

わが国の河川水中溶存鉄濃度の分布と地理的要因のGIS解析 Dissolved iron concentration in rivers throughout Japan and GIS analysis of its geographical factors

正木篤¹, 大西健夫², 白岩孝行³, 木庭啓介¹, 楊宗興^{1*}

Atsushi Masaki¹, Takeo Onishi², Takayuki Shiraiwa³, Keisuke Koba¹, Muneoki Yoh^{1*}

¹ 東京農工大学, ² 岐阜大学, ³ 北海道大学

¹Tokyo University of Agriculture and Technology, ²Gifu University, ³Hokkaido University

Being an essential element, iron can be a limiting factor for marine production. Iron is abundant in earth's surface but dissolved iron is only bio-available. It has been generally believed that forest is vital as a source of dissolved iron, where iron is complexed with humic substances, but few studies have been reported to demonstrate it. In the present study, we firstly show dissolved iron concentration in rivers throughout Japan on the basis of an existing database of river chemistry and a field survey of ourselves. In addition, the geographical factors that regulate river dissolved iron concentration are analyzed by using GIS. The results showed that a wide range exists in dissolved iron concentration among rivers throughout Japan as much as two orders of magnitude with some regionality. Dissolved iron concentration did not have any relationship with forest area coverage; it appears that forest ecosystem itself does not act as a source of dissolved iron. The level of dissolved iron was adequately explained by soil types of Histosols (peaty) and Gleysols (very wet) in river basin and by the gentleness of land surface. The GIS analyses suggest that an important factor to generate dissolved iron is flat lands, where reductive conditions could prevail.

キーワード: 溶存鉄, 海洋の生産, 鉄の供給源としての森林, 河川による輸送, 地理的要因, GISによる解析

Keywords: dissolved iron, marine production, forest as a possible iron source, river export, geographical factors, GIS analysis

腐植物質が海洋植物プランクトンの増殖に及ぼす影響 Humic Substances Affect Growth of the Marine Phytoplankton Cultures

福崎 康司^{1*}, 吉岡 崇仁², 内藤 佳奈子³, 澤山 茂樹¹, 今井 一郎⁴
Koji Fukuzaki^{1*}, Takahito Yoshioka², Kanako Naito³, Shigeki Sawayama¹, Ichiro Imai⁴

¹ 京都大学大学院農学研究科, ² 京都大学フィールド科学教育研究センター, ³ 県立広島大学生命環境学部, ⁴ 北海道大学大学院水産科学研究院

¹Graduate School of Agriculture, Kyoto University, ²Field Science Education and Research Center, Kyoto University, ³Faculty of Life and Environmental Sciences, Prefectural University of Hiroshima, ⁴Graduate School of Fisheries Sciences, Hokkaido University

Humic substances are major components of dissolved organic matter in aquatic systems and known to have a substantial influence on the trace metal speciation, and thus the bioavailability of trace elements. Using newly developed chemically defined medium, we investigated the iron requirements and effects of humic substances on the growth of axenic phytoplankton cultures. Calculated EDTA bound iron species had positive effects on the growth of marine plankton cultures. It is suggested that the composition and concentration of humic substances affect the growth of marine phytoplankton by controlling the iron availability.
Keywords: Marine phytoplankton, Humic substance, Iron, Culture experiment

マレーシア・ボルネオ島ダナンバレー保護区近傍の熱帯低地林小集水域における溶存物質の流入・流出および内部フラックスの観測 Input-output budgets and internal fluxes of dissolved materials in tropical rainforest catchment of Malaysian Borneo

山下 尚之^{1*}, 佐瀬 裕之¹, 小林 亮⁵, レオン コクペン³, ジャミル ハナピ⁴, 内山 重輝³, シニアロバ アーバン³, トー イェンイェン³, マズノリアン ムハマド³, ジコス ジドマン⁴, ニック チャペル²
Naoyuki Yamashita^{1*}, Sase, Hiroyuki¹, KOBAYASHI, Ryo⁵, KOK-PENG, Leong³, HANAPI, Jamil Mohd⁴, UCHIYAMA, Shigeki³, URBAN, Siniarovina³, YING-YING, Toh³, MUHAMAD, Maznorizan³, GIDMAN, Jikos⁴, CHAPPELL, Nick A²

¹ アジア大気汚染研究センター, ² ランカスター大学, ³ マレーシア気象庁, ⁴ ダナンバレーフィールドセンター, ⁵ 株式会社NSS

¹Asia center for air pollution research, ²Lancaster University, ³Malaysian Meteorological Department, ⁴Danum Valley Field Centre, ⁵NSS corporation

The neutralisation of dissolved materials from rainfall to streams in catchments is poorly understood in tropical rainforests with complex biogeochemical and hydrological processes. To investigate the status of neutralisation process and factors controlling streamwater chemistry, input-output budgets and internal fluxes of dissolved materials have been observed in the Baru forested catchment near the Danum Valley Field Centre (DVFC), Sabah, Malaysian Borneo.

The study catchment is covered by 'lowland dipterocarp rainforest'. We collected streamwater from the bottom of the Baru catchment for 3 years and 9 months, from April 2008 to December 2011. To examine the effect of the plant-soil system on the streamwater chemistry, soil solutions were collected several times during 4 months from May to August 2010 using a tension lysimeter (porous cup), and the vertical ion fluxes via the rainfall, the throughfall, the litter and the soil layer were determined using an ion-exchange resin column (IER column) for 2 years, which were divided into four periods from March 2009 to February 2011. Soil solutions using a porous cup were used to examine the temporal change of the concentrations, whereas the vertical fluxes determined by the IER column clarified the vertical distribution of ion fluxes through the plant-soil system; we used IER data to calculate the vertical fluxes from the rainfall to the soil.

In streamwater, the pH was relatively high, and over one year, it fluctuated temporally within a small range between 6.5 and 7.6. The streamwater pH was not directly correlated with water discharge, which controlled most other dissolved materials in the streamwater. The pH did not change over time with strong acid (NO_3^- and SO_4^{2-}); rather, it was affected by the dissolved organic carbon (DOC) and $\text{HCO}_3^-/\text{DOC}$ in this tropical stream. In the plant-soil system, the mean precipitation pH value of 5.3 declined to 4.8 in the surface soil solution and increased to 5.9 in the subsoil and 7.1 in streamwater. A principal component analysis of the soil solution and the streamwater chemistry revealed that the solute pH value declined due to the high concentration of NO_3^- in the surface soil and increased due to low NO_3^- and high base cations in the streamwater.

The annual vertical fluxes of almost all ions rapidly increased from the canopy to the surface soil. The NO_3^- , NH_4^+ and K^+ fluxes markedly decreased from the surface soil to the stream, whereas the Na^+ , Ca^{2+} and Mg^{2+} fluxes remained high in the subsoil and the stream. We concluded that significant chemical weathering between the subsoil and the stream played an important role in the relatively high and stable streamwater pH value and ANC because exports of Na^+ , Ca^{2+} and Mg^{2+} to the stream greatly exceeded the input via atmospheric deposition and because HCO_3^- was significantly correlated with SiO_2 and base cations over the year. In this tropical rainforest catchment, the streamwater had a low acid sensitivity to the fluctuation of NO_3^- or SO_4^{2-} leaching due to the constant high HCO_3^- leaching derived from chemical weathering, whereas DOC, including organic acids, may cause temporal variations in water acidification. A comparison with other studies suggested that regional variations in the streamwater pH of tropical forest might be controlled by the leaching balance of base cations and SO_4^{2-} , which were derived from the chemical weathering.

キーワード: 熱帯雨林, キャッチメント研究, 渓流水質, 土壌水質, 大気沈着

Keywords: Tropical rain forest, Catchment study, Stream water, Soil solution, Atmospheric deposition

元素比及び安定同位体比を用いた汽水ラグーン湖における有機物の起源推定 Origin and composition of organic matter in a brackish lagoon by elemental and isotopic techniques

渡辺 謙太^{1*}, 門谷 茂², 桑江 朝比呂¹

Kenta WATANABE^{1*}, Shigeru MONTANI², Tomohiro KUWAE¹

¹ 港湾空港技術研究所, ² 北海道大学

¹Port and Airport Research Institute, ²Hokkaido University

海域で吸収・固定される炭素「ブルーカーボン」は人為起源炭素の主要なシンクとして注目されている。近年、特に藻場や干潟といった浅海域生態系の重要性が主張されているが、その科学的検証は始まったばかりである。陸域で吸収された炭素の多くは河川を通じて河口域に流入するとされており、浅海域は陸域からの炭素の受け皿としても機能する。また栄養塩負荷を受ける河口域は生産性が高く、自生性有機物が生産される場でもある。従って浅海域には起源や反応性の異なる有機物が存在している。浅海域における炭素隔離機能を定量的に評価するためには、これら起源の異なる有機物の質・量について検証する必要がある。そこで本研究では、有機物の安定同位体比、元素比、光学特性を指標として、汽水ラグーン湖に存在する有機物の起源を塩分勾配に沿って推定した。

研究対象となる風蓮湖は北海道根室半島の付け根に位置し、湖口を根室湾に開いた汽水ラグーン湖である。風蓮湖には複数の河川が流入し、流域は大酪農地帯となっている。湖面積の67%は海草藻場であり、また酪農由来の栄養塩流入で富栄養化している。それゆえ、風蓮湖には起源の異なる有機物が供給されていることが予想される。本研究では湖で生産される現地性有機物と系外から供給される異地性有機物を定量的に評価するため、風蓮湖とその流入河川において横断的にデータを収集した。POMについては濃度、元素比、炭素・窒素安定同位体比を測定した。N/C比および炭素・窒素安定同位体比を指標として、4端成分(河川由来POM、沿岸海域由来POM、湖内生産POM、アマモ由来POM)の混合モデルにより、湖内POMに対する各起源の寄与率推定を行った。DOMについては濃度、元素比、吸光特性を測定し、有機物の起源を評価した。その結果、系外からの流入に加えて、湖内の生産がPOM、DOMの供給に大きく寄与することが示された。POMの起源推定では、塩分10-25の地点では湖内生産POMが大半を占めると推定された。陸起源POMは河口付近では約60%を占めたが、塩分の上昇とともに減少した。DOMはラグーン内のクロロフィル濃度に依存して、増加した。またDOMの増加によってC/Nが減少したことから、植物プランクトンに由来するDOMが供給されたと考えられる。これらの結果から、浅海域は陸域由来の炭素の堆積に加えて、内部生産により炭素を活発に固定する場であることが示唆された。

