

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

(受託者) 公益社団法人 地盤工学会

(研究代表者) 東畑郁生 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术と人材育成に関する検討委員会委員長

(再委託先) 早稲田大学、千葉工業大学

(研究期間) 平成27年度～31年度

1. 研究の背景とねらい

今後40年にもわたる福島第一原子力発電所の廃止措置には、地盤工学・土木工学の技術の活用は必要不可欠であるとともに、原子力工学分野の学術知見にも精通した地盤工学・土木技術者教育が求められる。そこで本研究課題では、2015年度に引き続き公開された「原子力損害賠償・廃炉等支援機構(2016):東京電力ホールディングス(株)福島第一原子力発電所の廃炉のための技術戦略プラン2016,2016年7月13日」に基づき、地盤工学・土木工学の観点から、実効性の高い研究及び技術開発を行うと共に、それを支える次代の技術者を育成する教育プログラムの構築をねらいとして研究推進を行っている。2015年の技術戦略プランでは優先順位により3つに分類された主要なリスク源のうち、可及的速やかに対処すべき「汚染水等」については既に対策が進められているという認識の下、周到な準備を必要とし、数多くの課題にチャレンジしなければならない「燃料デブリ取り出し」と「長期的な措置を要する廃棄物対策」の検討を実施するとされ、これは引き続き2016年度の技術戦略プランにおいても踏襲されている。そこで、本研究では「燃料デブリ取り出し」及び「長期的な措置を要する廃棄物対策」に焦点を当てると共に、福島第一原子力発電所でこれらの作業を実施するにあたり、安全確保の観点から必要不可欠となる工事環境や工事に伴う周辺環境への影響評価も取り上げ、このような狙いを達成すべく、次のテーマ①～③を基盤研究として実施する。また、図1に下記の基盤研究テーマの相関を模式図として示す。

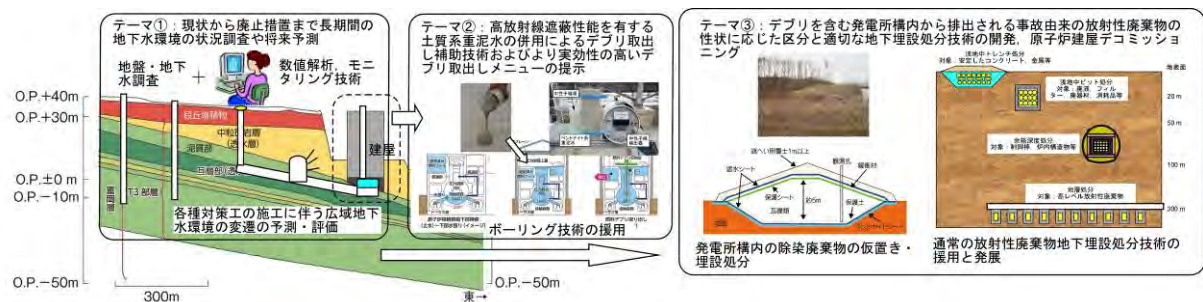


図1 各基盤研究で予想される成果の福島第一原子力発電所の廃止措置への適用の概念図

テーマ①: 現状から廃止措置までの長期間の地下水環境・作業環境の状況調査と将来予測

高精度かつ広域な地下水状況の把握、特に放射性物質濃度の地下分布の高精度測定と将来予測技術を開発する。また、福島第一原子力発電所構内で行われる工事の安全性や資材搬入経路選定などに活用するため、極めて高精度かつ長期将来に適用可能な地下水調査・予測技術を構築する。さらに、開発した技術は廃止措置までの地下水モニタリングにも応用する。

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、炉心溶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

平成 27 年度より地盤工学会に設けた「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术と人材育成に関する検討委員会」(以下、廃炉地盤工学委員会と記述)の活動において、廃炉プロセスと体系化した学問単元(地盤力学・地盤環境学・地盤材料学・地盤施工学)に基づき、廃炉事業における地盤系技術の位置付けや技術の発掘を行い、廃炉地盤工学技術マップの内容を拡充した(図 2 参照)。

また、整理・提案された廃炉シナリオについて評価・検討を実施した(図 3 参照)。この検討結果は地盤工学的技術を活用したシナリオの創出、および、その実効性の評価に結び付ける予定である。

