

窒素同位体を用いた地下水流動と脱窒過程の相互作用に関する研究 Study on the interaction of groundwater flow and denitrification process, using N isotope

小野寺 真一^{1*}, 齋藤 光代²
Shin-ichi Onodera^{1*}, Mitsuyo Saito²

¹ 広島大学大学院総合科学研究科, ² 愛媛大学
¹Integrated Sciences, Hiroshima University, ²Ehime University

We examined to confirm the importance and limitation of nitrogen isotopic approaches for clarifying the nitrogen cycle processes by the review works in our presentation. First of all, the nitrogen isotopic method which can detect the nitrogen cycle process in the subsurface environments has been established. The experimental report by Mariotti et al. (1981) had been listed up as the benchmark paper of Riparian zone Hydrology. In addition, the isotopic fractionation of nitrate-nitrogen and nitrate-oxygen by Bottcher et al.(1990) was also listed up as it of Isotope Hydrology. Based on these approaches, nitrogen cycle process has been confirmed.

Ishizuka and Onodera (1997) confirmed the shallow groundwater flow and denitrification process in the flow path with 100m of the distance from the upland to lowland, using nitrogen isotope. The enrichment ratio was so large even though the short distance. But because it is impossible to collect the information of the detail valuable end-members of the groundwater recharge on the every area, it is not easy to determine the denitrification amount in shallow groundwater.

Saito and Onodera (2009) indicated denitrification process with groundwater flow in a coastal agricultural mountain, using nitrogen isotope. Though the most of the tracer researches have tended to assume the groundwater flow as the simple mixing in the one box, this research considered two flow lines in an unconfined groundwater, using the oxygen isotope. Consequently, they confirmed quantitatively the mixing of two end-member component and denitrification in groundwater. In addition, the spatial distribution of them was also determined. The groundwater flow and denitrification rate is usually the different order in time scale. But we tend to discuss in similar order. We should apply to research on the transient process in groundwater flow, such as the surface water and groundwater interaction.

キーワード: 地下水流動, 脱窒, 窒素同位体
Keywords: groundwater flow, denitrification, nitrogen isotope

湧水系の溶存酸素の三酸素同位体組成：なぜ富士山湧水系は酸素に富んでいるのか？ Triple oxygen isotopic compositions of DO in natural spring water seeping at the foot of volcanoes

角皆潤^{1*}, 南 翔¹, 佐久間 博基¹, 大山 拓也¹, 小松 大祐¹, 中川 書子², 加藤 憲二³

Urumu Tsunogai^{1*}, Sho Minami¹, Hiroki Sakuma¹, Takuya Ohyama¹, Daisuke Komatsu¹, Fumiko Nakagawa², KATO Kenji³

¹ 名古屋大学環境学研究科, ² 北海道大学大学院理学研究院, ³ 静岡大学理学部

¹Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, ²Faculty of Science, Hokkaido University, ³Faculty of Science, Shizuoka University

火山の山麓には湧水が形成されることが多い。富士山湧水系はその代表的なものの一つで、柿田川湧水をはじめとして、たくさんの湧水が山麓域に分布している。火山周辺に形成される山麓湧水系は、飲料用などに適した酸化的な水質であることが多く、富士山湧水系も、そのほとんどが大気との気体交換平衡に近い、高い溶存酸素濃度(0.2から0.3 mmol L⁻¹程度)を示す。しかし、富士山湧水系は、溶存全炭酸(最高1.2 mmol L⁻¹)や硝酸(最高0.12 mmol L⁻¹)にも富んでおり、その炭素・窒素・酸素安定同位体組成から考察すると、これらは有機物を起源として、その呼吸反応(再無機化反応)による分解によって形成されたことを示唆している。酸素は呼吸反応によって消費されるため、溶存全炭酸や硝酸に富んでいることと、溶存酸素に富んでいることは矛盾しているように見える。そこで本研究では、富士山麓の計7箇所の自噴湧水で大気の混入を避けながら試料採取を行い、溶存酸素の酸素同位体組成を測定することで、湧水系の溶存酸素の起源や、大気平衡に近い溶存酸素濃度を保持するシステムを考察した。なお、湧水系の溶存酸素について三酸素同位体組成を含めた酸素同位体組成の定量を実現したのは、本研究が世界で初めてであると思われる。

湧水系の溶存酸素の三酸素同位体組成は、大気酸素のそれとほぼ一致した。これは湧水系の溶存酸素は大気酸素のみを起源としており、光合成などに由来する酸素の寄与は無視出来ることを示している。しかしながら、¹⁶Oに対する¹⁸Oの相対比(以下これを酸素同位体比と呼ぶ)は大気酸素とは大きく異なり、大気に比べて11パーミル近く¹⁸Oが枯渇した酸素同位体比を示した。

