

研究指導 石光 真 教授

福島第一原発の廃炉の進行とトリチウム水の扱いはどうあるべきか

大竹 彩香

1. 研究目的

2011年3月11日、東北地方太平洋沖地震によって引き起こされた津波で東京電力福島第一原子力発電所の原子炉の電源が喪失し、炉心溶融が起こった。この原発事故を収束するため、現在でも現場では作業が行われている。

また、もう一つの重要課題である汚染水処理についても、放射性物質を除去できても、除去不可能なトリチウムを含む処理水をどうするかについて結論に至っていない。

本研究では、廃炉を進めていく上で、作業員の被曝を考慮しつつ原発事故を収束させるために石棺化の可能性とトリチウム水の処理の仕方について考察する。

2. 石棺化^{せつかんか}の費用対効果

2.1. 廃炉とは

廃炉とは、①汚染水対策 ②使用済み燃料、新燃料、溶けた核燃料であるデブリの取り出し ③解体・片付けの廃止措置 以上の3つの作業を行うことである。

2.2. 廃炉作業の状況

溶け落ちた核燃料である「デブリ」が残っているのは1～3号機であり、1～6号機の廃炉が正式に決定している。1号機は、2018年1月22日からオペレーティングフロアのガレキ撤去を開始した。なお、ガレキ撤去は、2021年度に完了予定である。2号機は、2018年1月に実施した原子炉格納容器(PCV)内部調査の結果、ペDESTAL底部の全体に小石状・粘土状に見える堆積物を確認した。また、燃料集合

体の一部も落下しており、その周辺に確認された堆積物は燃料デブリと推定された。3号機は、2017年7月22日にドーム屋根設置作業を開始した。ドーム屋根1～5、8は12月15日に、ドーム屋根8は12月20日に完了した。2018年2月5日にドーム屋根6を吊り込み、2月中旬にドーム屋根7を設置予定である。使用済み燃料取り出し開始は2018年中頃を予定している。4号機は使用済み燃料プールからの燃料取り出しを完了し、共用プールへ移送する作業も全て完了した。

2.3. 石棺化とは

石棺化とは、放射能漏れを防ぐために原子炉をコンクリートなどの石棺で覆うことで、耐用年数は30年である。チェルノブイリ原発では、突貫工事で造ったため外壁にさびやひび割れの隙間があちこちにあり、さらに外側をシェルターで覆っている。このシェルターはかまぼこ形で、高さ110m、幅260m、奥行き160mで重さは約3万t、屋根はステンレスでできている。耐用年数は100年で放射性物質を完全に密閉できる。

2.4. 一般作業員の平均被曝量

廃炉作業に当たる作業員の人数は2017年4月で平日1日当たり約5,470人であり、このうち、約90%が東京電力ではなく協力企業の社員である。また、外部被曝線量率は2016年12月から2017年2月までで平均0.38～0.46mSv/hである。累積線量平均値は2016年4月から2017年2月までで2.58mSv、最大値は38.83mSvと計測されている。基準値は100mSv/5年、50mSv/年、1.71mSv/月となって

いる。

2.5. 特定高線量作業従事者の被曝

緊急被曝限度とは、特定高線量作業に従事する東京電力社員のみが対象とされる値のことである。その値は2015年5月に正式に従来の100mSvに加え、放射性物質が敷地外に放出された場合は250mSvとなっている。2011年3月から2015年9月までに1,203名が対象とされ、被曝線量は平均36.49mSv、最大102.69 mSvである。

2.6. 労働災害認定

2016年12月、厚生労働省は甲状腺がんになった東京電力の40代の社員を労災認定した。福島第一原発事故に関する作業員の労災認定は3例目で、甲状腺がんの認定は初めてとなる。1人目は2015年10月、白血病が発症した30代の男性である。福島第一原発での被曝量は15.7mSv、その他の場所での作業を含めると累積で19.8mSvになる。2人目は2016年8月、同じく白血病を発症した50代の男性で被曝量は54.4mSvであった。

