の原発の改修の必要性を押し量ることが出来る。まず事実が欲しかった。

ところが、国会、政府、民間の各事故調査委員会がまとめた報告書は、地震で原発が壊れたかどうかについて歯切れが悪い。津波による電源喪失を原因のひとつとして挙げるものの、地震については、国会事故調が「安全上重要な機器の地震による損傷はないとは確定的には言えない」とした。他は損傷を断定する事実を確認できないとしており、学会事故調査委員会の中間報告も同じ立場だ。

私には一連の報告書が「地震で原発が壊れたかどうか断定できない」と言っているようにしか読めない。確かに、壊れた原子炉は放射線量が高く、誰も近づけないという。であっても原因が特定できなければ、十分な対策は取れない。それが合理的思考だろう。そして、合理的な学問こそ科学だろう。

なのに、原子力の世界は異なるようだ。津波対策をいくら充実させようと、地震と原子炉損傷の因果関係が不明なままでは、安全性を追求したことにはならないが、学会が問題視している様子はない。

震災発生時、私は毎日新聞大阪本社経済部のデスクとして、全国民が取り組んだ節電について、関西の供給者の関西電力、需要者の大企業の取材に関わった。関電が供給電力の余裕率を大目に設定し、世間の批判

を浴びたのはこの時のことだ。

関電の姿勢は公正でないし、同情もできない。ただ、利益を追及する商業主義が自ら身を律することは難しい。過去あまたある企業の不祥事のひとつだ。

翻って、学会はどうだろう。地震で原発が壊れなかったと仮説を立てるのは構わない。そうあって欲しいと、心の中で願うのも自由だ。

しかし、科学者である以上、それは事実で証明しなければならない。証明が途上なら、分からないと説明すべきだ。事実に対し謙虚に向き合う姿勢が科学ではないのか。原発事故の報告書から見えるのは、分からないことには目をつぶり、分かる範囲で安全性を唱える姿だ。科学者というより、まるで原発に祈りを捧げる呪術者のようだ。

だが、原発事故を経験した日本の社会が皆さんに期待しているのは、呪術や新しい神話ではない。科学の粋をつくした研究成果、その事実に基づく正と負の推論だ。極論を言えば、原発が事故を起こす確率が50%以上であっても、原発を停止したままの社会的損失がより高ければ、危険を覚悟で使用する考えがあっている。もちろん逆もしかりだ。だが、どちらにせよ判断するのは社会だ。

あの時、マスメディアはどうだったのかと言われると、忸怩たる思いはある。原発推進派や原発プラントメーカーの知人からも「炉心熔融の可能性をどうして報道しない」「大本営発表じゃないか」と批判されたのは事実だ。私自身、緊急時迅速放射能影響予測ネットワークシステム(SPEEDI)の存在を知りながら、公開されない不自然さに疑問を抱きつつ、インターネットでドイツ気象庁の放射性物質拡散シュミレーションを情けない思いで眺めていた。それだけに、事実を恐れ、目を背けてはならないと思う。報道と科学の共通の教訓はそれしかない。(2013年5月20日 記)



後藤逸郎(ごとう・いつろう)  
毎日新聞社 週刊エコノミスト  
編集次長

1965年8月20日 生まれ。1990年入社。姫路支局や和歌山支局を経て、大阪、東京の経済部で日銀や財務省、金融、電機業界などの取材にあたった。震災時は大阪本社経済部デスク。昨春からエコノミスト編集部。