湧水の源となっている天水中の溶存酸素は大気酸素と溶解平衡になっていると考えられ、その酸素同位体比も、大気酸素とほぼ等しいはずである。また地下水中で呼吸反応が進行して溶存酸素の一部が消費された場合、残った溶存酸素の酸素同位体比は増加することが知られている。したがって呼吸反応の進行と、大気酸素に対する酸素同位体比の減少とを矛盾無く説明するには、大きな動的同位体効果を伴う大気酸素の供給システムが、湧水系の地下水に対して連続的に稼働していたことを示唆している。そこで我々は、富士山体中の地下水は大気に対して閉鎖系とはなっておらず、土壌や岩石の間隙を経由して大気とつながっているものと結論した。土壌や岩石の間隙を経由して気体が拡散する場合には、渦拡散ではなく分子拡散が卓越することが知られており、また分子拡散は渦拡散と違って大きな動的同位体効果を伴うことが知られているからである。地下水中で呼吸反応が進行することで、溶解性が大きい炭酸系と硝酸は蓄積する一方で、溶存酸素濃度は低下する。この溶存酸素濃度が低下した地下水に対して、土壌や岩石の間隙を経由して酸素同位体比が低下した大気酸素が供給されたものと考えられる。

地下水系が大気に対して閉鎖系になっていないとすると、気体系のトレーサーを用いて年代測定や涵養環境推定を行う際は注意が必要となる。また地下水中で呼吸反応の進行に伴う酸素の同位体効果が、土壌・岩石間隙中の分子拡散の動的同位体効果で支配されている可能性があり、大気酸素の全球的な酸素同位体比マスマバランスを考察する際に、重要なファクターとなる可能性もある。

キーワード: 湧水, 溶存酸素, 同位体組成, ガス交換, 拡散分別, 土壌間隙

Keywords: natural spring, dissolved oxygen, isotopic compositions, gas exchange, diffusive fractionation, soil pore

酸素同位体比バランス計算を用いた過去7千間の中国長江の河川流出量の定量的復元の試み

Quantitative reconstruction of freshwater discharge of Yangtze River during the past 7000 years based on oxygen isotope

久保田 好美^{1*}, 多田 隆治¹, 木元 克典²Yoshimi Kubota^{1*}, Ryuji Tada¹, Katsunori Kimoto²¹ 東京大学, ² 海洋研究開発機構¹ University of Tokyo, ² JAMSTEC

本研究では、東シナ海北部から採取された海洋堆積物コア (KY0704-01) を用いて、酸素同位体比のバランス計算により、過去7千年間の長江河川流出量の定量的な復元を試みた。

本研究では、先ず、堆積物中に含まれる浮遊性有孔虫 *G. ruber* の殻の炭酸塩骨格のマグネシウム / カルシウム比 (Mg/Ca; 水温の指標) と酸素同位体比 ($^{18}\text{O}_{pf}$) を組み合わせることにより、塩分の指標である海水の酸素同位体比 ($^{18}\text{O}_w$; 塩分の指標) を求めた。東シナ海北部のプランクトンネット観測からは、*G. ruber* は、夏の表層 30 m 以浅に多く生息するため、夏の表層水塊の記録を保持していると考えられる。現在の観測結果に基づくと、東シナ海北部の夏の表層塩分変動は、長江からの淡水流出量変動 (集水域の降水量変動) を反映している。

現在の東シナ海においては、海水の $^{18}\text{O}_w$ と塩分には線形の関係があるため、 $^{18}\text{O}_w$ を塩分の指標 (つまり淡水がどの程度の割合で混合しているか) として使うことが出来る。しかし、時代によって淡水や、それと混合する海水の $^{18}\text{O}_w$ が大きく変化することにより推定誤差が大きくなるため、過去における塩分の絶対値の推定は困難であるとされてきた。そこで、本研究では塩分の推定に伴う誤差の増大を避けるために、端成分の $^{18}\text{O}_w$ 変化を考慮し、 $^{18}\text{O}_w$ のバランスから直接、淡水の混合比を求める方法で、過去における長江からの淡水の寄与率 (f_{CFW}) を過去7千年間について定量的に復元した。

東シナ海北部の堆積物採取地点における表層水 (N. ECS), 長江起源の淡水 (Changjiang Freshwater; CFW), および黒潮と台湾暖流起源の海水 (KTW; Kuroshio and Taiwan Strait Water), それぞれの $^{18}\text{O}_w$ は、それぞれの寄与率 f を用いて以下の式で表される。

$$f_{CFW} \cdot ^{18}\text{O}_{CFW} + f_{KTW} \cdot ^{18}\text{O}_{KTW} = ^{18}\text{O}_{N.ECS} \quad (1)$$

$$f_{CFW} + f_{KTW} = 1 \quad (2)$$

端成分の $^{18}\text{O}_{CFW}$ 、 $^{18}\text{O}_{KTW}$ については、既存の地質記録を用いた。

酸素同位体比バランス計算の結果、過去7千年間の f_{CFW} 平均値は約 3% となり、現在の夏の寄与率 2-3% と調和的な値をとる。

次に、過去における長江流出量 Q_{CFW} を求めるため、1951年から1995年までの約50年間の夏の塩分の観測値 (Q_{CFW} に変換) と夏の長江流出量 (Q_{CFW}) の5年間ごとの平均値を比較して両者の間に正の相関があることを確認し、 $Q_{CFW} - f_{CFW}$ の関係式を導いた。この関係式を用いて、過去7千年間の Q_{CFW} の変動を求めた結果、長江の淡水量の平均値が中期完新世 (約6-7千年前) から現在にかけてほとんど変化しなかったことが示された。これまで、南中国の鍾乳石の ^{18}O から、東アジア夏季モンスーンによる降水量は北半球の夏の日射量変動に伴って中期後氷期から減少傾向を示すという考えが広く受け入れられてきたが、本研究の結果から、このような長期的な減少傾向は、少なくともモンスーンフロントの北限より南に位置する長江集水域には当てはまらないことが示された。これは、同時に、後氷期の鍾乳石の ^{18}O の長期トレンドの主要な要因が、長江流域内の降水量変動ではないことを示唆している。

