

## 谷頭部斜面におけるリンの空間分布および挙動について Spatial distribution and transport of phosphorus in a hillslop profile in Ichikawa City, Chiba Prefecture, Japan

朴 晶秋<sup>1\*</sup>; 唐 常源<sup>1</sup>; 張 ハン<sup>1</sup>; 佐古 瑤子<sup>1</sup>  
PIAO, Jingqi<sup>1\*</sup>; TANG, Changyuan<sup>1</sup>; ZHANG, Han<sup>1</sup>; SAKO, Yoko<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 千葉大学大学院園芸学研究科

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

Transport of phosphorus (P) in subsoil is presumed to be minor in comparison to transport in topsoil. Three Soil columns that located at upland (agriculture land), hillslope and forest (background) were sampled in Ichikawa City (35.76°N, 139.97°E), Chiba Prefecture, Japan. Contents of the total P (STP), organic P (OP) and inorganic P (IP) were determined to assess the spatial distribution, origin and transport pathways of P in the soil of unsaturated zone. In unsaturated zone soil texture is in a sequence surface layer (SF), Kanto loam layer (LO), Joso clay layer (CY) and Narita sand layer (SA) of the upper part of slope profile and SF, the secondary deposited loam layer (SE), clayey sand layer (MI) and SA of the down part of slope profile. Soil samples were obtained from the slope profile at four sites (A, B, C, D). LO, CY and SA is covered the forest soil profile.

In forest soil, the contents of STP, OP and IP were 30-163 mg/kg, 5-63 mg/kg and 19-103 mg/kg, respectively. There averages in different layers were in the order: LO >CY >SA, respectively. In hillslop, the contents of STP, OP and IP were 42-1723 mg/kg, 20-1229 mg/kg and 18-839 mg/kg, respectively. The average in different layers were in the order: SF (1564 mg/kg) >SE (1349 mg/kg) >LO (494 mg/kg) >MI (492 mg/kg) >SA (91 mg/kg) >CY (69 mg/kg). There were similar changing trends between OP, IP and STP with the average in different layers. And the contents of OP were not higher than IP content in most layers, however, more than twice in SF and SE. Ratios of OP/STP in SF and SE were 63% and 64% which were similar with the ratios in topsoil of upland profile. Therefore, it is supposed that P in topsoil of hillslope was transported from upland by runoff and soil erosion. In addition, the average ratios of OP in LO, CY, MI and SA were 30-52%, lower than the average in SF and SE in hillslope profile.

STP contents of subsoil in hillslope were much higher than forest. It is assumed that there was external phosphorus loading on the subsoil in slop profile. The results indicated that P transported form the surface soil to subsoil. Moreover, there was an accumulation on the soil above CY which the depth is 2.8-3.4m than upper LO of A site. The CY is supposed to block the P transport along the profile. In SE, there was no obvious change of site B and C, showing that the soil of SE may be in saturation status of the P adsorption. And STP contents of MI and SA were lower than SE. It means there was no a great phosphorus accumulation on MI and SA. So P could transport toward to deeper stratum with soil water flow. Finally, P would be likely to enter the groundwater.

The results indicated that the contents of STP, OP and IP varied greatly in different stratum. And this study inferred that two P transport pathways. One was P transports as particulate form by surface runoff, soil erosion in the topsoil. The other one was P transports with the infiltration of soil water as soluble phosphate in the unsaturated zone. And P is likely to enter the groundwater, and would be moved towards wetland with groundwater flow, affect the ecological environment finally.

Keywords: phosphorus, spatial distribution, transport, hillslop profile

## 谷頭部湿地における窒素の収支について Nitrogen budget of a headwater wetland

李 杏<sup>1\*</sup>; 唐 常源<sup>1</sup>; 韓 志偉<sup>1</sup>; 曹 英傑<sup>1</sup>; 朴 晶秋<sup>1</sup>

LI, Xing<sup>1\*</sup>; TANG, Changyuan<sup>1</sup>; HAN, Zhiwei<sup>1</sup>; CAO, Yingjie<sup>1</sup>; PIAO, Jingqiu<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 千葉大学 園芸学研究科

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

As human activities continue to alter the global nitrogen cycle, understanding of the impact of increased nitrogen loading to freshwater systems is becoming more and more important. The study area is a typical headwater wetland, located at Ichikawa City (35.76°N, 139.97°E), Chiba Prefecture, Japan. The wetland valley is U-shaped with an elevation of about 16 m above sea level. The wetland receives discharge (both groundwater and overland flow) from an adjacent upland (elevation 26-31m) area with vegetation consisting of mostly pear orchard. A stream flowing through the wetland valley is recharged by spring water and groundwater in the wetland. Average flow rate of the stream all around a year is 21.7 L S<sup>-1</sup> at the export of the wetland. The wetland is with surface area of 48000 m<sup>2</sup>, corresponding to 4.7% of the watershed. The uplands are covered by pear orchard, whereas the lowland is wetland. The average nitrate load is 501.9 mg S<sup>-1</sup> at export of stream and average dissolved N<sub>2</sub>O load is 151.9 μg S<sup>-1</sup> at export around a year. Ammonia and nitrite were nearly undetectable in the upland groundwater stream water in this study.

For the upland, annual nitrogen inputs refer to the sum of fertilizer application and atmospheric deposition, whereas the outputs refer to root absorption, N<sub>2</sub>O emission from soil surface and leaching of nitrogen. Nitrogen fertilizer is 346 kg ha<sup>-1</sup>yr<sup>-1</sup> which is relative high to other studies. Annual average N deposition by precipitation over Japan was from 7 to 10 kg ha<sup>-1</sup>yr<sup>-1</sup> (with a mean value of 8.5 kg ha<sup>-1</sup>yr<sup>-1</sup>) during the past few decades (Hara, 1995). The composition in leaching nitrogen is only nitrate and the leached nitrate is 202 kg ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup> in upland. The annual N<sub>2</sub>O emission was 5.77 kg ha<sup>-1</sup> from the upland area.

For the wetland, annual nitrogen inputs refer to the sum of nitrate leaching from upland and atmospheric deposition of wetland. Annual nitrogen outputs refer to the sum of export by stream, and gas emission. The wetland receives 20652 kg-N yr<sup>-1</sup> from atmospheric deposition and groundwater which recharge from agricultural upland. The nitrogen exports by stream were 15359.8 kg yr<sup>-1</sup>. The measured emission of N<sub>2</sub>O was 61.6 kg yr<sup>-1</sup> and the calculated emission of N<sub>2</sub> was 5218.6 kg yr<sup>-1</sup>. As a result, our estimate of N retention for the wetland watershed was 26.5%. Valigura (1996) and Whitall and Paerl (2001) estimated that N retention in urban watersheds ranges from 25% to 95%, with a best estimate of 40%. From the view of literature, the nitrate-nitrogen retention by mass was extremely low in this study. It is assumed that the high loading of nitrogen is a limit factor of nitrogen retention in wetland. The reason that the low percentage of nitrate-nitrogen retention may be due to the extremely high load of nitrate input of groundwater (430 g-N m<sup>-2</sup>yr<sup>-1</sup> or 4300 kg ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup>). However, the nitrate-nitrogen retention was 110 g-N m<sup>-2</sup>yr<sup>-1</sup> which is much higher than that (39 g-N m<sup>-2</sup>yr<sup>-1</sup> and 46 g-N m<sup>-2</sup>yr<sup>-1</sup>) in study of William J. Mitsch (2005) and reach the retention level of constructed wetland.

Direct emission factor EF<sub>1</sub> was 0.017 which is higher both than the default values of IPCC 1996 and 2006, but was still in agreement with the range of uncertainty. Indirect emission factor EF<sub>5-g</sub> was 0.003 which is much lower than the default value of IPCC 1996, whereas it was agreement with the default value of IPCC 2006. EF<sub>5-g</sub> value in this study was also consistent with the result of (0.0025) another study in Japan (Sawamoto, 2005). Ratio of dissolved N<sub>2</sub>O and NO<sub>3</sub><sup>-</sup> in groundwater ranged from 0.00026 to 0.0157, with an average value of 0.0025. Using 0.0025 as the EF<sub>5-g</sub> value would revise the estimation of the indirect emission from this wetland, resulting of 51.5 kg yr<sup>-1</sup>. The measured emission of wetland was 61.5 kg yr<sup>-1</sup> which is the same order of magnitude with calculated value, indicating that the method advised by IPCC could reasonable predict the indirect emission of wetland.

キーワード: 窒素収支, 溶存亜酸化窒素, 湿地

Keywords: nitrogen budget, dissolved N<sub>2</sub>O, wetland

## 北海道・登別熱水系の周辺水域への影響評価 Influence of the Noboribetsu hydrothermal systems on surrounding water regions

落合 泰大<sup>1\*</sup>; 知北 和久<sup>1</sup>  
OCHIAI, Yasuhiro<sup>1\*</sup>; CHIKITA, Kazuhisa<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 北海道大学大学院理学院自然史科学専攻地球惑星ダイナミクス講座

<sup>1</sup> Division of Earth and Planetary Dynamics, Department of Natural History Sciences, Faculty of Science

多様な熱水系が発達している北海道・登別地域は酸性の高温温泉が存在し、温泉水の高い $\delta D$ 値、 $\delta O^{18}$ 値などからマグマ起源の流体の寄与が推定されている(松葉谷ほか、1977)。隣接する第四紀火山起源の倶多楽湖も含め、この地域全体として $90\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{km}$ と非常に高い地温勾配が報告されている(茂野、2011)。しかし、地質構造データの不足により同地域の熱水系の議論は十分になされておらず、定量的な評価には至っていない。本研究では、初めに登別・沸騰泉池における水収支・熱収支を評価した。沸騰泉池では、熱電対による水温の連続観測を行っており、底部からは、約 $89\text{ }^{\circ}\text{C}$ の熱水が安定して流出している。この水温データに基づく池底からの熱流入量は、2つの期間で $2,482\text{ W}/\text{m}^2$ 、 $3,360\text{ W}/\text{m}^2$ と得られ、福富ら(1968)による大湯沼での $2,600\text{ W}/\text{m}^2$ と比べ妥当な値を得た。他方、隣接水域である倶多楽湖では最深点で水温の垂直分布の連続観測を行っており、倶多楽湖の湖底水温変動との関係を調べることで登別熱水系の周辺への影響を検討している。なお、同地点でのTCTDプロファイラー観測から、湖底から $1.01\text{ W}/\text{m}^2$ の熱流量が見積もられ、これは熱水流入があることを示唆している。今後は、こうした変動をより詳細に評価し、周辺地域の熱水系の解明をめざすつもりである。

