ATOMO∑ 日本原子力学会誌 2021.3

特集Ⅲ 「福島原発事故とその後」 国内の主要学会からのメッセージ(1)

- 2 福島原発事故から 10年の物理学会 活動を振り返る
- 4 日本保健物理学会のスコープと 最近の活動動向 日本保健物理学会
- 6 日本のエネルギー需給と 電気学会の取り組み

電気学会

- 8 福島第一原子力発電所事故の 教訓と展望 日本核物質管理学会
- 11 日本放射線影響学会の取り組み 日本放射線影響学会
- 13 日本放射化学会の活動紹介

日本放射化学会

- 17 「廃炉地盤工学」の実践と最新の 技術開発動向
- 20 電力安定供給と地球温暖化抑制の 両立に向けて 日本エネルギー学会
- 22 原子力をめぐる課題

エネルギー・資源学会

- 24 原子力災害を巡る水文・ 水資源学会の取組 水文・水資源学会
- 26 日本救急医学会の取組と展望

日本救急医学会

- 28 日本放射線看護学会と福島原発事故 日本放射線看護学会
- 31 手術室における放射性物質汚染・被ば く傷病者受け入れ対応 日本手術看護学会

- 33 腐食防食学会の1Fの廃炉に向けた 対応と今後 腐食防食学会
- 36 日本混相流学会における 原子力との強い関わり 日本混相流学会
- 38 風工学における汚染物質輸送解析と 日本風工学会 逆解析
- 40 日本造園学会の十年ー復興の ランドスケープ
- 44 福島原発事故に対する日本土壌肥料 学会の取り組み 日本十壌肥料学会
- 47 農業農村工学会の取り組み

農業農村工学会

- 49 福島県「こどもの育ち」への 支援プロジェクト こども環境学会
- 51 『年報 科学・技術・社会』にみる 原子力 科学社会学会
- 53 電動自動車と原子力発電で CO。削減はできるか? 失敗学会
- 55 原発避難者の生活再建と被災地の 地域経済復興 日本地域経済学会

95 Column

つくる責任. つかう責任 今中咲幸 持続可能な社会を目指して5 野ヶ山康弘 怒り続けるためには 服部杏菜 科学と社会 坂東昌子 東京のスダチ 松本杏奈 ものごとをシステミックに見る 山口 彰

時論

57 新潟県技術委員会による 1F事故の検証報告

中島 健

解説

75 ドイツのエネルギー転換の行方 ー脱原子力そして脱石炭は成功するか

ドイツは 2020 年7月 石炭・褐炭火力を 2038 年までに廃止することを決定した。同国の今後の電力安定供給の行方を検証した結果 発電設備増強の行き詰まり 信頼性の乏しい風力発電 国際連系線の限界など多くの課題のあることが明らかになった。

黒田雄二

80 ナノ微粒子支援型レーザー脱離イオン化質量分析

測れない物を測る。見えない物を見る。

ナノ微粒子を用いたイオン化法に着目した Nano-PALDI 質量分析について紹介する。この技術は2次元情報が得られる IMS に応用した場合、高解像度イメージングを可能とする。

平 修

FOCUS 原子力関連国際機関の最近の 動向と日本からの期待(5)

86 NEA における原子力科学, データバンクの活動動向

炉物理・核データ分野等における国際的な情報交換の場である NEA 原子力科学委員会およびデータバンクの最近の活動について紹介する。

津田修一,須山賢也

報告

91 IEA「クリーンエネルギーの進展評価」 ー持続可能な開発に向けた原子力の取組 状況と今後の推奨事項

報告書は、IEA が提唱する持続可能な開発シナリオのレベルに到達するためには今後 2040 年までに毎年平均 1,500 万 kW の新規建設が必要、と指摘する。

大野 薫

理事会だより

98 原発事故から 10 年を迎えるにあたり

中山真一

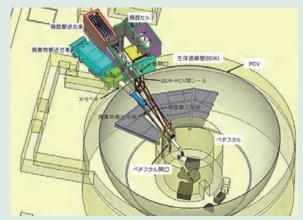
特集 「1F 廃炉検討委員会」現地状況および 活動報告

64 福島第一原子力発電所の 廃炉のための技術戦略

NDFでは、技術戦略を毎年取りまとめてきた。戦略プラン 2020では、2019 年末の中長期ロードマップ改訂を踏まえ、新たな目標に沿った技術戦略を提示する。 中村紀吉

68 IRID の研究開発概況

IRID は当面の緊急課題である1Fの廃炉に向けた技術の研究開発に取り組んでいる。ここでは原子炉格納容器内部調査、燃料デブリ取り出しに係る研究開発を報告する。



移動セル方式

71 学会廃炉委における廃棄物の 取り組みと今後について

1F の廃炉・サイト修復で発生する放射性廃棄物の取り扱いはエンドステートを念頭に定める必要がある。さらに処分サイトを含む 1F の事故修復の段階的な進捗について、ステークホルダーとの意見を進める重要な時期に来ている。 新堀雄一

- 59 News
- 85 From Editors
- 99 会告 2021 年度新役員候補者募集のお知らせ
- 100 会報 原子力関係会議案内,共催行事,新入会 一覧,「原子力学生国際交流事業」派遣学生次年 度のご案内について, 訃報, Editor's Choice, 英文論文誌 (Vol.58,No.3) 目次,和文論文誌 (Vol.20,No.1) 目次,主要会務,編集後記,編 集関係者一覧
- 104 Vol.63(2021), No.3 J-STAGE 閲覧 ID・パスワード

学会誌に関するご意見・ご要望は、「目安箱」

(https://www.aesj.net/publish/aesj_atomos/meyasu) にお寄せください。

学会誌ホームページはこちら

https://www.aesj.net/publish/aesj_atomos

特集Ⅲ 福島原発事故とその後 国内の主要学会からのメッセージ(1)



東京電力福島第一原子力発電所事故からまもなくで、10年目の節目を迎えます。事故からこれまでの間に、原子力をめぐる状況は大きく変わりました。原子力学会誌ではこの節目を契機として、原子力をめぐるさまざまなことがらについて、多角的な視野から分析した特集を企画しています。

今号と次号では国内の主要学会の方々に、1F事故後の取り組みや原子力をめぐる今後のあり方などについて論を展開していただきました。

続号では原子力学会による1F事故関連の取り組みなどを掲載します。

(写真の出典は東京電力ホールディングス)

福島原発事故から 10 年の物理学会活動を振り返る

日本物理学会 会長(第75・76期) 永江 知文

I. はじめに

一般社団法人 日本物理学会は、広く国内外の物理学の研究者・教育者・技術者を擁する組織であり、物理学の進歩を図り、学術の発展に寄与することを目的として、1946年に「日本数学物理学会」を解散して「日本数学会」と「日本物理学会」とが発足した。その歴史は、1877年の「東京数学会社」に源を発し、現在の会員数は約1万6千人で、その主な所属は大学、民間企業、公的研究機関である(学会ホームページ https://www.jps.or.jp を参照のこと)。湯川、朝永両博士のノーベル物理学賞受賞に始まって、13名の会員がノーベル賞(物理学11、化学2)を受賞している。

Ⅱ. 物理学会の取り組み

さて、2011年3月11日14時46分の東日本大震災における東京電力福島第一原子力発電所の事故から10年が経過しようとしている。あの事故では、発電所の全電源が喪失し、稼働中だった1号機から3号機までの原子炉が炉心溶融に至り、機能が停止した。そして大量の放射性物質が環境中に放出されることとなった。事故発生当初より、この事故の発生は避けられなかったのかという思いは、多くの物理学研究者の心をよぎり、その後のいろいろな活動へと結びついていった。

私が日本物理学会の副会長、会長として、福島第一原子力発電所の事故の問題と関わった時期は、この10年の終わりの時期であり、すでに事故直後の混乱や、事故後の緊急対策等は次のレベルへと進行している時期に当たっていた。その意味で、私自身が何か新しい施策を取ったということはなかったが、10年という区切りにあたり、まとめの文章を記しておきたいと思う。

この間の日本物理学会におけるさまざまな活動は、下 記の文献に適宜、歴代会長等により纏められてきてい る。本稿を執筆するにあたり大いに参考にさせていただ いた。

- 兵頭俊夫. ATOMOΣ Vol.57. No.3 (2015) 158.
- 藤井保彦、ATOMOΣ Vol.59, No.4 (2017) 38.
- 伊藤好孝(名大,宇宙地球環境研究所), ATOMOΣ
 Vol.61, No.4 (2019) 252.

また、物理学会のホームページにも纏められている。 (http://www.jps.or.jp//public/fnpp_act/index.php)

Ⅲ. 事故直後の活動

まず注目されるのは、2011 年 3 月に新潟大学で開催予定であった第 66 回の物理学会年次大会が中止となったことである。これは現時点において新型コロナウィルスの感染拡大防止のために第 74 回年次大会が名古屋大学での現地開催を中止せざるを得なくなったことと結びついてしまい、非常に残念なこととなった。この直後に、物理学会は他学会と共同で「34 学会(44 万会員)会長声明」1)として「日本は科学の歩みを止めない」という宣言を発表している。

2011年3月24日~27日には、原子核物理学者が中心となって福島県の子供890人を含む1,080人に対する甲状腺被ばくのスクリーニング活動へ参加した²⁾。その後、この活動は、環境放射能汚染の調査へと広がりをみせ、2,200箇所の土壌サンプリングと400人以上による測定調査活動へと繋がった³⁾。研究者がボランティアで自らの測定技術を駆使して測定に参加した。

また,2011年6月10日には物理学会主催のシンポジウム「物理学者から見た原子力利用とエネルギー問題」を立教大学において開催した。

Ⅳ. 大会シンポジウムや公開講演会

2011年の秋になると、組織だった動きも活発になり、物理学会の秋季大会や年次大会においては、下記のようなシンポジウムがさまざまな角度から企画され、多くの参加者があった。

- 2011 年秋季大会:「J-PARC 復興計画」(2011 年 9 月 17 日)
- 2011 年秋季大会:「福島原発事故に際して、科学教育の在り方を問い直す」(2011 年9月23日)
- 2012 年第 67 回年次大会:「放射線が生体に与える影響-原子分子から生物まで-」(2012 年 3 月 24 日)
- 2012 年第 67 回年次大会: 「福島原発事故から 1 年: これまでとこれから」(2012 年 3 月 24 日)
- 2012 年第 67 回年次大会:「室内実験とシミュレーションから地震の複雑性はどこまで追れるか?: 2011 年 3 月 11 日以降」(2012 年 3 月 25 日)
- 2012 年第 67 回年次大会:「福島原発事故と物理学者の社会的責任」(2012 年 3 月 26 日)
- 2012 年第 67 回年次大会:「福島原発からの放射性物質の測定」(2012 年 3 月 25 日)

- 2012 年秋季大会: 「これからのエネルギーと原子力 発電」(2012 年 9 月 19 日)
- 2013年第68回年次大会:「物理学者と原子力政策」 (2013年3月28日)
- 2014年第69回年次大会:「3年後の福島~今どうなっているのか~」(2014年3月28日)
- 2014年第69回年次大会:「福島第一原発事故への学術の関わり~3年間の活動と今後」(2014年3月29日)
- 2015 年第70 回年次大会:「パグウォッシュ会議 2015 年長崎開催に向けて一核の被害のない世界と 科学者の社会的責任と人間性の回復一」(2015 年 3月22日)
- 2020 年秋季大会「福島第一原子力発電所事故に由来する環境放射線研究の問題点と今後の課題」(2020 年9月10日)

また,物理学会が毎年一般向けに開催してきている公 開講座では

• 「放射線を知る~基礎から最先端まで~」(2012 年 11月3日)

を開催して放射線に関する啓蒙活動を行った。

V. 放射線測定データアーカイブズ

事故直後から政府、自治体、東京電力等の色々な立場 の人々により, さまざまな放射線測定が行われてきた。 特に事故から近々の測定データは、原子炉内部の事象の 理解等に貴重な手がかりを与えている。これらの測定 データの中には、ネット上に公開されているものもあれ ば、そうでないものもあり、今後のデータ保全のことも 考慮して測定データのアーカイブ化の重要性が認識され た。物理学会は日本アーカイブズ学会と合同で放射線測 定データのアーカイブを作成する活動に主導的役割を果 たした。2013年11月にはその重要性を両学会長の共同 声明4)として発表し、並行して、日本学術会議の総合工 学委員会のもとの「東京電力福島第一原子力発電所事故 に関する放射線・放射能測定データアーカイブズワーキ ンググループ」(2013年9月発足)の活動へと引き継がれ た。このワーキンググループでは、放射線・放射能測定 データに関するメタデータ情報の収集とそのメタデータ ベース「RADARC311」の構築、検索サーバーや窓口サイ ト(http://www.radarc311.jp)の整備等が進められた。 2019年現在、登録されているメタデータレコード数は、 民間の測定データを含むインターネット上公開データ 260件(2011年測定分のみ), 2013年に学協会経由で研究 者対象に行ったアンケート調査結果39件、報道向け資 料として東京電力のホームページに公開されていた福島 第一原発サイトでの測定データ、および新学術領域「福 島原発事故により放出された放射性核種の環境動態に関

する学際的研究」の支援を受けた研究成果の一部 122 件である。

VI. 「福島復興・廃炉推進に貢献する学協会連絡 会」活動

2016年5月20日に日本原子力学会の呼び掛けにより32学協会が賛同して設立された福島復興・廃炉推進に貢献する学協会連絡会においては(連絡会のホームページは http://www.anfurd.jp/),物理学会は2015年12月21日の設立準備会から参画して協力してきた。廃炉推進のオンサイト活動と福島復興のオフサイト活動とに分けて、情報交換に留まらずに具体的な協力活動ができないかを模索してきている。

物理学会として貢献できる可能性は、福島復興へ向けたオフサイト活動が中心となる。現場へ出かけて行っての放射線に関する啓蒙活動や放射線測定の基礎知識の講習などが考えられ、一部ではすでに実施されているものもある。

Ⅷ. これからの原子力

以下,全くの個人的な意見を述べさせていただきたい。福島第一原子力発電所でたまり続ける大量のトリチウム水の処理について,海へ放出するという方針が取り上げられ,漁業従事者に対する風評被害への懸念が大きな課題となっている。10年という年月をかけてなお基本的な考え方に合意点が見いだせないことに,問題の深さを感じさせられる。国,地域,自治体,コミュニティなどの社会のあらゆるレベルで,より議論を深めて意見形成を図っていくことが肝要だと思われる。

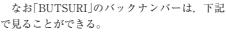
そのなかで学術団体の果たすべき役割は、ますます重要となってきていると考える。正しい知識を一般の人々に伝える努力を怠ってはならないであろう。「それでも地球は動く」とつぶやいたガリレオの逸話が思い浮かぶ。最近の日本学術会議の会員任命拒否の問題は、原子力に関する意見形成についても政府がどういう方針の下で進めようとしているのか心配をさせられる。世の中の多様な意見を聞いた上で舵取りを考えるべきであろう。

- 参考資料 -

- 1) https://www.jps.or.jp/information/2011/44kaicho.pdf
- 2) 藤原守,Radioisotopes 62 (2013) 711.
- 3) 大塚孝治, Radioisotopes 62 (2013) 746.
- 4) https://www.jps.or.jp/public/fnpp_act/statement.php

日本物理学会誌「BUTSURI」

物理学会では「BUTSURI」(月刊), 大学の物理教育(年3回刊), 英文論文誌(月刊)を発行している。



https://www.jstage.jst.go.jp/browse/butsuri/list/-char/ja/



日本保健物理学会のスコープと最近の活動動向

日本保健物理学会 副会長 飯本 武志, 監事 高橋 史明

I. 保物学会の設立経緯とそのスコープ

本学会は、1961年に米国保健物理学会(Health Physics Society)の日本支部機能を包含する自主的性格の強い日本保健物理協議会としてスタートした。1965年には放射線防護分野における日本を代表する学協会として、国際放射線防護学会(IRPA:68カ国53団体で構成)にも参加している。放射線防護・安全に関する学術および技術の開発を促進し、その成果を社会ならびに実務に反映することによって広く人類の繁栄に寄与することを目的とした一般社団法人である。

学会 URL: http://www.jhps.or.jp/,

学会誌:

https://www.jstage.jst.go.jp/browse/jhps/-char/ja

Ⅱ. 臨時委員会・専門研究会等での最近の活動

本学会は、いくつかの臨時委員会(理事会トップダウン型組織),専門研究会(会員ボトムアップ型組織)等を組織して、目的の達成に向けて、実学としての学術的な視点で諸課題に取り組んできた。特に、東電・福島第一原子力発電所(1F)事故に関連の深いものとしては以下のテーマに着目してきた。

・内部被ばく影響評価委員会(2015 年~2017 年) http://www.jhps.or.jp/cgi-bin/info/page.cgi?id=16

(1) 1 F 事故による一般公衆の内部被ばく線量, (2) 甲 状腺の重量や甲状腺摂取率など, 国際放射線防護委員会 (ICRP) モデルと日本人とのパラメータの差に基づく評価値の違い, (3) マイクロドシメトリおよび疫学の観点 から内部被ばくと外部被ばくの影響, 等についてレ ビューし、その結果を論文として公表した。

· 国民線量評価委員会(2015 年~2016 年)

http://www.jhps.or.jp/cgi-bin/info/page.cgi?id=17 1F事故以降特に、被ばくへの関心が高まり、日常生活等で受ける線量を把握しておくことが重要となった。 国民の線量分布の評価に必要な基礎データや線量評価法について、最新の知見をレビューし、その結果を学会等で発表した。

· 国民線量委員会(2017 年~2019 年)

http://www.jhps.or.jp/cgi-bin/info/page.cgi?id=36 上記国民線量評価委員会の活動を継承し、医療被ばく をも視野に入れた国民線量評価のためのデータベース設 計を行い、そのプロトタイプの構築を検討した。また、 わが国の自然放射線からの被ばく線量をまとめ、その結果を論文として公表した。

・低線量リスク委員会(日本放射線影響学会との合同委員会)(2017~2019)

http://www.jhps.or.jp/cgi-bin/info/page.cgi?id=34 低線量リスクの理解は、さまざまな分野の専門家によって時として全く異なる情報が発信されることがあり、社会的な混乱の原因のひとつとなった。放射線影響学会との合同委員会で放射線科学の生物、疫学、リスク、防護に関する国際的な合意や両学会の委員の議論によってコンセンサスレポート[放射線生物研究55巻第2号(特別号)]を作成し公開した。

・緊急時モニタリング検討委員会(2020年~)

http://www.jhps.or.jp/cgi-bin/info/page.cgi?id=71

1F事故の教訓を反映したわが国の緊急時モニタリング体制の整備は、原子力発電所の再稼働が議論される状況の中で最重要課題のひとつである。関連した種々の研究開発が国内外各所で進められているものの、その具体的な運用については十分には整備されていない。特に、放射性ヨウ素被ばくに対する小児および妊婦の甲状腺モニタリングのスクリーニング体制の整備、緊急時モニタリング情報の迅速でわかり易い情報伝達の仕組みが1F事故の教訓として求められており、関連する検討を進めている。

・体外計測に関する標準計測法の策定に関する専門研究 会(2012 年~2013 年)

1F事故後,ホールボディカウンタ(WBC)を利用しての公衆を対象とした内部被ばくの検査が開始された。その現場運用の際にさまざまな課題が認識されたことを受け、関連する状況を系統的に調査するとともに、科学的視点に基づく課題解決のための具体的な提案をした。

・原子力防災における体外計測の経験の総括と課題に関する専門研究会(2016 年~2017 年)

http://www.jhps.or.jp/cgi-bin/info/page.cgi?id=32

上記体外計測に関する標準計測法の策定に関する専門研究会での成果を受けて、海外での経験や現在の防災体制における体外計測の最新状況等を調査し、その結果から明らかとなった課題への解決策を検討した。また、リスクコミュニケーションの手段のひとつとしてのWBCの用い方に加え、国内の原子力発電所の立地自治体が防災対応用に所有しているWBCや甲状腺モニタに関する

維持管理およびハード・ソフト両面での有事への備え等 について検討した。

・福島第一原子力発電所事故後の Public Understanding (科学の公衆理解)の取り組みに関する専門研究会 (2018年~2019年)

http://www.jhps.or.jp/cgi-bin/info/page.cgi?id=49

1F事故後に行われてきた科学の公衆理解の取り組みについて、既存資料の収集と事例検討を通じて Good Practice を抽出し、類似点と相違点を明らかにすることにより、事故後の信頼が失われた状況における科学の公衆理解のあり方や専門家はどのような心構えや態度で対応すべきか、等について提言の発信に取り組んだ。

Ⅲ. その他の活動

・「専門家が答える暮らしの放射線 Q&A」活動と出版 (2011 年~2014 年)

2011 年 3 月 25 日から一般市民からの質問に回答するウエブサイト「専門家が答える暮らしの放射線 Q&A」および Twitter を立ち上げた。当初は有志による活動からスタートしたが、その後「暮らしの放射線 Q&A 活動委員会」を学会として発足し、35 歳以下を構成員とする「若手研究会」員を中心とした53人で対応した。この活動は2013年2月までの約2年間継続され、ウエブサイトに掲載された質問数は1,870件にのぼった。2014年3月20日をもって当該ウエブサイトを閉鎖し、現在は国立国会図書館アーカイブにて閲覧可能となっている(http://radi-info.com)。また、2013年には1,870件の質問から代表的なもの80件を抽出した「専門家が答える暮らしの放射線 Q&A」を出版した。

・1F事故に関する課題(提言)

理事会の下に提言策定 WG を設置し、放射線防護の観点からの課題をとりまとめ、当学会の対応と提言を当学会ホームページ上で発表した。(第1期提言 2012 年4月17日、第2期提言 2014年11月28日)。

http://www.jhps.or.jp/cgi-bin/report/page.cgi?id=41

・1F事故に関連したテーマの主催行事等

「福島第一発電所事故対応シンポジウム I ―原子力 防災対策とその基準―」2011 年 6 月 16 日 13:30~18:00, 東京大学小柴ホール

「福島第一発電所事故対応シンポジウムⅡ 一公衆の 被ばくに焦点を当てて一」2011 年 8 月 12 日 13:30~ 17:50, 東京大学小柴ホール 「福島第一発電所事故対応シンポジウムⅢ ―課題・ 論点の総括と今後の展望―」2011 年 12 月 17 日 10:00~ 17:30. 東京大学小柴ホール

「福島第一発電所事故対応シンポジウムIV ―事故発生から1年を振り返って―」2012年3月4日13:00~17:30, 東京大学小柴ホール

「第2期福島プロジェクト特別シンポジウム」2013年 5月25日13:20~16:45, 東京大学小柴ホール

「第2期福島プロジェクト特別シンポジウム II 一災 害復興に向けた最近の動向と第2期提言取りまとめに向けて一」2014年2月22日9:30~16:30、東京大学小柴ホール

「緊急時作業者の線量限度を考える」2015 年 2 月 28 日 13:00~16:30, 東京大学工学部 11 号館

「福島第一原子力発電所事故復旧時の放射線管理の課題一水晶体被ばく・生物影響の観点から一」2016 年 11 月 28 日 13:30~15:30、東京大学工学部 2 号館

「福島事故を内部被ばくから考える」2017 年 3 月 24 日 13:45~18:30, 東京大学工学部 2 号館

「Joint ICRP-RERF-JHPS Workshop on Recent Progress in Radiation Dosimetry for Epidemiology and Radiological Protection」2017 年 12 月 2 日 13:30~17:00, 東京大学工学部 2 号館

「福島事故後の内部被ばくの課題の解決に向けて一不 溶性粒子と短半減期核種一」2018 年 3 月 19 日 13:30~ 17:00. 東京大学工学部 2 号館

「合意形成における放射線防護の役割/放射線防護は合意形成をどう支援できるか?」2019 年 6 月 20 日 13:00~15:00. 東京大学工学部 2 号館

「緊急時モニタリングに関する国内外動向と展望」 2019年6月21日9:30~12:30. 東京大学工学部2号館

「トリチウム問題をいかに解決するべきか? ~国際的 視点および社会的視点から見た放射線防護 ~ 」2020 年 6月29日15:30~18:15, Zoom Webinar

日本保健物理学会は、保健物理分野が科学技術的な視点のみならず、人文社会科学的な視点も重要で、分野横断型のアプローチが本学会の果たすべき役割に必須であることも引き続き強く意識し、また、次世代を担う人材育成にも重点をおきつつ、学会会員のみならず、広い視野での連携協力を推進して、今後も活動を継続、展開していく。

日本のエネルギー需給と電気学会の取り組み

蘆立 修一 電気学会 電力・エネルギー部門長

電気学会は 1888 年に発足

電気学会は、電気技術の知識を会員同士が交換し合い 以って其学・其業の発展に貢献することを使命として、 1888年に発足した。現在の会員数は約2万人で、学生か ら大学・企業の研究者・技術者まで幅広い層の方々に支 援いただいている。学会 HP は、https://www.iee.jp/

I. 日本のエネルギー需給

日本は1973年の第1次石油危機,1979年の第2次石油 危機. 1990 年以降の先進国に対する温室効果ガスの削減 目標の要請を踏まえ、安定供給確保(Energy security), 経済性(Economic efficiency), 環境保全(Environment)の 観点から,原子力発電や天然ガス発電を導入し,電源構成 の多様化と省エネルギー化を進めてきた。特に、原子力 はCO₂排出量が少なく、安価でエネルギー保障に優れる ことから、 需給のベースロードを担う電源として導入を 進め、年間の発電電力量では電源構成の約3割(2010年 度)を占めるに至った。2011年の東日本大震災,福島第一 原子力発電所事故により, 国内の原子力発電所はいった ん全て停止した。「新規制基準」に基づく国の安全性の検 証が行われ、9基が再稼働したが、一方で震災以降21基 が廃炉となり、原子力発電の比率は6.2%(2019年度)ま で減少した。その結果、原子力発電の代替を担うため火 力発電の比率が増え、第1次石油危機当時よりも化石燃 料への依存度が高くなっている。震災以降は上述の3E に加え、安全性(Safety)を加えた「3E+S」の観点で、エネ ルギーベストミックスが検討されている。再生可能エネ ルギーは、2012年に創設された「固定価格買取制度(FIT 制度)」の導入により、再生可能エネルギーの比率(水力発 電を含む)は18%まで増加した。2018年の第5次エネル ギー基本計画で、再生可能エネルギーは日本のエネル ギー供給の一翼を担う長期安定的な主力電源とすること が閣議決定され、経済的に自立し、大量導入に向けた更な る積極的な取り組みが行われている。原子力発電につい ては、可能な限りその依存度は低くするものの、優れた安 定供給性と効率性を有しており、運転コストが低廉で変 動も少なく. 運転時には温室効果ガスの排出もないこと から、安全性の確保を大前提に、長期的なエネルギー需給 構造の安定性に寄与する重要なベースロード電源と位置 づけられている。原子力の再稼働とともに、再生可能エ ネルギーの導入拡大、火力発電の高効率化・燃料の多様化 等により、実現性のあるエネルギーミックスを検討し、省 エネルギー, さらに電化とともに, 脱炭素化の実現に向け

て貢献していく必要がある。 Ⅱ. 電気学会の取り組み

電気学会では原子力に関わる技術領域を横断的に取り 扱うために、1979年に原子力技術委員会を電力・エネル ギー部門の傘下に設置し、大学・研究機関・電力事業者・ メーカーの幅広い人材が参加し、継続的に調査研究活動 を推進している。原子力技術委員会における調査研究活 動は、原子力に関わる広範な技術分野の中から、以下の 3領域を選定し、継続的に調査専門委員会を立ち上げ、 さまざまな角度からの調査研究を行っている。

- · 放射線計測技術分野
- ・原子力施設の計装制御技術分野
- ·核融合関連技術分野

放射線計測技術分野は、原子力利用における基盤とな る技術領域であり、昨今のさまざまなニーズにこたえる べく最新の放射線計測技術の動向とその応用について調 査研究を行っており、応用物理学会等の他学会も含めた 専門家間の交流も盛んである。具体的には放射線イメー ジング技術や、高バックグラウンド下での放射線計測の 技術、低線量の計測技術等、さまざまな応用を目指した 調査研究が進められている。

原子力施設における計装制御技術分野は、実際の発電 所等の原子力施設を安全にかつ効率的に運転するために 極めて重要なものであり、以前から人間工学に基づく最 適なヒューマン・マシン・システムの設計の動向に焦点 をあててきたが、近年ではより広範な最新技術の導入に よって原子力施設の安全性・運用性の向上を図るべく, デジタル技術・通信技術等の基礎技術から AI(Artificial Intelligence) · IoT (Internet of Things) や人間工学の考 慮等の応用分野までのさまざまな技術のシーズ・ニーズ や開発課題を整理した技術マップを整備したうえで、現

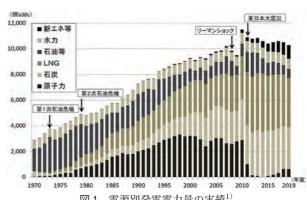


図1 電源別発電電力量の実績1)

在ではその中から特に重要性が高い無線通信技術の適用 についての最新動向と課題解決について調査研究を行っ ている。これらの検討にあたっては原子力学会のヒュー マン・マシン・システム研究部会との合同のシンポジウ ムの開催等,他学会との連携も図っている。

核融合関連技術分野では、電力供給システムとしての 核融合プラントを実現するための諸課題として、シミュ レーション技術、パワーエレクトロニクス技術、超電導 技術等、さまざまな技術についての調査研究を推進して いる。

これらの調査研究の成果は、報告書として出版すると ともに、電気学会の全国大会におけるシンポジウム等を 通じて広く発表を行っている。

また,原子力技術委員会では,各調査専門委員会の委員や学生会員の相互交流と技術研鑽を目的として,毎年,原子力に関連する種々の施設の見学会を開催している。原子力発電所,再処理工場,核融合研究施設,放射線研究施設等の見学会を実施し,現場での専門家との意見交換を通じて技術の現状を把握し,今後の調査研究の方向性の検討に活用している。

原子力を取り巻く昨今の状況に対応するには、既存の技術の延長線上の検討だけではなく、新たな技術開発や新たな炉型である小型モジュール炉(SMR:Small Modular Reactor)・高温ガス炉・高速炉等に応用する検討等、将来に向けた研究開発の推進が重要な課題となっている。このためには、人材育成の観点から、幅広い分野の学生や若手研究者を結集したネットワークの構築が必要であり、原子力技術委員会としては幅広い分野にわたる研究会の開催等を通じて取り組んで参りたい。

Ⅲ. これからの原子力を展望する

2020 年の世界の CO_2 排出量は、IEA (International Energy Agency)では COVID-19 の影響により、前年比で 8%減少すると予測している。 UNEP (United Nations Environment Programme)では、気温上昇 1.5 で目標を達成するには 2020 年から 2030 年まで年平均で毎年 7.6%の CO_2 排出量の削減が必要と分析している。 8%の減少は、必要となる年間削減量と同水準であり、この水準を維持するためには非連続なイノベーションが不可欠である。電力供給サイドからは、電気の低炭素化に向けて実現性のあるエネルギーミックスを進めていくことが重要であり、原子力発電は引き続きその選択肢のひとつである。

1. 慣性力としての期待

再生可能エネルギーが主力電源化した際、天候により 発電電力量が大きく変動することにより生じるさまざま な課題に対応するため、その対策が検討・実証されてい る。原子力発電は先に述べたベースロード電源としての 機能に加え、電力の需給バランスを確保するための調整 用電源、電力システムの安定化のための慣性力供給の電 源としての機能を有する。調整用電源としての運用は、再生可能エネルギーの導入率が高いフランス、スペイン等ですでに行われている。火力発電や原子力発電の大容量の発電機は、大きな慣性をもっており、この慣性が大地震等の自然災害発生時の電力システムの安定度、周波数、電圧の維持に貢献する²⁾。ESG 投資(環境、社会、ガバナンスも考慮した投資)の流れの中で、非効率石炭火力発電のフェードアウトが検討されており、今後火力発電機は減少していくものと想定されるが、その代替として現在研究開発が進められている仮想的な慣性力を具備した再生可能エネルギー電源とともに、原子力発電は電力システムの安定化にも寄与する電源として期待される。

2. 水素利用

水素は、一次エネルギーを多様化し電力のみならず、運輸、熱・産業プロセスの低炭素化を実現するポテンシャルを有するエネルギーキャリアとして期待されている。水を原料として水素を製造する方法として、原子力を利用した方法があり、二酸化炭素を発生することなく大量の水素を製造することが可能であり、実証が進められている。また、次世代の原子力として、更なる安全性と経済合理性を兼ね備えた出力30万kW程度のSMRは、世界で開発、実証、商用化への挑戦が行われており、原子力分野におけるイノベーションと捉えることができる。

原子力発電は、放射性廃棄物の管理の扱いで EU タクソノミー(EU Taxonomy) に現時点では適合していないが、先に述べた付加価値をもち、イノベーションの可能性を有する脱炭素化に貢献する電源である。

電気はあらゆる学術的な分野に広がっており、日本の2050年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現に向けて根幹をなすものである。電気学会では、学術や技術の深化にとどまらす、調査専門委員会、公開シンポジウム、大会等の活動を通じて、広く他学会とも連携しながら社会の幅広い層の方々に対して情報発信を行い、社会貢献を目指して参りたい。

- 参考資料 -

- 1) 資源エネルギー庁「電源開発の概要」「電力供給計画の概要」 「総合エネルギー統計 |をもとに一部加筆、
- 2) 北内, 永田, 花井:「現在の電力システムを踏まえた課題と系 統安定性維持方策」令和2年電気学会全国大会H1-1,2020 年3月.

