

マルチ水質トレーサー法の開発とアジア版ジオアイソスケープへの展開 Development of multi-tracer of water toward Asian geo-isoscape study

中野 孝教^{1*}

NAKANNO, Takanori^{1*}

¹ 総合地球環境学研究所

¹ research institute for humanity and nature

大学共同利用機関法人である総合地球環境学研究所（地球研）は、「人と自然の相互作用環の解明」を中心課題に設定している。5年前、現在の上賀茂施設に移転してから、作用環研究に不可欠な情報を得る上で有効な安定同位体機器を中心に、実験施設を整備してきた。この整備は平成23年度で一段落することから、今後は、地球研プロジェクトなどを通して、各地の大学や研究機関との連携を強化しながら、地球環境問題の解決につながる共同研究の促進に力を入れる予定である。その一つとして、地域をベースにし、環境物質に含まれている各種の安定同位体比や溶存成分を地図化する研究を開始している。

淡水の水質は、気候や地質に加えて、植生や人間活動などの様々な環境要因を反映する。とくに、地下水やその地表流である基底流出水に含まれている各種元素の組成や安定同位体比は、時間変化が小さいことから、地域を特徴づける優れた環境指標になり、水生生態系や生物体内を移動する元素の履歴情報にも利用できる。したがって、これら水質要素の地図化は、水循環や環境汚染、生態系や健康リスク、農水産物や食品の産地判別など、さまざまな地球環境問題の解決に資する基盤情報となり、生態学や生理学、医学などの異分野研究への利活用も期待できる。水マップ情報を基にした環境管理には自治体などとの協力が、研究シーズの開拓には大学等との連携による基礎研究を推進する必要がある。そのためには、異なる空間スケールで情報をデータベース化し、その利用を促進するシステム構築も必要である。本講演では、愛媛県西条市で実践してきた水質マップ化が、環境診断研究や水管理制度につながる例を紹介し、国内や東南アジアにおいて、地域と連携しながら共同研究を展開する試みを紹介する。

西条市は、平野部の地下水を生活と産業に利用しており、四国の大都市を目指している。市と連携して採取した1000地点の地下水と、背後地である石鎚山塊150地点で採取した河川水について、50の溶存元素のほか、水・ストロンチウム・硫黄の安定同位体比をGIS化し、両水を比較検討した。その結果、(1)河川の水質の多様性に及ぼす大気降下物と流域地質に由来する元素の実態、(2)地下水の涵養域と流動系、(3)両水に対する様々な人為負荷の実態（過剰施肥による硝酸汚染、過剰揚水に伴う塩水化、廃鉱山に由来する重金属汚染、産業廃棄物の影響など）を、視覚的に捉えることができた。例えば、水同位体比や塩素濃度のマップは、涵養域からの地下水流動に加えて、塩水化や地質構造を明瞭に反映している。水の履歴情報をさらに高度化するため、水質マップを基に鍵となる地点で、市と協力したモニタリングを開始している。その結果、地下構造や地下水の流動時間、さらに塩水化機構などに関する情報が得られつつある。

得られた結果を、市民シンポジウムや書籍などを通して市や市民に還元しながら、同市の地下水管理に向けた環境リテラシーの向上を図っている。安定同位体マップは、食物網解析のほか、生物の生息域特定や移動追跡といった研究に貢献するだけでなく、農産物の産地判別や偽表示問題などの社会的要請に応えうる。例えば、ストロンチウムや硫黄同位体比の水マップは、コメ産地判別の高精度化を支持している。本研究は、アメリカのアイソスケーププロジェクトと概念的には変わらないが、水質は地域性が大きいので、広域的な比較の中で新しい情報や研究の萌芽を期待できる。地域性の強い水管理や環境保全につながる上でも、淡水水質のボトムアップ的な地図化が望まれる。

キーワード: 水質マップ, 安定同位体, 水管理, 環境診断, 環境トレーサー, データベース

Keywords: water-quality map, stable isotope, water management, environmental diagnosis, environmental tracer, database

日本の降水安定同位体比の空間分布と季節変動 Spatial distribution and seasonal variation of stable isotopes in precipitation over Japan

一柳 錦平^{1*}, 田上 雅浩¹, 嶋田 純¹

ICHIYANAGI, Kimpei^{1*}, TANOUÉ, Masahiro¹, SHIMADA, Jun¹

¹ 熊本大学大学院自然科学研究科

¹ Graduate School of Science and Technology, Kumamoto University

本研究では、過去に日本で観測された47地点の降水安定同位体組成(^{18}O , D)のデータを統合し、空間分布と季節変動を明かにした。また、降水 d -excess を用いて冬季日本における降水起源の推定が可能かについて検証した。まず、冬季のシベリア高気圧型の降水量分布や夏季の降水量分布から、観測地点を太平洋側、日本海側、九州・四国域に区分した。3地域とも降水 ^{18}O の季節変動は、4月・10月・11月に高く、6月に低かった。また、低緯度ほど冬季に高く、高緯度ほど夏季に高い傾向が明らかになった。降水 ^{18}O の年平均分布は全国的に緯度効果が認められ、北緯 $34^\circ\sim 38^\circ$ の太平洋側では高度効果も認められた。緯度効果は春季・秋季・冬季平均には認められたが、夏季には認められなかった。降水 d -excess の季節変動は、全国的に5月から8月は10%より低く、11月から3月までは15%以上と高い。太平洋側や九州・四国域における冬季平均した降水 d -excess は約20%であるが、日本海側では25%以上と明らかに高い。そのため、太平洋側や九州・四国域では冬季の降水 d -excess が20%以上であることを理由に、すべて日本海起源であると推定することはできない。

Keywords: stable isotopes in precipitation, origin of water vapor, d -excess, Japan Sea

Chemical weathering in Himalaya: Insights from trace element geochemistry of the Ganges-Brahmaputra River sediments

Chemical weathering in Himalaya: Insights from trace element geochemistry of the Ganges-Brahmaputra River sediments

Hossain H. M. Zakir^{1*}

HOSSAIN, H. M. Zakir^{1*}

¹Jessore Science and Technology University

¹Jessore Science and Technology University

The Ganges-Brahmaputra River drains a greater part of the Himalaya, including the western and eastern Himalayan syntaxis, a tectonically active region in the world. Rivers play a vital role in earth surface processes and are regarded as the key carrier of terrestrial materials into the ocean. Major and trace element analyses of the river sediments have been used to investigate their provenance, physical and chemical processes of silicate weathering.

