

課題目標

福島第一原子力発電所の廃止措置に向けて新しい学問体系である**廃炉地盤工学を創出し**、廃炉作業に活用可能な地盤工学分野の技術の明確化と位置付けを行う。また、個別の基盤研究を推進するとともに、同事業に貢献可能な実践力と横断的基礎知識を有した**志の高い学生を育成し**、廃炉事業を推進する企業等への人材輩出及び実効的な技術支援を行う。この課題は、文部科学省／廃止措置研究・人材育成プログラムにより実施しているものである。

福島第一原子力発電所の廃止措置に向けた地盤工学的アプローチ ―超重泥水の利用―

①研究背景

- 燃料デブリの取り出しや一時保管に伴うリスクの低減を行う必要がある。その際に用いる放射線遮蔽技術が求められている。
- 地下水流入による貯蔵汚染水の増加や、建屋内部からの汚染水漏洩を防止する遮水技術の開発が必要となる。

②研究目的

廃止措置に向けた地盤工学的なアプローチとして「超重泥水」という技術の提示

- 超重泥水の放射線遮蔽性能、遮水性能の評価を行う。
- 想定される使用状況に応じて超重泥水に改良を加える。
- 実験的研究として、超重泥水の処理に関する技術や長期的な利用を想定したモニタリング技術の研究を行う。

③超重泥水について

超重泥水

遮蔽性、遮水性、変形追従性能を持つ泥水。
建屋内の複雑な形状に充填可能。

想定する使用用途

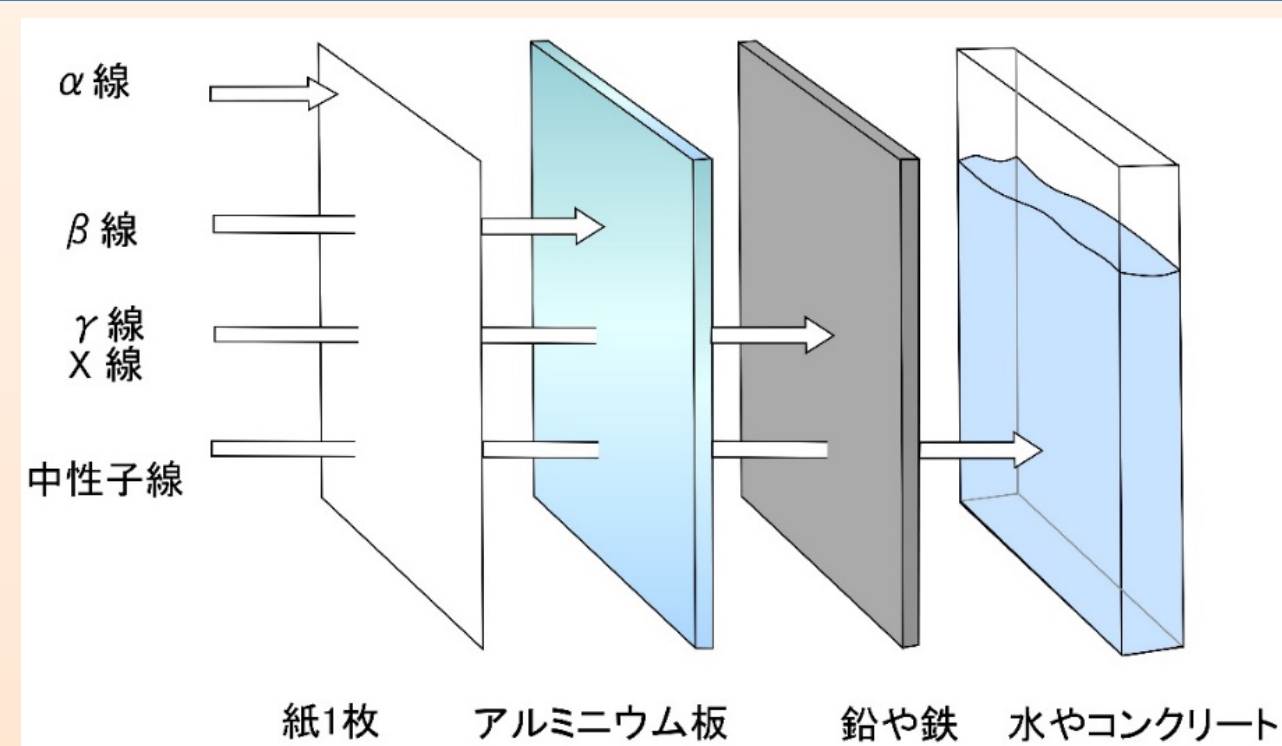
- 損傷個所に充填することで亀裂を閉塞し汚染水の量をコントロール
- 燃料デブリを覆い空間放射線量を低減することで取り出しを補助
- デブリの取り出し時の掘削粉塵の拡散防止と回収