《電気学会誌について》

「電気学会誌」(月刊), 論文誌 A~E(月刊), 英文論文誌 D(隔月), 共通英文論文誌 (月刊) を発行している。電子ジャーナル版は, 下記から閲覧。 https://www.iee.jp/pub/journal/



福島第一原子力発電所事故の教訓と展望

日本核物質管理学会 会長 齊藤 正樹

日本核物質管理学会は 1977 年に設立

日本核物質管理学会は、米国に本部がある「核物質管理学会」の日本支部(現在、世界で16支部が設置されている。)として1977年に設立された、核不拡散、国際保障措置、計量・管理、核セキュリティ、輸送・廃棄物処理・処分等の分野における専門家の集まりである。米国に本部がある「核物質管理学会」は世界の核物質管理実務を安全にかつ安心して推進するための科学的、教育的な機関として1958年に設立された総勢1,000名を超える国際的な学会で、核物質の管理に携わる優れた技術者、研究者、管理者、行政関係者等で組織された国際的な非営利団体で、「核物質管理および関連技術」分野における科学的知識、技術的能力、専門的能力、政策的対話、ベストプラクティスなどの促進を通じて、安全でかつ安心できる効果的な核物質管理実務に貢献することを使命としている。(学会 HP:http://www.inmmj.org/)

(なお、本稿は当学会ではなく著者個人の所見である。)

I. 国民の理解と信頼の回復(「反省」,「学習」, 「克服」)

1. 国としての責任(反省)の明確化

福島第一原子力発電所事故後、これまでの原子力安全行政を見直し、独立性の高い原子力規制委員会等を新設したが、過去に、国が当原子力発電所の安全審査・認可したのは事実である。原子力安全行政の見直しは当然としても、このような事態をもたらしたことについて、真摯に国民に「国としての責任」を明確にすべきである。

2. 事故検証(学習)の実施

この事故では複数の炉心が溶融し、原子炉圧力容器を溶融貫通して格納容器内コンクリート上に落下した。また水素爆発を誘発し、格納容器や原子炉建屋を破損し、悲惨な大災害となった。事故の起因事象が地震・津波だとしても、炉心溶融など事故の進展状況には不明な点が多々ある。事故現場のクリーンアップは重要で、特に発電所の外は、急ぐ必要があるが、この事故は「人類共有の教材」であり、事故の進展状況や住民の退避対応を含めて「科学的・技術的な検証」を国として実施すべきである。国際的な信頼回復にもなる。米国 TMI 炉心溶融事故の検証では、溶融炉心物質が原子炉圧力容器内で保持できたメカニズムを含めて、我々は多くのことを学んだ。

事故の貴重なデータが散逸する前に,事故当時の運転情報や貴重なサンプルを「第三者機関」が管理し,分析・検証すべきである。決して犯人探しではなく,人類にとって「貴重な教材が消えてゆくのを防ぐ」ためである。

そこで、「国会事故調査委員会」の後続として、国会内に、IAEA や各国の専門家を含めた「国際技術検証委員会(仮称)」を早急に設置し、「事故検証基本計画(事故検証 100 年の計)(仮称)」を策定することを提案する。

この基本計画に基づいて,事故の科学的・技術的検証 を進めると共に事故現場のクリーンアップを進める。こ れが国民の信頼回復に不可欠である。まだ,遅くはない。

3. 原子力災害即応支援部隊の創設1)(克服)

福島第一原子力発電所事故後,原子力基本法が改正され,「原子力規制委員会」や「原子力防災会議」が設置されたが、国民の原子力に対する信頼は回復したか?

日本原子力文化財団の世論調査(2017年10月)によると、原子力のイメージは、危険(68.5%)、不安(57.3%)である。

地方自治体は、原子力発電所の再稼働は、住民の信頼・安心を取り戻すことが最優先であり、住民の信頼・安心の回復なしに再稼働の同意は困難である。加えて、自治体は、原子力防災訓練の負担等も大きい悩みである。

原子力安全設備の強化は当然である。事故は起こることを前提に常に備えるべきである。しかし、例えば、津波対策として巨額の予算で、巨大な防波堤などを設置しても、住民には不安が残る。規制の改革や安全設備の強化だけでは住民の不安は解消しない。なぜか?

一般に、火災が発生したら消防が、事件が発生したら 警察が、テロが発生したら警察・消防・海上保安庁・自 衛隊が連携して公衆を保護する。原子力災害発生防止は 第一に事業者の責任ではあるが、大災害に発展した場合 は、事業者だけでは対応が不可能であることは福島原子 力発電所の事故で経験した。

また、原子力施設に対する「核テロ」は、電気事業者や 従業員が憎いわけではない。核テロは国家に対する敵対 行為であり、国家が前面に出て対応すべき課題である。 加えて、テロ対策には「想定外を想定」する必要がある。 いつ、何が起こるか予測は難しい。従って、原子力施設 や原子力災害を熟知し、「想定外事象」にも臨機応変に対 応できる「常時監視と緊急時即応支援が可能な部隊」の創



実際に起こったサイバー攻撃の例

設が、国民の理解と信頼回復に大きく貢献する。

そこで、周辺住民の保護、地方自治体の支援、事業者の支援、国の危機管理能力の強化などを目的とする「原子力災害即応支援部隊」の創設を提案する。特に、原子力施設への「サイバー攻撃」に対する対応が急務である。

Ⅱ. 福島第一原子力発電所事故からの核セキュ リティ対策に関する教訓²⁾

1. 核セキュリティ対策の概要

原子炉等規制法においては、防護対象特定核燃料物質について、その物質の核兵器製造に対する魅力度に応じて3段階の防護区分に分けられている。これはIAEAの勧告を踏まえた原子力委員会核物質防護専門部会報告書における「核物質防護の区分」に対応するものであり、基本的にはその物質の種類および量によって定まる。

(1)外部脅威対策(物理的深層防護)

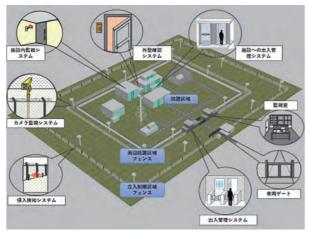
核セキュリティ対策の第1は、外部脅威を踏まえた設計基礎脅威からの物理的、システム的防護(深層防護)対策と ID カードおよび生体認証を含む厳格な出入管理と物品の搬出入管理である。

(2)内部脅威対策

①2人ルール監視・管理システム

核セキュリティ対策の第2は、内部脅威を考慮したソフト的(ルール)、システム的対策である。その具体例として、防護区域内での作業においては、相互監視を前提

物理的・システム的防護 (深層防護)



とした2人ルールの適用および2人以上の作業者をシステム的に確保するための2人ルール監視・管理システムを導入している。

②個人の信頼性確認

内部脅威低減のため原子炉施設等における防護区域内 作業者に対し個人の信頼性確認を実施することが義務化 されている。個人の信頼性確認は、書類審査、薬物検査、 アルコール検査、性格検査、面接等の実施により確認し ている。

2. 核セキュリティ対策への教訓

(1) 防護区域内防護対象枢要設備の防護

防護区域内にあり、容易に妨害破壊行為を受けるおそれがある設備であって、特定核燃料物質を施設外に漏出させることとなるおそれがある設備には、周囲にさく等を設置し、容易に人が近づけない措置を講ずるとともに、周辺に照明装置等の容易に人の侵入を確認することができる設備を設置すること、および一人での立入りを禁止することとした。

(2) 防護区域外防護対象枢要設備の防護

防護区域外にあり、容易に妨害破壊行為を受けるおそれがある設備であって、妨害破壊行為を受けると間接的に特定核燃料物質の破壊につながり、特定核燃料物質を施設外に漏出させることとなるおそれがある設備には、周囲に容易に破壊されない壁その他の障壁を設置することになった。

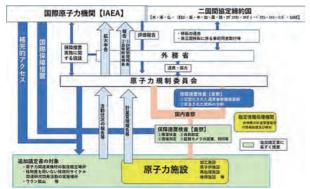
Ⅲ. 福島第一原子力発電所事故に係る保障措置 の課題と展望²⁾

1. 日本の保障措置の概要

日本は、IAEA 発足以前の 1955 年 11 月、米国との間で原子力協力協定を結び、日本は米国から原子力平和利用に関する援助を受ける代わりに米国から供給される核物質の保障措置を受入れることを約束し、同年の 12 月に「原子力基本法」を制定し、原子力の研究、開発、利用について平和目的に限定することを定めた。

また、日本は IAEA 発足と同時に、IAEA に加盟し、1976 年には核拡散防止条約 (NPT) を批准し、1977 年には IAEA との保障措置協定を発効させ、同時に「核原料物質、核燃料物質および原子炉の規制に関する法律」(原子炉等規制法)を改正した。以降、日本は、この保障措置協定に基づく IAEA の保障措置活動を受入れてきた。

イラク, 北朝鮮等で起こった未申告の原子力関連活動を踏まえ, IAEAへの権限を追加し保障措置の強化策として追加議定書が採択された。日本は, 1993年12月4日に追加議定書に署名するとともに保障措置関連の国内法改正のための検討を開始し, 1999年6月16日に原子炉等規制法の一部改正法が公布, 1999年12月16日同施行により, 追加議定書が発効となり, 包括的保障措置



日本における保障措置実施体制

協定に加えて核物質を扱わない原子力関連施設への補完 的アクセスも受け入れる追加議定書に基づく、より厳格 な IAEA の保障措置が実施されることとなった。

2. 保障措置の課題と展望

通常の原子炉施設は、燃料集合体単位で管理するアイテム施設としての核物質の計量管理を実施する保障措置が適用されるが、福島第一原子力発電所の場合、炉心に装荷されていた燃料集合体は、集合体の形状は留めておらず燃料デブリの状態になっている。このため、アイテム施設としての計量管理および保障措置は適用できない。

従って、今後当該施設については、溶液や粉末状態の核物質を取り扱うバルク施設としての核物質の計量管理と保障措置が要求される。以下に、IAEA保障措置および日米原子力協力協定の実施取極に係る課題、ならびに燃料デブリ取り出しに係る保障措置の展望について記述する

(1) IAEA 保障措置と日米原子力協力協定に係る課題

① IAEA 保障措置実施状況

IAEA 保障措置要件は、核物質の実在庫の検証が必要であるが、事故により実在庫の確認ができない状態にあり、監視カメラにより燃料が事故炉から取り出されていないことを確認しているのみであり、IAEA 保障措置要件を100%満足している状態ではない。

②日米原子力協力協定の実施取極に係る課題

日米原子力協力協定の実施取極は、日本の原子燃料サイクル実施に係る規定が定められており、特に、照射以外の方法によるプルトニウムの形状または内容の変更に係るものであり、再処理や照射後試験施設等を前提とした規定であるが、事故により炉心内の照射燃料集合体は、物理的に形状が変更されてしまっていることから、「軽水炉」の登録から「照射以外の方法により形状または内容の変更に係る施設」への登録変更が生じる可能性がある。

また、取り出した燃料デブリを分析するための施設建設が計画されており、年間取扱量がプルトニウムで1kg

以下であれば、実施取極のアタッチメントに登録する必要が生じる可能性がある。

これらの点については、日米両国政府の協議によって 決定されることとなる。

(2)保障措置の展望

①保障措置システム

燃料デブリ取出し搬送ルートと燃料デブリ容器収納室に、監視カメラと放射線モニターによる二重の監視システムを設置し、接近困難区域の保障措置要件を満たす保障措置システムとする。

燃料デブリ中の核物質量を測定する非破壊測定(NDA)の開発が必要である。候補として、六ヶ所再処理工場のガラス固化体中の核物質量を測定する NDA、あるいは、米国のロスアラモス国立研究所が開発したチェルノブイリ用の NDA がある。鍵は、収納容器ごとの燃焼度の把握である。

②核物質の計量管理

核物質の計量管理は、国籍管理に鑑み、事故時点での 燃焼計算により燃料集合体毎に生成プルトニウム量、残 留ウラン量を計算し、便宜的に新規施設として、核的損 耗を計算した後、事故炉から帳簿上の払出を行い、新規 施設で帳簿上の受入れを行い、バルクの計量管理とす る。

燃料デブリ取り出しの都度、非破壊測定器により核物質量を測定し、全体の燃料デブリから差し引き国籍付与を行う。また、濃縮度の異なるウランの国籍混合が生じた場合、核分裂性物質ベースで管理する国籍管理は元素重量に偏りが生じ、偏り報告が必要となる。

なお、本稿をまとめるにあたっては当学会事務局長岩 本友則氏に協力いただいていることを付記する。

- 参考文献 -

- 1) 齊藤正樹「サイバー攻撃への対応は急務 原子力災害即応支 援部隊の創設を」、エネルギーフォーラム、2019 年 11 月.
- 2) 齊藤正樹, 他「原子力平和利用と核不拡散・核セキュリティ」, NSA/COMMENTARIES:No.25, 原子力システム研究懇話会, 日本原子力産業協会, 2020年6月より1部抜粋.



核物質管理時報

「日本核物質管理学会の活動と核セキュリティにおける ドローンの利用に関する論文の紹介」

核物質管理時報(2020年9月発行)

日本放射線影響学会の取り組み

日本放射線影響学会 理事長 島田 義也 放射線災害対応委員会 田内 広, 宇佐美 徳子, 松本 英樹, 松本 義久, 小嶋 光明, 笹谷 めぐみ, 島田 幹男, 砂押 正章

Ⅰ. 日本放射線影響学会は 1959 年に発足

日本放射線影響学会は、1954年に起こった第五福竜丸被ばく事件を契機に、日本における放射線の人体、環境への影響とその機構の解明、適切な放射線利用への貢献を目指して1959年に発足した学際的な放射線科学研究を推進する学術団体である。現在の会員数は約800人で、その内訳は大学などの研究機関に所属する研究者と学生が中心である(学会 HP は https://www.jrrs.org)。

Ⅱ.福島第一原子力発電所事故の発生当初の活動 福島第一原子力発電所事故後、当学会では当時の会長 をはじめとする執行部メンバーが政府対応に追われる事 態となった。そんな中、2011年3月18日に京都大学の 渡邉正己会員の呼びかけにより、「一般市民が自身で納 得できる判断をするための科学的情報を伝えたい とい う方向を同じくする有志が集まって、特設ホームページ (HP)を通したメールによる Q&A を開始した。活動で は個別の質問に対応するだけでなく、主要な質問と回答 を HP に掲載し、新しい情報が入るたびに変更履歴がわ かる状態でアップデートを継続した。加えて簡単な Q&A リーフレットを PDF ファイルにとりまとめ、学会 HP に掲載して会員間で情報共有した。後述するよう に, 有志の活動は一般市民との対話に軸足を移したこと もあり、まとめに3年を要したものの、2014年に主要な Q&A と解説を冊子体にまとめて自治体や学校、勉強会 にて配布した。なお、当該冊子は改訂を加えた後に医療 科学社より刊行されている(「本当のところを教えて!放 射線のリスク」日本放射線影響学会編, 2015)。

事故直後から多数寄せられたメールや電話でのやりとりの経験から、われわれは「顔が見える直接対話」の必要性を強く感じ、2011年秋より、複数講師による対話型講演会開催への取り組みを開始した。開始から間もなく、この活動は、少人数の市民との膝詰め対話という形に変化し、現在も継続している。この10年間に有志グループおよび放射線災害対応委員会が実施した講演会、市民との勉強会の開催数は243回を超えており、メンバー個人による活動を含めればその回数は大幅に増える。実施地域も福島県および周辺の東北地方、関東地方のほか、京都府、大阪府、和歌山県など、広範にわたる。

Ⅲ. 放射線災害対応委員会の発足

福島第一原発事故当時の当学会には緊急事態に対応す

る組織体が存在せず、原発事故に伴う初期対応が有志を 中心とした活動となったことから、学会長交代のたびに 学会として認知された対応組織が変化するという状況が 4年ほど続いた。2011年度後半は非常置の「福島原発事 故対応委員会」, 2014年の学会法人化後は「教育研修委員 会」、さらに「放射線災害対応委員会」という形となって 定着し現在に至っている。活動内容は、事故当初からの Q&A 活動に加えて、福島県の学校現場における放射線 セミナー等の実施や教員との意見交換などを展開してい る。事故から 10 年を経たことや、COVID-19 の拡大に 伴う移動の自粛などのため、福島県をはじめとする膝詰 め対話によるセミナーの開催数は大幅に減っているもの の、後述する福島県郡山市教育委員会との連携による学 校での放射線セミナーは着実にルーチン化されつつあ る。また、学会の年次大会においてもリスクコミュニ ケーションに関わるセッションを継続して開催し、学会 員と広く情報共有をはかってきた。

2012 年 11 月には、日本科学未来館で毎年開催されているサイエンスアゴラ 2012 に「福島での活動経験から学ぶリスクコミュニケーション」の討論会企画にて参加し、来訪した市民の皆さんに、当時福島で起きていたことを科学的な観点から理解し、論理的に考えることの重要性を認識いただくための議論を展開した。この企画はサイエンスアゴラ出展者による相互投票で上位を獲得し、「サイエンスアゴラ賞」を受賞している。その後、2017 年にもサイエンスアゴラへ再び出展し、「福島原発事故で学んだ何を次世代に伝えるか?」というテーマで、われわれが福島原発事故で経験したことを次の世代にどう伝えるかについて、パネルディスカッションを含めて参集した市民や研究者に議論を投げかけた。

2018 年度には、社会的関心の高い福島第一原発のALPS 処理水の処分に関連して、トリチウムの生体影響に関する市民向け小冊子をまとめ、学会 HP より公開している。当該小冊子は、以下のアドレスからアクセス可能となっている。

(https://www.jrrs.org/assets/file/tritium_20191111.pdf)

Ⅳ. 教育現場との連携活動

学会有志が Q&A 活動を市民対話に展開した当初は、 自治体や市民団体の依頼に応じた講演等が中心であった。その参加者や Q&A サイトに質問を寄せた市民の中 に、地域の自治会や学校 PTA 役員の方がおられ、われ われの活動を深く理解下さり協力いただけることになっ た。これらの市民コーディネーターの方と膝詰め対話に よる勉強会を継続していく中で、セミナーに参加した学 校教諭や自治体職員の方を通して教育委員会との連携に まで拡げることができたのが福島県郡山市である。郡山 市は早期に学校周辺の除染に取り組むなど、福島第一原 発事故に先導的に対応してきた自治体である。2013年 6月. 郡山市教育委員会・教育研修センターにおいて教 職員を対象とした放射線セミナーを開催したのを皮切り に、2014年度からは教育研修センターが専門家派遣を希 望する小中学校を募り、要望された項目内容や質問に 従って、関連する複数の学会員を各校に派遣して放射線 セミナーを開催してきた。これまでの小中学校への専門 家派遣は延べ90校にのぼり、毎年2月頃にはセミナー 実施校の担当教員と訪問した学会有志メンバーが一堂に 会する意見交換会を郡山市教育研修センターにて開催 し、次年度に向けたバージョンアップをはかってきた。 2020年度は、環境省・放射線の健康影響に関する研究調 査事業として, 霧箱製作や測定実験, さらには蛍光顕微 鏡を用いた細胞内での DNA 修復過程の観察など,「目 で見る」学習により科学リテラシーの向上や将来の研究 者・専門家の育成につながる取り組みも始めた。しかし ながら、春先からの COVID-19 の拡大により、例年に比 べてセミナーの開始時期が大幅に遅くなり、 さらには、 県外からの来訪を懸念する保護者にも配慮して基本をリ モート方式に転換した。しかし、福島県では、今まさに 小中学校現場での Web インフラ整備が進みつつある状 況で、遠隔配信に手慣れた教員も多くないのが現実であ る。そのため、遠隔配信への対応が難しい(たとえば大 教室等の Web 環境が整っておらず、教員による対応も 難しいといった)学校でのセミナーは、当初予定を中止 とせざるをえない事態も起きている。COVID-19への 対応は、まさに科学的理解とリスクコミュニケーション の力が試される場ではあるが、実際に不安が先立つ状況 下では多くの解決すべき課題がある。今後の感染防止対 策の進展と、小中学校における Web インフラの整備、そ して学校教員の対応力の向上が進むことはもちろん重要 ではあるが、われわれ専門家の側でも遠隔を含めた情報 発信活動への対応力が問われる新たな時期にさしかかっ ていると感じている。とはいえ、このような学会と教育 委員会が直接的に連携した理解促進活動は全国でもほと んど例がないことから、当学会の取り組みが先行例とな り、全国の学校現場に拡がることを願ってやまない。

V. これからの放射線に対する理解促進のために 福島第一原子力発電所事故に学会として取り組んだ経 験から、われわれはいくつかのことを学んだ。第一に一 般市民にとっては、放射線の健康影響に限らず、放射線 の話は、身近に何かが起きない限り「縁遠い興味のない 話」でしかないこと、第二に、そのような市民にとって、いざトラブルが起きた時には、原爆やチェルノブイリといったネガティブな事案の印象だけが先行し、放射線被ばくのレベルを問うことなく、とにかく自身の近辺から遠ざけることだけを最優先に行動する場合が多くなること、第三に専門家の側も市民の目線に立って向き合う姿勢が足りない事例が目立ち、口が達者な「自称専門家」の出現を許してしまうということである。

最悪の事態を誰も予見できていなかったことにも多大 な問題があるが、実際の緊急事態に直面した時、市民の 側では、思い込みと危機感を煽るだけの情報に振り回さ れ、科学的エビデンスを知らないままとる選択や行動 が、実際はかえってリスクを拡大していることに気付け ない事例は多い。一方の専門家の側も、市民と同じ目線 に立って情報を伝え、市民が自身で判断できる機会を提 供することの重要性に気付くのにかなりの時間を要した のも事実である。放射性物質や放射線の健康影響に関し て、大多数の一般市民が科学的・合理的に判断を下せる ようになるためには、単なる印象や歴史の一場面として の放射線ではなく、科学としての放射線に関する情報を 早いうちから耳にし、マスコミ等に対しても、どこの誰 に聞けば真に中立的、科学的な情報が得られるのかをあ らかじめ知っておいてもらうことが大切であろう。SNS の普及により自分が選んだ情報源のみから情報を得る市 民が増加しつつある現代では、初等中等教育で聞いたこ とがあるかどうかが重要な分かれ道になると考えられ る。その意味で、われわれ日本放射線影響学会は、初等 中等教育現場での情報提供はもちろんのこと、「科学的・ 合理的に考えるとはどういうことか」といった学びの機 会を重視した取り組みを今後も続けていきたいと考えて

当学会の放射線災害対応委員会ならびに有志メンバーによる、福島県郡山市の小中学校における放射線セミナーは、放射線に関する体験授業や実験を加えて今年度より新たな展開を迎える予定であったが、COVID-19の拡大を受けて思ったような活動ができていない。しかし、この状況に挫けることなく、今こそ科学的情報に基づく行動のあるべき姿を示すチャンスであるという信念を大切にしたい。今後、われわれの取り組みについての広報活動も進めたいと考えており、これらの活動を次の世代を担う若い会員に引き継ぐことにより、さまざまな困難に出くわした時に合理的、科学的判断ができる市民の育成にと科学コミュニケーターとしての能力を備えた研究者の育成に貢献できればと考えている。

学会機関誌 Journal of Radiation Research

日本放射線影響学会では、Oxford University Press から国際的な英語論文誌(隔月刊)を発行しており、オープンアクセスとなっている。(https://academic.oup.com/jrr)

(12)

日本放射化学会の活動紹介

日本放射化学会 理事会 五十嵐 康人, 田上 恵子, 高宮 幸一, 篠原 厚

I. 日本放射化学会の概要—学術交流団体として 1999 年に設立

日本放射化学会(英文名; The Japan Society of Nuclear and Radiochemical Sciences) は、わが国の核・放射化学研 究者の研究発表と交流の場である放射化学討論会の中か ら生まれた相対的には若い学会である。しかし、実は学 会発足に繋がる長いプロローグが背景にある。上記討論 会の第1回会合は斎藤信房東京大学教授(当時)が世話人 となり、ビキニ事件から間もない1957年に同事件によ る環境汚染調査で活躍した放射化学研究者が主体となっ て東京で開催された。その後毎年討論会が開催され、昨 年(2020年)大阪でウェブ開催された年会は第64回目を 数えた。元々研究者の自主組織「放射化学研究連絡委員 会」によって運営されてきたが、原子力研究開発に対す る社会の受け止め方が変化しつつある中で、新たな発想 で学会をつくることに意義があるとの認識に立ち、1998 年秋に放射化学研究連絡委員会の中に学会設立準備委員 会が設けられ、翌1999年10月に発足に到った。奇しく も JCO 臨界事故が直前に発生し、即座に本学会の研究 者らが組織立って環境放射能調査に取り組んだ。

本学会は現在、法人化にまさに取り組んでおり、 2021年4月には正式発足を目指している。個人の会員 数は約350名で、こぢんまりとした学会ではあるが、そ の研究分野は、核化学、放射化分析、原子核プローブの 化学、医薬・生物学における RI 利用、環境放射能、アク チノイド・バックエンド化学、その他関連性の高い字 宙・地球科学, 計測・核鑑識技術, 放射線教育と多岐に わたる。また、学会員は本学会に所属するだけではな く、関連する諸学会においても活発に活動している研究 者が多い。年一回の学術集会を秋に設け、5つの分科会、 すなわち, α放射体・環境放射能分科会, 原子核プロー ブ分科会, 放射化分析分科会, 核化学分科会, 若手分科 会が活動している。また、わが国の環境放射能研究での 発表の場として重要な高エネルギー加速器研究機構 (KEK)主催の「環境放射能」研究会に協力して毎年実施 している(後述)。これまでに英文誌 Journal of Nuclear and Radiochemical Sciences は 20 号, 和文誌放射化学は 42号の発刊となっていて、活発な活動を展開している。

学会の活動については、学会ホームページ(http://www.radiochem.org/index-j.html)に掲載されている。

Ⅲ. 福島第一原発事故に対する本学会と会員の 取り組み

環境放射能研究者を多く抱える本学会としては、福島第一原発事故発生直後から、何らかの社会的な貢献や減災・安全と安心の確保のために取り組みたいという意向が強くあった。事故の全貌がつかめず混乱の最中、¹³¹Iを正確に定量するために、大学等が所有する Ge 半導体検出装置の相互比較を、また、2011年3月20日の降雨試料やIAEA標準物質を共有して、放射能測定に対応できる基盤づくりに努めた。その上に、以下に述べるプロジェクトの重要なパートを担った本学会員も多数に上った。

①文部科学省主導による 2011 年 6 月の土壌一斉 モニタリング(いわゆるマッピング調査)

このプロジェクトが達成できた背景には、本学会における研究者のつながりの寄与が大きい。いわゆる大学連合-JAEAによる福島県の汚染地域を中心とした土壌調査は、本稿の著者のひとりで、本学会現会長の篠原厚ほか大阪大学の核・放射化学研究者と、大阪大学核物理研究センター(RCNP)の谷畑勇夫先生、藤原守先生ら核物理研究者との連携から開始された1)。公的にはトップダウンとして総合科学技術会議が方針を決定し、文部科学省がこの方針に沿ってモニタリングの強化策として陸域モニタリングの結果に基づく放射線量等マップを作成するとしたが、この調査を多くの研究機関や研究者がボトムアップ的に協力して支えたのが実態である2)。実に、土壌試料採取に440名、試料測定に340名が参加し、時間との戦いで多くの方々が大変な努力をして調査結果を完成させた。

②科学技術戦略推進費「放射性物質による環境影響への対策基盤の確立」(放射性物質の分布状況等に関する調査研究)

上記①のマッピング調査は、こちらの調査に包含される形態で平成23年度の予算措置を受けた³⁾。この調査は、JAEAがとりまとめ、筑波大学恩田裕一先生(水文学、環境放射性同位体学)がPI(研究主催者)を務めた。事故で放出された放射性物質のさまざまな自然環境における動態挙動調査(土壌浸食、土壌鉛直移動、森林内外挙動、河川・井戸水等への移行等)を実施した。翌2012年

にも同様の調査研究が実施され、多くの本学会会員が従 事した。

なお、②の調査に先立ち、当時の本学会会長海老原充 先生(首都大学東京;当時日本地球化学会会長も兼務) は、自らが課題代表者となり地球科学者とも連携し、 2011年4月のごく早い時期までに特別研究促進費の申 請書類も準備され、緊急対応として文部科学省への提案 を行われた。しかし、実際には原子力災害緊急研究の予 算枠は用意されておらず、この提案は店晒しとなった。 その代わりに本課題への協力依頼へと至ったことを付記 しておきたい40。

③科学研究費新学術領域研究「福島原発事故により放出された放射性核種の環境動態に関する 学際的研究」(略称 ISET-R)

①および②で行われた調査をさらに科学的に発展させ、環境中における放射性物質の動態解明を進めるために、引き続き筑波大学恩田先生をPIとして、2012年から ISET-R が立ち上がり、4年半の期間、活発に研究活動を行った⁴⁾。ISET-R は、放射性核種の拡散・輸送・沈着・移行過程を同定し、その実態とメカニズムを解明すること、および、それに基づき長期的な汚染状況の予測と被ばく線量の低減化のための方策を提示することを目標として掲げ、本学会会員は、8つの計画班のうち、大気、存在形態、分析・測定の3つの班代表を務め、大気・海洋・陸域における移行プロセスの解明、放射性物質の物理・化学形態、先端的な分析法の開発等に活躍をした。当該課題は事後評価で A+を得ている。

④その他の調査研究活動

放射化学会員は地方自治体や自治体の研究機関などとも積極的に協力・交流し、地元住民の安全と安心の確保のために、調査研究活動に従事した。これらは、例えば、参考文献^{5.6)}に詳しく示されている。その後の除染、廃炉・廃止措置への取り組みについても本学会会員が多く関与している。

⑤ 環境放射能 研究会

KEK の放射線科学センターと本学会のα放射体・環境放射能分科会が主催、日本原子力学会保健物理・環境科学部会なども共催の研究会である。JCO 臨界事故を契機として開始され、加速器施設や原子力施設等の周囲の環境放射能に関する調査・研究、人工放射能や自然放射能も含めた広く環境放射能全般についての研究発表の場となってきた。研究会の参加者数は、震災前は100~130名程度だったが、2012年以降は福島第一原発事故に関する情報交換を目的に参加者が増加し、例えば、2017年3月の第18回研究会では207名の参加があった。これまでに研究機関や大学、高校・高専、自治体の

水産, 林業, 農業等の試験場の関係者, 一般市民の方々など多様な方々が参加した。

このように、本学会は、福島第一原発事故の後に、新たに環境放射能研究を始めた人に貴重な学会発表と情報共有の場の提供を行ってきた⁷⁾。同研究会における2012~2016年での福島第一原発事故関連の研究発表は、326件に上り、その総括として「東京電力福島第一原子力発電所事故以降の5年間における環境放射能研究のとりまとめ一「環境放射能」研究会における発表を中心に一^{|8)}を出版し、5千件以上のダウンロードが行われた。

Ⅲ. 福島第一原発事故後の環境汚染調査研究で の達成点

さまざまな研究成果が達成されているが,以下,ごく 簡単に紹介する。

①ヨウ素 129 によるヨウ素 131 汚染状況の再構築 原子力災害時には甲状腺被ばくの観点から ¹³¹I は極め て重要な核種であるにも関わらず、短半減期のため大気 中濃度や降下量の実測データが得られていない場合も多 い。福島第一原発事故後の環境汚染においても、大気や 地表面の汚染データには欠落が見られる。このため、事 故当時に得た試料から、¹³¹Iと同様に核分裂起源で生成 する ¹²⁹I との同位体比を得ることで、 ¹³¹I の汚染状況を 再構築しようという試みがなされた⁹⁾。¹²⁹Iの分析測定 には、放射化分析、加速器質量分析、または濃度が一定 程度以上ならば誘導結合プラズマ質量分析法(ICP-MS) が適用できるが、いずれの手法においても放射化学者の 協力なしには達成は困難である。その嚆矢となったのが 本学会員だった故村松康行先生(学習院大学)らによる研 究である $^{10)}$ 。2011年に福島県内の表層土壌コアを使っ $T^{129}I/^{131}I$ 同位体比を得た。こうしたデータはヨウ素の 汚染地図改善につながり,次の事項で述べる放射性プ ルームで運ばれた放射性ヨウ素の推定にもつながってい る。

② SPM テープによる放射性プルーム輸送の解明

全国の自治体では「大気汚染防止法」に基づき、浮遊粒子状物質(SPM)の常時監視が行われている。この監視においては、1時間毎にテープろ紙を巻取り環境大気を吸引して SPM を捕集している。そこで鶴田治雄先生(当時東京大学大気海洋研究所)らは、本学会員である首都大の海老原充先生や大浦泰嗣先生と協力して、2011年3月12日から23日までの SPM テープろ紙の放射能を測定・分析し、福島県および首都圏における放射性プルームの移流・拡散状況を詳らかにした。

例えば、3 月 12 日には浜通り北部での 137 Cs 濃度は 600 Bq/m^3 を記録し、1 号機ベントと水素爆発によるプルームの影響が明らかとなった。さらに、3 月 15 日早朝

の関東へのプルーム輸送、21日以降の関東への輸送とその沈着状況をはじめ、9つのプルーム輸送事象が発生していたことを明らかにした。これらの発見は、大気科学分野でのプルーム輸送モデル再現計算の検証やモデルの改良に大きく貢献し、事故による大気環境影響インパクト評価に大きく貢献した¹¹⁾。

③放射性 Cs の物理・化学性状の解明―セシウムボールの発見、性状解明

原子炉熔融の際に環境へ漏えいする Cs の形態は、水溶 性の高い CsI か CsOH と想定されてきた。実際に、よく 知られた報告の Kaneyasu et al. (2012)¹²⁾では、2011年 4~5月につくば市で採取した Cs ではサルフェートエア ロゾルが担体と推定し、水溶性も確認された。ところが、 同年3月に関東地方へ最初に輸送された放射性プルーム を捉えた大気フィルター試料では、90Sr 分析のための熱 濃硝酸抽出でも溶け残る Cs が相当量あり 13), 不溶性成分 の存在が判明した。同試料をイメージング・プレートで 調べると、多数の放射性物質の濃集点が見出された。濃 集点に関する同様の報告が多くあったことから本学会所 属の放射化学研究者らは、不溶性 Cs 粒子の単離に挑戦 し、電子顕微鏡や放射光施設での X 線分析などで、その 物理・化学性状を調べた $^{14\sim16}$ ほか、現在では、これらの 不溶性の高濃度 Cs 粒子は、Si ガラスに放射性 Cs だけで なく、さまざまな原子炉構成材が融け込んだものである ことが解明されている。環境や生態影響インパクトや廃 炉にむけた諸課題解決の中でさらに研究が進められてい る17)。

Ⅳ. 原子力をめぐる状況についての考察や所管

本学会でも福島第一原発事故を受けて、他学会のように学会内部に色々な環境データを集約するための仕組みや組織も作られた¹⁸⁾。しかし、残念ながら会員の多くが現場に駆り出されたり、外部に作られた新たな枠組みの中に取り込まれたりする等されて機能しなかった。有能・優秀な人材を多く抱えながらも、本学会を基軸とした組織化ができなかったことは反省すべき点である。原発事故発生から10年目の節目を迎え、また、次の4月に控える本学会の法人化も踏まえ、反省点は組織や運営に反映させていきたい。なお、設立当初から放射化学分析を手段とする環境放射能研究の専門家集団を含む本学会は、これからも環境放射能研究の受け皿としての責務を果たすとともに、国際的機関との架け橋としての役割も担っていきたい。引き続き、国内外間わず専門分野を超えた情報交換の場を提供するつもりである。

例として、本学会員らは線量評価モデルのために、放射性 Cs の福島第一原発事故後の環境挙動をパラメータ化し、国内外の研究者らと協力して IAEA から Technical Document No. 1927 を発行する中心的役割を担った¹⁹⁾こ

