

# 廃炉事業に資する放射線遮蔽・遮水機能を有する

## 超重泥水・土質系材料の開発

研究代表者 小峯 秀雄  
(創造理工学部 社会環境工学科 教授)

### 1. 研究課題

福島第一原子力発電所の廃止措置を、実効性の高い技術に基づき実現することを目指して、高放射線環境等原子力特有の条件を地盤工学に融合し、原子力発電所の現状から廃炉までの時間軸を考慮して、「土・地盤の放射線遮蔽性能を活用したデブリ取出し補助技術と掘削技術の適用評価、それに基づく実効性の高い数種類のデブリ処理メニューの提示」を行う。

また、これらの技術を体系化し、原子力技術者と協働できる新しい地盤工学技術者の育成プログラム「廃炉地盤工学」の一単元を提供することを目的とする。なお、本研究は、文部科学省「国家課題対応型研究開発推進事業」『廃止措置研究・人材育成等強化プログラム』に採択された「福島第一原子力発電所構内環境評価・デブリ取出しから廃炉までを想定した地盤工学的新技术開発と人材育成プログラム」(代表：公益社団法人 地盤工学会)の再委託研究の一環として進める。

### 2. 主な研究成果

デブリ取出し補助のためのガンマ線と中性子線両方の遮蔽性能を有する超重泥水や構内除染廃棄物の一時仮置き施設のためのガンマ線遮蔽性能と遮水性能の両方を保有する覆土材の仕様設計に資するため、各材料仕様に応じて取得した放射線遮蔽データを取りまとめ、データベースとして構築した。また、各材料仕様に応じた施工性と安定性を評価するため、これまで各種装置により測定・評価してきた施工性と安定性に関する物性値を取りまとめると共に、実際の工事でもこれらの観点から評価できるようにデータベース化を進めた、更に、デブリ取出し完了までの期間を念頭に置き、超重泥水の状態モニタリングへの弾性波速度の活用可能性について、平成31年度(令和元年度)に導入した岩石速度測定装置を用いて調査した。なお、これらの成果は、廃炉地盤工学委員会で進める処分シナリオを支援するための新技术メニューとして導入した。具体的な内容は、以下の通りである。

- (1) 土質材料の放射線遮蔽性能に関するデータベースの構築 (図1~6 参照)
- (2) 工事の観点における材料の施工性・安定性データベース (図7,8 参照)
- (3) 超重泥水の状態モニタリングのための弾性波の活用 (図9,10 参照)