キーワード: 登別温泉, 倶多楽湖, 熱収支, 熱流量, 熱水系

Keywords: Noboribetsu hot spring, Lake Kuttara, Heat budget, Heat flux, Hydrothermal system

## 水源林からの窒素、燐の流出量の推計とその抑制策の検討 Nitrogen and phosphorus export to watershed from Water-Conservation Forest

川邊 遼介<sup>1\*</sup>; 丹治 三則<sup>2</sup>; 岡村 雅人<sup>3</sup>  
KAWABE, Ryosuke<sup>1\*</sup>; TANJI, Kazunori<sup>2</sup>; OKAMURA, Masato<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 慶應義塾大学総合政策学部, <sup>2</sup> 慶應義塾大学環境情報学部, <sup>3</sup> 慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科  
<sup>1</sup>Faculty of Policy Management Keio University, <sup>2</sup>Faculty of Environment and Information Studies Keio University, <sup>3</sup>Graduate school of Media and Governance Keio University

本研究では水源林からの面源負荷の流出を抑制する施策を検討する。このために、森林からの窒素、燐の面源負荷量の推計とその検証を行ったことを目的としている。対象地域は神奈川県横浜市の水源地源涵養林である山梨県南都留郡道志村(森林面積 7,468ha)の私有民有人工林(4,594ha)及び横浜市所有の水源地源涵養林(2,8234ha)である。

水源地源涵養林は横浜市が1916年に取得以降、計画的な水道局の管理の下森林管理適宜間伐実施が行われているが、私有民有人工林については昭和30年代から林業が衰退し現在では林業による間伐はほとんど実施さば行われていない。そのため、河川流量・地下水水源地源涵養量の低下、土砂流出量や面源負荷量の増加が懸念されている。

道志川の流末端にある道志ダムのは年間の平均流入量は6.7(?/sec)であり、そのうち3.0(?/sec)は相模ダム・宮ヶ瀬ダムには導水し、3.7(?/sec)は下流に放流している。そのため窒素、燐等の面源負荷量の増加は相模ダム・宮ヶ瀬ダム等のダム湖の水質に大きな影響を及ぼすと懸念される。

森林の面源負荷は、降雨から蒸発散を差し引いた表面流出の流出強度によって変化する。この点を考慮するために本研究では Kareiv(P.Kareiva et al.,2011)らが開発した InVEST model を用いて面源負荷量を推計した。流出量を推計するための用いた式を(1)~(3)に示す。

$$EXP_x = EAF_x \cdot pol_x \prod [(1 - E_y)] \quad (1)$$

$$EAF_x = \log \sum Y_u / \log \sum Y_w \quad (2)$$

$$Y_x = \sum (1 - AET_x / P_x) A_x \quad (3)$$

ここで、 $x$  は流域におけるグリッドの位置、 $y$  は流域において  $x$  よりも上流に位置するグリッド、 $u$  は  $x$  の上流部に位置する全てのグリッド、 $w$  は  $x, y$  が属する流域を意味している。 $pol_x$  は  $x$  における面源負荷発生量、 $E_y$  はグリッド  $y$  における窒素、燐の表面流出の保持係数、 $EAF_x$  は  $x$  における表面流出の流出強度を示しており(2)式で表されるあらわされる。 $Y_x$  とは区画  $x$  における流出量、 $P_x$  とは区画  $x$  における年降水量、 $AET_x$  とは区画  $x$  における年蒸発散量、 $A_x$  とは区画  $x$  の面積である。 $pol_x$  は S.Shrestha ら(S.Shrestha et al.,2007)が富士川流域で作成した森林、農地、都市の面源負荷原単位を用いた。また  $E_y$  は LQ 式と比較することで算出するためゼロと設定して推計した。

上記 InVEST model による面源負荷量の推計に加え一方で、負荷量を検証するために流末端の道志ダムにおける流量データ(1955年~2012年)と水質観測データ(1991年~2012年)から LQ 式を作成し窒素とリンの年間フラックスを算出した。

結果として、表面流出の保持係数をゼロとした場合の窒素、燐の面源負荷量の推計結果はそれぞれ 5.9251.5(t/yr)、5.9(t/yr)であり、そのうち人為由来のものは 0.11.8(t/yr)、0.1(t/yr)であった。このことから面源負荷量のほとんどが山林からの負荷であることが明らかにされた。一方で2012年の道志ダムにおける LQ 式を作成したところ窒素(TN=0.791\*Q0.0616, R2:0.8374)、燐(TP=0.00762\*Q0.0238+0.004)という結果が得られた。この式を用いて年間の窒素、リンの流入量を推計するとそれぞれ 192.3(t/yr)、2.4(t/yr)192.3 であり推計結果と 59.0(t/yr)、3.5(t/yr)程度の差があった。結論として、InVEST model での推計結果と LQ 式による年間の窒素、燐のフラックスにはそれぞれ 59.0(t/yr) 23.5%、3.5(t/yr) 59.3%の差があったが、これが発生地点から流下する過程で窒素、燐が保持された量であると考えられる。降雨後の雨水の表面流出は谷に集約的に流下するためことが明らかであり、下流のダム湖の水質保全のためには森林の谷にある植生の適正管理、間伐等が重要であることが明らかにされた。

キーワード: 水源地源涵養林, 面源負荷, 窒素, 燐, LQ 式

Keywords: Water-Conservation Forest, Non-point sources, Nitrogen, Phosphorus, L-Q Equation

## 郊外流域における SWAT モデルを用いた時間単位での窒素輸送量の推定 Estimation of hourly nitrogen flux in a suburban watershed using SWAT model

清水 裕太<sup>1\*</sup>; 小野寺 真一<sup>2</sup>; 松森 堅治<sup>3</sup>  
SHIMIZU, Yuta<sup>1\*</sup>; ONODERA, Shin-ichi<sup>2</sup>; MATSUMORI, Kenji<sup>3</sup>

<sup>1</sup>(独) 農研機構 近畿中国四国農業研究センター・JSPS-PD, <sup>2</sup> 広島大学大学院総合科学研究科, <sup>3</sup>(独) 農研機構 近畿中国四国農業研究センター

<sup>1</sup>NARO/WARC JSPS-PD, <sup>2</sup>Graduate School of Integrated Arts and Sciences, Hiroshima University, <sup>3</sup>NARO/WARC

本研究は、準分布型水文流出モデル SWAT を用いて、流域からの時間単位での窒素輸送量の推定を行った。SWAT モデルは、米国農務省およびテキサス A&M 大学によって開発された、主に農業流域に特化したモデルである。流域の水・土砂・物質輸送を限られたデータでも良く再現できる等の特徴を持っており世界中で適用されているが、計算は基本的に日単位で行われるため、洪水時を含む物質輸送量の評価については検討する必要があると考えられる。一方で、水収支に関しては1時間もしくはそれ以上の間隔で測定された雨量データを用いることで、河川流出量の時間解像度を1時間単位まで向上させるオプションを備えている。そこで、本研究では、広島県東部を流れる一級河川芦田川水系高屋川流域において1時間単位での窒素輸送量の推定を試みた。計算結果の検証には、公共用水域水質測定データに加え、現地にて測定した平水時および洪水時の水質データを用いた。

この結果、全体的な再現性の評価指標値 (RSR, NSE, PBIAS) は日単位での推定と比較して若干低下したものの、出水時のピークを再現できた。窒素輸送量の推定については、まだ改良の余地が見られるが、実測濃度との検証では概ね再現できた。

キーワード: 窒素輸送, 時間単位, SWAT モデル, 郊外流域

Keywords: Nitrogen flux, Hourly estimation, SWAT model, suburban watershed

## 森林流域における微量元素 (Rb, Cs, Sr, Ba) の動態 Trace elements fluxes and budgets in two forest watersheds

伊藤 優子<sup>1\*</sup>; 小林 政広<sup>1</sup>; 篠宮 佳樹<sup>2</sup>  
ITO, Yuko<sup>1\*</sup>; KOBAYASHI, Masahiro<sup>1</sup>; SHINOMIYA, Yoshiki<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 森林総研, <sup>2</sup> 森林総研・東北支所

<sup>1</sup>FFPRI, <sup>2</sup>FFPRI, Tohoku

大気中に放出された様々な物質が、乾性、湿性沈着物として森林生態系に負荷される。そのような物質には、窒素、硫黄の他に微量元素が含まれている。森林生態系内では、大気由来の元素に地質由来の微量元素が加わり、系内を循環するとともに一部は系外に流出している。これら微量元素の動態は、森林および下流域の生態学的プロセスに影響するとともに、水資源の保全にも関わると考えられる。また、2011年3月の福島第一原子力発電所事故により放出された放射性物質（例えば放射性Cs）の森林生態系内での動態予測には、もともと微量に存在する安定同位元素の動態に関する知識が役立つ。しかし、森林における微量元素の動態には不明の点が多い。本研究では、2つの森林流域においてRb, Cs, Sr, Ba（安定同位元素）の流入－流出収支、また土壌中の動態を明らかにし、各元素の同族元素であるKおよびCaとの挙動と比較した。

茨城県内にある筑波共同試験地、および、桂試験地において、林外雨、林内雨、土壌水、渓流水を定期的に採取した。両地点の土壌は火山灰母材由来の褐色森林土壌である。流域の基盤地質はそれぞれ黒雲母片麻岩および中古生層堆積岩である。また、流域の植生は、斜面上部はヒノキおよび広葉樹、斜面下部はスギの人工林（45～55年生）である。採取した各試料の主要および微量元素濃度の測定を行った。

大気から森林流域への流入量はK, Rb, Ca, Sr, Baで筑波共同試験地のほうが桂試験地より多く、Csは同程度であった。一方、流域からの流出量は、Csのみ桂試験地のほうが多くなった。流域の物質収支は、K, Rb, Csにおいては各流域で異なる傾向を示したが、Ca, Ba, Srは両流域においては流域からの流出が流入より多く、流域を構成する地質の影響がこれらの微量元素の物質収支に影響していた。また、土壌水中の各元素の濃度変動パターンは、K, Rb, Cs, Ca, Srは各同族元素間で類似していたが、Baにおいては必ずしも類似しておらず、近年、土壌水中の濃度が急激に上昇している地点が認められたが、その原因は現時点では不明である。

