

(超) 深海堆積物における窒素動態と微生物生態
Geochemical and molecular biological characterization of nitrogen dynamics in (hado)pelagic sediments

西澤 学^{1*}; 平井 美穂¹; 野牧 秀隆¹; 柳川 勝紀¹; 眞壁 明子²; 木庭 啓介²; 布浦 拓郎¹
NISHIZAWA, Manabu^{1*}; HIRAI, Miho¹; NOMAKI, Hidetaka¹; YANAGAWA, Katsunori¹; MAKABE, Akiko²; KOBAYASHI, Keisuke²; NUNOURA, Takuro¹

¹ 海洋研究開発機構, ² 東京農工大学

¹JAMSTEC, ²TUAT

Great progress has been made in understanding the nitrogen cycle in oceanic waters by the recent identification of ammonia-oxidizing archaea and anaerobic ammonia oxidizer (anammox), and by the following comprehensive approaches to clarify the abundance and activity of each component in the nitrogen cycle. However, nitrogen dynamics in marine sedimentary habitats is still uncertain. To further characterize nitrogen dynamics in the deep-sea sediments, we have quantified i) gene abundance of putative nitrifiers, denitrifiers and anammox, and ii) potential rate of denitrification in the hadopelagic sediment cores taken from the Ogasawara Trench (water depth of 9760m). We have also determined nitrogen and oxygen stable isotopic compositions of nitrate in the interstitial water in the hadopelagic sediments. Abundance of potential proteobacterial denitrifiers correlated with that of nitrifiers through the depth, and anammox also likely co-occurred with nitrifiers. Further, nitrate isotope compositions suggest the enrichment of ^{18}O by nitrification process and co-occurrence of nitrification and denitrification in nitrate reduction zone. The data suggest that aerobic and anaerobic processes of the nitrogen cycle coupled in the nitrate reduction zone in the hadopelagic sediments.

深海堆積物表層における硝化菌・嫌氣的アンモニア酸化菌の分布 Niche separation of nitrifiers and anammox in deep-sea sediments.

布浦 拓郎^{1*}; 平井 美穂¹; 西澤 学¹; - ジュリアーニ¹; 野牧 秀隆¹; 菅 寿美¹; 田角 栄二¹; 宮崎 淳一¹; 眞壁 明子²; 木庭 啓介²; 高井 研¹

NUNOURA, Takuro^{1*}; HIRAI, Miho¹; NISHIZAWA, Manabu¹; -, Juliarni¹; NOMAKI, Hidetaka¹; SUGA, Hisami¹; TASUMI, Eiji¹; MIYAZAKI, Junichi¹; MAKABE, Akiko²; KOBA, Keisuke²; TAKAI, Ken¹

¹ 海洋研究開発機構, ² 東京農工大

¹JAMSTEC, ²TUAT

これまでに我々は小笠原海溝底の表層堆積物を対象に分子生態解析、地球化学解析を行い、無機窒素循環に関わる主要な微生物機能、即ち硝化、嫌氣的アンモニア酸化 (anammox)、脱窒) の分布について以下の点を明らかにした (Nunoura et al. 2013)。1) アンモニア酸化菌群ではアーキアが、また、亜硝酸酸化菌群では Nitrospina が優占する。2) 堆積物中の硝酸には、堆積物中での硝化の同位体化学的徴候が明瞭に記されている。3) anammox の分布はアンモニア酸化菌による亜硝酸供給に決定される。4) 硝酸還元菌分布の最大は、硝酸の十分に存在する海洋底表層にある。

その一方、上記の現象が全ての海底堆積物で共通する現象であるのかどうか全く明らかではなく、上記の研究は深海表層堆積物中の窒素循環の一端に触れたのみである。本研究では、深海底表層堆積物中における無機窒素循環に関連する微生物機能を決めるルールを明らかにするため、それぞれ堆積物中の化学環境の異なる海域 (マリアナ海溝底、小笠原海溝底、小笠原海溝東方深海平原、日本海溝底、日本海、インド洋) から採取した堆積物試料を用い、同様に硝化菌群及び anammox について定量 PCR を行ない、得られた硝化菌群・anammox の分布と間隙水組成の比較から、海底下における硝化菌及び anammox の分布を決定する要因について検討した。

キーワード: 硝化, 嫌氣的アンモニア酸化

Keywords: nitrification, anammox

深海底熱水噴出域におけるウイルスの生態 Ecology of viruses in deep-sea hydrothermal vents

吉田 ゆかり^{1*}
YOSHIDA, Yukari^{1*}

¹ 海洋研究開発機構
¹JAMSTEC

Since the discovery of ubiquitous and highly abundant viruses in aquatic ecosystems, many studies have been conducted to discern the role of viruses within aquatic microbial communities. As a result, viruses are now recognized to be significant components of all aquatic ecosystems. It has been suggested that they affect global nutrient and biogeochemical cycles in the world's oceans, and play a role in regulating abundance and composition of microbial communities. Viruses can also mediate lateral gene transfers and drive the diversification of microbial communities and the co-evolution between viruses and hosts.

Deep-sea hydrothermal vents are sites having great microbial biomass, high productivity, and physiologically and genetically high diversity, contrasting sharply with the surrounding sparsely populated deep-sea environments. The primary production in the deep-sea vent ecosystem is sustained by chemolithoautotrophic microorganisms that utilize reduced chemical compounds from the earth interior as energy sources. To date, the biogeochemical processes, ecophysiological functions, and evolutionary significance of deep-sea vent microbial communities have been extensively studied, but the ecological and evolutionary impacts of viruses on the deep-sea vent microbial communities remain to be fully elucidated.

Here, I provide an overview of current hot research topics related to viruses in aquatic ecosystems, and then introduce our studies on the viral functions and ecology in deep-sea hydrothermal vents in addition to several previous studies on virus-host interactions.

Keywords: virus, hydrothermal vent, chemolithoautotrophs

東部熱帯南太平洋酸素極小域における鉄の輸送と酸化還元サイクル Iron redox cycling and subsurface offshore transport in the eastern tropical South Pacific oxygen minimum zone

近藤 能子^{1*}; Moffett James W.²
KONDO, Yoshiko^{1*}; MOFFETT, James W.²

¹ 国立極地研究所, ² 南カリフォルニア大学
¹National Institute of Polar Research, ²University of Southern California

Iron (Fe) is well known as an essential element involved in a number of biochemical processes in the ocean such as nitrogen metabolism. The distribution of dissolved Fe in seawater depends on the nature and magnitude of the sources and sinks, and the transport mechanisms. The thermodynamically favored oxidation state of Fe, Fe(III), is strongly hydrolyzed and its removal is mainly constrained by the formation of strong complexes with natural organic ligands such as humic substances and siderophores. These organic ligands control not only the solubility of dissolved Fe in seawater, but also the bioavailability of Fe(III) for phytoplankton. Fe(III) in seawater can be reduced to Fe(II), which is more soluble and kinetically labile, although is rapidly oxidized in the oxygenated seawater. Recent studies have suggested that dissolved Fe(II) substantially exists in surface seawater (e.g., Hansard et al., 2009), suboxic layers in oxygen minimum zones (OMZs) (e.g., Kondo and Moffett, 2013), hypoxic shelf waters and sediments (Lohan and Bruland, 2007), hydrothermal vents and shallow submarine eruption (Santana-Casiano et al., 2013). Since Fe(II) is more bioavailable than Fe(III), the existence of Fe(II) could provide a big advantage for the organisms in these environments even though it is ephemeral. These results suggest the importance to investigate chemical and redox speciations of Fe to elucidate carbon and nitrogen cycles in the ocean.

The distribution of dissolved Fe, Fe(II) and Fe(III)-binding organic ligands were investigated in the upper 1000 meters of the eastern tropical South Pacific from January to March 2010, during El Nino event. Dissolved Fe concentrations were exceedingly low in surface waters, showed minima near chlorophyll maximum, and increased below that depth. While high rates of nitrogen fixation have been inferred for this region from models, our data suggest that surface Fe is much too low to support diazotrophs. Dissolved Fe and organic Fe(III) ligands concentrations at mid-depth were elevated in the nearshore stations, where virtually all dissolved Fe(III) was bound to these ligands. Maxima in the concentration of Fe(II) were seen in the oxygen-deficient and high-nitrite layers of the OMZ. Fully 8 to 68% of dissolved Fe existed as Fe(II) in the samples collected at these depths. Dissolved Fe concentration was higher in the OMZ where Fe(II) and nitrite were present. We propose that this region, the most reducing part of the OMZ, plays an important role in subsurface, offshore Fe transport.

キーワード: 鉄, 二価鉄, 酸素極小域, 東部熱帯南太平洋, 有機リガンド

Keywords: iron, Fe(II), oxygen minimum zone, eastern tropical South Pacific, organic ligand

深海生態系における物質循環の同位体トレーサー実験による定量化 Biogeochemical cycles on the deep-sea floor revealed by isotope labeling experiments

野牧 秀隆^{1*}
NOMAKI, Hidetaka^{1*}

¹ 海洋研究開発機構
¹JAMSTEC

Deep-sea benthic food webs are mainly sustained by sinking aggregates of phytodetritus derived from the water column. Although the majority of organic matter is consumed before reaching the deep-sea floor, phytodetritus still transports a significant amount of fresh material from the surface ocean to the seafloor. A portion of the phytodetritus is converted to benthic biomass, and the remaining refractory organic matter not utilized by the benthic community is preserved in the sedimentary record. The activity of the benthic community is thus expected to be an important factor in controlling the quality of organic matter, and biogeochemical cycles on the deep-sea floor. We carried out some different types of *in situ* isotope labeling experiments to reveal these benthic processes. Results quantitatively demonstrated the fate of phytoplankton, bacteria, dissolved organic carbon, and dissolved inorganic carbon on the deep-sea floor.

キーワード: 堆積物-水境界, 底生生物, 同位体トレーサー, 生物地球化学サイクル
Keywords: Sediment-water interface, Benthos, isotope tracer, Biogeochemical cycle

海洋有光層の窒素循環解析ツールとしてのクロロフィル窒素同位体比 Nitrogen isotopic record of chlorophylls as a tool for understanding of nitrogen dynamics in the oceanic photic zone

小川 奈々子^{1*}; 吉川 知里¹; 菅 寿美¹; 大河内 直彦¹

OGAWA, Nanako O.^{1*}; YOSHIKAWA, Chisato¹; SUGA, Hisami¹; OHKOUCHI, Naohiko¹

¹ 独立行政法人海洋研究開発機構

¹JAMSTEC

Nitrogen isotope record of chlorophylls has a large potential as a tool for reconstructing the nitrogen cycle and its dynamics in the photic zone. In this study, we determined the nitrogen isotopic compositions of chlorophyll *a* ($\delta^{15}\text{N}_{chl}$) and pheophytin *a* ($\delta^{15}\text{N}_{Phe}$) as well as nitrate ($\delta^{15}\text{N}_{NO_3}$) collected from two sites (S1 and K2) in the northwest Pacific as a case study. Both chlorophyll *a* and pheophytin *a* were extracted from the particulate organic matter (POM) and purified by the fraction collector of high-performance liquid chromatography. The nitrogen isotopic composition of the isolated chlorophylls was determined by our ultra-sensitive elemental analyzer / isotope ratio mass spectrometry. The estimated isotopic fractionation associated with the chlorophyll synthesis is -7.9 ‰ to -13.1 ‰, confirming the previous studies. However, the $\delta^{15}\text{N}$ of POM is not consistent with those of chlorophylls, suggesting that the POM from both sites is a mixture of phytoplankton and other materials like detritus of zooplankton. The $\delta^{15}\text{N}_{chl}$ value provides pure $\delta^{15}\text{N}$ signature of phytoplankton, which is crucial for better understanding of nitrogen dynamics in the surface ocean. Chlorophylls are also buried and preserved in the sediments for long, and thus useful for the reconstruction of nitrogen cycle in the surface ocean in the geological past. In this presentation, we will summarize the evidence and discuss advantages and pitfalls of this tool for the future use in the oceanography and paleoceanography.

キーワード: 海洋窒素循環, 光合成色素, 窒素安定同位体比, 硝酸態窒素

Keywords: nitrogen isotope, oceanic photic zone, nitrogen dynamics, photosynthetic pigments, nitrate

西部北太平洋における沈降粒子上の細胞外酵素活性と細菌生産速度について Heterotrophic bacterial production and extracellular enzymatic activity in sinking particulate matter

山田 奈海葉^{1*}; 福田 秀樹²; 小川 浩史²; 齊藤 宏明³; 鈴木 昌弘¹
YAMADA, Namih^{1*}; FUKUDA, Hideki²; OGAWA, Hiroshi²; SAITO, Hiroaki³; SUZUMURA, Masahiro¹

¹産業技術総合研究所, ²東京大学大気海洋研究所, ³水産総合研究センター東北区水産研究所
¹AIST, ²AORI, The University of Tokyo, ³Fisheries Research Agency

Heterotrophic activities on sinking particulate matter (SPM) have important role for flux of SPM. To demonstrate regional differences in heterotrophic activities on SPM, we measured heterotrophic bacterial production (HBP) in seawater and SPM as well as potential extracellular enzyme activity (EEA) in SPM on a transect along 155E in the western North Pacific Ocean in the subarctic (44N), the Kuroshio Extension area (35N), and the subtropical gyre (20N).

Samples were collected from the western North Pacific Ocean during cruise KH08-2 (Leg 2) on R/V Hakuho-maru from 23 August to 16 September 2008.

Hydrographic data were provided by a shipboard CTD profiler equipped with a carousel multi-sampling system. We obtained water-column depth profiles of dissolved nutrients including nitrate, phosphate, and silicate, Chl a, bacterial cell abundance (BA), and HBP.

We deployed standard cylindrical multi-traps, with eight acrylic trap tubes mounted at each depth. The traps were set vertically on the array line at three targeted depths of 50 m, 200 m, and 500 m at 44N, and 100 m, 200 m, and 500 m at 35 and 20N. The upper deployment depths were chosen to be just under or near the bottom of the euphotic zone. The euphotic zone was defined as the depth at which photosynthetically active radiation was 1% of the value just below the surface.

Before deployment, all trap tubes except tube for HBP and EEA in SPM on each array were filled with seawater that had been collected from 4 m below the surface at each station using the ship's pump, pre-filtered through a 0.2- μ m capsule cartridge filter to minimize biological contamination, and mixed with sodium chloride to a final concentration of 4% (w/v) to create a density gradient. Trap tube at each depth was used for collecting samples for measuring HBP and EEM in SPM, and was filled with seawater filtered as described above that was collected just before deployment from the depth corresponding to the target layer of trap deployment with a 12-L Niskin bottle. The arrays were attached to a buoy and allowed to drift freely for 24 h at 44N, and 48 h at 35 and 20N.

Upon recovery, the traps were stored upright in the dark and left to settle for 1 h. After the contents had settled, the upper portion of the trap volume above the collection cup was gently drained by siphoning. During the siphoning, only about trap tube for HBP and EEA, an aliquot of the supernatant was subsampled approximately 30 cm from the top of the tube. After siphoning was complete, the upper cylinder of the trap tube was separated from the collection cup. The particle-rich water in each collection cup was pre-screened through a 500- μ m-mesh sieve to remove swimmers and then mixed to disrupt large amorphous particles. The pre-screened filtrates were used for measurements of total mass flux of SPM, particulate organic carbon (POC) and nitrogen (PON) content, and HBP and EEA (leucine aminopeptidase (LAPase), α -glucosidase (BGase), lipase, and alkaline phosphatase (APase)).

Depth-integrated HBP in seawater from the surface to 500 m was comparable between the locations, whereas HBP in SPM at 44N was substantially lower than at the other sites. We found the highest POC export flux and export efficiency to bathypelagic depths, and the lowest water temperatures, at 44N. We found significant correlations between LAPase activity, BGase activity, POC flux and particulate organic nitrogen flux. LAPase activity was two orders of magnitude higher than BGase activity, with a BGase:LAPase activity ratio of 0.027. There were no significant correlations between HBP and EEA in SPM except for lipase, and lipase activity was significantly correlated with temperature. We propose that hydrographic conditions are an important factor controlling heterotrophic bacterial activity and export efficiency of organic carbon to the deep ocean, as are the sources and abundance of SPM produced in the euphotic zone via primary production.

