

付加体の深部地下水循環と微生物メタン生成・脱窒ポテンシャル Microbial methane production and denitrification in deep aquifer associated with the accretionary prisms

木村 浩之^{1*}; 松下 慎¹; 石川 修伍¹

KIMURA, Hiroyuki^{1*}; MATSUSHITA, Makoto¹; ISHIKAWA, Shugo¹

¹ 静岡大学大学院

¹ Shizuoka University

静岡県中西部から中部、近畿、四国、九州、沖縄までの太平洋沿岸の地域は、厚い堆積層からなる。これらの堆積層は“付加体”と呼ばれている。付加体は、プレートテクトニクスによって海洋プレートが陸側プレートの下部に沈み込む際、海洋プレート上の海底堆積物が陸側プレートに付加し、その後、隆起してできた地層である。西南日本の付加体は主に白亜紀から第三紀にかけて堆積した太古の海底堆積物に由来しており、高濃度の有機物を含んでいる。また、付加体の深部地下圏には豊富な地下水が存在する。さらに、付加体の深部帯水層には大量の天然ガス（メタン）が含まれている。

我々は、静岡県中西部の付加体が分布する地域に構築された温泉掘削井（深度 1,000?1,500 メートルの掘削井が多い）を調査し、深部地下水および付随ガスを採取した。そして、地下水の環境データ（水温、pH、EC、ORP）の測定、各種イオン濃度、付随ガスの組成、炭素安定同位体比を分析した。また、地下水に含まれる微生物群集を対象とした 16S rRNA 遺伝子解析および嫌気培養を試みた。そして、付加体の深部地下圏に生息する微生物によるメタン生成および脱窒ポテンシャルを明らかにした。

付加体の深部地下水の環境データより、付加体の深部地下水は嫌気性でること、主に沿岸域の掘削井から採取された地下水は比較的高い塩分を示すこと（2,000-3,100 mS/m）、中間部の掘削井から採取した地下水は中程度の塩分を示すこと（400-2,000 mS/m）、山間部の掘削井から採取した地下水は低い塩分を示すこと（<400 mS/m）が明らかとなった。付随ガスの組成分析より、沿岸部および中間部の掘削井から採取した付随ガスは 96 %以上の割合でメタンを含むことが示された。一方、山間部の掘削井から採取された付随ガスには 50-80 %のメタンとともに、20-50 %の割合で窒素ガスも含まれていた。付随ガスに含まれるメタンと地下水に含まれる溶存態無機炭素（主に、重炭酸イオン）の炭素安定同位体比分析を行った結果、沿岸部の一部の付加体の深部地下圏に由来するメタンは有機物の熱分解起源であることが示された。一方、中間部と山間部の掘削井で採取されたメタンは、微生物起源であることが示された。

アーキアおよびバクテリアの 16S rRNA 遺伝子の解析より、付加体の深部帯水層中には水素発生型発酵細菌と水素資化性メタン生成菌が優占することが明らかとなった。また、付随ガスに窒素ガスを多く含む山間部の深部地下水においては、脱窒細菌の 16S rRNA 遺伝子も検出された。深部地下水に有機基質を添加する嫌気培養を試みたところ、水素発生型発酵細菌と水素資化性メタン生成菌の共生によるメタン生成が確認された。特に、中間部および山間部の掘削井にて採取した深部地下水を用いた嫌気培養において、高い水素ガス生成・メタン生成ポテンシャルが示された。さらに、窒素ガスを多く含む付随ガスが見られた山間部の深部地下水に有機基質と硝酸を添加した嫌気培養では、脱窒細菌による高速での窒素ガス生成も確認された。

地球化学と微生物学を融合させた一連の研究手法により、沿岸域の付加体深部地下圏では、有機物の熱分解によりメタンが生成されることが示された。一方において、中間部および山間部の付加体の地下圏では水素発生型発酵細菌と水素資化性メタン生成菌の共生によって堆積層中の有機物が分解され、高速にメタンが生成されることが示された。さらに、山間部の付加体の地下圏では、水素発生型発酵細菌と水素資化性メタン生成菌の共生によるメタン生成が起こると同時に、主に有機物を電子供与体とし、硝酸を電子受容体とした脱窒が起こっている可能性が示された。

キーワード: 付加体, 地下水, 地下圏微生物, メタン生成, 脱窒

Keywords: accretionary prisms, groundwater, subsurface microorganisms, methane production, denitrification

大気循環場の変化が引き起こす中部日本における降水同位体比の年々変動 Atmospheric circulation controls on the inter-annual variability in precipitation isotope ratio in Japan