構成材料

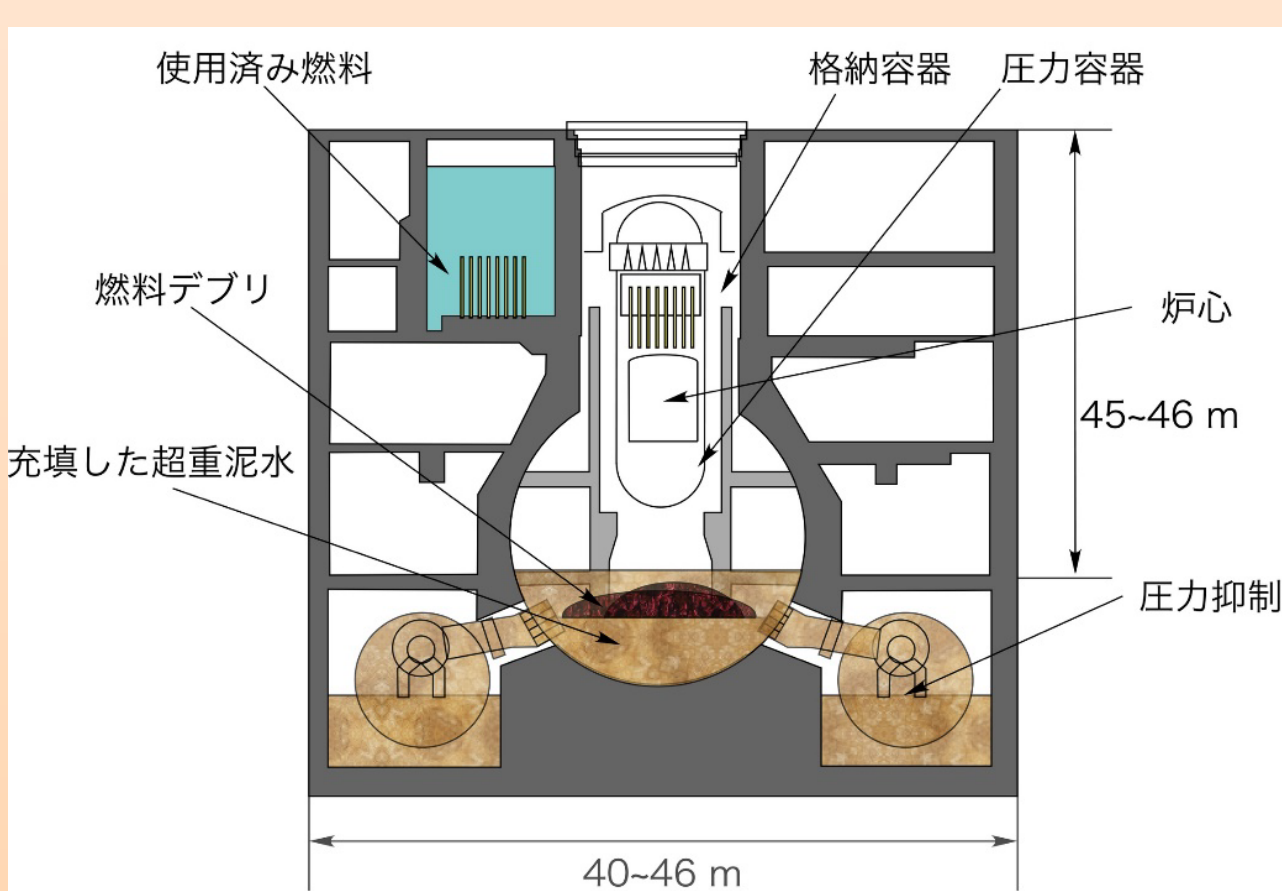
- 水…中性子の減速材。
- バライト(重晶石)… BaSO_4 を主成分とする高比重($\rho_s=4.2 \text{ g/cm}^3$)の加重材。様々な物質に不活性。
- Na型ベントナイト…モンモリロナイトを主成分とし膨潤性を有する粘土。遮水性の付加や粒子の沈降防止が目的。
- ピロリン酸ナトリウム…粘性の調整と泥水の安定を保つための無機系分散剤。



