

北陸地方の森林小流域における物質動態観測 -2013~2015年の観測結果から-
Element fluxes through a small forested watershed at Hokuriku district

*伊藤 優子¹、小倉 晃²、高瀬 恵次³

*Yuko Itoh¹, Akira Ogura², Keiji Takase³

1.国立研究開発法人 森林総合研究所、2.石川県、3.石川県立大学

1.Forestry and Forest Products Research Institute, Japan, 2.Isikawa Prefecture, 3.Ishikawa Prefecture University

1990年代後半以降のアジア諸国の急激な経済発展に伴い、大気に排出された窒素を含む汚染物質の移流による環境影響が日本海側の地域で懸念されている。しかしながら、これらの地域のうち、北陸地方は多雪地域であるため、冬期の森林における物質動態観測が困難であり、これまで年間を通じた森林流域の物質収支の実態は不明な点が多かった。

本研究では、石川県の手取川流域に位置する森林流域試験地において、積雪期間も含め、年間を通じた物質動態観測を行い、多雪地域の森林への物質の流入-流出の実態を解明し、大気由来物質に対する越境大気汚染の寄与を解明すること、また、すでに窒素飽和が生じている首都圏周辺部の森林流域と比較する事を目的とした。

本研究は手取川下流域に広がる扇状地の扇頂部付近に位置する石川県農林総合センター林業試験場構内および隣接する森林理水試験地において2013年6月から観測を開始した。大気から森林へ流入し、渓流水として下流域へ流出するまでの物質動態の実態解明のため、林外雨(雪)、林内雨(雪)、 A_0 層通過水、土壌水、地下水、渓流水を採取し、主要溶存成分および微量成分濃度の分析を行った。観測期間中の年間降水量は2870~3350mmの範囲で、年間を通じて降水量が多かったが、積雪量は年変動が大きかった。林外雨、林内雨の観測から、大気由来物質の流入には明瞭な季節変動があり、冬期(10月~3月)に多くの成分流入量が増加した。また、関東地方の森林流域とは異なり、林外雨、林内雨の成分の平均組成は類似していた。林外雨による2014年の無機態窒素(アンモニア態窒素+硝酸態窒素)の流入量は 23.1 kg ha^{-1} であった。冬期の林外雨による無機態窒素流入量は夏期(4月~9月)の2.6倍、硫酸態硫黄では4.5倍であり、年間の流入量に占める冬期の割合が高かった。一方、本研究流域からの流出水中の成分濃度には明瞭な季節変動は見られなかった。本研究流域の無機態窒素の年間流入量は関東地方の窒素飽和流域と同等もしくはそれを上回る流入量であったが、大気から流入した窒素の多くが流域内に保持され、流出水中の硝酸イオン濃度は低濃度で安定していた。越境大気汚染の影響の評価として、無機態窒素等の主要成分の流入量の季節変動だけでなく、人為起源物質の指標となる微量元素(Pb、V等)と排出起源の異なる元素(海塩、黄砂等)を用いた元素比による解析が大気汚染物質の起源や影響評価に有効である事が示唆された。

作業道の作設をともなう間伐作業時における森林からの流出成分の一時的な変化
Temporal changes in stream water chemistry during forest thinning and logging road construction

*小林 政広¹、篠宮 佳樹²、伊藤 優子¹、坪山 良夫¹

*Masahiro Kobayashi¹, Yoshiki Shinomiya², Yuko Itoh¹, Yoshio Tsuboyama¹

1.国立研究開発法人森林総合研究所、2.国立研究開発法人森林総合研究所東北支所

1.Forestry and Forest Products Research Institute, 2.Tohoku Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute

森林の利用や管理のために行われる各種の施業は、渓流水の溶存成分に影響を及ぼすことがある。森林の皆伐後、渓流水中のNO₃⁻濃度が上昇することはよく知られている。これに対して、間伐の影響については研究事例が必ずしも十分ではなく、不明の点が多い。著者らが渓流水のモニタリングを続けている茨城県城里町に位置するスギを主体とする森林流域において、2013年の夏季に作業道の作設を伴う間伐が実施された。この期間もモニタリングを継続し、データを得ることができた。本研究の目的は、間伐施業が本森林流域からの流出成分及ぼす短期的な影響を明らかにすることである。

本森林流域における間伐では、沢沿いに作業道が作設され、林業機械を用いてスギの植栽列の7列につき2列が伐採された。間伐作業中には、伐採した樹木の枝条を谷に敷き詰め、作業完了時には、この枝条で作業道の法面が覆われた。作業期間中、溪流に流れ込んだ土砂の堆積物が観察された。

間伐期間中、渓流水中のK⁺、Ca⁺、およびDOC濃度が顕著に上昇した。一方、NO₃⁻濃度は低下してほぼ検出されないレベルになった。同期間中、溪流の河床にゼリー状の薄層の発生が観察された。これは水生微生物による「バイオフィルム」であると考えられた。間伐完了後、K⁺、Ca⁺、DOC、NO₃⁻の濃度は、元のレベルに戻った。増加した渓流水中のK⁺、Ca⁺、およびDOCは、間伐時に谷に敷き詰められた枝条の生葉または溪流に堆積した土砂から溶出した可能性が考えられた。また、NO₃⁻濃度の低下の原因として、溶出したK⁺、Ca⁺、およびDOCを栄養として増殖した微生物による取り込みが考えられた。

キーワード：森林、流出成分、間伐

Keywords: forest, stream chemistry, thinning

ダム貯水地の堆砂と海岸侵食の量的な関係およびその将来予測に関する検討

Quantitative relationship between sediment storage in dam reservoir and coastal erosion as the basis of future sediment management and planning

*Yokoo Yoshiyuki¹、有働 恵子²

*Yoshiyuki Yokoo¹, Keiko Udo²

1.福島大学、2.東北大学

1.Fukushima University, 2.Tohoku University

Toward comprehensive sediment management and planning in future, the present study investigated quantitative relationship between sediment storage in upstream dam reservoirs and downstream coastal erosion as the basis of future sediment management and planning. Firstly, we mapped sediment storage in 966 dam reservoirs in Japan, where we employed total sediment volume stored since their constructions. Secondly, we estimated volumetric coastal erosion of the 71 Japanese coastal zones between 1903 and 1991. Thirdly, we calculated total sediment storage in dam reservoirs located in the upstream area of a coastal zone for all the coastal zones. And finally, we plotted total sediment storage in upstream dam reservoirs and downstream coastal erosion to find positive and significant correlation between them.

