

沈降粒子のアミノ酸の窒素同位体比から北西部北太平洋の表層窒素循環の季節変化を明らかにする
Seasonal variations in surface water nitrogen cycle in the western subarctic North Pacific revealed by nitrogen isotope ratios of amino acid from the settling particles

*吉川 知里¹、小川 奈々子¹、力石 嘉人¹、藤木 徹一¹、原田 尚美¹、本多 牧生¹、大河内 直彦¹

*Chisato Yoshikawa¹, Nanako O. Ogawa¹, Yoshito Chikaraishi¹, Tetsuichi Fujiki¹, Naomi Harada¹, Makio Honda¹, Naohiko Ohkouchi¹

1.国立研究開発法人海洋研究開発機構

1.Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

The nitrogen isotopic composition ($\delta^{15}\text{N}$) of nutrients in the surface ocean transfer to the $\delta^{15}\text{N}$ of phytoplankton, settling particles, and eventually benthic sediment. The $\delta^{15}\text{N}$ of settling particles and sediment can therefore be used to trace the past nitrogenous nutrient environment. Previous observations have revealed that there is an inverse relationship between seasonal $\delta^{15}\text{N}$ and flux of settling particles. In winter at high latitudes, the settling particles have high $\delta^{15}\text{N}$ and low flux as compared with other seasons. In contrast, the surface water nitrate in winter has the lowest $\delta^{15}\text{N}$ in a year due to convective mixing. The winter settling particles should also have the lowest $\delta^{15}\text{N}$, if winter phytoplankton assimilates only nitrate. Previous studies pointed out three reasons why $\delta^{15}\text{N}$ of settling particles from autumn to winter increases despite the decrease in $\delta^{15}\text{N}$ of surface nitrate: (1) the increase in contribution of zooplankton, which have a $\delta^{15}\text{N}$ about 3 ‰ higher than that of phytoplankton; (2) the contribution of old particles most degraded with isotope fractionation in a year; and (3) the winter phytoplankton assimilates not only nitrate but also ammonium, which has higher $\delta^{15}\text{N}$ than nitrate due to nitrification. In this study, to clarify the reason we applied the compound-specific stable isotope analysis of amino acid and a marine nitrogen isotope model. Sediment trap experiment was conducted at 1000 m depth at station K2 (47°N, 160°E) from June 2014 to July 2015. The bulk $\delta^{15}\text{N}$ was determined by a sensitivity-improved EA/IRMS. The $\delta^{15}\text{N}$ of glutamic acid and phenylalanine were determined by GC/C/IRMS. The bulk $\delta^{15}\text{N}$ show relatively low values around 2 ‰ from July to August and increases to 5 ‰ from September to June, which is a typical seasonal variation observed at high latitudes. Surprisingly, the apparent trophic positions of settling particles estimated from the $\delta^{15}\text{N}$ of glutamic acid and phenylalanine are 2.0 ± 0.1 both in summer and winter. This is the first evidence that the winter high- $\delta^{15}\text{N}$ of settling particles does not reflect the increase in contribution of zooplankton. Our model result suggested that the winter high- $\delta^{15}\text{N}$ value of settling particles mainly reflects the winter high- $\delta^{15}\text{N}$ of ammonium due to nitrification, which was strongly supported by the nitrogen isotopic compositions of amino acids.

キーワード：海洋窒素循環、窒素同位体、海洋生態系モデル

Keywords: Marine nitrogen cycle, Nitrogen isotope, Marine ecosystem model

太平洋表層における蛍光性溶存有機物の量的および質的分布

Quantitative and qualitative distribution of fluorescent dissolved organic matter in surface waters throughout the Pacific

*山下 洋平¹、橋濱 史典²、齊藤 宏明³、福田 秀樹³、小川 浩史³

*Youhei Yamashita¹, Fuminori Hashihama², Hiroaki Saito³, Hideki Fukuda³, Hiroshi Ogawa³

1.北海道大学 大学院地球環境科学研究所、2.東京海洋大学 海洋科学部、3.東京大学 大気海洋研究所

1.Faculty of Environmental Earth Science, Hokkaido University, 2.Department of Ocean Sciences, Tokyo University of Marine Science and Technology, 3.Atmospheric and Ocean Research Institute, The University of Tokyo

Dissolved organic matter (DOM) in the ocean basically originates from marine organisms, i.e., phytoplankton and heterotrophic bacteria exudation, viral cell lysis, protozoan grazing and zooplankton sloppy feeding, and is mainly consumed by heterotrophic bacteria. It has also been well documented that ocean physics together with biological processes shape the basin scale distribution of dissolved organic carbon (DOC) concentration. Thus, distributional patterns of quantity and quality of DOM are possibly related to oceanic ecological provinces such as Longhurst's oceanic provinces that are divided based on the prevailing role of physical forcing as a regulator of phytoplankton distribution. Even though basin scale distribution of DOC concentrations throughout the open ocean has been clarified, qualitative (compositional) distribution of DOM in relation with oceanic ecological provinces has scarcely been reported. Thus, the knowledge regarding with factors controlling the oceanic DOM composition with basin scale is limited.

In this study, we determined quantity and quality of fluorescent DOM (FDOM) in surface waters throughout the Pacific using excitation and emission matrix (EEM) fluorescence spectroscopy combined with parallel factor analysis (PARAFAC). Surface water samples were collected from the North and South Pacific during four Hakuho-MarU cruises (KH-11-10, KH-12-3, KH-13-7, and KH-14-3 cruises). EEM analysis was performed using FluoroMax-4 (Horiba), and PARAFAC was conducted by the drEEM toolbox on MATLAB (MathWorks). EEM-PARAFAC identified two protein-like components and two humic-like components. We clarified spatial distributions regarding with abundance and composition (i.e., ratio of two components) of humic-like as well as protein-like components. In addition, we used cluster analysis for establishing oceanic provinces from FDOM composition. In the presentation, we will present (1) the meridional differences in FDOM abundance and composition throughout the Pacific, and (2) the similarity/difference between Longhurst's oceanic provinces and oceanic provinces determined by FDOM composition.

キーワード：海洋溶存有機物、蛍光性溶存有機物、海洋区分

Keywords: Marine Dissolved Organic Matter, Fluorescent Dissolved Organic Matter, Oceanic Provinces

塩田バイオマツト内の炭素・硫黄循環が高塩海水の化学組成に与える影響

Influences of carbon and sulfur cycle inside the hypersaline microbial mat on the chemical composition of overlying brine water

*伊左治 雄太¹、川幡 穂高¹、黒田 潤一郎²、吉村 寿紘¹、小川 奈々子²、鈴木 淳³、渋谷 岳造²、J. Jimenez-Espejo Francis²、Lugli Stefano⁴、Manzi Vinicio⁵、Roveri Marco⁵、大河内 直彦²

*Yuta Isaji¹、Hodaka Kawahata¹、Junichiro Kuroda²、Toshihiro Yoshimura¹、Nanako O. Ogawa²、Atsushi Suzuki³、Takazo Shibuya²、Francis J. Jimenez-Espejo²、Stefano Lugli⁴、Vinicio Manzi⁵、Marco Roveri⁵、Naohiko Ohkouchi²

1.東京大学大気海洋研究所、2.海洋研究開発機構、3.産業技術総合研究所、4.Dipartimento di Scienze Chimiche e Geologiche, Univ. degli Studi di Modena e Reggio Emilia、5.Physics and Earth Science Dept., Univ. of Parma

1.Atmosphere and Oceanic Research Institute University of Tokyo, 2.Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 3.Geological Survey of Japan National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 4.Dipartimento di Scienze Chimiche e Geologiche, Univ. degli Studi di Modena e Reggio Emilia, 5.Physics and Earth Science Dept., Univ. of Parma

Salinity is one of the most important environmental factors limiting the habitability of the marine organisms. As the seawater evaporates and the salinity increases, unique ecosystem is formed by specific organisms tolerable to substantial fluctuations in osmotic pressure, pH, and redox condition. In particular, microbial mat often formed in shallow hypersaline aquatic environment is known to be densely inhabited by microorganisms such as cyanobacteria, phototrophic and chemotrophic sulfur bacteria, sulfate reducing bacteria, methanogens, and others (e.g. Ollivier et al., 1994). Intensive studies have been made to reveal the biogeochemical processes of these microorganisms and their mutual interactions (e.g. Des Marais, 2003), but only few studies have focused on its effect on the chemical composition of the overlying brine water. In this study, we analyzed brine water collected from the modern saline pan in Trapani, Sicily, to understand the influence of the microbial activity on the overlying brine water with different salinity. Major ion concentrations, DIC (dissolved inorganic carbon) concentration, and its carbon isotopic composition ($\delta^{13}\text{C}_{\text{DIC}}$) were measured on 9 brine water samples with different salinity (38-276). Although intensive carbon fixation by photosynthesis occurs in the ponds where microbial mat is formed (salinity 97-159), corresponding DIC concentration showed little decrease (1250-1000 $\mu\text{mol L}^{-1}$). This may be because mineralization of the fixed carbon by sulfate reduction occurs in the mat, releasing DIC in the brine water (e.g. Des Marais, 2003). This interpretation is supported by the low $\delta^{13}\text{C}_{\text{DIC}}$ value ($\sim -10\%$), because sulfate reduction supplies relatively ^{13}C -depleted DIC. Alternative explanation is the chemically enhanced atmospheric invasion of CO_2 , which can cause considerable depletion in $\delta^{13}\text{C}_{\text{DIC}}$ (Baertschi, 1952; Lazar et al., 1992). By contrast, increase in the $\delta^{13}\text{C}_{\text{DIC}}$ value ($\sim 7.2\%$) is observed in the ponds with higher salinity (>270) where no microbial mat is developing. This may be attributed to non-equilibrium escape of CO_2 due to higher salinity and lower pH (Stiller et al., 1985; Barkan et al., 2001). These results suggest that $\delta^{13}\text{C}_{\text{DIC}}$ of hypersaline environment varies substantially due to both biological and physical processes. Despite the intense sulfate reduction taking place in the mat, variation in SO_4^{2-} concentration follows the ideal seawater evaporation path (Timofeeff et al., 2001). This may be because sulfide originating from the sulfate reduction is re-oxidized biotically by sulfur oxidizing bacteria or abiotically by the oxygen produced by cyanobacteria inhabiting the upper layer (e.g. Oren et al., 2009). Taken together, although DIC and SO_4^{2-} are utilized intensively by the microorganisms in the mat, their content in the brine water are relatively unchanged due to efficient recycling in the

mat.

