

東電福島原発事故10年企画「東電福島原発事故に向き合う」のご案内図書

目次構成(案)

1. はじめに

2. 福島第一原発事故の発生と環境汚染
 - 2.1 福島第一原発事故の発生と進捗
 - 2.2 福島第一原発事故に伴う環境汚染

3. 福島第一原発事故10年の経緯と現状および課題の整理
 - 3.1 オンサイト（福島第一原子力発電所内）
 - 3.1.1 オンサイトでの経緯と現状
 - 3.1.2 現状のオンサイトでの課題
 - 3.1.3 オンサイトの考察とディスカッション(案)

 - 3.2 オフサイト（福島県内で事故による放射能汚染を生じた地域）
 - 3.2.1 オフサイトの経緯と現状
 - 3.2.2 現状のオフサイトでの課題
 - 3.2.3 オフサイトの考察とディスカッション(案)

4. 「技術士として福島復興に寄せる想い」それぞれの311メッセージ

東電福島原発事故 10 年企画「東電福島原発事故に向き合う」

1. はじめに

平成 23 (2011)年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震による津波に伴う東京電力福島第一原子力発電所及び同社福島第二原子力発電所において発生した事故(以下「東電福島原発事故」という)から、令和 3 (2021)年 3 月で 10 年を迎えます。

この 10 年間には、原子力・放射線部会員各位は、職業や個人的な活動を通じた様々な形で、オンサイトでの東電福島原発事故対応や、オフサイトでの福島復興対応、更には住民との対話やリスクコミュニケーション等に努めてこられたことと拝察します。

しかしながら、原子力安全に対する考え方を再構築し、発電炉等の原子力施設を再稼働させる活動の中で、事故直後の思いやその反省・教訓が記憶から遠ざかっていくことを恐れます。そのため、2019 年 3 月出版の部会報臨時増刊号(以下、「部会報 23 号」という)では、部会幹事有志を中心とした方々より「福島復興に寄せる想い」と題した手記を募集し、事故後 8 年間の思いを取り纏めました。

今回の企画では、この 10 年間を振り返り、今後の課題に向き合っていく決意を示すことを考えています。すなわち、事故 10 年を機に、思いやその反省・教訓を風化させることなく、原子力・放射線安全への意識を一層高めていくことで、個の技術士の安全文化醸成に資する活動にしたいと考えています。

ここでは(1)部会報 23 号の記事を題材とし、一般の当部会員・当部会以外の技術士からも「福島復興に寄せる想い」の原稿投稿を募集して追加し、部会HPに特集掲載したいと考えております。(2)また、CPD支援委員会のご厚意を得て、この特集掲載の内容を技術士CPD中央講座で報告し、その内容やあり方について他部会メンバーを加えて討論する場を設けたいと考えております。

これらにより、技術士が今後、原発再稼働と福島復興への取り組み、かつ、地域住民の健康影響への理解促進およびそのリスクコミュニケーション活動に向き合うための材料にしたいと考えております。

さらに、これらの活動を通じて、個の技術士の安全文化醸成が促進されて一層の原子力安全を確保し、それが真の福島の復興へとつながり、日本の社会全体としての成長にも寄与できることを願っております。

2021 年 3 月 11 日

原子力・放射線部会 部会長

和田 隆太郎

2. 福島第一原発事故の発生と環境汚染

2.1 福島第一原発事故の発生と進捗 <https://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/outline/index-j.html>

(1) 福島第一原発事故の発生

東北地方太平洋沖地震(以下、「地震」という)は、2011年3月11日(金)14時46分ごろに発生し、その地震の規模はM9.0だった。強い地震を感知し、福島第一原子力発電所(以下「福島第一原発」という)は制御棒を挿入して緊急停止し、炉心における核分裂の連鎖反応は停止した。すなわち、原子炉の安全確保の基本である「止める」、「冷やす」、「閉じ込める」の3つのうち、「止める」には成功した。原子炉建屋・原子炉格納容器等は地震による強い揺れで大きな損傷はなかったが、外部電源である高圧電線の鉄塔は倒壊した。

この地震により約50分後に津波が福島第一原発を来襲した。その津波の高さは約10m以上、押し寄せる水の高さ(遡上高)が約13m以上であったため、海水がサイト内に侵入して構造物を破壊し、原子炉建屋・タービン建屋等が海水により浸水した。津波・浸水により、多くの非常用発電設備・直流電源設備(バッテリー)および冷却系統・冷却用ポンプ等が機能を喪失した。これらにより福島第一原発の1～3号機は、地震から約3日後迄に、ほぼ全ての電源と主な熱除去機能(ヒートシンク)を喪失したことにより「冷やす」が機能しなくなった。

冷却機能の喪失により、炉心の温度が核燃料の崩壊熱により上昇し、冷却水が蒸発等により減少して炉心が露出し、高温となって溶融し、水蒸気によって容器内圧が上昇すると伴に水素ガスが発生した。ここで格納容器の内圧を低下させるためのベント放出を行い、放射性物質を含むガスを放出した。しかし、一部の号機では次第に蓄積した水素ガスによる爆発等で原子炉容器・格納容器・原子炉建屋の全てが損傷した。これらにより、「閉じ込める」機能を喪失し、放射性ヨウ素、セシウム等の放射性物質が環境中へ放出された。

なお、福島第一原発4号機は定期検査により停止中であり、炉心には核燃料がなかった。また、福島第一原発5,6号機および近隣の福島第二原子力発電所1～4号機も同様に構造物の損傷やヒートシンク等の喪失があったが、幾つかの電源が生き残ったので、事故による放射性物質の環境中へ放出を防ぐことができた。

(2) 福島第一原発事故の進捗

①1号機の進捗

福島第一原発の1号機は津波により全電源を喪失していた。津波から約4時間後、核燃料が水面から露出して、溶融による炉心損傷が始まり、これと同時に水素ガスが発生して格納容器に漏れ出して蓄積したと考えられている。3月12日15時36分に何らかの着火源により水素爆発が起こり、原子炉建屋天井部と天井付近の建屋壁上部が損傷・消失し、多量の放射性物質の環境中への放出が起こった。1号機はその後に炉心損傷による溶融物が圧力容器の底を貫通し、格納容器の床面のコンクリートを侵食したと考えられている。

②2号機の進捗

同・2号機は津波により全電源を喪失していた。来援した電源車は、12日の1号機の水素爆発によりケーブルが損傷して使用不能となった。また、この爆発の衝撃で建屋上方のブローアウトパネルが外れ、2号機は水素爆発による原子炉建屋の損傷を免れた。14日の3号機の水素爆発が発生し、消防車及びホースが損傷し、使用不能となった。3月14日13時25分に電源やバルブ操作なしに稼働を続けていた原子炉隔離時冷却系(RCIC)の停止が確認された後、減圧に時間がかかり、水位が低下、溶融による炉心損傷に至り、これと同時に水素ガスが発生・蓄積した。2号機は約3日間注水を行うことができたが、3月15日早朝、格納容器下部の圧力抑制室(S/C)付近で爆発音がし、放射性物質の環境中への放出が起こった。

③3号機の進捗

同・3号機は直流電源設備が生き残っていたため、津波から1日半程度、マニュアル通りにRCICと高圧注

水系 (HPCI) 等で注水を続けていた。来援した消防車による低圧での注水に切り替える前段階として 3 月 13 日 2 時 42 分に HPCI を手動で停止した。この後の減圧に時間がかかり、水位が低下、水素ガスが発生するとともに溶融による炉心損傷に至った。減圧を確認した後、消防車による注水を開始したが、格納容器から漏れ出した水素によって、3 月 14 日 11 時 1 分に水素爆発し、原子炉建屋上半分を損傷・消失した。

2. 2 福島第一原発事故に伴う環境汚染

(1) 福島第一原発事故イベントと環境放出との相関

想定された福島第一原発事故イベントと放射能の環境放出との相関は以下および表 2.2-1 に整理して示す。

- ① 福島第一原発 1～3号機にあった放射性物質の総量(ヨウ素換算)は、推定約 90 万 T Bq (9.0E+17 Bq)。
- ② 2011 年 3 月 15～16 日の 2 日間で、全体の約3分の1の 34 万 T Bq (3.4E+17 Bq)が放出。
- ③ 2号機の圧力抑制室の圧力が急低下した同・3月15日、2号機から 16 万 T Bq (1.6E+17 Bq)が放出。
- ④ 3号機からは同・3月14日に水素爆発を起こり、原子炉建屋から大量の白煙が上った同・3月16日には 18 万 T Bq (1.8E+17 Bq)が放出。
- ⑤ 1号、3号の建屋爆発時の放出は 0.5 万 T Bq (5E+15 Bq)、ベント時は 0.14 万 T Bq (1.4E+15 Bq)
- ⑥ その後の大半は、長期間にわたって格納容器の損傷部分から放出された。

表 2.2-1 事故イベントと放射能の環境放出との相関

項目			放出放射能	
			万 T Bq	Bq
総放出量			90	9E+17
内 訳	1号建屋爆発	3月12日	0.50	5.0E+15
	2号圧力が急低下	3月15日	16.00	1.6E+17
	3号建屋爆発	3月14日	0.14	1.4E+15
	3号大量の白煙	3月16日	18.00	1.8E+17



図 2.1-1 福島第一原発から放出された放射性物質の広がり

(2) 福島第一原発事故時の天候等と放射性物質による環境汚染との相関

天候等と放射性物質による環境汚染との相関に係る情報として、2012 年 5 月に東京電力から公開された「東北地方太平洋沖地震の影響による福島第一原子力発電所の事故に伴う大気および海洋への放射性物質の放出量の推定について(平成 24 年 5 月現在における評価)」で公表された内容を要約して表 2.2-2 に示す。

表 2.2-2 事故由来放射性物質による環境汚染と天候等との相関

日付	形態	降下場所	記事
3月12日	乾式	南相馬市	
3月15日	湿式	飯館村～中通り	2号炉圧力低下
3月21日	湿式	水戸・勝田	
3月24日	湿式	霞ヶ浦～柏付近	

湿式: 降雨または降雪、乾式: 下降気流等

引用: 東京電力株式会社発表情報(平成 24 年 5 月 24 日)

3. 福島第一原発事故 10 年の経緯と現状および課題の整理

ここでは「福島第一原発事故 10 年に向き合う」の討論に備え、福島第一原発のオンサイト(福島第一原子力発電所内)とオフサイト(福島県内で事故による放射能汚染を生じた地域)に分け、経緯と現状および課題を整理した。簡単な内容概要を以下に列記し、情報元の HP リンクを付した。

3. 1. オンサイト(福島第一原子力発電所内)

3.1.1 オンサイトでの経緯と現状

オンサイトでの経緯と現状は、①政策的・組織的な側面、②科学技術的側面、③社会科学的側面に区分して以下に示す。<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/genshiryoku/> <https://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/decommissioning.html>

3.1.1.1 政策的・組織的な側面での経緯と現状

福島第一原発の廃炉・汚染水対策は、2011 年 12 月 31 日、原子力災害対策本部政府・東京電力中長期対策会議で策定された当面の取組のロードマップ(その後、「中長期ロードマップ」に改編)に基づき、一貫した強い決意で進められている。

(1) 制度化の経緯

福島第一原発事故直後の廃炉・汚染水対策は、原子力災害対策特別措置法(平成 11 年法律第 156 号)に基づき内閣府に設置された原子力災害対策本部により整理され、判断・運用されてきた。2011 年 5 月に、政府及び東京電力が、「東京電力福島第一原子力発電所事故の収束・検証に関する当面の取組のロードマップ」を提示した。これ以降、対策の進捗や当時の課題に呼応して、廃炉対策推進会議(2013 年 2 月)、関係閣僚等会議(2013 年 8 月)、廃炉・汚染水対策チーム(2013 年 9 月)、廃炉・汚染水対策福島評議会(2014 年 2 月)が組織された。

また、資金面では、改組により原子力損害賠償・廃炉等支援機構(NDF)が 2014 年 8 月に設置され、2017 年 5 月に機構法の改正法が成立し、積立金制度が創設された。

(2) 進捗状況と総括スケジュール

中長期ロードマップの【第 1 期】は、ステップ 1(放射線量の着実な減少)を 2011 年 7 月に、ステップ 2(放射性物質の放出を管理し、放射線量が大幅に抑制)を 2011 年 12 月に完了し、2013 年 11 月 18 日の 4 号機使用済燃料プールから燃料の取り出しの開始をもって終了したとされている。

ステップ 2 以降の中長期の取組とそのスケジュールは、2011 年 8 月に内閣府・原子力委員会の中長期措置検討専門部会により、「燃料デブリ取り出し開始までの期間は 10 年以内を目標」、「廃止措置がすべて終了するまでは 30 年以上の期間を要するものと推定される」と整理された。なお、ここで原子力委員会は、チェルノブイリ原発事故等での密閉管理(石棺)方式はとらず、廃炉(除染・解体撤去)方式を採択した。

http://www.aec.go.jp/jcst/NC/tyoki/tyoki_sochi.htm

原子力委員会の方針提示を受け、中長期ロードマップは、【第 2 期】を第 1 期終了～初号機の燃料デブリ取り出し開始まで(目標はステップ 2 完了から 10 年以内)、【第 3 期】第 2 期終了～廃止措置終了まで(目標はステップ 2 完了から 30～40 年後)として策定されている。

なお、中長期ロードマップは、第 3 回(2015 年 6 月)・第 4 回(2017 年 9 月)・第 5 回(2019 年 2 月)で改訂され、廃炉・汚染水対策の進捗や地域等のステークホルダーの声等を踏まえた内容が反映されている。

3.1.1.2 科学技術的側面での経緯と現状

(1) 構内環境の整備

事故直後は高線量率の外部放射線により作業時間が制限され、浮遊する放射能の吸引による内部被ばくを防ぐために防護服の着用が欠かせなかった。事故直後の時期には吉田所長以下のフクシマ 50 の決死の活動により事故の拡大抑制と初期対応が図られた(但し、結果的にはフクシマ 50 でのメンバー等で放射線障害による死亡者はまだ確認されていない)。

この状態は 2012 年頃よりエリア別に段階的に緩和され、現状では給食センター・大型休憩所・協力企業棟等が完成するとともに、構内の大部分で一般作業服での作業が可能となっている。また、2015～2016 年頃(確認中)より装備を着用しない普段着でのサイト見学会等が開催されている。

https://www.engineer.or.jp/members/c_dpt/nucrad/topics/004/004558.html

(2) 廃炉・汚染水対策

① 使用済燃料プールからの燃料取り出し

使用済燃料プールからの燃料取り出しは、4号機は完了(2014年12月)し、3号機からの取出しが進められている。1,2号機は事前の準備作業としてガレキ・残置物の撤去等が進められている。

<https://www.tepco.co.jp/decommission/progress/removal/>

② 燃料デブリ取り出し

燃料デブリ取り出しは、2019年2月に実施した2号機格納容器の内部調査では、燃料デブリと思われる堆積物をつかんで動かせることを確認し、1,2,3号機それぞれで原子炉格納容器内の状況把握を進めている。<https://www.tepco.co.jp/decommission/progress/retrieval/index-j.html>

また、廃炉・汚染水対策の進捗を踏まえた中長期ロードマップの見直しの中で、1,3号機は密閉ができる簡易な建屋等の構造物を原子炉建屋の外側に設置された。

現状は上述のサンプリングにより現物の状況把握をし、技術研究組合 国際廃炉研究開発機構(IRID)等で取出し技術の研究開発をしている段階である。https://www.engineer.or.jp/members/c_dpt/nucrad/topics/005/005141.html

また、燃料デブリは硬さや材料組成が良く判らない高温溶融物であるが、その性状調査を行うために大熊分析センターが計画され、第1棟は2018年3月に運用開始となった。ただ、燃料デブリを分析できる乾式セル設備を有する第2棟は現在設計中である。<https://www.iaif.or.jp/190617-1>

③ 汚染水対策

i) 汚染水の回収と処理・貯蔵

1～3号機では、原子炉内の燃料デブリの崩壊熱を除去し温度を低下させるために、淡水や海水を断続的に原子炉へ注入していたが、より安定的に原子炉へ注水できるよう2011年6月に原子炉への注水に再利用する「循環注水ライン」を確立した。これは、建屋内の滞留水に含まれる放射性物質(セシウム等)を主に吸着装置で、また、淡水化装置で塩分を除去した。一方、滞留水の水処理に伴い濃縮廃液(塩水)が発生しており、これは発電所内の屋外に設置している鋼製タンクに貯蔵した。

濃縮廃液と循環注水およびトレンチ等の汚染水(以下、「汚染水」という)は事故直後にはボルト締め型タンクで貯蔵され、その後、溶接型タンクに移送された。汚染水には放射性ストロンチウムやトリチウム等が含まれているが、2013年3月より、多核種除去設備(ALPS)により水質を浄化処理している。

トレンチ等の汚染水はサブドレンによる汲み上げや凍土壁の増加抑制対策が進められており、汚染水の増加量は約540m³/日(2014年5月)から約150m³/日(2019年度平均)まで低減している。建屋内滞留

水は、くみ上げにより水位低下しており、現状では原子炉・タービン建屋の底面が露出する段階に達している。<https://www.tepco.co.jp/decommission/progress/watermanagement/index-j.html>

ii) 汚染水の廃棄

ALPS 等の浄化設備により汚染水を浄化処理した水 (ALPS 処理水) は、現在、約 120 万 m³ 程度がサイト内の溶接型タンクに貯蔵されている。なお、現時点ではこの約7割の ALPS 処理水の濃度が放出する際の規制基準を超過しているが、希釈前の段階で二次処理を行いトリチウム以外の放射性物質について放出する際の基準を満たす方針とされている。ALPS 処理水のうちトリチウム以外の放射性物質を十分に除去して放射能が法規上放出可能な低濃度となった水 (通称“トリチウム水”) は、風評被害を考慮した海洋放出の是非は現在議論中である (3.1.1.2(2)項に後述する)。

一方、政府、東京電力等の現地における情報共有の強化を図るために、2013年9月より汚染水対策現地調整会議が開催されている。

<https://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/decommissioning/committee/fukushimahyougikai/2020/pdf/03.1.9.4.pdf>

(3) 廃棄物対策

固体廃棄物は事故直後には膨大な容積の生廃棄物で貯蔵されたが、現状では固体廃棄物貯蔵施設・減容施設の増設や焼却炉による減容処理などが行われている。今後、中長期ロードマップに則ったマイルストーンを設け、廃炉工程を進める上で増加する廃棄物を適切に保管・管理するための取組を進めたいとしている。また、今後 10 年間の発生を予測した保管管理計画を策定し、進捗状況等に応じて更新している。さらに、安定化処理以降について IRID 等にて研究開発が進められている。

https://www.engineer.or.jp/members/c_dpt/nucrad/topics/004/004558.html

(4) 研究開発・人材育成および地域との共生の技術戦略プラン

NDF では中長期ロードマップに確固とした技術的根拠を与え、その円滑・着実な実行や改訂の検討に資することを目的として、2015 年より戦略プランを策定している。戦略プラン 2019 では、初号機の燃料デブリ取り出し方法を確定するための戦略的提案を提示するとともに、廃棄物対策なども含め、福島第一原子力発電所の取組全体を俯瞰した中長期視点での方向性を提示している。

概要 <https://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/decommissioning/committee/fukushimahyougikai/2019/pdf/0930.4.2.pdf>

3.1.1.3 社会科学的側面での経緯と現状

(1) 安全文化醸成活動

「安全文化」という考え方は、1986 年に発生したチェルノブイリ事故の原因の調査と検討の結果をきっかけとして生まれた。1992 年の国際原子力機関 (IAEA) の国際原子力安全諮問グループ (INSAG) 報告書では、「安全文化とは、『原子力施設の安全性の問題が、すべてに優先するものとして、その重要性にふさわしい注意が払われること』が実現されている組織・個人における姿勢・特性 (ありよう) を集約したもの」と定義している。すなわち、「安全文化」とは、組織と個人が安全を最優先する風土や気風についての言及である。「安全文化」は、事業者、作業員、国など産学官のさまざまなレベルで原子力に関わる人たちの具体的な積み重ねを通じて育成され、組織の風土として、また、携わる人の気風として定着し、さらに社会全体が安全に対する認識を高めることにつながっていくと期待されている。

原子力・放射線分野では、福島第一原発事故以降、事業者側の会社組織にて一層、安全文化醸成活動が加速された。また、原子力規制庁は、原子力事業者の会社組織における安全文化に係る取組等に関して審査及び検査を行う際のガイドとして「安全文化に係るガイド」等を検討している。

(2) 地域とのコミュニケーション

① 廃炉・汚染水対策福島評議会（以下、「福島評議会」）

福島評議会は、廃炉・汚染水対策について、立地自治体や地元関係者より地元ニーズを聞き、情報提供・コミュニケーションの強化を図り、進め方に関する意見を聞くと共に、今後の廃止措置等のあり方について共に検討するために設置された。第1回の福島評議会は2014年2月に開催された。この評議会のメンバーは、国、政府（経済産業省、原子力規制庁、復興庁）、福島県、市町村長、商工会・商工会議所、農業協同組合、漁業協同組合、学識経験者、NPO法人等である。2020年2月19日に第21回会合が開催され、これまでの進捗を踏まえた中長期ロードマップの第5回改訂結果、ALPS 処理水の取扱いに関する検討状況・ALPS 小委員会報告等が議論されている。

<https://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/decommissioning/committee/fukushimahyougikai/2020/03.1.9.01.html>

② 多核種除去設備等処理水の取扱いに係る関係者の御意見を伺う場（以下、「御意見を伺う場」）

ALPS 等で浄化処理した水の風評など社会的な影響も含めた総合的な検討を「多核種除去設備等処理水の取扱いに関する小委員会」（以下、「ALPS 小委員会」という）で行っている。小委員会の報告を踏まえ、今後、政府としてALPS 処理水の取扱い方針を決定するため、2020年4月14日の第1回より地元自治体や農林水産業者を始めとした幅広い関係者の意見を聞く「御意見を伺う場」を開催している。2020年10月8日に第7回会合が開催され、水産加工・漁業協同組合等の代表者より風評など社会的な影響があるため海洋放出に対しては断固反対であり、また幅広い関係者に意見を聴くべき等の意見があった。

https://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/decommissioning/committee/takakushu_iken/index.html

