

巻頭言

1 福島第一原発事故の前と後

松浦祥次郎

特集

原子力安全部会「福島第一事故に関するセミナー」報告書から

12 (第1報)報告書の概要

原子力学会の原子力安全部会は、福島原子力発電所事故を分析・評価するための「福島第一事故に関するセミナー」を8回にわたって開催し、その成果をまとめた。その内容をシリーズで紹介する。

阿部清治、関村直人、松井 務、村松 健

21 (第2報)福島第一事故の概要

福島第一原子力発電所の安全設計と地震・津波による影響、資機材の調達等を含む事故対応について述べる。

守屋公三明、宮田浩一、川本敦史

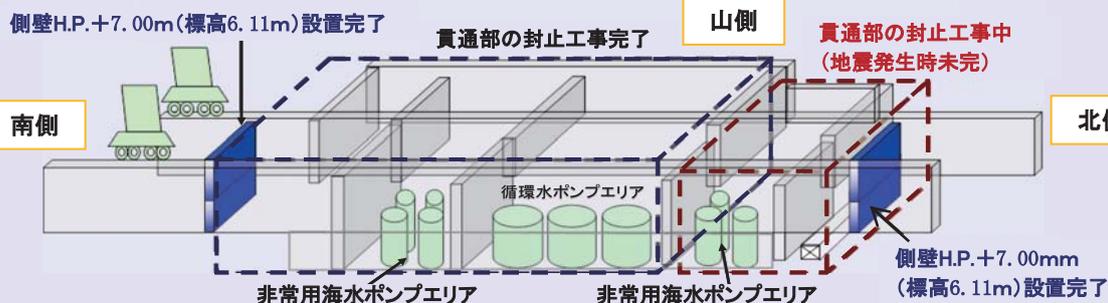
時論

2 原子力教育と研究：続けることの重要性

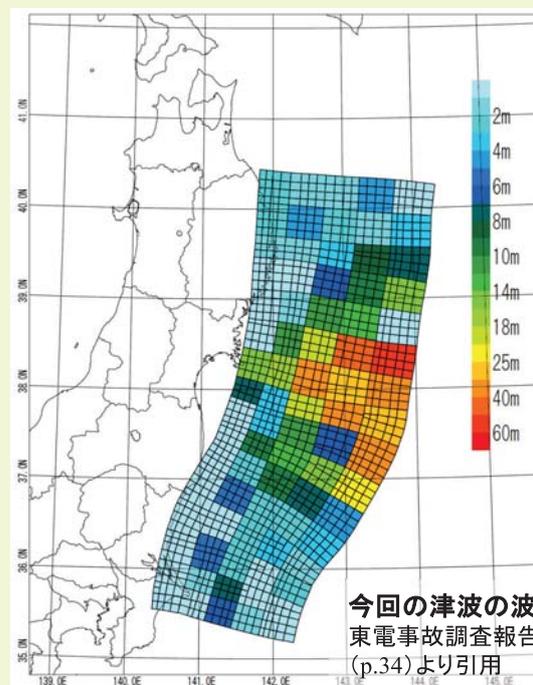
原子力に潜む怖さを謙虚に認識した上で、人類の英知を集め、科学技術の出来ることへの夢を持ち続けたい。
矢野豊彦

4 ターニングポイント 廃棄できない廃棄物

原子力発電所の事故以降、日本人の思想に静かな地殻変動が起きている。
マエキタミヤコ



事故前の東海第二発電所における非常用海水ポンプ室貫通部封止工事の実施状況



表紙の絵(日本画)「繚乱」 制作者 安藤 由香

【制作者より】 気高くも艶めかしく競い合うように一気に開花したまっ赤な薔薇に一時狂気を感じた。しかしいつしかその狂気のなかに、生命力という力強さを感じさせてくれました。狂おしくも美しいその生命力を感じていただけたら幸いです。

第44回「日展」へ出展された作品を掲載(表紙装丁は鈴木 新氏)

シリーズ解説 A
高レベル放射性廃棄物処分の可逆性と回収可能性(1)

29 可逆性と回収可能性はどういうことなのか

高レベル放射性廃棄物の処分については、可逆性と回収可能性が議論されている。地層処分の各段階における廃棄物の状態はどのようなものなのか。また、可逆性と回収可能性とはどういうことを意味するのか。 田辺博三



「R スケール」：地層処分場の状態変遷と廃棄物の状態、回収可能性/コストの程度、受動的/能動的の程度の変化を定性的に図示。(OECD/NEA R&R プロジェクトより引用)

シリーズ解説 B
高レベル放射性廃棄物地層処分の工学技術—技術開発から理解促進へ(3)最終回

37 技術開発成果を利用した理解促進

本シリーズ最終回は、地層処分の工学技術に関する技術開発成果を利用した、実規模、実物、実感、体感、理解などがキーワードとなる地層処分実規模設備整備事業の状況を紹介します。 朝野英一、齋藤雅彦



緩衝材定置公開試験の様相

6 NEWS

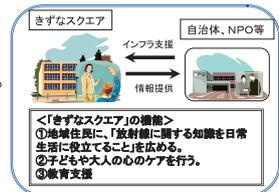
- 規制委、敦賀破碎帯で公開の検討会合
- 燃料デブリ取出し日程を前倒し
- 総合エネ調など3審議会を改編
- 学会会議、社会学の立場から提言
- ITER、「建設段階に移行」
- 東欧4カ国と原子力の安全で共同声明
- 学会新会長に堀池寛・阪大教授
- 海外ニュース

解説

42 「実用的な放射線文化」の醸成に向けて—福島における「きずなスクエア(仮称)」の提案

チェルノブイリ原子力発電所事故で大きな影響を受けたベラルーシでは、専門家が子どもや地域の方々と実際の放射線測定などを通じて「実用的な放射線文化」を醸成する地域情報センターを立ち上げた。原産協会では、その福島版モデルを検討している。

和田裕子、中田誠一
福本多喜子



46 核不拡散・核セキュリティ総合支援センターにおける人材育成

JAEAの核不拡散・核セキュリティ総合支援センター(ISCN)の人材育成事業で受け入れた参加者は33カ国1200名を超えた。ここでは同センターが行っている人材育成活動について紹介する。 直井洋介、濱田和子、野呂尚子

28 From Editors

51 平成25年度新会長あいさつ 堀池 寛

52 会報 原子力関係会議案内、主催・共催行事、人事公募、寄贈本一覧、新入会一覧、「原子力安全」調査専門委員会基金 寄附者芳名一覧、英文論文誌(Vol.50, No.9)目次、和文論文誌(Vol.12, No.3)目次、主要会務、編集後記、編集関係者一覧

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

学会誌ホームページはこちら
<http://www.aesj.or.jp/atomos/>

福島第一原発事故の前と後



原子力安全推進協会 代表、
日本原子力研究開発機構 理事長

松浦 祥次郎(まつうら・しょうじろう)

京都大学大学院工学研究科修了。日本原子力研究所理事長，原子力安全委員会委員長などを経て，2012年から原子力安全推進協会代表，2013年から日本原子力研究開発機構理事長。

原子力エネルギー開発利用における安全確保のための主目的が従事者と一般公衆を開発利用に伴う放射線障害のリスクから防護することであるのは当初から世界一般に強く認識されてきた。その目的を実現するための基本的枠組みとして，施設の計画・設計・製作・運営の全体系における深層防護システムの構築・保持，および安全確保を大前提とする安全文化の体現・向上・堅持が据えられてきた。安全確保のための，この基本的枠組みの根幹は当初から変化していないが，その重点や考慮範囲は開発利用の段階に応じて，特に大事故の教訓に則って厳格に改訂されてきた。

厳しい反省と教訓が銘記された典型的事故として，①ウインズケール炉事故(英国)，②SL-1炉事故(米国)，③TMI-2号炉事故(米国)，④チェルノブイリ4号炉事故(旧ソ連)が挙げられる。①では大量の放射性物質放出防止，②では反応度事故防止，③では作業員一機器関係改善，確率論的評価によるシステム内弱点把握，④では①，②の教訓に加えて運営における安全文化堅持の重要性が厳しく追求されることとなった。特にTMI事故前後，および，チェルノブイリ事故前後では事故の教訓が世界的なものとして，原子力安全確保の強化対策に大きな影響を及ぼした。

世界的な大事故となり，事故後2年半が経過しても避難者の大部分が自宅に帰れないでいる福島第一原発事故から我々は何のような啓示を受け，事故前後で我々の原子力開発利用への向かい方にどのように根本的改革を課すべきであろうか。事故直後からその原因を精査する活動が政府，国会，及び東京電力によって集中的に実施され，判明する限りの情報を含む調査報告書がそれぞれ公開された。これらに含まれる情報に基づき，内外の専門的機関及び専門家グループによって，今後の対応を如何になすべきかが検討され報告書が次々と公開されつつある。

これらの中で最もはっきりした，かつ厳しい認識は「事業者がなすべきことをなしておかなければ，このような事故が起こり得ることを，この事故は示している」というものであり，もう一方で「たとえ今回の事故の起因となった大地震や巨大津波のような超絶的な事象が発生したとしても，現在の軽水炉技術のレベルは設備的準備とそれを高度に活用できる組織的，技術的準備があれば，十分に対応可能なものである」との認識が示されている。即ち，福島第一原発事故後で何より重要な教訓は「公衆を放射線障害のリスクから防護する」という従来の安全目的に加えて，「公衆の生活環境の防護，社会的防護」を確実にすること，即ち過酷事故発生防止の実現性について社会的信頼を得ることである。

これには，政府の強制的安全規制が厳しければ十分というわけではなく，原子力開発利用に関わる産業界，学界の関係者が安全確保について「INTEGRITY：完全性，統合性，誠実さ」を強靱な忍耐力をもって，自発的に追求する安全文化，むしろ「安全道」とも言うべき実践的挑戦に立ち向かうことが不可避になる。これはまた，機器・設備の高度化，強化のみでなく，人為的側面の特性，即ち個人的及び組織的特性(リーダーシップ，組織的実効性，レジリエンス，実効的ガバナンス，情報共有，先見性，洞察能力，業務達成力，現場経験活用等々)の強化が重要な課題となる。過去の我が国原子力開発利用におけるINTEGRITY不足を今後決定的に改善しなくてはならない。

(平成25年7月28日 記)



原子力教育と研究：続けることの重要性



矢野 豊彦(やの・とよひこ)

東京工業大学 原子炉工学研究所長
東工大大学院無機材料工学専攻昭和55年修了，工学博士。長岡技術科学大学助手，東工大原子炉研助手，助教授を経て平成14年教授，平成25年より現職。専門は原子力材料。原子力学会論文誌編集長。

平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震と、福島第一原子力発電所の炉心溶融に至った過酷事故は、甚大な被害を及ぼし、今もって多数の国民が避難生活を余儀なくされている。マグニチュード9.0という史上まれに見る大規模な地震とそれに伴う巨大津波により、2万人近くの尊い命が失われ、また多くの家屋が倒壊した。巨大地震およびそれに伴う巨大津波という自然の猛威には、容易にはなすすべを見つけれないが、地殻変動の特に激しい、それゆえに山河、海浜、温泉などの自然の美しい日本に住む国民として、大自然の災禍は必然的に背負わなければならないリスクである。しかしながら“想定を超える”津波による原子力発電所の炉心溶融事故は、防ぐことは出来なかったのか？“想定される事象”に対応する安全対策は優先して行われていたはずであり、それは地震により原子炉が正常に停止したことからも分かるが、“最悪の事態”を意識的あるいは無意識的に除外していたように思う。どうしてそうってしまったのかについての意見は種々あるが、二度と繰り返さないようにしなければならない。原子力研究を使命とする研究所に身を置く研究者として、悔しい思いとともに、本当に申し訳なく思う。

21世紀中葉には、アジアやアフリカ等の開発途上国における人口の急激な増加と、それら地域の劣悪な生活水準が、基本的人権として担保されるべきレベルまで向上することが重なり合って世界のエネルギー消費を急激に増加させ、エネルギー問題、食糧/水問題と共に大きな地球環境問題を引き起こすことが1970年代初頭から危惧されており(成長の限界：ローマクラブ報告書)、その状況は今も少しも変わらない。そのなかでも特に化石燃料の大量消費に伴う大気中の二酸化炭素濃度の上昇は、地球温暖化や異常気象を引き起こす要因であることが指摘されている。必要なエネルギーを確保しつつ温暖化ガス(発展に伴う有害廃棄物の一つ)の排出を削減することは、将来にわたり人類が地球に生き続けるための大きな課題であり、“大気汚染”に対してクリーンな原子力への大きな期待が寄せられていた。しかしながら、福島第一原発の事故で、原子力のもっとも危険な面がさらけ出さ

れてしまった。事故は、原子力が決してクリーンなエネルギー源ではないことを体験として国民に知らしめた。我々研究者は、科学者としての原点に立ち戻り、原子核に閉じ込められていたエネルギーを解放するという行為に内在する危険性を謙虚に再認識し、より安全性の高い原子力システムを再構築しなければならない。まずは、専門家として一日も早い復興への課題に取り組むことが肝要であり、さらに過酷事故の経験から多くを学び、原子力への信頼を取り戻すべく、研究・教育活動を続けていくことが必要である。歴史的に見れば、日本は過去に開国や関東大震災、第二次大戦等と何度も国の存亡にかかわる危機に直面し、それを乗り越えることにより発展してきた。その度により強い、より良い国になってきたと思う。今回の震災も必ずや乗り越えなくてはならない。そのためにも、良心をもった科学者として公正に判断し、国民に伝えていくことが重要である。

福島事故を契機として、原子力利用を継続するか否かの選択を迫られているが、今それを性急に決めることは正しくない。福島事故のもたらした功罪のうち、功の部分は何かというと、原子力は、政府や電力会社を含め一部の人が推進してきた、あるいは信じ込ませてきた、絶対安全で“特別なもの”では決して無く、良くも悪しくも結果的に広く市民に認識されたことで、ようやく“特別なもの”から“広く知られているもの”になったと捉えることができるようになったことであろう。なにか分からない複雑で特別な技術から、図らずも危険を感知できる技術になったことで、ようやく正当に良否の判断が出来る段階にきたのだと思う。今は、それに至るまでに払った犠牲は極めて大きく、とうてい許容できないと思う人が圧倒的に多いかも知れないが、技術の発展は、往々にして多大な犠牲を払ってきたのも歴史的には知られている事実である。船舶、鉄道、航空機、自動車、宇宙ロケットなどは分かりやすいが、鉄を作るにも、ガソリンを作るのにも、あるいは化学薬品や薬でも、成熟するまでには幾多の事故や多大な犠牲があったのが紛れもない歴史的事実である。でもこれらの内、現在使うのをやめている技術は、有機水銀などの一部の有害な化学物

質を除き、ほとんど無いのではないか。それは、何故か？を考えるべきであろう。原子力も特別なものから、みんなが考えることの出来る技術となったことで、その功罪が、他の幾多の物質や技術と同じように判断されていくのだと思う。

筆者の考える「何故か？」の答えは、それらの科学技術が事故や失敗を学ぶことにより、事故に至った原因や経過を知り、それを繰り返さないように、科学技術的な所は改善・改良に努め、また、より過酷な状況を常に考え、それに対応できるように不断の努力でシステムを改良してきたからである。新しい技術がほぼ成熟し、その技術自体から発生する事故が極めて低いレベルに到達するには、長い時間が掛かるのが普通である。鉄道や船では数百年かかったとも言われている。エンリコ・フェルミがウランの核分裂連鎖反応を実証(1942)してから70年、初めて発電したのが1950年代、日本に初めての原子力発電所ができたのが1966年である。まだ、50年も経験していないのである。軽水炉が“成熟した安全な”技術だといふからなくなってしまったのであろうか。社会的な考察は他に譲るが、科学者・技術者の認識として、まだまだ成熟していない技術であり、今後絶え間ない改良が必要であることは明白である。ましてや、バックエンドの問題はこれからの課題であり、核燃料サイクル技術の成立とその成熟にはまだまだ路半ばである。しかしながら、未熟だから“大事故”が起って当たり前と言っているのではない。起ってしかるべき種々のトラブルを、対症療法的にのみ解決するのではなく、基礎基盤に戻り、改善や改良を行っていくことでもっともっと事故に対して裕度の高いシステムにできていたはずであったと思うのである。

科学技術、特に工学的な部分に関しては、もうそれ以上改善の余地は無いという“完璧”な状態という分野は少ないのではないだろうか。特に原子力システムのような極めて巨大で、しかも“核エネルギー”を扱うというシステムにおいてや如何に。毎年何千万台も製造される自動車においても、日夜改良が加えられている。発電炉では50年前の技術で造られたプラントを使い続けていることに、もっともっと危機感を持つべきであったろう。開発途上であることを認識して、膨大な資金は掛かるにしても、もっと早くモデルチェンジ(リプレイス)を進めるべきであった。

福島事故以降、原子力離れが加速し、技術者や研究者が急速に減少してしまうことを恐れる。技術の多くは、経験から導かれた成果である。伝統工芸の世界では、熟練した職人がいなくなると、その技術は継承されず、消滅してしまう。原子力のプラントにおいても、それぞれの部分部分で幾多の改良が重ねられてきたと思う。経験

と研鑽と努力の積み重ねで、一步一步登ってきた途中であろう。その技術なり、経験なりを継承できなければ、二度と造れなくなるであろう。技術の継承や改良には、それを担う相当数の人材が必要であることは言うまでもない。我々、大学に身を置く教員にとって、途切れることなく研究を進めることと、原子力人材の継続的な輩出が、最も重要な役割であると思っている。

東工大原子炉工学研究所の教員は大学院理工学研究科原子核工学専攻を運営している。同専攻は昭和32年に設置されて以来、一貫して名称を維持し、原子力人材を輩出してきた。平成15～19年度に「世界の持続的発展を支える革新的原子力システム」をテーマとした21世紀COEプログラムに、原子力関連では全国で唯一採択された。平成20～22年度には大学院教育改革支援プログラム(大学院GP)において「個性を磨く原子力大学院教育システム」が採択され、主として修士課程の教育改革が実施された。さらに、平成23年度後半からは博士課程教育リーディングプログラムにより「グローバル原子力安全・セキュリティ・エージェンツ養成」が原子核工学専攻単独の運営により7年計画でスタートし、原子力の安全を基幹として博士課程に新しい教育課程を設置した。このように、人材育成に関しては、事故後も支援が多いのが幸いである。原子核工学専攻を基盤にしたこれらの取り組みを通して、福島以降の原子力を背負っていく若者の育成に取り組んでいくこと、途切れずにそれを続けることが重要であると確信している。

教育においては、原子核に内在するエネルギーを取り出すという科学的に極めて特異な原子力研究の魅力を伝えるとともに、それ故に付随する原子力の怖さも十分に熟知させ、その怖さを身をもって感じた上で、人間の知恵なり、人間が解きほぐした科学や積み重ねてきた技術を駆使して、原子力施設を安全に管理し、運営できる人を世の中に輩出していきたい。福島の廃炉技術開発も、後ろ向きに捉えるのではなく、今後、必ずや世界中で必要となる技術であるので、その矛先となり手本を示してほしい。また、既存の軽水炉にとらわれず、基本に戻り理想を追求し、格段に安全性を高めた原子炉を実現してほしい。第二次大戦後、わが国の原子力研究が始まった当初の研究者は、広島、長崎の原爆の恐ろしさを熟知していた世代であった。それが世代交代を繰り返してきた中で、原子力の輝きと共にその怖さをどこかに置き忘れてきてしまったのではないか。福島事故を振り返ってみれば、それが潜在要因になっていたのかも知れない。原子力に潜む怖さを謙虚に認識した上で、人類の英知を集め、科学技術の出来ることへの夢を持ち続けたい。

(2013年6月13日記)



ターニングポイント 廃棄できない廃棄物



マエキタ ミヤコ

コピーライター、クリエイティブ・ディレクター、環境保護運動家
1987年慶応義塾大学経済学部卒業、同年電通入社。2008年に電通退社後、2008年から2010年まで東京外国語大学大学院助教。2002年よりサステナ代表。

核廃棄物は国民ひとりあたりで割ればごく少量、だからどうとでもなるといった感覚は。

環境広告コピーライターの私が、原子力委員会を傍聴していて、あっこれは、と思ったのは核廃棄物に関する発言だった。核廃棄物処理の議論が遅れた理由を聞かれ、核廃棄物と言っても国民一人当たりで割れば数グラムなので、たいして大きくないのです、だからどうとでもなると思っていたようなところは確かにあります、というような話をその委員はした。ああ、なぜそれはトンデモナイと私は思うんだらうとそれ以来、考えてきた。

原子力発電所の事故以降、日本人の思想に静かな地殻変動が起きている。

これまで断固として当たり前だという顔をして存在していた隠蔽や密約やオースリティが重さを失い、ふわふわと夢遊病者のように勝手に窓から出て行ってぺらぺらといきさつを喋ってしまうようになった、そう感じている人も多に違いない。この軽さが、日本にとっては奇異かつ希望でもある新しい対等感の特徴であり、多様性と寛容性の始まりであり、情報公開と国民の知る権利という国際的な文脈での民主主義の必須要素である。

廃棄できない物を廃棄物と呼んではいけない。

核廃棄物という言葉も再考するようになった。核廃棄物を除く通常の“廃棄”物は自然へ還って行く。人間の食べ物も、人間も、数週間あれば土に還る。人体も含め循環型社会の一要素という所以である。が、まだ宇宙戦艦ヤマトがイスカンダルから放射性物質除去装置をもらってきていない今のところ、放射性物質は除去できず、自然へも還っていかない。除去できないし除染もできない。廃棄したい除去したい除染したい、でもできない。そんなもどかしさや欲求不満が、核廃棄物や使用済み核燃料という絶妙な名前を産んだ。いや珍妙というべきか。「廃棄物」という名前は狡い。「廃棄」できるような誤解を招く。

わざわざ誤解を招きすぎるネーミング。

「使用済み核燃料」という言葉も事故後テレビで女子アナが「なんで“使用済み”なのに燃えるんですか!」と言ったことで不適切さが露呈した。使用済み核燃料は燃えない、と普通の人々が“勝手に誤解”してしまうのは通常、燃料は燃やすための物であり、燃やして使えなくなった、もう燃えなくなったものを使用済みと呼ぶからである。常識的には紛らわしい名前のおかげで50年は平穏だったが、事故で一転、原子力は胡散臭い、一般生活社会と相容れない、というイメージが全面に出た。振返ると、あたかも安全であるかのように装った、いかにもトリッキーな名前である。それほど確信的でないにせよ、穿った見方をされる分、運が悪い。

ひごろ廃棄物に向き合う時間は人によって違う。

オムツを換えてとダンナに赤ちゃんを渡すと、素直に変えるときと、うわっと小さく叫んで、やっぱ頼む、と返してくるときの2種類があった。前者はおしっこ、後者はうんちである。職場に復帰したら局長が、オレもオムツ換えたぞ、と言うので、それっておしっこですかうんちですかと聞いたたら、そういえばもっぱらおしっこだったな、と素直に答えていた。それは奥さんがおしっこだからと判断後に、局長に渡していたんですよ。うんちのときはきつとご自分で換えていたんでしょう。うんちも換えなくちゃ一人前じゃありません、と言って二人で笑った。

赤ちゃんはおしっこもすれば、うんちもする。おしっこだけでなくうんちに向き合う男親と女親の時間を比較すれば、女親の方がおそらく長い。原子力関連の人のうんちに向き合う平均時間は一般平均とどのくらい違うのか知りたい。それは生活感の一指標になるのではないかと思っている。

代わりにやってあげるという優しさの代償。

台所も廃棄物と向き合う場所である。野菜を剥けば野菜クズ、食べ残せば残飯。毎食それらをどう処理するか、なるべく楽に自然に還るよう土に埋めたりミミズに食べ

させたり、別の料理にリフォームして振舞ったり。牛乳パックは回収へ、トレーは買い物の際にスーパーの入口へ、ペットボトルの蓋は角のお肉屋さんの店先で途上国へ寄付されるワクチンへ。廃棄物は作法に従ってそれぞれの行き先へ届けるからこそ、順調に引き取られていく。誰かがなんとかしてくれる類の話ではなく、そこに交渉や構築という過程がある。美味しいものを生み出す台所の舞台裏では、厳しいゴミ処理の現実が日々展開され、多くの人の手をかりることで、ゴミは自然に戻されている。ゴミ処理を怠るとあつという間に家はゴミ屋敷になる。そうならないのは、代わりに片付けてくれる人がいる家。不幸にして代わりに片付けてくれる人がいない場合はどうなるか。まさにそのようにして日本はいまや核のゴミ屋敷と化している(注：暗喩)。

専念の功罪。

なにかに集中専念することは素晴らしい。けれど生活感がないと元も子もない。子どもやダンナが勉強や仕事に専念できるようにと代わりにゴミを片付けてあげたお母さんを悪者にしないためにも、ゴミ処理にも責任を持つ、生活感のきちんとある人になろう。歳をとった今でも遅くない。人は死ぬまで成長できるから。

たてわり、のち、たこつぼ。

原発事故で驚いたのは、原子力のことをまんべんなく知っている人が居ない、ということだった。原子力理論に詳しい人と原子炉の設計に詳しい人は違い、事故のときにどうしたら冷却できるかを知る人はさらに違い、さらにベントで放出された後の放射性物質が人々の健康にどのような影響を与えるかを知っているのはまた別の人で、原子力発電が電気料金で言えば高いか安いかを計算している人はまた違い、原発労働者の被曝量に詳しい人も別の人で、核燃料サイクルがどうなるのかの担当も別の人、自然エネルギーで発電するとすると電気料金がどうなるのかを話せる人はまた違い、議会で決められることと、民間私企業が決められること、それを知っているのは誰なのかを知っている人はそれぞれ違った。ワンストップを掲げている所がひとつもなかった。横の連絡を取らないばかりか、各専門分野の連絡を妨げ、わざと縦割りするかのようになり、安全神話や電力会社の情報非開示や隠蔽やマスコミの怠慢やフリーランスジャーナリストへのカミソリ入り封筒や脅迫電話や文科省プロパガンダや経産省プロパガンダや経団連プロパガンダが挟まってくる。なぜ執拗に縦割りにするのか。それは全容を把握してしまうと当事者が可哀想なことになるからなのではないか。

共犯のカケラ。

活断層、健康被害、耐震偽装、低線量被曝、原発労働者の被曝、過剰に詰め込まれた使用済み燃料プール、メルトダウン汚染水、核燃料サイクル不正、隠蔽、嘘、情報開示拒否、海洋汚染、食品汚染、原発難民、偽装除染、故郷喪失、引き裂かれる家族、子どもたちやお母さんお父さんの不安、食品不安、失業、原発関連死、被災地住民への賠償、電力会社の原子力部門の不良債権化、無保険状態、マスコミの隠蔽、選挙マネーに流れる原子力補助金、脅迫、いやがらせ、押しつけ、強要、強引、公民館やスポーツ施設、宿泊施設やPR館、たかりの構造、決まらない最終処分地、世代間倫理。挙げれば実にうんざりするこれら現場の胸の内にしまっておくべき小さな怠慢や欺瞞や知らんぷりや嘘は、大きな塊を隠すためわざわざ砕かれ、それぞれ生真面目で良心的な市民に里子として預けられた共犯のカケラだったと考えられないか。散り散りバラバラにしてしまえば、良心の呵責も小さくなる。自分だけが言ってなんになるだろう、みんなもそれぞれ小さな共犯者、買収された者なのだから、黙ってお墓に持っていけばいい。そう考える人を責められるのは誰だろう。せせせせと共犯者を増やし圧倒的多数を占めれば反対は出まい。そうだ、その通りだ。が、それでも最終処分地は見つからなかった。そして事故は起こった。共犯と買収の壮大な計画は破綻した。そして後片付けが始まった。

日本の食べ物の美味しさ、豊かさは、地震などの自然災害の豊かさに起因する。

研究者は善良に誠意を尽くし人為の限界まで頑張った。原子力は未完の技術だった。毒の制御ができないまま社会へ出ていった。止めた研究者もいた。社会へ出した人たちは活断層のことも大地震のことも日本がそれら災害によって自然が特別豊かな国になりその恩恵で暮らしてきたことも知らなかった(これまでの日本の政治家が極端に自然に疎かったのは原子力盲信国策のせいではないかと私は考えている)。倫理基準として機能すべき政治が未熟だった。普通選挙が始まって間もなかったため選挙者の判断情報を調達するしかるべき機関がまだきちんと機能していなかった。その歴史のはざまに魔がさして50年。“常識”が形成されるには十分な時間だ。事故で“倫理と理性”が目覚めて2年。たったの4%だ。それでも転換は始まっている。

続きは、11ページに掲載。



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(奥付欄掲載)または編集委員会 hensyu@aesj.or.jp まで情報をお寄せ下さい。資料提供元の記載のない記事は、編集委員会がまとめたものです。

規制委、敦賀の破砕帯で公開の検討会合を開催

原子力規制委員会は7月24日、日本原子力発電が7月11日に提出していた敦賀発電所敷地内破砕帯の調査に関する報告書について、その内容を精査し論点を整理するため、公開の検討会合を開くことを決めた。規制委員会では、その結果をふまえて、その後の対応を検討する。

また規制委員会は25日、原子力発電所の新規規制基準適合性に係る審査会合を開き、九州電力の玄海発電所3,4号機の申請内容に大きな不備がないことを確認した。これにより両機と同電力の川内発電所3,4号機、北海道電力泊発電所3号機、四国電力伊方発電所3号機の計6

基の安全審査が先行することが決まった。

なお規制委員会は玄海3,4号機について、対象となっている破砕帯すべての調査・評価に関わるデータの提示や、海域の活断層以外の波源による津波の評価、モニタリングの対象となる火山すべての火山活動の予兆をとらえるための観測方法の提示、緊急時対策所のスペースや運用方法、安全を確保するための全社的体制の説明などが今後の論点となることを示した。

(原子力学会誌編集委員会)

中長期ロードマップ、燃料デブリ取り出しを前倒し

政府の福島第一原子力発電所事故炉の廃止措置に関する対策会議は6月27日、廃炉への取組を加速させる改訂版中長期ロードマップを決定した。1~4号機ごとの状況に応じたスケジュールを検討し、燃料デブリ取り出しの開始目標を前倒し、地元とのコミュニケーションを強化する。

