

赤外線画像を用いた膨潤性粘土鉱物の含有割合評価の試み

大林組 正会員 ○奥澤 康一

京都大学 非会員 久保 大樹, 小池 克明

1. はじめに

膨潤性粘土鉱物が土壌や岩石に含まれている場所で工事を行った場合、盤膨れや構造物の変形といった被害が発生することがある。膨潤性粘土鉱物の含有割合は、一般に試料を採取してX線回折分析やメチレンブルー吸着量試験等を実施して評価されるが、手間や時間がかかる。また、膨潤性粘土鉱物の分布は不均質であることが多く、少数の試料の分析では膨潤性粘土鉱物を含む地山を見落とす懸念がある。特に山岳トンネルの施工では、全線にわたっての事前調査が難しいことが多く、膨潤性粘土鉱物を原因とした盤膨れや押し出しが、施工中や供用開始後に発生している。そのため、施工時に膨潤性粘土鉱物の有無を簡便に判別する手法が求められている。

筆者らは赤外線画像により切羽面での膨潤性粘土鉱物含有率を評価する手法を開発している。本報告では、赤外線画像を用いて膨潤性粘土鉱物を定量的に評価するための基礎的検討として実施した室内試験の結果について述べる。

2. スペクトルメーターによる検討

鉱物には種類ごとに特定の波長の赤外線を吸収する性質がある¹⁾。特定の波長のみを透過するバンドパスフィルターを装着した赤外線カメラで切羽面を撮影すれば、切羽面の各点におけるその波長の赤外線反射率を求めることができる。膨潤性粘土鉱物が吸収する波長と吸収しない波長の赤外線画像を撮影すれば、同一地点における赤外線反射率の違いから、膨潤性粘土鉱物の含有割合を評価できる可能性がある。本研究では、赤外線カメラによる検討の前段階として、スペクトルメーターを用いて膨潤性粘土鉱物の赤外線吸収波長や吸収の程度に関する検討を行った。

2.1 乾燥試料の検討

本研究では膨潤性粘土鉱物であるモンモリロナイトと、モンモリロナイトとは赤外線吸収波長が異なる方解石を粉末にして、様々な割合で混ぜ合わせ、模擬試料を作製した。モンモリロナイトとして精製ベントナイト(クニミネ工業製クニピアF)を、方解石として琉球石灰岩を0.1 mm以下に粉碎したものを、110℃で一晩乾燥させてから実験に使用した。これらをスペクトルメーターで測定し、近赤外領域での赤外線吸収波長の確認、および混合割合と反射率の関係について検討を行った。図-1にスペクトルメーターによる測定結果を示す。近赤外領域(780 nm～)では、モンモリロナイトは1410 nm 付近、1900 nm 付近、2200 nm 付近の3つの吸収波長を持つ。一方、方解石(モンモリロナイト0%試料)は1000～2000 nm まで反射率にはば変化が無く、2300 nm 付近に吸収波長を持つ。モンモ