MIS21-07

会場:511

時間:4月28日 10:30-10:45

キーワード: 沈降粒子, セジメントトラップ, 細菌生産, 細胞外酵素, 西部北太平洋

Keywords: Sinking particulate matter, Sediment trap, Heterotrophic bacterial activity, Extracellular enzyme activity, western North Pacific

真核生物の細胞膜に存在するステロールおよびその代替物質に関する謎 Enigmas concerning sterols and their surrogates in eukaryotic cell membranes

瀧下 清貴^{1*}; 矢吹 彬憲¹; 力石 嘉人¹; 高木 善弘¹; 吉田 尊雄¹; 大河内 直彦¹

TAKISHITA, Kiyotaka^{1*}; YABUKI, Akinori¹; CHIKARAISHI, Yoshito¹; TAKAKI, Yoshihiro¹; YOSHIDA, Takao¹; OHKOUCHI, Naohiko¹

¹ 海洋研究開発機構

¹Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

A large fraction of eukaryotes and bacteria respectively possess sterols and hopanoids, which function as potent stabilizers of cell membranes. Sterols are also associated with fluidity and permeability of eukaryotic cell membranes, and are key to fundamental eukaryotic-specific cellular processes such as phagocytosis. Several steps of *de novo* sterol biosynthesis require molecular oxygen. For example, the epoxidation of squalene is the first oxygen-dependent step in the sterol pathway; the epoxidized squalene is then cyclized to either lanosterol or cycloartenol by the enzyme oxidosqualene cyclase. In contrast, prokaryotic hopanoid biosynthesis does not require molecular oxygen as a substrate, and the squalene is directly cyclized by the enzyme squalene-hopene cyclase.

Until now, it was unclear how bacterivorous unicellular eukaryotes that are abundant in anoxic or low oxygen environments could carry out phagocytosis. These eukaryotes cannot obtain sterols from food bacteria as the latter generally lack them and sterols cannot be synthesized *de novo* in the absence of molecular oxygen. We have previously provided evidence that the molecule tetrahymanol is synthesized by some anaerobic/microaerophilic eukaryotes and possibly functions as an analogue of sterols in these organisms. Nevertheless, neither sterol, nor tetrahymanol, nor their related molecule has been found in the other anaerobic/microaerophilic eukaryotes, and so it is still enigmatic how these organisms maintain their fluid and permeable membrane system specific to eukaryotes.

One more area of confusion is regarding sterols in bivalves with chemosynthetic bacteria inhabiting areas of deep-sea hydrothermal vents and methane seeps, such as *Calyptogena* spp. and *Bathymodiolus* spp. In general, bivalves cannot synthesize sterols *de novo* and it is necessary for them to obtain these molecules from small eukaryotic prey. On the other hand, *Calyptogena* spp. and *Bathymodiolus* spp. mainly or exclusively acquire nutrients produced by their bacterial symbionts, rather than from eukaryotes rich in sterols. Nevertheless, these "chemosynthetic bivalves" contain sterols. More curiously, *Calyptogena* spp. have intermediate metabolites of phytosterols (24-methylenecycloartanol, cycloeucaleanol, and obutusifoliol), while *Bathymodiolus* spp. have high amounts of cholesterol typical of animals. Little attention has been given to how chemosynthetic bivalves produce or acquire these kinds of sterols.

In my talk, I will discuss potentially controversial topics regarding sterols and their surrogates in eukaryotic cell membranes, which do not appear in biochemical and geochemical textbooks.

キーワード: 真核生物, ステロール, テトラヒマノール, 細胞膜

Keywords: eukaryotes, sterols, tetrahymanol, cell membrane

有明海沿岸干潟域の表層堆積物中のフミン酸の分析と環境評価 Structural differences of humic acid isolated from estuarine sediments at several fields around Ariake Sea

岩本 佑耶¹; 山内 敬明^{2*}; 奈良岡 浩²
IWAMOTO, Yuya¹; YAMAUCHI, Noriaki^{2*}; NARAOKA, Hiroshi²

¹九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻, ²九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門

¹Dept. of Earth and Planetary Sci., Grad. School of Sci., Kyushu Univ., ²Dept. of Earth and Planetary Sci., Fac. of Sci., Kyushu Univ.

河川流域から沿岸域にかけての物質移動と、河口干潟域での有機物の状態は、河川河口域の生物学的重要性から様々な角度で注目され、分析や評価が行われている。これまで筆者らは筑後川流域近傍でのフミン酸の化学構造が地域によりどのように異なるか分析を続けてきた。また、本研究の対象地域である有明海は、赤潮や貧酸素水塊などの環境問題が発生していることから、様々な観点から環境分析がなされている。しかしながら有明海の広範な地域での堆積有機物の分析による研究は数少ない。そこで今回、有明海の北半分の広範な地域の、主に河川河口域干潟と、その他河川の影響の少ない干潟なども含めた干潟域を対象にフミン酸の元素組成や同位体比の分析を行い、地域差を比較した。そして従来のものとは異なる環境指標としてのフミン酸画分の利用を検討した。

堆積物試料採取は筑後川（筑後大堰より下流）の2か所、有明海沿岸の早津江川・六角川・浜川・菊池川・白川の河口域および荒尾干潟と多良漁港付近の干潟7か所の計9か所にて、2011年5月から2013年8月の間に行った。潮間帯干潟の表層堆積物の上位5cmほどを採取し、自然乾燥させ砕いたものを用いた。フミン酸画分は国際腐植物質学会のIHSSの土壌フミン酸抽出法に従い調製した。沿岸域のフミン酸分析法については、原子数比、安定同位体比、可視紫外吸収分析（FookanとLiebezeit(2000)により提唱されている270nm/407nmの比(A2/A4)の適用)など複数の分析法を行うことで分析法の違いによる結果の違いを考察した。

得られたフミン酸の原子数比や安定同位体比、可視紫外吸収比を地域で比較すると起源物質に由来する相関がよく見られた。筑後川では上流側から河口側へ下るにつれて、分析値は陸生植物由来の陸源有機物寄与の強い値から、藻類由来の海洋有機物寄与の強い値へと変化しており、陸と海の両方面から有機物供給がなされていることが観察できた。六角川河口域と菊池川河口域も各分析値から、陸源有機物と海洋有機物がどちらも供給される環境にあると思われた。荒尾干潟および浜川河口、多良漁港付近では陸源有機物の寄与は乏しく、海洋の影響が大きかった。このうち浜川河口、多良漁港付近の2地点は有明海西側にあたり、窒素同位体比の傾向が他地域と異なっているため、有明海北西側では窒素源の供給や脱窒などの状況が特殊であることも推定された。

キーワード: 有明海, 河口干潟域, 安定同位体比, 紫外吸収, 腐植物質

Keywords: Ariake Sea, estuarine, stable isotope ratio, UV, humic substance

基底流出時の森林源頭流域の渓流水に含まれる蛍光団含有溶存有機物の起源 Origin of fluorescent dissolved organic matter in forested headwater stream during base-flow period

小原 章裕^{1*}; 大手 信人¹; 江草 智弘¹; 徳地 直子²; 木庭 啓介³; 山下 洋平⁴; 鈴木 雅一¹
OBARA, Akihiro^{1*}; OHTE, Nobuhito¹; EGUSA, Tomohiro¹; TOKUCHI, Naoko²; KOBA, Keisuke³; YAMASHITA, Youhei⁴
; SUZUKI, Masakazu¹

¹ 東京大学大学院農学生命科学研究科, ² 京都大学フィールド科学教育研究センター, ³ 東京農工大学大学院農学研究院, ⁴ 北海道大学大学院地球環境科学研究科

¹Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo, ²Field Science Education and Research Center, Kyoto University, ³Graduate School of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology, ⁴Graduate School of Environmental Science, Hokkaido University

本研究は渓流水の DOM の大部分を占める腐植物質などの蛍光団含有溶存有機物 (Fluorescent DOM ;FDOM) に着目し、基底流出時の渓流水 FDOM の起源を同定することを目的として、土壌浸透水・地下水などの FDOM との組成の比較を行った。

研究対象地は東京大学千葉演習林内の猪ノ川集水域 (集水面積 503ha) である。2009~2010 年と 2012 年に集水域内の 142 地点で渓流水と基岩湧水の水試料を採取し、また集水域の最源頭斜面の一つである袋山沢水文試験地 (2ha) で土壌水と地下水の水試料を採取した。また、集水域内の気象観測所で降水の水試料を採取した。水試料は 0.45mm のメンブレンフィルターでろ過し、DOC 濃度の測定と、三次元蛍光スペクトル分析による励起-蛍光マトリクス (Excitation-Emission Matrix ;EEM) の測定を行った。測定した全ての EEM に対して Murphy et al., (2013) に準拠した Parallel Factor Analysis を行い、異なる蛍光スペクトルを持つ 5 つの component に分解した。component の化学的特徴は既往研究との比較により次のように同定された。C1: フミン酸型腐植物質様、C2: フルボ酸型腐植物質様、C3: 微生物由来腐植物質様、C4: トリプトファン型アミノ酸様、C5: チロシン型アミノ酸様。

地下水・基岩湧水は腐植物質様 component である C1~C3 の比率によって「C1 優占グループ」「C2 優占グループ」「C3 優占グループ」に分類された。C1 優占グループに属する袋山沢の地下水は DOC 濃度が季節的に変動したが、いずれのグループも C1~C3 の比率は時間的に比較的安定しており、渓流水 FDOM の起源を同定する上での End-Member として利用できることが分かった。

渓流水の腐植物質様 component の比率は、各グループの地下水や土壌水と似通っている場合もあったが、それらの混合だけでは説明できない場合も多かった。そのような渓流水は、C3 に対して C1 と C2 の比率が高く、DOC 濃度も比較的高いという特徴があることから、渓流内における高等植物由来の DOM の溶脱が強く影響していると考えられた。その起源としては、渓流内に存在するリター・倒流木や堆積物中の有機物が考えられた。また、渓流水の大部分は地下水や土壌浸透水に比べて C5/C4 比が低く、C5 が検出されない場合も多かったことから、アミノ酸様 component のうち C5 は渓流内での生物利用などにより除去されやすいものと考えられた。

本研究により、渓流水の FDOM 中の腐植物質の生産は、集水域の斜面部で起こるのみならず、渓流内でも起きているということ、また渓流内で生産された腐植物質は斜面部由来のものとは異なる蛍光スペクトル上の特徴を持つことが示された。

キーワード: 蛍光団含有溶存有機物 (FDOM), 森林集水域, 渓流水質, 励起-蛍光マトリクス (EEM), parallel factor analysis (PARAFAC)

Keywords: fluorescent dissolved organic matter (FDOM), forested watershed, streamwater chemistry, excitation-emission matrix (EEM), parallel factor analysis (PARAFAC)

Pseudopolarographyによる琵琶湖水中銅配位子の評価 Pseudopolarographic estimation of copper complexing ligands in freshwater of Lake Biwa, Japan

丸尾 雅啓^{1*}; 小畑 元²
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

Pseudopolarography (Croot P. L. et al., *Mar. Chem.*, 67, 219-232 (1999), Wiramanaden C. I. E., et al., *Mar Chem.*, 110, 28-41 (2008)) is useful method to detect metal (copper) complexation that is very stable compared with that detected by other methods: AdCSV: adsorptive cathodic stripping voltammetry, ion selective electrode etc. in water. It was applied in seawater analysis especially for coastal area where large amount of organic material with high complexing capacity was detected. Also in freshwater lake, there is high potential of existence of very stable copper complexes in water, as it sometimes includes high concentration of sulfur containing compounds and concentration of competing metals such as calcium and magnesium are very low compared with those in seawater. Existence of very stable ligands was investigated using freshwater sampled in Lake Biwa, Japan.

As reference ligands, EDTA, DPTA and CDTA were used at pH 8.8 using borate buffer solution. Copper was deposited on HDME (hanging mercury drop electrode) by varying potential from -0.2 to -1.5 V, and deposition time was 420 s. After deposition, deposited copper was stripped by scanning from the deposition potential to 0 V. Peak height was plotted against deposition potential, and half wave potential was determined. By comparing the half wave potential with that of reference ligands, stability of copper complexing ligands in the sample was estimated.

Half wave potentials measured by references were -0.4 V for EDTA, -0.58V for CDTA, and -0.65 V for DTPA, respectively. By measuring water sampled at north basin of Lake Biwa, half wave potentials at -0.5 V and -1.1 V was obtained for surface water. Only single half wave potential at -0.5 V was obtained for waters at 2m and 10m depth. Existence of strong ligands that has stability close to EDTA was detected all samples tested. These ligands were also detected by AdCSV using salicylaldehyde as competing ligands. But ligand detected at half wave potential at -1.1 V is not detected or undetectable. It might suggest significance of very stable complexes in water of Lake Biwa.

キーワード: 陸水, 琵琶湖, 銅, 配位子, 電気化学分析

Keywords: freshwater, Lake Biwa, copper, ligand, electroanalysis

河川生態系の生産基盤を明らかにするクロロフィル同位体指標の開発 Isotopic composition of chlorophylls as a new indicator of energy flow in stream ecosystems

石川 尚人^{1*}; 菅 寿美¹; 小川 奈々子¹; 大河内 直彦¹
ISHIKAWA, Naoto F.^{1*}; SUGA, Hisami¹; OGAWA, Nanako O.¹; OHKOUCHI, Naohiko¹

¹ 海洋研究開発機構
¹JAMSTEC

陸域・水域エコトーンとしての河川生態系において、河床礫表面に付着する藻類（以下、付着藻類）は、多様な生物群集を支える重要な一次生産者である。しかし、付着藻類から食物連鎖（生食連鎖）を通じて転送されるエネルギー流を正確に見積もった研究例はこれまでにない。なぜなら、河川生態学者が長年「付着藻類」と見なしてきたものは、実はさまざまな有機物の混合した「バイオフィーム」だからである。本研究は、バイオフィームから藻類のバイオマーカーであるクロロフィル類を抽出し、各種同位体比を測定することで、河川一次生産者（藻類）に由来するエネルギー流を追跡することを目的とする。そのために我々は、高速液体クロマトグラフ（HPLC）を用いてバイオフィームからクロロ色素・フェオ色素を単離・精製し、安定同位体比質量分析計（EA/IRMS）を用いて炭素・窒素安定同位体比（ $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ ）を測定した。本発表では、バイオフィーム全体（バルク）や藻類専食者（例：*Epeorus latifolium*: カゲロウ幼虫）の $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ 測定と合わせ、いくつかの河川で行った予備的な結果を報告する。さらに、これまで河川や他の水域生態系の食物網研究で用いられてきた、安定同位体マップとの違いについても議論したい。

キーワード: 付着藻類, 光合成色素, バイオマーカー, HPLC, 安定同位体比
Keywords: periphyton, photosynthetic pigments, biomarker, HPLC, stable isotopes

安定同位体比によって測定された栄養構造が示す生物多様性指標について Biodiversity indicators of trophic structure measured by stable isotope ratios

陀安 一郎^{1*}; 加藤 義和¹; 石川 尚人²; 由水 千景¹; 原口 岳¹; 奥田 昇¹; 徳地 直子³; 神松 幸弘³; 富樫 博幸⁴; 吉村 真由美⁵; 大手 信人⁶; 近藤 倫生⁷
TAYASU, Ichiro^{1*}; KATO, Yoshikazu¹; ISHIKAWA, Naoto F.²; YOSHIMIZU, Chikage¹; HARAGUCHI, Takashi, F.¹; OKUDA, Noboru¹; TOKUCHI, Naoko³; KOHMATSU, Yukihiko³; TOGASHI, Hiroyuki⁴; YOSHIMURA, Mayumi⁵; OHTE, Nobuhito⁶; KONDOH, Michio⁷

