

平塚市における大気水蒸気の安定同位体比について Stable isotopic ratio of atmospheric vapor in Hiratsuka, Japan

高木 健太^{1*}; 井上 貴之²; 大木 誠吾²; 大場 武²
TAKAGI, Kenta^{1*}; INOUE, Takayuki²; OOKI, Seigo²; OHBA, Takeshi²

¹ 東海大学大学院理学研究科化学専攻, ² 東海大学理学部化学科

¹Course of Chemistry, Graduate School of Science, Tokai University, ²Course of Chemistry, School of Science, Tokai University

天水の水安定同位体組成は地理的条件や気候によって変化する。世界的な平均同位体組成は Craig (1961) の天水線の関係に従う。

$$\delta D = 8 \times \delta^{18}O + 10 \quad (1)$$

ここで、各地域の降水の同位体組成を元に計算された天水線においては、式 (1) の傾き及び y 切片に地域ごとの特徴が見られる。また、大気水蒸気は降水の源であり、降水と同位体平衡の状態にあるとした場合、それらの組成は理論的には天水線に従う。更に近年、大気水蒸気の同位体組成は降水同位体組成よりも大気水循環トレーサの明確な指標として利用されている(綱川・山中, 2005)。しかし、水資源の豊富な日本において季節変化や供給源の違い等の要因により水蒸気の同位体組成が乱されることがある(檜山ら, 2008)。本研究では、降水と大気水蒸気における同位体組成の季節的変動に加え、地域的な大気水蒸気への供給源について調べた。

採取方法

試料は東海大学湘南キャンパス 17 号館屋上にて 2013 年 7 月 ~ 2014 年 12 月の期間採取した。降水は Negrel et al. (2011) と Yoshimura (2002) を参考にし、時間日単位で採取した。採取した降水は 0.2 μ m フィルターで濾過し、100 ml ポリエチレンボトルに保管した。大気水蒸気はドライアイスアルコールのトラップを使用した低温凝結法にて採取した(綱川・山中, 2005)。本研究では降水 142 試料、水蒸気 90 試料を採取した。局所的な水蒸気の供給源として地表水と植物から蒸散する水蒸気を考え、地表水は降水採取地点付近の水源(池・川)4 箇所にて 2014 年 4 月より 1~2 ヶ月に 1 度程度採取し、各 6 試料採取した。植物からの蒸散試料は降水採取地点付近の 6 つの植物にポリ袋を空気がもれないように設置、数日放置し、溜まった水を採取した。蒸散試料は 2014 年 8 月より 1 ヶ月に 1 度程度、最大 4 試料を採取した。地表水と蒸散試料は 0.2 μ m フィルターで濾過し、50 ml ポリエチレンボトルに保管した。同位体組成は水同位体比アナライザー PICARRO にて測定した。同日に採取した降水試料は日平均値を算出した。

結果考察

降水は δD が $-124.7 \sim +9.1$ ‰、 $\delta^{18}O$ が $-16.6 \sim -0.6$ ‰の間でそれぞれ変化を示した。大気水蒸気は δD が $-223.5 \sim -82.2$ ‰、 $\delta^{18}O$ が $-31.2 \sim -11.6$ ‰の間でそれぞれ変化を示した。 δD と $\delta^{18}O$ の関係式は降水で $\delta D = 8.5\delta^{18}O + 17.4$ ($R^2 = 0.95$) 大気水蒸気で $\delta D = 6.6\delta^{18}O - 2.6$ ($R^2 = 0.92$) と与えられた。そして、d-excess ($d = \delta D - 8\delta^{18}O$) は降水 $-0.7 \sim 31.4$ ‰、大気水蒸気 $5.6 \sim 35.7$ ‰の間で変化した。降水の同位体組成に基づき算出された平衡水蒸気組成と観測した水蒸気組成は近い値にあったが、2014 年 5 月に大きな差が見られた。この要因として、この時期の大気水蒸気は降水が 100 % 蒸発した場合の水蒸気(バルク蒸気)であることが推測された。更に 6 月には大気水蒸気の d-excess に大きな正の逸脱があり、平衡状態にある降水起源の水蒸気又はバルク蒸気に地表水起源の水蒸気が加わった組成であると推定される。

