



テーマ②：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

土・地盤の持つ高い放射線遮蔽性能を活用しながら、炉心熔融により格納容器内に残置されている燃料デブリを取り出す方法の実効性評価と非常に数多くの実績のある掘削技術を援用したデブリ処理メニューの提示を行う。

テーマ③：福島第一原子力発電所構内の除染廃棄物処分と原子炉建屋デコミッションングに  
関する実現可能な技術の開発

地盤工学分野で開発された放射性廃棄物処分技術を起点に、実現可能なデコミッションング技術の開発と処分シナリオの構築を行う。これは、未解決の課題であるデブリ取出しに向けた発電所構内で進められている除染工事で発生する廃棄物の処理・処分、及び取り出されるデブリや解体される原子炉建屋の処分におけるデコミッションング技術の開発を行うものである。

以上の個別基盤研究に対し、地盤工学会では日本全国に及ぶネットワークを活用して、広い分野の英知を結集した専門の学術研究委員会「福島第一原子力発電所廃止措置に向けた地盤工学的新技術と人材育成に関する検討委員会（略称：廃炉地盤工学委員会）」を学会内に設置し、各テーマの研究開発成果を議論し、よりよい研究成果となるよう導く。また、廃止措置に寄与可能な地盤工学技術を個別基盤研究で開発した技術も含めて体系化し、原子力技術者と協働できるような新しい地盤工学技術者を育成するプログラム「廃炉地盤工学」を構築する。

2. これまでの研究成果

(1) 廃炉地盤工学を通じた人材育成プログラム

① 廃炉地盤工学の構築と廃炉プロセス技術シナリオの評価

廃炉地盤工学の内容の充実のため「福島第一原子力発電所廃止措置に向けた地盤工学的新技術と人材育成に関する検討委員会、(略称：廃炉地盤工学委員会)」を年3回開催し、廃止措置に寄与可能な地盤工学的技術の位置付けや新技術発掘及びその実現性について検討すると共に、これまでの研究で浮上してきた地盤工学的新技術を用いた廃炉シナリオについても検討し、その内容の拡充と実効性の評価を行った。また、NDF、IRID 及び当プログラム採択機関との協調強化のため、データベースの作成や機関担当者との打合せ等を通じて、廃炉地盤工学技術（地盤工学的技術）の見える化を進めた（図2参照）。さらに、検討の深化のために福島第一原子力発電所の視察や、関連する国内の学術研究機関や企業などと協議の機会を設けて有用な情報の収集に努めたほか、廃炉・廃棄物処分に携わる海外の関連機関からも国際会議などを通じて情報を収集した。



図2 廃炉地盤工学技術の見える化（技術マップと公開用技術マップ）

## ② 廃炉地盤工学教育システムの構築

学問單元ごとに開催したWGでの検討結果を踏まえ、シラバスの検討を進めると共に、教材（教科書）を試作した。また、試作した教材を基に、早稲田大学などで廃炉地盤工学の模擬的授業を実施した。なお、この結果は廃炉地盤工学委員会にフィードバックすることで、廃炉地盤工学の構築に向けた内容の更なる充実に役立てた。

## ③ 廃炉地盤工学に関する認知度の向上と技術の集約体制の構築

地盤工学研究発表会（名古屋開催）において廃炉地盤工学に関する特別セッションの開催、研究成果の発表を行ったほか、当学会主催の講演会を開催し、全国レベルでの認知度向上を図った。また、平成28年度に立ち上げた当プログラムホームページの内容を拡充し、学会会員だけでなく広く一般社会に対して業務内容や成果に関する情報を発信したほか、土木学会などの関連学会の大会において当該プロジェクトの活動内容を発信した。

一方、委員会や講演会等を通じて、学会会員より廃炉地盤工学に関する意見や技術情報の集約に努めた。また、関連学会の大会等では積極的に情報収集を行い、適宜、収集した情報を廃炉地盤工学委員会にフィードバックし、共有化することで検討の深化を図った。