キーワード: 安定同位体混合モデル, 元素比, 河口域, 懸濁態有機物, 溶存態有機物

Keywords: stable isotope mixing model, elemental ratio, estuary, particulate organic matter, dissolved organic matter

西部北太平洋における溶存有機物の光学的性質 Spectral characteristics of chromophoric dissolved organic matter in the western North Pacific

山下 洋平^{1*}, 野坂裕一², 鈴木光次¹, 小川浩史³, 高橋一生⁴, 齊藤宏明⁵

Youhei Yamashita^{1*}, Yuichi Nosaka², Koji Suzuki¹, Hiroshi Ogawa³, Kazutaka Takahashi⁴, Hiroaki Saito⁵

¹北海道大学大学院地球環境科学研究院, ²北海道大学大学院環境科学院, ³東京大学大気海洋研究所, ⁴東京大学大学院農学生命科学研究科, ⁵独立行政法人水産総合研究センター 東北区水産研究所

¹Faculty of Environmental Earth Science, Hokkaido University, ²Graduate School of Environmental Science, Hokkaido University, ³Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, ⁴Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo, ⁵Tohoku National Fisheries Research Institute, Fisheries Research Agency

Chromophoric dissolved organic matter (CDOM) ubiquitously occurs in marine environments and plays a significant role in the marine biogeochemical cycles. Basin scale distributions of CDOM have recently been surveyed in the global ocean and indicate that quantity and quality of oceanic CDOM are mainly controlled by in situ production and photo-degradation. However, factors controlling the spectral parameters of CDOM at UV region (i.e., S275-295 and SR) have not been well documented. To evaluate the factor controlling the spectral characteristics of CDOM at UV region in open ocean, we determined the quantitative and qualitative characteristics of CDOM in the subarctic and subtropical surface waters (5-300 m) of the western North Pacific. Absorption coefficients at 320 nm in the subarctic region were significantly higher than those in the subtropical region throughout surface waters, suggesting that magnitudes of photobleaching were different between two regions. The values of S275-295 and SR were also significantly higher in the subtropical region compared with the subarctic region. The dark microbial incubation showed biodegradation of DOM little effected on S275-295, but slightly decreased SR. On the other hand, increases and unchanging was observed for S275-295 and SR during photo-irradiation incubations respectively. These experimental results indicated that photobleaching of CDOM mainly produced qualitative differences in CDOM at UV region between the subarctic and subtropical surface waters. The results of this study imply that S275-295 can be used as a tracer of photochemical history of CDOM in open ocean.

キーワード: 海洋, 溶存有機物, 光学的性質, 光分解

Keywords: Marine biogeochemistry, Dissolved organic matter, Spectral characteristics, Photobleaching

海洋有機炭素分解過程における細菌群集の動態

Contribution of heterotrophic bacteria for degradation process of organic carbon in the ocean

多田 雄哉^{1*}

Yuya Tada^{1*}

¹ 北海道大学大学院地球環境科学研究院

¹Hokkaido University

海洋細菌は海水 1 ml あたり 100 万細胞という膨大な数で存在し、植物プランクトンによる一次生産の 30-50% を消費している。また、海洋表層から深層への有機物沈降フラックスの 20-100% に相当する量の有機炭素が、海洋細菌によって消費されていることも明らかとなってきた。つまり、海洋細菌による有機炭素分解過程は、生物ポンプ (海洋表層から深層への有機物輸送) 効率を決める重要な要因であり、海洋細菌の有機物分解への寄与を定量的に解析することは、海洋有機炭素循環理解の深化につながると考えられる。

近年、分子生態学的手法の導入により、海洋における有機炭素分解速度の大きさは、海洋細菌の群集組成と増殖に大きく依存することが明らかとなってきた。例えば、海洋表層に普遍的に生息しているサイトファーガ系統群は高分子の溶存有機炭素を、SAR11 系統群は低分子の溶存有機炭素を利用し、増殖することが報告されている。つまり、特定の海洋細菌系統群の生物量 (群集組成) および増殖速度を明らかにすることで、有機炭素分解過程の理解を深化させることができると考えられる。

環境中における細菌の増殖を直接的に検出する手法として、放射性同位元素で標識された基質を細菌へ取り込ませ、検出する手法がある。しかしながら、我が国をはじめとして、野外での放射性同位元素の使用が厳しく規制されている国々では、この手法を用いた解析は困難である。そこで本発表では、医学、細胞生物学の分野で、非放射性的増殖トレーサーとして用いられているプロモデオキシウリジン (BrdU) を、海洋細菌の動態解析に応用した独自の手法「増殖トレーサー法」について紹介し、これまで得られたデータをもとに植物プランクトンによって生成された有機炭素の分解に寄与する細菌群の動態について紹介する。

キーワード: 海洋細菌, 群集構造, 植物プランクトン, 海洋有機炭素循環

Keywords: Marine bacteria, Community structure, Phytoplankton, Ocean carbon cycle

有機物分解の温度依存性の規定因子：基質の化学組成、アクセシビリティ、微生物生理の関係

Linking temperature sensitivity of decomposition with substrate quality and microbial physiology

和穎 朗太^{1*}

Rota Wagai^{1*}

¹ (独) 農業環境技術研究所

¹National Institute of Agro-Environmental Science

Carbon dioxide production via microbial degradation of organic matter (OM) may significantly accelerate anticipated global warming depending on its temperature sensitivity. Thus the controls on the degradation temperature sensitivity have been a topic of scientific debate in both terrestrial and marine systems. A leading hypothesis in the terrestrial literature (called enzyme kinetic or carbon quality hypothesis) suggests that the degradation of low-quality substrate (SOM with complex molecular structure) is more temperature sensitive than that of high-quality, simple substrate in accord with Arrhenius kinetic theory. Supporting evidence, however, relies largely on respiration-based indices of substrate quality. Furthermore, the enzyme-substrate reactions that drive SOM degradation may be regulated by microbial physiology (e.g., direct temperature effect on microbial community) and/or constrained by protective effects of soil architecture (e.g., micro-aggregate formation via organo-mineral interaction).

We thus tested the kinetic hypothesis by directly assessing the carbon molecular structure of low-density fraction (LF) which represents readily accessible, mineral-free SOM pool. Using five mineral soil samples of contrasting SOM concentrations, we conducted 30-days incubations (15, 25, and 35 °C) to measure microbial respiration and quantified easily-soluble C as well as microbial biomass C pools before and after the incubations. The respiration Q₁₀ was significantly correlated with the abundance of aromatic plus alkyl-C relative to O-alkyl-C groups in LF but not in bulk soil fraction or with the indirect C quality indices based on microbial respiration or biomass. The laboratory warming did not significantly change the size of microbial biomass C or the three types of soluble C pools despite two- to three-fold increase in respiration. These results suggest that the enhanced microbial maintenance respiration (reduced C-use efficiency) upon warming especially in the soils rich in recalcitrant LF might lead to the apparent equilibrium between SOM solubilization and microbial C uptake. Our results showed physical fractionation coupled with direct assessment of molecular structure as an effective approach and supported the enzyme-kinetic interpretation of widely observed C quality-temperature relationship for short-term degradation. Factors controlling the Q₁₀ of long-term SOM degradation are more complex due to protective effect of mineral matrix and thus remain as a central question.

キーワード: 土壌有機物, 微生物分解, 反応速度論, 核磁気共鳴法, 比重分画, Q₁₀

Keywords: soil organic matter, microbial degradation, NMR, density fractionation, kinetic theory, Q₁₀

古コンブ標本に残された 15N の解読により得られたかつてのニシン産卵群による 北海道日本海沿岸への栄養輸送の可能性 Detecting 15N records in paleo-laminaria specimen; Evidence of herrings derived DIN to the west coast of Hokkaido, Japan

栗林 貴範^{1*}, 阿部剛史², 門谷 茂³

Takanori Kuribayashi^{1*}, ABE, Tsuyoshi², MONTANI, Shigeru³

¹ 北海道立総合研究機構中央水産試験場, ² 北海道大学総合博物館, ³ 北海道大学大学院水産科学研究院

¹Hokkaido Res. Org. Cent. Fish. Inst., ²Hokkaido Univ., Museum, ³Fac., of Fish., Sci., Hokkaido Univ.

古コンブ標本に残された 15N の解読により, かつて北海道日本海沿岸において大量に来遊したニシン産卵群による栄養輸送の可能性を示唆するデータを初めて得ることができた。本データはこれまでの仮説の一つであった「ニシンによる栄養輸送説」を支持する「証拠」である可能性がある。

道中央水試は, 1989 年以降本道日本海において栄養塩モニターを継続しているが, 1988 年以前の栄養塩環境については, 同一定点での連続データがほとんど存在せず, 経験的法則による仮説や推測に留まっていた。一方, コンブ等の固着性藻類は, 移動せずに現場の栄養塩を利用して藻体を形成する。このことは, 藻体成分から生息期間における現場の栄養塩環境を推定できる可能性を意味し, 過去の固着性藻類が保存されていれば, 生息海域における当時の栄養塩環境を推定できる可能性がある。本研究では, かつて本道日本海に生息し現在は標本として保管されている古コンブ, および現在本道日本海に生息する現生コンブを採取し, 一般に窒素態栄養塩の起源の指標として利用される藻体の窒素安定同位体比 (15N) を解析することで, 本道日本海における過去の栄養塩環境を 100 年スケールで推定した。

古コンブ試料には, 北海道大学総合博物館海藻標本庫 (SAP) に保管されている過去 133 年 (1880 年 ~ 2012 年) 間の標本を用いた。現生コンブ試料には, 古コンブ試料と同じ地点で採取された同じ種のコンブを用いた。コンブ試料は洗浄, 乾燥, 均一化された後, 藻体同部位の 15N を分析した。また, 海域間による値の違いや変動傾向を比較するため, 他の本道周辺海域 (太平洋, オホーツク海) で採取されたコンブ試料についても同様に処理, 分析した。さらに種による値の違いや変動傾向を把握するため, 複数種のコンブ試料やコンブ属以外の海藻類試料についても可能な範囲で同様に処理, 分析した。

