

1. はじめに

地下深部の空洞やトンネルに湧出する地下水は、浸透する過程で周辺の岩盤からの溶出成分などを混入しながら次第に水質成分が変化する。空洞内に湧出する地下水は、空洞周辺の地下深部に包蔵されていた水であり、地下深部の地質環境やその地下水の浸透履歴を評価する手掛かりが残されていると考えられる。長期間にわたり地下の空洞やトンネルから湧出する地下水の化学的な成分変化を観測することは、より広い範囲の地質環境や浸透経路の解明に寄与するものとも思われる。しかし、地下水の浸透時間、浸透量、岩盤からの鉱物の溶出量は極めて微小であり、数年間の観測では地下水の化学的な性質は大きな変化を示さないと予想される。

表 1 採水地点の概要

地点	経過時間	土かぶり量	地質分布	生成年代
A	39.6 年	210 m	花崗岩	ジュラ紀
B	24.0 年	250 m	花崗岩, 花崗閃緑岩	ジュラ紀
C	7.8-15.5 年	640-810 m	片麻岩	古生代 - 中生代
D	14.4 年	200 m	花崗岩	白亜紀 - 古第三紀
E	5.4 年	300-350 m	花崗岩, 流紋岩	白亜紀
F	2.3 年 7.0 年	220-320 m	花崗閃緑岩 / 泥岩	古第三紀

2. 採水地点・分析方法の概要

約 40 年前から数年前までに掘削された 6 箇所の空洞・トンネルについて、それぞれの空洞から湧出する地下水と表層部を流下する渓流水を採水し、水温、電気伝導度、pH、酸化還元電位、一般的な水質イオン成分 (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , HCO_3^-)、酸素 / 水素同位体比、トリチウム濃度の各項目について分析を行った (表 1)。これらの分析結果と開削後の経過時間との関係を検討し、地下深部に湧出する地下水が長い期間を経てどのように変化するかを検討した。各地点からは採水標高が異なるように 2 箇所以上の地下水を採水している。地表の渓流水の採水はなるべく地下空洞に近接して流れている沢から行った。空洞・トンネルに分布する地質は、いずれもジュラ紀から古第三紀の結晶岩類 (花崗岩などの火成岩類) であった。

3. 地下水の一般水質

水質のタイプは、ほとんどが Ca-HCO_3 型である (図 1)。酸素水素同位対比の結果から、空洞の地下水と渓流水は共に降水水が起源であることが考えられた。地下水の電気伝導度などはいずれの地点でも大きな値を示していたが、地下水が浸透する過程で岩石から溶解してきた化学 (鉱物) 成分を取り込んでいるためであり、岩石との接触時間が大きいや浸透経路長の長いものほどその値は大きいといわれている。空洞・トンネルの開削経過時間と電気伝導度や主要な鉱物イオン濃度の関係をみると、経過時間の長い空洞の地下水ほど渓流水と同様の値 (濃度) となっていた (図 2)。これは、地下の空洞・トンネルが開削されると、

透水、地下空洞、水質、トリチウム

連絡先 (千葉県我孫子市我孫子 1 6 4 6, 0471-82-1181)

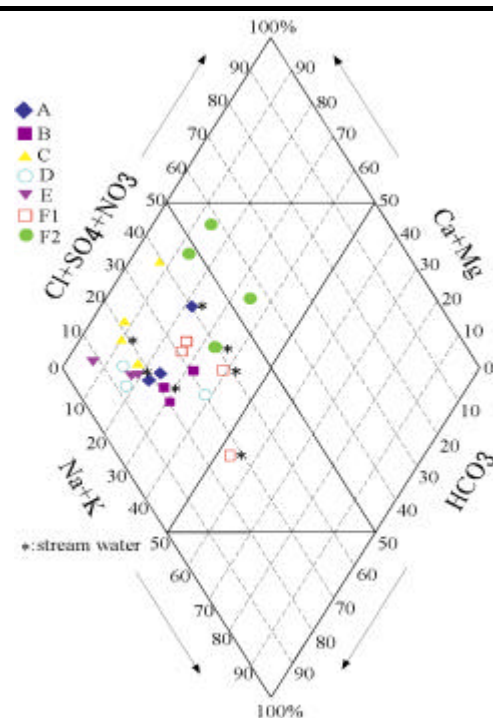


図 1 キーダイアグラム

空洞内への継続した湧出が起こり、次第に空洞から離れた部分（濃度が小さい）の地下水を空洞内に引き込んでいることを示しているものと考えられる。浸透形態として以下の二つを想定した。掘削後の経過時間が長い空洞では、浸透経路にある鉱物が長い時間を経て溶脱されており鉱物が地下水に溶出していないことや、空洞などの開削により地下水の浸透経路が変化し地表部から空洞に至る浸透時間が変化して新たな水みちが形成されたことが考えられる。

