

低レベル放射性廃棄物処分

背景・目的

原子力発電所の運転等に伴って発生する低レベル放射性廃棄物のうち、放射能濃度が比較的高いものを対象とした地下50～100m程度の埋設処分（余裕深度処分）を遅滞なく実施していくことが望まれている。本処分施設の設計・性能評価の特徴は、人工バリアや天然バリアの長期の放射性物質のバリア性能評価が必要とされている点にある。

本課題では、人工バリアのバリア性能の長期挙動評価で重要なバリア材料の平衡膨潤圧[水が浸透することによる材料膨張（膨潤）により発生する材料の圧力]および透水係数を検討した。また、天然バリアについては、地下水が侵入（涵養）時の温度を利用した新たな地下水年代評価手法を提案する。

主な成果

1. ベントナイト系材料の平衡膨潤圧評価

余裕深度処分で人工バリアとなるベントナイト（粘土）系材料は、有効粘土密度などが同一でも、測定された平衡膨潤圧にはばらつきがあるため、施設の性能評価における不確実性の一因となっている。そのため、測定結果に影響を及ぼす要因のうち、試験装置の変形性、供試体高さ、供試体の初期飽和度が平衡膨潤圧に及ぼす影響を検討した。その結果、膨潤圧測定を行う際には、供試体高さや初期飽和度に加え、装置の変形性を考慮すべきこと、膨潤圧測定結果を施設設計に適用する際には、装置とベントナイト周辺の岩盤などの変形性を考慮すべき場合があること（図1）を明らかにした [N10015]。

2. ベントナイト混合土の変質に伴う透水性評価

放射性廃棄物処分で人工バリアとなるベントナイト混合土は、核種移行抑制のため透水性を低く保つことが求められる。ベントナイト混合土の透水性は、セメント系材料の溶脱に伴って生じるアルカリ溶液による変質で増大する可能性が指摘されており、その現象解明が長期的な性能変化予測において重要となっている。そのため、アルカリ溶液によるベントナイト混合土の鉱物学的な変質挙動と透水性の変化を評価した。その結果、ベントナイト混合土の透水性は、変質に伴い増大するばかりでなく、二次生成物（C-S-H）の沈殿が大きく影響し、指摘とは異なり低下する（図2）場合もあることを示した [N10037]。

3. 地下水涵養時の地下水温度を考慮した地下水年代評価手法の提案

放射性核種は地下水に溶解して移行する特性があるため、放射性廃棄物処分の安全評価では、地下水の流動性を把握する技術が必要である。その技術として地下水年代評価がある。数万年程度の年代は放射性炭素（ ^{14}C ）やヘリウム（ ^4He ）を指標として評価できるが、それぞれ、地化学反応や評価対象とする帯水層外からの拡散による ^4He の流入により、正確な評価が阻害される。そのため、地下水涵養時の温度（涵養温度）を指標とする、あるいは涵養温度と他の地下水年代指標との関係から地下水年代を評価する手法を提案し、その手法の有効性を確認した（図3、4） [N10036]。

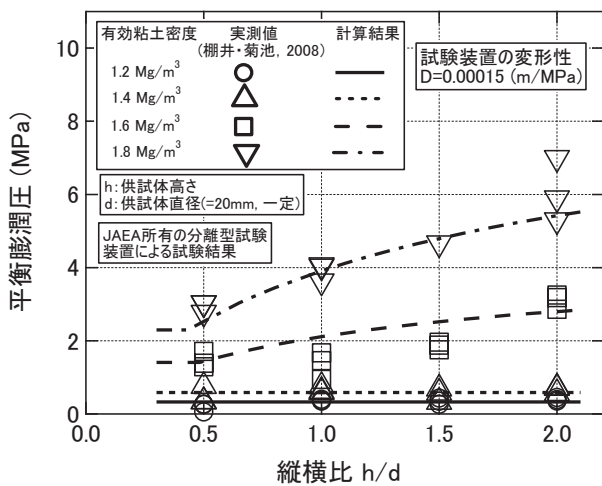


図1 平衡膨潤圧と有効粘土密度の関係に及ぼす供試体の縦横比（供試体高さ）の影響

実測結果では、1.6、1.8 Mg/m³と有効粘土密度が比較的大きい場合には、縦横比（供試体高さ）による影響が認められる。計算結果は、試験装置の変形性を考慮することにより、実測結果のこうした特徴を良く表すことができた。