超重泥水(比重2.5)



放射線の透過力



超重泥水施工イメージ

④遮水性能

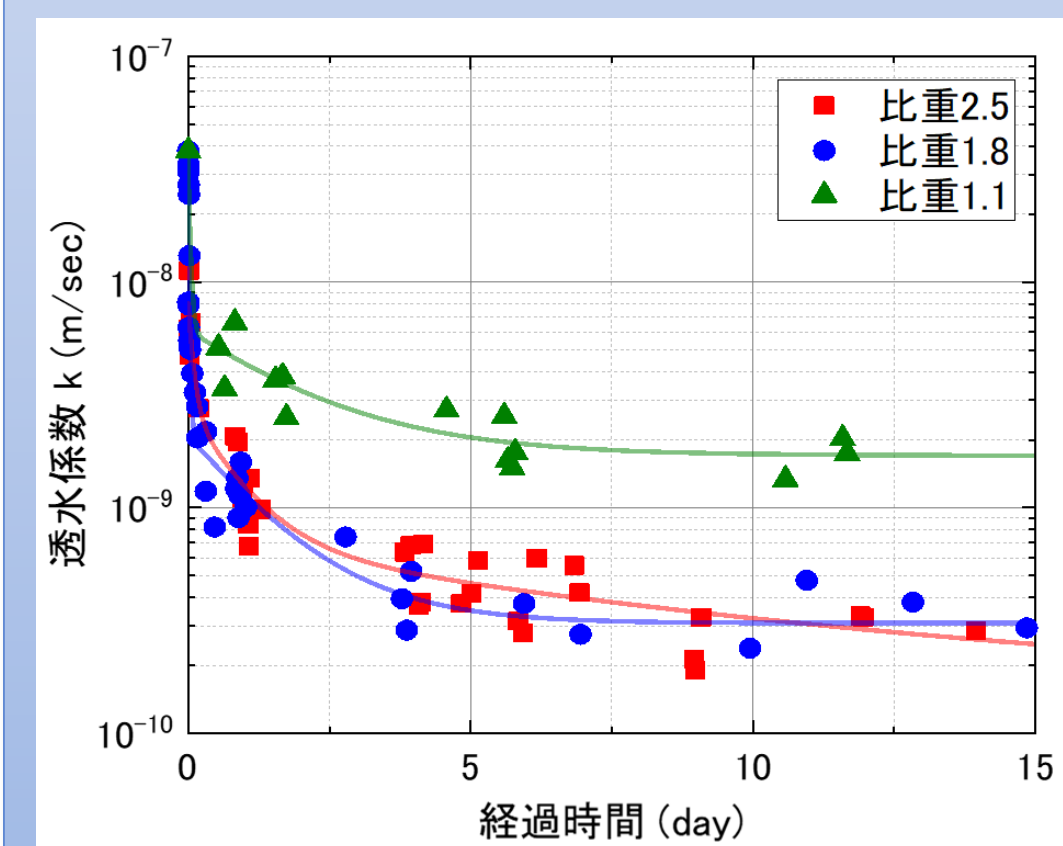
<超重泥水の透水試験>

【方法】

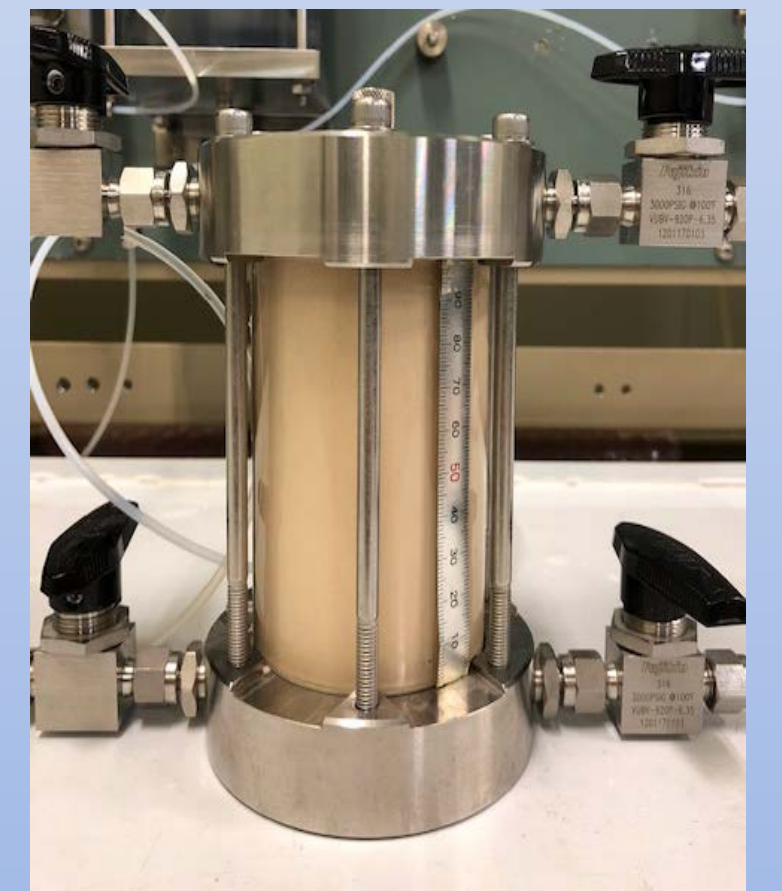