キーワード: 森林流域, Rb, Cs, Sr, Ba

Keywords: forest watershed, Rb, Cs, Sr, Ba

## 森林流域における降下浸透機構：十勝・生花苗川流域 The percolation mechanism in a forested drainage basin: The Oikamanai River basin

宮本 拓人<sup>1\*</sup>; 知北 和久<sup>2</sup>; 岩坂 航<sup>1</sup>; Hossain Md Motaleb<sup>1</sup>  
MIYAMOTO, Takuto<sup>1\*</sup>; CHIKITA, Kazuhisa<sup>2</sup>; IWASAKA, Wataru<sup>1</sup>; HOSSAIN, Md motaleb<sup>1</sup>

<sup>1</sup>北海道大学大学院理学院, <sup>2</sup>北海道大学大学院理学研究院

<sup>1</sup>Graduate School of Science, Hokkaido University, <sup>2</sup>Faculty of Science, Hokkaido University

河川における降雨出水に対し、流域斜面土壌での降下浸透において、特に透水性の良い所での水の動きをとらえることが重要である。本研究では、北海道・生花苗（おいかまない）川流域を対象とした。対象地域は、河川の水位観測点から上流の流域面積が 62.6km<sup>2</sup>、土地利用は森林帯 88.3%および農業地 10.6%である。また流域地質は主に新第三紀・中新世のレキ岩・砂岩・泥岩で、農作地は流域下流の完新世・氾濫原堆積物の平坦部にある。前者は主に丘陵地に分布し、透水性が高いことが予想される。森林と牧草地に 4 深の土壌水分プロファイラーを設置し、各降雨イベント（総雨量 50mm 以上）に対し降下浸透量を見積もった。その結果、降下浸透量はほぼ雨量に近い値を示し、水位観測点での総流出高に対する割合は、森林で約 12%、牧草地で約 19%と低い値をとった。この低い値は、丘陵部での高透水性の地質に加え、多くの断層が存在するため、降水による深層への地下水涵養が大きいことを示唆する。他方、農業地では透水性の低い粘土性土壌（20cm 以深）が存在するため、降雨イベントでは森林域に比べ飽和側方流が盛んであると推察される。このため、現在は農作地の上流端にさらに観測点を設けており、今後は下流観測点での流量と栄養塩負荷量との違いから、水と栄養塩について降雨出水における農作地の寄与を評価することを考えている。

キーワード: 降下浸透, 土壌水分プロファイラー, 栄養塩, 河川

Keywords: percolation, soil moisture profiler, nutrient, river

## 森林流域における平水時の渓流水中の放射性セシウム濃度 The radioactivity of cesium in stream water during base flow from a small watershed in forested headwaters

篠宮 佳樹<sup>1\*</sup>; 小林 政広<sup>2</sup>; 玉井 幸治<sup>2</sup>; 大貫 靖浩<sup>2</sup>; 伊藤 優子<sup>2</sup>; 清水 貴範<sup>2</sup>; 飯田 真一<sup>2</sup>; 延廣 竜彦<sup>3</sup>; 澤野 真治<sup>2</sup>; 坪山 良夫<sup>2</sup>; 蛭田 利秀<sup>4</sup>

SHINOMIYA, Yoshiki<sup>1\*</sup>; KOBAYASHI, Masahiro<sup>2</sup>; TAMAI, Koji<sup>2</sup>; OHNUKI, Yasuhiro<sup>2</sup>; ITOH, Yuko<sup>2</sup>; SHIMIZU, Takanori<sup>2</sup>; IIDA, Shin'ichi<sup>2</sup>; NOBUHIRO, Tatsuhiko<sup>3</sup>; SAWANO, Shinji<sup>2</sup>; TSUBOYAMA, Yoshio<sup>2</sup>; HIRUTA, Toshihide<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 森林総合研究所東北支所, <sup>2</sup> 森林総合研究所, <sup>3</sup> 森林総合研究所北海道支所, <sup>4</sup> 福島県林業研究センター

<sup>1</sup>Tohoku Res. Ctr. For. and For. Prod. Res. Inst., <sup>2</sup>For. and For. Prod. Res. Inst., <sup>3</sup>Hokkaido Res. Ctr., For. and For. Prod. Res. Inst., <sup>4</sup>Fukushima Pref. For. Res. Ctr.

福島第一原発事故により放射性セシウムが環境中に放出された。森林は放射性セシウムを系内に保持する傾向が強いが、微量の放射性セシウムが渓流水を通じて流出し、農作物や河川や湖沼の生態系に影響を及ぼしている可能性がある。そこで、福島県の森林小流域から流出する平水時の渓流水の放射性セシウム濃度とその特徴について報告する。

調査は、福島県郡山市（年雨量 1163 mm, 平均気温 12.1 °C）の福島県林業研究センター多田野試験林（北緯 37° 22' , 東経 140° 14' ）の小流域（流域面積 1.2ha, 標高 358~409m, 起伏比 0.42）で行った。地質は堆積岩（砂岩・凝灰岩）である。植生はスギ・ヒノキ人工林（約 48 年生）にコナラ等落葉広葉樹林とアカマツ林が混在する。三角堰と水位計を流域末端に設置して流量を観測した。渓流水は 2~3 週間ごとに約 10L 採集した。ガラス繊維ろ紙（0.7 μ m）により懸濁態を分画した後、溶存態セシウムは固相抽出ディスク（住友 3M 製, エムポアラドディスクセシウム）に濃縮して測定した。

2012 年 6 月~2013 年 3 月のデータを用いて検討したところ、溶存態のセシウム 137 濃度は夏季に高く、冬に低い傾向を示した。また、1、2 月は検出限界以下であったが、3 月には再び濃度上昇を示した。平水時の渓流水中の溶存態セシウム 137 濃度の変動は温度上昇による有機物分解と関連している可能性が考えられた。懸濁態のセシウム 137 濃度も溶存態と同じ様に、概ね夏季に高く、冬季に低い傾向であった。流量が多い時ほど懸濁物質の流出が多くなる傾向であること、また積雪期は流域が積雪に覆われて、懸濁物質の流出が少なくなるためと考えられた。

キーワード: 放射性セシウム, 平水, 渓流水, 森林

Keywords: radiocaesium, baseflow, streamwater, forest

## 森林内の放射性Csの移行における懸濁物の寄与 Contribution of suspended solids to the migration of radiocaesium in forests

小林 政広<sup>1\*</sup>; 篠宮 佳樹<sup>2</sup>; 大貫 靖浩<sup>2</sup>; 蛭田 利秀<sup>3</sup>

KOBAYASHI, Masahiro<sup>1\*</sup>; SHINOMIYA, Yoshiki<sup>2</sup>; OHNUKI, Yasuhiro<sup>2</sup>; HIRUTA, Toshihide<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 独立行政法人森林総合研究所, <sup>2</sup> 独立行政法人森林総合研究所東北支所, <sup>3</sup> 福島県林業研究センター

<sup>1</sup>Forestry and Forest Products Research Institute, <sup>2</sup>Tohoku Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute,

<sup>3</sup>Fukushima Prefectural Forestry Research Centre

東京電力福島第一原子力発電所事故により広範囲の森林が放射性Csで汚染された。樹冠とリター層に捕捉された放射性Csは、時間の経過に伴い鉍質土壌に移行している。放射性Csを輸送している林内雨(TF)およびリター層通過水(LL)には、懸濁物が含まれていることが多く、Csの移行に関与していると考えられるが、不明の点が多い。本研究では、TFおよびLLに含まれる溶存態および懸濁態の放射性Cs濃度を測定し、懸濁物の寄与を明らかにすることを目的とした。

茨城県城里町および福島県郡山市の森林においてTFおよびLLを月に1~2回採取した。孔径0.45マイクロメートルのメンブレンフィルターによる濾過前、および濾過後に、ゲルマニウム半導体検出器を用いてCs-137濃度を測定した。

事故直後の2011年3月および4月に採取した茨城県の森林(スギ人工林)のTFには、14~60 Bq/LのCs-137が含まれており、大部分が溶存態であった。その後、TF中のCs-137の総濃度(溶存態+懸濁態の濃度)は低下し、懸濁態の割合が増加した。夏季にはCs-137の総濃度が一時的に20 Bq/Lを超えることがあり、このときは大部分が懸濁態であった。夏季における一時的な懸濁態のCs濃度の増加は、LLでも観測された。また、福島県のスギ林および落葉広葉樹林のTF、LLにおいても同様の濃度変動が観測された。冬季には溶存態、懸濁態の放射性Cs濃度がともに低下し、移行量が小さくなった。これらの結果から、TFとLLによる放射性Csの移行では、夏季には懸濁物の寄与が大きくなることが明らかになった。

キーワード: 放射性セシウム, 森林, 移行, 懸濁物

Keywords: Radiocaesium, Forest, Migration, Suspended solid

## 福島県内の立地の異なる水田における水および放射性セシウムの収支 Water and radiocesium balance in several paddy fields in Fukushima

吉川 省子<sup>1\*</sup>; 江口 定夫<sup>1</sup>; 板橋 直<sup>1</sup>; 井倉 将人<sup>1</sup>; 木方 展治<sup>1</sup>; 藤村 恵人<sup>2</sup>; 斎藤 隆<sup>3</sup>; 藤原 英司<sup>1</sup>; 神山 和則<sup>1</sup>; 山口 紀子<sup>1</sup>; 大越 聡<sup>3</sup>

YOSHIKAWA, Seiko<sup>1\*</sup>; EGUCHI, Sadao<sup>1</sup>; ITAHASHI, Sunao<sup>1</sup>; IGURA, Masato<sup>1</sup>; KIHOU, Nobuharu<sup>1</sup>; FUJIMURA, Shigetoshi<sup>2</sup>; SAITO, Takashi<sup>3</sup>; FUJIHARA, Hideshi<sup>1</sup>; KOHYAMA, Kazunori<sup>1</sup>; YAMAGUCHI, Noriko<sup>1</sup>; OHKOSHI, Satoru<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 農業環境技術研究所, <sup>2</sup> 農研機構東北農業研究センター, <sup>3</sup> 福島県農業総合センター

<sup>1</sup>National Institute for Agro-environmental Sciences, <sup>2</sup>National Agriculture and Food Research Organization, <sup>3</sup>Fukushima Agricultural Technology Centre

