

令和 7 年 5 月 9 日

衆議院原子力問題調査特別委員会 御中
アドバイザリー・ボード 御中

アドバイザリー・ボード会員
原子力コンサルタント
佐藤 晓

原子力問題(バックエンドに係る諸問題)についての意見

令和 7 年 5 月 15 日に開催予定の参考人質疑は、誠に勝手ながら、私事による欠席を御許し頂きたく存じます。就きましては、細やか乍ら、当日の御検討に資することができればと願い、以下に、題記に関する私見を幾点か認めさせて頂きます。

A. 福島第一原子力発電所の処分について

1. 水素爆破した原子炉建屋の風化、劣化

福島第一原子力発電所 1、3、4 号機の各原子炉建屋は、水素爆発によって損傷し、同建屋を支えている幾つかの梁や柱にき裂が生じている。内部の鉄筋が露出している箇所も少なからずあり、風雨への露出により、次第に進行する腐食減肉と、酸化膨張による楔効果に伴うき裂の拡大により、今後さらに劣化が加速されていく。原子力規制委員会は、2019 年から何度か建屋内の視察を繰り返しているが、放射線レベルが高く、建屋の強度評価に必要な情報を得ることまでは目的としていない。

各原子炉建屋の最上階には、使用済燃料プールがある。4 号機からは 2014 年 12 月 22 日までに、3 号機からは 2021 年 2 月 28 日までに、同プール内に保管されていた使用済燃料と新燃料が全数搬出されている。同プールは、その後も依然と当初の深さで水位が保たれているが、その底部には、使用済燃料の表面から剥離した放射線レベルの高い腐蝕生成物が沈積している。

4 号機の場合、事故発生のときに大規模な原子炉内構造物の交換作業が進行中だったこともあり、使用済燃料プールと連通している他のプールに、原子炉から切り出した高レベルの構造物が、切断の途中で放置されている。4 号機の使用済燃料プールには、事故発生当時、他号機と比べて圧倒的に多い 1533 体もの燃料集合体が保管されていたこと、水素爆発による原子炉建屋の損傷が顕著であったこと、それにもかかわらず、幸い放射線環境が他号機に比べてそれほど劣悪ではなかったことから、急ピッチで補強工事が行われている。その後行われた燃料の搬出作業のためには、作業建屋を増築する必要があったが、このところ、その増築された建屋が沈下を呈しているとのことである。

1 号機には 292 体の使用済燃料と 100 体の新燃料、2 号機にはそれぞれ 587 体と 28 体が各使用済燃料プールに保管されている。2 号機の原子炉建屋は水素爆発を免れているが、これが起った 1 号機の建屋の損傷状態は著しく、雨が降った翌日には、1 階に水溜りができていることも

あると伝えられている。これら両号機の使用済燃料プールにある燃料も早急に搬出されなければならぬが、その搬出先となるべき共用プールがすでに満杯に近く、先に共用プールに保管されている燃料を、乾式キャスクに詰め替えて敷地内の高台に移動する作業を進める必要がある。東京電力の報告によれば、2024年11月28日現在で、3689体の燃料が乾式キャスクで保管されるまでに進捗しているが、1号機の使用済燃料プールからの搬出(292体)は、6号機(1456体、2025年4月16日完了)、5号機(1542体、2025年7月から開始)、2号機(587体、2026年度開始)の後、最後に予定されており、2027年度か2028年度の開始を見込んでいる。

最も建屋の劣化が顕著な1号機からの搬出の順番がこのように最後になっていることには不安がある。劣化による大破までには一気に至らないにしても、大きな変位にプールの内張が追従できずに破損、漏洩が起った場合には、極めて深刻な事態となり、放射性ダストの拡散による周辺環境への影響も危惧される。