- 定水位透水試験、変水位透水試験
- 供試体上部から通水

【結果】

- 通水に伴い供試体が沈下、高密度化
- $k=10^{-8} \sim 10^{-10} \text{ m/s}$ の範囲で透水係数が低下



超重泥水の透水係数



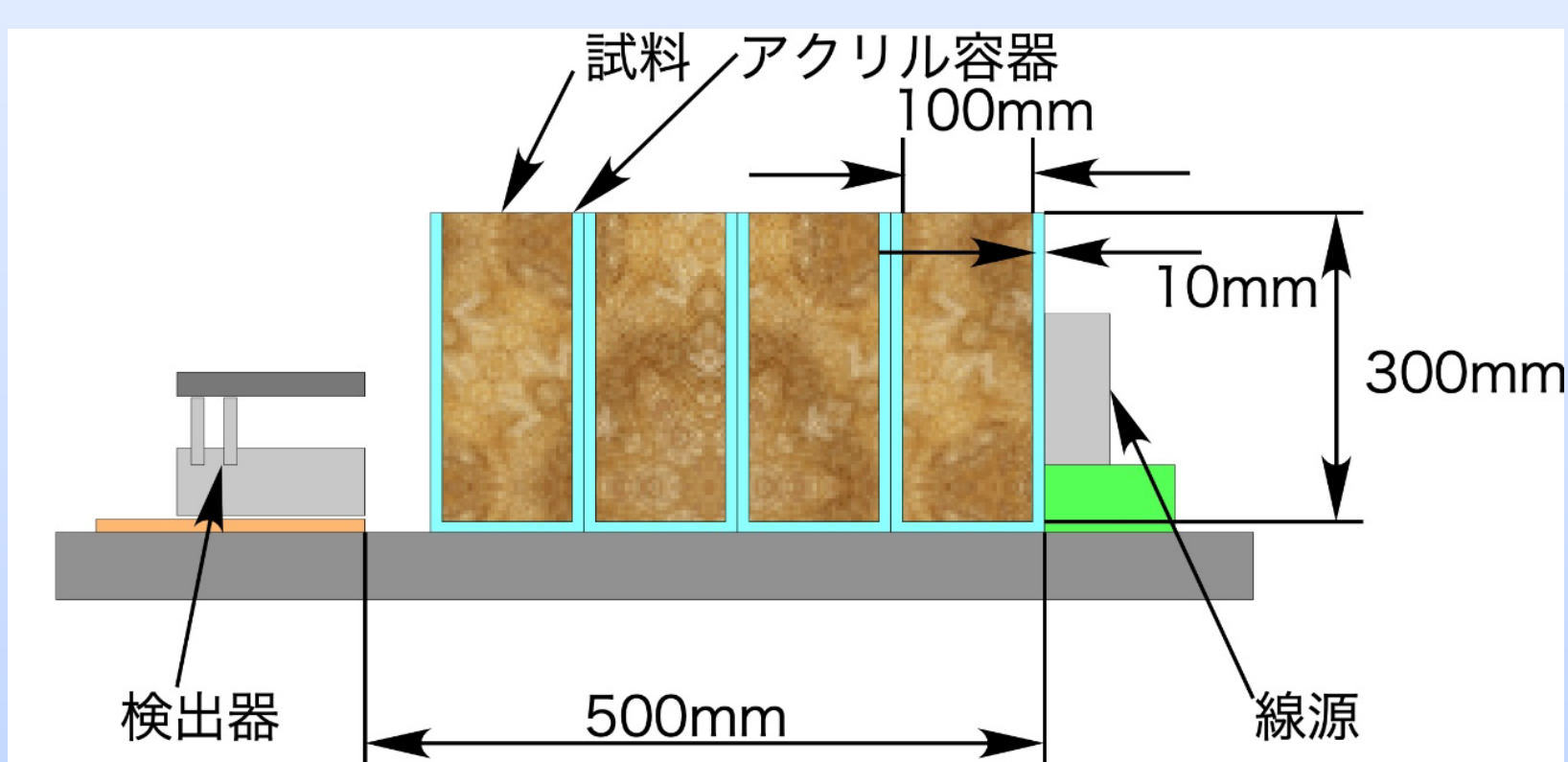