11年12月の事故収束に向けた道筋「ステップ2」の完了を受けて策定された中長期ロードマップで、「10年以内を目標」とされていた燃料デブリ取り出しについては、リスク低減のため、可能な限り早期に進める考えから、今般、復旧状況や耐震安全性等を考慮した複数のプランを検討した上で、最速ケースで1年半前倒しの20年度上半期開始と設定されている。

また、これらプラント関連の進捗と合わせ、地元関係

者との情報提供・コミュニケーション強化の観点から、福島県、周辺自治体、有識者らの参画する「廃炉対策推進会議福島評議会」を設置するほか、機器・用品等を長期的に担う地元企業の育成・新規設立、マッチングの場等を通じ、地域経済の活性化、雇用の創出にもつなげていくことも掲げた。

廃止措置に向けた取組は「終了までに30~40年程度かかる」としている。今後、関連の現場作業、研究開発を進めるにあたっては、基盤研究プロジェクトの推進を行うだけでなく、中長期的視点で人材確保・育成を図る上で、より強力なリーダーシップを発揮できる中核拠点を重点分野ごとに選定し、政府、研究機関、民間企業が共同で研究を進めていくことも重要だとしている。

(資料提供：日本原子力産業協会、以下同じ)

経済産業省、総合エネ調など3審議会を改編

経済産業省は産業構造審議会、総合資源エネルギー調査会、中小企業政策審議会の3審議会について組織を改編する。これまで計194あった会議体を105に絞り込むなど組織をスリム化し、政策分野ごとの分科会に再編する。これによってテーマを明確にし、政策課題を集中的・効率的に審議するのがねらいだ。関係政令の6月25日閣

議決定を受け、7月1日の施行。

総合資源エネルギー調査会では、エネルギー政策全般の審議を行ってきた総合部会を需給部会と統合して「基本政策分科会」に、電気事業分科会下にあった原子力部会を「電力・ガス事業分科会」の下に「原子力小委員会」と衣替えする。

学術会議、社会学の立場から原災復興で改善求める

日本学術会議の社会学に関する専門家分科会は6月27日、原子力災害被災地の回復と復興のための「取組態勢

改善」に向けた提言を公表した。被害実態の検証に長期間を要し、健康影響に関する科学的見解が不一致といっ

た原子力災害の特異性に鑑み、低線量被ばくの長期影響に対する統合的・科学的検討、避難者の生活拠点形成と地位保障のための「二重住民登録」制度など、「社会学の持ち味」で具体的政策提言を取りまとめたもの。分科会を率いた船橋晴俊氏（法政大学社会学部教授）が同日、学術会議本部で記者会見を行った。

同専門分科会では公開シンポジウムや合同学会の開催、被災地住民からのヒアリングなどを通じ、震災の被害構造と日本社会再建の道を模索してきた。特に大地震が引き起こした福島原子力発電所事故は、国民の心身における不安、家族の生活設計の破壊、地域社会の解体など多重なレベルの被害を引き起こしており、「災害史上の中でも極めて特異」だと指摘。日本がこれまでにたどってきた災害経験の歴史的進展に伴う形で段階的に整備されてきた「既存の法体系では対処できない」との考えから、社会学の立場で原子力災害からの回復と復興に関する具体的提言の取りまとめに至った。

専門分科会の提言はまず、原子力事故で生じた重大な

問題として「科学および政府への信頼感の喪失」を指摘。原子力災害復興への重要課題となる心身の健康問題、生活再建、地域再生について提言を述べた。これらの課題を達成するため、低線量被ばくの長期的影響に対する統合的な科学的検討の場の確立を掲げ、多様な見解を持つ専門家たちが賠償問題と切り離して議論を掘り下げていく必要を求めている。学説が分かれることなどに関して船橋氏は、「競合中であれば、それを発信する必要」も強調した。

このほか、水俣病の教訓を踏まえ、被災者の長期的健康管理や支援措置とリンクした「被災者手帳」の交付、住民参加を重視する「継続的訪問調査」の実施を求めている。さらに、現在当面行われている避難先での「居住証明」発行では、住民の権利保障には不十分だと指摘。「二重住民登録」制度導入により、避難先での住民登録とともに、居住していた自治体の住民としての地位を付与し、復興計画策定などの決定過程に参画する仕組みの整備を提案している。

ITER 理事会、「建設段階に移行」との見解

ITER 理事会が6月19、20日、都内で開かれ、機器・システムの製造進展の状況を踏まえ、「ITER 計画は完全な建設段階に移行している」との見解を発表した。参加7極の代表が出席した理事会ではITER 計画のスケジュール、予算等を確認し、9月にはフランスの建設サイトで閣僚級の特別会合を開催することを決めた。

フランスのカダラッシュに建設が進められているITER は2020年の運転開始、27年の核融合反応達成を目

指している。今回の理事会ではサイトにおける施設整備、機器製造の進展を歓迎し、メインとなるトカマク建屋の建設が開始されたことなどが確認された。また、これらに関する主要な契約締結が進展し、大型機器搬入が14年中にも見通されたことなどを評価。日本が調達分担当するトロイダル磁場コイルについては、計画に必要な分の90%が製造され、「大きな進捗」としている。

安倍首相、東欧4か国と原子力の安全向上で共同声明

安倍晋三首相は6月16日、訪問先のポーランドで同国のほか、チェコ、ハンガリー、スロバキアの4か国(V4)との首脳会合「V4+日本」を行った。今後の協力枠組みの強化とともに、エネルギー関係では日本が福島発電所事故を踏まえ、世界規模で原子力安全強化に貢献することなどを盛り込んだ共同声明を発出。EU 諸国の中で相対的に高い経済成長を維持しているV4と日本との

間で、ともに協力していくことで一致した。また、各国首脳らとの二国間会談も行われた。

V4 諸国のうち、チェコ、ハンガリー、スロバキアで原子力発電所が運転中、ポーランドでは、石炭への依存低減のため、20年代の導入を目指し現在、サイト選定が進められている。

新原子力学会会長に堀池 寛・阪大教授

日本原子力学会は6月21日の通常総会で、大阪大学工学研究科教授の堀池 寛氏を新会長に選任した。堀池氏は会長就任に際し、原子力事故の影響で、専門家の発言が社会から非難を浴びることもあるとする一方で、「傍

観し沈黙したままでは原子力の危機は乗り越えられず、日本の国力を危うくしてしまう」として、使命感を持ち、社会への積極的な情報提供を行う学術・技術専門家集団を先導していく決意を述べた。

海外情報 (情報提供：日本原子力産業協会)

[米国]

ミッドアメリカン・エナジー社が 小型モジュール炉建設でFS

米国の著名な投資家、W・パフェット氏の傘下にある電力・ガス供給大手のミッドアメリカン・エナジー社は6月4日、アイオワ州で2010年に開始した小型モジュール炉(SMR)を含む新たな原子力設備の開発実行可能性調査(FS)を完了した。

主な結果として、(1)原発受け入れに適するサイトを複数発見、(2)CO₂の排出に制限や税がかけられる場合、SMRは他の電源よりコスト効果がある、(3)新たな原子炉技術の安全性能は非常に高い——など、原子炉開発に大きな問題のないことが判明。しかし、「CO₂の排出規制や新たな原子炉設計の規制審査に不確定要素がある点を考慮すると、原子力を含めた将来の発電オプションで、さらなるサイト調査を直ちに推し進めるのは時期尚早」との結論を導き出している。

NRC, BWR 事業者対象へのベント 改善指令を改定

原子力規制委員会(NRC)は6月6日、福島第一原発と同じマークⅠ、Ⅱ型格納容器を有する米国内のBWR 31基の運転事業者に対する昨年の指令を改定し、事故時の圧力、温度、水素濃度および放射線レベルを管理可能にするベント・システムの要求指令を発令した。

昨年3月にNRCは福島事故後初めて、3種類の安全強化指令を発令。そのうちのひとつが31基のBWRを対象とするもので、Ⅰ型原子炉ではベント・システムの改善を、またⅡ型ではそうしたシステムそのものの設置を義務付けていた。

しかし今年3月には、1基当たり1,500万ドルと言われるフィルタ設置を一律に義務付けるのではなく、産業界や議会の意向を汲んで差し当たり1年間の技術評価期間を設定。フィルタ設置のほか、既存システムの冷却性能向上などを通じたアプローチの両方を考慮するようNRCスタッフに指示した。

今回の要件はこうした流れを受けて昨年3月の指令を改定する内容。炉心損傷時に発電所従業員がベント操作可能となるよう要求するとともに、(1)事故で生じた蒸気を液化する圧力抑制プールの性能改善を発電所毎の燃料交換スケジュールに応じて2014年6月までに完了、(2)ドライウェルのベント・シナリオを分析し、必要な場合は17年6月までにベント・システムを設置しなくてはなら

ない——としている。

NRCスタッフはこのほか委員会の指示で、31基のBWRで格納容器の健全性を保持するプロセスの改善と、ベントされたガスから放射性物質をフィルタリングするための機能強化で戦略の実行規則を策定中。今月後半にも公聴会を開催し、同規則の技術基盤および安全強化指令を遵守するためのガイダンス準備で協議を行う計画だ。

NRCが燃料プールへの地震影響調査、「大地震でも冷却性能は無事」

NRCは6月24日、マークⅠ型格納容器を有する米国内のBWRの使用済み燃料貯蔵プールで設計基準を超える地震が発生した場合の影響調査報告書案を公表し、30日間のパブコメに付した。結論として「深刻な地震によりプールからの放射能放出に至る確率は1000万年に1回」とするなど、周辺住民に被害が及ぶ可能性は低いとした。一般からのコメントを盛り込んだ最終報告書を作成した後、福島事故の教訓を採り入れた活動の一環として使用済み燃料貯蔵プールに関する広範な規制判断上の分析に役立てる方針だ。

同報告書案はまず、福島事故では使用済み燃料貯蔵プールとプール中の燃料集合体は無事だったとした上で、米国内では使用済み燃料の安全な貯蔵方法や、燃料をプールから乾式貯蔵キャスクに早急に移送するようNRCが要求すべきかなどの課題が浮上したと指摘。このためNRCの原子力規制研究局は、米国内で福島と類似のプールを有する原子力発電所、およびマークⅠ型格納容器を有するBWR23基について、使用済み燃料貯蔵プールの設計基準や福島事故時のものを数倍上回る強力な地震、および仮想事故によるリスクと影響の調査を実施した。

同調査ではまた、プール内に使用済み燃料が満杯の場合と、集合体の間に隙間ができるほど数が少ない場合を比較。プールで冷却水喪失を引き起こすような地震など、起こりにくい事象発生時の冷却水補充といった緊急時手続きについても検証を行っている。

結果としてNRCの報告書案は、「非常に強力な地震であっても冷却水が失われるほどプールが損傷する確率は低い」と指摘。地震によりプールから放射能が放出される可能性は1000万年に1回、もしくはそれ以下のオーダーとしており、たとえ特定のプールが損傷を受けた場合でも全体として使用済み燃料は安全に冷却されると保証した。燃料の損傷につながるケースにおいても、「既存の緊急時手続きにより周辺住民の安全は保持される」

と断言。そうした手段としては広大な潜在的汚染区域からの住民退避などが含まれるとした。

上院議員 4 名が超党派で廃棄物処分法案を提出

米議会・上院の議員 4 名は 6 月 27 日、全米各地の原子力発電所サイトで貯蔵中の使用済み燃料を安全に管理・永久処分するための包括的な法案を超党派で提出した。

膠着状態にある同課題を解決するため、専門の連邦機関の創設や地元の合意に基づく中間貯蔵施設と深地層最終処分場の建設など、ユッカマウンテンに代わる管理処分対策を検討した政府の有識者特別(ブルーリボン)委員会の勧告を早急に実行に移し、連邦政府による廃棄物管理責任を速やかに果たすことを目的としたもの。これを受けて、上院・エネルギー天然資源委員会は 7 月中に同法案に関する公聴会を開催するとしている。

今回「放射性廃棄物管理法 2013」を提出したのは、エネルギー天然資源委員会の R・ワイデン委員長(民主党)のほか、同じ民主党員の D・フェインSTEIN 議員、および共和党の L・アレグザンダーと L・マコスキーの両議員。使用済み燃料の集中貯蔵・処分システムが完成すれば、低炭素な原子力発電による電力供給の機会が一層拡大可能になるほか、原子力の商業利用と軍事利用から出た高レベル廃棄物の安全性と一般公衆の防護を長期的に確保できるとしている。

[カナダ]

ダーリントン原発増設で 2 社が詳細建設計画を提出

カナダのオンタリオ州営電力であるオンタリオ・パワー・ジェネレーション(OPG)社は 6 月 28 日、ダーリントン原子力発電所サイトに増設する 2 基について、ウェスチングハウス(WH)社と CANDU エナジー社から詳細な建設プランや日程、コスト見積などの提案書を受領したと発表した。CANDU 社の提案する「改良型 CANDU 6 (EC 6)」設計はこの 2 日前、認可申請が可能になる事前設計審査でカナダ原子力安全委員会(CNSC)から承認を受けたばかり。同社の提案書は AP1000 を推す WH 社の提案書とともに、今後数か月間にわたり OPG 社や州政府の関連省庁等から審査を受けることになる。

カナダでは稼働中の原子炉 19 基のうち 18 基までがオンタリオ州に立地。オンタリオ州政府はクリーンで信頼性のある電力供給システムの構築を目指し、2003 年に発電シェアの 25% を占めていた石炭火力発電所の廃絶を目指す「長期エネルギー計画」を開始しており、09 年時点で州

内の電力需要の約 5 割を供給する原子力の設備維持は同計画の一環でもある。このため、OPG 社がダーリントンで「サイト準備認可(SPL)」を申請していた最大 4 基・480 万 kW 分のうち、2 基・200 万 kW 分を 2018 年頃の完成目指して建設することになったもの。

カナダの連邦政府は昨年 5 月にダーリントン増設プロジェクトの環境評価を承認しており、これに続いて CNSC も同年 8 月、建設許可と運転許可の前提となる SPL を同国では四半世紀ぶりに同計画に発給している。

[フィンランド]

TVO, オルキルオト 3 完成に向け株主から資金調達

フィンランドのテオリス・ポイマ社(TVO)は 6 月 12 日の臨時株主総会で、建設工事が長引くオルキルオト原子力発電所 3 号機(OL 3)(PWR, 172 万 kW)を完成させるため、株主から新たに 3 億ユーロ(約 385 億円)の資金を調達するとして株主との合意書に調印した。今年 2 月の取締役会提案を株主が受け入れたもので、この取り決めにより、度重なる完成の延期に伴う追加コストを賄う計画だ。

同社の J・タンファ社長兼 CEO によると、世界初の欧州加圧水型炉(EPR)となる OL 3 は安全性が強化された新型原子炉設計として世界レベルの見本でもあり、出来るだけ早く発電開始にこぎ着けるよう、供給業者である仏アレバ社と独シーメンス社の企業連合が意欲と能力のすべてを傾注することは極めて重要だと指摘。2 月時点の見通しで同炉の通常運転開始時期が 2016 年にずれ込む可能性が出たことから、対応準備を進めていると強調した。

[EU]

EC が原子力安全指令の改定を提案、安全審査は 6 年ごとに

欧州連合(EU)の執行機関である欧州委員会(EC)は 6 月 13 日、加盟各国の原子力発電所で法的拘束力を持つ安全審査を 6 年ごとに課すなどの条項を盛り込んだ新たな原子力安全指令を提案した。福島事故を受けて 2009 年の安全指令を厳しく改定する内容で、事故リスクを大幅に低減し、住民と環境を防護するために、すべての発電所に緊急時対応センターを設置するなどを明示。産業界は「欧州全体の安全枠組としては技術的に詳細すぎるし、各国規制当局の権威が損なわれかねない」などの見解を表明しており、欧州理事会等の承認を受けて確定するまでには紆余曲折が予想される。

ECのG・エッティンガー・エネルギー担当委員は「原子力を使うも使わぬも加盟国次第だが、今現在、欧州に132基の原子炉が稼働しているという事実は変わらない」と指摘。その上で、ECにおける自分達の任務はその一つ一つの安全性を最優先で確保することだとし、新指令の主なポイントを次のように説明した。

- ▽安全目標＝加盟国は事故時に放射能が環境中に出る可能性が実質的に排除されるよう保証する。
- ▽EU 全域における法的拘束力を持った6年ごとの審査＝加盟国は多国籍チームが実施する審査において、共通する方法論や個別の課題に連帯合意する。また、勧告事項を実行に移す責任を有しており、これに遅れや不履行が生じた場合はECが加盟国に確証ミッションを派遣する。
- ▽国内審査＝各原発は少なくとも10年に1回の定期安全審査、また運転期間延長の際には特別審査を受ける。
- ▽新規の原子炉＝すべての新設炉は炉心損傷時にも安全性が確保され、外部に影響を与えない設計とする。
- ▽サイトでの緊急時準備体制と対応＝すべての原子力発電所で放射能や地震、津波から防護するための緊急時対応センターを設置し、厳しい事故管理指針を実行する必要がある。

新指令ではこのほか透明性に関して、各国の規制当局および事業者が住民に対する事故時および通常運転時の情報伝達戦略を策定するよう明記。この戦略は公表されなければならない、新設原子炉の許認可手続きにおいても住民は意思決定プロセスに参加する機会が与えられる。

また、各国の規制当局はその意思決定において独立の立場を有すること、その安全目標は政治的、経済的、および社会的な利益より優先することを保証。効果的な活動を行うために十分な資金と専門スタッフを備えていなければならないとしている。

[リトアニア]

大統領、ピサギナス計画の継続で議会に警告

リトアニアのD・グリバウスカイテ大統領は6月11日、議会に対する年次演説の中で膠着状態にあるピサギナス原子力発電所建設計画に触れ、「政府が煮え切らぬ態度で結論を遅らせればリトアニアは国際社会からの信頼を失う」と警告した。昨年10月に発足した社会民主党政権が前政権による同建設計画の経済性を疑問視し、出資を伴う戦略的投資家に選定された日立やエストニア、ラトビアからの出資金増額と言った条件が確約されない限り計画を継続しないとの方針を5月に表明したことに

対するもの。

無所属の同大統領は、昨年10月の国民投票で投票者の6割がピサギナス計画に反対票を投じた後も一貫して同計画の継続を支持している。国内唯一の原発を09年末に閉鎖して以降、消費電力の大部分をロシアからの輸入に依存するという背景から、「エネルギーの輸入依存から脱却しなければ国の経済は脆弱なままだ」と指摘。エネルギーは経済的、社会的、政治的な独立さえ損なうために使われる最も危険な地政学的手段なのだと言った。

また、ピサギナス原発の電力を周辺諸国に輸出するのに不可欠な北欧電力市場(ノルド・プール)への加盟が昨年6月に果たされた一方、スウェーデンとの送電網連結は15年まで待たねばならないなど、エネルギー自給の達成が道半ばである点を強調。「政治家が経費や価格の計算に固執すればエネルギー・セキュリティの大道からはずれ、一時的な利益のみという悲惨な道に国が追い込まれる」と批判。エネルギー部門の不確定要素が大きければ、諸外国による大口のエネルギー投資もリトアニアを避けて通ることになると忠告した。

[ロシア]

ブラジルで原子力技術販売促進イベント

ロシアの原子力総合企業ロスアトム社は6月10日、新たに100万kW級原子炉4～8基の新設を検討しているブラジルにロシアの原子力技術を売り込むため、販売促進セミナーをリオデジャネイロで開催したと発表した。

ブラジルでは現在、独シーメンス社の技術によるアングラ原子力発電所1、2号機が稼働しているほか、仏アレバ社が作業を引き継いだ同3号機を2015年の送電開始目指して建設中。水力発電への依存を軽減するため、連邦政府が管理するエレクトロプラス電力会社傘下のエレクトロ・ニュークリア社が2030年までに少なくとも4基の原子炉を建設するとしており、すでに40の候補地点を特定した。これに対して、海外のプロジェクト19件を含め28件の原子炉建設計画を進めているロスアトム社が、ブラジルの条件に見合った原子力開発協力モデルの構築を提案したものの。

7日のセミナーにはエレクトロ社を始めとするブラジルの大手関連企業のみならず、鉱物エネルギー省、科学技術省、および原子力開発協会(ABDAN)の代表者らが出席。前日にE・ロバオ鉱物エネルギー大臣と会談したロスアトム社のK・コマロフ副総裁は、歓迎スピーチの中でロシアの原子力技術でブラジルに投資したいとの意志を明確に示すとともに、「安全で効率的な原子力こそ未来の発電だ」と断言した。

[中国]

紅沿河 1 号機が営業運転開始

中国広核集団有限公司(CGN)は6月7日、遼寧省で建設していた紅沿河原子力発電所1号機(PWR, 110万kW)が営業運転を開始したと発表した。同国の商業用発電炉としては17基目で、同炉の運開により遼寧省内第2の都市である大連市における電力需要の1/4を賄うことが可能になるとしている。同炉の設計はフランスのPWR技術をベースとする「CPR1000」で、2015年末までに同型の原子炉を合計4基建設予定。1, 2号機の機器国産化率は75%となるほか、3, 4号機では80%となる見通した。

1号機の建設工事は、CGNと中国電力投資集团公司(CPI)が45%ずつ、および大連建設投資集团有限公司が10%投資する合弁事業体が2007年8月に開始。同炉は今年1月に初臨界達成後、2月には送電網に接続され調整運転を続けていた。2号機の建設工事も順調に進んでおり、現在、熱機能試験を実施中。続く3号機では66%の機器設置作業を終えたほか、4号機では原子力系統設備の作業が40.5%完了したとしている。

記事前半は、4ページに掲載。

原発5大リスクをダイジェストすると。地震・核ゴミ・保険・経済非合理・倫理

日本は地震大国である。活断層の上に原子力発電所は建てられない。国全体が活断層であるような地震大国日本にとって原子力発電は適切なエネルギー調達方法ではない。このままではアメリカ、ロシア、日本の順番で起きてきた原発事故が、日本日本と二回続くことになる。そして日本は世界の嘲笑的になる。その前に全ての使用済み核燃料を一刻も早く乾式貯蔵に切り替えるべきである。

ふたつめのリスクは核ゴミ処理が決まっていないことである。有毒ゴミの処理方法が未完成のまま放置しその生産を50年以上も続けていることは異常であり生産倫理に反する。

みつめのリスクは保険がかけられないこと。だつたらとにかく動かさないことだ。再稼働なんてとんでもない。よつめのリスクは補助金依存癖が深まり日本経済がクリエイティビティを失い脆弱化すること。そもそも経済合理性に合わない上に特に事故の後には不良債権化著しい。

[韓国]

安全委、原子炉3基の再稼働を承認

韓国の原子力安全委員会は4月23日から計画停止中だった月城2号機の再稼働を6月25日に承認した。安全委は部品の品質保証書偽造疑惑等で昨年秋から停止していたハンビット(旧「靈光」)3号機を6月9日付けで、また5月3日から定検中だったハヌル(旧「蔚珍」)5号機を6月15日付けで運転に復帰させており、原子炉23基中、停止中の基数は8基に減少。5月末に発覚した機器の検査結果偽造等で懸念されていた、原子力による夏場の供給力不足に対処する考えと見られている。

韓国では昨年11月、品質保証書が偽造されたヒューズやスイッチなど一般産業品目がハンビット3～6号機に設置されたことが判明し、部品交換作業が行われていた。3号機ではまた、定検中に原子炉ヘッド貫通部で欠陥が発見され、補修を実施。再稼働承認前に安全委が最終的な安全確認を行ったとしている。

一方、新古里1, 2号機、新月城1号機および建設中の同2号機で検査結果の偽造が発覚したのは、事故時に安全系信号を送信する重要部品の制御ケーブル。交換作業には夏場を含めて数か月を要すると見られている。

いつつめのリスクが一番重大で、世代間倫理を失うこと。世代間倫理というのは、子どもや孫の世代につけを回さないということ。原発の場合、廃炉後の原子炉や核ゴミなどの核汚染処理を負わせることを言う。世代間倫理を失った国では良い子は育たない。子どもや孫から嫌われるのが快感だという人はいないだろう。それは悲しいことだ。大人であり人間であるなら、子どもや孫のためになりたいと思うのが自然であり、倫理であり、良識である。

生活感を失う人になるな。

原発事故は「だれかがどこかでうまくやっているんだろう」の時代に別れを告げた。すべてがバレる時代の到来でもある。かくなる上は自分の担当範疇だけでなく、政治選択、世論、憲法、人権、健康被害、世代間倫理、食品安全、自然環境、生物多様性、報道の観点からも広くトータルに原子力をとらえ、生活者としての感覚を鍛えていってほしい。とにかくまずは核ゴミである。核ゴミをめぐる人々が何を気にしているものなのか、一般市民と共感できるひとりひとりになっていってほしい。

(2013年5月27日 記)

[中国]

紅沿河 1 号機が営業運転開始

中国広核集団有限公司(CGN)は6月7日、遼寧省で建設していた紅沿河原子力発電所1号機(PWR, 110万kW)が営業運転を開始したと発表した。同国の商業用発電炉としては17基目で、同炉の運開により遼寧省内第2の都市である大連市における電力需要の1/4を賄うことが可能になるとしている。同炉の設計はフランスのPWR技術をベースとする「CPR1000」で、2015年末までに同型の原子炉を合計4基建設予定。1, 2号機の機器国産化率は75%となるほか、3, 4号機では80%となる見通した。

1号機の建設工事は、CGNと中国電力投資集団有限公司(CPI)が45%ずつ、および大連建設投資集団有限公司が10%投資する合弁事業体が2007年8月に開始。同炉は今年1月に初臨界達成後、2月には送電網に接続され調整運転を続けていた。2号機の建設工事も順調に進んでおり、現在、熱機能試験を実施中。続く3号機では66%の機器設置作業を終えたほか、4号機では原子力系統設備の作業が40.5%完了したとしている。

記事前半は、4ページに掲載。

原発5大リスクをダイジェストすると。地震・核ゴミ・保険・経済非合理・倫理

日本は地震大国である。活断層の上に原子力発電所は建てられない。国全体が活断層であるような地震大国日本にとって原子力発電は適切なエネルギー調達方法ではない。このままではアメリカ、ロシア、日本の順番で起きてきた原発事故が、日本日本と二回続くことになる。そして日本は世界の嘲笑的になる。その前に全ての使用済み核燃料を一刻も早く乾式貯蔵に切り替えるべきである。

ふたつめのリスクは核ゴミ処理が決まっていないことである。有毒ゴミの処理方法が未完成のまま放置しその生産を50年以上も続けていることは異常であり生産倫理に反する。

みつめのリスクは保険がかけられないこと。だつたらとにかく動かさないことだ。再稼働なんてとんでもない。よつめのリスクは補助金依存癖が深まり日本経済がクリエイティビティを失い脆弱化すること。そもそも経済合理性に合わない上に特に事故の後には不良債権化著しい。

[韓国]

安全委、原子炉3基の再稼働を承認

韓国の原子力安全委員会は4月23日から計画停止中だった月城2号機の再稼働を6月25日に承認した。安全委は部品の品質保証書偽造疑惑等で昨年秋から停止していたハンビット(旧「靈光」)3号機を6月9日付けで、また5月3日から定検中だったハヌル(旧「蔚珍」)5号機を6月15日付けで運転に復帰させており、原子炉23基中、停止中の基数は8基に減少。5月末に発覚した機器の検査結果偽造等で懸念されていた、原子力による夏場の供給力不足に対処する考えと見られている。

韓国では昨年11月、品質保証書が偽造されたヒューズやスイッチなど一般産業品目がハンビット3～6号機に設置されたことが判明し、部品交換作業が行われていた。3号機ではまた、定検中に原子炉ヘッド貫通部で欠陥が発見され、補修を実施。再稼働承認前に安全委が最終的な安全確認を行ったとしている。

一方、新古里1, 2号機、新月城1号機および建設中の同2号機で検査結果の偽造が発覚したのは、事故時に安全系信号を送信する重要部品の制御ケーブル。交換作業には夏場を含めて数か月を要すると見られている。

いつつめのリスクが一番重大で、世代間倫理を失うこと。世代間倫理というのは、子どもや孫の世代につけを回さないということ。原発の場合、廃炉後の原子炉や核ゴミなどの核汚染処理を負わせることを言う。世代間倫理を失った国では良い子は育たない。子どもや孫から嫌われるのが快感だという人はいないだろう。それは悲しいことだ。大人であり人間であるなら、子どもや孫のためになりたいと思うのが自然であり、倫理であり、良識である。

生活感を失う人になるな。

原発事故は「だれかがどこかでうまくやっているんだろう」の時代に別れを告げた。すべてがバレる時代の到来でもある。かくなる上は自分の担当範疇だけでなく、政治選択、世論、憲法、人権、健康被害、世代間倫理、食品安全、自然環境、生物多様性、報道の観点からも広くトータルに原子力をとらえ、生活者としての感覚を鍛えていってほしい。とにかくまずは核ゴミである。核ゴミをめぐる人々が何を気にしているものなのか、一般市民と共感できるひとりひとりになっていってほしい。

(2013年5月27日 記)

原子力安全部会「福島第一事故に関する セミナー」報告書から (第1報)報告書の概要

原子力安全基盤機構 阿部 清治, 東京大学 関村 直人,
中部電力(株) 松井 務, 東京都市大学 村松 健

2011年3月11日に「東北地方太平洋沖地震」によって引き起こされた東京電力福島第一原子力発電所(以下、「福島第一」)での炉心溶融事故について、日本原子力学会・原子力安全部会(以下、「当部会」)は、事故を分析・評価するための「福島第一事故に関するセミナー」(以下、「セミナー」)を2012年2月17日以降、同年12月19日まで8回にわたって開催した。そして、一連のセミナーでの報告と議論の成果を、部会幹事や各回セミナーの報告者で取りまとめて、2013年3月に「福島第一原子力発電所事故に関するセミナー報告書—何が悪かったのか、今後何をすべきか」という報告書(以下、「セミナー報告書」)¹⁾を作成した。この報告書の内容を、学会誌「特集」として5報にわたって報告する。本報(第1報)では報告書の概要として、セミナーの目的や開催経緯、福島第一および地震・津波の影響を受けたその他の発電所で起きた事象の概要、主たる結論を記述する。

I. はじめに

東北地方太平洋沖地震による地震動および津波により、福島第一の6機の原子炉のうち、1～5号機では全交流電源喪失事故(発電所停電事故, Station Blackout: SBO)が起きた。この事故は、全6機で最終ヒートシンクの喪失も伴い、1,2号機においては直流電源さえ喪失するという深刻なものであり、1号機から3号機までの原子炉で炉心が溶融し、周辺環境に大量の放射性物質を放散した。

この事故について当部会は、事故を分析・評価するための「福島第一事故に関するセミナー」を開催し、一連のセミナーでの報告と議論の成果を部会幹事や各回セミナーの報告者で取りまとめて、セミナー報告書を作成した。

福島第一の事故については、既に政府報告書(第1報, 第2報)や幾つもの事故調査委員会の報告書が出されており、原子力学会でも様々な活動や報告がなされているが、セミナー報告書は、事故に直接・間接に係わった組織の構成員を含め、原子力安全を専門とする部会会員による事故の分析・評価報告書である。

ここで、当部会が2010年2月17日に開催した講演会での佐藤一男氏の「原子力安全の論理」についての講演の一

節を引用すれば、「事業者責任と監督責任は安全達成のための車の両輪。一方が他にとって代わることはできず、規制の有無で事業者が免責になることはなく、逆に事業者が完璧に責任を果たしていることが明らかでも規制は眠ってはいけぬ。」とある。

事故を見れば、事業者も規制者も十分には責任を果たしていなかった。安全部会の部会員の多く、特に部会幹事は、安全問題の当事者であり、多かれ少なかれ、福島第一の事故にも責任を負っている。そのような当事者たる安全部会員として、福島第一の事故に関し、「何が悪かったのか、今後何をすべきか」を議論した。

原子力は多くの技術の総合であり、福島第一の事故を含め、事故は技術分野の隙間で起きることが多い。当部会のセミナーは、

- ・まずは事故そのものを、現時点までに得られた知見で可能な限り正確に説明すること
 - ・原子力安全の当事者としての反省として、「何が悪かったのか」を明瞭に示すこと
 - ・事故によって示された課題を踏まえて安全な原子力の確立のために「今後何をすべきか」を提案すること
 - ・そうした過程において、技術分野間あるいは産学官間の相互理解を進めること
- を目的として開催したものである。

本「特集」は、原子力学会のより多くの方に福島事故に係る技術的課題を正確に理解していただくことを目的として、セミナー報告書の要点を記述するものである。第

A Digest of the Nuclear Safety Division Report on the Fukushima Dai-ichi Accident Seminar(1); *Outline of the Report*: Kiyoharu ABE, Naoto SEKIMURA, Tsutomu MATSUI, Ken MURAMATSU.

