

### 巻頭言

- 1 エネルギー産業と地域振興 戸田 衛

### 時論

- 2 地獄への道は善意で舗装されている  
脱原発を求める声に悪意はない。しかし、その道こそが、私たちが地獄へと導くことはないか。長辻象平

- 4 リスクコミュニケーションの入口  
— “敷居を下げる” 訓練を積もう  
事故直後の実際の事例を紹介する。さて、あなたなら国民にどう説明する？ 下村健一

- 6 我が国の原子力規制体制の在り方  
全原子力発電所の停止は、目に見えない形で大きな影響を及ぼしている。諸葛宗男

### 福島からの風

- 8 人と人をつなぎたい  
— 里山で開花した私の夢 高野すみ子

### 解説

- 20 「もんじゅ」を利用した研究の構想  
— 日本の高速炉開発の前進に向けて  
「もんじゅ」を使用した研究開発の意義の変化について紹介した後、今後の研究計画の概要を解説する。稲田文夫、笠原直人、北田孝典、山口 彰

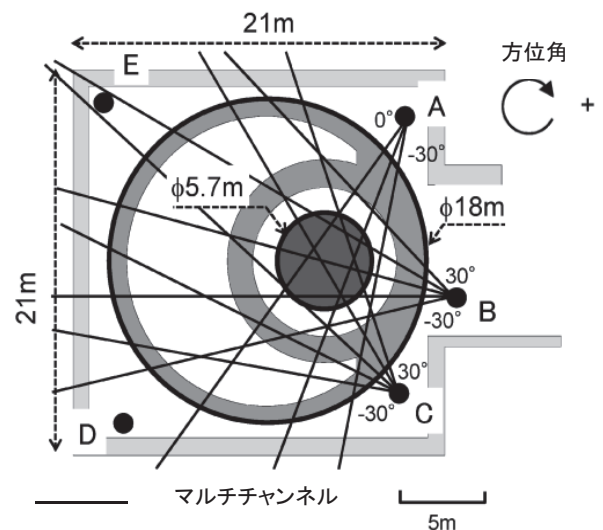
- 25 除染の進捗状況について  
— ふるさと福島の再生に向けて  
福島県内では現在、国が直接除染を行う 11 自治体のうち 4 自治体で面的な除染が終了し、中間貯蔵施設整備に向けた調整も進められている。環境回復に対する国のこれまでの取り組みと今後の課題について報告する。小沢晴司

### シリーズ解説

- 15 ミューオンを利用して高温工学試験研究炉の内部構造を可視化する—非接触・非破壊で原子炉の内部構造を検査する

非接触・非破壊で原子炉の内部構造をモニタリングできる手法を考案した。また、高温工学試験研究炉 (HTTR) の原子炉格納容器の外側から炉心の状態を可視化できる新しい技術を提案し、実証していく。

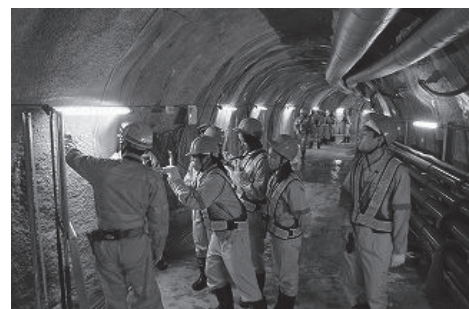
高松邦吉



HTTR を対象にした検出器の測定点と方位角

### 解説

- 29 教育—信頼回復へのコミュニケーション  
— 高レベル廃棄物めぐり中学生討論会  
若い世代は高レベル放射性廃棄物問題を、どう受け止めているのだろうか。調査現場を訪れ、意見交換を行った。小出重幸

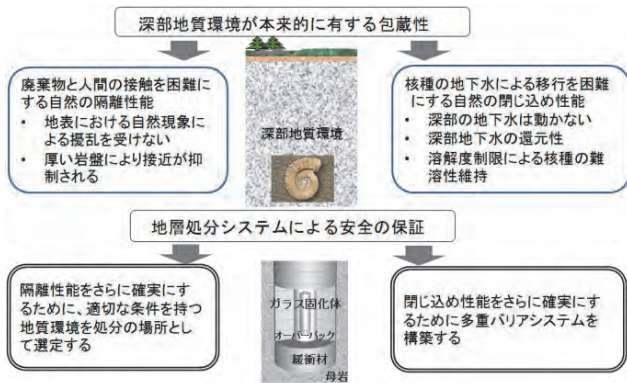


地下 300 メートルにある坑道を見学する中学生

### 34 地層処分概念の形成と分化 (1980年代中頃～2000年頃)

1980年代後半から本格化した研究開発の結果、2000年頃までには各国の固有の条件に配慮した地層処分概念の原型がほぼ確立された。これにより、処分地選定の段階に入る準備が整った。

増田純男, 佐久間秀樹, 梅木博之



地層処分の考え方

### 福島原発事故への各学会の取組み

#### 40 原子力安全に関する日本地震工学会の取組み

日本地震工学会

### 会議報告

#### 48 放射線防護体系の進展に関する第7回アジア会議

嶋田和真

#### 49 18年ぶりの炉物理国際会議

岡嶋成晃, 中島 健

### 談話室

#### 46 あぶくま三景—霊山・飯館・川俣—あれから4年、今なにか起っているのか

福島で参加パネル討論に出席し、撮取が制限されている現地の伝統食を食べた。

澤田哲生

## 9 NEWS

- 仮処分, 福井・鹿児島地裁で評価分かれ
- 調査ロボットが福島第一炉内を撮影
- 規制委, 敦賀・東通の断層評価を受理
- JAEAが「もんじゅ」改革で報告書
- 東電, 廃炉事業推進で原電と基本協定
- 東電が3つのカンパニーを設置
- IAEAが日本の核セキュリティを評価
- 海外ニュース

### 報告

#### 42 奨励賞に輝く若手研究者7名の研究に寄せる思い

どんな研究を行ったのか。どんな思いでそれを行ってきたのか。受賞者の声を紹介する。

木藤啓子

#### 44 国際原子力青年会議における特別セッション「福島」の開催

スペインで開かれた大会で, YGNJは「福島の今」を参加者に伝えた。

佐藤真一郎

### 理事会だより

#### 52 専門家集団としての大会, 部会活動の活性化

##### 50 新刊紹介

「Nuclear Radiation Interactions」 菅原 彬  
「理系のための就活ガイド」 木藤啓子

##### 51 意見交換の広場

「本誌3月号の『知の統合』特集を感動して読み、今後に期待する」 木村逸郎

##### 51 From Editors

##### 53 会告 「第5回総会」のご通知

54 会報 原子力関係会議案内, 主催行事, 共催行事, 人事公募, 英文論文誌 (Vol.52, No.6) 目次, 和文論文誌 (Vol.14, No.2) 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、学会誌ホームページの「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/>

# エネルギー産業と地域振興

## 巻頭言



六ヶ所村 村長

戸田 衛 (とだ・まもる)

昭和40年六ヶ所村入職。六ヶ所村財政課長、企画課長を経て、平成19年六ヶ所村副村長に就任。平成26年から現職。(一財)六ヶ所村文化振興公社理事長、青森県林業会議理事を兼任。

この度、エネルギーの分野では素人の私が、本誌に発表する機会を得まして、大変光栄に存じております。さて、私が行政のトップとして、六ヶ所村の将来の重責を担うことになってから未だ1年に達していませんが、職員時代を含め行政に携わってからちょうど半世紀が経過しました。

村の名称は、昭和44年むつ小川原開発という国家プロジェクトの中心地として位置づけされてから、全国的に知られるようになったと自負しております。それは、現地を見ていただければわかりますが、「国家石油備蓄基地(国家備蓄第1号)」、原子力政策の要と言える「原子燃料サイクル施設」、国際協力により進められている「核融合研究・開発施設」、さらには、大規模な風力発電施設・太陽光発電施設など、日本のエネルギーに関わる施設が集積しているからです。

開発前にはまったく想像のつかない施設ばかりです。当時の村は、「陸の孤島」と揶揄され、インフラ整備の遅れ、出稼ぎに頼らざるを得ない生活、教育水準の低迷など、貧しさだけが突出し、他の市町村に誇れるものは何もありませんでした。あれから50年が経過し、ようやく、人並の生活ができるようになったのではないかと考えております。

しかし、考えてみれば一朝一夕にそうなったわけではありません。それは、半世紀近い年月の経過とともに、村民の葛藤、闘争、決断と先人たちのたゆまない努力の上に成り立っているものであり、ひと時も忘れてはならないものと考えております。私はこの苦難の歴史を目の当たりにしてきた一人でございます。

さて、本題に入りたいと思います。村では、「人こそが財産である」との考えから、これまで、人材育成のために様々な取組を展開して参りましたが、その一つとして東北大学大学院との連携が挙げられます。

大学院教員による村内小学生等への出前授業、授業等を通じた大学生と中学生との交流、フォーラム・シンポジウムの開催、六ヶ所村分室の設置等です。

これらの事業については、中学生の発表を聞いて、その成果の証として向学心の向上を伺い知ることができました。

村の分室においては、社会人へ大学院の門戸を開くとともに、高レベル放射性廃液の高度分離技術開発の研究や放射線の高度利用に関する研究等原子燃料サイクル施設に密接に係る研究が進められています。

青森県においても、原子力人材・研究開発拠点として、東北大学、県内大学、研究機関、関連企業連携による(仮称)原子力イノベーション研究センターの建設に着手しております。

一方、六ヶ所核融合研究所においては、海水からリチウムを回収する画期的技術が開発されたところであり、その実用化が期待されております。

このように、村には、将来を担うシーズが既に芽生えており、これらを大切にしながら、次世代に確実につなげていく必要がありますが、まずは、再処理工場の着実な操業を強く願うところであり、国においては、エネルギー基本計画をはじめ、ブレない政策を着実に実行しつつ、地域振興を後押ししていければと思っております。

(2015年4月2日記)





## 地獄への道は善意で舗装されている



長辻 象平 (ながつじ・しょうへい)

産経新聞論説委員・特別記者  
京都大学農学部卒。同大学理学部研修員を経て産経新聞入社。2004年より論説委員となり、科学部長兼務を経て現在に至る。

「地獄への道は善意で舗装されている」という警句がある。なかなか凄味のあるフレーズだ。『資本論』の第1巻に登場する。

悲惨な結末に終わった大戦を振り返ってみた場合などに、言い得て妙であることがよくわかる。国際水準での学力低下を招いたゆとり教育の導入もそうだろう。

皆が良かれと信じたことだ。反対意見を唱えた場合には非国民であるとか、学歴主義者などとのレッテルを貼られるので、覚悟がいる。

多数によって認められていることは、正しいはずだし、皆と同じ意見を共有していれば安心感に包まれる。さらに、その意見が生命や健康などに関わるものである場合には、リスク低減に向けての主張は、迷う余地のない正義となる。

東京電力の福島第1原子力発電所事故から4年を迎えた日本の社会は、マルクスの視点に立てば、善意という石畳で舗装された道を疾駆する馬車のごとき勢いだ。

脱原発依存も、再生可能エネルギー推進も、日本社会の平和と繁栄を願う善意に基づいての声である。その「民意」の声に悪意はない。無垢の善意であるのは、間違いのないことだ。

しかし、日本のエネルギーについて考えたとき、本当に原発とその関連技術や研究は不要だろうか。一律に40年を運転の上限として廃炉を断行してよいのだろうか。太陽光や風力などの再生可能エネルギーに、われわれと将来世代の生活を託せるものなのか――。

こうした疑問を呈した途端に「原子カムラの代弁者」といった誹謗の声がネット上に満ちあふれる。政治家なら次の選挙が気になって、触れずにおきたいテーマであろう。

だが、日本のエネルギー自給率の宿命的な貧困度を考えると看過できない焦眉の急の課題である。電力の安定供給には、安全性を高め、その確認を終えた原発を使う以外の選択肢は見当たらない。

福島事故以降、原発停止が続いたにもかかわらず、停電は起きなかったから、原発はいらぬことが証明されたという主張もある。

火力発電でしのいで来た結果だが、その舞台裏では、液化天然ガス(LNG)に代表される燃料輸入に、年間3.6兆円の巨費が海外に支払われ、国富の流出となっている。日本は毎日、100億円の札束を燃やして煙にすることで何とか無停電を保って来たのだが、この綱渡りもいつまでも続けられるものではない。

棺桶の中から無理矢理よみがえらせたような老朽火力発電施設までを総動員しての対応であるからだ。

世の中には原発を止めて、その分の資金を再生可能エネルギーの研究開発費にあてることで問題を解決できるとする声もある。

だが、24時間を昼間にして365日を晴天にすることは不可能だ。最適速度で吹き続ける神風もあり得ない。太陽光や風力発電の供給力には限度があるだけでなく、出力が不安定であるために、その電気が大量に系統に流れ込む事態になると周波数が乱れてしまう。



何を今さら、当たり前のことを論じているのかと思っている読者もおられよう。ところが、これがまったく当たり前ではないから問題なのだ。

発電電における「同時同量」だとか「常時需給一致の原則」と言っても、世の中一般の人は、99%が初耳だろう。世間では電気は水と同じように考えられている。蛇口をひねれば水源地やタンクにためられている水が出てくるように、スイッチを入れると、どこかにたくわえられていた電気が流れて来ると思っている。

今使っている電気は、今発電所で作られていること知っている消費者は、皆無に近いのだ。ある解説書で「電気は究極の生鮮品」と書かれているのを見たが、こうした上手な説明が欠かせない。

民意の構成者、つまり一般の人たちが、この基本的な事柄を承知していれば、すべての電力会社のパンフレットに載っている「日負荷曲線」のイラストの意味するところを理解して、電源にはベースロードを受け持つ原子力や流れ込み式水力のほか、ミドルロードを受け持つ石炭火力やLNG火力、石油火力、さらにはピーク時対応の一般水力、揚水式水力といった多様性が不可欠であるこ

とを納得するはずだ。

結果として、原子力不要論が大手を振ることはなかったことだろう。周波数を一定に保たなければならない電力系統に出力が不安定な太陽光や風力の電気をむやみに流せないことも理解されたはずである。

不幸にもそうっていないのは、長年にわたっての電力会社の説明不足が原因だ。

電気の消費と供給の「同時同量」を維持するのは、電力会社の中央給電指令所というセンターの仕事だ。テロリストに狙われないよう、場所は以前から非公開になっている。そのせいもあって世の中にはほとんど知られていないのだが、エネルギー問題の著名な専門家さえ、指令所の存在そのものを知らないでいたのに驚かされたことがある。それほど大きなギャップが、電力業界と一般社会の間に存在していることを心しておくべきだ。

電力の安定供給を水面下で支える中央給電指令所の仕事の大変さをはじめとして、電力会社は黙々と任務をこなすだけで、社会に多くを語ってこなかった。ことさら手柄顔をしないのは謙譲の美徳だが、心の隅に、説明しても分かりっこないだろうという思いはなかったか。

再生可能エネルギーの拡大は、系統増強で実現可能とする識者の声もあるが、これも電力会社の寡黙の努力の蓄積が裏目に出た誤解である。日本での送電線の大規模増設は、すでにきわめて困難になっている。

原子力に対する国民の不信は、電力会社の説明不足によって増殖し続けた感がある。

伝達力の不足は、電力会社に固有の問題ではない。

例えば、日本原子力研究開発機構(JAEA)の高温ガス炉開発についても当てはまる。

茨城県大洗町にある高温工学試験研究炉(HTTR・熱出力3万kW)は、冷却材にヘリウムを使う黒鉛減速ガス冷却炉だ。1991年の着工で98年に臨界、2004年に950度の高温を発生させている。

このHTTRが福島事故後の原発への逆風の中で立ちつくしていた。必要な予算も期待しにくい状況だった。



原発に対する嫌悪感は、放射能汚染事故への恐怖に根ざすものである。だが、その一方で、エネルギーが不足すれば、国が立ちゆかなくなることを承知している人も少なからずいるはずだ。

軽水炉とは仕組みが異なり、過酷事故が起きない原発があれば、安全性とエネルギーの確保が両立する。そうした理想のシステムはないのだろうか――。

新聞紙面でコラムを書く順番が回ってきたときにそう考えた。思い当たったのがHTTRだった。

高温ガス炉は、電源を喪失しても炉心溶融を起こすことなく冷温停止に至る固有安全性を備えている。なおかつ運転するのに水もいらないので、砂漠の奥地にも建設

できる。発電だけでなく、新たなエネルギーとして注目されている水素の製造にも活用できることなどをコラムで紹介した。昨年2月のことだった。

記事は多くの人に読まれ、国会議員もHTTRを視察した。その2カ月後に策定された国の第4次「エネルギー基本計画」の戦略的技術開発の章に、高温ガス炉の研究開発推進が盛り込まれた。

原子力分野の関係者は、HTTRの存在を熟知していたが、政治家をはじめ大部分の国民は、コラムに出会うまで知らなかった。

このギャップが問題なのだ。いかに地道な経営努力を続けていても、世界をリードする研究開発をしても、消費者や国民の心に届いていなければ意味はない。

情報という言葉には「情」の文字が含まれる。物事を伝えるには「知」の要素だけでは不十分であることを認識しておくことが大事だろう。



3月末開催のエネルギーについてのシンポジウムで、ご一緒した放射線医学者の新書を手にとると、その帯に「日本人はリスクを避けようとしてリスクに向かって突き進んでいる」と書かれているのではないか。

一般住民の被曝線量の範囲では、福島事故での放射線によるがんは増えないが、それを避けるための長期の避難に伴うストレスなどに起因するがんの方に注意を払うべきである――と警鐘を鳴らす内容だ。

『資本論』の警句と、ものの見事に符合する。

2006年に、私は事故後20年のチェルノブイリ原発を取材する機会に恵まれたが、福島に25年先行したこの事故でも精神面でのケアの重要性が指摘されていた。

重大事故の防止は言うにおよばず、健康管理や復興策においても日本はチェルノブイリの教訓を十分に学ぶことなく、前車の轍の跡を踏みながら、善意で固められた道をまっしぐらに進んでいるかに見える。

折しも国内では、2030年の時点での電源構成比率を決める検討が進められているところだ。2020年以降の地球温暖化対策の枠組みを決めるCOP21も今年末にパリで開かれる。エネルギーと環境問題はコインの裏表だが、日本政府はその共通解を求められている。「善意」の項に重みを置くと、その舗装道路に迷い込む。

(2015年3月24日記)

#### － 参考文献 －

- 1) 『資本論』第1巻第3編第5章第2節に「地獄への道は、種々の良き意図で舗装されているのであって」の記述がある
- 2) 産経新聞 2014年2月23日朝刊 「日曜に書く」新エネルギーの「青い鳥」
- 3) 『誤解だらけの電力問題』竹内純子著(ウェッジ)
- 4) 『放射線医が語る福島で起こっている本当のこと』中川恵一著(ベスト新書)



## リスクコミュニケーションの入口—— “敷居を下げる” 訓練を積もう



下村 健一 (しもむら・けんいち)

慶應義塾大学 特別招聘教授  
(「科学技術とジャーナリズム」)  
東京大学法学部卒。1985年より、TBS 報道  
キャスター。福島事故直前の2010年秋より、  
民間登用で内閣審議官(内閣広報官室所属)。  
2013年春まで菅・野田・安倍3政権の広報実  
務に従事。

あの福島第一原発事故から、早4年。この間、《原子力リスクコミュニケーションの重要性》は繰り返し強調されてきたが、いまだにそれが部分的にしか実現していないのは、一体何故なのか。その理由は、つまるところ、《専門家・研究者一人ひとりの練習不足》に尽きるのではないだろうか。

例えば、ある学者さんが一般国民向けにリスクコミュニケーション(以下「リスコミ」とは何かを書いた論文で、「なるべく分かりやすい言葉を使うべき」という主張をとて、も分かりにくい言葉で書かれている現実。それが言行不一致であることが、自覚すらされていない悲喜劇。机上では立派な泳法理論を説いている人が、いざプールに入ると全く泳げないようなものだ。

「自分の仕事は研究であって広報ではない」、「その分野の学生たちに授業が出来ているんだから、いざとなれば素人にだって説明ぐらいできる」……と、プールに入るチャレンジを避けている方は、決して少なくない。

そこで本稿では、私が3・11直後に内閣広報室で遭遇した実際の事例を、いくつかご紹介する。この状況に回答責任者として直面した場合、あなただったらどう答えるか。ケースAは、リスコミと言うよりはクライシスコミュニケーションに近いし、BとCはリスコミ本体に入る手前のアイスプレイングのようなものだが、《一般国民の疑問に対する説得力ある答え方の練習》という意味では、いずれも実践的なトレーニングだ。頭の体操として、リアルに回答のセリフを考えてみていただきたい。

◆ ◆

【ケースA】——原発で深刻な事故が発生し、状況が刻一刻悪化している中、とりあえず現時点で報告されている放射線のデータは、人体に影響が出る値にはなっていない。この事を国民に伝えなければならないが、事故の先行きは不透明で、状況は更に悪化するかも知れない。よって、《最終判断ではなく、現在のレベルで事故の拡大が急に止まった場合》という仮定の話として「人体に影

響はない」ことを伝える必要がある。現実には当時の枝野官房長官が選んだ苦肉の表現は「『直ちに』人体に影響はありません」という言い回しだったが、結果的にこの言葉は国民の政府不信を募らせるトリガーの1つになってしまった。では、あなたがこの状況で会見の壇上に立ったら、どのような言葉を用いるか。緊急時なので、くどくど回りくどい説明はできない。端的な短い言葉で述べよ。

【ケースB】——「政府は、避難指示の範囲を3km～10km～20kmと、なぜ小刻みに広げていくのか。最初から20kmと指示しないのは、何とか事故を小さく見せかけようとして、国民を犠牲にする行為だ」という質問に、どう答えるか。「その都度、必要と思われる指示を出していったまでです」という当たり前の回答では全く納得が得られないという現実の中、敢えて観点を反転させて「最初から20km避難を指示することの問題点」を相手に想起してもらうには、どんな喩え話を用いるか。

【ケースC】——「米国大使館は、福島現場から80km以内の自国人に避難を呼び掛けている。日本政府は、なぜこれよりも大幅に小さい範囲の避難指示に留めているのか」という不信感に満ちた問い合わせに、どう答えるか。データで《20kmで十分な理由》を説明しても、そのデータ自体が信用してもらえない状況なので、通用しない。他の論法で、《日米政府の指示が異なる理由》の説明を試みよう。

◆ ◆

福島事故の後、残念ながら私は、きっと普段は優秀なのであろう学者の方々が、的確に発信できず立往生する姿を、いやというほど見てしまった。だからこそ、非礼を承知でこのような学会誌で、こんな問い掛けをさせて頂くのだ。こうした“初めの1歩”がリアルに越えられなければ、リスコミの機能不全はいつまでも打開されないのだから。

それでは、回答サンプル編。

【回答例A】——当時、枝野氏が数回用いた『直ちに』と



という言い回しに対しては、「『後になれば』影響が出るものと《誤解》される表現だった」という批判がよく聞かれるが、この指摘は後出しジャンケンだ。今後「人体に影響が出る」ほど事故がエスカレートする（つまり、《誤解》ではなくなる）可能性が、まだあの発言時点では大いにあったのだから。そんな中で、唯一確かに言える事として、「（今の事故の状態のままならば）直ちに影響はありません」という表現は精一杯の誠実な言葉であると、当時、私も官邸の記者会見室でリアルタイムに聴きながら思っていた。しかし、結果論としては、この言葉はミスコミュニケーションであったと認めざるを得ない。

ならば、次にこうした局面が訪れたときには、どうすればよいのか？ 会見の言葉自体を回りくどくしてもますます通じないので、メッセージはこのままで、加えて「この言葉に収斂するに至った総理執務室内での議論の議事録メモ」と、「予想される質問・反論への問答集」のようなものを、可及的速やかに会見後に公開することが次善の策ではないか。

平時のリスクコミにおいても、このように《簡潔な山頂の旗》と《その山頂に至った登山道の公開》と《他の登山案に対する想定問答集》という3層セットは、役割分担として一定の効果は持つのではないか。

**【回答例 B】**——実際にある場でこの質問を受けた際、私はこう答えた。「客席が20列ある満員の映画館でスクリーン付近から火が出たとき、いきなり『20列目まで逃げて』という指示を出したらどうなりますか？ 後ろの方の列の人は逃げられますが、最も早く逃げるべき最前列に近い人たちは、全員が一斉に移動し始めることで最後尾となり、逃げ遅れますよね。危険度の高い順に、『まず3列目まで逃げて』、次に『10列目まで逃げて』、『20列目まで逃げて』と指示していくことは、“観客を犠牲にする行為”でしょうか？」

現実に3km避難を指示した時点で、20km範囲までの避難は官邸に進言されていなかった。その点で、この喩え話は事実より百歩譲った地点から反論を立てているのだが、それでも質問者は、この避難指示の発し方が《いずれにせよ》正解だったことまでは理解してくれた。

**【回答例 C】**——これも実際に私が用いた喩え話。「葉を食い荒らす虫の大群が飛来するかもしれない、という状況のとき、あなただったら庭の数個の鉢植えと地面から生えている沢山の木と、どちらを先に避難させますか？ 簡単に移動できる鉢植えだったら、虫の飛来の可能性が

ある程度低くても、念のため早めに安全な場所に移しますよね。でも生えている立木を引き抜いて移すとなると、その行為自体が木に与えるダメージも考えて、そのダメージよりも虫が飛来する恐れの方が大きい場合にだけ、移植する決断をしませんか？ 外国から一時的に来日して滞在している外国人と、そこに根を生やして生活している日本人とは、この鉢植えと立木の関係ではないでしょうか。おそらくこの事故が外国で起きていたら、日本政府も現地の“鉢植え”である在留邦人に対して、早めに避難勧告を出すでしょう。」多くの質問者は、この喩え話にはなるほどと頷いてくれた。



以上の事例は、もちろん理論的に完璧な模範回答ではない。科学の世界に身を置く方々からは、耐え難いほど雑駁な喩え方かもしれない。しかし、不信の壁を乗り越えてコミュニケーション回路を拓くには、信じてもらえないデータを前面に精密な説得を空しく繰り返すよりも、まず「なるほど、そこまでは分かる」と大づかみな《共感》を共有して、徐々に精緻な議論へと壁を低くしてゆくことが、現実的なアプローチではないだろうか。

安全基準を強化した日本の原発にどのような「残余のリスク」があるのか、再びシビアアクシデントが起こる日は来るのか、それはわからない。しかし、もしそれが現実のものとなって国家的危機が再来したとしても、それまでに全ての原子力学者や関係者が自分自身のリスク訓練を十分に積み上げておけば、津々浦々で国民対しの確かな情報提供が行われ、《不信の増幅》という不幸な展開は今回の福島ケースより大幅に軽減できるかもしれない。これは、一握りのコミュニケーションのプロに任せせる問題ではなく、学界・業界が総がかりで、一人ひとりの素養として身に付けるべきスキルなのだ。

一昨年、日本火山学会に招かれて、官邸勤務時代の原発事故広報から得た教訓を講演させていただいた際、私は火山学者の皆さんにこう申し上げた。「火山周辺の住民たちが避難訓練をするように、専門家の方々は《助言訓練》をしてください。研究対象の山について、平時からもっともっと地元の住民たちに説明する機会を持ち、『先生の話は難しくてわからんよ』と言われて言葉を鍛え直す訓練を重ねて下さい。そんな平時のリスクコミができていなくて、いきなり有事に的確な助言や情報発信ができるわけがありません。」——この言葉を、本稿の結語としたい。（平成27年3月23日記）



# 我が国の原子力規制体制の在り方



諸葛 宗男 (もろくず・むねお)

特定非営利活動法人パブリック・アウトリーチ 上席研究員

東京大学原子力工学科卒, 1970年(株)東芝入社, 燃料サイクル部長, 原子力事業部技監等を歴任, 定年退職後2006年東大公共政策大学院特任教授, 原子力安全規制研究に組み込む, 2013年4月より現職。

## はじめに

原子力規制委員会設置法が施行されてからこの9月で満3年が経つ。附則第5条に「法律の施行後三年以内に(中略)より国際的な基準に合致するものとなるよう, 内閣府に独立行政委員会を設置することを含め検討が加えられ, その結果に基づき必要な措置が講ぜられるものとする」と定められており, 今年の9月までにこの附則に沿った見直しが行われることになる。

2012年9月に発足した原子力規制委員会は新規制基準の制定や事業者から申請された23基の原子力発電所の適合性審査などに精力的に取り組んでいるが, 15年4月現在でもまだ1基も再稼働していない。規制委の田中委員長が当初「半年程度」としていた新規制基準への適合性審査がいまだに1基も完了していないためである。

過去に大事故を起こした米国, 旧ソ連でも事故後, このように長期間原子力発電所を停止させなかったし, 今回の事故の後でも, 原子力発電所を全基停止させた国はない。国際的な基準とも大きなずれがあるのは明らかである。本稿はそのような現状認識に基づき, 3年目の見直しで何をどう改善すべきなのかを緊急提言する。