コンブの 15N は, 1980 年代以降では三海域ともに 5 ~ 6 ‰前後を示したのに対し, 1880 ~ 1920 年頃の日本海でのみ広範囲で 10 ‰前後と高い値を示した。このことは, 窒素態栄養塩の濃度差や藻体の変質のみでは説明できず, 当時の日本海では, 現在および他海域と起源が異なる窒素態栄養塩が広範囲に分布し, コンブが利用することで藻体に記録された可能性がある。当時の日本海に分布した高い 15N を示す窒素態栄養塩の主要起源として, 1) 人為起源窒素, 2) 脱窒起源窒素, 3) 人間以外の動物起源窒素 が考えられたが, 本傾向は人口変動の傾向と異なること, 当時はニシンの産卵場・生育場であり, 時化や冬季冷却により海水混合が活発であることから, 1), 2) のみでは説明できない。

一方, 3) に関連した仮説の一つに「ニシンによる栄養輸送説」がある。かつてのニシン漁は北海道の経済・文化を支え, 1880 ~ 1920 年頃の日本海では, ニシンの漁獲量が現在の 500 ~ 1000 倍に達し, 日本海での漁獲のみで周辺海域での漁獲量の 90% 以上を占めていた。大谷らは, コンブとニシンの漁獲量解析により, ニシンがコンブの栄養源として寄与していた可能性を指摘している (大谷ら, 1995)。また, 鰯粕製造過程で生じた煮汁が海域に流出した場合, 膨大な栄養塩量になる可能性を試算し (北海道, 1986), 煮汁が海域に流出していた頃はコンブが繁茂していた経験的法則に基づき, 発酵魚粕を海域に投入する施肥事業も取り組まれている (吉良ら, 2002)。そこで, コンブの 15N をニシンの漁獲量と比較した結果, 日本海でのみ類似した変動傾向を示し, かつての本道日本海沿岸では, ニシンを起源とする窒素態栄養塩が広範囲に分布していた可能性がある。

当時のニシン産卵群は, 現在とは異なり, コンブの生長期である春季に来遊した。現在, 冬季に供給された窒素態栄養塩は, 春季でほぼ枯渇している。魚粕窒素成分が海水投入直後から分解され, 全窒素の約 80% が 40 日強で無機態窒素になる室内試験結果 (岡元ら, 2004) や, 魚粕の海水投入によりコンブの生長が促進され, 藻体の 15N が 10 ‰前後まで上昇する現場試験結果も考慮すれば, かつての本道日本海沿岸では, 少なくとも春季においてニシン起源の窒素態栄養塩が広範囲に分布し, ニシン産卵群がコンブの生長に寄与する重要な役割を担っていた可能性がある。

キーワード: コンブ, 窒素安定同位体比, 北海道日本海, ニシン, 栄養塩

Keywords: laminaria, 15N, west coast of Hokkaido, herrings, DIN

八郎湖流域における流入河川河口のリン酸濃度の時空間変動 Spatio-temporal variation of phosphate concentration at river mouths in the Lake Hachiro watershed, Akita, Japan

早川 敦^{1*}, 池田 里美¹, 石川 祐一¹, 日高 伸¹

Atsushi Hayakawa^{1*}, Satomi Ikeda¹, Yuichi Ishikawa¹, Shin Hidaka¹

¹ 秋田県立大学

¹ Akita Prefectural University

[Aim] The present study was conducted to elucidate spatio-temporal variation of phosphate (PO₄) concentration at river mouths of 5 main rivers entering to Lake Hachiro.

[Materials and Methods] Study sites were at river mouths of 5 main rivers (MTN, BBM, IKW, TYK, BFM) entering to Lake Hachiro at Akita prefecture, Japan. Surface and bottom (about 10 cm from the riverbed) of river water at each site was sampled once a month from May to December in 2012. River sediments were also collected from the top 10 cm of the riverbed at the same time of the water sampling. Dissolved gases in stream water were collected to measure N₂O and CH₄ concentration. Water and sediment samples were placed on ice, transported back to the laboratory, and refrigerated until denitrification assays and water analysis. Sediment incubation was conducted to evaluate the effect of temperature (10, 25 deg C) and oxic or hypoxic conditions on PO₄ release from the sediments. Fractionation of sediment phosphorus (soluble and loosely bound P, Al-P, Fe-P, reductant soluble P, and Ca-P) was also determined at each site. Phosphorus concentrations in the various solutions were determined using the molybdenum blue method. The denitrification assays of the sediments were determined using the acetylene inhibition technique, which inhibits the final step in the conversion of N₂O gas into N₂ gas. To determine the difference among sites in the amount of organic C available to the denitrifying organisms, we defined denitrification potential (DP) as the denitrification rate that occurred under anaerobic conditions with abundant NO₃⁻ at 25 deg C.

[Result and Discussion] Riverine PO₄ concentrations had a large spatio-temporal variation, which increased from summer to autumn at three rivers (IKW, TYK, BFM). PO₄ concentrations in bottom water tended to be higher than that in surface water, which indicated part of PO₄ was from the riverbed during summer and autumn. In contrast, NO₃⁻ concentrations decreased likely by denitrification of which DP was higher in the three rivers, causing lower DIN/DIP ratios in river water during the summer. Higher dissolved CH₄ concentrations in the bottom water indicated the riverbed was under anoxic condition in summer at the three river mouths. The results of the sediment incubation clearly demonstrated that PO₄ was released from the sediments at 25 deg C with hypoxic condition, especially from the three river's sediments. Fe-P contents in the sediments also had a spatial variation among sites and correlated positively with PO₄ concentration in the river water. In conclusion, Fe-P in the river sediments had a large impact on the river water and would result in the spatio-temporal variations of PO₄ concentration in river mouths in the Lake Hachiro watershed.

キーワード: リン酸, 河川堆積物, 富栄養化, 脱窒, 鉄型リン

Keywords: phosphorus, river sediment, eutrophication, denitrification, Fe-P

沿岸域におけるブルーカーボンと大気中CO₂との関連性 Relationship between the coastal Blue Carbon and atmospheric CO₂

所立樹^{1*}, 桑江 朝比呂¹

Tatsuki Tokoro^{1*}, KUWAE, Tomohiro¹

¹ 港湾空港技術研究所

¹ Port and Airport Research Institute

将来の気候変動対策のための、大気中CO₂濃度の抑制は喫緊の課題であり、その実現のためには単一的手法ではなく、様々な抑制策が求められている。2009年のUNEPのレポートでは、海洋生態系によって固定される炭素を「ブルーカーボン」と命名し、新たな気候変動対策となりうると報告している。特に、沿岸域では、海草のような難分解性のブルーカーボンが堆積物中に蓄積するため、CO₂を長期間大気中から隔離できると期待されている。

しかしながら、沿岸域のブルーカーボンが大気中CO₂濃度やその動態にどのような影響を与えているのか、定量的な評価はなされていない。むしろ、マングローブや塩生湿地等の水域で、大気へのCO₂放出の傾向が多数報告されており、沿岸域は大気へのCO₂放出源とする知見が一般的である、しかし、ブルーカーボンと大気中CO₂との関係性を評価するために必要な水中の複雑な炭素フロー（炭酸系平衡・生態系の純生産・陸域負荷）の総合的な解析例はほとんど無い。更に、既往の研究はマングローブや塩生湿地などの植生が水上にある水域に偏っており、海草場のような植生水中の炭素を取り込む水域の測定例はほとんど報告されていない。

本研究では、国内の海草場の炭素動態を現地観測し、測定値を既往研究と比較して、海草場におけるブルーカーボンと大気中CO₂との関係性を解析した。測定水域は、緯度の違いの顕在化を目的として、亜寒帯である北海道風蓮湖と亜熱帯である石垣島の吹通リーフの海草場をそれぞれ選定した。測定した炭素フローは、1): 大気 水間CO₂フラックス、2): 生態系の純生産 (NEP: Net Ecosystem Production)、3): 陸域からの炭素負荷である。1)の測定には、渦相関法・バルク法・フローティングチャンパー法の3つの異なる手法を併用した。2), 3)の測定は、採水サンプルの溶存無機炭素 (DIC: Dissolved Inorganic Carbon) から算出した。ただし、吹通リーフにおける2)は、測定の信頼性の問題から、海草の成長量で代用した。風蓮湖では主な測定を2010年の夏季(8月)と冬季(11月)、バルク法やNEPの測定を2011年の6-11月に行った。吹通リーフでは2011年の夏季(8月)に行った。

測定結果の概要を下記に示す。1): 風蓮湖では夏季に大気中CO₂の吸収、冬季に大気中へのCO₂放出を示した。年間の平均値は、2010年・2011年ともに大気中CO₂の吸収を示した。吹通リーフでは、期間中の平均は大気中CO₂の吸収を示したが、測定期間の後半にかけて放出方向にシフトしていた。2): 風蓮湖では、夏季に明瞭な日変動が確認され、独立栄養的な環境であった。冬季は、光合成・呼吸分解活動ともに顕著ではなく、平均して従属影響的な環境であった。2011年では、6-9月に独立栄養的、10-11月は従属栄養的であった。吹通リーフでは、海草の成長量から独立栄養的な環境が示された。3): 両方のサイトで、河川を通じた炭素負荷が確認された。

上記の結果では、測定した海草場では独立栄養的(従属栄養的)な環境では、大気中CO₂の吸収(放出)源であった。また、炭酸系の平衡計算から、NEPによるCO₂分圧の減少のため、陸域負荷のために本来CO₂放出源であったのがCO₂吸収源となっていたことが明らかとなった。本研究の海草場のNEPは既往研究による海草場の平均値よりも低く、他の海草場ではより多くの大気中CO₂を吸収するポテンシャルを持っていると推測される。

本研究の成果として、海草場のブルーカーボンは大気中CO₂濃度抑制に直接的に貢献しうると示された。従って、今後のブルーカーボン研究の進展により、REDD+のような便益による海草場の生態系の保全や再生のための資金源の獲得に繋がると期待される。

キーワード: 沿岸域の植生の保全再生, 気候変動対策, 沿岸域の炭素動態, 海草場, 渦相関法

Keywords: Recovery and Reservation of coastal vegetations, Initiative for climate change, Carbon flow in coastal regions, Seagrasses, Eddy covariance

森林流域における水移動過程と窒素化合物の流出機構

Influence of surface flow on nitrogen discharge processes from a forested watershed

久郷 達朗^{1*}, 尾坂 兼一¹, 伊井 裕美¹, 永淵 修¹, 西田 継², 中村 高志²

Tatsuro Kugo^{1*}, Ken'ichi Osaka¹, II, Yumi¹, Osamu Nagafuchi¹, Kei Nishida², Takashi Nakamura²

