

Ⅲ－１ 岩盤風化の鉱物学的・化学的評価に関する基礎的研究  
－北海道積丹半島の水冷火砕岩を例として－

岩手大学大学院 ○学生会員 小西 貴師  
岩手大学 正会員 大河原正文  
北海道大学大学院 米田 哲朗

1.はじめに

近年、北海道豊浜トンネル岩盤崩落(1996)や岩手県雫石町玄武洞の岩盤崩落(1999)などにみられるように、各地で物的・人的被害を伴う岩盤崩落が発生している。これら崩落の原因として、風化による岩盤の耐久性低下が指摘されている<sup>1)2)</sup>。岩盤風化と耐久性との関係を明らかにするためには、岩盤風化のメカニズムに裏付けされた風化程度を定量的に表す指標を見いだすことが重要と考える。

今回、風化による岩盤の鉱物学的・化学的特性に関する基礎的データの蓄積を目的に、刀掛覆道上部斜面崩壊(1993)、ワッカ岬の大規模岩盤崩落(1994)、豊浜トンネル岩盤崩落(1996)など、岩盤崩落が多発している北海道積丹半島に分布する水冷火砕岩を対象に、X線回折分析、CEC測定、交換性陽イオン分析、FeO定量分析、ESCAによるFeの状態分析、湧水の成分分析を行った結果を報告する。

2.分析試料

分析に用いた試料は、積丹半島蛸穴ノ岬からチャツナイ岬に至る岩盤斜面から計7試料採取したほか、下部ユニットの岩盤表面に析出している紛状の白色析出物ならびにユニット境界付近からの湧水を採取した。付近の地質は新第三紀中新世中期～鮮新世の火砕岩層からなり、表-1に示したように4ユニットに区分されている<sup>3)</sup>。また、この地域に広く分布している水冷火砕岩は指で容易に破碎されるなど脆弱な部分があり、局所的に風化の進んだ部分が見られるのが特徴である。採取された試料は、基質部分と局所風化部分とに分け、自然乾燥後それぞれメノウ乳鉢で74μm以下に粉碎して全岩試料とした。また、粉末試料の一部を蒸留水中で超音波分散した後、水簸処理を行い粒径2μm以下の粘土試料を得た。

表-1 地質区分<sup>1)</sup>

|     |             |       |
|-----|-------------|-------|
| IV  | 含角礫成層火砕岩    | 二次堆積物 |
| III | 含角礫成層火砕岩    |       |
| II  | 上部 含角礫成層火砕岩 | 水冷火砕岩 |
|     | 中部 無層理粗粒火砕岩 |       |
|     | 下部 不淘汰火砕角礫岩 |       |
| I   | 含角礫成層火砕岩    | 二次堆積物 |

3.実験方法

X線回折分析は、X線管球にCuKαを使い、管電圧/電流40KV/20mA及び30KV/10mA、走査速度1°及び4°/min、スリット系0.5°-0.3mm-0.5°の条件で行った。スメクタイトの定量分析は、メチレンブルー吸着法により行った。陽イオン交換容量(CEC)は改良合計法<sup>3)</sup>により、交換性陽イオン分析は和田<sup>4)</sup>に準拠して行った。地下水の分析はICP発光分析装置により分析した。Feの状態分析はESCAにより測定した。FeOの定量分析はKMnO<sub>4</sub>による滴定により行った。

表-2 試料一覧

| 試料名  | ユニット       | 岩石名   | 基質・局所風化 |
|------|------------|-------|---------|
| ST-1 | ユニットIV     | 軽石凝灰岩 | 基質      |
| ST-2 |            |       | 局所風化    |
| ST-3 |            |       | 基質      |
| ST-4 | ユニットIII    | 砂質凝灰岩 | 基質      |
| ST-5 |            |       | 局所風化    |
| ST-6 |            |       | 基質      |
| ST-7 | ユニットII(上部) | 凝灰角礫岩 | 局所風化    |
| ST-7 | ユニットI      | 火山角礫岩 | 基質      |

表-3 各種分析結果

| 試料名  | ユニット       | 岩石名   | 礦・基質 | X線回折分析 |     |      |           | MB吸着法[wt.%] | CEC[meq/100g] | 交換性陽イオン(2価陽イオン割合%) | FeO含有量(wt.%) |
|------|------------|-------|------|--------|-----|------|-----------|-------------|---------------|--------------------|--------------|
|      |            |       |      | 石英     | 斜長石 | 水酸化鉄 | スメクタイト    |             |               |                    |              |
| ST-1 | ユニットIV     | 軽石凝灰岩 | M    | -      | ○   | -    | ◎         | 42.69       | 113.38        | 94.33              | 0.87         |
| ST-2 |            |       | LW-M | -      | ○   | -    | ◎バイデライト   | 32.80       | 93.79         | 94.99              | 1.08         |
| ST-3 |            |       | M    | -      | -   | -    | ◎モンモリロナイト | 45.37       | 104.89        | 92.31              | 1.49         |
| ST-4 | ユニットIII    | 砂質凝灰岩 | M    | △      | ○   | △    | ○         | 19.59       | 98.01         | 93.37              | 1.85         |
| ST-5 |            |       | LW-M | △      | ○   | -    | -         | 19.57       | 73.66         | 92.44              | 1.22         |
| ST-6 |            |       | M    | △      | ○   | -    | -         | 15.69       | 83.24         | 94.45              | 2.33         |
| ST-7 | ユニットII(上部) | 凝灰角礫岩 | M    | △      | ○   | -    | -         | 21.27       | 81.66         | 94.96              | 2.33         |
| ST-7 |            |       | LW-M | △      | ○   | △    | ○         | 19.92       | 69.24         | 91.91              | 2.33         |
| ST-7 | ユニットI      | 火山角礫岩 | M    | △      | ○   | △    | ○         | 8.42        | 77.44         | 91.58              | 3.08         |

