

## 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<sup>1\*</sup>

NAKANNO, Takanori<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 総合地球環境学研究所

<sup>1</sup> 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水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<sup>1\*</sup>, 田上 雅浩<sup>1</sup>, 嶋田 純<sup>1</sup>  
ICHIYANAGI, Kimpei<sup>1\*</sup>, TANOUÉ, Masahiro<sup>1</sup>, SHIMADA, Jun<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 熊本大学大学院自然科学研究科

<sup>1</sup> 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( $\delta^{18}\text{O}$ ,  $\delta\text{D}$ )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  $\delta^{18}\text{O}$  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  $\delta^{18}\text{O}$  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<sup>1\*</sup>

HOSSAIN, H. M. Zakir<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Jessore Science and Technology University

<sup>1</sup>Jessore 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. SiO<sub>2</sub> 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<sup>1\*</sup>, 牛江裕行<sup>1</sup>, 真中卓也<sup>1</sup>, 井上麻夕里<sup>1</sup>, 稲村明彦<sup>2</sup>, 鈴木淳<sup>2</sup>, 川幡穂高<sup>1</sup>

HIGASHI, Kengo<sup>1\*</sup>, USHIE, Hiroyuki<sup>1</sup>, MANAKA, Takuya<sup>1</sup>, INOUE, Mayuri<sup>1</sup>, Akihiko Inamura<sup>2</sup>, SUZUKI, Atsushi<sup>2</sup>, KAWA-HATA, hodaka<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東京大学 大気海洋研究所, <sup>2</sup> 産業技術総合研究所 地質情報研究部門

<sup>1</sup>AORI, Univ. of Tokyo, <sup>2</sup>GSJ, 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 PCO<sub>2</sub> に与える影響に関する研究 Studies on defining the effect of chemical weathering on river water PCO<sub>2</sub> rates

大谷 壮矢<sup>1\*</sup>  
OTANI, Souya<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 東京大学理学系研究科地球惑星科学専攻

<sup>1</sup>Department 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 CO<sub>2</sub>. 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 PCO<sub>2</sub> of the Japanese river water was mapped. Using this, this study worked on determining whether Japanese rivers generally act as a CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub>. (2) Especially, Hokkaido, Kinki area, and the Kyushu area have a high contribution. (3) Urban areas show artificial increase in PCO<sub>2</sub>. (4) In the Japanese river system, soil respiration has a critical effect on PCO<sub>2</sub>, and weathering does not. (5) Therefore, defining the effects of weathering on PCO<sub>2</sub> is still challenging. (6) Areas with steep slopes have a tendency to have lower PCO<sub>2</sub> 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: PCO<sub>2</sub>, 陸水, 化学風化

Keywords: PCO<sub>2</sub>, 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<sup>1\*</sup>

MASUDA, Harue<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 大阪市立大学大学院理学研究科

<sup>1</sup> 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?岩石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<sup>1\*</sup>, Takeshi OHBA<sup>1</sup>  
Mengnjo Jude Wirmvem<sup>1\*</sup>, Takeshi OHBA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Tokai University

<sup>1</sup>Tokai 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、SF<sub>6</sub>、トリチウム) の濃度分布特性 Characteristics of groundwater age tracers' concentration (CFCs, SF<sub>6</sub> and Tritium) in Kumamoto area

利部 慎<sup>1\*</sup>, 嶋田 純<sup>1</sup>

KAGABU, Makoto<sup>1\*</sup>, SHIMADA, Jun<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 熊本大学・自然科学研究科

<sup>1</sup> 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、SF<sub>6</sub>、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SF<sub>6</sub>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)、SF<sub>6</sub>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SF<sub>6</sub>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SF<sub>6</sub>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SF<sub>6</sub>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(<sup>18</sup>O、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, SF<sub>6</sub>, 熊本地域

Keywords: Young age tracers, Groundwater, CFCs, SF<sub>6</sub>, 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<sup>1\*</sup>, 川幡 穂高<sup>1</sup>, 牛江 裕行<sup>1</sup>, 鈴木 淳<sup>2</sup>

SHINOZUKA, Megumi<sup>1\*</sup>, KAWAHATA, hodaka<sup>1</sup>, USHIE, Hiroyuki<sup>1</sup>, SUZUKI, Atsushi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 東京大学大気海洋研究所, <sup>2</sup> 産業技術総合研究所

<sup>1</sup> Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, <sup>2</sup> 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、pCO<sub>2</sub>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<sup>1\*</sup>, 黒田 啓介<sup>2</sup>, 滝沢 智<sup>2</sup>

HAYASHI, Takeshi<sup>1\*</sup>, KURODA, Keisuke<sup>2</sup>, TAKIZAWA, Satoshi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 秋田大学, <sup>2</sup> 東京大学大学院工学系研究科

<sup>1</sup>Akita University, <sup>2</sup>School 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<sup>1\*</sup>, 高橋 嘉夫<sup>2</sup>, 天野 由記<sup>3</sup>, 松崎 浩之<sup>4</sup>, 鈴木 庸平<sup>4</sup>, 村松 康行<sup>5</sup>, 岩月 輝希<sup>3</sup>

TOGO, Yoko<sup>1\*</sup>, TAKAHASHI, Yoshio<sup>2</sup>, AMANO, Yuki<sup>3</sup>, HIROYUKI, Matsuzaki<sup>4</sup>, SUZUKI, Yohey<sup>4</sup>, YASUYUKI, Muramatsu<sup>5</sup>, IWATSUKI, Teruki<sup>3</sup>

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

<sup>1</sup>AIST, <sup>2</sup>Hiroshima University, <sup>3</sup>JAEA, <sup>4</sup>The University of Tokyo, <sup>5</sup>Gakushuin 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  $^{129}\text{I}$  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 ( $\text{IO}_3^-$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{I}_2$ , 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、 $\text{I}^-$ 、 $\text{IO}_3^-$ 、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  $\text{I}^-$ ) 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  $\text{I}^-$  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  $\text{I}^-$  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  $\mu\text{m}$  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  $\text{I}^-$  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<sup>1\*</sup>, 安原 正也<sup>2</sup>, 鈴木 裕一<sup>2</sup>, 高橋 浩<sup>2</sup>, 藪崎 志穂<sup>3</sup>, 中村 高志<sup>4</sup>

ASAI, Kazuyoshi<sup>1\*</sup>, YASUHARA, Masaya<sup>2</sup>, SUZUKI, YUICHI<sup>2</sup>, TAKAHASHI, Hiroshi<sup>2</sup>, YABUSAKI, Shiho<sup>3</sup>, NAKAMURA, Takashi<sup>4</sup>

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

<sup>1</sup>Geo-science Laboratory Inc, <sup>2</sup>The National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, <sup>3</sup>Rissho University, <sup>4</sup>University 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<sup>1\*</sup>, 浅井 和由<sup>2</sup>, 安原 正也<sup>3</sup>, 高橋 浩<sup>3</sup>, 鈴木 裕一<sup>1</sup>, 塚田 公彦<sup>4</sup>

YABUSAKI, Shiho<sup>1\*</sup>, ASAI, Kazuyoshi<sup>2</sup>, YASUHARA, Masaya<sup>3</sup>, TAKAHASHI, Hiroshi<sup>3</sup>, SUZUKI, YUICHI<sup>1</sup>, Kimihiko Tsukada<sup>4</sup>

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

<sup>1</sup>Rissho University, <sup>2</sup>Geo Science Laboratory, <sup>3</sup>Geological Survey of Japan, AIST, <sup>4</sup>Kagoshima 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( $^{18}\text{O}$ ,  $\text{D}$ ), 炭素安定同位体( $^{13}\text{C}$ ), CFCs,  $\text{SF}_6$ 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 $\text{CO}_2$ 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 $\text{Ca-HCO}_3$ 型あるいは $\text{Na-HCO}_3$ 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 $\text{Ca-SO}_4$ 型で, 溶存成分量は相対的に多くなっている。また,  $\text{NO}_3^-$ 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,  $^{13}\text{C}$ 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 $\text{CO}_2$ 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<sup>1\*</sup>, 網田 和宏<sup>1</sup>, 林 武司<sup>1</sup>  
MIURA, Takuya<sup>1\*</sup>, AMITA, Kazuhiro<sup>1</sup>, HAYASHI, Takeshi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 秋田大学  
<sup>1</sup> 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

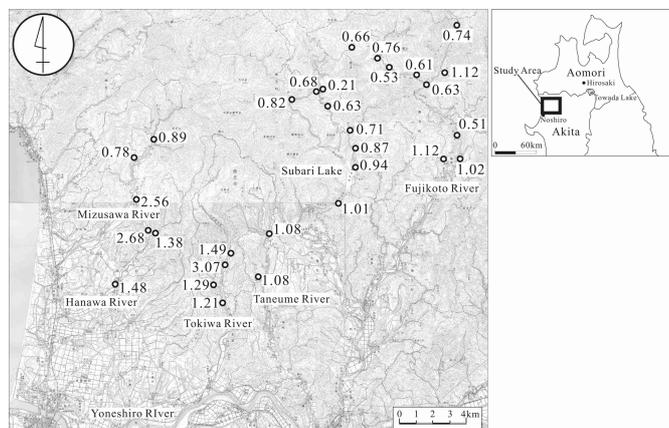


Fig. Distribution of NO<sub>3</sub><sup>-</sup> concentration in the water sampling point. Figure shows NO<sub>3</sub><sup>-</sup> concentration(mg/L)

## 少雨地域における河川化学マップの作成と水・物質循環の解析

### Preparation of the river water quality map and analysis of the organic pollution in the region of small precipitation

山田 佳裕<sup>1\*</sup>, 福田 竜也<sup>2</sup>, 滝本 翔太<sup>2</sup>, 中野 孝教<sup>3</sup>

YAMADA, Yoshihiro<sup>1\*</sup>, Tatsuya Fukuda<sup>2</sup>, Syota Takimoto<sup>2</sup>, NAKANO, Takanori<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 香川大学農学部, <sup>2</sup> 香川大学大学院農学研究科, <sup>3</sup> 総合地球環境学研究所

<sup>1</sup>Faculty of Agriculture, Kagawa University, <sup>2</sup>Graduate School of Agriculture, Kagawa University, <sup>3</sup>Research Institute for Human and Nature

#### 1. はじめに

降水量の少ない香川県では、源流域では窒素等の溶存物質が濃縮されており、中下流では貯水が行われることから、流域の水が集まる河川中下流は汚れやすい状態にある。一方で、香川県では、不足する水を補うため吉野川の池田ダムから香川用水の供給を受けている。香川用水は直接、あるいはため池を通じて流域に流入するが、香川用水は有機物濃度が低く(POC:0.3mg/L)、有機物汚濁の激しい河川やため池に対して香川用水は希釈効果もたらすと考えられている(山田他 2011)。このように、河川水の水質形成メカニズムが複雑な香川において、河川水質の化学マップを作成することにより、少雨地域における水利用と水質汚濁の関係を解析するための研究を行った。

#### 2. 調査方法

香川県全域において 100 点程度の観測点を設け、水を採取した。各種物質の化学マップを作成し、特に流域において物質濃度の変化の大きい新川について重点的な調査を行った。

新川は延長約 19 km で、源流(St.0)から中下流(St.6)まで、ため池密度が徐々に上昇し、0.05 km<sup>2</sup>/km<sup>2</sup>程で一定になる。また、河川や中下流域のため池には香川用水が流入する。この流域において時間変化と空間変化の調査を行った。

1 つは、ため池と河川の有機物濃度の時間変化を比較するため、貯水量が大きく、有機物濃度も高い男井間池と、男井間池の水が流入する地点から約 3 km 下流の地点の河川水を週一回採取した。

2 つ目は、有機物濃度の空間的な知見を得るため、流域で水需要が多い灌漑期の 6 月中旬と、非灌漑期で多くのため池が環境改善のため水を放流する 10 月下旬に 1 回、新川本流 12 地点(源流から St.0?St.11)と流域の主なため池約 23 地点、流入する支流約 16 地点について採水を行った。

試料は持ち帰って懸濁態有機炭素(POC)、水の安定同位体比(<sup>18</sup>O, D)を測定した。また、一部についてはプランクトンの種類とその細胞数を計測した。

#### 3. 結果と考察

時間変化の調査で、流域に香川用水の供給が増加する灌漑期(6/11?10/10)に河川水の<sup>18</sup>O値が低下した(供給前:約-5‰、供給後:約-7‰)。香川用水の水の<sup>18</sup>O値は-8.5‰と低く、灌漑期に香川用水や上流のため池の水が河川本流に供給されることにより、<sup>18</sup>O値の低下が起こっているといえる。また、非灌漑期は<sup>18</sup>O値が河川の値とため池の値が近く、河川水の多くはため池を起源とするものと考えられる。これに対応するように河川水のPOC濃度も、ため池の水が放流される灌漑期でも、香川用水の供給中は低く、供給が終わると増大する傾向があった(供給期間中:約2 mg/L、期間終了後:約8 mg/L)。香川用水は前述のようにPOC濃度が低いので、香川用水の流入によって有機物の濃度低下が起こっていると考えられる。

