

## P4. 近赤外分光分析の土木地質試料への応用（その3）

Application of near-infrared diffuse reflectance spectroscopy to engineering geological materials (Part3)

○磯野陽子, 木村隆行 (エイト日本技術開発), 中嶋 悟 (大阪大学)

表-1 岩石物性試験結果

供試体No	圧縮強度 (MN/m <sup>2</sup> )	P波速度 (km/s)	S波速度 (km/s)	含水比 (%)
No.1	186.1	5.91	3.29	0.465
No.2	108.4	4.65	2.36	0.450
No.3	25.6	4.32	2.25	0.720
No.4	124.8	5.90	3.06	0.422
No.5	156.6	5.39	3.14	0.456
No.6	148.1	5.16	2.81	0.478
No.7	152.3	5.25	2.85	0.268
No.8	4.4	4.21	2.32	0.483
No.9	220.2	5.80	3.21	0.250

### 1. はじめに

分光法は、物質が反射あるいは吸収する光（電磁波）のスペクトルを測定し、物質の組成や物理状態を推測する方法で、医療・食品・化学物質など様々な分野・物質を対象に利用されている。我々の分野でも、赤外・ラマン・X線分光法による岩石・土壌の測定は広く行われている。これらの分光器は、近年の技術発展に伴い、小型化・軽量化が進み、野外での迅速分析法としての新たな適用が期待される。筆者らはこれらの分光法のうち、可視および近赤外領域の光を用いる、分光測色法と近赤外分光法の土木地質試料への適用を進めている。両分光法とも、非破壊・その場分析が可能であることが最大の利点である。昨年までに花崗岩類の力学特性把握に、近赤外分光が有効である可能性を示した（磯野ほか(2013)）。今回は、花崗岩類より細粒の凝灰岩類について近赤外分光測定を行い、岩石の強度特性等との相関を検討したので報告する。

### 2. 検討試料

試料は道路設計のために実施されたボーリングコアより得られた流紋岩質凝灰岩を用いた。岩石物性試験結果を表-1に示す。この一軸圧縮試験後の供試体について、近赤外分光測定を行った。

### 3. 近赤外分光測定方法

測定は近赤外分光器（NIR256）で行った。一軸圧縮試験後の岩石供試体に直接プローブをあて、反射スペクトルを取得する。プローブからの光の照射反射部の直径は約2mmである。昨年までは鉱物粒子の大きな試料であったことから、長石類に的を絞って測定していた。しかし、今回は細粒な凝灰岩類であることから、無作為に選んだ（ただし、脈等特異部は除く）5箇所の反射スペクトルを測定した。本測定で得られた反射スペクトルは、アルミナ粉体での反射スペクトルに対する相対反射率とし、これをクベルカ・ムンクの式で吸光度に変換し、吸収スペクトルとする。各吸収帯に直線のベースラインを引き、吸収帯の面積を求め岩石物性値との相関を検討した。

### 4. 測定結果と解析

圧縮強度の高いNo.5供試体と、強度の低いNo.3供試体の近赤外スペクトルを図-1・2に示す。1100nm付近にFe<sup>2+</sup>による幅広い吸収帯が見られる。1450nm(OH)付近と1950nm(H<sub>2</sub>O)付近および、2100~2500nm間に吸収帯(2200nm・2250nm・2350nm)(鉱物の水酸基(X-OH基))が確認された。ただし、2250nm付近の吸収帯はNo.5供試体では明瞭に確認されるが、No.3供試体では確認されなかった。今回の傾向として、強度が低いと2250nm付近の吸収帯が見られなくなった。それぞれの吸収帯の面積を計算し、岩石物性試験結果との相関を検討した(図-3)。

