

(様式 2)

## 提案課題全体の研究・人材育成計画

## 1. 全体計画

## 1-1 課題目標

本課題の目標は、2015年7月現在、今後40年にわたる福島第一原子力発電所の廃炉事業に向けて、地盤工学技術の高度化を進めながら、現状から廃止措置に至る事業に、同技術の面から貢献する志の高い技術者を育成することである。地盤工学は、自然の産物を対象として発展してきた技術であり、不確実な事象に対応するべく「広域地下水流動評価技術」、「土質系新材料の開発」、「新しい地盤改質技術」、「多様な地下掘削技術」および「各種廃棄物処分技術」の構築を進めている。本課題では原子力特有の条件や考え方も融合し、これらの技術をすべて総合化し、福島第一原子力発電所事故の廃止措置・収束技術として新たに体系化する。具体的には、①高度かつ緻密な地下水調査・地下水流動解析技術による広域環境の現況評価と将来予測、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、③地盤工学技術を活用した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である。これらの研究・技術開発活動を通じて、総合化した技術を原子力技術者と協働してオペレーションできる新しい地盤工学技術者の育成プログラムを構築する。そして、発電所構内環境評価・デブリ取出しから廃止措置事業までを地盤工学の観点から貢献する技術産業を創出し、若者が将来の職業として魅力を感じる産業の育成とともに、東京電力福島第一廃炉推進カンパニー等への人材輩出および実効的な技術支援を行う。

## 1-2 研究効果、人材育成効果、発展性

本研究課題は、現在までに継続的に開発・高度化されてきた広域の地下水環境評価技術、地盤改質・新材料開発、多様な掘削技術、各種廃棄物処分技術を総合化するものである。福島第一原子力発電所事故の廃止措置・収束には、これらの技術の本質をすべて理解し、かつ、現場の状況に応じて発展させることのできる人材が必要不可欠である。本課題中の教育プログラムは、それに応える人材を育成することに特化したものである。さらに、本プログラムの研究成果を、地盤工学が大いに貢献してきた原子力発電所建設技術に融合することにより、立地・建設から放射性廃棄物処分、廃止措置までを一貫して担うことのできる技術産業を創出し発展できると考えられる。この発展は、海外に対して大いにアピールでき、国内外に新たな原子力産業の創出として位置づけ、日本の技術力を主張できるものと考えられる。実際、地盤工学分野の学生の就職においても、東京電力をはじめとした電力各社、エネルギー基盤研究機関である JAEA や電力中央研究所、民間企業にも、人材を供給してきた実績から、本研究課題において育成される人材は、確実に廃止措置を担う企業体に進むことが考えられる。

## 1-3 有効性

2015年7月現在、福島第一原子力発電所内の汚染水対策等に地盤工学分野で培われ発展してきた技術が大きく寄与している。具体的には、地下水流動予測や凍土壁、薬液注入、表面遮水技術、地下水くみ上げ工法である。地盤工学では、常に、現場で使用することを前提とした技術開発を行っており、それ故にこそ、自然の産物である地盤の中で技術目標の達成を可能としている。例えば、数多くの実績に基づき広域環境評価を高度化すれば、今後40年の廃炉事業期間における環境予測とモニタリングが可能である。デブリ取出しから廃止措置の作業において、地盤工学を活用する最大の優位点は「土・地盤と地下水の持つ高い放射線遮蔽性能」である。高い放射線遮蔽性能を有する土質系新材料の開発やこれを併用したボーリングのデブリ取出し技術などは、より高い安全性を有する技術となる。各種放射能レベルに応じて開発してきた放射性廃棄物地下埋設地術は、福島第一発電所構内の除染廃棄物を含む原子炉建屋の解体廃棄物やデブリ等の高放射能と予想される廃棄物の各特性に応じた処分技術を提示することができる。人材育成の面では、本教育プログラムを修めた学生が魅力を感じる新産業を創出できる。このように、近い将来に廃炉事業を行わなければならない海外からも期待される産業に発展する可能性が非常に高い。

## 1-4 具体的実施内容

本研究課題では、福島第一原子力発電所の廃止措置を行う上で、工事環境および工事に伴う周辺環境への影響を評価しながら、土・地盤が有する放射線遮蔽性能を有効に活用したデブリの取出し補助、また、放射性廃棄物地下処分で開発した技術の援用による構内除染廃棄物等の埋設処分と原子炉建屋デコミッションまでを一連の技術として構築する。そこで次のテーマ①～③を基盤研究として行う。「①高度かつ緻密な地下水調査・地下水流動解析技術による広域な現況評価と将来予測」では、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。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。廃止措置までの地下水モニタリングにも応用することから、研究期間5年間を通じて実施する。「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」では、土・地盤の持つ高い放射線遮蔽性能を活用しながら、メルトダウンにより格納容器内に残置されている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。「③地盤工学技術を活用した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」では、デブリ取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、すなわちデブリ取出し後の原子炉建屋のデコミッション技術も未解決である。したがって、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（図1参照）。

