

特集Ⅳ 「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（2）

- 2 保全活動の高度化・体系化への取組
日本保全学会
- 4 環境放射能問題、除染から中間貯蔵、
環境再生へ
環境放射能除染学会
- 6 東日本大震災後における日本応用
地質学会の取り組み
日本応用地質学会
- 8 この10年の日本地震学会の取組と
地震研究の進展
日本地震学会
- 10 日本ロボット学会の取組
日本ロボット学会
- 12 東日本大震災10年：日本地球惑星
科学連合の対応
日本地球惑星科学連合
- 14 安全工学と社会総合リスク
安全工学会
- 16 計測自動制御学会における計測と
安全への取り組み
計測自動制御学会
- 18 日本公衆衛生学会の東日本大震災後
の対応
日本公衆衛生学会
- 20 福島復興に向けての化学工学会の
活動
化学工学会
- 22 放射性物質拡散予測モデルの
不確実性の低減と活用
日本気象学会
- 25 廃棄物資源循環学からの汚染廃棄物
への対処
廃棄物資源循環学会
- 27 日本森林学会と森林の原子力災害
日本森林学会

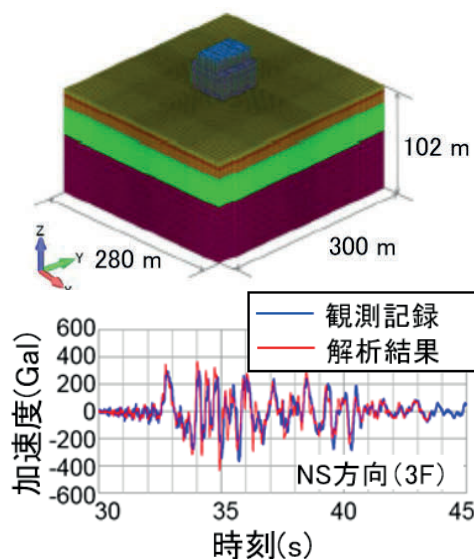
- 29 東日本大震災における先遣隊・
プロジェクト活動
日本災害看護学会
- 31 環境・エネルギー問題と持続可能な
社会の構築
日本環境学会
- 33 避難者の生活を追い社会的影響を
探究し続ける社会学
日本社会学会
- 35 公益社団法人日本心理学会の
取り組み
日本心理学会

解説シリーズ 最先端の研究開発 日本原子力研究開発機構（8 / 最終回）

42 原子力規制と防災を支援するための 安全研究

原子力利用のリスクにはどのように対応するか。ここでは外部事象の原子力施設への影響 シビアアクシデントの発生・進展 放射性物質が放出された際の環境への影響評価研究などを中心に原子力機構の安全研究への取り組みを紹介する。

中村武彦 ほか

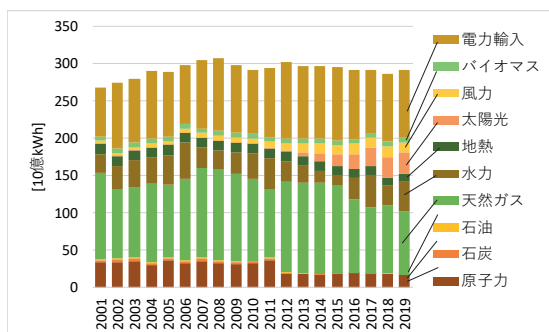


建屋3次元詳細解析モデル（上）および応答解析結果と地震観測記録との比較（下）の例

48 世界情勢の構造的変化とエネルギー（3） 再生可能エネルギーを巡る課題（1）

太陽光発電など再エネ拡大を進める米国カリフォルニア州では、電気料金の高騰や猛暑の影響で停電リスクが顕在化している。再エネ拡大に際しては電力安定供給を最優先とした慎重な対応が必要であると考えられる。

小宮山涼一



カリフォルニア州の発電量の推移

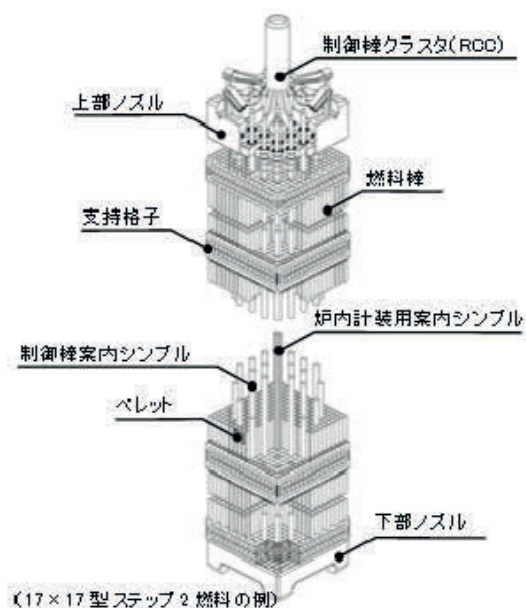
連載講座

多様な原子燃料の概念と基礎設計（1）

53 軽水炉燃料の設計と開発経緯

第1回の今回は、軽水炉燃料から新型炉燃料に至るまでの全体概要と、軽水炉燃料の設計や開発経緯について紹介する。

宇埜正美, 大脇理夫, 谷口良則



〔17×17型ステップ2燃料の例〕

PWR 燃料集合体の概略図

37 NEWS

- 民間第二事故調 最終報告書発行
- 新潟県委員会、避難生活検証結果取りまとめ
- 海外ニュース

報告

57 わが国における大学等核燃および RI 研究施設の現状と新規制への対応について

原子力分野における基礎教育や基盤研究に不可欠な大学の核燃や RI 研究施設は、新規制への対応が求められている。原子力学会の分科会では、それらの施設の現状と今後の対応についてまとめた。

日本原子力学会「原子力アゴラ」調査専門委員会
大学等核燃および RI 研究施設検討・提言分科会

62 Column

難解な社会課題と向き合うこと

小澤杏子

賭けと信頼

越智小枝

採点の季節

菅原慎悦

スロバキアから福島へ（2）

妹尾優希

結論が出なくても話し続ける

鳥居千智

持続可能な社会を目指して6

野ヶ山康弘

理事会だより

65 コロナ禍下での支部活動

澤 和弘

66 From Editors

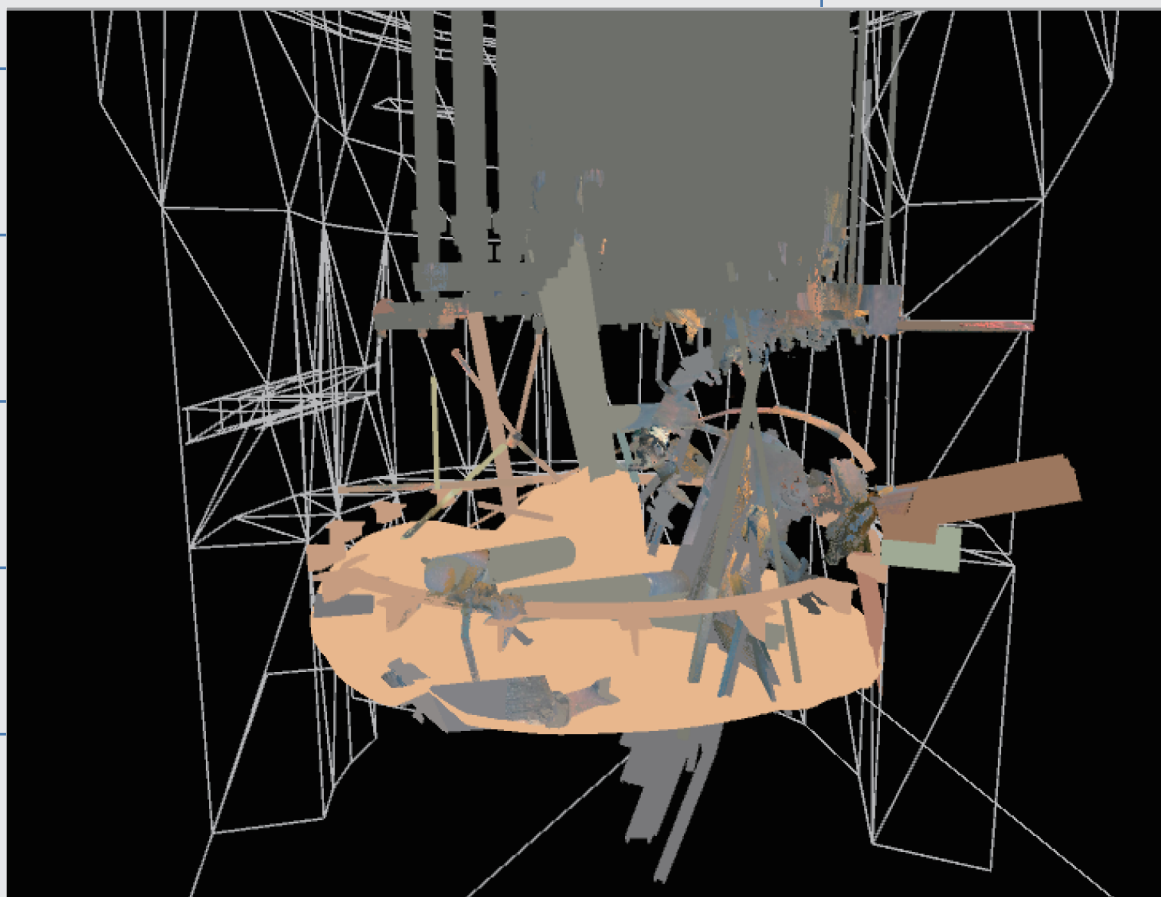
67 会報 原子力関係会議案内、次年度会費請求のお知らせ、第53回（2020年度）日本原子力学会賞受賞一覧、各支部会費受賞一覧、2020年度JNST賞受賞一覧、2021年度新規フェロー、2020年度日本原子力学会フェロー受賞者一覧、2021年度永年・シルバー会員一覧、英文論文誌（Vol.58, No.4）目次、主要会務、編集後記、編集関係者一覧

学会誌に関するご意見・ご要望は、学会誌ホームページの「目安箱」
(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Ⅳ 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（2）



東京電力福島第一原子力発電所事故から、10年目の節目を迎えました。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。

今号では先月号に続いて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。

続号では各事故調や原子力学会による1F事故関連の取り組みなどを掲載します。（写真は3号機の原子炉格納容器内を3次元で復元したもの、出典は東京電力ホールディングス）

保全活動の高度化・体系化への取組

日本保全学会 事務局長 山口 篤憲

I. 日本保全学会は2003年に発足

日本保全学会は、多領域横断型の保全業務を学術的に体系化することで保全の学術基盤を構築し、それを適用して保全の高度化と最適化を図り、以て原子力のような大規模システムの安全性向上に資することを目的として、2003年に発足した。現在の会員数は約650人で、その主な内訳は大学などの研究機関、電力事業者やプラントメーカー、保全業務関連企業等の産業界である。なお、2008年に東北・北海道支部、2019年に西日本支部が発足している。(学会HPは<http://www.jsm.or.jp>)。

II. 保全活動の高度化・体系化への取組

1. 新しい規制への対応

福島第一原子力発電所事故(以下、「福島第一事故」という)は、他の原子力関係者と同様に保全学会が受けた衝撃は大きく、それ以降の学会としての活動路線を模索した。新たに発足した原子力規制委員会および新規制基準に対して、「望ましい規制の在り方」を考えるうえで原子力の安全確保には規制風土の一新が必要との判断を踏まえ、積極的に規制の在り方等について情報発信を行うことから始めた。「保全潮流分科会」を立ち上げ、「保全の潮流」(ニュースレター)を定期的に発行して情報発信を行った。「原子力規制の風土改善を考える—規制の適切な運用を求めて—」と題した第1号(2012年9月4日発行)では、原子力規制委員会への要望として、「原子力発電所の安全確保は、規制当局と事業者の『協業と対立』関係のバランスの上に成り立つこと」および「過剰な保守性が安全を損ねること」を強く訴えている。

一方で、原子力発電所が津波に対してどの程度の対応力を備えているかを評価できるガイドラインを早急に策定すべく「大津波対策等評価ガイドライン検討会」を設置し、「軽水型原子力発電所の津波対策評価ガイドライン」(2011年12月)を発行した。さらに、同検討会の委員を補強して「科学的安全評価分科会」を設置し、過酷事故対策についても検討を進め、「軽水型原子力発電所の過酷事故対策評価ガイドライン」(2012年12月)を発行した。

新規制基準で原子力発電所の運転期間の制限が設けられたことから、「原子力発電所の運転期間40年制限問題検討分科会」を設け、「我国の原子力発電所の運転期間40年制限に関する調査検討報告書」(2015年3月)を発行した。そこでは、その不合理性を指摘するとともに、運転期間が限定されることで保全活動(劣化管理への意欲や劣化管理技術の維持向上)への悪影響が懸念されることを強く訴えた。

また、保全学会東北・北海道支部でも、「仮想的バックフィット検討会」を設置し、「設計高さを超える津波が来襲した場合の発電用軽水型原子力発電所の耐力評価に関する検討報告書」(2016年2月)を発行した。

ところで、新規制基準の運用等に関する問題点等を継続的に検討する場として「原子力安全規制関連検討会」を2013年4月に設置し、規制行政への改善提案を行うため以下の活動を行っている。検討会は現在も継続して活動しており、2020年12月10日で128回を数えるまでに至っている。

- ①新規制基準へのパブコメ：新規制基準が安全性向上を実現するために、事業者が安全性向上意欲を促進させる規制、安全性に焦点を絞った迅速な審査(審査の型式化、重点化)や検査の実現等を提案している。
- ②原子力規制委員会更田委員(当時)との意見交換：原子力規制委員会更田委員(当時)と面談し、新規制基準の適用にあたっての検討すべき課題等(迅速な審査と安全対策の着実な推進、運転期間延長に係わる手続き上の問題点、静的機器の信頼性、フィルターベントシステム、高圧代替注水設備等)について、意見交換を行った。意見交換は、2016年12月まで計16回開催され、安全対策や検査制度、適正な保全活動に関する意義ある提案がなされた。保全学会の果たした役割は非常に大きいと評価している。

③新規制基準に対する改善提案等

新規制基準に対して各種の改善提案を行うとともに、課題を摘出し、以下のドキュメントをまとめ、原子力規制委員会へ提出した。これらのドキュメントは、原子力規制庁の行政文書や電気協会の規格などに多数引用されている。

- ・新安全基準骨子(案)に対する原子力規制委員会への確認(JSM NRE 001)(2013年1月)
- ・「原子力安全文化」の在り方とその運用—原子力規制委員会への提言(2)—(JSM NRE 002)(2013年1月)
- ・活断層に関する調査/評価の適切性に関する確認について(JSM NRE 003)(2013年1月)
- ・「新安全基準」に対する検討結果(JSM NRE 004)(2013年2月)
- ・発電用軽水型原子力発電所の新規制基準に関する提案と課題(JSM NRE 005)(2013年5月)
- ・原子力発電所の竜巻影響評価について—設計風速および飛来物速度の評価—(JSM NRE 006R4)(2014年9月)
- ・重大事故荷重と地震荷重の組合せについて(JSM NRE

007) (2014 年 8 月)

- ・自然現象とその重畳に関する考え方のガイドライン (JSM NRE 008) (2014 年 9 月)
- ・軽水型原子力発電所の竜巻影響評価における設計竜巻風速および飛来物速度の設定に関するガイドライン (JSM NRE 009) (2015 年 1 月)
- ・新規制適合性審査に向けた型式化・重点化の基本的考え方について (JSM NRE 010) (2015 年 10 月)
- ・特定重大事故等対処施設の基本要件と代替対策について (JSM NRE 011) (2015 年 10 月)
- ・原子力発電所の運転期間と保全活動について (JSM NRE 012) (2015 年 10 月)

2. 新検査制度への対応

原子力規制委員会は、IAEA の総合規制評価サービス (IRRS) の指摘や勧告を受け原子炉等規制法の改正を行い、検査制度が一新されることになった。「原子力安全規制関連検討会」でもこの検査制度の大変革に対する検討を行うとともに、それらの検討結果を踏まえて、2017 年 4 月より原子力規制庁との意見交換を開始した。

テーマは多岐にわたり、第 1 回で米国の規制検査の体系と日本の比較や検査制度見直しのポイント等について議論を行い、その後、保全計画の適正化、点検周期の評価方法、As-Found データに基づく保全の有効性評価手法、フィルターベントシステム、保全重要度の設定におけるリスク情報の活用、運転経験の反映等の考え方、重要度に応じた点検の考え方、コンフィギュレーション管理の取組、原子力規制検査の試運用状況と課題、運転中保全の適用、廃止措置時における設備管理・規制等の具体的なテーマについて意見交換を行った。これまでに 16 回に及ぶ意見交換を行い、新検査制度の運用上の問題や解釈の齟齬等の解消に大いに貢献している。本活動は今後も継続する。

3. 保全の体系化

2014 年度の保全学会第 12 回学術講演会の「補修セッション」で、『機械学会維持規格補修章は 2004 年版で制定されたにもかかわらず、規制当局による技術評価およびエンドースが行われずに実機適用ができない状態が続いている』状況を改善すべきとの多くの意見が出された。そこで「補修技術活用推進検討会」を設け、原子力発電所の保全および補修等の是正措置に関する問題点とその改善策について検討を行い、「原子力発電所の保全における補修等正措置技術活用のための課題と改善提案 (JSM RAP 001)」(2017 年 3 月)を発行し、原子力規制庁に説明した。

また、2020 年に新検査制度の適用が開始されることから、プラントの安全性/経済性を効率的に向上させるために必要な保全に係わる各事項を標準化するための具体的方法を検討することを目的として「保全標準化推進検討会」を設け、4 つの WG (保全テンプレート検討 WG、

保安全管理規格検討 WG、数理保全検討 WG、分解点検周期適正化検討 WG) で検討を行った。また、保全技術者、保全研究者あるいは保全の専門家を志す若手の技術者、研究者の入門書となる「原子力発電所の保全活動を適正化するために必要な基本的事項とその解説 (JSM MSP 001)」(2020 年 6 月)を発行した。

4. 「原子力保全ハンドブック」の編纂

原子力発電所を早期に立ち上げ安全かつ安定した運転を継続することは、保全に係わる技術者の使命である。保全の現場ではこうした使命感を持った保全技術者が日夜保全活動に従事しているが、その実態は原子力関係者にもあまり知られていない。また、こうした保全活動の実際を体系的に著した技術書もあまり見当たらないことから、保全学会では、保全活動を体系的に著し、保全活動の重要性を広く原子力関係者に認識してもらうことで、福島第一事故後の原子力発電所の安全/安定運転の維持向上に貢献できることを意図して、「原子力保全ハンドブック」の編纂を行った(2020 年 2 月発刊)。

ハンドブックは、原子力発電に係る多くの技術者(規制当局、大学/研究機関、発電事業者、プラントメカ、保全業務関係者 他)が活用できるように、3 編(I 編「原子力基礎工学」、II 編「原子力実践工学」、III 編「保全の高度化」)で構成されている。I 編では、保全活動に係る工学の基礎、II 編では保全活動の実際、III 編では新検査制度を含む新たな取り組みが記載されている。

Ⅲ. おわりに

福島第一事故後に学会活動は一時大きく停滞し、将来が危惧されたが、前述したとおり学会活動に活気が見られるようになってきた。これは、保全学会関係者をはじめとする原子力関係者の言葉に尽くせぬ努力の賜物であろう。それにもかかわらず、原子力発電所の再稼働が遅々として進まぬ現実には忸怩たる思いがある。原子力規制委員会には、再稼働に向けた適合性審査の促進を強く要望する。

なお、保全学会では、学会誌「保全学」(2021 年 4 月発行)に「福島第一事故後、我国の原子力発電所の安全性は向上したか? 保全はそれにどのように貢献したか?」のテーマで特集を組み、福島第一事故から 10 年目を迎える節目で、保全の視点から福島第一事故後の対応を振り返り、将来を展望する予定である。

保全学会誌「保全学」

保全学会では「保全学」(季刊)を発行している。

なお「保全学」の目次は、下記で見ることができる。

<https://www.jsm.or.jp/press/magazine.html>



環境放射能問題，除染から中間貯蔵，環境再生へ

環境放射能除染学会 会長， 大迫 政浩
国立環境研究所

I. 環境放射能除染学会の発足

(一社)環境放射能除染学会(正式名：環境放射能とその除染・中間貯蔵および環境再生のための学会，理事長：森田昌敏)は，福島第一原発の事故による環境放射能の汚染問題の解決に向けて，旧来の学問領域を越えてさまざまな分野の専門家が集まり，議論と情報交換が出来る場を提供するために，2011年11月に設立された。約200の個人と公益団体を含む約50の法人の会員から構成されている(学会HPは<http://khjosen.org/index.html>)。

II. 学際的な実践知の集積の役割を果たす

福島第一原発事故以前において，放射能問題は環境管理分野の範疇で扱われることがあまりなかった。国の環境管理の法律体系において，放射性物質は環境基本法では環境問題の要素とはなっていなかったからである。原発事故後，広域にもたらされた放射能汚染を目の当たりにして，どのように対処していくべきか，政治や行政の制度的処方箋も，現象を理解し制御していくための科学的処方箋も十分でなかった。政治や行政は科学的根拠をもって進めなければ，道を誤ってしまう。しかも，汚染は目の前ですでに生じており，対処には緊急を要した。

そのような中で，森田昌敏先生(現学会理事長)が中心になり，広い分野の科学者，技術者などへの呼びかけのもとに，この問題の解決に強い使命感をもつ方々が結集し，当学会は2011年11月に発足した。翌年の5月に福島市で開催された第1回研究発表会には，延べ1,300名の関係者が集い，科学的にも，また社会的にも極めて困難な課題に対して，その解決のための知見を共有し，熱い議論が交わされた。その後も，毎年1回の研究発表会(国際シンポジウム併催)と講演会を開催している。

当学会の特徴の一つは学際性である。環境分野と原子力・放射線防護分野の理学・工学等の自然科学が中心ではあるが，リスクコミュニケーションや社会のガバナンス等を扱う人文・社会科学も合わせて存在する。今回の事故は，人口が密集した国土の広域汚染，原爆を経験し放射線リスクに対する特別な感性を有する国民，民主化された情報化社会のなかでの対処，といった様相を呈し，よく比較される1986年に起こったチェルノブイリ事故とは大きく異なる。技術的な課題だけでなく，社会的な課題としてその問題構造を理解しなければ，的確な解決策を見出すことは困難であった。それゆえに，自然科学の知識だけでなく，人文社会科学の分野を含めた学際的な取り組みを進めてきた。

