

AHW023-P01

会場: コンベンションホール

時間: 5月25日 16:15-18:45

## 西日本の中山間地域における河川水の硝酸濃度と土地利用との関係について：安定同位体を用いた解析

### Relationship between nitrate in river waters and land use in a hilly and mountainous area: stable isotope-based analyses

井手 淳一郎<sup>1\*</sup>, 宗村広昭<sup>2</sup>, 中村 高志<sup>1</sup>, 森 也寸志<sup>2</sup>, 武田育郎<sup>2</sup>, 西田 継<sup>1</sup>

Jun'ichiro Ide<sup>1\*</sup>, Hiroaki Somura<sup>2</sup>, Takashi Nakamura<sup>1</sup>, Yasushi Mori<sup>2</sup>, Ikuo Takeda<sup>2</sup>, Kei Nishida<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 山梨大学国際流域環境研究センター, <sup>2</sup> 島根大学生物資源科学部

<sup>1</sup>ICRE, University of Yamanashi, <sup>2</sup>Shimane University

水域の水質悪化は、上流域からの栄養塩などの汚濁物質の流入とその水域の浄化作用とのバランスが崩れたときに生じる。人口密度の高い都市型の河川では家庭排水の流入が硝酸濃度の上昇をもたらし、受水域の富栄養化をしばしば引き起こしている。また、人口が減少傾向にある中山間地域の河川においても硝酸濃度が年々上昇している場合があるが、その原因は不明である。そのような河川の一例として島根県の宍道湖・中海に流入する最大の河川である斐伊川が挙げられる。斐伊川流域では、人口減少や下水道普及率の増加にも関わらず、年々河川の硝酸濃度が上昇する傾向にある。また、受水域である宍道湖や中海ではしばしば赤潮やアオコが発生しており、早急な対策が必要とされている。

流域の土地利用は河川水の硝酸濃度形成に大きな影響を与えられ、中山間地域においてはその影響は十分に解明されていない。これは河川水における硝酸濃度の変化の範囲が狭く、土地利用の異なる流域間で硝酸濃度を比較した場合、明確な差異が現れ難いためであると考えられる。また、硝酸濃度は流量によっても変動するので、流域の土地利用と河川水の硝酸濃度の関係は常に一定とは限らない。本研究では、中山間地域において土地利用が河川水の硝酸濃度に及ぼす影響について検討することを目的とした。斐伊川流域において9つの流域(サブ流域)を設定し、水質調査と硝酸の窒素安定同位体比の分析を行ったので、その結果を報告する。

キーワード: 面源汚濁, 森林, 水文条件, 農地, 閉鎖性水域

Keywords: diffuse pollution, forest, hydrological condition, agricultural land, enclosed waters

## 滴下水の水文化学データから知る石筍成長の季節変動

### Understand seasonal variation of the stalagmite growth rate with the hydrochemical parameters of dripwater

三島 壮智<sup>1\*</sup>, 大沢 信二<sup>1</sup>, 山田 誠<sup>1</sup>, 酒井 拓哉<sup>2</sup>

Taketoshi Mishima<sup>1\*</sup>, Shinji Ohsawa<sup>1</sup>, Makoto Yamada<sup>1</sup>, Takuya Sakai<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 京都大学地球熱学研究施設, <sup>2</sup> 大分大学大学院教育学研究科

<sup>1</sup>BGRL, Kyoto Univ, <sup>2</sup>Graduate School of Education, Oita Univ

現在、鍾乳石（主に石筍）成長を進ませる主な要因として二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）の脱ガスが挙げられており、外気温と洞内気温の差によって生じる洞内空気の入替わりによって、洞内空気のCO<sub>2</sub>分圧（pCO<sub>2</sub>）が季節変動（夏場に高く、冬場に低い）をすることが観測されたことに基づいて、そのような洞内空気のpCO<sub>2</sub>の変動がCO<sub>2</sub>の脱ガスの起こり易さ（洞内空気のpCO<sub>2</sub>と滴下水の平衡pCO<sub>2</sub>の差（dpCO<sub>2</sub>））を変化させ、石筍の成長率の変動（夏場に成長し難く、冬場に成長し易い）に結びついていると予測され（Spotl et al., 2005; Baldini et al., 2008）、石筍の成長は年々変動以前に季節変動をしていることが推測されている。また、1年で成長した厚さと滴下水の化学反応速度論から求めた理論式（Baker et al., 1998）を使って石筍成長率の周期的な変動を見ようとした研究（Genty et al., 2001）があり、そこには、季節は関係なく滴下水のCa<sup>2+</sup>濃度が高い時期に石筍は一番成長すると推測されている。このように石筍の成長率の短期的変動に関するメカニズムの共通理解は未だに得られておらず、研究の途上にあると言える。この状況を打開するために、滴下水の化学成分から石筍の成長率を間接的に見積もる手法を構築し、大分県豊後大野市三重町にある稲積鍾乳洞（N32°54'00.4", E131°32'32.8"）で構築した手法により月単位で石筍の成長率（CaCO<sub>3</sub>の析出率）を観察した。その結果、季節変動と見られる短期的な周期変動を捉えることに成功したので報告する。また、そのような成長率の周期的変動を支配する要因について、先行研究（Genty et al., 2001; Spotl et al., 2005; Baldini et al., 2008）を参照しつつ議論を行ったので合わせて報告する。