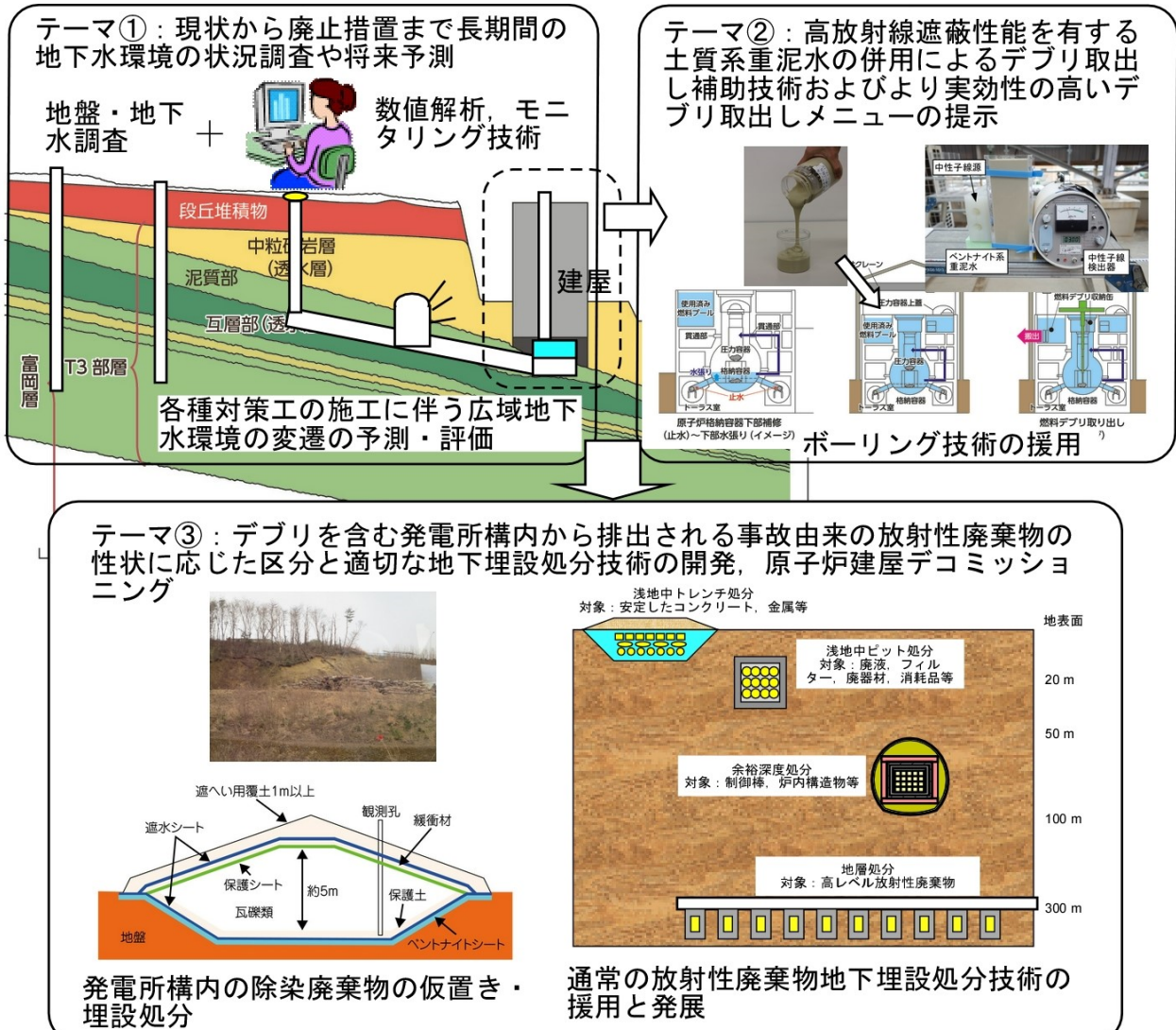


図1 各基盤研究で予想される成果の福島第一原子力発電所の廃止措置への適用の概念図

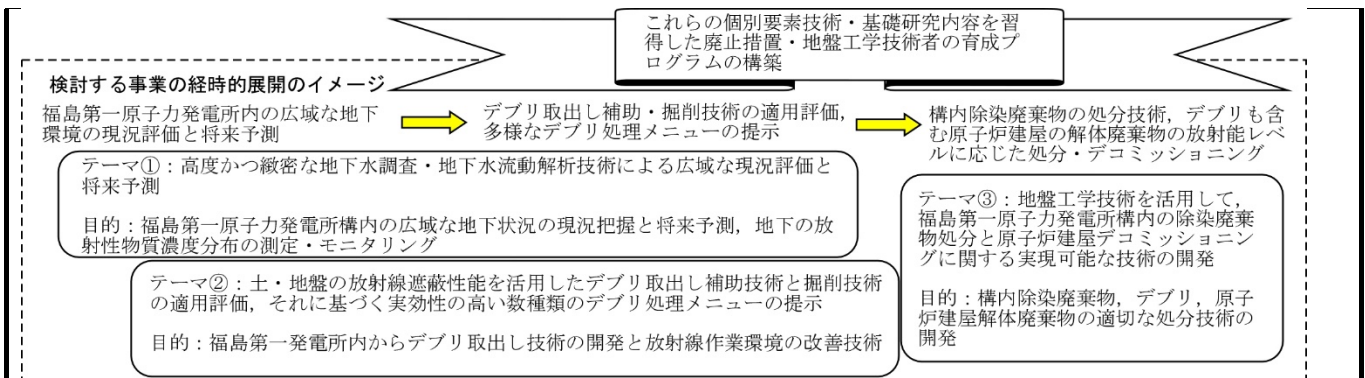


図 2 福島第一原子力発電所の現状評価からデブリ取出し，最終的な廃止措置に至るまでの時間経過個別基盤研究テーマの位置づけと連結性

上記のテーマ①から③については，当該地点の広域環境の現状把握・評価と将来予測→デブリ取出し・放射線遮蔽性能を有する材料開発・多様な処理メニュー提示→発電所構内の除染廃棄物やデブリを含めた原子炉建屋のデコミッションングという時間的な経過を考慮した研究展開としている。図 2 に，時間経過と各テーマの位置づけと連結性を示した。テーマ①については，千葉工大（鈴木誠）をリーダーに地下水調査コンサルタントとの協働の下，地盤工学会の WG で取りまとめを進める。テーマ②については，早稲田大学（小峯秀雄）をリーダーに建設会社との協働の下，地盤工学会の WG を設立し取りまとめる。テーマ③および各テーマの成果総括については，地盤工学会が中心となり，パシフィックコンサルタンツの協働の下，上記①～③のテーマの総括的取りまとめ，本研究プロジェクト全体の成果としてまとめる。なお，2015 年 7 月現在，昨年度のフィージビリティスタディ (FS) の成果の一つとして，地盤工学会の下で当該研究の成果を議論するコアメンバー（表 1 参照）を設置している。このコアメンバーには，原子力工学分野はもちろんのこと，IRID や JAEA のメンバーも参画しており，廃止措置実務と廃炉の加速に，本研究の成果を直接反映できる体制を設けている。

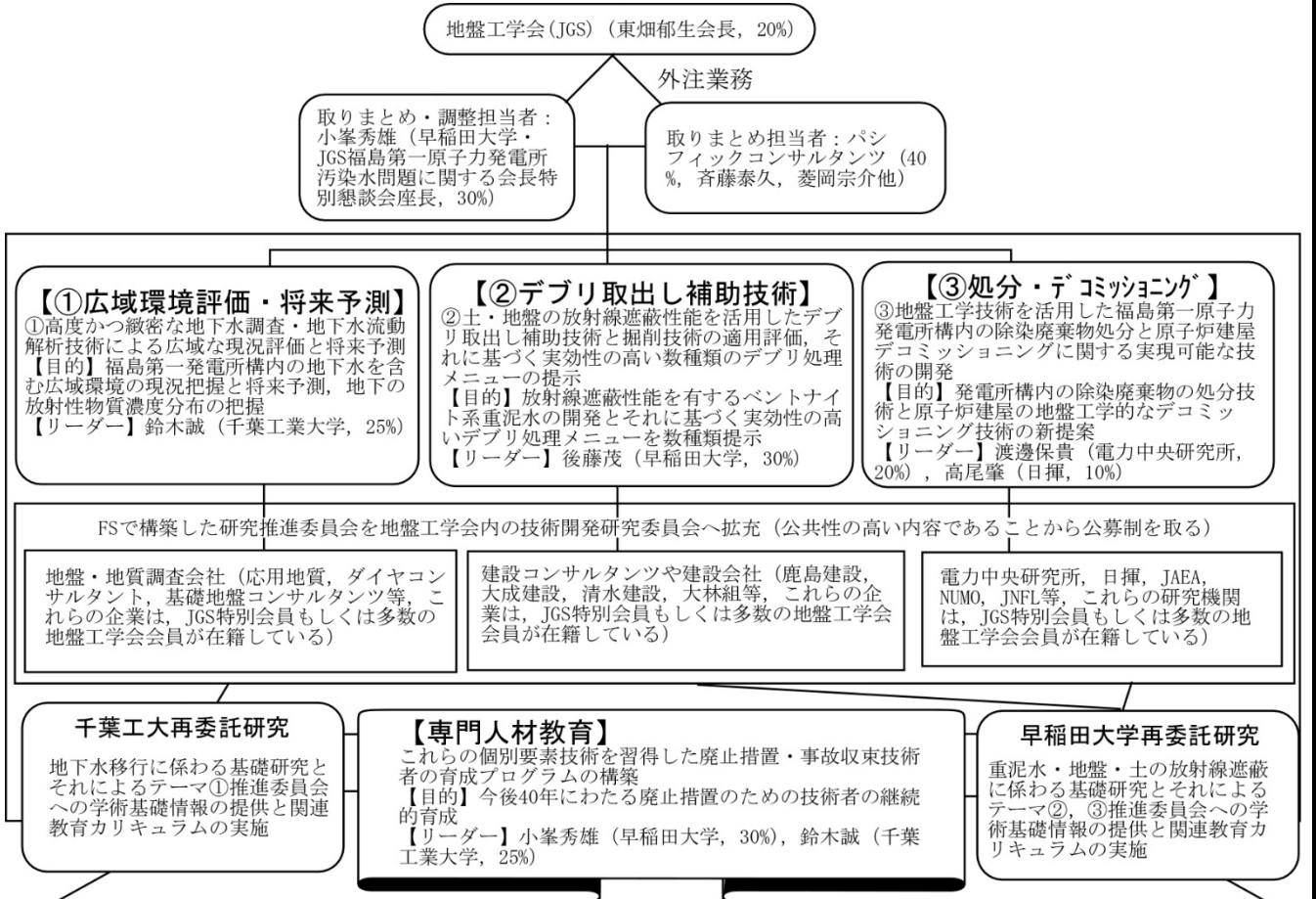
表 1 研究推進コアメンバーリスト

氏名	所属・職位
東畑 郁生	地盤工学会・会長
小峯 秀雄	早稲田大学・教授
鈴木 誠	千葉工業大学・教授
後藤 茂	早稲田大学・招聘研究員
渡邊 保貴	一般財団法人 電力中央研究所
高尾 肇	日揮（株）
斉藤 泰久	パシフィックコンサルタンツ（株）
大橋 秀昭	国際廃炉研究開発機構（IRID）
黒木 亮一郎	日本原子力研究開発機構（JAEA）
河西 基	アサノ大成基礎エンジニアリング（株）／電中研／東電
酒井 俊朗	一般財団法人 電力中央研究所
藤崎 淳	原子力発電環境整備機構

以上の基盤研究に加えて，テーマ①～③の個別基盤技術を総合的かつ体系的に修得する福島第一原子力発電所廃止措置のための技術者教育プログラムを構築する。この教育プログラムの実施については，早稲田大学（小峯秀雄）と千葉工業大学（鈴木誠）の協働により，大学学部生および大学院修士生を対象として「福島第一原子力発電所廃止措置のための地盤工学技術（仮題）」と題した講義プログラムを構築し，両大学において学部・大学院教育で実施に移す。また，地盤工学会の福島第一原子力発電所汚染水問題に関する会長特別懇談会に所属する大学教員（東大，京大等）との協働により，徐々に，本講義プログラムを日本全体に広げていく。それとともに，地盤工学会において，全国の大学生・大学院生と若手技術者を対象としたショートコースを実施する。また，学生と関連企業との接する機会として，年に一度開催されている地盤工学研究発表会において毎年，特別セッションの設け，研究成果の共有はもちろんのこと，学生も含む産官学によるパネルディスカッションを行い，廃止措置事業の重要性を学生および若手技術者に知ってもらう機会を作る。これに加えて，廃止措置に関する講習会を地盤工学会主催で行い，産学官連携を強化する。さらには，本プログラムの成果を，国際的に発信していくことを考え，本件の人材育成のための教科書を日本語および英語で発刊する。この教育プログラムはテーマ①～③の産業化と併行して推進し，学ぶ学生が廃炉という職業の重要性を理解し興味を抱くようアレンジする。

## 2. 実施体制

地盤工学は原子力事業と協働できる重要な工学技術である。汚染水対策、放射性廃棄物処分、デコミッショニングなどはすべて地盤の問題であり、地盤工学の最先端は現下の問題解決の重要な支援技術となることができる。実際、汚染水対策や放射性廃棄物処分では、地盤工学の視点から貢献している。地盤工学会には、福島第一原子力発電所汚染水問題に関する会長特別懇談会が設置されており、基盤研究テーマの検討と廃止措置に係わる人材育成を検討している。加えて、当学会には、日本の代表的な地盤・地質・地下水調査技術の専門家、建設事業の実務者、エネルギー土木に係わる機関の研究者、人材育成を本務とする大学や高専の教授が多数所属しており、常に情報交換や共同研究が実施されている。本研究体制では、先の特別懇談会メンバーである大学教授、建設会社技師長らを中心に進め、適宜、前述の基盤研究課題について研究委員会を設置し、上記の分野から広く人材を集めて研究を進める。各メンバーと企業の役割と関係を下図に示す。



福島第一原子力発電所汚染水問題に関する会長特別懇談会  
委員長 東畑郁生（地盤工学会会長, 関東学院大学教授）  
副委員長 末岡 徹（前地盤工学会会長, 元大成建設技術センター技師長）  
座長 小峯秀雄（早稲田大学教授, 元電力中央研究所）  
アドバイザー 浅岡 颯（元地盤工学会会長）  
アドバイザー 日下部 治（元地盤工学会会長）  
委員（幹事長） 後藤 茂（早稲田大学, 元清水建設）  
委員 鈴木 誠（千葉工業大学, 元清水建設）  
委員 三村 衛（京都大学教授）  
委員 勝見 武（京都大学教授）

研究成果の有効性・実効性に関する議論・取りまとめは、前述の表1に記した原子力工学分野の技術者、IRIDやJAEAのメンバーに加え、昨年度のFSにより、総勢34名からなる研究推進委員会（参画機関：内閣府、東京電力、JAEA、電力中央研究所、鹿島建設、大成建設、大林組、清水建設、パシフィックコンサルタンツ、ダイアコンサルタント）による実施体制が既に構築されている。この体制を強化して廃炉シナリオ検討委員会として再組織する。実際に廃炉事業に参画するであろう企業体の若手技術者の育成を図るとともに、修学学生の進路になるべく情報交換も行う。