当学会のもう一つの特徴は，実践的な知の形成による

問題解決の処方箋を示すことである。そのために，産官学連携が必要であり，環境省とのコミュニケーションを学会として積極的に図るとともに，総合建設業，環境装置メーカー，分析装置メーカー，測定分析サービスなどのさまざまな事業者が会員として一緒に活動している。

2015年9月には，中間貯蔵・環境安全事業(株)(以下JESCO)と連携・協力に関する協定を締結した。JESCOは，環境省が進める中間貯蔵事業の実施・運営主体であり，国の特殊会社である。協定締結により，中間貯蔵事業の確実かつ適正な実施の確保に資する除去土壌等の適正な取り扱いに関する技術等を調査・開発・適用することにより，国等による安全・安心な中間貯蔵施設の整備と長期的運営に寄与することとした。

また，JESCOとの連携関係においては，2020年に「減容化・再生利用と復興を考える知のネットワーク」を共同で立ち上げた。長い中間貯蔵事業の期間を見据え，福島復興につながる取組みにおいて，関係者間のネットワーク化を進め，自由で活発な議論や連携を生み出していく交流の結節点になることを目的としている。

III. 国等の環境回復・環境再生への取組み

福島原発事故から10年が経過し，環境回復に向けた取組みは着実に進行している。事故後の取組みの中心は，汚染された環境の除染措置と除染から生じた汚染土壌や廃棄物，および都市活動や通常の廃棄物処理活動に伴い放射性物質が濃縮され生じた汚染廃棄物の適正な管理であった。それらの取組みは，放射性物質汚染対処特別措置法に基づき，国や自治体，民間事業者等の協力により進められた。事故後7年が経過した2018年初めに帰還困難区域以外の除染が終了し，福島県内においては，汚染土壌の仮置き場から中間貯蔵施設への輸送が進行中であり，2021年度内には終了予定である。また，一般廃棄物由来の指定廃棄物は，福島県内においては最終処分が進行中であり，福島県外においては，量的には少ないものの最終処分に向けた保管が継続されている。

福島県内において除染により生じた約1,300万 m^3 を超える大量の汚染土壌や廃棄物は，中間貯蔵の後に，2045年までに福島県外において最終処分を完了することが法律で決められている。汚染された大量の土壌については，低濃度土壌を対象として再生利用が検討されている。公共等での長期的管理の下で利用する場合の放射性セシウム濃度基準として8,000 Bq/kg の目安が示され，土木資材としての利用に向けた実証事業が進められている。大量の汚染土壌のうちで約80%は8,000 Bq/kg



図1 汚染土壌の分級洗浄実証施設
大熊町の実証エリアで環境省事業として実施



図2 中間貯蔵施設内の高温溶融による灰減容化施設
双葉町にて150トン/日規模の2施設が2020年3月竣工

以下の低濃度土壌であるが、それ以外の高濃度土壌に対しては、分級洗浄技術の実証が実施され(図1)、その結果、高濃度土壌の分離と、それに伴い生じる低濃度土壌の有効利用が可能であることが明らかとなった。

一方、可燃系の汚染廃棄物は、高度な安全性を有する焼却技術により減容化が図られてきた。また、焼却処理によって生じた焼却残渣は高温で溶融処理され(図2)、放射性セシウムが揮発分離、低減されたスラグの有効利用が一部進みつつある。一方、分離された放射性セシウムはばいじん濃縮され、今後はこのばいじんの最終処分に向けたさらなる減容化や放射性物質の安定化技術の開発が必要である。現在、ばいじんの洗浄技術や洗浄液からの放射性セシウムの吸着分離濃縮、最終処分する際の固化等による安定化技術などが検証されている。

以上のような技術課題以外に、最終処分場の立地や再生利用に係る社会受容性の壁を乗り越えていくことが、今後の最重要課題であろう。

Ⅳ. 県外最終処分技術研究開発戦略研究会

除染、除去土壌、汚染廃棄物等の処理、中間貯蔵と環境再生への取り組みは着実に進行している。今後の大きな課題は、大量の除去土壌等の減容化・再生利用、そして2045年までに完了しなければならない、福島県外での最終処分である。その実現のためには、技術的課題だけでなく、除去土壌等の再生利用、最終処分地の立地選定などの社会合意という社会的課題としての難関がある。

それらの実現のための技術および社会システムの観点からの正しい道筋を提示することは、学術としての重要な使命である。このような問題意識から、専門性を有しかつ中立的な立場にある当学会において、県外最終処分に向けた技術開発戦略の在り方を取りまとめるための研究会を2018年10月に設置した。

2年間の研究活動を通じて、2020年11月に報告書を取りまとめ、公表した。概要は以下のとおりである。

第1章の研究会の設置経緯や目的の説明に続き、第2章においては、県外最終処分に向けて、目指すべき技術の前提となる処理対象物、各種処理技術、処分施設および安全基準等の考え方、関連法規を基礎情報として整備した。そのうえで第3章では、想定しうる技術の組み合わせのケースに応じた放射性物質を含むマスバランスを示し、第4章では、経済的評価としてケースごとのコストの試算結果を示した。さらに第5章では、コスト低減や処分量最小化などの技術選択上の評価軸を加味した複数の処理・処分シナリオを提示し、技術的観点からクリアすべき課題等を詳細に考察した。

さらに第6章では、いわば今後の社会システムづくりのためのプロセス設計に資する考え方を提供した。先述の処理・処分シナリオを参考にして仮想的につくったシナリオに対して、さまざまなステークホルダーがどのような観点を重視して評価を行うか、そのファクターがインタビュー調査によって抽出整理された。それらのファクターは、社会、経済、環境の側面に一般化された形で分類できた。今後の社会システムづくりや社会的合意形成のプロセスにおける評価基準として活用できるものと考えられる。最後の第7章では、以下の三点を提言した。

- 1) 社会が選択する上での技術シナリオの明確化、および客観的評価に基づく科学的評価基盤の提示
- 2) 社会的公正の観点からの適切なリスクガバナンスに基づくステークホルダー間の社会合意形成
- 3) 手続き的公正の観点からの適切な社会合意形成プロセスと社会成熟

V. 今後に向けて

福島の帰還困難区域の復興もこれからの課題である。当学会理事長である森田は、2013年の学会誌1巻1号の冒頭で、除染後の地域の復興の重要性と社会的なシステム研究や経済的なアプローチ、産業の立地論の必要性を述べ、さらに事故後の原発の放射能の閉じ込め、廃炉などの発生源対策との関係性など、現下の課題を先見的に指摘していた。

これまでの10年に対して、今後に向けた長期的課題は大きく変化し、先述の県外最終処分の問題を含めて、より広範になってきている。時間とともに変化する課題に応じて、長期的視野で学会も応変していかなければならない。他学会等との横断的連携も今後の重要な鍵になるものと考えている。

環境放射能除染学会誌

環境放射能除染学会では、年に4号の学会誌を季刊で発行し、原著論文等を掲載している。また、掲載後半年経過を目途に全文公開している。

<http://khjosen.org/journal/journal.html>

東日本大震災後における日本応用地質学会の取り組み

日本応用地質学会 会長 長田 昌彦

I. はじめに

日本応用地質学会は、応用地質学に関する調査研究の推進、技術の進歩普及と会員相互の交流を図り、学術・文化の発展に寄与することを目的として1958年に創立され、2009年には任意団体から一般社団法人日本応用地質学会に移行した。現在では産業界、学界、官界から構成された総数1,930余名の会員からなり、日本の応用地質学の発展を主導すべく活動を行っている。

本稿では、まず2013年に当学会により開催されたシンポジウム「東日本大震災後の応用地質学—新たな課題としての廃棄物処理と放射能汚染—」における提言の一つである防災を担う人・絆づくりに関する具体的な活動として、当学会環境地質研究部会が実施した「2017年市民フォーラム東日本大震災の教訓(みちのくの地質と風土)」の開催と、5年にわたる「ジオ・メリット」シリーズの学会誌掲載に関する活動の概要を紹介する。次に、当学会地下水研究部会内に設置された「放射性物質の地下水による移行ワーキンググループ」において実施されている、東京電力福島第一原子力発電所(以下、1F)事故によって放出された放射性セシウム ^{137}Cs の地下水中での移行の可能性についての検討のうち、主として地下水流動に関する検討結果の概略を紹介する。

II. 2017年市民フォーラム「東日本大震災の教訓—みちのくの地質と風土—」の開催

本フォーラムは、横浜、福岡、岡山、大阪に引き続いて開催した市民フォーラムであり、東日本大震災の経験から6年が経過し、また2008年宮城・岩手内陸地震、1978年宮城県沖地震などを経験してきた仙台において、災害の要因となる土地の成り立ちや地盤の特性などを学び、住民が直面する宅地被害などのリスクと備えを考えた。あわせて、東北の地形・地質の風土をあらためて理解するために、宮沢賢治と地質の話題や、東北の地質の恵みの側面の話題を共有した。基調講演は「仙台の活断層と地震」(遠田晋次東北大学教授)、「宮沢賢治の地(ジオ)的世界」(加藤碩一産業技術総合研究所名誉リサーチャー)であり、その他に3件の話題を提供した。また、講演後のパネルディスカッションでは、会場からの質問に講演者・話題提供者が回答し、閉会後に設けた市民相談コーナーでは、環境地質研究部会員が寄せられた相談に対応した。本フォーラムは128名の参加があり盛況で、地域の地質・地盤関係技術者の参加が多く有意義で

あったが、一般市民、特に小中高校生といった若年層の参加が少なく今後の課題と考えられた。参加者へのアンケートでは、有意義であった・わかりやすかったとする意見が多数寄せられ、市民の防災意識向上と地質への興味の促進の観点で有意義であったと考えている。特に、パネルディスカッションでの質問の多くが地震と活断層に関するもので、地域住民の防災意識の啓発として意義があったと思われる。また地学教育への話題もあり今後の学会活動の課題として参考となった。

III. 「ジオ・メリット」の学会誌「応用地質」への連載

わが国の変化に富む地形・地質現象は、土砂災害、各種地盤災害など市民に少なからず影響を与え続けている。その一方で、優れた景観、温泉や金属など地質資源の活用、宝石・石材など生活物資の提供など、われわれの生活に恵みを与えるものも多く、これらの恵みの一部はジオパークの普及などへと発展している。また、メディアの発達や旅行・登山ブームなどにより、わが国の景観等の地質現象に対する興味も広がりを見せているように見受けられる。このように一般市民にとって、生活の基盤・土台となっている地形・地質現象の理解はきわめて重要な問題である。しかしながら、地質現象のもたらす多様な恩恵については、それらの成因や性状などを市民に必ずしも十分に説明されていない側面がある。このような背景を踏まえ、環境地質研究部会では「ジオ・メリット(新称で地質からの恩恵という意味)」をキーワードに、地球環境、くらしの台地を構成する地形・地質から受ける恵みについて、わかりやすい紹介記事を関係専門家と環境地質研究部会員で執筆し、順次学会誌に連載した(2014年4月号から2018年8月号までの4年4ヶ月間の計51回)。

「ジオ・メリット」連載シリーズの対象は、生活基盤となる土地の成りたち、特徴的な地形や地質由来の景観、金属等の地質資源、地質と関係する生態系や農作物、温泉・地下水(井戸水・湧水)など水資源とその加工物である酒等、身近な石材、貴重な宝石や鉱物、文学や石碑と関係する地質、地域特有の地質現象などを含め、好評であった。参考に、「ジオ・メリット」シリーズの掲載と並行して2013年から実施している市民フォーラムにおけるアンケートでは、市民に関心の深いテーマは湧水・地下水、温泉、地熱・地中熱など再生可能エネルギー、天

然記念物等の地形・地質景観等が上位に入っている。

地質現象が市民の生活と関係している内容については、災害要因としての地質に合わせて、暮らしに恵みや喜びを与えている側面も併せて説明していくことが、防災意識の向上にもつながり、また地質学や地盤工学および関連分野の発展にもつながるものと考えている。

IV. 1F 事故に伴う ^{137}Cs 移行に関する地下水流動検討結果の概要

1F 事故によって放出された放射性核種は表層土壌に強く吸着され、深部への移行はほとんどないとされている。一方で、表層土壌が比較的薄い地点や、基盤岩(花崗岩類や堆積岩類)が地表に露出する地点では、 ^{137}Cs が地下水とともに地下に浸透することは否定できない。この場合、初期に浸透した比較的高濃度の ^{137}Cs は一定時間経過後に地下水流動の下流域に移行するシナリオが考えられる。このような観点から、事故後、比較的高濃度の放射性物質が降下し、かつ立ち入りが可能であり、調査地域東側低地部の民家に複数の生活用水として利用する井戸が存在する南相馬市小高区(図1)を対象に、井戸水や湧水、河川水の水質分析、水質結果に基づく多変量解析、 ^{137}Cs の濃度測定、地下水流動解析などを実施し、将来的な汚染の可能性について検討を行ってきた。

調査地域の西側には阿武隈高地を作る中生代の花崗岩類、東側には主として新第三紀の堆積岩類が分布する。また、両者の境界には南北方向に双葉断層帯が存在する。これまでの調査の結果、調査地域の西側林道で観察される花崗岩類中の亀裂は、北東―南西方向を示すものが多い。このことは、調査地域の南西方向に降下沈着した高い濃度の ^{137}Cs が、地下水流動に伴って調査地域内に流入しやすいことを示唆する。一方、東側の堆積岩類は、上位層は水平～低角度で海側に傾斜し、下位層は中角度～高角度で海側に傾斜する¹⁾。さらに、双葉断層帯中には断層運動によって形成されたと考えられる粉碎された岩石や粘土が断層の延びの方向に調和的に観察される。

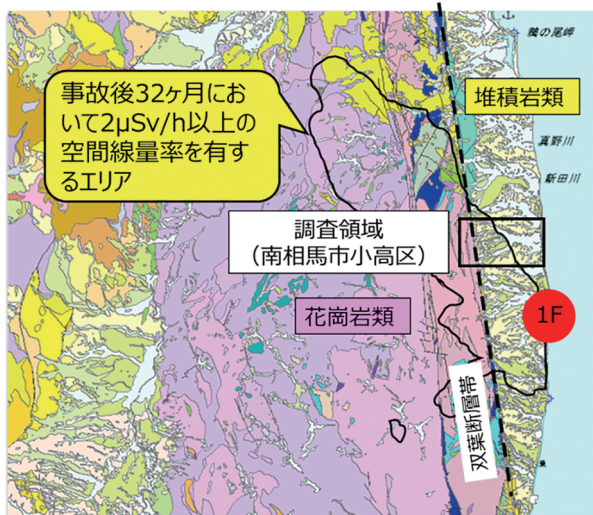


図1 調査位置図

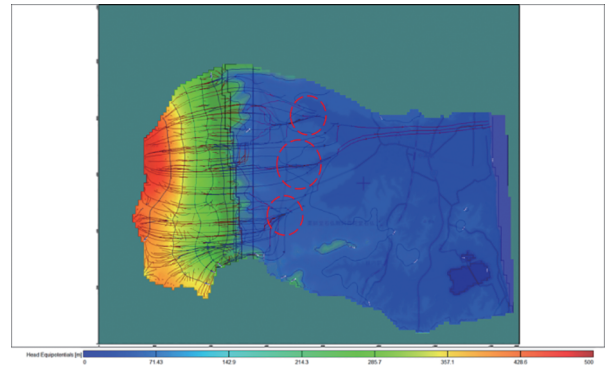


図2 地下水流動解析(粒子追跡線解析)の一例²⁾

調査地域の地下水流動は、概ね地形的に高い阿武隈高地から東側の低地部に向かう流れが想定される。

既存資料¹⁾を参考に地質モデルを構築し、各地質要素に、地質要素に応じた一般的な透水係数などの水理パラメータを設定し、地下水流動解析および粒子追跡線解析(地下水流動によって移動する粒子の移行解析)を実施した。この際、双葉断層帯と堆積岩部の泥岩については、地下水流動に対する遮水効果を検討するため、複数の透水係数を設定した感度解析を実施した。その結果、阿武隈山地から浸透した地下水は、双葉断層帯の透水係数の大小にかかわらず、同断層の西側と平野部の特定の箇所(河川の合流部など)に流出することが示された(図2)。このことは、 ^{137}Cs が地下水とともに移行した場合に、上記の箇所はその周辺よりも ^{137}Cs の濃度が高くなる可能性を示唆する。一方、平野部から浸透した地下水は浸透後、比較的短期間で地表に流出する傾向を示した。これは平野部の上位層に設定した透水係数が下位層のそれと比べて大きく、深部まで浸透しにくいと考えられる。

地下水流動解析の結果から、平野部の特定の箇所で地下水の流出地点が示唆されたことから、当該地域における ^{137}Cs の継続的な測定が必要と考えられる。また、調査地域内の井戸において継続的に ^{137}Cs の濃度を測定した結果、近年になり上昇傾向を示すことが明らかとなっている。今後は、この濃度上昇のメカニズムを明らかにするため、現地の地質・水文調査や浅部の地層を詳細に表現した水理地質構造モデルに基づく地下水流動解析を実施することが必要である。

地下水中の ^{137}Cs の検出の有無は濃度の多少にかかわらず、地域住民の大きな関心事項であり、移行のメカニズムを理解していくことで、今後この地域の復興・再生に貢献する情報を提供していきたいと考えている。

— 参考文献 —

- 1) 久保和也, 柳沢幸夫, 吉岡敏和, 山元孝広, 滝沢文教(1990): 原町および大甕地域の地質(5万分の1地質図幅), 地質調査所。
- 2) チョウホウズイ, 竹内真司(2020): パーティクルトラッキング解析による福島県南相馬市周辺の地下水の移行挙動に関する研究, 日本地下水学会, 2020年秋季講演会講演要旨。

この 10 年の日本地震学会の取組と地震研究の進展

日本地震学会 会長 小原 一成

公益社団法人日本地震学会の紹介

日本地震学会は、1880 年に起きた横浜地震を契機として、当時日本に滞在していた外国人教師らにより同年に、世界最初の地震学会として創設された。その後 1892 年に解散し、1929 年に新たに創立され、戦時下の休止期を経て再開し、現在に至っている。活動の目的は、地震学の進歩・普及を図り、わが国の学術の発展に寄与することである。現在の会員数は約 1,800 名で、研究発表会等の開催、学会誌等の発行、研究の奨励、研究業績の表彰、国内外の関連学会との連携などの研究推進事業、広報紙「なみふる」の発行、一般公開セミナー、強震動講習会、教員サマースクール等の開催、ジオパーク活動支援などの広報・アウトリーチ活動を行っている。

(学会 HP <https://www.zisin.jp/>)

I. はじめに

東日本大震災を引き起こした東北地方太平洋沖地震(以下、東北沖地震)は、マグニチュード(M)9.0 という、わが国周辺で発生した地震の中では観測史上最大の規模であった。しかし、地震研究者の多くはこれほどの巨大地震が東北沖で発生することを想定していなかった。その主な原因としては、観測経験のない現象の発生可能性に対する想像力の欠如、および M9 を想起させるデータ、特に海域地殻変動データの欠如が挙げられる。東北沖地震により、地震学ばかりでなく日本地震学会の在り方についても大きな問題を突きつけられた。本稿では主に、この 10 年間に地震学会が取組んできたこと、および地震研究の進展について述べる。なお、2021 年 1 月に開催される日本学術会議主催学術フォーラム・第 11 回防災学術連携シンポジウム「東日本大震災からの十年とこれから」にて、同様の講演を予定しており、本稿もその講演要旨と一部重複することをあらかじめお断りしておく。

II. この 10 年における日本地震学会の取組

日本地震学会では、東北沖地震を契機として「地震学会として今後どう行動すべきか」を検討するため、「東北地方太平洋沖地震対応臨時委員会」を設置し、シンポジウムの開催やモノグラフの発行等を通じて幾度も議論を重ね、その報告・提言や会員からの意見に基づき、学会の改革を進めるための基本方針として「行動計画 2012」をまとめた。そこには、1) 会員間の議論の場や機会を設けること、2) 地震・津波防災に関連する他学会との連携の枠組み作り、3) 国家によるプロジェクトに関する

学会における議論の場の提供、4) “地震予知” への取り組みを見直すこと、5) 社会に対して“等身大”の地震学の現状を伝えていくこと、等が盛り込まれた。これらの取組は理事会直結の「地震学を社会に伝える連絡会議」に引き継がれ、地震学が社会と関わる諸課題についても議論の場を提供してきた。地震学会では、これらの議論を含め、時宜にかなったテーマで広く会員からの投稿等をまとめた「モノグラフ」を 2012 年より 6 号発行している。また、東北沖地震による災害の全容把握や今後の社会への提言等をまとめるための活動を日本学術会議や他学会と連携して行ったり、阪神・淡路大震災以降に学会として取り組んできた、技術者や防災担当者等を対象とした最新の地震学の知見を取り入れた講習会、一般公開セミナーや内閣府主催の防災イベント等のアウトリーチ活動も、より一層積極的に行ってきた。

III. 新たな観測技術開発

東北沖地震発生時点では、陸域には防災科学技術研究所高感度地震観測網(Hi-net)などの基盤的地震観測網や国土地理院 GNSS 連続観測システム(GEONET)がすでに整備されており、地殻活動の現状評価において世界的にも優れた成果を上げていたが、プレート境界巨大地震の震源域である海溝付近では地殻活動の即時的把握が困難であった。そのため、東北沖地震後に、海洋研究開発機構や防災科学技術研究所によって紀伊半島沖や東北沖に海底ケーブル式地震・津波観測システムが展開されるとともに、海上保安庁などによって音響 GNSS 海底測地観測の整備も進められた。

IV. 新たな地震像

東北沖地震発生直後から、国内外で競うようにさまざまな研究が行われ、従来の地震像が大きく変更された。端的に言うと、同じ場所で同規模の地震が繰り返し発生するという固有地震的な描像から、階層的破壊成長を含む多様な地震像へと転換したのである。断層破壊は、浅部側の大すべり域や深部側の強震動生成域を含む多様で階層的な摩擦特性を有する広大な震源域において、動的な断層強度弱化などのプロセスにより連鎖的に拡大した。つまり、原子力発電所等の建築構造物に被害を及ぼす周期の短い地震波の生成域と、長周期地震波や巨大津波を発生させた大すべり域の場所はそれぞれ異なり、短周期強震動は主として陸に近いプレート境界深部のごく一部の領域から生成された。それらの領域は、過去に発

