

## 1 研究室の概要・歴史

早稲田大学の「地盤工学研究室」は、小峯秀雄教授が早稲田大学創造理工学部社会環境工学科に異動するのに伴い、2014年4月に設立されました。

本研究室では、「21世紀の社会に貢献するために、新しい視点で”地盤工学”を展開する！」をスローガンに、日々励んでいます。

## 2 教授紹介



小峯秀雄 教授 博士(工学)  
略歴  
1985年 早稲田大学 理工学部 土木工学科卒  
1987年 早稲田大学大学院 理工学研究科 修了  
1987年 財団法人 電力中央研究所 入所  
担当研究員, 主査研究員, 主任研究員を歴任  
2001年 茨城大学 工学部 都市システム工学科  
助教授, 准教授, 教授を歴任  
2014年 早稲田大学理工学術院 教授

早稲田大学地盤工学研究室では、エネルギー土木、震災復興、地球規模環境問題・低炭素社会の実現に向けて地盤工学をベースに研究展開をしています。福島第一原子力発電所の廃止措置、原子力発電事業の放射性廃棄物地層処分、除染事業の中間貯蔵施設建設など東日本大震災からの復興のための研究から温暖化による河川堤防や斜面への影響評価と適応策、リニア中央新幹線建設や東京オリンピックで問題になる自然由来の地盤汚染など、地盤に係る環境と防災について、実学的研究を行っています。

主な受賞歴  
平成11年度 地盤工学会・論文賞（2000年）  
平成16年度 地盤工学会・研究業績賞（2005年）  
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）  
平成25年度 (社)地盤工学会功労章（2014年）  
平成26年度 地盤工学会地盤環境賞（2015年）  
平成27年度 「地盤工学会誌」年間優秀賞（2016年）  
平成28年度 土木学会環境賞（2017年）  
平成29年度 (公社)地盤工学会論文賞（和文部門）（2018年）

写真は平成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）を受賞した時のものです。



## 3 研究員紹介



伊藤大知 講師（任期付） 博士(工学)  
略歴  
2019年 早稲田大学 創造理工学研究科  
建設工学専攻 修士課程 修了  
2020年 早稲田大学 創造理工学部  
社会環境工学科 助手  
2022年 早稲田大学 創造理工学研究科  
建設工学専攻 博士後期課程 修了  
2022年 早稲田大学 創造理工学部  
社会環境工学科 助教  
2023年 早稲田大学 創造理工学部  
社会環境工学科 講師（任期付）  
研究分野：地盤環境工学  
キーワード：ベントナイト、膠結作用、年代効果、膨潤、透水



阮坤林 助教 博士(工学)  
略歴  
2012-2016 Undergraduate, Nanjing Forestry University  
2016-2019 Master, Shanghai University  
2019-2023 Doctor, Waseda University  
研究分野：Geotechnical Engineering  
キーワード：Bentonite



王海龍 招聘研究員（東大特任准教授）  
略歴  
2007年 山東交通学院（中国） 土木工学科 大卒  
2010年 西南交通大学（中国） 道路・鉄道工学専攻 院卒・修士  
2014年 東京大学 社会基盤工学専攻 院卒・博士  
2014年 東京大学 生産技術研究所 特任研究員  
2015年 応用地質（株） 東京支社 入社  
2018年 早稲田大学 理工学術院総合研究所  
次席研究員/研究院講師  
2020年 早稲田大学 理工学術院国際理工学センター  
准教授  
2024年 東京大学大学院 工学系研究科社会基盤工学専攻  
准教授  
研究分野：地盤環境工学  
キーワード：不飽和土、液状化、ベントナイト、X線回折、水分拡散、透水・保水、実験技術・方法開発、土質材料開発