## なぜ世論は再稼働に否定的なのか

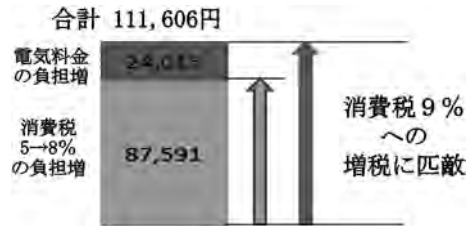
3年目の見直しの議論を円滑に進めるには再稼働を望む国民の声の高まりが求められるが, 残念ながらその声は逆に減少している。原子力学会が毎年実施している世論調査で「原子力発電所が無くても日本は経済発展できると思いますか?」との問いに対する回答にそれが表れている。問いに否定的な回答の割合が顕著に減少しているのである。2013年1月と2014年1月の調査結果を比べると, 首都圏住民は24%から17%に約3割, 原子力学会員も84%から75%に約10%減少している。逆に肯定的回答の割合は目立って増加している。首都圏住民は33%から44%に約3割, 原子力学会員も5.3%から10.4%に増加している。なぜだろうか。その原因は明らかである。原子力発電所が全基停止したにも関わらず, 大きな停電は起きていないし, 震災直後に行われた計画停電も行われなくなり, 生活に目に見えた支障が生じていないからである。原子力学会員ですら肯定的回答が増

加しているのはそのためであろう。

## 全原子力発電所停止の目に見えない影響

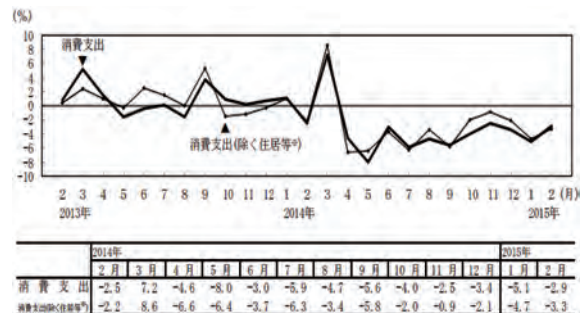
しかし, 全原子力発電所の停止は目に見えない形で大きな影響を及ぼしている。その一つは家計への影響である。今, アベノミクスの効果が個人消費に結びつかなくて政府は苦慮しているが, その原因の一つが電力料金の値上げである。2014年4月の消費税引き上げの家計への影響は1世帯当り87,591円に電力料金の値上げ24,015円が加わり, 実質的には消費税が9%に引き上げられたのと同じ影響が生じているのである(第1図)。このため, 2人以上の世帯の前年同月比の消費支出は14年4月から15年2月まで10ヵ月間で平均△5.0%のマイナスとなっている(第2図)。

第二は産業界への影響である。地球環境産業技術研究機構(RITE)の秋元圭吾氏の推計によれば, 日本全体の製造業全体の電気代増分額(震災前比)は年間約6,300~7,500億円に達している。日本全体の製造業の約14.8~17.6万人分の現金給与額に相当する額である。製



第1図 2014年度の家計負担増(円)

出典:電気料金:総務省統計局「家計調査報告」2015年2月分速報, 2015.3.27  
消費税:「消費税引き上げに伴う家計負担」みずほインサイト, 2013.10.3



第2図 消費支出の対前年同月実質増減率の推移(二人以上の世帯)  
出典:総務省統計局「家計調査報告」2015年2月分速報, 2015.3.27



造業平均の従業員1人当たりの年間電気代増分額(震災前比)は、約8.2~9.8万円と推計される。それだけ企業の賃上げ余力が削がれていることになる。

第三は国富の海外流出である。原子力発電所の停止分の発電電力量を、火力発電の焚き増しにより代替しているが、資源エネルギー庁の試算によれば、2014年度の燃料費は約3.7兆円増加(人口で単純に割り戻すと、国民一人当たり3万円強の負担増加。)したと試算されている。また、累積での燃料費の増加額は2014年度末までに12.7兆円に達したと試算されている。もし、原子力規制委員会が今のペースの審査を続け、年間2基ずつしか再稼働できないと仮定すれば、廃炉を決めた5基を除く43基の原子力発電所全てが再稼働するまで22年かかり、代替燃料費の総額は50.6兆円に達することになる。いくら経済性を考えないという規制委でも国家予算の半分もの巨額の国富が海外に流出している事実は無視しえない。

#### なぜ田中委員長の見通しが狂ったのか

田中委員長は好き好んで審査を遅らせたのではないであろう。就任直後は設置許可、工事認可、保安規定の3つの法手続きを並行して審査し、半年で終わると言明していたからである。では、なぜこれほどにも目算が狂ったのだろうか。私は3つの原因があると考えている。第一の原因は初号機要因である。米国でも初号機の許認可は手間取ることが知られている。私自身、六ヶ所村再処理工場の設計及び工事の認可手続きで初号機審査を経験した。ゼロベースで安全ロジックを構築しなければならず、高度な知識に基づく繊細な作業と、膨大な資料を作成する必要があり、過去に実績のあるリピート品とは比べものにならないほど手間取ることを痛感した。審査の過程でロジックの手直しが必要になることも少なくなかった。ところが、軽水炉の初号機審査は1996年の柏崎刈羽6号機のABWR審査が最後である。それから約20年経っているため、初号機審査の大変さを読み誤った可能性が高い。リピート審査ならともかく、初号機審査では実現不可能な並行審査を行えると公言していたことにそれが表れている。

第二の原因は事業者との意思疎通不足である。今回は規制基準が大幅に変更されたのにも関わらず、形式的な独立性にこだわるあまり、事業者へ周知が不徹底であった。このため、大幅に変更された基準地震動の決め方を巡る議論が長引き、審査期間が大幅に長期化することとなった。

第三の原因は組織運営の硬直性とマンパワーの不足である。まず、5人の規制委員は全分野に目を光らせなければならないにもかかわらず、専門分野別に縦割りにし、特定の委員に審査の負荷が集中してしまったことが挙げられる。次に、原子炉安全審査会、核燃料安全審査会が十分活用されていないことが挙げられる。国会から

の指摘を受けて遅ればせながら立ち上げたが、審査には活用せず、限定的な役割しか与えていない。

#### 3年目の見直しで緊急に改善すべき点

最後に、3年目の見直しで緊急に実施すべき項目として以下の5項目を提言する。

##### (1) バックフィット・ルールの制定

審査期間が長期化している最大の原因は新基準のほとんど全てを遡及適合しようとしたことにある。バックフィットのルールを明確化し、当面は「福島事故の再発防止」に絞り込んで、中長期的に取り組みば済むものは毎年の定期点検で段階的に実施するよう改善すべきである。

##### (2) 内部監査の仕組みの導入

米国ではNRCが4,000人ものスタッフを抱えているが、審査を進める際は、NRCの審査と並行して、外部の多数の専門家で構成される原子炉安全諮問委員会(Advisory Committee on Reactor Safeguards)を編成して安全評価を実施する方式を採っている。並行的にダブルチェックを実施し、幅広い専門家の意見を取り入れる仕組みにしているのである。日本版ACRSを早急に設置し、日本の専門家の総力を結集する体制に改善すべきである。

##### (3) 民間の規格基準の活用

米国では外部の規格基準を活用し、単純な構造強度の試験検査などは米国機械学会(ASME)に委任している。これによってNRCのスタッフのマンパワーを性能、機能などの、より重要な審査や試験、検査に振り向けることが出来、審査のスピードアップが図られている。我が国も信頼性が確立した民間規格基準を活用すべきである。

##### (4) 内閣府への移設

事故の最大の教訓の一つは防災体制の強化であり、事故後、原子力防災会議が設置された。原子力規制委員会は原子力防災会議との連携を最優先にすべきである。そのため、冒頭に示した設置法の附則第5条に書かれている通り、環境省の外局でなく内閣府に移設すべきである。

##### (5) 標準審査期間の明確化

言わば目の前の患者が大量の出血が続いているのに、何万年も先の議論を延々としている様子は国民の目から見ても違和感がある。医師の仕事は患者の止血防止が最優先のはずである。規制委がいくら経済性度外視と言っても角を矯めて牛を殺してはならない。当初掲げた半年という目標が崩れた後、ずるずると長期化しているが、既述した様々な誤算が分かった今、それらを反映した標準審査期間を明確化すべきである。そして、重要なことは新設発電所と既設発電所の区別を明確化することである。

#### おわりに

以上の提案が実現して適合性審査が改善し、原子力発電が国のエネルギー計画の期待に応えられるようになることを切に願うものである。(2015年4月13日記)

## 連載・福島からの風 第3回

## 人と人をつなぎたいー里山で開花した私の夢

NPO 法人りょうぜん里山がっこう 校長 高野すみ子

福島県の北部、宮城県境にある伊達市は伊達氏発祥の地であり、相馬市とまたがる霊山(りょうぜん)は古くは山岳信仰の霊場として栄えました。名峰「霊山」、その麓に昭和23年創立の「石戸中学校」がありました。

時は流れて廃校となり、産業振興で「ニット工場」に。地域活性化の黄金時代でした。またも、産業衰退の波、工場が閉鎖され、再び廃校となりました。そのとき、高野金助(農業法人「りょうぜん天味園」代表)の想いが燃え上がりました。

廃校活用の木造校舎を「夢を育てる施設として」、さまざまな体験活動ができるようにリフォームしました。平成12年にパン工房を柱に、「りょうぜん里山がっこう」を創立。平成19年にNPO法人化しました。会員は70名で、会社員、農業、主婦、公務員とさまざまです。その理念は「地域、社会貢献をめざし、県北地域に集う県内外に集うすべての人が体験活動や文化活動を通して、ひとと、自然にふれあい、いきがい、感動、友情を共有し、ともに育ちあうなかで、いきいきとした、地域にすることを目的にしています。」(定款より抜粋)食育体験教室、自然体験、売店、レストランなどの事業は、宿泊施設『ほっこ里』を交流の拠点とし順風満帆。

そこへ平成23年3月11日の原発事故。事業は一転しました。宿泊施設は、小高町の被災者の受け入れで感謝されました。「放射能から子どもを守る」保養事業もすぐはじまりました。当初から里山がっこうの大石地域は空間線量も低く、当時0.2ベクレル。現在はもっと低く、校舎内0.09、校庭0.12です(福島県環境放射線移動モニタリング調査結果、年2回実施)。除染は必要ないといわれるCランク地域ですが、風評被害で、親子体験教室(子供会や育成会)などの団体客の予約が3分の1に減少し、まだ元に戻っていないのが現状です。

「地産地消」を大事にしていたレストランメニューの、自生のタケノコステーキ、山菜ピザは姿を消しました。ビワの葉やヨモギ、フキノトウなどの里山の恵みの活用はできなくなり、楽しみが奪われました。我が家の原木の肉厚しいたけが自慢だったのにレストラン部門で、被災1年目は、中国産の干しいたけを使うこともあり悔しくて、涙がとまりませんでした。

平成25年にNPOりょうぜん里山がっこうでは、JT助成事業の支援を得て、新たな活動を始めました。絆フェスティバル「ふるさと霊山ここに生きる」を東京民族歌舞団「荒馬座」舞台構成、演出のプロデュースをいただ

きながら、ふるさとの踊りや仕事唄、伝承太鼓、オリジナル合唱曲を通して、地元のみなさんとでつくるという、いままで経験したことのない地道な、1年間の文化活動の取り組みでした。一つの輪になって、放射能に負けないで、ふるさとで暮らしたい、生きたいと願う公演でした。霊山地域交流センターに100人の出演者と500人のお客様を迎えて、公演は大成功をおさめました。

年間行事として、そばまつり、七夕コンサート、大根まつりなどを開催しています。定期教室も、里山合唱団、健康マージャン、3B健康体操があります。また、県の委託事業で、定住2地域相談活動も行っています。代表の高野金助が担当で、農業がしたい、田舎暮らしがしたい、福島のために働きたい、と今さまざまな願いの方たちが集い、霊山で輝いています。

「ほっこ里」は定員16人の宿泊施設です。100パーセント福島県産材を使用し、養蚕農家がモデルの100年健康住宅です。原発事故後は、福島応援ツアーの目的の団体様が多いです。「福島再生の会」「大学教授と学生」「田舎暮らしをしたい」等のご利用客です。3月は鎌倉市の福島復興応援ツアーのボランティアのみなさんがおいでになりました。「次回は、里山保全応援部隊で、里山がっこうにきたい」と握手を交わしてくれました。

おわりに今後の希望や夢について——私は、旧石戸中学校創立と同じ昭和23年生れです。4人の子供と11人の孫に囲まれ幸せな日々です。今年2月、「地産地消福島ネットワーク」の団体が里山がっこうを訪れました。県外生協を対象に、風評被害払拭のため、福島に呼ぶツアーを年間通じて実施する企画立案のためでした。

「放射能汚染から、地域の食を取り戻し、食の再生と、人々の絆を再生しよう」は里山がっこうのスローガンです。こうした取り組みは、県外の福島応援の皆様と響きあい、共有していく働きこそ福島「希望の道」です。そして、里山がっこうを拠点に「人と人をつなぎたい」ミッションワークが私の人生の夢であり、「したかったこと」ではないかと、最近、強く思います。

(2015年3月17日記)

## 著者紹介

高野すみ子(たかの・すみこ)

1948年伊達市霊山町生まれ。福島県立保原高等学校卒業。現在NPO法人りょうぜん里山がっこうの校長と、体験教室及び宿泊案内人を務める。里山がっこうの日々の活動内容は、ホームページ「校長先生のすみちゃんブログ」で紹介。



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。

## 仮処分、福井地裁は認め、鹿児島地裁は認めず

福井地裁は4月14日、関西電力の高浜原子力発電所3、4号機の再稼働差し止めを認める仮処分を決定した。原発で想定されている基準地震動の信頼性に疑問があることや多重防護が不完全であることなどが、決定の理由。仮処分で原発の運転差し止めを認めたのは、これが初めて。なお最終審で判決が確定するまで効力が発生しない本訴訟と異なり、仮処分は即時に有効となる。

これに対し関西電力は同日、高浜3、4号機は「新規制基準の適合性審査会合等で、当社が科学的・技術的観点から安全性についての説明を重ねてきた結果、原子力規

制委員会より原子炉設置変更許可をいただいているプラント」であり、本決定は承服できないとコメント。17日には仮処分の不服申立てを行った。これを受けて福井地裁はあらためて、仮処分の妥当性を検討し直すことになる。

一方、鹿児島地裁は4月22日、川内原子力発電所1、2号機については、再稼働禁止を求める仮処分を認めない決定を下した。

(原子力学会編集委員会)

## 調査ロボットが福島第一炉内を撮影

東京電力は4月10日から19日にかけて福島第一原子力発電所1号機の格納容器内にカメラを搭載したロボット2台を投入し、内部を撮影した映像(=写真、提供は国際廃炉研究開発機構)を公開した。

ロボットは最初、狭いパイプを棒状の形で移動した後、ペダスタル外側のグレーチングと呼ばれる箇所に着地した後はコの字型に変形して、炉内を調査。画像や温度、線量などの情報を取得した。内部の温度は20度前後で、線量率は4.1~9.7Sv/hだった。

なお最初に投入したロボットはスタックし、2回目に投入したロボットは監視カメラが放射線の影響で劣化したため使用できなくなり、回収のための動作が確認でき



なくなったため、残置された。

(同)

## 原子力規制委、敦賀・東通の敷地内断層「活動の可能性」評価を受理

原子力規制委員会は3月25日の定例会合で、日本原子力発電敦賀発電所および東北電力東通発電所の敷地内破砕帯に関する有識者会合の評価を受理した。敦賀発電所については、2号機原子炉建屋直下を通過する破砕帯が「将来活動する可能性のある断層等」と結論付けている。

規制委は13年5月に敦賀発電所破砕帯評価結果を取りまとめているが、原電による同年7月の調査報告書提出を受け、14年1月より現地調査、追加評価会合を行ってきた。原電としては規制委に対し再三にわたり、評価の進め方について異議を申し入れており、前日の24日にも「科学的、技術的な議論を十分に尽くした上での評価書取りまとめ」を求めている。同社は「適正手続きを全

く欠く状況」と、「再検討を強く要請する」としている。

また、東通発電所については、耐震安全上、重要な施設の直下を通過するf-1断層の活動性については、有識者の見解が分かれ「判断できなかった」としている。

田中俊一委員長は、評価書取りまとめについて「重要な知見の一つ」と述べ、新規制基準適合性審査に反映していく考えを述べた。東通発電所では、1号機の審査申請が14年6月に出された。同日会見した田中委員長は、評価書の受理に関して「我々の判断を完全に委ねることはないので評価書はまず受理し、適合性審査の中で判断していく」と述べた。

(資料提供：日本原子力産業協会、以下同じ)



## JAEA が「もんじゅ」集中改革で報告書提出

日本原子力研究開発機構は3月23日、「もんじゅ」集中改革の報告書を取りまとめ文部科学省に提出した。「もんじゅ」は12年の保守管理上の不備発覚を受け、原子力規制委員会より保安措置命令などが発出されている。

規制委からの保安措置命令解除に向けては、同委から4日に対応手順が示されたところだが、原子力機構による必要な点検が完了するまで1年程度を要する見通しだ。

今後は改革定着と、より高い安全・安心を目指してこれまで改革を進めてきた「もんじゅ安全・改革本部」を

「もんじゅ再生本部」に改組するほか、新規制基準対応をトップマネジメントとして管理するなど、早期の保安措置命令解除に向け新たなフェーズに移行させていく。

松浦祥次郎理事長(当時)は、「もんじゅ」が規制委員会からの保安措置命令解除に至らなかったことは「痛恨の極み」と悔恨の意を表する一方で、「運転で成果を出していくのが本来の姿」と、早期の試運転再開に意欲を示す談話を発表。文科省内での記者会見で、「現場の力をどのように落とさず維持するか」と長期停止に伴う課題を述べるなどした。

## 東京電力、福島第一の廃炉事業推進で原電と基本協定を締結

東京電力と日本原子力発電は3月17日、「東京電力福島第一原子力発電所廃炉事業の協力に関する基本協定」を締結した。基本協定では、両社が福島第一原子力発電所の廃炉事業に関して協力関係を構築するため、次の基本的事項を定めた。

(1)原電グループ社員の東京電力への出向・派遣、(2)原電グループによる廃炉業務等の請負・受託、(3)廃炉業務に係る計画および設備の運営管理等を協働して実施——。なお、具体的な業務内容・体制については、引き続き、両社間で協議を進めていく。

東京電力は福島原子力事故の責任を全うするにあたり、専門的知見を有する社内外の人材の積極的な活用により、廃炉等に係る技術的課題を克服できるようオール

ジャパンの体制で取り組み、より多くの経営資源を投入する。

また、今回の基本協定に基づき廃炉体制を抜本強化し、今後、福島第一原子力発電所の長期にわたる廃炉作業に安全かつ着実に取り組んでいく。

一方、原電は経営改革を進めるにあたり、長年にわたり原子力発電所の建設・運転・廃止措置等で培った経験・知見等を十二分に活用した廃炉業務等を新たな事業の柱の一つとして位置づけ、積極的に協力する。

2015年度上期には原電グループで100名規模、さらに東京電力のニーズを踏まえつつ、同年度中に出向・派遣、請負、委託等の形態で規模の拡大を検討していく。

## 東電が3つのカンパニーを設置

東京電力は4月1日付で、新たに3つのカンパニー「リニューアブルパワー・カンパニー」、「経営技術戦略研究所」、「ビジネスソリューション・カンパニー」を設置した。

「責任と競争」を両立して事業展開していく経営体制確立のため、16年4月を目途としたホールディングカンパニー制導入に向け実施するもの。「リニューアブルパ

ワー・カンパニー」には新たな再生可能エネルギー電源の開発による収益拡大に、「経営技術戦略研究所」には社内の技術開発、知的財産管理、土木・建築技術に係る機能を集約し、競争に資する技術の創出・活用を現場に密着した課題解決にそれぞれ取り組む。「ビジネスソリューション・カンパニー」は、新体制移行後の各事業子会社に共通する一般管理の専門実務などを担う。

## IAEA/IPPAS が日本の核セキュリティを評価

日本における核セキュリティ対策の実施状況レビューを行うIAEAの国際核物質防護諮問サービス(IPPAS)ミッションが2月27日、全日程を終了し、報告書案を原子力規制委員会に提示した。

IPPAS ミッションチームは、核物質防護施設を保有する加盟国からの要望に基づき、政府関係者や事業者からのヒアリングを通じて、核物質防護条約やIAEA技術文書に準拠した防護措置を実施する上で必要な助言を行

うもの。日本への受入れは今回が初めて。

今回のミッションは、「国の核セキュリティ体制」[3つの原子力施設(日本原子力研究開発機構プルトニウム燃料技術開発センター、同高速炉臨界実験装置、中部電力浜岡原子力発電所)における核セキュリティの実施状況]、「コンピュータセキュリティの実施」をレビューするもので、2月16日から約2週間、現地視察、ヒアリングなどを実施した。

ミッションチームは終了後、「日本の核セキュリティ体制、原子力施設および核物質の防護措置実施状況は、

全体として強固で持続可能なものであり、また近年、顕著に向上している」などと評価した。また、27日に行われたミッション閉会で、IAEAのフローリー事務次長は、「このIPPASミッション成果を踏まえ、日本は必要なフォローアップ措置を講じるとの意思表示があったことを喜ばしく思う」との所感を述べた。

規制委員会の田中俊一委員長は、「今後、最終的にミッションから示される勧告事項や助言事項を十分に精査・検討し、その対応に向けて取り組んでいく」とコメントした。

## 海外ニュース (情報提供：日本原子力産業協会)

### 【米国】

## 原子力規制委、ユッカ処分場計画 審査で環境影響評価書を補足

原子力規制委員会(NRC)は3月12日、ネバダ州ユッカマウンテンにおける使用済み燃料深地層処分場の建設許可審査の一環として、エネルギー省(DOE)が2008年に提出した環境影響評価書の補足文書(SEIS)を作成すると発表した。NRCは同審査の活動を11年9月末に終了していたが、13年8月の連邦巡回控訴裁判所命令により、残余予算の範囲内で同年11月から審査を継続中。処分場計画の承認に直接結びつくものではないが、NRCスタッフは来年の春にSEISを完成させるとしている。

SEISの作成は今年2月、NRCがスタッフに指示していた。NRCスタッフの審査によると、DOEの環境影響評価書(EIS)は処分場に関わる地下水の影響すべてに適切に取り組んでいなかった。このためNRCはSEISの策定を13年にDOEに要請していたが、DOEはその代わりとして関連の技術報告書である「処分場閉鎖後の地下水影響の解析」を改定。今回NRCスタッフは、この技術報告書を反映させてSEISを作成することになる。

具体的には、処分場の汚染物質が処分場サイトの主要な帯水層に到達する可能性について評価を行う計画。潜在的な汚染の度合い、水と汚染物質の挙動を分析する。また、汚染された地下水から土壌や地表の物質、近隣環境がどのような影響を受けるかの議論を含めるとしている。

NRCスタッフはこの夏の終わり頃にもSEIS案文をパブリック・コメントに付すほか、ネバダ州とNRC本部で合計3回の公聴会を開催予定。集まったコメントを

斟酌した上で最終版を発行する考えだ。

ユッカマウンテン計画の建設許可審査では、1月下旬にNRCスタッフが技術的な安全審査を完了。全体的な結論としては、DOEが処分場建設エリアの所有権や管轄権、水利権に関する要件を満たしていなかった点から「建設を承認すべきでない」との勧告を安全性評価報告書(SER)の最終巻に含めていた。

## 大統領が政府施設の温室効果ガス削減で指令、SMR活用の可能性も明示

米国のB・オバマ大統領は3月19日、今後10年間の温室効果ガス(GHG)削減対策において連邦政府が継続的に率先して取り組むことを目的とする大統領令に署名した。2025年までに連邦政府機関が直接排出するGHGを2008年レベルから少なくとも40%削減するほか、再生可能エネルギーによる発電電力で政府機関の電力需要の3割を賄うという目標値を設定。実行可能であれば、小型モジュール炉(SMR)のエネルギーを再生可能熱源とともに「代替エネルギー」の一つとして活用すると明言しており、SMR開発に対する政府のさらなる支援が期待されている。

大統領令は議会の承認を経ずに直接連邦政府の省庁や軍に対して発令され、法律と同等の効力を有している。同令の中で大統領はまず政策背景を説明し、米国の繁栄や後世の国民の健康と環境を維持していけるよう、連邦政府機関が率先してクリーン・エネルギー経済の構築に取り組んでいる点に言及。エネルギー効率の強化と環境パフォーマンスの改善を実行する際の優先策として、再生可能エネルギーと代替エネルギーというソリューションに行き着いたとした。その上で、各省庁のトップに対し、90日以内にそれぞれのGHG削減目標を環境諮問委

員会(CEQ)と行政管理予算局(OMB)に提案するよう指示。それらは CEQ と OMB の審査と承認を受けることになる。

次に、再生可能エネルギーと代替エネルギーという2種類のクリーン・エネルギーが、政府機関で使用する電力・熱エネルギーの総量に占める最小限の割合を2016会計年度から始まる2年毎に設定。それらは17年までは少なくとも10%、19年まで13%、21年まで16%、23年まで20%、25年以降は25%となっている。また、再生可能エネルギーが政府機関の総消費電力量に占める割合も同様に設定。25年以降は最低30%というのが定められた。

ここで言及した代替エネルギー源としては再生可能熱源に加え、複数のエネルギー技術を特定。SMRによるエネルギー利用のほかに、燃料電池や電熱併給プロセス、二酸化炭素の回収・貯蔵(CCS)などを含めている。

オバマ政権下の米エネルギー省は、産業界とのコスト折半で出力30万kW以下のSMR設計2件を6年間で商業化支援する4億5,200万ドルの計画を12年に公表。13年末までにパブコック&ウィルコックス社の「mPower」とニュースケール社のSMR設計を支援対象に選択済みだ。

## 原子力規制委が安全試験計画承認、WH社のSMR開発進展

東芝傘下のウェスチングハウス(WH)社は3月17日、開発中の小型モジュール炉(W-SMR)で実施する安全試験プログラムについて、原子力規制委員会(NRC)から承認を得たと発表した。これによって同SMRの概念設計が技術的に成熟していることが確認されたことになり、米国標準設計の一つとしての認証(DC)取得に向けて審査時間が大幅に短縮されると歓迎している。

米国では世界の民生用原子力分野で米国がリーダーシップを取るべく、オバマ政権が米国の独自技術によるSMR開発を促進している。WH社も電気出力22.5万kWの一体型PWRでDCを取得するため、申請前の予備段階活動として小口径配管破断LOCA(冷却材喪失事故)に関する認可課題報告書(LTR)を2012年4月にNRCに提出。NRCは2月27日付けの書簡で、NRCによる同LTRの受入れ根拠を示した最終安全評価報告書(TRSE)を作成したと伝えてきたもの。

同LTRはWH社内外の専門家小委員会が作成しており、W-SMRで万が一、小破断LOCAが発生した場合の現象を特定。その上で、同事象発生時に原子炉を安全に停止させるシステムの検証試験プログラムを明記していた。同社はまた、W-SMR設計では圧力容器や大型の

ループ配管を貫通する構造物が存在しないため、中破断LOCAと大破断LOCAの発生可能性は排除されていると指摘した。

同社によると、W-SMRの大きな長所は、すでにDC取得済みのAP1000の盤石な設計基盤に基づき開発されている点で、AP1000設計で確認された機器や受動的安全系を使用。SMR市場の将来的な成熟を見据え、数年に及んだ試験・分析を適用しつつW-SMR開発を進めていることを強調した。

### 【フランス】

## アレバ社が経営再建計画を発表、48億ユーロの年間損失

フランスのアレバ社は3月4日、2014年12月末までの年間決算を発表し、連結純損失が過去最高レベルと言われる48億3,400万ユーロ(約6,300億円)にのぼったことを明らかにした。フィンランドのオルキルオト3号機(OL3)建設計画の遅延による損失7億2,000万ユーロを含め、3件の主要原子力プロジェクトで被った追加損失は10億9,700万ユーロに到達。こうした状況からの脱却を図るため、P・クノル社長兼CEOは中国市場への重点的取り組みを含めた改革計画を公表している。

決算概要によると、年間売上は7.2%減少し83億3,600万ユーロ、金利・税金・償却前利益(EBITDA)も13年から2億5,700万ユーロ減の7億3,500万ユーロ、税引き前フリー営業キャッシュ・フローは5億3,700万ユーロ減のマイナス3億7,200万ユーロだった。また、OL3と同じ同社製・欧州加圧水型炉(EPR)を採用したフラマンビル3号機建設計画、ジュール・ホロピッツ研究炉建設計画など3大プロジェクトを除いた原子力営業活動関連資産の減損と繰延税金資産はそれぞれ、14億6,000万ユーロと9億3,800万ユーロ、などとなっている。

これらに対する改革計画の柱としてアレバ社はまず、主要事業である原子力事業への再注力やフランス電力(EDF)との連携強化、中国原子力市場でのプレゼンス拡大などを示した「戦略的ロードマップ」を策定。「業務計画」の中では、競争力を強化するため17年までに年間10億ユーロのコスト削減やエンジニアリング部門の組織再編を実施するほか、3大プロジェクトのマネージメントを強化するとした。

クノルCEOはこれほどの規模の損失は、同社が(1)原子力事業の継続的な不振、(2)競争力不足と大型プロジェクトが内在するリスク管理の難しさ——という2つの課題に直面していることの現れだと指摘。昨年11月から事業戦略の包括的なレビューを妥協することなく進



めた結果、経営チームにとって難度は高いが経済的に現実的な今回の改革計画を公表するに至ったと説明した。

### 【スイス】

## 原発廃止措置専門企業が創設

スイスで原子炉2基の所有権を保有する ALPIQ 社は3月9日、同社グループの新たな事業会社として「スイス・デコミッションング AG」を創設したと発表した。

スイスでは福島第一原発事故後、政府が2034年までに国内の稼働中原子炉5基すべてを段階的に廃止する方針を決定。このため新会社によって、今後需要が増していくスイスの原発廃止措置市場に早い段階から参入し、解体や放射線防護、除染サービスといった総合的な廃止措置ソリューションを提供するのが狙い。本部は北西部のソロトゥルン州オルテンに置くとしている。

