

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^{1*}; 唐 常源¹; 張 ハン¹; 佐古 瑤子¹
PIAO, Jingqiu^{1*}; TANG, Changyuan¹; ZHANG, Han¹; SAKO, Yoko¹

¹ 千葉大学大学院園芸学研究科

¹ 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 hillslope, 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 from 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^{1*}; 唐 常源¹; 韓 志偉¹; 曹 英傑¹; 朴 晶秋¹

LI, Xing^{1*}; TANG, Changyuan¹; HAN, Zhiwei¹; CAO, Yingjie¹; PIAO, Jingqiu¹

¹ 千葉大学 園芸学研究科

¹ 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⁻¹ at the export of the wetland. The wetland is with surface area of 48000 m², 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⁻¹ at export of stream and average dissolved N₂O load is 151.9 µg S⁻¹ 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, N₂O emission from soil surface and leaching of nitrogen. Nitrogen fertilizer is 346 kg ha⁻¹yr⁻¹ which is relative high to other studies. Annual average N deposition by precipitation over Japan was from 7 to 10 kg ha⁻¹yr⁻¹ (with a mean value of 8.5 kg ha⁻¹yr⁻¹) during the past few decades (Hara, 1995). The composition in leaching nitrogen is only nitrate and the leached nitrate is 202 kg ha⁻¹ yr⁻¹ in upland. The annual N₂O emission was 5.77 kg ha⁻¹ 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⁻¹ from atmospheric deposition and groundwater which recharge from agricultural upland. The nitrogen exports by stream were 15359.8 kg yr⁻¹. The measured emission of N₂O was 61.6 kg yr⁻¹ and the calculated emission of N₂ was 5218.6 kg yr⁻¹. 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 due to the extremely high load of nitrate input of groundwater (430 g-N m⁻²yr⁻¹ or 4300 kg ha⁻¹ yr⁻¹). However, the nitrate-nitrogen retention was 110 g-N m⁻²yr⁻¹ which is much higher than that (39 g-N m⁻²yr⁻¹ and 46 g-N m⁻²yr⁻¹) in study of William J. Mitsch (2005) and reach the retention level of constructed wetland.

Direct emission factor EF₁ 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_{5-g} 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_{5-g} value in this study was also consistent with the result of (0.0025) another study in Japan (Sawamoto, 2005). Ratio of dissolved N₂O and NO₃⁻ in groundwater ranged from 0.00026 to 0.0157, with an average value of 0.0025. Using 0.0025 as the EF_{5-g} value would revise the estimation of the indirect emission from this wetland, resulting of 51.5 kg yr⁻¹. The measured emission of wetland was 61.5 kg yr⁻¹ 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 N₂O, 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^{1*}; 知北 和久¹
OCHIAI, Yasuhiro^{1*}; CHIKITA, Kazuhisa¹

¹ 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

¹Division 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 δD 値、 δO^{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^{1*}; 丹治 三則²; 岡村 雅人³
KAWABE, Ryosuke^{1*}; TANJI, Kazunori²; OKAMURA, Masato³

¹ 慶應義塾大学総合政策学部, ² 慶應義塾大学環境情報学部, ³ 慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科

¹Faculty of Policy Management Keio University, ²Faculty of Environment and Information Studies Keio University, ³Graduate 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涵養林(2,8234ha)である。

水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施業が行われているが、私有民有林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^{1*}; 小野寺 真一²; 松森 堅治³
SHIMIZU, Yuta^{1*}; ONODERA, Shin-ichi²; MATSUMORI, Kenji³

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

¹NARO/WARC JSPS-PD, ²Graduate School of Integrated Arts and Sciences, Hiroshima University, ³NARO/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^{1*}; 小林 政広¹; 篠宮 佳樹²
ITO, Yuko^{1*}; KOBAYASHI, Masahiro¹; SHINOMIYA, Yoshiki²

¹ 森林総研, ² 森林総研・東北支所

¹FFPRI, ²FFPRI, 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、溪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^{1*}; 知北 和久²; 岩坂 航¹; Hossain Md Motaleb¹
MIYAMOTO, Takuto^{1*}; CHIKITA, Kazuhisa²; IWASAKA, Wataru¹; HOSSAIN, Md motaleb¹

¹ 北海道大学大学院理学院, ² 北海道大学大学院理学研究院

¹Graduate School of Science, Hokkaido University, ²Faculty 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）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 62.6km²、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^{1*}; 小林 政広²; 玉井 幸治²; 大貫 靖浩²; 伊藤 優子²; 清水 貴範²; 飯田 真一²; 延廣 竜彦³; 澤野 真治²; 坪山 良夫²; 蛭田 利秀⁴

SHINOMIYA, Yoshiki^{1*}; KOBAYASHI, Masahiro²; TAMAI, Koji²; OHNUKI, Yasuhiro²; ITOH, Yuko²; SHIMIZU, Takanori²; IIDA, Shin'ichi²; NOBUHIRO, Tatsuhiko³; SAWANO, Shinji²; TSUBOYAMA, Yoshio²; HIRUTA, Toshihide⁴

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

¹Tohoku Res. Ctr. For. and For. Prod. Res. Inst., ²For. and For. Prod. Res. Inst., ³Hokkaido Res. Ctr., For. and For. Prod. Res. Inst., ⁴Fukushima 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^{1*}; 篠宮 佳樹²; 大貫 靖浩²; 蛭田 利秀³

KOBAYASHI, Masahiro^{1*}; SHINOMIYA, Yoshiki²; OHNUKI, Yasuhiro²; HIRUTA, Toshihide³

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

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

³Fukushima 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、時間の経過に伴い鉱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^{1*}; 江口 定夫¹; 板橋 直¹; 井倉 将人¹; 木方 展治¹; 藤村 恵人²; 斎藤 隆³; 藤原 英司¹; 神山 和則¹; 山口 紀子¹; 大越 聡³

YOSHIKAWA, Seiko^{1*}; EGUCHI, Sadao¹; ITAHASHI, Sunao¹; IGURA, Masato¹; KIHOU, Nobuharu¹; FUJIMURA, Shigeto²; SAITO, Takashi³; FUJIHARA, Hideshi¹; KOHYAMA, Kazunori¹; YAMAGUCHI, Noriko¹; OHKOSHI, Satoru³

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

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

はじめに

放射性 Cs の水稻吸収量予測, 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, 試験的に水稻栽培を行い, 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: ①1 方が森林に面している基盤整備水田 (粘質土壌) ②3 方が森林に囲まれている谷津田 (砂質土壌) ③3 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 μ 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。水稻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, 搬出した水稻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, 雪氷の下で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 0.02~1.4 Bq/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, 表面排水による流出量, 水稻収穫による Cs 持ち出し量は, それぞれ 10^2 , 10^2 , 10^3 , 10^2 Bq/m² のオーダーであった。差引 Cs 流出量は, 10^3 Bq/m² 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^{1*}; 岩坂 航²; Hossain Md Motaleb²; 宮本 拓人²

CHIKITA, Kazuhisa^{1*}; IWASAKA, Wataru²; HOSSAIN, Md motaleb²; MIYAMOTO, Takuto²

