

## 森林流域の流出・浸食機構

## Runoff and erosion processes in a forested river catchment

\*知北 和久<sup>1</sup>、築場 大将<sup>2</sup>、阪田 義隆<sup>3</sup>、ホサイン エムディ モタレブ<sup>1</sup>

\*Kazuhisa Chikita<sup>1</sup>, Daisuke Yanaba<sup>2</sup>, Yoshitaka Sakata<sup>3</sup>, Md Motaleb Hossain<sup>1</sup>

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、3.北海道大学大学院工学研究院空間システム部門

1.Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Science, Hokkaido University, 2.Department of Earth and Planetary Sciences, School of Science, Hokkaido University, 3.Department of Space System, Faculty of Engineering, Hokkaido University

森林域が流域面積の88.3%を占める北海道・生花苗川流域で、森林斜面に4CH土壤水分プロファイラー(10-40 cm深)とテンシオメーター(10-50 cm深)を設置し、降雨イベント時の降下浸透に伴う雨水の挙動特性とこれに伴う土壌浸食の可能性について検討した。観測期間は2015年5月~10月の無冠雪期間で、同時に生花苗川の流量・濁度・水温も連続測定しており、測定間隔は全観測項目で30分である。観測点土壌内の水収支を計算したところ、10月の降雨イベント(林内総雨量58.0 mm)時に40 cm深で飽和側方浸透流が発生し、一部ホートン型地表流の発生した可能性があることがわかった。この40 cm深には透水性の高いテフラ層(1667年樽前Ta-b層)、その下に透水性の低い泥層があり、飽和側方流は選択的にこの深度で卓越すると判断される。この流れによる浸食限界を調べると、砂・泥粒子が選択的に浸食される可能性が高いことがわかった。

キーワード：森林斜面、テフラ層、飽和側方流

Keywords: forest slope, tephra layer, saturated throughflow

流域内の土砂生産源の空間分布：山地から海岸への浮遊土砂の生産源推定

Spatial distribution in sediment yield within watershed: fingerprinting source of suspended sediment from mountain to coast

\*水垣 滋<sup>1</sup>、大塚 淳一<sup>1</sup>、大橋 正臣<sup>1</sup>、久保 まゆみ<sup>1</sup>、谷瀬 敦<sup>1</sup>、平井 康幸<sup>1</sup>、五味 高志<sup>2</sup>

\*Shigeru Mizugaki<sup>1</sup>, Junichi Otsuka<sup>1</sup>, Masami Ohashi<sup>1</sup>, Mayumi Kubo<sup>1</sup>, Atsushi Tanise<sup>1</sup>, Yasuyuki Hirai<sup>1</sup>, Takashi Gomi<sup>2</sup>

1.国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所、2.東京農工大学農学府国際環境農学専攻

1.Civil Engineering Research Institute for cold region, PWRI, 2.Tokyo University of Agriculture and Technology

Information of source and runoff process of suspended sediment is crucial for better sediment management at not only the watershed scale but also the "source to sink" system from mountain to coast. To understand the dynamics of water and suspended sediment at the watershed scale, we conducted the hydrological observation, fingerprinting source of suspended sediment using natural radionuclides as tracers, and GIS analysis in the Mukawa River (1270 km<sup>2</sup>) and the Saru River (1350 km<sup>2</sup>), Hokkaido, northern Japan. From the results of fingerprinting, dominant source areas discriminated by lithology could be found to be different among the suspended sediment, dam deposit and coastal sediment. Suspended sediment, composed of silt and clay size particles, was found to originate mainly from sedimentary rock and metamorphic rock, which are lying in the mid- to down-stream area within the watersheds. Meanwhile coastal sediment, composed of fine sand, was found to be originated from plutonic rock and melange matrix of accretionary complex, which are lying in the upstream area. Suspended sediment yield for 4 years (2011-2014) was also quantitatively evaluated by hydrological observation and fingerprinting technique, showing the positive correlation with landslide density along the stream side, but not with shallow landslide scars mainly occurred by the catastrophic typhoon event in August 2003. These results were supported by field survey and exposure weathering test, indicating that the lithology underlying the watershed was dominant factor controlling recent suspended sediment yield.

キーワード：浮遊土砂、地すべり、流域スケール

Keywords: suspended sediment, landslide, watershed scale

## 日本全国の土砂生産強度と砂浜の現状との関係

## Relationship between sediment production and beach formation in Japan

\*有働 恵子<sup>1</sup>、武田 百合子<sup>1</sup>、森田 興輝<sup>1</sup>、横尾 善之<sup>2</sup>

\*Keiko Udo<sup>1</sup>, Yuriko Takeda<sup>1</sup>, Kohki Morita<sup>1</sup>, Yoshiyuki Yokoo<sup>2</sup>

1.東北大学災害科学国際研究所、2.福島大学共生システム学類

1.International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University, 2.Faculty of Symbiotic Systems Science, Fukushima University

砂浜は荒天時に波のエネルギーを減衰する防災機能を有すると同時に、豊かな生態系を育み、人々のレクリエーションや憩いの場を提供するなどの環境・利用機能を持ち合わせた貴重な空間である。しかし、戦後、国土保全のための整備が急速に進められ、これに伴う流砂系の遮断により、全国各地で砂浜が急速に侵食された。本研究では、全国の土砂生産強度分布を海岸の沿岸区分別の流域にわけ、これと1950年頃から1990年頃にかけての沿岸区分別の砂浜幅の変化を比較することで、山地から河川、そして海岸までの土砂輸送に起因する土砂生産強度と砂浜幅変化との関係に関する現状分析を行う。

キーワード：降水強度、土砂輸送、砂浜侵食

Keywords: Precipitation intensity, Sediment transport, Beach erosion

## 山林小流域における高頻度水質モニタリングと河川水質モデルの最適化について

Water quality monitoring with high temporal resolution in a forested catchment and optimization of loading and solute concentration model

\*田中丸 治哉<sup>1</sup>、多田 明夫<sup>1</sup>、渡辺 浩二<sup>2</sup>、山本 楓子<sup>1</sup>

\*Haruya Tanakamaru<sup>1</sup>, Akio Tada<sup>1</sup>, Koji Watanabe<sup>2</sup>, Huko Yamamoto<sup>1</sup>

1.神戸大学大学院農学研究科食料共生システム学専攻、2.八千代エンジニアリング（株）

1.Department of Agricultural Engineering and Socio-Economics, Graduate School of Agricultural Science, Kobe University, 2.Yachiyo Engineering Co., Ltd.

### はじめに

河川の流出負荷量や水質濃度の推定・予測を目的として、河川水質モデルによる水質解析を行った研究事例は多数あるが、かなり精緻なモデルを用いている割には、水質変動の再現性が不十分なものがしばしば見られる。その原因として、水質データの観測頻度が少ないこと、その一方で未知パラメータの数が多くそれらの決定が難しいことが考えられる。さらに、モデルの不完全さから水量・水質の再現性が両立しないことも少なくない。本報告では、山林小流域における長期間・高頻度の水質モニタリングについて紹介した後、その流域にシンプルな河川水質モデルを適用し、水量・水質の再現性を両立させるパラメータ決定手法について検討した結果を示す。

### 対象流域と水文水質観測

対象流域は、奈良県五條市の山林小流域（12.14ha）で、流域末端に直角三角堰、水位計、雨量計が設置されている。この流域では、これまでFIPオンサイト水質観測システムによるカリウム、ナトリウム、塩化物イオン濃度の長期間・高頻度モニタリングを実施してきた（Tada et al., 2006）。このシステムは、送液にフローインジェクション分析法を、検出部に電気化学分析法（ポテンシオメトリー）を採用したもので、3種の溶存イオン濃度を15分間隔で2週間モニタリングできる。この方法によって観測された濃度はバッチ試験による濃度と合致することが確認されている。本研究では、降水量・流量データには2007年5月～2011年4月の10分単位データを、蒸発散データには五條の気象データに基づきペンマン式で推定した日蒸発散能を用いた。水質データにはナトリウムイオン濃度を用い、先のシステムによる観測データを線形補間によって10分単位に変換したものを解析に用いた。ただし、水質データの観測期間は、2009年6月～2011年4月の2年弱で比較的短いことから、河川水質モデルの適用に際しては、データ期間を同定期間と検証期間に分けず、全期間をパラメータ同定に用いた。

