

巻頭言

- 1 悩めるドイツ—脱原発を「道徳的に」考える

竹内純子

時論

- 2 工学システムに対する社会の安全目標と原子力発電

工学システムはリスクをゼロにすることはできない。このため、科学的合理性に基づいた安全目標を考える必要がある。

松岡 猛

- 4 JESCO の中間貯蔵事業について

最終処分までの間、除去土壌などを安全に貯蔵する国家的な事業が始まった。

谷津龍太郎

- 6 原子力バックエンド問題をめぐる科学コミュニケーションを考える

国や事業者らに求められるのは市民リテラシーであり、情報を透明性高く伝えていかなくてはならない。

松本真由美

福島からの風

- 8 帰りたいという心

藤川達之助

解説

- 34 水稻栽培における放射性セシウムの挙動—南相馬市における現地試験の報告

クリーンアップ分科会は平成 23 年から南相馬市で、代掻き試験や水耕栽培試験を実施してきた。試験で得られた放射性セシウムの移行挙動や除染効果について報告する。

クリーンアップ分科会, 佐藤修彰

- 38 原発事故の避難がもたらした健康被害防ぎ得る二次災害を繰り返さぬために

原発事故のもたらした実際の被害は、放射線による健康被害よりもはるかに大きく、複雑である。特に避難計画の不備のもたらした健康被害の全体像は、いまだに把握されていない。

越智小枝

座談会

- 15 「安全規制は不断の見直しを」—規制の哲学を説明しなければ、信頼を得られない



原子力規制委員会のあり方が見直される。今の規制にはどんな問題があるのか。あるべき規制の姿とはどのようなものか。

澤 昭裕, 諸葛宗男, 澤田哲生

解説

- 21 東日本大震災合同調査報告 原子力編と関連編 概要および原子力編にまとめられた外的事象対策に関する今後の課題

日本地震工学会など 8 学会は大震災に関する合同調査報告書を発行した。本稿では、その経緯と原子力編に記載された地震・津波を含む自然現象に対する今後の課題を概説する。

糸井達哉, 宮野 廣

- 25 東日本大震災合同調査報告 都市計画編 日本都市計画学会 福島復興部会の報告と計画学の役割

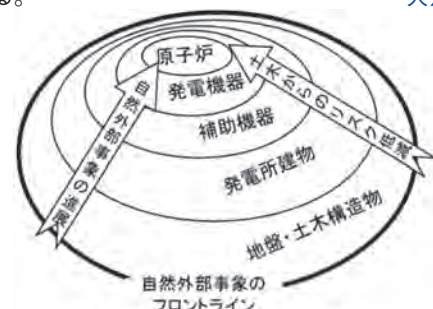
日本都市計画学会の福島復興部会による提案は、長期にわたる避難や移住、放射性物質に関わる問題、再居住などの視点をふまえた。

相羽康郎

- 29 見えてきた土木技術の役割 東日本大震災合同調査報告 土木編 5 「原子力施設の被害とその影響」を踏まえて

合同調査報告書の土木編を紹介する。また、原子力発電所の地震・津波リスクを低減するための技術分野間連携において、土木技術が果たす役割や位置づけについて述べる。

大友敬三

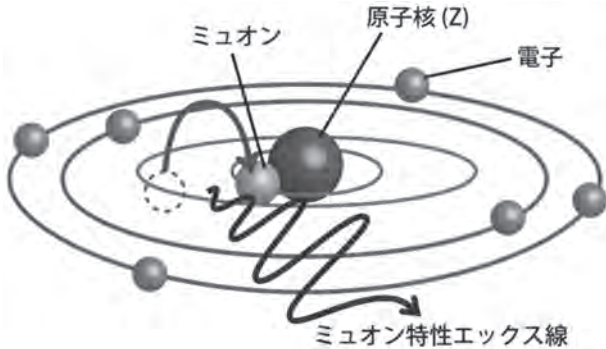


43 ミュオン科学への招待

日本に誕生した大強度ミュオン源

ミュオンとは何か。ミュオンビームを生み出す施設とはどんなものか。実際にミュオンを使った研究例にはどのようなものがあるのか。

河村成肇

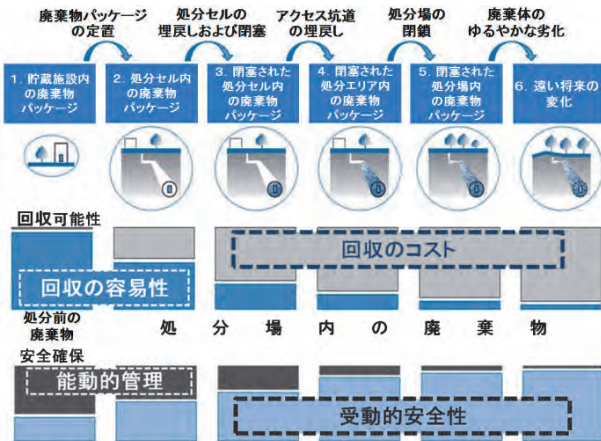


ミュオン原子の生成と特性X線の放出過程

48 地層処分計画の実施段階(2000年頃以降)

半世紀を超える研究開発を通じた地層処分に関する専門家社会の技術的確信を経て、幅広いステークホルダー間の信頼構築を必要とする事業の段階が幕を開けた。

増田純男, 佐久間秀樹, 梅木博之



回収可能性尺度 (R-scale)

60 平成 27 年度理事会 新執行部が活動開始

9 NEWS

- 川内1号は8月, 2号は9月にも再稼働
- 放射性廃棄物の最終処分で基本方針
- 世界で運転中の原子力発電所は431基
- 2030年の原子力比率は20~22%
- 海外ニュース

私の主張

- 54 安全規制が原発事故を長期化させていないか? 復興加速のため避難・食品安全・除染目標の見直しを求める

若杉和彦

談話室

- 56 RIC2015 米国原子力規制委員会「規制情報会議」にて思ったこと

リスク・インフォームド (RI) について報告と深層防護 (DiD) とのせめぎあい。 松井一秋, 竹次秀一

ジャーナリストの視点

- 58 『安心』につながる対話を

齋藤有香

- 59 新刊紹介「Q & A 放射線物理」 神野郁夫 From Editors

- 61 会報 原子力関係会議案内, 寄贈本一覧, 新入会一覧, 英文論文誌 (Vol.52, No.7-8) 目次, 主要会務, 編集後記, 編集関係者一覧 後付 第5回総会資料

学会誌に関するご意見・ご要望は、学会誌ホームページの「目安箱」(<https://ssl.aesj.net/publish/meyasubako>)にお寄せください。

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

悩めるドイツー脱原発を「道徳的に」考える

巻頭言



NPO法人 国際環境経済研究所 理事・主席研究員

竹内 純子 (たけうち・すみこ)

慶応義塾大学卒業。東京電力を経て、2012年より現職。農林水産省 生物多様性戦略検討会委員等歴任。産業構造審議会 産業技術環境分科会 地球環境小委員会委員。著書は「誤解だらけの電力問題」(WEDGE出版)など。

今年3月、7年ぶりに訪日したメルケル首相は、ドイツが進めている脱原発政策を引き合いに、日本も同じ道を進むべきであるとコメントしたと報道されている。未だ国内の半数の原子力が稼働しているドイツに、国内の全原子力発電所を停止させている日本が脱原発を勧められるという逆転現象には苦笑を禁じ得ないし、そもそもエネルギー政策は一国の国家主権そのものともいうべきテーマである。欧州の中で他国のエネルギー政策に口出しすることは許されないのに、わざわざ日本にそうした「アドバイス」をくださる理由は何か、言葉の奥にある意図を読み取る必要があるだろう。

ドイツは今、脱原発・再エネ促進を柱とする「Energiewende」(エネルギー転換)という壮大なチャレンジの途上にある。世界で初めての社会実験に対する支持は高く、2014年1月に行われた世論調査でも、Energiewendeは正しいと思うかとの間に対して、「完全に正しい」が43%、「どちらかと言えば正しい」が39%と8割以上が賛意を示している。2030年末までに脱原子力・再エネ拡大のコストが総額1兆ユーロ(約140兆円)に達するとの試算が示されたり、一般家庭が負担する再エネの賦課金が年間3万円にもなる状況においてもそれは揺るがない。ドイツ人が道徳的・観念的に原発を嫌い、再エネを好むことが背景にあるのだろう。

しかしその状況に一石を投じる論文が発表された。ゲーテ大学の国際関係論のReinhard Wolf教授による「なぜ、先進国は原子力エネルギーを放棄してはならないのか? (原題: Why wealthy countries must not drop nuclear energies)」¹⁾、英国王立国際問題研究所(チャタム・ハウス)発行の学術誌に掲載されている。

WHOによれば2004年だけで気候変動由来の疾病による死者が14.1万人。前国連事務総長のコフィ・アナン氏率いるNGOの試算によれば、2009年だけで気候変動由来(砂漠化、災害、水不足など)で31.5万人が死亡し、今日までに1,000万人を絶対貧困に、4,500万人を飢餓に陥れたという。温室効果ガスを排出するのは豊かな先進国であるのに、その被害の大半はアフリカや南アジアの途上国で発生し、これからさらに増加することが予想されている。1971~2009年に原子力により世界の温室効果ガスの6%が排出されずに済んだとの調査があるので、これを先述のNGOの統計にあてはめると、2009年だけで270万人が飢餓から回避され、1.9万人の命を救っていることになる。単年度だけでチェルノブイリのWHO推計の長期的な被害(9,000人)を上回る。石炭火力が先進国でもたらず微粒子による健康被害(ある調査ではEU27ヶ国で2009年だけで1.8万人もの死亡を招来)を加味すれば、原発のメリットはさらに大きくなることも指摘し、先進国で原発からearly exitしようとする国は、原子力のリスクを非合理的なまでに過大に考慮しているか、あるいは、欧米や日本の居住者の命を途上国の住民の命よりもより大事だと考えているのではないか、原子力からのearly exitは、「immoral(不道徳)な」政策であると結んでいるのだ。

単純な石炭悪玉論もあり、その論旨展開に全て同意できるわけでは無い。原発に反対する方たちの心に、こうした数字が響かないことも重々承知している。しかし脱原発のご本家であるドイツ国内の学者からの問いかけは意義が大きい。再エネは善、原発は悪と色分けし、善を推進することに酔っているのではないか、脱原発政策は道徳的に正しいのか。メルケル首相はこの間にどう応えるのであろうか。

(2015年4月10日記)

1) 同論文は下記からダウンロード可能(有料)

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1468-2346.12235/abstract>



工学システムに対する社会の安全目標と原子力発電



松岡 猛 (まつおか・たけし)

宇都宮大学 非常勤講師

東京大学大学院修了, 工学博士。海上技術安全研究所領域長等を経て, 宇都宮大学教授。学術会議第三部会員, 消費者安全調査委員会工学等事故調査部会委員。原子力学会会員。専門はシステム工学, 信頼性工学, 安全工学。

工学システムは, その時々社会が求める最適な価値を提供しているが, 高度化するにしたいが, その安全の確保が社会の重要な要求となり, 安全に関する考え方やその目標のあり方を定める必要が出てきた。安全の目標を, それぞれの立場ごとに設定したのでは, 社会としての整合性が取れなくなる。日本学術会議では, 現代社会において実現すべき安全目標のあり方を取りまとめ報告として公表した¹⁾。本論ではそこでの議論をもとに, 原子力発電施設との関連を含めて安全目標について見解を述べてみたい。

工学システムは, その時代の科学技術水準の最善を尽くし種々の安全対策をとっても, リスクをゼロにすることはできない。したがって, 工学システムにおける安全目標は, 「リスクをゼロにする」という理想を掲げるだけでは現実的な目標になりえず, 科学的合理性に基づき決定することにより, 具体的な安全の向上を図ることとなる。それ故, 安全目標としてリスクの考え方を採用することが有効であるとの前提で検討を進めた。

ここでリスクとはなにかを見ておこう。ISO/IEC ガイド 51 によると, リスクとは「人間の生命や経済活動にとって望ましくない事象の不確かさの程度およびその結果の大きさの程度の組み合わせ」である。発生確率と被害規模の積ではなく, 組み合わせとなっている。

工学システム全体を通して安全目標を考えた時, どのように整理すればよいか。工学システムに関する規制・研究開発・設計製造・運営を行う者が, その活動を行う際に規制の範囲にとどまらず, 高い安全性を追求していくことを支援するガイドラインとして安全目標が位置づけられる。つまり, 他の事業・システムの状況も参考しつつ現状の事業・システムの状況と安全目標を比較することによって, その乖離や課題を認識し, 新たな科学技術社会の創造にふさわしい安全目標を掲げ, 工学システムの安全性を高めていくことができる。

日本学術会議では安全目標の検討に際して, 各種工学システムの安全に関する実態を調査し整理を行った〔文献 1) の参考資料〕。安全目標値を提案しているところ, 国の定めた規制値・基準値に従っているところ, 明確な目標

値を持たないところ等, 分野による違いが大きいことが判明したが, それぞれの特徴を捉えた規制値・基準値となっており, 安全目標の検討にとり有効な資料となった。

安全目標は, 人命のみではなく対象システムの稼働・不稼働がもたらす人・社会・環境への多様なリスクを勘案して決定すべきものである。多様なリスクの勘案とは, 多様な価値観が存在する状況下で許容できるリスクのバランスのあり方を考え, 社会的合意を得るための概念である。この概念を最適化という言葉で表すことがある。

安全目標を検討した結果, 「対象とする工学システムが如何に社会に対して有効な機能を有していても安全の確保のために最低限満足すべき要求」であるものと「満足すれば無条件で許容できると考えられる, すなわち更なる改善を必要としない」ものの二種類があるとの結論に至った。前者を基準値(A)とし, 後者を基準値(B)とした。基準値(A)を満足できない工学システムは, 如何に社会に有用な機能をもたらしても稼働できないことになる。一方, 基準値(B)は, 他の条件を与えずに多くの人々がその受入れを合意すべき水準である。安全目標の達成においては, 事故発生の防止, 事故の拡大抑制に加えて, 原子力発電所周辺でとられているような避難等の対策によって対象とする被害を目標値以内に抑えることも含まれる。基準値(A)と基準値(B)の間は, リスクを総合的に判断(最適化)して対応を定めることになる。

ここで人命を対象とした安全目標値について具体的に検討してみよう。人命を対象とした目標といっても, 全ての状況を同一基準で考えられるわけではない。まず, 事故が, その工学システムの運用に直接関与しない多くの人々(一般市民)に影響を与えるか, システムの運用に関与する一部の人たち(従事者)に限定されるかによって, 目標の考え方は異なる。さらに, 1回の事故が影響を与える人数によっても, 設定の仕方は異なる。

不特定の個人に影響を与える工学システムに関しては, 個人の死亡リスクの観点から, 無条件で許容できるもの(基準値(B))は, そのシステムの事故による個人の生涯死亡リスクが 10^{-5} /生涯 $\sim 10^{-6}$ /生涯以下であるものを当面の目標とした。基準値(A)としては, 少なくとも

も 10^{-3} /年～ 10^{-4} /年にすることが望ましい。

基準値(B)を検討するにあたり、1986年に出された米政府の安全目標政策声明を参考にした。そこには、「原子力発電所近くの公衆の受ける原子炉事故による個人リスク及び公衆のリスクはいずれも原子力発電所以外の他の事故によるリスクの0.1%を超えないこと」という数値的提案がある。私たちが通常さらされているリスクの0.1%の増加はほぼ無条件に受け入れられるであろうという考えである。この数値基準はIAEA等国際的にも踏襲されて現在でもそれをベースにした議論となっている。

基準値(A)もこの0.1%の基準を考慮して検討したが、この基準レベルを採用している例として、船舶の安全に関してより合理的なルール制定方法²⁾として定められている乗務員と乗客のALARP(As Low as reasonably Practicable: 合理的に実行可能な限り低くするという原則)領域の上限基準である 10^{-3} /年と 10^{-4} /年がある。

一般的に工学システムのリスクは、ゼロにはならないが、工学システムにおいて、対象となるシステムの使用を止めても、そのことによるリスクが発生しない場合は、ゼロリスクの達成が可能となる。特定の工学システムのリスクをゼロとする場合として、例えば原子力発電所の使用を止めることにより失われる便益が社会的に許容できるものであれば、社会は使用停止の判断をする場合もあるであろう。再生可能エネルギー等の代替システムを導入する場合は、当然ながら代替システム導入の場合のリスクと本来システムを停止した場合のリスクを比較して判断することとなる。

また、リスクを考える工学システムの単位は、システムによっても異なる。例えば、化学プラント等の工学システムは、1事業所単位で考えるものであるが、自動車の交通システムのように、社会において多くの輸送体がシステムとして機能しているものや情報システムのようにネットワークとして考慮すべきものは、そのシステムの特徴を踏まえた判断が必要である。

原子力発電所のリスクは発電プラント単位となるであろうが、核反応の制御失敗や発生する熱の制御失敗、そして機器装置の故障等に伴う多量の放射性物質の施設外への放出により施設周辺の一般公衆に「死亡」や「障害」を与え、「環境」へも大きな影響を与え、それに伴う「経済損失」も大きくなる。原子力の安全目標としては2003年に

原子力安全委員会が案を取りまとめ³⁾、2013年に原子力規制委員会がその内容を合意している。

社会基盤への影響の大きなリスクとしては、情報システムの大規模故障等の他に、交通事故のように1回の事故の影響が限定的でも、その発生頻度が多大なものもある。

経済的に大きな影響をもたらす場合で、1回の事故の影響が甚大な場合は、リスクはなるべく取りたくないというリスクバージョンの考えから、より厳しい発生確率を設定すべきである。

環境的影響が大きいリスクでは回復可能な場合と回復不可能な場合(30年以内に回復できない場合)とについて安全目標値を検討した。

物理的被害の規模の大きい場合は、リスクの原因となるハザードの除去が別の大きなリスクを含まない時は、ハザードの除去を目標とすべきである。いかに発生頻度が小であっても予想される被害が甚大となる事故があり得るシステムは操業を認めないという議論もある。

以上、安全目標に関し種々の側面からの検討を述べた。安全の実現においては、事業者・専門家は、最新の知識・技術を用いて、現状リスクを把握・報告する責務を持つ。市民は、科学技術のシステム・製品を安全に活用し豊かな社会生活を行うに際して、科学技術のリスクに関して関心を持ち、その受容の在り方に関して常に考えておくことが重要である。科学技術の多様さ複雑さに鑑みた場合、全ての工学システムに対して、市民の一人ひとりが深く理解することは困難なので、事業者・専門家・国等は、市民が判断するための情報をできる限り提供するとともに、市民から信頼される状況を作る必要がある。

(2015年4月7日記)

－ 参考文献 －

- 1) 日本学術会議総合工学委員会工学機械工学委員会合同工学システムに関する安全・安心・リスク検討分科会報告、工学システムに対する社会の安全目標(2014年9月17日)。
- 2) IMO Secretariat: Consolidated text of the Guidelines for Formal Safety Assessment (FSA) for use in the IMO rule-making process (MSC/Circ. 1023-MEPC/Circ.392), MSC83/INF.2(2007)。
- 3) 原子力安全委員会安全目標専門部会、発電用軽水型原子炉施設の性能目標について－安全目標案に対する性能目標について－(2003年3月28日)。



JESCO の中間貯蔵事業について



谷津龍太郎 (やつ・りゅうたろう)

中間貯蔵・環境安全事業(株)

代表取締役副社長

昭和 51 年東北大学工学部土木工学科卒、環境庁入庁。平成 11 年同工学研究科博士課程修了、工学博士。環境省にて、廃棄物・リサイクル対策部長、官房長、地球環境審議官、事務次官を歴任。平成 26 年 12 月より現職。

1. はじめに

昨年 12 月 24 日に「日本環境安全事業株式会社法の一部を改正する法律」が施行された。

この法律は、福島除染や復興に不可欠な施設である中間貯蔵施設の整備・運営管理等は、国が責任をもって行うことを定めるとともに、国が強い指揮監督権限を有する特殊会社であり、かつノウハウの蓄積された専門組織である日本環境安全事業株式会社(JESCO)を活用できるように必要な規定を整備するものである。

この法律の施行により、会社の根拠法の名称は「中間貯蔵・環境安全事業株式会社法」となり、社名も「中間貯蔵・環境安全事業株式会社」となった。長い社名であるので、以下、本稿では会社については定款に定められた略称である JESCO ということにし、中間貯蔵・環境安全事業株式会社法については単に「法」ということにさせていただきます。

2. 国の責務と JESCO の事業の範囲

法第 3 条は、国の責務として、中間貯蔵を行うために必要な施設を整備し、その安全を確保するとともに、中間貯蔵施設の周辺の地域の住民その他の関係者の理解と協力を得るために必要な措置を講ずるほか、中間貯蔵開始後 30 年以内に、福島県外で最終処分を完了するために必要な措置を講ずるものとすると規定している。

30 年以内県外最終処分を法律に盛り込むことは、地元福島県、大熊町、双葉町からの強い要望であった。

また法第 7 条には、JESCO は、国等の委託を受けて中間貯蔵を行うこと、福島県内除去土壌等の収集及び運搬を行うこと、中間貯蔵事業に関する情報及び技術的知識の提供並びに調査研究及び技術開発を行うことと規定されている。平成 26 年度の環境省委託事業として、JESCO は昨年 12 月 24 日から中間貯蔵事業に着手している。以下、その概要を紹介することにしたい。

3. 中間貯蔵事業の現状

JESCO が行う中間貯蔵事業は、一般には、中間貯蔵を行うための施設を整備し、それを管理することとらえ

られる傾向にあるが、実際には、法第 7 条に規定されているように、収集、運搬、情報提供、調査研究、技術開発を含めた幅広いものとなっている。

中間貯蔵施設を設け、それを安全、確実に運営することに加えて、福島県内の多くの市町村に設置された除去土壌等の仮置き場などから、土壌等を受け入れ、分別し、減容化も行ったうえで、30 年後の県外最終処分までの間安全確実に貯蔵することが中間貯蔵施設の主要な役割となる。

中間貯蔵事業は、福島県内の 43 市町村に存在する放射性物質を含む大量の除去土壌等を集約することによって、仮置き場や、居住エリアを含む様々な場所に、汚染土壌等が入ったフレコンバッグなどが大量に保管されている現実をできるだけ早く解消することが大きな目的であり、福島の復旧復興を促進するための重要な事業と認識している。

除染作業は今も精力的に進められているので、その除染作業の成果として除去土壌等はさらに毎日新たに増えており、その対策としても中間貯蔵事業は重要かつ不可欠となっている。

JESCO は、環境省からの委託を受けて、環境省を支援する形で、現場において除去土壌等の保管場整備工事の施工監理を行うとともに、仮置き場から保管場への除去土壌等のパイロット輸送の統括輸送管理などに万全を尽くしている。

4. 保管場の整備

保管場は、中間貯蔵施設の整備予定エリア内に設けられる除去土壌等の受入施設である。保管場には、減容化施設や貯蔵施設などが整備される前であっても、除去土壌等が仮置きされている県内各地の状況を改善するために大きな役割を果たすことが期待されている。

保管場は中間貯蔵施設として初めて整備される施設であり、除去土壌等の適正な保管が安全、確実にできる施設として適切に整備運営されなければならない。

保管場の施工工事の発注者は環境省であり、JESCO はその設計や発注について環境省を支援する役割を担

う。

現在、大熊町、双葉町の既存の工業団地において、保管場施工工事が進められているが、ここでは工事を受注した大手ゼネコンのJVによって施工管理が行われており、環境省が発注者として監督を行っている。JESCOは、この監督を行う環境省を、委託監督員として発注者の側にたって支援する役割を担っている。また、環境省が行う工事全体の進行管理を支援する業務も行っている。

保管場工事は、用地確保の進展にあわせて、段階的に進められる見通しにあるため、JESCOも工事の発注支援から委託監督業務を反復継続して果たしていくことになる。

5. パイロット輸送

本年3月13日に、大熊町内の仮置場から大熊町工区の保管場への汚染土壌等の搬入がパイロット輸送として開始された。パイロット輸送は、環境省が定めた「中間貯蔵施設への除去土壌等の輸送に係るH26～H27年度実施計画(パイロット輸送)」に基づくものであり、1年かけて県下43市町村からそれぞれ1,000m³輸送しようとするものである。

パイロット輸送においては、仮置場からの輸送に先立って一つ一つのフレコンバッグについて、必要なデータの測定とタグ付けがなされる。次に、運搬車への積込時に情報を読み込んで登録し、輸送する全量の情報を管理する。また輸送途上の位置をGPSでとらえて、その情報をいわき市にあるJESCOの中間貯蔵管理センターで表示し監視する。さらに保管場においても受入側として、再度タグ情報を確認して一つ一つのフレコンバッグがどの場所に置かれたかという情報が記録される。

このような全量管理とトレーサビリティ確保がパイロット事業のキーワードであり、それを環境省とともに確実に成し遂げることがJESCOの役割である。

輸送においては、仮置場から保管場までのルートの事前確認や、運搬車にフレコンバッグを積載時の放射線管理はもとより、運搬時にはシートによるカバーや、保管場での荷下ろしの後、運搬車が保管場を出る前のスクリーニングなどの様々な安全措置が多重に講じられる。環境省、関係自治体、道路管理者、警察、消防、高速道路事業者等との事前の意思疎通や情報共有、万一異常事態が生じた際に迅速な対応ができるように緊急連絡、対応体制の備えも行っている。

6. 実施体制

JESCOはもともとPCB廃棄物処理事業を行うことを目的として設立された特殊会社である。PCB廃棄物の処理を通じて、有害性の高い物質の適切処理、GPSを用いた廃棄物輸送のトレーサビリティの確保、環境モニタ

リングやリスクコミュニケーションなどの経験やノウハウを蓄積してきた。

PCB廃棄物処理は、全国5つの事業所で実施されている。このたび中間貯蔵事業を新たに行うことになったが、そのことによってPCB廃棄物処理事業に影響を及ぼすことなく、既存の5事業所はこれまで通りにPCB廃棄物処理を安全、確実に実施していく方針を明らかにしている。

JESCO本社では、新たに事業を統括する役割を担う代表取締役副社長とともに中間貯蔵事業部を設けた。中間貯蔵事業部は、企画課、設計・発注支援課、技術課、環境安全課の4課体制となっている。

設計・発注支援課は、中間貯蔵事業に特徴的なものであり、JESCOは環境省からの委託を受けて、同省が発注する工事や施設の設計支援、発注支援を行う。その事務を公正、中立に行うことは中間貯蔵事業の信用を確立、確保するうえで重要であり、そのため、設計・発注支援課には、独立した執務スペースや情報システムを用意した。

技術課は、中間貯蔵事業に関わる幅広い分野についての調査研究・技術開発を推進することを主な業務としている。中間貯蔵事業においては大量のフレコンバッグの放射線計測や情報管理、輸送、保管場での受入、分別、減容化、貯蔵、土壌等の再生利用などの各段階において様々な要素技術が必要となる。また、それらの要素技術をうまく組み合わせてシステムとして最適化することは中間貯蔵事業を成功させる鍵であり、その技術的な検討は重要である。そのためJESCOでは、まず国立環境研究所と包括的な研究協力の合意文書を締結する予定である。

また現地での業務を効率的に実施するため、同じ12月24日付けで、福島県いわき市に中間貯蔵管理センターを設置した。同センターにおいては、中間貯蔵事業担当の取締役が常駐して事業実施を陣頭指揮する体制を整備した。同センターは、総務課と事業課の2課体制で、先に述べた保管場の施工監理、パイロット輸送の統括管理、事業従事者の放射線管理、モニタリングデータなどの情報管理などを行っている。

7. おわりに

大熊町、双葉町における保管場整備が段階的に進められており、パイロット輸送も開始された。いよいよ30年後の福島県外での最終処分に向けて国家的な事業が始まった。JESCOは今後とも環境省と密接に連携しつつ、中間貯蔵事業の成功のために全力を尽くしていくこととしているので、関係の方々のご理解とご支援をお願いしたい。

(平成27年3月13日記)



原子力バックエンド問題をめぐる 科学コミュニケーションを考える



松本真由美 (まつもと・まゆみ)

東京大学 教養学部客員准教授
専門は環境/科学技術コミュニケーション。
大学在学中から TV 報道番組のキャスター、
リポーターとして幅広く取材活動に従事し
た。2007 年より東京大学にて環境・エネ
ルギー分野の研究および教育活動に携わる。国
際環境経済研究所・理事も務める。

大震災以降、原子力発電の再稼働についての世論調査では反対が過半数を占め、福島第一原発事故を契機に原子力技術の安全対策への不安や事業者への信頼性の低下から、世の中に漠然とした科学技術への不信感が広がっていると感じている。世論が揺れる中、2014 年度は原子力バックエンド問題のイベントに関わる機会をいただいた。一つは原子力発電環境整備機構 (NUMO) 主催シンポジウム「地層処分を考える～高レベル放射性廃棄物の処分問題について、いっしょに考えてみませんか?」、もう一つは経済産業省資源エネルギー庁主催フォーラム「日本のエネルギーを考える～核燃料サイクル施設の立地地域と電力の消費地域の対話～」であるが、それぞれパネルディスカッションのファシリテーターとして関わった。

NUMO シンポジウムは昨年度全国 29 カ所で開催され、私はその内の 7 カ所に登壇した。高レベル放射性廃棄物の状況や地層処分事業の現状、課題に向けて取り組むべきことを地元の主婦や大学生らをパネリストに招いて議論を行った。後半は、質問票に寄せられた参加者からのすべての質問に NUMO 担当者が回答したが、「地層処分」についてほとんど知らなかったという声が多かった。原発の再稼働問題はたびたびメディアを賑わす話題だが、地層処分についてメディアで取り上げられることは非常に少ない。登壇した学生の多くが地層処分という言葉自体も初めて聞いたと話していたが、教育現場でも原子力専攻を除き、原子力バックエンド問題にまで及ぶ教育プログラムは極めて少ないのだろう。各会場には 50 名～80 名の参加があったが、質問票から事業の理解促進のために何が必要なのか、ヒントがいくつか見えてくる。シンポジウムに参加し地層処分に対する興味・関心を持つことができた、当事者意識を持たったといった前向きな感想があった一方、高レベル放射性廃棄物の処分は地層処分がベストな選択なのか、安全な放射能レベルに下がるまで 10 万年かかるのはあまりにも遠い先の未

来で安全性をどう確保するのか、また高レベル放射性廃棄物は処分が必要との認識は持てても事業スケジュールが明確でないため切迫感が感じられないという声も少なくなかった。

近い将来、国による科学的有望地の選定がされると想定すると、できるだけ多くの人々に高レベル放射性廃棄物が既に大規模に存在している事実と、早急に解決策を考えなくてはならないことを認識してもらう必要がある。国と事業主体の NUMO は、事業の概要や課題、技術、地域選定や合意はどのようなプロセスを経て決まるのかについて丁寧に解説し、国民との対話活動を行う必要性が一層高まっている。情報の受け手の多様化を考慮し、若年層、主婦層、ビジネスマン層などターゲット別に訴求していくことが求められる。選定後は科学的有望地の住民との対話活動にかなりの時間が割かれるだろう。しかし、選定地以外の地域での理解促進活動も並行して続けていかなければならない。「自分には関係ないこと」ではなく、原子力発電を有する国が抱える共通の課題として、国民一人一人が考えるべき課題という認識をもってもらうことが大事である。

核燃料サイクル事業も、国民の一層の理解が求められている。今年 2 月 28 日、都内でフォーラム「日本のエネルギーを考える～核燃料サイクル施設の立地地域と電力の消費地域の対話～」が開催された。立地地域と消費地域の人々の対話の機会をつくる取り組みは意外にもこれまであまりなかったのではないだろうか。私自身、原発立地地域の青年会議所や住民に話を聞く機会があるが、国が責任をもつという前提で再稼働を進めてほしいという声は依然多い。原子力産業に支えられてきた地域に暮らす人々にとって直面する地域経済への打撃はやはり大きい。一方、電源立地の周辺自治体や消費地域において原子力反対の声をあげる人々も多い。原子力立地地域と消費地域の考え方には大きな隔たりがあると思われる。

フォーラム開催の一ヶ月前、立地地域の学生 1 名と消

費地域の学生3名は核燃料サイクル施設(六ヶ所原燃PRセンター、再処理工場、高レベル放射性廃棄物貯蔵管理センター)の視察を行い、地元の人々と意見交換を行った。フォーラム当日、学生たちは自らの体験について各7分の発表を行い、後半のパネルディスカッションにも専門家、事業者、地元住民代表とともに議論に参加した。

発表の中で、A君は原子力反対の意見は変わらないと前置きしながらも、「地元住民の意見交換会で高レベル放射性廃棄物を『核のゴミ』ではなく、『資源』として考えるという意見に先入観が取り払われ衝撃を受けた」として、『「原子力が産業の柱である」と言う住民の言葉を受け止め、自分が立地地域に出来ることを一緒に考えていきたい」と話した。次に、原子力技術に理解をもっているとするB君は、「六ヶ所村で何が行われているのか、青森県民でさえ十分に理解しておらず、核燃料サイクル施設と原子力発電所の違いがわかっていない人達が案外多いことに驚いた」、「六ヶ所村の住民は核燃料サイクルが100%安全とは思っていないが、万が一災害があったとしても福島原発のような事故は起きないことは理解しており、国や事業者は『原子力=怖い』という世の中のマイナスのイメージを変えていく働きかけが必要だ」と話した。核燃料サイクルについて知らなかったというC君は六ヶ所村を訪ね、「住民と日本原燃の間の信頼関係が相当厚いことを感じた」という。「原子力発電の賛成、反対のどちらの立場にも立たず、立地地域の住民がどのような思いで暮らしているのか、その言葉を偽りなく伝えたい。原子力は正しい怖がり方をすべきだ」と話した。

私は彼らの施設見学の際にも同行したが、フォーラムでの彼らの発表内容は誰に強制されたわけでもなく、自らの考えでとりまとめたものだ。これから社会の中心となっていく若者にあえて原子力について考えてもらう機会をつくったことは、科学コミュニケーションの観点からなかなか興味深いものだった。通常、一般を対象としたエネルギー問題のシンポジウム等のイベントでは、アクティブシニア層(65歳~75歳)の参加は多い一方、若者の参加は極めて少ない。全国の大学で環境・エネルギー分野の講義は増えていることから一部の学生は関心があると思われるが、一般のイベントへの参加となると、バイトやサークル活動、就活などで時間も無いし、そこまでの問題意識もないのかもしれない。(若者に関

