

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」の一単位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術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

平成 30 年度は、福島第一原子力発電所の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の一次データベースの拡張を行った。また、各材料仕様に応じた施工性を評価するため、平成 29 年度までに導入した超重泥水の充填施工性評価実験装置とタクトイルセンサシステムを活用するとともに平成 30 年度に導入するテクスチャーアナライザーでは詳細な超重泥水の充填施工性と安定性を、平成 29 年度までに導入した保水性試験装置および水ポテンシャル測定装置では覆土材の保水性をそれぞれ定量測定し、一次データベースの作成を行った。

上記の成果については各材料の仕様に応じて整理し、廃炉プロセス技術シナリオを支援するための新技術メニューへの導入を行った。具体的な内容は、以下の通りである。

- (1) 各超重泥水のガンマ線・中性子線遮蔽性能の一次データベースの拡張 (図 1, 2 参照)
- (2) 各覆土材料のガンマ線・中性子線遮蔽性能の一次データベースの拡張
- (3) 遮蔽実験における散乱放射線の影響評価および二次元放射線分布の測定
- (4) タクトイルセンサシステムを用いた超重泥水の充填施工性評価
- (5) テクスチャーアナライザーを用いた超重泥水の安定性評価 (図 3～6 参照)
- (6) 覆土材の保水性能の定量評価