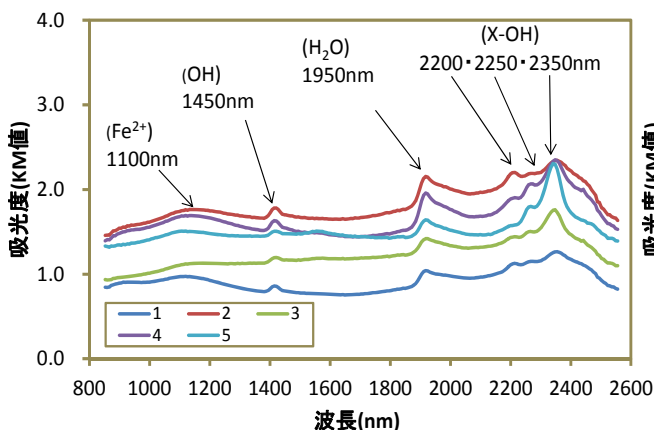


図-1 No. 5 供試体 5 箇所の近赤外スペクトル

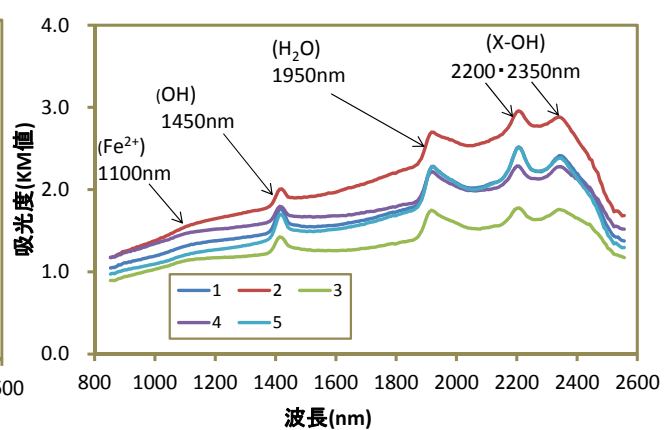


図-2 No. 3 供試体 5 箇所の近赤外スペクトル

その結果、2250nm 付近の吸収帯面積以外は、岩石強度・速度とおおよそ負の相関があり、吸収帯面積が大きいほど、圧縮強度が小さく、P 波・S 波も遅いという結果が得られた。これらの相関関係は昨年までの報告（花崗岩類の長石粒子における検討）と同様にべき乗則で近似された（図-3）。今回 2250nm 付近吸収帯が、強度の低い供試体では見られなくなる傾向があった。2100-2500nm 間の鉱物水酸基の吸収帯は、試料によりその位置が変化し、消失することがあることが判明し、今後詳細な解析が必要である。また今回、含水比と各吸収帯面積との関連性も検討した結果、分子状水(H<sub>2</sub>O)の吸収帯面積（1950nm 付近）と含水比は良好な関係があり（図-4）、近赤外分光による含水比の予想は、有効であることが確認された。