The chemical index of alteration (CIA), chemical index of weathering (CIW), and elemental ratios (Ca/Ti, Na/Ti, Al/Ti, Al/Na, and Al/K) are sensitive to terrestrial chemical weathering intensities in sediment source area. SiO₂ in both rivers show a linear trends and marked negative correlation with grain size, suggesting quartz dilution, mineral sorting as well as compositional maturity during transportation of sediments in fluvial system. The distribution of Fe, Ti, Zr and Th is controlled by their association with heavy or coarse minerals, but Al is independent of hydrodynamic processes. Low CIA (~62) and CIW (~64) values in the river bed sediments are due to fresh detritus within the active channel or most likely favored physical over chemical weathering. High CIA, CIW with high Al/Ti and Al/Na ratio values in the river suspended sediments, suggesting a significant chemical weathering in its source rocks. Discriminant diagrams and trace element ratio plots show the influx of sediments were derived from felsic continental crust sources. Geochemical similarity between the Ganges-Brahmaputra River sediments and various lithologies of the High Himalayan Crystalline Series, Lesser Himalaya, Tibetan Himalayan batholiths and Siwalik sedimentary rocks in Nepal indicates homogenization of material derived from the Himalayan source region.

Keywords: Geochemistry, fluvial sediments, chemical weathering, Ganges-Brahmaputra River, Bangladesh

釧路湿原における炭素循環、栄養塩循環、重金属フラックス変動 The carbon cycle, nutrients cycle, heavy metal flux changes in Kushiro mire

東賢吾^{1*}, 牛江裕行¹, 真中卓也¹, 井上麻夕里¹, 稲村明彦², 鈴木淳², 川幡穂高¹

HIGASHI, Kengo^{1*}, USHIE, Hiroyuki¹, MANAKA, Takuya¹, INOUE, Mayuri¹, Akihiko Inamura², SUZUKI, Atsushi², KAWA-HATA, hodaka¹

¹ 東京大学 大気海洋研究所, ² 産業技術総合研究所 地質情報研究部門

¹AORI, Univ. of Tokyo, ²GSJ, AIST

本研究では、日本最大の泥炭地である釧路湿原と人為的影響をほとんど受けていない別寒辺牛湿原をフィールドとして、河川の酸性化が炭素循環、栄養塩循環、重金属フラックスの変動に与える影響を調べる。泥炭地は、地球の陸地面積の約5%を占め、特に北方泥炭地は、全球炭素循環において重要な役割を果たしている。一般に、泥炭地を流れる河川は、有機物の分解で生じる有機酸によって酸性の水質を示し、茶褐色に着色している。河川は化学風化などでpHを上昇させる役割を果たしているが、泥炭地での反応はそれとは逆向きの変動で、局所的に重要なプロセスとなっている。一般に、泥炭地は貧酸素であり、酸化還元電位が低い。そのため微生物がMnやFeなどの金属酸化物を酸化剤としてエネルギーを得て、それに伴う反応でMnイオンやFeイオンが多く周辺河川に流出していることが考えられる。さらに、河川中の溶存鉄のほとんどは腐植物質と有機錯体を形成して流下していると考えられる。本研究では、釧路水系・厚岸水系の河川水を採取し、溶存鉄濃度と溶存鉄の化学形態、腐植物質濃度、栄養塩濃度を測定し、泥炭地を經由した河川からの物質流入が海洋生物生産に与える影響を議論したい。

キーワード: 釧路湿原, pH, 生物地球化学循環

Keywords: Kushiro mire, pH, biogeochemical cycle

陸水の化学風化作用が PCO₂ に与える影響に関する研究 Studies on defining the effect of chemical weathering on river water PCO₂ rates

大谷 壮矢^{1*}
OTANI, Souya^{1*}

¹ 東京大学理学系研究科地球惑星科学専攻

¹Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo

Previous studies show that total carbon rates are mainly controlled by only weathering and respiration, and because of this, it is highly possible that river water generally acts as a source of CO₂. This fact is confirmed by data in a local scale, but when standing on a more nationwide perspective, there is still no compiled data to suggest it.

Based on the works of Kobayashi (1960) and the further datasets of Kobayashi (Harashima et al., 2006) and the data published by the Japan Meteorological Agency, the PCO₂ of the Japanese river water was mapped. Using this, this study worked on determining whether Japanese rivers generally act as a CO₂ taker or not. It will then discuss why, looking at the effects of each presumable parameter, especially focusing on the effects of weathering and respiration.

As a general result, it can be said that (1) Japanese rivers act as a source of CO₂. (2) Especially, Hokkaido, Kinki area, and the Kyushu area have a high contribution. (3) Urban areas show artificial increase in PCO₂. (4) In the Japanese river system, soil respiration has a critical effect on PCO₂, and weathering does not. (5) Therefore, defining the effects of weathering on PCO₂ is still challenging. (6) Areas with steep slopes have a tendency to have lower PCO₂ rates than that of the flat lands. This can be related to the amount soil, which is possibly controlled by the currency of the carrying river.