¹ 北海道大学大学院理学研究院, ² 北海道大学大学院理学院

¹ Faculty of Science, Hokkaido University, ² 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 (m^3/s) と河川流量 Q (mg/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^{1*}; 中田 聡史²; 池原 研³; 山下 洋平¹; 関 宰¹; 長尾 誠也⁴

IRINO, Tomohisa^{1*}; NAKADA, Satoshi²; IKEHARA, Ken³; YAMASHITA, Youhei¹; SEKI, Osamu¹; NAGAO, Seiya⁴

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

¹Hokkaido University, ²Kyoto University, ³Institute of Geology and Geoinformation, National Institute of Advanced Industrial Science and Techn, ⁴Kanazawa 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 μ 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 m³/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^{2*}; 丹治 三則²; 岡村 雅人³

NAKASHIMA, Ryoichiro^{2*}; TANJI, Kazunori²; OKAMURA, Masato³

¹ 慶應義塾大学総合政策学部, ² 慶應義塾大学環境情報学部, ³ 慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科

¹Faculty of Policy Management Keio University, ²Faculty of Environment and Information Studies Keio University, ³Graduate 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($SS=aQb(R^2=0.3223)$)、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^{1*}; 知北 和久²; 宮本 拓人¹
HOSSAIN, Md motaleb^{1*}; CHIKITA, Kazuhisa²; MIYAMOTO, Takuto¹

¹ 北海道大学大学院理学院, ² 北海道大学大学院理学研究院

¹Graduate School of Science, Hokkaido University, ²Faculty 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 costal 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 km²) 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 (m³/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^{1*}; 小野寺 真一¹; 齋藤 光代²; 北岡 豪一³

MARUYAMA, Yutaka^{1*}; ONODERA, Shin-ichi¹; SAITO, Mitsuyo²; KITAOKA, Koichi³

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

¹Graduate School of Integrated Arts and Sciences, Hiroshima University, ²Graduate School of Environmental and Life Science, Okayama University, ³Department 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^{1*}; 齋藤 光代²; 早川 敦³; 金 广哲¹; 丸山 豊¹

ONODERA, Shin-ichi^{1*}; SAITO, Mitsuyo²; HAYAKAWA, Atsushi³; JIN, Guangzhe¹; MARUYAMA, Yutaka¹

¹ 広島大学, ² 岡山大学, ³ 秋田県立大学

¹Hiroshima University, ²Okayama University, ³Akita 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^{1*}; 唐 常源¹; 李 杏¹; 韓 志偉¹; 朴 晶秋¹

CAO, Yingjie^{1*}; TANG, Changyuan¹; LI, Xing¹; KANG, Zhiwei¹; PIAO, Jingqiu¹

¹ 千葉大学園芸学研究科

¹ 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 θ_r changes little with an average of 0.30.

The average background values for Cl⁻, NO₃⁻ and SO₄²⁻ were 17.64 mg/L, 0.33 mg/L and 1.52 mg/L, respectively. At the pear orchard, Cl⁻, NO₃⁻ and SO₄²⁻ concentrations increased dramatically due to anthropogenic inputs of fertilizers. The average concentrations of Cl⁻, NO₃⁻ and SO₄²⁻ were 32mg/L, 233 mg/L and 85 mg/L, respectively. The concentrations of Cl⁻, NO₃⁻ and SO₄²⁻ 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 NO₃⁻ and SO₄²⁻, 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.

八郎潟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 広 哲^{1*}; 小野寺 真一¹; 太田 雄貴¹; 佐藤 高晴¹; 齋藤 光代²; 早川 敦³; 有富 大樹¹

JIN, Guangzhe^{1*}; ONODERA, Shin-ichi¹; OTA, Yuki¹; SATOU, Takaharu¹; SAITO, Mitsuyo²; HAYAKAWA, Atsushi³; ARITOMI, Daiki¹

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 秋田県立大学生物資源科学部

¹Hiroshima University Graduate School of Integrated Arts and Sciences, ²Graduate School of Environmental and Life Science, Okayama University, ³Faculty 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 ^{210}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 oxic 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^{1*}; 兵部 唯香¹; 近岡 浩介¹; 森下 洋平¹; 新 典樹¹; 熊谷 道夫³; 中野 伸一²; 田辺 信介¹
ITAI, Takaako^{1*}; HYOBU, Yuika¹; CHIKAOKA, Kosuke¹; MORISHITA, Yohei¹; SHIN, Yoshiki¹; KUMAGAI, Michio³; NAKANO, Shin-ichi²; TANABE, Shinsuke¹

¹ 愛媛大学沿岸環境科学研究センター, ² 京大大学生態学研究センター, ³ 立命館大学琵琶湖Σ研究センター

¹Center for Marine Environmental Studies (CMES), Ehime University, ²Center for Ecological Research (CER), Kyoto University, ³Ritsumeikan 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 MnO_2 and arsenate after upward diffusion of 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 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 mgO_2/L . This value is higher compare to the inter-annual DO minimum ever reported (<4 mgO_2/L). If 40% of Mn released from enriched layer then completely mixed in whole lake, the Mn level becomes 0.6 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

AHW28-20

会場:314

時間:4月30日 15:30-15:45

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^{1*}; 小野寺 真一²
SAITO, Mitsuyo^{1*}; ONODERA, Shin-ichi²

¹ 岡山大, ² 広島大
¹Okayama Univ., ²Hiroshima 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^{1*}; 細田 耕¹; 杉山 雅人¹
MOCHIZUKI, Akihito^{1*}; HOSODA, Ko¹; SUGIYAMA, Masahito¹

¹ 京都大学大学院人間・環境学研究科

¹ 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-HCO₃ types, while those in the southwestern region were the Ca-HCO₃ type. The Ca-HCO₃-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-HCO₃-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^{1*}; 安元 純²; ファン・ミンハ¹; 青木 秀斗¹; 中野 拓治²
NAKAYA, Shinji^{1*}; YASUMOTO, Jun²; PHAN MIN, Ha¹; AOKI, Hideto¹; NAKANO, Takuji²

¹ 信州大学, ² 琉球大学

¹Shinshu University, ²The 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 (SF₆) 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, (HCO₃+SO₄) and Pco₂ 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 SO₄ over time (0.170 meq(HCO₃+SO₄)/L/yr; 16 to 34 yr) implies that the groundwater acts as a CO₂ sink through chemical weathering of the Ryukyu-limestone aquifer when groundwater CO₂ (gas) concentrations range from 1.0% to 4.5% (logPco₂=-2~-1.35 atm). The (Ca + Mg) content of groundwater was also affected by groundwater alkalinity (HCO₃), SO₄ and NO₃ derived from fertilizers used on Okinawa Island. These findings imply that the influence of fertilizer and the high partial pressure of groundwater CO₂ 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^{1*}; 中島 泰弘¹; 鶴野 光¹; 板橋 直¹; 朝田 景¹; 吉川 省子¹; 江口 定夫¹

YADA, Saeko^{1*}; NAKAJIMA, Yasuhiro¹; UNO, Hikaru¹; ITAHASHI, Sunao¹; ASADA, Kei¹; YOSHIKAWA, Seiko¹; EGUCHI, Sadao¹