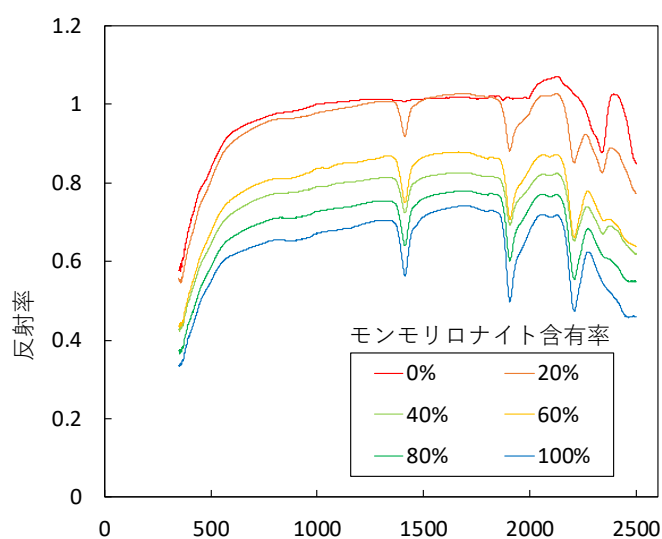


図-1 モンモリロナイト-方解石混合試料(乾燥試料)の反射スペクトル。

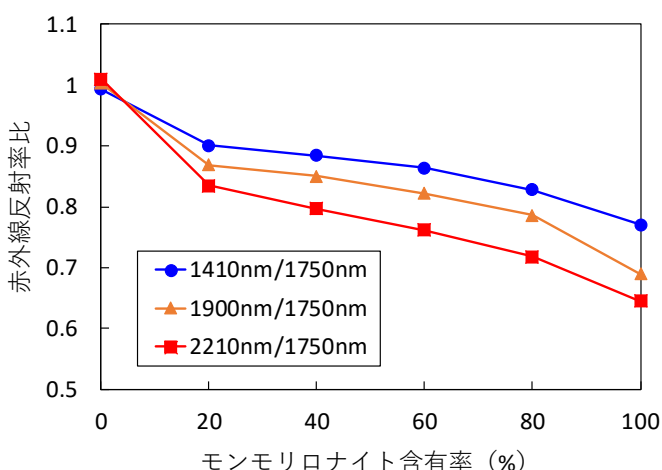


図-2 スペクトルメーター測定結果から求めたモンモリロナイトの吸収波長の赤外線反射率と、1750 nm における赤外線反射率の比

キーワード 膨潤性粘土鉱物、盤膨れ、赤外線画像、山岳トンネル

連絡先 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸 4-640

(株)大林組 技術研究所 地盤技術研究部 TEL 042-495-1015

リロナイトの方が方解石よりも全体的に反射率が低く、反射率の絶対値ではモンモリロナイトの含有による反射率低下の程度を把握するため、モンモリロナイトと方解石の両方が吸収しない波長である 1750 nm 付近の赤外線反射率と、モンモリロナイトの 3 つの吸収波長での反射率の比を求めた(図-2)。3 つの赤外線反射率比はモンモリロナイトの含有割合と負の相関を持つことが確認された。

2.2 含水試料の検討

上記の検討では乾燥させた試料を用いたが、実際の地山は水を含んでいる。水はモンモリロナイトと似た吸収波長を持つことが知られている。そこで、上記の試料に水を加えて含水率を調整し、スペクトルメーターを用いて測定を行った。図-3は方解石 80%モンモリロナイト 20%混合試料の含水率を変化させたときのスペクトルの変化を示す。水による赤外線の吸収は、波長 1200 nm 以降で次第に強くなる傾向がある。1450 nm 付近、1920 nm 付近で非常に強い吸収が見られ、モンモリロナイトによる赤外線反射率の低下割合よりもはるかに大きい。一方、モンモリロナイトの吸収波長のうち、2200 nm 付近については、周辺の波長と比べて水による吸収が弱く、相対的に高いピークとなっている。そこで、モンモリロナイトによる吸収が無く、水による吸収も比較的弱い 1750 nm と 2210 nm の赤外線反射率比を求め、モンモリロナイトの割合と赤外線反射率の関係への水の影響について検討した。各含水率で赤外線反射率比とモンモリロナイトの含有割合はおおよそ負の相関を示し、グラフの傾きが似ており、切片の値が異なっている。このことは、他の方法で含水率を求めて切片の値を決めてやれば、2210 nm/1750 nm の反射率比から、モンモリロナイトの含有割合を求められる可能性を示している。

3. 赤外線カメラによる検討

赤外線カメラを用いて上記の検討に用いた試料の撮影を行った。モンモリロナイト 100%および方解石 100%の乾燥試料を、2210 nm のバンドパスフィルターを装着した 1000~2350 nm に感度領域を持つ赤外線カメラで撮影した画像を図-5に示す。標準白色版を基準とすると、試料中央部のモンモリロナイトの反射率は 0.66, 方解石は 1.15 であり、両者の反射率の違いを赤外線カメラで判別できることが確認された。

4. まとめ

スペクトルメーターと赤外線カメラを用いた基礎的な室内実験により、赤外線画像を用いて膨潤性粘土鉱物の面的な分布を評価できる可能性が示された。今後は他の鉱物を含む模擬試料や実試料の検討を進めていきたい。

参考文献

- 1)小池・古宇田：金属鉱物・地熱資源探査へのリモートセンシング応用技術とその最近の動向, Journal of MMIJ, Vol. 132, pp. 96-113, 2016.

