

福島第一原子力発電所事故から10年

進展と教訓、課題





福島第一原子力発電所事故から10年

進展と教訓、課題

© OECD 2021
NEA No. 7558

経済協力開発機構
原子力機関

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT

The OECD is a unique forum where the governments of 38 democracies work together to address the economic, social and environmental challenges of globalisation. The OECD is also at the forefront of efforts to understand and to help governments respond to new developments and concerns, such as corporate governance, the information economy and the challenges of an ageing population. The Organisation provides a setting where governments can compare policy experiences, seek answers to common problems, identify good practice and work to co-ordinate domestic and international policies.

The OECD member countries are: Australia, Austria, Belgium, Canada, Chile, Colombia, Costa Rica, the Czech Republic, Denmark, Estonia, Finland, France, Germany, Greece, Hungary, Iceland, Ireland, Israel, Italy, Japan, Korea, Latvia, Lithuania, Luxembourg, Mexico, the Netherlands, New Zealand, Norway, Poland, Portugal, the Slovak Republic, Slovenia, Spain, Sweden, Switzerland, Turkey, the United Kingdom and the United States. The European Commission takes part in the work of the OECD.

OECD Publishing disseminates widely the results of the Organisation's statistics gathering and research on economic, social and environmental issues, as well as the conventions, guidelines and standards agreed by its members.

*This work is published under the responsibility of the Secretary-General of the OECD.
The opinions expressed and arguments employed herein do not necessarily reflect the official
views of the member countries of the OECD or its Nuclear Energy Agency.*

NUCLEAR ENERGY AGENCY

The OECD Nuclear Energy Agency (NEA) was established on 1 February 1958. Current NEA membership consists of 34 countries: Argentina, Australia, Austria, Belgium, Bulgaria, Canada, the Czech Republic, Denmark, Finland, France, Germany, Greece, Hungary, Iceland, Ireland, Italy, Japan, Korea, Luxembourg, Mexico, the Netherlands, Norway, Poland, Portugal, Romania, Russia, the Slovak Republic, Slovenia, Spain, Sweden, Switzerland, Turkey, the United Kingdom and the United States. The European Commission and the International Atomic Energy Agency also take part in the work of the Agency.

The mission of the NEA is:

- to assist its member countries in maintaining and further developing, through international co-operation, the scientific, technological and legal bases required for a safe, environmentally sound and economical use of nuclear energy for peaceful purposes;
- to provide authoritative assessments and to forge common understandings on key issues as input to government decisions on nuclear energy policy and to broader OECD analyses in areas such as energy and the sustainable development of low-carbon economies.

Specific areas of competence of the NEA include the safety and regulation of nuclear activities, radioactive waste management and decommissioning, radiological protection, nuclear science, economic and technical analyses of the nuclear fuel cycle, nuclear law and liability, and public information. The NEA Data Bank provides nuclear data and computer program services for participating countries.

This document, as well as any data and map included herein, are without prejudice to the status of or sovereignty over any territory, to the delimitation of international frontiers and boundaries and to the name of any territory, city or area.

Corrigenda to OECD publications may be found online at: www.oecd.org/about/publishing/corrigenda.htm.

© OECD 2021

You can copy, download or print OECD content for your own use, and you can include excerpts from OECD publications, databases and multimedia products in your own documents, presentations, blogs, websites and teaching materials, provided that suitable acknowledgement of the OECD as source and copyright owner is given. All requests for public or commercial use and translation rights should be submitted to neapub@oecd-nea.org. Requests for permission to photocopy portions of this material for public or commercial use shall be addressed directly to the Copyright Clearance Center (CCC) at info@copyright.com or the Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC) contact@cfcopies.com.

Cover photo: Street planted with cherry trees in the Yonomori district of Tomioka Town (Tomioka Town City Council).

序

OECD原子力機関(NEA)の目的は、原子力技術関連の政策、安全性、技術、科学の発展に資するため、加盟国並びに世界中の多くのパートナー機関との間で協力を促進することである。NEAは、情報と経験を共有・分析するフォーラムとして機能し、知識の開発と維持、人的資源の開発を支援するとともに、原子力エネルギー関連の政策分析を提供している。NEAは60年以上にわたり、加盟国が原子力分野の新たな動向を理解し、対応できるよう支援してきた。その通常の任務の1つとして技術と政策の変化に対応しており、それにはしばしば、世界中の原子力施設の運転経験を吸収することが含まれる。2011年3月11日に発生した福島第一原子力発電所事故はその1つの例といえるが、この事故はグローバルな政策・規制に多大な影響をもたらした。

NEAは、事故報告書として2013年に「*The Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident: OECD/NEA Nuclear Safety Response and Lessons Learnt*」を、2016年に「*Five Years after the Fukushima Daiichi Accident: Nuclear Safety Improvements and Lessons Learnt*」を発行した。これらは主に、安全性の向上と法律的な問題を扱ったものだが、今回の報告書では、事故の影響と今後の見通しをより包括的に紹介している。これは、国際社会とNEAがこれまで何を達成したかについて情報を提供し、現存の課題を分析するとともに、国際協力プログラムの将来的な活動を提案するものである。福島第一原子力発電所の廃炉作業と被災地における放射線の影響並びに社会経済的影響の緩和努力が続く中、国際社会が教訓を得て日本を支援し、互いに助け合うべき分野は数多くある。

本報告書は、原子力エネルギーの平和利用を通してクリーンエネルギー、クリーン環境、そして健康的な社会を提供しようとする政策担当者だけでなく、福島第一原子力発電所事故とその後について理解し、関わりたいと考える一般の人々にも明確な情報を提供することを意図している。

原子力機関
事務局長
ウィリアム D. マグウッド4世



謝辞

この報告書は、William D Magwood IV原子力機関(NEA)事務局長の監修の下作成された。

NEAは、本報告書の主要執筆者である以下の方々に謝意を表す：Len Creswell博士(英国)、Randall Gauntt博士(米国)、Victor M. McCree氏(米国)、Mike Weightman博士(英国)。

Nobuhiro Muroya NEA事務局長が率いるNEAの専門家チームは以下の方々の協力を得た：Shin Morita事務局長上級補佐官、Yeonhee Hah放射線防護・原子力安全の人的側面課(RP-HANS)課長、Ximena Vásquez-Maignan法務室(OLC)室長、Tatiana Ivanova原子力科学課(SCI)課長、Véronique Rouyer原子力安全技術・規制課(SAF)課長、Rebecca Tadesse放射性廃棄物・廃止措置課(RWMD)課長、Edward Lazo (RP-HANS)課長代理、Andrew White (SAF)課長代理、Jacqueline Garnier-Laplace (RP-HANS)課長代理、Martin Brandauer博士(RWMD)、Didier Jacquemain博士(SAF)、Florence Maher氏(RP-HANS)、Yuji Kumagai博士(SAF)。最終版の編集はClaire Mays氏とValentine Poumadère氏による。Laurie Moore氏、Elisabeth Villoutreix氏、Fabienne Vuillaume氏(中央事務局)は、報告書の制作とレイアウトを担当した。

NEAはまた、当チームとの協議に惜しみなく時間を費やし、貴重な知見を提供していただいた、以下の世界中のシニアエキスパートや原子力分野のリーダーたちに謝意を表す：George Apostolakis電力中央研究所原子力リスク研究センター所長、Nobuhiko Ban原子力規制委員会委員及びNEA原子力規制活動委員会(CNRA)安全文化ワーキンググループ議長、Michael Boyd米国環境防護庁放射線防護局科学技術センター長及びNEA放射線防護及び公衆衛生委員会(CRPPH)前議長、Claire Cousins国際放射線防護委員会議長、Roland Dussart-Desartベルギー経済省法務サービス元統括及びNEA原子力法委員会(NLC)議長、Toyoshi Fuketa原子力規制委員会委員長、Taro Hokugo内閣府参事官(原子力・国際・バイオ戦略担当)及びNLCビューローメンバー、Toshio Kodama日本原子力研究開発機構理事長、Tom Mitchell世界原子力発電事業者協会議長、Ho Nieh米国原子力規制委員会及びNEA原子力安全技術・規制課前課長、Jean Christophe Niel仏国放射線防護・原子力安全研究所[IRSN]事務局長及びNEA原子力施設安全委員会(CSNI)議長、Akira Ono東京電力ホールディングス福島第一廃炉推進カンパニープレジデント、Kemal Pasamehmetogluアイダホ国立研究所多目的試験炉プロジェクト・エグゼクティブ・ディレクター及びNEA原子力科学委員会(NSC)議長、Thierry Schneider 原子力防護評価センター(CEPN)センター長、NEA放射線防護及び公衆衛生委員会(CRPPH)議長及び回復管理専門家グループ議長、Tatsuya Shinkawa経済産業省原子力事故災害対処審議官、Haidy Tadrosカナダ原子力安全委員会環境放射線防護及び評価理事会局長及びNEA原子力施設の廃止措置及びレガシー廃棄物管理委員会(CDLM)議

長、Petteri Tiippanaフィンランド放射線・原子力安全局局長及びCNRA議長、Hiroyuki Umeki原子力発電環境整備機構理事及びNEA放射性廃棄物管理委員会(RWMC)議長、William E. Webster原子力安全推進協会会長、Hajimu Yamana原子力損害賠償・廃炉等支援機構理事長、Rosa Yang博士(EPRIフェロー、米国電力研究所)。

目次

略語の説明	9
エグゼクティブ・サマリー	11
第1章 はじめに	15
第2章 福島第一原子力発電所事故	17
2.1. 福島第一原子力発電所原子炉の設計と安全面での特徴に関する基本情報	17
2.2. 事故の概要、現場の損傷、及び地域への影響	18
2.3. 日本における緊急時の初動対応	22
2.4. 世界の初動対応	22
第3章 福島第一原子力発電所事故に対する技術的及び政策的対応の現状	23
3.1. 福島第一原子力発電所の廃炉作業：初期状況、戦略、及び進捗状況	23
3.2. 周辺地域の復旧：初期状況、計画、及び進捗状況	29
3.3. 技術的及び非技術的な重要課題	30
3.4. 日本における原子力の法的枠組みの見直し	33
第4章 国際レベルでの安全性改善及びその他の教訓	37
4.1. 原子力機関と加盟国の主要活動と実績	37
4.2. 他の国際機関の主な活動と成果	46
第5章 学んだ教訓のグローバルな影響	51
5.1. NEA加盟国が学んだ組織的要因と安全文化に関する教訓	52
5.2. 事故、緊急事態、及び事故後の管理：レジリエンス（回復力）とバランスのとれた決定	54
第6章 事故に起因する更なる課題	57
6.1. 技術的な課題	57

6.2. 法規制.....	60
6.3. コミュニティと地域経済の再建と復興.....	61
6.4. 公衆及びステークホルダーの関与.....	62
6.5. 最適化された全体論的な意思決定.....	63
6.6. 原子力安全確保のための制度.....	64
6.7. リーダー及び参加者の倫理感.....	65
6.8. 知識と経験の次世代への継承.....	65
6.9. 国際機関が協力し合うグローバルシステム.....	66
6.10. 法的な事前対応策.....	66
第7章 結論と展望	67
廃炉作業と放射性廃棄物の管理.....	68
原子力の安全と科学的知識.....	68
ステークホルダーの関与とリスクに関するコミュニケーション.....	68
損害補償.....	70
ナレッジマネジメント.....	70
第8章 提言	71
提言エリア1:規制環境.....	72
提言エリア2:安全への体系的なアプローチ.....	72
提言エリア3:廃炉技術.....	72
提言エリア4:廃棄物管理と処分.....	72
提言エリア5:損害補償.....	73
提言エリア6:ステークホルダーの関与とリスクに関するコミュニケーション.....	73
提言エリア7:メンタルヘルスへの影響の認識.....	73
提言エリア8:復興の機会.....	74
提言エリア9:ナレッジマネジメント.....	74
参考文献	75

略語の説明

AC	alternating current
ADS	automatic depressurisation system
ALARA	as low as reasonably achievable
ALARP	as low as reasonably practicable
AM	accident management
ATENA	Atomic Energy Association (Japan)
ATF	accident tolerant fuel
BWR	boiling water reactor
CNRA	NEA Committee on Nuclear Regulatory Activities
CRPPH	NEA Committee on Radiological Protection and Public Health
CSC	Convention on Supplementary Compensation for Nuclear Damage
CSNI	NEA Committee on the Safety of Nuclear Installations
CSSCF	Country-Specific Safety Culture Forum
CST	condensate storage tank
DAROD	decommissioning and remediation of damaged nuclear facilities
DBA	design basis accidents
DC	direct current
DiD	defence-in-depth
DOE	Department of Energy (US)
EOP	emergency operating procedure
ERC	emergency response centre
FDEC	Fukushima Daiichi Decontamination and Decommissioning Engineering Company (TEPCO)
HPCI	high-pressure coolant injection
IAEA	International Atomic Energy Agency
IAM	integrated accident management
ICRP	International Commission on Radiological Protection
ICSA	intensive contamination survey area
INES	International Nuclear Event Scale
IRID	International Research Institute for Nuclear Decommissioning (Japan)
ISF	interim storage facility
ISOE	Information System on Occupational Exposure

JAEA	Japan Atomic Energy Agency
JANSI	Japan Nuclear Safety Institute
JRC	Joint Research Centre (European Commission)
MAFF	Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries (Japan)
METI	Ministry of Economy, Trade and Industry (Japan)
MEXT	Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (Japan)
MoE	Ministry of the Environment (Japan)
MHPSS	mental health and psychosocial support
mSv	millisievert
NDF	Nuclear Damage Compensation and Decommissioning Facilitation Corporation (Japan)
NEA	Nuclear Energy Agency
NLC	NEA Nuclear Law Committee
NRA	Nuclear Regulation Authority (Japan)
NRRC	Nuclear Risk Research Center (Japan)
MSIV	main steam isolation valve
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
PBq	petabecquerel (equal to 1 015 becquerels)
PCV	primary containment vessel
PSA	probabilistic safety assessment
R&D	research and development
RCIC	reactor core isolation cooling system
RHR	residual heat removal system
RPV	reactor pressure vessel
SA	severe accident
SAM	severe accident management
SAMG	severe accident management guidelines
SBO	station blackout
SDA	special decontamination area
SFP	spent fuel pool
SiD	strength-in-depth
SOER	Significant Operating Experience Report
TBq	terabecquerel (equal to 1 012 becquerels)
TEPCO	Tokyo Electric Power Company
TMI	Three Mile Island
TSS	temporary storage sites
UHS	ultimate heat sink
UNSCEAR	United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation
WANO	World Association of Nuclear Operators
WHO	World Health Organization

エグゼクティブ・サマリー

2011年3月11日、日本は巨大地震に見舞われた。その結果、日本の東部海岸の幅広い地域が津波に襲われ、甚大な被害が発生して多くの命が失われた。また、この津波によって、東京電力(TEPCO)福島第一原子力発電所に深刻な事故が発生した。事故後の分析では、この事故の結果、放射線が人体の健康にもたらした直接的な影響はなかったことが確認されている。しかしながら、津波と原子力発電所事故の双方によって市民が被災地からの避難を余儀なくされた結果、また、医療や医薬品の不足、ストレスに関連する問題、その他の理由によって、周辺地域に住む15万人以上の人々の健康と福祉が、程度の差こそあれ(早期死亡も含め)さまざまな影響を受けた。また、この事故によって、多くの人々の日常生活や経済活動、その他の活動に支障が生じた。

事故直後から10年にわたり、日本の当局は、オンサイトとオフサイトでの被害に対処し、地震と津波、原子力発電所事故の影響を受けた地域の社会的・経済的構造を再建するために、非常に困難な作業に取り組んできた。国際社会は、日本と一体となって、支援を提供するとともに、世界全体で原子力の安全を向上させるための教訓を得た。このような取組を可能にしたのは、日本政府や業界リーダーの開放的な態度と、国際機関や各国政府・企業の協力によるところが大きい。今回の報告書は、福島第一原子力発電所事故後、原子力機関(NEA)が発行している主要報告書シリーズの第3回目で、そうした開放性と協力によって可能となった研究イニシアチブ並びに知識と行動の拡大について調査するものである。

2011年3月11日の地震発生時、福島第一原子力発電所で稼働中だった原子炉は設計どおり、素早く効果的に停止した。しかしながら、地震によって発生した津波により、約50分後に浸水し、サイトは壊滅的な影響を受けた。一次及び補助原子炉冷却水循環系が機能しなくなり、電力が失われた。その後の3日間で、1号機、2号機、3号機(地震前はフル稼働していた)の炉心が過熱状態となり、原子炉内の核燃料の多くが溶解、高温による化学反応によって放出された顕著な量の水素ガスの爆発で、1号機、3号機、4号機に構造的損傷が生じた(4号機は3月11日時点では計画停止中だった)。この事故は、放射性物質の放出量が大量であったことから、国際原子力事象評価尺度のレベル7に分類された。

除染を必要とする複雑な原子力発電所サイトで廃炉作業を進めるといった困難な課題に取り組む日本政府の柔軟な中長期ロードマップは、安全性の優先と実行システムの双方を反映したもので、2019年5回目の

改訂は、現場で保管されている汚染水と処理水の管理、その他の放射性廃棄物対策、保管燃料と燃料デブリ双方の取り出しに焦点を絞ったものとなっている。環境回復は、オフサイトの被災地で復帰可能な場所があれば住民が安全に帰れるように行われており、除染特別地域では2017年3月末までに計画どおり除染が実行され、汚染状況重点調査地域では2018年3月に作業が完了した。

この事故ではさまざまな制度上の欠陥が明らかとなり、それをきっかけとして日本政府は原子力規制と監視へのアプローチを抜本的に見直した。日本政府は原子力規制委員会(NRA)を設立し、組織的、文化的、財政的、政治的に独立性を確保した。NRAは、想定される事象に直面しても日本の原子力施設が安全に稼働し続けるよう、また、その回復力を強化するため、新たな規制要件を迅速に制定した。NRAは今も学び続けており、現在は、事業者側との本質的な話し合いとやり取りが含まれる、リスク情報に基づいた新しい監視プロセスを採用している。また、日本は、安全性、緊急時の備え、補償を可能にする原子力損害賠償責任の枠組みを強化するために、必要に応じて法令を改定・補完してきた。

国際レベルでも多くの教訓が得られた。NEA加盟国と日本政府の支援を受けたNEAプロジェクトや、その他NEAによる共同の取組によって、横断的な安全性に関するリサーチ結果が発表されており、この事故に対する共通の理解が深まったことで、廃炉作業をサポートするツールの改善や、発電所安全マージンの定量化と理解の向上につながっている。また、事故に対する耐性を高めた燃料設計や、より堅牢な電力システムなど、いくつかの分野で改善余地が特定されている。各NEA加盟国では包括的な安全性レビューによって、シビアアクシデントへの対応状況が評価され、外部ハザードからの影響を軽減するための設備及びプロセスの改善点が特定された。2016年のNEA報告書「*Five Years after the Fukushima Daiichi Accident: Nuclear Safety Improvements and Lessons Learnt*」で指摘されているようにその多くの措置は実行済みである。

非常に低レベルの事故後放射性廃棄物の処理に関する短期的な課題に対処するために、NEAは複雑な廃棄物の特性評価と分類プロセスをどう開発すべきか検討した。NEAの活動はまた、公衆の健康と福祉を守るための重要な柱として、放射線防護に関するバランスのとれた決定など、事故後の回復管理にも重点を置いている。規制面での安全文化や意思決定における広範なステークホルダーの関与など、原子力安全の人的側面は、NEAの活動にとって重要な位置を占めている。本報告書では、このようなさまざまなイニシアチブと学んだ教訓について詳述する。また、他の国際機関の活動についても紹介している。

日本は今後も、福島第一原子力発電所サイトでの廃炉と、地震・津波と原子力発電所事故の影響を受けた周辺地域の復興に向けて、長期にわたり困難な努力を続けていかねばならず、大きな課題が残っている。技術的な課題には、燃料デブリの除去、除染方法、環境回復と関連廃棄物問題などがあり、規制及び法的課題には、不透明な状況下での規制、制度的な原子力安全システムの強化、法的対応制度、包括的な最適化の決定、被規制者や一般市民を含む幅広いステークホルダーの効果的な規制への関与などが挙げられる。回復を促進し、地域社会がより強靱な社会的回復力を高めるための合意に基づいたプロセスに向けてガイダンスの枠組みを作成することは、地域社会と地域経済を再建し再活性化するための継続的な取組に資すると思われる。世代間で知識と経験を継承し、倫理的価値観と課題を明確にするためには、反省と行動が必要とされるだろう。

この報告書では、日本が技術的にも制度的にも対策と改革を通じて精力的に事故に対処し、大きな進展を遂げてきたことを明らかにしている。NEA及び他の国際機関の協力を得て、事故事象の技術的な理解は大きく進展し、それが各国の安全性や対応準備の向上に貢献してきた。クリーンで安全、安定したエネルギーの世界的なニーズに対応するために原子力が重要な役割を果たすのであれば、安全文化を含め、環境、社会、政治、経済の側面に引き続き注目していくことが必要であろう。

本報告書の結論は、NEAは今後も福島第一原子力発電所事故後の問題に対応するための長期プロセスを強力にサポートし続け、事故経験から学べる知識の開発努力を継続するというものである。そして以下9つの分野で、その実現・改善方法に関する助言とともに提言が提供されている。

- 効果的でバランスのとれた規制の透明性、公開性、独立性
- 安全に対する体系的かつ全体的なアプローチ
- 廃炉技術開発に向けた国際協力
- 入念に計画された廃棄物の管理と処分
- 損害補償慣行の改善
- ステークホルダーの関与とリスクに関するコミュニケーション
- 防護措置と回復におけるメンタルヘルスへの影響の認識
- 経済復興機会
- ナレッジマネジメント

こうした主要分野には、日本が国際レベルで必要とされる重要なリーダーシップを発揮できる多くの機会がある。



福島第一原子力発電所構内の桜並木。敷地内にあった多くの桜の木は事故後、タンクの設置やフェーシング工事(雨水が地下に浸透することを防止するための敷地舗装)のため伐採されたが、一部は残されて働く人たちの目を楽しませている。敷地内は除染が進み、このあたりでは一般の服装でも作業を行える環境になっている。写真提供:東京電力ホールディングス

第1章 はじめに

2011年3月11日、日本は巨大地震に見舞われ、その結果日本の東部海岸の幅広い地域が津波に襲われた。津波は壊滅的被害をもたらし、死亡者と行方不明者は約2万人に上った。また、この津波は東京電力（TEPCO）福島第一原子力発電所に歴史上最悪の事故の1つとなる原子力発電所事故を引き起こし、同発電所の6基の原子炉のうち3基で炉心溶融が発生、全施設が深刻な被害を受けた。東日本大震災と津波、原子力発電所事故、そしてそれに起因する放射性物質の放出により、自治体は約15万人の住民の避難を開始した。放射性物質の沈着によって、福島県も他県も広範囲にわたって汚染された。事故後の分析では、この事故の結果、放射線が人体の健康にもたらした直接的な影響はなかったことが確認されているが¹、一連の出来事は個人やコミュニティの福祉に影響を与えており、医療や医薬品の不足、ストレスに関連する問題などによる避難生活に伴う早期死亡の問題が報告されている（ICRP、2016）。

事故から9か月後、被害を受けた原子炉は、施設が冷温停止状態に至り、差し迫った危険は回避された。その後、日本の当局は、オンサイトとオフサイトの被害に対処するため非常に困難な作業に取り組み、現地の廃炉作業、福島県や近隣県の被災地の復旧、地震と津波、原子力発電所事故の影響を受けた地域の社会的・経済的構造の再建を行ってきた。事故の間も、またその後も、国際社会は日本と一致団結して必要な支援を提供してきた。そして同時に、世界全体が原子力の安全を向上させるための教訓も学んだ。このような取組を可能にしたのは、日本政府や業界リーダーの開放的な態度と、国際機関や各国政府・企業の協力によるところが大きい。

本報告書は、福島第一原子力発電所事故に関して原子力機関（NEA）が発行する第3回目の主要報告書である。NEAは2013年に、NEAとその加盟国による事故直後の対応に焦点を当てた最初の報告書「*The Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident*」（NEA、2013d）を発表した。第2回目の主要なNEA

1. 原子放射線の影響に関する国連科学委員会（UNSCEAR）は、福島第一原子力発電所での事故に起因する公衆、労働者、ヒト以外の生物相に対する放射線被ばくレベルを評価した。健康への影響に関する議論を含む所見は、2013年の国連総会で発表された（UNSCEAR、2014年、www.unece.org/unscear/en/fukushima.html、アクセス：2020年10月22日）。UNSCEARでは、その後より詳細な分析と、新たに入手可能となった情報を発表しており（UNSCEAR、2015年、2016年、2017年）、改訂版を準備中である（UNSCEAR、近日発行予定）。

報告書「*Five Years after the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident*」(NEA, 2016b)では、「継続学習と改善」という基本原則に沿って原子力施設の安全性をさらに向上させるために、NEA加盟国で講じられた措置または現在進行中の措置について検討した。原子力セクターを含むすべての高リスク業界は、あらゆる経験から教訓を得て改善に努めている。福島第一原子力発電所事故では、現在も未来も学んだ教訓を幅広く共有し、対処することの必要性が浮き彫りとなった。

本報告書は、すべての人にとってよりよい未来を築くため、日本の事故からの回復を支援し、広くは世界全体の原子力利用の安全性をより向上させていくことを目的としている。本書は、過去10年間を振り返って以下を概括するものである。事故の経緯と日本及び世界全体の初期対応、社会的影響(第2章)、廃炉作業と周辺地域の環境回復の進展状況を含む、福島第一原子力発電所の現況とそれら総合的な活動に伴う技術的な論点、及びより幅広い社会政治的側面(第3章)、NEAとその他の国際機関、及びNEA加盟国の活動(第4章)、グローバルな影響と学んだ教訓(第5章)。今後の展望に関しては、第6章でさらなる課題について検討し、最後に第7章と第8章では結論と政策提言を述べる。

本報告書は、他の主要な報告書同様に、国際原子力機関(IAEA)や世界原子力事業者協会(WANO)など、福島第一原子力発電所事故のより深い理解と同事故を省みた安全性の向上に大きく貢献してきた国際機関及び国家機関の活動を補完するものである。本報告書は、入手可能であった情報と日本国内及び世界中の多岐にわたる専門家や原子力における指導者とのインタビューから得られた知見を基に作成された。

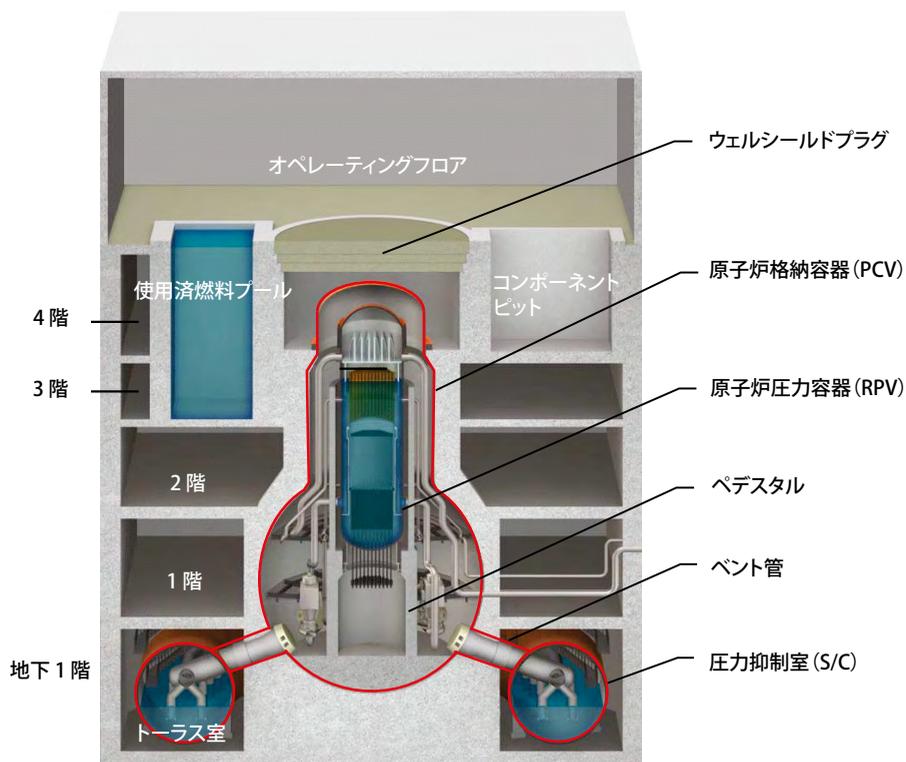
本報告書は一般市民を含む多くの個人やさまざまな組織にとっても興味深い情報かもしれないが、ここでは特に、原子力の平和的利用を通じて健康で安全な社会の実現に関わる政策立案者や指導者に役立つものとするを意図している。さらにもっと根本的に、福島第一原子力発電所事故のような壊滅的災害発生後の社会・地域の再建に携わる指導的立場の人々のため、そして効果的な復旧計画の策定において本報告書が役立つこともあるかもしれない。

第2章 福島第一原子力発電所事故

2.1. 福島第一原子力発電所原子炉の設計と安全面での特徴に関する基本情報

この事故とその対応を理解するには、原子力技術に関する深い専門知識よりも、福島第一原子力発電所の原子炉の基本設計や、その技術を安全に保つ方法についての理解が必要である。

図 1.1 : 福島第一原子力発電所の沸騰水型原子炉の基本設計



出所：NDF.