¹ 京都大学生態学研究センター, ² 独立行政法人海洋研究開発機構, ³ 京都大学フィールド科学教育研究センター, ⁴ 独立行政法人水産総合研究センター東北水産研究所, ⁵ 森林総合研究所関西支所, ⁶ 東京大学大学院農学生命科学研究科森林科学専攻, ⁷ 龍谷大学理工学部

¹Center for Ecological Research, Kyoto University, ²Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, ³Field Science Education and Research Center, Kyoto University, ⁴Tohoku National Fisheries Research Institute, Fisheries Research Agency, ⁵Kansai Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute, ⁶Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo, ⁷Faculty of Science and Technology, Ryukoku University

「生物多様性」は、遺伝子レベル、種レベル、生態系レベルの多層的な多様性と考えられている。しかし、任意のレベルの多様性を記述するのは困難であり、通常は種レベルの多様性評価が行われる。種レベルの多様性は、生態系機能とのつながりがそのままでは評価できないため、たとえば河川生態学では「摂食機能群 (FFG)」などの取りまとめ方で機能の評価が行われてきた。

われわれは、環境研究総合推進費プロジェクト研究 (4D-1102) において、安定同位体比を基にして、特に集水域河川の生物多様性の機能的側面を評価する手法の検討を行った。安定同位体手法は、森林、河川、湖、沿岸帯生態系を含む集水域の生態学における栄養塩循環や食物網構造の研究に用いられてきた。近年、アミノ酸窒素同位体比が動物の栄養段階推定に用いられてきている。しかし、本手法は水域生産と陸域生産の混合があるような複雑な淡水生態系においては用いられてこなかった。本研究において、バルク同位体比が適用できないような系でも本手法を用いることができることを確かめた。これらの手法は、生物標本を用いた生態系の長期変化にも用いることができる。また、放射性炭素を用いることにより、淡水生態系における炭素起源を推定することもできる。

これらの安定同位体比によって測定された栄養構造を、個々の分類群の定量バイオマス調査とともに用いることにより、集水域河川の新たな生物多様性指標について提案する。

キーワード: 安定同位体比, 食物網, 栄養段階

Keywords: Stable isotope ratios, Food web, Trophic position

溶存酸素の三酸素同位体組成を利用した貧栄養・中栄養水圏環境下の総一次生産量 定量

Vertical distribution of the triple oxygen isotopic compositions of DO in oligotrophic/mesotrophic environments

角皆 潤^{1*}; 南 翔¹; 佐久間 博基¹; 小松 大祐¹; 中川 書子²

TSUNOGAI, Urumu^{1*}; MINAMI, Sho¹; SAKUMA, Hiroki¹; KOMATSU, Daisuke¹; NAKAGAWA, Fumiko²

¹ 名古屋大学環境学研究科, ² 北海道大学大学院理学研究院

¹Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, ²Faculty of Science, Hokkaido University

天然の酸素原子には、質量数が 16、17、18 の 3 種の安定同位体が存在し、その相対存在比は、自然界の諸過程（化学反応など）において、微小に変動（＝同位体分別）する。光合成や呼吸の際に進行する一般の同位体分別では、¹⁶O に対する ¹⁷O の濃縮度が、¹⁶O に対する ¹⁸O の濃縮度の約半分になるように同位体分別するのに対して、成層圏で進行するある種の光化学反応では、¹⁶O に対する ¹⁷O の濃縮度が、¹⁶O に対する ¹⁸O の濃縮度とほぼ等しくなるような同位体分別が起こる。このため、大気中の酸素分子（O₂）と、光合成で生成する O₂ の同位体組成を比較すると、¹⁷O の濃縮度と ¹⁸O の濃縮度の相対値（＝三酸素同位体組成）に差が見られる。三酸素同位体組成は、呼吸などの一般の同位体分別では変化しないので、海洋や湖沼等の表面水（＝混合層）中の溶存酸素分子（DO）の三酸素同位体組成を定量化することで、その DO 中の大気由来の酸素 O₂ と光合成由来の O₂ の混合比が高精度で定量化出来る。さらに表面水と大気との間の O₂ 交換速度を別法から見積もることで、求めた大気由来の酸素 O₂ と光合成由来の O₂ の混合比から、表面水中の総一次生産量を定量化することが出来る（Luz et al., 1999）。総一次生産量の定量には、明暗瓶法や ¹⁴C トレーサー法等の培養による定量が従来は用いられてきたが、この DO 中の三酸素同位体組成を利用する本手法は現存量だけで定量可能であり、培養する必要は無い。このため、簡易かつ高確度の総一次生産量定量法として、広く普及しつつある。

しかし、この DO の三酸素同位体組成を利用して求めた総一次生産量は、あくまで表面水（＝混合層）中の総一次生産量であり、大気との間でガス交換しない季節躍層以深で進行する光合成による総一次生産量は、ほとんど算入されていない。このため、特に混合層が薄い時期（春季や夏季）の観測で求めた総一次生産量は、水柱積算した真の総一次生産量よりも過小評価されている可能性がある。また混合層が薄い時期に過小評価された場合には、逆に混合層が深くなる時期（冬季）には、過大評価されることになる。これは特に、(1) 表面水中のガス交換が不活発な陸水系や、(2) 躍層以深でも一次生産が進行する貧栄養環境、で特に影響が大きくなる。そこで本研究では、貧栄養環境である支笏湖や倶多楽湖、さらに中栄養環境である琵琶湖北湖で DO の三酸素同位体組成の鉛直分布を、その時間変化とともに定量化してその影響を評価したので、結果を報告する。

キーワード: 貧栄養, 中栄養, 溶存酸素, 三酸素同位体, 鉛直分布, 季節変動

Keywords: oligotrophic lake, mesotrophic lake, dissolved oxygen, triple oxygen isotopes, vertical profile, seasonal variation

氷河・氷床の生物地球化学—雪氷微生物による氷河の暗色化と物質循環 Biogeochemistry on glaciers and icesheets ? Microbial process of glacier darkening and material cycles

竹内 望^{1*}
TAKEUCHI, Nozomu^{1*}

¹ 千葉大学
¹Chiba University

地球表層の淡水の約8割を保持する氷河や氷床は、近年の全球規模の気温上昇、いわゆる地球温暖化によるその質量の急激な縮小が注目されている。氷河や氷床の表面には、寒冷環境に適応した特殊な生物群集が存在する。雪氷藻類と呼ばれる光合成微生物が夏の融解期に繁殖して有機物を生産、さらにその有機物に依存した従属性のバクテリアや小型動物が氷河表面で活動している。このような雪氷生物由来の有機物が氷河氷床上に堆積すると、もともと白い表面が暗色化する。氷河の暗色化はアルベドの低下によって日射の吸収を増やし、雪氷の融解を促進する効果がある。したがって、氷河や氷床の変動の評価には、単に気候変動に対する物理的な応答だけでなく、氷河を生物群集を含む生態系として認識し、生物地球化学的な炭素や窒素の循環過程を定量的に把握することが重要となる。ここでは、世界各地の氷河、特に微生物活動が比較的活発なアジアの氷河や、近年になって暗色化が進んでいる北極圏グリーンランド氷床などの生態系の特性を比較しながら、氷河の生物地球化学研究の現状と今後の課題を紹介する。

キーワード: 氷河, グリーンランド, アルベド, 藻類, 微生物, 炭素循環
Keywords: glacier, Greenland, albedo, algae, microbe, carbon cycle

河川への人為起源窒素の負荷が水棲生物の食物網構造に与える影響 How does anthropogenic nitrogen input affect the nutrient dynamics and food web structures?

大手 信人^{1*}; 富樫 博幸³; 徳地 直子²; 吉村 真由美⁶; 加藤 義和⁷; 石川 尚人⁵; 近藤 倫生⁴; 陀安 一郎⁷
OHTE, Nobuhito^{1*}; TOGASHI, Hiroyuki³; TOKUCHI, Naoko²; YOSHIMURA, Mayumi⁶; KATO, Yoshikazu⁷; ISHIKAWA, Naoto F.⁵; KONDO, Michio⁴; TAYASU, Ichiro⁷

¹ 東京大学大学院農学生命科学研究科森林科学専攻, ² 独立行政法人水産総合研究センター東北区水産研究所, ³ 京都大学フィールド科学教育研究センター, ⁴ 森林総合研究所関西支所, ⁵ 京大大学生態学研究センター, ⁶ 独立行政法人海洋研究開発機構, ⁷ 龍谷大学理工学部

¹Graduate School of Agricultural and Life Sciences, University of Tokyo, ²Tohoku National Fisheries Research Institute, Fisheries Research, ³Field Science Education and Research Center, Kyoto University, ⁴Kansai Research Center, Forestry and Forest Products Research, ⁵Center for Ecological Research, Kyoto University, ⁶Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, ⁷Faculty of Science and Technology, Ryukoku University

In last five decades, impacts of anthropogenic nutrient inputs on river ecosystems have continuously been a major concern for the governments and residents of the catchments in Japan. Major sources of anthropogenic nitrogen (N) include leachate from forest ecosystem, surplus fertilizers and sewage. Impacts of anthropogenic N inputs on nutrient dynamics and food web structures were investigated using stable N isotope techniques in the Arida river catchment, Japan. Riverine survey utilizing 5 regular sampling points showed that $\delta^{15}\text{N}$ of nitrate (NO_3^-) increased from forested upstream ($\sim 2\text{‰}$) to the downstream ($\sim 7\text{‰}$) due to the sewage loads and fertilizer effluents from agricultural area. Correspondingly the $\delta^{15}\text{N}$ of benthic algae and aquatic insects increased toward the downstream. This indicates that primary producers of each reach strongly relied on the local N sources and it was utilized effectively in their food web. Simulation using a GIS based mixing model considering the spatial distributions of human population density and fertilizer effluents revealed that strongest impacts of N inputs was originated from organic fertilizers applied to orchards in the middle to lower parts of catchment. Differences in $\delta^{15}\text{N}$ between primary producers and predators were $\sim 6\text{-}7\text{‰}$ similarly at all sampling points. Food web structural analysis using food network unfolding technique based on observed $\delta^{15}\text{N}$ suggested that the structure of nutrient pyramid did not differ significantly along the riverine positions, while the members of species in each trophic level changed and the impact of anthropogenic N input was visible along the river.

キーワード: 河川生態系, 窒素負荷, 安定同位体比, 食物網構造

Keywords: river ecosystem, nitrogen input, stable isotope, food web

湖沼の好気環境に出現するメタン極大の形成プロセス Aerobic methane production in oxygenated water column of a lake ecosystem

岩田 智也^{1*}; 小林 あい¹; 内藤 あずさ¹; 小島 久弥²
IWATA, Tomoya^{1*}; KOBAYASHI, Ai¹; NAITO, Azusa¹; KOJIMA, Hisaya²

¹ 山梨大学, ² 北海道大学
¹University of Yamanashi, ²Hokkaido University

湖沼から大気へのメタン放出量は、全球規模のメタン収支に大きく影響している。従来、湖沼から放出されるメタンは湖底付近の嫌気環境で生成したものと考えられてきた。しかし、我々は多くの湖沼において好気環境にメタン極大が出現することを明らかにしている。このメタン極大の形成プロセスには、強いリン律速下における微生物の有機リン代謝が関与している可能性が考えられる (Karl et al. 2008)。しかし、好氣的メタン生成の機構とそれに関与する微生物は未だ明らかとはなっていない。そこで本研究では、制限栄養元素、代謝および基質が好氣的メタン生成に及ぼす影響をバッチ培養により明らかにするとともに、浮遊性細菌群集の鉛直分布を CARD-FISH 法により定量化して溶存メタン濃度の季節変化との対応関係を評価する。これにより、湖における好氣的メタン生成に関与する微生物と代謝プロセスを特定することを目的とする。

調査は、山梨県西湖にて行った。2013年3月-12月に湖内の4地点において定期的に採水を行い、湖内における溶存メタン濃度の鉛直・水平分布とその季節変化を調査した。また、好氣的メタン極大が出現した7月には水深7.5mから湖水を採取し、メタン生成過程を明らかにするための室内培養実験を行った。実験1ではDINおよびDIPが好氣的メタン生成に及ぼす影響を、実験2では各種阻害剤 (BES, DFM, 遮光) がメタン生成速度に及ぼす影響、実験3では有機リン化合物であるメチルホスホン酸 (MPn) がメタン生成速度に及ぼす影響を評価した。各実験とも4-5日間のバッチ培養を行い、処理区間でメタン生成速度を比較することで、制限栄養元素濃度や微生物代謝およびホスホン酸の有無が好氣的メタン生成に及ぼす影響を評価した。また、CARD-FISHでは、3月、5月、7月および10月に採水した湖水試料に4つのプローブ (EUB338, CYA361, Mg84+Mg705, 405_Syn) をハイブリダイズさせ、浮遊性細菌群集の分布を定量化した。

野外調査の結果から、西湖では夏期において水温躍層近傍に巨大なメタン極大が出現することが明らかとなった。また、このメタン極大周辺では溶存酸素濃度も上昇していた。湖底や沿岸帯、大気からメタンが供給された痕跡はなく、現場にて好気性生物によりメタンが生成しているものと考えられた。培養実験では、栄養塩を添加した実験1および阻害剤を添加した実験2とともに、全ての処理区でメタン生成は確認されなかった。一方、ホスホン酸を添加した実験3ではMPnの添加によりメタン濃度が大きく上昇した。この結果は、C-P リアーゼによりホスホン酸のC-P結合が開裂し、メタンが生成していることを示唆している。C-P リアーゼ遺伝子はシアノバクテリアなどの様々な微生物が有しており (Karl et al. 2008)、基質であるMPnは一部の浮遊性古細菌によって合成されることも発見されている (Metcalf et al. 2012)。このことから、湖沼の好気環境に出現するメタン極大も、C-P リアーゼを有する微生物のMPn代謝によって形成されていると考えられた。次に浮遊性細菌群集の鉛直分布を見ると、シアノバクテリア (CYA361) や *Synechococcus* (405_Syn) の細胞密度の鉛直分布が、メタン濃度の鉛直プロファイルに一致していた。また、CYA361と405_Synの季節変化はメタン濃度の季節消長によく一致しており、シアノバクテリアのなかでもC-P リアーゼを有する *Synechococcus* が好氣的メタン生成に関与している可能性がきわめて高いと考えられた。

本研究結果から、湖沼の好気環境におけるメタン生成には微生物によるMPn分解が関与していると考えられた。とくに、海洋ではシアノバクテリアのMPn代謝によってメタンが生成することが報告されており (Karl et al. 2008)、CARD-FISHによるCYA361や405_Synの鉛直分布の結果もその可能性を支持している。湖沼においてもシアノバクテリアの有機リン代謝がメタン極大の形成に大きく関わっているものと考えられる。

キーワード: 好氣的メタン生成, シアノバクテリア, シネココッカス, メチルホスホン酸, リン欠湖沼
Keywords: Aerobic methane production, cyanobacteria, *Synechococcus*, methylphosphonic acid, P-deficient lake

窒素肥料および窒素降下物による全球陸域窒素循環の改変
Effect of fertilizer use and N deposition on global terrestrial nitrogen cycling in 1960-2010

仁科 一哉^{1*}; 伊藤 昭彦¹; 花崎 直太¹; 眞崎 良光¹
NISHINA, Kazuya^{1*}; ITO, Akihiko¹; HANASAKI, Naota¹; MASAKI, Yoshimitsu¹

¹ 国立環境研究所

¹National Institute for Environmental Studies

Human activities have considerably disturbed terrestrial nitrogen cycling especially after the industrial revolution. Because Harbor-Bosch techniques and fossil fuel combustions have been large sources of reactive nitrogen to the terrestrial ecosystems. The recent N loading derived from these sources on terrestrial ecosystems was estimated 2 times higher than biogenic N fixation in terrestrial ecosystems (Gruber et al., 2009). In this study, we evaluated N fertilizer and N deposition on global terrestrial N cycling using ecosystem model 'VISIT' and global datasets. For the cropland, we made spatial temporal explicit N fertilizer input data (as NH₄⁺ and NO₃⁻ respectively) made by FAO statistics, historical land-use dataset and global crop calendar in SAGE dataset. For N deposition, we used global grid data from Galloway et al. (2004) with simple interpolation in time-series. From the simulation results, we evaluated historical N cycling changes by land-use changes and N depositions in N cycling (e.g., N leaching, N₂O, NO) at global scale.

