

福島原発事故から 10 年、遠い「廃炉」への道のり

燃料デブリ取り出しはそもそも可能なのか

岡田 広行：東洋経済 解説部コラムニスト

2021 年 03 月 08 日 東洋経済新報社



福島第一原子力発電所には、汚染水を浄化処理した水タンクが立ち並ぶ（写真：代表撮影）

2月28日、東京電力ホールディングスは、福島第一原子力発電所の3号機の建屋内にある使用済み燃料プールからの燃料取り出し作業を終えた。

10年前の事故で水素爆発を起こした3号機には、566体の使用済み燃料が保管されていた。準備作業を含めると、実に約7年4カ月の時間をかけて、すべての燃料の搬出を終えた。

使用済み燃料の取り出しの際、機器のトラブルも相次ぎ、当初の計画より数年遅れた。それでも破損した3号機のプールから別の建物内のプールに使用済み燃料を移したことで、危険は大きく軽減した。3号機のプール内の水が抜けて燃料がむき出しになり、放射性物質が飛散するおそれはなくなった。東電は今後、事故を起こした1、2号機を含む4基の使用済み燃料プールからの燃料取り出しを進めていく。

困難なデブリの取り出し

水素爆発で原子炉建屋が大破した1号機では、がれき撤去に時間がかかっている。水素爆発を免れた2号機では、建屋内の高い放射線量が作業の行く手を阻む。いずれも難しい作業だが、2031年内に完了させる計画だ。



水素爆発で損傷した1号機の原子炉建屋（写真：代表撮影）

福島第一原発では現在、使用済み燃料の取り出し作業と並行して、はるかに難しい作業にも取り掛かろうとしている。メルトダウン

（炉心溶融）によって生じた、原子炉圧力容器から溶け落ちた核燃料「燃料デブリ」の取り出しだ。

2021年中に予定されていた2号機の燃料デブリの試験的な取り出しは、イギリスで進められている格納容器内部に挿入するアーム型ロボットの開発が遅れており、2022年以降への延期が決まった。一方、国や東電は現地での新型コロナウイルス感染症の拡大によって原発事故から約30～40年後までに廃炉を完了する方針を見直していない。

国や東電は「中長期ロードマップ」と呼ばれる計画の中で、燃料デブリの取り出し作業の道筋を定めている。しかし、このロードマップ通りに取り出しが進むと考える専門家は多くない。むしろ、「やみくもに燃料デブリの取り出しを進めようとしても、途中で行き詰まる」（日本原子力学会・福島第一原子力発電所廃炉検討委員会の宮野廣委員長）という懸念すら持たれている。

市民グループ「原子力市民委員会」で「燃料デブリの長期遮蔽管理方式」を提唱する元プラント技術者の筒井哲郎氏と元原子力技術者の滝谷紘一氏は、「危険性の高い燃料デブリ取り出しには手を付けるべきではない」と指摘する。

燃料デブリの取り出しは2号機から

取り出しそのものは容認する宮野氏と、長期にわたって見合わせるべきだという筒井氏や滝谷氏では考え方に根本的な違いがある。だ



が、すべての燃料デブリを急いで取り出そうとする国や東電の姿勢に疑問を投げかけているという点では共通している。

2号機の格納容器内部で見つかった燃料デブリとみられる堆積物（写真：東京電力ホールディングス）

国や東電の計画では、これまでの調査で燃料デブリの状態について比較的多くの情報を得られた2号機から取り出しに着手する。

現在計画されている試験的な取り出しでは、既存の作業用の貫通孔からアーム型のロボットを挿入して数グラムの燃料デブリを取り出す。そして、硬さや成分などを分析し、本格的な取り出しのための知見とする。

その後の本格的な取り出しは、貫通孔を広げ、そこから原子炉格納容器の内部に頑丈なロボットを入れたうえで、先端に装着した装置で切削して多量の燃料デブリを取り出す。

しかし、その作業は困難を極めそうだ。燃料デブリは圧力容器の内部にあった金属製の構造物や格納容器底部のコンクリートなどと混ざりあい、固まっているとみられる。その量は2号機だけで推定約237トン。1～3号機の合計では約880トンあるとされ、核燃料の元の重量の数倍にのぼる。

