

AHW023-01

会場:102

時間:5月25日 08:30-08:55

硝酸性窒素汚染における安定同位体の利用 - これまでの研究の流れと今後への課題 Application of stable isotopes to nitrate contaminated groundwater. Review and prospect

田瀬 則雄^{1*}

Norio Tase^{1*}

¹ 筑波大学大学院生命環境科学研究科

¹University of Tsukuba

硝酸性窒素による水体の汚染、とくに地下水の汚染は、汚染原因、汚染プロセス、(自然)浄化プロセス(脱窒)等については、研究成果が蓄積されてきた。しかし、汚染防止や浄化などの対策については、科学的な知見とともに社会経済的な要件とも密接に関係し、依然として大きな課題となっている。

これまで原因・汚染源(化学肥料、有機肥料、家畜排せつ物、生活排水など)、汚染プロセス、自然浄化プロセスなどの研究においては、汚染源の同定や脱窒評価などに窒素の安定同位体が威力を発揮してきたが、窒素濃度と安定同位体比だけでは最終的な判断にまで至れないケースも多々あることも指摘されている。

本発表では、我が国でもほぼ20年となる窒素安定同位体の適用事例、とくに、筆者が関係してきた群馬県沼田段丘、長野県菅平高原、沖縄県宮古島、埼玉県金子台、栃木県那須野原、岐阜県各務ヶ原、香川県寒川町、茨城県筑波台地などでの解析例を振り返りながら、他のトレーサー(酸素・硫黄・炭素安定同位体や水質 - 塩化物イオン、硫酸イオン、炭酸水素イオン、ウロピリン-)との関係、そして併用などによる情報の補完について概観し、できれば今後の展望について話題を提供したい。

AHW023-02

会場:102

時間:5月25日 08:55-09:20

琵琶湖流入河川のNO₃-流出源の空間分布とメカニズムの把握: 安定同位体比を用いた総観的調査

Nitrate sources and processes of rivers in the Lake Biwa watershed: Synoptic surveys using nitrogen and oxygen isotopes

大手 信人^{1*}, 尾坂 兼一², 陀安一郎³, 徳地 直子⁴, 米田聡美⁵

Nobuhito Ohte^{1*}, Ken'ichi Osaka², Ichiro Tayasu³, Naoko Tokuchi⁴, Satomi Yoneda⁵

¹ 東京大学大学院農学生命科学研究科, ² 滋賀県立大学環境科学部, ³ 京都大学生態学研究センター, ⁴ 京都大学フィールド科学教育研究センター, ⁵ 京都大学大学院農学研究科

¹School of Agr. & Life Sci., Univ. Tokyo, ²Dep. Ecosystems, Shiga Prefec. Univ., ³CER, Kyoto University, ⁴FSERC, Kyoto University, ⁵Grad. School of Agr. Kyoto Univ.

In order to clarify the pathways and origins of dissolved nitrate (NO₃-) in rivers flowing into Lake Biwa, Japan, three types of scale-coordinated surveys of concentrations and isotope compositions of NO₃- were conducted: (1) synoptic river sampling of 32 representative inflow rivers, (2) two rivers in catchments with different land uses, and (3) intensive samplings in a headwater catchment. The d15N-NO₃ was significantly positively correlated with the population density of each catchment. A mass balance model assuming the d15N-NO₃ and the flow rate of sewage effluent was developed. The model simulated the relationship between the population density and the d15N-NO₃ reasonably well, suggesting that the dominant source contributing to the increase in d15N-NO₃ was the sewage effluent. The spatiotemporal distribution of d18O-NO₃ of rivers, especially in the headwater streams, suggested the possibility of the addition of atmospherically derived NO₃- through precipitation and snow, although the d18O-NO₃ in soil system of forests in the headwater catchment showed the high nitrification potential and replacement of atmospheric NO₃- by the microbially produced NO₃-. In general, the d18O of NO₃- in rainwater is remarkably higher than that produced by nitrifying bacteria in soils. Accordingly, the d18O-NO₃ can often be used as an index of the impact of the atmospherically derived NO₃-. While soil waters in <20cm depth had a strong signal of the atmospheric NO₃-, the d18O-NO₃ in soil water decreased in the deeper soil horizons, indicating that the dominant source of NO₃- in this soil profile was nitrification. The net nitrate production of this soil profile was about 18 kg-N/ha/year, and deposited nitrate was about 6 kg-N/ha/year. Assuming that the annual mean d18O of deposited NO₃- was 60 permil, and the mean value of bacterially produced nitrate in soil was about 0 permil, the average value for soil NO₃- pool could be ~15 permil. However, the observed d18O of the soil and groundwater was 0 to 6 permil and remarkably smaller than the above estimation based on annual mass balance. This suggests that the gross nitrification was sufficiently higher than net nitrification rate, and the major portion of NO₃- produced in soil was reused by microbes. In forest-dominated catchments with natural drainage systems, a slightly elevated d18O-NO₃ signal remained in the stream water even during base flow conditions. This study demonstrated that multi-scale, multi-isotopic investigation is a promising strategy for describing the spatial distribution of NO₃- sources synoptically and is useful for evaluating the influences of land use change. The data set used in this paper is the first comprehensive collection of isotopic composition of NO₃- in rivers of a large-scale basin in Asia.

キーワード: 硝酸, 安定同位体比, 河川, 琵琶湖, 森林生態系

Keywords: nitrate, stable isotope, river, Lake Biwa, Forest ecosystem

AHW023-03

会場:102

時間:5月25日 09:20-09:45

炭素・窒素安定同位体比による多様な水域生態系の環境解析 Environmental analysis of various aquatic ecosystems by using ^{13}C and ^{15}N natural abundances

高津 文人^{1*}, 今井 章雄¹

Ayato Kohzu^{1*}, Akio Imai¹

¹ 独) 国立環境研究所 水圏環境研究領域

¹Nat. Inst. Envir. Stud.

Natural abundance measurement techniques of stable isotopes have been utilized as an important analytical tool to study material cyclings in biogeochemical research. Nowadays, this technique has become a general research tool for ecological and environmental research fields. Because the natural abundance of stable isotopes change corresponding to the basic processes (i.e. mixing, kinetic reaction, chemical equilibrium) that control material flows, we could conduct the following three kinds of research from the isotopic analysis of the inorganic to organic materials:

- 1) The analysis of the kind of the potential sources and their contribution
- 2) The analysis of the rate limiting reaction and the factors that control the reaction
- 3) The verification on whether the status are in chemical equilibrium or not

Especially, in the environmental research field, the primary way in application of stable isotope techniques continued to be for the analysis of the potential sources and their contribution. For example, food source analysis was general done by the measurement of the isotopic composition (^{13}C , ^{15}N , ^{34}S) at the individual level of some organisms, while the food web structure could be analyzed at the community level. As for the analysis of nitrate isotopic composition (^{15}N , ^{18}O), the origin of nitrate could be revealed.

In my presentation, I would like to show you how powerful the isotope analysis is as a tool by reviewing my field isotope data in various aquatic ecosystems. The following five case studies will be introduced: 1) The diversity in N nutrition among wetland plants in Midorogaike, Kyoto, 2) The difference in food web structure between lotic and lentic ecosystems revealed by comparison between an oxbow lake and a main stream in the Shibetsu Basin, Hokkaido, 3) The food webs fueled by methane derived carbon in the Horonai river, Hokkaido, 4) The relationships between watershed characteristics and ^{15}N abundance in stream nitrate and various organic materials in Shiga, 5) The quantitative estimation of irrigation drainage by running a four source mixing model in Ibaraki.

Isotope mixing models analyzing the kind of potential sources and their contribution can be useful to examine whether river ecosystems are supported by material loading from its watershed or by regenerated compounds within river ecosystems. Because the ^{15}N natural abundance in organic and inorganic materials was roughly explained by the isotope mixing models based on the watershed land use patterns, Japanese river ecosystems are likely to be supported by the material loading from the watershed in terms of N cycling.