空間的な調査で、POC濃度は、6、10月とも、上流から中流にかけて上昇した。これは流域のため池密度の上昇と同調していた。上昇の割合は6月より10月のほうが大きかった。<sup>18</sup>Oは上流の河川水やため池で低く、中下流の本流やため池で急激に高くなる傾向を示した。特に10月には、St.0?St.5は0.0?2.0 mg/Lであるが、男井間池(POC:6.7 mg/L)流入後のSt.6?St.11では2.8?6.4 mg/Lに上昇する。この時の<sup>18</sup>O値はSt.0?St.5では-8.2?-6.1‰であるが、St.6?St.11は-4.4?-5.1‰に上昇した。直前に男井間池(<sup>18</sup>O:-4.8‰)からの放流が確認され、河川水が放流された水で占められたと考えられる。これらのことから、ため池の水の流入によって河川水中の有機物濃度が上昇していると考えられる。10月が6月に比べ有機物濃度が高いのは、6月は香川用水などの有機物濃度が低い水が高い割合で河川に流入するので、中下流のため池の水の流入による有機物濃度の上昇が抑えられているためと考えられる。

植物プランクトンの種組成は、河川、ため池で優先する種は藍藻の*Microcystis aeruginosa*と珪藻の*Cyclotella meneghiniana*であった。ため池で確認された後に同様な組成比が河川でも見られた。

以上の結果より、河川水量が少ない冬期(非灌漑期)には河川水に占めるため池水の水の比率が高くなるため、河川の有機物濃度が高くなることがわかった。一方で、香川用水や上流のため池の放流量が多い灌漑期には、中下流のため池が多くの水を放流するにもかかわらず、香川用水等の供給により有機物濃度上昇が抑えられるため、河川水中の有

# Japan Geoscience Union Meeting 2012

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

©2012. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



AHW26-P01

会場:コンベンションホール

時間:5月24日 17:15-18:30

機物濃度が低くなることがわかった。

キーワード: 有機物汚濁,  $^{18}\text{O}$ , 河川, ため池, 化学マップ, 灌漑用水

Keywords: Organic pollution, Oxygen isotope ratio, River, Irrigation pond, Water quality map, Irrigation water

## 岡山県旭川水系の水質マップ

### Geochemical and isotopic map of Asahi River, Okayama Prefecture

山下 勝行<sup>1\*</sup>, 大西 彩月<sup>2</sup>, 宮川 千絵<sup>3</sup>, 丸山 誠史<sup>3</sup>, 中野 孝教<sup>3</sup>

YAMASHITA, Katsuyuki<sup>1\*</sup>, Ayaka Onishi<sup>2</sup>, Chie Miyakawa<sup>3</sup>, MARUYAMA, Seiji<sup>3</sup>, NAKANO, Takanori<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 岡山大学 大学院 自然科学研究科, <sup>2</sup> 岡山大学 理学部 地球科学科, <sup>3</sup> 総合地球環境学研究所

<sup>1</sup> Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University, <sup>2</sup> Department of Earth Sciences, Okayama University,

<sup>3</sup> Research Institute for Humanity and Nature

旭川は岡山県最大級の河川で、流域面積は 1800km<sup>2</sup>、県人口の 3 分の 1 (約 74 万人) が暮らしており、その水は各種の産業や生活に利用されている。旭川とその流域の持続的な水利用に資する情報を得るため、2011 年の春から秋に旭川の本流および支流において表流水を採取した。0.2 ミクロンのフィルターでろ過した水に対して、主要溶存成分、微量元素、水素・酸素の安定同位体比、Sr 同位体比を測定した結果について報告する。

#### 1. 水循環

旭川本流の表流水の重水素過剰値 (d 値) は、下流の瀬戸内海側から上流の中国山地に向かって単調に増加 (14 から 23) し、山陰側の表流水と同様、高度効果や内陸効果が見られたが、水素と酸素の安定同位体比はこのような変化を示さなかった。海塩粒子に主な起源があると考えられる塩素や臭素も、一般に見られる海岸からの距離に応じた減少傾向を示さない。この事は、高い d 値をもたらすシベリア気団に由来する降雪の寄与が、上流の山地域では大きいものに対して、中流～下流域では少ないことを示唆している。支流の水も上流を除けば、低い d 値をもつ小笠原気団に由来する降水の寄与が大きい事を示唆しているが、陸域の降水の再蒸発などの影響も考えられ、大気水循環の解明には支流を含めて詳細かつ広域的な検討が必要である。

#### 2. 地質由来成分

Ca, Mg, K などの主要溶存イオンや Sr, Ba などの微量元素は、下流に向かって濃度が増加することから、下流ほど岩石の化学風化の寄与が強いと考えられる。同様に、Sr 同位体比も上流から下流に向かって単調に増加 (0.705 から 0.7085) した。これに対して、As, Li, Rb, Cs, Ge, Ga などは上流で高く、下流で低いという逆の変化を示したが、Si と似た傾向を示すことからその多くは岩石由来と考えられる。重金属元素の多くは下流に向かって増加する傾向を示したが、コロイド粒子として存在する Zr, Y, Al, Ti と似た変化を示すことから、粒子に吸着して存在する可能性がある。

#### 3. 人為由来成分

上流の津山盆地周辺では硝酸イオンの他、Mo も同様に高いことから、施肥等の人為由来の可能性はある。いっぽうリンは最上流の蒜山高原で高いことから、酪農起源の可能性を指摘できる。しかし、V や U などと似た変化を示し、火山岩地域でとくに高いことから、リン鉱物など溶解しやすい鉱物に由来する可能性がある。

キーワード: 水質マップ, 旭川, 岡山県, 同位体, 微量元素

Keywords: Geochemical map, Asahi River, Okayama Prefecture, Isotope, Trace element

## 島根県東部・鳥取県西部の河川の水質マップ

## Water quality map of rivers in the eastern Shimane and western Tottori Prefectures

池田友里恵<sup>1</sup>, 酒井 哲弥<sup>1\*</sup>, 中野 孝教<sup>2</sup>, 申 基<sup>3</sup>

IKEDA, Yurie<sup>1</sup>, SAKAI, Tetsuya<sup>1\*</sup>, NAKANO, Takanori<sup>2</sup>, SHIN, Ki Cheol<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 島根大総合理工, <sup>2</sup> 総合地球環境学研究所, <sup>3</sup> 産業技術総合研究所

<sup>1</sup>Shimane Univ, <sup>2</sup>Research Institute for Humanity and Nature, <sup>3</sup>AIST

根県東部から鳥取県西部に分布する河川の水質マップを作成し、その持続的水利用に向けた基盤情報の獲得を試みた。本地域は花崗岩が広く分布するが、沿岸域には中新世の堆積岩類、東部には第四紀の大山火山岩が分布している。農業や水産業の他、たたら製鉄など江戸時代から鉱山活動が活発に行われた地域である。一方で本地域には、日本海からの塩害やアジア大陸から汚染物質が偏西風によってもたらされることが知られている。流域で昔から行われてきた様々な人間活動や最近の大気環境の変化は、本地域の水域生態系に影響を与えていると考えられる。2009～2011年の春から秋にかけて、291地点で基底流出時の河川水を採水し、4種類の元素の安定同位体比、55成分の元素組成を分析し、水質影響評価を行った。結果は以下のように要約できる。

1. 地質由来成分の寄与：表流水のストロンチウム同位体比は、東部の大山地域 (0.705～0.706)、酸性火成岩地域 (0.706～0.707)、中新世堆積岩地域 (0.707～0.709) で異なり、流域の地質環境に応じた変化が見られた。カルシウムとストロンチウムの濃度は強い相関を示し、両元素の多くが岩石起源と言う一般的な考えと調和的である。バリウム、セシウム、バナジウムなどの微量元素も地質と強い相関を示しており、これらは水文地質トレーサーとして利用できる。

2. 大気由来成分の寄与：塩素、ナトリウムの濃度は沿岸地域で高く、中国山地側に向かって減少しており、大気を通してもたらされる海塩粒子成分の寄与が、海岸から離れるにつれて減少すると言う一般的な傾向を反映している。両元素は島根半島でとくに高かったことから、同半島が松江市や出雲市に対して塩害防止の役割を果たしている可能性を指摘できる。水同位体 ( $d^{18}O$ ,  $dD$ ) も沿岸から山地域に向かって減少したが、 $d$  値 (deuterium-excess) は山地に向かって高くなる傾向を示した。島根県南東部の山地域は降雪量が多いが、この地域の表流川は低い水同位体比と高い  $d$  値 (20～23) を示しており、降雪の影響が強く現れている。島根半島の表流水は高い  $SO_4$  濃度 (10～30mg/L) と低い硫黄同位体比 (-2～5‰) を示し、岩石由来の硫黄の寄与が強い。いっぽう、斐伊川流域の多くの表流水は  $SO_4$  濃度 (2～6mg/L) が低く、硫黄同位体比 (8～12‰) が高かったことから、花崗岩硫黄よりも海水硫黄や大陸からの人為由来硫黄の寄与が大きいと考えられる。水同位体に加えて硫黄の安定同位体比や塩素などは、大気を通してもたらされる物質の情報を反映しており、それらを統合することにより、水文大気トレーサーとして利用できる。

3. 人間活動の寄与：硝酸濃度は人間活動が高い下流地域ほど高い傾向が明瞭に見られる。

鉄はクロム (Cr)、ヒ素 (As)、セレン (Se) などとも比較的良好な相関がみられるが、たたら製鉄が行われた斐伊川流域で特徴的な傾向を見出すことはできなかった。

キーワード: 河川水水質マップ, ストロンチウム同位体比, 斐伊川水系, 日野川水系

Keywords: Riverine water quality map, Strontium isotope ratio, Hiikawa River System, Hinogawa River System

## 富士山南部地域の水質マップ Water quality map in the southern part of Mt. Fuji

神谷 貴文<sup>1\*</sup>, 渡邊 雅之<sup>1</sup>, 村中 康秀<sup>1</sup>, 申 基<sup>2</sup>, 丸山 誠史<sup>2</sup>, 中野 孝教<sup>2</sup>

KAMITANI, Takafumi<sup>1\*</sup>, WATANABE, Masayuki<sup>1</sup>, MURANAKA, Yasuhide<sup>1</sup>, SHIN, KiCheol<sup>2</sup>, MARUYAMA, Seiji<sup>2</sup>, NAKANO, Takanori<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 静岡県環境衛生科学研究所, <sup>2</sup> 総合地球環境学研究所

<sup>1</sup> Shizuoka Institute of Environment and Hygiene, <sup>2</sup> Research Institute for Humanity and Nature

静岡・山梨両県にまたがる富士山に蓄えられた豊かな地下水・湧水は、約 91 万人が居住する静岡県側の周辺地域において、自然・生活・産業・文化の基盤となっている。この地域は県内工業出荷額の 26% を占める産業的にも重要な地域であり、今後も豊富で良質な地下水を求める企業の進出が期待されている。その一方で、富士市岳南地域では昭和 40 年代に井戸水の塩水化が問題となり、条例による揚水規制が行われているが、現在も塩水化問題の解消には至っていない。また近年、富士山麓の大規模な湧水や、地域の生活と密接に関わってきた洗濯場、親水公園、神社等の湧水で水量が減少しており、親水機能の低下や水にまつわる文化の消失が懸念されている。この地域の持続的発展に向けて地下水の安定的な利用は不可欠であるが、地下水保全・利用に係る方策を立てるためには流域全体の水循環、特に地下水流動メカニズムを解明する必要がある。現在、富士山南部地域の地下水・湧水の起源や涵養域を推定するために、溶存する微量元素、安定同位体（水、ストロンチウム）を測定しており、その特徴と地域特性を地理情報システムによりマップ情報としてまとめているので解析結果と合わせて報告する。

現在の富士山（新富士火山）の下には古富士火山、小御岳火山が存在し、透水性に富む新富士火山噴出物の下に位置する古富士火山は、大規模な面的な広がりを持つ難透水性の火山泥流（古富士泥流）である。このため、現在の富士山は、巨視的に見れば新富士火山噴出物が地下水を溜める帯水層であり、受け皿となる古富士火山の上に乗っているという構造をしていると考えられている。有名な白糸の滝や浅間大社湧玉池、柿田川湧水などは新富士火山の末端で湧出している。本研究では静岡県内の富士山麓に湧き出す湧水に加え、箱根山、愛鷹山、天守山地などの周辺山塊の湧水も含めて 2009 年 11～12 月に 133 地点でサンプリングを行った。水質測定に際して、主要な溶存イオンについてはイオンクロマトグラフを、微量元素については ICP-MS を使用した。また、水同位体比（ $dD$ ,  $d^{18}O$ ）はキャピティリングダウン分光分析装置を、Sr 同位体比（ $^{87}Sr/^{86}Sr$ ）は表面電離型質量分析計および二重収束型高分解能 ICP マルチコレクタ質量分析計を用いて測定した。

