

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

平成 28 年度は、「超重泥水の放射線遮蔽特性定量調査とそれを活用したデブリ取出し補助技術の可能性机上検討と福島第一原子力発電所構内の除染廃棄物の一時仮置き施設の覆土材のガンマ線遮蔽特性データ取得と分析」を実施した。得られた主な研究成果は以下の通りである。

- (1) デブリ取出し補助技術として、ガンマ線と中性子線の両方の遮蔽性能を有する超重泥水技術の開発および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開発を進めた(図 1 参照)。具体的には、次のような事項を明らかにした。①遮蔽材料が同じ厚さの場合、ガンマ線低減率は土質材料の湿潤密度に正比例する。②遮蔽材料が同じ厚さの場合、中性子線低減率は土質材料の体積含水率に伴い増加する傾向が認められる。しかし、複数のエネルギー減衰現象が生じることで、材料ごとに固有の相違や、データのばらつきがやや生じた。③高比重である超重泥水は、水道水よりも優れたガンマ線遮蔽性能を有する。④高含水である超重泥水は、水道水と同等の中性子線遮蔽性能を有する。⑤厚さ 10 cm において、ホウ素を含有する超重泥水は、含有しないものに比べて約 75 %高い熱中性子低減率を示した。したがって、熱中性子吸収断面積が大きい物質の含有は、熱中性子線の遮蔽に対して有効である。