(2013年 7月3日 受理)

1報では、報告書全般について記述し、第2報以下では、福島第一での事故の概要と問題点、福島第一以外の発電所で起きた事象の概要と各発電所で起きた事象の比較分析、施設内および施設外に分けての今後の検討のあり方等について紹介する。

なお、本特集はもとより、セミナー報告書も、読みやすさを考えてコンパクトな記述に努めており、各課題についての議論の詳細は省かれている。詳細についての議論に関心のある方は、ぜひ当部会のホームページ <http://www.aesj.or.jp/~safety/> を訪れてほしい。そこには各回の講演資料とともに、詳細な議事内容が掲載されている。また、セミナー報告書も上記ホームページから注文可能である。

Ⅱ. セミナーの構成

各回のセミナーでは、以下のようなテーマを設定して、何が悪かったのか、今後何をすべきかを議論した。各回とも学会員以外を含めて100人前後の参加者があった。

- 第1回 福島第一原子力発電所事故に関する安全課題の整理
- 第2回 1号機の事故と安全設計の課題
- 第3回 2, 3号機の事故と安全設計の課題
- 第4回 4号機の事故と使用済み燃料プールに係わる課題およびセミナー中間とりまとめ
- 第5回 福島第一原子力発電所事故における防災対策と今後の課題
- 第6回 女川原子力発電所、東海第二発電所の状況について
- 第7回 福島第二原子力発電所および福島第一原子力発電所5, 6号機での事故対応
- 第8回 とりまとめ報告

第1回セミナーは、福島第一での事故の経緯の解説を基に、安全確保における重要な課題を広く取り上げ、①安全設計、②シビアアクシデント(SA)対策、③原子力防災、④確率論的リスク評価(PRA)、運転経験の反映、安全研究、⑤その他の諸問題(40年の寿命)について議論を行った。第2回、3回、4回については、福島第一の1～4号機の事故時の状況と関連させつつ、設計とシビアアクシデント対策のあり方に重点を置いて議論した。例えば、第2回は、2号機、3号機の事故進展を基に、計装系の設計とそのシビアアクシデント時の信びよう性などに注目して議論した。第5回では、福島第一事故時における防災活動の状況とそこから得られた教訓について議論した。第6回と7回には、地震および津波の被害を受けながらもシビアアクシデントを回避することのできた東北電力女川原子力発電所、日本原子力発電東海第二発電所、東京電力福島第二原子力発電所および福

島第一の5号機および6号機について、津波に対する事前の対策、施設外での資機材調達などに関する講演を基に、何がシビアアクシデントを防いだのかについての教訓を議論した。

Ⅲ. 福島第一原子力発電所の安全設計の要点

1. 安全設計

原子力プラントは「深層防護」を基本思想として、多重、多様な手段で安全性を確保する設計を行っている。

直接冷却サイクルの沸騰水型炉の福島第一の基本戦略は、多種多様な注水手段を備えておくことである。1号機は、非常用復水器(IC)、および、高圧および低圧注水を行う非常用炉心冷却系(ECCS)を備える。2号機以降は、ICに変えて、能動的に注水が可能な原子炉隔離時冷却系(RCIC)を採用したり、低圧注入系を増やすなどの安全余裕を向上させている。(第1表参照)

注水以外の事項としては、事故の際に放射性物質を格納容器内に閉じ込めるバウンダリーの隔離設計、格納容器内の水素ガス対策、水頭差を用いた単純な仕組みではあるが確実・迅速に測定する原子炉水位計がある。

運転開始後も、アクシデントマネジメント(AM)対策により更なる注水手段の多様化、耐圧強化バントによる格納容器破損防止対策や電源融通による外電喪失の強化が図られた。

2. 耐震設計および耐津波設計

施設外、施設内の誘因事象に対する防護設計については、誘因事象の頻度が極めて小さい場合には、設計の対象とせず、それより頻度が大きい誘因事象に対しては防護設計を行い、重大な事故の発生頻度を十分小さくするものである。

福島第一原子力発電所の耐震設計は、原則として剛構造、重要な建物は直接岩盤で支持、重要度に応じた耐震設計という基本方針に基づき実施された。

また、耐津波設計については、設計当時の要求である最大潮位として、1960年のチリ地震津波の潮位を参考にO.P.+3.122m(O.P.は小名浜ポイント：福島第一、第二の基準海水面)に基づき設計された。

第1表 福島第一1～4号機の主な設計仕様

	1号機	2号機	3号機	4号機
商業運転開始	1971	1974	1976	1978
原子炉型式	BWR-3	BWR-4	BWR-4	BWR-4
定格出力(MWe)	460	784	784	784
熱出力(MWt)	1,380	2,381	2,381	2,381
隔離時冷却系	IC	RCIC	RCIC	RCIC
ECCS	HPCI (1) ADS CS (4)	HPCI (1) ADS CS (2) LPCI (2)	HPCI (1) ADS CS (2) LPCI (2)	HPCI (1) ADS CS (2) LPCI (2)
原子炉格納容器	Mark-I	Mark-I	Mark-I	Mark-I
地震発生時の運転状態	運転中 ↓ 停止	運転中 ↓ 停止	運転中 ↓ 停止	定期検査中

しかし、想定レベルを超えた場合にどうするかについて、具体的な対策は考えられていなかった。

IV. 東北地方太平洋沖地震によって生じた津波と津波想定に関わる経緯

東北地方太平洋沖地震は2011年3月11日、三陸沖を震源として発生したもので、従来、単独で活動すると推定していた複数の領域が連動して発生した巨大な海溝沿いのプレート間地震であった。

地震の揺れは宮城県で最大震度7を観測し、その後、女川、福島第一、福島第二、東海第二発電所に津波が襲来した(第2表)。観測された津波高さは、女川で約 O.P.+13.0 m(ここでの O.P.は女川ポイント：女川の基準海水面)、東海第二で約 H.P.+5.5 m(H.P.は日立ポイント：東海第二の基準海水面)、潮位計が被害を受けた福島第一および福島第二は、後の数値解析より、それぞれ約 O.P.+13 m, 約 O.P.+9 m と推定されている。

津波の想定については、例えば福島第一では先述のとおり、建設時には、チリ地震津波が参考にされたが、2002年に土木学会で開発された津波高さの計算手法に基づき、O.P.+3.122 m から O.P.+5.7 m に引き上げられ、更に2009年海底地形および潮位条件の見直しで、O.P.+6.1 m に引き上げられた。それらの対策として海水ポンプの嵩上げや、建屋の水密化等の対策が実施された。

また、津波に対する知見として、地震調査研究推進本部の見解²⁾や、貞観津波についての産業技術総合研究所の論文³⁾について、取り込む努力がなされていた⁴⁾。

V. 福島第一原子力発電所における事故の概要

1. 1号機原子炉

福島第一1号機は、地震により原子炉は自動停止し、発電所の外部電源が喪失した。このため、非常用 DG が自動起動するとともに、主蒸気隔離弁が閉止し、IC が自動起動し、原子炉水位は維持された。

その後襲った津波による建屋への浸水により、海水冷却系や多くの電源盤が機能を失い、中央制御室でも設備状態を把握する計装や警報等を含めほとんどの機能が使用できなくなり、バッテリーをつないでの断続的な確認しかできなくなった。また、電源喪失により IC は隔離され機能を喪失したが、当時、運転員は、IC の機能は維持されていると誤認識していた。21時頃には高い原子炉水位を示していたが、後の分析では、11日19時前には炉心損傷が始まっていて、その時間帯では炉心が露出に伴い水位計装内の水が蒸発し、水位計機能を失ったことが判明している。

12日0時ころには、ドライウェル(D/W)圧力が、最高使用圧力を超えた。東京電力は、代替注水手段による原子炉への注水および格納容器ベントを試みていたが、電源喪失および現場の高い線量もあり作業は困難を極

め、効果は限定的だった。

12日15時36分、炉心損傷に伴って発生した水素により、1号機原子炉建屋で爆発が起きた。

2. 2号機原子炉

2号機も津波により、ほとんどの電源盤の機能が失われた。RCICは、電源を失いつつ、主蒸気管からの二相流で駆動するという特殊な運転状態により原子炉への注水をしばらく行っていたが、14日昼頃から、原子炉水位が下がり始めた。

このため、逃し安全弁(SRV)にバッテリーをつないで開けて、原子炉を減圧し、消防車による代替注水を試みるが、しばしば注水が止まるなど不安定な状態となり、後の解析では14日19時頃には炉心損傷が始まったと想定されている。

D/W 圧力は、14日22時以降急激に上昇したが、これは炉心損傷に伴って発生した水素による影響と推定されている。15日6時頃に大きな衝撃音と振動があり、同じタイミングで圧力抑制室(S/C)圧力測定値がダウンスケールしたため、2号機のS/Cが破損したと考え、多くの要員が所外に退避したが、後に、この衝撃音は4号機での水素爆発を誤認したものと結論づけられている。

D/W ベントの準備は、13日11時までには、ライン上の2つの弁が開状態となり、ラプチャディスクの開放圧力になればベントできる状態だったが、3号機での水素爆発の影響により弁が閉止するなど困難があり、ラプチャディスクが開放したかは不明である。

しかし、断片的に採取したD/W 圧力や、モニタリングポストの値から、15日朝方に大量の放射性物質が放出されたと推定されている。

3. 3号機原子炉

3号機は、津波により多くの電源盤の機能が失われたが、直流電源は残ったため、原子炉水位等の監視、蒸気駆動のため直流があれば制御できる RCIC や高圧注水系(HPCI)は、使用可能であった。

RCIC, HPCIにより原子炉への注水は維持されていたが、13日2時過ぎにHPCI設備の損傷を心配した運転員が、HPCIを手動停止し、SRVを開弁して減圧しようとしたが動作せず、ディーゼル駆動の消火系ポンプによる代替注水ができない状態になった。

SRVは、車のバッテリーを用いて13日9時頃に開弁し、消防車による注水が始まったが、その前後には既に炉心は損傷し、水も原子炉に注水されたのは一部のみと推定されている。また、D/W ベントは機能したと考えられている。14日11時01分、原子炉建屋で水素爆発が起きた。

4. 使用済み燃料プール

4号機は定検停止中で、使用済み燃料はすべて使用済

み燃料プール(SFP)にあった。3月15日6時12分、4号原子炉建屋で爆発が発生した。その後の調査で原因は、隣接する3号機で発生した水素が、3、4号機で共用している格納容器ベント配管から4号機原子炉建屋に流入し爆発したと考えられている。

5. 5、6号機原子炉

5、6号機は定検停止中で、主要建屋の設置されている敷地高さが1～4号機に比べて高く、建屋内の浸水被害が比較的小さく、津波襲来後も、電源盤の一部、直流電源が使用可能であった。また、6号機の非常用ディーゼル発電機(D/G)3台のうち1台が、海水系に依存しない空冷であったことから機能を維持した。このため、代替注水手段として復水補給水系の電源を復旧させ原子炉に注水を行い、19日に代替水中ポンプを起動し20日には残留熱除去系(RHR)により冷温停止となった。

6. 放射性物質放出量評価

東京電力による評価では、大気放出量は、希ガス、ヨウ素131は、それぞれ約500PBq、Cs134、137は、それぞれ約10PBqと評価されており、寄与が最も大きかったのは3月15日7時以降の2号機からの放出となっている。

海洋放出量は、ヨウ素131は、約11PBq、Cs134、137は、それぞれ約3.5PBq、約3.6PBqと評価されている。

7. 事故時の資機材物流の状況

事故前には、過酷な原子力災害、長期的な災害対応については想定されていなかったため、バッテリー、注水用資機材、放射線管理・防護用品、飲食料等の資機材が多岐にわたり不足した。

地震・津波により東北地方から関東にわたる広域な道路被害や通信環境の悪化、福島第一周辺の爆発による屋外汚染等の要因が重なり、輸送時に必要な時間は大幅に増加した。また、受け入れ態勢も整っていなかったため、資機材の受け入れ拠点の受払・在庫管理は混迷を極めた。発電所でも、バッテリーを個人の通勤車両から外したり、金庫のある事務所に入れないため所員の現金を借用していわき市に買出す等により調達し、中央制御室の計器の読み取り時等に使用した。

8. 防災対策

事故初期における周辺の放射線状況については、地震・津波後も機能した可搬型モニタリングポストにより記録されており、測定された空間線量の変化、および当時の風向から、発電所からの放射性物質の放出状況が類推されている。

緊急防護措置については、11日19時03分に、内閣総理大臣が原子力緊急事態宣言を発令し、原子力災害対策本

部および同現地対策本部が設置され、事故の進展を踏まえ避難等の緊急防護措置が順次拡大された。

飲食物に関する早期防護措置については、事故以前には食料品に関する放射能の基準を定めていなかったため、防災指針に示された「飲食物摂取制限に関する指標」を暫定規制値とし、これを上回る食品を摂取しないように厚生労働省より各自治体に通知された。更に、2012年4月1日から、介入レベルを暫定基準値の1/5とした食料品中の放射性物質の新たな基準を示した。各自治体は、これらの制限値を上回る品目の出荷制限を実施している。

追加的早期防護措置については、原子力災害対策本部長より、おおむね1ヶ月程度の間に避難のための立ち退きを行う「計画的避難区域」、区域内の居住者が、常に緊急時に避難のための立ち退きまたは屋内への退避が可能な準備をする「緊急時避難準備区域」を指示した。このように、事故初期には追加的防護措置が順次講じられた。

防護措置は、2012年3月30日には、年間積算量に応じて「避難指示解除準備区域」、「居住制限区域」、「帰宅困難区域」の3つの区域に見直された。

住民個人の被ばく線量の推定については、初期の環境モニタリングと同様、迅速に行われたとは言い難い。

9. INES 評価

原子力安全・保安院は、福島第一事故について4度にわたり、各時点において「判明した事実」に基づき、INES尺度を用いて評価を行い、事故直後のレベル3からレベル7に順次変更された。このINES評価は、事故の重大さを迅速に公衆に知らせるものであるが、事態が進展しつつあり、十分な情報が得られない状況下で行われた前例のないものであった。このため、評価結果が進展に応じて変り、事故を軽く見せようとしたのではないかとの批判や、放出量がチェルノブイリ事故より1桁小さいのに、なぜ同じレベル7なのか、との批判にもなった。

同時多発事故で各ユニットからの放射性物質放出量の評価が困難な場合の評価の在り方も課題であった。

また、保安院は解析コードを用いて放出量を試算しているが、解析の仮定で結果が大きく違うので、試算時点では、環境モニタリングの結果を優先すべきである。事故後、IAEAの諮問委員会でINESをより有効にするための検討が行われている。

VI. 福島第一以外の発電所で起きた事象の概要

観測された地震動は、女川では一部観測値が、基準地震動Sに対する最大応答加速度を上回ったが、各発電所において耐震設計上、重要な設備の安全機能の喪失やシビアアクシデントに至らしめるような安全機能の喪失は認められず、耐震B、Cクラスの機器の一部に損傷がある程度だった。

第2表 主要建屋敷地高と津波高

発電所	主要建屋敷地高	津波高観測値
福島第一	1~4号: O. P. +10m 5、6号: O. P. +13m	津波高: O. P. +13. 1m 浸水高: O. P. +15. 5m
福島第二	O. P. +12m	津波高: O. P. +7~8m 浸水高: O. P. +14. 5m
女川	O. P. +14. 8m	津波高: O. P. +13. 0m
東海第二	H. P. +8. 9m	津波高: H. P. +5. 5m 浸水高: H. P. +6. 2m

O.P.: 小名浜港工事用基準面(福島第一および福島第二)または
女川原子力発電所工事用基準面(女川)

H.P.: 日立港工事用基準面

津波については、各発電所の主要建屋敷地高さおよび今回の津波高さは第2表のとおりであり、主要建屋周りでは、福島第二で浸水高約2.5m(1号機以外はほとんど0m)であり、女川および東海第二では、原子炉建屋周辺の敷地への浸水はなかった。各発電所の地震・津波による被害状況は、第3表のとおりであり、福島第二、女川、東海発電所とも、一部の電源や海水冷却系の機能を喪失している。

以下、各発電所における被害や事象収束に向けた対応について述べる。

1. 福島第二原子力発電所計

地震後、外部電源4回線のうち1回線が使用可能で、津波後も、原子炉建屋の非常用電源盤は、1号機の一部を除き被害がなかったことから、その後の復旧活動が容易になった。

3号機だけは、偶然にもB系熱交換器建屋への海水の浸水がなく、津波後も1系統の残留熱除去系が使用できたため、通常の手順通り早期に冷温停止された。

1, 2, 4号機は、残留熱除去機能の喪失により、圧力抑制室の水温が100℃を超え、圧力抑制機能が喪失した。圧力抑制室の冷却のため、手順に基づき復水補給水系によるS/Pスプレイ、運転員の機転による可燃性ガス処理系の冷却水排水ラインを利用したS/P注水も行い、格納容器圧力・温度の一時的な抑制を行った。

復旧にあたっては、大津波警報が発表される中でのワークダウンによる設備被害状況把握、それに基づく復旧に向けてのロジスティックスの構築、本店とタイアップした設備調達が行われ、発電所員と協力企業との協働により、海水ポンプ取替とそこへの仮設ケーブルの敷設を経て、全号機が冷温停止された。

対応においては、中越沖地震の知見を踏まえて設置した免震重要棟の通信・連絡、収納機能等は事故収束対応を円滑にしたと推測している。

第3表 福島、女川、東海各サイト・各プラントにおける地震・津波による設備被害状況

(一部被害設備は、「健全な数/全数」で表示)

サイト	号機	外部電源*1	D/G (地震による 喪失はなし)	直流電源	電源車	海水 冷却系*6	M/C (高圧電源盤) (())内は工事中系 統)		P/C (低圧電源盤) (())内は工事中系 統)		大規模 な 燃料損 傷
							非常用	常用	非常用	常用	
福島 第一	1号機	275kV: × 66kV: × (全7回線)	×**2	×	一部活用	×	×	×	×	損傷	
	2号機		×**2	×		×	×	2/3	2/4		
	3号機		×**2	○→枯渇		×	×	×	×		×
	4号機		×**2	×		×	×	1/2(1)	1/1(1)		
	5号機		×**2	○		×	×	×	2/7		
	6号機		1/3**2	○		×	×	×	×		
福島 第二	1号機	500kV: 1/2 66kV: × (全4回線)	×**3	3/4	一部活用 (外電、D/G 確保)	×	1/3	○	1/4	○	健全
	2号機		×**3	○		×	○	○	2/4	○	
	3号機		2/3**3	○		D/G(H)用: ○ RHR用: 1/2	○	○	3/4	○	
	4号機		1/3**3	○		D/G(H)用: ○ RHR用: ×	○	○	2/4	○	
女川	1号機	275kV: 1/4 66kV: × (全5回線)	○	○	(外電、D/G 確保)	○	○	1/2	○	○	健全
	2号機		1/3**4	○		D/G(H)用: × RHR用: 1/2	○	○	○	○	
	3号機		○	○		○	○	○	○	○	
東海第二		275kV: × 154kV: × (全3回線)	2/3**5	○	予備で確保 (D/G 確保)	D/G用: 2/3 RHR用: ○	○	○	○	○	健全

*1: 福島第二、女川、東海第二では1日~数日で外部電源の一部が復旧。福島第二の66kVの1回線は点検停止中。

*2: 1, 4号機の1/2, 5号機はD/G本体の被水ではない(間接的要因(補機冷却系, M/C等関連機器水没)による喪失), 2, 4, 6号機B系は空冷

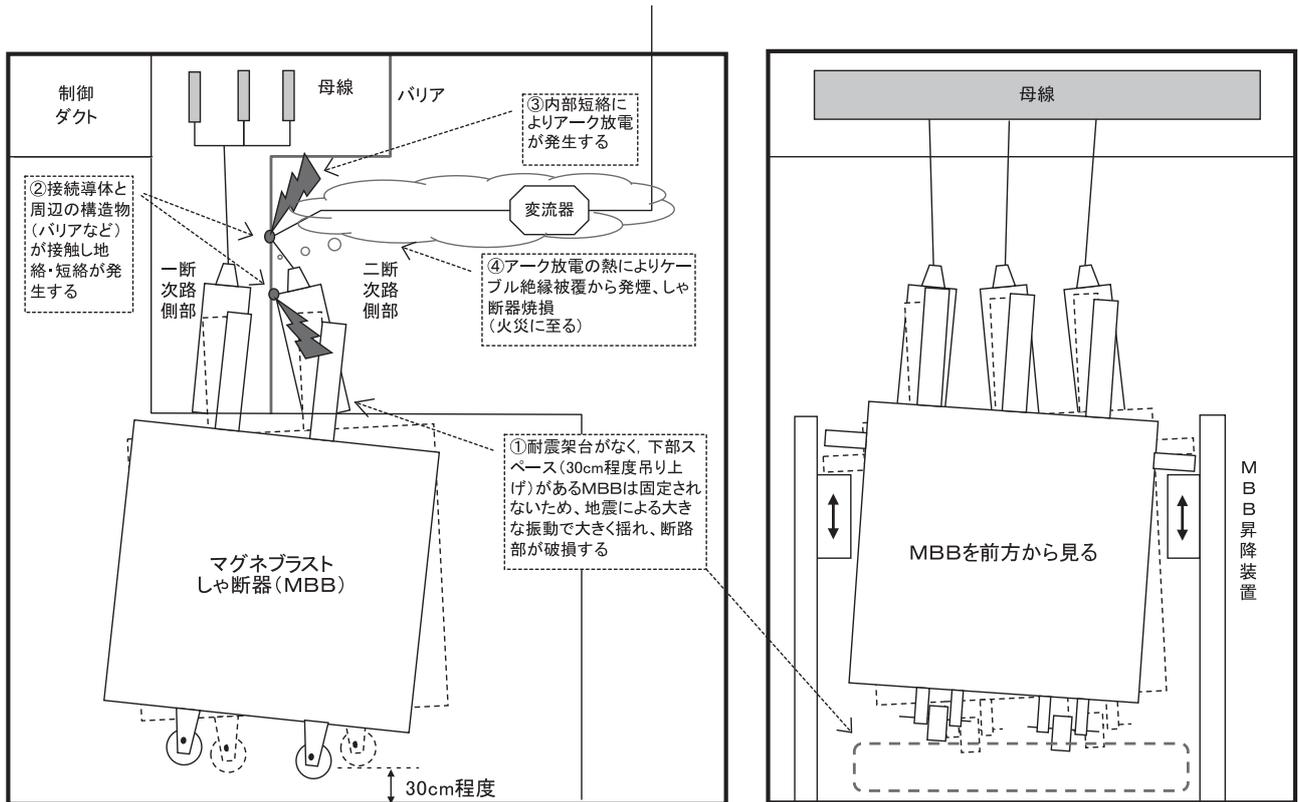
*3: 1号では原子炉建屋付属棟のDG送風機給気口等から浸水しD/Gの送風機を通じてD/Gに到達, 2~4号では原子炉建屋付属棟への浸水は殆どなし(間接的要因(補機冷却系, M/C等関連機器の水没)による喪失)

*4: A系は健全, 海水ポンプ室内開口部(潮位計)からの浸水による原子炉補機冷却水B系ポンプ及びHPCS補機冷却水系ポンプ喪失

*5: 海水ポンプ室への浸水によりD/G冷却用海水ポンプ2Cが自動停止, D/G-2Cを手動停止

*6: 海水系統の機能喪失(補機冷却水系ポンプの機能喪失を含む)

海水ポンプ設置場所: 福島第二は湾岸部熱交換器建屋内(大物搬入口等から浸水(3号機南側建屋を除く)), 女川は敷地高さから掘ってピット化した海水ポンプ室(配管, ケーブル洞道経由で原子炉建屋付属棟(非管理区域)内に浸水), 東海第二は湾岸部の側壁を津波対策で高上げた海水ポンプ室(一部工事未完の壁貫通部より浸水)に設置



第1図 女川1号機高圧電源盤火災発生推定メカニズム

2. 女川原子力発電所

地震後、外部電源5回線のうち1回線が使用可能で、津波も主要建屋には到達せず、冷却機能は健全であり、運転中だった1、3号機および起動中だった2号機は、3月12日未明までに冷温停止された。

地震および津波で生じた主な被害としては、1号機重油貯蔵タンクの倒壊、1号機高圧電源盤の火災(第1図参照)、2号機原子炉補機冷却水B系ポンプおよび高圧炉心スプレイ補機冷却水系ポンプの浸水がある。

上記被害はあったものの、安全機能を確保できた主な要因は以下のようなものである。

1号機計画当初から津波対策を重要課題と認識し、敷地高さをもって津波対策とすることとし、敷地高さを

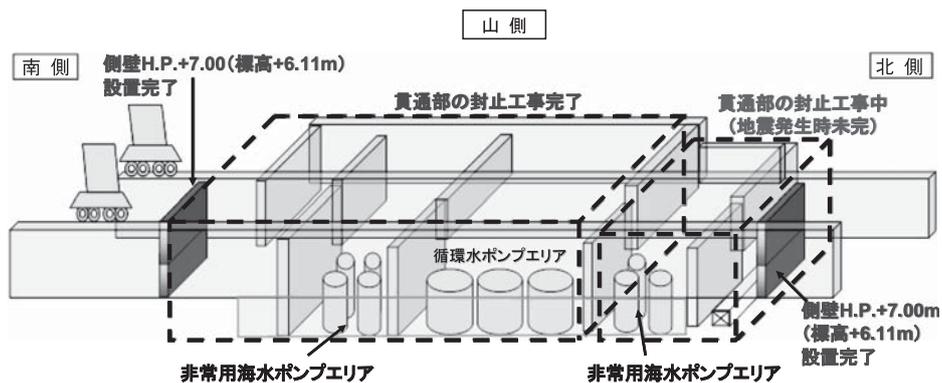
O.P.+14.8mとした(当時の想定津波高は+3m)。今回の津波も、主要構造物が設置されている敷地高さを超えることはなかった。

2号機増設時、想定津波高さを+9.1mに見直し、これを受け、敷地地盤の法面に対し防護工事を実施しており、今回の津波も第一波だけでなく第二波以降にも耐え、防潮堤は健全性を維持した。

また、海水ポンプを敷地高さから13m掘り下げたピット内に設置(海面に近い港湾部には設置していない)し、敷地を超えなければ冠水しない構造としていた。

配管、電路類の支持構造物の補強等の設備の耐震補強工事を行ってきた。

3. 東海第二発電所



第2図 非常用海水ポンプ室貫通部封止工事の実施状況

地震により外部電源全てを喪失したが、3台のD/Gが自動起動し、発電所の安全停止に必要な設備の電源供給に成功した。

発電所では発災時、津波対策として非常用海水ポンプ室の側壁嵩上げ工事を第2図のように実施中であったが、壁貫通部の封水処理未了の一部エリアが、襲来した津波により浸水し(工事完了のエリアの設備は被害なし)、3台のD/Gうち1台が機能喪失した。しかし、健全なD/Gにより、原子炉からの崩壊熱除去機能は継続され、15日未明外部電源の復旧を待って冷温停止された。

4. 各発電所で起きた事象の比較分析

福島第一事故からの教訓・課題につながる着目すべき事項として、各施設の影響比較から言えるのは、まず、安全確保において施設外誘因事象を考えることの重要性であった。設計基準としてどれほどのハザードを想定するのか、どこまでの防護対策を施すのかという問題がある。また、人の考えることには限界があり、柔軟な対策も大事である。次に、「継続的改善」や「設置者に第一義的責任」という、「従来から重要とされてきた安全の原則は、やっぱり重要であった」ということであった。各発電所でも、AMや津波対策等の改善がなければ、より厳しい状況に面していた可能性がある。また、発災後、現場の状況を正確に把握し適切に対応することが、事象の収束につながることを再認識する必要がある。

Ⅶ. 得られた教訓と提言

原子力安全部会では、原子力安全を専門とする本部会員の多くが何らかの形で福島第一事故の当事者であるからこそ、専門家集団としての反省に基づいて学会の場を通じた深い議論を進めることが可能になったと考えている。セミナー報告書¹⁾の第8章をもとに、議論のまとめを紹介する。