キーワード: 降水, 大気水蒸気, 安定同位体

Keywords: Precipitation, Atmospheric vapor, Stable isotope

福島県北部沿岸域の湧水, 地下水の水質と安定同位体の特徴 Characteristics of water quality in groundwater near the coastal area at northern part of Fukushima Prefecture

藪崎 志穂^{1*}

YABUSAKI, Shiho^{1*}

¹ 福島大学 共生システム理工学類

¹ Faculty of Symbiotic Systems Science, Fukushima University

福島県北部沿岸域とその周辺地域(新地町, 相馬市, 南相馬市, 浪江町, 飯舘村)の地下水・湧水の水質と地下水流動, 滞留時間を把握するために, 2014年4月から調査を実施している。これまでの調査・分析の結果から, 対象地域の湧水および地下水の水質の特徴は, ECは30 mS/m以下が多く, 津波で浸水した地点の多くで海水の影響は消えていることが示された。pHは7以下が多いが, 一部で7.5以上の高い値を示す地点があり, 地質や滞留時間の影響が及んでいる可能性が考えられる。水温は13~18℃を示す地点が多いが, 一部の湧水で12℃以下の低い値を示す地点があり, これらは標高の高い内陸部で涵養された可能性が示唆される。水質組成は多様であるが, 浅層地下水ではCa-HCO₃型を示している。井一方, 深度20~30mの地下水や地面から湧き出ている湧水ではNa-HCO₃型を示す傾向が認められる。これらの地点の水温は相対的に低く, SiO₂濃度は高い値を示していることから, 相対的に滞留時間が長いと考えられる。また, 一部地点ではCa-SO₄型を示しており, これは地質の影響を受けていることが予想される。

湧水や地下水の酸素安定同位体比は約-10~-6‰, 水素安定同位体比は約-65~-35‰と幅広く分布している。同位体比が相対的に高い値を示す地点は, 土壌断面の浅い部分の湧水などであり, 蒸発の影響を受けていると予想される。比較的標高の低い場所で涵養されたと予測される湧水(標高10m付近)の同位体比は, 酸素安定同位体比で-7.7‰, 水素安定同位体比で-49‰であり, これよりも低い同位体比を示すものは, より標高の高い地点で涵養された可能性が高いと考えられる。

対象地域の高度効果を求めたところ, 酸素安定同位体比で-0.16‰/100m, 水素安定同位体比で-0.6‰/100mであった。内陸部には標高600~700mの阿武隈高地が広がっており, こうした地域で涵養された水の同位体比は計算上, 酸素安定同位体比で1‰ほど, 水素安定同位体比で4‰ほど低くなると考えられる。こうしたデータを活用することにより, 沿岸域の湧水等の涵養標高について明らかにできると期待される。

今後は, 現在分析を行っている³Hデータを解析し, 相対的な滞留時間を把握してゆく。また, 今後, CFCsやSF₆分析用の採水を実施し, より詳細な滞留時間を把握して, 地下水流動の解明に努めてゆく予定である。

キーワード: 南相馬市, 相馬市, 浪江町, 水質, 安定同位体, 涵養域

Keywords: Minamisoma City, Soma City, Namie City, water quality, stable isotopes, recharge area

扇状地地下水の水質形成における山地水資源の影響 Effects of mountainous water recharge to groundwater quality of alluvial fan

中村 高志^{1*}; 西田 継¹; 風間 ふたば¹
NAKAMURA, Takashi^{1*}; NISHIDA, Kei¹; KAZAMA, Futaba¹

¹ 山梨大学・国際流域環境研究センター

¹ICRE, University of Yamanashi

In this study, the hydrogen and oxygen stable isotopes (δ D and δ 18O) and chemical compositions of environmental water were employed to identify the effects of mountainous water recharge for groundwater quality on alluvial fan.

The study area is Midaigawa alluvial fan, located in western Kofu basin on central Japan, which is formed by Raised-bed River discharged from the mountain watershed.