Based on the result that upstream dam sediment storage certainly increase downstream coastal erosion, we then explored a simple methodology to estimate dam sediment storage in future based on the relationship between hourly precipitation intensity and hourly sediment inflow to dam reservoir estimated by water inflow to dam reservoir and its turbidity. We found remarkable correlation between precipitation intensity and sediment inflow; hence we expect that future sediment inflow to upstream dam reservoirs and downstream coastal erosion could be estimated if hourly precipitation, water inflow and its turbidity are continuously monitored in the watershed of dam reservoirs.

キーワード：ダム貯水池、海岸侵食、将来予測、土砂、河川流量、濁度

Keywords: Dam reservoir, Coastal erosion, Future prediction, Sediment, River flow quantity, Turbidity

阿武隈山中の農業用ため池における浮遊物質動態の特徴

The feature of the suspended solid movement on an irrigation pond in the Abukuma Mountains

*久保田 富次郎¹、申 文浩¹、濱田 康治¹、人見 忠良¹

*Tomijiro Kubota¹, Moono Shin¹, Koji Hamada¹, Tadayoshi Hitomi¹

1.国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構

1.National Agriculture and Food Research Organization

2011年3月11日に発生した東日本大震災に起因する原子力災害により、福島県の一部地域で放射性Csによる沈着が生じ、今後の復興に向けた懸念要因の一つとなっている。そのため、この地域において放射性Csの動態を把握することが重要な課題である。一方、林地からの放射性Csの流出をはじめとして、溪流や河川等の水系を通じた放射性Csの動態においては、全放射性Csに占める溶存態放射性Csの割合は全般に少なく、懸濁態放射性Csの割合が卓越することが報告されている。従って、水系を通じた放射性Csの動態を総量で把握するためには、まず浮遊物質の動態を把握することが課題となる。

本研究では、放射性Csの蓄積が課題となっている農業用ため池を対象として、浮遊物質の動態を阿武隈山中の実際のため池における現地観測に基づいて、その特性について検討を行う。調査ため池は、福島県飯舘村の阿武隈山中に立地する谷型ため池であり、最大水深は、満水時で3.3mである。流入溪流は2本あり、流出は斜樋と洪水吐の2経路である。このうち斜樋を閉じることで洪水吐のみから流出が生じるよう設定した。

浮遊物質の観測は、流入・流出合わせて3地点において自動採水器による試水分析と濁度計を用いて浮遊物質濃度を連続的に推定した。また、流量は、水位観測とともに量水堰および堰の流量公式を用いて算定した。浮遊物質濃度と流量を用いて浮遊物質負荷量を算定した。

2014年5月中旬より12月初旬までの調査期間について、浮遊物質負荷量の収支を検討したところ、流入はトータルで60.7t、内訳を見ると、溪流1で40.9t、溪流2で19.8tであった。一方、洪水吐からの流出は8.3tと少なかった。このように収支を見ると、調査期間で52.4tが貯水池に蓄積した計算であり、ため池に流入する浮遊物質のうち、86%はため池に蓄積し、流出は14%と限られていた。

今後は、放射性Csの動態も含めて検討を進めていきたい。

キーワード：農業用ため池、浮遊物質

Keywords: irrigation pond, suspended solids

瀬戸内海沿岸域における管理放棄農業流域からの物質流出量の推定

Estimation of material flux from an abandoned agricultural watershed in coastal area of Seto Inland Sea, western Japan

*清水 裕太¹、松森 堅治¹

*Yuta Shimizu¹, Kenji Matsumori¹

1. 農業・食品産業技術総合研究機構・近畿中国四国農業研究センター

1. National Agriculture and Food Research Organization, Western Region Agricultural Research Center

流域からの水・土砂流出量変動に及ぼす水田の耕作放棄の影響を評価するため、芦田川水系谷尻川流域を対象にSWATモデルを用いたシナリオ解析を行った。谷尻川流域は広島県福山市近郊の中山間地に位置しており、種水位観測所を最下流とする流域面積2.6km²を対象とした。かつては谷筋に水田が、丘陵地上に畑地が存在していたが、2006年時の土地利用は森林・荒地が87%、畑地が7%、水田が6%となっており、すでに耕作放棄によって森林または荒地と化している。本研究では気象データ以外が比較的揃っている2007年以降を対象に、パラメーターの調整および検証を行い、現在および過去の土地利用時の推定結果を比較することで、その影響を評価した。水田の耕作放棄に伴う水文プロセスの変化については、異なる種類の水田土壌が充填されたライシメーターを用いた観測結果および既存文献を参考に検証を行った。試算の結果、放棄後経過年数の分布パターンに応じて水・土砂流出量に変化した。特に放棄前の水田が乾田か湿田かの違いにより大きく異なること、さらに水田の耕作放棄の進行による土壌の物理性の変化や木本類の侵入に起因して、最終的に流域末端への水・土砂流出に影響を及ぼす可能性が示された。

キーワード：物質輸送、管理放棄農林地、SWATモデル

Keywords: Material transport, Abandoned agricultural-forestry, Soil and Water Assessment Tool

SWATを用いた、茨城県流域における施肥改善による栄養塩負荷低減効果の予測
Applying SWAT model to estimate effects to mitigate nutrient losses by improved
fertilization in Ibaraki, Japan

*吉川 省子¹、神山 和則¹、清水 裕太²、江口 定夫¹

*Seiko Yoshikawa¹, Kazunori Kohyama¹, Yuta Shimizu², Sadao Eguchi¹

1.農業環境技術研究所、2.農研機構近畿中国四国農業研究センター

1.National Institute for Agro-Environmental Sciences, 2.NARO Western Region Agricultural Research Center

【目的】湖沼資源の持続的利用や保全のためには、流入河川の流量や水質の適切な管理が重要である。水質汚濁が問題となっている茨城県の霞ヶ浦に注ぐ利根川支流桜川流域について、流域モデル (SWAT) により流量・水質の予測を行う。【方法】基本データには国交省のDEM(10mメッシュ, 国交省), 土地利用データ (100mメッシュ, 国交省), および包括的土壌分類ポリゴンデータ(100mメッシュ, 農業環境技術研究所)を用いた。土壌特性値にはSolphyJ (土壌物理性DB)を, 気象データは3地点の気象データを用いた。農地には水稲, 野菜など平均的な肥培管理を入力し, 水田には霞ヶ浦用水の平均灌漑水量を日単位で入力した。観測地点上流部では、シミュレーション期間では下水道が普及していなかったため市街地からの生活排水は一定量がサブ流域の河川に一定速度で加わるとした。その際、市街地の人口密度は一定と仮定した。表面流出は“Daily Rain/CN/Daily Route法を用い、ウオーミングアップ期間(2000~2002), キャリブレーション期間(2003~2005), バリデーション期間(2006~2008)を各3年間とし、流量、セディメント(SS)、Org-N、NO₃-N、Org-P、Min-Pを調べた。その際、下流の観測地点の流量 (連続データ) および月1~2回のSS、T-N、NO₃-N、T-P、Ortho-P濃度との適合性を調べた。その結果、日々の流量、SSについてはよい精度の予測 ($R^2 > 0.6$, NSE (Nash-Sutcliffe efficiency coefficient) > 0.6) が得られ、栄養塩 (Org-N, Org-P, and NO₃-N) についてはある程度の相関 (R^2 は 0.3~0.8, NSE は 0.1~0.4) が得られた。改善施肥: 緩効性肥料施用を想定した多回少量施肥により、NO₃-Nの流出を約20%減らせることが予測された。