キーワード: 窒素肥料, 窒素降下物, 亜酸化窒素, 土地利用変化, N 溶脱
Keywords: N fertilizer, N deposition, N₂O, Land use change, N leaching

操作実験により検証する土壌微生物群集における多様性と群集機能の安定性の関係 The diversity-stability relationship in soil microbial community investigated by a diversity-manipulation experiment

潮 雅之^{1*}
USHIO, Masayuki^{1*}

¹ 京都大学生態学研究センター
¹ Center for Ecological Research, Kyoto University

生物群集の多様性が群集機能の安定性とどのように関係しているかということは、従来、生態学・環境科学において重要な疑問であった。しかしながら、微生物群集が生態系の物質循環に果たす役割の大きさにも関わらず、目に見えるマクロな生物の多様性-安定性の関係に比べると、眼に見えない微生物の多様性-安定性の関係はあまり研究されてこなかった。その理由の一つとして、微生物はその小ささと多様性の高さ故に、マクロな生物（例えば、草本）では可能な多様性/群集組成の操作実験が非常に難しいことが挙げられる。しかし、系統的に粗いスケールであれば、分類群特異的な殺菌剤を利用することで群集組成の操作が可能である。

そこで本発表では、細菌特異的な殺菌剤（オキシテトラサイクリン）、真菌特異的な殺菌剤（シクロヘキシミド）を使用し、群集組成を大雑把に操作した土壌を作成し外的環境の変化に対して群集機能の安定性を定量した。ここでは、細菌を排除した区を「真菌区」、真菌を排除した区を「細菌区」、何も排除しない区を真菌と細菌が共存し他の2つの区よりも多様性が高い「共存区」とみなした。群集機能として有機物分解過程を駆動する土壌微生物群集の細胞外酵素の活性（炭素、リン、窒素の分解に関わる酵素活性）と土壌呼吸速度を測定した。外的要因として古典的には分解速度をコントロールすると考えられてきた植物リターの質を選び、その質を人工的に変化させて土壌に添加する実験を行った。

その結果、土壌呼吸速度は真菌区と細菌区では植物リターの質の変化に応答して変化した。一方で、共存区では他の区ほど明瞭に植物リターの質の変化に応答していなかった。また、土壌酵素活性に関しても同様の傾向が見られ、共存区では、他の区よりも活性の植物リターの質への依存性が低かった。さらに脂質バイオマーカーで土壌微生物群集の組成の変化を調べたところ、共存区で最も植物リターの質の変化に対して応答していた。これらの結果は、多様な微生物が共存する土壌では、群集組成が外的要因（植物リターの質）の変化を打ち消すように変化する、結果として外的要因に対してより安定な群集機能（分解活性）が実現されたと解釈できる。

本研究は、分類群特異的な殺菌剤を用いるという非常に粗いスケールでの操作実験であるため、結果の解釈には注意が必要である。例えば、細菌特異的な殺菌剤で排除しきれない細菌も数多く存在するだろう。従って、より高い精度で群集組成を操作する技術の開発が、微生物の多様性-安定性、もしくは多様性-機能の関係を明らかにするために必要である。本発表では、今回得られた成果の解釈に加え、どのような技術が将来的に微生物群集を高い精度で操作する技術に発展しうるか、その可能性についても議論したい。

キーワード: 安定性, 酵素活性, 呼吸速度, 殺菌剤, 多様性, 土壌微生物群集

Keywords: biocides, enzyme activity, diversity, soil microbial community, soil respiration rate, stability

アロフェン質と非アロフェン質黒ぼく土に含まれるリンの化学状態に基づく生物学的利用率の評価
Determination of phosphorus species and bioavailability in allophanic and non-allophanic Andisols

高本 慧^{1*}; 橋本 洋平¹; 和穎 朗太²
TAKAMOTO, Akira^{1*}; HASHIMOTO, Yohey¹; WAGAI, Rota²

¹ 東京農工大学, ² 独・農業環境技術研究所

¹Tokyo University of Agriculture and Technology, ²National Institute for Agro-Environmental Sciences

Andisols have high phosphorus (P) retention capacity due to abundant active aluminums (Al) and irons (Fe). Such characteristics result in a significant inhibition of plant growth in Andisols, if not properly managed. Andisols are categorized into two groups on the basis of the difference in the clay mineral compositions. One group is called as allophanic Andisols, including allophane and imogolite in the clay fraction. The other is called as non-allophanic Andisols, including Al- and Fe- humus complexes and 2:1 phyllosilicates. These soil colloids are considered a major cause of high P retention capacity of allophanic and non-allophanic Andisols. Soil P forms have been investigated using chemical extraction methods. Chemically extracted P fractions of H₂O-P and NaHCO₃-P are considered readily soluble P, while NaOH-P is modelately labile P associated with Al and Fe, and HCl-P is apatite-like P. However, there are no studies determining chemical species and hosting phases of P in allophanic and non-allophanic Andisols at the molecular levels. This study was conducted to characterize the species and sorption hosts of P in allophanic and non-allophanic Andisols using Hedley's sequential P extraction method, solution ³¹P-NMR and X-ray absorption near-edge structure (XANES) spectroscopy. For revealing the behavior of P in soils precisely, it is required to separate the different soil colloids along with their density and then identify P speciation and hosting mineral phases. This study used a density separation method that can classify soil colloids including humus and Al/Fe (oxy)hydroxides by their density.

The total concentration of P in the allophanic and non-allophanic Andisols was 6.2 g P kg⁻¹. The sequential fractionation of bulk soil showed that the largest P pool of both allophanic and non-allophanic Andisols was NaOH-P. The density fractions of 2.0-2.25, 2.25-2.5, and >2.5 g cm⁻³ accounted for 88% of allophanic Andisols, and among five fractions, the 2.0-2.25 g cm⁻³ fraction was largest (44%). On the other hand, the density fractions of 1.8-2.0, 2.0-2.25, 2.25-2.5, and >2.5 g cm⁻³ accounted for 88% of non-allophanic Andisols. The sequential fractionation of allophanic Andisols showed that the NaOH fraction had a large proportion of inorganic P (Pi, 76-92%) and organic P (Po, 72-99%). The sequential fractionation of non-allophanic Andisols also showed NaOH-Pi (46-83%) and Po (54-97%) were consisted largely of phosphorus pool, with exceptions in >2.25 g cm⁻³ fractions. The results combined with the density separations and sequential extraction indicated that i) P in allophanic and non-allophanic soils is primarily associated with Fe and Al minerals, ii) Pi and Po in the 2.0-2.25 g cm⁻³ fraction accounted largely for the total P of allophanic Andisols (Pi: 61%, Po: 68%), iii) Pi and Po in 1.8-2.0 g cm⁻³ fraction accounted largely for allophanic Andisols (Pi: 48%, Po: 64%). According to the solution ³¹P-NMR results, orthophosphate monoester accounted largely for Po in allophanic and non-allophanic Andisols. Further investigations on XANES and NMR spectroscopy will be presented for more detailed P speciation in the soils.

キーワード: リン, 生態系, 黒ボク土

Keywords: phosphorus, ecosystem, Andisols

炭化板を用いた大気中水銀用パッシブサンプラーの開発 Development of a carbonized wood passive sampler for atmospheric mercury

大熊 明大^{1*}; 佐竹 研一¹
OKUMA, Akihiro^{1*}; SATAKE, Kenichi¹

¹ 立正大学 地球環境科学部

¹ Geo-environmental Sci, Rissho Univ

[はじめに]

水銀は有害物質である事から UNEP や WHO などの機関で水銀の使用量や放出量の削減を求めている。その結果、世界的には減少傾向にあるが、東南アジアや中国などの経済発展の著しい国ではライフラインの確保のために火力発電所の増設、金の採掘や精錬に水銀の需要が高まり水銀の放出量が増加していることが報告されている。大気中に放出された水銀の 95 % 以上がガス状水銀 (Hg^0) であり、溶解度が低いため大気中での滞留時間が 1~2 年と長い。そのため、発生源から遠く離れた地域においても影響を及ぼす事が指摘されている。また、大気から地表面へ降下した水銀は毒性のより強い有機水銀となり、食物連鎖によって生物濃縮され、生態系や人体に影響を与えることが懸念されており、そのため大気中水銀のモニタリングは重要である。現在の大気中水銀のサンプリング方法は 500mL min^{-1} で吸引し金アマルガム粒子充填管に吸着させるアクティブサンプラーである。しかし、高価で維持管理が難しく、設置スペースや電源の制約もあり、広範囲にわたる調査が難しい事が多い。本研究では、炭の吸着能に着目し、大気中水銀用の簡易パッシブサンプラーを作成し、試験した。

[研究方法]

$2.5\text{cm} \times 4.5\text{cm} \times 1.5\text{cm}$ に杉心材を加工し、電気炉を用いて 300°C で 2 時間加熱し炭化板を作成し、両面テープを直径 5.5cm のアクリル製シャーレに貼り付け北海道大学雨龍研究林、北海道大学札幌キャンパス、立正大学熊谷キャンパス、群馬県六合入山、金沢大学、鳥取大学、広島大学東広島キャンパス、タイの Chiang Mai 大学に設置し、1 ヶ月間毎に回収し合計 3 ヶ月間分の測定を行った。また、埼玉県環境科学国際センターでは 1 ヶ月間毎に回収し合計 5 ヶ月間分の測定し並行して、また並行して金アマルガム捕集管に吸引捕集し、設置期間中の大気中水銀濃度を測定した。

[結果]

全ての設置地点において月日の経過と共に水銀沈着量が増加した。埼玉県環境科学国際センターで行った結果、炭化板中の水銀沈着量は 0.39 (33 日間)、 0.44 (64 日間)、 0.63 (95 日間)、 0.86 (127 日間)、 0.91 (158 日間) ng Hg cm^{-2} であり、相関係数が 0.95 であった。設置期間中の大気中水銀濃度は $2.0\sim 2.6\text{ng Hg m}^{-3}$ と略安定していた事から、大気中水銀濃度が安定している大気では、安定した沈着速度で炭化板に沈着する事がわかった。

実際の大気中水銀濃度に対する応答性を調べた結果 $y=14.7x$ 、相関係数 0.95 と良好な相関が認められた。これらの結果から、炭化板は大気中水銀用パッシブサンプラーとなる可能性があり、アクティブサンプラーでは困難な場所での調査にも使用可能である事がわかった。

キーワード: 水銀, 炭化板, 簡易パッシブサンプラー, 大気汚染モニタリング
Keywords: mercury, carbonized wood, passivesamplerq, monitoring of air pollution

京都北部ブナ林における溶存有機物生成のメカニズムと規定要因 Mechanisms and regulating factors of dissolved organic matter production in beech forest soils in northern Kyoto

藤井 一至^{1*}; 中田 裕治²; 吉田 誠²; 早川 智恵³; 杉原 創³; 舟川 晋也³

FUJII, Kazumichi^{1*}; NAKADA, Yuji²; YOSHIDA, Makoto²; HAYAKAWA, Chie³; SUGIHARA, Soh³; FUNAKAWA, Shinya³

¹ 森林総合研究所, ² 東京農工大学, ³ 京都大学

¹Forestry and Forest products Research Institute, ²Tokyo University of Agriculture and Technology, ³Kyoto University

In forest ecosystems, most of the organic matter supplied to the organic layer mineralizes to CO₂, but a proportion (~30%) is leached as dissolved organic matter (DOM), as soil water percolates. DOM plays important roles in carbon and nutrient cycling in forest soils, however, the controlling factors and mechanisms of DOM production remain to be clarified. Since DOM contains high concentrations of aromatic compounds derived mainly from lignin, the roles of microorganisms in lignin solubilization and DOM production were investigated under field condition.

The concentrations and fluxes of dissolved organic carbon (DOC) in soil solution were quantified under beech forest in northern Kyoto. The activities of lignin-degrading enzymes, lignin peroxidase (LiP) and manganese peroxidase (MnP), and fungal community composition were analyzed.

The DOC fluxes increased in the organic layer (344 kg C ha⁻¹ yr⁻¹), followed by a decrease with depth in the mineral soil layers (20 kg C ha⁻¹ yr⁻¹). The seasonal fluctuation of DOC concentrations showed that DOC production increased in summer with increasing temperature, highlighting the importance of microbial activity to DOM production. The activities of both lignin-degrading enzymes, MnP and LiP, were detected in the organic layers, and several potential producers of enzymes, namely basidiomycete fungi, were also identified. These findings could support the central roles of fungi in lignin solubilization and DOC production in organic layers under beech forest in northern Kyoto, where the large fluxes of DOM leaching was observed.

斜面森林土壌における亜硝酸の動態と制御要因について Soil nitrite transformation along a forest slope and controlling factors

黒岩 恵^{1*}; 磯部 一夫¹; 加藤 宏有¹; 村林 翔¹; 金子 由佳¹; 小田 智基¹; 大手 信人¹; 大塚 重人¹; 妹尾 啓史¹
KUROIWA, Megumi^{1*}; ISOBE, Kazuo¹; KATO, Hiroyu¹; MURABAYASHI, Sho¹; KANEKO, Yuka¹; ODA, Tomoki¹;
OHTE, Nobuhito¹; OTSUKA, Shigeto¹; SENOO, Keishi¹

¹ 東京大学農学生命科学研究科

¹Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo

We conducted a tracer study to clarify the spatial heterogeneity of nitrite (NO_2^-) dynamics in forest soils. Because of its reactive nature, NO_2^- does not usually accumulate in forest soils. This low concentration and experimental difficulties of accurate quantification have hampered quantitative detailed analyses of gross NO_2^- production and consumption in terrestrial environments. However, NO_2^- is an intermediate in many N transformation processes including nitrification and denitrification. Furthermore NO_2^- can also be reduced to gaseous N and react with organic matter not only biologically but also chemically. Thus NO_2^- dynamics may control whole N retention/emission characteristics in forest soils.

We added $^{15}\text{NO}_2^-$ to mineral top soils derived from a slope of a Japanese cedar forest. Primary properties of soils such as concentration of inorganic N, pH and water content differed geographically; N concentration, pH and water content are lower in the upper soils. NO_2^- production and consumption rates gradually increased from upper slope to lower slope. Quite short mean residence time of NO_2^- implies that NO_2^- consumed very rapidly anywhere in slope. The dominant pathway of NO_2^- consumption change geographically. It is suggested that the conversion to DON and gaseous N is more important in upper soils. On the other hand, conversion to NO_3^- (nitrification) is dominant in lower soils.

At this presentation, we focus on geographical difference of NO_2^- dynamics and their regulation by environmental factors.

キーワード: 森林土壌, 亜硝酸, ^{15}N トレーサー, 溶存有機態窒素, 硝化

Keywords: Forest soil, Nitrite, ^{15}N tracer, Dissolved organic nitrogen, Nitrification

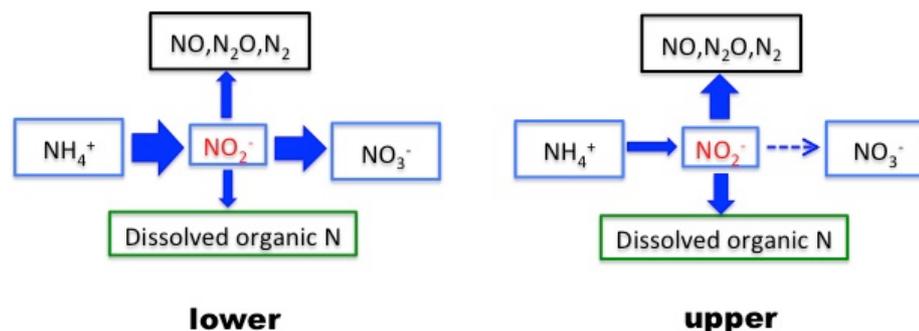


Fig.1 Schematic picture of nitrite dynamics along a forest slope.
Difference between upper and lower soils.