The groundwater samples were collected from 25 deep wells (100~300m) in June-2010, November-2011 and November-2012. Those wells were located on Midaigawa alluvial fan and adjacent mountain. Four End-member mixing analysis using isotope value and chemical compositions revealed spatial variation in the contribution ratios for various groundwater sources. This presentation focused on groundwater recharge from mountain area to alluvial fan. It also found the relationship between contributions of mountainous water on groundwater and chemical composition.

Acknowledgment

This study was supported by the Kurita water and environment Foundation (No.14B063).

キーワード: 地下水涵養, 扇状地, 安定同位体比, 混合比解析, 山地水資源

Keywords: Groundwater recharge, Alluvial fan, Isotopes, End-member mixing analysis, Mountainous water resource

火山体の侵食にともなう降雨流出特性の変化－御嶽山における事例研究－ Change of rainfall runoff processes with the erosion of the volcano body: a case study of Mt. Ontake

浅井 和由^{1*}; 辻村 真貴²

ASAI, Kazuyoshi^{1*}; TSUJIMURA, Maki²

¹ 地球科学研究所, ² 筑波大学生命環境系

¹Geo-science laboratory, ²University of Tsukuba

第四紀火山は保水力が高く、黒いダムと形容される。高い保水力の要因は、火山表層の浸透能の高さ（地下水涵養量の多さ）にあると一般的に認識されているが、降雨時に大きな直接流出が発生する事例も報告されている。一方、第四紀火山の地下水流動・流出特性は火山体の侵食にともなって変化することが指摘されており、降雨流出過程についても同様に変化すると考えられる。本研究では、侵食にともなう降雨流出特性の変化を定量的に明らかにすることを目的として、御嶽山の侵食状況の異なる2流域を対象として、河川流量と電気伝導度の長期観測と洪水時の連続採水を実施した。発表では、両流域のハイドログラフの特徴、流出成分の分離結果、直接流出量について報告する予定である。

キーワード: 降雨流出, 御嶽山, 侵食, 成分分離, 直接流出, 涵養量

Keywords: rainfall-runoff, Mt. Ontake, erosion, hydrograph separation, direct runoff, recharge rate

利根川流域における地下水のヘリウム同位体に関する研究 Helium isotopes in groundwaters from the middle and lower reaches of the Tone River, Japan.

森川 徳敏^{1*}; 安原 正也¹; 仲間 純子¹; 稲村 明彦¹; 高橋 正明¹
MORIKAWA, Noritoshi^{1*}; YASUHARA, Masaya¹; NAKAMA, Atsuko¹; INAMURA, Akihiko¹;
TAKAHASHI, Masaaki¹

¹ 産業技術総合研究所 活断層・火山研究部門

¹ Geological Survey of Japan, AIST

関東平野には、高塩化物イオン濃度 (Cl^-) によって特徴づけられる地下水が、主に茨城県南部から千葉県北部にかけての利根川下流の地域、群馬県南東部の太田市から館林市にかけての利根川中流域、埼玉県東部の平野部 (関東平野中央域) などに見られている。

このうち、関東平野中央域のいわゆる元荒川構造帯内の水源井 (上部-中部上総層群相当層; 深さ 200 - 430 m 程度) および群馬県南東部の太田市から館林市にかけての地域の水位観測井においては、高塩濃度地下水はヘリウム (^4He) 濃度が高い傾向にあり、 ^4He 濃度と Cl^- 濃度により正の相関が見られている。 $^4\text{He}-\text{Cl}^-$ 濃度の相関およびヘリウム同位体比 ($^3\text{He}/^4\text{He}$) の特徴より、この2地域の高 Cl^- 濃度地下水の起源には関連があり、両地域の地下水の間に水平方向の水理学的連続性が存在することが示唆された (森川ほか、2014a)。また、森川ほか (2014a) では、この2地域の高 $^3\text{He}/^4\text{He} \cdot ^4\text{He}$ 濃度の起源として群馬県南東部の太田市から館林市にかけての地域の利根川沿いの深部を起源とする可能性を挙げた。