透水試験の様子

⑤放射線遮蔽性能

<放射線遮蔽実験>

各種土質系材料および超重泥水に関して、ガンマ線(線源:137Cs)および中性子線(線源:252Cf)の遮蔽性能と土質系材料の状態を示す基本量を関連付けた。

実験方法



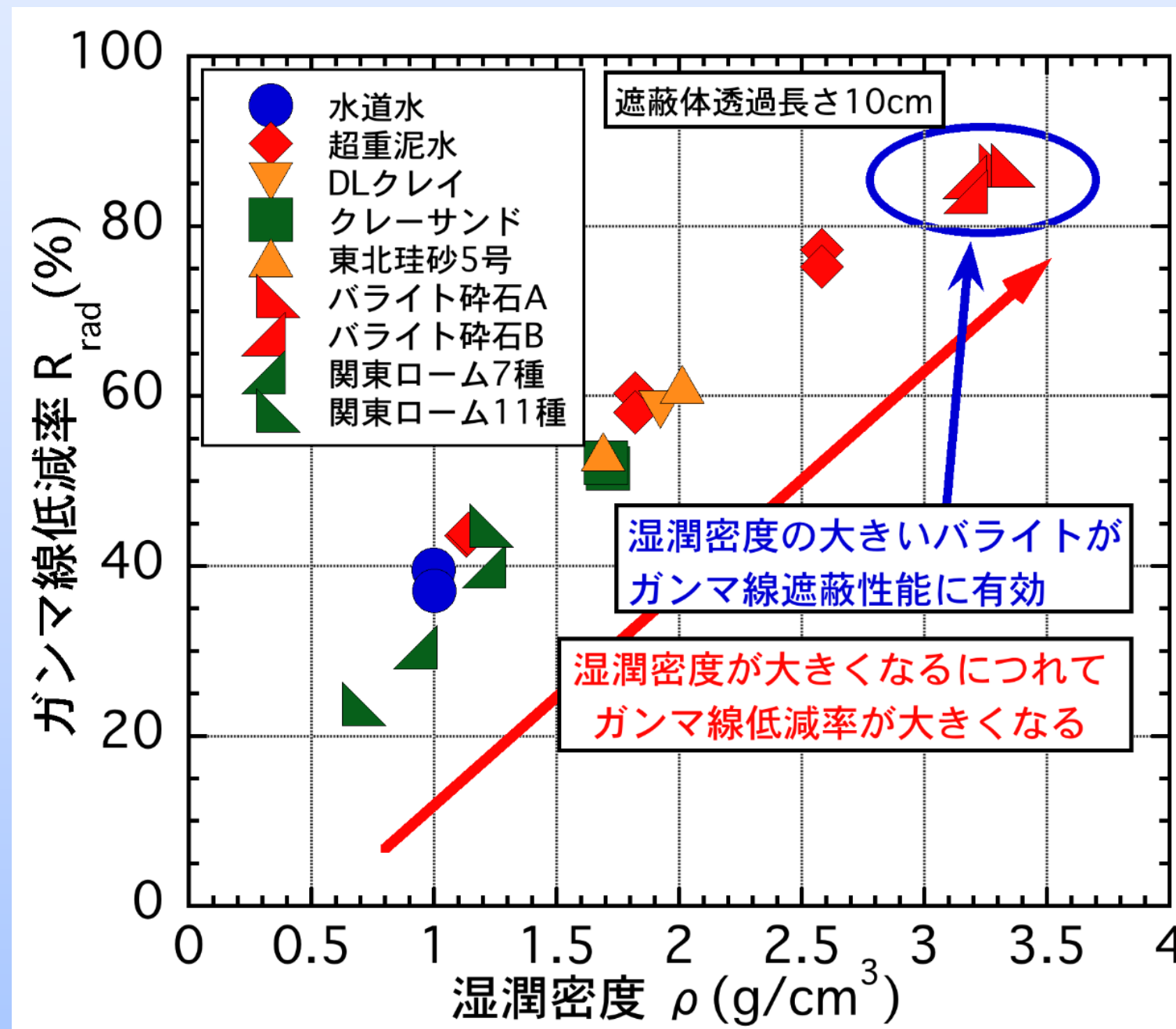