心を持ってもらえる企画になっていないとも言えるが)今回の試みでの発見は、学生たちが現地を視察し住民との対話を通して、自分たち世代が将来背負っていく課題として認識し、今後この問題に意見するなど積極的に関わりたいと思ったという意識の変化である。

『これからの科学技術リテラシー』(小川正賢著)で、「これからの科学技術リテラシーを考えるうえで重要なのは、一般市民が科学技術に主体的に参加していくことであり、その際問題となるのは、単なる知識ではなく、意思決定する力、行動する力である」と解説している。『科学コミュニケーション論』(藤垣裕子、廣野喜幸著)では、情報を受け取ることとはどういうことかモデル別に分析している。原子力発電のような論争の対象となっている問題に対して人々が懐疑的態度を示すのは、一般の人々に理解や知識がないせいであるといった仮定を「欠如モデル」と呼ぶが、一般市民の無知を強調した欠如モデルには批判がなされ、別のモデルが複数提唱されている。「文脈モデル」は、文脈に即した知識で一般の人々が有している知識のことだが、情報を教科書的知識としてそのまま受け取るのではなく、それらを日常の文脈のなかで位置付け、自らのまわりの状況に役立つ形で蓄積していく。また、地元の知識(ローカルノレッジ)が個人や小さな集団のレベルを超えた「素人の専門性モデル」が重要になることもある。ローカルノレッジとは、現場で経験してきた実感と整合性をもって主張される現場の勘のようなものだ。知識が形成途中で、科学者にもまだ答えが出せないような問題に対しては、その社会的合意形成をどのように民主的に行うかが問題になる。ただの対話から意思決定への参加、市民のエンパワメントまで考慮した「市民参加モデル」が求められることもある。

有効な科学コミュニケーションとは何なのか?科学技術を適切に伝える完全なモデルがないまま、これまで試行錯誤が続けられてきた。科学コミュニケーションで大事なものは、双方向性の確保である。一般市民が適切な科学技術リテラシーをもち情報発信した際には、国や科学技術の事業主体、科学者はそのメッセージを受け止めなくてはならない。国や事業者らに求められるのは、市民リテラシーであり、情報の与え手として社会に求められる情報を透明性高く伝えていかななくてはならない。双方の立場を俯瞰して冷静に眺めつつ、お互いの意見を受け止めていくことが合意形成へのステップとなる。

(2015年4月6日記)

連載・福島からの風 第4回

帰りたいという心

福島精工(株) 代表取締役 藤川 達之助

冬の終わりの残雪の残る春、あだたらの森を歩いていると、足元に小さな小さな白い花、「ほら、踏んでいるよ」と友人の足元を指さす。慌てて足を上げ、また下した足元にも白い花、苦笑いの友人たち、雪が木々の根元から融け、点々と地肌が表れた所の落ち葉の下に白い花がそれぞれの目に映りだした様で溜息とも感嘆とも付かぬ声を上げる。目が慣れ、白い小さな花が目が付くようになってくると、あとは服が泥だらけになろうが、残雪でびしょ濡れになっても、踏まないように黙々と写真を撮り続ける、いつの間にか、お尻の下敷き。

そんな事を四季折々の草花と会話し、蝶と遊び、白鳥に遊ばれて過ごしたくて故郷へ帰ってきたのが、25年前の事である。寝ても覚めても、わが故郷の山並み、森の姿、道端の草と里山の土の匂い、自分で採ってきた山菜の歯触り、茸の味、香り、日々つり行く故郷の思いが断ち切れなかった日々、都会で快適なはずなのに、身が飛ばされそうになる地吹雪も、手が霜焼けになって凍えた冬もすべてが思いとしてつり続けた。

4年前の2011年春先、津波の報を聞いて、以来その日々の楽しみが一変した。弟の家族が事故の避難指示により実家へ帰っていた、一時全員無事何よりと思ったのはつかの間、義父母、義理の祖母の行方がまだわからなかった。自分の家族や知人友人取引先のお世話になっている方、その消息全てがわかったのは、数か月後である。

3月末近く、塞ぎがちな弟の家族を連れ、安達太良の山麓から阿武隈山地がよく見える里山の尾根に立ち、あの山の向こうが原町、小高、あの山の影が、第一原発と指さしながら手を合わせた。無性に腹が立った。

尾根から降りる作間道の両脇に、白い花が沢山咲いていた。それをじっと座って見て動かない弟の妻とその小学生になる予定の娘、そして私、いつもと同じ、毎年同じ顔のセリバオウレンを眺めていた。

あれから4年、いままでも、これからも、変わりなく咲いていく福島の野の花、森の花、山桜が咲き始める頃一斉に芽吹くコシアブラ、タラの芽、独活、ワラビ、秋倒木や立ち枯れの木々にずんぐりと出てくるヒラタケやナメコ、里山の尾根伝いに列をなして並ぶ香茸、それなのに、福島を捨てると簡単に言う人がいる、もう絶対に福島に戻れないと説得する人がいる、大丈夫と言える人を遠ざける人がいる、また、帰れると言える人の口を塞ごうとする人もいる。それらの人々に腹を立て、反論したことも多々あったそのたびに喧嘩腰の攻撃に合う。

その結果が面倒であるので、このところめっきり原発事故の話に関する時事や放射線に関する不安とか、親戚同士でも、お隣同士の間でも、職場の中でもしなくなった。騒いでいるのは、極一部の活動家と、その他の福島を見たこと無い人たち、当の本人たちは「あまさっちる」ことにも気が付いてないし「うつつあしなああ」と言われている事も知らないかもしれない、私は、「きめっこしているただわらし」があ「かすしてんじゃねえ」となかなか素直に言えなくて「がおって」います。

帰りたい思いは、帰らないと決めた人も、帰りたいと思いつける人も、時が経つにつれ、これから、その思いが強くなって行くことでしょう。

諦めた訳ではなくて、その他少数の人々に諦めさせられているだけなのです。諦めた心にもう一度火をともしるのは難しいかもしれませんが、その思いが積み重なった日のために、何が出来るのかをもう一度考えて頂きたいのです。「帰れない」「住めない」の言い訳はいりません。「帰る」「住む」ためにはどんな方法があるのか、どうすれば「今すぐ帰って住める」のか、「楽しんで暮らせる」という知恵を皆さんと一緒に出して少しでも実行していければと考えています。もちろん、人に聞かれれば「大丈夫、工夫すれば帰れます」と私自身は答えています、やはり優秀な科学者や技術者が福島県民と一緒に真剣に共感しながら答えを出し発信していただければよいと思っています。なかなか福島と一括りに出来ない多彩な文化をもつ福島で思い通りに行くことは少ないと思いますが、まずは「福島にきてくんち(福島に来てください)」そこからの再スタートです。

方言の補足説明：

あまさっちる……嫌われている

うつつあしなああ……うるさい

きめっこしているただわらし……調子のいい子供(ガキ)

かすしてんじゃねえ……余計なことをしているんじゃない

がおって……滅入っています

(2015年3月25日記)

著者紹介

藤川達之助(ふじかわ・たつのすけ)

昭和38年12月福島県二本松市生まれ。昭和57年3月日産高等工業学校卒業。同年4月日産自動車(株)試作部に配属 乗用車のエンジン、アクスルの開発に従事する。平成2年福島に帰郷し仕事と余暇を満喫する日々を過ごす。現在、福島精工(株)代表取締役
趣味 写真、山菜茸採り



このコーナーは各機関および会員からの情報をもとに編集しています。お近くの編集委員(目次欄掲載)または編集委員会 hensyu@aesj.or.jp まで情報をお寄せ下さい。

川内1号は8月、2号は9月にも再稼働

九州電力は5月25日、川内原子力発電所2号機の使用前検査申請書を原子力規制委員会に提出した。安全対策が工事計画認可通りであることなどを確認する検査で、順調に進めば同機は9月に再稼働し、10月に出力

100%の定格出力運転を始める。なお先行している1号機の再稼働は8月中旬になる見込みだ。

(原子力学会編集委員会)

放射性廃棄物の最終処分で基本方針決定

政府は5月22日、特性放射性廃棄物の最終処分に関する基本方針を閣議決定した。新しい方針では国が科学的に有望な複数の候補地を選んで自治体に申し入れ、対話を進めた上で合意形成をめざす。最終処分地の選定についてはこれまで、原子力発電環境整備機構(NUMO)

が処分地選定調査を受け入れる自治体を2002年から公募してきたが、処分地選定調査に着手できておらず、国が主導する方式に転換した。基本方針の改定は7年ぶり。

(同)

世界で運転中の原子力発電所は431基、原産協会まとめ

日本原子力産業協会がこのほど発表した「世界の原子力発電開発の動向2015年版」によると、2015年1月現在、世界で運転中の原子力発電所は431基、3億9,222万kWで、前年に比べ5基、設備容量では587万kW増えたことがわかった。2014年で新たに営業運転を始めたのは6基で、内訳は中国が5基、インドが1基。一方で米国では1基が閉鎖された。なお、中国では26基が建設中、30基が計画中で、「2014年は中国の将来的な飛躍を予見させる年となった」と分析している。中国で2014年に運転開始した陽江1号、寧徳2号、紅沿河2

号、福清1号、方家山1号はすべて第2世代改良型で、2007~08年に着工された。2015年には方家山2号も送電を開始しており、これを含める同国の運転中のプラント基数は計23基で、世界第5位の韓国に並ぶ。

世界で建設中の原子力発電所は合計76基、7,937万kWで、前回調査からは5基、461万7,000万kW減少した。新規に建設工事が始まったのは2基、259万kWで、ベラルーシのオストロベツ2号とアラブ首長国連邦のバラカ3号だった。

(資料提供：日本原子力産業協会、以下同じ)

2030年の電源別比率見通し、原子力は20~22%

総合資源エネルギー調査会の委員会は4月28日、2030年の長期エネルギー需給構造の見通しに関する骨子を示した。新たなエネルギー基本計画を踏まえ、エネルギーミックスの具体化に向け1月より検討を行ってきたもの。

このうち電力需要については、徹底した省エネ推進のもとで9,808億kWhと想定。再生可能エネルギーを最大限導入することにより、エネルギー基本計画でうたう

「原発依存度の低減」を大きく促すとしている。電源別の比率は再生可能エネルギーが22~24%、原子力20~22%、LNG27%、石炭26%、石油3%で、ベースロード電源(地熱、水力、原子力、石炭)比率は56%となる。1次エネルギー供給では震災後6%にまで低下した自給率が24.3%に改善するほか、エネルギー起源CO₂排出量も2013年比21.9%減となる。

海外ニュース (情報提供：日本原子力産業協会)

【米国】

DOE 長官が使用済み燃料と高レベル廃棄物の処分の方針

米エネルギー省(DOE)の E・モニッツ長官は3月24日、B・オバマ大統領の承認を受けて、(1)軍事活動による高レベル放射性廃棄物(HLW)は商用廃棄物とは別に処分する、(2)廃棄物の貯蔵・処分施設建設サイトは地元の合意ベースで選定する、(3)閉鎖された原子炉の使用済み燃料を集中的に受け入れる中間貯蔵施設を1つ以上建設する——などの方針を発表した。2013年にオバマ政権が打ち出した「使用済み燃料とHLWの管理処分戦略」、および2012年に政府の有識者特別(ブルーリボン)委員会(BRC)がユッカマウンテン処分場建設計画に代わる廃棄物処分対策として提示した勧告に従う内容。今年10月から始まる2016会計年度の予算要求でもこれら2種類の廃棄物の輸送・貯蔵・処分に関する長期的な研究開発等に予算を計上済みであるなどこうした戦略の実行に向けて同省がすでに動き出している点を強調した。

これらの方針は同日、同長官が超党派政策センター(BPC)で行った講演により明らかになった。それによると、米国では現在、核兵器生産関連のHLWは発生しておらず、在庫量は限定的。商用廃棄物と比べて放射能濃度や温度が低く、取り扱いも簡単であることから処分施設の設計がシンプルになり、輸送や許認可上の課題も少なくなる。商用と分けることによってサイト選定に柔軟性が生まれるだけでなく、コストを抑えることも可能だとした。

一方、商用廃棄物の貯蔵・処分問題を解決する努力も、政府は怠っていないと同長官は強調。DOEは閉鎖済み商業炉の使用済み燃料を中間貯蔵するため、パイロット施設とフルスケール施設両方について1か所以上のサイトを特定すると明言しており、これらに際してはBRC勧告通り、全プロセスを段階的かつ地元の合意ベースで進める対策を講じるとした。また、国内原子力産業の長期的な活力を保証するためにも、政府は放射性廃棄物問題を解決しなければならず、それにはプロセス全体の意思決定に対する国民の信頼と自信が不可欠だと言い添えている。

米大統領、米中原子力協力協定の改定を議会に提案

4月21日付けの米連邦官報によると、同国のB・オバ

マ大統領は今年10日、今年12月に満了予定の米中原子力平和利用協力協定を更新すると決定し、議会に到達した。同協定により共同防衛やセキュリティ上、大きなリスクが生じることはない判断し、原子力法123条に従って改定協定案を認めると明言。これに伴い、ホワイトハウスは21日、改定協定案とその核不拡散上の影響を評価する文書(NPAS)を上下両院の担当委員会に送った。議会審議が行われる90日間に同協定の承認に反対する共同決議などが出されなければ、審議期間の終了と共に発効し、30年間有効となる予定だ。

米国の原子力協力協定は、米企業が主要な原子力資機材の輸出を行う際に不可欠な法的枠組で、必要な要件と発効手続きを第123条に規定していることから123条協定とも呼称される。現行の米中原子力協定はレーガン大統領が1985年に議会に提出し、クリントン大統領が1998年に認証した。オバマ大統領は提案した改定協定案がすべての法的要件を満たしており、核不拡散と外交政策上の利益を進展させると指摘。現行協定どおり原子力による発電や研究のための技術や情報、原子炉を含む資機材の中国への移転を容認しているとした。ただし制約データの移転はその限りではなく、機微な技術や施設、それら施設用の重要機器も同協定を修正しない限り移転されない点を強調している。

規制委、3年ぶりに新規原子炉の建設・運転を認可

米原子力規制委員会(NRC)は4月30日、DTEエナジー社がミシガン州のフェルミ原子力発電所サイトで計画している3号機増設計画に建設・運転一括認可(COL)を発給する方針を表明した。同計画のCOL審査における所定の公聴会が完了し、安全性と環境影響に関するNRCスタッフの評価により、COL発給に対する障害が適切に取り除かれたと判断したものの。

NRCは2012年2月にジョージア州のアルピンW・ボーグル3,4号機増設計画、同年3月にサウスカロライナ州のパーズルC・サマー2,3号機増設計画にCOLを発給しており、フェルミ増設計画へのCOLは3件目となる。10日後には正式に発給すると見込まれているが、DTEエナジー社では「実際に建設するという判断はまだ下しておらず、長期的な選択肢として保留しておく」との見解を表明した。

先行する2件ではウェスチングハウス(WH)社製・AP1000を採用しているのに対し、フェルミ計画ではGE日立ニュークリア社(GEH)製・ESBWR(高経済性・

単純化 BWR)の建設を想定。出力 159.4 万 kW の第 3 世代プラス設計で、受動的安全系により電源喪失時に運転員の介入なしで 7 日以上原子炉冷却が可能だという。2014 年 9 月に NRC は、同設計が米国の安全・規制要件すべてを満たした標準設計であるとする認証(DC)を発給。COL 発給条件の一つがクリアされていた。

ただし、建設と運転の認可に際し NRC はいくつかの条件を提示。それらは、(1)過酷事故の影響緩和策や使用済み燃料貯蔵プールへの水位計設置命令など、福島第一事故後に追加した要件関連で具体的なアクションを取る、(2)既存の BWR で承認済みの手続きに基づき、最初の起動時に原子炉蒸気乾燥機のモニタリングと分析を行う、(3)緊急時対策計画と手続き関連で福島第一事故後の側面から起動前スケジュールを設定する——などとなっている。

【アルゼンチン】

6 基目の建設念頭にロシアと協力 枠組

アルゼンチンは 4 月 23 日、国内 6 基目の原子炉を建設するための協力枠組の設置でロシア政府と了解覚書を締結した。両国間の原子力平和利用協力協定は 2012 年末に一旦満了したが、両国は昨年 7 月、これに代わる政府間協定に調印。ロシアは今回の覚書を通じてこの政府間協定をさらに進展させ、原子力発電所建設に関する政府間協定の締結につなげることを目指している。

アルゼンチンでは現在、エンバルセとアトーチャ両原子力発電所で加圧重水炉(PHWR)2 基が運転中で、3 基目のアトーチャ 2 号機(70 万 kW 級 PHWR)が昨年 7 月に送電を開始した。この PHWR 路線と並行して同国が PWR の導入を検討していることから、ロシアは昨年の政府間協定締結時、4 基目のアトーチャ 3 号機としてロシア型 PWR(VVER)を提案する考えだった。しかし、アルゼンチンはその後、中国核工業集团公司(CNNC)の投資支援により 4 基目には 70~80 万 kW の PHWR を建設すると決定。今年 2 月には中国と「アルゼンチンに PWR を共同建設するための政府間協力協定」に調印しており、5 基目となる PWR 建設にも中国が協力するとの見方が有力だ。

6 基目の原子炉建設を念頭に置いた今回の覚書は、アルゼンチンの C・フェルナンデス・デ・キルチネル大統領がロシアの V・プーチン大統領とモスクワで複数の両国間協定に合意した際、アルゼンチン計画投資省の J・デビド大臣とロスアトム社の S・キリエンコ総裁が調印した。ロスアトム社は、近代的な安全要件を完全に満たし経済効率にも非常に優れた第 3 世代+の 120 万 kW

級 VVER を提案。この関連で、傘下の国際展開促進・マーケティング会社のルスアトム・オーバーシーズ社は同日、「アルゼンチンで原子力発電所を建設するための予備プロジェクト開発協定」をアルゼンチン国営原子力発電会社(NA-SA)と締結した。これにより、6 基目をロシアの技術で設計・建設する契約の調印に向けた活動スケジュールを策定予定で、双方の協力範囲や権利と義務、財政面およびその他の条件を特定している。ロシアはこれの中で技術移転や優遇金利貸付といった包括的提案も表明。将来的には両国共同で南米やアフリカの第三国に VVER を販売することも視野に入れている。

【ハンガリー】

EC がハンガリーとロシアの原子炉 用燃料供給契約を承認

ハンガリー政府は 4 月 20 日、増設する原子炉 2 基目の燃料確保のため昨年 12 月にロシアと結んだ供給契約を欧州委員会(EC)が承認したと発表した。首相府の J・ラーザール長官は、これにより同国唯一の原子力発電所の設備容量維持に向け、すべての障害が取り除かれたと歓迎。2018 年の着工を目指して同増設計画は大きく前進したとの見解を表明している。

ハンガリーでは 4 基のロシア型 PWR(VVER)がパクス原子力発電所で稼働しており、国内の総発電量の 4 割を供給している。近年、これらの 30 年の運転認可が満了しつつあるため、国家原子力庁が 1 号機から順次、運転期間の 20 年延長を承認している一方、政府は 2014 年 1 月にロシアの低金利ローンにより出力 120 万 kW の VVER 2 基を同発電所に増設することでロシアと合意。同年 12 月には同国の原子力エンジニアリング企業と、(1)エンジニアリング・資材調達・建設(EPC)契約、(2)完成炉の運転・管理契約、(3)燃料の供給契約——を締結した。

しかし 3 番目の燃料供給契約について、EC は今年 3 月に燃料供給セキュリティ上の懸念を表明。EU 加盟国はすべての発電所の燃料供給源を複数箇所に多様化するよう求められていることから、欧州原子力共同体供給局(ESA)はハンガリーとロシアの契約に副署することを拒んでいた。

【スウェーデン】 リングハルス 1, 2 号機が早期閉鎖へ

スウェーデンのバッテンフォール社は 4 月 28 日、所有する原子力発電所の中では最も古いリングハルス 1, 2 号機(90 万 kW 級の BWR と PWR)の運転期間を短縮し、2018 年～2020 年に閉鎖するとの方針を発表した。1975 年と 76 年に運転開始した両炉はともに 2025 年までの運転が予定されていた。正式な閉鎖日程は同発電所を 30%所有する独 E.ON 社の同意を得た上で、同発電所取締役会が今後、決めることになる。

両炉を早期閉鎖する理由として、同社は採算性の低下と発電コストの上昇を挙げた。今後数年間は市場で電力価格の上昇が見込めない上、新たな安全要件を満たすための投資や原子力発電に課されている税金が重荷になっていると説明した。同社の発電事業部門長も「良好に機能している原子炉の閉鎖はもちろん残念だが、これはビジネス上の判断であり、時として避けがたいことだ」とコメント。残りの所有原子炉であるフォルスマルク発電所(100 万 kW 級 BWR3 基)とリングハルス 3, 4 号機の合計 5 基は現行プラン通り、2040 年代初頭まで 60 年間稼働させるとしている。

スウェーデンでは昨年 10 月、反原子力の立場を取る中道左派・連立政権が発足した。緑の党など所属政党によるエネルギー政策上の合意項目のなかでは、原子力発電所の安全要件を一層厳しくするとともに、一層多額の廃棄物処分基金を徴収するなどの方針を表明。同年 12 月には環境省がスウェーデン放射線安全庁(SSM)の提案を受け、放射性廃棄物基金に対する原子力発電からの徴収料を倍額にすることを決定していた。

【トルコ】 国民議会がシノップ原発建設に 関する日本との協力協定承認

トルコ大国民議会は 3 月 31 日、黒海沿岸シノップ原子力発電所建設プロジェクトを推進するために日本政府と 2013 年に調印した政府間開発協力協定を承認した。同国では議会審議当日の早朝、首都アンカラや商業都市イスタンブールを中心に大規模な停電が発生しており、電力の安定供給に向けた協定承認審議に拍車がかかったと見られている。

総額 200 億ドルの同プロジェクトでは、三菱重工業と伊藤忠商事、仏 GDF スエズ社、およびトルコ国営発電

会社(EUAS)等で構成される国際企業連合が受注を内定。三菱重工業と仏アレバ社の合併会社 ATMEA 社が開発した ATMEA1(出力 112 万 kW の PWR)を 4 基、稼働年数 60 年を想定して建設することになっている。今後は事業会社とトルコ政府による商業契約締結や環境影響評価の承認などを経て、2017 年にも初号機の建設工事を開始するとみられている。

アックユ原子力発電所の起工式開催

トルコの半国営アナトリア通信は 4 月 14 日、地中海沿岸メルシン県のアックユで同国初の原子力発電所起工式が開催されたことを伝えた。投資額 220 億ドルと言われる同プロジェクトではロシアの原子力総合企業ロスアトム社が建設工事を受注。稼働年数 60 年の 120 万 kW 級・ロシア型 PWR(VVER)を 4 基建設する計画で、初号機の実質的な建設工事は 2016 年に開始し、2019 年にも完成すると見られている。

アナトリア通信によると、起工式にはトルコ・エネルギー省の T・ユルドゥズ大臣やロスアトム社の S・キリエンコ総裁、ロスアトム社傘下の事業体アックユ原子力発電会社 CEO、メルシン県知事などが出席し、記念碑を据えた。ユルドゥズ大臣は祝辞の中で、原子力開発を推進しても再生可能エネルギーその他の発電技術を見捨てるつもりはないこと、完成原発は津波や地震への体制も含め、すべての安全要件を満たすことになることを強調。原子力なくして国の経済発展はあり得ないと指摘した。また、アックユ発電所への冷却材供給施設となる海洋構造物を 10 億ドルで建設するための入札手続きが完了したと発表。トルコの CENGİZ 建設会社を最終的に選定したことを明らかにしている。

【イラン】 核開発問題で欧米 6 国とイランが 包括的解決に向け枠組合意

イランの核開発疑惑を巡り、協議中だった国連安保理 5 常任国とドイツ、および欧州連合(EU)は 4 月 2 日、この問題を包括的に解決するための共同行動計画(JCPOA)を 6 月 30 日までに策定する政治的枠組で両者が合意に達したと発表した。イランにおける原子力プログラムを実質的に制限する一方、同国が条件を満たせばすべての制裁の解除につながる内容。世界中すべての原子力開発が平和利用に限定されるよう保証していくため、国際社会における協議が今後も継続される見通した。

米國務省が発表した主な合意項目は以下のとおり。こ

れらは JCPOA 最終版を文書化するための叩き台という位置付けで、実行に移すための詳細を詰めるには、さらなる交渉と合意が必要になる。

ウラン濃縮： イランで現在設置済みの遠心分離機 19,000 台を 6,104 台に削減し、このうち 5,060 台のみを今後 10 年間の濃縮に使用。少なくとも 15 年間は 3.67%以上の濃縮を行わず、現在の低濃縮ウラン(LEU)保有量 10,000kgを 15 年間で 3.67%の LEU300kgに削減する。余剰の遠心分離機や濃縮インフラはすべて国際原子力機関(IAEA)の監視貯蔵下に置き、15 年間に新たな濃縮施設を建設しない。

イランはフルドウにある濃縮施設を少なくとも 15 年間は濃縮に使用せず、平和利用目的のみの仕様で改造する。また、15 年間は同施設でウラン濃縮関連の研究開発を行わない。同施設の遠心機とインフラの 3 分の 2 を撤去し、これらすべてを IAEA の監視下に置く。イランはナタンズにある施設のみで濃縮を行い、今後 10 年間は第 1 世代の遠心機 5,060 台のみを使用する。ナタンズに設置済みの IR-2M 遠心機 1,000 台は撤去し、10 年間 IAEA の監視貯蔵下に置く。この間、イランのウラン濃縮と関係研究開発は制限されるが、それ以降は JCPOA に従って活用する。

査察と透明性： IAEA 査察官はフルドウとナタンズの濃縮施設を含めたイランのすべての原子力施設を定期的に視察するとともに、同国の原子力関係施設にも査察が及ぶことになる。イランは IAEA の追加議定書を実行するとともに、疑わしい原子力施設について IAEA が調査することを許可しなければならない。

原子炉と再処理： イランは軍事用プルトニウムの生産が不能になるようアラクの重水炉を再設計・再建設する。多量の軍事用プルトニウム生産が可能だったオリジナルの炉心は解体し、国外に搬出する。同炉の稼働期間中は同炉からの使用済み燃料すべてを国外に搬出するほか、使用済み燃料の再処理および関連の研究開発を行わない。イランは改造されたアラク炉で必要とする以上の重水を保有せず、余剰の重水は 15 年間に国際市場で売却する。また、今後 15 年間は新たな重水炉を建設しない。

制裁措置： イランが検証可能な形で誓約を遵守すれば制裁は解除されるが、イランが誓約を全面的に実行しない場合、制裁は速やかに元通りに課せられる。国連安保理による過去の関連決議もすべて解除されるが、機微な原子力技術の移転や活動に関する決議の中心項目は、JCPOA とその完全な履行を保証するため、新たな国連安保理決議で再設定される。

【インド】

カナダのカメコ社とインド原子力省がウラン供給契約締結

世界大手のウラン生産企業であるカナダのカメコ社とインド原子力省(DAE)は 4 月 15 日、カナダ産のウラン精鉱 3,000 トンを今年から 2020 年までインドに供給する長期契約を締結した。2013 年 9 月に発効した印加両国間の原子力協力協定(NCA)に基づくもので、契約額は現在のウラン価格で 3 億 5,000 万カナダドル以上に相当。インドの N・モディ首相による初のカナダ公式訪問に合わせて調印されており、インドで稼働する民生用加圧重水炉(PHWR)や、建設・計画中の原子炉の燃料製造に使われることになる。

カナダは 1960 年代にインドに供給した重水減速研究炉が核開発に利用されたため、同国への原子力支援を一時停止していた。NCA では国際原子力機関(IAEA)の保障措置下にあるインドの施設に対してのみ、カナダ産の規制核物質や機器および技術の輸出を許可。平和利用に限定されているかは NCA の実施取り決め(AA)に従って、カナダ原子力安全委員会が監視するとしている。

カメコ社の発表によると、インドの原子燃料市場は世界でも 2 番目の速さで拡大している。21 基・約 600 万 kW の原子力発電所(うち 18 基は PHWR)で総発電量の 3%を賄っているのに加え、6 基・430 万 kW を現在建設中で、2032 年までに同国の原子力発電設備は 4,500 万 kW に達する見通し。対インドでは初という今回の契約は、このようにダイナミックに拡大するインドのウラン市場への参入に道を拓くもので、同市場はカメコ社の事業戦略に重要な役割を果たすとしている。

【中国】

国務院・常務会議が「華龍 1 号」実証炉の建設を承認

中国の李克強首相が議長を務める国務院常務会議は 4 月 15 日、中国が知的財産権を有する第 3 世代の輸出用・独自ブランド設計「華龍 1 号」の実証炉建設を承認した。これを受けて中国核工業集团公司(CNNC)は、同設計の採用が決定している福清原子力発電所 5 号機の建設準備が整ったと歓迎。6 月 30 日までに本格着工を目指すとの抱負を表明した。

「華龍 1 号」は国家能源局の指示により、CNNC と中国広核集団有限公司(CGN)それぞれが第 3 世代の技術安全特性を有する炉として設計した「ACP1000」と

「ACPR1000 +」を融合して開発。昨年 8 月に国家能源局と国家核安全局がその全体設計を承認していた。CNNC によると、安全設計には動的および静的概念を組み合わせるなど、国際的に最も厳しい安全基準を遵守。多重の安全システムや二重格納容器、多重防護の原則を採用しており、過酷事故の発生防止と影響緩和が図られている。昨年 11 月に国家能源局は、CNNC が「ACP1000」を採用と公表していた福清 5、6 号機への「華龍 1 号」採用を決定。翌 12 月には CGN の防城港原子力発電所Ⅱ期工事(3、4 号機)への採用も決定している。

第 3 世代の小型炉設計で IAEA の安全審査実施

中国核工業集团公司(CNNC)は 4 月 21 日、独自ブランドとして開発した出力 10 万 kW のモジュール式 PWR「ACP100」を国際原子力機関(IAEA)の一般原子炉安全レビュー(GRSR)にかけることにしたと発表した。GRSR は認可段階に達していない新設計の安全性を、IAEA の国際的な専門家チームが加盟国からの要請により IAEA の安全基準に照らして評価するサービス。CNNC は 100 万 kW 級の ACP1000 が GRSR に合格したことを昨年 12 月に明らかにしており、今後国内で建設する ACP100 についても、安全性や信頼性に関して IAEA の認証を得たい考えた。

IAEA との合意文書には、CNNC の雷増光・首席エンジニアと IAEA の D・フローリー原子力安全・セキュリティ局担当次長が 16 日に調印。審査は 7 月から 7 か月間の予定で開始され、同設計の安全性評価と環境分析報告書の作成、およびその他の側面に関する評価も行われる。

CNNC によると、ACP100 は第 3 世代の技術的特性を備える炉として設計され、受動的安全系を装備。過酷事故の発生防止と影響緩和策も取られている。また、小型であるため人口密集地や内陸部、離島でも使用可能であるほか、電熱併給および海水脱塩にも利用できる。すでに国内の複数の地点で建設が検討されており、福建省莆田市では 2 基の実証炉の建設計画が今年中にスタートすると見られている。

【韓国】 米国と韓国が原子力協力協定改定で合意

韓国外務省は 4 月 22 日、原子力の平和利用に関する米国との政府間協力協定改定問題で両国が合意に達したと発表した。韓国が切望する使用済み燃料の再処理とウラン濃縮については、将来的な実現に道筋を拓く一定の推進活動が許されており、副大臣級の常設協議体を設立してこれらの推進を点検していくことになった。このような将来の可能性を視野に、韓国は同協定の有効期間も 20 年に短縮して交渉妥結に応じたもの。両国は今後、同改定協定の批准に向けた審査を国内で進めることになる。

1973 年に発効した現行協定では、米国から移転された核物質を韓国が濃縮や再処理することは許されていない。両国は 2010 年 10 月に同協定の改定交渉を開始したが、韓国による乾式再処理(パイロプロセッシング)実施などの点で妥協点が見いだせず、両国は昨年 1 月、同協定を 2016 年 3 月まで差し当たり 2 年延長する決定を下していた。

今回の改定協定には、韓国外務省の朴魯壁・原子力協力大使と M・リップート駐韓米国大使がソウルで仮調印。4 年半に及んだ交渉の結果、両国は共同研究しているパイロプロセッシング再処理技術については、両国が研究結果に基づいて協議を行った上でさらに推進することができるという道筋を盛り込んだ。米国が韓国の原子力発電所向けに長期的かつ安定的に燃料供給する支援方策も含める一方、将来的に米国産ウランを用いた 20%未満の低濃縮が必要となれば、両国協議を経て低濃縮を行えるよう態勢・準備をはかる道筋ができた。

韓国はまた、米国産の核物質や原子力機器などを第三国に自由に移転するための長期的な同意を米国から確保。輸出入関係の許認可が一層迅速に下されるよう明確に規定するとともに、輸出のための投資や合併会社設立なども促進するとした。

さらに、こうした両国間の戦略的な原子力協力すべてを円滑に促進していくため、両国は副大臣級の常設協議体である「ハイレベル委員会」を設置する。その下には、(1)使用済み燃料の管理、(2)原子燃料の安定供給、(3)原子力発電所の輸出強化、(4)核安全保障——の 4 分野をカバーするワーキング・グループを置き、常時協議を実施していくとしている。

座談会

「安全規制は不断の見直しを」

— 規制の哲学を説明しなければ、信頼を得られない —



21世紀政策研究所 澤 昭裕

NPO 法人パブリック・アウトリーチ 諸葛 宗男

東京工業大学 澤田 哲生

原子力規制委員会とその事務局である原子力規制庁が発足して、まもなく3年になる。法律上、3年目の見直しが規定されているが、この規制は3・11の影響のもと、“あるべき規制”に果たしてなっているのか。見直すべき点は一体何なのか。そもそも、現在の規制の出発点であり下敷きになっている、いわゆる“田中私案”とは何なのか。あらためてその意義についても読者に問いかける。

規制委は、安全に関する基本的な考え方を十分に説明すべきだ

澤田 原子力規制委員会・規制庁は、再稼働への事実上の前提条件となる新規制基準に係る適合性の審査を行っていますが、その基本方針は、田中俊一委員長による私案に基づいています。これは法的に担保されたものではありません。けれども、それに基づいて今の規制が動いているということには、大きな問題があります。今日の座談会はそのことを学会誌としてアーカイブにするとともに、今の規制の現状やあり方についても議論していただければと思います。