以上のように、基準値以下の被曝量であっても福島第一原発事故による労災が認定されている。作業員の被曝にも留意しなければ廃炉を完遂することは不可能である。

2.7. 石棺化の費用と効果の分析

● 石棺化の費用

チェルノブイリ原発ではシェルター以外の石棺化費用分だけの試算額で約3.24兆円かかり、シェルターは約1.96兆円で造ることができる(大竹試算)。ウクライナ政府は廃炉が完了するまでに100年かかるとの見通しだ。

● 石棺化の効果

原子炉をコンクリートなどで固め、一時的に放射性物質を閉じ込めておくことで線量が減るのを待つ。それにより廃炉作業に取り掛かることができ、作業員の健康を守りながら作業を継続することができる。

より安全に作業ができる線量に下がるまでの間に、1～3号機内に残るデブリを取り除き、処理する技術やロボットを開発することができる。

| | 費用 | 時間 |
|-----------|------------|---------|
| 廃炉 | 2兆円+数兆円上振れ | 40年 |
| 廃炉(海外の見解) | 60兆 | 100年以上 |
| 石棺化 | 約3兆円 | 耐用年数30年 |

出典:毎日新聞より大竹作成

3. 汚染水対策

3.1. 汚染水問題とは

福島第一原発の地下には、粘土のように水を通しにくい層と土砂の粒子が粗く水を通しやすい層がある。地表近くに水を通しやすい層があり、この層を山側から海側(西から東)に向かって水が流れている。この水が原子炉建屋の下に入ることで高濃度の放射性物質で汚染された水と接触する。建屋にはケーブルや配管などのための細かい穴が合計880箇所以上あり、このような貫通口を通して地下水が建屋の中に入り、中にある水と接触する。建屋内の水位の変化によって汚染水が外に漏れ出たりする。このようにして放射性物質が含まれた水が汚染水である。

3.2. 放射性物質の除去

汚染水の放射性物質除去に2013年3月、「ALPS(アルプス)」と呼ばれる多核種除去設備での処理が開始された。始動するまではセシウムしか除去できなかったが、導入したこと

によって 62 種類もの核種・放射性物質を除去することが可能になった。

現在では、処理能力を高めるために既設の多核種除去設備のグレードアップ版である「増設多核種除去設備」と「高性能多核種除去設備」の 3 種類が存在する。

ALPS で放射性物質を除去する前の水を汚染水と言い、除去した水をトリチウム水と言う。

3.3. トリチウム水の処理方法

3.3.1. トリチウムとは

トリチウムとは、三重水素とも呼ばれ、半減期は 12.3 年である。トリチウム水は水と同じ性質を持つ。体内に入ると新陳代謝により水の場合は 10 日程度、有機物の場合は 40 日程度で半減するためほとんど体内に留まらず排出される。また、水道水にも微量ながら含まれている。ALPS を用いても除去できない物質であるが、健康への影響はない。

| | 海産魚類 | 淡水魚類 | 軟体類 | 海藻類 |
|-----------|--------|---------|---------|---------------------------|
| Cs-137 | 19~84日 | 50~340日 | 75日 | 54日 |
| 自由水 H-3 | データなし | 12~54分 | 11~190日 | 0.2~75分 |
| 有機結合型 H-3 | データなし | 5~8日 | 11~190日 | 2.3~50日(増殖期) 150日(飽和期) |

出典:水産総合研究センターより大竹作成

3.3.2. タンクで保管する場合

● トリチウム水保管の費用

トリチウム水が入ったタンクは約 1000 基(80 万トン)あり、全て福島第一原発構内に集められている。しかし、1 日に 300~400 トンの汚染水を処理してトリチウム水にしているため、数年後にはタンクを置く面積がなくなり保管できなくなってしまう。

● トリチウム水保管の効果

トリチウムは体内へ入っても健康に影響がない物質ではあるが、それでも不安に思う人々が多い。トリチウム水を海へ流さず、タンクで保管し続けることで水産物への風評被害を避けることができる。

