

ニューマチックケーソン工法を活用した福島第一原子力発電所の廃止措置に伴い発生する燃料デブリや放射性固体廃棄物の中間保管の概念

オリエンタル白石 正会員 ○本間美湖, 正会員 阿部慎太郎, 正会員 鈴木忠勝
早稲田大学 正会員 小峯秀雄, フェロー会員 後藤茂, 正会員 岩波基

1. 目的

福島第一原子力発電所の廃止措置は、21世紀の日本が取り組むべき重要な課題である。現在、原子力損害賠償・廃炉等支援機構（NDF）の「東京電力ホールディングス（株）福島第一原子力発電所の廃炉のための技術戦略プラン」¹⁾や廃炉・汚染水対策関係閣僚等会議で決定されている「東京電力ホールディングス（株）福島第一原子力発電所の廃止措置等に向けた中長期ロードマップ」²⁾に基づき、鋭意、関係企業で廃止措置に向けて作業を進めている。参考文献 1), 2)に記された廃止措置に向けたプラン・ロードマップにおいて、土木工学・地盤工学が培ってきた技術が大いに活用できるものと考えられる。そこで著者らは一例として「廃棄物対策」において、ニューマチックケーソン工法を活用した燃料デブリや固体廃棄物の中間保管の概念の提案をする。



左：吸着塔の保管，右：伐採木の保管
図-1 福島第一原子力発電所内の廃棄物等の保管状況

2. 中長期ロードマップにおける「廃棄物対策」

参考文献 2)において、固体廃棄物の性状把握から処理・処分に関する方針が記されている。基本的には、放射性物質の接近（漏えい）を防止するための「閉じ込め」と「隔離」を徹底すること、可能な範囲で物量を低減すること、処分の技術的要件が明確になる前に、安全かつ合理的な、また確実な保管・管理を行うよう保管容量を確保することなどが述べられている。また燃料デブリについては、取り出しに関する事項にのみ言及されているが、取り出した後の保管は必然的に重要な事項と考えられる。これらを踏まえて、次章からニューマチックケーソン工法を活用した燃料デブリや固体廃棄物の中間保管について提案する。

3. ニューマチックケーソン工法の特長

ニューマチックケーソン工法は、ケーソン下部に作業室を設け、作業室内に圧縮空気を送り込んで作業室内の水を排除し、人力あるいは機械により土砂を掘削、排出しながらケーソンを沈下させ、所定の支持層に到達させる工法である。ニューマチックケーソン工法の特長として、①地上で構築を行うため躯体の品質が高く止水性が高い、②地下水を低下させないため周辺地盤への影響が小さい、③あらゆる地盤（軟弱～硬質）に対応可能、④無人掘削システム³⁾により大深度掘削を安全かつ確実に施工できる、などが挙げられる。

品質が高く、大深度に対応可能なニューマチックケーソンは、容器としての性能に優れ⁴⁾、表-1に示すように様々な地下施設等に活用されている。ニューマチックケーソンの適用深度は0.7MPa以下（地下水位以下70m相当）としており、施工実績は最深沈設深さがGL-71.8m、最大面積が円形で2011m²、矩形で4838m²である。

表-1 主な地下施設ケーソンの施工実績

工事名略称	平面寸法 (m)	平面積 (m ²)	沈設深さ (GL-m)	事業者
S調節池	円形φ50.6	2,011	49.8	大阪府
Y調整池立坑	円形φ25.6	515	63.5	神奈川県
S立坑	円形φ19.1	287	71.8	日本下水道事業団
T立坑	矩形28.2×48.3	1,362	70.3	NEXCO中日本
Hポンプ所	矩形62.1×77.9	4,838	43.7	東京都
	矩形62.0×68.2	4,228	29.2	
Sポンプ所	矩形48.5×53.9	2,614	53.8	東京都
	矩形39.8×57.5	2,288	50.1	
Oトンネル	異形46.0×24.8 (他計6基)	1,038	35.8	首都高速道路
S地下駐車場	矩形46.1×63.7	2,937	21.9	国土交通省
T地下書庫	矩形26.65×44.25	1,179	46.3	東京大学

キーワード ニューマチックケーソン, 廃止措置, 福島第一原子力発電所, 中間保管, 固体廃棄物

連絡先 〒135-0061 東京都江東区豊洲 5-6-52 オリエンタル白石(株) TEL 03-6220-0656

4. ニューマチックケーソンを活用した燃料デブリや固体廃棄物の中間保管施設の概念

中間保管施設の内部構造は、燃料デブリや固体廃棄物などの放射性物質に対する遮へい性を有し、放射線量や地下水の流入のモニタリングが可能なものとする必要がある。

ここで提案するニューマチックケーソン工法を活用した中間保管施設(図-2)は、廃棄物の保管室、躯体の維持管理を行う監査路、廃棄物を保管室に格納する揚重設備を備え、それらを建屋で囲った構造とする。以下に概要を示す。