はじめに

放射性 Cs の水稲吸収量予測, および水田を含む流域動態モデル開発のためには, 水田における水および放射性 Cs の動態解明が必要である。福島県内の放射性 Cs 高濃度玄米を産出した立地の異なる 3 水田において, 試験的に水稲栽培を行い, 水および放射性 Cs の収支を調べた。

方法

(1) モニタリングと測定

福島県内の 3 つの水田: ① 方が森林に面している基盤整備水田 (粘質土壌) ② 3 方が森林に囲まれている谷津田 (砂質土壌) ③ 方が森林に面している谷津田 (有機質土壌) を対象として, 2012 年 5 月に水田の流入・流出水の量と濁度, 降雨量の測定を開始した。また, 大気降水, 灌漑水, 表面排水, 暗渠排水の採取を毎月 1 回, および代掻き・田植え期や大雨等のイベント時に実施した。水試料は 0.025  $\mu$  m フィルターにより溶存態と懸濁態 (SS) に分離し, Ge 半導体検出器により放射性 Cs 濃度を測定した。水稲については部位別に重量を求め, 上記と同様に放射性 Cs 濃度を測定した。②, ③では, 栽培期間中に数回, 水田土壌面での浸透水量を測定した。

(2) 放射性 Cs の流入, 流出量の推定

2012 年 5 月 23 日から 2013 年 5 月 27 日までの約 1 年間の水田の放射性 Cs の収支は, 以下のように算出した。水田の流入・流出水による出入りは, 水量, 濁度と SS の関係, および, SS と放射性 Cs 濃度の関係から算定した。大気降水由来の流入量は, 降雨量と放射性 Cs 濃度から, 作物体による持ち出し量は, 搬出した水稲の重量とその放射性 Cs 濃度をもとに算定した。また, 2013 年 7~11 月の 50~150mm 程度の大きい降雨イベント時についてもこれらを検討した。

結果と考察

上記期間における水田①, ②, ③それぞれでの降水量は, 約 800, 900, 1000mm, 流入水量は約 300mm, 1300mm, 3300mm, 流出水量は約 600mm, 1000mm, 7700mm と算出された。①と②, ③の流入・出水量の大きな違いは, ②, ③において山側斜面の複数箇所から常時水の湧出がみられたことに加え, 田面の浸透水量では②では浸透と湧出がほぼ同じ程度, ③では灌漑期間に平均 4mm/day 程度の湧出が測定され, 最も気温の低下する 1 月下旬においても, 雪氷の下の田面では水の流入・流出がみられたことによると考えられた。この結果, 谷津田では水の出入りが大きくなり, 定量しきれない流入があるものの, 通常の水田の数倍以上にも及ぶことがわかった。水試料の全放射性 Cs 濃度 (溶存態と SS の和) は, 大気降水では 0.2~0.9 Bq/L, 灌漑水では 0.1~0.31 Bq/L, 表面排水では 0.02~1.4Bq/L, 暗渠排水では 0.01~0.03 Bq/L であり, その多くが SS 部分に存在した (一部未測定試料あり)。

各水田の放射性 Cs の流入水による流入量, 大気降水による流入量, 表面流去水による流出量, 水稲収穫による Cs 持ち出し量は, それぞれ  $10^2$ ,  $10^2$ ,  $10^3$ ,  $10^2$  Bq/m<sup>2</sup> のオーダーであった。差引 Cs 流出量は,  $10^3$  Bq/m<sup>2</sup> オーダーと計算され, それらは, 各水田土壌の総放射性 Cs 量 (2012 年春に測定) の 0.2%, 0.2%, 0.7% に相当した。水田からの SS, および放射性 Cs 流出のほとんどは, 代掻き, 移植時, 中干し時, 落水時の作業時に生じていたが, 夏~秋の大雨でも顕著な流出が観察された。このことから, 降水特性は年次変動の主要因と考えられた。

\*この研究は環境省の放射性物質動態解明プロジェクトの中で行った。

キーワード: 放射性セシウム, 水収支, 谷津田, 懸濁物質

Keywords: radiocesium, water balance, mountainous paddy field, suspended solid

## 沿岸帯森林流域における土砂流出特性とその要因 (2)

### The characteristics of sediment load from a coastal forested drainage basin and their agents (2)

知北 和久<sup>1\*</sup>; 岩坂 航<sup>2</sup>; Hossain Md Motaleb<sup>2</sup>; 宮本 拓人<sup>2</sup>

CHIKITA, Kazuhisa<sup>1\*</sup>; IWASAKA, Wataru<sup>2</sup>; HOSSAIN, Md motaleb<sup>2</sup>; MIYAMOTO, Takuto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>北海道大学大学院理学研究院, <sup>2</sup>北海道大学大学院理学院

<sup>1</sup>Faculty of Science, Hokkaido University, <sup>2</sup>Graduate School of Science, Hokkaido University

北海道・十勝地方沿岸には5つの潟湖が存在し、これらの幾つかは外海と湖を隔てる砂州が間欠的に決壊して湖水が流出する間欠開口型である。この湖沼群の水質・堆積状況は、開口による太平洋沿岸域への水質・堆積にも影響する。この研究では、潟湖群の一つである生花苗沼の流入河川流域（約88%が森林帯）における土砂流出の実態を、河川水の浮遊物質濃度 $C$  ( $\text{m}^3/\text{s}$ )と河川流量 $Q$  ( $\text{mg}/\text{L}$ )の1時間データを用いて調べた。その結果、一連の降雨土砂流出では、浸食される土砂の量 (sediment availability) に応じて、 $C \sim Q$  相関図上では時計回りループの先行型 ( $C$ のピーク $C_p$ が $Q$ のピーク $Q_p$ より先行して現れる)、同時型 ( $C_p$ と $Q_p$ が同時に発生)、および反時計回りループの遅れ型 ( $C_p$ が $Q_p$ に遅れて現れる)と変化することがわかった。この送流土砂の起源は、堆積物の積算粒度分布に対する限界掃流力理論の適用から、河道のほか森林流域土壌の30~40cm深で発生する飽和側方流による土壌浸食と考えている。これに加え、同流域には多くの断層があり、これにより崩落も盛んなため突発的な土砂流出イベントも観測された。

キーワード: 森林流域, 土砂流出, 先行型, 遅れ型, 崩落

Keywords: forested catchment, sediment load, precedent type, antecedent type, land collapse

## 北海道沙流川懸濁物の鉱物組成と運搬量の2003年前後の変化 Changes of mineral composition and load of suspended materials in the Saru River, Hokkaido before and after 2003

入野 智久<sup>1\*</sup>; 中田 聡史<sup>2</sup>; 池原 研<sup>3</sup>; 山下 洋平<sup>1</sup>; 関 宰<sup>1</sup>; 長尾 誠也<sup>4</sup>

IRINO, Tomohisa<sup>1\*</sup>; NAKADA, Satoshi<sup>2</sup>; IKEHARA, Ken<sup>3</sup>; YAMASHITA, Youhei<sup>1</sup>; SEKI, Osamu<sup>1</sup>; NAGAO, Seiya<sup>4</sup>

<sup>1</sup>北海道大学, <sup>2</sup>京都大学, <sup>3</sup>産業技術総合研究所地質情報研究部門, <sup>4</sup>金沢大学

<sup>1</sup>Hokkaido University, <sup>2</sup>Kyoto University, <sup>3</sup>Institute of Geology and Geoinformation, National Institute of Advanced Industrial Science and Techn, <sup>4</sup>Kanazawa University

Supply of detrital material from river can affect the continuity, sedimentation rate, and composition of marine sediments deposited in front of the river system, which is controlled by the relief, weathering rate, and precipitation of the hinterland. In spite of the small drainage area, the small rapid rivers in the island arc located under warm humid climatic condition supply a huge amount of detrital materials to the surrounding seas. In addition, sediment transports tend to be concentrated during flooding events. In order to understand the depositional history and utilized it for paleo-climate reconstruction, it is necessary to study a mechanism of suspension generation and controlling factor of its composition.

We conducted a field survey during 2005-2011 in the Hidaka area in Hokkaido, Japan, to evaluate the influence of the flooding mud to marine sediments, promoted by the typhoon precipitation in August, 2003. We selected the Saru River as our target, and conducted the river water sampling and turbidity measurements along the main stream and a major branch called Nukabira River. Water samples were taken from the surface of flow center of each stream and stored in plastic bottles. The collected water was filtered through Millipore filter with 0.4  $\mu\text{m}$  opening and the suspended particles were collected and weighed in the laboratory. Mineral composition of the collected suspended materials on the filter was measured using an X-ray diffraction analysis (XRD).

Distribution of the turbidity in the Saru River drainage shows that high turbid water is localized only to the Nukabira River and others are relatively clear. The turbidity seems to be supplied only from one local source. Mineral composition of the suspended material in the Nukabira River does not contain serpentine, while the upper main stream before the junction with the Nukabira River contain serpentine. The suspended material in the lower main stream is also characterized by the lack of serpentine because of higher contribution from the Nukabira River. The surface sediment at the mouth of the Saru River also shows the same character. We also examined the mineral composition of marine surface sediments supplied as flood mud during the typhoon event in August, 2003. The flood mud contains the major amount of serpentine, which was not expected from the mass budget of suspended materials from the upper main stream and the Nukabira River under usual condition.

In order to estimate the suspension loads from the upper main stream and the Nukabira River, we compared the water discharge and suspension loads and established the rating curve for each tributary. Water discharge data for the main stream was available from the Water Information System of the Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Japan. However, since the database contains too many missing data for the Nukabira River after 2008, we calculated the water discharge for this branch using the Hydrometeorological and multi-Runoff Utility Model (Nakada et al., 2012). As a result, the rating curve of the upper main stream is steeper than that of the Nukabira River, and the suspension load of the upper main stream could be larger than the Nukabira River at the water discharge of  $>300 \text{ m}^3/\text{s}$ . Therefore, the Nukabira River transports 5-10 times more suspended materials than the main stream during the usual discharge, which is reversed during the flooding situation.