キーワード: 酸素同位体比バランス, 東シナ海, 過去7千年, 長江, 東アジア夏季モンスーン

ニュージャージー沖大陸棚下に賦存する間隙水中のCl同位体性状 Cl isotopes in pore water beneath the New Jersey Shallow Shelf, IODP Exp.313

林 武司^{1*}, 大塚 宏徳², 安藤 寿男³
Takeshi Hayashi^{1*}, Hironori Otsuka², Hisao Ando³

¹ 秋田大学教育文化学部, ² 東京大学大気海洋研究所, ³ 茨城大学理学部

¹ Faculty of Education and Human Sciences, Akita University, ² Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, ³ The College of Science, Ibaraki University

ニュージャージー沖の大陸棚下に賦存する間隙水は、数十～約 1,200mM の広範な Cl 濃度を有することが知られている。IODP の研究航海 313 “ New Jersey Shallow Shelf ” においても、大陸棚中央部において得られたコア間隙水の Cl 濃度は約 20～995mM を示した。この Cl 濃度は、海水の約 4～190% に相当する。淡水性間隙水の起源としては、最終氷期以前の低海水準期に涵養された天水起源の水が考えられており、鹹水の起源としては、大陸棚の地下深部にありとされる蒸発岩や salt-diapir が推定されている。本研究では、広範な濃度を有する Cl の起源ならびに挙動を明らかにすることを目的として、IODP Exp.313 で得られたコア間隙水を用いて塩素の同位体 (³⁶Cl, ³⁷Cl) を測定した。

IODP Exp.313 では、大陸棚中央部の 3 地点 (測線長: 約 23km) において、始新世以降の地層を対象としてコアボーリングが行われた。最も陸側に位置する H0027A では、約 200～320mbsf (中期中新世) に Cl 濃度 < 100mM の淡水性間隙水が賦存する一方で、最下部 (614mbsf, 始新世) における Cl 濃度は約 450mM を示した。これに対して、最も沖側に位置する H0029A では、Cl 濃度は 345mbsf (中期中新世) で 530mM を上回り、深部に向かって上昇して 712mbsf (後期漸新世) では 995mM に達した。両地点の最下部における ³⁶Cl は大きく異なり、H0029A で高い値を示した。既往研究に基づく堆積岩中の ³⁶Cl 濃度等を考慮すると、H0029A の最下部に賦存する Cl は放射平衡値に達している可能性が高い、すなわち少なくとも 100 万年以上の年代を有すると考えられた。一方、H0027A ならびに H0029A の深部を対象として、複数深度で ³⁷Cl を測定した結果、両地点間に明瞭な差異は認められなかった。これは、深部の地層 (主にシルト質層) 自体は固結していて透水性が小さいものの、層理面や割れ目等に沿って間隙水が挙動する (移流) ことにより、Cl が輸送されているためであると考えられた。

本研究は、独立行政法人海洋研究開発機構の IODP 乗船後研究の支援を受けて実施したものである。

キーワード: IODP, Expedition 313, ニュージャージー沖, 大陸棚, 間隙水, Cl 同位体

Keywords: IODP, Expedition 313, New Jersey, continental shelf, pore water, Cl isotope

^{36}Cl と ^4He を用いた地下水流動に与える海面変化の影響の検討

An attempt to investigate the impacts of long-term sea level changes on groundwater systems using ^{36}Cl and ^4He

戸崎 裕貴^{1*}, 森川 徳敏¹, 高橋 浩¹, 佐藤 努¹, 風早 康平¹, 大和田 道子¹, 安原 正也¹, 高橋 正明¹, 稲村 明彦¹

Yuki Tosaki^{1*}, Noritoshi Morikawa¹, Hiroshi Takahashi¹, Tsutomu Sato¹, Kohei Kazahaya¹, Michiko Ohwada¹, Masaya Yasuhara¹, Masaaki Takahashi¹, Akihiko Inamura¹

¹ 産業技術総合研究所・地質情報研究部門

¹ Geological Survey of Japan, AIST

日本列島では、超長期的な海水準変動によって、深層地下水流動に大きな変化が生じていることが想定される。特に沿岸域では、海進・海退とともに表層水あるいは浅層地下水の塩水化・淡水化が繰り返され、深層地下水はこれらを反映して形成されていると考えられる。本研究では地下水の年代指標として ^{36}Cl と ^4He を適用し、結晶質岩地域である瀬戸内海沿岸地域および堆積岩地域である青森県東部沿岸地域の深層地下水を対象として、海水起源成分と淡水起源成分の相対的な年代差を明らかにした。また、これらの混合端成分それぞれについての年代を推定し、両地域における分布の特徴を比較することで、地下水流動に対する海面変化の影響について検討した。