キーワード：高塩環境、バイオマツト、物質循環

Keywords: hypersaline environment, microbial mat, biogeochemical cycle

水系ネットワークにおける窒素とリンの取込みが沿岸域への栄養塩輸送に及ぼす影響

Nutrient uptake in river networks controls nitrogen and phosphorus transports along the river-to-ocean continuum

*岩田 智也¹、石川 聖²、青山 隼人²

*Tomoya Iwata¹, Syo Ishikawa², Hayato Aoyama²

1.山梨大学生命環境学部、2.山梨大学工学部

1.Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Yamanashi, 2.Faculty of Engineering, University of Yamanashi

Riverine transports of organic and inorganic matter from watersheds can be an important flux that supports the downstream and coastal food webs. Recent studies have identified that stream ecosystems uptake and/or mineralize the large amount of river-borne material leaking from terrestrial ecosystems, resulting in the decrease of material transports from land to the ocean. However, the uptake rates of nitrogen and phosphorus in the entire area of a river network from headwater streams to downstream rivers to estuary has remained unknown, especially in mountainous watersheds with high relief, such as watersheds in Japan.

We will present our recent empirical studies in the Fuji River watershed, which show the "basin metabolism" of nitrogen and phosphorus to identify the fate of river-borne material along the land-to-river-to-ocean continuum. Moreover, our study will show the relationship between fluvial geomorphology (e.g., channel size and river network structure) and the riverine transport of nitrogen and phosphorus. We emphasize that physical modifications of river network structure may affect the delivery of nutrients to coastal areas, resulting in change of the strength of land-ocean linkages through riverine nutrient flux.

水文・水質モデリングによる流域スケールの窒素循環定量化の試み

Assessment of watershed scale nitrogen cycling by hydrochemical modeling

*大西 健夫¹、宗村 広昭²、平松 研¹

*Takeo Onishi¹, Hiroaki Somura², Ken Hiramatsu¹

1.岐阜大学応用生物科学部、2.島根大学生物資源科学部

1.Faculty of Applied Biological Sciences, Gifu University, 2.Faculty of Life and Environmental Science, Shimane University

陸域生態系における窒素循環は、河川を通して湖沼・海洋の水域に大きな影響を及ぼし地球全体の窒素循環に重要な役割を果たしている。窒素循環の素過程や個別生態系における窒素循環に関する知見は実証的研究成果の蓄積とともに充実しつつある。しかし、個別生態系やそれらの複合からなる流域生態系における窒素循環を総合的に精度よく定量化することは未だ十分には果たされていない。個別生態系における窒素循環に関する知見が集積しつつある現在、モデリングによりこれらの知見を統合し、流域としての窒素循環定量化が必要であろう。そこで本研究では、大小7河川から構成される伊勢湾流域圏を対象として、水文・水質モデリングを行い、対象河川の流量、TN、NO₃濃度の再現を通して窒素循環特性の定量化を試みた。モデリングにはSWAT (Soil Water Assessment Tools) モデルを用いた。モデルにおいては、水循環と窒素循環双方に関わる人為的な要因として流域の農業用水および家庭用水の取水排水量および無機態窒素の濃度を考慮した。また窒素循環に関わる人為的な要因として農地への施肥量を考慮した。流量および水質のキャリブレーション期間を2004年～2006年とし、バリデーション期間を2007年～2009年とした。2000回のLCS法によるキャリブレーションの結果、流量に関しては、NS値が0.6～0.8と比較的よい再現結果を得た。続いて、流量キャリブレーションと同様の方法でTN、NO₃濃度の再現を試みたところ、あり得るパラメータの範囲内では、パラメータの不確実性を考慮しても過大評価傾向を示す河川があることがわかった。このことは、流域における脱窒量の評価において考慮されていない要因があることを示唆するものである。結果の検討より、モデルでは考慮されていない河岸域の脱窒、および農業排水路における脱窒、等を考慮する必要性が示唆された。

キーワード：SWAT、脱窒

Keywords: SWAT, denitrification

兵庫県豊岡盆地の地下水質

Geochemical characteristics of the groundwater in Toyooka basin

*横尾 頼子¹*Yoriko Yokoo¹

1.同志社大学理工学部

1.Faculty of Science and Engineering, Doshisha University

兵庫県北部の豊岡盆地を貫き日本海に注ぐ円山川は下流域が非常に緩勾配であり、支流の出石川との合流地点付近まで海水が遡上する。また、豊岡盆地の地下水は水道用・工業用・農業用・生活用・消雪用として多量に使用されており、地下水位の低下に伴って、軟弱な粘土層が収縮しておこる地盤沈下や、化石塩水や遡上海水による地下水の塩水化が問題となっている。本研究では、このような地形の特徴や水資源の利用によって、水位の低下や塩水化が懸念されている豊岡盆地の地下水を11地点で2008年6, 8, 10月および2009年2月に採取し、採取時期、採取地点、井戸の深さによる地下水の水質の特徴をまとめた。

豊岡盆地の地下水の水温は平均16.8℃であった。井戸の深さに応じた水温変化はみられなかった。6月に平均18.1℃、2月に平均15.5℃と夏から冬にかけて低下する傾向がみられた。豊岡盆地の地下水は採取地点や井戸の深さにより異なる水質を示した。

盆地南部の4地点では、地点によってNa・Ca- HCO_3 型、Mg・Ca- HCO_3 型、Ca・Na- HCO_3 型の水質を示した。井戸の深さは10~25 mと浅い。pHは弱酸性から中性であり、ORPは正で酸化的环境を示していた。 NO_3^- 以外のイオンの濃度およびECは他の地点に比べて低く、 NO_3^- 濃度は5~10 ppmと高かった。円山川に合流する出石川周辺の地下水のイオン組成とECは出石川の河川水質と同じであることから、この地下水は河川の伏流水であると考えられる。盆地南西部の地下水のイオン組成とECは、付近を流れる円山川支流の河川水質と似ている。

Mg・Ca- HCO_3 型の水質から、流域の地質を構成する玄武岩や安山岩の碎屑物が帯水層に存在する浅層地下水であると考えられる。円山川と出石川が合流する地点の地下水のpHは弱アルカリ性、ORPは負の値であることから、河川の伏流水以外の影響も受けていると考えられる。

盆地北東部の地下水のイオン組成はNa- HCO_3 型であった。井戸の深さは40 mであり、pHは弱酸性から中性、ORPは負の値であった。盆地南部のNa・Ca- HCO_3 型の水質から盆地北東部のNa- HCO_3 型への変化は、円山川と出石川の合流点より上流の地域と円山川支流からの河川水およびこれらの地域への降水の一部が、Ca- HCO_3 型の浅い地下水となり、円山川に沿って北に下がるにつれて土壌とのイオン交換が進行し、Na- HCO_3 型の地下水となる地下水流動に伴う水質変化を示している。

盆地南東部の出石川付近の井戸の深さは8 mと浅いが、ORPは負の値であり、ECは高かった。イオン組成はNa- HCO_3 型であった。 SO_4^{2-} は検出されず、採水後の試料には鉄酸化物の赤い沈殿物がみられたことから、浅くても帯水層が還元的环境の地下水である。2月の採取試料のみ、 NO_3^- 濃度が33 ppmと高い時期的変動がみられた。他の地点に比べて、 K^+ 、 HCO_3^- およびSi濃度が高いことから、岩石の風化過程起源のイオンの寄与が示唆される。

盆地中央部の地下水のイオン組成はNa-Cl・ HCO_3 型であった。井戸の深さは30.8~47 mであり、pHは弱アルカリ性、ECは42.8~50.7 mS/m、ORPは-104~-158 mVで、3地点で同じような値を示した。イオン組成には時期的変動がみられた。この3地点は豊岡盆地の中心部に位置し、地盤沈下と冬期の地下水位の低下がみられる地域であるため、地下水位の変動に応じてイオン組成が変化する可能性が示唆される。豊岡盆地の円山川西側では、金剛寺断層上の深井戸から鉱泉的な塩水と考えられる高塩水が湧出し、この塩水が被圧地下水と混合してNa-Cl型の地下水が分布していることが報告されている。円山川東側についてはこれまで高塩水の湧出の報告はなく、Na-Cl・ HCO_3 型の水質は地下水位の低下に伴う地下水の新たな塩水化を示している。

盆地北部の円山川と支流の奈佐川の合流付近と盆地東部の円山川支流の六方川上流部付近の地下水の主要イオン組成はNa-Cl型で、塩水の組成を示した。井戸の深さはそれぞれ40 m, 70 mと深い。pHは弱アルカリ性であり、 NO_3^- 以外のイオンの濃度およびECは他の地点に比べて高かった。盆地北部では円山川を遡上する海水を起源とする高塩水が報告されており、円山川と奈佐川の合流付近の地下水は遡上海水の影響を受けていると考えられる。盆地東部での地下水の塩水化の報告はこれまでなく、地下に化石塩水が存在していることが新たに示

された.

水質調査から示される丘陵地の溶存鉄供給に対する機能

Gentle landform like hilly area is the spot to produce dissolved Fe

*田代 悠人¹、楊 宗興¹

*Yuto Tashiro¹, Muneoki Yoh¹

1.東京農工大学

1.Tokyo University of Agriculture and Technology

[Introduction]

Iron is an essential element for plants, and is also a factor limiting primary productivity in some oceanic area. Moreover, Fe can be too short for phytoplankton's growth in some coastal zone (e.g. Hutchin et al., 1994). River is thought to be a main source of Fe to ocean, but there are few researches studying where dissolved Fe is produced in a river basin. The present research aims to examine geographic factors that control the concentration of dissolved Fe in stream with a special focus on reductive environments in a river basin.