キーワード: 河川懸濁物, 沙流川, 2003年台風10号, 鉱物組成

Keywords: river suspended material, Saru River, Typhoon Etau, mineral composition

## 水源林における分布型 USLE モデル及び LQ 式を用いた森林の土砂流出量の推計と検証 Estimation of Sediment discharge with distributed USLE and L-Q Equation in Water-Conservation Forest

中島 綾一郎<sup>2\*</sup>; 丹治 三則<sup>2</sup>; 岡村 雅人<sup>3</sup>  
NAKASHIMA, Ryoichiro<sup>2\*</sup>; TANJI, Kazunori<sup>2</sup>; OKAMURA, Masato<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 慶應義塾大学総合政策学部, <sup>2</sup> 慶應義塾大学環境情報学部, <sup>3</sup> 慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科  
<sup>1</sup>Faculty of Policy Management Keio University, <sup>2</sup>Faculty of Environment and Information Studies Keio University, <sup>3</sup>Graduate school of Media and Governance Keio University

本研究では、水源林からの土砂流出抑制を目的として、流出土砂量の推計と推計結果の検証を行った上で土砂流出抑制策を検討した。対象地域は神奈川県横浜市の水源である山梨県南都留郡道志村の私有民有林 (4,594ha) および横浜市所有の水源涵養林 (2,823ha) である。水源涵養林は横浜市水道局の管理の下適切な森林管理が行われているが、私有民有林については林業が衰退し現在では間伐はほとんど行われていない。そのため、水源涵養機能・土砂流出防止機能・水質浄化機能の低下が懸念されている。

流出土砂量の推計には USLE(Universal Soil Loss Equation) を用い、R(降雨係数)、K(土壌係数)、LS(地形係数)、C(植被係数)、P(保全係数) から求めた。各入力データは、R および LS は国土交通省の国土数値情報、K は横浜市水道局提供の土壌図、C は北原 (2002)、P は山瀬他 (2010) から作成した。また土地利用/土地被覆は自然環境 GIS および横浜市水道局提供の小林班図、森林管理方法は道志村森林整備計画 (2010) および道志水源林第 10 期管理計画書を用いて GIS で変換結合し、活用した。

次に推計結果を検証するために、下流の両国橋付近で実測された 1955 年～2012 年までの河川流量と浮遊物質 (SS) データを用いて、L-Q 式を作成し年間の SS フラックスを求め、これに道志川流域のさらに下流にある道志ダムで観測された毎年の堆積土砂量を加えて年間の流出土砂量を推計した。その結果、USLE で推計された年間の流出土砂量は 97,820t/yr であり、これに対して L-Q 式で算出された SS フラックスは 400t/yr(SS=aQb(R<sup>2</sup>=0.3223))、ダムでの年間の堆積土砂量は 62,500t/yr であることが明らかにされた。なお、道志村の人為的な SS 負荷量は年間 1.8t/yr 程度であることがわかっており、人為的な影響は軽微であると考えられる。

USLE は各グリッドから隣接グリッドへの土砂流出を意味するため観測ポイントまでの流達量を考慮してはいない。よって 97,820(t/yr) の土砂が流出し、その後流下する過程で土砂が保持され、道志ダムの流達地点では 62,500(t/yr) 程度の土砂量に減衰したと考えられる。USLE の結果をグリッド別にみると、2つの傾向に大別されることがわかった。第 1 に、広葉樹林が多く分布する小流域では流出土砂量は大きくなる傾向があると明らかにされた。第 2 に、人工林であるが間伐されず放置された私有民有林の針葉樹林においては流出土砂量が大きくなることが明らかにされた。第 3 に、いずれの流域においても傾斜が急な尾根部で流出土砂量が大きくなることが明らかにされた。

結論として、USLE と実際の堆積土砂量及び土砂フラックスを比較した結果、土砂流出が多いグリッドから流出した土砂は、流下過程において各グリッドで徐々に保持され、道志川流域の末端までに 27%程度減衰することが明らかにされた。主な土砂供給源は、傾斜地の放棄された人工林と天然林であり、流出土砂量を抑制するためには人工林では急傾斜地帯の間伐、天然林では谷沿いの重点的な砂防事業の実施が求められる。

キーワード: 水源涵養林, 土砂流出量, USLE, LQ 式

Keywords: Water Conservation Forest, Sediment Discharge, Universal Soil Loss Equation, LQ equation

多断層の森林流域における土砂流出過程：観測とモデリング  
Sediment loading processes in a tectonic and forested catchment: field observations and modelling

Hossain Md Motaleb<sup>1\*</sup>; 知北 和久<sup>2</sup>; 宮本 拓人<sup>1</sup>  
HOSSAIN, Md motaleb<sup>1\*</sup>; CHIKITA, Kazuhisa<sup>2</sup>; MIYAMOTO, Takuto<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 北海道大学大学院理学院, <sup>2</sup> 北海道大学大学院理学研究院

<sup>1</sup>Graduate School of Science, Hokkaido University, <sup>2</sup>Faculty of Science, Hokkaido University

Exploring fluvial sedimentary processes on catchment scale is useful for studies on the forest management, material cycle and ecosystem of short time scale and topographic evolution of long scale. The fluvial transportation of sediment is also related to sedimentation, material cycle and ecosystem in coastal regions. A considerable portion of suspended sediment discharging into a coastal lagoon, the Oikamani Lagoon, Tokachi, Hokkaido annually is contributed by the forested Oikamanai River catchment with many tectonic faults. It is important to find out the sediment source in such forested catchments. Here, we have tried to find how sediment load occurs by rainfall and snowmelt runoffs in the forested (ca. 90% area) catchment. Grain size and mineralogy of catchment soil and stream sediment, survey techniques, and turbidimeters provide the information that allows us to understand fluvial sedimentary processes and the sediment source and its availability. Here, a semi-distributed model, ArcSWAT2012, was applied to time series of discharge and sediment load, which were obtained in 2011 to 2013. In ArcSWAT2012, the total basin area (62.48 km<sup>2</sup>) was divided into 3 sub-basins, as subbasin into hydrological response unit (HRU) based on soil type, land use and slope classes that allow a high level of spatial detail simulation. In this study we have used the data of discharge,  $Q$  (m<sup>3</sup>/s), suspended sediment concentration (SSC;  $C$ , mg/L) and sediment load,  $L$  (kg/s) of April 2011 to October 2013, weather data of 2008 to 2013, and soil data. Discharge and sediment load simulations by SWAT2012 offer reasonable results. The simulations of sediment load time series and hysteresis analysis indicate that most of the sediment input is coming from sub-basin 2, especially, from its basin slope.

Keywords: tectonic, forested, sediment load, SWAT, hysteresis

扇状地河川近傍の河川—地下水交流特性 - 酸素安定同位体比と栄養塩濃度分布による評価 -

Interaction properties between river and groundwater with assessment of oxygen isotope ratio and nutrient concentration

丸山 豊<sup>1\*</sup>; 小野寺 真一<sup>1</sup>; 齋藤 光代<sup>2</sup>; 北岡 豪一<sup>3</sup>

MARUYAMA, Yutaka<sup>1\*</sup>; ONODERA, Shin-ichi<sup>1</sup>; SAITO, Mitsuyo<sup>2</sup>; KITAOKA, Koichi<sup>3</sup>

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

<sup>1</sup>Graduate School of Integrated Arts and Sciences, Hiroshima University, <sup>2</sup>Graduate School of Environmental and Life Science, Okayama University, <sup>3</sup>Department of Applied Science, Okayama University of Science

In the alluvial fan, there are many palaeo-channels which are composed of more permeable media like gravel and sand, and many springs and wells on those have been useful for human life as well as ecosystem. These type of the springs have the different waveforms of the seasonal thermal variation from those of the river or air which is the thermal source. In detail, the phase shifting and amplitude declining are confirmed in springs. In this research, we examine to confirm the thermal waveforms in the river and springs and to estimate the horizontal bypass flow velocities in palaeo-channels around the river in the alluvial fan. The study areas are Asahi river springs in Okayama prefecture of western Japan. At the springs of Asahi River, the temperature data was collected 1 week interval. The temperature data of Asahi River springs was analyzed, assuming the subsurface water flow only through the bypath as the one-dimensional advection-diffusion equation and heat flux from the ground surface depends on the temperature gradient between the aquifer and the upper layer. The analytical solution of this equation was verified by parameter fittings with the data.

The Darcy velocity of subsurface flow was estimated about 1.3 m/day. The distribution of one-dimensional subsurface temperature in the alluvial fan was simulated that thermal conductive flux from the river exponentially decreased. The flux was mainly controlled by the advection process. In addition, the heat flux from the ground surface varied spatially from the rivers depends on the variation of the heat gradient. Especially, the flux was about 0 at several sites where heat gradient decreased.

Keywords: Surface water-groundwater interaction, Oxygen-18 isotope, Nutrient concentration, Temperature, Alluvial fan

地表水-地下水交流とその栄養塩輸送に及ぼす影響—八郎潟の例  
Surface water ? groundwater interaction and its effect on nutrient transport; the example  
in Hachiro-gata

小野寺 真一<sup>1\*</sup>; 齋藤 光代<sup>2</sup>; 早川 敦<sup>3</sup>; 金 广哲<sup>1</sup>; 丸山 豊<sup>1</sup>

ONODERA, Shin-ichi<sup>1\*</sup>; SAITO, Mitsuyo<sup>2</sup>; HAYAKAWA, Atsushi<sup>3</sup>; JIN, Guangzhe<sup>1</sup>; MARUYAMA, Yutaka<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 広島大学, <sup>2</sup> 岡山大学, <sup>3</sup> 秋田県立大学

<sup>1</sup>Hiroshima University, <sup>2</sup>Okayama University, <sup>3</sup>Akita Prefecture University

We examined to confirm the surface water-groundwater interaction in Hachiro-gata of Akita prefecture and nutrient transport with the water flow. Hachiro-gata have decreased since 1960s. The reclamation land touches mainly at the east and south side to Hachiro-gata. The height of the reclamation land is lower than the lake water level. Water flow in the underground between the lake and land would have the stable direction from the lake to the land. Because the eutrophication often occurs in Hachiro-gata lake, the nutrient would accumulate in sediment. We installed three piezometers at the bankside of the lake and reclamation land, respectively. The water levels were monitored from September to December in 2013 and water samples were collected in September and December in 2013. We confirmed water flow from the lake to the land with the gradient of from 0.05 to 0.1. In addition, DOC and nutrient concentrations of groundwater were higher in the land than in the lake and lake water. The lake water has recently eutrophic condition, and so many organic matter originated from phytoplankton are deposited. The porewater in the lake bottom near the bank had the high nutrient and DOC concentrations. Based on this research, we can make a hypothesis of nutrient conversion from the lake to the land with groundwater flow.