### 河川水質モデルとパラメータ同定法

河川水質モデルには、長短期流出両用モデル（LST-II, 角屋・永井, 1988）にべき乗型のLQ式もしくはCQ式を組み合わせたものを用いる。LST-IIは3段4層のタンクから成る貯留型の概念的流出モデルで、第1段タンク上層からの流出は表面流出と速い中間流出を、同タンク下層からの流出は遅い中間流出を、第2段タンクと第3段タンクからの流出は地下水流出を表している。そこで、流出負荷量を推定する際には、これら4流出成分にLQ式を、濃度を推定する際には4流出成分にCQ式を当てはめた。このモデルにおいて決定すべきパラメータの個数は、LST-IIが初期水深を含めて14個、LQ式（もしくはCQ式）が8個（2個×4成分）で、合計22個である。これらのパラメータは、大域的探索法の一つであるSCE-UA法を用いて、河川流量及び流出負荷量（濃度）の再現誤差が小さくなるように決定するが、誤差評価関数には河川流量、流出負荷量（濃度）ともに最小二乗誤差平方根（RMSE）を用いた。パラメータ同定には、多目的最適化手法の一つである妥協計画法を適用する（田中丸・藤原, 2006）。流出負荷量推定の場合を例にとると、同法は次の①～③の手順から成る。①流量の再現誤差を最小化してLST-IIのパラメータ14個を決定後、その計算流量に基づいて得られる負荷量の再現誤差を最小化してLQ式のパラメータ8個を同定する。②負荷量の再現誤差を最小化して全パラメータ22個を同定する。③流量の再現誤差を横軸に、負荷量の再現誤差を縦軸に取った目的関数平面を対象として、①と②の結果からプロットされる理想点との距離が最小になる点（妥協解）を探索する。

### 適用結果

先に述べたパラメータ決定手順において、手順①で得たモデルは、河川流量の再現性を最重視したモデル、手

順②で得たモデルは、流出負荷量の再現性を最重視したモデル、手順③で得たモデルは、河川流量と流出負荷量の再現性を両立させたモデルと位置づけられる。各モデルの再現誤差 (RMSE) を比較したところ、モデル①は流量の再現性は最良だが負荷量の再現性が最悪、モデル②は流量の再現性は最悪だが負荷量の再現性は最良となった。一方、モデル③では、流量の再現性は最良ではないがモデル①の再現性に近く、負荷量の再現性も最良ではないがモデル②の再現性に近かったことから、河川流量、流出負荷量ともに最良に近いモデル③は、総合的に見れば最も優れたモデルであると判断された。濃度推定モデルの最適化におけるモデル①～③の比較においても同様の結果を得た。こうして得られたモデルについて、河川流量、流出負荷量、濃度の時系列の再現性を確認したところ、低水時、高水時ともに概ね良好な再現結果を得た。

キーワード：水質モニタリング、フローインジェクションポテンシオメトリー、河川水質モデル、長短期流出  
両用モデル、多目的最適化、妥協計画法

Keywords: water quality monitoring, flow injection potentiometry, loading and solute concentration model, Long- and Short-Term Runoff Model, multi-objective optimization, compromise programming

脱窒過程における亜硝酸還元酵素遺伝子 *nirS* の変動特性Variation of nitrite reductase gene *nirS* in denitrification process\*安元 純<sup>1</sup>、高田 遼吾<sup>1</sup>、廣瀬 美奈<sup>2</sup>、細野 高啓<sup>3</sup>、松永 緑<sup>3</sup>\*Jun Yasumoto<sup>1</sup>, Ryogo Takada<sup>1</sup>, Mina Yasumoto Hirose<sup>2</sup>, Takahiro Hosono<sup>3</sup>, Midori Matsunaga<sup>3</sup>

1.琉球大学 農学部 地域農業工学科、2.一般社団法人 トロピカルテクノプラス、3.熊本大学大学院先端機構

1.University of the Ryukyus, Faculty of Agriculture, 2.Tropical Technology Plus., 3.Priority Organization for Innovation and Excellence, Kumamoto University

近年、分子生物学的手法を用いた遺伝子解析技術が、環境中に存在する微生物相解析に応用されている。これまで帯水層における脱窒の指標とされていた、地下水中の無機態窒素、全有機炭素 (TOC)、無機炭素 (IC) 及び硝酸中の窒素及び酸素安定同位体比 ( $\delta^{15}\text{N}_{\text{NO}_3^-}$ ・ $\delta^{18}\text{O}_{\text{NO}_3^-}$ ) 等に加え、遺伝子解析等により脱窒に関わる微生物量を直接確かめることが出来れば、脱窒による窒素除去量を推定する有益な情報となる。

本研究では、リアルタイムPCRを用いた脱窒関連遺伝子である亜硝酸還元酵素遺伝子 (*nirS*) の定量分析を、脱窒過程の初期から終了時にかけて実施し、脱窒過程における*nirS*のDNAコピー数の変動特性を把握することを目的とした。

研究方法は、土壌及び琉球石灰岩を充填したカラムに、沖縄本島南部地域で採取した湧水を通水し、排水中の*nirS*遺伝子のDNAコピー数及び水質項目を分析した。実験に使用したカラムは、高さ70cm、内径7cmのアクリル製で、下部に2.6mmふるいを通過した琉球石灰岩を約31cm、間隙率0.54で充填し、上部に沖縄本島南部の圃場で採取した土壌を、約33cm、間隙率0.53で充填した。分析項目は、*nirS*のDNAコピー数、無機態窒素を含む主要陽・陰イオン、TOC、IC、 $\delta^{15}\text{N}_{\text{NO}_3^-}$ 、 $\delta^{18}\text{O}_{\text{NO}_3^-}$ を選出した。また、カラム内の項目として、水温、流量に加え、酸化還元電位 (ORP) を7cm毎に計9点で測定した。

カラム実験の結果、琉球石灰岩を充填したカラム中において、実験後も酸化的環境が維持されていた一方で、土壌を充填したカラム中ではORPが-222mVまで減少し、還元的環境の形成が確認された。実験開始後、硝酸性窒素 ( $\text{NO}_3^-$ -N) 濃度は徐々に減少し、221時間経過後から検出限界以下となった。脱窒の電子供与体となるTOCは、カラム通過前後で3-5倍程度増加しており、流速の減少に伴い増加する傾向がみられた。一方、脱窒の副産物であるICは、 $\text{NO}_3^-$ -N濃度の減少やTOCの増加に伴い増加する傾向がみられた。以上より、カラムの土壌充填部分で脱窒が生じたと推測される。

$\text{NO}_3^-$ -N濃度の減少と共に*nirS*のDNAコピー数には上昇がみられ、 $\text{NO}_3^-$ -N濃度が検出されなくなったおよそ120時間後に*nirS*のDNAコピー数は最大値 $2.89 \times 10^6$  (copies/mL of sample) となり、その後も高い値を示した。また、*nirS*のDNAコピー数は気温の変化により水温が約3°C減少した際には検出限界付近まで低下した。 $\delta^{15}\text{N}_{\text{NO}_3^-}$ ・ $\delta^{18}\text{O}_{\text{NO}_3^-}$ の値は $\text{NO}_3^-$ -Nの減少と共に上昇し、*nirS*のDNAコピー数が検出限界になった水温低下時にも高い値を維持しており、 $\text{NO}_3^-$ -Nが完全に無くなると測定不能となった。以上より、脱窒過程における*nirS*の変動特性の把握ができた。また、*nirS*と $\delta^{15}\text{N}_{\text{NO}_3^-}$ ・ $\delta^{18}\text{O}_{\text{NO}_3^-}$ との脱窒の指標としての違いが明らかとなった。

キーワード：脱窒、亜硝酸還元酵素遺伝子 (*nirS*)、リアルタイムPCRKeywords: Denitrification, Nitrite reducing genes (*nirS*), Real Time-PCR

河川水および地下水中のクロロフルオロカーボン類を用いた盆地の地下水硝酸態窒素汚染源のトレースのためのフィジビリティスタディ

Feasibility Study for Tracing of Source Area of the Groundwater  $\text{NO}_3\text{-N}$  Pollution in Basin Using CFCs of River Water and Groundwater

\*中屋 眞司<sup>1</sup>、青山 里輝<sup>2</sup>

\*Shinji Nakaya<sup>1</sup>, Riki Aoyama<sup>2</sup>

1.信州大学工学部水環境・土木工学科、2.信州大学工学部土木工学科

1.Department of Water Environment and Civil Engineering, Faculty of Engineering, Shinshu University, 2.Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Shinshu University