稲積鍾乳洞の石筍の成長率は、Spotl et al. (2005) や Baldini et al. (2008) の予測したように、夏場に遅く、冬場に速いという傾向を概ね示していることがわかったが、細かに見ると、冬場であっても1月頃に一時的に成長が遅くなることを掴んだ。Genty et al. (2001) は石筍上に滴下する滴下水のCa<sup>2+</sup>濃度がこの石筍の成長を規定していると主張しているが、本観測では、滴下水のCa<sup>2+</sup>濃度と石筍の成長率との間には相関性を認めることができず、その主張は支持されなかった。洞内空気のpCO<sub>2</sub>と滴下水の平衡pCO<sub>2</sub>の差（dpCO<sub>2</sub>）は、石筍の成長を最も強く規定していると多くの研究者が信じているが（例えば、Spotl et al., 2005; Baldini et al., 2008）、その時間変化には季節変動と見なせるパターンは認められない。さらに、鍾乳石の成長に係る全ての化学反応について平衡が成り立っているのであれば、dpCO<sub>2</sub>の値がプラスの時は滴下水が石筍を溶解しているはずだが、夏場のそんな時にも実際には滴下水からはCaCO<sub>3</sub>が析出し、方解石は成長している。このようにdpCO<sub>2</sub>が鍾乳石の成長に関係しているとは考え難く、稲積鍾乳洞の観測結果は、dpCO<sub>2</sub>が石筍の成長を最も強く規定するという考えについても支持しない。石筍の成長率を規定する要素には、dpCO<sub>2</sub>以外に、滴下水の炭酸カルシウム（方解石）飽和度（CSI）と滴下水量がある。CSIは年間を通じてプラスの値を示し、滴下水は常に方解石に対して過飽和であり、滴下水は方解石が析出しようとしている。しかも、その変動パターンは石筍の成長率の変動パターンとよく似た変動を示す。しかし、稲積鍾乳洞の石筍の成長率の変動はCSIの変動だけでは、冬場の一時的な成長率の低下は説明できない。この一時的な成長率の低下は滴下水の滴下量の減少によるものであり、滴下水量が非常に少ない場合には滴下水量が石筍の成長に一番効くというGenty et al. (2001) の主張と合致する結果である。

まとめとして、滴下水から石筍が生成するのは、滴下水が常に方解石（CaCO<sub>3</sub>）に対して過飽和状態にあるからであり、石筍の成長率に現れる季節変動は滴下水の過飽和度（CSI）の季節変化によって生み出される。しかし、稲積鍾乳洞の場合は、冬場に滴下水量が非常に少なくなるという地域特異性があり、その時期にはCSIよりも滴下水量に強く依存する傾向がある。今後、鍾乳石（主として石筍）の成長方向に現れる縞模様を用いた古気候復元の研究への寄与を意識して、滴下水のCSIの季節変動や滴下水の滴下率の変化の理由をあきらかにしたい。

キーワード: 石筍の成長, 滴下水の化学成分, 成長率の季節変動

Keywords: Stalagmite growth rate, Hydrochemical parameters of dripwater, Seasonal variation of growth rate

AHW023-P03

会場: コンベンションホール

時間: 5月25日 16:15-18:45

## 群馬県草津地域の降水の斜面の違いによる同位体高度効果について Altitude effect of precipitation samples at Kusatsu area, Gunma Prefecture

藪崎 志穂<sup>1\*</sup>, 正井 理恵<sup>1</sup>, 北村 奏恵<sup>1</sup>, 清水 博巳<sup>2</sup>, 鈴木 裕一<sup>1</sup>

Shiho Yabusaki<sup>1\*</sup>, Rie Masai<sup>1</sup>, Kanae Kitamura<sup>1</sup>, Hiromi Shimizu<sup>2</sup>, YUICHI SUZUKI<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 立正大学地球環境科学部, <sup>2</sup> 有限会社 清水

<sup>1</sup>Rissho University, <sup>2</sup>Shimizu Inc.

降水の同位体比は降水量, 標高, 緯度, 気団の影響など複数の要因により形成されており, 地域によってその変動パターンは異なっている。降水の同位体比に関する研究はこれまでに多くおこなわれているが, それらの多くは同一の斜面を対象とした調査の結果であり, 複数の山地に囲まれた複雑な地形における降水の同位体比の特徴や形成要因については未だ不明な点が多い。また, ある地域の湧水や河川水等の涵養域を把握する際に, 周辺の降水の同位体データは有効な情報と成り得る。本研究では, 群馬県北西部に位置する白根山および草津町, 中之条町の複数の山地で囲まれた地域を対象地とし, 一帯の降水の同位体比の特徴を明らかにすることを目的として調査を実施した。

研究対象地域(草津)の年降水量は1700mm, 年平均気温は7.4℃である。対象地域内で異なる3つの斜面を選定し, 蒸発防止構造を有した降水採取装置を計6地点に設置し, 2010年3月から月降水の採取を実施した。採取した降水サンプルは, pH, EC, 一般水質, 酸素・水素安定同位体比を測定した。

降水の酸素・水素安定同位体比は各地点でほぼ同様の変動傾向を示しており, 6月に相対的に低く, 8月に相対的に高い値となっている。標高の高い地点では同位体比は相対的に低く, 標高の低い地点では相対的に高い値を示しており, 高度効果の存在が認められた。d-excess値は標高の高い地点で相対的に高く, 標高の低い地点では相対的に低くなっている。また, 日本においては降水のd-excess値には明瞭な季節変化が存在しており, 夏季に低く, 冬季に高い値を示すことが特徴として知られている。これは降水の源である水蒸気の起源に由来している。草津地域でも同様の傾向が認められ, 6月および7月の夏季のd-excess値は低くなっている。各地点の同位体比の加重平均値を計算し, 6地点の値を利用して高度効果を求めたところ, 酸素安定同位体比で $-0.26\text{‰}/100\text{m}$  ( $r^2=0.980$ ), 水素安定同位体比で $-1.9\text{‰}/100\text{m}$  ( $r^2=0.988$ )であった。3つの斜面に分けて見てみると, 高度効果の大きさは斜面によって若干異なっており, また月によっても若干の違いが認められた。この理由として, 降水量の違いや降水のもとである水蒸気の輸送過程の違いなどが影響していると考えられる。研究対象地域の天水線は  $D = 8.0 \text{ }^{18}\text{O} + 9.6$  であり, Craigの天水線とほぼ同じ値を示している。今回考察に用いたデータは1年未満のものであるため, 今後も観測を続け, 年間を通じての同位体比の変化を明らかにし, 各斜面におけるより詳細な高度効果の特徴について示してゆく予定である。