3. 1. 2 現状のオンサイトでの課題

福島第一原発事故直後の廃炉・汚染水対策は、着実に進捗されているが、前述の中長期ロードマップの【第2期】の進捗は、全般には工程が遅れ気味である。

- (1) 使用済燃料プールからの燃料取り出しは、1,2号機は今後着手する予定との段階にあり、2023年度時点でその先の燃料デブリ取り出し開始に至るためには残された時間は少なくなっている。
- (2) 燃料デブリ取り出しは、取出し技術の研究開発と炉内サンプリングによる現地の状況把握をしている段階であり、実処理はその後となる。
- (3) ALPS 処理水の現設置の貯蔵タンク容量は2022年夏頃に満杯となるが、国民や地元住民へのトリチウム水の海洋放出（または水蒸気放出）の安全性に関する理解促進は必ずしも進んでおらず、今後は講ずるべき風評被害対策等が議論される局面となっている。

3. 1. 3 オンサイトの考察とディスカッション(案) ←記載はWGで検討願います

- 1) 高放射線に阻まれての作業となるため1～3号炉の状況把握に時間がかかるので、今後も進捗に伴って新たな状況の判明(ex.2020年12月末の「建屋排水後に高線量の床面が露出」等)が相次ぐと予想される。そのため、中期のロードマップはフレキシビリティのあるものにすべきではないか? ※
- 2) 燃料デブリはサンプリングが出来た段階だが、硬さや材質等の性状を把握し、それを遠隔で切断・回収する装置を開発・設置するには、今後かなりの時間を要するのではないか? ※
- 3) Co-60(半減期:5.27年)、Cs-137(同:約30.1年)等の強いγ線を放出する放射性物質の存在が高線量をもたらし、廃炉作業を著しく困難にしている。状況把握は進めつつ、これらが減衰するまでの間、事故炉は密閉管理し、その後、燃料デブリ取り出しに着手するのが科学技術的には合理的ではないか? ※
- 4) 福島第一原発の廃棄物は性状評価が進んでおらず、原子炉等規制法の廃棄物とは別物とされており、処理・処分方策が決まっていない。まず、廃棄物の性状評価を行って処理・処分方策を見極めてから、廃棄物が発生する廃炉作業を進める方が科学技術的には合理的ではないか? ※
- 5) トリチウム水の海洋放出(または水蒸気放出)は、科学技術的な課題と考えるべきなのか?
- 6) 組織の安全文化醸成活動が進められているが、あまり一般には認知されていないのではないか?
- 7) また、原子力安全を確保するには、組織に加え、個の技術者の安全文化醸成が重要ではないか?
- 8) 2011年8月の以下の原子力委員会の指摘事項は、中間段階ではどんな状況・評価になっているか?
 - (1) 効率的に進めること
 - (2) 現場に即したものにすること
 - (3) 優先順位を意識すること
 - (4) 技術力および人材育成に資するようにすること
 - (5) 知的財産を保護すること

※原子力委員会は、2011年8月の中長期措置検討専門部会報告書で、「燃料デブリ取出しを開始するまでに必要となる作業は、高線量下にある原子炉建屋内で行われること等から技術的に課題が多く、現時点で具体的な方法を確定的に決めることは困難である」と述べている。

3.2 オフサイト（福島県内で事故による放射能汚染を生じた地域）

3.2.1 オフサイトの経緯と現状

オフサイトでの経緯と現状は、①行政的な側面、②科学技術的側面、③社会科学的側面に区分して以下に示す。

3.2.1.1 行政的な側面での経緯と現状 <https://www.kantei.go.jp/saigai/anzen.html>

(1) 政策・組織的および制度的な側面

①避難指示等の政策的側面

2011年3月11日(金)14時46分ごろに東北地方太平洋沖地震(以下、「地震」)が発生し、約50分後に津波が来襲し、福島第一および福島第二原子力発電所が被災し、未曾有の被害を生じさせた。原子力災害対策特別措置法に基づいて直ちに政府内に原子力災害対策本部が立ち上げられ、2011年3月11日19時03分に原子力緊急事態宣言が発令された。また、同・21時頃に福島第一および福島第二原子力発電所から半径3km圏内に避難指示、同・10km圏内に屋内退避指示が発令された。この屋内避難指示は3月15日11時00分に20～30km圏内に拡大された。その後、2011年4月22日に福島第一原発から半径20km圏内を「警戒区域」、20km以遠の放射線量の高い地域を「計画的避難区域」として避難対象地域に指定し、10万人以上の住民が避難した。

2012年6月15日以降、「計画的避難区域」は放射線量に応じて「避難指示解除準備区域」、「居住制限区域」、「帰還困難区域」の3つに再編され、帰還困難区域(バリケードなど物理的な防護措置を実施し、避難を求めている区域)では立ち入りが原則禁止された。その後、2014年4月以降、一部地域で徐々に避難指示が解除され、2018年3月には帰還困難区域を除く地域での除染が既に完了した。2020年3月には避難指示解除準備区域・居住制限区域は全て解除されたが、帰還困難区域では一部地区を除き避難指示が続いている。

2017年9月に政府はこの帰還困難区域の中に、除染やインフラ整備を進めて住民が戻れるようにする「特定復興再生拠点区域」を設定した。双葉町、大熊町、富岡町、浪江町、葛尾村、飯館村の6つの町と村では、この区域について2022年から23年までに避難指示を解除することを目指している。

②復旧・復興の組織的側面

原子力災害対策特別措置法に基づいて地震直後に政府内に原子力災害対策本部が立ち上げられた。迅速かつ円滑な除染の推進に向け、環境省は2012年1月1日の放射性物質汚染対処特措法の全面施行と併せ、福島県に福島環境再生事務所(現、福島地方環境事務所)を1月に開設し、4月には5つの支所を開設した。また、同時に除染や放射線の情報を伝えるための福島県と環境省の連携運営組織拠点として除染情報プラザ(現、環境再生プラザ)を開設した。

一方、東日本大震災復興対策本部(2011年12月27日に設置)を改編し、2012年2月10日に復興庁が設置された。復興庁は、一刻も早い東日本大震災からの復興を成し遂げられるよう、被災地に寄り添いながら、前例にとらわれず、果敢に復興事業を実施するための組織として、内閣に設置された組織である。

③ライフラインの復旧状況

福島県の立入制限区域内では調査が不可能となったため、詳細な電力・ガス・上下水道の復旧状態をまとめて整理した報告は見当たらない。これらは帰還時期に合わせて復旧したものと予想される。なお、福島県内の他の一般地域での電力の復旧は2011年4月25日、ガスの復旧は同・4月16日と報告されている。2014年9月に国道6号の一般通行の再開し、2015年3月に常磐自動車道が全線開通した。

JR 常磐線 2020 年 3 月 14 日にはJR常磐線が、全線で運転を再開した

<http://www.aec.go.jp/jicst/NC/iinkai/teirei/siryu2015/siryu30/siryu1-1.pdf>

福島県内では道路・鉄道等のインフラ復旧も進み、避難指示も順次解除され、既に原子力災害からの復興段階に至っている。

(2)復興施策の財源の確保の側面

復興施策に必要な財源を確保するために東日本大震災復興財源特措法が 2011 年 11 月 30 日に成立した。対象は平成 23 年度～平成 27 年度の復興費用及び償還費用の復興債に限定し、財源は復興特別法人税及び復興特別所得税からなる。復興特別所得税の課税期間は 25 年間、税率は 2.1%である。日本国政府はこれらの増税により 10.5 兆円を捻出した。当時計画された除染費用相当分(汚染廃棄物処理を含む)は約 2.5 兆円程度、中間貯蔵施設費用相当分(建設・管理運営等)が約 1.1 兆円程度である。

(3)原子力損害賠償の側面

原子力損害賠償のうち、政府賠償分の 1,889 億円が 2015 年 3 月に原子力事業者・東京電力(株)へ支払いが終了した。2011 年 8 月の原子力損害賠償法の改正により損害賠償の主体は東京電力(株)となり、2020 年 12 月時点で原子力損害賠償・廃炉等支援機構(NDF)を介した資金交付により 9 兆 4,744 億円が主に福島県内の個人・法人に支払われている。https://www.tepco.co.jp/fukushima_hq/compensation/results/
これをサポートする形で原子力損害の賠償に関する相談窓口は、文部科学省原子力損害賠償紛争解決センター(ADRセンター)が引き受けて、紛争についての和解・仲介している。

https://www.mext.go.jp/a_menu/genshi/baisho/jiko_baisho/detail/1335890.htm

https://www.engineer.or.jp/members/c_dpt/nucrad/topics/006/attached/attach_6584_9.pdf

3.2.1.2 科学技術的側面での経緯と現状

(1)概要

2011 年 3 月 11 日の東北地方太平洋沖地震に伴う津波により、全電源及びヒートシンクを喪失した福島第一原発 1～3号機の事故により放射性物質が環境中へ放出された。この放射能の約9割を占める半減期の短いヨウ素-131(半減期:8.04日)等は既に減衰して消滅している。しかし、半減期の長いセシウム-134(同2.07年)とセシウム-137(同30.1年)を主体とする放射性物質はまだエア内に残っている。また、残った放射能のうち、海洋に移行しなかったものは、主にエア内の陸上の人間生活圏に現在も存在している。

福島第一原発事故による環境放射能汚染の特徴として、①チェルノブイリ事故に比較して、福島第一の放射性物質の放出量は少なく、汚染範囲は1/10であること、②被ばく防止の点では、現時点での制御対象は放射性セシウム(以下、「Cs」と表記する)に限られること、である。

(2)福島県の除染土壌等及び特定廃棄物の処理フロー <http://shiteihaiki.env.go.jp/>

特定廃棄物には、対策地域内廃棄物と指定廃棄物がある。対策地域内廃棄物は汚染廃棄物対策地域(楢葉町、富岡町、大熊町、双葉町、浪江町、葛尾村、飯館村、他の市町村の一部等)内にある廃棄物のうち、がれきや解体廃棄物等で一定の要件に該当するものである。指定廃棄物は 8,000Bq/kg を超える焼却灰や農林業系廃棄物(稲わら、堆肥)等の廃棄物である。これらは可能な限り減容化した後に、10 万 Bq/kg 以下のものは特定廃棄物埋立処分施設へ、10 万 Bq/kg 超のものは中間貯蔵施設へ搬入されている。一方、除染土壌、除染廃棄物は全て中間貯蔵施設へ搬入されている。

http://shiteihaiki.env.go.jp/radiological_contaminated_waste/regional_measures/

(3) 除染と廃棄物処理

①除染 <https://www.env.go.jp/press/files/jp/108735.pdf>

除染作業は国直轄と市町村に役割分担され、宅地・農地・森林・道路等を対象に実施された。除染作業後の廃棄物はフレコンに収納され、作業場所近傍に仮置きされたが、事故直後期では仮置場の設置・運用が、地域での大きな社会的な問題となった。(3.2.1.3 項で後述)

除染の事業規模を国直轄除染／市町村除染を対比して示せば、2018年11月時点で①作業員総数は延べ約1,360万人／延べ約1,800万人、②予算は約1兆5千億円／約1兆4千億円、③除染土壌等発生量が約900万m³／約750万m³、④仮置場からの搬出済量が約170万m³／約130万m³である。なお、除染という形では2018年時点でほぼ目途をついたと言われている。

https://www.engineer.or.jp/members/c_dpt/nucrad/topics/005/005717.html

②指定廃棄物の焼却処理

指定廃棄物の可燃物は福島県内各所の市町村・広域組合の都市ごみ焼却炉で焼却処理された。焼却炉のバグフィルターによるCs除去率は99.94%以上であり、排ガス中の放射性Csは焼却対象物の1/1000程度であり、かなり安全側で運用された。