図1.1は、福島第一原子力発電所の沸騰水型炉(BWR)の特徴をまとめたものである。本報告書の内容に関連する要素は主に以下の5つである。

- ジルコニウム合金で覆われた燃料集合体を含む炉心と制御棒。
- 炉心を格納する原子炉圧力容器(RPV)と、熱を伝達するために使用される水/蒸気。
- 格納機能の強化を図る鉄筋コンクリートのシェルで補強された球根形の頑丈な独立型スチール製ドライウェルと、ウェットウェルで構成される原子炉格納容器(PCV)。
- ドーナツ型のスチール製タンクで、蒸気を吸収し、圧力を低減または「抑制」するための水をたたえた圧力抑制室(SC)。
- 原子炉内部から取り除かれた燃料を、高レベルの熱と放射線が放出される数年間にわたって保留して冷却する使用済燃料プール(SFP)。

これらの要素は、以下3つの基本的な安全機能をサポートする：

- 炉心の核反応と、高温の物質中で生じる可能性のある有害な化学反応の制御。
- 原子炉の燃料の冷却。
- 放射線及び放射性物質の閉じ込め。

これらの安全機能は相互に関連しており、崩壊熱¹を除去するため燃料が冷却されないと溶融が始まり、化学反応が発生してPCVの圧力が過剰になり、格納バリアが損壊する可能性がある。

これら3つの機能を維持するために、BWRの設計とエンジニアリングには、深層防護、多様性、多重性、物理的分離と機能面での独立性などの原則に基づく複数の安全システムが含まれている。BWRの安全システムは通常、有効に稼働するため電力またはその他のエネルギー源を必要とする²。

簡単に言うと、福島第一原子力発電所では、電力が失われたことで冷却システムの機能が停止し、燃料集合体が過熱して溶融、その際、燃料棒を覆っていたジルコニウムが高温蒸気と反応して水素ガスを放出し、PCVの圧力が過度に高まった。その後放出された水素ガスが発火して大爆発を起こし、原子炉建屋が損壊したものである。

この原子力発電所事故の原因となった複雑な出来事の流れを以下に示す。

2.2. 事故の概要、現場の損傷、及び地域への影響

日本の気象庁は、2011年3月11日午後2時46分(日本標準時)に東日本で東日本大震災³「東北地震」と呼ばれることも多い)が発生し、最大強度7(日本の強度スケールの最大値)を観測したと報告した。マグニチ

1. 原子炉停止後、放射性核分裂生成物の崩壊によって発生する熱。

2. 多くの比較的新しい原子力発電所の設計では、しばしば「第III世代または第IV世代」技術と呼ばれ、設備の安全性は電力にそれほど依存せず、重力や自然対流などの自然な力を応用して原子力事故を防止しようとするもの。第III世代の原子炉では多様性と多重性を強化した電力に依存するものもあるが、受動的な特徴に依存するものもある。

3. 気象庁ホームページwww.jma.go.jp/jma/en/2011_Earthquake/2011_Earthquake.html (アクセス:2020年10月22日)

ユード9.0のこの地震の震源地は宮城県牡鹿半島の東130km付近で深さは24km、北アメリカプレートと太平洋プレートの間のプレート境界にあった。この地震の結果、海底の地殻変動による津波の連鎖が発生して、数百平方キロメートルに及ぶ日本の海岸地域が浸水し、沿岸の港や町にある100万棟以上の建物が壊壊、死者約19729人、行方不明者約2559人、負傷者約6233人が出た。⁴

東北地方、福島県の大熊町と双葉町の境には、東京電力が福島第一原子力発電所を所有・運転しており、6基のBWRがあった。地震自体による原子炉安全システムへの損傷はなく、稼働中だった3基(1号機、2号機、3号機)は設計どおりに反応して、大きな地盤の振動を検知すると直ちに自動停止した。4号機は定期点検のため停止中で、すべての燃料集合体はSFPに格納されていた。5号機と6号機は、燃料の定期交換後、再稼働の準備中だった。しかしながら地震による損壊のために外部の電源、つまり、6つの独立した配電線すべてが失われ、設計どおり、非常用ディーゼル発電機が非常用機器に電力を供給し始めた。

この段階では、1号機の原子炉の冷却は当初、損傷を免れた2つの非常用復水器の自動機能によって⁵RPVに復水を戻すことにより維持されていた。しかし、原子炉冷却システムの過冷却により、中央制御室の運転員は、非常用復水器の1つだけを循環させるように切り替えた。2号機と3号機の原子炉の冷却は当初、2号機の原子炉隔離時冷却系(RCIC)と、3号機のRCIC及び高圧注水系(HPCI)の双方を使って自動的に維持されていた。この時点では原子炉は安全な状態にあり、炉心は設計どおりに冷却されていた。

地震から約50分後、日本北東部を広い範囲に襲った津波により、福島第一原子力発電所の敷地が浸水し、特に1号機、2号機、3号機、4号機とその補助システムなど、発電所施設に巨大な波と瓦礫が押し寄せた。津波によって、主復水系統と補助冷却系統(特に残留熱除去系[RHR]冷却システム)の海水ポンプが浸水し、損傷した。非常用ディーゼル発電機、配電盤、直流(DC)⁶バッテリーのほとんどはタービン建屋の地下に設置されており、冠水した。2号機と4号機用の2台のディーゼル発電機と3号機のDCバッテリーは津波後も健在だったが、その後ディーゼル発電機は配電盤が故障して機能しなくなり、DCバッテリーは消耗して使えなくなった。6号機専用の空冷式非常用発電機は地上の高台に設置されていたため、津波の被害を受けなかった。

これらの出来事により、地震発生前に定格運転していた1号機、2号機、3号機の電力が完全に失われた(原子力業界で「ステーションブラックアウト」と呼ばれるシナリオ)。4号機は当時稼働しておらず、燃料も原子炉に入っていなかったが、停電のため運転員は計器、制御装置、照明を使うことができず、原子炉のSFP内の使用済燃料の状態を監視することも、必要な冷却をプールに供給することもできなかった。

現場の状況は困難を極めた。前述のように、停電と複数システムの機能停止により、運転員は原子炉とSFPを冷却することができなかった。さらに、地震と津波によって道路は損壊するか障害物で遮られていたため、オフサイトの緊急サービスが現場にアクセスすることは困難だった。

4. 復興庁ホームページ(アクセス:2020年10月22日) www.reconstruction.go.jp/english/topics/GEJE/index.html www.reconstruction.go.jp/english/topics/GEJE/index.html

5. 沸騰水型原子炉の非常用復水器は、何らかの理由で原子炉と主復水器の接続が断たれた場合(つまり、原子炉が隔離された場合)に崩壊熱を除去するための安全システム。非常用復水器のヒートシンク容量はメインの復水器より小さい。

6. DCシステムでは、電流は一定の強度で一方向に流れる。DCは、バッテリーなど貯蔵電源からの電流である。

冷却水がないために1号機、2号機、3号機の炉心は過熱状態となり、最初の3日間で燃料の大部分が溶融した。炉心の損傷については、炉心のジルコニウム構造体が高温の水/蒸気と反応し、水素ガスが放出されたことが多くの公式報告書で記録・分類されている。この高温プロセスで発生した高可燃性水素ガスが、3月12日に1号機で、3月14日に3号機で、3月15日に4号機で爆発を起こした。1号機と3号機ではこれらの爆発により原子炉の建屋が著しく損傷し、建屋の上部構造が破壊された。

1号機では、非常用復水器の戻り弁を閉止した後に停電が発生した。つまり、非常用復水器の冷却機能を操作することができなくなったのである。1号機の当直長はこのことを知らなかった。原子炉の崩壊熱が圧力抑制室に蓄積し、熱をRHR経由で海の最終ヒートシンクに除去する能力は失われた。約5時間後に炉心溶融が始まり、PCV内の水素ガスと蒸気の蓄積によってPCVの圧力が高まった。こうした格納容器圧力の上昇によりPCV上部ヘッドからの漏洩をもたらしたと推定され、その結果、核分裂生成物と水素ガスが上階の原子炉建屋のオペレーティングフロアに放出され、約24時間後に1号機の原子炉建屋で水素ガス爆発が発生した。

2号機ではRCICシステムが3日近く作動し続け、当初は格納容器外の復水貯蔵タンク(CST)から、その後は圧力抑制室の水を使って格納容器内の原子炉に補給水を供給していた。最終的には2号機のRCICも作動しなくなり、RPV内の圧力が高まったことから、運転員は消防車による注水を可能にするため、逃がし安全弁(SRV)を開いて減圧したが、結果的には失敗し、2号機の炉心も溶融した。ただし、2号機では燃料物質の多くがRPVの下部ヘッドに残っていたことをみると、3日間RCICを使って冷却していたことと、注水の試みによって、溶融の程度は緩和された可能性がある(事故後のRPVイメージングによる)。また、2号機の原子炉建屋では水素ガス爆発は発生しなかった。これはおそらく、1号機建屋の爆発によって2号機のブローアウトパネルが外れ、パネルが取り除かれたことで、引火性混合物が生じる前に水素ガスが2号機の建屋から流出したためと思われる。

燃料溶融が2番目に生じたのは3号機で、主蒸気隔離弁(MSIV)の閉鎖後、RCICシステムが始動した。3号機では一部のバッテリー電源が24時間以上利用でき、当初はRCICシステムを使って原子炉から圧力抑制室に熱を逃していた。しかし、1号機同様、圧力抑制室の熱を海の最終ヒートシンクに逃がすためのRHRが利用できず、圧力抑制室とPCVの温度と圧力は上昇し続けた。RCICシステムは3月12日に作動停止し、HPCIシステムが自動的に起動した。HPCIシステムはRPVの状態が悪化していたために注水できず、運転員は注水経路を変更するためにHPCIシステムを停止した。しかし、運転員は別の注水経路を確立することも、RCICシステムを再開することもできなかった。原子炉自動減圧システム(ADS)が運転員の意図しない作動を起こすまでの間に、RPVの圧力はSRV作動圧力まで上昇した。それ以前に炉心は損傷し、水素ガスが発生しており、水素の蓄積、そしてその後原子炉建屋上部の爆発により、原子炉建屋の上部は破壊された。1号機と3号機双方の原子炉建屋から構造物の瓦礫がそれぞれのSFP内に落下した。

前述のとおり、4号機は定期点検中で、事故前に停止されており、原子炉燃料はSFPに置かれていた。だが、3月15日に4号機でも水素ガス爆発が発生した。後にその理由は、共通の排気管と非常用ガス処理システム(SGTS)のパイプを通してガスが3号機から4号機に逆流したためと判断されている。ただしその当時は運転員がSFPの水位と温度を観測できなかったため、爆発の理由は3号機及び/又は4号機のSFPで露出した燃料が過熱したためかもしれないと思われていた。その懸念により、いくつかの緩和措置が取られ、例えばヘリコプターからの遠隔目視検査によって4号機のSFPには十分な水位があることが確認されたが、3号

機のSFPの水位に関して結論は出なかった。その結果、当初はヘリコプターから水が投下され、その後消防車やコンクリートポンプ車を使った注水が3月末まで間欠的に行われた。東京電力が後に行った詳細分析により、1号機から4号機まで、いずれも事故発生以来SFPでは常に適切な水位が保たれていたこと、及びプールの水中にある放射性物質の濃度から、プール内の燃料が安全な状態に保たれていたことが確認された。東京電力はまた、2011年後半にプールの水の循環冷却システムと浄化システムを復旧した。

被害を受けたユニットでは電源の完全喪失により、制御室の照明と計器が一切使用できなくなり、運転員が制御室外の者と連絡する能力は大幅に制限されることになった。1号機、2号機、3号機、4号機はそれぞれ、ステーションブラックアウトの後9～14日間、交流電力(AC)⁷のない状態が続いた。すべての原子炉とSFPの安定冷却(または冷温停止)が完全に確認されたのは2011年12月になってからだった。このように安全機能の復旧が遅れたため、発電所の運転員は、津波の漂流物が残り、暗闇と高温、高度の放射線、そして繰り返される余震と津波警告という過酷で危険な状況の中、緩和策を講じ続けなくてはならなかった。運転員らは、多大なストレスと疲労にもかかわらず、安全機能の復旧と発電所の損傷を軽減するために長期間、果敢に作業を続けた。

経済産業省(METI)下にあった原子力安全・保安院は、福島第一原子力発電所事故を国際原子力機関(IAEA)の国際原子力事象評価尺度(INES)のレベル7事象と分類した。IAEAの尺度でも最も深刻なレベルで評価された理由は放射性物質が大量に放出されたためで、最終的には合計で以下が放出された:大気放出量は約100～500PBqのヨウ素131と6～20PBqのセシウム137(うち80%は洋上に沈積)。海洋への直接放出量は10～20PBqのヨウ素131と3～6PBqのセシウム137(UNSCEAR、2014)。地下水への放出量は60TBq、また、海洋に地下水が流れ込むのを防ぐための措置後の発電所港湾内への年間の放出量は0.5TBq。これらの放出量に照らし、福島第一原子力発電所事故は1986年のチェルノブイリ原子力発電所の深刻な事故以来最悪の民間の原子力事故とみられている。



福島第一原子力発電所構内に設置された処理水保管タンクの保守作業を行う従事者。写真提供:東京電力ホールディングス

事故後の分析では、この事故の結果、放射線が人体の健康にもたらした直接的な影響はなかったことが確認されているが、周辺地域の住民15万人以上の避難が医療や医薬品の不足、ストレスに関連する問題、その他の原因による早期死亡につながったことが報告されている。地震と津波、原子力発電所事故、そしてその後の住民避難とその他の事故後の復旧措置といった一連の出来事が、個人と地域社会の福祉に影響を及ぼした。

7. AC電流はディーゼル発電機などさまざまなタイプの電力システムで発電した電力をグリッド上送電するために使われる。

2.3. 日本における緊急時の初動対応

東日本大震災発生から約15分後、福島第一原子力発電所で、発電所所長指揮のもと、緊急時対応センター（ERC）が活動を開始した。ERCは、自家発電設備とフィルター付き換気装置を装備した免震棟に設置された。事故対応中、現場での緩和作業を継続できたのは免震棟の利用による。事故発生前から、現場のERCは東京電力本部から支援（追加要員や設備など）を要請するという取り決めがあったが、地震と津波によって運輸のインフラは大きな被害を受けており、また、事前計画も不十分であったことから、福島第一原子力発電所でそのような支援を速やかに提供・展開することは困難であった。

緊急事態に対応して、東京電力社員や協会社社員、その他日本の他の（東京電力以外が運営する）原子力発電所職員らが、電力の回復や計器観測、冷却水の原子炉注入、瓦礫の撤去、放射能レベルの監視など、さまざまな作業を支援するため現地に派遣された。自衛隊や警察、消防署など中央政府機関や組織の職員も、使用済燃料への注水作業や瓦礫撤去に必要な大型設備の運転など、被害軽減と復旧活動を支援するため現地に派遣された。

福島第一原子力発電所周辺に住む住民を保護するための対策は数多く講じられたが、その一部として中央政府は3月11日、原子力緊急事態宣言を発令し、現場から半径3km圏内の住民に避難命令を出した。その後状況が悪化したため、3月12日には避難命令の対象を半径20kmとした。

当初より日本は他国や国際組織と情報や報告書を共有して緊密に協力してきた。多くの国が人道支援を提供し、⁸例えば米国は、日本国内と日本近辺に駐屯する軍隊が「トモダチ作戦」において人道支援や災害救援活動、ならびに福島第一原子力発電所への直接支援を提供した。

2.4. 世界の初動対応

すべてのNEA加盟国は、自国の既存原子力発電所と計画されている原子力発電所の安全性を確保、改善、確認し、放射線被ばくの危険から人々を守るために早期に行動を起こした（NEA、2013；ENSREG、2013；IAEA、2014b）。初期の安全性レビューは、これら行動の重要な一部である。これらレビューの結論は、現在稼働中の原子力発電所の停止が必要となるような技術的な根拠はないというものだった。また、レビューでは、原子力発電所の運転員が（必要に応じて）短期的に実施した措置により、これら原子力発電所の安全運転の継続が確認されたとし、一方で、この事故及び継続的な安全運転への影響について、より徹底的な評価が実行された。

また、この事故は他にも、確固とした原子力安全文化の重要性、過酷な条件下における人の安定した行動能力を支援するための課題、意思決定におけるコミュニケーションとステークホルダーの関与、事故後の汚染が食品や物品に与える影響の管理など、多くの問題点を浮き彫りにした（NEA、2016b）。

この事故への世界各国の対応によって、特にNEA、IAEA、世界原子力事業者協会（WANO）などの機関を通じて、原子力安全を強化するための国際的な議論と協力が深まったことは、1つの重要かつ有益な成果とえよう。今では、原子力安全に関してかつてないほどの国際協力がみられる。

8. 政府と東京電力は、多くの国や国際機関から物資（ポンプ、消防車、遠隔制御ロボット、線量計、個人用保護具、ゲルマニウム半導体検出器、その他）を受け取った。

第3章 福島第一原子力発電所事故に対する技術的 及び政策的対応の現状

3.1. 福島第一原子力発電所の廃炉作業：初期状況、戦略、及び進捗状況

原子力業界では、廃炉を「原子力施設が規制管理下から外すことができるよう、あらゆる管理、技術、社会的行動を実施するという目標を達成すること」と定義できる。¹旧原子力施設を他の活動に利用できるようにするため、このプロセスで目標とする最終状態は、「ブラウンフィールド」から「グリーンフィールド」までさまざまである。廃炉作業は、原子炉の停止から敷地内の除染まで多くのコンポーネント活動が含まれ、ベストケースでも複数年にわたる複雑なプロセスである。

福島第一原子力発電所の廃炉作業は、事故発生後の初期状態や、複雑な原子力除染地での廃炉作業に関して日本の経験が限定的であることなどから、独自の課題を提起している。さらに、廃炉作業は原子力発電所の運営とは本質的に異なり、したがって現場の運転員と規制機関の双方にとって課題がある。さらに、廃炉作業は日本とその国民が有史以来最大の地震と津波からまだ回復しようとしている中で始まった。事故後に実施された計画と分析によれば、廃炉作業には数十年かかり、最終状態は未定であることが示唆される。これまでの廃炉作業の進捗状況を考慮する際は、この点を念頭に置かねばならない。

3.1.1. 事故発生後の現場の初期状態

地震・津波直後の福島第一原子力発電所の初期状態は、壊滅状態というべきものであった。津波による浸水で道路やアクセスルートが遮断され、建物に大きな損害が発生した。この初期段階では、5号機と6号機のみ、交流(AC)電源を維持していた。1号機から4号機まで、ディーゼル発電機に障害が発生し、利用可能な発電所外の電源はまだなかった。

その後、1号機と3号機、4号機で水素ガス爆発が生じ、被害はさらに拡大した。その上、3基の原子炉(1号機、2号機、3号機)の燃料が溶融し、その結果生成された一部の炉心溶融物が原子炉圧力容器(RPV)から

1. NEA (2020), *Decommissioning and legacy management*, www.oecd-nea.org/jcms/c_12894/decommissioning-and-legacy-managementwww.oecd-nea.org/decommissioning (アクセス:2020年10月22日)。

格納容器に移動した。重要なのは、現地近辺では、放射線の直接照射と空気中の放射性物質による空中汚染の双方から、高い水準の放射線レベルが存在していたことである。その結果、作業員が高い放射線源に近い場所で作業する時間が制限され、すべての区域において作業には防護服と全面マスクの着用が必要だったため、回復作業が妨げられた。

最初の復旧段階での第一の優先事項は、現場を安定化して、現場の職員や周辺地域住民の潜在リスクを軽減することだった。現場の安全性が十分確保されるまでは廃炉作業を考慮することはできなかった。この安定化作業には、発電所外の電源からの現場への電力復旧、炉心と使用済燃料プール(SFP)を冷却するための堅牢な方法の確保、臨界監視と防護の確立、アクセス経路の確保、安全性を確保するため、必要に応じて構造物の補強、建物への空気洗浄装置の設置、放射性粒子の再浮遊を低減するための表面汚染の安定化などがあった。事故の初期段階で現場職員にとって特に問題となったのは、非常に汚染度の高い水が敷地内で増え、海に流れ込んでいることだった。

運転員は、原子炉を「冷温停止状態」とみなされる状態まで安定させるという困難な課題に直面した。²冷温停止状態では、RPV底部の温度は通常100°C未満に維持され、その他の放出による地域の放射線被ばく量は大幅に低減される。³2011年12月には冷温停止状態が達成され、重要なマイルストーンとなった。この時点で、廃炉作業が本格的に始まった。

3.1.2. 廃炉責任と戦略

福島第一原子力発電所で損傷した複数の原子炉の廃炉作業に伴う複雑性や不確実性に対応するため、廃炉組織構造に、通常の状態で見られる場合に加えていくつかの側面が追加された。廃炉作業には主に以下の5つの組織が関与している：

- 経済産業省(METI)、文部科学省(MEXT)を中心とした中央政府——必要な政策と法律の制定、予算の承認、主要なマイルストーンの設定などを行う。
- 現場を規制する独立規制機関(原子力規制委員会[NRA])——廃炉作業に関するルールを設定し、現場の活動を規制する。
- 原子力損害賠償・廃炉等支援機構(NDF)——廃炉作業のための技術的な戦略を策定し、戦略に沿った廃炉プログラムの監督・管理を行うとともに、東京電力(TEPCO)が毎年度NDFに積み立てるべき資金額を決定し、廃炉ニーズを満たすための廃炉等積立金の取戻しに関する計画を共同で策定する。
- 当事者であり廃炉の実行者である東京電力——政府策定のロードマップとNDF戦略に沿った廃炉中長期実行プランを策定し、現場で廃炉作業を実施する。

2. これは、通常の冷温停止の定義とは異なる。通常の冷温停止では、原子炉が正常に運転停止・冷却した後、压力容器の圧力は大気圧となり、水温度は沸点を十分に下回って、原子炉压力容器を燃料補給などのため開放できるようになる。福島第一原子力発電所の原子炉压力容器のいくつかは破損して正常な冷温停止状態のように水を保持することはできなかった。

3. このような取組の後、追加放出による地域の被ばく量も大幅に抑えられ、2016年3月には、敷地境界で年間1ミリシーベルト以下とする目標は達成された。

- 日本原子力研究開発機構(JAEA)――NDFが策定した廃炉のための技術戦略に基づき、研究開発プログラムや人材育成プログラムを実施する。

福島第一原子力発電所のように複雑に放射線汚染されたサイトの廃炉作業では未知の部分が多くあり、中には今後新たに発生する問題も、または時間が経過して初めて解決されるものもあるだろう。したがって、確立されたプロセス全体をカバーする詳細な安全事例がない中で、慎重かつ段階的なアプローチを使って廃炉作業を進めなくてはならない。2011年12月には、日本政府の中長期ロードマップ(METI、2011)として、安全面を優先するとともに資源配分調整を反映した柔軟な計画が策定され⁴、その後5回改訂された。最新版(METI、2019)では、対策として、次のような技術的側面が詳述されている。i)汚染水管理、ii)SFPからの燃料の除去、iii)燃料デブリの取り出し、iv)放射性廃棄物の管理。また、人材育成、技術的な研究開発、及び国際協力に関する各プログラム、地域社会との共生についても記載されている。

2011年の中長期ロードマップでは、以下を考慮する必要があった：

- 1号機、3号機、4号機の原子炉建屋SFP内にある燃料の損傷は水素爆発によって発生したがれきが原因だった可能性がある。
- 建物の閉じ込め機能が損傷した。1号機と3号機では、(5階以上の)原子炉建屋上部が幅広く破損し、SFPが外部環境に著しく晒されていた。4号機の原子炉建屋では、爆発により3階と4階の構造体が損傷してその堅牢性が損なわれていた。
- 一部の建物、特にタービン建屋や原子炉建屋、そして建屋につながっている地下のパイプには、高度に汚染された水が溜まっていた。1号機、2号機、3号機の原子炉を継続的に冷却するために使用されていた水が流出し、建屋に入ってくる地下水や雨水と混ざっていた。

燃料デブリは非常に放射性が高く、形態も特性も未知であり、再臨界の危険もあった(ただし可能性は低かった)。原子炉格納容器(PCV)内のロボットカメラによる撮影や、事故進展解析、及びミュオン透過法を使って広範な調査を行った結果、燃料デブリの位置に関しては今ではおよその理解が確立されている。

初期戦略は定期的に見直され、新たな知識と技術的な理解を取り入れて改訂されてきた。NDFは、安全性またはリスク低減という優先課題を具体化した、廃炉作業のための5つの基本的考え方を確立している。⁵ また、廃炉作業に向けて、リスク低減・安全確保戦略と広範な技術プログラムも開発した。NDFの活動と業務プログラム、及びこれらの基本的考え方は、その戦略プラン(NDF、2020)に詳述されている。

3.1.3. 廃炉の進捗状況

経済産業省は東京電力と協力して、原子炉4基の燃料取り出し、サイトでの保管、燃料デブリの取り出しに関する状況報告を含め、廃炉の進捗状況に関する情報を毎月更新している(METI、2020b)。

安全な廃炉の実施に向けて、例えば以下を含む、多くの対策が講じられている：

- 原子炉の安全の維持

4. 経済産業省が事務局長となる「廃炉・汚染水対策関係閣僚等会議」が中長期ロードマップの策定・修正を行っている。

5. 具体的には、安全、確実、合理的、迅速、現場指向(NDF、2020)である。

- 現場の線量レベルの低減
- 現場作業の効率を高め、産業ハザードにより注意できるように、作業員による個人防護装備の使用を最適化
- 食堂・休憩所などの福利、その他施設の提供
- 東京電力の福島第一廃炉推進カンパニー（FDEC）等、社内体制の整備
- 廃炉プログラムのプロジェクトの性質を反映した、プロジェクト管理プロセスの導入
- 研究開発
- 地域社会への取組
- 国際協力

以下に示す具体的な廃炉活動に加えて、重機を遠隔操作し、汚染され部分的に損傷した1号機と2号機の排気筒解体など、安全性を向上させるためのその他の活動も行われている。この作業が地元企業によって行われたことは、できる限り地元企業と協力したいという事業者の強い意思を示しているといえよう。



福島第一原子力発電所1, 2号機排気筒の上部を解体する工事にかかわる従事者。一連の工事は2020年5月に完了している。写真提供:東京電力ホールディングス

原子炉建屋SFPからの燃料取り出し

燃料の取り出し作業は、1号機から4号機の原子炉建屋SFPから燃料集合体を発電所現場のより安定した保管場所に移すプロセスである。移送を開始する前に、SFP内の瓦礫の撤去（特に1号機と3号機）、オペレーティングフロアにおける線量レベルの低減、大型カバーの設置、燃料を収容しているキャスク（ロード時の重量は50～100トン）を操作する燃料取扱機とクレーンの設置など、十分な準備作業が必要である。

