

## 重点課題 - リスクの最適マネジメントの確立

## 放射性廃棄物処分の長期安全性評価技術の体系化

## 背景・目的

原子力発電所から発生する放射性廃棄物の円滑な処分に向け、安全性を確保した上で事業推進が必要とされている。特に、低レベル放射性廃棄物の貯蔵容量が逼迫してきており、浅地中ピット処分施設ならびに余裕深度処分施設の設置に向けた安全審査を遅滞なく進める必要がある。また、高レベル放射性廃棄物は国による直接処分の検討や将来の安全確保、調査地区の選定等の制度化が進

められており、適切な対応が必要とされる。

本課題では、より信頼性の高い処分技術を構築するため、低レベル放射性廃棄物処分の人工バリアを対象に長期間の耐久性と品質のばらつき等の不確実性を評価する手法を開発するとともに、高レベル放射性廃棄物処分では地質環境に関する地表からの調査手法および長期的な安定性を評価する手法を開発する。

## 主な成果

## 1 ベントナイト系人工バリアの長期挙動の評価

放射性廃棄物処分施設において放射性核種の移行を抑制するために締固めたベントナイト系材料が用いられるが、その透気性が低いため、地下深部の還元性(低酸素)環境下における金属腐食等により発生した水素ガスの影響を検討する必要がある。そこで、施設周辺における境界条件を考慮したガス移行実験を行い、その数値シミュレーションにより当所開発の力学連成気液二相流解析コードの検証を行った。その結果、実験結果を概ね良好に表せること、特にガス流量急増時のガス圧を精度良く推定できることがわかった(図1)。

ベントナイト系材料は、放射性廃棄物処分施設で用いられるセメント系材料の溶脱によるアルカリ性の溶液により変質し、性能が長期的に変化する可能性がある。そこで、アルカリ環境下でのベントナイト系材料に含まれる成分であるモンモリロナイトの溶解挙動ならびにそれが透水性に及ぼす影響を室内実験により、定量的に明らかにした(図2)。これらの成果を体系的に取りまとめるとともに、ベントナイト系材料の長期挙動評価における不確実性低減のための課題を抽出した[N20]。

## 2 地質環境の長期安定性評価に用いる年代決定法の改良

高レベル放射性廃棄物処分場の選定では、地質環境の安定性評価の一環として長期的な地盤の隆起量の評価が行われるため、その基準となる段丘の年代を十分な信頼性をもって求めることが必要となる。年代決定法のひとつである段丘礫の風化に基づく方法においては、礫の風化殻幅、有効間隙

率等をもとにした風化指標のばらつきが大きいことから、適切に年代情報を得ることが難しい。このため段丘礫の観察・採取位置、岩石種を限定して、礫の年代が正確に得られるよう適用法を改良し、段丘対比指標としての信頼性・適用性を向上させた(図3)[N12007]。

## 3 処分場のニアフィールドの長期挙動評価

処分場の閉鎖後の緩衝材(ベントナイト等)や周辺岩盤等のニアフィールドにおける力学的長期挙動評価のために、当所では時間加速の効果期待できる遠心力载荷実験を行ってきた。今回の実験では、深度300m相当の地質環境条件(地圧6MPa、地温30℃)に、廃棄体の発熱(95℃)の条件を加えた1/30のニア

フィールド模型に、30Gの加速度を与えて約200年相当経過したニアフィールドの状態を再現した。その結果、緩衝材中の水分の不均一化を示唆する挙動が認められた(図4)。今後、さらに実験を進めて熱・水・応力の相互作用を考慮したニアフィールドの長期挙動の評価を実用化する予定である。

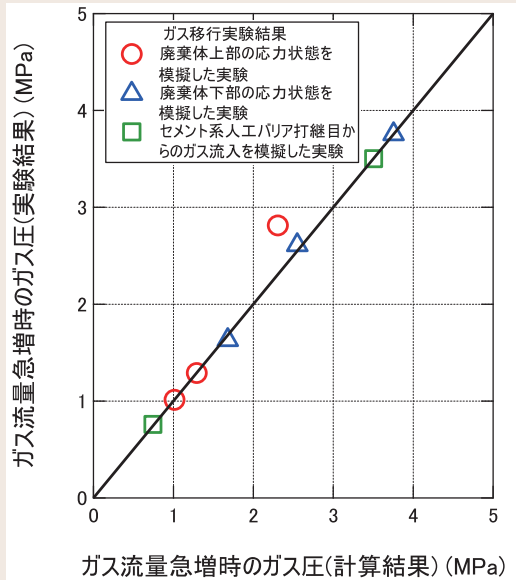


図1 ガス流量急増時のガス圧に関する実験結果と計算結果の比較

実験によるガス流量急増時のガス圧と数値シミュレーションによる計算結果の比較では、廃棄体の上部または下部からのガス移行、人工バリアの継ぎ目からのガス移行等、いずれの場合も当所開発の力学連成気液二相解析コードによって精度良く推定できることがわかった。