¹ 農業環境技術研究所

¹National 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

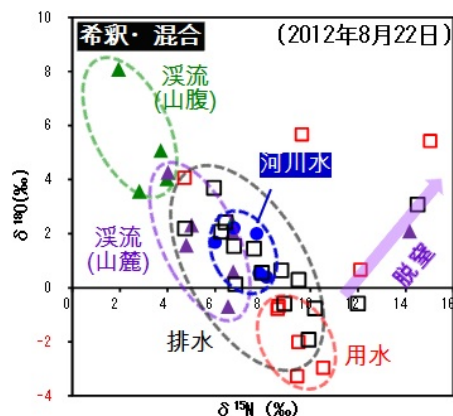


図1. 水田集水域の $\delta^{15}\text{N}$ - $\delta^{18}\text{O}$ プロット

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^{1*}; WANG CHAO-WEN¹; 山田 正²
YOSHIMI, Kazuhiro^{1*}; WANG, Chao-wen¹; YAMADA, Tadashi²

¹ 中央大学理工学研究科, ² 中央大学理工学部都市環境学科

¹Graduate School of Science and Engineering, Chuo University, ²Department 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 20800m³/s to 23800m³/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 22000m³/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^{1*}; 星川 圭介²; 藤井 秀人³; 横山 繁樹³; 長野 宇規⁴; 小寺 昭彦⁴
FUJIHARA, Yoichi^{1*}; HOSHIKAWA, Keisuke²; FUJII, Hideto³; YOKOYAMA, Shigeki³; NAGANO, Takanori⁴; KOTERA, Akihiko⁴

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

¹Ishikawa Prefectural University, ²Kyoto University, ³Japan International Research Center for Agricultural Sciences, ⁴Kobe 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稻3期作、氾濫原は水稻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

森林斜面における表面流出への EUROSEM モデル適用性の検討 Applicability of EUROSEM for surface runoff in forested slope plain

池田 英史^{1*}; 若松 孝志¹; 中屋 耕¹; 阿部 聖哉¹

IKEDA, Hideshi^{1*}; WAKAMATSU, Takashi¹; NAKAYA, Ko¹; ABE, Seiya¹

¹ 一般財団法人 電力中央研究所

¹Central Research Institute of Electric Power Industry

Sediment yield in agricultural area has been environmental and economic problems in many countries. In order to restrain sediment yield and to conserve water resource, scientific watershed managements are required in many watersheds. In USDA (United State Department of Agriculture), USLE model (Universal Soil Loss Equation) was developed and applied to many sites. USLE model is empirical model, and requires long term observation data. Then, physical based models, such as WEPP (Water Erosion Prediction Project) and EUROSEM (EUROpean Soil Erosion Model), were developed and applied to watersheds where long-term observation had not been conducted.

In some Japanese forest, forest management, such as thinning, has not been conducted fitly in these years. In poorly managed forest area, sediment yield with surface runoff has occurred and supplied suspended solids into stream, reservoir and coastal area. However, in forested watersheds, application of these models has not been conducted frequently, and it is required to validate and apply these models based on observation of meteorology, forestry, pedology and hydrology.

EUROSEM model is one of the useful tools for evaluation of sediment yield in forested area. In this study, hydrological applicability of EUROSEM is discussed. EUROSEM is a prediction model for sediment yield, which was developed by European Union in 1990s. It consists of hydrological and sediment sub-models, those are physical-based process models in non-steady state. EUROSEM has been applied to agricultural areas in Europe and China, for example in watershed of Three Gorge dam, Yangtze River. On the other hand, it is not applied to Japanese forest area frequently, where sediment yield is reported recently.

In Central Research Institute of Electric Power Industry (CRIEPI), we have been conducting observation for sediment yield since June 2010 in Akagi testing center, located in north Kanto plain. The observation system consists of 3 sites, one open field and two forest stands. For open field, precipitation was observed using Laser Precipitation Monitor (LPM, THEIS, FRG) consequently. For in two forest stands, vegetation, meteorology and hydrology survey were conducted. In vegetation survey, canopy analyzing and forest floor survey were conducted in every months. In meteorology survey, precipitation was observed using LPM consequently. In hydrology survey, surface runoff was observed in experimental area with 2m length and 0.5m width using tipping gauge continuously. Soil moisture and temperature were observed in every 10 minutes in experimental area.

In these two forest stands, EUROSEM hydrological sub - model was applied in 35 storm events, and simulated surface runoff was validated based on observed data. EUROSEM hydrological sub model was applied to 10 storm events in previous study and appeared to simulate surface runoff for storm events with rainfall intensity between 2.0 - 5.0mm / 10min. In this study, surface runoff was simulated well in storm events with rainfall intensity larger than 5.0mm/10min using infiltration rates lower than those in laboratory experiments.

キーワード: 森林, 表面流出, 土壌流出, 予測手法, EUROSEM, 降雨-流出

Keywords: Forest, Surface Runoff, Sediment Yields, Prediction Method, EUROSEM, Storm - Runoff

Distribution of trace elements in 3 small rivers and the surrounding geology in the North Osaka prefecture, Japan

Distribution of trace elements in 3 small rivers and the surrounding geology in the North Osaka prefecture, Japan

EVEN, Emilie^{1*} ; NOJIMA, Aki¹ ; MASUDA, Harue¹
EVEN, Emilie^{1*} ; NOJIMA, Aki¹ ; MASUDA, Harue¹

¹Department of Geosciences, Osaka City University, Japan

¹Department of Geosciences, Osaka City University, Japan

The Rivers Yono, Ibaraki and Minoh, that are tributaries of the River Yodo in the northern part of the Osaka prefecture, Japan, flow across the Paleozoic-Mesozoic sedimentary formations and the Ibaraki granitic complex. Waters from these rivers have been used for domestic purposes and some trace metals have been reported in concentrations above the environmental standard limits. Previous studies have shown that the sedimentary rocks were the sources of trace metals, especially arsenic, whereas the granitic sequence of quartz diorite, granodiorite and adamellite is believed to be the source of rare earth elements (REEs). In addition to track back of the origin of these trace elements, the transportation phases and the geochemical budget of trace metals along the river flow are examined as a first step to set up a simple transportation model. Here are presented first results.

Results showed that the geochemical patterns of riverbed sediments matched the distribution of the source rocks. The geochemistry of trace elements in river water is likely controlled by the weathering of riverbed sediments. River sediments from sandstone and quartz diorite contained high amount of trace elements and yielded high concentrations of trace metals in river water but low concentrations of REEs. Comparatively, river sediments originated from adamellite contain lower amounts of trace elements but river waters flowing across this formation showed to have the highest concentrations of REEs. O/H isotopic ratio in river water pointed at the meteoritic origin of the water in the upper reaches of rivers and the contribution of groundwater in the lower reaches. The fractionation of trace elements regarding the different size pools of total concentration, 0.45 μ m and 0.22 μ m filtration showed that most of the trace elements were transported within the <0.22 μ m phase. Temperature of river water seems to influence the concentrations of elements, as concentrations increased with increasing temperature throughout the year. The role of organic matter (likely as colloidal carriers) is limited since an inverse relationship was observed. Water mixing calculation with major and trace elements yielded accurate geochemical budget model (<5% error), where as redox sensitive species induce large errors of >15%, even on few meters distance along the flow path.