Keywords: surfacewater, groundwater, interaction, nutrient, Hachiro-gata

## 湿地の斜面における水の流動系、窒素と硫酸イオンの源と挙動について Identification of flow system, sources and behaviors of major anion in a typical soil water-groundwater continuum hills

曹英傑<sup>1\*</sup>; 唐常源<sup>1</sup>; 李杏<sup>1</sup>; 韓志偉<sup>1</sup>; 朴晶秋<sup>1</sup>  
CAO, Yingjie<sup>1\*</sup>; TANG, Changyuan<sup>1</sup>; LI, Xing<sup>1</sup>; KANG, Zhiwei<sup>1</sup>; PIAO, Jingqiu<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 千葉大学園芸学研究科

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

### 1 Introduction

In the hydrological system, headwater catchments are source areas for water, nutrients, sediment, and biota for larger streams (Sidle et al., 2000). Unsaturated zone is an important pathway for nutrition leaching in headwater where baseflow dominates (Costa et al., 2002), and the leach pattern is mainly controlled by soil texture and corresponding hydraulic properties. In this study, an intensive study including soil physics investigation, long-term monitoring about the soil water and groundwater hydrochemistry and sources identification of nitrogen by nitrogen isotope are conducted to describe the conceptual soil water-groundwater flow system and discuss the factors controlling the local groundwater hydrochemistry.

### 2 Study area

The study area is a typical headwater catchment in Ichikawa City (35.76°N, 139.97°E), Chiba Prefecture, Japan (reference). The annual average precipitation is 1,316mm, with the maximum monthly precipitation of 226.5mm/month in study area. The annual average temperature is 15.6 °C while the highest temperature of 31.2 °C occurring in August.

### 3 Result

From the surface, there are sandy loam (0-1 m), loam (1-2.5 m), clay loam (2.5-3.2 m) and sandy clay (3.2-4.5 m). The porosity shows slight increases from 0.68 at the surface to 0.78 at depth of 4.3m. Due to the occurrence of the Joso clay underlying the loam, the Ks of layer below 3.2 m in depth about two orders lower than the loam and sandy loam. The vertical profile of  $\theta_r$  changes little with an average of 0.30.

The average background values for Cl<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> and SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> were 17.64 mg/L, 0.33 mg/L and 1.52 mg/L, respectively. At the pear orchard, Cl<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> and SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> concentrations increased dramatically due to anthropogenic inputs of fertilizers. The average concentrations of Cl<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> and SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> were 32mg/L, 233 mg/L and 85 mg/L, respectively. The concentrations of Cl<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> and SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> in groundwater of the valley in average are 35.17 mg/L, 129.67 mg/L and 2.39 mg/L, respectively.

### 4 Discussion

Base on the soil texture of the cross section A-A, there are three flows, interflow along the slope (I), local groundwater flow (LG) and regional groundwater flow (RG), and all of them finally discharge to the valley wetland. In average, the groundwater discharging to the valley at S4 is consisted of waters from LG (43%), RG (56%) and I (less than 1%). Mixing ratios also show seasonal variations. In winter, the ratio of RG with an average of 68% is larger than LG (32% in average), which implies that lateral discharge of groundwater is the dominant factor controlling the groundwater flow in the wetland. While in summer, the contribution of LG becomes higher, and the ratio of LG has exceeded that of RG in May and July, showing the strength of recharge from the upland to LG.

### 5 Conclusion

An intensive study including both hydrochemical monitoring and numerical simulation are applied to discriminate pollutants sources, evaluate pollutants behaviors and predict long-term effect of soil pollution to local groundwater.

Base on the soil texture and physics investigation, three runoff components interflow (I), local groundwater flow (LG) and regional groundwater flow (RG), are discriminated in the hillslope soil water-groundwater flow system. Two anthropogenic pollutants NO<sub>3</sub><sup>-</sup> and SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, which have been approved keep conservation in both soil groundwater according to isotope and redox analysis, are treated as traces to separate these components. And it is found that in average, about 43% of groundwater comes from local groundwater recharge (LG) and 56% comes from regional groundwater recharge (RG). The ratio of interflow (I) only takes up smaller than 1%.

### Reference

Sidle, R.C. et al., 2000. Stormflow generation in steep forested headwaters: a linked hydrogeomorphic paradigm. *Hydrological Processes*, 14(3): 369-385.

Costa, J.L. et al., 2002. Nitrate contamination of a rural aquifer and accumulation in the unsaturated zone. *Agricultural water management*, 57(1): 33-47.

## 八郎瀨堆積物の対照的なリン鉛直分布 - 水移動効果を考慮して Contrasting vertical phosphorus profiles in sediment of Hachirogata ; considering water flow effect

金 廣 哲<sup>1\*</sup>; 小野寺 真一<sup>1</sup>; 太田 雄貴<sup>1</sup>; 佐藤 高晴<sup>1</sup>; 齋藤 光代<sup>2</sup>; 早川 敦<sup>3</sup>; 有富 大樹<sup>1</sup>  
JIN, Guangzhe<sup>1\*</sup>; ONODERA, Shin-ichi<sup>1</sup>; OTA, Yuki<sup>1</sup>; SATOU, Takaharu<sup>1</sup>; SAITO, Mitsuyo<sup>2</sup>; HAYAKAWA, Atsushi<sup>3</sup>; ARITOMI, Daiki<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 広島大学大学院総合科学研究科, <sup>2</sup> 岡山大学大学院環境生命科学研究科, <sup>3</sup> 秋田県立大学生物資源科学部  
<sup>1</sup>Hiroshima University Graduate School of Integrated Arts and Sciences, <sup>2</sup>Graduate School of Environmental and Life Science, Okayama University, <sup>3</sup>Faculty of Bioresource Sciences, Akita Prefectural University

Coastal shallow lake sediment play an important role in the lake eutrophication process, it should be considered important sinks and sources of phosphorus. The accumulation and regeneration of sediment nutrients would be affected by some hydrological process. Lake Hachirogata is a shallow eutrophic lake located in north of Akita City. It used to be the second largest brackish water lake in Japan before the land reclamation project finished in 1977. A salt water barrier has been constructed at the outlet of the regulating reservoir through which water is discharged intermittently out to the Japan Sea. There probably exists the water flow from lake water into sediment due to the lower altitude of the farmland than lake water level after the land reclamation project. We would like to research on the sediment phosphorus accumulation and its activities base on the sediment phosphorus profiles, in consideration of the water flow effects. In order to better understand the possible change on lake phosphorus cycle by land reclamation.

Two core sediment samples were collected by piston core sampler (7-8 cm diameter), in east and west part of the lake (core HL-1 represents the core samples near river mouth area, core HL-2 represents the core samples which was collected near land reclamation area) during the investigations in September 2013. Samples were sliced at 1cm interval then centrifuged for extracting pore water soon after sampling, pore water nutrient and chlorine ion were determined in the laboratory with a spectrophotometer. The advanced SEDEX methods was used in sediment phosphorus fractionation.

Our results shows different pore water  $Cl^-$  and nutrient patterns between two locations. In HL-1 core, it shows an increasing trend of  $Cl^-$  from around 50mg/L at surface to around 500mg/L at bottom, however in HL-2 this profile shows relatively a constant range around 40mg/L. Both the DTP and DTN concentrations from the HL-1 core showed an increasing trend towards bottom, and they shows relatively constant and low in the HL-2 core, respectively. In sediment P fractionations, Iron bounded P comprise the main phosphorus species in HL-2 core, which comprises 42-72% of total phosphorus. this value is 15-28% in HL-1. Based on the dating information calculated by <sup>210</sup>Pb, it shows a larger sediment accumulation rate in HL-2 than HL-1 but with higher phosphorus burial trend in HL-1.

The sediment pore water profile shows significant change after the land reclamation project. Due to the enclosing of the sluice gate decades before, the changing from saline environment to freshwater could reflected by gradually decreasing trend of  $Cl^-$  profile towards current in HL-1. The pore water DTN DTP molar ratio shows large variations in HL-1 core. In HL-2, the low  $Cl^-$  and DTP in HL-2 provides an evidence that the diluting and transporting pore water phosphorus by water flow from lake into the sediment. On the other hand, it shows high sedimentation accumulation rate and sediment P accumulation rate in HL-2 core site, both at about 3.5 times of the HL-1 core. The supplying of relatively oxidic lake water in into pore water may inhibit the iron bounded phosphorus releasing from sediment, decrease and average the mineralization process in sediment, this change in sediment could also be reflected by high phosphorus content, high phosphorus activities in HL-2 core. The increasing in sediment nutrient may be resulted from filtration by water flow into sediment, enhancing the sediment accumulation. Large mobile phosphorus trapped in sediment may increase the phosphorus releasing risk and intensify the algal bloom in Lake Hachirogata. Due to the high sediment phosphorus content and high activities in core HL-2, it would also be a considerable pollutant resources brought by water flow into coastal groundwater. The detailed results on sediment phosphorus property would be described in the presentation.