燃料貯蔵設備の復旧

発電所には、使用済燃料を集約して保管するための施設が2箇所ある。燃料を水中で保管して遮へい機能と冷却機能を有する共用プールと、使用済み燃料を乾式キャスクに貯蔵する、乾式キャスク仮保管エリアである。後者のエリアは、共用プールよりもはるかに容量が小さい。乾式キャスク仮保管エリアには共用プールから使用済燃料が搬送され、それによって原子炉建屋のSFPから移送された燃料の保管スペースが確保される。事故発生時、現場には9基の乾式キャスクが保管されていた。今後、乾式キャスク保管エリアは拡張される予定である。

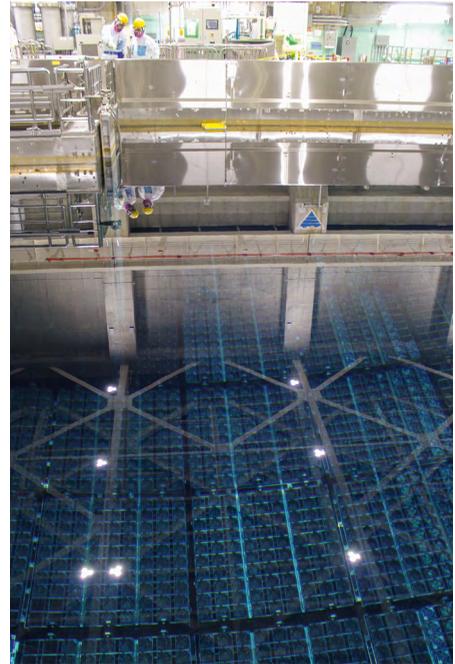
まず、燃料を取り扱うことができる状態まで共用プールを復旧させる必要があったが、これは2012年11月に達成された。2013年4月には、乾式キャスク仮保管エリアに既存の9基の乾式キャスクが搬送され、同エリアが稼働を開始した。2013年半ばには、使用済燃料を乾式キャスクで保管するための共用プールからの取り出し作業が開始された。その年の後半には、仮保管エリアで4号機からの使用済燃料の保管が始まった。

燃料デブリの取り出し

燃料デブリの取り出しのためには、原子炉1号機から3号機までの間で実際にどのようにデブリが分布しているかを理解する必要がある。それは現在もまた解明されておらず、改善努力が続けられている。事故発生時の測定値とミュオン透過法、解析モデリング及び試験やロボット装置を使用した現場調査を基に事故進展状況の理解を重ねて、解明に向けた作業が行われている。PCV貫通孔部へのアクセスルートの放射線量が高いこと、及びPCV内の線量率が非常に高いことが、調査の障害となっており、RPV内の直接的な調査はまだ不可能である。アクセス経路と、RPV内を調査するための技術を確立するための研究開発プロジェクトが現在進行中である。

NDFは、技術戦略プラン(NDF、2020)に示されるとおり、燃料デブリの取り出しに向けて技術面でかなりの作業を行ってきた。2019年の技術戦略プランは、2020年3月に東京電力が発表した廃炉中長期実行プランのベースとして用いられた。2020年のプランは、東京電力が次回発行する、ロードマップ達成に向けた作業の詳細を含めた廃炉中長期実行プランのベースとなる。

燃料デブリ取り出しの初号機として、2号機が選ばれた。そのため、まずはリーチの長い(約22メートル)ロボットアームを⁶PCV側面の気密構造開口部から差し込み、分析用に1g程度を取得するという試験的な取り出しを行い、その後段階的に作業を進める予定である。この最初のステップは、現状のロードマップに沿って、2021年に開始予定であった。しかし、2020年12月、東京電力と国際廃炉研究開発機構(IRID)は、新型コロナウイルスのパンデミックの影響を主因とする機器の開発の遅れによる作業開始の延期を発表した。最初のステップの後、徐々に取り出し規模を拡大してゆく予定で、作業の全段階を通してアプローチの改善と安全性の最大化を図るため、さらなる安全性とプロセスの分析を行っていく。考慮事項には、適切な冷却の維持、臨界の監視と管理、閉じ込め(特に発生するダストの閉じ込め)、適切な遮蔽などがある。



使用済燃料及び未使用の燃料を保管する福島第一原子力発電所共用プール。3号機にあった燃料は2021年2月に、4号機にあった燃料は2014年12月にこのプールへの移動を終了している。写真提供:東京電力ホールディングス



福島第一原子力発電所2号機原子炉格納容器内にある燃料デブリの試験的取り出しに用いる装置のロボットアーム部分。英国で開発され、日本に輸送した後、性能の確認や現場を模擬したモックアップでオペレータのトレーニングなどを行い使用される予定。写真提供:国際廃炉研究開発機構(IRID)

6. このような機器の製造実績がある英国の企業から、適切なロボットアームを調達している。

さらに、要求事項を決定し、回収した燃料デブリの取扱い、分析、保管のための適切な設備を提供するための作業が進行中である。

汚染水対策

事故の際に大量の汚染水が発生したが、放射性物質や原子炉の燃料デブリに接触してさらに汚染水が蓄積した。汚染水の水は主に、(1)原子炉の継続的な冷却、(2)建屋への地下水流入、(3)降雨水の建屋流入の3つに由来している。現在、建屋内滞留水(一部は高度に汚染されている)の水位は周辺の地下水の水位を下回るように維持する措置が講じられている。

蓄積した汚染水を管理するための対策は、以下の3つの方針に基づいて行われている：

- 水の汚染源を取り除く。
- 汚染されていない水の流れを変えて、汚染源と接触する水の量を削減する。
- 汚染水を封じ込め、環境への漏洩を防ぐ。

地下水のバイパス、サブドレイン、陸側遮水壁の設置など、これらの施策に沿った対策が数多く講じられている。この取組に関連する工学的な措置には目覚ましいものがあり、今も前進し続けている。汚染水の発生量は、対策が実施された2015年3月以前の12カ月間の平均約470m³/日から、2020年3月までの12カ月間に平均約180m³/日まで抑制された(METI、2020b)。また、汚染水の処理に既存の技術を用いた施設も早期に設置された。主に以下の2種類がある。

- 建屋滞留水から主にセシウムとストロンチウムを除去するために使用される、KURIONとSARRY
- 多核種除去設備(ALPS)

浄水装置から発生した二次廃棄物は堅牢な容器に貯蔵され、処理水は大型タンクに蓄積される。もともと、多くのタンクはボルト留めパネル設計によるフランジ型で漏えいが生じやすく、特に将来地震が発生した際にはタンクの保全に問題が生じ、メンテナンスが必要とみられていた。処理水を保管するこれらタンクはすべて、今では溶接により継ぎ目をなくしたパネルタンクに置き換えられている。このタンク交換により、漏れに伴うリスクが低減され、追加の労力が必要となる定期的なメンテナンス及び点検作業の必要性が低減された。

これらのプロセスは非常に効果的で、トリチウム⁷と炭素14以外はほぼすべての放射性物質を汚染水から除去できている。高濃度の放射性物質を含む処理水については、東京電力がさらに濃度を下げるための処理をすることとなっている。ただし、⁸残留トリチウムを含む処理水の問題解決は困難を伴い、効果的なリスクコミュニケーションとステークホルダーの関与の必要性が浮き彫りとなっている。

7. トリチウムは水素の放射性同位体で、トリチウム化した水(水素 - トリチウム - 酸素)の形で存在する場合、海洋生物相には蓄積されず、線量変換係数も非常に低いため、人体への放射線被ばくの影響は非常に小さい。

8. 経済産業省(2018)「Briefing Session on the current status of Multi-nuclide removal equipment (ALPS) treated water at Fukushima Daiichi Nuclear Power Station」www.meti.go.jp/english/press/2020/1028_002.htmlwww.meti.go.jp/english/press/2020/1028_002.html (アクセス:2021年2月15日)

固体廃棄物対策

放射性固体廃棄物は、これまでも、またこれからもさまざまな形で現場に蓄積され続け、その放射能レベルは、わずかに汚染された木や瓦礫から、原子炉内部から排出された非常に放射性の高い物質まで多岐にわたる。これら廃棄物は特性を明らかにして、適切な処理・廃棄体化のオプション及び保管方法を決定する必要がある。適切な施設の設置・運用も必要であり、さらには、長期的な保管または廃棄の方法も確立しなくてはならない。

現場での固体廃棄物対策の基本方針は、2017年のNDF技術戦略プランで確立され、同年、ロードマップの改訂版で概括されている。さらに技術面及び研究開発に関する作業が定義されており、NDFの技術戦略プラン(NDF、2020)に従って実施されることになる。

廃棄物管理施設に関連する施設として、例えば、固体廃棄物の暫定保管エリア、可燃性廃棄物の焼却炉、固体廃棄物貯蔵庫、分析施設などが現地で運用開始している。

3.2. 周辺地域の復旧:初期状況、計画、及び進捗状況

3.2.1. 事故発生後の周辺地域の初期状態

福島第一原子力発電所事故によってオフサイトにも放出が生じ、現場から半径20km圏内及び一部の高線量地域の住民は避難を余儀なくされ、さらに政府は最大半径30km圏までの広い地域に対して自主避難を勧告した。また、放射性粒子が周辺の海に落下するとともに、原子力発電所施設から大量の放射性水が海に直接流れ出た。食品、水の消費、流通には制限が設けられた。避難ゾーンの初期線量率は高く、現場から35km北西に位置する飯舘村では、2011年11月の測定値に基づき、年間50～100ミリシーベルトだったと推定される。現場にもっと近い場所では、年間線量率の推定値はそれを100ミリシーベルト以上上回った(IAEA、2013年)。⁹土地汚染の程度に関する航空調査データは、IAEA(2015年、図4.4、2011年4月末から2014年11月まで)、またはNRAのウェブサイト(2011年から2020年まで)から参照できる¹⁰。

3.2.2. 復旧計画と目標

2011年8月、日本の国会は、放射性物質汚染対処特措法を公布した。この法律は、政府が除染措置を監督することを定め事故被災地の復旧プログラムの費用は東京電力が負担することを明記している。除染対象となる土地には、以下の2つのカテゴリが指定されている。

- 除染特別地域(福島第一原子力発電所の現場から半径20km以内の地域及び事故後1年間の追加被ばく線量が年間20ミリシーベルト以上と予想される地域)
- 汚染状況重点調査地域(追加被ばく線量が年間1～20ミリシーベルトと予想される地域)。

9. 放射線レベルは、初期の高レベルから時間の経過とともに低下する。これらの年間被ばく量は、初期の毎時の数値から一定の線量率を想定し、そのような減衰を考慮せずに慎重に推定されている。

10. NRA (2021)「Airborne Monitoring Survey Results」<https://radioactivity.nsr.go.jp/en/list/307/list-1.html>(アクセス:2021年2月15日)

除染特別地域は中央政府が復旧計画の決定と実施を担当し、汚染状況重点調査地域は地方自治体が計画を実施した。

どの除染計画も、i)汚染低減、すなわち被災地の住民の被ばく量の低減と、ii)除染に要する期間とリスク、及びリソース、そしてiii)発生する廃棄物の量との間でバランスをとる必要がある。当初、政府は地域住民の被ばく線量目標を年間20ミリシーベルトに設定していたが、国民の懸念を受け、年間1ミリシーベルトに修正した¹¹(国会、2012)。設定された目標を達成するにはかなりの困難を伴う。2013年10月に復旧作業を視察した国際原子力機関(IAEA)の国際視察団は、福島第一原子力発電所による個人の年間1ミリシーベルトという追加被ばく線量は長期目標であって、例えば除染作業だけでは達成できないことを政府は国民に説明すべきであると指摘した(IAEA、2013)。IAEAの視察団は、国際的な科学コミュニティの見解同様、公表された目標値は非現実的であり、年間線量を20ミリシーベルト以下とする目標値の方が、公衆衛生と安全保護のための国際基準及び勧告に沿った、状況の要因を踏まえた上でよりバランスのとれた数値であるとの見解を示した。

3.2.3. 復旧の進捗状況

除染特別地域では、家屋等の解体を行い、汚染された土地の場合は表土を5cmほど削り取って除染する。福島県のオフサイト除染作業に伴い生じた土壌と廃棄物(除去土壌等)は、県外最終処分されるまでの間、東京電力福島第一原子力発電所のすぐ外側にある中間貯蔵施設(ISF)で安全に集中的に管理・保管される。復旧努力の結果、除染された土地は徐々に再び利用可能となっており、多くの避難命令が解除され、人々には帰還が奨励されてきた。2017年3月末には、環境省は計画どおり、帰還困難区域(DRZ)を除く除染特別地域での除染作業を完了した。DRZ内では、除染作業等を実施する地域として、各地方自治体が特定復興再生拠点区域を設定し、国が認定している。2017年以降、現在では6つのエリアが当該区域に設定されている。汚染状況重点調査地域では、2018年3月に面的除染が完了した。福島県のこれら地域の除染に伴い生じた除去土壌等は、県外最終処分されるまでの間、ISFで管理・保管される。

3.3. 技術的及び非技術的な重要課題

以下のセクションでは、上述の全般的な廃炉状況に基づき、技術面、物流面、社会政治面、及び非技術面で現在直面している、または将来予想される課題について検討する。

3.3.1. 福島第一原子力発電所サイトでの廃炉

福島第一原子力発電所サイトでの廃炉活動継続に伴い、新たな問題が発生する可能性がある。汚染が地下を移動する可能性があり、旧道路や放棄された配管、封印された部屋、文書化されていないトンネルなど、レガシーサイトで、もはや使用されていない建築要素によってそうした問題がさらに複雑化することが、他所のサイトから分かっている。例えば技術や経験のデータベースを作成するなど、国際協力が技術的な課題の予測・対処に役立つかもしれない。

11. 言及された被ばく量の目標値は、国際的なガイダンスを根拠とするもので、年間20ミリシーベルトは、事故収束後の地域などに於ける、既存の被ばく線量に関するICRP Publication 146(ICRP、2020)が勧告する基準レベルの上限に相当する。

3.3.2. 放射能汚染水の処理・管理、及びトリチウムの問題

上述の地下水・雨水の建屋への流入を減らすための工学的取組は、汚染水の蓄積を低減する上で大きな効果を上げてきた。ただし、水処理プロセスで使用されるイオン交換技術では、放射性核種に汚染されたスラリーや使用済み吸着剤など、中間貯蔵と最終処分を必要とする追加的な廃棄物の流れが生成される。このような廃棄物の処理に関してはまだ解決されていないが、固化処理を適用している他の国々では、廃棄物をより不活性の安全な形にしている実績がある。

処理水は、本質的にトリチウムによる残留放射能汚染の問題があり、依然として現場で最も困難なリスク要因の1つとなっている。特に比較的低濃度の大量の水からトリチウムを除去するための効果的かつ経済的な方法はみつかっていない。約120万立方メートルの処理水を蓄積しているタンクが専有する面積が増え続けているが、この土地は廃炉関連廃棄物の一時的保管など他の廃炉活動にも必要である。また、廃炉作業に使用できる可能性のあるリソースも消費している。これ以上の水を貯蔵するための土地はほとんど残っていない。

政府諮問委員会(METI、2020a)は、トリチウム水の処理方法について、技術的に現実的とみられる2つの方法があると報告した。1つは蒸発処理後大気に放出する方法、もう1つは、十分に安全な放出濃度以下に適切に希釈してから海洋に放出する方法である。科学的評価では、大気や海洋へのかかる放出による影響は、自然放射線による被ばく線量の1000分の1以下である。しかし、どちらの方法でも、政府の決定と食品の安全(主に海洋魚と底魚)の双方に関して、公衆の不信や信頼感の欠如を招く可能性があると考えられている。優先すべき処分方法の決定に向けて協議が続いている。近隣諸国を含む国際的な専門家が関与することでトリチウム水の処分方法に関する議論の透明性が促進される可能性がある。

3.3.3. SFPからの燃料の取り出し

1号機から4号機までの原子炉建屋のSFPに貯蔵された燃料集合体の有する大量の放射能と、1号機、3号機、4号機の建屋の水素ガス爆発による建屋破損状態に対して、SFPから使用済燃料を取り出すことが優先課題とされた。これは、建屋内にあるSFPから使用済燃料を取り出して、より信頼性の高い共用プールに移すことにより、で福島第一原子力発電所サイトのリスクを低減することを目的としている。SFPからの使用済燃料の取り出しは、徐々にではあるが手順を踏んで行われている。この作業は2014年12月には第4号機で、2021年2月28日には第3号機で完了した。まず最初に、破損した燃料交換機とともに大量の建屋のがれきをSFPから取り除く必要があった。

損傷した原子炉建屋から取り出された燃料は、大きな共用プールに保管されており、一部の燃料はその後乾式キャスク保管エリアに移されることになる。¹²各原子炉建屋のSFPには、損傷した燃料集合体や、制御棒、チャンネルボックス、燃料支持部材など放射線を多くうけ老朽化した機器類が保管されており、取り出し・保管プロセスをさらに複雑にしている。新たなリスクは見つかる度に対処され、線量率の高いエリアや特殊ながれき処理要件に関し、新たな情報に対応してワークフローが修正されている。新たな情報が見つ

12. 新しい燃料の一部(未使用の燃料集合体)は、燃料メーカーに輸送する予定である。

かると、時には作業の停止や状況評価、及び長期にわたると予想される廃炉作業のリスクを最適に管理するための軽減策などが必要になることがある。

3.3.4. 原子炉からの燃料デブリの取り出し

原子炉3基で炉心溶融が発生した原子力施設の廃炉作業には、多くの困難で新たな側面が伴う。同施設では、閉じ込めのための建屋が破損し、燃料物質が溶融して移動し、建造物が安全でなくなっている可能性があり、サイト自体が核分裂生成物の放出によって汚染されている。溶融・移動した原子炉燃料物質の除去は、最も複雑で危険な技術的課題となっている。放射性物質、燃料デブリの未知の特性、環境への影響など難度の高い課題に対処するために、先駆的な新技術を開発する必要がある。

セクション3.1.3で述べた試験的な取り出し作業から得られた知識と経験は、本格的な取り出し作業に向けて、より確実な基盤を提供することになるであろう。また、NEAが開始したベンチマーキングやその他の研究など、多くの科学的研究や分析が行われている。結果は、計画されたデブリ取り出し活動中に発生し得る問題点を予測し、対処するのに役立つであろう。また、研究とベンチマーキング活動は、世界中でシビアアクシデントの進展状況の理解とモデル化・コードの改善にも役立っている(NEA, 2015k; 近日発行予定m)。



福島第一原子力発電所2号機原子炉建屋の内部、原子炉格納容器内にある燃料デブリ(原子炉内にあった燃料が事故で溶け、さまざまな構造物と混じりながら、冷えて固まった物質)の状態。フィンガー構造を持つ機器によって動かすことができることが確認された。写真提供:東京電力ホールディングス

3.3.5. 現場での固体廃棄物管理

現在、福島第一原子力発電所サイトは、コンクリートの瓦礫や、伐採木など比較的新しい植物に由来する物質といったさまざまな廃棄物の一時的な保管所となっている。現在、汚染された衣服や土壌など、固体廃棄物の流れが存在する。上述のように、重要な固体廃棄物の流れは、放射性セシウム及びストロンチウムを汚染水から除去する浄化作業から発生した汚染スラリーと使用済吸着材である。放射性核種で汚染されたスラリーと使用済吸着材は現在、現場で保管されている。

今後数年間は、計画されている可燃性廃棄物の焼却施設など新しい活動に伴って、固体廃棄物の取り扱い、処理が増えるとともに、廃棄物貯蔵の必要性が生じるだろう。現時点では、最終処分は依然として遠い目標となっている。

3.3.6. オフサイトの土地の除染

多くの復旧作業は実質的に完了しているが、除去土壌等の規制と県外最終処分をどのように行うかをさらに検討する必要がある。表3.1に、除染段階で除染特別地域(SDA)と汚染状況重点調査地域(ICSA)から生じた除去土壌等の量、並びに焼却やリサイクルなど別の方法で処分された量とその関連コストを示す。

表 3.1 : オフサイトからの除去土壌等の量と、SDA及びICSAの除染に伴うコスト(2018年3月)

分類地域	除去土壌等の量 (単位:100万m ³)	除染費用 (単位:10億ユーロ)	リサイクルまたは焼却により取り除かれた土壌量(単位:100万 m ³)
SDA	9.1	12.6	1.62
ICSA	7.9	11.8	1.20
合計	17.0	24.4	2.82

出所:NEA(近日発行予定 h)。



2016年3月撮影、大熊町、住宅の庭の除染作業の従事者(出典:除染アーカイブサイト<http://josen.env.go.jp/archive/detail/?OK-01-P0022>)

3.4. 日本における原子力の法的枠組みの見直し

3.4.1. 規制及び災害対策システムの再編

国内における原子力安全の基本原則の一つは、組織、文化、財務、政治の各面で原子力業界と原子力業界を後援する政府機関の双方から独立した原子力規制機関の実質的な独立性である(NEA、2014a; 近日発行予定a; IAEA、2006)。福島第一原子力発電所事故の分析から得られた大きな教訓は、構造面だけでなく、文化的にも独立した原子力安全規制の重要性であった(国会、2012)。

2012年以前は、原子力安全規制を担当する当局は、原子力安全委員会と原子力安全・保安院だった。後者は、それ自体が原子力業界を担当する経済産業省に属していた。これら二つのセクターを明確に分離するため、原子力安全規制は経済産業省から分離された。福島第一原子力発電所事故の後、日本政府は2012年に、組織的にも政治的にも独立した新たな原子力規制委員会、NRAを環境省の外局として設立した。その使命は、原子力活動の厳格で信頼できる規制を通じて一般市民と環境を保護することである。NRAは、原子力施設と放射性物質、並びに核の不拡散措置に関して、原子力安全とセキュリティを規制する役割と責任を有する。以前、これらの役割は複数の政府機関で分担されていた。

NRAは、福島第一原子力発電所の廃炉と事故後に閉鎖された原子炉の再稼動・廃炉を規制するだけでなく、厳しい環境下で独立した新たな専門規制機関を構築するという重大な任務に直面している。NRAはこれまで長期にわたって発展してきたが、今後も変化し続ける状況に応じて進化と適応を継続する必要がある。組織に新たな仕事の仕方を導入するための取組には、リスク情報を活用したパフォーマンスベースの原子炉監視プロセスが含まれる。NRAと発電所事業者は、この新規アプローチを規制に取り入れるために欠かせない効果的な対話と協議を含む新しいプロセスの理解を次第に深めている。

さらに日本政府は、福島第一原子力発電所事故の経験と教訓を踏まえ、新たな原子力災害対策を策定するため、2012年9月に原子力基本法、原子力災害対策特別措置法、及び関連法を改正した。また、内閣総理大臣が議長、内閣官房長官、環境大臣、NRA委員長が副議長を務める原子力防災会議が内閣府に設置された。同会議の目標は、政府全体の日常業務の一部として、統一された原子力防災方針を徹底することである。原子力災害対策特別措置法の改正により、原子力災害の防止措置が拡充され、あらゆる緊急事態における原子力災害対策本部の機能が強化された。

3.4.2. 規制安全の強化

2012年に設立されたNRAは、福島第一原子力発電所事故の教訓を取り入れ、新たな規制基準の策定に着手した。2013年7月に施行された新規規制基準要件は、主に自然災害の評価の強化と、シビアアクシデント対策の確立に重点を置いている。電力事業者の対応措置には、i)防波堤の設置、防潮扉、建物の外壁の防水措置など、発電所の堅牢性と津波に対する防護を向上させるための措置、ii)ステーションブラックアウト後の注水方法、及び代替電源(高地に設置された空冷式ガスタービン発電機など)、iii)補助バッテリー容量、iv)発電所の補給水用追加水源、v)炉心損傷を緩和するための原子炉建屋のトップベント設備とフィルター付き格納容器ベント設備の設置などが含まれる。

さらに、新規規制基準では、日本の緊急対策組織が再編され、2箇所以上の原子炉で同時事故が発生しても対応できるよう人員と体制が整えられた。また、新規規制基準では、信頼性をさらに向上させるために、事業者バックアップ施設(特定重大事故等対処施設と3系統目の常設直流電源設備)の建設を義務付けている。これらの施設は、当該建設計画の承認日から5年以内に稼動開始されなくてはならない。

3.4.3. 原子力損害賠償責任制度の改善努力

日本は事故発生時、原子力損害賠償に関する国際条約の締約国ではなかったが¹³、原子力損害の賠償に関する法律(原子力損害賠償法)は、例えば、原子力事業者が第三者に引き起こした原子力損害に関する賠償について厳格に責任を集中的に負うことや、この賠償責任に充てるために原子力事業者が財務面での保証(例:保険)を維持する義務をおうことなど、これらの条約に含まれる基本原則を定めていた。¹⁴日本は、原

13. 日本は2015年1月15日、原子力損害の補完的補償に関する1997年条約(CSC)受諾書を寄託した。日本においてCSCは2015年4月15日に発効した。この条約に日本が加盟した理由は、次のとおりである:i)国際的な原子力損害賠償制度の必要性、ii)TEPCOの福島第一原子力発電所の廃炉作業に参加する外国業者の法的懸念に対処する必要性、iii)CSC国際基金へのアクセス、iv)原子力に関する国際取引に適用される法的枠組みの改善。

14. 事故発生時に適用された日本の原子力賠償責任体制の詳細については、「Japan's Compensation System for Nuclear

原子力事業者が無限責任を負うと定める数少ない国の1つである。原子力損害賠償法は、それを補完するために導入された革新的なメカニズムと一体となって、原子力事業者である東京電力が被害者に対して適時かつ適切な方法で補償を行うことを可能にした。これら革新的なメカニズムは次のとおりである：

- 2011年8月、日本の原子力事業者が義務付けられている賠償措置額1200億円を超える原子力賠償責任に直面した場合に、一定の条件下で財務支援を提供するため、原子力損害賠償・廃炉等支援機構(NDF)の設立根拠法¹⁵が制定された。2021年2月12日現在、東京電力の支払額は10兆円近くに上る。¹⁶
- 文部科学省の下に設置された原子力損害賠償紛争審査会(DRC)が、補償対象となる原子力損害の項目を具体的に示し、これらの項目に応じて損害の適切な評価に資するための指針を策定した。¹⁷
- DRCの下に設立された原子力損害賠償紛争解決センター(ADRセンター)の和解仲介によって原子力損害の賠償に関する自主的な紛争の解決が促進されてきた。¹⁸ほとんどの紛争は示談で解決されている。¹⁹
- 損害賠償請求権の消滅時効期間が損害および加害者を知ったときから3年から10年間に延長された。²⁰

2018年12月、原子力損害賠償法が改正され²¹、福島第一原子力発電所事故に関して既に適用されていた以下の変更が2020年1月1日付けで施行された。

- 原子力事業者は、原子力損害の賠償にかかる事務の実施方法や損害賠償措置の内容、原子力損害の賠償に関する紛争の解決を図るための方策等の原子力損害賠償実施方針を公表しなくてはならない。²²

Damage: as Related to the TEPCO Fukushima Daiichi Nuclear Accident (NEA, 2012c)を参照。

15. 2014年5月に、この「原子力損害賠償支援機構法」は機構の業務に東京電力の福島第一原子力発電所の廃炉作業を追加するために改正され、「原子力損害賠償・廃炉等支援機構法」と名称が変更された。

16. TEPCO (2021)「Records of Applications and Payouts for Compensation of Nuclear Damage as of 12 February 2021」www.tepco.co.jp/en/hd/responsibility/revitalization/pdf/comp_result-e.pdf (アクセス:2021年2月15日)。

17. DRCが指針を定める枠組みは、1999年の東海村JCO臨界事故を受け、2009年の法改正で原子力損害賠償法に取り入れられた。

18. ADRセンターは一時、400人以上の弁護士を雇用して業務に当たっていた。

19. DRCへの東京電力からの書面報告によれば、2020年7月末までに受理された補償申請は約294万1000件、東京電力の起訴は567件。これらの訴訟のうち、165件はまだ係争中である。TEPCO(2021)「原子力損害賠償のお支払い状況等」www.mext.go.jp/content/20200924-mxt_san-gen01-000010296_03.pdf (アクセス:2021年2月15日)。