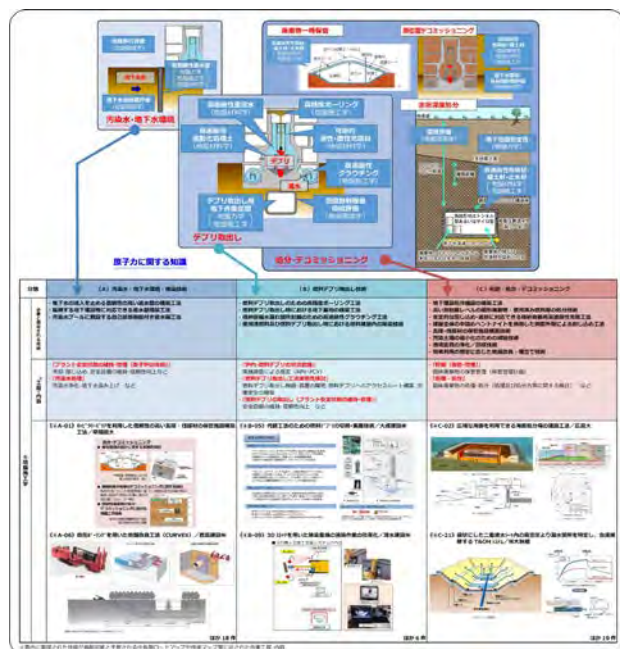


図 2 廃炉地盤工学技術マップ (抜粋)

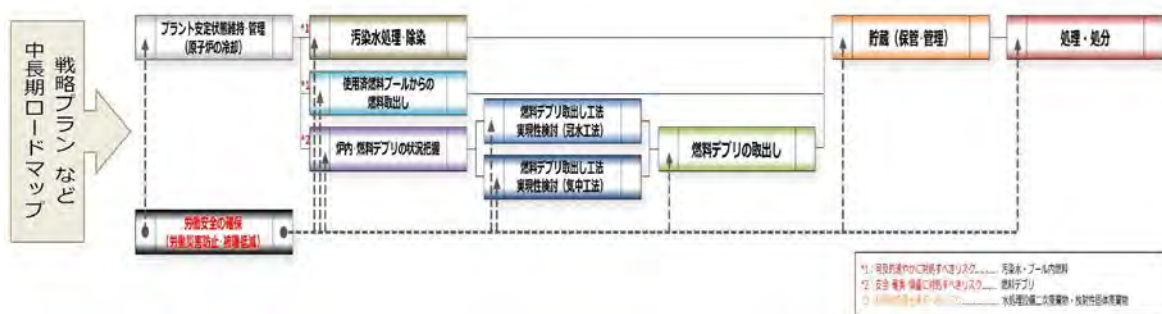


図 3 ロードマップ・戦略プラン等より導かれた基本的なシナリオ (案)

また、廃炉地盤工学委員会及び各種WGにおける検討の深度化に向けて、福島第一原子力発電所の視察、関連する学術研究機関や企業との情報交換、IAEA マドリッド会議における海外関連機関からの情報収集等を行い、これら情報の共有を図った。

② 廃炉地盤工学教育システムの構築

委員会での検討結果に立脚し、廃炉地盤工学のシラバスを試作するとともに、早稲田大学、千葉工業大学等で模擬的授業を実施し、内容の深化を図る。なお、この結果は、廃炉地盤工学委員会にフィードバックし、廃炉地盤工学の内容の更なる充実に役立てる。

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／土木技術者や原子力技術者および一般社会における認知度を向上させるため、講演会や地盤工学会年次大会における特別セッション等を開催するとともに、地盤工学会のホームページ内に当プログラムのホームページを開設し、これらの告知を行っている。一方、土木学会などの関連学会の大会に参加し、当プロジェクトの活動内容の発信、及び関連情報の収集を継続的に実施中である。

(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）

平成 27 年度の実験結果（図 4 参照）からデブリ取出し補助に有効である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した。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な評価を試みている。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予定である。