Chlorofluorocarbons CFC-12, CFC-11, CFC-113, which are primarily of anthropogenic origin, are often used to young groundwater dating. However, CFCs concentrations are extremely over record (EOR) in 40 % in sampling points of the well waters in Matsumoto basin as well as in other agricultural basin. The concentration of CFCs in EOR is also likely to increase with  $\text{NO}_3\text{-N}$ . Supposing CFCs with  $\text{NO}_3\text{-N}$  enrich along groundwater flow path, the source area of  $\text{NO}_3\text{-N}$  pollution can be identified by tracing the relationship between CFCs,  $\text{NO}_3\text{-N}$  and the location. In order to identify the source of  $\text{NO}_3\text{-N}$  in agricultural basin, we carried out feasibility study using CFCs. We measured the CFCs and  $\text{SF}_6$  concentrations of river water at 19 points of three rivers, groundwater at 21 wells and air at 19 points along rivers in the Matsumoto basin. The CFCs' concentrations of river waters exponentially increase with distance and elapsed time in the direction from upstream to downstream up to air values of CFCs' concentrations, being close to average atmospheric CFCs' concentrations of north hemisphere. It is natural that the gradual increases of CFCs concentrations in rivers with distance and elapsed time reflects the process of gaining equilibrium between water and air. Moreover, CFCs' concentrations of river water at beginning point of mountain stream will correspond to the CFCs of spring, in our understanding. The  $\text{NO}_3\text{-N}$  of river waters decreases with distance and elapsed time in the direction from upstream, surrounding vegetable fields, to downstream, indicating dilution due to river water. On the contrary, the CFCs' concentrations of groundwater increase with  $\text{NO}_3\text{-N}$  from upstream, surrounding vegetable fields, to downstream along groundwater flow path, suggests CFCs with  $\text{NO}_3\text{-N}$  enrich in the groundwater. The relationship between CFCs and  $\text{NO}_3\text{-N}$  of river water and groundwater along groundwater flow paths is plotted around a same line, indicating that the source area of  $\text{NO}_3\text{-N}$  pollution of groundwater is identified to be vegetable fields.

キーワード：地下水、クロロフルオロカーボン類、硝酸、地下水汚染

Keywords: groundwater, Chlorofluorocarbons, nitric acid, groundwater pollution

## 大都市沿岸部における下水道由来の窒素動態

## Dynamics of sewage-derived nitrogen in the coastal area of a mega city

\*齋藤 光代<sup>1</sup>、小野寺 真一<sup>2</sup>、金 広哲<sup>2</sup>、谷口 正伸<sup>3</sup>、清水 裕太<sup>4</sup>

\*Mitsuyo Saito<sup>1</sup>, Shin-ichi Onodera<sup>2</sup>, Guangzhe Jin<sup>2</sup>, Masanobu Taniguhchi<sup>3</sup>, Yuta Shimizu<sup>4</sup>

1.岡山大学大学院環境生命科学研究科、2.広島大学大学院総合科学研究科、3.和歌山大学、4.日本学術振興会特別研究員PD、近畿中国四国農業研究センター

1.Graduate School of Environmental and Life Science, Okayama University, 2.Graduate School of Integrated Arts and Sciences, Hiroshima University, 3.Wakayama University, 4.JSPS PD, NARO/WARC

人口の急増する大都市域では、生活排水の増加にともなう水質汚濁が初期に直面する環境問題の一つであり、例えば大阪大都市圏でも1970年代以前は大きな問題であったが、流域下水道の整備にともない改善されてきた。その一方で、近年では下水管の劣化による地下水の流入や、降雨時の雨水の大量流入にともなう下水道由来の沿岸域への物質負荷が問題視されている。しかしながら、下水道由来の物質負荷が沿岸域に及ぼす影響は、これまで十分に定量化されてきたとはいえない。

そこで本研究では、早くから下水道が発達してきた大阪の沿岸域を対象に、下水道由来の窒素動態について明らかにすることを目的とする。

## 流域の土地利用変化が河川水中の硝酸の起源に与える影響について

Accurate and precise quantification of atmospheric nitrate in streams draining land of various uses by using triple oxygen isotopes as tracers

\*角皆 潤<sup>1</sup>、宮内 貴規<sup>1</sup>、大山 拓也<sup>1</sup>、小松 大祐<sup>1</sup>、中川 書子<sup>1</sup>、小幡 祐介<sup>1,2</sup>

\*Urumu Tsunogai<sup>1</sup>, Takanori Miyauchi<sup>1</sup>, Takuya Ohyama<sup>1</sup>, Daisuke D. Komatsu<sup>1</sup>, Fumiko Nakagawa<sup>1</sup>, Yusuke Obata<sup>1,2</sup>

1.名古屋大学大学院環境学研究科、2.三重大学生物資源学部

1.Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, 2.Faculty of Bioresources, Mie University

硝酸( $\text{NO}_3^-$ )は、生態系の根幹となる一次生産(光合成)に必須の栄養塩の1つであり、水環境中の一次生産の制限元素となることも多く、その増減は、生態系に対して非常に大きな影響を及ぼす。特に河川水中の硝酸濃度は、系内はもちろん、下流に位置する湖沼やダム、沿岸海域の一次生産や生態系構造を直接的に左右する可能性があるため、各河川水中の硝酸濃度が、流域(集水域)内のどのような過程で制御されているのか、知見を深めておく必要がある。しかし、大気からの沈着や、硝化による生成、同化や脱窒による除去など、多様な供給・除去過程を考慮せねばならず、硝酸濃度の制御過程を理解するのは容易では無い。さらに農地や都市域等を流域に持つ場合は、人為的な影響も大きい。

近年になって、河川水などの一般水環境中の硝酸の窒素・酸素安定同位体組成( $\delta^{15}\text{N}$ 、 $\delta^{18}\text{O}$ 、 $\Delta^{17}\text{O}$ )の高感度分析法が確立し、硝酸の起源が高確度・高精度で推定できるようになった。特に同化や脱窒過程で値が変化しない三酸素同位体異常( $\Delta^{17}\text{O} = \delta^{17}\text{O} - 0.52 \cdot \delta^{18}\text{O}$ )は有用で、各河川水中の硝酸についてこれを定量化することで、大気沈着由来の硝酸(大気硝酸)と、硝化によって生成する硝酸(再生硝酸)の混合比を、正確に定量化できるようになった。さらに定量化した大気硝酸の混合比をもとに、それが窒素や酸素の安定同位体組成( $\delta^{15}\text{N}$ および $\delta^{18}\text{O}$ )に与えた影響を差し引くことが出来るので、そこから再生硝酸の起源を高精度で議論することも出来るようになった。

そこで本研究では、①流域の土地利用の変化が河川水中の大気硝酸の混合比や絶対濃度に与える影響を定量的に評価する、②流域の土地利用の変化が河川水中の再生硝酸の同位体組成や起源(一般的な有機体窒素の硝化か、それとも人為起源か)に与える影響を定量的に評価する、の二点を主目的に、琵琶湖の流入河川

( $n=33$ )と流出河川( $n=1$ )について、その濃度と窒素・酸素安定同位体組成( $\delta^{15}\text{N}$ 、 $\delta^{18}\text{O}$ 、 $\Delta^{17}\text{O}$ )を、季節変化を含めて1年間に渡って調べた。琵琶湖は南部を中心に都市化が進行する一方で、東部は農地(水田)が広がり、さらに北部は森林が広がるなど、流入河川の流域環境は河川間で大きく変化するため、流域の土地利用の変化が与える影響を評価するのに都合が良い。同様の試みは、同じ場所で過去にも実施されているが(Ohte et al., 2010)、今回は三酸素同位体異常を新規に測定項目に加えることで、定量結果の高精度化の実現を目指した。

## 流域の栄養循環を駆動する河床微生物群集の生態系機能評価

## Landscape stoichiometry and biological nutrient recycling in the watershed ecosystem

\*奥田 昇<sup>1</sup>、岩田 智也<sup>2</sup>、林 拓矢<sup>3</sup>、村上 綾<sup>4</sup>、陀安 一郎<sup>1</sup>、石川 尚人<sup>5</sup>、岡野 淳一<sup>4</sup>、富樫 博幸<sup>6</sup>、中野 伸一<sup>4</sup>、酒井 陽一郎<sup>7</sup>、Uhran Song<sup>8</sup>、尾坂 兼一<sup>9</sup>、Cid Abigail<sup>10</sup>