原子力施設における安全確保の目的は、人と環境を放射線による被害から守ることである。そのために十分な余裕を持った設計基準を設定すべきである。原子力発電プラントは最も複雑な巨大人工システムであって、その安全を確保するために全体俯瞰を行う意識的な努力が必要である。すなわち、複雑なシステムを設計し運用するために必要な専門科学技術領域の間にいったん抜けがあれば、システムの弱点をもたらす、事故の起点となり得るものと考えられる。

原子力安全確保のために、これまでに掲げられてきた考え方や方法論のうち、福島第一事故を踏まえて、新たに変更を加えるべき事項を提示することに加えて、変わるべきではない原則を明らかにすることが重要である。

(1) 深層防護による安全確保

原子力施設は、深層防護の考え方にに基づき、(1)余裕を持たせた信頼性の高い設計により故障やトラブルを防止

する、(2)トラブルを早期に検知し停止することで事故への進展を防ぐ、(3)事故の発生を想定し環境への影響を防止するために非常用炉心冷却系や格納容器等の安全設備を備える、という多層の安全設計を行うとともに、設計基準を超える事故のリスクを低減するために施設でのアクシデントマネジメントの整備や周辺地域の防災対策の整備を行ってきている。深層防護は、福島第一事故後も変わることのない安全の原則である。

福島第一事故では、自然現象、特に津波に対して十分な防護がなされていなかったことが明らかとなった。設計条件を超えた自然現象は、一度に複数の機器等に対する共通原因故障を引き起こしうる。たとえ発生頻度が低い事象であったとしても、いったん起こってしまえば大きな被害をもたらすクリフエッジが存在している。

福島第一では、設計のために想定されていた規模を超える津波によって、安全のための機能を有する多くの機器等が共通して機能を喪失し、その結果として炉心の熔融と大量の放射性物質が環境中に放出されることとなった。

自然現象に伴うシビアアクシデントのリスクが、ランダム事象によるリスクに比べて大きいことは、地震については福島事故以前に地震PRAによって示唆されており、耐震指針の強化がなされた。しかし、外的誘因に対処する設計基準が不十分であった点、注水・冷却系の多様性、AM策の実効性、緊急防護措置の実施等の多くの課題があったことから明らかなように、深層防護の各層を独立して完備できていなかった。このような安全確保に関する基本原則に反する状況を許したことは、痛恨の極みであり、原子力安全にかかわるものとして最も反省すべき点であろう。

一方、福島第一を含め、津波によるリスクを回避するための意図をもって敷地高さを決定する、新たな知見に基づいて防護すべき津波高さを順次見直すなどの対策をとっており、福島第一以外の被災した原子力発電所では、結果としてシビアアクシデントを回避することにつながっている。

もう一つの重要な指摘は、設計基準津波の基盤となるリスクについて、専門分野間の共通認識を得るためのコミュニケーションが不足していた点である。これは原子力安全を確保するという目標を共有していなかったことと言い換えることができよう。原子力安全の側から、津波に関する専門家に対して、設計基準ハザードを定量的に示し、これに対応する津波の高さ等についての深い情報交換を進め、これに基づいた基準の改訂等を進めることが必要であった。

(2) シビアアクシデント対策とその実効性確保

自然現象に対する防護レベル設定とこれに基づく安全対策の実施には、いくつかの困難さが伴っている。設計基準を超えて、シビアアクシデントの領域に至ったとし

でも、起りうるシナリオを網羅しておくことは困難であると言わざるを得ない。このためには、可搬式設備などで柔軟性、融通性をもった対応が効果的であるが、一方で多様な AM 策を進めるために、組織と人間に高度な判断力と統率力が必要となる。

シビアアクシデントが実際に起こっている状態での AM 策には、多くの実施上の困難さが伴うことも明らかとなった。高い放射線環境での様々な作業には時間的・空間的制限があり、運転員には制御室での居住性にも大きな制約がもたらされた。さらに AM 策として用意されていたものの中には、実際の事故条件下で必ずしも容易に実施できないものがあつた。今後、シビアアクシデントの影響を緩和する対策を強化するべきであるが、シビアアクシデントに至らないようにする対策を強化することこそ重要であることを指摘したい。

深層防護が原子力安全の原則であるためには、施設の内外を含めた多重、多段の安全確保がなされることに加え、AM 策の実効性を確保するための方策の検討やそれらの不断の見直し等の多くの因子を有機的に結び付けることが必要である。

(3) 原子力防災

福島第一事故直後の緊急時対応では、多くの混乱があつた。一方、緊急防護措置の実施は予測システム (ERRS+SPEEDI) による勧告ではなく、プラントの状態に基づいて、3, 10, 20 km と避難区域が順次拡大されていったこと等により、結果的には避難・屋内退避の実施は効果的な対応となつた。

緊急防護措置の実施は、IAEA の防護戦略を尊重するべきであり、十分な事前準備が必須である。この国際基準は、スリーマイルアイランド原子力発電所事故、チェルノブイリ原子力発電所事故等の過去の経験に学んで制定されてきた。このような事故の分析に基づく基準化こそ、最も尊重されるべきである。

緊急時管理では、最終目標である住民の健康を守るため、時間軸に応じた責務の明確化が重要である。段階的な指揮命令系統、役割分担の明確化が必要であつて、緊急時管理と運営の確立、緊急防護措置の実施、公衆への指示と警報の発令のためには、情報を集めて専門家が判断を行うとともに公衆への情報提供を行う双方向的なクライシスコミュニケーションのスキームが重要である。

(4) 今後の安全研究

深層防護による安全確保は、発生可能性のあるあらゆる誘因事象を考慮することが必要である。さらにリスクに基づいて、全体像の把握を行うことによって、機器の設計に対する要求を示すのみならず、設備の維持管理、事故時の的確なマネジメントを進める必要がある。

全体像把握のための確率論的リスク評価手法 (PRA) は、福島で起きた基本的な個別の事象進展を明らかにすることが可能である。しかしこれまでの PRA では、ラ

ンダム事象についてのリスク評価のほかは、特定の誘因事象としては地震のみが対象となつてきた。津波については、地震随伴事象とされてしまったことから、具体的な津波の影響や事象進展が地震とは全く異なるにも関わらず、具体的なシナリオの構築が進まなかつた。津波、火災、テロ等の外部事象を誘因とする安全研究へも課題を広げる必要がある。なお、この観点からは、安全研究と並んでセキュリティに関する深く広い研究も重要な課題である。難しいが取り組む必要がある。

研究を実施する者は、自らが得意とする分野を深めようとするものである。一方、安全は多くの分野・領域の隙間から破綻すると考えられる。俯瞰的な視点を維持して、研究計画を立案し、その成果を生かすことが重要である。原子力安全の目標を達成するためにあるべき姿を議論し、現在の技術を直視することによって、取り組むべき俯瞰的な技術課題のマップを準備する。さらに、これらの課題解決のために短期的視点のみならず、中長期的なロードマップを提示してゆくことは、安全研究の本質であり、継続的改善を進めるための基盤となる。

安全研究では新たな科学技術的知見に関する議論に基づいて、潜在的にある問題を指摘し、警鐘を鳴らすことが期待される。これらのために産学官は、多様なレベルでの情報交換や議論を通じて、安全研究を進める義務を有する。

(5) 原子力安全規制のあり方

原子力安全を達成し、国民からの信頼を得られる安全規制を進めるための基本要素として、科学的合理性を確保することが重要である。リスクに基づいて資源を割くグレーデッドアプローチは、規制のみならず、事業者にも要求される。リスク情報の活用によるリスクインフォームド規制が採用されるべきであり、個々のリスクを詳細化することよりも、他の有意なリスクや大切な対策に抜けがないかを検討できるよう、総合的な判断が必要である。

このためには、規制基準の性能規定化を行い、規制上の要求事項は規制当局が自ら定め、それを達成する詳細規定は学協会規格を厳格にレビューした上で活用することが有効である。産学官が協力することと規制が独立性を保つことは、同時に達成されるべきものである。

これまで述べてきたように、危機管理能力を有し、総合的な規制での意思決定に必要な知識基盤を継続的に収集評価するためには、規制における専門人材評価と育成の制度や人事制度を含む国としての基盤が確立されることが重要であることを改めて指摘しておく。

(6) 多様な局面・場面に共通するコミュニケーションは安全の本質

コミュニケーションは、以上に述べた多くの課題に共通する因子である。

原子力学は総合的な科学技術であり、巨大で複雑な原

子力プラントを対象とする。安全性を総合的に評価するための確率論的リスク評価(PRA)には、異なる領域間のコミュニケーションとこれらに基づいた工学的判断が要求される。津波高さの設定での本質的な情報交換と議論の不足にみられるように、原子力安全のためには、専門分野間の基盤的共通認識が必要であり、原子力安全の専門家はコミュニケーションを率先する役割を担わなければならない。

原子力安全の目標達成のためには、専門家間や事業者と規制当局間の相互の情報交換が必須である。さらに緊急時における国の各省庁、警察や消防、自衛隊を含む防災に関連する機関、地方自治体と住民、さらにマスメディアを含む異なる組織や集団の間に、時間スケールに応じた情報伝達や双方向の情報交換の手段をあらかじめ検討し、訓練等で確認することが必要であろう。

(7) 原子力安全部会とアカデミアの責務

安全確保のための基本的考え方を示し共有することは、原子力安全部会の責務である。深層防護に基づく安全確保は、福島第一事故後もやはり重要であり、科学的・合理的規制を行い、継続的な改善を被規制者と規制者の双方が進めるべきである。これらの基盤をなすのは産学官の協力であって、規制の独立性を確保するための基盤でもある。形骸化した規制であってはならない。これらを支える安全文化でさえ、具体的な行動に移そうとマニュアル化すると同時に形骸化の危惧が生ずる。

学会は、広く意見を集め、最新の知見を集約する場であって、規制者と被規制者(事業者)を含む多様性をもった産学官からの構成員の参画を得ている。産学官とこれを取り巻くさらに多彩な関係者とのコミュニケーションを通じ、相互の信頼関係を構築してゆくべきである。

2013年5月現在、原子力規制委員会から新しい規制基準案が示されている。広く関係者が各々責任を持つ主体として、プロアクティブな意識を持って行動することが望まれる。また国際的な議論や策定基準を取り込むとともに、福島第一の事故の当事者として、本報告書で掲げた多くの重要な論点を国際社会に発信し、議論を促してゆかなければならない。

原子力安全部会は、リスクにどう対処するかの行動基準を論じ、本質を見極め、必要なものを取り出すことによって原子力安全の目的を達成し、これに係る様々な活動を実効的とするため、原子力の広い分野に横串を指す責務を果たしてゆく。

—参考資料—

- 1) 日本原子力学会原子力安全部会, 「福島第一原子力発電所事故に関するセミナー報告書—何が悪かったのか、今後何をすべきか—」, (2013年3月).
- 2) 地震調査研究推進本部地震調査委員会, 三陸沖から房総沖にかけての地震活動の長期評価について, 2002, http://www.jishin.go.jp/main/chousa/kaikou_pdf/sanriku_boso.pdf
- 3) 佐竹健治, 他, 石巻・仙台平野における869年貞観津波の数値シミュレーション, 活断層・古地震研究報告, No. 8, pp.71-89, 2008.
- 4) 東京電力, 福島原子力事故調査報告書, (2012年6月).

著者紹介



阿部清治(あべ・きよはる)
原子力安全基盤機構
(専門分野・関心分野)原子力安全工学



関村直人(せきむら・なおと)
東京大学
(専門分野・関心分野)システム保全学, システム安全学



松井 務(まつい・つとむ)
中部電力(株)
(専門分野/関心分野)原子力安全評価



村松 健(むらまつ・けん)
東京都市大学
(専門分野/関心分野)確率論的リスク評価

原子力安全部会「福島第一事故に関する セミナー」報告書から (第2報)福島第一事故の概要

日立 GE ニュークリア・エナジー(株) 守屋 公三明,
東京電力(株) 宮田 浩一, 川本 敦史

第1報の報告書の概要に引き続き、本報(第2報)では福島第一原子力発電所事故の概要として、前提となる安全設計、地震・津波の特徴とその影響、資機材の調達等を含む福島第一原子力発電所における事故対応といった、事実関係を中心に記述する。

I. 福島第一原子発電所の安全設計の要点

1. 発電所の安全設計

原子力発電プラントは、「深層防護」を基本思想として、多重、多様な手段で安全性を確保する設計を行ってきた。福島第一原子力発電所(以下、福島第一)における原子力安全確保上の基本戦略は、各プラントが直接冷却サイクルの沸騰水型炉(BWR)であり、炉心への直接注水が容易なため、多種多様な注水手段を備えておくことである。

(1) 各プラントの安全設備

福島第一には6機のBWRが設置されている。1～4号機の仕様を第1表に示す。以下では、福島第一の事故に関連して議論となった項目について述べる。

(a) 非常用復水器(IC)および原子炉への注水設備

1号機(BWR3)では、原子炉隔離事象に対して崩壊熱で発生する蒸気を熱交換器で凝縮するICを採用し、非常用炉心冷却系(ECCS)はタービン駆動の高圧炉心注

水系(HPCI)1系統と非常用ディーゼル発電機(EDG)の電気で駆動できる炉心スプレイ系(CS)2系統で構成されている。原子炉の減圧に必要な逃し安全弁(SRV)は4弁設置されている。

ICは水の補給能力がなく、凝縮蒸気を原子炉に戻すシステムであるために、大きな容量で作っており、設計上は炉停止直後の崩壊熱(定格熱出力の3%)の2倍に対応する性能を持つ。これは、SRVから冷却水を放出するような事態を回避するようSRVの設定圧力より低い原子炉圧力でICを自動起動し、原子炉水位を維持するように容量に余裕を持たせているためである。ICの運転により原子炉圧力は急速に低下することから、運転員は2系統運転から1系統だけの運転に切り替える。さらに、IC1系統の容量は、崩壊熱のばらつきを考慮して保守的に設定しているために、1系統でも原子炉圧力を低下させる能力を持つ。したがって、ICの弁を操作して圧力が下がり過ぎないように手順が整備されている。

この方法では運転員に負荷がかかること、能動的に注水することを考慮し、2号機以降は原子炉隔離時冷却系(RCIC)を採用している。RCICは、蒸気駆動タービンにより注水し、余剰蒸気はSRVを通じて系外(圧力抑制プール)に放出するシステムである。

なお、ICの破断検出(制御電源喪失も含む)がなされた場合、両系統の4つの弁の全てに閉止動作を要求するインターロックが働き、弁の駆動用モータが回転して弁を閉止する。

ICが機能しなかった場合は、原子炉圧力が上昇するが、この場合はSRVが作動して余剰蒸気を圧力抑制プールに放出して炉圧上昇を抑制する。しかしながら、原子炉水位は蒸気放出に伴って低下するため、HPCIが水位低の信号で自動起動して注水を開始する。万が一、HPCI機能しない場合でも、水位低で自動減圧系(ADS)が自動起動して原子炉圧力を下げ、同時にCSが起動して注水を開始することになっている。

第1表 福島第一1～4号機の主な設計仕様

	1号機	2号機	3号機	4号機
商業運転開始	1971	1974	1976	1978
原子炉型式	BWR-3	BWR-4	BWR-4	BWR-4
定格出力(MWe)	460	784	784	784
熱出力(MWt)	1,380	2,381	2,381	2,381
隔離時冷却系	IC	RCIC	RCIC	RCIC
ECCS	HPCI (1) ADS CS (4)	HPCI (1) ADS CS (2) LPCI (2)	HPCI (1) ADS CS (2) LPCI (2)	HPCI (1) ADS CS (2) LPCI (2)
原子炉格納容器	Mark-I	Mark-I	Mark-I	Mark-I
地震発生時の運転状態	運転中 ↓ 停止	運転中 ↓ 停止	運転中 ↓ 停止	定期検査中

A Digest of the Nuclear Safety Division Report on the Fukushima Dai-ichi Accident Seminar(2); *Overview of the Accidents at Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Station*: Kumiaki MORIYA, Koichi MIYATA, Atsushi KAWA-MOTO.

(2013年 6月28日 受理)

2～5号機(BWR4)の場合は、原子炉隔離事象に対してRCICを採用し、非常用炉心冷却系にはHPCIとCSに加えてLPCIを追加して安全余裕を向上させ、SRVは出力に応じて8弁設けられている。

なお、RCICの流量もIC同様、崩壊熱に余裕を見込んで設計しており、通常の運転では水位が上昇するが、主蒸気配管に湿分の高い蒸気あるいは水が流出することで、RCICタービンの運転に悪影響がないようにするために、原子炉水位高でRCICをトリップさせる設計としている。

以上のようなプラントの安全設備に加え、2000年前後までにアクシデントマネジメント(AM)策を追加し、多種多様な注水手段を多層に装備することで安全性を確保するようにしてきている。

(b) 原子炉格納容器(バウンダリーの隔離設計)

原子炉格納容器は、事故の際に系外に放射性物質(FP)を外に出さないためのバウンダリーであり、原子炉格納容器を貫通する配管系には、内側と外側に隔離弁を設け、異常がある場合は「隔離優先」でその隔離弁を自動で閉める設計としている(フェイルセーフ)。ただし、ECCSのように原子炉に注水する系統は、注水の方が重要であり、内側の弁を逆止弁にする構成も認められている。

(c) 原子炉格納容器内の水素ガス対策

BWRでは、運転中は格納容器内の雰囲気は窒素で置換され、酸素はほとんどない状態である。したがって、炉心が高温となる事故で、燃料被覆管材であるジルコニウムの酸化反応により水素が発生しても、ただちに格納容器内で燃焼することはない。多くの実験で、酸素濃度5%以下では燃焼は生じない(局所的に火炎を発生させても伝播しない)ことが示されている。ただし、長時間経過後には、水の放射線分解によって水素と酸素(特に酸素)が発生して燃焼の可能性が生じるので、可燃性ガス濃度制御系設備(FCS)が設置されている。

また、原子炉建屋においては、水素ガス対策は考えられていなかった。

(d) 原子炉水位計

原子炉水位は、原子炉圧力容器の気相部につながる蒸気の凝縮槽で形成される基準面水位による水頭圧と原子炉水位に応じて変動する水頭圧の差圧を検出することで測定している。

原子炉内が過熱状態もしくは原子炉格納容器内が原子炉内の飽和温度より高温になると、蒸発により基準面水位が低下することが考えられる。基準面水位が下がると、レファレンス水頭圧が低下し、実際より高い水位を示す。原子炉の実水位がさらに低下していくと、水位計装の炉側配管の水も蒸発し始め、例えば計測水位が低下する方向となる。なお、このようなプラント状態に対して、水位不明時の対応手順が整備されている。

(e) アクシデントマネジメント対策設備

米国では1980年代に全交流電源喪失事故(SBO)への対策が規制化され、わが国では自主的に、直流電源を活用したIC、RCIC、HPCIによる原子炉冷却や、隣接号機からの高圧電源の融通手順が整備されていた。さらに2000年前後に、設計想定を超えた事態におけるリスク低減対策として、注水系、除熱系、電源系を多様化する対策が整備されている。

代替注水設備は、さまざまな箇所に分散して設置されたろ過水タンク、復水貯蔵タンクから注水される仕組みになっている。

耐圧強化ベントは、原子炉格納容器が圧力過大で破損することを防ぐために、圧力を逃す対策である。ただし、AM策は設計基準内の安全機能に悪影響を及ぼさないことを前提として整備されたため、バウンダリーを守るために「ラプチャディスク」が設置され、その設定圧力は格納容器の最高使用圧力より若干高くなっている。

電源確保に関するAM策としては、直流電源をも喪失した場合に備えて、隣接号機からの低圧電源の融通が整備された。

(f) 配置

安全設備の各機器・系統は、可能な限り分散・独立するように配置されている。ECCSのポンプ類は系統毎に分離して別の部屋に設置している。しかし、EDGに関しては、設備自体が重いものであり、通例、地下もしくは1階に設置されている。

(2) 事故の収束手順

安全性は、設備だけで維持できるものではなく、設備をどのように運用していくのかが重要である。BWRの場合は、どのような事故が発生しても、スクラムさせた後は原子炉を減圧して注水を行い、最終的には崩壊熱を除去する手順になっている。そのため、冷却水が喪失するような事故では、まずはICもしくはRCIC、HPCIなどの高圧注水系で原子炉圧力と水位を維持している間に「原子炉を減圧」して、その後は低圧注水系で「炉心への注水」を実行できれば事故は収束できる。

2. 耐震設計及び耐津波設計

施設外、施設内の誘因事象に対する防護設計については、共通の考え方がある。誘因事象の発生頻度が極めて小さい(通例、 10^{-7} /年以下)場合には、設計の対象にならない。それより発生頻度が大きい場合はその誘因事象に対する防護設計がなされる。おおむね 10^{-3} /年ないし 10^{-4} /年程度の発生頻度のハザードを「設計基準ハザード(Design Basis Hazard)」として設定し、それに対して十分に裕度をもった防護設計をする。その結果として重大な事故の発生頻度が十分に小さくなる(たとえば、安全目標・性能目標のレベルになる)なら防護設計は適切であると考えられる。

耐震設計・耐津波設計に関しては、設置許可申請書に

も記載されている方針で「自然現象に関しても防護する」ことがなされてきた。さらに、原子炉施設は重要度に応じてクラス分類され、重要な設備ほど余裕を持たせた耐震設計がなされてきた。新知見に対しては、それに応じてバックチェックおよび耐震裕度向上対策がなされてきた。しかしながら、福島第一の事故に鑑みれば、防護の方法として「地震の加速度に対して余裕をもって設計する」、「津波に対しては、敷地高さおよび防潮堤で止める」というのが主体であり、想定レベルを超えた場合にどうするかについて、具体的な良い対策は考えられてこなかった。

II. 東北地方太平洋沖地震によって生じた津波と津波想定に関わる経緯

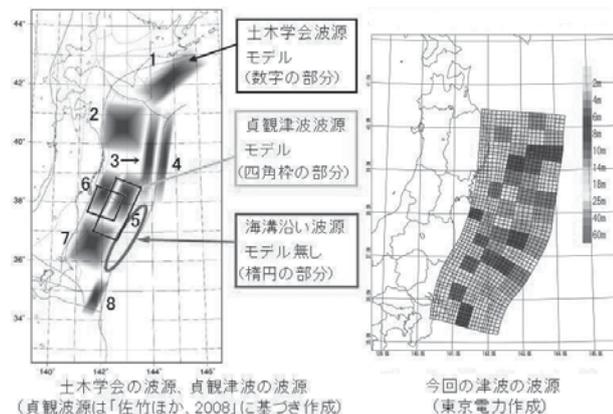
1. 東北地方太平洋沖地震によって生じた津波

東北地方太平洋沖地震は、2011年3月11日午後2時46分頃、三陸沖の複数領域が連動して発生した地震であり、世界の観測史上4番目の規模(M9.0)であった。地震の揺れは、宮城県栗原市で最大震度7、発電所立地点でも震度6以上を観測している。

その後、15:30頃に女川原子力発電所、福島第一、福島第二原子力発電所及び東海第二発電所(以下、「女川」、「福島第一」、「福島第二」、「東海第二」)に津波が来襲した。津波の高さは、女川で約13.0m、東海第二で約5.5mが発電所前面で記録されている。福島第一および福島第二では、後の数値解析により、港湾内での津波高さは、それぞれ約13m、約9mと推定されている。

原子力発電所の津波評価は、「原子力発電所の津波評価技術」(2002年2月:土木学会)に基づき、太平洋側の領域毎に単独の波源を設定して実施されていた。しかしながら今回の津波は、想定を超えるすべり量で複数の領域が活動し、かつ、破壊の時間差による津波の重畳があったと報告されている。

原子力発電所の津波評価技術で示されている波源モデル及び東北地方太平洋沖地震に伴う津波の再現解析に用いられた波源モデルを第1図に示す。



第1図 津波の波源

2. 津波想定に関わる経緯

福島第一、福島第二の設置許可の申請当時は津波に関する明確な基準はなく、既往最大潮位として1960年のチリ地震津波が想定されていた。その後、津波評価技術発行以降、新しい知見が得られる毎に想定津波高さが見直され、福島第一では当初の3.1mから6.1mに引き上げられ、海水ポンプの嵩上げが実施されている。

設計津波高さの検討以外にも、福島県沖でも大規模な地震が起こり得るとの2002年の地震調査研究推進本部の見解に対する取り組みがあったが、波源モデルが未確定であり、東京電力では、津波PRA手法の開発、波源モデルを仮定した試算、その波源モデルの適切性の土木学会への審議要請の準備等が進められていた。なお、同見解においても今回のような複数領域が連動した地震は想定されていなかった。

東京電力はまた、貞観津波の有無を調べるために試算および堆積物調査を実施した。試算では、連動を考慮していないが、最悪の結果になるようにパラメータを選んだ場合でも、福島第一における津波高さは8~9mであった。堆積物調査では、発電所北側の南相馬市では痕跡が確認されているのに対して、発電所敷地の近傍である富岡町、広野町及びいわき市で痕跡は発見されなかったとされている。

III. 福島第一原子力発電所における事故の概要

1. 地震と津波による被害

東北地方太平洋沖地震による揺れの大きさは、基準地震動Ssによってもたらされる揺れの大きさに匹敵あるいは若干上回る大きさであった。

送電鉄塔の倒壊や遮断器の損傷など、様々な箇所で故障が生じ、発電所全体で外部電源が喪失し、運転中の原子炉は全て自動停止した。外部電源の喪失に伴い、待機していた12機のEDGはすべて自動起動し、電源が確保された。この段階で得られていたプラントパラメータの分析や目視可能な範囲でのウォークダウン結果からは、原子炉安全に影響するような損傷等は確認されていない。

地震後1時間弱経過した15時30分頃に、大きな津波が襲来した(第2表)。なお、津波情報について、当初は3mの大津波警報であったが、2回更新された後、10m

第2表 津波の大きさ

	主要建屋敷地エリア (1~4号機側)	主要建屋敷地エリア (5号、6号機側)
◇敷地高[a]	O.P.+10m	O.P.+13m
◇浸水高[b]	O.P.約+11.5~約+15.5m ^{※1}	O.P.約+13~約+14.5m
◇浸水深[b-a]	約1.5~約5.5m	約1.5m以下
◇浸水域	海側エリア及び主要建屋敷地エリアほぼ全域	
備考	・ 今回の津波高さ(津波再現計算による推定): 約13m ^{※2} ・ 土木学会手法による評価値(最新評価値): O.P.+5.4~6.1m	

※1: 当該エリア南西部では局所的C.O.P. 約+1.6約+1.7m(浸水深約6~7m)
 ※2: 検潮所設置位置付近 注: 地震による地盤変動量は反映していない

以上の大津波警報に変わったのは、15時30分であった。

この津波により、福島第一の広範な範囲が浸水し、多くの海水系機器が損傷した。建屋への浸水では、各号機の電源盤の機能が広く失われ(第3表)、1~5号機で全交流電源が喪失し、さらに1, 2, 4号機では直流電源も喪失し、隣接プラントも含め電源が喪失する事態となり、極めて厳しい事故対応の初期条件が課された状態となった。さらに、大きな余震が続き、大津波警報が解除されない中、現場も津波による瓦れきが散乱した状況であり、事故対応が困難となった。

2. 福島第一1号機原子炉

地震から津波来襲までの間は、原子炉圧力・温度の急激な低下を回避するよう、ICが間欠的に運転され、原子炉水位が維持された。

津波が襲来し、多くの電源盤の機能が失われ、中央制御室では計装や警報灯を含めほとんどが使用不能となり、何をすべきか、何ができるかが全く分からない状態であったとされている。なお、津波来襲の頃に母線電圧

がEDG電圧より先に0[V]になったとのデータが確認され、その他パラメータの分析を考慮し、当該EDGは地震の影響で機能喪失したものではないと考えられる。

また、津波による直流電源喪失の結果、ICの隔離インターロックが作動して隔離弁の一部が閉止している。すなわち、閉じ込め機能に対する「フェイルセーフ設計」の影響でICの冷却機能は喪失したことになる。なお、B系のICの格納容器内側隔離弁の状態に関する新たなデータから、これらの弁は開状態である可能性が考えられる。

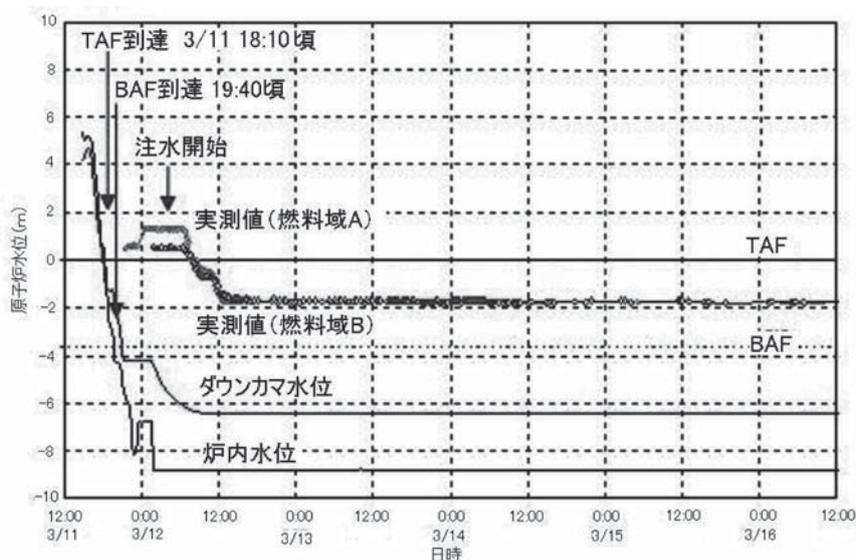
ICの機能喪失により、原子炉水位が低下し、シビアアクシデント解析コード(MAAP)による推定では、3月11日19時前に炉心損傷が始まったとされている(第2図)。その後、バッテリーをつなぐことで水位が計測され、有効燃料棒頂部(Top of Active Fuel:TAF)より高い水位が測定されたが、これは炉心損傷の影響で水位計が誤指示を出したものと推定されている。