栗田 直幸¹; 藤吉 康志^{2*}; 中山 智喜³; 松見 豊³; 北川 浩之¹

KURITA, Naoyuki¹; FUJIYOSHI, Yasushi^{2*}; NAKAYAMA, Tomoki³; MATSUMI, Yutaka³; KITAGAWA, Hiroyuki¹

¹ 名古屋大学大学院環境学研究科, ² 北海道大学低温科学研究所, ³ 名古屋大学太陽地球環境研究所

¹Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, ²Institute of Low temperature science, Hokkaido University,

³Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University

近年、レーザー分光法を使った水同位体分析が普及し、降水イベント毎の同位体比変動や水蒸気同位体比の連続データなど、従来よりも高い時間分解能をもったデータが得られるようになってきた。そして、従来の「降水の同位体比は気温や降水量の指標である」という経験則から脱却し、同位体比の変化を規定している「物理プロセス」を明らかにしようとする研究が近年急増している。そこで本研究では、中部日本を対象として、降水同位体比の日々変化、季節変化、そして年々変化を引き起こす key となる因子の特定を行う。まず、名古屋大学にて 2013 年 6 月から実施している水蒸気同位体比の連続観測、およびイベント毎の降水同位体比分析結果から日々スケールでの変動特性を明らかにし、これが気団や降水システムの違いといった日々の気象の変化とどのように関連しているか解析を行う。そしてその結果を過去 17 年間東京で行われた月単位の降水同位体観測データに応用し、短時間変化を引き起こす気象因子の特性変化によって年々の同位体比変化が説明可能であるか検証を行う。

結果は、夏期における日々スケールの降水の同位体比変化は、水蒸気起源の変化、および起源から観測地までの輸送途中にもたらされる降水量に依存していることが明らかとなった。冬期は、低気圧の経路の違いに対応して降水の同位体比が変化することを明らかにした。特に、日本の南岸を通る「南岸低気圧」に伴う降水は、顕著に低い同位体比で特徴づけられた。次に、年々スケールの変化について解析を行ったところ、夏期の季節平均値は降水量変化に依存せず、太平洋気団によってもたらされる降水の寄与率（夏期降水量に対する割合）に依存していることを明らかにした。冬期平均値は、南岸低気圧の経路や発達度と密接に結びついており、日本の南岸からやや離れて進んできた南岸低気圧による降水が多い（少ない）年には同位体比が平年よりも低い（高い）値を示した。これらの結果から、中部日本における降水同位体比の年々変化は、降水量や気温よりも大気循環場の変化に依存していると結論づけることができる。さらに、太平洋気団の活動度、および南岸低気圧の経路や発達度は、夏期冬期の北東アジアモンスーンの強度に関連しており、その結果、中部日本における降水同位体比の年々変化は、アジアモンスーン指標と有為な相関を示した（夏期：R=0.47、冬期：R=0.42）。

キーワード: 水安定同位体, 東アジアモンスーン, 梅雨前線, 南岸低気圧

Keywords: Stable water isotopes, East Asian monsoon, Baiu, Southern coastal cyclone

2013年集中観測における日本全域の降水安定同位体比 Stable isotopes in precipitation all over Japan observed in 2013

一柳 錦平^{1*}; 田上 雅浩²; 吉國 司¹

ICHIYANAGI, Kimpei^{1*}; TANOUE, Masahiro²; YOSHIKUNI, Tsukasa¹

¹ 熊本大学自然科学研究科, ² 東京大学大学院工学系研究科

¹Graduate School of Science and Technology, Kumamoto University, ²School of Engineering, The University of Tokyo