[Methods]

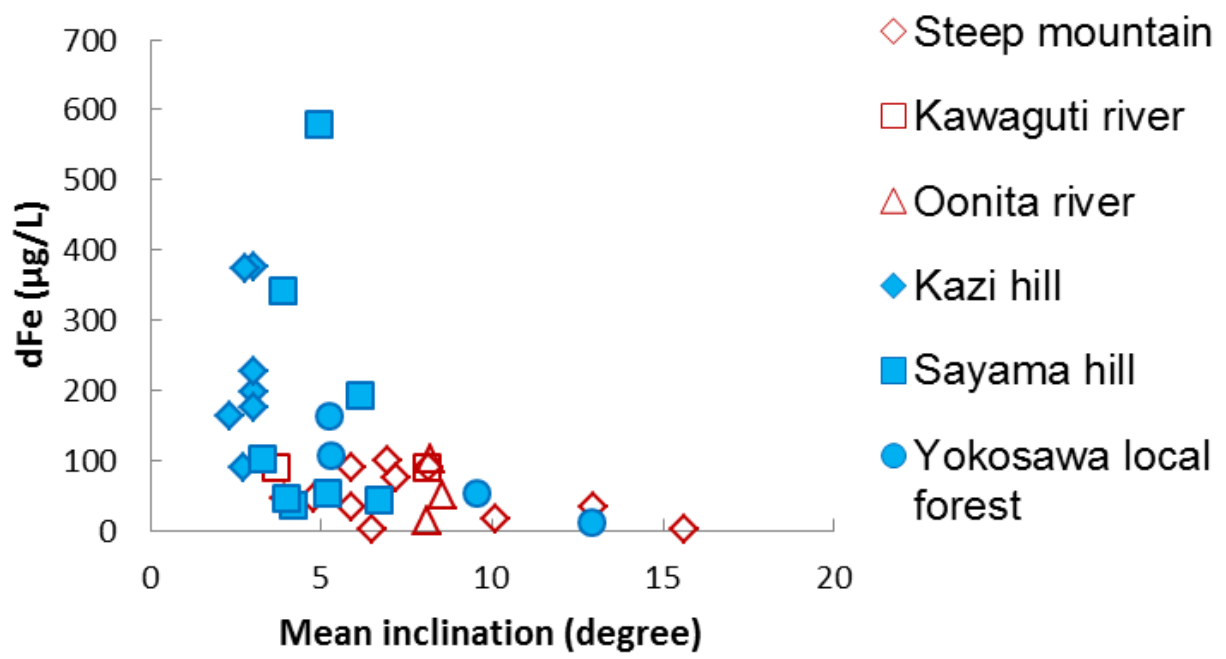
Streams from various landform types including steep mountain and gentle hill were studied, which were located in Hachiouzi-city, Akiruno-city, and Oume-city, Tokyo. In the research here, regions higher than 200m ASL were regarded as mountain and at lower than 200m as hill. Dissolved Fe and dissolved Mn were measured with ICP-AES (Thermo-Fisher iCAP6000). NO_3^- and SO_4^{2-} were measured with ion chromatography (DIONEX DX-120). To examine the influence of geographic factor in catchment area for the dFe concentration, mean inclination of the valley from the sampling spot to 200m upper was calculated with GIS software named QGIS.

[Results and Discussions]

Most of dissolved iron (dFe) concentrations sampled from mountainous area were below 100 $\mu\text{g/L}$. On the other hand those from hilly area were comparatively higher; 200 $\mu\text{g/L}$ and more. Considering the relationship between the mean inclination and dFe concentrations, dFe concentrations tended to be higher with the decrease in the inclination of valley. dMn concentrations also tended to increase in hilly area. NO_3^- concentrations and SO_4^{2-} concentrations were lower at the site high dFe concentrations suggesting denitrification and sulphate reduction in reductive conditions. In short, gentle landform like hilly area creates the reductive environment with a function of producing dFe.

キーワード：溶存鉄、還元的环境

Keywords: Dissolved Iron, Reductive environment



三酸素同位体組成で探る森林小集水域における渓流水中の硝酸の起源

Accurate quantification of atmospheric nitrate in stream water eluted from a small forested watershed using triple oxygen isotopic composition

*小幡 祐介¹、安藤 健太¹、大山 拓也¹、中川 書子¹、角皆 潤¹、山下 尚之²、齋藤 辰善²、佐瀬 裕之²

*Yusuke Obata¹, Kenta Ando¹, Takuya Ohyama¹, Fumiko Nakagawa¹, Urumu Tsunogai¹, Naoyuki Yamashita², Tatsuyoshi Saito², Hiroyuki Sase²

1.名大院環境、2.アジア大気汚染環境センター

1.Graduate school of Environmental Studies, Nagoya University, 2.Asia Center for Air Pollution Research

森林生態系は一般にNO₃⁻やNH₄⁺などの窒素栄養塩（窒素）が欠乏していることが多いが、窒素負荷量が慢性的に多い森林生態系などでは、多量の窒素がNO₃⁻の形で渓流水などを通じて流出する窒素飽和と呼ばれる現象が見られる。高NO₃⁻濃度渓流水の流出は、下流域の湖沼や沿岸海域の生態系に対して、深刻な影響をもたらす可能性があるため、NO₃⁻に富んだ渓流水中のNO₃⁻の起源や挙動を明らかにすることは極めて重要である。特に大気から森林生態系に沈着し、吸収や分解を受けずに直接流出するNO₃⁻（大気NO₃⁻）は、森林生態系内の窒素循環の活発さを反映して流出量が決まる可能性が高く、その定量化は極めて重要である。

これまで渓流水中のNO₃⁻の起源や挙動の解析にはδ¹⁵Nやδ¹⁸Oが用いられてきたが、一般の化学反応で変化しない三酸素同位体組成（Δ¹⁷O=δ¹⁷O-0.52×δ¹⁸O）指標を合わせて用いることで、より有用な起源や挙動の解析ができる可能性がある。そこで本研究では、大気からの窒素沈着量が比較的多く、流出する渓流水中のNO₃⁻濃度も高い加治川試験地（新潟県）において、Δ¹⁷Oを主要な指標に用いて渓流水中のNO₃⁻に占める大気NO₃⁻を定量化した。またこれをもとに渓流水中のNO₃⁻が高濃度化している原因を調べた。具体的には、環境省越境大気汚染・酸性雨長期モニタリング事業を通じて、降水、渓流水、土壌水（深さ20cm~60cm）をひと月程度の間隔で2年間に渡って採取した。

各試料中の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）はChemical Conversion法を用いてNO₃⁻をN₂O化またはO₂化した後、連続フロー型質量分析システムで定量した。土壌水中のNO₃⁻のΔ¹⁷Oは+0%から+6%までの大きな季節変化を示すものの、NO₃⁻濃度で加重平均したΔ¹⁷O値（+0.8%）は、同じく渓流水中のNO₃⁻濃度で加重平均したΔ¹⁷O値（+1.3%）とほぼ一致していた。これは土壌水が浸透し地下水となり、ある程度平滑化されたうえで渓流水として流出していることを反映するもので、渓流水の主要供給源は地下水であることを示すものと考えられる。

さらに、加治川試験地に沈着するすべてのNO₃⁻のうち何割が直接大気NO₃⁻として渓流水に流出するか、Δ¹⁷Oを指標に用いて見積もった。その結果、9.2±4.4%という値を得た。これは、Roseら（2015）が窒素飽和が起きている集水域で報告している値と整合的であった。さらに、Tsunogaiら（2014）は、伐採地から流出する渓流水では、この大気NO₃⁻の直接流出率が30~40%に達することを報告している。これらの観測値は、渓流水などを通じた大気NO₃⁻の直接流出率は、森林生態系内の窒素循環が活発か否かを反映していることを示している。

これまで欧米では、渓流水中のNO₃⁻濃度の絶対値以外に、NO₃⁻の季節変動の有無が窒素飽和の指標として用いられてきた（Stoddard, 1994）。しかし日本では窒素飽和の起きていない健全林であっても季節変動が喪失することをMitchellら（1997）が報告している。つまり日本では、渓流水中のNO₃⁻濃度の季節変化の喪失を窒素飽和の指標として用いることはできず、日本における窒素飽和の指標はNO₃⁻濃度だけであった。Δ¹⁷Oを用いて算出される大気NO₃⁻の直接流出率は季節変化の喪失に代わる新たな窒素飽和の指標となる可能性が高い。

キーワード：窒素飽和、三酸素同位体組成、森林生態系

Keywords: nitrogen saturation, triple oxygen isotopic composition, forest ecosystem

窒素負荷量の異なる2林分における樹木と土壌の窒素同位体比

Nitrogen isotope patterns of trees and soils in two different nitrogen deposition forests

*田中 あゆみ¹、稲垣 善之²、 学炎³、矢野 翠⁴、木庭 啓介⁴、平井 敬三¹

*Ayumi Oda Tanaka¹, Yoshiyuki Inagaki², Xue-Yan Liu³, Midori Yano⁴, Keisuke Koba⁴, Keizo Hirai¹

1.森林総合研究所、2.森林総合研究所四国支所、3.中国科学院、4.京大大学生態学研究センター

1.Forestry and Forest Products Research Institute, 2.Shikoku Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute, 3.Chinese academy of sciences, 4.Center of ecological research, Kyoto University

Anthropogenic nitrogen (N) deposition on forest site is concerning to modify plant species diversity and soil-to-plant N uptake. The N isotope ratio ($\delta^{15}\text{N}$) of soil and foliage reflects nitrogen cycle in the ecosystem and distinct plant N source. To better understand the effects of N deposition to soil N status and plant N uptake, we analyzed N content and $\delta^{15}\text{N}$ of soils and foliage in two different N deposition forests (Mt. Tsukuba: $11.5 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$, Katsura: $7.5 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$) in Kanto region. We sampled soil from upper and lower position of the two forest site respectively, and measured extracted inorganic N content and isotope ratio. We also analyzed leaf N content (N%) and $\delta^{15}\text{N}$ values of 30 woody species with different life forms (canopy and understory species). The soil nitrate concentration in Mt. Tsukuba was 25 fold higher than Katsura, and the $\delta^{15}\text{N}$ value was constant through the site ($-2.6 \pm 0.1\%$). While in Katsura, ammonium concentration in soil was high especially in upper slope, but in lower slope dominated nitrate. The foliage N% was high in Mt. Tsukuba than Katsura. The foliage $\delta^{15}\text{N}$ value differed significantly among species in Katsura but in Mt. Tsukuba foliage $\delta^{15}\text{N}$ value showed steady through species and the value corresponded with soil nitrate $\delta^{15}\text{N}$. From these results, N deposition may lead changing soil N status and alter plant N source and uptake.