キーワード: Lake Hachirogata, sediment, pore water, phosphorus fractionation, water flow, land reclamation  
Keywords: Lake Hachirogata, sediment, pore water, phosphorus fractionation, water flow, land reclamation

## 琵琶湖湖底の DO 変化が堆積物—湖水境界のマンガン挙動に及ぼす影響 Effect of DO fluctuation on the manganese cycle around the sediment water interface in bottom of the Lake Biwa

板井 啓明<sup>1\*</sup>; 兵部 唯香<sup>1</sup>; 近岡 浩介<sup>1</sup>; 森下 洋平<sup>1</sup>; 新 典樹<sup>1</sup>; 熊谷 道夫<sup>3</sup>; 中野 伸一<sup>2</sup>; 田辺 信介<sup>1</sup>  
ITAI, Takaako<sup>1\*</sup>; HYOBU, Yuika<sup>1</sup>; CHIKAOKA, Kosuke<sup>1</sup>; MORISHITA, Yohei<sup>1</sup>; SHIN, Yoshiki<sup>1</sup>; KUMAGAI, Michio<sup>3</sup>;  
NAKANO, Shin-ichi<sup>2</sup>; TANABE, Shinsuke<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 愛媛大学沿岸環境科学研究センター, <sup>2</sup> 京都大学生態学研究センター, <sup>3</sup> 立命館大学琵琶湖Σ研究センター  
<sup>1</sup>Center for Marine Environmental Studies (CMES), Ehime University, <sup>2</sup>Center for Ecological Research (CER), Kyoto University,  
<sup>3</sup>Ritsumeikan University Research Center for Biwako Sigma

Enrichment of Mn and As in the surface of sediment has been reported from various lakes in the world. This enrichment is generally caused by the precipitation/adsorption of  $\text{MnO}_2$  and arsenate after upward diffusion of  $\text{Mn}^{2+}$  and arsenite. Lake Biwa is a typical example, in which clear enrichments of Mn and As within thin surface enriched layer (<2 cm) of sediment were observed. However, progressive hypoxia recently reported from the lake can induce release of these elements into water column (Yoshimizu et al. 2010, Itai et al. 2012). In order to reveal the dynamics of Mn and As in the lake bottom, we made geochemical survey through determination and speciation of Mn and As in sediment, porewater and lake bottom water. According to our estimation, total Mn and As in the enriched layer of Lake Biwa was roughly 10000 and 240 tons, respectively (Itai et al., 2012). These amounts are ca. 1800 and 12 times respectively higher than the inventory of these elements in Lake water, suggesting that releasing a portion of Mn and As from enriched layer can be a cause of large increase of these in lake water. The speciation of Mn and As in sediment determined by X-ray absorption fine structure (XAFS) indicated that predominant species of Mn from surface to 2 cm depth was  $\text{MnO}_2$  while divalent Mn, likely ionic form, was predominant below enriched layer. Similar to Mn, oxidation state of As was gradually changed with depth, i.e., arsenate was predominant in surface, then arsenite and As in sulfide becomes predominant toward deep. These results suggested that Mn and As in enriched layer should be reduced when DO level in lake bottom becomes lower. The flux of Mn and As from the lake sediment to water column estimated by porewater profile were 3400 - 16000 and 400 - 1800  $\text{mg m}^{-2} \text{ year}^{-1}$ , respectively. The fluxes were higher in deeper part of the lake in which sediment character was more reducing than shallower part. With progressive hypoxia, this flux should increase. The monthly monitoring of DO and Mn level in lake water suggested that Mn level in water above 1 m of the lake floor increased from August to December with the highest level was ca. 100 times higher than the baseline level. This trend is consistent with the gradual decrease of DO during thermal stratification period. In the bottom water, the threshold DO level where apparent Mn release started was estimated to be 5-6  $\text{mgO}_2/\text{L}$ . This value is higher compare to the inter-annual DO minimum ever reported (<4  $\text{mgO}_2/\text{L}$ ). If 40% of Mn released from enriched layer then completely mixed in whole lake, the Mn level becomes 0.6  $\text{mg/L}$  which corresponds to lethal levels of some crustaceans and insects. Although such an extreme situation is unlikely, continuous monitoring Mn and As levels is important to safeguard the lake ecosystem and food supply.

キーワード: 琵琶湖, 溶存酸素, マンガン, ヒ素, 間隙水, 化学形態

Keywords: Lake Biwa, dissolved oxygen, manganese, arsenic, pore water, speciation

沿岸地下水流出域におけるリン動態に関する近年の研究動向  
Current status of the research on the phosphorus dynamics in the coastal groundwater discharge area

齋藤 光代<sup>1\*</sup>; 小野寺 真一<sup>2</sup>  
SAITO, Mitsuyo<sup>1\*</sup>; ONODERA, Shin-ichi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 岡山大, <sup>2</sup> 広島大  
<sup>1</sup>Okayama Univ., <sup>2</sup>Hiroshima Univ.

地下水中のリンの大部分は、河川水等の地表水と異なり、生物に利用されやすい溶存態として存在し輸送される。すなわち、地下水の最終的な流出域である沿岸域の生態系に大きく影響を及ぼす可能性があり、その詳細な動態を明らかにすることは重要である。本発表では、沿岸地下水流出域におけるリン動態に関する近年の研究をレビューするとともに、今後の課題について議論することを目的とする。

## 沖縄島河川におけるウランの濃度分布と供給機構 Distribution and sources of uranium in Okinawan rivers, Japan

望月 陽人<sup>1\*</sup>; 細田 耕<sup>1</sup>; 杉山 雅人<sup>1</sup>  
MOCHIZUKI, Akihito<sup>1\*</sup>; HOSODA, Ko<sup>1</sup>; SUGIYAMA, Masahito<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 京都大学大学院人間・環境学研究科

<sup>1</sup> Graduate School of Human and Environmental Studies, Kyoto University

We measured natural background concentrations of dissolved U in 194 Japanese rivers and the highest concentrations were observed in two Okinawan rivers in the limestone region, the Hija and Kokuba Rivers (Mochizuki and Sugiyama, 2012). However, the U concentrations in the earth's surface of their drainage areas are relatively low and therefore the mechanisms of U supply to these rivers are of interest. In this study, we determined U concentrations as well as major chemical compositions in 17 Okinawan rivers and estimated the sources of U supplied to these rivers.

The major chemical compositions of the rivers in the northeastern region of the island were the Na-Cl or Na-HCO<sub>3</sub> types, while those in the southwestern region were the Ca-HCO<sub>3</sub> type. The Ca-HCO<sub>3</sub>-type composition is derived from the dissolution of limestone, which is widely distributed in the southwestern region. The U concentrations in rivers were much higher in the southwestern region (32 - 3500 ng/L) than in the northeastern region (5.6 - 18 ng/L).

In the 11 rivers with Ca-HCO<sub>3</sub>-type compositions, the limestone-derived fraction of U was estimated using the concentration ratio of U/Ca in the limestone and the Ca concentration derived from limestone. The U concentrations were almost explained by the simple dissolution of limestone in 6 rivers, but this mechanism could not account for the concentrations in 5 rivers with higher U levels (710 - 3500 ng/L). These results suggest that the U in these 5 rivers is supplied by other mechanisms, such as selective dissolution of U from rocks in the drainage areas by carbonate ions.

キーワード: ウラン, 沖縄島河川, 石灰岩

Keywords: Uranium, Okinawan rivers, Limestone

## 沖縄本島南部の琉球石灰岩帯水層の溶解に伴う地下水の水質の長期（50年以下）挙動

### Longtime behavior (<50 yr) of Groundwater Quality with Dissolution of a Ryukyu-limestone Aquifer in Okinawa Island

中屋 眞司<sup>1\*</sup>; 安元 純<sup>2</sup>; ファン・ミンハ<sup>1</sup>; 青木 秀斗<sup>1</sup>; 中野 拓治<sup>2</sup>  
NAKAYA, Shinji<sup>1\*</sup>; YASUMOTO, Jun<sup>2</sup>; PHAN MIN, Ha<sup>1</sup>; AOKI, Hideto<sup>1</sup>; NAKANO, Takuji<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 信州大学, <sup>2</sup> 琉球大学

<sup>1</sup>Shinshu University, <sup>2</sup>The University of Ryukyu

Dissolution of a terrestrial limestone layer by chemical weathering is one of the most important factors affecting the carbon cycle and the transport of calcium from the land to the ocean. Residence times of sulfur hexafluoride (SF<sub>6</sub>) and chlorofluorocarbons (CFCs), as well as their chemical composition in the groundwater, were investigated to estimate the longtime behavior of field dissolution of the Ryukyu-limestone aquifer on Okinawa Island, Japan. The Ca, (HCO<sub>3</sub>+SO<sub>4</sub>) and Pco<sub>2</sub> increase with groundwater residence time. The field dissolution of Ca was estimated to be 0.090 mM(Ca)/L/yr, with groundwater Ca ranging from 1.75 to 4.0 mM/L. The increase observed in groundwater alkalinity and SO<sub>4</sub> over time (0.170 meq(HCO<sub>3</sub>+SO<sub>4</sub>)/L/yr; 16 to 34 yr) implies that the groundwater acts as a CO<sub>2</sub> sink through chemical weathering of the Ryukyu-limestone aquifer when groundwater CO<sub>2</sub> (gas) concentrations range from 1.0% to 4.5% (logPco<sub>2</sub>=-2 ~-1.35 atom). The (Ca + Mg) content of groundwater was also affected by groundwater alkalinity (HCO<sub>3</sub>), SO<sub>4</sub> and NO<sub>3</sub> derived from fertilizers used on Okinawa Island. These findings imply that the influence of fertilizer and the high partial pressure of groundwater CO<sub>2</sub> on the dissolution of Ryukyu-limestone aquifer may not be negligible. pH decreases with dissolution of the Ryukyu-limestone aquifer.

キーワード: 地下水, 石灰岩, 溶解, 滞留時間, 六フッ化硫黄, 沖縄本島

Keywords: Groundwater, Limestone, Dissolution, Residence time, Sulfur hexafluoride, Okinawa Island

## 倍速 IRMS 法による硝酸イオンの $\delta^{15}\text{N}$ および $\delta^{18}\text{O}$ 同時分析技術の開発と流域研究への適用 Rapid procedure for $\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{18}\text{O}$ determination and identifying nitrate sources in agricultural watershed

箭田 佐衣子<sup>1\*</sup>; 中島 泰弘<sup>1</sup>; 鶴野 光<sup>1</sup>; 板橋 直<sup>1</sup>; 朝田 景<sup>1</sup>; 吉川 省子<sup>1</sup>; 江口 定夫<sup>1</sup>  
YADA, Saeko<sup>1\*</sup>; NAKAJIMA, Yasuhiro<sup>1</sup>; UNO, Hikaru<sup>1</sup>; ITAHASHI, Sunao<sup>1</sup>; ASADA, Kei<sup>1</sup>; YOSHIKAWA, Seiko<sup>1</sup>; EGUCHI, Sadao<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 農業環境技術研究所

<sup>1</sup>National Institute for Agro-Environmental Sciences

硝酸イオンの窒素 ( $\delta^{15}\text{N}$ ) および酸素 ( $\delta^{18}\text{O}$ ) 安定同位体比は、その起源により固有の値を有し、汚染源の特定や環境中の物理的・生化学的変化プロセスを解明できるトレーサーである。脱窒菌法 (Casciotti et al., 2002) の開発によって、 $\delta^{15}\text{N}$  と  $\delta^{18}\text{O}$  の低濃度および多数試料の迅速測定が可能となった。中島ら (2008) はこの手法を用いて IRMS により  $\delta^{15}\text{N}$  および  $\delta^{18}\text{O}$  を測定し、農地集水域における硝酸態窒素の負荷源の解析や脱窒の寄与率を推定した。さらに最近、オートサンプラー (Matthew et al., 2011) の開発によって自動分析が可能となった。本研究は、サンプル導入系におけるトラップと 6 方バルブの制御を改良し、硝酸イオンの  $\delta^{15}\text{N}$  および  $\delta^{18}\text{O}$  の同時自動分析をさらに迅速化することを目的とした。