### 3. 具体的な実施内容（平成 27～31 年度）

具体的な実施内容、達成目標や代表機関及び参画機関の連携・協力体制などを、年度ごとに箇条書きで記載してください。（1～2 ページ程度でまとめてください。）

特に、平成 29 年度に福島県内で本格運用開始予定の廃炉国際共同研究センター「国際共同研究棟」の活用をはじめとする、福島県内での活動等について留意して記載して下さい。

	具体的な実施内容	年度の達成目標
平成 27 年度	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) 地盤工学会内にオールジャパン体制で設置する廃炉シナリオ検討委員会（JGS オールジャパン廃炉委員会）の再組織・整備と廃炉シナリオの試設計と案出，廃炉地盤工学カリキュラムの設計開始</li> <li>2) 広域な地下水調査・地下水流動解析技術の現状評価と公開可能な原位置試験の手順の試案（千葉工大再委託）</li> <li>3) 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（早稲田大再委託）</li> <li>4) 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（早稲田大学再委託），デブリ等原子炉建屋解体に伴う放射性廃棄物区分の予備調査</li> </ol>	<p>地盤工学会内において，地盤工学的観点から実効性が高く多様な廃炉メニュー案を現行案に加えて検討できる産官学からなる委員会の再整備と活動開始する。この活動を支援する再委託研究での基礎研究を開始する。廃棄物に関する情報収集を開始する。</p>
平成 28 年度	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) 前年度に設立する JGS オールジャパン廃炉委員会における廃炉プロセスのステップごとの技術シナリオの検討と実効性の定量的評価</li> <li>2) 地盤工学会，土木学会全国大会等での廃炉に関する特別講演会やディスカッションセッションの継続実施，廃炉技術への関心度向上</li> <li>3) 廃炉地盤工学の教科書の構成やシラバスの試行的作成</li> <li>4) 福島第一原子力発電所における地下環境調査・地下水流動解析技術の適用性とその評価（千葉工大再委託）</li> <li>5) 重泥水の放射線遮蔽特性データベースの試作とそれを活用したデブリ取出し補助技術の有効性検討（早稲田大再委託）</li> <li>6) 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ベースの試作（早稲田大学再委託），デブリ等原子炉建屋解体に伴う放射性廃棄物区分のデータ拡充</li> </ol>	<p>前年度に設立する廃炉シナリオ委員会の活動を本格化し，具体的な廃炉を支援する個別技術の実効性と実現性を定量的に評価する。これらの活動の基本となる再委託先での地下水移行や土・重泥水の放射線遮蔽実験に関しては，評価法の確立やデータベース化を行い，上記委員会でいう個別技術の実効性の評価に活用する。また，以上の検討，基礎研究の成果に基づき，廃炉地盤工学のカリキュラムの試作を開始する。</p>
平成 29 年度	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) JGS オールジャパン廃炉委員会のシナリオ設計内容と再委託先の実験研究結果の融合による廃炉プロセスシナリオの実効性・実現性の評価</li> <li>2) 引き続き，地盤工学会，土木学会全国大会等での廃炉に関する特別講演会やディスカッションセッションの継続実施，廃炉技術への関心度向上，全国レベルでの技術開発状況の整理・取りまとめ</li> <li>3) 試作する廃炉地盤工学の教科書・シラバスの基づき，大学における廃炉教育の実施方法の検討開始</li> <li>4) 福島第一原子力発電所における地下環境調査・地下水流動解析技術の高度化のための基礎検討（千葉工大再委託）</li> <li>5) 重泥水の放射線遮蔽特性データベース構築とそれを活用したデブリ取出し補助技術の試設計（早稲田大再委託）</li> <li>6) 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ベースの構築（早稲田大学再委託），デブリ等原子炉建屋解体に伴う放射性廃棄物区分に基づく処分シナリオの試作</li> </ol>	<p>当該年度は，地盤工学会の廃炉シナリオ検討委員会による廃炉プロセスシナリオの実効性・実現性の評価をメインの活動と位置づけ，再委託先の基礎学術研究は，その検討性を向上させるための基礎知見のデータベースのプロトタイプを構築することである。</p>

<p>平成 30年度</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) 中間審査での意見を踏まえた JGS オールジャパン廃炉委員会のシナリオ設計内容と再委託先の実験研究結果の融合による廃炉プロセスシナリオの実効性・実現性評価の高精度化</li> <li>2) 福島第一原子力発電所における地下環境調査・地下水流動解析技術の高度検証と検証のための原位置データの取得（千葉工大再委託）</li> <li>3) 重泥水の放射線遮蔽特性データベースの拡充とそれを活用したデブリ取出し補助エシナリオと一時仮置き施設の遮蔽性能評価（早稲田大再委託）</li> <li>4) 廃炉国際共同研究センター「国際共同研究」におけるデブリや解体廃棄物の放射能レベル分析に基づく処分シナリオの試案</li> <li>5) 「地盤工学の英知を結集した福島第一原子力発電所廃止措置技術」の第二次カリキュラムの作成と模擬講義</li> </ol>	<p>中間審査での意見を踏まえて、広域地下，作業環境調査・評価，デブリ取出し補助，デブリを含む原子炉解体廃棄物の処分・建屋デコミッションングに関するより具体的な設計を行う。人材育成カリキュラムについては，教科書図書の作成と学術学会への発信を開始する。</p>
<p>平成 31年度</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) JGS オールジャパン廃炉委員会における再委託先研究成果との融合による廃炉プロセスシナリオの構築</li> <li>2) 福島第一原子力発電所における地下環境調査・地下水流動解析・原位置調査技術の体系化（千葉工大再委託）</li> <li>3) 重泥水・土質系材料の放射線遮蔽特性データベースの完成とそれらを活用したデブリ取出し補助工と一時仮置き施設の遮蔽性能の設計（早稲田大再委託）</li> <li>4) 廃炉国際共同研究センター「国際共同研究」におけるデブリや解体廃棄物の放射能レベル分析に基づく処分シナリオと処分施設の基本設計</li> <li>5) 「地盤工学の英知を結集した福島第一原子力発電所廃止措置技術」のカリキュラム完成と講義の定例化（早大，千葉工大，地盤工学会）</li> </ol>	<p>広域地下，作業環境調査・評価，デブリ取出し補助，デブリを含む原子炉解体廃棄物の処分・建屋デコミッションングに関して，研究期間全体で得られた研究および技術開発の成果の総合化を行う。人材育成カリキュラムについては，教科書図書の刊行と学術学会，海外への発信を定例化する。</p>

## 5. 事業終了後の研究成果の現場での活用及び人材育成計画

地盤工学会で設立した研究委員会を通じて構築されるメンバーおよび本教育プログラムを修得した学生を中心とする新産業を創設し、廃止措置事業への人材輩出と技術支援を行う。得られる研究成果は、実効性のある基盤技術であり、廃止措置事業の予算を投入し、本格的技術へと発展させ、福島第一原子力発電所の廃止措置工事への実用を行う。先の構成メンバーには実際の現場実務者も含まれることから、福島第一原子力発電所におけるデブリ取出しから廃止措置までの事業において、本プログラムで得た学術知見や技術を直接現場に活用することができる。また本事業を企業化し、海外にもアピールできる技術・産業へと発展させる。

人材育成においては、早稲田大学（小峯秀雄）と千葉工業大学（鈴木誠）の協働により、大学学部生および大学院修士生を対象として「地盤工学の英知を結集した福島第一原子力発電所廃止措置技術（仮題）」と題した講義プログラムを構築し、両大学において学部・大学院教育で実施に移す。また、地盤工学会福島第一原子力発電所汚染水問題に関する会長特別懇談会に所属する大学教員（東大、京大等）との協働により、本講義プログラムを日本全体に広げていく。それとともに、地盤工学会において、全国の大学生・大学院生、若手技術者を対象としたショートコースを、毎年、実施する計画である。以上に加えて、各大学において、福島第一原子力発電所廃止措置を目的として実施される博士研究、修士研究および卒業研究の成果を、広く一般に公開することを目的に、毎年開催される地盤工学研究発表会（2015年度現在、50回を数える）において、原子力発電所廃止措置を冠した学術セッションを設けて、最新の研究に関する学術情報の交換を行う。実際、2015年9月に当該特別セッションを既に企画している。このセッションには、廃止措置関連の研究所、民間企業の技術者にも成果を発表してもらい、以上の講義と研究活動で育成される学生や若手技術者を、これら廃止措置に関連する企業体への輩出と活躍の機会とする。さらには、原子力工学分野と協働での国際シンポジウム等を開催して、この活動を国際的にも展開する。

## 6. その他

本研究プログラムは、地盤工学、土木工学分野の研究者が主に活動する地盤工学会（東畑郁生会長）を中核に進めるが、取りまとめおよび主たる研究ディレクターとして、小峯秀雄（早稲田大学）、鈴木誠（千葉工業大学）、後藤茂（早稲田大学）という教育機関に所属する研究者と渡邊保貴（（一財）電力中央研究所）、高尾肇（日揮）に加え、建設コンサルタンツのパシフィックコンサルタンツが運営していく。地盤工学会を中核とする理由として、広域地下環境評価、デブリ取出しから廃止措置までの一連の技術は、自然環境の中で行われることから、極めて公共性の高い事業という認識で進められなければならない。したがって、特定の企業に偏ることなく、オールジャパンの観点から地盤工学・土木工学・地盤材料学・地盤施工学・原子力工学の融合が強く求められる。地盤工学会には、地盤工学、土木工学の技術者・研究者はもちろんであるが、JAEAや電力中央研究所、東京電力をはじめとする各電力会社の技術者、地下水調査コンサルタンツ、ボーリング技術者や放射性廃棄物処分に係わる企業も、多数加入していることから、広域地下環境評価、デブリ取出しから廃止措置までの事業に対して、オールジャパンの力を集中するのに、最適な研究推進体制を構築できる。このような観点から、前述の研究体制を提案している。

（注） 6. 留意事項とは、P10に記載されている5つの項目のことです。

(様式4)