キーワード: SWATモデル、栄養塩流出、施肥改善

Keywords: SWAT model, nutrient discharge, improved fertilization

渇水リスク地域における水の再利用と栄養塩濃度空間分布

Water reuse and Spatial distribution of Nutrient in drought risk area, Marugame plain

*渡邊 翔太¹、小野寺 真一¹、齋藤 光代²、友澤 裕介¹、金 広哲¹*Shota Watanabe¹, Shin-ichi Onodera¹, Mitsuyo Saito², Yusuke Tomozawa¹, Guangzhe Jin¹

1.広島大学大学院 総合科学研究科、2.岡山大学大学院 環境生命科学研究科

1. Graduate School of Integrated Arts and Sciences Hiroshima university , 2. Graduate School of Environmental and Life Sciences Okayama university

Global warming causes climate change in recent years and Japan is no exception. Risk of water shortages is increasing around the West Japan. The annual precipitation in Seto Inland Sea climate area is from 1000 to 1600 mm. Especially, the Kagawa prefecture receives only about 1082 mm of precipitation per a year. This value is the lowest in that area. The people have formed agricultural zone where they do original custom of water use (agriculture ponds and shallow groundwater) for decreasing drought risk. But groundwater contaminated with nitrate nitrogen matters in agricultural zone in Japan. The cause is mainly chemical fertilizer or compost and barnyard manure. In Kagawa prefecture, shallow groundwater is repeatedly used for agriculture. So, nutrient is condensed in shallow groundwater. But, Kagawa prefecture has many agriculture ponds in Japan and nutrient is consumed in agriculture ponds.

However, it doesn't reveal how is spatial distribution of nutrient in Surface water-groundwater chain system area. So, We confirmed spatial distribution of nutrient and water stable isotope ratio and revealed the effect of too much water use to water environment in this study area, Marugame plain.

The result indicates Kanakura-river in Marugame plain is affected by depuration

Shallow groundwater results show groundwater in upstream area contaminates with nitrate nitrogen by fertilizer, but groundwater in downstream area decrease nitrate nitrogen concentration by denitrification.

Agriculture ponds water's oxygen isotope ratio and chloride ion concentration

increase from upstream area to downstream area in Marugame plain. This result indicates that agricultural water evaporate. Nutrient balance considering evaporation in ponds show that supply of nutrient is higher than consumption of that in agriculture ponds in upstream area, but agriculture ponds in downstream area show opposite results. It can be said that purifying function of agriculture ponds is valid and the system which controls nutrient flowing to Seto Inland sea.

キーワード：栄養塩、空間分布、渇水リスク

Keywords: Nutrient, Spatial distribution, drought risk

水生生物を用いた河川の水質評価方法の検討

Study of the water environment evaluation method using aquatic organisms

*岡島 一徳¹、増本 雄哉¹、中屋 眞司¹

*Kazunori Okajima¹, Yuya Masumoto¹, Shinji Nakaya¹

1.信州大学工学部

1.Department of Civil Engineering, Shinshu University

In order to evaluate the desirable water environment, it's necessary to have the perspective of various water environmental factors in addition to water quality like Biochemical Oxygen Demand (BOD). For example, there are water quantity, aquatic organisms and the waterside environment. We can know the soundness of water environment by investigating aquatic organisms, because aquatic organisms are affected by various factors of water environment. Ministry of the Environment is considering the method that can be evaluated for water environment soundness using an average score per taxon (ASPT) of benthos in river. This method is called "Biological Monitoring Working Party System in Japanese version". The method has different advantage from the indicator of water quality like BOD. Civilians can understand more easily whether water environment is good, and have friendly feeling to the waterside. In order to improve the advantage of the method, it needs to set reference values of ASPT. In this study, we examined the setting of the reference values of ASPT based on BOD by analyzing the correlation between BOD and ASPT. As the results, we suggested that it's more possible for ASPT to set reference values in middle basin of river than in lower basin.

湿原に隣接した未利用牧草地における水質浄化機能の評価

Estimation of water quality improvement function of an abandoned meadow adjacent to mire area

*木塚 俊和¹、三上 英敏¹、亀山 哲²、小野 理¹*Toshikazu Kizuka¹, Hidetoshi Mikami¹, Satoshi Kameyama², Satoru Ono¹

1. 地方独立行政法人北海道立総合研究機構環境科学研究センター、2. 国立研究開発法人国立環境研究所生物・生態系環境研究センター

1. Institute of Environmental Sciences, Hokkaido Research Organization, 2. Center for Environmental Biology and Ecosystem Studies, National Institute for Environmental Studies

北海道東部の根釧地域には日本でも有数の大規模酪農地帯が広がっている。酪農草地流域では窒素やリンなどの栄養塩の流出が下流域の湿原や湖沼などで富栄養化をもたらし、生物多様性の低下や水産業への影響が懸念されてきた。一方、最近では、湿原辺縁部や河川周辺を中心に、排水不良によって耕作が困難な牧草地が目立つようになってきている。このように、道東の酪農草地流域では、汚濁負荷削減と未利用牧草地の有効利用が重要な課題となっている。我々は、湿地が持つ生態学的な栄養塩の浄化機能に着目し、未利用牧草地の有効利用策のひとつとして、水質浄化機能を備えた緩衝帯としての役割について検討している。本報では、現地の未利用牧草地を対象に、地下水と地表水の窒素・リン濃度や水文環境の観測に基づき、圃場内の栄養塩動態を明らかにすることを目的とした。