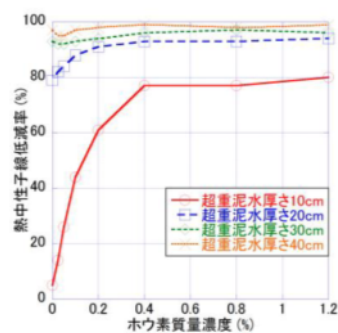


図 1 超重泥水のホウ素濃度と熱中性子線低減率の関係

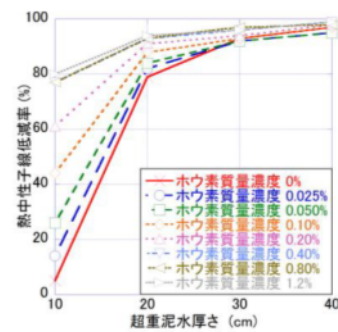


図 2 ホウ素含有超重泥水の厚さと熱中性子線低減率の関係

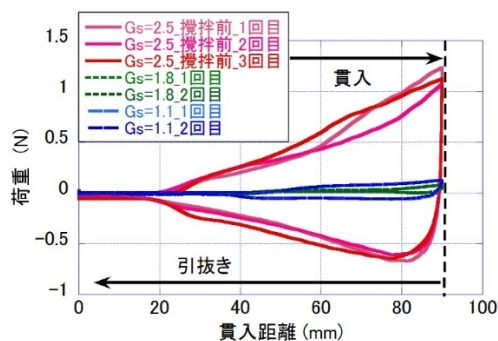


図 3 球状治具の貫入・引き抜き時間に伴う荷重の変化

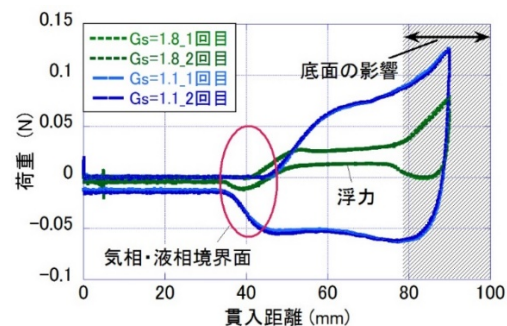


図 4 球状治具の貫入・引き抜き距離に伴う荷重の変化（比重 1.1 および 1.8 の拡大図）

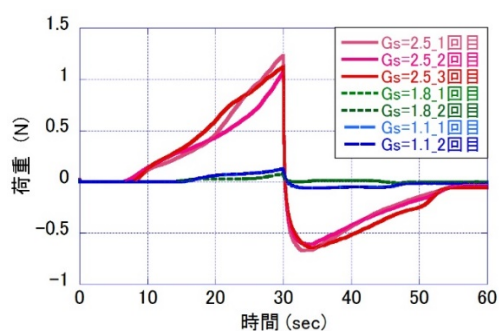


図 5 球状治具の貫入・引き抜き距離に伴う荷重の変化

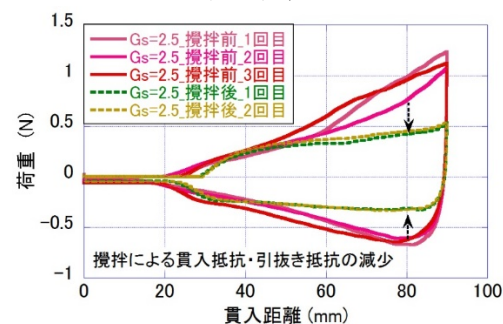


図 6 材料の攪拌に伴う貫入・引き抜き抵抗の減少

3. 共同研究者

後藤 茂（理工学研究所・招聘研究員）

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（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 1 年）

伊藤大知（創造理工学研究科 博士後期課程 1 年）
神田皓城（創造理工学研究科 博士前期課程 2 年）
宮路将人（創造理工学研究科 博士前期課程 2 年）
今井健人（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 1 年）
那須郁香（鹿島建設，元創造理工学研究科 博士前期課程 2 年）
瀬川一義（三井住友建設 元創造理工学研究科 博士前期課程 2 年）

4. 研究業績

4.1 学術論文

- 1) 東畑郁生，小峯秀雄，後藤茂，鈴木誠，菱岡宗介，渡邊保貴：廃炉地盤工学の創生，原子力バックエンド研究 25(2)，p.85-90，2018 年 12 月
- 2) 小峯秀雄，小山田拓郎，尾崎匠，磯さち恵：締固めた粉体状ベントナイト各種の水分移動特性と膨潤圧挙動に関する考察，土木学会論文集 C（地圏工学），Vol. 74, No. 1, 63-75，2018.
- 3) Iso, S., Motoshima, T and Komine, H.: Applicability of Sedimentary Rock in Hydraulic Barrier System Construction, Proceedings of ICEG2018, pp. 81-88, 2018.
- 4) Ito, D., Komine, H., Morodome, Sekiguchi, T. and Miura, G.: Evaluating Influence of Cementation in Bentonite Buffer Material Based on the Swelling Properties of Bentonite Ore, Proceedings of ICEG2018, pp.97-104, 2018.
- 5) Yoshikawa, E., Komine, H. and Goto, S.: Evaluation on Hydraulic Conductivity of Heavy Bentonite-Based Slurry for Using on Decommissioning of the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station, Proceedings of ICEG2018, pp.105-112, 2018.

4.2 総説・著書

なし

4.3 招待講演

- 1) Hideo Komine: Romantic phenomena around montmorillonite minerals, Geoenvironmental Engineering and Recycling 2018 (GER2018), 2018 年 9 月 10 日

4.4 受賞・表彰

- 1) 吉川絵麻：小野梓記念学術賞，2018.
- 2) 小峯秀雄：（公社）地盤工学会・論文賞（和文部門），2018.
- 3) 渡邊保貴：（公社）地盤工学会国際会議若手優秀論文賞，2018.
- 4) 吉川絵麻：（公社）地盤工学会国際会議若手優秀論文賞，2018.
- 5) 市川雄太：第 53 回地盤工学研究発表会優秀論文発表者賞，2018.
- 6) 市川雄太：土木学会第 73 回年次学術講演会優秀講演者賞，2018.
- 7) 白河部匠：土木学会第 73 回年次学術講演会優秀講演者賞，2018.
- 8) Ayaka Nasu: Best Presentation Award, Geoenvironmental Engineering and Recycling 2018 (GER2018), 2018.

