

テクトニックな森林流域での地下水漏出と河川流出 Groundwater leakage and river runoffs in a tectonic and forested catchment

知北 和久^{1*}; Hossain Md Motaleb²; 阪田 義隆¹; 宮本 拓人²; 落合 泰大²
CHIKITA, Kazuhisa^{1*}; HOSSAIN, Md motaleb²; SAKATA, Yoshitaka¹; MIYAMOTO, Takuto²;
OCHIAI, Yasuhiro²

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

¹Faculty of Science, Hokkaido University, ²Graduate School of Science, Hokkaido University

テクトニックな流域では、どのように地下水漏出や河川流出が発生するのかを理解するため、北海道の日高造山運動の影響がある十勝地方・生花苗川（おいこまないがわ）流域（面積 62.6 km²）で水収支を評価し、ハイドログラフに対する流出解析を行った。地質の多くは新第三紀の堆積岩で、その上に透水性の高い更新世後期の火山噴出物が堆積している。ここでは 2011 年と 2012 年の降雨期における流域実蒸発散量 E を一層モデルで求め、その際に流域の傾斜角や方位の分布による短波放射量への影響を評価した。この E 値を用いて短期水収支法により地下水漏出量を求めると、2011 年で有効降雨 (= $P-E$; P 雨量) の 50-80 % が地下水漏出するが、2012 年ではそれが相対的にかなり小さいと判断された。他方、タンクモデルによる流出解析では、基盤での地下水貯留からの漏出を考えると、2011 年で有効降雨の 45 %、2012 年で 7% の漏出があると計算された。

キーワード: 地下水漏出, 断層, 実蒸発散量, 水収支, 流出解析, 熱収支

Keywords: groundwater leakage, fault, actual evapotranspiration, water balance, runoff analysis, heat balance

Sediment loading processes in a geologically active and forested catchment Sediment loading processes in a geologically active and forested catchment

HOSSAIN, Md motaleb^{1*} ; CHIKITA, Kazuhisa² ; SAKATA, Yoshitaka² ; MIYAMOTO, Takuto¹ ;
OCHIAI, Yasuhiro¹
HOSSAIN, Md motaleb^{1*} ; CHIKITA, Kazuhisa² ; SAKATA, Yoshitaka² ; MIYAMOTO, Takuto¹ ;
OCHIAI, Yasuhiro¹

¹Graduate School of Science, Hokkaido University, ²Faculty of Science, Hokkaido University

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. Erosion and sedimentation process decline soil fertility and decrease agricultural yields. 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 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; mg/L) and sediment load, L (kg/s) of April 2011 to November 2013 on non-frozen period of these three years, weather data of 2008 to 2013, and soil data. Every year soil water content and water storage in soil are different because the amounts of snowfall and snowmelt are different, so we have utilized our model at seasonal base. The semi-distributed SWAT model is applied to model discharge and spatially distributed soil erosion/sedimentation processes at daily time step. The simulations of sediment load time series indicate that most of the sediment input is coming from sub-basin 2. Hourly sediment load time series indicates that most of the time except at peak discharge sediment load at upstream (R3) is greater than of downstream, main outlet of watershed (R1), it suggests that the most of the sediment is deposited between R1 and R3. At present, the interpretation of the quantitative results is not yet satisfactory, because of lack of model parameterization at a local scale in the SWAT model. This results from the fact that the information on hydrological structures of soil and bedrock is not sufficient. Thus, a comparison with the other modelling is essential to understand the sediment loading processes on catchment scale.

キーワード: forested, fluvial, sediment, erosion, SWAT, tectonic

Keywords: forested, fluvial, sediment, erosion, SWAT, tectonic

Soil Loss and sediment yield assessment from 1974-2012 in the some west-coast river catchments, Penang Island Malaysia
Soil Loss and sediment yield assessment from 1974-2012 in the some west-coast river catchments, Penang Island Malaysia

MOHD NAJIB, Sumayyah aimi^{1*} ; A. RAHAMAN, Zuliyadini¹
MOHD NAJIB, Sumayyah aimi^{1*} ; A. RAHAMAN, Zuliyadini¹

¹Universiti Sains Malaysia

¹Universiti Sains Malaysia

Soil erosion is a worldwide problem because of its economic and environmental impacts. Many human-induced activities, such as mining, construction, and agricultural activities disturb land surface, resulting in accelerated erosion. There are many land clearing activities in catchment areas that could add an enormous amount of sediment to rivers. Nowadays, land has become one of limited resources in Penang due to the topography of the hilly and flat area. Penang Island is a city of rapid industrialization and density, and in order to face future challenges caused by rapid economic development, there is a high demand for flat land requirements. Land clearing activities contributes to the total concentration of sediment, affecting the health of the catchment area. To estimate soil loss, soil erosion model such as Universal Soil Loss Equation (USLE) is used to estimated average soil loss generated from splash, sheet and rill erosion. Use of the USLE has recently been extended for predicting soil losses and plan control practices in the agricultural catchment by effective integration of Geographic Information Systems (GIS) based on procedures to estimate the factor values in a grid cell basis. This study was performed to predict soil loss by USLE/GIS and the factor to calculate soil loss is Rainfall erosivity (R), Soil erodibility factor (K), Topographic factor (LS), Land cover management factor (C) and Conservation practices factor (P). Result shows that soil loss was 100.7 t/ha/year and sediment yield was 2336 t/km²/year in 2012, 84 t/ha/year and 1907 tan/km²/year in 2004; 144 t/ha/year and 1889 tan/km²/year in 1984 and 1974 the soil loss was 61 t/ha/year and the sediment yield was 1272 tan/km²/year.

キーワード: Soil Erosion, Soil loss and sediment yield assessment, USLE, GIS, Penang Island, Malaysia
Keywords: Soil Erosion, Soil loss and sediment yield assessment, USLE, GIS, Penang Island, Malaysia

AHW27-04

会場:301B

時間:5月24日 09:45-10:00

中山間地流域における物質輸送に及ぼす耕作放棄地の影響評価

Assessment of the impacts of abandoned cultivated land on material flux in hilly and mountainous watersheds

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・日本学術振興会特別研究員 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

¹National Agriculture and Food Research Organization / JSPS Research Fellow, ²Graduate School of Integrated Arts and Sciences, Hiroshima University, ³National Agriculture and Food Research Organization

Agricultural land-use has been reduced by mainly urbanization and devastation in Japan. The objective of this study is to evaluate the impact of the decline of agricultural land-use on flood risk and material flux in hilly and mountainous watersheds using Soil Water Assessment Tool. The results indicated that increase of flood risk due to abandonment of agricultural land-use. Furthermore, the abandonment of rice paddy field on steep slope areas may have larger impacts on sediment discharges than cultivated field. Therefore, it is suggested that prevention of expansion of abandonment of rice paddy field is an important factor in the decrease of yields of sediment and nutrients.

キーワード: 物質輸送, 中山間地流域, SWAT モデル

Keywords: material transport, hilly and mountainous watersheds, SWAT model

Climate change impacts on groundwater recharge on an agricultural island, western Japan, estimated by SWAT/Hydrus model

Climate change impacts on groundwater recharge on an agricultural island, western Japan, estimated by SWAT/Hydrus model

金 广哲^{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

Estimation of groundwater recharge, quantity, and water balance is important for efficiently managing groundwater resources. It is particularly important in regions with little rain, which face the risk of water shortage. However, the water balance of a watershed is sensitive to climate variability and change. Climate changes due to global warming may alter rainfall patterns and increase the occurrence of extreme events (floods and droughts), it will significantly affect the sustainability of water supplies in the coming decades, clarify the future water budgets will be necessary and important. The objective of this research is to estimate water balance and clarify the drought impact on groundwater recharge rate in an agriculture catchment using the SWAT Model, and validate and estimate the groundwater movement using the Hydrus Model.

The study catchment (IKS) is located in the central Seto Inland Sea. Groundwater resources are important water supply resources for irrigation. However, due to the small annual precipitation with large inter-annual variation, and steep sloping topography, the island faces a risk of water shortage, especially in the drought season. As input to SWAT Model, topographic data (10 m grid), soil map (1/25000), land use map of 2006 (100m grid) 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 calibration and validation results of Nash-Sutcliffe efficiency (NSE), RMSE-observations standard deviation ratio (RSR), and percent bias (PBIAS) indicate the parameters are evaluated as acceptable. For input into Hydrus 1D, the groundwater recharge rate was obtained from the value in related sub basin from the SWAT model. The simulated groundwater level data were compared with observed groundwater level data from a 15m depth observation well in the downstream area of the IKS catchment.

The result shows in the low precipitation year, the groundwater recharge and surface run off decreased to 25% and 30%, respectively. Both river discharge and groundwater recharge fluctuated between the high and low precipitation years compared to average water balance, and these variations are larger than the precipitation fluctuation. The simulated groundwater level data shows the quick response to variation of precipitation. Under different rainfall intensities, groundwater levels gradually decreased and responded to the changes in groundwater recharge with no precipitation supplied. The groundwater level was also highly related to precipitation variability and the groundwater supply is highly related to heavy rainfall events and the obviously decreasing groundwater resources in the drought season. As result of global climate change, an increasing fluctuation trend between extremely low rainfall and extremely high rainfall has been observed across Japan. The annual precipitation from the Ikuchi Island suggests that years of low rainfall have become more frequent since 1976. A decreasing trend of precipitation from 5-year average data is shown, with rate of 103mm/100years. In consideration of this decreasing trend in precipitation, we estimate the annual groundwater recharge rate had considerable inter-annual variations and decreased on an average by 140mm/100years, which is relatively larger than the trend of precipitation. The groundwater level in drought years decreased with an estimated decrease of 1.2m/100years. This may indicate the drought impact on groundwater resources will increase in the future. The recharge resources will decrease and groundwater storage will decline under the trend of decreasing precipitation in the future.

キーワード: climate change, drought impact, groundwater recharge rate, water balance, SWAT Model, Hydrus Model

Keywords: climate change, drought impact, groundwater recharge rate, water balance, SWAT Model, Hydrus Model

AHW27-06

会場:301B

時間:5月24日 10:15-10:30

農業用貯水池における成層構造の季節変化とその栄養塩循環への影響 Seasonal variation of the stratified structure in agricultural reservoirs and its effect on the nutrient cycle

大久保 賢治^{1*}; 齋藤 光代¹; 船岡 亮平¹; 小野寺 真一²; 金 广哲²; 丸山 豊²; 有富 大樹²
OKUBO, Kenji^{1*}; SAITO, Mitsuyo¹; FUNAOKA, Ryohei¹; ONODERA, Shin-ichi²; JIN, Guangzhe²;
MARUYAMA, Yutaka²; ARITOMI, Daiki²

¹ 岡山大, ² 広島大・院

¹ Okayama Univ., ² Grad., Hiroshima Univ.

Agricultural reservoirs have been used as important water resources in agriculture areas of little rain. Intensive agriculture increases the load of nutrients to surface water and groundwater, which usually causes serious eutrophication and phytoplankton blooms in small-scale reservoirs. For sustainable water use in agricultural areas, it is important to evaluate the cycles of water and nutrient in reservoirs. We aimed to examine on the seasonal variation of the stratified structure in agricultural reservoirs and its effect on the nutrient cycle. The seasonal variation of the stratification was examined using the multi-depths water temperature variation in the 4 ponds located on an island which is highly influenced by agricultural activity. DO, Chlorophyll-a, light photon, nutrients data were used for the evaluation of ecosystem condition. Water temperature was clearly different between the surface layer and the bottom layer from early spring to early autumn in some reservoirs characterized by relatively deep bathymetry or groundwater inflow from the bottom, which indicates that the thermal stratification was formed. Vertical profiles of Chlorophyll-a and DO show the significant seasonal variations from spring to winter period. However, these pattern were unique in the pond influenced by groundwater inflow.

キルギス・イシクル湖及び集水域諸河川における水質特性と物質循環 Water quality characteristics and the material circulation in Lake Issyk-kul and its catchment, in Kyrgyz

齋藤 圭^{1*}; 小寺 浩二²; 前奈 英明²

SAITOH, Kei^{1*}; KODERA, Koji²; MAEMOKU, Hideaki²

¹ 法政大学大学院, ² 法政大学文学部地理学教室

¹ Graduate Student, Hosei Univ., ² Department of Geography, Hosei Univ.