とを挙げたい。被ばく線量評価において重要となるのは、生の数値の空間的時間的解析を正確に行うことだけではない。環境半減期(土壌や植物等の放射性核種濃度が半分になる時間)を求めたり、降下量に対する農林畜産物(人が生産に携わる生産物。例:穀物や牛肉等)や野生生物(自然の生産物。例:野生の山菜やキノコ)への移行係数を示すことで、将来の線量予測に役立つ情報を網羅的に収集・提供できる²⁰⁾。これらの情報をチェルノブイリ原発事故後のパラメータ値と比較することは、データのグローバル化という点でも有効である。このような比較検討により、今まで未知だった環境中の移行メカニズム解明へと進んでいくことになる。本学会からの研究成果が、日本の気候風土に合った適切な線量評価へと結びつくものと期待している。

原子力全体の問題についても触れたい。人材の確保が どの学会でも深刻であろう。原子力災害が発生すると若 手が入ってこなくなる現実がある。その一方で、ポジ ションがなくなり研究を続けたくても続けられない若手 研究者もいる。これは予算のみならず研究者を任期制で 雇用する弊害と考える。ほかにも原子力分野に若手が魅 力を感じない理由のひとつに、形式的で過剰な規制によ る研究のやりにくさも挙げられよう。端的な事例を述べ よう。環境放射能研究においては、放射化学分離が多用 される。諸外国では一般のラボで認められる極低レベル の放射性スパイクが日本では取扱規制を受けるため、RI や核燃施設・設備の確保と運用が低レベル放射能研究を 行う上でネックとなる。コンプライアンスを徹底するの は当然である。ただ、最初から「研究が困難な」環境に なっているのは、本末転倒に感ずる。環境放射能を研究 する放射化学者も安全・安心を目的としている。その達 成のためには、合理的で妥当な安全管理も必要であろ う。

V. おわりに

以上、たいへん雑駁ではあるが、本学会会員が中心となって担ってきた福島第一原発事故による環境汚染調査や関連する活動とその概要、代表的な研究の内容、さらに本学会に関係する事項についての一部を紹介した。今でもなお、この事故の影響は国家を揺るがすほど甚大で深刻である。セシウムを中心とした環境の汚染は依然、福島県を中心とした山河、海、湖に残留しており、3万人を超える住民が帰還していない。さらに数十年にわたると予測される福島第一原発の廃炉作業や高レベルの廃棄物の処分が残っている。ビキニ事件以来、環境放射能研究に長く深く関与してきた本学会は、原子力研究者をはじめ、関連学会に属する異分野の研究者ともしっかりと連携して、防災・減災や廃止措置、廃棄物処分など、今後も問題解決に取り組み、その重要な一翼を担って参りない。

日本放射化学会定期刊行物

日本放射化学会では「放射化学」を年 2 回, 英文論文誌 Journal of Nuclear and Radiochemical Sciences を年 1~2 回発行している。これらは本学会のウェブページ http://www.radiochem.org/index-j.html から閲覧が可能である。

- 参考文献 -

- 1) 篠原厚, 齊藤敬, 3. 地球惑星科学連合と日本放射化学会の連携プロジェクト, 特集記事「福島第一原子力発電所の事故に関連した取り組み」, 放射化学ニュース, 24号, 20-25, 2011
- 2) 篠原厚, 福島土壌プロジェクトおよび放射化学会の取り組み, Proceedings of the 13th Workshop on Environmental Radioactivity, Bessho, K., Tagami, K., Takamiya, K. and Miura, T. Eds., KEK Proceedings 2012-6, pp. 25-33, High Energy Accelerator Research Organization, 2012.
- 3) 坂場成昭, プロジェクトの立ち上げ, Radioisotopes, 62(10), 774-780, 2013.
- 4) 五十嵐康人,新学術領域研究(研究領域提案型)「福島原発事故により放出された放射性核種の環境動態に関する学際的研究」とその立ち上がり、放射化学ニュース,27号,28-34,2013
- 5) 村松康行, 4. 農産物の放射能汚染問題に関連した福島県への協力,同上特集記事,放射化学ニュース,24号,25-27,2011
- 6) 大槻勤, 5. 福島県農業総合センター果樹研究所等での放射 性物質対策試験,同上特集記事,放射化学ニュース,24号, 28,2011.
- 7) KEK ニュースルーム「いろいろな人が参加しやすい研究発表・情報共有の場を」―「環境放射能」研究会の取り組み、2017年12月15日、
 - https://www.kek.jp/ja/newsroom/2017/12/15/1400/
- 8) 「環境放射能」研究会、東京電力福島第一原子力発電所事故以降の5年間における環境放射能研究のとりまとめ―「環境放射能」研究会における発表を中心に―KEK Report 2016-3 (ISBN 978-4-9907232-9-3)
 - https://lib-extopc.kek.jp/preprints/PDF/2016/1624/162400 3.pdf
- 9) 太田朋子, 土壌試料中のヨウ素—129 分析による福島事故時 のヨウ素—131 降下量の復元, ぶんせき, 203-204, 2015.
- 10) Muramatsu, Y., Matsuzaki, H., Toyama, C., & Ohno, T. Analysis of ¹²⁹ I in the soils of Fukushima Prefecture: preliminary reconstruction of ¹³¹I deposition related to the accident at Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant

- (FDNPP). Journal of environmental radioactivity, 139, 344–350, 2015.
- 11) 鶴田治雄, 大浦泰嗣, 海老原充, 森口祐一, 大原利眞, 中島映至. 東電福島第一原子力発電所事故直後の東日本における放射性セシウムの時空間分布—大気環境常時測定局の SPM 計の使用済みテープろ紙分析データの解析—. エアロゾル研究, 32(4), 244-254, 2017.
- 12) Kaneyasu, N., Ohashi, H., Suzuki, F., Okuda, T., & Ikemori, F. Sulfate aerosol as a potential transport medium of radiocesium from the Fukushima nuclear accident. Environmental Science & Technology, 46 (11), 5720-5726, 2012.
- 13) Igarashi, Y., Kajino, M., Zaizen, Y., Adachi, K., & Mikami, M., Atmospheric radioactivity over Tsukuba, Japan: a summary of three years of observations after the FDNPP accident. Progress in Earth and Planetary Science, 2(1), 44, 2015.
- 14) Adachi, K., Kajino, M., Zaizen, Y., & Igarashi, Y., Emission of spherical cesium-bearing particles from an early stage of the Fukushima nuclear accident. Scientific Reports, 3 (1), 1-5, 2013.
- 15) Abe, Y., Iizawa, Y., Terada, Y., Adachi, K., Igarashi, Y., & Nakai, I. Detection of uranium and chemical state analysis of individual radioactive microparticles emitted from the Fukushima nuclear accident using multiple synchrotron radiation X-ray analyses. Analytical Chemistry, 86 (17), 8521-8525, 2014.
- 16) Satou, Y., Sueki, K., Sasa, K., Yoshikawa, H., Nakama, S., Minowa, H., Abe, Y., Nakai, I., Ono, T., Adachi, K. & Igarashi, Y. Analysis of two forms of radioactive particles emitted during the early stages of the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Station accident. Geochemical Journal, 52 (2), 137– 14, 2018.
- 17) Igarashi, Y., Kogure, T., Kurihara, Y., Miura, H., Okumura, T., Satou, Y., Takahashi, Y. & Yamaguchi, N., A review of Cs-bearing microparticles in the environment emitted by the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident. Journal of Environmental Radioactivity, 205, 101-118, 2019.
- 18) 高宮幸一, 特集 4. 学会の取り組み「福島原発事故対策プロジェクト進捗報告」, 放射化学ニュース, 24 号, 36-38, 2012.
- 19) IAEA, Environmental Transfer of Radionuclides in Japan following the Accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant. IAEA-TECDOC-1927, IAEA, 2020.
- 20) 田上恵子,環境移行データによる放射性核種の環境動態と 将来予測, Radioisotopes 68(11), 805-814, 2019.

「廃炉地盤工学」の実践と最新の技術開発動向

地盤工学会 福島第一原子力発電所廃止措置に向けた 地盤工学的新技術と人材育成に関する検討委員会 座長, 小峯 秀雄 早稲田大学

Ⅰ. 「地盤工学会」は 1949 年に発足

公益社団法人地盤工学会は1949年に発足し、2020年9月末現在、個人会員が7,979人、906の団体会員である。すべての社会基盤施設を支えている地盤、新しい土地をつくり出す地盤、地下水環境やさまざまな場面で材料として利用される土質についての学術技術を扱うのが地盤工学であり、これらの専門家が集う学術団体が地盤工学会である(学会 HP は https://www.jiban.or.jp/)。

Ⅱ. 「廃炉地盤工学」の実践

著者の研究グループは、参考文献1)において、地盤工 学の観点から福島第一原子力発電所の廃止措置に対し, 技術開発および人材育成の観点から貢献することを目的 として「廃炉地盤工学」を提唱した。図1に、「廃炉地盤 工学」の概念を示した。「廃炉地盤工学」の創生の動機の 一つに、原子力工学と土木工学・地盤工学の協働がある。 原子力工学の専門家と、自然事象の中でさまざまな建設 と対策を経験してきた土木工学・地盤工学の専門家との 対等の立場での協働である。参考文献 2)では、具体的な 「廃炉地盤工学」の実践を記しているので、是非、読んで いただきたい。ここでは、そのごく一部を簡潔に紹介す る。「廃炉地盤工学」の下、国が提示する当該発電所廃止 措置の中長期ロードマップを踏まえて、廃炉地盤工学の 主要3テーマである,1)長期間の地下水環境・作業環境 評価と予測, 2) 土・地盤の放射線遮蔽特性評価, 3) 原子 炉建屋デコミッショニングに関する技術開発に向けた



図1 廃炉地盤工学の概念 (https://www.jiban.or.jp/hairo/hairojibankougaku)

「地盤力学」、「地盤環境学」、「地盤材料学」および「地盤施工学」の4項目で整理し、それに基づきカリキュラムを作成し、廃止措置に貢献できる人材の育成方針を提示した。具体的な実践として、早稲田大学大学院の「地盤工学特論B~廃炉地盤工学の創生~」という講義が実施されている。表1に、当該カリキュラム概要を示す。また、その講義については、動画として一部公開もなされているので、関心のある読者は、以下にアクセスされたい。http://www.f.waseda.jp/hkomine/Decommissioning.html

Ⅲ. 「超重泥水」の実適用

廃炉地盤工学における実践的な技術開発の事例として 遮水性能と放射線遮蔽性能の両方を保有する「超重泥水」 (図2)の開発がある。土・地盤は、固体・液体・気体の集 合体であり、それぞれの構成割合や土粒子の物質特性に 応じて、ガンマ線、速中性子、熱中性子の遮蔽特性が変 化する。すなわち、福島第一原子力発電所の廃止措置に おいて、放射線遮蔽の要求性能に応じて、使用する材料 と配合を適切に設計し、製作することができる。「超重 泥水」の放射線遮蔽特性と仕様設計法については、参考 文献3)、4)を参照されたい。これらの成果は、電力中央 研究所の吉川絵麻博士が早稲田大学大学院博士課程に在 籍していた時の成果である。土木工学・地盤工学分野を 起点に、現在、高レベル放射性廃棄物の地層処分技術開

表1 地盤工学特論 Bカリキュラム概要

口	単元タイトル	講師
1	講義概要説明	小峯秀雄(早稲田大学)
2	放射線基礎知識1	吉村貢(SRE)
3	放射線基礎知識2	吉村貢(SRE)
4	廃炉地盤工学概要	後藤茂(早稲田大学)
5	廃炉・地盤材料学	成島誠一(NB 研)
6	廃炉・地盤環境学	鈴木誠(千葉工大)
7	廃炉・廃棄物処分学	渡邊保貴(電中研)
8	廃炉・地盤施工学	後藤茂(早稲田大学)
9	廃炉地盤技術マップ	菱岡宗介(PCKK)
10	超重泥水技術開発	成島誠一(NB 研)
11	地下水制御対策評価	片山啓(長大)
12	廃炉廃棄物処分工学1	渡邊保貴(電中研)
13	廃炉廃棄物処分工学 2	山田敦夫(安藤・間)
14	ブレーンストーミング	講師・受講生
15	原発事故と健康影響	山下俊一(福島県立医大)



図 2 超重泥水と IRID プロジェクトへの貢献 (https://www.nb-institute.com/nb%e6%8a%80%e8%a1%93%e 7%b4%b9%e4%bb%8b/nbc/)

発に貢献している吉川絵麻博士のような人材が育成されたことは、「廃炉地盤工学」の教育の成果と位置づけられる。一方、「超重泥水」の開発・配合・施工は、成島誠一氏や氏家伸介氏をはじめとする NB 研究所の高い技術力によるものである。実際、超重泥水の高い遮水性能が注目され、技術研究組合国際廃炉研究開発機構(以降、IRID と記述)の技術開発プロジェクトにおいて、「超重泥水」は大いに活用され始めている^{5,6)}。今後は、高い放射線遮蔽性能にも注目して活用されることを期待する。

Ⅳ. 「燃料デブリ中間保管」への地盤工学の貢献

土木工学・地盤工学の視点から、燃料デブリ等の「廃棄 物対策」の課題は、速やかに解決されるべき課題と考え る。エネルギー分野の一つである高レベル放射性廃棄物 の地層処分において、土木工学・地盤工学は多大な技術 的貢献をしており、原子力発電環境整備機構(NUMO)の 設立にも支援してきた。すなわち、土木工学・地盤工学 は古くから放射性廃棄物問題に貢献してきた。さて前述 のように、 遮水性能と放射線遮蔽性能を保有する 「超重 泥水」という武器を持った。この「超重泥水」と地下空間 建設において数多くの実績を持つ土木技術「ニューマ チックケーソン」を組み合わせることにより、燃料デブ リ収納缶を、遮水・放射線遮蔽の両面から「閉じ込め」と 「隔離」ができる燃料デブリ中間保管施設を提案したい。 図3は、ケーソン工法のパイオニアであるオリエンタル 白石と早稲田大学が発案した地下式の燃料デブリ中間保 管施設である7,8)。

なぜ、地下を活用するのか。災害対策シェルターの設置個所として地下が選ばれることが多い。土木技術者は、地下が自然災害への耐性が高いことを経験的に知っている。実際、ライフラインである社会基盤施設、例えば、都市部における送電線網等エネルギー供給施設は、ほとんどが地下に築造されている。また地下は、掘削することにより広がりのある空間を設けることができる。

首都圏外郭放水路⁹⁾をご存じであろうか。地表面に密集した町がある地下に広がりのある空間を築造できる技術が、日本には存在する。すなわち、地上部に数多くの原子力関連機器が設置されている福島第一原子力発電所構内でも、同様に、広がりのある大規模地下空間を構築できる。すなわち、先のオリエンタル白石と早稲田大学提案の施設は、コンパクトかつ、当該原子力発電所構内等、既設構造物が存在するサイトにおいても建設・実施できる中間保管技術である。遮水と放射線遮蔽に加えて、良好な熱伝導性を兼ね備えた新型の超重泥水の開発も進められており、その実効性は高いと考えられる。ぜひ、原子力技術者の皆様には、ご一考をお願いしたい。

施設の外側の自然環境への畏敬の念を常に持つ土木技術者としての感性からの進言である。自然は、人知を超える事象を、度々起こす。それを踏まえて、念には念を置いた施術をするべきと考える。これが、廃炉地盤工学の当初のねらいであった「原子力工学と土木工学・地盤工学との協働」の一つと考える。

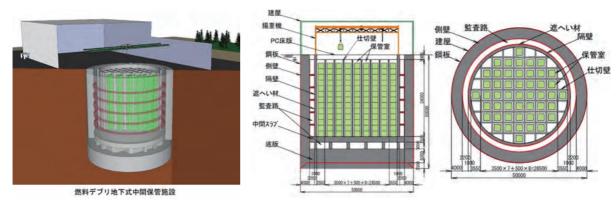
V. 土木技術者も視野を広く持たなければなら ない

前章までに、一方的に原子力工学の皆様に、ご一考いただきたい事項を述べてきた。しかし実は、土木工学・地盤工学の研究者・技術者も同じなのである。つまり、われわれ、土木工学・地盤工学を専門とする研究者・技術者も視野を広げなければならない。

著者の専門である地盤工学は、土木工学という総合学問の基本学問である。ご存じの読者も多いと思うが、土木工学は、東京大学工学部の前身の一つである工部大学校の創設当初1871年(明治4年)から存在する工学分野の学問である。そして、帝国大学工科大学初代学長である古市公威先生は、土木学会初代会長である100。古市公威先生の土木学会会員へのメッセージは、次の通りである。"土木学会では、何をやっても構わない。歴史であろうが文学であろうが、宇宙物理であろうが何をやっても構わないし、むしろ、何もかもを手がけなければならない、と古市は考えたのであった。しかしながら、土木学会会員は、全員、長くて切れぬ縄を自らの胴体に巻き付け、その縄の一方を「土木」という太い杭に巻き付けておかねばならぬのだ、とも同時に考えたのである。"

著者と廃炉地盤工学の創設メンバーは、この廃炉地盤 工学を組み立て実践していく過程で、この古市公威先生 の言葉を思い出していた。廃炉地盤工学の実践の中で、 先に紹介した吉川絵麻博士による「超重泥水の放射線遮 蔽特性に関する実験的研究^{3,4)}」はまさに、上述の古市公 威先生の言葉を体現したものと考えている。

われわれ, 土木技術者の多くは, 福島第一原子力発電 所の廃止措置を他人事と考えていた。実際, 土木技術者 の多くは, 国土交通省の管轄業務を中心としており, 道



遮へい材部分、監査路や保管室内、仕切壁間等の隙間部に「超重泥水」を充填することにより、放射線遮蔽性能が向上

図3 ニューマチックケーソンを活用した燃料デブリ地下式中間保管施設のイメージ7,8)

路や鉄道などの交通網整備や都市環境整備関連の業務で 多忙を極めている。したがって、経済産業省管轄のエネ ルギー政策事業は、土木技術とは無縁と考えて、あまり 高い関心を持っていなかった。しかし実際には、福島第 一原子力発電所において汚染水対策として実施されてい る薬液注入工法や凍結工法等は、土木工学・地盤工学が 開発してきた技術である。そして、黒部第四ダムや関門 トンネル、青函トンネルや本州四国連絡橋、最近ではリ ニア中央新幹線建設など国家的プロジェクトの推進の中 で培ったさまざまな土木工学・地盤工学技術を持ってい る。原子力発電所の廃止措置に活用できる多くの対策技 術を、土木工学・地盤工学はきっと保有している。その 一例として, 今回, ニューマチックケーソンと超重泥水 を組み合わせた燃料デブリ地下式中間保管施設を提案さ せていただいた。数多くの土木工学・地盤工学の専門家 が参画し、原子力工学の専門家と協働すれば、数々の実 効性の高い技術的プランが発案されるであろう。このよ うな主旨からも. 「廃炉地盤工学 | の重要な実践の一つ に、福島第一原子力発電所の廃止措置や、今後の重要課 題である通常廃炉に対し、一人でも多くの土木工学・地 盤工学の専門家に、関心を持ってもらう機運を作ること があると考えている。

- 参考文献 -

- 1) 小峯秀雄: 「廃炉地盤工学」の創生と原子力工学との協働, 日本原子力学会誌, Vol. 59, No. 4, pp. 183-185, 2017.
- 2) 小峯秀雄, 後藤茂, 鈴木誠, 菱岡宗介, 渡邊保貴, 東畑郁生: 廃炉地盤工学の提唱とカリキュラムの試作, 土木学会論文集 H(教育), 75(1),pp.10-19, 2019.
- 3) 吉川絵麻, 小峯秀雄, 後藤茂, 吉村貢, 鈴木聡彦, 成島誠一, 新井靖典, 氏家伸介, 佐古田又規, 長江泰史:土質系材料の 放射線遮蔽性能の定量評価, 土木学会論文集 C(地圏工学), 73(4), pp. 342-354 2017 年 10 月.

4) 吉川絵麻: 土質系充填材料の放射線遮蔽性能および遮水性能 に関する研究, 早大学位記番号: 新8440, 早稲田大学リポジ トリ

https://waseda.repo.nii.ac.jp/?action=pages_view_main&active_action=repository_view_main_item_detail&item_id=578 48&item_no=1&page_id=13&block_id=21.

(2020年11月3日閲覧)

5) 技術研究組合国際廃炉研究開発機構:平成27年度補正予算 廃炉・汚染水対策事業費補助金「原子炉格納容器漏えい箇所 の補修技術の開発」平成28/29年度成果報告,平成30年 3月,

https://irid.or.jp/wp-content/uploads/2018/06/20170000_ 08.pdf. (2020年11月3日閲覧)

6) 技術研究組合国際廃炉研究開発機構:平成29年度補正予算 廃炉・汚染水対策事業費補助金「原子炉格納容器内水循環シ ステム構築技術の開発(実規模試験)」2019年度実施分最終報 告,2020年8月,

https://irid.or.jp/wp-content/uploads/2020/09/2019007miz ujyunkanjitukibo.pdf. (2020 年 11 月 3 日閲覧)

- 7) 本間美湖,阿部慎太郎,鈴木忠勝,小峯秀雄,後藤茂,岩波基:ニューマチックケーソン工法を活用した福島第一原子力発電所の廃止措置に伴い発生する燃料デブリや放射性固体廃棄物の中間保管の概念,令和元年度土木学会全国大会第74回年次学術講演会,CS14-25,2019.
- 8) 鈴木忠勝, 阿部慎太郎, 本間美湖, 小峯秀雄, 後藤茂:福島 第一原子力発電所の燃料デブリの収納缶寸法に基づく ニューマチックケーソンによる中間保管施設の保管可能容 量の試算, 令和2年度土木学会全国大会第75回年次学術講 演会, CS11-26, 2020.
- 9) 国土交通省江戸川河川工事事務所: 首都圏外郭放水路, https://www.ktr.mlit.go.jp/edogawa/gaikaku/. (2020年11月3日閲覧)
- 10) 土木学会: 初代土木学会 会長 古市公威が語る「土木学会 の精神」,

http://jsce100.com/furuichi/explanation.html, http://www.jsce100.com/furuichi/index.html. (2020 年 11 月 3 日閲覧)

電力安定供給と地球温暖化抑制の両立に向けて

日本エネルギー学会 会長, 牧野 尚夫 電力中央研究所 牧野 尚夫

Ⅰ. 日本エネルギー学会の概要

(一社)日本エネルギー学会は1922年に設立され、エネルギーの供給、輸送、利用など幅広い側面からエネルギーに関わる諸課題を解決していくことにより、わが国ひいては世界に貢献していくことを目的とした学会である。なおエネルギーの中で、原子力に関わる部分は日本エネルギー学会の範疇から外れている。

当学会は、1992年に現在の名称である日本エネルギー 学会と改称するまでは、燃料協会という名称であった。 そのため元々は、石炭、天然ガスなどの化石燃料利用に 関わる研究課題が主体(ただし、石油に関しては石油学 会が設立されているため、当学会では大きくは扱われて いない)であったが、近年は、バイオマスや太陽光などの 再生可能エネルギーなどが注目されるに応じ、 当該分野 における研究者の参加が増加していると共に、エネル ギーの効率的利用など消費者に直結する利用サイドの課 題を扱うことも多くなって来ている。これらの活動内容 をイメージして頂く上で、どのような技術に関する部会 が設置されているかを紹介することは有益であると考え 列挙する。現在, 「石炭科学部会」「コークス工学研究部 会」「重質油部会」「天然ガス部会」「バイオマス部会」「新エ ネルギー・水素部会」「ガス化部会」「燃焼部会」「液体微粒 化部会」「省エネルギー・消費者行動部会」「リサイクル部 会」の11部会が技術分野に関わる部会(他に,「エネル ギー学」を広めるための部会や、若手の勉強会なども部 会となっている)であり、燃料特性の視点や利用技術の 視点など対象分野の切り口には違いがあるものの、当学 会の研究対象を部会名から容易に把握できるのではない かと考えている(学会 HP は https://www.jie.or.jp/)。

Ⅱ. 東日本大震災の当学会活動への影響

すでに述べたように、当学会は原子力関連技術をほとんど扱っていないため、福島第一原子力発電所の事故の直接的な影響などについて記載できることはないが、東日本大震災以降、エネルギーの安定供給が特に注目されるようになるとともに、原子力発電所の稼働率が大きく低下したことは、日本エネルギー学会に所属する技術者に大きな影響を及ぼしている。

まず、エネルギーの安定供給の視点からは、化石燃料を用いた火力発電所の稼働率が極めて高くなるとともに、稼働停止が見込まれていた老朽火力の利用延長などが必要となって来た。そのため、元々の中心的研究対象

であった化石燃料を用いた火力発電技術に関しては、寿 命延伸や安定運転に関わる保守・運用技術の向上が重要 となっている。

また、火力による発電量の増大は、当然のことながら 火力発電が元来持っていた大きな課題である地球環境保 全に対する要求をさらに厳しくしている。地球温暖化に 関わりの深い二酸化炭素の排出量削減に対して最も有効 と目された原子力発電所からの発電量低下分を、二酸化 炭素の排出が多い火力発電所で補う訳であるから、二酸 化炭素排出抑制技術の確立・高度化は急務となってい る。二酸化炭素の排出抑制技術に関しては、まずは低炭 素化の視点すなわち、発電効率を向上させて使用する化 石燃料を減らして二酸化炭素排出量を低減する高効率化 が注目されていたが、近年の一層の排出抑制への要求の 高まりから脱炭素化を目指した、二酸化炭素回収・固定 化、さらには二酸化炭素を有効利用するカーボンリサイ クルの視点なども重要となっている。

二酸化炭素排出抑制のためには、新エネルギーの利用も重要となっており、バイオマス、風力、太陽光などの利用技術開発も加速されている。その一方で、これらの新エネルギーは、気象条件などによって出力が変動するものが多く、安定供給の視点からは、その出力変動に対し火力発電所などで調整することも重要となっており、本技術の必要性は新エネルギーの導入量が増大するほど高まっている。さらに加えて、アンモニアなどのカーボンを含まない燃料を火力発電所で利用する技術などの検討も始められている。

東日本大震災直後には、関東地方で計画停電が行われるなど、消費者側にも大きな負担を強いることになった。供給側の低炭素化・脱炭素化だけでなく、消費者行動における省エネルギーの視点なども益々重要となって行くものと思われる。

以下では、供給側の技術に焦点を当てて、日本エネルギー学会に関係する技術開発が東日本大震災以降にどのような変化を生じて来たかなどを述べてみたい。

Ⅲ. 火力発電所の長寿命化と稼働率増加

近年,老朽火力発電所を含めて火力発電所の稼働率が高くなり、トラブルの予測・検知に加えて速やかな対応を行うための保守・運用技術の向上が急務となった。このような状況では、斬新なプラント開発などの新技術に関わる研究よりも、現場適用技術の開発が優先されるこ

とも多くなっている。新たな科学的知見を生み出して行くという学会の立場からは少し厳しい状況にある一方で、現場適用技術の中からも研究発表が行われるようにもなって来ており、研究の裾野が広がるという副次的な影響も及ぼしている。

また、火力発電所の稼働率の増加は、二酸化炭素排出量の増大を招いており、次項に示す石炭火力発電所の低炭素化・脱炭素化に向けた新技術開発のさらなる促進に加え、効率の悪い老朽石炭火力の停止への要求が厳しくなるなどの状況を招いている。

Ⅳ. 石炭火力発電技術の低炭素化・脱炭素化

従来の石炭火力発電所は、化石燃料を燃焼した時に発生する熱を蒸気に伝え、蒸気タービンにより発電して来た。そのため発電効率の改善は蒸気条件の向上(高温・高圧化)によりなされており、最新の USC (超々臨界圧発電)技術に至っている。蒸気条件の向上だけでは大幅な発電効率の向上は見込めないので、一層高い発電効率の達成を目指した新たな発電技術として、蒸気タービンに加えてガスタービンや燃料電池などを組み合わせた複合発電化が進められている。すなわち、石炭をガス化することにより天然ガスなどと同様にガスタービンや燃料電池を利用することが可能になり、これらと蒸気タービンとの組み合わせにより大幅な発電効率の向上が可能になる。すでにガスタービンと複合させた石炭ガス化複合発電においては商用機が稼働しており、燃料電池を組み込んだ方式についても精力的な研究開発が進められている。

石炭火力の高効率化は着実に二酸化炭素の排出量を低 減できる「低炭素化」技術ではあるものの、二酸化炭素の ゼロエミッション化は不可能である。そこで石炭火力の 「脱炭素化」技術として、石炭火力で発生する二酸化炭素 を回収し固定化する技術の開発が進められている。二酸 化炭素の回収としては、排ガス中の二酸化炭素を化学吸 収法や物理吸収法、物理吸着法さらには膜分離法などを 用いて回収する技術に加えて、酸素燃焼により排ガス中 の二酸化炭素濃度を高め、濃縮装置を用いずに二酸化炭 素を回収する技術なども開発されている。また、発電効 率の高い石炭ガス化技術と二酸化炭素回収技術を組み合 わせる技術の開発も進められており、酸素吹きガス化に より石炭ガス中の二酸化炭素濃度を高めて回収を容易に できるなどのメリットを活かし、発電効率をあまり低下 させずに脱炭素化が図れる可能性も示唆されている。加 えて新しい概念として、石炭ガス化に酸素燃焼を組み合 わせた酸素・二酸化炭素吹きガス化技術も検討されてお り、最新の微粉炭火力以上の発電効率で二酸化炭素をほ ぼ全量回収できるとの試算もなされている。

二酸化炭素を回収しても、その処理方法が問題となる。 石炭の性状にもよるが、発生する二酸化炭素の質量は、利 用した石炭の質量に対して2.5倍程度と膨大な量となる。 油田などが多い国では石油増進回収などに比較的容易に 適用できるが、わが国においては、候補地が非常に少ない。そのため、地中などに処分する方法も考えられているが、少しでも無駄なく活用するためには、二酸化炭素を新たな資源や材料に転換するカーボンリサイクルの概念が重要である。もちろん、概念がどんなに重要でもカーボンリサイクルは容易に確立できる技術ではなく、今後の重要な開発項目の一つとなっていくであろう。

V. バイオマスなど新エネルギーの利用拡大

二酸化炭素の排出を抑制するためには、自然エネルギーなどの再生可能エネルギーの利用も重要となる。当学会関連では、化石燃料と関わりの深いバイオマスの利用技術が特に注目されており、近年ではバイオマス科学会議の方が、歴史ある石炭科学会議よりも多くの発表が集まるという傾向が続いている。バイオマスは、石炭のように炭化プロセスを経ていないだけに、燃料性状も多岐に亘るため、非常に多様な視点での検討がなされている。

一方,太陽光や風力などの自然エネルギーなどは気象条件によって発電出力が大きく変動するため、その変動を吸収・調整するために、火力発電所などのバックアップが必要となる。火力発電において、速やかな出力調整を可能とし、しかも低負荷時あるいは負荷変動時においても二酸化炭素排出を抑制できる技術の開発は、今後ますます重要な課題になって行くものと思われる。

VI. おわりに

東日本大震災以降の(一社)日本エネルギー学会の状況の変化を概説した。もちろん、個別技術の殆どは東日本大震災以前からも重要だと目されていたものであるが、震災以降に原子力発電所の稼働が極端に少なくなったことなどが原因になって、さらに重要性が増している技術が多い。特に、地球温暖化抑制に向けた二酸化炭素排出抑制技術に関しては、原子力発電による発電量が少ない場合、当学会が深く関わる技術分野において、化石燃料を使用しつつ大幅な二酸化炭素排出量の削減を図る必要があり、極めて斬新な技術が必要とされる。今後は、原子力発電の適切な活用に加え、当学会のさまざまな研究対象において大胆な技術革新が図れることを祈っている。

日本エネルギー学会機関誌「えねるみくす」

日本エネルギー学会では、機関誌「えねるみくす」(隔月刊)および、学術誌である「Journal of the Japan Institute of Energy(日本エネルギー学会誌)」(投稿論文、月刊)を発行している。なお、「えねるみくす」の目次は、下記で見ることが可能である。



https://www.jie.or.jp/publics/index/574/

原子力をめぐる課題

エネルギー・資源学会 元会長 筑波大学名誉教授 内山 洋司

I. エネルギー・資源と環境の調和を目指してエネルギー・資源学会は、エネルギー、資源、環境に関する諸問題の総合的な解決を目指すために、産学および官の緊密な協力関係の育成、ならびに会員相互の連携の強化をはかり、関連科学技術の振興に寄与することを目的に、1980年に設立された。現在の会員数は約1千人で、大学などの研究機関、産業界のメンバーから構成されている(学会 HP は https://www.jser.gr.jp/)。

Ⅱ.福島第一事故により信頼性が失墜

福島第一事故は、それまでの原子力政策を一変させてしまった。事故以前は原子力委員会が策定した「原子力政策大綱」と経済産業省が作成した「原子力立国計画」によって原子力発電は日本の基幹電源として核燃料サイクルを含めて最も重要な電源であり、その政策はブレることがないと位置づけられていた。当時、"原子力ルネッサンス"という言葉さえ広く使われた。

事故が発生した時は、民主党政権下にあり、放射線による被ばく影響や住民避難、事故処理を巡ってしばらくは混乱状態にあった。テレビや新聞等のマスメディアは、被ばく線量による被害状況、避難された人々の苦しみや生活状況、解決の見通しが立たないでいた事故炉について連日、報道した。5年以上にわたる報道によって、国民の不安が高まり、原子力への信頼性は大きく低下してしまった。

当学会では福島第一事故後、すぐに原子力リスク研究会を立ち上げ、エネルギー安全保障、経済性、環境性、安全性、いわゆる3E+Sの視点からエネルギー政策において原子力発電の位置づけを議論してきた。議論の結果は、政府の委員会等に参加している学会関係者によって原子力発電のベース電源としての必要性に少なからず影響を与えたものと思われる。また、当時、原子力の今後のあり方について日本原子力学会と連携して考えることを模索し、原子力学会の理事の方々と話し合いの場を取らせていただいた。

Ⅲ. 停滞ムードが漂う原子力開発

その後、エネルギー基本計画で原子力発電がベース電源として位置づけられることになったが、できる限り依存度を下げることも明記されたこともあって、既存軽水炉の廃炉も進み、原子力発電を新規に開発することも難

しい状況になった。また、"もんじゅ"の廃炉も決まり核 燃料サイクルの見直しも余儀なくされた。原子力開発に 停滞ムードが漂い始めた。残念なことに原子力関係者に よる信頼性回復に必要となる現場重視の活動が見られな い。原子力平和利用の推進を中心的に担わなければなら ない原子力委員会が傍観者的なメッセージしか出してお らず、各委員は原子力立地地域の地元住民との対話に全 く参加していない。また、わが国の原子力開発を担って いる日本原子力研究開発機構(JAEA)も機構内の諸廃止 施設への対応や基礎研究に忙しいのか、原子力の信頼性 を取り戻すために必要となる IoT や AI など情報技術を 取り入れた軽水炉の安全性研究に取組む動きがない。事 故対応はほとんどが当事者である東京電力に委ねられ、 電力自由化の影響もあるのか他の電力会社からの支援も 十分とは言えない。電力会社や原子力メーカー、それに JAEA が互いに協力し、原子力分野に新しい旋風を巻き 起こしてほしいが、その兆しは見えない。

国の政策や停滞ムードは大学や民間研究機関にも大きな影響を与えている。原子力への依存をできる限り小さくしていく方針によって、大学でも原子力に関する研究テーマで科学研究費など外部資金を獲得できる可能性が次第に少なくなっている。エネルギー・資源学会においても、原子力に関する研究発表の件数が減少し、学会を支えていた電気事業やメーカーからの発表も無くなっている。原子力リスク研究会の活動も停止状態となっている。恐らく、日本原子力学会以外の諸学会においても状況は同じで、原子力とは距離を置く学者や民間研究者の数が多くなっている。

をれに対して、再生可能エネルギーの研究と開発は花盛りである。主力電源化に向けて政治家だけでなく経産省、環境省などの省庁も積極的に支援する方針を表明している。普及に向けて産業界だけでなく地方自治体やNGOなども積極的な協力を示している。欧州委員会は水素、太陽光、風力など再生可能エネルギー、電気自動車の充電ポイントの拡充などの交通分野、グリーン建築、デジタル経済に向けた取り組みに95兆円を投資していくという。アメリカでも、バイデン新政権の民主党は電力の100%再エネ化を目指し、グリーン・ニューディール政策に176兆円を投資するという。日本は、昨年10月、菅総理が再エネを中心にカーボンニュートラルを2050年までに達成する目標を表明し、2兆円を投資

するという。それに呼応してか、大学でも科研費や外部 資金を確保するために再生可能エネルギー関連の研究 テーマが数多く提案され始めた。産官学と国民が一体と なった取り組み体制が出来つつある。

Ⅳ. 原子力再生に向けた道は?