Stable isotopes in precipitation (Oxygen-18 and Deuterium) are useful natural tracers for understanding the hydrological cycle and reconstructing paleo-climates. There are a lot of observational studies of stable isotopes in precipitation in Japan. However, most observations on the local scale were conducted only one point or less than several points. The Isotope Mapping Working Group of the Japanese Association of Hydrological Sciences (JAHS-IMWG) conducted the intensive observation of stable isotopes in precipitation across Japan throughout 2013 (IOP2013). In this study, seasonal variation and spatial distribution of Oxygen-18 and d-excess at 57 stations across Japan were shown from the preliminary result of the IOP2013. Annual mean values in Oxygen-18 show the strong altitude effect from -13permil in the north part to -6permil in the southwest part of Japan. The Oxygen-18 values along the Pacific coast and the Japan Sea coast of Japan are more and less than -8permil, respectively. Annual mean values in d-excess ranged from 7permil in the southwest part to 22permil in the northeast part of Japan. The d-excess values in the north part and along the Japan Sea coast are relatively higher than those along the Pacific coast of Japan. The differences in d-excess values between the Pacific coast and the Japan Sea coast are mentioned in the previous studies. Most of the monthly Oxygen-18 values ranged from -15permil to -5permil observed in the north part of Japan, and those values were relatively high in the spring months (March-June) and low in the winter months (December to February). Most of the monthly Oxygen-18 values ranged from -10permil to -5permil in the southwest part of Japan, the seasonal variation is small. On the other hand, the monthly d-excess values show strong seasonal variations observed both in the north and southwest parts of Japan. Those values ranged from 0permil to 40permil in the north part and from 0permil to 30permil in the southwest part of Japan. Especially in the north part of Japan, monthly d-excess values were extremely high in the winter month (December to February). The high d-excess values are caused by the strong evaporation from the Japan Sea in the winter months.

キーワード: 安定同位体, 降水, d 値, 日本全国, 同位体マッピング WG

Keywords: stable isotope, precipitation, d-excess, all over Japan, Isotope Mapping Working Group

同位体領域気候モデルと日本全国で集中観測された降水安定同位体比との比較 Comparison of stable precipitation isotopes between regional isotope simulation and intensive observation around Japan

田上 雅浩^{1*}; 一柳 錦平²

TANOUE, Masahiro^{1*}; ICHIYANAGI, Kimpei²

¹ 東京大学大学院工学系研究科, ² 熊本大学大学院自然科学研究科

¹School of Engineering, The University of Tokyo, ²Graduate School of Science and Technology, Kumamoto University

降水の安定同位体比は水循環のトレーサーとして用いられている。しかしながら、日本全国を対象に降水の酸素・水素の安定同位体比を同時期に観測した事例はほとんどない。そこで、日本水文科学会同位体マッピングワーキンググループ (IMWG) により、2013 年の 1 月から 12 月まで日本全国 124 地点で集中観測が行われた。このような、高空間解像度での観測データは世界的に見ても非常に貴重である。本研究では、そのうち 57 地点のデータを用いて、同位体領域気候モデルとの比較を行った。まず、月ごとに降水の安定同位体比の空間分布を比較したところ、モデル計算値も観測値も、6 月から 9 月を除いて、緯度効果の傾向を示した。モデルは緯度効果の強度を良く再現していた。6 月から 9 月にかけては同位体比の値はほぼ一様で、緯度効果は見られなかった。次に、気象庁による地域区分に従い観測地点を 6 つの地域に分けて季節変動を比較した。その結果、モデルは 3 月～7 月に北日本で高く、3 月～5 月に東日本・西日本で高い傾向を捉えていた。しかしながら、東日本・太平洋側および西日本・太平洋側の地域では、1 月における降水の安定同位体比を過大評価していた。イベント毎にモデルと観測値との比較を行ったところ、モデルは 2013 年 1 月 14 日ごろの南岸低気圧の中心気圧を再現できておらず、この低気圧によってもたらされる降水の安定同位体比の値が高いことがわかった。本発表では、これら比較結果について紹介する。

キーワード: 降水の安定同位体比, 同位体領域気候モデル

Keywords: stable isotopes in precipitation, isotope regional circulation model

A two-year record of stable isotope characteristics of monthly rainfall at the Douala and Yaounde urban cities, Cameroon

WIRMVEM, Mengnjo jude^{1*}; OHBA, Takeshi¹; BAFON, Tasin godlove²; KAMTCHUENG, Brice tchakam³; TAYLOR, Eldred tunde⁴; ASAAH, Asobo nkengmatia elvis⁵; WOTANY, Engome regina⁶; OOKI, Seigo¹; FANTONG, Wilson yetoh⁷; AYONGHE, Samuel ndonwi⁶
WIRMVEM, Mengnjo jude^{1*}; OHBA, Takeshi¹; BAFON, Tasin godlove²; KAMTCHUENG, Brice tchakam³; TAYLOR, Eldred tunde⁴; ASAAH, Asobo nkengmatia elvis⁵; WOTANY, Engome regina⁶; OOKI, Seigo¹; FANTONG, Wilson yetoh⁷; AYONGHE, Samuel ndonwi⁶

¹Department of Chemistry, School of Science, Tokai University, ²Compagnie Miniere Du Cameroun, ³Graduate School of Science and Engineering for Education, University of Toyama, ⁴IEMQC, Njala University, ⁵Department of Earth & Planetary Sciences, Tokyo Institute of Technology, ⁶Department of Environmental Science, Faculty Science, University of Buea, ⁷Institute of Mining and Geological Research, Cameroon