キーワード: 同位体混合モデル, 窒素負荷, メタン食物網, 湿原, 河跡湖

Keywords: isotope mixing model, nitrogen loading, methane food web, wetland, oxbow lake

AHW023-04

会場:102

時間:5月25日 09:45-10:00

ネパール・カトマンズ盆地の都市における地下水涵養と窒素汚染 Groundwater recharge and nitrogen contamination in urban area of the Kathmandu Valley, Nepal

中村 高志^{1*}, 尾坂 兼一³, Chapagain Saroj Kumar², 西田 継¹, 風間 ふたば¹
Takashi Nakamura^{1*}, Ken'ichi Osaka³, Saroj Kumar Chapagain², Kei Nishida¹, Futaba Kazama¹

¹ 山梨大学・院・国際流域環境研究センター, ²CREEW, Nepal, ³ 滋賀県立大学

¹ICRE, Univ. of Yamanashi, ²CREEW, Nepal, ³University of Shiga Prefecture

Groundwater is an important water resource in Kathmandu valley, Nepal. It shares about 50% of the total water supply in the valley. In recent years, there has been a marked expansion in water demand due to population and industrial growth. It has led to heavy consequences on the groundwater levels and well yields, which are being declined (JICA, 1990). And the nitrate has recognized as a major pollutants in shallow groundwater. The objective of this study is to identify the nitrate contaminations under the shallow groundwater hydrology of Kathmandu Valley, Nepal.

The 35 shallow groundwater samples were collected public and domestic wells (depth of well are 5-20m). The nitrate-nitrogen and oxygen isotopes were determined by denitrifer method for the pre-treatment and analyzed using mass spectrometry (Sercon, Cryoprep and Hydra 20-20). And the water-oxygen and hydrogen isotope were analyzed by water equilibration system (Sercon, WES and Hydra 20-20).

The water-oxygen and hydrogen isotope values are suggested that annual rain water could be the primary source of shallow groundwater recharge rather than river water. The nitrate-nitrogen and oxygen isotope values suggested that human waste is the major source of nitrate contaminations in shallow groundwater. Furthermore, the existence of a clear slope between the nitrate nitrogen and oxygen isotope values indicated the occurrence of denitrification process in the shallow groundwater.

Reference:

JICA (Japan International Cooperation Agency): Groundwater management project in the Kathmandu Valley, Final Report to Nepal water supply cooperation, 1990.

キーワード: 硝酸イオンの酸素・窒素安定同位体比, 水の水素・酸素安定同位体比, 浅層地下水, 窒素汚染, カトマンズ盆地
Keywords: nitrate-oxygen and nitrogen isotope, water-hydrogen and oxygen isotope, shallow groundwater, nitrate contamination, Kathmandu valley

AHW023-05

会場:102

時間:5月25日 10:00-10:15

カトマンズ盆地における地下水中の脱窒と亜酸化窒素生成・消費過程 Denitrification and nitrous oxide production and consumption processes in a groundwater at Kathmandu Valley

尾坂 兼一^{1*}, 中村 高志², Saroj, K. Chapagain³, 柏原千里⁴, 西田 継², 木庭 啓介⁴, 楊 宗興⁴, 風間 ふたば²
Ken'ichi Osaka^{1*}, Takashi Nakamura², Saroj, K. Chapagain³, Chisato Kashiwabara⁴, Kei Nishida², Keisuke Koba⁴, Muneoki Yoh⁴, Futaba Kazama²

¹ 滋賀県立大学, ² 山梨大学 国際流域環境研究センター, ³ Center of Research for Environment Ener., ⁴ 東京農工大学
¹ University of Shiga Prefecture, ² ICRE, University of Yamanashi, ³ Center of Research for Environment Ener., ⁴ Tokyo University of Agriculture and Tec.

We investigated denitrification and its influence on nitrous oxide production and consumption processes by measuring nitrogen and oxygen isotopes ratio of dissolved nitrous oxide and nitrate, dissolved nitrous oxide concentration and other chemicals in the groundwater at Kathmandu Valley, Nepal. Nitrous oxide productions in a groundwater contaminated by nitrogen compounds were often investigated in the agricultural land. However, there are a few studies about that in urban groundwater. Nitrous oxide productions in the urban groundwater may be important as a nitrous oxide emission pathway in the case that groundwater is used as daily life water and heavily extracted.

Groundwater samples were collected from 36 shallow tube wells and dug wells (2.8-21 m) in Aug. 2009 and Aug. 2010. We collected the samples in a glass vials at plastic bucket filled with the groundwater to prevent gas exchange between groundwater and air. mercury chloride was injected to sample to decrease microbe activity in the sample. Nitrogen and oxygen isotopes of nitrous oxide and nitrate data and dissolved molecular nitrogen data showed nitrous oxide in the groundwater at Kathmandu valley was produced by denitrification or denitrification and nitrification. Moreover, dissolved molecular nitrogen data showed nitrous oxide was strongly reduced to molecular nitrogen by denitrification. Nitrous oxide production, consumption and consequent nitrous oxide concentration was considered to be mainly regulated by nitrate pool size. As the one of this reason, denitrification can easily occur in the groundwater at Kathmandu valley because of high dissolved organic carbon and low dissolved oxygen concentrations.

キーワード: 脱窒, 亜酸化窒素, 地下水, ネパール, 同位体
Keywords: denitrification, nitrous oxide, groundwater, Nepal, isotope

AHW023-06

会場:102

時間:5月25日 10:15-10:30

カトマンズ盆地の地下水における指標細菌の出現と水文学的要因の影響 Analysis of indicator bacteria presence affected by hydrologic factors in groundwater of Kathmandu Valley, Nepal

西田 継^{1*}, 中村高志¹, 尾坂兼一², 原本英司¹, 田中靖浩³

Kei Nishida^{1*}, NAKAMURA Takashi¹, OSAKA Ken'ichi², HARAMOTO Eiji¹, TANAKA Yasuhiro³

¹ 山梨大学国際流域環境研究センター, ² 滋賀県立大学, ³ 山梨大学大学院医学工学総合研究部

¹ICRE, The Univ. of Yamanashi, ²The Univ. of Shiga Prefecture, ³The Univ. of Yamanashi

ネパールの首都カトマンズでは、過去 60 年間で 6 倍に達する急激な人口増加に伴い、水需要の半分以上が地下水に依存する一方で、深刻な地下水水質の悪化が進行している。微生物汚染が慢性的な水系感染を引き起こしているという報告があるにもかかわらず、盆地中心部では水中微生物に関する定性および定量的なデータが依然として不足している。本研究では、(1) 井戸水中の糞便汚染指標細菌の出現状況と発生源を特定すること、(2) 微生物構造解析により新たな水質安全性の評価・管理手法を提案することを目指した。地下水試料は、深井戸（掘抜き井戸）12 地点、浅井戸（丸井戸および掘抜き井戸）36 地点を 2008 年乾季、2009 年乾季、2010 年乾季および雨季に採取した。河川水の地下水への浸透影響を見るため、河川水と雨水もおおよそ月 1 回の頻度で採取した。大腸菌濃度は河川で極めて高く、ほとんどの浅井戸からも検出されたが、どちらの種類の井戸も近傍河川との間に水質化学的な類似性を示すことはなかった。河川水および丸井戸に対する安定同位体比測定の結果は、硝酸が下水由来である可能性が高いことを示していた。今回の調査から、丸井戸は掘抜き井戸に比べて微生物学的汚染に脆弱であり、かつ、井戸近傍での汚染の影響が大きいと推測できた。さらに、細菌群の遺伝子解析を行い、深井戸から腸内細菌、多剤耐性菌等の健康影響関連微生物のほか、メタン・鉄酸化細菌等の生物地球化学反応に関係する微生物群を検出することができた。以上より、カトマンズ盆地地下水の汚染機構の理解と水質管理に有用な知見を得た。

キーワード: 地下水, ネパール・カトマンズ, 指標細菌, 安定同位体比, 水文学的要因, 大腸菌

Keywords: groundwater, Kathmandu, Nepal, indicator bacteria, stable isotope ratio, hydrologic factor, *Escherichia coli*

AHW023-07

会場:102

時間:5月25日 10:45-11:00

硝酸態窒素・三酸素同位体組成を指標に用いたボリビア熱帯氷河流域における窒素循環解析

Geochemical studies on nitrate in the basin of La Paz city, Bolivia, using ^{15}N , ^{17}O and ^{18}O

中川 書子^{1*}, 小松 大祐¹, 角皆 潤¹, 梅田 信²

Fumiko Nakagawa^{1*}, Daisuke Komatsu¹, Urumu Tsunogai¹, Makoto Umeda²

¹北海道大学大学院理学研究院, ²東北大学大学院工学研究科

¹Fac. Sci., Hokkaido Univ., ²Grad. Sch. Eng., Tohoku Univ.