湧水の  $dD$ ,  $d^{18}O$  を測定した結果、両者には線型性がみられたが、 $d$  値については駿河湾に面する愛鷹山や、富士山南西麓の標高 300～500m に存在する湧水で 12 以下と相対的に低くなっており、この地域は太平洋側で発生する水蒸気の影響を強く受けていると考えられる。富士山南西麓の湧水は  $d^{18}O$  も -8 ‰ 前後で富士山系の湧水の値（-8～-10 ‰）と比較して低く、富士山麓の地下水流動系には、高標高の降水は地下深くを通過して低標高で湧き出し、中標高の降水は比較的地下の浅い部分を通して近くで湧き出すといった、階層構造が存在することが明らかとなった。

湧水の  $^{87}Sr/^{86}Sr$  は、富士山や愛鷹山、箱根山で総じて 0.7040 以下と値が低く、湧水に含まれる Sr のほとんどがこれらの火山を構成している玄武岩に由来しているといえる。一方、富士山西麓に隣接する天守山地近くの湧水は 0.7055 以上と降水の値に近づいており、これは天守山地を構成する堆積岩類の影響も受けていると考えられる。富士山西麓の猪之頭地区には多くの湧水が存在するが、天守山地に近づくほど  $^{87}Sr/^{86}Sr$  が高くなる傾向を示すことから、天守山地由来の伏流水や地下水も混合していると推測された。

湧水の 19 溶存成分に関して主成分分析を実施した結果、第 1 主成分によって  $Cl^-$ ,  $NO_3^-$  等のグループが、第 2 主成分によって V, P, As, Mo 等のグループが分離できた。前者のグループは  $dD$  や  $d^{18}O$  値が比較的大きい富士山南西麓や愛鷹山南麓で濃度が高くなっており、これらの湧水近辺には茶園が存在することから、この地域では低い標高で涵養された浅層の地下水が、農業由来の物質や主に風送塩由来の  $Cl^-$  とともに湧出していると推定される。一方、後者のグループは水溶液中では主にオキソアニオンとして存在する元素であり、 $d^{18}O$  と負の相関関係にあったことから、涵養標高が高く長期間岩石と接触することによって溶出してきたと考えられ、富士山系地下水の特徴を示す元素群となっている。また、同じ富士山系でも Cs, Ba, Rb などの微量元素の濃度が西麓で高く東麓で低いという特徴がみられた。

以上のように、微量元素や安定同位体の分析を通して水の地域性を明らかにすることができ、GIS を用いてマップ化を図ることでその要因の解明や地下水ガバナンスへの展開に向けた基盤づくりが可能となった。

キーワード: 水質, 湧水, 安定同位体, 主成分分析, GIS, 富士山

Keywords: water quality, spring, stable isotopes, principal component analysis, GIS, Mt. Fuji

## 房総半島小櫃川ならびに加茂川流域の水質マッピング

### Mapping of water quality in the Obitsu and Kamo rivers on the Boso Peninsula, Japan.

野口 直美<sup>1\*</sup>, 伊藤 慎<sup>1</sup>

NOGUCHI, Naomi<sup>1\*</sup>, ITO, Makoto<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 千葉大学理学研究科

<sup>1</sup> Graduate School of Science, Chiba University

河川水の水質は、水循環や人間活動だけでなく地質などの影響も強く受けるが、これらを総合的に研究した例は少ない。千葉県南部の小櫃川と加茂川を対象に、多項目にわたって水質分析を行い、地形、地質、土地利用図などと比較することで、水質に及ぼす環境要因の解明を試みた。2009年から2011年の夏期を中心に、基底流出時の河川水を150地点で採水し、4元素（水素、酸素、硫黄、ストロンチウム）の安定同位体比および50の溶存成分を分析した結果、次のような知見が得られた。

#### 1. 大気 水循環指標

重水素過剰値（deuterium-excess）は、ダム湖で蒸発効果による減少がスポット的に見られるが、日本の他地域で見られるように山地や内陸部で高くなる傾向を示す。しかし水同位体比は、高度効果や内陸効果と逆の傾向を示すことから、本地域の水循環の特徴を知るには、降水の水同位体比の地域的变化を明らかにする必要がある。

#### 2. 人為影響指標

硝酸濃度は、上流から下流に向かって高くなる。とくに小櫃川では、人口密度が高く水田が多い下流の平野域で特徴的に高いことから、稲作や畑作、畜産等の影響が明らかである。このような傾向は、加茂川流域の山間部でも認められ、畜産ならびに遊戯施設の影響が反映されている。塩素も上流から下流に向かって濃度が上昇すること、またナトリウムと良い相関を示すことから、海塩粒子にその主な起源があり、海岸からの距離と共に減少すると考えられる。一方、本地域には塩化物鉱泉が知られており、特に小櫃川南東部の支流で塩素濃度が非常に高く、アルカリ元素（Na, K, Rb, Cs）も特徴的に高い。4種類のSIデータから、この支流を特徴づけている上流の塩化物鉱泉は、硫酸還元を受けた海水が大量の天水と混合し、地下の岩石と十分反応して生じたと考えられる。

#### 3. 地質指標

本地域は、北部から南部に向かい砂泥岩を主体とする下総層群、上総層群、三浦層群が分布し、最南部の加茂川右岸域は玄武岩や蛇紋岩からなる嶺岡層群で構成されている。嶺岡層群分布域の加茂川支流では、嶺岡層群の主要な構成要素である（超）塩基性岩の特徴を反映して、Mg, Ni, Crの濃度が高く、Si, K, Rb, Csの濃度やSr同位体比が低い。他地域は主に堆積岩で構成されるが、小櫃川下流域の下総層群分布域ではSO<sub>4</sub>が低く、Mg, Si, Vが高い傾向が見られた。後者の元素は表層を広く覆う関東ロームに由来する可能性が高い。上総層群分布域の河川水はMoに富む傾向が見られ、タービダイトが卓越する地域ではSr同位体比が高い。これに対し、火山砕屑岩を多く挟在する三浦層群分布域の河川水ではSr同位体比が低い。加茂川流域は嶺岡層群と三浦層群で構成されるが、小櫃川流域に比べてBaやCu, Seが高く、地質の特徴を反映している可能性が考えられる。また、加茂川上流域でも塩素濃度が高く、Sr同位体比の高い地域が認められる。このような傾向は、塩化物鉱泉からの影響と同様に、三浦層群から流出する化石海水の影響が考えられる。このように、Sr同位体比は地質に応じて変化するので水質トレーサーとして有用であるが、河床堆積物のSr同位体比との相関は悪い。岩石化学的な検討、とくに一次鉱物と二次鉱物の元素組成やSr同位体比との検討を行うことにより、水質指標の高精度化が期待できる。

キーワード: 水質, 小櫃川, 加茂川, 房総半島

Keywords: Water quality, Obitsu River, Kamo River, Boso Peninsula

## ラオス中部サバナケット州の水質診断 Water-quality diagnosis of Sabanakett district in central Laos

中野 孝教<sup>1\*</sup>, 斎藤 有<sup>2</sup>, 申基<sup>3</sup>, 丸山誠史<sup>1</sup>, 宮川千絵<sup>1</sup>, 西本太<sup>1</sup>, 蔣宏偉<sup>1</sup>, 門司和彦<sup>1</sup>

NAKANO, Takanori<sup>1\*</sup>, YUH Saito<sup>2</sup>, Shin Kichoel<sup>3</sup>, SEIJI Maruyama<sup>1</sup>, CHIE Miyakawa<sup>1</sup>, FUTOSHI Nishimoto<sup>1</sup>, HONGWEI Jiang<sup>1</sup>, KAZUHIKO Moji<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 総合地球環境学研究所, <sup>2</sup> 高知大学海洋コア総合研究センター, <sup>3</sup> 産業技術総合研究所

<sup>1</sup> Research Institute for Humanity and Nature, <sup>2</sup> Advanced Marine Core Research, Kochi University, <sup>3</sup> National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

インドシナ半島の水循環はアジアモンスーンの影響を強く受け、そこで暮らす人々の生活や産業に利用されている水は、雨季の降水に強く依存している。この熱帯地域の雨は岩石の化学風化を促進し、塩基性イオンに乏しく、鉄やアルミニウムに富むラテライト質の土壌を生みだしている。半島内陸部に位置するラオスでは、電力としての水資源需要が近年増大する一方で、産業構造の変化や人口増に伴う水質影響が懸念されているが、その地球化学的な研究例はない。河川水や浅層地下水は降水に由来するので、ラオスにおけるこれら水の安定同位体比 ( $\delta^{18}\text{O}$  値と  $\delta\text{D}$  値) はインドシナ半島の水循環、いっぽう水質成分は物質動態や健康影響の基礎情報となる。地球研では、水系感染症プロジェクトがラオス・サバナケット州のセボンおよびラハナム地域において実施されている。この地域はメコン川の支流の一つパンヒアン川の流域にある。本地域の表層水や地下水を雨季 (8-10月) に採取し、 $0.45\mu\text{m}$  フィルターでろ過処理した水に対して、安定同位体や溶存成分を分析した結果を報告する。

インドシナ半島の降水の起源は主にベンガル湾にあり、東部に向かって水同位体比は減少する一方で、雨季に低く乾季に高い明瞭な季節変化を示す。本地域の表層水 (河川水や池水) の水同位体比は天水線上にプロットされるが、地理的な変化が大きく ( $\delta^{18}\text{O}$  値:  $-11.4\text{‰}$  ~  $-7.4\text{‰}$ )、とくにパンヒアン川のようにアンナン山脈を源流とする河川の値は低いことから、明らかに雨季の降水の影響を受けている。これに対して、浅層地下水 ( $< 50\text{m}$ ) の水同位体比 ( $\delta^{18}\text{O}$  値:  $-8.1\text{‰}$  ~  $-6.5\text{‰}$ ) は変化が小さく、ラオス北部のルアンパバーンの降水の年平均値 ( $-7.4\text{‰}$ ) に近い。このことは、地下水は周囲の平坦地に降った雨水全体を主な起源としていることを示している。

水質成分は、A、B、Cの3グループに大別できる。どのタイプも、酸素同位体比が高い範囲では水質成分の濃度変化が大きい。グループAはCl、SO<sub>4</sub>、アルカリ元素、アルカリ土類元素などであり、水同位体比が低い水 ( $\delta^{18}\text{O}$  値:  $< -8.1\text{‰}$ ) に対して低濃度を示す。これに対して、グループBは高濃度を示す成分である。Al、Fe、Mn、Ti、Zr、REEsなど風化に強い砕せつ性鉱物の主要元素であることから、コロイド粒子として存在する可能性が高い。表流水は鉄やマンガンに富むことが多く、ラテライト質の土壌の寄与によると考えられる。河川水と地下水は一般的なCa-HCO<sub>3</sub>型であるが、 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  比 ( $\sim 0.71$ ) は岩石や土壌の値 (0.72-0.74) に比べて低く、かつ海水 (= 海塩粒子) の値に近い。このことは、半島内陸部においても、海水に起源をもつ降水の寄与が大きく、土壌交換性成分が降水によって緩衝されていることを示唆している。グループCは、二つの中間的な成分で、硝酸、カリウム、亜鉛などがそれに当たる。グループAやBの成分の起源は降水や化学風化に由来するが、硝酸は人間活動の高い地域で高く、亜鉛も亜鉛をメッキしたパイプを使っている地下水で高いことから、グループCの成分は人為影響がより強いと考えられる。

キーワード: ラオス, 水循環, 水同位体, 物質動態, Sr 同位体, 微量元素

Keywords: Laos, water circulation, water isotope, material behavior, strontium isotope, trace element

## フィリピン・ラグナ湖流域の水質マップ Water quality maps of Laguna de Bay Basin, Philippines

斉藤 哲<sup>1\*</sup>, 中野 孝教<sup>1</sup>, SHIN, Ki-Cheol<sup>2</sup>, 丸山 誠史<sup>1</sup>, 宮川 千絵<sup>1</sup>, 矢尾田 清幸<sup>1</sup>, 山中 勝<sup>3</sup>, 有馬 眞<sup>4</sup>, 嘉田 良平<sup>1</sup>, SAITO, Satoshi<sup>1\*</sup>, NAKANO, Takanori<sup>1</sup>, SHIN, Ki-Cheol<sup>2</sup>, MARUYAMA, Seiji<sup>1</sup>, MIYAKAWA, Chie<sup>1</sup>, YAOTA, Kiyoyuki<sup>1</sup>, YAMANAKA, Masaru<sup>3</sup>, ARIMA, Makoto<sup>4</sup>, KADA, Ryohei<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 総合地球環境学研究所, <sup>2</sup> 産業技術総合研究所地圏資源環境研究部門, <sup>3</sup> 日本大学 文理学部 地球システム科学科, <sup>4</sup> 横浜国立大学環境情報研究院

<sup>1</sup>Research Institute for Humanity and Nature, <sup>2</sup>Institute for Geo-Resources and Environment, AIST, <sup>3</sup>Department of Geosystem Sciences, College of Humanities and Sciences, Nihon University, <sup>4</sup>Graduate School of Environment and Information Sciences, Yokohama National University

This study, conducted in Laguna de Bay Basin, aims at creating water quality maps for the Basin and its watersheds. The Laguna de Bay is the largest lake in the Philippines, with a surface area of 900 km<sup>2</sup> and its watershed area of 2920 km<sup>2</sup> (Santos-Borja, 2005). It is located on the southwest part of the Luzon Island and its watershed contains 5 provinces, 49 municipalities and 12 cities, including parts of Metropolitan Manila. The water quality in Laguna de Bay has significantly deteriorated due to pollution from soil erosion, effluents from chemical industries, and household discharges. Recent studies have suggested that concentration of heavy metals in the edible fishes and aquatic plants in the Laguna de Bay are high and likely to have health risks to eating them (e.g., Molina 2011). In this study, we performed multiple element analysis of water samples in the lake and its watersheds for chemical mapping, which allows us to evaluate the regional distribution of elements including toxic heavy metals.

