

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 29 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を拡充するとともに、一次データベースの作成を行った。また、超重泥水の充填施工性評価実験装置と液圧測定のできるタクトイルセンサシステムを用いて超重泥水の充填施工性および安定性を検討し、水ポテンシャル測定装置により覆土材の保水性能を定量評価した。上記の成果を、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を作成した。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構築
- (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構築
- (3) 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および安定性評価 (図 1 および図 2 参照)
- (4) 水ポテンシャル測定装置を用いた覆土材料の保水性能評価
- (5) 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としての超重泥水および覆土材の活用方法と層厚設計法の構築 (図 3 および図 4 参照)

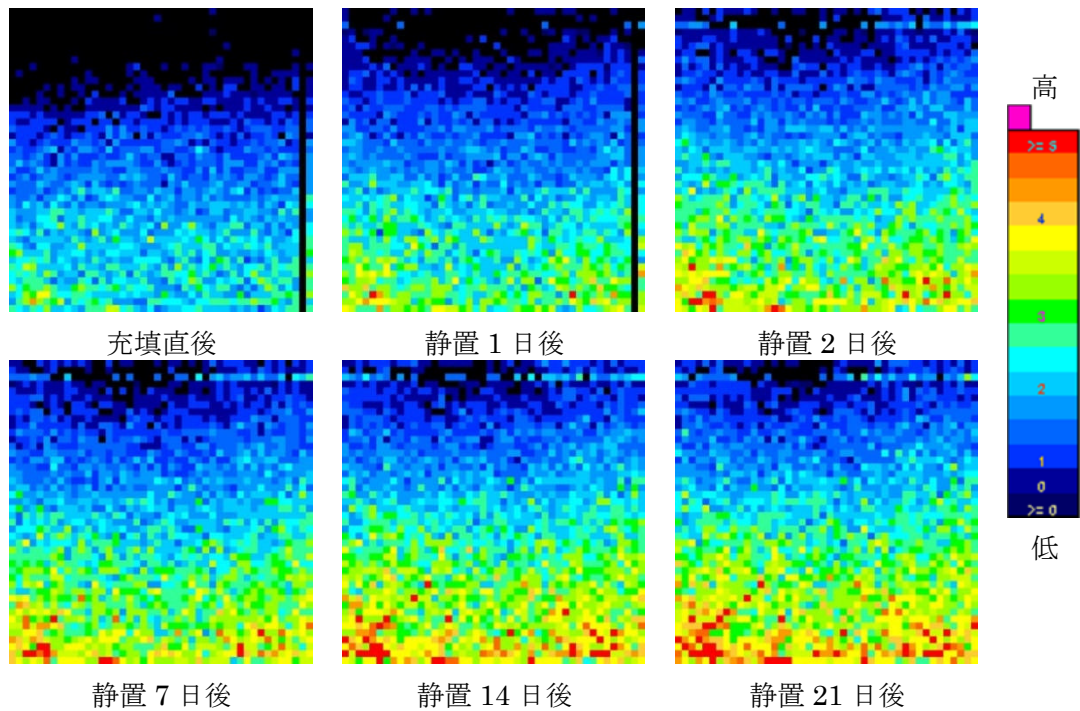


図1 タクタイルセンサによる $G_s=1.8$ の圧力分布の経時変化

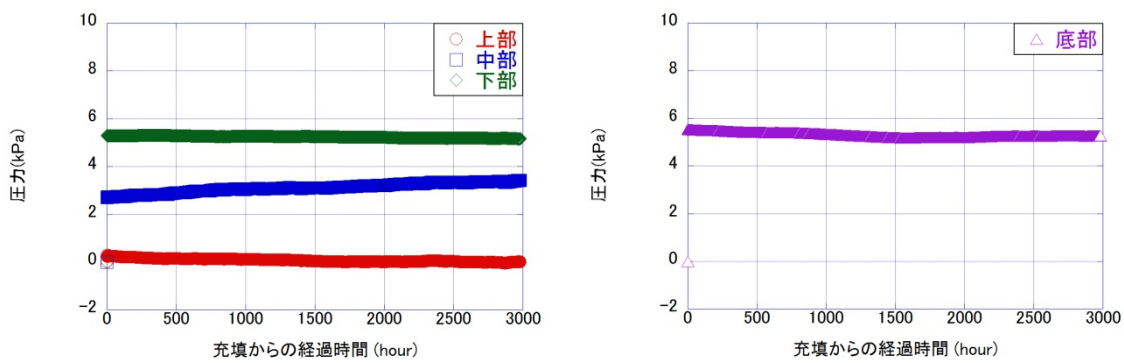


図2 容器側面における圧力の経時変化

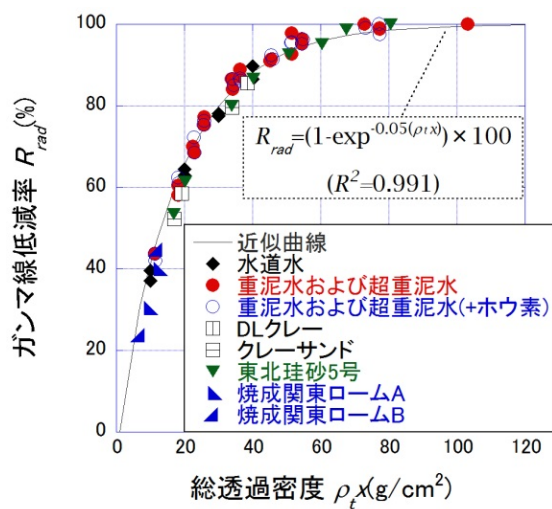


図3 ガンマ線低減率と土質材料の総透過密度の関係

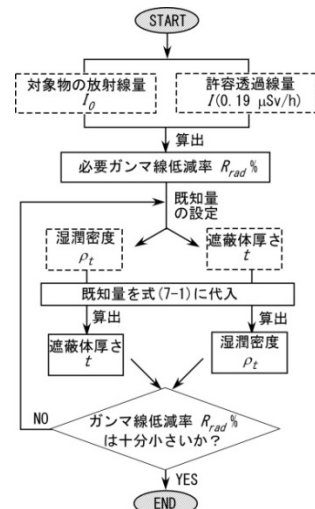


図4 ガンマ線遮蔽設計フロー

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 1 年)

那須郁香 (創造理工学研究科 博士前期課程 2 年)

瀬川一義 (創造理工学研究科 博士前期課程 2 年)

伊藤大知 (創造理工学研究科 博士前期課程 2 年)

神田皓城 (創造理工学研究科 博士前期課程 1 年)

宮路将人 (創造理工学研究科 博士前期課程 1 年)

今井健人 (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) 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(地圏C), Vol. 73, No. 4, pp. 342-354, 2017.