以上の懸念に対処するため、以下のアクションを提案する。

- 東京電力と原子力規制委員会に対し、これまでの各原子建屋の健全性をどのように監視してきたか報告を求め(水素爆発で損壊し、依然使用済燃料が保管されている1号機にあっては特に入念に)、今後の計画を説明してもらう。
- 特に1号機に対しては、GPSやレーザーによる精密測量、必要に応じ、損傷の著しい梁や柱に、歪計などを設置し、リアルタイムでの変化の監視を強化する。
- すでに使用済燃料の搬出を終えた3、4号機においても、依然とプール底部には、乾燥した場合に、放射能ダストの拡散源となり得る放射性の腐食生成物が沈積しており、構造的に既設の冷却系統では回収できないことから、遠隔装置やダイバーを投入するなどし、回収と洗浄を行う。

2. 凍土壁の劣化と汚染水

1～4号機の建屋群は、周長約1500mの長方形の輪郭に、ほぼ1mピッチで地下30mまで穿孔して冷凍液を循環させる伝熱管を埋め、水分を含んだ土壤を凍結させた遮水壁で包囲されている。これにより、周囲の地下水が建屋内に浸入するのを遮断し、汚染水の発生量を抑制するに一定の役割を果たしている。

当初、この凍土方式の遮水壁の概念を採用し、これを建設したときの考えでは、燃料デブリを冷却するために注入することで発生する高濃度汚染水と、山側から敷地内の透水層に沿って流れてくる地下水の接触を絶つことができると予定とした2021年度を以て役割を終えるはずであった。しかし、遮水能力は不完全であり、結局、遮水壁への依存は、当面今後も続いている。

冷凍液としては、融雪剤などとしても使われる塩化カルシウムの高濃度(30%)水溶液が使われているが、これは金属に対する腐食性が高い。伝熱管の損傷、冷凍液の漏洩は、設備の運転を開始してから間もなくして発生し、それが原因となって遮水壁を形成する凍土の一部が融解した。遮水能力の不完全さは、このような事象に伴う凍土の融解によるが、設備の運転の長期化により、発生頻度が高くなっていく可能性が懸念される。

そのような懸念が顕在化する前に、遮水壁への依存から脱却を図らなければならず、燃料デブリの冷却方式に対する小ループ化や空冷化も検討されてはいるが、実務関係者の実行力不足と意思決定者の及び腰が感得される。

ALPSによる汚染水の処理と海水による希釈排水は、2023年8月24日から断続的に実施されており、12回目が2025年4月に終えられた。海水に放出されている主な核種は、ALPSによって除去できないトリチウムで、これに対しては、年間放出限度として22TBq(テラ・ベクレル)が設定されている。これは、希釈排水が開始された時点から30年で終える目標に沿ったものであるが、今のように汚染水の生成が追加されていく状況では、これが延長されることになり、遮水壁、貯水タンク、ALPS装置の全てに供用期間の延長が求められ、そのことは、それらの設備の経年劣化の懸念を高めることにも繋がる。

原子炉建屋内の最地階にある格納容器圧力抑制室(通称、「トーラス」)には、事故発生当時の高濃度汚染水の原水が、燃料デブリを冷却するための注水の流路からはバイパスされたままで大量に温存されており、今後は、この回収と処理にも取り組んでいかなければならない。

処理水の希釈排水は、汚染水処理の決定的な解決とはなっておらず、遮水壁など他の関連問題への取り組みも含めて、総合的な計画の一環として解決を図っていかなければならない。

3. 燃料デブリの回収

1、2、3号機の燃料デブリは、総量約800トンと予想されているが、それらの号機の中で最も作業環境とアクセス性が良好であることから選ばれた2号機に対し、2024年11月に0.7グラム、2025年4月23日に0.2グラムが回収された。採用された方法は、複数の関節をもつロボット・アームであるが、アクセス性と回収量には著しい限界があり、本格的な回収を達成するための途上にある技術とは期待できず、このわずか1グラムばかりを回収したロボット・アームに、この先どのような改良を加えたところで、目的を達し得ないことは明らかである。

もし、飽くまで燃料デブリの回収を目指すならば再度新しい工法を検討すべきであるが、「回収」が最終ゴールでないことは認識される必要がある。回収後の燃料デブリは、そのまま無期限で保管を続けることも廃棄することもできず、使用済燃料と同じように再処理するか、そのままガラス固化して安定化する必要があるが、そのような実績も施設もなく、実験や研究にも着手されていない。

