

鉍化変質岩中の構成鉍物の地下水水質形成への影響

鉄道総研	正会員	○太田	岳洋
鉄道・運輸機構	正会員	服部	修一
JX 日鉍日石探開	非会員	菊地	良弘
エヌエス環境	非会員	下総	大

1. はじめに

近年、環境問題として地下水汚染の問題がクローズアップされる中、土壌汚染対策法の改正により自然由来の有害物質による地下水への影響について社会的な関心が高まっている。例えば、金属鉍山の坑内水や浸透水が強い酸性や高い重金属濃度を示すことが知られている¹⁾。また、広域的な地下水のヒ素汚染については帯水層の地質に依存することが指摘されている²⁾。一方、トンネルを掘削した場合には、酸性の地下水が長期間湧出すると覆工やインバートなどのコンクリート部材の劣化が懸念され、恒常湧水がアルカリ性を示すと坑口からの排水により周辺の農業環境に影響を及ぼす可能性がある。さらに鉍化変質岩が分布する箇所では高濃度の重金属等を含有する地下水の湧出による環境汚染なども懸念されている。

地下水水質は帯水層で生じる化学反応で変化し、化学的平衡状態に達する。そのため、地下水水質は一般に帯水層を形成する地質の影響を受ける^{例え3)}。鉍山周辺には硫化鉍物からなる鉍脈が分布し、鉍脈に接した地下水の酸性化や重金属の濃集が予想されるが、鉍脈を生成する熱水変質作用により生じた変質鉍物の組合せと地下水水質との関係や変質作用による地下水の影響範囲は明確ではない。また、熱水変質作用と続成変質作用の地下水水質への影響の相違も明らかではない。

本報告では、東北新幹線八甲田トンネル掘削時に採取された地下水の水質と岩石中の変質鉍物組合せの空間分布の比較および岩石の溶出試験の結果から、岩盤を構成する鉍物の地下水水質形成への影響を検討する。

2. 変質鉍物組合せと地下水水質

八甲田トンネル掘削時に切羽あるいは先進ボーリングコアから採取した岩石 580 試料について X 線回折試験を行った。また、地下水試料は切羽および先進ボーリングから 1,006 試料採取し、水質を分析した。

図 1(a)に変質鉍物組合せの分布を示す。X 線回折試験における各鉍物の回折強度を定性的に 4 段階区分し、トンネル延長方向における回折強度分布を 20 試料の近接平均として示した。636~639km では緑泥石、スメクタイトが卓越し、641~645km はスメクタイトに富み、沸石を含む。646km から終点(青森)方は全体的に緑泥石が卓越し、646~650km にはセリサイト、651~654km にはスメクタイト、濁沸石、654km から終点方にはセリサイト、方解石が含まれる。これらの範囲は中性変質鉍物に卓越し、一部にアルカリ性変質鉍物の沸石族を含むことから、続成変質作用が卓越していると考えられる。639~640km や 645~646km は特徴的にカオリナイトやパイロフィライトなどの酸性変質鉍物に富んでおり、熱水変質作用の影響を強く受けている。また、640~641km、642km 付近、646~650km、653~656km、658~659km の範囲は黄鉄鉍を多く含む。当該地域の鉍脈鉍床は黄鉄鉍に卓越することから、これらの範囲では続成変質作用が主であるが、鉍脈鉍床を形成するような熱水変質作用の影響も受けていると推定される。

地下水の水質についても変質鉍物と同様に 10 試料の近接平均をとり、大局的な水質分布を把握した(図 1(b)~(d))。続成変質作用が卓越する範囲の地下水の pH は 8.0~9.0 で、電気伝導率は 100~300 μ S/cm を示す。続成変質を受けた範囲でも黄鉄鉍を多く含み熱水変質が影響した箇所では、400 μ S/cm 以上の電気伝導率を示し、特に方解石が黄鉄鉍と同程度含まれる 640~641km、648~650km、655km 付近では 800 μ S/cm 以上を示す。一

キーワード 地下水水質, 鉍化変質岩, 変質鉍物, 溶出試験

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財)鉄道総合技術研究所 TEL 042-573-7265

方, 強い酸性変質を受けている 645~646km の地下水は pH4.0 と強い酸性を示し, 酸性変質鉱物を含む 639~640km でも周囲より低い pH を示す. 陽イオンは Na, Ca に富み, 次いで Mg が多く, K 濃度は低い. 方解石と黄鉄鉱が同程度含まれる箇所では, Ca, Mg の濃度が周囲よりも高い. 640~641km, 655km 付近では Na も高い濃度を示す. 沸石族を含み中性からアルカリ性変質の特徴を有する範囲では Na, Ca 濃度がやや低く, Mg 濃度は顕著に低い. また, 陰イオンで顕著な濃度変化が見られるのは SO_4 のみである. SO_4 は酸性変質鉱物の分布範囲や続成変質帯でも黄鉄鉱を含む箇所で高い濃度を示す. 一方, 中性からアルカリ性変質の範囲の地下水では低い SO_4 濃度を示す.