瀬戸内海沿岸地域における深層地下水について、化学・安定同位体組成から海水の寄与が大きいと考えられる地下水は、 ^4He と $^{36}\text{Cl}/\text{Cl}$ 比との関係から大部分が若い海水と相対的に古い淡水とが混合して形成されたものと判断された。一方、天水の寄与が大きいと考えられる地下水は、古い海水と若い淡水とが混合したものと判断できる。このことは、 Cl 濃度と $^{36}\text{Cl}/\text{Cl}$ 比の関係とも整合的である。海水の寄与が大きい地下水に関して、 $^{36}\text{Cl}/\text{Cl}$ 比から推定した海水起源成分の年代は概ね 2 万年以下であり、主として最終氷期以降にもたらされたものと推定される。このことは、結晶質岩主体の本地域では、海進・海退に伴って深層地下水が比較的置換されやすい可能性を示唆する。

一方、青森県東部沿岸地域においては、深層地下水は古い海水と相対的に若い淡水との混合により形成されたものと判断された。海水起源成分の年代分布から、10 万年以下の地点は沿岸近くに位置しており、10 年以上の地点はより内陸に分布している傾向がある。その中で、小川原湖の南西部では相対的に古い年代を示した。上北平野の南部にかけては、負の重力異常が広域的に観測されており、小川原湖から西（内陸）に向かって基盤深度が大きくなっていることが推定される。このことから、この地点における海水起源成分の年代が古い要因として、より古い間氷期の海進に由来する海水起源の塩水が海岸方向へ流動しにくく残されている可能性が考えられる。一方、上北平野の中央部では、内陸部まで相対的に若い年代が分布しており、新しい海水が侵入しやすいような地形・地質条件が存在している可能性が示唆される。以上のことから、堆積岩主体の本地域では、深層地下水の流動は水理地質構造に規制され、流動しにくい地域や侵入しやすい地域が存在するものと思われる。

キーワード: 深層地下水, 地下水年代測定, 放射性塩素同位体, ヘリウム同位体, 海面変化

Keywords: deep groundwater, groundwater dating, ^{36}Cl , ^4He , sea level change

マルチ・アイソトープ手法に基づく利根川下流域低地部の高 Cl 濃度地下水の研究 (続報)

A multi-isotope study on Cl-rich groundwater in the lower reaches of Tone River, Japan

安原 正也^{1*}, 稲村明彦¹, 森川 徳敏¹, 戸崎 裕貴¹, 高橋 浩¹, 水野 清秀¹, 池田喜代治², 浅井 和由³

Masaya Yasuhara^{1*}, Akihiko Inamura¹, Noritoshi Morikawa¹, Yuki Tosaki¹, Hiroshi Takahashi¹, Kiyohide Mizuno¹, Kiyoji Ikeda², Kazuyoshi Asai³

¹産総研, ²元地質調査所, ³(株)地球科学研究所

¹Geological Survey of Japan, AIST, ²Geological Survey of Japan, AIST, ³Geo-science Labo. Inc.

茨城県利根町, 河内町, 稲敷市, 千葉県神崎町, 香取市にかけて広がる利根川下流域の沖積低地には高 Cl 濃度地下水が認められる。その空間分布や Cl イオンの起源について, これまで水質, 2H, 18O, 3H, 13C, 14C, 36Cl, 4He に基づく予察的な検討結果を何度か報告してきた(例えば, 安原ほか, 2012)。今回は研究地域を茨城県取手市や龍ヶ崎市まで拡大し, 沖積層, 下総層群, 上総層群中から新たに採取した地下水試料(約 15 地点分)の分析結果, CFCs・SF₆ に基づく地下水の滞留時間の推定結果, 低地部で実施したオールコアポーリング試料から抽出した間隙水の Cl 濃度鉛直分布等のデータを加味しながら, 同地域の高 Cl 濃度地下水の起源や形成プロセスについてさらに議論を進めた。その結果を報告する。

当地域の地下水は水質から 3 タイプに区分される。すなわち, 沖積層中の高 Cl 濃度地下水(Na-Cl 型), 沖積層下位の下総層群中に賦存する地下水(Na-Cl/HCO₃ 型あるいは Na-HCO₃/Cl 型), 周辺の洪積台地部の地下水(Ca/Na-HCO₃ 型)である。沖積層(有楽町層もしくは七号地層相当層; 層厚は最大で約 50m)中の高 Cl 濃度地下水に関しては, 1) 水は約 9,000 年前から縄文海進期にかけての温暖期に涵養されたものであり, 2) Cl (最高濃度=768mg/l) も同じ時期の海進によってもたらされた比較的新しい海水を起源とすると考えられること, また 3) 沖積層の浅層部分(少なくとも地表下約 10m 付近まで)では, この高 Cl 濃度地下水が滞留時間 10 年程度の循環性の新しい地下水によって希釈を受けていること, 4) 沖積層と周辺の洪積台地の境界部においても, 洪積台地部(比高; 10-20m 程度)からもたらされる 5-10 年の滞留時間を有する地下水によって沖積層中の高 Cl 濃度地下水が順次希釈されていることが明らかとなった。一方, 沖積層下位の下総層群中・下部から上総層群最上部(深度 80-150m)にかけて存在する地下水(Cl 濃度=60-200mg/l 程度)については, 1) 水は約 20,000 年前の最終氷期寒冷期の天水を起源とすること, また 2) その Cl は下総層群堆積時に地層中に取り残された非常に古い時代の海水由来であることが明らかとなった。すなわち, 沖積層中の地下水と下位の下総層群中の地下水は水文学的に独立しており, 両水体間での水と Cl の交流はほぼ 1 万年もの長期間にわたってほとんど発生しなかったものと判断される。寒冷期に涵養された古い時代の地下水が沖積層下位の下総層群中にスポット状に取り残され, また下総層群堆積時の非常に古い海水起源の Cl が当該部分にだけ残存するプロセスについては, 海水準変動に伴う地下水流動系の変化と関連づけて当日さらに議論する予定である。