3月12日0時頃には、ドライウェル(DW)の圧力が測定され、最高使用圧力を超える圧力であったことから、

第3表 被害の状況

サイト	号機	外部電源	D/G (*は空冷式)			直流電源	海水ポンプ	M/C(高圧電源盤) (()内は工事中系統)		P/C(低圧電源盤) (()内は工事中系統)	
			A	B	H			非常用	常用	非常用	常用
福島第一	1号機	×	×	×	-	×	×	×	×	×	×
	2号機		×	△*	-	×	×	×	2/3	2/4	
	3号機		×	×	-	○→枯渇	×	×	×	×	×
	4号機		×	△*	-	×	×	×	1/2(1)	1/1(1)	
	5号機	×	△	△	-	○	×	×	×	2/7	
	6号機		△	○*	△	○	×	○	×	○	×
福島第二	1号機	○	×	×	×	3/4	×	1/3	○	1/4	○
	2号機		△	△	△	○	×	○	○	2/4	○
	3号機		△	○	○	○	1/2	○	○	3/4	○
	4号機		△	△	○	○	×	○	○	2/4	○

○:使用可(分数の場合は、使用可能な系統数を表示)
 △:D/G本体は被水していないが、M/C関連機器等の水没により使用不可
 ×:使用不可
 -:設備なし



第2図 原子炉水位(1F1)

発電所では格納容器ベントの準備の指示が出された。これ以降、格納容器圧力の測定値は、0.75 MPa[abs]程度で維持され、FPの漏洩が生じ、3月12日の明け方に、線量率が上昇している。

3月12日4時頃から、代替注水ラインにつながる連結送水口に消防車が接続され、防火水槽の淡水が注水されたが程なく枯渇し、引き続き海水が注水された。なお、代替注水ラインは、AM策としてディーゼル駆動消火系ポンプ(Diesel Driven Fire Pump:DD-FP)で注水するよう整備されたもので、一方、消防車は中越沖地震後の対策で用意されていた。

この注水では、炉心損傷は回避できなかったが、格納容器ペDESTAL部(原子炉容器を支える円筒部分)でのコアコンクリート反応(MCCI)が抑制され、床の浸食量は約70 cm程度と推定されている。

注水対応と並行した格納容器ベント操作では、電源及び圧縮空気がなく、現場の2つの弁の手動操作が必要であったが、雰囲気線量が高く途中で断念した。その後、仮設コンプレッサを手配して空気作動弁を遠隔操作し、14時過ぎに格納容器圧力の低下と排気筒からの蒸気放出が確認されている。

3月12日15時36分、1号機の原子炉建屋が爆発し線量率が一時的に上昇した。炉心損傷に伴い発生した水素が何らかの経路で格納容器から原子炉建屋に移行し、最上階であるオベフロにて爆発したものと推定される。

ベント配管は、非常用ガス処理系(SGTS)と接続されており、ベント流の逆流が疑われるが、電源喪失時閉の流量調整ダンパがあり逆流は制限される。また、粒子状のFPはSGTSのフィルタトレインにより大部分が補足されるため、原子炉建屋内の汚染は限定的になるはずであるが実際には厳しい汚染状態となっている。したがって、SGTSが水素流入の主たる経路ではないと推定できる。

3. 福島第一2号機原子炉

地震から津波来襲までの間は、RCICにより原子炉水位は維持された。

津波が襲来し、多くの電源盤の機能が失われ、中央操作室は真っ暗になり、設備状態把握のための計装や警報灯を含めほとんど使用できなくなった。津波が襲来した頃、運転員はRCICを手動で再起動していたが、その後の運転状態を把握できず、12日2時過ぎの2度目の現場確認で、RCIC吐出圧力が原子炉圧力より高く、RCICは運転中と確認されている。

11日22時頃以降、原子炉水位・圧力が確認されるようになった。直流電源がなく、RCICの制御は不能だったが、RCICタービンが二相流で駆動されたという特殊な運転状態にあったと推定されている。

格納容器ベントの準備は早い段階から進められ、代替

注水の構成も完了していたが、14日の3号機の爆発の影響で、空気作動弁が閉止し、消防車・ホースも破損した。

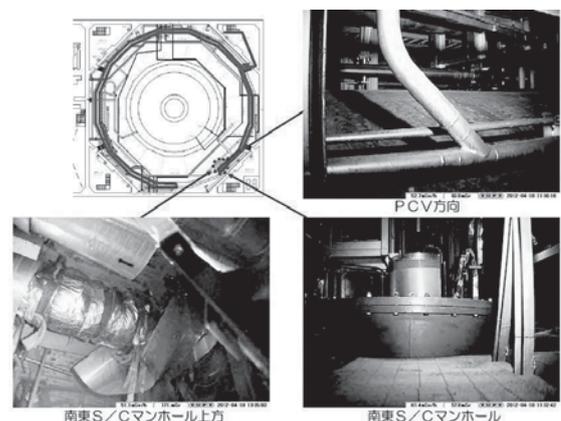
14日昼頃から原子炉水位が下がり始め、代替注水の再構成とベントの復旧の取り組みがなされた。原子炉減圧のため、SRV制御盤にバッテリーをつないだが、なかなかSRVが動作せず、18時過ぎになって減圧に成功した。現場放射線量が高いため、交代で消防車の運転状態が確認されていたが、19時20分に燃料切れで停止していることがわかり、給油の後、20時前に2台の消防車で原子炉への注水が開始された。その後、SRVが閉止しては開とする操作を繰り返すような不安定な状態となっていた。

MAAP解析では、14日19時20分頃に炉心損傷となっており、原子炉水位の計測値が一時的に回復しているものの、解析ではこの計測水位を信用できないものとして、消防車からの流量の一部のみが原子炉に注水されたとしている。なお、解析上は压力容器の損傷には至っていないが、プラントパラメータ等からの検討の結果、压力容器が損傷し、溶融デブリの一部がペDESTAL部に落下して冷却されていると推定されている。

14日夜にはS/Cベント小弁やDWベント小弁の開操作がなされたが、DW圧力、線量率ともに変動が見られず、格納容器ベントは成功していないと考えられる。

15日6時過ぎに、大きな衝撃音と振動があり、ほぼ同時期にS/C圧力計測値が0 kPa[abs]になったと報告された。東京電力の検討では、S/C圧力計測値が前日からDW圧力と乖離していたこと、真空を意味する0 kPa[abs]はあり得ず、計器故障と判断されている。また、衝撃音は、地震計の記録の分析から、4号機の爆発に伴うものと結論付けられている。なお、後日実施された2号機のトーラス室調査では、爆発の形跡は確認されていない(第3図)。

DW圧力は15日7時から11時までの間に低下し、2号機付近で白い煙が確認され、線量率が急上昇しており、2号機から大量のFP放出があったと推定されている。後



第3図 サプレッションチェンバの状態

日の調査で、オベフロのシールドプラグ近傍の線量率が高いこと等から、FPの主たる放出経路は、PCVヘッドフランジのシールド部と推定されている。

なお、2号機では、1号機の爆発の影響で開放したブローアウトパネル(4 m×6 m)から水素が放出されたため、爆発しなかったと推定されている。

4. 福島第一3号機原子炉

地震から津波来襲までの間は、RCICにより原子炉水位は維持された。

津波の襲来で多くの電源盤の機能が失われたが、直流電源は残っていた。このため、原子炉水位等の監視やRCICやHPCIといった、直流電源で制御できるタービン駆動の設備は使用可能であった。当初はRCICで、3月12日昼頃からはHPCIで注水を継続した。RCIC、HPCIいずれの運転でも、直流電源を節約しつつ、S/Cの水位が上昇しないよう注水ラインを構成し、ポンプを連続運転して原子炉水位が維持された。

SRVによる原子炉減圧とDD-FPによる注水の準備作業がなされている中、13日2時過ぎに原子炉圧力が低下し、運転員が設備損傷による原子炉生蒸気の放出を懸念し、HPCIを手動停止した。その直後にSRVを開放しようとしたが開動作せず、原子炉圧力が上昇し、DD-FPによる注水ができなくなった。その後、SRVの電源復旧の作業中、9時頃にSRVが開いて減圧が始まり、DD-FPと消防車による注水が開始された。MAAP解析では、2号機と同様、消防車で注水した流量の一部のみが原子炉に注水されたと仮定されている。

13日8時41分に格納容器ベントラインを構成し、ラプチャディスクの開放待ちとし、9時20分頃、DW圧力が低下しており、ベントが機能したと考えられる。この最初のベント直後に、線量率が一時的に上昇したが、その後のベントでは線量率の増加が見られていない。

1号機の爆発以降、火花の発生しにくいウォータージェットによる穴空けで原子炉建屋を換気する手配がなされていたが、機器が発電所に届く前の3月14日11時01分、原子炉建屋が爆発した。爆発の原因は、1号機と同様と推定する。ベント配管からの逆流経路上には、グラビティダンパがあることなどから、SGTSが水素流入の主たる経路ではないと推定できる。

5. 使用済み燃料プール

4号機は、定検停止中で、使用済み燃料は全て使用済み燃料プール(SFP)にあり、崩壊熱による総発熱量が最も高いプールであった。

地震による影響は限定的であったが、津波の襲来で全電源を喪失し、SFPの冷却機能及び補給水機能が失われた。3月14日4時頃測定されたSFP水温が84℃と予測される程度であり、燃料露出まで時間余裕があること

から、1～3号機の炉心冷却等の対応が優先されていた。

3月15日6時12分、大きな衝撃音と振動が発生し、原子炉建屋の損傷が確認された。爆発当初は、SFPの水位が確認できなかったこともあり、SFPに事故があったのではとの推測もあったが、3月16日には、ヘリコプターからSFPの水面が確認され、以降、放水車による淡水放水やコンクリートポンプ車による海水放水が開始され、水位が確保された。

この爆発の原因は、3号機の格納容器ベントの際に、水素を含むベント流が4号機と共用されている排気ラインを通じSGTSを逆流し、換気空調ダクトから建屋内に拡散したことによるものと推定された。なお、4号機SGTSには逆流を妨げるダンパ等がないことがわかっている。また、4号機SGTSフィルタトレインの線量率測定が実施され、出口側(3号機側)の線量が高く、逆流が裏付けられた。原子炉建屋5階床面は上方に、4階床面は下方に向かって変形し、4階空調ダクトが瓦れき状に散乱しており、爆発は4階の空調ダクトで発生し、階段室等から建屋全体に伝播したと考えられている。

なお、現場調査によりSFPの構造上の健全性は確保されていると考えられ、解析上、基準地震動Ssへの耐力も確認されたが、SFP底部を補強して、耐震性を20%以上向上させている。また、建屋壁面の傾き調査等が継続的に実施され、原子炉建屋に有意な傾きがないことが確認されている。

SFP内の写真等から燃料ラックに異常は見られず、取り出された新燃料の健全性が確認されている。また、プール水の核種分析により系統的な燃料破損はないと推定されている。

1～3号機のSFPの温度・水位の評価が実施され、爆発のあった1,3号機も含め、SFPの水位維持機能および水位は確保されたとの結果となっている。5,6号機のSFP及び共用プールでは蒸発はなく、代替の冷却設備により安定した冷却状態が維持された。

乾式貯蔵キャスクの保管建屋には、津波により大量の海水、瓦れき等が流入し、床面浸水、ルーバや扉等の損壊が見られるが、放射線量はバックグラウンド程度であり、乾式貯蔵キャスクは空冷され、密封性能は維持されていると考えられている。

6. 福島第一5,6号機原子炉

5,6号機は、定検停止中であり、地震による影響は限定的であった。

津波に関しては、主要建屋が設置されている敷地高さが、1～4号機側より高く、海水系設備を含め被害は甚大ではあったが、相対的には小さかった。

5号機は、津波の影響で、多くの電源盤の機能が喪失し、SBOとなったが、常用の低圧電源盤の一部は使用

可能で、直流電源も使用できた。崩壊熱レベルが小さく、原子炉圧力の上昇は緩慢であり、12日に入ってRPV頂部ベントによる原子炉減圧がなされ、14日になって、耐圧漏えい試験のために除外されていたSRVが復旧され、断続的に原子炉減圧操作がなされた。また、復水補給水系(MUWC)への電源が復旧し、14日には、原子炉注水が開始され、原子炉水位が維持された。19日には、仮設水中ポンプが起動し、RHR(C)によるSFP冷却が開始され、20日には原子炉が冷温停止となった。以降、SFPと原子炉が交互に冷却された。

6号機も地震による影響は限定的で、津波の影響で一部の高圧電源盤が使用不能となったが、直流電源は使用可能で、EDG 1台(6B)は空冷であることから機能を維持し、SBOには至らなかった。19日には、仮設水中ポンプが起動し、RHR(B)によるSFP冷却が開始され、20日には原子炉が冷温停止となった。以降、SFPと原子炉が交互に冷却された。

7. 放射性物質放出量評価

(1) 大気放出量

電源が喪失し、通常のモニタリング設備が使用不可能となったため、モニタリングカーで発電所内の線量率を測定した(第4図)。東京電力では、線量率のピークを再現するようなFP放出量を繰り返し計算により求め、また、風向きによりピークが見られない時間帯は、バックグラウンドの1%がFP放出の寄与であるとの仮定をおいて放出量を求めている。総放出量は、希ガス、ヨウ素131はそれぞれ、約500PBq、セシウム134、137はそれぞれ、約10PBqとなっている。3月15日7時以降の2号機からの放出が最も大きく、格納容器ベントによるFP放出寄与は小さく、周辺土壌の汚染の主要因ではないと推定されている。

3月15日には、2号機から継続的にFP放出があったと考えられるが、この日には、北西方向への風が吹き、夜には降雨があったものと推測され、その結果、発電所から北西方向の汚染が高くなったと推定されている。

(2) 海洋放出量

海洋放出量は、放水口付近での海水中放射能濃度の測定値を再現するよう東京電力により評価されている。総

放出量は、ヨウ素131は約11PBq、セシウム134、137はそれぞれ、約3.5PBq、約3.6PBqとなっている。海洋放射能流入は、4月中には大きく低下し、海洋への総放出量は、大気放出よりも小さな放出量となった。

8. 事故時の資機材物流の状況

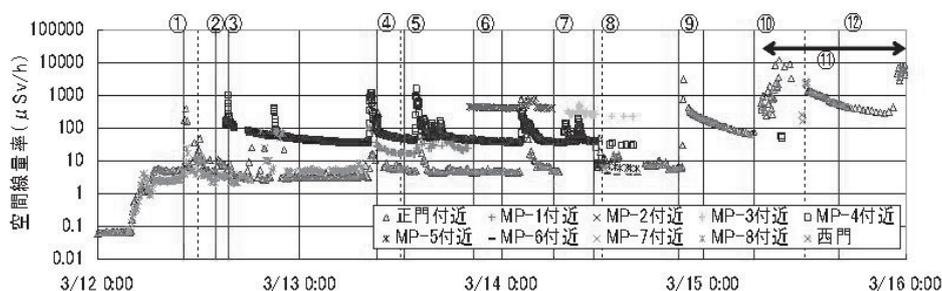
福島第一では、過酷な原子力災害、長期的な災害に対する資機材確保が十分ではなく、バッテリー、電源、注水用資機材、燃料、放射線管理・防護用品、飲食料、その他生活用品等、多岐にわたって不足した。

このため、東京方面からの物資供給や、福島第一周辺地域における調達を試みたが、地震・津波による東北地方から関東にわたる広域な道路被害(通行止め・渋滞等)や通信環境の悪化、福島第一周辺の汚染発生並びにそれに起因する社外運転手の確保困難化、全面マスク着用での東京電力社員による不慣れな大型車の運転等、阻害要因が重なり、輸送の大幅な遅延や資機材の未達など、事故後しばらくの間は必要物資の調達・輸送には非常に大きな困難が伴った。

福島第一への物流拠点として、いわき市の小名浜コールセンター、広野町のJヴィレッジを活用したが、これらの拠点自体やその周辺地域も地震、津波により被災していたこと、受入れ態勢が整っていなかったこと等の理由から、受払・在庫管理についても当初は十分に機能しなかった。

福島第一では、直流・交流の全電源を喪失した状況下、少しでもプラント状況を把握し、炉心を減圧・冷却するために、最低限の計測機器の機能回復、弁操作等を実施すべく、種々のバッテリーを複数個つないでこれらに必要な電圧を確保することを試みた。しかしながら、外部からは十分には調達できず、やむを得ず、構内バス、業務車、個人所有の自家用車から車両用12Vのバッテリーを取り外して使用した。これによりようやく原子炉水位計の一部、主蒸気逃がし安全弁等、ごく一部の計器等の確認・動作が可能となった。

その他電源については、現場状況を確認した結果、早期復旧は困難と判断され、使用可能な所内電源設備と電源車により復旧を目指すこととなった。電源車は、東京電力社内だけでなく、他の電気事業者、自衛隊からも提



第4図 モニタリングデータ

供され、計23台確保された。瓦れき撤去、ケーブル手配・敷設等、復旧準備を進め、3月13日以降、電源車による受電に成功したケースもあったものの、電源盤の多くが使用不能であったこと、原子炉建屋の爆発の影響やケーブルの損傷のトラブル等により電源復旧作業は難航した。

原子炉への注水に関しては、全交流電源喪失等に伴い本設設備が使用できなくなっており、やむを得ず消防車により注水した。福島第一所有の消防車は3台(当初は1台のみ使用可能)で、追加手配を要請し、東京電力社内より7台、他電気事業者・国、自衛隊等より5台、計12台を追加で確保できた。これら消防車は3月12日の午前中以降順次到着し、原子炉注水への水源となる防火水槽等への淡水、海水の移送、原子炉への直接の注水に使用された。

著者紹介



守屋公三明(もりや・くみあき)
日立 GE ニュークリア・エナジー(株)
(専門分野)次世代エネルギー開発, 原子力プラント安全設計/熱流動



宮田浩一(みやた・こういち)
東京電力(株)
(専門分野)原子力安全設計・評価



川本敦史(かわもと・あつし)
東京電力(株)
(専門分野)原子燃料管理



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—
(8月5日第2回編集幹事会)

【論文誌関係】

- ・ Taylor&Francis 社から報告された英文誌出版2013年レポートの内容について紹介された。全般に高く評価されている。さらなる改善提案を今後の運営の参考にすることとした。また、企画委員会を通じて、各部会に投稿を勧誘することとした。
- ・ 英文誌の出版状況が報告された。7月期に24論文が投稿された。9月号電子版公開済み、10月号入稿済み。
- ・ JAEA 関係者から HTTR 開発関連の英文誌特集号の提案があり、これを承認した。通常審査を進める。
- ・ 編集委員会の論文誌関連規定類の見直しを進めている。実情に合わせて、査読委員という名称を無くすこととした。
- ・ 学会賞論文賞の推薦方針が確認された。また、JNST Most Popular Article Award の選考方法について、検討経過が報告された。
- ・ イランからの投稿論文の取り扱いに関して、出版社から注意喚起が出された。

【学会誌関係】

- ・ 編集委員長から理事会ならびに経営改善特別小委員会と編集委

員会との意見交換会の報告があった。

- ・ 再処理・リサイクル部会、放射線工学部会代表からそれぞれの活動内容の説明を受け、学会誌記事になりそうなテーマについてディスカッションを行った。
- ・ 巻頭言、時論のほか記事の進捗状況を確認し、今後の記事の方向性について議論した。
- ・ 編集委員会規程の修正について、担当委員より説明があり了承された。編集委員会内の回議後、理事会にて正式承認の運びとなる。
- ・ AESJ Collaboration Task Force の説明が、編集委員長からあった。ポジションステートメント WG の規程を基に、AESJ Collaboration Task Force の規程を作成していくこととした。AESJ Collaboration Task Force の設置場所については、編集委員長と他理事と相談することとした。
- ・ 来年度の表紙について、従来通り日展から選出するか、出版社から提案のあった表紙にするか審議した。その結果、出版社版で来年度は掲載することとした。デザインなど、連絡会・臨時連絡会で検討し、詰めていく。

編集委員会連絡先 <<hensyu@aesj.or.jp>>

高レベル放射性廃棄物処分の可逆性と回収可能性

第1回 可逆性と回収可能性はどういうことなのか

原子力環境整備促進・資金管理センター 田辺 博三

処分とは本来、放射性廃棄物の回収を意図することなく、ある施設または場所に定置することをいう。しかし、多くの国において、法律や政策レベルで、可逆性と回収可能性が議論されている。地層処分の段階的な開発の進め方および各段階において高レベル放射性廃棄物がおかれる状態を説明し、そこにおける可逆性と回収可能性がどういうことを意味し、どういうことが想定されるのかについて解説を試みる。

I. はじめに

高レベル放射性廃棄物(以下、高レベル廃棄物という)は、使用済燃料(放射性廃棄物として処分する場合)およびそれを再処理した場合に発生する高レベル放射性廃液をガラスで固化したもの(以下、ガラス固化体という)をいう。高レベル廃棄物は潜在的な有害度が高いことから、現時点で最も有望な処分方法として地層処分が選択され、各国で事業が進められている。ここで、「処分とは放射性廃棄物の回収を意図せずに、ある施設または場所に廃棄物を定置することを意味する。」とされている¹⁾。それにもかかわらず、処分事業の実施段階における可逆性・回収可能性(R&R)が各国で取り上げられ、議論が行われるなど関心が高まっているのはなぜであろうか。

本稿では、R&Rに関する最新の検討結果である、OECD/NEA(経済協力開発機構/原子力機関)で2007年から2011年にかけて実施された「高レベル放射性廃棄物および使用済燃料の深地層処分のための可逆性と回収可能性」プロジェクト(以下、R&Rプロジェクトという)の成果^{2,3)}を中心にして解説を試みる。R&RプロジェクトはR&Rの概念に関する問題の範囲と考え方について、RWMC(放射性廃棄物管理委員会)のメンバーの間での認識を高めることを目的として実施された。プロジェクトの目標は、ある特定の手法を推奨することや、特定の結論に導くことではなく、R&Rへのさまざまな取り組み方法を認識するとともに、検討のための基礎情報を提供することである。

R&Rプロジェクトでは可逆性と回収可能性の議論を

Reversibility & Retrievalability (R&R) for Geological Disposal of High-level Radioactive Waste (1); What is R&R? : Hiromi TANABE.

(2013年 7月5日 受理)

行う上で以下の独自の定義を行っている。

- ・「可逆性(Reversibility)」とは、原則として、処分システムを実現していく間に行われる決定を元に戻す、あるいは検討し直す能力を意味する。
- ・「回収可能性(Retrievability)」とは、原則として、処分場に定置された廃棄物あるいは高レベル廃棄物全体を取り出す能力を意味する。

すなわち、可逆性はなんらかの理由でそれまで進めてきた高レベル廃棄物の処分事業の計画や管理戦略を変更あるいは後戻りする意思決定の選択の可能性に関わるものである。処分を段階的に進める中で行われる意思決定において選択の自由を確保し、長期間にわたり柔軟性を持った処分場の管理を可能にすることになる。可逆性は技術的概念というよりは、主に管理や意思決定の概念である。一方、回収可能性は、可逆性により1つ以上前の段階に後戻りすることを決めた時などにおいて定置した高レベル廃棄物を回収する必要がでてきた場合の、技術的な可能性に関わるものである。可逆性を確保するためには回収可能性を維持する必要がある。

それでは、地層処分事業においてなぜR&Rの必要性が議論されてきたのだろうか。そこでポイントとなるのは、地層処分事業(サイト選定から操業を経て閉鎖に至る事業)の期間が1世紀を超える非常に長いものであり、さらに、地層処分の安全性が数万年以上もの長期にわたって評価する必要があることだろう。時間スケールが長いことによって、技術的、社会的側面からさまざまな不確実性が含まれることになる。このような特徴を有する地層処分に関して、R&Rプロジェクト報告書では、IAEA(国際原子力機関)の「放射性廃棄物管理の原則」(1995)における将来世代の防護の原則と将来世代にオプションを残すことについての言及を引用しつつ、「R&Rは、安全で、社会的に受け入れられる地層処分という最終的な目標に向けた長い工程を円滑に進めることのでき

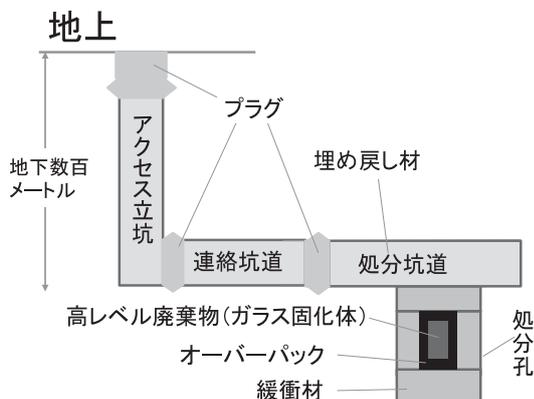
る意思決定と設計プロセスに役立つものである。(中略)各国はR&Rに関する見解を有するべきであると結論づけることができる。」と述べている。

本解説では、このような時間スケールを理解してもらうため、まず地層処分概念(工学バリアの構成、施設レイアウトなど)について説明する(Ⅱ章)。次に、地層処分の段階的な進め方と可逆性(Ⅲ章)、高レベル廃棄物に着目した地層処分場の状態と回収可能性(Ⅳ章)、可逆性と回収可能性(R&R)の所見(Ⅴ章)、過去30年間の進展(Ⅵ章)、OECD/NEA加盟国の取り入れ状況(Ⅶ章)の解説を順次行う。Ⅷ章ではわが国における検討状況を紹介する。

Ⅱ. 地層処分概念

地層処分は、地下数百メートルの安定な地層の中に建設される施設に高レベル廃棄物を処分する概念であり、工学的に設けたバリア(工学バリア)と地層(天然バリア)によって閉じ込め、接近可能な生物圏から隔離する廃棄物管理戦略である¹⁾。第1図に地層処分概念の例を模式的に示す。

本例では、工学バリアとして、ガラス固化体(高レベル廃液をガラス固化したもの：放射性核種を閉じ込め、放出を抑制する安全機能を有する)、オーバーバック(ガラス固化体を封入する鋼製の容器：ガラス固化体と地下水の接触を一定期間防ぎ安全機能を有する)、緩衝材(ベントナイトと呼ばれる粘土の一種と砂の混合物：オーバーバックに好ましい環境を提供する、地下水を通しにくくし、放射性核種を移動しにくくするなどの安全機能を有する)、埋め戻し材(ベントナイトと砂の混合物：オーバーバックと緩衝材に好ましい環境を提供する、放射性核種を移動しにくくする、岩盤の力学的安定性を支持する、などの安全機能を有する)、プラグ(コンクリートやベントナイトで構成する密封(seal)用の構造物：埋め戻し材のエロージョン(侵食)を防ぐ、処分場を密封するなどの安全機能を有する)が設置される。地層は、接近可能な生物圏から高レベル廃棄物を物理的に隔離する



第1図 地層処分の概念図(処分孔縦置き方式の例)
注意：模式図であり実際の処分場とは異なる。

ほか、工学バリアに好ましい環境(還元雰囲気など)を提供する、放射性核種を移動しにくくするなどの安全機能を持っている。

わが国では処分場の地層として堆積岩と結晶質岩が候補となっているが、国によって、地層の種類などの地質環境条件や設計の考え方などに幅があり、地層処分概念はさまざまである。例えば岩塩層が候補のドイツや粘土層のフランスの概念では、高レベル廃棄物の周囲にベントナイト緩衝材を設置することは考慮していない。また、フランスなどでは高レベル廃棄物の横置き方式の定置方法について検討を進めている。

このように、地層処分の安全性に関わる構成要素は、比較的数量が少なく(主なものはガラス固化体、オーバーバック、緩衝材、埋め戻し材、プラグ、地層)、その安全性は受動的なシステム(処分システムという)で確保されているといえる。処分の安全性は、これらの構成要素とそれらの安全機能を適切に組み合わせて処分システムを構築し、処分システムの安全性能を評価し、その結果が関連するすべての安全要件を遵守し、放射線防護上も最適化されていることを示すことによって達成される。

高レベル廃棄物の潜在的な有害度は放射能の減衰により時間とともに減少していくものであるが、例えばもととなっている天然のウラン鉱石並みの有害度になるには数万年程度の時間が必要であるとされている。このような長期の安全性に関しては実験などにより直接的に実証することが困難であり、工学バリアの長期評価や長期の地質学的評価に含まれる不確実性とその影響の評価も組み込んで安全性を評価する必要がある。

Ⅲ. 地層処分の段階的開発と可逆性

本章では、R&Rプロジェクト報告書²⁾に基づいて事業の段階的な開発と可逆性について説明する。

事業段階は第2図のように、操業前段階、操業段階、操業後段階に分かれている。

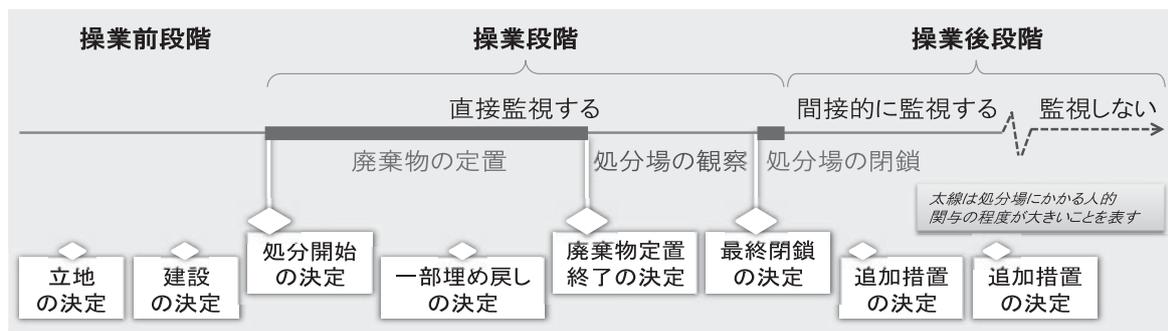
1. 操業前段階

処分場の設計、処分サイトの立地選定と調査、人工材料の試験、工学技術の実証、処分場の建設・操業の許認可、処分場建設の開始、環境条件のベースラインの調査を実施する期間である。

2. 操業段階

(1) 定置期間

この期間では、地上施設で高レベル廃棄物をオーバーバックに封入した後、処分場に定置する。また、環境条件を継続的にモニタリングし、ベースラインデータと比較する。技術開発を継続するとともに、規制機関は、操業安全性について定期的に検査し、長期的なセーフティケースのレビューを行う。地下坑道を新設し、一部の坑道(連絡坑道)および処分エリア(処分坑道、処分孔)を埋め戻しプラグを設置することにより密封する。