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

¹ Graduate School of Environmental Science, the University of Shiga Prefecture, ² ICRE University of Yamanashi

森林流域における水移動過程と窒素化合物の流出機構を解明することを目的として、滋賀県甲賀市甲賀町油日の油日S流域にて実施した研究における2012年4月13日から同年11月30日までの結果を示したものである。本研究では、林外雨1地点、林内雨4地点、表面流6地点(斜面下部4地点、上部2地点)、深度10cm、30cmの土壌水6地点ずつ(斜面下部4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)の採水装置を設置し、隔週で採水を行った。また、合わせて湧水3地点、渓流水2地点の採水を行った。斜面上部の採水装置は6月25日に設置した。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、硝酸イオンの酸素安定同位体比である。全窒素に関しては、林外雨、林内雨、渓流水のみ分析を行った。また、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。

調査期間における林内雨、表面流、土壌水の積算採水量は、それぞれ18.4-20.2、33.8-73.4、0.5-27.5Lであり、表面流で最も多かった。つまり油日S流域においても表面流は発生していた。しかし単位面積当たりに換算すると、それぞれ1040.6-1142.5、2.1-9.6、11.6-611.9mmであり、森林流域における水移動量として、表面流は極めて少量であった。そのため、流域規模でみると森林土壌に到達した降水のほとんどは土壌へ浸透していると考えられる。表面流は斜面上部に比べ下部で採水量が多く、一部の表面流は、斜面上部から連続的に発生していることが示唆された。また、表面流による水移動量と林内雨量の相関は弱く、降雨規模が大きいかほど表面流による水移動量が多くなるわけではなかった。

土壌水は採水できる地点とできない地点がはっきり分かれており、その地点は調査期間の間には変わることではなかった。また、土壌水量と林内雨量の相関は強く、降雨規模に比例して土壌への浸透量が増していた。このことから表面流の水移動量と林内雨量に相関がないことは、降水の土壌へ浸透する割合が降雨ごとに変わっているのではなく、表面流の流路が降雨ごとに変わっていることが理由であると考えられる。

調査期間における林外雨、林内雨、表面流、土壌水10cm、土壌水30cmにおける窒素移動量、本森林流域からの窒素流出量はそれぞれ平均値で5.94、11.50、0.12、3.69、4.18、4.68kgN/haであった。各水移動過程の中で溶存態窒素濃度は表面流で最も高かったが、水移動量が少量であるため、窒素移動量も少なかった。このことは、本森林流域では窒素化合物流出に表面流発生の影響はあまり強くなく、林内雨に溶存して土壌に供給された窒素化合物は土壌中で消費されながら流域から流出していることを示している。また、林内雨から土壌へ供給された窒素化合物の大部分が、一度植物に吸収され、再生産された窒素化合物が流域から流出していることが、硝酸イオンの酸素安定同位体比の測定値から明らかになった。

なお、この研究の一部は財団法人ダム水源地環境整備センターの助成金をもって行われた。

キーワード: 森林流域, 表面流, 窒素流出機構

Keywords: forested watershed, surface flow, nitrogen discharge processes

首都圏の大気汚染物質の影響を受ける埼玉県の河川と山岳によって隔離された山梨県の河川の水質に関する比較研究

Difference of water quality of rivers between the affected by polluted air from urban area and the enviroined by mountain

町田 佑輔^{1*}, 佐竹 研一¹

Yusuke Machida^{1*}, Kenichi Satake¹

¹ 立正大・地球環境

¹ Geo-environment Sci, Risscho Univ.

関東地方の西部に位置する奥秩父山塊は、信濃川、荒川(入川、中津川)、富士川(笛吹川)、多摩川の4つの河川の水源地となっており、広域関東圏での水資源確保の重要な山塊となっている。

本研究では、奥秩父山塊を水源とする各河川の中で、首都圏からの大気汚染物質(特に窒素酸化物)の影響を受けていると考えられる埼玉県を流れる荒川源流部と、高海拔山岳地帯によって汚染大気の流れが遮られ、その影響が少ないと考えられる山梨県の富士川源流部の笛吹川のそれぞれで大気由来の窒素化合物の河川への影響を明らかにする事を目的として、2010年11月から2012年12月までの2年間毎月採水を行ない、水質にどのような違いが見られるかを比較検証した。

埼玉県を流れる荒川源流部(入川、中津川)のNO₃-N濃度は、最も高い月で0.74mgL⁻¹と高い値を示した。そして、山梨県を流れる富士川源流部(笛吹川)のNO₃-N濃度は最も高い月でも0.46mgL⁻¹と示し荒川源流部よりも低い値を示していることが明らかとなった。また、各採水地点ごとのNO₃-N濃度の平均値を比較しても、埼玉県を流れる荒川源流部の方が2倍近く高い値を示しており、この結果は埼玉県側を流れる河川が、首都圏からの大気汚染物質の影響を受けてNO₃-濃度が高いこと示唆していた。一方、山梨県側を流れる河川については奥秩父山塊のような高海拔山岳地帯によって首都圏からの大気汚染物質から隔離されることによって影響を受けにくいことが示唆された。

この結果が実際に大気由来のものかを検証するため、数値予報モデルGPVを用いて首都圏からの大気の流れを算出し、大気汚染物質が実際に首都圏から流れてきているのか解析を行った。

富士山麓森林における窒素酸化物とオゾンの高度分布

Observation of vertical profiles of nitrogen oxides and ozone in two forest sites at the foot of Mt Fuji

飛弾 勇輝^{1*}, 森山 友介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
Yuki Hida^{1*}, Yusuke Moriyama¹, Ryuichi Wada¹, Tomoki Mochizuki², Akira Tani², Yuichiro Nakai³, Satoru Takanashi³, Takashi Nakano⁴, Yoshiyuki Takahashi⁵, Yuzo Miyazaki⁶

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

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

温室効果ガスや反応性窒素ガスといった大気中に微量存在する化学物質の発生および吸収・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。しかしながら窒素化合物の発生および吸収・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その発生量・吸収量の時間変動と要因解明が求められている。

本研究は、森林内における窒素酸化物 (NO、NO₂) とオゾンの発生および吸収・沈着に関する知見を得るべく、富士山麓の2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) および富士北麓フラックスサイト (国立環境研究所、アカマツ林) の微気象観測タワーを用いて窒素酸化物 (NO、NO₂) とオゾンの濃度の高度毎の観測を実施した。富士吉田アカマツ林と富士北麓カラマツ林フラックスサイトは約 1.2km 離れている。富士吉田アカマツ林は、約 1000 年前の剣丸尾溶岩流上に成立したアカマツが優占する林 (胸高断面積比で約 80%) で、アカマツの年齢は約 100 年である。この林は、人による管理が放棄された後、アカマツが一斉に生えた天然林である。窒素酸化物 (NO、NO₂) とオゾンの計測には化学発光分析装置 (42iTL Thermo 社、CLAD-1000A 島津社) および紫外吸収分析装置 (49C Thermo 社、UVAD-1000A 島津社) を用いた。微気象観測タワーの高度 2m、10m、16m、28m の4ヶ所にサンプリング口を設置し、各高度の大気を、PTFE チューブを用いて分析装置まで吸引し、バルブを切り替えることで高度別の計測を実施した。観測は富士北麓カラマツ林で 2012 年 7 月 7 日から 7 月 19 日の 13 日間、富士吉田アカマツ林で 2012 年 8 月 24 日から 31 日の 8 日間、実施した。

オゾンの濃度は、昼夜ともに高度が下がるに従い、濃度が減少する高度分布が観測された。窒素酸化物 (NO、NO₂) では高度毎での濃度差は小さかったものの、葉が茂っている樹冠部にて濃度が下がる傾向が観測された。これら高度分布の観測結果から、オゾンと窒素酸化物では森林内部における放出および吸収・吸着の様子が異なることが明らかとなった。アカマツ林、カラマツ林は同様の高度分布を示しており、アカマツとカラマツの植生の違いによる、オゾンと窒素酸化物の放出および吸収・沈着の違いは小さいと考えられた。

キーワード: 森林, 大気, 窒素酸化物, オゾン, 高度分布

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

北海道北部の冷温帯林におけるササの窒素吸収の季節変化

Seasonal pattern of nitrogen uptake by Sasa dwarf bamboo in a cool-temperate forest in northern Hokkaido

福澤 加里部^{1*}

Karibu Fukuzawa^{1*}

¹ 北海道大学北方生物圏フィールド科学センター

¹Field Science Center for Northern Biosphere

窒素は生物に必須の元素であり、植物による無機態窒素の吸収は森林生態系における窒素動態に影響を及ぼすと考えられている。未攪乱の状態では生態系内部での循環量は生態系外への溶脱量に比べてはるかに大きいことが知られる。また自然状態における河川水中の硝酸濃度は夏低く冬高い季節変動を示すことが知られており、この要因として植物による養分吸収が少ないことが考えられているものの、植生による養分吸収の季節性について定量的に明らかにした研究は少ない。特に北海道北部には林床植生として密生しているササは生態系の生物地球科学的プロセスに深く関わっている可能性が指摘されている。またササは常緑の多年生草本であり、冬季でも積雪下で緑葉をつけているため、休眠期の落葉性植物とは異なった挙動を示すことも考えられる。そこで本研究では、北海道北部の冷温帯林におけるササの窒素吸収の季節変化を定量的に解明することを目的として、年に4回窒素安定同位体¹⁵Nを散布し、その後の植物への取り込みを調べた。

調査は北海道北部に位置する北海道大学天塩研究林内の冷温帯林で行った。林床にはクマイザサ(*Sasa senanensis*)が密生している。調査は秋冬春夏(2011年11月、2012年1月、5月、7月)の4回行い、各観測日に1m×1mのプロットをつくり、¹⁴NH₄区、¹⁵NH₄区、¹⁴NO₃区、¹⁵NO₃区の4つの処理区を設定した。その結果全部で16プロットを設定した。各プロットは周囲を土壌30cm深までトレンチを切り、そこに波板を入れ外部の根茎とのつながりを遮断した。NH₄区ではNH₄Cl、NO₃区ではNaNO₃を散布した。各プロット内にてササの稈が1本以上入るように20×20cmのコドラートを5箇所設置した。その中でシリンジを用いて1mMのNH₄ClおよびNaNO₃を128ml均等に散布した。NH₄区では散布液中に硝化抑制剤ニトラピリンを8mg含有した。散布1日後および1ヵ月後に各コドラート内にてオーガーを用いて10cm深の土壌を採取し、水で洗浄することによりササの根を採取し、粉碎後に¹⁵N濃度を測定した。季節ごとの¹⁵N濃度を比較することにより窒素吸収の季節変化について検討した。