キーワード：窒素同位体比、窒素負荷、無機態窒素

Keywords: Nitrogen isotope ratio, Nitrogen deposition, Inorganic nitrogen

アカマツ林における¹⁵Nトレーサーを用いた長期的な窒素動態
Long-term nitrogen dynamics in pine forest using ¹⁵N tracer

*福澤 加里部¹、柴田 英昭¹、若松 孝志²、稲垣 善之³

*Karibu Fukuzawa¹, Hideaki Shibata¹, Takashi Wakamatsu², Yoshiyuki Inagaki³

1.北海道大学北方生物圏フィールド科学センター、2.電力中央研究所、3.森林総合研究所

1.Field Science Center for Northern Biosphere, Hokkaido Univ., 2.Central Research Institute of Electric Power Industry, 3.Forestry and Forest Products Research Institute

大気由来窒素の森林での沈着が森林生態系の窒素動態に及ぼす影響を明らかにするために、¹⁵Nトレーサーを散布し、その後の植生や土壌への窒素の取り込みを調べた。¹⁵Nトレーサーを用いた既往研究では比較的短期の影響評価をした研究が多く、多くが有機物層の微生物に取り込まれることが報告されている。一方長期的な窒素動態への影響については不明な点が多い。本研究では¹⁵N散布から10年後の植生や土壌への¹⁵Nの蓄積を調べた。

調査は群馬県内に位置する電力中央研究所赤城試験地内のアカマツ林で行った。アカマツ単木の周囲に4x5mの区画を6か所設け、そのうち3プロット（散布区）において2002年に区画内にNH₄Cl溶液を50mgN m⁻²散布した。残り3プロットは対照区としてN散布区と比較した。2013年1月にアカマツ幹、枝、葉、根、0層、土壌（0-10, 10-20, 20-40 cm深）のサンプリングを行った。幹の円盤は高さ7~15m位置で採取し、円盤ごとに放射方向に3反復でサンプルをとった。各ラインにおいて年輪を読み、外側から15年分の部位を5年ごとに分けた。質量分析計を¹⁵N濃度を用いて分析した。

幹のδ¹⁵Nは散布区では-2.0~-3.3%、対照区では-4.7~-5.3%であった。また枝や葉においてもδ¹⁵Nは散布区で高まり、特に根のδ¹⁵Nは散布区にて9.7~10.0%となり、-5.7~-5.1%となった対照区との差は顕著であった。土壌においても散布区で高く、特に0層と表層10cm土壌において顕著であった。このことから、付加された窒素は長期間にわたって森林生態系内に保持されていることが明らかになった。発表では散布直後と10年経過後の分配や回収率の変化についても議論したい。

キーワード：¹⁵Nトレーサー、アカマツ林、窒素沈着

Keywords: ¹⁵N tracer, pine forest, nitrogen deposition

高知県の標高の異なるヒノキ林における窒素利用様式

Nitrogen utilization of hinoki cypress at high and low altitude in Kochi

*稲垣 善之¹、宮本 和樹¹、奥田 史郎¹、野口 麻穂子¹、伊藤 武治¹

*Yoshiyuki Inagaki¹, Kazuki Miyamoto¹, Shiro Okuda¹, Mahoko Noguchi¹, Takeharu Itou¹

1. 森林総合研究所

1. Forestry and Forest Products Research Institute

ヒノキは、日本の代表的な造林樹種である。ヒノキは常緑性であり樹冠に数年分の葉をつけている。これまでの研究でヒノキの葉寿命は年平均気温の高い地域で短い傾向が報告されている。また、貧栄養な環境条件には常緑性の樹種が優占することが知られており、同一の樹種についても、土壌条件に対応して葉寿命が変化し樹冠における窒素の滞留時間に影響を及ぼすことが予想される。本研究では、高知県の標高の異なる2地域のヒノキ林において、土壌条件の違いに対応した窒素利用様式の変動を明らかにすることを目的とする。樹冠の窒素滞留時間に影響を及ぼす要因として葉寿命と落葉前の窒素の引き戻し率の寄与を明らかにした。土壌のCN比と生葉窒素濃度、落葉窒素濃度の関係は、地域によって異なる直線で回帰できた。樹冠の窒素滞留時間、葉寿命、窒素引き戻し率については、2つの地域で差が認められたが、土壌CN比との関係は認められなかった。以上の結果より、これらの調査地において地域内の土壌条件の違いは窒素滞留時間に影響を及ぼしていなかった。一方、土壌のCNと樹冠窒素量との間には、地域によらず共通の負の直線回帰式が得られた。高標高地域では葉窒素濃度は低く葉寿命が長い傾向、低標高域では葉窒素濃度が高く葉寿命が短い傾向があり、窒素濃度と葉寿命が地域間でトレードオフの関係にあるため、樹冠窒素量については地域間の差が認められなかった。また、樹冠窒素量と樹高成長との間には、地域によらず共通の正の直線回帰式が得られた。以上の結果より、樹冠窒素量は、気象条件の影響を受けにくいいため、窒素利用の重要な指標として利用できると考えられた。

キーワード：ヒノキ、窒素、葉寿命、標高

Keywords: hinoki cypress, nitrogen, leaf longevity, altitude

カナダ永久凍土における植物の窒素吸収様式に対する環境要因の影響

Environmental controls on patterns of plant nitrogen uptake in Canadian permafrost soils

*藤井 一至¹、稲垣 善之¹、松浦 陽次郎¹、大澤 晃²*Kazumichi Fujii¹, Yoshiyuki Inagaki¹, Matsuura Yojiro¹, Akira Osawa²

1.森林総合研究所、2.京都大学

1.Forestry and Forest Products Research Institute, 2.Kyoto University

Plants develop different strategies of nitrogen (N) uptake in response to N limitation. This may explain N supply to plants from N-limited soils and niche differentiation due to soil N levels. To analyze the relationships between N availability and patterns of plant N uptake, plant uptake rates of different N sources (¹³C, ¹⁵N-glutamic acid, ¹⁵N-urea, ¹⁵N-ammonium, ¹⁵N-nitrate) were measured in the field condition. To assess N availability, the concentrations of amino acids, ammonium, and nitrate in soil solution and the mineralization rates of glutamic acid, arginine, ornithine, and urea were studied. We compared four sites in Northwest Territories, Canada; white spruce forest (WSF) at upper slope and black spruce forest (BSS) at lower slope on foothill of glaciofluvial sands, black spruce forest (BSF) and shrub birch tundra (TND) on fluvial sediments. In soil solution, DON was abundant at all sites, but inorganic N was abundant only in TND and BSS. Urea mineralization potentials were consistently high at all sites, except for BSF. This suggests microbial N mineralization is highly limited in N-limited BSF soil. Birch and grass preferentially absorbed inorganic N, while white spruce and black spruce can utilize amino acid-N under N-limited soil to bypass N flow between soil and plants.

キーワード：土壌、永久凍土、アミノ酸

Keywords: Soil, Permafrost soil, Amino acid

大気汚染物質の硫酸による世界の樹木の被害

Damages of the world trees caused by sulfuric acid of the air pollutant

*大森 禎子¹*Teiko Omori¹

1. 東邦大学理学部

1. The Faculty of Science Toho University

はじめに

大気汚染物質は化石燃料の燃焼で発生する二酸化炭素の量に比例して硫黄酸化物も発生する。大気中で硫黄酸化物は安定な硫酸になる。硫酸はグリーンランドの1785年のアイスコアから硫酸イオンとして測定され¹⁾、化石燃料は230年間も世界中で燃焼を続けている。南半球の極渦や北半球の偏西風の通過道の樹木は、大気中の硫酸を捕集して、濃縮と蓄積で濃度が高くなり、雨水で根元に落とされる。硫酸は土壌の金属成分(Al, Fe)を可溶性の硫酸化合物にし、雨水に溶解した金属イオンは水と樹木に吸収される。共存物質は結合力の最も強い化合物になる原則に従い、金属イオンは樹木のリン酸化合物からリン酸を奪い、不溶性の金属リン酸塩になる。金属リン酸塩はリン酸が不活性化して、樹種に関係なくリン酸不足と同じ現象になって衰退し、病虫害に対する抵抗性を失う。

調査と結果

南半球のアルゼンチンのフェゴ島(2000年)は、極渦が通過する山の斜面を流れ落ちた雨水の硫酸イオン濃度は、近くの湧き水の170倍ある。南極ブナは40年以上前から枯れている。地上はコケ類だけで、草も消滅している。ニュージーランド南島(2001)の山脈の西側と南端の木は、樹種に関係なく枯れている。枯れ枝からぶら下がって生育するサルオガセの水による溶出液の硫酸イオン濃度は、原生林内より林縁が65倍高い。オーストラリア最西端のパース(2000)のユーカリの林縁の木は全滅している。北半球では、硫酸を含む偏西風は、日本(1995~2015)の針葉樹や広葉樹を枯らし、太平洋を越えてカナダのブリテッシュコロンビア州南西部(2009)²⁾の針葉樹を枯らしている。偏西風はアメリカの五大湖付近の火力発電所から硫酸を補給して、アデロンダック地方(1999)のバルサモミを枯らし、大西洋を越えて、ドイツ(2002)のトウヒを枯らしている。

ハワイ島(北緯20度)(2006)は山の北側の樹木が枯れ、アメリカの南のドミニカ共和国(北緯18度)(2003)は北向き斜面の原生林が消滅している。木が枯れる理由は、赤道近辺は気温が高いため、上昇気流で北半球の硫酸を含む大気が引き寄せられて土壌が酸性化する。この事実から、極渦の硫酸濃度が高い理由は、上昇気流で上空に上がった硫酸を含む大気は冷却されて重くなり、両極に分かれて移動する。南極周囲は北半球より陸が少ないために、極渦の強い西風は年間200日以上も吹き、硫酸は雨や雪に溶解して落ち無い限り、極渦の中に蓄積されて濃度が高くなる。

樹木が金属イオンを吸収する証は、15mのアカマツ材を3m置きに切って定量すると、吸収したアルミニウムはリンと平行して存在し、化合したリン酸アルミニウムは不溶性のために化合した場所に止まる。砂鉄を含む土壌に硫酸が加わると二価の鉄イオンが溶出し、アカマツに吸収されてリン酸と化合すると、固有の暗青色のリン酸第一鉄になる。アカマツの幹は縦に割ると、中心の水を通さない部分を除いて、根元から先端近くまで着色している。横に切った面は年輪に平行して、水の通るところが着色している。リン酸第一鉄は大気中の水分を吸収して加水分解して水酸化第二鉄になり、錆色に変化する。この現象は鉄イオンが樹木に吸収されてリン酸と化合した証になる。マツが変色する土壌の砂鉄は2~6%を含み、変色しない土壌は1%以下である。

男鹿市の防風林のマツは2003年に全滅して白骨化していた。その近くの1993年に植林したマツは、2003年から木炭を毎年撒いた結果、現在も生長を続けている。佐渡島の梢枯れをしたナラ林は、2011年と2012年に木炭を約1kg/1m²を撒いた結果、2014年に実を落とし、2015年に発芽した。木炭は樹木の必須元素のカリウムを含み、雨水が加わるとアルカリ溶液になり、酸性土壌を中和し、溶出していた金属イオンを金属水酸化物に変えるために、金属イオンは樹木が吸収出来なくなり、リン酸は保護される。

まとめ

被害樹木は、酸性土壌を木炭で中和すると再生することから、化石燃料の燃焼により発生する硫酸が土壌を酸性化して金属イオンを溶出し、樹木が吸収し、不溶性の金属リン酸化合物になり、必須元素のリン酸が不活性

化する結果である。

文献

- 1) 渡邊興亜・本山秀明・牛尾収輝・森本真(2003)遺伝、別冊17号、58-68.
- 2) 環境異変(2009)共同通信社発行.
 - ・ 大森禎子・吉池雄藏(2001)分析化学、50、465-472.
 - ・ 大森禎子(2010)河川文化を語る会講演集(その30)、85-163、日本河川会発行.
 - ・ 大森禎子・岩崎真理(2010)木質炭化学会誌、7、3-11.
 - ・ 大森禎子(2013)日本奥山学会誌、1、3-18.
 - ・ 大森禎子(2015)日本奥山学会誌、3、68-79.