第2図 処分場の事業段階および関連する意思決定の例²⁾

(2) 観察 (observation) 期間

すべての高レベル廃棄物を定置後、処分場のモニタリングを部分的に実施して追加の性能確認を行うために、高レベル廃棄物部分へのアクセスを維持することもあり得る。

(3) 閉鎖期間

処分場の埋め戻しおよび密封を実施し、地上から地下施設へのアクセスを終了する。地上施設を解体する。

3. 操業後段階

(1) 間接的監視 (oversight) 期間

処分場閉鎖後は、人に頼らない管理で安全性を確保する。しかし、環境条件のベースラインモニタリングの継続や遠隔モニタリングが行われることもあり得る。使用済燃料を処分する場合には関係する国際保障措置管理を継続する。高レベル廃棄物および処分場の技術データや形態に関する記録を保存し、同時に、マーカー等で処分場の存在を将来世代に伝承する。

(2) 監視なしの期間

数百年、数千年後には、徐々に、あるいは戦争や記録喪失等の予測不可能な事象により、処分場の監視が行われなくなり、処分場が存在したこと自体が忘れられることが想定される。

上記の3つの事業段階は基本的なものとして各国で共通と思われるが、国によって段階の分け方や特定の期間の有無などの違いが見られる。また、各段階や期間の長さは、各国の処分計画および意思決定の内容によって異なっている。例えば、スイスではガラス固化体の廃棄体730体と使用済燃料の廃棄体1,225体に対して操業前段階が約40年、操業段階が約70年(このうち定置期間が約15年、定置後モニタリング期間(第2図の観察期間に相当)が約50年、閉鎖期間が約5年)と計画されている。フィンランドでは使用済燃料の廃棄体2,820体に対して操業前段階が約40年、操業段階が約95年(このうち定置期間が約90年、閉鎖期間が約5年)と計画されている。

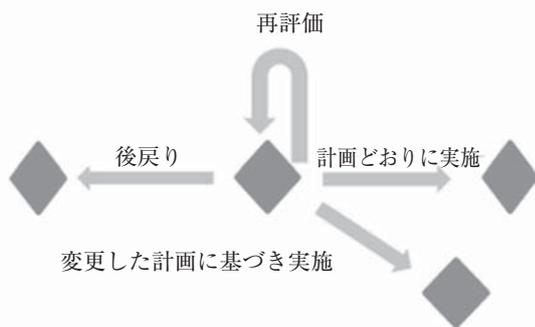
操業前段階はサイト選定が主要な行為となっており、そのためには社会の受入れが重要な事項であるので、要する期間は本質的には処分場の規模にはよらないものと

考えられる。なお、候補サイトにおける地下施設の建設を伴うサイト調査や実証試験が行われるかどうかは国によって異なっており、行われる場合には期間が長くなる可能性がある。

一方、操業段階の定置期間は、処分する高レベル廃棄物の総量、1年間にオーバーパックに封入し定置できる処理能力(本/年)、処分場に受け入れ可能な発熱量の基準とそれを満たすために必要な冷却期間(貯蔵期間)などに依存する。また、スイスのように、定置後に直ちに閉鎖せず一定のモニタリング期間を設けている場合には、その期間が追加されることになる。

このように、地層処分事業は操業前段階、操業段階、操業後段階に区分され、操業前段階だけで数十年を要し、操業終了までに百年を超える長期の事業が計画されていることが特徴である。このために、現世代だけでこれらの段階のすべてをカバーすることが無理なことはもちろん、その長い期間の間に行われる意思決定の多くを次世代以降の将来世代にゆだねることが必然である。

第2図には地層処分事業の進め方を段階毎に表すとともに、さらに各段階で想定される意思決定(何らかの判断を必要とするポイント)の例を示している。これらの意思決定は、制度上定められたものや規制上定められたもの、さらに実施主体が独自に判断するものが含まれており、事業を進めるうえで重要な判断のポイントとなることが予想される。ただし、その意思決定の手続きや位置付けは国によって必ずしも同じではない。これらの意思決定は可逆性に密接に関係している。R&Rプロジェクト報告書では、「可逆性は、段階的意思決定プロセスに組み込むことが最善の方法である。そのようなプロセスをとることで、安全要件への適合を常に確保しつつ、計画を遂行している間に得られる情報を勘案して、計画の方向性をその新しい情報に適応させたり、変更したりすることができるようになる。段階的な規制および政策決定が信頼できるものであるためには、それらの決定に可逆性があるか、あるいは少なくとも新しい情報に照らして、現実的な範囲で修正ができるものでなければならない²⁾。」としている。また、意思決定の結果、その後に取り得る道筋のオプションを第3図に示す。これらのオ



第3図 決定の可逆性：オプションを評価した結果として考えられる道筋(後戻りを含む)²⁾

プシオンには、それまでの計画どおりに進めることや、必要に応じて計画を修正、変更して進めることに加えて、過去の決定を覆し1つ以上前の段階に戻すこと(後戻り(Reversal))も含まれるとしている²⁾。

IV. 高レベル廃棄物に着目した地層処分場の状態と回収可能性

前章で示した各事業段階において、高レベル廃棄物がどのような状態に置かれているのかについて第4図の処分孔縦置き方式を例に説明する。

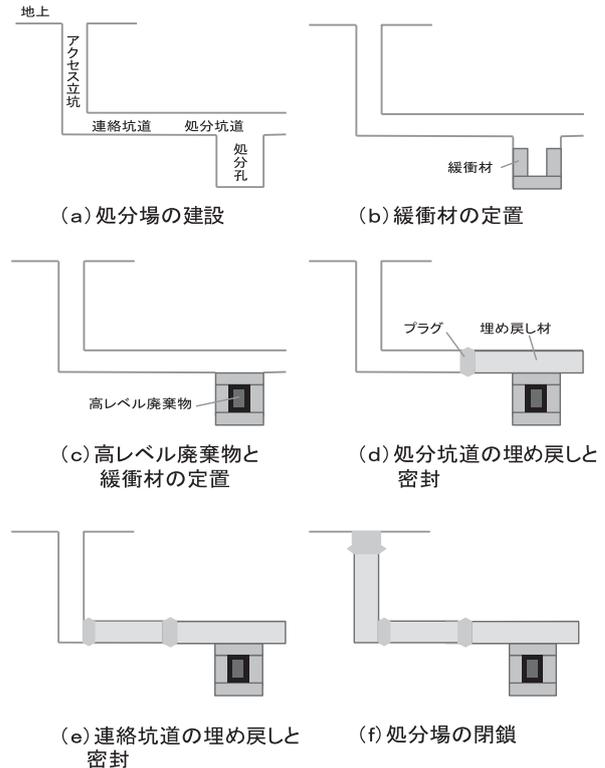
1. 操業前段階

操業前段階では、地層処分場の調査、選定が行われ、地上のオーバーパックへの封入施設などとともに地下施設(アクセス立坑、連絡坑道、処分坑道、処分孔など)の建設が行われる(第4図(a))。地層処分場の操業許可が得られていないため、この段階での高レベル廃棄物の地層処分場への搬入はない。実際にわが国の使用済燃料の一部については、国内および英仏で再処理が行われ、高レベル廃棄物は日本原燃(株)と日本原子力研究開発機構の再処理施設の貯蔵施設で貯蔵されている。

このように、操業前段階では高レベル廃棄物は地層処分場には存在していない。また、高レベル廃棄物は貯蔵施設で管理されているので、必要があれば容易に回収することができる。

2. 操業段階

地層処分場の操業許可が得られると、高レベル廃棄物の搬入が始まる。高レベル廃棄物は地層処分場の地上施設でオーバーパックに封入され地下施設に搬送される。地下施設では予め処分孔の下部および側部にベントナイト緩衝材が定置される(第4図(b))。高レベル廃棄物は緩衝材の中に定置され、さらに上部の緩衝材が定置される(第4図(c))。処分孔への地下水の流入は制限され、緩衝材が地下水を吸収して飽和し膨潤やエロージョンを起こさないように管理される。一定量の高レベル廃棄物が定置されると処分孔上部の処分坑道が埋め戻されプラグが設置される(第4図(d))。プラグの内側の処分坑道と処分孔に地下水が流入し緩衝材と埋め戻し材が地下水



第4図 高レベル廃棄物に着目した地層処分場の状態
注意：模式図であり実際の処分場とは異なる

を吸収して徐々に飽和し膨潤する。いくつかの処分坑道が埋め戻されると、そこに通じている連絡坑道が埋め戻されプラグが設置される(第4図(e))。処分場へのすべての高レベル廃棄物の定置が終了すると、アクセス立坑が埋め戻されプラグが設置され地下施設が閉鎖される(第4図(f))。アクセス立坑のプラグは処分場を閉鎖し、長期にわたって地上の擾乱が地下に及ばないようにすることや人間侵入を防止するなどの機能を持っている。

このように、操業段階の高レベル廃棄物の状態は時間とともに変わっていく。以下に、第4図の各状態において高レベル廃棄物の回収可能性がどのように変化していくかについて述べる。

第4図(b)では高レベル廃棄物は地上施設に保管され、あるいはオーバーパックに封入されており、必要があれば容易に回収することができる。第4図(c)で処分孔に定置し上部の緩衝材が定置された後も、埋め戻しが行われるまでは地下水の流入が制限されることから、基本的には定置の逆動線により回収することができる。第4図(d), (e)では、坑道が埋め戻されプラグが設置され、地下水が流入して埋め戻し材や緩衝材が徐々に飽和し膨潤を始める。したがって、回収する場合には、プラグ、埋め戻し材、緩衝材を順次撤去した後高レベル廃棄物を回収することができる。これらの撤去技術には既存の掘削技術などが適用できるが、緩衝材の撤去においては高レベル廃棄物が損傷しないように注意深く行う必要がある。また、ベントナイトは膨潤することによって

自ら加圧され締め固められるので、地下水の飽和の度合いによって撤去の困難さが徐々に増していくことが予想される。第4図(f)の処分場の閉鎖後ではアクセス立坑の掘削から始め、連絡坑道、処分坑道を掘削し直さなければならない。埋め戻された坑道を再掘削するか新たに掘削するかを選択がありうる。その場合、地層処分場を建設した際に利用した鉱山技術などが適用できる。

地層処分の長期の安全性は第4図(f)の状態でベントナイトが飽和して膨潤し、地下環境が還元雰囲気になることが評価の前提とされる。従って、安全性確保の観点からはこの状態に早く到達することが望ましい。一方で上述のように第4図(f)に進むにつれて、高レベル廃棄物の回収の困難さが増すことになり、それにつれて労力と回収のコストがより多くかかるようになる。

また、すべての状態で回収作業において放射線被ばく管理が必要である。

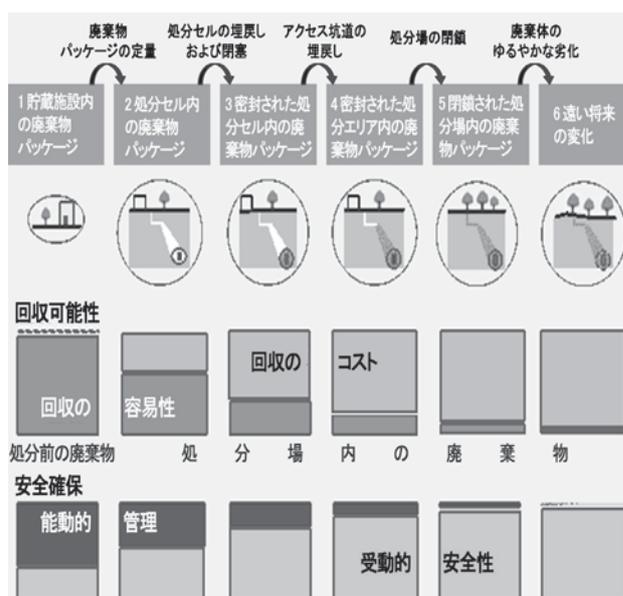
3. 操業後段階

処分場閉鎖後、高レベル廃棄物は一定の期間はオーバーパックに閉じ込められた状態が維持される。例えば、わが国ではオーバーパックによる1千年間の閉じ込めを想定しており、その間に放射能レベルと発熱量は大幅に減少する。この間は第4図(f)の状態が継続するのと同様であり、同様の方法で高レベル廃棄物の回収が可能である。さらに遠い将来になるとオーバーパックの健全性が損なわれることが予想される。そのような状態になるまでには放射能レベルは大幅に減少しているものの、一部の放射性物質が地下水の流れにより周辺の工学バリアや地層に移流し分散していることが予想される。このため回収にはより大きな労力とコストがかかるとともに、回収作業において外部被ばく管理だけでなく内部被ばく管理も必要となる。回収作業を行う場合は、処分場の記録やマーカーなどが残っていることが有効である。

以上述べた処分場の状態の変化に対して、回収の容易性とコスト、長期安全性に影響する処分場の能動的な管理と受動的な安全性のバランスがどのように変化していくかが第5図に示されている。本図はR&Rプロジェクトで、ステークホルダーとの対話において定性的な説明のために活用することを目的に開発されたもので、R (Retrievability)スケールと呼ばれている。いくつかの国の処分プログラムに適用したところ、有用なコミュニケーションツールとなることが確認されている²⁾。

V. 可逆性と回収可能性(R&R)の所見

前章までで、地層処分の段階的实施における意思決定と可逆性の関係および処分場の状態と回収可能性の技術的な関係について解説した。本章では、R&RプロジェクトでOECD/NEA加盟国における考え方を概観し所見としてまとめた内容をもとに、R&Rを取り入れる理



第5図 「Rスケール」：廃棄物の事業段階、深地層処分場の回収可能性の程度、受動的な管理か能動的な管理か、回収コストの変化を図示したもの。操業段階の間は、処分施設内にあるすべての廃棄物パッケージが、事業の同じ段階にあるとは限らない²⁾。
注意：図示された四角形の正確な比率は処分場の設計によって変わる。

由や目的としていると思われることや、その場合に留意すべきとしていることを抽出して紹介する。

1. R&Rを取り入れる主な理由

(1) 可逆性

- 必要であれば、処分場に関する以前の決定を過大な労力をかけることなく、後戻りあるいは修正できるようにする。
- 段階的意思決定プロセスに組み込み、安全要件への適合を常に確保しつつ、計画を遂行している間に得られる情報を勘案して、計画の方向性をその新しい情報に適応させたり、変更したりすることができるようにする。
- 処分プログラムの柔軟性を高める大きな要素であり、継続的な意見交換、調整、協同での意思決定を行う機会を提供する。

(2) 回収可能性

回収可能性を取り入れたプログラムでは、以下の3つを、その主な理由としてあげている：

- 将来に対する謙虚な態度あるいは新しい考えや提言を受け入れる姿勢を持つこと、
- 安全性にさらなる保証を与えること、
- 「不可逆的な」状況に縛られたくないという公衆の希望に留意すること。

これら以外に、一部の国の処分プログラムでは、操業安全のために閉鎖前の回収可能性が求められている。

2. R&R を取り入れる際に主に留意すべきこと

(1) 可逆性

- ・可逆性は、段階的意思決定プロセスに組み込むことが最善の方法である。
- ・段階的な規制および政策決定が信頼できるものであるためには、それらの決定に可逆性があるか、あるいは少なくとも新しい情報に照らして、現実的な範囲で修正ができるものでなければならない。
- ・可逆性については、透明性が求められ、事前に明確にしたプロセスで枠組みを決めておく必要がある。
- ・段階的意思決定においては、意思決定者は通常、以前の決定を後戻りさせるかどうかを検討するホールディングポイントを設け、その結果として出てきた判断を記録として残すというを行う。この判断の基準については、事前に合意を得ておく必要がある。
- ・可逆性により得られる柔軟性は時間の経過と共に低下することを認識しなければならない。透明性の観点からは、このことを利害関係者に伝えなければならない。
- ・処分の実施機関に対する意思決定の可逆性とは、回収に対して不必要な障害が生じないように回収可能性の措置を予め組み込むことを意味する。

(2) 回収可能性

- ・回収可能性があるからといって、受動的安全性が確信を持って示されていない場合には、処分プロジェクトを進めることはできない。
- ・回収可能性の目標は、将来社会が、廃棄物の回収を実施する、あるいは回収したい意思を持つことを想定して、回収の実現可能性を保証することである。
- ・閉鎖後の回収可能性を求めている処分プログラムはない。この段階で規制が求めているのは、原理的に回収を実施できるようにしておく、ということだけである。
- ・処分場のすべての事業段階で、廃棄物を限られた範囲に封じ込め(分散させず)、閉じ込めることができさえすれば廃棄物の回収が容易になる。
- ・遠い将来においても廃棄物は回収可能であるが、時間の経過とともに回収の労力とコストは大きくなる。
- ・どのような回収可能性の対策をとるかは、母岩、工学バリアの概念、および回収可能性を維持すべき処分場の事業段階によって変わってくる。
- ・回収可能性を処分場の設計段階で考慮する場合には、計画されているバリアや建設材料・配置が回収に対して必要以上の障害とならないように注意すべきである。
- ・回収可能性を高める措置の例としては、できるだけ耐久性の高い廃棄体と廃棄物容器を使用すること、坑道と処分場を閉鎖する前の期間をできるだけ長く

すること、取り除くのが容易な緩衝材、埋め戻し材を使用すること、などがある。

- ・可逆性と回収可能性の措置が長期安全性を阻害することがあってはならないことが一般に認識されている。
- ・回収可能性を処分プログラムに組み込むことを決定する前に、回収する作業には技術的制約などからくる制限事項と課題があることを理解しておくことが重要である。
- ・モニタリングや記録保存などの特定の監視措置を行うことは可能である。これらの措置は、操業後の回収に関する意思決定に、また、将来世代に選択の自由を与えることに貢献する。
- ・回収は、新たな規制対象作業になる可能性があり、他の放射線障害を伴う活動と同様に、このような作業を行う正当な理由と最適化が必要である。
- ・核物質の物理的な防護と安全保障に関連した責任が、回収可能性の措置を処分プログラムにどの程度組み込むかを考える上での制約となる。

VI. 過去30年間の進展

歴史的な経緯については、R&R 報告書の中で包括的かつ詳細に解説されている。ここでは、その概略を示すので、詳細については R&R 報告書を参照されたい。

1. 1970年代後半以降、関心の高まり

1970年代後半から R&R への関心が高まってきた。

2. 1980年代、回収可能性の適用事例

1983年の KBS-3 の処分研究報告書(スウェーデンで実施された使用済燃料の最終処分に関する研究報告書)では、将来世代に選択の自由を残すためとして回収可能性が取り上げられ、EPA(米国環境保護庁)の地層処分施設に適用される規則(10 CFR Part 191)では安全性の保証レベルを高めるためとして回収可能性が取り上げられた。EPA の規則の要件に従って軍事 TRU 廃棄物(再処理施設から発生する高レベル廃棄物以外の地層処分対象廃棄物)の地層処分場である WIPP(廃棄物隔離パイロットプラント)が操業認可された。

3. 1990年代、回収可能性に積極的な取り組み

回収を不必要に妨げないという論点から、回収を容易にするという論点に移った。このように変化した理由は、将来世代の選択の自由をさらに高めるため、また、時間の経過と共に安全上の問題が生じるのではないかと懸念に対応するためだけでなく、一部の社会階層からの要求に応えるためでもあった。一部の国(スウェーデン、英国)では回収試験が行われ、国際的な技術ワークショップ(スイス、フランス)や EC(欧州委員会)の国際共同研究⁴⁾が実施された。フランス放射性廃棄物管理研究法(1991)は、深地層処分場の実現可能性に関する研究を、可逆性の措置がある場合、ない場合について行う

ことを求めた。

4. 2000年代, R&R の進展, 回収の事例

各国の処分プログラムが進展しており, 国際機関から R&R をテーマとした報告書が出版された (NEA 2004, IAEA 2009)。スウェーデンではプロトタイプ処分場の解体において回収技術のさらなる実証情報が得られることが期待されている。国際共同研究 ESDRED (処分場の設計の工学的研究と実証) においてフランスとドイツの回収のケーススタディが実施され回収可能であることが確認された (2009)。EC では IGD-TP (放射性廃棄物の地層処分の実施—技術プラットフォーム) が開始され (2009), 今後戦略的に取り組むべき研究開発が検討されており, 回収可能性が中心テーマの一つに取り上げられている。高レベル廃棄物ではないが, 地層処分した廃棄物が品質保証上の懸念から回収された事例が WIPP で 2 件発生し, ドイツアッセ II 研究鉱山では地下水の流入の問題を検討し廃棄物の回収を決定する事例が出ている。米国ではユッカマウンテンプロジェクトが中止され, 国に今後の取り組みを勧告するブルーリボン委員会は, 2011年の報告書草稿の中で R&R の役割を検討し, 可逆性のある, 段階的, かつ適応性のあるプロセスを採用することを推奨した。欧州理事会は, 使用済燃料と放射性廃棄物の管理に関する 2011年指令の序文で, 可逆性と回収可能性を処分システムの操業・設計基準として組み込む可能性があることを認めた。

Ⅶ. OECD/NEA 加盟国の取り入れ状況

R&R プロジェクトでは, NEA 加盟国に質問状を送り各国の R&R 要件の状況をまとめている。以下に概要を示す。

一部の国, 特に, フランス, スイス, 米国では, 処分場の操業期間中は回収可能性を維持することが法律で要求されている。ドイツでは安全要件となっている。また, 別の国 (カナダと日本) では, 回収可能性は法律では要求されていないが, 国の政策として実施期間中は回収可能性が求められている。フィンランドでは, 回収可能性は法律では要求されていないが政府の原則決定では要求されている。スウェーデンでは, 回収可能性は法律でも政府からも明示的には要求されていないが, 事業者は設計にそれを組み込んでおり, 操業段階および操業後段階に適用するだろう。カナダでは, 事業者が回収可能性を設計にも組み込んでおり, 閉鎖前から閉鎖後の段階に適用するだろう。他のほとんどの国では, 可逆性と回収可能性は国内の議論で現時点では話題になっていないものの, 専門家の間では重要になる可能性のある課題として認識されている。

比較的進んだプログラムを持った国の間でも, 長期および短期の安全性を確保しつつ, 将来世代の選択の自由確保にどのように対処するかについては技術面での相違

がある。例えば, 定置が完了したら個々の坑道を直ちに埋め戻すことになっている処分プログラムがあれば, すべての坑道を開放していても安全である間は開放しておくことになっている処分プログラムもある。これらの相違が回収可能性に影響している。同様に, 閉鎖前のモニタリングの設計と程度も処分プログラムによって異なっている。

見出された相違の多くは, 国により処分プログラム進展の歴史に違いがあることに根ざしたものである。この違いがプロセスのさまざまな段階で異なる課題を浮かび上がらせたのである。これがまた, 要件の違いとこれらの要件の表現方法の相違になっている。国によって社会的, 文化的, 法的環境が異なることもまた, 可逆性と回収可能性に対する考え方の相違につながっている可能性がある。

その一方で, 共通的に一致しているのは, 以下のことを保証する政策と規制が存在する場合にのみ廃棄物を処分場に定置できるということである:

- ・処分の対象はあくまで「廃棄物」であり, 潜在的な資源ではなく回収の意図がないこと。
- ・人と環境の防護に関する規制が遵守されていること。
- ・利害関係者が適切に関与していること。

Ⅷ. わが国における検討経緯

わが国の R&R に関わる検討は, 主に以下の活動の中に見られる。

- ① 核燃料サイクル開発機構における地層処分研究
- ② 原子力委員会放射性廃棄物処分懇談会
- ③ 原子力安全委員会
- ④ 総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会廃棄物安全小委員会
- ⑤ 原子力安全委員会特定放射性廃棄物処分安全調査会
- ⑥ 日本学術会議
- ⑦ 原子力委員会
- ⑧ 総合資源エネルギー調査会電気事業分科会原子力部会放射性廃棄物小委員会

このうち, ①と②は地層処分の法律である「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律」(2000)の制定において技術的, 制度的な基盤となったものである。このうち①は「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」(1999)を取りまとめた。この段階での地層処分研究の中では具体的に R&R に関する研究は行われていないが, 別冊「2.4 処分場の管理・廃棄物の再取り出し～地層処分に人間の監視は不要なのか」において R&R の国際的な動向をまとめている。②は地層処分の社会的・経済的観点を含めて幅広い議論を行い「高レベル放射性廃棄物処分に向けての基本的考え方について」

(1998)を取りまとめた。R&Rに関連することとしては、新技術の導入の可能性など柔軟な対応や処分場の性能が予測どおりではない場合の回収可能性について言及している。

③から⑤は規制サイドの審議である。このうち③は地層処分安全規制の考え方を審議し「高レベル放射性廃棄物の処分に係る安全規制の基本的考え方について(第一次報告)」(2000)を取りまとめた。R&Rに関しては、処分場の閉鎖段階の安全確認が行われるまでは回収の可能性を維持することが重要である、としている。④は③を受けて規制行政の立場から規制の在り方について審議し「放射性廃棄物の地層処分に係る安全規制制度のあり方について」(2006)、「高レベル放射性廃棄物等の地層処分に係る安全規制について」(2008)を取りまとめた。R&Rに関しては、基本的に廃棄物を回収するような事態が生ずることはないと考えられるが、処分場閉鎖までの間は、不測の事態への適切な対応、定期安全レビュー結果を踏まえた対応手段の確保等のために、廃棄物の回収可能性を維持することが必要、廃棄物埋設施設の有する安全性能に悪影響を及ぼすことのないよう配慮することが重要、などと言及している。⑤は地層処分に係る安全コミュニケーションとR&Rの役割などを検討し「地層処分に係る安全コミュニケーションの考え方について」(2011)を取りまとめた。

⑥は原子力委員会の依頼により「回答 高レベル放射性廃棄物の処分に係る」(2012)を取りまとめ公表した。R&Rの議論に関連するものとして、暫定保管により数十年から数百年程度のモラトリアム期間を確保し、その間に技術開発や科学的知見を洗練し、より長期間を対象にした対処方策を創出する可能性を担保することを提言している。⑦は⑥の回答に対し「今後の高レベル放射性廃棄物の地層処分に係る取組について(見解)」(2012)を提言した。その中で、これまでも、R&Rを考慮した段階的アプローチを採用してきたが、改めて⑥でこのことが提案されたことを重く受け止め、取組の改良・改善を図っていくべきである、としている。

総合資源エネルギー調査会総合部会はこれらの提言も踏まえつつ、最終処分の取組を抜本的に見直していくことが不可欠とした。これを受けて⑧の放射性廃棄物小委員会において、最終処分の取組の抜本的見直しに向けた検討を開始した。現在、論点整理を行っているところであるが、R&Rが取り上げられる可能性が高い。

なお、わが国においても回収可能性の技術的な研究開発が「地層処分回収技術高度化開発」(経済産業省資源エネルギー庁委託事業)で実施されている。

IX. おわりに

処分事業の実施段階における可逆性・回収可能性(R&R)が各国で取り上げられ、議論が行われるなど関心が

高まっている。本稿では、R&Rに関する最新の検討結果である、OECD/NEAの「高レベル放射性廃棄物および使用済燃料の深地層処分のための可逆性と回収可能性」プロジェクト²⁾(R&Rプロジェクト)の成果を中心にして解説を試みた。

R&Rプロジェクトは、文献調査の実施、NEA加盟国のR&Rに対する考え方の調査、広範な関係者グループ内での議論を行い、2010年12月にランス(フランス)で開催された国際会議・意見交換会(International Conference and Dialogue)³⁾で完了した。4年間の活動成果は75ページの報告書として取りまとめられ、NEAのホームページに掲載されている。また、日本語訳も掲載されている(<http://www.oecd-nea.org/rwm/rr/>)。

報告書に用いられた資料は別途資料集としてまとめられている。報告書の巻末には、4ページのリーフレットが添付されている。リーフレットは、ステークホルダーとの対話においてR&Rを定性的に説明するために活用することを目的に開発されたR(Retrievability)スケールなどについて要領よくまとめられている。Rスケールはいくつかの国の処分プログラムに適用したところ、有用なコミュニケーションツールとなることが確認されているとのことである。

本稿では、R&Rプロジェクトの要点を抽出し解説に用いるとともに、II章、IV章、VIII章については筆者が作成した図や取りまとめた内容を載せている。R&Rプロジェクト報告書で取り上げた内容は膨大で多岐にわたることから、本稿において、すべてを正確に伝えることは困難であった。このため、興味のある読者はぜひR&Rプロジェクト報告書²⁾を読んでいただき理解を深めてもらいたい。本稿がR&Rの理解に少しでも役立つようであれば幸いである。

—参考資料—

- 1) IAEA, Disposal of Radioactive Waste, IAEA Safety Standards Series No. SSR-5, (2011).
- 2) OECD/NEA, Reversibility and Retrievability (R&R) for the Deep Disposal of High-level Radioactive Waste and Spent Fuel, (2011).
- 3) OECD/NEA, Proceedings of the "R&R" International Conference and Dialogue, (2012).
- 4) EC, Concerted Action on the Retrievability of Long-lived Radioactive Waste in Deep Underground Repositories, EUR 19145 EN, (2000).

著者紹介



田辺博三(たなべ・ひろみ)
原子力環境整備促進・資金管理センター
(専門分野/関心分野)放射性廃棄物の特性
調査と処理・処分工学, 規制制度

高レベル放射性廃棄物地層処分の工学技術

—技術開発から理解促進へ—

第3回(最終回) 技術開発成果を利用した理解促進

原子力環境整備促進・資金管理センター 朝野 英一, 齋藤 雅彦

これまで2回にわたって紹介して来たように、地層処分の工学技術に関する技術開発が日々進んでいる。一方、地層処分の概念やそこで用いられる技術について、技術開発の成果を利用した実規模、実物の材料や試験設備、あるいはそれらを用いた試験の様子を直接、間近で見ってもらう形の理解促進活動が行われている。本シリーズ最終回の第3回目は、実規模、実物、実感、体感、理解などがキーワードとなる地層処分実規模設備整備事業の状況を紹介する。

I. 地層処分実規模設備整備事業

1. 本事業の背景, 目的

地層処分の工学技術を含む様々な分野の技術開発が進む一方、平成14(2002)年に開始された概要調査候補区域の公募に対して応募は得られていない。平成19年11月、総合資源エネルギー調査会電気事業分科会原子力部会放射性廃棄物小委員会(以下、廃棄物小委という)では、最終処分事業を推進するための取り組みの強化策の審議として、国民理解に資する研究開発の視点から、国が深地層の研究施設等を活用して、最終処分事業の概念や安全性を体感できる設備を整備し、国民全般と最終処分事業に関心を示した地域住民への広報に利用することで理解を促進するような観点も有する研究開発を進めるべきことを示した¹⁾。

こうした状況を背景として、平成20年度より、地層処分実規模設備整備事業(以下、本事業という)が資源エネルギー庁により開始された。本事業の目的は、上記廃棄物小委での審議結果を受け、実規模、実物(ただし、実際の放射性廃棄物は使用しない)を基本とした、地層処分の概念とその工学的な実現性や長期挙動までを実感、理解できる設備を整備し、技術実証の状況を直接体感できるように施設、設備の運営、維持を行うことである。

原環センターは初年度から平成25年度まで継続して本

Engineering Technologies for Geological Repository Program of High-Level Radioactive Waste—Turning Developing Technologies to Public Relation (3); Promotion of Mutual Understandings by Technical Presentation based on R&D Results: Hidekazu ASANO, Masahiko SAITO.