We collected water samples from 24 locations in Laguna de Bay and 160 locations from rivers in the watersheds. The sampling sites of river are mainly downstreams around the lake, covering urbanized and rural areas. We also collected well water samples from 17 locations, spring water samples from 10 locations, and tap water samples from 21 locations in order to compare their characteristics with the river and lake samples and to assess the quality of household use water. The samples were collected in dry season (March and May in 2011) as well as wet season (October and November in 2011) of the study area in order to evaluate seasonal differences. Water samples were filtered through a cellulose acetate disposable filter (0.2 micrometer pore size), then brought to the Research Institute for Humanity and Nature (RIHN), where the analysis was performed. The concentrations of the major components (F, Cl, NO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub>, Br, PO<sub>4</sub>, Ca, Mg, Na, and K) dissolved in the samples were determined with Ion Chromatography System (Dionex Corporation ICS-3000). We also analyzed major and trace elements (Li, B, Na, Mg, Al, Si, P, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, As, Se, Rb, Sr, Y, Zr, Mo, Ag, Cd, Sn, Sb, Cs, Ba, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, W, Pb and U) with Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS, Agilent Technologies 7500cx). We used Geographic Information System (GIS) to create water quality maps for each components.

At most sampling locations, concentration of dissolved components in the wet season samples are lower than those in the dry season samples which can be attributed to dilution effect of rain water during wet season. The element concentrations of rivers are characterized by remarkable regional variations. For example, heavy metals such as Ni, Cd and Pb are markedly high in the western region as compared to the eastern region implying that the chemical variation reflects the urbanization in the western region. On the other hand, As contents is relatively high in the south of the lake and some inflowing rivers in the area. The higher concentration of As is also observed in the spring water samples in the area. Therefore, the source of As in the area is probably natural origin rather than anthropogenic.

### References:

Santos-Borja A. (2005) Laguna de Bay-Experience and Lessons Learned Brief. (In) Lake Basin Management Initiative. GEFMSP prepared by ILEC.

Molina V. B. (2011) Health Risk Assessment of Heavy Metal Bioaccumulation in Laguna de Bay Fish Products. (In) The 1st International Symposium on Managing Environmental Risks to Food and Health Security in the Laguna Lake Watersheds, Philippines. Abstract p21-23. Research Institute for Humanity and Nature.

キーワード: 水質マップ, ラグナ湖, フィリピン

Keywords: Water quality map, Laguna de Bay, Philippines

## ガンジス・ブラマプトラ・メグナ川が炭素循環に果たす役割 The influence of the Ganges, Brahmaputra river, and Meghna river on global carbon cycle

真中 卓也<sup>1\*</sup>, 牛江 裕行<sup>1</sup>, 荒岡 大輔<sup>1</sup>, 東 賢吾<sup>1</sup>, 吉村 寿紘<sup>1</sup>, 鈴木 淳<sup>2</sup>, H. M. Zakir Hossain<sup>3</sup>, 川幡 穂高<sup>1</sup>  
MANAKA, Takuya<sup>1\*</sup>, USHIE, Hiroyuki<sup>1</sup>, ARAOKA, Daisuke<sup>1</sup>, HIGASHI, Kengo<sup>1</sup>, YOSHIMURA, Toshihiro<sup>1</sup>, SUZUKI,  
Atsushi<sup>2</sup>, H. M. Zakir Hossain<sup>3</sup>, Hodaka Kawahata<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東京大学大気海洋研究所, <sup>2</sup> 産業技術総合研究所, <sup>3</sup> Jessore Science and Technology University

<sup>1</sup>The University of Tokyo, <sup>2</sup>Advanced Industrial Science and Technology (AIST), <sup>3</sup>Jessore Science and Technology University

世界の大河川は多くの物質を陸から海へ運搬する重要な経路である。ただし、そのまま運搬するだけでなく、河川の中でも呼吸や光合成といった反応が起き、水質や炭素循環に影響を与えることが近年注目されている。今回の研究では、バングラデシュを流れる3つの大河川（ガンジス川・ブラマプトラ川・メグナ川）を対象に、水質の化学分析を行った。その中で、これらの河川が大気に対してCO<sub>2</sub>のソースになっていること、そして流下においては風化よりむしろ呼吸や光合成の影響が大きいことが明らかになった。これらの情報を踏まえ、河川内反応、そして河川自体が炭素循環にどう影響しているのかを考察していく。

キーワード: 呼吸, 光合成, pCO<sub>2</sub>, 河川, 陸水学, 炭素循環

Keywords: respiration, photosynthesis, pCO<sub>2</sub>, river, limnology, carbon cycle

## チュニジア全土における安定同位体 $^{18}\text{O}$ 及び $\text{D}$ の空間分布 Distribution of oxygen-18 and deuterium across the Tunisia

山田 航<sup>1\*</sup>, 辻村 真貴<sup>2</sup>

YAMADA, Wataru<sup>1\*</sup>, TSUJIMURA, Maki<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 筑波大学大学院生命環境科学研究科環境科学専攻, <sup>2</sup> 筑波大学大学院生命環境科学研究科持続環境学専攻

<sup>1</sup>Graduate School of Life and Environmental Sciences, Environmental Sciences, University of Tsukuba, <sup>2</sup>Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba

### Groundwater use in Tunisia

In their fourth report, the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) warns that temperature will increase and rainfall will decrease especially in the Mediterranean coastal areas of North Africa with a global warming increase. People in Tunisia located in north Africa largely depends on groundwater use for irrigation, which caused the drawdown of groundwater.

For sustainable groundwater use, it is essential to understand the groundwater system.

### Isotopic Mapping

Kendall (2010) pointed that large scale spatial isotope studies of water cycle can provide important insights into the groundwater recharge process. Kendall (2001) also showed the effectiveness of isotopic mapping by taking surface water samples over large areas, because surface water can be representative value of rainfall water of whole basin.

High resolution isotopic mapping also can help us to identify the important sites such as recharge area in the surface and groundwater flow system.

### Objective and Methodology

The objective of this research is showing isotopic map and clarifying the groundwater recharge process across the Tunisia.

Sampling survey was conducted from July 7th to 11th and, from Nov 12th to 20th in 2011. Water samples were taken mainly from river across the whole of Tunisia. We measured electrical conductivity, ORP, and pH in situ. We also analyzed the stable isotopes ( $\text{D}$ ,  $^{18}\text{O}$ ) in laboratory.

However, in southern area, wadi river were dry up even in rainy season. Then we took water from some Magel (traditional water tank to collect rainfall during rainy season). Magel is covered by concrete and prevent evaporation effect. Then the water in Magel can be integrated value of rainfall during rainy season.

### Results and Discussion

Stable isotopic values were plotted on river system map and compared with topographic map. Generally, isotopic values in eastern coastal area tended to be relatively high ( $\delta\text{D} = -27.6 \sim -6.9$  per mill,  $\delta^{18}\text{O} = -4.4 \sim 0.1$  per mill). Meanwhile, values in western inland area were relatively low ( $\delta\text{D} = -41.9 \sim -27.7$  per mill,  $\delta^{18}\text{O} = -7.9 \sim -4.5$  per mill). This tendency is remarkable especially in Mejerda River watershed located in northern Tunisia. Isotopic values along the mainstream increased with distance from coast to inland (inland effect).

However isotopic values at some points located in northern coastal area were low. These values were lower than average precipitation value at nearest observation point of IAEA. There is possibility that these low value come from not base flow but short time rain event.

More sampling are planned in gap area on the map and, in same points to see seasonal change.

キーワード: 安定同位体, 同位体マッピング, 地下水, トレーサー

Keywords: groundwater, stable isotope, tracer, isotopic mapping

## 中部山岳地域における降水の安定同位体比の時間変動特性 Temporal variation of stable isotope ratio in precipitation on Chubu-mountainous areas: case study of Mt. Ontake in cent

浅井 和由<sup>1\*</sup>, Fantong Wilson Yetoh<sup>2</sup>, 辻村 真貴<sup>3</sup>  
ASAI, Kazuyoshi<sup>1\*</sup>, Fantong Wilson Yetoh<sup>2</sup>, TSUJIMURA, Maki<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 株式会社地球科学研究所, <sup>2</sup>Institute of Mining and Geological Research, Cameroon, <sup>3</sup> 筑波大学生命環境系  
<sup>1</sup>Geo-science Laboratory Inc, <sup>2</sup>Institute of Mining and Geological Research, Cameroon, <sup>3</sup>Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba

In order to clarify the temporal variation of the stable isotope ratio in precipitation on the mountainous area in Japan, monthly precipitation was collected at 11 sites on Mt. Ontake from Jan 2003 to Dec 2005, and determined their delta-values. d-excess values ranged from 5 to 34 per mil, and showed clear seasonal variations in which values are low in rainy season from spring to fall and high in snow season (winter), reflecting the change of monsoon. The isotope ratios showed high delta-values in spring, low delta-values in winter and intermediate delta-values in summer to fall. These seasonal variations reflect neither the influence of the amount effect nor the temperature effect, indicating that the delta-values variation in precipitation in Mt. Ontake do not have a close relation with a local weather condition. Rain-bearing weather condition and spatial variation of rainfall amount around Mt. Ontake were investigated, and discussed a factor controlling the seasonal variation of delta-values. In the warm rainy season, the low delta-value in precipitation were observed in the period at which the rainfall amount of windward (south-east) area of Mt. Ontake was high, suggesting that delta-values variation on Mt. Ontake during the warm rainy season depend on the rainfall amount during the vapor mass transpiration from Pacific coast to Mt. Ontake. Moreover, it is indicated that the low delta-values of snow cover in winter was caused by the inland effect, considering the existence of heavy snowfall area in windward. These variations of delta-value associated with the rainfall amount on surrounding area is considered to be reflect the geographical location of Chubu-mountainous area which is away from the ocean generating a vapor mass.

Keywords: Chubu-mountains areas, Mt. Ontake, precipitation, stable isotope, vapor mass transpiration, inland effect

## 神奈川県における湧水の安定同位体比分布について Stable isotope distribution of Springwater in Kanagawa Prefecture.

宮下 雄次<sup>1\*</sup>, 西 弘人<sup>2</sup>, 鈴木秀和<sup>3</sup>, 小寺浩二<sup>4</sup>

MIYASHITA, Yuji<sup>1\*</sup>, NISHIZAKI Hirohito<sup>2</sup>, SUZUKI Hidekazu<sup>3</sup>, KODERA Koji<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 神奈川県温泉地学研究所, <sup>2</sup> 元:法政大・学、現:大磯町立国府中学校, <sup>3</sup> 神奈川県温泉地学研究所, <sup>4</sup> 法政大学地理学教室

<sup>1</sup> Hot spring research institute of Kanagawa Pref., <sup>2</sup> Kokufu junior high school, <sup>3</sup> Hot spring research institute of Kanagawa Pref.,

<sup>4</sup> Department of Geography, Hosei Univ.