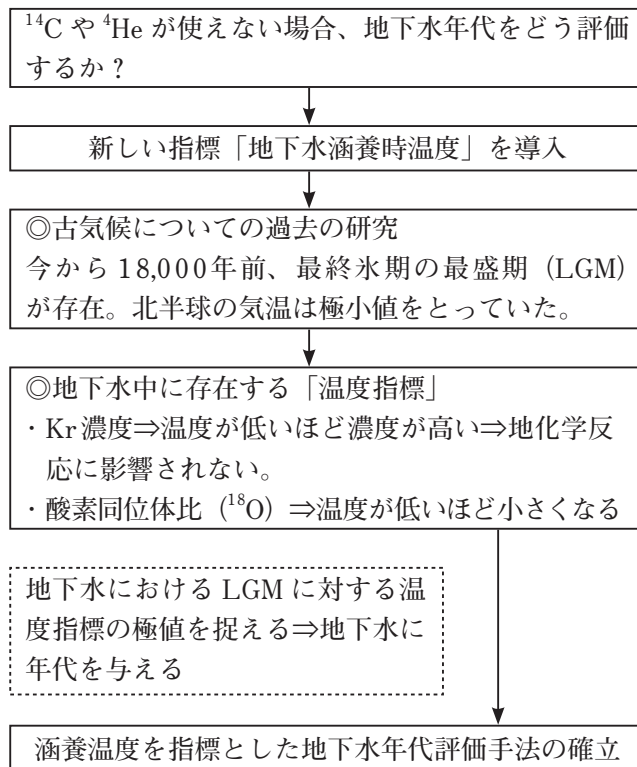


図3 温度指標を利用した地下水年代推定の考え方
本手法により、温度指標の極値から、年代値18,000年の地下水位置情報を明らかにすることができることを示した。

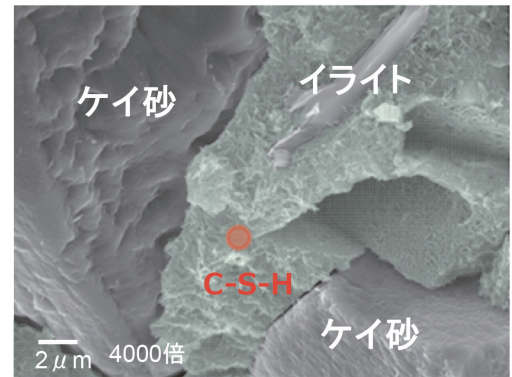


図2 (a) ベントナイト内に沈殿した2次鉱物の状況
Ca(OH)₂溶液と反応させた供試体では間隙を充填するようにC-S-Hが二次生成物(鉱物)として沈殿していた。

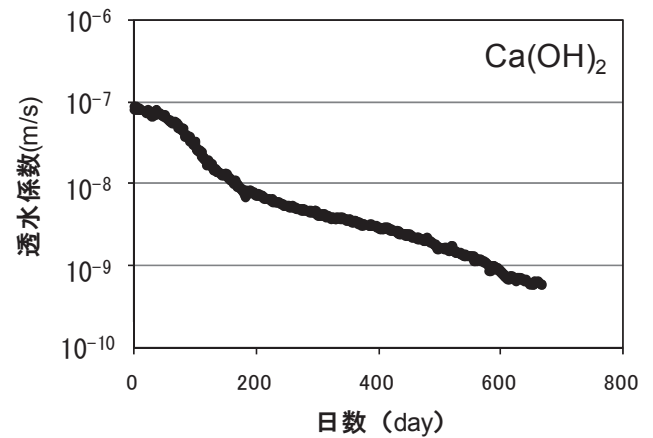


図2 (b) ベントナイト供試体のCa(OH)₂溶液による透水係数の変化

Ca(OH)₂を通水溶液として用いた試験では、二次生成物(C-S-H)の沈殿により透水係数は連続的に2桁以上低下した。

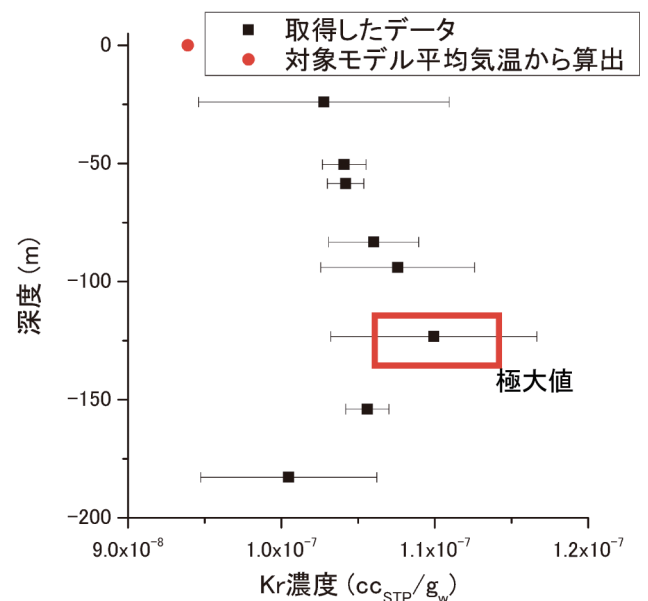


図4 評価対象井戸での深度とKr濃度の関係
Kr濃度は深度120mで極大値を示す。これは、深度120mの地下水は涵養時低温(LGM(18,000年前))に対応することを示している。