

## 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

早稲田大学 正会員 ○小峯 秀雄 フェロー会員 後藤 茂  
 関東学院大学 フェロー会員 東畑郁生  
 千葉工業大学 フェロー会員 鈴木 誠  
 パシフィックコンサルタンツ 正会員 菱岡宗介  
 電力中央研究所 正会員 渡邊保貴

### 1. 目的

土木工学は、原子力発電所の立地・建設技術に大きく貢献してきた。また、放射性廃棄物処分事業においても、建設工学の観点から数多くの技術的支援を行うとともに、新しい技術の開発を行っている。一方、2011年3月11日の東日本大震災において事故を生じた福島第一原子力発電所に関しても、土木工学は、今後行わなければならない廃止措置へも貢献することが求められている。このような背景から、土木工学のうち特に地盤工学の観点から、廃止措置に貢献するべく地盤工学会では、著者らを幹事団とする「廃炉地盤工学委員会」を設立しスタートさせた。福島第一原子力発電所の廃止措置は現在、多くの原子力工学分野の技術者たちを中心に技術的なプランの議論がなされている<sup>1)</sup>。本論文では、参考文献1)で示されている廃炉のための技術戦略プランについて、先の「廃炉地盤工学」の観点から概略的な検討を行い、技術戦略プランを実現するために必要と思われる学術や技術開発の各項目を明らかにする。

### 2. 技術戦略プランから考えられる学術および技術開発の各項目

参考文献1)の技術戦略プランでは、「福島第一原子力発電所の廃炉作業は、事故に由来する通常の原子力発電所にはない放射性物質によるリスクを継続的に下げるための取り組みであり、当該戦略プランは中長期のリスク低減戦略の設計と言え、その策定に当たり、安全、確実、合理的、迅速、現場指向という5つの基本的考え方を定め、リスク低減の優先順位付けをして今後の取り組みをまとめている」とされている。そして具体的には、主要なリスク源を優先順位により3つに分類し、そのうち、可及的速やかに対処すべき汚染水等のリスクについては既に対策が進められているという認識の下、戦略プランでは周到な準備が必要であり、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ている。前者の「燃料デブリ取り出し」は、原子力工学をはじめとするすべての工学分野はもちろんのこと、土木工学においても、いまだ経験したこともなく、かつ、非常に難しい課題であることは明らかである。一方、後者の「長期的な措置を要する廃棄物対策」については、各種放射性廃棄物の処分事業や環境省が主導している除染事業において、多くの土木工学技術が活用されるとともに、さらなる最適化を目指した新しい土木技術として進められている。

以上のような背景と参考文献1)の論点から、図1~3に、地盤工学分野において優先されるべき学術および技術開発事項を、技術戦略プランの廃炉プロセスの時間経過を想定して概念図として示した。

図1は、現状から廃止措置完了までの期間、安全な作業環境を確保するために必要となる地盤工学の学術項目の概念図である。放射性物質の移動は主に、地下水流動に依存することから、高精度に地下水移行を予測することが求められる。特に、廃止措置に向けて様々な対策工が施されることが予想されるが、それに伴う作業環境の改変による環境変化を予測し、事前に危険な個所などを抽出することが求められる。また、単に将来の環境変化予測だけでなく、実際の環境状況を測定する高精度なモニタリング技術も必要となる。

図2は、燃料デブリ取り出し技術と必要な地盤工学の学術項目を示した。燃料デブリ取り出し技術自身は、おそらく原子力工学や機械工学の分野が主体的に行うものと思われる。しかし、現在の技術戦略プランでは、

キーワード 福島第一原子力発電所, 廃止措置, 廃炉地盤工学, 燃料デブリ, 廃棄物処分

連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保3-4-1 早稲田大学理工学術院 社会環境工学科 TEL03-5286-2940

燃料デブリの取り出しに、地盤・地質調査で使用されるボーリング技術や切削等で使用されるウォータージェットやレーザー切削を援用することが考えられている。ボーリング技術において地盤工学では、その補助技術として様々な泥水作製技術が開発されている。今般の原子炉格納容器から燃料デブリを取り出す際の大きな課題は、高放射線環境での切削になる点にある。そこで、デブリ取り出しの際に使用する泥水に高い放射線遮蔽性能を有する技術開発等が必要となる。早稲田大学の研究チームは、土質系材料の保有する放射線遮蔽性能の観点から、高放射線遮蔽性能を有する超重泥水の開発などを進めている<sup>2)</sup>。

