

# 地下深部における岩盤内地下水水質特性

東電設計(株) 正会員 加藤 定良  
東京電力(株) 正会員 南 将行

## 1. はじめに

放射性廃棄物の地層処分は、具体化に向けて処分技術の体系化の時期を迎えているが、その実現に向けた多くの課題の中で、地下深部での岩盤内地下水の地球化学特性の把握は重要なテーマである。岩盤内地下水特性は、溶存酸素によるオーバーパックの腐食や放射性物質の移動などに大きな影響を及ぼす要因である。地層処分における地下処分施設は地下深部約 500 ~ 1000 m に建設されることが考えられているが、その深度で直接サンプリングされた地下水データは少ない。本稿では、山岳部の地下約 500 m の深部に位置し、日本の地質として代表的な泥質岩に建設した東京電力(株)葛野川発電所(山梨県大月市)の地下発電所空洞掘削工事に際して実施した地質調査・地下水の水質試験結果を紹介し、当該地点における地下水水質特性について述べる。

## 2. 地質調査結果

地下発電所位置の地質は、白亜紀後期～新生代古第三紀に堆積した‘小仏層群’の砂岩・泥岩の混合層からなる。地質の走向傾斜は、図 - 1 に示す地質図のとおり、ほぼ東西走向、北急傾斜である。砂岩・泥岩の混合層は、砂岩と泥岩の混合比率により、泥岩優勢部、砂岩・泥岩同率部、砂岩優勢部に区分され、各々の空洞部での出現比率は概ね 65 %、30 %、5 % である。混合層中の砂岩は連続性に乏しくレンズ状に分布している場合が多く、泥岩は黒色でイライトを主体とし極細粒の石英を含む。空洞の両側壁で連続し、不連続面の両側でズレが認められるものを断層とよぶこととした。破碎幅の最大は 80cm である。破碎部では、砂岩や泥岩が細粒化しており、ごく一部に熱水変質による粘土が認められる。また、空洞掘削中の切羽で確認された長さ 50cm 以上の節理は、東西走向北急傾斜のものが節理全体の約 64 % を占め、その節理密度は大半が 15 本 / m 未満である。

## 3. 岩盤試験結果

当該地点を対象に実施した岩盤試験および岩石試験結果の代表的な値を表 - 1 に示す。

表 - 1 岩盤および岩石試験結果

単位体積重量：密度測定	試験個数 259	
平均(範囲)	27.3 (26.6 - 27.8) (kN/m <sup>3</sup> )	
変形特性：平板載荷試験	試験箇所 29 (× 10 MPa)	
弾性係数	除荷時	載荷時
平均(範囲)<標準偏差>	117(51 - 230)<53>	73(26 - 153)<39>
強度特性：一軸圧縮強度	試験個数 56 (MPa)	
平均(範囲)<標準偏差>	108 (36 - 250) <42>	
強度特性：岩盤試験	試験箇所 12 (MPa)	
ピーク強度 (節理密度 15 本/m 以上)	=1.5(0.8) + tan57(55)°	
残留強度 (フリクション試験)	=0.5 + tan50°	
地圧特性：初期地圧測定	場所：発電所直上	
最大主応力	=17.0 (MPa) (N5°W 13°下向き)	

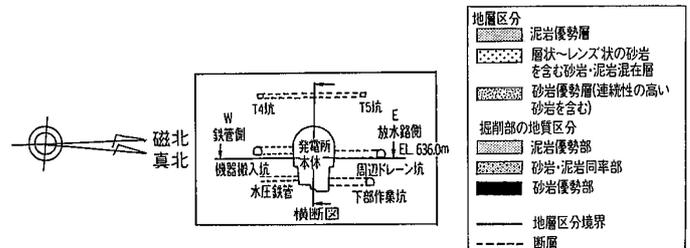


図 - 1 地下空洞周辺の地質図(平面図)

岩盤透水性については、地下空洞掘削前に調査坑内(地下空洞の約 25 m 直上)から実施した鉛直ボーリング孔( 66mm、L=85 m、11 本)を利用した試験(測定区間長 5 m、圧力 1N/mm<sup>2</sup>、188 ステップ)で、平均 2.5Lu 程度という結果が得られており、岩盤の透水係数は 10<sup>-5</sup>cm/sec オーダーである。

## 4. 水質試験結果

キーワード：地下空洞、深層地下水、キーダイヤグラム、ヘキサダイヤグラム、還元状態

連絡先：東電設計(株)技術開発本部土木技術部構造物評価グループ(東京都台東区東上野 3-3-3-6F、TEL:03-5818-7791)

調査坑で採取した水（調査坑から実施したボーリング孔からの湧水を採水）と発電所上部を流れる河川水について水質試験を実施し、それらの結果を比較することとした。検討は、主要化学成分の溶存量を原子吸光分析（JIS K0121）やイオンクロマトグラフ分析（JIS K0127）に基づき検出し、水質区分を表わす代表的なキーダイヤグラムとヘキサダイヤグラムを用いて分析した。