## 4 原子力施設の廃止措置・廃棄物管理の地盤工学的アプローチ

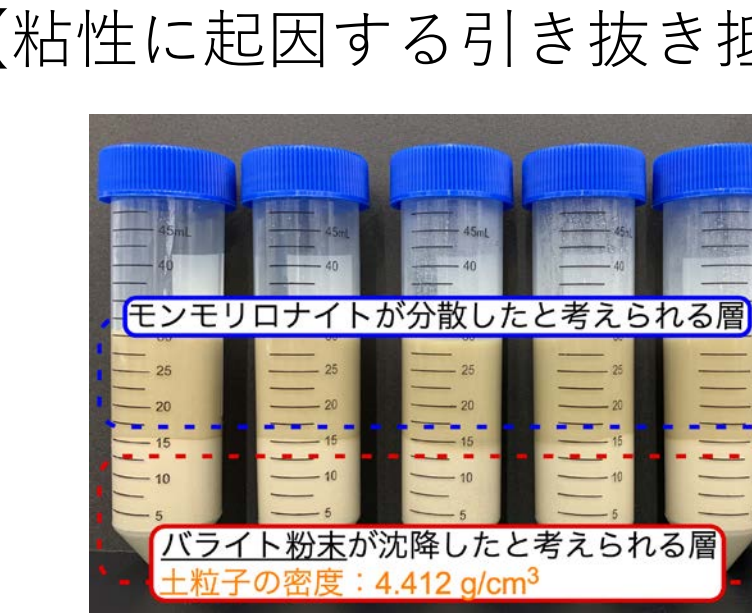
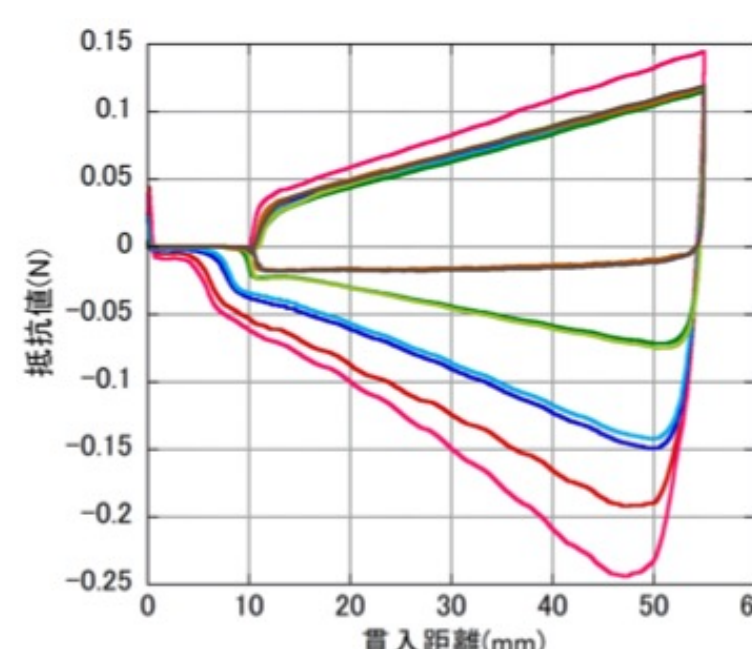
2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震は、福島第一原子力発電所にも甚大な被害をあたえ、その廃止措置に向けた取り組みがなされています。原子炉の損傷部には、特定困難な亀裂もあり、そこからの水の流出入を防ぐことを目的として、「**超重泥水**」の開発・研究を行ってきました。超重泥水は、亀裂部分への土粒子の目詰まりを発生させることで亀裂の閉塞、**遮水**をもたらします。また、超重泥水は透過力の大きい放射線であるガンマ線および中性子線を**遮蔽**することが評価され、高線量環境下で使用するにより**被ばく低減**に寄与します。

福島第一原子力発電所では、事故時の冷却機能の損失により燃料が周辺の構造物と共に溶け落ちた燃料デブリが存在し、その取出しが重要な課題となっています。**燃料デブリの取出しや取出し後の管理**の補助材料として有効な種々「超重泥水」の開発・研究を行っています。現在は、燃料デブリを取出し時に使用した際に発生すると考えられる汚染した超重泥水の**分離処理技術**の開発、燃料デブリを収納した収納管の超重泥水による**放熱**効果の検証、充填後の**長期的な性能維持を確認**するための粘性・泥水圧評価と外部からの**モニタリング**の物理指標（電気比抵抗、比誘電率、弾性波）の特定を主に行っています。