我々は、釧路湿原国立公園を下流域に持つ、阿寒郡鶴居村の未利用牧草地を研究対象地とした。本研究では四方を明渠排水路に囲まれた約100 m×175 mを調査区とした。本調査区では水位の低い時期に圃場の一部で採草が行われる以外は放棄され、湿生植物を含む雑草が繁茂している。調査区の地形を調べるために、調査区内68地点を対象にレベル測量を行った。調査区内に25 m四方の方形区を28区画設け、各区画の中心点に地下水位観測管とピエゾメータを設置した。ピエゾメータは受圧部が地面から30、80、130 cmの深さになるよう各地点3本ずつ設置した。2015年8・10月に地下水位観測管とピエゾメータ内の水位を手動で測定した。調査区および排水路の水位変動特性を評価するために、調査区内で標高が低く常時冠水している地点に1箇所、調査区の北側と南側の明渠排水路各1箇所に自記水位計を設置し、8~11月に水位を連続観測した。地盤の透水性を評価するために、調査区内4地点で、ピエゾメータを用いた単孔式透水試験を行った。水位の手動測定と同時期

(8・10月)に各深度のピエゾメータ内の地下水を採取した。試料水はろ過後、全窒素、全リン、およびイオン態の窒素・リン濃度を測定した。

レベル測量の結果、調査区は北から南へ1/200程度の勾配で緩やかに低下していた。また、東側と西側の明渠排水路に沿って地盤がやや低下していた。自記水位計による水位の連続測定の結果、調査区内の水位は調査期間中に約52 cmの変動が見られた。調査区内地盤と自記水位計による水面の標高をもとに調査区内の冠水状況を調べたところ、水位が最も高い時には調査区内のほぼすべての場所で冠水したと考えられた。また、地盤の低い東側と西側の明渠排水路近傍では調査期間中常時冠水し、地盤の最も低い地点では水深が最大で64 cmに達することがわかった。このことから、調査区の水文環境は汎濫性の湿地のような状態にあること、また、調査区内地形特性を反映して地下水位が場所によって大きく異なることが考えられた。調査区内28地点の地下水位測定結果によると、10月の地下水位は地形特性を反映して北から南にかけて、また、東側と西側の明渠排水路に向けて低下する傾向が見られた。地盤の透水係数は、全体で見ると $10^{-8} \sim 10^{-5} \text{ m s}^{-1}$ オーダーの値を示し、釧路湿原内の泥炭地での値に比べて小さかった。とくに、浅い層の透水性が悪いことから、農業用作業車による踏圧の影響が示唆された。地表付近の硬盤層は降水の地下への浸入を妨げることから、調査区では表面流出が起こりやすい可能性がある。調査区地下水では高濃度の栄養塩が局所的に見られた。全窒素は圃場中央の30 cm深度で濃度のピークが認められ、地下水が深くなるにつれて濃度が低下し、なおかつピークの場所が東側の明渠排水路に移動する傾向が見られた。このことから、地表付近にある何らかの栄養塩ソースから、移流と拡散によって窒素成分が移動し、明渠排水路方向に流出していたと推察される。8月から10月にかけて窒素濃度は全体的にやや低下するものの、ほぼ同様の空間分布が見られたことから、調査区からの窒素流出は調査期間を通して生じていたと考えられる。今後、調査区内の栄養塩移動量を算出し、未利用牧草地における栄養塩浄化量を

評価する予定である。

キーワード：透水係数、栄養塩、泥炭地、空間分布、水位変動、冠水

Keywords: Hydraulic conductivity, Nutrient, Peatland, Spatial distribution, Water level change,
Waterlogging

河川水系における微量元素の川から水稻体内への輸送メカニズム

Transportation mechanism of trace elements from river to the inside of paddy rice in river water system

*室田 健吾¹、中屋 眞司^{1,2}、石川 満範¹、益田 晴恵³

*kengo muroda¹, Shinji Nakaya^{1,2}, Mistunori Ishikawa¹, Harue Masuda³

1.信州大学工学部土木工学科、2.信州大学工学部水環境・土木工学科、3.大阪市立大学理学研究科

1.Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Shinshu University, 2.Department of Water Environment and Civil Engineering, Faculty of Engineering, Shinshu University, 3.Department of Geosciences, Faculty of Science, Osaka City University

Some toxic and nutrient trace elements are often transported to paddy field through irrigation from river water. The transportation mechanism of toxic trace elements in a local river water system is important for sustainable, environmental conservation and for risk reduction. In order to clarify the mechanism for transportation and deposition of toxic trace elements from river water to paddy rice, we analyze the concentration of trace and major elements in two river waters, paddy field waters, and paddy rice, root, shoot, leaf, and grain, separately, in headwaters, which is in volcanic rock areas near Mt. Asama and Mt. Yatsugatake in Saku, Nagano. The number of sampling are at 15 points in waters of river and of paddy field, and 2 points in paddy rice in each Asama area and Yatsugatake area.

From the correlation between major elements and toxic trace elements, it is inferred that Fe-colloid works as an attracter due to sorption to trace elements in a river. In paddy field, some trace elements are likely to precipitate with Fe-colloid, and other trace elements in water-soluble state can infiltrate into soil. The following conclusions are obtained: 1) The toxic trace elements in river waters are with compatible major attracter elements; (a) Fe-colloid for (Cr, Cu, Ga, La, Zn, Cs, U) and (Ti, Al, Mn) in Mt. Yatsugatake area, (b) Fe-colloid for (Cr, Cu, Zn) and (Al) in Mt. Asama area, 2) (a) No attracter for (Se, Rb, Sr) in river water in Mt. Yatsugatake area, (b) No attracter for (Se, V, Ga, Ge, Sr, Y, Cs, Ba, La, U) and (Mn, Ti) in river water in Mt. Asama area. And 3) (As, Cd, Mn, Ni, Sb, Sr, Zn) are transported with Fe from root to shoot in paddy rice, while (As, Co, Mn, Sr, Zn) are transported with Fe from shoot to grain in paddy rice, and (Sr, Zn) are transported with Fe from shoot to leaf in paddy rice. Especially, we conclude that As is transported with Fe from root to grain through root in paddy rice.

From the described above, it is modeled that first, Fe-colloid works as an attracter of trace elements, transporting them to paddy fields, second, Fe works as a transporter of trace elements from root to shoot, however, from shoot to leaf, and from shoot to grain, some trace elements are transported and deposited in separating from Fe.