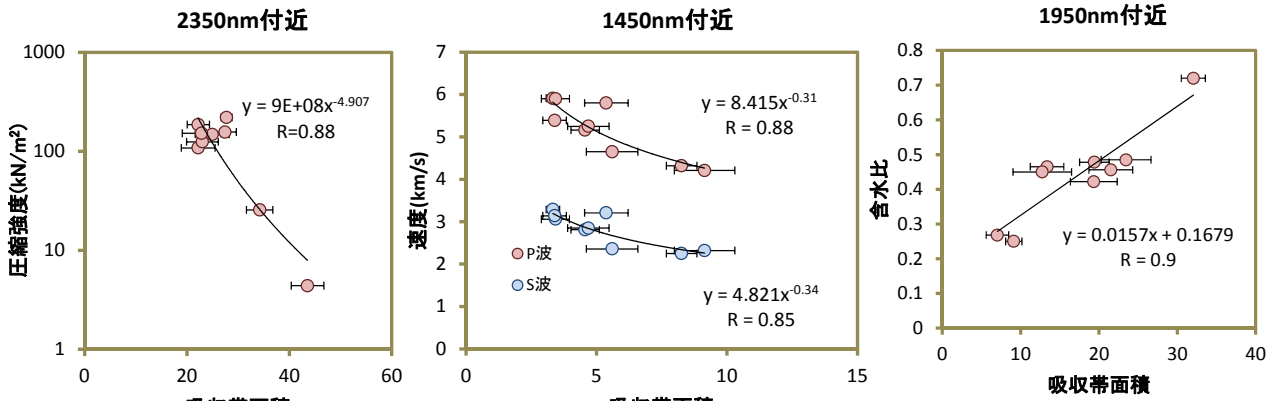


図-3 岩石物性値と各吸収帯面積の関係（一部）

図-4 含水比と1950nm 付近吸収帯面積の関係

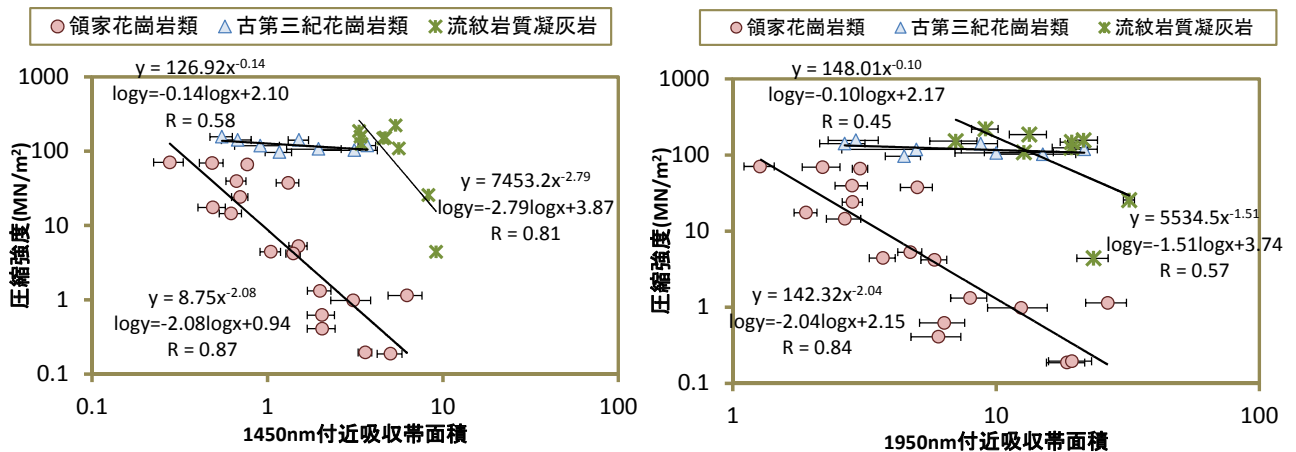


図-5 両対数表示した強度と吸収帯面積の関係図

## 5. まとめ

昨年までは、粒径の大きな花崗岩質岩石の風化変質に伴う強度低下を、長石類の近赤外スペクトルから評価し、長石類の OH(1450nm)および H<sub>2</sub>O(1950nm)あるいは 2250・2350nm 付近 (X-OH) の吸収帯面積と一軸圧縮強度・音波速度に相関があり（図-5）、近赤外分光による岩盤強度特性の推定の可能性を示した。今回は、細粒な凝灰岩で同様の検討を行った結果、強度特性と 1450nm・2350nm 付近吸収帯面積が良好な負のべき乗則で近似できた(図-3・図-5)。その一方で、花崗岩試料では負の相関があった 2250nm 付近吸収帯面積は、本検討では吸収帯が確認できない試料があるなど、強度特性と相関のよい吸収帯面積は、検討試料毎に異なる結果が得られた。昨年度までと同様に強度特性と吸収帯面積はべき乗則で表されるが、そのべき指数はそれぞれの試料で大きく異なる結果が得られた(図-5)。それらの意味するところについてはさらなる検討が必要である。

近赤外分光法は、プローブ先端を測定対象にあてるだけの非破壊測定法であり、短時間で反射スペクトルの収集が可能である。今後も引き続き吸収帯と岩石物性値の相関の意味を吟味しながら、土木地質試料への新たな非破壊分析手法として利用を検討していきたい。

## 参考文献

- ・磯野ほか（2013）：可視・近赤外分光による花崗岩質岩石コアの測定と強度特性の対比，支部設立 20 周年記念行事 平成 25 年度研究発表会・記念シンポジウム 発表論文集・シンポジウム講演論文集 p1-4