### はじめに

水素・酸素安定同位体比を用いて湧水や河川水の涵養標高を推定する手法においては、対象地域における降水の高度効果やある標高における同位体比を明らかにしておく必要がある。しかし、降水中の同位体高度効果は標高や緯度、斜面方位や季節によって異なることが知られており、これらを網羅した降水の採取をおこなうことは非常に困難である。このため、一般的には源流部付近から湧出する小規模な湧水中の同位体比と流域平均標高から作成した地下水涵養曲線によって涵養標高を推定する手法がとられている。しかしこの方法は山地など、比較的高度効果が明瞭で、かつ、地域的にも比較的限定された範囲を対象として主に用いられており、平野や台地部を含む広域の地下水を対象とした地下水涵養同位体比の検討は、あまり行われていない。

そこで本研究では、神奈川県内における湧水中の安定同位体比の空間分布から、広域的な地下水涵養同位体比について検討を行った。

### 調査概要

神奈川県内及び隣接地域において、湧水 163 地点から採水を行った。採水調査は 2009 年 4 月から 2010 年 8 月にかけて順次行った。現地において水温、pH、電気伝導度の測定を行い、主要溶存成分及び水素・酸素同位体比の分析を行った。なお、採水時には、可能な限り湧水量の計測を行った。

採水をおこなった 163 地点の湧水中、119 地点は自然状態もしくは地下からの湧出箇所が確認できる湧水であった。しかし 40 地点は湧水施設として整備されており、湧出場所を確認することができなかった。また 4 地点は湧水池であった。本研究の目的より、可能な限り地下水の状態に近い湧水を採取する必要があることから、これら湧水施設と湧水地から採取した 44 地点を除外した 119 地点を選定した。さらに同位体比の空間分布図において異常な値を示した 5 地点を除外し 114 地点の湧水の値を用いて解析を行った。

### 湧水中の酸素同位体比の空間分布について

神奈川県内における湧水中の酸素安定同位体比は、最低が-9.3‰、最高が-6.8‰、算術平均値-7.9‰であった。また湧水地点標高は、最高が 1,032m、最低が 5m、算術平均が 167m であった。湧水中の酸素同位体比の空間分布は、神奈川県西部の箱根及び丹沢地域で低く、沿岸部及び県東部で高くなる傾向が見られた。全地点を用いて算出した湧水中の酸素同位体比の高度効果は、 $-0.104 \text{‰}/100\text{m}$  ( $R^2=0.375$ ) であり、ばらつきが見られた。

そこで、神奈川県を西経 139.15 °以西を県西部、139.15 ° ~ 139.45 ° までを県中部、139.45 ° 以東を県東部と区分し、それぞれの地域ごとに、標高と酸素同位体比、及び緯度・経度と酸素同位体比との関係について解析を行った。その結果、県西部における湧水の高度効果は $-0.086 \text{‰}/100\text{m}$  ( $R^2=0.474$ )、県中部は $-0.278 \text{‰}/100\text{m}$  ( $R^2=0.287$ )、県東部は $-0.275 \text{‰}/100\text{m}$  ( $R^2=0.016$ ) となり、県西部が県全域に比べて高度効果の勾配が小さく、県中部と県東部が大きくなる傾向が見られた。しかしこの傾向については、県中部及び県東部の標高差が小さく、相関係数も低いことから、県中部及び県東部では湧水の高度効果は明瞭ではないと判断される。一方、緯度と酸素同位体比との関係については、県西部は $-0.032 \text{‰}/\text{min}$  ( $R^2=0.146$ )、県中部は $-0.064 \text{‰}/\text{min}$  ( $R^2=0.582$ )、県東部は $-0.017 \text{‰}/\text{min}$  ( $R^2=0.134$ ) と、県中部が傾き及び相関係数が最も高い値を示した。これは県中部は北部に丹沢山地があることから、高緯度方向と高標高方向が重なったためと考えられる。

キーワード: 湧水, 水素・酸素安定同位体比, 空間分布

Keywords: Springwater, Hydrogen and Oxygen stable isotopic ratio, areal distribution

## 白神山地における河川水・湧水の水素・酸素同位体比 Stable isotopic composition of river and spring waters in the Shirakami Mountains, Japan

網田 和宏<sup>1\*</sup>, 三浦 巧也<sup>1</sup>, 林 武司<sup>1</sup>

AMITA, Kazuhiro<sup>1\*</sup>, MIURA, Takuya<sup>1</sup>, HAYASHI, Takeshi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 秋田大学

<sup>1</sup> 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始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)に登録されている。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、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・酸素安定同位体比の測定を行い、本地域における窒素の起源とその挙動に関する調査を開始した。また併せ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、その結果から水の起源や涵養プロセスに関する検討を行った。

調査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の範囲で2011年11月に行われた。調査地点は対象地域内の河川21地点、沢水7地点、湧水および湖水各1地点の計30地点であり、現地においてpH、ORP、DOおよび水温などの測定を行い、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。

採取された水の $\delta^{18}\text{O}$ 、 $\delta^2\text{H}$ はそれぞれ、 $-8.8 \sim -10.6$ パーミル、 $-50.7 \sim -62.7$ パーミルの範囲にあり、 $d$ 値は $+19.0 \sim +22.3$ を示した。また、内陸側(東側)において採水された水と海岸線側(西側)で得られた水とで比較した場合、海岸線側で得られる水の方が同位体比が高い値を示す傾向がみられた。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も示しながら、本地域における水の起源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・酸素同位体比

Keywords: Shirakami Mountains, hydrogen and oxygen isotopes

## 佐久市周辺で採取した標高別降水の酸素・水素安定同位体比の特徴 Characteristics of stable isotopes of oxygen and hydrogen in precipitation at Saku City

藪崎 志穂<sup>1\*</sup>, 有賀 英哲<sup>1</sup>, 鈴木 裕一<sup>1</sup>

YABUSAKI, Shiho<sup>1\*</sup>, ARUGA, Hidenori<sup>1</sup>, SUZUKI, YUICHI<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 立正大学地球環境科学部

<sup>1</sup>Rissho University

降水の酸素・水素安定同位体比がもつ特徴の一つに高度効果があり、各地で観測された結果においても多くの地点で高度効果の存在が確認されている。こうした特徴を利用して地下水や湧水等の涵養標高を推定する試みがおこなわれている。しかしながら、斜面の異なる複数地点を対象として高度効果の特徴について明らかにした研究は少ない。本研究では長野県佐久市の異なる2つの斜面（北東側斜面および南西側斜面）の複数地点で降水採取を実施し、台風15号の通過前後の安定同位体比の時間変化および高度効果について考察をおこなった。

研究対象としたのは長野県東部に位置する佐久市の標高700m～2,200mの地域である。年降水量は約960mm、年平均気温は10.6℃である。この地域の北東側斜面で3か所（標高800m, 1,000m, 1,200m）、南西側斜面で8箇所（標高800m, 1,000m, 1,200m, 1,400m, 1,600m, 1,800m, 2,000m, 2,100m）の計11地点で降水採取を実施した。採水は、蒸発防止構造を有した降水採取装置を各地点に設置し、台風15号通過前の2011年9月21日と、通過～通過後にあたる2011年9月22日の2回実施した。

以下に観測の結果を述べる。まず、降水の<sup>18</sup>O、D値であるが、台風通過前よりも通過後のほうが低くなっている。この要因として、雨量効果の影響が挙げられる。レイリー過程に従うことにより、台風初期の雨の同位体比よりも時間経過後の雨の同位体比のほうが低くなったためと考えられる。

標高別の同位体比に着目すると、北東側斜面および南西側斜面共に、降水の同位体比は標高が高い地点ほど低くなっており、高度効果の存在が確認された。<sup>18</sup>Oの南西側斜面の高度効果の値をみると、台風通過前は-0.25‰/100m、台風通過後は-0.39‰/100mである。同様に北東斜面をみると、台風通過前・通過後共に-0.10‰/100mである。Dの高度効果の値は、南西斜面の台風通過前は-2.1‰/100m、通過後は-2.6‰/100m、北東斜面の台風通過前は-0.2‰/100m、通過後は-0.5‰/100mであった。D、<sup>18</sup>O共に台風の通過前と通過後で高度効果の値は多少異なっており、台風通過後のほうが大きくなる傾向がみられる。また斜面の違いでみると、南西側斜面のほうが高度効果の値が大きいことが認められた。

全てのデータを用いて天水線を求めたところ、 $D=7.95 \text{ }^{18}\text{O}+9.30$ となり、Craigの天水線とほぼ同じ値を示している。

d-excessの値は台風の通過前に比べて通過後のほうが値は高くなっており、これは台風によって巻き込まれた水蒸気の違い（日本海起源か、太平洋起源か）が起因していると考えられる。

以上のように、本研究では一つの台風のみでの観測結果ではあるが、降水の同位体比には幾つの特徴が認められた。降水の同位体比は台風の通過前と通過後では明らかな差異を見受けることができた。これは雨量効果の影響が考えられる。一方、2つの斜面における同位体比の差異は降水時の風向きが影響したと考えられるが、今回は1日ごとの採水を行ったため風向とd-excessの時間周期の変化をはっきりと捉える事が出来なかった。今後、各地点において定期的な観測を継続し、風向とd-excessの詳細な変化を示すことにより、d-excessの変動要因についてさらに明瞭にすることができると考えられる。また一つの台風だけでなく、形態の異なる複数の台風観測を実施しその変化をまとめることで、上記の変化をより明らかにすることが可能になると期待される。

キーワード: 降水, 台風, 安定同位体, 高度効果, d-excess

Keywords: precipitation, typhoon, stable isotope, altitude effect, d-excess

## 松本盆地東部の山地斜面における降水および地下水の安定同位体比の特徴について Characteristics of stable isotopes for precipitation at the mountainous region in the eastern part of Matsumoto

藪崎 志穂<sup>1\*</sup>YABUSAKI, Shiho<sup>1\*</sup><sup>1</sup> 立正大学地球環境科学部<sup>1</sup> Rissho University

松本盆地は東側には美ヶ原高原の属する筑摩山地、西側には飛騨山脈が広がり、周囲が山で囲まれた地形的な特徴を有している。盆地一帯は薄川および女鳥羽川による複合扇状地となっており、河川によって運搬・堆積した砂礫層が厚く堆積している。これらの砂礫層中に地下水が豊富に蓄積されており、幾つかの帯水層が存在している。市内にも深度の異なる多くの井戸や湧水があり、現在でもこうした地下水は飲料用などとして使われているため、持続的な地下水利用や地下水保全のためには地下水涵養量や涵養域について把握することが必要とされる。

松本盆地の地下水、湧水等の涵養域(標高)を推定するための方法の一つとして、酸素・水素安定同位体比の利用が有効であると考えられるが、この方法を利用するためには、地下水の源である降水の同位体比を把握することが重要である。降水の同位体比の特徴を把握するために、2009年6月から、松本盆地(P-1, 標高592m)と美ヶ原高原(P-4, 標高1,900m)の2地点において月降水の採取を開始した。また、2010年5月からは、山地斜面の2地点の採水も開始し、それぞれ、P-2(標高1,000m)、P-3(標高1,300m)とし、現在は4地点で採水おこなっている。標高の高いP-3およびP-4地点では、冬季の間(11月下旬~翌年の4月下旬までの約5か月間)は降水採取地点までの道が冬期閉鎖されてしまうため、この間の採水は実施していないが、P-1とP-2は通年を通じて採水をおこなっている。本発表では、2009年6月~2011年12月までの観測結果を用いて、標高別降水の安定同位体比の特徴とその周辺に存在する地下水の同位体比について考察する。

降水の同位体比についてみると、標高が高いほど同位体比が低くなる傾向が明瞭にあらわれており、高度効果の存在が示唆された。4地点で降水採取が可能である4月~11月のデータを利用して高度効果の値を計算したところ、 $^{18}\text{O}$ は $-0.17\text{‰}/100\text{m}$  ( $r^2=0.998$ )、 $\text{D}$ は $-1.0\text{‰}/100\text{m}$  ( $r^2=0.994$ )であった。降水量は標高が高いほど多くなる傾向があるため、雨量効果も働いていると考えられる。日本各地の降水の同位体観測結果をみると、酸素安定同位体比( $^{18}\text{O}$ )や水素安定同位体比( $\text{D}$ )には季節変化があまり認められないのが一般的であるが、松本盆地周辺で採取した降水の同位体比には、冬季(11月~2月ごろ)において相対的に同位体比が低くなる傾向が認められる。これは通年で採水のできるP-1およびP-2の同位体比データでは明瞭にあらわれており、一定期間しか採水することのできないP-2およびP-3においても、7~8月の同位体比が相対的に高くなっている。よって、松本盆地の降水の安定同位体比の特徴の一つとして、同位体比の季節変化が比較的明確に示されていることが挙げられる。これまでに調査をおこなった松本盆地周辺や山頂付近の湧水や地下水等の同位体比を利用して平均涵養標高を求めたところ、盆地内の地下水はおよそ1,300~1,600m付近の涵養が卓越していることが推定された。

降水のd-excessの変動であるが、これは日本の他の地域と同様に、夏季に低く、冬季に高くなる季節変化が認められており、松本盆地においても水蒸気の起源は季節によって異なっていると考えられる。一方、d-excess値自体をみると、松本盆地周辺の地域(北側の新潟県や長野県南部、山梨県西部など)と比べて値が低くなっている。これは松本盆地が周囲を2000~3000mの高い山に囲まれた地形的な特徴を有しているため、降水の元である水蒸気の同位体比がなんらかの作用を受けて周辺とは異なったd-excess値を示していることが予測される。

天水線についてみると、P-1では  $\text{D} = 7.16 \text{ }^{18}\text{O} + 2.58$  ( $r^2=0.928$ )、P-2では  $\text{D} = 7.12 \text{ }^{18}\text{O} + 2.26$  ( $r^2=0.902$ )、P-3では  $\text{D} = 6.18 \text{ }^{18}\text{O} + 7.00$  ( $r^2=0.681$ )、P-4では  $\text{D} = 8.00 \text{ }^{18}\text{O} + 13.3$  ( $r^2=0.976$ )であった。Craigの天水線( $\text{D} = 8 \text{ }^{18}\text{O} + 10$ )と比較するとP-1~P-3では傾きが小さくd値が低くなっているが、美ヶ原高原山頂付近のP-4ではほぼCraigの天水線とほぼ等しく、またd値は盆地内の値と比べて高くなっている。これは上述したように、松本盆地内において水蒸気が形成される際に働く作用とは異なるプロセスにより山頂付近の水蒸気が形成されていることが可能性として考えられる。山頂付近での降水の同位体比の特徴やその形成過程を明らかにすることは、松本盆地一帯での降水のd-excess値が低くなる原因の解明とも関連している。加えて、標高2,000mの山地部において降水の同位体観測を継続的におこなった研究は殆ど無いため、今後も観測を継続してこうした現象の解明についてさらに考察を深めてゆきたい。