◎:多量 ○:普通 △:微量 -:なし

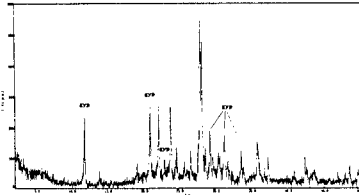


図-1 X線回折図

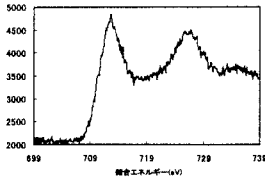


図-2 ESCAによる鉄の状態分析

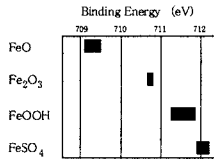


図-3 スメクタイトとFeOの関係

#### 4.実験結果

水冷火砕岩の分析結果を表-2 に示す。全試料からスメクタイトが検出されたほか、一部の試料から水酸化鉄(FeO(OH))が検出された。これらスメクタイトについては、風化生成物である可能性が指摘されている<sup>5)</sup>。また白色の粉状析出物は図-1 のX線回折線に示されたように石膏(CaSO<sub>4</sub>)に同定された。MB 吸着法によるスメクタイトの定量値は、ユニットIV(平均 40.29wt.%)で最も多く、ユニットIII(平均 18.28wt.%)、ユニットII(平均 20.6wt.%)、ユニットI(8.42wt.%)と下部ユニットほど低い傾向を示している。CEC 値もユニットIVで最も高い値(113.38meq/100g)を示し、ユニットIII(98.01meq/100g)、ユニットII(81.66meq/100g)、ユニットI(77.44meq/100g)と下部ユニットほど低くなる傾向を示す。交換性陽イオンは、すべての試料において2価のイオン(Ca<sup>2+</sup>とMg<sup>2+</sup>)が約90%と卓越している。FeOの定量値は、上部ユニットほど低くなる傾向が認められる。ESCAによる粘土鉱物中のFeの状態分析結果(図-2)では、すべての分析結果がFeOOH(Fe<sup>3+</sup>)として存在しており、粘土鉱物中のFeは酸化されているとみられる。また、図-3に示したとおりFeOの増加に伴いスメクタイト含有量は減少する傾向が認められる。表-4にユニットI-II境界およびユニットII-III境界付近より採取した湧水の分析結果を示す。地下水の成分量は上部ユニットのI-II境界湧水に比べ下部ユニットのII-III境界の方が高い値を示している。また、分析値からSO<sub>4</sub>の濃度が北海道の河川の平均値<sup>6)</sup>より高いことが特徴的である。

#### 5.まとめ

以上、積丹半島より採取した水冷火砕岩の分析結果をもとに鉱物学的・化学的特性についてまとめると次のようである。これら分析結果は、本地域の岩盤風化にSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>が深く関与していることを示唆するものであり、また風化程度を表す指標としてFeの有用性を表している。

- (1) スメクタイト含有量とCEC値は下部ユニットほど低く、交換性陽イオンはすべて2価型である。
- (2) 全岩試料中のFeOは上部ユニットほど高い値を示す。
- (3) 粘土鉱物中のFeはFeOOH(Fe<sup>3+</sup>)として存在している。
- (3) ユニット境界付近から採取された湧水はSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>に富み、下部ユニットには石膏(CaSO<sub>4</sub>)が析出している。

<謝辞>本研究を進めるにあたり、地熱エンジニアリング株式会社の黒墨秀行氏には調査・分析に多大なるご協力をいただきました。ここに心より感謝の意を表します。

#### <参考文献>

- 1) 北海道古平町国道229号岩盤崩落調査委員会報告書、地盤工学会(1997)
- 2) 渡辺肇夫他(1996): 巨大岩盤崩落, 月刊地球, Vol.18, No.9, pp.557-630.
- 3) 高橋昌樹、大河原文、多田元彦(1995): 地すべり粘土のCEC測定について, 第33回地すべり学会研究発表講演集, pp.263-266.
- 4) 和田光史(1981): 粘土の陰・陽イオン交換容量測定, 粘土科学, Vol.21, No.4, pp.160-163.
- 5) 米田哲朗、大河原文、渡辺隆(1999): 北海道積丹半島豊浜トンネル付近の水冷火砕岩に産するスメクタイト, 粘土科学, Vol.39, No.2, pp.53-64.
- 6) 水の分析 第3版, 日本分析化学北海道支部編