

メタンハイドレート分解に伴う海洋溶存酸素減少への潜在的影響 Ocean oxygen depletion due to decomposition of submarine methane hydrate

山本 彬友^{1*}; 山中 康裕²; 岡 顕¹; 阿部 彩子¹
YAMAMOTO, Akitomo^{1*}; YAMANAKA, Yasuhiro²; OKA, Akira¹; ABE-OUCHI, Ayako¹

¹ 東京大学 大気海洋研究所, ² 北海道大学大学院 地球環境科学研究院

¹Atmosphere and Ocean Research Institute, the University of Tokyo, ²Faculty of Environmental Earth Science, Hokkaido University

地球温暖化に伴う海水温上昇と成層化は数千年スケール溶存酸素の減少を引き起こし、海洋物質循環や海洋生物にとって大きな影響を与えていると考えられている。一方、海水温上昇は堆積層中に存在するメタンハイドレートの分解を引き起こす。分解により生じたメタンガスが海底から放出された場合、海水中でのメタン酸化により溶存酸素の減少が加速されると考えられるが、これまでその影響についてはほとんど見積もられていない。本研究では気候モデルや海洋物質循環モデル、メタンハイドレートの分布を推定する堆積モデルを組み合わせ、温暖化によるメタンハイドレートの分解量と、メタン放出による溶存酸素の減少について見積もった。

気候モデルと堆積モデルの結果から大気二酸化炭素濃度が産業革命前の4倍になった場合、1万年以上かけて約1800GtC(現在の推定量の約70%)のメタンハイドレートが分解することが示された。メタンハイドレートの分解は水温上昇が大きい北極海と、インベントリーの多い太平洋で多くなる。

次に、海洋物質循環モデルに気候モデルで計算された水温と堆積モデルで計算されたメタン放出量を与え、溶存酸素の減少を計算した。水温上昇による酸素溶解度の低下は約3000年かけて全球の溶存酸素を約45 $\mu\text{mol/L}$ 減少させる。溶解度の低下に加えてメタン放出を与えた場合、更に最大で約15 $\mu\text{mol/L}$ 減少させ、メタン放出の効果は溶解度低下の約1/3程度である事が示された。

一方、脱窒や亜酸化窒素の生成が起きるとされる suboxic water($[\text{O}_2] < 5\mu\text{mol/L}$)や、高等生物の住めない hypoxic water($[\text{O}_2] < 60\mu\text{mol/L}$)の拡大について、メタン放出は溶解度低下と同じ程度の拡大を引き起こすことが示された。この大きな影響は、現在酸素濃度の低い太平洋で主にメタンハイドレートの分解が起きるためと考えられる。

本研究の結果から、水温上昇と海洋循環の変化に加えて、メタンハイドレート分解に伴うメタン放出も溶存酸素減少に大きな影響を与える可能性が示された。現在のメタンハイドレートの推定量、分布や分解により生じたメタンのうちの程度が海洋に放出されるかについては不確実性が大きい。溶存酸素や気候への推定を良くする為にも、これらについてのより良い理解が求められる。

キーワード: メタンハイドレート, 地球温暖化, 溶存酸素減少

Keywords: methane hydrate, global warming, ocean oxygen depletion

海水と鉱物とのリアルな反応連繋： サンゴ礁の生態 Real reactions of seawater and mineral matter: coral reef ecology

市川 和彦^{1*}; 服田 昌之²
ICHIKAWA, Kazuhiko^{1*}; HATTA, Masayuki²

¹ 前院地球環境科学院、北大, ² 理学部生物学、お茶の水大学

¹ Grad. School Environmental Earth Sci., Hokkaido University, Sapporo., ² Grad. School Humanities and Sciences, Ochanomizu University,

We need to elucidate which marine calcifying organisms can carry out the actual fixation of atmospheric carbon dioxide or not. The carbon dioxide species dissolved into seawaters are starting material of reversible reaction between calcification and decalcification. In our bottom-up research the real enhanced skeleton formation was actually observed from individual primary corals to each tubular colony. The proton transfer in coral reef-building seawaters controls all reversible acid/base dissociation reactions (Chem. Eur. J. 2014, 20, 13656-13661*). After the true real reactions among different chemical species in seawaters were identified on the basis of material energetics and biology of marine calcifying organisms, a reasonable overall reaction should be estimated as material balance. From our data of base/acid titration (Chem. Eur. J. 2007, 13, 10176-10181**), light microscope observation and culture experiment*) it was become clear that the enhanced skeleton production of each coral polyp skeleton and each colony is controlled by reversible reaction between calcification and decalcification, $\text{Ca}^{2+} + \text{HCO}_3^- \leftrightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}^+$. Here solubility product $[\text{Ca}^{2+}][\text{HCO}_3^-]$ is much larger than $[\text{Ca}^{2+}][\text{CO}_3^{2-}]$ for reversible equation $\text{Ca}^{2+} + \text{CO}_3^{2-} \leftrightarrow \text{CaCO}_3$. Our idea*) of proton dynamics demonstrated the increase of $[\text{Ca}^{2+}]$, and the decrease of major $[\text{HCO}_3^-]$ and minor $[\text{CO}_3^{2-}]$ with decreasing pH at a given P_{CO_2} and $\sim 7.8 < \text{pH} < \sim 8.4$. Thus stable variation of seawater pH over geological and laboratory timescales is actually real in reef-building seawaters under no anthropogenic influence on atmospheric carbon dioxide. *) Suwa, Hatta and Ichikawa. **) Ichikawa.

キーワード: 石灰化, 海の生き物, リアルな反応連繋, プロトンダイナミクス, 物質収支

Keywords: Calcification, Marine organism, Real reactions, Proton dynamics, Material balance

親潮黒潮移行域における真核ピコ植物プランクトンの系統群組成 Phylogenetic composition of picophytoplankton in the Oyashio and Kuroshio transition regions

片岡 剛文^{1*}; 山口 晴代¹; 桑田 晃²; 河地 正伸¹

KATAOKA, Takafumi^{1*}; YAMAGUCHI, Haruyo¹; KUWATA, Akira²; KAWACHI, Masanobu¹

¹ 国立環境研究所, ² 東北区水産研究所

¹National Institute for Environmental Studies, ²Tohoku National Fisheries Research Institute

Eukaryotic picophytoplankton (less than 3 μm) is ecologically and biogeochemically significant component in the marine microbial food web. Recently, studies about marine microbial diversity have been accelerated using molecular techniques, but basic information of picophytoplankton about diversity is still limited because of (i) lacking the 18S rDNA data in public database and (ii) fragile trait of the cell preventing sample collection. In this study, we investigated the phylogenetic diversity of surface community in one of the productive region of Japan, Oyashio and Kuroshio transition region. For the spatiotemporal comparison, seawater samples were collected from four geographically different sites with seasonal replicates (five seasons): Oyashio, Oyashio — Kuroshio transition regions, and mouth and head of the Sendai Bay. In order to better analyze the picophytoplankton community, we applied an efficient approach based on pyrosequencing of the 18S rDNA amplicon using flowcytometry sorting of cryopreserved cells. From the cleaned 10,000 reads came from the sorted 2,500 cells, 90 — 120 operational taxonomic units (OTUs: 95% cut off) were observed in each site and dominated by three higher level taxonomic groups: Stramenopiles (31 — 43%), Alveolata (16 — 35%) and Rhizaria (7 — 12%). Of the total of 217 OTUs, 40 OTUs were common among sites, and those included 21 OTUs common among five seasons, indicating spatially and temporally widespread distributing OTUs in this area. On the other hand, 21 — 38 OTUs were detected only in a site, indicating the local population. Multivariate analyses of OTUs compositions showed seasonal change of the community in each site (nMDS) and showed that the compositions were grouped by seasons ($p < 0.01$) rather than by geographical difference ($p = 0.5$). Thus, the phylogenetic composition of picophytoplankton in the Oyashio — Kuroshio transition region were composed of widespread and local phylotypes, and dynamically changed among seasons.

キーワード: 真核ピコ植物プランクトン, フローサイトメトリ, パイロシーケンス, 18S rDNA, 時空間的分布, 親潮黒潮移行域

Keywords: Picophytoplankton, Flowcytometry, Pyrosequencing, 18S rDNA, Spatiotemporal distribution, Oyashio-Kuroshio transition region

シアノバクテリア及び非シアノバクテリアによる窒素固定の基礎生産における寄与の違い

Cyanobacterial and non-cyanobacterial nitrogen fixation play a different role on marine primary production

塩崎 拓平^{1*}; 児玉 武稔²; 橋濱 史典³; 浜崎 恒二¹; 古谷 研²

SHIOZAKI, Takuhei^{1*}; KODAMA, Taketoshi²; HASHIHAMA, Fuminori³; HAMASAKI, Koji¹; FURUYA, Ken²

¹ 東京大学大気海洋研究所, ² 東京大学大学院農学生命科学研究科, ³ 東京海洋大学海洋科学系

¹The University of Tokyo, Atmosphere and Ocean Research Institute, ²The University of Tokyo, Graduate School of Agricultural and Life Sciences, ³Tokyo University of Marine Science and Technology, Department of Ocean Sciences

Marine primary production is limited by nitrogen availability, and it generally increases with new nitrogen input. The new nitrogen sources in the open ocean are nitrogen fixation and nitrate supplied from deep water. Due to the well-stratified condition in the tropical and subtropical oligotrophic region, nitrate input from deep water is little, and nitrogen fixation becomes important as new nitrogen source. Therefore, in theory, primary production would increase when nitrogen fixation becomes active in the oligotrophic region. In the South Pacific subtropical ocean, active nitrogen fixation occurs in both eastern and western region (Dekaezemacker et al. 2013; Shiozaki et al., 2014). Meanwhile, satellite observations demonstrate that primary production is higher in the western region than in the eastern, suggesting that the contribution of nitrogen fixation to primary production would be different between the two regions.

In the present study, we examined primary production, nitrate-based production, and nitrogen fixation with accompanying measurements of nutrients and the diazotroph community in the eastern and western South Pacific subtropical ocean. In both regions, surface nitrate was depleted and nitrate-based production was similar. On the other hand, nitrogen fixation tended to be higher in the eastern region than in the western. Although primary production was elevated in the middle of western subtropical region where active nitrogen fixation occurred, it was not in the eastern region. These results indicated that nitrogen fixation did not enhance primary production in the eastern region. We quantified the *nifH* gene of three representative cyanobacterial diazotrophs, UCYN-A, UCYN-B, and *Trichodesmium* using a qPCR technique in both regions. In the western region, the three diazotrophs were widely distributed and abundant, that is, these three cyanobacterial diazotrophs played a key role in the nitrogen fixation. However, those abundances were nearly the detection limit of the analysis in the eastern region except some stations where abundance of UCYN-A was high, suggesting that non-cyanobacteria dominated the diazotrophs community in the eastern region. Therefore, the different contribution of nitrogen fixation to primary production was attributable to the diazotrophs community structure.

キーワード: 窒素固定, 基礎生産, *nifH* 遺伝子, 貧栄養海域

Keywords: nitrogen fixation, primary production, *nifH* gene, oligotrophic ocean

海洋中深層生態系における細菌群集が担う炭素循環過程 Microbial control of carbon flux in the meso- and bathypelagic zone

横川 太一^{1*}
YOKOKAWA, Taichi^{1*}

¹ 愛媛大学沿岸環境科学研究センター

¹ Center for Marine Environmental Studies, Ehime University

海洋中深層生態系における炭素循環過程において細菌群集が中心的役割を果たしていることが明らかになってきた。北太平洋では、中深層における細菌生物量・生産量が粒子態有機炭素（POC）フラックスとの強い共役関係があることが明らかになっている。とくに、沈降する POC のほとんどが中深層に生息する細菌群集に利用されていると見積もられている。現在までに実施してきた広域観測（太平洋中央部の南北断面、北大西洋深層水流に沿った北半球断面、北太平洋外洋域）の結果、大洋スケールにおいて、細菌生物量・生産量は非常に大きく変動し、生物量に関しては、同一水深面において 2 桁、深度方向で 3 桁程度の変動幅があること。また、細菌生産量では、同一水深面において 3 桁、深度方向で 5 桁程度の変動がみられた。この変動要因として、太平洋では POC フラックスが大きく影響していること（Yokokawa et al. 2013 *Limnol Oceanogr*）、一方で、大西洋では水塊構造が強く影響を与えている傾向がみられている（De Corte et al. 2012 *ISME J*）。

これらの研究結果をあわせると、表層の基礎生産分布および水塊構造の特徴によって、中深層に異なった有機物場が形成されること、そして、それぞれの有機物場に応答して、細菌生物量・生産量の動態が制限されていると考えられる。この細菌群集の動態は、中深層生態系における炭素循環過程の制御に強く寄与していることが予測される。したがって、細菌生物量・生産量の時空間分布パターンの把握とその変動要因の解析は、全海洋規模での炭素循環過程の理解に重要である。

本発表では、細菌生物量・生産量の広域高解像度空間分布データを基にした細菌群集を介した炭素循環過程の解析結果に加え、中深層生態系における細菌群集が担う炭素循環過程に関する理解を深めるための測定手法に関して議論する。

キーワード: 細菌群集, 海洋炭素循環, 微生物海洋学

Keywords: prokaryotic community, carbon cycle, microbial oceanography

インド洋酸素極小層内の底生微生物相と炭素・窒素循環 Benthic prokaryote community and their roles on biogeochemical cycles under the oxygen minimum zone

野牧 秀隆^{1*}; 布浦 拓郎¹; 平井 美穂¹; ジュリアーニ ジュリアーニ¹; 高木 善弘¹; 井上 健太郎²; 菅 寿美¹
NOMAKI, Hidetaka^{1*}; NUNOURA, Takuro¹; HIRAI, Miho¹; JULIARNI, Juliarni¹; TAKAKI, Yoshihiro¹; INOUE, Kentaro²; SUGA, Hisami¹

¹ 海洋研究開発機構, ² 東京大学
¹JAMSTEC, ²The University of Tokyo

We investigated the impacts of the oxygen minimum zone (OMZ) on the benthic prokaryotic communities and biogeochemical cycles off India. Surface sediments were collected from three sites; core of the OMZ (water depth of 530 m), lower part of the OMZ (water depth of 800 m), and lower boundary of the OMZ (water depth of 1150 m). Porewater nutrient concentrations, organic matter contents, and diversity and abundances of microbial SSU rRNA and their functional genes were examined using the sediment cores down to 10 cm depth. In situ experiments using ¹³C-labeled bicarbonate were also carried out at the same stations to evaluate carbon fixation rates at each site. The results demonstrated variability of benthic microbial communities with different carbon fixation rate across oxygen gradient of the bottom water.

キーワード: 酸素極小層, 堆積物, 微生物, 窒素循環, 炭酸固定
Keywords: Oxygen minimum zone, sedimentary microbes, nitrogen cycle

Characterizing the biological and microbial community dynamics in the coastal sea surface microlayer

Characterizing the biological and microbial community dynamics in the coastal sea surface microlayer

WONG, Shu-kuan^{1*} ; SUZUKI, Shotaro¹ ; CUI, Yingshun¹ ; KANEKO, Ryo¹ ; KOGURE, Kazuhiro¹ ;
HAMASAKI, Koji¹
WONG, Shu-kuan^{1*} ; SUZUKI, Shotaro¹ ; CUI, Yingshun¹ ; KANEKO, Ryo¹ ; KOGURE, Kazuhiro¹ ;
HAMASAKI, Koji¹

¹Laboratory of Marine Microbiology, Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo

¹Laboratory of Marine Microbiology, Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo

The sea surface microlayer is a thin surface film located at the interfacial point between the sea surface and the atmosphere. Compared to the underlying water (UW) below it, the SML is a unique but harsh environment; with elevated meteorological stresses and biologically and chemically enriched. Thus, it is widely recognized that the physical, chemical and biological processes in the SML are very different compared to UW even with just a few centimeters difference in depth. The proximity of this thin layer to the atmosphere also makes this layer highly dynamic and one of the most important layer to control the air-sea biogeochemical exchanges and climate-related processes. This biofilm-like thin layer with a depth of less than 1000 μm , this layer have found to exist in most aquatic habitat and oceanic environments. This layer was found to be composed of hydrated gelatinous layer entangled in a matrix of dissolved organic matter composed mainly of transparent exopolymer particles (TEP). While few research have shown that the bacterial community in the SML possessed different functional genes compared to the underlying water others, in mesocosm experiments, have shown that bacterioneuston responded differently when introduced to experimentally-induced carbon dioxide loading scenarios in mesocosm experiments. However, little is still known about the microbial structure in this layer and their contribution towards the global biogeochemical cycles. In our research, bacteria community structure in the SML (bacterioneuston) at Aburatsubo Inlet, Misaki during summer and winter were examined using high throughput sequencing. In contrast to conditions in UW that remained constant throughout the sampling period, SML was highly dynamic with fluctuations in biological matter concentrations and bacterial communities. At times when the SML was enriched with biological matter and distinct bacterioneuston communities were formed. When the SML was enriched, rare bacterial groups including those that could play a role in biogeochemical cycles were more abundantly found in the SML and the diversity of these groups increased in proportion to the magnitude of biological matter enrichment in the SML.