これまでの解析や測定データを元にした評価によれば、津波による電源喪失により冷却不能となったことで、核燃料は2000度を上回る温度になり、溶けて炉心（圧力容器）を突き破った。そして、「ペDESTAL」（圧力容器を支えるコンクリート製の台座）の内側にその多くが落下していると推定されている。さらに、その一部が作業用の穴からペDESTAL外部にまで漏れ出しているとみられているが、その実態はよくわかっていない。

2号機では格納容器の損傷箇所が、比較的低い場所にあるとみられる。このため、燃料デブリ冷却用の水を注入しているにもかかわらず、注入した水はトラス室に流れ込み、格納容器底部の水位は30センチ程度しかない。

損傷箇所の止水が難しいことなどを理由に、現時点では格納容器に水を張ったうえで燃料デブリを水中で切削する「冠水工法」は採用せず、代わりに「気中工法」と呼ばれる手法が検討されている。しかし、気中工法は、燃料デブリの切削時に放射性物質を含んだ粉塵が飛散し、格納容器の外に漏れ出す恐れがある。

宮野氏は、燃料デブリのうち、コンクリートと混ざり合って非常に硬い状態になっているものは、「飛散リスクも考えると、最優先で手を付ける必要はない。燃料の密度の濃い、炉心に残っている燃料デブリの取り出しが最も重要だ」と指摘する。

今慌てて作業を進める必要はない

これに対し、筒井氏や滝谷氏は、現在のように水をかけて燃料デブリを冷却し続けるやり方を見直し、「空冷方式」にすべきだと指摘する。この方式だと、放射能汚染水の発生も抑制できるという。

両氏が公表した提言では、燃料デブリの発熱量や現在の温度を推定したうえで、「再び熔融する温度に到達する可能性は乏しい」と推測。現在の安定状態を維持するほうが、切削などの手を加えて危険性を高めるよりも得策だと提言する。「放射能や崩壊熱は100年単位で大きく減衰することから、今慌てて作業を進めるべきでない」（筒井氏）という。



2号機はまだ原形をとどめている（写真：代表撮影）

さらに、事故で建屋や格納容器が破損し、経年劣化が進んでいることから、建屋外部に厚さ1~2メートルのコンクリート製の外構シールドを設

け、建屋を囲う方策を提唱する。

東電は「廃炉中長期実行プラン2020」と題した計画を2020年3月に公表した。そこでは2号機からの燃料デブリ取り出しと、3号機での準備作業や設備の設置などに約1兆3700億円が必要だとしている。それに対して、筒井氏らが提唱する長期遮蔽管理方式では、外構シールドの建設に要する費用は1500億円程度にとどまるとしている。

ただ、筒井氏らの提案は、2016年に国が「石棺方式」として言及し、福島県知事らからの強い抗議を受けて中長期ロードマップの改訂に際して削除した方式と、燃料デブリを元々の位置で長期保管する点では共通している。地元を含めた議論や検証を必要とすることは言うまでもない。

国や東電が掲げる中長期ロードマップの問題点は、現実味が乏しく、コストがかかるうえ、リスクも大きいとみられる点にある。廃炉を終えた後の敷地の姿については何も言及していない。いわゆる廃炉の「エンドステート」（最終形）がはっきりしていない。



2号機の格納容器に内部調査用の装置を挿入する作業員。被曝を伴う作業だ（写真：東京電力ホールディングス）

エンドステートについては、国や東電と地元自治体や住民など関係者との議論を通じてそのあり方が定ま

っていくべきものだが、何の議論もないままに、燃料デブリ取り出しというリスクの高い作業が先行しようとしている。

廃炉作業全体をどのような時間軸で考えるかも重要だ。国や東電は廃炉作業を 30～40 年で終えるとしている。

日本原子力学会の報告書によれば、燃料デブリ取り出し後の原子炉施設に存在する機器や構造物の解体撤去について、即時解体する場合と一定の期間を置いて解体する場合とを比べた場合、一定の期間を置いて解体したほうが廃棄物の発生量が大幅に少なくて済む。というのも、時間を費やすことで放射能の減衰が想定されるためだ。

最終形を見据えて再議論を

また、施設を全部撤去するよりも、機器や地下構造物の一部を施設内に残したほうが、放射性廃棄物の発生量を抑えることができると提言している。

原子力学会が提案するような検証もなしに、エンドステートを定めないうまま廃炉作業を進める国や東電のやり方は、コストやリスクを見えにくくする。賢いやり方だとは思えない。