ALPIQ 社は現在、事業戦略の一環として新たな原発ビジネスを模索中で、同社グループ所属のドイツ企業「クラフトアンラーゲン・ハイデルベルク社」を通じて、この分野に必要な能力と経験を長年にわたって培ってきたと強調。同社がスイスで30年以上の活動実績を有していることや、ドイツ国内でピュルガッセンやオブリッヒハイム、イザール1号機、ネッカー1号機、フィリップスブルク1号機の原子炉解体プロジェクトに関わっている点を指摘した。

### 【サウジアラビア】

## 韓国と小型炉で覚書、SMART 炉2基導入へ

サウジアラビアの原子力導入計画推進機関である「アブドラ国王原子力・再生可能エネルギー都市(KACARE)」は3月3日、国内で2基以上のモジュール式中小型炉の建設を目指した了解書を韓国の未来創造科学部と調印した。韓国原子力研究所(KAERI)が中東諸国向けに設計した「SMART」炉の建設可能性を審査するため、2018年まで3年間の予備調査を実施するほか、人的資源の共同構築で協力。関連の学術研究活動も促進していく方針だ。

同覚書の調印は、韓国の朴槿恵大統領が中東4か国を歴訪する途中、サウジで1月に即位したばかりのサルマン新国王と会談した後に首都リヤドで行われた。

KAERI の発表によると、サウジアラビアは2040年までに1,200万～1,800万kWの原子力発電設備導入を計画しており、両国は2011年に原子力の平和利用分野で締結した二国間協力合意の下、現在の協力活動と将来的な協働方法、および方針を協議。サウジ側の欲する原子

力分野の科学技術協力と韓国側が期待する2基・20億ドル相当の原子炉取引実現に加えて、SMART 炉技術の商業化により共同で世界市場への参入を狙うとしている。

SMART 炉は海水脱塩と電熱併給が可能なシステム一体型先進モジュラーPWRで、熱出力と電気出力はそれぞれ33万kWと10万kW。韓国原子力安全委は12年7月にSMART 炉を標準設計として承認した。また、韓国政府は20年までに約10基を海外輸出する目標を08年に公表しており、サウジ向けの商談がまとまれば初輸出ということになる。

## アルゼンチン、サウジ企業と合併会社設立

アルゼンチンの計画投資省は3月5日、サウジアラビアの原子力導入計画支援を目的とした技術開発会社「INVANIA」を両国国営企業の合併で創設したと発表した。サウジが今後20年間に計画している16基・約1,800万kWという原子力設備開発の実現に、3基の加圧重水炉(PHWR)の操業でアルゼンチンが培ってきた経験と能力を役立てたい考えた。

この協力は2011年に両国が締結した原子力平和利用分野における二国間協力協定に基づくもので、サウジの議会にあたる諮問評議会(SHURA)代表団が計画投資省を訪問したのに合わせて合意。過去数年間の協力関係を一層深めるため、サウジ国営の技術開発投資企業TAQNIA社と、アルゼンチンの国営エンジニアリング企業であるINVAP社の合併事業体としてINVANIA社を創設した。

両国はこのほか、原子力人材育成分野で協力強化する重要性を強調。アルゼンチンのクヨ大学バルセイロ原子力工学研究所に、サウジの学生を継続的に受け入れることになったとしている。

アルゼンチンは3基のPHWRに続いて、4基目のPHWRを中国の投資協力により建設する予定。5基目については同国初の軽水炉導入を計画するほか、100%国産の小型原型炉も昨年着工するなど原子力開発には非常に意欲的だ。一方のサウジは、貴重な外貨獲得手段である原油資源を温存しつつ国内の電力需要急増に対応するため、22年の初号機完成を目指してフランスや韓国、中国と二国間原子力協定を締結。日本政府とは13年末、原子力協定の締結に向けて協議を開始した。

### 【ヨルダン】

## 原発導入でロシアと協力枠組協定

ヨルダンの国営ペトラ通信は3月24日、ヨルダン初

の原子力発電所建設計画において、ロシアとの協力の法的および政治的枠組となる二国間協定を両国が締結したことを伝えた。調印は同日、両国政府を代表してヨルダン原子力委員会のK・トゥカン委員長とロシアの国営原子力企業ロスアトム社のS・キリエンコ総裁が行った。同社は出力100万kWのロシア型PWR(VVER)「AES-92」を2基、2023~25年にかけて首都アンマンの東85kmに位置するアマラで建設予定。総工費100億ドルのうちロシア側が49.9%を拠出する一方、プロジェクトの支配権50.1%はヨルダン側の持分となる。

同協定は両国協力の一般原則を特定するとともに、発電所の燃料や放射性廃棄物に関する詳細を規定。オプションとしてヨルダンは使用済み燃料をロシアに返送することも可能となっている。

### 【インド】

## ロシア TVEL 社がインドの軽水炉に燃料供給

ロシアのロスアトム社傘下の原子燃料製造企業である TVEL 社は3月3日、インドで唯一のBWRであるタラプール原子力発電所1,2号機(各16万kW, GE社製)用に、濃縮ウラン燃料ペレットを供給する契約をインド原子力省(DAE)と締結した。契約量と金額は明らかにしていない。

インドでは昨年末、ロシアが供給したクダンクラム1号機(PWR)が同国初のPWRとして営業運転を開始したが、それまではタラプール1,2号機以外のすべてが加圧重水炉だった。ロシアはすでに2000年から同原発用の燃料関係機器をインドに供給。今回の契約により、TVEL社はモスクワにある傘下のエレマシ工場で燃料ペレットを製造し、インドのハイデラバードにある燃料集合体製造施設に向けて、年内に複数回の出荷を行う計画だ。

TVEL社はまた、DAEとの協力の一環としてクダンクラム原子力発電所1,2号機(各100万kW)にも、全ての運転期間中に使用する燃料を供給する予定。さらには、PHWRが6基稼働するラジャスタン原子力発電所にも、二酸化天然ウランの燃料ペレットおよび関係機器を供給するとしている。

2014年以降に同社が外国企業と結んだ新規の燃料供給契約は総額30億ドルを上回るとともに、今後10年間の受注残高は100億ドル規模を維持。昨年取得した供給契約としては、ハンガリー、スロバキア、フィンランドの商業炉、およびオランダとチェコ、ウズベキスタンの研究炉用があったとしている。

### 【中国】

## 紅沿河 5, 6 号機に建設承認, CGN の計画では 4 年ぶり

中国の国務院は3月10日、国営新華社通信の記事をウェブサイト上に掲載し、中国広核集団有限公司(CGN)が国家発展改革委員会から紅沿河原子力発電所5,6号機(各PWR, 100万kW)の建設承認を受けたことを明らかにした。中国は福島第一原発事故直後、原子炉新設計画の承認停止など暫定的に慎重な対応を取っていたが、2012年秋には審査・承認の再開を決定。その後、中国核工業集团公司(CNNC)の田湾3,4号機や福清4号機などが着工した。

遼寧省の紅沿河5,6号機は同原発2期工事にあたり、昨年8月に国務院が東北地方振興を支援する重大施策の一つとして着工する見解を表明。CGNが11年以降に建設承認を受けた計画としては初めてのもので、実際の着工までには国家核安全局(NNSA)の建設許可が必要になる。採用設計はCGNがフランスの技術を元に開発したACPR1000になるとしているが、一部の報道はCGNとCNNC双方の第3世代設計を融合させた「華龍1号」が最終的に採用されるとの見方を伝えている。

紅沿河原発サイトではCPR1000を採用した100万kW級の1,2号機が稼働中。同型の3,4号機は建設中で、昨年11月に3号機の最初の蒸気タービン設置が完了。今年前半にも完成する見通しとなった。4号機の作業も順調に進展中だとしている。

### 【韓国】

## 月城 1 号機の運転延長承認

韓国原子力安全委員会は2月27日、30年間の設計寿命期間を終えて2012年から停止中の月城原子力発電所1号機(PHWR, 67.9万kW)について、運転期間の10年延長を認める判断を下した。認可満了後、2年以上が経過していることから、実質的な延長期間は約7年になると見られている。

同炉の継続運転に関しては安全規制の専門機関である韓国原子力安全院(KINS)が審査。同炉が原子力安全法令の技術基準を満たしており、運転を10年延長しても安全性に問題はないと結論付けていたほか、福島第一原発事故後、大規模な自然災害に関して実施したストレステストでも対応可能との結論が出ていた。安全委は同日、約14時間に及ぶ議論の末、延長に賛成する委員7名が票決により決定。野党の推薦委員2名は票決を拒否して退場したとしている。

# ミュオンを利用して高温工学試験研究炉 (HTTR)の内部構造を可視化する

## 非接触・非破壊で原子炉の内部構造を検査する

日本原子力研究開発機構 高松 邦吉

非接触・非破壊で原子炉の内部構造をモニタリングできる手法を考案する。かつ、高温工学試験研究炉(HTTR)の原子炉格納容器の外側から炉心の状態を可視化できる新しい技術を提案し、実証する。

**KEYWORDS:** *muon, radiography, tomography, material discrimination, coulomb scattering, nondestructive inspection, nuclear reactor, HTTR, Fukushima Daiichi, nuclear disaster*

### I. 背景

#### 1. HTTRにおける課題

高温工学試験研究炉(HTTR)は運転時に炉内温度が1,000℃以上の高温であるため、炉心部に計測機器を設置できず、燃料部を直接測定して試験データを取得することは困難である。また、金属箔による放射化法は燃料へ直接設置するため、燃料交換機による燃料の出し入れが必要であり実用的ではない。そこで、運転中の原子炉において、原子炉压力容器の外側、または原子炉格納容器の外側から、燃料等を取り出すことなく炉心の状態をモニタリングできないか研究を進めた。

#### 2. ミュオンを選択

福島第一原子力発電所の事故(以下「福島第一事故」という)前の2008年から非接触・非破壊で原子炉の内部構造をモニタリングできれば、原子力工学に非常に大きなインパクトを与えると考え、宇宙線ミュオンを使って原子炉の内部構造のモニタリングを試みた。その当時、宇宙線ミュオンを使って原子炉の内部構造のモニタリングを試みる人は誰もおらず、新規制を確認した。また、2007年に宇宙から降り注ぐミュオンを使って、火山の溶岩と土の密度の違いを検出できたと発表がなされ

*Visualization of Internal Structures of Reactor Core in the HTTR by Cosmic-ray Muon Radiography: Non-destructive Inspection of internal structures of reactor core*: Kuniyoshi TAKAMATSU.

(2015年1月30日 受理)

た<sup>1)</sup>。ミュオンは、大きな構造物を非破壊で透過することができる。そこで、東京大学地震研究所 高エネルギー地球科学シンポジウム「素粒子で見る」に参加して、「原子炉を見る」というタイトルで以下の2点を発表した。

(1)ミュオンで密度の違いを区別できるならば、炉内温度をモニタリングできる可能性がある。(2)ミュオンで原子番号の違いを区別できるならば、原子炉の内部構造物をモニタリングできる可能性がある<sup>2)</sup>。

### II. 多重クーロン散乱を利用して原子番号が異なる物質を識別<sup>3)</sup>

#### 1. 目的

福島第一事故前、ミュオンを用いて密度ではなく原子番号の違いを検出できないか検討した。HTTRの構造物は減速材である黒鉛ブロック、原子炉压力容器、燃料体であるウランであり、他の空間にはヘリウムが充填されている。それらの原子番号の違いを検出することで、予め炉心を透過した試験データを取得し、大規模地震で炉内構造物が破損した場合の試験データと比較することで、両者の差から破損具合を検出できるのではと考えた。大規模地震で炉内構造物が破損した場合、燃料交換機で燃料等を取り出すことは不可能であるため、原子炉压力容器の外側から炉心を検査できれば有用である。そこで、黒鉛ブロックの黒鉛、原子炉压力容器を模擬する鉄、ウランを模擬する鉛を購入し、原子番号が異なる物質を識別する実験を開始した。



2. 測定装置

今回の測定では、黒鉛、鉄、鉛の3種類の物質に対するミュオン散乱を測定した。測定の際に注意すべきことは荷電粒子が進んだ距離  $x$  (以下、物質の密度×厚さで表される密度長と言い換える) を、物質間で等しくすることである。散乱角  $\theta$  は物質の放射長  $X_0$  に依存している。放射長  $X_0$  は  $\text{g/cm}^2$  で表されるので、物質の密度長  $x$  を物質間で一定にすることで散乱角  $\theta$  と物質の影響を明らかにすることができる。黒鉛と鉄の実験では黒鉛の密度長  $x$  を  $53.4\text{g/cm}^2$ 、鉄の密度長  $x$  を  $56.7\text{g/cm}^2$  とし、鉄と鉛の測定では鉄の密度長  $x$  を  $85.0\text{g/cm}^2$ 、鉛の密度長  $x$  を  $84.3\text{g/cm}^2$  とした(第1表)。

次に物質によるミュオンの散乱角  $\theta$  の分散を測定するため、第1図に示す測定装置を製作した。装置は3本のプラスチック・シンチレータを用いた。それぞれのシンチレータには光電子増倍管を取り付けている。ミュオンがシンチレータに入射するとシンチレータ内に光子が発生し、光電子増倍管で電子に変換、増幅が行われ電流が流れる。対象物質はBとCのシンチレータの間に置いた。

A および B のシンチレータの信号が同時発生した場合、また A, B および C の信号が同時発生した場合に、各々の信号を計数した。この手法により A および B を通過した粒子のうち、どれほどの粒子がCのシンチレータを通るかが測定できる。ミュオンの散乱角  $\theta$  が小さい粒子はCのシンチレータに到達できる。

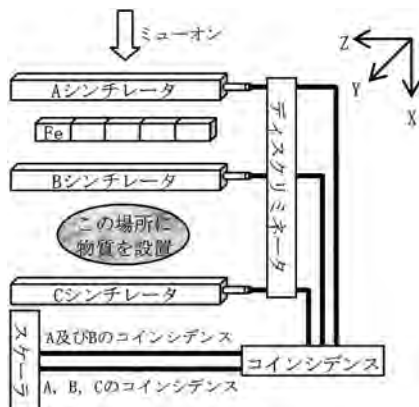
A および B の同時発生を計測する理由は、第1図に示す  $y$  軸に垂直な軌道を持つ粒子を選別するためと、飛来するミュオンの数が時間によって変化する影響を取り

第1表 実験で使用した物質の原子番号及び密度長

物質	原子番号	密度長 ( $\text{g/cm}^2$ )
黒鉛	6	53.4
鉄	26	56.7

物質	原子番号	密度長 ( $\text{g/cm}^2$ )
鉄	26	85
鉛	82	84.3



第1図 原子番号が異なる物質を識別する測定装置(X-Z方向)

除くためである。A および B の同時発生をバックグラウンドとして、A, B および C の同時発生を割れば、A および B を通過した数と、A, B および C を通過した数の割合を求めることができる。この割合を物質ごとに比較すれば、ミュオンがどれだけ散乱されずに進むことができたかが確認できる。

実験は建物内で行われた。A および B の間には電子の放射長  $X_0$  の2倍の厚さを持つ鉄板が挿入され、建物の天井で多重発生した電子や陽電子の軟成分を取り除いた。測定は黒鉛と鉄を交互に2時間ずつ測定した。次に鉄と鉛を2時間ずつ測定した。その後、各々の結果を合計し、物質の違いでどの程度の計測差が表れるか比較した。

3. 実験結果

黒鉛と鉄の測定結果、および鉄と鉛の測定結果を第2表に示す。物質の違いによる割合の差を見てみると、黒鉛と鉄の割合の差は約0.4%、鉄と鉛の割合の差は約0.61%となっている。

4. 結論

新規性として、福島第一事故前に、ミュオンを使った非接触・非破壊のモニタリング手法を考案し、黒鉛、鉄、鉛の原子番号  $Z$  の異なる物質を識別する実験を成功させた(第2表)。

反応の前後で密度長  $x$  が変化しない物質においても、原子番号  $Z$  が変化すれば、地上に飛来するミュオンのクーロン散乱を利用し、モニタリングができることを確認した。この方法を発展させると、原子炉の内部構造の可視化ができると予想された。この結果から、ミュオンのクーロン散乱を利用した原子炉の内部構造の可視化が新しい原子炉計測設備として可能であることがわかった。

Ⅲ. HTTR 内部構造を可視化<sup>4)</sup>

1. 目的

福島第一事故後、東京電力(株)は、元の位置に存在する炉心が喪失し、その溶融物が原子炉格納容器の底に溜まっていると予想した。既に原子番号の違いを検出でき

第2表 黒鉛と鉄、及び鉄と鉛の測定結果

物質	計測時間(h)	2-コインシデンス
黒鉛	32	42,162 ± 205
鉄	32	41,370 ± 203
鉄	20	26,067 ± 161
鉛	20	26,090 ± 162

物質	3-コインシデンス	割合(%)
		$\frac{3\text{-コインシデンス}}{2\text{-コインシデンス}}$
黒鉛	3,138 ± 56	7.44 ± 0.14
鉄	2,914 ± 54	7.04 ± 0.14
鉄	1,763 ± 42	6.76 ± 0.17
鉛	1,604 ± 40	6.15 ± 0.16

る本手法を開発していたため、原子炉建屋外から形状を喪失した炉心及び原子炉格納容器の底に溜まっている溶融物を検出できると、原子力機構内で提案した。原子力機構の福島研究開発部門からの要請により、HTTR を用いて原子炉格納容器の外側から炉心の状態を確認する「オンサイト非破壊検査技術の開発」を立ち上げた。

## 2. 測定装置

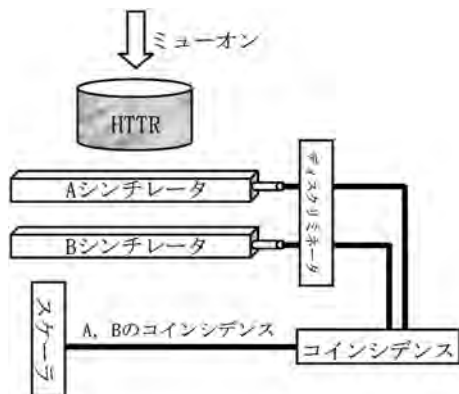
第2図に、可視化試験に用いた測定装置の概要を示す。ミュオンがシンチレータに入射した際の発光を、光電子増倍管及び増幅器で電気信号に変換・増幅し、ディスクリミネータにより自然 $\gamma$ 線とミュオンを選別する。検出部は2つで一組とし、これらを同時に通過したミュオンをカウントする。

HTTR 可視化試験には、一般財団法人エンジニアリング協会及び川崎地質(株)が製作した2種類、計3台の測定装置を用いた。第3図に示す2台はシングルチャンネル(a), (b)と呼称する装置で、一組の検出器を有し、1方向の測定が可能である。一方、第4図に示す1台はマルチチャンネルと呼称する装置で、1つの主検出器に対し、5個の副検出器を備える。マルチチャンネルの場合は、主検出器とそれぞれの副検出器を同時に通過したミュオンをカウントする。副検出器は $15^\circ$ 間隔で配置され、同時に5方向の測定が可能であり、測定時間をシングルチャンネルの1/5の時間に短縮可能である。なお、本装置は、厚さ約11mの地盤を地下から計測し、地中に存在する直径1.3mの埋設管を判別可能な分解能を有する。

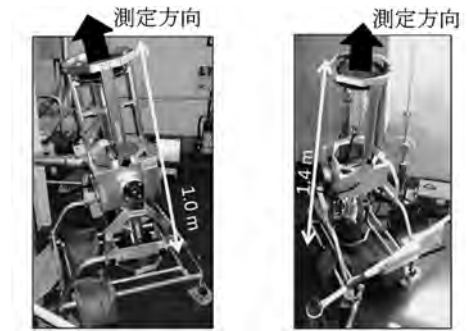
これらの装置を用いた測定方法を簡単に説明する。測定準備として、測定方向に向け装置を固定した後、PC上で測定条件を設定し、測定を開始する。

このとき、測定時間は後述するように23時間、また、 $\gamma$ 線の影響等を除去するためディスクリミネータでのエネルギーしきい値を3 MeVに設定し、これ以下のエネルギーの信号は除外した。

測定開始後は、第2図のAシンチレータで検知したミュオン数、A及びBの両シンチレータで同時に検知したミュオン数(同時計数)が、PCに自動的に記録さ

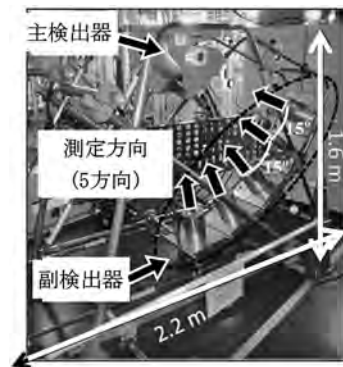


第2図 HTTR 内部構造を可視化する測定装置



シングルチャンネル(a) シングルチャンネル(b)

第3図 HTTR で用いたミュオン検出器



マルチチャンネル

第4図 HTTR で用いたミュオン検出器

れる。測定の様子は、PC モニタで随時確認できる。設定した測定時間になると、自動的に測定を終了する。

## 3. HTTR

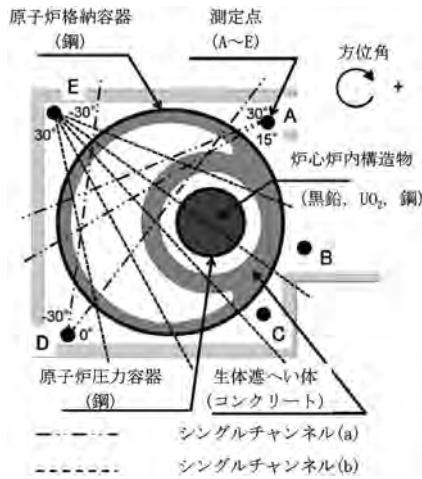
HTTR は、黒鉛及びコンクリート製の構造物が大きな体積を占めており、次いで鋼製の容器、機器・配管が占める。黒鉛及びコンクリートの密度は鋼の半分以下であるが、透過距離は鋼製構造物の数倍になるため、測定結果に大きく影響すると思われる。

なお、構造物として厳密には密度の異なる様々な材料が用いられているが、測定精度等を考慮して、以降の評価では材料密度を黒鉛： $1.8\text{g/cm}^3$ 、コンクリート： $2.5\text{g/cm}^3$ 、鋼： $7.8\text{g/cm}^3$ 、地盤： $1.8\text{g/cm}^3$ に統一して計算等を行った。また、複数の材料で構成される構造物については、体積比等から密度を算出して用いた。

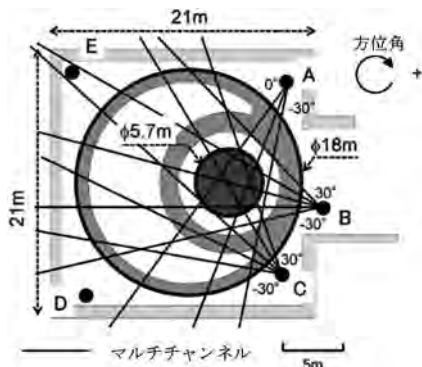
第5, 6図に、HTTR の水平断面の概略を示し、可視化試験の測定点及び水平方向の測定方向(測線)を図中に示した。測定装置(シングルチャンネル $\times$ 2, マルチチャンネル $\times$ 1)は、HTTR 地下の原子炉格納容器周り5つの測定点に設置した。測定点は全て第7図に示したHTTR 地下3階の同一フロアであり、それぞれの測定点をA~Eとした。また、図には示していないが、原子炉の有無による比較を行うため、原子炉と逆方向(建屋方向)も測定した。

第5, 6図に示すように、各測定点の測線の角度(方位角)は、原子炉格納容器中心方向を基準として $\pm 30^\circ$ の範





第5図 シングルチャンネル検出器の測定点と方位角



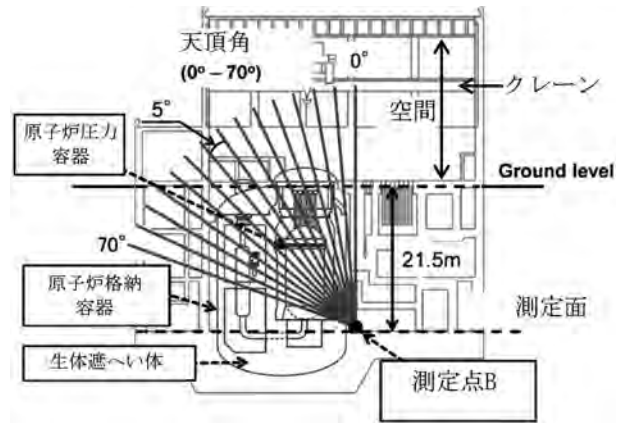
第6図 マルチチャンネル検出器の測定点と方位角

間を15°間隔で変化させた5方向とした。なお、測定点Dのみは試験工程の都合により2方向(-30°, 0°)のみの測定とした。また測線ごとに、真上を0°として70°まで5°ごとに角度(天頂角)を変化させ、15方向を測定した。第7図に、例として測定点Bにおける測定方向の天頂角を示す。

測定時間は1天頂角あたり23時間とし、測定準備の時間を考慮して1日ごとに角度を変更した。なお、測定時間は、ミュオンの日中の平均的な個数とHTTR内部構造物の密度情報を基に、HTTRを透過するミュオンの個数が平均1,000またはそれ以上になるように決定した。これは、後述する計数誤差(変動係数)が3%程度になるように想定した値であり、ミュオンによる地盤探査における実績値である。なお、変動係数を3%以下にするためには計測時間をさらに長くする必要があるが、増加した計測時間に対する精度向上の度合いが小さいため、実用上この数値を用いることにした。測定結果は各測定方向の同時計数として得られ、これを面密度(鉛直方向の厚さと平均密度を掛け合わせた量)に換算して評価した。

4. 試験結果

本試験における同時計数の値は、最低で約300、最高で約5,000であった。ミュオンの計数には統計的誤差



第7図 測定点Bにおけるマルチチャンネル検出器の測定方向の天頂角

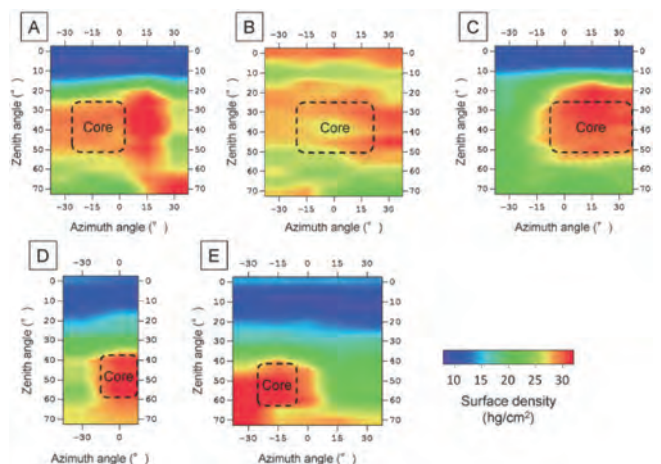
が含まれ、ポアソン分布に従うことが知られている。

従って、同時計数Nに対する標準偏差σは $\sigma = \sqrt{N}$ で表され、これを基に変動係数(誤差)は $\sqrt{N}/N \times 100\%$ で定義される。同時計数が1,000の場合、変動係数は約3.2%であり、300の場合は約5.8%である。なお、主要構造物が含まれる天頂角が50°以下の測定範囲で、概ね目標値である1,000以上の同時計数が得られており、内部構造可視化の可能性を議論するのに十分な測定時間であったと考えられる。

第8図に面密度の分布の結果を示す。各測定点の間、あるいは方位角ごとに変化が異なっており、HTTRの内部構造を反映した結果が得られていると推察される。

第8図には炉心方向に相当する領域を破線で示してある。図より、面密度の全体的な傾向として、天頂角が小さい真上の方向の面密度が平均値に比べて小さく、天頂角が大きくなるにつれて高い面密度となった。これは、第7図に示したようにHTTRの天井方向は、建屋1階床面から天井まで空間であり、天頂角が大きくなるにつれて原子炉格納容器の内部構造物が存在することと一致する。

面密度が大きい領域に着目すると、炉心を通る領



第8図 各測定点における面密度の測定結果



域で面密度が大きく、約  $30\sim 32\text{hg}/\text{cm}^2$  であった。なお、 $h$  はヘクト ( $10^2$  倍) を意味する。HTTR の図面を参照して炉心及び生体遮蔽のコンクリートの透過距離及びそれぞれの材料密度を用いて面密度を計算すると約  $30\text{hg}/\text{cm}^2$  となり、測定値が妥当であることを確認した。また、第 8 図における測定点 C の方位角  $15^\circ$  における面密度変化を、HTTR の縦断面図と対応させると、原子炉圧力容器内部の炉心が存在する天頂角  $25^\circ\sim 50^\circ$  の範囲で面密度が最も大きく、原子炉圧力容器から外れる  $0^\circ\sim 10^\circ$  及び  $60^\circ\sim 70^\circ$  では面密度が小さいことがわかる。

一方、炉心方向以外にも面密度が大きい領域が確認された。この領域は、主に生体遮蔽のコンクリート壁を示していると推定される。原子炉格納容器内部のコンクリート壁の厚さは約  $1\text{m}$ 、密度は約  $2.7\text{g}/\text{cm}^3$  である。HTTR 炉心の黒鉛製の燃料体の平均密度よりも約 1.8 倍密度が高い。このため、コンクリート壁を斜めに透過するような場合には、透過距離が長くなるため、面密度が大きくなったと考えられる。これは、例えば、測定点 A の方位角  $15^\circ$  及び測定点 B の方位角  $30^\circ$  において見られる。また、測定点 B のみで天頂角  $0^\circ$  方向が高い面密度となっているが、測定点 B の上方にのみ地上付近まで建屋のコンクリート壁が存在しているためである。

以上から、同時計数法を用いたミューオンの可視化技術により、HTTR の原子炉格納容器の内部を可視化することができ、特徴的な構造として炉心及び生体遮蔽等のコンクリート壁を判別できることを示した。

## 5. 結論

福島第一原発の燃料デブリの状況把握に向けた炉内可視化技術開発の一環として、原子炉内可視化にミューオンの適用性を検証するため、HTTR を対象とした炉内構造物の可視化試験を実施した。その後、福島第一原発敷地内での測定における課題と対策を検討した結果、既存技術による装置の改造等で、新たな技術開発を行うことなく対応可能であることを示した。

## IV. まとめ

2008 年当時、ミューオンを使って原子炉の内部構造をモニタリングする試みを開始したが、研究を進める上で少なからず困難に直面した。しかしながら、HTTR の原子炉格納容器の外側にミューオン検出器を設置し検証試

験を行った結果、稼働中の炉心の場所を検出することができた。また、「世界で初めて実機の原子炉を用いた」試験についてマスコミ等への反響があり、日本テレビによる取材が実施され<sup>5)</sup>、原子力産業新聞でも紹介された<sup>6)</sup>。さらに、技術研究組合 国際廃炉研究開発機構 (IRID) から燃料デブリ取出し代替工法の情報提供依頼 (RIF) があり、A-2: PCV/RPV 内部調査に必要とされる技術として、「宇宙線ミュー粒子を利用した燃料デブリの位置及び形状の三次元可視化技術」の情報を提供した結果、IRID のホームページに掲載された<sup>7)</sup>。

## — 参考資料 —

- 1) H.K.M. Tanaka, T. Nakano, S. Takahashi, J. Yoshida, K. Niwa, "Development of an emulsion imaging system for cosmic-ray muon radiography to explore the internal structure of a volcano, Mt. Asama", Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors, and Associated Equipment A, Vol. 575, No.3, pp. 489-497, June, 2007.
- 2) 東京大学地震研究所, 高エネルギー地球科学シンポジウム, "素粒子で見る", 帝国ホテル, 2009 年 8 月 11 日.
- 3) D. Shoji, H.K.M. Tanaka, K. Takamatsu, "Development of a simple-material discrimination method with three plastic scintillator strips: For easy inspection of mass-conserved system", Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A, Vol. 654, No. 1, pp. 608-612, 2011.
- 4) 高松邦吉, 竹上弘彰, 伊藤主税, 日野竜太郎, 鈴木敬一, 大沼寛, 奥村忠彦, "宇宙線ミューオンによる HTTR 内部構造の可視化予備試験", 日本原子力学会和文論文誌, Vol. 13, No. 1, pp. 7-16, 2014.
- 5) "廃炉", 日本テレビ, NEWS ZERO 及び NEWS EVERY 2013 年 3 月 12 日.
- 6) エンジニアリング協会, 川崎地質 (株), 日本原子力研究開発機構, "ミューオンで炉内可視化", 原子力産業新聞, 朝刊, 2014 年 6 月 5 日.
- 7) 技術研究組合 国際廃炉研究開発機構 (IRID), "ご提供いただいた情報 (公開情報) の一覧の公開について", 「燃料デブリ取出し代替工法の情報提供依頼 (RIF)」, [http://irid.or.jp/fd/public/index\\_jp.html](http://irid.or.jp/fd/public/index_jp.html), 2014 年 2 月 19 日.