原子力はエネルギーの特性から見れば、わずかな燃料で膨大な熱を発生することができ、動力機関や熱供給としても優れた特性を有している。化石燃料の資源が極めて乏しい日本にとっては準国産エネルギーとして安全保障において重要なエネルギー源である。しかし一方で、核分裂によって発生する核分裂生成物の事故による外部放出や最終処分の安全性問題、さらに核テロといった政治問題も引き起こしている。どのような科学技術にも多かれ少なかれ影はあるが、原子力への社会不安は事故後10年が過ぎた今でも消え去ることはない。原子力の再生には技術進歩も大切だが、それ以上に社会・政治的な問題への対応が求められている。

最近は、自由主義国のEU諸国やアメリカ、カナダでも原子力開発はストップした状況である。その理由の1つに電力需要の伸びの低迷がある。先進国はインフラや耐久消費財が成熟化しエネルギーだけでなく電力需要も伸びておらず、大型電源を新規に建設していく必要性が無くなっている。更新需要を待つことになるが、既存設備の寿命延伸やガス火力などの代替電源もあり、将来の新規計画も見通せない状況にある。それに対して、中国、インド、ロシアなど新興国は電力需要の伸びが大きいことから原子力発電を含めた大型電源の建設が進んでいる。

別の理由に電力の自由化がある。電気分野の自由化によって小売り、発電、送配電が法的に分離された。発電事業も分社化され企業存続のためには他の営利企業と同じ経営を強いられている。以前のように公益事業であれば大型電源を建設しても投資額を長期に回収できることが保証されていた。電力需要のマイナス成長が続いている今、電力会社は大型電源を建設した時の投資リスクを自ら負わなければならない。また、自由化された電力会社にとって、地元交渉などに長期間要する原子力発電の

建設は二の足を踏む思いである。

当面は、停止中の既存軽水炉を稼働させることに全力を注ぐことが望まれる。それには、次に述べる安全対策を実施した上で、国民や住民とのコンセンサスづくりを確立するリスク・コミュニケーションを取り入れてほしい。

- ・原子力の安全性に係る事象を考慮した設備の健全性 評価を行い、それぞれのリスク・マネジメントを検 討する。
- ・規制当局と事業者が原子力安全に対する共通目標を もち、国民・住民目線で目標を達成していく課題を 設定し、それぞれの解決に取り組む。
- ・原子力安全に係る関係者の役割と責任の所在を明確 にし、平時の安全施策の実施と事故時の対応で速や かな連携が図れる体制を確立する。
- ・組織の安全文化の構築と現場力を重視した安全施策 を徹底する。安全性の強化には AI や IoT の最新技 術を積極的に取り入れる。
- ・事業所と規制当局の両方において、安全施策に対す る専門家を養成し、また原子力安全に係る技術者の 訓練への教育システムを確立する。

原子力の技術開発や研究は特定の技術集団だけで実施されることが多い。原子力に係わっていない研究者にとっては近寄りがたい存在となっている。閉鎖性の打破が原子力再生の道になるのではないだろうか。原子力以外の技術者や研究者との交流を深めて、原子力界に新しい風が吹くことを強く期待する。

学会誌「エネルギー・資源」

エネルギー・資源学会では会誌「エネルギー・資源」と、「エネルギー・資源論 文誌」(いずれも奇数月刊)を発行している。

会誌最新号の目次は、下記参照。



https://www.jser.gr.jp/wp-content/themes/jser/pdf/new-index.pdf

原子力災害を巡る水文・水資源学会の取組

水文・水資源学会 会長 近藤 昭彦

Ⅰ. 水文・水資源学会は 1988 年に発足

水文・水資源学会は、①学際的かつ総合的研究を重視すること、②新技術の開発・応用など、創造的、先導的な研究を重視すること、③基礎研究の重視はもとより、実際問題への適用をはかるために、学・官・民の研究者・技術者の交流を促進すること、④国際的な交流と協力を積極的にはかること、を4つの柱として、水文・水資源学研究の発展を期することを目的とした活動を実施している(学会 HP は http://www.jshwr.org/)。

Ⅱ. 東日本大震災対応小委員会を発足

福島第一原子力発電所(以下,福一)事故後,当学会で は東日本大震災対応小委員会を直ちに立ち上げ、現場に おけるさまざまな主体の活動に対する支援を行った。水 文・水資源学会は水循環を異なる視点、視座から扱う理 工系, 農林系, 人社系, 環境系等のさまざまな分野の学際 組織としての性格を有する。初期の活動以降は学会とし ての統一的な活動というよりも、それぞれの分野で発足 した大規模な調査プロジェクトへ個々の会員が参加する という形で進められていった。一方、特定の被災地への 支援活動を行った会員も多かったが、それは眼前の課題 に取り組む現場の科学者としての立場を重視したことを 意味する。国や世界をステークホルダーとして科学の成 果を役立たせたいという立場、数字で表される人ではな く、顔が見え名前がある人との関係性を重視する立場が 存在した。異なる立ち位置から災害および事故に取り組 むことにより、学際という特徴を通して、ステークホル ダーとの関係性に関する課題も見えてきた。原子力災害 は研究者の視座の違いを意識させた大災害でもあった。

Ⅲ、水文・水資源学の立場から

東日本大震災が発生し、その被害の実態が明らかになっていく段階で水文学(ここでは水循環の実態を扱う科学の立場で記述する)の知識、経験を現状把握、環境回復に役立てられるのではないかという気運が高まっていった。特に、福一の事故により環境中に放出され、沈着した放射性物質が、どのような過程を経て人間の居住圏に出てくるかという課題は、流域における水・物質循環を扱う水文学が担うべき重要課題であった。水文学の一分野に斜面水文学という分野がある。これは山地斜面の降水がどのようなプロセスを経て、渓流に流出し、河川水となるか、という課題を扱っている。植生のある斜面における水の浸透、流出過程は複数の素過程から構成

されており、河川水の量的な増減と実質的な物質の動き は異なっている。このことは放射性物質の移行を予測・ 予見するために不可欠の知識であった。

環境中に沈着した放射性物質の存在は空間線量率を計測することでわかるが、対策を講じるためには量がわからなければならない。そのために、2011年6月に文部科学省による福一80km圏の2kmメッシュごとの土壌サンプル調査が行われた。その調査に先立ち事前調査がボランティアベースで実施されたが、水文・水資源学会はこの事前調査を支援し、文部科学省による土壌調査に僅少ながら貢献できたといえるだろう。土壌調査の結果は2011年8月に文部科学省から公表されたが、事故発生から半年を経ずして公開されたセシウム137の土壌濃度マップは近代国家としての日本の世界に対する報告となった。なお、陸域の放射性物質の水・土砂による移行研究はOnda et al. (2020)²¹で総括されている。

Ⅳ. 現場の立場から

筆者は計画的避難区域に指定された川俣町山木屋地区に入り、帰還を望む住民との協働による調査、支援活動を行った。川俣町山木屋地区除染等検証委員会のメンバーとなり、除染の効果を検証する役割を果たしたが、数回の住民説明会等では避難の現実を思い知らされることになった。その教訓は問題の解決は諒解であり、諒解の形成のためには科学的合理性、共感(エンパシー)、理念(あるいは原則)を共有することの重要性であった。山木屋における経験は Kondoh and Hama (2019)¹¹、近藤(2019)⁶⁾で総括した。

V. 問題の解決とは何か

首都圏における原子力災害に関する講演の場では、 "福島にはもう住めないのだよ、住んではいけないのだ よ"という意見をよく頂いた。それは安全な場所にいる 科学者の善意の言葉であった。一方、現場には生業を奪 われ、暮らしが困窮し、家族が分断された人々が存在し ている。それぞれに名前があり、顔が見える"ひと"が いるのである。大和言葉の"ひと"はまさにそういう 人々を意味する言葉である。

環境中に放出,沈着した放射性セシウムの消失には 100年オーダーの時間がかかる。この現実の中における 解決とは諒解にすぎない。科学的合理性だけでなく,共 感(エンパシー)を持ち,暮らしや地域のあり方に対する 理念を共有する必要がある。合理性,共感,理念が共有 できると信頼が生まれ、ひとは諒解することができるようになる。信頼の醸成がなにより重要なのである。

ただし、旧避難区域への帰還は信頼が生まれたから達成されたというより、国と対立したくない自治体、早く帰還を達成したい住民による苦渋の決断という側面もあった(近藤、2019)⁶⁾。ふるさとに住む権利は人権でもある。このことを社会の分断の修復によって再確認できなければ、同様な悲しみ、苦しみは繰り返されることになるだろう。

VI. 災害・事故における科学の立ち位置

科学と社会の関係は近代における重要な課題であるが、科学の側からの言い分として"論文を書けば、(科学者である)自分ではない誰かが、それを社会に役立てるのだ"という言説がある。この考え方についてはさまざまな反駁があるが、例えばトランス・サイエンス(小林、2007)50もそのひとつであろう。科学に問うことはできるが、科学では答えることができない問題である。

Pielke (2007)³⁾ は科学と政策の関係について類型化を行っている。その中で論点主義者 (Issue Advocate) は研究成果に基づき特定の政策を提言,主張する科学者であり,複数の政策の誠実な仲介者 (Honest Broker of Policy Alternative) は研究に基づき可能な複数の政策を提言できる立場である。実際には Honest Broker は個人というよりも理工系,人文社会系も含めた大きなフレームの中で,異なる視座のもとで複数の提言ができる存在であり,まさに日本学術会議のような科学者集団の機能であろう。

Ⅷ. おわりに―私見―

原子力災害に対する水文・水資源学会の取り組みの一端を紹介させて頂いたが、顔のみえる"ひと"をステークホルダーとした活動は個別の営みである。しかし、個別の取り組みが積分されて全体の取り組みとなるので個別性に対応することこそが問題解決への第一歩である。このような考え方のもとで著者の経験を記述したが、原子力を使うことができる社会とはどのようなものか、について私見を述べさせてもらいたい。

日本国民の多くはこれまで原子力発電の便益を享受してきた。しかし、原子力発電の仕組み、コスト、リスクを理解し、諒解して電気を使っていたのかと考えると心許ない。小林(1992)⁴⁾はオルテガの文明論に基づき、文明社会の野蛮人仮説を検証した。すなわち、「科学技術が高度に発達すると、科学技術者を志す者がかえって減少」し、文明は衰退する。まさに大衆が便益だけを享受している原子力という技術の現状を語っているようである。われわれが原子力発電を使うためには、その仕組みを知ると同時に、リスクについて十分に知り、対応できなければならない。原子力災害に際して専門家に対応を丸投げせざるを得ないような状況は、日本人が原子力発電を

使うリテラシーを持っていないことの証明でもある。 もっとも文明の利器全般についても同じことがいえる。

原子力災害発生後しばらくして電気料金値上げの報道が出てきたとき, "(首都圏に住む)私たちには関係ないのに", という声が聞こえてきた。東京電力の発電所の事故であるので関係ないとはいえないのであるが, 背景には貨幣経済がある。価値を貨幣に変換し, 利便性を享受することにより, 価値の元との関係性を捨象した態度といえる。これは資本主義の仕組みでもあるが, 関係性を捨象した社会は暮らしやすい社会であろうか。

現在、国連持続可能な開発目標(SDGs)が進行中である。SDGs の目的はそのタイトル「Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development」からわかるように社会の変革である。COVID-19 による災禍が世界を混乱させている現在、新しい社会、幸せな暮らしのあり方を考える時期に到達したと考えることに何の違和感もない。数万年後には地球は氷河期に向かう可能性は高い。その時は原子力によるエネルギーは必須になるかも知れない。では、現在を生きるわれわれはどうしたらよいのか。叡智を結集する時がやってきたといえる。

なお,本論は著者の経験に基づくものであり,水文・ 水資源学会の総意ではないことをお断りしておく。

- 参考文献 -

- 1) Kondoh, A. and Hama, A. (2019): "Nuclear Disaster and Human Geoscience", in Y. Himiyama, K. Satake, T. Oki, eds., "*Human Geoscience*", Springer, 339pp.
- 2) Onda, Y., Taniguchi, K., Yoshimura, K. *et al.* (2020): Radionuclides from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant in terrestrial systems. *Nat. Rev. Earth Environ.* https://www.nature.com/articles/s43017-020-0099-x
- 3) Pielke R. A. Jr. (2007): THE HONEST BROKER Making Sense of Science in Policy and Politics, CAMBRIDGE, 188pp.
- 4) 小林信一(1992):「文明社会の野蛮人」仮説の検証:科学技術と文化・社会の相関をめぐって、研究技術計画,6(4),247-260.
- 5) 小林傳司(2007): トランス・サイエンスの時代 科学と社会をつなぐ、NTT 出版, 288pp.
- 6) 近藤昭彦(2019): 原子力災害における解決と諒解 犠牲のシステムから関係性を尊重する共生社会へ , 学術の動向, 第24巻第10号(2019年10月号), 49-52.

水文・水資源学会誌

水文・水資源学会では年6回の和文誌「水文・水資源学会誌」を発行し、オンライン英文誌「Hydrological Research Letters」を水文学関連学会の共同作業で発行している なお学会誌掲載論文は J-STAGE で公開している。



日本救急医学会の取組と展望

日本救急医学会 長谷川 有史原子力災害対応特別委員会

日本救急医学会は1973年に発足

日本救急医学会は、国民の保健・医療・福祉に寄与するため、救急医学の進歩発展を図り、救急医療の普及と発展に貢献することを目的として、1973年に発足した。現在の会員数は約1万人で、医師が会員の約98%を占める(学会 HP は https://www.jaam.jp/index.html)。

I. はじめに

福島第一原子力発電所事故(以下福島事故)に関連した 医療対応を顧慮するとき、救急医療体制が極めて脆弱 で、特に事故後急性期の搬送手段と診療施設の選択肢が 極めて乏しい状況にあったことが了知される。その背景 を省察すると、医療過疎地域における救急医療の潜在的 脆弱性に加え、複合災害発生を予見できず原子力安全神 話を信じ続けた想像力の欠如、事故に関する情報の不確 かさ、放射性物質というハザードから受けるリスクの相 場観の欠如などの主体的かつ受動的な多様な因子が存在 したことが認知される。日本救急医学会(以下本会)に は、わが国で発生するあらゆる急性期医療を要する事案 に際して、その在り方を示す事が社会から期待されてい る。本事案においても、福島事故被災地域の一般救急医 療の体制維持、緊急被ばく医療体制の再構築、集団災害 医療の体制確立が本会に期待され、かつ喫緊の課題と なった。

福島事故に際し本会は、オフサイトセンター顧問としての災害医療アドバイザーおよび緊急被ばく医療統轄者としてのJヴィレッジ医療班総括医師の現地派遣を通じて、会員が主体的に事故の収束を医療の面から支援するという役割を果たしてきた。これらの活動を通じての基本コンセプトは、高度の能力を持つ医師による医療機能の調整と、その前提となる通信体制の構築であった。その結果、多様な機関間・多様な業種間の協力体制構築、多様な機関における同業種(医師)の有機的統合、の二つの視点を踏まえた危機時の救急医療体制の構築が実現できたと自負している。

今後は福島事故後 10 年を契機に、われわれにできたこと、できなかったことを整理し、得られた教訓を将来に反映することが必要と考える。福島事故におけるわれわれの経験は、COVID-19 対応、オリンピックにおける救急・災害医療体制構築を始め、将来の危機時における救急医療体制構築モデルに生かされている。

Ⅱ. オフサイトセンター医療班としての活動

本会はまず、福島県庁内に移設された緊急事態対応対 策拠点(オフサイトセンター; OFC) に本部顧問(「災害医 療アドバイザー」)を派遣した。その契機は、前線拠点で ある」ヴィレッジに総務省消防庁から派遣されていた救 急科専門医が、2011年3月24日に発生した被ばく・汚 染作業員への医療対応経験を本会代表理事に報告すると ともに、福島第一原子力発電所(以下原発)復旧作業中の 救急・災害医療体制強化の必要性を提言したことにあ る。これを受けて3月28日、「福島原発事故緊急ワーキ ンググループ」の立ち上げを学会ホームページで発表し た。体制強化のために、被ばく医療と災害医療に精通し た会員を適所に派遣し、消防・自衛隊・東京電力など諸 機関との連携・調整と医学的統括を図る必要があること を社会に発信したのである。OFC には、救急・災害医療 のエキスパートでかつ被ばく医療を知る会員を災害医療 アドバイザーとして派遣し、傷病者対応フローの策定と 運営にあたることを指示した。2011年4月4日~8月 31 日までの間に派遣された災害医療アドバイザーは延 べ34名である。6月30日までは3~7日毎の交代派遣体 制を敷き、7月1日からは福島県立医科大学救急医療学 講座の本会会員を中心担当者とした体制に切り替え、現 在に至る。この活動を通じて、限られた搬送手段と劣悪 な現場アクセスの中で緊急度・重症度に応じた医療機関 の選定と搬送の調整、さらにそのためのネットワークを 構築した。現在も福島第一原発と関係医療機関の間で毎 日実施されている WEB 会議はその軌跡の一つである。

Ⅲ. Jヴィレッジ医療班としての活動

また、本会は、「J ヴィレッジ医療班総括医師」を医療前線拠点である J ヴィレッジに派遣して、実診療と搬送体制の具現化に努めた。 J ヴィレッジには、緊急被ばく医療のエキスパートで、かつ救急・災害医療を実践出来る会員を配置した。彼らは、東京電力・東京電力病院・自衛隊らと協力してトリアージ・診療・除染を行うとともに、福島第一原発・J ヴィレッジ医療班による前線・中継基地と OFC を繋ぐ強固な通信連絡体制を構築し、後方医療機関に傷病者を搬送する後送体制を構築した。さらに、9時、10時、15時、19時、および19時以降に政府・東京電力統合対策室合同テレビ会議、J ヴィレッジ医療班定例会議、福島第一原発救急医療 WEB 会議、自

衛隊との合同会議などに出席あるいは会議を主催し、関連各部門との連携構築と調整に努めた。2011年3月18日~4月2日までは東京消防庁・総務省消防庁の要請で、4月3日~8月31日までは本会からの派遣として、延べ49名がJヴィレッジ医療班総括医師を担当した。そして4月3日~8月31日までの間に64名の傷病者の診療に対応した。このJヴィレッジ医療班総括医師の活動は、福島事故収束作業の進行に伴い爆発などによる多数傷病者発生リスクが低下したことを見届け、2011年7月1日に福島第一原発内に救急医療室が設置されたことをうけ同年8月31日をもってその役割を終えた。

Ⅳ. 福島第一原子力発電所救急医療室における 診療

さらに、本会員は、福島第一原発内に設置された東京 電力が運営する救急医療室において、ローテーション医 師としてその運営に協力している。

事故直後医師が不在であった福島第一原発には, 2011年3月19日から社内外支援医師のローテーション による医療体制が構築された。しかし、同年5月14日 には医師不在時間帯に心筋梗塞による作業員死亡例が発 生した。これをうけて、国に24時間体制の救急医療室 の原発構内設置が進言され、同年7月1日に福島第一原 発の5・6号サービス建屋内に世界初の原発内救急医療 室(5・6号ER)が開設された。これにより福島第一原発 で発生する傷病者の初療は5·6号 ER が担い、その後方 支援をJヴィレッジ医療班および地域の救急医療機関が 担当する体制が構築された。さらに、2013年6月30日 には、Jヴィレッジ診療所と5・6号ERとが統合され、 福島第一原発の入退域管理施設内に救急医療室(1FER) が新設された。これにより 1FER が初療を行い、後方医 療機関に根本治療を引き継ぐ基本的な診療体制が確立さ れた。1FERの最も重要な役割は、福島第一原発構内外 で発生するあらゆる傷病者に対する救命処置と蘇生、そ して根本治療のための適切な医療機関の選定である。救 急科専門医1名, 救急救命士1名, 看護師1名, 事務員1 名が常駐し24時間体制で運営されており、年間70~180 名前後の傷病者に対応している。

V. 救急医学における原子力災害医療の課題と 展望

福島事故において何ができて何ができなかったのか、 できなかった事に対して今後学会としてどのような対策 を講じるか、福島事故後10年を契機に整理する事が重 要だと考えている。福島事故における本会の活動を振り 返ると、短期間の会員派遣によるリレー体制ゆえに、メ ンバー間の情報共有が必ずしも十分でなかった事は反省 点の一つである。一方で、本会が認定する救急科専門医 に、緊急被ばく医療への理解を深める機会を提供したこ とは将来に向けた理運ともいえる。放射性物質・核物質 および放射線はわれわれの日常に潜むハザードの一要素 であり、その検知・リスク認知と医療対応は全ての救急 科専門医が具備すべき基本的知識・技術である。翻っ て、同じ救急科専門医であっても放射線リスク認知(ど の程度放射線リスクを受け入れられるか) は多様である。 重要なことは、患者がわれわれに期待する医療はあくま でも通常レベルの救急医療であり、放射性物質や放射線 が関与しているという理由で医療の質が低下する事態を 許してはならないという認識である。

福島事故は、医師という職種、救急医学という領域の限界と脆弱性をわれわれに教えてくれた。多様な職種との連携構築と、多様な機関に属する医師という専門職の協調、この2つが危機的状況の打開には必要不可欠であった。このことは、行政や消防・自衛隊などの他組織と連携・調整を行う能力を持つ救急科専門医の育成が、本会にとって将来にむけた重要な使命であることを強く認識させたのである。本会の福島事故におけるこれらの経験は、COVID-19対応、オリンピックに向けた医療体制整備における学術連合体(コンソーシアム)を始め、今後の危機時における救急医療体制構築のモデルに着実に生かされるものと確信している。

Ⅵ. おわりに

歴史は繰り返すと先人は言う。翻って過去の原子力事故・災害を紐解くと、放射線事故・災害は一定間隔で発生していることに気づく。そして放射線事故・災害の度に、放射線リスク認知の多様性、情報の不確かさ、緊急避難と転居に伴う二次的健康影響、心理的影響、未解決課題の長期化など、同じ課題と反省が何度も繰り返されてきた現実に気づく。

われわれはまだ、福島事故から十分に学びきれてはい ない。

日本放射線看護学会と福島原発事故

日本放射線看護学会 理事長 草間 朋子

I. 放射線看護学会の設立のきっかけは1F事故

一般社団法人日本放射線看護学会は,2012年に設立された学会で,2011年の東京電力福島第一原子力発電所の 事故(以下,1F事故)が学会設立の大きな契機となった。

看護職(看護師, 保健師, 助産師)は, 患者さん達の もっとも近くで四六時中患者さん達に寄り添い、時には 患者さん達のアドボケートとしての役割を果たしつつ. 患者さん達から信頼される医療職であることを自負し臨 床現場を中心に実践活動を続けてきた。しかし、1F事 故に際しては、医療・保健に係る専門職として、被災者 の方々の放射線に対する不安と真っ向から向き合うこと ができなかった。これは、看護職の「原子力」に対する関 心・認識が極めて低く、「原子力」はもとより「放射線」や 「放射線被ばく」、「放射線の健康影響・リスク」等に関す る基本的な知識・技術が不足していたことが一因であっ た。そこで、放射線診療の現場においてはもちろんのこ と、「原子力」に対しても平常時、事故や異常および緊急 時、復旧期に、不安を抱く人々に寄り添うことができる 看護職を育成するための組織的な活動を行うこととし, 看護の領域に「放射線看護」を導入し、定着・進化させて いくことを目標に学会活動を開始した。

被ばくを伴う放射線利用の主流は今も昔も、そしてこれからも医療領域であり、医療利用における放射線看護の実践等が本学会の主たるミッションであるが、本稿では「原子力」領域における本学会の活動を中心に報告させていただく。

Ⅱ. 原子力と看護職の役割,日本放射線看護学会の特徴

1F事故では事故発災直後から、多くの放射線の専門家や行政関係者によって放射線被ばく、放射線の健康影響・リスクに関する被災住民や国民への情報提供が行われたが、科学的情報の提供を行う専門家(研究者)や行政と、情報を受け取る住民との間に越えがたい溝が生じてしまい、現在もこの状況は変わっておらず、1F事故後10年経過した今日でも風評被害が続いている。1F事故を契機に発足した本学会では、傾聴を通してのコミュニケーション能力に長けている看護職が、原子力災害の発災直後から復旧期に至るまでの間、住民のみなさんと誠実に向き合い、対話・共考・協働を通して放射線、放射線被ばく、健康影響・リスクなどの不安に対して丁寧に

寄り添い,ゼロリクスを求める住民と専門家や行政との間にできた溝を埋めること,原子力が抱えているさまざまな課題(再稼働,廃棄物処理・処分など)に対応できればと考え,本学会では「原子力」に係るさまざまな事業も企画し、実行に移しつつある。

現在、わが国には、看護・看護学に関連した40数個の 学会が存在しており(日本看護系学会協議会: JANA を 結成している). 学会の数は年々増加している。数ある 看護系学会の中で、「放射線」を主たる事業に掲げた学会 は本学会のみである。本学会の会員の大半は、他の看護 系の学会と同様に、現場で看護実践活動を行っている看 護職が占めているが、本学会には看護職以外の会員も数 多くおり、理事や監事等も務めていることが他の看護系 学会と異なる点である。放射線看護に関するエビデンス を創出・集積し、「臨床、地域、産業等の領域を横断して、 放射線にかかわる看護実践」すなわち、「放射線健康影 響・リスクの視点から人々に安心・安全を提供できる看 護」を提供していくためには、「放射線・原子力」に対する 時代・社会のニーズが多様化する中で、社会学者も含め た多くの専門家・実践家との連携・協働が必要であると 考えている。

本学会の学術誌は、筆頭著者以外の非会員でも著者資格を認めることとし、放射線診療、放射線計測、原子力、社会学、心理学等に係わる人々との共同研究の促進を支援することとしている。

現在,日本保健物理学会,日本放射線技術学会等とも 密接な連携を図っている。

Ⅲ. 日本放射線看護学会の 10 年間の主な活動

1. 学術集会・学術誌(オンライン誌)

2012 年から継続して,現在(2020 年度)までに9回の 学術集会を開催してきた。

第8回の学術集会(2019年度)は、福島県立医科大学の 末永カツ子教授が大会長になり「原発事故から8年一す べての人々の Well-Being をめざす放射線看護一」の テーマで、はじめて福島の地で開催することができた。

第9回の学術集会は、広島大学の川崎裕美教授、廣橋伸之教授が大会長となり「被ばく者看護の始まりの地から一新しい放射線看護の発信一」のテーマで、原爆被災地広島で開催(COVID-19のため web 開催)した。

2013年から学術誌を発刊し(現在全8巻), オンライン

化し、本学会の活動を PR するために学会員以外もアクセスできるようにしている。

国際学会等の参加に関しては、2015年に仙台で開催された「第3回国連防災世界会議パブリック・フォーラム」に本学会として参加し、「緊急時と復旧期における看護と原子力災害支援活動」のテーマで1F事故の経験を報告した(発表者:小西恵美子、吉田浩二)。

また、2018年の「世界防災フォーラム in 仙台」でも、本学会から、「看護における原子力災害への備え」と題し、被ばく医療に従事する実践看護師の教育、および、被ばく医療を担う看護師のリーダー育成について発表した(発表者:漆坂真弓、小西恵美子)。防災に関する両国際学会等の発表とも、日本ならではの報告として諸外国の参加者の注目を浴びた。

2. 「専門看護師 (CNS: Certified Nurse Specialist)」 の養成

高度な専門性を備えた看護師(実践,相談,調整,倫理調整,教育,研究の役割を果たす看護師として大学院修士課程で養成)として日本看護協会が資格認定を行う「専門看護師」制度があり,現在13領域(がん看護,精神看護,地域看護,災害看護等)の専門看護師が活動している。放射線の医療利用,原子力防災・減災・縮災において専門性を発揮できる「放射線看護」領域の専門看護師を目指して,現在,弘前大学,長崎大学,庭児島大学の大学院修士課程に養成コースが設置されており,日本看護協会に資格認定を申請している。本学会では,「放射線看護」専門看護師の質向上を支援している。

3. 本学会が行ってきた政策提言活動

(1) 看護学モデルコアカリキュラムへの「放射線」科目 の導入

1F事故を通して看護職の原子力・放射線に関する基本的知識・技術の不足が露見した。これは、看護の基礎教育の課程(大学や専門学校などの養成課程)で「放射線」について学ぶ機会が全くなかったことが影響している。そこで本学会では、この状況を改善する必要があると考え、看護基礎教育の課程に放射線看護教育を入れるために文科省、厚労省などに働きかけ、その結果、看護学のモデルコアカリキュラム(2017年)に「放射線」の科目を導入することができた。この実現には、放射線利用の現状や1F事故を経験し看護職の活用に関心を持った社会やマスコミからの支援があった。

看護基礎教育に導入した放射線看護教育を普及・定着していくためには放射線看護教育を担当する教員の養成が不可欠とされる。そこで、日本アイソトープ協会の協力のもと文部科学省の「国際原子力人材育成イニシアティブ事業」の研究助成(2016~2018 年度)を受け、「ト

レーナーズトレーニング」のための研修拠点を全国の 5ヶ所(弘前大学,福島県立医科大学,東京医療保健大学, 量子科学技術研究開発機構,大分県立看護科学大学)に 設け,現在も看護教員,看護管理者等を対象にした研修 を継続している。

(2) 看護師の放射線業務従事者としての指定に関する ガイドラインの作成

医療領域では、医療従事者を法的な「放射線業務従事者」として指定し、指定した者に対して法律で定められた放射線管理を行うか否かの判断は、「管理区域」への立入の程度に応じて各事業者(施設長)が行うことになっており、事業所間で、指定の判断基準が異なっているのが現状である。事業所間の異動頻度が高い医療従事者が安心・安全に放射線業務を遂行するためには、「放射線業務従事者」としての施設間を越えた画一的な判断基準が必要と考え、実態調査等を実施しその結果に基づき、看護職を対象にしたガイドラインを提案し、現在、実行に向けての準備を進めている。看護職に対する放射線管理の改善は、医療現場全体の放射線管理の改善・充実につながるものと期待している。

(3)女性の放射線業務従事者に対する線量基準の存続

日本の放射線防護関係法令は、ICRP 勧告を尊重する立場を採り、ICRP 勧告の法令への取り入れについて放射線審議会で検討されている。ICRP 2007 年勧告 (Publication 103)の取入れに関する放射線審議会の中間報告では、日本の放射線防護法令で規定されている現行の「女性に対する線量限度(5 mSv/3 月)は必要ない」とされた。これに対して、本学会では、女性の放射線業務従事者の大多数を占める看護職が安心して作業に従事するためには、母性保護の視点から現行の線量限度の維持が必要であることを、実態調査等による看護職の声をもって主張してきた。その結果、2021 年の放射線防護法令改正では「女性の線量限度」が存続することとなった。

Ⅳ. 日本放射線看護学会の当面の活動目標

本学会は当面のタスクとして次の3つの事業に取組んでいく予定である。

- ①原子力災害支援保健チーム(NuHAT)の編成
- ②放射線業務従事者の被ばく線量管理の一元化
- ③放射線業務従事者を対象にしたアクティブラーニングを取入れた教育・訓練プログラムの開発
- ①について:専門看護師および大学院修士課程で養成された看護師・保健師・助産師、診療放射線技師等からなる「原子力災害支援保健チーム (Nuclear disaster Healthcare Assistance Team: NuHAT)」を編成し、定期的な研修等を通してスキルアップを図り、平常時から地域住民と放射線リスクに関して対話ができる体制を整えていきたいと考えている。

- ②について:放射線診療の推進等を通して、患者さん達の QOL 向上を図っていくためには、看護を提供する側である看護職の安心・安全確保が不可欠である (Service Profit Chain: SPC)。原子力領域では放射線業務従事者の集積線量が把握できる仕組みがすでに出来上がっているが、放射線業務従事者のかなりの割合を占める医療従事者に関しては、事業所を異動した場合の被ばく線量を集積するシステムが未だに存在していない。放射線防護上、5年間の線量、生涯線量等の情報が必要とされる中で、被ばく線量の一元化は喫緊の課題であると考えている。
- ③について:放射線業務従事者自身の放射線防護・安全に対する認識を高めていくためには、法令で定められた教育・訓練の充実が効果的であると考えている。ともすれば形骸化しつつある「教育・訓練」を、参加者から「役に立った、ためになった」といわれる「教育・訓練」に改善していきたいと考えている。

これらの取り組みは、日本放射線技術学会や、放射線

防護・安全に係る組織と連携を図りつつ進めていく予定 である。

V. おわりにあたって

「原子力」への看護職の役割を考えたとき、今まで看護職が個人あるいは組織として積極的な係わりを怠ってきたことに問題があることを反省している。また、原子力関係者の間で、看護職を協働者の一員として認識する姿勢がほとんどなく、看護職を「蚊帳の外」においてきたことにも問題があるのではないかと考えている。医療職の半数以上を看護職が占め、働く女性の17人に一人は看護職である現状を、原子力関係者には真摯に受け止めて欲しいと期待している。「看護の力で健康な社会を!!」をキャンペーン(Nursing Now)に看護の実践活動が続けられている。本学会も「看護職の力で放射線リクスコミュニケーションの実現を!!」を目標に、地に足を着けた活動を続けていきたい。