生した M7 クラスの大地震の震源域などに対応する。一方、長周期地震波を生じた大すべり域は、海溝付近のプレート境界浅部に位置する。津波はこの大すべり域で励起されたが、それとは別の原因で、海溝軸付近で巨大な津波が生成したとも考えられている。これまでの結果から、プレート境界における地震動輻射特性の大局的な空間分布が得られ、再び同様の巨大地震が起きればその際の地震ハザードはある程度予測可能であるが、いつ発生してどこまで広がるかは分からないため、地震ハザードの予測も難しい。地震の始まり方は常に同じで継続の仕方では規模が左右されるという階層的な地震破壊の特徴を示す場合もあるため、破壊開始時点では最終的な規模は分からず、破壊核間の相互作用が鍵となる。一方、海底観測の発達によって、東北沖でもゆっくりと断層がずれ動くスロー地震の存在が明らかになった。その多くは東北沖地震の大すべり域と棲み分けており、固着域の広がりや推定する指標の一つとして有効であるが、固着域の中で生じる固着の剥がれとしてスロー地震が発生し、それが東北沖地震を誘発したとも考えられ、スロー地震と巨大地震との関係は単純ではない。この 10 年間で得られた東北沖の地震像は、固有性と階層性が共存し、さまざまな滑りが不均質に分布・発展するという多様性に集約されるが、その背景となるプレート境界物性の不均質性や現象間の相互作用を理解し、断層の強度分布ならびに応力蓄積状況を把握することが、地震発生長期予測の高度化に必要である。

V. リアルタイム警報の高度化

気象庁では以前から緊急地震速報を運用しており、東北沖地震でも地震発生の早期検知、震源位置や規模の即時推定に基づいて各地での予想震度を主要動到達前に伝達することに成功したが、さまざまな課題も明らかとなり、それらを解決すべく更なる高度化を進めてきた。また、東北大学と国土地理院は、陸域 GNSS 観測網の 1 秒サンプリングデータから断層すべりの即時推定や地震規模評価を可能とする電子基準点リアルタイム解析システム (REGARD) を共同開発し、津波警報への組み込みも検討されている。さらに、海底ケーブル式観測システムのデータも気象庁に接続され、リアルタイム警報システムの迅速化および精度向上が急速に進められている。

VI. 南海トラフの巨大地震に関する国の対応方針の転換

東北沖地震で明らかになった地震像を踏まえ、南海トラフ巨大地震の長期評価も従来の東海・東南海・南海地震に基づく固有地震モデルから多様性を考慮した地震モデルに変更され、この地域で発生する最大級の地震の規模を M9 とした場合の地震動・津波被害想定結果などが国から公表されるようになった。また、東海地域では、1978 年に制定された大規模地震対策特別措置法に基づき、東海地震の予知を前提として社会機能の一部停止を

伴う行政対応が定められていたが、2~3 日以内という短期間に高い確度で地震発生を予測することは不可能であるとして、対象を南海トラフ全域に拡大して巨大地震に関する臨時情報を発出し、災害対応の参考とする体制に転換された。これは、学会における議論を踏まえて、“等身大”の地震学の知見が行政に反映されたものと言える。

VII. 原子力発電との関わりについて

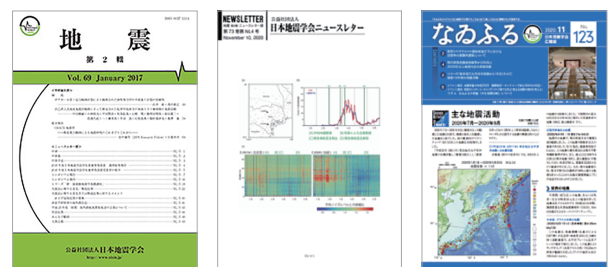
最後に、地震学会と原子力発電との関わりについて述べる。地震学会は原子力発電に対して、学会として何らかの見解を出すことはこれまでも、またこれからもない。しかし、前述の行動計画 2012 にあるように、社会的課題に地震学が関わる可能性がある場合には、議論の場を提供することとしている。この方針に従い、地震学会会員有志が 2013 年 5 月に行われた日本地球惑星科学連合大会のユニオンセッション U-06「地球科学者の社会的責任」の第 2 部として、「原子力発電所に関わる科学アセスメントと地球科学的知見」を企画開催した。ここで行われた講演に加え、同セッション第 1 部「東日本大震災からのメッセージ」で発表された日本の原子力発電に関連する講演、そして地震学会会員を対象に実施された論文公募への投稿原稿を中心に、モノグラフ「日本の原子力発電と地球科学」を 2015 年 3 月に発行した。このときの論文公募は、「日本の原子力発電に対し、立地審査や安全審査において地球科学研究がこれまでどのように関わり、今後どのように関わるべきかについての論文を募ります。また、福島第一原発事故や核廃棄物処分に関する地球科学的視点からの論文も受け付けます。」という趣旨説明の下で行われた。本モノグラフは、地震学会の意見を代表するものではなく、むしろ会員が有する多様な意見が反映されている。これは学会 HP より公開されているので、ご関心のある方は是非ご覧いただきたい。

(<https://www.zisin.jp/publications/pdf/monograph2015.pdf>)

日本地震学会学術誌・情報誌・広報紙

地震学会では、和文の学術誌「地震」と会員向け情報誌「日本地震学会ニューズレター」をそれぞれ年 6 回、一般の方々向けの広報紙「なわふる」を年 4 回発行している。

(<https://www.zisin.jp/publications/>)



日本ロボット学会の取組

日本ロボット学会 廃炉に向けたロボットの調査研究と社会貢献に関する研究会 委員長 吉見 卓
事務局長 細田 祐司

I. 日本ロボット学会の概要

日本ロボット学会は、学術界および産業界のロボット工学の相互発展を目指し、研究発表と技術交流の場を提供することを目的として1983年1月28日に発足した学術団体である。現在個人会員数は約4,000名、また賛助会員数は約100団体で、個人会員の内訳は、大学・国公立研究機関関係者の正会員、企業人の正会員、学生会員が各々約1/3である。当学会の基本的な活動としては、日本ロボット学会誌および欧文誌の発刊、日本ロボット学会学術講演会およびロボティクスシンポジウム(日本機械学会、計測自動制御学会と3学会で持ち回り)の主催、ロボット工学セミナーの実施、各種国際学会の共催・協賛、各種表彰、各種研究会活動等がある。これに加えて、若手工学教育事業、産学連携活動、防災対応ロボット技術・運用に係る活動等、社会のニーズに応える活動を積極的に推進している。

(学会HPは<https://www.rsj.or.jp/>)。

II. 日本ロボット学会における東日本大震災・福島原発事故に関連したこれまでの活動

日本ロボット学会では、東日本大震災の発生以来、ロボットの利用に関して情報収集を行い、東日本大震災関連の委員会を学会内に立ち上げ、以下に示す活動を継続的に行ってきた¹⁾。

- ①日本ロボット技術関連学術団体共同声明(2011.4)²⁾
- ②対災害ロボティクス・タスクフォース(2011.8-)³⁾
- ③東日本大震災関連調査研究委員会(2011.10-2014.12)原子力関係記録作成分科会/災害関係記録作成分科会
- ④広域災害対応に関する技術基盤調査研究委員会(2013.1-)
- ⑤廃炉に向けたロボットの調査研究と社会貢献に関する研究会(2015.1-)⁴⁾
- ⑥産業競争力懇談会での防災対応ロボット政策提言

前回、2017年の特集号記事で、それぞれの活動内容を紹介したことから、今回は上記の「⑤廃炉に向けたロボットの調査研究と社会貢献に関する研究会」と「⑥産業競争力懇談会での防災対応ロボット政策提言」について、その後を含めた活動状況の紹介を行う。

III. 廃炉に向けたロボットの調査研究と社会貢献に関する研究会の活動

廃炉作業へのロボット適用には、ロボットと原子炉、

両方に関する高度な知識、経験、技術力が必要である。そこで、日本ロボット学会と日本原子力学会が緊密な連携を図り、学術界から廃炉作業に貢献することを目的として、日本ロボット学会内に設立されたのが、本調査研究委員会である。その設置の目的は、「福島原発の廃炉にかかわる遠隔操作ロボットに関し、関連学会と連携し、ロボット技術からの俯瞰的支援と社会に受け入れられるロボット技術貢献の在り方を検討・提言すること。」である。日本ロボット学会と日本原子力学会とが共同で設置した委員会であり、日本原子力学会内では、廃炉検討委員会ロボット分科会の位置づけとなっている(ともに、2015年1月の設置)。ちなみに、日本原子力学会廃炉検討委員会ロボット分科会の設置目的は「日本ロボット学会との連携により、廃炉作業の重大課題となっている燃料デブリの取り出しのための格納容器下部に侵入できるロボット技術の開発へのチャレンジ」であり、本委員会が廃炉作業に関するより具体的な技術開発への貢献を求められていることがわかる。廃炉作業で利用するロボットの開発は、基本的には、IRIDを中心とする事業者とメーカーが担当しており、本委員会は、学術界からの新しいアイデア・広い視野からの技術提供、廃炉に関わる人材の広がりを目指した活動を進めている。本委員会の委員は双方の学会共通のメンバーで構成されており、廃炉作業に関心を持つ両学会のロボット技術および原子炉技術の専門家である技術者、研究者が連携してその目的達成に向けた活動を展開している。

本委員会は、廃炉に向けて、両学会がどのように連携できるか、またそのための課題は何かを明らかにするために、これまで11回の委員会を開催し、さまざまな検討を進めてきた。また、その検討結果に基づき、以下の活動を行ってきた。

(a)日本ロボット学会学術講演会において、例年、オープンフォーラム形式のシンポジウム「廃炉に向けた日本原子力学会との連携と課題」を開催している。2015年よりこれまで5回開催されたが、2020年度は新型コロナ感染症拡大の影響を受け中止となった。毎回、関連テーマに関する専門家の講演(解説や情報提供)およびパネル討論等が実施され、福島第一原子力発電所の廃炉のための技術戦略プランや廃炉に関わるロボット技術、人材育成強化への取り組みなどが、NDFやIRID、東電、大学の技術者、研究者より紹介された。

(b)本委員会が設置したワーキンググループにて、廃炉作業ロボットへのニーズ、環境条件、作業条件および本委員会の活動内容の詳細な検討等が行われ、その結果をまとめた提言に基づき、両学会の共同企画として、廃炉に利用できる技術やアイデアを広く両学会員や一般から募集するロボット技術提案公募「廃炉のためのロボット技術コンペーあなたの技術・アイデアに基づく新しい廃炉のためのロボット技術提案」が2016年度に実施された。本技術コンペは16件の応募があり、最終的に6件(最優秀賞1件、優秀賞2件、奨励賞3件)が優秀アイデアとして選出され、2017年3月開催の日本原子力学会のシンポジウムにおいて表彰された。

(c)日本原子力学会の2017年春の年会および2018年春の年会の廃炉セッションにおいて、本委員会の活動報告を委員長吉見が行った。また、2019年秋の大会では、「福島第一原子力発電所廃炉検討委員会」企画セッションにおいて、浅間一委員(東大教授)が「福島第一原子力発電所の廃炉のための遠隔技術」と題して、廃炉作業のために研究開発され導入されているロボット技術についての講演を行った。

学术界が、ロボット分野で本格的にデブリ取り出しのフェーズを迎える廃炉作業にどのような形で関わり、具体的に貢献していくのかを考えた場合、現場の詳細を知らずに、単にアイデアを出しているだけでは、なかなか実際の廃炉のプロジェクトに役立たせられない。そこで、本委員会では、IRIDや廃炉の機器開発を担っているメーカーの技術者等プロジェクトに直接かかわる技術者から、廃炉のロードマップに基づき、各フェーズでのロボットやロボット技術に対する課題、検討項目、学会への期待、等を定期的に発信いただき、学会(およびそこに所属する学会員)には、それらの情報に基づき、シーズ技術を提案する仕組み、場が必要であるとの考えの下で、そのための仕組みづくり、場の提供を念頭に、学会HP、学術講演会のフォーラム等を活用し、情報交換活動を地道に日常的に継続して実施する活動を進めていくことを考えている。2020年度は、コロナ禍の影響で、委員会活動が十分に行えなかったが、今後は状況を見つつ、積極的に活動を進めていきたい。福島原発の廃炉作業は、両学会に所属する技術者・研究者はもとより、さまざまな人々の英知を集結して解決していくことが必要な難しい作業であり、本委員会は、そこへの貢献の役割をしっかりと担っていきたいと考える。

IV. 産業競争力懇談会での防災対応ロボット政策提言に関する活動

当学会は、2011年度から2019年度の間、引き続き産業競争力懇談会(COCN)プロジェクトとその後継活動であるCOCN推進連絡会議⁵⁾に参画し、防災対応ロボット

の社会実装に対する、技術促進、確実に現場で役に立つロボットとするための社会設計、運用組織体制、規制緩和等に関する政策提言を進めており、具体的な成果を上げてきている。COCNプロジェクトは、2014年度で一応終結し、2015年度から2017年度には「災害対応ロボット推進連絡会」、2018年度から2019年度には「フィールドロボット社会実装推進協議会」として活動を継続し、COCNプロジェクトで提起した各種政策を、最終的に社会実装に結び付けるためのアクションを行った。これらの活動の結果として、前回紹介した以後にも、以下のような実績を上げている。

- (1)経産省は、2016年度に51億円の規模で、ロボットテストフィールド等整備事業に着手し、福島県南相馬市に、陸上、空中、水上/水中ロボット向けの災害環境模擬運用を実施可能な設備の構築を進めてきたが、2020年3月31日に福島ロボットテストフィールド⁶⁾が全面開所され、各種フィールドロボットの実証試験に活用されている。
- (2)2019年内閣府防災基本計画⁷⁾に追記された災害対応分野における既成ドローン有効活用の提言を行った。

福島第一原子力発電所の廃炉作業やそれに関連する事項に対して、ロボット技術の貢献が期待されている。日本ロボット学会では、引き続き、学会が取り組むべき課題の1つとして、積極的にこれに貢献していきたい。

日本ロボット学会誌および欧文誌「Advanced Robotics」

日本ロボット学会では、和文誌(jrsj: Journal of the Robotics Society of Japan)および欧文誌(Advanced Robotics)を刊行している。詳しくは、下記HPを参照いただきたい。
<https://www.rsj.or.jp/pub/>

— 参考文献 —

- 1) 日本ロボット学会東日本大震災関連活動
<https://www.rsj.or.jp/activity/shinsai.html>
- 2) 日本ロボット技術関連学術団体共同声明
https://roboticstaskforce.files.wordpress.com/2011/04/roboticstf_1r3.pdf
- 3) 対災害ロボティクス・タスクフォースの公式ブログ
<https://roboticstaskforce.wordpress.com/>
- 4) 廃炉に向けたロボットの調査研究と社会貢献に関する研究会
<https://www.rsj.or.jp/activity/committees-sg/index/dec.html>
- 5) COCN 推進連絡会議
<http://www.cocn.jp/report.html>
- 6) 福島ロボットテストフィールド
<https://www.fipo.or.jp/robot/>
- 7) 内閣府防災基本計画
<http://www.bousai.go.jp/taisaku/keikaku/kihon.html>

東日本大震災 10 年：日本地球惑星科学連合の対応

日本地球惑星科学連合 奥村 晃史
環境・災害対応委員会 委員長

I. 日本地球惑星科学連合と大震災・原子力の安全

公益社団法人日本地球惑星科学連合 (Japan Geoscience Union) は、地球惑星科学のすべての分野と関連する学術分野で研究や実務、教育と学習に携わる個人会員と地球惑星科学関連学協会および賛助会員からなる学術団体として 2005 年に設立された。現在 51 の学協会が加盟し、会員数は 10,000 人あまりである。その使命は、複雑で多様な地球と太陽系の科学を、幅広い専門分野の交流と相互理解を通じて学際的に推進して地球惑星科学を発展させることにある。学術活動の主体は、「宇宙惑星科学」「大気水圏科学」「地球人間圏科学」「固体地球科学」および「地球生命科学」の 5 つのサイエンスセクションによって担われている。

地球惑星科学は伝統的に環境と自然災害の研究と、原子力の安全な利用に深く関わってきた。「大気水圏科学」は気象災害を専門とし、原子力に関しては放射性核種の大気・海洋・陸水・地下水中での拡散と移動の解明にたずさわってきた。「地球人間圏科学」は地震・津波、火山噴火、土砂災害等の、人間が被る被害を重視して研究するとともに、原子力発電等の人間活動に関わる自然現象の研究を推進している。「固体地球科学」は自然現象としての地震・津波・火山噴火などを科学的に究明することを主要な目的としているが、その成果は原子力施設の安全な立地と設計のために不可欠である。「地球生命科学」では動物・植物が自然災害や環境問題から受ける影響の解明にも力を注いでいる。

II. 東日本大震災直後の対応

このような日本地球惑星科学連合にとって、2011 年 3 月 11 日に発生した東北太平洋沖地震と津波とそれらが引き起こした東日本大震災と福島第一原子力発電所事故は、2005 年の連合誕生以来、最も衝撃的で重大な地学現象であり災害であった。それまでの自然災害の場合、規模の大きい災害であっても、それぞれの学協会が個別に対応を進めることが通例となっていた。しかし、東日本大震災と福島第一原子力発電所事故の場合、あまりにもその規模が大きく、きわめて広域に多様な影響が及んだ。そして、さまざまな自然と環境の要素が複合的に被害をもたらす状況から、地球惑星科学の全体が協調して相互に連絡と調整を行いながら災害と被害の調査研究を進める必要が生じた。多様な学術分野からの多数の学協

会が構成する日本地球惑星科学連合は、東日本大震災と原子力事故の学際的な調査研究を推進するための核として機能することに、震災発生当初から努めてきた。

災害発生の翌日からその努力は始まり、まず連合ホームページに東北地方太平洋沖地震情報特設ページが開設され、日本地球惑星科学連合と加盟学協会の会員、その所属する大学・研究機関等の被害状況、災害対応と調査研究に関わる活動状況が収集されて共有された。引き続いて調査研究が復興・復旧を阻害することのないよう、「現地調査についてのお願 (No. 1, No. 2)」と「学術調査実施時期のガイドラインについて (岩手・宮城・福島)」が発信され、被災地の救命・捜索作業の進展や災害対応の進捗に配慮しながら調査研究を進めるための情報発信が行われた。

また「福島第一原子力発電所事故に関わる環境問題フォーラム」もウェブ上に設立された。そこでは「日本地球惑星科学連合・地球化学会・放射化学会連携緊急放射性物質調査研究チーム」と関連する研究グループによる、福島第一原子力発電所の事故により放出された放射性物質の環境中の分布や移動の調査研究成果が発信され共有された。福島第一原子力発電所事故による放射性物質の拡散の問題は当初から地球惑星科学の重要な課題ととらえられ、精力的に研究の推進と成果の発信が進められてきた。

日本地球惑星科学連合の事業の中で最も重要なものは、毎年 5 月に開催される大会で、5~6 日間に数千人が集い、数千件の研究発表が行われて熱い議論が交わされる。東日本大震災は 2011 年大会の発表申し込みが終わった後に発生したが、5 月の大会では、緊急ユニオンセッション「東日本大震災、今、地球惑星科学のあり方を考える」が開催された。そこでは、われわれが予想できなかった巨大な地震と津波の科学的な解明が報告されると同時に、われわれが何を知り、何を知らなかったかが検討され、将来の災害予測と被害軽減のために何ができ、何をなすべきかが議論された。大会後の 2011 年 6 月 30 日、日本地球惑星科学連合は加盟学協会の共同声明として「自然災害に向き合う強い日本社会の復興のために」を公表した。

III. 巨大地震・津波、原子力安全利用と事故への対応：2012 年~2020 年

日本地球惑星科学連合は学協会の連合体であって、それ自体が独自に調査研究を行ったり、プロジェクトを立

ち上げて調査研究を推進することはない。基本的に、大会や学術誌において研究成果を共有し公表することが最大の使命であり、東日本大震災のような大きな災害や事故の場合には、会員と加盟学協会が相互に情報を共有して、安全で効率のよい調査研究を被災者と被災地に配慮しながら進めることを支援することに努めてきた。したがって、前節に記した発災直後の対応の後には、毎年開催される大会で、調査研究成果の報告と議論の場を提供することが巨大地震・津波、原子力への対応の主眼となる。以下では、2012年以降の大会のセッションを振り返って日本地球惑星科学連合の対応を記す。

日本地球惑星科学連合環境・災害対応委員会は、加盟学協会が環境問題と自然災害に関わる学協会を代表する委員が集まって東日本大震災や2018年西日本豪雨災害のような巨大災害への取り組みを検討し、情報共有を進める組織である。この委員会は、2012年の大会からほぼ毎回ユニオンセッション「連合は環境・災害にどう向き合っていくのか?」を開催してきた。このセッションは、東日本大震災を契機に提案され、日本地球惑星科学連合と加盟学協会の自然災害に関わる活動を総括する報告が行われ、今後どのように対応を進めるかが議論される。また、福島第一原子力発電所事故による放射性物質の拡散と移動に関わる研究チームの成果もこのセッションで報告が行われてきた。

ユニオンセッションは日本地球惑星科学連合が提案する大会の主要なセッションであるが、上記「連合は環境・災害にどう向き合っていくのか?」に加えて、2012年には「東日本大震災からの復興にむけて」、2014年には「海溝型巨大地震と原子力発電所」が開催された。後者では海溝型巨大地震による原子力発電所のリスク評価の現状と東日本大震災以降の課題について地球科学の役割を含め議論が交わされた。

パブリックセッションはユニオンセッションとならぶ大会の主要なセッションで、会員以外にも公開され、その時々社会にとって重要な地球惑星科学の課題や成果が報告される。2013年と2014年には防災教育のセッションが開かれ、その後も一般セッションとして継続されている。地学教育は日本地球惑星科学連合が重視する地球科学者の使命であるが、東日本大震災は自然災害から命を守り被害を軽減するための教育の重要性を強く認識させる契機であった。2015年にはパブリックセッション「地球科学界と原子力発電の関係―浜岡原発を題材として―」が、海溝型プレート境界に近接し再稼働のための安全審査が進められる原子力発電所について、地球科学との関わりを追求した。

一般セッションは毎年200以上が開催される。海溝型巨大地震や津波、それらが引き起こす自然災害に関わる数多くの学術セッションが一般セッションとして開催されるが、原子力や福島第一原子力発電所事故に関わる

一般セッションも少数ではあるが継続的に開催されてきた。特に、「福島原発事故により放出された放射性核種の環境動態」セッションはこのタイトルで2013年から2020年まで毎年開催されてきた。放射性核種の環境動態を理解し汚染の長期的な影響予測を行うための分野横断的で新しい学問領域が着実に成長して、重要な成果が報告されている。「原子力と地球惑星科学」セッションと、地球科学と原子力施設の立地・設計の安全性を議論するセッションも2014年から2020年まで連続して開催されている。福島第一原子力発電所事故を受けて作成された地震・津波・火山等に関わる新しい規制基準にはその策定から、現在進められる原子力発電所の適合性審査まで多くの地球科学研究者が関わっている。また、自然災害に対する安全性を懸念する立場からも原子力発電に関わる地球科学には強い関心が注がれている。東日本大震災以降の関心の高まりは10年を経過しても衰えることはない。日本地球惑星科学連合はこの大会に加えて、オープンアクセス電子ジャーナルProgress in Earth and Planetary Science (PEPS)とニュースレター誌Japan Geoscience Letters (JGL)で情報発信を進めており、いずれもホームページから無償で閲覧することができる。