1. はじめに

塩湖は、淡水湖よりも比較的に数が少なく、また乾燥地域という過酷な環境の下に存在している故に、淡水湖よりも比較的研究の数が少ないと言われている。(A.Lerman 1984) イシクル湖の場合、集水域諸河川から運搬される物質がどのようにイシクル湖へ影響を与え、水位の低下に伴い、湖の水循環がどのように変化していくのかという議論が極めて少ない。また、極地における水質機構の解明は、地球システムの解明、淡水湖との比較研究をする上で意義があると言える。そこで本研究では、イシクル湖とその集水域の物質収支を明らかにすべく、湖への流入河川の溶存物質について研究を行った。

2. 地域概要

イシクル湖は面積 6236 km²、貯水量 1738 km³、水深 668m の内陸湖である。塩分濃度は 6 ‰と、周辺の塩湖よりも比較的低い。周辺は 3000m 以上の高山に囲まれており、集水域面積率も低い。

3. 研究方法

イシクル湖において河川・地下水・湖を中心に現地水文観測を 2012 年～2014 年夏季にかけて 3 回行った。調査地点は 42 地点で、河川 31 地点、湖 9 地点、地下水 2 地点を行った。気温、水温、EC、pH を現地観測し、持ち帰ったサンプルから TOC の測定、イオンクロマトグラフィーによる主要溶存成分分析を行った。

4. 結果と考察

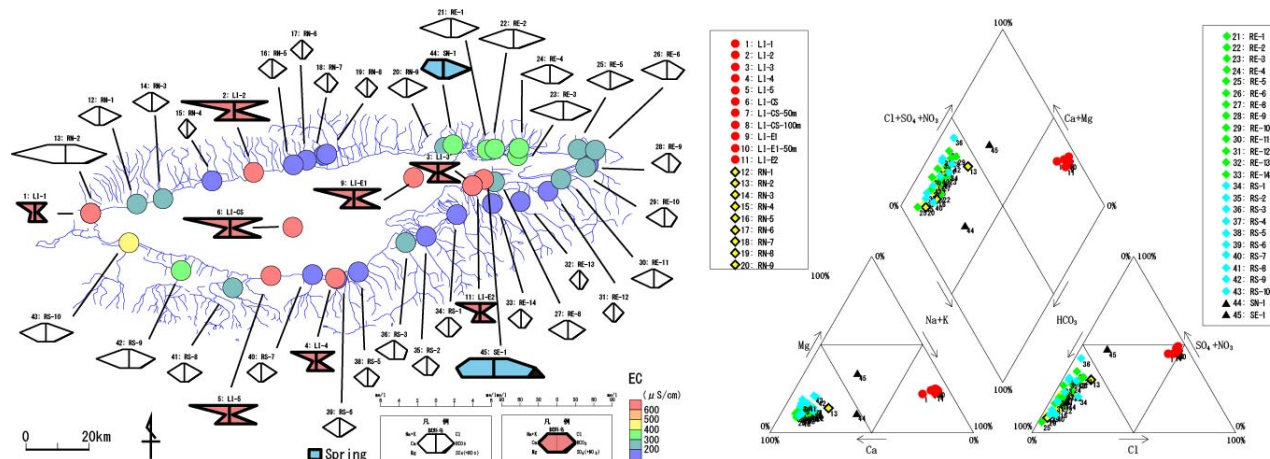
一般的に河川は Ca-HCO₃ 型であり、その中でも湖北と湖南では、溶存物質のイオン濃度が低い。一方、湖東と湖西ではイオン濃度が高く、流域特性の違いによる地質の影響の差異が認められた。世界各地の塩湖の水質組成と比較すると、イシクル湖の水質組成は Na-Mg-Cl-SO₄ 型であり、比較的に溶存している塩類のバランスが良い。これは、集水域河川や地下水を通じて、炭酸が集水域から多く供給されているためであると考えられる。また、湖南部では火成岩系の地質が多くみられ、SO₄²⁻ の供給が多いのも原因の一つであると考えられる。Ca²⁺ と HCO₃⁻ に関しては、CaCO₃ と CaSO₄ として析出していることが示唆された。これらの溶解度積を調べてみると、過飽和状態であった。天然水中であることを考慮すれば、妥当であると考えられるが、より一層の検証が必要である。

参考文献

A.S.Karmanchuk(2002): Water Chemistry and Ecology of Lake Issyk-Kul, NATO Science Series, 13, 13-26

キーワード: 塩湖, 閉塞湖, 乾燥地域, 水質組成

Keywords: Saline Lakes, Closed Lake, Arid Region, Water Quality



ダム下流部における砂の生産—運搬作用の特徴 —佐久間ダムを有する天竜川を例に— Sand grain producing and transport processes in downstream reaches of the dams-constructed Tenryu River, central Japan

宇津川 喬子^{1*}; 白井 正明¹
UTSUGAWA, Takako^{1*}; SHIRAI, Masaaki¹

¹ 首都大学東京大学院地理学教室

¹Department of Geography, Tokyo Metropolitan University

はじめに

河川に建設された発電・治水ダムは、水資源だけではなく、上流部で生産された土砂をも堰き止めることから、ダム下流域において土砂供給量が著しく減少し、下流域での河床堆積物の粗粒化や海岸侵食などの社会問題の発生に関与していると考えられている。現在行われている対策としては、例えばダム堆積物の浚渫や排砂バイパスの設置などにより、ダム下流域へと土砂を人為的に運搬する試みがあるが、こうした対策やその効果の検証は土砂、即ち砂礫の“運搬—堆積作用”にのみ注目したものが大半である。発表者らは、ダムを挟んだ上流・下流域に堆積する“礫”および礫から生産されているとされる“砂”の形状（丸み）に注目し、ダム建設に伴う河川下流域における砂の生産—運搬過程の検出を試みた。

地域概要

国内でも最大規模の土砂生産量を誇る天竜川水系には15のダムが設置され（芦田ほか、2008）、天竜川の上流部で生産された砂礫（主に花崗岩類）は、日本最大級の貯水容量をもつ佐久間ダムによって完全に堰き止められている。天竜川は佐久間ダムよりも下流で中央構造線を挟み、水窪川（流域の地質は主に結晶片岩）や気田川（同じく、主に堆積岩）を流入させて河口へと注ぐ。なお、水窪川合流部と気田川合流部の間には秋葉ダム、気田川合流部のやや下流側と河口の間には船明ダムが建設されている。

手法

佐久間ダムよりも下流域において、上記2支流および船明ダムより下流側の本流1地点、合計3地点にて砂礫の記載と採取を行なった。礫洲の水際において、まず1m×1mの区画を設置し、10cm間隔で無作為に121個の大～中礫（128～16mm）について礫種・礫径を調べた。次に隣接する位置に1m×2mの区画を設置し、観察される礫種のうち、計測に十分な量を得られた頁岩200個について、Krumbein（1941）による印象図を用いて円磨度を測定した。また、表面礫下の細粒な碎屑物（概ね16mm以下）をそれぞれの区画から採取し、室内分析を行なった。そのうち、細礫（4～2mm）、極粗粒砂（2～1mm）、粗粒砂（1～0.5mm）について、首都大学東京地理学教室が所有するデジタルマイクロスコープおよび画像解析粒度分布計を用いて、岩種および円磨度のデータを取得した（1地点あたり各粒径200粒程度）。

結果・考察

船明ダム上流域の頁岩粒子と比べて、下流側の頁岩粒子の方が円磨度が低い、即ち、より角張った粒子が多いという結果が得られた。極粗粒砂（2～1mm）より粗粒な碎屑物は、船明ダムで堰き止められており、下流域でダム建設以前に堆積した礫から新たに生産されていると考えられる。ただし、ダム下流部で観察された粗粒砂（1～0.5mm）はよく円磨された粒子と垂角状のものが混在していたことから、粗粒砂よりも細粒な碎屑物については、下流部に堆積した礫から生産された粒子に、船明ダムを通過して上流から供給された粒子も含まれている可能性が示された。

参考文献

- 芦田ほか、2008、『21世紀の河川学』京都大学学術出版会、265pp
Krumbein, W. C. 1941. Journal of Sedimentary Petrology 11: 64-72

キーワード: 砂礫, 円磨度, 破碎・摩耗作用, ダム, 天竜川流域

Keywords: gravel, sand, roundness, crush-abraion, dams construction, Tenryu River

人間活動がもたらす窒素問題：流域を越えた地球システムとのつながり Nitrogen issues induced by human activities: A big issue in Earth system beyond watersheds

林 健太郎^{1*}; 江口 定夫¹; 朝田 景¹; 吉川 省子¹; 阿部 薫¹

HAYASHI, Kentaro^{1*}; EGUCHI, Sadao¹; ASADA, Kei¹; YOSHIKAWA, Seiko¹; ABE, Kaoru¹

¹ 独立行政法人農業環境技術研究所

¹ National Institute for Agro-Environmental Sciences

生物の必須多量元素である窒素は作物の生産に欠かせない肥料である。ハーバー・ボッシュ法による大気分子窒素のアンモニアとしての固定が実現して以来、安価に大量に製造が可能となった窒素肥料によって食料や飼料としての作物生産が大きく伸びた。窒素肥料は世界人口の増加を下支えするとともに、多くの国において肉類の消費を増加させている。現在では世界人口の約半分がハーバー・ボッシュ法の窒素肥料に依存すると推計されている。一方、農耕地に投入される窒素肥料のうち作物が吸収するものは、日本国内では平均的に約40%であるものの、世界では平均的に約25%にとどまると推計されている。作物に吸収されない窒素のうち一部は有機物として土壌に蓄積されるとしても、大部分は地下浸透や表面流出を経ての水域への窒素負荷、あるいは関連ガスやエアロゾルの発生を経ての大気への窒素負荷となる。また、収穫した作物あるいは輸入した作物を飼料として育てる家畜の排せつ物も水域や大気への窒素負荷の原因となる。負荷された窒素は様々な化学種に形を変えつつ環境を巡り（窒素カスケード）、その過程で水質汚染、大気汚染、温室効果、成層圏オゾン破壊、富栄養化、および酸性化などの多様な環境影響をもたらす（これを「窒素問題」と称する）。環境中の窒素動態の全貌を捉えることは容易ではない。

日本における窒素問題の典型は、耕種農業や畜産業が盛んな集水域における地下水や湖沼の水質汚染、また、生活排水などの流入負荷が大きい湖沼や内湾の水質汚染である。しかし、水質汚染をもたらす窒素化合物は窒素カスケードを通じて他の環境媒体とも繋がっている。例えば、人間活動に伴い大気に放出される窒素化合物の大気沈着（湿性・乾性沈着）は集水域への窒素インプットとして重要な寄与を成し、土壌や水域における硝化および脱窒に伴い発生する一酸化二窒素は強い温室効果と成層圏オゾン破壊効果を有する。日本は狭い国土に多くの人口を有することに加え、食料・飼料の海外依存度が高い（食料自給率は39%、飼料自給率は26%）。さらに近年では大量の食品が消費されずに廃棄されている。国内の廃棄食品は年間500～800万トンと試算され、これは世界全体の食料援助400万トンよりも多い。これらの結果、日本では循環利用されずに環境に負荷される窒素の量が大きくなりやすい。単位面積あたりでは日本は世界有数の高窒素負荷の国である。

窒素利用の最大化と窒素負荷の最小化というジレンマは、食料生産、エネルギー利用、そして地球システムの持続可能性において最も重要な事柄の一つである。よって、窒素問題に対する国際的な関心は高い。窒素に関する研究者により構成される国際窒素イニシアティブ（INI）は、3年ごとの国際窒素会議や世界各地の窒素アセスメントの実施など、窒素問題の解決に向けた様々な活動を展開しているほか、経済協力開発機構（OECD）はINIの協力を得つつ窒素問題の評価指標の開発に取り組んでおり、国連環境計画（UNEP）もまたINIと協同して国際窒素管理システム（INMS）という科学と政策を繋ぐシステム作りを目的とする国際プロジェクトの立ち上げを進めている。そして、あらゆるステークホルダーを巻き込んで2015年より本格的に開始する大型国際プロジェクト Future Earth は、食料生産の持続可能性を重要な課題の一つとしており、窒素のジレンマの解決は重要な研究要素となる。

このような世界情勢に比べて日本の取り組みは遅れている。水質、大気質、および地球環境問題などの個別課題において様々な研究が行われている一方で、窒素カスケードを通じて複雑な挙動を見せる窒素動態を包括的に捉え、その研究成果を行政などの他のセクターと共有して議論する取り組みが不足している。本発表は、日本の窒素問題の現状と世界の最先端の取り組みを紹介した上で、窒素問題に包括的に取り組んでいくために、日本国内に窒素専門家グループの設立を提言することを目的とする。窒素問題は多くの分野にまたがるため、窒素専門家グループには分野ごとのサブグループ（例：農業、陸水、海洋、大気、陸域、産業）を設けることを想定している。関心のある専門家の賛同と参画に期待する。

キーワード: 窒素, 水質, 大気質, 富栄養化, 地球環境, 国際窒素管理システム

Keywords: Nitrogen, Water quality, Air quality, Eutrophication, Global environment, International Nitrogen Management System

窒素流入量の異なる森林流域における溶存有機窒素動態
Dissolved organic nitrogen dynamics in forested watersheds with different nitrogen inputs

小林 政広^{1*}; 伊藤 優子¹; 篠宮 佳樹²
KOBAYASHI, Masahiro^{1*}; ITOH, Yuko¹; SHINOMIYA, Yoshiki²

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

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

Increasing atmospheric nitrogen deposition often causes nitrogen saturation in forest ecosystems around Kanto plain in Japan. To clarify the mechanism of nitrogen saturation, we have observed the dissolved nitrogen of bulk precipitation, throughfall, litter leachate, soil water, and stream water in Katsura experimental forest (KEF) with low nitrogen deposition and Tsukuba experimental forest (TEF) with high nitrogen deposition. In the present study, we focused on the flux and discharge of dissolved organic nitrogen (DON) in the studied forest ecosystems. The seasonal variation of the ratio of DON to the total dissolved nitrogen (TDN) was observed for the litter leachate both in KEF and TEF. The DON/TDN ratios for litter leachate, stream water were lower in TEF than in KEF. It may be caused by the high rate of mineralization in TEF with excessive nitrogen.