キーワード: 草津, 降水, 安定同位体, 高度効果

Keywords: Kusatsu, precipitation, stable isotope, altitude effect

# Japan Geoscience Union Meeting 2011

(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



AHW023-P04

会場: コンベンションホール

時間: 5月25日 16:15-18:45

## 甲府盆地内部における降雨の水素・酸素安定同位体比にみられる高度効果 Elevation effects for hydrogen and oxygen isotope values of rainwater within the Kofu Basin

佐野 哲也<sup>1\*</sup>, 中村 高志<sup>1</sup>, 砂田 憲吾<sup>1</sup>  
Tetsuya Sano<sup>1\*</sup>, Takashi Nakamura<sup>1</sup>, Kengo Sunada<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 山梨大学 国際流域環境研究センター

<sup>1</sup>ICRE, University of Yamanashi

To elucidate the factor controlling elevation effects in hydrogen and oxygen isotope values, 150 rain water samples were collected from 6 points in different altitude from 250m to 1300m of 25 rainfall events. The water oxygen and hydrogen isotope values were analyzed with these samples. And the rainfall feature in each event was investigated by the observation of the X-band multi-parameter radar of University of Yamanashi.

The elevation effects were not well understood on windward side. Hence, these results were different from the previously reports of Friedman and Smith (1970). Elevation effects are well defined on the rainfall amount. Hence, to clarify the factor of elevation effects, it must identify the distribution of rainfall amount. In this presentation, we examine the relationship between rainfall amount and the rainfall distribution in rain clouds advected to the Kofu Basin.

キーワード: 水の水素・酸素安定同位体比, 高度効果, 降雨, Xバンドマルチパラメータレーダー

Keywords: water hydrogen and oxygen isotope, elevation effects, rainfall, X-band multi-parameter radar

AHW023-P05

会場:コンベンションホール

時間:5月25日 16:15-18:45

## Stable isotopic composition of rainwater and soil water of Kathmandu Valley, Nepal Stable isotopic composition of rainwater and soil water of Kathmandu Valley, Nepal

Sujan Shrestha<sup>1\*</sup>, Sangam Shrestha<sup>2</sup>, Takashi Nakamura<sup>3</sup>, Futaba Kazama<sup>3</sup>  
Sujan Shrestha<sup>1\*</sup>, Sangam Shrestha<sup>2</sup>, Takashi Nakamura<sup>3</sup>, Futaba Kazama<sup>3</sup>

<sup>1</sup>University of Yamanashi, Japan, <sup>2</sup>Asian Institute of Technology, Thailand, <sup>3</sup>ICRE, University of Yamanashi, Japan

<sup>1</sup>University of Yamanashi, Japan, <sup>2</sup>Asian Institute of Technology, Thailand, <sup>3</sup>ICRE, University of Yamanashi, Japan

The present study examined the hydrogen and oxygen stable isotopic composition of rainwater and soil water and of Kathmandu Valley, Nepal. Ten stations were selected for rainwater sampling and two sites were selected for soil water samplings. Bulk rainwater samples were collected in biweekly basis whereas soil water samples were collected in a weekly basis during monsoon season (June - September) of 2010. Soil water samples were collected from 4 different depths (50, 70, 120 and 150cm) using tension lysimeter. Both the rainwater samples and soil water samples were analyzed water oxygen and hydrogen isotope values using Cavity Ring-Down Spectroscopy (Picarro, L1102-1).

The preliminary results of stable isotopic composition are used to construct the Local Meteoric Water Line (LMWL), and found to be  $\delta D$  (permil) =  $8.17 \delta^{18}O + 10.8$  ( $r^2 = 0.98$ ). This meteoric line was then compared with the Global Meteoric Water Line (GMWL), where the slope and intercept of LMWL are close to that of GMWL (i.e.  $\delta D$  (permil) =  $8\delta^{18}O + 10$ ) as described by Craig (1961).

The isotopic composition of soil water varies according the depth of soil. In upper surface (50cm and 70cm depth), most of the soil water samples contain lighter  $\delta^{18}O$  composition where the heavier values are observed in the greater depth (120 and 150cm). However some of the samples showed the similar isotopic composition of in all depths.

The variations and differences in isotopic composition of rainwater and soil water of Kathmandu Valley could provide the estimates of evaporation, infiltration processes which are very useful for the groundwater management perspective.

Reference

Craig (1961)

キーワード: rainwater, soil water, stable isotopes, Kathmandu

Keywords: rainwater, soil water, stable isotopes, Kathmandu

AHW023-P06

会場:コンベンションホール

時間:5月25日 16:15-18:45

## 針葉樹人工林における樹冠通過雨の安定同位体比 Isotopic composition of throughfall in coniferous forest plantation

加藤 弘亮<sup>1\*</sup>, 恩田 裕一<sup>1</sup>, 南光 一樹<sup>2</sup>, 五味高志<sup>3</sup>

Hiroaki Kato<sup>1\*</sup>, Yuichi Onda<sup>1</sup>, Kazuki Nanko<sup>2</sup>, Takashi Gomi<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 筑波大学大学院生命環境科学研究科, <sup>2</sup> 森林総合研究所, <sup>3</sup> 東京農工大学農学研究院

<sup>1</sup>Life and Environ. Sci., Univ. of Tsukuba, <sup>2</sup>Forestry and Forest Products Res. Inst., <sup>3</sup>Tokyo Univ. of Agric. and Technology

これまでに、雨水が樹冠を通過する過程で樹冠通過雨の安定同位体比が変化することが報告されている (Brodersen et al., 2000 ; Liu et al., 2008)。その原因として、樹冠における雨水の選択的な通過プロセスや、樹冠形状に起因する蒸発プロセスの違いが樹冠通過雨の安定同位体比に影響を及ぼすことが指摘されている。しかしながら、樹冠通過雨量および空間分布と、樹冠通過雨の安定同位体比の関係について明らかにした研究はない。そこで本研究では、ヒノキとスギの人工林におよそ 10m × 10m の実験プロットを設置し、プロット内にグリッド状に配置した 20 個の転倒ます式雨量計による樹冠通過雨量の観測を行うとともに、20 個の林内雨サンプラーによって採取された樹冠通過雨について安定同位体分析を行った。