機関別研究・人材育成計画

1. 機関名	公益社団法人 地盤工学会	2. 機関の代表研究者名(※)	東畑郁生
3. 課題名	福島第一原子力発電所構内環境評価・デブリ取出し補助から廃炉までを想定した地盤工学の新技術開発と人材育成プログラム		

4. 年次計画

本課題では、地盤工学会を中心に様式2の表1に示すコアメンバーに加え、IRIDやJAEAのメンバーも参画するオールジャパン体制で設置する廃炉シナリオ検討委員会（JGSオールジャパン廃炉委員会）の組織・整備と廃炉シナリオの設計と案出、廃炉地盤工学カリキュラムの設計を行う。特に地盤工学分野において継続的に開発・高度化されてきた技術を廃炉に向けて総合化し、福島第一原子力発電所の廃止措置を円滑化するための技術体系の構築を目指す。さらに、その技術体系を下支えするための学問体系を整備し、学生および若手技術者の教育を実施することにより廃炉技術の将来を担う人材の育成に貢献することを目的とする（図1参照）。

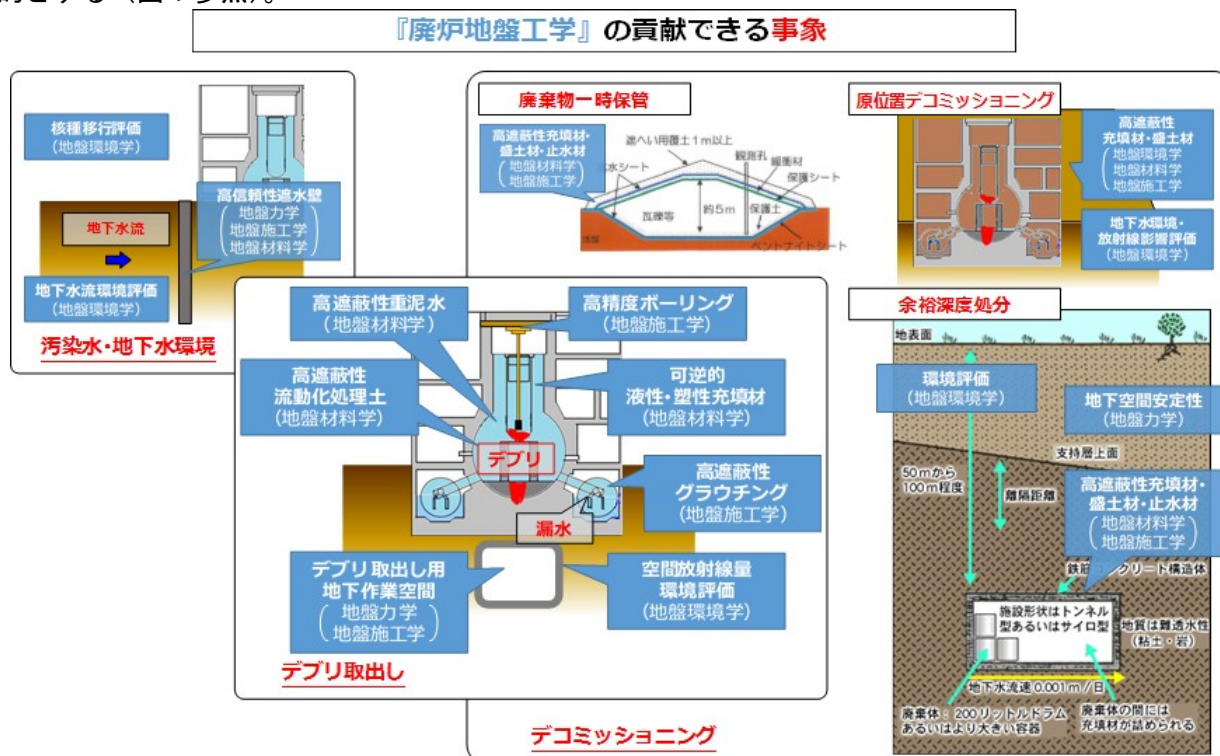


図1 廃炉地盤工学の技術と廃炉プロセスの関連のイメージ

具体的には地盤工学会の日本全国に及ぶ広いネットワークを活用して、産官学の英知を結集した廃炉シナリオ検討委員会を地盤工学会内に組織し、廃炉過程において必要とされる技術の洗い出しとその技術を活用した実現性の高い廃炉シナリオを案出・検討する。検討委員会のベースとなる研究推進委員会は、昨年度のFS研究で既に構築しており、それをベースに、さらに情熱のある会員を募り、活動の拡充を図る。

この委員会活動での基本となる基礎学術データや基礎的・実験的研究が必要となる技術については、再委託による研究成果や委員会参画機関の独自の研究成果などを基に、以下の3テーマに主眼を置き研究を展開する。

- ・テーマ①「高度かつ緻密な地下水調査・地下水流動解析技術による広域な現況評価と将来予測」  
広領域・長期間の地下水環境変動予測技術の基礎開発が必要であり、千葉工大における再委託研究の成果をベースに進める。
- ・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」  
再委託の早稲田大学での基礎学術研究による流体・半固体・固体での地盤系材料を用いた放射線遮蔽技術に関する研究成果に基づく。
- ・テーマ③「地盤工学技術を活用した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



### ショニングに関する実現可能な技術の開発」

放射性廃棄物に精通し研究実績の高い電力中央研究所と日揮（株）からの参画者と保有する研究知見を基に線量や形態に応じた廃棄物等の適正保管を支援するための検討，ならびに，処分施設の設計に資する予備検討を推進する。

これらの成果については、表1に示すように各技術を体系的に整理すると共に、随時、前述の検討委員会にフィードバックすることにより、検討精度の向上や検討の効率化を促進する。さらに、地盤工学会の広いネットワークを活用して、廃炉技術に関する年次大会での特別講演会やシンポジウム等を日本各地で開催することにより、廃炉に関する関心度を高め、廃炉に活用できる地盤系技術や人材などの結集を促進するほか、得られた研究成果についてはHP等で広く公開することを検討する。

以上の研究推進の結果として、廃炉過程で活用される地盤系技術の整備・教育を進めるために「廃炉地盤工学」とも呼ぶべき学問体系を構築する。試作した「廃炉地盤工学」の概略イメージを図1および表1に示す。

表1 廃炉地盤工学による地盤工学系技術の位置付け

	汚染水・地下水環境	デブリ取出し	デコミッショニング
地盤力学	<ul style="list-style-type: none"> <li>汚染水貯留施設の安定性評価</li> <li>遮水壁設置地盤の地震時安定性評価</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>原子力建屋下部の放射線漏洩防止処置のための地下基地の安定性評価</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>デコミッショニングの段階に沿った地盤・建屋系の地震時安定性評価</li> </ul>
地盤環境学	<ul style="list-style-type: none"> <li>原子力建屋周囲の時間的変化に対応した地下水・核種拡散シミュレーション</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>上記地下基地の空間放射線量の環境評価</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>デコミッショニング段階に沿った建屋周囲の地下水環境・放射線環境予測と評価</li> <li>余裕深度処分対応の地下水環境評価</li> </ul>
地盤材料学	<ul style="list-style-type: none"> <li>汚染水貯留プールに適用可能な高性能止水材料の開発</li> <li>遮水壁の信頼性を高める高性能遮水壁材料の開発</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>空間放射線量を低減する高遮蔽性超重泥水の開発</li> <li>デブリ視認可能な可視性超重泥水の開発</li> <li>格納容器水漏れ箇所対応可能な高遮蔽性固化泥水の開発</li> <li>デブリ一時的封込め対応可能な可逆的液性・塑性（高遮蔽性）充填材の開発</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>瓦礫・伐採材保管に適した高遮蔽性覆土材料と止水材料の開発</li> <li>余裕深度処分に対応した廃棄物空間充填材料の開発</li> <li>原位置デコミッショニングに対応できる格納容器用高遮蔽性充填材料の開発</li> <li>原位置デコミッショニングで建屋全体を覆う高遮蔽性盛土材料の開発</li> </ul>
地盤施工学	<ul style="list-style-type: none"> <li>地下水の流入を止める信頼性の高い遮水壁の構築工法</li> <li>輻輳する地下構造物に対応できる遮水壁構築工法</li> <li>汚染水プールに敷設する自己診断機能付き遮水幕工法</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>デブリ取出しのための高精度ボーリング工法</li> <li>上記地下基地の構築工法</li> <li>格納容器水漏れ箇所封鎖のための高遮蔽性グラウチング工法</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>信頼性の高い瓦礫・伐採材の保管施設構築工法</li> <li>余裕深度施設の構築工法</li> <li>原位置デコミッショニングでの格納容器用高遮蔽性充填工法</li> <li>同上での建屋全体の鋼製外殻による封込め工法</li> </ul>

これは廃炉過程を時間的経過から「汚染水・地下水環境制御」・「燃料デブリの取出し」・「デコミッショニング」に分割し、廃炉処置に活用が期待できる地盤工学系技術をリストアップしたもので、全体計画で示した基礎個別研究であるテーマ①～③も廃炉過程の時間的分割に対応した技術である。技術の抽出にあたっては、地盤工学を「地盤力学（力学的安定性評価）」、「地盤環境学（地盤内および地盤を介した空間の環境評価）」、「地盤材料学（地盤系物質の建設・施工材料としての評価）」、「地盤施工学（地盤に着目した施工シナリオの作成）」に単元分けし、必要とされる技術の洗い出しや割付を行っている。このような体系化により、廃炉に必要な技術の位置付けを明確にすることができ、必要技術の欠落や優先すべき技術、さらに既存技術の応用の可能性等を検討することができる。

なお、「廃炉地盤工学」の創成を目指す中で、人材育成の観点は二つある。一つ目の観点は、既に体系化された地盤工学を廃炉の観点から再考し、必要な学術的知見を発掘・創出（研究）・付与（再体系化）する作業を学生や若手専門家と共に行うことである。福島第一発電所構内という現場への適用を強く意識した地盤工学の習得・再履修過程では、理解度が高まるだけでなく、現場のニーズを理解した上で、学生や若手から発信されるシーズ研究へと結び付くことが期待される。即ち、次世代が自ら見つけ解決するという波及効果である。二つ目の観点は、廃炉に必要な学問と地盤工学を予め関連付けた状態で、大学の初等教育を実施するという制度的改革である。「廃炉地盤工学」を含め、廃炉に向けた人材育成に必要な教育プログラムについても、基礎テーマと同様に上記委員会を中心とした検討を行い、内容の充実をはかる。