キーワード: Rare Earth Elements, River Water, Source rock, Trace Metals, Transportation

Keywords: Rare Earth Elements, River Water, Source rock, Trace Metals, Transportation

AHW28-P03

会場:3 階ポスター会場

時間:4 月 30 日 18:15-19:30

山地農業流域における地下水中の酸素安定同位体比および硝酸態窒素濃度の季節変化

Seasonal variation in oxygen stable isotopic ratio and nitrate concentration in a mountain agricultural watershed

有富 大樹^{1*}; 小野寺 真一¹; 齋藤 光代²; 丸山 豊¹; 金 広哲¹; 大西 晃輝³

ARITOMI, Daiki^{1*}; ONODERA, Shin-ichi¹; SAITO, Mitsuyo²; MARUYAMA, Yutaka¹; JIN, Guangzhe¹; ONISHI, Koki³

¹ 広島大学, ² 岡山大学, ³ 株式会社復建調査設計

¹Hiroshima University, ²Okayama University, ³Fukken Co., Ltd.

本研究では、酸素安定同位体比等の分布をもとに、花崗岩流域の沿岸不圧帯水層における岩盤地下水の寄与を含む地下水流動を推定するとともに、それに伴う硝酸態窒素濃度の季節変化について考察を行うことを目的とした。そのため、対象地域には、齋藤 (2008), 大西 (2013) によって硝酸態窒素濃度の減衰が確認されている果樹園流域を設定した。

水文流出モデルによる河川からのリン輸送量推定の現状と課題 An Overview of Recent Hydrological Models for Estimating Phosphorus flux

清水 裕太^{1*}; 小野寺 真一²; 齋藤 光代³
SHIMIZU, Yuta^{1*}; ONODERA, Shin-ichi²; SAITO, Mitsuyo³

¹(独) 農研機構 近畿中国四国農業研究センター・JSPS-PD, 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

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

森林、農地そして都市から流出したリンは地表流や排水路など様々な経路を通じて、最終的に河川へと流れ込む。そして河道内において物理的、化学的、生物学的プロセスを経ることにより、その多くが河道内に保持される。このため、河川へ流入してから海域へと到達するまでに時間を要する。流域物質収支に関する多くの研究事例では、流域内で発生したリンの合計量と、流域から流出したリンの合計量は一致しないことが多い。この原因としては、流域内での保持効果によるものと考えられる。河道内でのリンの保持は、様々なプロセスの複合的な結果によって生じる。このため、河川からのリン流出を考える上で、発生プロセスだけでなく、保持プロセスについても知る必要がある。近年では流域の不均一性を考慮することのできる水文流出モデルが使用されつつある。これらは欧米を中心に数多く開発され、最近では河川流量だけでなく水質や土砂流出量の推定精度も向上してきている。

本発表では、流域からのリン輸送量をどの程度の精度で見積もることができるのかについて、水文流出モデルのリン動態プロセスの取り扱いとその問題点について整理し、今後の課題を含め議論を行う。

キーワード: 水文流出モデル, リン, 物質輸送, 流域

Keywords: Hydrological Model, Phosphorus, Material transport, Watershed

ベトナム北部を流れる紅河における水質汚濁とヒ素の挙動について Water pollution and arsenic behavior in the Red River, North of Vietnam

井上 凌^{1*}
INOUE, Ryo^{1*}

¹ 大阪市立大学大学院理学研究科
¹graduate school of science, Osaka City

ベトナム北部を流れる紅河は中国の雲南省に源流をもち、ベトナム領内では 3000 m 級の山々からなるホアンリエン山脈に沿ってほぼ平行に流れている。その下流域には紅河デルタが広がっているが、そのデルタの直上に位置する農村地帯では地下水のヒ素汚染が深刻な問題となっている。ヒ素の原因物質は河川を通じて帯水層に運搬されと考えられているが、その運搬過程はわかっていない。本研究ではベトナム領内において採集した紅河の河川水・懸濁物・堆積物の分析を行うことにより、紅河を通じたヒ素の運搬過程を考察した。また、主成分の分析結果から浮かび上がったベトナム領内における水質汚濁の状況と原因に関しても述べる。

河川水の主化学成分濃度はベトナム領内で最上流部に位置するラオカイ周辺で 5.0(meq/L)、中流のバオハでは 2.4(meq/L)、イェンバイで 2.1(meq/L)、下流のハノイで 3.4(meq/L) であった。ラオカイとハノイの間で濃度が低下しているが、この原因はホアンリエン山脈を涵養域とする支流から周辺よりも低濃度の水の流入があるからである。本流への支流の寄与は水の酸素・水素同位体比の変化からも明らかである。ラオカイ周辺では水の $\delta 18O$ が -9.9~-10.0 ‰、 $\delta 2H$ が -69 ‰程度である。一方、ホアンリエン山脈を涵養域とする支流では $\delta 18O$ が -12.9~-13.0 ‰、 $\delta 2H$ が -91~-92 ‰である。ラオカイとハノイの間では $\delta 18O$ が -11.6~-11.9 ‰、 $\delta 2H$ が -82~-84 ‰である。ホアンリエン山脈から流入する河川水は下流域への水質汚濁の影響を緩和しているといえる。

ヒ素は河川水試料から全ヒ素濃度と溶存ヒ素濃度を得ることができ、これらの差分を懸濁態ヒ素濃度とした。さらに、水試料を濾過して得られた懸濁物を XRD に使用し、懸濁物の鉱物組成を調べた。これらの結果から懸濁態として河川水中に存在するヒ素はスメクタイトと非常に高い正の相関 ($r^2=0.92$) を持ち、カオリナイトとも緩やかに正の相関を持つ ($r^2=0.55$) ということが明らかになった。また、懸濁態として存在する鉄とヒ素には相関は見られなかった。

したがって、ヒ素は河川中では酸水酸化鉄と挙動していない。また、分析済みの懸濁物ではスメクタイトは紅河本流で採集したサンプルでのみ確認された。そのことから紅河では粘土鉱物 (主にスメクタイト) に吸着することで上流域から下流へとヒ素が運ばれている可能性が高いと考えられる。

キーワード: ヒ素, 紅河, ベトナム, 同位体
Keywords: arsenic, Red River, Vietnam, Isotope

SWAT および HYDRUS モデルを用いた沿岸農業流域の水収支解析 Estimation of water balance in a coastal agricultural catchment using SWAT and HYDRUS Model.

金 広 哲^{1*}; 清水 裕太²; 小野寺 真一¹; 齋藤 光代³; 松森 堅治²

JIN, Guangzhe^{1*}; SHIMIZU, Yuta²; ONODERA, Shin-ichi¹; SAITO, Mitsuyo³; MATSUMORI, Kenji²

¹ 広島大学大学院総合科学研究科, ²(独) 農業・食品産業技術総合研究機構・近畿中国四国農業研究センター, ³ 岡山大学大学院環境生命科学研究科

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

Quantify the rate of ground water recharge and clarify the water balance in watersheds is basic and important for efficient ground water resource management. It is particularly important in regions with little rain which face with the risk of water shortage. However, the rate of aquifer recharge is one of the most difficult factors to evaluate. Especially, the former method of groundwater recharge estimation, are normally subject to large uncertainties and easily to cause errors. Recently, there are several attempting for estimation of groundwater recharge using distributed hydrological models in the world.