キーワード: PCO₂, 陸水, 化学風化

Keywords: PCO₂, chemical weathering, land water

大阪平野の地下水帯水層構造と流動性

Aquifer structures and flow systems of groundwater in the Osaka sedimentary basin

益田 晴恵^{1*}

MASUDA, Harue^{1*}

¹ 大阪市立大学大学院理学研究科

¹ Faculty of Science, Osaka City University

我が国では、高度成長期の過剰揚水に伴う地盤沈下や塩水化などの地下水障害の対策のため、都市部での地下水利用が制限され、豊富にある表層水への依存が高まった。一方で、最近、地下水は安価な水資源として利用量が増加しつつあり、災害時の水資源としても注目を浴びている。災害の発生を予防しつつ、地下水資源を有効利用するためには、地下水の貯存状態と流動性を正確に理解する必要がある。私たちは、そのような動機から、大阪平野の地下水の存在状態を可視化する試みを行ってきた。大阪平野の地下は我が国有数の地下水盆地である。また、地下構造が比較的単純であるため、地下水の流れを追跡しやすい。本報告では、これまでの研究で明らかになった大阪平野の地下水帯水層とそれぞれの地下水の水質と流動に関する特徴を整理して概説する。また、特に水の酸素・水素安定同位体比を用いて、水の涵養源との関係を考察したい。

大阪平野中央部の地下水帯水層は大きく3つに区分できる。不圧地下水と最上位の被圧地下水(天満礫層を帯水層とする)、海成粘土層を挟在する大阪層群田中累層中の被圧地下水、それより下位の淡水成層のみからなる大阪層群都島累層と基盤岩のれっか中に存在する被圧地下水である。前2者の帯水層の最下部は、平野中央部でそれぞれ約50m、数百~600mである。また、基盤岩は大阪平野中央部の上町台地直下では700m程度、その東西の低地部では最大1500m程度である。

最上位の地下水は周辺の降水を涵養源としている。上町台地や平野周辺部の丘陵地では良好な水質を持つものが多く、都心部では社寺の手水として、郊外では民家の雑用水として利用されている。上町台地より西側の低地部では、海拔0m地帯の感潮域を中心として、海水が流入している。これらの地下水にはVOCを含まないことから、塩水化が進行した1970年代ではなく、1990年代以降の海水が流入していると考えられる。また、海水侵入は、天満礫層より深い100m程度の地下まで進行している。上町台地東側の低地部では、水質が炭酸水素ナトリウム型になるアルカリ化が進んでおり、停滞的な地下水環境であることを示している。これらの低地部では地下水利用が進んでおらず、過剰水圧による地震時の液状化が心配される。

主として田中累層を帯水層とする地下水は、上町台地や周辺の丘陵地を涵養源としている。この帯水層は、固結していない粘土層を含んでおり、過剰揚水が地盤沈下の原因となることから、平野中央部では、長い間使用規制が行われてきた。しかし、最近では専用水道として100~300mの深度での地下水利用が増加している。この深度では、涵養源から離れた低地中央部で水の酸素同位体比が軽い地下水がしばしば見られることから、粘土層からの絞り出しの可能性がある。300~500mの深度の地下水は、利用されていないために、実体が不明である。しかし、誘発涵養もされていないと考えられるため、あまり流動せず停滞的な地下水環境にあると推定される。

都島累層と基盤岩から得られる地下水は、主として温泉水として利用されている。都島累層上半部の地下水は炭酸水素ナトリウム型の希薄な水質であるが、最下位と基盤岩中にはしばしば高濃度の食塩水が見られる。基盤岩直上では水温が50℃程度まで上昇する。上町台地や平野周辺部の活断層系は地下水の涵養経路になっているが、田中累層の帯水層までしか到達していない。そのため、平野中央部の都島累層の深度への地表からの涵養はほとんどなく、化石水的な性質を持つ地下水である。食塩水には、大阪府南部と北部の山間部に湧出する含炭酸食塩泉と似た酸素同位体のシフトが見られることがある。したがって、水?岩比の小さい環境で形成された塩水であると言える。食塩の起源は不明であるが、臭化物/塩化物イオンの比が海水に近く、海進海退を繰り返した地域であることから、海水起源であろう。

キーワード: 大阪平野, 地下水, 酸素・水素安定同位体, 高濃度塩水

Keywords: Osaka Plain, groundwater, oxygen hydrogen stable isotopes, saline water

Groundwater quality in the Ndop Plain, a CVL depression, N.W. Cameroon, Central Africa Groundwater quality in the Ndop Plain, a CVL depression, N.W. Cameroon, Central Africa

Mengnjo Jude Wirmvem^{1*}, Takeshi OHBA¹
Mengnjo Jude Wirmvem^{1*}, Takeshi OHBA¹

¹Tokai University

¹Tokai University

The Ndop Plain is a depression along a chain of volcanoes that cuts diagonally across Cameroon known as The Cameroon Volcanic Line. With population increase, there is a high water demand for domestic and irrigation uses. 70 % of the population depends on ground water sources of little known chemical quality. The Rocks in the area are of igneous (granitic and volcanic) and metamorphic origin and constitute a natural source for the enrichment of water chemistry. The convergence of numerous rivers in the centre of the plain poses a potential pollution from the varied geology and human activities. Wirmvem (2010) revealed water of poor microbial quality hence, prevalence of water borne diseases in the area. The spatial and temporal components of groundwater have not been evaluated for possible pollution pathways and duration. The on-going study seeks to a. Assess in detail, the physic-chemical properties of the groundwater; b. Characterize the resource (flow regime, evolution, recharge mechanism and age) by using stable isotopes (D and O18) and environmental isotopes (CFCs, SF6 and 3H); and c. Asses the geological control on water composition. The following outcomes are expected: suitability of water sources for human and animal consumption and irrigation, a baseline hydrogeochemical data and source rock chemistry, a water management tool for the government hence, a great input to the lacking knowledge on numerous groundwater resources in Cameroon highly used.