キーワード：大気汚染物、硫酸、木炭

Keywords: air pollutant, sulfuric acid, charcoal

カメルーン東部・森林-サバンナ境界域における土壌微生物動態の解明—森林とサバンナの比較
Effects of vegetation on soil microbial dynamics in a tropical forest and savanna of eastern Cameroon

*杉原 創¹、藤盛 瑤子²、柴田 誠²、Mvondo Ze Antonie³、舟川 晋也²、小崎 隆⁴

*Soh Sugihara¹, Yoko Fujimori², Makoto Shibata², A Mvondo³, Shinya Funakawa², Takashi Kosaki⁴

1.東京農工大学大学院農学研究院、2.京都大学大学院農学研究科、3.Dschang大学、4.首都大学東京

1.Tokyo University of Agriculture, Graduate school, Institute of Agriculture, 2.Kyoto University, Graduate school of Agriculture, 3.Dschang University, 4.Tokyo Metropolitan University

The forest-savanna transition zone is widely distributed on nutrient-poor Oxisols in central Africa. Our previous studies of soil nutrient stock in this area showed that forest is likely N rich and P limited ecosystems, due to the N-fixation tree, though savanna is likely N limited ecosystems. To reveal and compare the nutrient flow in relation to soil microbes for forest and savanna vegetation in this area, we evaluated seasonal fluctuations in microbial biomass carbon (MBC), nitrogen (MBN), and phosphorus (MBP) for 1 year as well as soil moisture, temperature, soil pH, and extractable soil nutrients for both vegetation types in eastern Cameroon. Soil pH was significantly lower in forest (4.3) than in savanna (5.6), and soil extractable N was larger in forest (87.1 mg N kg⁻¹ soil) than in savanna (32.9 mg N kg⁻¹ soil). We found a significant positive correlation between soil moisture and MBP in forest, indicating the importance of organic P mineralization for MBP, whereas in savanna, we found a significant positive correlation between soil N availability and MBP, indicating N limitation for MBP. These results indicate that forest is an N-saturated and P-limited ecosystem, whereas savanna is an N-limited ecosystem for soil microbes. Interestingly, we observed a significantly lower MBN and larger MB C:N ratio in forest (50.7 mg N kg⁻¹ soil and 8.6, respectively) than in savanna (60.0 mg N kg⁻¹ soil and 6.5, respectively) during the experimental period, despite the rich soil N condition in forest. This may be due to the significantly lower soil pH in forest, which influences the different soil microbial communities (fungi-to-bacteria ratio) in forest versus savanna, and therefore, our results indicate that, in terms of microbial N dynamics, soil pH rather than soil substrate conditions controls the soil microbial communities in this area.

キーワード：窒素・リン動態、土壌微生物動態、森林-サバンナ遷移帯、熱帯アフリカ

Keywords: Soil N and P dynamics, Soil microbial dynamics, Forest-savanna transition zone, Tropical africa

異なる階層レベルにある有機物・鉱物の相互作用を理解することはできるのか？火山灰土壌（黒ボク土）を使ったケーススタディー

Can we comprehend organo-mineral associations occurring at different levels of soil aggregate hierarchy? A case study using a volcanic-ash soil (Andisol)

*和穎 朗太¹、浅野 真希²、梶浦 雅子¹

*Rota Wagai¹, Maki Asano², Masako Kajiura¹

1.農業環境技術研究所 物質循環研究領域、2.筑波大学 生命環境系

1.National Institute for Agro-Environmental Sciences, Carbon & Nutrient Cycling Division,

2.University of Tsukuba

Organic matter (OM) in soil is subject to both microbial transformation and interaction with soil minerals, during which soil aggregates are formed at the spatial scales of nano to mili meters. Due to the variations in mineral and OM compositions as well as the nature of the interaction between the two, organo-mineral particles or aggregates have a range of size and density. Physical fractionation is an effective approach to study organo-mineral interaction and the factors controlling the storage and turnover of soil OM. However, it remains unclear how the findings from fractionation studies are related to the concept of aggregate hierarchy (e.g., larger aggregates are maintained by transient binding agents while smaller ones are held together by more persistent binders). Here we present three studies that use the fractionation approach to examine how short- and long-term soil OM dynamics are linked to the hierarchy concept using Japanese volcanic-ash soils that is known for strong aggregation and OM stabilization capacity.

First, we demonstrated that the isolation of low-density fraction, a readily accessible OM outside of aggregates, was necessary to examine the factors controlling decomposition temperature sensitivity. Second, using sequential density fractionation, we isolated soil aggregates that are resistant to mechanical shaking and showed density-dependent changes in the chemistry of OM ($d^{13}C$, $d^{15}N$, $d^{14}C$ as well as C:N ratio) and that of mineral phases (organically complexed metals and short-range-ordered minerals). Third, we found the particle size dependent changes in organo-mineral chemistry in the same soil only after achieving maximum dispersion of these aggregates by sodium saturation followed by sonication. Clay-sized particles after the dispersion, however, still showed aggregated features by SEM and TEM. We will discuss possible factors controlling OM stabilization in these fractions and the presumed relationship between the fractions obtained from different levels of aggregate hierarchy (sonication-resistant particles vs. shaking-resistant aggregates).

キーワード：土壌炭素、微細構造、有機物・鉱物の相互作用

Keywords: soil carbon, microstructure, organo-mineral interaction

異なる土壌タイプに存在する土壌団粒階層構造を形成する有機無機集合体の特徴

Nature of organo-mineral particles at a lower level of aggregate hierarchy among contrasting soil types

*浅野 眞希¹、和穎 朗太²、武市 泰男³、前田 誠⁴、菅 大暉⁴、山口 紀子²、平舘 俊太郎²、高橋 嘉夫⁵

*Maki Asano¹, Rota Wagai², Yasuo Takeichi³, Makoto Maeda⁴, Hiroki Suga⁴, Noriko Yamaguchi², Syuntaro Hiradate², Yoshio Takahashi⁵

1.筑波大学生命環境系、2.農業環境技術研究所、3.高エネルギー加速器研究機構、4.広島大学、5.東京大学

1.University of Tsukuba, 2.National Institute for Agro-Environmental Sciences, 3.Institute of Materials Structure Science, High-Energy Accelerator Research Organization, 4.Hiroshima University, 5.The University of Tokyo

Soil organic matter (SOM) accounts for a major portion of terrestrial C and is considered to be stabilized against microbial degradation due partly to its interaction with soil minerals. Particle-size fractionation is an effective approach to distinguish different types of organo-mineral particles. Many early studies showed hierarchical structure of organo-mineral particles that are bound together by various binding agents. Yet how organic compounds of microbial and plant origins interact with mineral phases and how such interaction contributes to the hierarchical structure remain unclear. Facing climate change induced by C imbalance, it is particularly important to better understand the factors controlling C concentration and its mean residence time among particle size fraction in different soil types. Here we focused on the sonication-resistant organo-mineral particles collected by particle size fractionation from four soil types of contrasting mineralogy. We hypothesize that the distribution of percent of modern carbon among particle size fractions differ among the soil types due to the difference in the major forms of organo-mineral associations. We compare top soils (A horizon) from four soil types: allophanic Andisol, non-allophanic Andisol, Mollisol, Ultisol. The recovered particle size fractions are characterized by selective dissolution (pyrophosphate, oxalate, and dithionite), isotopic contents (¹⁵N, ¹³C, ¹⁴C), and ¹³C solid state NMR. We will discuss common patterns and differences among the four soils.

キーワード：土壌有機物、有機無機相互作用、顕微分析、土壌団粒階層構造

Keywords: soil organic matter, organo-mineral interaction, advanced microscopy, soil aggregate hierarchy

燃烧残渣（炭）の土壌での長期的安定性を示す優れた指標は何か？

What physicochemical properties better explain the long-term biodegradability of burning-derived char?

*梶浦 雅子¹、和颯 朗太¹

*Masako Kajiura¹, Rota Wagai¹

1. 農業環境技術研究所

1. National Institute for Agro-Environmental Sciences

Fires and field burnings produce char, which represents an important carbon (C) sink due to its high stability against biodegradation. Yet its potential for long-term C sequestration remains elusive as char has large variation in terms of physical and chemical properties depending on source material type and burning conditions. We thus need biodegradability indices that are applicable for the range of chars. The O/C molar ratio has often been used in the literature. On the other hand, H/C molar ratio better correlates with char's chemical composition which is likely to control biological stability against microbial degradation. We thus tested if H/C ratio serves as a better index of the biodegradability than O/C ratio by comparing the chars prepared under different conditions (200–600 °C, with/without heating temperature duration, low and ambient O₂ levels) from rice straw and husk. We assessed their physicochemical characteristics and chemical composition using solid-state CP/MAS ¹³C-NMR. Based on 295-day laboratory incubation, we obtained biodegradability at three time scales: short (<100 d), intermediate (295 d), and long (>500 d) using inter- and extrapolation of decay curves. The short-term biodegradability was better explained by O/C ratio whereas the long-term biodegradability was better explained by H/C ratio. The H/C strongly correlated with aromatic and O-alkyl C, while O/C correlated with carboxylic C as well, suggesting that O/C reflected the amount of labile organic matters such as organic acids. Our findings suggest that long-term C fate of burning products is better estimated by H/C ratio rather than O/C ratio at least for the rice residues.

キーワード：炭、炭素貯留、燃烧

Keywords: char, carbon sequestration, burning

XRDおよびFTICR-MSによる土壌有機物の分子レベルキャラクタリゼーション

Molecular level characterization of soil organic matter by using XRD and FTICR-MS

*池谷 康祐^{1,2}、日影 達夫²、荒井 重勇²、Sleighter Rachel³、Hatcher Patrick³、渡邊 彰²

*Kosuke Ikeya^{1,2}, Tatsuo Hikage², Shigeo Arai², Rachel L. Sleighter³, Patrick G. Hatcher³, Akira Watanabe²

1.農業環境技術研究所、2.名古屋大学、3.オールドドミニオン大学

1.National Institute for Agro Environmental Sciences, 2.Nagoya University, 3.Old Dominion University

Soil organic matter (SOM) includes metabolites and decomposed products of plants/organism and those products having different degrees of humification (or darkness). The SOM plays important roles associated with crop productivity and carbon sequestration. To understand the dynamics/functions of SOM, chemical structure of SOM is to be clarified. The molecular recalcitrance of SOM is one of their stabilization mechanisms in soils. Condensed aromatic components that could derive from char have been considered as the recalcitrant components. Here, we highlight our studies on the chemical characterization of soil humic acids (HAs), especially for condensed aromatic components.