キーワード: 針葉樹人工林, 樹冠通過雨, 安定同位体比

Keywords: Coniferous forest plantation, Throughfall, Isotopic composition

## 箱根外輪山斜面における天水の酸素同位体組成からみた地下水の涵養・流動過程 Recharge and flow processes of groundwater on the outer rim slope of Hakone caldera

鈴木 秀和<sup>1\*</sup>, 宮下 雄次<sup>1</sup>, 板寺 一洋<sup>1</sup>, 浅井 和由<sup>2</sup>  
Hidekazu Suzuki<sup>1\*</sup>, Yuji Miyashita<sup>1</sup>, Kazuhiro Itadera<sup>1</sup>, Kazuyoshi Asai<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 神奈川県温泉地学研究所, <sup>2</sup> 地球科学研究所  
<sup>1</sup>HSRI, Kanagawa Pref., <sup>2</sup>Geo Science Laboratory

箱根火山の温泉・地下水については、これまで数多くの調査・研究が行われてきた。しかし、その多くが温泉施設の集中するカルデラ内部を対象としており、外輪山を含め箱根火山全体を包括的に捉えた地下水の涵養・流出機構（流動系）に関する研究は皆無に等しい。地質構造が複雑である火山地域では、環境同位体などをトレーサーに用いて地下水流動系を把握する手法が有効となる。箱根火山全体の地下水流動モデルを構築する手始めとして、2010年8月中旬～9月上旬にかけて外輪山斜面を対象に、河川水（99ヶ所）および湧水（38ヶ所）の広域採水調査を実施した。今回はその結果明らかとなった外輪山斜面における酸素同位体組成の空間分布特性と、それから推定される地下水流動系について検討した結果に加え、南東斜面で実施した湧水のCFCsおよびSF6年代測定結果についても報告する。

箱根外輪山において、斜面方位別に降水中の水素・酸素安定同位体組成（ $D \cdot ^{18}O$ ）を測定した宮下（2009）は、西斜面における $^{18}O$ の高度効果（ $-0.15\text{‰}/100\text{m}$ ）が他の斜面のそれ（ $-0.070\text{‰}/100\text{m}$ ）に比べ大きいことを明らかにした。これは、西斜面において同位体的に重い雨が降っていることを示唆しており、今回測定した河川水・湧水についても、これを反映した結果が得られた。外輪山の山頂付近にある湧水についてその値を比較してみると、西斜面の命之泉（1010m）で $-8.3\text{‰}$ 、北東斜面の明神水（1023m）で $-9.3\text{‰}$ と同一標高において $1.0\text{‰}$ の違いが確認された。このような斜面による同位体組成の差は、おおくの孤立峰において確認されており、大抵の場合は卓越風向に関係し、風上側で同位体的に重いそして風下側で軽い雨が降るいわゆる「雨陰効果」が原因であることが指摘されている。箱根火山の場合でも、断定することはできないが、夏季における卓越風向が南西 - 北東方向であることから雨陰効果による影響であると推定される。

したがって、同位体組成をトレーサーとする場合には、斜面ごとにその高度効果を求める必要がある。今回得られた $^{18}O$ の空間分布から、箱根火山の場合大きく3つの斜面（西・南東・北東）に区分して検討を行うことにした。地形的分水界より区分した流域の平均標高と同位体組成の関係から求められた地下水涵養線の高度効果は、北東および南東斜面がそれぞれ $-0.18$ ,  $-0.14\text{‰}/100\text{m}$ であるのに対し西斜面では $-0.2\text{‰}/100\text{m}$ とより大きくなることが明らかとなった。さらに、北東斜面の中腹（360m）と山麓（45m）に位置する2ヶ所の湧水について、CFCsおよびSF6濃度をを用いて平均滞留時間を推定したところ、両者とも20年未満の比較的若い地下水であることが判明した。地下水涵養線から求めた湧水の涵養高度とその分布状況や、平均滞留時間などの情報から、暫定的ではあるが箱根外輪山斜面における地下水流動概念モデルを構築することができた。

宮下（2009）は河川水・湧水の $^{18}O$ は降水に比べ約 $2.0\text{‰}$ 高くなることを報告しているが、これは降水の浸透過程における蒸発の影響によるものと考えられる（風早・安原, 1994）。今回得られた地下水涵養線も降水線（降水量により加重平均された $^{18}O$ と標高の関係）に比べ $1.5 \sim 2.0\text{‰}$ 重くなっており、平衡状態におけるレイリー蒸留過程を用いてその蒸発率を求めたところ、各斜面とも $15\%$ 程度であることが判明した。

キーワード: 箱根火山, 酸素同位体組成, 雨陰効果, 高度効果, 地下水流動系, 蒸発率

Keywords: Hakone volcano, Oxygen isotope composition, Rain shadow effect, Altitude effect, Groundwater flow system, Evaporation rate

AHW023-P08

会場: コンベンションホール

時間: 5月25日 16:15-18:45

## 安定同位体比とトリチウム濃度からみた伊洛河盆地の地下水流動系について Groundwater flow system of the Yiluo River Basin from the tritium and stable isotopes ratios

趙培<sup>1\*</sup>  
pei zhao<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 立正大・院・環境システム学

<sup>1</sup> Graduate School, Univ. Risscho

安定同位体比とトリチウム濃度からみた伊洛河盆地の地下水流動系について  
Groundwater flow system of the Yiluo River Basin from the tritium and stable isotopes ratios

# 趙培 [1]

# Pei Zhao[1]

[1] 立正大・院・環境システム学

[1] Graduate School, Univ. Risscho

本研究では、中国の伊洛河盆地の地下水流動系を明らかにすることを目的として、地下水や河川水などのトリチウム濃度および安定同位体比の測定を行った。その結果、以下のことが明らかになった。

(1) 地下水の水素・酸素安定同位体比の測定結果による、全体として、盆地の周辺山地部の地下水の同位体比の値は低く、また軽く、盆地中央部の地下水は高い値、すなわち重い傾向が認められた。また、下流部（盆地東部）においては、盆地南東部の山地から D 値と 18O 値の低い軽い水が盆地底方向に流れ込んできていることが明らかになった。