キーワード: 森林, 溶存有機窒素, フラックス, 流出

Keywords: Forest, dissolved organic nitrogen, flux, discharge

北陸地方の森林流域における大気由来窒素の流入 Atmospheric nitrogen deposition on a forest watershed in the Hokuriku district

伊藤 優子^{1*}; 小倉 晃²; 高瀬 恵次³
ITO, Yuko^{1*}; OGURA, Akira²; TAKASE, Keiji³

¹ 森林総合研究所, ² 石川県農林総合研究センター林業試験場, ³ 石川県立大学

¹FFPRI, ²Research Center for Agricultural and Forestry, Ishikawa Prefecture, ³Ishikawa Prefecture University

近年の急激な経済発展に伴いアジア大陸からの大気汚染物質流入量の増加が懸念されている。今後、日本海側の森林域においても大都市圏周辺の森林と同様に窒素飽和等の物質循環の攪乱が発現する可能性がある。そのため、これらの地域の森林流域における物質循環への影響を解明する必要がある。しかしながら、これらの地域は降雪量が多いため年間を通じた森林における物質動態観測が困難であった。本研究では石川県白山市の森林小流域において、年間を通じた降水・降雪に伴う大気から森林への窒素流入実態の解明を行った。

キーワード: 多雪地域, 森林生態系, 物質循環

面源負荷原単位の簡易推定法の提案、およびその妥当性の検討 Simple method to estimate pollution loads from non-point sources and its applicability

吉川 省子^{1*}; 望月 秀俊²; 高橋 英博²

YOSHIKAWA, Seiko^{1*}; MOCHIZUKI, Hidetoshi²; TAKAHASHI, Hidehiro²

¹ 農業環境技術研究所, ² 農研機構 近畿中国四国農業研究センター

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

1. 目的

近年、主に化成窒素肥料の生産に起因して、環境中に活性な窒素が増加している。その結果、水質汚染、大気汚染、温室効果、成層圏オゾン破壊、富栄養化、および酸性化など多様な環境問題が生じている。産業系・事業所系の点源負荷は規制が進んでいるが、面源からの負荷は定量が難しく、規制されていない現状である。本報では、既存のデータを利用して窒素面源負荷量を推定する方法を示し、その妥当性を検討する。

2. 研究方法

対象地域は香川県の26河川流域(1,342 km²)である。著者らは前報で、その26河川水およびその流域の地下水のNO₃-N濃度と、農地に施用された余剰窒素に関係があることを示した。本報では、26河川流域の各土地利用割合と、河川水のT-N濃度、あるいは地下水の流域平均NO₃-N濃度の間の重回帰分析により、土地利用ごとのいわゆる「濃度原単位」を求めた。さらに河川流量および地下水流量を乗じることにより、土地利用ごとの「負荷原単位」を求めた。求めた負荷原単位について、一河川(金倉川)流域を対象として、1994~1995年、および2007~2008年に測定した浅層地下水水質、および、その2時期の耕地面積等の関係を調べることで、この方法で求めた負荷原単位の妥当性の検証を試みた。解析には、市町ごとの主要農産物の作付面積、施肥基準、作物の吸収窒素量データ、浅層地下水NO₃-N濃度データ、河川水質・流量・水位データ、金倉川流域の市町村別の農地面積、土地利用別蒸発散データ、香川用水農業用水配水実績データ等を用いた。

3. 結果および考察

窒素濃度原単位は、地目別に畑、水田、森林、市街地について、河川水ではそれぞれ9.0, 3.6, 0.8, 3.6 mg L⁻¹ (望月ら2013)、地下水ではそれぞれ15.2, 10.3, 2.3, 2.5 mg L⁻¹であった(市街地では、点源負荷すべてが下水処理場を経て海域に排出されるわけではないため、不確かさを含む)。この濃度原単位に香川県の平均河川流量2134 t ha⁻¹ (高橋ら2010)、および、推定地下水流量481 t ha⁻¹ (清水ら2009)を乗じることにより、畑、水田、森林、市街地それぞれの窒素負荷原単位26.6, 12.6, 2.8, 8.8 kg ha⁻¹ y⁻¹を得た。これらは、環境省で採用している窒素負荷原単位と近い。

次に、金倉川流域を対象に、上記2時期の水および窒素収支を推定した。降水量は上流、中流、下流の近傍の雨量観測地の11年間(2002~2012年)のデータの平均値1159mm、香川用水農業用水の金倉川流域への平均配水量は入手した1994~2005年のデータの平均値177mm、および、蒸発散量は香川県の測定データ(三野ら1965)等の水田1131mm、畑地932mm、森林・樹園地745mm、市街地562mm、水域800mm、金倉川の流量は、2000~2006年の水位と流量データの解析による406mmを用いた。その結果、地下への浸透量は2時期でそれぞれ158mm, 148mmと計算された。金倉川流域内の湧水のNO₃-N濃度は1994~1995年では下流に向かうほど上昇する傾向が見られたのに対して、2007~2008年ではその傾向は小さくなっていた。金倉川流域内の耕地面積は23.8%から21.4%に減少し、流域内の算定農耕地由来余剰窒素(施用N-吸収N)は31.1 kg ha⁻¹から27.2 kg ha⁻¹に減少した。上記で求めた原単位と土地利用割合から計算すると、上記の2時期において農地からの余剰窒素は全体の余剰窒素のそれぞれ72%, 69%に相当し、流域全体の算出余剰窒素は43.2 kg ha⁻¹から39.7 kg ha⁻¹に減少した(海域に直接流出する事業所系の負荷は含んでいない)。河川水の中全窒素濃度は、2.5 mg L⁻¹から2.4 mg L⁻¹に低下し、流域の地下水NO₃-N濃度は河口付近では、およそ8 mg L⁻¹から6 mg L⁻¹に低下した。上記の2時期において流域全体の余剰窒素が河川水と地下水に均等に溶存すると仮定すると、窒素濃度はそれぞれの7.8 mg L⁻¹, 7.0 mg L⁻¹となり、河川・地下水経路で海岸に達する窒素量は流域全体の余剰窒素のそれぞれ51%と48%と計算された。流域で発生する余剰窒素は河川や地下水に到達する過程および流下する過程で都市域源流河川以外では脱窒や水生植物による吸収等で半分あるいはそれ以上減少する事例が示されている(和田・三浦1985)。この流域でも同様の結果が得られ、本報による原単位推定がおおむね妥当であることを示唆する。

キーワード: 土地利用, 面源窒素負荷, 原単位, 地下水, 河川水

Keywords: landuse, non-point source, pollution loads, groundwater, river water

Spatial distribution of nitrogen load and its impact on coastal environment from bay area in Kyushu

Spatial distribution of nitrogen load and its impact on coastal environment from bay area in Kyushu

白 佳卉^{1*}; 清水 裕太²; 小野寺 真一¹; 齋藤 光代³; 金 广哲¹
BAI, Jiahui^{1*}; SHIMIZU, Yuta²; ONODERA, Shin-ichi¹; SAITO, Mitsuyo³; JIN, Guangzhe¹

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

Human activity has obviously changed the global nitrogen (N) cycle, with an increasing amount of N applying to the environment. Clarify N load and N cycle has become more important and necessary. Kyushu area is one of the main agricultural area in Japan. It is an important region which could comprise over one fifth of total agriculture products of Japan. The production of vegetable and beef has rapidly increased in past 30 years after the negotiation with Pacific Strategic Economic Partnership Agreement (TPP) for agricultural products. On the other hand, the increasing amount of fertilizer into farmland and livestock have increased the regional N load into coastal area, which may increase the costal stress of eutrophication and enhance eutrophication in enclosed bays. In this research, it is aimed to estimate the N load in coastal bay watersheds of Kyushu area for the past 30 years. Especially, it is estimated the spatial variation of the current N load into environment, and the water quality of related enclosed bays for identifying N budget in the areas where severe water pollution might be occurred.

The three coastal watersheds, the Yatsushiro Bay, Kagoshima Bay and Omura Bay, are selected as research area. A GIS based N flow model was developed to estimate the N budget in of 1km x 1km scale in this research. The N cycling model includes simple water budget model with the N pathways of agriculture, livestock and human impacts. The estimation was the agricultural production, food consumption, ammonia volatilization and the accumulation of soil in each region, finally to calculate the N load in the water environment and the total N load in the watershed of

Results shows a sharply increasing in N load from 1975 to 2005 in Yatsushiro bay watershed. The estimated total N load in 1975 and 2005 were 133 kg/ha and 214 kg/ha, respectively. It was indicated that relatively higher N contribution from livestock compared to population and crop based on the analysis in 1995; the total N load of crops, resident and livestock were 18.0 kg/ha, 53.7kg/ha and 62.3 kg/ha, respectively. However, the resident became the dominant source of total N load in 2005. While it increased to 204 kg/ha, the crops and livestock decreased to 6.86 kg/ha and 6.89 kg/ha, respectively. The dominant of N load has changed from livestock to resident in 2005. This may due to the change of N structure; with the improvement of people's living standard, the amount of food untaken by resident has increased. The average protein consumption per capita has increased from 30.0g/day in 1975 to 370g/day in 2005. In addition, the Kyushu area has abundantly precipitation which lead to a significant large surface water discharge. It shows a larger portion of N will finally discharged into the related coastal area through rivers compared to groundwater. For example in 2005, the N pathway ratio of surface water/groundwater is 5.5:1. Approximately 8.26×10^3 tons of the N could be discharged from land into the bay. The increasing trend of N discharge in past 30 years may contributes to the increasing eutrophication events in related bays. On spatial variation, there shows a series of high N load area along the coastal area, the historical variation of N load shows these area has shown high and constant in last 30 year, the plankton shows high level near these area compared to the low discharge area.

Keywords: N flow model, nitrogen contamination, fertilizer, agricultural production, water pollution, eutrophication

琉球石灰岩帯水層における硝化と脱窒 Nitrification and Denitrification of Groundwater in Ryukyu Limestone Aquifer

中野 拓治^{1*}; 安元 純¹; 聖川 健斗¹
NAKANO, Takuji^{1*}; YASUMOTO, Jun¹; HIJIKAWA, Kento¹

¹ 琉球大学 農学部

¹University of The Ryukyus

In recent years, drinking water due to excessive fertilization and domestic waste water, nitrate nitrogen pollution of groundwater has occurred in many places, it has become one of the most pressing challenges for conservation water environment. on the other hand, Ryukyu limestone the distribution areas, from surface geology characteristic is a high permeability of porous, groundwater pollution such as nitrate nitrogen is also easy to progress, water pollution by nitrate nitrogen concentration has been reported. The study area is located in the southern part of Okinawa Main Island, Japan, where Ryukyu limestone is extensively distributed. In this study, from the point of view that contribute to the proper use of groundwater, including the future of water quality management, using the water quality data, the elucidation of understanding and water quality formation mechanism of nitrification-denitrification dynamics of limestone aquifer groundwater areas are carried out. It is suggested that nitrogen load from agricultural land in this area influences the long-term fluctuation of NO_3^- -N concentrations in groundwater. It is recognized that groundwater level participates annual fluctuation of NO_3^- -N concentrations in groundwater. It is considered that NO_3^- -N concentrations are influenced by nitrogen load accompanied with groundwater flow from the upstream to the downstream of the study area. It is also found that NO_3^- -N concentration formation is assumed to depend on two factors, that, mixing-inflow actions and denitrification-dilution actions under conditions of groundwater flow caused by completion of the subsurface dam. Through advection action and diffusion effects associated with the event changes in groundwater flow triggered by the precipitation, after the equilibrium state of the dissolved substance is lost, nitrogen component to keep the equilibrium state by adsorption, creation, annihilation action and dilution and concentration effect. The hydrological condition and groundwater flows may cause the redox diagram of nitrogen so that patterns of electron donors and acceptors also play important role on nitrification and denitrification processes. It is considered that transport of nitrate sources tends to determine the nitrification and denitrification of potential as extend nitrate is transported as conservative substance through the aquifer. Nitrification reaction rate constant in the Ryukyu limestone aquifer is $0.031 \sim 0.089 \text{ h}^{-1}$, denitrification reaction rate constant is $0.008 \sim 0.145 \text{ h}^{-1}$, both nitrification reaction rate constant is higher than the literature value of field soil oxidation state a value, denitrification rate constant has been shown to be not less than paddy soil of reduced state, has revealed that it has a high nitrification-denitrification potential.

キーワード: 硝化, 脱窒, 地下水, 琉球石灰岩

Keywords: Nitrification, Denitrification, Groundwater, Ryukyu Limestone Aquifer

Bangladesh 西北部の浅層地下水中のヒ素の分布ーヒ素の濃集と移動過程の理解 Spatial distribution of arsenic in shallow alluvial aquifer in northwestern part of Bangladesh: Implication for arsenic

Reza Selim A.H.M.^{1*}

REZA, Selim^{1*}

¹ ラジュシャヒ大学地質鉱床学教室

¹Department of Geology and Mining, University of Rajshahi

Concentrations of As in groundwater sampled from the 38 shallow tube wells at different depths spanned three orders of magnitude, from 0.5 $\mu\text{g/L}$ to 164 $\mu\text{g/L}$ (Mean 20 $\mu\text{g/L} \pm \text{Std. } 36.46 \mu\text{g/L}$). Groundwater As concentration generally increased with depth starting from the shallowest monitoring well, peaked at 15 m and 20 m at different sites, and then declined again towards the deeper part of the shallow aquifer. The dominant groundwater type is Ca-HCO_3 with high concentrations of As and Fe but low levels of NO_3^- and SO_4^{2-} , while As is not correlated with Fe ($R^2=0.05$) and positively correlated with Mn ($R^2=0.126$) in groundwater. The positive correlations along with results of sequential leaching experiments suggest that reductive dissolution of FeOOH and MnOOH mediated by anaerobic bacteria represents mechanism for releasing arsenic into the groundwater. Poor correlation between As and Fe as well as As and Mn concentrations in groundwaters suggest that probably siderite (saturation indices 1.53-4.21) and/or rhodochrosite (saturation indices 1.34-2.97) precipitated as secondary mineral on the surface of the sediment particles. Factor analysis was performed on hydro-chemical data. The results show that a few factors adequately represent the traits that define water chemistry. The first factor of Ca, Mg and Na reflects the hardness of groundwater, which is confirmed by the hydrochemical facies analysis. Cl and SO_4 are grouped under the second factor representing the groundwater contamination due to anthropogenic activities. The third factor, represented by As, Mn and K is related to As mobilization processes. K may be derived from anthropogenic activities which may be responsible for the mobilization of arsenic mobilization. The fourth factor of Fe and HCO_3 is strongly influenced by bacterial Fe(III) reduction which would raise both Fe and HCO_3 concentrations in water. Groundwaters in Barogoria village contain low concentration of As below the WHO standard ($<10 \mu\text{g/L}$), and this type of water is generally suitable for extraction for domestic uses though this is Holocene aquifer. Spatial evolutions help in better understanding mechanisms of As mobilization and in developing effective strategies for ensuring drinking water safety. Possible solutions are to install tube wells in the deeper Pleistocene aquifers or use clean surface water sources such as reservoirs or rain water. The investigation suggested that monitoring of groundwater As should be routinely carried out to ensure the drinking water safety in the As-affected areas.

Keywords: Northwestern Bangladesh, arsenic mobilization, siderite / rhodochrositeprecipitation.

キーワード: 酸水酸化鉄, マンガン酸化物, バクテリアによる還元作用

Keywords: Fe-oxyhydroxides, Mn-oxides, Bacterial reduction

ベトナム北部を流れる紅河河川水の主成分及び微量元素の季節変化 Seasonal change of the major and trace elements of Red river water, northern Vietnam.

井上 凌^{1*}; 益田 晴恵¹; 米澤 剛²; トロン シエンルアン³; 中野 孝教⁴
INOUE, Ryo^{1*}; MASUDA, Harue¹; YONEZAWA, Go²; TRUONG, Xuanluang³; NAKANO, Takanori⁴

¹ 大阪市立大学大学院理学研究科, ² 大阪市立大学大学院創造都市研究科, ³ ハノイ鉱山地質大学, ⁴ 総合地球環境学研究所
¹Graduate School of Science, Osaka City University, ²Graduate School of Creative Cities, Osaka City University, ³Hanoi University of Mining Geology, ⁴Research Institute for Humanity and Nature

中国雲南省に源流を持つ紅河は中国国内を流下し、ベトナム領では紅河断層に沿って流下し、下流域に紅河デルタを形成している。ベトナム領内では紅河沿いに、中国との国境に位置するラオカイをはじめ、バオハ、イエンバイ、首都であるハノイ、ナムディンと大きな街が存在している。2000年代に入って以降、紅河下流域（ハノイから下流）のデルタ地帯を中心に、ヒ素によって地下水が汚染されている地域が広がっていることが明らかになった。ヒ素の原因物質は紅河を通じて帯水層に運搬されていると考えられるが、その運搬過程は不明である。

本研究は紅河におけるヒ素の運搬過程を明らかにするために計画した。ここでは、ヒ素の運搬過程を追跡するために雨期（n=29）と乾期（n=45）に採取した河川水試料中のヒ素濃度と水の酸素・水素の安定同位体比を分析した結果を述べる。

紅河本流の河川水中総ヒ素濃度は雨季：1.4-9.1 $\mu\text{g/L}$ 、乾季：2.2-92.9 $\mu\text{g/L}$ であった。中国との国境に位置するラオカイ周辺では河川水中の総ヒ素濃度は、雨期：9.1 $\mu\text{g/L}$ 、乾期：33.9 $\mu\text{g/L}$ であった。WHOにおけるヒ素の水質基準値は10 $\mu\text{g/L}$ であり、雨期には基準値を下回っているもののどちらの時期も濃度は高い。雨期、乾期ともにラオカイから下流に向かうにしたがってヒ素濃度が減少していく傾向がみられた。ラオカイから約300km下流に位置するハノイ周辺では、総ヒ素濃度は雨季：1.4 $\mu\text{g/L}$ 、乾季：3.8 $\mu\text{g/L}$ であった。紅河に流れ込む支流の総ヒ素濃度はどちらの時期も本流の濃度よりも低い範囲にある（雨季：0.2-1.6 $\mu\text{g/L}$ 、乾季：0.3-4.5 $\mu\text{g/L}$ ）。

雨季、乾季共に試料の水の酸素・水素同位体比の値はGMWL（ $\delta^2\text{H}=8*\delta^{18}\text{O}+10$ ）上に乗り、顕著に外れる試料はなかった。 $\delta^{18}\text{O}$ は、雨季には多くの支流で本流よりも小さく、乾季には大きい傾向が見られた。支流が流入すると、本流の $\delta^{18}\text{O}$ が支流の値に近づくことから、年間を通して支流からの流入量は本流の水質組成に影響力を持っていると言える。この支流からの影響は降水の豊富な雨季に顕著である。

紅河における総ヒ素濃度は雨季よりも乾季に濃度が高く、乾季には上流域でWHOの水質基準を超えた。雨季、乾季共に紅河における総ヒ素濃度は概ね上流ほど高く、下流に向かうに従い減少した。濃度が減少する要因はベトナム領内に涵養域を持つ支流の流入である。最上流地点でヒ素の約4割が溶存態で存在し、下流に向かうにつれてその割合は増え下流ではほぼ全てが溶存態となる。

キーワード: ベトナム, 紅河, ヒ素, 季節変化

Keywords: Vietnam, Red River, Arsenic, Seasonal Change

Arsenic in river waters of the Hokusetsu Area of Osaka Prefecture - Distribution, origin and transport process

Arsenic in river waters of the Hokusetsu Area of Osaka Prefecture - Distribution, origin and transport process

EVEN, Emilie^{1*}; MASUDA, Harue¹; SHIBATA, Takahiro¹; NOJIMA, Aki¹
EVEN, Emilie^{1*}; MASUDA, Harue¹; SHIBATA, Takahiro¹; NOJIMA, Aki¹

¹Osaka City University

¹Osaka City University

Within the present study, extent of high arsenic concentrations is investigated in river waters of the Hokusetsu area of Osaka and Kyoto Prefectures where naturally As contaminated waters have been reported. For example, after the 1995 Kobe earthquake and the following years, waters of Ina and Yono rivers systems were reported with high concentrations (>10ppb) of arsenic.

The distribution of As in water (<1 to 38ppb) reveals a pattern related to the Ibaraki plutons that intrude the Permian to Jurassic sedimentary rocks (sandstone, shale, bedded chert); high As concentrations are found in the areas around the intrusive rock body, while concentrations are rather low in areas of sedimentary rocks far from the plutons. High concentrations in water correlate with high As contents in riverbed sediments (<2.5 to 55ppm) which are also distributed in accordance with the local geology of pyrite-rich sedimentary rocks.

Isotopic analysis of $\delta^{34}\text{S}_{\text{CDT}}$ of sulfate ions in river waters (+4.5 ‰ median) fall within the same range of previous studies, but these values seem to show river waters impacted by atmospheric depositions. One spring sample (+2.6 ‰) tends to confirm that the As origin is pyrite in shale rocks (-3.0 ‰ to +1.4 ‰) rather from pyrite in chert (-8.8 ‰).

Analysis of river concentrations in unfiltered, 0.7 μm and 0.2 μm filtered waters show that As remains mostly in the dissolved pool (<0.2 μm) along the river course, while the particulate fraction of Fe, Mn and Al represent 68% of the total concentration in average. These results as well as Principal Component Analysis suggest that As is therefore not transported with clay particles and/or Fe/Mn/Al oxides as believed by many researchers.

キーワード: Arsenic, river water, source rock, sediments, transport

Keywords: Arsenic, river water, source rock, sediments, transport

上水道水源自然湧水中のセシウムの地下水滞留時間に伴う減少 Cesium decrease with groundwater residence time in natural spring drinking water

中屋 眞司^{1*}; ファン ホアン ミン ハ¹; 岩井 慶貴¹; 伊東 章裕¹; 青木 秀斗¹; 中野 孝教²
NAKAYA, Shinji^{1*}; PHAN, Hoang minh ha¹; IWAI, Yoshiki¹; ITOH, Akihiro¹; AOKI, Hideto¹;
NAKANO, Takanori²

¹ 信州大学工学部土木工学科, ² 総合地球環境学研究所

¹Department of Civil Engineering, Shinshu University, ²Research Institute for Humanity and Nature

It is known that the active Cs sorption onto colloidal-size clay minerals in groundwater is observed and the active Cs can be transported with the colloidal fraction of groundwater by water flows. However, the longtime behavior of radioactive and non-active Cs, contained in the flowing groundwater in the aquifers of groundwater source areas, is unknown in terms of the natural water cycle. Herein, we investigate the non-active Cs concentration in natural spring drinking water with the residence time in a groundwater source area of a mountainside composed of volcanic rock, compared with those of other trace elements. This investigation demonstrates that the observed Cs concentration in natural spring drinking water exponentially decreases slowly with the groundwater residence time (~45 yr), while several trace elements, namely, P, V, Ga, and Ge, increase in concentration with the groundwater residence time through chemical weathering. The findings suggest that active Cs, contained in flowing groundwater in mountain water source areas, may decrease exponentially at the rate of one-tenth in twenty-two years, by sorption onto the aquifer through rock-water interaction excluding radioactive decay. For the sustainable management of water sources and ecosystems, the long-term (~50 yrs.) monitoring of the active Cs in groundwater is needed in mountain water source areas where radioactive cesium has been dispersed at times of nuclear power plant accidents.

キーワード: セシウム, 地下水, 滞留時間, 六フッ化硫黄, ハケ岳

Keywords: Cesium, Groundwater, Residence time, Sulfur hexafluoride, Yatugatake

福島県浜通り南部地域における地下水の滞留時間推定 Groundwater dating in southern Hamadori region, Fukushima, Japan

柏谷 公希^{1*}; 武藤 雄太¹; 久保 大樹¹; 小池 克明¹; 柴崎 直明²; 藪崎 志穂²; 中屋 眞司³;
井川 怜欧⁴; 丸井 敦尚⁴
KASHIWAYA, Koki^{1*}; MUTO, Yuta¹; KUBO, Taiki¹; KOIKE, Katsuaki¹; SHIBASAKI, Naoaki²;
YABUSAKI, Shiho²; NAKAYA, Shinji³; IKAWA, Reo⁴; MARUI, Atsunao⁴

¹ 京都大学, ² 福島大学, ³ 信州大学, ⁴ 産業技術総合研究所

¹ Kyoto University, ² Fukushima University, ³ Shinshu University, ⁴ AIST

地下水流動やそれに伴う物質移行と密接に関連する地下水系の特性を把握することは、地下水の水量の減少や水質の悪化を防ぎ、地下水資源を持続的に利用する上で有用だけでなく、汚染に対する地下水系の脆弱性を評価し、万が一汚染が生じた場合に汚染状況の時間的・空間的变化を予測するために役立つ。地下水資源の分布域や、それぞれの地下水系の流動速度、汚染に対する脆弱性などを把握し、東日本大震災からの復興に役立てることを目的に、産業技術総合研究所により地下水汚染リスク評価研究が実施され、その一環として著者らは福島県浜通り南部地域の地下水調査を実施した(武藤ほか, 2013)。地下水の滞留時間に関する情報は流動状態を推定する上で重要な手がかりとなるため、本調査では主要溶存成分濃度、重金属濃度、水素酸素同位体比などに加えて、地下水の滞留時間を推定可能な年代指標である六フッ化硫黄(SF₆)とトリチウムの分析を行った。

調査地域は福島県浜通り地域の南部に位置するいわき市と広野町で、いわき市の39箇所の井戸と、広野町の27箇所の井戸で地下水試料を採取した。分析の結果、SF₆が検出されなかったのは1箇所の井戸のみで、他の全ての井戸の地下水でSF₆が検出された。また、4箇所の井戸で大気平衡では説明できない高いSF₆濃度が得られ、局所的なコンタミの影響と考えられた。SF₆の産業的な合成が始まったのは1953年であり(Maiss and Brenninkmeijer, 1998)、この結果は、ほとんどの井戸の地下水は少なくとも部分的に1953年以降に涵養された地下水を含むことを示している。地下水の混合を考慮せず、ピストン流を仮定して算出した滞留時間(見かけ年代)の第1四分位数は18.9年、中央値は21.8年、第3四分位数は26.8年であった。発表では、Lumped parameter model(Zuber and Maloszewski, 2001)を用いてSF₆とトリチウムの分析結果を比較するとともに、推定された滞留時間の地域的特徴について述べる。

引用文献

武藤雄太, 柏谷公希, 久保大樹, 小池克明, 藪崎志穂, 柴崎直明, 井川怜欧, 丸井敦尚, 2013, 地下水の地球化学的特性から示唆された福島県広野地域の地下水流動系, 日本地下水学会 2013 年秋季講演会講演要旨, 204-209.

Maiss M. and C. A. M. Brenninkmeijer, 1998, Atmospheric SF₆: Trends, sources, and prospects, *Environmental Science and Technology*, 32, 3077-3086.

Zuber A. and P. Maloszewski, 2001, Lumped parameter models, in: Mook, W.G. (Ed.), *Environmental Isotopes in the Hydrological Cycle*, Vol. VI. UNESCO, Paris, 5-35.

キーワード: 地下水, 滞留時間, トリチウム, 六フッ化硫黄, 福島, 東日本大震災

Keywords: groundwater, residence time, tritium, sulfur hexafluoride, Fukushima, The Great East Japan Earthquake

旭川氾濫原における活発かつ部分的な河川-地下水交流とその物質循環への影響 Active and Partial River-Groundwater Interaction and the Influence of Nutrient Cycle in the Asahi River Floodplain

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

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

本研究は、河川氾濫原における河川水と地下水の交流現象に注目し、沿岸生態系にとって重要な河川の栄養塩生成に対するこれらの効果を定量的に明らかにしたものである。具体的には、瀬戸内海に流入し中国地方の代表的な河川である岡山県の旭川に注目し、その下流部に位置する氾濫原を試験地として研究を行った。調査は卒業論文から含めて3年間行い、幅約1 kmの氾濫原のうち河道から500mの範囲に分布する井戸や天然の池で水温、水質をモニターした。水質については、栄養塩類を含む一般水質と水の酸素安定同位体比の分析を行った。また、計測された変動を熱輸送モデルおよび物質輸送モデルによって解析し地下水フラックスを算出した。結果は以下の通りである。

1) 河川-地下水交流場における池や井戸の水温と酸素安定同位体比は、河川の変動に比べて位相の遅れと変動幅の減衰傾向を示した。この特徴を、河川水が旧河道のような帯水層中の極めて透水性の高い部分を経由して池まで輸送されてきたと仮定し熱もしくは物質の輸送モデルで解析した結果、そこを経由した地下水フラックスはそれぞれの解析でほぼ一致し、数 m/day に達することが明らかになった。また、温度から見積もられた結果は3年間の年々変動が2.9~6.5 m/dであり、同位体から見積もられた結果は季節変動が3.3~6.7 m/dであることを示した。

2) 河川-地下水交流場における地下水面図、水質分布および水温変動特性から、対象とした氾濫原は4領域の極めて透水性の高い部分(地層)に区分された。河道側から順にA~D帯と定義し、A~C帯までは各幅が100m~200m程度で、D帯の幅が山地斜面末端までの500m程度であった。各滞留時間は、流動距離を考慮して30日~90日程度であると見積もられた。

3) 最後に、A~C帯における、より下流側に位置する池出口(下流部)の栄養塩濃度(溶存硝酸性窒素及び無機リン)と河川水との比較を行った結果、硝酸性窒素では減衰傾向を、無機リンでは上昇傾向が確認された。これらの濃度変化分と地下水フラックス(池の断面流量)の積から、交流場での栄養塩変化量を見積もった。その結果、幅500mの氾濫原における交流量(=河川伏流量=地下水フラックス)は河川流量の6%程度で、硝酸性窒素減衰量は河川流出量の2%、リン酸増加量は7%に及んだ。流域全体では交流場となりうる氾濫原は50程度あることから、河川-地下水交流由来の栄養塩供給が河川の栄養塩にとって重要であることが確認できた。従来の研究がより滞留時間の短い河道から数10m程度で評価していたのに対して、本論文は数100m程度の範囲で評価した点で新規性が高い。

リン酸 - 酸素安定同位体分析が拓くリン循環研究の黎明 Phosphate oxygen isotope analysis to study phosphorous cycling

奥田 昇^{1*}; Cid Abigail¹; 陀安 一郎¹; 井手 淳一郎²
OKUDA, Noboru^{1*}; CID, Abigail¹; TAYASU, Ichiro¹; IDE, Jun-ichiro²

¹ 総合地球環境学研究所, ² 九州大学持続可能な社会のための決断科学センター

¹Research Institute for Humanity & Nature, ²Institute of Decision Science for a Sustainable Society, Kyusyu University

人類は、栄養元素からエネルギーや肥料を生み出す科学技術によって、急速な人口増加と社会発展を遂げた。一方、栄養元素の過剰消費によって社会の持続的成長の限界が露呈されるとともに、地圏-生命圏の「栄養バランスの不均衡」が顕在化することとなった。栄養バランスの不均衡は、生物多様性の低下と生態系の循環機能不全を引き起こし、我々の健全で文化的な生活を支える生態系サービスの損失を招くと危惧される。流域圏社会-生態システムにおける栄養循環不全を解消するには、流域社会の多様なステークホルダーと協働して、持続可能な循環型社会の構築に資する新たな環境知を創造するプロセスが不可欠である。現在、我々は、総合地球環境学研究所が推進するプロジェクト研究「生物多様性が駆動する栄養循環と流域圏社会-生態システムの健全性」に従事している。本研究は、超学際科学の理念に基づいて、地域社会との協働の下、生物多様性が駆動する栄養循環を「見える化」することにより、流域生態系の栄養循環を促進する順応的流域ガバナンスを社会実装することを目指す。

この栄養バランスの不均衡の問題を考える上で、我々は、リンの循環に焦点を当てる。生命の必須元素であるリンは、情報因子 (DNA)、エネルギー源 (ATP)、物質生産場 (RNA)、細胞骨格 (リンタンパク・リン脂質) などの主成分として、生物代謝の重要な機能を担う。また、リンは生物に利用可能な形態での存在量が希少であるため、生態系の代謝速度 (生産性) を制御する律速因子ともなりうる。このような特性のため、人間活動に伴うリン資源の局在化は、富栄養化など水系の生産過多を引き起こし、他方、リン資源の過剰消費は、将来的に生態系の生産性低下を引き起こし、食糧安全保障をも脅かす。

従来、リンの循環は、リンの濃度を測定することによって研究されてきた。しかし、いかにリン濃度を感度よく高精度で測ろうとも、リンの由来を特定することはできない。また、面源負荷量に基づくフラックスモデルは、生物による再循環プロセスをブラックボックスにしたままリン循環を扱ってきた。いま、流域生態系のリン循環を理解する新たな手法の開発が必要とされる。

温暖化や窒素汚染といった地球環境問題を背景として、物質循環研究の科学的・社会的重要性は増しつつある。炭素・窒素安定同位体比を天然トレーサーとして用いる分析技術・方法論の革新は、生物地球化学的循環プロセスに対する我々の理解を飛躍的に前進させた。一方、安定同位体の存在しないリンの循環研究は、炭素・窒素循環研究の後塵を拝してきた。

しかし、近年、リン循環を可視化する画期的な安定同位体手法が開発された。リンに安定同位体は存在しないが、その主要形態であるリン酸 (PO_4^{3-}) には3つの酸素同位体が結合する。このリン酸の酸素安定同位体比 ($\delta^{18}\text{O}_\text{P}$) に着目することで、流域生態系におけるリンの循環パターンを解き明かす手法が脚光を浴びている。リン酸の P-O 結合は、自然条件下で安定なため、その酸素安定同位体情報は高度に保存される。それ故、生物によって代謝されない限り、環境中に存在するリン酸の酸素安定同位体比 ($\delta^{18}\text{O}_\text{P}$) は、各種負荷源の混合割合に応じて、それらの同位体情報を反映する。一方、生物によるリン代謝が卓越する系では、リン酸と環境水の間で酸素安定同位体の温度依存的な交換平衡が迅速に起こる。このリン酸の化学的・生化学的特性に基づいて、生態系のリン循環を駆動する2つの主要なプロセス、すなわち、「負荷源の混合」および「生物による再循環」を評価することが可能となる。

本講演では、急速に発展しつつあるリン酸の酸素安定同位体比を分析する手法とその原理を解説する。さらに、本手法を用いて流域生態系におけるリン循環を評価する研究の予備的解析結果を紹介するとともに、今後の課題と展望を述べる。

キーワード: 温度依存的同位体交換平衡, 速度論的同位体効果, 熱分解型安定同位体質量分析計, ピロホスファターゼ, リン酸-酸素安定同位体比

Keywords: Temperature-dependent isotope exchange equilibrium, Kinetic isotope fractionation, Thermal conversion/elemental analyzer, Pyrophosphatase, Phosphate oxygen isotope ratio

過去1万年における瀬戸内海岡山沿岸へのリン供給変動 Last 10,000 years variation in phosphorus supply to a coastal region in a western Japan