キーワード: Cameroon, Ndop Plain, Geology, Groundwater, Drinking quality

Keywords: Cameroon, Ndop Plain, Geology, Groundwater, Drinking quality

熊本地域における複数の年代トレーサー（CFCs、SF₆、トリチウム）の濃度分布特性 Characteristics of groundwater age tracers' concentration (CFCs, SF₆ and Tritium) in Kumamoto area

利部 慎^{1*}, 嶋田 純¹

KAGABU, Makoto^{1*}, SHIMADA, Jun¹

¹ 熊本大学・自然科学研究科

¹ Grad.Sch.of Sci.&Tech., Kumamoto Univ.

地形が急峻で降水量の多い日本では、地下水の滞留時間が数年から数十年の範囲にあること多く、狭い年代範囲（約50年）での時間分解能の高い年代推定手法が求められている（浅井・辻村，2010）。本研究では、熊本地域における地下水流動特性をふまえ、水文地質構造の異なる帯水層から地下水・湧水を採水し、各種年代トレーサー分析（CFCs、SF₆、トリチウム）を行った。

本研究の試料水は浅層・深層の2つの帯水層から得られ、帯水層を構成する地質構造は、浅層地下水が阿蘇 - 4 火砕流や沖積層、海成層であり、深層地下水は阿蘇 - 2、 - 3 火砕流や砥川溶岩から成り、いずれも被圧地下水である。

これまで、CFCs や SF₆ を用いて年代推定を行った研究例から、トレーサー濃度が地下水の流動・流出の過程で増加または減少する可能性があることが指摘されている。例えば、CFCs では工業地域での濃度付加や微生物による分解が報告され（IAEA，2006）、SF₆ では火山性の帯水層から得られた試料水では、陸生起源の SF₆ 付加により若く見積もられることが報告されている（Koh et al.，2007；Heilweil et al.，2009）。さらに、都市域では大気濃度が高くなる傾向を示した例もあり（浅井ほか，2010；小峯ほか，2003）。年代推定を行う際には適切なインプット濃度の入力が必要であることが指摘されている（浅井ほか，2010；Asai et al.，2011）。しかし、特に SF₆ に関して、地下水中の濃度を広域で測定し年代推定を行った研究例は利尻島（Asai et al.，2008）や、中部地域（浅井ほか，2010；Asai et al.，2011）にみられる程度であり、環境の異なる様々な地域で研究を蓄積していくことが望まれている。

このことから、本研究では水文地質構造の異なる帯水層を有する熊本地域を対象として、各種年代トレーサー分析を実施し、濃度の分布特性を検証した。

採水調査は2011年4月と10月に行い、多くの地点においてCFCsとSF₆分析用の試料水を採水し、同時に一般水質と安定同位体比（¹⁸O、D）分析用にも採水を行っている。トリチウム濃度に関しては、過去の研究で得られたものを引用した。

発表当日は、帯水層別の年代トレーサー濃度の分布特性や、年代推定へ影響（濃度の付加または分解など）を及ぼす要因について検討した結果を報告する予定である。

キーワード: 若い年代トレーサー, 地下水, CFCs, SF₆, 熊本地域

Keywords: Young age tracers, Groundwater, CFCs, SF₆, Kumamoto area

沖縄県宮古島、伊是名島における地下ダムの水質 The water quality of underground dam in Miyakojima and Izena Island.

篠塚 恵^{1*}, 川幡 穂高¹, 牛江 裕行¹, 鈴木 淳²

SHINOZUKA, Megumi^{1*}, KAWAHATA, hodaka¹, USHIE, Hiroyuki¹, SUZUKI, Atsushi²

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 Agency of Industrial Science and Technology

[Introduction]

近年地表ダム建設による河川水の滞留時間の延長が、陸水の栄養塩循環を攪乱させ、最終的に炭素循環に大きく影響しているのではないかと報告がある。ダム湖内では、富栄養化によって植物プランクトンのブルームを引き起こし、光合成によって栄養塩濃度の減少、pHの上昇がみられる。また、植物プランクトンの発生量が多い場合には、カビ臭や水の着色など、上水処理への悪影響が出ることもある。

これに対して地下ダムとは近年研究が進められてきた新しい形態のダムであり、地下水の流れを人工的に堰止めて、地下水位の上昇や海水の浸入の防止によって地下水資源を効率良く利用することを目的としている。日本では沖縄に集中して存在している。地表ダムに比べ水に直接日光が当たらないために植物プランクトンの発生が起らないことや、貯留水の蒸発が起らない、という様々な利点があるとされている。(Ishida et al., 2011).

しかし、実用化されて間もないために、地下ダムの水質に関する研究例は少ない。施工技術に関するもの以外では、地下水中の硝酸塩濃度の長期トレンドに関するものがある。地下の帯水層にためた水を地表の農地に撒き、浸透した水をリサイクルして利用するため、地下水中に栄養塩が集積し、濃度を上昇させるのではないかと懸念が地下ダム建設以前から存在していた。そのため、地下水中の硝酸塩の濃度は長期的な観測や、それに関連する研究報告がある。(Ishida et al., 2007; 吉本ら, 2007; 中西ら, 2001)。水質に関する研究は、上記の硝酸塩濃度の長期トレンドについてのものは多数あるが、他の水質についての報告はほぼない。

そこで本研究では、現在推定に留まっている、地下ダムが地表ダムに比べ、貯留水の水質の変化が少ないことなどの利点があることの検証を目的とする。

[Study sites and Methods]

光合成が起らないことで、地下ダムの貯留水は地表ダムよりも水質の変化が小さいことを示すために、沖縄県宮古島において、地下ダムの貯留水と周囲の地下ダムの影響を受けていない水との比較を行った。さらに、地表ダムでの光合成による水質変化の効果と比較するために、地下ダムの貯留水が日光の当たる貯水池に流入している、沖縄県伊是名島で調査を行った。

