

深層地下水データベース（第2版）

高橋正明・風早康平・安原正也*・塚本 齊・佐藤 努・高橋 浩・森川徳敏
・清水 徹・宮越昭暢・戸崎裕貴・東郷洋子・稲村明彦・半田宙子・仲間純子・中村有理
・竹内久子・大丸 純・清水日奈子・尾山洋一**・大和田道子・切田 司
産業技術総合研究所活断層・火山研究部門,
*立正大学, **釧路市教育委員会

The database of deep groundwater chemistry (The second edition)

Masaaki TAKAHASHI, Kohei KAZAHAYA, Masaya YASUHARA*, Hitoshi TSUKAMOTO,
Tsutomu SATO, Hiroshi A. TAKAHASHI, Noritoshi MORIKAWA, Toru SHIMIZU,
Akinobu MIYAKOSHI, Yuki TOSAKI, Yoko TOGO, Akihiko INAMURA, Hiroko HANDA,
Atsuko NAKAMA, Yuri NAKAMURA, Hisako TAKEUCHI, Jun DAIMARU,
Hinako SHIMIZU, Yoichi OYAMA**, Michiko OHWADA and Tsukasa KIRITA

The Institute of Earthquake and Volcano-Geology, AIST
*Rissho University, **Kushiro City Board of Education

1) データの増補

深層地下水データベース（第2版）では、高橋ほか（2011）刊行後、印刷物として出版された論文、報告書、書籍等の文献、あるいは温泉地に掲示されている温泉分析書等に、深部流体、深層地下水、温泉水、あるいは湧水等と記述されている深層地下水に関する水温、化学分析データ等の地化学データ及び位置情報を採録した文献データと、産業技術総合研究所活断層・火山研究部門深部流体研究グループが保有する深層地下水に関する地化学データ及び位置情報を採録した産総研保有試料データを公表する。データベースとして公表する項目は、高橋ほか（2011）と同じ。

<水試料>

試料 ID, 試料採取地点（都道府県名）, pH, 水温, 地化学温度, 化学組成 (Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Li^+ , NH_4^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , CO_3^{2-} , OH^- , F^- , NO_3^- , NO_2^- , PO_4^{3-} , Br^- , I^- , Si, B, Al, As, Cu, Fe, Fe^{2+} , Fe^{3+} , SiO_2 , Pb, Hg, Cr, Mn, Fe, Li, Rb, Sr, Ba, Cs), 同位体組成 ($\delta \text{D}_{\text{H}_2\text{O}}$, $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$, $\delta^{13}\text{C}_{\text{DIC}}$, $\delta^{14}\text{C}_{\text{DIC}}$, ^4He , ^{20}Ne , $^4\text{He}/^{20}\text{Ne}$, $^3\text{He}/^4\text{He}$, ^3H , $^{36}\text{Cl}/\text{Cl}$, $\delta^{34}\text{S}_{\text{SO}_4}$, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$), 参考文献.

<ガス試料>

試料 ID, 試料採取地点(都道府県名), 化学組成 (He, Ne, H₂, O₂, Ar, CO₂, CO, CH₄(C1), エタン (C2), プロパン(C3), イソブタン(iso-C4), n-ブタン(n-C4), ネオペンタン(neo-C5), イソペンタン(iso-C5), n-ペンタン(n-C5), 2,2-ジメチルブタン(2,2-DMB), 2,3-ジメチルブタン(2,3-DMB), 2-メチルペンタン(2-MP), 3-メチルペンタン(3-MP), n-ヘキサン(n-C6)), 同位体組成 ($\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2}$, $\delta^{18}\text{O}_{\text{CO}_2}$, $\delta \text{D}_{\text{CH}_4}$, $\delta^{13}\text{C}_{\text{CH}_4}$, $\delta^{13}\text{C}_{\text{ethane}}$, ^4He , ^{20}Ne , ^{22}Ne , ^{36}Ar , ^{40}Ar , ^{84}Kr , ^{132}Xe , $^4\text{He}/^{20}\text{Ne}$, $^3\text{He}/^4\text{He}$).

ここでいう<ガス試料>とは、深層地下水に伴うガスのことであり、例えば噴気地帯、火山地帯等で放出されているガスに関するデータは収録していない。試料 ID は<水試料>の ID と共通である。

2) データの改訂

文献名が異なっても地化学データが全く同じ場合は、重複データとして1つを残しそれ以外はすべて削除した。

高橋ほか(2011)として公表した深層地下水に関する位置情報を再度確認した。また位置情報の原データを世界測地系に統一した。

高橋ほか(2011)では、酸性あるいはアルカリ性の試料に関しても非常に厳密にイオンバランスを計算したため、文献や温泉分析書からの多数の地化学データを掲載することが出来なかった。そのため深層地下水データベース(第2版)では、酸性(pH<4.8)あるいはアルカリ性(pH>8.3)の試料についてはイオンバランスが合わなくても削除せずデータベースに採録するという方針に変更した。