澤 ごく最近、福井地裁と鹿児島地裁が、運転差し止め請求に関する仮処分決定を下しましたが、結論は正反対のものでした。司法が行う決定というものはとても重

いと思います。それは裁判官が感覚的に判断していくようなものであっては困ります。原発についてはすでにたくさんの訴訟が行われていますが、裁判所における今後の判断においては、政府や原子力事業者が勝ったり負けたりするような、いわばまだら模様で結論が出てくるのではないかと予想します。

そうならないためにも、今の規制委員会の根本的な規制哲学やその背後にあるリスクや安全観とそのマネジメントに関する方法論を整理し、規制委員会と事業者とが同じような言葉で裁判官を含む国民全体に説明していかなければなりません。いわゆる「世界最高水準の規制」という言い方が何を意味しているのかということが語る主体によって異なれば、国民による原子力の信頼回復への道が遠のいてしまうと思っています。

司法は、「社会通念」といった言葉を使って、その時の

世論や一般常識との距離感を測って事案を判断することも多い。差し止め請求を認めた福井地裁の裁判長個人に対して、「原子力技術や安全規制の考え方をよく理解していない、事実誤認がある」と批判することよりも、より広く社会全体に、原子力安全規制とはどうあるべきかを知ってもらい、それが「社会通念」そのものになっていくよう、関係者は努力しなければならないでしょう。

澤田 規制委と事業者が共通の言葉で話すことが重要だという指摘ですが、言葉や考えを共有できるような場や機会の設定が全くないのでは。

澤 そうです。だから、そこでは文書化が必要です。安全規制哲学や基礎的な方法論に関する規制委の考え方をまとめた文書は、NRCに比べて圧倒的に少ない。さきほどの田中私案も、安全規制手続きの極めて根幹をなすものの一つであるにもかかわらず、委員長個人の「私案」という形で提示され、その考え方の根拠は明示されず、そのうえそれぞれの条文のコンメンタールもない。そうした欠陥を抱えた状態のまま、その後どう正式決定されたのか、また、現在その文書は公文書としてどのように位置付けられ、どこに存在しているのか不透明なまま、規制行政が進められています。

澤田 一方で申請書だけは、3万ページになるなどやたら膨大になっている。

澤 規制導入にあたっては、規制インパクト分析(規制導入によってどの程度リスクが減少するのかを、その規制への対応を行うための資源投入量との比較や、他の選択肢の検討などに基づいて分析し、規制導入の必要性を判断する手法)も行われていない。審査プロセスで一人の審査官が「こういうのが足りないのでは」と指摘したことを、審査促進のために恭順の意を示そうとして受け入れた事業者がいるとしたら、次回からそれがまた実態としての規制要求として機能し始めるようなことが往々にして起こっていると聞きます。こうしたことが起こると、その規制導入によって別のリスクが発生したり増加したりする可能性などは無視されてしまい、結果的に安全性を向上させたことにならないかも知れません。21世紀政策研究所では、「原子力安全規制の最適化に向けて」という報告書を、昨年8月と、今年4月に続編を発表して、このあたりのことを指摘しています。

諸葛 原子力学会では大飯判決の際に声明を出しました。そこにも書かれていることですが、規制委員会は新しい規制基準について通り一遍の説明しかしていません。それに基づいた原子力発電所が以前と比べてどれぐらい安全になるのかについて、国民が納得できるようなきちんとした説明をしていません。

澤田 今の規制はどのような論理で安全を担保しているかという政府の明確な説明がないから、そのことを知らない国民世論を受けて、福井地裁は先日の判断をしたのではないかということですね。

規制委のあり方やタスクの見直しが必要

澤田 今夏に、規制委員会をめぐる3年目の見直しがあります。これに関連して、ここはどうしても直さなければいけない点をいくつか指摘していただけますか。

澤 一つ目はこの見直しを契機として、新規制基準の根本的な考え方、すなわち安全確保やリスクマネジメントをどう捉えているのかという基本的な理念なり方法論を、規制委員会はまず説明することが必要です。その説明責任を果たすべき場や方法も重要です。

二つ目が、安全規制は、原子力を止めるために厳しくやっているのではなく、原子力を活用するためにやっているという根本理念を法的に明確化しなければならない。炉規制法も原子力の平和利用を定めた原子力基本法の下にある法律ですから、その法目的に、原子力の安全な活用を位置付け直してはどうか。国民の中には、規制委は単に原子力を止めるために存在している機関だと思っている人も多いのではないのでしょうか。

今は規制委が、厳しくやっている姿勢を国民にアピールするために意図的に示しているように思えます。ネット中継などは「劇場型規制」であって、真の情報公開とは程遠い。どういう規制がどういう考え方と検討プロセスで策定されて、どのように適用されているかを、ネット中継でのやり取りではなく、きちんと文書でのやり取りとして蓄積し、それを公開していくことが本筋です。

また三つ目に、40年運転期間制限問題や特定重大事故対処施設手続き問題、セキュリティクリアランス、バックフィットルールなど、安全規制関連法制度での個別論点の検討を深めることです。

澤田 今の規制の基本は決定論的なベースであって、リスクインフォームド規制をほとんど考えていません。活断層の問題にしてもグレーなものは全部クロにしている。

澤 リスク論からすればグレーはグレーとして、不確かなものとして扱うべきなのに。

澤田 それをせずに、グレーなものはクロとしています。

澤 その方が世論の支持を得られるという判断が、そこにはあるのかもしれませんが。

四番目の問題は、合議制としての規制委員会の意思決定メカニズムの問題です。今の仕組みはNRCの直輸入版ですが、日本の行政組織はそもそもピラミッド型で維持されてきています。そんな中で、合議制でかつ審判的な準司法機能なものも持つということが、世の中にはしっかり理解されていませんし、委員自身もそうではないのでしょうか。それぞれ自分のわかっている範囲では自分がヘッドになって、規制庁職員を使って詰めていくという今の方法は、合議制ではありません。だから、本当

の合議制にすることをめざすか、あるいは法的にも実情に沿った形にするかを合わせるべきです。

澤田 澤さん自身はNRCと同様に、事務局から上がってきた結果を5人の委員が審議して合議で決めるという方向に持っていくべきだという考えですか。

澤 私が行政にいた経験からすると、それは無理だと思います。5人の委員が、原子力をめぐる技術、法律にとどまらず、エネルギー政策全般を含めた広い範囲について熟知しているような人であれば別ですが、いまは法律家さえ含まれていません。また、米国ではNRCが準司法的機能を担っていますが、今の日本では行政機関へ司法的機能を付与することは難しく、専門裁判所や裁判所内での専門組織へという流れになると思います。

澤田 でも、そこは改善策を見出さないと。

澤 人事院や会計検査院のような組織をもう一つ作ることは、実質的には不可能です。

澤田 たてつけが悪い。

澤 今回の規制委員会は、政治からの独立をめざして三条委員会としたのだけれども、自分たちが行政機関の一員だということを忘れてのではないかと疑いたくもなります。だから、閣議決定で原子力を活用することが決まっているにも関わらず、再稼働へ向けて効率的・効果的な審査をやるという認識がこれまで欠落していたのではないのでしょうか。延々と時間をかけてやることや、硬直的な姿勢をとることが、安全規制に対する国民の信頼を得る近道だという誤解したのでしょうか。規制行政に対する信頼を得ること自体を目的化させることは、明白に誤りです。繰り返しになりますが、本来は安全の守り方についての哲学をきちんと持った上で審査をし、スムーズに審査結果が出ていくというプロセスが続くことによって初めて真の信頼が生まれるのだというふうに頭を切り替えてもらわなくてはなりません。

3年目の見直しではなく、3年ごとの見直しを

諸葛 規制委員会のたてつけを改善するには、時間がかかります。3年目の見直しは9月がリミットなので、法案の準備まで考えて逆算すると、今回の見直しではたてつけの話までは無理なのではないのでしょうか。

さて、これからの規制委のあり方を考える前提として、まず2つ申し上げます。

一つは日本の安全規制について論じる時には、長期的な視点が必要であるということ。これまでの安全規制の変遷を踏まえ、これまでの安全規制がどのような考えに基づいて今の仕組みになったのかということ念頭に置いて考える必要があります。次に、今の規制委員会は今、申請されている24基の原子炉の安全審査を一刻も早く実施しなければならないという状況にあるということ踏まえるべきです。

二つ目は、どんな仕組みを作ったとしても、安全神話と同様に、それがゴールだと考えてはいけないということです。その後も常に継続的に改善をしなければなりません。

この2つの前提を踏まえた上で、今の規制体系の改善について4つ述べます。

一つ目は、審査期間が余りにも長過ぎることの改善です。適合性審査と言われている新規制基準の遡及適用の審査期間を短縮するためには、新基準を段階的に適用するようにルールを変えるべきだと思います。これに最優先で取り組んでほしいです。なお、今は田中私案に基づいています。その内容は、新規制基準をすぐに遡及適用すべきものと5年目までに適用するものという二段階方式になっています。しかし、原子力発電所は毎年定期点検で停めますから、二段階方式でなく、新規制基準を5段階位にきめ細かく分類し、段階的に実施するようにすべきです。例えば初年度に適用するもの、2年目に適用するもの、3年目に適用するもの。同様に、4年目、5年目に適用するもの、というように、もっときめ細かく、ステップ・バイ・ステップで適用するように変えるべきです。そうすれば、現在、初年度に2万ページもの審査書を審査しているのが、毎年4千ページの審査で済むようになります。単純計算すれば、審査期間が5分の1に短縮されます。

二つ目は、歴史的な経緯を踏まえた監査の仕組みの導入です。これまでの安全規制の仕組みは2回、大幅な変更がされました。一度目は原子力船「むつ」の放射線漏れが起きた時で、この時に安全規制が行政庁から分離され、原子力安全委員会が新設されダブルチェックの仕組みができました。二番目の大きな変更時にはJCO事故後に原子力安全・保安院が独立の行政機関として発足し、原子力安全委員会が内閣府に移管されてスタッフが100人に強化されました。

これらの変更点の共通な思想は、監査の仕組みの改善にあります。しかし、今回の原子力規制委員会に衣替えした時に、その監査の仕組みが完全になくなってしまいました。だから、内部に監査システムを作ることが必要だと思います。

澤田 これは原子炉安全専門審査会(炉安審)とか核燃料安全専門審査会(燃安審)とは別のものですね。

諸葛 米国では原子炉安全諮問委員会(ACRS)を設けており、これがその監査システムの一つの具体的な例となります。ACRSにはいろんな分科会があり、そこに多くの専門家を動員し、専門知識を集約して、NRCの審査や判断に対してコメントしています。そのような仕組みが日本にも必要ではないのでしょうか。

なお、本来は監査機能を期待して用意されていた炉安審、燃安審が、本来の使われ方をされていません。この2つの審議会にそういう監査機能を發揮させることも出

来ましたが、今の両審議会の役割はとても限定的にされてしまい、審査に全くかわらないミッションしか与えられていませんし、監査機能も与えられていません。

澤田 規制委といいますか田中俊一委員長はそもそも、この炉安審や燃安審をそのように機能させる気がなかった。

諸葛 内部監査の仕組みというのは、やっている人たちからしてみると、自分の好きなようにできなくなるので迷惑この上ないものです。だから、それは内部の人に作れというのは、もともと無理な話でした。作るのであれば、やはりあらかじめ審査や監査の権限があるということをも明文化しておく必要があったのではないかと思います。国会でそういう議論をし、それによって規制委の軌道修正が図られるようになることを私は期待しています。

三つ目は、規制委が環境省の傘下にあることの見直しです。環境省も被規制者の一つなのです、そこにくっついているというのは、たてつけとしておかしいと思います。規制委は他省庁より一段高い立場にある内閣府に移すべきだと思います。国民にとって最も重要な問題は防災対策の強化です。その司令塔役の原子力防災会議の事務局が内閣府に設置されていますから、そことの連携を密にするためにも、原子力規制委員会は内閣府に移すべきだと思います。

四つ目は、審査期間の明確化です。規制委は発足してまもないころ、田中委員長は適合性審査を半年で審査すると言いましたが、それが全く実現していません。ですから、ここで改めて標準審査期間を明確化すべきです。なお今、審査をしているのは新設プラントでなく、既設プラントです。既設プラントと新設プラントの標準審査期間を、NRCのようにきちんと分けて明確化すべきです。

澤田 今さらですが、安全審査を当該原子力発電所を動かしながらやるという方向には戻れないのですか。

諸葛 本当はできるのです。田中私案の中には運転中のプラントをどう扱うかということも書かれており、新規制基準と同等の安全性があるかどうかをチェックしますということが書かれています。現に、この田中私案に基づいて、大飯3、4号機は新規制基準と同等の安全性を有しているという評価がされ、運転中だった大飯原子力発電所は9月まで運転継続が認められました。ですから、田中私案には新規制基準に適合させなくても再稼働できる道が用意されているのです。

澤田 澤さんはどうですか。動かしながらやる方向にかじを切るというのは、無理な話ですか。

澤 バックフィットのルールには、止めてなければいけないというようなことは書いてありません。新しい基準に適合しないと認められる時には、止めることができると書いてあるだけなので、実際にどのようなプロセス

でやるかには制限はありません。だからこそ、どういうプロセスでバックフィットをやるべきなのかを、根本からきちんと議論していくことが必要なのです。

問題の一端は、バックフィットルールを、きちんと政省令に委ねる旨の法的構成がなされていないことです。原子力規制委員会の最終決定にはなったかもしれませんが、その間、田中私案という重要な手続きについてのパブコメはとられていないし、その解釈についての丁寧な説明は全くありません。3年目の今回の見直しの時に、バックフィットの方法をきちんと規則化するべく、炉規制法を改正することは重要だと思います。

その際、稼働しながらバックフィットを行っていくことを可能にすることが大きな論点の一つ、またバックフィット案件が出てくるたびに、そのすべての場合において設置変更許可を一から取り直すというルールでは、あまりに非効率的です。いまや何千ページ、何万ページもある申請書になっているわけで、将来、そこに書かれている記載が少しでも変わると全部設置変更許可の取り直しになりかねません。それだけの記載量があれば、そういう場合が頻繁に生じる懸念があります。

澤田 田中俊一さんは、立場上田中試案をうまく仕立てて使った。その結果、一時的にしろ「原発ゼロ」になった。その結果、事業者もそうだし、規制当局も大変なことになってしまった。ツケは全部国民に回されています。

諸葛 補足すると、法令に細かいことまでを入れると設置許可のときに大幅な変更になります。それを避けるためには炉規制法ではなくて、技術基準適合要求のほうの炉規制法の条文に、「ただし、その具体的な適用に当たっては省令に定める」というただし書きを追加すればいい。そうすれば、その省令は行政判断で一々国会に出さなくても変更ができます。

澤田 けれども今は、そういう認識が規制委にはありません。

澤 そうです。だから、この座談会自体もそうだと思いますが、そういう問題意識を持っている人が声を上げるしか、今のところの方策はありません。

諸葛 私は旧炉規法の一番大きな問題は第24条、つまり設置許可の規定に今申し上げたような委任条項がついていなかったの、災害の防止上支障のないことという抽象的な文言だけで今まで全ての原子力発電所の設置許可が出されていた点だと思います。今回の改正でそこに技術基準に適合することという文言が入ったから、その技術基準の中にその許可の要件を盛り込めばいいということになってだいぶ改善されましたが、逆に遡及適用の条文に委任条項が欠落しています。だから、非常に曖昧な運用になってしまっています。

また、現実的に考えれば、この3年目の見直しは、今の政治情勢を考えると何も行われぬ可能性が高いと

思っています。ここで何もせずに附則第5条に書いてある3年目の見直しが過ぎると、もう見直しの機会がなくなることを危惧します。今の時点で見直しをしないのであれば、3年目の見直しの期限を延ばす、あるいは3年ごとに見直すという議論をしてもらいたい。

澤田 さすがに何もしないということはないのでは。3年ごとの見直しは、ぜひ実現してほしい。

澤 組織の見直しだけでなく、炉規制法の法体系そのものが今の技術に合っているかどうかを見直すという選択肢もあります。エネルギー基本計画も3年に1回、見直しています。そういうことを規制委員会、あるいは政府全体として、コミットぐらいはしてほしい。そうでないと、見直しのチャンスがなくなってしまう。中長期的に見ると、規制のあり方はPDCA的に回していくことのほうが重要なので、最初から満点をめざす発想ではなくて、常に新たな知見を入れていくというサイクルをどうやってビルトインするかというのがポイントだと思います。

諸葛 政治情勢からすると、今回の今年の9月までに大幅な法律改正は、相当難しい。だから、継続的に見直しを行うために、附則を3年ごとに見直すという書き方に変えることを提言したい。

澤田 この話は一体、誰が受けとめればその実現に向かうのでしょうか。

諸葛 国会でしょう。

澤 当の本人である規制委員会は、自ら炉規制法を改正していくことなど考えないでしょう。政府では臨時の法改正本部のようなものを内閣官房に設置してもらうことが必要になります。ただ、そのためには原子力の安全をより一層確保して、再稼働を進めることにしてほしいという国民の支持が増えなければなりません。そのためには、法改正も、原子力の安全を一層確保するために手続を整備するのだという目的を持っていることが必要です。手続を緩めるのではなくて、手続を明確化することによって国民の信頼を得るといった目的を持つことで、再稼働などがスムーズにいく。手続の透明化を促進する法律でもいい。そういう法律で、さっきの附則の「3年」を「3年ごと」と換えることにすれば、受けとめやすいでしょう。それで1回バスが出れば、バスの座席に俺も乗せてくれという人たちが出てくるから、法律が動き出したらまた別の条項も入ってくる可能性が出てきます。

諸葛 澤さんの提案である、「3年以内」を「3年ごと」に変えるというのはコンセンサスが得やすいから、それでいったんコンセンサスを作ってはどうでしょうか。

澤 原子力学会は技術的な話は強いけれども、法律論の話は弱い。また、学会が得意な技術基準的なものについては、それを法律にどう実装していくか。そのようなことを考える時に、学会と規制委員会とのインターフェースがありません。こういう状況を打開するために

規制委員会側からのアクションがなければ、学会の方から階段を作っていったらどうでしょうか。学会として法令や組織論の研究をして提言をしていったらどうでしょうか。

諸葛 もし3年ごとに見直しをするということになれば、学会にもそういう目標ができて、次回の見直しするときにはぜひこれを見直してくれというものを学会として提言できます。

澤田 原子力学会が幾つかの学協会や民間に呼びかけて、規制と事業との間のギャップを埋めるような常設委員会みたいなものを学会で作るべきではないでしょうか。

規制方針や安全哲学が明確に説明されることで信頼が得られる

澤田 ほかに言い足りない話があれば。

澤 原子力発電所の40年廃炉の合理性については、原子力学会などがその科学的な合理性について議論して結論を出してほしい。40年は寿命ではなく、何かしらのメルクマールとしてはあり得るけれども、それで劣化が進んで、もう使えないものを無理やり使っているような印象を国民に与えていることを懸念します。少なくとも科学的あるいは工学的なその意味づけについて、きちんとしたものをまとめてほしいと期待します。

諸葛 40年ルールを導入したときの国会の質疑応答の中に、提案者側が、40年には何の根拠もないと明言しています。だから、しかるべき段階できちんとした科学技術的な根拠を議論してほしいということが国会の質疑応答の記録に残っていますから、それはどこかできちんとやるべきだというのが1点です。

2点目は、40年が原則で20年延長が例外だという議論をする人がいるけれども、どこにもそんなことは書いていません。例外だというのは全く主観であって、40年たった段階で安全性をきちんと評価して20年の延長を認めるということが書いてあるのだから、私は淡々とその20年の延長の審議をすればいいんだと思っています。

澤田 法改正の問題をもう少し俯瞰するような話を。

澤 法規制も含め、原子力に関係するシステムは全て国民の人たちが納得をすることが前提になっています。だから、世論調査の数字が原子力に対して好意的になるぐらい逆転しないと、さまざまなことが進みません。

一方で原子力がつりリスクについては、それをどういうふうに抑え込もうとしているのかということ、国民にわかってもらうための説明がまだ、うまく整理されていません。私自身もいろいろな人からリスク論について聞いて勉強したけれども、まだよく理解できていない。安全目標の取り扱いの仕方も違うし、深層防護そのものも考え方が違う人がたくさんいます。そういう状況では、国民には、専門家の見解が割れているようにしか見

えません。本当に大丈夫なのですかと思ってしまう。

だから、今の炉規制法の体系が、あるいは規制委員会の規制活動というのがどういうプリンシプルに基づいて、何を目指して、どういう方法論でやろうとしているのか、自分たちが合格を出した後のリスクというのは誰がどう対応してくれるのかを含めた全体をきちんと説明すること。そのことを、原子力関係者のどの人に聞いても同じように説明してくれないと国民の不安は払しょくされません。私はそういう規制の哲学というか、基本的考え方と基本的方法論についてまとめた文章を学会としてもぜひつくってほしいと思っています。

諸葛 指摘はわかりますが、原子力の安全について日常的に施策に向けた研究活動を行っていくことで研究当事者の生活が成り立つ仕組みが、日本に果たしてあるのでしょうか。

原子力学会は事務局員以外、全員がボランティアです。だから、原子力学会でそういう活動をするためには、その研究活動を支える原資が必要となります。

私は東大で原子力法制研究会をやっていましたが、その原子力法制研究会も、運営するための原資を集めるのに大変苦労しました。また、当初の3年が過ぎると、1回は延長ができましたが、その後は原資が集まらなくて、6年間で打ち切りになりました。

原子力研究予算については、昔は国や電力会社が出していた時代がありました。今は、そういうところから資金が出なくなっているし、そういうところからもらっていると中立性に問題があると批判されることもある。だから、いろんな学究活動をすべきだという提案は、それを実現する実際上の仕組みがなければ絵に描いた餅なのではないかと思えます。

澤田 そこは、ぜひ諸葛先生に残りの人生をかけて、そのファンド掘り起こしをやってください。

諸葛 現実には産業界や電力会社が、そういう研究活動をするために資金を出してくれることはほとんどありません。この点、米国の場合は、様々な篤志家からの寄附が集まると聞いています。

澤田 それは社会資本の違いということになるのでしょうか。時間になりました。規制の問題に対する俯瞰的な見方をしつつ相場観を養うということ、私たちは今後も続けていかなければならないと思っています。

今日はお忙しいなか、ありがとうございました。

(2015年4月22日実施、編集協力 佐田 務)

著者紹介



澤 昭裕 (さわ・あきひろ)

通商産業省、東大先端科学技術研究センター教授などを経て、2007年から21世紀政策研究所主幹。



諸葛宗男 (もろくず・むねお)

東芝原子力事業部技術顧問、東大公共政策大学院特任教授を経て、2013年からNPO法人パブリック・アウトリーチ上席研究員



澤田哲生 (さわだ・てつお)

独カールスルーエ研究所客員研究員を経て、1991年より東京工業大学エネルギー工学部門助教。

解説

東日本大震災合同調査報告 原子力編と関連編

概要および原子力編にまとめられた外的事象対策に関する今後の課題

東京大学 糸井 達哉, 法政大学 宮野 廣

土木学会, 日本建築学会, 日本地震工学会, 地盤工学会, 日本機械学会, 日本都市計画学会, 日本地震学会, 日本原子力学会の8学会の連携のもと設置された東日本大震災合同調査報告書編集委員会より, 福島第一原子力発電所を含む原子力関連施設に関わる被害状況を取りまとめた「東日本大震災合同調査報告 原子力編」が刊行された。そこで, 報告書および出版を受けて開催した合同報告会の内容に基づき, 東京電力福島第一原子力事故等の原子力関連施設の被害を踏まえた, 地震・津波を含む自然現象に対する今後の課題を概説する。

KEYWORDS: *Fukushima Daiichi NPP Accident, earthquake, tsunami, defence in depth, risk management*

I. はじめに

2011年東北地方太平洋沖地震の地震・津波による福島第一原子力発電所事故を含む原子力発電所の被災から, 4年が経過した。福島第一原子力発電所では, 現在も, 廃炉に向けた作業が進められている。

東北地方太平洋沖地震以前, わが国の原子力発電所は, 2007年7月の新潟県中越沖地震における柏崎刈羽原子力発電所を含め, 近年, 基準地震動を上回る地震動が観測される事例がたびたび見られた。いずれの場合も安全機能に支障は生じていないが, 柏崎刈羽原子力発電所では, 事務建物や敷地地盤の被害, 変圧器火災などの地震動被害を経験した。これらの地震経験においては, 地震観測記録をはじめとする多くの知見が得られた。

これを受け, 日本地震工学会において, 地震, 地盤, 土木, 建築, 機械等の横断的議論を行う場として「原子力発電所の地震安全問題に関する調査委員会(委員長: 亀田弘行京都大学名誉教授)」を組織し, 日本原子力学会との協働で原子力発電所全体を捉え最適な地震安全を実現していくべきかという共通認識に基づいた研究ロードマップの検討を行った。福島第一原子力発電所事故の状況の報告とあわせて, 原子力発電所の地震や津波に対する安全を確保するための研究ロードマップとして取りま

とめられたものである¹⁾。これは, 日本原子力学会における原子力発電所の地震安全に関するロードマップ²⁾の作成にも貢献している。

一方, 東日本大震災の被害発生を受けて, 東日本大震災合同調査報告を刊行するための東日本大震災合同調査報告書編集委員会(委員長: 和田章東京工業大学名誉教授)が土木学会, 日本建築学会, 日本地震工学会, 地盤工学会, 日本機械学会, 日本都市計画学会, 日本地震学会, 日本原子力学会の8学会により設置され, 合同調査報告全29巻を取りまとめ, 刊行することとなった。

社会への影響が大きい福島第一原子力発電所事故を含む原子力発電所の被害状況についても, あわせて読める報告書(「原子力編」)としてまとめることとなり, 日本原子力学会も編集に加わった。地震安全の研究ロードマップでの日本地震工学会と日本原子力学会の協働の成果等を踏まえ, 日本地震工学会に「東日本大震災合同調査報告 原子力編」編集委員会(主査: 平野光将東京都市大学特任教授(当時))が設置された。著者らは, この委員会の委員である。委員会では, 日本原子力学会をはじめ, 土木学会, 日本機械学会, 日本地震学会, 日本建築学会から大学・研究機関を中心に様々な立場の委員の参加を得て, 報告書の編集を行った。

本報では, 以上の経緯に基づき編集・刊行した「東日本大震災合同調査報告 原子力編」³⁾の内容を踏まえて, 地震・津波等外的事象対策に関する今後の課題を中心に概説する。

Joint Workshop on Publication of "Report on the Great East Japan Earthquake Disaster - Nuclear Engineering Volume":
Tatsuya ITOI, Hiroshi MIYANO.

(2015年3月30日受理)

Ⅱ. 「東日本大震災合同調査報告 原子力編」で取り上げた課題

1. 報告書の構成

福島第一原子力発電所の事故に至った直接的経緯や根本原因などは、日本政府 IAEA 閣僚会議報告書、政府事故調査報告書、国会事故調査報告書、原子力安全・保安院、東京電力、日本原子力学会など、様々な立場・観点から報告されている。本報告書は、新たな調査は実施せず、これまで出されたこれらの報告書に基づき編集し、2014年3月時点までの知見として取りまとめた。

報告書は3部構成とし、第1部「原子力発電所及び周辺の被害状況」では、原子力発電所内の被害状況及び原子力事故による原子力発電所の被害状況について、事故の直接原因ではないものも含めてまとめた。第1章では、地震及び津波に対する安全規制や設計の考え方、第2章では、福島第一原子力発電所及びその周辺の発電所関連施設の被害状況、第3章では、周辺環境の被害状況、第4章では、福島第二原子力発電所、東海第二発電所、女川原子力発電所の被害状況を記載した。

第2部「シビアアクシデントの発生と拡大」は、日本原子力学会「東京電力福島第一原子力発電所事故に関する調査委員会」の報告書「福島第一原子力発電所事故 その全貌と明日に向けた提言」から、特にシビアアクシデントの発生と拡大に関係する部分を抜粋し、当編集委員会の責任で編集した。

第3部「今後の課題」では、第1部・第2部の記載を踏まえて、以下の10項目について、様々な報告書の記載等も踏まえて、現状と今後の課題を論じた。

1. 地震・津波の予測と設計
2. シビアアクシデント対策
3. 地震等外的事象に対するリスク評価
4. 地域防災
5. 廃炉計画
6. 汚染水対策
7. 火災防護対策
8. 除染・放射性廃棄物処理
9. 原子力分野における人材の確保
10. リスクコミュニケーション

次節では、以上10項目のうち、地震・津波など外的事象に対する対応に関連する部分を中心に、概要を述べる。

2. 自然事象を含む外的事象への対策に関連する課題

(1) 外的事象の予測と設計

外的事象の予測と設計に関する課題は、大きくは設計基準ハザードの設定に関する課題と、設計における安全確保の考え方に対する課題に分けられる。

まず、設計基準ハザードに関しては、福島第一原子力発電所事故の原因のひとつとして、設計津波高さが結果的に過小評価であったことが指摘されている。わが国では、旧原子力安全委員会において「自然事象などすべての要因を含めた事故時の原子力発電所敷地境界での死亡確率を $10^{-6}/(\text{人}\cdot\text{年})$ とする」という安全目標に基づき、炉心損傷頻度 $10^{-4}/\text{年}$ 、格納容器損傷頻度 $10^{-5}/\text{年}$ を原子力発電所の性能目標とする案が議論されてきた。一方、津波を含む外的事象に対する設計における設計基準ハザードの設定は、過去の発生に明確な証拠がある外的事象を基本に余裕を付与することで、設計基準ハザードとされることが多かった。2006年の耐震設計審査指針の改訂で、基準地震動については、この安全目標・性能目標とも概ね整合するレベルに強化された。一方で、基準津波の設定は、従来通りの枠組みのままとなっていた。つまり、津波を含めて地震随伴事象については、安全目標・性能目標と整合した設計基準ハザードの設定は、ほとんど議論されていなかったのである。

次に、設計における安全確保の考え方については、「深層防護」の不十分な理解が、事故の原因のひとつと言える（「深層防護」とは、“事故を起こさせない”，“起こしても拡大させない”，“起きたとしても公衆に被害を及ぼさせない”ための考え方であり、IAEA INSAG-10⁴⁾では、効果が独立した5段階の方策で構成している）。津波を含めた外的事象に対する設計が、防潮堤など異常発生防止（深層防護レベル1）に偏り、異常の拡大防止や事故発生防止など深層防護のレベル2、3に相当する部分について、設計的配慮を欠いていたことが問題として挙げられる。自然現象は、その不確実さゆえに、可能性が小さいながらも規模の大きい事象が発生することを否定できない。それ故、立地や保守的な発生防止策だけでは安全確保としては不十分であり、深層防護の適用が内的事象に対する安全確保と比べて、さらに重要となる。

(2) シビアアクシデント対策

深層防護レベル4に位置づけられる事故時の対策（アクシデントマネジメントあるいはシビアアクシデント対策という）は、深層防護レベル3の設計のレベル4までの延長ではなく、それとは独立した効果（Independent effectiveness）を与える対策（マネジメント）を講じるものである。それにより、設計基準を超える事態となっても、原子力安全（放射性物質の放出事故の回避）が確保される。

外的事象に起因する事故進展に対するシビアアクシデント対策では、内的事象に対する対策とは異なる対応が求められる。具体的な違いとして、構築物、系統及び機器（SSC）の同時損傷による短時間での炉心損傷の発生、周辺斜面の崩壊など周辺施設の地震被害の悪影響、複数ユニットにおいて事故が同時発生しうる過酷な条件を考慮した人員、設備、訓練、手順書、さらに東日本大震災

で見られたような複数サイトでの同時被災、自然災害と原子力災害の大規模複合災害における地域防災と連携した対応策の立案などが挙げられる。

シビアアクシデント対策は、1992年の旧原子力安全委員会決定「発電用軽水型原子炉施設におけるシビアアクシデント対策としてのアクシデントマネージメントについて」とそれを受けた当時の通商産業省の電気事業者に対する自主的なシビアアクシデント対策整備の要請で2000年前後に導入された。しかし、導入された対策は内的事象による事故を前提としたものであった。その後の継続的改善で、自然災害を含む外的事象を対象を拡大することもできたのではあるが、新潟県中越沖地震の教訓に基づき設置された免震重要棟を除けば、対象の拡大はほとんど試みられなかった。

今後のシビアアクシデント対策の整備では、立地地域やプラントの特徴を踏まえ、個別プラントごとに、地震・津波を含む外的事象を前提とした効果的なシビアアクシデント対策を整備することが求められる。

その際、地域防災を考慮したシビアアクシデントマネージメント対策も重要である。実際、福島第一原子力発電所事故では、事故の進展に伴い避難区域や屋内退避区域が設定されたことで、救援活動を中止せざるを得ず、地震の揺れによる負傷者や津波による行方不明者の捜索・救助活動を行えなかったことなどが問題として挙げられている。

(3) 地震等外的事象に対するリスク評価

米国では、全プラントを対象に地震、洪水、火災等外的事象に対してPRA(確率論的リスク評価)を用いた個別プラント評価(IPEEE)が行われ(一部のプラントでは簡易法)、相対的な脆弱点に対する強化対策が取られている。欧州では、西ヨーロッパ原子力規制者協会(WENRA)が、自然事象に対しても深層防護レベル3の多様性と独立性を強化する設計改善により、新設炉の安全性を既設炉よりも安全にするという安全目標を設定した⁵⁾。

一方、わが国では、上述したシビアアクシデント対策導入時においても、原子力発電所のリスクの主要因は内的事象ではなく地震を含めた外的事象であることが認識されてはいた。わが国における外的事象を対象としたシビアアクシデント対策整備と外的事象PRAの実施による対策効果確認の導入の機会は、1992年の旧原子力安全委員会決定とそれを受けた当時の通商産業省の要請時と、「残余のリスク」を可能な限り小さくすることを求めた2006年の耐震設計審査指針の改訂時の2回存在した。日本原子力学会において地震PRA手法の実施標準が策定されるなど技術基盤の整備は進められたものの、前述のように、東北地方太平洋沖地震以前に、内的事象を対象に実施されたシビアアクシデント対策が、外的事象に拡張されることはなく、また対策効果の検証を目的とし

た個別プラントにおける地震を含めた外的事象PRAも公には実施されることはなかった。

福島第一原子力発電所事故を受けて、わが国の既設炉は欧米諸国の新設炉並みのシビアアクシデントに強い、高い安全性を目指すことが求められている。2012年10月の旧原子力安全委員会決定で、外的事象リスク評価に基づくシビアアクシデント対策の法令要求化が規制当局に求められ、旧原子力安全・保安院でシビアアクシデント対策規制の基本的考え方が作成された。

