

# パラフェニレンジアミンによる変質安山岩 の分類について

Classification of Altered Andesite by *p*-Phenylenediamine

鈴木 哲 也\*

熱水変質作用を受けた岩石においては、鉱物の生成、消滅といった鉱物学的変化、物質の溶脱、添加といった化学的変化、組織の改変といった物理的変化が生じる。これらの変化に伴い比重、吸水率、膨潤率、強度などの岩石の物性や力学的性質が変化する。パラフェニレンジアミンによる呈色反応を利用することにより、変質に伴って変化した岩石の物性値を推定することができる。また、変質粘土化の程度を把握することもできる。

《熱水変質；パラフェニレンジアミン；呈色反応》

## 1. はじめに

岩石は生成された時代、成因あるいは構成鉱物などによって種々の形態や性質を示す。さらに、風化作用や熱水変質作用といった二次的な作用によっても、その形態や性質は変化する。なかでも、熱水変質作用を受けた岩石は原岩の形をとどめないほど変化し、工学的性質も岩より土に近いものになる場合もある。

このように、岩石の強度や変形特性に大きな変化をもたらす熱水変質作用に関しては多くの研究がなされているが<sup>1)</sup>、熱水変質岩の簡便な分類指標について検討した例<sup>2)</sup>は少ない。本文はパラフェニレンジアミンによる呈色反応を指標として変質安山岩を分類し、分類結果と比重、吸水率、一軸圧縮強度などの物性値との対比を試みたものである。

## 2. 岩石試料および試験方法

試験に使用した岩石は、旭川市東部に分布する新第三紀中新世の輝石安山岩である。主要造岩鉱物は輝石、長石であるが、熱水変質作用を受け、モンモリロナイト、クリストバライトなどが生じている。試料は輝石安山岩中に掘削されたボーリングコアより、非変質のものから変質粘土化の強いものまで、変質の程度が広範囲にわたるように採取した。

呈色試験は、室内で十分に風乾させた試料にパラフェニレンジアミン ( $p\text{-C}_6\text{H}_8\text{N}_2$ ) の水飽和溶液を滴下することにより行った。水飽和溶液は酸化防止のため試験の都

度作成した。呈色の程度の判別は試薬滴下直後の着色によって判断し、無色、青色、濃青色の3種類に分類した。なお、判別にあたっては、呈色反応が生じなくても空气中に放置しておくと、試薬が空气中の酸素により酸化され、青色を呈するから注意が必要であった。

岩の物性値は長さ10 cm、径5 cmに切断した後、整形研磨した供試体を用いて測定した。これらの供試体について、110°C強制乾燥状態および飽和含水状態において比重、吸水率を測定した。超音波伝播速度および一軸圧縮強度は飽和含水状態で測定した。飽和含水状態としたものは、48時間水中に浸したものである。

陽イオン交換容量は、粉碎した試料について、米国農務省の方法に準ずる吸引法により求めた。

## 3. 試験結果

### 3-1 パラフェニレンジアミンによる呈色試験

有機物パラフェニレンジアミンの水飽和溶液をモンモリロナイト塊に滴下すると、青色～濃青色を呈する。これはモンモリロナイト自身の反応であり、アミンの酸化還元によりセミキノン型の共鳴構造ができ発色する<sup>3)</sup>と考えられている。この呈色反応は試薬滴下後ただちに現れ、さらにモンモリロナイトの含有量により呈色に濃淡があることから、モンモリロナイトの判別法<sup>4)</sup>として利用されている。