アンデス高山域の盆地(アルティプラノ)に位置するボリビアの首都ラパスは、年間降水量が500mm/yr程度の半乾燥地域であるため、水資源の多くを氷河の融解水に依存している。本研究では、首都ラパスの主要な水源の一つであるトゥニ貯水池およびその流域の水源を評価する一環として、硝酸態窒素の起源推定や動態解析に有用なトレーサーである溶存硝酸の窒素および三酸素同位体組成を定量し、調査流域における窒素の起源や窒素循環の解析を試みた。

1回目の調査は、乾期である2010年9月に行った。氷河からの融解水の水質およびそれを起源とする表流水の流下過程における水質の変化を評価するために、氷河の末端部より融解してきた水およびその表流水を上流から下流(トゥニ貯水池への流入地点)までの複数地点において水試料の採取を行った。また、トゥニ貯水池の水試料の採取も行った。2回目の調査は、雨期である2011年3月に行う予定である。

採取した水試料は、直ちに0.2マイクロメートルのフィルターでろ過し、分析するまで冷蔵保存した。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)にて定量を行った。

氷河の融解水中の硝酸の三酸素同位体異常値は+4.1‰と、一般的な降水(降雪)中の硝酸の三酸素同位体異常値(+17~+35‰)に比べて低い値であった。これは、氷河の末端部に含まれる硝酸の1-2割が大気由来の硝酸であり、残りの8-9割は再生硝酸であることを示している。最近、北極圏の積雪中で微生物による窒素化合物の反応が盛んに行われていることが報告されており(Amoroso et al. 2010)、氷河の中でも微生物等により窒素が循環していることが考えられた。また、表流水については、3つの流域の間で硝酸の濃度および同位体組成に系統的な違いが見られ、流域の地形や植生等の違いによって窒素循環が変わってくるものが考えられた。

キーワード: 窒素循環, 三酸素同位体組成, 窒素同位体組成, 硝酸, 氷河融解水, ボリビア

Keywords: nitrogen cycle, triple oxygen isotopic compositions, nitrogen isotopic composition, nitrate, Glacial melt water, Bolivia

AHW023-08

会場:102

時間:5月25日 11:00-11:15

湖沼における pH と栄養塩の関係性の考察 ~ 世界の大河の物質循環への応用を目指して ~

The relationship between nutrients and pH in lakes as an implication for biogeochemical cycles in continental rivers.

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

Takuya Manaka^{1*}, Hiroyuki Ushie¹, Daisuke Araoka¹, Akihiko Inamura², Atsushi Suzuki², hodaka kawahata¹

¹ 東京大学大気海洋研究所, ² 産業技術総合研究所地質情報研究部門

¹The University of Tokyo, ²Geological Survey of Japan

地球的規模の物質環境において河川は重要な役割を演じているものの、陸水域において栄養塩が生物活動を通じて炭素循環にもたらす影響についての知見はいまだ十分とは言えない。一方、日本の河川は急流で滞留時間が短いことから生物活動の影響が卓越せず、これらの解析に必ずしも最適ではないと考えられる。そこで本研究では、滞留時間が大きい湖沼に着目することにより、両者の関係について一般的な結論に達することができた。

我が国における湖の多くは富栄養湖に分類される。本研究では、その代表例として霞ヶ浦、手賀沼、印旛沼の3湖沼の炭酸系指標を分析した。このような湖では栄養塩とCO₂が消費する光合成によってpHの顕著な上昇が起こり、湖がCO₂のシンクとして機能するとともに、流域から供給される栄養塩を除去する働きを持っていることが明らかとなった。

一方、一般にアルカリ性を呈するこれらの湖と対照的な湖の例として、湖水が酸性を呈する猪苗代湖でも、流入河川を含めた炭素・栄養塩循環の解析を行った。猪苗代湖では火山起源の酸性河川の流入によるpHの低下に加え、この河川から供給される高濃度の鉄イオンが湖水との混合時に沈殿する際にリンを共沈させ、湖水中の生物生産を抑制することで、二重の意味でpHが低く維持されていた。現在、酸性河川の酸性成分の減少に伴う湖水の中性化が確認されているが、今後の動向によっては、リン酸の共沈作用が低下し、これがpHの上昇をさらに促進する可能性があることが明らかとなった。

世界の大河においても、栄養塩が生物活動を通じて炭素循環にも影響を及ぼしている可能性がある。

キーワード: 栄養塩, pH, 湖, 河川, 陸水学, 物質循環

Keywords: nutrient, pH, lake, river, limnology, biogeochemical cycle

AHW023-09

会場:102

時間:5月25日 11:15-11:30

異なった岩石種から採取した湧水の化学的特性と炭素循環 Chemical properties of spring water from different lithology and the related carbon cycle

東賢吾^{1*}, 牛江裕行¹, 稲村明彦², 鈴木淳², 川幡穂高¹

Kengo Higashi^{1*}, Hiroyuki Ushie¹, Akihiko Inamura², Atsushi Suzuki², hodaka kawahata¹

¹ 東京大学 大気海洋研究所, ² 産業技術総合研究所 地質情報研究部門

¹AORI, Univ. of Tokyo, ²GSI, AIST

The earth's surface environment is determined by the interaction of the atmosphere, the ocean and the land. The river plays an important role on controlling ocean chemistry by chemical weathering. The transportation of dissolved material and particles chemical by the river is one of essential components to the ocean chemistry through the geological time scale. The research field in this study is Fukushima Prefecture, Ibaraki Prefecture, and Shizuoka Prefecture. According to surface geological map, I got spring water samples from the catchment of several lithologies, andesite, basalt, granite, granodiorite, gabbro, mafic metamorphic rock, limestone, and the sedimentary rock. 25 samples were collected. This water quality characteristic of 25 samples could be divided into three groups: Ca-HCO₃ type, Na-HCO₃ type, and Ca-(SO₄+NO₃) type. The alkalinity in ground water is an index that shows the level of the progress of chemical weathering. High alkalinity provides a good proxy for the degree of the reaction with more minerals. The alkalinity was associated with high concentration of calcium ion.

AHW023-10

会場:102

時間:5月25日 11:30-11:45

Soil organic carbon redistribution in Japanese cypress (Hinoki) using radionuclides Soil organic carbon redistribution in Japanese cypress (Hinoki) using radionuclides

Teramage Mengistu^{1*}, Yuichi Onda¹, Hiroaka KATO¹, Yoshifumi Wakiyama¹
Teramage Mengistu^{1*}, Yuichi Onda¹, Hiroaka KATO¹, Yoshifumi Wakiyama¹

¹University of Tsukuba

¹University of Tsukuba

The forest cover of Japan (68%) is ranked among the highest of all nations, and its plantations, among the largest, are composed mainly of conifers (41%) dominated by hinoki and sugi tree species located in steep mountainous area. Given the huge carbon stores in this considerable land cover and the significance of the forest soil as a path in global carbon networks, understanding soil organic carbon (SOC) flux in forested areas is essential. We evaluated the potential of $\{^{210}\text{Pb}_{ex}\}$ and $\{^{137}\text{Cs}\}$ to assess SOC and soil erosion in hillslope forested area. Consequently, findings demonstrated a strong correlation between SOC and both radionuclides. But $\{^{210}\text{Pb}_{ex}\}$ showed a superior relation due to its chemical advantage to the cation exchanging site of the soil fabric. Using DM model, net soil and SOC loss of 0.7 ± 0.8 (SOC loss: 0.13 ± 0.16) and 1 ± 0.4 (SOC loss: 0.2 ± 0.08) $\text{t ha}^{-1}\text{y}^{-1}$ have been estimated based on $\{^{137}\text{Cs}\}$ and $\{^{210}\text{Pb}_{ex}\}$, respectively. In conclusion, due to strong relationship with SOC, natural and continuous fallout nature and the presence of considerable concentration in the litter, $\{^{210}\text{Pb}_{ex}\}$ could be an alternative independent tracer to study SOC redistribution rate in forested hillslope starting from the very beginning of litter fall than $\{^{137}\text{Cs}\}$. This study contributes to efforts in developing a model to quantify water induced soil and SOC redistribution using $\{^{210}\text{Pb}_{ex}\}$ in forested area as a part of endeavor to credit and mitigate carbon-induced climate tribulations.