キーワード: Surface microlayer, Microbial community structure, Biological enrichment

Keywords: Surface microlayer, Microbial community structure, Biological enrichment

西部北太平洋における天然海洋細菌群集および懸濁態有機物のアミノ酸組成 Amino acid composition of natural bacterial assemblages and particulate organic matter in the western North Pacific

高巢 裕之^{1*}; 宮島 利宏¹; 永田 俊¹
TAKASU, Hiroyuki^{1*}; MIYAJIMA, Toshihiro¹; NAGATA, Toshi¹

¹ 東京大学大気海洋研究所

¹ Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo

Amino acid compositions were determined for natural marine bacterial assemblages (bacterium-size particles separated from other organisms and particles) and suspended particulate organic matter (POM) collected at subarctic and subtropical stations in the western North Pacific. We found that L-proline (L-Pro) content was remarkably high [38 - 57% of total hydrolysable amino acids (THAA)] in natural marine bacterial assemblages. These values were much higher than the corresponding values reported in the literature or those determined by ourselves for isolated bacterial strains (typical range, 4.3 - 8.8%). In POM, L-Pro content was low (<5% of THAA) in the upper layer (0 - 200 m), whereas it was high (24 - 26% of THAA) at the depth of 1000 m. Determination of enantiomeric amino acids in POM revealed that the ratio of D-/L- amino acids at the depth of 1000 m (0.054 - 0.061) was higher than that in the upper layer (0.012 - 0.039). These results confirm and add to the previous proposition that amino acid composition is systematically altered during bacterial reworking of marine organic matter, indicating that, in addition to the conventional indicator using enantiomeric amino acid ratio, L-Pro content can be a new indicator of the enrichment of POM by the organic matter derived from bacteria. Our results also underscore the importance of identifying bacterial constituents rich in L-Pro, which might play an important role in biochemical processes mediated by uncultured natural marine bacteria.

キーワード: 海洋細菌, アミノ酸, プロリン, 鏡像異性体, 懸濁態有機物

Keywords: marine bacteria, amino acids, proline, enantiomers, particulate organic matter

海洋溶存有機窒素の起源：アミノ酸窒素同位体組成分析からの制約
Sources of dissolved organic nitrogen in the ocean indicated by nitrogen isotopic analysis of amino acids

山口 保彦^{1*}; Broek Taylor A. B.¹; McCarthy Matthew D.¹
YAMAGUCHI, Yasuhiko T.^{1*}; BROEK, Taylor a. B.¹; MCCARTHY, Matthew D.¹

¹ カリフォルニア大学サンタクルーズ校

¹ University of California, Santa Cruz

Estimating sources of marine dissolved organic matter (DOM) is one of crucial steps for mechanistic understanding of marine biogeochemical cycles. Bacteria have been suggested as important sources of marine DOM, but nature of the source Bacteria (e.g., heterotrophic v.s. autotrophic) currently remains uncertain. While compound-specific isotope analysis of amino acids (CSI-AA) can be a powerful tool for elucidation of the source of marine DOM, it has been difficult due to the large analytical errors of CSI-AA associated with the complexity of marine DOM. Here we developed a new method for precise $\delta^{15}\text{N}$ -AA analysis of marine DOM by coupling HPLC purification and GC-IRMS, and then applied the method to high-molecular-weight (HMW) DOM samples collected at the Gulf of Mexico and the North Pacific Subtropical Gyre. $\delta^{15}\text{N}$ -AA values and patterns of the HMW-DOMs were significantly different between the surface and the mesopelagic depths, indicating that their sources are different. Especially, the $\delta^{15}\text{N}$ -AA signatures of the mesopelagic HMW-DOMs suggest that they are product of resynthesis by heterotrophic Bacteria, rather than remnant of DOM produced by autotrophic Bacteria.

キーワード: 溶存有機物, 窒素循環, アミノ酸, 同位体, 北太平洋亜熱帯環流, メキシコ湾

Keywords: Dissolved Organic Matter, Nitrogen Cycle, Amino Acids, Isotopes, North Pacific Subtropical Gyre, Gulf of Mexico

炭素同位体比を用いた海藻の生育履歴の推定

Reconstructing the environmental history of macroalgae by the use of dual carbon isotope tracers

佐藤 菜央美^{1*}; 福田 秀樹¹; 宮入 陽介¹; 横山 祐典¹; 永田 俊¹

SATO, Naomi^{1*}; FUKUDA, Hideki¹; MIYAIRI, Yosuke¹; YOKOYAMA, Yusuke¹; NAGATA, Toshi¹

¹ 東京大学大気海洋研究所

¹ Atmosphere and Ocean Research Institute, the University of Tokyo

三陸沖の黒潮・親潮域は、世界有数の漁場として知られる生産性の高い海域である。この三陸の沿岸に存在する内湾には、性質が大きく異なる黒潮系と親潮系の海水が季節的に変化しながら流入するという大きな特徴がある。特に顕著なのは冬季に見られる親潮系水の流入イベントである。このイベントは、湾内の環境（水温、栄養塩など）を劇的に変化させ、生物群集に対して大きな影響を及ぼすと考えられている。しかし、親潮流入イベントの規模やタイミングは経年的に大きく変動するため、湾内環境の変化に対する生物群集の生理的応答の実態については不明の点が多い。本研究では、三陸沿岸域に広く分布する底生一次生産者であり、養殖生物としても重要なワカメ (*Undaria pinnatifida*) を用い、個体に記録された放射性炭素同位体比 ($\Delta^{14}\text{C}$) と炭素安定同位体比 ($\delta^{13}\text{C}$) を指標として、親潮流入イベントのタイミングの復元と、イベントに対するワカメの生理的応答を推定する新規手法の検討を試みた。ワカメの成長点は根元にあり、下方から上方に成長する。従って、中心の軸から左右対称に生じる側葉の形成時期は、頂部ほど古く、基部ほど新しい。今、側葉の $\Delta^{14}\text{C}$ が、形成時期の溶存態無機炭素 (DIC) の $\Delta^{14}\text{C}$ ($\Delta^{14}\text{C-DIC}$) を反映すると仮定すれば、湾内が黒潮系の津軽暖流水 ($\Delta^{14}\text{C-DIC}$ が高い) に満たされていた時期に形成された側葉の $\Delta^{14}\text{C}$ は高く、一方、親潮系水 ($\Delta^{14}\text{C-DIC}$ が低い) の流入後に形成された側葉の $\Delta^{14}\text{C}$ は低くなると予想される。

岩手県大槌湾で栽培したワカメの各側葉の $\Delta^{14}\text{C}$ と海流の流入状況の対応関係を調べた結果、予想通り、親潮の流入後に形成された側葉は、それ以前に形成された側葉に比べて $\Delta^{14}\text{C}$ が顕著に低いことが示された。このことは、親潮流入イベントが、側葉 $\Delta^{14}\text{C}$ の葉序依存的な変動として記録されていた可能性を示唆する。一方、各側葉の $\delta^{13}\text{C}$ は 4.7 ‰ の変動幅で大きく変化し、これは、津軽暖流水と親潮水の間での DIC の $\delta^{13}\text{C}$ の変動幅 (0.22 ‰) を大きく上回った。このことから、側葉の $\delta^{13}\text{C}$ は、ワカメの生理状態（成長速度）の変化に伴う同位体分別効果の変動を反映したものと解釈された。側葉の $\delta^{13}\text{C}$ と $\Delta^{14}\text{C}$ の間に有意な負の相関がみられたことから、親潮水の流入に伴いワカメの成長速度が増加した可能性が示唆された。本手法は、親潮・黒潮域における海況変化の復元と、それに対する海藻の生理的応答を解明する有効な手段となることが期待される。

キーワード: 海藻, 放射性炭素同位体比, 炭素安定同位体比, 三陸沿岸, 親潮, 津軽暖流

Keywords: microalgae, radiocarbon, carbon stable isotope, Sanriku region, Oyashio, Tsugaru warm current

無機質量分析法を用いたマルチスケール元素イメージング Multi-scale elemental mapping analysis for biochemical tissue samples using laser ablation- ICP-mass spectrometry

平田 岳史^{1*}; 小原 聖也¹; 向山 翔¹; 服部 健太郎¹; 坂田 周平¹; 鈴木 敏弘²

HIRATA, Takafumi^{1*}; OHARA, Seiya¹; MUKOYAMA, Sho¹; HATTORI, Kentaro¹; SAKATA, Shuhei¹;
SUZUKI, Toshihiro²

¹ 国立大学法人京都大学, ² 国立大学法人東京工業大学

¹Kyoto University, ²Tokyo Institute of Technology

Laser ablation sampling technique combined with ICP-mass spectrometry (LA-ICPMS) has become one of the most sensitive and versatile analytical tool for elemental imaging for minerals, fossils or various biological tissue samples. Laser sampling under the atmospheric pressure conditions can provide high analytical capability to accept large-sized samples ranging from 10 μm to 25 mm with the optimum spatial resolutions. With the 75 μm laser beam, from major elements (e.g., C, Na or Ca) to trace-elements (e.g., Ni, Se or Mo) can be monitored. With newly developed square-shaped laser beam can provide flat sample surface even after the laser ablation. After the survey scan using the square-shaped laser pit, elemental imaging with high-spatial resolution can be achieved by the laser ablation using the 5 ? 10 μm pit sizes without any additional sample preparation procedures. With the present analytical protocol, multiple elemental images with different spatial resolution can be obtained. Only the problem is that the determination of elemental concentrations from the sample. Element concentrations would be very important to estimate the absolute amount or rate of elemental metabolism within and among the organs. The quantitative elemental imaging, however, had been retarded by the heterogeneous sampling (variation in the sampling depth or volume), mainly due to the difference in the hardness or color of the samples. To overcome this, we have developed the soft-ablation sampling technique.

With the soft ablation technique, biochemical tissue samples, placed onto the glass substances, were preferentially ablated by the laser ablation under the highly controlled energy fluence (soft ablation). Hence, no laser ablation was made on the glass substrate, because the energy fluence employed for the laser ablation of the biochemical samples was significantly lower than the energy threshold for the glass materials. With the preferential and total ablation of only biochemical samples, we can manage to obtain the homogeneous depth and volume of the sampling.

To take a full advantage of the quantitative imagings, we have developed new software to obtain the imaging data from the repeated line profiling analysis. With the present software, possible correlation among the analytes can be easily evaluated from only the specific area, or lines. Moreover, possible contamination or secondary moving of the elements can also be tested. Another advantage of the present software is to accept almost all the time-profiling information achieved by various analytical techniques. Analytical features achieved by the combination of the LA-ICPMS technique and the present software will be demonstrated.

Keywords: laser ablation, ICP-mass spectrometry, Elemental Mapping, Multiple Scale, New Software

ベトナムにおける地下水のヒ素、マンガン、バリウム汚染とヒトの健康リスク Contamination by arsenic, manganese and barium in groundwater and human health risk in Vietnam

阿草 哲郎^{1*}; 國頭 恭²; 井上 英¹; Minh Tu Binh³; Tue Nguyen Minh¹; Ha Nguyen Ngoc⁴; Tu Nguyen Phuc Cam⁴; Trang Pham Thi Kim³; 高橋 真⁵; Tuyen Bui Cach⁶; Viet Pham Hung³; 岩田 久人¹; 田辺 信介¹
AGUSA, Tetsuro^{1*}; KUNITO, Takashi²; INOUE, Suguru¹; MINH, Tu binh³; TUE, Nguyen minh¹; HA, Nguyen ngoc⁴; TU, Nguyen phuc cam⁴; TRANG, Pham thi kim³; TAKAHASHI, Shin⁵; TUYEN, Bui cach⁶; VIET, Pham hung³; IWATA, Hisato¹; TANABE, Shinsuke¹

¹ 愛媛大学沿岸環境科学研究センター, ² 信州大学理学部, ³ Hanoi University of Science, Vietnam National University, Vietnam, ⁴ Faculty of Fisheries, Nong Lam University, Vietnam, ⁵ 愛媛大学農学部, ⁶ Research Institute for Biotechnology and Environment (RIBE), Nong Lam University, Vietnam

¹ Center for Marine Environmental Studies (CMES), Ehime University, Japan, ² Faculty of Science, Shinshu University, Japan, ³ Hanoi University of Science, Vietnam National University, Vietnam, ⁴ Faculty of Fisheries, Nong Lam University, Vietnam, ⁵ Faculty of Agriculture, Ehime University, Japan, ⁶ Research Institute for Biotechnology and Environment (RIBE), Nong Lam University, Vietnam

In this study, we investigated contamination by arsenic and other trace elements in groundwater and in the Red River and the Mekong River Deltas, Vietnam. In addition, we evaluated human health risk from consumption of the contaminated groundwater. Concentrations of arsenic in groundwater were in the range of $<0.1 - 502 \mu\text{g/l}$, with about 39% of these water samples exceeding WHO drinking water guideline of $10 \mu\text{g/l}$. Interestingly, 31% and 5% of groundwater samples had higher concentrations of manganese ($400 \mu\text{g/l}$) and barium ($700 \mu\text{g/l}$) than WHO guidelines for drinking water, respectively. Concentrations of arsenic, manganese and barium in hair of local residents were positively correlated with those in groundwater. Estimation using hazard quotient showed that about 43 % of groundwater samples have potential human health risks associated with intakes of these elements. These results suggest that people in these regions are exposed to arsenic, manganese and barium through the consumption of groundwater and hence potential health risks of these elements are of great concern for these local people.

野生生物の微量元素レベルを決める要因は何か？ What factors decide the trace element levels in wildlife ?

渡邊 泉^{1*}
WATANABE, Izumi^{1*}

¹ 東京農工大学
¹Tokyo Univ. Agricul. Tech.

野生生物の微量元素（重金属）濃度におけるバックグラウンド・レベルを把握することは、生態影響評価を行う上でも重要となる。つまり、野生生物の化学物質蓄積および感受性には種間差があることが知られ、特殊な超濃縮現象も知られている。これらの正確な把握なしには、生態系における化学物質の影響評価において、誤った結論を導き出してしまいう可能性がある。このルールは重金属類を含む微量元素にも当てはまる。むしろ、多くの元素で必須性が疑われる生体微量元素および重金属類においては、最適濃度範囲の変動によって、より複雑になることも予想される。

本報では、とくに野生動物体内の微量元素レベルに着目し、どのような要因が種の組織・器官における濃度を決定するか、幾つかのケースを用いて検討した結果を報告する。それらは、餌生物に代表される生息環境の微量元素レベルに加え、種および分類グループがもつ特異性や、行動や生理が影響を受ける生息環境の要因、元素間関係なども関与している可能性を示唆している。

このような野生生物における微量元素蓄積の精確な把握は、生態影響評価の分野のみならず、生物の“化学進化”解明にも新しいヒントをもたらす可能性がある。つまり、生物と環境の相互作用のみならず、生物進化の本質にも迫れる可能性も期待され、今後の本分野における野心的な展開が期待される。

キーワード: 微量元素, 重金属類, 野生生物, 種特異性, 元素特異性

Keywords: trace elements, heavy metals, wildlife, species specific accumulation, element specific accumulation

タイワンリス (*Callosciurus erythraeus*) の肝臓における特異的な銅蓄積現象 Specific copper accumulation in liver of Formosan squirrel (*Callosciurus erythraeus*)

鈴木 美成^{1*}; 渡邊 泉²

SUZUKI, Yoshinari^{1*}; WATANABE, Izumi²

¹ 島根大学生物資源科学部, ² 東京農工大学大学院農学研究科

¹Faculty of Life and Environmental Science, Shimane University, ²Graduate School of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology

【目的】銅 (Cu) は必須元素であり、肝臓は Cu 代謝にとって重要な器官である。Cu の代謝異常障害として Wilson 病 (WD) が知られている。WD は肝臓での ATP7B 異常のため、血中および胆汁への Cu 排泄が阻害される。その結果、血中では Cu 欠乏、肝臓では Cu 過剰状態となり肝炎・肝癌を発症する。また、ベドリントンテリア (BT) では ATP7B に異常がないが、COMMD1 という ATP7B と協力して胆汁への Cu 排泄に関与するタンパク質に異常があるため、肝臓中に Cu が蓄積する。

これまで我々は、日本および台湾各地で捕獲した野生のタイワンリスが平均で 420 $\mu\text{g}/\text{wet g}$ と高濃度の Cu を肝臓に蓄積していることを報告し、環境要因でないことを明らかにした。^{1,2)} 本報では、本種の毒性影響評価に加えて、HPLC-ICP MS 法を用いて本種における Cu の細胞内分布を明らかにし、蓄積過程について検討を行った。

【試料と方法】2001 年から 2006 年に神奈川県鎌倉市で捕獲したタイワンリス (*Callosciurus erythraeus*) 37 検体より、肝臓、血清および胆汁を採取し分析まで -80 °C で保管した。また、肝臓の一部はホルマリンに保存しヘマトキシリン・エオシン (HE) 染色による組織検査を行った。血清中 ALT, AST, Cp の酵素活性は吸光度法を用いて測定した。肝臓は窒素気流下でホモジナイズし、105,000 \times g、4 °C において 60 分間の超遠心分離により不溶性および可溶性画分に分離した。各画分および血清・胆汁は硝酸-過塩素酸混液による湿式灰化の後、ICP-MS (HP-7500, Agilent, Japan) にて Cu、亜鉛およびカドミウム濃度を測定した。また、肝可溶性画分および血清はゲルカラム (Develosil 100Diol-5, 8.0 \times 300 mm, 8.0 \times 35 mm ガードカラム付き; Nomura Chemical, Tokyo) と 100mM 酢酸アンモニウム緩衝液 (pH 6.5, 25 °C) を用いた HPLC-ICP MS により金属タンパク質の分析を行った。

【結果と考察】供試した肝臓中 Cu 濃度は 6.3~1740 $\mu\text{g}/\text{g}$ (湿重あたり) であった。HE 染色の結果、肝臓では黄褐色の沈着を伴う空胞性変性が認められたが、これらは可逆的な変性であり、黄疸・肝肥大等の肉眼的な解剖学的変化は認められず、肝臓中 Cu 濃度との関連も認められなかった。さらに、肝障害のマーカーとなる血中 AST, ALT 活性も肝臓中 Cu 濃度による増加は認められなかった。これらのことから、本種においては、Cu を無毒化するメカニズムがあることが示唆された。

一般に、肝臓に蓄積した Cu は細胞質に局在するタンパク質である MT に捕捉されることで無毒化されており、LEC ラットや BT で蓄積した Cu はおもに MT に結合した状態で存在している。そこで、本種の肝臓中 MT に着目し解析を行った。肝臓中の Cu 濃度が 100 $\mu\text{g}/\text{g}$ を越える試料では、60% の Cu が不溶性画分に存在した。また、HPLC-ICP MS 分析により、肝臓中 Cu 濃度が高くなるに伴い MT に結合した Cu 量が増加したが、蓄積した Cu は MT よりも可溶性の高分子蛋白質に分布することが分かった。以上の結果から、肝臓に取込まれた Cu はまず MT と結合するが肝臓中の Cu 量が増えると MT よりも可溶性の高分子量蛋白質や不溶性の画分に多く分布することが明らかとなった。

肝臓からの Cu 排泄経路である血清および胆汁中 Cu 濃度を測定したところ、血清中セルロプラスミン (Cp) へ活性は低いものの Cp への Cu 供給は行われていた。さらに、胆汁への Cu 排泄も行われていることも確認された。以上のことから、タイワンリスでは LEC ラットや BT とは異なる蓄積機構が存在すると考えられ、蓄積した Cu は細胞質の MT 以外の成分に結合することが明らかとなった。

【引用文献】

1. Suzuki *et al.*, *Chemosphere*, **64**, 1296-1310 (2006).
2. Suzuki *et al.*, *Chemosphere*, **68**, 1270-1279 (2007).

