

## 48.岩盤劣化と粘土鉱物との関係

Relations between the bedrock deterioration and the clay minerals

○清崎淳子（エネコム）、高林茂夫（中央復建コンサルタンツ）

Junko Kiyosaki, Shigeo Takabayashi

### 1.はじめに

トンネルや切土の設計施工の際に、切羽や法面の岩盤劣化が問題となることが多い。調査時の調査ボーリング及び弾性波速度等の調査結果が良好にも関わらず施工時の岩盤劣化が進み、しばしば設計変更を実施する事例がみられる。

岩盤劣化の要因は、スレーキングや膨潤性地山等で説明されるが詳細には解明されておらず、要因の一つとして、熱水変質や風化変質によって生成したスメクタイトに代表される粘土鉱物の存在が指摘されている。例として、四国を中心にして地すべりやトンネル施工における岩盤劣化の要因に、これまで地質調査で見逃されていた熱水変質鉱物の関与が指摘され、斜面安定の評価上重要であると位置づける報告がある（長谷川、2002；田村ほか、2007 など）<sup>1)～4)</sup>。

今回、火山性堆積物分布域の岩石試料の顕微鏡観察とX線回折を実施したところ、熱水変質鉱物の存在が認められた。これまで収集してきた事例とともに、その種類や発達の状況などについて報告する。

### 2.背景と概要

トンネル設計時の支保パターンは、ボーリングや地表踏査の結果を参考にしながら、地山弾性波速度を主体に地山分類を実施し、設計がなされている。しかし、設計時の支保パターンと施工時の地山状況との乖離が大きく、措置を施すために施工費増大や工期遅延などの問題となることがある。

一方、道路トンネルの地山等級は、平成 15 年に道路トンネル技術基準（構造編）の改訂で岩石グループが塊状岩盤と層状岩盤に区分され、層状岩盤や軟質地

山を中心に地山弾性波速度の評価に幅を持たした基準となった。幅のあるなかから適正な支保パターンを選定することは、困難な作業になることが多く、選定の際に効率的に岩盤劣化の有無を推測する方法として、熱水変質鉱物の有無、種類、発達の状況などの適用性を検討することとして、事例の収集を進めてきた。

堆積岩地域の例として、泥質岩試料を対象に試験を行った事例では熱水変質鉱物の存在が確認され、熱水変質脈としての産状を確認できた<sup>5)</sup>。また、変状の大きかったトンネルの岩石試料として、変成岩や凝灰岩質の堆積岩を対象に試験を行った事例では、膨潤性粘土鉱物（スメクタイト）の存在が確認された。顕微鏡観察によりそれぞれの産状の違いが把握され、粘土鉱物の生成要因の違いを反映していることがわかった<sup>6)</sup>。

### 3.分析結果と考察

今回事例として取り上げた検討地点は、火山性堆積物の分布する地域である。表-1 にX線解析結果一覧表を示す。

岩石試料はすべて凝灰角礫岩であり、火山性碎屑岩である。いずれも新鮮部で岩級区分は CL 級～CM 級（資料番号 5-C のみ）で、肉眼的な差異はほとんど認められない試料であった。比較的軟質な基質と硬質な角礫からなり、基質と角礫の境界部においてコアが剥離するという特徴が認められた。

分析結果は同質の岩石でもあり、石英指数のばらつきや鉱物種の差異は岩質の不均質さを反映しているものと解釈された。定方位分析で確認された混合層粘土鉱物はスメクタイト系で、微量ながらどの試料にも膨潤性粘土鉱物が存在することがわかった。また、顕微

表-1 X線解析結果一覧表

\* いずれの試料も火山ガラスを含む。

| 試料<br>番号 | 深 度(m) | 全岩分析(石英指数)     |      |      |     | 定方位分析               |             |
|----------|--------|----------------|------|------|-----|---------------------|-------------|
|          |        | クリストパル石        | 長 石  | 角閃石  | その他 | スメクタイト              | 混合層<br>粘土鉱物 |
| 1        | A      | 98.10～98.20m   | 10.2 | 9.6  | 6.4 |                     | ○           |
| 2        | A      | 102.00～102.20m | 4.4  | 20.0 | 5.7 | 赤鉄鉱 0.6<br>粘土鉱物 0.5 | ○           |
| 3        | B      | 51.20～51.35m   | 6.4  | 9.2  | 2.5 | ○                   | ○           |
| 4        | C      | 44.30～44.40m   | 5.4  | 7.4  | 3.9 | ○                   | ○           |
| 5        | C      | 94.00～94.20m   | 5.6  | 8.6  | 4.6 | ○                   | ○           |