キーワード: Soil, SOC, radionuclide, redistribution, $\{^{137}\text{Cs}\}$, $\{^{210}\text{Pb}_{ex}\}$

Keywords: Soil, SOC, radionuclide, redistribution, $\{^{137}\text{Cs}\}$, $\{^{210}\text{Pb}_{ex}\}$

AHW023-11

会場:102

時間:5月25日 11:45-12:00

日本の都市域周辺の大気SF₆濃度分布とSF₆年代推定に与える影響について Spatial distribution of atmospheric SF₆ mixing ratios in Japan: Implications for ground-water dating

浅井 和由^{1*}, 安原 正也², 林 武司³, 辻村 真貴⁴, 浅井 和見¹
Kazuyoshi Asai^{1*}, Masaya Yasuhara², Takeshi Hayashi³, Maki Tsujimura⁴, Kazumi Asai¹

¹ 株式会社地球科学研究所, ² 産業技術総合研究所, ³ 秋田大学, ⁴ 筑波大学

¹Geo Science Laboratory Inc., ²Advanced Industrial Science and Technolo, ³University of Akita, ⁴University of Tsukuba

近年、CFCs (クロロフルオロカーボン類) やSF₆ (六フッ化硫黄) などの不活性ガスが、若い地下水の年代トレーサーとして利用されつつある。その中でもSF₆は、理論的に過去40年に涵養された地下水に対して年単位の詳細な年代推定が可能であり (Busenberg and Plummer, 2000) 循環速度の早い日本の地下水の年代推定に適していると思われる。一方、SF₆による年代推定は、岩石や工業活動に由来するSF₆付加される場合は解釈が難しくなり、特に都市域周辺での大気SF₆濃度の上昇は年代推定の精度に影響を与えることが指摘されている (Santella et al, 2008)。日本は世界有数のSF₆の生産・排出国であり、都市域周辺の大気濃度は高くなっていると予想されるため、インプットである大気濃度の空間的な分布を把握することは重要である。またSF₆は京都議定書に温室効果ガスの1つに指定されており、世界有数のSF₆生産・排出国の責務として、大気濃度を監視することは重要であると思われる。しかし、国内での大気SF₆濃度の実測例は非常に少なく、その分布特性は良くわかっていない。本研究では、日本国内の大気SF₆濃度の空間的な分布を把握することを目的として、新しく開発した簡便な大気の採取法を用いて、名古屋や東京などの都市域を中心に大気の採取・分析を実施した。発表では、都市域周辺の濃度分布特性や年代推定への影響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: 六フッ化硫黄, 大気濃度, 都市域, 日本, 地下水年代

Keywords: Sulfur hexafluoride, atmospheric mixing ratio, urban area, Japan, groundwater age

隠岐島前中ノ島の地下水中のHeおよび非人為起源六フッ化硫黄の供給源に関する検討

Study on the origin of He and non-anthropogenic sulfur hexafluoride in groundwater in the Nakano-shima Island, Oki Dozen

草野 由貴子^{1*}, 徳永朋祥¹, 浅井和見², 浅井和由², 森川徳敏³, 安原正也³

Yukiko Kusano^{1*}, Tomochika Tokunaga¹, Kazumi Asai², Kazuyoshi Asai², Noritoshi Morikawa³, Masaya Yasuhara³

¹ 東京大学, ² 株式会社地球科学研究所, ³ 産業技術総合研究所

¹the University of Tokyo, ²Geo-Science Laboratory Co. Ltd., ³AIST

1. はじめに

六フッ化硫黄 (SF_6) は 1950 年代に工業的に生成された不活性ガスであり、年代の若い地下水の年代推定のトレーサーとして用いられている。また SF_6 は珪長質岩石中にも含まれることが知られており、地殻深部を通過した流体中にも SF_6 が含まれている可能性が指摘されている (Busenberg and Plummer, 2000)。筆者らの研究においても、隠岐島前中ノ島の地下水への自然起源の SF_6 の付加が示唆された。本研究では、この付加された SF_6 の起源について、地下水および溶解 He の起源と併せて考察していく。

2. 研究手法

地下水・湧水・表流水の採水を 2009 年 6 月・2010 年 2 月および 9 月に行った。地下水は 12 か所の水道水源井、および 1 か所の温泉井から採水した。全ての水試料は主要溶存成分 (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , HCO_3^- , SO_4^{2-} , NO_3^-)・CFCs・ ^3H ・ SF_6 濃度および水素・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から採水した水試料の He 同位体比を分析した。

3. 結果と考察

3-1. CFCs・ ^3H ・ SF_6 濃度

採水深度が深いほど地下水中の溶存成分は増加し、CFCs・ ^3H 濃度は減少する傾向にあったため、深部の地下水ほど年代が古い傾向にあることが示唆された。水道水源井 W4・W7 から採取した試料はとくに低い CFCs・ ^3H 濃度を示した。一方で W4・W7 の SF_6 濃度は、現代の大気と溶解平衡であるため池より採取した水の SF_6 濃度よりはるかに高かった。これらの CFCs 濃度は低いことから、自然起源 SF_6 が地下水中に付加されたと推定される。なお温泉水の CFCs・ SF_6 濃度は低く、 SF_6 は殆ど含まれていなかった。

3-2. 水素・酸素安定同位体比

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た。温泉水・W7 の水素・酸素同位体比は他の地下水の値よりも低い。

3-3. ヘリウム同位体比

$^3\text{He}/^4\text{He}$ の分析は、 SF_6 の濃度がとくに高かった W4・W7、 SF_6 濃度が低かった二つの水源井および温泉水から採取した試料について行った。温泉水・W7 の $^3\text{He}/^4\text{He}$ は大気よりも高い値を示したため、温泉水・W7 の地下水中にはマントル起源の ^3He が含まれていることが示唆された。

3-4. 地下水および溶存ガスの起源に関する考察

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たため、これらの地下水は天水を主な起源としていると考えられる。温泉水・W7 の $^3\text{He}/^4\text{He}$ は大気よりも高いため、マントル起源の ^3He が付加されたと考えられる。マグマ水の同位体比は D 値で $-80 \sim -50 \text{‰}$ 、 ^{18}O 値で $+6 \sim +10 \text{‰}$ と推定されており (ヘフス, 2007)、中ノ島の地下水の同位体比と大きく異なる。従って、地下水中にはマントル起源のガスのみが付加されたか、マントル起源の水が付加されていてもその寄与率は低いと考えられる。温泉水には SF_6 が殆ど含まれず $^3\text{He}/^4\text{He}$ が大気より高い値を示し、W4 では SF_6 濃度が高く $^3\text{He}/^4\text{He}$ は大気に近い値を示した。この結果から、W4・W7 の地下水中に付加された SF_6 はマントル起源であるとは考えにくい。

4. まとめ

水素・酸素安定同位体比の結果から、中ノ島の地下水は主に天水を起源としていると考えられた。 $^3\text{He}/^4\text{He}$ から温泉水・W7にはマントル起源の ^3He が付加されたことが明らかになった。しかし温泉水に SF_6 は殆ど含まれず、 $^3\text{He}/^4\text{He}$ の低いW4には高濃度の SF_6 が含まれていたことから、W4・W7に付加された SF_6 がマントル起源であるとは考えにくい。 SF_6 の起源に関しては、岩石中の SF_6 の分析などによってさらに検討していく必要がある。

引用文献

Busenberg, E. and Plummer, L.N. (2000): Dating of young groundwater with sulfur hexafluoride -Natural and anthropogenic sources of sulfur hexafluoride-. *Water Resources Research*, 36, 3011-3030.