キーワード: 松本盆地, 美ヶ原高原, 降水, 地下水, 安定同位体

Keywords: Matsumoto basin, Utsukushigahara plateau, precipitation, groundwater, stable isotope

## 水文・同位体分析による鳥取砂丘オアシスの発生消滅メカニズム及び涵養源の解明 Clarification of recharge source and emergence/disappearance mechanism of an oasis in Tottori Sand Dune

齊藤 忠臣<sup>1\*</sup>, 糟谷 哲史<sup>1</sup>, 河合 隆行<sup>2</sup>, 猪迫 耕二<sup>1</sup>, 安田 裕<sup>3</sup>, 塩崎 一郎<sup>4</sup>

SAITO, Tadaomi<sup>1\*</sup>, KASUYA Satoshi<sup>1</sup>, KAWAI Takayuki<sup>2</sup>, INOSAKO Koji<sup>1</sup>, YASUDA Hiroshi<sup>3</sup>, SHIOZAKI Ichiro<sup>4</sup>

<sup>1</sup>鳥取大学 農学部, <sup>2</sup>鳥取大学 産学・地域連携推進機構, <sup>3</sup>鳥取大学 乾燥地研究センター, <sup>4</sup>鳥取大学大学院 工学研究科  
<sup>1</sup>Faculty of Agriculture, Tottori University, <sup>2</sup>Regional Industrial Academic Cooperation, Tottori University, <sup>3</sup>Arid Land Research Center, Tottori University, <sup>4</sup>Graduate School of Engineering, Tottori University

### 1. はじめに

鳥取砂丘は山陰海岸国立公園に位置する日本で最も有名な観光砂丘である。この砂丘内には「馬の背」と呼ばれる砂丘内で最大の比高差を有する砂丘列があり、その麓にはオアシスが存在している。オアシスは常に存在しているわけではなく、年間で発生消滅を繰り返す。一方、オアシス発生場所の近くには、年中消滅することのない湧水が存在している。オアシス発生時、湧水はオアシスに流れ込んでいるが、オアシス消滅時は砂に浸透して、尻無川のようになる。この湧水が如何なる水であるか、また、オアシスが如何なるメカニズムで発生消滅を繰り返しているかは、古くからの学術的関心事である。さらに、2010年10月に鳥取砂丘を含む山陰海岸が世界ジオパークネットワークに登録されたことも相まって、それらの解明に対する期待は高まっている。地域の研究者には、オアシスの水が砂丘の南に位置する多鯨ヶ池から流入しているのではないかと考えている者もいるが、未だはっきりとした結論はでていない。そこで本研究では、水文観測と水の安定同位体比分析を用いて、(i) オアシスはどのように発生消滅していくのか、(ii) オアシスの涵養源と思われる湧水は如何なる水なのか、(iii) 多鯨ヶ池の水は湧水へ流入しているのか、(iv) 降水はどれくらいの時間をかけて湧水に到達するか、を解明することを目的とする。

### 2. 研究方法

#### 2.1 オアシス水位観測

オアシス発生場所の地中に水位計を設置した。オアシス水位の年間変動や降水に対する応答を観測した。また、オアシス内部と周辺の測量を行い、オアシスの三次元形状を割り出した。この三次元形状を用いて、水位に対応するオアシスの体積・平面投影面積を推定する近似式を作成した。さらに、この近似式と実測の水位データ、パン蒸発量データを用い、オアシス体積の1日の減少量に対する蒸発量の占める割合を算出した。パン蒸発量及び降水量データには鳥取大学乾燥地研究センターにおける観測値を用いた。

#### 2.2 水の安定同位体比分析

2010/12~2011/11における全ての日降水イベントの降水を採取すると共に、湧水、オアシス、多鯨ヶ池の水を1~3日間隔で採水し、水の酸素同位体比( $^{18}\text{O}$ )と水素同位体比( $\text{D}$ )を同位体比質量分析計(IRMS)を用いて分析した。また、得られた $^{18}\text{O}$ と $\text{D}$ を用いて、天水線からのずれを示す指標であるd-excessを算出した。これらの $^{18}\text{O}$ 、 $\text{D}$ 及びd-excessを用いて、多鯨ヶ池からの流入の有無判定や降水が湧水に到達するまでの時間を推定した。

### 3. 結果・考察

#### 3.1.1 降水に対するオアシス水位の応答

大きな降水があると、オアシス水位は1~2時間以内で上昇しはじめた。また、降水のピークがあった数時間後には、オアシス水位のピークもやってくることから、オアシスの発生には、降ってまもなくの降水が大きく影響しているといえる。

#### 3.1.2 オアシスからの蒸発量

オアシス体積の減少量のうち、蒸発の占める割合は10%前後で、相対的に浸透によって失われる水の割合が大きいといえる。また、蒸発の占める割合はパン蒸発量の変動と似ていることから、その日の気象条件に大きく影響されると考えられる。

#### 3.2.1 酸素安定同位体比( $^{18}\text{O}$ )の年間変動

多鯨ヶ池とオアシスの $^{18}\text{O}$ は、年間通じて交じることなく推移していた。このことから、多鯨ヶ池の水が地中を通してそのまま湧水となっていることはないといえる。また、多鯨ヶ池の $^{18}\text{O}$ はオアシスの $^{18}\text{O}$ より年間通が高い値で推移しており、これは蒸発の影響によるものであると考えられる。

#### 3.2.2 多雨後における湧水の酸素同位体比( $^{18}\text{O}$ )の変動

2011/9/3に $^{18}\text{O}$ の値が高い非常に多量の降水があり、それまで変動の無かった湧水の $^{18}\text{O}$ が数日間かけて上昇した。このことから、少量の降水があった場合には、湧水の $^{18}\text{O}$ に大きな変化はないが、9/3のような非常に多量の降水があった場合、湧水の $^{18}\text{O}$ は、降水の $^{18}\text{O}$ に影響を受けると考えられる。

AHW26-P15

会場:コンベンションホール

時間:5月24日 17:15-18:30

### 3.2.3 d-excess の年間変動

降水の d-excess は季節変動がはっきり見られ、冬に高く、夏に低かった。湧水は降水の季節変動の振れ幅のほぼ中間に推移しており、長期間地下に溜まった降水が平均化されて湧き出ていると考えられた。しかし、11年9月のように降水量が非常に多い月において、湧水の d-excess は当月の降水の d-excess に大きく影響されていた。

### 4. おわりに

本研究の結果から、以下のことが明らかになった。オアシスの発生には降って数時間後の降水が大きく影響している。一方、オアシスの減少については、蒸発の割合が10%ほどを占めており、相対的に浸透の割合が大きいといえる。湧水と多鯰ヶ池との関係性は低く、湧水の源は主に降水であると推測される。湧水は長期間地下に溜められた降水が平均化されたものである可能性が高いが、非常に多量の降水があった後には、数日間でその降水が湧出してくると考えられる。

キーワード: オアシス, 水文観測, 水の安定同位体比分析, d-excess

Keywords: oasis, hydrological observation, water stable isotope ratio analysis, d-excess

## 溶存硝酸の同位体組成をトレーサーに用いた富山県地下水中の窒素循環解析 Tracing the source and fate of nitrate in groundwater using $^{15}\text{N}$ , $^{17}\text{O}$ and $^{18}\text{O}$

中川 書子<sup>1\*</sup>, 大山 拓也<sup>1</sup>, 小松 大祐<sup>1</sup>, 角皆 潤<sup>1</sup>, 木戸 瑞佳<sup>2</sup>, 溝口 俊明<sup>2</sup>

NAKAGAWA, Fumiko<sup>1\*</sup>, OHYAMA, Takuya<sup>1</sup>, KOMATSU, Daisuke<sup>1</sup>, TSUNOGAI, Urumu<sup>1</sup>, Mizuka Kido<sup>2</sup>, Toshiaki Mizoguchi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 北海道大学大学院理学研究院, <sup>2</sup> 富山県環境科学センター

<sup>1</sup>Fac. Sci., Hokkaido Univ., <sup>2</sup>TESC

硝酸などの結合態窒素は植物の必須元素であり、制限元素であることが多い。地下水中における結合態窒素の起源や挙動を明らかにすることは、地下水系と陸上生態系の相互作用を明らかにする上で重要である。また、近年東アジア域を中心に大気中への人為的固定態窒素 ( $\text{NO}_x$  等) の放出量が増大しており、これがもたらす硝酸沈着量の増大が陸上生態系に与える影響について関心が集まっている。Tsunogai et al.(2010) では、大気沈着硝酸だけが自然発生源で唯一 0 以外の値を示し、かつ一般の反応過程において値が変化しない、硝酸の三酸素同位体組成に着目し、それが大気から沈着する硝酸と陸上生態系間の相互作用を定量化するのに優れた指標であることを利尻島の調査結果で示した。そこで本研究では、利尻島に比べて大気からの窒素沈着量が多い富山県において、地下水および降水 (湿性沈着) 試料中の硝酸の三酸素・窒素同位体組成を定量することにより、その起源や挙動の解析を試みた。

降水試料の採取は、富山県環境科学センターの小杉局において、2010年4月から2011年3月までの1年間、週毎に行った。地下水試料の採取は、2011年の9月と11月に行った。地下水試料は黒部、常願寺、庄川扇状地を中心とした富山県全域より採取した。採取した水試料は、直ちに0.2  $\mu\text{m}$  のフィルターでろ過し、分析するまで冷蔵または冷凍保存した。硝酸の各同位体組成の測定には、McIlvin and Altabet (2005) が開発し、Tsunogai et al. (2008) が改良した化学法 (Chemical Conversion 法) を使って試料中の硝酸を一酸化二窒素に変換し、これを連続フロー型の質量分析システム (Komatsu et al. 2008) で定量を行った。

採取した地下水試料は、硝酸濃度が0.1  $\mu\text{M}$  以下のものから100  $\mu\text{M}$  以上の高濃度の硝酸を含むものまであり、地下水の起源となる水が経過してきた陸上生態系の違いを反映していると考えられる。硝酸の  $\text{D}^{17}\text{O}$  値は平均+1.4 ‰ (最小+0.4 ‰から最大+4.0 ‰) となり、全試料において有意な  $\text{D}^{17}\text{O}$  異常が見られるものの、大気沈着硝酸 (富山県小杉局の降水の平均  $\text{D}^{17}\text{O}$  値 = +26.8 ‰) に比べて小さい値をとることが確認された。特に、硝酸濃度が高い (50  $\mu\text{M}$  以上) 地下水試料の硝酸の  $\text{D}^{17}\text{O}$  値は全て+1.5 ‰以下 (平均+0.9 ‰) であり、かつ硝酸の窒素同位体組成 ( $\text{d}^{15}\text{N}$  値) が比較的高いことから、水田地帯の土壌に蓄積された再生硝酸が溶脱して地下水に加わり、大気沈着硝酸の寄与を5%以下と小さくしていると考えられる。これに対し、硝酸濃度が50  $\mu\text{M}$  未満の地下水試料については、硝酸の  $\text{D}^{17}\text{O}$  値が+1 ‰から+4 ‰まで変動し、最大15%まで大気沈着硝酸の寄与があることが分かった。特に、硝酸の  $\text{D}^{17}\text{O}$  値が+2 ‰以上を示す大気沈着硝酸の寄与が比較的高い地下水試料については、水の同位体組成 ( $\text{d}^{18}\text{O}$  値=-12.3 ‰,  $\text{dD}$  値=-78 ‰) がそれ以外の地下水試料の同位体組成 ( $\text{d}^{18}\text{O}$  値=-9.8 ‰,  $\text{dD}$  値=-59 ‰) に比べて低いことから、比較的標高が高く、植生に乏しい生態系を経由した地下水であることが考えられた。

< 謝辞 >

地下水試料の採取は、(株)ウエノの宮腰英幸氏および富山県環境科学センター水質課・生活環境課の職員の協力のもとに行われた。また、地下水試料の一部は日本黒部学会より提供されたものである。

キーワード: 三酸素同位体組成, 窒素同位体組成, 硝酸, 地下水, 窒素循環

Keywords: triple oxygen isotopes, nitrogen isotope, nitrate, groundwater, nitrogen cycle

## 森林土壌中の硝酸の起源と生成、消費：窒素負荷の多いサイトにおける安定同位体を用いた把握

### Sources and processes of nitrate in forest soils: a case study at sites with heavy nitrogen deposition using nitrogen an

石<sup>1\*</sup>, 大手信人<sup>1</sup>, 徳地 直子<sup>2</sup>, 今村 直弘<sup>1</sup>, 小田智基<sup>1</sup>, 長山美由紀<sup>1</sup>  
SHI, Jun<sup>1\*</sup>, Nobuhito Ohte<sup>1</sup>, Naoko Tokuchi<sup>2</sup>, Naohiro Imamura<sup>1</sup>, Tomoki Oda<sup>1</sup>, Miyuki Nagayama<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東京大学農学生命科学研究科大学院, <sup>2</sup> 京都大学

<sup>1</sup> Graduate School of Agr. & Life Sci., Univ. Tokyo, <sup>2</sup> FSERC, Kyoto University

Nitrogen is one of the indispensable nutrients for plant growth and microbial activities. The nitrogen cycle is an important part of the forest ecosystems. Atmospheric nitrogen deposition remains elevated in industrial regions of the world and is accelerating in many developing regions. Chronically elevated atmospheric N inputs to forest can lead to changes in tree growth, mortality, and species composition and to possible declines in soil fertility and drainage water quality. Combined oxygen (O) and nitrogen (N) stable isotope analyses are recently used in the source determination of NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. The source of NO<sub>3</sub><sup>-</sup> can be determined based on distinct O and N isotopic signatures (d18O and d15N) of various sources and isotopic effects during NO<sub>3</sub><sup>-</sup> transformation processes. There two major sources in forest soil nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>): atmospheric deposition and microbial production. In Tanashi where have a high amount of nitrogen deposition, we analyzed d18O and d15N of NO<sub>3</sub><sup>-</sup> in the samples consisted of the rainfall, though fall, stem fall, litter layer water and the soil water.