図3 認知度向上に向けた活動（左：特別セッションの様子、右：ホームページ）

## (2) 超重泥水・各種覆土の放射線遮蔽性能評価（再委託先：早稲田大学）

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共に、一次データベースの作成を行った（図4参照）。

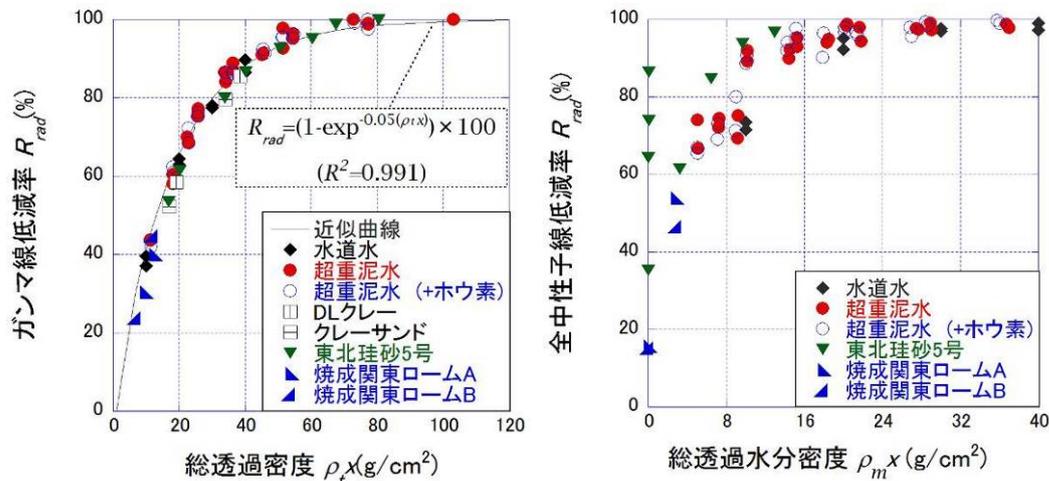


図4 超重泥水と覆土系土質材料の放射線遮蔽性能データベースの一案

さらに、各材料仕様に応じた施工性を評価するため、平成 28 年度に導入し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タイルセンサシステムを用いて超重泥水の充填施工性と安定性を、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（図 5 参照）。

今後は、上記成果を踏まえ、各材料の仕様に応じて整理した上で、廃炉地盤工学委員会が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を作成する予定である。

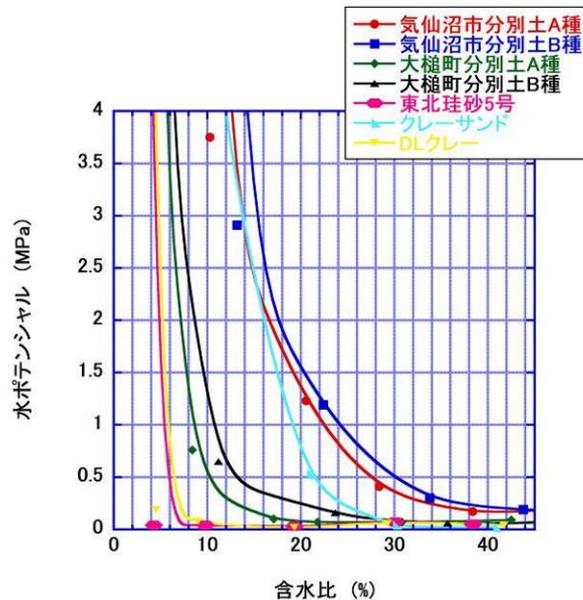


図 5 覆土系土質材料の保水性能データ

(3) 地下水環境等の解析・調査技術と予測技術の高度化（再委託先：千葉工業大学）

地下水流動評価技術の開発基盤として、室内土層を用いて塩水トレーサーによる実流速の測定方法を検討し、現状把握のための現場試験に展開するための課題をまとめた。図 6 は室内土層実験における投入孔と観測孔の平面図と電気伝導率の時間変化を示したもので、ここで示したとおりトレーサーの移動状況を把握できた。

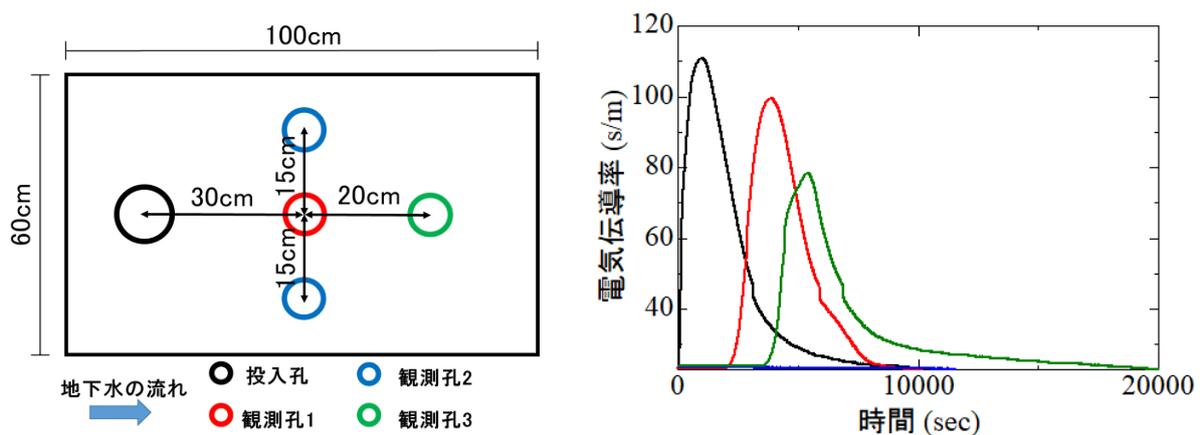


図 6 室内土層試験による電気伝導率の時間変化

また、平成 28 年度に引き続き、現場で実際の地下水流動を把握するため、既設ボーリング孔 2 本に加えて新たに 3 本のボーリング孔を掘削し、これらを用いて物質移動評価のための現場実証試験としてトレーサー試験を実施した。