J. ヘフス, 著, 和田秀樹・服部陽子共訳 (2007): 同位体地球科学の基礎. シュプリンガー・ジャパン, p383.

AHW023-13

会場:102

時間:5月25日 12:15-12:30

トリチウム・SF₆ (六フッ化硫黄) によるアンコール遺跡周辺の地下水の滞留時間推定

Using tritium (3H) and sulfur hexafluoride (SF₆) to estimate groundwater residence times around the Angkor's ruins

徳永 朋祥^{2*}, 茂木 勝郎², 浅井 和由¹
Tomochika Tokunaga^{2*}, Katsuro Mogi², Kazuyoshi Asai¹

¹ 株式会社地球科学研究所, ² 東京大学
¹Geo Science Laboratory Inc., ²University of Tokyo

カンボジア王国のアンコールワット遺跡周辺では、観光客の増加にともなう都市開発によって水需要が急増している。水源の多くを地下水に頼っているため、揚水量の増加による地下水位の低下や水質の悪化、地盤沈下などが懸念されており、地下水の現状把握の重要性が指摘されている。本研究では、トリチウム(3H)と六フッ化硫黄(SF₆)の2つの年代トレーサーを利用して地下水の滞留時間を推定し、地下水の流動状況について検討した。地下水の採水は、2009年4月(乾季)・2009年9月(雨季)・2010年4月(乾季)の3回にわたって、北部の遺跡周辺から南部のトンレサップ湖にかけての浅井戸で実施した。地下水のトリチウム濃度は0~2.1TUの範囲で、遺跡周辺(北部)で高く、トンレサップ湖周辺(南部)で低い特徴を示した。この結果は北部と南部では地下水の混合状況や滞留時間が異なっていること、そして南部の方が地下水の滞留時間が長いことを示している。SF₆年代(みかけ滞留時間)は遺跡周辺で20年以内、トンレサップ湖周辺で20年~40年であり、トリチウムと同様に南部で長い結果となった。このような滞留時間の空間的な分布は、地下水面の分布図とも整合的である。しかし、地下水の水質に着目すると、北部と南部では明らかに異なる水質型を有していることから、遺跡周辺の地下水はトンレサップ湖周辺の地下水とは異なる地下水流動系であるのかもしれない。

キーワード: トリチウム, 六フッ化硫黄, 地下水年代, アンコール遺跡
Keywords: Tritium, Sulfur hexafluoride, Groundwater age, Angkor's ruins

AHW023-14

会場:102

時間:5月25日 12:30-12:45

筑波山体における CFCs による湧水・地下水の滞留時間の推定とモデル化 Age dating of spring and groundwater and its modeling in Mt. Tsukuba, central Japan

辻村 真貴^{1*}, 松本 卓大¹, 池田 浩一¹, 浅井 和由²

Maki Tsujimura^{1*}, Takahiro Matsumoto¹, Koichi Ikeda¹, Kazuyoshi Asai²

¹ 筑波大学大学院生命環境科学研究科, ² 株式会社 地球科学研究所

¹Life Environ. Sci., Univ. Tsukuba, ²Geo Science Laboratory

地下水資源の利用や開発を行う上で、地下水流動系の把握は重要課題である。しかし山体全体においては、山体内部の透水性分布やポテンシャル分布を得ることが困難であるため、その地下水流動系を明らかにした例は少ない。しかし、トレーサーから地下水の滞留時間や涵養標高などの定量的なデータが得られれば、数値シミュレーションと合わせて、地下水流動系の相互検証が可能である。本研究では、山体の例として筑波山を選び、筑波山周辺の湧水・地下水の滞留時間および地下水流動系を、CFCs (フロン類)、安定同位体等を用いたマルチトレーサー手法ならびに数値モデルを用いて推定することを目的とした。2009年9月から2010年6月にかけて3カ月毎に計4回、湧水、地下水の調査、採水を行った。溶存 CFCs 濃度から滞留時間の推定、酸素安定同位体比から涵養標高の推定を行った。また、地下水流動解析ソフト Visual MODFLOW により、地下水ポテンシャル分布を推定し、後方粒子追跡法により、流動経路・滞留時間を導いた。これらの値をトレーサーから推定された値と比較し、透水係数などのパラメータを試行錯誤により、変化させることで、地下水流動系の解明を試みた。

一般水質組成は年間を通してほとんど変化しなかったことから、地下水の流動経路と滞留時間に季節変化がないことが示唆された。地下水面の位置は最高で標高 500 m 付近であった。また、地下水面と地表面が交差する標高は 300 m から 400 m で、湧水の分布と概ね一致した。標高 300 m 以上にある湧水は、滞留時間が数年から 10 年程度であり、不飽和帯を流動すること、また、特に山頂付近においては、宙水のような局所的な流動の可能性があることがわかった。標高 300 m 以下の湧水・地下水の滞留時間は 20 年から 40 年程度であった。山体上部に位置する斑れい岩地域では、山頂付近に不飽和帯が存在し、地下水面下は鉛直下向きの流動成分がみられた。山体下部の花崗岩地域では、水平方向の流動により、流動経路・滞留時間が長くなることがわかった。特に、平野と標高がほぼ等しい山体下部においては、鉛直上向きの流動成分がみられ、CFCs により顕著に長い滞留時間が推定された地下水が、深度約-100 m にまで達する深部地下水流動であることがわかった。

キーワード: 筑波山, 地下水流動系, 滞留時間, フロン類, 数値モデル

Keywords: Mt. Tsukuba, groundwater flow system, residence time, CFCs, numerical model

AHW023-15

会場:102

時間:5月25日 14:15-14:30

日本における降水安定同位体比の特徴 The characteristics of stable isotopes in precipitation at Japan

田上 雅浩^{1*}, 一柳錦平², 嶋田純¹

Masahiro Tanoue^{1*}, Kimpei Ichiyana², Jun Shimada¹

¹熊本大・院・自然, ²熊本大・院・自然 / 海洋研究開発機構

¹KUMAMOTO UNIVERSITY, ²KUMAMOTO UNIVERSITY / JAMSTEC

日本における降水同位体比の特徴

日本における降水安定同位体比の年加重平均値の分布, 季節変動について考察した。観測データが少ないため, 過去に報告のあった値を論文などから引用し, その地域の代表値として扱った。

酸素同位体比の年加重平均値の分布を考察した。太平洋側(八丈島・つくば・綾里)には緯度効果(緯度が増加すると, 酸素同位体比が減少する)が認められた。d-excessの年加重平均値の分布について考察した結果, 日本海側(富山・鳥取)のd-excessは, 太平洋側(綾里・関東平野・熊本)より大きかった。これは, 従来の研究と同じ傾向である。興味深いことに, 八丈島・三宅島のd-excessは, 日本海側と同様に高かった。冬季太平洋側の水蒸気d-excessが高い可能性が考えられた。

酸素同位体比とd-excessの季節変動について考察した。酸素同位体比の季節変動は, 4月に増加し, 6月に減少する傾向が全国的に認められた。他の季節では, 地点によって異なり, 3タイプに分かれた。1つ目は, 夏季に重くなり, 冬季に軽くなる夏型である。夏型の分布は太平洋側(綾里・関東平野・鹿児島)に位置し, 夏型の傾きは8より小さく, 切片は13より小さかった。2つ目は, 冬季に重くなり, 夏季に軽くなる冬型である。冬型の分布は日本海側(富山・鳥取)に分布し, 熊本・沖縄も含まれていた。冬型の傾きは8より大きく, 切片は13より大きい。3つ目は, 季節変動が不明瞭なタイプである。このタイプには, 1年未満の観測期間を含んでいる。夏型と冬型は, 分布・季節変動・LMWLに明確な違いが認められた。d-excessの季節変動は, 日本全国で冬季に高く, 夏季に低かった。

今後は, これらのデータを基に降水量効果と温度効果について考察する予定である。また, 降水安定同位体比の分布と浅層地下水の安定同位体比の分布(Mizota and Kusakabe, 1994)と比較する。

キーワード: 降水安定同位体比, 季節変化, 加重平均値, LMWL

Keywords: stable isotopes in precipitation, seasonal variabilities, annual weighted average, LMWL

AHW023-16

会場:102

時間:5月25日 14:30-14:45

蒸発過程における酸素同位体比変動特性を利用した蒸発率推定法の提案 Proposal method for estimating evaporation rates of water using characteristic of change of oxygen isotopic ratio

宮原 啓^{1*}, 井伊 博行²

Satoshi Miyahara^{1*}, Hiroyuki Ii²

¹ 和歌山大学大学院システム工学研究科, ² 和歌山大学システム工学部

¹ Graduate School, Wakayama University, ² Wakayama University

近年、地球温暖化のような気候変動によって水不足が起こっている。そのため水資源の保全上、ダム、貯水池、灌漑用水などでの蒸発量を把握する意義は大きい。

蒸発量の算出には様々な方法がとられており、ソーンスウェイト法 (Thornthwaite, 1948)、ペンマン法 (Penman, 1948) などがある。また同位体による蒸発量の推定手法も検討されている (Allison et al. ¹), Gibson et al. ²) など)。しかし既往研究では蒸発率を求める際に湿度、同位体分配係数、水蒸気の酸素同位体比、動的同位体効果、拡散に対する抵抗など測定が難しい気象観測を要するのが現状で実用化されていない。そこで本研究では同位体比を利用した蒸発率の簡易推定法を開発することを目的とし、単位蒸発率あたりの同位体比の変化量や同位体比分別に影響を与えるパラメーターの検証を行った。このことにより、水の蒸発率が1%変化したときの残った液相の水の同位体比を推定することができる。