IV. 東日本大震災十周年：2021年日本地球惑星科学連合大会

東日本大震災・福島第一原子力発電所事故十周年の今年、日本地球惑星科学連合2021年大会は2021年5月30日から6月6日まで、オンラインとパシフィコ横浜とのハイブリッド形式で開催される。本稿の執筆時点でセッションが確定し、東日本大震災十周年に関連するセッションが多数企画されている。以下に、主要なセッションを挙げて、日本地球惑星科学連合の巨大地震・津波と原子力安全への取り組みを紹介する。

学術的な成果の総括：「東北地方太平洋沖地震から10年―固体地球科学の到達点」, 「2011年東北地方太平洋沖地震から10年―地球科学の到達点」, 「津波堆積物：東北地方太平洋沖地震後10年の成果と今後の展望」。社会と科学の関わりに重点をおいた地球惑星科学の活動の報告：「連合の巨大地震・津波への対応：東日本大震災からの10年と将来」, 「東日本大震災復興10年を語ろう」。原子力と地球科学の接点の検証：「福島原発事故から10年：放射性核種の環境動態」, 「Nuclear Geoscience in Developing Countries」, 「原子力と地球惑星科学」, 「日本の原子力利用と地球科学：3.11から10年」。地学教育と防災：「災害を乗り越えるための総合的防災教育」。

このように、日本地球惑星科学連合は東日本大震災十周年を契機に、巨大地震と津波、原子力の安全利用に関わるこれまでの取り組みを振り返り、これからの調査研究と社会への発信の展開を模索している。予想外の自然災害や事故による被害を軽減し復興を支援するために、地球惑星科学はますます大きな役割を果たさなければならない。

安全工学と社会総合リスク

安全工学会 会長 三宅 淳巳

I. 安全工学会の沿革

安全工学会 (Japan Society for Safety Engineering) は、戦後驚異的な復興と経済成長を遂げた日本社会の一方で顕在化した産業災害や公害問題を防止し解決を図るための科学技術を振興するため、1957年7月に設立された安全工学研究会を端緒とし、その後、安全工学協会と改称し、2008年に特定非営利活動法人安全工学会となって現在に至っている。定款では、本会は、主として産業に関わる安全環境の諸問題を広く工学的に研究・調査し、各種災害の防止のための知識・技術の向上、普及をはかり、もって産業の発展および社会の福祉に貢献することを目的とする、と謳っている。現在の会員数は個人会員約600人、法人会員約90社と、比較的小規模な学会ではあるが、工学や技術に関する安全を議論する専門家集団として各種の活動を行っている。

(学会 HP は <https://www.jsse.or.jp>)。

わが国の安全工学は横浜国立大学名誉教授であった故北川徹三先生によって創始された。北川先生は京都帝国大学において物理化学を学んだ後、同大学院で荒勝文策先生や湯川秀樹先生の下で原子核物理学、特に原子核分裂に関する研究を行った。その後、海軍技術研究所に技術中佐として勤務していたが、1945年、原子爆弾が投下された2日後に海軍大臣の特命を受けた調査団の一人として広島に入って現地調査を行った。そして晩年には、「私がいま一生を捧げて安全工学に専念する動機となったものは、この原爆調査ではなかっただろうか」と述べられている。

II. リスク概念

安全の歴史は人類の災害との闘いの歴史であり、安全工学の歴史は産業災害との闘いの歴史である。わが国の産業安全活動は19世紀後半の足尾銅山鉍毒事件における安全専一活動に端を発するとされ、その後の技術社会の発展とともに生じる各種の災害に対し、失敗経験に基づく知識として蓄積、発展し、やがて適切な予防と防護に関する安全技術を提供する安全工学という学問体系に結実した。

一方、戦後の高度経済成長に伴って産業施設における火災・爆発事故、産業公害や環境汚染が相次ぐ中、リスク概念とそれに基づく科学技術が導入され、災害の未然防止と影響評価、被害の拡大防止等に関する事前評価に基づく意思決定手法が紹介された。この際の重要なテキストや参考書の多くは原子力産業や航空宇宙産業での実績によるものであった。筆者が原子力施設に関する確率

論的安全性評価(PSA)を学んだのも1980年代後半であり、FTAやETA等の手法とともにその明快な論理と重要性について得心したことを記憶している。

一方、多くの産業では、対象とする事象の発生確率がスイッチのon/offやバルブの開閉のように必ずしも0と1で整理されるものではなく、例えば化学反応のように常に温度や圧力に依存して組成や特性が連続的に変化する事象を対象とする場合には、事象発生の可能性を離散的に取り扱うことには限界があり、多様な影響因子、条件の下にリスクを検討することが求められ、論理を基に応用問題を解くことが求められた。

論理性を有するリスク概念の導入により、災害防止技術は定量性を高めるように改善が進み、より説得力を有する結論を導くことが可能となった。ISO Guide 51によれば、安全は許容できないリスクがない状態、と定義されるが、ここで重要なのは安全を定義する際にリスクという用語が使われていることであり、そのリスクは、事象の発生確率と重大性の組み合わせであると定義される。これにより事象やシステムの安全性を考える場合にはリスク概念の導入が有効であることが示され、安全工学に不可欠な方法論となった。

その後、安全工学分野においてリスク概念はさまざまな技術システムに適用され、対象システムのリスク特定、シナリオ分析、リスク分析・評価を実施してその結果を基にリスクマネジメントを行うスキームが広く認知されたが、これらの手続きの中で最も難しいのはシナリオの抽出である。リスク分析の精度を高めるためにはシナリオの網羅的な抽出が最も重要であるが、抜け落ちなくあらゆるシナリオをリストアップしたことを証明することは論理的に不可能であり、想定には限界があることを常に念頭においてマネジメントする必要がある。

一方、リスク概念導入の目的は、意思決定に至る検討や議論のプロセスを透明化し、科学的合理性に基づいた客観的な判断により結論を導くことで、検討対象課題の解に最大の納得感を得ることにある。従って、議論の過程を最大限可視化・公開し、最終的に仮に安全が担保できなくなったとしても、後々後悔することの無いように合意形成を図ることが重要である。

しかし、現実の世界では専門家の意見とは別に、組織の長により総合的な判断がなされ、意思決定担当者と構成員の見解が相違することがある。そこでは常に丁寧な説明と双方向の対話やコミュニケーションが必要である。特に極低頻度かつ高影響度の事象にあっては、頭で

は理解できたとしても現実的にイメージすることは難しく、感覚的に違和感を覚えたり、十分に理解できないこともある。数千年に1回あるいは数万年に1回というような極低頻度の事象は一般の人々の想像力の限界を越えており、このような事象のリスクについて数字だけではにはわかには納得しがたいように思える。このような場合に「最悪シナリオを想定せよ」と、言うのは簡単であるが実行が極めて難しい事態に、専門家の意見を基に、リーダーはどのような議論を経て意思決定に至ったかについて、きちんとした説明を行う責務がある。

Ⅲ. 安全工学会の活動と今後の展望

東日本大震災の後、福島第一原子力発電所事故に関しても、当学会の研究発表会や関連するシンポジウム等において議論が行われてきた。また、学会内に地震被害調査委員会を設置し、大手化学会社の協力を得て福島県内の同社事業所の地震被害調査を行いその報告書を学会HPで公開するなど、学会関係者のボランタリーな活動により活動を行ってきた。巨大災害に遭遇した際にそれらをつぶさに調査し、教訓を得、次代に引き継ぐことはこれまでの安全技術者の作法であったが、学会として会員企業や業界の協力や支援を得て体系的かつ系統的な調査を実施できなかったことは、今なお遺憾に思っている。

さて、極低頻度・高影響度事象の典型例は激甚化する自然災害である。近年、自然災害に起因する技術システムの災害はNATECH(Natural Hazard triggering Technological Disaster)と称され、OECDを始め世界中の各機関で議論が進みつつあるとともに、日本からの積極的な情報発信が期待されている。

リスクの取り扱いを示す頻度と被害を2軸に取った4象限の図において、高頻度・低影響度の事象についてはシステムの信頼性を向上することでリスク低減を図るが、低頻度・高影響度の事象は一般にリスク移転、すなわち保険等による他機関へのリスクの転嫁を対応策とする領域とされる。しかし、影響度が著しく大きい事象の場合には単なる経済価値のみでなく社会全体が引き受けるべき資源の投入が必要となる。社会を支えるインフラが破綻した際に代替手段となるべき方策を提供できない場合には社会全体が混乱に向う。

社会にエネルギーを供給する施設の破綻は当該システムの破綻だけでなく、地域社会や日本社会全体に影響が及ぶ。さらに科学技術への信頼が揺らげば世界各国の政策を転換させる重大事となり、もはや技術システムに関する議論のみでは収まらず、人々の生活様式や社会の価値観の在り方にも大きな影響をもたらすこととなる。この場合には社会制度の迅速かつ柔軟な変革とともに社会価値の再定義を検討する必要がある、社会への影響を考慮した総合的なリスク概念が必要となる。

社会総合リスクとは、生命/健康/環境等の安全に関する影響に加えて、生活や社会活動・価値に与える影響も

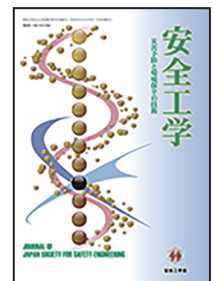
あわせた社会の安全と活動に関する総合リスク指標である¹⁾。ここでは最新のリスクマネジメント規格であるISO31000に従い、リスクを「目的に対する不確かさの影響」と定義し、正負双方の影響を含む新しい概念を採用している。具体的には、工学と社会科学の視点を組み合わせたリスクの捉え方で、従来システム内あるいはシステム周辺の人等に対する安全の問題としてのみリスクを扱うことが多かったのに対して、社会全体の影響伝播に主眼を置いており、市民、事業者、行政などのあらゆるステークホルダーが意思決定プロセスを共有化するための概念として利用することを意図している。このような概念の導入は、従来の工学的なアプローチによる安全性評価やリスク評価に加え、これまでやや抽象的であった社会科学的なリスク評価をあわせ、社会全体のリスクを把握することを可能にするものである。

さらに、技術システムそのもののリスクアセスメント、リスクマネジメントからもう一步先に進み、それら技術の影響を受ける地域社会や市民の視点から検討することにより、安全から安心への議論を進めることができる。これは、単なるリスクコミュニケーションに留まらず、技術を取り巻くステークホルダーとの情報共有の下に、リスク検討のプロセスについて常に適切なモニタリングとレビューを行うことがISO31000で規定するリスクアセスメントプロセスの要件となっているためである。

今日、国民が求めているのは各々の社会生活における安全・安心・健全・快適であると認識しており、科学技術に対する国民の不信感が増加することは先端技術に携わる者として最も懸念するところである。社会が求める「安心」が【安全性、信頼性、受容性】によるものであるとすれば、安心は安全であることが大前提であり、安全情報を発信する組織としての学会は社会の信頼を得ているか、また、その情報が社会受容を獲得できているか、という検討により、安心獲得のスキームについて検証する必要がある²⁾。

安全工学会誌

安全工学会では会誌「安全工学」(隔月刊)を発行している。「安全工学」の目次、主要記事および掲載論文は、下記学会HPおよびJ-stageで閲覧可能である。



<https://www.jsse.or.jp/publication/journal/>

<https://www.jstage.jst.go.jp/browse/safety/list/-char/ja>

— 参考文献 —

- 1) 横浜国立大学リスク共生社会創造センター, 先端科学技術のリスクアセスメントガイドライン(2019).
- 2) 三宅淳巳, 安全工学, 59, 210(2020).

計測自動制御学会における計測と安全への取り組み

計測自動制御学会 会長 小野 晃

20 世紀後半からの計測・制御・システムに関する工学・技術の進歩によりプロセスプラントの自動化とシステム化は著しく進展したが、われわれの計測自動制御学会は 60 年前の学会設立以来、プロセス計測制御の中核となって産業の推進エンジンの役割を担ってきている。

計測技術は学会活動の中でも基盤的存在で多くの会員に関心を寄せている。2011 年の東日本大震災の際に福島第一原子力発電所で炉心溶融事故が起きたことは計測関係者にも大きな衝撃を与えた。事故は発電所への交流電源がすべて失われて炉心を冷却できなくなったことが直接の原因であったが、他方で直流電源も失い原子炉の状態をモニターする計測機器からの信号を受信できなくなったことも事故の拡大に重大な影響を及ぼした。原発運転員の機転で車のバッテリーを急遽持ち寄って何とか急場をしのいで信号を受信できるようにしたと聞くと、さらに重大な問題が発生した。それは事故によって炉心が高温、高圧、高放射線量の状態になったことから、原子炉の状態をモニターする計測機器に誤動作が生じたことである。

事故以前から火力、原子力を問わず電力事業者は計測機器の管理に熱心で、業界レベルの自主規格も作成して安全対策に取り組んでいるという印象を計測関係者は持っていた。機器の計量トレーサビリティにも熱心であったと記憶する。ところがこのことがかえってあだになった側面はないであろうか。通常、特別な教育・訓練を受けた技術者でなければ、計測機器からの信号が間違っているかもしれないと疑うことは少ないものである。常日頃から計測機器の管理を熱心に行っている作業場ではなおさらであろう。現実には事故で多くの計測機器が誤動作を起こしてしまった。計測に携わる技術者は常に計測結果の不確かさを考慮に入れているが、誤動作に対する原発運転員の教育・訓練の重要性は、重大インシデントの際に一層高まると考えられる。またモノのインターネット (IoT) が近年注目されている中、データを収集する計測機器の信頼性は重要である。計測結果の誤りや機器の誤動作に対してレジリエントなシステムが望まれるのは共通である。

一方事故後に対応している廃炉作業では、原子炉内部の事故状況が正確に把握できていないことが障害となっている。モノを見て観察することは計測の原点であるにもかかわらずそれが十分にできていないことは、現状の計測技術の盲点を突かれた気がする。計測関係者にとっ

て大きな教訓といえよう。

安全性に関しては、自動化が進む一方でプラントの大規模・集中化が進み、内在するリスクも大きくなって発生する事故や災害も大規模化した。産業界ではこのような状況に対応するため、独立多重防護層のようなシステムの的な対策やシステム構成要素の信頼性向上、運転員の教育・訓練などの保安強化のための諸施策が実施されてきていたにもかかわらず、2011 年の東日本大震災では原子力発電所や製油所で大規模な事故・災害が発生し、その後も化学工場での重大な事故が続発した。

これまでのシステムの安全管理は、第 I 種安全 (Safety-I)、すなわち「安全性は望ましくない状況を起こす原因を除去することで改善される」とするリスク最小化をベースに構築されてきた。事故事象等を想定しそれに至るリスクを洗い出し、これを除去することで安全は確保されるとされ、深層防護も主に設備の多重性や堅牢性を高めることで確保する考えに立ってきた。しかし実際に福島第一原発事故の現場で実施された重要な行為の殆どは自動的に行われたものではなく、人の作業がその機能を確保する唯一の手段となった。さらに事故時の作業環境の劣悪さのもとでは、正常な作業の遂行可能性を求めるべくもなく、限られたリソースでの対応という困難さと、不確かな情報の中で臨機応変な対応が求められることとなった。これを契機に安全管理の分野では、従前の第 I 種安全に代わって、新たな安全目標を「変化する条件下で成功する能力」とする第 II 種安全 (Safety-II)、すなわち「変化する状況の中で求められるパフォーマンスが出来るだけ高い水準に保たれる状態を目指す安全管理」の必要性が認識され、「人 = システムのしなやかさ、回復力に必要な資源」と位置づけて福島第一原発事故の現場での教訓を反映したものになっている。

本学会においても、工学プラントに代表されるような大規模複合システムの安全管理に係るテーマは、故障診断や遠隔監視技術、さらに近年では AI やビッグデータ解析等の方法論とともに、部門を超えた議論を活発に進めてきている。実際、東日本大震災の発生のはるか以前より、システム理論・システム科学に関して、システムとは何たるかに向き合ってきた歴史が本学会にはあり、その伝統はいまでも新しいシステム学やシステム観に基づく安全の概念として議論が継続されている。それは、人 (human)・技術 (technology)・組織 (organization) の

相互作用を適切に考慮し、システム全体としての性質や働きを見極める「システム思考」を特徴とする。旧来のシステム思考が、徹底的に対象を分解し、つじつまの合うところだけを組み立てていくシステムティックなシステム観であったのに対し、システム思考は対象それ自体の形成過程に配慮し、分解すること自体よりも、それぞれ機能を異にするシステムが相互関連をもって全体を維持することに着目するシステム観である。第Ⅰ種安全の確保のためにはシステムティック思考が寄与したが、第Ⅱ種安全の確保のためにはシステム思考が有効になる。

第Ⅱ種安全を実現するには、事故の背後に隠されている潜在的要因を明らかにしていかなければならない。潜在的要因は静的にただ潜んでいるのではなく、水面下で要因同士が動的に相互作用しながら変化していくことから、安全管理のためには、システムの内部だけでなくその環境との関連においても多重の相互因果ループを明らかにし、個と全体が相互作用しながら環境と調和を保って状況の変化に適応できる恒常性を維持していくための仕組みを明らかにしなければならない。さらに、事故や不安全事象のようなネガティブな事例だけではなく、人の資源によって大規模災害に発展するのを未然に阻止できたようなポジティブな事例に対しても、当該事例での措置がなぜうまくいったのかについての仮説を生成して説明づけ、そこから一般化して他の類似状況に対しても有効なノウハウとして継承していくことも必要になる。本学会では東日本大震災後に、計測制御システム技術者が中心になって数次にわたるシンポジウムを開催して議論を重ねた結果、

- ①ポジティブ、ネガティブの両面に対応する計測・制御・システムの工学と技術であるべきこと、
- ②ネガティブに対応するためには「事前の備え」「事後の回復力」「両者の不備や不足を補う対応力」が必要であること、
- ③ネガティブに対応する工学や技術を生み出すためには、産業界の事故や災害の教訓に基づく帰納法的アプローチと、学界の理論に基づく演繹的アプローチ、さらに仮説検定に基づく創発的アプローチとの融合が必要であること、

の結論を得て、2014年から「安全のための計測・制御・システムを考える会」を設置して活動を開始している。ここでは、幅広く議論を行うために有識者を招待してサロンを実施したり、見学会や講演会、議論を深めるための研究会活動などを行ったりしてきている。とくに上記の②の必要性に対しては、近年提唱されている「レジリエンス・エンジニアリング」の概念からの議論も活発に行われている。

レジリエンス・エンジニアリングは上述の Safety-II を達成するための方法論として位置づけられる。「レジ

リエンス」という用語は、「困難な状況にもかかわらず、しなやかに適応して生き延びる力」という意味で使われることが一般的であるが、このような「しなやかさ」こそが、まさに本学会が設立当初より追求し説明を目指してきた学理にほかならない。すなわち学会設立当初より、制御の分野での非線形システムにおいては、ある条件下でシステム内部に過渡的に不安定性が現れながらいくつかの定常状態のうちのどれかを選択していく自己組織化の現象が着目されていた。そしてその後のアポロ計画のような金物の集まりである well-defined なシステムの管理手法であるハードな OR 的技法を補完するソフトなシステム技法である「しなやかなシステムズアプローチ」として、適当なやわらかさと適当な頑丈さを兼ね備えた方法論の必要性が議論されてきた。この考え方は、生物を特徴づける魅力、すなわちフレキシブルであり適応力に富んでいると同時にロバストネス、すなわちしたたかさを有していると言う魅力に着目するものであった。

現在本学会は、計測・制御・システム/情報の諸部門のほかに、産業応用部門、そして生体や生物を対象にするライフエンジニアリング部門、さらにはシステムの組織化や動的な擦り合わせ原理に着目してシステム実装にまで展開していくシステムインテグレーション(SI)部門から構成されている。本学会では部門を横断する形で、IoT や 5G、AI や CPS などの関連技術の進歩と持続的の実現をゴールとする Industry 4.0 や Society 5.0 の実現を目指すデジタル変革が進展するなかで、セキュリティを含む現状の安全に関する工学・技術に関する議論や次世代計測制御システムに関する議論が活発化している。また SI 部門のもとにレスキュー工学部会があり、今から 20 年前の 2000 年 1 月に阪神淡路大震災後に設立された。同部会では「レスキュー工学」という分野を新たに創設し、計測自動制御学会に関連した学術的立場から緊急対応問題への貢献を行うことをミッションとし、被災者の発見・救助に貢献するロボット技術の研究・開発推進活動を進めている。今後も本学会として各方面において貢献していければ幸いである。

計測自動制御誌「計測と制御」

「計測と制御」(英名: Journal of the Society of Instrument and Control Engineers)は、当学会設立の翌年にあたる 1962 年より発行している月刊の学会誌です。毎号、特集を企画し「解説」と「事例紹介」で、最新の話題をわかりやすく紹介しています。

また、「学界だより」「部門・支部だより」といった学会内外の情報提供や「リレー解説」「書評」など幅広い情報を会員の方へ提供しております。

URL: <https://www.sice.jp/pub/journal/mokuji/>



日本公衆衛生学会の東日本大震災後の対応

日本公衆衛生学会 理事長 磯 博康

I. 日本公衆衛生学会は1946(昭和21)年に発足
1946(昭和21)年に、日本公衆衛生学会は発足した。本学会の目的は、「公衆衛生学の進歩発展と国民の健康の保持増進を図り、もってわが国の公衆衛生の向上に資すること」である(定款第2章)。現在の会員数は9,393人(2020年11月1日)で、主な内訳は医師、歯科医師、薬剤師、保健師、管理栄養士他、保健医療福祉関係者である。なお、2017年4月6日に一般社団法人となった(学会ホームページ(HP)は、<https://www.jsph.jp/index.htm>)。

II. 東日本大震災の本学会の対応

2011(平成23)年3月11日に発生した東日本大震災、その後の東京電力福島第一原子力発電所事故(以下、原発事故)を受けて、学会HPに、3月18日に「見舞い文」を掲載した。

3月28日の公衆衛生モニタリング・レポート委員会に、庶務・会計・広報担当理事、本橋豊理事(地域保健医療福祉委員会委員長)が出席し、対策検討会議を開催し、地域保健問題、および、放射線問題に関する学会レポートの作成と情報発信、情報収集について検討した。