放射線遮蔽実験の測定方法の概念図

放射線低減率を以下の式で定義した。

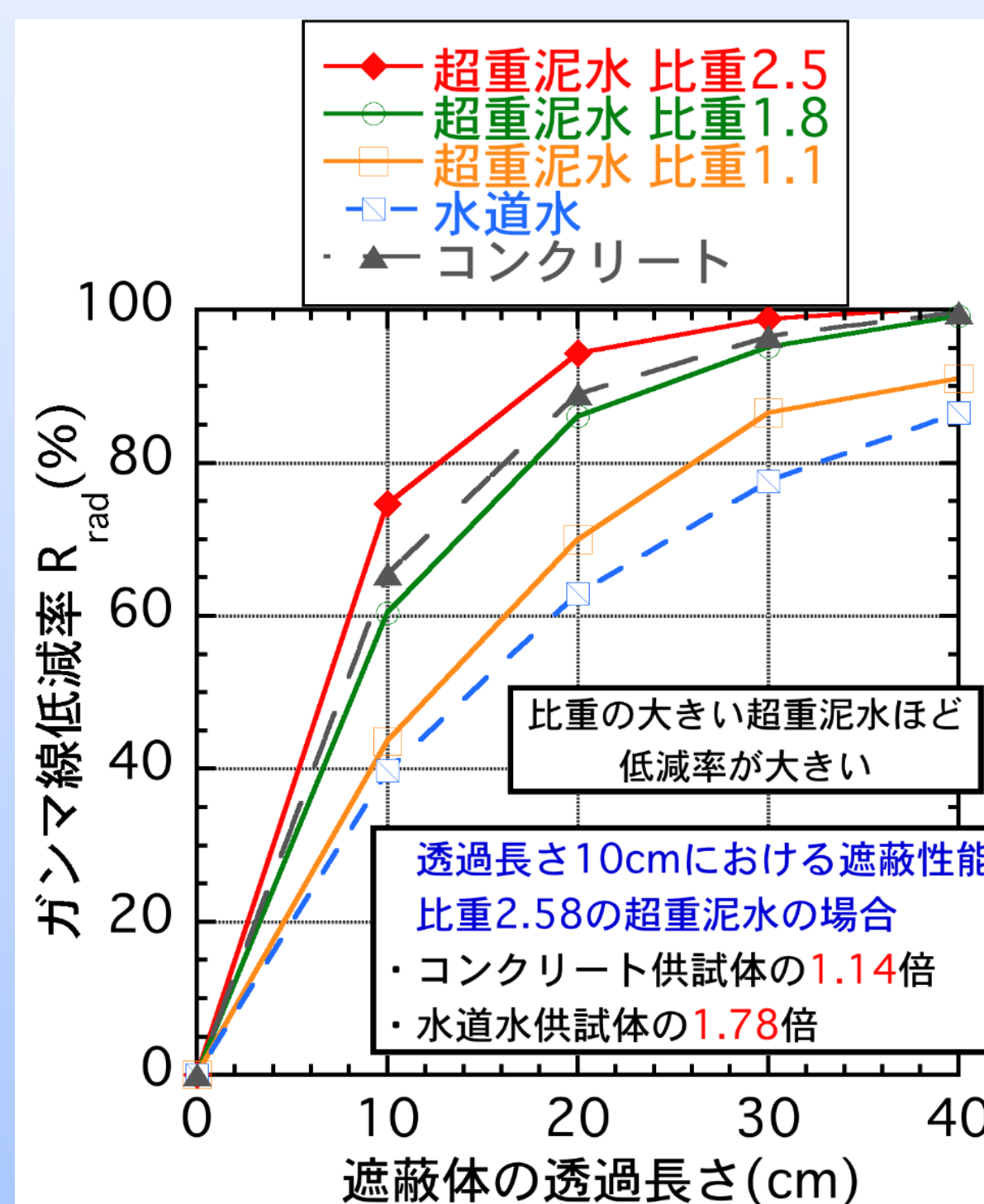
$$R_{\text{rad}} = 1 - \frac{N - N_{BG}}{N_0 - N_{BG}} \times 100$$