The results were: 1) the d18O of NO<sub>3</sub><sup>-</sup> had a decreasing trend from rainfall, though fall, stem flow to soil water. It indicates that NO<sub>3</sub><sup>-</sup> derived from the atmosphere is absorbed by plants and/or microbes when the rain through forest vegetation. 2) the d18O of NO<sub>3</sub><sup>-</sup> values was 0~20 permil while d15N of NO<sub>3</sub><sup>-</sup> values was -5~5 permil in the soil water. This suggests that the major portion of NO<sub>3</sub><sup>-</sup> of the soil water is comes from the nitrification in soil by microbes, meaning that most of atmospheric NO<sub>3</sub><sup>-</sup> was replaced by NO<sub>3</sub><sup>-</sup> produced by microbes. 3) A large range of d18O values 12~95 permil and d15N values -9.2~6.6 permil in the litter layer water what shows that nitrate in the litter layer water has complex sources including nitrification and atmosphere, and those change temporarily.

Keywords: nitrate, oxygen and nitrogen stable isotope, Tanashi, temperate forest

キーワード: nitrate, oxygen and nitrogen stable isotope, Tanashi, temperate forest

Keywords: nitrate, oxygen and nitrogen stable isotope, Tanashi, temperate forest

## 八ヶ岳南麓における湧水中の硝酸イオンの起源と水文条件が濃度分布に与える影響について

### Analysis of nitrate variation by source and hydrologic factors in spring water of Mt. Yatsugatake

中村 高志<sup>1\*</sup>, 浅井和由<sup>2</sup>, 安原正也<sup>3</sup>, 藪崎志穂<sup>4</sup>, 鈴木裕一<sup>4</sup>

NAKAMURA, Takashi<sup>1\*</sup>, Kazuyoshi Asai<sup>2</sup>, Masaya Yasuhara<sup>3</sup>, Shiho Yabusaki<sup>4</sup>, Yuichi Suzuki<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 山梨大学・国際流域環境研究センター, <sup>2</sup> 株式会社地球科学研究所, <sup>3</sup> 産総研・地質調査総合センター, <sup>4</sup> 立正大学・地球環境科学部

<sup>1</sup>ICRE, University of Yamanashi, <sup>2</sup>Geo Science Laboratory Inc., <sup>3</sup>Geological survey of Japan, AIST, <sup>4</sup>Rissho University

Concerns regarding ground-water contamination in the Mt. Yatsugatake on the west slope have arisen due to a steady increase in averaged nitrate concentrations (from 1.2 to 3.5 NO<sub>3</sub>-mg/l) during t

he past 15 years (from 1987 to 2002) in spring waters (Shimizu et al. 2007). Mt. Yatsugatake is volcano in central Japan having elevations of 2899m. The artificial and local resort towns are locating blow 1100m elevation. The stock farms are expanding from upper 1100m until 1400m elevation.

Twenty-nine water samples were collected from 750m to 2380m elevation. Multiple isotopic tracers were used to identify the sources and extent of nitrate dynamics in groundwater under the recharging systems.

The ranges of nitrate-N concentration were from <0.05 to 17.8mg/l. Few samples of high nitrate-N concentrations (5.8 and 17.8 mg/l) were located in locally concentrated of agricultural and local resort town. And 80% of collected samples were <0.9 mg/l. Although delta 15N-NO<sub>3</sub> values (from -0.4 to 10.5permil) were highly variable both spatially and vertically. The high delta 15N-NO<sub>3</sub> values are decreasing with the averaged recharge elevation of springs which was estimated by elevation effects of water hydrogen isotope values on Mt. Yatsugatake reason. Relatively high isotope value samples (4.4-10.1permil) were detected blow 2000m elevation indicated that nitrate in springs mixed from human/animal wastes consistent with landuses. The relationship between NO<sub>3</sub>-N concentration and delta 15N values was insignificant. However the high NO<sub>3</sub>-N concentration (>0.9 mg/l) springs having relatively small amount of discharges (850 m<sup>3</sup>/day) indicated the effects for the distribution of NO<sub>3</sub>-N concentration is nitrogen sources rather than quantity of the groundwater.

キーワード: 湧水, 八ヶ岳, 硝酸イオン, 硝酸イオンの窒素・酸素安定同位体比, 水の水素・酸素安定同位体比

Keywords: Spring water, Mt. Yatsugatake, Nitrate, Nitrate nitrogen and oxygen isotopes, Water hydrogen and oxygen

## カンボジア王国バタンバン周辺の地下水の起源と滞留時間

### Source and residence time of groundwater around Battambang region in Kingdom of Cambodia

浅井 和見<sup>1\*</sup>, Lun Sambo<sup>2</sup>, 徳永 朋祥<sup>2</sup>, 茂木 勝郎<sup>2</sup>

ASAI, Kazumi<sup>1\*</sup>, Lun Sambo<sup>2</sup>, TOKUNAGA, Tomochika<sup>2</sup>, MOGI, Katsuro<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 株式会社地球科学研究所, <sup>2</sup> 東京大学

<sup>1</sup>Geo-science Laboratory Inc, <sup>2</sup>University of Tokyo

アジアモンスーン気候は、乾季・雨季が明瞭に分けられるため、年間を通じて安全な水資源を確保することが地域の社会生活を維持する上で重要である。カンボジア王国のトンレサップ湖周辺地域は、湖が示す大きな水位変動に伴い、水文学的過程も大きく影響を受けている。特に、トンレサップ湖の西に位置するバタンバン地域では、主要な河川である Sangkae 川の水位が 7m も変動し、地下水位も季節的に大きな変動をしていることが知られている。地下水と河川水・湖水がどのように関連しており、また、それに伴いどのように物質が移行しているかを明らかにすることは、今後の地域の開発や水利用に関わる検討を行う上で重要な課題となっている。特に、乾季には表流水を使える地域が河川近傍のみになることから、地下水流動状況を明らかにすることが、飲用水源や農業用水の確保にも重要な意味を持つことになる。本研究では、バタンバン地域における地下水流動状況を把握することを目的として、2011年11月に最初の現地調査を実施し、15地点の井戸で地下水の採水を行った。発表では、安定同位体、水質、トリチウム、六フッ化硫黄(SF<sub>6</sub>)の分析結果に基づいて、地下水の起源や滞留時間について報告する予定である。

キーワード: カンボジア王国, バタンバン, 地下水年代, 六フッ化硫黄, トリチウム, 安定同位体

Keywords: Kingdom of Cambodia, Battambang, Groudwater age, Sulfur hexafluoride, Tritium, Stable isotopes

## 隠岐島前中ノ島における長期地下水流動系の存在 予察的検討 Existence of the long-term groundwater flow system in the Nakano-shima Island, Oki-Dozen, Japan -A preliminary study-

草野 由貴子<sup>1\*</sup>, 徳永朋祥<sup>1</sup>, 浅井和見<sup>2</sup>, 浅井和由<sup>2</sup>, 森川徳敏<sup>3</sup>, 安原正也<sup>3</sup>, 高橋 浩<sup>3</sup>

KUSANO, Yukiko<sup>1\*</sup>, Tomochika Tokunaga<sup>1</sup>, Kazumi Asai<sup>2</sup>, Kazuyoshi Asai<sup>2</sup>, Noritoshi Morikawa<sup>3</sup>, Masaya Yasuhara<sup>3</sup>, Hiroshi A. Takahashi<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 東京大学, <sup>2</sup> 株式会社地球科学研究所, <sup>3</sup> 産業技術総合研究所

<sup>1</sup>The University of Tokyo, <sup>2</sup>Chikyu Kagaku Kenkyusho Inc., <sup>3</sup>AIST

沿岸域においては、氷河性海水準変動の影響が長期にわたる地下水流動に影響を与えていることが知られている。我々は、これまで、隠岐島前中ノ島において地下水年代指標 (CFCs、SF<sub>6</sub>、<sup>3</sup>H、<sup>14</sup>C) を用いて地下水流動系を明らかにすることを試みてきた。以下では、中ノ島における地下水流動系の時間スケールに関する予察的な検討結果について報告する。

隠岐島前は6Maの火山活動によって形成された。中ノ島は隠岐島前火山のカルデラの外輪山の一部をなしており、表層の約300~400mをアルカリ玄武岩溶岩によって覆われている。アルカリ玄武岩溶岩は中期~後期中新世の堆積岩を基盤としている(千葉他, 2000)。

2009年~2011年に現地調査を行い、5か所の湧水、13か所の水源井(スクリーン深度:GL-10~-100m)、1か所の温泉井(スクリーン深度:GL-560~-870m)を対象に採水を行った。湧水および水源井の地下水はアルカリ玄武岩中から採水され、温泉井は堆積岩中から採水されたものである。採水した全ての水試料について、CFCs・<sup>3</sup>H・SF<sub>6</sub>濃度、水素・酸素安定同位体比の分析を行った。また、4か所の水源井、および温泉井の計5試料については、He同位体比、<sup>14</sup>C濃度の分析を行った。

採水した地下水の水素・酸素安定同位体比は天水線に沿った値を示し、とくに温泉水の水素・酸素安定同位体比は水源井・湧水よりも低い値を示した。中ノ島の2か所の水源井および温泉井から採水された地下水は特に低い<sup>3</sup>H・CFCs濃度を示し、<sup>3</sup>H濃度は検出限界(0.2TU)に近い濃度であった。それらの井戸の地下水に加え、高いCFCs・<sup>3</sup>H濃度を示した水源井の計4か所から採水した地下水について<sup>14</sup>C濃度(pMC)および<sup>13</sup>Cの測定を行った。その結果、<sup>14</sup>C濃度は温泉水では17pMC、CFCs・<sup>3</sup>H濃度の低い地下水では57~77pMC、CFCs・<sup>3</sup>H濃度の高い地下水では96pMCを示した。また、これらの試料の<sup>3</sup>He/<sup>4</sup>Heおよび<sup>4</sup>He/<sup>20</sup>Neの値はマントル成分の混入を意味する大気よりも高い値を示したため、地下水へへの深部流体の寄与が示唆された。

<sup>13</sup>C値は各々のサンプルで異なっていたため、地下水中の無機溶存炭素は地下水涵養時に供給されたものの他に、涵養後に混合した成分が含まれると考えられる。その寄与率は各々のサンプルで異なっていると考えられるため、pMC値の高低から地下水の年代を相対的に比較できない。<sup>3</sup>He/<sup>4</sup>He・<sup>4</sup>He/<sup>20</sup>Neの結果からは、地下水への深部流体の寄与があることが示唆されており、深部流体を起源とする<sup>14</sup>Cを含まない無機溶存炭素の影響があると考えられる。その寄与をpMC値から取り除くと、よりpMC値が高くなると考えられる。

一方、CFCs・<sup>3</sup>H濃度の低い地下水および温泉水は、CFCs・<sup>3</sup>Hを含む涵養年代の若い地下水と、CFCs・<sup>3</sup>Hを含まない涵養年代の古い地下水とが混合していると考えられる。従って、端成分となっている古い地下水のpMC値は、上述した深部流体起源の<sup>14</sup>Cを含まない無機溶存炭素の寄与を取り除いたpMC値よりも低い値を示すことが推察される。

上述したように温泉水では水源井の地下水よりも低い水素・酸素安定同位体比を示している。その要因として、現在よりも気候が寒冷であった時期に涵養された地下水であることが推測され、これは、温泉水が水源井の地下水よりも低いpMC値を示した結果とは矛盾しない。中ノ島のような島嶼において低い<sup>14</sup>C濃度を示す地下水が存在している要因としては、隠岐島前が大陸棚上に位置し、最終氷期には広範囲に形成されていた淡水地下水流動系が、その後の海進によっても塩水に置換されずに存在していることが考えられる。今後は、氷河性海水準変動の影響や、最終氷期における本土側の地下水流動系との関係についても着目しながら、長期間における地下水流動系の変化のプロセスについての理解を深めていく必要があると考えている。

### 引用文献

千葉とき子・金子信行・鹿野和彦(2000): 浦郷地域の地質。地域研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 74p.