The Soil and Water Assessment Tool (SWAT) Model is one of a physically based and quasi-distributed continuous time hydrological model used to estimate water budget in previous researches around the world. SWAT Model has been implemented for watershed hydrology related issues such as estimation of surface water flow and groundwater recharge rate. We could more specific testify the groundwater flux combined SWAT Model with HYDRUS Model which is a software package for simulating water, heat, and solute movement in two- and three-dimensional variably saturated media. The objective of this research is to estimate water balance and to clarify the groundwater recharge parameter in an agricultural catchment in the Seto Inland Sea, using the SWAT Model, and to estimate the groundwater flow using the HYDRUS Model.

The study site is located on the southern part of Ikuchi Island, which is one of the islands in central Seto Inland Sea. The orange groves cover approximately 50% of the total catchment area. Due to the small annual precipitation (approx.1000mm/y) with large inter-annual variation, Ikuchi Island is facing a risk of water shortage in the serious dry year.

As input to SWAT Model, topographic data (10 m grid), soil map (1/25000), land use map (1/25000) and weather information were used to build and calculate the SWAT Model. Evaporation was estimated by the Penman-Monteith method. Simulation time periods is 2000-2013, including warm up period of 2000-2003 and calibration period of 2003-2004. The calibration was conducted using the Sequential Uncertainty Fitting (SUFI2). The reproducibility of daily discharge in calibration period by the model was found to be acceptable (NSE=0.69, RSR=0.56, PBIAS%=18, R²=0.75). Amount of groundwater recharge is accounted as the water discharge into aquifer except the flows which are eventually discharged from aquifer, such as return flows into river and amount of water moving into the vadose zone.

The result shows spatial difference in groundwater recharge rate. About 10 times higher groundwater recharge rate was found in middle and downstream areas. While middle and downstream area are indicated the main groundwater recharge area, upstream is small recharge rate due to steep slope. Groundwater recharge shows smaller volume than river discharge, it comprise about 17% of total precipitation in annual average consideration. From the comparison of water balance calculation, it is found that both of river discharge and groundwater recharge fluctuated in high precipitation year of 2011 (1,527mm), low precipitation year of 2005 (781mm) compared to average balance. In high precipitation year, groundwater recharge rate increased about 6 times than in low precipitation year, the increasing of river discharge is at about 2.5 times.

Consequently, it was confirmed that spatial and temporal variation of groundwater recharge rate in long term. And we could estimate the long term water balance base on these information. However, it is noted that this result may include some uncertainty and chance to improve. Seat model could not reflect the groundwater flow, simulated with HYDRUS Model on the groundwater flow could provide us with the groundwater data. In the presentation, more detailed data cover long time periods and results testifying groundwater level variation with HYDRUS Model will be displayed.

キーワード: Ikuchi Island, SWAT Model, HYDRUS Model, groundwater recharge rate, water balance

Keywords: Ikuchi Island, SWAT Model, HYDRUS Model, groundwater recharge rate, water balance

大和川感潮域における栄養塩動態の季節変化 Seasonal variation in nutrient dynamics in the tidal zone of Yamato river

小野寺 真一^{1*}; 齋藤 光代²; 清水 裕太³; 丸山 豊¹; 宮岡 邦任⁴; 金 広哲¹; 有富 大樹¹
ONODERA, Shin-ichi^{1*}; SAITO, Mitsuyo²; SHIMIZU, Yuta³; MARUYAMA, Yutaka¹; MIYAOKA, Kunihide⁴; JIN,
Guangzhe¹; ARITOMI, Daiki¹

¹ 広島大学, ² 岡山大学, ³ 近畿中国四国農研センター, ⁴ 三重大学

¹Hiroshima University, ²Okayama University, ³NORO, ⁴Mie University

In coastal megacities, severe groundwater depression and water pollution occurred. These impacts affected to river environment change. Especially, the river mouth area has been deposited the polluted matters. These areas have characteristics of water level fluctuation which causes river water-groundwater interaction and the associated change in dynamics of nutrients. However, these effects on the nutrient transport in tidal reaches and nutrient load to the sea have not been fully evaluated in previous studies. Therefore, we aimed to clarify the nutrient dynamics with the river water-groundwater interaction in the tidal river of Osaka metropolitan city. We conducted the field survey from the river mouth to the 7km upstream area of Yamato River, which has a length of 68km and a watershed area of 1070 km². In addition, model simulations were also conducted. Spatial variations in radon (²²²Rn) concentrations and the difference of hydraulic potential between river waters and the pore waters suggest that the groundwater discharges to the river channel in the upstream area. In contrast, river water seeped into the groundwater in the river mouth area. It may be caused by the lowering of groundwater level associated with the excess abstraction of groundwater in the urban area. The spatial and temporal variations in nutrient concentrations indicate that nitrate-nitrogen (NO₃-N) concentrations changed temporally and it negative correlated with dissolved organic nitrogen (DON) concentrations. Inorganic phosphorous (PO₄-P) concentrations showed the increasing trend with the increase of the river water level. Based on the mass balance, nutrient reproduction from the river bed was suggested in tidal reach during a summer, especially phosphorus was large.

キーワード: 季節変化, 栄養塩動態, 干潮河川, 汚濁, リン

Keywords: seasonal variation, nutrient dynamics, tidal river, pollution, phosphorus

成層安定度に基づくため池の類型化及び生態系指標に関する検討 Examination on the classification and ecological index of ponds based on the stability of stratification

大久保 賢治^{1*}; 齋藤 光代¹; 高木 真也¹; 小野寺 真一²; 丸山 豊²; 金 广哲²; 有富 大樹²; 清水 裕太³
OKUBO, Kenji^{1*}; SAITO, Mitsuyo¹; TAKAGI, Shinya¹; ONODERA, Shin-ichi²; MARUYAMA, Yutaka²; JIN, Guangzhe²
; ARITOMI, Daiki²; SHIMIZU, Yuta³

¹ 岡山大, ² 広島大, ³ 学振 PD, (独) 農研機構 近中四農研セ

¹ Okayama Univ., ² Hiroshima Univ., ³ JSPS PD, NARO/WARC

We aimed to examine on the classification and ecological index of the small ponds based on the stability of stratification. The seasonal variation of the stratification was examined using the monitoring data of water temperature in multiple depths in the 4 different ponds located on an island which is highly influenced by agricultural activity. DO, fluorescence, nutrients data were used for the evaluation of ecosystem condition.

*This research is supported by the Grants-in-Aid for Scientific Research (A) (No. 25241028, Shin-ichi Onodera).