2011年6月23~27日にかけて両島で水質の調査を行った。宮古島の地下ダム貯留水は、観測孔より採水器を用いて採取した。それ以外のサンプルは、すべて表層水をバケツで直接くみ上げた。水温、pH、ECは現地測定を行い、他のアルカリ度、栄養塩類などの分析項目は、持ち帰って分析を行った。

[Results and Discussion]

伊是名島地下ダムでは、地下ダムの貯留水と近くを流れる河川水を、日光の当たる貯水池に集めて利用するという形態になっている。この河川水や地下ダム貯留水に比べて、貯水池では、pHの上昇、pCO₂の低下、栄養塩濃度の低下といった光合成に特徴的な水質の変化が見られた。

一方宮古島では、地下ダムの水と周辺の湧水の違いを比較した結果、どちらも地点によって水質にばらつきは見られるものの、その平均値や変動幅に大きな違いは見られなかった。

以上、主に光合成が起らないことを要因として、地下ダムにおける水質の変化は、地表ダムよりも小さく、水質の悪化が少ないという利点があるということを支持する結果となった。

[今後の予定]

2011年11/27~12/3にかけて、再度採水調査を行ったのでその試料の分析を進める。この調査では、地下ダムにおいて深度別の採水も行った。今後は、地下ダムの貯留層内での水質の変化のメカニズムや、季節変化などを検討し、地表ダムの結果と対比させる。

[References]

- Ishida et al. (2011), JARQ.51-61 45(1)
- 石田聡, (2007) 土と基礎, 55-8 (595)
- 吉本ら, (2007) 農工研技法 195-208 (206)

Japan Geoscience Union Meeting 2012

(May 20-25 2012 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2012. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



AHW26-09

会場:201B

時間:5月24日 11:30-11:45

・中西ら、(2001) 水環境学会誌、733-738 第24巻、第11号

キーワード: 地下ダム, 水質, 栄養塩, 炭素循環, 光合成

Keywords: undergrounddam, water quality, nutrient carbon cycle, photosynthesis

ハノイ市域における地表水と地下水の交流

Interaction between surface water areas and groundwater in Hanoi area, Viet Nam

林 武司^{1*}, 黒田 啓介², 滝沢 智²

HAYASHI, Takeshi^{1*}, KURODA, Keisuke², TAKIZAWA, Satoshi²

¹ 秋田大学, ² 東京大学大学院工学系研究科

¹Akita University, ²School of Engineering, The University of Tokyo

ベトナム共和国の首都であるハノイ市は、人口約 645 万人（2009 年 12 月時点）を擁する国内第 2 位の大都市である。近年、ハノイ市では経済成長に伴って人口が急増するとともに、都市域が郊外に拡大しつつある。その過程で、旧河川に由来する湖沼や湿地あるいは現河川が埋め立てられて縮小・寸断される一方で、養魚（食用）を目的として水田がため池となったり、レンガの材料として表土が採掘された跡が池となったり、都市開発に伴って池が新たに造成されたりと、自然湖沼の減少と人工湖沼の増加が各地で進行しており、地表の水環境は大きく変化し続けている。その一方で、ハノイ市域では下水道の整備が進んでいないために様々な廃水が環境中に排出されており、地表水の汚染や富栄養化が進行している。また、廃水の環境への排出は地表水だけでなく地下水も汚染していることが懸念される。地下水は、ヒ素を含有するもののハノイ市域の主要な水源となっており、地下水環境の保全是重要な課題の 1 つである。しかしこれまで、ハノイ市域における地表水と地下水の交流に関する研究は少なく、その実態はほとんど明らかになっていないため、地下水の汚染についても不明な点が多い。そこで本研究では、都市化が急速に進行している郊外の 4 地域（TM, TC, SM, NH）を対象とし、地表水・地下水の関係を明らかにすることを目的として、地表水と地下水（井戸深度：10m～30m 程度）を採取して水質組成ならびに酸素・水素同位体組成を把握した。4 地域のうち 2 地域（SM, TC）は紅河の近傍に位置し、残りの 2 地域（TM, NH）は紅河から離れている。

GNIP に登録されているデータを用いて求めた、ハノイの降水の酸素・水素安定同位体比の関係は $D = 8.2 \quad 18O + 14.1$ で表され、雨季（5 月～10 月）における降水の両同位体比（降水量による加重平均値）は、 $18O: -9.1\text{‰}$, $D: -60.5\text{‰}$ である。また Berg (2007) によれば、紅河の水は GMWL に沿って分布している。これに対して、本研究で採取された地下水は ダイアグラム上において、降水の加重平均値付近を端成分とする傾き 5.3～6.5 の直線に沿って分布した。すなわち、本研究で採取された地下水は、降水もしくは紅河からの浸透水と、蒸発の影響を受けた地表水を涵養源としていたと考えられた。蒸発の影響を受けた水の涵養源としては、自然・人工湖沼ならびに水田が考えられた。この傾向は TM, TC においてもみられ、紅河沿いであっても、地表からの浸透水が主要な涵養源の 1 つであることが明らかとなった。

既往研究によれば、ハノイ市域の地表には透水性の低いシルト～粘土質層が広く分布しており、地表からの水の浸透はほとんどないと考えられてきた。しかし本研究の結果は、少なくとも郊外では、広範囲において地表水の地下浸透が生じていることを示しており、ハノイ市域における水循環機構を見直す必要があるといえる。また、この結果は、様々な廃水に由来する汚染物質も帯水層中に付加されていることを強く示唆しており、今後、地下水汚染が広範囲で進行することが懸念されることから、地下水水質の継続的な監視が必要である。

キーワード: ハノイ, 地表水・地下水交流, 水循環, 環境同位体

Keywords: Hanoi city, surface and ground water interaction, water cycle, environmental isotopes