## 著者紹介

高松邦吉 (たかまつ・くによし)

日本原子力研究開発機構

(専門分野/関心分野) 高温ガス炉, 原子炉計測, 放射線計測, 伝熱流動, 原子炉動特性

# もんじゅを利用した研究の構想

## 日本の高速炉開発の前進に向けて

電力中央研究所 稲田 文夫, 他

文部科学省では2012年10月に「もんじゅ研究計画作業部会」を設置し、「もんじゅ」を使用した高速増殖炉/高速炉の研究開発の計画を策定した<sup>1)</sup>。計画の柱は、①プラントの技術成立性の確認を含む高速増殖炉技術開発の成果の取りまとめ、②重要な視点の一つとしてきた廃棄物の減容・有害度低減に関する研究の重点化、③東京電力福島第一原子力発電所の事故を踏まえた原子力発電システムとしての高速増殖炉/高速炉の安全技術体系の構築、とされた。本稿では、最初に「もんじゅ」を使用した研究開発の意義の変化について確認した後、研究計画の概要を解説する。

**KEYWORDS:** *Monju, fast breeder reactor, sodium cooled fast reactor, reactor safety minor actinide, radioactive waste reduction, radiotoxicity reduction, international collaboration*

### I. もんじゅ研究計画の位置付け

#### 1. 高速増殖炉/高速炉開発の歴史と今

日本における高速増殖炉/高速炉(以下総称して「高速炉」と呼ぶ)開発の歴史は、1956年に当時の原子力委員会より出された「原子力研究・開発及び利用に関する長期計画」に遡る。この中で、最終的に国産を目標とする動力炉は、原子燃料資源の有効利用とエネルギーコストの低下への期待から増殖動力炉とされ、その後、高速増殖炉開発が精力的に進められた。実験炉「常陽」が建設、運転され、原型炉「もんじゅ」が建設された。実証炉設計も進められた。

しかし、1995年の「もんじゅ」初送電後に、2次系主配管温度計からのナトリウム漏えい事象が発生し、以降「もんじゅ」は、現在まで約20年間停止している。その間にも、2005年の原子力政策大綱および2010年のエネルギー基本計画で「もんじゅ」は、「長期的なエネルギー安定供給や放射性廃棄物の潜在的有害度の低減に貢献できる可能性を有する」ものとして意義付けられ、運転を早期に再開した上で、所期の目的を達成すべきとされてきた。しかし、2010年には「もんじゅ」で炉心確認試験を

実施したが、燃料交換片付け作業中に炉内中継装置の落下トラブルが発生し、また、2012年には10,000点に及ぶ点検漏れが公になったこともあり、本稿執筆時点では運転再開に向けた準備は進んでいない。

#### 2. もんじゅ研究計画作業部会の設置

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う東京電力福島第一原子力発電所の事故(以下、「東電福島第一事故」と称す)は、原子力政策のあり方を根本から見直す契機となった。2012年9月には、国のエネルギー・環境会議において革新的エネルギー・環境戦略が策定され、その中で「もんじゅ」の役割は、

①国際協力の下での高速増殖炉の成果の取りまとめ

②廃棄物の減容、有害度の低減等を目指した研究開発とされ、年限を区切った研究計画を策定、実行し、成果を確認の上、研究を終了することとされた。①は、当初の意義である長期的なエネルギーの安定供給を念頭においたものであることは言うまでもない。

文部科学省は、上記を遂行するための「もんじゅ」等の具体的な研究計画を作成することを目的として、2012年10月に科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会 原子力科学技術委員会の下に、もんじゅ研究計画作業部会(主査:京都大学山名元教授(当時)、以下「作業部会」)を設置し議論を行った。

#### 3. 「もんじゅ」を使った研究の意義の確認

作業部会前において「もんじゅ」を使った研究の意義

*Research Plan Using Monju, For Advancing the Fast Reactor Development in Japan*: Fumio INADA, Naoto KASAHARA, Takanori KITADA, Akira YAMAGUCHI.

(2015年3月4日 受理)

は、革新的エネルギー・環境戦略で謳われた2項目であると言える。一方、作業部会では、上記2項目に対して東電福島第一事故を踏まえて、

### ③原子力発電システムとしての高速炉の安全技術体系の構築

が加えられた。本項目は、技術的にみても社会的にみても、高速炉開発を進めていく上で避けて通れないものと考えられる。一方、①、②についても依然として意義が薄れていないことをここで説明しておきたい。

まず国外では、米国におけるシェールガスの生産の急速な拡大の一方、アジアを中心にエネルギー需要が増加し、CO<sub>2</sub>問題も深刻化している。その中で原子力については、ドイツなど一部の国で放棄する方針であるが、フランスや米国は引き続き進める方針で、中国やインドでは積極的に拡大を図る方向である。すなわち今後のウラン需給の見通しは不明確であり、資源の獲得競争や価格高騰などが生じるリスクも存在する。一方、国内では、軽水炉の停止による天然ガス等の化石燃料購入費用の負担増により、貿易赤字の拡大や電力料金の値上げが発生している。今後の政策では、原子力は安全性確保を大前提に、重要なベースロード電源と位置付ける方向である。

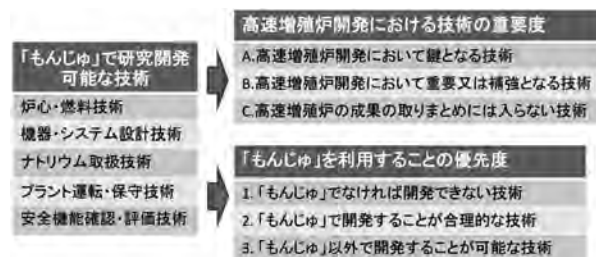
これらの国内外の状況下で、我が国としては基本原則として、エネルギー安全保障の観点で将来世代へのリスクの先送りを回避し、選択肢を狭めるべきではない。このために、「もんじゅ」を使用して、ウラン資源確保に関するリスクの低減につながる高速増殖炉技術を確立・継承する意義は引き続き大きいと判断できる。さらに廃棄物の負担軽減の観点からも、現実問題として使用済み燃料のバックエンドに対する社会的懸念が一層高まっている状況にあり、高速炉技術は将来に対する有効な技術のオプションを与えられる。

以上、「もんじゅ」を使った研究の意義を再確認した。次章以降、研究計画の概要として、プラント技術成立性の確認と安全技術体系の構築、環境負荷低減のための研究開発、国際的な協力・貢献について解説する。

## II. プラント技術成立性の確認と安全技術体系の構築

### 1. 「もんじゅ」で行う研究開発の分類

「もんじゅ研究計画」に重要度・優先度の高い課題を適切に取り込むため、第1図の手順で「もんじゅ」で行う研究開発を分類した。はじめに「もんじゅ」で研究開発可能な技術項目を、炉心・燃料技術、機器・システム設計技術、ナトリウム取扱技術、プラント運転・保守技術、および安全機能確認・評価技術の各領域を網羅するようにリストアップした。次に、候補となった技術項目を、高速増殖炉開発における技術の重要度と「もんじゅ」を利用することの優先度の2つの観点からランク付けした。具体的には重要度を第1図のA.B.Cのランクで、優先度を



第1図 研究開発分類の観点

1,2,3のランクで表し、両者をA1~C3のように組み合わせ、技術項目を整理した。

このようにして抽出された重要度・優先度の高い項目に関して、さらに以下に示す「もんじゅ」運用上の特性に合わせた適切な順番を考慮し研究計画を策定した。

#### (1) 運転パターン

計画的に運転を継続するため、十全な保全期間が必要。また、故障の克服とその経験蓄積を行うことも重要な役割。従って、性能試験終了後の本格運転以降は、1サイクル(4か月)の運転に加え、8か月程度の点検を行う運転パターンを当面は想定する。

#### (2) 炉心構成

燃焼の進んでいない初装荷炉心で性能試験を行い、臨界特性および出力特性を把握する。1/4ずつの燃料交換により5サイクルで平衡炉心(約5万MWd/t程度)に、その後13サイクル程度で高燃焼度炉心(約8万MWd/t程度)に移行する。

#### (3) 設備の信頼性(故障の発生段階)と経年特性

運転開始から5年程度の初期故障フェーズ、10年程度のランダム故障フェーズ、その後の経年的な故障フェーズを想定する。

上記のようにして作成された計画の中から、「プラント技術成立性の確認」と「安全技術体系の構築」に係る主要な項目を以下に述べる。

### 2. プラント技術成立性の確認

プラント技術成立性に係る主な技術領域は、第1図の分類では、「機器・システム設計技術」「ナトリウム取扱技術」および「プラント運転・保守技術」である。それぞれの技術領域における、「もんじゅ」活用の目的と優先度が高い代表的な研究開発項目を紹介する。

#### (1) 機器・システム設計技術

機器・システム設計技術開発に関して「もんじゅ」を活用する目的の一つは、実機データを用いて、システム設計技術や大型ナトリウム機器およびナトリウム炉特有計測設備等の機器設計技術を検証することである。もう一つは、定格運転を通じて、機器・システムの経年特性や健全性を実証することである。

上記に照らして、優先度の高い項目として以下が挙げられている。

- ・プラント系統の設計・評価技術



- ・ホットベッセル原子炉容器等の設計評価技術
- ・大型機器設計・評価技術
- ・ナトリウム炉特有の計測設備の設計・評価技術
- ・燃料取扱システム設計技術
- ・蒸気発生器等設計・評価技術
- ・発電所補助システム設計技術

(2) ナトリウム取扱技術

ナトリウム取扱技術開発に関する「もんじゅ」活用の目的は、ループ型高速増殖炉特有の検査技術、世界に例のない蒸気発生器伝熱管の検査技術を開発すること、およびナトリウム関連の管理データ(純度管理、放射化物挙動、ナトリウム蒸気挙動、ナトリウム洗浄等)を取得し、これらを用いてナトリウム管理技術を検証・確立することにある。

優先度の高い個別項目として以下が挙げられている。

- ・供用期間中検査(ISI)技術
- ・ナトリウム管理技術

(3) プラント運転・保守技術

プラント運転・保守技術開発に関する「もんじゅ」における目的は、運転保守経験を通じ、運転手順等の運転管理技術、保全計画等の保守管理技術について成立性確認および経験蓄積を行うことと、トラブル対応から得られる知見の集積である。

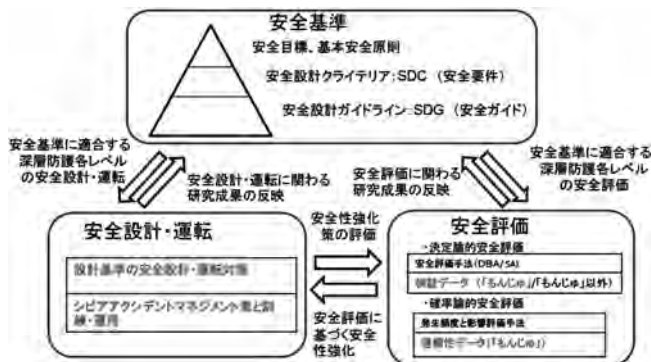
優先度の高い項目として以下が挙げられている。

- ・高速増殖炉発電プラントの保守管理技術
- ・高速増殖炉発電プラントの運転管理技術

3. 安全技術体系の構築

安全技術体系を構築するためには、第2図に示すように、「安全基準」、「安全設計・運転」、「安全評価」の3つの観点から研究開発成果を集約し、互いに連携させつつ安全技術としての体系化を図る必要がある。「もんじゅ」はその部分に活用されるが、「もんじゅ」以外で実施する項目との連携を考慮して、全体を計画する必要がある。このため、「もんじゅ」で実施する領域とそれ以外で実施する領域の両者を以下のように整理した。

- ・主として「もんじゅ」で実施する領域
  - ▶シビアアクシデント(SA)評価技術の構築と安全性向上策の抽出



第2図 安全技術体系構築のための研究開発

- ▶シビアアクシデントマネジメント(SAM)策の充実にその実証的な確認や訓練・運用
- ・主として「もんじゅ」以外で実施する領域
  - ▶損傷炉心燃料等の安定的な冷却手段の多様化のための研究開発
  - ▶炉心損傷時の再臨界の防止と事象の炉容器内終息を図るための研究開発
  - ▶高速炉の安全基準に資する研究開発

「もんじゅ」で実施する領域について、その目的と、優先度が高い代表的な研究開発項目を以下に紹介する。

- (1) SA 評価技術の構築と安全性向上策の抽出
  - 確率的な安全評価(PSA)を踏まえたSA に対する安全性強化の研究を、「もんじゅ」という実機プラントへの適用を通じて実施することを目的とする。

優先度の高い項目として以下が挙げられている。

- ・PSA 評価技術の構築と安全性向上策の抽出
- ・「もんじゅ」の安全性に関する総合評価
- ・自然循環除熱システムの設計技術・評価技術
- ・設計基準ベースの安全設計・評価技術

- (2) SAM 策の充実にその実証的な確認や訓練・運用
  - 幅広い外部事象を含むSA 事象シーケンスに対して、高速炉の特徴を踏まえたSAM 策を検討し、安全性の向上を図ることを目的とする。

Ⅲ. 環境負荷低減のための研究開発

1. 高速炉による廃棄物減容および有害度低減

高速炉では炉心における軸方向や径方向のブランケット領域を付ける/付けないという炉心構成変更により、プルトニウム(Pu)の増殖(高速増殖炉)と燃焼(高速炉・Pu 燃焼炉)の調整が可能である。また、軽水炉での燃料使用が困難な、MOX の使用済燃料から取り出された、多くの同位体元素を含むプルトニウム(高次化プルトニウム)を燃料として使用可能であるだけでなく、燃料中にマイナーアクチニド(MA)を付加することにより、軽水炉では燃やすことが困難な MA を燃料として燃焼させ、削減することも可能である。このため、これまでも「常陽」等を用いて MA 含有燃料に関する基礎的な研究が行われてきたが、実際の燃料規模での環境負荷低減に対する有効性確認に必要な核的性能や燃料性能に関する知見は十分とは言えない。

以上を踏まえて作業部会では、研究計画の中で高速炉による環境負荷低減、すなわち廃棄物減容および有害度低減等に対する有効性を「もんじゅ」等を用いて確認することとした。以下ではその内容を解説する。

2. 研究計画策定における留意点

研究開発計画を作成する際に、分離変換研究と研究開発実施の両観点からの留意点は以下のとおりである。

- (1) 分離変換研究としての留意点
  - ・均質サイクル/非均質サイクル、アメリカウム(Am)

のみ付加/MA 付加, 高速炉/加速器駆動未臨界炉 (ADS) といった多くのオプションが提案されており, それらのオプション毎に開発すべき課題と共通的な研究開発課題がある。

- ・高速炉だけでなく燃料製造や再処理など幅広い分野に多くの研究開発課題があり, 長期的な研究が必要である。
- ・高速炉均質サイクルオプションは, 発電用高速増殖炉サイクルの研究開発の一環として進められており, 基礎研究段階をおおむね終了している。
- ・総合的な評価には, 分離, 燃料製造, 照射, 照射後試験等が可能な一連の施設を用いた試験が必要である。
- ・MA 分離についての設備が不足しており, MA 原料調達が一連の試験実施上のボトルネックである。

#### (2) 研究開発実施の観点からの留意点

- ・実規模照射が可能な「もんじゅ」を最大限に活用する。
- ・「もんじゅ」で試験を安全に実施するための条件を満たしつつ, 運転計画と適合することが必要である。
- ・「常陽」を用いて「もんじゅ」の補完が可能である。
- ・燃料製造, 再処理試験, 照射後試験を行う既存のサイクル施設では, Am やネプツニウム (Np) を含有する MOX 燃料に対応可能であるが, 扱える数量的には限界がある。
- ・MA 原料および高次化 Pu 原料の調達に対する対応 (Pu241 から生成される Am241 の利用, 国際協力による調達)が必要である。

### 3. 環境負荷低減のための研究開発の内容

以上の留意点を踏まえて策定された「もんじゅ」等を用いた研究開発の内容を以下に示す。

- ・Na 冷却 MOX 燃料高速炉を均質 Pu/MA サイクルを主たる研究対象オプション概念とし, 既存施設を活用しつつ出来るだけ早期に成果を得て, 準工学研究段階での本オプションの技術見通しと有効性を確認する。
- ・「もんじゅ」での実規模照射により, 照射中の MA 含有燃料等の特性・挙動の確認, および核変換による Pu, MA の増減検証を優先的に実施し, 「常陽」における特殊な条件での系統的試験により補完する。
- ・関連するサイクル研究開発施設を用いて, MOX 燃料での Am 均質サイクルに必要なサイクル技術の見通しについての評価を実施する。
- ・国際協力により, 海外の MA 原料, MA 含有燃料, 使用済み燃料を活用して照射後試験計画を充実させるとともに, 各分野での情報交換, 共同評価等を進める。

### 4. 「もんじゅ」等を使った研究の具体的な進め方

上記研究内容の具体的な進め方を以下に示す。

「もんじゅ」においては, 40~100%出力の性能試験から第1サイクル運転にかけて, Am を多く含んだ初期炉

心特性(臨界特性, 出力特性等)を確認する。Am 含有初期炉心の燃焼特性確認, 高次化 Pu 含有燃料の燃焼特性確認, Am および Np を付加した燃料を用いた包括的アクチノイドサイクル国際実証 (GACID) 試験は, 所定の燃焼度を達成する必要がある内容であり, 定格運転となる第2サイクル運転から第5サイクル運転にかけて実施する。また「もんじゅ」で実施する一連の研究と並行して, MA 含有燃料製造技術開発, MA 分離技術開発を行うとともに, 「常陽」での MA 含有燃料ペレット照射挙動確認や長寿命材料の照射性能確認を実施する。

## IV. 国際的な協力・貢献

### 1. 国際協力の意義

「もんじゅ」は, 国際協力・貢献の場としての国際研究拠点として活用することが重要である。その際, 我が国が主体的に研究開発を推進することが大切であり, その中で国際貢献を果たすべきである。また, 2014年4月に閣議決定された「エネルギー基本計画」においても, 米国やフランス等と国際協力を進めつつ, 高速炉等の研究開発に取り組むとともに, 「もんじゅ」については, 廃棄物の減容・有害度の低減や核不拡散関連技術等の向上のための国際的な研究拠点と位置付けられている。

東電福島第一事故以降, 日本における高速炉開発はスローダウンしているが, フランス, ロシア, 中国, インドなどにおいては, 各国のエネルギーや環境事情を反映して, 引き続きその開発・利用計画を維持している。米国や EU においても, 将来の技術オプションとして研究を継続している。これら高速炉開発を進めている国々との協力は, 開発や技術基盤のコスト削減はもとより, 技術・知見の共有化や共通の安全文化の醸成などを促進し, 国際的な技術水準の底上げや高い信頼性確保の観点からも重要である。国際協力として推進すべきものとしては, 以下の項目が挙げられる。

- ・我が国の設計・技術, 基準などの国際標準化に有効なもの
- ・我が国単独で実施するよりも, 国際協力を通じた費用分担によるコスト削減, リスク分散が期待され, 効率的な研究開発が可能となるもの
- ・我が国が開発リード国としてこれまでに培ってきた技術で, 国際貢献に資するもの

### 2. 国際協力の全体的な動向

高速炉サイクルの開発を進めている国々の間では, 実用化に向けた技術開発の国際協力が活発化している。我が国は, 「常陽」「もんじゅ」の設計, 建設, 運転および「高速増殖炉サイクル実用化研究開発」(FaCT プロジェクト)などの実施により培われた高い技術力を保有している。このため, 我が国は2か国間, 3か国間, および多国間の国際協力の枠組みを活用して, 高速炉の安全設計クライテリアの国際標準化や高速炉サイクルの技術開発を



リードしている。主な2か国間協力としては、日仏間の JAEA-CEA フレームワーク協定や ASTRID(高速中性子炉の技術実証試験プロジェクト)協力、日米間の民生用原子力エネルギー研究開発協力(CNWG)などが挙げられる。また、多国間協力としては、12か国1国際機関が参加している「第4世代原子力システム国際フォーラム」(GIF)の中のナトリウム冷却高速炉システム取決めや国際原子力機関(IAEA)の中の INPRO プロジェクトでの活動などが挙げられる。我が国以外では、米露、仏露、仏印、中露などの中で協力協定が結ばれ、国際的なパートナーシップ競争が始まっている。

### 3. 「もんじゅ」を活用した国際協力

「もんじゅ」における国際協力の基本的な形としては、海外からは高速炉の開発・運転・保守経験を取得する一方、「もんじゅ」からは高速炉の国際的共同研究の場の提供が考えられる。前者については、海外の経験を「もんじゅ」の燃料取扱い技術、運転マニュアル、およびナトリウム機器の保守要領への反映に加えるとともに、海外技術者を受け入れてその経験や知識を直接活用することなどが挙げられる。一方、後者については、解析コードの開発、検証のための「もんじゅ」の運転データの提供、世界で数少ない高速中性子束照射施設としての活用、および中間熱交換器や蒸気発生器などナトリウム機器の実用化のめどを裏付ける情報の提供などが挙げられる。

「もんじゅ」を活用した具体的な国際協力のあり方を第3図に示す。最下層では主に IAEA の枠組みを活用して、高速炉開発に係る基盤的なデータの共有を目指す。ナトリウムの自然循環のデータ解析など高速炉の安全に関する公開データに基づく研究協力や、同じく公開情報レベルでのプラント運転経験に関する情報交換である。例えば、IAEA の高速炉技術ワーキング・グループ(TWG-FR)では、炉上部プレナム内の温度成層化データのベンチマーク解析を行っている。その上の層では、GIF などの多国間協力をさらに深化させ、安全設計クライテリア(SDC)や安全設計ガイドライン(SDG)など、将来の高速炉の安全性向上および国際的な安全基準の策定に貢献する。最上層では、2か国間あるいは3か国間の協力を強化し、より具体的な研究プロジェクトおよび各国の個別研究開発への貢献を図る。具体的には廃棄物の減容に資する照射試験(日米仏の3か国で実施している GACID プロジェクト)、海外高速炉の燃料の先行照射、およびシビアアクシデント対応のための研究開発などが期待される。GACID プロジェクトでは、MA 原料を米国が供給し、フランスで燃料を製造し、「常陽」と「もんじゅ」で照射する計画である。

## V. 結び

「もんじゅ」建設は1980年代に、将来における原子燃料資源の有効利用とエネルギーコストの低下への期待か



第3図 国際協力のあり方

ら政策決定され、多大な資金と労力が投じられてきたが、現在も様々な理由からまだ本格運転に至っていない。しかし、高速増殖炉開発は将来における持続的社会的構築のための一つの手段となる可能性があり、もし本格運転に至ることができなければ、将来世代からもなぜこれをやっておいてくれなかったかとの指弾を受けることとなりうる。また日本の国力を考えた場合には、この程度の将来への投資はしておくべきことではないだろうか。

ただし、「もんじゅ」は原型炉として発電用施設としての性能を確認しつつ研究開発も行っていく必要がある。すなわち、商用発電炉並みに安全性を確保するための運転・保安全管理も必要である。運転・保安全管理自体も、トラブル対応から得られる知見の集積が必要である、今後運転経験をできるだけ積んでいくことが重要である。

また高速炉システムを用いた廃棄物の減容および有害度低減による環境負荷低減は、非常に魅力的な技術であり、「もんじゅ」で実規模での照射試験に加え国際協力などを通じて他のサイクル関連施設の活用・高度化を図りながら、高速炉システムによる環境負荷低減の有効性確認を行うことが今後の原子力開発にとって必須である。

### — 参考資料 —

- 1) もんじゅ研究計画作業部会「もんじゅ研究計画」平成 25. 9.

### 著者紹介

稲田 文夫 (いなだ・ふみお)

電力中央研究所

(専門分野/関心分野)原子炉内流動, プラント保全

笠原 直人 (かさはら・なおと)

東京大学

(専門分野/関心分野)構造解析, 高温強度, 高速炉

北田 孝典 (きただ・たかのり)

大阪大学

(専門分野/関心分野)原子炉物理, 核データ, 核変換, 臨界安全

山口 彰 (やまぐち・あきら)

東京大学

(専門分野/関心分野)原子炉工学, 伝熱流体力学, 確率論的リスク評価



# 除染の進捗状況について

## ふるさと福島の再生に向けて

環境省 福島環境再生本部 小沢 晴司

平成 23 年、東京電力福島第一原子力発電所事故により放出された放射性物質で、福島県を中心とする地域に環境の汚染が生じた。同年 8 月に成立した放射性物質汚染対処特措法に基づき、国等は除染等事業を進めてきた。現在、福島県内で国が直接除染を行う 11 自治体のうち 4 自治体で面的な除染が終了し、除染による除去土壌等を保管する中間貯蔵施設整備に向けた調整も進められている。これまでの取り組みを概観し、併せて今後の課題等について報告する。

**KEYWORDS:** *off-site cleanup, decontamination, radioactive pollution, Fukushima*

### I. 国による除染のための実施体制

平成 11 年、災害対策基本法の特別措置法として原子力災害対策特別措置法が制定された。同法第 26 条の緊急事態応急対策で放射性物質による汚染の除去が規定されているが、原子力事業者サイト外については適用されず、このため放射性物質汚染対処特措法が制定されることとなった。以下に、同法と同法基本方針、除染等事業実施のために設置された福島環境再生事務所の概要について述べる。

#### 1. 除染を実施するための制度

##### (1) 放射性汚染物質対処特措法

東京電力福島第一原子力発電所の事故により放出された放射性物質で、福島県を中心とする地域に生じた環境の汚染に対処するため、平成 23 年 8 月、「平成二十三年三月十一日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う原子力発電所の事故により放出された放射性物質による環境の汚染への対処に関する特別措置法(以下「特措法」)」が議員立法により可決・成立し、平成 24 年 1 月から全面施行された。

同法に基づき、国が直接除染を行う除染特別地域と、市町村が主体となり除染を行う汚染状況重点調査地域が指定され、また、国が直接廃棄物処理を行う汚染廃棄物対策地域と、汚染状況が一定基準を超える指定廃棄物が指定され、国により処理されることとなった。

*Progress on Off-site Cleanup Efforts in Fukushima* : Seiji OZAWA.