20. 民法第724条によれば、不法行為(つまり原子力発電所事故)の日から20年後(排斥期間)にすべての損害賠償請求権は消滅し、被害者は、被害者が損害及び加害者(つまり、事故が発生した原子力発電所の運営者)の双方を知った日から3年以内に(時効期間)請求権を行使しなくてはならない。2013年5月、「東日本大震災に係る原子力損害賠償紛争についての原子力損害賠償紛争審査会による和解仲介手続の利用に係る時効の中断の特例に関する法律」によって和解手続に時効中断効を付与し、手続中にこの3年間の時効期間が停止され、2013年12月には、「東日本大震災における原子力発電所の事故により生じた原子力損害に係る早期かつ確実な賠償を実現するための措置及び当該原子力損害に係る賠償請求権の消滅時効の特例に関する法律」によって3年間の時効期間が10年間に延長された。どちらの法律も、福島第一原子力発電所事故にのみ適用される特別法である。

21. 2011年8月3日に施行された原子力損害賠償支援機構法の附則第6条は、政府に対し、紛争解決プロセスの円滑を図るための組織を設置するとともに、原子力損害賠償法の大幅な改正の検討を求めている。

22. TEPCO (2021)「Records of Applications and Payouts for Compensation of Nuclear Damage as of 12 February 2021」

- 原子力事業者による迅速な賠償仮払金の支払いを促進するため、原子力事業者の賠償措置額(原子力発電所1カ所につき1200億円)を上限として政府が融資を行う。
- ADRセンターによる和解仲裁手続に時効中断効を付与し、仲介手続期間中時効期間の進行を停止させる。

これらの変更は、法制度を整備し、将来被害が発生した場合に適切かつ迅速な賠償が行われることを確保することを目的としたものである。

最後に、事故発生時、日本は原子力損害賠償に関する何れの国際条約にも加盟していなかった。したがって、米国も含め、原子力損害賠償に関しては他国との条約上の関係はなかった²³。複数の訴訟が日米両国の原告によって米国裁判所において米国の施設供給事業者と東京電力を相手に提起されている。本報告書の発行時点では、これらの訴訟の一部は裁判所によって却下されているが、その他の訴訟は係争中である。²⁴このことは、事故発生時において、関係国が原子力損害賠償に関する国際条約の締約国でなく、適用すべき賠償制度が明確化されていない場合に生じ得る法的リスクを浮き彫りにしている。

www.tepco.co.jp/en/hd/responsibility/revitalization/pdf/comp_result-e.pdf (アクセス:2021年2月15日)。2013年5月時点で、東京電力では1万1000人近くの人員が賠償請求の処理にあたり、スタッフの雇用と研修、必要なオフィススペースと設備の提供を行って、非常に短期間で効果的なプロセスを実施していた。

23. 二つの国が同一の原子力責任に係る法的文書に参加した場合、両国は「条約関係」にあるとみなされ、例えば一方の国で原子力事故が発生した場合に他方の国民に賠償するため、どの原子力賠償責任制度を適用するのか(つまり、適用法や管轄裁判所など)など、多くの法的問題がその共通の法的文書によって決定される。

24. これらの訴訟の詳細については、NEA (2020), *Nuclear Law Bulletin*, No. 103, OECD Publishing, Paris, pp. 47-49を参照。

第4章 国際レベルでの安全性改善及びその他の教訓

4.1. 原子力機関と加盟国の主要活動と実績

2011年の原子力発電所事故発生後まもなく、原子力機関（NEA）と加盟国、そして肝要な点として日本政府が重要な共同研究を開始した。これには、2012年に開始した福島第一原子力発電所事故のベンチマーク研究と、2013年に開始した福島原子力発電所事故後の安全研究が含まれる。さらにNEAと日本を含む加盟国の政府、規制機関、技術団体、事業者、その他ステークホルダーが、福島第一原子力発電所事故に対応し、安全強化活動を組織的に実施した。全体的に、これらの活動は事故の共通理解を確立するのに貢献し、ツールの改善と、発電所の安全マージンをよりよく定量化し理解することにつながった。



福島第一原子力発電所1号機原子炉建屋の近況（2021年3月撮影）。建屋を覆う大型カバーを設置しカバー内でガレキ撤去を行った後、2027年度から2028年度に使用済燃料プール内の燃料取り出し作業を開始する計画となっている。写真提供：東京電力ホールディングス

研究分野には、マルチユニットサイトの安全性、外部事象の共通原因による故障の可能性、及び各納容器外での現象を含む事故進展に重要なメカニズムなどがある。事故に対する耐性を高めた燃料設計や、より堅牢な電力システムなど、いくつかの分野で改善余地が特定されている。NEAはまた、この事故から公衆衛生面での教訓を学び、意思決定でのステークホルダーの関与を重視しつつ、加盟国とその結果を共有するための会合や活動を企画した。この報告書の参考文献セクションには、これらの分野に関連するNEA発行物のリストが記載されている。

4.1.1. 安全性のレビュー

NEA加盟国の間で、外部ハザードに対する既存の設計ベース対応能力を超える重大な事故発生時の対応能力評価を含め、原子力発電所の安全性と堅牢性の評価を可能にするために、包括的なレビューが行われた。このレビューは一般的に既存及び新規の安全性調査とエンジニアリングの判断に基づいて行われ、設計ベースの前提条件の妥当性と、設計ベースの想定事象よりも深刻な条件への対応が検討された。各NEA加盟国はそれぞれ独自のアプローチと手法を用いてレビューを行ったが、地域全体の枠組み（欧州ストレステストプログラムなど）の中でレビューを実施した国もある。レビューでは、一般的に、似たような起因事象（地震、洪水、特定のサイトに被害をもたらすその他の極端な自然条件）と、その結果としての、または想定される安全機能の喪失（ステーションブラックアウト[SBO]を含む停電、最終ヒートシンク[UHS]の損失、またはその双方など）、及びシビアアクシデントへの対応能力について検討している。

これらレビューにはさまざまなアプローチや手法が用いられたが、いずれのNEA加盟国も、必要とされる安全性の向上と強化措置に関して、同様の多くの結論に達している。機器の多様性と、安全機能の堅牢性の強化、そして組織的行動の改善に向けた継続的な努力が必要であるということが共通の洞察である。共通していた活動としては、外部ハザードの潜在的な影響を軽減するための発電所とプロセスの改善に焦点を当てた取組が挙げられる。検討対象となる分野には、i) 外部ハザードの再評価、ii) 電気系統の堅牢性の改善、iii) UHSの堅牢性の強化、iv) 原子炉格納システムの保護、v) 使用済燃料プール(SFP)内の使用済燃料の保護、vi) オンサイトまたはオフサイトの緊急時対応施設から多様な機器及び支援を迅速に提供できる能力の強化、vii) 緊急時の意思決定における人的要因及び組織的要因を含む安全文化の強化、viii) 継続的な安全性調査、ix) 単一サイトですべての原子炉が同時に影響を受ける可能性のある事象の検討(マルチユニット事象)などがある。これらの分野では、既に多くの改善が行われている。

特に安全文化の観点からは、事故から得られた教訓を踏まえ、日本の原子力産業界は、新規規制基準対応に留まらず、安全性の一層の向上を自発的に追求するため、原子力エネルギー協議会(ATENA)を設立した。ATENAは、原子力発電所の安全性向上のため、原子力産業界全体の活動をコーディネートしている。また、ATENA以外にも、原子力安全推進協会(JANSI)が、原子力発電所のピアレビューを通して原子力事業者を支援し、原子力リスク研究センター(NRRC)が安全性向上のための基礎研究活動を行っている。安全文化の醸成並びに原子力施設の安全性向上を自発的に目指す原子力事業者と産業界のこうした重要な取組は、2018年のエネルギー基本計画を通じて中央政府の政策によっても裏打ちされている。

また、いくつかの国の政府も、規制機関の独立性を強化するための措置を講じている。

4.1.2. シビアアクシデントと廃炉作業に関する安全性の横断的な研究と分析

2011年の福島第一原子力発電所事故以来、NEA加盟国と日本政府の支援を受けたNEAリサーチプロジェクトや、その他のNEAによる共同の取組によって、横断的な安全性に関するリサーチ結果が発表されてきた。これらのイニシアチブは、燃料デブリの取り出しや廃棄物処理を目的とした廃炉作業の研究開発(R&D)活動と、シビアアクシデントの進展と影響に対処するための科学的理解とモデリング能力の向上の双方を支えるものである。特に、一部の研究では、福島第一原子力発電所の原子炉建屋や格納容器から得た情報を分析している。全体的に、これら活動によって貴重な知見が得られ、長期的・短期的な研究開発トピックが特定されるとともに、廃炉計画を策定するための技術的な基盤が提供された。

2段階で行われた分析研究は、既知データと原子炉1号機、2号機、3号機の事故3件の挙動に対して国際的に使われているシビアアクシデントのコンピュータコードをベンチマーク解析することが目的であったが(NEA, 2015k; 近日発行予定n)、この解析に固有の課題にもかかわらず、非常に有望な結果が得られている。解析の結果、原子炉の燃料の損傷程度と、損傷した炉心とRPV下部ヘッド、及びPCVのキャビティ領域にまたがって分布する、溶融・移動した燃料物質の移動量と最終的な位置について、コードによる推定値が提供された。これらの損傷推定値は、燃料物質の位置や組成を推定し、廃炉作業中に最終的に判明する結果とは異なる可能性は高いものの、再進入戦略や必要となる可能性の高い燃料取り出し技術、廃棄物の流れを計画するにあたって貴重な情報を提供する。また、これらの分析結果は、高密度の炉心材料(燃料)の場所を判断するための原子炉のミュオン画像や、燃料分布の最終状態に関する情報を提供するPCV内のロボット調査など、他の特性評価とも合わせて、廃炉方法に関する確実性の向上に寄与するであろう。

分析研究と燃料デブリの物理的特性評価は、情報に基づいて効率的に廃炉作業を進める上で不可欠である。日本政府の協力を得て、NEA加盟国の関連機関と欧州委員会の共同研究センター(JRC)は、燃料デブリの解析に関する予備調査を開始した。その後の活動では、燃料デブリの特性評価と燃料取り出し計画を支援するため、コード由来の情報が、損傷したPCVへロボットを使って進入して得た物理的な情報と集約された。

また、やはり日本政府の支援を受けた共同プロジェクト(NEA, 近日発行予定j)によっても、シビアアクシデント状況における物質挙動の理解が深まり、最終的にはシビアアクシデントの緩和戦略改善に寄与するであろう。これら研究により、福島第一原子力発電所事故に適用される熱力学関連の参照データベースや劣化モデルの改善が可能となっている。

4.1.3. 非定型廃棄物の特性評価と管理

福島第一原子力発電所事故により発生した放射性廃棄物のうち、低レベル及び非常に低いレベルの廃棄物は、体積ではその大半を占めるが、一方で放射能インベントリのごく一部を占めるに過ぎない。このような大量のいわゆる非定型廃棄物を取り扱う最適な方法は、まだ定まっていない。これは、適切な長期廃棄物管理インフラがないことに起因する。長期的な廃棄物管理インフラには、堅牢な廃棄物管理のプロセスと手順、廃棄施設の立地を含む廃棄物処理ルート、適切な安全文化、パブリックアクセプタンス(地域住民の理解)が必要となる。

日本は、事故後に発生した非常に低レベルの放射性廃棄物の国際基準を十分に尊重したクリアランスと放出を追求しているが、中でも短期的に最も困難な課題はその特性評価と分類である。国際的な活動(NEA、近日発行予定 k)によって、複雑な廃棄物の特性評価プロセスの開発方法が調査され、フランス、日本、ロシア連邦、ウクライナ、英国を含むNEA加盟国のケーススタディで、このようなプロセスにおける戦略的コンポーネントが特定された。

放射性廃棄物の安全な管理を確保する第一義的責任は事業者にあるとはいえ、政府は意思決定の際にステークホルダーの利害を考慮するための基本的な枠組みを確立する必要がある。規制の枠組みの確立と、政策実施に向けたステークホルダーとの対話が奨励される。この枠組みは、非定型及びレガシー廃棄物の特性評価における不確実性に対処し、複雑な意思決定において変数や現況を考慮できる柔軟なものとするべきであろう。

4.1.4. ステークホルダーの関与

福島第一原子力発電所事故によって、特に地方レベルでの政府の原子力に関する意思決定における市民の役割に対する認識が一変した。日本をはじめとするいくつかの国では、この事故によって、政府による原子力監視とそのコミュニケーションに対する国民の信頼が失墜した。一部のNEA加盟国では、事故への備えや被災地の復旧なども含め、意思決定において、関係する地域の知識、価値観、利害、選択傾向を考慮する必要性がこの事故によって浮き彫りとなった。福島第一原子力発電所事故発生後の数年間、原子力に関する決定のためのいわゆる「ソーシャルライセンス」(社会的営業免許)が世界中で議論されてきた。それは、「ライセンスは、正式に選出または任命された政府高官によって認められるべきものか、それとも直接影響を受ける個人や地域社会によって認められるべきものか?」という問いかけである。この事故は地域社会に深刻で広範囲かつ長期にわたる影響を及ぼし、現地の十分なオーナーシップなく重大な意思決定が行われたことによる「民主主義の赤字」を浮き彫りにした。NEA加盟国のステークホルダーらは、自分たちの生活に影響を及ぼす重要な環境・インフラに関する決定を知るだけにとどまらず、民主的な選挙への参加以上にもっと直接的かつ有意義にその選択に関与することをますます期待するようになっているが、そうした傾向は1998年のオース条約のような国際条約にも反映されるとおり、2011年の事故より随分前から始まっていた。福島第一原子力発電所事故以前から行われていたNEAの活動からも明らかのように、NEAは、健全で揺るぎのない意思決定にはステークホルダーの関与が不可欠なプロセスであると考えている。福島第一原子力発電所事故から学んだ教訓は、ステークホルダーの関与を通じた、社会による位置決定の受け入れという側面を明らかにしている。信頼を得ることが回復の鍵を握っているといえよう。

過去の実例は、このような取組が実現可能であることを示している。米国原子力規制委員会(NRC)は、1979年にスリーマイル島原子力発電所第2号機で事故が発生した後、市民諮問委員会を設立、同諮問委員会は1980年から1993年まで活動していた(USNRC、1994)。この諮問委員会は、公共の場で定期的に会合を開き、除染に関する問題、解決策、計画について話し合う機会を一般人、規制当局、被規制者の代表者らに提供した。また、定期的な公開会議は、NRC委員が市民にとっての除染の重要性を常に意識するのに役立った。日本の政府機関は、福島県の地元のステークホルダーらと、会議や公開パネル、諮問グループでの協議を行っている。

福島第一原子力発電所事故に続き、NEAは、特定の作業分野におけるステークホルダーの関与に関する議論から、総合的なアプローチへとシフトしている。2011年10月に発行された、原子力緊急事態におけるステークホルダーの関与に関する最初の報告では、事故後の持続可能な回復には、幅広いステークホルダーへの長期的な働きかけを続ける決意が必要であるとしている。その後、原子力に関する意思決定におけるステークホルダーの関与は、国民の信頼を得るための社会政治的な文脈に存在するものであり、放射性廃棄物の管理や緊急時の対応だけにとどまらない可能性があるという認識が高まり、より広範な取組が求められるようになった。2017年と2019年にNEAは、国際協力におけるすべてのNEA分野を統合した、ステークホルダー関与ワークショップを開催した。このワークショップでは、意思決定とステークホルダーとのリスクコミュニケーションとが相互に密接に関連していること、並びに長期的な原子力プログラムに対する信頼の重要性が確認された。

4.1.5. それぞれの国に固有の安全文化の強化と規制機関の安全文化

高レベルの安全性を達成し維持することは、原子力に関わるすべての組織の目標である。過去の経験から、健全な安全文化はどの組織にとっても全体の安全性パフォーマンスにとって不可欠であり、安全文化は国家的背景も含め、多くの要因によって影響を受けることが明らかになっている。NEAでは、2つのワークショップを通じて原子力安全文化に対して組織及び国家が及ぼす影響について検討してきた。

2018年、NEAと世界原子力発電事業者協会(WANO)は、原子力安全に国の文化的要素が与える影響を調査するとともに、原子力安全文化を維持・改善するためのアプローチを特定するため、国の文化的背景を踏まえた安全文化フォーラム(CSSCF)をスウェーデンで開催した。このフォーラムは、国の文化的側面が原子力安全に強力な影響を与えることを示し、安全文化を強化するためには、各国が自国の文化に存在する特定の側面を理解し、場合によってはそれを利用することが重要となるであろうことを示すものとなった。

2015年6月には、規制機関の安全文化の課題と強化に焦点を当てた別のワークショップが開催された。この報告書(NEA、2015j)では、規制当局による業界の監督方法が、その業界内の安全文化、ひいては原子力安全に大きく影響することが強調された。したがって、業界とのやり取りの基礎となる規制当局の安全文化は、国の高レベルの原子力安全を確保するために不可欠な要素といえる。この報告書はまた、国の文化が安全文化に与え得る影響も示し、国の特性や文化的な強みを認識して健全な安全文化を育み、発展させるために活用すべきであることを強調している。



福島第一原子力発電所構内で発生する放射性物質を含む水を浄化する装置で使用された吸着剤の保存容器を取り扱う従事者。使用済み吸着剤は堅牢な容器に密封されて保管されている。写真提供：東京電力ホールディングス

4.1.6. 緊急事態及び事故の管理

オフサイト

福島第一原子力発電所事故では、潜在的な事態を信頼できる方法で予測し、予想される結果に対して適切な措置を取るなど、効果的な原子力事故対応の重要性が浮き彫りとなった。しかし、地震や津波の影響が広範囲に及ぶ中で、事故の複雑性も相まって、国内外のステークホルダーに正確な情報を迅速に提供する能力は大きく損なわれた。実際、NEAの報告書(NEA, 2015c)に記載されているとおり、2011年の福島第一原子力発電所事故の潜在的な事態の評価に関与した組織はそれぞれが異なる結果を予測しており、その結果、明確さが欠け、時には対策の遅れや最適とはいえない対応につながった。緊急防護措置の初期決定については、日本では、線量予測モデルでなく、原子力発電所の実際の状況を緊急防護措置のベースとするよう、事故発生後に見直しが行われた。¹また、特に事故発生後初期の段階では、ときに多くの外国政府による日本に居住又は滞在している自国民に対する異なる対応が見られた。事故の進展状況を評価し、環境への放射性核種放出の推定値を作成するために使用される手法の違いに起因するものかもしれないこのような違いは、公衆への放射線被ばく量の予測に影響を与える可能性がある。

放射線防護及び公衆衛生分野のNEA専門家は最近、事故後の回復管理が国民の福祉にとって重要な柱の1つであると指摘した。これは、複数分野にわたる複雑な学際的プロセスとみなされ、NEA加盟国はすべて、回復に向けた事前対策を改善するための国際協力の必要性を表明した。(セクション5.2で詳述。)

緊急時運転手順(EOP)とシビアアクシデントマネジメントの指針(SAMG)

2012年6月、NEAの事故管理担当作業グループは、福島第一原子力発電所事故を考慮して、加盟国の規制上のニーズと課題を評価した。同グループは、事業者による事故管理活動に関する規制と規制上のガイダンスを強化するために考慮すべき措置を特定した。

また、NEAの事故分析・管理作業グループは、シビアアクシデントマネジメントの指針(SAMG)の検証と妥当性確認のトピックについて、特に原子力発電所におけるSAMG通知手段の一つとしての分析シミュレーション使用に着目した報告書を作成した。この報告書では、SAMGの正確性、妥当性、有用性、及び効率を確保するための現行の実践手法について説明し、シビアアクシデントマネジメント(SAM)の過去から現在にかけての各国の評価の例を概説するとともに、分析シミュレーションの使用に関し、推奨手法をまとめている。だが、どの事故もそれぞれ異なる可能性が高いため、重要なメッセージは、SAMGは柔軟で、特定の事故シーケンスに対する詳細な対応を定めることよりも基本に重点を置く必要があるというものである。

シビアアクシデントマネジメントのための放射線防護

1992年、NEAと国際原子力機関(IAEA)は共同出資して、世界全体の原子力発電所における職業被ばくの防護に関するデータや分析、教訓、経験の交換を促進するために、職業被ばく情報システム(ISOE)を立ち上げた。

1. Callen & Homma, 2017

福島第一原子力発電所事故後、ISOEは重点的に、チェルノブイリ事故とスリーマイル島(TMI)事故の経験と情報を明らかにするとともに、緊急時対応の作業員や対応要員の被ばくが法的に、また、実践上、どのように管理されているか、また高度に汚染された地域での個人用防護具(PPE)に関する情報を調べた。これらの情報はISOEに参加している原子力事業者や規制当局から収集され、日本の電力事業者に提供された。2011年5月には、シビアアクシデントマネジメントにおける職業被ばくの防護について話し合う専門家グループが設立された。

報告書(NEA、2014m)では、シビアアクシデントに対応する際の放射線防護作業におけるベストプラクティスをまとめ、職業被ばく防護プログラムで考慮し、取り入れる必要がある主な点として以下を特定している:i)緊急時対応作業員/隊員及び公衆を保護するための詳細な緊急対応計画の策定。ii)シビアアクシデントマネジメントに関する、すべての緊急時対応作業員/隊員の予行訓練の開発、iii)シビアアクシデント発生時の放射線防護プログラムの効果的な実施(これは、発電所の構成及びアクセスコントロールによって大きく影響を受ける可能性があるため)、iv)個人の被ばく線量基準レベルの確立、広範な作業管理、及び緊急時対応作業員/隊員の放射線被ばく量を合理的に達成可能な限り低いレベルに維持するための(ALARAの原則)徹底した放射線被ばく管理を含む、緊急時対応作業員/隊員の放射線防護、v)緊急時対応作業員/隊員及び公衆への放射線被ばくを回避または最小限に抑えるため、緊急時及び事故後の緩和段階で、被災した施設から内外に放出される放射性物質及び汚染物質の広範な放射線管理、vi)すべての緊急時対応作業員/隊員、放射線の遠隔監視、高線量検出装置、及びロボット装置のための包括的な緊急時対応計画の作成と定期的な訓練及び演習(ストレス下における時間制限のある活動を含む)。

長期的事故管理

福島第一原子力発電所事故より以前は、長期的な事故管理の必要性は予測されておらず、何らかの短期的な介入によって状況は安定化できると予想されていた(例えば、発電所外の電源の再導入など)。

アクシデントマネジメントの演習は通常、事故が発生してから約24時間の「シミュレーション」間におけるマネジメント戦略の「机上演習」として実施され、24時間後には通常、事故は収束したと宣言されていた。福島第一原子力発電所事故で経験した現実、事故は24時間以上続き、事故発生後何カ月も、あるいは何年にもわたって事故を管理しなくてはならないというものだった。

長期的な観点から短期的なシビアアクシデントの管理措置の影響を論じた2000年3月の報告書(NEA、2000)では、発電所のさらなる損傷を防止し、長期的なアクシデントマネジメントを最適化するための方法を特定することを目的として、国際的な慣行が調査された。この研究では、長期的に閉じ込め機能を維持するための措置や、長期的な放出を緩和するための方法を特定しているが、それらが福島第一原子力発電所電所における実際の経験によって裏付けられることになった。沸騰水型原子炉所有者グループ(BWROG)が検討している措置の1つは、「予防的格納容器ベント」と呼ばれるものである。²

2. 予防的格納容器ベントは、シビアアクシデントの進行中、燃料が損傷して核分裂生成物が格納容器内に放出される前に、蒸気圧を解放するための短期的なアクシデントマネジメント手順である。このような措置は、その後に核分裂生成物及び水素が存在する際に、格納容器の安全マージンと機能を維持し、多くの低圧の注水源が、消火システムなどのシステムのシャットオフヘッドを超える格納容器圧力に遭遇しないように行われる。

規制面でのアクシデントマネジメントに関する報告書では、福島第一原子力発電所事故から学んだ長期的なアクシデントマネジメントに関する洞察を振り返っている(NEA、2014j)。本研究では、原子炉事故のSAMGを一般化して拡張した統合型アクシデントマネジメント(IAM)の概念を説明し、SFPや中間廃棄物管理も含めた、原子力発電所のあらゆる側面における安全管理、リスク低減、予防、緩和の調和的な最適化を目指すものとしている。この目標へのアプローチは、i)手順と指針、ii)機器、コンポーネントと計装、iii)人的及び組織的な資源の観点から行われる。

手続きと指針に関しては、この研究では、ポータブル機器及び即応的な緩和策を考慮したSFPも含め、定格電力、低電力、シャットダウンなど、あらゆる運転状況に応じたアクシデントマネジメント手順を推奨している。機器、コンポーネント、計装については、長期的な管理における大きな課題は、欠陥があるまたは損傷した可能性のある計装によって示される発電所の状態を把握すること、そして廃炉作業期間を通して、また、将来事故や外部事象が発生した場合も、さまざまな条件下でメイン制御室からサイトを監視及び管理する能力である。最後に、廃炉作業の完了までには30年かかると予想されており、長期的なアクシデントマネジメント・インフラの研修と採用は複数世代にわたる要件となる。緊急時運転手順の研修など、他の安全面から既に広範な研修活動が要求されている現状では、これはアクシデントマネジメントの研修面でさらなる課題となっている。こうした安全対策分野は、福島第一原子力発電所事故以来、NEA活動によりさらに強化されている。

4.1.7. 安全性の監督

深層防護

2013年6月、NEAの共同ワークショップで深層防護(DiD)という中心的なテーマが取り上げられた。参加者は、DiDコンセプトの適用における重要な優先事項を検討し、DiDの適用を強化するために追求すべき重要なトピックを特定した。主な結論は、DiDの概念は引き続き有効であるが、実施面での強化とさらなる作業が必要かもしれないというものであった。そのため、DiDに関する規制ガイダンス文書(NEA、2014i)が作成され、さらに調査すべき分野として以下が特定された：

- 人的・組織的要因がDiDに与える影響
- マルチユニットサイト、燃料サイクル施設、研究へのDiDコンセプトの利用の改善
- 原子炉と新しい原子炉の設計
- DiDのレベル5に対する対策の実施
- 研修、ワークショップ、その他の手段を通じたDiDの規制の適用のベンチマークとさらなる調和
- 新しいテクノロジーの影響

効果的な規制機関の特性

2012年6月、NEAが招聘した規制専門家らは、効果的な規制組織は優れたリーダーシップを持ち、戦略的方向をその基本目的——つまり、被規制者が国際的な安全原則に従い、環境を十分に尊重しつつ安全な方法で施設を運営し、義務を果たすよう徹底すること——を達成するための運用プログラムとして具現化で

きる組織であることに合意した。報告書(NEA、2014a)は、効果的な原子力安全規制機関の特性として以下を挙げている:

- 規制上の役割と責任、その目的、任務、機能が明らかである。
- 公共の安全を第一の焦点としている。
- 原子力業界と同業界を後援する政府のセクターからの不当な影響を受けることなく、独立して規制上の意思決定を行う。
- この基本的かつ不可欠な要件を土台として、技術面でのコアコンピテンシーとその他のコンピテンシーを有している。
- 規制活動や意思決定において、オープンで透明である。
- すべてのステークホルダー容易に理解できる、明確な規制の枠組みと要件を有している。
- 明確でバランスのとれた公平な意思決定を行い、それらの意思決定に説明責任を負う。
- 適切なりソース、強力なリーダーシップ、堅牢な運営システムという点で、強力な組織的能力を備えている。
- 規制機能をタイムリーかつ効率的に実行できる。
- 独立したピアレビューを進んで受け入れることを含め、継続的な自己改善と学習の文化を持ち、それを奨励する。

4.1.8. 原子力法

日本の代表団は事故発生後、NEA原子力法委員会(NLC)の会合で毎回、日本の法的枠組みの導入と立法面での革新について説明を行ってきた。また、国際社会が教訓を得られるよう、日本の補償制度の法的枠組みとその導入状況を検討するセッションが定期的に開催されている。

日本政府は、NEA事務局と共同で、「*Japan's Compensation System for Nuclear Damage: As Related to the TEPCO Fukushima Daiichi Nuclear Accident*」(NEA、2012c)を作成した。これは、福島第一原子力発電所事故への対応に必要な補償制度を制定・導入するために、日本政府が採択または発布したすべての主要な法令、条例、指針の英語訳と注釈をまとめたものである。