この枠組みのもとで、地震を含む外的事象を対象に、個別プラントに対する包括的なリスク評価の実施が求められることになる。これまで、PRAは発電所が十分安全であることを示すという目的のためだけに使われることが多かったが、効果的に脆弱点を摘出することで実効的なリスク低減策を実施し、多様な視点からの継続的な安全性向上に結び付けるPRAの本来の活用ができるかが問われている。

具体的には、設計基準ハザードを設定する、あるいは深層防護の有効性を評価し、安全対策の実施に関する意思決定を行うために、確率論的ハザード評価、およびリスク評価が実施される。自然現象に対する確率論的評価に対しては、手法が成熟していない、あるいは信頼できるデータが少ないことから、高い精度での評価が難しい場合がある、あるいは専門家の意見が一致しないことで正確な評価ができないという懸念もされる。しかし、そういう状態であるからこそ、リスク評価が有効であるとも言える。また、現実に自然現象のリスクに直面している可能性がある以上、リスク評価を用いた自然現象に対するリスクマネージメントを行うことは必須である。リスクマネージメントにおいては、以上の専門家の意見の相違などの認識論的不確実さの定量化を含めた包括的なリスク評価を行い、認識論的不確実さも意思決定に必要な知見と考えて、できる限り活用する仕組みを構築しなければならない。

(4) 地域防災

原子力発電所の外、オフサイトでの緊急時対応は、深層防護レベル5に位置づけられる。緊急時対応は、準備、対応および復旧の3つの段階に大別される。対応の段階はさらに初期における対応と危機管理、影響管理と復旧への移行に区分でき、初期には得られる情報も少ないため、あらかじめ決められた迅速な対応が求められる。

福島第一原子力発電所事故では、事業者、規制双方において、TMI、チェルノブイリ、ブラジル・ゴイアニア⁶⁾、JCO事故等これまでの事故の経験を踏まえた、実効的な緊急時体制の整備が不十分であったことが、指摘されている。具体的には、要支援者の避難や飲食物に対する制限、屋内退避区域における医療の不足や物流の混乱、ERSS/SPEEDIの利用についての取り決めがなく混

乱が生じる等が、問題となった。

加えて、周辺地域では、原子力災害と自然災害との複合災害による課題も多く挙げられる。まず、避難の長期化による避難所運営の問題は、原子力災害に限らない問題であるが、原子力災害により、更に多くの被災者が、長期間遠方への避難を強いられるのは、避難者、受け入れ側双方にとって大きな問題である。また、緊急時対策の実施に関して、複合災害下での福島第一原子力発電所や女川原子力発電所のオフサイトセンターの機能喪失(2012年7月にこれらの教訓を踏まえ原子力災害特別措置法を改正し、設置要件の見直しを行った)や、道路など避難のためのインフラの地震・津波被害などの可能性を前提とする必要がある。また、複合災害下での国や県から市町村への情報連絡や避難指示も、課題として挙げられている。

(5) 火災防護対策

地震に伴って発生する事象としては、津波や斜面崩壊が挙げられることが多いが、随件事象ではないものの火災による影響も重要である。火災は、対策の不備により発生する。東日本大震災では、原子力発電所における火災の発生が2件報告されている。1件は、福島第一原子力発電所4号機における原因不明の火災、もう1件は女川原子力発電所1号機における高電圧アークに起因する電源盤の火災で、地震の揺れが原因である。後者では崩壊熱除去系のポンプが一時停止するなどの影響が出た。

2013年に施行された新たな規制基準では、内部火災、外部火災に対する設計対策が強化された。それに伴う現状の審査基準は深層防護に基づく決定論的手法がベースである。しかし、想定事象の網羅性などの観点、あるいは地震・津波との重畳の可能性もあることから、PRAなどリスク評価結果や最新の実験・解析を踏まえた更なる高度化の検討が求められる。

Ⅲ. まとめ

本報では、日本地震工学会を中心に、日本原子力学会も含めた関連学会の協働で編集した「東日本大震災合同調査報告 原子力編」について、「第3部 今後の課題」のうち、地震・津波を含む外的事象に関わる課題を中心に概説した。

全29巻の東日本大震災合同調査報告では「原子力編」以外にも既に出版された「土木編5」、「機械編」、「都市計

画編」の中で様々な側面から福島第一原子力発電所事故の被害と影響について取りまとめている。本報告書の出版を受けて、2015年2月13日に建築会館ホール(東京都港区)において、これらの報告書を概観し、今後の課題を議論するため、8学会合同で報告会を開催した。

様々な分野から130余名の参加者を得た報告会では、本報で触れなかった「原子力編」で記載した課題に加えて、規格基準のあり方、リスクコミュニケーション、エネルギー政策、避難の影響や住民の帰還、復興計画の課題、学会や学術研究機関のあり方まで多岐にわたる課題が挙げられた。また、多くの参加者からこのような分野横断的な活動を継続することの必要性が指摘された。

— 参考資料 —

- 1) 日本地震工学会 原子力発電所の地震安全問題に関する調査委員会：原子力発電所の地震安全に関する地震工学分野の研究ロードマップ-日本地震工学会原子力発電所の地震安全問題に関する調査委員会報告書-，2011.
- 2) 日本原子力学会原子力発電所地震安全特別専門委員会：原子力発電所の“地震安全”に関する検討報告書-地震安全ロードマップ-，2012.
- 3) 東日本大震災合同調査報告書編集委員会：東日本大震災合同調査報告 原子力編，丸善出版，2015.2.
- 4) International Atomic Energy Agency: Defence in Depth in Nuclear Safety, INSAG-10, A report by the International Nuclear Safety Advisory Group, 1996.
- 5) Western Europe Nuclear Regulators Association Reactor Harmonization Working Group: Report Safety of New NPP Designs, 2013.
- 6) International Atomic Energy Agency: The Radiological Accident in Goiania, 1998.

著者紹介



糸井達哉 (いとい・たつや)

東京大学

(専門分野/関心分野)地震工学, 外的事象
リスクの評価とマネジメント



宮野 廣 (みやの・ひろし)

法政大学, AESJ 廃炉委員長

(専門分野/関心分野)システム安全・設計,
流動・振動・耐震, 規格基準

報告

日本都市計画学会福島復興部会の報告と計画学の役割

東北芸術工科大学 相羽 康郎

日本都市計画学会で立ち上げられた福島復興部会では、まだ先の見通せない状況の下で、復興計画づくりに先立つ提案を目指した。日本原子力学会主催の学会合同発表会(2015年2月13日建築会館)で発表した内容の概要を紹介し、再居住化の提案を示した。ついで、計画学を標榜する学会として計画学の役割について、復興計画の問題点を踏まえ、実態解明、評価・検証、計画案策定から事業実施に至る仕組みの提案について、著者の見解を記述した。

KEYWORDS: *Decontamination of Radioactive Materials, Interim Storage Facility, Proposal of Re-habitation, New Village, Sea Embankment & Movement to Hill, Large Area Reconstruction Plan Head Office, Investigation of True State, Estimation & Verification, Planning Market or Bazar*

I. はじめに

1. 東日本大震災と日本都市計画学会

東日本大震災の復興計画に対して日本都市計画学会(以下、都市計画学会)は、人材の提供を行うとともに、5つの部会を立ち上げて復興計画に関わる報告書(丸善発行の8学会連携報告書のうち「都市計画編」)を作成した。福島復興部会(以下、第5部会)は最後に立ち上がった部会で、福島の復興計画づくりに先立つ提案を目指した。日本原子力学会主催の学会合同発表会(2015年2月13日建築会館)で第5部会報告発表の機会を得たことに伴い、第5部会メンバーや、学会中間発表会での議論などを踏まえて、計画学を標榜する学会の計画学の役割について今回、著者の見解をまとめて記述する。

2. 都市計画学会の動き

(1) 都市計画学会について

都市計画学会は1952年に誕生し、行政、民間、学問分野の会員が、実学を目指している。大学に都市計画分野が確立されたのは1960年代で、現在は研究論文が学会活動の柱となっている。一方で、今回各地の震災復興計画委員会に学会員が推挙されたように、計画づくりの専門家を擁する学会として認知されている。

(2) 復興に向けた調査研究

震災後直ちに計画学に関わる学会として、建築、土木等とともに8学会連携活動を開始した。

東北支部レベルでは7学協会の緊密な討議を行い、福

島速成版DVDの報告書を2013年6月に公刊した。分野を超えた計画に関する広範な意見が記録されたが、報告書と別に公刊するには生々しい意見も多く、そのまま委員会名では公表できないと判断された。

(3) 第5部会設立の経緯

秋の研究論文発表会では、同時に学会員の開催するワークショップがある。2012年秋、東北支部は震災復興に関するワークショップ開催にあたり発表者を公募したところ、福島の研究者のみが応募する事態となった。学会長をはじめ多くの聴衆が詰めかける中、福島復興を学会レベルで発表できる機会がやっと訪れたことに、発表者は問題も投げかけた。その後、年末には第5部会が立ち上がり、指名を受けて著者が部会メンバーを選定し、復興部会としては最後になる第5部会が発足した。

(4) 第5部会の活動

福島県内の研究者および都市計画学会員以外にも参加頂き、月1回のペースで研究会を開催しながら各メンバーの問題意識を調整する話し合いが続いた。福島の研究者の現場を踏まえた意見は貴重であった。共通の方向に束ねる復興計画の見解を求めて議論の焦点は、岩手、宮城よりも長期にわたる避難と移住に関わる計画、放射性物質に関わる諸問題などに向かった。その後8学会連携報告書「都市計画編」の執筆分担を決め、2013年学会論文発表会の場でその中間発表を行った後、学会誌の福島特集(2014年10月号)にも部会メンバーが執筆した。

II. 第5部会報告

1. 原子力関連合同報告会の発表概要

第5部会として、2015年2月13日の合同報告会で概要を発表した(都市計画学会の防災・復興問題研究特別

Report of Fukushima Rebuilding Plan at Co-Presentation held by AESJ and the Role of Planning Science : Yasuo AIBA.

(2015年5月1日 受理)

委員会 web-site は <http://www.cpij.or.jp/com/rev/>。

(1) 県と市の復興計画の課題と展望

岩手、宮城と異なる福島の復興の特徴は、復旧なき復興、超長期、広域避難住民への属人的支援である。除染など県が広域調整する必要性や、県として脱原発を表明していることを踏まえた復興計画が課題である。

町外コミュニティを受け入れるいわき市では、2万人以上の避難者がおり、住民増大による住宅土地需要増とそれに伴う地価高騰、交通、教育、商業施設などの混雑現象をもたらし、都市計画へ影響が大きくなっている。

双葉郡の復興事情は町ごとに異なり、それぞればらばらに具体化し始めている。帰還困難区域のない北限の広野町に中高一貫校などの開発が集中することに対して周辺町は懸念している。

避難住民への信頼し得るヒアリング調査によると、避難距離の小さいほど頻繁に一時帰宅しており、帰還困難区域にある避難住民の今後の住まい選択では、いわき市や避難先が多かった。

(2) 避難指示区域の変遷

当初設定した警戒区域等の避難指示区分を12月に見直し、現在の3区域設定とした。2013年11月、希望者全員帰還の方針を改め、移住を進める方向へ転換した。また空間線量率から個人線量を基本とし年間1mSv以下を長期目標に設定した。

(3) 農産物及びコメの作付制限

農産物の作付制限は2011年3月から始まり、2013年までに全般的に解除、コメの2013年作付制限は、避難指示区域の大半、残り区域は作付再開準備区域が隣接、その外に全量生産出荷管理区域が点在する。

(4) 避難基準および被災地の可能性

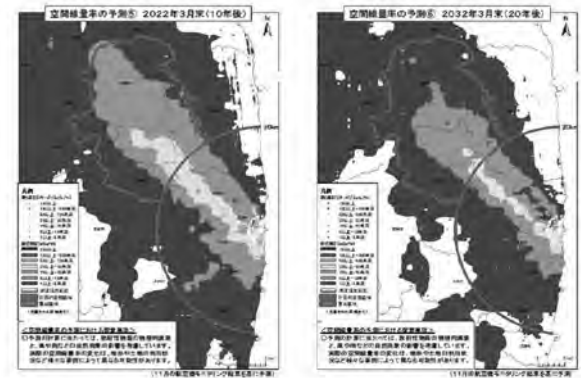
チェルノブイリでは直後に100mSvから5年後の5mSvに段階的に下げられてきた。福島では20mSvから1mSv以下を長期目標に設定した。森林はバイオマス活用でも汚染灰に放射能残留など問題がある。一部識者からは被災地観光の提案も出ている。

(5) 除染の課題と展望

除染対象市町村のアンケートから、仮置き場、森林除染、除染方法等の課題が指摘され、現状では0.23mSv/h未達成が困難な実態であった。住宅除染終了後の住民アンケートより、居住者も避難・移住者も健康面の不安があり、居住者は高齢者で居住継続意向は高く、避難・移住者は無回答、女性は戻りたくない意向が多い。帰還の条件は、子供をはじめ安全に生活できることである。

(6) 中間貯蔵施設への運搬

発地側の対策として中継地点の整備がある。受入地側の対策として、処理能力の向上、トラクターミナルの整備等がある。運搬時の課題は多く、沿線の生活環境、運搬員の確保と安全管理、事故等の危機管理等がある。運搬時の対策として、幹線輸送路限定と一般交通との時



第1図 10年20年後の空間線量率(「空間線量率の予測」:
www.reconstruction.go.jp/topics/shiryu3.pdfより引用)

間・空間的分離、運行管理のセンター化等が挙げられる。

2. 再居住化の提案

合同報告会で居住に関わる提案も発表した。

(1) 放射線空間線量率予測に基づく計画上の留意点

20mSv/年以上のエリア(第1図で帯状の最高線量率)が20年後も存在し、1mSv/年未満のエリア(第1図の白地)は限定的である。帰還できない住民に対する住宅対策が必要であり、近い場所が選好できるよう、避難指示解除と連携し近場の居住地確保を目指す必要がある。

(2) 居住困難区域の長期土地利用計画の提案

林地での放射能除染等実験林、土地利用・伐採計画基準に基づく利用、バイオマス燃料基地、農地での放射線農業(放射線育種場における品種改良、食品照射による滅菌等)および除染植物の実験施設、新エネルギー供給基地では、既存の送電線を活用して、バイオマス・太陽光・地熱・風力発電等でエネルギーを創出し供給する。

(3) 再居住化の基本方針と新たな選択肢の創造

近場で再居住・集団で移住の選択肢がない現状に、新たな選択肢を創造し、再居住の魅力を高める措置の束が実施され広く認識されていくことが重要である。

1) 居住していた土地家屋に帰還

帰還・再居住できない町民が存在する。

2) いわき市等との契約による、住民の移転受け入れ

集団移転、元の土地所有権の継続と市民権の連携調整等の課題がある。

3) 移転先を個人的に自由に選択

無秩序にならない開発コントロール等の課題がある。

4) 新市街地の計画整備

集団移転、避難住民の優先入居、就労施設の確保、エネルギーを含む農的生活の実現等の課題がある。

(4) ニュービレッジの提案

1) 提案の内容

産業の創発・誘致、雇用者に避難住民枠、新規建設住宅・公的集合住宅と連動し、全体で2~5万人の移住のまち(再居住+新規居住)を核事業とした市町村の連携推進を提案する。南部と北部に数カ所想定できる。負のイ

メージからイメージアップするためにも必要である。

楢葉町のJビレッジ周辺とこれに接する広野町北側に拠点整備(Jビレッジ再開, 中高一貫校の設置など避難区域に最も近い居住可能区域)を提案する。

インフラを整備し, 電力エネルギーをスマートグリッドとして供給する方向や再生可能エネルギー活用を実験的に実施する。ニュービレッジとして連携する位置づけで, 町の復興計画に記載されている新規住宅団地も含め, より一体の市街地形成を図る。徒歩圏の居住地区をつないで, サービス人口を確保したインフラ整備, 交通システム運用を考える。

2) 提案の実現化

ニュービレッジ計画実現にはプロジェクト制の事業体制が必要であり, 町で閉じた帰還・移転方策に替わり, 町を超え連携する集中的な整備が可能である。県のイノベーションコースト構想(新生浜通りの骨格となる構想で, 国際廃炉研究開発, ロボット開発・実証等拠点施設, インフラ等が構想されている)は施設のみ先行しているが, 魅力ある居住地をセットで整備できれば, 居住・業務双方の需要を満たせる。分散型新エネ, 農的生活など, 先進的な生活の実現により全国・全世界に発信できる。

III. 計画学としての役割

1. 復興計画における学の貢献と諸問題

(1) 復興計画における学の貢献

復興計画の策定にあたって, 大方針が国の復興会議で定められ, 研究者の貢献も大きかった。例えば, L1(百数十年頻度)津波は防潮堤で防ぎ, L2(400~千年頻度)津波が防潮堤を乗り越えても人命が守られるよう避難するという大方針は, それまでの災害実績をもとに計画する方法を転換するもので, 今般のL2津波に対しては防災でなく, 多重防御による減災方針とした。

その他にも研究者の果たした役割を顧みると, 災害実態の解明(防潮堤の裏側の洗掘など), 津波シミュレーションの予測に基づく災害危険区域の設定, 復興計画案づくりワークショップのファシリテート等支援, 避難地等の実態・意向調査と提案, 復興計画の検討と問題点の指摘および提案などを見出せる。

(2) 復興計画の問題点

復興計画の問題点究明と改善提示は, 深化が求められるところであり, 現段階ではいくつかの観点から問題点を指摘しておきたい。

1) 防潮堤計画の総合性不足および高台移転

多重防御による減災の大方針は, 今般の津波に対して, 物的被害は覚悟のうえ避難により人的被害を最小化する計画概念であった。避難しやすい地形等の条件であれば, L1津波においても防潮堤の高さを地元の意向を踏まえて設定する柔軟性を含み, またそのような集落で高台移転するなら, 防潮堤は必要最低限の高さで済む。

しかし震災直後の4月1日に, 菅首相が高台移転の方針を表明し, それが基準となって流布したうえに, 防潮堤はL1高さを海岸線全体で確保する方針が定まった。したがって防潮堤によって防御される後背地から住宅が移転して災害危険区域に指定される事態となった(防災集団移転促進事業区域)。後背地の土地利用や市街地の規模, 地形を総合的に勘案して, 防潮堤の高さや配置を決定する, ないしはL1津波防御を前提とした防潮堤があれば, 後背地で中層ビルの適正配置を含む市街地再建計画が適切だった。すなわち明治三陸津波後の内務省復興方針のほうが計画論として優れていたのではないか。急峻な海岸の集落は高台移転, 平場の市街地は防潮堤の建設と市街地の再建という方針であった。

2) 補償の公平性

補償のあり方も, 公平性の点で問題があった。防災集団移転促進事業の対象になるならないで格差が発生するのを嫌うコミュニティでは漁業集落防災機能強化事業を選択する集落もあった。福島では, 精神的補償(10万円/月・人)の線引きによって, 地区内で大きな格差を抱えたところもあった。共通するのは, 影響の程度に応じた設定がなく, 0か1かの線引きの弊害である。移転補償や精神的補償は影響度等条件に応じて段階的に設定することで, 補償対象もより広げ, 公平性により近づける。

3) オーバースペックないしモラルハザード

復興計画事業費を国が全額負担するフレームを決定したことで, 過大な事業フレームに膨らんだ可能性がある。各市町村は国の予算が貰えるうちに, 国の計画方針に基づいて急いで事業計画を策定する事態に陥り, 各地の歴史文化や立地等の条件に基づいた主体的な計画というより, 国の指針に合わせて事業実施予算を確保する方向に向かった。仮に数パーセントでも地元負担を行うか, ないしは計画内容の一部を地元負担とする事業フレームであったら, あるいは地元の工夫を盛り込んだ柔軟な計画づくりを誘導する事業補助フレームであったら, 計画内容はどうなただろうか。復興事業により実現する街について, 今後, 学問的な検証を行うことで, 災害大国の復興における予算方針をもう一度見直す必要がある。

2. 復興計画の課題

(1) 復興計画制度の課題

復興庁が事業の縦割りの弊害を軽減するべく登場したが, よりよい仕組みの提案が研究課題として残っている。計画立案の主体が市町村であることは制度的に機能したけれども, 全国からの職員派遣が重要な役割を果たした。一方, 市町村が計画策定するにあたって, 前提とする諸条件を早期に立案決定できる, 復興庁よりも企画計画機能を高めた広域復興計画本部が必要で, ここに制度自体を特別に企画運用できる権限を持たせることが望ましい。

(2) よりよい計画策定および事業実施のために

計画の評価と要因分析をしたうえで、さらにその要因を乗り越え計画を統合的創造に向かわせることが重要である。先に指摘した計画内容の総合性不足(高台移転と防潮堤)、全体的に計画を統合的に調整する場の不足、計画事業における財政的負担の適切な自己抑制機能の不足などを解消するには、個別の対策よりも、より高次元な方策が求められる。

1) 専門的貢献が必要な事実究明

計画の実行にあたっては、事実関係の究明が大きな役割を果たす。同じ事実に基づいて論理を適用していくと、ほぼ同じ結論が得られる。したがって重要なのは、新たに事実を見出すことであり、ここに専門家の役割がある。専門家による事実究明は、計画の立案、採択、事業実行等の方法、実行の効果・影響など多岐にわたる。ことに事業の効果・影響は長期間の検証が必要である。

2) 計画案合意実行の方法論

今回の計画策定過程で、住民ワークショップが実施され、多主体の要求などを調整した計画案策定合意に寄与した。一方その場に提示する原案が果たす役割も大きい。また復興計画で実行可能な選択肢が限定され、原案として俎上に乗せるに至らなかった内容も多くあった。限定された条件の中で緊急に最善策に至る方法論が求められる。制度論に関する究明を踏まえて、事業フレームや制度の融通性の高い運用方法など、今後の課題である。

3) 優れた計画内容への方法

復興計画において優れた原案が提示された場合、その後の事業実行に効果があった事例、また原案が制度的に馴染まず採択に至らなかった事例などがあった。制度的に可能な範囲で、地元の創意工夫が備わった内容となる仕組みが欲しい。また、制度的な限度をしっかりと把握した状態で、計画案が策定できる方法論が必要である。多様な要求を調整して多くの当事者により多くの満足を与えうる計画づくりが求められる。手法としてはワークショップ、デザインガイド、創造性を発揮できる(パターンランゲージなど)計画策定指針、計画立案にあたって連携と総合性を発揮し得る体制の整備が想定できる。

3. 計画学の役割

(1) 実態の解明

計画によって実現する防潮堤や公園、港湾、市街地、高台の住宅地、さらに福島を除染、中間貯蔵施設、イノベーションコースト構想などの実態を究明していくことが計画学として求められる。このとき、物的実態のみでなく、実態をもたらしている制度や実施運用体制などに踏み込んだ究明が必要とされる。

さらには、長期ないし超長期にわたる実態を観測する代替策として、事実究明に基づいたシミュレーションが

重要である。例えばL2津波が堤防の性能を実証するのに400年以上待つのではなく、10年程度の実態データや実験結果を踏まえて、シミュレーションを活用することが重要である。福島の放射線量についても、同様にして実態究明に基づき長期間のシミュレーションをして、計画前提条件を究明することが重要である。

(2) 評価および検証

計画実行の結果を、コストベネフィット分析する方法もあるが、より総合的に自由な発想で評価すべき点を列挙し、組織的な討議を繰り返すのが適切と考える。計画の総合性を指標にすることも可能ではないか。

ロンドンのニュータウン計画は、初期にあった建築家が形を先行させる計画案づくりが反省され、その後、社会、財政、交通、環境など多くの識者の報告を蓄積し、総合的に計画内容を実施する方向へと深化した。さらに研究者がニュータウン政策を学問的総合的に評価した書物が発行されている。こうした検証が今後重要と考えられる。計画の妥当性評価、検証を学問として実行していくのが、都市計画研究者の役割である。

(3) 計画提案から事業実施までの仕組み

計画学としての重要な点は創造的提案に至る方法とその採択の仕組みを究明すること、数多ある計画行為を理論的に創造的内容に至るように導くこと、さらにもっと重要なのは、計画採択の仕組みを合理的に実現する方途を提示すること、予算を適切に配分する方法論の提示である。計画作成において総合性が不可欠であるとともに、計画実施体制の統合もなおさらに重要である。

(4) 計画市場、バザール(ネット空間)

以上に関連して最後に、ネット空間で実現されるのかも知れないが、市場やバザール(市場に加えより雑多な情報が交換される場)をモデルとする計画策定・事業実施のための場の創設を提案したい。そこに行けば計画案策定、制度創設や事業採択の交渉などが公開のもとで行われている場である。ここでは、関心のある内容(例えばブース)を選んで参加できて、必要な情報をもとに意見交換、支持の表明、さらに交渉へと進める。それらの過程は公開されて、その情報が関心の高さなどに応じて、学術誌から新聞、TVにまで行き渡ることがその後の成果を支える基盤となる。専門家による真実の究明と公表もこの場で自由に行われることはいうまでもない。

著者紹介



相羽康郎(あいば・やすお)

東北芸術工科大学 教授

(専門分野/関心分野)都市計画、景観形成、街並み、まちづくり/近未来、普通の構造、ランドスケープ

解説

見えてきた土木技術の役割

東日本大震災合同調査報告土木編 5

「原子力施設の被害とその影響」を踏まえて

電力中央研究所 大友 敬三

東日本大震災合同調査報告土木編 5「原子力施設の被害とその影響」が2014年8月に土木学会から刊行された。本解説では、まず、同調査報告内容を概説し、これらに分析・考察を加えた。次に、これを踏まえて原子力発電所の地震・津波リスクを低減するための原子力、機械、電気、建築、土木などの技術分野間連携における土木技術の役割、位置づけなどを論じた。

KEYWORDS: *Great East Japan Earthquake Disaster, reconnaissance report, civil engineering, nuclear power civil engineering, earthquake, tsunami*

I. はじめに

東日本大震災合同調査報告土木編 5「原子力施設の被害とその影響¹⁾」(以下では、特に断らない限りは土木編と記載)は2014年8月に土木学会から刊行された。なお、土木学会は合同調査報告のうち、土木編を含む8編の調査報告を幹事学会として担当している。筆者は2012年1月に組織された土木学会東日本大震災報告書編纂委員会委員兼幹事として土木編の編集主査を任じられ、土木編編纂作業に携わってきた。このような立場から筆者は、2015年2月13日開催の東日本大震災合同調査報告「原子力編」刊行記念合同報告会において、日本原子力学会、日本機械学会ならびに日本都市計画学会から刊行された原子力関連編と並んで土木編を報告する機会を得た。

東日本大震災報告書編纂委員会活動と並行して、土木学会では、原子力安全土木技術特定テーマ委員会活動が東日本大震災特別委員会(2011年4月~2012年3月)ならびに東日本大震災フォローアップ委員会(2012年6月~2013年6月)の傘下で進められた。同委員会では、原子力発電所被害の分析、原子力発電所の地震・津波に対

する安全確保のための提言策定、などについて調査研究が行われた。

同特定テーマ委員会の調査研究成果のうち、原子力発電所被害分析が土木編に反映されており、被災原子力発電所の事業者の方々に執筆いただいた。一方、原子力発電所の地震・津波に対する安全確保のための提言は、従来考慮されていた、基準地震動・津波に対する性能である「安全性」に加え、基準地震動・津波を超えるなどにより「安全性」が損なわれた場合の「危機耐性」を新たに性能として考慮することを提案するものであり、2013年7月に同特定テーマ委員会活動報告として公開²⁾している。また、本誌³⁾でもその内容を紹介している。

原子力発電所の地震・津波リスクを低減するには、原子力、機械、電気、建築、土木などの技術分野間連携が不可欠なことは言うまでもない。本解説では、土木編で報告された内容を概説するとともに、これらに分析・考察を加えた上で、これら分野間連携における土木技術の役割、位置づけなどを論じている。ここで論じる内容は、先に提言した原子力発電所の危機耐性を確保するためのいわば土木技術の具備条件として位置づけられる。

II. 土木編の構成

土木編は、東日本大震災における原子力発電所の土木施設(原子力土木施設)への地震や津波の影響ならびに放射性汚染廃棄物について、2013年3月時点で把握されている事実に基づき取りまとめられている。第1表に示すように土木編は、第1章 震災前の耐震設計、耐津波設計

Evolution of role of civil engineering in nuclear power plant safety learned from the Report on the Great East Japan Earthquake Disaster Civil Engineering Part 5: Damage to Nuclear Power Plants and its Radioactive Effects on Neighboring Area: Keizo OHTOMO.

(2015年4月30日 受理)

第1表 土木編の構成

| |
|---|
| <p>第1章 震災前の耐震設計, 耐津波設計のレビュー (土木関連)</p> <p>1 耐震設計審査指針の概要</p> <p>2 断層活動性評価技術</p> <p>3 津波評価技術</p> <p>4 基礎地盤および周辺斜面の地盤安定性評価技術</p> <p>5 屋外重要土木構造物の耐震性能評価技術</p> |
| <p>第2章 震災の事例と教訓</p> <p>1 女川原子力発電所</p> <p>2 福島第一原子力発電所</p> <p>3 福島第二原子力発電所</p> <p>4 東海第二発電所</p> |
| <p>第3章 放射性汚染廃棄物</p> <p>1 事故による環境汚染への取り組み</p> <p>2 国内外の関連する法律・基準・指針などの整理</p> <p>3 中間貯蔵の基本的考え方と状況</p> |

のレビュー(土木関連), 第2章 震災の事例と教訓, 第3章 放射性汚染廃棄物, から構成されている。

第1章では, 土木施設被災状況の理解に資するため, 東日本大震災以前の原子力土木施設の耐震設計や津波影響評価の考え方が整理されている。第2章では, 東北電力(株)女川原子力発電所, 東京電力(株)福島第一原子力発電所ならびに第二原子力発電所, 日本原子力発電(株)東海第二発電所などにおける原子力土木関連施設の被災状況が報告されている。第3章では, 東京電力(株)福島第一原子力発電所事故により, 環境中に放出された放射性物質がもたらした社会への影響に関して, 特に放射性汚染廃棄物に対して関係諸機関がどのように対処してきているかの観点から分析した結果が記載されている。これらのうち, 第3章については, 本誌で既に報告⁴⁾されているので, 本解説では, 対象外とした。

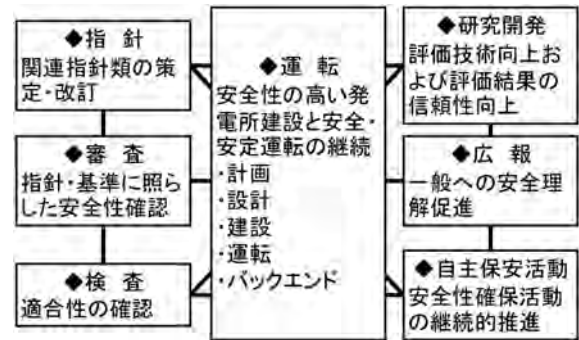
Ⅲ. 土木編「第1章 震災前の耐震設計, 耐津波設計のレビュー(土木関連)」

Ⅲ. では, まず, 原子力発電所への土木技術者の関わりについて簡単に触れ, 次に, 土木編第1章に見られる, 東日本大震災以前からの耐震設計, 耐津波設計の体系を解説する。

1. 原子力発電所への土木技術者の関わり

原子力発電所の立地・調査・計画・設計・建設・運用・保守などに関して, 土木技術者は第1図に示すように, 指針, 審査, 検査, 運転, 研究開発, 広報, 自主保安活動, などの業務に関わってきている。これらのうち, 他分野と協働する項目もあれば, 土木技術者が主体となる項目もある。主体となる代表的事項は, 指針, 研究開発における次のような分野; 地質調査・地震活動調査, 活断層評価, 津波評価, 重要構造物基礎地盤安定性評価, 周辺斜面安定性評価, 屋外重要土木構造物, などである。

これらの調査研究対象については, 土木学会原子力土



第1図 土木技術者の原子力発電所への関わり

木委員会において1980年代から継続的に調査研究活動してきており, これまでに技術分野ごとの委員会活動報告書が刊行されている。これらの報告書が参照される形で原子力発電所の耐震設計, 津波評価, などに関する民間技術指針(日本電気協会「原子力発電所の耐震設計技術規程/指針」⁵⁾)に反映されており, 国の審査要求に対する技術根拠として活用されている。

2. 土木技術が担う耐震設計, 耐津波設計の役割

第1章では, 章タイトルのごとく土木技術が主体的に関わる断層活動性評価, 津波評価, 基礎地盤および周辺斜面の地盤安定性評価, 屋外重要土木構造物の耐震設計, などの技術分野の現状が原子力土木委員会幹事ほかの関係者によりレビューされている(第1表)。

断層活動性評価では, 基準地震動策定に必要となる調査手法, 活断層認定方法, などが述べられている。津波評価では, 数値解析による津波高さ推計手法, 津波波力評価法, 海底地形変形, さらに確率論的津波ハザード評価, などが扱われている。基礎地盤および周辺斜面の地盤安定性評価では, 評価に必要となる地盤調査方法, 地盤特性の試験方法, 耐震解析手法, などについて解説が加えられている。屋外重要土木構造物の耐震設計では, 耐震設計に必要な耐震解析手法や評価基準値などが紹介されている。

「3 津波評価技術」では, 原子力発電所設計における津波評価の歴史について説明が加えられている(第2図)。これによれば, 1993年北海道南西沖地震津波被害を契機として, 1997年に国として津波対策が強化され, 2002年に土木学会より数値解析による津波高さ推計を中心とした「原子力発電所の津波評価技術」が刊行されたこと, などの経過が解説されている。同様な説明は, 「5 屋外重要土木構造物の耐震設計」において, 基準類の改訂が必要となる地震被害発生, コンクリート標準示方書改訂, などの動向を踏まえて屋外重要土木構造物の耐震設計技術が向上されてきたことが示されている。

以上のように, 第1章により, 原子力発電所における耐震設計や津波影響評価に関する土木技術の役割が明確に示されている。さらに, 断層活動性評価, 津波評価,



第2図 原子力発電所設計における津波評価の歴史
(土木編¹⁾より引用)

基礎地盤および周辺斜面の地盤安定性評価、屋外重要土木構造物の耐震設計、などの分野における技術体系の変遷を把握することができる。

IV. 土木編「第2章 震災の事例と教訓」

土木編第2章では、被災原子力発電所ごとに土木関連施設の地震の影響、津波の影響、ならびに復旧状況、などが述べられている(第1表)。津波の影響に関する記述は、今後、整備される原子力発電所施設の耐津波設計、津波リスク評価に向けた基礎資料になると考えられる。IV.では、これらを俯瞰して、1)地震の影響、2)津波の影響、3)復旧状況、などの観点から震災の教訓、再確認事項、今後獲得すべき土木技術、などを提示することを試みる。