蒸発過程における同位体比変動特性を解明するため研究室で蒸発実験を行い、日平均蒸発量、気温、湿度、飽差のそれぞれの項目と同位体分別の関係について調べた。それによると湿度と単位蒸発率あたりの¹⁸Oの変化量には負の相関関係 (R=-0.84) があることがわかった。また季節変化に伴う湿度変化が単位蒸発率あたりの¹⁸Oの変化量に影響を与えていること、蒸発率の増加に伴い、湿度変化に対する単位蒸発率あたりの¹⁸Oの変化量が小さくなることが確認された。

「単位蒸発率あたりの同位体比の変化量と湿度の関係」に基づき、福島県猪苗代湖を対象に蒸発量の推定を行ったところ既往研究の算出結果 595mm/year と近い値を示した。よって本研究の簡易推定法は実際の湖や池の蒸発率推定に有効といえる。

キーワード: 水資源, 蒸発率, 酸素同位体比, 湿度, 湖

Keywords: water resources, evaporation rates, oxygen isotopic ratio, humidity, lake

酸素・水素安定同位体比を用いた北海道釧路湿原の湧水起源の推定 Estimation of the springwater origin of Kushiro-moor using oxygen and hydrogen stable isotopic ratios

山口 甫健¹, 川邊 奈津希^{1*}, 井伊 博行²
Motothugu Yamaguchi¹, Natsuki Kawabe^{1*}, HIROYUKI II²

¹ 和歌山大学大学院システム工学研究科, ² 和歌山大学システム工学部環境システム学科
¹ Graduate school of Wakayama University, ² Wakayama University

釧路湿原は、貴重な植物や絶滅の恐れのある貴重な生物が生息し、日本最大の重要な湿原である¹⁾。湿原は湧水があり、冬季でも水が凍らないため、冬季の水場を提供する重要な役割がある²⁾。湿原の遊水地区域にもたらされる降雨・融雪の大部分が湧水として流出していることが報告されており³⁾、湧水の流出地点において湿原の保全を行うには、湧水や地下水の供給源を含めた広域な水循環の把握が必要である。

地下に浸透し、河川へ流出する過程での水の安定同位体比は、化学物質とは異なり、帯水層内の物質との化学変化の影響を受けない。このことから、本研究では、酸素・水素安定同位体比を用いて、釧路湿原を含む北海道東部の水循環を把握することを目的とする。また、地層科学研究所の三次元移流拡散解析ソフトウェア「G-TRAN/3D for Dtransu-3D・EL」を用いて北海道釧路地域の地下水の流動解析を行った。

これらの結果から、チルワツナイ川の湧水起源を四つ推定することができた。まず、チルワツナイ川上流部の¹⁸Oが-10.0%と低かった湧水は、¹⁸O平面分布から釧路湿原の北側10~20km地点に同じ同位体比の渓流水が存在し、この地域に涵養域があると推定された。チルワツナイ川上流部の¹⁸Oが-8.0%と高かった湧水は、¹⁸O平面分布から釧路湿原南東周辺に、同じ¹⁸Oの渓流水が存在し、この地域に涵養域があると推定された。さらに流動解析を行った結果、釧路湿原南東周辺の地下水の流れは、釧路湿原チルワツナイ川上流部に向かって流れていた。これらのことから、同位体比の高い湧水の涵養域は、釧路湿原南東周辺であると考えられた。チルワツナイ川下流部には¹⁸Oが-7.0%と高い湧水が見つかった。この湿原周辺では、-7.0%の高い同位体比をもつ水は今までのところ見つかっていない。流動解析を行った結果、釧路湿原西側と南側からチルワツナイ川下流部へ向かう地下水の流れを確認できた。一方、¹⁸O平面分布から釧路湿原の南側や西側には、湿原の最も高い同位体比には達しないが、高い同位体比の水が見つかった。したがって、釧路湿原西側や南側に同位体比の最も高い湧水の涵養域があると推定された。

キラコタン岬周辺の¹⁸Oが-8.5%と高かった湧水は、¹⁸O平面分布から湧水の東側にある塘路湖周辺の¹⁸Oと同じ値であることがわかった。さらに流動解析を行った結果、塘路湖周辺の地下水は、キラコタン岬周辺に向かって流れていることから、この湧水の涵養域は、塘路湖周辺であると推定された。このように、釧路湿原をとりまく周辺で水が涵養して、湿原中心部でわき出す構造が推定された。

- 1) 釧路湿原自然再生プロジェクト湿原データセンターホームページ：<http://www.kushiro.env.gr.jp/saisei/>
- 2) 新庄久志：釧路湿原のハンノキ林（財）前田一步園財団創立20周年記念論文集，北海道の湿原，pp.17-33，2002.
- 3) 加藤邦彦ほか：北海道農業研究成果情報，釧路湿原におけるハンノキ林拡大要因の一つに土砂流入増加がある，2002.

キーワード: 酸素同位体比, 釧路湿原, 湧水, 流動解析

Keywords: Oxygen isotopic ratio, Kushiro-moor, Springwater, Flow analysis

AHW023-18

会場:102

時間:5月25日 15:00-15:15

松本盆地南部 - 塩尻地域 - の地下水水質特性 Characteristics of water quality at Shiojiri Area, southern part of Matsumoto basin

藪崎 志穂^{1*}

Shiho Yabusaki^{1*}

¹ 立正大学地球環境科学部

¹Rissho University

松本盆地は長野県中部に位置し、周囲が高い山で囲まれ、東西約 12km、南北約 48km の縦に長い形状を示している。西側には飛騨山脈（北アルプス）、東側には筑摩山地があり、特に西側には標高 3000m を超える山がそびえている。盆地の中央には糸魚川-静岡構造線が走っており、それに沿って広がる地溝性の盆地となっている。盆地の標高は 500~700m である。盆地内には奈良井川、梓川、烏川、高瀬川などの河川が流れており、これらの河川によって形成された複合扇状地が発達している。

松本盆地には松本市街地、安曇野地域など、多くの地域で湧水や地下水が豊富であり、生活用水や農業・工業用水として多く利用されている。松本盆地南部に位置する塩尻地域でも湧水が多くみられ、地域住民によって活用されている。塩尻市の郊外には、縄文時代から平安時代にかけて形成されていた大集落跡で国史跡として指定されている平出遺跡があり、この周辺では古代より湧水や地下水が利用されていたと考えられている。本発表では塩尻地域を研究対象地域とし、現地調査や採取した地下水や湧水の水質・同位体特性について報告する。

これまでに塩尻地域の湧水、地下水、河川水を対象として 14 地点で調査を実施した。EC は 30~413 μ S/cm と範囲が大きい。山地源流域近くで湧出している湧水の値は低く、塩尻駅周辺（市街地）の盆地で湧出している湧水の EC は相対的に高い値を示している。また、一部の地域には石灰岩の地質が分布しており、その周辺の湧水では EC が高くなる傾向が認められる。pH は 5.69~8.10 であり、市街地周辺の湧水の pH は相対的に低く、石灰岩地域の湧水では相対的に高い値を示している。水温は気温の影響を大きく受ける河川水を除くとおよそ 11~12 の範囲にあり、この地域の年平均気温（約 11.5 ）に近い値となっている。水質組成をみると Ca-HCO₃ 型が卓越しており、特に石灰岩地域では溶存成分が多く典型的な Ca-HCO₃ 型を呈している。平出遺跡のそばにある湧水（平出の泉）やその近くの斜面下で湧出する強清水、塩尻駅そばの若宮八幡宮跡の湧水などがこれに相当する。住宅地が広がる地域の崖下で湧出する湧水では NO₃ 濃度が相対的に高い地域もあり、人為的な影響を受けていることを示唆している。また、一部の地点では Na-HCO₃ 型の水質組成もみられるが、これは深度 50m から自噴している地下水であり、滞留時間が比較的に長い水であることが考えられる。湧水等の酸素安定同位体は -11.7‰~-11.4‰、水素安定同位体比は -84‰~-80‰ であり、塩尻市の北に位置する松本市街地周辺で採取した地下水の同位体比（藪崎、2010）とほぼ同じ値となっている。こうした結果をもとにして塩尻地域の地下水流動について考察を進め、最終的には松本盆地を対象とした広域の地下水流動の解明につなげてゆく予定である。