この学問体系に即したシラバスの作成や授業の実施等を大学に再委託し、授業の他に原子力分野との情

報交換を活性化するため、インターンシップ制度を通じた学会間の人材交流を図る。学生が異分野で得た経験は、地盤工学を「廃炉地盤工学」に再体系化する上で、重要な視点となる。最終的には上記学問体系を明確にした教科書を作成し、日本の内外に広める。

#### 平成 27 年度

- ・ 廃炉シナリオ等の検討を開始するための地盤工学会内の検討委員会をオールジャパン体制で再組織・整備する（JGS オールジャパン廃炉委員会の設置）。
- ・ 上記委員会の活動を支えるために、産官学の英知を結集した支援委員会（テーマ①～③のワーキング）を再組織・整備し、地盤系廃炉技術の検討組織体制を強化する。
- ・ 上記組織の協働によって廃炉プロセスのステップごとのシナリオの案出と検討を行う。
- ・ 地盤工学会年次大会および同学会関東支部大会等で廃炉に関する特別講演会やディスカッションセッションを開催し、地盤工学分野での廃炉技術に対する関心度を高める。
- ・ 研究成果である廃炉シナリオに基づく廃炉地盤工学技術を体系的に整備すると共に、これらの情報を管理・公開するためのデータベースについて検討を行う。

#### 平成 28 年度

- ・ 前年度作成した廃炉プロセスのステップごとの技術シナリオを JGS オールジャパン廃炉委員会においてさらに検討し、実現性等の評価精度を高める。
- ・ 地盤工学会年次大会等での廃炉に関する特別講演会やディスカッションセッションを継続し、廃炉技術に対する関心度の更なる向上をはかる。
- ・ 土木学会年次学術講演会や本技術が関連する国際会議・シンポジウム等で、関連学会（原子力学会等）と協同で検討成果を発表し、地盤工学的廃炉技術の認知度を高める。
- ・ 廃炉地盤工学の教科書の作成やシラバスの作成を試行する。
- ・ 廃炉シナリオに基づく廃炉地盤工学技術の整備を継続して行うと共に、データベースの設計・試作を行う。

#### 平成 29 年度

- ・ 再委託先の実験研究結果と融合して、JGS オールジャパン廃炉委員会において廃炉プロセスシナリオの実現性を評価する。
- ・ 地盤工学会年次大会等における廃炉に関する特別講演会やディスカッションセッションを継続し、廃炉技術に対する関心度の更なる向上をはかる。
- ・ 土木学会年次学術講演会や本技術が関連する国際会議・シンポジウム等で、関連学会（原子力学会等）と協同で検討成果を発表し、地盤工学的廃炉技術の認知度を高める。
- ・ 試作された廃炉地盤工学の教科書やシラバスのもとに大学における廃炉関係の教育のあり方を検討する。
- ・ 廃炉地盤工学技術のデータベースの試行運用を行うと共に、研究成果である技術情報の拡充・整備を進める。

#### 平成 30 年度

- ・ 再委託先の実験研究結果と融合して、JGS オールジャパン廃炉委員会において廃炉プロセスシナリオの実現性を評価する。
- ・ 地盤工学会年次大会等において廃炉に関する特別講演会やディスカッションセッションを継続し、廃炉技術に対する関心度の更なる向上をはかる。
- ・ 土木学会年次学術講演会や本技術が関連する国際会議・シンポジウム等で、関連学会（原子力学会等）と協同で検討成果を発表し、地盤工学的廃炉技術の認知度を高める。
- ・ 試作された廃炉地盤工学の教科書やシラバスのもとに大学における廃炉関係の教育のあり方を検討する。
- ・ 廃炉地盤工学技術のデータベースの完成。なお、研究成果である技術情報の拡充・整備を継続する。

#### 平成 31 年度

- ・ 廃炉地盤工学関連の教科書を JGS オールジャパン廃炉委員会にて作成する。
- ・ 地盤工学会年次大会等での廃炉に関する特別講演会やディスカッションセッションを継続し、廃炉技術に対する関心度の更なる向上をはかる。
- ・ 土木学会年次学術講演会や本技術が関連する国際会議・シンポジウム等で、関連学会（原子力学会等）と協同で検討成果を発表し、地盤工学的廃炉技術の認知度を高める。
- ・ 検討した廃炉プロセスを整理し、本課題での活動結果をまとめる。
- ・ 廃炉シナリオに基づく廃炉地盤工学技術のデータベースの本運用（公開）を実施する。

5. 平成27年度における業務の内容（業務項目別に具体的に記載してください。本事業で実施するもの以外の事業等と組み合わせて実施する場合は、全体について記載し、そのうち、本事業で実施する部分分かるようにしてください。）

- ・ 廃炉シナリオ等の検討を開始するための地盤工学会内の検討（コア）委員会を再組織・整備する。  
地盤工学会汚染水問題会長特別懇談会を主体にしたコア委員会を、廃炉過程のシナリオ検討に要求される知識・技術を具備した人材の参入を図ることにより本課題の推進組織を強化する。
- ・ 上記委員会の活動を支えるために、産官学の英知を結集した支援委員会を再組織・整備し、地盤系廃炉技術の検討組織体制を強化する。  
建設会社や建設コンサルタンツまで含めた支援委員会に更に材料メーカーや専門家等の参入を促し、課題に対する検討精度の向上や効率化を図れるようにする。
- ・ 上記組織の協働によって廃炉プロセスのステップごとのシナリオの案出と検討を行う。  
具体的イメージを持って廃炉過程のシナリオ作りを行い、廃炉に必要な技術を明確にするとともに、現有技術での充足性や新技術の要求性能および実現性等を精度高く検討する。
- ・ 地盤工学会年次大会および同学会関東支部大会等で廃炉に関する特別講演会やディスカッションセッションを開催し、地盤工学分野での廃炉技術に対する関心度を高める。また、他学会も含めて広く情報を収集する。  
地盤工学会および土木学会の年次大会では特別講演会の実施や関連研究の発表を予定しており、2015年秋に日本で行なわれる地盤工学関連のアジア地域最高会議では広く海外の情報を収集するとともに、海外の研究者とわが国の廃炉技術に関する意見交換を行う。
- ・ 廃炉工学技術に関する技術の体系的な整備及びデータベース構築のための検討  
作成した廃炉シナリオとこれに沿った廃炉に必要な技術について、技術的選択肢（メニュー）を提示しつつ体系的に整備すると共に、将来的な公開に向けたデータベース構築のための検討を行う。

6. 業務の実施場所、責任者及び分担実施者

業務項目	実施場所（機関名、所在地）	責任者（氏名、ふりがな、所属、役職、連絡先：Tel, Fax, E-mail）
廃炉過程に即したシナリオ作成および地盤工学的新技術の検討と人材育成プログラム作成	公益社団法人 地盤工学会 〒112-0011 東京都文京区千石 4-38-2	とうはた いくお 東畑 郁生 公益社団法人 地盤工学会 会長 Tel:03-3946-8677, Fax:03-3946-8678, E-mail: towhata.ikuo.ikuo@gmail.com
業務項目	実施場所（機関名、所在地）	分担実施者（氏名、ふりがな、所属、役職、連絡先：Tel, Fax, E-mail）
廃炉シナリオ素案構築および廃炉地盤工学技術メニュー検討	パシフィックコンサルタンツ(株) 〒206-8550 東京都多摩市関戸 1-7-5	さいとう やすひさ 齊藤 泰久 パシフィックコンサルタンツ(株) 地盤技術部長 Tel:042-372-7365, Fax:042-372-1859, E-mail:yasuhisa.saitou@tk.pacific.co.jp

7. テーマに関連してこれまで受けた研究費と成果等

平成26年度文部科学省 国家課題対応型研究開発推進事業廃止措置等基盤研究・人材育成プログラム委託費：汚染水対策・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（フイジビリティスタディ）（代表：東畑郁生）

※：主委託先の場合は事業代表者、再委託先の場合は研究責任者

(様式4)

### 機関別研究・人材育成計画

1. 機関名	学校法人早稲田大学	2. 機関の代表研究者名(※)	小峯秀雄
3. 課題名 (再委託先機関はサブテーマ名)	テーマ②デブリ取出し補助, テーマ③廃棄物処分に貢献する重泥水・土質材料の放射線遮蔽実験および同実験を「地盤工学の英知を結集した福島第一原子力発電所廃止措置技術」のカリキュラムの構築と人材育成		

#### 4. 年次計画

早稲田大学においては、再委託として、個別基盤研究テーマ②デブリ取出し補助およびテーマ③廃棄物処分に貢献する基礎学術情報の提供のための重泥水・土質系材料の放射線遮蔽実験を行う。これにより、重泥水仕様や土質・地盤条件に応じた中性子線およびガンマ線の遮蔽データベースの構築を行う(図1参照)。このデータベースは、デブリ取出し補助技術としての重泥水工法の設計や構内除染廃棄物の一時仮置き施設の覆土材設計や処分・デコミッションングの各種施設の放射線遮蔽の性能評価に直接貢献するものとなる。