キーワード：有害微量元素、米、河川、コロイド、八ヶ岳、浅間山

Keywords: toxic trace element, rice, river, colloid, Mt. Yatsugatake, Mt. Asama

逐次抽出法を用いた野洲川における懸濁態リンの生物利用可能性とその起源評価

Evaluation of the source and bioavailability of particulate phosphorus in Yasu River by using sequential extraction methods

*千代 真照¹、尾坂 兼一²、藤田 健斗¹、永淵 修²、奥田 昇³

*Shinsho Chishiro¹, Ken'ichi Osaka², Kento Fujita¹, Osamu Nagafuchi², Noboru Okuda³

1.滋賀県立大学大学院環境科学研究科、2.滋賀県立大学環境科学部、3.総合地球環境学研究所

1.Environmental Science Graduate, the University of Shiga Prefecture, 2.Department of ecosystem study, University of Shiga Prefecture, 3.Research Institute for Humanity and Nature

It is well known that primary production in Lake Biwa is limited by phosphorus, and that means phosphorus load into Lake Biwa influence on its environment. In general, it is considered that algae in lake use PO_4 -P as a phosphorus nutrient, however, it has been revealed that a part of particulate phosphorus (PP) also might be used as nutrient in recent study. It has been reported that the load of PP discharged through river increases during ploughing and irrigating the fields or rainfall event, and most of the annual phosphorus load discharged through river is PP. However, there are a few studies that clarify the sources and bioavailability of fraction of PP discharged through river in Japan. The purpose of this study is to estimate sources of bioavailable fractions of PP discharged through Yasu river into Lake Biwa.

River water samples were collected from 5 sites in Yasu river once or twice a week from April 2015 to May 2015. Drainage from paddy fields were collected from Koka city, where locates in middle part of Yasu river watershed once a month between May and July. Furthermore, river water samples after rainfall event were collected from 10 rivers flowing into Lake Biwa on September 2015. After sampling, we separated several fractions of PP from suspended solids by sequential extraction methods (1M ammonium chloride, 0.11M bicarbonate dithionite, 1M NaOH, 0.5M HCl extraction) in water sample. In this method, PO_4 -P is extracted from the particle fraction with high bioavailability in sequence. PO_4 -P extracted from the particle fraction was determined by the molybdenum-blue method.

キーワード：懸濁態リン、逐次抽出、生物利用可能性、琵琶湖

Keywords: particulate phosphorus, sequential extraction, bioavailability, Lake Biwa

琵琶湖の流系と栄養塩環境

Currents and nutrient environment in Lake Biwa

*大久保 賢治¹、LE Huu^{1,2}、齋藤 光代¹

*Kenji Okubo¹, Huu Tien LE^{1,2}, Mitsuyo Saito¹

1.岡山大学大学院環境生命科学研究科、2.フエ大学

1.Graduate School of Environmental and Life Science, Okayama University, 2.Hue University of Agriculture and Forestry

日本最大の湖である琵琶湖においては、最近数十年間で水温の上昇傾向や富栄養化などの問題が顕在化している。本研究では、琵琶湖についてこれまで蓄積されてきた既存の観測データや著者らによる研究結果を踏まえ、琵琶湖の流系と栄養塩環境に関する議論・総括を行うことを目的とする。

平成の名水の微量元素分析による水質特性の評価と食品の起源分析への応用

The evaluation of the 100 best natural water sources in Heisei period by trace elements and application for the origin estimation of foods

*柳沢 直哉¹、笹本 なみ¹、阿部 善也¹、中井 泉¹

*Naoya Yanagisawa¹, Nami Sasamoto¹, Yoshinari Abe¹, IZUMI NAKAI¹

1.東京理科大学大学院 総合化学研究科

1.Tokyo University of Science Graduate School of Chemical Sciences and Technology

近年、食品の産地偽装や安全管理に関する事件が社会問題となっており、食品の産地や製造工程のトレーサビリティが求められている。当研究室では無機微量元素および同位体比による食品の産地判別技術の開発を進めており、穀物、野菜、日本酒を中心に多くの成果を挙げてきた。本研究では新たに天然水を対象とし、特に平成20年に環境省によって選定された「平成の名水百選¹⁾」に着目した。水は飲料用から農作物の生育まで幅広く用いられ、我々の生活に深く関わる重要な資源である。水資源中に溶存する微量元素をトレーサーとして用いて、農作物の産地判別を視野に、地質と関連付けた水の地域的特性化を試みた。

日本全国20地点（河川5地点、湧水15地点）にて、超純水および10%硝酸で洗浄済みのポリエチレン製容器を用いて現地にて採水を行い、約4℃の冷暗所で保存した。孔径0.45 μmメンブランフィルターによるろ過により沈殿物を除去し、分析試料とした。軽元素（Na, Mg, K, Ca, Si）の測定には誘導結合プラズマ発光分析装置（SPS3520UV）を用いて、その他の微量元素（Al, V, Mn, Ni, Cu, Zn, As, Rb, Sr, Mo, Ba, REE）の測定には四重極型誘導結合プラズマ質量分析装置（Agilent 7500c）を用いた。内標準元素として¹¹⁵Inを添加し、検量線法により20元素以上の濃度の定量を行った。

まず検出された各微量元素の由来に関して考察を行った。測定した元素のうちLiは、埼玉県、山梨県で採取された河川水試料で高濃度を示した。これは、神流川源流、金峰山源流では母岩がLiを多く含む花崗岩質であるためであると考えられる。一方で、Vは山梨県、静岡県試料において高濃度を示した。夏狩湧水（山梨）、湧玉池（静岡）はVを多く含む玄武岩が分布する地帯の湧水であり、長い年月をかけ雨や雪が地下に貯蓄される過程でVが多く溶け込んだと考えられる。同様に、源兵衛川（静岡）も上流に玄武岩が広く分布する相模川の水系であるために、V濃度が高くなったと考えられる。他の河川水、湧水試料では、その上流地質や帯水層付近の地質が花崗岩、玄武岩ではないために、こうした高濃度のLiおよびVは検出されなかった。Cuでは、群馬県、埼玉県の試料において高濃度を示した。群馬県の戸倉湧水、武尊湧水付近には鉱毒事件で知られる足尾銅山、埼玉県の毘沙門水、武甲山付近ではスカルン鉱床をもつ秩父鉱山が存在している。どちらも銅を多く採掘していた鉱山であることから、その影響が湧水の微量元素組成に顕著に表れていることが分かる。これら3元素の分布に関して、河川堆積物をもとに産業技術総合研究所によって作成された地球化学図¹⁾とも対応が見られた。したがって、これらの元素は採水地点の地質や環境状況を良く反映することから、本研究の目的である天然水的地域特性化における有用な指標となることが期待される。秋田県の獅子が鼻湿原の出壺水で採取した水からは、高濃度のAl, Mn, Znおよび希土類元素が検出された。本研究で分析した試料のpHの平均は湧水で7.2、河川水で7.8であるが、この試料では4.4と明らかにpHが低い。先行研究³⁻⁴⁾によって、湿地という特殊な環境の湧水、地下水では微生物の活動に伴う有機酸（フミン酸、フルボ酸）の増加によってpHが低下し、岩石や土壌中のAlや希土類元素が溶解しやすいという指摘があり、この湧水はこうした影響を受けているものと考えられる。

以上より、湧水や河川水中の微量元素組成は地質的背景を強く反映することが示された。今後はさらに試料数を拡充してより詳細な地域特性化を進め、農作物の産地判別への応用を目指す。

1) 藪崎志穂ら, 地下水学会誌, 51, 127-139 (2008).