\*Noboru Okuda<sup>1</sup>, Tomoya Iwata<sup>2</sup>, Takuya Hayashi<sup>3</sup>, Aya Murakami<sup>4</sup>, Ichiro Tayasu<sup>1</sup>, Naoto Ishikawa<sup>5</sup>, Jun-ichi Okano<sup>4</sup>, Hiroyuki Togashi<sup>6</sup>, Shin-ichi Nakano<sup>4</sup>, Yoichiro Sakai<sup>7</sup>, Uhran Song<sup>8</sup>, Ken-ichi Osaka<sup>9</sup>, Abigail P Cid<sup>10</sup>

1.総合地球環境学研究所、2.山梨大・院総合研究、3.山梨大・工、4.京大・生態研、5.海洋研究開発機構、6.水研センター・東北区、7.琵琶湖センター、8.済州大・自然科学、9.滋賀県大・環境科学、10.大阪大学・国際交流

1.Research Institute for Humanity and Nature, 2.Fac Life & Env Sci, Univ Yamanashi, 3.Fac Engineer, Univ Yamanashi, 4.CER, Kyoto Univ, 5.JAMSTEC, 6.Tohoku Nat Fish Res Inst, 7.LBERI, 8.College Appl Life Sci, Jeju Nat Univ, 9.School Env Sci, Univ Shiga Pref, 10.Osaka Univ

## 1. はじめに

リンは生物に利用可能な形態での存在量が希少であるため、流域生態系の物質循環を支配する律速因子となりうる。この生態化学量論的特性により、集水域の人間活動に伴って排出されるリンは、富栄養化や生物多様性低下など深刻な環境問題をしばしば引き起こす。本研究は、河川生態系において「栄養バランスの不均衡」をもたらす流域圏の人間活動を特定するとともに、河床微生物群集に及ぼす影響を評価することを目的とした。さらに、河川生態系のリン循環パターンを流域スケールで可視化する栄養螺旋モデルを用いて、礫付着藻類群集により駆動されるリン循環機能の評価を試みた。

## 2. 材料と方法

琵琶湖水系最大流域面積を誇る野洲川集水域を調査対象として土地利用形態の異なる1次から5次河川に59観測定点を設置し、全リン・全窒素濃度、流量、水深、川幅、流速、水温、日平均光合成有効放射を計測した。空間参照型回帰モデルSPARROW (Smith et al. 1997) を改良した栄養螺旋モデルにこれらの観測データおよび標高、河川次数、各種土地利用データを組み込むことによって、流域生態系全体のリン原子のスパイラルメトリクス ( $U$ : 取込み速度、 $v_f$ : 鉛直移動速度、 $S_w$ : 平均流下距離) を推定した。

さらに、上記観測定点の内、30地点において、河床礫付着藻類を定量採集し、クロロフィルa、b、cの濃度を測定した。クロロフィルa、b、cは、それぞれ藻類群集全体、緑藻類、珪藻類のバイオマスの指標として用いた。藻類群集が河川生態系のリン循環機能に及ぼす影響を評価するために、リンのスパイラルメトリクスを目的変数、各種藻類バイオマスおよびそれらに基づいた多様性指数を説明変数とした回帰分析を行った。

## 3. 結果

野洲川の河川水全リン濃度は、市街地や農地の土地利用割合が高い集水域で高い値を示した。栄養螺旋モデルに基づいて、市街地と農地からの面源リン負荷量 ( $\text{mol}/\text{km}^2 \cdot \text{day}$ ) は、それぞれ1.34と0.26と推定された。リン負荷による栄養バランス (全窒素/全リン濃度) の不均衡は、藻類群集組成に影響を及ぼし、とりわけ、緑藻バイオマスを規定する有意な環境要因とみなされた。

リンの取り込み速度  $U$  は、森林河川で低く、市街地・農地河川で高かった。また、栄養塩除去効率の指標となる  $v_f$  も市街地・農地河川で高い値を示した。一方、リンの栄養螺旋長 (リン1分子が代謝回転するのに要する平均流下距離) と定義される  $S_w$  は、下流河川ほど長くなり、河川本流の下流域に負荷されたリンの多くは生物に取り込まれることなく琵琶湖に流入することが明らかとなった。他方、流域末端の小河川では、栄養螺旋長が相対的に短く、リン循環機能が高いと結論された。リンの取り込み速度は、緑藻バイオマスと高い相関を示し、河床微生物によってリン循環が促進されていることが示唆された。

## 4. 考察

野洲川流域では、市街地や農地から排出されるリンが河川生態系の栄養バランスの不均衡をもたらす駆動因となりうる結論づけられた。緑藻類は、リンへの応答性が高く、流域の土地利用改変による栄養バランスの不均衡が藻類群集組成やバイオマスの空間変異をもたらすと推察された。本研究により、集水域の人間活動が河

床微生物群集の改変を介して、河川生態系の栄養循環機能に影響を及ぼすメカニズムを因果論的に解明することができた。

#### 5. 参考文献

Smith RA, Schwarz GE & RB Alexander (1997) Regional interpretation of water-quality monitoring data. *Water Resources Research*.33:2781-2798

キーワード：栄養循環、栄養不均衡、栄養螺旋モデル、生態系機能、リン負荷、礫付着藻類

Keywords: Nutrient cycling, Nutrient imbalance, Nutrient spiral metrics, Ecosystem function, Phosphorous loading, Epilithic algae