本研究の結果、現サンプルを IRMS 分析しながら次サンプルを導入し、従来と同じ測定精度を保ちつつサンプルスループットを約 2 倍に改善した。また、キャリアガスのヘリウムならびに液体窒素の使用量を半減し、分析コストの削減に成功した。本手法は、周辺装置の諸設定は従来法を維持し、タイムイベントのみ高効率化するため、IRMS の汎用性が担保される点で独自性が高い。さらに二酸化炭素等、濃縮を要するガスの分析にも適用でき、温室効果ガスの発生源や生成・消滅過程の研究にも貢献できる。

本研究で開発した技術を用いて、渓流水、霞ヶ浦用水を灌漑水源とする茨城県筑波山麓の水田集水域において硝酸イオンの  $\delta^{15}\text{N}$  と  $\delta^{18}\text{O}$  を評価した。灌漑期の  $\delta^{15}\text{N}$ - $\delta^{18}\text{O}$  プロットから、河川水中の硝酸イオンは主に渓流水と用水に由来し、灌漑による混合・希釈効果に比べると脱窒の影響は相対的に小さいことを明らかにした (図 1)。

(引用文献)

Casciotti K. L., Sigman D. M., Galanter Hastings M. Bohlke J. K. and Hilkert A., Analytical Chemistry, 74, 4905-4912, 2002

Matthew R. M. and Casciotti K. L., Analytical Chemistry, 83, 1850-1856, 2011

中島泰弘, 尾坂兼一, 松森堅治, 藤原英司, 加藤英孝, 日本土壤肥料学会講演要旨集, 54, 17-17, 2008

キーワード: 水田集水域, 灌漑, 同位体質量分析, 硝酸, 安定同位体, 流域

Keywords: agriculture, irrigation, IRMS, nitrate, stable isotope, watershed

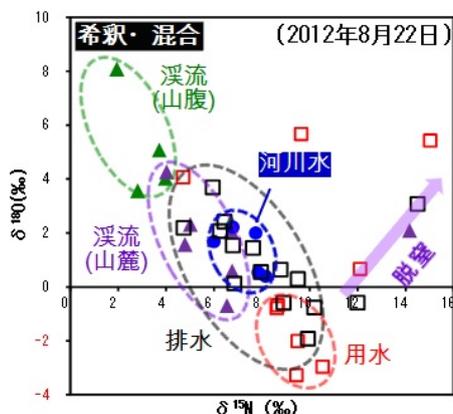


図1. 水田集水域の  $\delta^{15}\text{N}$ - $\delta^{18}\text{O}$  プロット

## 降雨分布と降雨強度が流域末端の流量に与える影響に関する研究 Study on Effect of Rainfall Distribution and Rainfall Intensity on Discharge at The Concentration Point of The Basin

吉見 和紘<sup>1\*</sup>; WANG CHAO-WEN<sup>1</sup>; 山田 正<sup>2</sup>  
YOSHIMI, Kazuhiro<sup>1\*</sup>; WANG, Chao-wen<sup>1</sup>; YAMADA, Tadashi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 中央大学理工学研究科, <sup>2</sup> 中央大学理工学部都市環境学科

<sup>1</sup>Graduate School of Science and Engineering, Chuo University, <sup>2</sup>Department of Civil and Environmental Engineering, Chuo University

In recent years, the damage caused by flood comes obvious because of unprecedented record-breaking rainfall event or largest recorded rainfall. Because of this situation, river planning starts to be looked at again in Japan. For example, it has been reported by MLIT (Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism) that even if total rainfall is the same when the rainfall distribution differs in a basin, the discharge at a reference point may differ (refer to MLIT). In other words, it is necessary to innovate a new intellection considering the difference of rainfall distribution when creating river planning.

This study aims to clarify the relation between rainfall distribution in a target basin and peak discharge at a reference point. The authors therefore verified how the peak discharge at a basing point responds to rainfall distribution at an intended basin. Moreover, the authors examine the impact on discharge at a reference point if rainfall intensity increases or decreases in a basin.

A target basin of this study is *Tone* upper river basin. In addition, largest recorded flood of this basin is Kathleen typhoon which 3-days accumulated rainfall is about 320mm(refer to document of Japan Society of Civil Engineers) in the basin. First, the authors separated the target basin into 4 parts (refer to document of Science Council of Japan). Then, we did runoff analysis for a number of rainfall distributions using this typhoon event as basic rainfall pattern. The conditions of this calculation are, first, average rainfall of *Tone* upper river basin is the same in every rainfall distribution. Secondly, soil condition and geotechnical condition do not change in every case. After that, we compared every peak discharge at the reference point. Moreover, the authors also did runoff analysis using a number of average-rainfall over watershed 0.8, 0.9, 1.1, 1.2 times as much as basic rainfall event. And then, we compared the peak discharge in the same way.

In consequence, the authors indicated that peak discharge at the point of reference was about from 20800m<sup>3</sup>/s to 23800m<sup>3</sup>/s in which case rainfall distribution differs. These range of values is  $\pm 7\%$  in contrast with basic design flood of *Tone* river. In particular, the peak discharge of the reference point becomes 22000m<sup>3</sup>/s or more in which case heavy rainfall intensity occurred in a watershed nearby the point. Furthermore, it was found that the range of values of peak discharge grows wider as average-rainfall over watershed builds in intensity. Therefore, flood exceeding the designed level is necessary to be defined newly and exactly in *Tone* upper river basin.

Keywords: rainfall distribution, runoff analysis, peak discharge, average-rainfall over watershed

## ベトナム・メコンデルタの水位変動解析 Increasing Water Level in the Vietnamese Mekong Delta

藤原 洋一<sup>1\*</sup>; 星川 圭介<sup>2</sup>; 藤井 秀人<sup>3</sup>; 横山 繁樹<sup>3</sup>; 長野 宇規<sup>4</sup>; 小寺 昭彦<sup>4</sup>  
FUJIHARA, Yoichi<sup>1\*</sup>; HOSHIKAWA, Keisuke<sup>2</sup>; FUJII, Hideto<sup>3</sup>; YOKOYAMA, Shigeki<sup>3</sup>; NAGANO, Takanori<sup>4</sup>; KOTERA, Akihiko<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 石川県立大学, <sup>2</sup> 京都大学, <sup>3</sup> 国際農林水産業研究センター, <sup>4</sup> 神戸大学

<sup>1</sup>Ishikawa Prefectural University, <sup>2</sup>Kyoto University, <sup>3</sup>Japan International Research Center for Agricultural Sciences, <sup>4</sup>Kobe University

ベトナム・メコンデルタは、洪水の増加、海面上昇、地盤沈下などといった影響を大きく受けることが懸念されている。近年、デルタ内における河川水位上昇が報告されているが、その原因については必ずしも明らかになっていない。そこで、本研究では、河川水位の上昇の原因として、(1) 輪中堤防（フルダイク）の増設による氾濫域の減少に伴う洪水緩和機能の低下、(2) 海面上昇、(3) 地盤沈下の3つの要因を考え、デルタにおける水位変動の解析を行った。

解析にはメコン河委員会が管理している21地点の水位データを利用した。なお、解析期間は、1987年から2006年の20年間である。まず、年間の水位差（年間の最高水位と年間の最低水位の差）と日水位差の年平均を利用して、流況特性から見てデルタを分類した。さらに、観測日平均水位データを利用して、年最高水位、年最低水位を抽出し、それぞれのトレンドを求めた。土地利用変化に関しては、輪中堤防が増設されたエリアは水稲3期作、氾濫原は水稲2期作エリアと考えることができる。そこで、それぞれの面積を算定するためにMODIS/TerraのプロダクトであるMOD13Q1のNDVI（空間解像度：250m、時間解像度：16日）を利用した。

まず、流況からみたデルタの分類図を見たところ、河口に近い4地点は、潮位の影響の方が季節変動より大きく、海面上昇の影響を大きく受けやすいことがわかった。さらに、Can Tho, My Thoといった河口から数十キロ内陸に入った地点であっても、上流からの洪水よりも潮位変動を大きく受けることが注目された。なお、河口から120キロ以上内陸（デルタ北部）では、潮位よりも上流からの流量の影響を受けていることがわかった。年最高水位、最低水位に関しては、デルタ中部から河口において、最高水位、最低水位が有意に増加トレンドであった。土地利用変化の推定結果によると、堤防で囲まれた3期作エリアが急速に拡大しており、とくに、カンボジアとの国境付近のアンジャン省、ドンタップ省における面積の拡大が顕著であった。これらの結果を重ね合わせたところ、最高水位の上昇とダイク拡大地域はほとんど一致していない、最低水位の上昇と最高水位の上昇が見られるゾーンは、季節的な洪水の影響より潮位の影響が大きいゾーンであることから、最高水位の上昇には、相対的な海面水位の上昇の影響が大きいと考えられた。

次いで、相対的な海面上昇量は、地盤沈下量と海面上昇に分離できると仮定して、それぞれの変化量を推定した。デルタ東部の潮位観測所の近年のトレンドを調べたところ、2.4mm/yearの海面上昇が検出された。最低水位の上昇量について、有意水準5%で有意と判定された地点における上昇量は7.3mm/yearであったことから、おおよそ、4.9mm/yearが地盤沈下と推定できる。さらに、7.3mm/yearの上昇量によって、河川水位の生起確率がどのように変化したのか試算した。年最高水位のデータから、最高水位のトレンド成分を除去することによって、海面上昇および地盤沈下が生じなかった場合のデータを復元した。そして、復元したデータセットによる確率水位を計算し、50年確率および100年確率の水位が、相対的な地盤沈下によって何年確率になったのかを求めた。その結果、50年確率の水位は平均で11.7年確率に、100年確率の水位は21.2年確率になっていることが分かった。

キーワード: メコンデルタ, 水位上昇, 洪水, 海面上昇, 地盤沈下, 輪中堤防

Keywords: Mekong delta, Increasing water level, Flood, Sea level rise, Land subsidence, Dyke