2) 地球化学図 産業技術総合研究所地質調査総合センターHP <https://gbank.gsj.jp/geochemmap>

3) Aline Dia *et al.*, *Geochemical et Cosmochimica Acta*, 64, 4131-4151 (2000).

4) Melanie Davranche *et al.*, *Aquat Geochem*, 21, 197-215 (2015).

キーワード：水
Keywords: water

ベトナム北部を流れる紅河を通じたヒ素の挙動

Behavior of Arsenic in the Red River, Northern Vietnam

井上 凌¹、*益田 晴恵¹、米澤 剛²、Truong XuanLuang³、申 基澈⁴Ryo Inoue¹, *Harue Masuda¹, Go Yonezawa², XuanLuang Truong³, Ki-Cheol Shin⁴

1.大阪市立大学大学院理学研究科、2.大阪市立大学大学院創造都市研究科、3.ハノイ鉱山地質大学、4.総合地球環境学研究所

1.Graduate school of science,Osaka City University, 2.Graduate school for Creative Cities,Osaka City University, 3.Hanoi University of Mining Geology, 4.Research Institute for Humanity and Nature

試料は雨季（2013年7月26-8月4日）と乾季（2014年4月10日-21日）にベトナム領内の紅河本流及び支流から採取した。試料数は河川水試料（試料数は雨季：29、乾季：45）、堆積物試料（乾季：18）である。

紅河本流の河川水中総ヒ素濃度は雨季：1.4-9.1 µg/L、乾季：2.2-92.9 µg/Lであった。中国国境付近に位置する紅河本流の最上流地点はヒ素濃度は、雨季は9.1 µg/L、乾季は33.9 µg/Lであった。乾季の値はWHOの定める水質基準値（10.0 µg/L）の3倍以上もの濃度である。本流では雨季、乾季ともに河口に向かうにつれてヒ素濃度は減少する傾向にあり、下流域の紅河デルタ上では基準値を超える地点はなかった。紅河に流れ込む支流の総ヒ素濃度はどちらの時期も本流の濃度よりも低い範囲（雨季：0.2-1.6 µg/L、乾季：0.3-4.5 µg/L）にあり、本流は支流の流入により希釈されていた。河川水中では、ヒ素は溶存態または懸濁態として存在するが、本流では溶存態として存在するものが多い。その割合は、最上流地点で約50 %と最低で、下流に向けて増加した。乾季と比べ、雨季はヒ素濃度が低く、豊富な基底流出水からなる支流によって希釈されていることが示唆された。

河床堆積物5試料のヒ素濃度は21.1と55.6 mg/kgを示した2試料を除いて、30.0~33.6 mg/kgであった。本流における河川水中総ヒ素濃度が下流に向けて濃度が低下していく傾向を持つこととは異なり、ラオカイ周辺（30.0 mg/kg）と河口周辺（31.6 mg/kg）で大きな差は見られない。支流の堆積物のヒ素濃度は紅河本流で採取したものと比べて低く、最大でも12.8 mg/kgであった。

ヒ素は難溶態と易還元態（酸化的な環境下で溶出しやすい形態）で約80%を占めた。難溶態は下流に向け徐々に減少したが、一方で易還元態は徐々に増加した。易還元態にはヒ素含有有機物もあるかもしれないが不明である。

堆積物のヒ素濃度と鉛濃度には良い正の相関 ($R^2=0.92$) が見られた。2元素が同じ起源を持つと推定されることから、鉛同位体比をトレーサーとして用いることで、ヒ素の起源物質推定も可能である。堆積物(n=6)の鉛同位体比は $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}=18.572\sim 18.766$ 、 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}=15.727\sim 15.739$ であった。懸濁物の同位体比は乾季(n=1) : $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}=17.611$ 、 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}=15.586$ 、雨季(n=14) : $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}=18.516\sim 18.667$ 、 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}=15.701\sim 15.737$ であった。 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ と $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ の関係は、雨季の堆積物と乾季の懸濁物が同じ領域あることを示しており、懸濁物と堆積物の鉛の起源は概ね同じであると推定された。しかし乾季の堆積物が正の傾きを示すのに対して雨季の懸濁物は負の傾きを示した。雨季には支流からの流入量が増加することから本流の懸濁物とは異なる同位体比を持つ鉛を含んだ碎屑物が支流から供給されていると考えられる。また、紅河の源流が位置する中国雲南省で採取された鉱石（方鉛鉱、閃亜鉛鉱、黄鉄鉱）の鉛同位体比と堆積物の同位体比を比較した。乾季の堆積物の鉛同位体比は鉱石の同位体比分布の範囲の延長線上にあるが、同じではない。したがって、雲南省の鉱石は紅河のヒ素の主な起源ではない。

ベトナム領内に涵養域を持つ支流はヒ素濃度が低い。支流の流入によって本流のヒ素濃度が希釈されていた。また、支流の河床堆積物のヒ素濃度も低い。このため、紅河流域のヒ素の汚染源はベトナム領内にならず、もしくは存在しても小規模で環境に与える影響は小さい。また、河川水にはµg/Lオーダーでヒ素が含まれているのに対し、堆積物にはmg/kgオーダーで含まれている。よって、紅河のヒ素のほとんどは碎屑物中に存在しており、それらは上流域に位置する中国から運搬されてきた。

キーワード：紅河、ヒ素、鉛

Keywords: Red River, Arsenic, Lead

一級河川における河川-地下水交流が栄養塩分布に与える影響の評価～岡山県旭川を例に～
Evaluation of river water-groundwater interaction and its effect to nutrient variation in Asahi River, Okayama prefecture

*安田 香穂¹、小野寺 真一²、齋藤 光代³、丸山 豊²、友澤 裕介²

*Kaho Yasuda¹, Shin-ichi Onodera², Mitsuyo Saito³, YUTAKA MARUYAMA², Yusuke Tomozawa²

1.広島大学総合科学部、2.広島大学大学院総合科学研究科、3.岡山大学大学院環境生命科学研究科

1.Faculty of Integrated Arts and Sciences, Hiroshima University, 2.Graduate School of Integrated Arts and Sciences, Hiroshima University, 3.Graduate School of Environmental and Life Science, Okayama University

Recent researches have shown the evidence of interactions between river water and groundwater-these interactions have affected the nutrient distribution and dynamics during the discharging. Our objective is to identify the river/groundwater interactions and estimate the nutrient variations along the river Asahi. Research field is located in the River Asahi of Okayama prefecture, western Japan. River water samples were collected from 50 sites along the River Asahi. Stable isotope of Radon (²²²Rn) and nutrient concentration were analyzed in Hiroshima University. Seasonal variations of data were arranged in this research (February, June, and November, 2015)

Seasonal variations data shows radon(²²²Rn)concentration was highest in summer(June, 2015), suggesting the high percentage of groundwater contribution in summer. It probably because large quantities of irrigation decreased the river water level in summer, groundwater discharge to river water increased than in other seasons. On the other hand, radon tends to increase release ability with temperature increasing.