熱水変質作用を受け、モンモリロナイトを含む安山岩のボーリングコアについて、パラフェニレンジアミンによる呈色試験を行った。試験は十分に風乾したコアに、

\*地質研究室副室長

表-1 パラフェニレンジアミンによる呈色と岩の物性値

パラフェニレンジアミンによる呈色	試料数	陽イオン交換容量 (m.e./100g)	乾燥比重	吸水率 (%)	一軸圧縮強度 (kg·f/cm <sup>2</sup> )	超音波伝播速度 (km/sec)
無色	70	11.0 (5.6—17.5)	2.42 (2.07—2.67)	2.5 (0.3—9.7)	694 (140—1816)	4.07 (2.28—5.07)
青色	50	16.2 (6.5—36.8)	2.27 (1.67—2.47)	5.6 (1.1—19.9)	280 (27—821)	3.09 (0.98—4.33)
濃青色	15	32.7 (17.1—67.8)	1.83 (1.40—2.28)	13.9 (1.8—24.8)	101 (17—271)	2.15 (1.17—3.43)

上段は平均値，下段は値の分布範囲

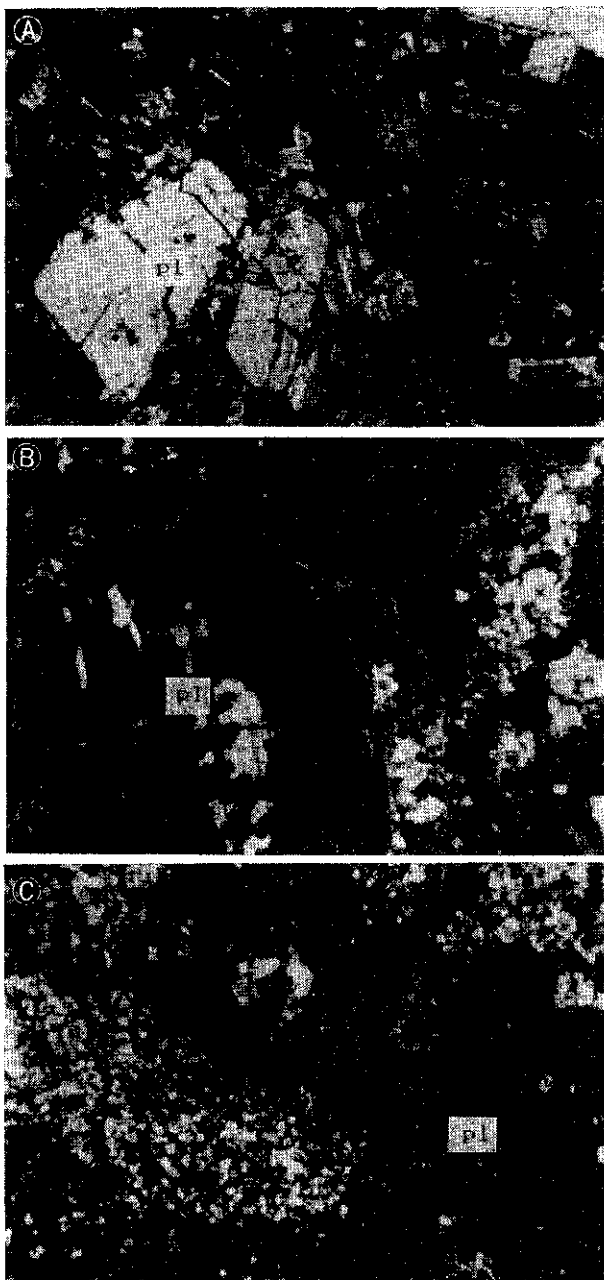


図-1 変質安山岩の顕微鏡写真

A: 呈色反応が無色なもの B: 呈色反応が青色なもの  
C: 呈色反応が濃青色なもの pl: 斜長石 倍率: 30倍

パラフェニレンジアミンの水飽和溶液を滴下し、滴下直後の呈色を調べることによって行った。コアを呈色の強弱に応じて濃青色、青色、無色の3種類に分類した。それぞれの分類に対応するコアの陽イオン交換容量および物性値の平均値を表-1に示す。陽イオン交換容量の増大、すなわち粘土化によるモンモリロナイト含有量の増加に伴い、呈色反応は無色から青色、さらに濃青色へと次第に強くなり、呈色反応の強さとモンモリロナイト含有量の間に相関があることを示している。