Materials and methods

Humic acids (HAs) were prepared from ten Japanese soils to cover varying degrees of humification according to NAGOYA method. The degree of humification of HAs was evaluated with the absorbance at 600 nm per mg C mL⁻¹ (A_{600}/C) and the ratio of absorbances at 400 and 600 nm on a logarithmic scale [$\log(A_{400}/A_{600})$]. Based on these two variables, HAs were classified into four types: Rp < P < B < A, with the degree of humification increasing in this order.

The XRD profile was measured following to Fujimoto and Shiraishi (2004). The XRD profiles were analyzed by using Carbon Analyzer DiHiGa Series 2007 software (Ryoka Systems Inc., Tokyo). The composition of carbon layer planes on a weight basis was obtained by fitting the XRD profile to theoretical profiles. The FTICR-MS was performed according to Sleighter and Hatcher (2008). The molecular formulas assigned were examined using the van Krevelen diagram and Kendrick mass defect (KMD) analysis that focusing on condensed aromatic structure.

Results

- 1) The 11 band analysis indicated that the radius size of the carbon layer planes in HAs ranged from 0.48-1.68 nm, corresponding to 4- to 37-ring condensed aromatics.
- 2) The contents of the total and larger carbon layer planes were larger in HAs with both darker color and larger aromatic carbon content.
- 3) The number of molecular formulas in the condensed aromatic region increased with increasing degree of humification (from Type Rp to Type A HAs), as well as the sum of the peak magnitudes of those formulas.
- 4) The KMD analysis indicated that the largest number of the rings in potential condensed aromatic components increased in the order: Types Rp and P (7) < Type B (9) < Type A (10) HAs.

キーワード：土壌有機物、X線回折、縮合芳香族成分

Keywords: soil organic matter, X-ray diffraction, condensed aromatics

溶存酸素の三酸素同位体組成自動分析手法の開発

Development of automatic analysis apparatus for triple oxygen isotopes of dissolved oxygen

*伊藤 昌稚¹、佐久間 博基¹、小松 大佑²、中川 書子¹、角皆 潤¹、石村 豊穂³*Masanori Ito¹, Hiroki Sakuma¹, Daisuke Komatsu², Fumiko Nakagawa¹, Urumu Tsunogai¹, Toyoho Ishimura³

1.名古屋大学大学院環境学研究科、2.東海大学海洋学部海洋地球学科、3.茨城工業高等専門学校

1.Graduate School of Environmental Studies,Nagoya University , 2.Department of Marine and Earth Science,School of Marine Science and Technology,Tokai University, 3.National Institute of Technology,Ibaraki College

酸素分子 (O_2) には三種の安定同位体 (質量数16、17、18) があり、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、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、 ^{16}O に対する ^{17}O の濃縮度 ($\delta^{17}O$) が、 ^{16}O に対する ^{18}O の濃縮度 ($\delta^{18}O$) 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、 ^{16}O に対する ^{17}O の濃縮度が、 ^{16}O に対する ^{18}O の濃縮度とほぼ等しくなるように同位体分別する。このため、大気中の O_2 を基準にすると光合成由来 O_2 の三酸素同位体組成 ($^{17}O = \ln(\delta^{17}O + 1) - 0.518\ln(\delta^{18}O + 1)$) は、約+150 ~ +250 per megの値になる。水環境中の溶存酸素の ^{17}O は、呼吸などの一般的な反応では変化しないため、水中内の光合成反応で生成された固有の ^{17}O 値 ($^{17}O = +150 \sim 250$) を持つ O_2 と大気から溶け込む O_2 ($^{17}O = +8 \sim 18$) の混合のみを反映する。その混合比を高精度で定量化することにより、大気-水環境ガス交換係数の見積もり (光合成の起こらない夜間限定) や、水環境中の総一次生産量の定量化に活用することができる。しかし、 O_2 とArの大気圧下における沸点差はごく僅かでカラム特性も似ているため、分離に長時間を要する。これまでに報告された ^{17}O 値は、アルゴン (Ar) を除去せずに定量化していたため、Arが O_2 の同位体定量化に及ぼす影響を考慮した複雑な補正が必要であった。そのため、 O_2/Ar 比の変化が大きい水環境で応用するために十分な精度を得ることは難しかった。そこで本研究では、水試料中の溶存ガスを抽出し、そこから O_2 のみを分離・精製し、高精度で ^{17}O を測定する分析システムを構築し、 O_2/Ar 比が大きく変動するような水環境でも ^{17}O を定量化できるようにした。この手法を用いて、近年富栄養化・低酸素化が顕著である琵琶湖 (滋賀県) 北湖でD0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：溶存酸素、三酸素同位体、鉛直分布、貧酸素化

Keywords: dissolved oxygen, triple oxygen isotopes, vertical profile

炭化板パッシブサンプラーによる大気中水銀濃度モニタリング

—首都圏と北海道の大気中水銀濃度の比較—

Monitoring on atmospheric mercury concentration by Carbonized passive sampler

-Comparison of the Tokyo metropolitan area and Hokkaidou-

*大熊 明大¹、梅沢 夏実²、佐竹 研一¹*Akihiro Okuma¹, Natsumi Umezawa², Kenichi Satake¹

1.立正大学・地球環境、2.埼玉県環境科学国際センター

1.Geo-environmental Science, Rissho University, 2.Center for Environmental Science, Saitama

[はじめに]

大気中に存在する水銀は95%以上が Hg^0 （ガス状元素態水銀）、その他に Hg^{2+} （酸化水銀）、 $Hg-P$ （粒子状水銀）に大別される。大気中で主要な Hg^0 は、不活性で溶解度が低いため、大気中での滞留時間が1~2年と見積もられている。そのため、ユーラシア大陸で放出された水銀が日本に大気輸送され、日本の生態系へ取り込まれることが懸念されている。日本での観測は1997年から開始され、現在では全国300地点以上のモニタリングステーションで金アマルガム捕集法により大気中水銀を採取し、濃度を測定している。しかし、測定頻度は月1回、24時間捕集であり、採取日も地点毎に異なり、日本全国の平均的な濃度分布の概略を知るためには有効なデータだと考えらえるが、この手法では測定が市街地に限られており、電源確保の困難な地点での測定が困難なため、山間部や林間部などの遠隔地点の大気中水銀濃度の調査は極めて少ない。そこで、本研究では安価で簡単に作成可能であり、電源を必要とせず山間部を含めた多地点での測定が可能な「炭化板パッシブサンプラー」を用いた大気中濃度の測定を開始している。本講演では北海道、群馬県、山梨県、埼玉県において実施した大気中水銀濃度の測定結果を述べる。

[方法]

本研究で作成した炭化板パッシブサンプラーを北海道雨竜郡幌加内町字母子里（北海道大学雨龍研究林）、北海道札幌市（北海道大学札幌キャンパス）、埼玉県熊谷市（立正大学熊谷キャンパス）、埼玉県加須市（埼玉県環境科学国際センター）に2014年7月に全地点に炭化板パッシブサンプラーを設置し2015年8月まで1ヶ月毎にサンプラーを交換した。また、炭化板パッシブサンプラーの水銀吸着量から大気中水銀濃度に換算するため、熊谷市と加須市では並行して大気中水銀濃度も測定した。回収した炭化板パッシブサンプラーはパラフィルムで密閉し、実験室にて吸着面積を測定後、日本インスツルメンツ製のMA-2000を用いて測定した。大気中水銀濃度は、ポンプを用いて50mL/minの吸引速度で捕集管に金アマルガム捕集し、回収した捕集管はブチルゴム栓付試験管に保管し、実験室にて日本インスツルメンツ製のWA-50を用いて測定した。

[結果]

大気中積算水銀濃度をM、炭化板パッシブサンプラー中の水銀吸着量をPとすると、両者の関係は $M=0.003P+0.06$ ($r=0.09$, $n=20$) となった。この式を用いて、各地点の大気中水銀濃度を求めた結果、幌加内町における大気中水銀濃度は $0.1\sim 1.3\text{ng/m}^3$ 、札幌市では $0.6\sim 1.5\text{ng/m}^3$ 、中之条町では $0.2\sim 1.4\text{ng/m}^3$ 、熊谷市では $1.7\sim 3.1\text{ng/m}^3$ 、加須市では $1.9\sim 2.9\text{ng/m}^3$ 、蕨崎市では $0.4\sim 1.8\text{ng/m}^3$ であり、どの地点も季節変動は小さかった。全国のモニタリングステーションの平均濃度は約 2.3ng/m^3 であり、北米やヨーロッパの遠隔地域の濃度は $1.5\sim 1.7\text{ng/m}^3$ とされている。熊谷市と加須市は、日本の平均的な濃度を示し、札幌市、母子里、中之条町、蕨崎市は、北米やヨーロッパの遠隔地域の濃度よりもやや低い値を示した。

キーワード：大気汚染モニタリング、炭化板パッシブサンプラー、水銀

Keywords: Monitoring on atmosphere, Carbonized passive sampler, mercury

富士山麓アカマツ林におけるオゾンフラックス

Observation of O_3 flux in red pine forest*熊谷 凌太¹、和田 龍一¹、高梨 聡²、深山 貴文²、中野 隆志³、谷 晃⁴、米村 正一郎⁵*Ryota Kumagai¹, Ryuichi Wada¹, Satoru Takanashi², Takafumi Miyama², Takashi Nakano³, Akira Tani⁴, Seiichiro Yonemura⁵

1.帝京科学大学、2.森林総合研究所、3.富士山科学研究所、4.静岡県立大学、5.農業環境技術研究所

1.Department of Natural and Environmental Science, Teikyo University of Science, 2.Forestry and Forest Products Research Institute, 3.Mount Fuji Research Institute, 4.University of Shizuoka, 5.National Institute of Agro-Environmental Sciences

【はじめに】森林生態系における微量気体の吸収・放出は炭素循環や気候変動に直接的・間接的な影響を及ぼす (Ollinger *et al.*, 2002)。本発表では、森林生態系における窒素酸化物とオゾンのフラックスを、物質の濃度勾配より輸送量を計測する傾度法により、富士吉田アカマツ林 (FJY) にて、検討した結果を報告する。

