

III-201 泥岩地帯で建設中のトンネルから採取した岩石、地下水試料からの地質、環境情報の抽出

大成建設（株）技術研究所 正会員 藤原 靖

大成建設（株）土木設計部 正会員 竹田 直樹

1. はじめに

近年、地下構造物の構築が長大化、大深度化することから、安全性や環境保全の点からより広域の地下水の流動状態を把握することが重要となっている。特に高レベル放射性廃棄物処分関連施設の構築に関係した研究開発においては、核種という物質の移行に主眼を置いた地下水の流動特性や地質特性を知ることが必要になっている。それには、ボーリングによる透水係数や空隙率などの物理性に関する点や線の情報だけでなく、岩盤や地下水の歴史的な特徴、鉱物化学的、化学的な性質を含めた、多面的かつ広域的な情報を得るための手法が要求される。その1つの方策として、ボーリング孔内水のみならず立坑・横坑の湧水や間隙水から、こうした情報を得ることが考えられる。本研究は、泥岩地帯で建設中のトンネルを1例とし、そこで得られる岩石、地下水試料からどのような地質、環境情報が抽出できるかについて検討した。

2. 研究方法

①研究対象地域の概要と試料採取： 当地域は北陸地方に位置し、標高150～300m前後の新第三紀中新世中期～鮮新世前期（約1500～600万年前）の泥岩を主体とした低山性の小起伏地である。対象としたトンネルは、NATM工法により建設中のトンネルである。トンネルは2つの起伏地を貫き、途中で沢の河床を通過しており、土被りは最大約160mである。

岩石試料の採取は、トンネルの切羽で削岩機で行ない、直ちにパラフィンで密封して、実験室に持ち帰った。水試料はロックボルトからの滴水水、溜り水、水抜きパイプからの湧水などのほかに地表の沢水を、ポリエチレン製ボトルに採取した。試料は現地で1部の項目について直ちに分析した後、密封し実験室に持ち帰り分析に供した。採取地点の概要を表-1に示した。

表-1 水試料採取地点の概要

地下水試料番号	1	2	3	4	5	6	7	8
坑口からの距離(m)	115	237	286	298	320	375	533	574
およその土被り(m)	40	50	36	41	38	17	46	60

②試料の分析： 岩石試料は風乾後、微粉碎して粉末法によるX線回折、未風乾試料の定方位法によるX線回折を行なった。また未風乾試料について陽イオン交換容量（以下CEC）、交換性陽イオンを測定した。

水試料はpH、酸化還元電位（Eh）、電気伝導度（EC）、溶存酸素量（DO）、M-アルカリ度を採取後現地で直ちに測定した。アルカリ金属、アルカリ土類金属、金属イオンなどの陽イオンは、原子吸光分析、蛍光分析法で測定した。陰イオンのうちCl、Brイオンは電位差滴定法、Fイオンはイオン電極法、 SO_4^{2-} イオンは比濁法で分析した。TOC（全有機物量）はTOCメーターで測定した。水素、酸素の安定同位体比はマスマススペクトル法で測定した。トリチウムは電解濃縮・ガス分析法で測定した。

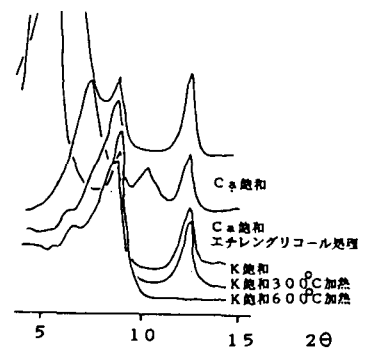


図-1 定方位X線回折図

③. 結果と考察
①岩石試料の物理、鉱物化学的性質： 泥岩の空隙率は平均24.8%であり、泥質堆積物の空隙率25%前後は、平均埋積深度1600m前後の後期圧密段階に区分される¹⁾。この後期圧密段階は、本邦の白亜紀系～第三紀系では、平均埋積深度1400～2800m、平均地温55～96℃である。この時期にはモンモリロナイト→モンモリロナイト・イライト混合層鉱物の転換が起こる時期の下限と一致することが多いと考えられている。

鉱物組成はX線回折の結果、低角度に見られる粘土鉱物と石英、斜長石、パイライト、カルサイトであり一般的な泥岩の構成鉱物である。粘土鉱物組成は図-1に示したように、各処理におけるピークの移動からモンモリロナイト・イライト混合層鉱物が主体で、カオリナイトが存在することがわかる。