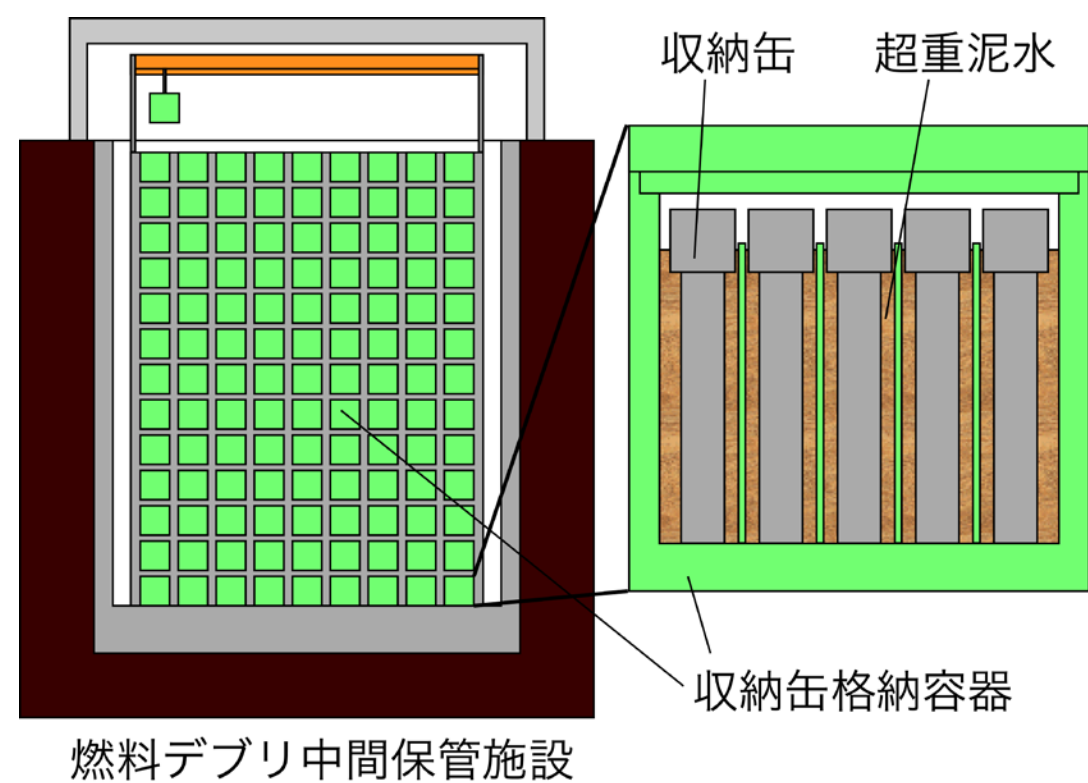
「超重泥水」は、**材料の均一性**を「水中でも」維持することができ、複雑な建屋内部へ充填可能な**流動性**や**耐放射線性**も有し、材料を改良することで、福島第一原子力発電所の廃止措置だけでなく、その他原子力施設での廃止措置と廃棄物管理に関わる**使用済燃料の管理**など、種々作業に有用な補助材料としても利用が期待できます。



