

硬質堆積岩地域における深部地下水の地球化学的性状に関する考察

東京電力(株) 正会員 日比野悦久 南将行

東電設計(株) 正会員 ○彌榮英樹 小山俊博 非会員 白土博司

1. はじめに

地下深部の岩盤中に建設が予定されている高レベル放射性廃棄物処分場では、緩衝材やオーバーパックの健全性保持、放射性核種の溶解・移行の防止など、所定の人工バリア機能が長期間に亘って保持されることが期待される。この場合、好ましい地下環境としては、人口バリア中に浸透する地下水の速度・量が小さいこと、地下水は還元性であること等が挙げられるが、地下深部における地下水の地球化学的性状あるいは水理的性状などに関しては、十分な知見が得られているとは言い難いのが現状である。本検討では、硬質堆積岩の分布する、ある試験対象地域において、地下深部における地中構造物への影響を推定するため、坑道内湧水を採水・分析して、地球化学的調査手法を用いた深部地下水の起源ならび形成過程に関する検討を行ない、その適用性についての考察を行なった。

2. 調査の概要

調査地点は、関東山地の北西部に位置する。調査地点周辺には、秩父帯のジュラ紀オリストストロームからなる地質が分布する。その構成岩種は、砂岩、泥岩、チャート、石灰岩、玄武岩質岩などである。平均的な一軸圧縮強度は、150 Mpa程度であり非常に硬質な岩盤である。

採水は坑道内の湧水箇所 13 箇所と、周辺の地表の沢 4 箇所の計 17 箇所で行った。同時に比較検討のための天水（降雨水）試料を 2 箇所で行った。坑道内の採水箇所の地山被りは、170 m～700 m 程度と一様でなく、地質は、チャート、または砂岩であり、一部は、それらと泥岩との混在岩である。採水箇所の地質ならびに地山被りを表-1 に示す。

表-1 採水箇所の地質ならびに地山被り

No.	試料名	地山被り m	地山被り m	地質
1	K-1	781	1241	砂岩
2	K-2	781	1256	砂岩
3	K-3	781	1240	砂岩
4	H-1	690	860	チャート
5	H-2	691	1010	チャート 泥岩
6	H-3	692	1030	チャート 泥岩
7	H-4	692	1095	チャート
8	H-5	693	1070	チャート
9	H-6	693	1025	チャート
10	H-7	693	1070	砂岩/泥岩
11	H-8	694	1249	チャート
12	H-9	694	1281	チャート
13	H-10	694	1396	砂岩/泥岩
14	D沢	1565	1565	0
15	T沢	1170	1170	0
16	H沢	990	990	0
17	S沢	790	790	0
18	天水1	555	555	0
19	天水2	1320	1320	0

3. 調査結果と考察

図-1 に、水質分析結果のトリリニアダイアグラムを示す。図中の菱形座標の領域は、タイプⅠ：Ca+Mg-HCO₃型、タイプⅡ：Ca+Mg-Cl+SO₄型、タイプⅢ：Na+K-Cl+SO₄型、タイプⅣ：Na+K-HCO₃型およびタイプⅤ：以上の中間型に区分される。本地域の水は、タイプⅠ、タイプⅢ、タイプⅣ、タイプⅢとタイプⅣの中間型の4つのタイプに分類される。タイプⅠに分類される水は、沢水と地山被りの小さな箇所の坑道内湧水、タイプⅣに分類される水は、地山被りが相対的に大きな箇所の坑道内湧水、タイプⅢに分類される水は、坑道中央付近の湧水である。また、タイプⅢとタイプⅣの中間型に分類される水（H-7）は、坑道中央（タイプⅢ）よりも、やや地山被りの大きな箇所の湧水である。