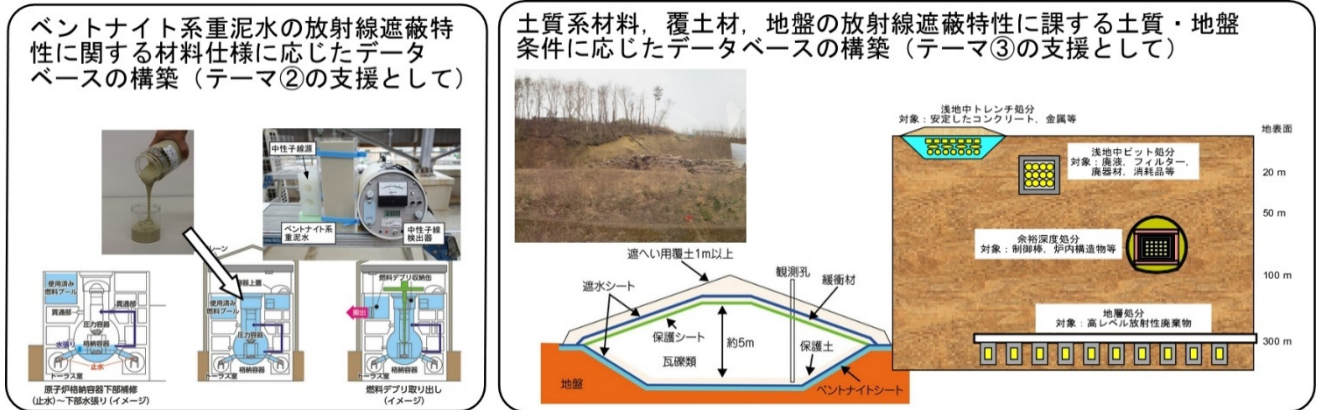


図1 重泥水、土質系材料の放射線遮蔽特性データベースとデブリ取出し補助、処分・デコミッションングへの展開

また、地盤工学会のリーダーシップにより構築する「地盤工学の英知を結集した福島第一原子力発電所廃止措置技術」のカリキュラムのうち、テーマ②③に該当する放射線遮蔽実験の教育も含む講義内容を提案する。人材育成は、1. 卒業研究・修士研究・博士研究を通じて、廃止措置に向けた実践力を有する本格的技術者育成と 2. 基盤の基礎学習力の育成を目的とした講義により構成する。原子力発電所からのデブリ取出しから廃止措置という、今だかつて人類が経験したことのない事業であることから、国内外において大いなる技術進展が想定され、それを体系化し「廃炉地盤工学」と位置付けて、国際的な教材および講義として、世界に向けて発信することを目指す(図2参照)。これにより、世界的な需要の増加が見込める廃炉産業を創出でき、志の高い学生を育成する。そして日本の原子力産業の国際競争力を一層高めることに寄与する。

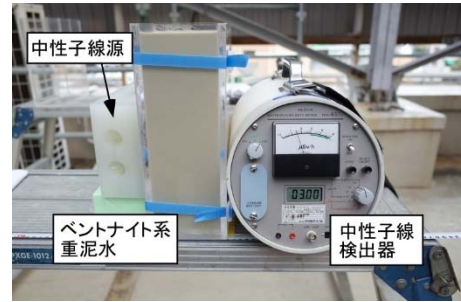


図2 本テーマの主要構成イメージ(右: 学生研究を通じた本格的技術者育成, 中央: 学部・大学院における講義教育の例, 和文・英文による教科書・教材の作成)

以下に、各年度の実施内容を記す。

**平成 27 年度：重泥水および各種覆土材料の放射線遮蔽実験と当該分野の廃炉地盤工学のカリキュラム試作，模擬授業のための情報収集：**個別基盤研究テーマ②および③に貢献する基礎学問として，重泥水・覆土材のガンマ線と中性子線の放射線遮蔽特性に関する知識が必要である。従来の地盤工学や土木工学では，このような放射線に関する知識や実験を学部学生に教育していないことから，本研究では，この実験

のカリキュラム化の可能性を調査するとともに，テーマ②，③で必要となる放射線遮蔽性能データの取得を開始する（右写真参照）。また，廃炉地盤工学のカリキュラムの試作のため，福島第一原子力発電所の現在から廃止措置までに想定される事象を整理するとともに，廃止措置に向けて必要とされる地盤工学の知見を，学生に研究指導と講義をできるように整理する。具体的には，前述の個別基盤研究テーマ②，③に関連して，新しい基盤研究課題とそれぞれの物理基礎をベースにしたカリキュラムの構築を開始する。例えば，②については，泥水・土質改良材の開発



において重要な土の物理化学的性質，土性論や掘削施工技術において重要な土のせん断特性評価や土圧論をベースに，ボーリング技術や日本が世界に誇る地下掘削技術を含む地盤施工学に関する講義を，③について，放射性廃棄物の環境影響評価を理解するための環境地盤工学の基礎知識を教授するとともに，福島県内の除染廃棄物の処理・処分，放射性廃棄物処分技術の現状と廃止措置に向けた基盤研究および技術開発課題を抽出する。各テーマの講義内容については 4~5 回の講義のカリキュラムを試作する。また，平成 28 年度に向けて，上記に予備的に準備する教材を使った模擬授業を高校等で実施することを考え，具体的な高校と進路指導室へのアポイントと模擬授業実施のための情報交換を開始する。

廃止措置に向けた実践力を有する本格的技術者育成については，上記に抽出したデブリ取り出しから廃止措置までの基盤研究課題・技術開発課題について，卒業研究・修士研究・博士研究を通じて研究を開始する。上記②③のテーマに基づき，先述の写真に示す重泥水・土質系材料の放射線遮へい特性に関する基礎研究を開始する。

**平成 28 年度：重泥水および各種覆土材料の放射線遮蔽特性データベース作成開始と当該分野の廃炉地盤工学の第一次カリキュラム作成，模擬授業の実施：**前年度から検討を開始したテーマ②③に関連する重泥水および各種覆土材料の放射線遮蔽特性データベース構築を目指し，各材料の仕様に相当する物理量を抽出し，ガンマ線および中性子線の遮蔽特性との関係を明確にするべく実験条件を多様化・拡充して放射線遮蔽実験を実施する。また，卒業研究等を通じて実践的技術者の育成を行う。前年度までに得られた成果を，地盤工学研究発表会（年 1 回の全国大会）において担当学生を中心に発表・報告する。その際，ディスカッションセッションを両大学において主催し，本プロジェクトに関心を持つ大学や企業を募ることとする。これらの大学や企業と協働して，次年度の基盤研究テーマの選定や議論を行うとともに，次年度の地盤工学研究発表会において，「福島第一原子力発電所事故収束特別セッション」を企画することを念頭に，関連研究の充実を地盤工学会内で諮る。

模擬授業については，テーマ②，③に関連する講義内容教授の一助になるデモ実験教材の製作を行う。デモ実験教材の例として，②に関連して「土・地盤の放射線遮へい測定実験装置」と「物理探査や PIV 技術を活用した重泥水充填状況の可視化実験装置」を，③に関連しては「一時仮置き施設の覆土保水特性と模型実験装置」を試作し，テーマ②，③に関する学術支援のための実験データを取得する。これらの教材は，早稲田大学での卒業研究・修士研究・博士研究に活用し，当該年度に設置する早稲田大学内のオープンラボ（研究と講義の両方で使用する予定）にて活用する。また，本年度までに準備される教材を使った模擬授業を高校，早稲田大学，千葉工業大学にて実施する。教育の効果を量るためのアンケートの作製も行い，学生からの意見収集も行う。

**平成 29 年度：重泥水および各種覆土材料の放射線遮蔽特性データベースの一次構築と当該分野の廃炉地盤工学の第一次カリキュラムの更新と教科書図書作成開始，模擬授業成果の評価：**重泥水および各種覆土材料の放射線遮蔽特性に関しては，材料仕様や土質条件に応じたデータベースの一次構築を行う。図 1 に示すようなデブリ取り出し工や一時仮置き施設の覆土材について，放射線遮蔽性能の観点から試設計をができるようにデータ整理を行う。それと共に，前年度に設計・製作した「土・地盤の放射線遮へい測定実験装置」と「物理探査や PIV 技術を活用した重泥水充填状況の可視化実験装置」および「一時仮置き施設の覆土保水特性と模型実験装置」を早稲田大学内のオープンラボに設置し，卒業研究・修士研究・博士研究において本格活用する。教材を使った模擬授業については，高校，早稲田大学，千葉工業大学に加え，地盤工学会夏季セミナーを企画し，引き続き実施するとともに，教育効果を量るアンケート調査のケースを増やしデータ化する。

**平成 30 年度：中間審査を踏まえた重泥水および各種覆土材料の放射線遮蔽特性データベースの拡充と二次カリキュラム作成開始：**中間審査での意見を踏まえて、より実効性の高い重泥水および各種覆土材料の放射線遮蔽特性データベースの拡充を行うと共に、地盤工学会のデブリ取出し、処分・デコミッションに関する研究委員会での提案シナリオの成果を踏まえて、シナリオの精度や実効性・実現性の検討を詳細に行うためのデータベースの精査を行い、不足データの補完を行うことにより拡充を図る。

またこの年度の段階では、数名の学生が修士課程などを修了し、廃止措置に関連する企業に入社している可能性もあることから、このような修了学生による技術継承的学習を行う。また、前年度までにブラッシュアップしてきた廃炉地盤工学のうちの当該担当の講義内容をベースに、高校、早稲田大学、千葉工業大学、地盤工学会夏季セミナーにおいて模擬講義を実施する。また、「土・地盤の放射線遮へい測定実験装置」と「物理探査やPIV技術を活用した重泥水充填状況の可視化実験装置」および「一時仮置き施設の覆土保水特性と模型実験装置」を、前年度までの成果に基づき、改造・高度化させて早大オープンラボを中心に卒業研究・修士研究・博士研究を進め人材育成に資する。

**平成 31 年度：重泥水および各種覆土材料の放射線遮蔽特性データベースの完成と当該分野のカリキュラム内容の完成：**平成 27 年度から実施する重泥水および各種覆土材料の放射線遮蔽特性データベースを完成させ、地盤工学会のデブリ取出し補助技術および処分・デコミッション施設設計に資するデータベースとして世界に提示する。また、全研究期間を通じて開発してきた「土・地盤の放射線遮へい測定実験装置」と「物理探査やPIV技術を活用した重泥水充填状況の可視化実験装置」および「一時仮置き施設の覆土保水特性と模型実験装置」を活用した基礎技術開発、基礎実験技術を、廃炉地盤工学における人材育成プログラムにおける実習項目と位置づけ、当該分野に関連するカリキュラムとして完成させる。当該分野のカリキュラムについては、前年度までに行ってきた教材、教科書図書、デモ実験教材、授業アンケートの成果を総合的にまとめる。これにより、「地盤工学の英知を結集した福島第一原子力発電所廃止措置技術」の当該分野の教育カリキュラムを完成させる。