(2) 地下水のトリチウム濃度の測定結果による、盆地周辺部における地下水の年代は 50 年以下の地下水である可能性が高い。伊河の上流部の地下水では 60 年以上の古い地下水、ほとんど動いていない地下水であることが推定された。下流部の地下水は上流側の地下水よりも、古い地下水であることが明らかになった。

キーワード: トリチウム濃度, 安定同位体比, 地下水流動, 伊洛河盆地

Keywords: tritium concentration, stable isotopic ratios, groundwater flow system, The Yiluo River Basin

AHW023-P09

会場: コンベンションホール

時間: 5月25日 16:15-18:45

## 関東平野北部にみられる高Cl地下水帯の水質・同位体・地下温度特性 Water quality, environmental isotopes and subsurface temperature of high Cl groundwater area in the northern Kanto plain

林 武司<sup>1\*</sup>, 安原 正也<sup>2</sup>, 森川 徳敏<sup>2</sup>, 宮越 昭暢<sup>2</sup>, 稲村 明彦<sup>2</sup>, 高橋 浩<sup>2</sup>

Takeshi Hayashi<sup>1\*</sup>, Masaya Yasuhara<sup>2</sup>, Noritoshi Morikawa<sup>2</sup>, Akinobu Miyakoshi<sup>2</sup>, Akihiko Inamura<sup>2</sup>, Hiroshi Takahashi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 秋田大学教育文化学部, <sup>2</sup> 独立行政法人産業技術総合研究所

<sup>1</sup> Akita University, <sup>2</sup> GSJ, AIST

関東平野の中央部には、数十～200mg/l程度の高いCl濃度を有する地下水（高Cl地下水）が賦存することが知られている。高Cl地下水の酸素・水素安定同位体比が周辺地域よりも低いことや、平野中央部の<sup>14</sup>C濃度分布などから、高Cl地下水が周辺地域よりも相対的に長い滞留時間を有していると考えられている（安原ほか、2008；林ほか、2003など）。ただし、Clそのものの起源については、まだ明らかになっていない。一方、この高Cl地下水帯の北側や平野北東部（鬼怒川地溝帯）にも、数十mg/l以上のCl濃度を有する高Cl地下水が賦存することが、通商産業省（1975）や池田（1984）などによって指摘されている。またこれらの地域では、宮越ほか（2003）などにより、周辺地域よりも地下温度が高いことが推定されている。しかしこれまで、これらの関東平野北部に賦存する高Cl地下水の分布構造や同位体性状、地下温度との関係に関しては、まだ不明な点が多い。そこで本研究では、関東平野北部の高Cl地下水の推定賦存域を対象として、地下水試料を採取して主要溶存成分ならびに環境同位体を測定するとともに、地下温度プロファイル測定して地下温度構造を把握した。

その結果、群馬県の太田市～館林市付近と栃木県の真岡市付近において、高Cl地下水が確認された。以下に、両地域の高Cl地下水の特徴を述べる。

Cl濃度についてみると、太田市～館林市付近では、2つの井戸で538mg/l、474mg/lと特に高い値を示した。これらは地下280m付近より深部で採取されたものである。今回の調査では、地下約200mより浅部において、200mg/lを上回るCl濃度は確認されなかった。真岡市付近では、1地点のみが221mg/l（採取深度：地下190m付近）を示した。この井戸の周辺には、同程度の深度にスクリーンを有する井戸が少ないため、高Cl地下水の分布の詳細は明らかでないが、分布範囲は小さいと推定された。

両地域の<sup>13</sup>C分布をみると、太田市～館林市付近には-8.5～0.3‰と比較的高い値が見られ、真岡市付近でも-7.3～2.0‰と高い値を示した。ただし、<sup>13</sup>CとCl濃度の間には、明瞭な相関は認められなかった。

地下温度についてみると、両地域の地下温度は、周辺地域よりも高い傾向を示した。特に、太田市～館林市付近の地下温度は、関東平野全体の中でも高いといえる。一方、鬼怒川地溝帯内では、真岡市付近以外にもスポット的な高温域がみられた。

Cl濃度、<sup>13</sup>C、地下温度の分布を比較すると、いずれも高Cl地下水帯と周辺地域で異なる傾向がみられ、大局的には、分布に類似性が認められる。しかし、より小さいスケールになると、これらの分布が必ずしも整合しているわけではない。発表では、この他の水質・同位体性状や、当該地域に分布する温泉などの深部地下水、地下地質構造などの情報と併せて、水質や分布域の成因を検討する。

キーワード: 関東平野, 高Cl地下水, 環境同位体, 地下温度

Keywords: kanto plain, high Cl groundwater, environmental isotopes, subsurface temperature

AHW023-P10

会場: コンベンションホール

時間: 5月25日 16:15-18:45

## 関東平野の被圧地下水中の塩化物イオンと水の起源に関する同位体的検討 An isotopic study on the origins of water and chloride ion in artesian groundwater of the Kanto plain, central Japan

安原 正也<sup>1\*</sup>, 稲村明彦<sup>1</sup>, 森川 徳敏<sup>1</sup>, 高橋 浩<sup>1</sup>, 水野 清秀<sup>1</sup>, 高橋 正明<sup>1</sup>, 大和田 道子<sup>1</sup>, 風早 康平<sup>1</sup>, 戸崎 裕貴<sup>1</sup>, 宮越 昭暢<sup>1</sup>, Stephen B. Gingerich<sup>2</sup>, 林 武司<sup>3</sup>, 鈴木 秀和<sup>4</sup>, 宮下 雄次<sup>4</sup>, 藪崎 志穂<sup>5</sup>, 鈴木 裕一<sup>5</sup>  
Masaya Yasuhara<sup>1\*</sup>, Akihiko Inamura<sup>1</sup>, Noritoshi Morikawa<sup>1</sup>, Hiroshi Takahashi<sup>1</sup>, Kiyohide Mizuno<sup>1</sup>, Masaaki Takahashi<sup>1</sup>, Michiko Ohwada<sup>1</sup>, Kohei Kazahaya<sup>1</sup>, Yuki Tosaki<sup>1</sup>, Akinobu Miyakoshi<sup>1</sup>, Stephen B. Gingerich<sup>2</sup>, Takeshi Hayashi<sup>3</sup>, Hidekazu Suzuki<sup>4</sup>, Yuji Miyashita<sup>4</sup>, Shiho Yabusaki<sup>5</sup>, Yuichi Suzuki<sup>5</sup>