4月4日に地域保健医療福祉委員会がまとめた「東日本大震災への対応について―被災現場および避難生活において求められる支援―」を理事長名で、学会のHPに掲載した。この中で、「…現時点で公衆衛生の立場から対応が求められる課題のうち、被災現場および避難生活において求められる支援について、日本公衆衛生学会としての見解をお示しいたします。なお、福島原発事故ならびに放射線被ばくによる健康影響等に関する日本公衆衛生学会の見解については、追って速やかに公表する予定です。…」となっていた。福島原発事故ならびに放射線被ばくによる健康影響等の対応等については、5月2日に開催された震災対策統括会議で検討されたことから、5月11日に本学会からは上記の見解の発出には至らず、代わりに行動方針が公表された。

III. 東日本大震災復興対策専門委員会の活動、その他

2011年5月11日に公表された本学会の行動方針に基づき、本学会としての東日本大震災にかかわる復興活動を支援する行動計画の実現に寄与することを目的として、東日本大震災復興対策専門委員会(本橋 豊委員長)を発足した。本委員会では、シンポジウム「東日本大震災後3年の復興活動の共有―被災地の復興の現状と今後

の課題 公衆衛生従事者にできること―」を、2014(平成26)年3月16日(日)に仙台市で開催した。本シンポジウムは、「主に3県における災害復興関連の活動等を共有し、本学会および公衆衛生従事者の役割の検討に資する」を目的とし、情報共有の会として開催された。

2012(平成24)年の第71回日本公衆衛生学会総会では、日本学術会議・日本公衆衛生学会合同公開シンポジウム(市民公開)として、「福島原発事故による放射線被ばく―今後の対策と健康管理」(座長：那須民江，秋葉澄伯)，2013(平成25)年の第72回日本公衆衛生学会総会では、シンポジウム「放射線と健康教育・地域づくり～今あらためて見直される公衆衛生の課題～」(座長：小橋元)，シンポジウム「原子力災害における公衆衛生の取り組み」(座長：安村誠司，高島毛敏雄)，2014(平成26)年の第73回日本公衆衛生学会総会では、シンポジウムとして、「原子力災害後の食品摂取による放射線被ばくへの対策と現状」(座長：山口一郎，杉山英男)，2015(平成27)年の第74回日本公衆衛生学会総会では、シンポジウムとして、「放射線被ばくと健康影響」(座長：高村 昇，安村誠司)，2016(平成28)年の第75回日本公衆衛生学会総会では、シンポジウムとして、「大震災からの復興と公衆衛生の課題」(座長：本橋 豊)を開催した。

IV. 学会内の東日本大震災公衆衛生プロジェクト

当学会は、2011(平成23)年7月に「地域で東日本大震災からの復興にかかる公衆衛生活動に助成することを通じて、わが国公衆衛生の向上に資すること」を目的として、「日本公衆衛生学会と被災地の公衆衛生学会等の関係団体との共同プロジェクト、または、全国規模(被災地も含む)で募集する被災地での震災対策活動プロジェクト」について、会員を対象とした研究助成を公募した。計6件の研究課題が採択され、特に、原発事故関係のものとして「福島第1原発事故警戒区域避難者に対する健康生活支援の実践とその普遍化」(高島毛敏雄)，「福島県原発周辺地域における保健師の蓄積放射線量測定と今後の地域支援対策の検討」(渡會陸子)，「原発事故による県外避難者のヘルスコミュニケーションおよび生活環境についての調査研究」(中山健夫)が採択され、特に、原発事故関係の研究であった。その後も、追加応募により2件が採択された。

V. 委員会活動：災害・緊急時公衆衛生活動委員会

2017(平成29)年に、災害・緊急時公衆衛生活動委員会

が発足した。本委員会の第一の目的は、「東日本大震災に対する公衆衛生関係者の対応について検証することである」。東日本大震災後、本学会は声明を出すなどの対応は行ったが、組織的な対応はほとんどなかったと言わざるをえない。今後の大災害発生後の本学会の対応のあり方を考える上で、東日本大震災後の本学会の対応について検証を行い、教訓を共有することが重要である。第二の目的は、災害発生後の対応、および、復興支援について提言することである。東日本大震災後にも、熊本地震、九州北部豪雨等が発生し、毎年、全国各地で、新たな災害は発生している。そこで、発災時の本学会の対応を含めた、対策のあり方や、復興支援も併せて検討し、提言を行うこととした。第三の目的は、「シンポジウム等の開催」である。上記、1、2を会員と情報共有し、会員の意見も取り入れる機会とするため、学会総会などにおいて、シンポジウム等の開催を検討する。なお、開催に際しては、日本学術会議や関連学協会との共催も検討している。

活動として、2017(平成29)年の第76回日本公衆衛生学会総会では、シンポジウムとして、「福島におけるこころの健康はいま：福島第一原子力発電所事故後の長期影響に公衆衛生専門家として向き合う」(座長：川上憲人、安村誠司)が開催された。

2018(平成30)年の第77回日本公衆衛生学会総会(学会長安村誠司)では、メインテーマが「ゆりかごから看取りまでの公衆衛生～災害対応から考える健康支援～」であり、メインシンポジウム1「福島県住民における放射線被ばくによる甲状腺がんリスク評価とリスクコミュニケーション」(座長：鈴木 元、祖父江友孝)、同2「原子力災害と公衆衛生―地域の復興の現状と課題―」(座長：小橋 元、高鳥毛敏雄)、同3「福島県甲状腺検査の現状の紹介と今後の方向性に関する論点」(座長：高橋秀人、樺田尚樹)、同4「住民の健康をまもる保健活動～災害後の保健活動から得たもの、今後の活動へつなぐこと」(座長：久田 満、黒田裕子)であった。開催地が東日本大震災、そして、その後の原発事故の地、福島であったこともあり、東日本大震災関連の発表が多数なされ、東日本大震災、その後の原発事故が決して過去の出来事、終わったものではなく、現在もその影響は続いていることを会員に共有される学会総会となった。これらのシンポジウムの内容については、書籍「福島原発事故における公衆衛生課題とその対応―甲状腺検査と保健活動―」(安村誠司編著、日本公衆衛生協会、2019年10月)として、まとめられている。

2019(令和元)年の第78回日本公衆衛生学会総会では、シンポジウムとして、「高知から考える南海トラフ地震等広域災害への備え」(座長：安村誠司、奥田博子)、また、2020(令和2)年の第79回日本公衆衛生学会総会では、シンポジウムとして、「超高齢社会と人口偏在社会に

おける複合災害への備えをどうするか」(座長：安村誠司、高鳥毛敏雄)を開催した。このシンポジウムの中で、超高齢化と人口偏在化した社会において原発事故が起こった場合の住民の避難や避難生活の支援のあり方等について議論がなされた。

さらに、公衆衛生モニタリング・レポート委員会でも、「健康危機管理、保健所・衛生行政・地域保健」のグループ活動として、「健康危機管理に関する学術基盤の強化」、「産学官による危機管理調整システム普及」という個別課題の下、情報収集を行い、学会へ提言を行った。

VI. これからの当学会の活動を展望する

東日本大震災後の対応としては、学会HPでの意見表明、研究課題の公募等はあったが、被災地の求める実効性のある具体的な支援は当初できたとは言いがたい。その後も、研究プロジェクトの創設等の対応はあったが、保健医療福祉等の専門職が構成員である本学会の独自の存在を示すような活動は十分できたとは言えないと考える。

2020(令和2)年、新型コロナウイルス感染症の拡大により、公衆衛生の現場では、保健所他、行政関係者、公衆衛生関係者は、未だ終息が見えない中で、極めて大きな役割を果たしてきている。日本には現在、原子力発電所が50基以上もある。原発事故は決して起こって欲しくない災害であることは言うまでもないが、東日本大震災における福島原発事故を考えると、「事故は起こらない」という前提ではなく、「事故は起こる可能性がある」という前提での準備、予防対策が重要である。2020(令和2)年の第79回日本公衆衛生学会総会でのシンポジウムでも議論されたように、超高齢社会、人口偏在社会のもと、感染症下での避難者等の命と健康をいかに守るのかは、極めて重要な課題であるが、解決が大変困難であり、喫緊の対応が求められている。

東日本大震災、そして、その後の原発事故の経験を踏まえ、その総括を行い、起こってはならない原子力災害への適切な対応のあり方を本学会として提言していきたいと考える。

日本公衆衛生雑誌

日本公衆衛生学会では、日本公衆衛生雑誌(月刊)を発行している。

日本公衆衛生雑誌の目次および主要記事は、下記で見ることができる。

<https://www.jsph.jp/journal/index.html>



(文責：担当理事 安村 誠司(災害・緊急時公衆衛生活動委員会委員長))

福島復興に向けての化学工学会の活動

化学工学会 会長 石戸 利典

I. (公社)化学工学会とは

本学会は、1936年に化学機械協会として創立され(創立時会員数162名)、1956年に化学工学協会さらに1989年に現在の化学工学会に改名し、現在に至っている。現在、7支部、14部会体制で運営しており、約6,800名の会員が所属している。化学工学は、合理的な化学プロセスの開発・設計・操作法の確立を目的とする学問(単位操作)として発展してきた。現在は、化学に限らず、問題解決のための手法を提供する総合学問分野として展開しており、適用分野も、製鉄、金属、繊維、プラスチック、紙パルプ工業、食品、医薬品、さらに石油精製、原子力などのエネルギー産業などと広範囲に広がっている。また、企業と大学等公的研究機関会員が強い連携をもって活動を行っている点も本会の大きな特徴である。

2011年の事故直後から、各種プロセス技術の専門家として、学会員が個別に復興対策に寄与してきたが、原発事故に対する対策が、応急処置から持続的な対応に変わりつつあった2014年6月、学会内に理事会直轄の組織として「福島原発事故対策検討委員会」を設立し、組織的な活動を開始した。そして、2017年10月に「福島原発事故対策に関する化学工学会福島原発事故対策検討委員会からの提言」(後述)を出し、化学工学会として今後寄与すべき項目をまとめた。

事故発生7年を経過した2018年からは、多くの情報が公開されていることを踏まえ、クローズドな委員会からオープンな「福島復興・廃炉技術研究会」と衣替えし活動を継続している。以下、当学会および学会員が、福島復興に関してこれまで取り組んできた内容と、今後取り組もうと考えている内容について簡単に紹介する。(学会Web-siteは、<http://www.scej.org/>)

II. 福島復興・廃炉技術研究会の活動

福島第一原子力発電所事故後、当学会では上述した委員会、研究会が中心となり、化学工学にかかわる研究者・技術者が、オンサイト、オフサイトの問題解決にいかに関与すべきかの議論を深めるため、会員や外部講師による講演をベースとした研究会活動を行うと共に、2016年より春の年会において継続的にシンポジウムを実施している。以下に、これまでのシンポジウムのプログラムを示す。

2016年第81年会「福島原発事故復興促進への化学工学の寄与」

- ・福島第一原子力発電所の廃炉・汚染水対策の状況について(経産省エネ庁)平井 裕秀氏
- ・東電福島第一原発の廃止措置の全体戦略(原子力損害賠償・廃炉等支援機構)沼田 守氏
- ・福島第一原子力発電所事故対策により発生した廃棄物に関する課題について(東海大学)浅沼 徳子氏
- ・福島第一原子力発電所汚染水処理の概要と今後の取組(東芝)池田 昭氏

2017年第82年会「福島原発事故復興の現状と復興促進への化学工学貢献」

- ・福島原発事故対策検討委員会の活動報告と提言(京都大学)長谷部 伸治氏
- ・福島環境回復に向けた取り組みの現状と課題(国立環境研究所)大迫 政浩氏
- ・除染のあとに必要なこと(福島大学)佐藤 理夫氏
- ・東北大学の取組紹介：廃止措置のための格納容器・建屋等信頼性維持と廃棄物処理・処分に関する基盤研究および中核人材育成プログラム—特に化学工学と廃棄物処理・処分との関連—(東北大学)新堀 雄一氏
- ・福島第一原子力発電所の状況について(東京電力)白木 洋也氏
- ・IRIDにおける燃料デブリ取り出し技術の開発状況(国際廃炉研究開発機構)高森 謙朗氏
- ・原子力機構における福島県の環境回復に関する取り組み(日本原子力研究開発機構)飯島和毅氏
- ・福島原発事故に対するシニアエンジニアの取り組み(SCE・Net)横堀 仁氏

2019年第84年会「福島復興と廃炉技術の現状と課題」

- ・福島廃炉に関する技術開発の俯瞰(東大)鈴木 俊氏
- ・国際廃炉研究開発機構(IRID)における1F廃炉の技術開発の状況(国際廃炉研究開発機構)奥住 直明氏
- ・福島第一原子力発電所事故で発生したCs汚染土壌の浄化技術(東工大)竹下 健二氏

2020年第85年会「福島復興・廃炉技術シンポジウム」
(コロナ禍によって開催中止、要旨のみ公開)

- ・トリチウム水の適切な処理について(京大)長谷部 伸治氏
- ・1F2号機デブリ冷却を停止した場合のRPV, PCVの上昇温度の推定(SCE・Net)橋本 升氏
- ・高圧洗浄技術を応用した新規放射能汚染土減容化技術の開発(早稲田大ほか)正田 武則氏・松方 正彦氏・山崎 淳司氏・志方 洋介氏・水戸 洋彦氏・相川 光明氏・上林 俊明氏・森山 克彦氏
- ・福島第一原子力発電所の廃炉のための技術戦略プラン2019(汚染水対策)(原子力損害賠償・廃炉等支援機構)中村 紀吉氏・野下 健司氏・北本 幸義氏

なお、所属のSCE・Netとは、化学工学会の一組織で、化学工業を主体とする分野で活躍してきたシニアケミカルエンジニアがこれまでの知識と技術を活かした社会貢献を行うための組織であり、福島復興に関しても積極的な取り組みを行っている。次項で、その活動を簡単に紹介する。

Ⅲ. SCE・Netの活動

学会内に設置されているSCE・Net(100名ほどのシニアの学会員による活動組織: <http://www.sce-net.jp/>)のメンバーは、次の二つの活動を行ってきた。一つは、東日本大震災の翌年(2012年)以来、原子力学会からも講師を招き、年間10~15回の社会人向け公開講座を開講し、原子力の基礎から応用まで技術的、環境的側面からの理解を深める活動を実施してきている。2020年度は新型コロナウイルスの感染拡大防止の観点から開催中止となったが、2021年度はオンラインにより講座を復活する予定である。これまでの講義数は104で、通算195名の一般市民に受講生として参加いただいている。

二つめは、SCE・Net内にシニアの立場から、福島復興への貢献を目的とした研究会(福島問題研究会)を2015年度から立ち上げ活動を開始したことが挙げられる。福島原発事故に起因する諸問題に対し、シニアとしての貢献が期待される課題を抽出し、化学工学の立場から提言を行うという志を共有する会員が集まり、毎回10名程度での研究会が今日まで50回程度、継続実施されてきている。オンサイトとオフサイトの現状についての情報共有や、原子力損害賠償・廃炉等支援機構(NDF)、国際廃炉研究開発機構(IRID)、檜葉遠隔技術開発センター、廃炉環境国際共同研究センター、東京電力廃炉資料館、東京電力福島第一・第二原子力発電所等の関係機関を訪問し、現場を視るとともに現場の声を聴くことにも努めてきている。

このように、個々の会員が自己の専門の研究実績や、長年に亘って培ってきた豊富な経験をボランティアベースで福島をはじめとする東北復興に寄与しておられることは学会としては有難い限りである。

Ⅳ. 化学工学会からの提言

福島原発事故対策検討委員会が、2017年に学会員に対して行った「福島原発事故対策に対する提言」の概要を紹介する。4章からなり、地域やサイト内での諸問題に関して、学会員が貢献すべき項目をまとめている。全文は、下記Web-siteを参照されたい。

<http://www.scej.org/act-eve/organization/org-fukushima.html>

1. 趣旨
2. 地域の課題
 - 2.1 土壌除染：大量処理を前提とした洗浄技術、分級技術、分離技術など
 - 2.2 汚染物質の焼却処理：最適システム構築、運転データ集約・解析法など
3. サイト内の課題
 - 3.1 建物外敷地除染：焼却による減容化や複数の処理の融合による廃棄物量最小化のスキーム構築など
 - 3.2 サイト内汚染水浄化：二次廃棄物の処理、保管、最終処分、処理最適化、安価な吸着剤の開発など
 - 3.3 港湾汚染水浄化：安価な吸着剤の製造法、投入・回収方法や使用後の吸着材の取扱いなど
 - 3.4 廃炉、燃料デブリの取り出し：水中の放射性核種の除去、ビジュアル化、モニタリング法など
 - 3.5 安全、リスク管理：非定常で難度の高い業務に対する人に着目したリスク管理法など
 - 3.6 除染、廃炉のための工場運営：化学工場と見なした取り扱いの必要性など
4. 連携・体系化：適切な情報が適切な研究者や技術者に届く仕組み作り、情報整理の必要性など

Ⅴ. 今後の活動

事故から10年が経ち、これまで提案、実施されてきたさまざまな取り組みを総括できる時期となっている。得られているデータをフルに活用して、コストを意識した除染法、廃炉技術の提案が必要であり、これを行っていくことが、化学工学を専門とする技術者の責務で、またそれが方法論の学問として発展してきた化学工学が最も貢献できる分野でもある。本学会としては、上記「提言」をベースに、福島復興・廃炉技術研究会が中心となって、20年後、50年後を見据えた活動を行っていきたいと考えている。

化学工学誌

化学工学会では「化学工学」(月刊)、和文論文誌(隔月)、英文論文誌(月刊)を発行している。

なお、化学工学会のホームページは<http://www.scej.org/>であり、「化学工学」の目次および記事の一部は、下記で見ることができる。<https://magazine.scej.org/>



放射性物質拡散予測モデルの不確実性の低減と活用

日本気象学会 学術委員会放射能汚染に関する対策部会

近藤 裕昭, 岩崎 俊樹, 佐藤 陽祐, 関山 剛,
滝川 雅之, 新野 宏, 鶴田 治雄, 山澤 弘実, 塩谷 雅人

I. 日本気象学会の概要

日本気象学会は1882年(明治15年)5月に東京気象学会として創立した。1888年6月に大日本気象学会と改称し、1941年7月18日には社団法人日本気象学会となった。2013年4月1日からは公益社団法人の認定を受け、学術研究のみならず、社会に開かれた学会を目指し活動している。学会の目的は、気象学、大気科学等の研究を盛んにし、その進歩をはかり、国内および国外の関係学協会等と協力して、学術および科学技術、ならびに文化の振興および発展に寄与することである。本会の目的に賛同する個人または団体は、国籍の如何を問わず入会でき、現在の会員数は約3,300名である。学会ホームページは <https://www.metsoc.jp/> である。

II. 放射能汚染に関する対策部会の位置づけ

日本気象学会には24の常設委員会がある。学術委員会はその1つで、中長期的視点から気象学およびその周辺の大気科学に関連する学術的な課題を議論・整理する目的で2008年に設置された。学術委員会の下には現在、航空機観測に関する検討部会、地球観測衛星部会、放射能汚染に関する対策部会、データ利用部会の4つの部会が設置されている。日本気象学会では、福島第一原子力発電所事故(以下福島事故という)直後、学会理事長直属の組織として「原子力関連施設の事故に伴う放射性物質拡散に関する作業部会」を設置し、緊急時迅速放射能影響予測ネットワークシステム(SPEEDI)が福島事故時に活用されなかったことに対して「原子力関連施設の事故に伴う放射性物質の大気拡散監視・予測技術の強化に関する提言」および「原子力関連施設の事故に伴う放射性物質の大気拡散に関する数値予測情報の活用策について」を2014年12月にまとめた^{1, 2)}。その後原子力関連施設の事故発生時の放射性物質拡散への対処についてその学術的な課題を整理し、解決を図るため作業部会を発展的に解消して学術委員会の下に新たに放射能汚染に関する対策部会を2016年7月に発足させた。なお、原子力関連施設の事故に関連した日本気象学会の2016年までの活動については本誌にも紹介している^{3, 4)}ので、今回はそれ以降の活動について主に紹介する。

III. 拡散予測モデルの不確実性の低減にむけた国際比較の実施

原子力規制委員会は事故にともなう放射性物質の発生量と気象予測に対する不確実性が大きいことを理由としてSPEEDIを原子力災害防護措置に使用しないとした⁵⁾。大気現象は非線形であるため、拡散予測モデルなどの数値モデルによる予測を行う際には、入力・境界条件に使用する観測データの不確かさや、計算スキームやパラメタリゼーションなどに内在する不完全さを原因として、予測時間の増大と共に不確実性が増大することは避けられない。さらに、同じモデルでもモデルの使い方によって結果にばらつきが生ずる可能性もある。数値モデルの有するこのような不確実性を低減するには、一般にVerification & Validation(V&V)などによる不確かさの評価やモデル間比較による不確かさや不確実性の原因の究明などが試みられてきている⁶⁾。福島事故直後、WMO/UNSCEARにより福島事故による放射性物質の拡散・沈着を対象とした拡散予測モデルの国際比較が実施されたが⁷⁾、その後は日本が中心となって福島第一原子力発電所(以下1F)から300km~500km程度のリージョナルスケールでのセシウム137の大気中濃度および沈着量に対する国際モデル比較がこれまでに4回にわたり実施されてきた(表1)。

No.1のWMO/UNSCEARのモデル比較では、福島事故時のセシウム137の放出量の時間変化や入力した気象データについては統一せずに参加者が適切と思われるデータを使用した。また検証用データも、1Fから約100kmの範囲のセシウム137の地上への総沈着量分布(2011年5月)と東海村における1地点のセシウム137の濃度の時間変化のデータしか当時は利用できなかった。

表1 これまでに実施されたリージョナルスケールの
拡散予測モデルの国際比較

No.	主催者	参加モデル数(国)	文献
1	WMO/UNSCEAR	5(日・英・加・オーストリア・米)	7)
2	日本学術会議	7(日・仏)	8)
3	名古屋大学	12(日・中・スウェーデン・仏)	9)
4	東北大学	4(日・仏)	10)
5	名古屋大学・北海道大学	9(日・中・仏)	11)

その後、大気環境常時監視局で監視されている大気汚染物質の一つである浮遊粒子状物質の測定済みフィルターテープに採取されていたセシウム 137 濃度の分析がなされ、関東地方および東北地方の 99 地点の 2011 年 3 月 12 日から 23 日までの間の大気中のセシウム 137 の 1 時間ごとの濃度データが公開された^{12, 13)}。当初はこの期間中に 9 個のプルーム(高濃度のセシウム 137 が周辺環境に輸送された現象)が確認されたがその後の詳しい分析により 19 ものプルームが確認され、そのうち 5 つが関東地方に到達した¹⁴⁾。表 1 の No.2, 3, 5 の相互比較にはこれらのデータの中から選ばれた地点の大気中セシウム 137 濃度、および文部科学省による航空機モニタリングによるセシウム 137 の地上積算沈着量¹⁵⁾が使用された。