#### 5. 平成 27 年度における業務の内容

個別基盤研究テーマ②および③の地盤工学会での定量的検討を行うための重泥水・覆土材のガンマ線と中性子線の放射線遮蔽特性データの取得を行うとともに、放射線遮蔽実験の手順を構築する。図 3 は、昨年度の FS 研究で実施した予備的な実験の様子である。

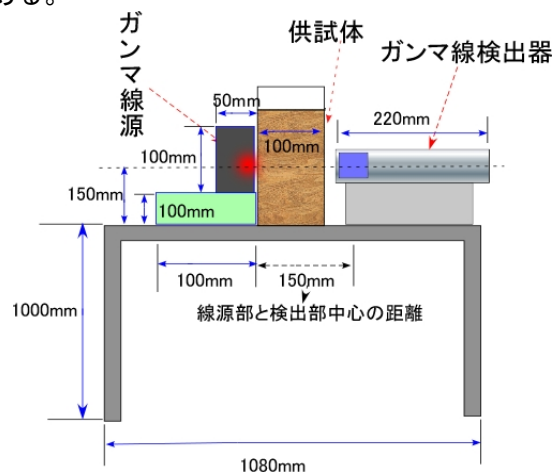
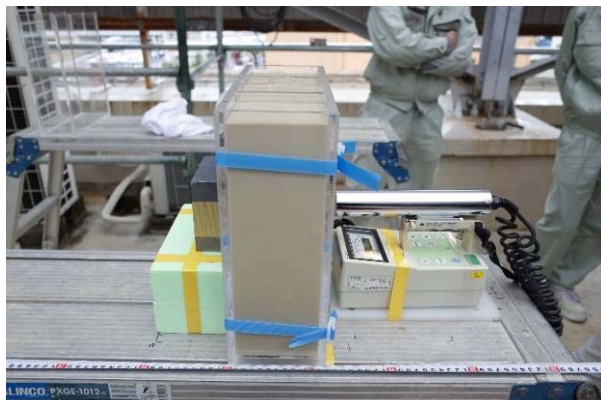


図 3 ガンマ線遮蔽実験の様子のイメージ

平成 27 年度は、FS 研究の成果に基づき、再現性と比較的高い精度を有する放射線遮蔽実験方法の構築を行うとともに、基礎データの取得を開始する。重泥水については、材料配合割合と中性子およびガンマ線の遮蔽性能の関係を実験的に調査する。覆土材土質材料については、含水比および乾燥密度とガンマ線遮蔽性能との関係を調べる。その際、ガンマ線遮蔽のメカニズムを追及するために土の保水性の観点から考察を行うこととし、土の保水性についても実験的にデータの取得を行う。

当該分野のカリキュラムについては、個別基盤研究テーマ②、③に関連して、新しい基盤研究課題とそれぞれの物理基礎をベースにしたカリキュラムの構築を開始する。②については、泥水・土質改良材の開発において重要な土の物理化学的性質、土性論や掘削施工技術において重要な土のせん断特性評価や土圧論をベースに、ボーリング技術や日本が世界に誇る地下掘削技術を含む地盤施工学に関する講義を、③については、放射性廃棄物の環境影響評価を理解するための環境地盤工学の基礎知識を教授するとともに、福島県内の除染廃棄物の処理・処分、放射性廃棄物処分技術の現状と廃止措置に向けた基盤研究および技術開発課題を抽出する。

6. 業務の実施場所、責任者及び分担実施者		
業務項目	実施場所（機関名、所在地）	責任者（氏名、ふりがな、所属、役職、連絡先：Tel, Fax, E-mail）
テーマ②③に関する基礎学術研究と関連カリキュラムの構築	学校法人早稲田大学 〒169-855 東京都新宿区大久保 3-4-1	小峯 秀雄 <sup>こみね ひでお</sup> 、早稲田大学理工学術院、教授、 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1、 03-5286-2940, 03-5286-3485, hkomine@waseda.jp
業務項目	実施場所（機関名、所在地）	分担実施者（氏名、ふりがな、所属、役職、連絡先：Tel, Fax, E-mail）
テーマ②③に関する基礎学術研究と地盤施工学カリキュラムの構築	学校法人早稲田大学 〒169-855 東京都新宿区大久保 3-4-1	後藤 茂 <sup>ごとう しげる</sup> 、早稲田大学理工学研究所、招聘研究員、 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1、 03-5286-2940, 03-5286-3485, shigeru.goto2462@gmail.com
7. テーマに関連してこれまで受けた研究費と成果等		
<p>平成 26 年度文部科学省 国家課題対応型研究開発推進事業廃止措置等基盤研究・人材育成プログラム委託費：汚染水対策・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（フイジビリティスタディ）（代表：東畑郁生、再委託先責任者：小峯秀雄）</p> <p>科学研究費・挑戦的萌芽：電磁波加熱と加水によるベントナイト材料の接合可能性，2014-2016.（代表：小峯秀雄）</p> <p>科学研究費・基盤研究 B：地層処分・余裕深度処分のためのベントナイト緩衝材の水分拡散係数データベースの構築，2012-2015.（代表：小峯秀雄）</p> <p>科学研究費・基盤研究 B：コンクリート共存環境下におけるベントナイト系材料の膨潤特性評価手法の確立，2008-2011.（代表：小峯秀雄）</p> <p>科学研究費・基盤研究 B：温度履歴・高温環境下におけるベントナイト系緩衝材の膨潤・自己シール性評価法の開発，2005-2007.（代表：小峯秀雄）</p> <p>科学研究費・基盤研究 B(2)：高レベル廃棄物処分場の地下水環境におけるベントナイト緩衝材の膨潤特性評価法の開発，2002-2004.（代表：小峯秀雄）</p> <p>（財）東電記念科学技術研究所研究助成：放射性廃棄物処分場の沿岸部立地を想定した地下水環境におけるベントナイト緩衝材・埋戻し材の透水特性の評価，2002-2004.（代表：小峯秀雄）</p> <p>公益財団法人 高橋産業経済研究財団 平成 25 年度研究助成金援助：放射性物質汚染土壌の中間貯蔵施設設計に資するベントナイト系遮水材の水分拡散係数・透水係数データベースの構築と隔離時間評価法の提案，2013-2014.（代表：小峯秀雄）</p> <p>鹿島学術振興財団研究助成：重要な社会基盤施設建設のための堆積性岩石の膨張挙動理論評価法の開発，2007-2008.（代表：小峯秀雄）</p> <p>（財）中部電力基礎技術研究所研究助成：高アルカリ環境下でのベントナイト系緩衝材の膨潤特性に関する実験的研究，2007.（代表：小峯秀雄）</p> <p>以上の研究を通じて、各種放射性廃棄物処分に用いるベントナイト系緩衝材の膨潤特性および透水特性に関する実験技術の構築と特性評価のための理論を構築した。これらの成果に対して、以下に列挙する受賞を成果として得ている。</p> <p>平成 20 年度科学技術分野の文部科学大臣表彰科学技術賞（研究部門）（2008 年）：受賞タイトル「ベントナイト系遮水材の膨潤及び透水特性の実験と理論の研究」</p> <p>平成 26 年度（公社）地盤工学会・地盤環境賞（2015 年）：受賞タイトル「道路維持管理における放射性物質で汚染された発生土砂の土壌洗浄技術による処理・減容化に関する取組み」</p> <p>平成 16 年度（社）地盤工学会・研究業績賞（2005 年）：受賞タイトル「ベントナイト系粘土材料の膨潤および透水特性調査と高レベル放射性廃棄物地層処分への応用に関する一連の研究」</p> <p>平成 14 年度（社）土木学会論文賞（2003 年）：受賞タイトル「高レベル放射性廃棄物処分のためのベントナイト系緩衝材・埋戻し材の透水・膨潤特性の簡易評価法（総合題目）」</p> <p>平成 11 年（社）地盤工学会・論文賞（2000 年）：受賞タイトル「Experimental study on swelling characteristics of sand-bentonite mixture for nuclear waste disposal」</p>		

※：主委託先の場合は事業代表者、再委託先の場合は研究責任者

(様式4)

### 機関別研究・人材育成計画

1. 機関名	学校法人千葉工業大学	2. 機関の代表研究者名(※)	鈴木 誠
3. 課題名	テーマ①現状から廃止措置まで長期間の地下水環境の状況調査や将来予測		

4. 年次計画（年度別に具体的に記載してください。本事業で実施するもの以外の事業等と組み合わせて実施する場合は、全体について記載し、そのうち、本事業で実施する部分に分かるようにしてください。）

地盤・地下水環境管理における地盤工学的技術として廃止措置に向けて、図1に示すような地盤環境学、地盤材料学、地盤施工学などいくつかの学問体系が必要となる。千葉工業大学においては、再委託業務として、個別基盤研究テーマ①高度かつ緻密な地下水調査・地下水流動解析技術による広域環境の現況評価と将来予測に貢献する基礎学術情報を提供するため、地下水の現況測定・将来予測に関して大別して下記のような個別基盤研究項目を扱う。

- ・ 地下水・放射性物質の移行調査技術と流動解析技術による広域な現況評価と将来予測
- ・ 多重バリアを含む高信頼性の地下水流遮断技術
- ・ 自己診断機能付き遮水材を活用した汚染水保管施設の地下水環境評価