③仮設焼却施設

国直轄による対策地域内廃棄物の可燃物を焼却・減容する仮設焼却施設は9市町村(11施設)に設置された。原発内に設置されている焼却炉は5ton/日以下であるのに対し、これらの仮設焼却施設の中には500ton/日(富岡町)に及ぶものがあった。現在、残されている仮設焼却施設は大熊町、双葉町、浪江町、南相馬市、葛尾村、飯館村(蔵平)の6か所であり、他の施設は既に使命を終えて解体撤去されている。

http://shiteihaiki.env.go.jp/initiatives_fukushima/waste_disposal/pdf/progress_200106.pdf

(4) 特定廃棄物の埋設処分

10万Bq/kg以下の廃棄物を収納する特定廃棄物埋立処分施設「リプルンふくしま」は、既存の管理型処分場を国営化して設置され、2017年11月より廃棄物の搬入が開始されている。この施設の受入れ可能な廃棄物中の放射性セシウムの最大濃度10万Bq/kgは、原子炉等規制法の表層トレンチ(L3)処分場の濃度上限値と同じである。なお、L3処分場は30年間の管理期間の減衰で天然に存在する放射能と同レベルになるとしている。ここではストーカ型焼却炉の飛灰はセメント固化後に土地の標高が高い上の方に、放射性Csが溶出し難い廃棄物はやや低い中央部に埋立されている。

(2019 北関東見学会のHPリンクをここに追加)

(5) 中間貯蔵施設

10万Bq/kgを超える廃棄物を収納する中間貯蔵施設は、福島県内の除染に伴い発生した土壌や廃棄物等を最終処分までの間、安全に集中的に貯蔵する施設として、福島第一原発を取り囲む形で、大熊町・双葉町に整備することとしている。中間貯蔵施設は土地買収して設置され、2015年3月より廃棄物の搬入が開始している。中間貯蔵施設への輸送対象物の総量は、約1,400万m³であるが、その内8,000Bq/kg以下のものが82.8%を占めているとされている。

現在、中間貯蔵施設では廃棄物の貯蔵と並行して土壌の分級洗浄・化学処理等によるレベル区分と土壌・焼却灰等の熱処理(セシウムの高温分離)による減容処理の技術開発が推進されている。ここで8,000Bq/kg以下にレベル区分された土壌は再生利用される計画であり、施設外での実証試験等が進められている。

http://josen.env.go.jp/chukanchozou/facility/effort/investigative_commission/

3.2.1.3 社会科学的側面での経緯と現状

(1) 除染後の廃棄物の仮置場の段階

事故直後期は地元住民からは事故由来の放射性Csに対するリスク感が高く、仮置場は迷惑施設とされていた。そのため、仮置場の設置・運用について、国・市町村と自治体、自治体間(設置地区と近傍地区)あるいは個人間でのNIMBY*活動の象徴的な存在となった。しかし、近年では地元住民の放射線リスクへの理解が進んだためか、仮置場等の存否について、事故直後期のような言動はあまり見られなくなった。

* 英語: “Not In My Back Yard” (我が家の裏には御免)の略語で、「施設の必要性は認めるが、自らの居住地域には建てないでくれ」と主張する住民たちや、その態度を指す言葉である

(2) 除染・廃棄物処理の段階

減容処理に当たっては土壌等のレベル区分と再生利用が必須である。そのため、これらの技術開発は重要な課題である。また、再生利用のレベル区分値(濃度上限値)は、限定再利用の場合は 8,000 Bq/kg、無拘束利用の場合はクリアランスレベルの Cs-134/137 に相当する 100 Bq/kg が基準になるとの考え方が示されている。この放射能濃度の土壌の再生利用による住民と就業者の被ばく影響の評価も重要である。中間貯蔵施設での研究開発で実証試験を進めているが、土壌の再生利用は地域住民による社会受容は難易度の高い課題である。

(3) 中間貯蔵後の 10 万 Bq/kg 超の廃棄物の最終処分場の立地

放射性物質汚染対処特別措置法の 2011 年 11 月に閣議決定された基本方針において、除染等で生じた除去土壌等については、中間貯蔵施設で一定期間保管した後は、最終処分するとされている。環境省HPによれば、中間貯蔵施設を運用する会社を規定する中間貯蔵・環境安全事業株式会社(JESCO)法には、「除染等の措置に伴い生じた土壌等について、中間貯蔵開始後 30 年以内に福島県外で最終処分を完了するために必要な措置を講ずる」ことが国の責務として明記されている」と記載されている。

https://www.env.go.jp/jishin/rmp/attach/law_h23-110_basicpolicy.pdf

中間貯蔵施設内での除去土壌等を適切な前処理や分級または高温分離による処理により、放射性 Cs の分離(除染)する研究開発が現在進捗中である。10 万 Bq/kg 超の土壌等の量は現時点では不明であるが、物量が多いことが予想され、他の都道府県での処分場立地の確保やその場所への移送等が課題である。

(4) 帰還後の地域再生・創成

① 福島の地域再生・創成

復興庁はふるさとの復活を目標に掲げ、福島再生加速化と風評被害対策を実施してきた。風評被害対策では、157 民間団体・市町村へ福島県産農産物の PR 事業を支援した。今後は、25 兆円を超える復興財源フレームを策定し、復旧・復興事業は前例のない幅広く手厚い措置を行っていく考えである。また、浜通り地区の産業再生を目指した「福島イノベーション・コースト構想」を具体化し、「福島 12 市町村の将来像」プランを今後策定し、具体化・実現していく考えである。

https://www.reconstruction.go.jp/topics/main-cat1/sub-cat1-4/20200204_fukushima-hukko-torikumi.pdf

② 帰還困難区域のまちづくり

帰還困難区域においても、新たなまちづくりを目指した特定復興再生拠点の整備が進められており、福島での環境回復の取組に加えて、「未来志向」の取組も進めてほしいとの地元の声も受け、2018 年 8 月、環境省は新たな決意の下、「福島再生・未来志向プロジェクト」をスタートさせた。

また、2019 年 4 月に環境省と福島県が共同で、「まもり、みがき、未来へつなぐ。至福のふくしま」をコンセプトに、

自然環境の保全と調和を図りながら適正な利用を促進し、交流人口の拡大を図り、福島県全体の復興に寄与することを旨とし、「ふくしまグリーン復興構想」が策定された。更に、2020年8月に「福島復興に向けた未来志向の環境施策推進に関する連携協力協定」が締結された。

http://shiteihaiki.env.go.jp/fukushimamirai/activity/article/20200621_01.html

3.2.2 現状のオフサイトでの課題

(1) 放射性 Cs の分離(除染)性能の確認

中間貯蔵施設内での除去土壌等を適切な前処理や分級または高温分離による放射性 Cs の分離(除染)性能を確認し、10万 Bq/kg 超、8,000Bq/kg 以下、100 Bq/kg 以下の物量を把握することが課題である。

(2) 土壌等再生利用の実証

除去土壌等を適切な前処理や分級などの後、品質調整等を経て利用可能となった再生資材のしきい値や利用方法を検討して具体化すること、特に公共事業等で人為的な形質変更が想定されない盛土材等の構造基盤の部材に限定した、100 Bq/kg 超の除去土壌等の限定的な再生利用が課題である。

(3) 減容・再生利用の社会的合意形成

土壌は再生利用では、地域住民の社会的合意形成は課題である。社会的合意が得られないがために、社会経済的に合理的な方法を採用できず、費用が高くなっても社会的合意が得られる方法を選択しなければならない局面もあるため、今後、このタイプの事業を進める際には、社会合意を得て合理的に進めることが肝要である。

(4) 県外での最終処分

中間貯蔵後の 10 万 Bq/kg 超の廃棄物は物量が多いと予想され、他の都道府県での新たな大規模な最終処分場の立地確保はかなりハードルの高い課題である。また、物量が多ければその場所への輸送も課題である。

3.2.3 オフサイトの考察とディスカッション(案) ←記載は WG で検討願います

- 1) 国による避難指示等は、避難対象区域となった地方自治体全てに迅速に届かなかったばかりか、その内容もきめ細かさに欠けており、真実を迅速・正確に伝えていなかった。各自治体は、十分な情報を得られないまま、住民避難の決断と避難先探し、避難方法の決定をしなけりなかつた。また、文部科学省が所管する SPEEDI (緊急時迅速放射能影響予測ネットワークシステム) の知見が避難に生かされることはなかつた。これらに対して、官庁連携と準備・訓練等の日頃からの防災対応と意識の啓発が必要ではないか？
- 2) ただ、事故当時の地方自治体側の防災体制にも問題があつたのではないか？ 電源地域には国からの電源三法交付金により、防災対策や避難、医療体制の整備費用として毎年多額の費用が交付されており、ここにはヨウ素錠剤の保管・準備等も含まれていた。福島第一原発事故でこれらが正常に機能したとは思えない。
- 3) 福島第一原発事故では、チェルノブイリ原発事故とは違い、立入制限区域を長年継続するのではなく、除染・帰還・土地再利用方式を採用し、今後を含めて 30 兆円に及ぶ歳出を検討している。どちらのケースでも被災者への十分な配慮は必要であるが、国の財政面での経済的合理性の視点からは、どうだろうか？
- 4) 福島第一原発事故当時の政権与党・政府は、除染等の措置に伴い生じた土壌等について、中間貯蔵開始後 30 年以内に福島県外で最終処分を完了するために必要な措置を講ずることを約束している。中間貯蔵施設内での除去土壌等を適切な前処理や分級または高温分離による処理を行った後に 10 万 Bq/kg 超の土壌等の量は現時点では不明であるが、仮に再移送分が受入れ量の 2 割の 100 万 m³ だったとした場合などは県外での最終処分は現実的だろうか？

- 5) 土壌等再生利用では、公共事業等の盛土材等の構造基盤の部材に限定した、100 Bq/kg 超の除去土壌等の再生利用を進めるべきではないか？ 近年では放射線リスクへの理解が進んだため、地元住民は農地等ではない盛土材等の盛土材等の構造基盤への再生利用に係るリスクとベネフィットの相関を合理的に判断できる立場になっていると思われる。

4.「技術士として福島復興に寄せる想い」それぞれの 311 メッセージ

「技術士として福島復興に寄せる想い」は、東京電力福島第一原子力発電所事故について、それぞれの経験や活動、この 10 年の思いを振り返り、部会ホームページ『福島復興支援活動関連』への掲載を前提に、日本技術士会会員(正会員・準会員)から任意として募集したものである。

8 つのサブテーマは、執筆時のヒントとするために提示したもので、サブテーマに収まりきらないものは、その他もしくは複数テーマとした。本誌では、本人が指定してきた場合はそのまま、未指定の場合は編集者の判断で分類し、テーマごとに掲載している。

【サブテーマ】

- ① 組織の意識改革
- ② 安全文化醸成
- ③ 原子力施設の安全性向上
- ④ 原子力防災
- ⑤ リスクコミュニケーション
- ⑥ 地域とのかかわり
- ⑦ 「人財/人材」育成
- ⑧ 技術士がなすべきこと
- ⑨ その他複数テーマ