原子力の損害賠償に関する国際条約の遵守拡大を促進

福島第一原子力発電所事故以来、国際社会は、グローバルな原子力損害賠償制度を確立することを目的として、原子力の損害賠償に関する国際条約の遵守拡大を奨励してきた(IAEA、2011; NEA、2011d)。遵守が拡大すれば、各国の原子力損害賠償責任と補償制度がより調和されたものとなり、被害者と事業者の扱いにおける各国間の格差が縮まることになろう。また、国際原子力損害賠償制度のいずれかの遵守が拡大すれば、国家間の条約関係が拡大し、原子力業界への投資家や供給業者だけでなく、一般市民に対しても、事故発生時に適用される責任体制がより明確になる。

2011年9月に開催されたIAEA総会で原子力安全に関する行動計画を通じて、また、「グローバルな原子力損害賠償体制に向けた進展状況」に関する2014年4月のNEA運営委員会政策討議の中で、各加盟国は、

原子力損害賠償体制のいずれかを遵守し、まだ実施していない場合はこれに合致した法律を採択するよう奨励された。

福島第一原子力発電所事故後、シビアアクシデントの被害者に補償するため、原子力損害賠償の原則が初めて導入された。法的枠組みがその有効性を実証したとすれば、国際社会が原子力損害賠償制度の実用化を引き続き追求する必要があることも明らかにしたといえる。

NEAはそのため、2つの国際的なワークショップを開催した。

- 2017年に開催された原子力事故発生時の損害賠償に関する第3回目のワークショップでは、国境を越えて事故が発生した場合の国際的な原子力損害賠償条約実施における課題を評価した。
- 2019年に開催された原子力事故の損害賠償に関する第4回目の国際ワークショップでは、原子力損害を実際に判断し、国内で、及び国際的に請求処理方法を設定する際の課題について討議した。



福島第一原子力発電所構内に設置されたALPS処理水を保管するためのタンクの作業に当たる従事者。写真提供：東京電力ホールディングス

4.2. 他の国際機関の主な活動と成果

このセクションでは、福島第一原子力発電所事故から直接影響を受けた、またはその対応に関与したNEA以外の主要な国際機関を挙げ、過去10年間におけるそれらの活動内容をまとめる。この簡単な概要はNEAの所見に過ぎず、特定の国際機関の出版物に代わることを意図するものではない。

国際原子力機関(IAEA)は、172カ国が加盟する国連傘下の機関で、原子力技術の安全で責任ある利用を支援する機関として、1950年代後半に設立された。IAEAは、核兵器の拡散を制限するため世界的な不拡散体制を実現という使命が最も知られているが、原子力安全の分野でも非常に積極的に活動している。IAEA

は、新たに原子力分野に参入した国々に支援を提供し、ピアレビューのミッションを実施するとともに、加盟国が国内の法規制を制定する際の参考となる安全基準のコンセンサスを公表している。IAEAは、NEAやその他の国際機関と協力して、報告書や分析を作成し、国際会議を開催している。

世界保健機関(WHO)の第一義の役割は、国連システムの中で国際的な保健を統括し、国際的な保健対応においてパートナーをリードすることである。WHOへは国連のすべての加盟国が加盟できる。

原子放射線の影響に関する国連科学委員会(UNSCEAR)は、電離放射線源とその被ばくによる人の健康(公衆、患者、作業員)と環境への影響やリスクを広範に評価することを任務とする。UNSCEARは、その使命を全うするため、放射線の被ばくをグローバル及び地域的に詳細に審査し評価している。UNSCEARはまた、被ばく人口における放射線による健康への影響のエビデンスを評価するとともに、人の健康またはヒト以外の生物相に放射線が影響する可能性のある生物学的メカニズムの理解を深めている。これらの評価は、国連傘下の関連諸機関が、公衆及び作業員を電離放射線から保護するための国際基準を策定する際の科学的根拠を提供する。そしてこれらの基準は、重要な法律及び規制の手段につながっている。

国際放射線防護委員会(ICRP)は、放射線防護分野の著名科学者、政策立案者、実務家、その他の専門家で構成されている。主要委員会、小委員会、及びタスクグループのすべてのメンバーは透明なプロセスによって選ばれたボランティアである。ICRPは、特に電離放射線に対する防護のあらゆる側面に関して勧告と指針を提供することにより、公共の利益のため放射線防護科学を推進することを目的として設立された。

世界原子力発電事業者協会(WANO)は、世界の商業用原子力発電所のすべての事業者が協力して、すべての原子力発電所の運転上のエクセレンスと原子力の安全を最高水準に高めることを目的とする団体で、世界中から120社以上が加入している。

4.2.1. IAEAの活動と成果

福島第一原子力発電所事故後、IAEAは日本の関係者とオンサイト及びオフサイトの問題について対話を開始した。オンサイト支援には、国際調査団による事実調査(2011年5月～6月)、国際ピアレビューミッション(2013年に2回、2015年、2018年の合計4回)、2020年のフォローアップレビューが含まれる。オフサイト支援には以下が含まれる:i)2回の国際ピアレビューミッション(2011年と2013年)、及びii)4回のIAEAと環境省との専門家会合(2016年と2017年に各年2回)。2011年にはIAEAの取組は危機管理と緊急事態の理解に重点が置かれていたが、その後、安定化、処理水の貯蔵、安全で予測可能な作業環境の構築に焦点が移された。継続的な取組としては、廃炉作業、蓄積する処理水についての解決、使用済燃料やデブリの取り出し、今後50年間の計画などが挙げられる。

IAEAは4回にわたる日本へのピアレビューミッションで、現場での作業環境、水管理、固体廃棄物管理に大幅な改善を認めた。このミッションではまた、損傷した3基の原子炉からの使用済燃料取り出しと原子炉内の燃料デブリの状態の理解に向けて前進が見られることを確認した。これらミッション後、日本のカウンターパートと共有された助言は、i)蓄積された処理水の処分方針決定の必要性、ii)廃棄物処理と管理を含む、廃炉作業完了に向けた総合的な計画の準備、iii)廃炉・除染プロジェクト管理の強化、iv)国際的なベストプラクティスのグローバルな多様性を活用することの価値、というものであった。その他、福島第一原子力発電所の廃炉に関連したIAEAの継続的な作業としては、損傷した原子力施設の廃止及び除染(DAROD)プ

プロジェクトや、深刻な損傷を受けた使用済燃料と炉心溶融物の管理に関するコーディネーティッド・リサーチ (CR) プロジェクトなどがある。

特に、非常に多くの国際的な専門家が関与して作成された、福島第一原子力発電所事故に関する包括的で詳細にわたるIAEAの国際的な技術的レビューは特筆に値する(「*The Fukushima Daiichi Accident – Report by the Director General*」IAEA、2015)。

4.2.2. 他の国連機関の活動と成果

世界保健機関(WHO)

WHOは福島第一原子力発電所事故を知って直ちにIAEAとの連携を含め、緊急対応手続きを発動した。WHOの職員は公衆衛生リスクを評価し、技術的な支援を提供し、緊急被ばく医療準備ネットワーク(REMPAN)の支援を受けて、放射能汚染と食品の摂取、貿易に関し、信頼できる助言を提供した。WHOは、加盟国や公衆、メディアに対して放射線の潜在リスクに関する渡航助言や情報も提供した。

原子放射線の影響に関する国連科学委員会(UNSCEAR)

UNSCEARは、福島第一原子力発電所事故による公衆、作業員、ヒト以外の生物相への放射線被ばくに関して2013年に行った評価結果を発表し、この事故による健康リスクはチェルノブイリよりもはるかに低いと結論付けた(UNSCEAR、2014)。これは、日本の公衆と作業員が受けた線量が大幅に低かったためである。この報告書ではまた、UNSCEARは、被ばく者間において放射線関連の健康への影響に識別可能な増加がみられるとは予想していないとした。

UNSCEARはその後、i) 放射性核種の大気への放出と拡散、沈着、ii) 放射性核種の水域への放出と拡散、沈着、iii) 公衆の被ばく線量評価、iv) 作業員の被ばく線量評価、v) 作業員と公衆の健康への影響、vi) ヒト以外の生物相における線量と影響評価という6つのテーマで白書を発行している(UNSCEAR、2015、2016、2017)。2016年の白書で、UNSCEARは新しいトピックとして、陸域及び淡水域環境における放射性核種の移行についても考慮している(UNSCEAR、2016年)。福島第一原子力発電所事故による放射線被ばくのレベルと影響の最新評価は現在作成中である(UNSCEAR、近日発行予定)。

4.2.3. ICRPの活動と成果

福島第一原子力発電所事故後、国際放射線防護委員会(ICRP)は放射線防護システムに関する初期の教訓をまとめた。ICRPは既に、これを基にして、環境要因に対する外部被ばくの線量変換係数の開発や緊急事態及び既存の被ばく状況に関する助言の更新など、行動を起こしている。

ICRPは2011年後半に、福島第一原子力発電所事故の長期的な影響がもたらす課題に対応する方法を模索するため、チェルノブイリ原子力発電所事故の長期的な影響管理を直接経験した専門家や当局、プロフェッショナル、NGO、地域社会、ベラルーシ、ノルウェー、フランスの各組織の代表者らとの間でダイアログイニシアチブを開始した。NEAは、これらのダイアログを支援するとともに参加し、ステークホルダーの関与に関する作業に多くの重要な教訓を適用した。

このダイアログの経験に沿って、ICRPのパブリケーション146(大規模原子力災害に伴う人々と環境の放射線防護に関するもの)では、最適化プロセスと関連する意思決定を支援するための共同専門知アプローチの付加価値が強調されている。共同専門知とは、「実用的な放射線防護文化を醸成し、個人が自身の命について十分な情報に基づいた意思決定をできるようにすることを目的として、当局、専門家、ステークホルダーが協力して、影響を受けたコミュニティの経験や情報を共有するアプローチ」と定義される(ICRP、2020)。



2016年7月撮影、飯館村、飯館中学校校舎外の舗装面の高圧洗浄をする作業者(出典:除染アーカイブサイト <http://josen.env.go.jp/archive/detail/?IT-01-P0038>)

4.2.4. WANOの活動と成果

福島第一原子力発電所事故後、世界原子力発電事業者協会(WANO)は、重要運転経験報告書(SOER)を3件、補足を1件発行した。

- SOER 2011-2、地震と津波による福島第一原子力発電所の燃料損傷及びSOER 2011-2 補足1
- SOER 2011-3、福島第一原子力発電所の使用済燃料プール/池の冷却及び補給の喪失
- SOER 2011-4、すべてのAC電源の長期的な喪失に対処するための短期的な行動計画

さらにWANOは、上記の3件のSOERを差し替える2件の改訂版を発行した。

- SOER 2011-3 Rev.1、使用済燃料施設の劣化、冷却と補給の喪失
- SOER 2013-2 Rev.1、福島第一原子力発電所事故からの教訓

WANOはまた、WANOと原子力安全への取組を強化するための重要な変更点をいくつか特定し、2015年10月までにそれらすべてを「通常業務」に取り入れた。WANOの活動範囲には、i) 緊急事態への備え、ii)

シビアアクシデントマネジメント、iii) オンサイトの燃料貯蔵、iv) 発電所の運転に関する設計面などが追加された。また、次の分野も今後の開発対象としている：i) 統合された緊急対応戦略の実施、ii) ビジビリティと透明性の改善、iii) リアルタイムのイベント報告プロセスの実施、iv) INPO、JANSI、IAEA及びその他のピアレビューの等価性への対応、v) 6年以内にすべてのメンバーの企業レビューを実施、vi) ピアレビューの頻度を増やし、4年毎とする、vii) 評価または格付けプロセスを追加、viii) WANO地域オフィス及び本部の内部評価実施。

第5章 学んだ教訓のグローバルな影響

福島第一原子力発電所事故はさまざまな国や地域の原子力戦略に多様な影響を与えた。その程度もさまざまである。また、原子力安全のための人間の行動と組織的背景の重要性も浮き彫りになった。将来のエネルギー供給、グローバルな気候変動、代替エネルギーのコスト、エネルギー供給の安全保障など、政治的、経済的、社会的な問題は地域や国によって異なる。ドイツを含むいくつかの国は、原子力発電能力を段階的に廃止することを決定した。また、電気料金の低下に加え、(特に2008年の世界的な金融危機以降)新規原子力発電所建設の資金調達が困難となって、新規原子力発電所建設プロジェクトの数が減り、発電能力を減らすか、古くなった原子炉を閉鎖することが決定されている国もある。さらに、原子炉を新たに建設することで原子力発電能力を拡大し続けている国もあり、将来のエネルギー安全保障と環境目標を達成するために新規原子力発電所建設に向けて基礎固めをしている「新規原子力発電所導入国」の数も増え続けている。



2号機構台設置作業のため福島第一原子力発電所2号機原子炉建屋南側に向かう従事者。写真提供：東京電力ホールディングス

燃料破損や水素発生に対する事故耐性に優れた代替燃料設計への関心も再び高まっている。いくつかの国は改良型ATF(事故耐性燃料)(NEA、2018b)の研究開発を行っており、商用炉で先行試験体または先行試験燃料棒の照射を行っている。特に、損傷する前にもっと高い温度にも耐えることができ、蒸気にそれほど反応しない(したがって、福島第一原子力発電所事故時にみられたような水素ガスの発生を減らす)被覆材やコア内部材料の研究開発が注目される。

福島第一原子力発電所事故の結果、近年になって小型のモジュール式原子炉やパッシブ・セーフティ機能を備えた第4世代の原子炉など、新しい原子力技術が急速に発展している。世界各国で約70件の開発プロジェクトが進行中であり、産業界はこれらの新技術が安全性に関する公衆の懸念に応えるとともに、原子力発電所の資金調達問題解決にもつながることを期待している。

また、多くの国は、意思決定においてステークホルダーの関わりを深めることで、原子力政策に対する信認を高めることに注力している。原子力機関(NEA)のステークホルダー関与に関するワークショップは、経験や学んだ教訓を交換する場を提供し、福島県の市民の参加と視点から恩恵を受けている。

過去10年間で、原子力発電所のレジリエンスは大幅に向上しているが、特に原子力安全の人的側面において、より詳細な活動が継続されねばならない。この章では、これらの分野の状況と進展について概略する。

5.1. NEA加盟国が学んだ組織的要因と安全文化に関する教訓

5.1.1. 原子力安全の人的側面の理解を深める

NEAの報告書、「*Five Years After the Fukushima Daiichi Accident*」(NEA、2016b)に示されているように、多くの改善が行われている分野でも、安全を確保するためには、継続的かつ革新的な進歩が不可欠である。運転経験や研究を通じて学んだ教訓には継続的な配慮が必要である。これは、安全文化、訓練、組織的要因に反映されるように、原子力安全の人的側面など、複雑な領域に特に当てはまる。国内及び国際レベルで、常に警戒と努力が必要である。

NEAは、アクシデントマネジメント、危機コミュニケーション、前兆事象、深層防護(DiD)、規制の有効性、安全文化、新規原子炉の規制に関する活動と長期的なイニシアチブを支援してきた。その結果、成熟した既存の規制組織を持つ国ではベストプラクティスとガイダンスが確立しており、政策や実践面での改善やベンチマーキング、スタッフの研修、知識とノウハウの確実な移転などに利用可能である。このような活動は、原子力技術の安全かつ効果的な展開に向けて各国を支援する上で不可欠かつ基本的なものである。

組織的要因や安全文化を含む原子力安全の人的側面に取り組むことは、原子力設備の安全な運用と規制当局の実効性にとって基本である。これらの側面は、原子力技術の将来的な利用の可能性や規制にも大きな影響を与える。NEAは、各加盟国がこうした意識を高め、これらの要素に対処するための理解と技術的基盤を向上させようとする努力を支援してきた。

NEA加盟国は引き続き、安全文化の分野での対策を継続するとともに規制要件を強化し、ガイドラインやガイダンス文書の作成を進めている。また、例えば以下を含む人的要因や組織的要因に対処するために、さまざまな活動を実施してきた。

- フィンランドの放射線及び核安全局は、組織的要因のリスクベースの監視を開始、組織的要素に関する最も重要な安全性の問題を調査するためのツールを開発している。
- ノルウェーのエネルギー技術研究所のマン・テクノロジー組織は、情報が欠落または劣化した場合に人間の作業能力がどのような影響を受けるかを調査するために、情報劣化とクルーの意思決定に関する調査を行った。過酷な状況やサイバー攻撃の際にそうした事態となることは一般的であり、しかも増加する可能性がある。この研究では、運転者が装置からの表示の劣化をどのような戦略を使って判断するのか、どのような状態で情報劣化に気付かないのか、また、運転者は情報が劣化した状況にどう対処するのなどに焦点を当てている。
- 加盟国の原子力安全への取組において、多くの側面に人的要因がますます組み込まれるようになっている。

5.1.2. 国の文化と安全文化

近年、安全文化の重要性と原子力安全に対するその影響がますます認識されるようになってきている。安全文化が多くの要因によって影響を受けることは、ますます明らかで、これらの要因の中には、国の文化を反映しているものもある。この疑問は目新しいものではないが、福島第一原子力発電所事故でその問題が浮き彫りとなり、それに注目した対応が求められてきた(NEA、2016h)。そのため、原子力コミュニティがこうした国レベルでの影響を明らかにし、安全に対する潜在的な影響を認識して、健全な安全文化を維持するための道筋を確立することが重要である。国の文化的背景を踏まえた安全文化フォーラム(CSSCF)はそうした方向に向けた1つのステップといえる。CSSCFは、原子力安全に国の文化的要素が与える影響を調査するとともに、原子力安全文化を維持・改善するためのアプローチを特定するため、NEAと世界原子力発電事業者協会(WANO)が共同で発案し実行している。

CSSCFのコンセプトは、各国の文化的な現実から始め、その長所と短所は何か、そして関係当局や事業者の安全文化を強化するために何ができるかを対話を通して振り返るというものである。安全文化の向上には、国の文化を構成する特性の理解が不可欠である。その際、国家の特性は良いものでも悪いものでもなく、安全文化を支えることもあるが、無視すればときにはそれが安全文化を損なうこともある点に留意することが重要である。CSSCFの目標は、国家的な特性を変更しようとするのではなく、組織的な行動に国家の特性がどのように現れているかを認識することであり、できれば研修プログラムでさらに対処すべき分野を特定することである。その目的は、持続可能な変化に向けて国の文化の中で働きかけるということである。

フィンランドとスウェーデンの原子力安全規制機関が開催したCSSCF(NEA、2018e; NEA、2019c)では、いずれの関係組織も、CSSCFには大きな利点があり、CSSCFが国の文化的背景の中で安全に向けた人的及び組織的要因の強化に寄与していることを認めた。今後数年以内にはカナダと英国でもCSSCFが開催される予定である。NEAとWANOは双方ともこのアプローチを支持しており、原子力安全機関が確立している国や、原子力安全機関の更なる強化・発展を希望する国も含め、他の加盟国でもCSSCFを主催することを推奨している。

5.1.3. 深層防護と制度的深層強度

厳格で包括的な安全基準やその他のツールは整備されているかもしれないが、福島第一原子力発電所事故は、高レベルの安全性を実現するためには、究極的には関連機関が、人的要因と組織的要因も考慮し、原子力安全システム全体の入念で効果的な適用を確実にする必要があることを浮き彫りにした。言い換えれば、あらゆる状況において、あらゆる課題を克服して高レベルの安全を達成するためには、原子力安全システム全体が堅牢でなくてはならない。

深層防護(DiD)は、事故を防止または緩和するために多層のシステムを分析して確実にする、体系的な手段を提供する。DiDの強化とさらなる開発に向けた活動は、

「Implementation of Defence in Depth at Nuclear Power Plants」(NEA、2016a)に報告されている。それぞれに独立した強力な機関を土台とした深層強度

(SiD)という類似概念は、事故防止と管理の強力な側面として認識されている(IAEA、2017)。

原子力安全システム全体には、主として、強い被規制者、強い独立監督機関、強い公衆ステークホルダーの3つの独立した組織的サブシステムがある。これらの各サブシステムは、それぞれの機能と責務を果たすための能力を備えていなくてはならない。また、これらのサブシステムは相互に連携し、相互に質問や課題を奨励・歓迎し、他者の選択肢や助言を考慮すべきである。各サブシステムには、単一障害点または共通原因障害を防止するために必要な、独立性、多様性、冗長性、機能分離を提供する複数の層とコンポーネントがある。たとえば、被規制者のサブシステム内では、個々の被規制者は、国内レベル及び国際レベルでピア層により、さらには国際機関の層によってサポートされる。同様に、規制当局のサブシステムでは、規制機関は、国内外の技術的グループの層、国際的なピア層、及び国際機関の層によってサポートされる。

つまり、原子力安全に対する人的・組織的アプローチの一環としての制度的深層強度の適用は、国レベルとグローバルレベルで原子力安全を強化し、確保するために必要な要素といえる。



福島第一原子力発電所2号機原子炉建屋の上層階にあるオペレーティングフロア。放射性物質による汚染があるため遠隔操作の重機やロボットを用いて状況の確認などが行われている。写真提供:東京電力ホールディングス

5.2. 事故、緊急事態、及び事故後の管理:レジリエンス(回復力)とバランスのとれた決定

5.2.1. レジリエンス

福島第一原子力発電所事故で学んだ教訓の1つは、設計基準事故(DBA)で想定されたよりも複雑であったり過酷であったりする状況に対してアクシデントマネジメント措置が必要ということである。さらに、「クリフエッジ」効果につながるような単一事象が致命的となることのないよう、アクシデントマネジメント措置を頑健で多様なものとする必要性も浮き彫りになった。

ここから、緊急事態やアクシデントマネジメントのレジリエンス強化というコンセプトが生まれた。レジリエンスとは、地方、国内、国際的な計画の中で未曾有の事象に対処する能力と、予期しない事態に対応できる柔

軟性と俊敏性を備えることである。事故発生時は、事業者も規制当局も多数の「未知の未知」に直面しなくてはならない可能性があり、これは大きな課題である。また、レジリエンスには、効果的で管理可能、釣り合いのとれた防護戦略を実行できる能力と、危機レベルの介入を中止する計画が必要である。さまざまなセクターから、ハザードの緊急対応に関する原子力以外の分野での経験や教訓が得られている(NEA, 2018a)。また、今日では新型コロナウイルスのパンデミックへの対応において各国も国際社会も同様の課題に直面している。

5.2.2. 最適化への総合的なアプローチ

原子力業界の運営と規制の土台となるのは、原子力安全とリスクの観点から最適な結果を達成するためバランスのとれた意思決定を行うということである。最適化では、リスクに対してそれを制御するために必要なリソース(労力、時間、コスト)とのバランスが考慮される。防護の最適化では、経済的及び社会的要因を考慮しながら、すべての線量を「合理的に達成できる限り低く保つ」というALARAの原則が適用される。安全対策は、放射線を使用する施設の機能的な活動を過度に制限することなく、産業ライフサイクル全体にわたって高水準の安全性を提供する場合に最適化されたとみなされる。このように、活動、行動、プログラムを行う際のリスク最適化プロセスは、社会的に期待される被ばく線量の抑制の限度と、社会が抑制のために投資してもよいと考えるリソースの量を示すものである。

ALARAの原則は、対策のコストと利点、及び発生する廃棄物の量をさらに考慮する必要がある、事故後の管理にも適用される。福島第一原子力発電所事故、その直接的な影響と長期的な影響、サイトの廃炉作業と関連廃棄物の対処問題によって、こうした点が浮き彫りとなっている。放射線にさらされる可能性のある状況は一般的に複雑であり、事故発生時と復旧段階の事故後の管理の双方において、複数の分野にまたがる専門的な配慮が必要となる。この経験から、放射線用途とその被ばくの可能性の環境的、社会的、心理的、技術的及び経済的なコストと利点に加え、復旧段階においても防護措置のさまざまな選択肢について幅広く全体的に考慮する必要性が明らかになった。どのような状況においても、ステークホルダーの選択的傾向は社会的、環境的、経済的、政治的な要因の影響を受ける。例えば、放射線被ばくによる健康リスクなど、単一のリスクの低減にリソースを集中させることは、被ばくを最小限に抑えることにつながるかもしれないが、全体的な福祉面で釣り合いが取れた防護とはいえない可能性がある。世界の原子力業界は、発電所内にとどまらず、これらの特徴と何が望まれているかについて理解を深め、バランスのとれた最適化リスク決定プロセスにそれらをより多く取り入れるよう取組を続けている。

福島第一原子力発電所事故後の現況が呈するリスクは、質的に比較することが概して非常に困難である。特定リスクを管理することのコストと結果を金銭的価値から評価することは可能だが、リスク情報に基づいた意思決定プロセスをサポートし、リスクと不確実性の許容レベルを決定するために、大きく異なる側面の間バランスをとることができる、共通の枠組みが必要である。

このような複雑な意思決定は本質的に困難だが、意思決定に直接関与していない可能性のある公衆が影響を受ける場合は尚更である。通常は、多くの場合不確実で、時には相互に矛盾する複数の要因を考慮した上で、立場を明らかにしなくてはならない。しかも、短期的な緊急要因や長期的な影響を容易に予測できない複雑な状況下、こうした立場や意思を限られた時間内で決定しなくてはならない場合が多い。福島第

一原子力発電所事故による放出の可能性に対応して市民を避難させた決定については、こうした背景を踏まえて振り返る必要がある。

このような状況において、どのようにして最適な合意を決定するのかということは、国際的な取組によって支援は提供できるものの、各国の文化的背景や社会的、経済的、政治的環境の違いを考慮して対応すべき課題である。このこともまた、かつて放射線防護や原子力安全に関する定型的な意思決定に採用されたかかもしれないものよりもっと幅広い要素と意見を考慮に入れて意思決定する、より包括的で包摂的なアプローチの意義を示している。さらに、一義的な目的が達成された後（または評価によって目的が完全に達成できないことが示された場合）に決定を終了または取り消す根拠を判定するための合意されたプロセスを確立する必要がある。これは、事故発生時に決定された一時的な住民避難後、住民が帰宅して再建にとりかかろうとする際に当局や地域社会が直面する困難さによって改めて浮き彫りとなった教訓である。

5.2.3. 緊急事態における意思決定のリスクのバランス

福島第一原子力発電所事故発生後、数日間にわたって複数の避難命令が出されたが、一方で自主避難の決定にはやや時間がかかった。ここから学んだ教訓は、避難に伴う死亡リスクのため、即時避難の実施については再検討すべきというものである。病院や老人ホームからの即時避難は患者にとって安全ではなく、準備が不十分な場合は死亡率の上昇につながった。これらはまた、事故の事前対策を考える上で大きな教訓を提供している。高齢者などの脆弱なグループに対しては即時避難のリスクと（急場を凌ぐリソースが整っており介護者が付き添える場合）継続的な介護をしつつ屋内退避することの潜在的な利点とのバランスを考えて具体的な措置を検討することが適当と思われる。もっと一般的には、福島第一原子力発電所事故の経験は、避難に関連する死亡の直接的な原因とリスク要因をより明確にし、理解する必要性を示唆している。また、放射線被ばくによる健康リスク（個人やコミュニティの「私は安全だろうか?」という疑問に答を見出す助けとなる）と、防護措置がかえって有害となる可能性の双方に関して、知識の豊富な専門家によるアドバイスを事故後の決定に慎重に統合する必要もあることが明らかになった。

もう一つの重要な分野は、防護策を実施する際に人々に与える精神衛生や心理社会的な影響の軽減に関するものである。NEAは、原子力以外の緊急事態における既存のガイドラインを応用して、世界保健機関（WHO）による放射線または原子力の緊急事態におけるメンタルヘルスと心理社会的サポート（MHPSS）の枠組みの開発に寄与した（WHO、2020）。最近のNEAウェビナーでは、新型コロナウイルス感染症のパンデミックなど、原子力以外の緊急事態からの経験や教訓を、原子力または放射線緊急事態が発生した際の各国におけるMHPSS改善にどのように役立てることができるかを検討する上で役立つ（NEA、c2020c）。NEAはさらに、MHPSSの影響を防護措置の決定に反映するための実践的で実行可能なアプローチを開発している。今後は以下を含む必要がある。i) 最も脆弱なグループ（高齢者、入院患者など）への潜在的な影響を考慮し、防護措置の副次的な結果と、直接的な健康リスクとのバランスをとる方法の開発、ii) より効果的なリスクコミュニケーションの実現、iii) MHPSSの運用の国際ベストプラクティスの実例を最大限に活用し、それらを国/地域の計画・手順に応用、iv) 事前対策への物流面またはその他の高度に地域的な側面の取り込み（ヘルスケア及び公共サービスへの効果的なアクセス、コミュニティまたはグループと自然環境及び伝統的な地域との関係など）。

