

ハイパースペクトルカメラによるスメクタイト含有地山の定量的評価法に関する研究

大成建設(株) 技術センター 正会員 ○市來 孝志, 山上 順民

1. はじめに

スメクタイトは代表的な膨潤性粘土鉱物であり、トンネル工事では切羽崩壊や盤ぶくれ等の原因となり、切土工事では法面の変状や崩壊の原因となってきた。また長期的な安定性で問題となることも多く、事前にスメクタイト含有量が特に多い領域や含まない領域を把握できると、対策を検討する上で非常に有効である。

ハイパースペクトルカメラ (HSC) は近接作業ができないトンネル切羽や切土法面であっても、遠隔で反射スペクトルを取得することで、通常のカメラでは判別できない物性情報を把握できる。そのため、岩種や風化・変質の程度の評価^{1),2)}に用いられてきたが、スメクタイトに着目した評価への取り組みは少なかった³⁾。

そこで本研究では、従来用いられてきた可視域～近赤外域の HSC に加え、近赤外域～短波長赤外域の HSC を用いて、スメクタイトを含有する切土法面を対象に定量的評価に関する基礎実験を実施した。

2. スメクタイトの反射スペクトルの特徴

スメクタイトのうち代表的な鉱物であるモンモリロナイトの反射スペクトルの一例⁴⁾を図-1に示す。図-1中の矢印で示すように、反射率が急低下する波長域(吸収帯)の存在は、鉱物名を特定するための指標となることが知られている⁵⁾。モンモリロナイトでは、可視域ではなく近赤外域～短波長赤外域において複数の吸収帯が認められる。このため、スメクタイトの評価には近赤外域～短波長赤外域の HSC が有効と考え、今回の実験に採用することとした。

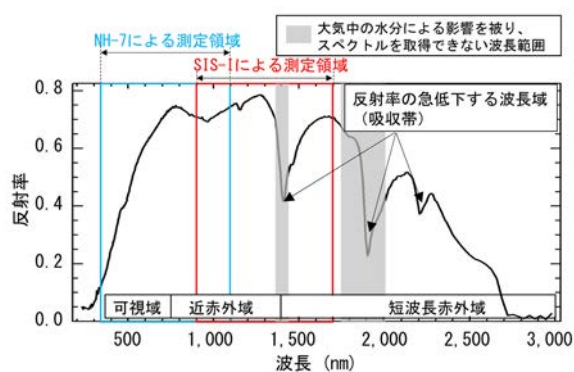


図-1 モンモリロナイトの反射スペクトル (参考文献⁴⁾を一部改変)

3. HSC 撮影実験場所と実験条件

撮影実験は幅約 50m×高さ約 8m の切土法面を対象とした (図-2)。図-2の左側から凝灰角礫岩、塊状の安山岩、凝灰岩が分布した。岩種境界を含む不規則な形状で粘土化する部分が分布した。図-2中白色の点線で安山岩の塊状部、水色の点線で凝灰角礫岩の粘土化部を示した。

撮影には、図-1に示すように測定波長域の異なる2種類のエバ・ジャパン製の HSC を用いた (NH-7: 可視域～近赤外域対象, SIS-I: 近赤外域～短波長赤外域対象)。撮影は晴天～曇天の日に法面の正面から約 15m 離れた箇所に HSC を設置し、法面を上下に2分割、左右に6分割の合計12分割して実施した。各画像を合成して1枚の画像とした。岩種と粘土化の程度に基づき標準スペクトルの取得箇所 (幅 20cm×高さ 20cm) を10箇所選定した (図-2中赤色四角にて示す)。併せて同箇所より試料を採取し、粉末 X 線回折法 (XRD 試験) によりスメクタイトの含有量を測定した。解析画像は標準スペクトルとのスペクトル形状の類似性に基づく SAM 解析により求めた。