1. 地震の影響

地震の影響については、1)既往地震被害事例に見られる被害形態、2)原子力発電所として初体験の被害形態、3)耐震裕度・対策等が発揮された事例、などの観点から分析している。これらの分析では、被災原子力発電所における地震観測記録に基づき、設計用基準地震動を超過するかあるいは相当する地震動作用下での事例を対象としていることになる。

1) 既往地震被害事例に見られる被害形態は、既往の国内被害地震において見られた公共土木構造物、産業施設、港湾施設、ライフライン施設、人工地盤、自然地盤、などの被害事例・被害モードと類似している事例を示す。また、2007年新潟県中越沖地震による柏崎刈羽原子力発電所における屋外施設と同様な被害事例も対象となる。このような被害形態としては、埋戻し土の不同沈下、構内道路の変状、一般設備基礎の沈下・傾斜、護岸のはらみ出し、などが挙げられる。このうち、埋戻し土の不同沈下は2007年新潟県中越沖地震による柏崎刈羽原子力発電所において経験した被害である。設計用基準地震動超レベルの地震動作用下においては、地盤に関わる部分で変状が生ずることは避けられないものと言え

る。

2) 原子力発電所として初体験の被害形態については、耐震設計では考慮されていない被害モードに加え、構造的被害は軽微または中程度であるものの、事故対応・復旧にあたっての弱点となった事例、などを含む。事例としては、地殻変動に伴い沈下したカーテンウォールや防波堤からの越波、発電所構外の工業用水導水管の破断、盛土崩壊による発電所内工事用電力鉄塔の倒壊、タンク類基礎ならびに周辺地盤の不同沈下、などが代表的である。

3) 耐震裕度・対策等が発揮された事例については、設計用基準地震動に対して耐震設計されていた安全上重要な土木構造物、2006年耐震設計審査指針改訂を踏まえた耐震安全性評価結果を踏まえた耐震裕度向上対策あるいは2007年新潟県中越沖地震による被害を教訓とした対策、などが該当する。安全上重要な土木構造物については、耐震性に影響を及ぼすような変状が見られなかったこと、排気筒支持鉄塔の鋼材による補強および制振装置(弾塑性ダンパー)設置改造工事が実施中であったこと(排気筒は健全)、2007年新潟県中越沖地震被害の教訓を踏まえて免震重要棟が設置されていたこと、などが具体例である。

以上で見えてきた3つの視点から土木施設への地震影響を踏まえると、今後求められる土木技術の役割は以下のようなことになろう。まず、設計用基準地震動相当の地震動作用下においては、発電所構内地盤の埋戻し部、構内道路、一般設備については、少なからずの変状や損傷を受けることは避けられない。これらについては、地震後も無損傷となるように耐震設計することは合理的ではない。むしろ、変状を許容してもアクシデントマネジメント時に施設や地盤の変状が復旧活動を阻害することがないように構造計画上で配慮することが求められる。

次に、構造的被害が軽微であっても安全系統上の上位設備に波及的影響を及ぼすような事象、復旧活動の障害となるような事象などに注意を払うべきであろう。このため、他分野と連携しながら、地震影響に対する原子力発電所内の潜在的弱点箇所を特定するとともに敷地内のみならず敷地外の周辺地域を見渡して発電所事故発生時対応の要所となる箇所(アクセスルート、復旧資材供給拠点など)の耐震性を高めることなどが必要である。

さらに、設計用基準地震動に匹敵する強地震動作用においても安全上重要な土木施設の耐震裕度が認められたことから、東日本大震災以前の耐震設計技術の妥当性が確認された。今後も耐震安全性向上のためのハード面での対策や原子力発電所リスク評価の観点から耐震裕度の定量化、などが求められる。

2. 津波の影響

津波の影響については、1)津波の水理(外力作用)、2)

津波の二次的影響(土砂移動・堆積、漂流物)、3)建屋等開口部からの海水浸入、4)耐津波裕度・対策が発揮された事例、などの事項に沿って分析している。

1) 津波の水理(外力作用)は、津波の浸水(高さ・深さ、時間、速度、圧力など)に伴う外力であり、波圧(静水圧、動水圧)、浮力などが含まれる。事例としては、防波堤(パラペット、透過防止工、消波ブロック、捨石など)の傾斜・損傷、重油タンクの移動・倒壊による重油流出、防波堤のパラペットや透過防止工の一部倒壊、取水路角落し口の蓋流出、などが挙げられる。

2) 津波の二次的影響(土砂移動・堆積、漂流物)は、津波に伴う諸現象であり、敷地内への津波漂流物集積による事故対応の支障、構内道路の洗掘、屋外トレンチ内への土砂流入・堆積、などが具体例である。

3) 建屋等開口部からの海水浸入は、津波水理によって構造的被害は伴わないものの流体挙動の結果、原子力発電所機器の機能に影響を与えたものであり、冠水による非常用海水系ポンプ設備ならびに非常用ディーゼル発電機などの機能喪失が代表的被災事例である。海水浸入要因や経路としては、海水系ポンプや非常用ディーゼル発電機が設置されている建屋周辺全域の浸水、海水ポンプ室貫通部から建屋への浸入、などが認められている。

4) 耐津波裕度・対策が発揮された事例については、サイトの津波評価等に基づいて実施されていた対応策、などの事例を含む。事例としては、津波想定の見直しを踏まえた海水ポンプ室津波対策工事実施(側壁嵩上げ、貫通部封止)、想定津波高さに対し余裕を見込んだ敷地への主要建屋・設備設置、引き波継続時でも必要冷却水取水が可能な取水設備構造、などが挙げられる。

津波影響に関する4つの視点に共通して求められる土木技術の役割は以下のようなことになろう。まず、震災前からの津波評価技術を背景として、津波影響評価の基本となる津波高さ推計については、土木技術が主体となることは言うまでもない。

次に、津波の二次的影響や海水浸入については、防波施設は土木主体としても、建屋開口部等、電源盤等の電気設備、ポンプ類等の機械設備、などが対象となることから、建築、機械、電気などの分野と連携してそれぞれの設備の機能に応じた耐津波設計技術を確立することが求められている。現在でも、日本電気協会「原子力発電所耐津波設計技術規程」⁶⁾策定、日本地震工学会「原子力安全のための耐津波工学の体系化に関する調査委員会」などの活動が進められている。この中で土木技術は、被災原子力発電所において耐津波裕度確保や津波対策の実施経験を基本として、津波波源評価、津波伝播・遡上解析、津波波力・漂流物評価、などについて主導的役割を果たす必要がある。

3. 復旧

復旧については、応急復旧、安定化対策に大別できる。このうち、安定化対策については、福島第一原子力発電所のように大量の放射性物質が環境中に放出されたことに伴う対応である。ここでは、むしろアクシデントマネジメントに関係が深い応急復旧面での復旧技術に焦点をあててみたい。

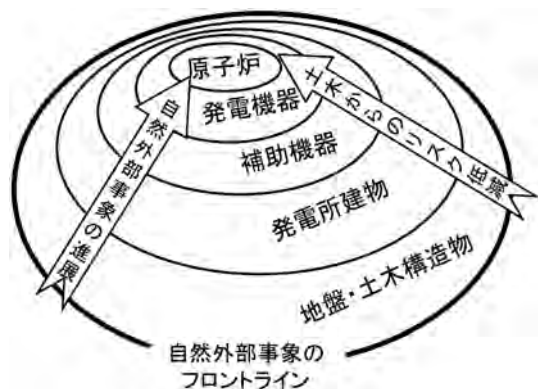
応急復旧には、以下の①～⑧のような土木復旧技術が駆使された：①発電所構外の工業用水導水管破断に対応した所内用水確保のための仮設ポンプ設置とコンテナ車20台による計7,700m³の水運搬、②発電所復旧作業のため、段差・不陸が生じた構内道路のアスファルトの剥ぎ取り、整形などによる通行機能維持、③地震・津波直後の土木設備被害状況把握の対応、④人・モノが絶対的に不足しかつ放射線による過酷な環境下での瓦礫撤去、⑤重機オペレーターの確保(協力会社・下請会社職員の方々の自主的な参画)、⑥事故対応メンバーの安否確認、⑧ケーブル類の道路下埋設(ケーブル・ホース布設と構内道路車両通行の輻輳回避)。

地震、津波に限らず、土砂災害、洪水災害が発生した場合には土木特有の施工技術を利用した土砂や瓦礫撤去等による原状復帰、施設の機能回復、物資輸送、ルート確保などの復旧が実施される。被災原子力発電所においては、構内道路が変状し、津波二次的影響による土砂や瓦礫が発電所構内に散在していたわけである。このように平常時と異なる様相の中で原子炉の冷温停止に向けた復旧が行われた。この結果を踏まえ、敷地内復旧に関する土木技術の重要性は再認識されるべきである。

V. 土木技術の役割の可視化

地震の影響、津波の影響、復旧、などの側面から、東日本大震災後の教訓としての土木技術の役割については、以下が主要な事項となろう：①一般設備の耐震計画上の配慮、②安全上重要な土木構造物の耐震裕度の定量化、③関連分野と連携した耐津波設計技術の確立における土木技術の主導、④アクシデントマネジメントにおける土木復旧技術の重要性の再確認。これらの事項を土木施設の耐震設計・耐津波設計技術体系に積み上げることにより原子力発電所の地震・津波リスクを低減するための土木技術の役割の全体像が浮き彫りされよう。

原子力安全以外の分野では、土木技術の位置づけはどのように見られているであろうか。土木学会エネルギー委員会エネルギーインフラ輸出小委員会活動報告(2014年4月)⁷⁾によれば、米国における原子力発電所建設プロジェクトでは、大手建設企業がリーダーとなって事業を遂行する形態が特徴であることが指摘されている。これは、プロジェクトに関するリスクについては、機電部門で扱うリスクよりも地質、地形、地下条件、自然条件関連などのリスクがプロジェクトに与えるインパクトが大きく、インパクトが大きいリスクに対処できる部門；す



第3図 土木技術の役割・位置づけの概念

なわち土木技術部門が中心となったプロジェクト遂行形態をとることが自然の流れであることによる。海外の原子力発電所プロジェクトのこのような論理に基づけば、地震・津波などの自然外部事象に対する原子力発電所リスク低減に土木技術が主体となる必然性が感じられる。

2014年5月22日に開催された土木学会エネルギー委員会エネルギーインフラ輸出小委員会活動報告会における基調講演「パッケージ型インフラ輸出への取り組みとその課題」(草柳俊二(高知工科大学))で紹介された図を参考にして、第3図のように土木技術の役割・位置づけを概念的に可視化することを試みた。第3図は、いわゆる原子力発電所の多重障壁の考え方を、原子力発電所を構成する主要な設備群を対象として拡張したものと考えてもよい。ここで、各分野の楕円面積の大きさは、発電所構内に占める物理的スペース、自然事象を扱う範囲の広さ、底面から楕円の重なり順序については、自然外部事象の発生、到達、影響の進展の順序、などと見てよい。また、地盤・土木構造物は自然外部事象へのフロントラインとなることを示す。

原子力発電所に影響を及ぼす規模の大きい地震・津波が発生した場合には、原子力発電所構内はプラント本体と敷地地盤を含めて全体が同時に影響を受ける。また、周辺地域も相当程度の被害を受けることも充分想定される。第3図の底面部分に地盤・土木構造物を位置づけたのは、原子力発電所の自然外部事象リスクの低減ならびに事故発生時のアクシデントマネジメントにおいて原子

力発電所の主要設備に関わる技術分野間連携を下支えしていくことが土木技術の使命であることを示している。

VI. おわりに

東日本大震災合同調査報告土木編5「原子力施設の被害とその影響」を踏まえ、原子力発電所の地震・津波リスク低減における土木技術の役割について考察した。自然条件が厳しいわが国において、原子力発電所の安定運転に貢献できる土木技術の役割あるいは他分野からの期待は、決して小さくはないはずである。

— 参考資料 —

- 1) 土木学会：東日本大震災合同調査報告土木編5 原子力施設の被害とその影響，2014.8.
- 2) 土木学会東日本大震災フォローアップ委員会・原子力安全土木技術特定テーマ委員会：原子力発電所の耐震・耐津波性能のあるべき姿に関する提言(土木工学からの視点)
<http://committees.jsce.or.jp/2011quake/node/158>.
- 3) 当麻純一：原子力発電所の耐震・耐津波性能のあるべき姿－土木工学からの視点－，日本原子力学会誌，Vol.55，No.8，pp.23-27，2013.8.
- 4) 河西基，藤塚哲朗，吉原恒一，勝見武，杉山修：福島第一原子力発電所事故に伴う放射性物質による環境汚染と放射性廃棄物処理・処分への取り組み，日本原子力学会誌，Vol.55，No.8，pp.10-22，2013.8.
- 5) 日本電気協会：原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2015/指針 JEAG4601-2015(発刊準備中).
- 6) 日本電気協会：原子力発電所耐津波設計技術規程 JEAC4629-2014.
- 7) 土木学会エネルギー委員会エネルギーインフラ輸出小委員会：パッケージ型インフラ輸出の促進に向けて～建設技術者が果たすべき役割～，
<http://committees.jsce.or.jp/enedobo/>.

著者紹介



大友敬三 (おおとも・けいぞう)

電力中央研究所
(専門分野/関心分野) 土木工学，地震工学，
原子力土木

水稲栽培における放射性セシウムの挙動

南相馬市における現地試験の報告

福島特別プロジェクト クリーンアップ分科会,
東北大学 佐藤 修彰

クリーンアップ分科会が南相馬市で平成23年から実施してきた代掻き試験や水耕栽培試験について、現地試験の概要と土壌や稲や玄米中のセシウムおよびカリウムの放射能測定結果から、放射性セシウムの移行挙動を明らかにし、カリウム施肥やゼオライト添加によるセシウム低減効果を検討した。

KEYWORDS: *paddy field test, radioactive cesium, decontamination, potassium fertilization, zeolite addition, brown rice, plowing, threshing, polishing*

I. はじめに

日本原子力学会福島特別プロジェクトのクリーンアップ分科会では、福島第一原発事故に関して環境修復や地域復興のため、モニタリングおよび環境修復に関する提言や、除染技術および仮置場に関する情報提供、水田における修復技術実証のための現地試験、地域との対話などを行ってきた¹⁻³⁾。特に海外の知見が乏しい水耕田を対象とする除染について、南相馬市の水耕田を利用した現地試験を行い、水耕田における放射性セシウムの挙動と除染について検討してきた⁴⁾。水耕栽培における除染技術を第1表に示す。技術の難易度、農家への負担、効果の程度を考慮すると、耕起や代掻き、施肥を対象とし

第1表 水耕栽培における除染技術

| 番号 | 名称 | 方法 | 備考 |
|----|---------------|--|----------------|
| ① | 耕起 | 機械や手作業により土壌を掘り起こし、表土中のCs濃度を下げる。 | 安価 汚染物発生無 |
| ② | 表土剥ぎ取り | 表土に沈着しているCsを剥ぎ取りにより除去する。 | 深さの程度 二次汚染物 |
| ③ | 代かき | 代かきにより濁水とし、強制落水によって、Cs付着粒子を除去する。 | 排水等の処理 |
| ④ | 土壌洗浄 | 土壌鉱物や土壌有機物中のCsを洗浄溶液で剥ぎ取る。 | 現地作業 土壌を戻す。 |
| ⑤ | ファイトレメディエーション | Csを吸収しやすい草木の栽培・刈取りにより除去 | 低効果 二次汚染物処理 |
| ⑥ | 施肥 | K(抑制)やNH ₃ (促進)の施肥により作物へのCsの移行を制御 | 安価 |

Behavior of Radioactive Cesium through Paddy Field Works : Fukushima Special Program Project, Clean Up Sub Committee, Nobuaki SATO.

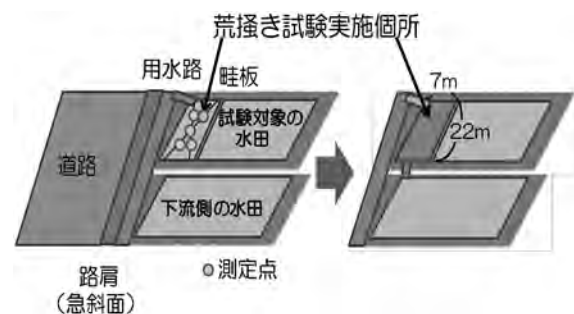
(2015年4月10日 受理)

て、現地試験の必要性が考えられた。そこで、JA そうまや南相馬市のご協力により、同市の試験田において平成23年から26年まで代掻き試験や水耕栽培試験を行い、稲や玄米へのセシウムの移行挙動やカリウム施肥による除染効果について検討してきたので、報告する。

II. 現地試験の概要

1. 代掻き試験

代掻き試験は、平成23年に福島県南相馬市馬場広畑地区における水田(10m × 50m)にて行った(第1図)。福島第一原発より20km圏外であるが、30km圏内にある。当該水田の近くには水源となるため池があり、用水路から田へ取水し、排水路へ排水する構造となっている。水田の状態は乾燥しており、ひざ丈程度の草が茂っていた。8月、9月および11月の3回実施した。8月は試験水田の草刈り後、耕起前後の空間線量率測定および土壌サンプリングを行った。また、代掻き前後の空間線量率の測定を行い、農作業従事時の被ばく線量低減効果およ



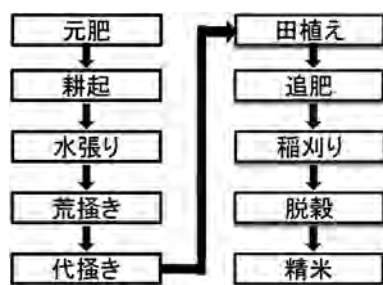
第1図 代掻き試験実施箇所

び概略の土壤の除染率を確認した。耕起後、水張りして、代掻き(荒掻き)を行い、続いて排水および土壤サンプリングを行った。9月は2回目の荒掻き試験を実施し、土壤および排水のサンプリングを行い、11月は用水等のサンプリングを行った。採取した試料は分析機関(東北大および東芝)において、Ge半導体検出器により¹³⁷Csおよび¹³⁴Csの放射能を測定して、放射性物質濃度を求めた。測定結果より耕起による放射能低減効果や代掻き試験における除染効果について検討し、2次廃棄物となる懸濁物質を含む汚染水や土壤の粒度分布、主要鉱物分析、沈降速度の情報を得た。

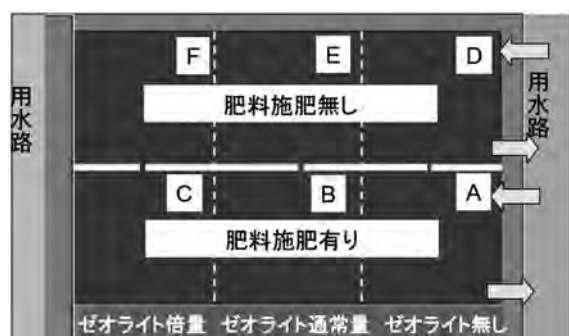
2. 水耕栽培試験

平成24年度からは水耕栽培試験を福島県南相馬市馬場広畑地区における試験水田(20m×50m)にて行った。水耕栽培における各工程を第2図に示す。

毎年、5月から10月にかけて田植え、施肥、稲刈り、脱穀、精米の作業を実施した。各工程において、空間線量率測定および土壤および稲、水のサンプリングを行った。ゼオライトは耕起時に混ぜ込むほか、代掻き後に散布した。当該試験田における栽培条件を第3図に示す。当該水田の近くには水源となるため池があり、用水路から田へ取水し、排水路へ排水する構造となっている。水田をカリウム施肥有無により2区画に、さらにそれぞれについてゼオライト散布無、通常量および2倍量散布とし、A~Fの6区画とした。それぞれの区画について、施肥やゼオライト散布時の土壤、稲等を採取した。稲刈り後には脱穀を行い、玄米とくず米に分けた。玄米はさらに精米とぬかに分けた。採取した試料は分析機関(東北大および東芝)にてGe半導体検出器により¹³⁷Csお



第2図 水耕栽培試験工程



第3図 平成24年度の水耕栽培試験田区割図

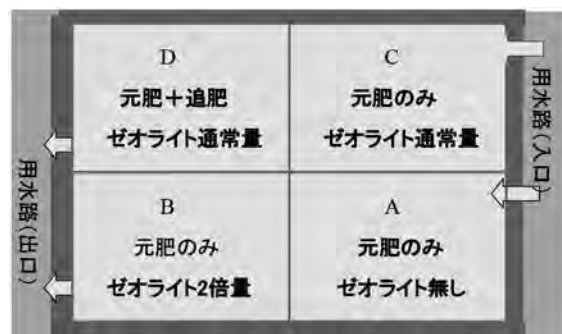
び¹³⁴Csのγ線を測定して、乾燥重量当たりの放射能濃度を求めた。結果よりゼオライト添加やカリウム施肥による放射能低減効果や代掻き試験による除染効果について検討し、放射性セシウム移行挙動や除染に関する情報を得た。平成24年度で追肥の効果がみられなかったため、平成25、26年度では、元肥を基本とし、ゼオライト量を変えた第4図のような4区画に分け、試験を行った。

さらに、平成24年度はイノシシによる稲の倒壊、破損等の被害が顕著であったため、翌年以降は第5図に示すように、試験田周辺に電線を設置してもらい、被害もなく、稲を収穫することができた。しかし平成26年度では、収穫した稲を乾燥していたビニールハウスがイノシシに襲われ、脱穀後の試験米が数十粒にとどまった。

III. 試験結果

1. 代掻き試験における放射性Csの挙動

代掻き試験は、試験田において耕起、荒掻き、代掻きの工程を実施した。耕起後、簡単な畦を整備し、水張りして、荒掻きを経て代掻きを行った。代掻き試験で排出した濁水の放置後の測定で、水にはセシウムが含まれず、分離した土壤粒子にほとんどのものがあつたこと、このことからセシウムは土壤中の粘土微粒子に吸着していると考えられる。代掻きにより粘土微粒子を浮遊・懸濁させ、排水による試験田からの除去を試みた。代掻き後の排水中の¹³⁷Cs濃度の時間変化を第6図に示す。排



第4図 平成25、26年度の水耕栽培試験田区割図



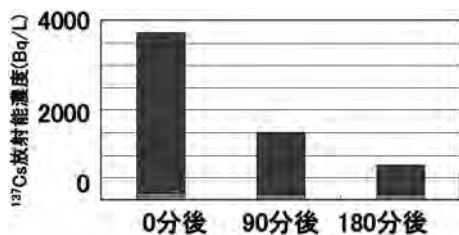
第5図 平成25、26年度に実施したイノシシ対策

水前に 3,500Bq/L あった濃度は 90 分後には 1,500 Bq/L, 180 分後には 750Bq/L と 1/4 以下となり, 排水は田からの放射性セシウムの除染には効果があることがわかった。

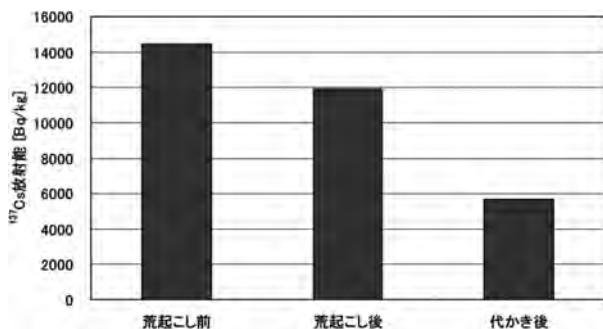
次に, 荒起こし, 水張り, 代掻きの作業を行った際の各工程における土壌中の¹³⁷Cs 濃度の変化を調べた。結果を第 7 図に示す。荒起こし前には土壌中の¹³⁷Cs 濃度は 14,000Bq/kg であったが, 荒起こし後には 12,000 Bq/kg となり, 15% 程度の低減が見られた。これは, 荒起こしにより表土に吸着された¹³⁷Cs が内部の土壌と混合により希釈されたことを示している。荒起こす土壌の深さにより, 浅耕より深耕の方が放射性セシウム低減に効果が大きい。さらに, 代掻き後には 6,000Bq/kg 以下となり, 60% 以上も低減した。このように, 荒起こしや代掻きといった通常の水耕栽培の方法により, 土壌中の放射性セシウムの低減に効果があることが分かった。

2. 水耕栽培試験におけるセシウムの挙動

平成 24 年からは試験田を利用した水耕栽培試験を行った。試験田の平均放射性セシウム濃度は 5,400Bq/kg であり, 昨年度の代掻き試験田の 10,000 超 Bq/kg と比べて半減していた。¹³⁴Cs の崩壊と, 風化等気象による放射性セシウムの移動が考えられる。平成 25 年度の試験田の区画(A, B, C, D)から採取した土壌中のセシウムおよびカリウムの放射能濃度を測定した。また, 平成 26 年度試験田からは 2 区画に分けて土壌を採取した。平成 25 年度土壌の平均セシウム濃度は 3,000 Bq/kg 程度であり, 26 年度土壌では約 2,500Bq/kg であった。平成 23 年および 24 年の土壌ではそれぞれ 14,000, 5,400Bq/kg であった。土壌中の放射性セシウム濃度は 3 年目まで大きく減少するものの, それ以降は



第 6 図 代掻き後の排水中¹³⁷Cs 放射能濃度の時間変化



第 7 図 荒起こし前後, 代掻き後の土壌中の¹³⁷Cs 放射能濃度変化

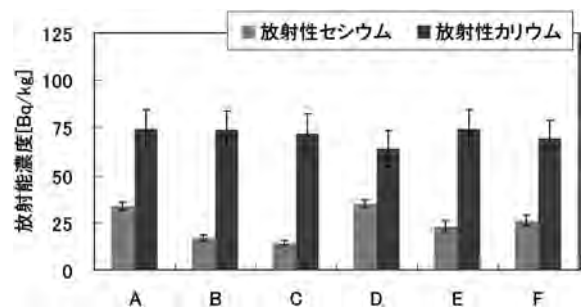
半減期が 2 年である¹³⁴Cs の寄与が低下し, 徐々に減少したことがわかる。

平成 24 年度では試験田を施肥の有無やゼオライト添加量により 6 区画に分けて試験した。乾燥, 脱穀後, 藁および根に分離し, また, 脱穀時に回収したもみ殻について放射能セシウム(¹³⁴Cs および¹³⁷Cs)の放射能量を第 2 表に示す。もみ殻や藁の放射性セシウム量は 100~200 Bq/kg であり, 水洗い後の根には 2,000~3,000Bq/kg と 10 倍程度であった。試験田の土壌中のセシウム放射能濃度は 5,000Bq/kg 程度であり, 根および藁等への移行率はそれぞれ, 60%, ~2% 程度であることがわかる。また, A, B, C と D, E, F とを比べると, 前者の方が若干放射能濃度が低い。施肥により, カリウムに対するセシウムの比が低下し, セシウム吸収が抑制されたと考えられる。他の報告例⁵⁾と同様に元肥では顕著な低減効果が見られ, 追肥では低下した。さらに, 過剰のカリウム添加は米の味を低下させるという農業従事者からの貴重な意見があった。一方, A, B, C 間でゼオライト添加量による顕著な差はみられなかった。

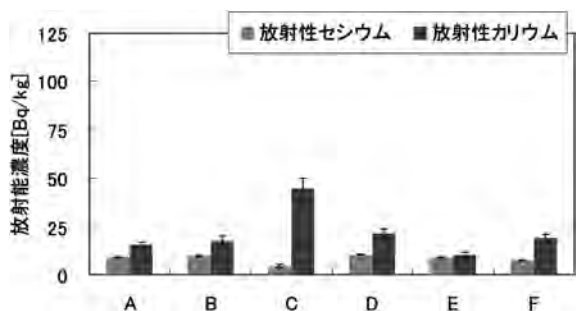
次に, 平成 24 年に得られた脱穀後の玄米について, 放射性セシウムおよびカリウムの放射能測定の結果を第 8 図に区画ごとに比較して示す。この図をみると, ⁴⁰K の放射能が 75Bq/kg 程度あるのに対して, セシウムの放射能は 15~30Bq/kg 程度と低いことが分かった。また, セシウムの放射能濃度は, 施肥有りの場合(A, B, C)の方が無しの場合(D, E, F)より少し低いようである。この場合, 両者間のくず米発生率は前者で 4.9%, 後方で 6.3% であった。このことは施肥により米の成長が促進されていることを示すとともに, 1 粒あたりの重量が重

第 2 表 もみ殻, 藁および根のセシウム放射能濃度(Bq/kg)

| 区画 | 施肥 | ゼオライト | もみ殻 | 藁 | 根 |
|----|----|-------|-----|-----|------|
| A | 有 | 無 | 137 | 189 | 2844 |
| B | 有 | 通常量 | 117 | 141 | 2667 |
| C | 有 | 2倍量 | 105 | 156 | 1836 |
| D | 無 | 無 | 185 | 187 | 2090 |
| E | 無 | 通常量 | 115 | 180 | 2013 |
| F | 無 | 2倍量 | 153 | 152 | 1878 |



第 8 図 玄米中の放射性セシウムおよびカリウムの濃度



第9図 精米中の放射性セシウムおよびカリウムの濃度

くなると、単位重量あたりの比放射能は低下することも意味しており、施肥による放射性セシウム吸収抑制も含めて検討する必要がある。結果として、くず米の場合にはkgあたりの比放射能は、玄米に比べ高い値を示した。

玄米から得られた精米中の放射性セシウムおよびカリウムの濃度を第9図に示す。いずれの場合にも放射性セシウムの量は10Bq/kg以下である。精米により放射能濃度はセシウムよりもカリウムの方が大きく減少しており、このことは、ぬか、つまり玄米の表皮の方にカリウム等の栄養素が濃集していることと対応していた。

第3表には、平成25年度の水耕栽培試験において各区画から得られた玄米、くず米、精米およびぬか中の放射性セシウム濃度を示した。玄米よりくず米の方が高い傾向がみられている。また、精米よりぬかの方に放射能が濃集しており、玄米の表面部分にセシウムが濃集していることを示唆している。このことはカリウムについても同様の傾向であった。A, B, CおよびD区画の数値を比較してみると、有意な差はみられず、ゼオライトの添加量や、追肥については、顕著な効果が見られなかったことがわかる。さらに、土壌から玄米への放射性物質の移行については、セシウムの場合は1%以下であったが、カリウムの場合には4~10%と高い値を示した。平成26年度の水耕栽培試験においても同様の結果が得られた。

IV. まとめ

以上、クリーンアップ分科会が福島県南相馬市にて行ってきた4年間の水耕栽培試験の結果について報告した。土壌中の放射性セシウム濃度は4年前に比べると半分以下である。カリウム施肥については元肥の効果がみられたものの、追肥ではみられなかった。ゼオライト添加についても顕著な効果が確認されなかった。さらに土壌から玄米へのセシウムの移行率が1%程度であること

第3表 玄米、精米等のセシウム放射能濃度(Bq/kg)

| 区画 | 施肥 | ゼオライト | 玄米 | くず米 | 精米 | ぬか |
|----|-------|-------|----|-----|----|-----|
| A | 元肥 | 無 | 41 | 68 | 27 | 256 |
| B | 元肥 | 2倍量 | 27 | 16 | 7 | 174 |
| C | 元肥 | 通常量 | 47 | 59 | 13 | 209 |
| D | 元肥+追肥 | 通常量 | 38 | 99 | 12 | 209 |

や、カリウムの移行率の方が高いことがわかってきた。今後も引き続き、現地における水耕栽培試験を実施し、放射性セシウムの移行挙動の経年変化を報告する。

本試験の遂行にあたり理解と協力を賜りましたそうま農協ならびに農家の方にお礼申し上げます。

クリーンアップ分科会現地試験参加メンバー(敬称略)
秋山大輔, 新井里枝, 藤井靖彦, 井上 正, 梅田 幹, 鴨志田 守, 菊池孝浩, 桐島 陽, 三倉通孝, 田中 知, 長岡 亨, 藤田智成, 藤田玲子, 松村達郎, 三島 毅, 山下雄生, 下田千晶 他

— 参考資料 —

- 1) 井上正, 藤田玲子, 「クリーンアップ分科会の活動」, 日本原子力学会誌, Vol.54, No.1, 55-56(2011).
- 2) クリーンアップ分科会, 「福島第一原子力発電所の事故に起因する環境回復に関する提言」(平成23年6月8日).
- 3) N. Sato, M. Saso, M. Umeda, Y. Fujii, K. Amemiya, "Agricultural Approaches of Remediation in Outside of the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station", Proc. Global2013, No.8369, Salt Lake City, UT, (2013).
- 4) クリーンアップ分科会, 「福島特別プロジェクト活動と今度の展開, II クリーンアップ分科会の活動」, 日本原子力学会誌, Vol.56, No.3, 74-76(2014).
- 5) 太田 健, 「水稲の放射性セシウム吸収抑制対策」, 日本土壌肥科学雑誌, Vol.85, No.3, 90-93(2014).