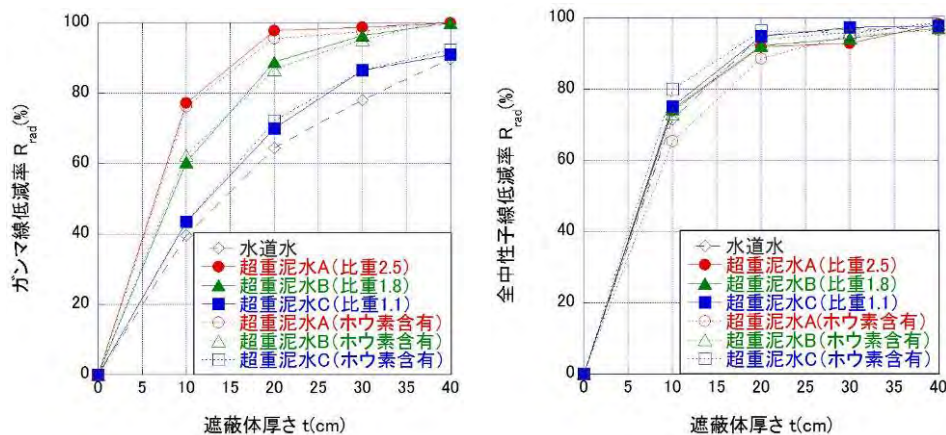


図 4 超重泥水のガンマ線および全中性子線の遮蔽特性データの一例

(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）

室内土層実験で、流量から得られた流速 v_1 と流向流速計から得られた流速 v_2 の測定値を比較した（図 5 参照）。これらの結果より、流向流速計からダルシー流速を精度よく測定可能で、ガラスビーズの流速でも、珪砂 5 号の流速の 1/5 程度であることが確認された。この要因には、屈曲率や土の粘性抵抗、有効間隙率などが挙げられる。そこで今後は、間隙率と有効間隙率に着目し、トレーサー試験より実際の要因を確認する予定である。

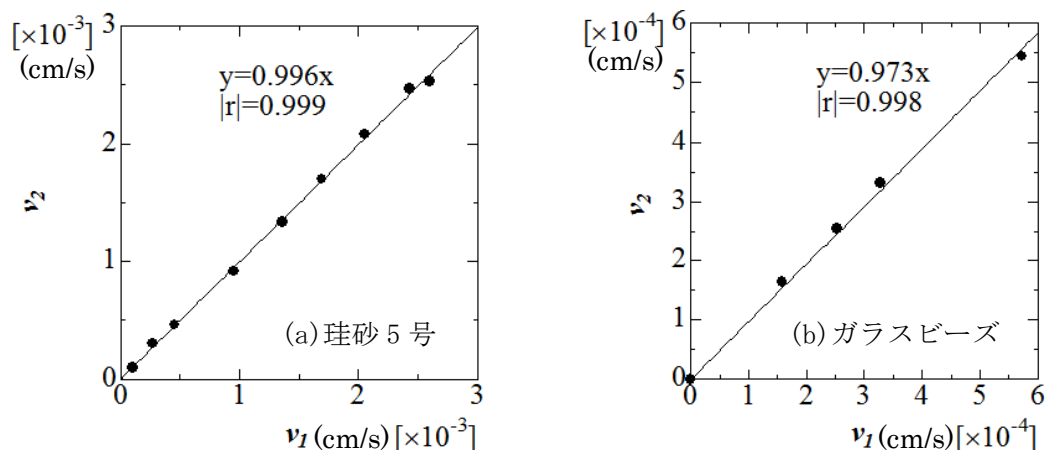


図5 測定法の違いによる流速の比較

また、現場での地下水流動を把握するため、平成27年度の検討成果に基づき、9月末よりボーリング孔を掘削し、現場実証試験を実施する。さらに、浸透流解析・物質移行解析のためのクラスタマシンに静音対策を施し、数値解析のプロトタイプの開発として現地を対象とした概略地下水流動解析を目的に、現状でもっとも効率的な16ノードでの並列計算を実施している。

3. 今後の展望

再委託先の研究成果を整理し、廃炉地盤工学委員会を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、大学における卒業研究・修士研究を通じて、原子力分野と協働できる土木技術者の育成を行う。

4. 参考文献

- (1) Komine, H. : “Radiation shielding experiments of geo-material for recovery from the Fukushima I nuclear power plant accident”, Geo-Environmental Engineering 2015.
- (2) 齋藤祐磨, 小峯秀雄, 成島誠一, 新井靖典, 水野正之, 氏家伸介, 佐古田又規, 吉村貢, 鈴木聡彦, 井上恵介, 後藤茂: 福島第一原子力発電所の燃料デブリ取り出し・事故由来廃棄物を想定した重泥水・土質材料の放射線遮蔽効果の評価, 第11回環境地盤工学シンポジウム発表論文集, p483-488, 2015
- (3) 氏家伸介, 長江泰史, 成島誠一, 新井靖典, 稲元祐二, 水野正之, 佐古田又規, 齋藤祐磨, 小峯秀雄: 変形追従型放射線遮蔽材の開発, 第11回環境地盤工学シンポジウム発表論文集, p. 471-478, 2015
- (4) 稲元祐二, 成島誠一, 長江泰史, 水野正之, 氏家伸介: 高比重変形追従材を用いた放射能汚染貯蔵技術の開発, 第11回地盤工学シンポジウム発表論文集, 2015
- (5) Komine, H. : “Radiation shielding experiments of geo-materials for recovery from the Fukushima I nuclear power plant accident,” Geo-Environmental Engineering 2015, Concordia University, Montreal, Canada, May 21-22, (2015) (In CD-ROM).
- (6) Komine, H., Towhata, H. and Narushima, S. : “Environmental geotechnics and education initiatives for recovery from the Fukushima I Nuclear Power Plant accident,” Proc. The 15th Asian Regional Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, 1983-1986, (2015)