第6章 事故に起因する更なる課題

日本をはじめとする多くの国々は、この事故に起因する多くの問題や困難にうまく対処してきた。そして、重要な点として、世界の原子力安全に向けた更なる改善のための教訓を学んできた。事故原因の側面と同様の事故防止方法に関しては、技術的な理解が確立されている。技術的な問題と規制上の問題の多くは解決された。しかしながら、各原子炉における事故の進展状況や、環境、社会、経済、政治的な性質を含む、事故の影響に関連するいくつかの側面についての科学的知識は今も進化し続けている。この章では、現在及び将来の課題について、それぞれの関連性に注意しながら検討し、前述の章で議論した内容から恩恵を受けたいいくつかの側面について振り返る。

原子力エネルギーは、特に、大気中への炭素排出量の大幅削減に真剣に取り組む国が増えるにつれ、世界のエネルギーの将来にとっておそらく重要な役割を果たすことになるだろう。そのため、将来の政策や実践に学んだ教訓を取り入れることが不可欠である。この章では、国際社会の関与を振り返り、原子力機関(NEA)とその加盟国が今後も支援と専門知識を継続的に提供してゆく所存であることを再確認する。

6.1. 技術的な課題

6.1.1. 燃料デブリの取り出し及び関連するフォレンジック活動

日本政府、原子力損害賠償・廃炉等支援機構(NDF)、東京電力(TEPCO)、日本原子力研究開発機構(JAEA)をはじめとする日本の諸機関は引き続き、福島第一原子力発電所サイトにある損傷した3基の原子炉から燃料デブリを取り出す方法を決定し、この前人未踏の作業に備えるために、多大な努力を続けている。世界の科学コミュニティはこの取組から学ぼうとしているが、最優先事項は廃炉プログラムの推進でなくてはならない。

このプログラムには、安全性評価、研究開発、エンジニアリング研究、装置の調達などがあり、その中には画期的な業界初の技術も含まれる。燃料デブリは広範囲に分析する必要がある。その第一義の目的は、廃炉作業の安全性と、燃料デブリ並びに関連する構造物や物質を安全に処理、貯蔵、そして最終的な廃棄を最適化することである。また、この分析によって、事故発生状況において燃料に影響を与える現象についての科学的理解を深めることができる。特に注目すべきは、燃料デブリの場所と形態、さらにはこれらの知識

によってコンピュータコードを使用して予測モデルの改良できる度合いである。このようなモデル化における拡張性アルゴリズムは、技術的な発電所安全対応策の向上、シビアアクシデントマネジメント指針(SAMG)、その他世界が将来遭遇する可能性のある事故の進展を防止及び/または緩和する上で有用となるかもしれない手順の改善に向けた技術面及びシミュレーション面での基盤を提供する。

NEAは、日本と国際社会によるこの作業の推進を十分支援できる立場にある。NEAは、世界中の科学者の関心を調整して日本側と提携し、燃料デブリに関するフォレンジック活動作業の共同計画を策定することにより、重複を回避し、相乗効果を促進できる。こうした提携と改善努力については、セクション4.1.2 で前述した。

また、NEAは、以下のような重要なトピックに関して加盟国からの情報収集を調整することにより、日本が燃料デブリ取り出しの基礎を開発する上で支援を提供できる。

- 燃料回収作業に関連する各種放射性物質の放出(放射性ダストなど)
- 放射性微粒子、特にアルファ粒子の閉じ込めシステムと換気システム
- 核分裂性物質及び減速材の構成と形態が不確実な場合の臨界評価と防護
- 高放射線環境における物質(特にエラストマー、プラスチック、グリース、流体)の挙動と特性
- 高放射線環境でのロボットの使用

このリストはすべてを網羅しているわけではなく、燃料デブリを安全かつ効果的に取り出すためには他にも高度なエンジニアリング上の課題があり、NEAと加盟国が支援を提供できるかもしれない。

6.1.2. 除染方法、環境回復、及び関連廃棄物の問題

福島第一原子力発電所の廃炉作業には、地域、構造物、設備等の適切な除染と、汚染物質や放射性物質のインベントリ、状況、貯蔵、最終廃棄を行う能力が必要となる。廃炉作業を行う作業員の安全性と放射性廃棄物の最小化の双方が課題である(NEA、近日発行予定 k)。業界では民間の間で多数の除染方法があるため、その手法や用途、実現可能性、コスト、及び有効性のデータを、その科学的根拠とともに一元管理できるデータバンクがあると有益であろう。NEAは、継続中の廃炉作業支援と将来の作業をより安全かつ効率的に実施できるような技術開発の促進を目的として、既に既存の知識と情報を結集している。

日本は、この事故によって環境が放射性堆積物の影響を受けた広範囲にわたり、除染と回復のための大規模なプログラムを実施してきた。これらの活動の中には、その複雑さと規模において前代未聞のものもあり、まだ追加作業が必要なものもある。そうした活動の経験があるNEA加盟国もあり、こうした分野の専門家を集めて最先端技術を見極め、さらに科学的研究やその他の研究を提案し、教訓を学ぶことが有益と思われる



福島第一原子力発電所2号機原子炉建屋の内部、原子炉格納容器内にある燃料デブリ(原子炉内にあった燃料が事故で溶け、さまざまな構造物と混じりながら、冷えて固まった物質)の状態。調査装置先端に取り付けたカメラを遠隔操作によって操作し取得した映像。写真提供:東京電力ホールディングス

る。経済協力開発機構(OECD)の他の部門も、効果的かつ効率的な改善策を決定するにあたり経済的及びその他の考慮事項に照らして有益な見解や助言を提供できよう。

考慮すべき領域には、以下がある。

- さまざまな回復・除染オプション(「何もしない」または「ゼロ」オプションを含む)の比較、(日本で検討されているような)低レベル汚染物質のリサイクルなど選択肢の評価、並びに放射性廃棄物として特別な配慮が必要な廃棄物と通常の廃棄物を区別するための基準の特定を行うためのツール
- 持続可能性の柱(環境、社会、倫理、経済)とさまざまな最終的な選択肢の影響を考慮した、法制度と政策の枠組みに関するものも含めた、持続可能な改善アプローチのためのガイダンス
- 意思決定やステークホルダーの関与に使用されるデータやその他の知識を収集、管理、保存するための情報システム
- 地方レベルと国家レベルで、最終的な廃棄物貯蔵施設の設計と設置を含む、環境改善計画策定におけるステークホルダーの関与と、当局との信頼を維持及び構築するための戦略。

6.1.3. 固体廃棄物管理

効果的かつ効率的な固体廃棄物管理は、安全で経済的かつタイムリーな廃炉作業の中核を成すものだが、原子力プログラムがライフサイクル全体の管理能力を公衆に実証することが最も困難な分野の1つでもある。多くの国では、使用済核燃料と高レベル放射性廃棄物の処分場所の確立に苦勞しており、科学、工学、社会、政策面で課題に直面している。日本でも同じで、現在、処理及び取り扱い方法の研究が進められているものの、福島第一原子力発電所の廃炉から出る放射性廃棄物の最終的な処分計画はまだ確立されていない。

日本は現在、福島第一原子力発電所サイトとその周辺地域の大規模な廃炉作業に伴う廃棄物管理という困難な課題に取り組んでいる。廃棄物には、汚染が軽度の土壌や樹木、その他の天然物から、将来、原子炉格納容器(PCV)内から回収される予定の、非常に放射性の高い物質まで、大量の物質が含まれている。NEAにはさまざまな問題を取り扱う出版物があるが(セクション4.1.3、NEA、2015b; 2016c; 2018d; 近日発行予定mを参照)、核燃料サイクルを効果的に終了させるためには、日本を支援し、世界的に基盤を推進させる、さらなる努力が必要である。NEAは、複雑な放射性廃棄物の取り扱いと処分について世界中から経験を引き続き結集しており、今後開発すべき分野として以下を挙げている。

- 先端技術の応用(ロボット工学、デジタル化など)
- 廃炉コストの評価(NEA、2012f; 2014o、2015l; 2017g; 2019i)
- 廃棄物の決定とステークホルダーの関与(セクション6.4を参照)



福島第一原子力発電所構内の遠隔操作室内の作業員。多様な作業現場に適した遠隔操作技術が開発され、適用度の確認をへて多くの箇所での運用が進んでいる。写真提供:東京電力ホールディングス

- 廃炉作業と地域再生に伴って発生する廃棄物を管理するための戦略とアプローチ
- 廃棄物の安全な貯蔵、輸送、及び廃棄のための、複数の管轄区域や国にまたがる考慮事項
- 情報、データ、知識の管理

6.2. 法規制

福島第一原子力発電所のような事故後の課題は、その規制が、原子炉サイトの稼働や予定されている耐用年数を迎えた廃炉作業に適用されるものと同じにはできないという点である。福島第一原子力発電所サイトは、多くの未知数が残る、不確実な状態にある。原子力発電所の廃炉作業は非常に複雑で、知識と経験を徐々に蓄積する、柔軟な段階的プロセスが採用されている。NEAは、加盟国の規制専門家を集め、共通の教訓(NEA、2019d)を明らかにすることで支援してきた。

日本の原子力規制委員会(NRA)及びその他の加盟国の規制当局には、特別廃炉プロジェクトなど不確実性の下での規制や、最適化に関する決定(セクション5.2.2及び6.5を参照)、ステークホルダーや業界との効果的な規制への関与、被規制者や公衆と規制当局との効果的なやり取りなどの事項について、さらなる知見が提供されるであろう。

NRAは過去10年間にわたり、技術的な独立した原子力規制当局へと、目覚ましい発展を遂げてきた。多くの原子力規制当局同様、NRAもおそらく変わり目に達したとみられる。今では社会の急速な変化に適応し、あらゆるレベルでオープンかつ建設的な業界との対話を通じてその有効性をさらに高める機会が存在する。

「独立した意思決定」や「透明で開かれた組織」など、NRAの活動原則はそうした進化の基盤となっている。これらの活動原則を実践するため、NRAは、原子力業界から厳格な距離を置くという方針を含め、外部ステークホルダーの関与を慣行としている。日本が福島第一原子力発電所事故に起因する困難に直面していることを認識する一方で、規制当局は、独立性と開放性を示すため、「実効ある規制当局としての特徴」との声明に沿って、バランスのとれた合理的なアプローチに向けて努力することが重要である。他のNEA加盟国も証明できるように、このようなバランスを実現するには、規制当局と原子力業界代表者を含む外部ステークホルダーとの複数当事者間および二者間のパブリック・エンゲージメント及びそれ以外のエンゲージメントを通じて達成可能であり、また、達成すべきである。また、ステークホルダーとの二者間でのエンゲージメントを行う場合は、バイアスがかかっていたり妥協をしていたりといった心象を与えることを回避または最小限に抑えるよう注意しなくてはならない。このような独立性と開放性のバランスをとったアプローチによって、規制当局は孤立を回避し、関連問題を理解して、適切でタイムリーな規制上の決定を行うために必要な情報を得ることができる。

ステークホルダーの関与を拡大することは、困難な活動や状況において最適な廃炉アプローチに向けた合意を得るための重要なプロセスとなりえる。NEA加盟国の経験では、そうした決定にステークホルダーを関与させるための革新的なアプローチを採用することが有益な場合がある。これらのプロセスを通して、最適な廃炉アプローチを検討・合意するため、規制当局、政府関係者、地域住民の代表者、廃炉戦略機関(NDFなど)、サイトの運営者である事業者が結集することが可能となる。事業者にとって短期リスクが増大する状況では、規制機関などミーティング当事者は、合理的に行動してもっと直接的に長期ハザードの低減を実現できるよう、型どおりのアプローチよりもリスク情報を活用したアプローチを選ぶことができる。

6.3. コミュニティと地域経済の再建と復興

日本は、津波と福島第一原子力発電所事故で被災し、住民が避難を余儀なくされた地域を再建・復興中である。事業者が行っている優れたイニシアチブの中には、現場で地元企業を起用することで現地の専門知識と技能を蓄積しようとする東京電力の福島第一廃炉カンパニーFDECによる取組や、福島第一原子力発電所の廃炉ニーズに焦点を当てた、高水準の科学/工学研究拠点を地元建設する提案などがある。

2015年に日本政府は、被災企業の再スタートを支援するため、官民合同組織の福島相双復興推進機構を設立した。この官民共同復興チームは、必要な情報を現地で入手し、すべての経済主体との信頼を築き、さまざまな問題に対応する専門家と協力し、政府支援策において現地ニーズを反映することを主眼点としていた。再出発できた企業もあるが、例えば事業の継続性や、有害な噂によって引き起こされた根の深い風評被害など、取りまねばならない多くの課題は残っている。



2016年6月撮影、富岡町、沿道の花壇でのお花プロジェクト(出典:除染アーカイブサイト <http://josen.env.go.jp/archive/detail/?TO-05-P0032>)

復興の取組は企業の再出発にとどまらない。家族や社会とのつながり、文化的つながり、「サブコミュニティ」(災害後のゾーニング措置で生まれたコミュニティ)間の社会的、環境的、経済的つながりなどを活性化するための対策も不可欠である。地元のニーズに合った支援とサービスへのアクセスを強化しなくてはならない。事故から10年経っているが、食品の安全管理は、消費者の信頼、当地や地元製品のイメージダウンの問題、代表的な食品の市場の確保などを通じて、経済的側面と強い関わりがある。

市民の間で、放射能汚染の残留レベルについてある程度懸念が残っているのは無理もない。日本では、監視プログラムや防護措置に関する助言を通じて、これらの懸念に対処する方法が地元住民向けに提供されている。

こうしたさまざまな問題を包括的で実用的な汎用フレームワークに組み込んで、事故後の復旧に備える必要がある。このフレームワークでは、回復の意思決定プロセスをいかに合意に基づいたものとするかについてのガイダンスを提供し、それには、できる限り最善の結果を実現し、社会的な混乱を最小限に押さえて回復を促進するためのレジリエンスを国レベルとコミュニティレベルで築けるよう、現地の知識と専門知識を持っているステークホルダーの関与を幅広く促すべきであろう。

NEAは、OECD内の幅広い専門知識に緊密に繋がっており、独自の立場から支援を提供できる。NEAは、広範な放射性汚染と住民避難という特徴があるかどうかにかかわらず、被災地の復興におけるそれぞれの国毎の経験にアクセスできる。このような相乗効果的な取組は日本の役に立つ可能性があるが、持続的かつ持続可能な方法で地域経済を再建する必要性に直面している他の国々にとっても有益であろう。NEAはすでにこの分野でいくつかの報告書を発表している（NEA、2014n；2019g；近日発行予定 h）。こうした作業では、個人の権利や自律性の尊重など、倫理面にも配慮しなければならない（セクション6.7を参照）。

6.4. 公衆及びステークホルダーの関与

原子力プログラムを運営・監督する機関や意思決定者に対するステークホルダーからの信頼ということが今でも多くのNEA加盟国で課題となっており、NEAが2017年と2019年に開催したステークホルダー関与に関するワークショップ（NEA、近日発行予定 i）でも全体的なテーマとなっていた。地域社会を含むさまざまなステークホルダーと長期的な関係を築くこと、特に個人間の関係を築くことは、課題に対応するためだけでなく、民主社会にとって重要な、情報に基づいた制度への信頼感を確立するためにも不可欠である。信頼は、開放性、透明性、効果的なコミュニケーション、意義深いエンゲージメントなどが互いに絡み合って築かれるもので、多くのリソースが必要となり、完全に達成することは多くの場合難しい。原子力関連のコミュニケーションは時に、科学的・技術的な言語を一般市民がアクセス可能なメッセージに翻訳することに過ぎないとみなされることがある。だがこれは最終目標ではなく、科学だけでなく、公共のニーズや懸念に基づいて有意義な対話に基づく関係を構築するための起点となる。ステークホルダーがそのやり取りやフィードバックが明らかに考慮され、オープンかつ透明性を持って対応され、政策に影響を与えるという経験をするすることで、原子力社会における信頼や信用、価値が築かれ、政策の堅牢性が高まる。

福島第一原子力発電所事故から10年経った今、現場の将来に向けた次のステップでは、市民社会のステークホルダーと、日本政府、規制機関、産業界、地域団体の関係者を、協動的で透明な政策決定プロセスを通して結集し、学んだ教訓を実践に移していくことが求められる。国際レベル、国家レベル、地方レベルでのコミュニケーションとステークホルダーとの関係、そして信頼が、短期的にも長期的にも、社会の反応と回復力に影響を与えてきた。あらゆる影響において、情報に基づいた合意と最適化に根付いた政策決定への道筋を提供するのは、信頼、開放性、透明性、共感、コミュニケーションを土台として築かれた誠実なステークホルダー間の関係である（セクション6.5を参照）。NEA加盟国はこの分野での活動が原子力政策全体に幅広く適用可能であることを認識しており、今後もステークホルダーの関与促進のための国際協力を支援していく。

6.5. 最適化された全体論的な意思決定

放射線防護コミュニティともっと幅広いフォーラムの専門家は、福島第一原子力発電所事故のような状況で複雑な意思決定には、より幅広い情報収集と働きかけを通じた最適化と意思決定に対する全体論的なアプローチから大きな恩恵を受けることを認識している。NEAの出版物は、このようなアプローチの開発について報告し、情報に基づいたよりよい意思決定を行うための情報交換方法に関するガイダンスを提供している（NEA、2012e；2015a；近日発行予定g；近日発行予定h）。より幅広いステークホルダーの役割については積極的な議論が行われ、関与方法についてそれぞれの経験が情報交換されている。こうした取組を前進させるには、OECDの他部門も含めた幅広い専門知識が必要であろう。

政府や規制当局が、放射性廃棄物の処分や発電所の寿命延長に関する政策決定に対して一般市民から支持を得ることは難しいかもしれない。このような決定は、科学的エビデンスで裏付けられたとしても、社会的または政治的に受け入れられない可能性がある。このような状況において最適な政策決定の合意に至るには、国際的な取組によって支援は提供できるものの、各国がその文化的背景や社会的、法的、経済的、政治的環境の違いを考慮して対応しなくてはならない。このこともまた、政策決定へのもっと全体論的、包摂的なアプローチが必要であること、そして放射線防護や原子力安全で過去に使われていたかもしれないよりもっと幅広い要素と見解や助言を考慮する必要があることを示している。



福島第一原子力発電所構内で発生するALPS処理水を保管するタンクの作業に当たる従事者。写真提供：東京電力ホールディングス

放射線防護の最適化は、正当化と線量限度（該当する場合）に加え、国際放射線防護体系における「三原則」の1つである。端的に言えば、線量はすべて、経済的及び社会的要因を考慮したうえで、以下を含め、合理的に達成可能な限り低く保たねばならないということである（ALARAの原則）。

- 「オールハザード・アプローチ」を使用すること——他のリスクも考慮し、放射線ひばく線量を最適化

- 実際的で適切な場合はステークホルダーを関与させる——ステークホルダーの関与は政策の意思決定プロセスにとって不可欠な一部であり、受容であるか許容であるかを明確にするための鍵となる
- 構造化分析の実施——防護のさまざまな選択肢やそのコストと利点を提案し比較
- バランスの必要性に言及——段階的なアプローチを実施

今日では、防護へのアプローチは、放射線被ばくという狭義の最適化から、福祉というより大局的な視点からの最適化というアプローチに進化しなくてはならないと考えられている。そのためには、ステークホルダーのニーズや懸念を念頭に置きつつ、健康への利点以外にもさまざまな利点を検討し、それに基づいた選択肢を作成・評価して、多様なリスクを管理するためのアプローチの適切なバランスをとるための方法とツールが必要である。そうしたアプローチは汎用アプローチではありえない。鍵を握るのは人的側面であり、最適化プロセスは、それを適用する際にみられるその国固有の文化的特徴を統合したものでなくてはならない。事故後の回復は、そのプロセスをステークホルダーが望む結果に沿って設計された「ニューノーマル」への橋渡しとすることで改善できる。このような新しいプロセスには、環境の最適化も取り入れるべきである。

NEAでは、環境や社会経済を幅広く考慮しつつ、動的で不確実な状況下でも健康と安全を最適化するための学際的な手法を検討している。しかし、最もバランスの取れた最適な防護は何かを見極めるため、(メリットとデメリットの双方を含む)さまざまなリスク要素のバランスを考慮し、ステークホルダーも参加したプロセスを通じて、受容または許容され、持続可能な政策決定をどのように透明に達成するのかについては、まだ多くの作業が必要である。

6.6. 原子力安全確保のための制度

国会で報告された独立した報告書(国会、2012)に示されているように、福島第一原子力発電所事故の根源的な原因は¹、日本の原子力行政における構造的な欠陥であり、技術的な問題というよりも制度上の問題であった。さらに、原子力安全を確保するための制度が働いていなかったことで、日本の産業界や規制当局、政府に対する公衆からの信頼が損なわれ、世界中の他の国・地域の制度に対する懸念が提起されることになった。福島第一原子力発電所事故は制度上の単一のまたは複数のコンポーネントに起因するものではなく、制度全体の欠陥によるものであったということを理解することがより幅広い教訓を得る上で重要である。事故の技術的側面を調査することは必要だが、直接的原因の異なる原子力発電所事故を防ごうとするのであれば十分とはいえない。

したがって、単に制度内の1つのコンポーネント(規制当局など)を見直し・変更するのではなく、原子力安全制度全体、特にコンポーネント間の相互作用を考慮せねばならない。この分野では、例えばINSAG 27報告書(IAEA、2017)など、一部の取組はなされているが、知識と理解を深めるためにはさらに多くの作業が必要である。

1. 事故調査員は、直接的原因と根源的原因について報告している。直接的原因(津波など)は事故を引き起こすものであるが、根源的な原因は最終的に事故や「ニアミス」となって表面化する潜在的な問題である。

6.7. リーダー及び参加者の倫理感

福島第一原子力発電所事故によって生じた大きな問題の一つは、一般市民からの信頼感が失墜したことであった。この事故によって、いかに簡単に信頼が失われ、そして一度失われた信頼を取り戻すことがいかに難しいかが浮き彫りとなった。信頼を取り戻すための主要な要素の1つは、公衆が専門職または組織の専門家の動機を信頼できるかどうか、ということである。原子力業界、規制当局、その他の組織の多くのリーダーや専門家は目的意識をもって社会全体の利益のために働いている。これは、関連団体が義務付ける行動基準に反映されている。WANOは、原子力のリーダーシップに関して発行した文書で、以下のように述べている。

民生用原子力産業のリーダーとして、我々は、安定的に電力を供給する一方で原子力安全の最高水準を維持するという独自の責任を負っている。すべての重要なステークホルダー（従業員、公衆、規制機関、及び世界の原子力発電コミュニティの同業者ら）に対する義務を果たすためには、我々の組織とチームを効果的にリードする能力が不可欠である。(WANO、2019、p. 2)

国際放射線防護委員会(ICRP)は、「*Ethical Foundations of the System of Radiological Protection*」(ICRP、2018)を発行し、コアとなる倫理的原則として以下を挙げている。

- 善行と無危害(良い行いをし、害を及ぼすことを避ける)
- 慎重(完全な知識が得られない場合は慎重に選択する)
- 正義(長所と短所を公平に共有する)
- 尊厳(個人の尊重—一人権)

これらの原則の基盤となるのは、何世紀にもわたって医師の倫理指針となってきた「ヒポクラテスの誓い」である。「ヒポクラテスの誓い」は、医療従事者に対する公衆の一般的な信頼の土台といってもよいかもしれない。

世界中の原子力分野におけるリーダーや専門家全体にあてはまる倫理規範として上述のような原子力に関する倫理のさまざまな要素を一つにまとめる時期が到来しているのかもしれない。これは、原子力の平和利用に対する持続的な公衆の信頼と信認を築くための土台の一部となるだろう。NEAとその加盟国は、こうしたイニシアチブのカタリストとなれる。そしてこのような倫理規範が、専門家、当局、市民の間で開かれた対話を促進する政策決定プロセスの原則につながる可能性がある。

6.8. 知識と経験の次世代への継承

福島第一原子力発電所などの事故や、その教訓を理解・実践するための努力から苦勞して得られた経験や知識が世代の移り変わりによって失われてはならない。これは、入手可能な原子力に関する知識と経験の一部に過ぎない。さまざまな組織や企業が、不可欠な文書と暗黙のノウハウや経験の双方の保全を原則とする独自の知識管理システムを持っている。世界には、(セキュリティや商業上の考慮事項を尊重しつつ)これらすべてを動的に統合し、世代や国境を超えてアクセス可能なメカニズムが必要である。NEAは、この

分野でも取組を開始しており（NEA、2019d）、放射性廃棄物管理委員会は2020年に、情報、データ、知識管理に関する作業部会を設立した。

ちなみに、NEAには原子力関連のコンピュータコードとデータを対象としたデータバンクサービスがあり、日本の福島第一原子力発電所に関する知識管理システムを基に、より広い世界の知識管理システム構築のベースとして機能できるかもしれない。

6.9. 国際機関が協力し合うグローバルシステム

福島第一原子力発電所事故への対応においては、国際機関の緊密な連携から大きな恩恵を受けてきた（セクション4.2参照）。将来的にも、原子力を安全で堅牢なクリーンエネルギー技術として推進するための土台として、原子力の安全性と放射線防護を効果的かつ効率的な方法で継続的に改善するためにこうした共同作業が必要となろう。規制機関のリーダーたちは定期的に会合を開いてお互いから学び合い、共通の問題に対処しているが、原子力企業のリーダーたちも同様に、互いに責任を持ってエクセレンスを追求している。一部の会議以外、国際機関のリーダーたちが互いに有益な協力関係を築くために集まる機会はほとんどない。福島第一原子力発電所事故に共同で対応する際に形成された関係は、OECDの他分野に関心を持つ人々を含む他の世界的な問題に対処するための更なるパートナーシップの基礎として利用される可能性がある。

6.10. 法的な事前対応策

福島第一原子力発電所事故を契機として、国際社会は、関係諸機関が迅速に対応し、具体的な事故状況に合わせて被災者に十分な経済補償を迅速に提供できるようにする、明確で包括的な法的枠組みを整備することの重要性を改めて認識することとなった。日本の原子力損害賠償法は、事故の内容に応じて法的枠組みを調整するための補足を加えるだけで、適切な基盤を提供した（上記セクション3.4.3を参照）。

NEAでは、国家レベルまたは国際レベルで原子力賠償責任体制の実務面での特徴と条約関係がない場合の結果について検討するワークショップを開催している。このような議論を継続し、原子力施設を有する国や原子力事故の影響を受ける可能性のある国々をできる限り多く支援して、原子力賠償責任体制の1つに準拠し、各国の法制度を必要に応じて改正できるようにすることが必要であろう。

第7章 結論と展望

福島第一原子力発電所事故は、日本と世界の原子力セクターにとって極めて重要な出来事となった。日本の政府・産業団体は事故にうまく対処し、特に事故の影響の抑制と、オープンで透明な情報提供においてよく対応してきた。世界的に見ると、この事故をきっかけとして、原子力規制当局、産業界、国際機関は、情報やベストプラクティスの交換を今までになく行うようになった。

日本では、原子力技術の規制と監督が強化された。現在では、損傷した原子炉の廃炉作業を安全に進め、地域、国、国際レベルでステークホルダーのニーズや懸念に対応する形でサイトの復旧を行うことが主眼点となっている。福島第一原子力発電所サイトには、激しく損傷し、3つの炉心溶融が生じた4基の原子炉など、未曾有の課題が残っている。廃炉作業は、リスク低減に重点を置きつつ、作業員や公衆、環境の安全確保を優先して、体系的な方法で精力的に進められている。2021年2月13日に福島県で大地震が発生し、サイトにも影響が生じた。これまでの分析で地震が福島第一原子力発電所サイトに重大な問題をもたらしていないことが示されているが、現実的な限り早急に廃炉作業を完了する必要性が改めて浮き彫りとなった。

サイト周辺のオフサイト除染作業は順調に進んでいる。被災した多くの地区ではほとんどの避難命令は解除され、公共サービスも復旧している。今は、地域社会や地域経済の復興プログラムを強化する必要がある。これは、放射線防護や原子力安全の分野よりも、コミュニケーションと信頼の構築という分野に属する、難しい課題である。