- 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.
- 3) 那須郁香, 吉川絵麻, 小峯秀雄, 後藤茂, 新井靖典, 氏家伸介, 吉村貢: 各種土質材料の放射線遮蔽性能の実験的研究, 第 12 回環境地盤工学シンポジウム発表論文集, pp. 145-150, 2017.
- 4) 伊藤大知, 小峯秀雄, 諸留章二, 関口高志, 三浦玄太: ベントナイト原鉱石の膨潤特性・透水係数の測定結果に基づく膠結作用による物理特性への影響評価, 第 12 回環境地盤工学シンポジウム発表論文集, pp.547-552, 2017.
- 5) Ema Yoshikawa, Hideo Komine, Shigeru Goto, Yuma Saito: The evaluation for radiation shielding ability of the soil materials and application to design for construction, 19th ICSMGE, TC308-6, Seoul, Korea, (September 2017).
- 6) Shigeru Goto, Hideo Komine, Yuma Saito, Ema Yoshikawa, Makoto Suzuki, Yasutaka Watanabe: Needs for the decommissioning geotechnical engineering for Fukushima daiichi nuclear power plant, 19th ICSMGE, TC308-6, Seoul, Korea, (September 2017).

4.2 総説・著書

なし

4.3 招待講演

- 1) Hideo Komine: Geotechnical engineering approach on radioactive contaminated wastes in Fukushima Daiichi Nuclear Power Station, The Research Conference on Cementitious Composites in Decommissioning and Waste Management (RCWM2017), 2017/06/20.

4.4 受賞・表彰

- 1) 吉川絵麻, 小野梓記念学術賞, 2018.
- 2) 那須郁香, 第 52 回地盤工学研究発表会優秀論文発表者賞, 2017.