3.3.3. 希釈して海洋放出する場合

● 希釈放出の費用

原水濃度 50 万 Bq/L、原水量 80 万 m³の場合、処分開始までの期間 約 19 か月、処分終了までの期間 約 85 か月、解体期間 約 3 ヶ月、監視期間 処分期間と同様、以上の時間がかかる。金額は、調査コスト 約 0.4 億円、設計・建設コスト 約 11 億円、処分コスト 約 3 億円、解体コスト 約 3.4 億円、監視コスト 約 1.02 億円の合計 18 億円の費用がかかる。また、風評被害が起こる可能性も存在する。

● 希釈放出の効果

タンクに保管し続ける必要がないため、トリチウム水の保管に困らなくなることが一番の効果である。また、人体や水産物への健康影響もほとんどないため、安全に処理することができる。

3.3.4. トリチウム水放出の事例

トリチウムの放出は原発事故以前から行われており、原発ごとに放出の基準値が定められていた。原子力規制委員会の 2004 年から 2013 年までの統計によると、事故前の福島第一原発では年間 22 兆ベクレルの基準値に対し、トリチウム放出量は 1 兆~2 兆 6000 億ベクレルだった。

他の原発の放出量は、九州電力玄海原発(佐賀県)では 2010 年に 100 兆ベクレル、2004 年の関西電力大飯原発(福井県)では 98 兆ベ

クレル、2011年の北海道電力泊原発(北海道)では38兆ベクレルであった。

3.3.5. 水産物の濃縮係数

濃縮係数とは、生物中の濃度を海水中の濃度で割ったもので、この値が大きいほど生物体内に濃縮しやすいことを表している。POPs条約における選別基準は5,000以上である。

PCB(ポリ塩化ビフェニル) 1,200~1,000,000に対して、セシウム5~100、ヨウ素10、プルトニウム3.5、となっており、セシウムなどの放射性物質はPCBのような生物濃縮はしないことが分かる。

4. まとめ

石棺化をして放射線量が下がるのを待ってから廃炉作業に取り組む方が廃炉作業員の健康を守ることができる。

トリチウム水の海洋放出は原発事故前から行われてきたことであり、仮に体内へ入ったとしても新陳代謝により排出されるため、健康への心配は全くない。むしろ、福島第一原発内に置いておくことは不可能であるため、一刻も早く希釈して海洋放出を行うべきだ。

参考文献・URL

[1] 岡田広行「現実味帯びる「トリチウム汚染水」の海洋放出」(2016)

<http://toyokeizai.net/articles/-/115028?page=3>

[2] 開沼博『福島第一原発廃炉図鑑』(2016)

[3] 勝目忠広「福島第一原発事故から6年:現状と課題」明治大学(2017)

[4] 菊池匡起「【震災から5年】「福島第一原発汚染水対策」たまり続ける処理水」福島民報(2016)

http://www.minpo.jp/pub/topics/jishin2011/2016/02/post_13271.html

[5] 経済産業省「トリチウム水タスクフォース報告書」(2016)

http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/osensuitaisaku/committee/tritium_tusk/pdf/160603_01.pdf

[6] 経済産業省「トリチウムの物性等について」(2016)

http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/osensuitaisaku/committee/takakusyu/pdf/002_04_00.pdf

[7] 水産庁「水産生物における放射性物質について」(2011)

http://dl.ndl.go.jp/view/download/digidepo_7860996_po_110511housyanou_suisannseibutu_rev2.pdf?contentNo=1&alternativeNo=

[8] 東京電力ホールディングス株式会社「【資料1-3】デブリ取り出しに係わる対応状況について(5.07MB)」(2018)

http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/roadmap/2018/images1/1180206_04-j.pdf

[9] 宮川裕章、岡大介 毎日新聞「廃炉・賠償20兆円へ 従来想定の2倍」(2016)

<https://mainichi.jp/articles/20161128/k00/00m/040/085000c>

[10] 「<日本はなぜ石棺を被せないのだ...?> チェルノブイリ事故30年 廃炉へ長い道のり 建屋、来秋に密閉」(2016)

<http://sharetube.jp/article/1730/>