荷電特性はCECが $45\text{ meq}/100\text{ g}$ 前後で高い陽イオン吸着力を持ち、交換性陽イオンの組成は $\text{Ca} \geq \text{Na} > \text{Mg} > \text{K}$ である。

②一般的な水質特性: 地下水試料のpHは、いずれも8以上で弱アルカリ性を示す。図-2に示したようにM-アルカリ度が高く炭酸イオンに富み、酸化還元電位はマイナス、つまり還元側であり、土被りの増加と密接な関係がある。これらの性質は、陽イオンの荷電状態を左右するので、イオンの吸着や沈澱などに関係し、物質移行の観点から重要な性質と考えられる。

③微量成分からみた水質特性: 微量元素の含有量やその量比を用いて堆積岩の古堆積環境を推定することを目的とした地球化学的な検討が多くの研究者によりなされている。Liイオンについて見ると、沢水や水平ボーリング水では検出できないが、地下水では $0.4 \sim 2.0\text{ ppm}$ 程度検出される。一國らの結果と比較するためにLi/Na比とK/Na比を算出し図-3に示した。本研究の地下水のLi/Na比は1つの集団を作っており、かつ海水のそれと全く異なっている。本地域の堆積環境は海水よりもより油田塩水類似のものへ変化していることが明かであり、堆積環境がより高温高压であったと推定される。この事は続成作用の存在を意味し、モンモリロナイト→モンモリロナイト・イライト混合層鉱物→イライト→緑泥石への変化が生じている事を示している。したがって岩盤の膨張性に関する情報も地下水水質から得られる可能性があると考えられる。

④環境同位体比からみた水質特性: 環境同位体 δD 、 $\delta^{18}\text{O}$ についての測定結果を図-4に示した。河川水や雨水などの循環水は δD と $\delta^{18}\text{O}$ の間に、ある一定の直線関係が成立し、この関係はグレイグの関係として一般に $\delta\text{D} = 8 \times \delta^{18}\text{O} + 10$ として知られている³⁾。これに適合する同位体組成をもつ水は循環水と判定されている。本研究での測定結果は沢水を含めて同一の天水線に分布しているが、回帰式は $\delta\text{D} = 6.23 \times \delta^{18}\text{O} + 12$ となり典型的な循環水の式と一致しない。本地域の地下水は、堆積当時の海水の性質が強く、それが降水により希釈されている過程であるためと考えられる。

4. まとめ

地下水水質と岩石の物理、鉱物化学的性質を検討することで、かなり広域的な地質、環境情報を得ることが可能であることが明らかとなった。さらに同様な地質での検討や異なる地質でのより多くの検討が必要と考えられる。

〔参考文献〕1) 青柳宏一: 海成泥質堆積物の続成作用 地質学論集 No. 15 1978、 2) 一國雅巳ほか: 食塩泉の化学的特徴 温泉科学 Vol. 25 1974、 3) 綿抜邦彦: 地下水と同位体 日本地下水学会誌 Vol. 27 1985

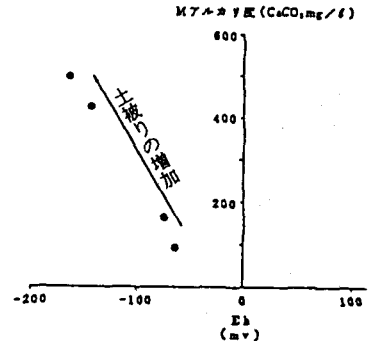


図-2 EhとM-アルカリ度との関係

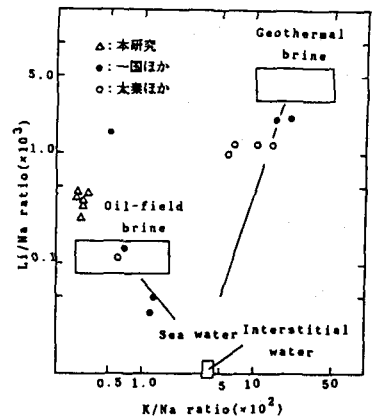


図-3 K/NaとLi/Naとの関係

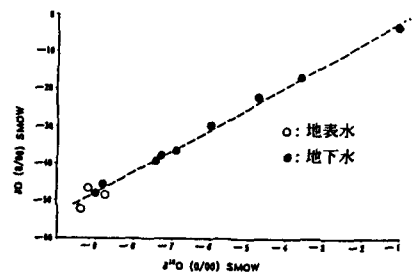


図-4 δD と $\delta^{18}\text{O}$ との関係