キーワード: タイワンリス, 銅蓄積, 銅代謝, 種特異性, メタロチオネイン, セルロプラスミン

Keywords: Formosan squirrel, copper accumulation, copper homeostasis, species-specific, metallothionein, ceruloplasmin

微量元素を利用したスカシバガ類の発生地推定と外来種スグリコスカシバの分布拡大様式

Estimating the Natal Sites of Clearwing Moths by using Trace Elements and the Invasive Pattern of Currant Clearwing Moth

工藤 誠也^{1*}; 渡邊 泉²; 東 信行¹

KUDO, Seiya^{1*}; WATANABE, Izumi²; AZUMA, Nobuyuki¹

¹ 弘前大学農学生命科学部, ² 東京農工大学大学院農学研究院

¹Faculty of Agriculture and Life Science, Hirosaki University, ²Graduate School of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology

Some species of clearwing moths (Lepidoptera: Sesiidae) are known as destructive pests. For example, *Glossosphesia romanovi* is a pest of a grape tree. *Sesia yezoensis* is also observed in the same area as the previous species, but it is not a pest because its host plants are not fruit trees but willows. The currant clearwing moth *Synanthedon tipuliformis* has known as a pest of red and black currants. It was originally confined to Europe, but was introduced to Australia, New Zealand, USA and Japan along with the spread of the currant cultivation. In Japan, this species was firstly recorded from Hokkaido Island in 2008 and also found in the northern and central parts of Honshu Island within a few years. We estimated their natal sites using the elements in their bodies as tracers and evaluated their adult dispersal patterns. These are important information for the pest control and preventing to spread the invasive species.

By using ICP-MS (Agilent, 7500cx), levels of various trace elements were determined in bodies of clearwing moths (*Glossosphesia romanovi*, *Sesia yezoensis* and *Synanthedon tipuliformis*) collected from Aomori and Akita Prefectures in northern Japan.

The 4 element (Ni, Zn, Sn, and Pb) levels of *G. romanovi* in the vineyards were markedly higher than those in the non-vineyard areas, and the two groups could be clearly discriminated by these element levels. These elements might be introduced by the past and/or present agricultural managements, the exhaust gas of vehicles, and so on. Moreover, we could estimate their natal sites locally by multiple statistical analysis, and an individual which had apparently migrated from the non-vineyard area to the vineyard were detected. However, in the case of *S. yezoensis*, the differences between their natal sites were indistinct. This was probably because the host plants of this species were various willows (family Salicaceae). The differences between their natal sites might be masked with the differences between plants on which they had fed. These results suggested that the discrimination method using the trace elements were used effectively for stenophagous species such as *G. romanovi* rather than euryphagous species.

We could also discriminate between the currant clearwing moths in the each sampling sites by using the trace elements. Then, there might be no individual which had immigrated from another sites in spite of the short distances between the sampling sites (about 1.4 - 2.7 km). Therefore, it was considered that this species did not have high dispersal potential and the rapid invasion was caused by artificial import of its larvae with currant trees.

キーワード: 移動分散, 外来種, スカシバガ, 重金属, ICP-MS

Keywords: migration, invasive species, clearwing moth, heavy metal, ICP-MS

ザンビア共和国カブエ市の鉛・亜鉛鉱床地域の子供における血中鉛濃度の調査 Lead (Pb) poisoning in children from townships around an extensive lead-zinc mine in Kabwe, the Republic of Zambia

中山 翔太^{1*}; ヤベ ジョン²; 池中 良徳¹; ベイエネ ヤレド¹; ボーティサム ネスタ¹;
オロスラーニュ バラージュ¹; ムザンド カアンプウェ²; チョーンゴ ケネディ²; ムウェネ アーロン²;
カバロ アベル³; 水川 葉月¹; 石塚 真由美¹
NAKAYAMA, Shouta^{1*}; YABE, John²; IKENAKA, Yoshinori¹; BEYENE, Yared¹; BORTEY-SAM, Nesta¹;
OROSZLANY, Balazs¹; MUZANDU, Kaampwe²; CHOONGO, Kennedy²; MWEENE, Aaron²; KABALO, Abel³;
MIZUKAWA, Hazuki¹; ISHIZUKA, Mayumi¹

¹ 北海道大学大学院獣医学研究科, ² ザンビア大学獣医学部, ³ 保健省カブエ地区オフィス

¹Graduate School of Veterinary Medicine, Hokkaido University, ²School of Veterinary Medicine, University of Zambia, ³Kabwe District Health Office, Ministry of Health

Childhood lead (Pb) poisoning is a serious public health concern worldwide. Young children under the age of 7 years are particularly vulnerable to Pb poisoning because of behavioral factors, such as frequent hand-to-mouth activities and biological factors including greater gastrointestinal absorption compared to adults and developing neurological systems. Lead exposure among children is associated with developmental abnormalities including impaired cognitive function, reduced intelligence, impaired hearing and reduced stature.

In Kabwe, Zambia, the capital of Central Province, extensive contamination of Pb in soils, wild rats as well as offal of cattle and chicken in townships in the vicinity of a lead-zinc mine has been reported and poses a serious health risk to children in these townships. We have previously reported that the concentrations of Pb (9-51188 mg/kg) in Kabwe soil (n=101) were much higher than benchmark values. Pb levels in tissues of Kabwe cattle were higher than those in other Zambian towns. Moreover, mean concentrations of Pb exceeded maximum levels for human consumption in some organs including muscle in free-range chickens, in contrast to low levels in broiler chickens, suggesting Pb exposure. Therefore, this study investigated blood lead levels (BLLs) in children in townships around the Pb-Zn mine in Kabwe and to identify children with BLLs that require medical intervention so as to mitigate the toxic effects of Pb.

The study was approved by the University of Zambia Research Ethics Committee and the Ministry of Health, Zambia. After informed and written consent was obtained from the parents or guardians, blood samples up to 3 mL (17 samples at Chowa, 100 samples at Kasanda and 129 samples at Makululu) were collected by qualified laboratory technicians from the children at clinics in the study areas. For each child, data on the age, sex and residential area were recorded. The blood samples were promptly transferred and stored at the laboratory of the Kabwe District Health Offices. The samples were transported to Japan and analyzed for Pb concentrations by ICP-MS.

Almost all of the sampled children in the current study had indications of Pb poisoning, with BLLs exceeding 5 microgram/dL. Children in these areas could be at serious risk of Pb toxicity as 18% of the sampled children in Chowa, 57% (Kasanda) and 25% (Makululu) had BLLs exceeding 65 microgram/dL. Eight children had BLLs exceeding 150 microgram/dL with the maximum being 427.8 microgram/dL. When children were grouped according to age, younger children between the ages of 0-3 years accumulated higher BLLs than their older counterparts (4-7 years). Significant negative correlation between age and BLLs supported this finding. This study demonstrated that childhood Pb poisoning in Kabwe is among the highest in the world. Although clinical cases and deaths due to Pb poisoning among children in Kabwe are rare, these findings indicate that more studies are needed to establish the health effects of Pb poisoning in children exposed to Pb pollution in townships around the Pb-Zn mine in Kabwe.

Given that Pb poisoning among children in Kabwe was extensive, it is recommended that chelation therapy be commenced in the children with BLL exceeding 45 microgram/dL prior to the onset of symptoms to reduce morbidity and prevent mortality in the affected children. This can be achieved for each child by devising and implementing an individualized plan of follow-up, especially for those children with extremely high BLLs.

キーワード: ザンビア, カブエ, 鉛, 子供, 鉱床

Keywords: Zambia, Kabwe, Lead, Children, Mining

ホタテ養殖による内水湾からの元素除去 Elimination of the heavy metals from coastal water by scallop cultivation

東 信行^{1*}; 岩崎 知子¹; 工藤 誠也¹; 井上 博元²; 野田 香織³; 渡邊 泉⁴
AZUMA, Nobuyuki^{1*}; IWASAKI, Chiko¹; KUDO, Seiya¹; INOUE, Hiromoto²; NODA, Kaori³;
WATANABE, Izumi⁴

¹ 弘前大学農学生命科学部, ² 岩手大学大学院連合農学研究科, ³ 弘前大学理工学部, ⁴ 東京農工大学大学院農学研究科
¹Faculty of Agriculture and Life Science, Hirosaki University, ²The United Graduate School of Agricultural Sciences, Iwate University, ³Faculty of Science and Technology, Hirosaki University, ⁴Graduate School of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology

Mutsu Bay in northern Japan is a semi-enclosed shallow water basin connected to Tsugaru channel between the Sea of Japan and Pacific Ocean. The problem of seawater eutrophication has not been appeared in Mutsu Bay because the human population density around the bay is relatively low. However, Mutsu Bay is one of Japan's most famous areas for the scallop cultivation, and about 100,000 tons of the scallops which took up inorganic substances in seawater are landed every year. For example, it is known that the mid-gut glands of scallops accumulate high levels of cadmium. We determined the nitrogen and carbon stable isotope ratios and the trace element concentrations of fish and measured the material cycles in Mutsu Bay and the Sea of Japan.

The Japanese whiting *Sillago japonica* were collected from the coastal areas (Mutsu Bay: 7 sites, the Sea of Japan: 10 sites) of Aomori Prefecture, northern Japan, in 2012 and 2013. We determined the nitrogen and carbon stable isotope ratios of their muscles by DELTA-plus Isotope Ratio Mass Spectrometer coupled with NC2500 Elemental Analyzer (Thermo Fisher Scientific), the levels of 25 elements (Li, Mg, Ca, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, As, Rb, Sr, Mo, Cd, In, Sn, Sb, Cs, Ba, Tl, Pb, Bi) in their livers by ICP-MS (Agilent, 7500cx), and the mercury levels in their livers by the cold vapor technique with an automatic mercury analyzer (Nippon Instruments Corporation, RA-3220A).

The carbon stable isotope ratios ($\delta^{13}\text{C}$) of Mutsu Bay specimens were higher than those of the Sea of Japan specimens. The nitrogen stable isotope ratios ($\delta^{15}\text{N}$) were not different in most of the sampling sites, but the ratios were obviously higher in the particular site of Mutsu Bay. It was considered that this phenomenon was locally caused by the unnatural nitrogen supply.

Moreover, the levels of 15 elements (Li, Mg, Ca, Mn, Fe, Co, Cu, Zn, Rb, Sr, Mo, Cd, Cs, Hg, Pb) in the livers of Mutsu Bay specimens were significantly lower ($p < 0.01$, U test) than those in the Sea of Japan specimens. Especially, the levels of cadmium and mercury for $\delta^{15}\text{N}$ values were obviously low in the Mutsu Bay specimens. This result suggested that some elements such as cadmium were brought out from Mutsu Bay by the landing of cultured scallops.

In Iwasaki fishing port (one of the sampling sites in the Sea of Japan), the levels of 8 elements (V, Fe, Co, Cu, Ga, Cd, Hg, Pb) of the specimens captured in 2012 were significantly higher ($p < 0.01$, U test) than those in 2013. In March 2012, a cargo ship was stranded nearby Iwasaki fishing port, and the oil spilled into the ocean.

キーワード: 必須微量元素, 安定同位体, シロギス, ホタテガイ, 元素除去

Keywords: essential trace element, stable isotope, Japanese whiting, Japanese scallop, element elimination

Spatial distributions of REE, heavy metals and oxygen isotope of phosphate in the Yasu river, Shiga, Japan

Spatial distributions of REE, heavy metals and oxygen isotope of phosphate in the Yasu river, Shiga, Japan

Cid Abigail^{1*}; Song Uham⁷; 陀安 一郎¹; 岡野 淳一²; 富樫 博幸³; 石川 尚人⁶; 村上 綾²; 林 拓矢⁵; 岩田 智也⁵; 尾坂 兼一⁴; 中野 伸一²; 奥田 昇¹
CID, Abigail^{1*}; SONG, Uham⁷; TAYASU, Ichiro¹; OKANO, Jun-ichi²; TOGASHI, Hiroyuki³; ISHIKAWA, Naoto F.⁶; MURAKAMI, Aya²; HAYASHI, Takuya⁵; IWATA, Tomoya⁵; OSAKA, Ken'ichi⁴; NAKANO, Shin-ichi²; OKUDA, Noboru¹

¹ 総合地球環境学研究所, ² 京都大学生態学研究センター, ³ 京都大学フィールド科学教育研究センター, ⁴ 滋賀県立大学, ⁵ 山梨大学生命環境学部, ⁶ 海洋研究開発機構, ⁷ 済州大学校

¹Research Institute for Humanity and Nature, ²Ctr Ecol Res, Kyoto Univ, ³Field Sci Educ Res Ctr, Kyoto Univ, ⁴Univ Shiga Pref, ⁵Faculty of Life and Envi Sci, Univ Yamanashi, ⁶JAMSTEC, ⁷Jeju Nat Univ

Introduction

Yasu river is the largest river that flows through the Lake Biwa. The Lake Biwa is the largest freshwater lake in Japan. The land use pattern within the Yasu river system has been gradually changing since 1960s. This study reports the spatial distribution of rare earth elements (REE), heavy metals and oxygen isotope of phosphate ($\delta^{18}\text{O}_p$) in the Yasu river to give insights on the surface geological processes in the river.

Methodology

Surface river water samples were collected from 66 sites in the Yasu river on October 2012 with acid-cleaned polyethylene bottles. Nitric acid was added to the filtered sample to make 2% solution and elements were directly analysed using Agilent 7500cx inductive couple plasma mass spectrometer. Dissolved inorganic phosphate from selected sites were extracted and converted to silver phosphate. Oxygen isotope analysis of these silver phosphate samples were performed using a thermal conversion elemental analyzer coupled to a continuous flow isotope ratio mass spectrometer via a helium stream.

Results and Discussion

There were no direct correlations among land use pattern, nutrients and elemental concentration. The concentrations of REE and heavy metals were generally constant throughout the Yasu river system. However, the concentrations of some elements, such as Na, Ca, Y and Sn, were high in urban areas but not always on the same site. The elemental concentrations of water from the mouth of Lake Biwa were similar to the average concentrations all over the Yasu river system. On the other hand, river waters showed a marked variation in their $\delta^{18}\text{O}_p$ among sites within the river. Significant differences were also detected in the $\delta^{18}\text{O}_p$ among a variety of potential P sources, showing this technique is applicable to trace P sources in the river ecosystems.

Keywords: rare earth elements, Yasu river, Land use, oxygen isotopes of phosphate, metals, geological cycling

Effects of environmental factors on production of dissolved N₂-a product of denitrification. A case study in Tama River

Effects of environmental factors on production of dissolved N₂-a product of denitrification. A case study in Tama River

NGUYEN CONG, Thuan^{1*} ; KOBAYASHI, Keisuke¹ ; YANO, Midori¹ ; MAKABE, Akiko¹
NGUYEN CONG, Thuan^{1*} ; KOBAYASHI, Keisuke¹ ; YANO, Midori¹ ; MAKABE, Akiko¹

¹Tokyo University of Agriculture and Technology, Japan

¹Tokyo University of Agriculture and Technology, Japan

In aquatic ecosystems, denitrification, the nitrate (NO₃⁻) reduction to dinitrogen gas (N₂), is considered as the important process to remove nitrogen to improve water quality. However, the denitrification also contributes to the emission of N₂O – a greenhouse gas. Many studies of N₂ production in river were conducted to estimate the removal of nitrogen under natural condition via the denitrification. To gain more information of key factors for the N₂ production, we explore the relationships between dissolved N₂ and environmental factors in Tama River.