デジタル化になじまない表現がある場合は、以下の基準で置き換えた。

- ① <〇〇, TR, trace, 痕跡, n.d., ND の表記は、「0」とした。
- ② ●±▲と誤差の表示がある場合は、誤差でない数字(●)のみ採録した。
- ③ 空欄あるいは上記以外の文字の表記がある場合は、「-999」とした。
- ④ 水温データの表記に幅がある場合 (<25°C, 25-42°C, 46-52°C, >42°C, <90°Cのような例), 24°C, 41°C, 51°C, 59°C, 89°Cとデータファイルに入力されていることがあることがわかった。このような場合、各深層地下水の原データを再度調査し、実際に24°C等でないことを確認した後、水温データを削除した。

産業技術総合研究所深部流体研究グループでは、 $\delta \text{D}_{\text{H}_2\text{O}}$, $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ については、2012年以降、波長可変半導体レーザー吸収分光法(一種である波長スキャンキャビティリングダウン分光法(以下 CRD 法))と、従来からの質量分析法を併用して分析している。 $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ に関しては両者の違いが0.3%を超える場合は測定データ1994件中98件(4.9%)であった。公表するデータは質量分析法で分析した結果を優先するが、 $\delta \text{D}_{\text{H}_2\text{O}}$ について質量分析法による結果が得られていない場合は、 $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ における差が質量分析法と CRD 方と

の間で 0.3‰以内であることを確認できた場合のみ、CRD 法により得られた δD_{H_2O} の値の公表を行う。

現在の登録数は総計で 23,647 件である。うち 497 件には、水試料データに対応するガス試料データがある。

3) 図の表示

深層地下水データベース（第 2 版）では、緯度経度各方向 1° を 16 分割 (0.0625° , 概略 1 辺 7 km 程度) して、その区画内にある 1 つの地点をその区画の代表地点として表記する方法に変更した。また、図に表示するデータの選択は産総研保有試料データを優先とした。

緯度経度各方向 1° を 16 分割した区画で表現するのは、高橋ほか (1993) 等の地熱資源図において、 42°C 以上の温泉が孤立して存在する場合、温泉から半径 5 km 以内を地熱資源賦存有望地域と規定していることを参考としている。緯度経度各方向 1° を 16 分割する表現法を用いるものに風早ほか (2015) がある。

表示する図は、高橋ほか (2011) と同じ。

- ① 水温
- ② pH (酸性を優先した図と、アルカリ性を優先した図の 2 図)
- ③ Cl⁻濃度, ④ SO₄²⁻濃度, ⑤ TDIC 濃度, ⑥ Li⁺濃度
- ⑦ 地化学温度計 (Na-K-Ca 温度計 (Truesdell, 1976), Na-K-Ca-Mg 温度計 (Fournier and Potter, 1979) の 2 図)

⑧ 水質タイプ

水試料の Cl⁻, SO₄²⁻, HCO₃⁻+CO₃²⁻各イオンの当量比により区分する。

- (1) Cl タイプ : SO₄<0.2 \cap HCO₃+CO₃<0.2
- (2) HCO₃ タイプ : Cl<0.2 \cap SO₄<0.2
- (3) SO₄ タイプ : Cl<0.2 \cap HCO₃+CO₃<0.2
- (4) Cl-HCO₃ タイプ : SO₄<0.2 \cap Cl タイプ, HCO₃ タイプでない
- (5) Cl-SO₄ タイプ : HCO₃+CO₃<0.2 \cap Cl タイプ, SO₄ タイプでない
- (6) HCO₃-SO₄ タイプ : Cl<0.2 \cap HCO₃ タイプ, SO₄ タイプでない
- (7) その他 : (1)~(6) の分類に当てはまらない
- (8) 淡水 : Cl<100mg/L

同じ区画内で上記水質分類のカッコ内の数値が小さい水質タイプを優先して表示した図と、同じ区画内にある「その他」と「淡水」を除いた水質タイプのうち一番数の多い水質タイプを表示した図の 2 図。

謝辞

本研究は原子力規制委員会原子力規制庁「平成 29 年度原子力発電施設等安全技術対策委託費（自然事象等の評価手法に関する調査）事業」として実施した。

参考文献

風早康平・高橋正明・切田司・内藤一樹・渡部芳夫（2015） 日本列島におけるスラブ起源水の上昇地域の分布図，地質調査総合センター研究資料集，no. 616，産業技術総合研究所地質調査総合センター。

高橋正明・山口 靖・野田徹郎・駒澤正夫・村田泰章・玉生志郎（1993）50 万分の 1 新潟地熱資源図及び同説明書。特殊地質図（31-1），地質調査所，116p.

高橋正明・風早康平・安原正也・塚本 斉・佐藤 努・高橋 浩・森川徳敏・大和田道子・尾山洋一・芝原暁彦・稲村明彦・鈴木秀和・半田宙子・仲間純子・松尾京子・竹内久子・切田 司・大丸 純（2011） 深層地下水データベース。地質調査総合センター研究資料集，no.532，産業技術総合研究所地質調査総合センター。

Fournier, R.O. And Potter, R.W. III (1979) Magnesium correction to the Na-K-Ca chemical geothermometer. G.C.A., 43, 1543-1550.

Truesdell, A. H. (1976) Summary of section III. Geochemical techniques in exploration. Proc. Second United Nations Symposium on the Development and Use of Geothermal Resources, San Francisco, 1975, v.1, Washington D.C., U. S. Government Printing Office, p.liii-lxxxix.