キーワード: 松本盆地, 塩尻地域, 水質, 安定同位体

Keywords: Matsumoto basin, Shiojiri area, water quality, stable isotope

白浜温泉地域の酸素および水素同位体を用いた水循環の把握における基礎的研究 Fundamental study of Understanding the water cycle using oxygen and hydrogen isotopes in the region Shirahama Spring

富山 恵介^{1*}, 井伊 博行²

Keisuke Tomiyama^{1*}, HIROYUKI II²

¹和歌山大学大学院システム工学研究科, ²和歌山大学システム工学部

¹Graduate School, Wakayama University, ²Faculty, Wakayama University

白浜温泉地域の酸素および水素同位体を用いた水循環の把握における基礎的研究

Fundamental study of Understanding the water cycle using oxygen and hydrogen isotopes in the Shirahama Hot Spring area
システム工学研究科 水環境研究室 M1 富山 恵介

1. はじめに

白浜温泉は日本でも古くからある温泉地で、多くの人に親しまれてきている。白浜温泉地域に湧く温泉には、重炭酸、塩素や硫化水素に富んでいることが特徴である。泉温は40~80℃に達する高温泉がみられる。過去には自噴していた温泉もあったが、現在はポンプによるくみ上げが主である。

各地に良く見られる温泉の熱源は主に火山活動によるものである。しかし白浜温泉地域の温泉は、周辺は火山が見られないのに高温の温泉が湧出しているという特異な点がみられる。

過去に白浜温泉地域の温泉は深いボーリング井の増加やくみ上げ量の増加により自噴圧が低下し、総湧出量の低下や海水が温泉源に流入し、泉質に変化を与える等の問題があった。

温泉の安定供給や保全などの観点から、白浜温泉地域の温泉水の循環を把握することは重要である。

本研究は白浜温泉地域に湧出している温泉に含まれている酸素・水素同位体を用いて温泉水の挙動を把握することを目的とし、それらの基礎的データの集積と解析をおこなった。

2. 実験方法

実験に用いる試料は白浜温泉地域、日置川、椿温泉地域の源泉水である。白浜温泉地域の温泉は炭酸水素、塩化物、硫化物などを多く含んでいることが特徴である。日置川地域、椿温泉地域の温泉は硫化水素を含む温泉であり、近い地域の温泉地で比較検討に用いるため採取した。

また分析結果の比較をおこなうために白浜温泉地域周辺の地下水、富田川河川水、平浄水、海水も採取した。

これらの試料について、酸素および水素同位体比を測定した。また基本的な物性の把握を行うため、泉温、pH、EC、ORPなどを現地でも測定した。採取した試料の各溶存イオン濃度を測定し化学的な特性も把握した。

3. 分析結果

温泉水の酸素水素同位体比の関係を調べたところ以下のことが分かった。

- ・白浜温泉地域、日置川地域、椿温泉地域のどの温泉試料水も地表水の酸素水素同位体比の分布を示す天水線 ($D=8 \times 10^{-3} \times (18O+10-20)$) 付近に分布した。

- ・白浜温泉地域において、海岸線に近い地点の温泉水の酸素・水素同位体比は白浜温泉地域内の山間部にある地点の温泉水の酸素・水素同位体比よりやや高めであった。

また温泉試料に含まれている酸素および水素同位体比 D 、 $18O$ と塩化物イオン濃度 Cl^- の関係を調べたところ以下のような傾向が見られた。

- ・白浜温泉地域の温泉試料について、 Cl^- 濃度と D に Cl^- 濃度が増加するほど D の値も増加する正の相関が見られた。また、その関係は Cl^- 濃度が小さくなると D の値はばらつくことも分かった。 Cl^- 濃度と $18O$ の値との関係でも同様に、 Cl^- 濃度と合わせて $18O$ の値も増加していた。

白浜温泉地域の海水と浄水の Cl^- 濃度と $18O$ の値と温泉試料の Cl^- 濃度と D の分布を比較したところ、温泉試料は浄水と海水を結んだ線の上に分布していた。

そこで白浜温泉地域の海水と浄水の Cl^- 濃度と $18O$ の値の点を結んだ線を求めると

$$D = 0.0019 \times Cl^- \text{ 濃度} - 49.11$$

となった。

Cl^- 濃度と $18O$ の値との関係でも同様に線形式を求めると

$$^{18}\text{O} = 0.0003 \times \text{Cl}^- \text{ 濃度} - 8.4634$$

となり、Dと同様に温泉試料はこの線上に分布をしていた。

温泉試料のD、 ^{18}O と Cl^- 濃度が海水と浄水の混合で決まると仮定した場合、温泉試料の海水混合率は高いところで50%、低いところでは1%であることが分かった。

参考文献

1) URBAN KUBOTA NO.38, pp.42-56, 1999, 9

キーワード: 酸素・水素同位体, 温泉

Keywords: oxygen and hydrogen isotopes, Spring

山陰地方中部における炭酸泉の形成に果たす深部流体の役割

Role of deep-seated fluid in formation of CO₂-rich springs in the central part of San'in district

鈴木 秀和^{1*}, 安原 正也², 風早 康平², 森川 徳敏², 高橋 浩², 佐藤 努², 稲村 明彦², 高橋 正明², 大和田 道子², 北岡 豪³, 植田 敏史⁴

Hidekazu Suzuki^{1*}, Masaya Yasuhara², Kohei Kazahaya², Noritoshi Morikawa², Hiroshi Takahashi², Tsutomu Sato², Akihiko Inamura², Masaaki Takahashi², Michiko Ohwada², Koichi Kitaoka³, Toshifumi Ueda⁴

¹ 神奈川県温泉地学研究所, ² 産総研・地質調査総合センター, ³ 岡山理科大学・理学部, ⁴ (株) 宇部セントラルコンサルタント

¹ HSRI, Kanagawa Pref., ² Geological survey of Japan, AIST, ³ Faculty of sci., Okayama Univ. of Sci., ⁴ Ube Central Consultant Co., Ltd.

島根県中部～広島県北東部にかけての山間部には、数多くの炭酸泉が分布している。分布の中心部に三瓶山が位置することから、その形成には火山性流体が関与していることが推定される。しかし、三瓶山から10km以上離れた地域にもCO₂に富む温・鉱泉水が存在していることから、非火山性の深部流体がその形成に対しより広域的に関与している可能性が高いと考えられる。そこで本研究では、対象地域に分布する炭酸泉(CO₂濃度が250mg/L以上)の地球化学的特性と、その形成プロセスについて検討を行った結果について報告する。

本地域の炭酸泉はその水質組成から、Na-Cl型とNa-HCO₃型に区分でき、第四紀火山である三瓶山および大江高山火山群周辺にNa-Cl型が、そして南東よりの中国山地側にNa-HCO₃型が分布している。水の同位体組成からみると、溶存成分量が最大であるNa-Cl型の湯谷温泉のみ、天水線より僅かにマグマ起源熱水に向かいシフトしていたが、それ以外の試料には明瞭な深部流体の影響を確認することはできなかった。

そこで、本研究ではClとともに流体保存性の成分であるリチウム(Li)およびホウ素(B)に着目し、炭酸泉形成に対する深部流体の寄与について検討を行った。Cl-B-Liの相対組成を示した三角図(大沢, 2010)において、本地域の炭酸泉はB-Li軸に沿ってプロットされた。Na-Cl型の炭酸泉は、比較的Liに富むスラブ起源流体と推定される有馬型熱水に近い領域にプロットされ、Na-HCO₃型はよりBに富む粘土鉱物層間水に近い領域にプロットされた。両者にみられるLi/B比の違いは、流体の生成深度に関係していることが考えられ(平島ほか, 2010)、より高い値をもつNa-Cl型流体は下部地殻に由来する可能性が高い。

溶存無機炭素の炭素同位体比についてみると、-8.7～-2.4‰と高い値を示しており、その形成に深部起源CO₂が大きな役割を果たしていることが判明した。またその寄与率は、Na-HCO₃型よりNa-Cl型でより大きい傾向を示した。