Water samples in Tama River from eight stations (from stn 1 near the mouth of the Tama River (in Kawasaki City) to stn 8 – Mid-Tama River (in Ohme City)) were collected on 13th November, 2014. Environmental parameters as temperature, pH, EC, concentrations of DO, NH₄⁺, NO₂⁻, NO₃⁻, DIN, DON, TDN, TOC were analyzed. Dissolved nitrogen gases through N₂/Ar ratios were analyzed by Membrane Inlet Mass Spectrometer (MIMS) system.

Types of the river water were divided two groups. Upstream stations (stn 6 to 8) located in Mid-Tama River showed low concentrations (TDN: 51.36 – 78.09 μM/L, NH₄⁺: 0.26 – 1.78 μM/L, NO₂⁻: 0.24 – 0.47 μM/L, NO₃⁻: 45.33 – 67.84 μM/L, DON: 3.94 – 11.35 μM/L). Downstream stations (stn 1 to 5) showed high concentrations (TDN: 261.63 – 590.75 μM/L, NH₄⁺: 5.23 – 155.87 μM/L, NO₂⁻: 5.53 – 22.08 μM/L, NO₃⁻: 185.93 – 403.00 μM/L, DON: 14.56 – 64.09 μM/L). Nitrate dominated and accounted for 90.8 ± 11.7% of DIN, 82.4 ± 11.8% of TDN. Station 2 had the highest concentrations of nitrogen compounds except NO₃⁻ concentrations. Water quality of this site was affected by sewage of plants which were in upper near this site. TOC values were also divided two groups as groups of nitrogen compounds (0.41 – 0.50 mg/L for upstream stations, while 1.71 – 2.21 mg/L for downstream stations).

Measured average N₂/Ar ratio (37.36 ± 0.45) was lower than the theoretical average N₂/Ar ratio (38.05 ± 0.25). Unfortunately remarkable excess in N₂/Ar was not observed in our samples. We will present our preliminary isotopic results on NO₃⁻, NO₂⁻, NH₄⁺ and TDN in the presentation to discuss the occurrence of denitrification in the presentation.

霞ヶ浦の懸濁物に含まれる有機態リン化合物の動態について Behavior of organic phosphorus compounds in Lake Kasumigaura, Japan: A ^{31}P nuclear magnetic resonance spectroscopy study

篠原 隆一郎^{1*}; 今井 章雄¹; 富岡 典子¹; 高津 文人¹; 小松 一弘¹; 佐藤 貴之¹; 佐野 友春¹;
三浦 真吾¹; 霜鳥 孝一¹
SHINOHARA, Ryuichiro^{1*}; IMAI, Akio¹; TOMIOKA, Noriko¹; KOHZU, Ayato¹; KOMATSU, Kazuhiro¹;
SATOU, Takayuki¹; SANO, Tomoharu¹; MIURA, Shingo¹; SHIMOTORI, Koichi¹

¹ 国立環境研究所

¹ National Institute for Environmental Studies

1. はじめに

リンは水生生物にとって、必須の栄養素である一方で、富栄養化の原因物質でもある。以前からその重要性は認識されていたものの、水中に含まれるリン化合物の形態についての情報は乏しい。

近年、核磁気共鳴装置 (^{31}P NMR) を用いることにより、リンの形態、特に有機態リンの化合物形態を分析することが可能となってきた。本方法を用いることにより、DNA, RNA, リン脂質などが定量できる。浅い富栄養化した湖沼では植物プランクトンの一次生産が主要な生物生産であると考えられるが、湖沼の表層水中におけるリンの動態、特に核酸に含まれるリン (RNA-P, DNA-P) の動態は明らかにされていない。

そこで本研究は ^{31}P NMR を用いた手法を用いて、表層水懸濁物の RNA-P, DNA-P を定量し、懸濁態有機炭素量 (POC) や chlorophyll a 量との比較を行ったものである。本研究の目的は、核酸に含まれるリンの量を明らかにし、それらと一次生産量との関係を明らかにすることである。

2. 研究方法

2.1. 観測方法

霞ヶ浦臨湖実験施設付近の防波堤において、2011 年～2012 年の夏季に合計 23 回の観測を行った。防波堤にて 20L 程度の採水を行い、それを実験室に持ち帰り、ろ過を行った。 ^{31}P NMR を用いた分析に使用するサンプルについては、10L を GF/F ガラス繊維濾紙上 ($0.7\ \mu\text{m}$) に吸引ろ過したものを用いた。また、chlorophyll a, POC などの分析のために、GF/F フィルターを用いて 200ml 程度のろ過を行った。

2.2. 分析方法

^{31}P NMR を用いた分析については、Cade-Menun (1995) に準じて行った。10L 分の懸濁粒子を含んだ濾紙を、NaOH (0.25 mol L⁻¹), EDTA (0.05 mol L⁻¹) を含んだ溶液を用いて 4 時間抽出した。その抽出液をただちに凍結乾燥させた。凍結乾燥後の粉末状の物質を再度 NaOH (1 mol L⁻¹), D₂O を含んだ溶液で再溶解させ、NMR を用いて分析を行った。NMR の詳細な分析条件設定については Shinohara et al. (2012) を参照されたい。NMR で定量されたリン化合物について、波形分離法を用いて RNA-P などを分離・定量した。

POC に関しては 1 mol L⁻¹ の塩酸を用いて脱無機炭酸処理をした後、CN コーダー (Yanako) を用いて分析を行った。chlorophyll a の分析については、濾紙を 100% メタノールに一昼夜浸けた後、ユネスコ法を用いて測定した。

3. 結果と考察

NaOH-EDTA で抽出されたリンは、懸濁態リンに対して、平均して約 50% 程度の抽出率であった。NMR を用いて分析した結果、有機態リンは、NaOH-EDTA 抽出態のうち、約 57% を占めており、主に、RNA-P, DNA-P, リン脂質が含まれていた。無機態リンとしては、オルトリン酸、ピロリン酸などが含まれており、平均して約 43% 程度であった。DNA-P, RNA-P に含まれるリンは有機態リンのほとんどを占めており、これらのリンのプールが懸濁物質中では重要であろうと推察された。とりわけ、RNA-P は、DNA-P より平均して 3 倍程度存在しており、RNA-P の変動は DNA-P より大きく変動していた。

RNA-P は POC 濃度と有意な正の相関を示しており、その変動は炭素量に大きく依存していることが明らかになった。それに対して、DNA-P は POC や chlorophyll a と明瞭な関係性が見られなかった。これは DNA-P が二つの過程によって生成されると考えると説明できる。

過程 1 は、DNA-P 含有量が少ない植物プランクトンの枯死・バクテリアによる分解に伴って DNA-P が増加するプロセスである。これは、植物プランクトンが分解されると DNA-P が増加するという報告に一致する。過程 2 は、DNA-P 含有量が多い植物プランクトンの増加に伴って DNA-P が増加するプロセスである。DNA 含有量は植物プランクトンの種類によって異なるという報告がある。本研究では植物プランクトンの種類別に含まれる DNA-P 量の把握は行っていないが、これについては今後の課題である。

MIS26-21

会場:104

時間:5月28日 15:45-16:00

本研究では、植物プランクトン・有機炭素量と、核酸に含まれるリンの濃度との比較検討を行い、RNA-P, DNA-Pで異なる変動を示すことが明らかになった。これまで、それぞれのリンについての形態変化は計測されてきたものの、核酸に含まれるリンと、水中における一次生産との関係は明らかにされてこなかった。植物プランクトンの季節性や、河川からの栄養塩負荷などとの関連を明らかにすることが今後の課題である。

Shinohara, R.; Imai, A.; Kawasaki, N.; Komatsu, K.; Kohzu, A.; Miura, S.; Sano, T.; Satou, T.; Tomioka, N., Biogenic phosphorus compounds in sediment and suspended particles in a shallow eutrophic lake: A ^{31}P -Nuclear Magnetic Resonance (^{31}P NMR) study. *Environmental Science & Technology* 2012, 46, 10572-10578.

Cade-Menun, B.; Preston, C., A comparison of soil extraction procedures for ^{31}P NMR spectroscopy. *Soil Science* 1996, 161, 770.

キーワード: リン, 核磁気共鳴装置, DNA-P, RNA-P

Keywords: Phosphorus, ^{31}P nuclear magnetic resonance (NMR)

変わりゆく湖：福島県猪苗代湖における現在の窒素循環速度定量 Quantifying nitrate dynamics in the changing lake Inawashiro

松本 佳海^{1*}; 角皆 潤¹; 大山 拓也¹; 中川 書子¹
MATSUMOTO, Yoshiumi^{1*}; TSUNOGAI, Urumu¹; OHYAMA, Takuya¹; NAKAGAWA, Fumiko¹

¹ 名古屋大学大学院環境学研究科

¹ Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

福島県の猪苗代湖(表面積:103.3km²、最大水深:94.5m)の湖水は、火山地帯から流入して来る酸性河川水の影響で湖水のpHは5.0程度と低く、NO₃⁻などの窒素栄養塩が豊富であるにも関わらず、年間を通して一次生産による消費がほとんど進行しない酸栄養湖とされてきた。しかし、20年ほど前からpHの上昇が始まり、現在のpHは6.8程度と、一般の湖沼と差がないレベルになっており、湖内の一次生産も活発化している可能性が示唆されている。例えば、福島県の湖水モニタリング調査によると、深度10mにおけるNO₃⁻濃度の季節変化量は、2007~08年は平均3.6 μmol/L程度であったが、2011~12年では平均5.2 μmol/L程度と、夏季の減少量が增大している。さらに、湖水中のプランクトンの種類や量に変化が認められているとの報告もある。そこで本研究では、猪苗代湖においてNO₃⁻のΔ¹⁷O値を指標に用いて湖内の総硝化速度や総同化速度などの窒素循環速度の定量化を行った。

2014年6月と9月の計2回、湖心で各層採水を行った。試料は、GF/Fフィルターで濾過後、分析まで冷蔵保存した。各水試料中のNO₃⁻濃度は、イオンクロマトグラフを用いて定量し、NO₃⁻の各同位体組成(δ¹⁵N、δ¹⁸O、Δ¹⁷O)の測定には、Chemical Conversion法を使って、試料中のNO₃⁻をN₂O化またはO₂化した後、連続フロー型の質量分析システムで定量した(Tsunogai et al., 2010)。

湖内のNO₃⁻濃度は、6月は表層から深層まで14.0 μmol/Lでほぼ一定であったが、9月の表層0~30mは8.0 μmol/Lに減少し、またδ¹⁵N値にも+1‰前後の上昇が見られたことから、明らかに湖内の一次生産による消費が進行している。その減少量は過去8年間で最大で、湖内のNO₃⁻同化が活発化しつつあることが裏付けられた。観測インターバル間の3か月間で湖水全層を積算して算出した全NO₃⁻量も、79.9 Mmolから72.7 Mmolへ減少した。一方、Δ¹⁷O値の鉛直分布は、全層にわたって+3.5‰前後でほとんど一定であり、深度や季節による明瞭な変化は見られなかった。Δ¹⁷O値より求めた全溶存NO₃⁻に占める大気沈着由来のNO₃⁻の割合は、14%程度と高いことから、湖内中のNO₃⁻の平均滞留時間は比較的長く、窒素栄養塩は湖内の一次生産の制限元素にはなっていないことが示唆された。そこで、観測インターバル間の3か月間に大気から湖面に沈着したNO₃⁻量の推定値(1.4 Mmol)を利用して湖内の窒素循環速度を求めたところ、観測インターバル間の3か月間に6.2 MmolのNO₃⁻が硝化によって水中で再生する一方で、同時に14.8 MmolのNO₃⁻が同化で水中から除去されることが明らかになった。この観測インターバル間(3か月間)の同化量(14.8 Mmol)は、湖内に定常状態を仮定して求めた年間の同化量(48.5 Mmol)の30%程度にしかならないので、年間を通してほぼ一定の速度で同化による一次生産が進行しているか、もしくは湖内の窒素循環が非定常であることが示唆される。

キーワード: 福島県猪苗代湖, 硝酸安定同位体, 窒素循環, 三酸素同位体組成, 同化, 脱窒

Keywords: Inawashiro lake in Fukushima, nitrate stable isotopes, nitrogen cycling, triple oxygen isotopes, assimilation, nitrification

脱窒菌培養実験に基づく、窒素・炭素・硫黄同位体比の変化傾向：地下水硝酸汚染研究への応用

Nitrogen, carbon, and sulfur isotope fractionation during heterotrophic and autotrophic denitrification reactions

細野 高啓^{1*}; アルバレス ケリー¹; 林 殷田²; 嶋田 純²

HOSONO, Takahiro^{1*}; ALVAREZ, Kelly¹; LIN, In-tian²; SHIMADA, Jun²

¹ 熊本大学大学院先進機構, ² 熊本大学自然科学研究科

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

In batch culture experiments, we studied the isotope fractionation of nitrogen in nitrate, carbon in dissolved inorganic carbon, and sulfur in sulfate during heterotrophic and autotrophic denitrification of two bacterial strains (*P. aerofaciens* and *T. denitrificans*). Heterotrophic denitrification experiments were conducted with trisodium citrate as electron donor, autotrophic denitrification experiments were carried out with iron disulphide as electron donor. For heterotrophic denitrification experiments a complete nitrate reduction was accomplished, however bacterial denitrification with *T. denitrificans* is a slow process in which the degree of denitrification achieved in seventy days was 60 %. In the former experiment, systematic change of $\delta^{13}\text{C}_{\text{DIC}}$ with increase of DIC was observed during denitrification (enrichment factor ϵN was -2.3 ‰), suggesting the contribution of C of trisodium citrate. No SO_4^{2-} and $\delta^{34}\text{S}_{\text{SO}_4}$ changes were observed. In the latter experiment, clear fractionation of $\delta^{13}\text{C}_{\text{DIC}}$ during DIC consumption and $\delta^{34}\text{S}_{\text{SO}_4}$ during sulfur use of $\text{FeS}_2\text{-S}$ (around 2 ‰) were confirmed through denitrification ($\epsilon\text{N} = -12.5$ ‰). The results of this batch experiment study are useful to understand the anaerobic bacterial denitrification processes in contaminated groundwater flow systems where a carbon source and/or pyrite are present. However, in natural aquifers, other anaerobic microbial activities such as sulfate reduction and methanogenesis would take place after or in the middle of the progress of the denitrification reaction, which play a decisive role changing isotope ratios of carbon and sulfur. Nevertheless, obtained results can be applicable in environments where complex simultaneous anaerobic reactions would not occur after, in the middle of the denitrification reaction, or at organic poor land that prevent further heterotrophic bacterial reactions to proceed.