燃料デブリは放射性廃棄物なのか、それとも再処理して燃料として再利用すべきものなのかについても考えが定まっていない。そのため、燃料デブリの将来の扱いもはっきりしていない。

最初の中長期ロードマップが定められたのは原発事故が起きた年である 2011 年 12 月。その後、5 度改訂されたものの、廃炉を 30～40 年でやり遂げる目標自体は変わっていない。最近では「復興と廃炉の両立」という掛け声が強まり、30～40 年という期間の妥当性について議論すること自体がタブーになっている。

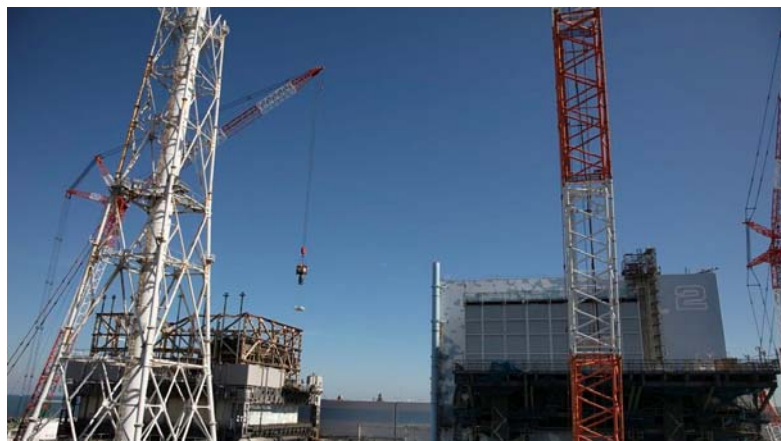
しかし、きちんとした目標設定や工程の検証なしに進めても行き詰まりは避けられない。事故から 10 年を迎えた現在、試験的取り出しのタイミングが先送りされたことをむしろ好機ととらえ、取り組みの妥当性を検証する必要がある。

震災から 10 年「原発事故」が抱える未解決問題

汚染水や燃料デブリなど多くの課題を抱える

山本 昭宏：神戸市外国語大学総合文化コース准教授

2021年03月25日



福島第一原発の写真（写真：AP / アフロ）

東日本大震災から 10 年。いまなお、さまざまな問題が未解決のまま残っています。神戸市外国語大学総合文化コース准教授の山本昭宏氏が上梓した、[『原子力の精神史——〈核〉と日本の現在地』](#)を一部抜粋、再構成してお届けします。

[『原子力の精神史——〈核〉と日本の現在地』](#)を一部抜粋、再構成してお届けします。

2020 年現在、原発災害は終息したのだろうか。福島第一原発の現状を見ると、廃炉作業を悩ませている問題は、汚染水と燃料デブリの 2 つだ。

1～3 号機の原子炉で溶け落ちた核燃料を冷却するために、現在もなお、水が注がれ続けている。建屋の破損した部分などからは地下水や雨水が流れ込み、それも汚染水が増える要因になっている。

では、放射性物質に汚染された水はいったいどれくらいのペースで増えているのか。事故から 9 年目の 2019 年度には、1 日あたり平均で 180 トンもの汚染水が生まれていると公表された。

当然ながら、汚染水を減らす努力はなされている。「凍土壁」計画というものがあった（いまもある）。地中に氷の壁をつくって建屋を囲み、汚染水の流出を阻止するという計画である。約 345 億円を投じ、2016 年に実施されたが、効果不明なまま年十数億円の維持費を使っているという状況だ。

廃炉作業を悩ませる汚染水

いまのところ、汚染水対策としては「セシウム除去装置」「淡水化装置」「多核種除去設備」などの装置によって放射性物質を除去する方法が採用されている。しかしながら、処理したあとにもトリチウムという放射性物質が微量ながら残っている。