拡散予測モデルの不確実性を与える要因は大別して 2 つある。気象データや発生源情報などの外的要因と、モデル内部に使用されている格子間隔、拡散係数、沈着過程などの内的要因である。表 1 の No.1, 2 の比較ではこれらを統一せずに行われ、No.3, 4, 5 では発生源情報 (No.3, 5 では文献 16, No.4 は単位放出¹⁷⁾) と気象データを統一した比較がなされた。No.3 の結果は No.2 の結果に対し総沈着量に対するパフォーマンスが向上しており、No.3, 4, 5 の結果からは各プルームの観測地点への到達時刻の観測と計算の差の平均がおおむね 2~3 時間以内におさまることが示された (1 F に近いほうが差は小さい)。また、降雨や霧に伴う湿性沈着過程、拡散係数、鉛直格子間隔などの内的要因による不確実性に関する今後の議論の必要性が示された。いずれのモデル比較においても異なるモデルの結果を足し合わせて平均したマルチモデルアンサンブルの結果が全モデルの中で最良のパフォーマンスを与えるモデルと同等またはそれ以上のパフォーマンスを示すことがわかった。

No.3 と No.5 の主な違いは、No.3 では気象データおよび拡散計算の格子間隔を 3 km としたのに対し、No.5 では格子間隔を 1 km にして解像度を向上させたことにある。この結果特に 1 F 近傍での地形の表現が向上して細かい風系の再現性がよくなり、福島県浜通りや阿武隈山地の北側を回って中通り方向に進んだプルームの再現精度が向上した。一方で遠方となる関東地方でのプルームの再現精度はほとんど変わらなかった。

IV. 不確実性を含む拡散予測モデルの結果の活用

日本気象学会「原子力関連施設の事故に伴う放射性物質拡散に関する作業部会」では、数値モデルによる予測情報の活用策を検討するとともにその妥当性を福島事故のいくつかの事例で検証した^{1, 10)}。原子力発電所などの事故があったときに、大気中に放出される放射性物質の量がリアルタイムで把握できる可能性は大変低い。一方拡散予測モデルの最大の利点は、事故の有無に依らず常

時行われている気象場の予測を利用して数時間から数日先の放射性物質の到達位置・時刻を予測することにより防災行動に対するリードタイムをかせげるところにある。No.4 では放射性物質の放出量がわからないことを想定して発生量は 1 Bq/m^3 の連続放出とした。この設定は実際には大規模な放射性物質の放出は間欠的に起こることが想定されるのに対して最悪のシナリオに対応するものである。また気象場のデータとしては気象庁の数値予報モデルが予測した各時刻の予報値を用いた点が重要である。これは他のモデル比較が、事後の気象観測データも使って各時刻の最も信頼できる状態を推定した(従って厳密な意味では予測とは言えない)「気象場の解析データ」を使って行われたのと本質的に異なる。

湿性沈着は、降水が無ければ地上にはほとんど落ちない放射性物質が、降水に捕捉されて地上に深刻な汚染を引き起こす現象であるが、降水の時間・空間分布の正確な予測は難しく、大きな不確実性の要因となっている。そこで、湿性沈着については、鉛直方向に積算したセシウムの総和量(降水により地上に落下する最大量)の予測と降雨予想域を勘案して「降水があれば汚染されている可能性がある」というアラートを出す手法を提案している。また、前節に述べたようにプルームの到達時間には 2~3 時間の予測のずれがあるためにこれを考慮して到達時間帯を広めにとった予測情報を出すことが考えられる。

福島事故時の湿性沈着による汚染事例については 4 つの異なる拡散予測モデルによる鉛直積算総和量の予測の比較実験を行った。その結果はモデル間で若干の分布の違いがあるものの、対象としたいずれのケースでも予測情報として有効に使えると判断された。原子力関連施設の事故のように稀にしか起こらないがいったん起これば甚大な影響を及ぼす事故に対しては、空振りを恐れずに、できる限り見逃しをしないような情報を出していくことが重要である。

V. おわりに

以上、日本気象学会の学術委員会放射能汚染に関する対策部会のメンバーが中心となって行ってきた、拡散予測モデルの不確実性の低減およびモデルの活用に関する最近の活動とその結果について紹介した。ここでの議論は現時点では 1 F の UPZ の範囲内の資料が少ないため、表 1 の No.5 を除けば UPZ の外側の議論になるが、福島事故では UPZ 外でも高濃度の放射能汚染が存在している。

事故直後、米国やフランスでは日本からの情報が入らない中で、炉心の損傷率を仮定した放射性物質の発生モデル、拡散予測モデル、モニタリング情報を駆使して現状の分析と予測を行い¹⁸⁾、防災関係者のみならず一般国民に対しても情報の提供をしていた¹⁹⁾。福島事故当時

の SPEEDI 等の予測手法の問題点の検証やモニタリングと予測の相補的な関係、また地元住民を含む関係者間での意思疎通がきわめて重要であることは日本気象学会も後援した日本学術会議のシンポジウム等でも指摘されている²⁰⁻²²⁾。今後も日本気象学会では拡散予測モデルの信頼性向上のための活動を実施していく予定であり、本稿で紹介したモデル比較と不確実性に関する情報、不確実性のある情報の活用法をまとめた気象研究ノートの発行を準備している。

日本気象学会機関誌「天気」ほかの刊行物

日本気象学会では機関誌「天気」(月刊)、英文論文誌気象集誌(隔月刊)、英文レター誌 SOLA、気象研究ノート(広く気象全般に関する研究および技術を教科書的に総合報告するもので、年に3巻程度発行)を発行している。なお気象研究ノート(非会員でも日本気象学会より購入可能)以外は、<https://www.metsoc.jp/publications/>から無償で閲覧できる。

略語表

SPEEDI: System for Prediction of Environmental Emergency Dose Information
 UNSCEAR: United Nation Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation
 UPZ: Urgent Protective action planning Zone
 WMO: World Meteorological Organization

－ 参考文献 －

- 1) 日本気象学会「原子力関連施設の事故に伴う放射性物質拡散に関する作業部会」, 2014 :
<https://www.metsoc.jp/default/wp-content/uploads/2014/12/teigen-201412.pdf>. (日本気象学会「原子力関連施設の事故に伴う放射性物質拡散に関する作業部会」, 2015 : 天気, 62, 113-123.).
- 2) 新野宏, 2014 :
<https://www.metsoc.jp/2014/12/17/2467>
 (新野宏, 2015 : 天気, 62, 111-112.).
- 3) 岩崎俊樹他, 2015 : 日本原子力学会誌, 57, 182-184.
- 4) 近藤裕昭, 2017 : 日本原子力学会誌, 59, 194-196.
- 5) 原子力規制委員会, 2014 :
<https://www.nsr.go.jp/data/000027740.pdf>.
- 6) たとえば COST Action ES1006, 2015 :
<http://www.elizas.eu/index.php/documents-of-the-action.html>.
- 7) Draxler, R. et al, 2015: J. Environ. Radioact. 139, 172-184.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2013.09.014>.
- 8) Kitayama, K. et al., 2018: J. Geophys. Res. 123(14), 7754-7770.
<https://doi.org/10.1029/2017JD028230>.
- 9) Sato, Y. et al., 2018: J. Geophys. Res. 123(20), 11748-11765.
<https://doi.org/10.1029/2018JD029144>.
- 10) Iwasaki, T. et al., 2019: Atmos. Environ. 214, 116830.
<https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2019.116830>
- 11) Sato, Y. et al., 2020: Atmos. Environ. X7, 100086.
<https://doi.org/10.1016/j.aeaoa.2020.100086>.
- 12) Tsuruta, H. et al., 2014: Sci. Rep. 4, 6717.
<https://doi.org/10.1038/srep06717>.
- 13) Oura, Y. et al., 2015: J. Nucl. Radiochem. Sci. 15, 2_1-2_12.
https://doi.org/10.14494/jnrs.15.2_1.
- 14) Tsuruta, H. et al., 2018: Geochem. J. 52, 103-121.
<https://doi.org/10.2343/geochemj.20520>.
- 15) Japanese Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT), 2011:
http://radioactivity.nsr.go.jp/en/contents/4000/3179/24/1270_1216.pdf.
- 16) Katata, G. et al., 2015: Atmos. Chem. Phys. 15, 1029-1070.
<https://doi.org/10.5194/acp-15-1029-2015>.
- 17) World Meteorological Organization, 2014:
<http://www.wmo.int/pages/prog/www/DPFSERA/td778.html>
- 18) Pullen, J. et al., 2013: Bull. Amer. Meteor. Soc., 94, 31-39,
<https://doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00158.1>
- 19) "International workshop on dispersion and deposition modeling for nuclear accident releases" local organizing committee, 2015:
<http://venus.iis.u-tokyo.ac.jp/english/workshop/newE.htm>
- 20) 日本学術会議, 2017:
<http://www.scj.go.jp/ja/event/2017.html>
- 21) 大久保修平他, 2018 : 学術の動向, 2018, 23(3), 9-64.
- 22) 矢川元基他, 2020 : 学術の動向, 2020, 25(6), 10-65.

廃棄物資源循環学からの汚染廃棄物への対処

廃棄物資源循環学会 担当理事, 大迫 政浩
国立環境研究所

I. 廃棄物資源循環学会の成り立ち

廃棄物資源循環学会は、物質循環と廃棄物管理に関する学の体系化を進め、学術的立場から社会の先導的役割を担い、循環型社会の形成と廃棄物問題の解決に貢献することを目的として、1990年3月に「廃棄物学会」として設立され、その後2008年に「一般社団法人廃棄物資源循環学会」として継承され現在に至っている。2千を超える個人会員と2百を超える公益団体を含む法人会員で構成されている。(学会 HP は、<https://jsmcwm.or.jp/>)。

II. 災害廃棄物対策・復興タスクチームの結成

東日本大震災発災直後の2011年3月18日に「災害廃棄物対策・復興タスクチーム」を発足させた。実施可能な支援を行いつつ記録として残すとともに、将来に向けての調査研究の実施により、学術的・体系的な知見として取りまとめることを目的とした。主な支援活動は、以下のとおりである。

1) 現地への専門家派遣による支援

タスクチームとして、発災2週間後から専門家を仙台市に派遣し、仙台市を基点として宮城県内の被災地調査および行政支援を行った。その後も岩手県への支援などを精力的に行った。

2) 災害廃棄物分別・処理戦略マニュアル

現場支援を通じて蓄積された技術的知見等は、「災害廃棄物分別・処理マニュアル」として取りまとめ、タスクチーム HP から発災後3か月間に逐次公開した。これらの知見をもとに、「災害廃棄物分別・処理実務マニュアル—東日本大震災を踏まえて」として2012年6月に発刊し、その後の実務者向けバイブルとして活用されている(図1)。

3) 津波堆積物処理指針

津波に伴う大量の堆積物の適正処理に向けて、環境省

からの委託を受けて、処理の基本的な流れから撤去作業や収集運搬、保管、中間処理方法に関する技術的事項を「津波堆積物処理指針」として取りまとめた。環境省からは7月に正式に発出され、円滑な処理に活用された。

4) 災害廃棄物の燃焼試験

東日本大震災では、海水をかぶった災害廃棄物が大量に発生した。学会は岩手県からの依頼を受け、塩分を含む災害廃棄物処理に関する検討を進め、2011年8月に「災害廃棄物の燃焼試験に関する報告書」を岩手県に報告し、対外的にも発出した。海水浸漬木材を含む混合可燃ごみの適正処理性能を確認し、放射性物質の挙動も併せて確認した。その結果は、その後の仮設焼却炉(図2)での処理や広域処理の推進に貢献した。燃焼試験では、通常ごみに20%の災害廃棄物を混合させて、通常の廃棄物焼却施設で実証試験を行い、廃棄物中の放射性セシウムが排ガス中に移行し、粒子状の形態でバグフィルターに高効率で除去され、煙突出口では検出下限未満であったことを示した。他にほとんど基礎データが存在しない中で、焼却処理の安全性に関する客観的な根拠となった。

III. 放射性物質を含む廃棄物への対処に関する貢献

原発事故によってもたらされた一般環境の放射性物質による汚染は、東日本エリアに広域に認められた。都市活動によるモノの流れに伴って放射性セシウムは移動し、ごみ処理や下水処理過程で濃縮され、汚染された廃棄物の処理が課題となった(図3参照)。除染措置によっても大量の除染廃棄物が生じた。

放射性物質による汚染からの環境回復のための取り組みは、国が2011年8月に公布した「放射性物質汚染対処特別措置法」(以降、特措法)に基づいて推進されてきた。



図1 「災害廃棄物分別・処理実務マニュアル」(2012.6)



図2 東日本大震災時の災害廃棄物の仮設焼却炉 (石巻市, 2012年10月撮影)

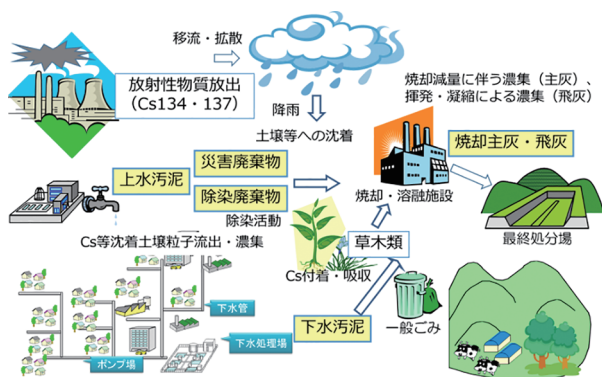


図3 廃棄物処理に伴う放射性物質問題の構造

法の枠組みを構成する二つの柱は、土壤汚染対策法を参考につくられた除染と除去土壌の処理、そして廃棄物処理法を参考につくられた汚染廃棄物の処理である。

都市活動や除染措置によって生じた放射性物質を含む廃棄物は、これまでの原子力関連施設で生じる放射性廃棄物と異なり、質的に不均一できわめて多様であり、かつ膨大な量であった。そのような特性から、放射性物質を含む廃棄物等の処理は、廃棄物資源循環学の分野で培った技術が活用され、そこに放射線管理の考え方を融合させることによって対処されてきたと言える。

事故以降、当学会の多くの産学の会員が廃棄物資源循環学のこれまでの技術的知見を踏まえて放射性物質汚染廃棄物の適正処理技術の研究開発に貢献し、国等が推進する取組みを支えた。研究開発の成果は、毎年の研究発表会、学会誌・論文誌等で発表、共有され、廃棄物処理過程での放射性セシウムの挙動やその制御の考え方の理解を深化させ、同時に研究のすそ野を広げることに貢献してきた。

当学会の貢献として特筆すべきことは、環境省より2011年度から2013年度にかけて「廃棄物関連試料の放射能分析方法に関する調査委託業務」を受託し、廃棄物関係ガイドラインの放射能測定方法に関する知見を提供してきたことである。

事故以前において、多様で不均一な廃棄物や処理施設での試料採取を含む放射能の測定・調査方法の公定法は、当然存在していなかった。特措法に基づく汚染廃棄物等の適正管理のためには、放射能の的確な監視が必要である。そこで、廃棄物分野や放射線管理分野等の専門家が共同で研究会をつくり、廃棄物等の放射能調査・測定法暫定マニュアル(第1版)(以下、本マニュアル第1版)を取りまとめて2011年11月11日に公表した。本マニュアルは、その後に環境省により策定された「廃棄物関係ガイドライン」の「第一部汚染状況調査方法ガイドライン」、「第五部放射能濃度等測定方法ガイドライン」において参照された。また、環境省から受託した「廃棄物関連試料の放射能分析方法に関する調査委託業務(2011～2013年度)」において検討を進め、精度管理等に

関する知見を集積した。それらの成果は、先述の廃棄物関係ガイドラインの改訂にも参考にされた。その後、本マニュアル第一版に新たな情報を追加し、実務的に使いやすい手引きとして改訂し、第2版を2014年7月に公表した。

廃棄物等の放射能調査・測定法マニュアル(第2版) 2014年7月公表

○共通的事項

- 1)適用範囲、2)作業安全の確保、3)廃棄物等の放射能測定における資料取り扱い事項(保管、廃棄等)、4)測定機器、5)精度管理

○個別的事項

- 1)空間線量率、2)排ガス、3)粉じん(破碎施設)、4)排水、公共水域の水、周縁地下水、5)廃棄物(灰、汚泥、廃稲わら、廃堆肥等)、6)溶出量、7)作業環境

IV. 廃棄物資源循環学における今後の展望

原発事故に伴う環境汚染により、都市活動に伴い放射性セシウムが廃棄物処理過程へ流入した。廃棄物焼却施設では、かつて経験したダイオキシン問題への対処として整備された高度な制御技術が、放射性セシウムにも極めて効果的に機能した。一方で、埋立処分においては、放射性セシウムの溶出性の高い焼却飛灰の安定化技術に追加的な対応が必要であった。その他、廃棄物資源循環学における調査研究に基づき得られた多くの知見が、中間貯蔵や減容化・再生利用の技術、測定分析技術などにも活用されている。

福島原発事故後10年が経過したが、関連する問題の解決にはいまだ時間を要する。加えて、将来、福島事故と同様の事象が世界のどこかで起こるとも限らない。廃棄物資源循環学として関連する知の体系化を通して、福島事故からの再生、将来への備えのために貢献していくべきと認識している。

－ 参考資料 －

- 1) (一社)廃棄物資源循環学会災害廃棄物対策・復興タスクチーム：災害廃棄物の燃焼試験に関する報告書、2011年8月、<http://eprc.kyoto-u.ac.jp/saigai/report/files/IncinerationTestingReport%20of%20DisasterWaste110802.pdf>
- 2) (一社)廃棄物資源循環学会：廃棄物等の放射能調査・測定法マニュアル(第2版)、<https://jsmcwm.or.jp/wp-content/uploads/2014/07/26a73ad7a8f42aba210a427b9437888a.pdf>
廃棄物資源循環学会誌での特集
- 3) 「放射性物質を含む廃棄物の測定分析」24巻4号(2013)「放射性物質汚染からの環境回復と復興―汚染廃棄物・除去土壌への対処の現状と今後の課題―」30巻1号(2018)

日本森林学会と森林の原子力災害

日本森林学会 理事, 大久保 達弘
宇都宮大学農学部森林科学科

日本森林学会は 1914 年に創立

日本森林学会は、森林・林業を総合的に扱い、環境の維持増進と林産物の供給などの森林の価値や機能に関する研究の発展に努め、国民ひいては人類の生活・文化の向上を目的に 1914 年に創立された。現在、約 3,000 名の会員で構成されている。

(学会 HP は <https://www.forestry.jp>)

I. はじめに

2011 年 3 月 11 日の東北地方太平洋沖地震後に起こった福島原発事故による森林への放射線影響は、初期の直接的汚染段階から長期的影響の段階へ移行しつつあり、震災や津波からの回復とは大きく異なる経過を辿ろうとしている。福島県周辺の 17 都県の汚染地域(空間線量率 $0.1 \mu\text{Sv/hr}$ 以上)の多くは森林が優占し、森林生態系の土壌、流出水のみならず樹木、林床植物、動物、菌類など広範な生物相への食物連鎖などの生態プロセスを通じた環境放射能汚染、被ばくによる人体障害が懸念されてきた。また放射性物質の除染は当初の教育施設・居住地域・農地に限られ、面積的に広い森林を対象とした除染はこれまで住居周辺を除くと手つかずである。

原発事故当初、森林はフィルターとして機能し都市や農地を放射線災害から護ったと考えられるが、その後は沈着した放射性物質が周辺農地や水辺などの周辺生態系(里山景観)へ与える影響が課題となった。現在、森林・林業・林産業に関連して、きのこ原木、おが粉、調理用薪、木炭、野生きのこ、山菜、野生獣および腐葉土などにさまざまな規制が継続しており、それに伴った地域材や特用林産物などの風評被害も顕在化している。危急な森林災害ゆえに国内外の関連研究者、国・地方の行政担当者、一般市民の間の情報共有が必要とされている。ここでは森林学会が、この課題に対してどのように対応し向き合ったかについて述べてみたい。

II. 学会などでの成果の公表

福島原発事故の森林への放射能汚染に対しては、森林学会として組織的な研究プロジェクト等はない。一方、会員レベルでは、毎年 3 月学会大会時の企画シンポジウムや公募セッション、関連研究集会において口頭発表、ポスター発表およびシンポジウム形式の討論会が開催されてきた。また出版関係については、森林学会が刊行する日本森林学会誌(和文論文誌)、Journal of Forest Research(英文論文誌)、森林科学(情報誌)において特集号が企画され出版された。

原発事故から 1 年経過した 2012 年 3 月末に宇都宮大

学で開催された第 123 回大会において、会員有志によるシンポジウム「福島第一原発事故による森林生態系の放射能汚染の実態」が開催され、10 件の口頭発表があった。原発事故から 1 年経過した 2012 年 3 月末に宇都宮大学で開催された第 123 回大会において、原発事故から一年以内における森林生態系内の放射能汚染の実態を明らかにすることを目的に、会員有志によってシンポジウム「福島第一原発事故による森林生態系の放射能汚染の実態」が開催され、10 件の口頭発表があった。チェルノブイリ事故において森林生態系の放射能汚染の本格的研究が開始されたのは事故から数年経ってからであるため、福島原発事故の研究は森林生態系における放射性セシウムの初期値としての貴重なデータとして位置づけられた。また第 123 回大会の関連研究集会として「福島原発事故の森林生態系への放射能汚染影響を考える」研究会が開催され、まずチェルノブイリ原発事故での先行事例について国立ウクライナ生命・環境科学大学から招へいした Sergiy Zibtsev 氏による講演の後、国内外の先行研究事例や最新知見が紹介され、今後の研究およびリスク管理の方向性に関して意見交換を行った。また、これに関連する記事は、「森林科学」の特集号として公表された(大久保ほか 2012)。

それ以降、学会大会時の公募セッションの中で森林への放射能汚染に関する討論が行われ、立地、防災・水文、造林、林政、動物・昆虫、特用林産関連の研究成果が以下のように公表された。