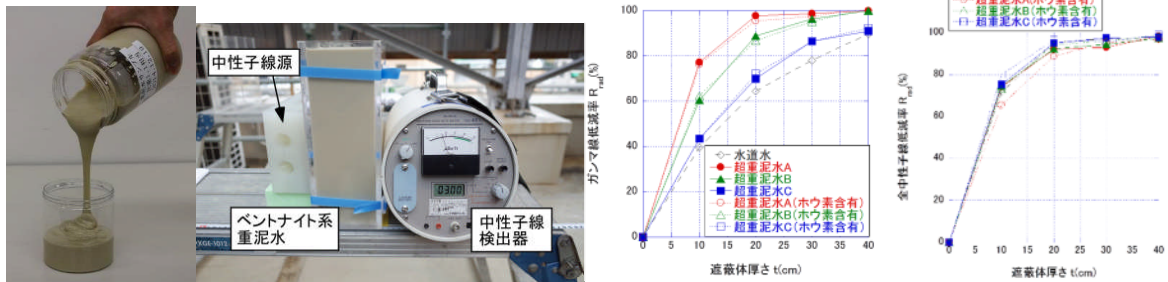


図1 放射線遮蔽と遮水の両性能を持つ超重泥水の放射線遮蔽実験と遮蔽特性

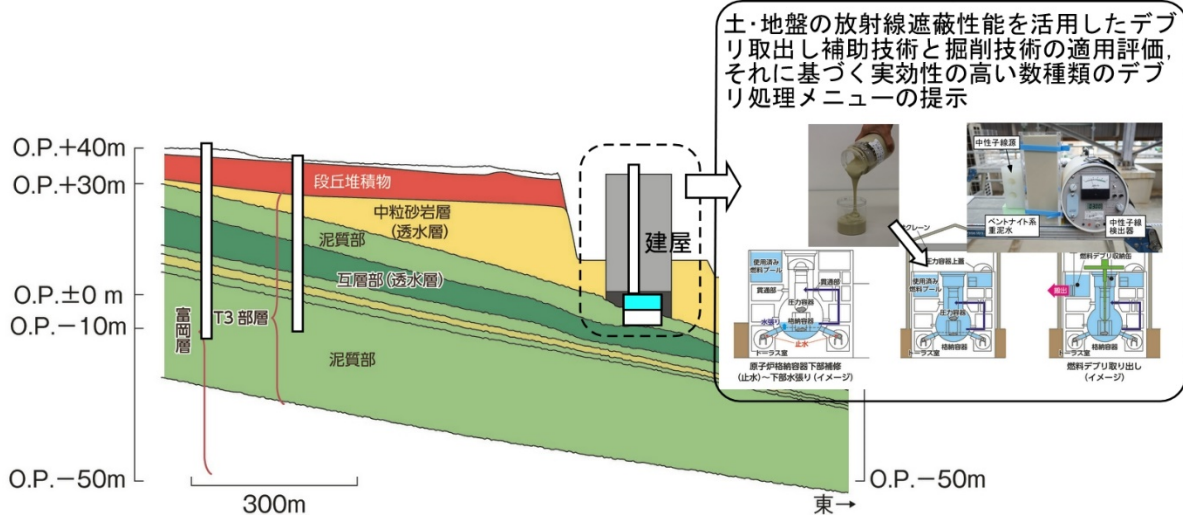


図2 超重泥水を活用したデブリ取出し補助技術のプロトタイプ構築

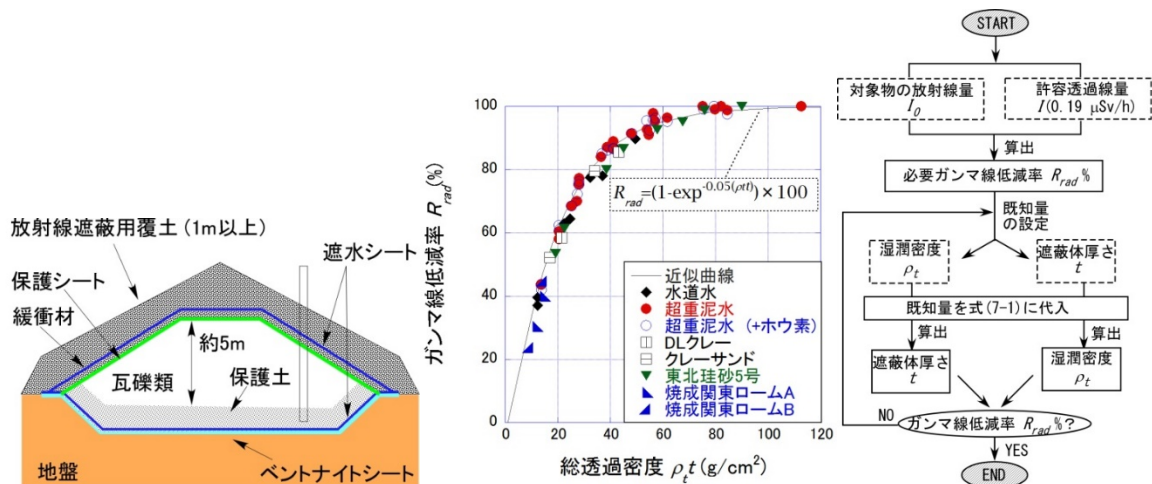


図3 覆土式一時仮置き施設の概要とガンマ線遮蔽の観点からの層厚設計フロー試案

- (2) 図2に示すように、図1に例示する超重泥水の各種放射線遮蔽性能を念頭に置いて、超重泥水を活用したデブリ取出し補助技術のプロトタイプの構築を行った。
- (3) 各土質材料の放射線遮蔽特性についても実験的に調査し、覆土材の放射線遮蔽特性には、土質材料の含水状態や保水状況が寄与することを明らかにした。
- (4) 今回取得した実験結果を通じて、各材料の仕様に応じてデータを整理し、データベースの

プロトタイプを試作した。特に、覆土式一時仮置き施設の覆土材の必要層厚をガンマ線遮蔽の観点から設計する方法の試案を提案した (図 3 参照)。

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)

吉川直孝 (創造理工学部 社会環境工学科・非常勤講師／労働安全衛生研究所)

4. 研究業績

4.1 学術論文

- ・ Hideo Komine, Ikuo Towhata, Seiichi Narushima: Environmental geotechnics and education initiatives for recovery from the Fukushima I Nuclear Power Plant accident, Japanese Geotechnical Society Special Publication 2(57), p.1982-1985, 2016.

4.2 総説・著書

- ・ 小峯秀雄:「廃炉地盤工学」の創生と原子力工学との協働, 日本原子力学会誌, Vol.59, No.4, pp. 183-185, 2017.

4.3 招待講演

- ・ Hideo Komine and Takeshi Katsumi: Fukushima recovery - Contribution of environmental geotechnics, Third U.S.-Japan Geoenvironmental Engineering Workshop, Chicago, USA, August 14th, 2017.
- ・ Hideo Komine: Geotechnical Application and Education Initiatives to Recovery of Nuclear Power Plant Accident, Seoul, Korea, November 4th.