八郎潟調整池の堆積物柱状試料における岩石磁気測定の鉛直分布特性 - 干拓地建設の影響 -

Rock magnetic profiles of sediment cores in Hachirogata : effect of a land reclamation

太田 雄貴^{1*}; 佐藤 高晴¹; 小野寺 真一¹; 金 广哲¹; 齋藤 光代²; 早川 敦³

OTA, Yuki^{1*}; SATO, Takaharu¹; ONODERA, Shin-ichi¹; JIN, Guangzhe¹; SAITO, Mitsuyo²; HAYAKAWA, Atsushi³

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 秋田県立大学生物資源科学部

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

We examined the influence of land reclamation on rock magnetic profiles in Lake Hachirogata. In this lake, all flowing rivers exist on an east side and a large reclamation land touch at west and north sides. Two sediment core samples were collected at the eastern central (HL-1) and northwestern bankside (HL-2) sites in this lake in September 2013, using the 1m piston core sampler (7-8 cm diameter). HL-1 was 77cm and HL-2 was 78cm. 岩石磁気測定試料は、半裁した堆積物断面の中央からパイプの長さ方向について連続的に採集した。採集は約 7cm³ の立方体状のプラスチックキューブを用いた。HL-1 から 33 個、HL-2 から 34 個得られた。採取後直ぐに試料を冷蔵保存した。その後、広島大学にて帯磁率測定、等温残留磁化 (isothermal remanent magnetization : IRM) 測定、三成分 IRM 段階熱消磁実験を行った。帯磁率測定には Bartington 社製 MS2 センサーを用いた。帯磁率測定では測定値に多少のばらつきが見られたため、1 個の試料につき 3 回以上測定し、安定して得られた値の平均値を試料の帯磁率として採用した。IRM 段階付加には夏原技研社製 MMPM-10 パルスマグネタイザーを用いた。各段階付加後、夏原技研社製 SSM-85 スピナー型磁力計を用いて IRM 測定を行った。IRM 測定は残留磁化強度が十分に大きく再現性が高かったため、1 個のキューブ試料について 1 回測定した。1.3T で獲得された IRM を飽和残留磁化 (Saturation IRM : SIRM) とした。HL-1 の三成分 IRM 段階熱消磁実験は試料中含まれる磁性鉱物推定のために行われた。熱消磁は、夏原技研社製 TDS-1C 熱調節器を持つ夏原技研社製 TDF-8 熱消磁装置を用いた。TDF-8 は外部磁場を 25nT 以下まで遮断している。今回は 80,120,180,240,280,320,360,440,520,540,560,580,600,640,680 °C の 15 段階で熱消磁を行った。

HL-1 では帯磁率と SIRM が上方に向かって徐々に減少する傾向を示した。これは磁性鉱物の含有量が上方に増加していることを示唆している。三成分 IRM 段階熱消磁実験からは、どの層準も Soft 成分が卓越していることが明らかであった。深度 0~60cm の Soft 成分は 240~280 °C と 560~580 °C で急激な減少を示した。このことから HL-1 に含まれる主な磁性鉱物はチタノマグネタイト、マグヘマイト、マグネタイトである可能性が高い。しかし、HL-1 基底部の Soft 成分は 240~280 °C で急激な減少を示したが、280 °C 以上では緩やかに減少し、360~440 °C でほぼ全て消磁された。HL-1 基底部は SIRM/x も高かったため、グレイジャイト (Fe₃S₄) を含んでいる可能性がある。

HL-2 の三成分 IRM 熱消磁実験結果は全ての層準で Soft 成分が卓越していた。また、240~280 °C と 560~580 °C で Soft 成分の急激な減少を示した。このことから HL-2 の主な磁性鉱物は HL-1 と同じくチタノマグネタイト、マグヘマイト、マグネタイトである可能性が高い。帯磁率は深度 45~76cm で上方にわずかに増加し、深度 30~40cm で最大値を示した。深度 0~30cm は上方に減少する傾向を示した。SIRM は帯磁率とわずかに傾向が異なり、深度 58cm で最大値を示した。深度 58cm は他の層準と比べて Hard 成分がわずかに大きかった。深度 58cm の Hard 成分は 680 °C で消磁されたため、ヘマタイト (Fe₂O₃) が含まれていることが考えられる。

以上のように HL-1 と HL-2 の岩石磁気パラメータはそれぞれ異なる傾向を示しており、八郎潟干拓工事を含め、八郎潟調整池周辺の何らかの環境変化を反映している可能性がある。

キーワード: 八郎潟調整池, 堆積物, 岩石磁気, 干拓

Keywords: Lake Hachirogata, sediment, rock magnetism, land reclamation

AHW28-P10

会場:3 階ポスター会場

時間:4 月 30 日 18:15-19:30

瀬戸内沿岸海水中でのラドン・ラジウム核種の空間分布およびその影響要因 Spatial distribution of radon (222-Rn) and radium (226-Ra, 228Ra) in the coastal seawater of Seto Inland Sea and its con

齋藤 光代^{1*}; 小野寺 真一²; 太田 朋子³; Guo Xinyu⁴; 武岡 英隆⁴; 大西 秀次郎⁴; 窪田 卓見⁵
SAITO, Mitsuyo^{1*}; ONODERA, Shin-ichi²; OHTA, Tomoko³; GUO, Xinyu⁴; TAKEOKA, Hidetaka⁴; ONISHI, Hidejiro⁴;
KUBOTA, Takumi⁵

¹ 岡山大学, ² 広島大学, ³ 北海道大学, ⁴ 愛媛大学・CMES, ⁵ 京都大学

¹ Okayama Univ., ² Hiroshima Univ., ³ Hokkaido Univ., ⁴ CMES, Ehime Univ., ⁵ KURRI, Kyoto Univ.

本研究では、瀬戸内海中央部の沿岸域を対象に海水中における放射性ラドン・ラジウム核種の空間分布を確認するとともに、その影響要因について検討することを目的とした。

*本研究は、H24 年度クリタ水・環境科学振興財団（代表：齋藤光代）および H24 年度京都大学原子炉事件所共同利用研究（代表：小野寺真一）の支援により行われた。

熊野灘沖南海トラフ堆積物中におけるヒ素濃度の分布 Arsenic distribution in porewater and coexisting sediments of Kumano Basin, Nankai Trough

吉西 晴香^{1*}
YOSHINISHI, Haruka^{1*}

¹ 大阪市立大学大学院理学研究科
¹ Osaka City University

ヒ素汚染地下水は世界中で深刻な問題となっている。特に、バングラデシュやインドの西ベンガル地域など、ヒマラヤ山系に源流域を持つ大河流域で汚染が進んでいることが知られている。ヒ素の原因物質は泥岩中の硫化鉱物であると考えられる研究者がいるが、どのようなメカニズムで堆積岩中にヒ素が濃縮するのかは、あまり研究がされていない。そこで本研究では、現世の付加体堆積物中における初期続成作用に伴うヒ素の挙動を探ることを目的として堆積物と共存する間隙水中のヒ素濃度の深度ごとの変化を追跡した。

本研究では統合国際深海探掘計画 (IODP) の第 338 回航海によって南海トラフ、熊野海盆沖で採取された 3 地点 (C0002、C0021、C0022) で得られた間隙水とそれを搾り取った後の堆積物試料を用いて、主成分とヒ素濃度の測定を行った。堆積物については主成分鉱物組成も分析した。C0002 地点は半遠洋性のタービタイト末端堆積物で構成される。C0021 地点は地滑り堆積物で構成されている。C0022 地点はスプレー断層直上で 100mbsf (mbsf = meters below the seafloor) に断層が観察されている。