このように、全く見通しのない燃料デブリの回収に、今の延長で当面できることの活動を細々と続けていっても、無益な浪費に終わってしまう可能性が大きく、燃料デブリの回収を断念する案も含め、代案を検討するべきである。そのような代案の一つとして、たとえば、燃料デブリが崩落して堆積している部分を、耐食性の優れた金属板で、多重に被覆密閉し、十分な放熱機能と物理的セキュリティ対策を施し、その後、環境モニタリングを続けていくなどの方法も排除せず、国際的にも認められ得る新しい安全基準、審査基準を制定するというアプローチを提案したい。

4. 廃炉工程の最終ゴールの明確化

「40年で廃炉を達成する」とは、2011年から今日まで言われ続けている。しかし、達成された最

終ゴールが、如何なる景観になるのかは、全く示されたことがない。汚染水を貯えてきた 1000 基以上のタンクや、原子炉建屋、タービン建屋などの建屋がすべて解体され、放射性廃棄物の貯蔵庫や使用済燃料の乾式貯蔵キャスクだけが残されるのか。それらさえも搬出されるのか。

しかし、今の延長としての 40 年目は、そのような状態からは程遠く、汚染水処理も、デブリ回収も、建屋の解体も完全には片付いていない状態が想像され、一般的な廃炉完了のイメージとの隔たりが感じられる。

もし関係者が、「40 年目の完了」を謳い続けることが、非現実的な欺瞞の広告でしかないと危惧しているならば、それをより現実的に達成できる形に修正し、発表すべきである。福島第一原子力発電所は、地域の発展にも貢献できるよう、バックエンドと廃炉技術に関連した研究や実験、研修・訓練、啓蒙など、多様な付加価値を加え、より公益と将来性のある施設として再生させるのが理想である。そのような理想に向かって邁進するならば、40 年目がまだ途上であったとしても、世間を失望させることはなく、むしろ、当初のイメージであったかもしれない 40 年目の廃墟のような姿よりは歓迎されるのではないだろうか。関係するステークホルダーとの意見交換会などを開き、理想像の摺合わせを行うことも有益なはずである。

B. 使用済燃料の再処理

青森県の六ヶ所村にある使用済燃料の再処理施設の建設は、1993 年に着工してから、完了予定日をこれまで 27 回延期し、最新の発表では、2026 年度末までとのことである。いよいよ、約 3 兆円が投じられた末の完成ということになる。しかし、着工から 30 年以上も経つ間には、さまざまな状況の変化が生まれ、以下の点については留意する必要がある。

- かつては、ウラン資源が稀少で、一方で急激な需要の増加が予想されていたことから、その枯渇や価格の高騰も懸念され、早晚、再処理、再利用が必須と推測されていた。しかし、オーストラリア、カザフスタン、アフリカで豊富な資源が発見され、一方で、原子力発電の伸びが当初の予想を大幅に下回ったことから、需要を上回る十分な供給が可能となった。
- かつては、軽水炉技術は過渡的なものであり、やがて高速増殖炉が主流になるとの予想だった。その場合、使用済燃料は何度でもリサイクルが可能となるはずであった。しかし、軽水炉のための MOX 燃料に限定され、MOX 燃料の再処理、再利用は 1 回だけに限定され、本来期待したほどの節約効果は得られない。
- 商用施設の操業は、米国、英国が撤退し、フランスが唯一残っているのみであることから、国際的な知見の交換などが限定的となる。
- 再処理施設の事故としては、1957 年 9 月 29 日に旧ソ連で発生したキシュティム事故があり、INES レベル 6 と評価され、史上 3 番目の重大な原子炉施設事故となっている。
- 再処理工程に伴って、大量の放射性物質が大気と海洋に放出される。大気中への推定年間放出量は、クリプトン(Kr-85)が 330,000TBq、トリチウムが 1,900TBq で、海洋へのトリチウムの排出量は 18,000TBq と推定されている。このトリチウムの排出量は、福島第一における年間放出限度 22TBq の約 818 倍に相当していることを考えれば、国内外からのかなりの

