

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

石井 励一郎<sup>1\*</sup>; 野口 真希<sup>1</sup>; 和田 英太郎<sup>1</sup>  
ISHII, Reiichiro<sup>1\*</sup>; NOGUCHI, Maki<sup>1</sup>; WADA, Eitaro<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 海洋研究開発機構  
<sup>1</sup>JAMSTEC

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

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

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

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

佐藤 菜央美<sup>1\*</sup>; 福田 秀樹<sup>1</sup>; 宮入 陽介<sup>1</sup>; 横山 祐典<sup>1</sup>; 永田 俊<sup>1</sup>  
SATO, Naomi<sup>1\*</sup>; FUKUDA, Hideki<sup>1</sup>; MIYAIRI, Yosuke<sup>1</sup>; YOKOYAMA, Yusuke<sup>1</sup>; NAGATA, Toshi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東京大学大気海洋研究所

<sup>1</sup> Atmosphere and Ocean Research Institute, the University of Tokyo

親潮系と黒潮系の海流が複雑に交わる三陸沿岸域では、どの海流が流入するのにより内湾の環境（水温、光、栄養塩類など）が大きく変化し、このことが、湾内の生物の成長や相互作用に強い影響を及ぼしていると考えられる。しかし、複雑に変化する異なる海流の流入状況と、それに対する湾内の生物の生理的な応答の関係にはまだ不明な点が多く残されている。本研究では、三陸沿岸域に広く分布する底生一次生産者であり、また重要な養殖生物でもあるワカメ (*Undaria pinnatifida*) を研究対象とし、藻体の放射性炭素同位体比の情報から、外洋水の流入状況（生育環境履歴）を推定する新しい手法の検討を試みた。本研究の基本的なアイデアは、溶存無機炭素の放射性同位体比が、深層の古い水が湧き上がる親潮系の海水で低く、黒潮系の海水で高いことを利用し、藻体の放射性炭素同位体比（光合成による炭素固定を介して、溶存無機炭素の同位体比を反映すると考えられる）の変動から、湾内への起源の異なる海水の流入状況を推定するという点にある。同時に、炭素・窒素安定同位体比を併せて測定することで、環境の変化と生物の応答の関係についての情報を得ることを試みた。

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

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

キーワード: 海藻, 三陸, 海流, 放射性炭素同位体比, 安定同位体比

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

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

田中 和樹<sup>1</sup>; 久万 健志<sup>2</sup>; 浜崎 恒二<sup>3</sup>; 山下 洋平<sup>4\*</sup>

TANAKA, Kazuki<sup>1</sup>; KUMA, Kenshi<sup>2</sup>; HAMASAKI, Koji<sup>3</sup>; YAMASHITA, Youhei<sup>4\*</sup>

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

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

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

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

キーワード: 日本海, 溶存有機物, 腐植様蛍光物質

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

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

智和 正明<sup>1\*</sup>; 東 直子<sup>1</sup>; 大槻 恭一<sup>1</sup>; 兒玉 宏樹<sup>2</sup>; 宮島 徹<sup>2</sup>; 竹田 一彦<sup>3</sup>; 佐久川 弘<sup>3</sup>  
CHIWA, Masaaki<sup>1\*</sup>; HIGASHI, Naoko<sup>1</sup>; OTSUKI, Kyoichi<sup>1</sup>; KODAMA, Hiroki<sup>2</sup>; MIYAJIMA, Tohru<sup>2</sup>; TAKEDA, Kazuhiko<sup>3</sup>; SAKUGAWA, Hiroshi<sup>3</sup>

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

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

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

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

福澤 加里部<sup>1\*</sup>; 柴田 英昭<sup>1</sup>; 高木 健太郎<sup>1</sup>; 野村 睦<sup>1</sup>  
FUKUZAWA, Karibu<sup>1\*</sup>; SHIBATA, Hideaki<sup>1</sup>; TAKAGI, Kentaro<sup>1</sup>; NOMURA, Mutsumi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 北海道大学・北方生物圏 FSC