小野寺 真一^{1*}; 金 広哲¹; 竹内 徹²; 地下 まゆみ³; 北岡 豪一⁴; 山口 一裕⁴
ONODERA, Shin-ichi^{1*}; JIN, Guangzhe¹; TAKEUCHI, Toru²; JIGE, Mayumi³; KITAOKA, Koichi⁴;
YAMAGUCHI, Kazuhiro⁴

¹ 広島大学総合科学研究科, ² フジタ地質, ³ 大阪大谷大学, ⁴ 岡山理科大学

¹Integrated Sciences, Hiroshima University, ²Geology Fujita Co., ³Osaka Otani University, ⁴Okayama Science University

Some enclosed seas have a eutrophication issue, most of causes is due to anthropogenic supplies such as agriculture or human waste. But it is necessary to consider the background value or geological stock of nutrient in coastal regions. We aimed to confirm the geological stock and supply variation of the phosphorus in an alluvial plain for 10,000 years. Our research area is located on Okayama Alluvial Plain, western Japan. We drilled and collected the boring core of 6m to 19m at 4 sites. The each core was carried out the dating at the 2 depths, using ¹⁴C and volcanic ash. The core at the site of the mountain foot has sandy sediment, whereas another three cores at the coastal side has thick Holocene clay layer. The high phosphorus contents were found at the Holocene clay deposited in around 6,000 to 8,000 years ago under the sea level rising. These periods had rapid warming trend after the Last Glacial period, the increase of rainfall was also suggested. The increase of rainfall would cause the increase of sediment yield. The organic matters in soil are accumulated more in a headwater areas under the cooler climate because of the low decomposition rate, as compared with warmer climate. Based on the results and general present aspects, such high phosphorus content in the sediment is suggested that the organic matters including the phosphorus accumulated in the Last Glacial Period were eroded in headwaters and supplied to the coastal regions with the enclosed sea during the period from around 6,000 to 8,000 years ago with the warming and humid trend. After that, the organic phosphorus had been gradually decomposed, mineralized and released to the groundwater and sea. Such type of background phosphorus would also control the eutrophication and ecosystem environment in the enclosed sea.

筑後川底質コア試料の堆積学的解析に基づく細粒分の洪水時移送 Bed load transport by floods based on the sedimentological analysis of river bed deposits sampled in Chikugo River

稲崎 富士^{1*}

INAZAKI, Tomio^{1*}

¹ 土木研

¹Public Works Research Institute

九州北西部を流れる筑後川は、有明海に流入する河川のなかでは最大の流域面積を有しており、有明海の環境に対する負荷率も大きいことが想定される。有明海は近年底質の泥化が進行し、その原因として筑後川流域からの砂の供給量の減少が疑われた。そこで筑後川を管理する国土交通省筑後川河川事務所では、筑後川下流域、土砂流出の動態を明らかにすることを目的として、感潮域および河口部海域において底質調査や河床変動調査等のモニタリング実施している。その一環として2008年に感潮域の河道で19地点、海域部6地点で底質コア試料採取が実施された。このうち河道内の4地点では出水の後にもほぼ同一箇所まで底質コアが採取され、出水前後のコア対比による底質の移送動態の解明が期待された。そこで河道内で採取された約2m長のコア試料に対して稠密な堆積学的観察・分析を加えた。まず剥ぎ取り、軟X線試料を作成し、堆積構造を観察した。さらに2cm間隔で粒度分析・帯磁率測定を実施し、層相を対比した。その結果、4回の出水イベントを挟んだ5ヶ月の間に、河口部0kmコア採取地点では最表層部約5cmが削剥され、36cmの砂優勢堆積物が付加されたと解釈することができた。この付加堆積物は0.5φ付近にピークを有する中～粗粒砂で主として構成されていることから、中規模の出水でも河口部まで土砂が移送・供給されていたと解釈することが可能である。

キーワード: 筑後川, 河口, 底質コア, 洪水, 掃流砂

Keywords: Chikugo River, river mouth, sediment core, flood, bed load

揚子江河川水および東シナ海海水の水素・酸素同位体比の季節変動 Seasonal variability of water hydrogen and oxygen isotopes of the Yangtze and East China Sea

入野 智久^{1*}; 吉川 久幸¹; 根本 和宏²; ルオ チャオ³; ヘ メンイン³; 齋藤 京太⁴; 鈴木 克明⁴; 多田 隆治⁴

IRINO, Tomohisa^{1*}; YOSHIKAWA, Hisayuki¹; NEMOTO, Kazuhiro²; LUO, Chao³; HE, Mengying³; SAITO, Keita⁴; SUZUKI, Yoshiaki⁴; TADA, Ryuji⁴

¹ 北海道大学, ² 気象庁, ³ 南京師範大学, ⁴ 東京大学

¹Hokkaido University, ²Japan Meteorological Agency, ³Nanjing Normal University, ⁴University of Tokyo

The control mechanism of a long-term variability of the East China Sea (ECS) surface water properties in relation to the East Asian Monsoon variation has been eagerly investigated through the reconstruction of the sea surface temperature (SST) and oxygen isotope of ECS water in the past using assemblage and geochemical proxies of calcareous fossils such as foraminifers and corals. It is generally believed that the past oxygen isotope value of the East China Sea surface water could be a good indicator of the salinity which is strongly affected by the fresh water discharge of the Yangtze originated from the summer monsoon precipitation. Therefore, appropriate interpretation of the relationship between SST and oxygen isotope of ECS surface water reconstructed from calcareous fossils is crucial to understand the East Asian Summer monsoon variability as well as oceanographic changes there. Temperature and salinity as well as oxygen isotope of ECS surface water in modern times are determined by complex mixture of various water mass such as the Kuroshio, the Taiwan Warm Current, and the Chanjiang Diluted Water and their seasonal variability are large. This fact has introduced some uncertainty in the paleoceanographic interpretation of the reconstructed surface water properties of ECS.

In order to establish more precise interpretation scheme for oxygen isotope information reconstructed from sediment archive in this region, it is necessary to summarize the seasonal and spatial differences of the isotopes in the Yangtze drainage and the ECS water columns and clarify the basic controlling factors. For this purpose, we collected river waters from main stream and major tributaries of the Yangtze and multi-layer water samples from five stations across the Kuroshio in both summer and winter.

The oxygen isotope of the Yangtze main stream increases from -15 permil VPDB at upper reaches to -8 permil VPDB at lower reaches, being diluted by tributary waters higher in isotope values, and summer value is ~1 permil higher than in winter. Although the salinity-oxygen isotope relationship looks simple mixing from the Yangtze river mouth to the ECS shelf water, the relationship among temperature, salinity, and oxygen isotope of the seasonally variable Taiwan Warm Current, Kuroshio, and their subsurface water is complex, which makes the detection of the influence from the Yangtze fresh water to the ECS.

キーワード: 揚子江, 東シナ海, 水素同位体比, 酸素同位体比

Keywords: Yangtze, East China Sea, Hydrogen isotope, Oxygen isotope

沿岸藻場分布域における地下水流出の評価 Evaluation of groundwater discharge in a seagrass meadow of coastal area

齋藤 光代^{1*}; 小野寺 真一²; 古森 旭¹; 大久保 賢治¹; 有富 大樹²; 金 広哲²; 丸山 豊²
SAITO, Mitsuyo^{1*}; ONODERA, Shin-ichi²; KOMORI, Asahi¹; OKUBO, Kenji¹; ARITOMI, Daiki²;
JIN, Guangzhe²; MARUYAMA, Yutaka²

¹ 岡山大, ² 広島大・院

¹Okayama Univ., ²Grad. Hiroshima Univ.

Previous studies have pointed that submarine groundwater discharge (SGD) is one of the important pathways for nutrients to the coastal environment. Nevertheless, its effect on coastal ecosystems such as seagrass meadows is not well examined. In the present study, we aimed to evaluate the groundwater discharge in a seagrass meadow of coastal Seto Inland Sea, western Japan.

In summer periods, the types of eelgrass and green algae covered from the coastline to about 100 m offshore in the study area. Distributions of salinity and radon (²²²Rn) in seawater and pore water suggest that SGD occurs near the coastline with spatial and temporal variations. The coverage of seagrass meadow tends to increase in the area characterized by lower salinity and higher concentrations of radon and nutrients in the pore water. It suggests the possibility of that SGD effects on the seagrass meadow in the study area.

*This research is financially supported by the MEXT Grant-in-Aid for Science and Technology Human Resource Development, Program to Disseminate and Secure the Tenure Track System (Okayama University) and Grants-in-Aid for Scientific Research (A) (No. 25241028, Shin-ichi Onodera).

サンゴ礁海域への地下水経路の栄養塩負荷量の推定と富栄養化がサンゴの石灰化に及ぼす影響 Estimation of nutrient load via to the sea effect of nutrient enrichment on calcification of hard coral

安元 純^{1*}; 安元 剛²; 廣瀬 美奈³; 仲本 一喜¹; 中野 拓治¹
YASUMOTO, Jun^{1*}; YASUMOTO, Ko²; HIROSE, Mina³; NAKAMOTO, Kazuki¹; NAKANO, Takuji¹

¹ 琉球大学 農学部, ² 北里大学 海洋, ³ トロピカルテクノプラス

¹University of the Ryukyus, ²Kitasato Univ. School of Marine Bioscience, ³Tropical Technology Plus

近年、世界中のサンゴ礁が地球温暖化や陸域からの赤土や栄養塩の流入など、様々なストレスにより減少している。サンゴ礁が形成される熱帯、亜熱帯の海水は一般的に栄養塩濃度が低く貧栄養であり、富栄養化した海域や水質の悪化した陸水の供給はサンゴの生育にとって不適な環境となる。特にリン酸塩は炭酸カルシウムに吸着しやすい性質を有しており、サンゴの骨格形成を阻害する要因になっている可能性も指摘されている。サンゴに及ぼす栄養塩の影響については多くの研究があるが、未だその解明には至っていない。そこで本研究では、沖縄本島南部地域の米須地下ダム流域において、栄養塩の物質収支の推定を試みると共に、海域へ地下水経路で流出する栄養塩（リン、窒素）負荷量を算定した。くわえて、リン酸塩および関連化合物がコクビミドリイシ *Acropora. digitifera* のプラヌラ幼生の骨格形成に与える影響を検証した。

調査方法は、本調査地域における地下水中の栄養塩濃度を調べる目的で、2014年3月から2014年11月において、月1回の頻度で定期地下水調査を実施した。 NO_3^- -Nの分析には、イオンクロマトグラフ法を用いた。 PO_4^{3-} -Pの分析にはモリブデンブルー法を用いた吸光度分析法を用いた。また、地下水貯水量及び海域への地下流出量の推定には地下水流動モデル (MODFLOW-NWT) を用いた。肥料や畜産由来の栄養塩（リン、窒素）の発生源負荷量の算定には、沖縄県野菜栽培要領（沖縄県農林水産部）、農林業センサス（1990-2010）及び糸満市の統計データを参考にした。

サンゴの稚ポリプを用いた生物活性試験では、*A. digitifera* のプラヌラ幼生を15ml海水を含むポリプロピレン製試験管で拡散させた後、8穴プレートのカバーガラスに移して、*A. digitifera* のプラヌラ幼生をHym-248で刺激しポリプに変態させチャンバースライドに着底させた。その後、海水に Na_2HPO_4 ($1.50 \mu\text{M}$)、 NaNO_3 (1, 10 mM) を溶存させポリプの石灰化の様子を偏光倒立顕微鏡で観察した。

調査地域の土地利用状況（2011年）における農耕地面積660haのうち、花卉類76.11ha、工芸作物405.15ha、野菜類168.16ha及びその他10.58haとなっていた。肥料の年間施肥量は、リン及び窒素それぞれで、36.6t-P/year, 161.1t-N/yearとなった。一方、調査地域における家畜は、牛1,076頭、豚4276頭、鶏140,000羽であり、この値を基に推定されるリン及び窒素の年間発生量はそれぞれ、130.20t-P/year, 227.42t-N/yearと算定された。地下水調査から得られた調査地域における地下水中の溶存態窒素 (NO_3^- -N) 及び溶存態リン (PO_4^{3-} -P) の平均値は、それぞれ、8.29 mg-N/L, 0.530mg-P/Lであった。次に、調査流域において地下水流動解析を実施した結果、調査地域における地下水貯留量は $3.6 \times 10^7\text{m}^3$ 、海域への地下水流出量は $3.7 \times 10^4\text{m}^3/\text{day}$ と推定された。