キーワード: ¹⁵N トレーサー, 硝酸, アンモニウム, 根, クマイザサ

Keywords: ¹⁵N tracer, nitrate, ammonium, root, *Sasa senanensis*

リター分解に伴う抽出可能な有機物の生化学的变化 Changes in biochemical characteristics of extractable organic matter during litter decomposition

保原 達^{1*}, 長谷川裕紀¹, 大園享司²
Satoru Hobara^{1*}, HASEGAWA, Yuki¹, OSONO, Takashi²

¹ 酪農学園大学, ² 京大大学生態学研究センター

¹Rakuno Gakuen University, ²Center for Ecological Research, Kyoto University

リター分解は、陸上生態系の生産性を維持する上で非常に重要なプロセスである。リターの分解は、リター全体の質的变化よりも、リターから抽出されやすい有機物の質的变化が先行することが予想される。しかしながら、リター分解に伴って、リター抽出性の有機物がどのような早さでどのような化学的变化を示すかについてはよく分かっていない。本研究では、そうした抽出されやすい有機物の質的变化が、リター全体の質的变化に対してどのように異なるか、どのような点において先んじているかについて明らかにすることを目的とする。特に本発表では、抽出可能な有機物がリター分解に伴いどのような生化学的变化を示すかに関する結果を報告する。ミズナラリターの分解初期では、抽出可能な有機物にはリターの基質により多様な分子量分布がみとめられていたが、リターの分解が進むにつれこれに大きな変化がみとめられた。他植物種のリターにおいても同様の傾向を示す場合が多かった。本発表では、植物種のみならず微生物などの生体分子の分解における変化などについても議論する。

キーワード: リター分解, 土壌有機物, 抽出可能な有機物, 分子量分布, アミノ酸

Keywords: litter decomposition, soil organic matter, extractable organic matter, molecular weight distribution, amino acid

森林表層土壌における亜硝酸の変換・放出プロセスについて The processes of transformation and emission of nitrite in the forest soil

黒岩 恵^{1*}, 磯部 一夫¹, 木庭 啓介², 稲垣 善之³, 大手 信人¹, 大塚 重人¹, 妹尾 啓史¹

Megumi Kuroiwa^{1*}, ISOBE, Kazuo¹, KOBA, Keisuke², INAGAKI, Yoshiyuki³, OHTE, Nobuhito¹, OTSUKA, Shigeto¹, SENOO, Keishi¹

¹ 東京大学農学生命科学研究科, ² 東京農工大学大学院農学研究院, ³ 森林総合研究所

¹ Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo, ² Graduate School of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology, ³ Forestry and Forest Products Research Institute

森林土壌において亜硝酸 (NO_2^-) はその反応性の高さゆえにほとんど検出されることがなく、これまでその動態についてはほとんど着目されてこなかった。しかし NO_2^- は NH_4^+ 酸化 (硝化過程) や NO_3^- 還元 (脱窒過程) を含む全ての無機態窒素の変換反応に関わるため、窒素循環を理解する上で極めて重要な物質である。さらに、 NO_2^- は容易にガス態 (NO や N_2O) に還元されうること、また近年 NO_3^- とともに窒素の主要な溶脱源として注目されつつある溶存有機態窒素 (DON) に変換されうることが知られている (Davidson et al. 2003)。

そこで、本研究では窒素安定同位体 (^{15}N) でラベルされた $^{15}\text{NO}_2^-$ を添加・培養し、森林土壌中の亜硝酸の動態把握を行った。試供土壌は東京都八王子市に位置する FM 多摩丘陵 (東京農工大学農学部付属) にて、0-10 cm 鈹質土層から採取した。このサイトにおける年間窒素沈着量は $19.7 \text{ kgN ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ であり (Kimura et al. 2009)、窒素飽和の状態にあると考えられている (Yoh et al. 2001)。この土壌に3段階の濃度の $^{15}\text{NO}_2^-$ ($12, 60, 300 \text{ mg N kg}^{-1}$) を添加し、添加後24時間の $^{15}\text{NO}_2^-$, NO_3^- , DON 濃度・同位体比の変化を経時的に測定した。また、亜硝酸添加後4時間の $^{15}\text{N}_2\text{O}$ 放出速度を算出し、 $^{15}\text{NO}_2^-$ に由来する N_2O 生成速度を求めた。これらの結果から、 NO_2^- の生成・消費速度を算出し、各々の画分に変換される添加 ^{15}N をトレースすることで、 NO_2^- のダイナミクスと変換経路について考察を行った (Kirkham&Bartholomew 1955, Isobe et al. 2012)。

各添加濃度において、 $^{15}\text{NO}_2^-$ は添加後迅速に消費をされたが、 $^{15}\text{NO}_2^-$ が $^{15}\text{NO}_3^-$ として回収される割合や $^{15}\text{N}_2\text{O}$ 生成速度は $^{15}\text{NO}_2^-$ 添加濃度によって大きく異なった。 NO_3^- 生成速度と N_2O 生成速度は $^{15}\text{NO}_2^-$ 添加濃度に応じて非線形に変化し、 60 mg N kg^{-1} 添加区において NO_3^- 生成速度は最も小さく、このとき、 N_2O として放出される ^{15}N の割合は最も大きかった。また、すべての添加濃度において $^{15}\text{NO}_2^-$ の DON への変換はほとんど生じなかった。これらのことから、亜硝酸の活発な動態と、濃度に応じて異なる窒素の変換・放出プロセスが働いていることが明らかになった。本発表ではさらに、新規手法を用いた NO の測定結果から、 NO_2^- を起点とする NO 放出の重要性についても報告を行う。

キーワード: 森林土壌, 亜硝酸, 一酸化二窒素, 一酸化窒素, ^{15}N トレーサー

Keywords: Forest soil, Nitrite, Nitrous oxide, Nitric oxide, ^{15}N tracer

日本の森林土壌の窒素無機化速度 土壌の化学的特性

Nitrogen mineralization rates in forest soils in Japanese archipelago - Soil chemical properties -

浦川 梨恵子^{1*}, 大手信人¹, 柴田英昭², 渡辺恒大², 福澤加里部², 館野隆之輔³, 菱拓雄⁴, 福島慶太郎³, 稲垣善之⁵, 平井敬三⁵, 戸田浩人⁶, 田中健太⁷, 小柳信宏⁸, 服部大地⁹, 中田誠⁹, 小田智基¹, 三枝伸子¹⁰, 山尾幸夫¹⁰, 中西麻美³, 榎木勉⁴, 鶴川信¹¹
Rieko Urakawa^{1*}, OHTE, Nobuhito¹, SHIBATA, Hideaki², WATANABE, Tsunehiro², FUKUZAWA, Karibu², TATENNO, Ryunosuke³, HISHI, Takuo⁴, FUKUSHIMA, Keitaro³, INAGAKI, Yoshiyuki⁵, HIRAI, Keizo⁵, TODA, Hiroto⁶, KENTA, Tanaka⁷, OY-ANAGI, Nobuhiro⁸, HATTORI, Daichi⁹, NAKATA, Makoto⁹, ODA, Tomoki¹, SAIGUSA, Nobuko¹⁰, YAMAO, Yukio¹⁰, NAKANISHI, Asami³, ENOKI, Tsutomu⁴, UGAWA, Shin¹¹

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 京都大学フィールド科学教育研究センター, ⁴ 九州大学大学院農学研究院, ⁵ 森林総合研究所, ⁶ 東京農工大学大学院農学研究院, ⁷ 筑波大学菅平高原実験センター, ⁸ 新潟県環境衛生研究所, ⁹ 新潟大学大学院自然科学研究科, ¹⁰ 国立環境研究所, ¹¹ 鹿児島大学農学部

¹Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo, ²Field Science Center for Northern Biosphere, Hokkaido University, ³Field Science Education and Research Center, Kyoto University, ⁴Graduate School of Agriculture, Kyushu University, ⁵Forestry and Forest Products Research Institute, ⁶Graduate School of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology, ⁷Sugadaira Montane Research Center, University of Tsukuba, ⁸Environmental Science Research Niigata, ⁹Graduate School of Science and Technology, Niigata University, ¹⁰National Institute for Environmental Studies, ¹¹Faculty of Agriculture, Kagoshima University

1. はじめに

日本列島は南北に長く、冷温帯から温帯、亜熱帯まで森林の構成樹種は多種多様であることから、森林土壌の窒素動態も変化に富んでいる。また、気候変動にともなう窒素動態の変化も地域により差があることが予測され、森林土壌を取り巻く環境変化が窒素循環に与えるメカニズムや要因を明らかにすることは重要である。本研究では、日本列島の各地の30余サイト選定し、室内および野外で窒素無機化速度の測定を行う。また、あわせて土壌の理化学的性質も測定し窒素無機化速度との関係を求めることで、広域マッピングにつなげることを目的としている。今回は、全国34サイトの基礎的な情報として、土壌の化学的性質について報告する。

2. 方法

2012年10-11月に、各サイトに約20×20mの範囲で5つのプロットを設置し、各プロットの鉞質土層0-10、10-30、30-50cm深より化学分析用の土壌試料を採取した。採取した土壌は、pH(H₂O)(生土:水=1:1.25)の測定を行った。また、水抽出(生土:水=1:5)を行い、溶存イオン濃度(Ca²⁺、Mg²⁺、K⁺、Na⁺、NH₄⁺、Al³⁺、Cl⁻、NO₃⁻、SO₄²⁻)および溶存有機態炭素(WSOC)濃度を分析した。

3. 結果と考察

全サイトにおいて、土壌pH(H₂O)はおおむね表層から下層へ深くなるに従い上昇する傾向がみられた。表層0-10cm深のpH(H₂O)は最低値が3.5(芦生)、最高値が8.0(富士北麓)と幅広い分布がみられたが、深くなるに従い変動幅が狭くなった。反対に、NO₃⁻およびCa²⁺は表層の濃度が高く、下層に行くにつれ、低下する傾向がみられた。Cl⁻およびNa⁺は秋田、与那など海岸沿いのサイトで著しく濃度が高かった。