一方、もう一つの高塩濃度地下水賦存地域である利根川下流地域の地下水についてヘリウム濃度・同位体比と Cl^- 濃度の関係を見たところ、2つの異なる傾向が見られた (森川ほか、2014b)。茨城県守谷市・取手市・北相馬郡利根町、千葉県柏市・我孫子市周辺地域の地下水は ^4He の蓄積が見られ、大まかにみて Cl^- 濃度が高くなるとともにその傾向が顕著となっている。群馬県南東部とは流動系が全く異なるものの、この傾向は群馬県南東部の地下水に類似している。これとは対照的に、利根川のさらに下流に位置する茨城県稲敷郡河内町、千葉県香取郡神崎町周辺の地域の高 Cl^- 濃度地下水はいずれも ^4He の蓄積はみられず、大気平衡値に近い、あるいはわずかにトリチウム起源の ^3He の付加がみられるのみであった。

本研究では、利根川流域の高 Cl^- 濃度地下水の $\text{He} \cdot \text{Cl}$ の起源をはじめとする地下水システムをさらに詳細に明らかにすることを目的に、これらの地域の補完として利根川中下流域にも調査を広げた結果を報告する。

引用文献: 森川ほか (2014a) 日本地球惑星科学連合 2014 年大会, AHW25-12, 森川ほか (2014b) 2014 年度日本水文科学会 2014 年学術大会発表要旨集, 107-108.

キーワード: ヘリウム, 地下水, 利根川, 関東平野, 塩化物イオン, 希ガス

Keywords: Helium, Groundwater, Tone River, Kanto Plain, Chloride Ion, Noble Gas

断層に沿って上昇する深部流体の可視化 Visualization of the deep-seated fluid ascending along the fault

西山 成哲^{1*}; 田中 和広¹; 鈴木 浩一²
NISHIYAMA, Nariaki^{1*}; TANAKA, Kazuhiro¹; SUZUKI, Koichi²

¹ 山口大学大学院理工学研究科, ² 電力中央研究所

¹Yamaguchi University, ²Central Research Institute of Electric Power Industry

1. はじめに

深部流体は一般に高塩濃度でガスを含むことが多く、反応性に富み(産業技術総合研究所, 2012), 地下深部から地表まで上昇してくることが考えられる. このことから深部地下水環境に大きな影響を与えると考えられる.

山口県北東部から島根県南西部にかけての内陸部の地域において, 地化学分析の結果からスラブ起源の深部流体の混入が指摘されている(村上・田中, 2009). これらは自然湧出がほとんどだが, 山口県の徳佐盆地で報告されている流体はボーリング孔から自噴している箇所のみである. このような深部流体はボーリング調査をしなければ確認することができず, 地表踏査ではその存在が確認できない可能性がある. また, 地下で深部流体がどのように分布し, 流動しているかは不明である.

そこで, 本研究では徳佐盆地において電磁探査法(CSAMT法: Controlled Source Audio-frequency Magneto-Telluric method)を用い, 地下に潜在している深部流体の分布の可視化を試みた.

2. 調査地域の概要

徳佐盆地の基盤岩は白亜紀後期の溶結凝灰岩と流紋岩質溶岩からなる阿武層群が分布している. 盆地内では第四紀の堆積物が基盤岩を覆っており, その層厚は重力探査等の結果から最大で200mであると考えられている(竹村ほか, 1991). ボーリング孔から自噴する流体の湧出箇所は全部で3ヶ所あり, NE-SW走向に推定されている徳佐一地福断層(佐川ほか, 2008)に沿って分布する.

3. 調査結果

ボーリング湧水: ボーリング掘削による3ヶ所の湧水の電気伝導度はそれぞれ211 mS/m, 426 mS/m, 1,310 mS/mを示し, 一般的な地下水に比べ非常に高い値である. 水質はNaCl型もしくはNaHCO₃型を示し, 内陸部にも関わらず高塩濃度である.

浅層地下水: 浅層地下水の電気伝導度は5.80~22.8mS/mであった. 浅層地下水の水質はほとんどがCaSO₄型を示すが, 断層の北側に分布する浅層地下水はNa⁺とCl⁻の含有量が南側地域と比較して, やや高い傾向を示す. また, 地下水位の測定結果から浅層地下水は南東方向から断層を横切り北西方向の河川へと流動していることが明らかとなった.