(1) 保管室：保管室は、隔壁の内側に設ける。鋼板、超重泥水⁵⁾、鉄筋コンクリート(隔壁)を廃棄物に最も接近する保管室内面に遮へい材として使用し、内部に注水することで、空間放射線や放射性物質の漏えいによる周辺地盤の汚染を防ぐ。超重泥水により、放射線の遮へい性能と同時にコンクリートの遮水性能が向上する。

(2) 監査路：監査路は、側壁と隔壁の間および保管室下部に設け、放射線量と地下水の浸入のモニタリングや躯体のメンテナンスができる構造とする。

(3) 揚重設備：廃棄物は、遮へい性を有する収納容器に密封し、中間保管施設に運搬する。この廃棄物の格納を容易に行えるように、揚重設備として橋形クレーンを設置する。

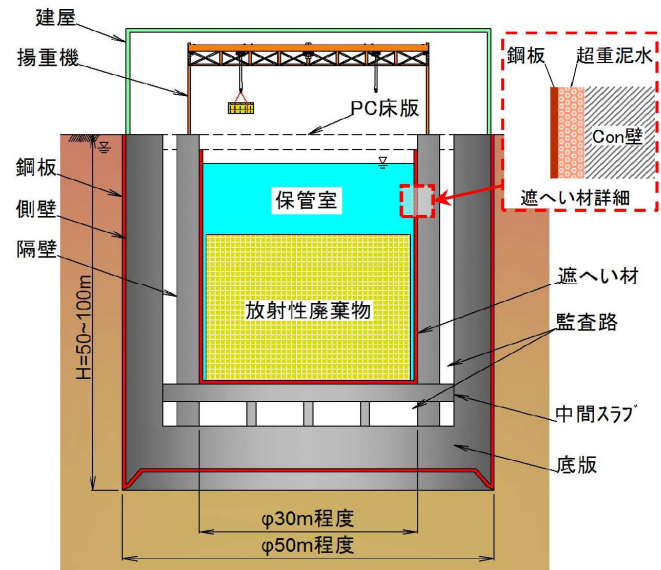
中間保管施設は、基本的に地下水を浸入させない構造とする必要がある。そのため、側壁外面と底版に鋼板を設置して防水する。格納後に開口部となる保管室、監査路上部はプレキャストPC床版で蓋をして遮へいする。また、最終処分の際に廃棄物を取り出した後、隔壁や中間スラブは放射線被ばくしていることが想定されるため、廃棄物と同様に処分することも考慮し、設計上、これらの部材を撤去できる構造とする。

5. おわりに

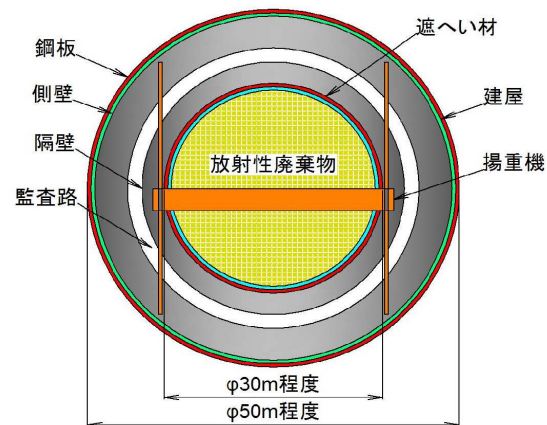
本文では、福島第一原子力発電所の事故由来の放射性廃棄物の中間保管施設建設に適した施工方法として、ニューマチックケーソン工法の活用を提案した。現段階では、掘削機械の遠隔操作による無人掘削が実用化されているが、完全無人化には至っておらず、放射線量が微量な位置での施工に限定される。また、作業員の被ばく量を抑えるために、構築作業時間の短縮も課題となっている。これらに向けて、掘削作業の完全無人化や、躯体のプレキャスト化などの研究開発を進めているところである。

参考文献

- 1) 原子力損害賠償・廃炉等支援機構：東京電力ホールディングス(株)福島第一原子力発電所の廃炉のための技術戦略プラン 2018, http://www.dd.ndf.go.jp/jp/strategic-plan/book/20181002_SP2018FT.pdf, (2019/02/14 閲覧), 2018.
- 2) 廃炉・汚染水対策関係関係等会議：東京電力ホールディングス(株)福島第一原子力発電所の廃止措置等に向けた中長期ロードマップ(平成29年9月26日), <http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/20171003.pdf>, (2019/02/14 閲覧), 2017.
- 3) 鈴木正道, 小滝勝美, 佐藤元治：ニューマチックケーソン工法の最新施工技術, 基礎工, Vol43, No.5, 2015
- 4) 鈴木正道：ニューマチックケーソン工法における最近の施工技術と地下施設構造物への適用, 基礎工, Vol41, No.3, 2013
- 5) 吉川絵麻, 小峯秀雄, 後藤茂, 吉村貢, 鈴木聡彦, 成島誠一, 新井靖典, 氏家伸介, 佐古田又規, 長江泰史：土質系材料の放射線遮蔽性能の定量評価, 土木学会論文集C(地圏工学), Vol.73, No.4, 342-354, 2017.



断面図



平面図

図-2 中間保管施設