- ・ 124 回大会(2013.3)(盛岡)「森林生態系の放射能汚染の実態解明に向けて」：発表 22 件、森林の放射能汚染モニタリング、樹木による放射性 Cs の吸収や樹体内移動、森林流域からの流出、汚染対策、都市周辺のホットスポットでの森林汚染の放置課題および共通用語や標準的な分析方法の確立の必要性の提案など(金子・大久保 2013)。
- ・ 125 回大会(2014.3)(大宮)「森林生態系の放射能汚染を考える」：発表 30 件、森林性の野生生物の放射性 Cs 汚染、樹木による放射性 Cs の再吸収、地域住民との取り組み、スギの心材中に高濃度の放射性 Cs 濃度の検出など(金子・大久保 2014)。
- ・ 126 回大会(2015.3)(札幌)「森林生態系の放射性セシウム汚染とその対策」：発表 34 件。これまでの研究成果と新しく研究を開始した研究者による発表を加えた議論など。
- ・ 127 回大会(2016.3)(藤沢)「林業復興に向けた森林生態

系の放射性セシウム汚染の実態解明とその対策」：発表 36 件，森林の放射性 Cs の沈着および動態，樹木による放射性 Cs の吸収と樹体内の移動，森林の放射能汚染の対策および除染，林業と里山利用，林業復興など(大久保・金子 2016)。

- ・ 128 回大会(2017.3) (鹿児島)「森林生態系中の放射性セシウム汚染に関する新たな知見」：発表 9 件，汚染状況の将来予測，被災地における森林・林業の復興のための議論など。
- ・ 129 回大会(2018.3) (高知)「被災地での林業活動再開のために森林の放射性セシウム研究から見えること」：発表 27 件，避難指示解除後の地域における森林の取り扱い，林業再開を支援するための知見の公表など。
- ・ 130 回大会(2019.3) (新潟)「準平衡状態へと分布が移行する中での森林の放射性セシウム研究」：発表 31 件，事故から 5 年以上経過した準平衡もしくは平衡状態下における放射性セシウムの分布動態に関する知見の報告など。
- ・ 131 回大会(2020.3) (名古屋)「2020 年からの放射能研究」：発表 34 件，原発事故後の放射性セシウムの分布動態を準平衡状態ととらえ，さまざまな時空間スケールで森林内の放射性セシウムの挙動をより詳細に理解し，森林および林産物の汚染問題の解決または緩和技術の開発，将来のための指針に繋げていくための議論など(新型コロナウイルス感染拡大防止のため中止)。
- ・ 132 回大会(2021.3) (府中)「森林の放射能研究のこれまでとこれから」：発表 23 件，事故後 10 年という節目であることから，これまでの研究の総括と今後の研究のあり方について議論していくためのセッションとして企画シンポジウムを開催予定。

以上 10 年間で森林学会大会での総発表件数は 256 件に上った。その他にも，学会の支部学会(東北森林学会，関東森林学会など)においても森林放射能汚染関連発表が行われてきた。

Ⅲ. 学会誌等による成果の公表

日本森林学会誌(和文論文誌)において，2015 年に特集号「東京電力福島第一原子力発電所事故による森林の放射能汚染」として 7 題が公表された(金子 2015)，Journal of Forest Research (JFR) (英文論文誌)では「福島原発事故後の森林生態系における放射性セシウムの動態：初期 5 年間の経験(英文)」として 6 題が公表された(Ohkubo et. al., 2018)。また情報誌「森林科学」では，これまで 3 回の特集が企画され，森林科学 65 号，第二特集「福島原発事故の森林生態系への放射能汚染影響を考える」で 5 題(大久保ほか 2012)，森林科学 72 号 特集「原発事故と福島の森林再生」で 7 題(高橋 2014)，森林科学 91 号 特集「森林の放射能汚染のゆくえ」で 8 題(篠宮ほか 2021 (印刷中))が公表された。

Ⅳ. おわりに

63 年前の 1957 年(昭和 32 年)の日本林學會誌 39 巻第

5 号の「資料・雑録」に四手井綱英氏による「降水中に含まれる放射性物質による苗畑苗木の汚染について」が公表された。氏は「里山」の提唱者で知られた研究者である。おそらくこれが森林学会(当時は日本林学会)での森林放射能研究の最初または初期の発表であろう。1950 年代当時は大気圏核実験が盛んに行われており，測定器自体が大変貴重な時代であった中，先見の明を持って樹木の放射能への影響を調べたこの研究は注目に値する(高橋 2014)。それから半世紀，チェルノブイリ原発事故(1983 年)や日本における福島原発事故によって森林の放射能研究への関心が高まるとともに大きく発展した。しかしその後の 1987 年の四手井綱英著「森林保護学」では，森林災害の中の人為的災害として森林火災と大気汚染があげられているが，原子力災害は含まれていない(四手井ほか 1987)。今後森林生態系への原子力災害は人為的災害の中に分類され議論されるであろう。林業は，超長期にわたる生物生産活動であり，森林生態系内の除染が行われない場合，長期にわたる森林の管理には放射性核種のモニタリングとそれに基づく対応が欠かせない。学会会員の今後の継続研究に期待するところである。

会報の紹介：森林学会誌，Journal of Forest Research，森林科学

定期刊行物：日本森林学会では，和文論文誌「日本森林学会誌」(隔月刊)，英文論文誌「Journal of Forest Research」(隔月刊)，情報誌「森林科学」(年 3 回刊)を発行している。定期刊行物の情報は学会 HP (<https://www.forestry.jp/publish/>) で見ることができる。

－ 参 考 文 献 －

- 1) 金子真司(2015)特集「東京電力福島第一原子力発電所事故による森林の放射能汚染」森林学会誌 97(1): 30-80.
- 2) 金子真司・大久保達弘(2013)森林生態系の放射能汚染の現状を考える. 森林技術 854: 34-35.
- 3) 金子真司・大久保達弘(2014)森林生態系の放射能汚染の実態解明に向けて. 森林技術 866: 24-25.
- 4) 大久保達弘・金子真司(2013)林業復興に向けた森林生態系の放射性セシウム汚染の実態解明とその対策. 森林技術 890: 28-29.
- 5) 大久保達弘・金子真司・金子信博・田中 浩・Sergiy Zibtsev・Valerii Kashparov・Vasyl Yoschenko・吉田 聡・恩田裕一(2012)第 2 特集 第 123 回日本森林学会関連研究会「福島原発事故の森林生態系への放射能汚染影響を考える」. 森林科学 65: 26-44.
- 6) Ohkubo, T., Kaneko, N., Kaneko, S., Miura, S., Okada, N. & Yoschenko, V. (2018) Radiocesium dynamics in forest ecosystems after the Fukushima Nuclear Power Plant accident: experiences during the initial five years, Journal of Forest Research, 23: 1, 1-2, DOI: 10.1080/13416979.2018.1429733
- 7) 四手井綱英編著(1987)森林保護学，朝倉書店.
- 8) 高橋正通(2014)原水爆実験の時代におこなわれた樹木と放射能の研究 森林科学 71: 25.
- 9) 高橋正通(2014)福島原発事故による森林汚染と除染. 森林科学 72: 2-4.

東日本大震災における先遣隊・プロジェクト活動

日本災害看護学会 理事長 酒井 明子

日本災害看護学会は1998年に発足

日本災害看護学会は、1995年阪神・淡路大震災や地下鉄サリン事件など未曾有の災害発生を契機に発足した学会である。国内外ならびに学際的なネットワークを発展させ、研究・情報の蓄積を通して災害看護学の構築を目指すことが社会的な使命である。現在の会員数は約1,400人で、その主な内訳は大学などの研究機関、医療機関である。(学会HPは<http://www.jsdn.gr.jp/>)

I. 日本災害看護学会先遣隊活動

日本災害看護学会では、東日本大震災発生翌日(12日)に福島・宮城・岩手方面に3部隊、その後千葉・茨城方面に先遣隊を2部隊派遣した。被害の甚大な被災地では物資調達が困難になるため、日用品など不足すると思われる物資を購入して被災地入りした。被災地域は広範囲であり高速道路も通行止めや交通規制があり、更に雪のため被災地入りは難航した。被災現場で情報収集しながら、避難所支援や現地の支援体制構築をサポートした。被災地の現状や課題をタイムリーに学会本部に伝え、学会本部は関係組織とテレビ会議で情報共有した。

<福島・宮城第一次隊の活動>

災害発生翌日(12日～)急性期の時期に福島県で活動した。被災地は更なる津波発生の恐れや見えにくい原発の問題があり、住民は避難所移動を何度か余儀なくされていた。原発問題は、明確な情報がないため、住民間で被ばくに関する噂が回っていた。避難者数は日を追うごとに増加し、指定避難所以外に、住民は自主的に家を探し避難所としていた。また、電話やメールが繋がりにくく、ガソリンなどの物資不足もあり支援に支障をきたす中、行方不明者の捜索が続いており安否確認に追われていた。肺炎や喘息症状の増悪、ストレスと寒冷による呼吸器疾患の増加、低体温症、車中泊の方の肺塞栓症、感染症の増加、下痢など胃腸症状の出現など、今後の災害関連死の増加が懸念された。

避難所の支援は人的資源が圧倒的に不足しており、被災者への個別対応には限界があった。特に要配慮者の問題は深刻だった。福祉避難所が開設されていないことで、特に高齢者の健康状態の悪化が懸念された。妊婦や乳幼児への支援、子どもたちへの心のケア、学習支援、日本語が理解できない外国人の方々への支援など多くの問題に対応した。

<原発から20キロ圏内のA病院看護師ヒアリング>

看護師からの情報では、津波が泥を巻き込んで真っ黒

になって押し寄せてきたという。3号機爆発、4号機火災発生後、病院に支援者は誰も来なくなり、院内の少数の職員で患者を避難させ、呼吸状態の悪い患者にはアンビュー(蘇生バッグ)で蘇生した。調理や掃除などの業者支援もないため食事は職員で準備するなど、少数の職員ですべての業務に対応した。テレビでは他県への支援者の姿が報道されているのに、福島には誰も支援に来てくれず、自身は避難できない葛藤もあり、悲しい悔しい、とてもやるせない気持ちになっていた。避難所では、物資が届かず備蓄物資を消費するしかなく、寒さ厳しい中、高齢者の中には症状が悪化する人も増え、精神疾患の人は混乱する状態であり、必死の思いで問題を解決していったとのことだった。医療従事者の支援は圧倒的に不足していた。

II. 東日本大震災看護プロジェクト活動

平成23年度、日本災害看護学会では、国内外から集まった募金を活動資金として「東日本大震災看護プロジェクト」を設置した。災害急性期の先遣隊活動を継続することの必要性から本プロジェクトは立ち上がり、中長期的な被災地の支援活動や看護支援の状況調査を行った。平成24年度からは学会として予算化し、平成28年まで継続的に活動した。

活動は住民の健康問題や経済・産業の喪失など継続的な看護支援が必要なことから復興に向けた看護活動を目的とした。プロジェクト活動では、個別健康相談や交流会、セミナーやシンポジウムを開催した。セミナーでは、原子力事故による健康問題への支援や対応、ケア提供者のための癒しにつながる内容、シンポジウムでは健康と復興を考えるまちづくりなど地域住民やケア提供者の現状に応じた内容を企画した。健康相談後は地元の保健師に訪問を依頼し支援の継続に努めた。

<緊急被ばく医療の理解と看護セミナー>

日本災害看護学会東日本大震災プロジェクトセミナー「緊急被ばく医療の理解と看護」を福島県看護協会と共催で開催した。対象は福島県内の看護職である。内容は、東日本大震災における弁護士の活動(アンサー法律事務所:永井幸寿先生)と緊急被ばく医療の実際(福井大学医学部附属病院救急部:小淵岳恒先生)の講演、病院災害の机上シミュレーション(福井大学酒井明子とファシリテーター)を実施した。

東日本大震災における弁護士活動の講演内容は以下の6点であった。第1に無料法律相談。岩手・宮城・福島の

弁護士会がGWに3日間で全国から300人の弁護士を派遣し無料法律相談を実施したため、民事訴訟は低下した。第2は情報提供機能である。自治体が壊滅し機能しなくなった場合行政が行うべきサービスに関する情報提供である。第3にADR、裁判外の手続き、調停である。2重ローンの相談は全体の20%を占めた。第4は法律の実現である。相続放棄の熟慮期間の改正として、3か月を8か月に延長。災害弔慰金の受給者の拡張は直系の親族と配偶者、兄弟姉妹まで拡張。災害援護資金については、保証人は不要となった。差し押さえ禁止法令として義捐金・被災者生活再建支援法支援金・災害弔慰金の3つについては、差し押さえ禁止の法律が制定された。第5は広域避難者の支援である。7万人の広域避難者のうち84%が福島県住民であった。広域の避難者は、被災した自治体からの情報が途絶えサービスが途絶え孤立化する。子どもがいじめにあう。母子による避難では、コミュニケーションギャップにより家庭が崩壊する。避難所での相談・地元の自治体の情報提供を行った。第6は街づくり支援である。被災地の弁護士会は、仮設住宅訪問による住民のニーズの調査・復興委員会の参加などを行った。参加者からは法に関する質問が相次いだ。

緊急被ばく医療の実際の講演は福島原子力災害での医療活動、汚染と被ばくの違いなどの知識、空間線量の測定、安定ヨウ素剤内服、サーバイメーターや防護服について、自分の被ばく量確認などが主な内容であった。演習と併用することで理解が深まった。

夜間の病院災害を想定した机上シミュレーションの実施では、受講生は管理者チームとスタッフチームに分かれ、時間経過と共に提示される9つの設問についてグループワークをし、意思決定していった。時間が経過するにつれて、管理者とスタッフが連携して災害時の初動態勢を整えていった。原子力災害が発生した福島県の実情をもとに原発特有の問題も真剣に話し合わせ、グループメンバー同士の情報交換の場としても有効であった。

<こどもと母親との遊びと語りのプロジェクト>

平成25年7月6日と平成27年7月4日に福島県二本松の岳温泉広場にてイベントを行った。プロジェクトの企画の目的は、原発問題により心身にストレスを抱える子供達に対して遊びを通して支援を行うこと。子供達を心配し、必死で守ろうとする母親の話を傾聴すること。原発問題の現状と課題を把握し、継続的な支援を考える機会とすることである。東日本大震災が発生し4年が経過した時期であるが、福島県に在住する人々は福島原発事故による放射線被ばくの不安を抱えながらの生活が続いていた。子ども達においては、日常生活行動や発育や発達過程に変化が出ていた。具体的には学力低下、体力・運動能力低下、社会性の低下、体験値の低下、親子関係の希薄化であり、これらのことは子どもに関わる大人の不安要因となっていた。現地で子ども達やその親達と



の遊びと語りの場を設けることで、被災後も地域を離れず生活する親子の思いを知り、今後の生活に対する思いを聴きながら、今後の具体的な支援につなげることができ現地でのプロジェクト企画は有効であった。また、被災地住民と除染活動を実施し、福島県に在住する人々の生活を守る気持ちの理解が深まり、問題が共有できた。

<調査活動>

調査研究活動としては「東日本大震災被災地応急仮設住宅住民を対象とした精神健康状態の変化とその要因」「原発事故による被災地域において居宅サービスを展開している事業所を対象にした聞き取り調査」などを実施した。健康面では、血圧の上昇や不眠が多く、原発事故前は農作業などで身体活動を行っていたが、仮設住宅の生活では運動量が低下し体調の変化の自覚や認知症の進行への懸念があった。生活習慣の改善と精神面への支援が重要であった。応急仮設住宅住民を対象とした精神健康課題の背景には、加齢、居住地移動に伴うコミュニティの変化に対するストレスが示唆された。居住者は災害ストレスが持続しており、加齢と共に健康や生活への不安があり、加齢は身体の不調と共にコミュニティ参加の中断や閉じこもりの誘因になっていた。身体活動を増加させることや社会参加を促すこと、居住者が相談できる仕組みを整えることなど健康生活への支援とコミュニティ形成に関する支援の必要性が示唆された。

Ⅲ. これからの原子力を展望する

今後も原発事故発生の可能性は否定できない。事故発生時には危機管理チーム・医療支援チームの速やかな派遣が必須である。事故直後の急性期に支援可能な場所にはいる医療チームと事故後も中長期的に被災地内を支援する看護支援チーム、他職種との連携が重要である。

また、要配慮者(高齢者・障害者・母子など)の犠牲や災害関連死の増加から、避難時および避難所・仮設住宅における環境改善、コミュニティ支援は急務である。

－ 参考文献 －

- 1) 山田覚他(2011): 東日本大震災特集号, 日本災害看護学会誌, Vol.12, No.3.
- 2) 東日本大震災看護プロジェクト委員会(2017): 東日本大震災看護プロジェクト活動報告書, 日本災害看護学会, 日本災害看護学会では学会誌を年3回発行。

<http://www.jsdn.gr.jp/society2>

環境・エネルギー問題と持続可能な社会の構築

日本環境学会 常任幹事 上園 昌武

I. 日本環境学会は1983年に発足

日本環境学会は、「環境科学総合研究会」を前身とし、1983年に発足した。本学会の目的は、環境諸科学の調査研究や環境教育(環境学習)を推進し、環境問題の解決と持続的で公正な社会の構築に寄与することである。また、本学会の活動は、(1)広く学際的・総合的な討論の場を保証すること、(2)市民・住民や学生による調査や研究などの発表を尊重すること、(3)研究者と住民が共同で行う調査・研究などを奨励することに留意して取り組むとしている。現在の会員数は約500人、学会機関誌『人間と環境』は年3回発行している(学会HPは<http://jaes.sakura.ne.jp/>)。

II. 原発問題への学会活動

本学会は、原子力発電(以下、原発)問題に対して声明などを発表し、学术界や社会に向けて問題提起してきた。本誌57巻3号に掲載された西川榮一元会長の記事に、2014年度までの本学会の取り組みが紹介されているので、本稿では2015年度以降について触れていきたい。原発問題に対して、次の2つの幹事会声明を発表している。

◆「原発依存に固執するエネルギー政策の危険性－原発・化石燃料依存から持続可能な再生可能エネルギー体系へ転換すべき」(2015年6月20日)

政府は、2014年に「エネルギー基本計画」、2015年に「長期エネルギー需給見通し」を改訂したが、2030年においてもなお原発や化石燃料(とくに石炭)に大きく依存する計画になっている。声明では、日本は福島第一原発事故災害や気候変動問題に直面しており、脱原発と脱化石燃料を求めた。脱原発の理由は、国が再稼働の条件として「いかなる事情よりも安全性を全てに優先させ、国民の懸念の解消に全力を挙げる前提の下に」としたが、その条件は整っていないことをあげた。なぜなら、「①避難対策は規制審査から外され、理不尽にもその作成を自治体に押しつけている、②原発立地は避難のことを考えて検討されるべきであるが、立地適合性に関する規制が欠落している、③原発利用やその安全対策にかかる責任体制が依然あいまいなままである、④多重防護を施しても軽水炉原発技術に内包されるリスク要因は依然拭き取られていない、⑤規制基準に適合しても安全性は保証されない、事業者の自主的取り組みでは原発の安全性を確保できない、⑥日本は地震・火山列島であり、地震・火山によるリスクを最重要視するべきなのに軽視している、⑦40年を過ぎた老朽原発は装置の劣化進行などの問題

がある、⑧核燃料サイクルシステムを確立できる見通しも、放射性廃棄物の処理処分の見通しも立っていない」ためであり、「科学・技術的問題や社会受容性に鑑みて原発の利用は断念すべきである」と主張した。

◆「熊本地震を受けて川内原発の稼働停止と全ての原発の再稼働中断を求める」(2016年5月20日)

2016年に甚大な被害をもたらした熊本地震が発生し、活断層による大規模な地震が起こる可能性が指摘された。しかし、原子力規制委員会は、「事故が起きる前に停止するよう設計している」「どのような状況が起こっても今の川内原発で想定外の事故が起きるとは判断していない」として川内原発の稼働継続を決めた。声明では、原発リスクが解消されていないにもかかわらず、原発を稼働させることは明らかに予防原則に反しており、地域住民の安全な生活を脅かしていると批判した。

原発問題に関する本学会会員による学術書や論文等が多数執筆されている。例えば、除本理史他(2015)『原発災害はなぜ不均等な復興をもたらすのか：福島事故から「人間の復興」、地域再生へ』ミネルヴァ書房、除本理史(2016)『公害から福島を考える－地域の再生をめざして』岩波書店、畑明郎編(2016)『公害・環境問題と東電福島原発事故』本の泉社などがある。また、学会の年大会では、福島第一原発問題、震災復興、原発と地域社会・経済、放射能汚染リスクなどに関するテーマが報告されており、会員による研究活動が精力的に行われている。

III. 気候変動問題への学会活動

環境・エネルギー問題では、気候変動問題も深刻なリスクに直面しており、本学会は、次の幹事会・気候非常事態宣言検討委員会宣言を発表した。

◆「日本環境学会気候非常事態宣言」(2020年7月2日)

地球の平均気温が産業革命前から約1℃上昇したことで、世界でも日本でも、かつてない規模・頻度で異常気象・気象災害がおり、世界中が「気候危機」に直面しつつある。地球温暖化が進行すれば、熱暑、洪水、大規模森林火災、熱帯性伝染病の蔓延等の重大災害、それも複合的被害を増加させるとともに、不可逆的で回復不可能な現象さえ起こす世界的危機をもたらすと懸念されている。まず、全ての人は地球環境が気候変動により危機的状況にあることを認識する必要がある。その上で、大幅な省エネ対策の推進と再生可能エネルギーの普及に取り組むことによって、パリ協定が目指す脱炭素社会の構築を目指していく必要がある。

年大会のシンポジウム、分科会、個別報告では、気候変動のリスクや脱炭素社会に関連した発表が多数出されてきた。共同研究プロジェクトとして、「地域協働型エネルギー事業推進に向けた政策研究」(2015年)や「気候非常事態宣言に関する共同研究プロジェクト」(2020年)が会員によって取り組まれている。研究成果として、歌川学(2015)『スマート省エネー低炭素エネルギー社会への転換』東信堂、的場信敬・平岡俊一・豊田陽介・木原浩貴(2018)『エネルギー・ガバナンス：地域の政策・事業を支える社会的基盤』学芸出版社、的場信敬・平岡俊一・上園昌武編(2021)『エネルギー自立と持続可能な地域づくり』昭和堂などが刊行されている。

IV. 環境・エネルギー問題への視点

現代社会では、膨大なエネルギーを消費し、供給している。現行のエネルギー源は化石燃料やウランに依存しているが、枯渇性資源であるがゆえに、いずれは再生可能資源に全面的に転換せざるをえない。2030年や2050年に向けてエネルギー需給を検討する際に、原発を推進していくならば、原発をいつまで利用し続けるのか、どのようにさまざまなリスクを回避していくのか。これらの疑問や懸念に客観的で説得力を持つ回答が示されない限り、原発を受容できない国民が大半を占めたままであろう。