(2015 年 3 月 10 日 受理)

##### (2) 特措法に基づく基本方針

特措法に基づく基本方針は、平成 23 年 11 月に閣議決定された。同法に基づく除染等の対処が、人の健康又は生活環境に及ぼす影響を速やかに低減されるよう取り組まれるべきことを基本的な方向として記すほか、除染に関する基本的な考え方の中で除染の目標値について次のとおり記している。

- ・追加被ばく線量が年間 20 ミリシーベルト以上である地域については、当該地域を段階的かつ迅速に縮小することを旨とする。
- ・追加被ばく線量が年間 20 ミリシーベルト未満である地域については、長期的な目標として追加被ばく線量が年間 1 ミリシーベルト以下となることを旨とする。

国が除染を行う除染特別地域は、立ち入りが制限されている地域等を踏まえ指定することとし、追加被ばく線量が特に高い地域を除いて、平成 26 年 3 月末までに除染等の措置を行うことを目指すとされた。追加被ばく線量が特に高い地域は、国によるモデル事業を実施したうえで除染等の方策を確立して対処するとしている。

一方、市町村が主体となって除染を行う汚染状況重点調査地域は、その地域の追加被ばく線量が年間 1 ミリシーベルト以上となる地域について指定するものとされた。

中間貯蔵施設は、除去土壌等の処理のために必要な施設であり、その設置や安全性の確保について国が責任をもって行うとしている。

## 2. 福島環境再生事務所の設置

平成23年8月、特措法の制定とともに、環境省では福島除染推進チームを福島市内に配置し、福島県や関係自治体等との連絡・調整を進める。平成24年1月には、同法の本格施行による除染等事業を実施するため、福島市内に福島環境再生事務所が設置された。同事務所は環境省の地方支分部局の一つ東北地方環境事務所(本部：仙台市)内の組織として位置づけられた。

当初40名の定員でスタートし、平成24年4月には県内5カ所の支所(県北：福島市、県中・県南：郡山市、会津：会津若松市、浜通り北：南相馬市、浜通り南：広野町)を設置し約200名の体制となった。同年4月以降、除染特別地域に指定される自治体で除染実施計画の策定が進められ、住民への除染に関する同意取得、除去土壌等を仮置きする仮置場取得に関する話し合いなどが進められていく。平成25年4月には、除染や廃棄物処理の本格化、中間貯蔵施設整備に対応する職員等の増員により約300名の体制となり、平成26年4月以降390名に拡充された。この390名の約3分の1は各省出身者で構成され農水省の土地改良等の技術者、道路や河川整備等国交省の現地事務所の技術者等が含まれる。390名の3分の2は全国からの公募による職員で、公募職員の半数ほどは福島県出身となっている。平成27年4月の増員で福島環境再生事務所は500名程度の規模になることが予定されている。

## II. 除染等の進捗状況

### 1. 除染特別地域

国が直接除染を行う除染特別地域は、福島県浜通り地方を主とする11市町村にまたがる区域内に指定され、平成25年夏までに、双葉町を除く10市町村に関する国による除染実施計画が策定された。いずれも、平成26

年3月末までを除染実施計画期間としたが、平成25年9月、除染特別地域内の全市町村を対象に除染の進捗状況について点検し、一律に2年間(平成24、25年度)で除染し仮置場への搬入を目指すとした従前の目標を改め、平成25年12月、一部自治体の除染実施計画が見直されることとなった。

田村市(都路地区)は平成25年6月までに除染が終了しており、川内村、楡葉町、大熊町の3町村の区域については従前どおり平成26年3月までの計画とされた。川俣町、葛尾村の2町村は平成27年度末まで、南相馬市、飯館村、浪江町及び富岡町の4市町村については平成28年度末までの除染終了予定に変更された。双葉町の除染実施計画は平成26年7月に策定され、平成27年度末までの除染終了予定とされている。

平成26年11月時点での除染特別地域の11自治体に関する除染の進捗状況は第1表のとおりである。今後は、比較的線量が高く規模の大きな自治体における除染が進められていくことになる。

なお、除染が終了した自治体について、その後のモニタリングを実施し、除染の効果が維持されていることの確認を行うとともに、地域住民との連絡のもと、適宜フォローアップ作業を検討するなどの対応を行っていくこととしている。

### 2. 帰還困難区域での除染モデル実証事業

除染特別地域では、居住制限区域及び避難指示解除準備区域にあたる地域について除染事業を進めるが、年間積算線量が50ミリシーベルトを超える帰還困難区域にあたる地域については除染モデル実証事業を実施し、対応方針を検討するとされた。平成25年度、浪江、双葉両町内計6地区で除染モデル実証事業が実施され、各地区とも生活圏(住宅地、農地、道路)の1メートル空間線量

第1表 除染特別地域における除染の進捗状況<sup>1)</sup>

自治体	除染対象 区域人口 (人) (概数)	除染対象 面積(ha) (概数)	区域 見直し	除染の進捗状況 (終了以外の市町村は平成26年11月30日時点)				スケジュール <sup>2)</sup>		避難指示 解除
				除染計画	仮置場等	同意取得	除染作業	宅地終了	残り終了	
田村市	400	50	H24/4	H24/4	確保済み	終了	H25/6 終了	25年度(すでに終了)		H26/4
川内村	400	500	H24/4	H24/4	確保済み	終了	H26/3 終了	25年度(すでに終了)		避難指示解除 準備区域は H26/10
楡葉町	7,700	2,100	H24/8	H24/4	確保済み	終了	H26/3 終了	25年度(すでに終了)		未定
大熊町	400	400	H24/12	H24/12	確保済み	終了	H26/3 終了	25年度(すでに終了)		未定
葛尾村	1,400	1,700	H25/3	H24/9	確保済み	ほぼ終了	作業中	26年夏 (すでに終了)	27年内	未定
川俣町	1,200	1,600	H24/8	H24/8	約9割	ほぼ終了	作業中	26年夏 (すでに終了)	27年内	未定
南相馬市	13,300	6,100	H24/4	H24/4	約8割	約5割	作業中	27年度	28年度	未定
飯館村	6,000	5,600	H24/7	H24/5	確保済み	約9割	作業中	26年内	28年内	未定
浪江町	18,800	3,300	H25/4	H24/11	約3割	約5割	作業中	27年度	28年度	未定
富岡町	11,300	2,800	H25/3	H25/6	約9割	約9割	作業中	27年度	28年度	未定
双葉町	300	200	H25/5	H26/7	調整中	準備中	準備中	27年度		未定

率について、除染により50～70パーセント程度の低減が見られる結果となった。いずれも元々線量が高い地域であり、低減後の数値で1時間あたりの1メートル空間線量率が平均8マイクロシーベルトを超える住宅地も見られた。

### 3. 汚染状況重点調査地域

除染特別地域以外で、追加被ばく線量が年間1ミリシーベルト以上となる地域について、特措法に基づき汚染状況重点調査地域が指定され、市町村等が主体となり、除染が実施されている。

福島県内では平成27年1月時点で39の自治体が指定され、36自治体で除染実施計画が策定されている。当面除染実施計画の策定予定のない柳津、矢祭、塙の3町を除いた進捗状況は、住宅約6割、道路約4割、学校等公共施設等約8割となっている。

### 4. 汚染廃棄物対策地域での廃棄物処理

汚染廃棄物対策地域は、除染特別地域と同じ11自治体の区域について指定された。同地域内の災害廃棄物等は合計約80万2千トンと推定され、平成27年1月までに、当面必要な25カ所の仮置場の供用が開始されている。

対策地域内災害廃棄物等のうち、可燃性廃棄物を焼却する仮設焼却炉について、大熊町、双葉町、川俣町、田村市を除く7自治体で設置が予定され、平成27年3月までに、富岡町、南相馬市、浪江町、葛尾村、川内村、飯館村(蕨平地区及び小宮地区)の6自治体7カ所で建設が着工された。このうち川内村、飯館村(小宮地区)、富岡町、南相馬市の4カ所の炉が供用開始に至る。

### 5. 指定廃棄物の処理

対策地域外で、1キログラムあたり8千ベクレルを超える廃棄物は、指定廃棄物として国が処理を行う。福島県内の指定廃棄物の推定量は約13万トンで、このうち可燃性の廃棄物等は焼却や乾燥により減容化が進められてきた。これまで、福島市や郡山市で下水汚泥の減容化施設が整備され処理が行われた(平成26年中に終了)ほか、鮫川村の施設で農林業系廃棄物を含めた処理が進められている。飯館村蕨平地区に建設中の減容化炉でも、可燃性指定廃棄物の処理が予定されている。

### 6. フクシマエコテッククリーンセンター

指定廃棄物等のうち、1キログラムあたり10万ベクレル以下の廃棄物については、既存の管理型処分場(フクシマエコテッククリーンセンター)に埋立処分する計画としている。埋立対象物は、対策地域内廃棄物、指定廃棄物、及び双葉郡内の生活ごみのうち、1キログラムあたり10万ベクレル以下のもので、処分量は約65万立方

メートルと推定されている。現在、地元自治体と計画について調整が行われている。

### 7. 中間貯蔵施設について

福島県内で発生する除染による除去土壌等と、1キログラムあたり10万ベクレルを超える対策地域内廃棄物や指定廃棄物で、推定約1,600万～2,200万立方メートル(可燃物の焼却後)を貯蔵する施設として、大熊、双葉両町内約16平方キロメートルの地域に計画されている。施設整備に向けたこの間の主な経緯は次のとおりである。

- 平成24年 3月：国から県及び双葉郡8町村への検討要請
- 11月：県による現地調査受入表明
- 平成25年 4月：現地調査(ボーリング調査等)開始
- 6月：国による施設の安全対策等検討開始
- 12月：国から県及び関係自治体への受入要請
- 平成26年 5月：国による大熊、双葉両町住民説明会開始
- 9月：県、建設受入と5項目の確認事項の表明
- 9月：2町による地権者への説明開始了承
- 11月：県外最終処分を規定するJESCO法<sup>3)</sup>成立
- 11月：中間貯蔵施設への輸送基本計画策定
- 12月：大熊町による建設受入表明
- 平成27年 1月：双葉町による建設受入表明
- 1月：中間貯蔵施設への輸送実施計画策定
- 2月：中間貯蔵施設保管場工事着工
- 2月：国から県へ5項目確認事項対応状況説明
- 2月：県及び2町からの搬入受入表明
- 3月：中間貯蔵施設保管場への搬入開始

平成27年2月に整備された中間貯蔵施設保管場は、大熊、双葉両町工業団地内の一部等を使用し、平成27年中に、県内自治体からの除去土壌等の試験的なパイロット輸送が予定されている。

中間貯蔵施設計画地には2,300件をこえる地権者がいる。施設の整備のため、これら地権者への説明と土地使用に関する理解を得るための取り組みが求められることはもちろん、除染や廃棄物処理等の推進も含め、関係自治体や避難住民への説明と、これら事業に関する理解を進めるための取り組みが続けられる必要がある。

## III. 除染等のリスクコミュニケーション

除染等事業は、被災住民をはじめ関係自治体や関係団体の理解と協力のもとで進めることが可能となる。このためのリスクコミュニケーションは、住民に直接対応する市町村や県では発災直後から取り組まれた。除染等に関するリスクコミュニケーションの拠点施設としては、特措法の本格施行とほぼ同時期の平成24年1月、福島市内に除染情報プラザが開設された。その後、平成26



年5月には、避難住民が帰還の選択をする際、住民に寄り添って活動すること等を目的として設置される相談員に関し、その支援拠点としていわき市内に放射線リスクコミュニケーション相談員支援センター(以下「相談員支援センター」)が開設された。

### 1. 除染情報プラザ

除染や放射線に関する情報提供を行う拠点施設として、平成24年1月、福島市内に開設された。環境省と福島県による共同運営のもと、除染や放射線関係分野の専門家を登録し、自治体等の要請に応じての専門家派遣等を通じたりスクコミュニケーションが進められてきた。施設開設の際や、それ以降も専門家派遣等や施設の運営に関し、日本原子力学会や関係団体の協力がある<sup>4)</sup>。プラザ施設内には、除染や放射線理解のための情報や模型等が展示されている。それらのコンテンツを用いて、自治体等の依頼に基づき、自治体等が実施するイベントの際、同イベント会場への移動展示も行われる。

平成24年2月から平成27年1月までに、除染情報プラザによる自治体研修会等への専門家派遣は約700件、受講者等は25,000名を超える。移動展示の実施会場は320会場、延べ約440日の期間中の来場者数は4万人弱となっている。プラザ施設の来館者数は17,000名超となった。

### 2. 相談員支援センター

「帰還に向けた安全・安心対策に関する基本的考え方(線量水準に応じた防護措置の具体化のために)」(平成25年11月20日原子力規制委員会提言)、及び「原子力災害からの福島復興の加速に向けて」(平成25年12月20日閣議決定)において、帰還する住民の放射線に対する不安の解消を身近で支える相談員制度が定められた。相談員支援センターは、環境省がいわき市内に設置し、これら相談員に対し、研修等を通じ、科学的・技術的な面から支援を行うこととしている。

## IV. 課題

平成27年2月現在、福島県内の除去土壌等を一時保管する約1,000カ所の仮置場や8万カ所以上の現場保管

等で、約600万立方メートル(1袋約1立方メートル)の除去土壌等を入れた袋等が管理されている。中間貯蔵施設の整備と併行して、それらの搬出が行われることとなる。今後の作業の展開や要する時間を予想し、日常の回復や、ふるさとへの帰還を願う被災住民等とのコミュニケーションが取り組まれなければならない。それは、除染等事業の着実な実施とともに、今後とも重要な課題である。

## V. 終わりに

平成23年の原子力災害の発災以降、国や関係自治体等は被災住民の理解と協力のもと、被災地における除染等を進めてきた。本稿では、特に福島での取り組みについて解説した。これら除染等事業は福島の再生のためのステップでもある。一方、帰還困難区域等をふるさとに持つ被災住民の中には、引き続き避難生活を余儀なくされる者がある。このたびの原子力災害により、地域がたどる日々に関わってきた国や発電所への信頼は根底から崩れるところとなった。それまでの日々の生活や記憶にかかる何よりも大切なふるさが突然失われることの絶望、半身を裂かれる底知れない苦しみや悲しみ、その心の虚ろは想像を絶する。その上でなお、かけがえのないふるさとへの思いにつながることを願い、その再生のための取り組みを丁寧に進めていくことが求められる。

### — 参考資料及び注釈 —

- 1) 除染情報サイト：<http://josen.env.go.jp/area/>
- 2) 今後の除染終了予定時期(宅地とそれ以外)
- 3) 改正後の中間貯蔵・環境安全事業株式会社法の意
- 4) 福島特別プロジェクトの活動と今後の展開－福島の実地回復を目指して－：日本原子力学会「福島特別プロジェクト」：日本原子力学会誌，Vol. 56, No. 3, pp.193～205(2014)。

### 著者紹介



小沢晴司(おざわ・せいじ)  
環境省福島環境再生本部  
(専門分野/関心分野)保護区管理や景観史の研究/自然環境や人文景観資源も含めた地域の景観の再評価

## 解説

# 教育－信頼回復へのコミュニケーション

## 高レベル廃棄物処理をめぐる中学生討論会

日本科学技術ジャーナリスト会議(JASTJ) 小出 重幸

若い世代は、自分達が将来になわされる「高レベル放射性廃棄物(ガラス固化体)問題」を、どう受け止めているのだろうか——。高レベル放射性廃棄物の処理をめぐり、現在の処分計画の是非、将来の課題などを中学生、高校生らが話し合う「中学生サミット in 浪江」が、2015年1月10～11日に開かれた。JAEA「瑞浪超深地層研究所」(岐阜県瑞浪市)の地下で進められている地質調査の現場を見学後、2日間、延べ4時間余のディスカッションを通して、「是か非か」二者択一の極論にとらわれない若い世代の柔軟な思考、率直な疑問提起、思索、そして自身への問いかけなど、活発な意見交換が繰り返された。今回で3回目になるこのプロジェクト、原子力界に最も欠けている「Public communication」の地道な試みのひとつとして、注目したい。

**KEYWORDS:** *Nuclear waste management, Reforming reliability, Vitrified radioactive waste, Geological disposal program, Highschool students' debate, Public communication, Tono geoscience centre, Contamination with nuclear waste, Dialogue, Openness, Roll of education, NUMO*

### I. まず現場で学ぶ

ガラス固化体を埋めると、「周辺の微生物はどうなるの?」

質問は、こういう角度から飛んでくる。回答役として参加していたNUMO(原子力発電環境整備機構)の広報スタッフたちも、この問いには思わず言葉に詰まった。この「本質論」に思慮のない回答はできないからだ。

10日午後、瑞浪超深地層研究所に集まって来たのは、青森県から島根県まで、7府県の中学生22人と、司会・進行役を務めた神奈川県の高校生4人、教員ら12人。電力消費地と、原子力施設をかかえ、エネルギーを都会に送り出している地域の両方から参加していた。

瑞浪超深地層研究所は、将来のガラス固化体地下埋設事業に向けた事前研究として、地下500m、300mに坑道を掘削、地下水動態、地層の安定性などの調査を続けている施設。ウラン鉱山として採掘調査をしてきた地域だけに、花崗岩の地層が表土から地下深くまで続いている。

*Dialogue of High-school Students Focusing the Nuclear Waste Management ; Education is the most essential activity for recovering the credibility of nuclear industry : Shigeyuki KOIDE.*  
(2015年2月9日 受理)

る。地層科学研究部の島田顕臣さんらに概要のレクチャーを受けた後、この日は地下300mの研究アクセス坑道まで、エレベーターに乗れる数人ずつのグループに分かれて下降。同研究所スタッフから、一万数千年前に地面から染みこんだ地下水が岩盤内に蓄えられ、坑道を掘削すれば地中に蓄えられた地下水が坑道内にあふれ出してくる仕組みなどを聞いた。エレベーターの南北に伸びた、延長約160mの坑道を歩きながら、地下で測定を続けるスタッフの様子を見学、火山や地形変動が地質に与える影響、岩盤の内部にどのくらい地下水が浸透しているか、その水圧をどのように測定するのかなど、ここで進められている研究の実際を学んだ(第1図)。

夕刻から多治見市内のホテルに移動。食堂で夕食を取った後、第1回のセッションが始まった。



第1図 地下300m坑道を見学する中学生たち

「放射性廃棄物の地層埋設処分を、どう考えるか？」がテーマ。このサミットに関連して、以前、原子力発電所の見学経験を持つ神奈川県内の高校生3人が、交代で進行役を務めた。

大きなホワイトボードを用意して、地層処分に対しての意見を、各自「ポストイット(付箋)」に書き込んで、賛成、反対、分からない——の3つに分けられたホワイトボードのスペースに貼り付ける。この作業と並行して、数人ごとのグループを作って、様々な疑問、課題、不安、提案をぶつけ合い、討論する。「ガラス固化体の大きさは?」、「表面の温度はどのくらい?」などの質問が出るたびに、NUMO 地域交流部の福原茂樹さんら、広報スタッフが、各班を歩いて説明して回った。

そのボードに貼り出されたメモ(第2図)を見ると、「実験はされているが、1000年後、どうなるか分からない」

「将来の人たちが迷惑だから」

「安全に処分できるだけのお金が日本にない」

「日本中に廃棄物があふれてしまうかもしれない」

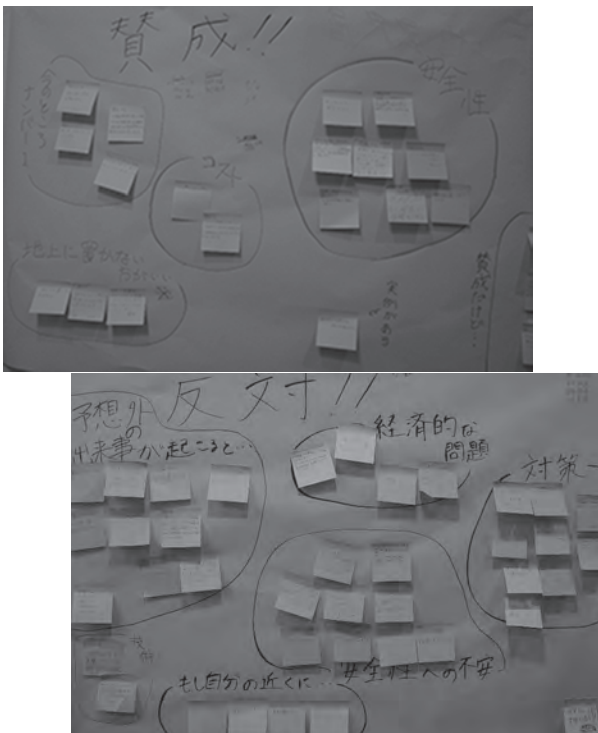
「反対」のコーナーにはこんな意見が集まり、また、賛成側の意見にはこんな提示があった。

「地上に置いておくわけに行かない」

「宇宙に放り出したり、海底に埋めるなどの方法より(地層処分の方が)安全性が高い」

「今のところナンバーワンの技術だから」

「海外での事例もあるので技術的に評価できる」



第2図 ホワイトボード上の各自の「ポストイット(付箋)」

真ん中の「分からない」というコーナーには、「(スタッフに)説明されたことが、どこまで本当か分からない」

「大地震のような予想外のことがあったら、どこまで安全なのか判断できない」

「生態系への影響が分かっていないから」

「ほかに良い技術があるかもしれないので、判断できない」

など、やはり、批判的な意見が並んだ。

生徒たちは、意見の紙をボードに貼り付けに行ったりは、テーブルに戻って意見交換し、また、別の意見に張り替えに行きと、さまざまに考えながら、自身の立ち位置を決めていった。

ファシリテーター役の高校生たちは、それぞれのボードに貼られた意見を、似たもの同士集めて編集、「コスト」、「生物への影響」、「安全性」などの見出しをつけて、グループ化し、全体を見やすいレイアウトにしていた。

約1時間半後、司会役の高校生が「それでは今夜の討論はこのくらいにして、みなさん、一晩じっくりと考えてください。意見は、自由に変えてもらっても結構です。あす、また続きをやりましょう」と総括した。

## II. 延べ4時間余の討論

翌11日、生徒たちを乗せたバスは、午前9時前に名古屋市内にある中部電力の「でんきの科学館」に到着。館内の会議室に集まると、2日目のセッションが始まった(第3図)。

前日の意見に加えて、「埋めた場所が分からなくなったら、どうするのか?」、「ほかの処分法を考える研究機関がないことが疑問、なので反対」、「自分の家の近くにできて欲しくない」、「10万年の間、絶対安全とは言えないので、反対」などの疑問、批判も登場した。

生徒のひとりが事前に勉強してきた、核変換技術(ADS)について討論が投げかけられると、「取り出せないところに埋めるのではなく、核変換技術の実用化まで、各国で協力して中間貯蔵してはどうか」という意見、「その技術はまだできあがっていないから、減るであろうという予測だけでは心配なので、反対」、「技術的には



第3図 さまざまな視点から、高レベル放射性廃棄物の処分方法の是非を討論する参加中高生たち



カナダなど国外の先進例があり、国際的な評価がある」など、さまざまな意見が表明された。

なかには、素朴な提案や珍問答もあった。

「ガラス固化体を運んでいるときに、ガラスが壊れることが心配」

「無人島に穴を掘って埋めてはどうか」、「それでは、火山が爆発したら危ない」

「月面に原子炉を作って、そこで処分してはどうか」

こうした討論を2時間近く重ねたうえで、生徒たちは「NUMOさんへ」という質問項目をまとめた。

- (1) 地層処分に関する国民の認知度は？
- (2) 地層処分による自然・生態系への影響は？
- (3) 土壌が汚染されないのか？
- (4) 輸送中に事故が起きたらどうなる？
- (5) 日本は狭いのに火山が多い。火山の場所を避けて埋めていたら、埋める場所がなくなるのか？
- (6) 汚染された物質を埋めるためだけの人工の島って、つくれるのか？

これらの返答に目新しいものはなかったので、中学生の討論全体を俯瞰して見よう。

一番の印象は、一人ひとりがこの重い課題に極めて素直に向き合い、正対しているということだった。

各校、科学部、生物部など、科学や技術に関心の高い生徒が集まっているとはいえ、「人ごとにしない」で考える、その心意気には感服した。私自身の中学時代を振り返り、こんな面倒なことをまじめに考える胆力があったかどうか……。取材にきていた大手紙女性記者の、「自分達がそんなに恩恵を受けたわけでもないのに、つけ回された廃棄物処分を真剣に考えなければならない中学生たちが気の毒になった」というひと言が、素直に響いた。

一方で、明らかに勘違いの部分もある。

- ・ 固化体はガラスでできているので、割れたら危ない
- ・ お金がかかる、日本には経済的な余裕がない
- ・ 捨てる場所が際限なく拡大、いつか日本の国土が満杯になってしまう。

「ガラスは危ない」ならびに「捨てる場所がなくなるほど拡大する」という指摘は、このプロジェクト<sup>1)</sup>がいかにきちんと伝えられてこなかったかを浮き上がらせる。

2020年までの発電で生じる使用済み燃料からは、4万本のガラス固化体が作り出される予定で、総費用は約3兆円。地層処分場の面積は約3キロ四方、9平方キロ。成田国際空港(9.4平方キロ)に近いスペースが必要との計算になる。日本中が埋め尽くされることはなくても、少なくない面積だ。こうした情報、計画の全体観は、実

は、国民にはほとんど行き渡っていない。それは、なぜなのか？

### III. 先送りされ続けた問題のいま

日本の原子力行政は、放射性廃棄物処理問題を先送り、あるいは「見ないふり」をし続けてきた。

原子力委員会に高レベル放射性廃棄物処分懇談会が設置されたのは、1994年。当時、科学技術庁の有本建男・廃棄物政策課長が、「中央環境審議会」会長でもあった近藤次郎・元日本学術会議会長を説得。「これは逃げられない問題。国民皆が目に見えるところで議論し、解決への智慧を出さなければなりません」という近藤次郎座長のイニシヤチブで、放射性廃棄物問題が日陰からようやく市民の目に届くところに現れた。

広島、長崎の被爆体験からスタートした日本の核エネルギーへの取り組みには、いくつものボタンの掛け違があった。廃棄物処分問題も、ほかの問題と同じく、掛け違いを修復するというコミュニケーションから逃げ、都合の悪いことは隠して、行政の目的だけ遂げる——という姿勢を長く継続してきた。その残渣を、「原子力発電環境整備機構」という名称にも読み取ることができる。

NUMO(Nuclear Waste Management Organization)の「核廃棄物」という核心から目をそらさせようとする意思、あるいは「逃げ」の姿勢しか感じられない。少なくとも問題の本質がどこにあるのかを示そうというメッセージや、相手の心に届けたいというコミュニケーションのマナーは、残念ながら見当たらない。

ところが、この問題を論じる中学生らの関心はストレートに核心に向かい、「逃げの歴史への批判」あるいは「推進派か反対派か、結論を先に求める」といった隘路に入り込みがちな「大人の議論」とは、明らかに一線を画している。若い世代に「自分達がかかわって行くこと」という将来を見据えた議論をしてもらおうという今回の企画は、原子力界がPublic communicationに取り組み、考える次世代を育てようという思想を示したプロジェクトとして、画期的だといえる。

主催は、澤田哲生・東工大助教が代表を務めるNPO法人。日本原子力文化財団の財政的なサポートに加え、NUMOや中部電力も協力して実現した。

プロジェクトのスタートは2010年。

——自分たちの未来。しっかり知るためには、どうしたらいいのか？

——心のドアを開いて、はじめて出会った知らないもの同士で、いったい何ができるのか、ちょっと一息入れながら考えてみよう。

こんな呼びかけに、京都府、福井県の2校の中学生が

参加して、一日の見学と意見交換会を開いたのが始まりだった。福島原発事故後の2013年には、京都府、横浜市、新潟県から3校が参加し、2日間の日程で、第2回の見学と討論の集いを開催。2014年度には、今回のサミットに加えて、澤田さんらの出前授業、また、各地の原子力発電所、原子力施設などを見学会も重ねて来ている。

生徒と共に参加する教師たちの熱心さも、印象的だった。

「与えるだけ、覚えるだけに陥りがちな現在の教育の中で、少しでも自分で考える、体験する、討論する、そうしたコミュニケーション力を身につけてほしい。科学の教育も、その先にあると思うのです」

今回のサミットに教師たちがどんな意義を感じているか、端的に表されたひと言だった。

現在の学校教育のなかで最も「弱い」部分は、体験や試行錯誤に基づく学習プロセスの貧困さだ。特に自然科学は「実験」と「観察」なしには成り立たないはずなのだが、その時間は削減が続き、理科嫌いを創り出す温床ともなっている。参加した教師たちにも同じ焦燥感がある。その打開策として、少しでも多くの生徒に、今回の中学生サミットのような体験型プログラムに参加させたがっている教師が、全国どこの地域にもいることが分かった。

そしてその教育は、2011年3月の福島第一原子力発電所事故以降、社会的混乱の回復に、一段と大切な役割を託されている。

#### IV. リーダーシップの役割

福島事故では、技術的対応と同時に、情報の適切な伝達、コミュニケーションに失敗を繰り返し、社会の信頼喪失という大きな混乱を招いた。その根幹をたどると、人間力、コミュニケーション能力、そしてリーダーシップというキーワードが出てくる。

国の原子力エネルギー行政を司る原子力安全・保安院、原子力技術の元締めである原子力委員会、原子力安全委員会、それぞれのトップは、パブリックに向かってきちんとしたメッセージを発信することなく姿を消し、あるいは逃げ回ったと批判された。東京電力のトップ、原子力界、そしてもちろん、官邸の混乱もひどかった。