Fig. 1

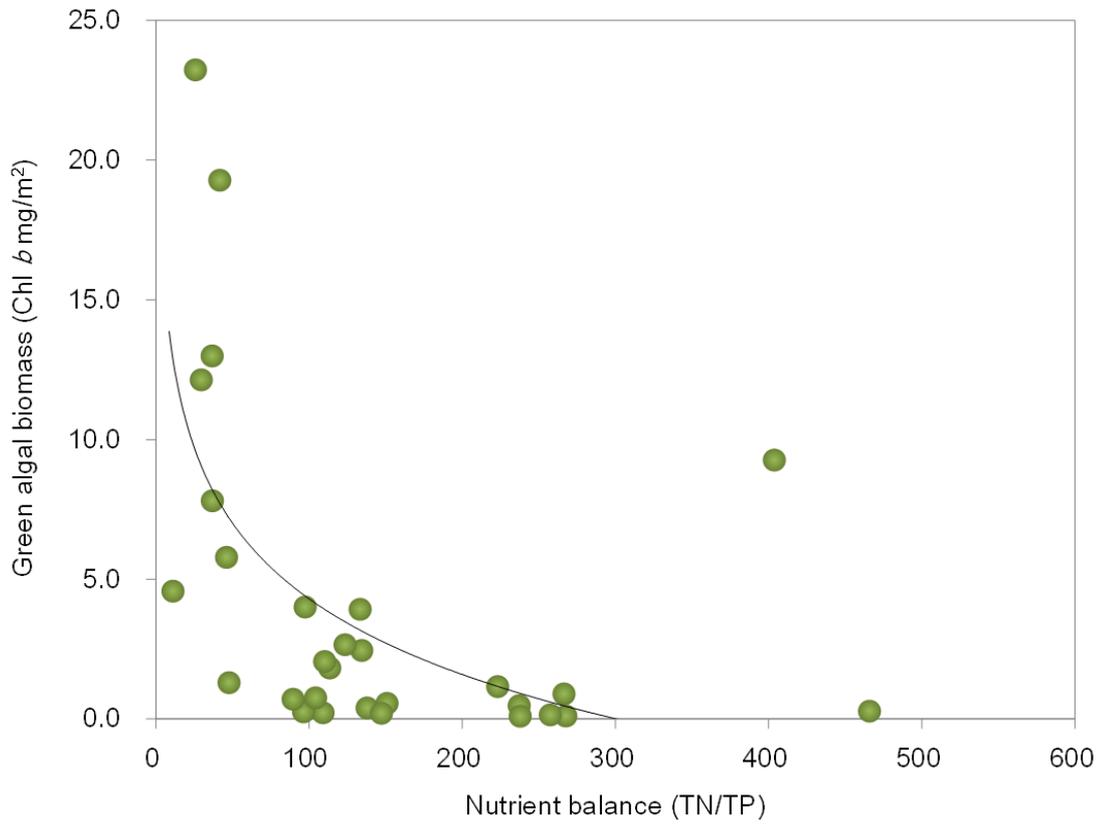
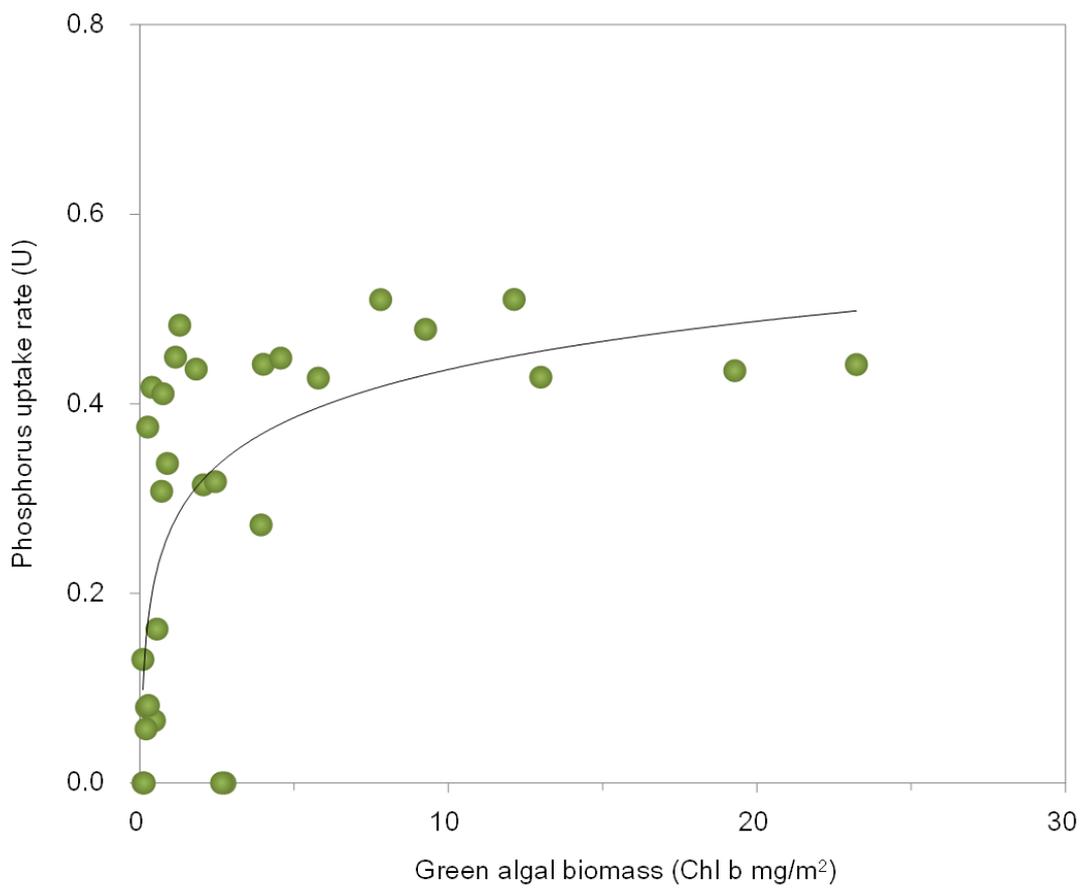


Fig. 2



## 琵琶湖北湖表水層における栄養塩制限下での植物プランクトンの生理的応答

## Physiological responses in phytoplankton under nutrient-limited epilimnion in north basin of Lake Biwa

\*伴 修平<sup>1</sup>、伊吹 梨沙<sup>1</sup>\*Syuhei Ban<sup>1</sup>, Risa Ibuki<sup>1</sup>

1. 公立大学法人 滋賀県立大学

1. The University of Shiga Prefecture

植物プランクトンは栄養塩制限下において、細胞内に貯蔵された細胞内栄養塩、あるいは植食者からの再生栄養塩を利用することが知られている。琵琶湖北湖は、ほぼ周年に渡ってリン不足環境であり、特に成層期には植物プランクトンの生産はリン制限となることが分かっている。本研究では、このリン制限環境に対する植物プランクトンの生理的応答を、希釈培養法と栄養塩添加実験の併用によって明らかにした。

## 方法

観測および実験は、2013年6月14日～12月4日の期間に計5回、琵琶湖北湖St. 3 (水深60 m, 35°18.54'N, 136°09.58'E) にて行った。実験用試水は5 mからシンドラートラップにて採取し、200- $\mu$ mの篩で中型以上の動物プランクトンを除いた後に実験に用いた。これとは別に、chl. *a*量、栄養塩濃度およびセストンC, N, P量測定用の試水を0～50 mの8層から採取した。採水と同時に、クロロテック (JEF Alec, ACL220-DK) にて水温および光量子量の鉛直プロファイルを得た。実験用に採取した湖水の一部は、カプセルフィルター (孔径0.45 $\mu$ m) でろ過し、未処理湖水と混合することで5段階の希釈湖水を作成した。これら実験試水は、NH<sub>4</sub>Cl (最終濃度、20  $\mu$ M) を添加した+N区、KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> (最終濃度、2  $\mu$ M) を添加した+P区、両方を添加した+NP区に分け、実験室にて現場水温と光量子量にて48時間振とう培養した。培養前後のchl. *a*量 (chl<sub>0</sub>とchl<sub>t</sub>) から見かけの増殖速度( $\mu_{net}$ )を算出した。

$$\mu_{net} = \ln(chl_t/chl_0)/48$$

+NP区の $\mu_{net}$ より、以下の式にて微小動物プランクトンによる摂食速度係数(*g*)を求めた。

$$\mu_{net} = \mu_{mean} - g \times x$$

ここで、 $\mu_{mean}$ はそれぞれの希釈段階における微小動物プランクトンによる摂食効果を除いた植物プランクトンの潜在的な増殖速度、*x*は湖水の希釈率である。即ち、*x* = 0がろ過湖水のみであり、*x* = 1が湖水のみである。次に、求めた*g*を用いて+N区および+P区における $\mu_{mean}$ を求めた。植物プランクトンが3つの栄養塩供給源を用いていると仮定すると、 $\mu_{mean}$ は次式で表すことができる。

$$\mu_{mean}(x) = \ln(1 + Kr \cdot x + Ki + Ke/x)/48$$

ここで、*Kr*は再生栄養塩、*Ki*は細胞内貯蔵栄養塩、*Ke*は細胞外溶存栄養塩によるそれぞれの増殖速度係数を示す。 $\mu_{mean}$ について、ステップワイズの重回帰分析を行い、モデル式のそれぞれの増殖速度係数を求めた。

## 結果と考察

水柱は、6～9月には強い成層構造を示し、10月以降はこれが崩れ、混合層が深くなった。NO<sub>3</sub>-Nは7～9月に5 m以浅で枯渇するものの、10月以降には下層からの回帰が認められた。一方、PO<sub>4</sub>-Pは表水層ではいずれの実験日においてもほぼ枯渇していた。セストンC:P比とN:P比の季節変化は、6～7月には5 mでリン欠傾向だった植物プランクトンが、9月以降は回復したことを暗示した。

一方、希釈培養・栄養塩添加実験では、琵琶湖の植物プランクトンが実験期間を通してリン制限下にあったことを示した。重回帰分析の結果は、6～9月には、植物プランクトンが細胞内貯蔵および再生リンを使って増殖し、10～12月には細胞内貯蔵リンのみを用いて増殖したことを示した。一方、窒素についても、6～9月には再生窒素を使っていたが、その割合はリンのそれより低かった。そして9月には溶存態窒素も使い、10～12月には細胞内貯蔵窒素のみを使って増殖した。

これらのことは、リン制限下において、植食者である微小動物プランクトンが再生リンの供給を通して、植物プランクトンの増殖に寄与していたことを示唆した。10～12月には植物プランクトンはリンも窒素も細胞内栄養塩のみを使って増殖した。10月以降は、混合層深度の増加に伴って下層より栄養塩が回帰したことから、植物プランクトンは細胞外から供給された栄養塩を一旦細胞内に貯蔵した後、これを増殖に利用したと考えられ

る。

キーワード：リン制限、植物プランクトン生産、再生栄養塩、微小動物プランクトン摂食、琵琶湖

Keywords: phosphorus limitation, phytoplankton production, recycling nutrients, micro-zooplankton grazing, Lake Biwa