以上のことから, 黄鉄鉱を含む鉱脈を形成するような熱水変質を受けた箇所の地下水は, 高いイオン濃度を示す. 特に酸性変質鉱物に富む強い熱水変質を受けた場合は, 変質過程で各元素の溶脱が生じるため, その地下水はやや低いイオン濃度を示すが, pH も低く酸性を呈する. 一方, 続成変質作用でも沸石族が生成するアルカリ変質を受けると, 地下水のイオン濃度は低く, 沸石へのイオンの吸着が推定される. また, 熱水変質の影響を受けた地下水の分布は, 熱水変質により生成された鉱物の分布範囲にほぼ限られている. このことから, 八甲田トンネル周辺のような硬岩地山の割れ目に分布する地下水水質は, 帯水層の鉱物組合せに依存し, 広域的な流動にともなう地下水の混合による化学的な均質化は生じていないと考えられる.

3. 溶出試験における溶出水水質と地下水水質

ここでは, 採取された岩石の溶出試験における水質と地下水水質の空間分布を比較する. 溶出試験では, 10mm 以下に粉砕した岩石試料 100g を 500ml の純粋に入れて 3 日間攪拌し, 約 56 日間静置させたのちに溶出水の水質を分析した.

地下水水質は前章と同様にトンネル延長方向に 10 試料の近接平均, 溶出水水質は 50 試料の近接平均をとって比較した(図-2). 地下水および溶出水の pH や各イオン濃度がほぼ類似した空間分布を示している. このことは, 地下水の水質は地下水が分布する位置の岩盤の構成鉱物に支配され, かつ比較的短時間で周辺岩盤と化学的な平衡状態に達することを示唆している. ただし, 一部の黄鉄鉱脈部では地下水と溶出水の水質に差異があり, 地下水と岩盤が化学的平衡に達するのに時間を要する場合もあることがわかる.

参考文献

- 1) 久保田喜裕 (2003) : 鉱山廃水と公鉱害・現代の環境汚染, 資源環境地質学, 資源地質学会, pp.363-368.
- 2) 島田允堯 (2003) : ヒ素に汚染された地下水, 資源環境地質学, 資源地質学会, pp.369-372.
- 3) 関陽児ほか (1999) : 採石場の湧水からみた地質と地下水質との関係—八溝山地周辺の例—, 地質調査所月報, Vol.50, No.11, pp.683-697.

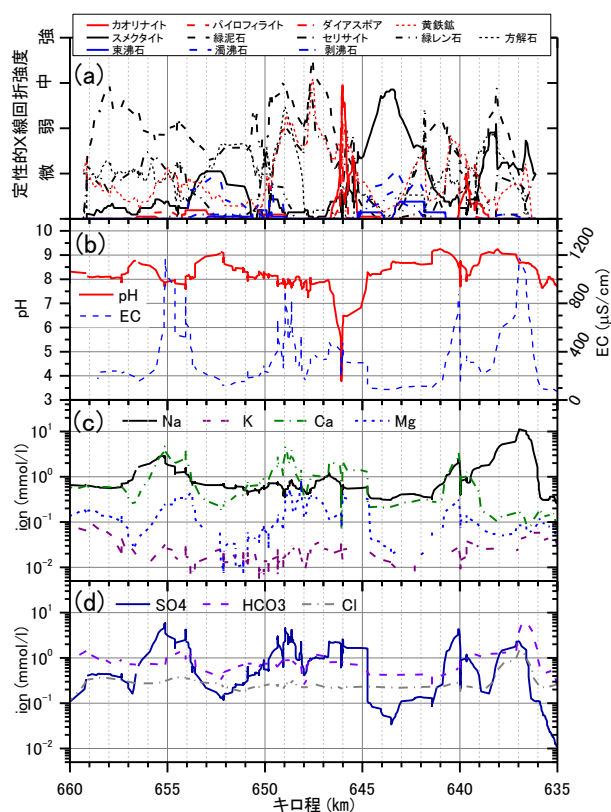


図-1 変質鉱物組合せと地下水水質

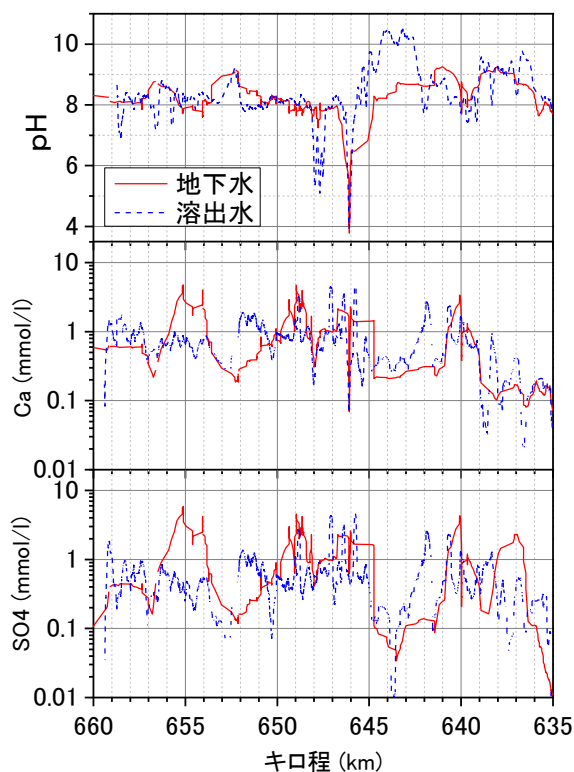


図-2 溶出水水質と地下水水質