キーワード: 窒素・炭素・硫黄安定同位体比, 培養実験, 地下水, 脱窒

Keywords: N-C-S stable isotope ratios, batch culture experiments, groundwater, denitrification

大気からの窒素負荷の大きい森林生態系から流出する硝酸の起源 Tracing the source of nitrate eluted from the forest ecosystem under high deposition rate of atmospheric nitrogen

安藤 健太^{1*}; 角皆 潤¹; 大山 拓也¹; 中川 書子¹; 内山 重輝²; 山下 尚之²; 佐瀬 裕之²
ANDO, Kenta^{1*}; TSUNOGAI, Urumu¹; OHYAMA, Takuya¹; NAKAGAWA, Fumiko¹; UCHIYAMA, Shigeki²; YAMASHITA, Naoyuki²; SASE, Hiroyuki²

¹ 名古屋大学大学院環境学研究科, ² アジア大気汚染研究センター

¹ Graduate School of Environmental Studies, Nagoya Univ., ² Asia Center for Air Pollution Research

森林生態系では、一般に窒素栄養塩が一次生産が一次生産の制限元素となっている (Vitousek and Howarth, 1991)。しかし、慢性的に窒素負荷量が多い森林生態系は、窒素飽和と呼ばれる窒素栄養塩の過剰状態に陥り、そこから流出する渓流水や河川水中の硝酸濃度が著しく上昇する現象が見られる (Aber et al., 1989)。また、工場や自動車から排気ガスとして放出された窒素酸化物由来の窒素栄養塩の沈着量の増加が、窒素飽和の原因となっている可能性が指摘されている。そこで本研究では、国内の酸性雨長期モニタリング地点の中でも最高レベルの窒素沈着量が観測される岐阜県の伊自良湖周辺で、隣接する2つの森林小集水域から流出する RW1 (釜ヶ谷川)・RW3 (孝洞川) をフィールドに、硝酸の三酸素同位体異常 ($\Delta^{17}\text{O}$ 値) を指標に利用して、森林生態系内で利用されずに直接流出する大気沈着由来の硝酸 (大気硝酸) 量を見積もり、森林生態系の大気窒素吸収能力やその時間変化を定量化した。また、この RW1 や RW3 では、2008 年に平均 $35\ \mu\text{M}$ 前後と高濃度だった硝酸濃度が、2012 年には平均 $25\ \mu\text{M}$ 前後と年々低下する傾向が見られており (環境省, 2014)、さらに RW1 の硝酸濃度が RW3 の硝酸濃度を 30~40% 程度上回る傾向が継続して見られるので、それらの原因も考察する。なお、硝酸の $\Delta^{17}\text{O}$ 値は、大気硝酸が大きな値 ($\Delta^{17}\text{O} \approx +26\text{‰}$) を示す一方、硝化により生成する再生硝酸は必ず $\Delta^{17}\text{O} = 0\text{‰}$ である。しかも同化や脱窒といった一般の化学反応で変化しないため、大気硝酸の森林生態系内での挙動を解明する上で有用な指標となる。

本研究で供試した試料は、環境省越境大気汚染・酸性雨長期モニタリングで得たものである。試料の採取は、 $0.45\ \mu\text{m}$ のメンブレンフィルターでろ過し、分析まで冷蔵保存した。試料中の硝酸の三酸素同位体組成は、溶存硝酸を一酸化二窒素化し、これをオンラインで酸素分子化した後、連続フロー型質量分析システムに導入して定量した (Tsunogai et al., 2010)。

森林生態系から流出する河川水 (RW1・RW3) は、いずれもおおよそ $+1\sim2\text{‰}$ 程度の有意な三酸素同位体異常を示し、森林生態系で利用されなかった大気硝酸が河川水中に有意な量含まれていることが確認された。この三酸素同位体異常に季節変化などに呼応した変化は見られなかったが、河川水中の全硝酸に占める大気硝酸の混合比は、RW1 で平均 5.8%、RW3 で平均 4.0% と、RW3 が年間を通して RW1 より低い平均混合比を示した。これは RW3 の流域の方が、大気硝酸の吸収能力が高いことを意味しており、RW3 が RW1 より低い硝酸濃度を示すこととリンクしている可能性が高い。ただし、RW1 と RW3 の硝酸濃度の差がすべて大気硝酸量の差で説明できる訳ではないので、大気硝酸の吸収能力の高い森林からは、再生硝酸の流出も抑えられることを示すと思われる。また、2012 年に比べて 2013 年の方が、硝酸濃度の低下が見られたが、三酸素同位体異常もこれに呼応して低下する傾向が見られた。このことから、森林生態系の窒素飽和からの回復、すなわち総無機化・硝化フラックスの縮小に起因した無機態窒素プールと硝酸溶脱の減少により、再生硝酸の流出が抑制され、この回復に伴う樹木吸収量に占める大気硝酸の割合が増加し、大気硝酸の吸収効率が上がったと思われる。

キーワード: 森林生態系, 窒素飽和, 大気硝酸, 三酸素同位体組成, 伊自良湖

Keywords: forest ecosystem, nitrogen saturation, atmospheric nitrate, triple oxygen isotopic composition, Lake Iijira

窒素飽和森林からの塩基カチオン流出について Possibility of base cation depletion in nitrogen saturated forest

越川 昌美^{1*}; 渡邊 未来¹; 村田 智吉¹; 林 誠二¹

KOSHIKAWA, Masami K.^{1*}; WATANABE, Mirai¹; MURATA, Tomoyoshi¹; HAYASHI, Seiji¹

¹ 独立行政法人国立環境研究所

¹ National Institute for Environmental Studies

演者らは、これまでに陸水中のAlの形態別分析を行い、無機態（加水分解種と無機錯体の和）、有機錯体、コロイド態のAl濃度と酸性アニオン（硝酸イオンおよび硫酸イオン）や塩基カチオン（Ca, Mg, Na, K）の溶存濃度の関係を調べてきた。国内の4地域（茨城県筑波山流域、北海道泥川流域、新潟県三面川流域、東京都多摩川流域）で実施した観測結果を総合すると、いずれの形態のAl濃度も酸性アニオン濃度と相関を示さないのに対して、Ca濃度が酸性アニオン濃度と相関を示すことから、これらの調査地では酸性アニオンの流出に伴ってCaをはじめとする塩基カチオンが流出するという酸性化の初期段階であると考えられた（Koshikawa et al., Appl Geochem, 22, 1209-1216, (2007)）。そこで、高濃度の硝酸イオンが森林生態系から溪流に流出する（窒素飽和している）状態が1980年代後半から25年以上持続している茨城県筑波山流域（渡邊ら, 日本陸水学会第76回大会講演要旨集, 195, (2011)）において、Caの供給源および流出過程を解析し、Ca流出が進行して森林生態系の必須元素であるCaが欠乏する可能性に注目した研究に着手し、以下の結果を得た。

1) 渓流水中Ca濃度と集水域地質の関係：筑波山の39集水域において、渓流水中の全Caに占める降水由来Caの割合を、Cl濃度を指標として算出したところ、渓流水中の降水由来Caが全Caに占める割合は平均19%であり、渓流水中のCaの大半が母材風化由来であった。降水由来Caの割合は、変成岩（33%）と花崗岩（21%）の方が斑礫岩（9%）よりも高かった。従って、変成岩と花崗岩の集水域では、母材風化由来Caの寄与が比較的小さく、Ca欠乏の可能性が斑礫岩よりも高いと考えられた。

2) 渓流水中Ca濃度の長期比較：1980年代に渓流水質観測が行われた筑波山の集水域（平田・村岡, 水工学論文集, 35, 105-110, (1991)）において、2010年代の渓流水中Ca濃度が1980年代と比べ、どの程度変化しているかを明らかにするため、降水および渓流水のCa濃度を観測し、約25年間の変化を比較した。渓流水のCa濃度は、年平均値（1.6倍）も平時平均値（1.7倍）も、2010年代が1980年代より高くなっていた。一方、林外雨のCa濃度は、1980年代の0.6倍に低下していた。林外雨のCa濃度が低下しても渓流水のCa濃度が上昇した一因として、渓流水中の硝酸イオン濃度が上昇しているため、陰イオンである硝酸イオンが、陽イオンであるCaを伴って流出している可能性が考えられる。実際、この集水域で2010年代に観測した土壌溶液中の硝酸イオン濃度とCa濃度は高い相関（ $r=0.94$ ）を示した。

3) Sr同位体比を利用した渓流水中Caの起源解析：花崗岩を母岩とする集水域を流れる溪流の上流、中流、下流において、渓流水のSr同位体比を分析した。その結果を、SrおよびCaの供給源と考えられる降水・花崗岩・火山灰（約3万年前に赤城山の噴火に伴って筑波山地域に降下した火山灰）のSr同位体比と比較し、渓流水中Srの起源（Caの起源も同様と考えられる）を解析したところ、火山灰由来Srの寄与は上流地点で高く、流下に伴って低下した。上流地点では集水域土壌がSrおよびCaの供給能が高い火山灰を多く含むため、渓流水中のSrおよびCaの濃度が高いと考えられた。（本研究におけるSr同位体分析は、H24年度総合地球環境学研究所「同位体環境学」共同研究「Sr同位体比を用いた森林生態系の塩基カチオン動態解析」（研究代表者 越川昌美、共同研究者 中野孝教）の一環として実施した。）

今後は、欧米の一部地域で報告されている、酸性アニオン濃度上昇に伴うCa濃度上昇が或る時期を境にCa濃度低下に転じる現象（Fernandez et al., Environ Monit Assess, 171, 149-161, (2010)）が筑波山流域でも観測される可能性に注目して、観測を継続する予定である。また、日本の森林土壌における火山灰の機能については、有機炭素（Imaya et al., Soil Sci Plant Nutr, 56, 734-744, (2010)）や硫黄化合物（Tanikawa et al., Geoderma, 197-198, 1-8, (2013)）の吸着保持能に関する研究が行われているが、Caなど塩基カチオンの供給機能に着目した研究は行われていないことから、集水域全体に不均一に分布する火山灰が渓流水にCaを供給する機能を、Sr同位体比を利用して定量評価する研究を計画している。

キーワード: カルシウム, 硝酸イオン, Sr同位体比, 渓流水, 土壌溶液

Keywords: Ca, nitrate ion, Sr isotope, stream water, soil solution

窒素安定同位体比を用いた植物の窒素利用様式の把握 15N natural abundances and N use by plants in forested ecosystems

木庭 亜弥美^{1*}; 木庭 啓介²; 稲垣 善之²
KOBAYASHI, Ayami^{1*}; KOBAYASHI, Keisuke²; INAGAKI, Yoshiyuki²

¹ 東京農工大学大学院農学研究科, ² 森林総合研究所

¹Tokyo University of Agriculture and Technology, ²Forestry and Forest Products Research Institute

Supply of nitrogen to plants often limits the primary productivity for plants in terrestrial ecosystems (Vitousek and Howarth 1991). Thus, the better understanding on how plants can utilize this limiting resource is quite important to project the changes in ecosystem functions with environmental changes such as the increase in nitrogen deposition and in CO₂ concentrations. We applied the isotopic approach to get insights into the niche differentiation for nitrogen uptake in the forest where nitrogen is considered to strongly limit the plants' productivity. In two plots (control and 50% cut), we sampled soils and plants for the measurements of nitrogen isotopic signatures (δ¹⁵N). In soils collected from these two plots, nitrate pool sizes were quite small, while considerable amount of ammonium existed. Plants δ¹⁵N varied among species; the dominant species (Hinoki) showed the low δ¹⁵N, while other understory species had higher δ¹⁵N. We compared δ¹⁵N of plants with δ¹⁵N of ammonium in the soil and found that Hinoki utilized the ammonium in organic soil with low δ¹⁵N, while other understories utilized ammonium in deeper soil, suggesting the niche differentiation for N utilization in these plots. We will present the results of water isotopes to investigate if similar niche-differentiation for water uptake can be determined or not in these plots in the poster.

間伐がヒノキ葉の窒素濃度および炭素・窒素安定同位体比に及ぼす影響 Effects of thinning on stable N and C isotope ratios and nitrogen concentration in leaves of hinoki cypress plantation

稲垣 善之^{1*}; 野口 享太郎¹; 宮本 和樹¹; 奥田 史郎¹; 野口 麻穂子¹; 伊藤 武治¹
INAGAKI, Yoshiyuki^{1*}; NOGUCHI, Kyotaro¹; MIYAMOTO, Kazuki¹; OKUDA, Shiro¹; NOGUCHI, Mahoko¹;
ITOU, Takeharu¹

¹ 森林総合研究所

¹ Forestry and Forest Products Research Institute

ヒノキ人工林において間伐を実施すると、残存木にとっての土壌の水分、窒素資源が増加し、水分や窒素の利用効率に影響を及ぼすと考えられる。葉の窒素濃度、窒素安定同位体比 ($\delta^{15}\text{N}$)、炭素安定同位体比 ($\delta^{13}\text{C}$) は、それぞれ、窒素吸収量、窒素吸収源、水分利用効率の指標として利用されており、これらの指標から間伐前後の残存木の資源利用の変化を明らかにすることが期待される。本研究では、高知県のヒノキ林において、間伐前後のヒノキ葉の性質の変化を明らかにした。6つの処理区（高標高地域では無間伐区、35%間伐区、50%間伐区、50%列状間伐区、低標高地域では、無間伐区、50%間伐区）について 20m × 20m の調査区を3繰り返しで設定し、2008年生育期前に間伐を実施した。間伐前の2007年と間伐翌年の2009年の夏にスリングショットを用いてヒノキの葉を採取し、窒素濃度および $\delta^{15}\text{N}$ 、 $\delta^{13}\text{C}$ を分析した。その結果、18林分のヒノキ葉の窒素濃度は2007年に 7.9~13.4 mg g⁻¹、2009年に 7.7~12.7 mg g⁻¹を示した。2時期の窒素濃度の変化量は、-1.2~+2.1 mg g⁻¹であり、2007年の窒素濃度が低いほど、間伐率が高いほど2009年に増加する傾向が認められた。したがって、間伐前に窒素制限を受けている林分ほど間伐後に窒素吸収量が増加することが示唆された。葉の $\delta^{15}\text{N}$ は、2007年には -5.9~-1.6 ‰、2009年には -6.0~-2.0 ‰を示した。 $\delta^{15}\text{N}$ の2時期の変化は -0.6~0.8 ‰であり、間伐率や伐採前の葉の窒素特性との関係は有意ではなかった。したがって、ヒノキの窒素源は間伐によって変化しないと考えられた。ヒノキ葉の $\delta^{13}\text{C}$ は2007年に -28.6~-26.9 ‰、2009年に -28.5~-26.2 ‰の値を示した。 $\delta^{13}\text{C}$ の2時期の変化は -0.9~+1.5 ‰であり、間伐率が高いほど、2007年の $\delta^{13}\text{C}$ が低いほど、2007年の窒素濃度が低いほど2009年に $\delta^{13}\text{C}$ が増加する傾向が認められた。間伐後に土壌水分が増加することによって水分利用効率が低下する傾向は認められなかった。一方、 $\delta^{13}\text{C}$ の変化は、間伐前に水分ストレスが顕著でない林分で、間伐後に水分利用効率が増加する傾向、および、間伐前に窒素制限の強い林分で、間伐後に窒素吸収量が増加し葉の光合成活性が高まる傾向を示すと考えられた。以上の結果より、ヒノキ林における間伐は、窒素の少ない立地条件の残存木の窒素制限を緩和するうえで有効であると考えられた。

キーワード: ヒノキ, 間伐, 窒素濃度, 炭素安定同位体比, 窒素安定同位体比

Keywords: hinoki cypress, thinning, nitrogen concentration, carbon isotope ratio, nitrogen isotope ratio

アラスカ内陸部の火災履歴の異なるクロトウヒ林における地下部への炭素インプット Below-ground carbon input in black spruce stands with different fire history in interior Alaska

野口 享太郎^{1*}; 森下 智陽¹; Kim Yongwon²; 松浦 陽次郎¹
NOGUCHI, Kyotaro^{1*}; MORISHITA, Tomoaki¹; KIM, Yongwon²; MATSUURA, Yojiro¹

¹ 森林総合研究所, ² アラスカ大学国際北極圏研究センター

¹For. & For. Prod. Res. Inst., ²IARC, Univ. Alaska Fairbanks

永久凍土林は面積にして亜寒帯林の20%以上を占める。これらの永久凍土林は凍土中の炭素蓄積量が極めて大きいことから、陸域生態系の炭素動態において重要な役割を担う。しかし最近の報告は、永久凍土生態系が気候変動や環境かく乱に対して脆弱なため、今後、この地域からのCO₂など温室効果ガスを含む炭素の放出量が増大する可能性があることを示唆している。

アラスカ内陸部では、永久凍土は水はけの悪い北向き斜面や低地に分布しており、これらの永久凍土上にはクロトウヒ林が成立している。これらのクロトウヒ林では、森林火災が更新に必要なプロセスであり、100 – 200年に一度の頻度で火災が生じている。しかし、最近の報告は、永久凍土地帯における火災の頻度が過去数十年間に増加していることや、森林に対する火災の影響がその強度や履歴により異なることを示唆している。したがって、永久凍土林生態系の炭素動態について理解するためには、強度や履歴の異なる火災がこれらの森林に及ぼす影響について明らかにする必要がある。

本研究では、それぞれ2004年、1999年、1920年頃に火災のあった3箇所のクロトウヒ林における地下部への炭素インプット量について調査した。2004年と1920年の火災は、林分の更新につながる強い火災であったが、1999年の火災は弱い火災で、林分の一部のみを燃焼させた。調査時の2004年火災区、1999年火災区の地上部現存量は、1920年区(90年生クロトウヒ林、2.6 kg m⁻²)のそれぞれ約8%、38%であった。本研究では、2009年の夏にこれらの3林分に調査プロットを設置し、地下部への炭素インプットの主要な構成要素であるリターフォール生産量、細根生産量、林床藓類の生産量について調査した。

2004年火災区、1999年火災区、1920年火災区におけるリターフォール生産量は20.5、21.8、30.3 g m⁻² y⁻¹、細根生産量は48.0、47.0 and 64.5 g m⁻² y⁻¹、林床藓類の生産量は46.4、33.3 and 37.7 g m⁻² y⁻¹と推定された。また、これらの要素の炭素含有率を50% (0.5 g g⁻¹)と仮定して計算した結果、2004年火災区、1999年火災区、1920年火災区における地下部への炭素インプット量は57.5、51.0 and 66.5 g C m⁻² y⁻¹と推定された。これらの結果は、本研究の調査地では、地上部現存量が火災の影響が小さかった1999年火災区においても減少したままであったのに対し、地下部への炭素インプット量は、火災後5 – 10年の間に火災前のレベルまで回復したことを示唆している。この地下部への炭素インプットの早い回復は、火災後の下層植生のリターフォール量、細根生産量の増加や、林床植生(藓類)の種組成の変化によるものと考えられる。

キーワード: 永久凍土, 森林火災, リターフォール, 細根, 林床藓類

Keywords: permafrost, forest fire, litterfall, fine roots, forest floor mosses

三酸素同位体組成を用いた湖沼における新生産量および再生生産量の定量 In situ estimation of new and regenerated production in lakes using triple oxygen isotopes as tracers

中川 書子^{1*}; 角皆 潤¹; 小松 大祐¹; 大山 拓也¹; 宮内 貴規¹; 佐久間 博基¹; 南 翔¹; 蓼沼 雪衣²;
梅田 信³; 田中 敦⁴
NAKAGAWA, Fumiko^{1*}; TSUNOGAI, Urumu¹; KOMATSU, Daisuke¹; OHYAMA, Takuya¹; MIYAUCHI, Takanori¹;
SAKUMA, Hiroki¹; MINAMI, Sho¹; TADENUMA, Yukie²; UMEDA, Makoto³; TANAKA, Atsushi⁴