世界的には、特に事故や極端な現象に対応するための堅牢で多様なシステムの可用性の確保という点で、原子力施設の安全性をさらに高めるために教訓が活かされている。事故発生後の初期から日本のパートナーと協力し、日本の事故の対応や事故からの回復を支援してきた国際専門家の多くは、世界のナレッジベースを拡大する機会を求めている。教訓を共有し、協力することで、ステークホルダーの関与も含め、原子力安全及び放射線防護の多くの分野でさらなる進歩が促進され、グローバルなコミュニティが恩恵を受けることになる。

今後も、原子力事業に対する公衆の信頼を取り戻し、さらに強化すべく日本と世界の取組は続くだろう。この点において、包括的なステークホルダーの関与を通じて、人的要素と社会的要素を計画の中心に据えることで事故後の回復を強化するなど、新たな教訓を学び続けることになるだろう。今では、公衆の信頼を得ることが回復にとって重要なきっかけであることが広く理解されている。

廃炉作業と放射性廃棄物の管理

福島第一原子力発電所事故からの回復努力において、サイトや周辺地域における廃炉作業、除染の安全な遂行とそれに伴う廃棄物の慎重な管理は、日本にとって明らかに優先事項である。廃炉作業から発生する非定型廃棄物を管理するためのより包括的なシステムを開発する必要があり、これには、効率的な廃炉作業と処理、及び廃棄物管理のためのレガシー廃棄物と非定型廃棄物の特性評価方法及び技術の開発が含まれる。グローバルコミュニティに全面的に働きかければ、高度に汚染されたサイトへの世界中の対応経験から、ベストプラクティスと回避すべき手法の双方が明らかになる。

また、廃炉では、ロボット工学やリモート技術の効果的な適用も必要となる。これも国際協力にとって機が熟している分野である。このように高度なシステムの放射性廃棄物の管理、廃炉作業、レガシー管理への導入を容易にするため、国家レベルと国際レベルで戦略的アプローチを開発すれば、日本の廃炉作業を支援できるであろう。特に、損傷した原子炉からの燃料デブリ取り出しを進展させるため、遠隔操作ツールの使用に伴う独特の課題に対処するために、日本と他国との協力が必要である。

原子力の安全と科学的知識

事故の発生原因と進展に関する最も重要な側面について技術的な理解が大きく前進し、世界中の原子力設備における安全性向上措置のための確固たる基盤を提供している。学んだ教訓を適用する際には、それぞれの国の状況(地理、規制の枠組みなど)を考慮しなくてはならない。結果にそれほど違いはないかもしれないが、安全性を高め、潜在的な事故を防止・抑制するための優先事項は各国で異なる。福島第一原子力発電所の廃炉作業に伴い、事故の具体的な進行状況をさらに明らかにする機会が生じて科学的な知識基盤が強化されるだろう。例えば、シビアアクシデントにおける炉心溶融の挙動や核分裂生成物の放出、及び使用済燃料プールを含む原子力発電所のコンポーネントや構造物の挙動に関する情報が得られるかもしれない。日本は、一部の特定分野で安全性と知識の向上において中心的な役割を果たすことができ、新たな科学的知識を集める機会を最大限に活用すべく日本の研究能力を強化することができる。

世界の原子力発電所の歴史上、これまでに生じたいくつかの出来事でも実証されているように、世界中の運転経験にリスク関連の知見が合わされば、改善や革新が生まれる可能性がある。この知識基盤は福島第一原子力発電所事故によって大幅に拡大された。事故の技術的、環境的、社会的、政治的、経済的影響の評価と緩和に関して、まだ学習の余地が残されている。主な技術的課題の1つは、デブリ、特に燃料デブリの除去に関するものである。したがって、その第一義の目的が廃炉作業の安全性と、燃料デブリ並びに関連する構造物や物質の安全な処理、貯蔵、最終処分最適化であることを考慮しつつ、燃料デブリを幅広く分析しなくてはならない。この作業には国際的に大きな関心が集まっており、多くの知見を得ることが期待されている。

ステークホルダーの関与とリスクに関するコミュニケーション

福島第一原子力発電所サイトや周辺地域で進行中の復旧作業には一般の人々から大きな関心が集まっており、福島県の住民への効果的な働きかけが非常に重要な優先事項となっている。ここ数年、特にNEAのステークホルダー関与に関するワークショップなどの主要フォーラムでも見られたように、一般のステーク

ホルダーから複雑な技術的トピックに関心を持ってもらうことは、かなりの配慮とリソースが必要な、困難な作業である。これは、日本だけでなく多くの国における課題となっている。

日本では、原子力損害賠償・廃炉等支援機構(NDF)が、効果的なパブリック・エンゲージメントの面で大きく前進している。日本も含め、すべての国で、ステークホルダーの意見を理解して政策決定プロセスに取り入れる機会を増やすためのアプローチにはまだ改善余地がある。

この10年間、福島第一原子力発電所事故の経験を契機として、日本や世界各国はステークホルダーが政策決定にどのように関与すべきかについて、かなりの見直しを行ってきた。政府や業界、規制当局が行動方針を決定しステークホルダーには事後報告をするだけで公衆からの意見聴取は限定的だった従来の方法は、もっと包摂的なアプローチに変わりつつある。

現在では、政策決定にステークホルダー(地方自治体、産業界、非政府組織、政府関係者、そして当然ながら一般市民を含む)が関与することが広く受け入れられており、復興の取組に関連する意思決定の信頼性、正当性、持続可能性、及び最終的な質の向上にとってそれは適切であり、推奨される。

特に、規制機関がステークホルダーの関与を継続的に強化することが重要である。日本の原子力安全監督機関であるNRAの基本原則にはステークホルダーの関与が含まれている。また、NRAは、あらゆるレベルで産業界とのオープンで建設的な対話を行うことで、福島第一原子力発電所事故の影響に対し、さらに有効に対処することができるだろう。



国内外の女性科学者らによる主に福島県的女子中高生に対する理工系への進路選択を考えるワークショップで課題に取り組む参加者。日本の原子力損害賠償・廃炉等支援機構(NDF)とNEAとの共同事業。写真提供:NDF

また、オフサイトの緊急事態管理計画の決定にとってステークホルダーの関与が不可欠であるとの分析結果も出ている。そうした計画は、原子力発電所事故の影響を受けた地域での長期的な回復と生活の質に直接的な影響を及ぼす。これらを考慮し、日本でも世界全体でも、特に事象が発生する前にリスクについて一般市民とコミュニケーションを図り、議論を行うためのよりよい方法を開発することが必要とされている。このようなコミュニケーションは、放射線事象が発生した場合にしばしば生じる不安や恐怖感の軽減に寄与する可能性がある。明確でわかりやすいアプローチが必要であり、それを開発するには新たな考え方が必要である。災害リスクを低減し、ステークホルダーの関与を促進するための国連の仙台防災枠組は、地域社会の関与を促し社会のレジリエンスを高めるため、いくつかの知見を提供している（UNISDR、2015）。

リスクのコミュニケーションに加え、リスクを最大限に幅広く評価することも重要である。日本と他のすべての国で、国際的な原子力コミュニティは、防護措置の決定が人々のメンタルヘルスに与える影響や心理社会的影響を十分に考慮して放射線事象発生後の緊急時の備え、対応、復興の取組を強化しなくてはならない。福島第一原子力発電所事故のような出来事は、人々のメンタルヘルスや福祉に深刻な長期的影響を及ぼす可能性があり、これらは放射線被ばくのリスク同様、重視されるべきであろう。全体的に、緊急時の備えと、対応・復興のためにはオールハザード・アプローチが推奨される。

そのためには、公衆と直接関わり合って意見交換や理解を深めることが必要となろう。アプローチの変更には困難が伴うが、必要とされる改善を達成するにはそれが不可欠である。

損害補償

放射線事故からの社会の復興に共通して関連する事項として、被災者に対し、確実に迅速な補償を行うということが挙げられる。これには、原子力賠償制度の適用と解釈、及び受理した請求の処理に関連する実務的な管理運営上の問題がかかわってくる。すべての関係者（主に被災者、賠償責任を負う原子力事業者及び保険会社）が、どの原子力損害が補償対象となり、補償額をどう見積もるかを正確に把握することが重要である。そうすることで、被災者は裁判所に訴えなくても適切な補償を受けることが可能になる。裁判は時間とコストがかかり、ストレスも多い。また、被災者が（国内外の）どこにいても放射線事故の後、直ちに補償を受けられるようにするための、効率的な請求処理プロセスの基盤を整備することが不可欠である。この分野で日本が得た経験は、世界中の参考となるだろう。

ナレッジマネジメント

福島第一原子力発電所事故で得られた教訓から、国際協力を通して総合的な知識の収集・管理・分析を行うことは、日本で継続中の取組のみならず世界中の原子力安全のために有益である。これまでに膨大な量の貴重な知識が得られ、今後もさらに長年にわたり多くを学ぶことになろう。日本と国際原子力コミュニティは、この知識を保護・共有し、最大限に活用する責任を負う。この重要な情報を、世代や国境を越えてアクセス可能なダイナミックなシステムで収集・保存・管理するためにあらゆる機会を利用しなくてはならない。福島第一原子力発電所の修復及び被災地の復旧を効果的に完了するためにこうした知識が役立つであろう。総合的な知識システムは、シビアアクシデントマネジメントや廃棄物管理、廃炉作業、社会的・地域的な緊急時の備え、そして事故後の復興の向上につながり、世界の原子力事業の改善に寄与するとともに、現在の世代から将来の世代まで、あらゆる国における専門知識の開発に貢献することになるだろう。

第8章 提言

原子力機関(NEA)の目的は、現在と将来の課題に対応するため、先進的な原子力技術インフラを有する各国間の協力を支援することである。NEAとその加盟国は、福島第一原子力発電所事故が10年前に発生して以来、その理解、評価、対応に積極的に取り組んできた。NEAは今後も長年にわたり、重要な加盟国である日本の継続的な回復努力を支援し、日本の諸機関との重点的な取組を継続するとともに、世界中の加盟国への支援として、この経験から得た多くの教訓を共有し、適用してゆく所存である。

これまで、福島第一原子力発電所事故からの回復に固有の困難な課題に対応するため、NEAは、世界各地から優秀な専門家を集め、各国間の協力枠組を迅速に確立し、学んだ教訓を広めてきた。それは今後も続くであろう。

特に、NEAは、そのリソースと関連OECDプログラムのリソースを、この報告書で検討されている多くの分野に活用できるかもしれない。それには例えば、日本のカウンターパートと協力して燃料デブリに関するフォレンジック活動を行うための国際協力体制の構築、燃料デブリを安全かつ効果的に取り出すための手法の開発における日本組織への支援のコーディネート、事故と回復から生じる非定型放射性廃棄物の管理と処分を支援するための加盟国間の経験・知識の結集、日本と国際社会における、ステークホルダーが全面的に関与する緊急対応策と意思決定に向けた最適化アプローチの開発支援などが挙げられよう。

この10年間、日本はNEA並びに他の加盟国との間で優れた協力関係を示してきたが、同様に多くのNEA加盟国も、事故に関連してNEAや日本との協力を強い関心を示してきた。日本の関係者が示した公開性とアクセシビリティは誰からも高く評価されている。福島第一原子力発電所事故後に培った良好な協力関係を活用して、世界の原子力安全における経験ベースの強化策を追求し、放射線防護の刷新を継続することがNEAにとっても、また他の国際組織にとっても重要であろう。どの組織も世界中の人々の生活を改善するという共通の目標を持っており、それを達成するためにはそうした努力が不可欠である。

この報告書の作成過程で行われた分析から明らかになった最終的な評価は、日本の当局や組織が、福島第一原子力発電所事故とその後の回復という未曾有の課題に対し、非常に効果的に対処してきたということである。サイトのリスク低減努力は大きな成功を収め、少なくとも、多くの人々が帰宅を考慮できる道が開けている。

日本の当局が一貫して表明してきたとおり、今後もまだ長年にわたり相当の努力が必要とされるだろう。本報告書の作成過程で、日本の関連組織が強化を検討すべき分野がいくつか特定されている。NEAとその他加盟国の支援を受けて、これらの分野を改善し、効率化を図ることができるかもしれない。以下にこれらの分野を挙げて本報告書を締めくくる。

提言エリア1:規制環境

2011年の事故後、日本の規制環境は大幅に改革され、特に透明性、開放性、独立性の問題に対処するため、2012年にはNRAが設立された。こうした改革は容易ではなかったが、津波などの自然現象に対する発電所の改良や、炉心冷却用及びバックアップ用電源へのステーションブラックアウトの脅威に狙いを定めた安全性の向上という点で成功している。これらはすべて、福島第一原子力発電所事故の経験から得られた教訓である。NRAはその原則と継続改善の文化に沿って、独立性と完全性を維持しつつ、機会を捉えて被規制者とのオープンな対話をさらに強化することができよう。

提言エリア2:安全への体系的なアプローチ

一部の国際的な活動によって、システムを構成する組織間でのやり取りも含め、原子力安全システム全体の見直しが行われた。これは、原子力の運転に関わるすべての国が注目すべき分野である。しかし、これからも安全に対する体系的なアプローチの知識と理解を深める、さらなる余地がある。例えば「深層防護」や「深層強度」などの体系的なアプローチでは、さまざまなレベルの防護を提供し、業界や規制当局、ステークホルダーの関与を含む原子力安全に向けたシステムを開発・制度化できよう。このようなアプローチを採用することで、日本は、ステークホルダーの関与、倫理、及び関係者全員による介入の原則といった国家の目標を総合的に考慮することができる。このリーダーシップを通じて、日本は同様のアプローチに向けて世界各国の動きを触発できよう。

提言エリア3:廃炉技術

日本の関連諸組織は、困難な放射線環境での安全性の維持、放射性用途に適した高度なロボット工学、複雑な廃棄物の特性評価、炉心デブリの取り出しを支援するために必要な技術などの分野で国際的な協力への参画強化によって恩恵を受けることができよう。

提言エリア4:廃棄物管理と処分

福島第一原子力発電所の廃炉を成功させるためには、独特の廃棄物管理の課題を解決せねばならない。この課題に取り組んでいることを示す兆しは歓迎できるが、福島第一原子力発電所の廃炉に伴う廃棄物管理の課題は独特で難しい。重点領域には例えば、特定されたさまざまな廃棄物の処理オプションの特定と確

保、特にサイトで貯蔵されている処理水の取り扱い、独特の非定型廃棄物の形態の特性評価に関する継続的な研究、燃料デブリの安全で効果的な抜き取り、取り出し、安定化、最終処分などが挙げられる。

提言エリア5: 損害補償

日本政府は、福島第一原子力発電所事故に対応するために必要な補償制度の確立とその施行に取り組んできた。しかし、原子力賠償制度の適用及び解釈並びに受領した請求の処理に関する実務的な管理運営上の問題に対応していく継続的な改善努力が必要である。そのような努力には、どのような原子力損害が補償対象となるか、補償額をどう見積もるのかを関係者が正確に知ることができるようにすること、そして被災者がどこにしようとタイムリーに補償の受け取りを開始できるよう、効率的な処理プロセスを実施することが含まれる。

提言エリア6: ステークホルダーの関与とリスクに関するコミュニケーション

日本が原子力安全枠組みを再編した主な目的は、公的機関が国民及び世界に正確なリスク情報を伝達する能力に関して失った国民の信頼を回復し、公共に影響する政策や意思決定において公衆を意味のある形で関与させることであった。この報告書では、この分野において顕著な前進を示す例をいくつか認めている。ステークホルダーの関与とパブリック・エンゲージメントは、そうした政策決定における公衆の参加及びコミュニティのオーナーシップで特徴付けられる「インフォームド・コンセント」環境への移行において極めて重要である。日本には今、原子力政策の民主的な実施というこの重要な点において、世界的なリーダーシップを発揮する機会がある。

原子力セクターを規制・管理するための団結した国家的努力につながるような、十分な情報を得たパブリック・エンゲージメントの手段を継続的に開発することが強く推奨される。具体的には、福島第一原子力発電所サイトの廃炉作業、環境回復、被災地の復興に関与する機関が、開放性、透明性、パブリック・エンゲージメントに向けて行っている継続的な努力は称賛に値し、今後も強く奨励される。最適化の原則に沿って、ハザードを低減させるための複雑な廃炉活動に関するリスク情報に基づいた政策決定を行う際は、マルチ・ステークホルダーを関与させることが推奨される。

提言エリア7: メンタルヘルスへの影響の認識

福島第一原子力発電所事故からの回復には、物理科学的・健康科学的な側面だけでなく、環境的、経済的、社会的、哲学的・倫理的、感情的な側面も関わってきた。被災者のメンタルヘルスと福祉をどう配慮するかについて、さらに検討することが推奨される。このような配慮は、原子力・放射線事故への備えと復旧管理の継続的な改善により幅広く寄与するであろう。これは、日本にリーダーシップの役割を発揮できるユニークな機会を与える、グローバルな課題である。

提言エリア8:復興の機会

福島第一原子力発電所サイト周辺では、長年にわたって作業が続くことになり、新たな技術や手法が必要とされる。これは、課題と同時に機会を提供する。これまでに見られた世界中の主要な除染活動のように、この作業が創造性と経済成長の原動力となる可能性がある。廃炉作業で必要とされる新たな遠隔操作とロボット技術は既に経済成長が見込まれる分野であると認識されている。日本原子力研究開発機構(JAEA)の榎葉遠隔技術開発センター(NARREC)は素晴らしいスタートを切っている。この成功を土台として、世界中のイノベーターが福島に来るようインセンティブを設け、原子力とそれ以外の用途に対応するロボットを開発することができるかもしれない。その他にも、さらなる可能性を秘めた分野がある。たとえば、炉心のデブリの調査は、世界中の学者や研究者の関心と呼び、大学ベースの研究センターの中核となるかもしれない。日本の当局には、福島第一原子力発電所の廃炉作業が現地の人々にとって最大利益をもたらせるような道筋の可能性を明らかにするため、国際会議の開催を検討することが推奨される。

提言エリア9:ナレッジマネジメント

2011年3月11日に発生し、今なお継続している福島第一原子力発電所事象は、福島県の人々、日本の人々、当局、そしてグローバルコミュニティにとって悲劇をもたらす困難な出来事となっている。将来克服すべき課題がまだ数多く残る困難な経験であるが、それは学習と探求の機会をも提供している。関連知識を確保するためには、この出来事から学んだ教訓を残すためのシステムを確立することが不可欠である。

安全でタイムリーな廃炉作業が優先事項であることは明らかだが、廃炉作業の成功を確実なものとする一方で、原子力安全と将来の設備設計に貢献する新たな教訓を得る機会をつかむことも重要である。廃炉作業の過程で取り出される予定の炉心デブリ物質の科学的調査に機会があることは明らかである。日本は、ナレッジマネジメントのグローバルリーダーとして関心を示すパートナーを招き、これらの調査やその結果の構造化への寄与を促すユニークな立場にある。

もっと全体的にも、既存の専門知識をさらに深め、日本国内外で新たな世代の専門家を育成するために役立つであろう多くの側面がある。これは、将来にわたってグローバルコミュニティに有益であり、日本の国際パートナーが長期的な廃炉プロジェクトに関与し続けるための強力なインセンティブとなろう。したがって、日本の組織は、福島第一原子力発電所での事故から苦勞して得た経験を保存、分析、普及させるための国内外の枠組みを積極的に推進することが奨励される。



福島第一原子力発電所及び周辺で採取された試料を対象に、放射能濃度や水質の分析を行う従事者。頭部に装着しているのはスマートグラスと呼ばれる作業支援装置で、データ入力や確認作業の生産性と品質の向上を達成している。写真提供:東京電力ホールディングス

参考文献

The following includes both the documents cited in this report, and an extensive but not exhaustive list of pertinent documents by the Nuclear Energy Agency (NEA) and other Japanese or international bodies. The *NEA 2019 Annual Report* (NEA, 2020a) covers all aspects of the Agency's work and provides details of the many working parties and expert groups addressing topics of interest.

Callen J. and T. Homma (2017), "Lessons Learned in Protection of the Public for the Accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant", *Health Physics: The Radiation Safety Journal*, Vol. 112 (6), pp. 550-559, Wolters Kluwer Health, Inc.. DOI: 10.1097/HP.0000000000000666.

ENSREG (2013), Report of the European Nuclear Safety Regulator's Group, HLG_p (2013-24)117, European Nuclear Safety Regulators Group. www.ensreg.eu/document/third-report-european-nuclear-safety-regulators-group-july-2013

IAEA (2006), Fundamental Safety Principles, IAEA Safety Standards Series No. SF-1, International Atomic Energy Agency, Vienna. www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1273_web.pdf

IAEA (2011), Draft IAEA Action Plan on Nuclear Safety, Report by the Director General, GOV/2011/59-GC(55)/14, International Atomic Energy Agency, Vienna. www.iaea.org/sites/default/files/gc/gc55-14_en.pdf

IAEA (2013), The Follow-up IAEA International Mission on Remediation of Large Contaminated Areas Off-site the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant, Preliminary Summary Report, Tokyo and Fukushima Prefecture, Japan, 14-21 October 2013, International Atomic Energy Agency, Vienna. www.iaea.org/sites/default/files/preliminarysummaryreport.pdf

IAEA (2014a), IAEA International Peer Review Mission on Mid-and-Long-Term Roadmap Towards the Decommissioning of TEPCO's Fukushima Daiichi Nuclear Power Station Units 1-4, Mission Report, Second Mission, Tokyo and Fukushima Prefecture, Japan, 25 November – 4 December 2013, International Atomic Energy Agency, Vienna. www.iaea.org/sites/default/files/IAEAfinal_report120214.pdf

IAEA (2014b), 6th Review Meeting of the Contracting Parties to the Convention on Nuclear Safety Summary Report, 24 March-4 April 2014, CNS/6RM/2014/11_Final, International Atomic Energy Agency, Vienna. www.iaea.org/sites/default/files/2014-cns-summary-report-w-annexes-signed.pdf

IAEA (2015), The Fukushima Daiichi Accident, Report by the Director General, STI/PUB/1710, International Atomic Energy Agency, Vienna. www.iaea.org/publications/10962/the-fukushima-daiichi-accident

IAEA (2017), Ensuring Robust National Nuclear Safety Systems – Institutional Strength in Depth, INSAG-27, A report by the International Nuclear Safety Group, International Atomic Energy Agency, Vienna. www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/P1779_web.pdf

IAEA (2019), IAEA International Peer Review Mission on Mid-and-Long-Term Roadmap towards the Decommissioning of TEPCO's Fukushima Daiichi Nuclear Power Station, Mission Report, Fourth

- Mission, Tokyo and Fukushima Daiichi NPS, Japan, 5-13 November 2018, International Atomic Energy Agency, Vienna. www.iaea.org/sites/default/files/19/01/missionreport-310119.pdf
- IAEA (2020), IAEA Follow-up Review of Progress Made on Management of ALPS Treated Water and the Report of the Subcommittee on Handling of ALPS treated water at TEPCO's Fukushima Daiichi Nuclear Power Station, Review Report, International Atomic Energy Agency, Vienna. www.iaea.org/sites/default/files/20/04/review-report-020420.pdf
- ICRP (2016), "Increase in Disaster-Related Deaths: Risks and Social Impacts of Evacuation", Report by A.M. Hayakawa, *Annals of the ICRP*, Dec; 45(2_suppl), pp. 123-128, International Commission on Radiological Protection, Sage, London. DOI: 10.1177/0146645316666707.
- ICRP (2018), "Ethical Foundations of the System of Radiological Protection", *Annals of the ICRP*; 47(1), pp. 1-65, ICRP Publication 138, International Commission on Radiological Protection, Sage, London. DOI: 10.1177/0146645317746010
- ICRP (2020), "Radiological Protection of People and the Environment in the Event of a Large Nuclear Accident", *Annals of the ICRP*; 49(4), pp. 11-135, ICRP Publication 146, International Commission on Radiological Protection, Sage, London. DOI: 10.1177/0146645320952659.
- The Investigation Committee on the Accident at Fukushima Nuclear Power Stations of Tokyo Electric Power Company (2011), Interim Report by the Government Investigation Committee on the Accident at Fukushima Nuclear Power Stations of Tokyo Electric Power Company, Tokyo. www.cas.go.jp/jp/seisaku/icanps/eng/
- The Investigation Committee on the Accident at Fukushima Nuclear Power Stations of Tokyo Electric Power Company (2012), Final Report by the Government Investigation Committee on the Accident at Fukushima Nuclear Power Stations of Tokyo Electric Power Company, Tokyo. www.cas.go.jp/jp/seisaku/icanps/eng/
- MAFF (2020), Summary of Monitoring on Fishery Products, Fisheries Agency of Japan, Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, Tokyo. www.jfa.maff.go.jp/e/inspection/index.html
- METI (2011), Mid-and-Long-Term Roadmap towards the Decommissioning of Fukushima Daiichi Nuclear Power Station Units 1-4, TEPCO, Nuclear Emergency Response Headquarters Government and TEPCO's Mid-to-Long Term Countermeasure Meeting, Ministry of Economy, Trade and Industry, Tokyo. www.meti.go.jp/english/earthquake/nuclear/decommissioning/pdf/111221_02.pdf
- METI (2019), Mid-and-Long-Term Roadmap towards the Decommissioning of TEPCO's Fukushima Daiichi Nuclear Power Station (The 5th Revision), The Inter-Ministerial Council for Contaminated Water and Decommissioning Issues, Ministry of Economy, Trade and Industry, Tokyo. www.meti.go.jp/english/earthquake/nuclear/decommissioning/pdf/20191227_3.pdf
- METI (2020a), The Subcommittee on Handling of the ALPS Treated Water Report, The Subcommittee on Handling of the ALPS Treated Water, Ministry of Economy, Trade and Industry, Tokyo. www.meti.go.jp/english/earthquake/nuclear/decommissioning/pdf/20200210_alps.pdf
- METI (2020b), Outline of Decommissioning and Contaminated Water Management (Progress Status Report, September 2020), Secretariat of the Team for Countermeasures for Decommissioning and Contaminated Water Treatment, Ministry of Economy, Trade and Industry, Tokyo. www.meti.go.jp/english/earthquake/nuclear/decommissioning/progress_status.html
- The National Diet of Japan (2012), The Official Report of the Fukushima Nuclear Accident Independent Investigation Commission Executive Summary, The National Diet of Japan, Tokyo, Japan. <https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/3856371/naic.go.jp/en/report>
- NDF (2020), Technical Strategic Plan 2020 for the Decommissioning of the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station of Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. (2020 revision), Nuclear Damage Compensation and Decommissioning Facilitation Corporation, Tokyo. www.dd.ndf.go.jp/en/strategic-plan/book/20201214_SP2020eFT.pdf
- NEA (2000), "Impact of Short-Term Severe Accident Management Actions in a Long-Term Perspective", NEA/CSNI/R(2000)8, OECD Publishing, Paris. www.oecd-nea.org/upload/docs/application/pdf/2020-01/csni-r2000-8.pdf