## 琵琶湖北湖における極微量正リン酸の選択的定量

Chromatographic determination of trace orthophosphate in water of North basin of Lake Biwa

\*丸尾 雅啓<sup>1</sup>、宮下 治希<sup>1</sup>、石丸 真菜<sup>1</sup>、小畑 元<sup>2</sup>\*Masahiro Maruo<sup>1</sup>, Haruki Miyashita<sup>1</sup>, Mana Ishimaru<sup>1</sup>, Hajime Obata<sup>2</sup>

1.滋賀県立大学環境科学部環境生態学科、2.東京大学大気海洋研究所

1.Department of Ecosystem Studies, School of Environmental Science, The University of Shiga Prefecture, 2.Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo

Introduction: Phosphorus is essential nutrient for primary production in waters and often acts as limiting factor in many lakes in Japan. Orthophosphate is thought to be the main chemical form of phosphorous directly available to organisms in water. For the determination of soluble reactive phosphorous (SRP) in water, spectrophotometry of reduced form of phosphomolybdate is widely used. However, there are some problems concerning interference of other oxoanions (arsenate (As(V)), and silicate) forming similar molybdenum blue complexes. Moreover, other phosphorus compounds such as polyphosphates and organic phosphates in natural water are hydrolyzed during the analytical process and release orthophosphate, which causes overestimation of orthophosphate in water. Although detection limit of this method can be improved at some tens of nmol/L to 1 nmol/L levels by using liquid waveguide capillary cell (LWCC) [1], the problems on interference of various compounds and CDOMs (especially in humic waters) were not solved [2].

Ion chromatographic determination has advantage to separate orthophosphate from other interfering compounds in natural waters. As detection limit of the method was not so enough in conventional analytical condition, we investigated both decrease in background conductivity and increase in injection volume to enhance detection limit below 1 nmol/L [3]. This method was applied to measure orthophosphate in waters of phosphorous limiting freshwater lake (Lake Biwa, Japan: mesotrophic). Obtained results of orthophosphate concentration was compared with those obtained by conventional molybdenum blue method (SRP).

Materials and Methods: Lake waters were sampled from April to October in 2015 at the north basin of Lake Biwa (35° 22' N, 135° 06' E, max. depth 90m). Waters were collected by X-Niskin sampler (Teflon coated, 5L) on the research ship Hassaka (The Univ. of Shiga Pref.). Samples were filtered with Acropak-200 capsule filter (0.8/0.2 micro meter pore size) onboard and stored in a cool dark container below 10 degree in Celsius. Orthophosphate concentration was measured by suppressed ion chromatography. Dionex AS-23A analytical column (250mm in length) was applied with electrochemical suppressor in electric suppression mode (external mode: supplying pure water as regenerant of suppressor membrane). Injection of high volume sample (5 mL) enhanced detection limit of orthophosphate to 1 nmol/L or less (blank peak height < 0.2 nmol/L). SRP was measured according to the method JIS K0102 using ascorbic acid as reducing reagent. Micro glass cells of 50 mm path length (approximate volume: 3 mL), or LWCC (light path length 1000 mm) was used.

Results and discussion: Determined value of orthophosphate dynamically varied from 0.8 to 466 nmol/L. Eplimnetic water usually showed very low orthophosphate concentration in the range 0.8 to 8.8 nmol/L (0 to 40 m in sampling depth). From 50 m or 60 m to the bottom, orthophosphate concentration steeply increased regardless of the sampling dates.

SRP values were only obtained in the samples having concentrations higher than 68 nmol/L because of low sensitivity by 50mm cell. LWCC was also applied for SRP determination but enough performance was not obtained because of high blank absorption probably caused by contamination of reagents by phosphate impurity. By comparing the concentrations of SRP in hypolimnetic waters with those of orthophosphate by this ion chromatographic method, we found that orthophosphate content increased

with the depth and almost matched with SRP values in the depth close to the lake bottom. This trend became more prominent according to the succession of the season from spring to autumn.

References: [1] Anagnostou & Sherrell (2008) *Limnol. Oceanogr Methods* 6, 64-74. [2] Zimmer & Cutter (2012) *Limnol. Oceanogr Methods* 10, 568-580. [3] Maruo, Ishimaru, Obata et al (2016) *Limnology* 17, 7-12.

キーワード：微量リン酸、イオンクロマトグラフィー、琵琶湖

Keywords: Trace orthophosphate, Chromatography, Lake Biwa

## 琵琶湖における地下水湧出の分布と栄養塩流出に及ぼす影響 -現状と課題-

## Evaluation of inflowing nutrients from groundwater on nutrient input in Lake Biwa

\*小野寺 真一<sup>1</sup>、齋藤 光代<sup>2</sup>、伴 修平<sup>3</sup>、森田 みなみ<sup>1</sup>、金 広哲<sup>1</sup>、友澤 裕介<sup>1</sup>、奥田 昇<sup>4</sup>

\*Shin-ichi Onodera<sup>1</sup>, Mitsuyo Saito<sup>2</sup>, Syuhei Ban<sup>3</sup>, Minami Morita<sup>1</sup>, Guangzhe Jin<sup>1</sup>, Yusuke Tomozawa<sup>1</sup>, Noboru Okuda<sup>4</sup>

1.広島大学大学院総合科学研究科、2.岡山大学、3.滋賀県立大学、4.総合地球環境学研究所

1.Graduate School of Integrated and Arts Sciences, Hiroshima University, 2.Okayama University,

3.Siga Prefecture University, 4.Research Institute of Human and Nature

## 1. 目的

琵琶湖をはじめとする湖の栄養塩環境を明らかにするためには、これまで評価されてきていない地下水流入の影響についても評価する必要がある。本チームでは、琵琶湖における地下水流出の栄養塩供給についての影響を明らかにすることを目的とする。

## 2. 調査内容と結果

①琵琶湖南岸域（野洲）と西岸域（高島）に設置してある試験地（観測井群；深度1m、2m）において地下水位の時系列変化をモニターした。機器設置時点では、地下水の方が水圧が高く、流出傾向を示していた。今後、データを回収したのち、湖の水位との勾配から浅層地下水流出量を見積もる。②南岸および西岸において湖岸沿いに500mごとにRAD7によって<sup>222</sup>Rnを計測し、水試料を採水した。水試料については、実験室で酸素安定同位体比（ $\delta^{18}O$ ）、塩化物イオン（ $Cl^-$ ）、栄養塩（窒素、リン、珪素）濃度を測定し、これらの空間分布を確認し、地下水湧出の傾向を確認した。特に西岸ではその傾向が強く、南岸でも野洲川河口域よりも離れたところで地下水流出の傾向が確認された。③湖岸の井戸20か所程度で地下水を採水し、河川水とともに溶存成分を確認した。特に、東岸（彦根）では浅層部（地下10m）に粘土層（難透水層）が分布することから被圧（深層）地下水も採水した。今のところ、計測した15地点のうち数点では溶存リン酸態リンで0.1ppmを超える高濃度域が出現した。④琵琶湖東岸において（彦根付近）、沖に向けて水深5m、10m、20mの地点および湖心でそれぞれ表層、中層、底層、底質間隙水の水試料を採取し、地下水のトレーサーとなるラドン（<sup>222</sup>Rn）濃度を計測した。水深20mの地点において底層でのRn濃度が沿岸よりも高く、最も地下水流出のシグナルが強い傾向が確認でき、従来評価されていない被圧地下水の湧出が明らかになった。

キーワード：琵琶湖、地下水湧出、栄養塩、被圧地下水

Keywords: Lake Biwa, Lake groundwater discharge, nutrient, confined groundwater

## 得水河川条件下での淡水レンズの室内実験観測

## Experimental laboratory observation of freshwater lens under gaining river conditions

\*河内 敦<sup>1,2</sup>、Adrian Werner<sup>3,4</sup>、Tariq Laatoo<sup>3,4</sup>

\*Atsushi Kawachi<sup>1,2</sup>、Adrian Werner<sup>3,4</sup>、Tariq Laatoo<sup>3,4</sup>

1.筑波大学生命環境系、2.筑波大学北アフリカ研究センター、3.School of the Environment, Flinders University、4.National Centre for Groundwater Research and Training, Flinders University  
1.Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, 2.Alliance for Research on North Africa, University of Tsukuba, 3.School of the Environment, Flinders University, 4.National Centre for Groundwater Research and Training, Flinders University