The spatial pattern of Radon(²²²Rn) distribution decreased from upstream to downstream in all seasons.

The results of nutrient showing that dissolved silica concentrations increased from February to November, suggesting the groundwater discharge increased from February to November. However, phosphorus concentrations were highest in June. Nitrogen concentration didn't show any variations throughout the research seasons.

In the last, we calculated and evaluated the nutrient contribution from river water/groundwater interaction processes in Asahi River based on the above data. Silica variations were mainly controlled by groundwater contributions. The ratio of silica supplied by groundwater was up to 60%. However, phosphorus variations were controlled by river water (surface water and tributaries). The ratio of phosphorus supplied by river water was up to 90%. Nitrogen variations were controlled by groundwater, as the disturbance of denitrification and biological turbulence, nitrogen concentration was lower than the estimated values. In nutrient cycle processes, nitrogen is considered to be supplied mostly from human activities however our results suggest another important nutrient pathway thorough water circulation. In Asahi River, nitrogen is dominant from groundwater, and river/groundwater interactions purify the nitrogen concentration.

In future, we will increase the research area from main stream to tributaries, in order to better evaluate the effect of river/groundwater interaction on nutrient dynamic.

キーワード：ラドン、河川-地下水交流、栄養塩

Keywords: ²²²Rn, river water/groundwater interaction, nutrients

土壤水分中の NO_3^- の移動速度推測と地下水への影響——生口島を例として

The migration of nitrate and possible impacts on groundwater of Ikuchi Island, Japan

*白 佳卉¹、小野寺 真一¹、金 广哲¹、友澤 裕介¹、有富 大樹¹*JIAHUI BAI¹, Shin-ichi Onodera¹, Guangzhe Jin¹, Yusuke Tomozawa¹, Daiki Aritomi¹

1. 広島大学総合科学研究科

1. Graduate School of Integrated Art and Science

Nitrogen is one of major elements for crops, which directly affects the production of agricultural. However, excessive application of nitrogen fertilizers can lead to a variety of environmental issues. Therefore, it's important to investigate the mechanisms and magnitude of nitrogen migration.

Ikuchi Island located in Seto Inland Sea, is one of the most famous orange and lemon production areas in Japan. Orange and lemon groves cover 42% of this island. To maintain and improve the yields, much fertilizer ($\sim 2400 \text{ kg ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$) is applied during a whole year and nitrate contamination in this island was very serious (Onodera, et al., 2007). In order to evaluate the spatial and temporal variations of $\text{NO}_3\text{-N}$ in soil water, several observation wells with different depth (10cm, 30cm, 50cm, 70cm) were installed in one square meter of space of one orchard in Ikuchi Island. 1000ppm of $\text{KNO}_3\text{-NO}_3$ and NaCl-Cl mixtures were shed on the surface of this one square meter of space in August 20th, 2015. After that, water samples were collected from these wells every two weeks and analyzed for $\text{NO}_3\text{-N}$, Cl.

The results showed that the highest concentrations of $\text{NO}_3\text{-N}$ in 10cm and 30cm, 50cm and 70cm were occurred in August 30th, 2015, the second water sampling time and September 15th, 2015, the third water sampling time, respectively. In addition, the peak value of concentrations of $\text{NO}_3\text{-N}$ decreased with the increase of soil depths except 10cm. This may attributed to the fact that the interval time between the first and second water sampling was 10 days, the peak value of $\text{NO}_3\text{-N}$ may have passed before we took water samples. From the relationship between the C_N/C_{Cl} (the ratio of concentration of $\text{NO}_3\text{-N}$ and NaCl-Cl) and time, we found that the value of C_N/C_{Cl} from 10 cm to 30cm decreased very rapidly. Moreover, it's easier to collect water from 30cm than other depths, which may imply that place near to 30cm may be the most humid locations. Therefore, denitrification may take place in the depth from 10 to 30cm, resulting in the decline of $\text{NO}_3\text{-N}$ concentration. The migration rates of $\text{NO}_3\text{-N}$ in soil water were estimated to be about 3.0cm/day and 2.5 cm/day in the depth from 0cm to 30cm and 30cm to 70cm. The groundwater level is about one meter in this area, NO_3^- would migrate into groundwater about 24 days later after 1000 ppm nitrate fertilizer was applied.

キーワード：窒素、移動、生口島、脱窒

Keywords: Nitrogen, migration, Ikuchi Island, denitrification

Assessment of the spatial distribution of submarine groundwater and associated nutrients discharge along the Ikuchi Island coastline, Seto Inland Sea, Japan

*Aiping Zhu¹, Shin-ichi Onodera¹, Yuta Shimizu², Mitsuyo Saito³, Guangzhe Jin¹

1. Graduate School of Integrated and Arts Sciences, Hiroshima University, 2. National Agriculture and Food Research Organization, Western Region Agricultural Research Center, 3. Grated School of Environmental and Life Science, Okayama University

Ikuchi Island located in the central Seto Inland Sea, is an example of a classic oceanic island with no large rivers, high shoreline-to-land area ratio and steep topography. Due to small annual precipitation (1100mm) with large inter-annual variation, the island faces a risk of water shortage, especially in dry seasons. As an alternative water resource, submarine groundwater discharge (SGD) could potentially substitute as a water supply for irrigation. Estimation of SGD along the coastline is therefore crucial to develop a sustainable water management plan for people living in the island. What's more, Onodera et al. (2007) found that nitrate contamination of groundwater in Ikuchi Island was very serious, thus, the spatial distribution of SGD and associated nutrient fluxes along the shoreline of Ikuchi Island may also be important for reducing the occurrence of eutrophication in Seto Inland Sea.