4.5 学会および社会的活動

- 1) 吉川絵麻, 小峯秀雄, 後藤茂, 氏家伸介, 成島誠一, 長江泰史, 吉村貢: バライト粉末混合ベントナイトスラリーにおける構造骨格とその影響評価, 第 53 回地盤工学研究発表会, 高松, p.395-396, 2018 年 7 月
- 2) 吉川絵麻, 小峯秀雄, 後藤茂, 吉村貢, 氏家伸介, 成島誠一, 長江泰史: 大気圧条件におけるバライト粉末混合ベントナイトスラリーの遮水性能の評価, 土木学会平成 30 年度年次大会第 73 回年次学術講演会, 北海道, pp.63-64, 2018 年 8 月
- 3) 瀬川一義, 吉川絵麻, 小峯秀雄, 後藤茂, 成島誠一, 氏家伸介, 吉村貢: 超重泥水のホウ素濃度による熱中性子線遮蔽性能の実験的評価, 第 53 回地盤工学研究発表会, 高松, pp.391-392, 2018 年 7 月.
- 4) 宮路将人, 吉川絵麻, 瀬川一義, 小峯秀雄, 後藤茂, 氏家伸介, 成島誠一, 長江泰史: 圧密試験を援用した超重泥水の加圧に伴う排水量および透水係数の定量評価, 土木学会平成 30 年度年次大会第 73 回年次学術講演会, 北海道, pp.61-62, 2018 年 8 月
- 5) 那須郁香, 吉川絵麻, 小峯秀雄, 後藤茂, 吉村貢: 各種土質材料を対象とした放射線遮蔽実験におけるガンマ線挙動の検討, 第 53 回地盤工学研究発表会, 名古屋, pp.2269-2270, 2018 年 7 月
- 6) 那須郁香, 吉川絵麻, 小峯秀雄, 後藤茂, 吉村貢: 含水比 0%の東北珪砂 5 号における中性子線散乱成分の実験的測定, 土木学会平成 30 年度年次大会第 73 回年次学術講演会, 北海道, pp.2269-2270, 2018 年 8 月
- 7) 氏家伸介, 小峯秀雄, 吉川絵麻, 成島誠一, 長江泰史: 超重泥水を構成する固形材料の配合組成と亀裂閉塞性・遮水性との関係, 第 53 回地盤工学研究発表会, 高松, p.389-390, 2018 年 7 月
- 8) Shinsuke Ujiie, Hideo Komine, Shigeru Goto, Ema Yoshikawa, Seiichi Narushima, Yasushi Nagae : Water-proof Property of Super Heavy Bentonite Slurry for Decommissioning of Fukushima Daiichi NPS, WM2019, 089a-a4, Phoenix, (March 2019).
- 9) Kazuyoshi Segawa: Evaluation on thermal neutron radiation shielding ability of heavy bentonite based slurry from the viewpoint of boron concentration in slurry, Geoenvironmental Engineering and Recycling 2018 (GER2018), 2018 年 9 月 10 日
- 10) Ayaka Nasu: An experimental study on gamma rays and neutron beams shielding properties with various soil materials, Geoenvironmental Engineering and Recycling 2018 (GER2018), 2018 年 9 月 10 日
- 11) Tomonori Sakita: Experimental study on correlation between sample preparation condition and mechanical properties of sand/bentonite mixture with with Ca-Bentonite, Geoenvironmental Engineering and Recycling 2018 (GER2018), 2018 年 9 月 10 日
- 12) 吉川絵麻, 小峯秀雄, 後藤茂: 損傷した原子炉の廃止措置における充填型土質材料の利用, NDEC-4, 2018 年 3 月 24 日
- 13) 山田淳夫, 小峯秀雄, 千々松正和: 3D レーザースキャナーデータを用いた締固めたベントナイト混合土の乾燥密度の測定方法, NDEC-4, 2018 年 3 月 24 日
- 14) 氏家伸介, 成島誠一, 長江泰史, 小峯秀雄: 福島第一原子力発電所廃止措置に向け開発された超重泥水の遮水特性, NDEC-4, 2018 年 3 月 24 日

5. 研究活動の課題と展望

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する。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る。さらに、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、新たに導入する岩石速度測定装置を用いて調査する。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術メニューとして導入する。