## 大阪平野東部の浅層地下水に混入する高塩濃度成分に対する地下水年代指標同位体を用いた予察

### Preliminary results of groundwater age-related isotopic tracers for shallow groundwaters in the Eastern Osaka Basin

森川 徳敏<sup>1\*</sup>, 安原 正也<sup>1</sup>, 戸崎 裕貴<sup>1</sup>, 高橋 浩<sup>1</sup>, 三田村 宗樹<sup>2</sup>, 益田 晴恵<sup>2</sup>, 中村 俊夫<sup>3</sup>, 風早 康平<sup>1</sup>, 高橋 正明<sup>1</sup>, 稲村 明彦<sup>1</sup>, 仲間 純子<sup>1</sup>, 半田 宙子<sup>1</sup>

MORIKAWA, Noritoshi<sup>1\*</sup>, YASUHARA, Masaya<sup>1</sup>, TOSAKI, Yuki<sup>1</sup>, TAKAHASHI, Hiroshi<sup>1</sup>, MITAMURA, Muneki<sup>2</sup>, MASUDA, Harue<sup>2</sup>, NAKAMURA, Toshio<sup>3</sup>, KAZAHAYA, Kohei<sup>1</sup>, TAKAHASHI, Masaaki<sup>1</sup>, Akihiko Inamura<sup>1</sup>, Atsuko Nakama<sup>1</sup>, Hiroko Handa<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 産業技術総合研究所 地質情報研究部門, <sup>2</sup> 大阪市立大学大学院理学研究科, <sup>3</sup> 名古屋大学年代測定総合研究センター

<sup>1</sup>Geological Survey of Japan, AIST, <sup>2</sup>Dep. of Geosciences, Osaka City Univ., <sup>3</sup>Center for Chronological Research, Nagoya University

沿岸部平野地域の地下水には、過剰揚水による海水の侵入・粘土層からの高塩濃度(高Cl)成分の絞り出し、海進時の海水の進入などを原因としてCl濃度の高い地下水が存在する。一方、深度数百m以深の深層地下水においても高Cl濃度の鉱泉・温泉水などが各地に見られ、その起源に関する研究が進められている。高Cl濃度地下水の起源を探る一つの重要な情報として、地下水の年代があげられる。ただし、地下水は異なる起源・年代を持つものが混入している可能性が高く、得られた年代値は平均値と見なされ、それがどのような意味を持つのかを十分吟味する必要がある。特に、淡水と塩水が混合されている状況で塩水の起源が問題となる場合は、その混合時期或いは、塩水そのものの年代を知る必要がある。

大阪平野におけるこれまでの研究によって、大阪平野東部の淀川周辺部において1950年代よりCl濃度の高い(800mg/Lにおよぶ)地下水が発見されている(たとえば、鶴巻, 1967)。また、近年でも濃度は薄まりつつあるがその傾向は見られている(中屋ほか, 2009)。本発表では、この高塩濃度浅層地下水の起源を探るために、地下水・塩水の年代指標となるトリチウム、ヘリウム、放射性炭素(<sup>14</sup>C)、放射性塩素(<sup>36</sup>Cl)などの同位体を用いて塩水の年代、地下水の混合状況に関する情報を得ることを目的とする。

各種同位体の分析結果は以下のようなになった。浅層地下水の大半はヘリウム濃度、同位体比とも大気と平衡にある水に非常に近い値、つまり地下水の年代が非常に若いことを示している。いくつかの試料で行ったトリチウム分析の結果は、1試料を除くいずれの試料もトリチウムが検出(最大で3.4TU)されており、ヘリウム同位体の結果と矛盾するものではない。放射性炭素同位体の結果は様々な<sup>14</sup>C値を示しているが、ほぼDead Carbonに近い深層地下水と比較すると明らかに<sup>14</sup>C濃度が高い成分を含んでいる。放射性塩素同位体比(<sup>36</sup>Cl/Cl)の結果は、 $2.8 \sim 52.4 \times 10^{-15}$  (n=4)と幅広い結果となった。放射性塩素同位体分析を行った地下水のCl濃度は55~230mg/Lと低く、宇宙線起源<sup>36</sup>Clの影響が無視できないと思われる。しかし、現海水の<sup>36</sup>Cl/Clに近いものもある。一方、同地域の深層地下水の<sup>36</sup>Cl/Clは比較的高く、停滞性の非常に古い地下水の存在が示唆されている(森川ほか, 2011)。<sup>4</sup>He濃度と放射性塩素同位体の結果を合わせて考えると、浅層の高塩濃度成分の起源としては深層の塩水ではなく、比較的現代に近い海水が考えられる。

引用文献: 鶴巻(1967)地下水学会誌, 9, 11-23、中屋ほか(2009)地下水学会誌, 51, 15-41、森川ほか(2011)地球惑星連合大会 AHW23-22

キーワード: 地下水, 大阪平野, トリチウム, ヘリウム, 放射性炭素, 放射性塩素

Keywords: Groundwater, Osaka Basin, Tritium, Helium, Carbon 14, Chlorine 36

## 神奈川県に湧出する塩化物泉を対象とした火山性および非火山性温泉の比較検討 Comparison between volcanic and non-volcanic thermal waters using the chloride type thermal waters in Kanagawa Pref.

鈴木 秀和<sup>1\*</sup>, 板寺 一洋<sup>2</sup>, 菊川 城司<sup>2</sup>, 代田 寧<sup>2</sup>

SUZUKI, Hidekazu<sup>1\*</sup>, ITADERA, Kazuhiro<sup>2</sup>, KIKUGAWA, George<sup>2</sup>, Yasushi Daita<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 駒澤大・文・地理, <sup>2</sup> 神奈川県温泉地学研究所

<sup>1</sup>Dep. of Geography, Komazawa Univ., <sup>2</sup>HSRI, Kanagawa Pref.

神奈川県西部に位置する箱根火山には、高温の塩化物泉が湧出しており、Oki and Hirano (1970) によりマグマから放出される火山性熱水（スラブ起源流体）の代表的な例として、以前からその存在が広く知られている。また、近年になり大深度温泉の開発が進み、県東部の平野部や沿岸部でも、海水・化石海水を起源とする塩化物泉が広く認められるようになった（板寺ほか, 2011）。本研究では、隣接する地域に湧出するおもに Na-Cl 型の火山性および非火山性温泉を比較検討することにより、両者の地球化学特性を把握することを目的に考察を行った。なお、今回対象としたのは、塩化物イオン濃度が平野部では 1000mg/L、箱根火山では 600mg/L 以上の温泉である。

神奈川県内に湧出する大深度温泉は、 $\text{Cl}^-$  と  $\text{SO}_4^{2-}$  濃度の関係から 1) 海水、2) 化石海水、3) 天水起源に区分されている（板寺ほか, 2011）。水の同位体比についてみると、 $\delta^{18}\text{O}$ -ダイアグラムにおいて 1) はほぼ V-SMOW と天水との混合線上にプロットされるが、2) はその混合線より左（低  $^{18}\text{O}$ ）側に大きくシフトするもの（Type A）と、逆に右（高  $^{18}\text{O}$ ）側にシフトするもの（Type B）がみられた。Type A については、大部分が後期鮮新世～前期更新世の上総層群から湧出しており、Br/Cl 比が  $4.0 \times 10^{-3}$  と現海水（ $3.46 \times 10^{-3}$ ）よりも高く天然ガスが付随している。このような特徴は、南関東ガス田のガス付随水と類似しており（Maekawa et al., 2006）、海成堆積物中の間隙水を起源としていることが考えられる（Lawrence and Gieskes, 1981）。Type B については、上総層群より古い中新世の葉山層群およびその相当層から湧出しており、同位体比と  $\text{Cl}^-$  濃度の関係を示した図において、海水 - 天水混合線から大きく左側に外れてプロットされる。このような特徴（塩化物イオン濃度が低いにもかかわらず、同位体比が高い方へ大きくシフトする）は、新潟県や宮崎県に分布する大深度温泉でも確認されており（伊藤ほか, 2004; 大沢ほか, 2010）、海成堆積物の埋没続成過程においてスメクタイト層間から放出される水であることが指摘されている。

箱根火山において塩化物泉が湧出する地域は、中央火口丘の東麓の 1) 強羅温泉と、外輪山を深く開析した早川と早雲川に沿って分布する箱根湯本温泉の二つの地域である。両地域とも平野部の大深度温泉に比べ  $\text{Cl}^-$  濃度が低く、 $\delta^{18}\text{O}$ -ダイアグラムにおける天水線からのシフトの量もわずかであるが、Type 2 よりもさらに  $^{18}\text{O}$  が高い方向、Matsuo et al. (1985) による火山性熱水に向かいシフトしている。しかし、スラブ起源流体と海水起源の流体を区別するのに有効な Li/Cl についてみると、強羅温泉の大部分は  $0.5 \sim 1.0 \times 10^{-3}$  と高い値であったのに対し、箱根湯本温泉は  $0.25 \sim 0.1 \times 10^{-3}$  と海水（ $0.01 \sim 0.1 \times 10^{-3}$ ）により近い値を示していた。Br/Cl 比についても、強羅温泉で  $1.5 \sim 2.5 \times 10^{-3}$  と低い値であったのに対し、湯本温泉の大部分で  $3.0 \times 10^{-3}$  と海水に近い値であった。これは、前者が箱根火山の噴出物中から火山性熱水が湧出しているのに対し、後者が基盤岩である海成の早川凝灰角礫岩や湯ヶ島層群から湧出していることに対応した結果となっている。おそらく、両地域とも火山性蒸気の影響を受けているため、火山性熱水に向かい同位体的にシフトしていると考えられる。一方で、基盤岩である湯ヶ島層群や早川凝灰角礫岩から湧出する箱根湯本温泉では、地層中に含まれる海塩成分を起源としているため、スラブ由来の火山性熱水の影響をうける強羅温泉との間で、Li/Cl や Br/Cl 比などに違いがみられるものと推定される。

キーワード: 大深度温泉水, 箱根温泉, 間隙水, 続成流体, 火山性流体

Keywords: deep hot spring water, Hakone hot springs, interstitial water, diagenetic fluid, volcanic fluid

## 利根川下流域低地部に認められる高Cl濃度地下水の同位体的研究 An isotopic study on Cl-rich groundwater in the lower reaches of the Tone River, Japan

安原 正也<sup>1\*</sup>, 稲村明彦<sup>1</sup>, 森川 徳敏<sup>1</sup>, 戸崎 裕貴<sup>1</sup>, 高橋 浩<sup>1</sup>, 水野 清秀<sup>1</sup>

YASUHARA, Masaya<sup>1\*</sup>, Akihiko Inamura<sup>1</sup>, MORIKAWA, Noritoshi<sup>1</sup>, TOSAKI, Yuki<sup>1</sup>, TAKAHASHI, Hiroshi<sup>1</sup>, MIZUNO, Kiyohide<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 産業技術総合研究所

<sup>1</sup> Geological Survey of Japan, AIST

利根川下流域の低地部に賦存する高塩化物イオン (Cl) 濃度地下水について、その水と Cl の起源を明らかにするために、一般水質、酸素・水素同位体、 $^{13}\text{C}$ 、 $^{14}\text{C}$ 、 $^3\text{H}$ 、 $^{36}\text{Cl}/\text{Cl}$ 、 $^3\text{He}/^4\text{He}$  に基づく検討を行った。その結果、茨城県利根町から河内町にかけての利根川低地部の沖積層 (深度 30-40m 付近; 有楽町層もしくは七号地層相当層) 中に存在する高 Cl 濃度地下水 (768mg/L) について、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ること、また 2) Cl も同じ時期に起こった海進によってもたらされた海水を起源とすることが明らかとなった。一方、同じく利根川低地部において、沖積層より下位の層準の下総層群最下部から上総層群上部 (深度 80-150m) にかけて存在する高 Cl 濃度地下水 (62-173mg/L) については、1) 水は約 20,000 年前の最終氷期最寒冷期の天水中に起源があること、また 2) 含まれる Cl は、下総層群堆積時に地層中に取り残された海水中の Cl が、最寒冷期に活発化した地下水流動によってこれらのより下位の層準にもたらされたものと推定された。対照的に、周辺の洪積台地部 (千葉県八千代市、成田市、神崎町、茨城県稲敷市) の下総層群下部から上総層群上部の地下水 (Cl 濃度; 5mg/L 程度) の  $^{14}\text{C}$  年代は約 1,000 年-7,000 年前と新しく、また Cl も現在もしくはより新しい時代の天水中の Cl を主な起源とすることがわかった。すなわち、洪積台地部で卓越する早い循環速度を有する地下水流動系からは孤立する形で、滞留時間がより長かつ高い Cl 濃度を有する地下水が利根川下流域の低地部にスポット状に取り残されているという水文地質構造が明らかとなった。

キーワード: 関東平野, 高 Cl 濃度地下水, 水質, マルチアイソトープ手法, 滞留時間, 水と Cl の起源

Keywords: Kanto plain, Cl-rich groundwater, water chemistry, multi-isotope study, residence time, origins of water and Cl