<sup>1</sup> 産業技術総合研究所, <sup>2</sup> アメリカ地質調査所, <sup>3</sup> 秋田大学, <sup>4</sup> 神奈川県温泉地学研究所, <sup>5</sup> 立正大学

<sup>1</sup> Geological Survey of Japan, AIST, <sup>2</sup> US Geological Survey, <sup>3</sup> Akita University, <sup>4</sup> Hot Spring Res. Inst. Kanagawa Pref., <sup>5</sup> Rissho University

関東平野には、高塩化物イオン濃度 (Cl<sup>-</sup>; 最大で 450mg/l 程度) によって特徴づけられる被圧地下水が以下の地域において認められる: 1) 埼玉県東部の関東平野中央域, 2) 茨城県南部から千葉県北部にかけての小貝川・利根川沿いの地域, 3) 群馬県南東部の太田市から館林市にかけての地域。これら各地域の地下水について、その水と Cl<sup>-</sup> の起源を明らかにするために同位体的検討を進めた。まず、関東平野中央域の高 Cl<sup>-</sup> 濃度地下水は、綾瀬川断層と久喜断層 (想定) によって画され北西～南東方向に延びる幅約 10km、長さ約 35km のいわゆる元荒川構造帯 (清水・堀口, 1981) とほぼその分布域が重なる。構造帯内部の上総層上部-中部 (深さ 200m-430m 付近) に最大で 216mg/l の Cl<sup>-</sup> 濃度を有する被圧地下水が認められ、Cl<sup>-</sup> 濃度が概ね数 10 mg/l 以下の構造帯外部の地下水と明瞭な濃度コントラストを呈している。delta-<sup>18</sup>O・delta-D, <sup>14</sup>C 濃度, <sup>4</sup>He 濃度, <sup>36</sup>Cl/Cl 比等をパラメータに用いた解析の結果、関東平野中央域の高 Cl<sup>-</sup> 濃度被圧地下水の場合、その水は約 2 万年前の最終氷期極相期前後にもたらされたものであることが明らかとなった。また、Cl<sup>-</sup> については、上総層群堆積時に地層中に取り込まれた海水ではなく、12 万年程度前の下末吉海進時にもたらされたより新しい時代の海水にその起源があるらしいことが示唆された。断層の存在等の地質学的制約により、最終氷期以降の広域地下水流動系による“フラッシング”から隔離された状態に置かれてきたため、周辺と比べて特異な性状を有するこのような地下水が現在も同地域に残存しているものと推定される。一方、小貝川・利根川下流域ならびに群馬県南東部に認められる高 Cl<sup>-</sup> 濃度地下水については、賦存深度・層位さらには地下水の <sup>14</sup>C 年代が前述した関東平野中央域のそれと明らかに異なることから、これらの地域の高 Cl<sup>-</sup> 濃度地下水の形成プロセスには別の時代的・水文地質学背景があるものと考えられる。今後、関東平野中央域での結果と比較検討しながら、これら 2 地域の解析をさらに進めて行く予定である。

キーワード: 関東平野, 被圧地下水, 塩化物イオン, 酸素・水素同位体比, <sup>14</sup>C 濃度, <sup>36</sup>Cl/Cl 比

Keywords: Kanto plain, artesian groundwater, chloride ion, delta-<sup>18</sup>O & delta-D, <sup>14</sup>C, <sup>36</sup>Cl/Cl ratio

AHW023-P11

会場:コンベンションホール

時間:5月25日 16:15-18:45

## 複数同位体を用いた沿岸域地下水流動系とその変遷の評価

A multiple-isotope approach to reveal the coastal hydrogeological system and its temporal changes.

徳永 朋祥<sup>1\*</sup>, 嶋田 純<sup>2</sup>, 浅井 和見<sup>3</sup>

Tomochika Tokunaga<sup>1\*</sup>, Jun Shimada<sup>2</sup>, Kazumi Asai<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 東京大学大学院新領域創成科学研究科, <sup>2</sup> 熊本大学, <sup>3</sup> 地球科学研究所

<sup>1</sup>Dept. Environment Systems, Univ. Tokyo, <sup>2</sup>Kumamoto University, <sup>3</sup>Geoscience Laboratory

Multiple-isotope data and the results of the diffusion-sedimentation model were used to reveal the coastal hydrogeological system and its temporal change at a small catchment and its offshore extension, the Uto Peninsula, Kumamoto, Japan. Chloride concentration decreases gradually downwards, and the profile of the stable chlorine isotopic ratio showed the typical pattern formed by diffusion-controlled mass transport process. One-dimensional diffusion/sedimentation model explained the measured chloride profile and the fractionation of chlorine isotopes sufficiently well. The apparent residence time of groundwater below inter-tidal zone is on the order of 100 years while that below sea bottom is about 2000 years, suggesting that groundwater situated below the inter-tidal zone constitutes a part of present-day groundwater flow system while the fresh groundwater below sea bottom was separated from the present-day flow system. The coincidence among the apparent residence time of groundwater below sea-bottom, the age of the start of the deposition of marine clay, and the age of the start of the diffusion process strongly suggests that the deposition of marine clay controlled the hydrogeological system and resulted in the reduction of the extent of the groundwater discharge.

AHW023-P12

会場:コンベンションホール

時間:5月25日 16:15-18:45

## 福岡県原鶴温泉に認められる2タイプの温泉水の産状と成因 Occurrence and formation mechanism of Harazuru hot spring, Fukuoka, Japan

田口 幸洋<sup>1\*</sup>, 藤原 浩平<sup>1</sup>

Sachihiro Taguchi<sup>1\*</sup>, Kouhei Fujiwara<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 福岡大学・理

<sup>1</sup>Fac. Sci, Fukuoka Univ.