キーワード: 利根川, 沖積低地, 高 Cl 濃度地下水, マルチアイソトープ手法, 滞留時間, 水と Cl の起源

Keywords: Tone River, alluvial plain, Cl-rich groundwater, multi-isotope study, residence time, origins of water and Cl

白神山地南東部における河川水および湧水の水素・酸素同位体比の特徴 Stable isotopic compositions of river and spring waters in the southeastern part of the Shirakami Mountains, Japan

網田 和宏^{1*}, 三浦 巧也¹, 林 武司¹
Kazuhiro Amata^{1*}, Takuya Miura¹, Takeshi Hayashi¹

¹ 秋田大学
¹ Akita University

白神山地は青森県南西部と秋田県北西部にまたがる山岳地帯の総称である。本山岳地域における純度の高い原生的なブナ林を主体とする独自の生態系が高く評価され、1993年12月には世界遺産（自然遺産）に登録された。また、1995年に策定された「白神山地世界遺産地域管理計画」によって核心地域（面積10,139ha）は原則として入山が禁止されており、現在は人間活動による直接的な影響を受けていない状況にある。

しかしその一方で、近年では酸性雨による生態系への影響等が懸念されるなど、大気降下物中に含まれる人為起源物質による山地・森林環境中への窒素付加量の増加が問題となりつつある。そこで我々は、2011年より白神山地南部地域（世界遺産登録地の周辺地域）の河川水、湧水を対象として、水の主要化学組成および水素・酸素安定同位体比測定を行い、水の起源や涵養プロセスに関する検討を行った。

その結果、得られた試料の水の $\delta D = 8 \times \delta^{18}O + 20$ の直線に沿うように分布しており、水の起源の多くが天水に由来するものであることが示唆された。また、内陸側の流域で得られ、かつ涵養標高の高い試料ほど水素・酸素同位体比が低い値を示す傾向を持つことも明らかとなった。

これらの結果をふまえ、2012年は調査対象地域を白神山地の南東部にあたる粕毛川流域と藤琴川流域および、これら2流域の間に位置する小比内川流域の3流域に限定することで、流域内におけるより詳細な水の循環機構の解明を試みた。また、調査時期をずらして複数回の採水（6月、8月、9月、11月）を行うことにより、本地域の水質、同位体組成に季節変動的な要素が認められるのかどうかについても検討を行った。調査地点は36地点であり、これらの地点より合計60試料を得た。現地においてpH、ORP、DOおよび水温の測定を行い、主要化学組成および水素・酸素同位体比測定用に試料の採水を行った。

本講演では主要化学組成と同位体比との間にみられる関係を示し、これまでに得られた結果も併せて、本地域における水の起源および水循環に関する考察などを行う予定である。

キーワード: 白神山地, 水素・酸素同位体

Keywords: Shirakami Mountains, hydrogen and oxygen isotopes

白神山地南東部における渓流水・湧水に含まれる溶存硝酸の同位体組成 Stable isotopic composition of nitrate in stream and river water of the southeastern Shirakami Mountains

三浦 巧也^{1*}, 網田 和宏¹, 林 武司¹

Takuya Miura^{1*}, Kazuhiro Amita¹, Takeshi Hayashi¹

¹ 秋田大学

¹ Akita University

はじめに

近年、酸性雨による森林の衰退や水域の酸性化などの問題と並んで、大気降下物中に含まれる人為起源物質による山地・森林環境中への窒素負荷量の増加の問題が指摘されている。実際に、いくつかの地域では、森林流域における渓流水の窒素濃度が高くなるといった現象が報告されている（例えば伊藤ら, 2004, 青井, 2010 など）。

秋田県山本郡藤里町に位置する素波里湖（ダム湖）においても、湖水中の全窒素濃度が1985年以降、ゆるやかな増加傾向を示していることが確認されており（環境省公共水域水質測定データ）、森林域から渓流水を通して窒素が付加されている可能性が示唆されている。そこで、2011年11月より青森県と秋田県との県境地域に位置する白神山地南部地域（世界遺産登録地の周辺地域）の渓流水・湧水を対象として調査・採水を行い、硝酸イオン濃度ならびに硝酸イオンの窒素・酸素同位体比にみられる特徴から、本流域に負荷された窒素の起源とその挙動についての検討を行ってきた。

研究方法

2011年の調査結果より、日本海側に位置する3流域と内陸側の2流域とでは硝酸イオン濃度、および硝酸イオンの窒素・酸素安定同位体比の分布傾向などに違いがみられることが明らかとされており、沿岸部と内陸部で異なる窒素循環機構を有している可能性が示唆された。そこで2012年は調査対象を内陸部の流域に絞り込み、素波里湖の流入河川である粕毛川の上流域から、その東側に位置する藤琴川上流域にいたる白神山地の南東部を主な研究対象地域に設定し採水を行った。また今回新たに、粕毛川と藤琴川の間に位置する小比内川流域（下流側で藤琴川に合流）においても調査・採水を行った。現地調査は2012年3月～11月の期間に実施し、渓流水、河川水、湖水、湧水および湿地の22地点において計39試料を得た。現地ではpH, EC, ORPおよび水温の測定を行い、持ち帰った採水試料より主要化学組成と同位体組成を求めた。