図-2 に、各タイプ別の代表的なヘキサダイアグラムを示す。タイプⅢに分類された水のうち、H-3（No.6）およびH-4（No.7）は、NaCl濃度が非常に高い水である（Na；2995～2223 mg/l、Cl；4270～3196 mg/l.）。H-5、H-6 も他の坑道内湧水と比較してNaCl濃度が高い傾向が認められた。

上記のタイプⅢに分類される水の起源を推定するために、溶存成分のうち、海

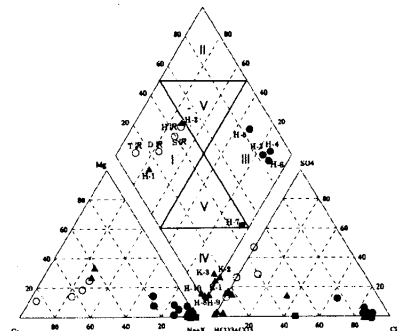


図-1 トリリニアダイアグラム

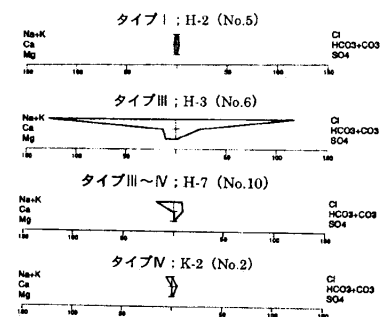


図-2 ヘキサダイアグラム

キーワード：深部地下水、地球化学的性状、地下水の起源、地下水の形成過程、硬質堆積岩

〒110-0015 東京都台東区東上野 3-3-3 / TEL:03-4464-5224 / hmie@tepsco.co.jp / 彌榮 英樹

水に特徴的に多く含まれる成分である Cl と Na の関係について検討した。図-3 に Cl と Na の散布図を示す。図-3 から、H-3 と H-4 は、現在の平均海水が 4~5 倍程度に希釈された水質を示す水であることが推定される。また、H-5 と H-6 は、平均海水と上記の H-3 等を結ぶ直線上に位置していることから、海水が、H-3 等よりも更に薄められた水質を示す水であると推定される。これらの水の起源には、海水が関与している可能性が推定される。

次に、水素および酸素の安定同位体である δD ($^2H/^1H$) と $\delta^{18}O$ ($^{18}O/^{16}O$) を用いて、地下水の起源水の推定ならびにその形成過程についての考察を行なった。図-4 に $\delta^{18}O$ と δD の関係図を示す。すべての試料が、 $\delta D=8\delta^{18}O+2\sim\delta D=8\delta^{18}O+18$ の範囲内に入り、全体的には、Craig(1968)による $\delta D=8\delta^{18}O+10$ の天水ライン近傍上にプロットされる。沢水は $\delta D=8\delta^{18}O+ (10\sim16)$ の範囲内、坑道内湧水は $\delta D=8\delta^{18}O+ (2\sim13)$ の範囲内に入り、天水→沢水→坑道内にしたがって、酸素が重い方向へシフトする傾向が認められる。このことは、坑道内の湧水では、水-岩石反応が進んでいることを反映しているものと推定される。また坑道内湧水のうち、H-3~H-5 では、H-3 をピークとして、 $\delta^{18}O$ が重くなる方向にシフトしていることから、この箇所では、閉鎖系の中で貯留時間の長い水、もしくはかつて温度が高く岩石との反応が進行しやすかった履歴を持つ水が、水質形成に寄与している可能性がある。

図-5 に Na と土被りとの関係を示す。この図は、タイプⅣに分類される水とタイプⅠに分類される水に着目した図である。図中では、土被りが大きくなるにつれて、Na 濃度が増加する傾向が認められる。このことは、天水起源の水は、水と岩石が接触する面積や時間が長くなると、タイプⅠの水が、タイプⅣの水質に変化することを示している。