著者紹介

佐藤修彰 (さとう・のぶあき)
東北大学多元物質科学研究所
(専門分野)核燃料工学, アクチノイド化学, 素材プロセス
セシウム, 福島第一原発事故に関して, サイト内の燃料デブリ処理関連研究とサイト外におけるクリーンアップ分科会活動など環境修復活動に従事

原発事故の避難がもたらした健康被害

防ぎ得る2次災害を繰り返さぬために

相馬中央病院 越智 小枝

原発事故のもたらした実際の被害は、放射線による健康被害よりもはるかに大きく、複雑である。特に避難計画の不備のもたらした健康被害につき、包括的な視野に立った評価は未だなされていない。原発再稼働の賛否が議論される中、私たちは放射線に拘泥するあまり何を見失っているのだろうか。筆者が福島県相馬市に暮らし、そこで働く人々から得た知見をもとに、原発事故の避難がもたらした実際の健康影響につき述べてみる。

KEYWORDS: *Nuclear Disaster, Mass evacuation, Health, Disaster risk reduction, Public Health*

I. はじめに

原子力発電所の再稼働がいよいよ現実味を帯びてきた、という話をよく耳にする。私自身は実際の状況を知る立場にないし、誰がそれを決定するのかも知らない。

再稼働についての賛否を議論することももちろん大切であろう。しかし、災害公衆衛生を学んだ者から見れば、「人々が賛成しようが、反対しようが、起こる時には起こってしまう」という意味において、原発再稼働および原発事故とは、一般人にとっては自然災害に近い。

また、もし日本の原発が再稼働しなかったとしても、世界には数多くの原発が稼働している。このような状況で我々ができることは、福島で得られた経験と知恵をもとに、未来へ備えることしかないのではないだろうか。

原発再稼働に「備える」ということは、すなわち原発事故に対する適切な対策を策定することを意味する。今回、福島第一原発事故の際には、避難計画の不備がもたらした「2次災害」により多くの人命が失われた。この被害者数は、これまでに報告されている放射線被害の被害者数をはるかに上回る。しかし、議論が放射線に拘泥するあまり、多くの健康被害が原子力関係者に知られることなく看過されている現状がある。

原発事故の「防ぎ得た2次災害」を防ぐため、我々は福島の実例からどのように学び、対策を強化すべきなのだろうか。緊急避難、長期避難の及ぼす健康被害を例にあ

げ、検討してみたい。

II. 避難区域設定による被害

原発事故の直後より、政府は原発からの同心円を描き、3段階の避難区域を設けた。半径20km圏内の警戒区域、20~30km圏の緊急時避難区域、そして30~50km圏の計画的避難区域である。警戒区域は、いわゆる強制退避が行われた区域、緊急時避難区域は屋内退避指示が出された区域だ。

しばしば議論になるのは、避難区域を「同心円状」に描いたという点、そして20kmという距離が妥当であったかという点であろう。しかし、この区域設定の非合理性については本稿では割愛する。なぜなら、住民の健康に甚大な被害を与えたのは、設定方法自体の問題ではないからである。

むしろ今回の2次災害を防ぎ得なかった大きな要因は、避難区域というものに対する2つの誤解であったと考える。

第一は、警戒区域を設定した際、その地域の住民が一斉に、同条件で避難できるという誤解。第二は、緊急時避難区域が、ボーダーラインとしてきれいに区切ることができるという誤解である。

1. 警戒区域に忘れられた弱者

避難区域により自治体が分断された福島県南相馬市では、震災の後も救急隊の方が全員被災地にとどまり、事故の後も救急搬送が機能していた。自身も被災者であった救急隊員の活躍にはあらためて深謝したい。

Health Impact Caused by a Nuclear Disaster : Preventable Deaths and Illnesses : Sae OCHI.

(2015年4月14日 受理)

その救急隊の記録によれば、避難区域設定の後1週間の間に、「警戒区域内」からの救急車要請が6件もあったという。このことは、政府の避難指示が現場では徹底されていなかった、という事実を端的に示している。

特に、警戒区域に残った多くの者は、自分の意志でとどまった者ではないという点は留意されなくてはならない。

災害の影響を受けやすいのは、いわゆる情報弱者と呼ばれる人々である。例えば、耳の遠い高齢者などは、避難勧告に気づかず集団避難の際に取り残されやすい。また、寝たきりの高齢者や在宅人工呼吸器使用者のように、介助者の助けがなければ家の外にすら出られない人もある。なにも分からないまま避難されたご家族の中には「動けない家族の枕元に食料を置いて避難した。避難した後で、帰ることもできない状態であると知った。」

などと語られる方もあった。

避難勧告は、個々の住宅の扉を開けて確認されたわけではない。よしんばその場に被介護者がいたとしても、彼らの手で全員を救出することは不可能であったであろう。

救急車を呼ぶことすらできず自宅で孤独死を迎えた方が20km圏内に何人いたのかは不明である。しかし、このような孤独死は警戒区域に限った問題ではなかった。人の立ち入りが許された区域でさえ、「忘れられた弱者」が存在したのである。

2. 屋内退避指示による混乱

強制退去以上に社会的混乱を引き起こしたのは、20~30km圏内の緊急時避難区域に出された「屋内退避指示」であった。

屋内に避難することで放射線の外部被ばく線量は劇的に下がるということを考えれば、これは科学的に見れば妥当な指示であったかもしれない。しかし現実社会で起きたことは、甚大な社会パニックであった。

例えば避難区域設定の後、ほとんどの外部業者は原発から半径50km圏内にスタッフが入ることを禁止した。スタッフ自身が放射線に対する恐怖のため拒否した例もあれば、職員の安全管理という義務を遂行するために会社側が指示した例もあるだろう。いずれにせよ政府とマスコミの情報への不信の中、民間企業が政府指示よりも広く避難区域を設定するのは当然の反応であったといえる。

その結果、20~30km圏内の緊急時避難区域では、人の居住が許されていたにもかかわらず流通が完全に遮断された。日々の食料すら手に入らない状況の中で、さらに追い打ちをかけたのはガソリンの流通停止であった。電気・水道が通じ、法的に居住が許された区域でありながら、緊急時避難区域は現実問題として生活が許されない

地域に陥ったのである。

「今逃げなければ逃げ遅れる」、その恐怖心が更にパニックを助長し、結果として、緊急時避難区域の住民のうち、避難できる者はほぼ全員が避難を決断したのである。

そのような中、取り残されたのはいわゆる災害弱者、すなわち情報弱者である独居老人、車を持たない人々、および病院入院中の患者とその職員などである。

当時、南相馬市に勤務していた医師は、次のように語っている。

「震災後1か月の間、半径30km圏内の南相馬市の検死業務をほぼ一手に引き受けました。ご自宅や自宅のすぐ外で、食料がないために衰弱死されている高齢者も何人も見ました。」

III. 避難行動による被害

このように取り残された災害弱者がいる一方、避難した者の間にも多くの2次災害が起きた。特に問題となったのは高齢者への健康影響である。

これまで明らかになっている主な問題点は、施設患者の避難時の問題、慢性疾患患者の医療アクセス喪失、そして健常高齢者の長期避難の問題である。

1. 入院患者避難の影響

社会的パニックの状況下においては、多くの老健施設は患者の移動を、マットレスなどの装備もない一般車で行わざるを得ない状況であった。マイクロバスの座席に横になった状態で長距離を避難された患者の中には、移動途中で亡くなられた方も大勢いる。

また、日本は病院施設の6割が、いわゆる私立病院であり、緊急時に公的機関の援助を速やかに受けられない可能性が高い。筆者が話を聞いたどの病院においても、車の手配や患者受け入れ先の確保は、病院スタッフが個人の人脈を使って行わなくてはならなかった。県外に知己の少ない病院は搬送先の決定に相当時間を要し、更に搬送途中でも被ばくサーベイや渋滞などにより行く手を阻まれ、毛布や水などの装備もないまま10時間以上をかけて患者搬送を行わなくてはいけない状態であった。国会事故調の報告によれば、病院避難の際、搬送先病院に到着する前に亡くなった患者の数は40名あまりに上るという¹⁾。

それだけでなく、到着後も施設間の不十分な申し送りや急激な環境変化により患者死亡率が増加したことが報告されている。長期入院中の高齢者は、食事の形態や介助方法が変わっただけでも物が食べられなくなる方もいる。長期に同じ姿勢を取って搬送された場合には、褥瘡や誤嚥性肺炎の危険も増す。

例えば、震災時に南相馬市から避難した7つの長期療養施設の患者を追った野村らの調査²⁾によれば、避難後

1年間における患者死亡率は、避難前と比べ2倍以上に高まったとのことである。

2. 慢性疾患患者避難の影響

またこのようなパニックの中で、基礎疾患のある患者、適切な治療さえ受けていれば日常生活を送れた多くの方々が、医療サービス不足による健康被害を受けた。一番顕著であったのが、人工透析患者である。

私の勤務する相馬中央病院でも、震災後、数日断水が起き、透析器を回すための水不足が深刻であったという。

「幸い国道の向こう側までは水が通っていたので…病院に給水車が着いた時には、その水を全て透析に回しました。」

病院スタッフが当時のことを思い返す。

「症状の安定している方は透析の間隔を少し長くしてもらったりもしました。南相馬方面から透析患者さんが避難されてきて、透析器が回りきらなくなったためです。南相馬だけではなく、岩手の方から、車で透析施設を探しながら沿岸部を延々南下してきた方もいらっしゃいました…。」

特殊医療が必要だったのは透析患者だけではない。在宅酸素療法、経管栄養の必要な高齢者、更に基本的な糖尿病や高血圧の治療薬もまた、中断によって健康を害しうる。外部委託業者の入ってこない避難区域で在宅酸素の患者が全員無事であったのかどうか、これに関する報告は得られていない。

実は、このような慢性疾患患者の健康問題は、集団避難の起こる大災害に共通する問題である。筆者らが行った国内外論文のレビュー³⁾においても、東日本大震災後の医療ニーズは慢性疾患診療が大きな割合を占めた。東日本大震災に関わらず、近年の大災害では医療機器の喪失(常用薬だけでなくアレルギー止めなどの非常薬、眼鏡や入れ歯、杖などの補助具も含め)による健康被害が多数みられる⁴⁾。実際に東日本大震災において、宮城県などの沿岸部も治療薬を家に置き忘れたことによる「薬難民」が多数出たが⁵⁾、不十分な準備の下に一齐退去が行われた福島の避難民の間でもこの状況は同様であったであろうと考える。

3. 長期仮設住宅避難の影響

元々基礎疾患のある方だけでなく、従来健康であった高齢者もまた、仮設住宅への長期避難生活により健康被害を受けている。

仮設住宅が引き起こす健康リスクは様々である。最も重要な要因として、生活活動度の低下が挙げられる。平屋で30m²しかない仮設住宅では屋内での活動性が非常に低下する。それだけでなく、仮設住宅の地理的な環境もまた活動性低下の要因となり得る。例えば高齢者の活

動性を保つためには、飲食店、食料品店やコンビニエンスストアなどへのアクセスが高いことが重要であると報告されている^{6,7)}。すなわちコミュニティから離れたところに位置し、店へのアクセスの悪い仮設住宅では住民が車依存的な生活になり、活動性が極端に落ちる可能性がある。また海辺から山の中の仮設住宅に避難された住民の中には「猪やマムシが怖くて外に出られない」という者もあった。

そのような運動不足の結果は、震災1年後の2012年に相馬市で行われた運動器健診に如実に表れた。仮設住宅に住む65歳以上の住民は、自宅に留まった者に比べ、開眼片足立ちテストの低下リスクが5倍以上である、という結果がみられている(筆者ら投稿中データ)。一方で仮設住宅住民の握力は他の住民よりも有意に強い結果であった。仮設住宅住民の多くが元々農業・漁業従事者であったことを考えると、元々筋力の高い1次産業従事者が、仮設住宅での生活により急速に下肢筋力低下を来している、という現状がうかがわれる。

避難生活は、食生活もまた変化させる。それまで食物のほとんどを地産地消していた相馬地区では、「スーパーの魚や野菜は高くても買わない」などという方も多い。また、仮設住宅からスーパーマーケットまでの距離が遠いため「買いだめ」をした結果、生鮮食品の摂取率が下がるなどの問題もあり、野菜不足、肉食に偏った食生活を招いている。更に、放射能を心配するあまり、たとえ市販のものであっても魚や野菜、きのこ、果物など、本来健康に良い食材を控える人々もある。相馬市の健康診断では、仮設住宅住民は他の地域の住民と比べ高血圧や糖尿病、肥満の割合も高いという結果であり⁸⁾、長期の避難生活によりこのような慢性疾患が増加することが懸念される。

最後に、精神面への影響がある。災害による喪失体験はうつ状態を惹起することが知られているが、今回の原発災害においては、強制避難による財産の喪失だけでなく、1次産業が停止することにより、農業・漁業従事者の多くが職を失った。それに加え、長引く被災生活が大きな精神的ストレスとなっている。例えば筆者が仮設住宅健診に参加した際、「外に散歩に出たら帰る時に自分の住んでいる家を見なくてはいけないので、ほとんど外には出ない」

などという言葉も聞かれた。長期避難が精神的な健康被害を引き起こしている一例である。

IV. 福島で避難計画を立てる難しさ

これまで、福島第一原発事故後に起きた避難に伴う健康被害につき、概要を述べた。これらの事例を踏まえて、避難計画は改善されたのであろうか。残念ながら、否、と言わざるを得ないのが現状である。

例えば、私の住む相馬市には、公園や学校などの公共

スペースに NaI シンチレーターによる空間線量の測定器が設置されている。住民の方々が今、この地域の汚染度がどの程度かを即時に知ることができる、という意味で大切な取り組みである。しかし、この数値をどのように活用するかについて、これまでのところ何の指針も示されていない。つまりこの値が何 mSv/h を超えたら住民、特に子供たちが避難を考えるべきなのか、という行動指標は立てられていないのである。

この指標を立てることの困難さは、浜通りに暮らす人々が一番よく知るところであろう。

「仮に科学的知見に立った上で、『XXXSv で避難を』という目安が立ったとする。しかし実際にはその指標値までじっと待つ住民はいないだろう。」

相馬市長である立谷秀清氏は、数値目標の重要性を認識した上で、その問題点を語っている。

「実際には設定値よりかなり低い段階で自主避難が始まり、再び災害弱者を置き去りにする事態が起きることは想像に難くない。屋内退避指示の混乱を見ているからこそ、行動指針はなかなか出せない。」

シンチレーターをはじめ、福島で放射線サーベイランスを行うということは、そのような矛盾を抱えているのである。

V. 福島から学ぶこと

これらの事例を踏まえ、私たちは福島から何を学ぶことができるのだろうか。今回の事件で浮き彫りにされた問題点としては、以下のようなものが挙げられるであろう。

1. 避難区域設定

避難区域を設定するのであれば、範囲の設定(何km内、何Sv未達など)だけではなく、区切るという行為自体の引き起こす問題を考慮しなくてはならない。特に「何kmに設定すべきか」という議論には現実的な意義はないと考える。

(1) 流通確保の困難解消

一番考慮すべきは、避難区域の外縁地域の流通と人員をいかに保つのかという点である。先述のように、民間業者は政府の設定より避難区域を広く取る可能性が高い。そして流通業者や医療従事者(特に女性看護師)に、汚染の可能性のある避難区域周辺まで「行け」と命令する強制権は、誰も持たないのである。そのような中で、現在の流通は避難区域に住む住民の善意だけに頼っているといっても過言ではない。このような現行のシステムは一刻も早く改善されるべきであると考えられる。

(2) 災害弱者の逃げ遅れ防止

実際の現場では、介護者や支援員もまた被災者である。そのような方々に、混乱の中で「担当患者を全て連れて避難するように」ということは無理難題であるし、

また支援員たちに精神的負担をも負わすことになりかねない。高齢化の進む日本社会では、災害弱者もまた増加の一途にある、ということは考慮されなくてはならない。

2. 避難行動計画

避難行動の起こし得る健康被害を評価した上でなければ、適正な避難計画は立てられない。

しかし現在のところ、原発災害の起こした健康被害につき、鳥瞰的視野に立った調査・解析はほとんど行われていない。

(1) 療養施設の避難計画

先述のように、高齢者にとっては避難行動そのものが死亡リスクを上昇させる可能性がある。しかし、では長期療養施設は避難を待つべきなのであるか。その場合、介護のためのスタッフや食料・物品の流通業者もまたその地に留まらなくてはならない。強制権がない以上、弱者である要介護者が十分な介護を受けられる保証はできないのである。それよりはむしろ、避難時の物品や車両の確保、避難先確保の効率化、申し送りテンプレートの作成など、より負担の少ない避難を考えるべきかもしれない。

(2) 仮設住宅への避難計画

長期避難生活もまた、筋骨格系疾患、成人病、熱射病や寒冷などの環境要因など様々な理由により災害関連死を増加させている。実際に福島県では震災後の災害関連死の数が災害死の人数を超過した⁹⁾。この背景には、疾病リスクの多い長期避難生活があると考えられる。

しかしこれらの健康被害はまだ定量化すらされていないのが現状である。リスク因子の解明と共に、可及的速やかな復興住宅への移行、店舗や医療サービスへのアクセス改善、コミュニティ再構成のための介入など諸機関による取り組みが必要である。

VI. 災害を正の遺産にするために

「このような問題を、誰が主導で解決すべきなのか」原発事故の健康被害について語るとき、よく受ける質問である。しかし、誰かがやるという他人感を持つ限り、日本社会は今回の災害からは何も学び得ないであろう。健康とは万人の仕事(Health is everyone's business)だからである。

健康は医療分野の仕事と考える方もあるかもしれない。しかし医師の仕事は基本的に病院で「病氣」を診ることであり、病氣とは健康被害のほんの一側面に過ぎない。今回、私は医師として、疾患や死亡という側面に注目したが、健康へのアプローチは疾患予防に留まらない。むしろ健康を支える根幹は、衣食住と精神の充実、そして教育である。すなわち、本誌読者の関わる原子力エネルギーもまた、社会インフラの関係者として人々の

健康に対し重要な責任と役割を負っているのである。

例えば、避難区域外縁の流通の確保や避難者の交通手段の確保は、電力会社の方々の協力を得られるかもしれない。原発事故の際には原発内にも作業員の食料・物資を運ぶ必要がある。その流通を住民の方のためのロジスティックに統合することができないだろうか。

また、原発周辺地域の住民の健康確保のために、行政・民間を含め多くの職業の関係者が普段から地域保健医療の改善に協力していることも重要である。地域の健康状態が元々よければ、その分健康被害も少なくなる。地域健康の確保・疾病予防のためには「多業種連携(multiple-disciplinary co-operation)」が必要であるということは、公衆衛生の分野においては周知の事実である。各々が何らかのプロフェッショナルとして、健康に貢献することができないか、改めて考えていただきたいと思う。

最後に、私事に近くはなるが、医療システム維持のために多職種の協力を得られないか。福島では元々医療崩壊の危機に瀕していた地域に原発災害が起こることで、更なる崩壊が進み、地域の復興を阻んでいる現状がある。帰還困難地域の制限が解除されても住民が戻りたがらない一つの理由が、医療福祉サービスへのアクセスの低下だ。今の福島において、女性の多い看護・介護スタッフが福島で医療支援を行うことには、あまりにもインセンティブが少ない。マネジメントや営業のプロフェッショナルによる指導、物的援助により医療従事者のモチベーションを上げることができないだろうか。

原発事故の健康被害を防止するために、現在も多くの知恵が求められている。あらゆる知恵を統合するためには、「専門外」という人間は存在しないのである。むしろ各々の専門領域から知恵を持ち込むことにより、災害復興のあり方、災害対策が達成可能だと考えている。

VII. さいごに

福島原発事故後の事例に基づき、原発事故の集団避難に及ぼす影響につき、私見を交え、人々から聞いた事実、実際の調査結果をもとに、避難による健康被害についてまとめてみた。

原発事故は放射能だけが問題なのではなく、社会、経済、心理、文化などが複雑に絡み合った複合災害である。このような災害対策に「唯一の解(silver bullet)」は存在

しない。災後に学び、より豊かな社会を形成するためには、あらゆる分野の方が健康という共通のゴールを目指して知恵と技術を持ち寄ることが重要であろう。今後起こり得る原発事故において、今回のような健康被害をなくすために、われわれに何ができるのか。多くの方の知恵を集結していただきたいと願っている。

— 参考資料 —

- 1) 東京電力福島原子力発電所事故調査委員会. 国会事故調報告書. 2012年, 徳間書店.
- 2) Nomura S, Gilmour S, Tsubokura M, Yoneoka D, Sugimoto A, et al. (2013) Mortality Risk amongst Nursing Home Residents Evacuated after the Fukushima Nuclear Accident: A Retrospective Cohort Study. PLoS ONE 8(3): e60192.
- 3) Ochi S, Murray V, Hodgson S. The Great East Japan Earthquake Disaster: a Compilation of Published Literature on Health Needs and Relief Activities, March 2011–September 2012. PLOS Currents Disasters. 2013 May 13. Edition 1.
- 4) Ochi S, Hodgson S, Landeg O, Mayner L, Murray V. Disaster-Driven Evacuation and Medication Loss: a Systematic Literature Review. PLOS Currents Disasters. 2014 Jul 18. Edition 1.
- 5) 石井正. 東日本大震災 石巻災害医療の全記録. 2012年, 講談社. pp.165-9.
- 6) Saelens BE, Sallis JF, Black JB, Chen D. Neighborhood-based differences in physical activity: an environment scale evaluation, Am. J. Public Health 2003; 93: 1552-8.
- 7) Shigematsu R, Sallis JF, Conway TL, Saelens BE, Frank LD, Cain KL, Chapman JE, King AC. Age differences in the relation of perceived neighborhood environment to walking. Med Sci Sports Exerc 2009; 41: 314-21.
- 8) 相馬市. 相馬市仮設住宅・玉野地区健康診断報告書. http://www.city.soma.fukushima.jp/housyasen/kenkou_taisaku/kenkou_tyousa/PDF/kenkousindan_20120904.pdf
- 9) 復興庁. 福島県における震災関連死防止のための検討報告. 平成 25 年 3 月 29 日. <http://www.reconstruction.go.jp/topics/20130329kanrenshi.pdf>

著者紹介



越智小枝 (おち・さえ)

相馬中央病院 内科診療科長

インベリアルカレッジ・ロンドン 客員研究員

星槎大学公衆衛生学非常勤講師

(専門分野/関心分野)災害公衆衛生, 膠原病・リウマチ内科, スポーツ医学(剣道)

ミュオン科学への招待

日本に誕生した大強度ミュオン源

高エネルギー加速器研究機構 河村 成肇

茨城県東海村に建設された大強度陽子加速器施設(J-PARC)は複数の実験施設で構成され、様々な分野の研究が実施されている。ミュオン科学実験施設はJ-PARCを構成する施設の一つで、世界最高強度のミュオンビームを生みだしている。ミュオンの利用範囲は基礎から応用まで幅広く、素粒子物理学から物質・材料研究にまでおよぶ。本稿では多くの読者にとっておそらく耳慣れない素粒子“ミュオン”の解説から始め、ミュオンビームを生み出すための施設を概観し、実際にミュオンを使った研究例を紹介する。

KEYWORDS: muon, accelerator, non-destructive elemental analysis, nuclear fusion

I. ミュオンとは

ミュオンは電子などと同じくレプトン(軽粒子)に分類され、2.2マイクロ秒で電子と2つのニュートリノに崩壊する不安定な素粒子である。負の電荷をもつ粒子(負ミュオン, μ^-)と、正の電荷をもつ反粒子(正ミュオン, μ^+)が存在することが知られている。その認知度は物理の研究者に限ったとしても低いものと思われるが、一方でわれわれの日常に最もありふれた存在の素粒子でもある。地表には常に宇宙線が降り注いでいるが、その7割をミュオンが占め、 1m^2 の面積に毎秒170個程度のミュオンが降り注いでいる。つまり、手のひらを上に向けると、毎秒1個程度のミュオンが通りぬけていることになる。宇宙空間を飛び交う陽子などの1次宇宙線が地球に飛来し、それが大気(窒素や酸素)の原子核と反応し π 中間子が生成される。その π 中間子が崩壊することでミュオンとなり、地表に降り注いでいる。

固有のスピン、質量、寿命を持つミュオンはその特徴を生かして、物理学や化学などの分野で広く用いられてきた。ただし、実験で用いるには宇宙線由来のミュオンではその数が少な過ぎ、現実的な時間内でデータを取ることができない。そこで人工的に作ったミュオンビームが必要となる。ミュオンを人工的に作るには、宇宙線と同様に高エネルギーの陽子が必要となる。すなわち、ミュオンビームを作るには加速器施設が必要になる。

余談だが、宇宙線ミュオンには現在の加速器技術では

Invitation to Muon Science : Naritoshi Kawamura.

(2015年2月3日 受理)

到達できないほど高いエネルギーをもつものが含まれ、岩石ならば数km程度を貫通することが可能である。この特徴を生かして、宇宙線ミュオンによる火山のトモグラフィなどが行われてきた¹⁾。また、福島第一原子力発電所の炉内の燃料位置の測定などへの応用も検討されている。

1. J-PARC ミュオン科学実験施設

日本初のミュオンビームラインは東京大学理学部中間子科学研究施設に建設され、後に改組され高エネルギー加速器研究機構(KEK)の一部となった。KEKの施設では多くの先駆的な研究が成されたが、一方で世界の他のミュオン実験施設(カナダ TRIUMF 研究所, スイス PSI 研究所, 英国 Rutherford 研究所など)と比べるとビーム強度(生成されるミュオン数)は著しく劣っていた。多くのデータを得るためには、より大強度のミュオンビームが必要になる。大強度ビームを生み出す施設を国内に建設することはミュオンを用いた研究に携わるものの長年の夢であった。同様にビームの大強度化を望む核破砕中性子やK中間子などのKEKの他の施設とともに、大強度陽子加速器施設の提案がなされてきた。一方、日本原子力研究所でも放射性廃棄物の消滅処理や中性子利用のため、大強度陽子加速器施設の提案がなされていた。それぞれ独立に提案された計画であったが、それらはJ-PARC計画として統合され、2000年に建設予算の内示を受けるに至った。両研究所の監督官庁である文部省と科学技術庁の文部科学省への再編という流れの中で、J-PARCは省庁統合の象徴として位置付けられるとい

う幸運にも恵まれ、2002年に建屋建設が始まった。

J-PARC (Japan Proton Accelerator Research Complex) は、日本原子力研究開発機構 (JAEA) と KEK が共同で建設を行った加速器施設で、2008年に稼働を始めた。J-PARC はその名が示すように複合加速器施設で、3つの加速器 (400 MeV (メガ電子ボルト; エネルギーの単位, 1eV (電子ボルト) = $1.6 \times 10^{-19}\text{J}$) リニアック, 3 GeV (3 ギガ電子ボルト) シンクロトロン, 50 GeV シンクロトロン) と 3つの実験施設 (物質・生命科学実験施設, ハドロン実験施設, ニュートリノ実験施設) で構成される。第1図に J-PARC の外観図を示す。陽子はリニアックと 3 GeV シンクロトロンで加速され、50 GeV シンクロトロンリングの中心付近に建設された物質・生命科学実験施設へと導かれる。また、3 GeV シンクロトロンから射出された陽子の一部は 50 GeV シンクロトロンに導かれ、50 GeV (現在は 30 GeV) まで加速されハドロン実験施設またはニュートリノ実験施設に送られ、実験に供されている。ミュオン科学実験施設 (Muon Science Establishment の頭文字を取り、愛称は MUSE) は物質・生命科学実験施設内にあり、3 GeV シンクロトロンで加速された陽子を黒鉛に当てることでミュオンビームを作りだしている。

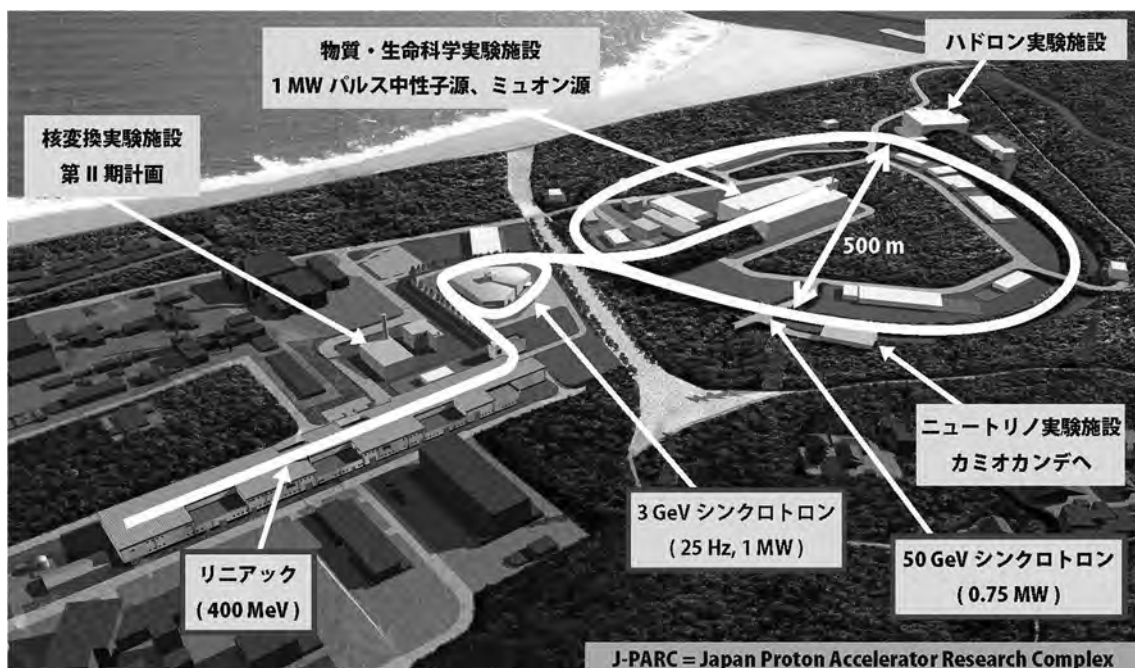
2. ミュオンビームライン

3 GeV シンクロトロンで加速された陽子ビームは物質・生命科学実験施設に導かれ、核破碎中性子を生成するための水銀標的に打ち込まれる。その手前 30m の位置にミュオンを生成するための黒鉛標的は設置されている。厚さ 20mm の黒鉛を 3 GeV の陽子が通過する際、その 5% が炭素の原子核と反応して π 中間子が生成され、そ

れが崩壊してミュオンとなる。生成された π 中間子やミュオンは荷電粒子であるため、電磁石の磁場による収束や発散が可能であり、これにより生成標的から 20m 以上離れた実験用のエリアまでミュオンビームを輸送することが可能となる。標的の周囲には合計で 4 本のビームラインが設置可能で、現在、そのうちの 3 本までが建設を完了している。

標的により生成されたミュオンが持つ運動エネルギーは幅広く分布するが、実験では必要とする特定の運動エネルギーのミュオンのみを使用する。ビームラインに設置された電磁石の磁場を調整することによりミュオンが持つ運動エネルギーを自由に選択することができる。3 本あるビームラインのうち、崩壊ミュオンビームライン (D ライン) は調整できる運動エネルギーの幅が最も広く、数 keV から 50 MeV 以上のミュオンを利用者に供給することができる。現在、D ラインのみが大学共同利用に供せられ、年間 70 組以上のグループが実験を行っている。

超低速ミュオンビームライン (U ライン) では、その名が示す通り、非常に低いエネルギー (数 eV から 10 keV 程度まで) のミュオンを供給することが可能である。この超低速ミュオンは、物質の表面に停止させることも可能であり、表面や界面 (層状物質の境界) などの研究への応用が期待され、調整が進められている。表面ミュオンビームライン (S ライン) のエネルギーは約 4 MeV に固定だが、同時に 4 つの実験エリアにビームを振り分けることが可能であり、そのうち 1 つの実験エリアまで建設が完了し、現在は調整を行っている。最後に残った未完成のビームライン (H ライン) は基礎物理研究に特化したものとなる予定である。それらの研究では現在知られ



第1図 J-PARC の加速器と実験施設 (©J-PARC)

ている物理法則(標準理論)では説明できない事象の探索や、観測値と理論値との僅かなズレを捉えるため、大量のミュオンを必要とする。そのため、長期間にわたり占有可能な専用のビームラインが必要となる。第2図に物質・生命科学実験施設における各ミュオンビームラインの配置を示す。

余談だが、崩壊ミュオン、表面ミュオンという名は、ミュオンの生成方法に由来する。ミュオンは π 中間子の崩壊により生成される。崩壊ミュオンビームラインでは、標的から飛び出した π 中間子はビームライン中に設置された6mの長さの超電導ソレノイド電磁石に導かれ、その磁場中で螺旋運動をしながら、途中でミュオンへ崩壊する。そのミュオンを集めたものが崩壊ミュオンビームとなる。超電導ソレノイド電磁石に入射する π 中間子のエネルギーを変えることで、得られるミュオンのエネルギーも変えることが可能である。一方、生成された π 中間子のうちエネルギーの低いものは標的中に停止

する。標的の表面付近に停止した π 中間子が崩壊すると約4MeVのエネルギーを持ったミュオンとなる。このミュオンは表面ミュオンと呼ばれ、比較的簡易な電磁石の構成で強度の強いビームが得られ、また4MeVという数値は物質研究では扱いやすいものであるため、世界中のミュオン施設で最も多く利用されている。ただし、負の電荷を持った π 中間子はミュオンへ崩壊する前に標的の原子核と反応してしまうため表面ミュオンは生成されない。表面ミュオンは正の電荷をもった π 中間子からのみ得られ、ミュオンも正の電荷をもったもののみとなる。第3図は、表面ミュオンと崩壊ミュオンの生成方法の違いを模式的に表したものである。