- 3) 伊藤大知, 第 52 回地盤工学研究発表会優秀論文発表者賞, 2017.
- 4) 今井健人, 地盤工学会関東支部発表会 Geo-Kanto2017 優秀発表者賞, 2017.
- 5) 吉川絵麻, 土木学会第 72 回年次学術講演会優秀講演者賞, 2017.
- 6) 小峯秀雄: 2017 年度 (公社) 地盤工学会・論文賞 (和文部門), 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: 超重泥水の粘度に影響を及ぼす配合割合とそのメカニズムに関する研究, 第 52 回地盤工学研究発表会, 名古屋, p.317-318, 2017 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: 超重泥水のガンマ線遮蔽性能に関するスペクトル分析とエネルギー依存性評価, 土木学会平成 29 年度年次大会第 72 回年次学術講演会, 福岡, pp.127-128, 2017 年 9 月
- 3) 瀬川一義, 吉川絵麻, 小峯秀雄, 後藤茂, 中村朋弘, 氏家伸介, 吉村貢: 放射線遮蔽性能を有する超重泥水のホウ素濃度による中性子線低減効果の評価, 第 52 回地盤工学研究発表会, 名古屋, p.2075-2076, 2017 年 7 月
- 4) 瀬川一義, 吉川絵麻, 小峯秀雄, 後藤茂: B 型粘度計を用いた超重泥水の粘度測定結果の評価, 土木学会平成 29 年度年次大会第 72 回年次学術講演会, 福岡, pp.437-438, 2017 年 9 月
- 5) 伊藤大知, 小峯秀雄, 諸留章二, 関口高志, 三浦玄太: ベントナイト原鉱石の膨潤圧特性から観た緩衝材における膠結作用の定量評価の試み, 第 52 回地盤工学研究発表会, 名古屋, pp.2067-2068, 2017 年 7 月
- 6) 伊藤大知, 小峯秀雄, 諸留章二, 関口高志, 三浦玄太: ベントナイト原鉱石の固結が高圧圧密実験による透水係数測定に及ぼす影響, 土木学会平成 29 年度年次大会第 72 回年次学術講演会, 福岡, pp.111-112, 2017 年 9 月
- 7) 那須郁香, 吉川絵麻, 小峯秀雄, 後藤茂, 新井靖典, 氏家伸介, 吉村貢: 所沢地区の関東ロームを対象とした覆土材の放射線遮蔽性能の評価, 第 52 回地盤工学研究発表会, 名古屋, pp.635-636, 2017 年 7 月
- 8) 那須郁香, 吉川絵麻, 小峯秀雄, 後藤茂, 新井靖典, 氏家伸介, 吉村貢: 関東ロームを対象とした焼成品と現地発生土の放射線遮蔽性能の評価, 土木学会平成 29 年度年次大会第 72 回年次学術講演会, 福岡, pp.21-22, 2017 年 9 月
- 9) Ema Yoshikawa, Hideo Komine, Shigeru Goto: Study on Characteristics of Heavy Bentonite-based Slurry with Radiation Shielding Capabilities and Water Impermeability, The Research Conference on Cementitious Composites in Decommissioning and Wasete Management (RCWM2017), 2017 年 6 月 21 日
- 10) Daichi Ito, Hideo Komine: Influence of Consolidation in Bentonite Ore on Measurement of Hydraulic Conductivity by High-pressure Consolidation Test, The Research Conference on Cementitious Composites in Decommissioning and Wasete Management (RCWM2017), 2017 年 6 月 21 日
- 11) Ayaka Nasu, Ema Yoshikawa, Hideo Komine, Shigeru Goto: Evaluation on Radiation Shielding Capabilities of Kanto Loam as Covering Soil Materials, The Research Conference on Cementitious Composites in Decommissioning and Wasete Management (RCWM2017), 2017 年 6 月 21 日

- 12) 今井健人，大瀧修平，小峯秀雄，鈴木誠，後藤茂，菱岡宗介：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ポスター発表，IRID シンポジウム 2017，2017 年 8 月 4 日
- 13) 宮路将人，吉川絵麻，小峯秀雄，後藤茂：放射線遮蔽性能・遮水性能を有する超重泥水の昇圧時の排水特性に関する評価，NDEC-3，2018 年 3 月 19 日
- 14) 篠崎由梨，掛川直樹，小峯秀雄，山田淳夫：福島第一原子力発電所構内で発生した除染廃棄物の仮置き・処分に適用可能な低透水性覆土の締固め特性，NDEC-3，2018 年 3 月 19 日
- 15) 倉持隼斗，小峯秀雄，後藤茂：燃料デブリ移送における輸送効率の上昇と安全性の確保における一考察，NDEC-3，2018 年 3 月 19 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の一次データベースの拡張を行う．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う．上記の成果については各材料の仕様に応じて整理し，廃炉地盤工学委員会で進める廃炉プロセス技術シナリオを支援するための新技术メニューへの導入を行う．