

審査の結果の要旨

氏名 木下 尚樹

木下尚樹氏により提出された論文では、岩盤空洞内に熱水貯蔵システムを想定し、空洞の安定性および熱挙動を評価するために必要となる、熱環境における岩石の力学・水理学特性を実験により検討し、得られた物性を用いて岩盤空洞の挙動について検討した長年にわたる研究成果が述べられている。

ごみ焼却施設の排熱を熱水として岩盤空洞内に一時貯蔵し、多目的利用する熱水貯蔵システムでは、空洞が熱源となって周辺岩盤に非定常の温度分布が生じ、それに起因して熱応力が発生し応力分布が経時的に変化する。熱水貯蔵システムと同様の研究事例として、発電所の夜間余剰蒸気を岩盤空洞内に熱水として貯蔵することが提案され、技術的および経済的検討により実現可能性が示されているが、高温状態の岩盤の力学特性・熱物性とそれに基づく岩盤空洞の安定性評価や周辺地下水の挙動を明らかにすることなどが課題であるとされている。そこで、本研究では熱水貯蔵システムを想定し、空洞の安定性および熱挙動を評価するために必要となる熱環境における岩石の力学・水理学特性を実験により検討し、得られた物性を用いて岩盤空洞の挙動について解析により考察した。

第2章では、岩石の高温下における強度・変形特性および熱物性値を実験により求め、物理的性質や含水状態の違いがこれらに及ぼす影響を考察した。その結果、温度の上昇に伴い、強度および弾性係数は低下する温度依存性がみられた。これは温度上昇に伴う岩石を構成する鉱物粒子の熱膨張率の不一致によるマイクロクラックの発生、拡大が原因であると考えられる。また、その他の力学特性や熱物性についても温度依存性を検討した。

第3章では、岩石供試体に高温の温度履歴を与えた後、強度試験を実施し、強度・変形特性を求めた。また、温度履歴に伴う岩石の熱膨張ひずみや弾性波伝播速度の変化を求めた。さらに、拘束圧下で温度履歴を与えた場合の岩石物性も求めた。これらの結果から履歴温度幅、履歴回数、雰囲気温度等の温度条

件や拘束圧，また，岩石の空隙率，含水状態等の岩石の物理的性質が強度・変形特性に及ぼす影響について検討した。

熱環境下の岩盤空洞においては，周辺岩盤が熱・水・応力の影響を長期に渡り受けるため，これらの相互作用が影響を及ぼし，岩石の力学特性が経時的に変化するものと考えられる．第 4 章ではまず，時間依存性挙動であるクリープ現象について，高温下における一軸圧縮クリープ試験を実施し，クリープ特性の温度依存性を見出した．つぎに，岩石の鉱物溶解現象に着目し，高温下において岩石の純水への浸漬試験を実施して浸漬後の力学特性について検討した．また，浸漬水に溶解した元素の定量分析を実施し，化学作用である鉱物溶解現象の力学特性変化に及ぼす影響について考察した．その結果，高温下において浸漬することにより力学特性が顕著に変化する等の結果が得られた．また，化学作用である鉱物溶解現象と力学特性の関連性を確認した．

第 5 章では低透水性の結晶質系の岩石で水理学的性質を左右する不連続面の透水特性を評価するため，単一不連続面を有する花崗岩供試体を用いて透水実験を実施し，不連続面の透水性の経時変化を定量的に評価し，不連続面形状，拘束圧，温度および透過水の pH が透水性に与える影響を定量的に評価した．また，透水性変化の要因である鉱物溶解現象の影響について検討した．

第 6 章では熱環境下の岩石物性を用いて，熱水貯蔵時の空洞周辺岩盤の温度分布，応力分布を解析により求め，空洞の安定性および熱的挙動について検討し，岩質の違いにより熱水貯蔵時の挙動および応力分布は異なることやクリープの影響で内空変位量が増大することを見出した．また，地下水の対流の影響が温度分布に及ぼす影響について検討した．最後に熱応力軽減対策として空洞表面に施す断熱材が有効な手段と成り得ることを示し，空洞からの漏水防止対策として高分子系材料のライニングを提案した．

本研究の今後の課題としては，周辺岩盤の長期透水挙動評価やフィールド実験等による挙動評価を通じて長期の安定性を立証することなどが挙げられる．

本研究では，多くの実験により熱環境における岩石の力学・水理学特性がより定量的に明らかとされ，それによって解析に用いられる物性値の精度が格段に向上した点が最も大きな成果であると考えられる．

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる．