

濃度および同位体比の分布から推定される海洋における溶存一酸化二窒素の起源 Origin of nitrous oxide dissolved in the ocean deduced from concentration and isotope ratios

豊田 栄^{1*}, 藤井 彩子¹, 吉田 尚弘¹, 山岸 洋明², 吉田 磨³, 渡邊 修一⁴

Sakae Toyoda^{1*}, FUJII, Ayako¹, YOSHIDA, Naohiro¹, YAMAGISHI, Hiroaki², YOSHIDA, Osamu³, WATANABE, Shuichi⁴

¹ 東工大総理工, ² 環境省環境保健部, ³ 酪農学園大学農食環境, ⁴ JAMSTEC むつ研

¹ Interdisciplinary graduate school of science and engineering, Tokyo Institute of Technology, ² Environmental Health Department, Ministry of the Environment, ³ College of Agriculture, Food and Environment Sciences, Rakuno Gakuen University, ⁴ Mutsu Institute for Oceanography, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

一酸化二窒素 (N_2O) は地球温暖化および成層圏オゾンの減少に関する微量気体であり、主な発生源として土壌や水中の微生物による硝化と脱窒がよく知られている。海洋から大気への N_2O 放出は全球 N_2O 発生源の約 20% を占めると推定されている。表層の溶存 N_2O の濃度分布から、主な放出は東部熱帯太平洋などの富栄養・貧酸素水塊の周辺で脱窒により起きていると考えられている。しかし多くの海域において溶存 N_2O は中層域 (600-1000 m) で濃度極大を示し、その起源は必ずしも明らかではない。また、深層においても N_2O は過飽和で溶存しており、その濃度には海域による違いが見られる。本研究では、 N_2O の同位体比 (酸素同位体比 $\delta^{18}O$ 、アイソトポマー $^{14}N^{15}N^{16}O$ と $^{15}N^{14}N^{16}O$ の存在度の差を表す Site Preference (SP)、および平均窒素同位体比 $\delta^{15}N$) が微生物の代謝に関する情報を提供する有用なパラメータであることに着目し、濃度分布に加えて同位体比の分布のデータを利用して中層および深層における N_2O の生成起源について解析した。

これまでに報告された西部北太平洋、亜熱帯北太平洋、東部熱帯北太平洋、東部亜熱帯北太平洋、東部亜熱帯南太平洋の観測データに、新たに南大洋 (KH01-3)、赤道太平洋 (MR02-K06)、北太平洋 (MR07-04, WOCE P01) で得られた結果を追加して比較・解析に供した。いずれの海域においても溶存 N_2O 濃度は密度 ($\sigma\text{-}\theta$) 26.5-27.5 (南大洋および赤道太平洋では深度 100-300 m、他の海域では 700-1500m に相当) の領域で極大となり、南大洋と南太平洋では大気平衡濃度の約 2 倍、他の海域では 4-7 倍を示した。 N_2O 極大における同位体比にも海域による違いが見られたが、濃度との間に有意な関係は認められなかった。このことは、太平洋でみられる N_2O 濃度極大の起源は同一ではなく、水平方向の移流や拡散よりも各海域での生成の寄与が大きいことを示唆する。大気平衡濃度からの増分が水塊中の N_2O 生成によるものと仮定すると、生成した N_2O の同位体比は $\delta^{15}N = 7-11$ permil、 $\delta^{18}O = 50-65$ permil、 $SP = 18-35$ permil と見積もられた。SP は北の海域ほど高い傾向が見られた。一方、各海域の 2000m 以深の深層水中平均 N_2O 濃度および同位体比と、 ^{14}C 濃度から推定される年令との間には有意な相関関係が認められ、深層水の循環に伴って N_2O が生成していることが示唆された。生成する N_2O の同位体比は $\delta^{15}N = 10$ permil、 $\delta^{18}O = 62$ permil、 $SP = 29$ permil と見積もられた。

N_2O 濃度極大および深層水について推定された $\delta^{15}N$ および SP の値は、最近アンモニア酸化古細菌の培養実験により報告された、硝化 (ヒドロキシルアミン酸化) で生成する N_2O の値とほぼ一致する。しかし $\delta^{18}O$ は古細菌の硝化で生成する N_2O よりも約 20 permil 高く、 N_2O 濃度極大では SP 値が低い海域も存在する。したがって、細菌による硝化や脱窒 (硝化菌または脱窒菌による亜硝酸還元) の寄与も少なからずあると考えられる。アンモニア酸化古細菌による N_2O 生成における同位体分別について、種や環境条件による依存性についての研究がさらに必要である。

キーワード: 一酸化二窒素, 海洋, 安定同位体比, 硝化, 脱窒, アンモニア酸化古細菌

Keywords: Nitrous oxide, ocean, stable isotope ratio, nitrification, denitrification, ammonia-oxidizing archaea

深海底で起こる脱窒指標としての N_2^* の利用可能性 Potential use of N_2^* as a constraint of sedimentary denitrification in the deep ocean

重光 雅仁^{1*}, ニコラス グルーバー², 岡頭³, 田中伸一⁴, 山中康裕¹
Masahito Shigemitsu^{1*}, GRUBER, Nicolas², OKA, Akira³, TANAKA, Shinichi⁴, YAMANAKA, Yasuhiro¹

¹ 北海道大学, ² スイス連邦工科大学, ³ 東京大学, ⁴ 国立環境研究所
¹Hokkaido University, ²ETH, ³University of Tokyo, ⁴NIES

Measurements of the concentration of dissolved N_2 in the ocean have the potential to provide an important constraint on the magnitude of marine nitrogen fixation and denitrification, i.e., the main source and sink processes of fixed nitrogen in the ocean. The reason is because N_2 is consumed by nitrogen fixation and produced by denitrification. However, the use is impeded by the observation that, to first order, the oceanic distribution of N_2 is governed by air-sea exchange (diffusive and bubble-mediated), which is driven primarily by temperature-induced changes in the solubility. The effect of gas exchange on N_2 can be largely captured by considering simultaneous measurements of inert noble gases, such as argon (Ar) or neon (Ne), as this is the primary process governing their distribution. This offers the opportunity to use the difference in saturation anomaly between N_2 and one of the noble gases to determine the amount of fixed nitrogen removed or added.

We here define a new tracer N_2^* ($=N_2^{obs} - (N_2^{sat}/Ar^{sat}) * Ar^{obs}$) to assess the marine nitrogen cycle, and aim to investigate if the new tracer can be used for the purpose by using a global 3-dimensional ocean circulation model (OGCM) and the observations of N_2 and Ar. We explicitly incorporate the air-sea exchange processes of N_2 and Ar into OGCM, and prepare the previously simulated nitrogen fixation (Deutsch et al., 2007), and water-column and benthic denitrification fields which are calculated based on satellite-based estimates of organic-matter production, observed dissolved oxygen and nitrate concentrations combined with simple models of water-column and benthic remineralization.

Available observations of N_2^* in the Atlantic and Pacific except for oxygen minimum zones (OMZs) where water-column denitrification occurs showed the following features: 1) N_2^* gradually increases with depth from surface to deep waters, 2) N_2^* in the deep Atlantic is higher than that in the deep South Pacific, and 3) there is a south to north increase in N_2^* in the deep Pacific.

In order to evaluate the role of each source and sink in controlling the features of observed N_2^* , we carried out a suite of simulations. These simulations demonstrate that the features are determined mostly by the deep water sedimentary denitrification with minor contributions of shallow to intermediate-depth sedimentary denitrification and water-column denitrification, and nitrogen fixation has little impact on those. Thus, it seems like N_2^* can be the tracer of deep sedimentary denitrification in addition to water-column denitrification in OMZs.

キーワード: 海洋窒素循環, 脱窒, 海洋大循環モデル

Keywords: marine nitrogen cycle, denitrification, ocean general circulation model

島効果と窒素固定 Island mass effect and nitrogen fixation

塩崎 拓平^{1*}, 古谷 研¹
Takuhei Shiozaki^{1*}, Ken Furuya¹

¹ 東京大学大学院農学生命科学研究科

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

熱帯・亜熱帯貧栄養海域は表層における栄養塩供給が極めて乏しく、生産の低い不毛な地域というイメージから「海の砂漠」と比喻されている。その貧栄養海域の中でも島周辺付近では生物生産が上昇することが古くから知られていた。これは島の存在によって、特異的な栄養塩供給過程が生じることによるものである(島効果; Doty and Oguri, 1956)。島付近での栄養塩供給過程として最もよく知られているのは、島に定常流がぶつかることによって生じる島影湧昇である(Hasegawa et al., 2004, 2009)。Hasegawa et al.(2009)は島影に生じるカルマン渦列によって、数百 km のスケールで基礎生産に影響を及ぼすことを示した。この他に島にある河川からの排水や火山活動による灰の降下も基礎生産を高めていることが明らかとなっている(Dandonneau and Charpy, 1985; Lin et al., 2011)。

島効果によって植物プランクトンの中でも特に珪藻類が優占することはこれまで知られていた(Furuya et al., 1986)。十分な栄養塩供給と好適な光条件によって成長速度の速い珪藻類は爆発的に増加し、それ以外の成長速度の遅い植物プランクトンに対し、現存量で勝るのである。一方、近年新たな観測事実が明らかとなった。それは島付近において *Trichodesmium* のような大型の窒素固定生物の現存量が外洋域に比べて島付近で顕著に多く、かつそこでは窒素固定活性も高くなることである(Shiozaki et al., 2010)。窒素固定生物は窒素ガスを窒素源とするために、他の植物プランクトンのように窒素による増殖制限を受けない。ところが窒素固定を担う窒素ガス還元酵素(ニトロゲナーゼ)は活性中心に鉄を含み、そのため窒素固定を行うためには他の窒素源を用いるよりも過剰に鉄が必要となる。島周辺域は外洋域に比べて鉄供給量が多く、そのため窒素固定生物が増殖しやすい環境にあると考えられるのである。また我々の近年の研究によって、このような窒素固定生物のアノマリーは島付近だけに現れるのではなく、海流に乗って 1000 km 以上離れた海域にまで到達している可能性が示された(Shiozaki et al., 2013)。これは珪藻類の高い現存量が島付近においてのみ生じるのに対して大きな違いがある。本発表では、島効果が窒素固定生物に与える影響について最新の成果を踏まえて概説するとともに、窒素固定の貧栄養海域の物質循環における重要性について述べる予定である。

キーワード: 島効果, 窒素固定, 貧栄養海域, 新生産

Keywords: island mass effect, nitrogen fixation, oligotrophic ocean, new production

海域と陸水域の食物連鎖に見る窒素・炭素安定同位体比の関係 Trophic fractionation of carbon and nitrogen isotope ratios along food chains in marine, lake and grassland ecosystems

野口 真希^{1*}, 石井 励一郎¹, 和田 英太郎¹
Maki Noguchi^{1*}, Reiichiro Ishii¹, Eitaro Wada¹

¹ 独立行政法人海洋研究開発機構

¹ Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

安定同位体比の分布を測定することは、生物の食物連鎖構造を明らかにすると共に、エネルギーの流れや物質循環などを含めた食物網内の相互作用を知る有用な方法である。しかしながら、自然環境下の生態系における炭素安定同位体比 (^{13}C) の摂餌過程における濃縮係数の大きさは、測定する部位や蓄積された脂肪などの影響によって大きく異なるなど、不明瞭な部分が多くこのこされている。

本研究では、作業仮説1「動物の筋肉の ^{15}N と ^{13}C は食物連鎖の出発点となる一次生産者の値に大きく影響される」、作業仮説2「摂餌過程の窒素・炭素の同位体効果の比は、低次の動物から高次の動物まで一定であり、同位体マップ上で直線が引ける」を出発点として、栄養段階に伴うCとNの同位体分別の変化 ($^{15}\text{N}/^{13}\text{C}$) に着目し、海洋と陸域の生態系における食物連鎖全体が持つ $^{15}\text{N}/^{13}\text{C}$ の比較検討を行った。

海洋生態系について、一次生産者の生息環境の違いによって、低次生態系における食物網にどのような違いがあるのかを見るために、親潮水域、黒潮系暖水塊 (WCR86-B)、南極海、アラスカ湾の動植物プランクトンの ^{13}C 、 ^{15}N データを用いて、各食物網が持つ $^{15}\text{N}/^{13}\text{C}$ の比較検証を行った。低次生態系食物網の $^{15}\text{N}/^{13}\text{C}$ について統計的に比較を行った結果、食物連鎖全体がもつ $^{15}\text{N}/^{13}\text{C}$ は、生息する海域に関わらず大きな違いがなく、 $^{15}\text{N} = 1.53 [\pm 0.25] ^{13}\text{C} + [\text{ecosystem specific constant}]$ ($p < 0.001$)、の1つの共通式で表せる事を見出した。また、季節の違いを見るために親潮水域で季節的に採集した動物プランクトンの $^{15}\text{N}/^{13}\text{C}$ では、ブルーミングなど強い季節的 (生態学的) な要因が発生した時に $^{15}\text{N}/^{13}\text{C}$ が大きく揺らぎ、それ以外の季節では一定であることが分かった。更に陸域の生態系 (琵琶湖、バイカル湖、モンゴル草原) について統計的な比較を行った結果、 $^{15}\text{N}/^{13}\text{C}$ の傾きについて $1.61 [\pm 0.41]$ という値が得られ、海域、陸域に関わらず食物連鎖全体が持つ $^{15}\text{N}/^{13}\text{C}$ に大きな違いが見られないことが分かった。これらの結果から、食物連鎖全体がもつ同位体比は「速度論的な同位体効果」と「生態学的な要因」が深く関係していると考えられた。この新しい知見から、地域によらず統一的な規則性が低次生態系から高次生態系に渡って引き継ぎ、維持されていることが示唆された。

キーワード: ^{15}N - ^{13}C , 食物連鎖, 同位体分別

Keywords: d15N-d13C relationship, food chain, isotopic fractionation

放射性同位体トレーサー実験で捉える微生物地球化学 Earth's biogeochemical processes revealed by radiotracer-based activity measurement

柳川 勝紀^{1*}
Katsunori Yanagawa^{1*}

¹ 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻
¹Univ. Tokyo

地球上での物質循環に、微生物活動は極めて重要であると考えられている。発酵や腐敗といった目に見えるレベルから、海底下生命圏の活動など地質学的時間スケールにおいて微生物の役割が知られている。こうした微生物の微小代謝活性の測定は、高シグナル・低バックグラウンドであることが望ましく、放射性同位体ラベル基質を用いたトレーサー実験が有効な手法の一つとして使われている。この手法では、放射性同位体ラベル基質が細胞内に取り込まれる速度から同化プロセスを、代謝産物が細胞外に排出される速度から異化プロセスをそれぞれ把握することが可能である。放射性同位体トレーサー活性測定法の歴史は古く、1970年代から環境微生物学分野に適用されてきたが、1990年台以降は分子生態学の台頭に逆行するかのごとく、環境微生物の代謝活性能力に関する報告は著しく減少した。このような時流にはあるものの、環境ゲノム解析に基づく代謝機能推定を補強するためには、微生物代謝活性の実測が不可欠であり、今なお重要な手法である。また人類は研究対象領域を拡大し続け、今や海底下数 km という地下圏から果ては宇宙にまで生命の存在を求め出している。微生物代謝活性測定が生物地球化学においてますます重要なツールになるだろう。我々は深海熱水活動域、冷湧水系、深海堆積物といった極限環境に生息する微生物の活動とその物質循環への影響を理解すべく、活性測定実験に着手し始めている。既に、炭酸固定、メタン生成、酢酸生成、硫酸還元、有機物の嫌気分解などの活性測定を行っており、nmol/L/day というレベルで微生物駆動物質循環の検出に成功している。このような微生物活動が周辺環境に与える影響から明らかにしていくことで、将来的に全球スケールの物質循環にまで考察を深めていくことが可能となるだろう。

キーワード: 放射性同位体トレーサー, 活性測定, 物質循環
Keywords: radiotracer, activity measurement, biogeochemical cycle

未変質ケイ藻オパール¹の化学組成の決定と海洋元素循環への影響

Determination of elemental composition of diatom opal and its implication on the geochemical cycle in the Oceans

江本 真理子^{1*}, 赤木 右², 高橋孝三³

Mariko Emoto^{1*}, AKAGI, Tasuku², TAKAHASHI, Kozo³

¹九州大学 大学院理学院, ²九州大学 大学院理学研究院, ³北星学園大学

¹Graduate School of Sciences, Kyushu University, ²Faculty of Sciences, Kyushu University, ³Hokusei Gakuen University

[はじめに]

海洋における物質の鉛直輸送は粒子状物質によって行われている。珪藻は海洋の一次生産量の半分以上を占めているにもかかわらず、ケイ藻およびその殻(オパール)の物質循環における役割はほとんど理解されていない。希土類元素を用いた研究によると、ケイ酸殻の化学的変化は粒子の凝集の程度に依存する(Akagi et al., 2011)。すなわち、生産性が高い時期には比表面積と沈降速度の増加により、ケイ藻オパール¹の受ける変質の程度はより小さくなると予想される。生物生産の極めて高い海域であるベーリング海と太平洋中部亜寒帯域のセディメントトラップ試料を分析することにより未変質のケイ藻オパール¹の化学的姿を捉え、海洋物質循環への関与について考察する。

[研究方法]

ベーリング海および太平洋中部亜寒帯域で採取されたセディメントトラップ試料からは、速度論的な考察から変質の影響をほとんど受けていない新鮮なケイ藻オパール¹試料が得られると期待される。この試料を用いて、未変質ケイ藻オパール¹の化学組成を決定した。まず、炭酸塩や酸化物等を除去するために試料をエタノール、塩酸、酢酸の順に処理した。上記の操作で溶解しなかった残渣はケイ酸塩と考えられ、硝酸・過塩素酸・フッ化水素酸の混合溶液でこれを完全に溶解させた後、ICP-MSで定量分析を行った。

[結果・考察]

オパール¹の化学分析から、アルミニウムや鉄・希土類元素等の金属元素を中心に、55元素について未変質ケイ藻オパール¹の元素濃度を決定した。その結果、ケイ藻オパール¹には多くの元素が比較的高濃度で存在していることが分かった。サンゴの硬骨格中の元素濃度(M/Ca比)は地殻中濃度比の1/10000-1000倍の広い幅を持つのに対し、ケイ藻オパール¹中の元素濃度(M/Si比)は1/100-1倍と地殻中の濃度比に近く、狭い範囲に収まった。

さらに、元素が海水に溶解し、水柱から除去されるまでの挙動を、風成塵、ケイ藻、溶存態、酸化物の四つのボックスからなるボックスモデルを使って解析した。モデルでは、ケイ藻は溶存態の一部と風成塵の一部をオパール¹中に取り込むとし、風成塵が溶解する割合、そのうちケイ藻が取り込む割合、溶存成分からケイ藻オパール¹に取り込まれる割合、ケイ藻から溶解して再び溶存成分に戻る割合を変数として含み、定常状態を仮定して解いた。新鮮なケイ藻オパール¹中の元素濃度比は地殻中の元素濃度比を係数とする関数で与えられ、溶存成分からケイ藻オパール¹に取り込まれる割合の変化によって観測値の幅を良く説明できた。M/Si比の分布はそれぞれの元素の化学的性質を反映しているといえる。

キーワード: ケイ藻オパール¹, 海洋鉛直分布, 沈降粒子

Keywords: diatom opal, vertical distribution, settling particles

好氣的陸水中に溶存する Fe(II) の化学形態 Speciation of iron(II) in oxic inland water

丸尾 雅啓^{1*}, 小山和香¹, 小畑元²
Masahiro Maruo^{1*}, Waka Oyama¹, Hajime Obata²

¹ 滋賀県立大学環境科学部, ² 東京大学大気海洋研究所

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

Introduction

In oxic freshwater, iron(II) is thought to be a minor component in total iron concentration because it is immediately oxidized to iron(III) species in hydrated ionic form. But iron(II) has higher potential bioavailability for primary production than iron(III), because of its high solubility and relatively organic weak complexation compared with that of iron(III) which sometimes forms very stable organic complex unavailable for phytoplankton. In practice, iron(II) was detected in some oxic freshwater. In Lake Biwa (Shiga, Japan), 5 to 20 nmol/L of iron(II) was determined by solid phase extraction as PDTS (Ferrozine) complex and spectrophotometry (Maruo M., Obata H. et al., *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 30, 1379-1383, 2010). Also in Lake Kinneret (Israel), some ten nmol / L of Fe(II) was detected with the same reagent. On the other hand, Iron (II) was detected in the range 0.1 to 0.9 nmol/L by flow injection with chemiluminescence detection (Emmenegger L. et al., *Limnol. Oceanogr.*, 46, 49-61, 2001) in daytime in surface water of Lake Greifen (Switzerland). Iron speciation in freshwater is largely regulated by pH, dissolved oxygen and characteristics of dissolved organic compounds in the water, so the difference in the concentration of Fe(II) between these two methods might be caused by chemical species of iron(II) detected. In this study, iron(II) in freshwater was determined by these two methods simultaneously.

Experimental

In Lake Biwa (av. depth 41.2 m, max. 103.6 m), waters were sampled at station T1 (35°22'N; 136°6'E; maximum depth 90 m) in the north basin of the lake on Feb., 2009 and Sep. 2010 by the research ship Hassaka (Univ. of Shiga Pref.). All water samples were collected in a metal-free Niskin sampling bottle. Collected samples were filtered immediately shipboard by a capsule filter (pore size 0.2 micrometer). Iron (II) measurement by chemiluminescence (King D.W. et al., *Environ. Sci. Technol.*, 29, 818-824, 1995) was performed onboard. For spectrophotometric method (Maruo M. et al., *Bunseki Kagaku*, 59, 1143-1147, 2010), buffer (pH 6.8) and PDTS solution were added to filtered water. Treated samples were ice-cooled to avoid oxidation of iron(II). At the laboratory, samples were passed through the Sep-pak PS-1 column to concentrate iron(II)-PDTS complex. The complex was eluted from the column and eluate was introduced to a long pass flow cell (1000 mm pathlength; LPC-1, Ocean Optics Co.), and absorption at 562 nm was read by a spectrophotometer (USB4000-VIS-NIR, Ocean Optics).

Results and Discussion

Iron(II) concentrations obtained from two methods were clearly different from each other. Chemiluminescence detection gave iron(II) concentrations below 1 nmol/L, while spectrophotometry based on Iron(II)-PDTS complexation showed 10 - 100 times higher values than those from chemiluminescence detection. This difference might be caused by complexation of iron(II) with some ligands in natural water or existence of reactive colloidal iron hydroxides. Without addition of the reagents, iron(II) concentration in Lake Biwa waters showed no significant change within 6 hrs after sampling in a dark condition after filtration (Maruo et al., 2011). This finding also suggests a stability of iron(II) by complexation with natural ligands in the water. Concerning the strong ligands for iron(II), the effect of natural strong ligand like EDTA may retard the ligand exchange of iron(II) into PDTS (Oji B., Yoh M., Abstracts of 70th Meeting of the Japanese Society of Limnology, 202, 2005). We also made sure that in iron(II) concentration at 25-100 nmol/L, it took 48hrs to form iron(II)-PDTS complex completely. Even by PDTS method, some portion of iron(II) strongly complexed with organic ligands might be missed.

キーワード: 好氣的環境, 陸水, 鉄 (II), 錯生成, 琵琶湖, 化学分析

Keywords: oxic environment, inland water, iron(II), complexation, Lake Biwa, chemical analysis

植物プランクトン由来易分解性DOCの分解過程 Decomposition process of labile DOC derived from phytoplankton

花町 優次^{1*}, 中村 剛也¹
 Yuji Hanamachi^{1*}, Koya Nakamura¹

¹ 茨城県霞ヶ浦環境科学センター
¹Ibaraki Kasumigaura Environmental Science Center

Dissolved organic carbon (DOC) is one of the largest carbon pools in lakes. The elucidation of its source is very important for our understanding of the lacustrine carbon cycle. One of the sources of DOC is phytoplankton. Phytoplankton supplies DOC to water column directly through extracellular release and cell lysis, and indirectly via bacteria. In order to estimate the contribution of phytoplankton to lake DOC, the production and decomposition processes of DOC derived from phytoplankton need to be well understood. These processes, however, are difficult to investigate because DOC accumulation during phytoplankton decomposition is generally too small. In order to detect and examine this small amount of DOC, we have conducted decomposition experiments using ¹³C tracer in which products by natural phytoplankton communities were decomposed. Previous studies revealed the production process of refractory (R-) DOC. These studies showed that 1.3% of newly fixed carbon by phytoplankton became R-DOC and remained in water column for long time. In the present study, the production and decomposition processes of labile (L-) DOC derived from phytoplankton were investigated.

Phytoplankton communities were collected monthly for a year from Lake Kasumigaura, one of the most eutrophic lakes in Japan. The collected samples were incubated *in-situ* for 24h to label the newly fixed carbon with ¹³C. The samples were subsequently incubated in the dark for 100 days (20°C). The subsamples were collected from the cultures at intervals of 1 to 30 days. The concentration and ¹³C atom% of DOC in each subsample was measured and used for the calculation of the residual amount of newly fixed carbon.

An example of the change in newly fixed carbon is shown in Fig. 1 as an example. Most of newly fixed carbon was particulate organic carbon (POC) at the end of *in-situ* incubation (i. e. the start of dark incubation). The POC concentration, however, decreased drastically as soon as the sample has transferred into the dark condition, while the concentration of DOC showed increase until day 12. The DOC concentration showed gradual decrease after that, but a part of it remained until day 100. We tried to simulate the change in DOC concentration by the consecutive reaction shown in Fig. 1, where k_a is the decay constant of L-POC (d^{-1}), k_b is the decay constant of L-DOC (d^{-1}), a is the conversion efficiency from L-POC to L-DOC and b is the conversion efficiency from L-DOC to R-DOC. The values of a and k_b are especially important to understand the dynamics of L-DOC derived from phytoplankton. Using the least-squares method, a and k_b were estimated to be 0.069 and 0.037 d^{-1} , respectively, in the examination shown in Fig. 1. We also estimated these parameters in the other examinations and revealed that a ranged from 0.030 to 0.13 and k_b ranged from 0.016 to 0.058 d^{-1} . The relationships between these two parameters and phytoplankton community composition were not clear.

The amount of L-DOC derived from phytoplankton in a system can be estimated from primary productivity, a , k_b and water residence time. The values of a and k_b obtained from the present study indicate that the most of L-DOC in water column is derived from phytoplankton in L. Kasumigaura.

Keywords: phytoplankton, labile DOC, decomposition

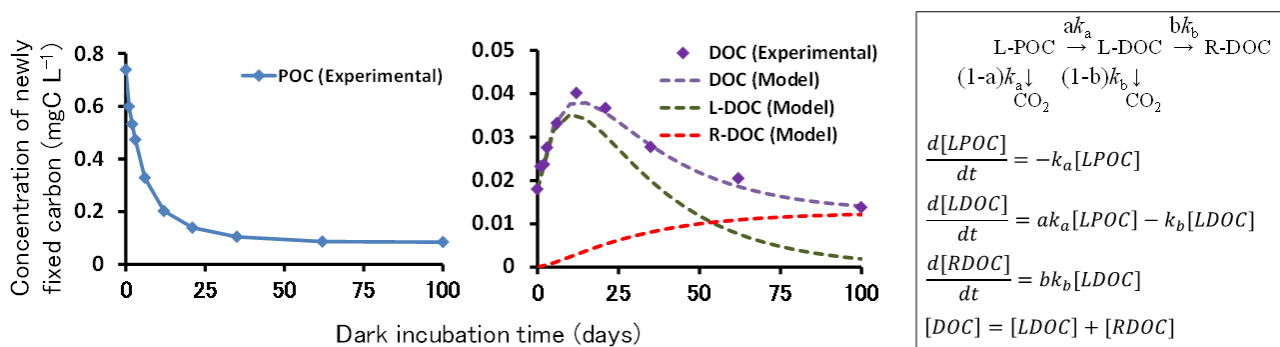


Fig. 1. Change in newly fixed carbon during experiment (Result from Oct. 2010 exam.). Equations used to simulate the DOC change are shown in the box.

海藻由来の溶存態有機物の分解過程 Decomposition process of macroalgal dissolved organic matter

和田 茂樹^{1*}, 田代雄也², 土屋泰孝¹, 佐藤壽彦¹, 品川秀夫¹, 山田雄太郎¹, 濱健夫²

Shigeki Wada^{1*}, TASHIRO Yuya², TSUCHIYA Yasutaka¹, SATO Toshihiko¹, SHINAGAWA Hideo¹, YAMADA Yutaro¹, HAMA Takeo²

¹ 筑波大学下田臨海実験センター, ² 筑波大学生命環境系

¹ Shimoda Marine Research Center, University of Tsukuba, ² Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba

【はじめに】

海藻類は主に底生であることから、海底まで光の到達する沿岸域に生息するものがほとんどである。海藻の光合成は単位面積当たりで熱帯雨林に匹敵するため、地球上で最も生産性の高い生物群落の一つとされており、沿岸域の物質循環における寄与を無視することはできない。我々の研究グループでは、沿岸生態系における海藻の役割の解明を目的とし、その光合成生産物の行方についての研究を行ってきた。その結果、海藻は光合成の約40%という大きな割合が溶存態有機物(DOM: Dissolved Organic Matter)として放出されることが明らかとなっている(Wada et al. 2007)。

DOMは海水中の有機物の主要構成成分であり、DOMに含まれる有機炭素量の動態は炭素の貯留や輸送などに深く関与する。また腐植物質などを始めとする、紫外線の吸収特性を有する有機物群を構成要素の一つとすることから、水圏への紫外線の透過を変化させて生物活動に大きな影響を及ぼす。すなわち、海藻類はDOMの生産を通してこれらのプロセスに寄与することが考えられる。しかしながら、海藻から放出されたDOMは、海水中で光やバクテリアによる分解も受けることで、環境中における動態やその役割を変化させることが予測される。そこで本発表では、我々が過去数年間で実施してきた、海藻のDOMの行方に関する研究を最新のデータと共にまとめて報告する。

【材料と方法】

海藻のDOMの採取

本研究では、北太平洋沿岸に普遍的に生息する褐藻の一種であるカジメを対象とする。静岡県下田市大浦湾の海藻群落は湾の1/4-1/3が海藻群落であり、カジメはその優占種として知られている。潜水作業によってカジメの葉状部に袋を被せ、袋内の試水を2-4日後に回収した。DOMはろ液に含まれる有機物と定義されることから、ガラス繊維ろ紙(Whatman GF/F)を用いてろ過を行い、ろ液の採取を実施した。また対照試料として、海水のみを含む袋も同様に設置した。

バクテリア分解実験

ろ液を20℃で暗所に保存し、一ヶ月に渡り数回のサブサンプルの回収を行った。得られた試水の溶存態有機炭素(DOC: Dissolved Organic Carbon)濃度および蛍光性溶存態有機物(FDOM: Fluorescent Dissolved Organic Matter)を、全有機炭素系(Shimadzu TOC 5000A)および蛍光高度計(Hitachi F-4500)で測定した。

光分解実験

孔径0.2 μmのろ紙で再度ろ過を行いバクテリアを除去したろ液に対し、人工太陽光照射装置(Atlas, SUNTEST XLS+)を用いて擬似太陽光の照射を行った(765 W m⁻²)。24時間の照射期間中はサブサンプルを数回に渡り回収し、DOCおよびFDOMの測定を実施した。

【結果と考察】

カジメに被せた袋の内部のDOC濃度は時間経過に伴って増加し、対照試料である海水のみの袋と比較して相対的に高濃度となった。また、FDOMの測定によって、腐植様物質様の蛍光ピークが高い蛍光強度で観察された。

バクテリアによる分解性を評価するために実施した暗所での分解実験の結果、緩やかにDOC濃度は減少し30日後の残存率は39-80%であった。一方で腐植様物質の蛍光強度は逆に増加する傾向を示し、分解過程でのバクテリアによる生成が示唆された。光照射に関して、DOC濃度は最初の4時間で急激に低下した後その後の変化は緩やかとなり、24時間後の残存率は72%となった。腐植様物質の蛍光強度も一旦減少したものの、4時間以上光照射を継続すると、より短波長域において新たなピークの出現が確認された。

これら2種類の分解実験の結果から、数日程度のタイムスケールにおいてバクテリアや光による分解はそれほど小さくなく、かなりの割合が残存することを示している。海藻から放出されたDOMは、水塊と共に沿岸から外洋に輸送されることから、バクテリアや光による分解作用に対するDOMの高い残存性は、海藻由来の有機物が広範囲に輸送され海水中に貯留される可能性を示唆している。また、FDOMの構成要素である腐植様物質の蛍光強度が、分解過程において増加もしくは波長域の変化を示すことから、海藻のDOMが海水中への紫外線の透過性へ及ぼす影響は、分解過程において経時的に変化していくことが示唆された。

Japan Geoscience Union Meeting 2013

(May 19-24 2013 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2013. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



MIS24-09

会場:302

時間:5月24日 10:15-10:30

キーワード: 海藻, 溶存態有機物, バクテリア分解, 光分解, 溶存態有機炭素, 蛍光溶存態有機物

Keywords: macroalgae, dissolved organic matter, bacterial decomposition, photochemical decomposition, dissolved organic carbon, fluorescent dissolved organic matter

バクテリア由来の蛍光性溶存態有機物の蛍光特性と分子量分布 Relationship between fluorescence characteristics and molecular weight of FDOM produced by bacteria

霜鳥 孝一^{1*}, 渡邊 圭司², 濱 健夫¹
Koichi Shimotori^{1*}, Keiji Watanabe², Takeo Hama¹

¹ 筑波大学, ² 埼玉県環境科学国際センター

¹University of Tsukuba, ²Center for Environmental Science in Saitama

Three bacterial strains were isolated from coastal surface seawater. These strains were inoculated into the liquid media amended with organic substrates and incubated in the media for a week. After the incubation, the production of fluorescent dissolved organic matter (FDOM) in the samples was confirmed by using excitation-emission matrix (EEM) spectroscopy. Simultaneously, alterations in molecular weight of the samples were analyzed by high-pressure size-exclusion chromatography (HPSEC) with fluorescence and absorbance detectors. The parallel factor analysis of the EEM spectra revealed that two strains produced the component associated with visible humic-like fluorescence and the rest of one strain made the two components which were related to visible and UV humic-like fluorescence. The fluorescence chromatograms derived from former two strains exhibited a single peak, whereas the chromatogram for the latter strain showed multiple peaks. The peak that attributes to the component associated with UV humic-like fluorescence consisted of lower molecular weight than the peaks derived from visible humic-like fluorescence. This finding suggests that the fluorescence characteristics of the bacterially-derived FDOM were related to its molecular weight. The HPSEC results with absorbance detection at 260 and 280 nm showed that the bacterial strains transformed organic substrates into low molecular weight compounds that included aromatic carbon content. The variation of the ratio of the fluorescence intensity to the absorbance among the peaks was found in their chromatograms, indicating that a content of aromatic carbon affects fluorescence intensity of FDOM. Thus, it is important for the qualitative analysis of FDOM to explore the relationship among aromatic carbon contents, molecular weights and fluorescence characteristics of FDOM

キーワード: バクテリア, 蛍光性溶存有機物, 三次元励起蛍光スペクトル, 分子量分布

Keywords: Bacteria, Fluorescent dissolved organic matter, Excitation-emission matrix spectroscopy, Molecular weight

放射性炭素と炭素安定同位体比を用いた釧路川懸濁態有機物の移行動態に関する研究

Study on migration of particulate organic matter in the Kushiro River using radiocarbon and stable carbon isotopes

長尾 誠也^{1*}, 鈴木智代², 関宰³, 落合伸也¹, 田中孝幸⁴, 荒巻能史⁵, 山本政儀¹

Seiya Nagao^{1*}, SZUKI, Tomoyo², SEKI, Osamu³, OCHIAI, Shinya¹, TANAKA, Takayuki⁴, ARAMAKI, Takafumi⁵, YAMAMOTO, Masayoshi¹

¹ 金沢大学環日本海域環境研究センター, ² 金沢大学大学院自然科学研究科, ³ 北海道大学低温科学研究所, ⁴ 日本原子力研究開発機構, ⁵ 国立環境研究所

¹LLRL, INET, Kanazawa University, ²Grad. School of NST, Kanazawa University, ³LTS, Hokkaido University, ⁴Japan Atomic Energy Research Institute, ⁵National Inst. for Environmental Studies

陸域から海洋へ供給される有機物は、地球表層での炭素循環において重要な移行成分であり、沿岸生態系の生産性の維持等に関係している。最近では、雪解けや降雨時に移行する有機物の重要性が指摘され、起源やその移行挙動に関する研究が進められている。有機物のバルクの特徴を把握することができる¹⁴Cと¹³C値とを組み合わせた解析評価手法は、陸域における有機物の移行動態を検討するトレーサーとしての有効性が報告されている。本研究では、炭素同位体比を用いて湿原流域から河川へ供給される懸濁態有機物の流入機構を明らかにすることを目的に研究を進めた。

釧路川では、釧路湿原の末端に位置する岩保木水門付近で2004、2005年4月、2008年6月、2008、2009年8月に河川水を採水した。河川水中の懸濁粒子は、河川水から連続遠心法により分離し、凍結乾燥した後にメノウ乳鉢で粉碎し、粉末試料とした。有機物の¹⁴C/¹²Cの測定は、1M塩酸で炭酸塩の除去を行った試料について、国立環境研究所と日本原子力研究開発機構青森研究開発センターの加速器質量分析計により行った。また、¹³C/¹²Cの測定は、質量分析計により行い、¹³C値として表した。河川懸濁粒子と沿岸域堆積物の有機炭素含量、全窒素含量は元素分析計により測定した。

釧路川河川水懸濁粒子の有機態¹⁴C、¹³C値は、それぞれ、-76‰から+6‰と-29.0‰から-27.8‰の範囲を示した。この変動要因を明らかにするため、粒子態有機物の¹⁴C、¹³C値と河川水の水位との関係を検討した。2004、2005年4月と2009年8月の試料は水位が高く、¹⁴Cが-29‰から+6‰と高い値であった。4月は雪解け時期に相当し、2009年8月は長雨の影響で例年に比べて高い水位であった。一方、河川懸濁粒子の有機物の¹³C値は、水位に対して減少する傾向を示した。これらの結果は、水位の増加に伴い、湿原土壌表層の粒子が河川に供給され輸送されていることを示唆している。

キーワード: 河川水, POM, 懸濁粒子, 沿岸域堆積物, 陸起源有機物, 陸域?海洋相互作用

Keywords: river water, POM, suspended solids, coastal marine sediments, terrestrial organic matter, land-ocean interaction

腐植物質が海洋の溶存鉄濃度分布をコントロールしているのか?: 海洋大循環モデルによる考察

Humic substances may control dissolved iron distributions in the global ocean: Implications from numerical simulations

三角 和弘^{1*}, LINDSAY, Keith², MOORE, J. Keith³, DONEY, Scott C.⁴, 津旨 大輔¹, 吉田 義勝¹

Kazuhiro Misumi^{1*}, LINDSAY, Keith², MOORE, J. Keith³, DONEY, Scott C.⁴, TSUMUNE, Daisuke¹, YOSHIDA, Yoshikatsu¹

¹ 電力中央研究所 環境科学研究所, ² 米国大気研究センター, ³ カリフォルニア大学アーバイン校, ⁴ ウッズホール海洋研究所

¹Central Research Institute of Electric Power Industry, ²National Center for Atmospheric Research, ³University of California at Irvine, ⁴Woods Hole Oceanographic Institution

鉄は植物プランクトンの増殖に必須の栄養素で、海洋の広域で一次生産を制限している、海洋の炭素循環を理解する上で鍵となる元素である。外洋で観測される溶存鉄濃度は0.1-1.0 nM程度であるが、海水中で熱力学的に安定な三価の鉄の溶解度は観測される濃度より1-2オーダー低く、ほとんどの溶存鉄が有機配位子と錯体を形成していると考えられている。有機配位子は溶存鉄濃度分布に強い影響を与えていると考えられるが、その組成や分布は明らかではなく、温暖化予測に用いられる海洋大循環モデルでは、その分布を空間一様のパラメータとして扱ってきた。

近年の観測に基づく研究は、海水中の腐植物質が鉄の有機配位子として機能していることを示唆し、腐植様発色団含有溶存有機物(CDOM)の蛍光強度は、見かけの酸素消費量(AOU)と広範囲で線形関係にあることを示してきた。これらのことは、分布がよく分かっているAOUが有機配位子のプロキシとして使える可能性を示唆している。本研究では、AOUとの間に線形関係を仮定することで有機配位子の濃度分布を計算し、それを海洋大循環モデルに組み込んで、溶存鉄濃度分布の再現性を従来の手法と比較した。

有機配位子に分布を与えたケースでは、従来の手法の結果と比べ、溶存鉄濃度分布の再現性に著しい改善がみられた。有機配位子にAOUに比例した分布を与えることは、溶存鉄濃度の滞留時間に大洋間の違いを与えることで、モデルの再現性を改善することが明らかになった。この結果は、有機配位子とAOUの間に線形関係があるという仮説を支持し、有機物が分解される際に放出される腐植物質が鉄の有機配位子として機能しているという観測からの推定を支持している。これまでに得られている有機配位子の観測データはばらつきが大きく、AOUのように大洋間の明瞭な違いが見られていないが、近年の単一の航海で測定した広範囲の有機配位子濃度は、AOUや腐植様CDOMと似た分布を示しており、我々の仮説を支持している。

海洋堆積物中のアミノ酸の起源：アミノ酸と光合成色素の化合物レベル窒素同位体組成からの推定

The sources of amino acids in marine sediments estimated from nitrogen isotopic composition of amino acids and chlorin

山口 保彦^{1*}, 菅 寿美², 高野 淑識², 力石 嘉人², 小川 奈々子², 横山 祐典³, 大河内 直彦²

Yasuhiko T. Yamaguchi^{1*}, Hisami Suga², Yoshinori Takano², Yoshito Chikaraishi², Nanako O. Ogawa², Yusuke Yokoyama³, Naohiko Ohkouchi²

¹ 東京大学大学院理学系研究科, ² 海洋研究開発機構 海洋・極限環境生物圏領域, ³ 東京大学大気海洋研究所

¹Department of Earth and Planetary Science, The University of Tokyo, ²Institute of Biogeosciences, JAMSTEC, ³Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo

Amino acids are the building blocks of proteins and peptides and key compounds in microbial metabolisms. Amino acids represent one of major fractions of sedimentary organic matter and are important in undergoing organic matter mineralization in marine sediments. However, our understanding is still limited about the biogeochemical dynamics of amino acids in marine sediments, in part because currently available methods are not sufficient to constrain sources and transformation processes of amino acids in sediments.

Here, as a new method to estimate sources of amino acids in marine sediments, this study reports down-core profiles of compound-specific nitrogen isotopic composition ($\delta^{15}\text{N}$) of total hydrolysable amino acids (THAA) in marine sediments of the Japan Sea (a surface sediment and a 7-m-long piston core; ca. 46,500 years). The $\delta^{15}\text{N}$ profiles of THAA were compared with a down-core $\delta^{15}\text{N}$ profile of chlorin pigment (pyropheophytin a), which reflects the $\delta^{15}\text{N}$ values of organic matter produced by photosynthetic organisms in the past ocean.

Significant correlations were observed between $\delta^{15}\text{N}$ of amino acids and chlorin pigment in the piston core samples ($r^2 = 0.87$ for phenylalanine, 0.78 for glutamic acid, 0.77 for alanine, and 0.62 for glycine; $n = 13$). This result suggests that the major source of THAA is organic matter produced by the organisms in the past ocean (i.e., necromass) and that contribution of in situ sedimentary microbial production to THAA is less than 15% below 1 m depth in the core. The offset values of $\delta^{15}\text{N}$ between amino acids and chlorin pigment in the sediments of 1-7 mbsf (e.g., $\delta^{15}\text{N}$ -phenylalanine - $\delta^{15}\text{N}$ -chlorin = +7.3 permil in average) suggest that the source organisms of THAA contain not only photosynthetic algae and animals but also heterotrophic or chemoautotrophic microbes in the past ocean (water column and surface sediments).

キーワード: 有機物, 窒素同位体, アミノ酸, 光合成色素, 海洋堆積物, 古海洋

Keywords: Organic matter, Nitrogen isotope, Amino acids, Photosynthetic pigments, Marine sediments, Paleoceanography

メタン生成ポテンシャルの定量的理解を目指して QUANTITATIVE ESTIMATION OF METHANOGENIC POTENTIAL USING FAC- TOR F430

金子 雅紀^{1*}, 高野 淑識¹, 小川 奈々子¹, 大河内 直彦¹
Masanori Kaneko^{1*}, TAKANO, Yoshinori¹, OGAWA, Nanako O.¹, OHKOUCHI, Naohiko¹

¹ 海洋研究開発機構

¹ Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC)

Methanogenesis is a final step of decomposition of organic matter by organisms, which is mediated by methanogenic archaea. It is suggested that a large proportion of methane in marine gas hydrate originates from the microbially mediated methanogenesis, based on isotopic compositions of methane. Therefore, investigations of distribution and activities of methanogenic archaea are important for better understanding of carbon cycles and mechanisms of gas hydrate formation. So far presence and activities of methanogenic archaea have been inferred using molecular biologic techniques, membrane lipids and tracer experiments with isotopically-labelled substrates however, it was difficult to clarify their in situ distribution and activities quantitatively.

Coenzyme F430 that is a Ni porphinoid with five carboxyl groups catalyses a final step of methanogenic reactions (Thauer, 1998). Because of its unique structure, functionality and lability, F430 can be a biomarker for a quantitative estimation of in situ methanogenic potential and activities of living methanogens (Takano et al., in press). In this study, we developed quantitative analysis of F430 and applied the method into methanogenic industrial sludge and environmental samples.

[References]

Takano Y., Kaneko M., Kahnt J., Imachi H., Shima S., Ohkouchi N. Detection of coenzyme F430 in deep sea sediments: A key molecule for biological methanogenesis. *Organic Geochemistry* in press

Thauer R.K., 1998. *Biochemistry of methanogenesis : a tribute to Marjory Stephenson*. *Microbiology* 144, 2377-2406.

Keywords: Methanogenic archaea, F430, Methanogenic potential

水田からのメタン生成に關与するメタン生成古細菌の生理学的・遺伝学的特性 Physiological and genetic properties of key methanogenic Archaea for global methane emission from rice paddy fields.

酒井 早苗^{1*}

Sanae Sakai^{1*}

¹ 海洋研究開発機構, 海洋・極限環境生物圏領域

¹JAMSTEC, Institute of Biogeosciences

Rice paddy fields (RPFs) are one of the major sources of the greenhouse gas methane: it contributes 10-25% of the global methane emissions to atmosphere. Methane emission from RPFs is caused by the microbial production of methane, as the end products of anaerobic degradation of organic compounds. Cultivation-independent molecular studies suggested that one of the orders of methanogens, the order *Methanocellales*, which previously recognized as uncultured group Rice Cluster I (RC-I), is identified as the predominant methanogen in RPFs. However, despite their numerical significance and cosmopolitan dispersal, RC-I methanogens had so far escaped isolation.

Previously, we successfully isolated a novel methanogen, belonging to the RC-I lineage from a Japanese rice paddy field. To enrich the RC-I methanogens from rice paddy samples, we attempted to mimic the in situ conditions of RC-I on the basis of the idea that methanogens in such ecosystems should thrive by receiving low concentrations of substrate (H_2) continuously provided by heterotrophic H_2 -producing bacteria. For this purpose, we developed a coculture method using an indirect substrate (propionate) in defined medium and a propionate-oxidizing, H_2 -producing syntroph, *Syntrophobacter fumaroxidans*, as the H_2 supplier. By doing so, we significantly enriched the RC-I methanogens and eventually obtained a methanogen within the RC-I group in pure culture. That was the first report on the isolation of a methanogen within the RC-I group. We determined further morphological and physical properties of the isolate, and proposed the isolate as a novel mesophilic hydrogenotrophic methanogen *Methanocella paludicola*.

In addition, we reported complete genome sequence of *M. paludicola*. The genome sequence of *M. paludicola* consists of a single circular chromosome of 2,96 Mbp containing 3004 protein-coding sequences (CDS). Genes for most of the functions known in the methanogenic archaea were identified, e.g. a full complement of hydrogenases and methanogenesis enzymes. Comparative genome analysis among the previously determined methanogen genomes pointed to the genome-wide relatedness of *M. paludicola* to the orders *Methanosarcinales* and *Methanomicrobiales* methanogens in terms of the genetic repertoire. Meanwhile, the unique evolutionary history of *M. paludicola* was also traced in an aspect by the comparative genome analysis among the methanogens. The physiological and genetic properties of *M. paludicola* would provide better understanding how RC-I methanogens contribute global methane emission from RPF environments.

Keywords: methane, methanogenic archaea, rice paddy fields, cultivation

鉱物組成の異なる火山灰土壌に存在する有機無機集合体の粒径サイズによる N-15 値の変化

Variation in delta N-15 among the soil organo-mineral particles of various sizes in two volcanic-ash soils

浅野 真希^{1*}, 和穎朗太¹
Maki Asano^{1*}, WAGAI, Rota¹

¹ (独) 農業環境技術研究所

¹National Institute for Agro-Environmental Sciences

Stabilization and destabilization of soil organic matter (SOM), representing the largest carbon pool of terrestrial ecosystem, exert strong control on the biogeochemical cycling of biogenic elements. Growing evidence suggest that SOM stabilization is largely controlled by the interaction of organic matter (OM) and soil minerals. Volcanic-ash soils are characterized by a high contents of OM, short-range order (SRO) minerals (e.g., allophane/imogolite), and organo-metal complexes. Previously, we showed that SOM is mainly stabilized in the soil particles of <2 micro-m size class where SRO minerals and organo-metal complexes were enriched relative to larger-size particles. Furthermore, we found that the decline of C:N ratio and enrichment of N-15 towards finer particle size fraction. These results suggest that the OM in finer-sized particles appears to be more strongly altered by soil microbial metabolism. How soil mineralogical factors are linked to the microbial transformation of SOM remains poorly understood, however. Here we hypothesized that, N-rich OM is stabilized by interacting with metal ions (Al and Fe) and the organo-metal interaction, in turn, controls the variation in delta N-15 among the soil particles of various sizes. To test this, we chose two types of volcanic-ash soils - one is rich in SRO minerals (SRO soil) and the other rich in layer-silicate minerals and organo-metal complex (non-SRO soil). We used particle-size fractionation to separate organo-mineral particles and characterized each by selective-dissolution, solid-state C-13 NMR, isotopic (N-15, C-13, C-14), and microscopic techniques. Our results showed that: (i) OM was mainly stabilized in <2 micro-m size fractions in both mineral type soils, (ii) OM content showed strong positive correlation with the content of organically-complexed metals, (iii) C:N ratio, N-15, and C-14 values were correlated with one another among the size fractions of both soils. Based on these results, we will discuss the possible factors and processes controlling the variation in N-15 among the organo-mineral particles and its relation to SOM stabilization in the studied soils.

キーワード: 土壌有機物, 有機無機相互作用, 粒径サイズ分画, 非晶質鉱物, 金属腐植複合体, 炭素安定化

Keywords: soil organic matter, organo-mineral associate, particle-size fractionation, short-range-order minerals, organo-metal complexes, carbon stabilization

比重分画法及び安定同位体トレーサー法を用いた土壌有機物蓄積速度の定量的解析 Organic matter accumulation in volcanic ash soil revealed by C-13 tracer experiments and density fractionation analysis

早川 智恵^{1*}, 和穎朗太¹, 稲垣善之²

Chie HAYAKAWA^{1*}, Rota, WAGAI¹, Yoshiyuki, INAGAKI²

¹ 農業環境技術研究所, ² 森林総合研究所

¹NIAES, ²FFPRI

< 背景と目的 >

土壌に供給された有機物は、主に微生物による分解（代謝）作用を受けると同時に、化学的吸着や物理的隔離といった土壌団粒や鉱物粒子との相互作用を繰り返す。これにより、サイズや化学的性質の異なる有機・無機集合体が形成されるため、土壌有機物の大半は 1.8 g mL^{-1} 以上の中～高比重の土壌粒子（団粒）として蓄積すると推測されている。しかし、供給された有機物が中～高比重画分として蓄積する速度は明らかではない。比重分画法と安定同位体トレーサー法を組み合わせることで、比重の異なる土壌団粒への有機物の移行割合を定量評価することを目的とした。

< 方法 >

表層土壌（黒ぼく土）に ^{13}C 標識グルコース ($99 \text{ }^{13}\text{C}$ atom%) を添加、 35°C ・圃場容水量の 50% 水分条件で 1 ヶ月間、密閉して培養した（3 連）。培養後、ポリタングステン酸ナトリウム溶液を用いて、低比重 ($< 1.8 \text{ g mL}^{-1}$)、中比重 ($1.8 - 2.5 \text{ g mL}^{-1}$)、高比重 ($> 2.5 \text{ g mL}^{-1}$) 画分に分画し、それぞれの画分の回収量、同位体比 ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$)、全炭素濃度を測定した。培養期間中に土壌から放出された CO_2 はアルカリトラップ法によって回収し、同位体比と全炭素量を測定した。

< 結果と考察 >

分画された土壌の全炭素量は非晶質鉱物を主体とする中比重画分で 85% と最も多く、植物リターを主体とする低比重画分で 10%、高比重画分で 5% と最も少なかった。一方、添加した ^{13}C -グルコースのうち、30 日間で CO_2 に無機化された割合は 49% であった。土壌に残留した ^{13}C は低比重、中比重、高比重画分にそれぞれ、37%、13%、0.8% であった。短い培養期間では、低比重画分に存在する微生物バイオマスに多くの割合の ^{13}C が残存したと考えられた。

キーワード: 土壌有機物, C-13 グルコース, 比重分画, 土壌微生物, 有機無機集合体, 非晶質鉱物

Keywords: soil organic matter, C-13 glucose, density fractionation, soil microorganism, organo-mineral particles, short-range-order minerals

熱帯アフリカの楯状地における土壌の鉱物学的多様性 Mineralogical variations in tropical soils on African Shield

中尾 淳^{1*}, 杉原 創², 舟川 晋也²
Atsushi Nakao^{1*}, Sugihara Soh², Funakawa Shinya²

¹ 京都府立大学大学院生命環境科学研究科, ² 京都大学大学院地球環境学

¹Department of Life and Environmental Sciences, Kyoto Prefectural University, ²Department of Global Environmental Studies, Kyoto University

熱帯アフリカの楯状地(高地)では、高温湿潤な気候条件と平らで安定した地形条件により、易風化鉱物の溶解や無機養分の洗脱が極度に進んだ貧栄養土壌が主に分布する。このような地域では、有機物の表面電荷と有機物が貯蔵する養分によって土壌の養分保持・供給能が規定されているため、土壌有機物の保全が最重要課題であることは論を待たない。一方で、皆伐等の人為攪乱によって土壌有機物の減耗が起こると、鉱物溶解による養分放出や粘土鉱物表面の電荷による養分保持への依存性が増加する。そのため、減耗した土壌有機物の回復速度は、鉱物由来の養分保持・供給機能によって異なる可能性がある。しかし、熱帯アフリカの土壌は強風化かつ貧栄養であるという画一的な見方が一般的となっているため、鉱物学的な多様性への関心は低く、実態把握に必要な基礎情報は極めて少ないのが現状である。そこで本発表では、熱帯アフリカの楯状地における土壌鉱物組成の変異と分布傾向について調べ、その肥沃度的な意義について考察することを目的とする。

熱帯アフリカの楯状地のうち、カメルーン中部のアダマワ高地(ADM)およびその南部に位置する南カメルーン高地(SC)において、広域32地点の複数層位から採取した計124の土壌を供試した。全試料について、粒径組成、pH、全炭素量、陽イオン交換容量(CEC)を求めた。また、各採取地点の下層土壌1、2点について、湿式分解法(HF-HClO₄)による全元素分析および選択溶解法による遊離鉄酸化物中のFe・Al量の同定を行った。さらに、同試料から分画した粘土粒子を用いて、X線回折法(XRD)、示差X線回折法(DXRD)および示差熱分析法(TG-DTA)による鉱物組成の同定を行うとともに、雲母の存在量および雲母風化末端の負電荷量の指標として、湿式分解法による全K量の測定および放射性セシウム捕捉ポテンシャル(RIP)の測定を行った。

土壌分類学上もっとも風化の進んだ土壌であるフェラルソル(世界土壌照合基準)は、粘土1kgあたりのCEC(CEC_{clay})が16 cmol_c kg clay⁻¹以下、つまり低活性粘土主体の養分保持能の低い土壌層位を持つことを主な基準とする。この基準を満たす層位を持つ土壌はSCにおいて19地点中12地点、ADMにおいて13地点中12地点と大多数を占めた。実際、主要な粘土鉱物は1:1型層状ケイ酸塩(カオリナイト)とAl水酸化物(ギブサイト)であり、雲母などの2:1型鉱物の存在割合が少なかったことから、当該地域に分布する主な土壌がフェラルソルであることが確かめられた。

その一方で、雲母の存在を示す3つの指標値、雲母とカオリナイトのXRDピーク比(log I_{1,0}/I_{1,4})、全K量、RIPは、相互に高い正の相関を示した。さらに、3指標値ともCEC_{clay}と高い正の相関を示したうえで、ADMではSCと比べて明らかに低い値を示したことから、ADMとSC間に鉱物学的な養分保持・供給能の違いがあり、その違いが主に雲母の残留量によって規定されていることが強く示唆された。その他、ADMとSCの間には、粘土画分中のカオリナイトおよびギブサイトの存在割合や、遊離鉄酸化物(ゲータイト)中のFe-Al同形置換率に顕著な違いが見られた。粘土中のカオリナイトの存在割合は、ADMにおいてSCよりもやや少ない傾向が示された。また、ギブサイトの存在割合はADMにおいて有意に多かった。ゲータイトの格子面間隔d(110)が理想構造の格子面間隔(0.418 nm)よりも短い場合、構造中のFe³⁺の一部がイオン半径の小さいAl³⁺によって置換されていることを意味する。DXRDの結果から、ADMではSCと比べてゲータイトの格子面間隔が短いことが分かった。また、選択溶解法によって抽出された遊離酸化鉄由来のAl量もADMの方が多いことが分かった。これらの結果は、ADMのゲータイトでAl置換率がより大きいことを示している。

以上の結果をまとめると、ADMでは、粘土粒子中の2:1型層状ケイ酸塩および1:1型層状ケイ酸塩の存在割合がSCと比べて減少しており、逆にAl水酸化物量や遊離鉄酸化物中のAl量が増加していることが明らかになった。これらの違いは、土壌風化の主要プロセスである脱ケイ酸とAl富化がSCよりもADMで進行していることを示している。高地として成立した地質年代がADM(BP 60-100 Ma)の方がSC(BP 40-60 Ma)よりも古いことから、土壌風化の進行程度の違いは時間因子によって規定されていると考えられる。これらの結果から、世界的な比較軸の中では強風化土壌分布地域とされる熱帯アフリカの楯状地においても、土壌の鉱物学的特徴には大きな変異があり、その変異が養分保持・供給能と強く関連することが明らかとなった。

キーワード: カメルーン, 雲母, 脱ケイ酸・Al富化, X線回折法, 示差熱分析法, 放射性セシウム捕捉ポテンシャル

Keywords: Cameroon, Mica, Desilication/Aluminization, X-ray diffraction analysis, Differential thermal analysis, Radiocesium Interception Potential

水田における窒素収支評価を目的とした DNDC-Rice モデルの改良 Modification of the DNDC-Rice model to evaluate the nitrogen balance at a paddy field

片柳 薫子^{1*}, 小野圭介¹, 麓多門¹, 間野正美², 宮田明¹, 常田岳志¹, 酒井英光¹, 吉本真由美¹, 臼井靖浩¹, 中村浩史³, 林健太郎¹, 長谷川利拓¹

Nobuko Katayanagi^{1*}, ONO, Keisuke¹, FUMOTO, Tamon¹, MANO, Masayoshi², MIYATA, Akira¹, TOKIDA, Takeshi¹, SAKAI, Hidemitsu¹, YOSHIMOTO, Mayumi¹, USUI, Yasuhiro¹, NAKAMURA, Hiroshi³, HAYASHI, Kentaro¹, HASEGAWA, Toshihiro¹

¹ (独) 農業環境技術研究所, ² 千葉大学, ³ 太陽計器 (株)

¹National Institute for Agro-Environmental Sciences, ²Chiba University, ³Taiyokeiki Co. Ltd.

The DNDC (DeNitrification-DeComposition)-Rice model simulates the processes of carbon and nitrogen turnover in ecosystems for estimating greenhouse gas emissions from paddy fields, and can be used to simulate the N balance of a paddy field. In this study, we validated DNDC-Rice using field observation data, including N balance data, to reveal problems when using the model to evaluate a paddy field's N balance. To validate the N balance components of DNDC-Rice, we used data collected at the Mase paddy flux site (36.03N, 140.01E), in the middle of the Kanto Plain of Japan's Ibaraki Prefecture, in 2009. Before the validation, a process for adsorption of ammonium (NH_4^+) ions by clay was modified based on the results reported by Katayanagi et al. (2012) Soil Sci. Plant Nutr. 58:360-372. The modified DNDC-Rice simulated the dry weight of roots, stems, and grains well, but overestimated leaf dry weight. The normalized root-mean-square errors (nRMSEs) for the root, stem, grain, and leaf dry weights were 13, 16, 7, and 60%, respectively. DNDC-Rice also overestimated the leaf area index (LAI) and leaf N content, with nRMSEs of 125 and 37%, respectively. The overestimation of leaf dry weight and LAI resulted from overestimation of N uptake by rice and of N allocation to leaves. The high N uptake could be due to either a high available soil N content, crop N recovery from the soil or both. At harvesting, the simulated N balance (= N input - N output) was -38.8 kg ha^{-1} , which was much lower than the N balance determined by observations and from relevant literature (12.8 kg ha^{-1}). The underestimation of the N balance resulted mostly from the model's inability to calculate dry N deposition and N fixation as inputs and from overestimation of grain N uptake and underestimation of N_2 emissions through denitrification as outputs. Based on the result, the model has been being modified using the data collected at Tsukuba FACE (Free-Air CO_2 Enrichment) experimental site. Tsukuba FACE (35.97N, 140.00E) was established in farmers' rice fields in Tsukubamirai City located near the Mase site. The elevated $[\text{CO}_2]$ treatments were imposed on experimental plots in Tsukuba FACE to evaluate responses of rice and carbon and nitrogen cycles to high CO_2 and soil temperature. The modification based on the data collected at Tsukuba FACE will make it possible to predict future carbon and nitrogen dynamics at paddy fields more accurately.

キーワード: 窒素収支, 常時湛水水田, DNDC-Rice

Keywords: nitrogen balance, continuous flooding paddy field, DNDC-Rice

窒素飽和状態の森林・耕地土壌における急速な有機物分解 セルロースろ紙培養試験による解析
Rapid decomposition of organic matter in N-rich forest and cropland soils as revealed by cellulose filter incubation

藤井 一至^{1*}, 稲垣善之¹, 小野賢二¹, 金子真司¹
Kazumichi Fujii^{1*}, Yoshiyuki Inagaki¹, Kenji Ono¹, Kaneko Shinji¹

¹ 森林総合研究所

¹ Forestry and Forest Products Research Institute

The microbial decomposition of organic matter plays important roles in soil C cycles. The decomposition activity of soil microorganisms may increase in response to the increased N deposition or fertilization. By using filter paper of cellulose (major constituent of plant litter) as a standard substrate for soil microorganisms, effects of N availability on microbial decomposition activity can be compared between different forest and cropland types. The mass loss of filter papers buried in the surface soils was measured in the N-rich cropland and three forest sites varying in N deposition in Japan. The rates of cellulose decomposition were higher in the cropland soil than in three forest soils. Despite a small biomass of the cropland soil microorganisms, their decomposition ability is considered to be enhanced by higher soil temperature and N availability. Among three forest soils, decomposition rate on cumulative degree-day basis was greatest in the suburban forest receiving high N deposition (20 kg N ha⁻¹ yr⁻¹). The mineralization experiment of ¹⁴C-glucose showed that the mineralization rates of glucose increased with soil microbial biomass, which contrasts with results of cellulose decomposition. This suggests that the rate-regulating factors of cellulose decomposition are different from those of glucose mineralization. Cellulose can be rapidly decomposed in the forest soils receiving high N deposition, as well as N-rich cropland soils. The N input from the external sources may be taken into account as one of rate-regulating factors of organic matter decomposition in the suburban forests.

キーワード: 土壌呼吸, 土壌有機物, 有機物分解, 窒素飽和, セルロース

Keywords: soil respiration, soil organic matter, organic matter decomposition, N saturation, cellulose

窒素飽和に伴うモウソウチクの形態的变化の検討 Morphological changes in bamboo with nitrogen saturation

相原 有希^{1*}, 木庭啓介¹, 楊 宗興¹
Yuki Aihara^{1*}, Keisuke Koba¹, Muneoki Yoh¹

¹ 東京農工大学

¹Tokyo University of Agriculture and Technology

[Introduction]

In recent years, nitrogen saturation, a state where the amount of available nitrogen exceeds plant and microbial nutritional demand due to nitrogen deposition, has been reported. In a nitrogen-saturated forest, Tama hill, bamboo (*Phyllostachys pubescens*) lodging is observed. In the case of rice, it is known that leaf mass is increased and internodal growth is promoted under high nitrogen nutrition, resulting in rice lodging. Thus, we hypothesized that similar morphological changes by nitrogen saturation would have caused a lodging phenomenon for bamboo, a family of rice. Based on this assumption, we studied the cause of bamboo lodging from the following morphological changes; 1) promotion of extension growth, 2) the increase in mass of branches-and-leaves, 3) decrease of roots.

[Method]

We studied the biometry of bamboo in a nitrogen-saturated site (Tama, Tokyo) and control sites (Fukushima and Izu). Diameter at breast height (DBH), each internode length, culm height, and mass of branches-and-leaves, and root mass in the soil surface (0-5 cm) were measured. The total carbon and total nitrogen content of leaves were measured with the dry combustion method.

[Result and discussion]

No significant difference was found in the leaf nitrogen concentration, culm height, and the mass of branches-and-leaves for bamboos standing straight among the N-saturated and control sites. Lodging bamboo in the Tama hill, however, had significantly larger mass of branches-and-leaves. Very low root mass in the soil surface was also measured and a root mat as observed in the soil surface in a control site was hardly seen in the N-saturated site. It is considered that increase in the load of the aboveground by the increase in mass of branches-and-leaves and the fall of the bearing power of the underground by the decrease of root mass is responsible for bamboo lodging as observed in the N-saturated site. Further research is necessary to study the strength of bamboo culm, mass of branches-and-leaves of lodging individual, and mass of whole root.

キーワード: 窒素飽和, 形態的变化, 竹, 倒伏, 異常生長, バイオメトリー

Keywords: nitrogen saturation, bamboo, morphological change, lodging, overgrowth, biometry

スギ緑葉の分解におよぼす窒素固定活性の影響

Effect of nitrogen fixation activity on green needle decomposition of Japanese cedar

平井 敬三^{1*}, 山中高史¹, 小野賢二², 金子智紀³

Keizo Hirai^{1*}, Takashi Yamanaka¹, Kenji Ono², Tomonori Kaneko³

¹ 森林総合研究所, ² 森林総合研究所東北支所, ³ 秋田県農林水産技術センター森林技術センター

¹Foresry and Forest Products research Institute, ²Tohoku Reserach Center, Foresry and Forest Products research Institute,

³Institute of Forestry, Akita Prefecture Agriculture, Forestry and Fisheries Research Center

人工林で行われる間伐や枝打ちなどの森林管理はリターなどの枝葉を林地に緑葉の形で人為的に還元する。管理が行われない森林では自然条件での還元はほぼ落葉のリターに限られるので、これら二つの還元形態は林地への還元後の分解にともなう養分動態に量的および質的に違いをおよぼすと考えられる。ここでは、間伐で人為的な形で還元されたスギ緑葉の分解にともなう窒素動態を検討するため、非積雪地の関東内陸の茨城県城里町（桂試験地）と積雪地である東北日本海側の秋田県大館市（長坂試験地）のスギ人工林で調査した。リターバッグを入れた緑葉を地表（地表区）と地表に触れず空中に存在する形（空中区）で設置し、定期的回収した。回収試料を2mmの円孔で選別し、2mm以上の試料を分解残存葉として、1.重量測定し解速度を求めるとともに、2.炭素および窒素含量測定、3.アセチレン還元法による窒素固定活性を測定し、分解にともなう窒素動態とそれにおよぼす窒素固定活性の影響を検討した。

分解速度はいずれの試験地でも初期1年間は処理間に違いは無かったが、それ以降では空中区より地表区で大きかった。地表区と空中区の設置約3年後の分解率は93%と80%（桂試験地）、長坂試験地で74%と58%であり、いずれも地表区で有意に大きかった。また長坂試験地分解速度は桂試験地より大きく、温度環境の違いが反映したと考えられた。一年目の秋から翌春の分解率は長坂試験地が16-20%であるのに対して、桂試験地では1-5%であり、積雪による水分条件と物理的な破壊による効果がこの期間の分解を促進したと考えられた。窒素固定活性は設置初期の約3ヶ月後から現れ、桂試験地では約6ヶ月後に最大値となった後低下し、1年後にはほぼ見られなくなった。一方、長坂試験地での窒素固定活性は4ヶ月後に比べて10ヶ月後の方が高く、桂試験地より遅れる傾向にあった。最大値は桂試験地で910 ngN h⁻¹g⁻¹、長坂試験地で850 ngN h⁻¹g⁻¹で、有意な違いはなかった。窒素含有率は分解とともに初期時の値よりも高くなったが、窒素固定活性とは関係は明らかでなく、地表区の窒素含有率は空中区より大きくなった。回収時期によって窒素含有率は地表区と空中区でそれぞれほぼ一定の値をとることから、初期値と空中区の差は窒素固定による増加、空中区と地表区の差は微生物の取り込みによる不動化による増加と考えられた。

キーワード: 間伐, 積雪, 不動化, リター

Keywords: Immobilization, litter, snow, thinning

高窒素負荷条件下のスギ林とアカマツ林における酸の収支 Proton budgets for a Japanese cedar stand and a Japanese red pine stand receiving high nitrogen deposition

若松 孝志^{1*}, 佐藤 一男¹, 高橋 章¹, 柴田 英昭²
Takashi Wakamatsu^{1*}, Kazou Sato¹, Akira Takahashi¹, Hideaki Shibata²

¹ 電力中央研究所, ² 北海道大学北方生物圏フィールド科学センター

¹Central Research Institute of Electric Power Industry, ²Field Science Center for Northern Biosphere, Hokkaido University

To evaluate the effects of atmospheric nitrogen (N) inputs on soil acidification, the proton budgets for a Japanese cedar (*Cryptomeria japonica*) stand (Cs site) and Japanese red pine (*Pinus densiflora*) stand (Ps site) in Gunma prefecture, central Japan, were studied by measuring biogeochemical fluxes (atmospheric deposition, canopy leaching, vegetation uptake and leaching from soil). Proton budgets were estimated for two individual compartments of the forest ecosystems: vegetation canopy and soil horizon with root zone.

Nitrogen inputs below the canopies at Cs site and Ps site were 2.0 kmol ha⁻¹ yr⁻¹ and 3.4 kmol ha⁻¹ yr⁻¹, respectively, which have almost been equal to those in nitrogen-saturated forests in northwestern Europe. Its outputs from the soil horizon at Cs site and Ps site were 3.9 kmol ha⁻¹ yr⁻¹ and 2.5 kmol ha⁻¹ yr⁻¹, respectively. These results indicate that the ecosystems were nitrogen-saturated, and that a net loss of N occurred at Cs site.

The dominant proton sources in vegetation canopies were atmospheric H⁺ deposition at Cs site, and leaching of anions at Ps site. In soil layers, the dominant proton sources were base-cation uptake by vegetation and nitrification of NH₄⁺ derived from organic N at Cs site, and nitrification of atmospheric NH₄⁺ at Ps site, respectively. The sum of internal proton sources within the soil-vegetation system at Cs site and Ps site was 15.5 kmol_c ha⁻¹ yr⁻¹ and 6.9 kmol_c ha⁻¹ yr⁻¹, respectively. These internal proton sources were 4.9 times at Cs site and 1.6 times at Ps site as large as the sum of external sources (atmospheric H⁺ deposition, uptake of atmospheric NH₄⁺ by the canopy and nitrification of atmospheric NH₄⁺).

These proton sources were neutralized almost completely within the system mainly by base-cations release from the canopy or the soil, and uptake of NO₃⁻ by vegetation at the both sites. These results suggest that the forest ecosystems studied have the higher capacity to neutralize acid than nitrogen-saturated forests in northwestern Europe. It is concluded that soil acidification due to N deposition is unlikely to occur at present at the sites.

キーワード: 大気降下物, 硝化, 窒素飽和, プロトン収支, 土壌酸性化

Keywords: atmospheric deposition, nitrification, nitrogen saturation, proton budget, soil acidification

森林土壌における窒素動態の空間的不均質性とその形成要因 Factors influencing spatial distribution of soil nitrogen dynamics in a natural mixed forest stand in northern Japan

井上 貴央^{1*}, 福澤 加里部¹, 吉田 俊也¹, 渡辺 恒大¹, 柴田 英昭¹

Takahiro Inoue^{1*}, FUKUZAWA karibu¹, YOSHIDA toshiya¹, WATANABE tsunehiro¹, SHIBATA hideaki¹

¹ 北海道大学

¹Hokkaido University

Nitrogen (N) dynamics in forest soils is often spatially heterogeneous. Such heterogeneity is important as a component of forest biodiversity and succession. Several factors, including plants, influence spatial heterogeneity of N in soils. Many studies have reported that tree species affect soil N dynamics, and that net N mineralization and nitrification are negatively correlated with litter Carbon (C) :N ratio, lignin:N ratio, and soil C:N ratio. As organic materials in soils are largely derived from forest floor, species-specific litter traits would affect soil N dynamics. Therefore, the spatial pattern of canopy tree composition in a natural mixed forest stand would be related to the spatial heterogeneity of soil N dynamics. In addition, understory vegetation also play a role in N cycling, and litterfall of both overstory and understory vegetation mixes in mixed forests. Hence, spatial pattern of both plant and litterfall would influence spatial heterogeneity of N dynamics of soils in a mixed forest stand. However, these relationships are not well understood.

We established two experimental sites (site A & B) in cool-temperate natural mixed stands of Uryu experimental forest of Hokkaido University. Site A is dominated by coniferous trees with dense understory of *Sasa senanensis*, while site B has more broadleaved trees with dense understory of both *S. senanensis* and *Viburnum furcatum*. Within each site, we conducted two types of surveys (survey 1 & 2). In survey 1, we collected data and samples on vegetation, litterfall, forest floor, and mineral soils in 15 plots at each site to understand the mechanisms of plants influencing soil N dynamics. Survey 2 focuses on understanding the spatial relationships between vegetation and soil N, and sampling were conducted in each of 50 grids covering entire site. The samples were analyzed for their physical and chemical properties such as pH, C, N, base cations and aluminum (Al) concentration (survey 1). Also, soil microbial respiration rates, net N mineralization and nitrification rates were measured with laboratory soil incubation.

In site A, the biomass of *S. senanensis* was high near broadleaved trees and in areas with less coniferous trees. In site B, the *V. furcatum* densities were low under conifer-dominated area, and the biomass of *S. senanensis* were low in the *V. furcatum* dense area. The spatial distribution of both overstory and understory vegetation influenced that of litterfall. The C:N ratio of coniferous litter was significantly higher than other litter types. The Calcium (Ca) concentration was the highest in *V. furcatum* litter, while it was the lowest in *S. senanensis* litter. Both *V. furcatum* and coniferous tree litter contained higher level of Al than others. Forest floor under coniferous trees were thick, while it was thin under *S. senanensis* and *V. furcatum* dominate area with nearby broadleaved trees. The C:N ratios of total litterfall were positively correlated with the thickness of FH layer, indicating that litterfall with higher C:N ratio decomposes more slowly. The FH layer thickness was negatively correlated with soil nitrate pool and net nitrification rates in both sites, suggesting that where litter decomposition is faster, nitrate production is higher. The spatial relationships between vegetation and soil N dynamics in survey 2 indicated that soil nitrate pool is higher under *S. senanensis* and *V. furcatum* dominate area with nearby broadleaved trees, and is lower in conifer-dominated area. These relationships may be due to the difference of litter C:N ratio and decomposition rates. As *V. furcatum* litter contained the highest level of Ca, Ca might promote nitrification in soils. Our results indicated that spatial pattern of both plant and litterfall influence spatial distribution of nitrate pool in soils through the difference in litter decomposition rate in cool-temperate natural mixed forest of northern Hokkaido.

キーワード: 土壌窒素動態, 空間的不均質性, 下層植生, リターフォール, 混交林

Keywords: soil nitrogen dynamics, spatial heterogeneity, understory vegetation, litterfall, mixed forest

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、非放射性の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 ^{15}N 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 ^{15}N 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 ^{15}N 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 (^{15}N) 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 ^{15}N 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 ^{15}N 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 ^{15}N 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 ^{15}N 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 ^{15}N 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, ^{15}N , 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 environed 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

¹Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo, ²Graduate School of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology, ³Forestry 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, YAMAOKA, 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