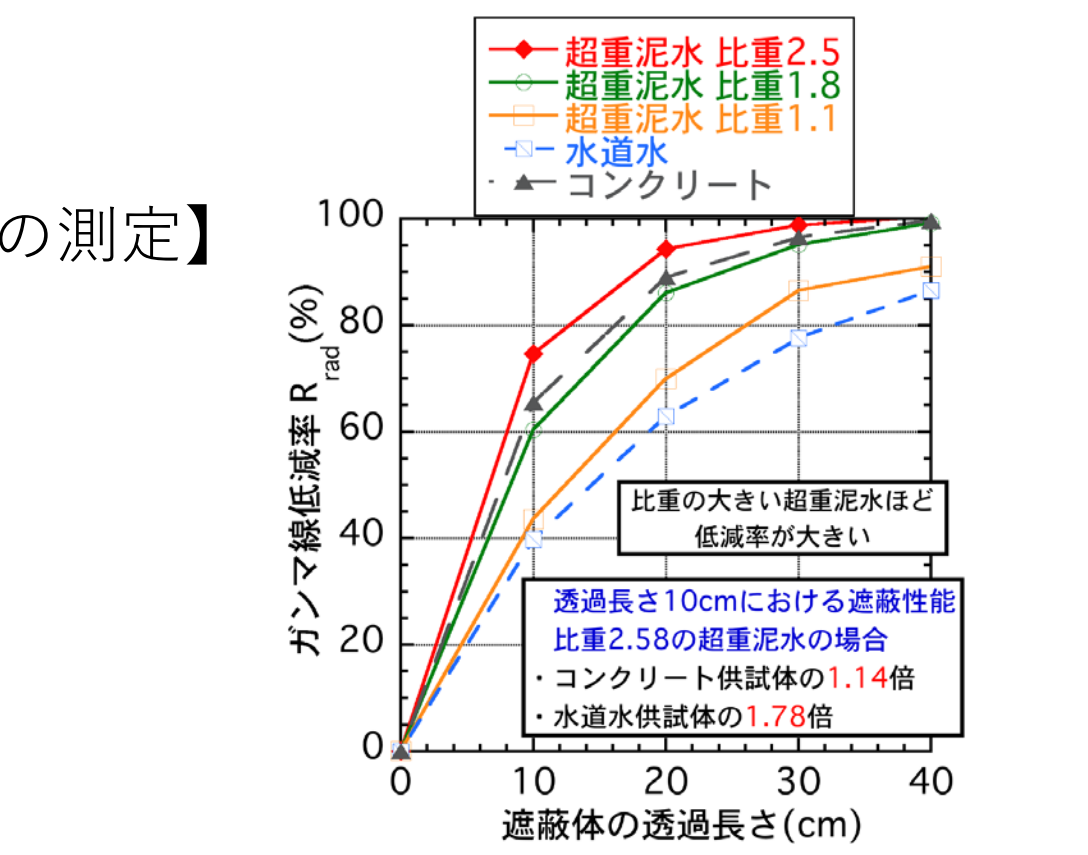
【超重泥水の様子】



【遠心分離による分離・回収実験の様子】



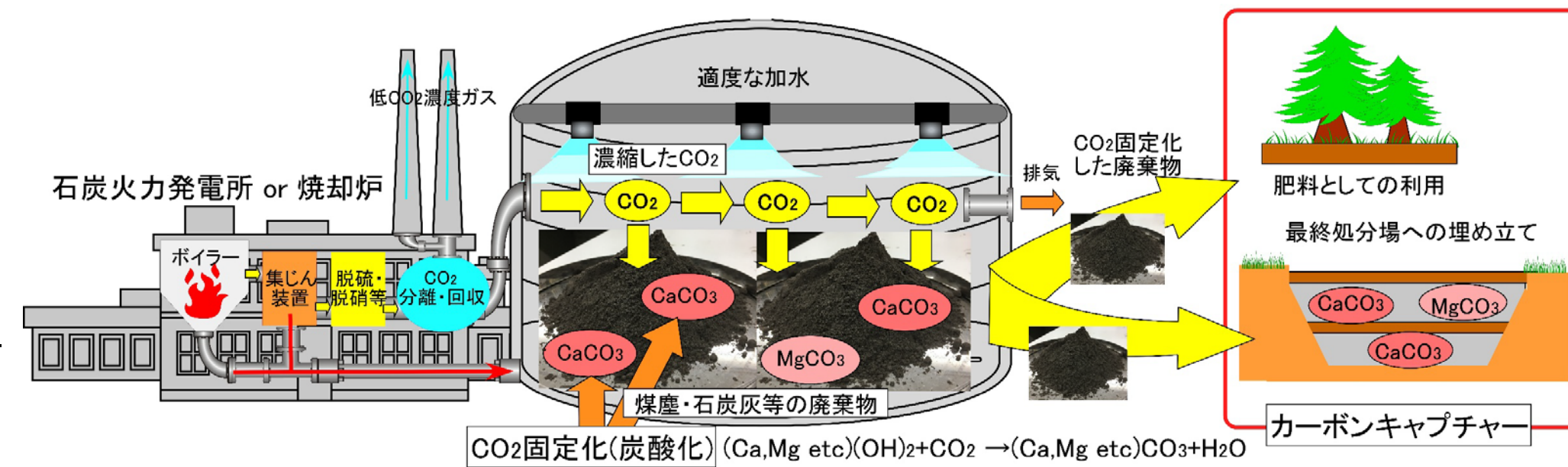
【燃料デブリ中間保管施設における超重泥水の活用提案】



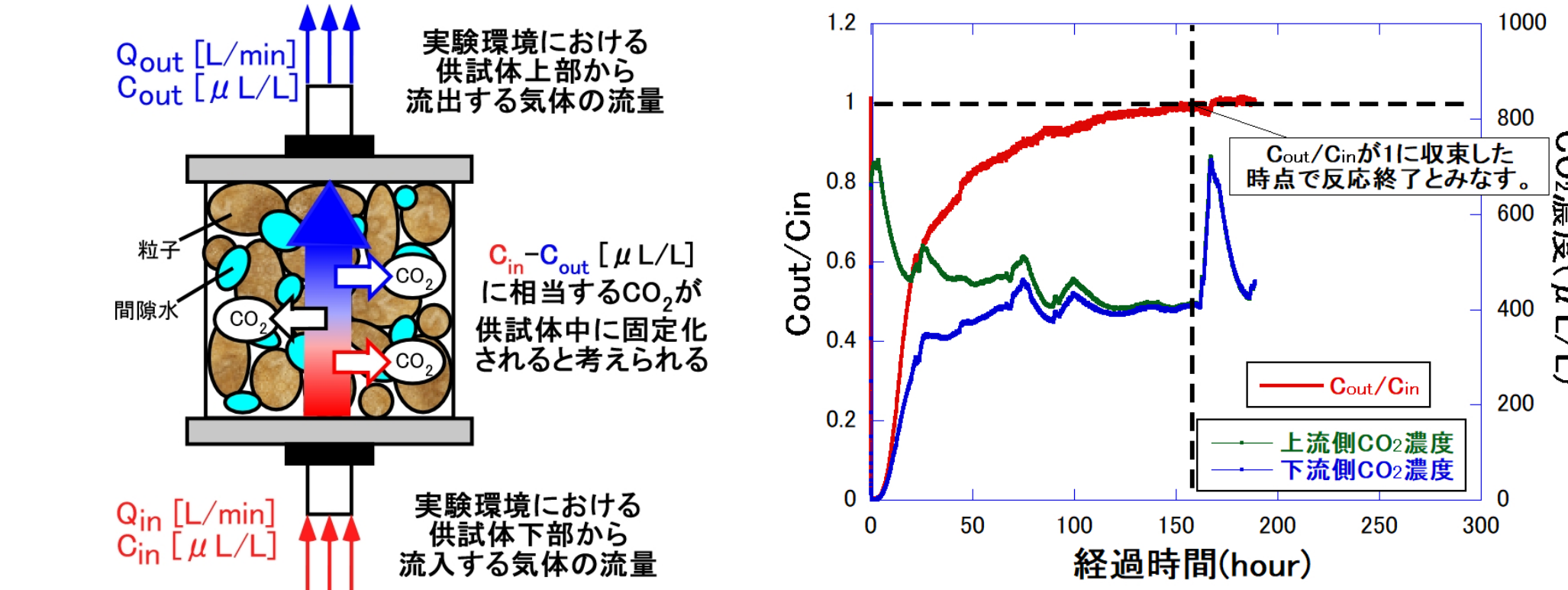
## 5 地球規模環境問題のための地盤工学

近年、CO<sub>2</sub>などの温室効果ガス排出量増加に伴う気候変動が地球規模で問題となっています。我が国においても「**脱炭素**」がキーワードとなっており、再生可能エネルギーの利用、省エネルギー技術の実用化が進められています。しかし、依然として大気中のCO<sub>2</sub>濃度は上昇しており、**大気中のCO<sub>2</sub>を回収し固化**できる技術の開発・社会実装が求められています。

地盤工学研究室では、産業活動に伴い生じる廃棄物を「**副産物**」として活用した、**カーボンキャプチャー構想**を提案しています。副産物の具体例として、これまでに各種**スラグ**（金属精錬の際に分離される滓、製鋼スラグ、高炉徐冷スラグ、高炉水砕スラグ）、**石炭灰**（石炭火力発電で生じる燃え殻）、**廃コンクリート**、および**煤塵**（火力・バイオマス発電やごみ焼却施設から生じる燃え殻）など、様々な材料を用いてきました。CO<sub>2</sub>固定化性能の定量評価方法として、**カラム型実験システム**を用いて副産物にCO<sub>2</sub>ガスを接触させ、上流・下流のCO<sub>2</sub>濃度差をもとに固定化量を要素的に算出しました。上記で示した種々の副産物による固定化性能を比較したところ、CO<sub>2</sub>固定化の因子として、試料の**Ca<sup>2+</sup>含有量**や**含水状態**、**粒度**が有力であることが分かってきました。