化学形態とヨウ素同位体比に基づく堆積岩地域でのヨウ素の挙動解明 Behavior of iodine in sedimentary rocks based on iodine speciation and $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ ratios

東郷 洋子^{1*}, 高橋 嘉夫², 天野 由記³, 松崎 浩之⁴, 鈴木 庸平⁴, 村松 康行⁵, 岩月 輝希³

TOGO, Yoko^{1*}, TAKAHASHI, Yoshio², AMANO, Yuki³, HIROYUKI, Matsuzaki⁴, SUZUKI, Yohey⁴, YASUYUKI, Muramatsu⁵, IWATSUKI, Teruki³

¹産業技術総合研究所, ²広島大学, ³日本原子力研究開発機構, ⁴東京大学, ⁵学習院大学

¹AIST, ²Hiroshima University, ³JAEA, ⁴The University of Tokyo, ⁵Gakushuin University

【はじめに】

日本は世界で二番目のヨウ素生産国であり、ヨウ素は地下の鹹水から産出される。このような高ヨウ素濃度の鹹水は、ヨウ素同位体比 ($^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$) の年代が産出する地層の年代よりも古いことが特徴である [1]。しかし、高ヨウ素濃度の鹹水形成過程には未解明な点が多い。一方、放射性廃棄物中に含まれる放射性ヨウ素 ^{129}I は、易動性が高く、長半減期 (1570 万年) であることから、地層処分時の安全評価の際には重要な核種の一つである。そのため、地下岩石圏でのヨウ素の挙動を理解することが急務となっている。しかし、ヨウ素は環境中で様々な化学形態 (IO_3^- , I^- , I_2 , 有機ヨウ素など) をとり、それぞれ易動性が大きく異なるため、環境中での挙動理解は容易ではない [2]。そこで、本研究では北海道幌延地域を対象に、固液両相のヨウ素の濃度分布、化学形態、ヨウ素同位体比を調べ、長期地下環境中でのヨウ素の挙動解明を試みた。

【方法】

岩石および地下水試料は日本原子力研究開発機構幌延深地層研究センターで掘削されたボーリング孔から採取した。主な岩相は珪藻質泥岩 (声問層) および珪質泥岩 (稚内層) である。岩石試料中のヨウ素の化学形態は、K 吸収端 XANES により決定した (SPring-8, BL01B1)。さらに、岩石を両面研磨した薄片を作成し、micro-XRF を用いた岩石中のヨウ素のマッピングを行った (SPring-8, BL37XU)。地下水中のヨウ素の化学形態分析は高速液体クロマトグラフィー接続 ICP-MS を用いて、 I^- 、 IO_3^- 、有機ヨウ素の分離検出を行った。また、地下水および岩石から抽出したヨウ素の同位体比 ($^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$) を東京大学タンデム加速器研究施設 (MALT) にて測定した。岩石中のヨウ素は、加熱分離法 (全ヨウ素) と水抽出法 (主に I^-) を用いて抽出した。

【結果・考察】

地下水中のヨウ素濃度は地下深部で高く (最大で海水の 600 倍)、塩化物イオン濃度と非常によく相関していた ($R^2 = 0.90$)。また、HPLC-ICP-MS を用いて決定した地下水中のヨウ素の化学形態は I^- であった。岩石中のヨウ素濃度は、声問層で高く、その下位の稚内層で低くなっていた。岩石中のヨウ素の K 吸収端 XANES から、ヨウ素は岩石中では有機ヨウ素と I^- の混合であることが分かった。また、岩石薄片のヨウ素のマッピングを行ったところ、声問層および稚内層において数・数十 μm のヨウ素の濃集域が確認された。ヨウ素濃集域では炭素濃度が高く、有機ヨウ素である可能性が高い。また、地下水のヨウ素同位体比は岩石から加熱分離および水抽出したヨウ素の同位体比よりも低かった。これらのことから、幌延地域のヨウ素の移動変遷は以下のように推測される。堆積時にヨウ素は珪藻質堆積物中の有機物に濃縮した。埋没・圧密過程では、特に稚内層以深において、岩石中に固定されていたヨウ素が I^- として溶出した。形成した高ヨウ素濃度の地下水は圧密作用によって比較的均一に声問層まで分布した。その後、隆起・侵食過程において、塩素と同様に天水により希釈された。

岩石中に固定された有機ヨウ素は有機物の熟成過程で無機化し、地下水中に放出されたと考えられるが、そのメカニズムは分かっていない。今後、様々な深度において岩石中の炭素の化学形態を調べ、有機物の熟成に伴うヨウ素の無機化メカニズムを明らかにする必要がある。

[1] Muramatsu, Y., Fehn, U., Yoshida, S. Earth Planet. Sci. Lett. (2001) 192, 583-593.

[2] Shimamoto, Y.S., Takahashi, Y., Terada, Y. Environ. Sci. Technol. (2011) 45, 2086-2092.

キーワード: ヨウ素, X 線吸収端近傍構造, HPLC-ICP-MS, ヨウ素同位体比

Keywords: Iodine, XANES, HPLC-ICP-MS, $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ ratio

マルチトレーサーによる南八ヶ岳の湧水の滞留時間推定

Estimating groundwater residence times in southern part of Mt. Yatsugatake from environmental tritium, CFCs and SF6

浅井 和由^{1*}, 安原 正也², 鈴木 裕一², 高橋 浩², 藪崎 志穂³, 中村 高志⁴

ASAI, Kazuyoshi^{1*}, YASUHARA, Masaya², SUZUKI, YUICHI², TAKAHASHI, Hiroshi², YABUSAKI, Shiho³, NAKAMURA, Takashi⁴

¹ 株式会社地球科学研究所, ² 産業技術総合研究所, ³ 立正大学, ⁴ 山梨大学

¹Geo-science Laboratory Inc, ²The National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, ³Rissho University, ⁴University of Yamanashi