本学会は、前述した声明や会員の研究に示されるとおり、原発に批判的な立場をとっている。日本のエネルギー政策は、福島第一原発事故がまるで発生しなかったように扱っているが、今も原発事故の被害者が相当数存在し、放射能汚染が継続している事実から目をそらすべきではない。

さらに、高レベル放射性廃棄物の処分場問題にも注目していく必要がある。2020年秋に北海道寿都町と神恵内村が「核のごみ」の処分場建設に向けた文献調査に応じたことが一大ニュースになった。「核のごみ」の処分は、適切な場所で適切な方法で10年以上以上保管しなければならないという人類史を超える気が遠くなる時間軸の取り組みである。しかし、両町村では、住民による十分な議論が交わされず住民合意がないまま、首長と議会が強引に申請を決定したように筆者の眼には映る。多くの人が指摘しているとおり、重大な放射能汚染のリスクを引き受けるかどうかの決断は、地域社会を分断することにつながりかねないし、長く遠い将来世代にツケを押しつけてしまうことが倫理上許されるのかが懸念される。ドイツや米国では、一旦は最終処分候補地が決定されたが、根強い反対運動によって白紙撤回された要因はこの点にある。

また、両町村が申請した理由は、最大20億円という交付金を目当てにしたことが明らかにされている。だが、賛否が分かれ、極めて長い期間に及ぶリスク問題をカネで利益誘導することは民主主義の原則からみても逸脱し

ていないだろうか。

一方、脱炭素社会は原発抜きで実現できるのかという議論がある。脱原発と脱炭素社会は、あらゆるエネルギーインフラを構造的に変革する必要がある、技術や経済の問題が取り沙汰される。参考とすべきなのは、ドイツのエネルギーヴェンデ(転換)をめぐる政策論争である。ドイツ政府は、2010年のエネルギー計画を決定する際に、政府や研究機関、環境NGOという多様な立場のシナリオ研究に基づいて検討した。その結果、2050年に原発ゼロでCO₂排出80~95%削減、電力の再生可能エネルギー割合を80%などとする数値目標が決定された。注目すべきことは、複数の政策シナリオの結果を市民が理解して検証できるように政策の対話が行われたことである。

また、ドイツでは、生活の質の向上や地域経済の発展などを伴う社会改革を目指している。再生可能エネルギー100%による分散型エネルギーシステムは多くの価値創造を生み出し、自治体と地域圏における発展の推進力となっている。建築物の断熱化やパッシブハウスは、暖房エネルギーの消費とCO₂排出量を大幅に削減するだけではなく、居住空間を快適で健康的にして生活の質を改善するのに寄与する。さらに、途上国のエネルギー貧困問題にも言及し、生活の質・経済成長・自然消費の分離が世界の持続可能な発展の必要条件であると議論されている。もちろん、こうしたエネルギーシステムの変革では留意すべき点がある。再生可能エネルギーの開発は、自然・景観破壊などの地域社会との紛争を生み出しかねず、住民の受容性を高めなければならない。また、電力網の拡張やスマートグリッドの整備、それらの費用負担の問題などの課題もある。

エネルギー政策は、安全問題や環境問題が強く関わっている。エネルギーのあり方は、市民生活や地域経済、国家や国際社会という多角的な視点で考えなければならない。広範で根深い社会・経済・政治の問題といえる。重要なことは、批判や異論を十分に踏まえて策定すべきであり、日本では、原発の賛否や環境政策の見解などで異なる立場のメンバーを含めて熟議していくことが必要である。

以上、私見を交えながら本学会の環境・エネルギー問題への視点を述べたが、原子力学会の考え方や立場とは異なる点があるかもしれない。持続可能な社会の構築に向け、これからのエネルギーのあり方を論じていく上で、本稿が何らかの参考になれば幸いである。

日本環境学会誌『人間と環境』

日本環境学会では学会誌『人間と環境』(年3回)を発行している。目次は、下記で見ることができる。

https://jaes.sakura.ne.jp/people_and_environment/



避難者の生活を追い社会的影響を探究し続ける社会学

日本社会学会 理事 浦野 正樹

I. 避難者の生活を追う息の長い社会学の調査研究

日本社会学会および社会学系の諸学会では、東日本大震災の発災から10年に至るまで、各学会の企画として継続的に震災・災害関係のシンポジウムが開催され、多くの調査研究が報告されてきた。それらの企画や研究報告のなかには、原子力発電所の事故とその後の対応やその社会的影響に関わる研究も多く含まれている。これらの調査研究や研究者の動向については、長谷川公一「被害と苦悩の現場を直視し、政策提言を行う社会学」原子力学会誌59巻4号(2017)に要諦を穿った紹介があるので、それを参照してもらうこととし、ここではその後の社会的調査研究の動向について補足しておくことにしたい。なお、そうした企画や研究が長期に亘って継続している背景には、緊急避難から避難生活、仮の生活(仮設住宅での生活など)、それ以降の復旧復興への展開と続いていく長い災害過程のなかで、原発事故に起因する地域住民の避難などの対応が避難先を含めた地域社会の構造や家族の生活構造に多面的に及ぼす影響を、継続的に丹念に追いつけてきた調査研究群がある。それらの研究は、避難者たちの生活の実情に迫りながら、地域の人びとがどのように対応し、その生活がどのように変化してきたのか、そして政府や自治体、東電等によるさまざまな対応策がどのように影響したかを、住民への実態調査を踏まえて研究し続けるという姿勢に支えられてきた。

日本社会学会および社会学系の諸学会での問題関心は、現代社会にあって東日本大震災や原発事故がどのような社会構造や社会機構を背景にして起こってきたのか、それがどのような問題の連鎖を経ながら社会的な影響をもたらしたのか、その災害事象が社会の構造をどのように変化させ長いスパンでの社会変動を誘発させていくのかに、大きな焦点がある。それは、変動後の社会が、いかにしてこうした災害事象に耐性力のある持続可能な社会構造になりうるかという問題意識とも深く関わっている。社会学が対象とする研究領域は、現在では専門分化が進んでおり広範な広がりをもっているが、それらを有機的に繋ぐ研究が行えるように、日本の社会学系の学協会が緩やかに連携する組織として社会学系コンソーシアムを立ち上げている。現在31の学協会が結集しているが、研究の専門性や地域性などでそれぞれ特色があり、家族研究、地域社会研究、都市研究、環境研究、組織研究、情報メディア研究、社会運動研究、差別・格差意識研究、文化研究、社会福祉に関係する研究群など、

個別の領域でも研究を蓄積させてきており、日本社会学会は、これらの個別の専門性も生かしつつそうした広範な研究領域をカバーする学会という性格を有している。

II. 日本学術会議社会学委員会における東日本大震災に係る分科会活動と提言

そうした専門性と総合性を生かしつつ、日本学術会議社会学委員会ではこれまで次のような提言を行ってきた。東日本大震災以降の研究動向や関心の推移を簡単に紹介する意図も兼ねて、ここで紹介しておきたい。

2011～2014年に至る日本学術会議第22期では、「東日本大震災からの復興政策の改善についての提言」(2014年9月)を出しており、復興政策の改善のため、実施政策がどのような効果をあげ、いかなる帰結や問題点を生み出したかについて検討した上で、大局的な社会的モニタリングを実施する必要があることを指摘している。この時期の一つ目の提言として、「原発災害からの回復と復興のために必要な課題と取り組み態勢についての提言」(2013年6月[日本学術会議社会学委員会東日本大震災の被害構造と日本社会の再建の道を探る分科会])を出している。

2014～2017年に至る第23期では、「東日本大震災の被害・影響構造と日本社会の再生の道を探る分科会」として、報告「多様で持続可能な復興を実現するために一政策課題と社会学の果たすべき役割—」(2017年9月)を行い、それを受けて、復興政策のありようを多面的・包括的に検証し、複線的で持続可能な復興のための要件と課題について提示している。

2017～2020年に至る第24期では、「東日本大震災後の社会的モニタリングと復興の課題検討分科会」として、報告「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—」(2020年9月)を発出し、そのなかで復興過程を検証し、復興政策は時間経過とともに想定外や想定からのずれにあわせて微修正を行うことが必要であり、復興政策の制度設計にとっては、社会的モニタリングの導入と、それを支えるアーカイブの構築が不可欠であることを指摘している。

これらの流れを受けながら、2020～2023年の第25期では、「災害・復興知の再審と社会的モニタリングの方法検討分科会」を設置することになっている。

III. 日本社会学会および関連学会等での企画や報告

近年の日本社会学会での大会での企画や報告群を紹介しておくと、原子力に直接関係するテーマのものでは、

2018年にテーマセッション「原子力と放射能をめぐる分断の実態と共存への道」が開かれて6本の報告が行われているほか、災害部会が2セッションあり12報告が行われている。原子力に関連する主な報告テーマを列挙すると、「分類と分断のあいだ—『被ばく者』と被ばく者運動を事例として」「放射能汚染の食品安全において後景化するつながり—＜二本松で有機農業が続くこと＞を实践する人びと」「『宙づり』の時間と空間—新潟県への原発避難の事例から」「原発事故の『避難』再編をめぐる生活再建と地域の維持可能性」「原発避難者とホストコミュニティの共生に向けた取り組みと課題—福島県いわき市を事例として」「原発避難者に対する受け入れ住民の意識構造—福島県内の三都市住民に対する調査から」「福島原発事故と『生の一回性』—対立を越えていく『語り』か」「原子力発電所の再稼働をめぐる基礎自治体の関与—浜岡原子力発電所の再稼働に関する市町村長アンケート調査の結果から」などがある。2019年の大会には、災害部会が3セッションあり18報告が行われている。原子力に関連する主な報告テーマは、「災害復興の地域的最適解に関する総合的研究」の一環として行われた「原発事故被災地域における復興の特徴と課題」や「震災復興における災害公営住宅の整備と課題研究」の一環として行われた「福島県内の原発避難者向け災害公営住宅の建設を事例に」のほか、「『生きる』を支えるための避難者支援体制の模索—茨城県を中心に」「政府への評価と社会階層の関連—東日本大震災後の社会不公平感と原発態度に関する分析」「東日本大震災後に生じた地域文化を残す活動とその特徴—浪江町民の活動を事例に」「原発被災地で暮らし直す論理—福島県南相馬市X集落を事例に」などがあげられる。こうした傾向は、オンライン大会として実施された2020年も継続しており、災害部会が3セッション行われ、テーマも「原発災害下の不安定な若者の生と地域生活の継承過程」「原発事故から6年後に祭礼が再開された理由—福島県浪江町戸地区の出初め式の事例」など、原発事故によって影響を受けた人びとへの質的調査等を踏まえた多彩な研究が行われていることが見て取れる。

2019年～2021年初めにかけては、2020年が阪神淡路大震災25年、2021年が東日本大震災10年という節目の時期にあたっているため、各関連学会ではそれにちなんだ企画が取り上げられている。地域社会学会では、2019年5月の大会にて、シンポジウム「災害多発社会における自立と支援のゆくえ—阪神・淡路大震災から25年を迎える今、地域社会学は何を考えるか」を行い、日本都市社会学会でも2019年9月に「人口減少・高齢化時代の都市と災害」をテーマとしたシンポジウムを行っており、原子力災害への視点も取り入れられている。また、環境社会学会では、2013年に『環境社会学研究』第19号で関礼子、平岡義和、青木聡子らの論文を掲載した「(特集)複合過酷災害への応答—加害・被害の観点から」

を行っているが、その後2017年6月から環境社会学会震災・原発事故問題特別委員会(委員長黒田暁)を設置しており、『環境社会学研究』第25号(2019年)にて、「震災をめぐる暮らしの連続性」と題する特集を組んで、「断絶と環境社会学のまなざし(黒田暁)/原子力災害による被害の不可視性と環境社会学の役割(山本信次)/原発事故と畜産農家の避難(植田今日子)/原発事故集団訴訟から『ふるさと』の喪失」被害の可視化へ(除本理史)」などの論文を掲載している。また、20年9月に理事会声明として「福島第一原子力発電所事故発生から10年の経過をふまえた被害者救済のあり方について」と題する声明を行っている。

その他、社会学系の災害研究グループの活動として、震災問題研究ネットワークが活動しており、毎年3月に震災問題研究交流会を開催しており、そこでは毎年原子力災害に関わる報告が行われている。2018年3月には、セッション「原発事故をめぐる社会的推移と対応課題」が行われ、「福島親子の新しい日常への道のり—原発不安に関する考察」「原発事故後の親子の移動」「原発災害後の被災住民の心情—浪江町からの避難住民」「福島第一原発事故により長期的な避難生活をおくる子どもの福祉・教育課題—檜葉町を事例として」「原発事故避難者受け入れに関する地域住民の意識—比較調査の結果から」「福島原子力災害と仕事の変容—相双企業と域外企業の事業所動向と生活基盤の分岐」「原発被災地域における復興過程の地域社会学的研究—共同生活と世代間継承のあり方に着目して」などの報告が行われている。2019年や2020年も同様に、「原子力災害と避難生活/復興への課題をめぐって」等のセッションが設けられ、「広域避難者を核としたサロン活動を作り上げた女性たち—9年間の変遷」「福島第一原発事故被災地 福島県双葉郡の住民帰還を妨げるもの—現地調査と被災者インタビューからの検証」など多くの報告が行われている。

その他、この時期には長年の研究成果を纏めた著作や論文などが多数出版されてきている。下記の関連サイトに文献情報や紹介があるので、参照願いたい。

【参照 URL】

- ・日本社会学会の災害対応サイト
<https://jss-sociology.org/about/#saigai>
- ・社会学系コンソーシアム <http://socconso.com/>
- ・震災問題研究ネットワーク
<https://greatearthquakeresearchnet.jimdofree.com/>
- ・日本学術会議社会学委員会東日本大震災後の社会的モニタリングと復興の課題検討分科会「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—」
<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-24-t296-5.pdf>
- ・地域の最適解に関する研究プロジェクト(早稲田大学地域社会と危機管理研究所サイト)
<http://www.waseda.jp/prj-sustain/>

公益社団法人日本心理学会の取り組み

日本心理学会 常務理事 岡 隆

I. 1927年に設立された心理学の総合学会

日本心理学会は、心理学の進歩普及を図ることを目的として1927年に設立された全国規模の総合学会である。心理学の基礎から応用まで幅広い領域を専門とする会員を擁し、一貫して日本の心理学の発展に寄与してきた。2011年4月には内閣府の認定を受けて公益社団法人となり、現在に至っている。会員数は約8,200名である(2020年12月現在)。機関誌としては、論文誌「心理学研究」および英文論文誌「Japanese Psychological Research」の他、心理学の啓発・情報誌「心理学ワールド」を刊行している。また、認定心理士の資格認定、研究・調査の実施、公開講演会・シンポジウムの開催などの事業を行っている。

II. 復興支援のための特別委員会設置

本学会は、東日本大震災発災直後の2011年3月16日、情報交換のためのページを立ち上げた。このページは、「被災地での臨床的ケアの実施」「被災地での臨床や研究に関する情報交換」など7つのカテゴリーに分けられ、掲載を希望する個人や組織からの要請に対して、学会事務局と広報委員会がその内容を吟味した上で掲載した。3月26日には「東北関東大震災に関する日本心理学会理事会声明」を発表し、学会が心理学の知識を基礎にしてこの複合災害からの復興に積極的に取り組むという決意を明確にした。その一つが中長期的な復興のための研究および実践の支援であり、これを具体化するために東日本大震災復興支援特別委員会が設置された。

III. 研究・実践活動への助成

この委員会は常務理事会と連携をとりながら助成の方法について検討を重ね、学会はそれに基づいて4月上旬に「震災からの復興のための実践活動および研究」の募集を行った。助成対象は①被災者に対する心理的・社会的ケア等の実践活動、②被災地域および避難先等における実践的研究、③災害からの復興に役立つ知見を得ることを目的とする基礎的研究とし、助成総額は約1,000万円、申請額は1件50万円～200万円とした。委員会では、59件の申請の中から、公募の際に示した3つのカテゴリー(被災地での活動、被災地での研究、基礎研究)のバランス、倫理的配慮などの側面を考慮して数を絞り込み、最終的に12件を採択した。その後も、助成額は漸減

しているものの研究助成は継続して行われており、採択された課題の一覧は本学会のホームページに掲載されている(<https://psych.or.jp/jishinjoho/top/>)。全体として、助成を受けたグループは被災地に赴いて実践活動を行うものが多いが、他地域へ避難している住民を対象にしたものや、被災地から遠く離れた地域で行う研究(風評被害など)も含まれている。

2016年度からは、「災害からの復興のための実践活動および研究」として、東日本大震災以外にも、さまざまな災害からの復興を支援する実践活動や研究を募集することとなり、とくに台風19号などによる災害が多発した2019年度には、年度内に発生した災害に限定した実践活動や研究への特別助成を行った。どのような災害であれ、発災直後に行われる被災者支援や研究は非常に重要である一方で、予期されない事態であるために必要な予算を確保し難い面もある。その点で、当初より申請から採択までの期間を短く設定してある本助成の対象範囲を広げることには意味があると思われる。また、さまざまな種類の災害の被災者が交流することも少なくなく、こうした面から被災者の心理を理解することにもつながる。

助成を受けたグループの研究・実践の成果については、報告書を学会ホームページに掲載するだけではなく、本学会の年次大会において通常のポスター発表会場とは別に助成対象グループの発表コーナーを特別に設置したり、シンポジウムを開催したりするなどして、研究グループと大会参加者との積極的なコミュニケーションを促してきた。直近では、2019年の日本心理学会第83回大会(2019年9月11日～13日、立命館大学大阪いばらきキャンパス)において、一般公開シンポジウム「災害復興と心理学」を開催した。話題提供のテーマは次の通りであった。

- ・除去土壌の問題と帰還困難解除された地域で生活再建を目指す人々(北海道大学 大沼進)
- ・雨風の強度と危険認知：県間比較と子どもの認知・判断傾向(岡山大学 岡崎善弘)
- ・心理的復興感から考える災害復興(甲南女子大学 大友章司)

最初の話題提供は、福島第一原子力発電所事故に関連して、除去土壌の再生利用に関するリスク・コミュニ

ケーションを扱っている。

また、2016年には本学会が監修する心理学叢書として『地域と職場で支える被災地支援—心理学にできること』と『震災後の親子を支える—家族の心を守るために』の2冊を誠信書房から出版したことにより、それまでに行われてきた実践活動や研究の成果をより多くの人に提供できることとなった。その活動の幅広さを知っていただくために、これら2冊の本に含まれている章のタイトルを以下に示す。

『地域と職場で支える被災地支援—心理学にできること』

第Ⅰ部 地域と被災住民のレジリエンスを高める

第1章 住民とともに行う地域見守り活動

第2章 震災により死別・離別を経験した遺族への心理社会的支援

第Ⅱ部 被災住民の身体と心を支える

第3章 避難してからは運動が身を守る

第4章 地震後に生じる心理ストレスと身体の揺れ

第Ⅲ部 被災した災害救援者への心理支援

第5章 多職種協働によるこころの健康支援のシステム作成—陸前高田市での実践活動

第6章 災害で人を救う人を支えるために

第Ⅳ部 被災者研究のあり方をめぐって

第7章 災害後のフィールドワークは復興に貢献できるのか

『震災後の親子を支える—家族の心を守るために』

第Ⅰ部 子どもと家族の心を守る

第1章 東日本大震災後の保育者支援を通して子どもと保育者の変化

第2章 「自分を知らうチェックリスト」を用いた被災児のストレス評価—被災した子どもたちのストレスとその対処

第3章 避難した子どもの人間関係を支える心理療法

第Ⅱ部 生活に根ざした支援のあり方を探る

第4章 人形劇活動を通じた避難児童の支援を目指して

第5章 被災地での乳幼児健診を拠点とした新たな子育て/子育て支援

第Ⅲ部 原子力災害と家族支援

第6章 東日本大震災後に福島県内の仮設住宅で生活する子どものメンタルヘルス

第7章 原子力災害がどうして福島の子どもたちに心理的問題を引き起こすのか？

テーマは多岐にわたるが、原発事故を含む大規模な複合災害という点から特徴をあげるとすると、一つは、災害救援者の心理支援に注意が向けられていることであろう。直接救援活動を行う消防職員や自衛隊員だけでな

く、自身が被災者となる可能性もある自治体職員の精神的・身体的負担の問題を心理学的な視点から扱うことは、今後のサポート体制や組織づくりに役立つはずである。もう一つは、災害が子どもたちへ及ぼす身体的・精神的影響の問題である。とくに放射線がもたらす健康被害とそれに対する親の懸念は強く、家族関係への影響も少なくないと思われる。医学的な調査研究に加えて、リスク・コミュニケーションなど心理学的な観点からの研究や実践も必要とされるはずである。

Ⅳ. 今後の活動に向けて

2020年5月、本学会では新型コロナウイルスの感染拡大を災害相当とみなして、「新型コロナウイルス感染拡大に関連した実践活動および研究」を募集した。99件の応募があり、15件の研究に対して助成を行った。その一方で、同時期に並行して募集した「災害からの復興のための実践活動および研究」に対する反響ははるかに少ないものであった。現在、研究者の関心は、新型コロナウイルス問題に向けられているようである。

また、学会としても、新型コロナウイルス感染症に関する特設ページ(<https://psych.or.jp/special/covid19/>)を立ち上げる等、新型コロナウイルスの問題に対して多くのリソースを割いている。コロナ禍の緊急事態の中で、災害復興に対する関心が薄れているように感じられるが、これには致し方ないところがある。

しかしながら、これからの日本において、災害に関わる問題は心理学が総力をあげて関わるべき重要な課題の一つであり続けるべきである。冒頭で紹介した日本心理学会理事会声明では、「大震災を教訓に未来の防災のための研究を発展させ、社会の役に立つ実践に結びつけるように努力する決意」であることが述べられていた。これからも、関心をもつ人々の輪を拡げ、「心理学ができること」を考え、実践していくことになる。

啓発・情報誌「心理学ワールド」

本学会機関誌としては、専門誌である「心理学研究」、[Japanese Psychological Research]の他に「心理学ワールド」がある。1998年に創刊されたもので、1年に4号が刊行されている。毎号特集テーマが組まれるほか、各大学の心理学関係学科の紹介、心理学のフィールド紹介、日本の心理学史等が掲載される。研究者だけでなく、一般読者も想定した雑誌である。学会ホームページから51号(2010年)以降の記事を閲覧・ダウンロードすることができる。なお、57号(2012年)では、「東日本大震災から1年」(<https://psych.or.jp/publication/world057/>)が、また72号(2016年)では、「われわれは何をなすべきか—東日本大震災と心理学の5年間を振り返る」(<https://psych.or.jp/publication/world072/>)が、特集テーマとして取り上げられている。