4．地下水のトリチウム濃度

A, B, C 地点の地下水のトリチウム濃度は 10～15TU と大きな値を示した。浸透した地下水が地下深部で混合されていないものと仮定すれば、この濃度に見合うトリチウムの減衰時間から、地下水として涵養された年代を 1970 年頃または 1960 年頃と推測できる。その他の地点の地下水は現在のトリチウム濃度と大きく違っていないので、涵養された年代の推定は困難であると考えた。空洞・トンネルの開削されたからの経過時間が長い地点ほど地下水と渓流水の濃度に差がなくなってくる傾向が見られた（図 3）。地下水と渓流水のトリチウム濃度に大きな差がないことから、経過時間の大きな地点ほど地下水が地表から空洞に到達する浸透速度が早くなっていることが考えた。計測数が少ないので断定はできないが、ここで分析した空洞のように、結晶岩類が分布する深度 200～300m 規模の空洞の場合、約 20～30 年間経過すると空洞内に湧出する地下水は渓流水と同様の成分を示すようになると想定される。

5．おわりに

空洞・トンネルに湧出する地下水を採水し化学的な成分分析を行った。分析を行ったのが 6 地点と少ないことや堆積岩類については検討していないなど、長期的な水質変化については明確な結論を得るに至っていない。長期の地下水水質変化のモニタリングを補完するものとして、多様な地質性状を持つ地点の地下水の化学分析を行うことは重要であると思われる。

この報告では、当所が資源エネルギー庁ならびに新エネルギー財団から委託を受けて行っている「地下揚水発電技術調査（環境影響評価技術調査）」の貴重な資料の一部を用いている。多大なる協力と助言をいただいたことに対して、感謝の意を表します。

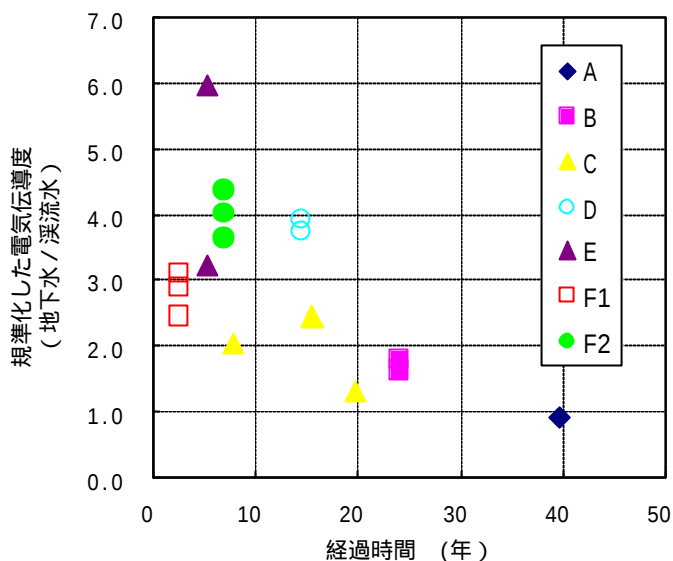


図 2 空洞掘削後の経過時間と規準化した地下水の電気伝導度の関係

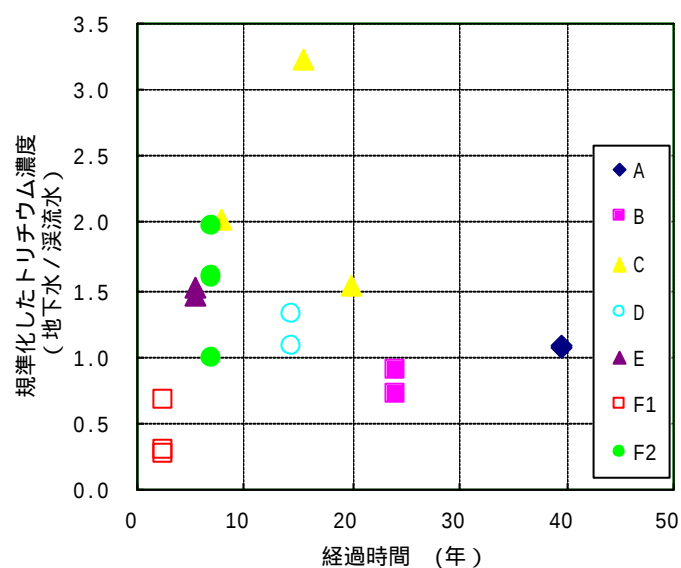


図 3 空洞掘削後の経過時間と規準化した地下水のトリチウム濃度の関係