本稿を通して,「原子力むら」のみなさまが,看護・看 護職に眼を向ける機会になれば幸いである。



書籍販売のご案内

■『原子力のいまと明日』

出版:丸善出版株式会社, B5 判 329 ページ, 定価 2,200 円(税込)

日本原子力学会では、原子力と放射線についてのわかりやすい解説書『原子力がひらく世紀』を 20 年前に刊行し、好評のうちに現在 『改訂 3 版』を発売中です。

その後、東京電力福島第一原子力発電所事故を踏まえた新たな解説書を刊行すべく教育委員会を中心に検討が進められ、2019年3月 「原子力のいまと明日」を上梓いたしました。

本書は、事故の推移と現状、原子力利用状況の変化、研究開発状況と廃炉への道のり、放射線の人体、生活、産業、経済への影響、あわせて福島県における風評被害の実態や原子力分野の人材育成について取り上げています。

本書は、<u>丸善ネットストア、Amazon、そのほかオンライン書店</u>などでお買い求めいただけます。 日本原子力学会事務局からの直販は行っておりませんので、ご了承ください。



手術室における放射性物質汚染・被ばく傷病者 受け入れ対応

福島県立医科大学附属病院看護部 手術看護認定看護師 貝沼 純 日本手術看護学会 副理事長 ミルズ しげ子

Ⅰ. 日本手術看護学会は 1979 年に発足

日本手術看護学会(JONA)は、手術看護に携わる看護師の質の向上と役割拡大を図り、人々の健康と QOL の向上に寄与することを目的として、1979 年に前身である手術室看護研究会を発足した。現在の会員数は約4千人で、その主な内訳は大学などの研究機関、医療機関、医療機器産業界である。(学会 HP は http://www.jona.gr.jp/)

現在の学会としての主な活動は、手術を取り巻く社会情勢の理解を深め、手術看護領域の教育、研修、実践に基づいた研究の支援、情報の共有等である。患者に安全で安心な医療、そして看護を提供するためには、広く多くの会員との情報共有は重要なことと考えられる。

昨今,多く発生している自然災害対応に関しては、学会内に安全対策委員会を設置し、過去の学びから、今後の対応の在り方など検討をしてきた。特に、東日本大震災での経験から手術室での情報共有の重要性、さらに放射性物質汚染への対応についての情報提供は、多くの会員に意義があると言える。今回は、災害時の情報共有の在り方、手術室での放射性物質汚染への対応について報告する。

Ⅱ. JONA 災害情報システムの構築

東日本大震災発災直後は、本学会各地区の被災状況を 把握するため情報収集に奔走した。しかし、被災状況や 手術医療の実施状況など有用な情報を即時に得ることが 困難であった。多くの医療施設では、緊急時の医療体制 ネットワーク(EMIS; Emergency Medical Information System 広域災害救急情報システム)に参加しているが、 ネットワークの内容では手術室に関する詳細な情報は把 握できない状況であった。そのため、それぞれの手術室 関連の情報は、各施設または各関係者個人の情報網によ り対応していたことが分かった。

東日本大震災後、日本手術看護学会東北地区が実施した実態調査¹⁾では、回答のあった 67 施設(回収率 67%)の 79%の手術室が使用可能な状況であった。しかし、ボイラー機能、滅菌システムに障害がある施設が半数以上あり、他の施設に滅菌を依頼していたことが分かった。手術室が使用できても、滅菌器材が使用出来なければ手術を実施できない。この調査から、手術室の情報共有だけではなく、洗浄・滅菌に係る中央材料部門との連携、近隣施設との協力、医療材料供給に活用できる災害時のシステム作りの重要性が明確となった。

そこで、被災した医療施設が、即時にどのような具体的支援を求められているか把握できなかった経験から、学会として災害発生後に継続した手術医療の提供および再開に向けた支援を目的に、被災地の状況を集約・提供のための医療施設間の情報共有のネットワークを検討し、JONA 災害情報システムを構築した。

これは、災害発生時に会員へ災害発生メールの自動送信を行い、各会員が所属する施設の状況について情報を入力することにより、各施設の被災状況や医療状況、ライフラインの状況などを確認でき、必要な支援を即時に行えるように整備した。さらに、学会会員でなくても閲覧可能とした。

しかしながら、東日本大震災で発生した福島第一原子力発電所事故への対応に関しては、当学会では放射線に関する知識を十分に備えた人材がおらず、また放射線災害への対応に関するガイドラインなどがないこともあり、福島第一原子力発電所事故により影響を受け対応に苦慮している施設への支援が後手になってしまった。実際に、放射性物質汚染が疑われる患者の手術の受け入れ方法、特に除染をどこで行い、どのようなルートで手術室に入室するのか、必要な装備はどのようにするのかなど、多くの疑問があった。

本学会としては、放射線災害の対応を行った施設の経験を日本手術看護学会年次大会ならびに ASIORNA; Asia Perioperative Nursing Association (アジア周術期看護学会)など海外においても、その活動の状況を広く周知してもらうため、関連学会と連携し報告する場を設けてきた。発表後は、多くの質問や感想など寄せられ、特に手術領域での報告がほとんどないことから、東日本大震災で体験した放射線災害の対応などに関する学びに多くの関心が寄せられた。次に手術部での放射性物質汚染・被ばく患者の受け入れの実際について報告する。(ミルズ しげ子)

Ⅲ. 福島県立医科大学附属病院の被ばく医療体制 と手術部における放射性物質汚染・被ばく傷 病者受け入れ体制

2011年3月11日に発生した東日本大震災は、福島県に地震、津波、原子力災害の複合災害をもたらした。発 災後1年経過した後も東京電力福島第一原子力発電所の 事故収束のために、原発の施設内作業従事者が約5,000 名働いており、福島県は事故直後から緊急被ばく医療体制を構築した。

当院は二次被ばく医療機関と指定されており、放射性 物質汚染がある場合と重症外傷例は、現場に近い一次医 療機関ではなく当院に搬送される体制となっている。

2002 年 5 月に被ばく患者を除染し治療する専用の施設(小手術可能)が併設されたことに伴い、被ばく医療活動対応マニュアルを策定し、シミュレーションを繰り返して来ていた。

しかし、一部の職員のみが参加した限定的な対応であったので、当院では東京電力福島第一原子力発電所事故による被ばく医療は突然に始まった感をもって受入れられた。

発災 3 日後の 2011 年 3 月 14 日には最初の外傷患者 (左腕神経叢引き抜き損傷)を受入れている。緊急被ばく 医療の手順を既存の JATEC (外傷初期診療ガイドライン日本版)診療手順に外挿し、搬送後直ちに簡易汚染検査、ファストインプレッション:バイタルサイン、ファストシャワーと呼んでいる除染を行い詳細な汚染検査、必要なら丁寧な除染を行いバイタルサインが安定ならプライマリーサーベイ、セカンダリーサーベイ、根治治療を行う。バイタルサインが不安定ならプライマリーサーベイをせずにセカンダリーサーベイ、根治治療と云う手順で治療されている。

除染施設では手術の出来ない患者の搬送も想定される ため、手術室の即時養生や体表面の汚染・内部被ばくの スクリーニング方法、防護具の着脱法、器材の扱い・処 理法など、迅速に対応するため被ばく医療チームと麻酔 科医, 手術室看護師など多職種が参加したシミュレー ションを繰り返してきた²⁾。一連のシミュレーション後 の検証では、手術室看護師全員が放射性物質汚染・被ば く傷病者の受け入れに対し、迅速に対応できるまでに 至っていない状況にあった。汚染・被ばく患者を受け入 れた経験が全くなかったことや、放射線に関する基礎的 な知識を十分得ているとは言い難く、教育不足もあった ため、汚染・被ばく傷病者の受け入れに対する不安が非 常に大きかった。そのような状況で、全手術室看護師が 具体的に対応できる行動レベルの習得までには、勤務時 間内外問わず放射線に関する知識習得と繰り返しシミュ レーションに励み、放射線や傷病者受け入れに対する不 安を克服し体制を整えるに至った。

現在も当院では、定期的に院内のみならず院外からも参加希望者を募り、被ばく医療セミナーを実施し、放射線に関する基礎的知識や汚染・被ばく傷病者への対応方法、個人防護具の装脱着方法などの習得を図っている。また、日本手術看護学会の役員や会員の協力を得て、日本手術看護学会年次大会や ASIORNA など学術会議の場や、東北地区、首都圏等における手術室看護師を対象にした災害に関する研修会などにおいて、全国やアジア

各国多くの手術室看護師に原発事故対応の経験を伝え共 有し、放射線災害時の手術室における放射性物質汚染・ 被ばく傷病者受け入れの対応方法について検討し学ぶ機 会を得てきた。

これら、われわれの経験を伝えていく中で、ほとんどの手術室看護師が、いざ自分が放射性物質汚染・被ばく 傷病者に対応する当事者となった場合を想定すると強い 不安を覚えていた。日本は全国各地に原子力発電所があり、万が一どこかの原子力発電所で福島第一原子力発電 所事故のようなことが起こった場合には、全国どの地域 にいる手術室看護師でも対応することが求められる。す べての手術室看護師が常に当事者意識を持って臨み、不 安なく対応できるようにしていく必要がある。

Ⅳ. これからの原子力を展望する

東京電力福島第一原子力発電所は現在も廃炉作業が行われており、事故から10年が経過しようとしている今もまだ、事故が「収束」した状況とは言えない。

今後も継続しなければならない緊急被ばく医療体制 は、長期的に実効性ある対策が求められる。汚染・被ば く傷病者が発生し、内部被ばく検査や汚染がスクリーニ ングレベルをクリアできない場合は、当院に搬送され る。被ばく医療施設で初期診察、汚染検査、除染を行う が、これらを行う時間的な猶予がなく直ちに手術が必要 な場合は手術室入室となる。汚染・被ばく傷病者が発生 し、緊急に手術を行わなければならない場合にも即対応 できるように、日ごろから備えておく必要がある。その ために必要な資材の整備や、関連する多くの職種・部門 との共同でのシミュレーション実施. 放射線に関するエ デュケーションなど, 日ごろから正しい知識と対応でき る力を備えなければならない。また、医療施設のみでな く, 放射線に関わる企業や行政, 学会, 地域住民など, あらゆる組織, 団体, 個人との連携を深め, 放射線災害 が発生したというような有事の場合でも、誰もが冷静に 迅速に適切な対応ができるように、被ばく医療体制を整 えていく必要があると考えている。(貝沼 純)

- 参考文献 -

- 1) 高橋ひろみ, 佐藤英子, 小池喜代子他, 東日本大震災時の東 北地区手術室実態調査報告. 日本手術看護学会誌. 8(1), 2012, 76-82.
- 2) 佐々木重徳, 長谷川有史, 貝沼 純ほか. 知っていますか? OR 最新トピックス 手術室での被ばく汚染傷病者対応. オペナーシング. 28(10), 2013, 1127-1134.

日本手術看護学会誌

日本手術看護学会では学会誌を発行している。なお学会誌の案内は,下記で見ることができる。

http://www.jona.gr.jp/paper_03.html



腐食防食学会の1Fの廃炉に向けた対応と今後

腐食防食学会 元会長 山本 正弘

Ⅰ. 腐食防食学会は1974年に発足

腐食防食学会は、腐食科学と防食工学を一体化させた腐食防食学の発展と学術的地位の向上を図り、学術的成果を社会に積極的に発信することで金属材料やその他の材料の使用上の信頼性向上に貢献し、安全・安心な社会基盤の構築に寄与することを目的として、1974年に発足した。現在の会員数は約1,500人で、その主な内訳は大学などの研究機関と産業界(エネルギー、化学、電子・通信、素材、自動車、インフラ設備等)に属するメンバーである(学会 HP は https://www.jcorr.or.jp/)。

Ⅱ. 当学会における原子力分野のアクティビティ当学会は、設備・機器の腐食に関わる諸問題を産業界と大学や国研などの研究機関が一体となって解決することを進めてきている。原子力関連設備の腐食に関わる諸問題も学会内に設置している原子力小委員会の活動の中で継続的に議論してきた経緯がある。また、米国の腐食学会である NACE、欧州全体の腐食研究をまとめた組織である EFC、アジア各国の腐食学会等を通じて海外の原子力設備の腐食に関わる研究者等とも密接な交流を重ねてきている。

福島第一原子力発電所(1F)の廃止措置では、放射線による影響などの原子力施設特有の課題とともに、事故初期に注入された海水成分の影響による腐食という異なる環境劣化を同時に勘案する必要があり、スリーマイル島やチェルノブイリ原子力発電所の事故とは異なる特殊性を有している。このため、対象分野をこえた腐食を俯瞰する洞察力と複合化した対策技術が継続的に求められており、本学会が1F事故直後から種々の腐食対策に貢献してきたポイントはまさにこの点にある。

本稿では、1F事故直後から現在に至るまでの当学会の活動状況を概説する。そして、福島の地域の復興に関連する活動、ならびに今後の進め方や他学協会との連携への期待について述べる。

Ⅲ. 事故後の迅速な対応

1F事故の緊急対策として、冷却のために海水が注入されたことに対して腐食研究者らは大きな懸念を持って眺めていた。とりわけ、使用済み燃料プール(SFP)は原子炉建屋の損壊により、外部にむき出しの状態になっているため、腐食による冷却水の漏洩などで発生する放射性物質の更なる放出は避けなければならない状況であり、海水に含まれる塩化物イオンによる腐食の発生とそ

れによるさまざまな影響が懸念された。

そこで、当学会原子力関係のメンバーが中心になり、これらの懸念によるリスクの評価と低減策に関して議論をする「福島第一原子力発電所腐食対策検討会」(主査;渡邉豊東北大教授)を設置し、第一回の検討会を2011年7月5日に開催し、その後ほぼ月2回のペースで議論を重ねてきた。メンバーとして、大学、JAEA、電中研、重電設備メーカ、水処理メーカ他、東京電力を含む電力事業者等の腐食研究者が参画した。検討会では、当時の1下の状況を整理し、腐食が懸念される部位およびその材料として、プールライナー(ステンレス鋼)、燃料ラック(アルミニウム合金)、燃料被覆管(ジルコニウム合金)、配管類(炭素鋼)を選定し、懸念される腐食事象とその対応策に関して提言してきた。

プールライナーでは溶接部近傍の応力腐食割れ(SCC)が、燃料ラックでは海水成分による導電率の上昇によるマクロセル腐食が、燃料被覆管では海水成分によるすきま腐食が、配管類では流速下での腐食がそれぞれ懸念される現象として示された。それらの対応策として共通して提示されたのは、水温の低下、水質浄化による導電率の低下と窒素注入による溶存酸素の低下ならびにヒドラジンの注入等であった。この時に各機関により実施された研究成果は、2012 年春に東京で開催された本学会の講演大会における課題セッション「福島第一原子力発電所使用済み燃料プールの腐食対策」の中で13件の研究発表として報告され、1Fの現場で適用された腐食対策の妥当性を学術的に示すとともに、さらなる安全向上に向けて検討すべき課題も提示した。

その後、SFP は水質が塩化物イオン濃度で1 ppm 程度まで浄化され、水温も外気温と同じ程度まで低下し、腐食による大きなトラブルもなく4号機の燃料取り出しは完了し、その他の号機も燃料の取り出し、およびそれに向けた準備作業を着実に進めている状態である。

Ⅳ. 炭素鋼製格納容器等の腐食対応

SFPの腐食問題は一段落したものの、核燃料が溶け落ちて、実質的なバウンダリ機能を有している格納容器等の健全性が課題となった。更なる地震に対する耐震機能を有しているのか、高温の熱履歴を受けてその後水に接したコンクリート部材は十分な強度を有しているのか、内在する放射性物質からの放射能による水のラジオリシスで腐食加速が起こらないのか、燃料デブリを取り出す

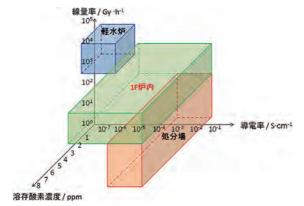


図1 1Fで考慮すべき環境条件

際には大気から酸素流入が必須となるがその際に腐食が 加速しないか、などである。

格納容器の耐震機能については、仮に50年程度の腐食を想定しても全く問題が起きないことが明らかにされた。大気の流入に関しても、格納容器の材料である炭素鋼について、最適な腐食抑制剤の選定が進められた。さらに水のラジオリシスについて考えると、図1に示したように軽水炉や地層処分場等の従来の原子力施設における環境と1Fの環境は大きく異なるため考慮すべきラジオリシスデータも新たな視点で整理する必要を示された。これらのデータを網羅的に取り続けるのではなく、データベース化された資料として整理されつつある。それ以外の課題については、今後の燃料デブリ取り出し準備作業の進捗も踏まえて検討を進めているところである。

上記の研究結果については、各研究機関がそれぞれ独自に研究を進めていたので、お互いの情報を踏まえた全体の議論はできていない状況であった。そこで、当学会の講演大会で、関係者がそれぞれの研究開発結果を持ち寄り、原子力分野以外の腐食研究者を交えた議論を重ねる場として、特別セッションという発表と議論の場を用意した。

V. 1 F の腐食に関する特別セッションの継続的 な実施

第一回目の1F特別セッションは,2013年に福島市で開催された討論会(2013年9月24~26日)で実施された。特別セッションとして「福島第一原子力発電所の腐食課題への取り組み」と題し、各機関の研究内容を募集したところ、13件の発表がなされた。

発表機関は TEPCO, 重電メーカ, JAEA, 大学, JNES など, 多岐にわたっていた。特に当学会の特徴である学術的な観点での議論の場を用意することで, 規制側と事業者が研究内容に関して議論しあう場にもなり, また,原子力に関わりのない海水腐食や大気腐食の研究者等も参加し, それぞれの経験からのコメントなども合わせて活発な議論がなされた。セッションの冒頭には,TEPCOより,「福島第一原子力発電所の腐食課題への取り組み状態」について報告があり, 分野外の研究者等

表1 当学会における1F特別セッション

21 312(000) 011 1133 0 0 0 0				
時期	開催地	特別セッション名	発表	
2013年 秋	福島	福島第一原子力発電所の腐食課題 への取り組み	13 件	
2014年 春	東京	福島第一原子力発電所の腐食課題 への取り組み	6件	
2014 年 秋	米子	福島第一原子力発電所事故に係る 腐食課題への取り組み	14 件	
2015年 秋	福岡	福島第一原子力Ⅰ~Ⅳ	14 件	
2016年 秋	大阪	原子力材料 I ~Ⅲ(福島第一原子 力関連)	10 件	
2017年 秋	那覇	福島第一原子力発電所の腐食対策	7件	
2018年 秋	富山	英知を結集 福島第一原子力発電 所の廃炉に向けた腐食対策	6件	
2019年 秋	札幌	英知を集結 福島第一原子力発電 所の廃炉の加速に向けた腐食基盤 研究	8件	
2020 年 秋	Online	福島第一原子力発電所の廃炉推進 に向けた腐食研究最前線 2020	8件	



図2 1 F 特別セッションの様子(2019 年 10 月 22 日)

に1Fで起きている腐食の複雑さを理解してもらう機会にもなった。

この時の議論が非常に有用であったため、翌年以降毎年特別セッションを企画し、事業者や規制庁、大学や研究機関などからの発表と、原子力分野以外のメンバーを交えた議論の場として活用してきた。表1には特別セッションの実施状況を示す。2020年はオンラインによる開催ではあったが、60人を超える参加者があり、総合討論も行った。1Fの廃炉に関わる腐食問題が一段落するまでは、毎年継続して実施していく予定である。

VI. 福島の地域復興に関連する活動

学会としては直接的に復興に関わる活動はしていないものの、いち早く関連研究者の1Fサイト見学の実施や2013年秋には、福島市で当学会主催の「第60回材料と環境討論会」を実施した。震災からの復興が主題とされ、全国から約400名の参加者に、事故後の福島の現状を理解してもらう場として開催された。

また、日本原子力研究開発機構(JAEA)との連携を図

りつつ、福島県内での活動への積極的な協力も進めている。例えば、JAEA・CLADS(廃炉環境国際共同研究センター)を中心として実施している FRC (Fukushima Research Conference)については、腐食防食に関わる会議の開催に関して、主催機関に協力をしてきた。富岡町の『学びの森』で開催された FRC-Corrosion2017 と 2019 (Chairman: Prof. D. Feron [CEA, France], JAEA-東北大学共催)では、当学会員が多く報告し、関連の深い海外メンバーを招聘することもできた。会議での主たる議題は、炭素鋼の全面腐食、耐食鋼(ステンレス鋼)の局部腐食、腐食への放射線影響、鉄筋コンクリートの腐食、微生物腐食であり、特に微生物腐食は海外での先行研究を踏まえた深い議論がなされた。

VII. 福島復興・廃炉推進に貢献する学協会連絡会 (ANFURD)への貢献

ANFURDが設立された時より、当学会は腐食課題に対してはもちろん、研究者として福島復興・廃炉推進に貢献するという視点で、積極的に関わってきている。担当者として、鈴木(東大教授)、山本(JAEA)、石橋(日立)をあて、シンポジウムなどでの貢献も続けてきている。議論としては腐食の課題の議論のみならず、燃料デブリ取り出しについては鈴木が ANFURD 全体の取りまとめを行い、以下の論点整理を行い、2018 年秋の大会理事会セッションにおいて報告した。

- ・作業に付随するリスク(作業中の不具合に起因する安 定状態からの逸脱)⇒将来何が起こるか俯瞰する必要 性。
- ・廃止措置のエンドステートやその過程におけるリスク の抽出と回避策の検討。
- ・他分野技術との融合(例えば本学会と日本コンクリート工学会)による経年劣化評価。

また、燃料デブリ取り出しに関して学協会の全体の関心として以下が抽出された。

- ・技術的には、RPV 底部のデブリ取り出し方法、腐食を踏まえたペデスタルの健全性維持、PCV のバウンダリの隔離性能確保、大規模デブリの保管と計量管理、装置の補修や交換、取り出し時の放射性物質の環境動態等。
- ・社会的側面としてプロジェクト全体のアーカイブ化の 推進。
- ・長期的な取り組みとしての若手への魅力の発信, 廃炉 技術の他分野への展開。

Ⅷ. 原子力分野に関わる当学会の抱える課題

原子力に関わる近年の当学会での研究発表は、1Fの腐食、使用済核燃料の処理・処分に関わる金属材料の腐食、そして軽水炉のSCCに関わる課題が主たるものである。この中で軽水炉のSCCと核燃料再処理に関わる研究発表の件数が近年少なくなってきている。多くの軽

水炉や六ヶ所再処理施設が稼働していない状況ではやむを得ないことではあるが、SCCの研究は大きな試験設備や長い時間が必要であり、再処理用材料の研究は特殊な環境での試験が必要であるため、これらが途切れてしまうことは大きな問題である。とりわけ、大学生の発表件数が少なくなっているのが懸念される。大学での研究は新たなシーズの発掘につながるだけでなく、将来企業で活躍する研究者の人材育成という面でも重要であり、研究が継続できる環境整備が必要である。特に予算的な面を支援するため、大学の若手研究者をメンバーとして配賦できる公的な予算拡充が必要と考える。

IX. 将来に向けた活動

1Fの廃炉は、それ自身が数十年かかる事業であり、その間に新たな課題が次々に出てくることは容易に類推できる。短期的な研究開発の組織を作るよりも、長く継続し続ける仕組みを構築していく必要がある。学会は組織を超え、年代を超えて議論ができる場であり、前述しているような特別セッションの開催や、FRC-Corrosionの支援なども継続的に実施し続け、当学会の長期的な活動の一つとしていきたい。

また、当学会のメンバーを中心として腐食劣化に伴う設備・機器のリスクの研究が進められている。その活動の中で、一般の人に対して『リスク』の概念が十分に浸透しきれていないことを問題と捉えている。この点については、ANFURDの機能を活用しながら、全体を俯瞰したリスクを下げる為に許容すべきリスク選定を行うという本来の考え方を浸透していく活動を進めていきたい。

さらに、当学会は腐食防食技術についての優れた技術者・研究者を腐食防食専門士として認定し、その活動も支援している。1Fにおいて、腐食による新たな事象が生じた場合には、いつでも専門家を集めて対策を検討していける準備は整えている。あわせて、これまで実施・検討してきた経験などを後進に引き継いでいく活動も、上記特別セッションの実施と合わせて進めていくつもりである。

腐食防食学会誌「材料と環境」

腐食防食学会では「材料と環境」(月刊)を発行するとともに、 日本金属学会欧文誌「Materials Transactions」の共同刊行事業に 参画している。

なお「材料と環境」の目次および 主要記事は、下記で見ることがで きる。



https://www.jstage.jst.go.jp/browse/jcorr/-char/ja

日本混相流学会における原子力との強い関わり

日本混相流学会 前会長 岩城 智香子 東芝エネルギーシステムズ 岩城 智香子

I. 日本混相流学会設立趣旨と活動の特徴

混相流は複数の相が混在した流動で、多くの工業製品のみならず自然界においても頻繁に観察される。ゆえに混相流に関しては永らく、機械工学、原子力工学、化学工学、土木工学、宇宙工学、環境科学、医生物化学など工学・科学における一分野として研究・開発がなされ分野ごとに独自に発展してきた。しかし、これらの分野に横串を刺し総合的な見地で俯瞰することが重要との認識のもと、混相流という新たな体系の確立と各分野の一層の発展に資することを目的に、1987年に日本混相流学会が設立された。

本学会の代表的な活動である混相流シンポジウムは、この縦軸と横軸の組み合わせに配慮したセッション構成により分野横断で議論が行われる。自由闊達な討論をモットーとし、混相流という複雑な現象の解明に真正面から取り組む研究者・技術者による議論はいつも尽きることがない。設立当初より国際活動にも注力し、インターナショナルレクチャーコース、日米・日欧二相流専門家会議の開催や、News Letter の発行などによる情報発信により、海外専門家との堅固なネットワーク維持と、国際レベルの研究・技術の向上に努めている。現在の会員数は約500名で、その主な内訳は学生含む大学と研究機関が76%、産業界が24%である。

(学会 HP は http://www.jsmf.gr.jp/)

Ⅱ. 原子力工学分野の活動

混相流の中でも気体と液体が混在する気液二相流に関わる研究は、軽水炉開発において大きく発展したと言っても過言でない。混相流を扱う工業製品ではアプリケーションが先行する場合が多いが、放射性物質を扱う原子力では事故防止が必須で、深い現象理解と高精度な評価が求められるためである。特に沸騰水型原子炉においては、ボイド率が伝熱流動のみならず核分裂反応に影響し、沸騰熱伝達率や限界熱流束は直接、炉心燃料の安全性に影響する。また原子炉システム全体の過渡事象に対する安全評価を行うための解析コード開発においては、気液の基礎式を解く二流体モデルが導入されたが、気液間に働く相互作用を表す物理モデルの構築が重要である。このような背景から、原子炉からシステム全体を網羅する多岐にわたる二相流の現象を解明し、モデル化する研究が活発に行われてきた。

本学会では混相流の専門学会として、原子力工学分野

のテーマを常に取り上げてきた。例えば、混相流シンポジウムでは、オーガナイズドセッション「原子力分野における混相流」や「相変化を伴う混相流の熱流動」などにおいて、多くの研究発表があり活発な討論が行われてきた。

レクチャーシリーズでは、特定のテーマを取り上げ、混相流の学術基盤と最新技術について討論や研究交流を行っている。1988 年開催の第1回「混相流技術の開発」に始まり44回を数えるが、原子力の熱流動現象の解明において必要なテーマを何度も取り上げている。「気液混相流の計測技術~基礎と実用(33回)」、「CTによる混相流の計測(34回)」、「光・超音波による流動場センシング(36回)」、「混相流の数値シミュレーション(41回)」、「格子ボルツマン法による数値流体力学シミュレーション(44回)」などが代表的な例で、多くの参加者から好評を得ている。

混相流国際会議(ICMF: International Conference on Multiphase Flow)は、1991年に筑波において本学会が初めて開催し、第2回が1995年に京都で開催されて以来、3年おきに継続的に開催され、今や混相流分野において最大級かつ最も権威のある国際会議となっている。毎回、原子力関連の発表も少なからずあり、各国の参加者による活発な討論が行われている。2019年5月にリオデジャネイロで開催された第10回のICMFは、554件の講演と35件のポスター発表、31カ国から683人の参加者により盛況のうち終了した。第11回のICMFは、2004年以来の久々の日本開催となり、2022年に神戸で開催される計画である。震災後の原子力分野の混相流研究の進展には、強い関心が集まると思われる。多くの方の研究発表と討論への参加を期待したい。

日本原子力学会の熱流動部会とは関連深く、適時情報 共有しながら活動を進めてきた。その一例として、「混相 流実験データベース」がある。混相流は現象が極めて複雑 で計測も難しいため、物理現象を精緻にモデル化するこ とは容易でない。そこで、物理現象の考察をもとに実験 データを活用して定式化した相関式が開発され、工学的 に用いられてきた。またシミュレーションの検証にも実 験データは重要である。こうした重要性にもかかわらず 十分な整備がなされていないことから、網羅的かつ系統 的な混相流実験データベースの構築が行われた。この データベース構築において、特に気液二相流については、 日本原子力学会熱流動部会の「二相流データベースの評 価・整備」研究専門委員会の成果も取り入れられている。 本データベースは、本学会国際混相流情報センターの ウェブページ(http://www.jsmf.gr.jp/icem_4.shtml)に掲載され、最新情報を取り入れ継続的に更新されている。

以上のように、本学会において原子力工学関連の研究は重要な分野の一つであり続けてはいるものの、その扱いはかなり変わってきている。発足当時は、軽水炉の安全性評価のための実規模大の実証試験、安全解析コードとそれに必要なモデル開発が活発に行われていた。2000年頃には大型プロジェクトがほぼ終了したことに伴い、気液二相流の研究も工学的から学術的、巨視的から微視的へと深化している。しかし本学会においては、原子力関連研究の占める割合は減少してきているのが事実である。

Ⅲ. 東日本大震災と福島第一発電所事故後の 取り組み

2011年の東日本大震災および福島第一発電所の事故を受け、本学会でもいくつかの取り組みを行っている。

まず、2012年3月15日に、「環境再生に向けた震災復興シンポジウム」を、約20の学協会共催を得て東北大学百周年記念会館にて主催した。本シンポジウムは、放射能汚染対策や津波被害地域の復興に対し、本学会が混相流関連技術で貢献すべきとの思いから開催に至ったものである。環境修復に向けた除染活動、放射能の人体等への影響、津波被害の生活圏再構築に向けた復興、マイクロバブルを用いた水産業の環境蘇生と水産養殖復興など、さまざまな取り組みや情報を共有した。

定期開催している二相流のダイナミックスに関する日米セミナー(The Japan-US Seminar on Two-Phase Flow Dynamics)においては、2012年6月に東京海洋大学で開催された第9回で、特別セッションとして「Special Seminar on Two-Phase Flow and Heat Transfer Research Post Fukushima Accident」が組まれた。シビアアクシデント解析コード、MAAP、SAMPSONによる福島発電所の事故解析、OECD-NEAプロジェクトによるシビアアクシデント解析や事故時の混相流の複雑現象などの講演があり、活発な討論がなされた。さらに、2015年5月にPurdue大学で開催された第10回の日米二相流セミナーでも、福島事故関連のセッションが設定された。米国のNRC、日本のNRAも参加し、今後の規制に関する情報交換と議論が行われた。

また、日本原子力学会を幹事学会として 36 の学協会で構成される「福島復興・廃炉推進に貢献する学協会連絡会」には、2017 年度より参画し、放射線被ばくと健康・リスクコミュニケーション、トリチウム水の取り扱い、燃料デブリ取出しにおける潜在的課題等に関する意見交換に加わっている。

Ⅳ. エネルギーの新たなステージに向けて エネルギーに関する国内外の状況は急激に変化してい る。わが国も 2050 年までにカーボンニュートラルの目標が表明された。安定的なエネルギー供給とあわせてこれを実現するには、再エネを主力電源化しつつも原子力発電が一定の役割を果たす必要があることは、ほぼ共通認識と言えるのではないだろうか。しかしながら、今後の原子力発電は大きなハードルを乗り越える必要がある。

原子力の更なる安全性向上には、従来の想定範囲内の工学的アプローチから、その範囲を拡張した事象まで評価し得る本質的な現象解明の必要性が高まっている。高度なシミュレーション技術や AI など、新技術の導入も求められる。一方、安全性向上にとどまらない、原子力発電の魅力を高めるための新たな価値創造も必要であろう。そもそも、原子力工学は総合工学の代表であり、日本学術会議では総合工学の役割を、「広い分野間の学問の連携・融合を促すことにより、新しい領域の創成や社会で求められる技術、価値あるいは概念を作り出す」こととしている。日本原子力学会にとって今後、技術のダイバーシティ、他学会との連携の必要性がますます高まるのではないだろうか。

これまでも、日本原子力学会と日本混相流学会とは、両学会に所属する会員を通して、緩やかな連携が図られてきたように思う。しかし、両学会の会員数の減少や企業の学会活動の減退などが影響してか、その連携は薄れ、日本混相流学会に原子力発電を取り巻く劇的な状況変化や新たな課題に関する情報が入りにくくなっているように感じる。会員数減少による学会規模縮小や COVID-19 など、新たな施策導入について積極的になれない困難な状況ではあるが、そろそろ、緩やかな連携から強い連携に移行する取り組みの検討が必要ではないかと思う。

まずきっかけとして例えば、混相流シンポジウムでの、日本原子力学会との合同企画セッションでもよい。本学会の誇る混相流専門家が、新たな視点や気づきを与えてくれることと思う。さらに、本学会が扱う自然現象の混相流は、原子力プラントの安全に考慮すべき事象の検討に有効だろうし、マイクロ・ナノバブルなどの混相流関連技術は、多岐にわたる原子力サービスの向上に貢献する、新たな研究創出のヒントになるかもしれない。日本原子力学会と日本混相流学会は、原子力産業に対し、これに直結する先端技術とそれを支える基盤的研究によりともに貢献している。今後の両学会の連携の必要性は、強まりこそすれ弱まることはないと思う。

日本混相流学会誌 [混相流]

日本混相流学会では「混相流」(季刊) を発行している。

「混相流」の目次および掲載論文・特集記事は次の URL から見ることができる。

 $http://www.jsmf.gr.jp/syupan_1_2.shtml$

https://www.jstage.jst.go.jp/browse/jjmf/-char/ja/



風工学における汚染物質輸送解析と逆解析

日本風工学会 元理事 加藤 信介

I. 日本風工学会は日本風工学研究会(1976年 発足)から発展し、1982年に設立

風工学に関する問題は、地上構造物の風荷重や振動から大気汚染、風力エネルギーに至るまで幅広く、関連する分野も、建築、土木、気象、航空、自動車、電気など広範囲にわたる。本会は、これら多くの分野における風工学の学術・技術の進歩・発達に貢献すべく活動しており、風工学に関心を持つ全ての方々に開かれている。(学会 HP は http://www.jawe.jp/)。