また、これらの副産物を一般・産業廃棄物の最終処分場に埋め立てた場合のCO<sub>2</sub>固定化量を理論的に算出したところ、同じ面積の森林のCO<sub>2</sub>固定量の86～689年分の固定化が潜在的に可能であることが示されました。



【土質系副産物を利用したカーボンキャプチャー構想】



【カラム試験系でのCO<sub>2</sub>固定の様子】 【カラム試験系のCO<sub>2</sub>濃度比推移】

## 5 ICT土木のための地盤工学

情報技術の発展を土木分野へと応用する流れが、近年急速に強まり、国土交通省では**i-Construction**と呼ばれる、**ICT技術**を活用した土工を現場へ導入することで、魅力ある建設現場を目指す取り組みが進められています。地盤工学研究室では、土の性質や物理量をセンシングによって明らかにし、土工へ応用可能な基礎となる技術開発を行っています。盛土の現場では、地盤を振動ローラなどの重機を用いて振動を加える、**締固め**と呼ばれる工法が一般的に行われており、振動によって土の強度を高めています。この振動に着目し、**加速度センサ**を用いて、土の強度を推定する研究を行っています。この研究では、**機械学習**をはじめとする、情報技術の最新分野の研究を取り入れて、最先端の研究を行っています。また、解析ソフトについても研究室で独自のソフトウェアを開発するなど、他にはない研究を行っています。また、締固め工法では、土に含まれる水分量を計測することが必要になるため、**可視光や赤外線**などを用いて撮影した写真の**RGB値**により、土中の水分量を推定する研究も行っています。このように、さまざまなセンサを用いて土の状態を知ること、実際の現場でも応用可能な最先端の技術開発を行っています。