比抵抗構造: 図-1Bに図-1A中の断面線X-X'の比抵抗断面図を示す. 室内で測定した基盤岩および堆積物の淡水・塩水条件下での比抵抗値と実測値を比較すると, 図中のH1は1,000 Ω m以上の高比抵抗帯であり, 基盤岩の分布をとらえたと考えられる. またL1は100 Ω m以下, L2は30 Ω m以下の低比抵抗帯である. このような低比抵抗帯には深部流体が混入している可能性が考えられる.

4. 考察

比抵抗断面で低比抵抗帯が分布するL1は, 地表部で高塩濃度の湧水が確認されており, かつ徳佐一地福断層が分布すると推測されている. このことから, 低比抵抗帯L1は断層に沿って上昇する深部流体をとらえたものと考えられる. 低比抵抗帯L2は断層の北側にあたり, NaCl型の浅層地下水が分布していることから, 断層沿いに上昇してきた深部流体が堆積物中に浸透していると考えられる. すなわち, 徳佐地福断層を利用して上昇してきた深部流体(L1)は堆積物中に分布する浅層地下水へ混合するが, その流動は徳佐盆地の南から北へ流れる浅層地下水系に規制されている(L2). 徳佐一地福断層を横切る複数の比抵抗分布も, 図-1Bと同様の傾向を示す. このことから, ボーリング湧水が確認される場所に限らず, 徳佐盆地の地下では断層に沿って少なくとも1.5kmの範囲に深部流体が存在すると考えられる.

このように被覆層が分布する場所において, ボーリング孔からの流体の湧出が確認された場合, その地下では断層などの断層系に沿った広がりを持って分布している可能性を考慮して評価する必要がある.

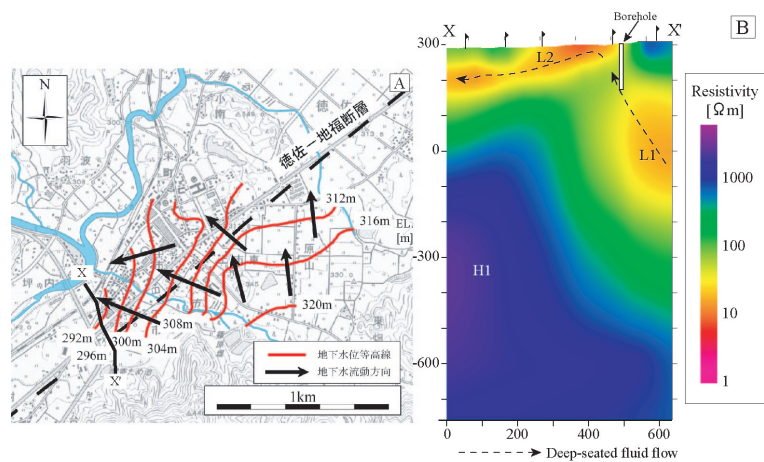
キーワード: 深部流体, CSAMT法, 徳佐-地福断層

Keywords: Deep-seated fluid, CSAMT method, Tokusa-Jifuku fault

AHW24-P06

会場:コンベンションホール

時間:5月25日 18:15-19:30



地下水試料の保管と炭素同位体比の経時変化 Secular change of stable carbon isotopic ratio in groundwater samples during their storage in laboratory

高橋 浩^{1*}; 半田 宙子¹; 南 雅代²; 荒巻 能史³; 中村 俊夫²

TAKAHASHI, Hiroshi^{1*}; HANDA, Hiroko¹; MINAMI, Masayo²; ARAMAKI, Takafumi³; NAKAMURA, Toshio²

¹ 産業技術総合研究所 地質調査総合センター, ² 名古屋大学年代測定総合研究センター, ³ 国立環境研究所

¹Geological Survey of Japan, AIST, ²Center for Chronological Research, Nagoya University, ³National Institute for Environmental Studies

地下水等の溶存無機炭素の炭素同位体は、溶存している炭素成分の起源や動態を把握するために重要なトレーサーであり、生物活動や地質学的なイベントを評価するために用いられることが多い。