顕微鏡観察の結果、スメクタイトなどの変質鉱物は熱水脈状ではなく、角礫として存在する熱水変質岩や基質部に含まれる変質鉱物に置換した鉱物片として存在している（写真-1）。

すなわち、スメクタイトや混合層粘土鉱物の存在は岩盤の劣化に直結するわけではないが、膨潤性粘土鉱物を全く含まない場合と比べて小規模な劣化に留意する必要があると考える。

#### 4.まとめ

トンネル施工における岩盤劣化の問題は、比較的地下深部のその地域のいわゆる基盤層（弾性波速度では最下層）とされる新鮮岩層において起きている現象であり、比較的新鮮な岩石を対象に各試験を実施した。

顕微鏡観察では、鉱物や脈の産状の他、堆積構造や変形構造、変質の程度などの情報を得ることができる。すなわち、鉱物粒子そのものが置換されているのか、脈状に入って存在するのか、亀裂部に存在するのかなどの情報を得ることができる。また、今回の試料のように不均質に取り込まれた角礫や鉱物片としての存在も産状として確認される。ただ、粘土鉱物の種類の特定は難しく、膨潤性粘土鉱物の存在の有無を確定することは困難である。

一方、X線粉末回折法（XRD）による分析では、地盤を構成する岩石や土壌類の構成鉱物種を特定することができる。2 $\mu$ m以下の細粒分を水簸して定方位試料を作成し粘土鉱物を分析することによって、膨潤性鉱物のスメクタイトなどの有無を調べることができる。

顕微鏡観察もX線分析もそれぞれに利点があり、両者を組み合わせることによって岩盤の変質状況をかなりの精度で把握することが可能となると考えられることから、顕微鏡観察とX線分析の組み合わせでデータを得ることの妥当性について検討を進めてきた。

変質は、複数の作用（風化・続成・熱水による）が重複している場合がほとんどであり、鉱物の種類、組み合わせだけでなく産状を把握することによって、風化変質、熱水変質などの変質の特性を確認することができると考え、事例収集を進めている。考察時にはこれらの分析で得られる微視的な情報とマクロ的な情報との対比や検討が重要であり、岩盤の特性を示すどのような試験結果と対応しているのか、組み合わせで検討する試験データを選択する必要がある。

顕微鏡観察もX線分析（粉末回折法）も比較的安価で簡便にできる分析手法のひとつである。通常の調査・試験において初期の段階で取り入れることにより、岩盤の状況を把握するための概查的なデータとして検討することが出来る。これらの検討をもとに必要に応じて対象試料を選定し、その他の試験などと合わせて考察すれば、より有効な情報を得ることができると考える。



粘土鉱物に  
置換した鉱物片

写真-1 5-C 偏光顕微鏡写真

#### 参考文献

- 1) 長谷川修一（2002）：四国の地すべりの素因としての中期中新世熱水変質作用，日本地すべり学会関西支部現地討論会資料。
- 2) 長谷川修一他（2004）：熱水変質地山ではトンネル地山評価を2度間違ふ，日本応用地質学会平成16年度研究発表会講演論文集，p.85-88。
- 3) 田村栄治他（2004）：四国における熱水変質帯に起因する建設工事トラブル事例，地盤災害・地盤環境問題論文集，第4巻，p.39-46。
- 4) 田村栄治他（2007）：中央構造線沿いの熱水変質に起因する地すべり，地すべり，vol.44，no.4，p.18-32。
- 5) 高林茂夫ほか（2006）：四万十帯泥岩中の熱水変質鉱物の発達と岩盤劣化との関係，日本応用地質学会平成18年度研究発表会後援論文集。
- 6) 高林茂夫他（2007）：トンネルの変位・変状と粘土鉱物の関係について，全地連「技術 e-フォーラム 2007」札幌。
- 7) 吉村尚久（2001）：粘土鉱物と変質作用，地学団体研究会。
- 8) 林 正雄（1979）：地熱井コア・スライムの定量記載，地熱学会誌，vol.1，no.2，p.103-116。
- 9) 白水晴雄（1988）：粘土鉱物学，朝倉書店。