(1)キーダイヤグラムによる分析

キーダイヤグラムは地下水中の主要成分の陽イオン組成と陰イオン組成のそれぞれの構成成分の当量を4成分菱形図に投影したものである。このキーダイヤグラムにおける水質区分は図-2に示すとおり、～の5つに分類される。<sup>1)</sup> 同図に示すとおり、河川水（n=5, 図中○）はゾーンⅠに属する結果となった。ゾーンⅠの領域には河川水、伏流水、浅層の地下水が該当する場合が多いとされている。一方、深度約500mに位置する調査坑での採取水（n=5, 図中●）は、ゾーンⅢの領域に属する結果となった。ゾーンⅢの領域は、深層の地下水である場合が多いとされている。また、採取ポイントの違いによるキーダイヤグラム上でのバラツキは河川水と同程度である。

(2)ヘキサダイヤグラム、pHによる分析

キーダイヤグラムが組成比表示であるのに対し、濃度の情報を直接表示するものにヘキサダイヤグラムがある。これは、Ca, Mg, Na+K, SO<sub>4</sub>, HCO<sub>3</sub>, Clのそれぞれの濃度を当量で表すものである。

調査坑で採取した水は、図-3のヘキサダイヤグラムに示す通り、河川水と比較してHCO<sub>3</sub><sup>-</sup>並びにNa<sup>+</sup>+K<sup>+</sup>濃度が高い。また、いずれの採取ポイントでもpHが10以上であり、河川水のpH（5.4～9.8）に比較して高い上、pHのデータ範囲は10.8～11.7であり、河川水に比較してバラツキが小さい。これらの事象から以下のことが推測できる。

岩盤内深部では酸素が供給されにくいために、酸素を消費する変化のみが起こり、二酸化炭素を富むようになる。二酸化炭素の供給を受けた地下水は、イオン交換により、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>イオン、H<sup>+</sup>イオンに分解するが、H<sup>+</sup>イオンは岩石を構成する鉱物の成分であるNa<sup>+</sup>やK<sup>+</sup>イオンに比較して吸着力が強いことから岩石に吸着され、地下水中にはHCO<sub>3</sub><sup>-</sup>イオン、Na<sup>+</sup>イオン、K<sup>+</sup>イオンが多く存在することになる（吸着力は、Na<sup>+</sup><K<sup>+</sup><Mg<sup>2+</sup><Ca<sup>2+</sup><H<sup>+</sup><Al<sup>3+</sup>の順）。地下水が地下深部において岩盤と接している時間が長い程、イオン交換は進行し、還元状態を呈し、H<sup>+</sup>イオンの地下水中に占める比率が減少することから、調査坑での採取水は河川水と比較して、pHが高い。<sup>1)</sup> 以上から、地下空洞周辺の地下水は、水質的にはほぼ均一であり、還元状態が維持されているものと考えられる。

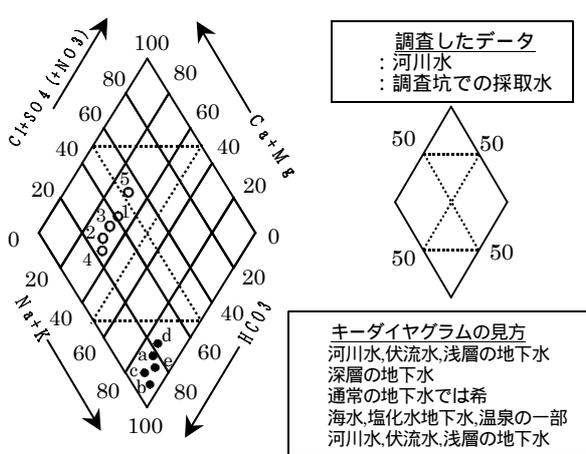


図-2 調査坑の採取水と河川水のキーダイヤグラム

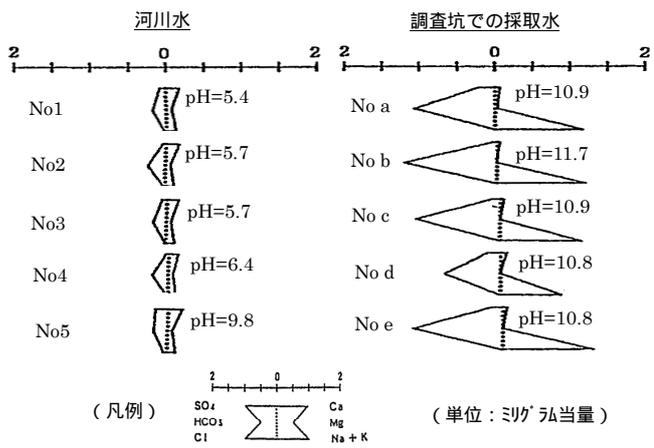


図-3 調査坑の採取水と河川水のヘキサダイヤグラムとpH

5. あとがき

対象とした地下深部の地下水は深層地下水に属し、水質的にはほぼ均一で、還元状態にあるものと考えられる。

参考文献 1)地下水ハンドブック：建設産業調査会、平成10年8月