Ⅱ. 原子力発電所事故に際して

福島第一原子力発電所事故に起因する放射性物質の環境、生活圏への拡散と、その混乱、不安は、当学会員にも大きな衝撃を与えた。これに対し、当学会としても、学術的、社会貢献ができないかとの検討がなされた。当学会員としては、放射性物質の環境への拡散と、地域内住民の緊急避難に関連して、①原子力に関連した重大事故の際に活用すべき、「緊急時迅速放射能影響予測ネットワークシステム」、通称:SPEEDIが、実質的に活用されなかったこと、②SPEEDIのような公式の拡散予測システムがありながら、その予測結果が公表されず、さまざまな研究機関により、精粗、バラバラな予測結果が公表され、社会の不安を煽ったことに関し、驚愕するとともに、そうした状況の改善に何らかの貢献ができるのではないか、という思いを抱いた。

事故後、SPEEDIに関しては、水素爆発に起因する原子 炉損傷をも招く惨事により、事故現場近辺での放出源情 報(放出強度)が観測できなかったことなどにより、被ば く線量の絶対値を十分な精度で予測することができず、 十分な活用ができなかったことなどが明らかになった。

当学会員の一般的評価によれば、SPEEDIは、気象観測点データ、アメダスデータおよび GPV (格子点資料) データを 4 次元同化する地域気象予測モデルを用いて、放射性物質の風による輸送および地表への沈着を降雨などの影響も含めて予測、評価するものであり、数時間から数十時間程度までの未来事象の物理予測モデルとしては最新、最善のものの一つと考えられた。もちろん、ディープラーニング等、統計解析との結合を図り、更なる精度や信頼性の向上を図る余地は残しているであろう。ただし、当学会員の常識から考えれば、放出源からの風による移流・拡散解析の精度は、頑張っても有効数字 3 桁程度と考えられる。放出源での強度に対して、

100 倍希釈される範囲, すなわち相対濃度 1/100 の範囲の濃度は, ±1/200 程度の予測精度を持つであろうが, 1,000 倍希釈される範囲, すなわち相対濃度が 1/1,000 の範囲では, 誤差範囲となってしまう。すなわち, これらの範囲では, 濃度は 0 から 1/200 の範囲にバラツクであろうことは, 十分に承知しておくべきであろう。従って, 放出源強度が極めて大きい場合の遠隔地での被ばく線量の予測はかなり困難な課題と想像する。

事故後、原子力規制委員会は重大事故での住民の避難 範囲を決める際、この SPPEDI の計算結果は利用しない と決めたようである。これに関しては、予測精度はさて おき、当学会員として、一点指摘しておきたいことがあ る。事故後の混乱の故と思われるが、事故後に公的機関 が公表した各原子力発電所の重大事故時の放射性物質の 拡散予測図に関して、後に訂正されたが、風向を 180 度 取り違えた図も公表され、当学会員のみならず広く風工 学の関係者を驚愕させた。これは、風向ゼロ度、北風を 北から南に吹く風ではなく、南から北に向かう風とうっ かり勘違いした類のミスと考えられたが、原子力の安全 にかかわる実務者でも、そうした誤りを犯す可能性を示 したものである。気象データは、風向を360度方位で表 すが、90度の風は、東の風であり、東から西に向かって 吹くということを、どれほどの人が知っているのであろ うか、と考えさせられた。

Ⅲ. 汚染排出源高さの特異性

工場などから気中に排出される汚染物質による汚染評価は、公害問題の深刻化とともに、火力発電所や清掃工場など排出源が市街地近くに建設される場合には、必須の環境評価項目とされている。評価は、①風洞模型実験、②ガウス拡散など理論拡散モデルを利用した机上予測、③支配方程式をモデル化した境界条件のもとで数値計算により予測する方法などが利用されている。前述のSPEEDIも、基本的には③の数値計算による予測評価手法である。

一方、原子力発電所などの重要施設では、建設前に、重大事故時の放射性物質放出を想定した風洞模型実験の実施が安全審査の必須の要件として行われていると承知している。しかし残念ながら、これが実際の事故時に活用されたという報告や報道は遺憾ながら耳にしていない。SPEEDIが結果的に当初の目的に即した使われ方をなされなかった点と合わせて当学会員としては残念に思

われた。

このような環境評価は多くの場合、直接人が影響を受 ける地表面濃度で行われる。そのため汚染物質が地表面 に到達するまでに大気境界層(高さ1,000 m オーダー). 特に接地境界層内(高さ数 10 m から 100 m オーダー)で の、拡散、希釈性状の把握が重要となる。しかし、構造 物や小地形の影響を強く受ける接地境界層内での拡散・ 希釈は,一般化した解析が難しく,特に汚染物質の排出 源が接地境界層内にある場合には、個別にこのような地 上ラフネスの拡散への影響を考慮することが必要とされ る。汚染源が接地境界層より上空の高い煙突から排出さ れれば、接地境界層上部の高濃度域から濃度の低い地表 方向への拡散を扱うこととなる。こうした想定では、道 路面からの自動車排気ガス汚染や ABC (atomic, biological and chemical weapons) 兵器などを用いたテロによる汚染 物質拡散のように汚染源が地表面近くにある場合などの 地表面付近が高濃度で上空が低い濃度の場合に比べて, 接地境界層内の地上ラフネスの拡散への影響は小さい。 地表面濃度により環境影響を評価する観点からは、汚染 排出源高さは高いほど良い。実際多くのプラントでの燃 焼排気ガス等の煙突排出口は接地境界層より上空となる ような高い位置に設置される。SPEEDIの拡散モデルは 地域気象モデルに対応しており、接地境界層内の構造物 や小スケールの地形などの個別の地上ラフネスの影響を 考慮するものではない。また後述するように風洞模型実 験も, 広域の拡散を評価する場合は, 接地境界層内のラフ ネスの影響を考慮することは難しく、簡易にモデル化さ れる。

福島第一原子力発電所事故は、放射性物質の放出が建物内の水素爆発などで生じており、ABC 兵器によるテロ事件で想定するように、汚染放出源が地表面近くの接地境界層内付近で生じている。そうした意味で地上ラフネスの影響を強く受けた筈で、これを考慮しないモデルで行われた解析を考えると、想定外の事故であったと考える。

Ⅳ. 風洞模型実験の活用

汚染源高さ100mオーダーで、数km四方を解析対象とする風洞模型実験での模型縮尺は1/1,000から1/10,000程度の大縮率となることが多い。縮尺1/1,000でも高さ100mオーダーの煙突は10cmオーダーであり、水平距離に関して、10kmオーダーは10mオーダーとなる。10km以上の遠隔地の性状を知ろうとすれば、相応の大風洞を必要とする。既存の風洞実験設備では1/1,000より大縮率の風洞模型を用いざるを得ず、相応に予測精度は低下する。

風が弱くなり大気安定度の拡散性状に与える影響が相対的に強くなる場合には、大気安定度を考慮した風洞模型実験が必要とされる。そうした風洞であれば、大気安

定度が拡散に与える影響も含めて煙突から排出された汚染物質が地表面に到達する性状も相応の精度で解析できる。汚染源が地表面近くにあり、かつその周囲に拡散に影響を与える構造物や地物がある場合は、これを考慮した実験が必要になる。しかし、大縮尺の実験では、接地境界層に影響を与える構造物や小地形のモデリングは一層、困難となる。原子力発電所における重大事故を想定した安全審査では、ABC 兵器などによるテロ対策検討と同様に、汚染源が接地境界層内、地上ラフネス高さ以下にある場合の検討も必要となる。

V. 観測データの特異性

原子力事故として当然かもしれないが、環境中で行われる観測は、主に放射線量の計測である。測定は、気中のエアロゾル放射性物質のみならず地表面に沈着した放射性物質からの放射線量が合わせて計測される。風による移流・拡散を解析するのであれば、空中のエアロゾル濃度の測定が必要になる。ただし、地表面からの放射線量の時系列データは、各時刻の地表面への放射性物質の沈着量をも示す。この沈着フラックスから各時刻の気中の放射性エアロゾル濃度を推定することは可能である。ではあるが、大気汚染観測のように、気中の放射性物質のエアロゾル濃度の観測があれば、これに勝るものはない。そうした観測の充実が求められる。

VI. 観測値からの逆解析による放出量推定

事故後,事故時の放出量を速やかに観測データから推定する逆解析の重要性が認識され、関連研究も当学会員,他によりなされている。そうした一例として発電所建設前に行われた風洞実験データを生かし、風洞実験データで補正したガウス拡散式を用いて放射線量の観測値から放出源強度の時刻変化を追跡推定する手法も提案された^{1,2)}。観測値から逆解析により放出源強度などを推定する手法は、これに限らず、数多く提案された。

- 参考文献 -

- 1) 文部科学省研究原子力イニシアティブ「原子力発電所事故時 の放出量および再飛散量推定手法高度化に関する研究」(平 成 24~26 年度)研究代表者 加藤信介.
- M.Kim, R.Ohba, M.Oura, S.Kato, M.Takigawa, P.E., Bieringer, B.Lauritzen, M.Drews, "A source term estimation method for a nuclear accident using atmospheric dispersion models", Int. J. of Environment and Pollution (IJEP), Vol.58, No.1/2, pp.39–51, 2015.

日本風工学会誌「JWE」

日本風工学会では学会誌・論文集を 合本した「JWE」(季刊) を発行してい る。なお「JWE」の目次および記事は、 下記 J-STAGE で見ることができる。 https://www.jstage.jst.go.jp/browse/ jawe/-char/ja/



日本造園学会の十年ー復興のランドスケープ

日本造園学会 会長 柴田 昌三

1925年に設立された日本造園学会

公益社団法人日本造園学会は、造園という伝統的職能が培ってきた技術と文化を基盤とした現在的な理論や科学的体系の構築を基本的な行動原則としてきた。本学会設立の歴史的背景の一つには関東大震災があり、震災による首都圏を中心とする大被害に対して都市災害への対応について造園の視点から復興を考えることが重視された。現在では広範な事象を対象とした活動を行っているが、今日に至るまで災害への対応にも多様な観点から取り組んできた学術団体である。現在、会員数は約2,400人である。(学会 HP は https://www.jila-zouen.org/)

I. はじめに

2011 年 3 月 11 日,日本造園学会では 2ヶ月半後に 追った全国大会に向けた準備が本格化しつつあった。し かし、震災はその開催を危ぶませると同時に、震災被害 に対する学会としての早急な対応を検討する状況となっ た。本学会はその設立の契機の一つに関東大震災があっ た組織であり、災害に対する対応策について、緑や環境 のみならず、被災者への心理的な対応の模索や被害を受 けた住環境の再生・計画についても考察を続けてきた組 織である。今回の震災に対しても、対応に関する協議が ただちに行われた。同時に長期化する事態を想定し、対 応策の模索を開始することとなった。

本学会が掲げる最も重要なキーワードは「ランドスケープ」である。さらに、同じ視点から人々の生活環境を再生、復興、発展させることが本学会の使命であり、その実現を視野に入れた活動を行っていくことが最も重要な目的として確認された。その対象とする分野は多岐にわたり、造園学、都市計画学、農村計画学、地域計画学、生態学、生態工学、緑化工学、地理学、観光学等さまざまであることから、成果を示す上ではその学際的統合が重要となる。そこには土地利用、文化的景観、第1次産業、地域連携、エリアマネジメント、まちづくり、コミュニティ、グリーンインフラ、国立公園、癒し、デジタルアーカイブズ、モニタリング、プロファイリングなどの多様なキーワードが含まれる。これらを総合的に解釈し、短期的、長期的視野をもって復興像を描いていくことが重要視された。

II. 東日本大震災直後の日本造園学会の初動と 成果発信

日本造園学会は、震災直後の3月30日には会長メッ

セージによって学会としての調査および提言に向けた方針として「ランドスケープ再生を通じた震災復興」を掲げた。この提言では、大きく三つの柱が示されている。すなわち、「新しい国土づくりにつながるランドスケープの再生」として10項目が、「里山・里地・里海の連環を重視した復興まちづくり」として5項目が、「まちの防災・減災および持続的発展の観点からの住宅地や公園緑地の役割の見直し」として7項目が挙げられ、それぞれにキーワードが示された。また、震災直後から「復興支援調査委員会・設置準備室」の設置、建設系7学会との会長共同アピールの発表、「復興支援調査委員会」の設置などが矢継ぎ早に実行された。5月に予定されていた全国大会は9月に延期となったが、代わって5月には「東日本大震災復興支援緊急集会」が開催され、情報の共有が図られた。

4月上旬には調査団が結成され、以後、地元東北支部のみならず、関東支部や関西支部からの多くの研究者や実務者などによる調査が精力的かつ断続的に行われた。東日本大震災は広域にわたった災害であり、東北地方のみならず関東地方にも大きな被害をもたらしていたことから、阪神淡路大震災やその後起こった熊本地震のように地元支部の研究者の努力だけでは情報収集が十分には行えず、情報収集には多大なる労力とマンパワーが必要であった。本学会の会員は震災や津波そのものに対する対策を講じる専門家集団ではないため、まず状況把握を中心に行い、その対応策、復興策の提案に向けた情報収集を進めることとなった。原発問題に対しても、直接的な対策ではなく、周辺の環境に対してもたらされた放射能の除染に関する模索を始めた。

震災年の夏以降には初動調査による成果に基づく特集記事が、学会誌で組まれた。2011年の秋から翌年にかけて3号連続して組まれた特集のそれぞれのテーマは、ランドスケープ研究75巻3号が「東日本大震災復興支援:ランドスケープの学術・技術・芸術に何が可能か」、同75巻4号が「平成23年度全国大会 公開シンポジウム・復興支援ワークショップ報告」、同76巻1号が「ランドスケープ研究の潮流と成熟社会、震災復興への展望」である。

このうち、75巻3号の特集は発災後半年間に得られた 情報の総括を試みたものであり、総論、学会としての取 組の経緯、海岸林・都市公園・仮設集合住宅に関する事 例報告,造園建設業の視点から見た現場の状況の報告, コミュニティ支援のあり方の検討,国土交通省都市局の 対応,環境省自然環境局の構想,文化庁文化財部の施策 など10本の記事からなっている。また「東日本大震災復 興支援緊急調査報告」として,会員によって収集された 被災地域に関する現状報告が10本掲載されている。

75 巻 4 号では、2011 年 9 月に延期された全国大会で 開催された公開シンポジウムと同時開催された5つの ワークショップの報告が特集されている。シンポジウム では「2050年の国土創成」がキーワードとなり、日本造園 学会が向き合ってきた過去の数々の災害, 特に関東大震 災、阪神淡路大震災における知見等を通した基調講演や 話題提供に基づくパネルディスカッションが報告されて いる。各ワークショップのテーマは「造園分野の視点か ら、東日本大震災をいかに記録に止め、何を学ぶのか」、 「復旧. 復興支援をサポートする造園技術. 緑化技術の展 開」、「計画設計分野からの復興支援計画の提案とその具 体的展開」、「コミュニティ再生の支援とその具体的展 開」および「東日本大震災復興支援学生ワークショップ報 告」である。学会が重要視する4つの分野からの報告と 質疑に加えて、9月に4日間にわたって行われた学生に よる現地視察と結果に基づく提案に関する報告が記され ている。

76巻1号では、一年近くの調査によって得られた種々の情報に基づき、日本造園学会の主たる研究分野である、「庭園史」、「公共空間史」、「緑地の施工と維持管理技術」、「ランドスケープデザイン研究」、「里山保全と活用」、「ランドスケープ・エコロジー」および「ランドスケープと地理情報」の7つのテーマに関する特集記事が組まれている。そこでは、まだ情報集積量が十分ではない中で、震災後1年を期に、その段階での方向性を模索しようとする学会の動きをくみ取ることができる。

以上の一連の流れの中では、津波による直接的な被害 のみならず、埋立地の液状化現象等、関東の都市圏にお いて顕在化したさまざまな被害に対する解析も行われて いる。一方、被災地が広範にわたること、それぞれが異 なる地域性をもつことから、画一的な復興策の提示の難 しさがあるとともに、情報収集には多大なる困難と時間 を要したことが明らかになっている。しかし同時に、本 学会が掲げてきた「ランドスケープ再生を通じた震災復 興」を実践していく上で重要な内容を含む多数の情報収 集が行われたことも事実である。一方、福島原発事故に 関する言及は、本学会の刊行物からはほとんど認められ ない。震災後1~2年の間の学会誌の関連記事としては、 76巻3号で企画された特集「自然エネルギーとランドス ケープ」の中の一記事として福島事故後のエネルギー政 策に関して言及する記事が見られる程度である。ただ し、学会員は、他分野・他学会に属する数多くの研究者 とともに、放射能の除染に関する研究等を熱心に進めて

いたことは特記しておく必要がある。

Ⅲ. その後の日本造園学会の活動

発災後1年あまりの間に収集された情報や調査結果は、2012年5月にひとまず総括されることとなった。本学会が今後展開していくべき道筋を示す意味も含めて企画されたものであり、東日本大震災復興支援調査委員会編の形で「復興の風景像」というタイトルの単行本としてマルモ出版から出版された。この段階では学会誌にも研究成果を示す論文はまだほとんど出ていなかったことを考えると、日本造園学会の当時の調査の成果を知る上で重要な情報発信であったと評価できる。

この本では27のテーマが挙げられている。大きく3章に分けられており、「生存」をキーワードとした第1章6テーマ、「生業」と「生活」をキーワードとした第2章13テーマ、「生圏」をキーワードとした第3章8テーマからなる。さまざまな時間軸(直後から数十年後)とスケール軸(近隣から地方)に基づいて示された提案(図参照)は現在でも参考にできるものである。「時間の経過」と「空間の広がり」は日本造園学会が震災復興に取り組む中で最も重要な二軸と考えたものである。この図では二次的なキーワードとして「生存の手段」、「生業と生活へ」、「コミュニティの再建」、「風景の再生」、「防災・減災の技術」、「記憶の継承」、「新たな国土像」が書き込まれている。さらに人間関係の視点から、「個人(personal)」、「コミュニティ(communal)」、「地域(regional)」のカテゴリーも示されている。

今少し詳細にその内容を見ると、第1章および第2章 では主に震災後10年以内を想定したテーマが設定され ている。第1章の「生存」に関しては、咄嗟(直後)のラン ドスケープからみた住空間の問題点等が震災後数分後か ら10年後に至る時間軸の中で解析されている。そのス ケールはミクロから中間的なものであり、住空間や都市 空間から始まり、緑地空間の解析、それらがもたらす癒 しの考察、記憶継承の重要性へと展開されている。第 2章の「生業」と「生活」に関しては、「生業」では中間的な スケールでの考察が行われ、1年後から数年後の時間軸 の中で表面化した、水産業、田園地域、農業、さらには 森里海連環に関する言及が行われている。一方,「生活」 では、震災後一週間から数年にわたる時間軸の中での考 察が行われ、子供やシニア世代の精神面でのケアの重要 性, デジタルアーカイブズの重要性, コミュニティ再生, 防災施設の問題、デザインの検討、新たなランドフォー ムの模索. 緑化工学に関する知見. グリーンインフラ構 築の検討などがテーマとなっている。第3章の「生圏」に 関しては、震災後数ヶ月後から数十年後にいたる長いタ イムスパンの中で、マクロなスケールで考えるべきこと が示されている。すなわち、初動のモニタリングの必要 性、景観再生の必要性、公園の新たなコンセプト、新た な資源活用とそれがもたらす風景, 沿岸部のモビリ

ティ、土地と景観のプロファイリングなどが 10 年目までのテーマとして示され、さらに長期的な視点として、バックアップ都市の必要性や流域を単位とした地域環境再生の必要性が説かれている。

この本の出版後、学会誌上でも記憶を継続させるための努力が払われた。学会誌では、2012年4月から「復興のランドスケープ」の連載が開始され、3年半の間に12回にわたって掲載された。特集が組まれることはなかったが、行政情報や特集内の記事の一つとして震災が取り上げられるケースは継続して認められる。また、震災後発生した九州北部豪雨、熊本地震等、学会として対応すべき災害が頻発したことから、毎年のように発生するこれらの災害を対象とした活動が継続されている。

一方、調査に基づく研究成果は、震災後3年目以降、次第に公表されるようになった。学会刊行物を通して公表された論文に占める災害関連論文の割合は、震災一年後の2012年には生態系の視点からの研究が認められるものの2.3%である。2013年と2014年の災害に関する論文はわずかに1本ずつであり、その対象は阪神淡路大震災と九州北部豪雨であった。2015年にはその割合は5.9%となり、現地における調査研究の成果がようやく実を結び始めたことがわかる。この年の関連論文はすべて東北大震災に関するものであった。2016年以降も災害関連論文は一定程度継続的に発表されている。全論文

に占める割合は、2016年が6.2%、2017年が7.9%、2018年が5.9%、2019年が4.6%となっている。多様な研究対象がある中で、この割合は高いものである。研究内容は多岐にわたるが、住環境の復興に関する研究、自然資源と人々の関係性に関する研究などに加えて、復興の段階で新たに示されたしおかぜトレイルの実現等、復興の様子をさまざまな視点から解析したものも認められる。一方で、東北大震災の被災地に関する論文の割合は各年ともその半数程度で、さまざまな災害や将来予測される東南海地震の歴史的検証などに注目した研究が多様に展開されている。

Ⅳ. おわりに:10年目から50年,100年後へ

震災後10年目を迎えるにあたり、日本造園学会はここまでの成果を再度総括し、今後の数十年間の活動を考えようとしている。震災以降、さまざまな取組が行われた中で、前述の出版物「復興の風景像」執筆者へのアンケートでは、その20%が現在も活動を継続していることが明らかになっている。本書で示された4つのキーワードについてみると、過去10年間に行われてきたさまざまな調査のうち、最も多いキーワードは「生活」であり、8割を超える調査に含まれていた。これに次いで「生業」と「生圏」もそれぞれ4割弱の調査に含まれており、継続的に重要なキーワードとなっていることがわかる。過去10年間に行われた研究に対する考え方や意見を求

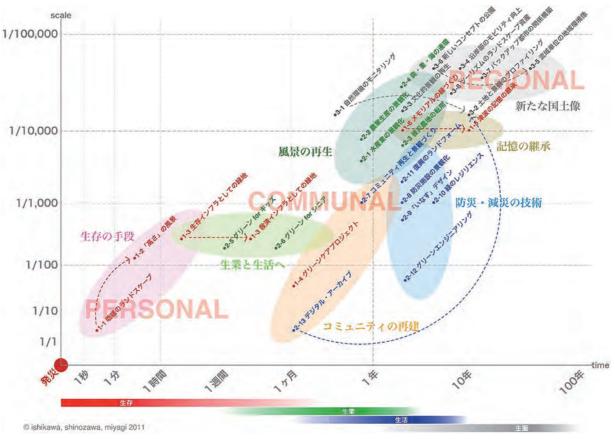


図 2012 年に刊行された「復興の風景像」に示されたチャート(石川・篠沢・宮城) (図中に斜めに示されたフレーズは本書が取り上げたテーマである)

めた回答には、数多くの記載が認められるが、抽出された結果はいずれも「ランドスケープの再生」という本学会の中心的な考え方に即したものが多い。それらは大きく4つに分けることができる。

まず、回答にはスケール軸に関するものはあまりなく、時間軸に沿った意見が多く認められる。すなわち、「まだ終わっていない」、「今後も継続が必要」、「空間マネジメントは始まったばかり」、「持続的な営みも『防災・復興』の延長に位置づけられる」、「植生遷移を100年単位で見る必要」といった意見である。

また、やや反省の意味も込めて、「長期的な支援・対応を見据えた『初動』が肝心である」、「土木、建築分野の方が発災直後に直接関与したのに対して造園分野の出番は2~3年後からであった」、「かなり早い時期からエコロジカルレジリエンスがエコノミックレジリエンス(国土強靱化)にのまれてしまった」、「持続的な活動体制を整えられた段階でわれわれの役目は終わった」、「他学会と比較して成果が可視化しづらい側面がある」、「学会が選んだ人材だけではなく、幅広い人材による活躍の場作りが必要」といった意見がある一方で、「若い技術者、研究者を育成してレジリエンスにおける学術領域が確立されることを期待」、「発災直後の状況把握と記録は大事であった」といった評価や期待が込められた内容もある。

学会の持つべき方向性としての意見も多く認められ、「被災直後から長期にわたるより具体的な災害対応プランの構築」、「学会が持つ多様な人材を的確に配置することの重要性」、「ランドスケープ分野ができることを改めて明確にする必要」、「学会としての対応の再検討の必要性」、「あくまで実践主義であるべき」、「子どもたちのESD教育や『遊び』、あるいは若者の担い手育成の必要性」、「より持続的な営みの重視」や「昨今のコロナ禍による都市から地方への関心の高まりへの注目」など、その内容は多岐にわたる。

それ以外にもさまざまな意見があるが、遠隔地からの 支援が困難であることによって生じた関わり方の違いに 対するジレンマや、官民学といった立場による考え方や 感じ方の相違、などが指摘されている。また、「個人レベ ルでは難しい対応が多い」という意見がある一方で、「学 会の活動というより個人のライフワークと言った関わり が大事」という考え方も示されており、関わりを持つ会 員それぞれによってその感じ方はさまざまである。

このように、さまざまな学術的専門領域、直接的に関与する技術的領域や快適なまちづくりを考える芸術的な 視点も含む領域などの多様な領域に属する多くの会員の さまざまな思い入れの中で、日本造園学会の震災復興支 援は行われてきた。これらの思いを再度整理し、より広 範な会員の協力や情報共有、さらには他分野との共働作 業を通じて、今後も震災復興支援は継続されていくこと になる。

2021 年度, 日本造園学会は全国大会を仙台を舞台にし て開催することを計画している。そこではこれまでの 10年を振り返るいくつかの企画が計画されている。コ ロナ禍の影響は払拭されていないであろうが、完全オン ライン式ではなく, ハイブリッド式での大会運営が模索 されているところである。また、学会誌では震災後 10年に関する記事の第一弾として、復興祈念公園に関す る特集記事が企画されている。震災直後から提言されて きた「震災で亡くなられた方々への追悼と鎮魂の思いを 国民全体が共有し、大震災の教訓を伝承する場」の必要 性について、現在も進められている復興祈念公園および 国営追悼・記念施設の整備プロジェクトに焦点をあて、 その意義を関係者や幅広い分野の専門家が論じるほか、 その理念やデザイン設計、地域における取組を後世に引 き継ごうというものである。さらに、4年後に控えた学 会設立100周年に向けた事業の中でも東日本大震災に限 らず、近年多発するさまざまな災害からの復興がテーマ の一つとして重要視されることになろう。

関東大震災という設立経緯を持つ日本造園学会にとって、自然災害との対峙は永遠に続くものである。時としてその中には放射能汚染などの人為的影響が強い災害も含まれることは今後もあるかも知れないが、何よりも「ランドスケープの再生」をキーワードに、また「再生とは何か」を模索しながらその活動を進めていくことになる。

日本造園学会の刊行物

本学会では、機関誌として「ランドスケープ研究」(季刊、旧名は造園學雑誌および造園雑誌)を冊子版で発行すると同時に、オンライン版論文も出している。「ランドスケープ研究」は年に一回、全国大会に併せて、大会での発表も義務づけられる「研究発表論文集」を第5号として発行している。また、隔年で増刊号として「造園作品選集」と「造園技術報告集」を交互に発刊している。一方、学会員の英文での研究成果公表の場を提供することを目的として、都市計画学会等との共同で「URPR (Urban and Regional Planning Review)」を、日本緑化工学会等国内3学会と東アジア2カ国の3学会との共同で「LEE (Landscape and Ecological Engineering)」を発行している。これらの英文誌はOnline Journalであり、LEEの現在のImpact Factor は1.64である。なお日本造園学会が発行する発行物に関しては下記http://www.aesj.or.jp/atomos/tachiyomi/mihon.html等で見ることができる。







福島原発事故に対する日本土壌肥料学会の取り組み

日本土壌肥料学会 会長 波多野 降介

I. 日本土壌肥料学会は 1927 年に発足

日本土壌肥料学会は、食糧の生産に深く関係している土壌学、肥料学、植物栄養学の理論と技術体系を構築することを目的として、1927年に設立された学術団体である。以来、国土資源の保全に関連する環境科学や、最近では土壌教育・文化土壌学など幅広い分野を取り込んで発展を重ね、2020年には2,200名・団体を擁し、研究活動や技術開発の範囲を広げ、国際活動の幅も広げている(学会 HP は http://jssspn.jp/guide/index.html)。

Ⅱ. 研究と普及の概要

前回の2017年の特集「福島原発事故に対する各学会の取り組み」において、木村武副会長(当時)から日本土壌肥料学会の取り組みを紹介した(日本原子力学会誌,59,205-207,2017)。その中で、当学会は長く核実験由来の放射性核種の農林地における長期モニタリングや、土壌一植物系における放射性核種の動態解明等に関する知見を集積しており、それらの知見に基づき、2011年3月の原発事故以降直ちに①学会ホームページからの情報発信を開始し、②シンポジウム・講演会を開催し、③学会発表や学会誌への原著論文および総説の掲載などを通じた学術情報の発信と提言を行い、④それらは被災現場の対策技術にも活用されたことを報告した。

2011 年以降 2020 年末までに、土壌肥料学会大会での講演・ポスター発表数は 456 件であり、日本土壌肥料学雑誌に 44 報、欧文誌 (Soil Science and Plant Nutrition) に 40 報の原著論文、総説、解説が掲載されている。主に、①放射性セシウム (Cs) の環境動態、②植物の放射性 Cs 吸収メカニズム、③作物の放射性 Cs 汚染抑制対策、④放射性 Cs の除染に関する研究が進められた。これらの成果は IAEA-TECDOC-1927 "Environmental Transfer of Radionuclides in Japan following the Accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant" (2020)へ多数引用された。また当学会が編集し、Springer 社より 2021 年春に発刊の"The Soils of Japan"でも Chapter6 で詳述されている。以下、上記 4 項目のトピックスを Soil Science and Plant Nutrition 掲載論文からレビューする。

Ⅲ. 放射性 Cs の環境動態

2011年11月における農地土壌中の放射性 Cs 濃度分布図が3,461点での調査結果に基づいて作成された。これは土壌中の放射性 Cs 濃度と空間線量率の関係を事故後の耕転状況、土壌の種類、地目により10に類型化し、文部科学省が作成した航空機サーベイによる1m高さの空間線量率図を用いて地質統計的手法により作成され

た。土壌中の Cs 濃度は東京電力福島第一原発の 20~km 圏内において高く、また、福島第一原発の北西方向にかけて高 Cs 濃度地帯が認められた。土壌中の Cs 濃度が $5,000~Bq~kg^{-1}$ を超過する水田は約 5,900~ha, 畑は約 3,000~ha と推定された (Takata~et~al.,~2014)。

福島第一原発から 170 km の距離に位置するつくば市に放射性プルームが到達したのは 3 月 15 日であり,葉菜とくにホウレンソウ中の放射性ヨウ素 $131(^{131}\mathrm{I})$ 濃度は乾性沈着により急激に増加した。降水のあった 3 月 21 日から 22 日には降水中から高い濃度の放射性核種が検出され,土壌中の $^{131}\mathrm{I}$ および $^{134}\mathrm{Cs}$, $^{137}\mathrm{Cs}$ 濃度は大きく上昇したが,葉菜における濃度上昇は土壌と比較してかなり小さかった(Ohse et al., 2015)。

<森林生態系の放射性 Cs は流出しにくい>

針葉樹林と落葉広葉樹林を含む流域では、沈着した放射性 Cs は台風時の 120 mm の豪雨でもわずかしか流出しなかった。渓流水中の放射性 Cs 濃度は流量増加過程で上昇し、最大流量でピークとなりその後の流量逓減過程で急速に低下した(Shinomiya et al., 2014)。

大気降下物のうち放射能を帯びた土壌粒子の大部分は粘土サイズ (< $0.002~\text{mm}\phi$)であり、植物の葉の表面に付着したものは 1 年近く経過した後でも残存していた (Itoh et al., 2014)。森林土壌では、 ^{134}Cs および ^{137}Cs は沈着量や土壌の粘土鉱物組成に関わらず有機物層および鉱質土表層に保持されていたが、事故後 1.5 年の間に 59~% から 73~% は鉱質土表層の 0~5~cm に移動した (Fujii et al., 2014)。

<農地での下方移動にはバラつきがあった>

一方、農地では同じ事故後 1.5 年の間の下方移動に大きなバラつきが認められた。82 地点で放射性 Cs 濃度の土壌中の鉛直分布を調べたところ,50 %は地表面にとどまっていたが,それ以外は下層にピークがあり,見かけの移流速度は 0.00 から 3.38 cm y^{-1} の幅があり平均 0.75 cm y^{-1} であった。これらのバラつきは,土層が粗孔隙を含む壁状構造であることやミミズなどによる不均一な攪乱があるためと考えられた $(Yoshida\ et\ al.,\ 2019)$ 。

<粒径の大きい粘土は放射性 Cs を固定しやすい>

放射性 Cs は元来の特性としてフレイド・エッジ・サイトに固定される。フレイド・エッジ・サイトはイライトのような雲母系鉱物が風化し層間が開くことで生じ、その固定許容量は放射性セシウム捕捉ポテンシャル(RIP)という。粘土鉱物のうち、スメクタイトやカオリン鉱物の RIP は理論上ゼロだが、実際は X 線回折で測

定されない不純物としてのイライト量によりさまざまな RIP を示す。RIP と全 K 量には有意な正の相関があることからもこのことがうかがえる (Ogasawara et al., 2013)。現場では粘土の粒径が $1\sim2\mu m$ と大きくなるとこのイライト量の指標である全 K 量が多く,同時に放射性 Cs の固液分配係数 (Kds)も高い。このことは粒径の大きい粘土はイライトを多く含み RIP が高く固相に放射性 Cs を固定しやすいことを示している (Nakao et al., 2012)。

<土壌中の K と NH4 の増加が放射性 Cs の溶出を抑制> フレイド・エッジ・サイトは雲母系鉱物の風化初期に 顕著に増加し、その後安定する(Ogasawara et al., 2017)。土壌の RIP が小さいほど放射性 Cs 固定量は少 ない。黒ボク土では他の土壌タイプに比較して RIP は 有意に低かった。RIP 値は、全炭素含量およびリン酸吸 収係数と負の相関があり、粘土およびシルト含量、交換 性 K および Ca 含量と正の相関が認められている (Yamaguchi et al., 2017)。イオンとしての挙動が K と 類似する NH4 では、アンモニア化成や施肥による土壌 中のNH4含量の増加により、放射性Csの土壌溶液への 溶出が高まる場合と抑制される場合の相反する現象が観 察された(Wakabayashi et al., 2017)。これは NH4⁺と Cs^+ のイオン交換による放射性 Cs の溶出とともに、K と同様に土壌中のNH4含量の増加が放射性Csの溶出を 抑制するためと考えられる。