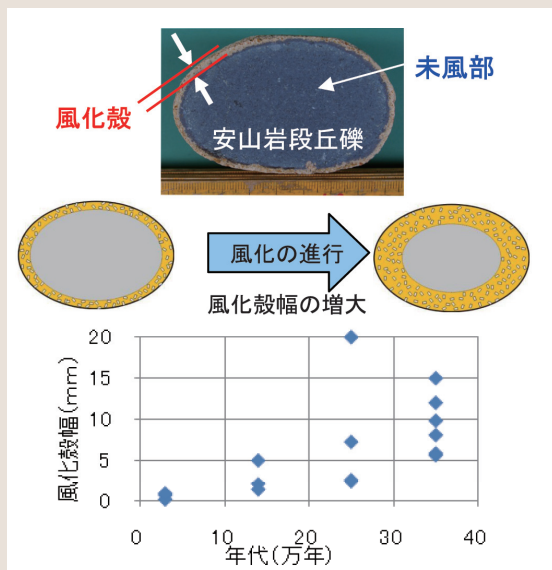


図3 安山岩段丘礫の風化殻幅と段丘年代との関係  
安山岩の段丘礫は時間の進行と共にその風化殻の厚みが増す。よって礫種によっては風化を指標とした段丘の年代や、段丘相互の新旧を比較可能である。

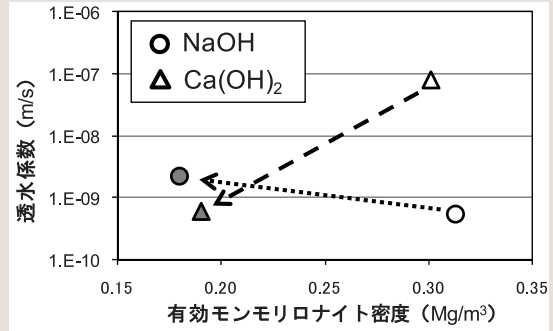


図2 NaOHとCa(OH)<sub>2</sub>を用いた変質透水試験における透水係数の経時変化

ベントナイトを15%含む混合土のアルカリ性の溶液による変質挙動と透水性の変化を調べた。NaOHを用いた変質透水試験では、モンモリロナイトの溶解等により透水性が増大した。一方、Ca(OH)<sub>2</sub>を用いた試験では、モンモリロナイトは溶解していたが、二次生成物の沈殿による空隙の閉鎖が大きく影響し、透水性は低下した。

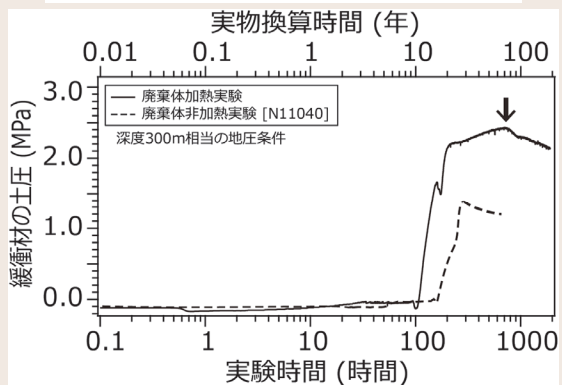
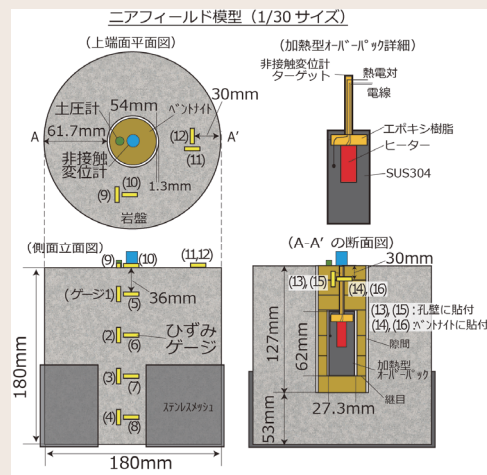


図4 廃棄体の発熱を考慮した長期遠心载荷実験  
ニアフィールド模型を使用した非加熱の長期遠心载荷実験を行った場合は、実験時間100時間(実物換算時間10年相当)以降に緩衝材の土圧が上昇した後、低下に転じた(図中点線)。この低下傾向は岩盤が変形したと解釈された。一方、同じ条件に廃棄体の発熱分を加えた加熱での長期遠心载荷実験では(図中実線)、図中の矢印の箇所で土圧が低下傾向に転じ、緩衝材への水分供給量も変化した。これは熱影響で緩衝材中の水分分布が変化した可能性を示唆している。