間隙水中でのヒ素の濃度は C0002 では、200 – 300mbsf までは 0 – 1.1 μ M であるが 300 – 400mbsf までは深度に伴いおよそ 3 μ M まで増加傾向にある。400mbsf で最大値をとると、その後は減少する。C0021 では、0 – 160mbsf まではヒ素濃度は平均して 0.2 μ M で深度による変化はほとんど見られない。しかしその後 200mbsf までにヒ素濃度は急増している。C0022 では、0 – 100mbsf までは、ヒ素濃度は 0.3 μ M まででほとんど変化しない。その後 130 – 160mbsf で高いピーク (1.5 μ M 程度) をとり、200mbsf までは急減する。200mbsf 以深は深度による変化は見られない。一方、堆積物中でのヒ素濃度は C0002 (300 – 500mbsf) では 40 – 120 μ M、C0022 (100 – 150mbsf) では 40 – 90 μ M であり、濃度変化は深度によらない。XRD で検出された鉱物組成はいずれの地点でも主に石英、長石、雲母、方解石、粘土鉱物類、緑泥石・カオリナイトで構成されており、角閃石、黄鉄鉱が検出された試料もあった。

船上分析による間隙水中の主成分組成との比較から、ヒ素濃度は pH や鉄、鉛、マンガンと関係していることが分かった。ヒ素は多くの微量重金属と同様に海底面で酸水酸化鉄とともに共沈して堆積物に濃縮し、還元的な環境下で脱着しないしは酸水酸化鉄の分解に伴っていったん間隙水中に溶出すると推定される。その後、深度が増すと黄鉄鉱などに固定されると考えられるが、最終的にヒ素を固定する鉱物は現時点では不明である。

キーワード: ヒ素, 南海トラフ, IODP
Keywords: Arsenic, Nankai Trough, IODP

山地森林溪流における溶存無機態リン濃度の形成過程に関する研究 Research on dissolved inorganic phosphorus concentrations forming process in a forested mountainous stream

武田 愛実^{1*}; 大手 信人¹; 江草 智弘¹; 鈴木 雅一¹

TAKEDA, Manami^{1*}; OHTE, Nobuhito¹; EGUSA, Tomohiro¹; SUZUKI, Masakazu¹

¹ 東京大学大学院農学生命科学研究科

¹ Department of Forest Science Graduate School of Agricultural and Life Sciences

Since the ecosystems of river, lake, and ocean are supported by P supply from terrestrial area, it is important to understand the mechanisms behind the P discharge from the catchments through the aquatic system. It has generally been considered that loss of P from a forested area through a headwater stream is small, because it is preserved tightly within forested ecosystem. It has previously been reported that heavy rainfalls lead to a large P loss from forested catchments, and major fractions of exported P is particulate form absorbed onto soil particles. Therefore, many studies have focused on particulate P load during high flow condition. However, it has been still poorly understood about the controlling mechanisms of sources and transport of dissolved inorganic phosphorus (DIP), which is directly available for organisms. In order to explain the controlling mechanisms of DIP discharge, we conducted field investigations on the DIP dynamics through the elemental hydrological processes in the hill slopes of a headwater catchment, and illustrated the spatial distribution of DIP concentrations of the stream network in meso-scale catchment.

The study site was Fukuroyamasawa experimental watershed located in The University of Tokyo Chiba Forest and Inokawa watershed including Fukuroyamasawa. The size of Fukuroyamasawa is 1 ha, and that of the Inokawa watershed is 503 ha. Through fall water, stem flow water, litter layer infiltration water, soil water, groundwater and stream water were sampled once every two weeks from August 2013 to November 2013. Rainwater was collected at the meteorological station located near by Fukuroyamasawa. In Inokawa watershed, flow observation and stream water sampling at the point with various watershed area on low-flow period in September 2013 and December 2013. The samples were filtered by 0.45 micrometer membrane filters immediately after the sampling. Then DIP was analyzed using molybdenum blue (ascorbic acid) absorptiometry.

The average DIP concentration of rainwater was 0.2 micromol / L during the observation period. That of through fall, stem flow and litter layer infiltration water were 0.9, 1.7 and 10.9 micromol / L respectively. DIP concentration felt remarkably with soil layer passage, and the average DIP concentration of soil water, groundwater and stream water was 0.6 micromol /L. DIP concentration in Inokawa stream water ranged from minimum limit of determination, 0.1 micromol /L, or less to 9.2 micromol / L. When we investigated the relation between DIP concentration and a contributory area, DIP concentration differed in about 2 km² or less, and it increased at the larger than 2 km² as the contributory area became large. There was a strong positive correlation between DIP concentration and EC.

In Fukuroyamasawa, it was shown that DIP added during canopy passage was almost absorbed in the soil layer at particles, and was removed from the water, and hardly contributing to the outflow to a mountain stream. EC is an index for underwater dissolved matter concentration, and it turns out that the amount of the dissolved matter concentration of mineral origin is shown at Inokawa watershed. Therefore, the relationship of DIP concentration and EC has suggested that mountain stream underwater DIP mainly originates in bedrock weathering, and that the spatial distribution of DIP concentration is determined with the contribution of a groundwater course which passes bedrock.

Keywords: Dissolved Inorganic Phosphorus (DIP), forested mountainous stream, spatial distribution, catchment area

秋田県玉川における主化学成分濃度とストロンチウムおよび硫黄同位体比を用いた河川水混合過程の推定

Mixing of river water as deduced from major component concentration, Sr and S isotopic ratios in Tama River, Akita.

若狭 幸^{1*}; 石山 大三²; 松葉谷 治³; 佐藤 比奈子²; 申 基澈⁴; 中野 孝教⁴

WAKASA, Sachi^{1*}; ISHIYAMA, Daizo²; MATSUBAYA, Osamu³; SATO, Hinako²; SHIN, Kicheol⁴; NAKANO, Takanori⁴

¹ 秋田大学 大学院 工学資源学研究科 環境資源学研究センター, ² 秋田大学国際資源学部, ³ 秋田大学名誉教授, ⁴ 大学共同利用機関法人 人間文化研究機構 総合地球環境学研究所

¹Center for Geo-Environmental Science, Akita University, ²Faculty of International Resource Sciences, Akita University, ³Emeritus professor, Akita University, ⁴Research Institute for Humanity and Nature