【方法】2014年9月26日～2014年11月13日、富士吉田アカマツ林微気象観測タワー (FJY) にて、大気 NO 、 NO_2 、 O_3 および CO_2 濃度の計測を行った。また2015年10月15日～2016年1月21日に O_3 と CO_2 濃度の計測を行った。微気象観測タワーと樹冠の高さはそれぞれ32 mと約25 mである。 NO と NO_2 濃度の計測は、Moコンバータ化学発光分析装置 (Thermo Scientific, 42i-TL) を用いた。 O_3 と CO_2 の計測には、それぞれ紫外吸収分析装置 (Thermo Scientific, 49i) と赤外吸収分析装置 (Li-cor, Li-820) を用いた。大気サンプル口は、アカマツ林の樹冠上2高度 (2014年は26 mと32 m、2015年は26 mと34 m) に設置し、各高度の大気を、PFAチューブを用いて地上の分析装置まで吸引し、バルブを用いて交互に各5分間計測を実施した。同時に高度26.5 mに設置したクローズドパス CO_2/H_2O ガス分析装置 (Li-cor, LI-6262) により、 CO_2 フラックスを渦相関法により求め (森林総合研究所 CO_2 フラックス観測データ)、傾度法で求めた CO_2 フラックスと比較した。

【結果・考察】2014年の観測期間中の CO_2 フラックスは、傾度法と渦相関法によりそれぞれ $-9.0 \pm 7.3 \text{ micromol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 、 $-8.6 \pm 6.5 \text{ micromol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (\pm の後ろの数値は観測値の標準偏差) と得た。傾度法で得られた CO_2 フラックスは渦相関法で得られた値よりも小さいが、誤差範囲にて一致した。傾度法が機能していることを確認した。窒素酸化物 (NO , NO_2) の26 mと32 mの濃度に、有意差は計測されなかった。高度間の窒素酸化物の濃度差が小さいことから、市販の計測装置を用いた窒素酸化物の傾度法によるフラックス計測は、検出感度の点から難しいことが分かった。一方 O_3 の26 mと32 mの濃度には、有意な差が計測され、 O_3 のフラックス計測値が得られることが分かった。2014年、2015年の秋季の O_3 フラックスをそれぞれ $-1.1 \pm 1.5 \text{ nmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 、 $-1.9 \pm 2.5 \text{ nmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ と得た。2015年冬季の O_3 フラックスを $-0.9 \pm 2.6 \text{ nmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ と得た。秋季に比べて冬季で O_3 の吸収・沈着が小さい傾向があることが明らかとなった。この傾向は先行研究であるカリフォルニアの同じマツ科ポンデローサマツ林での O_3 フラックスの観測結果 (Fares *et al.*, 2010) とも一致した。

References: Ollinger *et al.*, 2002, *Global Change Biology* **8**, 545-562. Fares *et al.*, 2010, *Agric For Meteorol.* **150**, 420-431 .

キーワード：オゾン、フラックス、森林

Keywords: ozone, flux, forest

貧栄養な条件におけるヒノキの樹冠の窒素滞留時間と葉寿命

Mean residence time of leaf nitrogen and leaf longevity of hinoki cypress (*Chamaecyparis obtusa*) under nutrient-poor soil

*中西 麻美¹、稲垣 善之²

*Asami Nakanishi¹, Yoshiyuki Inagaki²

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

1.Field Science Education and Research Center, Kyoto University, 2.Shikoku Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute

樹木は吸収した窒素を効率的に利用するために、窒素を樹体内に長く保持する仕組みを持つ。樹体の窒素滞留時間は、葉寿命と窒素引き戻し率によって決まる。樹種間の比較では、貧栄養な土壌条件に葉寿命の長い樹種がみられる。しかしながら、同一樹種では土壌条件に対して葉寿命や窒素滞留時間をどう変化させているかについての情報は少ない。ヒノキは常緑で葉がりん片状で非常に小さく、葉齢の判別が難しいため葉寿命を知ることが難しい。このため、樹冠葉量を年間落葉量で割って葉寿命を算出する。本研究では、京都市北区の天然更新したヒノキ壮齢林の土壌条件が異なる10地点において、ヒノキの樹冠における窒素滞留時間 (leaf-N MRT) に葉寿命と窒素引き戻し率が及ぼす影響について明らかにした。

堆積有機物の窒素量をリターフォールの窒素量で割って算出した堆積有機物窒素の平均滞留時間 (A_0 N-MRT) は5.4~38.3年と広い範囲を示した。これらの値は他の地域のヒノキ林と比べて大きかった。 A_0 N-MRTが長いほど、葉寿命とleaf-N MRTは長くなり、落葉量 (葉生産量)、落葉窒素量は小さい傾向を示した。一方、窒素引き戻し率、樹冠葉量、樹冠窒素量、生葉および落葉の窒素濃度と A_0 N-MRTとは明らかな関係は認められなかった。土壌の窒素資源量が乏しいほど葉の生産を小さくして葉寿命を長くしていた。落葉前の窒素引き戻し率は他の地域のヒノキ林と比べて高かった。窒素引き戻し率はいずれのプロットでも高いため、 A_0 N-MRTと有意な関係が認められなかったと考えられる。また、壮齢のヒノキ林では、立木密度や土壌条件によらず、樹冠葉量は一定量に達していると考えられた。以上の結果から、本調査地におけるヒノキは、leaf-N MRTを長くするために、まず、窒素引き戻し率を高くし、さらに、林分による土壌の窒素資源量に応じて葉生産量を調節することにより葉寿命を変化させていることが明らかとなった。

キーワード：樹冠の窒素滞留時間、葉寿命、葉生産量、ヒノキ、堆積有機物

Keywords: mean residence time of leaf nitrogen, leaf longevity, leaf production, hinoki cypress, organic horizon

滋賀県豪雪地帯の森林集水域における渓流水質変動の解明

Investigation of streamwater chemistry in forest with heavy snowfall in northern part of Shiga prefecture

*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

*Kento Fujita¹, Ken'ichi Osaka², Shinsho Chishiro¹, Osamu Nagafuchi², Takashi Nakamura³, Kei Nishida³

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

1.Environmental Science Graduate, the University of Shiga Prefecture, 2.Department of ecosystem study, University of Shiga Prefecture, 3.Interdisciplinary Research Center for River Basin Environment, University of Yamanashi

Nitrogen exported from forest is considered to affect environment of downstream ecosystem, means that the understanding the processes of nitrogen export from forest is important. Particularly, many study reported that snow accumulation and snowmelt has important role in nitrogen export from forest with heavy snowfall region. The northern part of Shiga prefecture is specified as Special Heavy Snowfall Area under the Act on Special Countermeasures for Heavy Snowfall Area. However, temperature in the forest is relatively high, because the forest is located in the southernmost area of Special Heavy Snowfall Area. Therefore, during snow accumulation, snowmelt is often caused by high temperature in northern part of Shiga Prefecture. However, observation of nitrogen export during snow accumulation and snowmelt in such forest is very few. Therefore, we observed nitrogen export from the forest during snow accumulation and snowmelt in northern part of Shiga Prefecture. We conducted the experiment in the Surumi catchment located in the northern part of Shiga prefecture. We collected streamwater sample by automatic water sampler (ISCO, 3700) in the snow fall in 6 to 24 hour interval in a day. Samples were analyzed for total nitrogen, dissolved nitrogen, nitrate and ammonium. We also analyzed oxygen and nitrogen isotope of nitrate for examining the nitrate source. Chemical analysis for ion concentration were conducted in the University of Siga Prefecture, and isotope analysis was conducted at ICRE in University of Yamanashi.

キーワード：窒素流出、森林、融雪、渓流水、同位体

Keywords: nitrogen export, forest, snowmelt, streamwater, isotope

森林集水域において還元プロセスを生じさせる水文地形学的要因の検討

Hydro-geomorphological factors which control reduction processes in a forested watershed.

*徳永 知佳¹、楊 宗興¹

*chika tokunaga¹, Muneoki Yoh¹

1.東京農工大学

1.Tokyo University of Agriculture and Technology

Many studies have reported that denitrification may occur in riparian zone(e.g., Hill et al (2000) where topographic gradient is small. The relationship between topography and reduction processes such as denitrification attracts researcher's attention these days (Gold et al., 2000; Hill et al., 2000). Past studies (Ogawa et al., 2006; Shibata et al., 2010) have reported that the nitrate concentration of stream water is small in catchments of small topographic gradients. The cause of it is probably due to denitrification. But concrete and systematic knowledge is limited where the reduction processes such as denitrification occur in forested catchment.

The purpose of this study is to know hydro-geomorphological conditions in which denitrification, manganese, iron and sulfate reduction processes occur.

The study site is a small forest catchment located in Hachioji Tokyo. We measured the topographic gradient and the concentration of nitrate, dissolved manganese, dissolved iron and sulfate in water extract from soil and ground water.

The nitrate concentrations of upper sampling points in steep slope are higher than 0.05mmol/kg from surface soils to deep soils (Fig.1). On the other hand, the nitrate concentrations have become lower than 0.05mmol/kg or nitrate was not detected at the saturated zone of middle and lower sampling points in gentle slope (Fig.1). So denitrification occurred in underground of gentle slope area.

The dissolved manganese concentrations have become higher than 1.0 μ g/kg at the saturated zone of middle and lower sampling points in gentle slope (Fig.1). Therefore, manganese reduction occurred in underground of gentle slope area.

The dissolved iron concentrations have become higher than 4.0mg/kg at the saturated zone of middle and lower sampling points in gentle slope (Fig.1). Therefore, iron reduction occurred in underground of gentle slope area.

The sulfate concentrations have become lower than 0.05mmol/kg at the saturated zone of middle and lower sampling points in gentle slope (Fig.1). The sulfate concentrations of other area were much higher than 0.05mmol/kg (Fig.1). Therefore sulfate reduction occurred in underground of gentle slope area.

The ground water concentration of nitrate gradually decreased along the ground water flow (Fig.2). And the ground water concentration of sulfate from the well E was very low (Fig.3). These changes of nitrate and sulfate concentration from well A to well E mean that these substances may have been reduced when the ground water flowed through this reduction zone (Fig.1) located at the bottom of this forested watershed.

This study demonstrated where nitrate, manganese, iron and sulfate reduction processes occur in forested watershed. The reduction zone was located at the underground in gentle slope. It is likely that gentle slope which makes shallow soils saturated by ground water is the hydro-geomorphological factor and it causes the reduction processes. This result suggests that such reduction zone has a great influence on ground water and stream water chemistry.