¹Department of Chemistry, School of Science, Tokai University, ²Compagnie Miniere Du Cameroun, ³Graduate School of Science and Engineering for Education, University of Toyama, ⁴IEMQC, Njala University, ⁵Department of Earth & Planetary Sciences, Tokyo Institute of Technology, ⁶Department of Environmental Science, Faculty Science, University of Buea, ⁷Institute of Mining and Geological Research, Cameroon

The stable isotopes of oxygen (¹⁸O) and hydrogen (²H) in precipitation are useful tools in environmental studies including hydrological and climatological investigations. Like in most of tropical Africa, stable isotope data of rainfall is regrettably limited in Cameroon. As a contribution to desired data, 43 monthly rainfall samples have been collected from January 2013 to December 2014 in the urban cities of Douala and Yaounde (in the tropical evergreen forest of Cameroon). The objectives were to produce local meteoric water lines (LMWLs), define the spatial and temporal variations of the stable isotopes and controlling factors. The conventional delta (δ) ¹⁸O- δ^2 H diagram for the two-year data gave the regression lines: $\delta^2\text{H} = 7.92\delta^{18}\text{O} + 12.99$ ($R^2=0.97$) and $\delta^2\text{H} = 8.35\delta^{18}\text{O} + 15.29$ ($R^2= 0.99$) for Douala and Yaounde, respectively. These lines represent the LMWLs for the two cities. The similarity of slopes to the Global Meteoric Water Line (GMWL) of 8 indicates that rain formation processes in both areas occurred under conditions close to isotopic equilibrium with insignificant evaporation effect during precipitation. Douala precipitation showed a wide range of $\delta^{18}\text{O}$ from -5.22 to -0.75 ‰, mean of -2.71 ‰ (2013); and -5.26 to -1.28 ‰, average of -3.09 ‰ (2014). A similar range was observed in Yaounde for $\delta^{18}\text{O}$ from -5.20 to 1.81 ‰, mean of -2.49 ‰ (2013); and -5.86 to -0.66 ‰, average of -3.37 ‰ (2014). The large range suggests varied controls on precipitation in both localities. Despite the closeness of the Douala sampling point to the Atlantic Ocean (35 km), the weighted mean d-excess value of 13.12 ‰ was higher relative to 10 ‰ of the Atlantic moisture. Further inland in Yaounde (191 km), a relatively higher weighted mean d-excess value (14.55 ‰) was also observed. The high d-excess values in both cities reflect an addition of recycled continental moisture to precipitation. The additional moisture is likely from the evergreen rainforest and a network of rivers in the areas. Weighted mean $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^2\text{H}$ values for the sampling period were -3.27 ‰ and -13.01 ‰, and -3.07 ‰ and -10.04 ‰ in Douala and Yaounde, respectively. The slight increase in weighted mean δ values from Douala to inland Yaounde reflects a lack of continental effect probably due to the additional supply of inland recycled moisture to rain. Monthly weighted mean δ values showed a definite seasonal variability in both areas. Isotopically enriched and depleted values were observed during the pre- and post-monsoon low rainfall and heavy monsoon rains, respectively, in agreement with the amount effect of tropical low latitude rains. This effect is probably controlled by northward and southward oscillation of the Intertropical Convergent Zone and associated air masses. The $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^2\text{H}$ of rainfall in the tropical cities of Douala and Yaounde show a similar temporal variability that is mainly controlled by the addition of inland recycled moisture and amount effect. The generated isotope data and LMWLs can be used as tools for groundwater recharge and atmospheric moisture circulation studies in the region.

キーワード: Stable isotope variation, Local meteoric water line, Amount effect, Moisture recycling, Douala-Yaounde, Cameroon
Keywords: Stable isotope variation, Local meteoric water line, Amount effect, Moisture recycling, Douala-Yaounde, Cameroon

大阪平野とその周辺に分布する塩水とその起源 Saline groundwaters in and around the Osaka Basin and those origins

益田 晴恵^{1*}; 新谷 毅¹; 三田村 宗樹¹; 丸井 敦尚²; 森川 徳敏²; 中野 孝教³
MASUDA, Harue^{1*}; SHINTANI, Tsuyoshi¹; MITAMURA, Muneki¹; MARUI, Atsuhisa²; MORIKAWA, Noritoshi²; NAKANO, Takanori³