追及や反対が予想され、風評被害などの影響も懸念される。福島第一においては、1,500Bq/Lまでの希釈排水を行っているが、これも再処理施設においては做うことが困難である。このように、福島第一での海洋排出のコンセンサスを得るための必要以上の保守性が先例となり、再処理施設からの排水基準としても適用が求められたとするならば、それは、極めて困難な条件となってしまう。

- アクティブ試験として、2006年度から2008年度にかけて、実際のBWRとPWRの使用済燃料が、合計425トン再処理されており、施設はすでに放射性物質によって汚染されている。この試験期間中、年度ごとに、490TBq、1300TBq、360TBqのトリチウムが海洋放出されていたが、福島事故前だった当時は、国内的にも国際的にもそれほど注目されることはないなかつた。しかし、今も同じと楽観してはならないだろう。
- 再処理をして生産されるプルトニウムに対するセキュリティ管理も議論の対象となる。そもそも、使用済燃料に対してさえもセキュリティ管理は重要な考慮点であり、これが諸外国における地層処分の概念にも繋がっている。然るに、わざわざ再処理をして純化させたプルトニウムが、地上の施設内で保管されるという状態は、このような思想とは相容れない。したがって、再処理によって生産されるプルトニウムに対しては、在庫管理を設定し、過剰な蓄積量に達しないよう、MOX燃料への転化、消費が求められる。
- MOX燃料の製造コストは、天然ウランを出発点とする低濃縮ウラン燃料のそれと比較をして数倍も割高となり、発電コストを引き上げる。
- 使用済のMOX燃料に対しては、再処理、リサイクルが合理的ではなく、結局、使用済燃料の処理としては、再処理施設をフルに活用したとしても、その対象から除外される使用済燃料が蓄積されていくことになる。
- 再処理施設を円滑に運転していくためには、残渣となる高レベル放射性廃棄物のガラス固化処理、再処理によって抽出されるウラン、プルトニウムの保管、MOX燃料への転化、トリチウムの大気中排気、海洋排水など、すべてが安定的に稼働されなければならず、どれか一つにでも解決が長期化する問題が生じた場合には、全体の稼働を停止させなければならなくなる。最大処理能力は年間800トンであるが、その達成と維持は難しく、著しく下回る場合には、原子力発電事業者からの使用済燃料の受け入れを制限しなければならなくなる。

C. 高レベル放射性廃棄物の最終処分

高レベル放射性廃棄物とは、米国の民生の原子力産業界においては、使用済燃料とほぼ同義であるが、日本のように再処理に積極的な国においては、再処理をしてリサイクル可能な成分（ウラン、プルトニウム）を抽出した後の残渣を意味し、ガラス固化して専用キャニスターに封入したものが扱われる。いずれの意味においても、それらの処理計画には、日本も含めて各国が苦慮し、難航している。

そんな中で最も先進的のが、フィンランド、スウェーデンのスカンジナビアの両国であるが、安定陸塊のバルト橋状地にある点で、地質学的な利点がある。フィンランドのオンカロ施設では

2017年までに主要な地下の工事を終えており、2026年からは使用済燃料の搬入が始まる。スウェーデンのフォルスマルク施設でも、2025年1月20日に工事が始まった。ドイツには、厚い岩塩層があり、埋設処理に適していると候補地に挙げられている。

これらの諸国に比べた地質学的な不利を日本がどのように克服していくかは将来の課題の一つかもしれないが、豊坑で地下数百メートルまで降り、そこから水平に掘り進んだ幾条ものトンネルに沿って使用済燃料を充填したキャニスターを埋設していくという従来のコンセプトに代わる案もある。具体的には、米国や英国で提唱され、IAEAもその技術的な特徴について紹介している超深孔処分(DBD Deep Borehole Disposal)で、深さ5,000mにも達する直径50cmほどの穴を垂直に掘削し、その下の部分(2,000~3,000m)に使用済燃料を縦に充填し、残りの上の部分には充填材を詰めて密封するという概念である。従来案に比べて工期、コストが大幅に短縮、低減できるとの試算もあり、加えて地質学的な不利を克服するアプローチとしても紹介されている。