To analyze the spatial distribution of SGD and associated nutrients, we performed a continuous ²²²Rn and conductivity (EC) monitoring survey on a boat along the shoreline during December 22th, 2015. The total SGD flux was estimated to be $8.60 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ yr}^{-1}$ based on the ²²²Rn mass balance, which was in reasonable agreement with results obtained from the Darcy's law ($8.53 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ yr}^{-1}$) and water balance calculation ($8.55 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ yr}^{-1}$). A strong pattern in the spatial distribution of SGD was observed, with the highest values ($>2.5 \text{ cm d}^{-1}$) located along the western part of the island due to the steepest topography and much lower population. The results from a nutrient analysis of the groundwater indicated that the associated nutrient fluxes loading through the SGD pathway were 109.6×10^6 , 2.980×10^6 , and $439.8 \times 10^6 \text{ g yr}^{-1}$ for DIN, DIP and DSi, respectively, which were comparable to or even higher than the levels observed in the local streams. Therefore, adequate attention should be paid to the importance of SGD as one source of nutrients during the eutrophication controls process in this area.

Keywords: Submarine groundwater discharge (SGD), Radon, Nutrients , Ikuchi Island

岡山平野における地下水の水質分布と流動特性

Properties of water quality and groundwater flow in Okayama plain

*友澤 裕介¹、小野寺 真一¹、齋藤 光代²、北岡 豪一⁴、山口 一裕³

*Yusuke Tomozawa¹, Shin-ichi Onodera¹, Mitsuyo Saito², Koichi Kitaoka⁴, Kazuhiro Yamaguchi³

1.広島大学大学院総合科学研究科、2.岡山大学大学院環境生命科学研究科、3.岡山理科大学理学部基礎理学科、4.岡山理科大学

1.Graduate School of Integrated Arts and Sciences Hiroshima University, 2.Graduate School of Environmental and Life Science, Okayama University, 3.Department of Applied Science, Okayama University of Science, 4.Okayama University of Science

沿岸沖積平野は、その堆積構造から平野上流側では河川水の優先的な地下水涵養を受け、その豊富な水量は被圧地下水を含め多様に利用されてきた。しかし、適切な管理が行われない中の過剰な使用によって水圧の低下が生じ、海水の侵入などの塩水化も引き起こされてきた。このように、現在の沖積平野の水質特性を明らかにすることは、現在の地下水流動環境やその平野の脆弱性を評価できることになる。本研究では、岡山平野を対象として、平野南部に設けた観測井戸より採水した水試料の化学成分及び酸素・水素同位体等の分析を行い、地下水流動特性を推察した。

地下水の無機イオン成分組成として、平野の上流側から海岸線付近まで、Ca-HCO₃型から、Na-HCO₃型、Na-Cl型への3パターンへの遷移が確認できた。特に、上流側の浅層地下水は平野の主河川である旭川の組成とほぼ同じであり、旭川の水が優先して涵養していることが確認できた。一方で、海岸線の地下水は、塩水化していて海水の20%程度の混入が明らかになった。さらに、中間地点では水素 - 酸素同位体比がそれぞれ川や海水とは異なる値を示し、涵養過程の異なる流動系が推察された。

西日本の閉鎖性湾における過去1万年間の生物地球化学過程の変動

Last 10,000 years variation of biogeochemical process in enclosed bay of a western Japan

*小野寺 真一¹、金 広哲¹、竹内 徹²、齋藤 光代³、北岡 豪一⁴、山口 一裕⁴*Shin-ichi Onodera¹, Guangzhe Jin¹, Toru Takeuchi², Mitsuyo Saito³, Koichi Kitaoka⁴, Kazuhiro Yamaguchi⁴

1.広島大学大学院総合科学研究科、2.フジタ地質株式会社、3.岡山大学、4.岡山理科大学

1.Graduate School of Integrated and Arts Sciences, Hiroshima University, 2.Fujita Geology Ltd.,

3.Okayama University, 4.Okayama University of Science

本研究では、閉鎖性海域である瀬戸内海において、さらに奥に位置する岡山県児島湾を対象して、平野の堆積物中の炭素、窒素、リンの分布結果を基に、過去1万年間の生物地球化学過程を紐解くことを目的とした。8000年前までの温暖化時期には、激しい堆積速度が確認され、一方、縄文海進期まで海面が上昇すると、堆積速度は低下した。これは土砂供給減の源流域での土砂生産量の低下によるものと考えられる。一方、この時期に至るまでの土砂供給期に大量のリンの生産も確認でき、さらに、炭素、窒素の安定同位体比の上昇も確認できた。縄文海進期ピーク以降の寒冷化時期には、リンの供給のさらなる減少とともに、炭素窒素安定同位体比の値も低下する傾向がみられた。

キーワード：栄養塩、閉鎖性海域、温暖化、1万年間

Keywords: nutrient, enclosed bay, warming, last 10,000 years

地熱水域の熱収支と周辺湖沼への影響評価：倶多楽火山・北海道

Heat budget of hydrothermal ponds and its relation to geothermal flux in a neighboring deep lake: Kuttara Volcano, Hokkaido, Japan

*知北 和久¹、芝田 大輝²

*Kazuhisa Chikita¹, Taiki Shibata²

1.北海道大学大学院理学研究院地球惑星科学部門、2.北海道大学理学部地球惑星科学科

1.Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Science, Hokkaido University, 2.Department of Earth and Planetary Sciences, School of Science, Hokkaido University

北海道・倶多楽火山の地殻熱活動を調べるため、登別温泉にある三つの湯沼（大湯沼、奥の湯、沸騰泉池）の熱収支を調べ、隣接するカルデラ深湖・倶多楽湖における熱流量との関係を調べた。2013-2015年の観測から、平均地下熱流量は 2.8 kW/m^2 （大湯沼）、 22.0 kW/m^2 （奥の湯）and 32.0 kW/m^2 （沸騰泉池）と与えられた。他方、この間、倶多楽湖最深点(148 m)で温度成層期に水温と 25°C 電導度EC25との上昇が認められ、その地下熱流量 $0.50 - 9.3 \text{ W/m}^2$ と評価された。2013-2015年の長期変動を見ると、奥の湯の地下熱流量と倶多楽湖の地下熱流量との間には、平均5ヶ月のタイムラグが認められた。MT法による地下探査では、倶多楽湖の地下100 mに熱水貯留層が存在する。このことから、この貯留層より深部に湯沼・倶多楽湖に共通の熱水系があり、これに対する応答の違いが両者に現れていると判断される。

キーワード：地下熱水系、地下熱流量、火山活動

Keywords: hydrothermal flow system, geothermal heat flux, volcanic activity