

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

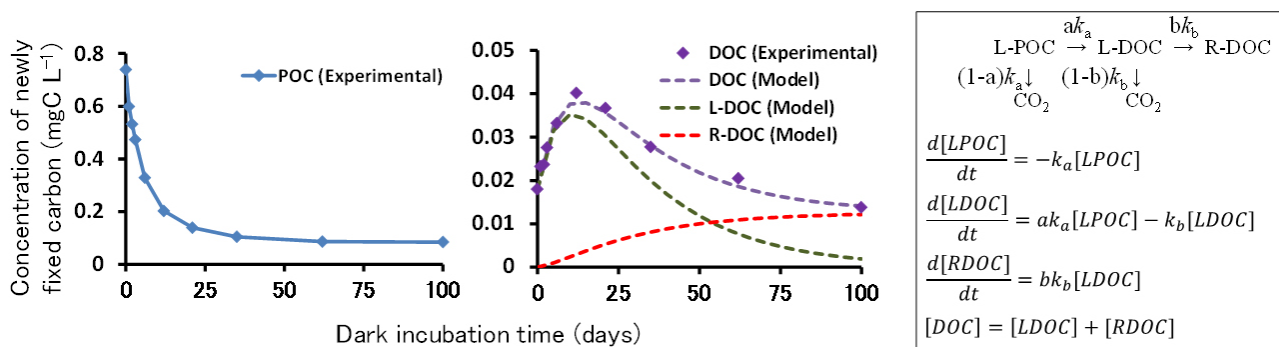


Fig. 1. Change in newly fixed carbon during experiment (Result from Oct. 2010 exam.). Equations used to simulate the DOC change are shown in the box.

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

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