ここでは、部会報 23 号の記事を題材とし、一般の当部会員・当部会以外の技術士からも「福島復興に寄せる想い」の原稿投稿を募集して追加し、部会HPに特集掲載したいと考えている。そのため、原稿は 8 年目の 2019 年投稿のものと、10 年目の 2021 年投稿のもの 2 種類がある。

東電福島原発事故 10 年企画「東電福島原発事故に向き合う」

1. はじめに

平成 23 (2011)年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震による津波に伴う東京電力福島第一原子力発電所及び同社福島第二原子力発電所において発生した事故(以下「東電福島原発事故」という)から、令和 3 (2021)年 3 月で 10 年を迎えます。

この 10 年間には、原子力・放射線部会員各位は、職業や個人的な活動を通じた様々な形で、オンサイトでの東電福島原発事故対応や、オフサイトでの福島復興対応、更には住民との対話やリスクコミュニケーション等に努めてこられたことと拝察します。

しかしながら、原子力安全に対する考え方を再構築し、発電炉等の原子力施設を再稼働させる活動の中で、事故直後の思いやその反省・教訓が記憶から遠ざかっていくことを恐れます。そのため、2019 年 3 月出版の部会報臨時増刊号(以下、「部会報 23 号」という)では、部会幹事有志を中心とした方々より「福島復興に寄せる思い」と題した手記を募集し、事故後 8 年間の思いを取り纏めました。

今回の企画では、この 10 年を振り返り、今後の課題に向き合っていく決意を示すことを考えています。すなわち、事故 10 年を機に、思いやその反省・教訓を風化させることなく、原子力・放射線安全への意識を一層高めていくことで、個の技術士の安全文化醸成に資する活動にしたいと考えています。

ここでは(1)部会報 23 号の記事を題材とし、一般の当部会員・当部会以外の技術士からも「福島復興に寄せる思い」の原稿投稿を募集して追加し、部会HPに特集掲載したいと考えております。(そのため、原稿は 8 年目の 2019 年のものと、10 年目の 2021 年のものの 2 種類です)、(2)また、CPD支援委員会のご厚意を得て、この特集掲載の内容を技術士CPD中央講座で報告し、その内容やあり方について他部会メンバーを加えて討論する場を設けたいと考えております。

これらにより、技術士が今後、原発再稼働と福島復興への取り組み、かつ、地域住民の健康影響への理解促進およびそのリスクコミュニケーション活動に向き合うための材料にしたいと考えております。

さらに、これらの活動を通じて、個の技術士の安全文化醸成が促進されて一層の原子力安全を確保し、それが真の福島復興へとつながり、日本の社会全体としての成長にも寄与できることを願っております。

2021 年 3 月 11 日

原子力・放射線部会 部会長

和田 隆太郎

2. 福島第一原発事故の発生と環境汚染

2.1 福島第一原発事故の発生と進捗 <https://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/outline/index-j.html>

(1) 福島第一原発事故の発生

東北地方太平洋沖地震(以下、「地震」という)は、2011年3月11日(金)14時46分ごろに発生し、その地震の規模はM9.0だった。強い地震を感知し、福島第一原子力発電所(以下「福島第一原発」という)は制御棒を挿入して緊急停止し、炉心における核分裂の連鎖反応は停止した。すなわち、原子炉の安全確保の基本である「止める」、「冷やす」、「閉じ込める」の3つのうち、「止める」には成功した。原子炉建屋・原子炉格納容器等は地震による強い揺れで大きな損傷はなかったが、外部電源である高圧電線の鉄塔は倒壊した。

この地震により約50分後に津波が福島第一原発を来襲した。その津波の高さは約10m以上、押し寄せる水の高さ(遡上高)が約13m以上であったため、海水がサイト内に侵入して構造物を破壊し、原子炉建屋・タービン建屋等が海水により浸水した。津波・浸水により、多くの非常用発電設備・直流電源設備(バッテリー)および冷却系統・冷却用ポンプ等が機能を喪失した。これらにより福島第一原発の1～3号機は、地震から約3日後迄に、ほぼ全ての電源と主な熱除去機能(ヒートシンク)を喪失したことにより「冷やす」が機能しなくなった。

冷却機能の喪失により、炉心の温度が核燃料の崩壊熱により上昇し、冷却水が蒸発等により減少して炉心が露出し、高温となって溶融し、水蒸気によって容器内圧が上昇すると伴に水素ガスが発生した。ここで格納容器の内圧を低下させるためのベント放出を行い、放射性物質を含むガスを放出した。しかし、一部の号機では次第に蓄積した水素ガスによる爆発等で原子炉容器・格納容器・原子炉建屋の全てが損傷した。これらにより、「閉じ込める」機能を喪失し、放射性ヨウ素、セシウム等の放射性物質が環境中へ放出された。

なお、福島第一原発4号機は定期検査により停止中であり、炉心には核燃料がなかった。また、福島第一原発5,6号機および近隣の福島第二原子力発電所1～4号機も同様に構造物の損傷やヒートシンク等の喪失があったが、幾つかの電源が生き残ったので、事故による放射性物質の環境中へ放出を防ぐことができた。

(2) 福島第一原発事故の進捗

①1号機の進捗

福島第一原発の1号機は津波により全電源を喪失していた。津波から約4時間後、核燃料が水面から露出して、溶融による炉心損傷が始まり、これと同時に水素ガスが発生して格納容器に漏れ出して蓄積したと考えられている。3月12日15時36分に何らかの着火源により水素爆発が起こり、原子炉建屋天井部と天井付近の建屋壁上部が損傷・消失し、多量の放射性物質の環境中への放出が起こった。1号機はその後に炉心損傷による溶融物が圧力容器の底を貫通し、格納容器の床面のコンクリートを侵食したと考えられている。

②2号機の進捗

同・2号機は津波により全電源を喪失していた。来援した電源車は、12日の1号機の水素爆発によりケーブルが損傷して使用不能となった。また、この爆発の衝撃で建屋上方のブローアウトパネルが外れ、2号機は水素爆発による原子炉建屋の損傷を免れた。14日の3号機の水素爆発が発生し、消防車及びホースが損傷し、使用不能となった。3月14日13時25分に電源やバルブ操作なしに稼働を続けていた原子炉隔離時冷却系(RCIC)の停止が確認された後、減圧に時間がかかり、水位が低下、溶融による炉心損傷に至り、これと同時に水素ガスが発生・蓄積した。2号機は約3日間注水をするのができたが、3月15日早朝、格納容器下部の圧力抑制室(S/C)付近で爆発音がし、放射性物質の環境中への放出が起こった。

③3号機の進捗

同・3号機は直流電源設備が生き残っていたため、津波から1日半程度、マニュアル通りにRCICと高圧注

水系 (HPCI) 等で注水を続けていた。来援した消防車による低圧での注水に切り替える前段階として 3 月 13 日 2 時 42 分に HPCI を手動で停止した。この後の減圧に時間がかかり、水位が低下、水素ガスが発生するとともに溶融による炉心損傷に至った。減圧を確認した後、消防車による注水を開始したが、格納容器から漏れ出した水素によって、3 月 14 日 11 時 1 分に水素爆発し、原子炉建屋上半分を損傷・消失した。

2. 2 福島第一原発事故に伴う環境汚染

(1) 福島第一原発事故イベントと環境放出との相関

想定された福島第一原発事故イベントと放射能の環境放出との相関は以下および表 2.2-1 に整理して示す。

- ① 福島第一原発 1～3号機にあった放射性物質の総量(ヨウ素換算)は、推定約 90 万 T Bq (9.0E+17 Bq)。
- ② 2011 年 3 月 15～16 日の 2 日間で、全体の約3分の1の 34 万 T Bq (3.4E+17 Bq)が放出。
- ③ 2号機の圧力抑制室の圧力が急低下した同・3月 15 日、2号機から 16 万 T Bq (1.6E+17 Bq)が放出。
- ④ 3号機からは同・3月 14 日に水素爆発を起し、原子炉建屋から大量の白煙が上った同・3月 16 日には 18 万 T Bq (1.8E+17 Bq)が放出。
- ⑤ 1号、3号の建屋爆発時の放出は 0.5 万 T Bq (5E+15 Bq)、ベント時は 0.14 万 T Bq (1.4E+15 Bq)
- ⑥ その後の大半は、長期間にわたって格納容器の損傷部分から放出された。

表 2.2-1 事故イベントと放射能の環境放出との相関

項目			放出放射能量	
			万 T Bq	Bq
総放出量			90	9E+17
内 訳	1号建屋爆発	3月12日	0.50	5.0E+15
	2号圧力が急低下	3月15日	16.00	1.6E+17
	3号建屋爆発	3月14日	0.14	1.4E+15
	3号大量の白煙	3月16日	18.00	1.8E+17



図 2.1-1 福島第一原発から放出された放射性物質の広がり

(2) 福島第一原発事故時の天候等と放射性物質による環境汚染との相関

天候等と放射性物質による環境汚染との相関に係る情報として、2012 年 5 月に東京電力から公開された「東北地方太平洋沖地震の影響による福島第一原子力発電所の事故に伴う大気および海洋への放射性物質の放出量の推定について(平成 24 年 5 月現在における評価)」で公表された内容を要約して表 2.2-2 に示す。

表 2.2-2 事故由来放射性物質による環境汚染と天候等との相関

日付	形態	降下場所	記事
3月12日	乾式	南相馬市	
3月15日	湿式	飯館村～中通り	2号炉圧力低下
3月21日	湿式	水戸・勝田	
3月24日	湿式	霞ヶ浦～柏付近	

湿式: 降雨または降雪、乾式: 下降気流等

引用: 東京電力株式会社発表情報(平成 24 年 5 月 24 日)

3. 福島第一原発事故 10 年の経緯と現状および課題の整理

ここでは「福島第一原発事故 10 年に向き合う」の討論に備え、福島第一原発のオンサイト(福島第一原子力発電所内)とオフサイト(福島県内で事故による放射能汚染を生じた地域)に分け、経緯と現状および課題を整理した。簡単な内容概要を以下に列記し、情報元の HP リンクを付した。

3. 1. オンサイト(福島第一原子力発電所内)

3.1.1 オンサイトでの経緯と現状

オンサイトでの経緯と現状は、①政策的・組織的な側面、②科学技術的側面、③社会科学的側面に区分して以下に示す。<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/genshiryoku/> <https://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/decommissioning.html>

3.1.1.1 政策的・組織的な側面での経緯と現状

福島第一原発の廃炉・汚染水対策は、2011 年 12 月 31 日、原子力災害対策本部政府・東京電力中長期対策会議で策定された当面の取組のロードマップ(その後、「中長期ロードマップ」に改編)に基づき、一貫した強い決意で進められている。

(1) 制度化の経緯

福島第一原発事故直後の廃炉・汚染水対策は、原子力災害対策特別措置法(平成 11 年法律第 156 号)に基づき内閣府に設置された原子力災害対策本部により整理され、判断・運用されてきた。2011 年 5 月に、政府及び東京電力が、「東京電力福島第一原子力発電所事故の収束・検証に関する当面の取組のロードマップ」を提示した。これ以降、対策の進捗や当時の課題に呼応して、廃炉対策推進会議(2013 年 2 月)、関係閣僚等会議(2013 年 8 月)、廃炉・汚染水対策チーム(2013 年 9 月)、廃炉・汚染水対策福島評議会(2014 年 2 月)が組織された。

また、資金面では、改組により原子力損害賠償・廃炉等支援機構(NDF)が 2014 年 8 月に設置され、2017 年 5 月に機構法の改正法が成立し、積立金制度が創設された。

(2) 進捗状況と総括スケジュール

中長期ロードマップの【第 1 期】は、ステップ 1(放射線量の着実な減少)を 2011 年 7 月に、ステップ 2(放射性物質の放出を管理し、放射線量が大幅に抑制)を 2011 年 12 月に完了し、2013 年 11 月 18 日の 4 号機使用済燃料プールから燃料の取り出しの開始をもって終了したとされている。

ステップ 2 以降の中長期の取組とそのスケジュールは、2011 年 8 月に内閣府・原子力委員会の中長期措置検討専門部会により、「燃料デブリ取り出し開始までの期間は 10 年以内を目標」、「廃止措置がすべて終了するまでは 30 年以上の期間を要するものと推定される」と整理された。なお、ここで原子力委員会は、チェルノブイリ原発事故等での密閉管理(石棺)方式はとらず、廃炉(除染・解体撤去)方式を採択した。

http://www.aec.go.jp/jcst/NC/tyoki/tyoki_sochi.htm

原子力委員会の方針提示を受け、中長期ロードマップは、【第 2 期】を第 1 期終了～初号機の燃料デブリ取り出し開始まで(目標はステップ 2 完了から 10 年以内)、【第 3 期】第 2 期終了～廃止措置終了まで(目標はステップ 2 完了から 30～40 年後)として策定されている。

なお、中長期ロードマップは、第 3 回(2015 年 6 月)・第 4 回(2017 年 9 月)・第 5 回(2019 年 2 月)で改訂され、廃炉・汚染水対策の進捗や地域等のステークホルダーの声等を踏まえた内容が反映されている。

3.1.1.2 科学技術的側面での経緯と現状

(1) 構内環境の整備

事故直後は高線量率の外部放射線により作業時間が制限され、浮遊する放射能の吸引による内部被ばくを防ぐために防護服の着用が欠かせなかった。事故直後の時期には吉田所長以下のフクシマ 50 の決死の活動により事故の拡大抑制と初期対応が図られた(但し、結果的にはフクシマ 50 でのメンバー等で放射線障害による死亡者はまだ確認されていない)。

この状態は 2012 年頃よりエリア別に段階的に緩和され、現状では給食センター・大型休憩所・協力企業棟等が完成するとともに、構内の大部分で一般作業服での作業が可能となっている。また、2015～2016 年頃(確認中)より装備を着用しない普段着でのサイト見学会等が開催されている。

https://www.engineer.or.jp/members/c_dpt/nucrad/topics/004/004558.html

(2) 廃炉・汚染水対策

① 使用済燃料プールからの燃料取り出し

使用済燃料プールからの燃料取り出しは、4号機は完了(2014年12月)し、3号機からの取出しが進められている。1,2号機は事前の準備作業としてガレキ・残置物の撤去等が進められている。

<https://www.tepco.co.jp/decommission/progress/removal/>

② 燃料デブリ取り出し

燃料デブリ取り出しは、2019年2月に実施した2号機格納容器の内部調査では、燃料デブリと思われる堆積物をつかんで動かせることを確認し、1,2,3号機それぞれで原子炉格納容器内の状況把握を進めている。<https://www.tepco.co.jp/decommission/progress/retrieval/index-j.html>

また、廃炉・汚染水対策の進捗を踏まえた中長期ロードマップの見直しの中で、1,3号機は密閉ができる簡易な建屋等の構造物を原子炉建屋の外側に設置された。

現状は上述のサンプリングにより現物の状況把握をし、技術研究組合 国際廃炉研究開発機構(IRID)等で取出し技術の研究開発をしている段階である。https://www.engineer.or.jp/members/c_dpt/nucrad/topics/005/005141.html

また、燃料デブリは硬さや材料組成が良く判らない高温溶融物であるが、その性状調査を行うために大熊分析センターが計画され、第1棟は2018年3月に運用開始となった。ただ、燃料デブリを分析できる乾式セル設備を有する第2棟は現在設計中である。<https://www.iaif.or.jp/190617-1>

③ 汚染水対策

i) 汚染水の回収と処理・貯蔵

1～3号機では、原子炉内の燃料デブリの崩壊熱を除去し温度を低下させるために、淡水や海水を断続的に原子炉へ注入していたが、より安定的に原子炉へ注水できるよう2011年6月に原子炉への注水に再利用する「循環注水ライン」を確立した。これは、建屋内の滞留水に含まれる放射性物質(セシウム等)を主に吸着装置で、また、淡水化装置で塩分を除去した。一方、滞留水の水処理に伴い濃縮廃液(塩水)が発生しており、これは発電所内の屋外に設置している鋼製タンクに貯蔵した。

濃縮廃液と循環注水およびトレンチ等の汚染水(以下、「汚染水」という)は事故直後にはボルト締め型タンクで貯蔵され、その後、溶接型タンクに移送された。汚染水には放射性ストロンチウムやトリチウム等が含まれているが、2013年3月より、多核種除去設備(ALPS)により水質を浄化処理している。

トレンチ等の汚染水はサブドレンによる汲み上げや凍土壁の増加抑制対策が進められており、汚染水の増加量は約540m³/日(2014年5月)から約150m³/日(2019年度平均)まで低減している。建屋内滞留

水は、くみ上げにより水位低下しており、現状では原子炉・タービン建屋の底面が露出する段階に達している。<https://www.tepco.co.jp/decommission/progress/watermanagement/index-j.html>

ii) 汚染水の廃棄

ALPS 等の浄化設備により汚染水を浄化処理した水 (ALPS 処理水) は、現在、約 120 万 m³ 程度がサイト内の溶接型タンクに貯蔵されている。なお、現時点ではこの約7割の ALPS 処理水の濃度が放出する際の規制基準を超過しているが、希釈前の段階で二次処理を行いトリチウム以外の放射性物質について放出する際の基準を満たす方針とされている。ALPS 処理水のうちトリチウム以外の放射性物質を十分に除去して放射能が法規上放出可能な低濃度となった水 (通称“トリチウム水”) は、風評被害を考慮した海洋放出の是非は現在議論中である (3.1.1.2(2)項に後述する)。

一方、政府、東京電力等の現地における情報共有の強化を図るために、2013 年 9 月より汚染水対策現地調整会議が開催されている。

<https://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/decommissioning/committee/fukushimahyougikai/2020/pdf/03.1.9.4.pdf>

(3) 廃棄物対策

固体廃棄物は事故直後には膨大な容積の生廃棄物で貯蔵されたが、現状では固体廃棄物貯蔵施設・減容施設の増設や焼却炉による減容処理などが行われている。今後、中長期ロードマップに則ったマイルストーンを設け、廃炉工程を進める上で増加する廃棄物を適切に保管・管理するための取組を進めたいとしている。また、今後 10 年間の発生を予測した保管管理計画を策定し、進捗状況等に応じて更新している。さらに、安定化処理以降について IRID 等にて研究開発が進められている。

https://www.engineer.or.jp/members/c_dpt/nucrad/topics/004/004558.html

(4) 研究開発・人材育成および地域との共生の技術戦略プラン

NDF では中長期ロードマップに確固とした技術的根拠を与え、その円滑・着実な実行や改訂の検討に資することを目的として、2015 年より戦略プランを策定している。戦略プラン 2019 では、初号機の燃料デブリ取り出し方法を確定するための戦略的提案を提示するとともに、廃棄物対策なども含め、福島第一原子力発電所の取組全体を俯瞰した中長期視点での方向性を提示している。

概要 <https://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/decommissioning/committee/fukushimahyougikai/2019/pdf/0930.4.2.pdf>

3.1.1.3 社会科学的側面での経緯と現状

(1) 安全文化醸成活動

「安全文化」という考え方は、1986 年に発生したチェルノブイリ事故の原因の調査と検討の結果をきっかけとして生まれた。1992 年の国際原子力機関 (IAEA) の国際原子力安全諮問グループ (INSAG) 報告書では、「安全文化とは、『原子力施設の安全性の問題が、すべてに優先するものとして、その重要性にふさわしい注意が払われること』が実現されている組織・個人における姿勢・特性 (ありよう) を集約したもの」と定義している。すなわち、「安全文化」とは、組織と個人が安全を最優先する風土や気風についての言及である。「安全文化」は、事業者、作業員、国など産学官のさまざまなレベルで原子力に関わる人たちの具体的な積み重ねを通じて育成され、組織の風土として、また、携わる人の気風として定着し、さらに社会全体が安全に対する認識を高めることにつながっていくと期待されている。

原子力・放射線分野では、福島第一原発事故以降、事業者側の会社組織にて一層、安全文化醸成活動が加速された。また、原子力規制庁は、原子力事業者の会社組織における安全文化に係る取組等に関して審査及び検査を行う際のガイドとして「安全文化に係るガイド」等を検討している。

(2) 地域とのコミュニケーション

① 廃炉・汚染水対策福島評議会（以下、「福島評議会」）

福島評議会は、廃炉・汚染水対策について、立地自治体や地元関係者より地元ニーズを聞き、情報提供・コミュニケーションの強化を図り、進め方に関する意見を聞くと共に、今後の廃止措置等のあり方について共に検討するために設置された。第1回の福島評議会は2014年2月に開催された。この評議会のメンバーは、国、政府（経済産業省、原子力規制庁、復興庁）、福島県、市町村長、商工会・商工会議所、農業協同組合、漁業協同組合、学識経験者、NPO法人等である。2020年2月19日に第21回会合が開催され、これまでの進捗を踏まえた中長期ロードマップの第5回改訂結果、ALPS 処理水の取扱いに関する検討状況・ALPS 小委員会報告等が議論されている。

<https://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/decommissioning/committee/fukushimahyougikai/2020/03.1.9.01.html>

② 多核種除去設備等処理水の取扱いに係る関係者の御意見を伺う場（以下、「御意見を伺う場」）

ALPS 等で浄化処理した水の風評など社会的な影響も含めた総合的な検討を「多核種除去設備等処理水の取扱いに関する小委員会」（以下、「ALPS 小委員会」という）で行っている。小委員会の報告を踏まえ、今後、政府としてALPS 処理水の取扱い方針を決定するため、2020年4月14日の第1回より地元自治体や農林水産業者を始めとした幅広い関係者の意見を聞く「御意見を伺う場」を開催している。2020年10月8日に第7回会合が開催され、水産加工・漁業協同組合等の代表者より風評など社会的な影響があるため海洋放出に対しては断固反対であり、また幅広い関係者に意見を聴くべき等の意見があった。

https://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/decommissioning/committee/takakushu_iken/index.html

3. 1. 2 現状のオンサイトでの課題

福島第一原発事故直後の廃炉・汚染水対策は、着実に進捗されているが、前述の中長期ロードマップの【第2期】の進捗は、全般には工程が遅れ気味である。

- (1) 使用済燃料プールからの燃料取り出しは、1,2号機は今後着手する予定との段階にあり、2023年度時点でその先の燃料デブリ取り出し開始に至るためには残された時間は少なくなっている。
- (2) 燃料デブリ取り出しは、取出し技術の研究開発と炉内サンプリングによる現地の状況把握をしている段階であり、実処理はその後となる。
- (3) ALPS 処理水の現設置の貯蔵タンク容量は2022年夏頃に満杯となるが、国民や地元住民へのトリチウム水の海洋放出（または水蒸気放出）の安全性に関する理解促進は必ずしも進んでおらず、今後は講ずるべき風評被害対策等が議論される局面となっている。