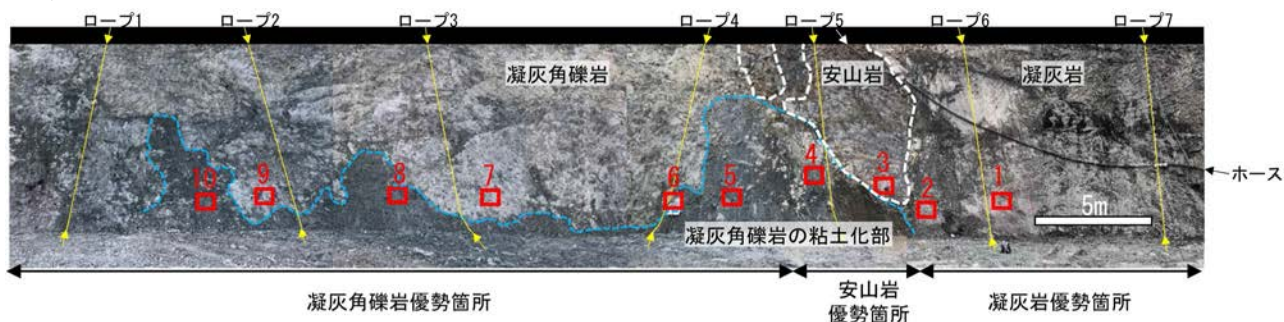


図-2 切土法面の状況 (図中赤色の数字は岩石試料のサンプル番号を示す)

キーワード 切土法面, スメクタイト, ハイパースペクトルカメラ, 反射スペクトル, SAM 解析, XRD 試験
連絡先 〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設(株) 技術センター TEL 045-814-7221

4. 実験結果および考察

XRD 試験の結果 (表-1), 安山岩からはスメクタイトは検出されなかった. 凝灰岩からは粘土化と関係なくスメクタイトが 30%程度検出された. 凝灰角礫岩からも粘土化の程度に関係なくスメクタイトが 30~60%程度検出された.

次に, 図-3 に解析画像として, 上段に可視域~近赤外域の NH-7, 下段に近赤外域~短波長赤外域の SIS-I の結果を示す. 両機種の結果と切土法面での岩種・岩質分布とを比較すると, NH-7 の結果は凝灰岩 (緑色) が塊状の安山岩を含む領域 (図-3 中の白色点線の囲で示す) まで分布する結果となった. 凝灰角礫岩については切土法面の観察で粘土化を示さない領域まで, 粘土化した凝灰角礫岩 (水色) が分布する (図-3 中の黒色点線の囲で示す) 結果となった. 一方, SIS-I の結果は凝灰岩, 凝灰角礫岩, 塊状の安山岩は切土法面の観察と整合的であった. 今回の実験では, 対象とする切土法面でのスメクタイトの分布が漸移的でなく, スメクタイトが未検出の塊状の安山岩, 30%程度を含有する凝灰岩, 30~60%程度を含有する凝灰角礫岩が分布する特殊な条件であった. しかしながら, 近赤外域~短波長赤外域の SIS-I では, スメクタイトが検出されない塊状の安山岩の分布を精度良く把握できたことから, 凝灰岩や凝灰角礫岩のスメクタイト含有量も解析結果と整合する可能性がある. この検証のために追加で XRD 試験を実施予定である. NH-7 よりも SIS-I の方が観察結果と整合した理由としては, 2 章で示した通り, SIS-I は測定領域にスメクタイトの吸収帯を含んでいるためと考えられる.

今後は, スメクタイトが漸移的に分布するサイトにおいて同様の実験を実施し, 検出精度の向上を図りたいと考える. その際に, 標準スペクトルの選定方法が重要となるため, 今後検討していきたい.

5. まとめ

2 種類の測定波長域の異なる HSC をスメクタイト含有地山に適用した結果, スメクタイト含有量を評価でき, その分布範囲を抽出できた. 特に, 可視域~近赤外域よりも近赤外域~短波長赤外域の反射スペクトルを取得できる HSC のほうが, 評価に有効である可能性があることを示した. 今後は, 課題である標準スペクトルの選定方法を検討していきたい.

