

学位論文紹介

博士論文概要

論文名：Hydraulic Performance and Chemical Compatibility of Mineral Barriers to Mitigate Natural Contamination from Excavated Rocks (自然由来の有害物質を含む掘削岩石の対策における鉱物バリア材の遮水性能と緩衝能)

著者名：Angelica Mariko Naka Kishimoto (アンヘリカ マリコ ナカ キシモト)

指導教員：勝見 武 (京都大学)

授与年月：2014 年 3 月

1. 研究の背景および具体的に取組んだこと

建設工事や鉱山開発等で生じる掘削岩石には自然由来で重金属類が含有している場合があり、不適切な処理によって土壌・地下水汚染を引き起こすことが懸念される。また、掘削岩石に硫化鉱物が含まれていると、それらが大气や雨水に曝露され酸化することにより酸性廃水の発生や重金属の溶出増加が誘発され、周辺環境を悪化させるおそれがある。このような自然由来の重金属による地盤環境問題は、日本のように地質学的に活性に富む国や、鉱業が盛んに行われていながら経済的理由により廃棄物処分技術が十分に活用されていない国等で課題となっている。

適正かつ合理的に掘削岩石を利用・保管する対応策の一つとして、掘削岩石を盛土として利用したり土捨て場に堆積させた下部に、粘土などの鉱物によるバリア層を設けて、外部への重金属と酸性水の漏出を防止する方法が考えられる。鉱物バリアには遮水性能や吸着性能が期待されることから、ベントナイト、ゼオライト、フェリハイドライトなどの適用が考えられ、特にベントナイトを2枚のジオテキスタイルに挟み込んだジオシンセティッククレイライナー（以下、GCL。図-1）は現場の施工性にも優れており有効と考えられるものの、自然由来の重金属や酸性水に対するこれら鉱物バリアの性能に関する科学的な知見は限られている。本論文は、掘削岩石に含まれる自然由来の重金属類や酸性水を対象とした鉱物バリアの遮へい性能について実験的に検討を行ったものである。



図-1 使用した GCL

2. 研究の成果

本論文の主要な成果としては、以下の3点に集約することができる。

- 1) 鉱山廃水の水質に関する既往のデータを整理することにより、掘削岩石からの重金属溶出や酸性廃水の発生の特徴を示した。既往のデータは800種類以上にのぼるもので、公表されている水素イオン濃度指数や電気伝導度、重金属濃度のデータの整理ならびに科学的な考察に基づき、酸性廃水の化学特性を特徴づけている。この結果は、酸性廃水の化学特性の統計データとして貴重であり、以降で鉱物バリアの遮蔽性能を

評価する際に使用する模擬酸性廃水の水質の設定根拠としている。

- 2) GCL、および締固めたゼオライトやフェリハイドライト層を対象に各種酸性廃水に対する透水特性に関する実験検討を行い、遮水性能の観点からこれらの材料が酸性廃水の封じ込めに適用しうることを示している。具体的にGCLについての結果を説明すると、1) で示した成果に基づいて選定した代表的な10種類の浸出水の模擬溶液を用いて透水試験を実施した。GCLの遮水性能はベントナイトの膨潤性に依存していることから水素イオン濃度指数や電解質濃度によっては膨潤阻害による遮水性能の低下が懸念されるが、化学平衡を満たすべく実施した長期の透水試験の結果、浸出水の種類によっては遮水性能への影響があるものの限定されており、封じ込めに適用するに十分低い透水

係数を有することが示された(図-2)。また、模擬溶液とGCL中のベントナイトを用いて実施した膨潤試験におけるベントナイトの膨潤量と得られた透水係数には処分場浸出水の場合と同様に一定の相関があり(図-3)、遮水性能を予測しうることを明らかにした。

- 3) 2) で示した3種類の材料を対象に、酸性廃水に含まれる重金属類の吸着特性をバッチ吸着試験により検討している。掘削岩石には複数の重金属が含まれることが多いため、単一の重金属溶液を用いたバッチ吸着試験に加えて、二種類の重金属を含む溶液や模擬浸出水を用いた実験を体系的に実施し、重金属の封じ込めに及ぼす影響の広範な考察を試みた。その結果、浸出水中の金属濃度の低減には吸着現象に加えて沈殿現象の寄与が重要なこと、特に自然由来の重金属類として多く存在するヒ素の溶出防止には鉄分の存在が寄与していることを示した。また、透水試験における排出水の重金属濃度の定量によってもヒ素の封じ込め効果を明らかにし、特に鉱物バリアの低透水性が間隙中への鉄分等の沈殿物の析出を促進させることによる効果について考察した。

最後に本論文は、1)～3) に示した成果に基づいて、想定される掘削岩石の特性や封じ込め施設の条件下で鉱物バリアを用いる場合の遮へい性能を簡便なモデルを用いて定量的に評価し、岩石ならびに浸出水の特性を踏まえた合理的な対応が可能であることを示し、結論付けられている。

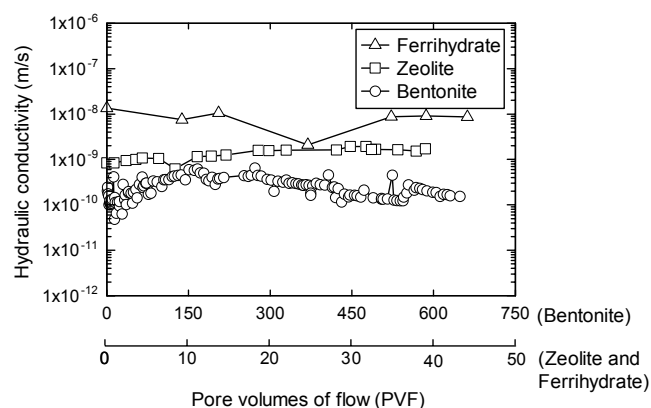


図-2 GCL、および締固めたゼオライトとフェリハイドライトを対象とした長期透水試験結果（GCLは間隙体積の650倍以上の通水を実施）

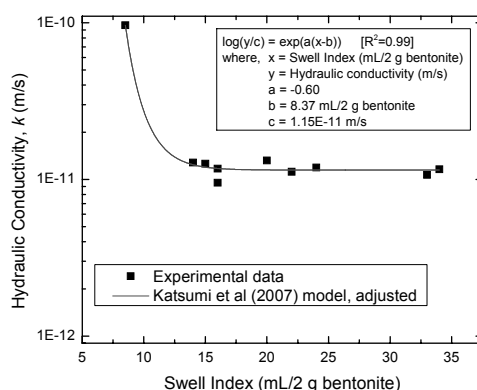


図-3 GCLの透水係数とベントナイト膨潤量の関係の例