3. 1. 3 オンサイトの考察とディスカッション(案)←記載はWGで検討願います

- 1) 高放射線に阻まれての作業となるため1～3号炉の状況把握に時間がかかるので、今後も進捗に伴って新たな状況の判明(ex.2020年12月末の「建屋排水後に高線量の床面が露出」等)が相次ぐと予想される。そのため、中期のロードマップはフレキシビリティのあるものにすべきではないか？ ※
- 2) 燃料デブリはサンプリングが出来た段階だが、硬さや材質等の性状を把握し、それを遠隔で切断・回収する装置を開発・設置するには、今後かなりの時間を要するのではないか？ ※
- 3) Co-60(半減期:5.27年)、Cs-137(同:約30.1年)等の強いγ線を放出する放射性物質の存在が高線量をもたらし、廃炉作業を著しく困難にしている。状況把握は進めつつ、これらが減衰するまでの間、事故炉は密閉管理し、その後、燃料デブリ取り出しに着手するのが科学技術的には合理的ではないか？ ※
- 4) 福島第一原発の廃棄物は性状評価が進んでおらず、原子炉等規制法の廃棄物とは別物とされており、処理・処分方策が決まっていない。まず、廃棄物の性状評価を行って処理・処分方策を見極めてから、廃棄物が発生する廃炉作業を進める方が科学技術的には合理的ではないか？ ※
- 5) トリチウム水の海洋放出(または水蒸気放出)は、科学技術的な課題と考えるべきなのか？
- 6) 組織の安全文化醸成活動が進められているが、あまり一般には認知されていないのではないか？
- 7) また、原子力安全を確保するには、組織に加え、個の技術者の安全文化醸成が重要ではないか？
- 8) 2011年8月の以下の原子力委員会の指摘事項は、中間段階ではどんな状況・評価になっているか？
 - (1) 効率的に進めること
 - (2) 現場に即したものにすること
 - (3) 優先順位を意識すること
 - (4) 技術力および人材育成に資するようにすること
 - (5) 知的財産を保護すること

※原子力委員会は、2011年8月の中長期措置検討専門部会報告書で、「燃料デブリ取出しを開始するまでに必要となる作業は、高線量下にある原子炉建屋内で行われること等から技術的に課題が多く、現時点で具体的な方法を確定的に決めることは困難である」と述べている。

3.2 オフサイト（福島県内で事故による放射能汚染を生じた地域）

3.2.1 オフサイトの経緯と現状

オフサイトでの経緯と現状は、①行政的な側面、②科学技術的側面、③社会科学的側面に区分して以下に示す。

3.2.1.1 行政的な側面での経緯と現状 <https://www.kantei.go.jp/saigai/anzen.html>

(1) 政策・組織的および制度的な側面

①避難指示等の政策的側面

2011年3月11日(金)14時46分ごろに東北地方太平洋沖地震(以下、「地震」)が発生し、約50分後に津波が来襲し、福島第一および福島第二原子力発電所が被災し、未曾有の被害を生じさせた。原子力災害対策特別措置法に基づいて直ちに政府内に原子力災害対策本部が立ち上げられ、2011年3月11日19時03分に原子力緊急事態宣言が発令された。また、同・21時頃に福島第一および福島第二原子力発電所から半径3km圏内に避難指示、同・10km圏内に屋内退避指示が発令された。この屋内避難指示は3月15日11時00分に20～30km圏内に拡大された。その後、2011年4月22日に福島第一原発から半径20km圏内を「警戒区域」、20km以遠の放射線量の高い地域を「計画的避難区域」として避難対象地域に指定し、10万人以上の住民が避難した。

2012年6月15日以降、「計画的避難区域」は放射線量に応じて「避難指示解除準備区域」、「居住制限区域」、「帰還困難区域」の3つに再編され、帰還困難区域(バリケードなど物理的な防護措置を実施し、避難を求めている区域)では立ち入りが原則禁止された。その後、2014年4月以降、一部地域で徐々に避難指示が解除され、2018年3月には帰還困難区域を除く地域での除染が既に完了した。2020年3月には避難指示解除準備区域・居住制限区域は全て解除されたが、帰還困難区域では一部地区を除き避難指示が続いている。

2017年9月に政府はこの帰還困難区域の中に、除染やインフラ整備を進めて住民が戻れるようにする「特定復興再生拠点区域」を設定した。双葉町、大熊町、富岡町、浪江町、葛尾村、飯舘村の6つの町と村では、この区域について2022年から23年までに避難指示を解除することを目指している。

②復旧・復興の組織的側面

原子力災害対策特別措置法に基づいて地震直後に政府内に原子力災害対策本部が立ち上げられた。迅速かつ円滑な除染の推進に向け、環境省は2012年1月1日の放射性物質汚染対処特措法の全面施行と併せ、福島県に福島環境再生事務所(現、福島地方環境事務所)を1月に開設し、4月には5つの支所を開設した。また、同時に除染や放射線の情報を伝えるための福島県と環境省の連携運営組織拠点として除染情報プラザ(現、環境再生プラザ)を開設した。

一方、東日本大震災復興対策本部(2011年12月27日に設置)を改編し、2012年2月10日に復興庁が設置された。復興庁は、一刻も早い東日本大震災からの復興を成し遂げられるよう、被災地に寄り添いながら、前例にとらわれず、果敢に復興事業を実施するための組織として、内閣に設置された組織である。

③ライフラインの復旧状況

福島県の立入制限区域内では調査が不可能となったため、詳細な電力・ガス・上下水道の復旧状態をまとめて整理した報告は見当たらない。これらは帰還時期に合わせて復旧したものと予想される。なお、福島県内の他の一般地域での電力の復旧は2011年4月25日、ガスの復旧は同・4月16日と報告されている。2014年9月に国道6号の一般通行の再開し、2015年3月に常磐自動車道が全線開通した。

JR 常磐線 2020 年 3 月 14 日にはJR常磐線が、全線で運転を再開した

<http://www.aec.go.jp/jicst/NC/iinkai/teirei/siryo2015/siryo30/siryo1-1.pdf>

福島県内では道路・鉄道等のインフラ復旧も進み、避難指示も順次解除され、既に原子力災害からの復興段階に至っている。

(2)復興施策の財源の確保の側面

復興施策に必要な財源を確保するために東日本大震災復興財源特措法が 2011 年 11 月 30 日に成立した。対象は平成 23 年度～平成 27 年度の復興費用及び償還費用の復興債に限定し、財源は復興特別法人税及び復興特別所得税からなる。復興特別所得税の課税期間は 25 年間、税率は 2.1%である。日本国政府はこれらの増税により 10.5 兆円を捻出した。当時計画された除染費用相当分(汚染廃棄物処理を含む)は約 2.5 兆円程度、中間貯蔵施設費用相当分(建設・管理運営等)が約 1.1 兆円程度である。

(3)原子力損害賠償の側面

原子力損害賠償のうち、政府賠償分の 1,889 億円が 2015 年 3 月に原子力事業者・東京電力(株)へ支払いが終了した。2011 年 8 月の原子力損害賠償法の改正により損害賠償の主体は東京電力(株)となり、2020 年 12 月時点で原子力損害賠償・廃炉等支援機構(NDF)を介した資金交付により 9 兆 4,744 億円が主に福島県内の個人・法人に支払われている。https://www.tepco.co.jp/fukushima_hq/compensation/results/
これをサポートする形で原子力損害の賠償に関する相談窓口は、文部科学省原子力損害賠償紛争解決センター(ADRセンター)が引き受けて、紛争についての和解・仲介している。

https://www.mext.go.jp/a_menu/genshi/baisho/jiko_baisho/detail/1335890.htm

https://www.engineer.or.jp/members/c_dpt/nucrad/topics/006/attached/attach_6584_9.pdf

3.2.1.2 科学技術的側面での経緯と現状

(1)概要

2011 年 3 月 11 日の東北地方太平洋沖地震に伴う津波により、全電源及びヒートシンクを喪失した福島第一原発 1～3号機の事故により放射性物質が環境中へ放出された。この放射能の約9割を占める半減期の短いヨウ素-131(半減期:8.04 日)等は既に減衰して消滅している。しかし、半減期の長いセシウム-134(同 2.07 年)とセシウム-137(同 30.1 年)を主体とする放射性物質はまだエリア内に残っている。また、残った放射能のうち、海洋に移行しなかったものは、主にエリア内の陸上の人間生活圏に現在も存在している。

福島第一原発事故による環境放射能汚染の特徴として、①チェルノブイリ事故に比較して、福島放射性物質の放出量は少なく、汚染範囲は 1/10 であること、②被ばく防止の点では、現時点での制御対象は放射性セシウム(以下、「Cs」と表記する)に限られること、である。

(2)福島県の除染土壌等及び特定廃棄物の処理フロー <http://shiteihaiki.env.go.jp/>

特定廃棄物には、対策地域内廃棄物と指定廃棄物がある。対策地域内廃棄物は汚染廃棄物対策地域(楡葉町、富岡町、大熊町、双葉町、浪江町、葛尾村、飯館村、他の市町村の一部等)内にある廃棄物のうち、がれきや解体廃棄物等で一定の要件に該当するものである。指定廃棄物は 8,000Bq/kg を超える焼却灰や農林業系廃棄物(稲わら、堆肥)等の廃棄物である。これらは可能な限り減容化した後に、10 万 Bq/kg 以下のものは特定廃棄物埋立処分施設へ、10 万 Bq/kg 超のものは中間貯蔵施設へ搬入されている。一方、除染土壌、除染廃棄物は全て中間貯蔵施設へ搬入されている。

http://shiteihaiki.env.go.jp/radiological_contaminated_waste/regional_measures/

(3) 除染と廃棄物処理

① 除染 <https://www.env.go.jp/press/files/jp/108735.pdf>

除染作業は国直轄と市町村に役割分担され、宅地・農地・森林・道路等を対象に実施された。除染作業後の廃棄物はフレコンに収納され、作業場所近傍に仮置きされたが、事故直後期では仮置場の設置・運用が、地域での大きな社会的な問題となった。(3.2.1.3 項で後述)

除染の事業規模を国直轄除染／市町村除染を対比して示せば、2018 年 11 月時点で①作業員総数は延べ約 1,360 万人／延べ約 1,800 万人、②予算は約 1 兆 5 千億円／約 1 兆 4 千億円、③除染土壌等発生量が約 900 万 m³／約 750 万 m³、④仮置場からの搬出済量が約 170 万 m³／約 130 万 m³である。なお、除染という形では 2018 年時点ではほぼ目途をついたと言われている。

https://www.engineer.or.jp/members/c_dpt/nucrad/topics/005/005717.html

② 指定廃棄物の焼却処理

指定廃棄物の可燃物は福島県内各所の市町村・広域組合の都市ごみ焼却炉で焼却処理された。焼却炉のバグフィルターによる Cs 除去率は 99.94%以上であり、排ガス中の放射性 Cs は焼却対象物の 1/1000 程度であり、かなり安全側で運用された。

