

2-3. 主要な研究成果(2) 原子燃料サイクル・バックエンド事業の推進支援



原子力発電

地下空洞掘削時に岩盤内にかかる力の変化を再現する試験手法を構築

- 地下空洞周辺岩盤の安定性と透水性を定量的に評価し、地層処分施設の設計や安全評価の信頼性向上に貢献

背景

高レベル放射性廃棄物の地層処分では、地下深部の岩盤を掘削し、施工・作業時の岩盤の安定性と、長期的な地下水の流れを考慮して、廃棄物を安全に処分することが求められます。空洞掘削時に岩盤内の力のつり合いが変化すると、**空洞周辺に生じた割れ目が進展・連結**して岩盤の安定性が低下し、施工時や作業時の安全性に影響を及ぼすおそれがあります(図1)。さらに、割れ目により**地下水の流れが変化することで、放射性物質(核種)の移行**にも影響する可能性があります。当所では、こうした影響を評価するため、掘削に伴う岩盤内の力の変化を**実験室で再現する試験手法の開発**に取り組んでいます。

成果の概要

◇掘削時の岩盤内にかかる力の変化を再現する試験手法を構築

地下空洞の掘削時に岩盤内で生じる力の変化を実験室で再現するため、岩石試料にかかる**3方向の力を独立に制御できる真三軸試験装置**を活用した、RTTC(Reduced True Triaxial Compression)試験手法を構築しました。従来の試験では岩石試料に対して力を加えていく条件設定が主でしたが、本手法では、掘削により空洞側の拘束が徐々に失われる状況を模擬するため、**2方向から力を加えた状態を保ちながら、残る1方向の力を徐々に抜いていきます**。これにより、掘削時における岩盤内の3方向の力の変化を、従来の試験方法よりも**実際の空洞掘削に近い条件で再現**できるようになりました(図2)。

◇空洞周辺岩盤の安定性と透水性を定量的に評価

RTTC試験では**1方向の力が徐々に抜ける過程**を再現できるため、岩盤に割れ目が生じるときの力の状態から、割れ目の形成範囲を推定できるようになりました(図3)。さらに、岩石試料内部の割れ目形成前後で水の通りやすさ(透水性)を調べることも可能であり、掘削により生じた開口割れ目による透水性の変化を、従来よりも正確に評価できるようになりました(図4)。これらにより、掘削に伴う割れ目の形成・進展が地下空洞周辺岩盤の**力学的安定性および透水性に及ぼす影響**を一体的に把握でき、施設設計や安全評価の信頼性向上につながる知見が得られました。

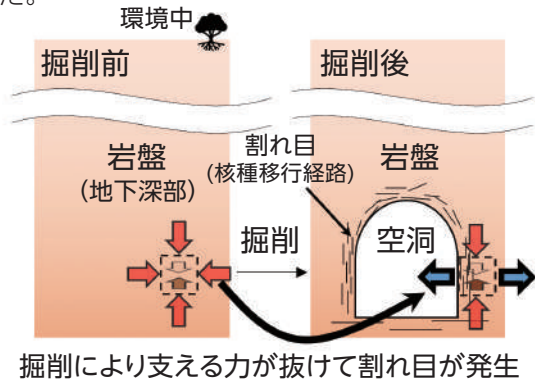


図1 地下空洞掘削に伴う岩盤内の力の変化の概念図

掘削により岩盤内に力の変化が生じ、空洞周辺の岩盤に割れ目が形成される可能性があります。この割れ目が進展・連結すると、施工時や作業時の安全性に影響を及ぼすおそれがあります。また、放射性物質(核種)の移行経路となる可能性があります。

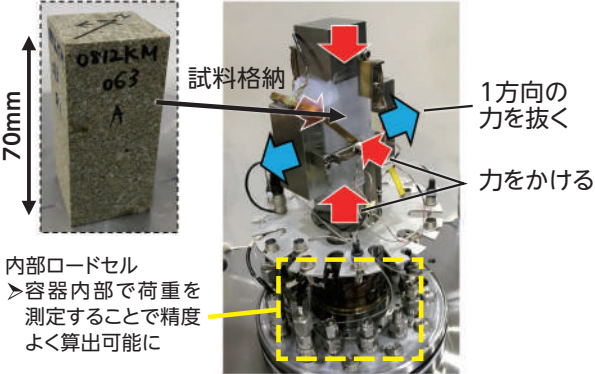


図2 減圧式真三軸圧縮試験(RTTC試験)の概要

2方向から力を加えた状態を保ちながら(赤矢印)、1方向の力を抜く(青矢印)ことで、実際の掘削時に近い力の変化を実験室で再現します。



岩石用真三軸試験装置 地中深くの圧力状態を再現し、岩盤の安定性や透水性を精度よく評価します。

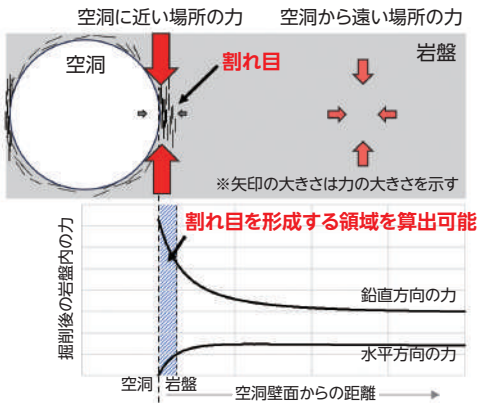


図3 RTTC 試験による割れ目形成領域の評価イメージ

1方向の力を徐々に抜くことで、割れ目が形成される時点における力(水平方向および鉛直方向)の大きさから、空洞壁面からの割れ目形成範囲を評価できます。

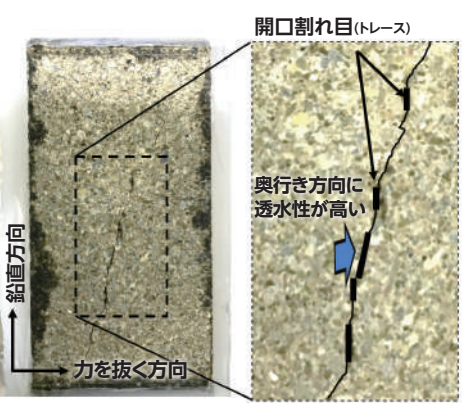


図4 RTTC 試験で形成した開口割れ目の例

RTTC試験の特定の条件では、放射性物質の移行経路となり得る開口割れ目が観察されました。

成果の活用先・事例

本手法は、地層処分施設の施工・作業時における空洞の力学的安定性評価に加え、施設閉鎖後の核種移行評価にも活用できます。今後、地層処分施設の候補地の岩盤評価に対して本手法を適用することで、合理的な設計判断や、より信頼性の高い安全評価への展開が期待されます。

(参考) 佐藤ほか、応用地質、第66巻、3号(2025)