原鶴温泉は筑後平野の東端、福岡県朝倉市の筑後川沿いにあり、非火山性の温泉のひとつである。ここではNa-HCO<sub>3</sub>タイプの温泉と、これにCl<sub>2</sub>加わった二つのタイプの水が存在していることが知られている(古賀, 2002)。これらの分布を明らかにし、化学組成、水の同位体比の測定を行ったところ、以下のことが明らかになった。

Na-HCO<sub>3</sub>タイプの水は原鶴温泉の中央部、原鶴大橋付近を中心にNE-SW方向に分布している。Na-Cl・HCO<sub>3</sub>タイプの水はNa-HCO<sub>3</sub>タイプを挟むようにその北西側と南東側に分布している。これらの水の同位体比はNa-HCO<sub>3</sub>タイプのものはD=-49~-51‰、Na-Cl・HCO<sub>3</sub>タイプのものはD=-54~-57‰と異なった値をもっている。なお、温泉街の脇を流れる筑後川のそれは-50‰を示している。これらおよび掘削状況から、深部にあるNa-Cl・HCO<sub>3</sub>タイプの水が上昇しながら浅所の地表水と混合しながら中央部に湧出してNa-HCO<sub>3</sub>タイプの温泉水を形成していると考えられる。なお、深部の同位体比のより小さい水の起源は、本地域に発達する東西系の大規模な構造線により筑後川上流から浸透したものであるのではないかと考えられる。

キーワード: 温泉, 泉質, 同位体, 成因, 原鶴, 福岡

Keywords: hot spring, chemistry, idotope, formation mechanism, Harazuru, Fukuoka

AHW023-P13

会場: コンベンションホール

時間: 5月25日 16:15-18:45

## 九州中央部の非火山地域に湧出する温泉の炭酸成分の起源

## Origin of dissolved inorganic carbon of hot spring waters discharged from the non-volcanic region of central Kyusyu

酒井 拓哉<sup>1\*</sup>, 大上 和敏<sup>1</sup>, 大沢 信二<sup>2</sup>, 山田 誠<sup>2</sup>, 三島 壮智<sup>2</sup>, 吉川 慎<sup>3</sup>, 鍵山 恒臣<sup>3</sup>

Takuya Sakai<sup>1\*</sup>, Kazutoshi Oue<sup>1</sup>, Shinji Ohsawa<sup>2</sup>, Makoto Yamada<sup>2</sup>, Taketoshi Mishima<sup>2</sup>, Shin Yoshikawa<sup>3</sup>, Tsuneomi Kagiya<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 大分大学大学院教育学研究科教科, <sup>2</sup> 京都大学地球熱学研究施設, <sup>3</sup> 京都大学地球熱学研究施設火山研究センター

<sup>1</sup> Graduate School of Education, Oita Univ, <sup>2</sup> Beppu Geothermal Research Lab, Kyoto Univ, <sup>3</sup> Aso Volcanological Lab, Kyoto Univ

九州地方の阿蘇火山と霧島火山の間の非火山地域に湧出する温泉水の溶存全炭酸 (DIC) の起源の解明ならびにその地域の地下深部に潜在するプレート脱水流体の検知のために、当該地域の温泉水の一般水質、水の安定同位体組成 ( $D$  と  $^{18}O$ )、DIC の濃度と炭素安定同位体比 ( $^{13}C$ )、溶存ガスの希ガス同位体濃度のデータを入手した。温泉水の水の安定同位体組成 ( $D$  対  $^{18}O$ ) から温泉の水はいずれも天水起源であることが示されたが、DIC の濃度と  $^{13}C$  の関係は、温泉水の DIC には土壌  $CO_2$  以外に2つのタイプの深部起源  $CO_2$  が混入していることを示した。このアイディアは、温泉付随ガスの希ガス同位体組成 ( $^3He/^4He$ ,  $^4He/^{20}Ne$ ) と  $Ca$  イオン濃度と  $HCO_3^-$  イオン濃度の関係から支持され、セレクトした温泉水の DIC の起源炭素の寄与率の計算から、深部起源  $CO_2$  の1つはマントル由来の  $CO_2$ 、もう1つはプレートの沈み込みにもなって地球内部に持ち込まれた海成炭酸塩起源の  $CO_2$  であることが確認された。さらに、セレクトした温泉水の DIC の  $^{13}C$  と深部起源  $CO_2$  の寄与率の間にある直線的な関係を用いて、その他の温泉全てについて DIC に占める深部起源  $CO_2$  の寄与率を算出し、深部起源  $CO_2$  の寄与率の高い (55%) 温泉をこの地域の地下比抵抗構造分布図上で見たところ、沈み込み海成炭酸塩起源  $CO_2$  に富む温泉が霧島火山の北東方向に見られる低比抵抗ゾーン上に集まる傾向があることを認めた。この結果は、プレート脱水流体に関係する熱水流体が低比抵抗ゾーンの形成に参与している可能性を示唆している。一方、マントル起源  $CO_2$  に富む温泉は構造性盆地だと考えられている人吉盆地内に集中しており、そのエリアにマントル起源ガスを地殻浅部まで上昇させる流体の通路の存在が示唆された。

キーワード: 非火山地域, 溶存全炭酸, マントル, 深部起源  $CO_2$ , 低比抵抗域, プレート脱水流体

Keywords: non-volcanic region, dissolved inorganic carbon, mantle, deep-originated  $CO_2$ , low electrical resistivity zone, dehydrated fluid from subducting plate

## 九州地方におけるヘリウム同位体比の分布 Distribution of the helium isotope ratios in Kyusyu district

堀口 桂香<sup>1\*</sup>, 松田 准一<sup>1</sup>

Keika Horiguchi<sup>1\*</sup>, Jun-ichi Matsuda<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻

<sup>1</sup> Graduate School of Science, Osaka Univ.