国土の約9%を占める第四紀火山岩類地域は、一般的に水貯留能力が高く、有力な地下水貯留層となっている。そのため、第四紀火山における地下水の流動状況を明らかにすることは基本的に重要である。南八ヶ岳は、富士山とならび集中的な地下水調査が行われている火山である。これまでの研究によって、湧水は湧出標高の異なる4つのグループに分けられることや標高1000m付近に流出する湧水群(1000m帯湧水群)を形成する地下水流動系の規模が大きいことが明らかとなっている。本研究では、湧水のトリチウム・CFCs(フロン類)・SF6(六フッ化硫黄)の濃度を分析し、各湧水群を形成する地下水の滞留時間について検討を行った。湧水の採取は、2008年9月と2011年9月において27地点で実施した。湧水のトリチウム濃度は、低い濃度(0.9TU)を有する1地点の湧水を除けば2.4~6.9TUの範囲にあり、核実験開始以降の降水によって涵養された若い地下水(滞留時間60年程度未満)であると判断された。またトリチウム濃度は、標高1500m以上の湧水で濃度が低く(2~4TU)、それ以下の湧水で高い(4~7TU)傾向を示しており、地下水の滞留時間が空間的に異なることが示唆された。湧水のCFCs・SF6濃度(大気換算値)は、ローカルな人為活動由来のCFCs付加がみられた一部の湧水を除き、概して高標高で高く、低標高で低い傾向を示した。みかけの涵養年代(みかけ滞留時間)は、CFC-12で4~32年、SF6で1~26年であった。山体内の地下水の流動様式を、トレーサープロット(CFC-12 vs CFC-11, CFC-12 vs SF6)により検討した結果、ピストン流モデルよりも指数関数モデルの方が適していると判断された。指数関数モデルによって見積もられる地下水の平均滞留時間は1年から32年の範囲にあり、1000m帯湧水群の多くは20年以上となった。

キーワード: 地下水年代, 南八ヶ岳, 湧水, トリチウム, CFCs, SF6

Keywords: Groudwater age, Mt. Yatsugatake, spring, tritium, CFCs, Sulfur hexafluoride

霧島火山の湧水の水質, 安定同位体比の特性について Water quality and stable isotope for springs in the Kirishima volcanic area

藪崎 志穂^{1*}, 浅井 和由², 安原 正也³, 高橋 浩³, 鈴木 裕一¹, 塚田 公彦⁴

YABUSAKI, Shiho^{1*}, ASAI, Kazuyoshi², YASUHARA, Masaya³, TAKAHASHI, Hiroshi³, SUZUKI, YUICHI¹, Kimihiko Tsukada⁴

¹ 立正大学地球環境科学部, ² 株式会社 地球科学研究所, ³ 独立行政法人 産業技術総合研究所, ⁴ 鹿児島大学名誉教授

¹Rissho University, ²Geo Science Laboratory, ³Geological Survey of Japan, AIST, ⁴Kagoshima University

霧島山は鹿児島県北東部と宮崎県南西部の県境に位置する複数の火山群の総称であり、国立公園に指定されている。標高が最も高い韓国岳(標高1,700m)を始め、近年火山活動が活発である新燃岳(標高1,421m)、栗野岳(標高1,094m)、高千穂峰(標高1,574m)など多くの山が連なっている。霧島山一帯では降水量が非常に多く、宮崎県えびの(標高1,150m)の降水量(1981~2010年の年平均値)は4,393mm、宮崎県の都城(標高153.8m)では2,481mm、鹿児島県の溝辺(標高272m)では2,490mmであり、日本の平均的な降水量よりもかなり多いことが伺える。周辺の年平均気温(年平均値)は、都城で16.5℃、溝辺で22.2℃と比較的温暖的な気候である。こうした気候特性に加え、霧島山の地質(透水性がよい)を考えると、かなりの水が地下へ浸透して地下水となっていることが想像に難くない。実際、山麓の多くの場所で多量の湧水があり、古来より周辺住民の生活用水として利用されているほか、水道水源や養魚場の水として活用されている。本研究では、霧島山一帯の湧水を調査・採水を実施し、一帯の湧水の水質特性、地下水流動および滞留時間の解明を目的とした。

これまでに調査・採水は2回おこない、1回目は2011年7月19日~21日(24地点)、2回目は2011年12月3日~5日(30地点)に実施した。多くの地点では2回とも調査を実施しているが、一部地点については1回のみ調査となっている。現地ではEC、pH、水温、湧出量、DO(1回目のみ)について測定し、採水した水サンプルについては、一般水質、酸素・水素安定同位体(^{18}O 、 D)、炭素安定同位体(^{13}C)、CFCs、 SF_6 等の測定を実施した。本発表では、現地調査の結果と一般水質、安定同位体の特徴について報告する。

まず、現地調査の結果であるが、7月と12月の値を比較すると、EC、pHではあまり差異は認められない。水温に関しては、12月のほうが0.5~1℃ほど低くなっており、周辺の気温の影響を受けている可能性がある。湧出量はあまり変わらない地点もあるが、多くの地点で12月のほうが少なくなっており、場所によっては7月の6割ほどの量となっている。これは霧島山周辺の年間の降水量が夏季(特に6月~8月)に多く、冬季には少なくなるという気候条件を反映していると考えられる。地点ごとの値をみると、ECは30~1,255 $\mu\text{S}/\text{cm}$ と範囲が広がっているが、最も高い値を示した1地点(温泉)と2番目に高い値を示した地点(温泉水混入の可能性有)を除くと400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 以下となり、その中では霧島山南東部(霧島神宮周辺)の地域で相対的に高くなる傾向が認められる。こうしたECの高い地点については、火山性の CO_2 ガスが地下水に混入していることが予想される。pHについては5.7~7.7となっており、ECが比較的高い値を示していた霧島山南東部では $\text{pH}=5.7$ 前後を示している。