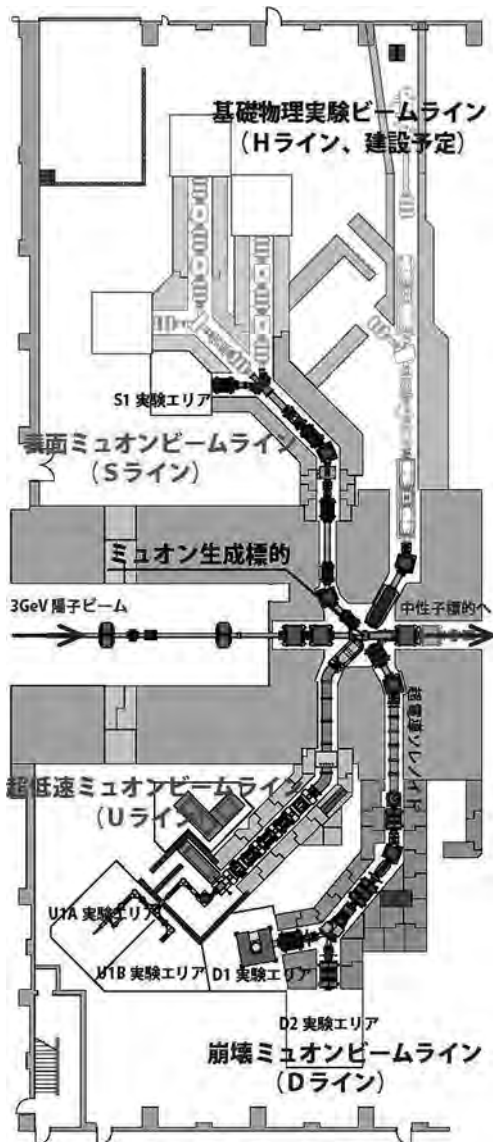
II. ミュオン科学

本章では、ミュオンを用いた研究、特にJ-PARCミュオン科学実験施設(MUSE)の特色である負ミュオンを用いた研究を中心に紹介したい。

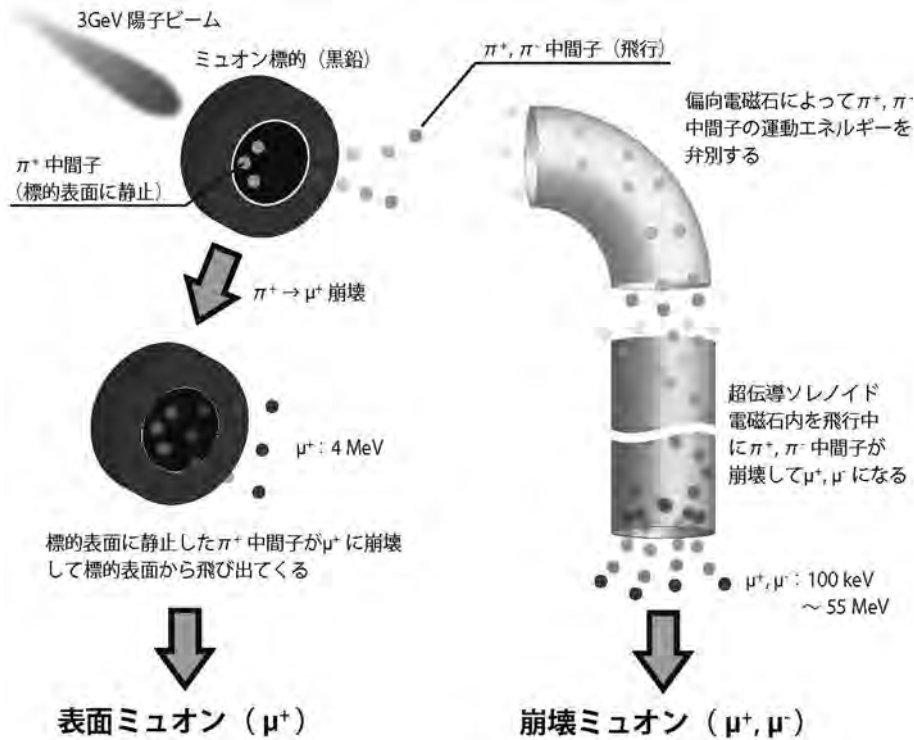
1. ミュオン原子と特性X線

MUSEの特色の一つに、負ミュオン(μ^-)のビーム強度が他の施設と比べて高いことが挙げられる。これは、J-PARCが世界の他のミュオン実験施設と比べ3GeVという高いエネルギーの陽子を用いているためで、負電荷の π 中間子、すなわち μ^- の生成量が多いことに由来する。世界の他の施設での μ^- のビーム強度は μ^+ と比べ1桁程度小さいのに対して、MUSEではほぼ同程度となっている。MUSEの前身、KEKのミュオン実験施設でも μ^- を用いた様々な研究が行われていたが、原理検証的なレベルにとどまり、実用化レベルに至ったのはMUSEからと言っても過言ではない。

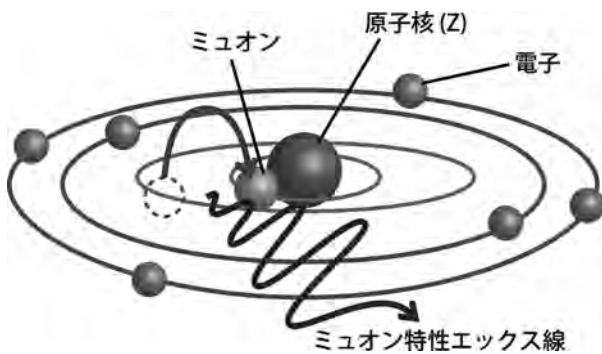
冒頭で述べたようにミュオンは電子と同種の素粒子であって、電荷などの値は等しい。ただし、ミュオンは電子と比べて200倍の質量を持つ。つまり、 μ^- は重い電子とみなすことができる。電子と原子核で構成される普通の原子に μ^- が近づくと、まず外殻電子との入れ替わりが起こり(原子捕獲)、軌道上の電子やX線を放出することでエネルギーを失いながら、基底状態へと0.1ナノ秒程度の時間で落ちていく(脱励起)。 μ^- の質量が200倍重いため、 μ^- と原子核で構成されるミュオン原子の軌道半径は普通の原子と比べて1/200小さくなり、また束縛エネルギーは200倍高くなる。ミュオン原子の脱励起過程で放出される特性X線はミュオン原子X線と呼ばれ、普通の原子の特性X線と比べて200倍高いエネルギーを持つ。例えば水素原子の場合、2p励起状態から1s基底状態への遷移で約10eVの特性X線を放出するが、ミュオン水素原子の場合は2keVのX線を放出する。比較的大きな原子核では、X線のエネルギーは数MeVに達する。なお、ミュオン原子の特性X線は電子の遷移に相当するため、エネルギーが数MeVに達して



第2図 物質・生命科学実験施設北側、ミュオン実験科学施設(MUSE)



第3図 表面ミュオン(左)と崩壊ミュオン(右)



第4図 ミュオン原子の生成と特性 X 線の放出過程

も γ 線ではなく X 線と呼ばれる。第4図にミュオン原子の生成から特性 X 線の放出過程を模式的に示す。

2. μ^- による非破壊元素分析

未知の物質に含まれる元素の分析を行う際には、 μ^- が有効である。ミュオン原子 X 線はエネルギーが高いため透過力が高く、物質の内部から放出されても外部で容易に検出することができる。蛍光 X 線分析では感度が悪いナトリウムより軽い核に対しても、ミュオン原子 X 線ならば容易に分析が可能である。また、入射する μ^- のエネルギーを変えることで、物質への打ち込み深さを調整し、 μ^- を任意の深さに自由に停止させることが可能である。これにより、物質内部の3次元元素マッピングを非破壊で作成することが可能となる。なお、ミュオン原子中の μ^- は電子と2つのニュートリノに崩壊する場合(元の原子核は不変な場合)と、原子核に吸収されて陽子を中性子に変える場合(元の核種を変える場

合)がある。比較的重い原子核では後者の反応が主になる。例えば、 ^{28}Si の場合、約 $2/3$ の μ^- が原子核に捕獲され ^{28}Al の励起状態になり、その後、核子や γ 線などを放出することが知られている²⁾： $\mu^- + ^{28}\text{Si} \rightarrow ^{28}\text{Al}^* + \nu_\mu$ (ν_μ はミュオンニュートリノ)。したがって、科学的な意味では対象物質を“改変(破壊)”していることになるが、分析に必要な μ^- の数は対象物の原子数(アボガドロ数程度)と比べて10桁以上少なく、実質的には非破壊といって差し支えない。

MUSE では、 μ^- による非破壊元素分析の手法確立を目指し、様々な試験研究が行われている。天保小判の分析では、小判の表面は金、内側に入るほど銀の成分が多く含まれることが確認された。これは色揚げ(色付け)という江戸期に発達した技法により作られた小判の特徴で、従来は破壊検査でのみ知ることができたが、 μ^- により初めて非破壊元素分析に成功した。また、隕石³⁾や考古学的に重要な遺物、電池などの実用製品の分析など期待される応用分野は多岐にわたり、基礎データの取得などの研究が続けられている。

3. μ^- の核融合触媒作用

μ^- を水素に打ち込んだ場合には、前節で述べたものと異なる特異な反応を示す。水素やその同位体(重水素・三重水素)から成る系に μ^- が入射すると、まず前節と同様にミュオン水素原子(μ^- と水素原子核の2体系)が生成される。そのミュオン水素が周囲の他の水素分子と衝突することで、ミュオン水素分子(μ^- と2個の水素原子核の3体系)が作られる。この分子中での2個の水

素原子核は通常の水素分子の1/200の距離にまでお互いに近づき、核融合を起こす。この核融合反応自体は2個の原子核の間に働く核力(強い相互作用)によるもので、 μ^- は直接的には関わっていない。そのため、核融合反応により生じたヘリウム原子核や中性子などが飛び散ると、残された μ^- は自由になり、再び次の核融合反応を誘発する。この反応は μ^- が不純物などの水素より重い原子核に捕獲されなければ、その寿命の限り続く。一連の反応は μ^- があたかも触媒のように働くことからミュオン触媒核融合(μ CF; muon catalyzed fusion)と呼ばれている。

一つの μ^- により引き起こされる核融合反応の回数は、ミュオン水素分子がいかに効率よく作られるかに依存する。重水素のみの系または重水素と三重水素の混合系では、ミュオン水素原子と周囲の水素分子の衝突により共鳴的に(高速に)ミュオン水素分子が作られることが知られている。実際に、英国 Rutherford 研究所のミュオン実験施設では、理化学研究所などのグループにより1つの μ^- あたり100回以上の核融合反応が起こることが確認されている⁴⁾。ミュオン水素分子の共鳴的生成過程は、ミュオンを打ち込む水素標的の密度やミュオン水素と水素分子の衝突時の運動エネルギー、すなわち水素標的の温度などに依存する。つまり、核融合という数 MeV のエネルギーの反応が温度という数 meV のエネルギーにより制御されていることになる。この9桁の開きは μ CF 研究の面白さを端的に表しているものと言える。

MUSE では μ CF に関する研究は未だ実施されていないが、ミュオンビームの大強度化に伴って μ CF 研究の新たな展望が開けてきた歴史を鑑みると、今後の重要な研究テーマの一つと言える。

III. おわりに

本稿では、J-PARC ミュオン実験施設(MUSE)の特色

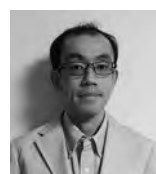
である負ミュオン(μ^-)を用いた研究を話題の中心に据えたが、これはミュオンを用いた科学の一部であり、実は正ミュオン(μ^+)を用いた研究の方が盛んである。現在、多くの研究者が MUSE を訪れ、 μ^- や μ^+ を用いた様々な研究を行っているが、従来にはなかった手法による研究が増えてきている。これは、ビーム強度という“量”の変化が研究内容という“質”の変化を促したことによるものと言え、 μ^- ビームによる非破壊元素分析の実現はその端的な例と言える。

筆者がミュオンを用いた研究に出会ったのは今から20年以上前、大学院修士課程に入学したときである。当時、KEK にあった施設で初めてミュオンビームに“触れ”、その後、博士課程・ポスドク時代を英国 Rutherford 研究所に作られた理化学研究所のミュオン実験施設で過ごした。KEK のもの比べ数10倍のビーム強度がある理化学研究所の施設を利用し、ビーム強度の重要性を痛感した。そのビーム強度をさらに大きく上回る MUSE の建設に携わることができたのは、非常に幸運なことであったといえる。本稿の読者がミュオン科学に興味を抱き、ミュオンビームを利用したいと思っていただければ幸いである。

— 参考資料 —

- 1) <http://www.u-tokyo.ac.jp/ja/utokyo-research/feature-stories/a-window-into-the-earths-interior/>
- 2) D.F. Measday, Physics Reports, 354, 243 (2001).
- 3) K. Terada, et al., Scientific Reports, 4, 1 (2014).
- 4) <http://meson.riken.jp/ja/research/nphysics/mucf.html>

著者紹介



河村成肇 (かわむら・なりとし)
高エネルギー加速器研究機構
(専門分野/関心分野)ミュオン科学, 原子核物理

地層処分概念の変遷

第3回(最終回) 地層処分計画の実施段階(2000年頃以降)

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

半世紀を超える研究開発の結果、地層処分の安全性に関する科学的な確信と、実現性に関する工学的な保証が、計画に係る専門家のコミュニティに広く認識され、21世紀に入って事業段階へと進みつつある。こうしたなかで、地層処分はより強く、また広く社会の関心をひくこととなった。専門家コミュニティが地層処分に関する社会とのコミュニケーションを図っていくため、地層処分に関する重要な基準や考え方が国際的な共通基盤として整えられ汎用化されつつある。本稿ではシリーズの最終回としてこうした状況を概観し、今後の地層処分事業を進めていくための一助としたい。

KEYWORDS : *Phased approach, Stepwise decision making, Reversibility of decisions, Retrieval of waste, Safety case, Safety communication, Stakeholder, Confidence building, Partnership approach, Repository site selection*

I. はじめに

これまで述べてきたように、高レベル放射性廃棄物あるいは使用済核燃料のような長寿命放射性廃棄物対策として、1950年代に地層処分が初めて有望視され、処分の実現に向けて安全性や実現性を確認するための科学技術的な検討が数十年にわたり積み重ねられてきた。この結果、2000年頃までには、地層処分の科学技術的な合理性が国際的にも広く認められるに至った。

近年ではこれらに、倫理、経済等、社会的な観点からの検討が加わり、地層処分は、包括的(generic)な研究開発の段階から、社会的な合意を確立し処分事業を開始する段階に進みつつある。

各国においては、地層処分予定地の選定や処分施設建設許認可の準備、規制面での整備など、具体的な進展があり、日本でも、2000年に「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律」(以下、「最終処分法」という)が制定され、処分事業の実施主体(原子力発電環境整備機構(以

下、「NUMO」という))、処分費用の確保手段、予定地選定の手順などが定められた。事業実施段階への移行は、地層処分計画に携わる側と社会との関係がより強く、また深くなることを意味する。

こうした状況の変化のなかで、より幅広い視野から多様な課題が認識、検討され、地層処分概念の補強や調整、再確認、加えて社会との対話手法の整備などが進んだ。ここでは、このように進化してきた地層処分概念を概観する。

II. 国際的共通基盤の整備

地層処分では、原子力発電所のように数十年を寿命とするこれまでの工学施設とは異なり、操業開始後、数万年以上にもわたる安全確保のあり方が特徴的な課題とされる。すでに述べたように、社会が経験したことのない長期にわたる地層処分の安全性を直接的な実証により確認することはできない。

このような長期間の安全性を、科学的な予測に基づいて保証する性能評価あるいは安全評価という手段が新たに考案され国際的に共有された。地層処分の実施に関わる意思決定は、常に政策、技術、倫理、社会経済といった様々な観点からの総合的な判断となる。このように地層処分に特有の課題を考慮すれば、計画を進めるための意思決定のあり方には、例えば百年といった事業期間内

History of Geological Disposal Concept, (3) : Implementation phase of geological disposal (2000 upward) : Sumio MASUDA, Hideki SAKUMA, Hiroyuki UMEKI

(2015年2月12日受理)

■前回タイトル

第2回 地層処分概念の形成と分化(1980年代中頃~2000年頃)

に起こり得る様々な変化に対する特段の配慮が必要である。

各国において地層処分が事業段階に移行するにつれ、こうした意思決定を促進するために国際的な議論が進められ、地層処分の概念が更新され補強されてきた。これらの成果は事業計画を推進する際の基本として集約・体系化され、段階的アプローチ、セーフティケース、可逆性と回収可能性、信頼構築などの不可欠な要素として提示された。各国は事業計画を進めるうえで、こうした要素を共通的な規範とし、国情に応じて具体的な取り組みを行っている。これらについて以下に説明する。

1. 段階的アプローチ

遠い将来までの地層処分の安全性を学術的な予測に基づいて論ずるためには、科学技術は常に進化するものであるとの前提に立ち、常に安全性の再確認を行えるようにしておくこと、不測の事態を招かないよう将来の状態に対する予見性を高め、地層処分システムに十分な安全裕度をもたせることが重要である。この観点から、地層処分を段階的に進めるアプローチが基本的枠組みとして共有され各国で具体化されている¹⁾。例えば、カナダでは、「適応型段階的管理 (APM: Adaptive Phased Management)」と呼ばれ、不測の事態に備え、処分地の地表面からそれほど深くない地中(浅地中)に貯蔵施設を建設し、暫定的な貯蔵段階を設けることで意思決定過程の柔軟性を確保しようとする考え方がある。

地層処分計画の意思決定には様々なステークホルダーが関わり、地層処分の安全性が社会に受け入れられるためには、ステークホルダー相互間に信頼が構築され、廃棄の対象となる廃棄物と管理の現状、地層処分の緊要性と実施方法、並びに事業や安全確認の進め方などに関する理解が共有されていることが重要である。このため、意思決定の過程は、ステークホルダーが適切に関与でき透明性を備えたものでなければならない。

この要件に対するアプローチとして、規制機関が安全規制のプロセスを社会一般に公表するだけでなく積極的に広聴・広報活動を行う、あるいは独立した第三者の視点を導入するといった方法が提案されている。実際、スウェーデンやフィンランドでは、規制機関自ら処分予定地選定の早い段階から地元公衆との対話を一貫して行っている。米国やフランスでは、議会、実施主体や規制機関とは別の独立した専門家組織が処分事業の適性や透明性について監視する仕組みを設けている。

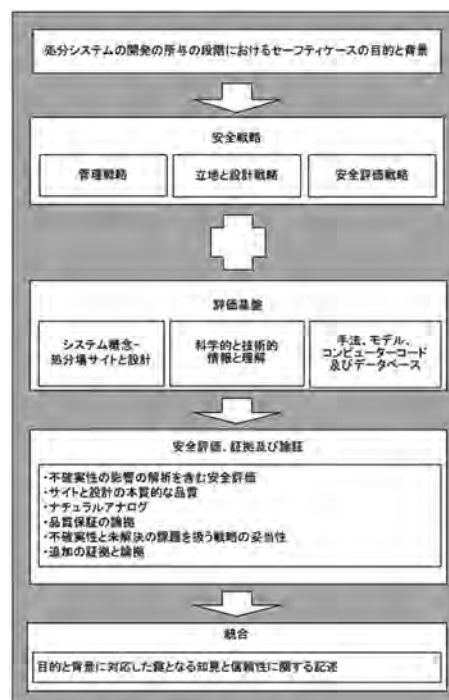
また、処分施設の立地から閉鎖に至る事業の様々な段階で、最新の科学技術的な知見、あるいは政策や社会経済的な理由によって処分計画の修正・変更を柔軟に行うという観点から、可逆性(reversibility)と回収可能性(retrievability)を段階的なアプローチに組み合わせる考え方が国際的にも注目され、フランスやスイスのよう

に、この考え方を法律で定めることとした国もある。

地層処分の最終目標は処分場を閉鎖し、システムを受動的な安全系に移行させることにある。「使用済燃料管理及び放射性廃棄物管理の安全に関する条約」によれば、処分施設の「閉鎖」とは、放射性廃棄物を処分した後の全ての作業の完了を意味し、これには処分施設を長期的に安全な状態にするために必要な最終工事その他の作業が含まれる。処分施設の閉鎖は、放射性廃棄物を「処分」することについての最終的な行為であり、安全性の観点からはもはや廃棄物を回収する必要がないとする意思決定に基づくものである。閉鎖は、科学技術的な妥当性が明らかにされるのみならず、関連する社会に受容されてはじめて行われるものである。

2. セーフティケースの概念

セーフティケースとは、地層処分計画の実施責任を負う主体が、科学技術的な論拠ならびに証拠を尽くして処分施設の安全性が確かなものであることを説明する一連の文書で、段階的な意思決定において地層処分の安全性の判断材料となるものである。処分場閉鎖前の事業期間及び閉鎖後の長期間において安全性を確保するために、どのように候補サイトを調査・評価し、どのような工学的対策を施してシステムを構築するか、そのシステムが安全に機能することをどのように予測的に確認したか、といった、地層処分における安全性の根幹をなすすべての情報が記述される。その一般的な構成は、第1図のように示されている。セーフティケースは、前節で述べた段階的アプローチに応じた事業の各段階において、与えられた諸条件の下に、その「目的と背景」を明確にした



第1図 セーフティケースの一般的構成要素²⁾

うえで作成され、事業期間を通じ必要に応じて更新される。目標とする安全性がどのように確保されるのかを、計画全体の管理、立地と処分場の設計、安全評価の観点から「安全戦略」として示し、システム概念や最新の科学技術的知見、安全評価手法やモデル・データを「評価基盤」として準備し、これらを用いた「安全評価」とそれを補強する「証拠」を揃えて安全性を「論証」する。最後に、その論証が「目的と背景」に応じた信頼性を有するかどうか総合的に検討され判断される。

処分施設の閉鎖後の長期的な安全性の判断には、既に述べたとおり、安全評価が重要な役割を果たす。そこで安全評価の信頼性を高めるために、安全評価に用いるモデルやデータの検証(verification)や確認(validation)がどうあるべきかについて、1980年代後半から1990年代半ば過ぎまで、OECD/NEAのINTRAVALなどの国際共同研究が活発に進められた。

こうした研究を進めるなかで、安全評価で考慮すべき時間スケールや地層処分システムの空間スケールと地質環境の不均質性から、従来のように工学的に厳密な意味での安全評価モデルの確認ができないこと、またモデルによる予測には不確実性が不可避であることから、ここでの意思決定においては、安全評価の結果そのものというよりも地層処分の安全性に対する全般的な信頼(confidence)の構築に重点が置かれるべきであるとの認識に至った³⁾。

このことは安全評価にのみ依存する安全性の説明から、あらゆる論拠や証拠をそろえ、また関連する組織や意思決定過程自体のあり方をも含めた包括的な概念として、信頼の構築を捉える必要があることを示している。セーフティケースの概念はこうした考え方の転換から生まれたものである。

セーフティケースは、事業が段階的に進められるなかで蓄積されていく処分候補地の地質環境に関する情報や科学技術の進歩などに基づき、処分施設の設計や安全評価を繰り返すことにより、地層処分の安全性を確認しつつ、その信頼度を高めていこうとするものである。これにより、その段階における安全性に関する論述の信頼性を評価すると同時に不確実性を明らかにし、次段階における課題を提示することができる。

セーフティケースの重要な側面の一つとしては、事業の進展に応じて生まれるステークホルダーの関心事や懸念に的確に対応する際の拠り所となることがあげられる。様々なステークホルダーが対話する際に共通の土台として期待されることから、セーフティケースの提示に際しては、然るべき留意が必要である。

3. 可逆性と回収可能性

可逆性と回収可能性は、それ自体が地層処分の安全性に関与するものではないが、段階的アプローチに基づく

意思決定過程における境界条件の変化、不測の事態への対応、意思決定過程へのステークホルダーの参加を促すという観点で重要な役割を果たすとする認識が広く共有されている。

可逆性とは、処分事業のどの段階においても、計画や実施に関するある特定の段階、あるいはいくつかの段階を元に戻したり、別の選択肢に移行したりすることが可能であることを意味する。一方、回収可能性とは地層処分された廃棄物を物理的に元に戻すことができる能力を意味し、廃棄物を埋設した後の可逆性を確保するための手段である⁴⁾。

すでに述べたように、地層処分については、将来にわたる人間及び環境の防護、将来世代への過度の負担の排除、将来世代の選択の自由に対する余地の確保といった放射性廃棄物管理に関する原則に基づくことが、広範にわたる社会的な信頼を獲得するための倫理的な考え方として重要であるとされている。こうした背景から、地層処分事業を進める過程では、これを取り巻く様々な環境の変化により計画が見直される可能性に柔軟に対応できるように配慮しておくことの重要性がより強く認識されるようになってきている。

また、実際に処分の作業(地下での坑道掘削、廃棄物の埋設など)を中断あるいは一時停止することが決定され、処分施設閉鎖以前の状態が、長期間維持されることも考えられる。閉鎖前の回収可能性については、処分施設が長期間閉鎖されないまま放置される期間の安全性についても念頭に置く必要がある。

技術的な観点から可逆性や回収可能性が検討される可能性としては、処分事業の開始後に得られる科学技術的な新知見によって、より安全かつ合理的な処分方法が確立されたり、当該の処分計画の安全性に現有技術では予測・対処できない問題が生じたりする場合などに限られる。こうした場合の対応についても基本的にセーフティケースに基づき判断することができる。

社会的な観点からは、廃棄物中の有用元素に経済的な資源としての価値が認められるようになった場合や、廃棄物管理政策の変更(例えば、長期貯蔵への転換)といった場合などについて検討しておくことが考えられている。社会的な側面は、技術的な側面以上に予見的に論ずることは難しいため、将来における可逆性や回収可能性への潜在的な期待はより大きなものとなる可能性がある。

処分と貯蔵との関係については国際的にも議論されており⁵⁾、一時的な貯蔵状態の維持は不測の事態に対する緩衝的な手段のひとつと考えることができ、可逆性や回収可能性について柔軟性を与えるものということができる。

事業期間中の廃棄物の回収は、各国で想定されている地層処分施設において基本的に可能であると考えられて

いるが、一般に、処分施設概念や回収の時期によって、技術的な難易度や安全性、経済性などに相違があり、事業が後段へ進むにつれて、難度は高くなるとともに、回収のための費用も増大するとみられている。安全性や技術的な観点から、安全機能を発揮するために、廃棄物の埋設にあたって要求される技術的品質を確保することは長期的な地層処分の安全確保にとって不可欠であり、埋設作業の品質管理上の要求として、作業がうまく行かなかった場合に回収等の措置が可能となるようにしておくことも一方で必要である。

回収可能性の維持については、段階的アプローチのなかで安全性や費用とのバランスに留意して具体化されることが重要である。諸外国においては一定期間の回収機能を処分施設の設計において求めている例もある。このような例では、操業期間中及び閉鎖後の長期的な安全性の両面をみだすものであることを示す必要があり、フランスでは、実施主体が提示した一定期間におけるそのような技術的実現可能性を妥当としたうえで、法律でその具体的な期間を規定している。また、米国では、廃棄物の埋設作業を開始してから50年間は、合理的に回収できるような処分施設を設計することが求められている。このような検討においては、回収可能性とモニタリングの関係について論じておく必要がある。

回収に関する段階的な手順についての一般的考え方(R-Scale ; Retrieval Scale)に関する議論やステークホルダーの関与を踏まえたモニタリングの技術開発に関する国際共同研究(例えば、MoDeRn ; Monitoring Developments for safe Repository operation and staged closure)なども進められており、可逆性の維持が不要との判断に至る意思決定過程と回収可能性の程度をいかに関連づけるかについてはステークホルダーの係り方も含め、今後、包括的な議論が必要であるとされている。

放射性廃棄物管理の原則に立てば、可逆性や回収可能性の維持が地層処分事業に関する意思決定を無期限に遅らせるための口実となってはならない。長期的な地層処

分の安全性は人間社会における制度的な管理に依存したものであってはならず、処分施設を閉鎖し制度的な管理を終了する判断に至るには、実施主体や規制機関をはじめ、関連する全てのステークホルダーにとって、安全上の観点からは、もはや可逆性や回収を考慮する必要がないというレベルにセーフティケースの信頼度が高められていることが必要である。

4. 信頼構築とコミュニケーション

地層処分の事業計画を段階的なアプローチによって進めていくうえで、その意思決定の過程が公平性と透明性を持って示され、関係するステークホルダーが意思決定に参加することを可能とするための仕組みを構築することが必要とされる。こうした仕組みの重要性は国際的に認識されており、例えば欧州連合(EU)では加盟国に対し最終処分計画を策定し公開することを義務づける「使用済燃料及び放射性廃棄物の管理の枠組みを策定する指令」(2011年)を施行し、環境影響評価等を通じてステークホルダーの参加を可能とする仕組みの構築を求めている。

各国において、ステークホルダー間の意見の対立がみられ、その結果として処分計画を進める上での意思決定に関する合意の不成立が経験されてきている。そのため、実施主体とそれ以外のステークホルダーとのコミュニケーションにおいて、従来の「決定し、宣言し、防御する(DAD : Decide, Announce and Defend)」という形態から、「関与を促し、相互に交流し、共同作業する(EIC : Engage, Interact and Co-operate)」という形態への転換が生じ始めている。新たな形態の典型となっているのが、実施主体と計画に係る自治体間でのパートナーシップのアプローチであり、これには専門家と市民の対話、相互学習、意思決定プロセスへの公衆の関与などの手段が積極的に織り込まれている。また、国の役割や関与もより強く求められるようになってきている⁶⁾。

ステークホルダーの参加によって進められるコミュニケーションでは処分事業計画の様々な側面が論点として取り上げられるが、特に長期的な安全性に関する議論(安全コミュニケーション(safety communication)と呼ばれる)はセーフティケースを共通の基盤として行われることが望ましい。実施主体は科学的技術的知見を駆使してセーフティケースを作成し、規制機関は安全規制に照らしてこれを評価し提出されている地層処分計画によって安全が確保されることを確認する。安全規制においては、処分システムが有する長期的な安全機能の頑健性を確認し、安全機能の信頼性を可能な限り高めることに配慮した安全評価の考え方を導入すること等の対応がなされる。

そのうえで、実施主体や規制機関以外のステークホルダーに意思決定への参加を促し、それらに適したセーフ



第2図 回収可能性尺度(R-scale)⁴⁾

ティケースの作成や説明等を実施主体に求める等、双方の関わりを広げ深めることが安全コミュニケーションの役割といえる。このように長期的な安全性の確保について、安全規制とともに、ステークホルダーの参加による安全コミュニケーションの方法を検討し地層処分に対する信頼構築のための総合的な仕組みを構築することは今後の重要な課題の一つである。

前述のように、セーフティケースは専門分野における大量の情報を含む文書となり、一読してその内容を理解することは容易ではない。また、セーフティケースを用いて安全コミュニケーションを行うステークホルダーの視点は多様であり、かつ事業の段階やコミュニケーションの進展に伴い変化するものと考えられる。これらのことからステークホルダー間の情報の非対称性を考慮し、安全コミュニケーションを促進する手段として知識マネジメントの適用についても検討が進められている⁷⁾。

また、安全性に関する不確かさを完全に払拭することが不可能であることから、安全性確保の見通しに関するコミュニケーションを図るうえで、セーフティケースの要素のひとつである、ある段階で残されている不確かさとそれに対する次段階における対策が明示されたうえで、不確実性が段階を踏んで低減されていくという重要なメッセージがステークホルダー間で受け入れられることが必要である。

III. 日本における地層処分事業の展開

前節で述べた国際的共通基盤としての基本概念は日本における地層処分事業にも反映されている。

1. 最終処分法と安全規制

日本では、前回までに述べたように1976年以来、地層処分に関する研究開発が進められ、その成果を集約した「第2次取りまとめ」を技術的基盤として、計画的かつ確実に地層処分事業を実施するために必要な措置等を規定する法律として最終処分法が整備され、実施主体の業務が規定された。「第2次取りまとめ」は上述したセーフティケースであり、これによって日本の地層処分計画は研究開発段階から事業の段階へと移行した。最終処分法では、処分予定地の選定においては、日本の地質環境の特徴から、処分に好ましい特性が長期的に維持されていくかという点について特に注意が必要なことから、「文献調査段階」、「概要調査段階」、「精密調査段階」という3つの段階を経て慎重に進めることが規定されており、段階的アプローチの考え方が具現化されている。

また、概要調査地区等の選定及び最終処分施設の設置に際しては、当該概要調査地区等の所在地を管轄する都道府県知事及び市町村長の意見を聴き、これを十分に尊重すること、最終処分施設の閉鎖に際しては、事業主体は処分施設に関し経済産業省令で定める事項を記録し、

これを経済産業大臣に提出するとともに、その写しを事業主体の事務所に備え置き、公衆の縦覧に供すること、経済産業大臣は提出された記録を永久に保存すること等が規定されている。こうした配慮は、ステークホルダーの信頼構築とそのためのコミュニケーションの重要性に基づくものである。最終処分法に基づき、特定放射性廃棄物の最終処分に関する基本方針、及び基本方針に即して、経済産業省令で定めるところにより、5年ごとに、10年を1期とする特定放射性廃棄物の最終処分に関する計画の策定・改定を行うこととされている。

最終処分法によって設立された実施主体であるNUMOは、それまでの諸外国における処分地選定の経験などを参考とし、自治体の意向を尊重して日本全国を対象に、2002年に公募方式による地層処分施設建設候補地の選定を開始した。選定プロセスの透明性を確保するため、文献調査に基づく概要調査選定のための指針(「概要調査地区選定上の考慮事項」)を公表するとともに、応募によって想定される幅広い地質環境に適応した処分概念を柔軟に検討することができるように処分場概念カタログを準備した⁸⁾。サイト選定が遅滞していることについて、2007年には当時の総合資源エネルギー調査会原子力部会放射性廃棄物処分小委員会において、国がより前面に立ったサイト選定が提言され、公募方式と併せて国による申し入れ方式を採用することとなった。

「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律案に対する附帯決議」(衆議院商工委員会)で言及された「原子力安全委員会の関与を十分なものとし、安全の確保に万全を期すること」に応えるため、原子力安全委員会(原子力規制委員会に統合)は、地層処分の安全性に対する理解の促進に向けて、「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1次報告)」(2000年)を策定している。このなかで、「処分場の閉鎖に際しては、建設段階及び操業段階に得られたデータを追加し、安全評価の結果が妥当であることの確認を行う。また、その妥当性を確認するまでの期間は、高レベル放射性廃棄物の回収の可能性を維持することが重要である。」として、操業開始から処分施設を閉鎖することが妥当と判断されるまでは回収可能性を維持することを求めている。

また、これを受けた規制行政庁(当時の原子力安全・保安院)の安全規制に係る審議では、安全審査による建設・操業の許認可後においても、新たに得られる知見に基づく定期的な安全レビューによる段階的な安全確認を行うこととされ、このため処分場閉鎖までの間は廃棄体の回収可能性を維持することが重要であるとされた。

さらに、原子力安全委員会は「高レベル放射性廃棄物処分の概要調査地区選定段階において考慮すべき環境要件について」を策定し、実施主体が行う候補地選定段階から関与を開始している。また、「特定放射性廃棄物処分に係る安全規制の許認可手続きと原子力安全委員会等

の関与のあり方について(中間報告)では、地層処分の安全性に対する社会の信頼を獲得するうえでステークホルダーの関与に係る検討の必要性を指摘し、安全コミュニケーションによって、地層処分に対する社会的な信頼を十分なものとしていく過程にステークホルダーが参加できるようにすることについて検討が開始された。

安全評価の信頼性を高めるという観点からは、評価の対象となる長い時間スケールに対する予測に関わる不確かさを考慮して、地層処分システムが有する安全機能の頑健性に関して十分に配慮しておくことが重要であることから、原子力安全委員会の「放射性廃棄物処分の安全規制における共通の重要事項について」において、地層処分システムの長期挙動に関するシナリオの発生の可能性を考慮したリスク論的な評価の考え方が示されている。こうした考え方は、ICRP Publication.122などに示されている最新の国際的な指針や勧告とも整合的である。

最終処分法と原子炉等規制法により、わが国の地層処分事業は、事業の開始から終了に至るまで段階的に実施して安全を確認することが規定されており、安全上の問題があれば必要に応じて計画を変更、段階を元に戻すこと等の対応が求められている。

2. 東日本大震災と福島第一原子力発電所事故による地層処分計画への影響

2011年に発生した東日本大震災と福島第一原子力発電所事故は日本の地層処分事業計画にも多大な影響を与えた。原子力の安全性に対する全般的な疑念が高まり、地層処分については、地震や火山などの活動が顕著なわが国の地質環境において可能かといった(黎明期における)初期的な議論までが再燃した。2012年に取りまとめられた日本学術会議の報告書では、地層処分の成立性について最新の科学的知見により見直すことや暫定保管を前提とした意思決定過程の構築等が提言された。

これらを受け、国は総合資源エネルギー調査会原子力小委員会放射性廃棄物ワーキンググループおよび同地層処分技術ワーキンググループを設立し、前者では地層処分に関する政策の再構築に係る議論、後者では最新の科学的知見に照らしたわが国における地層処分技術の信頼性の再評価に関する検討が行われた。2014年5月に両ワーキンググループで報告書が取りまとめられ、地層処分の政策に関しては意思決定に可逆性や回収可能性を確保すること、文献調査に入る前に国が科学的有望地の選定を行うといったことが提言されている。一方、後者の議論では、最新の地球科学的知見に基づいてもわが国において地層処分が実施可能な地質環境が広く存在すると結論づけている。こうした議論においても前述した国際的に確立されつつある地層処分の共通的概念基盤が視野

に入れられている。

ワーキンググループの結論を踏まえて地層処分を現時点で最も安全かつ現実性の高い対策として引き続き推進するとともに、上記提言に沿った計画の見直し、科学的有望地選定のための議論が進められているところである。

IV. おわりに

本解説シリーズでは、3回にわたって地層処分の概念の変遷について論じてきた。そこでみたように、地層処分概念は、誕生以来、多種多様な観点からの議論を経て検討が加えられ、その妥当性が繰り返し確認されながら社会に受け入れられるための概念として鍛えられ成長してきた。

その結果、現時点においても、なお地層処分が長寿命放射性廃棄物に対する、最も安全かつ信頼できる現実的な対策であるという認識は正当なものである。今後、この認識が広く社会に受け入れられ、処分事業が開始されるまでにはなお一層の努力が必要である。地層処分の実施計画が一步でも先に進むために、本シリーズが幅広い議論を喚起する一助となれば幸いである。

— 参考資料 —

- 1) "One Step at a Time - The Staged Development of Geologic Repositories for High-level Radioactive Waste", National Research Council, (2003).
- 2) "The Nature and Purpose of the Post-closure Safety Cases for Geological Repositories", NEA, (2013).
- 3) "Confidence in the Long-term Safety of Deep Geological Repositories - Its Development and Communication", NEA, (1999).
- 4) 「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(R&R)」, NEA, (2012).
- 5) "The Roles of Storage in the Management of Long-lived Radioactive Waste", NEA, (2006).
- 6) "Partnering for Long-term Management of Radioactive Waste", NEA, (2010).
- 7) H. Umeki, et al., "Geological disposal: KM challenges and solutions", Knowledge Manage. Res. & Practice, 9, 235-244 (2011).
- 8) "Development of Repository Concepts for Volunteer Siting Environment", NUMO, (2004).