## 6 高レベル放射性廃棄物の地層処分事業

日本を含む世界各国において、原子力発電により生じる**高レベル放射性廃棄物(HLW)の最終処分技術**の確立が重要な社会課題となっています。国際的な原則として、地球の公共領域（南極・北極、公海、宇宙空間等）ではなく、HLW保有国の領土内で処分します。また、HLWの放射能の十分な減衰には数万年を要するため、地表面近傍における管理型処分は継続性・コスト・リスクの面から極めて困難です。そこで、HLWを地下数百m以深に埋設し、周囲に多重バリアシステムを構築して人間の生活圏から隔離する「**地層処分**」が、日本を含む世界各国で最有力な処分方法として検討され、21世紀前半の事業化が目標となっています。多重バリアシステムの一つである緩衝材および埋戻し材の特性について、これらには土質材料（**ベントナイトと砂の混合材料**）を用いることが有力です。

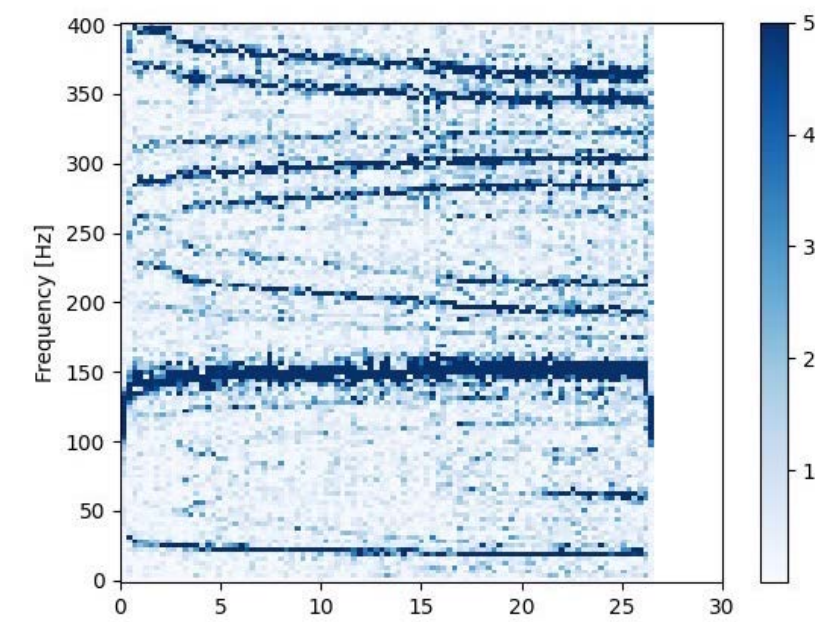
**今年度の成果紹介：膠結作用による特性変化を考慮した、ベントナイト系緩衝材の自己修復性評価手法の提案**

ベントナイト系緩衝材をはじめとするバリア材は、地下深部の高温・高圧環境に長期間置かれるため、材料劣化に伴う特性低下が懸念されます。特に、緩衝材は**膠結作用により岩石化**し、要求性能に関わる膨潤性や遮水性の変化が想定されます。本研究では、緩衝材が膠結作用を受けて変質する過程を、天然のベントナイト鉱床の生成過程の一部とみなし、鉱床で産出される原鉱石を用いて、ベントナイトの膠結作用の影響の定量評価を目指しています。

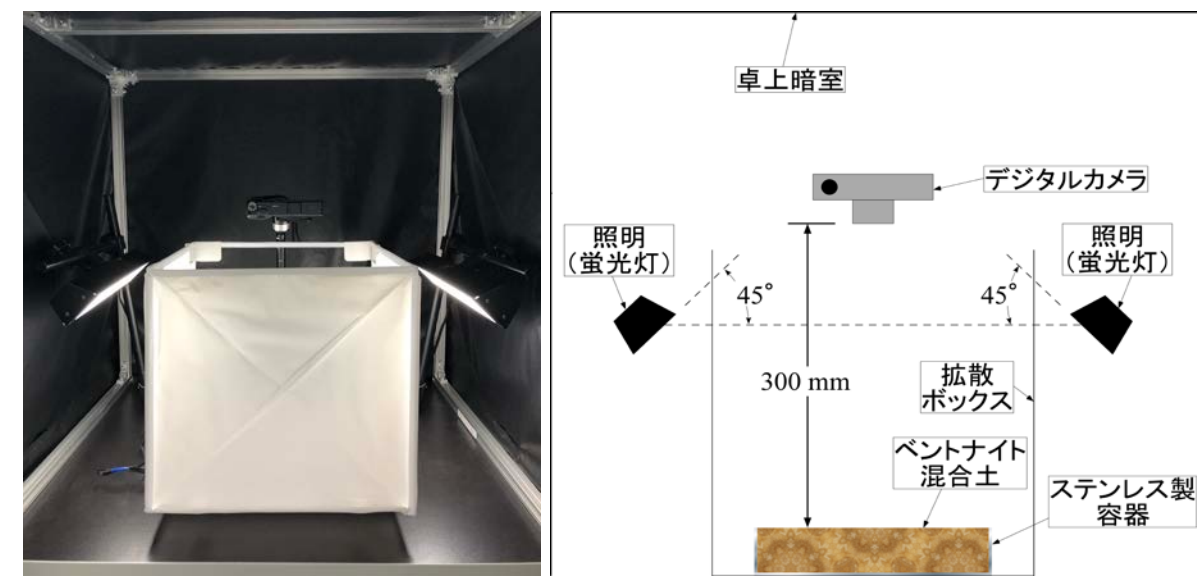
今年度は、地層処分事業初期～膠結作用発生による変質～自己修復性発揮までのシナリオを想定し、ベントナイト原鉱石から得られた拘束圧・乾燥密度関係と組み合わせ、緩衝材の要求性能の一つである**自己修復性**（ガス破過等により生じる損傷部を膨潤変形により充填すること）の評価手法を構築・提案しました。従来の土木工学で想定される時間スケールは最大で数十年程度ですが、地盤工学と地質学の知見を組み合わせることで、長期的な材料特性変化を定量的に把握し、安全性の照査が可能であると考えています。