ここに N : 遮蔽体あり線量, N_0 : 遮蔽体なし線量, N_{BG} : バックグラウンド

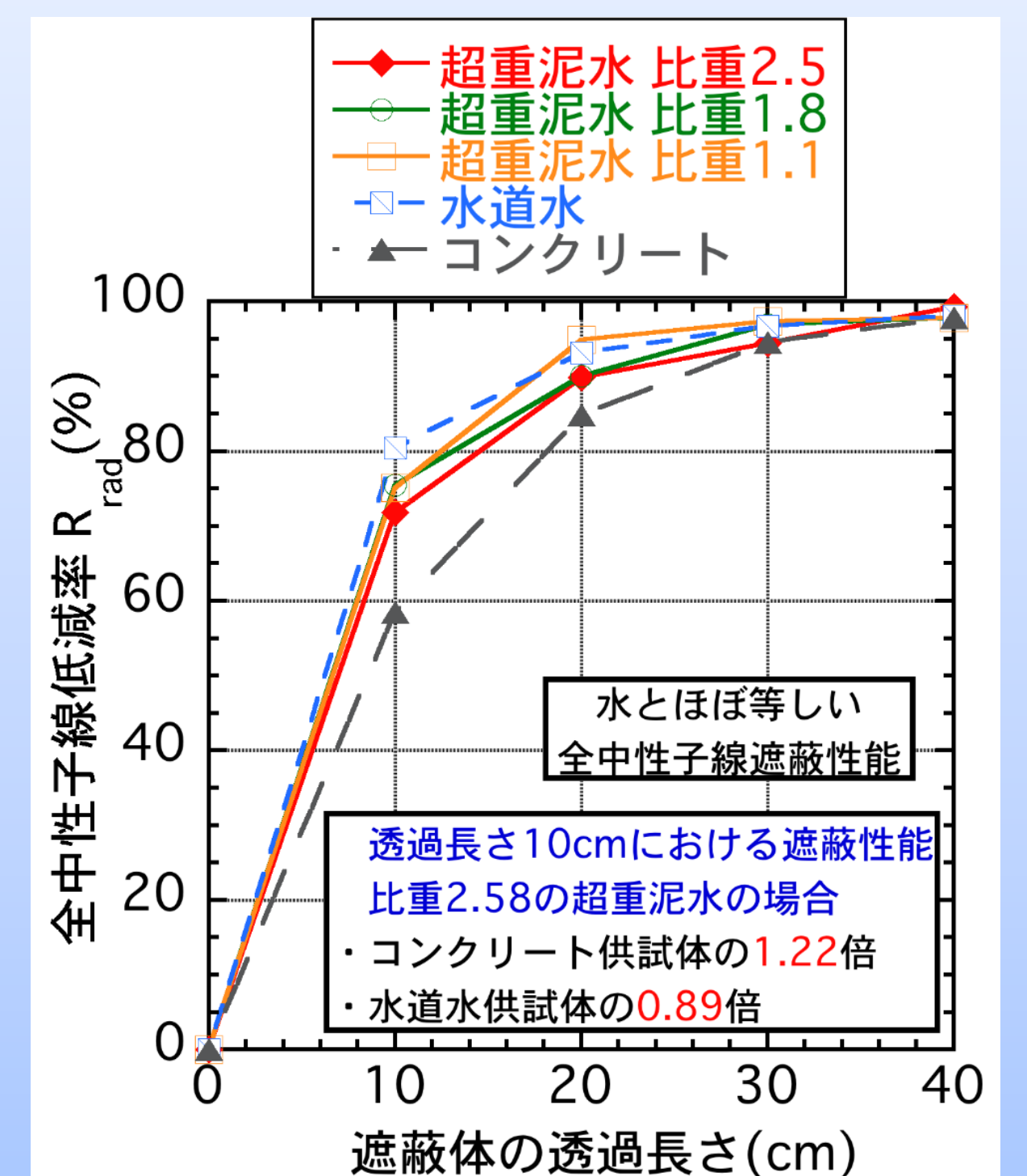
実験結果



土質系材料の湿潤密度とガンマ線低減率の関係



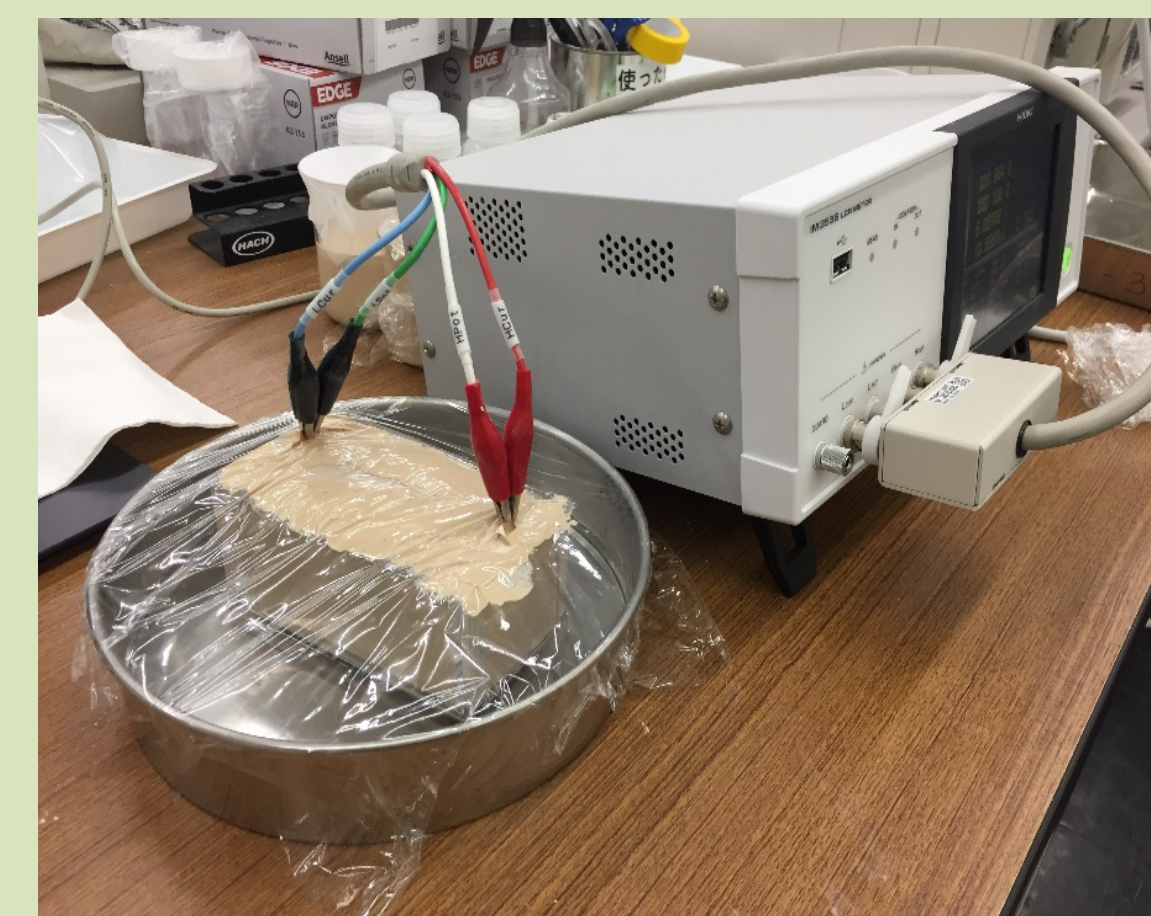
遮蔽体の透過長さとガンマ線低減率の関係



遮蔽体の透過長さと全中性子線低減率の関係

⑥現在の研究

- 遮蔽性能・遮水性能の定量的評価**
- 固化重泥水**
超重泥水にセメントを添加することで安定化させた固化重泥水の開発をしている。放射線遮蔽性能、固化強度を評価する研究を行なっている。
- 沈降型超重泥水**
放射線遮蔽体として、バライトを意図的に沈降させた高比重の層を持つ沈降型超重泥水の開発を行なっている。バライト沈降層と土質系材料における力学的な支持力の相違、放射線遮蔽性能の評価を行なっている。
- モニタリング技術**
原子炉内充填後に超重泥水の性状把握を行うため、外部からのモニタリング技術の開発が必要となる。超重泥水に対して弾性波測定、電気比抵抗、誘電率等の物理量を測定することで超重泥水の状態を評価する研究を行っている。
- 処理技術**
廃止措置への使用した後、超重泥水は放射性物質を含むため放射性廃棄物となる。超重泥水を分離することにより処分量を減らし、材料を再利用するために、遠心分離等を検討し分離の可能性の研究を行っている。



電気比抵抗の測定の様子



固化重泥水