著者紹介

増田純男 (ますだ・すみお)

本誌, 57[5], p.330(2015)参照。

佐久間秀樹 (さくま・ひでき)

本誌, 57[5], p.330(2015)参照。

梅木博之 (うめき・ひろゆき)

本誌, 57[5], p.330(2015)参照。

私の 主張

安全規制が原発事故を長期化させていないか？ 復興加速のため避難・食品安全・除染目標の見直しを求める

日本原子力学会シニアネットワーク連絡会 若杉 和彦

福島原発事故の発生後、当時の政権は国民を守るため強制避難、食品安全基準、除染基準の安全規制を施行した。しかし、これらは必要以上に厳しく、実態として災害を長期化させ、混乱を招いている。ここではその影響を検証し、今後の復興加速のため、原子力の専門家集団である学会が果たすべき役割に触れて提言したい。

1. 長期避難解消と故郷再生のために

放射線被ばくが100mSv以下であれば、有意な健康障害は認められていない¹⁾。これは広島・長崎の原爆やチェルノブイリ原発事故の影響について長年行われた疫学調査、その他数多くの放射線被ばくの研究から得られた結論で、国際的に認められている。また、がん発症のリスクも、飲酒や喫煙等、日常生活におけるリスクと比較して高くないことも一般に認められている²⁾。原発事故発生の直後には、住民がどれほど被ばくするのか定量的には分からなかったため、緊急避難は止むを得なかったであろう。しかし、その後各地の空間線量が急速に低下したことが測定結果から分かってきたので³⁾、推定被ばく量が100mSvを超えない多くの住民の避難解除をもっと早く進めていたなら、影響を大幅に防げたであろう⁴⁾。その後計画的避難区域が20mSvとされたが、子供への影響を懸念した専門家の涙の会見から始まり、チェルノブイリでも5mSvにしたので福島ももっと低くすべきとする声が強まり、結局5mSvが実質的な避難解除の条件になってしまった。このため、住民は放射能に怯え、今でも12万人余りが福島県のほか北海道から九州まで全国に散らばって避難しており、多数の原発事故関連死を発生させた⁵⁾。

もしも、2012年12月の収束宣言に合わせて、遅くとも2013年はじめまでに政府の責任ある部署が専門家の意見を基に、放射能の健康影響について分かり易い説明をしていたなら、多くの避難住民は早期に帰還したであろうし、多数の震災関連死をもっと食い止めることが出来たのではないかと。帰還が早ければ、農耕地の荒廃を食い止めることが出来、元の居住地のインフラも大きく破壊されなかったし、多くの若者が戻って活気を取り戻し、早期復興が実現出来たのではないかと悔やまれる。

その後福島県が実施した県民健康管理調査によれば、県民約47万人の94.8%が2mSv未満、最高は25mSvの被ばくであったと報告されている。事故の放射能による

一般住民の被ばくは、健康に影響を与えるレベルよりはるかに低かったのである。原子力の専門家は、その惨状を傍観するだけでなく、放射能影響の科学的な事実を国民に分かり易く発信するとともに、長期避難解消への施策を政府に働きかける努力を強めるべきと考える。

2. 食品安全基準の緩和による風評被害解消のために

政府は事故による汚染食品からの内部被ばくを制限するため、食品からの被ばく量を年間5mSvに相当する暫定食品安全基準を定めたが、2012年4月にこれを1mSvに改訂して今日に至っている。その内容は、一般食品100Bq/kg、乳児用食品と牛乳50Bq/kg、飲料水10Bq/kgであり、米国の年間5mSvに対する一律の基準1,200Bq/kgやEUの年間1mSvに対する400~1,250Bq/kgと比較して10倍~100倍も厳しくなっている。厳しさはこれだけではなく、日本では、汚染食品を50~100%の割合で食べると仮定したのに対して、米国では30%、EUでは10%とそれぞれ低い割合を仮定している。日本の食品安全基準が桁外れに厳しく定められた背景には放射能を必要以上に怖がる強い世論があった。厳しければ安全との安易な規制は、趣旨に反して被害を拡大させている。厳しい安全基準に基づく食品のスクリーニング、出荷制限、摂取制限は、東北産の農林水産業に致命的なダメージを与えた。水田や畑の荒廃、漁業活動の停止だけでなく、風評被害による東北産食品等の買い控えが国内外にまで拡大した。東電では既に2011年10月の時点で風評被害は1兆3,000億円に上ると試算⁶⁾しており、これがさらに膨らむと予測される。また、消費者庁が発表した世論調査⁷⁾では、食品中の放射性物質を気にする人の割合が70%、そのうち福島県産品の購入をためらう人が19.6%もあり、風評被害がまだ続いている実態を示している。庭で育てた野菜、山で採った旬のわらびや筍、海や川で釣った魚等々、食べても大丈夫かとの問い合わせが極微量の放射能を心配する住民からほとんど毎日、放射線相談窓口⁸⁾に届いている。

原発事故後約4年を経過した今では食品中の放射能汚染はさらに低下している。もともと人間は誰でも体内に約7,000Bqの自然放射能を持っている。効果がほとんどない食品安全基準を欧米並みに緩和し、風評被害の解消を政府に提言するのは、放射能の科学が分かる専門家の役割ではないかと思う。

3. 除染目標 1mSv を見直し、帰還を早めるために 2012 年秋、政府は原発事故による放射能汚染を除くため、年間の追加被ばく線量が長期的には 1mSv 以下となる除染目標を定め、これが現在も適用されている。1mSv は自然環境の放射線レベルであり、現在までの除染活動の実態から、ここまで除染することの難しさが分かっている。2013 年 7 月に産総研は福島県で実施する除染の推定総額が 5 兆円を超えると発表しているし⁹⁾、日本原子力学会でも 6~9 兆円を試算している¹⁰⁾。当時の政府も 1 兆円を超える除染予算を計上しているが、最終目標 1mSv を達成するまでにどれほどの費用がかかるのか見通しを示していない。

一方、日本の自然放射線による被ばくは全国平均で年間 0.99mSv (ラドン吸入による被ばくを除く) であるが、場所によって土壌が異なるため、神奈川県では 0.81mSv、岐阜県では 1.19mSv 等と変化する。世界でも国によって変化し、北欧の国々での自然放射線による年間被ばくは 3~5mSv のレベルにあり、ブラジルやイラン等では 100mSv を超える高い地域も存在する。しかしこれらの国々のがん発症率や死亡率が他の国々と比べて有意に高くないことが一般に知られている。

100mSv 以下の被ばくは健康にほとんど影響しないことから判断して、1mSv まで除染する意味はあるのだろうか。多くの地域では除染目標が独り歩きし、「1mSv まで除染した土地でなければ住めない」等の声が聞こえる。実際に電話相談窓口には、特に赤ちゃんや幼児を育てる若い母親達の多くから「子供のため、放射能や放射線のあるところには住めない」等の声を聞き、被ばくを恐れるための離婚や別居等の問題が実際に多く発生しており⁸⁾、心が痛む。

福島の事故被災者の放射能に対する過剰反応と同様の現象が、1986 年のチェルノブイリ原発事故の後にも発生しており、国連科学委員会(UNSCEAR)¹¹⁾や世界保健機関(WHO)もその影響を心配している。日本の義務教育では長年にわたって放射線や原子力についてほとんど学んでこなかった。このことが理性的な判断をし難くしている。普通の生活では低レベルの放射線を怖がる必要がないという科学的な事実を政府や原子力の専門家もつと国民に分かり易く説明すべきであり、その努力が不足しているのではないか。また、除染の長期目標を比較的達成可能な 5mSv 程度に見直し、効果をほとんど期待できない 1mSv までの除染に莫大な国民の税金を使うべきではないと考える。

4. 原子力の専門家の役割と責任

福島原発事故そのものの分析と反省は国会や学会の事

故調査報告書で公開され、明らかになっている。しかし、事故後、実際に起こった社会的影響を検証し、復興に向けて考察した資料は少ない。ここでは事故後に採られた安全規制に焦点を当て、その社会的影響について検証した。特に多くの国民に見られる放射能に対する過剰反応とバランスを欠いたリスク感覚が安全規制を契機として事故の影響を大きくした。また、その背景には“怖い”をあおる多数のマスメディアの報道があり、事故の影響を広範囲に拡大してしまった。

この悪循環を断ち切るのは原子力を国策として推進してきた政府の責任であろうが、世論に配慮する選挙対策等のため、正論の展開が難しいようだ。そうならば、放射能や原子力に詳しい専門家の出番ではないか。今まで個人的な意見が散発的に出てはいるが、原子力学会や保健物理学会等が統一見解として提言することはほとんどなかった。事故の被災者や一般市民の多くは、マスメディアの報道に惑わされ、信頼できる組織からの発信を期待している。国民に放射能や原子力に関する科学的に正確な知識がなければ、福島原発事故が名実ともに終息したとは言えない。将来の大切なエネルギーの選択に繋がる意味からも、原子力専門家集団である学会は役割と責任を果たすべきと考える。(2015 年 2 月 14 日 記)

— 参考文献 —

- 1) ウェード・アリソン「放射能と理性「なぜ「100 ミリシーベルト」なのか」、徳間書店、2011 年 7 月。
- 2) 近藤宗平「人は放射線になぜ弱いのか」、講談社ブルーバックス、1998 年 12 月。
- 3) 日本原子力研究開発機構「放射線量等分布マップ拡大サイト」
[http:// ramap.jaea.go.jp/map/](http://ramap.jaea.go.jp/map/)
- 4) 長瀧重信「クレオパトラの鼻：東電福島第 1 原発事故 4 年目を迎えて」、日本原子力学会誌、Vol.56, No.3, 2014。
- 5) 福島民報社編集局「福島と原発 3、原発事故関連死」、早稲田大学出版部、2015 年 2 月。
- 6) 東京電力経営・財務調査タスクフォース「東京電力に関する経営・財務調査委員会報告」、2011 年 10 月。
- 7) 消費者庁 News Release「風評被害に関する消費者意識の実態調査について(第 4 回)」、2014 年 10 月 1 日。
- 8) 放射線に関する問い合わせ窓口(福島県民向け電話相談窓口)電話(フリーダイヤル)：0120-988-359。
- 9) 産業技術総合研究所報告「福島県内の除染実施区域における除染の費用に関する解析」、2013 年 7 月 23 日。
- 10) 石倉武、藤田玲子「福島における除染・処分コスト」日本原子力学会誌、Vol.55, No.1, 2013。
- 11) 原子放射線の影響に関する国連科学委員会(UNSCEAR)報告書「福島での被ばくによるがんの増加は予想されない」、国際連合広報センター、2014 年 4 月 2 日。

談話室

RIC2015 米国原子力規制委員会 「規制情報会議」にて思ったこと

エネルギー総合工学研究所 松井 一秋, 竹次 秀一

毎年3月恒例のRIC, 米国規制委員会主催の「規制情報会議」がワシントンDC郊外のベセスダで3月10日から12日に開催され, 出席の機会が与えられたので報告する。エネルギー総合工学研究所からは松井と竹次の2名が出席しており, 本メモを作成しているが, 文責は松井にある。なお昨年本会議に参加しており, 本誌に投稿している。(Vol.55, No.6(2013))

世界35カ国総勢3,500名の参加登録者といっても大部分は米国人で, アジアからは, やはり韓国が若い人を多く送り込んでいる。スイスENSIのワーナー, スペインのグルギ, フランスからはジャメ原子力安全委員長, 今はNEAのマグウッドも参加していた。我が国の原子力規制委員の更田氏, 規制庁から平野氏, 堀田氏, 岸岡氏他, NDFの山名副理事長, 中川執行役員らが参加していた。久しぶりの米国東芝の塩入氏は本年春に帰国する予定と言われた。米国の原子力安全規制に詳しい佐藤氏(元IAC)も参加していた。米国エネルギー省(DOE)からはケリー, ウェリング, レベッカ, ペコ, フェルタス, ミラーも参加していた。日本のこの手の会議には大学の先生らが並ぶのだが, RICではほとんど見かけない。

新任のバーズNRC委員長は, ここ数年, NEAの法制部長ではあったがその前は30年以上NRCの幹部であった。国際化を正式のアジェンダにあげ, あまり気負いは感じられない挨拶ではあったが, 業務縮小を余儀なくされている環境での, 少し意地悪な質問に対しては多少上気しているかに見える反応であった。NRC設立40年目の節目, 新規プラントライセンスの減少などの環境変化へ適応するための来る組織変革に向け, 内部作業として「Project aim 2020」が最近公表されていて, まだ正式のものではないのだが近々委員会に上程される予定で期待していると述べた。

スヴィンスキ委員の挨拶は, 今回7回目今回で最後, 例によって外人にとっては難解のジョーク満載で, 会場はそれを期待しているようでもある。原子力潜水艦艦長上がりのオステンドルフは, 良き規制とはということで, 効率, 管理, リスク最小, 時間短縮をあげたが, まさか書類の山のどこぞのもたもたを皮肉っているわけではないでしょうね。

二日目の朝には, 4人目で新任の balan 委員の挨拶が

あった。議員秘書など議会関係の仕事, しかもエネルギー, 原子力, NRCに携わってきていて, 違和感はないようである。予算上の制約はあるものの, ヤッカマウンテンの審査が再開されているのだが, 申請者, DoE, の態度に不信を示した。現在4名のうち法律家が balan を含め3名とのこと。

例年のようにプレナリーの休憩, Networking Breakではあちこちで久しぶりの挨拶などでごった返している風景は変わらないが, 日本人参加は心なしか寂しいような気がした。

今回のRICで特に印象深かったのは, いわゆるリスク・インフォームド(RI)について報告と深層防護(DiD)のせめぎあいである。リスクというと, PRAとなり数字の議論と思われがちだが, 日々の活動の向上にもつながる(エクセロン社), 思想としてのDiDに具体性を付加する道具としての応用などの報告, 議論があった。以下筆者らが参加した各セッションの概要メモを示す。なお, 各セッションのプレゼン資料は以下のサイトで見ることができる。

<http://www.nrc.gov/public-involve/conference-symposia/ric/>

RI意思決定における不確実性の扱い(T6) ;

主として起因事象の発生確率, 頻度にはもともと大きな不確実性が含まれていて, その合成値としての炉心損傷頻度(CDF)や早期大規模放出頻度(LERF)があり, 確率論的安全評価(PRA)とて道具の一つとしての認識が求められる。NASAからはPRAによるモデルと現実との違いを認識しての紹介があった。

ヴォートル1, 2号機におけるレベル3PRA(T9) ; 規制と事業者(サザン, PWROG, WH & EPRI)によるPRAの活用の模索。

RI規制の将来(W16) ;

1995年にPRAについての政策声明が出されて以来, リスク情報の活用は試験的な適用がなされてきているが, 実務者や評価者が不足しているとのこと。NRCとNEIでリスク情報運営委員会を作り, 昨年11月にはワークショップを実施した。エクセロンからは, 14サイトのPRAの結果を持ち寄り, O&Mやエンジニアリングの現場レベルでいかにしてリスクを下げるかを日頃考

えるべく、タブレットなどで活用できるようにしているとのこと。

深層防護 (DiD) : 変化する規制構造からの歴史的展望 (TH27) :

ホラハン (NTTF のメンバーの一人) からセッションの背景、1F 事故で脚光を浴びている深層防護について再考の必要性として紹介があった。DiD は安全のための、あるいは分からないことに対する防護ラインということで定性的には合意はあるものの、その定義にしてもどこまでどうやってということでは明確ではないと報告された。本年秋の刊行を期して NUREG を準備中とのこと。また設備や設計の変更で DiD がどの程度脅かされるのか、かなり挑戦的な問題提起が NRC 幹部 (ウーレ) からあった。

以下、ウーレの前に、同じく NRC のドルーインが「DiD の歴史的なレビューと評価」と題したプレゼンよりの抜粋を示す。

「なぜ DiD が必要か？」

一般的には、不確実性、施設の基本設計や運転、機器や運転員の対応などについての不確実性、さらには「未知」に対して補償するのに必要との合意がある。

「DiD はなにを達成しようというのか？」

事故を予防し拡大を防いで一般大衆に被害が及ばないように損害を回避することとの合意がある。

「DiD の構造とは？」

多層の防衛からなるとの合意があるが、この概念は種々の用語で語られている。防衛の層、防衛線、多重障壁、保護障壁などなど。しかし、実際の層を決めるプロセスなり基準についての合意はない。

「DiD を達成するための作業とは？」

作業とか戦略は特定の原則とか保護対策を含む。多くのこの原則やら保護対策は冗長性、独立性、多様性、単一要素に頼らないこと、標準や規定の使用、品質保証 (QA)、安全余裕、監視などの類似性がある。

「DiD の適正はどのように判断するのか？」

DiD が適切かどうかあるいは違反していないかを判断する基準あるいは受け入れられるガイドラインはない。

受け入れられる防衛層のセットとは何か？

受け入れられる原則のセットとは何か？

受け入れられる保護対策のセットとは何か？

文献は、その基準は適正性の判断にリスクを含むべきとしているようだ。

受け入れられる防衛層のセットとは？

「DiD の効果とは？」

保守的に設計された施設

故障や外部からの挑戦に対して大きな裕度

それに対して NEI の NRC の OB から、やはりリスクと DiD のバランスが必要で、適用や応用についてのガイドラインが求められるとのプレゼンがあった。

NEA レイグからは NEA における関連アクティビティの報告と共に、もちろん DiD は安全のための道具の一つなんだが、欧州では安全目標の一つとして、社会へのインパクト、1F 事故では放射線による死者はないが土地汚染と長期にわたる大規模な避難を余儀なくさせられていること、が認識されているとして、暗に DiD を擁護したとみた。

福島第一事故の教訓反映の実施 (W18) :

NRA 更田委員から、事故に対応した日本の規制要求事項について説明。外部事象対策、共通要因故障対策、炉心損傷防止、シビアアクシデント緩和、緊急時対策、継続的な安全性向上について、文字のみの資料通り説明。今の厳しい規制対応状況は伝わらない説明ぶりであった。

ASN ジャメ委員長から、欧州ストレステスト、Hardened Safety Core の概要、進捗状況について説明。すべての対策が完了するまでには、少なくとも後 10 年はかかるとのこと。「強化安全の核心」、Hardened Safety Core、の安全目標詳細として、

- ・炉心溶融防止に対して 2 次系による冷却を第一とする
- ・格納機能の確保
- ・ヴェントしないで格納容器からの残留熱除去を可能とする

をあげており、何も闇雲にヴェントで DiD 第 4 層ですとはしないということか？

カナダの対策は DiD 各層への対策をすべて実施している様子。中国の対策は、日本の対策と酷似。

所感 :

単に恒例の NRC 発表会を超えて、まともに泥臭くも上記のようなことを公開で議論する場を作っていることに毎年ながら驚愕。何も全てを公開でというつもりはないが、翻って我が国における規制の仕組み、仕組みといえるかは別にして、パブコメなどしているにしても、「裁くのは俺だ」が見え見えでは涙も出ない。

我が国の場合の裁量の余地がある DiD 至上に対抗すべく、リスク情報の活用をということなのだろうが、あまりにも底が浅くて心もとないと感じるのは筆者のみであろうか、杞憂に終わることを望みたい。

(2015 年 4 月 3 日 記)

(編集委員会からのお知らせ)

〈ATOMOS では Vol.55, No.6(2013)に RIC 会議報告を掲載しました。〉

ジャーナリストの視点 Journalist's eyes

『安心』につながる対話を

毎日新聞社 齋藤 有香

私は2014年から東京電力福島第1原発の廃炉関連の取材を担当している。原子力に関する情報発信で大切なのは、安全を主張することではなく、どうすれば市民の安心につながるのかを考えることだと実感している。取材をする立場から、原子力に携わる人々のリスクコミュニケーションのあり方について、感じたことを報告したい。

私が北海道大学理学部の修士1年生だった2005年、専門家と市民をつなぐ人材を育てる「科学技術コミュニケーション養成ユニット」という教育プログラムが開講した。授業では、遺伝子組み換え作物など、科学技術と社会が密接にかかわる問題について取り上げられ、私は研究の傍ら半年間、リスクコミュニケーションなどについて学んだ。講義を通して、専門知識を分かりやすく発信する力よりもむしろ、まず相手が何を不安に思っているのかに耳を傾ける「聴く力」が重要だと学んだ。

その受講生として、2006年に北大で開催された日本原子力学会の秋の大会を取材したことがある。一般公開の講演で、2002年に発覚した福島第1原発の点検記録の虚偽記載問題など、データ改ざんを巡る一連の事態について傍聴した。東電関係者は当時の現場について「安全のことは自分たちが一番よくわかっているという過信があった」と振り返り、自分たちにとっての「ささいな異常」を報告することで問題が顕在化する事を恐れた、と話した。しかし、それは結果として原発への信頼を大きく損なう事態を招いた。講演を聴き、データの不自然さよりも、情報を隠すこと自体が市民の不信感につながるのだと感じた。

それから約10年が経ち、2011年の原発事故を経てもなお、東電の情報開示の姿勢は、根底ではあまり変わっていないという印象を受けざるを得ない出来事があった。

今年2月、東電が放射性物質を含んだ雨水が外洋に流れていることを知りながら、10カ月間データを公表していなかったことが発覚した。東電は「原因調査をして結果が出てから公表しようと考えた」と釈明した。確かに、東電は決して情報を隠すつもりはなかったのだろう。しかし問題は、市民が何を不安と感じるのか、東電がまだ分かっていなかった、ということだ。

汚染雨水の海洋流出をただちに公表しなかったことは、福島県の漁業者に風評被害への懸念を拡大させた。取材した地元の漁協組合長は「試験操業で捕獲した魚の

放射能の数値は下がっても、一般には汚染水が海に流れた、というイメージだけが残る」と憤った。実際、昨年福島県沖で検査された魚介類について、8割以上が放射性物質は不検出だった。放射性セシウムが基準値の1キロあたり100ベクレルを超えたものは、1%に満たない。それでも、漁業者自身が漁を自粛しているのが現状だ。

また、原子力規制委員会は、福島第1原発の構内で発生する高濃度の放射性物質を含む汚染水をためるタンクが廃炉作業の大きな妨げとなっているのを懸念し、放射性物質の濃度を基準値以下にした処理水の海洋放出を検討するよう、政府や東電に求めている。

私は昨年5月と12月の2回、原発敷地内を取材したが、半年間で汚染水をためる巨大なタンクがかなり増えていることに驚いた。タンクが増え続ければ他の廃炉作業を妨げるが、政府や東電は汚染水をため続ける方針を変えていない。

処理水放出による風評被害を懸念する声に対し、田中俊一委員長は「科学的にリスクは少ない」と繰り返すが、「安全の押し付け」では海洋放出は実現しないだろう。「リスクの軽重を考えながら判断すべきだ。きれいな事で廃炉は進まない」という田中委員長の言葉には、廃炉を前進させたい意思を感じるが、一方的に安全を主張するだけでは、漁業者や消費者との溝は深まるばかりだ。

東電や田中委員長の発言から感じることは、専門家側が提供したい情報をただ一方向から発信するだけでは、リスクコミュニケーションは成立しないということだ。安全と安心の溝を埋めるためには、市民、専門家、行政など関係者全てが同じ土俵に立ち、双方向で話し合い、互いの立場を理解することが必要だ。原子力に関わる全ての人々は、市民に寄り添い「対話」をする姿勢が不可欠だと思う。

著者紹介

齋藤有香（さいとう・ゆうか）

2007年、毎日新聞社入社。千葉支局、東京本社社会部を経て、2012年から同科学環境部。文部科学省で宇宙開発や科学技術政策を取材し、現在は原発、廃炉取材を担当。



新刊紹介 Q & A 放射線物理

大塚徳勝・西谷源展著, 312p.(2015.2), 共立出版株式会社.
(定価 3,900 円), ISBN978-4-320-03592-8

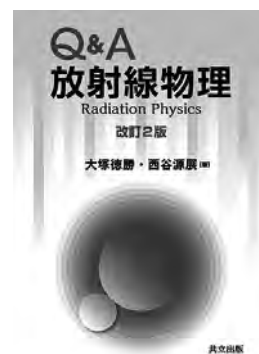
本書は初版が1995年に発刊され、20年を経て改訂第2版として上梓された。本書の特徴は、題目にもある通り、「Q&A」形式で記述されている点にある。すなわち、読者が疑問を持ちそうな事柄を見出しとし、本文でその回答を示す、という形式を取っている。このため、初学者にも取りつきやすい印象を与える。

内容としては大学の理系学部生にとって十分に詳しく、教科書とすることができる。改訂にあたっては、2011年の東日本大震災に起因する東京電力福島第一原子力発電所の事故を受けて、一般の方にも有用な内容を0章に取り入れている。この0章は1回生に対する原子力関連の説明にも使用できる。1章は、原子および原子核を説き、同位元素、質量エネルギー、質量欠損、原子核の安定性に説明が続き、2章の放射線の解説の導入を果たしている。2章は放射線・放射能の発見から始まり、放射線の種類、エネルギーに関する解説(eV単位)、それらの発生機構の説明がある。他の教科書に比べてX線の記述が多いのは、著者の一人が医療関係者のためと推察する。3章では核反応を取り扱い、核分裂反応の説明および発生するエネルギーを計算し、原子力発電の原理を解説し

ている。核エネルギーの項目で、再生可能エネルギーに対する原子力発電の優位性、またCO₂の発生量から化石燃料使用のリスクを論じている。この書評の読者全てから同意を得る内容ではあるが、教科書の記述としてはもう少し抑えるべきであろう。

放射線と物質との相互作用は4章で取り扱う。荷電粒子、電子、光子、中性子の相互作用の記述の中で、特に電子と光子の相互作用について詳述されている。しかし、ベータの電離損失の式およびクライン-仁科の式は、この教科書の読者にとっては詳しすぎるので、より簡単な式でよいと思う。5章では放射線の強度および量について解説があり、放射線取扱主任者の試験勉強にも有用である。放射線の検出法を扱う6章は約80ページにわたる。種々の検出器について適度な詳しさとまとめられており、G.F.Knollの教科書の入門としても好適である。最終章7章には、放射線源としてRIおよび加速器が解説されている。部分的に詳しすぎる記述もあるが、これだけの内容を手際よくまとめた良著である。

(京都大学大学院工学研究科・神野郁夫)



From Editors 編集委員会からのお知らせ

— 最近の編集委員会の話題より —
(6月2日第11回編集幹事会)

【論文誌関係】

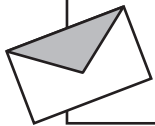
- ・5月期(20日間)に英文誌へ16論文が投稿された。
- ・編集委員会の引き継ぎ資料を確認した。
- ・JNST Article Awards 手順書、審査・査読要領の微修正を承認した。
- ・査読要領(査読者、担当編集委員用)、論文審査要領の英語版原案ができたので、点検後に利用開始することとした。

【学会誌関係】

- ・編集理事より、理事会報告があった。秋の大会企画セッションで行う予定の、3月特集号(1F事故への各学会の取組)のフォローアップについて、理事会で報告した旨の説明があった。
- ・編集長より、次年度の編集体制と新年度方針案と、2015年秋の大会での編集委員会企画セッションの進捗状況について報告があった。新年度方針案については、内容をブラッシュアップし、7月に最終版を提出する予定。
- ・事務局より、H26年度の取支の報告があった。すでに今年度予算は決められており、この報告は次年度予算を作成する際の参考にしてほしい旨の説明があった。

編集委員会連絡先 <hensyu@aesj.or.jp>

理事会だより



平成 27 年度理事会 新執行部が活動開始

新執行部の選出

平成 27 年 6 月 19 日の第 3 回通常総会で新任の役員(理事 9 名・監事 1 名)10 人が選出され、平成 26 年度からの留任役員 10 人を加えて計 20 名の新執行部がスタートしました。

総会と同じ日に開催された第 1 回理事会にて会長には新しく上塚 寛氏(JAEA)、副会長には上坂 充氏(東京大)、森 治嗣氏(北海道大)、田中隆則氏(エネ総工研)が互選で選出されました。

平成 27 年度役員の担当業務は下記のとおりです。

| 役職(主な担当業務) | 氏名 | 所属 |
|--------------|------|----------|
| 会 長 | 上塚 寛 | JAEA |
| 副会長 | 上坂 充 | 東京大 |
| 副会長 | 森 治嗣 | 北海道大 |
| 副会長 | 田中隆則 | エネ総工研 |
| 理 事(福島特別) | 井上 正 | 電中研 |
| 理 事(標準・広報) | 石隈和雄 | JANSI |
| 理 事(財務・会員) | 大塚雅哉 | 日立 |
| 理 事(編集) | 岡嶋成晃 | JAEA |
| 理 事(教育・広報) | 岡田往子 | 東京都市大 |
| 理 事(編集・部会等) | 小原 徹 | 東工大 |
| 理 事(国際・部会等) | 小西哲之 | 京都大 |
| 理 事(総務・福島特別) | 小林正彦 | 東芝 |
| 理 事(企画) | 駒野康男 | 三菱原子力エンジ |
| 理 事(企画・教育) | 佐藤修彰 | 東北大 |
| 理 事(会員) | 高橋 信 | 東北大 |
| 理 事(財務・企画) | 田中治邦 | 原燃 |
| 理 事(事務局長) | 富田 靖 | 原子力学会 |
| 理 事(総務・標準) | 藤澤義隆 | 中部電力 |
| 監 事 | 松田将省 | 日立 |
| 監 事 | 水田 仁 | 関西電力 |

「理事会だより」は、理事会と会員を繋ぐ情報提供の場として、理事会の取り組みや各担当理事のメッセージなどをお伝えしてきています。今後も、この欄で理事会の活動状況の情報提供などを適宜行っていく予定です。今月は新会長からのメッセージです。

上塚新会長のメッセージ

このたび日本原子力学会の平成 27 年度会長に就任することになりました上塚 寛です。

本会は、東京電力福島第一原子力発電所事故(東電福島事故)を原子力の専門家集団として防ぎえなかったことを真摯に受け止めて、事故後に定款、倫理規程及び行動指針を改訂しました。東電福島事故から約 4 年半が経過しましたが、まずこのことを再認識したいと思います。

す。定款では、事業の目的として、「公衆の安全をすべてに優先させて、原子力および放射線の平和利用に関する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」ことを謳っています。理事会は、学会が果たすべき責務を常に問い直しつつ、平成 27 年度事業計画に沿って、廃炉検討委員会を中心とした学会事故調による提言のフォローや福島特別プロジェクトを中心とした福島復興の支援活動に引き続き積極的に取り組んでいきます。

今年度は本会としての定常活動である部会、支部等の活動にも、企画委員会等の常置委員会における検討を踏まえ、理事会として積極的に関わりたいと考えています。その中で見直すべきは見直しつつ、部会等における調査、研究活動等の活性化を奨励・支援し、学術的成果・提言の発信を進めていきます。

当会の財務状況については、各組織や事務局のご理解・協力を得つつ数年来継続的に取り組んできた合理化や支出の削減などにより、危機的な状況は改善されつつあります。しかし、会員及び賛助会員数の漸減や会員平均年齢の上昇傾向を考えれば、今後の学会運営は楽観できる状況ではありません。長期的に安定した学会運営の基盤を確立するために、理事会としても会員増や一層の運営効率化、収入の確保・増加に向けた取り組みを進めます。会員増に向けては、学術団体としての学会の価値と会員にとってのコミュニティとしての学会の魅力度を向上させることが何よりも重要であると考えます。

18 部会や 8 支部、各専門委員会などにおける調査・研究活動が学術団体である本会活動の基盤です。活発な調査・研究活動によって得られる意義ある学術的成果と科学に裏付けられた情報の社会への発信、頼りになる専門家集団の存在によって学会の魅力度は高まるのだらうと思います。一方、会員にとっては、調査・研究成果を発表し、また情報収集する場としての年会・大会、講演会、シンポジウム等の充実が重要ですし、部会や支部等が居心地の良いコミュニティとして機能することが必要でしょう。若い研究者や技術者が参加したくなる場とするために工夫する余地は大いにあると思います。

会員各位のご支援と学会活動への積極的な参加を是非お願いします。

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