4.4 受賞・表彰

- ・ 吉川絵麻, 第 51 回地盤工学研究発表会優秀論文発表者賞, 2016 年 9 月

4.5 学会および社会的活動

- ・ Yasutaka Watanabe, Ikuo Towhata, Hideo Komine, Makoto Suzuki, Shigeru Goto, Sousuke Hishioka: Geotechnical Application and Education Initiatives for Recovery from a Nuclear Power Plant Accident, IAEA Madrid, International Conference on Advancing the Global Implementation of Decommissioning and Environmental Remediation Programmes, Madrid, Spain, 2016.
- ・ 後藤茂, 小峯秀雄, 東畑郁生, 鈴木誠, 渡邊保貴, 高尾肇, 斉藤泰久, 菱岡宗介, 黒崎ひろみ: 福島第一原子力発電所廃止処置における地盤工学的技術の活用 廃炉地盤工学創設の必要性, 第 51 回地盤工学研究発表会論文集, pp. 2169-2170, 2016.
- ・ 小峯秀雄, 後藤茂, 東畑郁生, 鈴木誠, 菱岡宗介, 渡邊保貴: 21 世紀の原子力土木における「廃炉地盤工学」の構築と廃炉プロセスへの提言, 土木学会第 71 回年次学術講演会講演概要集, pp. 383-384, 2016.
- ・ Ema Yoshikawa, Hideo Komine, Yuma Saito, Shigeru Goto, Seiichi Narushima, Yasunori Arai, Masayuki Mizuno, Shinsuke Ujiie, Yuki Sakoda, Yasushi Nagae, Mitsugu Yoshimura, Akihiko Suzuki: Radiation Shielding Properties of Heavy Bentonite Based Slurry for Decommissioning of the Fukushima First Nuclear Power Plant, Geo-Chicago2016, pp.292-297, Chicago, USA, August, 2016.

- Ema Yoshikawa: Radiation shielding properties of soil materials, Third US-Japan Geoenvironmental Engineering Workshop, No. 3 , Chicago, USA, August, 2016.
- Ema Yoshikawa, Hideo Komine, Shigeru Goto, Yuma Saito: Radiation Shielding Properties of Heavy Bentonite Based Slurry for Decommissioning of the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station, Geo-Environmental Engineering and Recycling (GER), Seoul, Korea, 2016.
- 吉川絵麻, 小峯秀雄, 後藤茂, 齋藤祐磨, 「放射線遮蔽性能を有する超重泥水の粘性特性評価および導電率と誘電損率によるガンマ線遮蔽性能の間接的評価の可能性」, 第 12 回地盤工学会関東支部発表会, pp.177-180, 2015 年 9 月.
- 吉川絵麻, 小峯秀雄, 後藤茂, 「放射線遮蔽性能を有する超重泥水の透過厚さによる線量低減効果の評価」, 第 1 回次世代イニシアティブ廃炉技術カンファレンス(NDEC-1), 仙台, 2016 年 3 月.
- 吉川絵麻, 小峯秀雄, 後藤茂ら, 「放射線遮蔽性能を有する超重泥水の線量低減効果の評価および遮蔽設計に向けた試み」, 土木学会平成 28 年度年次大会第 71 回年次学術講演会, 仙台, pp.383-384, 2016 年 9 月
- 吉川絵麻, 小峯秀雄, 後藤茂ら, 「放射線遮蔽性能を有する超重泥水の透過厚さによる線量低減効果の評価」, 第 51 回地盤工学研究発表会, 岡山, pp.2167-2168, 2016 年 9 月
- 吉川絵麻, 小峯秀雄, 後藤茂, 「土のガンマ線遮蔽性能評価と機能維持に関する一考察」, 第 2 回次世代イニシアティブ廃炉技術カンファレンス(NDEC-2), (d)-②, 東京, 2017 年 3 月

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、各材料仕様に応じた放射線遮蔽データ取得を行い、データベースの作成に着手する。さらに、各技術の施工性を検討するため、超重泥水の放射線遮蔽性および充填施工性評価実験装置を用いて、超重泥水の充填施工性を定量的に評価する。覆土材の施工性については、土質材料の含水状態・保水状況の測定・評価を踏まえて整理する。上記の成果を、各材料の仕様に応じて整理し、地盤工学会の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術メニューとして試案を作成する。