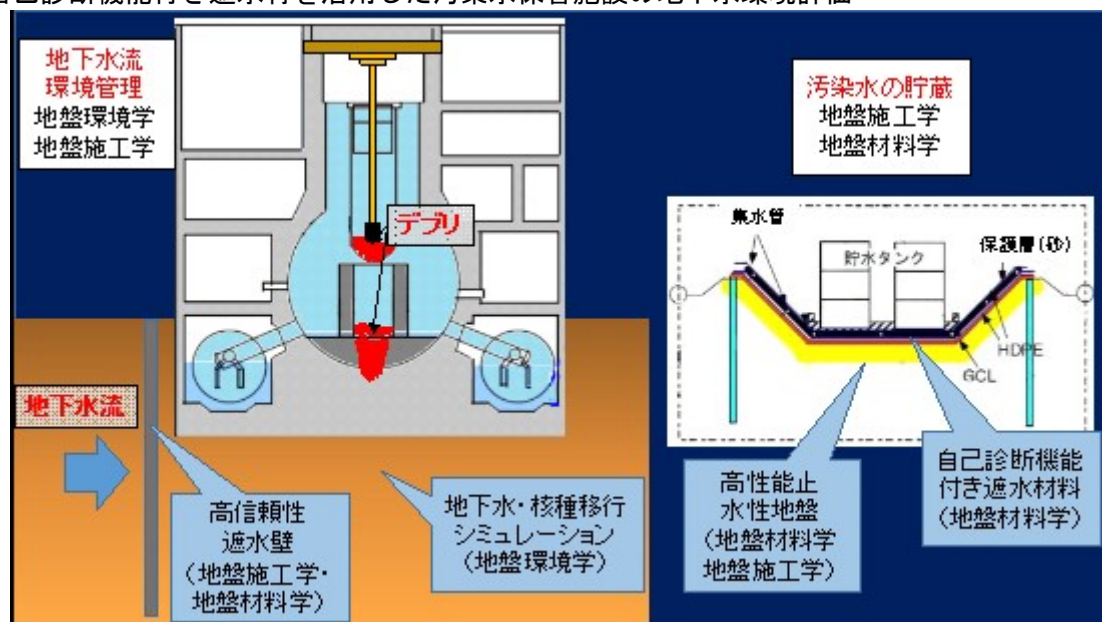


図1 地盤・地下水環境管理における地盤工学的技術

実施項目は大別して実験・調査系とモデル化・解析系の個別基盤研究に分類される。最初は現状把握で現場実験・計測から始まり、そこで収集した情報から種々の施工などを考慮したときの将来予測を行うための数値解析に結びつける。この将来予測は、地下水環境変化に伴う環境リスクを数値的に評価しようとするを目的にしている。

#### 【実験・調査系】

現況評価するための地下水に関わる基本的現象の把握と数値解析モデルを対象とした地盤パラメータの把握を行う。ここでは、特に地盤浸透流が一般にダルシーの法則を仮定した解析であるのに対し、実際に地下水は土粒子の間隙や岩盤の亀裂の間を流れる。地下水流量を等価と仮定したダルシーの法則は井戸の揚水量などの予測には適用できるが、最終的な物質輸送を伴う流れには課題がある。このため、現場実験と室内実験を行い、これらの差異を定量的に理解するとともに、より合理的な解析のための基礎データを収集する。また、実験から数値解析モデルの地盤パラメータ推定を実施し、その課題や精度などをまとめる。

#### 【モデル化・解析系】

水理地下水のモデル化および浸透流解析・物質移行解析（核種移行解析）が中心であるが、領域が大きくなると大容量・高速化の数値解析が必要となる。そこで、ハード（クラスタマシン）やソフト（解析と図化）の環境整備を行い、解析コードの高度化を図る。室内実験の結果をシミュレートして、その妥当性を検証し、現場実験に展開する。このとき、地盤の不均質性や地盤特性の不確実性がどの程度影響するか



を定量的に評価し、V&Vの観点からその課題や精度などをまとめる。

平成 27 年度

- ・ 高度かつ緻密な地下水調査・地下水流動解析技術の現状を調査する。
- ・ 地下水流を定量的に再現できる室内土層実験の設計・制作を行い、講習会を実施する。
- ・ 公開可能な原位置試験の手順の試案を作成し、試験現場の調査および借用の手配を行う。
- ・ 地下水理のモデル化および浸透流解析・物質移行解析のためのハード（クラスタマシン）やソフト（解析と図化）の環境整備を行う。
- ・ 学会の会議やシンポジウム等を通じ、地下水調査・地下水流動解析技術の情報収集をするとともに地下水環境技術について広報する。

平成 28 年度

- ・ 室内土層実験を実施し、トレーサー試験や流向・流速測定などの測定精度の評価を行う。
- ・ 試験現場のボーリング孔の掘削と長期使用のための安定化工事を行う。
- ・ 実習資料の作成と数値解析のプロトタイプの開発を行う。

平成 29 年度

- ・ 試験現場のボーリング孔を用いたトレーサー試験や流向・流速測定などを行う。
- ・ 数値解析コードの検証(Verification)を行う。
- ・ 現場試験から数値解析のための地盤パラメータの推定を行う。
- ・ 一連の試験結果より、プレ講習会資料を作成する。

平成 30 年度

- ・ 現場試験の計測精度等の取り纏めを行う。
- ・ 実験・調査の結果の数値解析によりシミュレーションを実施する。

平成 31 年度

- ・ 福島第一原子力発電所における地下環境調査・地下水流動解析技術の高度化に関して、総合評価をまとめる。
- ・ 解析モデル・結果の確からしさ (Validation) を向上するための課題をまとめる。
- ・ 今後必要となる地下水調査・地下水流動解析・リスク評価の計画立案をはかる。

5. 平成 27 年度における業務の内容（業務項目別に具体的に記載してください。本事業で実施するもの以外の事業等と組み合わせる場合は、全体について記載し、そのうち、本事業で実施する部分分かるようにしてください。）

- ・ 広域地下水環境の現況評価を目的とし、地下水の流向・流速を測る試験装置（流向・流速計等）の測定精度を検証するため、図 2 のような室内土層実験の設計・制作を行う。地下水は、土粒子の間隙を流れるため、見かけ上の流速と間隙を通る水の流速が異なることから、現状の補正の考え方について検証も行う。また、この試験装置を使った講習会を実施する。

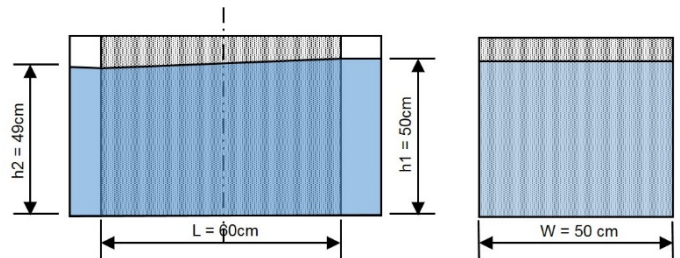


図 2 室内土層実験のイメージ図

- ・ 現場での地下水流動を把握することを目的として、図 3 のようなボーリング孔を用いた現場試験を計画する。揚水試験により地下水流動解析に用いる透水係数などの地盤パラメータを推定するとともに、トレーサー試験等の原位置試験により環境評価に資するデータを収集するため、これらの手順の試案を作成する。また、学生や若手技術者への人材育成を目的とした場合、このような公開可能な試験を長期に渡って行うことが望ましい。そこで、維持可能で地盤工学会や日本地下水学会等が使用できる場所の調査および借用の手配を行う。なお、長期に渡って使用するため、ボーリング孔の養生も十分考慮した計画とする。

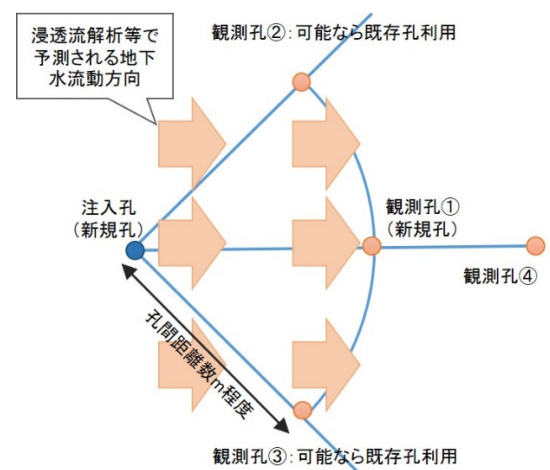


図 3 トレーサー試験のボーリング孔配置

- 現場試験から地下水流動の現況評価と地盤パラメータの推定が行える。これをもとに、広領域・長期間の地下水環境変動予測技術を開発するため、地下水理のモデル化および浸透流解析・物質移行解析のためのハード（クラスタマシン）やソフト（解析と図化）の環境整備を行う。具体的には、写真1に示すようなPCクラスタを購入し、並列計算により大容量・高速で3次元解析が実施できる環境を構築する。また、図4のような水理地質モデル作成および解析結果の可視化にあたり、プリ・ポストもソフトも必要となるため、選定および導入を行う。



写真1 PCクラスタイメージ図

- 地盤工学会年次大会および同学会関東支部大会等で廃炉に関する特別講演会やディスカッションセッションを開催し、地盤工学分野での廃炉技術に対する関心度を高める。また、土木学会の年次大会で特別講演会の実施、地盤工学関連のアジア地域会議では広く海外の情報を収集するとともに、海外の研究者とわが国の廃炉技術に関する意見交換を行う。

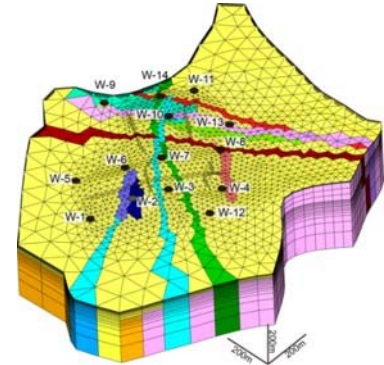


図4 3次元図化イメージ図

#### 6. 業務の実施場所、責任者及び分担実施者

業務項目	実施場所（機関名、所在地）	責任者（氏名、ふりがな、所属、役職、連絡先：Tel, Fax, E-mail）
現状から廃止措置まで長期間の地下水環境の状況調査や将来予測	学校法人千葉工業大学 工学部建築都市環境学科 〒275-0016 習志野市津田沼 2-17-1	鈴木 誠 <small>すずき まこと</small> ，千葉工業大学，教授， 〒275-0016 習志野市津田沼 2-17-1， Tel&Fax:047-478-0442， E-mail: makoto.suzuki@p.chibakoudai.jp
業務項目	実施場所（機関名、所在地）	分担実施者（氏名、ふりがな、所属、役職、連絡先：Tel, Fax, E-mail）

#### 7. テーマに関連してこれまで受けた研究費と成果等

平成26年度文部科学省 国家課題対応型研究開発推進事業廃止措置等基盤研究・人材育成プログラム委託費：汚染水対策・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（フイジビリティスタディ）（代表：東畑郁生）

※：主委託先の場合は事業代表者、再委託先の場合は研究責任者