次に各々の呈色に対応する岩石の代表的な顕微鏡写真を図-1に示す。斜長石の斑晶に注目すると、呈色反応を生じないグループでは、新鮮な斜長石も呈色反応が強くなるにしたがって周囲から次第に粘土化していく。濃青色の呈色を示すグループにいたっては、斜長石は完全に粘土化し、原岩の構造は不明瞭なものとなる。このことは、図-2に示したX線粉末回折図形からも読みとることができ、モンモリロナイトの反射強度が増加するに伴って、斜長石のそれは減少することがわかる。

このように、パラフェニレンジアミンによる呈色試験は、変質岩中に含まれるモンモリロナイト量を示す指標となっている。このことは、呈色反応の強さが岩の変質粘土化の程度を反映しているといえることもできる。

#### 4-2 呈色反応と岩の物性値

パラフェニレンジアミンの呈色反応による岩の分類は、熱水変質作用による鉱物の生成、消滅といった鉱物学的変化、とりわけモンモリロナイトの生成に注目した変質岩の区分である。これらの区分に対応する物性値の変化について、次に検討を行う。

比重を例にとれば、岩石の比重はそれを構成している造岩鉱物の量比に支配される。当地域のような広域的な変質を受けた安山岩の周縁部では、一般にモンモリロナイトやクリストバライトが生成する。したがって、安山岩の非変質部では輝石 ( $G=3.20-3.60$ )、斜長石 ( $G=2.76-2.60$ ) を主成分とするため比重も大きい、変質