結果

2012年に得られた結果では各流域のほとんどの地点で硝酸イオン濃度が1.0mg/L前後の値を示していた。この結果は2011年の調査で得られたものとほぼ同じ結果であるといえるが、今回、新たに採水が行われた、素波里湖周辺に位置する2つの調査地点において、2.0mg/L～3.0mg/L以上と相対的に高い硝酸イオン濃度を示す水が得られた。一つは素波里湖の北東側に位置する標高580mの独鈷森を涵養源とする湧水であり、もう一つは素波里湖の東側に湧出する湧水である。特に独鈷森の湧水に関しては採水時期が異なっても（2012年6月, 8月および11月）それぞれ3.0mg/L, 2.6mg/L, 3.3mg/Lといった硝酸イオン濃度が得られており、本地域内で得られる渓流水および湧水中で最も高い濃度を示すという結果が得られた。本講演ではこれらの地点のデータに加え、2012年に採水した試料の硝酸イオンの窒素・酸素同位体比の測定結果も示しながら考察を行いたい。

キーワード: 白神山地, 硝酸イオン, 窒素・酸素安定同位体比, 酸性雨

Keywords: shirakami mountains, nitrate, nitrate-nitrogen and oxygen isotope ratio, acid rain

大気-陸水間で行われる CO₂ 交換 -ガンジス・ブラマプトラ・メグナ川に着目して CO₂ exchange between the atmosphere and terrestrial waters - Case studies in the Ganges, Brahmaputra, and Meghna rivers

真中 卓也^{1*}, 牛江 裕行¹, 荒岡 大輔¹, 鈴木 淳², 川幡 穂高¹

Takuya Manaka^{1*}, Hiroyuki Ushie¹, Daisuke Araoka¹, Atsushi Suzuki², hodaka kawahata¹

¹ 東京大学大気海洋研究所, ² 産業技術総合研究所

¹ Atmosphere and Ocean Research Institute, the University of Tokyo, ² National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

炭素循環の観点において、陸水は大陸の風化を促進し、多くの炭素を海洋へと運搬する役割を担っている。しかし、一方で、陸水の表層水がガス交換を通じて大気に直接、相当量の CO₂ を供給することが近年報告されている。陸水が炭素循環に果たす役割を解明する上では、海洋への炭素運搬に加えて、この大気との CO₂ 交換についても精査する必要がある。しかしながら、CO₂ 交換について研究が行われた陸水地域は、まだ世界的にも十分ではない。また陸水の中では様々な生物化学反応が起きているものの、これらが陸水の溶存 CO₂ に与える影響についてはまだ検証が不十分である。

本研究では、バングラデシュを流れる世界でも有数の大河川、ガンジス・ブラマプトラ・メグナ川を対象に考察を行った。これらの河川はヒマラヤを上流に持ち、活発な炭酸塩の風化が観測された。しかしながら、本来 CO₂ を消費するはずの風化が起きているにもかかわらず、これらの河川の PCO₂ は大気より高いレベルを示した。季節変動や上流の先行研究との比較から、本河川においては土壌呼吸が多量の CO₂ を供給するため、光合成などの生物活動の影響はあまり大きくないと考えられる。

キーワード: PCO₂, 河川, 風化, 土壌呼吸, バングラデシュ, 炭素循環

Keywords: PCO₂, river, weathering, soil respiration, Bangladesh, carbon cycle

日本全国における降水安定同位体の2013年集中観測 Intensive Observation of Stable Isotopes in Precipitation over Japan in 2013

一柳 錦平^{1*}, 田上 雅浩¹
Kimpei Ichiyonagi^{1*}, Masahiro Tanoue¹

¹ 日本水文科学会同位体マッピングワーキンググループ
¹ Isotope Mapping Working Group, JAHS

Stable isotopes in precipitation (Oxygen-18, Deuterium) are useful for a tracer of hydrological cycle, a proxy of peleo-climate, and a certificate of food origins. There are a lot of precious studies which observed stable isotopes in precipitation over Japan, however, most of them were observed only one or a few stations and observation periods were limited.

The observation network of stable isotopes in precipitation over Japan was set up by the Isotope Mapping Working Group in the Japanese Association of Hydrological Sciences (IMWG-JAHS). The objectives of IMWG-JAHS is to observe the spatial distribution and seasonal variability of stable isotopes in precipitation over Japan and to make an empirical formula of stable isotopes in precipitation over Japan from the geographical information, meteorological parameters, and observed isotope data in all sites. In order to archive these objectives, monthly precipitation are sampling at about 100 stations over Japan during 2013 (IOP2013). In addition to IOP2013, the data of stable isotopes in precipitation are collecting from published articles and reports, and also unpublished observational data (data rescue). The website of these database will be opening soon.