¹ 大阪市立大学大学院理学研究科, ² 産業技術総合研究所, ³ 総合地球環境学研究所

¹Graduate School of Science, Osaka City University, ²AIST, ³Research Institute for Humanity and Nature

大阪平野の周辺の山間には多くの含鉄炭酸食塩泉が湧出していることが知られていた。中でも、有馬温泉は、有馬高槻構造線の一部を流路として六甲山地で高温の含鉄食塩泉が大量の二酸化炭素とマントル起源の³He/⁴He比を持つガスを伴って湧出していることが知られている(たとえば, Nagao et al., 1981)。また、大阪南部の金剛・葛城山地に位置する石仏では、低温ながら、有馬温泉に匹敵する二酸化炭素・³He/⁴He比を持つ高濃度塩水が知られている(たとえば, Matsumoto et al., 2003)。さらに、大阪平野の第四紀堆積層(大阪層群)と基盤岩の境界付近には、高濃度塩水がしばしば発見されてきた。大阪平野地下深部に存在する塩水の起源は現在も不明であるが、大阪湾沿岸部では³He/⁴He比の高さから、有馬型塩水との類似性が指摘されている(Morikawa et al., 2008)。本研究では、大阪府域の地下水中で、塩濃度の高いもの(おおむねCl⁻ >500 mg/L, HCO₃⁻ >400 mg/L)を選び、井戸深度を取水深度と仮定して3次元分布図を作成した。また、特に平野堆積物最下部と基盤岩に出現する取水深度が500mより深い塩水の酸素・水素安定同位体比と塩分などとの関係から塩水の起源を検討した。

大阪層群は構造盆地であり、周囲を取り囲む低山地とは断層関係にある。塩化物イオン濃度の高い地下水は2つの地域に集中して見られる。一つはこの盆地と山地との境界付近である。平野北部の境界である有馬高槻構造線周辺、東部の生駒山地と南部の葛城山脈の生駒断層系に沿って見られるものが多い。塩化物イオンの最高値は15,000mg/L程度である。こちらのグループには、しばしば遊離二酸化炭素や高濃度の炭酸水素イオン(約3,500 mg/L程度まで)を含むことがある。また、塩化物イオンは低濃度であっても、遊離二酸化炭素や炭酸水素イオンに富む地下水は平野から離れた山間部でもしばしば見られる。もう一つは、平野中央部の堆積岩最下部から基盤岩中で1,000m以上掘削された井戸に多く見られる。こちらの地下水は塩化ナトリウムに富む水質であることが多く、塩化物イオンの最高値は13,000 mg/L程度である。炭酸水素イオン濃度は高くても300 mg/L程度までである。こちらの地下水の採取地点は、前述のもののように断層との関連性は見られない。

従来から、石仏の塩水は、酸素同位体シフトが特徴である「有馬型塩水」に分類されてきた。これは、水素同位体比は比較的地域の天水の値に近く、酸素同位体比だけが高くなるものであり、高温で岩石と水とが反応した結果であると考えられてきた。石仏を除けば、上述した塩水の酸素と水素の同位体比の関係は、地域の天水と海水の混合線上にプロットされる。天水と海水の混合で説明される塩水は、同位体比と塩化物イオン濃度の関係も同様に混合線で示される。大阪平野の100mより浅い深度から取水される塩水は酸素・水素安定同位体比と塩化物イオン濃度との関係は海水との混合で表される。一方、取水深度が100?500mの塩水は、酸素同位体比?塩化物イオン濃度の関係は海水?天水の混合線上にプロットされるが、水素同位体比は海水と同じ塩化物イオン濃度を持つと仮定した塩水では-40 ‰と天水の値に近くなる。さらに、500mより深い塩水では酸素同位体比?塩化物イオン濃度の関係も海水?天水混合線からはずれ、酸素・水素とも海水?天水の混合線よりも小さい傾きを示す。海水と同じ塩化物イオン濃度を仮定した場合には、酸素同位体は-2 ‰、水素同位体比は-40 ‰である。

酸素・水素安定同位体比の特徴は大阪平野最下部の塩水が典型的な有馬型塩水ではないことを示している。大阪平野周辺の活断層は表層から深部帯水層への涵養経路となっていることから、海進時に流入した海水を含む地下水が地下深部へ移動しつつ有馬型塩水へと進化している過程を観察しているのかもしれない。

キーワード: 高深度地下水, 有馬型塩水, 活断層, 水素・酸素安定同位体比

Keywords: Deep groundwater, Arima-type brine, active faults, hydrogen and oxygen isotope ratios