図3は、長期的な廃棄物対策と必要となる地盤工学の学術項目を示した。図2に示した燃料デブリ取り出しに向けた工事において、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・処分が未解決の課題になっている。また、取り出されるデブリも含め、解体される原子炉建屋の処分、すなわちデブリ取り出し後の原子炉建屋のデコミッションングも解決しなければならない課題である。これらについては、福島県で実践された除染土の処理技術<sup>4)</sup>や土木工学・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と処分シナリオの構築が必要となる。

図1~3に示す廃炉プロセスを支える地盤工学の学術項目を大別すると「地盤力学」、「地盤材料学」、「地盤環境学」に加え、今まで大学教育において力が注がれにくかった「地盤施工学」が重要であると考えられる。

### 3. 廃炉プロセスへの土木工学・地盤工学の観点からの提言

参考文献1)に示される技術戦略プラン、そしてそれを基とする中長期ロードマップは、廃炉プロセスの基本である。しかし、土木工学や地盤工学の観点から、中長期ロードマップの作業工程における不確実性またはリスクの高い事象を洗い出し、代替案やより実効性のある対策技術を提言することも重要である。例えば参考文献2)で開発されている技術を封じ込め技術として利用する等、中長期ロードマップの実施が困難になった場合には有効になる可能性もある。このような提言が、より確実性の高いプランに結び付くと考える。

#### 参考文献

- 1) 原子力損害賠償・廃炉等支援機構 (2015) : 東京電力 (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 2015~2015年中長期ロードマップの改訂に向けて~, 平成27年4月30日
- 2) 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 : 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 (投稿中)
- 3) 高畑修, 熊田正次郎, 安藤淳也, 宮口新治, 石山宏二, 保高徹生, 小峯秀雄 (2015) : 道路維持管理に伴い発生する放射性物質含有土への土壌洗浄工法の適用性評価, 地盤工学ジャーナル Vol.10, No.4, 489-502.

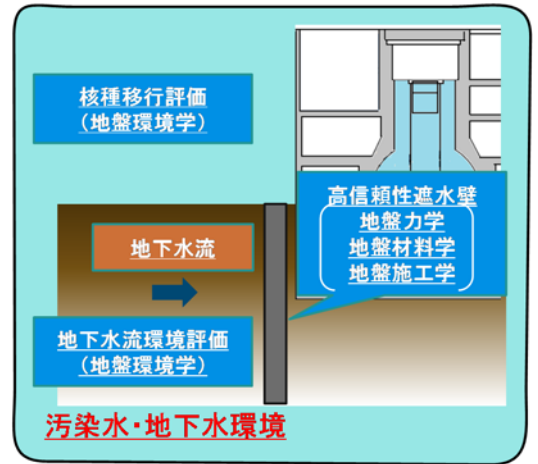


図1 作業環境保全のための地下・地盤環境評価と必要な地盤工学の学術項目

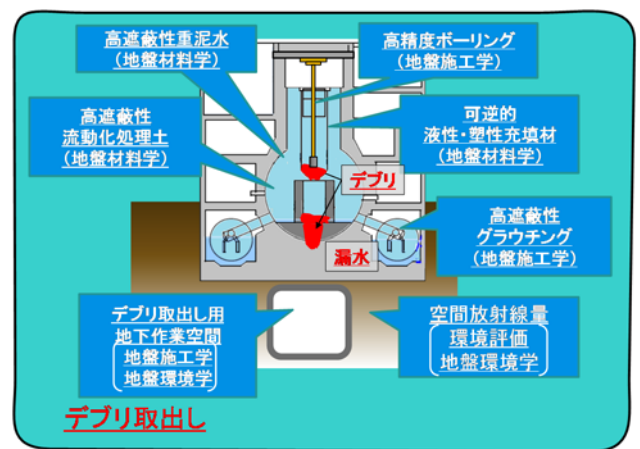


図2 燃料デブリ取り出し技術と必要な地盤工学の学術項目

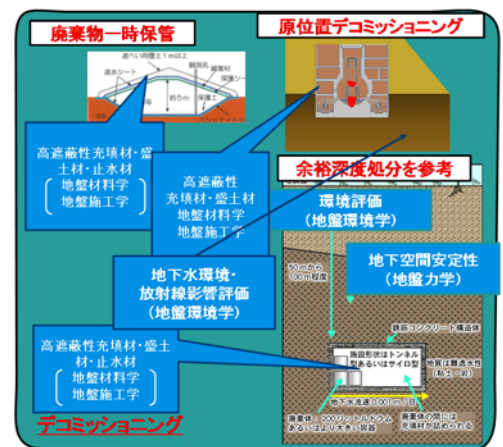


図3 長期的な廃棄物対策と必要な地盤工学の学術項目