(2013年 6月21日 受理)

■前回のタイトル

第2回 緩衝材の製作、搬送、定置と定置後の品質に関する技術開発

事業²⁾に取り組んでおり、日本原子力研究開発機構(以下、原子力機構という)との共同研究契約に基づき、北海道天塩郡幌延町の幌延深地層研究センターの敷地内に地層処分実規模試験施設(以下、本施設という)を整備し、平成22年4月28日から一般公開をしている。平成25年7月末日までに、海外からを含めて約23,000名が来館している。

2. 整備状況

実規模施設の概要、特徴、整備状況を以下に列記する。整備の経緯や運営の詳細は別紙を参照されたい^{3,4)}。

(1) 施設(建物)

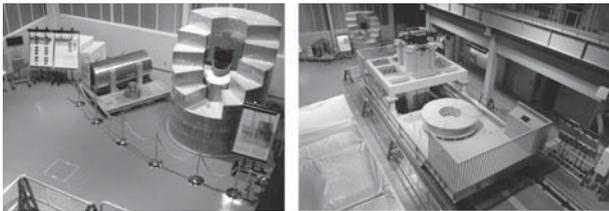
本施設の外観を第1図に示す。建物は、地下1階、地上2階の鉄骨造(一部鉄筋コンクリート造)であり、延床面積約707m²である。既設の原子力機構「ゆめ地創館」との一体的な運営を図るため両施設を連絡通路で連結した。地上1階は展示と試験のためのエリアで、後述する縦置き定置方式での緩衝材定置試験のための模擬処分孔を有している。地下1階はこの模擬処分孔の片側半分が開放された計測や見学のためのスペース、地上2階は1階部分を見下ろす見学エリアである。施設内部の様子を第2図に示す。

(2) 人工バリア材料

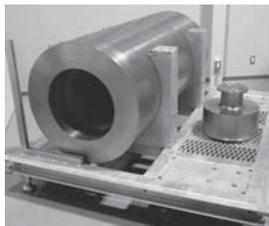
製作、展示しているオーバーバック、緩衝材ブロック、それらを組み合わせた人工バリアカットモデルを第3図に示す。オーバーバックの胴体と蓋は炭素鋼を鍛造して切削加工した。そして板厚190mmの胴体と蓋を、本シリーズ第1回で紹介したTIG溶接により溶接し、溶接部が見えるように切断してカットモデルとした。緩衝材ブロックは第2回で紹介した金属型と2,000トン一軸圧縮プレス機を用いて製作した。これを階段状に積み上げてカットモデルとした。本施設では、こうした実物展示



第1図 地層処分実規模試験施設(右)と
ゆめ地創館(左)³⁾



第2図 施設内部⁴⁾



(a) オーバーパック



(b) 緩衝材ブロック (c) 人工バリアカットモデル

第3図 人工バリア材料⁵⁾

と並んで、オーバーパックと緩衝材ブロックの製作工程を動画で紹介している。オーバーパック製作状況の動画カットを第4図に示す。なお、カットモデル中のガラスは樹脂による模擬物である。

(3) 試験設備

模擬処分孔に緩衝材を定置(竖置き方式)する緩衝材定置試験設備を第5図に示す。本シリーズ第2回で緩衝材ブロックの真空把持装置を紹介した。本事業ではその成果を基に、一つの吸着パッドで一つの緩衝材ブロックを把持するものとして、周状に8個、中央に1個の吸着パッドを持つ真空把持装置を設計、製作した。これを伸縮するアーム(テレスコピック)の先に取り付けて、1個約300kgの緩衝材ブロックを8個、あるいは9個同時に吊り上げて処分孔に段積みする機構を台車に搭載した。この台車は床面に敷いたレール上を移動する。台車にはり



(a) 銅体の鍛造



(b) 銅体の加工



(c) 蓋の加工



(d) 銅体と蓋の溶接

第4図 オーバーパックの製作、加工の動画^{3,6)}



(a) 緩衝材定置試験設備の外観



(b) 真空把持装置

第5図 緩衝材定置試験設備^{5,6)}

ング状あるいは円盤状に準備された緩衝材ブロックを自動運転で模擬処分孔(直径2.36 m, 深さ4.6 m)に段積みする制御装置とコントロールパネルも搭載している。

(4) その他の展示

本施設では、以上に示した実規模実物の材料や設備のほかに、各種の説明パネルを用意している。その内容は、地層処分の概念に始まり、人工バリア材料の役割や機能、製作方法など、地層処分全体とそこでの工学技術の役割を紹介するものである。また、規模は小さいが、緩衝材が水を吸って膨潤する挙動を観察する緩衝材可視化試験装置を準備し、試験状況と合わせてその結果についても展示を行っている。これを第6図に示す。



第6図 緩衝材可視化試験装置

II. 理解促進活動

1. 来館者への対応

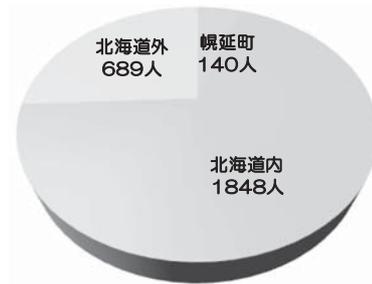
前述した通り、本施設は年間を通じて一般公開(休館日を除く午前9:00~午後4:00)している。入館は原子力機構・ゆめ地創館からとし、主として地下研究施設での試験研究の状況やその成果を見学、閲覧した後、本施設において人工バリア材料などに関する工学技術の開発状況や試験状況に接する動線としている。本施設には通常2名の説明員が常駐して来館者に対応している。パネルを利用した本事業の位置付けや本施設の特徴の紹介に始まり、人工バリア材料の実物や緩衝材定置試験設備を目の前にしての説明を地上1階で行い、地下1階に下りて廃棄物が定置される処分孔を体感してもらうと共に、地上2階から1階の全体を見下ろしてもらう見学コースを用意している。また来館者には本施設に関するアンケートに応じてもらっている。説明員は実物を見た来館者の感想や質問にも対応している。人工バリアのカットモデルを見て、緩衝材の隙間はどうなるのか?という質問を受けることが多い。緩衝材は水を吸うと膨らむ性質があるので隙間は閉じます、と回答している。その際、第6図に示す緩衝材可視化試験装置によりその様子を実際に見てもらおうようにしている。

来館者は幌延町、幌延町周辺の市町村を含めた北海道内、道外、そして稀に海外からの訪問者と多様である。アンケートに基づく来館者の状況を第7図に示す。道内からの幅広い年齢層の男女が主という傾向が見られる。

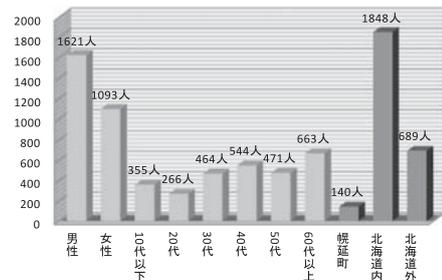
2. 緩衝材定置試験

平成24年9月1日(土)と2日(日)の2日間、緩衝材定置試験を公開した。これは、毎年この時期に北海道経済産業局が主催するイベント「おもしろ科学館 in ほろのべ」に合わせて実施したものである。実物の緩衝材ブロックは脆いことから定置試験での繰り返し使用には適さないものと判断して、寸法(半径方向:700mm, 縦方向:350mm)と重量(300kg)が実物と同じコンクリート製の模擬緩衝材ブロックを用意し、模擬処分孔内に、4段分を積み上げる定置試験を、2日間で4回実施した。自動運転で実施した真空把持装置とテレスコピックによる模擬緩衝材ブロックの模擬処分孔への定置状況を第8図に示す。

第9図は試験当日の本施設の様子である。(a)は地上1階にて、人工バリア材料や、緩衝材定置設備の台車上で緩衝材ブロックを真空把持装置で吊り上げる様子を見てもらっているところ。(b)は地下1階にて、真空把持装置で把持された模擬緩衝材ブロックがテレスコピックにより模擬処分孔の底部に定置される様子を見てもらっているところである。2日間で合計705名の方が見学に訪れた。

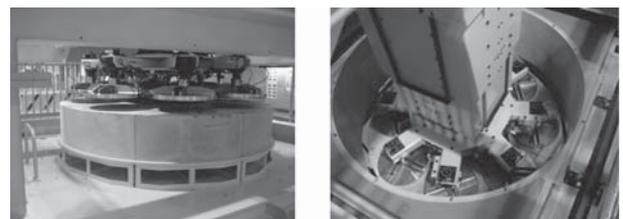


(a) 内訳・1



(b) 内訳・2

第7図 来館者の状況(平成24年度)

第8図 真空把持装置とテレスコピックによる模擬緩衝材ブロックの定置⁶⁾

(a) 地上1階での見学 (b) 地下1階での見学

第9図 緩衝材定置試験の公開の様子^{5,6)}

本試験において、リング状、あるいは円盤状に準備された1段分の模擬緩衝材ブロックが、自動運転によりそれを載せたテーブルが真空把持装置の下へ移動を開始し、真空把持装置により模擬処分孔内に定置され、真空把持装置とテーブルが元の位置に戻るまでに約5分を要した。この大きさの緩衝材ブロックの場合、1つの処分孔には全部で13段を積み必要がある。また、模擬処分孔内に定置した模擬緩衝材ブロックの観察では、最大で数mmの隙間がブロック間に生じている箇所が認められた。

真空把持装置については、実機図面を基に実物の1/10模型を製作すると共に、厚紙にて1/10の緩衝材ブロックを製作し、来館者に真空把持の原理と動作を直接体験し



第10図 真空把持装置と緩衝材ブロックの1/10の模型⁶⁾

てもらっている。これを第10図に示す。

3. ホームページの整備

本事業のホームページ(以下、本HPという)を原環センターホームページの中に作成した⁶⁾。事業概要、人工バリア、施設案内の3部構成で、施設、設備を紹介する動画、オーバーパックと緩衝材ブロックの製作状況の動画などを掲載している。また、前記の緩衝材定置試験の紹介として、同設備の構成、機構、動作を含めてナレーションで説明する約5分間の動画を製作して本HP上で公開している。また、資源エネルギー庁の放射性廃棄物のホームページと原子力機構幌延深地層研究センターのホームページには本HPのバナーを設置している。「実規模」のキーワードで検索すると本HPが表示される。本HPの画面例を第11図に示す。

4. リーフレットの整備

第12図に示すように、本施設の概要、所在地、利用、交通案内等を記載した三つ折りのリーフレットを製作し、幌延町とその近郊市町(稚内市、豊富町など)の観光施設や観光案内所、商用施設に設置させてもらうと共



第11図 ホームページのトップ画面と緩衝材定置試験の動画トップ画面⁶⁾



第12図 リーフレット(表側)

に、全国の原子力発電所のPR施設にも置かせてもらい本施設の普及活動の一つとしている。この他、前述の緩衝材定置に関する公開試験の際は、稚内市のFMラジオ局の放送を利用して、試験の概要と実施日時のPRを行った。

Ⅲ. 技術開発から理解促進へということ

本施設に設置しているオーバーパック、緩衝材、及び緩衝材定置試験設備は、全て平成12年度に始まった国の基盤研究開発での調査、検討、試験などの技術開発の成果に基づいている。それらの成果の一部は本シリーズの第1回と第2回で紹介した。その技術開発の成果を、そのままの形で直接、間近で見てくれた来館者の感想を紹介したい。説明員との質疑応答の記録とアンケート結果に基づいている。

展示物である人工バリア材料に対しては、一般公開開始当初から、本施設のような実物が間近で見られる施設があることは良いことだ。ガラス固化体のまま埋めると思っていた。実際の埋め方がわかった。という感想を多くの方から得ている。一方、かなり大掛かりなものになるのだな。実物の大きさに驚いた。人工バリアはこの位大きくしなければいけないのか。という感想を昨年度からは多く聞くようになった。それに対して、これだけ頑丈にすれば大丈夫だろうと思う、という感想もあった。

原子力や放射性廃棄物に関しては、原子力についてよく知ってから議論しなければと思う。廃棄物処分についてもっと考えて行かなければならないと思う。放射性廃棄物が存在するからにはこのことについて学ぶ必要性を感じた。という声が寄せられている。

また、廃棄物は実際にあるのだから研究は必要だという意見がある一方、原子力発電所の稼働と地層処分の研究の順序が逆だったのではないかと、無害な廃棄物にすることができてから原子力を使えばよかったという指摘や、厄介な廃棄物ができるのだから原子力発電は止めた方がいいと思う、という意見もあった。

本施設の運営については、もっと広く皆に知ってもらい、人が来るように情報発信をするべきだ。もう少し宣伝をしたらよい。PRが不足だ。他の人にも知ってもらいたい。という感想を得ている。

来館者からの感想は、実物による伝達、実物が持つ印象、考える際の対象など、本施設が持つ意味や役割、さらには技術開発と理解促進の接点の在り方などを考える際に大きな助けになると受け止めている。また厳しい指摘に対しては、否定で始まる回答ではなく、そこから地層処分の話題に進み、技術開発の状況をもう一度見て、聞いてもらうことができる答え方ができないものか、自問自答の種となっている。そしてより多くの人達に伝えることの大切さを実感している。本施設は一種の技術プレゼンテーションの場である。技術開発の背景、経緯と

その成果を用いて、広く一般の人達に対して行うプレゼンテーションの在り方について、引き続き本施設の運営を通じて考察し、経験を積んでいきたいと考えている。

IV. ま と め

3回にわたって高レベル放射性廃棄物地層処分の工学技術について、技術開発の経緯と成果、及び技術開発成果を利用した理解促進活動の状況を紹介した。

オーバーバックと緩衝材に関する工学技術の開発の特徴は、製作や定置に関する技術について、多様な処分場概念を念頭に実規模、実物の供試体を用いて実証的な方法でその適用性や適用条件を確認したことである。その結果、各技術について現時点での実現可能性や適用範囲を具体的に、幅広に提示できたと考える。一方、地層処分においては、製作、構築する人工バリア材料の品質(施工品質)、性能が設置される地下環境で確保、発揮されることが最重要であると判断し、技術開発は施工品質と健全性評価へとその方向を拡大した。これは人工バリア材料の設計、製作、施工などに関する判断指標を提示する重要な課題と取り組む分野である。言い方を変えたとハード技術とソフト技術の融合ということであり、それは工学技術と安全評価との両立という視点を含んでいる。

1回目と2回目の最終頁の展開図を見ると、技術開発は積み重ねであることを実感する。13年間の歴史とも言える。その歴史はここで終わりではない。同図に何を書き足していくのか。またそこから何を最終的に選択するのか。今後も継続する技術開発において真に引き継がれていくべきものは何かを考えることが大切である。

実規模、実物を基本として、試験施設と展示施設が融合した形の地層処分実規模試験施設が整備され運営を続けている。技術開発や研究開発は日々進歩する。また世の中の状況も変化する。説明資料や説明内容など提示するものと提示の仕方はそれに合わせて更新していくことが求められる。さらなる理解促進、これが本事業の合言葉となっている。地層処分そのものを学び、理解できるような情報発信の仕方はないものか、模索を始めている。一人でも多くの人に来館してもらい、間近に実物を見てもらえるように努力と工夫を続けて行きたい。

「廃棄物処分はいずれしなければならない問題だから子供達にも興味をもってもらえるといい」という来館者の感想があった。これにどう応えるのか。答えではなく、これから技術開発をさらに進めて行く際に横に置いておきたい写真がある。それを第13図に示して本シリーズの終りとした。



第13図 平成24年9月の緩衝材定置公開試験、地下1階にて^{4~6)}

— 参 考 資 料 —

- 1) 放射性廃棄物小委員会報告書 中間とりまとめ～最終処分事業を推進するための取組の強化策について～、平成19年11月1日、放射性廃棄物小委員会。
- 2) 平成25年度原子力発電施設広聴・広報等事業(地層処分実規模設備整備事業)、資源エネルギー庁。
- 3) 「地層処分実規模試験施設」の整備について、原環センタートピックス、2010.7.No.94。
- 4) 地層処分場の操業技術－技術開発と理解促進－、原環センタートピックス、2013.3.No.105。
- 5) 平成24年度原子力発電施設広聴・広報等事業(地層処分実規模設備整備事業)、報告書、平成25年3月、原環センター。
- 6) 地層処分実規模試験施設ホームページ
<http://www.rwmc.or.jp/institution/>

著 者 紹 介

朝野英一(あさの・ひでかず)

本誌、55〔7〕、p.402(2013)参照。



齋藤雅彦(さいとう・まさひこ)

原子力環境整備促進・資金管理センター
(関心分野/専門分野)地層処分操業技術に
関する装置の開発・設計

誤記訂正

2013年7月号 p.33「高レベル放射性廃棄物地層処分の工学技術(第1回)」第6図のキャプションに誤字がありました。お詫びして訂正致します。

誤 図下キャプション 左から

「従来剤」「従来剤B」「従来剤A」

正 「従来材」「従来材B」「従来材A」

「実用的な放射線文化」の醸成に向けて 福島における「きずなスクエア(仮称)」の提案

日本原子力産業協会 和田 裕子, 中田 誠一, 福本 多喜子

チェルノブイリ原子力発電所事故で大きな影響を受けたベラルーシでは、事故後、数年が経過して、地域情報センター(LIC)を立ち上げた。地域の専門家が子どもや地域の方々と実際の放射線測定などを通じて「実用的な放射線文化」を醸成する活動を行い、日常生活においてLICを活用している。また、ウクライナにおいても、心理的ケアの取組みを行っている。

日本原子力産業協会では、こうした活動を現地調査し、福島でも自治体や地域の方々が放射線に関する知識を生活の中で活かし、納得して生活を送ることに役立つと考え、福島版モデルとして「きずなスクエア(仮称)」を検討している。各自治体の事情や地域の方々のニーズに応じた形で自主的に運営できるように、提案を行っている。本稿では、きずなスクエアのねらいおよび郡山市の佐々木教諭の具体的取組みについて述べる。

I. 原産協会の福島支援活動について

2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震によって引き起こされた福島第一原子力発電所の事故(以下、福島原発事故)は、地域の方々をはじめ広く社会に甚大な被害を及ぼした。日本原子力産業協会(以下、原産協会)は、原子力発電を進めてきた産業界としてこれを深く反省し、福島の復興のため一丸となって被災した自治体や地域の方々の支援活動を行うことが肝要であると考えた。

そこで、原産協会としては、被災・避難した自治体や地域の方々を訪問し、市町村長や災害・復興対策担当者などと面談を重ねながら、自治体や地域の方々の要望に沿った形で、「放射線に関する理解促進」、「自治体間の場づくり」、「義捐金の募集・寄付」、「海外の事例紹介」などに取り組んできた。

特に、「放射線に関する理解促進」においては、自治体や地域の方々と直接対話をする中で、放射線やその影響について知りたいという声に応え、専門家を招いた勉強会・相談会の支援を行っている(第1図)。その際、少人数の車座形式での対話を重視し、生活に密着した質問と回答をQ&A集にまとめ他の自治体にも配布している。

その中で、放射線への漠然とした不安が、除染や帰還がなかなか進まない理由の一つではないかと感じるとともに、帰還が進んでいる地域においても、若い世代が戻って来ていなかったり、インフラ整備が十分でない状況で



第1図 放射線に関する理解活動

あったりすることが分かってきた。そこで、今後の福島の復興を進めるには、過去の原子力発電所事故の事例から学ぶべきものがあるのではないかと考えた。

II. ベラルーシとウクライナの取組み

チェルノブイリ原子力発電所事故(以下、チェルノブイリ事故)対応から復興に向けての経験が福島の復興に役立つと考えた。そこで社会・経済の復興プロセス、地域の方々の健康管理と心理的影響の緩和、放射線への理解促進を中心に調査するため、2011年12月、ベラルーシおよびウクライナを訪問した。

以下に示す活動は、地域の方々が必要だと考えてスタートしたものや、国際機関の支援によるものである。

1. 地域情報センター(LIC)ーベラルーシの取組み

ベラルーシにおいて、地域の方々がどのように放射線に関する知識を習得し、生活に取り入れてきたか情報を収集するため、チェルノブイリ事故によりひどく汚染さ

Developing "Practical Radiological Culture": A Proposal of "Kizuna Square" in Fukushima: Yuko WADA, Seiichi NAKATA, Takiko FUKUMOTO.

(2013年 6月14日 受理)



第2図 ザレスキー学園の一室にあるLIC

れた地域の一つであるゴメリ州チェチェルスク市を訪問した。地域情報センター(Local Information Center: LIC)は、子どもや地域の方々が集まりやすいように、学校や文化施設などに置かれており、1～11年生が通うザレスキー学園の一室に、LICが設置されている(第2図)。

LICは、実際の放射線測定などを通じ、地域の専門家が子どもや地域の方々に「実用的な放射線文化」を広めるため、1990年代から汚染地域に設置され、現在では50箇所以上に広がっている。ここで、「実用的な放射線文化」とは、放射線に関する知識を日常生活で適切に使えるようにすることである。

ザレスキー学園には、LIC担当として4名の教員がおり、食品や空間などの放射線量を測る各種測定器、調理器具、パソコン、プリンタ、および放射線に関する教材や資料が備えられていた。

実際に生徒が持ってきた食品や土の線量を測定したり、食品を乾燥・調理して線量がどう変わるかを測定したりして、家庭でどう料理すれば線量が低くなるかを学んでいる。週に3回放射線の理論と実践を教える授業もある。このようにして知識に加え、LICで自ら測定し自分の目で確認することによって、どのようにすれば、日々の生活の中で健康へ与える放射線の影響を少なくできるか管理することに役立っている。また、放射線を学んだ生徒を通じて、親や地域の方々に、放射線に関する理解を広めることにもつながっている。

2. 社会心理リハビリセンター

—ウクライナの取組み

ウクライナでは、チェルノブイリ事故により国内で最大の被害を受けたジトミール州にあるコロステン市を訪れ、汚染地域に生活する住民の心理的影響を緩和するための社会心理リハビリセンター(以下、リハビリセンター)を訪問した。リハビリセンターでは、心理的被害を受けた子どもたちを中心に、地域の方々に放射線に対する正確な知識を与え、心理的ストレスを軽減することを目的としており、ウクライナに5箇所設置されている。リハビリセンターでは、心理学の専門家以外に、アートセラピーや健康モニタリング、正確な生活習慣の指導、職業訓練といった支援を行うため、社会、美術、保健体育の教員や専門家も所属している。



第3図 社会心理リハビリセンターでの児童の課外活動

リハビリセンターを訪問した際には、翌日がチェルノブイリ事故収束作業員の追悼記念日ということで、子どもたちが黙祷を捧げたり、記念日の絵を描いていた(第3図)。

児童の心理的ケアを目的とした課外活動以外に、学校向けに放射線教育プログラムを作成するとともに、地域の方々の心理的ストレス軽減のため、個別相談への対応、講習会の開催、心理学の専門家、医師、ソーシャルワーカーによる研修などを行っている。

汚染地域では被災者という意識が心理的な圧力となっており、自信を持って将来に向けて活動していけるよう、「リハビリから発展へ」が今後の課題であると感じた。

Ⅲ. 「きずなスクエア(仮称)」の提案

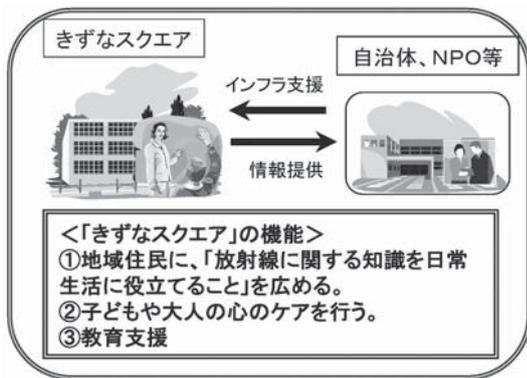
—原産協会の取組み

福島県の被災自治体を訪問し、日常生活の中での悩みや不安といった実際の声を伺う中で、ベラルーシ、ウクライナで実地体験した取組みが、福島でも地域の方々が放射線に関する知識を実際の生活に取り入れ、納得しながら生活を送ることに役立つと考え、LICやリハビリセンターの福島版モデル「きずなスクエア(仮称)」を検討した。

「きずなスクエア」は、LICの「実用的な放射線文化(=放射線に関する知識を日常生活に役立てること)」の普及と、リハビリセンターの心理的ストレスの軽減といった特徴を組み合わせ、各自治体や地域の方々がそれぞれのニーズや事情に応じて役立つ部分を選択して取り入れ、自主的に運営できるような支援を検討している。

「きずなスクエア」の目的は、放射線について地域の方々が自ら正確な知識を習得し、「実用的な放射線文化」を広めるとともに、地域の方々同士のコミュニケーションの場となることにより、不安やストレスなどの心理的影響を軽減することである。

具体的には、役場や学校、公民館など、多くの地域の方々が集まる場所に「きずなスクエア」を設置することで、放射線への理解促進を図るとともに、コミュニケーションの場として活用を図ることができると考える(第4図)。



第4図 「きずなスクエア」イメージ

「きずなスクエア」を設置するためには、放射線測定器や測定データの蓄積のための資機材、スタッフの確保および養成、さらにはそれらを提供できるような場所と資金が必要である。

その中で一番重要な要素は、放射線について正確な知識を伝え、地域の方々の悩みに耳を傾ける人材である「スタッフ」と考える。地域の方々と話をする中で、福島原発事故の後、専門家への信頼が失われ、誰を、あるいは何を信じたらよいか分からない不信感が広まっていることを感じた。地域の方々が信頼して正確な知識を学ぶためには、信頼される「スタッフ」が重要である。スタッフには、地元で信頼され地域の方々との距離が近い人材が適していると考え、「自治体職員(主に食品の放射線測定を通じた放射線理解活動)」、「教師(主に教育を通じた放射線理解活動、子どもたちの心のケア)」、「保健師(主に診療、カウンセリングを通じた心のケア)」などが適しているのではないかと検討している。

また、スタッフの活動をより活発化するために、スタッフと放射線や社会学などの専門家とのネットワークを構築するとともに、将来的には、各きずなスクエアの取組みをつなぐネットワークセンターが必要である。

なお、「きずなスクエア」は仮称であり、各モデル・地域ごとに名称を決め、広く地域の方々に親しまれる場になってほしい。

IV. 「Motomiya 絆スクエア」の提案 —郡山市佐々木清教諭の取組み

「きずなスクエア」の教師版として、郡山市で放射線教育を実践している佐々木清教諭の取組みを紹介する。

1. 放射線教育実践の取組み

佐々木教諭は、福島原発事故後、正しく放射線を理解し、正しく怖がる教育を実践することが急務と考え、郡山市立明健中学校で「生徒が主役の放射線教育」を展開してきた。福島の子供たちとしては、「自ら放射線量を測定し、自らデータを分析して判断し、互いに助け合って行動できる生徒」を掲げ、2011年9月から放射線教育を実践している。

福島原発事故があった2011年を「放射線教育元年」と位置づけ、中学校理科放射線教育指導計画を立案した。実際に放射線量計測やモデル製作を行い、放射線量の測定技能、データ分析力、科学的な判断力を身につけ、科学的事実に基づいて本音で話し合いながら、リスクコミュニケーション力を養うことを目指し、放射線授業を行った。授業終了後、「私たちは長い間、放射線と向き合わなければなりません。福島を復興させるのは私たちです。」と真剣なまなざしで訴える生徒がいたとのことである。

2012年には「放射線教育2年目」を迎え、郡山市中学校教育研究会理科部会や、全国中学校理科教育研究会の仲間と共に手を取り合い、さらに放射線教育の推進に取り組んだ。土壌の遮へい効果を確認する除染モデル実験として、まず次年度の空間線量率の変化を予測した後、ビニール袋に土を詰め込み、放射線量がやや高い土壌の袋を1段ずつ下げていき、表面の放射線量を測定した結果、深さ4cmで放射線量が半分に、8cmで4分の1まで下がったことが確認された。この実験により、校庭には表土の上に線量の低い土壌が50cmほどかぶせてあるので安全であるということ、生徒自らが実験を通して理解することができた(第5図)。さらに、養護教諭から、放射線がどう人体に影響を与え、いかに防御するかについて説明してもらうことにより、生徒が理解を深めることができると考え、Team Teaching(チーム教育)の授業を行った。養護教諭から、バランスの良い食事、十分な睡眠と休養、適度な運動により、「免疫力」を高めることが、放射線から身を守るために最も大切であると説明されたので、生徒達は納得した。

2013年4月、佐々木教諭は郡山市立郡山第六中学校に異動したが、3年目は「自立」をテーマに引き続き放射線教育を実践していくことにしている。

2. 「Motomiya 絆スクエア構想」の立ち上げ

佐々木教諭は、学校教育としての放射線教育への取組みに生かすため、2012年7月、ウクライナとロシアを訪問した。ウクライナで現地調査した社会心理リハビリセンターに興味を抱いたことから、原産協会が検討している「きずなスクエア」に賛同され、子ども達の豊かな心の



第5図 佐々木教諭の放射線授業

復興・復旧を目指し、福島県本宮市でのモデルとして、「Motomiya 絆スクエア構想」を立ち上げた。本宮市は、福島第一原発から約60 kmの距離にあり、市民の健康被害への懸念と不安が広がるとともに、農林水産業・観光産業・商工業が風評被害を受けている。