秋田県玉川は、その上流（渋黒川）に玉川温泉大噴から強酸性（pH=1.2）、高温（T=98℃）の温泉水が混入するため、下流域まで河川水が酸性である。その酸性度を弱めるために、温泉水を河川流出前に中和する施設が設置されている。本研究では、河川水の主化学成分濃度やストロンチウムおよび硫黄同位体比をトレーサーとして、支流の合流による河川水の混合率を推定し、この酸性温泉水の下流への影響範囲を明らかにすることを目的とした。玉川温泉大噴の温泉水は、中和処理施設に導入され、石灰岩で中和されたのち、渋黒川に放出される。大噴の温泉水は、塩化物イオン、硫酸イオン濃度が高く、硫黄同位体比が高い（ $\delta^{34}\text{S}=31.8\text{‰}$ ）。さらに、中和処理により、カルシウムイオン濃度とストロンチウムイオン濃度が高くなり、ストロンチウム同位体比も高い（ $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}=0.7068$ ）。渋黒川に放出された温泉水は、渋黒川が玉川本流に合流するまでに混合率 20% まで河川水により希釈される。さらに、玉川本流との合流により 8% まで希釈される。その後、雄物川との合流までのあいだに主化学成分濃度は、ほぼ流入する支流とほぼ同じ値になる。また、pH は約 3 から約 7 まで変化する。ストロンチウム同位体比については、大噴が 0.7040、中和施設が 0.7068、合流する各支流の値は、それぞれの流域の地質を反映して 0.7049-0.7062 の範囲で異なる。したがって、主化学成分でみられたような二成分のはっきりした混合関係はみられないが、ほぼ同様な混合関係を示す。硫黄の同位体比は大噴の SO_4^{2-} が 31.8‰ で、雄物川合流点近くの河川水の SO_4^{2-} の値が 6.5 ないし 8.8‰ で、主化学成分で見られた二成分の混合関係とほぼ同じ混合関係がみられる。これらの結果から、玉川における合流する各支流の混合関係について発表する。

キーワード: 河川水の混合, 秋田県, 主化学成分濃度, ストロンチウム同位体比, 硫黄同位体比

Keywords: Mixing of river water, Akita, Concentration of major chemical components, Strontium isotopic ratio, Sulfur isotopic ratio

農業用水路内における放射性セシウムの分布特性について Feature of distribution of radioactive cesium in irrigation canal

久保田 富次郎^{1*}; 樽屋 啓之¹; 田中 良和¹; 浜田 康治¹

KUBOTA, Tomijiro^{1*}; TARUYA, Hiroyuki¹; TANAKA, Yoshikazu¹; HAMADA, Koji¹

¹ (独) 農研機構 農村工学研究所

¹National Institute for Rural Engineering, NARO

2011 年 3 月に発生した東日本大震災に起因する東京電力福島第一原子力発電所の事故により、放射性物質が福島県を中心とする地域に沈着した。地域に広く沈着した放射性セシウムが、環境中でどのように再移動し集積するかを明らかにすることは、住民の安全安心の確保や農業・農地の再汚染防止の観点から重要な課題である。本研究では、農業用水路の取水口から用水路の下流までの底質に含まれる放射性セシウムを事例として調べることで、農業用水路内への放射性セシウムの堆積特性を明らかにすることを目的とする。

事例調査地区として、福島県中通り地方に立地し、阿武隈川より取水する幹線用水路および支線用水路を含む水路システムを選定し、H24 年 11 月に堆砂量と底質中の放射性セシウム濃度および空間線量率の分布調査を実施した。その結果、以下が得られた。

はじめに、水路勾配が比較的大きい幹線用水路上流では掘込み部を中心として、砂質堆積物がみられ、それらの放射性セシウムは $1 \sim 5 \text{ kBq kg}^{-1}$ と比較的低かった。それに対して水路勾配が緩やかで流速が低下する支線用水路では泥状物の堆積が卓越し、それらに含まれる放射性セシウムは、 $3 \sim 28 \text{ kBq kg}^{-1}$ と全般に高かった。

また、単位面積当たりの放射性セシウムの堆積量は、上流水路の掘込み部で $44 \sim 86 \text{ kBq m}^{-2}$ および $8 \sim 17 \text{ kBq m}^{-2}$ 、下流水路で $25 \sim 315 \text{ kBq m}^{-2}$ 、 55 kBq m^{-2} となった。ここで、水路内の単位面積当たりのセシウム 137 の堆積量を、同じ場所へのセシウム 137 の沈着量 ($120 \sim 210 \text{ kBq m}^{-2}$) と比較した。その結果、下流水路の一部を除くと多くの地点で、水路内への放射性セシウムの堆積は周辺への沈着量より小さかった。

一方、水路内の空間線量率は、全般的に湛水の影響を受けて低かったが、堆積面が露出した水路では、空間線量率が高い傾向にあり堆積物の影響が認められた。

キーワード: 放射性セシウム, 農業用水路, 堆積物, 空間線量率

Keywords: radioactive cesium, irrigation canal, sediment, air dose rate

瀬戸内海島嶼部における地下水利用－尾道市瀬戸田町生口島の事例－ Current status of the groundwater use in an island of the Seto Inland Sea: a case study of Ikuchijima-island

谷口 智雅^{1*}; 小野寺 真一²; 高橋 英博³; 齋藤 光代⁴; 清水 裕太⁵

TANIGUCHI, Tomomasa^{1*}; ONODERA, Shin-ichi²; TAKAHASHI, Hidehiro³; SAITO, Mitsuyo⁴; SHIMIZU, Yuta⁵

¹ 三重大学人文学部, ² 広島大学大学院総合科学研究科, ³ (独) 農業・食品産業技術総合研究機構 近畿中国四国農業研究センター, ⁴ 岡山大学大学院環境生命科学研究科, ⁵ (独) 農研機構 近畿中国四国農業研究センター, 学振 PD

¹ Faculty of Humanities, Law and Economics, Mie University, ² Graduate School of Integrated and Arts Sciences, Hiroshima University, ³ NARO Western Region Agricultural Research Center, ⁴ Graduate School of Environmental and Life Science, Okayama University, ⁵ NARO Western Region Agricultural Research Center, JSPS PD

本研究は、降水量が少なく、水資源も限られており渇水リスクの高い瀬戸内海島嶼地域における尾道市瀬戸田町生口島を対象として、アンケート調査による地下水利用の実態把握を行った。アンケート調査は、柑橘栽培農業が盛んに行われており、農業用水用水源に地域的差がある尾道市瀬戸田町宮原地区と林地区を対象に選択式アンケート票を用いた対面方式により 2013 年 7 月 13～15 日の期間に行った。宮原地区は人口 446 人 (203 世帯)、林地区は人口 1,201 人 (519 世帯) で、その内、宮原地区で 90 世帯、林地区で 146 世帯からアンケート結果が得られた。

本対象地域の上水道はかつて島内の水を水源としていたが、安定した水源確保のため島外からの受水が開始され、現在では島外からの受水量を充実させている。かつては、地下水を水源として頼っていたため、家庭用井戸の所有率も宮原地区で 74.4%、林地区で 61.6% と高くなっている。しかし、井戸は所有しているが、利用していない世帯もある。用途としては、宮原地区・林地区ともに庭の散水や洗車としての雑用水としての利用が多く、家事や洗濯、風呂などにも利用している世帯も見られる。また、飲用水として利用している世帯も宮原地区で 6 世帯、林地区で 10 世帯あった。さらに、渇水期における農地の井戸の地下水量について、十分でないと感じている人は宮原地区で約 21%、林地区で 18% と、地下水の賦存量は少なくないと感じており、島内の重要な水資源として認識されている。また、アンケートによる用途結果から生活用水としての 1 日あたりの地下水利用量の推計を行った結果、宮原地区で 1 世帯平均 361.1 リットル、林地区で 1 世帯平均 270.7 リットルが利用されていると算出された。

本調査は科研費基盤研究 (A) (No.25241028、研究代表者: 小野寺真一) の支援によって行われた。