以上、得られた結果を基に、調査地域における栄養塩の物質収支を推定した (Fig.1)。なお、作物体における肥料中の栄養塩の吸収量は、リン20% (7.32t-P/year)、窒素70% (112.74t-N/year) と仮定した。調査地域の地下水中に溶存している栄養塩量は、 PO_4^{3-} -Pが1.9t-P, NO_3^- -Nが302.3t-Nと推定され、リン及び窒素の全負荷量（肥料+家畜）に対して、それぞれ、1.1%、78%に相当した。また、海域への地下水経路の栄養塩負荷量は、 PO_4^{3-} -Pが0.7t-P/year, NO_3^- -Nが112.4 t-N/yearと推定され、リン及び窒素の全負荷量に対して、それぞれ、0.4%、29%に相当した。リン酸イオンは、非常に吸着性が強く、土壌や石灰岩に多くの量が吸着されていると考えられる。しかし、本地域の地下水の特徴として、地下水中の浮遊懸濁物質 (SS) が多い (平均値: 170.3mg/L) ことが挙げられ、SSに対するリン酸イオンの吸着量も多いことが予想される。

サンゴの稚ポリプを用いた生物活性試験から、石灰化面積比の平均がコントロールでは63.2%であったのに対し、 Na_2HPO_4 $1 \mu\text{M}$ (PO_4^{3-} -P: 0.003 mg/L) で20.4%、 $50 \mu\text{M}$ (PO_4^{3-} -P: 1.55mg/L) で1.5%と有意な阻害がみられた。しかし、 NaNO_3 10mM (NO_3^- -N: 140 mg/L) では38.7%で有意差はみられなかった。以上の結果、サンゴのポリプの初期の骨格形成の阻害は、硝酸塩に比べリン酸塩の影響が大きいことが明らかになった。

キーワード: 富栄養化, 地下水

Keywords: nutrient Enrichment, groundwater, calcification of hard coral

浅間山系河川における底泥中の有害微量元素の輸送・沈殿特性 Transportation and precipitation characteristics of toxic element in river and its bottom sediment in Asama-yama area

石川 満範^{1*}; 中屋 眞司¹; 遅 海¹; 久地岡智子 久地岡智子¹; 益田 晴恵²
ISHIKAWA, Mistunori^{1*}; NAKAYA, Shinji¹; HAI, Chi¹; KUJIOKA, Tomoko¹; MASUDA, Harue²

¹ 信州大学, ² 大阪市立大学

¹Shinshu University, ²Osaka City University

有害化学物質の底質への蓄積は数十年後に回復困難な健康被害を生ずるなど長期的な影響をもたらす。水系を經由して農地へと運ばれた汚染土壌から水分や栄養分と共に農作物へ汚染物質は移動する。したがって、有害微量元素の濃度や輸送、沈殿のメカニズムを解明することは、健康被害を阻止する上で重要な課題である。

本研究では、河川水中、および底泥中の有害微量元素（銅（Cu）、鉛（Pb）、コバルト（Co）、ストロンチウム（Sr））の濃度や輸送・沈殿のメカニズムを明らかにするため、長野県佐久地域の浅間山火山地域を原流域とする河川の18箇所河川水および底泥を採取し、主要元素と微量元素の濃度を測定した。ろ過あり（0.1 μm フィルター）、ろ過なしの河川水と底泥の有害微量元素と主要元素の濃度を比較し、有害微量元素を引き付け濃度を支配するアトラクターの存在を見出した。そして、アトラクターによる有害微量元素の輸送・沈殿メカニズムを考察した結果、以下の点が明らかになった。

1) 底泥中の有害微量元素（Cu、Pb、Co、Sr）はそれぞれ相性のいいアトラクターに吸着し存在する。（Cu、Pb）はアトラクター（K₂O）と、Coはアトラクター（T-Fe₂O₃）と、またSrはアトラクター（Al₂O₃）と各々、相性がいい。2) 河川水中では有害微量元素（Cu、Pb）は主要成分（Al、Ti）コロイドと相関関係がよいことから、（Al、Ti）のアトラクターとなっているコロイド態鉄Ⅱ型（自由形）による輸送が行われている。3) しかし、底泥において（Cu、Pb）と（Al、Ti）は相関関係が悪く、コロイド態鉄Ⅱ型（自由形）と共に沈殿していない。

以上から、第一に、（Cu、Pb）は河川水中をコロイド態鉄に吸着し輸送される、第二に、成長したコロイド態鉄は沈殿し、第三にその後、底泥の主要成分（K₂O）に引き寄せられ吸着される、最後に、（Cu、Pb）を手放したコロイド態鉄は再浮上する。このような工程を繰り返し、（Cu、Pb）は水から底泥、農用地に移動するモデルが考えられる。

Coは最も相性のいいアトラクターがコロイド態Feなので、常にFeに吸着し、輸送、沈殿していくメカニズムが推定される。

キーワード: 有害微量元素, 底泥, 河川

Keywords: toxic trace element, bottom sediment, river

河川中の有害微量元素のコロイド態鉄による輸送モデル Modeling transportation of noxious trace elements in rivers by means of colloidal iron interaction

遅海^{1*}; 中屋 眞司¹; 石川 満範¹; 久地岡 智子¹; 益田 晴恵²

HAI, Chi^{1*}; NAKAYA, Shinji¹; ISHIKAWA, Mistunori¹; KUJIOKA, Tomoko¹; MASUDA, Harue²

¹ 信州大学, ² 大阪市立大学

¹Shinshu University, ²Osaka City University

有害元素は農作物の育つ土壌や水に由来することが多い。したがって、水および水系を経由して運ばれる土壌コロイド中の有害元素の動態を把握することは極めて重要である。しかし、有害微量元素の水系中の存在形態、すなわち水系中のコロイドの表面に有害元素が吸着した状態であるのか、イオンや錯体など、水溶態で存在するのかによって、挙動は異なる。

本研究では、河川水中の有害微量元素であるヒ素 (As)、カドミウム (Cd)、セシウム (Cs)、鉛 (Pb)) がどのような形態で存在しているのかを調べ、濃度や輸送を支配する要因を明らかにするために、長野県佐久地域の浅間山火山岩分布地域と八ヶ岳火山岩分布地域を源流域とする2河川水をサンプルし、主要元素と微量元素の濃度を測定した。ろ過ありとろ過なしの河川水中の有害微量元素の濃度を比較し、存在形態 (水溶態 or コロイド態) を調べ、存在形態によって濃度を支配する要因を明らかにした。そして、有害微量元素の輸送モデルを立てた。

その結果、次のことが明らかになった。1) 浅間山地域を源流域とする河川水中の有害微量元素の存在形態は、As が水溶態、Cd がコロイド態、Cs が水溶態、Pb がコロイド態である。八ヶ岳地域を源流域とする河川水中の有害微量元素の存在形態は、As が水溶態、Cd がコロイド態、Cs がコロイド態、Pb がコロイド態である。2) コロイド態の有害微量元素の濃度を支配する要因はコロイド態 Fe、Al、Ti の収着能 (ソープション) である。一方、水溶態の有害微量元素の濃度を支配する要因は pH である。3) 有害微量元素のコロイド態 Fe による輸送モデルを立てた。Fe が少ない八ヶ岳地域 Y 河川は有害微量元素が当量の Fe に収着されたコロイド態 Fe I 型モデルで表わされる。Fe が河川水中に多く含まれている浅間山地域は有害微量元素が当量のコロイド態 Fe に収着され、かつ未収着のコロイド態 Fe を有する形態のコロイド態 Fe II 型モデルで表わされる。

キーワード: 有害微量元素, 河川, コロイド, 八ヶ岳, 浅間山

Keywords: noxious trace elements, river, colloid, Yatuga-take, Asama-yama

流域環境と物質循環に関する比較研究-五島列島の小流域を事例に- The comparative study of watershed environment and material circulation -In case small basins of the Goto Islands-

池上 文香^{1*}; 小寺 浩二²

IKEGAMI, Ayaka^{1*}; KODERA, Koji²

¹ 法政大学文学部地理学科, ² 法政大学文学部地理学教室

¹ Undergrad. student, Hosei Univ., ² Department of Geography, Hosei Univ.

1. はじめに

陸水の水質組成は地質や周辺環境との関係が深く、特に島嶼の場合は、海塩の影響も考慮する必要がある。本研究では、五島列島の宇久島・小値賀島・中通島・若松島・奈留島・久賀島・福江島を主たる研究対象として各島の水環境の現状を明らかにし、各小流域における物質循環を比較し考察したものである。

2. 地域概要

五島列島は九州の最西端に位置し、北東側から南西側に約80kmに渡って11の有人島と52の無人島で構成される。人口は約7万人、総面積は420.87km²である。海食崖や溺れ谷など多様な海岸景観が見られ、地質については主に五島層群と呼ばれる新第三紀中新世に堆積した砂岩、泥岩及び溶質凝灰岩などで構成されている。

3. 調査方法

五島列島における河川・沢水・地下水・貯水池の現地水文観測を2014年5月3日-5日に82地点と、8月27日-31日に179地点の2回行った。観測項目は気温、水温、電気伝導度、pH、R-pHである。また、採水サンプルについて島津製作所社製 TOC-V による全有機炭素の測定と同社製のイオンクロマトグラフィーを使用した主要溶存成分の分析を行なった。

4. 結果・考察

電気伝導度の値は塩水遡上を受けたとされる河口域の地点以外では200μS/cm前後を示した。それに対して宇久島や小値賀島の農業用貯水池や田畑付近の河川、福江島の牧場付近の河川では電気伝導度は300μS/cm以上を示し、全有機炭素に関しては4~6mg/Lの比較的高い値を示した。全体的な値は5月よりも8月の方が低く、夏季の降水による希釈の影響を受けていることが考えられる。また、主要溶存成分の分析結果から全体的に河川は一部を除きNa-Cl型であり、風送塩の影響を受けていることがわかる。井戸などの地下水ではCa-HCO₃型を示し、循環型の水であることが示唆される。

5. おわりに

これまでの研究で、島や流域の地質・土地条件などの環境の違いと水質との関係にある程度明らかにすることができた。今後は、代表的な流域を選定した上でより詳細な現地調査を行い、流域環境と物質循環の関係について考察を深めたい。

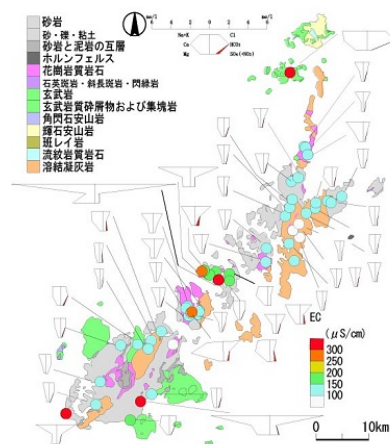
参考文献

濱侃・小寺浩二(2013):伊豆諸島を対象とした火山島の水質特性,法政大学水文地理学研究報告18,pp.1-22.

後藤隼次・野間泰二(1989):徳之島の河川水質形成と海塩の影響について,地質調査所月報,40(11),p.625-633.

キーワード: 五島列島, 物質循環, 水質, 主要溶存成分

Keywords: Goto Islands, Material circulation, Water quality, Main dissolved component



積雪流域における長期の河川水温変動に基づく気候変動効果の推定
Estimation of the climate change effect on the long-term variation in river temperature in a snow-covered watershed

丸山 豊^{1*}; 小野寺 真一¹; 北岡 豪一²; 齋藤 光代³; 清水 裕太⁴

MARUYAMA, Yutaka^{1*}; ONODERA, Shin-ichi¹; KITAOKA, Koichi²; SAITO, Mitsuyo³; SHIMIZU, Yuta⁴

¹ 広島大学大学院総合科学研究科, ² 岡山理科大学, ³ 岡山大学大学院環境生命科学研究科, ⁴(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

¹Graduate School of Integrated Arts and Sciences, Hiroshima University, ²Okayama University of Science, ³Graduate School of Environmental and Life Science, Okayama University, ⁴National Agriculture and Food Research Organization, Western Region Agricultural Research Center

According to the effect of climate change such as global warming, it is possibly predicted that seasonal precipitation, snowfall, and river ecosystem changes in a watershed scale. Therefore, the estimation of climate change effect on river environment especially in a snow-covered watershed is important. In the present study, two different trends were found in the river temperature in western Japan; monthly decreasing trends and annual increasing trends. These trends could be explained by the hydrological process such as increase of snowfall and rainfall in the headwater area during winter seasons and increasing of the groundwater discharge to the river in summer seasons, respectively. An estimation of the temperature of river water by an extrapolation model in 2011-2050 indicates that annual temperature will increase.