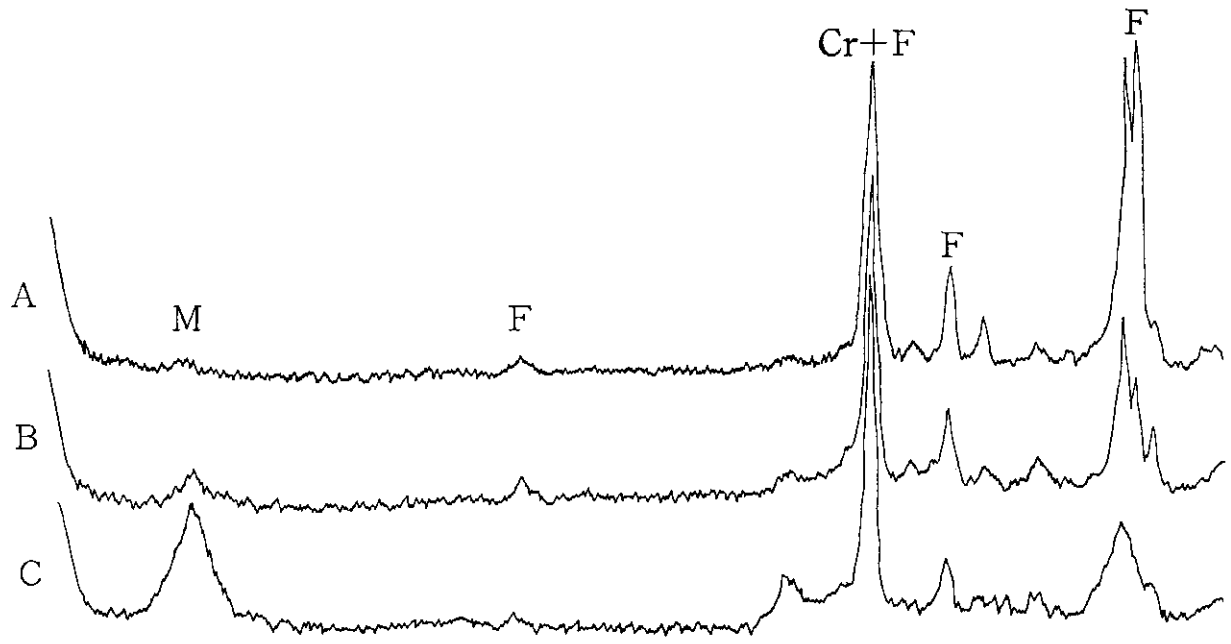


図-2 変質安山岩の X 線粉末回折図形

A: 呈色反応が無色なもの B: 呈色反応が青色なもの C: 呈色反応が濃青色なもの  
M: モンモリロナイト F: 斜長石 Cr: クリソバライト

粘土化するに伴いモンモリロナイト ( $G=2.15-2.00$ ), クリソバライト ( $G=2.27^{\text{F}}$ ) といった鉱物にとってかわられるため, 比重は小さくなる。さらに溶脱に伴う間隙の増加も見かけ比重の低下を招く。

呈色反応と乾燥比重, 吸水率の関係を図-3 に示した。図から明らかなように, 呈色反応が強くなると, すなわち変質粘土化によるモンモリロナイト含有量の増加に伴って比重は低下し, 吸水率は増加する。このことは, 比重や吸水率が変質粘土化の程度を表わす指標となり得る

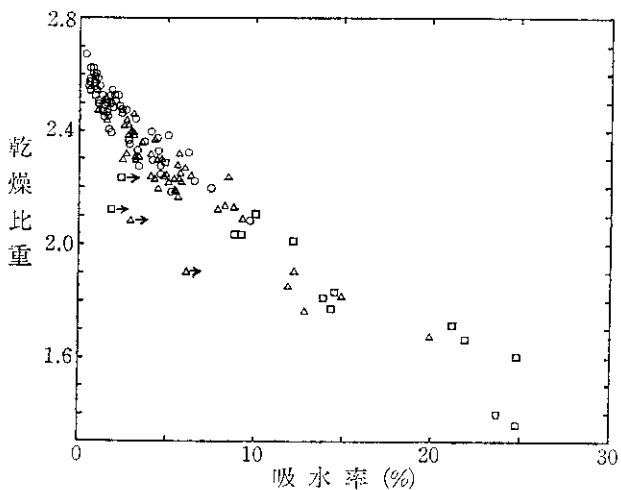


図-3 呈色反応と乾燥比重, 吸水率の関係

○: 呈色反応が無色なもの △: 呈色反応が青色なもの  
□: 呈色反応が濃青色なもの 矢印を付したものは吸水時間が4時間のもの, 他はすべて吸水時間が48時間

ことを示している。

岩の工学的分類を考える場合, 強度や変形についての指標に基づくことが望ましい。このため, 強度として一軸圧縮強度を選択し, 呈色反応と一軸圧縮強度, 乾燥比重の関係を図-4 に示した。図-4 からは呈色反応が強くなると, すなわち粘土化が進行するにしたがって一軸圧縮強度や乾燥比重が低下することを読みとることができる。しかし, 呈色試験による着色に応じた分類は定性的であり, 線引きにあたって明確に分けにくいという点がある。そこで, 試験室で容易に数値を求め得る乾燥比重