③ 仮設焼却施設

国直轄による対策地域内廃棄物の可燃物を焼却・減容する仮設焼却施設は9市町村(11 施設)に設置された。原発内に設置されている焼却炉は 5ton/日以下であるのに対し、これらの仮設焼却施設の中には 500ton/日(富岡町)に及ぶものがあった。現在、残されている仮設焼却施設は大熊町、双葉町、浪江町、南相馬市、葛尾村、飯館村(蔵平)の6か所であり、他の施設は既に使命を終えて解体撤去されている。

http://shiteihaiki.env.go.jp/initiatives_fukushima/waste_disposal/pdf/progress_200106.pdf

(4) 特定廃棄物の埋設処分

10 万 Bq/kg 以下の廃棄物を収納する特定廃棄物埋立処分施設「リプルンふくしま」は、既存の管理型処分場を国営化して設置され、2017 年 11 月より廃棄物の搬入が開始されている。この施設の受入れ可能な廃棄物中の放射性セシウムの最大濃度 10 万 Bq/kg は、原子炉等規制法の表層トレンチ(L3)処分場の濃度上限値と同じである。なお、L3 処分場は 30 年間の管理期間の減衰で天然に存在する放射能と同レベルになるとしている。ここではストーカ型焼却炉の飛灰はセメント固化後に土地の標高が高い上の方に、放射性 Cs が溶出し難い廃棄物はやや低い中央部に埋立されている。

(2019 北関東見学会のHPリンクをここに追加)

(5) 中間貯蔵施設

10 万 Bq/kg を超える廃棄物を収納する中間貯蔵施設は、福島県内の除染に伴い発生した土壌や廃棄物等を最終処分までの間、安全に集中的に貯蔵する施設として、福島第一原発を取り囲む形で、大熊町・双葉町に整備することとしている。中間貯蔵施設は土地買収して設置され、2015 年 3 月より廃棄物の搬入が開始している。中間貯蔵施設への輸送対象物の総量は、約 1,400 万 m³であるが、その内 8,000Bq/kg 以下のものが 82.8%を占めているとされている。

現在、中間貯蔵施設では廃棄物の貯蔵と並行して土壌の分級洗浄・化学処理等によるレベル区分と土壌・焼却灰等の熱処理(セシウムの高温分離)による減容処理の技術開発が推進されている。ここで 8,000 Bq/kg 以下にレベル区分された土壌は再生利用される計画であり、施設外での実証試験等が進められている。

http://josen.env.go.jp/chukanchozou/facility/effort/investigative_commission/

3.2.1.3 社会科学的側面での経緯と現状

(1) 除染後の廃棄物の仮置場の段階

事故直後期は地元住民からは事故由来の放射性Csに対するリスク感が高く、仮置場は迷惑施設とされていた。そのため、仮置場の設置・運用について、国・市町村と自治体、自治体間(設置地区と近傍地区)あるいは個人間でのNIMBY*活動の象徴的な存在となった。しかし、近年では地元住民の放射線リスクへの理解が進んだためか、仮置場等の存否について、事故直後期のような言動はあまり見られなくなった。

* 英語: “Not In My Back Yard” (我が家の裏には御免)の略語で、「施設の必要性は認めるが、自らの居住地域には建てないでくれ」と主張する住民たちや、その態度を指す言葉である

(2) 除染・廃棄物処理の段階

減容処理に当たっては土壌等のレベル区分と再生利用が必須である。そのため、これらの技術開発は重要な課題である。また、再生利用のレベル区分値(濃度上限値)は、限定再利用の場合は 8,000 Bq/kg、無拘束利用の場合はクリアランスレベルの Cs-134/137 に相当する 100 Bq/kg が基準になるとの考え方が示されている。この放射能濃度の土壌の再生利用による住民と就業者の被ばく影響の評価も重要である。中間貯蔵施設での研究開発で実証試験を進めているが、土壌の再生利用は地域住民による社会受容は難易度の高い課題である。

(3) 中間貯蔵後の 10 万 Bq/kg 超の廃棄物の最終処分場の立地

放射性物質汚染対処特別措置法の 2011 年 11 月に閣議決定された基本方針において、除染等で生じた除去土壌等については、中間貯蔵施設で一定期間保管した後は、最終処分するとされている。環境省HPによれば、中間貯蔵施設を運用する会社を規定する中間貯蔵・環境安全事業株式会社(JESCO)法には、「除染等の措置に伴い生じた土壌等について、中間貯蔵開始後 30 年以内に福島県外で最終処分を完了するために必要な措置を講ずる」ことが国の責務として明記されている」と記載されている。

https://www.env.go.jp/jishin/rmp/attach/law_h23-110_basicpolicy.pdf

中間貯蔵施設内での除去土壌等を適切な前処理や分級または高温分離による処理により、放射性 Cs の分離(除染)する研究開発が現在進捗中である。10 万 Bq/kg 超の土壌等の量は現時点では不明であるが、物量が多いことが予想され、他の都道府県での処分場立地の確保やその場所への移送等が課題である。

(4) 帰還後の地域再生・創成

① 福島の地域再生・創成

復興庁はふるさとの復活を目標に掲げ、福島再生加速化と風評被害対策を実施してきた。風評被害対策では、157 民間団体・市町村へ福島県産農産物の PR 事業を支援した。今後は、25 兆円を超える復興財源フレームを策定し、復旧・復興事業は前例のない幅広く手厚い措置を行っていく考えである。また、浜通り地区の産業再生を目指した「福島イノベーション・コースト構想」を具体化し、「福島 12 市町村の将来像」プランを今後策定し、具体化・実現していく考えである。

https://www.reconstruction.go.jp/topics/main-cat1/sub-cat1-4/20200204_fukushima-hukko-torikumi.pdf

② 帰還困難区域のまちづくり

帰還困難区域においても、新たなまちづくりを目指した特定復興再生拠点の整備が進められており、福島での環境回復の取組に加えて、「未来志向」の取組も進めてほしいとの地元の声も受け、2018 年 8 月、環境省は新たな決意の下、「福島再生・未来志向プロジェクト」をスタートさせた。

また、2019 年 4 月に環境省と福島県が共同で、「まもり、みがき、未来へつなぐ。至福のふくしま」をコンセプト

に、自然環境の保全と調和を図りながら適正な利用を促進し、交流人口の拡大を図り、福島県全体の復興に寄与することを目指す、「ふくしまグリーン復興構想」が策定された。更に、2020年8月に「福島の復興に向けた未来志向の環境施策推進に関する連携協力協定」が締結された。

http://shiteihaiki.env.go.jp/fukushimamirai/activity/article/20200621_01.html

3.2.2 現状のオフサイトでの課題

(1) 放射性Csの分離(除染)性能の確認

中間貯蔵施設内での除去土壌等を適切な前処理や分級または高温分離による放射性Csの分離(除染)性能を確認し、10万Bq/kg超、8,000Bq/kg以下、100Bq/kg以下の物量を把握することが課題である。

(2) 土壌等再生利用の実証

除去土壌等を適切な前処理や分級などの後、品質調整等を経て利用可能となった再生資材のしきい値や利用方法を検討して具体化すること、特に公共事業等で人為的な形質変更が想定されない盛土材等の構造基盤の部材に限定した、100Bq/kg超の除去土壌等の限定的な再生利用が課題である。

(3) 減容・再生利用の社会的合意形成

土壌は再生利用では、地域住民の社会的合意形成は課題である。社会的合意が得られないがために、社会経済的に合理的な方法を採用できず、費用が高くなっても社会的合意が得られる方法を選択しなければならない局面もあるため、今後、このタイプの事業を進める際には、社会合意を得て合理的に進めることが肝要である。

(4) 県外での最終処分

中間貯蔵後の10万Bq/kg超の廃棄物は物量が多いと予想され、他の都道府県での新たな大規模な最終処分場の立地確保はかなりハードルの高い課題である。また、物量が多ければその場所への輸送も課題である。

3.2.3 オフサイトの考察とディスカッション(案)←記載はWGで検討願います

- 1) 国による避難指示等は、避難対象区域となった地方自治体全てに迅速に届かなかったばかりか、その内容もきめ細かさに欠けており、真実を迅速・正確に伝えていなかった。各自治体は、十分な情報を得られないまま、住民避難の決断と避難先探し、避難方法の決定をしなけりなかつた。また、文部科学省が所管するSPEEDI(緊急時迅速放射能影響予測ネットワークシステム)の知見が避難に生かされることはなかつた。これらに対して、官庁連携と準備・訓練等の日頃からの防災対応と意識の啓発が必要ではないか？
- 2) ただ、事故当時の地方自治体側の防災体制にも問題があつたのではないか？ 電源地域には国からの電源三法交付金により、防災対策や避難・医療体制の整備費用として毎年多額の費用が交付されており、ここにはヨウ素錠剤の保管・準備等も含まれていた。福島第一原発事故でこれらが正常に機能したとは思えない。
- 3) 福島第一原発事故では、チェルノブイリ原発事故とは違い、立入制限区域を長年継続するのではなく、除染・帰還・土地再利用方式を採用し、今後を含めて30兆円に及ぶ歳出を検討している。どちらのケースでも被災者への十分な配慮は必要であるが、国の財政面での経済的合理性の視点からは、どうだろうか？
- 4) 福島第一原発事故当時の政権与党・政府は、除染等の措置に伴い生じた土壌等について、中間貯蔵開始後30年以内に福島県外で最終処分を完了するために必要な措置を講ずることを約束している。中間貯蔵施設内での除去土壌等を適切な前処理や分級または高温分離による処理を行った後に10万Bq/kg超の土壌等の量は現時点では不明であるが、仮に再移送分が受入れ量の2割の100万m³だったとした場合などは県外での最終処分は現実的だろうか？

- 5) 土壌等再生利用では、公共事業等の盛土材等の構造基盤の部材に限定した、100 Bq/kg 超の除去土壌等の再生利用を進めるべきではないか？ 近年では放射線リスクへの理解が進んだため、地元住民は農地等ではない盛土材等の盛土材等の構造基盤への再生利用に係るリスクとベネフィットの相関を合理的に判断できる立場になっていると思われる。

4.「技術士として福島復興に寄せる想い」それぞれの 311 メッセージ

「技術士として福島復興に寄せる想い」は、東京電力福島第一原子力発電所事故について、それぞれの経験や活動、この 10 年の思いを振り返り、部会ホームページ『福島復興支援活動関連』への掲載を前提に、日本技術士会会員(正会員・準会員)から任意として募集したものである。

8 つのサブテーマは、執筆時のヒントとするために提示したもので、サブテーマに収まりきらないものは、その他もしくは複数テーマとした。本誌では、本人が指定してきた場合はそのまま、未指定の場合は編集者の判断で分類し、テーマごとに掲載している。

【サブテーマ】

- ① 組織の意識改革
- ② 安全文化醸成
- ③ 原子力施設の安全性向上
- ④ 原子力防災
- ⑤ リスクコミュニケーション
- ⑥ 地域とのかかわり
- ⑦ 「人財/人材」育成
- ⑧ 技術士がなすべきこと
- ⑨ その他複数テーマ

ここでは、部会報 23 号の記事を題材とし、一般の当部会員・当部会以外の技術士からも「福島復興に寄せる想い」の原稿投稿を募集して追加し、部会HPに特集掲載したいと考えている。そのため、原稿は 8 年目の 2019 年投稿のものと、10 年目の 2021 年投稿のもの 2 種類がある。