キーワード：森林集水域、水文地形学、還元プロセス

Keywords: a forested watershed, hydro-geomorphological, reduction process

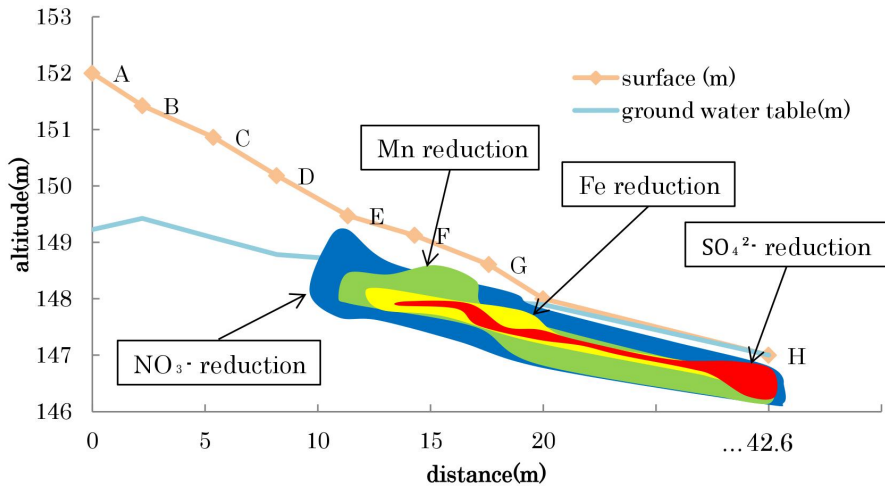


Fig.1 The distribution of reduction zone in forested watershed.

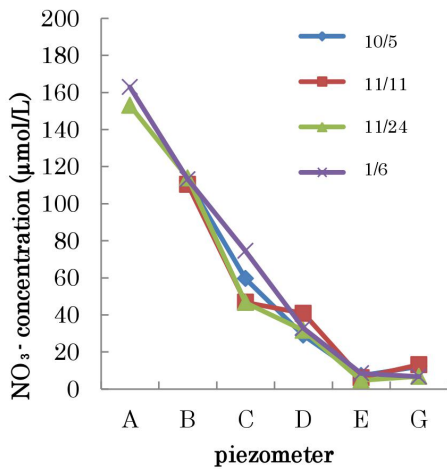


Fig.2 NO₃⁻ concentration of ground water

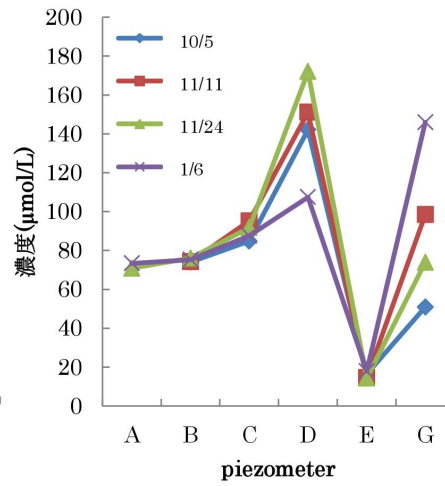


Fig.3 SO₄²⁻ concentration of ground water

森林流域内における地形の違いがヒノキ葉の窒素・リンのストイキオメトリーに与える影響
Topographic influence on leaf nitrogen and phosphorus stoichiometry of Japanese cypress in
a temperate forested watershed

*智和 正明¹、池崎 翔子¹、片山 歩美¹、榎木 勉¹

*Masaaki Chiwa¹, Shoko Ikezaki¹, Ayumi Katayama¹, Tsutomu Enoki¹

1.九州大学農学部附属演習林

1.Kyushu University Forest

植物中の窒素 (N) :リン (P) 比などのストイキオメトリーは増加した窒素沈着によるリン制限を診断する際に用いられている。しかし、森林流域内におけるN:P比の空間分布については評価されていない。本研究は、窒素沈着量が比較的多く (16 kg N/ha/yr)、可給態リンの少ない岩石 (蛇紋岩) の流域内において27プロットのサンプリングを行い、ヒノキのN、P濃度、N:P比およびそれらの空間分布を解析した。その結果、葉中のリン濃度は流域全体で低く (0.66 ± 0.16 mg/g)、窒素濃度は高く (13.0 ± 1.5 mg/g)、N:P比は高かった (21 ± 5)。さらに、ヒノキの成長はNリター量よりもPリター量で説明できた。これらの結果は本研究サイトでヒノキのリン制限を示すものであった。しかし、27地点中7地点でリン制限と提唱されているN:P比が16に近いかそれ以下であった。葉中リン濃度は窒素よりも森林流域内における凹凸度の空間分布に対応しており、N:P比も凹凸度と相関が見られた。これらの結果はN:P比が地形の空間分布の影響を受けることを示していた。これは、増加した窒素沈着によって窒素の空間分布は小さくなることによって引き起こされると考えられた。以上のことから、窒素沈着によって引き起こされるリン制限の診断には地形の空間分布を考慮する必要があることが分かった。

キーワード：リン制限、窒素飽和、大気沈着、蛇紋岩

Keywords: P limitation, N saturation, Atmospheric deposition, Serpentine bedrock

不耕起栽培が熱帯サトウキビ畑の物理性の保全に及ぼす効果

—疑似団粒を用いた耕起・不耕起栽培における雨水浸透特性の検討—

Conservation of Soil Physical Properties by No-tillage Management in Tropical Sugarcane
-Evaluation of Infiltration Characteristics with Artificial Aggregates-*森 也寸志¹、荒井 見和³、Gede Swibawa⁴、Niswati Ainin⁴、金子 信博²、藤江 幸一²*Yasushi Mori¹, Miwa Arai³, Swibawa Gede⁴, Ainin Niswati⁴, Nobuhiro Kaneko², Koichi Fujie²

1.岡山大学大学院環境生命科学研究科、2.横浜国立大学、3.農業環境技術研究所、4.ランブン大学

1.Graduate School of Environmental and Life Science, Okayama University, 2.Yokohama National University, 3.National Institute for Agro-Environmental Sciences, 4.Lampung University

はじめに

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。近年の気候変動の影響のもとでは、極端な干ばつや豪雨が各地で報告されており、風雨に対して脆弱な土壌帯は生産基盤の損失につながる。このうち、透水性や有機物量の維持は団粒形成や迅速な排水などその安定性に欠かすことが出来ない。そこで本研究では、不耕起栽培を実践し土壌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。さらに本研究では、不耕起栽培で形成される団粒を人工的に再現し、気温や湿度を現地と同様の条件とし、室内実験として耕起・不耕起栽培における水移動の特徴を再現し、現地で起きている状況について考察した。

調査と実験の方法

現地調査：スマトラ島南部にあるバンダールランブンのグヌ・マド・プランテーションにおいて、25mx25m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、毎年7月の収穫期直前に土壌環境調査を行った。2011年、2012年に20圃場にて土壌の特性値を計測した後、未攪乱土壌を採取し、透水試験を行った。また、現場では深さ50cmのオーガーホール排水試験を行った。あわせて土壌炭素・窒素量の計測を行い、土壌の肥沃土の指標とした。土壌の特性値計測ではHydra Probe II (Stevens)を、透水性試験では変水位透水試験を、土壌炭素・窒素量計測ではJM1000CN (J-Science Lab)を使用した。なお、土壌の電気伝導度と土壌水分には二次関数で近似できる関係があるため、ECb/θ2という計算を行い、土壌水の電気伝導度を推測した。

室内実験：不耕起の団粒には日本で採取できる赤玉土を使用した。従って耕起区にはこれを粉砕したものをを用いた。内径7.1cm高さ50cmの塩化ビニル管に、不耕起区の深さ20cmまでは団粒を充填し、他の部分は粉砕した土壌を充填した。また、土壌水分センサーを表層から10、30、50cmの位置に設置した。降雨強度20mm/h、2mm/hの人工降雨を総量500ml (130mm, 25%v/v)として計2回降らせた。実験は気温30℃、湿度60%に設定したグロースチャンバー内で行い、土壌水分・塩分センサーで誘電率と電気伝導度を毎日計測した。今回、特に団粒構造を評価するために誘電率-水分変換で新たな変換式を作った。

結果と考察：

現地調査結果では不耕起栽培では僅かに土壌水分が多い傾向があった。解析から得られた土壌水の電気伝導度 (ECw) は耕起区の特表層で高い傾向があった。耕起区は土壌有機物が空気に触れやすい状況にあり、可溶性塩類が生じやすい状況にあると考えられるが、有意な違いではない。ここで乾燥密度から間隙率を計算し、土壌水分に対する飽和度を求めた。耕起・不耕起の管理の影響は深さ方向に現れると考え、深さによる違いを解析するとAの10,30cmで $p=0.053$ 、Bの10,30cmで $p=0.002$ となり、Bについては明らかに10cmより30cmの飽和度が高いことがわかった。間隙が少なければ飽和しやすくまた排水能力が下がりやすい。実際、透水性試験をすれば、ACDはあまり変わらないが、Bでは10cmから30cmにかけて値が大きくなる結果となった。これを重機往來の影響と考えれば、CDは土壌水分、乾燥密度、飽和度ともに保全的である。一方で、耕起栽培を行うと、ABでは表層の土壌環境は良好に見えるが、根群域直下でこれらが変わると推測出来る。Bは飽和度と透水性について明らかにその傾向が出た。Aは、透水試験の上ではその影響が軽減される結果となったが、バガスマルチの施

用,つまり有機物の投入が土壌構造の劣化を軽減していると推測された。オーガーホール排水試験では,不耕起栽培の方が排水性が良く,特にA,BとDは明らかに異なった。Cのばらつきは明らかではないが,いずれにしても深さ30cm以深に管理の特徴が出る可能性を裏付けている。これまで管理の違いを耕起・不耕起といった水平方向で比較検討してきたが,むしろ深さ方向に視点を移すことでその違いが明らかになることがわかった。

室内実験では上記調査結果を精査した。まず,広く使われるTopp式は日本の土壌の水分量を過小評価しており,新たな校正式が必要だった。一般には,接触不良から土壌団粒の水分計測は難しいが,新たな校正式を作ると団粒部分の水分変動を捉えることができた。

降雨強度が強い場合,耕起・不耕起を比較すると深さ50cmへの降雨の到達は不耕起の方が速く,強雨による団粒構造をバイパスする効果が現れていると考えられた。しかし,降雨強度の弱い耕起・不耕起を比較しても深さ50cmへの降雨の到達速度は変わらなかった。さらに2mmの強度で耕起不耕起を比較すると不耕起は50cm層にまで水が達しているのに対して,耕起ではほとんど水が達していない。総降雨量は同じなので,降雨が強いほど下方に水は浸透しにくいことがわかった。逆に不耕起栽培では降雨強度によらず,土壌水分を下方に浸透させていることがわかった。

終わりに

本実験より,不耕起栽培では降雨に関わらず根群域下への排水が速いが,耕起栽培では特に降雨が強い場合排水不良が起こりやすいことがわかった。つまり現地圃場に於いては,普段根群域だけを見ている場合は目立たないが多雨の年にはこの影響が顕著に表れる可能性がある。実際現地では多雨の年に耕起区で収量が落ちるといった報告が成されており,現地調査における飽和度の高さや室内実験における下方浸透の特徴からこれを説明できると考えた。

キーワード：不耕起栽培、土壌構造、サトウキビ

Keywords: No tillage, Soil structure, Sugarcane