4. まとめ

本検討では、硬質堆積岩の分布する、対象地域において、坑道内の湧水を採水・分析して、地球化学的調査手法を用いた深部地下水の起源ならび形成過程に関する検討を行った。

深部地下水の地球化学的性状の詳細な把握には、鉛直下方に掘削された複数のボーリング孔を利用して、深度別の的確な採水を行ない、地球化学的分析結果に基づいた検討を行なうことが理想である。他方、平面的ならびに深度的な広がりを持った坑道内の湧水を対象に、慎重に採水を行なって、地球化学的分析を行なうことによって、深部地下水の地球化学的性状の検討ならびに把握が可能となることが、本検討によって、示唆されたものとする。

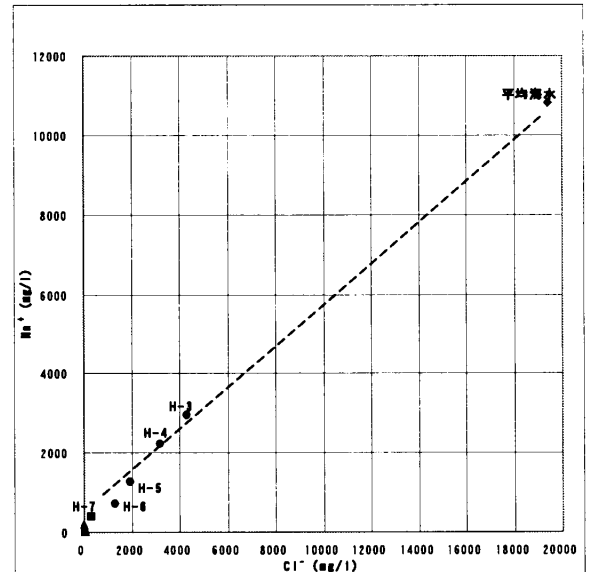


図-3 Cl と Na の散布図

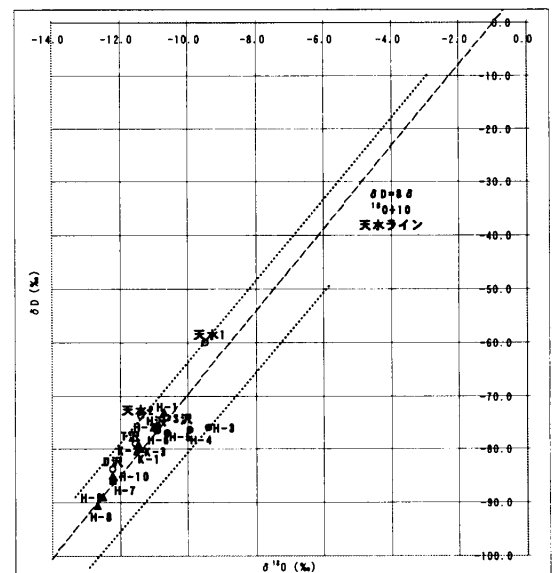


図-4 δD と $\delta^{18}O$ の関係図

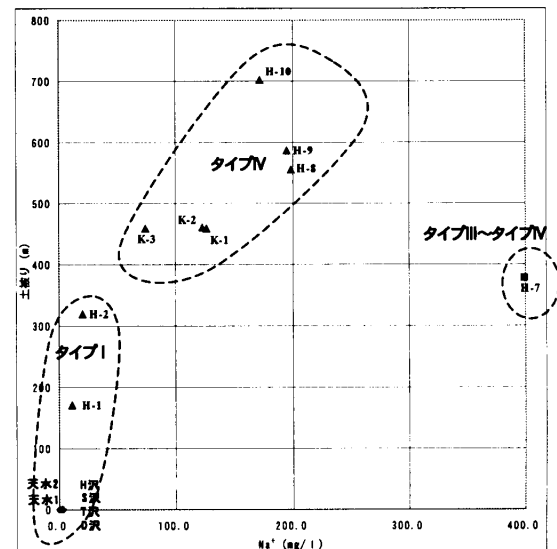


図-5 Na と土被りの関係図