候補地の検討と並行して、日本における最適な工法についての検討にも注力する必要がある。DBDは、地質学的な有利さから、候補地の選択をより広げるだろうとも言われている。

D. 低レベル放射性廃棄物の最終処分

日本原燃の主要な事業の一つとして、青森県六ヶ所村の340ヘクタールの敷地に展開されている低レベル放射性廃棄物埋設センターでの埋設事業は、それぞれ約4万立方メートルの埋設施設を3カ所に有し、将来的には60万立方メートルまで収容能力を拡大することができると言わされている。

これに対し、商用原子炉の廃炉に伴って発生する廃棄物の量は、代表的な発電出力110万kWのBWRの場合で、合計536,000トンと推算され、そのうち93%(495,000トン)は非放射性廃棄物、5%(28,000トン)はクリアランス・レベル未満として処理され、残りの2%(13,000トン)だけが低レベル放射性廃棄物として扱われる見通しとされている。

日本国内の商用原子炉は、運転可能な33基、建設中2基、永久停止27基の合計62基であり、それらのうちで現地に復旧するまで廃炉を行ったのは、かつて東海村で実証炉として運転されたJPDRのみである。したがって、将来的には、すべての原子炉の廃炉によって発生する低レベル放射性廃棄物を、六ヶ所の施設だけで処理することには無理がある。さらに、以下の諸点についても考慮が必要である。

- 各原子力発電所には、放射性廃棄物処理施設や、保管プールなどの運転期間中に増築した施設や設備も加わっており、試算に勘定されていない範囲もある。
- 海外の多くの原子力発電所では、トリチウムを含む汚染水の漏洩による汚染土壌もあり、それらも放射性廃棄物として処理施設に運搬されている。日本においては未調査で実態が把握されていないが、同じように汚染土壌の存在が廃炉の過程で発覚する可能性がある。
- 古い原子力発電所では、アスベスト、PCB、水銀、鉛などの有害物質が使われており、それらが放射性物質で汚染されている場合には、一般の低レベル放射性廃棄物と同じ扱いとすることはできない。

- 原子炉圧力容器(BWR、PWR)、蒸気発生器(PWR)、加圧器(PWR)などの大型機器の場合、切断箇所を極力少なくした方が、廃炉コストが低減でき、海外では、開口部に閉止処理を施したのち、これらの機器をそのまま容器として扱って原子力発電所から搬出し、埋設するという方法が採用されている。受け入れ施設としては、そのような扱いも可能であることが望ましい。
- 原子炉内構造物などの、著しく高線量の放射性廃棄物は(それでも分類上は低レベル放射性廃棄物となるが)、他の低レベル放射性廃棄物と区別して、放射線レベルに応じて地中深く(50~200m)に埋設されなければならない。
- もんじゅ(ナトリウム冷却高速増殖炉)、東海(黒鉛ガス炉)などの非軽水炉もある。黒鉛は減速材として 1600 トン使用されており、放射化した炭素(C-14)は、半減期が長い(5730 年)。
- 福島第一原子力発電所の場合、元の原子炉施設だけでなく、1000 基以上のタンクや ALPS を含む汚染水処理設備などの他、敷地内にあるその他の陸上施設、港湾の海底など、膨大な量の放射性物質によって汚染された物資や廃棄物があり、それらだけでも六ヶ所の施設の収容能力を大幅に超過しているものと推測される。それらをすべて福島第一から所外に搬出するのは現実的ではない。所内に処理施設を設けるのが合理的であり、選択肢として検討されるべきである。
- 商用炉だけでなく、大学や民間の研究炉などの廃炉も考慮されなければならない。

以上を鑑み、早晚、六ヶ所の施設以外にも、低レベル放射性廃棄物を処理できる施設を確保しなければならなくなる。