<sup>1</sup>FSC, Hokkaido University

森林伐採とその後のササ筋刈りが森林集水域での生物地球化学的プロセスに及ぼす影響を明らかにするため、北海道北部の天塩研究林において攪乱前後の河川水中のイオン各種と溶存有機炭素 (DOC) 濃度を調べた。2003 年 1 - 3 月に 8ha 集水域を沢筋を残して皆伐した。2003 年 10 月にササ筋刈りを行い、その直後にササを刈り取った列にカラマツ苗を植栽した。2002 年 - 2013 年に 2 週間または 3 週間ごとに河川水を採取した。皆伐後の生育期間には河川水の NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 濃度の上昇はなかった。その後のササ筋刈りにより、有意な濃度上昇がみられ、最大で約 15 μmol L<sup>-1</sup> となった。伐採区域では伐採後にササの細根が樹木の細根減少を補償して全体の細根量は維持されていることも明らかになっている。よってササによる窒素吸収は伐採後の窒素溶脱を緩和するために非常に重要であり、ササ刈り取り後のササの窒素吸収の減少が河川への窒素溶脱を引き起こしたことが示唆された。しかしその後河川水の NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 濃度は季節や年により 0.1 以下から 20 μmol L<sup>-1</sup> 以上の範囲で変動し、特に 2007 年には年間を通して高い値を維持した。河川水の NO<sub>3</sub>-濃度は処理前の濃度レベルには戻らなかった。陽イオン (K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>) 濃度や pH は河川流量の変化に起因する変動が大きく、伐採による変化はなかった。一方 NH<sub>4</sub><sup>+</sup> はほとんど検出限界以下であったが、2007 年に検出され、NO<sub>3</sub><sup>-</sup> の濃度上昇と同調した。河川水中の DOC 濃度は皆伐およびササ筋刈り後に変化せず、処理の前後とも夏後半にピークをもつ明瞭な季節変化があった。DOC 濃度は、5 月後半から 8 月にかけての流量が少ない生育期に上昇し、その後流量が増加する秋に低下したことから、夏後半以降の流出量の増加に伴う希釈効果により河川水の DOC 濃度は低下したことが示唆された。しかし、DOC 濃度は基底流量で安定している冬季に低かったことから、初夏の高温が土壌での DOC 生産を促進し、この時期の DOC 濃度を高めていると考えられた。皆伐およびササ筋刈りが DOC の流出に影響しなかったのは、伐採区域での DOC の土壌への吸着による可能性がある。これらの結果から、冷温帯域の傾斜が緩やかな集水域において、NO<sub>3</sub><sup>-</sup> と DOC の伐採に対する応答が異なっていたのは、それぞれの排出源が異なることによると考えられた。

キーワード: 硝酸, DOC, 陽イオン, ササ, 河川流量

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

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

保原 達<sup>1\*</sup>; 阿江 教治<sup>1</sup>; 長谷川 裕己<sup>1</sup>; 小川 浩史<sup>2</sup>; 佐藤 貴之<sup>3</sup>; 今井 章雄<sup>3</sup>; Benner Ronald<sup>4</sup>  
HOBARA, Satoru<sup>1\*</sup>; AE, Noriharu<sup>1</sup>; HASEGAWA, Yuki<sup>1</sup>; OGAWA, Hiroshi<sup>2</sup>; SATOU, Takayuki<sup>3</sup>; IMAI, Akio<sup>3</sup>; BENNER,  
Ronald<sup>4</sup>

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

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

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

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

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

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

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

FAN, Min<sup>1\*</sup> ; SHIBATA, Hideaki<sup>2</sup>  
FAN, Min<sup>1\*</sup> ; SHIBATA, Hideaki<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Graduate School of Environmental Science, Hokkaido University, <sup>2</sup>Field Science Center for Northern Biosphere, Hokkaido University

<sup>1</sup>Graduate School of Environmental Science, Hokkaido University, <sup>2</sup>Field Science Center for Northern Biosphere, Hokkaido University

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

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

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

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

加藤 宏有<sup>1\*</sup>; 大手 信人<sup>1</sup>; 磯部 一夫<sup>1</sup>; 小田 智基<sup>1</sup>; 村林 翔<sup>2</sup>; 浦川 梨恵子<sup>1</sup>; 妹尾 啓史<sup>1</sup>  
KATO, Hiroyu<sup>1\*</sup>; OHTE, Nobuhito<sup>1</sup>; ISOBE, Kazuo<sup>1</sup>; ODA, Tomoki<sup>1</sup>; MURABAYASHI, Sho<sup>2</sup>; URAKAWA, Rieko<sup>1</sup>; SENOO, Keishi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東京大学大学院農学生命科学研究科, <sup>2</sup> 東京大学農学部

<sup>1</sup>University of tokyo, graduate school of agricultural and life sciences, <sup>2</sup>University of tokyo, faculty of agriculture

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

【方法】千葉県南部に位置する東京大学千葉演習林、袋山沢試験流域（流域面積 0.8ha）のスギ人工林内斜面（斜面長：100m）において、林床の有機物層と鉱質土層（0-10cm）の試料を採取した。土壌試料の含水率、pH を測定した後、NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 態、NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 態窒素の現存量を測定した。実験室における培養条件で、純無機化、硝化速度を測定し、<sup>15</sup>N トレーサーを用いた同位体希釈法を用いて総無機化、硝化速度を測定した。