イオンバランス(陽イオン合計-陰イオン合計)を算出すると、正の値をとるプロットが大部分であり、多くのサイトで陰イオン不足がみられた。イオンバランスとWSOCの関係をみると正の相関関係がみられ、有機酸で陰イオンの不足を補っていると考えられた。また、イオンバランスに対するWSOCの傾きがサイト間で異なり、土壌のpH(H₂O)の低いサイトほど傾きが高く、より有機酸の溶出が多いことが伺われた。以上のことから、土壌中の水溶性イオン、WSOC、pH(H₂O)が相互に関係していることが示唆された。

キーワード: 窒素無機化速度, 硝化速度, 森林土壌, 土壌の化学性, 日本列島

Keywords: nitrogen mineralization rate, nitrification rate, forest soil, soil chemical properties, Japanese archipelago

シカによる下層植生の過剰採食が森林生態系の窒素保持及び流出に与える影響 Deer-induced degradation of understory vegetation affects N retention and loss in forested watershed

福島慶太郎^{1*}, 境優², 阪口翔太³, 岩井有加³, 坂井百々子³, 長谷川敦史¹, 西岡裕平¹, 藤井弘明¹, 徳地直子¹, 吉岡崇仁¹, 高柳敦³

Keitaro Fukushima^{1*}, SAKAI, Masaru², SAKAGUCHI, Shota³, IWAI, Yuka³, SAKAI, Momoko³, HASEGAWA, Atsushi¹, NISHIOKA, Yuhei¹, FUJII, Hiroaki¹, TOKUCHI, Naoko¹, Takahito Yoshioka¹, TAKAYANAGI, Atsushi³

¹ 京大フィールド研, ² 東京農工大院・農, ³ 京大院・農

¹FSERC, Kyoto Univ., ²Grad. Sch. Agr, TUAT, ³Grad. Sch. Agr, Kyoto Univ.

Recently, ecosystem degradation by large herbivorous mammals becomes a serious issue worldwide. Loss of plant biodiversity and decreasing in biomass at the forest understory may result in the changes in streamwater chemistry and nutrient loss from forest ecosystem, but the knowledge remains still limited. In central Japan, over-grazing of forest understory vegetation by Japanese sika deer has been pronounced since 2000's. The main goal of this study was to elucidate the relationship between nitrogen (N) retention by understory vegetation and annual N loss, and discuss the effects of deer-overgrazing on N cycling by comparing a 13 ha watershed surrounded by the deer-excluded fence to its adjacent 19 ha control watershed, in cool-temperate forest in Ashiu, Japan.

We have collected streamwater samples monthly at 4 first-order streams (0.3~2.3 ha) and 1 second-order stream (13~19 ha) within each watershed, and analyzed nitrate concentration by ion chromatography since June 2006 when the fence was established. The rate of streamwater discharge was obtained from a Parshall flume by measuring water level. Annual loss of nitrate was calculated by multiplying stream flow by the concentration. As for the understory vegetation, number of species, vegetation cover, and Shannon's H' as an indicator of biodiversity were observed in two 800 m² plots established in the lower slope and upper slope within each watershed. Nitrogen uptake by understory vegetation was determined by cutting all plant species, including herbaceous species, ferns and tree seedlings, within 145 1 m² quadrats randomly established throughout fenced and unfenced watersheds and measuring dry weights and N contents by NC analyzer. Nitrogen uptake by vegetation was calculated by multiplying the dry weights by N contents for annual herbs and current year leaves and branches of woody tree seedling. For perennial and evergreen species, N uptake was estimated by dividing the product of dry weights and N contents by average leaf longevities. Then we made the coverage-biomass and coverage-N uptake regression equation. Also, coverage of each dominant 13 species appeared in our study watersheds was observed by line transect method, and the spatial distribution of their coverage was analyzed by generalized linear model (GLM) based on topographical information (slope, aspect, curvature, wetness index) and a categorical variable representing the spatial extent of the watersheds calculated from 10m-resolution digital elevation model (DEM) data. We then estimated watershed-scale biomass and N uptake of understory vegetation.

In the fenced watershed, number of species, vegetation cover, and Shannon's H' of understories remarkably increased at the lower-stream slope and slightly increased at the upper-ridge slope, while in the unfenced watershed, they showed little change or slightly decreased at the both slopes. The nitrate concentration of stream water was lower during plant growing season (May to October) than during dormant season (November to April) in both watersheds, but it decreased year by year in some streams within the fenced watershed since the fence was established. Averages of annual N loss during 2009 to 2011 was 2.36 kgN ha⁻¹ in the fenced watershed and 4.87 kgN ha⁻¹, and its difference was 2.51 kgN ha⁻¹. Nitrogen uptake by understory vegetation was estimated to be 5.5 kgN ha⁻¹ in the fenced, and 3.3 kgN ha⁻¹ in the unfenced, which indicated that loss of N uptake induced by deer over-grazing can directly influence hydrological N loss. In conclusion, despite the small amount of biomass of the forest understory vegetation, the loss of this ecosystem component by deer over-browsing can lead to an increase in nitrate loss to streamwater. Our finding also suggests that understory vegetation recovered from deer grazing can retain nitrate effectively.

キーワード: シカによる過剰採食, 下層植生, 窒素保持, 窒素流出, 硝酸態窒素, 森林生態系

Keywords: deer-overgrazing, understory vegetation, nitrogen retention, nitrogen loss, nitrate nitrogen, forest ecosystem

Nitrate discharge from an N-rich forest in central Japan: A preliminary isotopic diagnose of rainfall events

Nitrate discharge from an N-rich forest in central Japan: A preliminary isotopic diagnose of rainfall events

Xueyan Liu^{1*}, Keisuke Koba¹, Akiko Makabe¹, Takeshi Gomi¹, Yuichi Onda²
Xueyan Liu^{1*}, Keisuke Koba¹, Akiko Makabe¹, Takeshi Gomi¹, Yuichi Onda²

¹Institute of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology, Japan, ²Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, Japan

¹Institute of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology, Japan, ²Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, Japan

Tracing nitrate (NO₃⁻) losses from highly polluted forests is directed to understanding ecosystem N cycles in response to anthropogenic N inputs. Stable isotopes of NO₃⁻ (d15N, d18O and D17O) are well-suited tools to differentiate atmospheric-deposited and soil-derived NO₃⁻ leached into streams of forested catchments, thus provide diagnostic evidences on the plant-soil N status and forest N saturation. However, our understanding of the mechanisms that regulate the temporal and hydrological variability of stream NO₃⁻ isotopes is rather limited. It has not been well characterized how the source and flux of stream NO₃⁻ will change across rain events, and how stream NO₃⁻ isotopes record the response of short-term soil NO₃⁻ dynamics to rainfall and/or direct hydrological losses of soil NO₃⁻.

A high-temporal resolution collection and flow monitoring of the headwater stream was conducted across two rainfall events in 2011 in an N-rich forest of Karasawayama, the northern Kanto district of Japan. All samples were analyzed for NO₃⁻ concentration ([NO₃⁻]) and part of samples has been analyzed for stable isotopes (d15N, d18O and D17O). Using the flow rate and [NO₃⁻] of regular flows, annual NO₃⁻ discharge was estimated. In the same way, total NO₃⁻ discharge in the whole event was calculated using event-based flow and event-based [NO₃⁻]. Then using D17O of stream NO₃⁻, atmospheric-derived NO₃⁻ (atm-NO₃⁻) can be differentiated in annual and event NO₃⁻ discharge. According the differences of soil-derived NO₃⁻ and atm-NO₃⁻ in regular and event discharges, it can be quantified how much soil NO₃⁻ was washed out by the rain event.

The D17O of stream NO₃⁻ ranged between 0.8-1.5 permil, showing no substantial difference between event-based and regular flows. On average, 5.0-5.8% of stream NO₃⁻ was derived directly from precipitation. Annually, 3.0-4.0 kg-N in total 60?80kg-N discharge was directly from precipitation. This annual discharge did not include influences from rain events. Actually, in a rain event, ca.95% of NO₃⁻ is soil-derived, in which only 18?30% was discharged in the regular pathway, 70-82% of soil NO₃⁻ was flushed out by rain water. For regular flow, d15N and d18O of stream NO₃⁻ co-varied with a slope closing to 1:1 and did not change with [NO₃⁻], suggesting little influence from denitrification and the mixing of atm-NO₃⁻. However, according to the event of September, the temporal variations of D17O and fatm were weak and the fatm was actually low, simple atm-NO₃⁻ mixing could not explain the d18O fluctuations (by 4-12 permil). Altered soil nitrification/denitrification dynamics, not the mixing of atm-NO₃⁻ (fatm), were suspected fluctuating the d18O but keeping a low D17O signal of stream NO₃⁻ during the rain event.

キーワード: N saturation, N deposition, Nitrate leaching, Stable isotopes, 17O anomaly, Rainfall event

Keywords: N saturation, N deposition, Nitrate leaching, Stable isotopes, 17O anomaly, Rainfall event

窒素飽和程度が異なる森林における N₂O および CH₄ のフラックス Emissions of nitrous oxide and methane in temperate forests with different nitrogen status in central Japan

樊少艶^{1*}, 木庭啓介¹, 楊宗興¹

Shaoyan Fan^{1*}, Keisuke Koba¹, Muneoki Yoh¹

¹ 東京農工大学

¹Tokyo University of Agriculture and Technology

Nitrous oxide (N₂O) and methane (CH₄) are strong greenhouse gases, which contribute about a fourth to current warming effect globally. Compared with other sources, importance of forest ecosystems has been less quantified. With the increase of anthropogenic N deposition, it is urgent to evaluate the emissions of these gases from N-saturated forests. In general, forest soil has been recognized as a net sink of CH₄ and as a source of N₂O, but more works are needed because forests differ greatly in N status, which may play an important role in regulating the gas emissions. Soil nitrification, which is a dominant process of N₂O emission, often increases with the increase in N status. To the contrary, increased inorganic N availability may inhibit the oxidation of CH₄ by soil microbes.