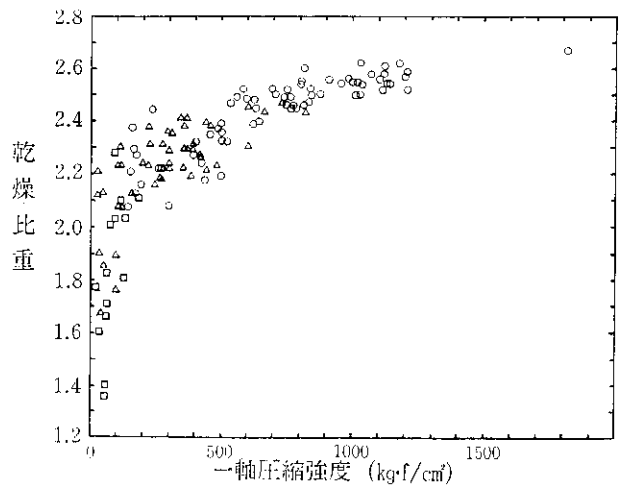


図-4 呈色反応と乾燥比重, 一軸圧縮強度の関係

○: 呈色反応が無色なもの △: 呈色反応が青色なもの  
□: 呈色反応が濃青色なもの

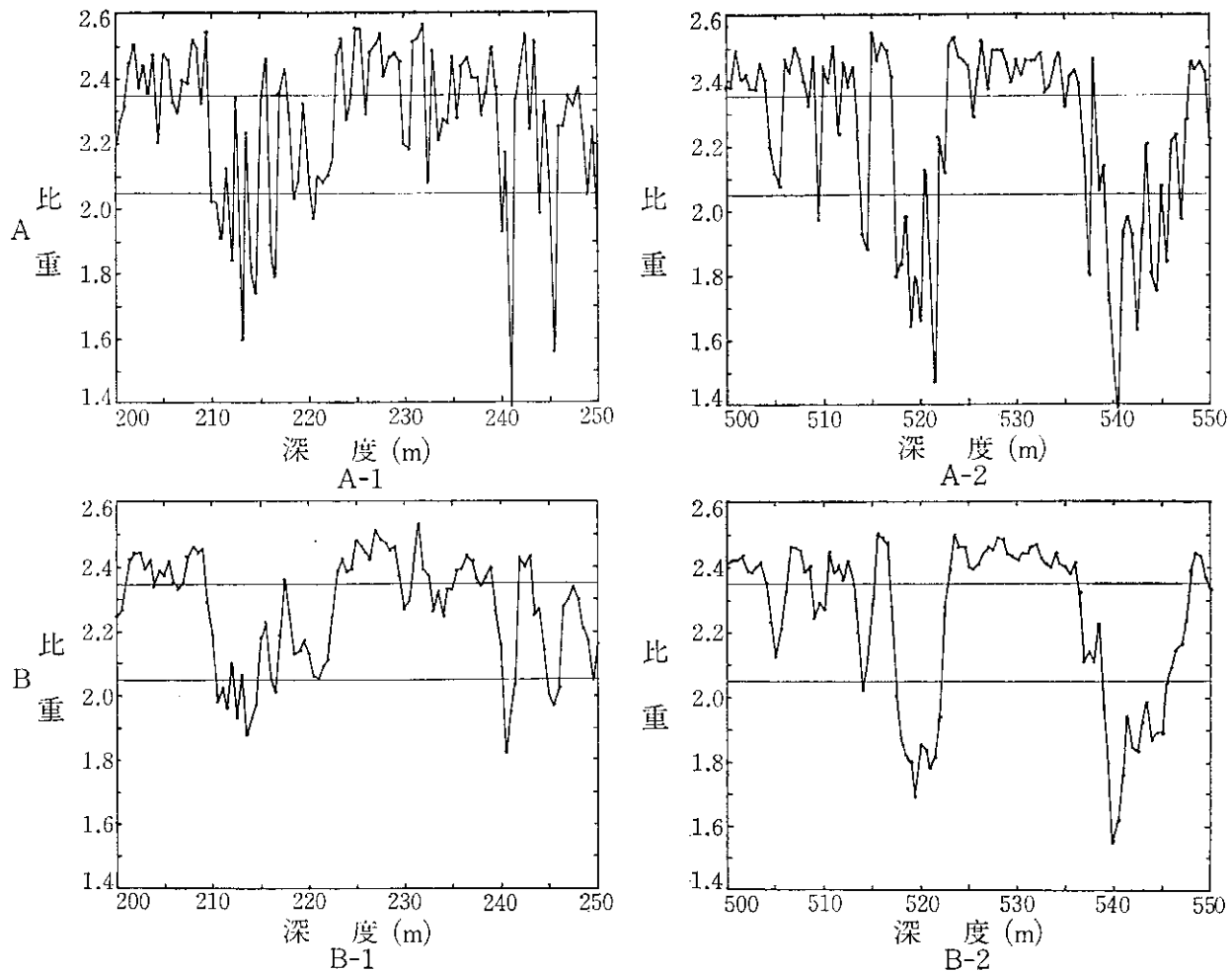


図-5 乾燥比重によるボーリングコアの分類 (水平ボーリングのため、深度は孔口からの距離を示す)