¹ 名古屋大学環境学研究科, ² 北海道大学理学研究院, ³ 東北大学工学研究科, ⁴ 国立環境研究所

¹Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, ²Faculty of Science, Hokkaido University, ³Graduate School of Engineering, Tohoku University, ⁴National Institute for Environmental Studies

湖沼や海洋といった水環境における総一次生産速度は、光合成による総炭素固定速度を示す指標であり、個々の水環境を代表する基本パラメータである。これは富栄養化や温暖化に起因する環境変化も鋭敏に反映すると考えられる。また、総一次生産速度は、硝酸やアンモニアといった固定態窒素の供給速度によって制限されている水環境が多いことから、総一次生産速度は窒素循環とリンクさせて評価されることが多い。例えば、総一次生産速度を窒素源によって大きく2つに分け、大気や深層から有光層内へ供給される硝酸や分子状窒素を利用した一次生産速度を「新生産速度」、有光層内の生物活動に伴って放出されたアンモニアや溶存態窒素化合物を利用した一次生産速度を「再生生産速度」と呼んで、水環境中の物質循環を区別して評価する。

総一次生産速度やこれに関連したパラメータは、酸素明暗瓶法や炭素同位体 (^{13}C 又は ^{14}C) 濃縮試薬添加法、窒素同位体 (^{15}N) 濃縮試薬添加法といった培養に依拠した手法によって定量するのが最も一般的である。しかし、このような人工的な培養環境で見積もられた速度は、実際の水環境の速度を正しく反映していない可能性がある。また、これらの手法で得られる速度はあくまでも観測時点における瞬間速度であるため、平均速度との間に速度の時間変化に起因する誤差が生じる。また、この影響を小さくしようとすると観測頻度を著しく増やす必要があり、今度は手間やコストがかかるという問題もある。

そこで本研究グループでは、湖沼水に溶存している物質の自然同位体組成から、培養に頼らずにこれらパラメータを評価できないか検討している。地球上の大部分の含酸素化合物中の三酸素同位体の存在比は、質量依存同位体分別則に従った一定の関係を保った値を持つが、大気中のオゾンの生成反応はその関係から大きく逸脱した同位体分別を示す。そのため、オゾンが生成過程などに関与する大気中の酸素分子や硝酸の三酸素同位体組成は、水中の光合成によって生成される酸素分子や有機物の分解過程によって生成される硝酸の三酸素同位体組成とは異なる値を示す。この三酸素同位体組成は、一般的な反応では変化せず、異なる三酸素同位体組成を持つ分子同士の混合によってのみ変化することから、一方の流入速度が決まれば他方の流入速度も決まるという具合に、水環境における酸素分子や硝酸の循環速度の定量に用いることができる可能性がある。また、こうして求められる速度は観測日間の平均値であり、従来の瞬間値を求める手法に比べて簡便でかつ確度の高い手法となる可能性がある。

本研究では特に、溶存酸素の三酸素同位体組成を使って総一次生産速度を定量し、硝酸の三酸素同位体組成を使って新生産速度(硝酸同化速度)を定量し、それらの差から再生生産速度を計算できないか試みた。対象とした水環境は、貧栄養湖の支笏湖および倶多楽湖、そして中栄養湖の琵琶湖である。同一年内に2回(春と夏)試料採取を行い、その間における湖水中の溶存酸素および硝酸の三酸素同位体組成の鉛直分布とその変化から、一次生産が最も活発な時期であると考えられる春先から夏までの間の各速度を見積もった。その結果、貧栄養湖の方が中栄養湖に比べて新生産の割合(f-ratio)が低く、特にリン制限の極貧栄養湖である倶多楽湖の一次生産の大部分は再生生産によることが分かった。

キーワード: 新生産, 再生生産, 総一次生産, 湖沼, 三酸素同位体組成, 成層水塊

Keywords: new production, regenerated production, gross primary production, lakes, triple oxygen isotopes, hypolimnion

NO_x の窒素安定同位体比測定技術の開発 Nitrogen isotopic measurement of NO_x gas with the filter-pack method

村田 恵理子^{1*}; 木庭 啓介¹; 渡邊 未来²; 仁科 一哉²; 高津 文人²; 竹中 千里³
MURATA, Eriko^{1*}; KOBAYASHI, Keisuke¹; WATANABE, Mirai²; NISHINA, Kazuya²; KOHJIMA, Ayato²;
TAKENAKA, Chisato³

¹ 東京農工大学大学院農学研究科, ² 国立環境研究所, ³ 名古屋大学大学院生命農学研究科

¹Tokyo University of Agriculture and Technology, ²NIES, ³Nagoya University

Estimation of the nitrogen loss as N₂ and NO_x from ecosystem is quite important to close the nitrogen budget. However, due to the high spatio-temporal variations of the nitrogen dynamics in soils does not allow us to investigate the production/consumption processes of these gaseous forms of nitrogen. Although natural abundance of stable isotope is considered to be able to use for the investigation of the N dynamics with respect to gaseous nitrogen losses, nitrogen isotopic measurement of NO_x is quite difficult due to its high reactivity. Here we present our preliminary work on the nitrogen isotopic measurement of NO_x gas with the filter-pack method (Watanabe et al. 2006) together with the denitrification method (Sigman et al. 2001). NO gas produced from NaNO₂ with known nitrogen isotopic ratio via several chemical treatments, then the trapped NO as NO₂⁻ and NO₃⁻ ions were converted to N₂O with denitrifier, then nitrogen isotopic signature was measured by GC-IRMS. We found that the filter-pack method can be applied for the nitrogen isotopic measurement. We applied this method to measure nitrogen isotopic signature of atmospheric NO_x and present these data in the poster.

Seasonal and spatial variation of dissolved iron transformation kinetics in the Shizugawa bay and its adjacent rivers

LEE, Ying ping^{1*}; FUJII, Manabu¹; YOSHIMURA, Chihiro¹; KIKUCHI, Tetsuro¹
LEE, Ying ping^{1*}; FUJII, Manabu¹; YOSHIMURA, Chihiro¹; KIKUCHI, Tetsuro¹

¹Tokyo Institute of Technology, Civil Engineering Department

¹Tokyo Institute of Technology, Civil Engineering Department

Importance of Fe as an essential nutrient for microorganisms is well recognized such as cellular respiration, photosynthesis and nitrogen fixation. However, the extremely low solubility of thermodynamically stable Fe(III) in oxygenated and circumneutral pH natural waters resulted in low concentration of dissolved Fe in some coastal and oceanic seawaters. The bioavailability of Fe in natural waters can be affected by concentration of dissolved Fe and its redox kinetics, given that Fe(II) has much higher solubility and thus higher bioavailability than Fe(III) does. In the river-coastal dynamic system, changes in land cover, salinity gradients, types of riverine input or organic matter, and seasonal changes may affect to the Fe oxidation kinetics as the Fe(II) oxidation is affected by water qualities such as pH and organic matter. In this study, we mainly focus on the Fe(II) oxidation kinetics in the river-coastal system in order to grasp the seasonal and spatial scales of Fe bioavailability between two different aquatic environments.

The study area was located in Shizugawa bay, Miyagi prefecture (N38° E141°) and totally 6 stations from near to offshore (SB-1 to SB-6) were selected as sampling stations. Also, this study included upstream and downstream of three rivers: Hachiman upstream (HR Up) and downstream (HR Down), Oritate upstream (OR Up) and downstream (OR Down), and Mizushiri upstream (MR Up) and downstream (MR Down). All the surface water samples were collected manually with acid-wash 1 L Nalgene bottles for three consecutive seasons starting from summer year 2014. All water samples were filtered through 0.45 micrometer Milipore membrane and stored in the dark at 4 °C for further analysis.

Fe(II) oxidation rates were determined by measuring time course of Fe(II) concentration using a flow injection analysis (FIA) system with a luminal chemiluminescence detection. Water sample and luminol reagent were both simultaneously pumped into the system using a peristaltic pump with flow rate at 2.4 mL per min. Water sample and luminol mixing was conducted in the flow cell situated at the front of a photomultiplier tube (PMT, Hamamatsu) and the PMT signal was recorded by WA control v91 software. Calibration was conducted for each water sample from three standards addition of Fe(II) (varied between 0.5 and 40 nM depending on signal response of each water sample). The initial signal (i.e., signal when Fe(II) was added) was obtained by extrapolation of signal data collected after 50 seconds back to time zero using a regression line which was obtained from time versus log-transformed signal data. The linear response of initial signal to the nominal initial Fe(II) concentration was found. Thus, the signal value was converted to the Fe(II) concentration by using the linear regression equation. The Fe(II) oxidation rate constant ($M^{-1} s^{-1}$) for each standard Fe addition was derived by assuming a pseudo-first order reaction.

Fe(II) oxidation rates in Shizugawa for three consecutive seasons from summer to winter were shown in Figure 1. The Fe(II) oxidation rates shown here are the average of three standards addition of Fe(II). A distinct seasonal trend of Fe(II) oxidation was observed particularly in autumn season with higher Fe(II) oxidation rates. Generally, Fe(II) oxidation is a pH-dependent reaction. Supposedly, the oxidation rate at seawater pH (>7.9) should be higher than that for typical freshwater pH (e.g. pH ranges between 6.8 and 7.9 in the river investigated). In our study, however, the oxidation rates in coastal seawater tended to be slower compared to those in freshwater. The results of Fe(II) oxidation in freshwater indicated that water quality variables other than pH affect the oxidation process. These factors may include dissolved organic matter concentration and its chemical properties (binding strength) and/or interaction between Fe and other trace metals which will be investigated further.

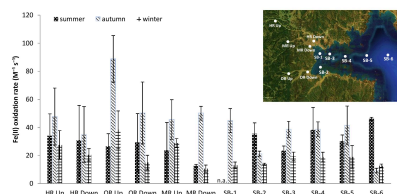
キーワード: dissolved iron, oxidation, river, coastal

Keywords: dissolved iron, oxidation, river, coastal

MIS26-P03

会場:コンベンションホール

時間:5月27日 18:15-19:30



窒素・リンの飢餓状態が浮遊性微生物の好氣的メタン生成に及ぼす影響
Aerobic methane production by planktonic microbes under nitrogen and phosphorus starved conditions in a lake

石田 大¹; KHATUN SANTONA^{1*}; 岩田 智也¹
ISHIDA, Dai¹; KHATUN, Santona^{1*}; IWATA, Tomoya¹

¹ 山梨大学

¹ University of Yamanashi

Lake ecosystems are now recognized as an important source of atmospheric methane (CH₄), which account for about 6-16% of global methane emission from natural sources. In lake ecosystems, it has long been believed that CH₄ is produced only in anoxic environments (e.g., lake sediments and anoxic hypolimnion) by anaerobic methanogens. However, recent empirical and experimental works have revealed that planktonic microbes can produce methane in aerobic water columns of oligotrophic lakes through the use of methylphosphonic acid (MPn) by C-P lyase enzyme under P-limited conditions. But, there is no study examining the effects of cell nutritional conditions (N starved or P starved) on aerobic methane production by bacterioplankton.

We performed the batch-culture experiments to identify the effects of cell starvation on the rate of aerobic methane production under nitrogen and phosphorus limited conditions. Planktonic microbes collected from well-oxygenated water of Lake Saiko (Yamanashi Prefecture) were incubated with a growth medium (BG-11) for several months and used for the starvation experiment to make their cells N-starved or P-starved conditions by removing either element from the BG-11 medium. Then, we added MPn and/or inorganic nitrogen (N_i) and inorganic phosphorus (P_i) to confirm the response of N-starved or P-starved microbes to such experimental additions.

The results showed that although the cell nutritional conditions did not affect the production of CH₄, nutrient balance of lake water (N excess or P excess) greatly influenced the aerobic methane production. First, we confirmed aerobic CH₄ production in the MPn addition treatment, suggesting the active C-P lyase catalysis that converts MPn to methane and inorganic phosphate. Moreover, we found that MPn + N_i addition accelerated the aerobic CH₄ production. This is due probably to the fact that N_i addition promoted the biosynthesis of C-P lyase and/or made lake water more P-limited condition (increase of N/P ratio); both may contribute to increasing the MPn utilization by microbes. However, MPn + P_i addition did not increase the CH₄ production, indicating the opportunistic utilization of MPn alternative to P_i under phosphorus limited conditions. The present results suggest that the input of excess N into lake ecosystems promotes the metabolism of MPn by planktonic microorganisms, which leads to increase of aerobic methane production in phosphorus-limited oligotrophic lakes.

Keywords: Aerobic methane production, C-P lyase, methylphosphonic acid, phosphorus and nitrogen starvation, planktonic microbes

野洲川における降雨時の生物利用可能懸濁態リンの流出量の測定 Evaluation for load of bioavailable particulate phosphorus during rain events from Yasu river, at Lake Biwa catchment

千代 真照^{1*}; 尾坂 兼一²; 永淵 修²; 奥田 昇³

CHISHIRO, Shinsho^{1*}; OSAKA, Ken'ichi²; NAGAFUCHI, Osamu²; OKUDA, Noboru³

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

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

It is well known that primary production in Lake Biwa is limited by phosphorus, and that means phosphorus load into Lake Biwa influence on its environment. In general, it is considered that algae in lake use $\text{PO}_4\text{-P}$ as a phosphorus nutrient, however, it has been revealed that a part of particulate phosphorus (PP) also might be used as nutrient in recent study. However, there are a few studies that quantify the load of bioavailable PP discharged through river in Japan. The purpose of this study is to quantify the load of bioavailable PP discharged through Yasu river into Lake Biwa during rainfall events. Water samples were collected at one to six hours interval in two rainfall event (May and July) in Yasu River using automatic river water collector. We measured several forms of PP by sequential extraction methods (ammonium chloride, bicarbonate dithionite, NaOH, HCl extraction) in river water sample. In rainfall event in May and July, about 70 - 90 % of PP was bioavailable and that part were larger than $\text{PO}_4\text{-P}$ load from Yasu river, indicate that PP discharge from river have large impact on primary production in downward lake.

八郎潟干拓地における高濃度リン地下水中のリン酸濃度の時空間変動 Spatio-temporal variation of phosphate concentration at a high P concentration ground-water in the Hachirogata polder

早川 敦^{1*}; 阿部 美里¹; 浅野 亮樹¹; 石川 祐一¹; 日高 伸¹

HAYAKAWA, Atsushi^{1*}; ABE, Misato¹; ASANO, Ryoki¹; ISHIKAWA, Yuichi¹; HIDAKA, Shin¹

¹ 秋田県立大学

¹ Akita Prefectural University

[Aim] The present study was conducted to elucidate spatio-temporal variation of phosphate (PO_4) concentration and the PO_4 release mechanism at a high PO_4 concentration groundwater in the Hachirogata polder, Akita, Japan.

[Materials and Methods] The study site was at a pristine wilderness area after the land reclamation in southwest part of the Hachirogata polder. Groundwater samples were collected once a month from December 2013 to December 2014 from seven groundwater wells at a depth of 3.1, 4.3, 5.6, 6.6, 12.4, 19.5, and 45.0 m, respectively. The 30 m ($\phi 5$ cm) boring core sample was collected from near the wells in Feb. 2013. We measured water temperature, pH, and electrical conductivity (EC) using a pH/EC meter (D-54, Horiba, Kyoto, Japan) and measured oxidation-reduction potential (ORP) using a ORP electrode (D-55, Horiba) on site. The water samples were also filtered through a 0.45 μm membrane filter on site. The concentrations of PO_4 in the groundwater were determined using an autoanalyzer (QuAatro2-HR, BLTEC, Osaka, Japan). The fresh boring sediment was extracted twice with distilled water (soil:water, 1:2.5 for pH and 1:5 for EC), and pH and EC of in the extract were determined using pH/EC meter (LAQUA F-74BW, Horiba). Water soluble P were determined using an autoanalyzer (QuAatro2-HR, BLTEC, Osaka, Japan). Sediment samples were digested with a combination of $\text{HF-HNO}_3\text{-HClO}_4$ acids in Teflon beakers at 180 $^\circ\text{C}$ and element concentration in solutions were determined by ICP-OES (iCAP 6000, Thermo Fisher Scientific).

[Results and Discussion]

TP content in sediments increased in clay and silt layers while PO_4 content increased in sandy layers. This indicated that clay and silt layers were a P sink/source and released PO_4 was moving in sand layers. Sediment EC increased in clay layer and drastically increased from 21 m deeper layer likely influenced by sea water. Groundwater ORP showed a moderately reducing (-113 ± 42 mV) environment in all the wells. PO_4 concentration in groundwater was ranged from 5.7 to 18.2 mg L^{-1} , and the highest concentration was observed at the well of 6.6 m depth (18.2 ± 0.7 mg L^{-1}) at sandy layer, the second was at the well of 12.4 m depth (10.2 ± 0.9 mg L^{-1}). Positive correlation was observed between PO_4 and F^- concentrations in groundwater ($r = 0.96$, $P < 0.01$, $n = 7$), indicated fluorapatite would be a PO_4 source. At the well of 6.6 m depth, Cl^- concentration was the lowest (29.8 ± 2.9 mg L^{-1}) value and was similar to the lake (Lake Hachiro) water (20.6 mg L^{-1}), suggesting that freshwater was preferentially flowing into the land through groundwater around the depth. At the well of 6.6 m depth that had little fluctuation of water qualities all year round, Na^+ , bicarbonate and carbonate ion were higher but Ca^{2+} concentration was lower compare to other wells. At the well of 12.4 m depth that had a large fluctuation of water qualities, PO_4 , pH, Na^+ , bicarbonate and carbonate ion, and Fe increased while Ca^{2+} and ORP decreased when Cl^- concentration decreased from 72 to 33 mg L^{-1} during May to Oct. 2014. These phenomena indicated PO_4 release induced likely by Na-saturated sediment might be due to release of P associated with oxide surfaces or to dissolution Ca-P at clay layer by increasing pH and dissolution of CaCO_3 (from shell) by inflowing freshwater to the groundwater.