Kyusyu island is located at the intersection of the SW Japan arc and the Ryukyu arc. The Philippine Sea plate is subducting beneath the Eurasian plate at the Ryukyu trench and the Nankai Trough along these arcs. The subduction angle of the Ryukyu trench is larger than that of the Nankai Trough. The former angle is almost orthogonal and the subduction of the Philippine Sea plate is seismically detected to the depth of 150-180 km (Nakajima and Hasegawa, 2007). The Okinawa Trough is to the west of the Ryukyu trench and extends as a back-arc basin of the Ryukyu arc. The Beppu-Shimabara Graben in central Kyusyu is regarded as an extension of Okinawa Trough. Strong low-velocity anomalies are distributed extensively along the volcanic front and extend to the back-arc side in the crust and upper mantle. Volcanisms are supposed to result from the fluid supplied by the dehydration processes of the descending Philippine Sea plate. In addition, the hot upwelling materials related to the back-arc opening have contributed to the Unzen volcanism in Beppu-Shimabara Graben (Wang and Zhao, 2006). Thus two different mechanisms for volcanism exist in north Kyusyu.

In this study, we measured the helium isotope ratios ( $^3\text{He}/^4\text{He}$  ratios) of hot springs around the area of the prefectural boundary of south Fukuoka and north Kumamoto in order to study the precise geographical distribution of helium isotope ratios in this region and to compare them with tectonic data. This area covers the Beppu-Shimabara Graben and its northern and southern areas. We collected 13 samples of hot spring waters in the above area. High  $^3\text{He}/^4\text{He}$  ratios were observed at the Beppu-Shimabara Graben, and low  $^3\text{He}/^4\text{He}$  ratios were observed in the northern and southern area of the Beppu-Shimabara Graben. It is very peculiar since the observed area belongs to the back-arc region where  $^3\text{He}/^4\text{He}$  ratios are generally higher than the atmospheric value as commonly seen in NE Japan. We indicated that the high  $^3\text{He}/^4\text{He}$  ratios simply reflected a high velocity region of about 25-30 km in depth under the sampling region (Xia et al., 2008), and was not due to the addition of fossil pore water drawn from impermeable marine clay layers as suggested by Mahara and Kitaoka (2009). Thus,  $^3\text{He}/^4\text{He}$  ratios could be closely related with the presence of deep fluid at the basement of the crust.

キーワード: ヘリウム同位体比, 九州, 別府-島原地溝帯

Keywords: helium isotope ratio, Kyusyu, Beppu-Shimabara Graben

AHW023-P15

会場:コンベンションホール

時間:5月25日 16:15-18:45

## 日本列島における深部流体系への放射性塩素同位体の適用：塩素の起源および滞留時間に関して

### Application of $^{36}\text{Cl}$ to deep fluid systems in Japan: Implications for the sources and residence time of chlorine

戸崎 裕貴<sup>1\*</sup>, 森川 徳敏<sup>1</sup>, 風早 康平<sup>1</sup>, 大和田 道子<sup>1</sup>, 安原 正也<sup>1</sup>, 高橋 浩<sup>1</sup>, 高橋 正明<sup>1</sup>, 稲村 明彦<sup>1</sup>, 尾山 洋一<sup>1</sup>  
Yuki Tosaki<sup>1\*</sup>, Noritoshi Morikawa<sup>1</sup>, Kohei Kazahaya<sup>1</sup>, Michiko Ohwada<sup>1</sup>, Masaya Yasuhara<sup>1</sup>, Hiroshi Takahashi<sup>1</sup>, Masaaki Takahashi<sup>1</sup>, Akihiko Inamura<sup>1</sup>, Yoichi Oyama<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 産業技術総合研究所・地質調査総合センター

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

日本列島各地の地下深部には高塩濃度の深層地下水・温泉水が存在するが、このような深部流体中の塩素の起源を明らかにすることは、化学的腐食など地層処分施設へ与える影響を予測するに当たって不可欠なものである。本研究では、深部流体中の塩素の起源や滞留時間を推定するため、放射性塩素同位体 ( $^{36}\text{Cl}$ ) を適用して検討を行った。調査対象地域としては、青森県沿岸の堆積岩地域、北海道のカルデラ周辺地域、主要構造線の周辺地域など、地質構造の異なる複数の地域を選択して主に温泉掘削井から深部流体・深層地下水の採取を行い、溶存成分、酸素・水素安定同位体、ヘリウム同位体などと放射性塩素同位体を組み合わせて比較・考察を行った。主な結果として、堆積岩地域においては、 $^{36}\text{Cl}/\text{Cl}$  比と  $\text{Cl}^-$  濃度との関係では海水と浅層地下水との混合の範囲に入る試料が多く見られた。そこで、海水起源を仮定し、浅層地下水の影響を除いた場合、 $^{36}\text{Cl}/\text{Cl}$  比と  $^4\text{He}$  濃度との間には正の相関関係がみられた。このことは、塩水の滞留時間とともに原位置生成起源  $^{36}\text{Cl}$  と放射壊変起源  $^4\text{He}$  が蓄積したことを示していると考えられ、古い塩水を起源とする可能性が示唆された。一方、特に構造線付近で見られる、酸素・水素安定同位体比が有馬型熱水 (Matsubaya et al., 1973) あるいはマグマ水 (Giggenbach, 1992) の組成にシフトしている塩水においては、海水と同等の非常に低い放射性塩素同位体比 ( $^{36}\text{Cl}/\text{Cl} = 1-2 \times 10^{-15}$ ) が得られた。これらはマントルの値に近く高い  $^3\text{He}/^4\text{He}$  比をもつ傾向があることから、古い塩水ではなく、地殻中での滞留時間が比較的短い塩素を含んでいるものと推定される。塩素の起源としては、原位置での  $^{36}\text{Cl}$  生成反応の起源となる U や Th が少ないマントルや、マグマなど深部起源の成分である可能性が考えられた。

#### 文献

Giggenbach, W.F. (1992): Isotopic shifts in waters from geothermal and volcanic systems along convergent plate boundaries and their origin. *Earth and Planetary Science Letters*, **113**, 495-510.

Matsubaya, O., Sakai, H., Kusachi, I. and Satake, H. (1973): Hydrogen and oxygen isotopic ratios and major element chemistry of Japanese thermal water systems, *Geochemical Journal*, **7**, 123-151.

キーワード: 深部流体, 塩素, 起源, 滞留時間, 放射性塩素同位体

Keywords: deep fluid, chlorine, origin, residence time, chlorine-36