都市及び近郊からなる大和川流域における地下水涵養の空間分布 Evaluations of spatial distributions in groundwater recharge in an urban and suburban, Yamato river watershed

小野寺 真一^{1*}; 清水 裕太²; 齋藤 光代³; 大西 晃暉⁴; 丸山 豊¹; 金 广哲¹
ONODERA, Shin-ichi^{1*}; SHIMIZU, Yuta²; SAITO, Mitsuyo³; ONISHI, Koki⁴; MARUYAMA, Yutaka¹;
JIN, Guangzhe¹

¹ 広島大学総合科学研究科, ² 学振 PD, 農研機構近中農研センター, ³ 岡山大学, ⁴ 復建調査設計

¹ Integrated Sciences, Hiroshima University, ² JSPS PD, NARO, ³ Okayama University, ⁴ Fukken Co

In coastal megacities, severe groundwater depression and land subsidence occurred. For sustainable groundwater use and risk management of flood, it is necessary to estimate not only groundwater recharge in upstream area of a megacity but flood discharge in subsidence area. In addition, spatial distributions of them would be especially expected in various annual precipitations. However, such estimations and predictions in future have not been fully done in previous studies. Therefore, we aimed to evaluate spatial distribution in groundwater recharge and flood discharge in an urban and suburban watershed of 1000km² scale including Osaka metropolitan city. We applied SWAT model to predictions of floods and groundwater recharge from 1990 to 2013 in Yamato river watershed. It was calibrated by the daily river runoff data from 2003 to 2004 in Japanese Ministry of Land, Infrastructure and Transport and it was validated the data from 2008 to 2009. The daily variation in river runoff in 2012 indicated the typical increase at the rainfall event with the amount above 100mm, especially it was one of the largest flood on the end of June in 2012. According to these results, the increase of the flood risk on the Osaka megacity was suggested. Based on the river runoff simulation, the spatial distributions in groundwater recharge were also evaluated. The urban area indicated the low recharge rate but forest area had the high rate. For the sustainable groundwater use and decline of flood risk, it was suggested that we should keep the present percentage of forest cover.

地下水流動に伴う酸化還元電位変動及び硝酸態窒素濃度変化 Effect of groundwater movement on nitrite variation and redox condition in groundwater

有富 大樹^{1*}; 小野寺 真一¹; 齋藤 光代²; 金 広哲¹; 丸山 豊¹
ARITOMI, Daiki^{1*}; ONODERA, Shin-ichi¹; SAITO, Mitsuyo²; JIN, Guangzhe¹; MARUYAMA, Yutaka¹

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

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

【背景と目的】

近年、農業での硝酸汚染が問題となっているこれに対し、地下水中での自然の浄化作用として、脱窒が存在する。脱窒は、溶存酸素濃度が低く、還元的環境下で起こることが知られている。酸化還元状態は脱窒反応を制御する1つの要素であるが、地下水中での酸化還元電位変動への研究は十分ではない。そこで本研究では、花崗岩不圧帯水層を対象に酸化還元電位変化をモニターし、その変化に対する地下水流動の影響、及び酸化還元電位変化に伴う硝酸態窒素濃度変化への考察を行ったので報告する。

【対象地域】

研究地域は、瀬戸内海の島嶼の一つである広島県尾道市瀬戸田町（生口島）の南部沿岸域である。対象地域の基盤地質は主に花崗岩からなり、急勾配な山地流域地形を呈し、沿岸域の地形勾配は約1/50で、中流域から下流側には扇状地が形成されている。土地利用として、柑橘類の果樹園が流域内に広く分布している。

【方法】

2014年9月から2015年2月にかけて、2つのボーリング観測井（深度15m, 30m）においてマルチ水質モニタリングシステム（W-22XD, 堀場製作所）を用いて酸化還元電位変化を、自記記録式水位センサー（HOBO U20 Water level logger, Onset Computer Corporation）を用いて地下水位変化をモニターした。また、観測期間中計6回、地下水試料の採取を行い、採水時には溶存酸素濃度（DO）等の測定を行った。採取した地下水試料は実験室に持ち帰り、硝酸態窒素、塩化物イオン等の分析を行った。

【結果と考察】

酸化還元電位変化をモニターした結果、2014年9月下旬及び12月上旬において顕著に低下した。これに関して、降水量を見てみると、2014年9月及び11月は比較的降水量が少なく、地下水位も低くなっている。すなわち、地下水位が低下することにより流速は低下し、地下水がより停滞的になることによって還元環境へと移行した可能性が示唆される。硝酸態窒素濃度は、深度15mで9ppm、深度30mで6ppmほどの値を示している。この2地点、特に深度15mでは、高い溶存酸素濃度を示しており、脱窒が活発に起こっていないため、高い硝酸態窒素濃度を示していると考えられる。酸化還元電位変化に伴う硝酸態窒素濃度変化については、ポスターの方で紹介したいと思う。

Factors controlling elevated fluoride concentrations in groundwaters at the western part of Kumamoto area, Japan

HOSSAIN, Shahadat^{1*}; HOSONO, Takahiro²; IDE, Kiyoshi¹; YANG, Heejun¹; SHIMADA, Jun¹
HOSSAIN, Shahadat^{1*}; HOSONO, Takahiro²; IDE, Kiyoshi¹; YANG, Heejun¹; SHIMADA, Jun¹

¹Graduate School of Science and Technology, Kumamoto University, ²Priority Organization for Innovation and Excellence, Kumamoto University

¹Graduate School of Science and Technology, Kumamoto University, ²Priority Organization for Innovation and Excellence, Kumamoto University

Hydrogeochemistry of shallow and deep aquifer groundwaters collected from boreholes and wells (N=47) along the flow lines of western margins of Kumamoto basin, has been studied in order to evaluate the geochemical controls on fluoride concentrations. Kumamoto city, situated at the central part of Kyushu island in southern Japan, is considered as the largest urban groundwater city in Japan. 100% people of this city depends on groundwater for their drinking purpose. Groundwater aquifers are composed of Quaternary volcanic (pyroclastic) flow deposits. In both shallow and deep aquifers, groundwaters evolve along the down flow gradient from oxidizing conditions of recharge area to the reducing conditions of stagnant area of Kumamoto plain.

Groundwater pH is near-neutral to alkaline (7.05-9.45) while sodium and bi-carbonate is the predominant cation and anion respectively. Groundwaters are mainly Na-HCO₃ type along with few Na-Cl type samples. F⁻ concentration ranges between 0.1 to 1.57 mg/L with an average of 0.7 mg/L whereas 47% shallow groundwater and 21% deep groundwater exceeded the Japanese drinking water standard (0.8 mg/L). With respect to groundwater chemistry, high F⁻ concentrations were mainly observed in Na-HCO₃ type groundwater and low concentrations in Ca-HCO₃ type groundwater. F⁻ is positively correlated with HCO₃⁻ and Na⁺, indicating that groundwater with high HCO₃⁻ and Na⁺ contents help in dissolving of some fluoride-rich minerals. Groundwaters with higher F⁻ contents have relatively higher pH value, suggesting that alkaline environment favors the replacement of exchangeable F⁻ in fluoride-rich minerals by OH⁻ in groundwater. Different ionic relationships imply that the geochemical behavior of fluoride in groundwater is also influenced by the ion-exchange process which release Na⁺ to the groundwater and removes Ca²⁺ ions from groundwater. Thermodynamic relationship between the activities of Ca²⁺ and F⁻ indicate that groundwater is undersaturated with respect to fluorite (CaF₂). However upper limit of fluoride (F⁻) is controlled by the precipitation of Ca²⁺ ion. These observations reflect that fluoride concentration in Kumamoto groundwater is mainly controlled by the dissolution and precipitation processes of fluoride and Ca-rich minerals.

キーワード: Groundwater, Volcanic aquifer, Fluoride, Geochemical process, Kumamoto
Keywords: Groundwater, Volcanic aquifer, Fluoride, Geochemical process, Kumamoto

農業用ため池における水中の放射性セシウムのモニタリング Monitoring Radioactive Cs Concentration in a Small Agricultural Pond

久保田 富次郎^{1*}; 申 文浩²; 濱田 康治¹; 人見 忠良¹
KUBOTA, Tomijiro^{1*}; SHIN, Moono²; HAMADA, Koji¹; HITOMI, Tadayoshi¹

¹ 農村工学研究所, ² 東北農業研究センター

¹National Institute for Rural Engineering, ²Tohoku Agricultural Research Center

Radioactive materials were released over wide areas around the Tokyo Power Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant after the accident caused by the earthquake and tsunami on March 11, 2011. Radioactive cesium pollution in agricultural ponds that supply irrigation water in this region was a concern for the restart of farming. Therefore, it is important to determine the movement characteristics of radioactive cesium around agricultural reservoirs. In this ongoing study since June 2013, we measured the concentrations of radioactive cesium in inflow, outflow, and pooled water in a small agricultural reservoir located in the Abukuma Mountains. The area of the pond was 0.37 ha, and its pondage was 7500 m³. The concentration of total radioactive cesium in the water was relatively high, around 1-3 Bq/kg, during the summer, but decreased to 0.2-1.5 Bq/kg after October. However, the concentration of total radioactive cesium of the outflow temporarily increased to 2.9-4.0 Bq/kg, when the water level decreased by 1.2 m in the middle of September. The increase in radioactivity was believed to be due to disturbance of the bottom water and sediment caused by relatively fast water flow. The dissolved radioactive cesium concentration in the inflow was 0.02-0.07 Bq/kg, whereas that in the outflow was 0.02-0.11 Bq/kg; both were considerably lower than the total radioactive cesium concentration. The ratios of dissolved radioactive cesium to total radioactive cesium were 1-5% in the inflow and 1-3% in the outflow. Thus, our results showed a positive correlation between the total radioactive cesium concentration in stored water and that in precipitation that occurred over the previous 5 days.

キーワード: 放射性セシウム, ため池, 農業用水

Keywords: radioactive cesium, agricultural pond, irrigation water

安定同位体比分析による沿岸性異体類稚魚の移動推定 Estimation for migration routes of coastal flatfish juveniles using a stable isotope analysis

濱岡 秀樹^{1*}; 堀 正和¹; 石井 光廣²

HAMAOKA, Hideki^{1*}; HORI, Masakazu¹; ISHII, Mitsuhiro²

¹ 水産総合研究センター 瀬戸内海区水産研究所, ² 千葉県水産総合研究センター

¹National Institute of Fisheries and Environment of Inland Sea, Fisheries Research Agency, ²Chiba Prefectural Fisheries Research Center

Coastal fish species migrate among many habitats depending on their ontogenetic changes with the resource requirement. The migration sometimes exceed several tens kilometers, and it is suggested that they play an important role which transport nutrients and materials among various habitats. Therefore, clarifying their migration route and resource use at stop-over sites is essential to understand a nutrient cycling in coastal ecosystems in large scale such as water sheds.

In North Pacific coastal areas, marbled flounder (*Pleuronectes yokohamae*) typically inhabit nearshore and estuarine areas at juvenile stages. In the life cycles, they gradually migrate to off-shore area in dependence on their growth after spending larva or juvenile period in nursery ground. Their migration is suggested to extend for several ten kilometers across ecosystem boundaries, although their migration route and resource use are still unclear. In this study, we tried to estimate the route of juvenile migration of marbled flounder in Tokyo Bay using stable isotope analysis.

We firstly revealed that geographic variation in $\delta^{13}\text{C}$ signature of organic materials of sediments in Tokyo Bay. Our analyses also clarified that $\delta^{13}\text{C}$ signature of juvenile marbled flounder well corresponded to that of the sediment in each area where they were caught by monthly census. Using these information and depth data of Tokyo bay, we analytically found two migration routes of the juvenile marbled flounder: Chiba coastal route and Tokyo-Yokohama route. Moreover, the result of our analyses indicated that the contribution of juveniles via Chiba route to the adult population of Tokyo Bay was higher than that via Tokyo-Yokohama route.

キーワード: 沿岸性異体類, 稚魚, 移動, 安定同位体

Keywords: coastal flatfish, juvenile, migration, stable isotope