キーワード: リン酸, 地下水, 干拓地, ナトリウム飽和, 淡水

Keywords: phosphate, groundwater, polder, Na saturation, freshwater

タイ熱帯季節林小集水域における硫酸イオン起源の時空間異質性 Spatial and temporal heterogeneity of the sources of streamwater sulfate in tropical dry forest catchment in Thailand

山下 尚之^{1*}; 諸橋 将雪¹; 猪股 弥生¹; 内山 重輝²; キフティノン ボピット³;
ガリバイト ハタイラタナ⁴; 佐瀬 裕之¹
YAMASHITA, Naoyuki^{1*}; MOROHASHI, Masayuki¹; INOMATA, Yayoi¹; UCHIYAMA, Shigeki²;
KIEVUTTINON, Bopit³; GARIVAIT, Hathairatana⁴; SASE, Hiroyuki¹

¹ アジア大気汚染研究センター, ² 新潟県環境衛生研究所, ³ タイ王室林野局, ⁴ タイ環境研究研修センター

¹ Asia center for air pollution research, ² Environmental Science Research Niigata, ³ Royal forest department in Thailand, ⁴ Environmental Research and Training Center in Thailand

In Southeast Asia an increase in emissions of sulfur (S) into the atmosphere may introduce new risks for the plant, soil and inland-water through acidification. However, the effect of the atmospheric S deposition on acidification by an increase in sulfate is poorly understood in tropical forests with possible S sources and processes in the internal cycle. S isotopic ratio ($\delta^{34}\text{S}$) could be a good indicator to identify the source of sulfate in soil and inland-water because only dissimilatory S reduction results in a large fractionation of S isotope. Our objectives are to clarify the spatial and temporal variability of $\delta^{34}\text{S}$ in rainfall, throughfall, soil and stream water within the catchment and discuss the influence of the atmospheric S input on the stream in tropical forest.

Study catchment has been established at dry evergreen forest in Sakaerat silvicultural research station, northeastern Thailand. Anion-exchange-resin columns were installed for rainfall, throughfall, soil-water and stream-water through a year to collect and concentrate sulfate in the field. The sulfate retained in the resin was extracted by NaCl and precipitated as BaSO_4 . We determined $^{34}\text{S} / ^{32}\text{S}$ of the BaSO_4 by mass spectrometer (IR-MS) and calculated $\delta^{34}\text{S}$ (‰) using the reference material (Canyon Diablo Troilite). Annual weighted-mean $\delta^{34}\text{S}$ was calculated from sulfate flux ($\text{kg ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$) and $\delta^{34}\text{S}$ in each period. We also determined $\delta^{34}\text{S}$ by the concentration method for the water samples of rainfall and streamwater in some cases.

Annual weighted-mean $\delta^{34}\text{S}$ and S deposition in rainfall were 4.1 ‰ and $6.4 \text{ kg ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$, respectively. $\delta^{34}\text{S}$ in streamwater was 4-5 ‰ higher than rainfall during late-wet and dry season, whereas $\delta^{34}\text{S}$ in rainfall and streamwater was mostly comparable during early and middle wet season. In late-wet and dry season, $\delta^{34}\text{S}$ in sub-soil water was particularly higher in the riparian zone near the outlet of the study catchment than in the area near the headwater and on the slope. Sulfate enriched ^{34}S might be increased due to bacterial dissimilatory S reduction in late wet season and retained in the sub-soil during dry season, which could be a main source for the streamwater sulfate during base-flow periods. Meanwhile, in early and middle wet season, streamwater sulfate could be directly affected by atmospheric S input. These heterogeneity of internal S dynamics should be considered to examine the effect of atmospheric deposition on soil and inland-water ecosystems in tropical dry forest. The project is supported by the grant from APN (ARCP2012-18NMY-Sase: ARCP 2013 -13 CMY -Sase).

キーワード: 熱帯季節林, 渓流水, 硫黄動態, 硫黄安定同位体比, 大気沈着, 土壌水

Keywords: tropical dry forest, stream water, sulfur dynamics, stable sulfur isotope ratio, atmospheric deposition, soil water

高齢スギ・ヒノキ人工林の伐採・更新施業にともなう窒素流出の長期変化 Long-term changes in nitrogen discharge from watershed of restored artificial forest

浦川 梨恵子^{1*}; 戸田 浩人²; 小田 智基¹; 大手 信人³
URAKAWA, Rieko^{1*}; TODA, Hiroto²; ODA, Tomoki¹; OHTE, Nobuhito³

¹ 東京大学大学院農学生命科学研究科, ² 東京農工大学大学院農学研究科, ³ 京都大学大学院情報学研究科
¹Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo, ²Institute of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology, ³Graduate School of Informatics, Kyoto University

伐採施業は、森林生態系における窒素動態に最大のインパクトを与える施業であり、数多くの研究例がある (例えば、Likens et al. 1970)。一方、伐採影響の大きさや、影響の及ぶ期間は研究ごとに異なっており、対象流域の位置する立地要因や施業方法、管理履歴が影響していると考えられている (Oda et al. 2013)。渓流からの窒素流出に影響を及ぼす要因には、主に3つあり、降水からの窒素流入、林木の窒素吸収、そして土壌中での窒素無機化・硝化過程が挙げられる。伐採の窒素流出に対する量的・時間的な影響の大きさを解明するためには、この3つの過程を個別に調査することが有効であると考えられる。

わが国は、国土の2/3が森林であり、そのうちの約4割が人工林である (林野庁 2013)。戦後、大規模に造林された人工林が現在、主伐期にさしかかっているが、1970年以降の木材需要の減少により、国内の木材生産量が急激に低下したことで、人工林が伐採・植栽されず、今後、高齢林が増加していく見込みである (林野庁 2013)。主要造林樹種であるスギは高齢化にともない、樹木生長が衰えるので養分吸収量が低下する (大島 1996)。一方、土壌中の高い窒素無機化・硝化速度は維持される (小柳ら 2004) ので、根圏下での窒素現存量が増加し、最終的に窒素流亡が増加する。よって、長伐期施業にともなって人工林流域からの窒素流出量が増加することが懸念される。

首都近郊には、汚染大気の流入によって、降水からの窒素流入量が多く、結果として渓流からの窒素流出が増加する窒素飽和現象のみられる流域が存在する (Ohrui and Mitchell 1997)。近年は、大陸からの越境汚染物の流入量が増加しており (環境省 2014)、窒素飽和地域が拡大することが懸念されている。森林の持つ水質浄化機能を保全するためにも、効率的に人工林を更新し、養分吸収を保っていくことが必要である。

本研究は、人工林の伐採・更新施業にともなう窒素動態の変化を明らかにすることを目的として、窒素飽和現象が発現していた高齢林の斜面下部を部分伐採し、上記の3つの過程の長期変動を調査した。

調査地は、群馬県みどり市の東京農工大学農学部附属フィールドミュージアム大谷山内のスギ・ヒノキ人工林小流域である。面積は1.8 haであり、斜面下部～中部にスギ、上部にヒノキが植栽されている。2000年11月に斜面下部を伐採し、翌春にスギを再植林した。スギ更新地の林齢は現在15年生、斜面中・上部のスギ・ヒノキ林は、107年生である。

この流域では長期にわたって降水・渓流水の水文水質モニタリングが行われている。降水による窒素流入量、および渓流からの窒素流出量は、Urakawa et al. (2012) より算出した。伐採前的高齢林の窒素吸収量は小柳ら (2004) より引用した。スギ幼齢木の生長にともなう窒素吸収量は、2014年に毎木調査を行い、推定した。土壌中の窒素無機化・硝化量は、現地培養法により伐採前後で断続的に調査していた値より推定した。

渓流からの窒素流出量は、伐採前は10-15 kgN/ha/yだったが、伐採後11年間は15-20 kgN/ha/yまで増加し、近年は10 kgN/ha/yまで減少した。降水からの窒素流入量は、9-13 kgN/ha/yで長期的な変化傾向はみられなかった。土壌中での年間の窒素無機化・硝化量は、伐採後4年間は伐採前の約2倍に増加したが、その後は伐採前と同程度の水準に戻った。更新木の生長は、伐採10年目から急激に増加しており、渓流水硝酸濃度の近年の著しい低下は、樹木生長にともなう窒素吸収増加のためと考えられた。

高齢化やN流入量増加が原因と思われる窒素飽和現象は、斜面下部の部分伐採・更新施業により、やがて健全な状態に回復することが本試験によって明らかになった。

引用文献

- 環境省 2014, 越境大気汚染・酸性雨長期モニタリング報告書 (平成20～24年度) pp. 238.
Likens et al. 1970, Ecol. Monogr. 40: 23-47.
小柳ら 2004, 日林誌 86: 134-143.
Oda et al. 2013, AGU Fall Meeting, H11D-1178.
大島 1996, 森林生態学 pp. 84-114.
Ohrui and Mitchell 1997, Ecol. Appl. 7: 391-401.
林野庁 2013, 平成24年度 森林・林業白書 pp. 226.
Urakawa et al. 2012, Ecol. Res. 27: 245.

Japan Geoscience Union Meeting 2015

(May 24th - 28th at Makuhari, Chiba, Japan)

©2015. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



MIS26-P08

会場:コンベンションホール

時間:5月27日 18:15-19:30

キーワード: 長期モニタリング, 森林流域, 更新施業, 窒素流出, 林木の養分吸収

Keywords: long-term monitoring, forested watershed, forest restoration, nitrogen leaching, nutrient uptake by vegetation

レジンコア法とテンションフリー法を用いた森林土壌における無機態窒素移動量とその起源の測定

Measurement of inorganic nitrogen leaching and its origin in forest soil by resin core method and tension free method

藤田 健斗^{1*}; 尾坂 兼一²; 千代 真照¹; 永淵 修²; 中村 高志³; 西田 継³

FUJITA, Kento^{1*}; OSAKA, Ken'ichi²; CHISHIRO, Shinsho¹; NAGAFUCHI, Osamu²; NAKAMURA, Takashi³; NISHIDA, Kei³

¹ 滋賀県立大学大学院環境科学研究科, ² 滋賀県立大学環境科学部, ³ 山梨大学大学院・国際流域環境研究センター

¹Environmental Science Graduate School, the University of Shiga Prefecture, ²Department of ecosystem study, University of Shiga Prefecture, ³International Research Center for River Basin Environment, University of YAMANASHI

Nitrogen loading from forest watershed can affect downstream ecosystem, therefore, to clarify the interaction between nitrogen cycle and nitrogen loading from forested ecosystem is important. In this study, we measured nitrogen leaching in forest soil by both resin core method and tension free lysimeter method and estimate nitrate origin by measuring oxygen isotope in nitrate in order to clarify the interaction between nitrogen cycle and nitrogen leaching process. Resin core method are very useful method, however, there are a few studies that compared nitrogen leaching by method and other method. Moreover, there are a few studies that test of measurement of oxygen isotope in nitrate in resin core methods. This study was conducted at two forested watersheds (Aburahi-S and Surumi-A) in Shiga Prefecture. In Aburahi-S, we measured nitrogen leaching by resin core method and tension free lysimeter method, and nitrogen leaching were measured by only resin core method in Surumi-A.

The amount of nitrogen leaching were averaged $0.61 \pm 0.79 \text{ kgN/ha}$ in resin core method and $0.21 \pm 0.26 \text{ kgN/ha}$ in Aburahi-S from May 2014 to February. Little ammonium was not leaching in both methods. In tension free lysimeter method, there is the possibility that unsaturated flow was difficult to collected, and that may lead underestimated of nitrogen leaching at tension free lysimeter method. The results of nitrogen leaching at Surumi-A watershed and oxygen isotope of nitrated will be explain at presentation on this day.

北海道東部における土壌微生物バイオマスと窒素動態の時系列変化 Temporal changes in the soil microbial biomass and N dynamics in eastern Hokkaido

渡辺 恒大^{1*}; 柴田 英昭¹; 館野 隆之輔²; 今田 省吾²; 福澤 加里部¹; 小田 智基³; 浦川 梨恵子³; 磯部 一夫³; 細川 奈々枝⁴; 小林 真¹; 稲垣 善之⁵
WATANABE, Tsunehiro^{1*}; SHIBATA, Hideaki¹; TATENO, Ryunosuke²; IMADA, Shogo²; FUKUZAWA, Karibu¹; ODA, Tomoki³; URAKAWA, Rieko³; ISOBE, Kazuo³; HOSOKAWA, Nanae⁴; MAKOTO, Kobayashi¹; INAGAKI, Yoshiyuki⁵

¹ 北海道大学北方生物圏フィールド科学センター, ² 京都大学フィールド科学教育研究センター, ³ 東京大学大学院農学生命科学研究科, ⁴ 北海道大学大学院環境科学院, ⁵ 森林総合研究所

¹Field Science Center for Northern Biosphere, Hokkaido University, ²Field Science Education and Research Center, Kyoto University, ³Graduate School of Agricultural and Life Science, University of Tokyo, ⁴Graduate school of Environmental Science, Hokkaido University, ⁵Forestry and Forest Products Research Institute

【はじめに】

北極や高山帯などの寒冷地域では、冬期の微生物活動が年間の養分循環やその後の生育期の土壌の窒素利用可能性に影響を及ぼすことが示されている。これまでの研究で微生物の多くは0から-10℃の低温環境でも活動可能であることが報告されている。一方、冬期から春季の移行時に生じる凍結融解現象は、微生物やリターの細胞を破壊し、その後の地温上昇は急激な温度変化に弱い微生物の死亡を引き起こす。このように微生物は冬期に窒素シンクとして機能する一方、冬期—春季の移行時には土壌への利用可能な炭素・養分供給源として機能することが報告されている。温帯地域でも季節的な積雪を持つ地域が存在しているが、温帯林生態系において、冬期—春季の養分動態に着目した研究は非常に限られている。北海道東部は、積雪量が少なく、土壌がしばしば凍る地域である。これまでに、この地域では冬期後半に多雪地域と比べて土壌のアンモニウム態窒素生成が高まることが報告されている。この要因として土壌凍結および凍結融解現象が影響していることが示唆されている。しかしながら、環境要因が劇的に変化する冬期から春季の土壌微生物と土壌窒素動態パターンについては明らかにされていない。本研究は、冬期—春季に着目し、土壌微生物と養分動態パターンおよびそれらのパターンと環境要因との関係を解明することを目的とした。

【方法】

調査地は、京都大学北海道研究林標茶区の11林班である。主な植生はミズナラ (*Quercus crispula*) および下層にはササ (*Sasa niponica*) が密生している。調査プロットは東西の斜面に各6プロット設置した(計12プロット)。調査時期は2013年10月から2014年9月である。各プロットにおいて、土壌0、5、25cm深に地温センサーを設置した。また5cm深に土壌水分センサーを設置した。土壌はほぼ毎月採取した。特に3月から5月には1週間おきに調査を行った。同時期に、土壌からの窒素溶脱量を評価するため、土壌20、30cm深でイオン交換樹脂の採取/交換を行った。正味窒素無機化を評価するため、シリンドー法による現地培養を行った。埋設したシリンドーは、12ヶ月の間隔で回収された。冬期のみ土壌が凍っていたため培養期間は3ヶ月であった。また、冬期は積雪深、凍結深の調査も合わせて行った。採取した0-10cm土壌は、土壌含水率・無機態窒素濃度・微生物バイオマス炭素・窒素濃度・DOC・DON濃度の測定に用いた。シリンドー法による培養土壌は土壌含水率・無機態窒素濃度の測定に用いた。回収したイオン交換樹脂は1M-KCl抽出後に無機態窒素濃度の測定に用いた。

【結果と考察】

0-10cm深の地温は積雪が増加するにつれて0℃付近ではほぼ一定になった。微生物バイオマス炭素・窒素、無機態窒素量は生育期よりも厳冬期にピークを示した。無機態窒素量は厳冬期から冬期後半にかけて減少し、微生物バイオマスは積雪の消失が著しい4月後半に大きな減少を示した。一方、正味窒素無機化・硝化速度は冬期よりも生育期で高い傾向を示した。これらの結果は、冬期と生育期で土壌無機態窒素の生物利用と活性が大きく異なることを示している。特に、冬期には微生物にとって地温が低いためその活性が抑制されるけれど、植物との競争関係がないことから、微生物は窒素シンクとして機能していることが考えられた。冬期の土壌無機態窒素のピーク時期はアンモニウム態窒素の方が硝酸よりも速かった。その後、両無機態窒素、特に硝酸態窒素は急速に減少したが、土壌からの硝酸態窒素の溶脱は認められなかった。さらに10月から3月にかけて菌類/バクテリア比は低下した。また冬期の正味無機態窒素生成量は10月と比べて低下していたことから、土壌の無機態窒素が冬期に従属栄養微生物に取り込まれていることが示唆された。一方で、融雪後に劇的に変化する地温は微生物の死亡を引き起こす大きな要因であることが示唆された。

キーワード: 窒素循環, 土壌凍結, 凍結融解サイクル, 窒素無機化, 窒素溶脱

Keywords: nitrogen cycling, soil freezing, freeze-thaw cycle, nitrogen mineralization, nitrogen leaching

窒素飽和に伴うタケの倒伏現象：その形態学的ならびに力学的理由 Bamboo lodging associated with nitrogen saturation: its morphological and mechanical reasons

相原 有希¹; 楊 宗興^{1*}
AIHARA, Yuki¹; YOH, Muneoki^{1*}

¹ 東京農工大学

¹Tokyo University of Agriculture and Technology

[Introduction]

Nitrogen saturation, a situation of available nitrogen in excess of plant and microbial nutritional demand due to nitrogen deposition, has been suggested to affect plant growth and the root-shoot biomass allocation; an increase in foliar biomass and a decrease in fine root biomass under high nitrogen availability (Aber et al. 1989). In recent years, some reports have suggested that tree windthrow damages may be associated with increased nitrogen status (Braun et al., 2003; Meyer et al., 2008). Here, we report a phenomenon of lodging (falling down) of moso bamboo (*Phyllostachys pubescens*) in a forest site of nitrogen saturation. We suggest that the bamboo lodging is associated with the following morphological and mechanical anomalies; 1) an increase in branches-and-leaves biomass, 2) a decrease in root system, and 3) a decrease in bending strength.