森林生態系における大気降下物由来硝酸イオンの利用率に関する研究 The availability of atmospheric nitrate in a forested ecosystem

尾坂 兼一^{1*}; 小牧 直人¹; 川村 湧也¹; 村田 哲也¹; 久郷 達朗¹; 中村 高志²; 西田 継²; 永淵 修¹
OSAKA, Ken'ichi^{1*}; KOMAKI, Naoto¹; KAWAMURA, Yuya¹; MURATA, Tetsuya¹; KUGO, Tatsuro¹; NAKAMURA,
Takashi²; NISHIDA, Kei²; NAGAFUCHI, Osamu¹

¹ 滋賀県立大学環境科学部, ² 山梨大学国際流域環境研究センター

¹University of Siga prefecture, school of environmental science, ²University of Yamanashi, ICRE

Nitrogen is an important element for forest ecosystems; shortage of nitrogen limits plant growth [Vitousek and Howarth, 1991], however, nitrogen discharged from forested ecosystems link to various environmental problems, such as eutrophication of aquatic ecosystems and deterioration of drinking water quality. Recently, atmospheric nitrogen deposition into terrestrial ecosystems is increasing [Galloway et al., 2008]. However, influence of the increase of atmospheric nitrogen deposition on forested ecosystem is not clear because the interaction between nitrogen input/output and inner nitrogen cycle is not sufficiently understood. In this study, to clarify the interaction between nitrogen input/output and inner nitrogen cycle, we investigate the atmospheric nitrate discharge rate from forested watershed and discuss the availability of atmospheric nitrate deposited into forested watersheds.

キーワード: 森林流域, 安定同位体比, 硝酸イオン, 大気降下物

Keywords: forested watershed, stable isotope, nitrate, atmospheric deposition

ヒノキ林における樹冠葉量と窒素吸収量の推定 Estimation of leaf biomass and nitrogen uptake in a hinoki cypress forest

稲垣 善之^{1*}; 酒井 敦¹; 宮本 和樹¹
INAGAKI, Yoshiyuki^{1*}; SAKAI, Atsushi¹; MIYAMOTO, Kazuki¹

¹ 森林総合研究所

¹ Forestry and Forest Products Research Institute

森林生態系において窒素吸収量は、リターフォールの窒素量と地上部現存量増加分に存在する窒素量を加えて算出する。リターフォールは、リタートラップによって、幹現存量の増加は直径と樹高の測定によって比較的精度よく推定することができる。しかし、これまで樹冠葉量を精度よく推定することが困難であった。直径と樹高から樹冠葉量を推定する方法が多く用いられるが、閉鎖林分における枝の枯れ上りを考慮することができない点が問題であった。一方、既往の研究で樹冠の生枝下高における幹断面積と樹冠葉量は、森林の管理状態に関わらず高い相関関係を示すことが知られているが、生枝下高における幹直径の計測は困難であった。近年、これらの問題点を解決するために、生枝下断面積を樹高、生枝下高、胸高直径から簡易に推定する手法が提案された。この方法で様々な生態系における葉量を精度よく推定することが期待されるが、その有効性は日本の代表的な造林樹種であるヒノキについては明らかでない。本研究では、この簡易手法を高知県の2地域のヒノキ林における伐倒調査の結果に当てはめ、有効性を明らかにするとともに、得られた関係式を長期にわたって幹成長を観測している高知県のヒノキ林分に当てはめて、林齢の変化に伴う葉量と窒素吸収量の変化を明らかにすることを目的とする。

樹冠葉量と樹高、生枝下高、胸高直径の関係性を明らかにするために、高知県の標高の異なる2つの地域において調査を行った。サイズの異なるヒノキを合計で14個体伐採し葉量を計測した。葉量 (Wleaf) は、樹高 (H)、生枝下高 (Hb)、胸高断面積 (A1.3) と次の式によって近似することができた。

$$W_{\text{leaf}} = 1.02[0.0364 \times AB^{1.10}] \quad (r^2 = 0.926, p < 0.0001)$$

ここで $AB = A1.3[(H - Hb) / (H - 1.3)]$ を示す。2つの地域で回帰式に有意な差は認められず、標高の異なる林分でも同一の式で葉量を推定することが可能であった。

高知県のヒノキ林分において、同一林分を20年間観測し、林齢の変化に伴う窒素吸収量と葉、幹生産の関係を明らかにした。21年生から41年生における7つの時期(21-22、23-24、25-27、28-30、31-32、39-41年生)において、樹冠葉量を求めた。樹冠葉量は、前述の関係式によって算出した。胸高直径と樹高から幹現存量を求めた。リタートラップで計測した落葉量に樹冠葉量の増分を加えて葉生産量とした。落葉窒素量、樹冠窒素の増分、幹成長の窒素増分を合計したものを窒素吸収量とした。葉と幹生産量の合計を窒素吸収量で割って窒素利用効率を算出した。葉量、葉生産量、幹生産量、窒素吸収量、窒素利用効率と林齢には有意な相関関係は認められなかった。窒素吸収量が大きいくほど、葉生産量は大きく、樹冠葉量が大きい傾向が認められたが、幹生産量には有意な相関は認められなかった。窒素吸収量が大きいくほど窒素利用効率が低い傾向が認められた。以上の結果より、本研究でヒノキ林分における樹冠葉量の変動を精度よく推定することができた。ヒノキの窒素利用様式は林齢に伴う明瞭な変動を示さないが、ヒノキは窒素吸収量の少ない時期には窒素を効率的に利用して幹生産を維持することが示唆された。

キーワード: ヒノキ, 葉量, 幹, 窒素, 林齢

Keywords: hinoki cypress, leaf biomass, Stem, nitrogen, forest age

代謝モデルを用いた安定同位体動態の考察 A metabolic model of stable isotope dynamics

石井 励一郎^{1*}; 野口 真希¹; 和田 英太郎¹
ISHII, Reiichiro^{1*}; NOGUCHI, Maki¹; WADA, Eitaro¹

¹ 海洋研究開発機構

¹JAMSTEC

Carbon and nitrogen stable isotope analysis have been a powerful tool used for identifying food-web structures. Our recent study suggested that the ratios of trophic fractionation of carbon and nitrogen isotopes ($\Delta\delta^{15}\text{N}/\Delta\delta^{13}\text{C}$) throughout food chain are similar in various ecosystems (Wada et al. 2013), although the general mechanisms determining isotopic incorporation rates and discrimination factors are poorly understood.

Here, we developed a mechanistic model of the isotopic fractionation in metabolic processes that are common to animals composing most grazing food chains. Particularly, we calculate fluxes of carbon and nitrogen stable isotopes within an organism by following fluxes of molecules involved in some of physiological reactions: the synthesis of amino acids and their carbon skeletons, the rates of which are governed by energy-producing systems such as glycolysis, the TCA cycle, and oxidative phosphorylation, that is, the ratio of the rate of amino-acid syntheses to that of energy-yielding processes. The active metabolic pathways above are assumed to be changed by the conditions of supply (diet quantity and quality) and demand (growth rate).

The model result suggests that the instant isotopic composition of animals are sensitive to the change of their diet composition and growth rate, but on the other hand, the isotopic composition converges as the integrating period becomes long. With further temporal scaling-up, in turn, the isotopic compositions of animal body reflect the spatio-temporal variability due to their life history, migration and foraging patterns. This gives mechanistic insight to what information we can acquire from the observation.

放射性炭素同位体比と炭素・窒素安定同位体比を利用した海藻の生育環境履歴の推定 Tracing environmental history of macroalgae by the use of radiocarbon and stable isotope ratio analyses

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

親潮系と黒潮系の海流が複雑に交わる三陸沿岸域では、どの海流が流入するのにより内湾の環境（水温、光、栄養塩類など）が大きく変化し、このことが、湾内の生物の成長や相互作用に強い影響を及ぼしていると考えられる。しかし、複雑に変化する異なる海流の流入状況と、それに対する湾内の生物の生理的な応答の関係にはまだ不明な点が多く残されている。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、また重要な養殖生物でもあるワカメ (*Undaria pinnatifida*) を研究対象とし、藻体の放射性炭素同位体比の情報から、外洋水の流入状況（生育環境履歴）を推定する新しい手法の検討を試みた。本研究の基本的なアイデアは、溶存無機炭素の放射性同位体比が、深層の古い水が湧き上がる親潮系の海水で低く、黒潮系の海水で高いことを利用し、藻体の放射性炭素同位体比（光合成による炭素固定を介して、溶存無機炭素の同位体比を反映すると考えられる）の変動から、湾内への起源の異なる海水の流入状況を推定するという点にある。同時に、炭素・窒素安定同位体比を併せて測定することで、環境の変化と生物の応答の関係についての情報を得ることを試みた。

岩手県大槌湾において、2012年10月から2013年3月の期間に栽培したワカメの藻体を試料として用いた。基部から頂部にかけての各側葉の先端部を酸処理後、グラファイトに変換し、加速器質量分析計を用いた放射性炭素の測定に供した。また、安定同位体比質量分析計を用い、炭素・窒素安定同位体比を測定した。ワカメの側葉は、藻体基部の葉茎移行部に存在する生長点を基に新生される。古い側葉を上部に押し上げながら新しい側葉を形成する成長様式から、各々の側葉は成長に応じた時間経過を示すと考えられる。本発表では、湾央および河口域の定点で収穫された各1個体を解析した結果を報告する。

湾央で栽培した藻体の各側葉の $\Delta^{14}\text{C}$ は、0~40‰の範囲で変動し、上部と下部の側葉で高く（20‰~40‰）、中央部で低い値（0‰）を示した。このことから、本個体においては、中央部の側葉が形成された時期に、親潮系の海水の流入の影響を受けたことが示唆された。安定同位体比（ $\delta^{13}\text{C}$ と $\delta^{15}\text{N}$ ）も、上部と下部の側葉で高く（ $\delta^{13}\text{C} = -14\text{‰}$ 、 $\delta^{15}\text{N} = 3.5\text{‰}$ ）、中央部で低い（ $\delta^{13}\text{C} = -20\text{‰}$ 、 $\delta^{15}\text{N} = -1\text{‰}$ ）凹型のパターンを示したが、最小値を示す位置は、放射性炭素同位体比に比べて、やや下部にみられた。 $\delta^{13}\text{C}$ と $\delta^{15}\text{N}$ の間には有意な正の相関がみられたことから、安定同位体比の変動は、藻類の生育状態の変化に伴う同位体分別の変化を反映している可能性があるかと推察した。以上の結果は、親潮水の流入から遅れて、海藻の生育状態に変化が生じたことを示唆している。一方、河口付近で栽培した個体の同位体比の変動は湾央のものとは大きく異なった。 $\Delta^{14}\text{C}$ は $-20\text{‰} \sim +60\text{‰}$ の範囲で大きく変動し、藻体の上部から下部にかけての一定の変動パターンは見いだせなかった。また、炭素・窒素安定同位体比についても顕著な変動パターンはみられなかった。河口付近では、河川水流入の影響を受けて、藻体の同位体比が複雑な変動を示した可能性がある。

キーワード: 海藻, 三陸, 海流, 放射性炭素同位体比, 安定同位体比

Keywords: macroalgae, Sanriku coast, water current, radiocarbon, stable isotope

日本海内部における腐植様蛍光物質の蓄積 Accumulation of humic-like fluorescent dissolved organic matter in the Japan Sea interior

田中 和樹¹; 久万 健志²; 浜崎 恒二³; 山下 洋平^{4*}
TANAKA, Kazuki¹; KUMA, Kenshi²; HAMASAKI, Koji³; YAMASHITA, Youhei^{4*}

¹ 北海道大学大学院環境科学院, ² 北海道大学大学院水産科学研究所, ³ 東京大学大気海洋研究所, ⁴ 北海道大学大学院地球環境科学研究院

¹Graduate School of Environmental Science, Hokkaido University, ²Faculty of Fisheries Science, Hokkaido University, ³Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, ⁴Faculty of Environmental Earth Science, Hokkaido University

Marine dissolved organic matter (DOM) is the largest reduced carbon reservoir in ocean. Most marine DOM is produced by marine biota and is resistant to rapid microbial degradation. Thus, it is crucial to know the dynamics of recalcitrant DOM for determining whether the marine DOM reservoir is stable or not. Even though there have been several hypotheses regarding with the recalcitrant mechanism of marine DOM, the microbial production of recalcitrant DOM (defined as microbial carbon pump) has been considered as the main process. Humic-like fluorescent DOM (FDOM_H) has found to produce during microbial incubation. Even though FDOM_H has known to easily degrade by sunlight, linear relationships between fluorescence intensity of FDOM_H and indicators of microbial remineralization, e.g., apparent oxygen utilization (AOU), have been observed throughout the ocean. These experimental and observational results imply that FDOM_H is a product of microbial carbon pump. Another important source of FDOM_H, especially in coastal environments and marginal seas, is riverine supply. Even though the major fractions of FDOM_H have been considered to be photo-degraded in coastal environments, substantial contribution of terrestrial FDOM_H into ocean interior has been suggested. Thus, in addition to accumulation of in situ produced FDOM_H, recalcitrant terrestrial FDOM_H might occur in deep ocean, especially in marginal seas. However, it is not clear whether recalcitrant autochthonous and/or terrestrial FDOM_H is accumulated in deep ocean of marginal seas or not.

We determined vertical profiles of FDOM_H at 5 stations in the Japan Sea and 5 stations in the western North Pacific using excitation emission matrix fluorescence with parallel factor analysis (EEM-PARAFAC). Seawater samples from surface to bottom waters of the Japan Sea and the western North Pacific were collected during T/S Oshoro-maru (C184) and R/V Tansei-Maru (KT-11-17) cruises, respectively. Two FDOM_H were obtained after EEM-PARAFAC and assigned as traditional terrestrial and marine (microbial) FDOM_H, respectively. In the Japan Sea, levels of both FDOM_H were lowest in surface waters, gradually increased with depth below surface waters, and were highest in waters distributed depths greater than 2000 m that were corresponding to the lower part of Japan Sea Proper Water (JSPW), i.e., lower part of the Japan Sea Deep Water (JSDW) and the Japan Sea Bottom Water (JSBW). Levels of both FDOM_H were linearly correlated with AOU in the JSPW, suggesting that both FDOM_H were produced in situ in the JSPW. Interestingly, levels of both FDOM_H in the JSPW were similar or slightly higher compared with those in deep waters of the western North Pacific, even though AOU in the JSPW were significantly lower than those in deep waters of the western North Pacific. Such distributional characteristics of FDOM_H in the JSPW imply that FDOM_H is accumulated in the interior of the Japan Sea. We will discuss possible origin and accumulation mechanism of FDOM_H in the Japan Sea interior.