In this study, emission rates of N₂O and CH₄ were measured monthly in an N-saturated forest (Tamakyuryo, Tokyo; from May-2012 to Jan-2013) and singly in two relatively N-limited forests (in Fukushima and Izu; Aug-2012) in central Japan. The temperature, contents of water and inorganic N in soil were simultaneously determined. In situ net nitrification rate was measured for soil in the forest of FM-Tama. According to the analysis in Aug-2012, the N₂O emission rate averaged 18.3 mg-N m⁻² h⁻¹ at Tamakyuryo, which was 4.5 times higher than those of other forests. The CH₄ emission rate averaged 58.7 mg-CH₄ m⁻² h⁻¹ at Tamakyuryo, which was significantly lower than those of other forests (67.8mg-CH₄ m⁻² h⁻¹ for the forest in Fukushima and 95.8 mg-CH₄ m⁻² h⁻¹ for the forest in Izu). Moreover, a positive correlation was found between the rate of N₂O emission and the net nitrification rate, and the emission rate of N₂O varied with the soil temperature. Consequently, it can be inferred that nitrification can be a major process of N₂O production, and N enrichment in forest will obviously stimulate soil N₂O emission.

Keywords: Nitrous oxide, methane, nitrogen saturation, nitrification, temperate forest

森林土壌における亜硝酸の濃度、同位体比測定のための抽出法の検討 Measurement of concentrations and isotope ratios of nitrite in acidic forest soils

松嶋 修一郎^{1*}, 木庭 啓介¹, 眞壁明子¹, 牧田朋子¹, 高橋千恵子¹, 林貴広¹, 穂刈梓¹, 稲垣善之², 中西麻美³, 楊宗興¹
Shuichiro Matsushima^{1*}, Keisuke Koba¹, Akiko Makabe¹, Tomoko Makita¹, Chieko Takahashi¹, Takahiro Hayashi¹, Azusa Hokari¹, Yoshiyuki Inagaki², Asami Nakanishi³, Muneoki Yoh¹

¹ 東京農工大学, ² 森林総合研究所, ³ 京都大学フィールド科学教育研究センター

¹Tokyo University of Agriculture and Technology, ²Forestry and Forest Products Research Institute, ³Field Science Education and Research Center, Kyoto University

森林生態系における窒素の挙動を考えると、亜硝酸は土壌中において硝化や脱窒などの中間生成物であり、多くの無機態窒素の変換反応に関わりを持つことがわかる。この無機態窒素は植物や微生物にとって利用可能な窒素であるため、亜硝酸の挙動は植物や微生物の窒素利用、そして森林生態系からの窒素の消失・保持機構の解明において注目を集めている (Bohlke et al., 2007; Su et al., 2011)。亜硝酸は化学的に不安定で酸性土壌では抽出時に硝酸に酸化されてしまうが、抽出液をアルカリ性に保つことで亜硝酸酸化を抑えられることが知られている (Stevens and Laughlin, 1995)。また近年、亜硝酸を N₂O に変換し測定するアザイド法の開発により亜硝酸の窒素 (¹⁵N) 酸素 (¹⁸O) 同位体比測定が可能になった (McIlvin and Altabet, 2005)。このように亜硝酸の濃度及び ¹⁵N・¹⁸O 測定手法は既に確立されているものの、実際には森林土壌における亜硝酸の濃度測定はあまり行われておらず、さらに ¹⁵N・¹⁸O についての測定例は未だ報告されていない。その理由としてアルカリ性溶液での土壌抽出 (アルカリ抽出) では森林土壌中に多量に含まれる腐植物質も抽出され、一般的な濃度測定法である比色測定法が利用できないからであると考えられる。そこで本研究ではアルカリ抽出とアザイド法を併用することで森林土壌の亜硝酸の濃度、さらに ¹⁵N・¹⁸O 測定を行えると考え研究を試みた。

【方法】

土壌は茨城県のヒノキ林 4 サイト (森林総合研究所筑波山, 八郷 2, 八郷 3, 桂試験地) から各々 3 深度 (A0 層, 0-10cm, 10-20cm 鉱質土壌層) を 3 繰り返し採取し, NaOH で pH 12 に調整した 0.5M NaCl 溶液を用いて抽出した。その後アザイド法を用い抽出液中亜硝酸の濃度と ¹⁵N・¹⁸O を GC-ECD, GC-および PT-GC-IRMS を用いて求めた。また硝酸については脱窒菌法 (Casciotti et al, 2002) を用い PT-GC-IRMS により濃度および ¹⁵N・¹⁸O を求めた。従来の抽出法との比較を行うために 0.5M K₂SO₄ と H₂O を用いた土壌抽出を行いそれぞれ亜硝酸濃度と、硝酸の濃度, 硝酸の ¹⁵N・¹⁸O を求めた。本発表では主に濃度についての結果を示す。

【結果・考察】

窒素量の多い筑波山, 八郷 2 での亜硝酸濃度はアルカリ抽出が K₂SO₄, H₂O 抽出と比べ有意に高かった (Fig 1)。一方で亜硝酸と硝酸の合計濃度は各抽出間で有意な差がなかった。つまり従来の抽出法で亜硝酸がなかった森林土壌では、亜硝酸が硝酸として測定されてしまっていたと示唆できる。亜硝酸と硝酸の ¹⁵N の関係は海洋における既存研究 (Casciotti and McIlvin, 2007) と一致し、常に硝酸が亜硝酸よりも高い ¹⁵N をとった。¹⁸O については硝酸と亜硝酸の関係は一定ではなく、土壌 pH, 硝化に関わる H₂O の ¹⁸O 値などの影響が考えられるが、今後の検討課題である。

本研究よりアルカリ抽出とアザイド法を併用することで森林土壌における亜硝酸の濃度、¹⁵N・¹⁸O の測定が可能であり、従来の抽出法では亜硝酸、硝酸を正確には測定できていないことも示唆された。

森林土壌におけるアミノ糖態窒素の挙動 Extractable amino sugar-like N in forest soils

小林 亮^{1*}, 木庭 啓介¹, 眞壁明子¹, 林貴広¹, 高橋千恵子¹, 穂刈梓¹, 加藤宏有¹, 松嶋修一郎¹, 牧田朋子¹, 稲垣善之², 中西麻美³, 楊宗興¹

Ryo Kobayashi^{1*}, Keisuke Koba¹, Akiko Makabe¹, Takahiro Hayashi¹, Chieko Takahashi¹, Azusa Hokari¹, Hiroyu Katoh¹, Syuichiro Matsushima¹, Tomoko Makita¹, Yoshiyuki Inagaki², Asami Nakanishi³, Muneoki Yoh¹

¹ 東京農工大学, ² 森林総合研究所, ³ 京都大学フィールド科学教育研究センター

¹Tokyo University of Agriculture and Technology, ²Forestry and Forest Products Research Institute, ³Field Science Education and Research Center, Kyoto University

窒素は生物にとってアミノ酸やタンパク質といった重要な化合物の構成要素であり、必須の元素である。そのため、その挙動を解明することは健全な森林生態系の維持管理にとって不可欠である。

アミノ糖は有機態窒素の1つで、森林土壌においては主に微生物の細胞壁由来の物質であると考えられている (Amelung et al. 2001; Guggenberger et al. 1999)。既存研究で土壌中のアミノ糖態窒素は土壌加水分解物中の総窒素の5-10%に相当するという報告がされているが (Stevenson, 1982)、加水分解性窒素よりも微生物への可給性がより高いと考えられる土壌抽出液中のアミノ糖態窒素を測定したという報告はまだない。そこで本研究では既存の測定法を改良し、土壌抽出液中のアミノ糖態窒素の測定を可能とし、起源とされている土壌微生物バイオマス窒素との関連を研究した。

【方法】

本研究では窒素沈着量の異なる5サイト(茨城県筑波、八郷2、八郷3、桂および京都府上賀茂京大試験林)の土壌を深度別(A0層、0-10cm層および10-20cm層)に採取し、2種類の土壌抽出処理(水抽出およびK₂SO₄抽出)を施した抽出液中のアミノ糖態窒素を測定した。測定方法としてMulvaney and Khan (2001)に基づいて、Diffusion法という方法を利用し、抽出液中のアミノ糖態窒素をアンモニウム形で回収し濃度定量を行った。また合わせて微生物バイオマス等の土壌データも測定した。

【結果】

すべてのサイトおよび深度の土壌においてK₂SO₄抽出によって得られたアミノ糖態窒素濃度 > 水抽出によって得られたアミノ糖態窒素濃度となった。水抽出によって得られたアミノ糖態窒素は有機物層で圧倒的に高く(3.2-7.5mg-N/kg)、鉱質土層では非常に低い(<0.34mg-N/kg)という傾向がみられた。一方でK₂SO₄によって得られた抽出アミノ糖態窒素は鉱質土層でも有機物層での濃度(7.3-13.8mg-N/kg)に対して大きな減少は示さなかった(2.0-10.9mg-N/kg)。

また、アミノ糖態窒素濃度は溶存有機態窒素(n=49 r²=0.85 p<0.001)や微生物バイオマス窒素(n=49 r²=0.35 p<0.001)と有意な相関を示した。

【考察】

本研究で得られたアミノ糖態窒素濃度(K₂SO₄抽出)と微生物バイオマスと有意な相関を示したことは、微生物がアミノ糖のソースであることの裏付けになると考えられる。また水抽出液中およびK₂SO₄抽出液中で、特に鉱質土層におけるアミノ糖態窒素濃度が異なったのは鉱質土層の持つ強い吸着能によりアミノ糖態窒素が吸着されており、水抽出では抽出されない状態で保持されていることを示唆している。

森林土壌中における溶存有機物の動態について Optical characterization of DOM in a temperate forest ecosystems by fluorescence

加藤 宏有^{1*}, 木庭 啓介¹
Hiroyu Kato^{1*}, Keisuke Koba¹

¹ 東京農工大学

¹Tokyo University of Agriculture and Technology

溶存有機物 (Dissolved Organic Matter; DOM) は自然生態系において生物地球化学的に重要な役割を担っていることが知られている (Kalbitz et al. 2000)。しかし DOM の具体的な性質, そしてその動態に関してはまだまだ不明なところが多い (Neff et al. 2001)。逆にこの DOM についてその生成及び消費過程を明らかにすることは, 森林生態系における炭素や窒素の循環過程を解明する上で重要である。そこで今回は DOM の濃度として溶存有機態炭素 (Dissolved Organic Carbon; DOC) の濃度を測定することに加え, 三次元蛍光 (Excitation-Emission matrix; EEM) といった DOM の蛍光特性および DOM の吸光特性を利用し, DOM の質的情報を得ることを試みた。これらの手法は, DOM の中でも蛍光特性を示す成分である腐植物質の画分とタンパク質の画分に大別することが可能なため, 本研究では DOC 濃度にあわせ, DOM のこれらの画分が 1 つの森林集水域の中でどのように変化するかを, 降水から渓流水という水の流れに沿って追跡することを目標に測定を行った。