「Motomiya 絆スクエア」の活動として、①スタッフ3名常駐、②地域情報の収集、③心のケア講習会、④地域の啓発活動、⑤放射線教育推進、⑥一元化情報発信、⑦サークル活動推進の7つを提案している。

必要なスタッフは、A：放射線量測定員(1名常駐、市役所配属)、B：情報収集・発信員(1名常駐、市役所配属)、C：心のケア相談員(1名常駐、地元医師・カウンセラー)、D：放射線教育推進員(地元教員、NPO数名)、E：地域サポーター(町内会長・民生委員など数名)などが考えられる。全員が集まる定例会「スクエア協議会」を月に1回開催し、随時情報交換や研修を行う「ネットワーク会議」を開催することが検討されている(第6図)。

2013年3月、福島県市町村教育委員会連絡協議会安達支部研修会において、佐々木教諭が講演を行い、「Motomiya 絆スクエア構想」について紹介した。今後、子ども達の放射線理解の促進と健全な心の育成のため、本宮市および近隣の二本松市、大玉村(旧安達郡)において、「Motomiya 絆スクエア構想」を実現すべく働きかけを進めていく計画である。

佐々木教諭の取組みは、福島原発事故で何が起きているのか知りたいという思いからスタートし、「生徒に、正確な放射線知識を身につけさせ、生徒自身が判断することが大事だ」という考えから、放射線の測定、除染のモデル実験、人体への影響の授業へと発展させた。今後、長引く避難生活を憂慮し、子どもたちが非行に走らないためにも、心のケアも必要であると感じ、「Motomiya 絆スクエア構想」に具体的に取り組もうとしている。



第6図 「Motomiya 絆スクエア構想」

V. おわりに

今なお福島原発事故で被災された多くの方々が、困難な避難生活や、放射線と向き合いながらの生活を強いられている中、これまで原子力推進に協力いただいた福島の方々の支援することは原子力関係者の責務である。原産協会では、自治体や地域の方々に寄り添い、地域の方々のニーズを汲み取って、地域の復興・再生に少しでも貢献できるよう、活動を継続・発展させていきたい。

専門家が信用を失っている今、地域の方々の自主的な取組みを支援することが必要である。原産協会として今後「実用的な放射線文化」を醸成するために、自治体や地域の方々が自主的に運営して、「きずなスクエア」の取組みができるように、支援を行っていくことにしている。

原産協会の具体的な役割としては、①本取組みに賛同してもらえる佐々木教諭のような地域の方々との連携、②国や自治体への支援要請、③専門家とのネットワーク作りと考える。さらに、福島状況を福島県以外の方にも知ってもらえるよう広く情報提供していく活動にも力を注いでいきたいと考えている。そのためにも、学会員の方からもなお一層の協力をお願いしたい。

最後に、福島県郡山市立郡山第六中学校佐々木教諭をはじめ、数多くの教育関係者、専門家および自治体関係者にご教示いただいたことに深く感謝する。

—参考資料—

- 1) 日本原子力産業協会報告書、ベラルーシ・ウクライナにおけるチェルノブイリ事故後の復興状況調査結果について、2012。
- 2) 日本原子力産業協会報告書、ベラルーシにおける情報センターの取り組みについて、2012。
- 3) 佐々木 清、生徒が主役の放射線教育2年間の歩み、放射線教育、Vol.16, No.1, 21-30, 2012。

著者紹介



和田裕子(わだ・ゆうこ)
日本原子力産業協会
(専門分野/関心分野)国際協力、リスクコミュニケーション



中田誠一(なかた・せいいち)
日本原子力産業協会
(専門分野/関心分野)国際協力、リスクコミュニケーション



福本多喜子(ふくもと・たきこ)
日本原子力産業協会
(専門分野/関心分野)国際協力、リスクコミュニケーション

核不拡散・核セキュリティ総合支援センターにおける人材育成

日本原子力研究開発機構 直井 洋介, 濱田 和子, 野呂 尚子

核セキュリティ・サミット(2010年4月, ワシントン)における日本のコミットメントに基づき設置された日本原子力研究開発機構(JAEA)の核不拡散・核セキュリティ総合支援センター(ISCN)における人材育成活動について紹介する。ISCNでは, 米国サンディア国立研究所(SNL)が開発した核物質防護のトレーニングコースを基に, 同研究所と協力して核物質防護の実習フィールドやバーチャルリアリティシステムを使った独自のカリキュラムを開発し, アジア向け, 国内関係者に提供している。すでにISCNの人材育成事業で受け入れた参加者は日本も含め33か国1,200名を超えている(2013年6月現在)。また, 核物質防護に関するIAEAの新しい勧告の理解促進ワークショップや核セキュリティ文化の醸成に係る活動を展開しており, これら活動状況を紹介します。

I. はじめに

核セキュリティ・サミット(Nuclear Security Summit)は, 世界の各国が連携して核兵器の製造に適する品質の核物質であるプルトニウムやウランなどが核テロリズムに使われないように安全や保身を確保し, その維持と管理を厳格に行うことを目的とする国際会議である。2010年4月に米国ワシントンD.C.でスタートしたこの核セキュリティ・サミット・プロセスは, 2012年3月にソウルで第2回目が開催され, また, 2014年3月にはオランダハーグで第3回, 2016年には再度, 米国において第4回が開催される予定であり, 脆弱な管理下にある核物質や放射性物質の削減, 核セキュリティ脅威の認識を高めることなどに大きな政治的役割を果たしてきた。

サミット・プロセスでは, 参加した国々からの自発的なコミットメントも多くなされ, テロ対処能力向上のための支援(以下, キャパシティ・ビルディング支援と呼称)を行う国際的なセンター(COE)を設立するとのコミットメントが日本をはじめとして, 中国や韓国, カザフスタンなど多くの国々からなされた。しかし, コミットメントだけでまだ設置もなされていないケースも多いのが実情である。

核不拡散・核セキュリティ総合支援センター(ISCN)は, サミットでのコミットメント¹⁾に従い, 2010年12月に日本原子力研究開発機構(JAEA)内に設置され, アジ

ア地域を中心に, 核セキュリティや保障措置分野のキャパシティ・ビルディング支援活動を2年半にわたって実施してきた。ISCNのトレーニングプログラムやセミナー, ワorkshopは2013年6月末までで国内及び国外での開催をあわせて43回, 参加者は日本人も含め33か国から1,200人を超えており, 核セキュリティ・サミット・プロセスの大きな成果の一つといえる。

JAEAは, 原子力の平和利用に係る総合的な研究開発機関であり, 試験研究炉, 「ふげん」, 「もんじゅ」等の原子力発電所の開発運転経験, 再処理MOX燃料開発等, 核燃料サイクルすべてにわたる広範な技術開発や施設の保有, その運転経験, またこれらの計量管理・保障措置や物理的防護対応についても豊富な知識と経験を有している。これがJAEAにISCNを設置して, アジア地域を中心とする核不拡散・核セキュリティ分野のキャパシティ・ビルディング, 基盤整備支援等に貢献することが求められた背景である。

JAEAでは, 保障措置・国内計量管理制度に係る国際トレーニングを1996年からほぼ毎年1回提供してきたほか, 2007年からはアジア地域の原子力発電導入計画国等を対象に核不拡散, 国内計量管理制度の構築, 保障措置対応等の人材育成支援, これに係る法律や規則, 体制整備等の基盤整備支援などで二国間の協力を行ってきた。これら事業はJAEAの核不拡散科学技術センター(Nuclear Nonproliferation Science and Technology Center: NPSTC), 現在は核物質管理科学技術推進部²⁾(Department of Science and Technology for Nuclear Material Management: STNM)で実施しており, このセンターがISCN設立の母体となり, これら事業もISCN

Human Resource Development at the Integrated Support Center for Nuclear Nonproliferation and Nuclear Security: Yosuke NAOI, Kazuko HAMADA, Naoko NORO.

(2013年7月8日 受理)

設立とともに移管された。

ISCN 設立にあたり、その活動を支える要員の整備も大きな課題の一つであった。発足当初は NPSTC からの異動が11名、それ以外から2名が参加し合計13名のスタッフでスタートした。その後は順次、要員を増加させながら、後述する米国との協力で実施された核物質防護のインストラクター養成コースに参加させて教育訓練も進め、2011年10月に核セキュリティに関わる最初の国際トレーニングコースを実施する時点で合計26名までスタッフを増加させた。

II. ISCN における事業

ISCN では、キャパシティ・ビルディング支援事業として、人材育成と核不拡散、核セキュリティに関わる国内法・規則整備などの基盤整備支援を柱に事業を実施している。これら事業では、国際核不拡散枠組みコース、核セキュリティコース、保障措置・国内計量管理コースの3つのカテゴリーに分けており、支援対象国は、アジアを中心とした国のうち、アジア原子力協力フォーラム (FNCA) 参加国、ASEAN 加盟国、並びにわが国と原子力協定を締結している国や交渉中の国及び特段の理由がある国としている。

1. 国際核不拡散枠組みコース

本コースは、特に日本との原子力協力の拡大が見込まれる国、政府レベルで協力要請のあった国を対象とし、原子力利用が核不拡散・核セキュリティを担保した形で実施されるように、これらの体制整備の重要性についての理解を促すことを目的としたコースである。主に二国間協力による「原子力平和利用と核不拡散/核セキュリティ」に関するセミナーの開催を通して、核不拡散・核セキュリティ対応の重要性の啓蒙と、核不拡散・核セキュリティ担保に求められる体制についての理解を促すことを内容とする。またその体制整備における相手国の現状やニーズを幅広く把握し、双方の関係者の今後の協力に向けての理解を得ることも重要な目的としている。

セミナーは1～2日間で、対象国で実施し、核不拡散・核セキュリティ分野における相手国の幅広い関係機関、すなわち、外務省、エネルギー省、原子力規制当局、警備当局、事業者、研究開発機関等からの参加を得て、その国の原子力平和利用の開発計画や、核不拡散、核セキュリティ対応の状況などを聞くとともに、日本の経験、国際的な核不拡散・核セキュリティをめぐる歴史や国際動向、さらには、核不拡散や核セキュリティを確保するための国際的な枠組みなどをテーマにしている。セミナー後に相手国のニーズに応じ、国内法整備、国内計量管理システム、追加議定書、核セキュリティの具体的支援、トレーニングへ深化・移行を図れるようにしている。このような協力は第1表に示す通り、ISCN 設立前の2007年から開始しており、すでに、9か国においてセミナー

第1表 アジアの対象国への個別の協力

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
ベトナム	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽
タイ		▽	▽				
インドネシア	▽			▽			
カザフスタン			▽	▽	▽	▽	▽
モンゴル					▽	▽	▽
マレーシア					▽	▽	▽
ヨルダン						▽	▽
トルコ						▽	▽
ASEAN エネルギー部局							▽
リトアニア						▽	▽

▽: ニーズ調査 ▽: セミナー ▽: ワークショップ

を開催し、その後はワーキングレベルでの具体的な支援に移行させている。また、先方との協議次第であるが、より多くの参加者を得るために、現地語への同時通訳を入れるなどの工夫もしている。このコースは基本的には二国間協力での取り組みでトレーニングという性格のものではない。

二国間協力に留まらず、2013年6月には ASEAN 事務局のエネルギー部局 (Center for Energy: ACE) と共催でこのセミナーを開催した。ベトナムで開催された ACE の原子力協力に係る会議に合わせて開催し、その会議に参加した ASEAN メンバーがセミナーにも参加するという形で開催した。このコースの新たな取り組みである。

2. 核セキュリティコース

主にアジア地域及び我が国関係者を対象に、核セキュリティの重要性や関連知識、具体的な関連技術に関する知識を提供し、また相互に情報共有を行うことにより、アジア地域、ひいては国際的な核セキュリティ文化の醸成と核セキュリティ体制強化を促進することを目指している。

JAEA は、核セキュリティ分野については、物理的防護の現場経験は有するものの、これに関わるトレーニングコースを提供した経験はなく、自らのキャパシティ・ビルディングのために、まず、核セキュリティに関わるトレーニングで豊富な経験を有する米国から協力を得ることとした。米国との協力は、米エネルギー省 (DOE) と JAEA が締結している「保障措置及び核不拡散に係る研究開発における協力のための取り決め」に基づくものであり、ISCN とサンディア国立研究所 (SNL) との間で具体的な協力内容を定めたプロジェクト・アクション・シート (PAS) を締結して2011年1月より協力を開始した。SNL の専門家と ISCN との相互訪問により、ISCN のインストラクターを養成するパイロットコースの実施、トレーニングカリキュラムや教材の共同開発、ISCN が主催する国際トレーニングへの講師派遣協力などの幅広い支援を受けた。米国からの協力は ISCN の事業を進める上で極めて重要であった。米国の協力なしではここ

まで事業は遂行できなかったと考えている。当初2年を予定していたSNLとの協力は大きな成果を上げて終了し、2013年からはさらに上級の核セキュリティ・トレーニングコースの提供を行えるキャパシティ・ビルディング支援などが盛り込まれた新しいPASを締結して協力を継続している。

3. 核セキュリティトレーニングツールの開発

ISCNでは核セキュリティトレーニングプログラムのツールとして、核物質防護(PP)実習フィールドとバーチャル・リアリティ(VR)システムを整備してきた。実際の原子力施設に配置されている核物質防護設備や機器を使った実習は、セキュリティの観点から不可能であることから、第1図に示すような訓練のみを目的とした実習フィールドを2012年3月に東海村の研究所内に整備した。PP実習フィールドには核テロ等から防護するための防護フェンス、侵入者の検知のための各種センサー、モニタ等の防護設備・機器や模擬の中央警報ステーション(警備員詰所)を配備しており、防護機器の機能・特徴を実機を使って確認する等、実体験による効果的な実習を行うことができる。

VRシステムは、仮想の原子力施設やトレーニング環境をコンピュータ上で構築し、これを大型の表示装置に3D映像のVR(仮想現実)として整備し、トレーニング等に利用している。これにより、例えば、仮想原子力施設内外を歩いて、実際の原子力施設ではできない詳細な見学体験や実地検分を行うとともに、施設の中に侵入検知装置等を設置して防護設計・評価手法を学ぶトレーニング、核テロ等の緊急時対応トレーニング等を行うことができる。今年度はこのVRシステムを利用した侵入事案における施設警備員の対応トレーニングの開発を計画している。

これらのツールの整備にあたっては、日本の政府関係

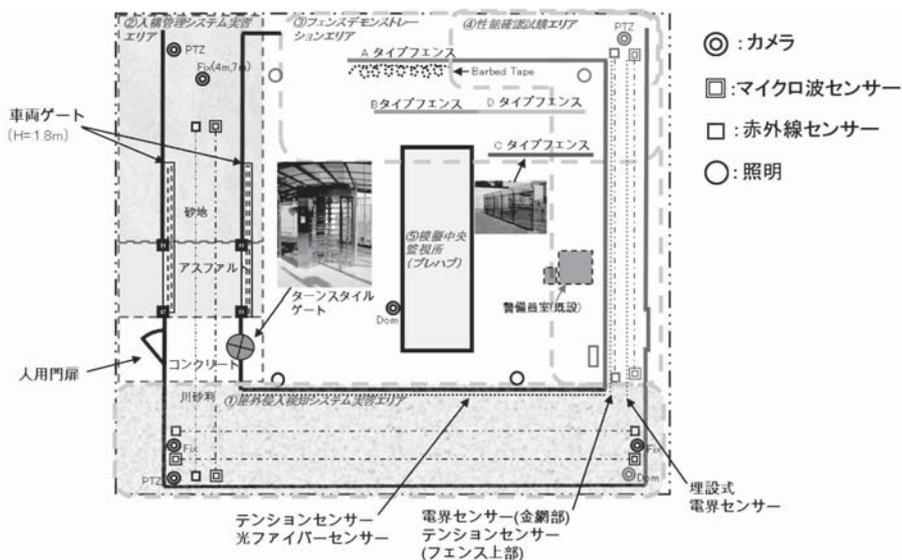
機関、SNL、IAEA等の協力を得て設計、整備を進め、すでに、2012年4月から「核物質と原子力施設の核物質防護に係る地域トレーニング」等のトレーニングコースにおいてカリキュラムの中に組み込んで活用している。

4. 核セキュリティコースの実績

アジア諸国等の海外関係者を対象としたコースとしては、SNLが開発した核物質及び原子力施設の物理的防護システムの設計と評価に関するトレーニング(2週間)、国際原子力機関(IAEA)の核セキュリティ・シリーズ文書の一つ「核物質及び原子力施設の物理的防護に関する核セキュリティ勧告(INFCIRC 225/Rev.5)³⁾を普及させるためのワークショップ、核セキュリティ文化の醸成に係るコース等に力を入れて実施している。2年半の実績を第2表にまとめた。

ISCNが主催して実施するコースとIAEAが実施するコースをISCNがホストするケース、また、ISCNが対象国に赴いて主催するケースなどがある。上記の2週間のPPに係るトレーニングについては、米国DOE/NNSA、SNLの協力を得て4～5年かけてISCNのスタッフだけでトレーニングが提供できるようにすることを目指して毎年1回実施している。また、整備をしたPP実習フィールドやVRシステムなどをこのトレーニングに取り込むカリキュラム開発をSNLと共同で行い、2012年からは、独自のカリキュラムでのトレーニングを提供している。このトレーニングには原子力安全基盤機構(JNES)が開発した監視カメラの最適配置をPC上で簡易に学べるシステムも組み込んでおり、JNESからは重要区域・機器の選定に係る講義などでも協力をいただいている。

国内向けのコースとして、英語で実施している2週間のPPトレーニングを日本語にして原子力事業者や関係府省の職員らに提供している。原子力規制庁の新任PP



第1図 核物質防護実習フィールドの概要

第2表 核セキュリティコースの実績

	コース名	対象	実施年度	参加者数
物理的防護	核物質及び施設の物理的防護に係る地域トレーニングコース	国内講師養成	2011	29
		国際	2011	28
		国内	2012	38
		国際	2012	31
	IAEA勧告NSS13(INFCIRC 225/Rev.5) ワークショップ	国際	2011	40
		国内	2011	87
		国際	2012	20
	物理的防護機器の性能試験に関するコース	国内講師養成	2013	18
	PP査察官トレーニング	国内	2012	4
		国内	2012	13
国内		2013	19	
核セキュリティ文化	ISCN-WINS ワークショップ	国内	2012	50
		国内	2012	63
	IAEA/JAEA 核セキュリティ文化に係る地域ワークショップ	国際	2012	29
二国間支援	核セキュリティ・セミナー	ベトナム	2011	25
		カザフスタン	2012	18
		リトアニア	2013	23
その他				44
		Total		579

検査官のトレーニングもPP実習フィールドで行っている。

また、国内の核セキュリティ文化を醸成する活動として、世界核セキュリティ協会(WINS)との共催ワークショップを年に1回、東京で開催している。このセミナーはプロの俳優が核セキュリティに関する切迫した様々な場面を演じ、その後、セミナー参加者がそれを基に議論するという演劇型のセッションを取り入れており、核セキュリティの強化に向けたコーポレートガバナンス(企業における業務統制機能)や外部機関との連携の重要性などをテーマに開催してきた。国内向けのトレーニングやワークショップは、異なる役割を担う国内の関係諸機関が集まり、核セキュリティに関して意見交換を行う場にもなっている。

IAEA 勧告 INFCIRC 225/Rev.5を普及させるためのワークショップはSNLやIAEAと協力しながら、国際コースを2回、国内コースを1回開催している。今年度はIAEAが初めて実施する5日間のトレーニングコースを2013年8月にISCNで開催する計画である。

ベトナムやカザフスタン、リトアニアにおいては、相手国に向いて核セキュリティのセミナーを開催してきた。ベトナムでは、核物質防護条約(CPPNM)及び改正核物質防護条約(CPPNM Amendment)の批准のために関係省庁横断的な検討委員会が構成されていたが、その委員会メンバーを対象に核セキュリティ対応の重要性などを理解してもらうセミナーを開催した。ベトナムはその後、2012年11月にはCPPNM及び同Amendmentを批准している。また、2012年4月に核セキュリティのCOEを国境警備の訓練学校に設置したリトアニアでは、国境における核・放射性物質の検知に係るワークショップをECや米国の協力を得て開催した。

また若手研究者への核セキュリティ教育も重視しており、大学との連携も行っている。「原子力核セキュリティ連携実験演習」⁴⁾の中でも紹介されていたが、2012年度から大学連携核セキュリティ実習としてISCNに学生を受け入れ、講義とVRシステムやPP実習フィールドを使った実習を組み込んだ3日間のカリキュラムを2回提

供してきた。2013年も9月に同実習を開催する予定である。

5. 保障措置・国内計量管理コース

主にアジア関係国に対して保障措置対応、国内計量管理制度の構築に関係する人材育成を支援するとともに、IAEAの査察官等への教育・トレーニングの場を提供し、国際的な核不拡散体制の強化に資することを目的としている。すでに、1996年から包括的な保障措置、国内計量管理制度に係る2週間から3週間のコースを、2007年を除き毎年1回、東海村で開催してきており、すでに38か国から265名の卒業生が出ている。このコースでは、国際保障措置におけるIAEAの要件と法律文書、核物質の計量管理における国あるいは施設レベルでの考慮、国際保障措置戦略と検認技術、設計情報の検認、国内計量管理制度の効果、国内計量管理制度の創設と維持などについて学ぶ。実施に当たっては、計画段階からIAEAの全面的な支援と協力のもと開催してきている。また、これまでのコースの講師は、JAEA、核物質管理センター、IAEA、その他組織(米国DOE、韓国核物質管理センター(KINAC)、オーストラリア保障措置及び核不拡散局(ASNO)、欧州原子力共同体(EURATOM))の専門家である。

2週間の国際コースは、複数国を対象とし東海村のISCNに研修生を招いて実施しているものであるが、二国間ベースで東海村に招へいあるいはISCNが対象国に向いて相手国のニーズにあわせたワークショップやセミナーを開催する保障措置の協力もある。その協力の一例として、追加議定書の批准を間近に控えていたベトナムに対しては、追加議定書(AP)に基づく申告や補完的アクセスについての理解を深めてもらうと共に、それらの対応に向けた体制の整備を促進することを目的としたワークショップを開催した。追加議定書においては、従来の包括的保障措置協定の下で報告が義務付けられている核物質情報のほかに、核物質を伴わない核燃料サイクルに関連する研究開発活動など核燃料サイクル全般にわたる情報の提供が求められており、何をどこまで申告す

べきなのかを理解することは、多くの追加議定書未批准国にとっての大きな課題となっている。そこで、ベトナム放射線・原子力安全規制庁(VARANS)と共催で、2011年にはハノイの「施設外の場所(LOF)」¹⁾において、2012年にはダラット研究所において、規制者と事業者を対象に追加議定書の申告義務についての理解深化を図った。ベトナムはその後、2012年9月にAPに批准している。また、ベトナムの査察官の保障措置トレーニングとして、2012年には東海村にベトナム査察官を招へいし、国内査察の実施内容や保障措置情報の管理をテーマに1週間のトレーニングコースなども提供している。

マレーシアについてもAP批准を間近に控えており、マレーシア国内の関係府省の担当者に、AP批准の重要性を理解するためのセミナー及びAP申告を行う実務者(事業者)を対象にした、AP申告に関するワークショップを2013年2月にそれぞれ現地で開催している。

IAEAの査察官のトレーニング支援も、日本政府によるIAEA保障措置技術支援(JASPAS)として実施している。これまで、協力してきたトレーニングは、再処理保障措置トレーニング、使用済み燃料の検認に用いるデジタル式チェレンコフ光検認装置(DCVD)トレーニングなどである。

Ⅲ. 今後の課題

核セキュリティ・サミット・プロセスで設立することが誓約されたCOEのうち、韓国が2014年2月に開所を迎える予定であり、その後、2015年には中国のCOEもこのアジア地域に開所される予定である。同様のミッションを持つセンターが同じ地域に設立されるので、まず、日本のISCNを含め、これらセンター間での情報の共有やトレーニング実施にあたっての調整を行えるようにすることが重要になる。すでに、IAEAを中心にその準備は始められているが、日中韓3者が当事者意識をもってこのような枠組みの設置に向けて努力をしていく必要がある。カリキュラムの共同開発やそれぞれのセンターが独自性を発揮して特徴のあるセンターとして共存できる道を探っていくことが重要である。

ISCNは2年半にわたり実績を積んできているが、持続的にキャパシティ・ビルディング支援を継続していくには、自らのキャパシティ・ビルディングをしっかりとやっていく必要がある。このためには、米国やEURATOMとの協力やIAEAの核セキュリティ支援センター間のネットワークを介した協力、アジア地域の協力など、国際協力がカギになると考えられる。

また、トレーニングコースの認定も今後効率的なキャパシティ・ビルディング支援には重要になってくると考えられる。すでに、世界核セキュリティ協会(WINS)が

¹⁾ 実効キログラム以下の量の核物質が通常使用される構造物または場所であって施設にあたらぬものと定義される。

トレーニングコースの国際的な認定制度の提案を行っているが、国際的な制度の設立にIAEAの関与を含めた議論が開始されることを望む。

Ⅳ. まとめ

- (1) 核セキュリティ・サミット・プロセスで誕生したISCNは2010年12月に設立されて以来、キャパシティ・ビルディング支援事業を2年半にわたって実施し、すでに、43のプログラム、33か国から1,200人を超える参加者を得て、核不拡散、核セキュリティに係る人材育成に貢献してきた。これは、核セキュリティ・サミット・プロセスの大きな成果の一つと考えられる。
- (2) 設立準備から事業計画の立案、体制の整備、トレーニングツールの開発、実際の事業の展開にあたって、米国やIAEAなど、国際的な協力や国内関係府省、関係機関の協力は不可欠なものであり、ここまでの成功の鍵は国内外関係機関の協力にあったといっても過言ではない。
- (3) 今後、ISCNと同様のCOEが活動を開始するが、IAEAを中心とする連携と調和がこれらCOEを通じた核セキュリティ強化の支援活動の成功のカギを握っている。

—参考資料—

- 1) 外務省HP「第1回ワシントン核セキュリティ・サミットにおけるナショナル・ステートメント」,
http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/kaku_secu/2010/nastatement_wabun.html
- 2) 日本原子力研究開発機構, 核物質管理科学技術推進部HP: <http://www.jaea.go.jp/04/np/>
- 3) [http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1481_web.pdf#search=infcirc 225](http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1481_web.pdf#search=infcirc%20225)
- 4) 上坂 充, 原子力核セキュリティ連携実験演習, 一大学・大学院・高専・原子力機構の実験演習ネットワーク, 日本原子力学会誌「アトモス」, 55(8), 461~465(2013).

著者紹介



直井洋介(なおい・ようすけ)
日本原子力研究開発機構
(専門分野/関心分野)核不拡散, 核セキュリティを支える技術, 人材育成



濱田和子(はまだ・かずこ)
日本原子力研究開発機構
(専門分野/関心分野)核不拡散・核セキュリティ分野におけるキャパシティ・ビルディング支援, 政策研究



野呂尚子(のろ・なおこ)
日本原子力研究開発機構
(専門分野/関心分野)CBRNEテロ対策, 核セキュリティ

社会の信頼を取り戻すために



平成25年度会長

堀池 寛(ほりいけ・ひろし)

日本原子力学会は昭和34年の設立以来、原子力三原則に則り、安全の確保を旨としてその平和利用を推進して参りました。その間、我が国の発電用原子炉は大きく増加し、エネルギー供給の安定化と産業振興を下支えし、国民の福祉と生活の向上に貢献して参りました。原子力は基幹クリーンエネルギーとしてエネルギー政策と脱炭素化の柱とされ、また原子力産業は国際競争力のある基幹産業として発展し、その将来性に期待されておりました。

しかし平成23年3月11日に発生した東日本大震災を起因とする東電福島第一原子力発電所における事故は、我が国での原子力発電の安全性への信頼を根底から揺るがし、国全体の経済活動やエネルギー政策に大きな影響を与えております。この事故から2年余が経過した現在も、環境の修復が十分には進まず、多数の住民の方々が避難を余儀なくされ、困難な生活を続けておられます。

この間、原子力の安全性について大きな議論が噴出し、これまでの我が国のエネルギー政策にも疑義が抱かれると共に、学会の在り方についても厳しい問いかけが寄せられ、我々は存亡の危機にあると言っても過言ではありません。

原子力の専門家からの発言について、時には内輪に閉じた論理として一蹴されることがあります。しかし専門家が傍観し沈黙したままでは、我が国のエネルギー危機は乗り越えられず、日本の国力を危うくしてしまうことにも繋がりがかねません。持続的で安定且つ経済的な代替電源が他にはない現状では、原子力発電は中長期的に重要な基幹電源であり続けるべきものと判断いたします。そのためには、グローバルな展望で高いレベルの安全性を実現してそれを実機へ適用することが重要であり、並行して震災被災地の復興を進め、それらを支える人材育成への長期的な取り組みを専門家として使命感を持って進めていくことが重要であると考えます。

先の通常総会において定款が一部改定されました。従来は「原子力の平和利用に関する学術および技術の進歩をはかり、一中略一、原子力の開発発展に寄与することを目的とする」としていた設立目的を、「一前略一学術および技術の進歩をはかり、その成果の活用と普及を進め、もって環境の保全と社会の発展に寄与することを目的とする」に改定いたしました。さらに「特に東京電力福島第一原子力発電所事故にかかわる環境修復、地域住民の支援および事故を起こした原子炉の廃止措置支援等の活動を積極的に行う」という文言を追加しました。被災地域の環境修復と復興なくしては、原子力への信頼の回復はないことを心に銘記しなくてはなりません。

本来、学会とは研究者や学生などがその研究開発の成果を年会・大会の場で発表し、専門家同士の議論により、より洗練化されることを通じて学術や技術の発展に寄与し、片や発表者は最先端分野を切り開いているという誇りや喜びを糧に、自身の成長を促すという大事な役割を担っております。学会の強みとは、会員の皆様を持っておられる学術的、技術的な専門性の高さ、豊富で深い科学的知見の蓄積にあり、それを社会的貢献に適切に向けられるような組織の仕組みを整備し実行可能とすることが非常に重要で、それが学会の使命とも考えられます。

当学会が社会からの信頼を得ることができるよう、尽力して参りたいと思っておりますので、ご支援ご協力をどうぞよろしくお願い申し上げます。

(2013年7月15日 記)