キーワード: 日本海, 溶存有機物, 腐植様蛍光物質

Keywords: Japan Sea, Dissolved Organic Matter, Humic-like fluorescence

窒素飽和した森林における渓流水中から光化学的に生成するヒドロキシルラジカルの起源 Sources of hydroxyl radical photochemically produced in headwater streams from nitrogen-saturated forest

智和 正明^{1*}; 東 直子¹; 大槻 恭一¹; 兒玉 宏樹²; 宮島 徹²; 竹田 一彦³; 佐久川 弘³
CHIWA, Masaaki^{1*}; HIGASHI, Naoko¹; OTSUKI, Kyoichi¹; KODAMA, Hiroki²; MIYAJIMA, Tohru²; TAKEDA, Kazuhiko³; SAKUGAWA, Hiroshi³

¹九州大学演習林, ²佐賀大学大学院工学系研究科, ³広島大学大学院生物圏科学研究科
¹Kyushu University Forest, ²Graduate School of Science and Engineering, Saga University, ³Graduate School of Biosphere Science, Hiroshima University

ヒドロキシルラジカル (OH ラジカル) は活性酸素種の中で最も酸化力が高く, OH ラジカルとの酸化反応は, 生物地球化学的プロセスにおいて重要である。本研究は, 1) 渓流水中で光化学的に生成する OH ラジカルのソースを評価すること, 2) 窒素飽和した森林から流出する渓流水での OH ラジカルの生成速度の増加を評価するために, 窒素飽和した森林において, 光化学的生成速度 (R_{OH}) を計測した。さらに, 渓流水中のフルボ酸を抽出して, 溶存有機物 (DOM) からの R_{OH} の定量評価を行った。その結果, ほとんどすべて (97%; 81-109%) の R_{OH} のソースを定量的に明らかにでき, NO_3^- : 55%, 34-75%, N(III): 2%, 0.5-5.2% であり, DOM 由来の生成は光フェントン (18%; 12-26%) と FDOM の直接的な光分解 (22%, 10-40%) を分離することに成功した。FDOM は DOM の炭素ベースで 53%(24-96%) を占めており, OH ラジカル生成に重要な成分であった。窒素飽和した森林で生じた高濃度の NO_3^- の流出は R_{OH} を上昇させていた。このことは, 窒素飽和した森林は下流域の河川中において OH ラジカルの生成や消失を通じて, 光化学や生物地球化学的な物質循環を変化させる可能性を示している。

キーワード: ヒドロキシルラジカル, 溶存有機物, 硝酸イオン, 光フェントン反応, 河川, 光化学反応
Keywords: hydroxyl radical, dissolved organic matter, nitrate, photo-Fenton reaction, stream, photoinduced processes

北海道北部冷温帯林における皆伐が集水域からのイオン成分と DOC の流出に及ぼす影響 Effects of clear-cutting on the loss of ion and DOC from cool-temperate forested watershed in northern Japan

福澤 加里部^{1*}; 柴田 英昭¹; 高木 健太郎¹; 野村 睦¹
FUKUZAWA, Karibu^{1*}; SHIBATA, Hideaki¹; TAKAGI, Kentaro¹; NOMURA, Mutsumi¹

¹ 北海道大学・北方生物圏 FSC

¹FSC, Hokkaido University

森林伐採とその後のササ筋刈りが森林集水域での生物地球化学的プロセスに及ぼす影響を明らかにするため、北海道北部の天塩研究林において攪乱前後の河川水中のイオン各種と溶存有機炭素 (DOC) 濃度を調べた。2003 年 1 - 3 月に 8ha 集水域を沢筋を残して皆伐した。2003 年 10 月にササ筋刈りを行い、その直後にササを刈り取った列にカラマツ苗を植栽した。2002 年 - 2013 年に 2 週間または 3 週間ごとに河川水を採取した。皆伐後の生育期間には河川水の NO_3^- 濃度の上昇はなかった。その後のササ筋刈りにより、有意な濃度上昇がみられ、最大で約 $15 \mu\text{mol L}^{-1}$ となった。伐採区域では伐採後にササの細根が樹木の細根減少を補償して全体の細根量は維持されていることも明らかになっている。よってササによる窒素吸収は伐採後の窒素溶脱を緩和するために非常に重要であり、ササ刈り取り後のササの窒素吸収の減少が河川への窒素溶脱を引き起こしたことが示唆された。しかしその後河川水の NO_3^- 濃度は季節や年により 0.1 以下から $20 \mu\text{mol L}^{-1}$ 以上の範囲で変動し、特に 2007 年には年間を通して高い値を維持した。河川水の NO_3^- 濃度は処理前の濃度レベルには戻らなかった。陽イオン (K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) 濃度や pH は河川流量の変化に起因する変動が大きく、伐採による変化はなかった。一方 NH_4^+ はほとんど検出限界以下であったが、2007 年に検出され、 NO_3^- の濃度上昇と同調した。河川水中の DOC 濃度は皆伐およびササ筋刈り後に変化せず、処理の前後とも夏後半にピークをもつ明瞭な季節変化があった。DOC 濃度は、5 月後半から 8 月にかけての流量が少ない生育期に上昇し、その後流量が増加する秋に低下したことから、夏後半以降の流出量の増加に伴う希釈効果により河川水の DOC 濃度は低下したことが示唆された。しかし、DOC 濃度は基底流量で安定している冬季に低かったことから、初夏の高温が土壌での DOC 生産を促進し、この時期の DOC 濃度を高めていると考えられた。皆伐およびササ筋刈りが DOC の流出に影響しなかったのは、伐採区域での DOC の土壌への吸着による可能性がある。これらの結果から、冷温帯域の傾斜が緩やかな集水域において、 NO_3^- と DOC の伐採に対する応答が異なっていたのは、それぞれの排出源が異なることによると考えられた。

キーワード: 硝酸, DOC, 陽イオン, ササ, 河川流量

Keywords: nitrate, DOC, cation, Sasa, stream discharge

微生物起源物質は分解産物の生化学的共通性をもたらす Microbial contributions to biochemical commonalities of decaying organic matter

保原 達^{1*}; 阿江 教治¹; 長谷川 裕己¹; 小川 浩史²; 佐藤 貴之³; 今井 章雄³; Benner Ronald⁴
HOBARA, Satoru^{1*}; AE, Noriharu¹; HASEGAWA, Yuki¹; OGAWA, Hiroshi²; SATOU, Takayuki³; IMAI, Akio³; BENNER,
Ronald⁴

¹ 酪農学園大学, ² 東京大学, ³ 国立環境研究所, ⁴ サウスカロライナ大学

¹Rakuno Gakuen University, ²The University of Tokyo, ³National Institute for Environmental Studies, ⁴The University of South Carolina

様々な自然環境において、生物体などの天然有機物は分解を受け、その結果幾分かの有機物は残り続ける。こうした有機物残渣は、海洋や土壌などでは主要な有機物の存在形態となっており、生態系の様々な機能や役割を担っている。有機物残渣は、由来が様々な生物種、組織、細胞器官など、非常に多岐に渡ることに加え、それらが様々な分解段階にあるものが混在する。それゆえ、その化学的組成の全容を解明することは非常に難しい。そのため、これまでこうした有機物の組成は、起源となる有機物が破碎されてゆく段階でどのような修飾的变化が生じるかに主に関心が注がれてきた。近年、陸上でも海洋でも、起源となる有機物は分解後の非常に短い期間に少なくなくなり、その実質的な部分が微生物に取って代わることが明らかとなってきた。しかしながら、そうした微生物の生成物やその生成過程に焦点を当てた研究は未だ非常に限られている。本研究では、陸域や水域において、分解残渣有機物や有機物の分解に伴う生化学的変化を元に、分解とともに生成する有機物の特徴を明らかにしてゆく。生物体有機物中の主要構成生体分子を調べたところ、アミノ酸のグリシン/リシン比 (Gly/Lys) や、アミノ糖のグルコサミン/ガラクトサミン比 (GlcN/GalN) などは、生物の種類などにより幅広い値を取り得るのに対し、その分解有機物ではその値が比較的狭い範囲にとどまっていた。陸上土壌においてリターバッグ実験により分解に伴うリターの質の変化をみると、Gly/Lys 比は分解につれ増加、GlcN/GalN 比は分解につれ減少する傾向が明らかであった。リター分解におけるこうした傾向は、陸上のみならず水域でもみとめられ、このことは、環境によらず分解過程では狭い値への生化学的方向性があることを示唆している。また、こうしたアミノ酸やアミノ糖は、リター分解に伴い純増した成分であり、微生物起源と考えられる。それゆえ、こうした方向性は、リター分解過程において微生物により生成されたものに共通する特徴なのではないかと考えられた。また、土壌や河川中にある溶存態有機物の分子量は、タンパク質ベースで 8,000Da 前後への一山型分布がみとめられるが、これは起源となる植物体などの抽出物にみとめられる分散型の分布とは明らかに異なる。植物体の分解とともに分子量分布の変化を調べたところ、分散型から一山型への明瞭な分子量分布変化がみとめられ、また 8,000Da 前後のピークは純増を示していた。このことは、分解とともにこの分子量域に微生物由来の有機物が生成されていることを示唆している。こうした分析結果は、様々な環境条件下において微生物によって生成される有機物には生化学的な共通性が存在することを示唆している。

キーワード: 有機物分解, 土壌, 海洋, アミノ酸, アミノ糖, 分子量分布

Keywords: Organic matter decay, Soil, Ocean, Amino acids, Amino sugars, Molecular weight distribution

Spatial modelling of water, nitrogen and sediment for systematic conservation of multiple ecosystem services

Spatial modelling of water, nitrogen and sediment for systematic conservation of multiple ecosystem services

FAN, Min^{1*} ; SHIBATA, Hideaki²
FAN, Min^{1*} ; SHIBATA, Hideaki²

¹Graduate School of Environmental Science, Hokkaido University, ²Field Science Center for Northern Biosphere, Hokkaido University

¹Graduate School of Environmental Science, Hokkaido University, ²Field Science Center for Northern Biosphere, Hokkaido University

Spatial modelling and analysis of multiple ecosystem service (ES) under land use and climate changes provides useful support for decision making in sustainable planning, management and policies of large landscapes. This study aimed to integrate the GIS modelling approach of spatial explicit ESs (water yield, and retention of nitrogen (N) and sediment) into system conservation model under various land use and climate changes in Teshio river watershed located in northern Hokkaido, Japan. In this study, we applied hydrology and material flow model (Soil and Water Assessment Tools, SWAT model), land use change model (CLUE) and system conservation model (Marxan). The multiple scenario includes three different land use maps in past (1976), current (2006) and future (2036), and three climate change scenarios (short-term (2010-2039), mid-term (2040-2069), and long-term (2070-2099)).

Our results indicated that various land use and climate change scenarios showed different impact on ES and system conservation in the watershed. The forest land use change significantly affected on magnitudes and spatial patterns in water yield, sediment and N retention. It was suggested that south western and northern part of the studied watershed should be conserved to match the given conservation targets of multiple ESs (0.3 and 0.5 of maximum ES values). The protection area to satisfy each ES conservation target increased with increase of differences between each ES and maximum ES values under land use and climate changes. Our results indicated that the land distribution and area of optimal ES protection for multiple ESs were totally different from those for single ES. The conservation area for multiple ESs was more compact than those for single ES. The proposed approach in this study provided useful information to assess the responses of ESs and system conservation under the land use and climate changes. The system conservation area of ES protection for multiple ESs provided an effective trade-off tool between environmental protection and agriculture expansion.

キーワード: Ecosystem services, SWAT, Marxan, Land use and climate change
Keywords: Ecosystem services, SWAT, Marxan, Land use and climate change

スギ林内での斜面に沿った土壌中の無機化・硝化の空間的変動 Spatial variability of mineralization and nitrification in soil nitrogen along the hillslope in Japanese cedar forest

加藤 宏有^{1*}; 大手 信人¹; 磯部 一夫¹; 小田 智基¹; 村林 翔²; 浦川 梨恵子¹; 妹尾 啓史¹
KATO, Hiroyu^{1*}; OHTE, Nobuhito¹; ISOBE, Kazuo¹; ODA, Tomoki¹; MURABAYASHI, Sho²; URAKAWA, Rieko¹; SENOO, Keishi¹

¹ 東京大学大学院農学生命科学研究科, ² 東京大学農学部

¹University of tokyo, graduate school of agricultural and life sciences, ²University of tokyo, faculty of agriculture

【はじめに】森林や河川生態系を保全していく上で、窒素循環メカニズムの理解は最も重要な課題のうちの一つである。特に窒素の形態変化の過程で、中心的な役割を担っている無機化や硝化の生起条件や環境変化に対する応答の仕組みを理解することは今日でも、大きな課題といえる。森林では土壌中の窒素の無機化や硝化の反応は空間的に変動することが知られており、地形にディペンドした環境条件によって、その空間的配置が制御されているという報告がなされている。本研究は、山地斜面において土壌中の無機化速度および硝化速度の空間的な配置と変動を把握し、それが生じているメカニズムを明らかにすることを目的としている。

【方法】千葉県南部に位置する東京大学千葉演習林、袋山沢試験流域（流域面積 0.8ha）のスギ人工林内斜面（斜面長：100m）において、林床の有機物層と鉍質土層（0-10cm）の試料を採取した。土壌試料の含水率、pH を測定した後、NO₃⁻ 態、NH₄⁺ 態窒素の現存量を測定した。実験室における培養条件で、純無機化、硝化速度を測定し、¹⁵N トレーサーを用いた同位体希釈法を用いて総無機化、硝化速度を測定した。

【結果】 重量含水率は斜面上部で低く、斜面下部で高かった。pH は斜面上部では低く、斜面下部では高かった。NO₃⁻ の現存量は斜面上部では極めて小さく、斜面下部に向かって増加した。他方、NH₄⁺ の現存量は斜面位置による相違はみられなかった。さらに斜面上下で、純無機化・総無機化速度に明瞭な違いは見られないのに対して、純硝化速度・総硝化速度は斜面下部で顕著に増加した。

【考察】 観測結果は、有機態窒素の無機化と、NH₄⁺ 態窒素現存量に斜面上下の顕著な差が見られないのに対して、硝化と NO₃⁻ の現存量に明らかな偏在が見られ、硝化が斜面下部のみで生じていることを示していた。この無機化と硝化の斜面での空間配置の違いは、硝化が無機化よりも、斜面位置で異なる物理的な環境条件に対してよりセンシティブである事を示唆している。

今後、両反応の環境に対する偏在性を、微生物群集の環境応答の側面から明らかにする調査を進める予定である。

日本の森林土壌の窒素無機化速度—現地培養による年間窒素無機化量— Nitrogen mineralization rates in forest soils in the Japanese archipelago measured by field incubation

浦川 梨恵子^{1*}; 大手 信人¹; 柴田 英昭²; 小田 智基¹; 渡辺 恒太²; 福澤 加里部²; 稲垣 善之³; 館野 隆之輔⁴; 小柳 信宏⁵; 服部 大地⁶; 中田 誠⁶; 菱 拓雄⁷; 福島 慶太郎⁴; 中西 麻美⁴; 戸田 浩人⁸
URAKAWA, Rieko^{1*}; OHTE, Nobuhito¹; SHIBATA, Hideaki²; ODA, Tomoki¹; WATANABE, Tsunehiro²; FUKUZAWA, Karibu²; INAGAKI, Yoshiyuki³; TATENO, Ryunosuke⁴; OYANAGI, Nobuhiro⁵; HATTORI, Daichi⁶; NAKATA, Makoto⁶; HISHI, Takuo⁷; FUKUSHIMA, Keitaro⁴; NAKANISHI, Asami⁴; TODA, Hiroto⁸

¹ 東京大学大学院農学生命科学研究科, ² 北海道大学北方生物圏フィールド科学センター, ³ 森林総合研究所, ⁴ 京都大学フィールド科学教育研究センター, ⁵ 新潟県環境衛生研究所, ⁶ 新潟大学大学院自然科学研究科, ⁷ 九州大学大学院農学研究院, ⁸ 東京農工大学大学院農学研究院

¹Graduate School of Agricultural and Life Sciences, University of Tokyo, ²Field Science Center for Northern Biosphere, Hokkaido University, ³Forestry and Forest Products Research Institute, ⁴Field Science Education and Research Center, Kyoto University, ⁵Environmental Science Research Niigata, ⁶Graduate School of Science and Technology, Niigata University, ⁷Graduate School of Agriculture, Kyushu University, ⁸Graduate School of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology

1. はじめに

森林生態系における窒素循環に及ぼす気候変動の影響を予測するために、土壌窒素動態のモデル化を見越した、多地点における窒素無機化速度の測定が必要である。本研究では、日本列島の各地の 20 サイト選定し、野外で純窒素無機化速度、硝化速度および無機態窒素溶脱量の測定を行った。また、室内培養による純窒素無機化速度 (Urakawa et al., 2013) との比較により、室内恒温培養により得られるパラメータが現地に適用可能であるかについても検討した。