このことから、KとNH4の挙動に配慮した水田でのイネの放射性Cs 吸収の理論的解析が行われた。放射性Cs の吸収特性は移行係数(TF)で表される。TF は植物体中 137 Cs 濃度/土壌中 137 Cs 濃度比である。また TF は(植物体中 137 Cs 濃度/土壌溶液 137 Cs 濃度/土壌溶液 137 Cs 濃度/土壌溶液 137 Cs 濃度 比(CF)/固液分配係数(Kd)のようにも表される。これは Kd の値は数 100 以上であり、 137 Cs は圧倒的に固相に多く、土壌中 137 Cs のほとんどは土壌固相の 137 Cs だからである。TF は Kd と負の相関があった。このことは、イネは土壌溶液中の 137 Cs を吸収するので、Kd が大きいと土壌固相に 137 Cs が固定され、植物へ移行しにくくなり、TF が下がるためと理解される。CF は、土壌溶液の K および NH4 濃度の上昇により低下していた (Yoshikawa et al., 2020)。

以上から土壌中の K と NH_4 含量の増加は固相への 137 Cs の保持を高め TF を低下させると考えられる。なお、水稲の吸収する溶存態 137 Cs 量の測定に、プルシアンブルーシートが利用できた (Yoshikawa et al., 2019)。

Ⅳ. 植物の放射性 Cs 吸収メカニズム

現地観測から植物は放射性 Cs の大きなストックであった。その吸収メカニズムが検討された。

<多年生植物では植物体に付着した放射性 Cs が転流>福島第一原発から 112 km 離れたひたちなか市の孤立

した漆木で2011年6月から10月の間に毎月1回ウルシ液を採取し放射性 Cs を測定したところ,7月に最高値を示し10月に急激に検出限界まで低下し,気温と相関していた。降下した放射性 Cs は漆木の樹皮に吸着し降雨により溶けた分が樹体に吸収されウルシ液に入り,夏場に樹体内を循環したと考えられた(Mori et al., 2012)。また,タケノコでも事故直後の2011年に竹の地上部や根などの部位に付着・沈積後に吸収され貯蔵された放射性 Cs は春になって急速に転流していた(Nakanishi et al., 2014)。

モモ園では収穫期の果実中放射性 Cs 濃度と表層 5 cm の土壌中放射性 Cs 濃度に有意な相関が認められた。しかし放射性 Cs の 93 % は表層 0~3 cm に沈積し、そこにはモモの根群は無いことから、放射性 Cs が根から吸収されたとは考えにくく、やはり樹冠に付着したものが転流したと結論づけられた(Sato et al., 2015)。ニホングリおよびブルーベリーでも事故時の放射性 Cs が樹体地上部に直接付着し果実へ転流したと考えられた。果実の放射性 Cs 濃度は年とともに指数的に低下しており土壌からの吸収は少なかった(Kusaba et al., 2015 a,b)。なお、果樹の放射性 Cs の転流は落葉果樹と常緑果樹で異なり、落葉樹のブルーベリーは事故時に葉がなく枝から果実に転流したが、常緑樹の温州ミカンは葉から転流していた(Hiraoka et al., 2015)。

茶樹は葉から新芽への放射性 Cs の転流がある。新芽の放射性 Cs 濃度は事故 3 年後に 64 %低減した。さらに茶樹の枝を地上約 40 cm で切り落とすせん枝(中切り)により 25 %低下した(Ishii et al., 2015)。また秋整枝に加え春整枝は一番茶の放射性 Cs 濃度を低下させるのに大きな効果があった(Kamata et al., 2015)。

<一年生植物は土壌からの放射性 Cs を多く吸収>

木本類と異なり草本類では土壌からの放射性 Cs 吸収 が無視できない。アマランサスでは導管液の放射性 Cs 濃度は土壌の交換性 K 濃度が高く 2:1 型粘土鉱物が多 いと低下し、土壌の影響が示された(Murakami et al., 2019)。イネでは穂に蓄積される放射性 Cs の 95 %が出 穂期以前に吸収されたものであり、イネ生育初期段階の K 施与は吸収低減のみならず可食部への放射性 Cs 蓄積 を防ぐのに効果的であった(Nobori et al., 2014)。ダイズ では、子実の放射性 Cs 濃度は生殖生長期の R3 期の地 上部の放射性 Cs 濃度と相関があった (Hirayama et al., 2015)。イネの Cs/K 比は玄米と枯葉で、緑葉および茎、 籾殻より高かった。地上部 Cs 吸収量に占める玄米への 蓄積割合は平均14.5%であり、茎部 K 濃度と負の相関 があった。放射性 Cs の地上部への分配は根部 K 濃度に 反比例していた。すなわち, 吸収および体内移行におい て K と Cs の間に拮抗関係があった(Kondo et al., 2015)。

V. 作物の放射性 Cs 汚染抑制対策

汚染地の農業用水の放射能濃度は約1Bq L-1 である。

玄米中の放射性 Cs 濃度は、 137 Cs 濃度が 0.1 Bq L^{-1} の灌漑水では無視でき、1 Bq L^{-1} では土壌により変動が大きく、10 Bq L^{-1} では食品中の放射性 Cs の基準値 (100 Bq kg $^{-1}$) を超える土壌があった (Suzuki et al., 2015)。なお、トマト、水菜の水耕栽培では 1.03 Bq L^{-1} の灌漑水で可食部の放射性 Cs 濃度は、水菜で 4.80 Bq kg $^{-1}$ 、トマトで 3.60 Bq kg $^{-1}$ と低レベルであった (Yasutaka et al., 2014)。

<農産物への影響低減のため、K 施肥で土壌改良>

農産物への影響は灌漑水より土壌の影響が大きく、交換性 K が高いほど茎葉部と玄米の 137 Cs 濃度は低くなる (Kondo et al., 2015)。このことから、K 施肥による土壌改良が検討され、栽培前の土壌の交換性 K 含量を $200~\rm mgK~kg^{-1}$ にしておくことが推奨されている。これは、 137 Cs の玄米の移行係数 (TF)が、収穫後の土壌の交換性 K 含量が $150~\rm mgK~kg^{-1}$ 以下になると大きく上昇することと、一作のイネの K 吸収量が概ね $50~\rm mgK~kg^{-1}$ であることに基づいたものである (Kato et al., 2015)。K 施肥の効果はチェルノブイリ原発事故後に多くの作物で認められてきたが、水稲についてはこれが初めてである。

一般に堆肥は K 含有率が高く飼料用トウモロコシでは汚染された堆肥を施与した場合でも TF を低く保ち、IAEA が示す許容範囲を維持した(Harada et al., 2014)。牧草でも TF はルートマットの土壌 pH ($\rm H_2O$) および交換性 K 含量と負の相関があり、牛ふん堆肥の表面施用は交換性 K の上昇に大きく寄与した(Ogura et al., 2014)。極度に汚染された土壌でも麦わら施与によりコマツナの放射性 Cs 濃度の低下が認められた(Nihei et al., 2016)。継続的に堆肥を施用した飼料用トウモロコシとイタリアンライグラスの 2 毛作畑では、 137 Cs 濃度を最小化するための堆肥施与量は、トウモロコシでは 30 Mg ha $^{-1}$ が推奨されたが、イタリアンライグラスでは効果が認められなかった(Harada et al., 2015)。またイタリアンライグラスは汚染当初の時間経過にともなう植物体中の 137 Cs 濃度の低下も遅かった(Sunaga et al., 2015)。

<品種間で差がある放射性 Cs の吸収特性>

放射性 Cs の吸収特性には品種間差も認められた。アマランサス属における土壌からの放射性 Cs の TF は品種により 3 倍の違いが認められた (Shinano et al., 2014)。また高いバイオマスを生産するソルガムをバイオ燃料とともに土壌浄化にも利用することを考え放射性 Cs 吸収量を56 のアクセッションで 2 年間調べたところ AKLMOI WHITE が最も高いことを認めた (Yamazaki et al., 2019)。

移行係数(TF)の土壌による違いについても検討された。黒ボク土と灰色低地土水田での比較では、玄米のTFは灰色低地土よりも黒ボク土で高かった。黒ボク土における玄米のTFは交換性Kと負の相関があった。交換性Kは粘土/全炭素比と正の相関があったことから、全炭素の多い黒ボク土では、とくにK施肥が必要であった(Suzuki et al., 2020)。K施肥による土壌改良の問

題として、粘土鉱物にバーミキュライトを多く含む土壌では、施用した K をバーミキュライトが固定し交換性 K の効果が発揮されないことも認められた (Kubo et al., 2018)。

除染済み農耕地 173 地点の作土層 $(0\sim15\,\mathrm{cm})$ では土壌中の全 $^{137}\mathrm{Cs}$ 量は平均 $1,200\,\mathrm{Bq}\,\mathrm{kg}^{-1}$ となり、除染前から約 80 %低下していた。しかし、土壌中の交換性 K 含量は平均 $172\,\mathrm{mgK}\,\mathrm{kg}^{-1}$ であり、8 割以上の地点で推奨値の $200\,\mathrm{mgK}\,\mathrm{kg}^{-1}$ を下回った $(\mathrm{Kurokawa}\;\mathrm{et}\;\mathrm{al.},\,2019)$ 。

VI. 放射性 Cs の除染

除染に関して Yamaguchi et al. (2016) の総説を以下に紹介する。農林水産省は除染にあたって、作土層の放射性セシウム濃度($0\sim15~{\rm cm}$)に基づいて、農地の汚染レベルを次の 4 グループに分けた。① 5,000 Bq kg $^{-1}$ 未満、② 5,000 $\sim10,000~{\rm Bq~kg}^{-1}$ 、③ $10,000\sim25,000~{\rm Bq~kg}^{-1}$ 、④ 25,000 Bq kg $^{-1}$ 以上である。そして 5,000 Bq kg $^{-1}$ 以上の汚染土壌は、表土($0\sim5~{\rm cm}$)除去を推奨し、25,000 Bq kg $^{-1}$ 以上の場合には、表土除去前に、汚染された土壌粒子の拡散を防ぐための樹脂散布を行うこととした。5,000 $\sim10,000~{\rm Bq~kg}^{-1}$ の汚染土壌の場合は、土壌反転によって表土を汚染されていない下層土で置き換え、汚染土を作物の根域から隔離すると効果的であるとした。

表土除去は縦型ハローで表土を粉砕した後、表土を剥ぎ取る。深さ 3 cm の剥ぎ取りで 9,090 Bq kg⁻¹ から 1,671 Bq kg⁻¹ に 82 %の減少が認めらた。しかし表土除去は大量の廃棄物を作るので、汚染レベルが比較的低い 5,000~10,000 Bq kg⁻¹ の場合は、表土と下層土の反転が推奨された。

放射性 Cs は粘土に吸着固定されているので、水田土壌での除染は代掻きして粘土を分散させ、懸濁水を汲み取ることで選択的に除去でき、廃棄物の量を大幅に減らすことができる。この方法の除染効率は、土壌の分散性に依存するので、代掻き時に水酸化ナトリウムを混合し土壌分散を促進することにより、62%の除染率を達成した。

VII. 今後の活動予定

2021年の事故後10年が経過するにあたり、以下2件のイベントを計画している。①2021年度「土と肥料」の講演会「東日本大震災被災農地の復興における土壌肥料学の役割(仮題)」2021年5月22日午後東京、②2021年度日本土壌肥料学会主催シンポジウム「原発事故から10年―これまで・今・これからの農業現場を考える」2021年11月5日終日パルセいいざか(福島市飯坂町)

日本土壌肥料学雑誌

Soil Science and Plant Nutrition

日本土壌肥料学会では、上記の和文誌と欧文誌をそれぞれ年 6回ずつ発行している。これらは、以下のサイトで見ることが できる。

https://www.jstage.jst.go.jp/browse/dojo/-char/ja/https://www.tandfonline.com/toc/tssp20/current

農業農村工学会の取り組み

農業農村工学会 会長 平松 和昭

I. 農業農村工学会の概要

農業農村工学は、農業の生産性向上と農村の生活環境の整備、農業農村にかかわる中小都市も含めた地域全体の持続的発展を図るため、循環を基調とした社会を構築し、水・土などの地域資源を、人と自然の調和、環境への配慮を重視して合理的に管理する科学技術であり、近代に入った明治33年に、東京帝国大学に農業土木学を開講した忠犬ハチ公の主である上野英三郎博士を始祖とする。農業農村工学会は、明治40年に発足した耕地整理研究会に始まり、昭和4年に農業土木学会を創立、平成19年に現在の名称に変更した公益社団法人である。現在の会員数は個人会員が約1万人、法人等の賛助会員が125社であり、大学や研究機関の研究者が約1割で、9割は官公庁や業界の技術者である。14の研究部会で専門分野を担い、全国を6支部に区分して地域課題の調査・研究を行っている。(学会 HP は http://www.jsidre.or.jp/)

II. 農地や農業水利施設等の被害と初動的な取り組み 農林水産省の資料によると、東日本大震災の被害は農 林水産関係全体で約2兆4千億円に達し、特に津波に よって総計2.1万 ha に及ぶ農地で被害が発生、農地と用 排水路等の農業用施設を合わせて約3万6千箇所が損壊 し、それらの被害額は約8千4百億円と報告されている。

当学会は、地震発生直後から事務局において情報収集を開始。3日後の3月14日に理事会において「積極的な災害対応」が指示され、その翌日には災害対応特別委員会を緊急招集して東北方面の8大学(弘前、北里、岩手、宮城、秋田県立、山形、茨城、新潟)による地域別特別調査団の結成、技術相談体制の確立等を核とする今後の活動方針を決定した。3月25日には「東日本大震災調査ガイドライン」を公表し、現地の状況を踏まえた適切な調査活動を要請するとともに、学会ホームページに「東日本大震災に関する農業農村工学会の取り組み」のサイトを設け、収集情報や会員からの提言等を順次掲載した。

学会員が政府の震災復興構想会議検討部会や国・県の調査団に参画したほか、学会は農地の塩害対策、ダム・ため池等の復旧対策、震災復興農村計画立案のために現地調査団を派遣し、対策技術のマスコミへの公表、技術者を対象としたシンポジウムの開催、提言の取りまとめと農林水産省政策立案部門への説明など重厚で迅速な活動を次々と展開した。

この時点では地震や津波による被害への対応が中心で

あり、福島第一原子力発電所事故による放射性物質汚染への対応は農林水産省や福島県の起動に同期することとし、これに備えて内部に放射能汚染農地の復旧のための研究委員会を組織し、想定される事態の分析と調査方法や除染技術の検討を開始したのは、同年の9月であった。

Ⅲ. 放射能汚染農地復旧研究委員会の活動

福島第一原子力発電所事故に伴い、福島県などを中心に広範囲の農地が放射性物質に汚染された。わが国の農地が高濃度の放射性物質により汚染される事態は、歴史上、初めてのことである。降下放射性物質によって汚染された農地等の復旧を早期に達成するために委員会を組織し、最新の研究成果を収集するとともに、提案された対策技術の有効性と限界を中立的に評価し、複数の除染技術の組み合わせ方法も含めて立地条件や汚染状況に応じて適切な除染方法が選択できるように整理した。

委員会は、農地工学、水利施設工学、農業環境学、水文学、地質学、地下水学、環境放射能生態学、情報農学を専門とする8名の研究者で編成し、放射性廃棄物の地中処分の研究をリードしている者も参画した。2ヵ月間の活動で情報収集とその評価・整理を遂行し、委員が開発した技術を含めて除染技術16件、保管技術2件、測定・モニタリング技術4件、流出・移動対策技術5件について技術カルテを取りまとめた。この委員会の成果は、12月から始まった農林水産省の技術検討委員会に継承された。

IV. 農林水産省が行う農地除染の技術検討を支援 農林水産省からの委託を受けて放射性物質による農地 等の汚染対策技術を検討する委員会(検討会と作業部会) を設置し、農林水産省の技術検討を支援した。委員を増 員し、新たに土壌化学、栽培学や放射線計測の専門家を加 えて18名で編成した。委員会は、農地の除染に関する情 報収集、提案された除染技術の評価、東北農政局が実施す



図1 委員会の現地調査(平成23年飯館村)

理マニュアルに対する助言・指導等の役割を担った。

農地除染対策実証事業は、福島県飯舘村(長泥地区、小宮地区、草野向押地区)および川俣町(山木屋細田地区、山木屋日向地区)の約40haの農地を対象に、表土削り取り、水による土壌攪拌・除去、反転耕の3工法が実施された。学会は、工程ごとの検討課題を抽出・整理するとともに、平成24年1月から8月までの間に4回の現地調査と9回の委員会を開催し、除染効果や作業手順、施工管理・安全管理等の検証と技術書の策定を支援した。農林水産省は平成24年9月に調査、設計、積算、施工管理等の基準に関する情報を取りまとめた「農地除染対策の技術書」を公表し、翌年2月にこれを更新した。

V.農林水産省や福島県が行うため池等の対策を支援農業の再開には、農地の除染に加えて安全な農業用水の確保が不可欠である。平成24年2月から福島県内の約3千箇所のため池と浪江町の農業用の大柿ダムを対象に農林水産省による貯留水や底質中の放射性セシウム濃度の調査が開始され、学会は農地の除染対策の活動を拡張してこれを支援した。平成25年度からは、ため池等に対象を特化した放射性物質対策技術を検討する委員会を編成し、当学会の専門家に加えて、土壌化学、森林土壌学、栽培学、環境放射能の研究者や、建設会社の上級技術者の参画も得た。ため池等の水質および底質の放射性物質の実態把握と動態解析、対策工法の検討、実証事業の評価、技術マニュアルの策定等について議論し、委員の指導・助言を取りまとめて農林水産省の対策を支援した。

また、福島県からの委託を受けて、民間などから公募したため池対策技術を審査し現地適用性の高い工法を選定する活動も行った。委員には学会員のほか国立環境研究所や日本原子力研究開発機構の専門家の参画を得て、平成26~27年度の2年間で77件の工法を審査し、9件の対策技術を選定した。福島県では選定した工法の実証事業を行い、その結果を農林水産省での検討にも反映させた。

農林水産省は平成27年3月に「ため池の放射性物質対策技術マニュアル」を、平成28年3月には同マニュアルの第2版を取りまとめて公表し、地元自治体が同マニュアルに沿って対策工事を進めている。

東北農政局では、平成28年度以降も大柿ダムと請戸川地区の水路系や100ヵ所のため池を対象にモニタリングを継続し、残された技術的課題を検討するとともに、調査結果を公表している。これまでに、大柿ダムにおける放射性物質の存在状態や動態の調査・解明と取水管理方法の策定、開水路への放射性物質流入防止対策とその効果検証、リスクコミュニケーション資料「大柿ダムの放射性セシウムの実態と対策(初版・第2版)」の公表等を行ってきた。ため池についても、底質に収着している放射性セシウムの溶出と流域から継続的に流入する放射

性セシウムの蓄積に関する懸念を解消するため、調査解析結果に基づいて資料を作成し、地域の住民や農業者とのリスクコミュニケーションに努めている。

VI. 通常の学会活動の中での主な取り組み

大会講演会で東日本大震災に関する調査研究を対象としたシンポジウムや企画セッションを開催した。学会誌上では、2012 年 4 月号で「東日本大震災の発生から1年」、同年7月号で「東日本大震災からの復興に向けて」、2014年3月号で「東日本大震災から3年―これまでとこれから―」、2015年8月号で「放射能汚染を受けた地域の農業生産基盤やコミュニティの現状と対策」など、すでに7回の特集を組んでいる。そのほか、日本学術会議が平成26年に開催した学術フォーラム「巨大災害から生命と国土を護る」での学会長の発表や、会員による「学術の動向」誌上での発表、日本農学会が平成23年11月に公表した「東日本大震災からの復興へ向けて―被害の認識と理解、復興へのテクニカルリコメンデーションー」への寄稿、さらに、国際農業工学会(CIGR)シンポジウムでの震災特別セッションでの発表なども行われた。

また、平成26~28年度には、土壌物理研究部会の若手会員が中心となって科学技術振興機構の資金を獲得し、「復興農学による官民学連携協働ネットワークの構築と展開」を実施した。放射性セシウムによる土壌汚染地域の農業復旧・復興を目的に、地域性を生かした官民学のネットワークを構築しながら、一般市民や子供向けに現場状況や科学的データの報告、復興農学におけるアウトリーチ活動を行った。

東日本大震災以前の学会員による放射性物質研究は、環境の放射性同位体を指標とする水循環解析や、放射線による地盤や構造物の非破壊調査技術の開発などが中心で、放射性物質を対象や手法とする研究者の数は限られていた。しかしながら、福島第一原子力発電所事故により、農地や農業水利施設を対象とする研究者は放射性セシウムの存在を抜きにして技術を語ることができなくなった。発災から今日までに多数の学会員が放射性セシウムの分布・動態解析や対策技術の研究に従事した。福島県には現在も帰還困難区域があり、令和3年度以降も復旧・復興に向けた取り組みが続けられる。この度の震災で環境中に放出された放射性セシウムが存在する限り、当学会の中で放射性セシウムに関する知を集積・継承し、課題への対応態勢を持続させていくことになる。

農業農村工学会誌「水土の知」

農業農村工学会では、会誌「水土の知」 (月刊)、論文集(オンライン)、国際ジャーナル "Paddy and Water Environment" (オンライン)を発行している。

なお、学会誌の目次と概要は、 http://www.jsidre.or.jp/publish/ で見ることができる。



福島県「こどもの育ち | への支援プロジェクト

元こども環境学会 会長 小澤 紀美子

Ⅰ. こども環境学会は 2004 年に発足

こども環境学会は「こどもは自分が育つ環境を選ぶことはできず、未来を担うこども達が心身ともに元気に成育できる環境を保障することは、社会全体の責任である。学問領域を超えて研究者や実践者が集い、こども環境について共に研究・提言・実践していくことで、学術的な総合科学『こども環境学』を確立し、よりよいこどもの成育環境を実現していくこと」を目的として2004年に発足し、2011年公益社団法人化した。

学会の目的は、次の4つである。①「こどもの環境」に かかわる総合的な学術研究:こどもにかかわる学会に は, 児童心理学, 教育学, 社会学, 児童福祉学, 保健学, 医学等があるが、学際的な活動が少ない。そこで②「こ どもの環境」の問題について啓発していく: 「こどもの環 境」の変化がこどもに及ぼす影響等について、学術的な 調査を行い、こどもを取り巻く現場にいる人々に対し て、学術的な根拠となる考え方や指針を提示・啓発して いく。さらに③「こどもの環境」について総合的な施策の 推進:こどもにかかわる公共の施策は、教育、福祉、医 療, 都市, 交通, 警察等各部局に分散しており, 横断的, 総合的な施策推進体制が皆無である。そこで「こどもの 環境」に関して、学術的な根拠に基づく施策提案を行う。 加えて④「こどもの環境 |国際ネットワークの構築:日本 の都市化によるこどもへの影響等の研究成果を国際的な 支援活動に波及させていく。現在の会員数は約1,100人 で、その主な内訳は、大学、幼稚園・保育所、病院関係、 民間企業, NPO等, 自治体, 小・中・高校の教員などで ある(学会 HP は http://www.children-env.org/)。

Ⅱ. 3.11 以降の学会の継続的な取り組み

福島第一原子力発電所事故後、当学会では、その年の大会を取りやめ「緊急集会」を開催し、『東日本大震災支援にかかる行動計画』を策定し、次の取り組みを実施してきた。①「子どもが元気に育つまちづくり 東日本大震災復興プラン "知恵と夢"の支援」国際コンペ(2011.5)の実施。②「子どもが元気に育つ復興まちづくりガイドライン」(2012.3)の策定。③福島県との包括協定にもとづく(2013.2)「子どもの遊び環境サポート事業」と子育て支援に対応した政策提言『遊び環境づくりガイドライン』と子どもと保育者を元気にする地域づくり(2013.3~2016.3)を実施し、現在も継続中である。④復興庁『新しい東北』先導モデル事業(2014.3~2015.3)、な

どを実施してきた。

特に、③に関しては、「子どものからだを育む遊び力育成の普及と検証」として、福島県内のモデル園 3 園で具体的な項目で実証調査し、『ふくしまっこ遊び力育成プログラム』として提案を行い、さらにそのプログラムの保育園・幼稚園の方々が気軽に手に取って幼児たちと共に遊び・活動できるように普及版の小冊子を作成し、福島県へ提供し、県主催の研修でも用いられている。学会のHPでも公開している。

一方,こうした実績を受けて県内の地方新聞社が福島県から受託している事業『ふくしま元気 UP プロジェクト』と協働し、「ふくしまっこ育成セミナー」に学会から講師を派遣し、③で作成した、『ふくしまっこ遊び力育成プログラム』をテキストとして活用し、2017 年度から福島県内の保育士・幼稚園教諭の研修を支援している。

さらに、こうした実績を踏まえ、2020年4月から福島県こども未来局と新たな協力体制のもと、被災から10年目の福島県内の保育園・幼稚園の「遊び環境改善と遊びの質の向上」プロジェクトの支援を開始している。

Ⅲ. なぜ、こどもの遊びが大事か

前述した福島県の取り組みで、研修に参加した保育 士・園長さんへの質問紙調査で「震災以降のこどもの変 化に対する意見」,特に「遊びやこどもの運動,身体能力」 に関する意見を求めたところ、次のような意見が出てき た。①走り方を知らないこどもや遊びの中でのケガが多 く、ダイナミックに遊べず、それらが保護者の意識や保 育への考え方と連動している。例えば、裸足で外へ出る ことが拒否されたりして室内中心の遊びが増加してい る。さらに保護者の意識に転ぶことや出来ないことを恥 ずかしがる傾向が出現している。②遊び場の制限による こどもの意欲が低減している。さらに失敗を含めての体 験・経験が不足している。③保護者の育児能力の低下を 危惧する。保護者とのコミュニケーションの取り方も要 注意で、園から保護者へ分かりやすい発信が必要であ る。④地域での子育てに対する社会環境が変容してい る。異年齢交流や日常での地域の方々との交流やかかわ りの少なさにつながり、騒音問題にも関連して室内遊び が多くなっている。⑤震災時に1~2歳児であったこど もが無気力・無感動である。自然の中の遊びが出来なく なり伝承・自然遊びやグループ遊び、でこぼこ道や地面 を走ること、乾いた砂・しめった砂の感覚などを体験す

ることが途絶えてしまっているなど、発達・発育に対する不安の声につながっている。

こども環境学会が3.11以降の福島県のこどもたちに 体力低下や肥満傾向にあることから、福島県から受託し てまとめた『ふくしまっこ遊び力―元気に遊ぶ子どもた ちの育成のために一』では、なぜ、こどもに「遊び」が必 要なのかを次の5視点でとらえている。①身体の成長の 方向性と順次性:こどもの身体の発達は頭から下部へ, 例えば、頭―胴体―腕―手―指先へと発達が進む方向性 がある。さらに個体差はあるが、順次性があり、大きな 動きから細かい動きへと発達していくのである。遊びや 運動は脳や体の発達の土台づくりとなるのである。成長 にともない、保護者から少し離れて、こども同士が『群 れ』て遊び、互いに刺激し合うことでホルモン分泌も促 進される。さらに自然や社会を含む環境との体験、知識 や技能の獲得、他者とのコミュニケーションや日本の四 季折々の変化からの感覚刺激によって脳神経回路のつな がりが増えるのである。②遊びは身体能力を育む:こど もが自然の中や公園、広場で遊び、身体を動かすことは スポーツとは異なる体の動かし方をするので、特定のス ポーツではえられない身体の運動能力や敏捷性の獲得に つながる。こどもは 小さな怪我をたくさんすることで、 大きな怪我を避けることができるように身体能力を獲得 していくのである。さらに、ちょっと危険なことにチャ レンジすることで恐怖心にも打ち勝つことで自立心を身 に付け、さらに危機察知や危機回避をする、いわば"第 六感"も、遊びによって鍛えられるのである。③遊びは 社会性を育む:こどもは群れて遊ぶプロセスを通して自 分たちでルールを決めて遊びに工夫をこらし、小さな社 会をつくって遊んでいる。④遊びは意欲的な心を育む: こどもの「遊び」は「まねる」ことから始まる。大人のやっ ていることを, 他のこどもがやっていることをまねなが ら、またみんなと遊ぶことで「快楽」のホルモンを分泌し て楽しくなり、自分で工夫していく能力を獲得してい く。それが「意欲の醸成」につながるのである。

以上のことから、こどもの「遊び力」は、こどもの成長に不可欠であり、成長にともなっての「学び」の基礎・基本である。さらに「自己肯定感」や「危機管理能力」を育み、不確実性の高い将来への多様な能力・スキル育成につながっていくのである。年齢とともに個人が自ら外界に関わりながら自ずと発達するだけでなく、周囲からの足場掛け(スキャフォルディング)が発達を促す重要な要素であるといわれている。周囲にいる大人の役割が重要と指摘されている。さらに「非認知的能力」つまり「社会情動的スキル」の育成の重要性が指摘されている(ジェームズ・J・ヘックマンの『幼児教育の経済学』東洋経済新報社、2015年)。ここでいう「社会情動的スキル」とは、a:目標を達成する力(例: 忍耐力、意欲、自己制御、自己効力感)、b:他者と協働する力(例: 社会的スキル、協調

性、信頼、共感)、c:情動を制御する力(例:自尊心、自信、内在化・外在化問題行動のリスクの低さ)である。非認知的スキルとは「見えない能力」であり、認知的スキルとは「見える知力」で、この認知的スキルは「根っこが無ければ育たない」のである。ここに、当学会が、こども育ちにおける「こどもの遊び」を重視している理由がある。

Ⅳ. 新しい福島県子育て支援プロジェクト

2020年から福島県の震災・原発事故からの環境の回復ステップに応じた、福島ならではの「質の高い保育環境」を目指すプロジェクトの新局面でもある支援を当学会として始めた。3.11以降の支援では、当時、保育所・幼稚園に伺い、現場を視察しながら子育ての環境の改善を具体的にアドバイスしてきたが、その当時の様子を一言で表現すると『過剰と不足』であった。本当に必要とする遊具や家具、支援が不足していて、過剰に類似のものが集まりすぎていてこどもたちの室内遊びも阻害している状況下にあった。しかし、今年度、コロナ禍のために現地訪問・調査でのアドバイスができず、オンラインでの保育士さんや幼稚園教諭への研修の動画配信、さらに園庭改善へのアドバイスをオンラインで実施している。

そうした中、当時の後始末の悪条件と戦っている保育園や幼稚園が多いことが判明。当時、除染のために園庭の「土」の入れかえを行い、その「土の質」が悪く、傾斜が無いなど雨が降り園庭に水たまりができる、あるいは埋めた汚染土を掘り返したり・埋め戻したりしている、砂場の砂の質がこどもたちの遊びの要求に合わないなど、多くの悩みが寄せられている。

今年度の福島県内の保育園・幼稚園からは多様な遊びや五感の中でも「触感」を取り戻す遊び場づくりの要望が多く寄せられている。急遽、学会の造園系の会員の方々に参加いただきオンライン会議で具体的に各園庭に応じたアドバイスを実施している。

V. これからの福島支援プロジェクトへの展望

現在の日本は、COVID-19の影響にとどまらず、地球環境の危機による自然災害が多くなってきている。そうした課題も含めて学会が取り組むべき課題は多い。学会会員が実践と理論を統合し「支援から支縁へ」、多様な主体と多世代が「連携・協働」して豊かな発想で地域の共通価値を「共に創出・共創」し地域力向上に資する学会の「つなぎ役」としての役割を推進していきたい。

こども環境学会誌「こども環境学研究」

当学会では投稿論文や学会ニュースを 主とする学会誌と、こども環境にかかわ る地方のニュースや一般の方にも読んで いただける WEB マガジン http://www. children-env.org/magazine/を発行して いる。



『年報 科学・技術・社会』にみる原子力

科学社会学会 理事会

Ⅰ. 科学社会学会は 2012 年に発足

科学社会学会(SSSJ: Sociology of Science Society of Japan)は、1988年にスタートした任意学術団体「科学・技術と社会の会」(JASTS: Japan Association for Science, Technology and Society)を母体として、2012年12月に発足した(学会 HP は http://www.sssjp.org/)。現在の会員数は約100人で、原子力学会員も含む、社会学者に限られない広がりをもっている。科学社会学会では、前身の「科学・技術と社会の会」の時代である1992年より、学術雑誌『年報 科学・技術・社会』(JJSTS: Japanese Journal for Science, Technology and Society)を毎年発行している(2012年まで松本三和夫と吉岡斉が編集、2013年より科学社会学会学会誌編集委員会が編集)。

科学・技術と社会の界面で発生する現象・問題の学術的解明を目的とする科学社会学会にとって、原子力は重要な対象領域の一つであり、福島第一原子力発電所事故(以下、福島事故)以前から研究が蓄積されてきた。本稿では『年報 科学・技術・社会』に掲載された原子力関連の論文・研究ノート等を総覧し、テーマ別にまとめた(著者の所属はすべて掲載当時)。これらの研究の原子力に対する立場はさまざまであるが、共通するのは原子力と社会の関わりを学術的に見極めようとする態度である。当学会はそうした営みのための知のプラットホームたらんとしてきた。過去を振り返り、原子力の今後を考える資料としていただけることがあれば、当学会としてこれ以上の喜びはない。

Ⅱ. 福島事故を受けての論考

福島事故後, 当学会では2012年12月に公開シンポジウム「国策の失敗軌道をどう転換するか」を開催した。その内容の一部をまとめたものが第22巻(2013年)に掲載されている。今田正俊(東京大学)「科学者から社会への情報発信の課題とあるべき姿」、伊藤憲二(総合研究大学院大学)「『国策の失敗軌道をどう転換するか』に関して科学史家に何ができるか」、立石裕二(関西学院大学)「放射線被ばく問題における批判的科学」である。また、学会長(当時)の松本三和夫(東京大学)が巻頭言を寄せている。またこれに関連する福島事故以前の論考として、第18巻(2009年)にはJonathan Coopersmith (Texas A & M 大学)の"Failure and Technology"が掲載されている。

また同巻には小松丈晃(北海道教育大学函館校)による「科学技術の『リスク』と組織――3.11 以後のリスク規

制に関するシステム論的考察」も掲載されている。これはドイツの社会学者 N. ルーマンの社会システム理論に基づいてリスクに対する社会の対応を考察したものである。小松は事故前の第 18 巻(2009 年)にもこれに先行する考察として「リスク変換とそのリスク――システム理論的考察」を発表している。小松は 2014 年にルーマンの『リスクの社会学』の翻訳も上梓した(新泉社刊)。