次に水質組成についてみると、多くの地点で Ca-HCO_3 型あるいは Na-HCO_3 型を示し、溶存成分量は少なくなっている。霧島山西側斜面にある温泉水は $(\text{Na}+\text{Mg})\text{-HCO}_3$ 型で高濃度炭酸泉となっており、溶存成分量は非常に多い。同じく、霧島山西側斜面の温谷の湧水も同様に $(\text{Na}+\text{Mg})\text{-HCO}_3$ 型を示し温泉水混入が示唆されるが、溶存成分量は温泉の1/2程となっている。霧島山南東部の周辺の湧水では Ca-SO_4 型で、溶存成分量は相対的に多くなっている。また、 NO_3^- は霧島山北西側斜面~北東側斜面でやや高い値を示す地点がみられる。これは湧水の上流側に農地や民家などの集落があるため、人為的な影響が及んでいると考えられる。

酸素・水素安定同位体比は標高の高い地点で相対的に低い値を示すことから、高度効果の影響が及んでいると考えられる。回帰線を求めると、7月では $\text{D}=5.59$ $^{18}\text{O}-5.92$ ($r^2=0.769$)で、12月では $\text{D}=4.13$ $^{18}\text{O}-16.81$ ($r^2=0.548$)となり、一般的な天水線とは大きく異なっている。これは霧島山辺の湧水等に火山性ガスの影響が及んでいることが原因であると考えられる。また、 ^{13}C と水質の結果から、霧島山の北東側斜面から南東側斜面($\text{N}90^\circ\text{E}\sim\text{N}180^\circ\text{E}$)にかけては火山性の CO_2 ガスが地下水に混入していることが示唆される。しかしながら、この範囲内にある湧水等でも一部ではこれに当てはまらない地点もあるため、異なった地下水流動の存在が考えられる。さらに詳細な地下水流動についてはCFCs等を用いて滞留時間を求めることにより、より明確に示すことができると考えられる。

以上のように、水質や同位体の結果から、霧島山周辺の湧水は火山性ガスの混入が生じている地点(霧島山北東~南東側斜面)と、混入の無い地点の大きく2つに分けることができた。その一方で、火山ガスの影響があると推定される地域の湧水でも水質の点ではその特徴があまりみられない地点もあった。今後、他の測定結果を総合的に考えることにより、霧島山一帯の地下水流動を明確にあらわすことができると期待される。

キーワード: 霧島火山, 湧水, 水質, 安定同位体, 地下水流動

Keywords: Kirishima volcanic area, spring water, water quality, stable isotope, groundwater flow

白神山地における河川水・湧水の硝酸イオンの窒素・酸素安定同位体比 Nitrogen and oxygen isotope composition of nitrate in river and spring waters of the Shirakami Mountains

三浦 巧也^{1*}, 網田 和宏¹, 林 武司¹
MIURA, Takuya^{1*}, AMITA, Kazuhiro¹, HAYASHI, Takeshi¹

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。世界遺産登録地域である白神山地においても酸性雨の発生が確認されており、生態系への影響などを考察・評価する観点からも、森林内における窒素循環機構の解明が重要な課題となっている。本研究では、青森県と秋田県との県境地域に広がる白神山地南部地域（世界遺産登録地の周辺地域）の河川水、湧水を対象として、硝酸イオン濃度ならびに硝酸イオンの窒素・酸素同位体比の測定結果より、調査流域に負荷された窒素の起源等について検討を行った。

研究方法

調査対象地域は秋田県山本郡藤里町に位置する素波里湖（ダム湖）を中心とする東西約 21km、南北約 16km の範囲とした。素波里湖では、湖水中の全窒素濃度が長期的にみて増加傾向にあることが確認されていることから（環境省公共水域水質測定データ）、周辺地域の硝酸イオン濃度の分布状況の把握が重要であると判断した。現地調査は 2011 年 11 月に実施しており、調査地点数は河川 11 地点、沢水 16 地点、湖水、湧水および湿地が各 1 地点の計 30 地点となった。現地において pH, ORP, DO および水温のほか、硝酸イオン電極を使用して硝酸イオン濃度の測定もを行い、持ち帰った採水試料より主要化学組成を求めた。

結果

結果の一例として、各採水地点における硝酸イオン濃度の分布を図示する。今回得られた結果では硝酸イオン濃度は 0.5mg/L ~ 3.1mg/L の範囲をとっていたが、特に常盤川、埴川、水沢川の調査地域西部に位置する各流域において 2.5mg/L を超える濃度を示した地点が存在した。これに対して内陸部に位置する素波里湖上流部や藤琴川流域の各地点においては 1.0mg/L 以下と、相対的に低い硝酸イオン濃度が示された。本講演では硝酸イオンの窒素・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

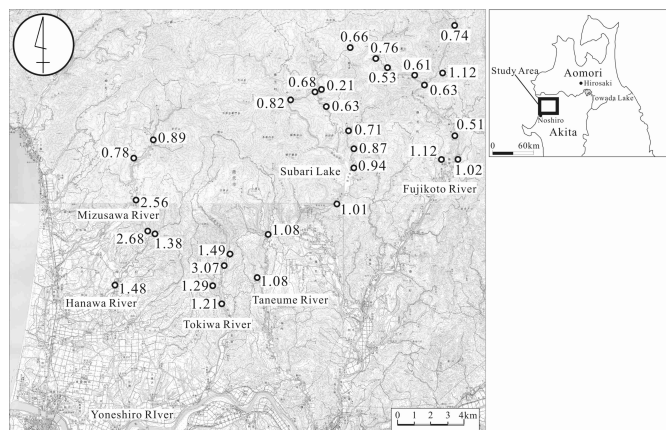


Fig. Distribution of NO₃⁻ concentration in the water sampling point. Figure shows NO₃⁻ concentration(mg/L)