事故の初期対応が一段落した後も、放射線規制基準をめぐる政府の指針は二転、三転した。「安全じゃダメなんです、安心でなければ……」という厚生労働大臣判断で、食品規制値が一挙に国際基準の10分の1以下まで切り下げられる、という混乱もあった。科学的アプローチとは無縁のこうした出来事に対して、「Scientific consensus」の立場から適切な批判ができなかった「科学界」も、混乱を助長、国民の信頼を失うことになった。

これらの振る舞いに共通するものは、「こころざし」の

希薄さであり、職業への責任感、プライド、熱意、そして大局を示すリーダーシップの不在だった。

日本の資源・エネルギーの状況を考慮すれば、ある時期、原子力エネルギーの活用は避けて通れないと考える人は、決して少なくない。こうした議論で、二言目に出てくるのは、「でもあの人たち(原子力技術者)は信頼できないから、任せたくないね……」という本音だ。問題は「日本の原子力技術」そのものにあるのではなく、それに携わる人たちの信頼失墜と、回復への努力にある。

牛や羊などの神経細胞から人間へ感染する「狂牛病(BSE)」で、英国は1990年代、科学的判断と行政対応の失敗から、この感染症を世界中にまき散らし、患者の死亡も続出するという大失敗をした。失った信頼をどう取り戻すか、その手がかりとして、英政府は一連の失敗の所在を丹念に洗い出し、「人間だれしもまちがいを起こすものだ」という思想の上に、失敗から最大限に学ぶ検証を行った。この成果は「BSE Report 2000」にまとめられ、同調査報告書<sup>2)</sup>は、英国がどのように信頼を回復していったか、そのプロセスを明示している。また、社会、科学界、メディア、政府を情報ネットワークで結び、科学コミュニケーションの手段を多様に作り上げていった。

さらに、教育を重要なターゲットとしてきた。人材育成とは、科学コミュニケーションに不可欠な「科学的な思考の普及」、「複数の専門領域をまたいで判断する(Interdisciplinary)能力」、「リーダーシップをとるコミュニケーション力」などを育むことで、ロンドン大学のリスク・コミュニケーションの専門家、イランのケルマン博士(UCL 防災研究所)は、「教育は決定的に重要。でもこれには時間がかかる、やはり20年、次世代を育てることが大切なのだ」という。

#### V. だれに、なにを伝えるのか

本質の議論に近づいてきたので、冒頭の疑問に戻ろう。

問いは、「そこにいる微生物はどうなる」ということだった。

これには「正答」がない。もちろん、深地層のバクテリアがガラス固化体の腐食などに及ぼす影響の研究はあるが、一方で、生徒たちの「問い」の根底にあるものは、微生物という「いのち」、生態系への配慮だ。それを具体的表現にしてみれば……こんな疑問になる。

「人間の都合のために、何が犠牲になるのか」、「人間、動植物、そして微生物環境のリスクはどのようにトレード・オフできるのか」、その先には、「目先の行政的な課題を達成するために、こうしたまなざしや、配慮が起き去られてしまっていないか?」という自省もある。

人間同士の問合いに近い、少人数、ミドルサイズの討

論では、さまざまな答え方が可能になり、そこでは、回答者の「人間力」が問われることになる。

原子力技術者への信頼が失墜していない状態ならば、「失われる自然環境のリスクと、ガラス固化体を人間環境から隔離することのリスクを比較して、微生物には犠牲になってもらう」など、「マニュアル」に添った回答もあり得るかもしれない。しかし、福島事故で社会的信頼を大きく失った現在、まず取り組まなければならないのは、原子力界に対する信頼回復のはずだ。それには、原点に戻って、技術者たちのころざし、価値観を示すこと、エートス(Ethos)を感じてもらおうプロセスが欠かせない。

もちろん、原子力行政を進める政策決定者、政府には、大局的な視点からの価値観と方向性の提示、イニシヤティブが欠かせない。一方で、フィンランドのオルキルオト、スウェーデンのフォルシュマルクなどの高レベル廃棄物処分場の決定までに積み重ねられた、地域での小規模討論会、ミドルサイズのコミュニケーションの継続は、日本でも合意を広げる上で不可欠なプロセスだ。「マス」のアプローチではない、また、「官製対話集会」でもない、身近なコミュニケーションは、これから一層重要な役割を担うはずだ。科学と社会の間で起こるさまざまなコンフリクトをどのように解決するか、「論」ではない、実践的なコミュニケーション実学の確立が求められる。

その、身近な科学コミュニケーションで役立つのは、「マニュアル」ではなく、その場で相手の心に届ける、メッセージを受け止めてもらう人間力ではないか。そして、コミュニケーション力をみがくには、人が人を育てる教育の力が大きい。

今回の中学生サミットが評価できるのは、この人を育

てるというころざしにある。リーダーシップの礎となる教養は、若い時代からの思索、体験、討論などコミュニケーションの積み重ねによってしか、培われない。そして、このリーダーシップを持つ人材の存在なしに、失った信頼回復のプロセスはたどれないと思う。

残念ながら原子力界は、いまだにコミュニケーションの大切さを理解しているとは言いがたい状況にある。「技術」はともかく、人と切り結ぶ「コミュニケーション」からは逃げ出したがっている技術者も多い。もちろん、全員がこうした役割を担う必要はないが、要所で、メッセージを発信するリーダーが必要なのだ。幸い、中学生たちは心を開いて、この体験と討論のチャンスをつかみ、廃棄物問題という困難な問いに向きあってくれる。こうした機会を広げることで、教育する側、される側、双方に、社会に目を開く、メッセージを発信できる人材を増やすことができるはずだ。こうした地道な努力も、原子力の重要な信頼回復活動だということを、改めてかみしめたい。

#### — 参考文献 —

- 1) NUMO「地層処分の費用について」  
[http://www.numo.or.jp/q\\_and\\_a/05/](http://www.numo.or.jp/q_and_a/05/)
- 2) UK BSE Inquiry Report 2000  
[http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20060715141954/  
http://bseinquiry.gov.uk/report/index.htm](http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20060715141954/http://bseinquiry.gov.uk/report/index.htm)

#### 著者紹介



小出重幸（こいで・しげゆき）  
科学ジャーナリスト、政策研究大学院大学（GRIPS）客員研究員、実践的なコミュニケーション実学の確立がテーマ。



# 地層処分概念の変遷

## 第2回 地層処分概念の形成と分化(1980年代中頃～2000年頃)

原子力安全研究協会 増田 純男,  
元日本原子力研究開発機構 佐久間秀樹, 原子力発電環境整備機構 梅木 博之

1980年代中頃になると、現在の地層処分概念の骨格が固まり、各国に固有の条件を考慮した地層処分システムが相次いで発表された。日本においても、候補となり得る地層を絞り込んで試験地を選定し、その地点において実証試験を行うというそれまでの進め方が大幅に見直されて、研究開発が進められることとなった。

研究開発の方針として、まず、日本におけるジェネリックな地質環境特性を考慮に入れた地層処分システムを開発し、そのような処分システムの構築に適した地質環境の条件を明らかにすることにより処分地の要件を具体化し、それを根拠として処分地の選定を開始するという手順への転換が図られた。研究開発の成果は、1990年代には地層処分の技術的可能性について、次いで技術的信頼性について集約され、これらを技術的な拠り所として、2000年には地層処分の実施にかかわる制度が整備された。

**KEYWORDS:** *Geological disposal system, Groundwater hydro-geology, Groundwater chemistry, Long-term safety, Near-field approach, Peer review, H3 report, H12 report, Concept assessment*

### I. はじめに

1980年代中頃になると、各国において地層処分に焦点を当てた研究開発が重点的に行われるようになり、米国とスウェーデンから相次いで発表された報告書により提案された多重バリアシステム概念は、現在、日本を含め各国で採用されている地層処分概念の具体化に輪郭を与えることとなった。

日本においてもそれまでの地層処分に関する研究開発の進め方が大幅に見直されることとなった。

### II. 国際的な地層処分概念の発展と具体化

#### 1. NAS1983 報告書

後に日本の地層処分概念に最も大きな影響を与えることとなった報告書が1983年、米国で取りまとめられた。

*History of Geological Disposal Concept (2) : Concept formulation and differentiation phase of geological disposal (mid. 1980s to 2000) : Sumio MASUDA, Hideki SAKUMA, Hiroyuki UMEKI.*

(2015年2月12日受理)

■前回タイトル

第1回 地層処分黎明期(1950年代～1980年代中頃)

カリフォルニア大学バークレー校のトーマス・ビグフォード教授を委員長とする全米科学アカデミーの放射性廃棄物隔離システム研究専門委員会により取りまとめられ、1983年5月に発表された「放射性廃棄物の地層処分による隔離システムに関する調査」報告書<sup>1)</sup>がそれである。本報告書は、公開と同時に日本においても紹介され、月刊誌「エネルギーレビュー」において、1983年10月号から1984年7月号まで10回に分けて東京大学鈴木篤之助教授(当時)による詳細な解説記事が掲載された。

本報告の特徴は、自然の地質環境が本来備えている隔離性能に着眼した考察が科学的な丁寧さをもって行われたことであった。

まず、地下深部に処分した放射性廃棄物が生活圏に影響を及ぼす可能性は、人間侵入や自然事象による廃棄物への接近の経路と地下水による放射性核種の溶解と運搬による経路(地下水移行経路)の2つがあると整理した上で、報告書の大半を、地層処分システムの基本性能を決定付ける、地下水移行経路に関するメカニズムの考察に当てている。このような考察において、安全性の支配的要因として重要な視点は、廃棄物を地上に置く場合は放射エネルギーの大きさであるが、地下に置く場合は、放射性物質の地下水への移行量が支配的となるとされている。さ

らに、地下水移行経路に対する地層の隔離・閉じ込め性能には2種類のシステムが働くとし、一つは廃棄物と接触する地下水が長期間存在しないことによる完全な閉じ込め性能(岩塩のケース)であり、もう一つは岩塩以外のケースについて、地下深部に本来みられる水理学的特性(地下水の動きが遅いこと)や地球化学的特性(還元性の環境にある)に依存する核種の溶解・移行性能であり、このうち報告書における考察の重点は後者の溶解・移行性能に置かれている。

地下水移行に関して、仮に地層処分場から放射性核種が地下水に溶け出したとしても、それが生活圏まで到達するか否かは核種の地下水への溶解度、岩石による核種の取着効果、および地下水の移動速度から決まる放射性核種の生活圏までの移動時間が放射性核種の寿命と比較して長いか短いかによるとしている。このため、本報告書では、核種の溶解度と岩石への取着効果、および地下深部における地下水の水理学的特性についての研究成果が整理され、これらの科学的根拠に基づき、地質環境が本来的に有する天然のバリア機能が考察されている。特に、地球化学特性を地層処分システムの観点から丹念に検討した例は、地層処分研究の歴史上、本報告書が最初のものとなった。

また、水理学的特性と地球化学的特性の重要性に鑑み、単に岩種によって処分場の適否を論ずることは適当ではないことを指摘している。地層処分研究の初期においては、岩石の種類によって処分の可能性を論じる傾向があった。地質環境の適否を左右する特性の一つである放射性物質の取着効果は、同一の岩石であっても桁違いのばらつきを示すことがあり、岩種による有意差よりも大きいことがある。取着効果は、岩種との相関より、地下水の地球化学的特性などとの相関がずっと大きい。もう一つの重要な地質環境条件である地下水の移動速度についても、岩種による因果関係があるわけではない。地下水の移動速度が遅く、生活圏までの距離が遠いことは、岩種の違いに優先して考慮すべきであることを明記している。

1983年にはスウェーデンにおいても、スウェーデン核燃料・廃棄物管理会社(SKB)が地層処分の実現性評価を行った結果をKBS-3という処分概念として発表した<sup>2)</sup>。また、1985年には、スイスの放射性廃棄物管理共同組合(Nagra)が放射性廃棄物処分の実現可能性に関する報告書「Projekt Gewähr1985: PG85 (保証プロジェクト1985)」を連邦評議会に提出した<sup>3)</sup>。

奇しくも1983年という同じ年に米国とスウェーデンから相次いで発表された報告書により提案された多重バリアシステム概念は、現在日本を含め各国で採用されている地層処分概念の具体化に輪郭を与えることとなった。



第1図 地層処分の考え方

## 2. 地層処分システムによる安全確保の考え方

これらの報告で示された地層処分システム概念の考え方については、第1図のように説明することができる。

深部地質環境は本来的に包容性を備えている。すなわち、地表で起こるほとんどの自然現象の影響は地下深部には及ばない、厚い岩盤は人間環境との隔離性をもたらすといった地層の受動的隔離能力によって、地下深部に置かれた放射性物質が人間環境に影響する可能性は著しく小さくなる。地下深部には深層地下水があるので、地下水がやがて放射性核種を溶かしだし、放射性核種を含む地下水が生活環境に至る可能性がある。このプロセスにおいては、放射性核種の地下水への溶解度限界と放射性核種の岩石への取着特性が受動的な閉じ込め機能として自然に働く。この隔離機能と閉じ込め機能は、地下深部に固有の受動的なバリア機能である。

地下深部が本来的に有するこのような包容性をさらに確かなものとするために、構築されるのが地層処分システムである。深部の地質環境が有する天然のバリア機能と、ガラス固化体、オーバーパックおよび緩衝材からなる人工のバリア機能を組み合わせた地層処分システムにより、地層処分の安全性の保証がより確実となる。

## III. 日本の研究開発計画の進展

### 1. 研究開発方針の転換

5段階立地方式はサイトを決めてそこに適合する処分システムを作るアプローチであった。このため、動燃が各地で物理探査やボーリング調査を行う必要が生じ、必然的に地域社会との接触が開始された。地域社会においてこれらの調査は、将来における地層処分場の立地を想起させるものであったことから、各地で住民から懸念の声が上がり、調査は計画通りには進まなくなった。また、PA活動が難航した経験から、計画推進に当たっては、地層処分についての国民的理解を目指した情報提供や対話の重要性が痛感されることとなった。

国民的理解の重要性に鑑み、地層処分システムの性能を明らかにし、これに基づき長期間にわたり安全が確保できる技術的方法を具体化して、これを公表することの

重要性が指摘されるようになった。このため、まず地層処分に関する研究開発の進め方を提示することを目的として、1988年10月、原子力委員会放射性廃棄物対策専門部に、「高レベル放射性廃棄物処分研究開発検討小委員会」が設置された。

約1年間にわたる検討の結果は、1989年12月、「高レベル放射性廃棄物の地層処分の重点項目とその進め方」(以下、「重点項目報告書」という)に取りまとめられ、原子力委員会に報告され、原子力委員会はこれを評価し新たな研究開発方針として了承した。

重点項目報告書は、前述のNAS1983報告書に示された地層処分システムの考え方を参考に、日本における地層処分システム概念を明らかにして、そのような処分システムを設置するのに適した地質環境の条件を検討することによりサイト要件を具体化して、それを根拠にサイト選定プロセスに移行するというアプローチへの転換を目指した。

重点項目報告書において、第2図のような地層処分の基本概念が示された。

このような基本概念のうち、地下水によって放射性核種が生活圏に運ばれる可能性に対する安全確保の基本的要件は以下の3点であるとされている。

- ・放射能レベルの高い発生後数百年の期間においては、安全確保のために、放射性核種を廃棄物中に閉じ込めておき廃棄物中の放射能を確実に減衰させることが重要である。このためには、廃棄物が地下水と接触する可能性を十分低く抑えて、廃棄物中の放射性核種が地下水に溶出しにくいようにする。(地下水接触の抑制)
- ・長期にわたって放射能が残留する期間においては、安全確保のために、放射性核種を埋設場所とその近傍に留めておくことが重要である。このためには、廃棄物が地下水と接触したとしても、廃棄物中の放射性核種が溶け出しにくくし、かつ埋設場所から移動しにくいようにしておく。(溶出・移動の抑制)
- ・さらに一層の安全確保のためには、たとえ、放射性核種が埋設場所から移動したとしても、それが非常に長い時間をかけて地層を通過して人間の生活圏に到達して有意な環境影響を及ぼすことのないことを確認する。(環境安全の確認)



第2図 地層処分の基本概念

多重バリアシステムに関する諸外国でのこれまでの研究開発成果を参考にすると、地層処分の安全性を決定づける重要な要素は、まず人工バリアとその近傍の地層(「ニアフィールド」という。)における安全性能であり、その外のより広い地層(「ファーフィールド」という。)における性能はその安全性をさらに確かなものとするという役割を担っていることが示された。この観点から、ニアフィールド研究に重点的に取り組んでいくことが適切と考えられた。

このため、ニアフィールドの人工バリアとその近傍の地層の研究に重点的に取り組み、多重バリアシステムの性能評価研究に、地質環境の研究成果と人工バリア等の工学技術の開発成果を集約する研究開発アプローチが採られた。

## 2. ニアフィールドアプローチ採用の背景

日本において、このようなアプローチ、すなわち、ニアフィールドの研究に重点をおき、かつ性能評価研究に研究開発成果を集約するという手法が採られた理由については、当時の状況を振り返ってみると理解しやすい。

国際的に共通する地層処分事業のアプローチには、基本的に次の3つの課題がある。

- (1) 地層処分サイトを選定する。(サイト選定)
- (2) このサイトに適合する地層処分システムを開発する。(工学技術開発)
- (3) この地層処分システムの安全性を確認する。(性能評価)

米国においては、すでに安全規制基準として、10CFR 60が制定されており、その中で、例えばシステムの性能基準として、ガラス固化体の浸出率を年間十万分の一、ガラス固化体の収納容器(キャニスタ)の寿命を千年、また、地下水が地表に到達するまでの移行年数として千年というようにサイト要件や工学設計の拠り所となる具体的数値目標が明示されていた。また、サイト条件として、米国では、テキサス州デフスミスの岩塩層、ワシントン州リッチランドの玄武岩層およびネバダ州ヤッカマウンテンの凝灰岩が候補地層として挙げられ、カナダやスウェーデンでは、楕状地と呼ばれ極めて長期にわたって安定である岩体が、また、ドイツでは岩塩層がそれぞれ候補地層として想定されていた。

当時、地層処分の計画が日本より先行していた諸国では、上記3つの課題のいくつかについて研究開発目標が具体的に想定されており、それを境界条件として他の課題に取り組むという進め方が可能であった。

このような諸外国の状況あるいは条件との比較において、日本では、境界条件が特定されず、研究開発の起点と集約の方向が曖昧となる可能性が指摘された。

そこで、サイト条件に依存する天然バリア性能に過度に依存することなく、普遍性のあるシステム要素となり



うる人工バリアに多くの閉じ込め性能をもたせる、言い換えれば、人工バリアのみでも閉鎖後の安全が確保できるような処分システムを開発目標として仮置きする研究方針をとることとなった。人工バリアに期待する安全機能について、予測や仮定の不確実性の小さい埋設位置周辺の限定的な領域(ニアフィールド)における水理学的特性と地球化学的特性などの地質環境条件に着目し地層処分システムの性能を予測的に評価する、すなわちニアフィールド性能評価研究を研究開発計画の中心に置き、工学技術開発と地質環境研究に対して課題を提示しつつ、研究開発の優先順位を示し、また両領域の成果を、性能評価に集約するというアプローチをとることとなった。こうして、ニアフィールド性能評価研究を「管制塔」として、研究課題の過不足を明らかにしつつ課題間の相互フィードバックを図ることにより、合理性の高い研究管理が可能となった。

### 3. 動燃における地層処分研究開発の推進

わが国における地層処分研究開発の中核推進機関と位置づけられた動燃は、まず地層処分の技術的実現可能性を確かなものにするための研究開発を進めることとし、以下の3つの研究開発を一連の計画として実施した。

#### (1) 性能評価研究

多重バリアシステムの各バリア機能がどのような条件の下に成り立ち、また、この条件がどのように変化し、その結果として核種がどのような挙動を示すかを明らかにすることにより多重バリアシステムの安全性を評価するための研究

#### (2) 処分技術開発

性能評価研究の進展に対応して、地層処分システム概念を構築するとともに性能評価の技術的裏付けを具体的に確かめる研究

#### (3) 地質環境に関する調査研究

わが国の地質環境条件を明らかにするための調査とそれに必要な調査・評価技術の開発

### 4. 重点研究開発プロジェクト

研究項目のうち、研究開発成果の授受、研究手段の共有等相互に関連するものについて、複数の研究項目からなる研究開発プロジェクトに統合することにより、研究管理の効率化が図られた。

#### (1) ニアフィールド総合評価研究

ニアフィールドの地球化学的条件の経時変化およびそのような条件下でのオーバーパックの腐食、核種の溶解・移行等個別の現象について、それらの評価コードを統合化した人工バリアからの核種放出機構の評価コードが開発されるとともに、アクチニド核種等の溶解度測定等の熱力学的評価試験が行われた。

#### (2) 地層処分システム工学研究(ENTRY計画)

地下深部を模擬した工学規模の試験系において、水理・物質移行現象に関する原位置試験(自然の状態で実施する試験)等を補完するデータ取得を行い、各現象に関する解析モデルの検証・確認が行われた。また、ニアフィールドを模擬した試験系における複合的現象の観察、加速試験等により性能評価結果の信頼性に関する確認試験が行われた。さらに、性能評価結果に基づき長期にわたる複合的現象をシミュレーションし可視化する技術によって性能評価結果の理解の促進が図られた。

#### (3) ナチュラルアナログ研究計画

核種の溶解・移行にかかる現象や人工バリア材の長期挙動等について、それらに類似する天然現象を研究し理解することによって、性能評価手法の確認に反映された。

#### (4) 原位置試験計画

鉱山の既存坑道等を利用して、地質環境に係る基礎的な特性や現象についてのデータの取得とそれに必要な技術開発が行われた。

- ・釜石原位置試験計画：結晶質岩系(亀裂性媒体)における水理試験と地質環境特性調査技術開発

- ・東濃原位置試験計画：堆積岩系(多孔質媒体)における水理試験と地質環境特性調査技術開発、および立坑掘削影響試験解析

#### (5) 国際共同研究計画

- ・OECD/NEA 国際ストリパ計画:原位置における水理・物質移行に係る試験・評価手法の開発、原位置人工バリア試験研究

- ・スイス Nagra との共同研究:放射性物質等を用いた結晶質岩系の小規模割れ目中の核種移行試験等、釜石原位置試験計画を補完

- ・カナダ原子力公社(AECL)との共同研究:放射性物質等を用いた結晶質岩系の大規模割れ目中の核種移行試験等、釜石原位置試験計画を補完

- ・ベルギー原子力研究センター Mol 研究所との共同研究:放射性物質等を用いた堆積岩系における核種移行試験等、東濃原位置試験計画を補完

- ・OECD/NEA 国際アリゲータ・リバー・アナログ計画:高品位ウラン鉱床を利用した核種移行評価、東濃ナチュラルアナログ研究を補完

### 5. 研究開発成果の取りまとめ

重点項目報告書は、一方で、地層処分の研究開発を進めていくに当たり国民の理解を得ることの重要性が指摘された。このため、研究開発の成果を報告書として取りまとめ、情報提供を積極的に行う必要があるとし、原子力委員会は、中核研究機関である動燃に対し、わが国においてもそれまでの研究開発成果をもとに第1次の取りまとめを行う時期に来ていると指摘した。

原子力委員会の方針に基づき、動燃では関係機関と協力しつつ研究開発を進めた結果として、1992年9月に、地層処分の技術的可能性を示す技術報告書(いわゆる第1次取りまとめ)を原子力委員会に提出した。

原子力委員会は、この技術報告書の内容を放射性廃棄物対策専門部会において検討した結果、1993年7月に、わが国における地層処分の安全確保を図っていく上での技術的可能性が明らかにされているとの評価を示すとともに、2000年までに予定されている動燃による第2次取りまとめ、国によるその評価等を通じ、研究開発の進捗状況を見極め、研究方策をさらに評価検討することが必要であるとした。

動燃の継承機関である核燃料サイクル開発機構(以下、「サイクル機構」という)は、1997年4月に公表された原子力委員会原子力バックエンド対策専門部会(以下、「BE部会」という)の報告書に従い、関連する研究機関等の協力を得て地層処分研究開発の第2次取りまとめ報告書<sup>5)</sup>(以下、「第2次取りまとめ」という)を作成し、1999年11月に原子力委員会に提出した。

第2次取りまとめにあたっては、地層処分について国民の理解を得ることの重要性に鑑み、取りまとめの過程についての透明性と成果の客観性を保証する観点から、研究開発の成果を積極的に公開し、あらゆる機会を利用して国内外専門家のレビューを受けるとの方針が立てられた。このため、取りまとめの過程で、サイクル機構は1998年9月および1999年4月の2度にわたり、研究開発の進捗状況をドラフトとして中間的に整理し、BE部会に報告・公表し、さらに、地層処分研究開発報告会の開催、ホームページへの掲載を行い、関係する幅広い分野の専門家等からの意見を集約した。また、BE部会報告書の指針に従い、ドラフトの段階でOECD/NEAによる国際レビューを受けるとともに、海外の各研究機関と国際共同研究の枠組みに基づきワークショップ等を通じて国外の専門家とも技術的な内容について意見交換が行われた。

BE部会はサイクル機構の報告を受け、第2次取りまとめの研究開発成果について総合的な評価を行った。評価の客観性、視点の多様性を確保するため、国内外の専門家を中心に幅広く意見交換を行う国際ワークショップを開催し、海外からの招聘者、国内の専門家、公募による一般の参加者、第2次取りまとめの作成に関わった専門家などにより幅広い議論が行われた。

原子力委員会はこれらの意見を踏まえて更に議論を行った結果を取りまとめ、2000年10月に評価報告書<sup>6)</sup>を発表した。総合的な評価の結果として、第2次取りまとめの研究成果は、

- ・わが国の地質環境、地層処分の工学技術および地層処分システムの安全評価の3つの研究開発分野における成果について、それぞれの関連する技術的知見を総合

的に検討したことにより得られており、わが国における地層処分の技術的信頼性が示されている。

- ・処分地選定に当たって考慮すべき地質環境の要件、取得すべき情報とそのための調査手法や機器が示されており、処分予定地の選定に当たっての技術的拠り所とすべき内容が示されている。
- ・処分場の設計・施工要件および管理項目が示されるとともに、安全性についての評価手法および評価結果が示されており、安全基準の策定に資する技術的拠り所となる。
- ・以上のことから、第2次取りまとめは地層処分の事業化に向けての技術的拠り所となると判断するとされた。

第1次取りまとめは平成3(1991)年度までの成果を集約したものであり、Heiseiの頭文字をとってH3と国内外で呼称され、また、第2次取りまとめは平成12年(2000年)に原子力委員会の最終評価を得たことからH12と通称されるようになった。

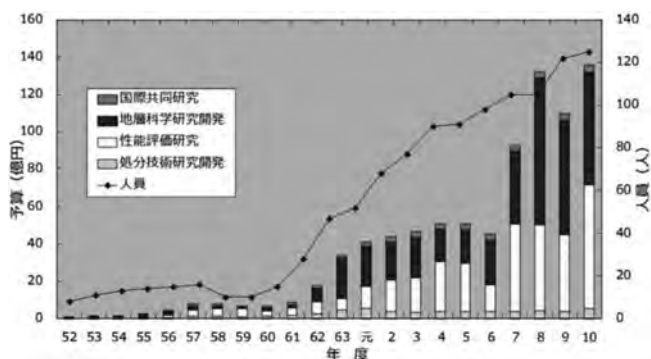
## 6. わが国における研究開発段階の総括

H3およびH12の作成経緯を振り返ると、それぞれの時代を反映したいくつかのキーワードを見出すことができる<sup>7)</sup>。それは、「総合的な評価をすべき時期」、「研究成果の統合・情報化」、「国際協力の推進」、「情報の公開とレビューによる客観性の確保」、「社会との対話促進」、「専門家の育成」などがそれである。

H3の当時、地層処分に積極的に取り組んでいた諸外国においてもこのような総合的な報告書を作成した例は少なく、その中でスイスNagraの報告書(PG85)が、わが国で地層処分を考える際の様々な境界条件の類似性、すなわち変動帯に位置するという地質環境条件、ガラス固化体を対象としている等の観点から、貴重な先行事例とみなされた。このため、Nagraとの協力協定に基づいて、PG85の取りまとめ担当者の日本派遣を求め、報告書の取りまとめに関する知見を直接的に活用することができた。報告書の技術的内容に関する国際標準の品質確保を図るため、地層処分の研究開発を進めている国々との協力や国際機関の主催するプロジェクトへの参加が推進された。また、報告書に取り込む情報の客観性、追跡可能性を確保するため、研究開発成果は内外の学会に積極的に発表された。

H3の公表と国のレビューを経て研究開発がより体系化された形でさらに進められるようになり、第3図に示すように、人的資源、研究予算が大幅に投入されることとなった。

このため、サイクル機構においては、関係機関の人的協力を得てH3当時よりさらに大規模な組織が置かれ、2000年前までの報告書完成を目標に取りまとめ作業が



第3図 地層処分研究開発予算と人員

進められた。

併せて、関係研究機関の成果を共有し協力を得るため「地層処分研究開発協議会」が設置され、日本の総力を結集するための体制が整えられた。

H12は上記目的に添ってH3以降の研究開発成果を総合的に評価し、地層処分を事業開始の段階に進めるための意思決定に必要な技術的情報を提供するという役割を担っていた。このため、その内容を国民に提示して理解を得ていくことが極めて重要との認識から、情報の透明性を確保すること、すなわち曖昧さや誤解を避け分かりやすくする、という要求が加えられた。当時、国の積極的な情報公開の方針を受け、BE部会は公開で審議される最初のケースになったため、会議に配布される資料の品質管理には多くの時間を割くこととなり、この緊張感を持って資料の作成に当たるといった経験は、結果としてH12の品質向上に役立った。H12については初期のドラフトから最終版にいたる全てのレビューが公開で行われると共に、各ドラフトがウェブサイトに掲載され常時幅広く意見が受けられるようにされた。また、原子力委員会等が各地で開催した意見交換の場に専門家が積極的に参加し、専門家以外の方々と接する機会が日常的となった。

原子力委員会の評価が進む中で、2000年6月には、H12を技術的な背景とした「特定放射性廃棄物の最終処分に係る法律」が公布され、それまでの四半世紀にわたる研究開発を主体とする段階から、いよいよ事業の段階に入ることとなった。

ここに至るまでの日本のアプローチは、特定のサイト環境条件を想定することなく行うジェネリックな研究開発による成果をもとに事業の制度化を図るというものであった。一方、先進各国の計画には、制度を先行させ、それに適合するよう技術を開発し組み立てていくアプローチもあり、これらと対比して、日本の計画は10年から20年遅れているとみなされることもあった。現在は地層処分計画を進めている国の中で、日本は処分サイトや候補地を明らかにしている諸国に次いだ進捗段階にあ

ると認識されるようになっており、これから地層処分計画を本格化しようとしている各国においては、ジェネリックな研究の重要性を示す一事例と見られている。地層処分計画推進の要諦として国際的にも共有されている、段階的アプローチ、利害関係者の意思決定への参加、意思決定に必要な情報の的確な提供と説明責任等に関し、地層処分事業の開始に先立ちH12を取りまとめる過程で関係者がある程度経験できたことは無視し得ない成果と思われる。さらに重要な無形の成果として、この2つの報告書の作成に携わることを通じて国内に多くの専門家が育ち、日本の地層処分を支えるテクニカルコミュニティが強化され、国際的にも認知されるようになったことは特筆に値する。

#### IV. おわりに

1980年代後半から本格化した国際共同研究や各国における研究開発の結果、2000年頃までには、それぞれの国において固有の条件に配慮した地層処分概念の原型がほぼ確立された。また、これらを技術的な拠り所にして、処分事業の実施に関わる制度が整備され、処分地選定の段階に入る準備が整った。

#### — 参考資料 —

- 1) A Study of The Isolation System for Geological Disposal of Radioactive Wastes, NAS (1983).
- 2) SKBF/KBS: Final Storage of Spent Nuclear Fuel-KBS-3.I General, 1983.
- 3) Nagra: Project Gewähr 1985: Nuclear waste management in Switzerland: Feasibility studies and safety analyses. NGB 85-09, Nagra.
- 4) 原子力委員会「高レベル放射性廃棄物の地層処分研究開発等の今後の進め方について」(1997.4).
- 5) 核燃料サイクル開発機構「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—」, JNC TN1400 99-020, (1999.11).
- 6) 原子力委員会「わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分研究開発の技術的信頼性の評価」(2000.10).
- 7) 増田純男, H3, H12 レポートから1990年代を振り返って, 原子力バックエンド研究, 11(2), (2005).