キーワード: 降水, 水安定同位体, d-excess, 日本
Keywords: precipitation, stable water isotopes, d-excess, Japan

Monthly Oxygen-18, Deuterium and Chloride characteristics of precipitation in the Ndop plain, North West Cameroon

Monthly Oxygen-18, Deuterium and Chloride characteristics of precipitation in the Ndop plain, North West Cameroon

Mengnjo Jude Wirmvem^{1*}, Takeshi Ohba¹, Wilson Yetoh Fantong², Samuel Ndonwi Ayonghe³, Justice Yuven Suila⁴, Asobo Nkengmatia Elvis Asaah⁵, Kazuyoshi Asai⁶, Gregory Tanyileke², Joseph Victor Hell²

Mengnjo Jude Wirmvem^{1*}, Takeshi Ohba¹, Wilson Yetoh Fantong², Samuel Ndonwi Ayonghe³, Justice Yuven Suila⁴, Asobo Nkengmatia Elvis Asaah⁵, Kazuyoshi Asai⁶, Gregory Tanyileke², Joseph Victor Hell²

¹Tokai University, Japan, ²Institute of Mining and Geological Research, Cameroon, ³University of Buea, Cameroon, ⁴G.B.H.S. Atiela, Cameroon, ⁵Tokyo Institute of Technology, Japan, ⁶Geo-Science Laboratory Co. Ltd, Nagoya, Japan

¹Tokai University, Japan, ²Institute of Mining and Geological Research, Cameroon, ³University of Buea, Cameroon, ⁴G.B.H.S. Atiela, Cameroon, ⁵Tokyo Institute of Technology, Japan, ⁶Geo-Science Laboratory Co. Ltd, Nagoya, Japan

Knowledge of stable isotopes and chemical tracers in meteoric water has been used as a valuable tool in various environmental studies. A systematic monthly sampling of precipitation, in the Ndop plain, was carried out to generate basic data on d18-O, dD and Cl⁻, determine their seasonal variations and controlling factors to be used as baseline data in hydrological studies. The d18O-dD relationship of rainfall gives a regression line: $dD = 7.93 d18O + 13.26$ ($R^2 = 0.99$), which represents the Ndop Meteoric Water Line (NMWL). The slope is similar to the Global Meteoric Water Line (GMWL), but, with a high d-excess, which suggests a contribution of continental recycled moisture to precipitation. Precipitation shows a wide variation, throughout the year (2012) in d18O and dD, from +3.86 and +38.62 per-mille in January to -7.98 and -53.18 per-mille in September, respectively. The volume-weighted mean of precipitation, which plots close to June rainfall, is -5.61 and -31.93 per-mille for d18O and dD, respectively. Light convective pre-monsoon and post-monsoon showers, under low relative humidity conditions, are isotopically more enriched than heavy orographic monsoon rain, under high relative humidity conditions. Chloride varies from 1.56 mg/l in the pre-monsoon to 0.06 mg/l during the monsoon rains; like d18O and dD, it shows high values in early and late rains. Apart from January, all d-excess values in monthly rains are >10 per-mille. The high d-excess values at the beginning and end of the rainy season suggest the contribution of recycled moisture to precipitation occurs during these periods, under low relative humidity conditions. Assuming a constant condensation temperature, the observed seasonal variation in isotopic composition of precipitation is probably as results of the (1) rain out of Atlantic moisture, (2) monthly rainfall amounts, (3) addition of inland recycled moisture, (4) rain formation mechanism, and (5) varied relative humidity. The varied Cl⁻ concentrations are due anthropogenic and oceanic sources, and rainfall amounts.

キーワード: monthly rainfall events, stable isotopes, chloride, Ndop Meteoric Water Line, Cameroon

Keywords: monthly rainfall events, stable isotopes, chloride, Ndop Meteoric Water Line, Cameroon

日本全国および世界における地下水の酸素・水素安定同位体比空間分布 Groundwater isoscapes in Japan and in the world - utility of bottled waters

勝山 正則^{1*}, 谷 誠¹

Masanori Katsuyama^{1*}, Makoto Tani¹

¹ 京都大学農学研究科

¹ Graduate School of Agriculture, Kyoto University

様々な環境で大規模スケールでの安定同位体比の時空間分布を地図化した“isoscape”は研究の基礎情報を提供するものとして、その重要性について認識が高まっている。水文学の分野では地下水の isoscape が観測研究の基礎データともなり、またモデル研究のバリレーションデータともなりうる。市販のボトルドウォーターの多くは自然地下水に起源を持ち、その採水地も明記されており、多くの国で簡単に入手できる。本研究では世界中から収集したボトルドウォーターの安定同位体比から、地下水の isotope 作製を行った。日本国内から 378 種類、世界 42ヶ国から 216 種類の試料を収集した。日本のボトルドウォーターから明瞭な空間分布を持つ isoscape が作製された。酸素と水素の安定同位体比には明確な直接関係が見られ、その値は南から北に向かって概ね低下した。酸素安定同位体比は緯度および採水地点標高と負の相関を示した。つまり、降水で一般的に見られる緯度効果および高度効果がボトルドウォーターにも反映されていることが示された。世界のサンプルは大部分が北半球から得られた。北半球の酸素安定同位体比には弱い緯度効果が見られた一方、南半球では明瞭には見られなかった。これは GNIP による降水の世界分布においても同様に見られる傾向である。さらに、ボトルドウォーターから得られたヨーロッパや東アジアの分布は、いくつかの国で公表されている地下水の分布と対応していた。本研究の結果から、市販のボトルドウォーターは概して自然環境から得られたサンプルの代用として利用可能であり、世界中から広くサンプルを入手することが可能であれば、世界の地下水の isotope 作製、データベース構築にも有用であることが示された。