水試料の採取から分析までの期間に、炭素同位体比が変化することがあり、その原因として、大気 CO₂ との交換、生物活動、炭酸塩鉱物の溶解や沈殿等が考えられる。本研究では、いくつかの地下水試料について、試料採取からの経過日数による $\delta^{13}\text{C}$ 、 ^{14}C 濃度の変化を測定し、どの程度の変化が起こるのか、その原因は何かについて検討した。

検証用の試料として、表層海水 (RICE-W01)、塩濃度、炭酸濃度ともに高い温泉水 (RICE-W03)、塩濃度が高く、炭酸濃度が低い温泉水 (RICE-W04)、塩濃度、炭酸濃度ともに低い地下水 (堆積層と花こう岩の帯水層, RICE-W05, W06)、試薬から調製した水 (RICE-W07, W08) を用いた。同位体比の変化の分析が行われているのは、保管期間が W01 では 860 日、W03?W06 で 560 日、W07 と W08 で 480 日までである。

表層海水 (W01)、高炭酸濃度の温泉水試料 (W03) と試薬 (W07, W08) では、 $\delta^{13}\text{C}$ の変化が少なかったが、炭酸濃度の低い温泉水試料 (W04) 地下水試料 (W05, W06) では、生物活動の影響と思われる $\delta^{13}\text{C}$ の低下が見られた。特に W05 での変化が大きかった。保管期間中の $\delta^{13}\text{C}$ の最大変化は W01 で -0.2 ‰, W03 で -0.3 ‰, W04 で -1.1 ‰, W05 で -5.4 ‰, W06 で -1.2 ‰, W07 で -0.2 ‰, W08 で -0.2 ‰ である。W07 と W08 については、試薬から調製した試料のため、生物活動の影響がないと考えられることから、ただ保管するだけでも同位体比が変化する可能性があるが、実際の水試料のなかには、試薬から調製した試料と同じくらい値が保持されるものもあることが示された。

試料保管中の生物活動を抑えるために、試料に毒物を添加することが有効であるが、地下水・温泉水・湧水等を試料とする場合、試料採取地点が管理された研究区域ではないため、毒物使用がためらわれることがほとんどである。そこで、毒物使用の代替措置について、生物活動の影響が最も大きいと思われる W05 を用いて検討を行った。

W05 は硫化水素臭がすることから、比較的、還元的な環境を保ったまま揚水されていると考えられる。そこで、生物活動の抑制のために酸素を遮断することの効果を検討した。試料瓶にヘッドスペースを極力作らないで採取したもの、ヘッドスペースが脱気されたもの (真空バイアルに水試料を導入)、空気のヘッドスペースがあるもの、NaOH を添加したものを比較した。150 日間の保管期間中の $\delta^{13}\text{C}$ の変化は、ヘッドスペースを減らしたもので -3 ‰, ヘッドスペースを脱気したもので -3.2 ‰, 空気のヘッドスペースがあるもので -8.4 ‰, NaOH を添加したもので -0.2 ‰ であった。NaOH 添加は有効と思われるが、温泉水のような高塩濃度試料に NaOH を添加すると、大量の水酸化物の沈殿が生じると考えられるため、塩濃度の低い試料に対してのみ有効と思われる。

試料を保管する容器の材質によって、同位体比の変化がどの程度違うのかについて検討した。容器の材質以外に同位体比が変化する要因を排除するために、試薬から調製した W07, W08 を用いて、ガラス、PAN 樹脂、PP 樹脂の容器に分取して検証を行った。その結果、 $\delta^{13}\text{C}$ の経時変化は大きくなかったものの、 ^{14}C 濃度の変化は容器の材質に依存して明瞭な違いが見られ、ガラス容器と PAN 樹脂容器で小さく、PP 樹脂容器で大きい結果となった。PP 樹脂容器は水試料の採取では一般的に用いられるが、炭素同位体分析用の試料容器として不向きであることが示された。

本研究は、JSPS 科研費「水試料の放射性炭素濃度の相互比較と前処理手法の検討: RICE-W プロジェクト (26340017)」の助成を受けたものです。