そのため、処理済み汚染水として保管されているのだが、その保管タンクは原発敷地内に増え続け、タンクの数はいま 1000 を超えた。

東電は、2022年夏ごろにタンクが満杯になると説明してきた。だが、朝日新聞の報道によれば、満杯になる時期は、汚染水の増加量が想定より少ないと数カ月ほど遅くなる。

2020年に入って、汚染水の増加量は1日あたり約140トンと、東電の想定を下回っているため、満杯時期は計算上、2023年にずれこむ可能性もあるという（朝日新聞 2020年10月24日）。処理済み汚染水については、関係者が海洋放出の可能性についてたびたび言及し、風評被害を恐れる地元の漁業者たちからは反対の声があがっている。

やや話が逸れるが、原子力関係施設から出る放射性物質の管理には、「あと〇〇年でスペースがなくなる」とか「容量を超える」などという予測が頻繁になされる。事故による汚染水は「想定外」で、余剰プルトニウムや放射性廃棄物については計画どおりにいかなかったと説明され、説明を受ける側もそれに慣れてしまったところがある。

そもそもの想定や計画を立てた人びとの倫理的責任は問われない。こんなところにも未来責任の問題が顔を出す。すでに日本社会は、過去の原子力共同体の想定や計画によって、問題を押しつけられている。

福島生産者への風評被害の危惧も

話を汚染水に戻そう。汚染水の貯蔵タンクの容量に限界があるため、放射性物質が法令の基準値以下になった処理済みの汚染水を海に流すという「海洋放出」が提案されている。人体に影響はないというが、福島県内の市町村議会は、新たな風評被害を招くとして反対表明や保管継続の要望を出している。福島の高産物を買うか買わないかは各人の自由だが、結果として福島の生産者や漁業者が風評被害を受ける可能性は否定できない。

それは、福島の不利益や風評被害が構造的に固定化されることを意味する。失われる利益がどれくらいなのか正確に計算できないが、最終的には補償の問題になるだろう。

汚染水が増え続ける直接の原因は、溶け落ちた核燃料（燃料デブリ）だ。それを取り出さない限り、汚染水は増え続ける。では燃料デブリ対策はどうなっているのだろうか。

廃炉作業の中核的位置を占める燃料デブリの取り出し作業は難航している。東日本大震災の際に溶け落ちた燃料デブリを取り出す作業は、2号機で2021年内に、3号機では2031年までに始めることを目指すとしている。建屋内には、溶け落ちたデブリとは別に、使用済み核燃料も存在する。

最も難しいとされるのが、1号機である。燃料デブリの状況を確認できていないからだ。使用済み核燃料取り出しの開始は、はやくても2027年度が予定されている。その前には瓦礫の撤去をする必要があるが、撤去の際に汚染されたダストが飛散するのを防ぐため、1号機を覆う大型カバーを建造しなければならない。その大型カバーの完成が2023年度の予定である。

調査が進んでいる2号機では、ロボットアームで燃料デブリを取り出す計画だ。電力会社や原子炉メーカーがつくった国際廃炉研究開発機構（IRID）が、ロボットの開発を進めている。

廃炉作業に挑む人たちの確保やケアも

原子力の精神史 ——〈核〉と日本の現在地

山本昭宏
Yamamoto Akihiro



集英社新書
1057
B

『原子力の精神史 —— 〈核〉と日本の現在地』（集英社新書）
書影をクリックするとアマゾンのサイトにジャンプします

計画どおりに進むのかはわからないが、こうした困難な廃炉作業に挑む技術者や作業員たちの確保とケアも、廃炉の過程で重視されるべきだろう。原子力共同体は優秀な人材が集まらなくなることを危惧しているようだが、廃炉に関わる仕事は決してネガティブなものではない。

20世紀の人類が模索した核エネルギーの民事利用を着実に終わらせていくという責務がある。また、放射性廃棄物の長期にわたる管理に

も、同様の意義があるだろう。

原発や核燃料サイクルへの賛否にかかわらず、日本社会は放射性物質というやっかいなものと向き合い続けなければならないからだ。

原発災害を忘れさせようとする力と、忘れたいという願い。両者が手を取りあって、原発や原子力施設、および廃炉の過程が再び私たちの視界から外れつつある。同時に、核兵器の問題も、教育の場や「八月のジャーナリズム」をとおしてしか意識されない。

核エネルギーを利用するシステムのなかで生きながら、それに目を閉ざすという状態に戻るならば、構造的差別という問題は温存され続けるだろう。それが果たして生きやすい社会なのかどうか、2011年から10年後のいま、改めて考え直してみたい。