キーワード: ボトルドウォーター, 水の安定同位体比, 空間分布, 日本, 世界

Keywords: Bottled water, stable isotope of water, isoscape, Japan, the World

福島県会津地域の広域の水質・安定同位体特性

Characteristic of water quality and stable isotope in groundwater at Aizu district, western part of Fukushima prefecture

藪崎 志穂^{1*}, 島野 安雄², 浅井 和由³, 安原 正也⁴, 鈴木 裕一⁵, 高橋 浩⁴, 稲村明彦⁴Shiho Yabusaki^{1*}, Yasuo Shimano², Kazuyoshi Asai³, Masaya Yasuhara⁴, Yuichi Suzuki⁵, Hiroshi Takahashi⁴, Akihiko Inamura⁴¹ 福島大学共生システム理工学類, ² 文星芸術大学美術学部, ³ 株式会社 地球科学研究所, ⁴ 独立行政法人 産業技術総合研究所, ⁵ 立正大学地球環境科学部¹Faculty of Symbiotic Systems Science, Fukushima University, ²Department of Art, Bunsei University of Art, ³Geo science laboratory, ⁴Geological Survey of Japan, AIST, ⁵Faculty of Geo-Environmental Science, Risho University

福島県西部に位置する会津地域には、活火山として知られる磐梯山や吾妻山、燧ヶ岳、沼沢などの火山地域と、非火山の山地、盆地が混在しており、異なった地質が広がっていることから、それらの地域にある地下水や湧水などの水質も異なると考えられる。これまで、会津地域の広域を対象とした地下水、湧水等の水質・同位体に関する研究は殆ど行われておらず、水質の特徴については明らかとなっていない。よって、本発表では、会津地域の広域で行った調査結果をもとに、これらの地域の水質・同位体分布特性について報告する。

研究対象地域は、会津地域に位置する会津若松市、磐梯町、猪苗代町、北塩原村、喜多方市、西会津町、会津坂下町、会津美里町、柳津町、三島町、金山町、只見町、昭和村、下郷町、天栄村、南会津町、桧枝岐村の17市町村で、湧水(70地点)、地下水(3地点)、河川水・渓流水(12地点)、湖沼水(7地点)、水道水(2地点)の計94地点で調査・採水を行い、各水質分析を実施した。現地ではEC、pH、水温(一部地点ではOPRも)を測定し、水質分析では一般水質(Na⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺, Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻, HCO₃⁻), SiO₂, 酸素・水素安定同位体の分析を実施した。また一部地点では炭素安定同位体の分析もおこなった。

現地調査の結果から、ECは100 μ S/cm以下の地点が多く、pHは中性～酸性を示している。水質組成では大部分の地点はCa-HCO₃型かNa-HCO₃型に分けることができるが、磐梯山の近傍ではCa-SO₄型を示し溶存成分量の多い地点があり、火山性ガスの混入など火山の影響があらわれている。そのほか、Na-Cl型や混合型を示す地点も僅かであるが存在する。また、山間部の湧水では溶存成分量が少ない地点が多く、滞留時間の短い水であると考えられる。SiO₂濃度は地点によって大きく異なっている。これは火成岩には多くのSiO₂が含まれており、それらが風化によって水中に溶解するため、磐梯山のように安山岩の地質が広がる地域では相対的に高く、堆積岩などが広がる地域では相対的に低い濃度を持つことに因ると考えられる

¹⁸O値の平均は-11.0‰, Dの平均は-69‰である。特に、南会津町と桧枝岐村において、¹⁸O値で-13.3～-12.2‰以下の低い値を示す傾向が認められた。両町村は内陸の山間部に位置し、降雪量も多い地域であるため、同位体比も相対的に低くなると考えられる。標高と同位体比の関係をみると、同一の地域(たとえば、磐梯山周辺や吾妻山周辺など)では負の相関が認められ、高度効果の存在が確認できるが、17市町村の広域の範囲でみると高度効果は明確には認められず、地域による違いのほうが明瞭であった。d-excess値は殆どの地点で15～25の間に分布している。この値は太平洋側に比べると高く、会津地域では降水をもたらず気団(水蒸気)は日本海側起源が卓越しているが、場所によってその程度が異なるため、より東側に近い地点では太平洋側の気団の影響も受けてd-excess値は低くなっていることが示唆される。天水線は $D = 6.4 \text{ }^{18}\text{O} + 1.3$ ($r^2 = 0.780$)で、Craigの天水線 ($D = 8 \text{ }^{18}\text{O} + 10$)と比べると、傾きとy軸切片が小さい。本研究対象地域は山地が多いため、樹木の葉や地表面で蒸発の影響を受けた水が地中に浸透して涵養されている可能性が考えられ、この影響が天水線にあらわれていると思われる。また、火山性ガスの影響を受けた地点があることも、要因の一つとして考えられる。

キーワード: 会津地域, 地下水, 湧水, 水質, 安定同位体

Keywords: Aizu district, groundwater, spring water, water quality, stable isotopes