2. 方法

野外の純窒素無機化、硝化量はバリードバッグ法で測定した。2012 年秋に、各サイトに約 20 × 20 m の範囲で 5 つのプロットを設置し、各プロットの鉬質土層 0-10、10-30、30-50 cm 深より土壌試料を採取した。土壌は 4 mm のふるいにかかけ、根を取り除いた後、5 プロットの土壌試料を深度ごとに混合し、一部をイニシャル測定用にとりわけ、残りの土壌でバリードバッグを作成した。これを再び 5 プロットに埋め戻し、2012 年秋～2013 年春、春～夏、夏～秋の 3 シーズンの純無機化量を測定した。培養前後の土壌は、塩化カリウム溶液 (生土:2N-KCl = 1:10) で抽出し、抽出液は比色法でアンモニウム態、硝酸態窒素の濃度を分析した。3 シーズンの無機化、硝化量を合計して年間量を算出した。

野外培養と平行して、無機態窒素の溶脱量をレジンカラム法で測定した。鉬質土層の 0、50 cm 深にイオン交換樹脂を詰めた直径 6.8 cm 厚さ 1.5 cm の塩び管を埋設した。イオン交換樹脂に吸着された無機態窒素は 1N-KCl で抽出し、アンモニウム態、硝酸態窒素は土壌抽出液と同様に比色法で分析した。

3. 結果と考察

年間の純硝化量は、0～50 cm 層全体で 40～140 kgN ha⁻¹ y⁻¹ と幅広い分布がみられた。0～10 cm 層の硝化量は、全層の約半分を占めていたが、10～50 cm 層も容積重が表層に比べて大きいこと、厚みがあることによって、全体では表層土に匹敵する硝化がみられた。

野外バリードバッグ法による硝化速度は、室内での恒温器培養 (20 °C、28 日間、Urakawa et al., 2013) による値と有意な正の相関関係がみられた。このことから、室内培養により求められたパラメータ (恒温での窒素無機化、硝化速度および Q₁₀) を用いて、野外での窒素無機化、硝化速度を推定することは可能である。

4. 引用文献

Urakawa et al. (2013) Characteristics of nitrogen mineralization rates and controlling factors in forest soils in Japanese archipelago, 2013 AGU Fall Meeting, San Francisco, 9-13 December 2013

キーワード: 森林土壌, 窒素無機化, 硝化, 現地培養, 窒素流亡, イオン交換樹脂

Keywords: forest soil, nitrogen mineralization, nitrification, field incubation, nitrogen leaching, ion exchange resin

硝酸イオンの酸素安定同位体比を用いた森林流域における窒素移動過程の解明 Analysis of transportation and consumption processes of atmospheric nitrate in forested watershed by using oxygen isotope

久郷 達朗^{1*}; 尾坂 兼一¹; 中村 高志²; 伊井 裕美¹; 岩井 美咲子¹; 西田 継²; 永淵 修¹
KUGO, Tatsuro^{1*}; OSAKA, Ken'ichi¹; NAKAMURA, Takashi²; II, Yumi¹; IWAI, Misako¹; NISHIDA, Kei²; NAGAFUCHI, Osamu¹

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

¹University of Shiga Prefecture, ²ICRE University of Yamanashi

窒素化合物は生物の生育に必要不可欠な物質であり、森林植生の成長制限因子の一つとなり得ることが知られている。その一方で、森林から窒素化合物が過剰に流出すると、下流域の水環境を悪化させる可能性がある。近年の人間活動により大気中の窒素化合物濃度の上昇が報告されており、さらに森林など陸域への窒素化合物の流入量の増大も報告されている。しかし、森林へ流入した大気降下物由来の窒素化合物が森林生態系へ取り込まれる過程、森林内を移動・流出する過程は明らかになっておらず、それによる森林生態系・下流域への影響も十分に明らかになっていない。本研究では森林内を移動・流出する水に含まれる窒素化合物濃度と硝酸イオンの酸素安定同位体比を測定することで、森林内を移動・流出する窒素化合物に対する大気降下物由来の硝酸イオン影響を明らかにすることを目的とした。

本研究は、滋賀県甲賀市甲賀町油日の油日 S 流域にて実施した。結果は 2012 年 4 月 13 日から 2013 年 6 月 28 日までのものを対象とする。林外雨 1 地点、林内雨 4 地点、表面流 8 地点 (斜面下部 6 地点、上部 2 地点)、深度 10 cm、30 cm の土壌水 8 地点ずつ (斜面下部 6 地点、上部 2 地点)、地下水 6 地点 (斜面下部 4 地点、上部 2 地点) に採水装置を設置し、隔週で採水を行った。また湧水 3 地点、渓流水 2 地点での採水を行った。分析項目は、全窒素、溶存態窒素、硝酸態窒素、アンモニア態窒素、亜硝酸態窒素、硝酸イオンの窒素・酸素安定同位体比である。各種窒素化合物濃度の測定は滋賀県立大学で行い、硝酸イオンの窒素・酸素安定同位体比は山梨大学国際流域環境研究センターにおいて脱窒菌法で分析した。さらに、数か月に 1 度の土壌サンプリングを行い、土壌中に含まれる硝酸態窒素量、アンモニア態窒素量、純無機化速度、純硝化速度の測定も合わせて行った。

これらの観測を基に、発表では林外雨、林内雨、表面流、土壌水、渓流水として森林内を移動・流出する各種窒素化合物量と大気降下物由来の硝酸態窒素量、さらにそれらと土壌中の窒素化合物量や硝化速度・純無機化速度との関係性について考察する。

キーワード: 硝酸イオンの酸素安定同位体比, 窒素移動過程, 森林流域

Keywords: oxygen isotope of nitrate, transportation and consumption processes of nitrogen, forested watershed

土壌の凍結融解が根リターの変化を通して土壌の窒素動態におよぼす影響 The effect of soil freeze-thaw on nitrogen transformation through the root litter changes

細川 奈々枝^{1*}; 渡辺 恒大²; 福澤 加里部²; 舘野 隆之輔³; 柴田 英昭²

HOSOKAWA, Nanae^{1*}; WATANABE, Tsunehiro²; FUKUZAWA, Karibu²; TATENNO, Ryunosuke³; SHIBATA, Hideaki²

¹ 北海道大学環境科学院, ² 北海道大学北方生物圏フィールド科学センター, ³ 京都大学フィールド科学教育研究センター
¹ Graduate School of Environmental Science, Hokkaido University, ² Field Science Center for Northern Biosphere, Hokkaido University, ³ Field Science Education and Research Center, Kyoto University

土壌の凍結融解は、土壌の物理的な攪乱、樹木リターの質的变化、微生物による窒素不動態の抑制などによって土壌中の窒素循環を変化させると考えられているが、そのメカニズムは十分には明らかになっていない。植物リターは土壌微生物による窒素無機化の基質として重要であり、森林生態系における根リターは、葉リターに匹敵する量であることが報告されている。冬季における土壌の凍結-融解条件下では、細根リターが物理的に破碎され、基質としての利用可能性変化を通じて土壌窒素動態にインパクトを与えることが示唆されている。そこで本研究では、細根リターが異なる土壌-凍結サイクルの条件下で、土壌窒素無機化・硝化速度にどのように影響を及ぼすのかを明らかにすることを目的とした。

北海道東部に位置する京都大学北海道研究林標茶区のミズナラ (*Quercus crispula*) の優占する広葉樹天然林を調査地とした。土壌は黒色火山性土であり、下層植生としてミヤコザサ (*Sasa niponica*) が多く自生している。2013年7月に、調査地内に50cm × 50cmの方形枠を設置し、0~10cmの鈹質土壌と直径2mm以下のミズナラ細根を採取した。採取した土壌は、2mmメッシュ篩を用いて、粗大有機物と礫を取り除いた。実験に用いたミズナラ細根は、篩で分けた土壌有機物から目視により分別した。土壌25gに対して、ミズナラ細根を湿重で0、5、15 mg g soil⁻¹に相当する量を加えた。低温培養器を用い、+5℃~-5℃、0℃~-5℃、+5℃一定、-5℃一定の4種類の温度設定で7日間凍結-融解処理を加えた後、培養器内で+5℃で2日間の恒温培養を行った。また、+5℃~-5℃と-5℃一定の凍結処理を行ったサンプルは+5℃で7日間、+10℃で2日間と7日間の恒温培養を行った。それぞれ、反復は4回とした。培養前後の土壌を塩化カリウム溶液で抽出し、土壌に含まれるアンモニウム態窒素(NH₄)と硝酸態窒素(NO₃)を測定した。培養前後でのNH₄とNO₃の変化量から、それぞれの正味生成速度を算出した。また、各凍結-融解処理終了後に細根を水で抽出し、溶存有機態窒素(DON)の供給量を測定した。

正味NH₄生成速度は、すべての凍結融解処理後において、5℃で2日間恒温培養すると、細根添加によって有意に上昇し(15 mg 添加 > 0 mg 添加)、その速度は-5℃~0℃の凍結処理で最も大きく、次に-5℃一定処理で大きかった。しかし、それらの影響は培養温度を高めたり(10℃)、培養期間を長くしたりする(7日間培養)と認められなくなり、むしろ土壌微生物による、正味NH₄不動態が卓越する傾向があった。正味NO₃生成速度(硝化速度)も同様に、すべての凍結-融解処理において5℃で2日間培養後に、細根添加によって速度が高まる傾向が認められた(15 mg 添加 > 0 mg 添加)。硝化速度に対する凍結融解処理の影響については、+5℃~-5℃が最も大きかった。正味NH₄生成速度と同様に、10℃培養や5℃で7日間培養を行うと、根量や凍結融解処理の硝化速度への影響が見られなくなった。また、水抽出による根からのDON供給量は、-5℃~0℃培養で最も大きい傾向が認められた。

以上のことから、土壌凍結-融解サイクルの増幅と細根添加によって、土壌微生物によるNH₄とNO₃の正味生成速度が高まること示され、それには凍結-融解による樹木細根からの溶存有機態窒素の供給が関与していることが示唆された。また、その影響は短期間(2日間)、低温条件下(5℃培養)でより顕著であると考えられた。土壌凍結-融解サイクルの変化規模やパターンの影響については、最も温度変化が大きい処理(+5℃~-5℃)よりも、0℃~-5℃処理において正味NH₄およびNH₄+NO₃生成速度、細根からのDON供給量が最も大きかった。この結果は、土壌微生物のNH₄生成・硝化活性に対する凍結-融解サイクルの影響程度は、単に温度振幅の大きさのみでは説明できない可能性を示唆するものであった。

多層モデルを用いた富士山麓森林内部における微量気体フラックスの推定 Estimation of trace gas fluxes in the forest of Mount Fuji using the multi layer model

新島 宏平^{1*}; 飛弾 勇輝¹; 和田 龍一¹; 望月 智貴²; 谷 晃²; 中井 裕一郎³; 高梨 聡³; 中野 隆志⁴; 高橋 善幸⁵; 宮崎 雄三⁶; 植山 雅仁⁷

NIIJIMA, Kohei^{1*}; HIDA, Yuki¹; WADA, Ryuichi¹; MOCHIZUKI, Tomoki²; TANI, Akira²; NAKAI, Yuichiro³; TAKANASHI, Satoru³; NAKANO, Takashi⁴; TAKAHASHI, Yoshiyuki⁵; MIYAZAKI, Yuzo⁶; UEYAMA, Masahito⁷

¹ 帝京科学大学, ² 静岡県立大学, ³ 森林総合研究所, ⁴ 山梨県環境科学研究所, ⁵ 国立環境研究所, ⁶ 北海道大学, ⁷ 大阪府立大学

¹Teikyo University of Science, ²University of Shizuoka, ³FFPRI, ⁴Yamanashi Institute of Environmental Science, ⁵National Institute for Environmental Studies, ⁶Hokkaido University, ⁷Osaka Prefecture University

大気中に微量存在する微量気体の発生および吸収・沈着は、対流圏における化学反応と放射強制力の変動を通して地球環境に影響を及ぼす。しかしながら微量気体の発生および吸収・沈着過程について十分なデータが蓄積されておらず、なかでも不確定な要素が大きい森林生態系における微量気体の発生・吸収量の時間変動とその要因解明が求められている。2012 年夏季に富士山麓二箇所の植生の異なる富士吉田森林気象試験地（森林総合研究所・山梨県環境科学研究所、アカマツ林、樹高 22 m）および富士北麓フラックスサイト（国立環境研究所、カラマツ林、樹高 22 m）の微気象観測タワーを用いて、約 1 週間、オゾン (O₃)、窒素酸化物 (NO_x)、揮発性有機化合物 (VOC) の森林内部における高度毎 (2 m, 10 m, 16 m, 26 m) の観測を実施した。微量気体の鉛直分布は、物質によって特徴的であり、各物質の森林内部での放出・吸収沈着・反応の特性を反映していると考えられた。

本研究ではこれら物質の鉛直分布の解釈を試みるべく、群落内の微気象を考慮した多層モデル (Inverse MLM: 大阪府立大学 植山雅仁) を用いて、微量気体の鉛直分布から、各部位 (樹冠部、枝下、表層部) における放出吸収量を推定した。当モデルでは観測点数に応じた複数の層に分ける必要があり、各部位における放出吸収の特性が分かっている CO₂ の鉛直分布を用いて、それぞれの層の高さに対応する境界条件を決定した。多層モデルをオゾンに適用した結果、O₃ の観測期間 11 日間の夏季 9:00-18:00 におけるフラックスの平均値を、「+」を放出として、 $-11.1 \pm 4.2 \text{ nmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ と推定した。この値は、文献値 (観測値: $-10.4 \pm 0.3 \text{ nmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, Fares et al., 2012) とばらつきの範囲で一致した。森林内部 6:00-18:00 における樹冠部、枝下、表層部における O₃ の放出・吸収量をそれぞれ、 $-2.6 \pm 3.2 \text{ nmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, $0.2 \pm 2.9 \text{ nmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, $-8.7 \pm 5.2 \text{ nmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ と推定した。観測期間が短いためばらつきが大きい、富士北麓カラマツ林では、樹冠部に比べ、表層部における O₃ の吸収・沈着の大きい傾向があることが明らかとなった。これは林床付近に背丈の低い植物が生い茂っていることが原因である可能性が考えられる。

参考文献

S. Fares, R. Weber, J. Park, D. Gentner, J. Karlik, A. Goldstein, 2012. Ozone deposition to an orange orchard: Partitioning between stomatal and non-stomatal sinks. *Environmental Pollution* 169, 258-266.

キーワード: 森林, 大気, 窒素酸化物, オゾン, VOC, 鉛直分布

Keywords: forest, atmosphere, nitrogen oxides, ozone, VOC, vertical profile

年輪中の delta-34S 値の局在分布ととイオウ沈着履歴の評価 Localization of delta-34S value distribution in tree ring of Japanese cedar and evaluation on the S deposition history

石田 卓也^{1*}; 竹中 千里¹; 陀安 一郎²
ISHIDA, Takuya^{1*}; TAKENAKA, Chisato¹; TAYASU, Ichiro²

¹ 名大院生命農, ² 京大生態セ
¹Nagoya univ., ²Kyoto univ.

Anthropogenic sulfur emissions have been changed with human activities and affected sulfur dynamics in terrestrial ecosystems. Therefore, the information on sulfur deposition change should be important for understanding of the effects of anthropogenic sulfur on its dynamics. The stable sulfur isotope ratios ($\delta^{34}\text{S}$) in tree rings are a useful archive for the history of sulfur deposition (Kawamura et al. 2006), since the $\delta^{34}\text{S}$ of various origins have specific values and there is few isotopic fractionation through absorption of sulfur by plant. However, only few studies have been conducted about the $\delta^{34}\text{S}$ in tree ring, and factors affecting the $\delta^{34}\text{S}$ in tree ring have not been understood.

The aim of this study is to clarify the localization of $\delta^{34}\text{S}$ distribution in tree ring. We also perform the evaluation of sulfur deposition history at locations received heavy anthropogenic sulfur deposition using tree ring.