浅層地下水系への深部起源流体の混入とその定量化ー山形県寒河江市平塩地区の例ー On deep-seated salty groundwater mixed into shallow groundwater flow system in Sagae district, Yamagata, Japan

安原 正也^{1*}; 森川 徳敏¹; 稲村 明彦¹; 高橋 浩¹

YASUHARA, Masaya^{1*}; MORIKAWA, Noritoshi¹; INAMURA, Akihiko¹; TAKAHASHI, Hiroshi¹

¹ (独) 産業技術総合研究所地質調査総合センター

¹ Geological Survey of Japan, AIST

寒河江川右岸の後期更新世段丘堆積物上に位置する山形県寒河江市平塩地区では、西方に広がる出羽丘陵の基部付近の2箇所から高濃度の塩水が自然湧出していることが古くから知られている。また、塩水の一部が浅層地下水系に混入して移動・拡散する結果、高い塩化物イオン (Cl) 濃度を有する舌状の浅層地下水帯が東西方向あるいは南西-北東方向に形成されている (加藤, 1984)。このような塩水すなわち深部起源水の詳細な地球化学的性状と起源の解明、また浅層地下水系への混入プロセスと混入量の量的評価を目的とした調査を2006年と2012年に実施した。

自然湧出地点2箇所の塩水はいずれも Na-Cl 型の水質組成を持ち、Cl 濃度は 12,900mg/L と 13,200mg/L とほぼ同じであった。酸素・水素同位体比もそれぞれ $\delta^{18}\text{O} = -5.3\text{‰}$ と -5.4‰ 、 $\delta\text{D} = -45\text{‰}$ と -47‰ と極めて近い値を呈した。また、希ガス同位体データについても同様であった。一方、近傍の寒河江川左岸に掘削された深さ 1500m の温泉井から採取した地下水 (Cl 濃度=16,000mg/L; $\delta^{18}\text{O} = -5.0\text{‰}$; $\delta\text{D} = -46\text{‰}$) も、これら自然湧出する塩水と極めて似た地球化学的特性を有することが明らかとなった。同地域には南北方向に多数の断層が走り、さらに平塩地区の東方約 500m には活断層である山辺活動セグメント (南北方向に延びる西側隆起の逆断層) も存在する。これらの地質学的弱線を通じて、深部起源水はその上昇の過程で浅い深度の地下水とほとんど混合することなく、すみやかに地表付近までもたがられているものと考えられる。

深部起源水の浅層地下水系への混入量については以下の手順に従って推定を行った。まず、1) 丘陵基部に源を発して平塩地区を流れる7本の河川水の Cl 濃度と流量の観測結果に基づき、浅層地下水が河川水を涵養する形で最終的には地表水として域外に排出される Cl 量を算出し、深部起源水端成分の Cl 濃度を 13,000mg/L と設定した上で関与する深部起源水の量を算出した。さらに、2) 加藤 (1984) の地下水面図に基づいてダルシー式を用いて平塩地区における地下水流動量を算出し、これに同じく加藤 (1984) が測定した浅層地下水の Cl 濃度の平均値 (等値線間の面積で重み付けした上で Cl 濃度の平均値を算出) を掛け合わせ、地下水として域外に排出される Cl 量を求めた。その上で、深部起源水端成分の Cl 濃度を同じく 13,000mg/L と設定し、浅層地下水系へ混入する深部起源水の量を算出した。このようにして求めた 1) と 2) を合計した結果、平塩地区への深部起源水の上昇量は1日当たり数 10-50m³ 程度と推定された。

キーワード: 深部起源流体, 塩水, 浅層地下水系, 混合比, 同位体

Keywords: deep-seated groundwater, salty water, shallow groundwater flow system, mixing ratio, isotopes

AHW24-08

会場:301A

時間:5月25日 11:30-11:45

沿岸域深層の地下水の性状 Chemical properties of deep groundwater at coastal area

町田 功^{1*}; 小野 昌彦¹; 越谷 賢¹; 井川 怜欧¹; 丸井 敦尚¹
MACHIDA, Isao^{1*}; ONO, Masahiko¹; KOSHIGAI, Satoru¹; IKAWA, Reo¹; MARUI, Atsunao¹

¹ 産総研地質調査総合センター

¹ Geological Survey of Japan, AIST

静岡県駿河湾沿岸にて 150m 深のボーリング 2 本を行い地質試料を採取した。得られたコア間隙水の化学的性質から沿岸域地下水流動について考察した。

キーワード: ボーリング調査, 間隙水, 沿岸域, 塩淡水境界, 同位体, 水質

Keywords: Borling survey, Pore water, Coastal Area, Boundary of saline and fresh water, Isotopes, Water quality