#### 著者紹介

- 増田純男 (ますだ・すみお)  
本誌, 57[5], p.24 (2015) 参照.
- 佐久間秀樹 (さくま・ひでき)  
本誌, 57[5], p.24 (2015) 参照.
- 梅木博之 (うめき・ひろゆき)  
本誌, 57[5], p.24 (2015) 参照.



## 原子力安全に関する日本地震工学会の取り組み

日本地震工学会 原子力安全のための耐津波工学の

体系化に関する調査委員会 委員長 亀田 弘行

### 原子力の地震・津波安全—専門性と分野横断的協働

日本地震工学会は、阪神・淡路大震災への反省から、それまで対象物別に細分化されていた地震工学と地震防災に関する学術活動を連携させ、総合的視野を構築することを目的として、2001年に設立された。建築、土木、機械、地震、地盤などの分野から地震工学を共通項として協力する分野横断的活動が重要な目的である。

原子力発電所の地震安全に地震工学会が取り組み始めたのは、2008年度からで、原子力発電所の地震安全問題に関する調査委員会(2008年10月～2012年3月)を設置して、活動を行った<sup>1)</sup>。この活動で、原子力学会との密接な協力により、それまでほとんど没交渉であった両学会の間の壁を低くすることに大きな効果があった。これを第1期の活動として、次に述べる第2期における、より緊密な協力が繋がっていく。

### 東日本大震災後の原子力安全への取り組み

2011年3月11日に発生した東日本大震災下で、東京電力福島第一原子力発電所が炉心溶融に伴う過酷事故を起こし、膨大な原子力災害に発展したことを重視して、日本地震工学会は、次の2つの取り組みを行った。

#### (1) 「東日本大震災合同調査報告 原子力編」の刊行

震災後、関連8学会の共同で、東日本大震災合同調査報告書が順次刊行されてきた。その一環として、原子力編が日本地震工学会と日本原子力学会の共同で作成され、2015年1月に刊行された<sup>2)</sup>。日本原子力学会により、東日本大震災における原子力発電所の挙動に関する詳細な報告書<sup>3)</sup>が別途刊行されているが、本報告書は、事故の全貌を理解するために必要な地震工学・津波工学の事項に関する専門的な知見が述べられており、単独の学会では成立できない内容を備えている。

#### (2) 「原子力安全のための耐津波工学の体系化に関する調査委員会」の活動

日本地震工学会と日本原子力学会が協力した、上記の第1期委員会の実績と人的ネットワークを基礎に、第2期として、日本地震工学会に原子力安全のための耐津波工学の体系化に関する調査委員会(2012年9月～2015年3月)を設置し、活動を行った。当委員会は、東日本大震

災の影響を受けた原子力発電所の挙動、とりわけ東京電力福島第一原子力発電所における過酷事故の教訓を踏まえ、原子力発電所の津波に対する安全を確保するための工学的的方法論を体系化することを目的とした。これは、第1期の報告書の中でも提案されていた構想を具体化したものである。今回も、日本地震工学会と日本原子力学会が密接に協力して運営し、2015年3月に最終報告書を刊行した<sup>4)</sup>。その内容について、以下に概要を紹介する。「原子力安全の耐津波工学」の体系化

#### (1) 活動の目的

原子力発電の将来については、エネルギー政策の根幹に関わる社会的・経済的・政治的課題とともに、この巨大システムの安全確保の技術基盤が総合的に検証されねばならない。そこでは、安全性が必要性より上位の規範であるべきことは当然である。最終的には意思決定は国民の判断にゆだねられるものであり、そのための十分な判断材料が示されねばならない。それは、温室効果ガスを排出しない大規模電源としての原子力発電の意義など、選択肢に関する討議を再び活性化させるうえで必須条件である。

この認識のもとに、「原子力安全のための耐津波工学の体系化に関する調査委員会」は、技術基盤の検証という工学の責任を果たすことを使命と考え、目標を以下の5項目に設定して討議を重ねた。

- ①原子力発電所の津波防御のための工学技術の把握
- ②地震・津波防御における深層防護とリスク論の位置づけの明確化
- ③リスク論に基づく原子力発電所の地震・津波安全評価体系の明確化
- ④地震工学、津波工学、原子力安全工学の分野横断的討議を踏まえた総合的視野の構築
- ⑤以上を包含する地震・津波に対する原子力安全実現への総合工学的枠組みを「原子力安全の耐津波工学」として体系化

津波に対する原子力安全への取り組みは、規制当局においても、電力事業者においてもそれぞれ具体的な方策が広範に検討され、実施されつつある。しかし、それらの多くは個別的な課題への検討から決定されており、全

体として発電所全体のシステム信頼性の向上にどれだけ寄与するか、定量的な評価が明確なわけではない。当委員会は、課題を総合的に捉え、津波に対する原子力安全の枠組みを明確にしようとするものであり、これを学術の視点から論ずる場としたものである。

## (2) 得られた成果

当委員会の成果として刊行された報告書の構成は以下のとおりである。

### 序

1. 総説
2. 地震・津波工学に求められる原子力安全の基本事項
3. リスク論に基づく地震・津波防御の体系
4. 原子力発電所の地震・津波事故シナリオ
5. 原子力発電所の津波安全に関する性能
6. 津波の作用
7. 津波防御に関する工学的的方法
8. 津波フラジリティ解析
9. 施設周辺地域における防災・減災対策の推進
10. 耐津波工学関連の解析コード
11. 耐津波工学の課題と展望

### コラム(A～N)

### むすび

### 執筆者一覧

### 付録

### English Summary

これらの章を大別すると、以下のような複合構造をなしている。

- グループ1：全体の枠組(序，第1章)
- グループ2：耐津波安全の基本要素(第2, 3, 4, 5章)
- グループ3：津波の作用，影響，工学的的方法(第6, 7, 8, 10章)
- グループ4：社会との関わり(第9章)
- グループ5：耐津波工学に関する今後への方向付け(第11章，むすび)

この中で、グループ1は、本委員会の活動の基本姿

勢・枠組・経過を記述した。続いて、グループ2原子力発電所のシステム挙動の同定およびシステム評価とグループ3における耐津波工学に関する力学的知見の連携により総合的な耐津波信頼性評価を行うこと、さらにグループ4における社会との関わりと連携させることが、原子力発電所の耐津波安全を総合的に論ずるうえで不可欠との視点を取るものである。最後に、グループ5で本委員会の主題である耐津波工学に関する将来への課題と展望を整理した。これにより、原子力発電所の地震・津波防御の総合技術体系が提示されたと考えている。

## むすびー再び分野横断的協働の重要性

津波に対する原子力安全の課題において、ハザードとシステムを的確に結びつけるため、地震工学・津波工学分野と原子力安全工学分野の協力が不可欠である。日本地震工学会と日本原子力学会が密接に協力した「原子力安全のための耐津波工学の体系化に関する調査委員会」の活動は、単なる「お付き合い」を超え、互いの概念に入り込む討議を経て、分野間協働の成果をあげたものである。

この成果を単発で終わらせず、永続させる仕組みの構築が重要である。その実践には大いなるエネルギーと率直な意見交換の場が不可欠であり、それは形式的関係ではなく、信頼に基づく討議の場でなければならない。

## － 参考文献 －

- 1) 亀田弘行：原子力発電所の地震安全問題に関する調査委員会報告—新潟県中越沖地震から東日本大震災へ—(平成20年10月～平成24年3月)，日本地震工学会誌，第16号，pp.73-76，2012.3.
- 2) 日本地震工学会：東日本大震災合同調査報告書 原子力編，丸善，2015.1. (<http://www.jaee.gr.jp/jp/2015/01/16/5732/>)
- 3) 日本原子力学会：福島第一原子力発電所事故：その全貌と明日に向けた提言—学会事故調最終報告書，2014.3.
- 4) 日本地震工学会：原子力安全のための耐津波工学—地震・津波防御の総合技術体系を目指して—，原子力安全のための耐津波工学の体系化に関する調査委員会報告書，2015.3.



## 奨励賞に輝く若手研究者7名の研究に寄せる思い

日本原子力産業協会 木藤 啓子

日本原子力学会関東・甲越支部主催により、「第13回若手研究者発表討論会」が平成26年11月10日、東京で開催された。本討論会は、企業、研究機関、大学等で研究活動に従事する若手研究者支援を目的としている。今回、「原子力・放射線 未来・夢・創造」のテーマについて16名の応募があり、このなかから、7名が「若手研究者発表討論会奨励賞」を受賞した。ここでは、7名の受賞者よりそれぞれ研究に寄せる思いと研究内容を紹介いただく。(掲載順不同)

**KEYWORDS:** *Pressure transmitter, Simulation, Severe accident, Critical power, Cesium, Soils*

### 1. 放射線可視化技術の開発

久米 直人(東芝)

「見えないと始まらない」と言ったのはガリレオだが、過酷事故の際には汚染分布の把握が真っ先に必要となる。福島第一原発事故を受け、被ばく量の大半を占める $\gamma$ 線の可視化を目指し、不眠不休で $\gamma$ カメラを開発した。迅速な現場投入と作業者が持ち運べるコンパクト性を最重視し、2011年5月には早くも福島第一原子力発電所で汚染分布の撮影に成功した。

続いて、将来の廃炉作業支援のため $\alpha$ カメラを開発。空気飛程が数cmしかない $\alpha$ 線は近接測定が必要であったが、窒素と $\alpha$ 線の反応で発生する紫外線の測定により、1mの遠隔測定を実現した。

今後も現場で役立つ放射線計測を目標に、作業者や一般の方々への被ばく防護、ひいては福島第一の廃炉促進に貢献し、原子力への信頼回復につなげたい。

### 2. 圧力伝送器におけるドリフト低減手法の検討

桑名 諒(日立製作所)

プラントの状態把握や運転制御のため、タンクの水位や配管の流量などは常時計測されており、圧力伝送器はこれらの量を圧力として検出する重要な計器である。

この圧力伝送器の指示値は長年の使用によりドリフト(偏差)を生じていく。このうち外部からのガス侵入、特に金属を透過しやすい水素により内圧が高まることによるドリフトが大きな課題となっていた。しかし、本課題が長年解決されていないことから、改めて原因分析から

着手した。その結果、内封オイルの放射線分解でもガスが蓄積し、内圧変化によってドリフトが発生することを新たに見出した。

対策として、蓄積したガスを水素吸蔵物質で吸収するアイデアを考案し、試作機により実機10年相当の環境でドリフトを抑制できる見通しを得た。

この研究を通じて、難題の解決には固定概念を取り払い、他分野の専門家とも議論することが重要だと実感した。今後は、実機適用に向けた評価を進めていく予定である。

### 3. 輻射を考慮した粒子法によるシビアアクシデント時の素過程シミュレーション

稲垣 健太(電力中央研究所)

報告者は東京大学大学院博士課程で粒子法による物理シミュレーションの研究を行った。2009年に電力中央研究所に入所してからは燃料と被覆管の化学反応試験や照射済み燃料の分析などに従事し、現在は原子炉の事故解析に向けたマルチフィジクス粒子法コードを開発している。既存の流体解析粒子法コードに、剛体、流体-剛体連成、流体の溶融と凝固、表面張力、熱伝導、界面熱伝達、熱輻射の各モデルを実装することで、これらの現象を含む複雑な事象の解析が可能となった。解析例として、原子炉圧力容器下部のサンピットに流入した溶融デブリの解析があり、デブリからの熱で周囲のコンクリートの溶融が進展する様子(MCCI)や、デブリの上にたまった冷却水によりデブリ上部が凝固してクラストが形成される様子などが定性的に再現された。今後、精度の向上を目指すと共に、共晶反応などの化学反応モデルを導入することにより解析可能な対象を拡充する。

*Seven Young Researchers Won the Award* : Keiko KITO.

(2015年2月13日 受理)



#### 4. ジュール加熱によるカオス流の数値的・実験的研究

##### Experimental and Numerical Investigation of Chaotic Flow Induced by Joule-heating

Duong Thanh Tung (Tokyo Institute of Technology)

Experimental and Numerical Investigation of Chaotic Flow Induced by Joule-heating in a cubic cavity is executed. The glycerol-water solution is used as working fluid. The internal heat source is generated when connecting the AC voltage to electrode plates placed on the side wall of cubic cavity. The flow behavior induced by Joule-heating is complicated. For flow measurement, Ultrasonic Velocity Profiler (UVP) method is appropriated to observe the Joule-heating flow characteristics. The most advantage of this technique is non-intrusive, applicable in opaque fluids and measuring the spatio-temporal of velocity profile. However, UVP has some difficulties such as the sound speed is dependent on function of temperature. Therefore, the accuracy of UVP method is confirmed with PIV (Particle Image Velocimetry) method. Accordingly, the comparison of vertical velocity profile between UVP and PIV method presents good agreement. GSMAC-FEM (Generalized Simplified Marker and Cell-Finite Element Method) can execute full coupling analyses of flow field, thermal field, and electromagnetic field is applied to simulate the Joule-heating flow behavior. In addition, velocity profiles are analyzed by Fast Fourier Transform (FFT) method about the frequencies of fluctuations. As a result, homogeneous turbulence is revealed by both experiment and simulation.

#### 5. 流路障害物付き管における液滴輸送モデル構築

山田 創平 (早稲田大学大学院)

沸騰水型原子炉の燃料棒は、出力を過度に増大させるとそれを覆う液膜が消失する場合がある。このときの出力を限界出力と呼ぶ。限界出力になると燃料棒表面温度が上昇し炉心溶融につながる危険性があるので、限界出力の高精度の予測は安全上重要である。限界出力は流路に設置されるスパーサ等の流路障害物の形状に影響される。そこで、障害物の影響を反映した限界出力予測手法を構築するため、スパーサ近傍の蒸気流中の液滴挙動をモデル化し、障害物がある場合の液滴付着効果についてCFD(数値流体力学)を用いて計算する方法を検討した。討論会では、液滴付着率の傾向を予測することは可能だ

が、数値を正確に予測することは難しいことを示した。今後は、頂いたご意見も参考に、流路障害物直下流の流れを精度よく予測できるようCFDの計算手法を改善してゆく。その結果は、春の年会で発表する予定である。頂戴した奨励賞を励みに、引き続き研究を進めてゆく。

#### 6. フェイズドアレイ UVP 法を用いた 2 次元フローマッピングに関する研究

福本 拓哉 (東京工業大学大学院)

東京電力福島第一原子力発電所の原子炉建屋からの汚染水漏洩調査に関連して、フェイズドアレイ超音波流速分布計測法の開発を行った。本計測法は、測定線上の流速分布計測が可能な超音波流速分布計測法(UVP法)に、超音波を任意の角度方向に発信可能なフェイズドアレイ技術を融合させた新手法である。本計測法を用いることで、カメラ等を用いた光学的手法では計測が困難な、濁水中での調査が可能となるだけでなく、複数のセンサーが必要であったフローマッピングを一つのセンサーで行えるため、計測装置を小型化でき、調査箇所へのアクセス性の向上が期待できる。我々の研究では、フェイズドアレイ UVP 法を適用した計測システムの開発として、センサー設計、計測用ハードウェアおよびソフトウェアの構築を行った。さらに、開発した計測システムを用い、漏洩を模擬した流れ場を対象としたフローマッピングを行い、本計測法の汚染水漏洩調査への有効性を示した。

#### 7. セシウムの土壌からの長期脱離挙動の解明

室田 健人 (東京大学大学院)

福島第一原子力発電所から放出された放射性セシウム(Cs)による汚染が今も問題となっている。Csは土壌中の粘土鉱物に強く吸着されることが知られており、土壌や粘土鉱物に対するCsの吸着特性はこれまで広く調べられてきた。一方、土壌からのCsの脱離に関して、特に処分された汚染土壌の環境影響を考える上で必要となる長期的な面からの考察は不十分である。そこで、本研究では、吸着剤を用いて脱離を促進させた系における、福島県で採取された土壌試料からのCsの脱離実験を行い、その長期的な脱離挙動を調べた。実験では、20週間で最大6割の放射性Csが脱離され、脱離量の変化は3つの吸着サイトを仮定したモデルで説明できた。また、高濃度のカリウムイオンは短期的には放射性Csの脱離を阻害するが、長期的にはその影響が緩和されることが明らかになった。今後は、特にCsを特異的に吸着する粘土鉱物に着目し、より詳細な吸着、脱離挙動を調べていく。



## 国際原子力青年会議 (IYNC2014) における 特別セッション「福島」の開催

原子力青年ネットワーク連絡会

原子力青年ネットワーク連絡会(YGNJ)は、東京電力福島第一原子力発電所事故後のオンサイトおよびオフサイトの状況を世界に発信するため、2014年7月8日(火)に国際原子力青年会議 IYNC2014(開催地:スペイン・ブルゴス)において特別セッション「福島」を開催した。セッション終了後にはレセプションを開き、福島特産品を振る舞い、放射性物質汚染検査を含めた福島の現状について参加者らに伝えた。その詳細について報告する。

**KEYWORDS:** *Outreach activity to spread current status of Fukushima, YGNJ, IYNC*

### 1. 開催経緯と IYNC2014 について

東京電力福島第一原子力発電所(1F)事故に関連するニュースが国外からも強い関心を抱かれていることは言うまでもないが、海外の原子力業界の若手が1Fオンサイトおよびオフサイトで職務に励む日本の若手から直接情報を得ることや、コミュニケーションを図る機会はそうあるものではなく、そうした機会があれば彼らにとって大変貴重な経験になる。また、われわれ若手が1F事故およびその後の状況について学び、教訓を得続けるためにも、若手こそが情報発信活動を積極的に行っていく必要がある。そこで、われわれ原子力青年ネットワーク連絡会(YGNJ)は、世界の原子力業界の若手が集まる国際原子力青年会議(IYNC2014)<sup>1)</sup>において、1F事故後のオンサイトおよびオフサイトの状況を報告する特別セッション「福島」を開催した。

IYNC2014は、世界の原子力業界の若手(原則35歳以下)によって構成される国際NGO・IYNCが主催する国際会議で、国際的な専門家ネットワークの提供、原子力技術の平和利用促進、知識の世代間継承を目的としている。今回は、2014年7月6~12日にスペイン・ブルゴスにて開催され、世界34カ国から382名(うち日本人17名)の参加があり、11件の基調講演と174件の一般講演が行われた<sup>2)</sup>。

### 2. セッション内容

本セッションは、7月8日17時15分から1時間半かけて行われた。はじめに、堀尾健太(YGNJ・IYNC代議員)が本セッションの開催主旨を説明し、その後、山口晃典氏(東京電力)が1Fオンサイトの廃炉作業進捗状況に関して発表した。まず、オンサイトで実施されている廃炉作業のうち、以下に示す主な進捗を紹介した。

(1) 2013年11月18日より4号機使用済み燃料プールからの燃料取り出しを開始した。完了は2014年末頃を目指す。

(2) 発電所構内の山側から海側に向かって流れている地下水の一部が原子炉建屋に流入することが汚染水の増え続けている原因となっている。汚染水を増やさないために、山側でこの地下水を汲み上げる「地下水バイパス」について、福島県および漁業関係者をはじめ多くの皆さまからのご理解をいただき、2014年5月21日に運用を開始した。

(3) 山側からの地下水を原子炉建屋内に流入させないよう、建屋周りの凍土による遮水壁の設置について、2014年6月2日に凍結管設置のための削孔作業を開始した。

次に、「1F 1~4号機の廃炉措置等に向けた中長期ロードマップ」の廃炉の主な作業項目(使用済み燃料プールからの燃料取り出し、燃料デブリ取り出し、原子炉施設の解体等)を説明するとともに、各号機における作業の進捗を説明した。最後に、廃炉・汚染水対策の責任と権限の明確化や、意思決定の迅速化などを趣旨として2014年4月に設立された「福島第一廃炉推進カンパニー」を紹介した。

山口氏の講演の次に、眞田幸尚氏(日本原子力研究開発機構 福島環境安全センター)が1F事故後の放射線測定および環境回復の現状について発表した。「放射線測定」では、事故直後から行っているサーベイメータや土壌サンプリングを用いたモニタリングの結果及び有人ヘリコプターを用いた広域な放射線モニタリングの経緯と変化傾向について報告した。線量率の時間変化の傾向は、物理的半減期から計算される減衰曲線よりもより早く減衰していること、また、事故後に開発されている新たなモニタリング手法として、無人ヘリコプターや無人航空機を紹介した。「環境回復」では、原子力機構が実施

*Special Session "Fukushima" Hosted by YGN-Japan in IYNC2014: Young Generation Network in Japan (YGNJ).*

(2015年3月20日 受理)

し現在の除染手法のベースを確立した実証事業の概要及び今後の計画と進捗状況についてまとめた。発電所周辺の自治体における除染は、当初の計画よりは遅れているものの着実に進められており、今後とも継続的なモニタリング、モニタリング技術の向上及び除染技術の効率化・高度化が必要であることを最後に述べた。

次に、開沼博氏(福島大学 ふくしまつくしま未来支援センター)が福島県の社会状況を紹介した。福島の現状と復興に関する複雑な問題について、以下の6つの問いをもとに説明するとともに、こうした問題(人口減少、高齢化、産業の減衰、社会保障の悪化など)はいずれも事故以前から存在していたことや、科学や政治に対する恐怖感が間接的に復興を妨げていることを述べた。

(1) 「福島県民の何%が県外へ避難しているか？」  
答えは2.5%。しかしアンケートをとると日本人の80%は誤解をしており、解答の平均値は25%であった。

(2) 「福島県産米の何%が100 Bq/kgを超えたか？」  
年間生産量1,000万バグのうち、2012年は28バグが基準値を超えた。農家や自治体は風評被害対策のため、厳しい放射性物質汚染検査や情報公開を行っている。

(3) 「福島県産米の生産量は1F事故後全国何位に変化したか？」  
正解は4位から7位。減少の理由の一つは農家の減少であり、事故の影響もあるが、非効率な農業、農家の高齢化、農産物の輸入増加などが根本原因である。東電の補償を得ることが出来るために、離農が加速したというのも事実である。大都市では東北復興フェアにより福島県産が積極的に受け入れられている例もある。

(4) 「福島県への旅行者は何%まで回復したか？」  
答えは80%。政府のPR活動やメディアによる名所の紹介が良い影響を与えている。

(5) 「求人倍率は都道府県で何番目か？」  
就業地別有効求人倍率では1位であり、県内の労働力は不足している。工業や建設業で不足しており、医療・福祉分野の人手不足はもっとも深刻である。

(6) 「現在の広野町の人口はいくらか？(事故前は5,000人)」  
住民票によると1,500人だが、実際は5,000人程度。これは、3,000人を超える労働者が原子力発電所の修復・収束作業のために訪れているからである。

3名の登壇者による講演の後、全体で質疑応答を行った。最後にレセプションに先立って、菅原慎悦(電力中央研究所・YGNJ)より福島特産品の放射性物質汚染検査の現状について紹介した。レセプションでは福島県産品(日本酒、桃ジャム、ドライフルーツ等)を提供し、福島県観光交流課の資料“Getting to Know the Current Situation of Fukushima”<sup>3)</sup>を配布した。

### 3. 質疑応答、参加者のコメント

発表後の質疑では、「1F事故後に得られたサンプルデータによりLNT仮説(放射線の被ばく線量と影響の

間にはしきい値がなく、直線的な関係が成り立つという考え方)の検証を進めるべきではないか？」との質問があり、「事故後、一定以上の被ばくをした場合には継続して健康状況のモニタリングがなされるシステムが構築されている。LNT仮説の検証については、1F事故後のサンプル数だけでは不十分であり、他のアプローチも必要」と回答した。また、続けて行われたレセプションでも、参加者とYGNJメンバー、福島セッション登壇者との間で多くの意見交換を行うことができた。例えば、山口氏に対しては、「RPVとPCVの温度が上昇傾向にあると思うのだが大丈夫か」という質問があり、「春から夏にかけて雰囲気温度が上昇するためである」と回答したとのことであった。眞田氏に対しては、「事故で汚染した木の汚染濃度・核種に関する情報を研究に活用したい」といった申し出のほか、チェルノブイルの経験の反映状況やI-129を計測することによる事故直後のヨウ素放出量の再構築、エアボンモニタリングに関する今後の課題などについての質問があった。開沼氏の講演については、巷の報道だけでは決して得られない貴重な情報であったとの賞賛を受けた。

### 4. おわりに

本セッションには計123名の参加があり、プレナリーセッションに並ぶ大盛況であったこと、参加者から多くの反響を得たことから、目的は大いに達成することができたと考えている。しかし、本セッションを開催して強く感じたのは、依然として1F事故及びその後の福島や日本に関する情報の国外発信が不足しており、情報共有が強く求められていること、そして、それに対して強く応えていく義務がわれわれにはあるということである。

会議期間中、われわれは福島特別セッションのみならず、他国との関係強化のために、中国、韓国、インドの参加者と個別に対談を行い、協力体制の構築を約束した。また、スウェーデンからの参加者とも交流し、彼らの訪日および1F見学に際してわれわれがサポートすることを約束した。こうしたネットワークの構築を元に、今回のような活動を今後も積極的に行っていくつもりである。

本セッションの開催については、資金面も含めて、大変多くの方からのご賛同とご支援を頂いたおかげで成功させることができた。特に渡航支援をしていただいた原子力学会の国際活動委員会、レセプション開催費用のご寄付をいただいた方々に厚く感謝申し上げる。引き続き、関係諸氏のご理解とご支援を賜りたい。

(執筆担当：佐藤真一郎(日本原子力研究開発機構))

### — 参考文献 —

- 1) <http://www.iync.org/iync2014/>
- 2) IYNC2014の詳細については、会議報告「若手の国際的なプレゼンス強化を！」、原子力学会誌、56(12)、813(2014)。
- 3) [http://www.tif.ne.jp/Lang/en/data/fukushima\\_en.pdf](http://www.tif.ne.jp/Lang/en/data/fukushima_en.pdf)



# 談話室

## あぶくま三景—霊山・飯館・川俣 ～あれから4年、今なにが起こっているのか～

東京工業大学 澤田 哲生

### 1. プロローグ

『ラジューム一丁!』と、威勢良い声が響く。福島駅にすれば、毎度食べるラジウムそば。ラジウムとは温泉卵のこと。飯坂温泉で茹でた卵が載っている。出汁と絡まるとコックリとした旨味が口一杯に広がる。約一年ぶりだ。新幹線構内の立ち喰いそばコーナーは新装され、スッキリ明るい風情に変身した。隣にはスイーツコーナーが増設された。少しずつだが、アップグレードしている。半谷輝己さんらが主催するリスクと向き合う地域生活のシンポジウム(半谷シンポ)にやってきたのである。