【方法】

東京農工大学 FM 多摩丘陵において林外雨, 林内雨, 土壌水, 地下水, 渓流水を採取し, DOC 濃度, DOM の吸光度, 蛍光を測定した。吸光度の指標には a₂₅₄ (254nm での吸光度に係数をかけたもので腐植物質の多さを表す; Green et al. 1994) を用い, EEM から得られるピーク値には腐植物質を表すピークである peak A を利用した (Coble et al. 1996)。

【結果】

DOC 濃度, a₂₅₄, peak A の値はそれぞれ林内雨と土壌水の間で最も値が高くなり, その後渓流水へと進むにしたがってこれらの値は有意に減少していた。また, DOC 濃度と a₂₅₄, peak A の間には強い相関が見られた (a₂₅₄; r²=0.74, p<0.001, n=115; peak A; r²=0.83, p<0.001, n=102)。

【考察】

降水が渓流水へと移動するに従って DOM が鉱質土層へ吸着され, 同時に微生物によって分解され, 結果 DOC 濃度の低下が認められたと考えられた。さらに a₂₅₄ や peak A の値も DOC 濃度と共に減少していったことから, 本研究では DOM 中のタンパク質画分の生成はなく, 腐植物質が土壌中で吸着, そして消費されることで DOC の濃度低下が起きていたと結論づけられた。

関東北部の窒素負荷量の異なるスギ林における炭素分配様式 Carbon allocation in Japanese cedar forests with different nitrogen deposition in northern Kanto district

稲垣 善之^{1*}, 稲垣昌宏¹, 橋本徹¹, 森下智陽¹, 平井 敬三¹, 金子真司¹

Yoshiyuki Inagaki^{1*}, INAGAKI, Masahiro¹, HASHIMOTO, Toru¹, MORISHITA, Tomoaki¹, Keizo Hirai¹, KANEKO, Shinji¹

¹ 森林総研

¹FFPRI

近年、人間活動によって森林生態系に負荷される窒素が増大しており、養分アンバランス、土壌の酸性化、樹木の衰退などの悪影響が顕在化している。日本においても関東近郊のスギ人工林で窒素流出が大きい流域があり、窒素飽和状態であると考えられている。樹木は光合成によって固定した炭素資源を、葉、幹、根、繁殖器官に分配するが、その割合が窒素負荷によって変化する可能性がある。しかし、スギ人工林において、地下部を含めて炭素分配を推定した研究事例は限られている。本研究では、茨城県の窒素飽和状態のスギ林と窒素負荷の影響が少ないスギ林の2林分において、スギの炭素分配様式を明らかにすることを目的とする。

調査地は、茨城県の窒素飽和状態の筑波試験地と窒素負荷の影響が少ない桂試験地である。スギ人工林に 600-675 m² の調査区を設定し、直径と樹高を計測し幹成長速度を測定した。リタートラップ法で、リターフォールを回収し、葉、球果、雄花に区別し重量を計測した。土壌呼吸をチャンバー法で求めた。土壌呼吸からリターフォール量をさし引いた値を、細根の生産と根呼吸を合わせたものと等しいと仮定した。粗根の生産量は幹バイオマスに既往の拡大係数を掛け合わせて算出した。枝の生産量は、幹バイオマスに拡大係数を掛けて算出した枝の増加量と枝落下量の合計とした。幹と枝を合計したものを材の生産とした。材、葉、繁殖器官生産量に既往の生産量に対する呼吸量の比を掛け合わせて呼吸量を算出した。これらより総生産速度 (GPP)、および材、葉、繁殖器官、根への炭素分配率を算出した。リターフォールの窒素量と材の増分に含まれる窒素量を地上部窒素吸収量とした。

地上部一次生産 (ANPP) は筑波で 8.2 MgC ha⁻¹ yr⁻¹、桂で 6.3 MgC ha⁻¹ yr⁻¹ であり、筑波で 1.29 倍の値を示した。地上部窒素吸収量は、72.5 kg N ha⁻¹ yr⁻¹、桂で 29.1 kg N ha⁻¹ yr⁻¹ であり、筑波で 2.5 倍の値を示した。窒素負荷量の大きい筑波で窒素の吸収量は大きい、地上部一次生産速度の差は小さく、筑波で窒素利用効率が低下した。総生産速度は筑波で 22.2 MgC ha⁻¹ yr⁻¹、桂で 19.3 MgC ha⁻¹ yr⁻¹ であり筑波で 1.15 倍の値を示した。筑波では、材、葉、繁殖器官、根にそれぞれ 37%、27%、14%、21% の炭素を分配していたのに対し、桂ではそれぞれ 41%、18%、6%、35% の炭素を分配した。材への分配率は比較的一定であるのに対し、葉、繁殖器官、根の炭素分配率は 2 つの林分で異なっていた。窒素負荷量の多い筑波では、窒素制限が緩和されたため根への炭素分配が少ないと考えられた。

キーワード: スギ, 窒素飽和, 炭素分配

Keywords: Japanese cedar, Nitrogen saturation, Carbon allocation

モウソウチク林におけるケイ素の循環 Silicon cycle in moso bamboo forests in central Japan

梅村 光俊^{1*}, 竹中 千里¹
Mitsutoshi Umemura^{1*}, Chisato Takenaka¹

¹ 名古屋大学大学院生命農学研究科

¹ Graduate School of Bioagricultural Sciences, Nagoya University

Silicon (Si) plays an important role in processes of soil formation in terrestrial and aquatic ecosystems. Among various plants, the gramineous plants are classified as silicon-accumulators [1, 2]. Therefore, graminoid dominated vegetation such as bamboo forests is considered to have a large pool of biogenic amorphous silica ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) named as phytolith. Through the death of the plant, the phytolith contributes to an amorphous Si pool in the upper soil layers and constitute an important component in soil systems [3]. However, the researches on Si biogeochemical cycles in bamboo stands are a few. The purpose of this study is to evaluate Si dynamics in moso bamboo (*Phyllostachys pubescens*) forests spreading around eastern Asia, and to understand a role of them in Si biogeochemical cycle in forest ecosystem.

A study on the organic pool and biological cycle of Si was conducted at 15 * 15 m quadrats in three moso bamboo stands in central Japan. To evaluate Si accumulation and supply, we sampled each organ of living bamboo and litter fall. Biomasses of culms, branches, leaves were calculated from all bamboos' DBH in each quadrat using moso bamboo-specific allometry equations [4]. The biomasses of rhizomes and roots, which were taken on Dec 2009, were calculated for five 50 * 50 cm subplots with 30 cm of soil depth, and for five soil core samples (0-30 cm depth), respectively. Si concentrations of each organ were determined by combination method of gravimetry and ICP-AES after wet digestion with nitric acid [5]. Litter falls were collected using five litter-traps with 50 * 50 cm once a month from Aug 2008 to Jul 2009. Si accumulations and annual Si supply per area in each bamboo organ were determined by multiplying the Si concentrations in each organ by corresponding mass in each site. Turnover time (year) of Si was calculated by dividing total Si accumulation (above- and under-ground) by annual Si supply to forest floor through litter fall.

Si accumulations in three sites were 200-360 kg/ha above ground and 180-460 kg/ha in underground. The Si underground accumulations corresponded to 46-59% of the whole. Bamboo roots in the surface horizon (0-10 cm depth) existed 54-60% of the whole root biomass. Si supply was 77-324 kg/ha/yr, and their 72-88% were leaf litters. The amount of supply as phytolith (SiO_2) by bamboo litter fall was estimated about 140-700 kg/ha/yr, and it was comparable to phytolith supply in grass vegetation and much more than those in coniferous or broadleaved vegetation [6]. The turnover time of Si showed a range of 1.3-12 years from the results of this research.

From our research, we indicated that the huge biogenic Si source comparable or more than those in aboveground parts exists in the underground parts in moso bamboo stands. In addition, moso bamboo stands circulate much quantity of Si as amorphous silicic acid comparing with other forest vegetation, and should play an important role in Si biogeochemical cycles.

References

- [1] Takahashi E, Miyake Y (1976) Journal of The Science of Soil and Manure 47:296-300
- [2] Bakker DNVJ, Hemminga MA, Soelen VJ (1999) Plant and Soil 215(1):19-27
- [3] Struyf E, Smis A, Damme S, Meire P, Conley DJ (2009) Silicon 1(4):207-213
- [4] Okuda S, Torii A, Ito T, Uemura T, Sasaki T, Ito T, Kimura M, Toyota N, Sado Y, Yamada T, Yamada M, Ito T, Takeuchi I (2007) Kenkyu Seika Sensyu, Forestry and Forest Products Research Institute 64:42-43
- [5] Umemura M, Takenaka C (2010) Chubu Forest Research 58:165-166
- [6] Kondo R (2010) Hokkaido University Press pp 387

Keywords: biogenic Si, phytolith, biogeochemistry, biomass, turnover

炭を用いた大気中水銀のパッシブサンプラーの開発 Carbonized wood for atmospheric mercury, passive sampler

大熊 明大^{1*}, 小野 暢子¹, 佐竹 研一¹
Akihiro Okuma^{1*}, Nobuko Ono¹, Kenichi Satake¹

¹ 立正大学地球環境科学部

¹Geo-Environmental Sci, Rissho Univ

本研究では炭の吸着能に着目し、炭がパッシブサンプラーとして利用可能か検証する事が目的として進めた。

電気炉を用いてスギの板を 300℃ で 2 時間炭化させた試料を作成し、それを立正大学熊谷キャンパスで 2011 年 9 月 6 日から 12 月 9 日まで野外に吊るし、1ヶ月毎に合計 3ヶ月分の測定を行った。同様に、秋田県由利本荘市で 2011 年 10 月 10 日から 12 月 9 日まで炭を吊るし、2ヶ月分の測定を行った。それぞれの試料は月を追う毎に比例的に沈着量が増加した。さらに、2012 年 8 月から 11 月にかけて、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、東京都日野市、金沢大学鶴間キャンパス、鳥取大学鳥取キャンパス、広島大学東広島キャンパス、タイの Chiang Mai 大学でも行った。その結果、月日の経過と共に沈着量が比例的に増加する地点もあったが、2ヶ月目の沈着量が高く、3ヶ月目の沈着量が減少する地点もあった。

キーワード: 炭, 水銀, パッシブサンプラー

Keywords: carbonized wood, mercury, passive sampler