表-1 XRD 試験結果

サンプル番号	試料名	XRD 含有量wt. %
1	凝灰岩	32.8
2	凝灰岩 (粘土化部)	33.3
3	安山岩	未検出
4	凝灰角礫岩 (粘土化部)	55.7
5	凝灰角礫岩 (粘土化部)	44.7
6	凝灰角礫岩	33.7
7	凝灰角礫岩	51.4
8	凝灰角礫岩 (粘土化部)	39.7
9	凝灰角礫岩	59.6
10	凝灰角礫岩 (粘土化部)	44.2

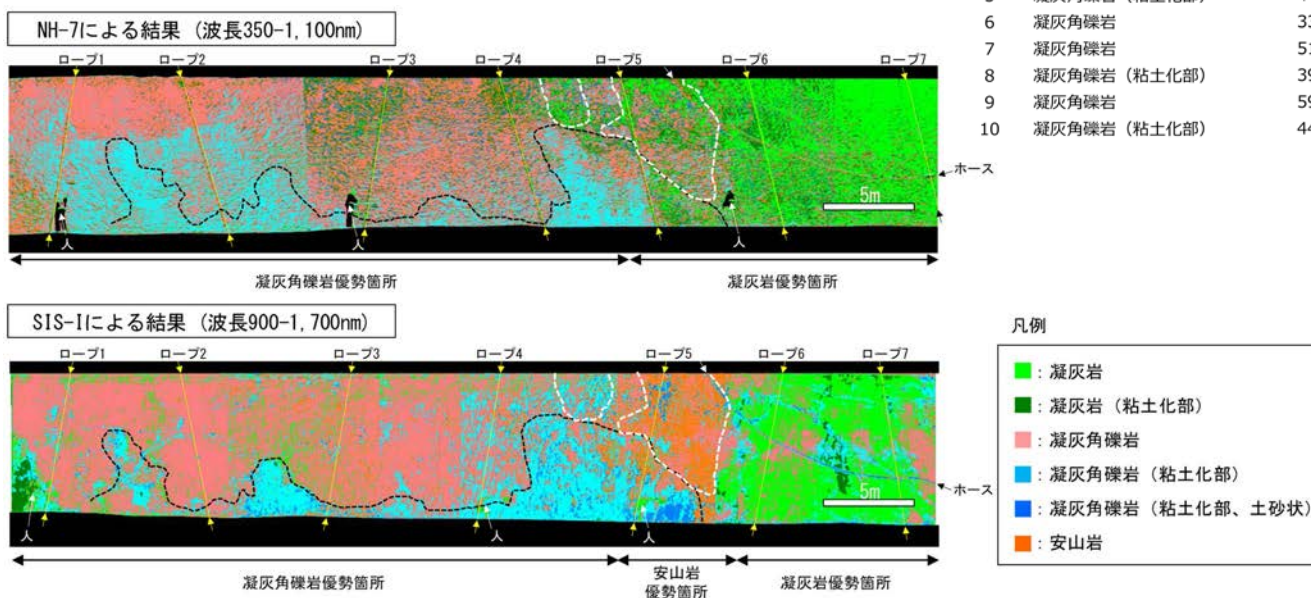


図-3 NH-7 (上段) および SIS-I (下段) による実験結果

参考文献

- 1) 宇津木: マルチスペクトルカメラ, AI を活用した施工現場地質状況自動評価システムの構築, 建設機械施工, 70, 11, 2018.
- 2) 白鷺ほか: 先進ボーリングのカットिंगスを利用したハイパースペクトルカメラによる切羽前方の岩種判定技術 (その1), 令和2年度土全, 2021.
- 3) 奥澤ほか: 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, 令和2年度土全, 2021.
- 4) Kokaly et al.: USGS Spectral Library Version 7, U.S. Geological Survey Data Series 1035, 61p, 2017.
- 5) 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, MMIJ, 132, 6, 2016.