Na-Cl型の炭酸泉が分布する三瓶山の地下30km弱、Na-HCO₃型が分布する三次北部の地下30km以深には、スポット的に深部低周波地震が発生しており、深部流体の存在が推定される。風早(2010a)によれば、このような場所には、地殻下部に固化、あるいは固化しつつあるマグマがあり、そこから放出される流体が、低周波地震や炭酸泉の形成に関与している可能性ある。また、Na-Cl型とNa-HCO₃型という水質の違いは、地下構造に関連しているものと推定される。厚い古生層に多くの花崗岩が貫入している中国山地側では、それらがキャップとなっているため、ガス成分のみが上昇拡散するため塩水の寄与が認められない(風早, 2010b)。一方で、第四紀火山周辺ではその活動の影響により発達した亀裂系などを通じて、僅かではあるがガス成分とともに高塩濃度の深部流体が上昇し、表層付近の地下水系に混入する可能性が推定される。

キーワード: 炭酸泉, 同位体, Cl-B-Li 組成, 深部起源 CO₂, 深部流体

Keywords: CO₂-rich spring, isotopes, Cl-B-Li composition, deep source CO₂, deep-seated fluid

1995年神戸地震以降の須磨断層付近の湧水のLi同位体変動 Lithium isotopic variation of spring water in the vicinity of Suma fault after 1995 Kobe Earthquake in Japan

西尾 嘉朗^{1*}, 西本 真琴¹, 野口 拓郎², 岡村 慶²

Yoshiro Nishio^{1*}, Makoto Nishimoto¹, Takuroh Noguchi², Kei Okamura²

¹ 海洋研究開発機構高知コア研究所, ² 高知大学海洋コア総合研究センター

¹Kochi Institute, JAMSTEC, ²Marine Core Center, Kochi Univ.

最も危険な災害の1つである内陸直下型大地震の発生に地殻深部流体が深く関わっている可能性が指摘されている(例えば Iio et al., 2002)。地殻深部流体の流入量が明らかになれば、極めて困難である内陸大地震発生の中長期予測につながる可能性が期待される。この観点から、内陸大地震に関与した地殻深部流体がスラブ起源であるのかどうかという事を明らかにすることは重要な研究課題の1つである。

1995年1月17日に明石海峡を震央にした兵庫県南部(神戸)地震(M7.2)は、近年に甚大な被害を及ぼした内陸大地震の1つである。地震波トモグラフィーの解析結果から、この地震の心臓部に水が存在していたことが明らかとなった(Zhao et al., 1996)。このように「地殻内の流体分布」を明らかにするには、三次元地震波トモグラフィーや電気比抵抗構造探査といった地球物理学的手法は極めて有効であるが、流体がある程度集まっていないと検出できない。そこで、同位体等の物質化学情報を併せて用いることで地殻深部流体の起源により迫ることが期待される。神戸地震に関与した深部流体に関する地球化学的知見としては、地震発生前における地震断層付近の地下水中の塩素濃度上昇があげられる(Tsunogai and Wakita, 1995)。しかし、地震前に上昇してきた高塩素濃度の深部流体の起源は不明なままである。湧水や井戸水等の地下水試料から深部流体の情報を探る際には、深部流体が上昇する過程で表層水の混入や上部地殻物質との反応の影響を考慮する必要がある。これが深部流体の起源を地表での湧水試料の同位体組成や化学組成から探る上で大きな支障となっていた。リチウム(Li)は特に流体に入りやすい元素の1つであり、高温時に岩石から流体に多量に溶け出したLiは冷却過程においても流体中に残る。このことから、Li同位体比は深部流体が上昇する過程で受ける表層水や上部地殻との反応の影響は比較的小さく、地殻深部流体の起源を探る強力な指標となることが期待される。本発表では、神戸地震を起こした「六甲-淡路断層帯」に属する須磨断層付近の湧水(須磨霊泉)の地震直後から現在に至るまでのLi同位体変動を調査した。本研究では、さらに、現在の須磨断層付近の様々な湧水や河川水のLi同位体分布の調査も実施した。本発表ではこのようにLi同位体指標に関して、1つの湧水の時系列変化と付近の空間分布について紹介して、須磨断層流体の起源についても議論する。

参考文献:

Iio et al., 2002, EPSL 203, 245-253.

Tsunogai and Wakita, 1995, Science 269, 61-63.

Zhao et al., 1996, Science 274, 1891-1894.

キーワード: リチウム同位体, 地殻流体, 地殻深部流体, 須磨断層, 兵庫県南部地震, 断層流体

Keywords: lithium isotope, geofluid, deep-crustal fluid, Suma fault, Southern Hyogo Earthquake, fault-fluid

AHW023-22

会場:102

時間:5月25日 16:00-16:15

ヘリウム同位体及び放射性塩素 (^{36}Cl) 同位体比による大阪平野深層地下水流動に関する研究 Helium isotopes and ^{36}Cl in saline deep groundwater from the Osaka Basin, Southwest Japan

森川 徳敏^{1*}, 風早 康平¹, 高橋 正明¹, 戸崎 裕貴¹, 大和田 道子¹, 高橋 浩¹, 安原 正也¹, 益田 晴恵²
Noritoshi Morikawa^{1*}, Kohei Kazahaya¹, Masaaki Takahashi¹, Yuki Tosaki¹, Michiko Ohwada¹, Hiroshi Takahashi¹, Masaya Yasuhara¹, Harue Masuda²

¹ 産業技術総合研究所 地質調査総合センター, ² 大阪市立大学大学院理学研究科

¹Geological Survey of Japan, AIST, ²Dep. of Geosciences, Osaka City Univ.

深層地下水に溶存するヘリウム濃度及び放射性塩素同位体比 ($^{36}\text{Cl}/\text{Cl}$) は、数十万年を超える非常に古い地下水滞留時間のよい指標となる。大阪平野深層の高塩濃度地下水については、我々の研究により堆積岩の最深部層に当たる大阪層群最下部層から採取された深層地下水のヘリウム同位体比 ($^3\text{He}/^4\text{He}$) と地質構造との間に明確な関連性が見られている。大阪平野を南北に走る上町断層の下盤側に当たる平野西部では、断層を介したマントル起源ヘリウムの混入により、 $^3\text{He}/^4\text{He}$ が高い。 $^3\text{He}/^4\text{He}$ は断層から遠ざかるにつれ下がる傾向にあり、上町断層東側の中～北部にかけて最も低くなっている。この地域は基盤となる領家花崗岩が現れる深度が最も深い地域と一致する。地下水は帯水層及び地殻全域から生成される $^3\text{He}/^4\text{He}$ の低い成分を溶存するため、この傾向は地下水が基盤の形状に沿って流動し、滞留時間の長い地下水が上町断層東側の中～北部に集水されていることを示唆している。蓄積されたヘリウム量からは滞留時間は数十万年に相当する。

本発表では、ヘリウム同位体の結果に加え、 ^{36}Cl を用いた大阪平野深層地下水の流動状態について議論する。 ^{36}Cl は半減期 30.1 万年で壊変する放射性核種であるとともに、地層中での ^{35}Cl の中性子捕獲反応によって生ずる。 $^{36}\text{Cl}/\text{Cl}$ の変動により非常に古い地下水の年代の指標として用いられる。得られた $^{36}\text{Cl}/\text{Cl}$ は、この地域の塩水の起源であると考えられる海水や有馬型熱水の $^{36}\text{Cl}/\text{Cl}$ に比べて明らかに高い値を示した ($4.1\text{-}25.6 \times 10^{-15}$)。また、 $^3\text{He}/^4\text{He}$ が上町断層東側の中～北部にかけて低くなるのに対し、 $^{36}\text{Cl}/\text{Cl}$ は高くなっていることが示された。海水あるいは有馬型熱水のような高塩濃度かつ $^{36}\text{Cl}/\text{Cl}$ の低い地下水の場合、 ^{36}Cl の壊変よりも地層中での ^{36}Cl 生成が卓越し、地下水滞留時間が増加するとともに放射平衡に達するまで $^{36}\text{Cl}/\text{Cl}$ 比は増大する。つまり観測された結果は、上町断層東側の中～北部にかけて地下水の滞留時間が長くなっていることを示唆しており、この結果はヘリウムの結果と一致する。

キーワード: 地下水, ヘリウム, 放射性塩素, 地下水年代, 大阪平野

Keywords: groundwater, helium, chlorine-36, groundwater age, Osaka Basin