図7は現場トレーサー試験における観測井戸（投入孔 No. 1 と観測孔 No. 3～5）の位置関係・投入深度と電気伝導率の時間変化を示したものであり、同じ孔でも深度によって反応にばらつきが生じるものの、実流速を評価できることがわかった

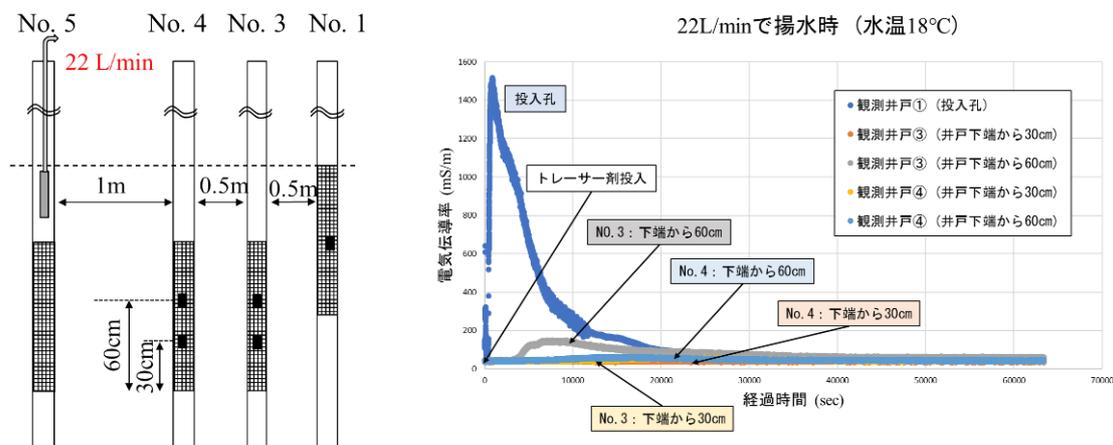


図7 現場トレーサー試験による電気伝導率の時間変化

さらに、地下水環境変動予測技術として、広域の概略地下水流動解析結果を引き継ぎ、サイト周辺の詳細地下水流動解析（数値解析のプロトタイプ開発）を実施し、非定常解析の可能性を検討した。今後は、実流速である移流だけでなく、分散や拡散の性質を定量的に把握する研究を進める予定である。

### 3. 今後の研究（継続課題の場合）

再委託先の研究成果を整理し、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に組み入れ、より実効性の高い技術メニューとして試案を作成する。また、大学における博士研究・修士研究・卒業研究を通じて、原子力分野と協働できる土木技術者の育成を行うと共に、試作した「廃炉地盤工学」カリキュラムに基づく講義を開講する。

### 4. 参考文献

- (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 C (地圏工学), Vol. 73, No. 4, pp. 342-354, 2017.
- (2) Yoshikawa, E., Komine, H., Goto, S. and Saito, Y., “The evaluation for radiation shielding ability of the soil materials and application to design for construction”, Proc. 19th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (19<sup>th</sup> ICSMGE), TC308-6, Seoul, Korea, September 18-22, 2017.
- (3) Goto, S., Komine, H., Saito, Y., Yoshikawa, E., Suzuki, M., Watanabe, Y., “Needs for the decommissioning geotechnical engineering for Fukushima daiichi nuclear power plant”, Proc. 19th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (19<sup>th</sup> ICSMGE), TC308-6, Seoul, Korea, September 18-22, 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, 長崎, 9 月 25-26 日, pp. 547-552, 2017.
- (5) 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に関する実験的研究, 第 12 回環境地盤工学シンポジウム, 長崎, 9 月 25-26 日, pp.145-150, 2017.
- (6) Komine, H., Towhata, I. and Narushima, S., “Environmental geotechnics and education initiatives for recovery from the Fukushima I Nuclear Power Plant accident”, Japanese Geotechnical Society Special Publication, Vol. 2, No. 57, pp.1982-1985, 2016.
- (7) Yoshikawa, E., Komine, H., Saito, Y., Goto, S., Narushima, S., Arai, Y., Mizuno, M., Ujiie, S., Sakoda, Y., Nagase, Y., Yoshimura, M. and Suzuki, A., “Radiation shielding properties of heavy bentonite based slurry for decommissioning of the Fukushima first nuclear power plant” Proc. Geo-Chicago 2016 (In CD-ROM), 2016.
- (8) 齋藤裕己・鈴木 誠・菱谷智幸: 地盤における透水係数の検証, 第 52 回地盤工学研究発表会, D-04, 0452, pp.901-902, 2017.
- (9) 竹内真司・鈴木誠・後藤和幸・星野泰士・時津光・齋藤裕己: 浅層地盤における地下水・物質移行調査、日本地下水学会秋季講演会講演予稿集, pp.102-105, 2017.
- (10) 時津光・竹内真司・鈴木誠・齋藤裕己・大瀧修平・田嶋康史郎・吉田竜矢・後藤和幸: 浅層帯水層におけるトレーサ試験、第 27 回環境地質学シンポジウム論文集, pp.5-10, 2017.