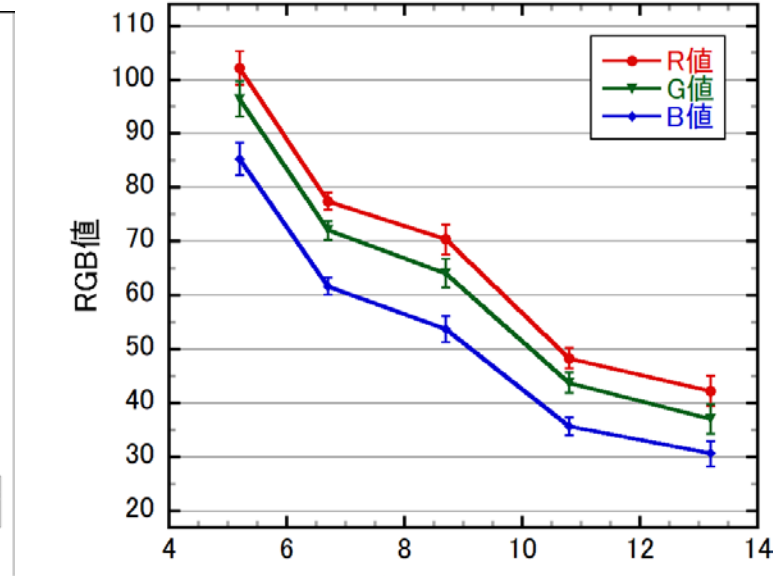
【振動締固め試験装置】



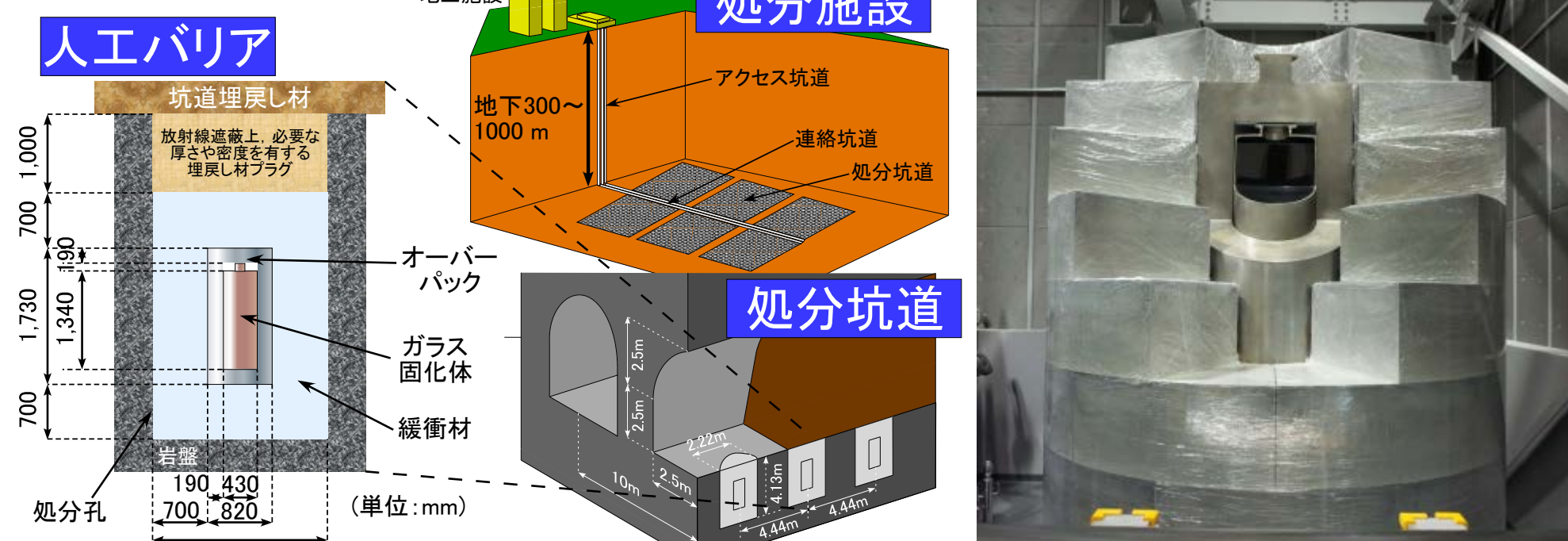
【振動のスペクトログラム】



【卓上暗室を用いた写真撮影の様子】



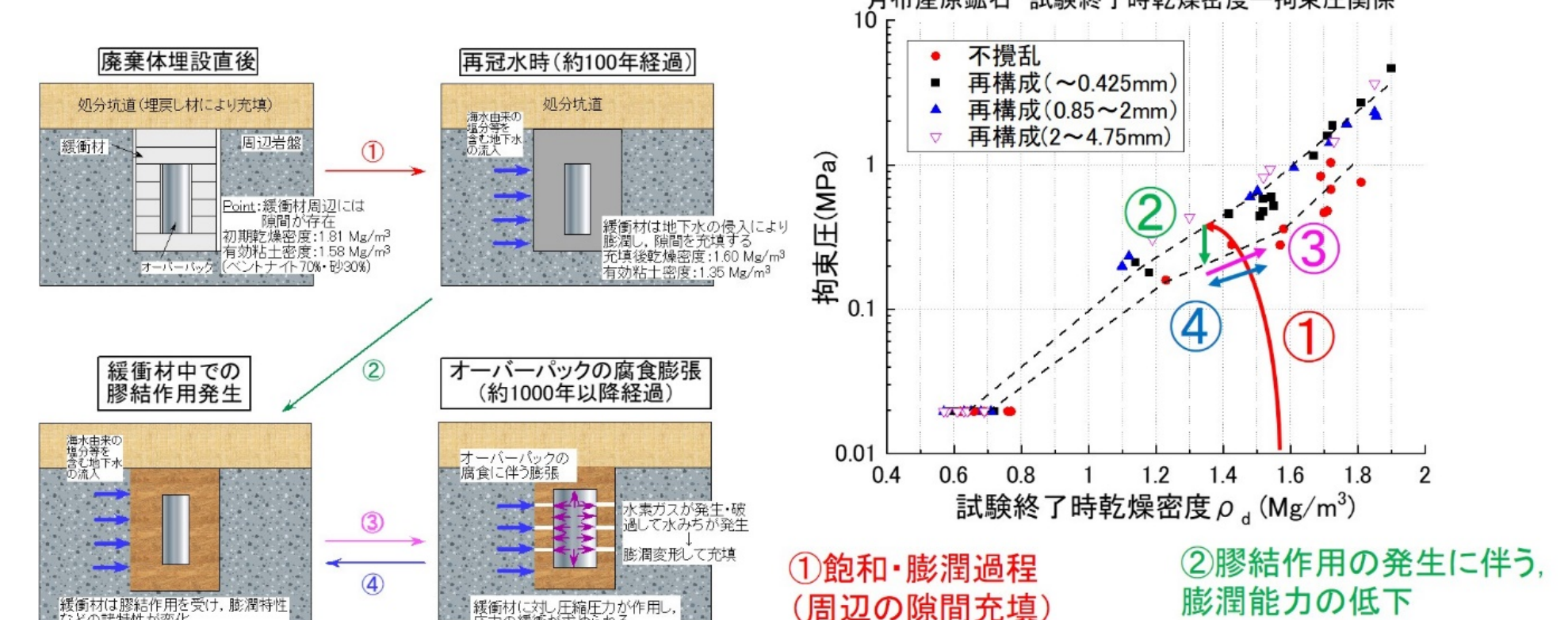
【含水比変化時のRGB値推移】



【地層処分施設の概念図（左）と緩衝材の実寸模型（右）】  
（地層処分第2次とりまとめ・JAEA発表資料を基に作成）



【鉱床からベントナイト原鉱石を採掘の様子】  
山形県大町月布鉱山（クニミネ工業・クニマイン 保有）にて撮影



【膠結作用の影響を考慮した緩衝材の自己修復性評価手法】