- NEA (2011a), Practices and Experience in Stakeholder Involvement for Post-nuclear Emergency Management, NEA Publication No. 6994, OECD Publishing, Paris. www.oecd-nea.org/jcms/pl_14694/practices-and-experience-in-stakeholder-involvement-for-post-nuclear-emergency-management
- NEA (2011b), “Status of National Actions in Response to the TEPCO Fukushima Daiichi Accident_ Technical Note”, NEA/SEN/NRA/WGOE(2012)1, OECD Publishing, Paris. www.oecd-nea.org/jcms/pl_19154
- NEA (2011c), “NEA Forum on the Fukushima Accident: Insight and Approaches – Forum Proceedings, Paris, France, 8 June 2011”, NEA/CNRA/R(2011)12, OECD Publishing, Paris. www.oecd-nea.org/jcms/pl_19078/nea-forum-on-the-fukushima-accident-insight-and-approaches-forum-proceedings-paris-france-8-june-2011
- NEA (2011d), Nuclear Law Bulletin No. 88. NEA Publication No. 7001, OECD Publishing, Paris. www.oecd-nea.org/jcms/pl_14706/nuclear-law-bulletin-no-88-volume-2011/2
- NEA (2012a), OECD Nuclear Energy Agency (NEA) Activities in Follow-Up to the TEPCO Fukushima Daiichi Nuclear Accident (2012), NEA Publication No. 6888, OECD Publishing, Paris. www.oecd-nea.org/jcms/pl_14564/oecd-nuclear-energy-agency-nea-follow-up-to-the-tepco-fukushima-daiichi-nuclear-accident
- NEA (2012b), The Economics of Long-term Operation of Nuclear Power Plants, NEA Publication No. 7054, OECD Publishing, Paris. www.oecd-nea.org/jcms/pl_14752/the-economics-of-long-term-operation-of-nuclear-power-plants
- NEA (2012c), Japan’s Compensation System for Nuclear Damage, NEA Publication No. 7089, OECD, Paris. www.oecd-nea.org/jcms/pl_14806/japan-s-compensation-system-for-nuclear-damage
- NEA (2012d), “Challenges in Long-Term Operation of Nuclear Power Plants - Implications for Regulatory Bodies”, NEA/CNRA/R(2012)5, OECD Publishing, Paris. www.oecd-nea.org/jcms/pl_19170/challenges-in-long-term-operation-of-nuclear-power-plants-implications-for-regulatory-bodies
- NEA (2012e), “Patterns in Governmental Decisions and Recommendations (GDR) Information Exchange During the Fukushima NPP Accident”, NEA/CRPPH(2012)3, OECD Publishing, Paris. www.oecd-nea.org/jcms/pl_19152/patterns-in-governmental-decisions-and-recommendations-gdr-information-exchange-during-the-fukushima-npp-accident
- NEA (2012f), International Structure for Decommissioning Costing (ISDC) of Nuclear Installations, NEA Publication No. 7088, OECD Publishing, Paris. www.oecd-nea.org/jcms/pl_14804/international-structure-for-decommissioning-costing-isdc-of-nuclear-installations
- NEA (2013a), Stakeholder Confidence in Radioactive Waste Management An Annotated Glossary of Key Terms, NEA Publication No. 6988, OECD Publishing, Paris. www.oecd-nea.org/jcms/pl_14686
- NEA (2013b), Crisis Communication: Facing the Challenges, NEA Publication No. 7067, OECD Publishing, Paris. www.oecd-nea.org/jcms/pl_14774/crisis-communication-facing-the-challenges-proceedings
- NEA (2013c), Transition Towards a Sustainable Nuclear Fuel Cycle, NEA Publication No. 7133, OECD Publishing, Paris. www.oecd-nea.org/jcms/pl_14844/transition-towards-a-sustainable-nuclear-fuel-cycle
- NEA (2013d), The Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident: OECD/NEA Nuclear Safety Response and Lessons Learnt, NEA Publication No. 7161, OECD Publishing, Paris. www.oecd-nea.org/jcms/pl_14866/the-fukushima-daiichi-nuclear-power-plant-accident-oecd/nea-nuclear-safety-response-and-lessons-learnt
- NEA (2014a), The Characteristics of an Effective Nuclear Regulator, NEA Publication No. 7185, OECD Publishing, Paris. www.oecd-nea.org/jcms/pl_14892/the-characteristics-of-an-effective-nuclear-regulator
- NEA (2014b), “Probabilistic Safety Assessment (PSA) of Natural External Hazards Including Earthquakes, Workshop Proceedings”, Prague, Czech Republic, 17-20 June 2013, NEA/CSNI/R(2014)9, OECD Publishing, Paris. www.oecd-nea.org/jcms/pl_19518/psa-of-natural-external-hazards-including-earthquakeworkshop-proceedings

- NEA (2014c), “Status Report on Hydrogen Management and Related Computer Codes”, NEA/CSNI/R(2014)8, OECD Publishing, Paris. www.oecd-nea.org/jcms/pl_19516/status-report-on-hydrogen-management-and-related-computer-codes
- NEA (2014d), “Status Report on Filtered Containment Venting”, NEA/CSNI/R(2014)7, OECD Publishing, Paris. www.oecd-nea.org/jcms/pl_19514/oecd/nea/csni-status-report-on-filtered-containment-venting
- NEA (2014e), “WGOE Report on Fukushima Daiichi NPP Precursor Events”, NEA/CNRA/R(2014)1, OECD Publishing, Paris. www.oecd-nea.org/jcms/pl_19395/wgoe-report-on-fukushima-daiichi-npp-precursor-events
- NEA (2014f), “12th Workshop on Experience from the Inspection of Licensee’s Outage Activities Including Fire Protection Programmes, Event Response Inspections, and the Impact on Inspection Programmes of the Fukushima Daiichi NPP Accident – Workshop Proceedings”, Chattanooga, Tennessee, USA, 7-10 April 2014, NEA/CNRA/R(2014)8, OECD Publishing, Paris. www.oecd-nea.org/jcms/pl_19558/12th-workshop-on-experience-from-the-inspection-of-licensee-s-outage-activities-including-fire-protection-programmes-event-response-inspections-and-the-impact-on-inspection-programmes-of-the-fukushima-daiichi-npp-accident-workshop-proceedings-chattanooga-tennessee-usa-7-10-april-2014
- NEA (2014g), “Report of the Survey on the Design Review of New Reactor Applications – Instrumentation and Control”, NEA/CNRA/R(2014)7, OECD Publishing, Paris. www.oecd-nea.org/jcms/pl_19538/report-on-the-survey-of-the-design-review-of-new-reactor-applications-volume-1-instrumentation-and-controlvolume-1instrumentation-and-control
- NEA (2014h), “Supplementary Report on the Regulation of Site Selection and Preparation: CNRA Working Group on the Regulation of New Reactors”, NEA/CNRA/R(2014)5, OECD Publishing, Paris. www.oecd-nea.org/jcms/pl_19524/supplementary-report-on-the-regulation-of-site-selection-and-preparation
- NEA (2014i), “NEA/CNRA/CSNI Joint Workshop on Challenges and Enhancements to Defence in Depth (DiD) in Light of the Fukushima Daiichi NPP Accident: Workshop Proceedings”, NEA/CNRA/R(2014)4, OECD Publishing, Paris. www.oecd-nea.org/jcms/pl_19490/nea/cnra/csni-joint-workshop-on-challenges-and-enhancements-to-defence-in-depth-did-in-lightof-the-fukushima-daiichi-npp-accident
- NEA (2014j), “Accident Management Insights After the Fukushima Daiichi NPP Accident: Report of the CNRA Task Group on Accident Management”, NEA/CNRA/R(2014)2, OECD Publishing, Paris. www.oecd-nea.org/jcms/pl_19415/accident-management-insightsafter-the-fukushima-daiichi-npp-accidentreport-of-the-cnra-task-group-on-accident-management
- NEA (2014k), “Report on Fukushima Daiichi NPP Precursor Events”, NEA/CNRA/R(2014)1, OECD Publishing, Paris. www.oecd-nea.org/jcms/pl_19395
- NEA (2014m), “Occupational Radiation Protection in Severe Accident Management”, NEA/CRPPH/R(2014)5, OECD Publishing, Paris. www.oecd-nea.org/jcms/pl_19578/occupational-radiation-protection-in-severe-accident-management
- NEA (2014n), “Framework for the Post-Accident Management of Contaminated Food”, NEA/CRPPH/R(2014)4, OECD, Paris. www.oecd-nea.org/jcms/pl_19576/framework-for-the-post-accident-management-of-contaminated-food
- NEA (2014o), Guide for International Peer Reviews of Decommissioning Cost Studies for Nuclear Facilities, NEA Publication No. 7190, OECD Publishing, Paris. www.oecd-nea.org/jcms/pl_14896/guide-for-international-peer-reviews-of-decommissioning-cost-studies-for-nuclear-facilities
- NEA (2015a), Stakeholder Involvement in Decision Making: A Short Guide to Issues, Approaches and Resources, NEA Publication No. 7189, OECD Publishing, Paris. www.oecd-nea.org/jcms/pl_14894
- NEA (2015b), Fostering a Durable Relationship Between a Waste Management Facility and its Host Community Adding Value Through Design and Process – 2015 Edition, NEA Publication No. 7264, OECD Publishing, Paris. www.oecd-nea.org/jcms/pl_14966
- NEA (2015c), “Benchmarking of Fast-running Software Tools Used to Model Releases During Nuclear Accidents”, NEA/CSNI/R(2015)19, OECD Publishing, Paris. www.oecd-nea.org/jcms/pl_19684

- NEA (2015d), “Human Performance under Extreme Conditions with Respect to a Resilient Organisation: Proceedings of a CSNI International Workshop”, NEA/CSNI/R(2015)16, OECD Publishing, Paris. www.oecd-nea.org/jcms/pl_19668
- NEA (2015e), “Robustness of Electrical Systems of Nuclear Power Plants in Light of the Fukushima Daiichi Accident: Workshop Proceedings”, NEA/CSNI/R(2015)4, OECD Publishing, Paris. www.oecd-nea.org/jcms/pl_19600/robustness-of-electrical-systems-of-npps-in-light-of-the-fukushima-daiichi-accident
- NEA (2015f), “Status Report on Spent Fuel Pools under Loss-of-Cooling and Loss-of-Coolant Accident Conditions”, NEA/CSNI/R(2015)2, OECD Publishing, Paris. www.oecd-nea.org/jcms/pl_19596
- NEA (2015g), “Report of the Survey on the Design Review of New Reactor Applications, Volume 2: Civil Engineering Works and Structures”, NEA/CNRA/R(2015)5, OECD Publishing, Paris. www.oecd-nea.org/nsd/docs/2015/cnra-r2015-5.pdf
- NEA (2015h), “Nuclear Regulatory Organisations and Communication Strategies”, NEA/CNRA/R(2015)2, OECD Publishing, Paris. www.oecd-nea.org/nsd/docs/2015/cnra-r2015-2.pdf
- NEA (2015i), “How Can Stakeholder Involvement Be Improved?” (A Flyer of the Forum on Stakeholder Confidence), OECD Publishing, Paris. www.oecd-nea.org/jcms/pl_19640
- NEA (2015j), “Challenges and Enhancements to the Safety Culture of the Regulatory Body: A CNRA/CSNI/CRPPH Workshop”, NEA/CNRA/R(2015)8, OECD Publishing, Paris. www.oecd-nea.org/jcms/pl_19688/challenges-and-enhancements-to-the-safety-culture-of-the-regulatory-body-cnra/csni/crpph-workshop
- NEA (2015k), “Benchmark Study of the Accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant (BSAF Project) – Phase I Summary Report”, NEA/CSNI/R(2015)18, OECD Publishing, Paris. www.oecd-nea.org/jcms/pl_19680/benchmark-study-of-the-accident-at-the-fukushima-daiichi-nuclear-power-plant-bsaf-project-phase-i-summary-report
- NEA (2015l), The Practice of Cost Estimation for Decommissioning of Nuclear Facilities, NEA Publication No. 7237, OECD Publishing, Paris. www.oecd-nea.org/jcms/pl_14934/the-practice-of-cost-estimation-for-decommissioning-of-nuclear-facilities
- NEA (2016a), Implementation of Defence in Depth at Nuclear Power Plants, NEA Publication No. 7248, OECD Publishing, Paris. www.oecd-nea.org/jcms/pl_14950/implementation-of-defence-in-depth-at-nuclear-power-plants
- NEA (2016b), Five Years after the Fukushima Daiichi Accident: Nuclear Safety Improvements and Lessons Learnt, NEA Publication No. 7284, OECD Publishing, Paris. www.oecd-nea.org/jcms/pl_14978
- NEA (2016c), Management of Radioactive Waste after a Nuclear Power Plant Accident, NEA Publication No. 7305, OECD Publishing, Paris. www.oecd-nea.org/jcms/pl_15008
- NEA (2016d), “Seismic Input Definition for Nuclear Facilities Current Practices”, NEA/CSNI/R(2015)9, OECD Publishing, Paris. www.oecd-nea.org/jcms/pl_19618/seismic-input-definition-for-nuclear-facilities-current-practices
- NEA (2016e), “Safety Research Opportunities Post-Fukushima - Initial Report of the Senior Expert Group”, NEA/CSNI/R(2016)19, OECD Publishing, Paris. www.oecd-nea.org/jcms/pl_19758
- NEA (2016f), “State-of-the-Art Report on Molten-Corium-Concrete interaction and Ex-Vessel Molten-Core Coolability”, NEA/CSNI/R(2016)15, OECD Publishing, Paris. www.oecd-nea.org/jcms/pl_19746
- NEA (2016g), “International Iodine Workshop – Full Proceedings”, NEA/CSNI/R(2016)5, OECD Publishing, Paris. www.oecd-nea.org/jcms/pl_19702
- NEA (2016h), The Safety Culture of an Effective Nuclear Regulatory Body, NEA Publication No. 7247, OECD Publishing, Paris. www.oecd-nea.org/jcms/pl_14948/the-safety-culture-of-an-effective-nuclear-regulatory-body
- NEA (2017a), Impacts of the Fukushima Daiichi Accident on Nuclear Development Policies, NEA Publication No. 7212, OECD Publishing, Paris. www.oecd-nea.org/jcms/pl_14922/impacts-of-the-fukushima-daiichi-accident-on-nuclear-development-policies

- NEA (2017b), “Phenomena Identification and Ranking Table (PIRT) on Spent Fuel Pools under Loss-of-Cooling and Loss-of-Coolant Accident Conditions: WGFS Report”, NEA/CSNI/R(2017)18, OECD Publishing, Paris. www.oecd-nea.org/jcms/pl_19836
- NEA (2017c), “Informing Severe Accident Management Guidance and Actions for Nuclear Power Plants through Analytical Simulation”, NEA/CSNI/R(2017)16, OECD Publishing, Paris. www.oecd-nea.org/jcms/pl_19820
- NEA (2017d), “Workshop Proceedings-Working Group on External Events (WGEV) Understanding the Impact of External Hazards on Nuclear Facilities: Severe Weather and Storm Surge”, Paris, France, 24-26 February 2016, NEA/CSNI/R(2017)13, OECD Publishing, Paris. www.oecd-nea.org/jcms/pl_19806
- NEA (2017e), “Developments in Fuel Cycle Facilities after the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station Accident”, Workshop Proceedings, Aomori City, Japan, 15-17 November 2016, NEA/CSNI/R(2017)12, OECD Publishing, Paris. www.oecd-nea.org/jcms/pl_19802/developments-in-fuel-cycle-facilities-fcfs-after-the-fukushima-daiichi-nuclear-power-station-nps-accident
- NEA (2017f), “Probabilistic Safety Assessment Insights Relating to the Loss of Electrical Sources”, NEA/CSNI/R(2017)5, OECD Publishing, Paris. www.oecd-nea.org/jcms/pl_19776/probabilistic-safety-assessment-insights-relating-to-the-loss-of-electrical-sources
- NEA (2017g), “Addressing Uncertainties in Cost Estimates for Decommissioning Nuclear Facilities”, NEA Publication No. 7344, OECD Publishing, Paris. www.oecd-nea.org/jcms/pl_15036/addressing-uncertainties-in-cost-estimates-for-decommissioning-nuclear-facilities
- NEA (2018a), Towards an All-Hazards Approach to Emergency Preparedness and Response – Lessons Learnt from Non-Nuclear Events, NEA Publication No. 7308, OECD Publishing, Paris. www.oecd-nea.org/jcms/pl_15010
- NEA (2018b), State-of-the-Art Report on Light Water Reactor Accident-Tolerant Fuels, NEA Publication No. 7317, OECD Publishing, Paris. www.oecd-nea.org/jcms/pl_15020
- NEA (2018c), Experience from the Fifth International Nuclear Emergency Exercise (INEX-5), NEA Publication No. 7379, OECD Publishing, Paris. www.oecd-nea.org/jcms/pl_15064
- NEA (2019d), Challenges in Nuclear and Radiological Legacy Site Management – Towards a Common Regulatory Framework, NEA Publication No. 7419, OECD Publishing, Paris. www.oecd-nea.org/jcms/pl_40359/challenges-in-nuclear-and-radiological-legacy-site-management-towards-a-common-regulatory-framework
- NEA (2018e), Country-Specific Safety Culture Forum: Sweden, NEA Publication No. 7420, OECD Publishing, Paris. www.oecd-nea.org/jcms/pl_15086
- NEA (2018f), Executive Summary of Towards an All-Hazards Approach to Emergency Preparedness and Response, NEA Publication No. 7436, OECD Publishing, Paris. www.oecd-nea.org/rp/pubs/2018/7436-all-hazards-epr-es.pdf
- NEA (2018g), Proceedings of the Fifth International Nuclear Emergency Exercise (INEX-5) Workshop, NEA Publication No. 7442, OECD Publishing, Paris. www.oecd-nea.org/jcms/pl_15110
- NEA (2018h), “Developments in Fuel Cycle Facilities after the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station Accident”, Workshop Proceedings Aomori City, Japan 15-17 November 2016, Appendix 3, NEA/CSNI/R(2017)12/ADD1, OECD Publishing, Paris. www.oecd-nea.org/jcms/pl_19840/developments-in-fuel-cycle-facilities-fcfs-after-the-fukushima-daiichi-nuclear-power-station-nps-accident-workshop-proceedings-appendix-3
- NEA (2018i), “Examination of Approaches for Screening External Hazards”, NEA/CSNI/R(2018)7, OECD Publishing, Paris. www.oecd-nea.org/jcms/pl_19860
- NEA (2019a), Occupational Exposures at Nuclear Power Plants (2016), Twenty-Sixth Annual Report of the ISOE Programme, 2016, NEA Publication No. 7453, OECD Publishing, Paris. www.oecd-nea.org/jcms/pl_15124
- NEA (2019b), Insights from Leaders in Nuclear Energy: Safety, Performance and Responsibility, NEA Publication No. 7461, OECD Publishing, Paris. www.oecd-nea.org/jcms/pl_15134/insights-from-leaders-in-nuclear-energy-safety-performance-and-responsibility

- NEA (2019c), Country Specific Safety Culture Forum – Finland, NEA Publication No. 7488, OECD Publishing, Paris. www.oecd-nea.org/jcms/pl_15146
- NEA (2019d), NEA International Mentoring Workshop in Fukushima, August 2019, NEA Publication No. 7514, OECD Publishing, Paris. www.oecd-nea.org/jcms/pl_28696/mentoring-a-future-generation-of-female-leaders-in-science-and-engineering-2019
- NEA (2019e), “Riverine Flooding: Hazard Assessment and Protection of Nuclear Installations”, NEA/CSNI/R(2018)14, OECD Publishing, Paris. www.oecd-nea.org/jcms/pl_37980/riverine-flooding-hazard-assessment-and-protection-of-nuclear-installations
- NEA (2019f), “Components and Structures under Severe Accident Loading (COSSAL)”, NEA/CSNI/R(2019)2, OECD, Paris. www.oecd-nea.org/jcms/pl_19898
- NEA (2019g), “Summary Report of the Joint Symposium on Decommissioning, Reconstruction, Rehabilitation, and Food Safety: Rebuilding Post-Accident Confidence”, Paris, France, 26 March 2019, NEA/CRPPH/R(2019)5, OECD, Paris. [www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=NEA/CRPPH/R\(2019\)5&docLanguage=En](http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=NEA/CRPPH/R(2019)5&docLanguage=En)
- NEA (2019h), Summary of the NEA Workshop on the Application of Remote and Robotic Systems in Nuclear Back-End Activities – Way Forward in System Implementation, OECD Publishing, Paris. www.oecd-nea.org/rwm/workshops/2019/robsysnba/docs/summary.pdf
- NEA (2019i), Cost Benchmarking for Nuclear Power Plant Decommissioning, NEA Publication No. 7460, OECD Publishing, Paris. www.oecd-nea.org/jcms/pl_15132/cost-benchmarking-for-nuclear-power-plant-decommissioning
- NEA (2020a), Annual Report 2019, NEA Publication No. 7517, OECD Publishing, Paris. www.oecd-nea.org/jcms/pl_28563
- NEA (2020b), Occupational Exposures at Nuclear Power Plants (2017), Twenty-Seventh Annual Report of the ISOE Programme, 2017, NEA Publication No. 7510, OECD Publishing, Paris. www.oecd-nea.org/rp/pubs/2020/7510-ISOE-2017-annual-report.pdf
- NEA (2020c), Lessons learnt from non-nuclear crises: Making the most of practical experiences gained during past crises or disasters for improving mental health and psychosocial support in radiation emergencies, OECD Publishing, Paris. www.oecd-nea.org/jcms/pl_37845/egnr-web-events-flyer
- NEA (forthcoming a), Methods for Assessing and Strengthening the Safety Culture of the Regulatory Body, OECD Publishing, Paris.
- NEA (forthcoming b), Long-Term Management and Actions for a Severe Accident in a Nuclear Power Plant, OECD Publishing, Paris.
- NEA (forthcoming c), “Status of Site-level (Including Multi-Units) PSA Developments”, NEA/CSNI/R(2019)16, OECD Publishing, Paris.
- NEA (forthcoming d), Concepts and Terminology for Protecting Nuclear Installations from Flood Hazards, OECD Publishing, Paris.
- NEA (forthcoming e), Advancing the Robustness of Electrical Power Systems of Nuclear Power Plants, OECD Publishing, Paris.
- NEA (forthcoming f), “CSNI WGAMA Source Term Workshop 2019”, OECD Publishing, Paris.
- NEA (forthcoming g), “Workshop Summary Report NEA Workshop on Optimisation: Rethinking the Art of Reasonable”, Lisbon, Portugal, 13-15 January 2020, OECD Publishing, Paris.
- NEA (forthcoming h), “Workshop Summary Report NEA Workshop on “Preparedness for Post-Accident Recovery: Lessons from Experience” co-organised with the Japanese Nuclear Regulation Authority, Tokyo, Japan, 18-19 February 2020, OECD Publishing, Paris.
- NEA (forthcoming i), Towards a Shared Understanding of Radiological Risks: Summary Report of the NEA Stakeholder Involvement Workshop on Risk Communication, Paris, France, 24-26 September 2019, OECD Publishing, Paris.
- NEA (forthcoming j), Thermodynamic Characterisation of Fuel Debris and Fission Products Based on Scenario Analysis of Severe Accident Progression at Fukushima Daiichi Nuclear Power Station (TCOFF) Project Summary Report, OECD Publishing, Paris.

- NEA (forthcoming k), Characterisation Methodology for Unconventional and Legacy Waste, OECD Publishing, Paris.
- NEA (forthcoming l), “Dialogue in the Long-term Management of Radioactive Waste”, NEA/RWM/R(2020)1, OECD Publishing, Paris.
- NEA (forthcoming m), Fourth International Workshop on the Indemnification of Damage in the Event of a Nuclear Accident, Lisbon, Portugal, 8-10 October 2019, OECD Publishing, Paris.
- NEA (forthcoming n), BSAF-2 Benchmark Study of the Accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Phase II Summary Report, OECD Publishing, Paris.
- UNISDR (2015), Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030, United Nations Office for Disaster Risk Reduction, Geneva. www.undrr.org/publication/sendai-framework-disaster-risk-reduction-2015-2030.
- UNSCEAR (2014), Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation, UNSCEAR 2013 Report, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, New York. www.unscear.org/unscear/en/publications/2013_1.html
- UNSCEAR (2015), Developments since the 2013 UNSCEAR Report on the levels and effects of radiation exposure due to the nuclear accident following the great east-Japan earthquake and tsunami, A 2015 White Paper to guide the Scientific Committee’s future programme of work, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, New York. www.unscear.org/unscear/en/publications/Fukushima_WP2015.html
- UNSCEAR (2016), Developments since the 2013 UNSCEAR Report on the levels and effects of radiation exposure due to the nuclear accident following the great east-Japan earthquake and tsunami, A 2016 White Paper to guide the Scientific Committee’s future programme of work, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, New York. www.unscear.org/unscear/en/publications/Fukushima_WP2016.html
- UNSCEAR (2017), Developments since the 2013 UNSCEAR Report on the levels and effects of radiation exposure due to the nuclear accident following the great east-Japan earthquake and tsunami, A 2017 White Paper to guide the Scientific Committee’s future programme of work, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, New York. www.unscear.org/unscear/en/publications/Fukushima_WP2017.html
- UNSCEAR (forthcoming), Levels and Effects of Radiation Exposure Due to the Accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station: Implications of Information Published Since the UNSCEAR 2013 REPORT, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, New York.
- US Department of Energy (2019), Amway, P., Andrews, N., Basu, S., Bunt, R., Butler, J., Ellison, P., Farmer, M., Gabor, J., Gauntt, R., Henry, C., Honda, T., Humrickhouse, P., Klass, K., Kobayashi, T., Kraft, S., Linthicum, R., Luangdilok, W., Lutz, R., Luxat, D., Mizokami, S., Nakayoshi, A., Osborn, D., Paik, C., Plys, M., Rempe, J., Robb, K., Sanders, R., Shearer, K., Wachowiak, R., Washiya, T., Whiteman, P., and Williamson, B., U.S. Efforts in Support of Examinations at Fukushima Daiichi – 2019 Evaluations, N. p., 2019. Web. doi:10.2172/1561221, United States. www.osti.gov/biblio/1561221-efforts-support-examinations-fukushima-daiichi-evaluations
- USNRC (1994), Lessons Learned from the Three Mile Island-Unit 2 Advisory Panel, NUREG/CR-6252, U.S. Nuclear Regulatory Commission, United States. www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/fact-sheets/3mile-isle.html
- WANO (2019), Nuclear Leadership Effectiveness Attributes, PL 2019-01, WANO Principles, World Association of Nuclear Operators, London, United Kingdom. www.wano.info/resources/nuclear-leadership-effectiveness-attributes
- WHO (2020), A Framework for Mental Health and Psychosocial Support in Radiological and Nuclear Emergencies, World Health Organization, Geneva, Switzerland. apps.who.int/iris/rest/bitstreams/1318032/retrieve

表紙写真の説明

表紙の写真は2019年4月に撮影された、富岡町夜の森地区の桜並木です。この場所は福島第一原子力発電所から7キロ強です。事故後長期間にわたってこのエリアへの立ち入りは制限されていましたが、住民は桜の開花の季節に訪れることが可能となり、事故前と変わらない満開の桜のシーンを楽しんでいます。

2020年3月10日、政府は、富岡町における帰還困難区域のうちJR常磐線の夜ノ森駅周辺の合計約1.1キロメートルの道路と鉄道施設の避難命令を解除しました。2017年に避難指示が解除された写真の通りと今回の解除エリアとがつながり、約1キロメートルもの桜並木が形成されました。解除された面積は合計約7ヘクタールでしたが、道路や駅舎周辺に限られており、住民が2023年春に帰還できるようにすることを目指しています。

2021年2月現在、富岡町は政府の支援を受けて環境修復工事を実施しています。このプロジェクトには、2023年春までに帰還困難区域の約390ヘクタールの地域で、劣化した建物の解体、道路及び上下水道の復旧を行う工事が含まれています。この計画地域は、「特定復興再生拠点区域」と呼ばれており、2028年に約1600人が居住することを目標としています。

NEAの刊行物と情報

印刷物

NEAでは数多くの印刷物を発行しています。印刷発行物を網羅した一覧は、www.oecd-nea.org/pubをご覧ください。

オンライン及び電子発行物

NEAのホームページでは、当機関に関する基本情報や作業プログラムの情報が記載されているほか、数多くの技術報告書や政策関連報告書を無料でダウンロードできます。

新たな結果やイベント、発行物に関する最新情報を提供するNEA電子月報は購読者に無料で配信されます。配信ご希望の方はwww.oecd-nea.org/bulletinからご登録ください。

Facebookではwww.facebook.com/OECDNEAで、Twitterでは@OECD_NEAでフォローしてください。



福島第一原子力発電所事故から10年:進展と教訓、課題

東日本大震災とそれに続く福島第一原子力発電所事故から10年が経ち、多くの教訓が得られたが、まだ多くの課題が残っている。

この報告書は福島第一原子力発電所の現況と、事故後の日本の当局並びに国際社会の対応について報告するもので、事故に起因する多面的な問題を政策決定者と一般市民双方が理解することに役立つであろう。それには、災害復旧努力、損害賠償、原子力安全、原子力規制、放射線防護、廃炉作業、放射性廃棄物管理、コミュニティにおける心理社会的問題、社会的回復力（レジリエンス）などに関するものが含まれる。

本報告書はOECDの原子力機関（NEA）が2013年と2016年に発行した前回の報告書を土台とし、福島第一原子力発電所並びに被災地と人々の今後の展望を検討するとともに、さらなる改善余地と、国際社会がどう支援できるかについて概要する。