### 2. 高野すみ子がっこう長

高野すみ子さんは、NPO法人“りょうぜん里山がっこう”のがっこう長先生である。廃校になった学舎をリノベーションしている。この里山がっこうで、2月3日夜に国連科学委員会のロードヴィーク・ドブジンスキ氏に加えて、2人の女性医師、越智小枝さん(相馬中央病院)と博多美保子さん(田村市の開業歯科医)を迎えて、参加型パネル討論を行った。テーマは福島に出されている“摂取制限”とどう向き合うかである。とりわけ、イノシシや伝統食である猪鼻茸を炊き込んだ“イノハナご飯”を、死んでも良いから喰いたいという地元の声にどう応えるかである。“白熱教室”恒例の赤青のカードを参加者全員がもって、随時聴衆の賛否を問いかけ意見を発表しながら進んでいった。会はドブジンスキさんのコメントを軸に進み、最終的に『摂取制限を取り下げてもらうことを(食品安全委員会)に提案する』ことで全会一致をみて閉会した。この討論会の模様は別報の予定である。

閉会后、パネリストや参加者は、高野すみ子さん達が真心を込めて用意したイノシシ鍋とイノハナご飯に舌鼓を打った。私の最大の目当ては、この地域独特の“イノハナご飯”である。これは、秋の運動会の定番で、お昼に爺婆親兄妹が一斉に食べる幸せの象徴。記憶に残るメシなのである。イノハナご飯をもう一度喰いたい。もう一度喰えるなら死んでもいい。また、イノハナ茸採り名人がいて、採りたてのものを近所に配る。そう、イノハナ茸は家族と近隣の絆を育む逸品なのである。地域でも市場に出回することはまずない。希に道の駅などに出され

ると、あっという間に売れていくという。

初めて口にするイノハナご飯は、期待していた通りのものだった。何ともいえない良い香りがする。私にとっては記憶のなかの旅情を誘うような香りであった。途端に、ああ、これはトスカーナのあの香りだと思ったのである。ポルチーニ茸。セップ茸ともいう。

### 3. 飯館村三景

2月初旬、飯館村は雪に覆われていた。

村の中心のJA そうまの建物には明かりがついて、人気がある。隣のガソリン給油所には《節電営業中》の旗がはためいている。少しずつ村の帰還にむけて動いているようにも、一見見える。

しかし、村内に3つある小学校も飯館中学校も閑散としていて人影ひとつなく、雪に閉ざされた風情である。3つある小学校は、飯館村の隣町川俣町の飯坂に、3校が1か所に集められ仮設されている。幹線道路脇に“草野・飯樋・白臼小学校”の看板がある。村の境界を一步出たこんな近くに、しかも窮屈そうな仮設のキューブが並ぶ。あれからもう4年も経つのに。

村の中心にある役場。前来たときよりも、役場職員が多いようにも見たが、役場の本体は相変わらず、飯野に仮移転したままである。役場玄関横に設置されているモニタリングポストは、0.33  $\mu\text{Sv/h}$ を示していた。ここは優先的に除染され、除染しやすい構造なのでこんなも



草野・飯樋・白臼小学校



飯館中学校

んである。田畑ましてや山林はなかなかそうはいかない。

次に訪れたのは、飯館中学校である。飯坂の仮設“草野・飯樋・白石小学校”の学童達がいつの日か故郷に戻って入学する中学校である。立派な建物群が偉容を誇っている。しかし、人の気配はまったくない。静寂のなか、大屋根から滑り落ちる雪の欠片の音が胸に突き刺さるように響いた。空しい響きである。

中学校の向には、スポーツ公園がある。“あぶくま高原いたてマラソンコース”のゴールである。このフルマラソンコースは、日本陸連公認のコースであり、国際マラソン大会も開催できる。このマラソンコースが出来上がってまもなく3・11の災禍に遭い、真っ新のまま今に至っている。村民の無念を象徴するかのようコース案内看板が深雪のなかにあった。

そして、村内至る所に除染によって発生した汚染土の仮置き場があり、一部は集積され巨大で黒々とした山を生していた。真冬の寒空のなか集積作業が続けられていた。村民の早期帰還への熱い思いが作業を後押ししているかのようであった。

3・11直後の5月に最初に来た頃は、まだ村には多くの村民が残っていて、村の中心のショッピングセンターも活気があった。当時、私は飯館特産の銘柄牛(飯館牛)のフィレを数パック買って帰って、その夜、家族と舌鼓をうったことを鮮明に思い出した。そのショッピングセンターは長くロープを張って閉じられていたが、今ではセンター横に誰でも利用できる『ほっとするトイレ』が設置され、駐車場は出入りができるようになっていた。ちょっとしたことだが憎い演出だと思った。飯館村を通過するだけの人も、トイレがあれば立ち寄って、そこで空気を吸い、その土地に立った感触を持ち帰る。

飯館村は銘柄牛に加えて、上記のマラソンコースや『いたてトラック』という地方競馬場もある。震災前

には、農産品のブランド化にも成功し、京都市の市場と提携するところまで進んでいたという。いろんなアイデアと努力でニッチな市場を開拓するのが得意なようである。飯館村の人々の1日も早い帰還を、と広大な田畑の前に祈った。

#### 4. 川俣シャモ

半谷シンポに、川俣町から藤川さんがやってきて発言をした。藤川さんは山の愛好者で、阿武隈山系固有の野花の写真を撮ったりしている。3・11の2週間後、山の様子が気になって居ても立ってもいられなくなった藤川さんは、家族にも相談せずに、独り山に入った。当然、放射線計測器等もたずに。案の定、例年と変わらずセリバオウレンの花が咲き始めていて、山肌に寝そべて撮影したという。半年後に同じ山にはいって線量を計測したら、まだ7 $\mu$ Sv/hもあったという。山を知り尽くしている藤川さんは、いつどこになにがでて来るかという地図が頭の中にある。天候も読める。当然、イノハナ(猪鼻)茸取りの名人なのだ。ある意味禁を破るような形で、原発事故から2週間後という早い時期に単独、山にはいった藤川さんには、家族や近隣の人々からさまざまな反応があったとか。

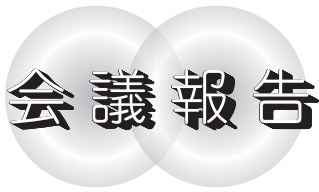
そんな話を頭のなかで反芻しながら、帰路、川俣町の道の駅に立ち寄った。もともとこの辺は養蚕の盛んな土地柄で、道の駅には“シルクピア”という愛称がつけられている。今の名産は全国に知られる川俣シャモである。シャモのメンチカツを頬張りながら、シャモ鍋セットを求めた。『今夜の家族飯はこれだ!』

#### 6. エピローグ

シャモ鍋を“うまい、うまい!”と家族で囲みながら、りょうぜん里山がっこうでのことや、飯館村のことを話した。すみ子さんに頂いたイノハナご飯のおにぎり2個も食卓に並んだ。「原発からの放射能がちょっと入ってるんだよ」というと、小5の娘が「え、あぶくないの」「種類は違うけど、みんな食べ物から少し放射能を……」という端から妻がばくばく食べ始め、つられて娘も「これ、“茶色いご飯”と同じ香りだね。美味しい」と。茶色いご飯とは彼女の大好物のボルチーニのリゾットである。おにぎり2個はあっという間に胃袋に吸い込まれていった。キノコがきれいな息子はひたすらシャモを食べ、『シャモが白いご飯にピッタリあう』と。

あぶくまの里山の人達が、少しでも安心して昔から続けて来た伝統食の生活に戻れるためには、一体になが必要なのだろう。私達原子力に携わる者にこそ、何かできる。いや、何かしなければいけないことがあるのではないだろうか。

(2015年2月8日記)



## 放射線防護体系の進展に関する第7回アジア会議

### The Seventh Asian Regional Conference on the Evolution of the System of Radiological Protection

2015年1月8~9日(東京大学)

経済協力開発機構(OECD)原子力機関(NEA)の放射線防護・公衆衛生委員会(CRPPH)主催、文部科学省、原子力規制委員会、放射線医学総合研究所共催により、標記会議が、東京大学で開催された。本会議では、参加した約130名の様々なステークホルダー等により、活発な議論が行われた(会議詳細は、<http://www.oecd-nea.org/rp/workshops/tokyo2015/presentations.html> 参照)

本会議は、2002年から開催されており、5回目までは、アジア地域へのICRP勧告等の普及と同地域の意見を勧告等に反映することを目的として開かれた。前回の第6回会議は、福島第一原子力発電所事故の経験を踏まえ、放射線防護を支える科学と考え方をより理解することを目的として開かれた。一方、今回の会議は、事故から3年以上が経過したことを踏まえ、福島第一原子力発電所事故の経験を通じて得られた様々なステークホルダーの知見を国内外に共有するとともに、これらを踏まえ今後の放射線防護体系の進展に向けた議論を行うことを目的とした。

初日は知見の共有のため、様々なステークホルダーによる発表と質疑応答が行われた。政府やアジア地域、ICRPによる事故に対する概況説明に引き続き、2つのセッション(現存被ばく状況における住民生活、情報共有とその心理的影響)の発表が行われた。前者においては、復興と復旧というテーマで、国・自治体の除染の状況や課題、放射線と向き合いながら復興する上での課題等が子供たちや住民へのサポートに関する取組みの紹介を通じて発表された。また、住民の避難と帰還というテーマで、国・自治体の帰還に向けた取組み(相談員の配備等)や課題、住民の立場での帰還に関する課題等が発表された。

また、後者においては、国内外の専門家や保健師、ジャーナリスト等が放射線に関する情報共有に関する経験と課題、情報共有による心理的影響に関する研究成果等が発表された。筆者はこのセッションの会議記録者(レポート)を担当した。発表者の一人である東京大学の早野龍五教授が行った福島での調査研究はインターネットを通じて募った寄付(クラウドファンディング)により賄われており、新しい研究の進め方であった。また、長崎大学の折田真紀子保健師から、住民の放射線不安の解消に向けて、川内村に住み込みで放射線の実測値を基に各住民の健康不安に応え続けてきた活動が紹介された。筆者は事故以降、(一社)日本保健物理学会の暮らしの放

射線Q&Aの作成に携わり、インターネットを通じたコミュニケーションを行ってきた。今後はコミュニティの中に入り一人ひとりと向き合いながら、放射線に関する不安を和らげてゆく必要があると感じた。その他、海外における福島事故の報道と放射線量に関する報道の問題点が紹介されたほか、ジャーナリストから地元感情を考慮した放射線に関する情報共有の難しさとジャーナリストとして注意しなければならない点等が発表された。

二日目の午前中は、分科会が行われ、初日の2つのセッションに関連した議論が行われた。筆者は情報共有とその心理的影響をテーマとした分科会のレポートを担当した。あいにく、もう一つの分科会は参加できなかったため、詳細はNEAホームページを確認してほしい。

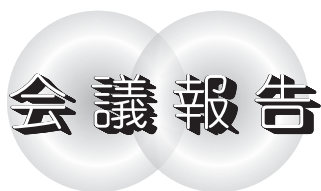
分科会では、主に低線量の放射線リスクの理解促進のあり方が議論された。提案の一つとして、少人数に対してFace to Faceのコミュニケーションを地道に続ける必要性が説かれた。現状では、専門家と住民の間で放射線に関するリスクの認識に乖離が生じている。そのため、食品中の放射能レベルが検出限界以下であることが示されているにもかかわらず、福島県産の食品を避ける人が存在する。このような人々に低線量被ばくのリスクを納得してもらうには長い時間が必要と思われる。さらに、避難に伴い亡くなられた事態をどう考えるかが議論となった。放射線のリスクを下げる行為が他のリスクを増やしてしまった結果であり、放射線防護の最終目的である人々を守ることが出来なかったことへの反省である。今後の課題として、その他のリスクを考慮して放射線防護のあり方を検討することが重要である。

二日目の午後は、この分科会の結果報告及びこれまでの議論を踏まえた放射線防護の進展のあり方の提案が行われた。ここでは、低線量の健康影響が正しく一般の方々に伝えられなかった理由として、少しでも被ばくすると発がんリスクが増えると仮定するLNTモデルの考えがあたかも人の健康影響を考えるために用いられたこと、住民が置かれた状況は時間と地域によって異なることから、これらを基にして福島における放射線防護の考えを改良しないといけないこと等が紹介された。

本会議を通じて、福島における放射線防護の課題の複雑さを改めて感じた。本会議にレポートとして参加する機会を頂き、感謝を申し上げます。

(日本原子力研究開発機構・嶋田和真, 2015年2月27日記)





## 18年ぶりの炉物理国際会議

PHYSOR2014-The Role of Reactor Physics towards a Sustainable Future

2014年9月28日～10月3日(京都市)

PHYSOR (炉物理国際会議) は、米国原子力学会の Topical meeting として2年に1回開催されている会議を、その3回に1回は北米以外で開催することで1990年から開始された炉物理分野最大の国際会議である。これまでに1990年フランス(マルセーユ)、1996年日本(水戸)、2002年韓国(ソウル)、2008年スイス(インターラーケン)の4回が北米外で実施されている。北米内での直近の開催実績は、2010年(ピッツバーグ)、2012年(ノックスビル)となっている。日本での開催は、1996年に水戸での開催以来、2回目・18年ぶりとなった。今回のPHYSOR2014は、日本原子力研究開発機構(JAEA: Japan Atomic Energy Agency)と京都大学原子炉実験所が主催し、合計31ヶ国から512名(学生120名)の参加者により、472編(口頭発表:352編、Poster発表:120編)の論文が発表された。開催前日には、8つのWorkshopが行われ、224名が参加している。

会議ではOpening Sessionに続き、2つのPlenary Session、60のTechnical Session及びPoster Sessionが行われた。Opening Sessionでは、日本原子力学会の藤田会長と米国原子力学会のM. C. B. Raap会長から本会議開催への祝辞をいただいた。Plenary Sessionでは、米国MITのK. Smith教授及びIAEAのR. Forrest氏からの炉物理及び核データ研究の進展についての講演に加え、大阪大学の山口教授(現東京大学)からは我が国の原子力エネルギーの現状が、また、東京電力の松本氏から福島第一原子力発電所(以下、福島第一)の廃炉作業の現状についての報告が行われた。

Technical Sessionは15のトラックと8つの特別セッションから構成されており、そのトピックスは炉物理が原子力における基幹分野であることから多岐にわたるが、内訳をみると、モンテカルロを含めた解析手法の開発・検討で全体の5割を超え、開発した手法の計算コード組み込みに伴うコード類のVerification and Validation(V&V)や解析結果の不確かさ評価(UAM)を含めると7割を超える。研究炉、加速器駆動システム(ADS)などの新型炉や新型燃料で1割強、炉物理実験については1割程度、というような構成であり、これまでのPHYSORにおける構成と大きな変化はない。しかしながら、その内容は、計算機能力をより必要とするようなコードの開発、つまり詳細なモデル・複雑なモデル・マルチフィジックスの解析コードの開発などへと進化している。また、福島第一の事故を受けて、関連する安全

研究や新型燃料(事故耐性燃料)の特性研究なども報告されている。これらは狭義の炉物理の枠を超えて、複数の研究分野と融合した研究であり、今後の炉物理研究の方向性、すなわち福島第一事故後の炉物理の役割が示されているものといえる。なお、これら研究発表の予稿集はJAEA-confレポート<sup>1)</sup>としてJAEAから発刊され、JAEAのホームページから自由にダウンロード可能となる。また、会議期間中に報告された論文のうち、約20篇程度を座長又は会議参加者からの意見等をもとに選定し、これら選定された論文から構成される特集号を日本原子力学会英文論文誌Journal of Nuclear Science and Technologyとして2015年の夏頃に発刊する予定となっている。

会議最終日には、敦賀(JAEA高速増殖炉「もんじゅ」)、熊取(原子燃料工業(株)、京都大学原子炉実験所)及び福島(福島第一)へのテクニカルツアーが開催され、多くの方々に参加をいただいた。

福島第一事故の後、我が国の原子力業界を取り巻く情勢は過去と比べものにならないくらいに激変しており、これだけ大きな国際会議を日本に誘致し、日本の産学官の炉物理界をあげて成功裡に運営できたことの意義は、極めて大きい。特に、福島第一事故後の日本の原子力への取り組みや実態などを直接見ていただき、かつ、感じていただいたことは、海外の方々に事故後の日本の現状を理解していただく上で、大きな意味があったと考えている。また、多くの日本の研究者が海外の研究者とたくさん交流を持つことが出来たことから、今後、様々な形でこの交流が特に若手世代を中心に発展していくことが期待される。さらに、このような大規模な国際会議を若い世代の方々と一緒に運営できたことは、世代間の技術伝承の観点からも大変有意義であったと考える。最後に、本会議に関わった多くの方々に主催者として感謝の意を表す。

(日本原子力研究開発機構 岡嶋成晃、  
京都大学 中島 健、2015年2月17日記)

1) 2015年3月にJAEA-Conf 2014-003として刊行された。

## 新刊紹介

### Nuclear Radiation Interactions

MIT 原子核理工学科の原子核物理の教科書

Sidney Yip 著, 361p.(2014.11),  
World Scientific Publishing Co.  
(定価 US\$74) ISBN 978-981-4368-07-0

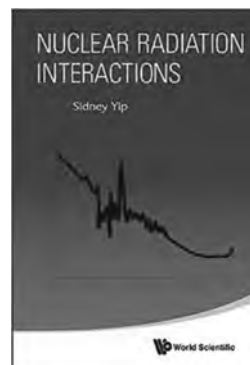
本書は大学院初年生向けの原子核物理学の教科書であり、MIT(マサチューセッツ工科大学)の原子核理工学科の Yip 教授(現在は名誉教授)の講義をまとめたものである。「多様なバックグラウンドを持って入学してくる学生が将来、核分裂炉、核融合炉、加速器、検出器システム等々の分野を目指しているため、核構造や原子核特性を中心とした伝統的な原子核物理よりは、中性子等の放射線と媒体物質との相互作用に力点を置いた原子核物理を教える方が良い」との観点から書名が決められ執筆されている。

本書は3つのパートから成り、Part 1「原子核物理のバックグラウンド」では、原子核物理の基礎、中性子断面積のエネルギー依存性に触れた後、Schrödinger 方程式を基礎にして原子核のエネルギーレベル、殻モデル、原子核の崩壊、反応断面積の初歩的な計算方法と光学ポテンシャルを用いた計算法について書かれており、その他、応用分野で必要な原子核物理の知識を網羅している。Part 2「放射線反応の基本過程」で

は、中性子散乱の基本、ガンマ線の散乱および電子対生成を含む吸収過程とガンマ線の検出、荷電粒子の媒体との相互作用を記した後、中性子反応時のエネルギー収支、複合核反応、核分裂反応の物理について述べられている。Part3は「放射線相互作用の累積現象」と題して、一連の相互作用の累積からなる中性子輸送方程式、中性子の減速・拡散・熱化、臨界計算が扱われている。巻末には各章に対する問題が集められており、これらの問題は宿題やクイズに出されたものである。MITでは、講義に付随して、宿題(提出後採点されて返却)、クイズ(学期内に数度実施される1時間の試験で採点后返却)、学期末試験(3時間)の成績が期首に示された重みで平均されて成績が決まるので、学生は徹底的に教育される。

原子核物理の教科書は和洋幾つかあるものの、残念ながら応用分野で働く研究者や技術者向けに書かれたものはなかった。本書は、正にそうしたニーズを満たすものであり、教科書として高度の完成度を持っており、傑作であるといえる。

(元三菱原子力工業・菅原 彬)



### 理系のための就活ガイド

山本佳代子著, 175p.(2014.10), 丸善出版.  
(定価 1200 円 + 税) ISBN 978-4-621-08858-6

副題に「業界研究, エントリーシート, 面接対策」とあるのを見て、懐かしがるか、それは何だといぶかるかで、読者の年代が知れるかもしれない。

本書は、著者によれば、ちまたに数少ない、「理系による理系のための就活支援」ガイドブックだ。昨今、大学によっては手厚い就職活動指導を行うところもある。学生もその時期がくると、社会人になるための勉強にまじめに取り組むのが一般的のようだ。市況はどうか。アベノミクスで経済は上向き、売り手市場といわれる。就職希望の学生にとり有利な社会環境ではある。とはいえ、理系学生は、文系と違って、授業と実験とレポートで忙しい。アルバイトをする時間も少なく、面接でアピールできるような個人体験が乏しい。

では、理系学生の就職活動対策はどうしたらよいか。本書は、学生が自分の“アピールポイント”を探し、コミュニケーション力を発揮して目的を達するための手立てについて丁寧に解説している。冒頭の3つはその大事なツールである。

「まだ社会経験を積んでいない学生のあなたの場合、最大

の武器は「理系である」こと」と、と著者は明言する。理系の専門知識や研究開発現場感覚の素養を活かし、コミュニケーション力を磨くことによって、活躍の場につながる選択肢がぐっと広がるという。目次では、「学部生らしい進路、院生ならではの武器」、「理系なら、就職活動はここに注意」の項目が目を引く。

また、「業界・企業研究」、「OB・OG 訪問、会社説明会」、「履歴書、エントリーシート、研究概要」、「面接」の項にも、実際的なノウハウが満載である。

しかし、本書の優れた点は、就活への取り組み姿勢を切り口にして、理系学生が社会と関わって生きていくことの意味や心構えについて、具体例をあげやさしい言葉で説いていることである。また、ともすれば文系有利といわれる風潮のなかで、理系ならではの強みを活かすことの大事さを訴えている。

本書は、理系学生にとり、社会で働く自分の姿をイメージするきっかけを提供する良書であると思う。

(日本原子力産業協会・木藤啓子)



## 意見交換の広場

## 本誌3月号の「知の統合」特集を感動して読み、今後に期待する

京都大学名誉教授 木村 逸郎

本学会創立総会からの会員として、わたしは毎月会誌を手にとって見るのが楽しみだが、「知の統合」特集の載ったこの3月号は感動して読んだ。世界の歴史にさえ残る福島第一原発事故から4年、本学会はこの事故に関連して深く反省し、その事故調査を始め、関連するいろいろな活動を行ってきているが、本特集もその一環として非常に重要なものと言えよう。

本特集を見てまず驚いたことは、執筆者がすべて本学会以外の方で占められていることである。本会誌ではもちろん、他の学会でもここまで徹底して外部の意見に耳を傾けた例はあまりないのではないか。

さて、本特集の冒頭を飾られた吉川先生は、日本学術会議の元会長であり、JCO事故に際して原子力安全委員会に設置された事故調査委員会の委員長も勤められた。ここでは、社会に対して助言のできる科学者の必要性を示し、特に原子力の専門家に訴えている。

一方日本学術会議の現会長として、先頭に立って福島第一原発事故の問題に取り組んでおられる大西先生の記事は、「各学会」の最初ではなく特別寄稿として吉川先生の次にお願ひすべきであったと考える。この中で大西

先生はこれまでの日本学術会議における原子力問題への取り組みを表示して詳しく述べられており原子力関係者は注目すべきことが多い。

次に、国会事故調の委員長と政府事故調の委員長を勤められたそれぞれ黒川先生と畑村先生が執筆されている。両先生とも、各事故調の内容についてはすでに本会誌に報告されているが、ここでは「知の統合」という主題に関連して述べている。まず黒川先生によると、「知の統合」とも言える国会事故調の報告書への反応が海外で高く、国内で鈍いという。一方、畑村先生は知識化の必要性と当然やるべきことを示している。

これに続いて約40もの学会等から、それぞれの取り組みを中心に見解などが述べられている。一々内容の紹介はできないが、日本地震学会の地震予知に対する考え方、日本環境学会の脱原発の方針など注目される。さらに、日本社会学会、日本心理学会、社会政策学会など人文社会科学関係の学会まで登場してまさに壮観で、読み応えがある。ただ、日本機械学会と日本放射線影響学会がないのが残念な気がした。

ここで「知の統合」の今後の進め方が問題である。ただ本学会はもともと「知の統合」に依拠するところがあるので、本誌で協力を得た外部の方々と共にその推進を図るべきであるが、特に日本学術会議との連携協力が適当であると思う。(2015年3月27日記)



## 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—  
(5月12日第10回編集幹事会)

## 【論文誌関係】

- ・4月期に英文誌へ49論文、和文誌へ3論文が投稿された。
- ・英文誌の新しい体裁を決めた。新規入稿分から移行する。
- ・学会賞論文賞への編集委員会推薦の進め方を改善することとした。
- ・JNST Article Awards内規、PNST出版要領の修正案を了承した。

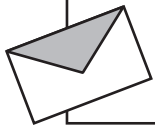
## 【学会誌関係】

- ・編集委員長より、平成26年度編集委員会の活動報告があった。
- ・2015年秋の大会での編集委員会企画セッションについて、編集長より報告があった。
- ・3月号の特集号に掲載された各学会や有識者からの記事を整理した資料の提出があり、編集長より報告があった。「知の統合」記事企画第一弾として、9月号に解説記事を掲載する予定。

編集委員会連絡先<hensyu@aesj.or.jp>



## 理事会だより



### 専門家集団としての大会，部会活動の活性化

日本原子力学会には専門的な学術活動を行なう拠点として、部会、連絡会、支部等が組織されています。学会員の皆さんは、「春の年会」「秋の大会」での発表、情報交換に加え、これらの専門的な学術活動にも積極的に参加してはいかがでしょうか。

現在、18の部会と5つの連絡会が活動しています。これら部会等は、皆様からいただいた部会費を配分することによって運営され、また、それぞれの部会ごとに独立した行事も実施しています。18の部会は、1)炉物理部会、2)核融合工学部会、3)核燃料部会、4)バックエンド部会、5)熱流動部会、6)放射線工学部会、7)ヒューマン・マシン・システム研究部会、8)加速器・ビーム科学部会、9)社会・環境部会、10)保健物理・環境科学部会、11)核データ部会、12)材料部会、13)原子力発電部会、14)再処理・リサイクル部会、15)計算科学技術部会、16)水化学部会、17)原子力安全部会、18)新型炉部会からなり、5つの連絡会は、1)海外情報連絡会、2)学生連絡会、3)原子力青年ネットワーク連絡会(YGN)、4)シニア・ネットワーク連絡会(SNW)、5)核不拡散・保障措置・核セキュリティ連絡会からなります。

#### 1. 年会，大会の活性化の取り組み

「春の年会」「秋の大会」での発表は、各部会等によるプログラム編成によってテーマ別にまとめられますが、相互に重要なテーマ、学会員以外にも広く知っていただきたい内容については、特別なセッションを企画しています。特に最近では、東京電力福島第一原子力発電所事故に関するテーマをまとめ、一部は一般公開を行い会員以外も無料で聴講できるようにしています。それぞれの専門について深く議論することも重要ですが、大きなテーマについて、部会の垣根を越えた相互協力を行なうための場としてもこれら企画セッションは有効に機能していると思います。また、企画セッションでは、海外の学会との合同セッションも開催されています。昨年度はフランス原子力学会やイギリス大使館との合同セッションが実施され、グローバルな視点での議論が行なわれています。

年会、大会が行なわれる場所も重要となります。開催場所は8つの支部(①北海道、②東北、③北関東、④関東・甲信越、⑤中部、⑥関西、⑦中国・四国、⑧九州)が輪番で担当しています。それぞれの場所に応じた特別講演がされるとともに、見学会の開催も魅力の一つです。2015年春の年会(日立：茨城大)では、東海第二発電所の安全対策設備見学に加えて、東京電力福島第一原子力発

電所の構内見学も企画され、多数の参加を得ました。

また、将来を担う若手としての学生の参加にも力を入れ、学生連絡会主催のポスターセッションを年1回以上開くことを目標としています。学生主体のポスターセッションでは、活発な議論を行なうため、各部会に協力を仰ぎ評価委員を出していただき、ポスター発表者との議論および優れたポスター発表の表彰を行なっています。

この他、部会ごとに優秀講演賞等の表彰を行い、学会発表に対するインセンティブを与えています。積極的な発表応募やよりよい発表を期待しています。

#### 2. 部会等活動の活性化の取り組み

部会等は、年会、大会以外にも活動を行なっています。

多くの部会が実施している夏期セミナーでは、それぞれの部会に関連の深い課題、タイムリーな話題、特定テーマに関する個別討論会等を盛り込み、部会員の活発な意見交換による知識の共有、課題解決を目指すと共に、参加者に交流の場を提供しています。

それぞれの専門分野での若手育成も部会の重要な活動です。合宿形式の勉強会(若手交流セミナー、週末基礎講座等)の開催や、韓国原子力学会との協力による日韓学生セミナーの開催等、国内のみならずグローバル人材育成を目指しています。

さらに、国際会議の主催や共催を実施し、国際的視点に立った議論ができる場も作っています。欧米およびアジア各国の研究者との学術交流を深めることで、国際的な社会貢献を果たしています。

専門の会報や部会誌を作成している部会もあります。専門分野に特化した記事、国際会議報告等を載せることで、部会員への情報提供を行い、論文記事に対する表彰も行なっています。

また、それぞれの専門を活かして、6件の特別専門委員会活動、9件の研究専門委員会活動、2件の調査専門委員会活動、福島第一原子力発電所廃炉検討委員会、福島特別プロジェクトが活動しており、研究開発の推進や標準の制定を支えています。

今後とも、皆様の積極的な参画、ご協力をお願いいたします。

(理事・部会等運営委員会委員長 出光 一哉)

「理事会だより」へのご意見、ご提案の送り先  
rijikaidayori@aesj.or.jp