阿武隈花こう岩地域における地下水の同位体比の鉛直変化：年代との対比 Vertical profiles of stable isotopic composition of groundwater in Abukuma granite: comparison with radiocarbon dates

高橋 浩^{1*}; 高橋 正明¹; 塚本 斉¹; 安原 正也¹; 風早 康平¹; 稲村 明彦¹
TAKAHASHI, Hiroshi^{1*}; TAKAHASHI, Masaaki¹; TSUKAMOTO, Hitoshi¹; YASUHARA, Masaya¹;
KAZAHAYA, Kohei¹; INAMURA, Akihiko¹

¹ 産業技術総合研究所 地質調査総合センター

¹ Geological Survey of Japan, AIST

花こう岩体のような結晶質岩地域では、地下水は帯水層を形成するのではなく、岩体の亀裂ネットワークを水みちとして利用していると考えられる。このような亀裂中の地下水は流動が遅いことが想定されるものの、その実体についての知見は少ない。

本研究では、阿武隈花こう岩体の3ヶ所で実施した掘削調査で採取した地下水試料の安定同位体の鉛直プロファイルについて報告する。掘削深度はおよそ300m, 130m, 230mであり、それぞれ11, 7, 6深度で試料が採取されている。放射性炭素濃度分析による年代値が報告されており、深度100mくらいまでで急激に年代値が増加し、それ以深では10000—16000年くらいの年代値を示す。

採取した地下水の同位体組成は、全深度とも天水起源の特徴を示した。鉛直プロファイルは、浅層で掘削地点の周辺の地下水と同程度かやや低めの同位体比であり、深層になるにつれて、年代値の増加とともに同位体比がより低い値であった。浅層と深層での同位体比の違いは、水素同位体で5—10‰、酸素同位体でおよそ1.5—2‰である。阿武隈地域の地下水で、このような低い同位体組成を示す理由としては、地下水の涵養標高が高いか、寒冷あるいは乾燥した環境下で涵養したか、のいずれかが考えられる。掘削地域の近傍で最も標高の高い、移ヶ岳周辺の河川源流域で採取された地下水の同位体組成は、これほどの値の低下を示していない。また、d値が大きく異なっているなど、異なる同位体的特徴を示す。したがって、涵養標高によって、深層の低い同位体組成を説明することはできない。

一方、放射性炭素濃度からは、最終氷期の末期ごろの年代が示されていることから、掘削孔の深層での低い同位体組成は、寒冷気候下で涵養したことで説明できると思われる。該当する年代域は、寒冷期と温暖期が短いサイクルで繰り返されているが、同位体組成は現在よりも低い値のみが得られている。このことは地下水形成によって、ある程度の年代幅であれば平均化されたためと考えられる。そのため、寒冷期の地下水では、ここで得られた同位体組成の変化よりもさらに低い値を示していた可能性もある。

本研究は、経済産業省受託研究の核燃料サイクル施設安全対策技術調査（地層処分にかかる地質情報データの整備：平成14年—平成17年度）の成果を基にしています。

鳥海山朱ノ又川流域の酸性湧水の同位体的特徴 Isotopic characteristics of acid springs in Shunomata river basin in Mt. Chokai volcano

林 武司^{1*}; 安原 正也²; 森川 徳敏²; 高橋 浩²; 浅井 和由³; 草野 由貴子⁴
HAYASHI, Takeshi^{1*}; YASUHARA, Masaya²; MORIKAWA, Noritoshi²; TAKAHASHI, Hiroshi²;
ASAI, Kazuyoshi³; KUSANO, Yukiko⁴

¹ 秋田大学教育文化学部, ² 独立行政法人産業技術総合研究所, ³ 株式会社地球科学研究所, ⁴ 東京大学大学院新領域創成科学研究科

¹Akita Univ. Faculty of Education and Human Studies, ²GSJ, AIST, ³Geo-science Laboratory, ⁴Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo

鳥海山の東斜面の山腹には、河床が酸化鉄の沈殿によって褐色を呈する河川がいくつか見られる。その1つである朱ノ又川の支流の標高 900m 付近には、沈殿性褐鉄鉱床が分布する。鉱床は山腹斜面を開析する河川の谷底に分布しており、55%程度の鉄を含有して 100 万トン程度の鉱量が見積もられたことから、1956 年に開発が始められた。しかし、立地条件や、最大 2.0%程度と高濃度の燐を含有することから、短期間で廃鉱となった。鉱床は、60 万年前以降の火山活動によって排出された鳥海火山噴出物の末端部から湧出する地下水によって形成されたと考えられている。この湧水群は、20℃を超える水温と 3~5 程度の低い pH によって特徴づけられ、1974 年の鳥海山の火山活動以降に酸性度が進行したことが指摘されている。しかしこれまで、湧水群の起源や水質形成機構に関する研究は僅かである。そこで本研究では、これらの点を明らかにすることを目的として、鉱床の上流側に位置する酸性湧水群を対象として水文調査を行っている。本発表では、水質組成および環境同位体 ($\delta^{18}\text{O}$ ・ δD) の調査結果について報告する。

酸性湧水群の水温および pH は、それぞれ 15.5~19.5℃, 2.8~3.0 であった。鳥海山の北側斜面には、同じく酸性湧水として著名な出壺湧水があるが、酸性湧水群の水温や pH は、出壺湧水のそれ (水温: 7℃程度, pH: 4.5 程度) とは大きく異なっている。水質組成については、高い SO_4^{2-} ・ Cl^- 濃度 (117~181mg/L・66~106mg/L) で特徴づけられ、どちらも出壺湧水より著しく高い値を示した。酸性湧水群の $\delta^{18}\text{O}$ ・ δD は、それぞれ、およそ -11.5‰・-68~-69‰であった。これらの値から、小笠原 (2005) の同位体比-涵養標高直線に基づいて涵養標高を求めた結果、1,600m 以上と推定された。

本研究の結果は、鳥海山には、複数の酸性湧水の水質形成機構があることを示すものである。

キーワード: 酸性湧水, 環境同位体, 褐鉄鉱床, 鳥海山

Keywords: acid springs, environmental isotopes, limonite ore deposits, Mt. Chokai Volcano

^{85}Kr を用いた地下水の滞留時間推定と他の水文トレーサーによるその検証 Groundwater age determination by using ^{85}Kr and its verification by other hydrogeochemical tracers

利部 慎^{1*}; 松永 緑¹; 石井 智久¹; 百島 則幸²; 嶋田 純¹

KAGABU, Makoto^{1*}; MATSUNAGA, Midori¹; ISHII, Tomohisa¹; MOMOSHIMA, Noriyuki²; SHIMADA, Jun¹

¹ 熊本大学大学院自然科学研究科, ² 九州大学アイソトープ総合センター

¹Graduate School of Science and Technology, Kumamoto University, ²Radioisotope Center, Kyushu University

Krypton 85 (^{85}Kr) is a man-made trace gas from reprocessing plant origin whose atmospheric concentrations have been increasing over the past few decades. As it is soluble in water, it can be used as groundwater age indicators over timescales ranging from a few years to a few decades. In this study, ^{85}Kr specific activities in groundwater were measured with an on-site dissolved Kr gas extraction system using an external flow through type hollow fiber membrane modified after Ohta et al. (2009).

^{85}Kr specific activities in groundwater were confirmed at 3 sites in Miyakonojo basin, south-western Japan, considering regional groundwater flow system. Estimated groundwater age were 2 years, 11 years and 60 years in the recharge, intermediate and stagnant discharge areas along the groundwater flow line, respectively. In order to verify these ^{85}Kr ages, we also measured other age tracer gases such as Sulfur hexafluoride (SF_6) and Chlorofluorocarbons (CFCs) at the same sampling wells of ^{85}Kr measurement. The result of the SF_6 age dating in the three locations were well harmonized with the ^{85}Kr dating results; the SF_6 age were 1 year, 23 years and over 60 years. However, CFCs could not show reasonable groundwater age due to the local contamination by the urban and industrial origin CFCs.

The seasonal fluctuation of the stable isotopes ($\delta^{18}\text{O}$ and δD) in groundwater were also measured to evaluate the comprehensive groundwater age tendency. Relatively high seasonal fluctuation of the stable isotopes were measured only in the shallow unconfined well site at the recharge area, which reflect the seasonal isotopic fluctuation in the precipitation. This is another evidence of the relatively young groundwater characteristics to support the ^{85}Kr and SF_6 age in the recharge area.

キーワード: クリプトン 85, 地下水滞留時間, 地下水流動, 六フッ化硫黄, 年代トレーサー, 都城盆地

Keywords: Krypton-85, Groundwater age, Groundwater flow system, Sulfur hexafluoride, Groundwater age tracer, Miyakonojo basin