このほか第 21 巻(2012 年)には、2012 年から 2014 年まで米国原子力規制委員会 (NRC) の委員長を務めた Allison MacFarlane (ジョージ・メイソン大学)による "The Nuclear Fuel Cycle and the Problem of Prediction" が掲載され、最新刊の第 29 号(2020 年)には定松淳(東京大学)「東京電力改革・1 F 問題委員会の分析——新電力への原発事故損害賠償の負担拡大決定の背景」が掲載されている。前者の核燃料サイクルに関連しては、福島事故以前の第 11 号(2002 年)に、鈴木達治郎(電力中央研究所)による「わが国のプルトニウム利用政策——技術社会学的分析と提言」も掲載されている。

Ⅲ. 吉岡斉の業績とその検討

『原子力の社会史――その日本的展開』(朝日新聞出版)を著した科学史家の吉岡斉(九州大学)は、前身の時代も含め当学会に長く関与していた。同書の原型となった論文は、第1巻(1992年)に掲載された「日本の原子力体制の形成と展開:1954~1991――構造史的アプローチの試み」、および第2巻(1993年)「戦後日本のプルトニウム政策史を考える」である。また、より理論的な、第3巻(1994年)「科学技術文明の持続可能性理論の構想」という論考もある。また吉岡への批判として第4巻(1995年)には、柴田治呂(科学技術政策研究所)「日本の核燃料サイクル政策について――吉岡氏の『プルトニウム政策史』に対する反論」も掲載されている。

2018 年 1 月に逝去した吉岡の追悼シンポジウムを当学会では 2018 年 7 月の年次大会で開催した。その内容を掲載したのが第 28 巻(2019 年)の諸論考である。綾部広則(早稲田大学)「吉岡斉の科学批判――著作物からみたその特徴と脱原発運動における位置づけ」、柿原泰(東京海洋大学)「吉岡斉の科学技術批判の原点と背景」、立石裕二(関西学院大学)「マクロ(非)合理性と科学技術批判――吉岡斉の論考を手がかりにして」の 3 点が掲載されたほか、シンポジウムを企画した寿楽浩太(東京電機大学)が解題として「科学・技術と社会に関する批判の学

という構想――その意義と可能性」を掲載している。

Ⅳ. 法と科学

2015 年に、米国におけるこの分野の古典の一つである。S. ジャサノフの『法廷に立つ科学』の邦訳が出版された(勁草書房刊)。同書は米国におけるさまざまな領域における法と科学の関係をとりあげたものである。この年の当学会年次大会では書評セッションを開催し、その内容が第26巻(2016年)に、吉良貴之(宇都宮共和大学)・定松淳(京都光華女子大学短期大学部)・寺田麻佑(国際基督教大学)・佐野 亘(京都大学)・酒井泰斗(ルーマン・フォーラム)「<法と科学>の比較行政法政策論――シーラ・ジャサノフ『法廷に立つ科学』の射程」として掲載されている。同書の要約を行った第2節では、米国における司法の原子力に対するスタンスについてのジャサノフの評価が言及されており、第3節では執筆者によって日本の原発訴訟について、論点の展開が図られている。

V. 立地プロセスという問題系

福島事故以前から,原子力関連施設の立地に関わる問題は当誌でも多く取り上げられてきた。第25巻(2016年)の樫本喜一(大阪府立大学)「核燃料再処理工場問題のパースペクティブ――徳之島立地計画とその反対運動」,第19巻(2010年)の菅原慎悦・寿楽浩太(東京大学)「高レベル放射性廃棄物最終処分場の立地プロセスをめぐる科学技術社会学的考察――原発立地問題からの「教訓」と制度設計の「失敗」」,第10巻(2001年)の大西輝明(財団法人若狭湾エネルギー研究センター)「原子力発電所建設に係る巻町民意の変容と情報環境」といった論考が掲載されている。またより一般的に参加に関わる論考として第14巻(2005年)には,Andy Stirling(サセックス大学)の "Opening up or Closing Down?: Analysis, Participation and Power in the Social Appraisal of Technology" が掲載されている。

また上記と近接する事例として、再生エネルギーに関連する研究も複数掲載されてきた。風力発電所の立地に関するものとして第20巻(2011年)の丸山康司(名古屋大学)・本巣芽美(東京大学)「風力発電技術の社会受容性――科学コミュニケーションの限界を踏まえた方策」、第17巻(2008年)の寿楽浩太(東京大学)「風力発電施設立地をめぐる社会的均衡状況――千葉県銚子市地域の事例研究」である。

このほか風力発電の立地ではなく政策形成過程を分析したものとして、第13巻(2004年)の西出拓生(東京大学)「総合資源エネルギー調査会新エネルギー部会における社会的意思決定過程——風力発電政策を事例として」がある。また太陽光発電に関して、第10巻(2001年)の田島恵美(東京工芸大学)「科学技術の形成とユーザー——太陽光発電システムを事例として」がある。

VI. 歴史研究

原子力発電ではなく原子爆弾の開発に関連して第10巻(2001年)には、福井崇時(名古屋大学)「萩原篤太郎が水爆原理発案第一号とされたことの検証および昭和十六年頃の、京大荒勝研を例とした日本の原子核研究状況」が掲載されている。これはアメリカのリチャード・ローズの『原子爆弾の誕生』(邦訳は紀伊国屋書店刊)のなかで触れられている「萩原篤太郎が世界で最初に水素爆弾の原理を発案した」という説を検証し、否定したものである。また、文化的な観点から関連する論考として、第12巻(2003年)には、伊藤憲二(東京大学)「「エフ氏」と「アトム」――ロボットの表象から見た科学技術観の戦前と戦後」が掲載されている。いうまでもなく鉄腕アトムは当初、原子炉を搭載したロボットとされていた。

このほか、原子力のみが対象となるものではないが デュアルユースを論じたものとして、第22巻(2017年) の喜多千草(関西大学)「戦後の日米における軍事研究に 関する議論の変遷――デュアルユースという語の使用を 着眼点に」がある。

VII. ビッグサイエンスについての研究

最後に原子力以外のビッグサイエンスに関連する研究として、1993年に中止が決定された米国の大型加速器SSC (Superconducting Super Collider) 計画についての諸論考も紹介しておきたい。高エネルギー物理学の分野は原子力と浅からぬ縁があるからだ。第8巻(1999年) 平田光司(総合研究大学院大学)の「大型装置純粋科学試論」、第5巻(1996年)の綾部広則(東京大学)「国際共同研究体制下における科学者集団の構造——SSC 計画をめぐる日本の高エネルギー物理学者集団における論争過程をもとに」、第1巻(1994年)澤田芳郎(愛知教育大学)「科学技術と企業 – 国家関係——SSC 計画を事例として」が挙げられる。

またこの周辺分野における分野間の文化の違いを論じたものとして、第 11 巻(2002 年)には田島俊之・杉山滋郎(北海道大学)による「研究分野によるカルチャーの差異の科学社会学的分析——可視光天文学と高エネルギー実験物理学の trading zone」が掲載されている。

学会誌『年報 科学・技術・社会』

『年報 科学・技術・社会』の目次は、 下記で見ることができる。

http://www.sssjp.org/journal



またバックナンバーは今後、科学技術振興機構の J-stage で 公開されていく予定である。

https://www.jstage.jst.go.jp/browse/jjsts/-char/ja

電動自動車と原子力発電で CO2 削減はできるか?

失敗学会 会長 畑村 洋太郎. 副会長·事務局長 飯野 謙次

Ⅰ. 失敗学会の活動

~失敗学を通して社会に寄与~

2002年に設立された特定非営利活動法人「失敗学会」は、広く社会一般に対して失敗原因の解明および防止に関する事業を行い、社会一般に寄与することを目的とする(学会 HP は http://www.shippai.org/)。

今回の寄稿は,前回 2017 年日本原子力学会誌 4 月号¹⁾ に続くものである。地震発生直後から 2016 年までの東日本大震災および福島原発事故に関する失敗学会活動は,講演,ネットでの情報発信,技術的検討会開催など,多岐にわたった(詳細は¹⁾参照)。アメリカ機械工学会での発表は,2018 年に同学会論文集²⁾に掲載された。

Ⅱ. 政府事故調の活動

福島原発事故で発生した事象およびその背景原因や直接原因, なぜあのようなシビアアクシデントになってしまったかについて多方面から原因究明が行われた。

筆者畑村は政府の東京電力福島原子力発電所事故調査・検証委員会の委員長に就任する際,以下8項目の活動方針を述べた。

- ①畑村の考え方で進める
- ②子孫のことを考え、100年後の評価に耐えられるものにする
- ③国民が持っている疑問に答える(納得性)
- ④世界の人々が持っている疑問に答える
- ⑤責任追及は目的としない
- ⑥起こった事故の事象そのものを正しく捉える
- ⑦起こった事象の背景を把握する
- ⑧再現実験と動態保存が必要である

②については、事故で得られた知見を、個別の分野における知見で終わらせず、より一般化・普遍化された知識にまで高め、100年後の評価にも耐えられるものにしたいと考えた。同時に、関係者の個別の聴き取りの内容は100年間公開しない予定だったが、委員会廃止後、マスコミの圧力により公開せざるを得なかった。また、⑥については、現地調査の困難性や時間的制約等のために、起こった事故の事象そのものについて解明できない点も多く残った。⑧の再現実験は、起こった事象の確認等に有用なだけでなく、新たな事実や新たな視点を発見できることもあり、有効な対応策を探る上でも極めて有用であるが、人的・時間的制約のため、実現できなかった。

日本では福島原発事故後は全ての原子力発電所が停止 したが、現在一部が運転再開している。事故の調査を 行った国会事故調、政府事故調などが発した提言が実行 されているかどうか、検証が続けられなければならない。

Ⅲ. 自動車の電動化への原子力発電の寄与の検討

1. エネルギー事情を取り巻く世界の情勢

地球温暖化が問題視され、地球環境維持のために二酸 化炭素の排出削減が喫緊の課題となっている今、節電努 力が求められることは言うまでもないが、今後の電力需 要の増加に対応するために、原子力発電の利用も含め、 エネルギー転換に関する考察の必要がある。その一つの 例として自動車駆動源の電動化に着目して考える。

2. 電気自動車への転換で問題となること

自動車の電動化が環境問題の切り札になると考えられ、世界はその方向に進み始めている。ここでは、電気自動車への転換が本当に CO2 排出量の削減に有効かどうか、発電方法(化石燃料、再生可能な自然エネルギー、原子力の3つに分けて考える)も含めて考察する。ただし、自動車の製造・廃棄については考えないこととする。電気自動車が必要とするのは走行に要するエネルギーばかりではないが、ここでは走行に要するもののみを考える。走行に要するエネルギーは、加減速によるもの、走行中の空気抵抗およびタイヤを通じて消費される路面抵抗に大別される。自動車にはそれぞれのピーク時の要求を満たすことが求められるため、現行自動車の CO2 発生率は大きくなる。

日本での電気自動車採用による CO₂ 排出 削減効果

本項では、今のガソリン、ディーゼル車がそのまま電気自動車となったときの CO_2 排出削減効果を、公表されている数値から概算する。

日本交通政策研究会によると,2010年に自動車タイプ 別の走行距離合計が表1の通りである。

日産リーフの電費(単位距離を走行するのに必要な電力量)は149 Wh/km とされているが、仮に表1の走行距離を全て日産リーフで賄なったとすると、必要電力量は

表1 日本の自動車の走行台キロ(2010年, 百万キロ)

タイプ	乗用車	バス	トラック	合計
距離	486,214	6,156	201,276	693,646
比率	0.70	0.01	0.29	1.00

表 2 自動車車種と走行時平均重量の見積り

車種	リーフ	乗用車	バス	トラック
重量(t)	1.5	1.3	11.0	12.5

以下の通りである。

$$Q = 693,646 \times 10^6 \times 149/1,000 = 103,529 \times 10^6 \text{ (kWh)}$$

日産リーフの重量はおおよそ 1.5 トン、日本の乗用車平均重量は、環境省によると約 1.3 トンである。バスやトラックの貨物・旅客を加味した走行時平均重量は不明なので、小型の最大重量(車両+積載)と大型の最小重量の平均を、トラックの走行時平均重量とした。バスも同様に計算し、表 2 の結果を得た。

年間の自動車総走行距離に必要な電力量を,表1の走 行距離の割合と表2の重量比をもって修正すると,以下 のように計算される。

Qcorr = Q
$$\left(0.7 \times \frac{1.3}{1.5} + 0.01 \times \frac{11.0}{1.5} + 0.29 \times \frac{12.5}{1.5}\right)$$

= 320,595×10⁶ kWh

電気事業連合会によると、2015 年度の日本国内の販売電力量は $8,400\times10^8$ kWh、 CO_2 排出量はおよそ 4.5×10^8 tだった。これを全自動車年間必要電力に適用すると、すべて電気自動車で走行したときの CO_2 排出量を推定できる。

$$320,595 \times 10^6 \times \frac{4.5 \times 10^8}{8.400 \times 10^8} = 172 \times 10^6$$
 (t)

日本自動車工業会によると、自動車交通による 2015 年度の年間 CO_2 排出量は、 185×10^6 t であった。全自動車が電気になると、 CO_2 排出量は 7 %削減できることになる。

4. なぜ全自動車を電動化すると CO₂ 排出量が 減るか

このように、自動車の電動化によって CO_2 排出量が削減できるのは、自動車の内燃機関の効率と発電所での発電効率との差によるものと考えられる。自動車の走行には停止、発進、登坂、加速等、さまざまな状態があり、内燃機関はそれぞれの状態に一つのエンジンで対応しなければならないが、電気自動車は、発電所という最適な環境下で化石燃料を高効率で変換した電力を使用できるためと考えられる。

さらに、 172×10^6 t という CO_2 排出量を計算した際に使用した電力量に対する CO_2 排出量は、2015 年度の電源別発電電力量構成比をそのまま当てはめたのも理由である。

Ⅳ. CO₂削減の実現

1. CO₂ 排出量削減をどう実現するか

環境省によると、日本の 2013 年度 CO_2 総排出量は、 14 億 800 万 t (国民一人当たり 11.0 t) であった。そのうち、自動車等運輸部門の CO_2 排出量は、2 億 2,500 万 t だった。

経産省資源エネルギー庁によれば、パリ協定では、2030年の CO_2 総排出量の削減目標は、2013年比で 26% である。目指す 2030年の総発電電力量は約 10,650億 kWhで、2013年の9,397億 kWhに比べ 13%の増加を見込んでいる。一方、 CO_2 総排出量を 10億4,200万 t に抑えることが目標である。

上述の検討から、現在のガソリン、ディーゼル車をすべて電気自動車に置き換えれば、現在の電源構成比のままでも、CO₂ 総排出量の削減にある程度寄与できるが、それでは不十分であることが分かる。火力発電に大きく依存している現状から脱却することが不可欠である。

それではどうするか?方策は,①再生可能な自然エネルギーによる発電を推進する,②既存の原子力施設を必要な安全対策を施したうえで再稼働させる,の2つが考えられるが,どちらの策を取るにしてもそれなりの決断と実行が求められる。

再生可能な自然エネルギーは、2017年には 15.6%と伸びてはいるが、未だ経産省資源エネルギー庁が 2030年に目指している 22~24%には及ばない。世界的に CO_2 排出削減が求められている今、日本がその目標を達成できなければ世界からの非難は免れない。日本の社会が地球温暖化に対する危機感を優先すれば、再生可能エネルギー源に置き換える間は、地球温暖化に与しないエネルギー源である原子力発電を使わざるを得ないという判断も十分あり得る。

2. 原子力発電を利用するにあたってやるべきこと 原子力はその高いエネルギー密度から、非常に危険な ものである。その使用にあたっては、"あり得ることは 起こる、思いつきもしないことさえ起こる"と考えて事 故防止の不断の努力と備えが必要である。また、事故は 不可避なものと考え、被害を最小に食い止める減災策 (避難、除染の計画も含める)の準備、住民も含めた実際 に近い形での事故を想定した訓練等、も不可欠である。

原子力を使わざるを得ないのであれば、福島原発事故で得た教訓をその運用や対策に生かさねばならない。福島原発事故後すでに10年が経過したが、全ての住民の帰還は未だ実現していない。避難から3年以内に帰還できなければ、地域社会は崩壊し、元のような状態に戻ることが困難になる。"3年で帰還する"を目標にしたとき、どう考え、実行すればよかったかの検討はいまだ行われていないが、来るべき南海トラフ地震への対処として喫緊の課題と考える。

- 参考文献 -

- 1) 畑村, 飯野, 「失敗学会による会議, 検討, 情報発信」日本原 子力学会誌, Vol.59, No.4 (2017) pp.9-10.
- 2) K. Iino, R. Yoshioka, M. Fuchigami, M. Nakao, "What Could Have Saved Fukushima From Its Severe Accident" Feb., 2018, ASME, JNERS, DOI: 10.1115/1.4039343.

原発避難者の生活再建と被災地の地域経済復興

日本地域経済学会 会長 山川 充夫

Ⅰ. 日本地域経済学会は 1989 年に発足

日本地域経済学会は、地域経済問題に取り組んでいる 沢山の研究者が立命館大学に集まって 1989 年 10 月 10 日 に発足した。

初代会長となった庄林二三雄は、当時の経済情勢や研究動向を踏まえて、学会の目的を次のように定めた。「地域経済が平和で民主的に発展することを展望しつつ、地域経済の現状を分析して問題の所在を明らかにし、その問題を解決するための経済的諸施策について議論し、これらの過程を通じて地域経済に関する理論的構築を行うこと」である(会誌『地域経済学研究』(創刊号、1990年)「創刊の辞」)。この目的は現在まで貫徹されてきた。

本学会は設立後から毎年大会を開催し、その時代の テーマをめぐって議論を繰り返して研鑽を続けてきた。 その結果、地域経済に関連する諸説、地域経済学の諸理 論が生み出されてきた。

会員は286名(2020年10月1日時点)であり、その主な内訳は大学などの研究機関、自治体職員などである。

Ⅱ. 東日本大震災プロジェクトを発足

東日本大震災および福島第一原発事故直後の2011年3月22日,日本学術会議の土木工学・建築学委員会から,日本地域経済学会会長(中村剛治郎)および理事長(岡田知弘)に対して,日本地域経済学会として「東日本大震災の総合対応に関する学協会連絡会」に正式参加してくれないかとの依頼があった。

当時の中村会長は、参加の方針を提起し、常任理事会、理事会において、議論を重ね、3月26日に学会として「東日本大震災に対する対応方針」を決定した。その方針の一環として、30学会からなる同連絡会に参加することを決定した。当時、社会科学系学会としては唯一の参加であった。

本学会の会員は全国各地で日常的に内外の地域経済や地方行財政,地域づくりについての研究や教育,職務に従事している。地方自治体や中央省庁,経済団体と連携した取り組みをしている会員も少なくない。そして,いざ災害となれば,これまでの研究や知見,ネットワークを活かし,被災地の災害現場を対象にして,個別あるいは共同での調査研究を進めてきたといえ,自然科学者から見ても,災害研究において最も信頼される研究集団として捉えられたといえる。

さらに、前述の方針のなかでは、学協会連絡会参加の窓口になる組織として、学会内に、公募による震災復興研究会をおくことにした。学会内に、特定テーマについての研究会を設置することは、前例のないことであり、丁寧な議論を重ねた。その結果、特別会計も整備して、災害および復興研究に積極的に取り組む意思を表明した会員によるプロジェクトチームを設置することになった。

立ち上げ時の震災復興研究会には、12人(うち、被災地からは福島県2人、宮城県1人、岩手県1人)の参加があった。運営にあたってはメンバーそれぞれが関わる研究プロジェクトや個人研究テーマに基づいて調査、研究活動を行い、随時研究交流を行う方法をとった。福島グループは、とくに原発事故による災害と復興について、研究をすすめることとなった。その最初の成果は、2011年に開催された金沢大会の共通論題「東日本大震災と日本経済・地域経済」での報告であり、山川充夫「脱原発と地域経済の展望」はじめ4本の報告と討論がなされ、その成果は学会誌『地域経済学研究』第24号に掲載された。

Ⅲ. 福島プロジェクトを実施

2011 年 11 月本学会金沢大会では、東日本大震災が岩手・宮城・福島の沿岸被災地の地域経済に及ぼす影響を取り上げ会員間の情報共有を図った。本学会では、金沢大会を機に、震災復興研究会が中心となって、被災地域の被害構造の分析や現地調査の実施、被災自治体の復興構想や復興計画の策定作業への参画・政策提言、被災者の生活実態調査、被災企業や被災地経済の復興支援等に本格的に着手していくことになる。

震災復興研究会では、災害問題研究の成果を学会誌『地域経済学研究』に発表し、特集を組みながら個別事例調査や研究の成果を公表し、学会内外での地域経済学的災害研究をリードした。その結果、本研究会メンバーによる出版も相次ぎ、世論に訴える力がますます強くなっていくことを実感した。主な著書としては、濱田武士(2013)『漁業と震災』みすず書房、岡田知弘編(2013)『震災復興と自治体』自治体研究社、山川充夫(2013)『原災地復興の経済地理学』桜井書店、などがある。出版物は被災地で復興に取り組む被災者団体や自治体などからも大きな反響を呼び、本学会と被災地との連携はますます強化されるようになった。

震災復興研究会の活動は、2016年度に大きな転機を迎

える。同年、本学会は、震災復興研究会を発展的に改組 し、新たに災害問題研究会を立ち上げた。その最大の理 由は、本学会が参加している防災学術連携体が、震災以 外の風水害や土砂災害問題等をも扱うようになり、本学 会としてもそれに対応する必要を迫られたからである。

さらに、2016 年 4 月熊本地震が発生し、東日本の被災地だけでなく、日本各地の災害問題に対応する緊急性が高まったことも災害問題研究会立ち上げの大きな要となった。

防災学術連携体は,2016年1月日本学術会議内に設置され,発足当初は46学会が災害の原因情報・被害構造・復旧復興策に関する学術情報の共有や交流に取り組んだ。本学会は連携体設置当初から参画し,数少ない社会科学系学会としてシンポジウム等に必ず参加し,期待に応えてきたつもりである。

それとともに、本学会内では「災害の地域経済学」を構築するための機運も盛り上がりだしていた。2016年12月の宮崎大会では「災害の地域経済学」を共通論題に掲げ、4名の会員による研究報告を行った。そのうち、福島の原発災害は、災害の地域経済学構築に向けた主要テーマとなった。宮崎大会では小山良太会員(福島大学)が「東日本大震災からの復興と地域研究~福島県における原子力災害研究に注目して~」と題して報告し、学会内外から大きな関心を集めることに成功した。

この宮崎大会からは、常任理事会の中に「連携委員会」 も新設し、防災学術連携体をはじめた他学会や海外の災 害研究機関とも連携を深めていく活動を開始した。

以後,本学会では,災害問題に関する他学会・防災学術連携体等との連携活動は「連携委員会」が窓口となった。さらに、学会内での「災害の地域経済学」研究は、災害問題研究会のメンバーが中心となって,活発な調査研究活動を展開しつつある。

Ⅳ.東日本大震災・福島原発災害からの復興検証

東日本大震災・福島原発事故災害は、「未曽有」で「想定外」の複合災害としてとらえられていた。東北地方太平洋沖地震はマグニチュード9であり、地球規模でも最大級の地震規模であったこと、それが契機となって巨大津波が発生し東日本太平洋沿岸に大きな被害をもたらしたこと、さらに津波浸水による全電源喪失が東京電力福島第一原発のメルトダウンを引き起こし、広範囲な陸域と海域に放射能汚染をもたらした、という複合的な災害であることは、確かに「未曾有」であった。

しかし、国と東京電力を被告とし原発事故被害者を原告とする集団訴訟にかかわる判決では、東京電力の事故責任はすべての地方裁判所・高等裁判所において判断された。国の事故責任については、地方裁判所の判断は半々に分かれたが、高等裁判所(仙台)判決では国の事故責任を判断した(2020年10月現在)。この事故責任の判

断にあたっては、政府機関が2002年に公表した地震予測「長期評価」に基づく津波の「予見可能性」の認識(東電・国)と規制する立場の役割を果たしたかどうか(国)とが問われており、その判決の動向からは「想定外」という表現が妥当性をなくしつつある。

原発災害避難者は、事故後、その生活場所を被災地→ 避難所(第1次・第2次)→仮設住宅(建設プレハブ・民間 借上)→復興公営住宅(+自宅再建)へと移す過程で、そ の都度、人間関係の再構築を余儀なくされるだけでな く、格差付けされた原子力賠償がコミュニティの再構築 を困難にしている。

本学会のメンバーは、原発避難者や原発被災地の状況を適時把握し、山川充夫会員は日本学術会議防災学術連携体シンポジウムにおいてポスター報告「原発ジレンマとふくしま再生」(2019年3月)や口頭報告「ふくしま復興デザイン再考」(2020年3月)を行い、本学会をはじめとする4学会共催のシンポジウム「ふたたび福島で考える」を福島市で開催した(2020年3月)。さらに山川充夫会員は、共編者として『福島復興学』(八朔社、2018年2月)や『東日本大震災と〈自立・支援〉の生活記録』(六花出版、2020年7月)を発刊し、日本学術会議提言「社会的モニタリングとアーカイブ―復興過程の検証と再帰的ガバナンスー」(2020年9月)の発出に連携会員として、『学術の動向』の「原子力と社会」シリーズ特集(2019年から2020年にかけて6回)に編集委員として携わった。

東日本大震災・福島原発事故災害から10年が経ち、復興庁の存続が決まり、被災地のインフラ復旧は進んでいるが、被災者の生活再建と医療・福祉・介護・買物サービスの供給、生業回復は、地域的不均等性が著しい。特に帰還困難区域を抱える町村での住民の帰還は、「早期帰還定住プラン」の加速化にも関わらず、進んでいない。福島イノベーション・コースト構想の事業化は、国際廃炉共同研究センターや福島ロボットテストフィールド等が整備されているものの、これらは創造的復興の典型例であり、被災地の生業との産業連関は非常に薄い状況にある。こうした状況について、日本地域経済学会は原発被災地における「人間の復興」を基軸とする「地域自治」と「地域経済再生」のあり方について、今後とも調査研究を重ね、適宜、支援・検証活動を行うこととしている。

日本地域経済学会誌「地域経済学研究」

日本地域経済学会では「地域経済学研究」(年2号)を発行している。なお「地域経済学研究」の目次および主要記事は、下記で見ることができる。http://jares.jp/journal.htm#toc





新潟県技術委員会による 1F事故の検証報告



中島健(なかじま・けん)

京都大学複合原子力科学研究所 教授 北海道大学大学院工学研究科修士課程修了, 日本原子力研究所副主任研究員,京都大学原 子炉実験所(現,複合原子力科学研究所)助教 授,2007年より現職。

I. はじめに

2020 年 10 月 26 日に, 新潟県原子力発電所の安全管理 に関する技術委員会(以下, 技術委員会)がとりまとめた報告書「福島第一原子力発電所事故の検証~福島第一原子力発電所事故を踏まえた課題・教訓~ | 1) が公開された。

この報告書は、東京電力福島第一原子力発電所の事故 (以下、1F事故)を踏まえた新潟県知事からの要請を受け、2012年から行ってきた1F事故検証に関するこれまでの議論のとりまとめである。筆者は技術委員会の委員 (2013年度からは座長)として、この議論に参加してきた。本稿では、この報告書の概要と検証作業についての考え方を述べる。なお、記載した意見等はすべて筆者の個人的な見解であることをあらかじめお断りしておく。

Ⅱ. 技術委員会とは

技術委員会とは、新潟県の求めに応じ、東京電力柏崎 刈羽原子力発電所(以下、柏崎刈羽原発)の運転、保守、 管理. その他安全確保に関する事項について. 技術的側 面からの指導、助言を行うための委員会であり、2002年 に発覚した東京電力の自主点検不正問題を踏まえ、新潟 県が安全確認を行う際の技術力向上のために 2003 年に 設置した。2007年7月に発生した中越沖地震では、想定 を大きく上回る地震動が観察されたことから、基準地震 動の妥当性検討、設備の健全性、耐震安全性に関する議 論が行われている。今回の1F事故の検証についても、 目的はあくまでも柏崎刈羽原発の安全に資することであ り、1F事故の検証を通して、柏崎刈羽原発の安全性向 上につながる教訓等をまとめることを目的としている。 なお、2017年8月に新たに「新潟県原子力発電所事故に よる健康と生活への影響に関する検証委員会」と「新潟県 原子力災害時の避難方法に関する検証委員会 | が設置さ れ、技術委員会とともに3つの委員会により原発事故の 検証を行い、その全体総括を2018年1月に設置された 「新潟県原子力発電所事故に関する検証総括委員会」が行 う体制²⁾となった。

Ⅲ.1F事故検証の経緯と概要

技術委員会では、1F事故の発生直後から事故の状況 を確認し議論を行ってきたが、2012年3月に新潟県知事 から1F事故の検証の要請があり、これを受けた第1回 の会合が2012年7月に開催された。技術委員会が検証 を開始した時点で、複数の組織が事故の調査を行ってお り、中間報告を含めた報告書が公開となっていた。ま た、2012年9月には新たな規制機関である原子力規制委 員会が発足し、同委員会により原子力発電所の新規制基 準が2013年7月に策定され、原子力発電所の新規制基準 への適合性確認(安全審査)が開始されている。このよう な状況の中で、県の技術委員会として、何ができるのか という思いがあったが、まずは、先行している複数の事 故調査委員会の調査結果を確認することとし, その後, 検証が必要と考える項目について、確認を行う形となっ た。結果的には、この委員会は、1F事故の当事者である 東京電力と事故対応等について直接議論を行う貴重な場 となった。なお、検証作業を行うにあたり、過酷事故の 専門家などに委員として参加してもらうこととなった が、このうちの一部委員については、諸般の事情により 短期間での参加となってしまい、誠に残念であった。

検証を開始した 2012 年度は、上述のとおり 4 つの事故調査委員会(福島原発事故独立検証委員会[民間事故調],東京電力福島原子力発電所事故調査委員会[国会事故調],東京電力福島原子力発電所における事故調査・検証委員会[政府事故調]および福島原子力事故調査委員会[東電事故調])の調査結果について説明を受けた他、福島第一原子力発電所等の現地視察を行った。また、これらを踏まえて原子力災害の原因と事故対応における課題等について議論し、10 個の検証項目について課題を抽出した。その内容は、「福島第一原子力発電所事故を踏まえた課題~平成 24 年度の議論の整理~」(2013 年 3 月)」3)として取りまとめられている。

2013年度からは、重要な6つの項目について委員2~3名(コアメンバー)による福島事故検証課題別ディスカッション(以下「課題別ディスカッション」という。)を開始した。それぞれの議論の状況については、適宜、技

術委員会において確認を行うこととした。これは,技術委員会の委員を増やしたことにより,全体での会合が開催しにくくなったという物理的な要因もあるが,議論すべき項目が多岐にわたるため,専門性を有するコアメンバーで詳細な議論を行う場が必要となったためである。

課題別ディスカッションにおける議論と並行して,前述の4つの調査委員会の他に複数の事故調査の報告(原子力規制委員会:1F事故の分析,東京電力:未解明問題報告,日本原子力学会:事故調査報告書)の内容について説明を受け確認した。また,2015年度および2016年度には,水素爆発の状況や津波の影響を確認するために,福島第一原発サイトの視察調査を実施している。

Ⅳ. 検証の考え方と結果

検証では、1F事故において「想定外」という言葉がたびたび用いられたことを踏まえ、技術的に発生の可能性が低いと考えられる事象であっても、発生の可能性が否定できない事象については、検証の対象として取り上げることとした。もちろん、このことにより、「想定外」の事象が全て排除されるわけではないが、多様な可能性を検討しておくことは、今後の「想定外」事象への対応にあたって、有用であると考えた。

これらの検証の結果、例えば、「過酷な環境下での現場対応」に関しては、「高線量下の作業における提言について」⁴⁾が取りまとめられ、この提言を踏まえ新潟県より原子力規制委員会に対策の構築等の要請が行われた。

また,「原子力災害時の情報伝達,情報発信」に関して は、東京電力が無いとしていたメルトダウンの定義を記 載したマニュアルが存在していたこと等の新たな事実が 判明した。このマニュアルの存在確認を契機として、東 京電力は1F事故に係る通報・報告に関する実態を検証 するための「福島第一原子力発電所事故に係る通報・報 告に関する第三者検証委員会」(以下, 第三者検証委員 会)を設置し、さらに、技術委員会からの要求事項のうち 第三者検証委員会ではカバーしきれない内容について議 論するために, 東京電力と新潟県が合同検証委員会を設 置した。これらの委員会における調査により、事故当時 に「炉心溶融」や「メルトダウン」という言葉を使用しな かったことの経緯が明らかとなった⁵⁾。なお、事故時の 情報発信に関する経緯については、技術委員会の主要な 課題として取り組んできたが、別の委員会により明らか にされた訳であり、技術委員会の委員としては複雑な思 いを抱く結果となった。

「津波対策」に関しては、新たに津波のシミュレーショ

ンが行われたほか、津波の襲来に伴い圧力波が発生し設備の健全性に影響を与えた可能性があること等の新たな 視点による原因の検討も進められた。

「地震対策」に関しては、水素爆発のシミュレーションを新たに実施し、それらの結果などをもとに、地震動による1号機非常用復水器(IC)の損傷の可能性が検討された。

この他にも、多くの検討が行われたが、いずれも多様な可能性を排除せずに、課題・教訓を抽出し、柏崎刈羽原発の安全対策の確認に資する、という技術委員会の考え方に則った検証結果が得られたものと考えている。

Ⅴ. 今後について

この検証作業の結果, 総数 133 個の課題・教訓が取りまとめられた。なお, 検証報告書では, これらの課題・教訓への新規制基準等における対応状況について, 参考として取りまとめている。これらの結果は, 今後の柏崎刈羽原発の安全対策の確認に生かしていくこととなる。

今回取りまとめた検証結果は、設備の健全性などの ハードに関するものだけではなく、情報伝達や意思決定 などのソフトに関するものも含まれている。それらの多 くは、新規制基準で要求され、すでに対策がとられてい るものもあるが、その対策が十分かの確認が必要とな る。県の技術委員会として、原子力規制委員会が実施し ているような詳細な審査を行うことは難しく, また, 同 じことを確認する必要はないと考えるが、今回取りまと めた課題・教訓の考え方が反映されているかを確認する ことが必要と考える。また、ハード・ソフト両面の対応 について、それらを確実に実施できる人材の確保・育成 を行うことが重要と考える。なお、人材については、事 業者のみならず、規制機関および地元自治体においても その確保・育成が行われることが必要であり、実施され ることを期待している。 (2021年1月6日記)

- 参考資料 -

- 1) http://npdas.pref.niigata.lg.jp/genshiryoku/5f929385aae61.
- 2) https://www.pref.niigata.lg.jp/sec/genshiryoku/kensyo.
- 3) https://www.pref.niigata.lg.jp/uploaded/attachment/38514. pdf
- 4) https://www.pref.niigata.lg.jp/uploaded/attachment/38512.
- 5) https://www.pref.niigata.lg.jp/uploaded/attachment/38274. pdf