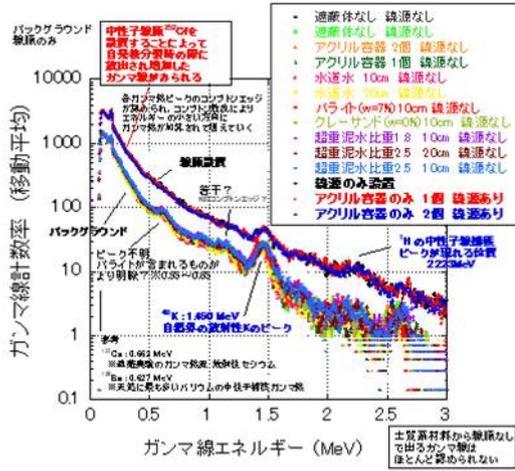


図1 バックグラウンドと中性子線源のみ設置時のガンマ線スペクトル

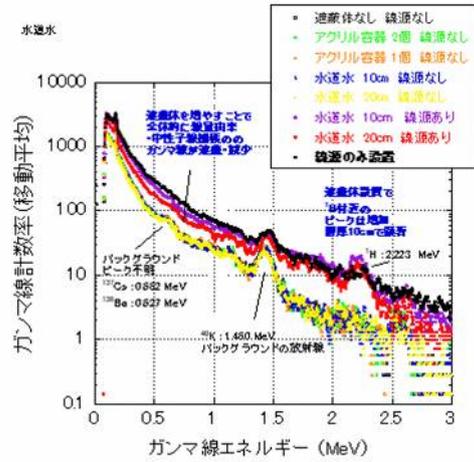


図2 水道水による遮蔽体設置時のガンマ線スペクトルの変化

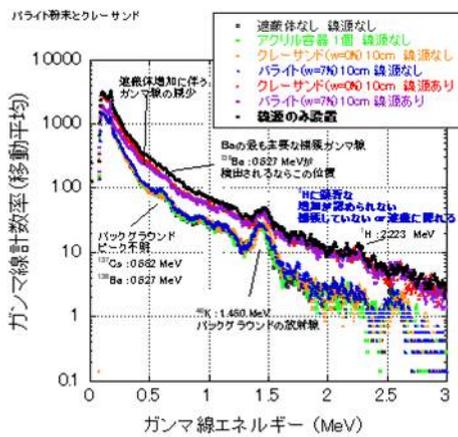


図3 炉乾クレーサンド・テルバー(w=17%)設置時のガンマ線スペクトル

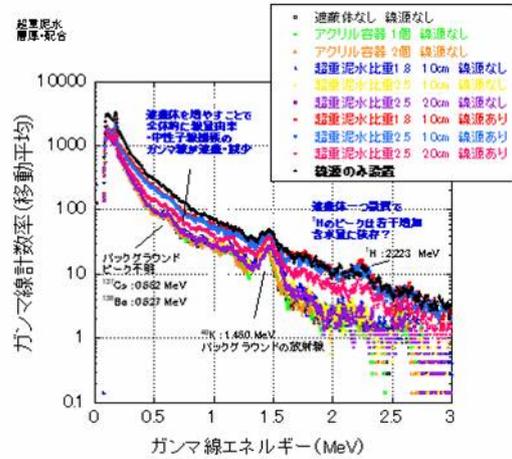


図4 超重泥水(2配合)供試体設置時のガンマ線スペクトルの変化

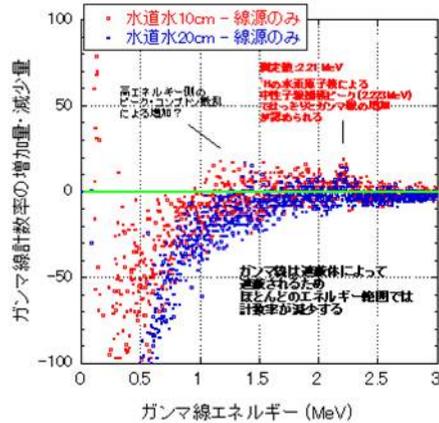


図5 水道水供試体設置時におけるガンマ線の増加・減少

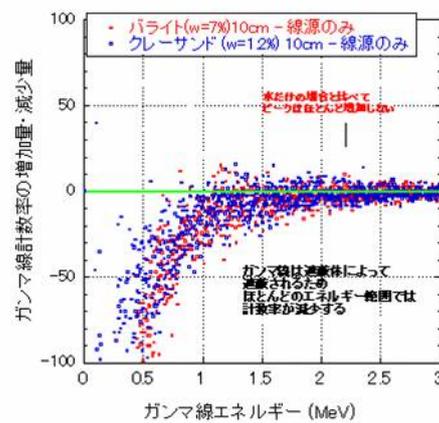


図6 テルバー・クレーサンド供試体設置時のガンマ線の増加・減少

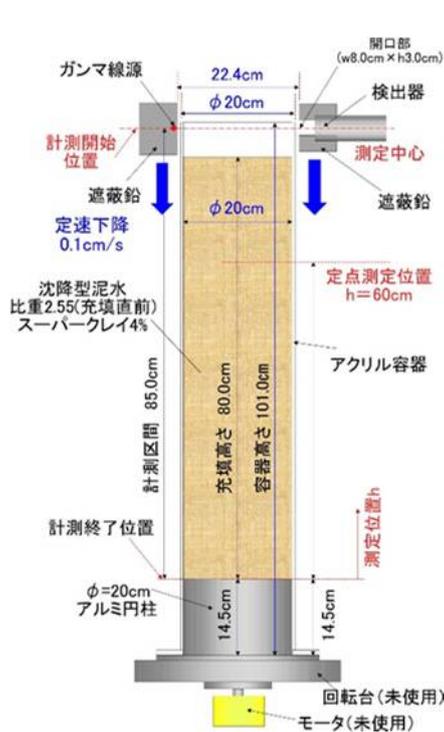


図7 放射線密度走査測定装置の外観

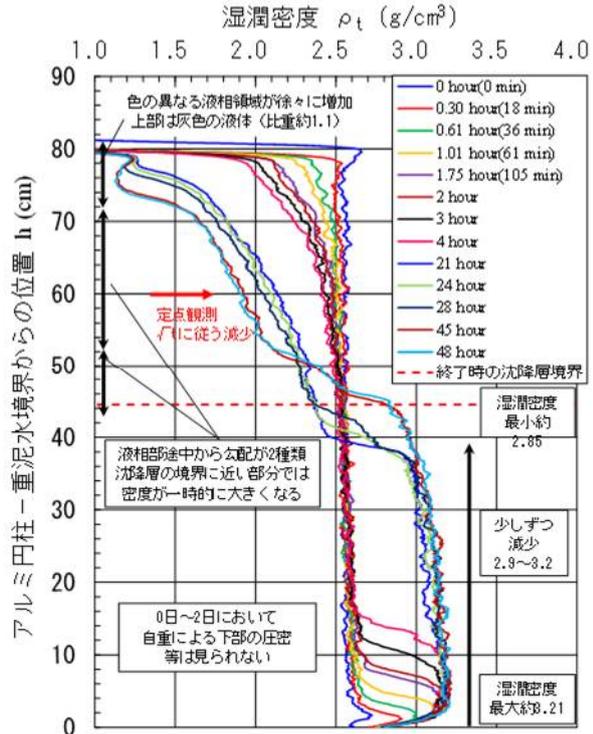