による線引きを試みた。呈色試験で無色を示す試料の乾燥比重の平均値が2.42、青色を示す試料の平均値が2.27であることから、両者の平均をとり2.35を無色と青色の境界値とした。青色と濃青色を示すものについても同様にして、それぞれの乾燥比重の平均値の平均をとり、2.05を境界値とした。図-4から明らかなように、乾燥比重が2.35以上の試料の一軸圧縮強度はほぼ500 kg-f/cm<sup>2</sup>以上となる。乾燥比重が2.35から2.05の一軸圧縮強度はほぼ200~500 kg-f/cm<sup>2</sup>の範囲内に分布し、乾燥比重が2.05以下の試料の一軸圧縮強度はほぼ200 kg-f/cm<sup>2</sup>以下となる。これらの結果から、青色の呈色反色を示すものはおおむね中級クラスの岩であり、濃青色を呈するものは下級クラスの岩に相当するとみることもできよう。

上述の結果を実際の水平ボーリングコアに適用したものが図-5である。図-5(A)は50 cmごとに測定した乾燥比重の実測値を深度ごとに表示したものである。通例ボーリングコアは1 m単位で処理されることが多いこ

とを考慮して、1 m単位、すなわち3点の移動平均をとったものが図-5(B)である。実測値を表示した(A)においては明瞭ではなかった変質粘土化の強いところが、移動平均処理を加えることによって(B)のように明瞭に表現されるようになる。このように、呈色反応に基づいた乾燥比重による分類は、簡単、かつ明瞭に粘土化の強い場所を抽出できる手法といえる。また図中において、乾燥比重2.35および2.05の線を引き、分類しているように、ボーリング孔内における中級や下級の岩盤の占める割合や、その分布も容易に把握することができる。

#### 4. ま と め

本稿においては、パラフェニレンジアミンによる呈色反応と旭川市東部に分布する変質安山岩の物性値の間の関係について調査を行った。この調査から、判明した事項は以下のとおりである。

① モンモリロナイトを主とする変質を受けた安山岩において、パラフェニレンジアミンによる呈色反応の強

さは、生成したモンモリロナイト量に依存する。したがって、パラフェニレンジアミンによる呈色の強さは変質粘土化の指標となる。

② 変質粘土化するにしたがって安山岩の乾燥比重、一軸圧縮強度は減少する。呈色試験の呈色に応じた乾燥比重による分類は、一軸圧縮強度を推定する指標となる。今回調査を行った変質安山岩においては次の関係があった。

乾燥比重が2.35以上(呈色試験では無色に対応する)のとき、一軸圧縮強度は500 kg f/cm<sup>2</sup>以上である。

乾燥比重が2.05以上2.35未満(呈色試験では青色に対応する)のとき、一軸圧縮強度は200~500 kg f/cm<sup>2</sup>程度である。

乾燥比重が2.05未満(呈色試験では濃青色に対応する)のとき、一軸圧縮強度は200 kg f/cm<sup>2</sup>以下である。

## 謝 辞

本稿をまとめるにあたり、旭川開発建設部田口哲明治水課長および忠別ダム建設事業所の皆様から多大な御援助をいただいた。ここに深く感謝の意を表する。

## 参 考 文 献

- 1) 歌田 実(1980): 岩鉱会誌特別号2号, 374-360.
- 2) 田中 威, 佐藤 捷(1984): 応用地質特別号, 47-52.
- 3) 山本大生(1955): 日本化学会誌, 76巻, 42.
- 4) 須藤俊男(1974): 粘土鉱物学, 岩波書店, 277.
- 5) E. S. Dana and W. E. Ford(1932): A Text book of Mineralogy, John Wiley & Sons, Inc., 813-816.

\*

\*

\*