Buoyant freshwater lenses may result from fluvial processes in saline aquifers common to arid and semi-arid regions. Freshwater lens is the precious freshwater resource in the riverine ecosystem, and revealing its occurrence mechanism is very important for the management of freshwater lens. Riverine lenses formed here under losing river conditions are conceivably unambiguous, and moreover recent mathematical analysis also indicates that a lens may persist under gaining conditions. In this study, we performed physical sand tank modelling of a riverine freshwater lens with gaining conditions. The experimental procedure is analogous to a steady-state unconfined head-controlled physical seawater intrusion model except that the saltwater is mobile ensuring that both density and hydraulic forces act towards the river at all times. A continuously flushing in-tank freshwater reservoir was implemented to ensure density contrast between fresh river water and saline groundwater remained consistent throughout each experiment. The experiment was replicated three times using different head gradients in each case. Results are presented as photographs of the sand tank lens at steady-state. Predictions made by the analytical solution for lens interface, surface extent and maximum thickness are compared with those observed in the photographs. Each experiment successfully reproduced the lens predicted by the analytical solution, notwithstanding the limitations of steady-state sharp-interface solutions. The results of this experiment constitute the first physical evidence of this lens type.

キーワード：乾燥・半乾燥地域、得水河川、淡水レンズ、塩水帯水層、水槽実験

Keywords: arid and semi-arid regions, gaining river, freshwater lens, saline aquifer, sand tank modeling

## 児島湖の物質循環－底泥中の酸化還元から魚まで

## Material cycles in Kojima Lake -From oxidation-reduction in the sediment to fish

千田 智史<sup>1</sup>、\*山本 民次<sup>1</sup>、小野寺 真一<sup>2</sup>、丸山 豊<sup>2</sup>、金 広哲<sup>2</sup>、齋藤 光代<sup>3</sup>、藤田 和男<sup>4</sup>Satoshi Senda<sup>1</sup>, \*Tamiji Yamamoto<sup>1</sup>, Shin-ichi Onodera<sup>2</sup>, YUTAKA MARUYAMA<sup>2</sup>, Guangzhe Jin<sup>2</sup>, Mitsuyo Saito<sup>3</sup>, Kazuo Fujita<sup>4</sup>

1.広島大学大学院生物圏科学研究科、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、4.岡山県環境保健センター

1.Graduate School of Biosphere Science, Hiroshima University, 2.Graduate School of Integrated Arts and Sciences, Hiroshima University, 3.Graduate School of Environmental and Life Science, 4.Okayama Prefectural Institute for Environmental Science and Public Health

児島湖は、岡山県南部に位置する人造湖である。児島湾干拓事業の一環として作られた締め切り堤防の建設（1959年）以降、児島湖の水質は悪化した。その後、下水処理場の整備が進み、水質は改善傾向にあるものの、漁獲量は大きく減少している。

児島湖の低次浮遊生態系における物質循環については、すでに県の報告などがあるが、本研究では、樋門付近の還元的底泥中での酸化還元過程と魚を加えた生態系モデルを作成し、児島湖全体の物質循環の把握を目指した数値モデルを構築したので、報告する。

2014年6月から年4回、現地の計5地点において水と泥についてサンプリングを実施した。泥の間隙水を含む水サンプルについて、栄養塩類、溶存金属類を分析し、底泥については、湿重量、乾重量、強熱減量（IL）、酸揮発性硫化物（AVS）、リンなどの分析を行った。湖心には、連続測定器を設置し、水温、水中蛍光強度、濁度、pH、溶存酸素濃度（DO）などを測定した。

児島湖のリンを中心とする物質循環を表す数値モデルをSTELLA(isee systems ver. 10.0.4)にて作成し、今回得られたデータおよび岡山県による水質調査公表データ等を検証値として再現するよう計算した。児島湖を樋門付近とそれ以外の水域に分け、水柱層と底泥層にリン循環に関係する各種コンパートメントを設定した。締め切り堤防に近い樋門付近の水域については、藤田ら（2012）の調査および今回の調査により、底泥が特に還元的であることが明らかだったため、底泥層にはマンガン（Mn）、鉄（Fe）などのコンパートメントを組み込み、酸化還元反応を表した。また、高次生物では水産統計資料から、フナが圧倒的に優占種と判断できたため、漁獲対象成魚と未成魚の2つのコンパートメントとして与えた。各コンパートメントの初期値をサンプリング結果および公表データから与え、タイムステップ1/64日（22.5分）で、1年間（366日間）の計算を行った。

水柱内の無機態リン（DIP）、有機態リン（DOP）などは季節変動を再現することができた。水柱に供給されるDIPのうち60%以上が水柱内の酸化分解によるものであったが、樋門水域では底泥からの溶出が3割程度を占めた。供給された無機態リンのうち、90%は植物プランクトンに利用され、植物プランクトンの一次生産と枯死が非常に大きなフローであることが分かった。

感度解析として、河川からのリンの負荷量が減少した場合の循環の変化を計算したところ、河川からの流入負荷が80%になると、小型魚類のバイオマスはほぼ半減した。河川からのリンの供給は全体の15%程度であるが、生態系の生産性の維持において極めて重要な影響を与えていることが理解できた。

キーワード：汽水、堤防、酸化還元、魚

Keywords: Brackish water, levee, oxidation-reduction, fish

Distribution of phosphorus carbon nitrogen and biogenic silica in sediment from Kojima Bay, Seto Inland Sea.

Distribution of phosphorus carbon nitrogen and biogenic silica in sediment from Kojima Bay, Seto Inland Sea.

\*金 广哲<sup>1</sup>、Onodera Shin-ichi<sup>1</sup>、齋藤 光代<sup>2</sup>、佐藤 高晴<sup>1</sup>、地下 まゆみ<sup>3</sup>、清水 裕太<sup>4</sup>

\*Guangzhe Jin<sup>1</sup>, Shin-ichi Onodera<sup>1</sup>, Mitsuyo Saito<sup>2</sup>, Takaharu Sato<sup>1</sup>, Mayumi Jige<sup>3</sup>, Yuta Shimizu<sup>4</sup>

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.大阪大谷大学教育学部、4.農研機構近畿中国四国農業研究センター

1.Graduate School of Integrated Arts and Science,Hiroshima University, 2. Graduate School of Environmental and Life Science, Okayama University , 3.Faculty of education, Osaka Ohtani University, 4.NARO Western Region Agricultural Research Center(NARO/WARC)

River mouth estuaries receives large quantities of terrestrial derived nutrients via rivers and it is an important pathway for which transported to the sea. It has significant alternations on sediment accumulated nutrient and recycled nutrient has bought impact on local nutrient balance and eutrophication events. In central Japan from 1960s, coastal land reclamation has increased the terrestrial nutrient discharge from reclaimed agriculture farmland, meanwhile, the artificial dam lake has increased the nutrient retention which may have changed the nutrient pattern in this area. Our objective is to clarify the nutrient distribution along the river mouth area from central Seto Inland Sea area, clarify the possible impacts on nutrient accumulation and recirculation from artificial dam construction.