The investigation was carried out at two study sites, Yokkaichi (YOK) and Inabu (INA) in central Japan. Both study sites have different histories of sulfur deposition. YOK had been affected by quite high anthropogenic sulfur deposition during 1960s. INA is located about 60 km NE of main urban area (Nagoya City). Three disk samples were obtained from Japanese cedar (*Cryptomeria japonica*) stump in 2013 at YOK and in 2012 at INA. The stumps at YOK were 63-year-old cut down in 2012 and those at INA were 170-year-old cut down in 2007. In addition, at INA, three 40-year-old living stems were cut down in 2013 at INA and the disk samples were obtained. After washing and dried, the tree ring samples were divided into 5 year increments from bark toward the pith, and ground using power mill. The ground samples were digested with HNO_3 and H_2O_2 on a hot plate and after filtration BaCl_2 was added to obtain the BaSO_4 . The $\delta^{34}\text{S}$ values (VCDT) were measured using EA-IRMS.

To evaluation the localization of $\delta^{34}\text{S}$ in sapwood, heartwood and pith, the data from the stump and the living wood samples at INA were compared. These samples showed the different localization of $\delta^{34}\text{S}$ against the age. There were no difference of $\delta^{34}\text{S}$ between the sapwood (living wood) and the heartwood (stump) at the same age. However, the $\delta^{34}\text{S}$ values of the pith (living wood) were higher than those of heartwood (stump). This result indicated that the specific composition of sulfur compound might be consisted in pith and the $\delta^{34}\text{S}$ of the pith should be unsuitable for evaluation of sulfur deposition history.

The $\delta^{34}\text{S}$ values in ring at YOK declined from the late 1950s to early 1970s and then increased again. This trend was almost homologized in ring at INA and air SO_2 concentration at near the YOK. In contrast, the minimum value of at YOK (-7.3 ‰) was lower than that at INA (-1.6 ‰). These results should be reflected by the deposition history of anthropogenic sulfur with low $\delta^{34}\text{S}$ value at each site.

Keywords: Tree ring, Sulfur isotope, Morphology, Sulfur deposition

福島県浪江町の小規模森林域における放射性セシウムの分布 Distribution of radiocesium in a small forest at Namie town in Fukushima Prefecture

緒方 裕子^{1*}; 黒島 碩人¹; 大河内 博¹; 床次 眞司²; 反町 篤行³; 細田 正洋⁴; 五十嵐 康人⁵; 片岡 淳¹; 大須賀 慎二⁶
OGATA, Hiroko^{1*}; KUROSHIMA, Hiroto¹; OKOCHI, Hiroshi¹; TOKONAMI, Shinji²; SORIMACHI, Atsuyuki³; HOSODA,
Masahiro⁴; IGARASHI, Yasuhito⁵; KATAOKA, Jun¹; OHSUKA, Shinji⁶

¹ 早稲田大学, ² 弘前大学, ³ 福島県立医科大学, ⁴ 弘前大学大学院, ⁵ 気象研究所, ⁶ 浜松ホトニクス株式会社

¹Waseda University, ²Hirosaki University, ³Fukushima Medical University, ⁴Hirosaki University Graduate School, ⁵Meteorological Research Institute, ⁶Hamamatsu Photonics K.K.

2011 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災に伴う福島第一原子力発電所事故により、環境中に大量の放射性物質が放出された。福島県は面積の約 70 %が森林で覆われており、輸送されてきた放射能プルームが通過した際に、森林樹冠などに放射性物質が捕捉された可能性が高い。新たな人工放射性物質の放出がない現在では、森林が放射性物質の二次放出源となり、森林から系外への流出が懸念されている。従って、比較的半減期の長い放射性セシウム (Cs) の森林域における動態や流出挙動を把握することは極めて重要である。

我々は 2012 年 6 月から帰宅困難区域にある福島県浪江町の小規模森林域において、落葉広葉樹林と常緑針葉樹林 (スギとマツが主体) の 2 箇所ですべてサンプリングを行っている。広葉樹林は主要道路から林道を約 200 m、針葉樹林はさらに 500 m 奥に入った地点にあり、標高 440-540 m である。採取地点の横を林道沿いに小川が流れている。サンプリングは降雪時期 (1-3 月) を除いて毎月行った。試料は林外雨、林内雨、生葉、落葉、土壌、小川の水、川砂であり、各試料の放射性 Cs 濃度を測定し、森林内分布を調べた。

2012 年 11 月に各採取地点で空間線量率を測定した結果、広葉樹林 (5.64 $\mu\text{Sv/h}$) の方が針葉樹林 (4.11 $\mu\text{Sv/h}$) よりも高かった。また、生葉、落葉、表層土壌の放射性 Cs 濃度は、いずれも針葉樹林よりも広葉樹林で高かったが、土壌に対する濃度比は針葉樹の落葉層が広葉樹よりも高かった。これは、広葉樹林が林縁部に近く、エッジ効果により林縁部で効果的に放射性物質が捕捉されたためだと考えられる。しかし、広葉樹林の生葉は事故当時には落葉し展開していなかったことから、比較的高濃度の放射性 Cs が広葉樹の生葉から検出された要因として、放射性物質の再飛散による付着、枝からの転流、経根吸収などが考えられる。

そこで、2013 年 4 月と 12 月にスクレーパープレートを用いて深度ごとに土壌の放射線 Cs 濃度を測定した。深さ 5 cm までは 0.5 cm ごとに、5-10 cm は 1 cm ごとに広葉樹林と針葉樹林で土壌を採取した。4 月の結果では、広葉樹林、針葉樹林ともに表層で最も濃度が高く、下部にいくほど濃度が低下した。一方 12 月の結果では、広葉樹林は 4 月と同様の傾向を示したが、針葉樹林では 1-1.5 cm で最も濃度が高く、4 月と比較して下部に濃度のピークが移動していた。従って、広葉樹林では放射性 Cs が表層土壌に存在したままで、土壌下部への移行は見られなかったが、針葉樹林では放射性 Cs が土壌深部へ浸透したことが示唆された。このような違いは、樹種や土壌の種類による影響も考えられる。広葉樹林では表層 5 cm に根の存在が確認されたことから、経根吸収の可能性が考えられる。一方、針葉樹林の主要樹種であるスギやマツは深根性であることから、表層土壌に存在する放射性 Cs の経根吸収の影響は少ないと考えられる。

樹種による経根吸収の影響を明らかにするため、広葉樹林の生葉と根、針葉樹林の生葉 (スギ) をイメージングプレートを用いて調べた。その結果、広葉樹林の葉および根はその輪郭がはっきり分かる程度に、全体的に放射性物質が分布していた。しかし、針葉樹林では葉の形はまったく見えず、黒い斑点が少し見える程度であった。従って、広葉樹では経根吸収や転流により葉まで放射性 Cs が分布し、針葉樹は葉表面へ放射性物質が付着して存在している可能性が示唆された。

以上の結果から、我々が調査した小規模森林域における放射性 Cs は以下のような動態を示すと考えられる。広葉樹林では土壌の表層近くに根が張っており、表層土壌から放射性 Cs を吸収し、葉などへ葉脈を通して移動し、落葉により再び林床に戻るといったサイクルで森林内を循環している可能性がある。一方、針葉樹林では葉に付着した放射性 Cs が落葉により徐々に林床に落下するが、針葉樹は深根性のため経根吸収や転流の影響は少なく、降雨などにより徐々に表層土壌の放射性 Cs が土壌深部へ移行していると考えられる。これらの動態を明らかにするには、より詳細な調査が必要である。

発表時には、森林内を流れる小川で粒径別に採取した川砂の放射性 Cs 濃度を測定した結果などから、小川を介した放射性 Cs の流出機構についても議論する予定である。

クスの葉を用いた大気の水銀汚染モニタリングと汚染度の地域比較 Monitoring of atmospheric mercury pollution using a leaf camphor tree (*cinnamomum campora* (L.) Sieb.)

近政 孝哉^{1*}; 神山 直子¹; 佐竹 研一¹
CHIKAMASA, Takaya^{1*}; KAMIYAMA, Naoko¹; SATAKE, Kenichi¹

¹ 立正大学地球環境科学部

¹ Faculty of Geo-environmental Science, Rissho University

水銀の発生源は火山活動などによる自然発生源と化石燃料や汚泥などの焼却などの人為発生源の2つに分けられる。これらの発生源から排出された水銀は、大気中で主にガス状態で存在している。一方、樹木は大気中の汚染物質を葉や樹皮に吸収又は吸着により蓄積している。葉による蓄積の場合は気孔から大気中の汚染物質を吸収していると考えられる。本研究では葉に含まれる水銀量を測定することにより大気の水銀汚染モニタリングを行うことを目的とした。大気中の水銀汚染の指標には常緑広葉樹かつ新芽の展開から落葉までの2年間、吸収・蓄積が予想されるクスノキ (*Cinnamomum camphora* (L.) Sieb.) を用いることで、化石燃料の利用の増大が予想される冬季を含む、通年のモニタリングを行った。対象としたサンプリング地点は比較的都市部に近いため人為起源による汚染の影響を受けていると考えられる、埼玉県熊谷市に位置する立正大学構内である。加えて、水銀汚染の地域比較を行うために、群馬県桐生市野の大クスノキ、埼玉県越生市上谷の大クス、東京都台東区上野恩賜公園、東京都江東区猿江恩賜公園、千葉県千葉市千葉公園、千葉県勝浦市玉前神社においてサンプルを採取した。

1. 葉の乾燥温度による重量変化及び乾燥に伴う水銀濃度の変化

クスの葉を70℃、130℃でそれぞれ5時間乾燥を行ったとき、恒量に達するまでに70℃では60分、130℃では10分であることが明らかとなった。また、各乾燥温度における水銀濃度は70℃で33.4ngg⁻¹、130℃で33.0ngg⁻¹であった。室温の葉の水銀濃度を100%としたときのクスの葉中に含まれる水銀の残留率は70℃で89%、130℃で87%であることが明らかとなった。

2. 葉の部位別水銀濃度と葉内に含まれる水銀濃度

クスの葉を先端から葉柄にかけて上部、中部、下部に分割し、各部位の水銀濃度を測定したところ、上部で62.0ngg⁻¹、中部で67.0ngg⁻¹、下部で66.5ngg⁻¹とであることが明らかとなった。加えて、葉に含まれる全水銀濃度と葉に沈着した水銀を取り除いた葉内のみに含まれる水銀濃度を比較した。その結果、葉に含まれる水銀の多くは葉内に含まれていることが明らかとなった。

3. 時系列変化による葉に含まれる水銀濃度の変化

葉齢の異なる葉を用いることで葉に蓄積した水銀濃度の時系列変化を調査した。葉齢は葉が展開してから1年未満の葉を新芽、1年から紅葉未満の葉を1年葉、紅葉の3段階とした。

キーワード: 水銀, クスノキ, 環境

Keywords: mercury, camphor tree, environment

不耕紀栽培が熱帯サトウキビ畑の物理性の回復に及ぼす影響 Restoration of Soil Physical Properties by No-tilled Management in Tropical Sugarcane.

森 也寸志^{1*}; 荒井 見和²; 金子 信博²; Swibawa Gede³; Niswati Ainin³
MORI, Yasushi^{1*}; ARAI, Miwa²; KANEKO, Nobuhiro²; SWIBAWA, Gede³; NISWATI, Ainin³

¹ 岡山大学, ² 横浜国立大学, ³ ランブン大学

¹Okayama University, ²Yokohama National University, ³University of Lampung

インドネシア・スマトラ島のサトウキビ畑では伝統的な耕起栽培が行われており、近年では明確な理由はわからないものの、土地がやせ収穫量の減少が見られる。ここでは不耕起栽培を行い、土壤物理性の回復を目指したフィールド実験の結果を報告する。30m × 100m の畑を 20 枚用意し、A:耕起・バガスマルチ、B:耕起、C:不耕起、D:不耕起・バガスマルチの 4 処理管理を 5 反復行い、土壤環境に与える影響を調査した。不耕起栽培と耕起栽培では表層の透水性はあまり変わらないか、不耕起栽培の方が僅かに透水性が悪いという結果が得られた。しかし、オーガー透水試験を行うと 30cm 以下の深いところの透水性は明らかに不耕起栽培の方が良い結果が得られ、不耕起栽培の影響は根群域下で顕著に現れることがわかった。また、土壤有機物は深さ 30cm の所では不耕起栽培の方が多い結果となった。慣行栽培では重機の侵入があり、これが土壤構造を深部まで破壊すること、逆に不耕起栽培では土壤構造が保存されると考えると上の透水性の結果を合理的に解釈できる。サトウキビは根が浅く、深さ 2-30cm 以下では新鮮な根が観察されないことから、土壤深部では植物による有機物の利用がないと仮定すると、下方浸透によって下方に運ばれた有機物が蓄積しやすい傾向にあるという解釈が可能であった。

キーワード: 不耕起栽培, サトウキビ, 浸透, 炭素

Keywords: Non-till, Sugarcane, Infiltration

物理分画、同位体分析、固体・放射光分析による土壌有機物安定化の総合的理解
A study of soil organic matter stabilization using physical fractionation, isotopic, and spectroscopic approaches

和穎 朗太^{1*}; 浅野 眞希¹; 早川 知恵¹; 井上 弦²; 梶浦 雅子¹; 平舘 俊太郎¹; 山口 紀子¹; 稲垣 善之⁷; 内田 昌男³; 武市 泰男⁴; 菅 大暉⁵; 神農 宗徹⁴; 小野 寛太⁴; 高橋 嘉夫⁵
WAGAI, Rota^{1*}; ASANO, Maki¹; HAYAKAWA, Chie¹; INOUE, Yudzuru²; KAJIURA, Masako¹; HIRADATE, Shyuntaro¹; YAMAGUCHI, Noriko¹; INAGAKI, Yoshiyuki⁷; UCHIDA, Masao³; TAKEICHI, Yasuo⁴; SUGA, Hiroki⁵; JINNOU, Muneaki⁴; ONO, Kanta⁴; TAKAHASHI, Yoshio⁵

¹ (独) 農業環境技術研究所, ² 九州大学大学院工学研究院 地球資源システム工学部門, ³ (独) 国立環境研救助, ⁴ 高エネルギー研究所, ⁵ 広島大学大学院理学研究科, ⁶ 株式会社 トヤマ, ⁷ 森林総合研究所
¹National Institute for Agro-Environmental Sciences (NIAES), ²Kyushu University, ³National Institute of Environmental Studies (NIES), ⁴High Energy Accelerator Research Organization (KEK), ⁵Hiroshima University, ⁶TOYAMA Co. Ltd., ⁷Forestry and Forest Products Research Institute

Volcanic-ash soil (Andisol) is unique among the world soil types due to the strong physical stability of organo-mineral aggregate structure at micro and submicron scales (Asano and Wagai, 2013, Geoderma) and its high capacity to store organic matter (OM) even in upland surface horizons under warm, moist climate regime where microbial heterotrophic activity is high. Several hypotheses have been proposed to account for these features of Andisol including (i) strong interaction of OM with dissolved metals (Al, Fe) and/or short-range-order (SRO) minerals that are quite abundant in this soil type, and (ii) preservation of recalcitrant compounds such as char.

Here we present some highlights from the 3-year project (GR091, NEXT Program, JSPS) examining the mechanisms of soil OM stabilization with a focus on organo-mineral interactions at various spatial and temporal scales using multiple analytical methods and experimental approaches. After careful consideration of the degree of soil aggregate disruption levels, we physically fractionated Andisol surface horizon sample based on particle size and density. Chemical composition of each physical fraction was assessed by elemental analysis, selective dissolution of inorganic phases, and solid-state ¹³C-NMR. The origin and degree of microbial alteration of OM was estimated from C and N stable isotope ratios while the turnover time of C was assessed by radiocarbon measurements. Physical features of soil mineral and organo-mineral aggregate surfaces were characterized by specific surface area (N₂-BET), XPS, and microscopic methods. We also conducted tracer experiments to further assess the residence time of the OM in each density fractions. Based on these results, we will discuss the progression of organo-mineral associations from fresh plant detritus to the aggregates of varying structure and stability for the studied Andisol.

キーワード: 土壌炭素, 炭素循環, 有機物・鉱物相互作用, 微細形態分析, 固体分析, 同位体分析