図8 沈降中における各高さにおける湿潤密度の分布の変化

図9 含水比と弾性波速度の関係

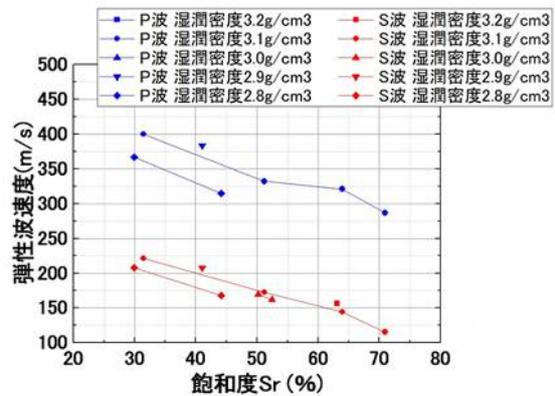


図10 飽和度と弾性波速度の関係

### 3. 共同研究者

後藤 茂 (理工学研究所・招聘研究員)

王 海龍 (国際理工学センター・准教授)

渡邊保貴 (創造理工学部 社会環境工学科・非常勤講師／電力中央研究所)

吉川絵麻 (電力中央研究所, 元創造理工学研究科 博士後期課程3年)

氏家伸介 (創造理工学研究科 博士後期課程2年)

伊藤大知 (理工学術院・創造理工学部 社会環境工学科・助手／創造理工学研究科 博士後

期課程 2 年)

市川雄太 (清水建設, 元創造理工学研究科 博士前期課程 2 年)

白河部匠 (大林組, 元創造理工学研究科 博士前期課程 2 年)

神田皓城 (東日本高速道路株式会社, 元創造理工学研究科 博士前期課程 2 年)

宮路将人 (鹿島建設, 元創造理工学研究科 博士前期課程 2 年)

今井健人 (日本工営, 元創造理工学研究科 博士前期課程 2 年)

貞松暁大 (創造理工学研究科 博士前期課程 2 年)