[Materials and methods]

We studied the biometry of bamboo in a nitrogen-saturated site (Tama hill, Tokyo) and control sites (Fukushima and Izu), such as diameter at breast height (DBH), culm height, and mass of branches-and-leaves. Root density and soil nitrate concentration were measured for soil cores 25, 50, 75, 100cm away from culm. The total carbon and total nitrogen content of leaves and culms were measured with dry combustion method. As an index of mechanistic strength, Young's modulus (E) and flexural rigidity (EI) of culm were measured with a bending test of test piece.

[Results and discussion]

In a N-saturated site, leaf and culm nitrogen concentration were significantly higher than control sites. Any elongation growth, which was initially hypothesized, was not observed in a N-saturated site. However, some bamboos in a N-saturated site had significantly larger mass of branches-and-leaves. Very low root density associated with elevated nitrate concentration was also demonstrated, in contrast with a root mat in the soil surface observed in control sites. Culm density and culm thickness showed a negative correlation with bamboo nitrogen concentration. Consequently, culm flexural rigidity (EI) also declined with the increase in nitrogen concentration. A combination of these observed changes, a higher load of canopy, a lower culm strength and a lower uprooting resistance by root system, may be responsible for bamboo lodging observed in the N-saturated site. The results suggest that nitrogen saturation significantly affect morphologies and mechanical properties in bamboo to cause the lodging.

キーワード: 窒素飽和, 倒伏, タケ, 力学的強度, 細根バイオマス, 形態的变化

Keywords: nitrogen saturation, lodging, bamboo, fine root biomass, mechanistic strength, morphological change

窒素負荷による樹木根の変化と倒伏のリスク The impact of nitrogen saturation on tree roots, which lead to uprooting

大野 聡^{1*}; 楊 宗興¹
OHNO, Satoshi^{1*}; YOH, Muneoki¹

¹ 東京農工大学大学院

¹Tokyo University of Agriculture and Technology

[はじめに]

産業革命以降、人為起源による無機態窒素沈着量が増加している (Galloway, 2004)。現在までに、窒素沈着量増加に対する植物への影響として、病原体微生物への抵抗性低下や、root/shoot バイオマス比の減少、菌根菌感染率の低下などの報告がある (Veresoglou et al., 2012; Gojon et al., 1994; van Diepen et al., 2010)。しかしそれらの多くは草本または苗木を用いた研究であり、実環境中における成木への影響を検討した例はほとんどない (Meyer et al., 2008 など)。root/shoot バイオマス比低下などの根の変化は、樹体の支持強度を低下させ、林木の倒伏を増加させる要因となりうる。そこで窒素が過剰な森林の成木について、倒伏現象の要因となりうる樹木根の量の低下や強度低下がどれほどみられるのか、また実際に倒伏リスクの高い個体が多く存在するのか、現地調査により検討した。

[方法]

窒素飽和現象が報告されている東京農工大学 FM 多摩丘陵、中程度の窒素負荷を受ける飯能市刈場坂峠、窒素負荷をあまり受けない北茨城市小川試験地で調査を行った。それぞれ集水域の渓流水中硝酸態窒素濃度は 280、86、16 μ mol/L であった。各調査地はいずれも落葉広葉樹林であり、標高は 150~650 m、斜面の傾斜は 22~35° である。

調査地ではコナラ (*Quercus serrata*)、ヤマザクラ (*Cerasus jamasakura*) を対象に、樹体から斜面上方向 1 m 地点の土壌と根をコアサンプラーで採取し (直径 7.5 cm、深度 40 cm まで採取)、根は直径 >2 mm、<2 mm に分けて乾重量を測定、土壌は水抽出により硝酸態窒素濃度を測定した。また、生長錐を用いて幹と主要な根のコアを約 15 cm 採取し、全乾密度、曲げヤング率を計測した。加えて樹体の斜面下方向への幹傾斜 (地面より 20 cm から胸高までの傾き) も計測した。

[結果と考察]

根の量 (直径 >2 mm、<2 mm) はコナラ・ヤマザクラともに土壌中硝酸濃度の増加にともなって約 60 % の減少がみられた。特に直径の大きな >2 mm の根の減少は、根の引き抜き強度低下をもたらし、倒伏リスクを高める要因になりうる。ヤマザクラのコア試料では有意な差はみられなかったが、コナラの根のコア試料では土壌中硝酸濃度の上昇とともに根の全乾密度と曲げヤング率が減少する傾向がみられ、窒素負荷による材の強度低下が示唆された。窒素負荷の大きい多摩丘陵の斜面上に立つコナラは、小川と比べ幹傾斜が有意に大きかった。

以上のように、窒素過剰によって樹木の支持強度にかかわる根量の低下や材の強度低下が生じており、また実際に傾きの大きい樹体が多い事実が判明した。

キーワード: 窒素飽和, 樹木根, 倒伏

Keywords: nitrogen saturation, tree root, uprooting

河川水中 SRP 濃度と正リン酸濃度の比較 Comparison of SRP (soluble reactive phosphorous) with orthophosphate in riverwater

石丸 真菜¹; 丸尾 雅啓^{1*}; 小畑 元²
ISHIMARU, Mana¹; MARUO, Masahiro^{1*}; OBATA, Hajime²

¹ 滋賀県立大学環境科学部, ² 東京大学大気海洋研究所

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

Introduction

Orthophosphate is essential nutrient for primary production in waters and it is thought to be the main chemical form of phosphorous directly available to organisms. In oligotrophic and mesotrophic waterbodies, phosphorous often plays as controlling factor of primary production. For the determination of phosphorous, spectrophotometric method based on the formation reduced form of phosphomolybdate (molybdenum blue) is usually applied. Determined value is called as SRP: soluble reactive phosphorous, because various kinds of phosphorous compounds in water also reacts with molybdate by hydrolysis in acidic solution. Molybdenum blue method is very useful but this method does not show practical value of orthophosphate. The authors applied suppressed ion chromatography to determine solely orthophosphate. Obtained phosphate concentrations were compared with the values of SRP concentration for inflowing rivers of Lake Biwa, Japan (phosphorous limiting and mesotrophic freshwater lake).

Materials and Methods

River water samples were collected 4 times from April to November in 2014 at 7 inflow rivers (Yasu, Amano, Ta, Ane, Yogo, Nishino Creek of Yogo, Ado) of Lake Biwa, Shiga Prefecture, Japan. Water samples of Seta River, the only outflow river were also collected. Samples were filtered with a Nuclepore membrane filter (0.2 μ m pore size) and stored in a cool dark container below 10 degree in celcius. Orthophosphate concentration was measured by suppressed ion chromatography. Dionex AS-23A analytical column (250 was with electrochemical suppressor in electric suppression mode. Injection of high volume sample enhanced detection limit of orthophosphate to 10 nmol/L or less. SRP was measured according to the method JIS K0102 using ascorbic acid as reducing reagent. Micro glass cells of 50 mm path length (approximate volume: 3 mL), was used.

Results and discussion

Determined value of orthophosphate varied from 0.04 to 0.58 micro mol/L, while SRP showed values from 0.34 to 2.31 micro mol/L. There was so much difference between orthophosphate concentration and SRP in all river water samples collected. Ratios of orthophosphate to SRP in water differed between rivers sampled regardless of sampling season. In case of Yasu River, the ratio showed values from 0.06 to 0.14, while Ane River they were between 0.26 and 0.52. These differences might be caused by land use of watershed. In consideration of effects of river water quality to trophic status and primary production in Lake Biwa, these results might show the needs to consider direct impact of orthophosphate and indirect impact of other phosphorous compounds included in SRP separately.

キーワード: 琵琶湖, 流入河川, 正リン酸, SRP, イオンクロマトグラフィー
Keywords: Lake Biwa, Inflow rivers, orthophosphate, SRP, Ion chromatography

人工団粒と人工マクロポアを使った強雨後の土壌水分プロファイルの基礎的検討 ...

森 也寸志^{1*}; 崎川 和起¹; 富士 和哉¹; 荒井 見和³; 金子 信博²; 藤江 幸一²
MORI, Yasushi^{1*}; SAKIKAWA, Kazuki¹; FUJI, Kazuya¹; ARAI, Miwa³; KANEKO, Nobuhiro²;
FUJIE, Koichi²

¹ 岡山大学, ² 横浜国立大学, ³ 農業環境技術研究所

¹Okayama University, ²Yokohama National University, ³National Institute for Agro-Environmental Sciences

土壌は陸域最大の炭素貯蔵庫でありながら、土地利用変化によって化石燃料の二割近い炭素を待機中に放出している。加えて、近年の気候変動による強い雨によって表土が流亡するなどの影響も受けており、耕耘をしすぎない営農のあり方が求められている。土壌が保全されると、団粒が形成される場合と植物の根の伸張により根成孔隙が形成される場合が考えられるが、生態工学的手法を用いた早い環境改善の試みとして、人工造粒を行うこと、人工マクロポアを作ることが考えられる。そこで本研究では、人工造粒を行った土壌と人工マクロポアを作った土壌について、短時間で強雨が降り、蒸発強度が強い地域を想定し、雨水の浸透とその後の蒸発の影響が土壌水分プロファイルにどのように現れるのかを実験的に調べた。貧栄養土壌であるマサ土に赤玉土を団粒（2-5mm、および 5-10mm）と見立てた土壌カラム、根成孔隙が発達したと見立てた人工マクロポアを持つ土壌カラムを作成し、時間 50mm の降雨を施し、蒸発量と土壌水分プロファイルを観察し続けた。すると、人工団粒カラムでは土壌表層部分で雨水が貯留され、それより深いところより 1 週間程度は水分が多いことがわかった。植物の発芽には初期水分と冠水しないことが大切であり、植物生育の初期にこれが効果的であるとわかった。他方、人工マクロポアは雨水を土壌深部にバイパスし、蒸発があったとしてもある一定深さに水分を貯留出来ることがわかった。ある程度植物が生育した後にはこの物理構造は効果的であると推測された。以上、人工団粒と人工マクロポアを使うことによって、土壌の物理的構造が水分貯留と蒸発抑制にどのように働くかについて、基本的な知見を得ることができた。

キーワード: 団粒, マクロポア, 土壌水分, 浸透現象

Keywords: soil aggregate, macropore, soil moisture, infiltration

ヒノキ二次林の異なる斜面位置における群状間伐がリターフォールと堆積有機物に及ぼす影響

Effects of group cutting on litterfall and organic horizon in the secondary forest dominated by hinoki cypress

中西 麻美^{1*}; 稲垣 善之²; 柴田 昌三³; 大澤 直哉⁴

NAKANISHI, Asami^{1*}; INAGAKI, Yoshiyuki²; SHIBATA, Shozo³; OSAWA, Naoya⁴

¹ 京都大学フィールド科学教育研究センター, ² 森林総合研究所四国支所, ³ 京都大学大学院地球環境学, ⁴ 京都大学大学院農学研究科

¹Field Science Education and Research Center, Kyoto University, ²Shikoku Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute, ³Kyoto University Graduate School of Global Environmental Studies, ⁴Graduate School of Agriculture, Kyoto University

森林生態系における窒素循環は、森林の伐採および、伐採後の植生回復において影響を受ける。針葉樹林の伐採後に下層植生が更新、成長してくると、広葉樹の落葉は針葉樹より窒素濃度が高い(CN比が低い)傾向があるため、落葉による窒素供給量が増加し、堆積有機物の分解が変化することが予想される。このような変化は、土壌養分が多い林分よりも貧栄養で強い窒素制限下にある林分で顕著な可能性がある。例えば、同一斜面上で土壌の肥沃度に違いがみられる林分では、貧栄養な斜面上部ほど変化が大きいことが予想される。

本研究では、京都市内の天然更新したヒノキが優占する二次林の異なる斜面位置3ヶ所(上部、中部、下部)において、広葉樹の更新を促すための群状間伐が実施された林分を対象とした。窒素循環への伐採の影響を明らかにするために、伐採から10年後のリターフォールおよび堆積有機物の質と量、堆積有機物の滞留時間について調べた。伐採の影響が斜面位置によって異なるかを明らかにするために、リターフォールと堆積有機物の質と量について、斜面位置、伐採を主効果、これらの交互作用を変数とした分散分析をおこなった。交互作用が有意だった場合には、斜面位置別に伐採の有無を要因としてt検定で解析した。

リターフォールの炭素量とヒノキ落葉の炭素・窒素量は、どの斜面位置でも対照区より伐採区で低かった。交互作用は有意でなかった。リターフォールの窒素量は対照区と伐採区で有意な差は認められず、各斜面位置の伐採区では対照区と同程度に回復していた。更新木に高木・亜高木層の広葉樹が多かった斜面中部と下部の伐採区では、対照区よりも広葉樹落葉の炭素・窒素量は大きく、リターフォールのCN比は低かった。更新木に低木層の広葉樹とアカマツが多かった斜面上部の伐採区では、広葉樹落葉の炭素・窒素量とリターフォールのCN比に対照区と差異は認められなかった。

堆積有機物の炭素量、窒素量はどの斜面位置でも伐採区で対照区より低かった。堆積有機物の炭素・窒素量の平均滞留時間はすべての斜面位置において伐採区のほうが対照区よりも短かった。広葉樹落葉の窒素量が多いほどリターフォールのCN比は低く、リターフォールのCN比が低いほど堆積有機物の滞留時間が短い傾向を示した。この傾向は中部と下部で顕著であったが、斜面傾度に沿った土壌肥沃度との対応は明らかではなかった。堆積有機物の分解における伐採から10年後の各斜面位置の変化は、斜面傾度による土壌肥沃度の違いの影響を受けておらず、更新木の樹種構成に影響を受けていることが示唆された。

キーワード: 群状間伐, リターフォール CN 比, 堆積有機物, 更新樹種, 窒素供給, 斜面位置

Keywords: group cutting, litterfall C/N ratio, organic horizon, regenerated tree species, nitrogen input, slope position

スパイラルメトリクスの in situ 計測に基づく大規模河川の栄養塩代謝機能の評価 Evaluating nutrient removal in a large river by in situ spiraling metric measurements

小林 勇太^{1*}; 岩田 智也²
KOBAYASHI, Yuta^{1*}; IWATA, Tomoya²

¹ 山梨大学工学部循環システム工学科, ² 山梨大学生命環境学部

¹Department of Ecosocial System Engineering, University of Yamanashi, ²Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Yamanashi

陸域から河川へ流出する栄養塩は、海洋へと輸送される間に河床に取込まれていく。そのため、水系網における栄養塩除去プロセスの解明が、沿岸域の富栄養化を阻止する上で重要である。これまで、下流への窒素やリンの輸送には小河川における栄養塩代謝が重要であると考えられてきた。しかし、流量 $18\text{m}^3/\text{s}$ 以上の河川で栄養塩除去速度を観測した例はない。そのため、大河川が水系網の栄養塩輸送に果たす役割が過小評価されてきた可能性がある。また、河川環境の空間的異質性と栄養塩除去速度の関係についてもほとんど明らかとはなっていない。

本研究は、観測者自身が流下しながら水塊を追跡するドリフト法によって、流量 $40\text{m}^3/\text{s}$ 以上の富士川本流の窒素とリンのスパイラルメトリクスを推定する。さらに、河川の局所環境要因がスパイラルメトリクスに及ぼす影響を評価し、大河川における栄養塩代謝のホットスポットを特定することを目的とした。

調査の結果、富士川本流の NH_4 と PO_4 の除去速度 U は、先行研究による小中河川の推定値と比較しても高い値を示すことが明らかとなった。しかし、河川水中の高い NH_4 と PO_4 濃度を反映し、水柱からの除去効率を示す鉛直移動速度 v_f は低い値を示した。また、同じく河川中の濃度が高い NO_3 では取込み速度 U が負の値を示し、河床から水柱へのフラックスが生じていた。発表では、栄養塩スパイラルメトリクスのスケール依存性や空間パターンに関する解析結果を追加し、大河川における栄養塩除去プロセスの特徴を明らかにする。

キーワード: スパイラルメトリクス, 大河川, 栄養塩, 栄養塩除去速度, ホットスポット

Keywords: spiraling metric, large river, nutrient, uptake rate, hot spot