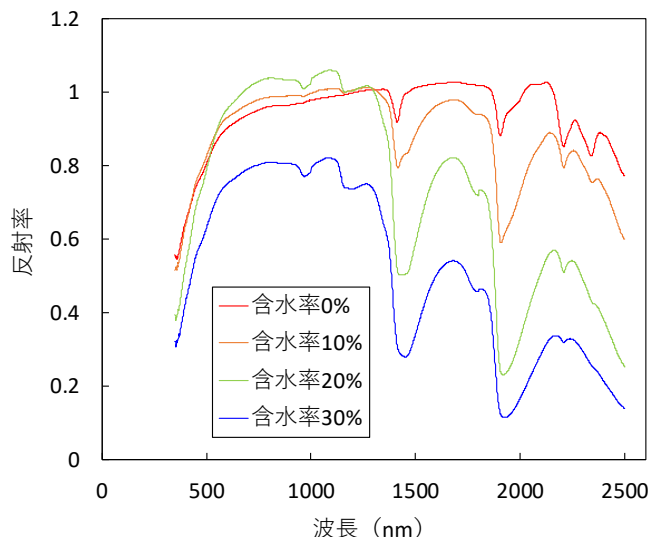


図-3 方解石 80%, モンモリロナイト 20%混合試料の含水率と反射スペクトルの関係

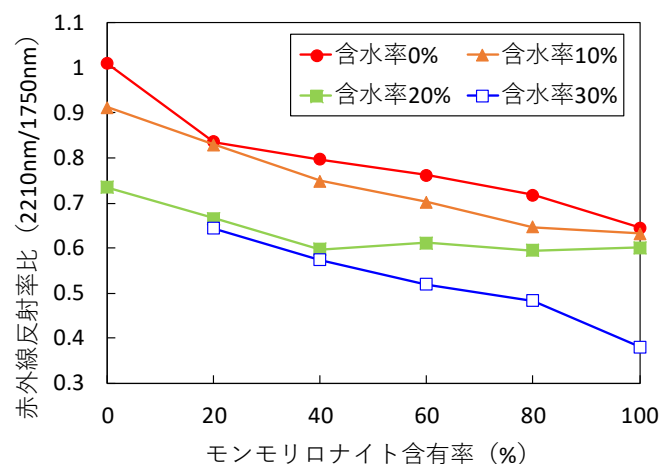


図-4 含水率を変化させた時の赤外線反射率比 (2210 nm /1750 nm) とモンモリロナイト含有割合の関係。モンモリロナイト 0%, 含水率 30%の試料は表面に水が浮き欠測。

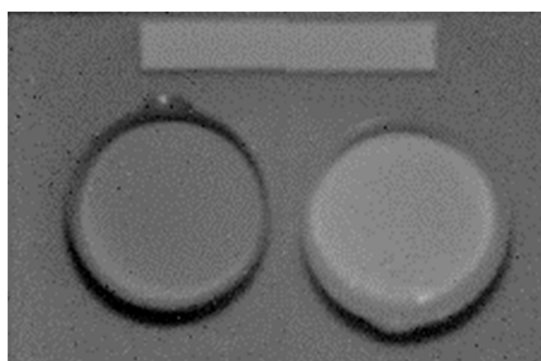


図-5 2210 nm のバンドパスフィルターを装着した赤外線カメラで撮影したモンモリロナイト試料(左)と方解石試料(右)。中央上部は標準白色版。