関本貴斗 (創造理工学研究科 博士前期課程 2 年)

國府田隆 (創造理工学研究科 博士前期課程 1 年)

原崎 智 (創造理工学研究科 博士前期課程 1 年)

## 4. 研究業績

### 4.1 学術論文

- (1) 小峯秀雄, 後藤茂, 鈴木誠, 菱岡宗介, 渡邊保貴, 東畑郁生, 「廃炉地盤工学の提唱とカリキュラムの試作」, 土木学会論文集 H (教育), 75(1), p.10-19, 2019.
- (2) Hideo Komine, “Scale-model test for disposal pit of high-level radioactive waste and theoretical evaluation on self-sealing of bentonite-based buffers”, Canadian Geotechnical Journal, Published on the web 29 May 2019, doi.org/10.1139/cgj-2018-0805.
- (3) Ema Yoshikawa, Hideo Komine, Shigeru Goto, “Evaluation of properties of soil-based filling material for radiation shielding and water sealing”, 16th ARC, SI15-003\_JGS-008, 2019.
- (4) H. Wang, T. Shirakawabe, H. Komine, D. Ito et al., “Movement of water in compacted bentonite and its relation with swelling pressure”, Canadian Geotechnical Journal, doi:10.1139/cgj-2019-0219. 2019.
- (5) 後藤茂, 東畑郁生, 「廃炉地盤工学の創設の意義と基本的な学問単元の構成」, 地盤工学会誌, 67 卷 10 号, pp.8-11, 2019.
- (6) 後藤茂, 菱岡宗介, 「廃炉のための地盤施工学と技術マップの活用」, 地盤工学会誌, 67 卷 10 号, pp.20-23, 2019.
- (7) 吉川絵麻, 小峯秀雄, 後藤茂, 氏家伸介, 「放射線遮蔽性能を保有する超重泥水 —地盤材料学の観点から—」, 地盤工学会誌, 67 卷 10 号, pp.28-29, 2019.

### 4.2 総説・著書

- (1) 小峯秀雄, 「福島第一原子力発電所の廃止措置に貢献する地盤工学」, 地盤工学会誌 (総説論文), 67-10, p.1-3, 2019.

### 4.3 招待講演

- (1) Hideo Komine, “Geotechnical Engineering for High-Level Radioactive Waste Disposal Project in Japan”, Seminar on Isolation Technology for Significant Power Plant Structure and Engineering Behavior of Buffer in Deep Geological Repository for Waste, Shanghai University, China. 2019.05.

- (2) Hideo Komine, “Geotechnical Engineering for High-Level Radioactive Waste Disposal Project in Japan”, GER2019, Chulalongkorn University, Thailand, 2019.11.28.
- (3) H. Wang., “Movement of water in compacted bentonite and its relation with swelling pressure” Seminar on Isolation Technology for Significant Power Plant Structure and Engineering Behavior of Buffer in Deep Geological Repository for Waste, Shanghai University, China. 2019.05.

#### 4.4 受賞・表彰

- (1) 小峯秀雄：令和元年度「地盤工学会誌」年間最優秀賞（2020年）：受賞タイトル「「福島第一原子力発電所の廃止措置に貢献する地盤工学」／2019年10月号掲載（総説）」
- (2) 伊藤大地：第54回地盤工学研究発表会 優秀論文発表者賞
- (3) 白河部匠：第54回地盤工学研究発表会 優秀論文発表者賞
- (4) 宮路将人：第54回地盤工学研究発表会 優秀論文発表者賞
- (5) 貞松暁大：第54回地盤工学研究発表会 優秀論文発表者賞
- (6) 白河部匠：土木学会第74回年次学術講演会優秀講演者賞
- (7) 山本有雅：地盤工学会関東支部発表会 GeoKanto2019 優秀発表者賞

#### 4.5 学会および社会的活動

- (1) 瀬川一義，小峯秀雄，後藤茂：福島第一原子力発電所の格納容器内を想定した超重泥水と炭素鋼の接触に伴う腐食の実験的評価，第54回地盤工学研究発表会，2019.
- (2) 宮路将人，小峯秀雄，後藤茂ら：超重泥水の放射線遮蔽実験における各方向の線量分布および散乱線に関する考察，第54回地盤工学研究発表会，2019.
- (3) 吉川絵麻，小峯秀雄，後藤茂ら：鉛直方向の通水によりベントナイト泥水に生じる性状変化とその勾配，第54回地盤工学研究発表会，2019.
- (4) 那須郁香，小峯秀雄，後藤茂ら：放射線遮蔽用覆土の利用を想定した所沢地区関東ロームにおける締固め特性の放射線遮蔽性能への影響評価，第54回地盤工学研究発表会，2019.
- (5) 神田皓城，小峯秀雄，後藤茂ら：供試体設置位置を変化させた場合のクレーサンドの放射線遮蔽性能の評価，第54回地盤工学研究発表会，2019.
- (6) 今井健人，小峯秀雄，後藤茂ら：固化重泥水の放射線遮蔽実験における供試体の設置方法による影響と固化前後での放射線遮蔽性能の比較，第54回地盤工学研究発表会，2019.
- (7) 関本貴斗，小峯秀雄，後藤茂ら：福島第一原子力発電所の廃止措置に向けたバライト砕石を用いた高放射線遮蔽性能を有した覆土としての性能評価，第54回地盤工学研究発表会，2019.
- (8) 吉川絵麻，小峯秀雄，後藤茂，渡邊保貴ら：泥水試料を用いた透水試験方法および遮水性発現メカニズムに関する一考察，土木学会第74回年次学術講演会，2019.
- (9) 宮路将人，小峯秀雄，後藤茂ら：バライト沈降層のガンマ線・中性子線遮蔽性能に関する定量評価および遮蔽体密度構造とガンマ線遮蔽性能の関係についての考察，土木学会第74回年次学術講演会，2019.
- (10) 神田皓城，小峯秀雄，後藤茂ら：復興資材と粘土・シルト系土質材料の放射線遮蔽性能の比較，土木学会第74回年次学術講演会，2019.
- (11) 小峯秀雄：廃炉地盤工学のカリキュラムの試作，土木学会第74回年次学術講演会，2019.

- (12) 國府田隆，小峯秀雄，宮路将人，吉川絵麻，後藤茂，王海龍：超重泥水の状態評価における電気比抵抗および比誘電率の有効性，第16回地盤工学会関東支部発表会，2019.
- (13) 原崎智，小峯秀雄，後藤茂ら：泥水中のベントナイト量の評価におけるメチレンブルー吸着量試験の適用性，第16回地盤工学会関東支部発表会，2019.

## 5. 研究活動の課題と展望

福島第一原子力発電所の廃止措置に実効的に寄与するため，土木工学・地盤工学分野の新学問体系「廃炉地盤工学」の下，研究代表者の研究チームは，新たに開発した遮水性能と放射線遮蔽性能の両方を保有する「超重泥水」等の高機能土質系材料の開発を鋭意行っている．このような研究開発実績を活用し，次年度以降は，JAEA が提示している「基礎・基盤研究の全体マップ」の中央に位置づけられクローズアップされている燃料デブリ等の「廃棄物対策」の課題解決を第一の目標とする．具体的には，開発してきた超重泥水をはじめとする高機能土質系材料を，燃料デブリや高放射性の廃棄物の保管に活用する際に要求される遮水性能，放射線遮蔽性能，有効な放熱性を達成するための配合や仕様を設計する方法を構築する．そして，仕様設計される高機能土質系材料と実際の工事現場での実績の高い施工技術，特に，地下等に燃料デブリ収納缶を保管できる大規模空間の建設に高い優位性のあるニューマチックケーソンと組み合わせて，斬新かつ施工可能性の高い“燃料デブリと高放射性廃棄物の保管技術”の基本概念および基本設計とその方法を提案する．