Two cores were taken by piston sampler and 27 surface sediment samples were also collected from Kojima Bay and connected artificial Lake, samples were analyzed for nitrogen carbon phosphorus and biogenic silica. <sup>137</sup>Cs and <sup>210</sup>Pb activity were determined for sediment dating and calculation of sediment accumulation rate. Surface sediment shows higher level of nitrogen and carbon accumulated in brackish bay and high level of phosphorus in the lake. In both cores, carbon and nitrogen contents decreased with depth, suggests the decomposition and released to the overlying water. N:P molar ratio shows 4 times higher in Bay than the connected lake. This suggests large nitrogen and organic matter resources supplied from several main rivers, and the phosphorus is accumulated less efficiency than nitrogen and carbon in the brackish bay. core profiles shows phosphorus contents increased after 1950s, with two peaks at 1970s and 2000s, indicates the hypereutrophic event in 1970s and accumulation of recycled P in the surface oxide sediment. Nitrogen phosphorus and carbon shows significant different between two cores, in core from brackish Bay, N:P ratios increased from 12:1 at surface to 16:1 at around 20 cm, then gradually decreased to around 5:1, suggests that over time proportionately more phosphorus than nitrogen is released and transported out of sediments, hypereutrophic events in 1970s (21cm) increased nitrogen discharge and still remains a peak in the core record. On the other hand, core from artificial lake shows relatively low N:P ratio from 3:1 at surface increased to 8:1 at 60cm, suggests the phosphorus is more mobile than nitrogen in these sediment. The biogenic silica shows a low content level before 1950s at 40cm and comparably higher level at from 1950s to 1990s. After 1990s. The biogenic silica content shows a decreasing trend and remains at low level until 2009. This may infers that before the dam of Kojima lake is enclosed, The higher river flow before the dam constructed may have a dilution effect on the Bsi retention in this area because the sediment Bsi is mainly reflected the history of water soluble silica content and the aquatic primary productivity of phytoplankton(such as diatom). The terrestrial resources and the water flow affect the retention of biogenic silica in sediment. After the dam enclosed, the water environment became stable and it is easier for the biogenic stabilization. The heavy nutrient

inflow and eutrophication during 1970s leads to a boom of plankton, which may leads to a higher production of diatoms. It may result in the higher biogenic silica content in sediment during that time. After 1990s with the consumption of silica in the lake, decreased water soluble silica content decreased the production of diatoms and resources of biogenic silica. This may leads to the lower level of biogenic silica after 1990s.

キーワード : Sediment、Phosphorus、Carbon、Nitorgen、Biogenic Silica、Kojima Bay

Keywords: Sediment, Phosphorus, Carbon, Nitorgen, Biogenic Silica, Kojima Bay

## 炭素同位体比を用いた河川から海洋への粒子態有機物の移行に関する研究

Study on transport of particulate organic matter from river to ocean using carbon isotopes

\*長尾 誠也<sup>1</sup>\*Seiya Nagao<sup>1</sup>

1. 金沢大学環日本海域環境研究センター

1. Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University

Global riverine discharge of organic matter to the ocean represents a substantial source of dissolved terrestrial matter and organic carbon particulates. The inputs and fates of terrestrially derived organic carbon discharged to the coastal ocean is still not fully constrained. To resolve the present situation, many scientists have been investigated using a variety of geochemical approaches such as  $\delta^{13}\text{C}$ , C/N ratio and lignin biomarker analyses. Radiocarbon abundances have become an additional indicator of terrestrial versus marine sources because nuclear weapons testing in the 1950s and 1960s injected large quantities of  $^{14}\text{C}$  into the atmosphere. This study reports the fate of riverine particulate organic matter (POM) in watershed with forest, paddy field and wetland at eight river systems in Japan by using simultaneous use of  $\delta^{14}\text{C}$  and  $\delta^{13}\text{C}$ .

We selected two rivers in wetland, Bekanbeushi and Kushiro Rivers, and six rivers in forest and paddy field such as the Ishikari, Saru and Teshio Rivers in northern part of Japan, Kuzuryu River in the central part and the Chikugo River in Kyushu Island in Japan. Suspended particles were concentrated with a single-flow continuous-flow centrifuge from 60-100 l of river waters.

Organic carbon contents were determined using a elemental analyzer. Prior to analysis for the riverine suspended solids, carbonates were removed by adding 0.1 M HCl solution.  $^{14}\text{C}$  measurements were performed by accelerator mass spectrometry at the Japan Atomic Energy Agency and the National Institute for Environmental Studies in Japan. The  $\delta^{14}\text{C}$  is defined as the deviation in parts per thousand from the modern standard.  $\delta^{13}\text{C}$  values were determined for sub-samples of the  $\text{CO}_2$  gas generated during graphite production, using an isotope ratio mass spectrometer.

The paired  $\delta^{14}\text{C}$  vs.  $\delta^{13}\text{C}$  distributions vary with the river systems and divided into three groups. Riverine POM in wetland has lower in  $\delta^{13}\text{C}$  and higher in  $^{14}\text{C}$  rather than those of rivers in forest and fluvial plain. This indicates higher contribution of younger organic matter at the wetland river systems. The riverine POM has different ranges of  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{14}\text{C}$  among the rivers running through forest area. The Teshio River samples are plotted in higher  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{14}\text{C}$  than those of other rivers. The Tokachi River has larger variations of  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{14}\text{C}$  values. On the other hand, the Ishikari and Saru Rivers are almost plotted in similar distribution area except for the spring snow melt sample of the Saru. The  $\delta^{14}\text{C}$  values of Saru River are -29‰ to -24‰ for the summer and -72‰ for the spring samples. The similar result was observed for the spring samples of Tokachi and Bekanbeushi Rivers. The riverine POM with older age shows the presence of fossil organic matter such as bitumens or kerogen, and/or the entrainment of terrigenous organic matter of long residence times within the drainage basin. The Kuzuryu River system shows different distribution at the Kuzuryu and its branch river, Hino River. Consequently, the land-use type in the river watershed is related to the sources as well as the transport and sedimentation processes of POM.

キーワード：粒子態有機物、放射性炭素、沿岸域堆積物、加速器質量分析計

Keywords: POM, radiocarbon, coastal sediment, AMS

大阪湾における河川プリュームの動態解析：海色衛星観測データを用いた海表面塩分の新推定法  
Analysis of the river plume dynamics in Osaka Bay: a new estimation of sea surface salinity using ocean color satellite images.

\*中田 聡史<sup>1</sup>、小林 志保<sup>2</sup>、石坂 丞二<sup>3</sup>、林 正能<sup>5</sup>、淵 真輝<sup>1</sup>、中嶋 昌紀<sup>4</sup>

\*Satoshi Nakada<sup>1</sup>, Shiho Kobayashi<sup>2</sup>, Joji Ishizaka<sup>3</sup>, Masataka Hayashi<sup>5</sup>, Masaki Fuchi<sup>1</sup>, Masaki Nakajima<sup>4</sup>

1.神戸大学海事科学研究科、2.京都大学フィールド科学教育研究センター、3.名古屋大学宇宙地球環境研究所、4.大阪府立環境農林水産総合研究所、5.名古屋大学大学院環境学研究科

1.Graduate School of Maritime Sciences, Kobe University, 2.Field Science Education and Research Center, Kyoto University, 3.Institute for Space-Earth Environmental Research, 4.Research Institute of Environment, Agriculture and Fisheries Osaka Prefecture, 5.Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

河川から沿岸海域に出水される低塩分水（河川プリューム）は陸域由来の有機物を多く含むため、海洋生態系や漁場環境への栄養塩を供給する。しかし、時として有害な赤潮を引き起こすこともある。それゆえ、低塩分水の指標となる海表面塩分（SSS）の情報は、内湾域の水環境のみならず漁場環境の保全の観点から非常に重要であり、沿岸漁業者からも関心が高い。近年、衛星観測技術の発達により、毎日の海表面水温だけでなく、SSSも面的にわかるようになった。従来のSSSデータの水平分解能は約50 km（例えば、SAC-D衛星）であるため、沿岸域で使用するには極めて困難で、観測誤差も大きい。ゆえに、沿岸域において衛星データから塩分場を推定する手法は未だ確立されていない。沿岸域には、河川出水などの陸水由来の有色溶存有機物（CDOM）が存在し、CDOM濃度と塩分値には高い相関関係があることが知られている。本研究ではこの関係を利用して、海洋観測に基づいて、衛星観測により得られたCDOM濃度から海表面塩分値を推定する。海色衛星データから推定した海表面塩分マップを整備し、河川プリュームの動態を解析する。

河川からの陸水負荷が大きく、現場観測データが豊富である大阪湾沿岸海域を実験対象とした。2011年より、「千里眼」と呼ばれる静止衛星の毎時観測によって得られた高解像度(500 m)のGOCIプロダクトを使用した。河川出水が卓越する夏季から秋季にかけて沿岸海域において現場観測・採水を実施し、塩分プロファイルを取得、表層海水中の現場CDOM濃度を測定した。また、関係機関により観測されている多くの現地定点・定線観測による塩分データを収集し、これらの観測データを用いてCDOM衛星データから塩分値の推定式を作成した。解析結果の一例として、本発表では2015年7月～9月における淀川からの河川プリュームの水平パターンやその時間変動を、気象擾乱による河川出水等の陸水イベントと関連付けながら紹介する。

キーワード：海色衛星画像、有色溶存有機物、海表面塩分、河川プリューム

Keywords: ocean color satellite images, coloring dissolved organic material, sea surface salinity, river plume