【結果】 重量含水率は斜面上部で低く、斜面下部で高かった。pH は斜面上部では低く、斜面下部では高かった。NO<sub>3</sub><sup>-</sup> の現存量は斜面上部では極めて小さく、斜面下部に向かって増加した。他方、NH<sub>4</sub><sup>+</sup> の現存量は斜面位置による相違はみられなかった。さらに斜面上下で、純無機化・総無機化速度に明瞭な違いは見られないのに対して、純硝化速度・総硝化速度は斜面下部で顕著に増加した。

【考察】 観測結果は、有機態窒素の無機化と、NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 態窒素現存量に斜面上下の顕著な差が見られないのに対して、硝化と NO<sub>3</sub><sup>-</sup> の現存量に明らかな偏在が見られ、硝化が斜面下部のみで生じていることを示していた。この無機化と硝化の斜面での空間配置の違いは、硝化が無機化よりも、斜面位置で異なる物理的な環境条件に対してよりセンシティブである事を示唆している。

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



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

浦川 梨恵子<sup>1\*</sup>; 大手 信人<sup>1</sup>; 柴田 英昭<sup>2</sup>; 小田 智基<sup>1</sup>; 渡辺 恒太<sup>2</sup>; 福澤 加里部<sup>2</sup>; 稲垣 善之<sup>3</sup>; 館野 隆之輔<sup>4</sup>; 小柳 信宏<sup>5</sup>; 服部 大地<sup>6</sup>; 中田 誠<sup>6</sup>; 菱 拓雄<sup>7</sup>; 福島 慶太郎<sup>4</sup>; 中西 麻美<sup>4</sup>; 戸田 浩人<sup>8</sup>  
URAKAWA, Rieko<sup>1\*</sup>; Ohte, Nobuhito<sup>1</sup>; SHIBATA, Hideaki<sup>2</sup>; ODA, Tomoki<sup>1</sup>; WATANABE, Tsunehiro<sup>2</sup>; FUKUZAWA, Karibu<sup>2</sup>; INAGAKI, Yoshiyuki<sup>3</sup>; TATENO, Ryunosuke<sup>4</sup>; OYANAGI, Nobuhiro<sup>5</sup>; HATTORI, Daichi<sup>6</sup>; NAKATA, Makoto<sup>6</sup>; HISHI, Takuo<sup>7</sup>; FUKUSHIMA, Keitaro<sup>4</sup>; NAKANISHI, Asami<sup>4</sup>; TODA, Hiroto<sup>8</sup>

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

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

### 1. はじめに

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

### 2. 方法

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

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

### 3. 結果と考察

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

野外バリードバッグ法による硝化速度は、室内での恒温器培養(20℃、28日間、Urakawa et al., 2013)による値と有意な正の相関関係がみられた。このことから、室内培養により求められたパラメータ(恒温での窒素無機化、硝化速度およびQ<sub>10</sub>)を用いて、野外での窒素無機化、硝化速度を推定することは可能である。

### 4. 引用文献

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

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

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

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

久郷 達朗<sup>1\*</sup>; 尾坂 兼一<sup>1</sup>; 中村 高志<sup>2</sup>; 伊井 裕美<sup>1</sup>; 岩井 美咲子<sup>1</sup>; 西田 継<sup>2</sup>; 永淵 修<sup>1</sup>  
KUGO, Tatsuro<sup>1\*</sup>; OSAKA, Ken'ichi<sup>1</sup>; NAKAMURA, Takashi<sup>2</sup>; II, Yumi<sup>1</sup>; IWAI, Misako<sup>1</sup>; NISHIDA, Kei<sup>2</sup>; NAGAFUCHI, Osamu<sup>1</sup>

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

<sup>1</sup>University of Shiga Prefecture, <sup>2</sup>ICRE University of Yamanashi

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

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

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

キーワード: 硝酸イオンの酸素安定同位体比, 窒素移動過程, 森林流域

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

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

細川 奈々枝<sup>1\*</sup>; 渡辺 恒大<sup>2</sup>; 福澤 加里部<sup>2</sup>; 舘野 隆之輔<sup>3</sup>; 柴田 英昭<sup>2</sup>

HOSOKAWA, Nanae<sup>1\*</sup>; WATANABE, Tsunehiro<sup>2</sup>; FUKUZAWA, Karibu<sup>2</sup>; TATENNO, Ryunosuke<sup>3</sup>; SHIBATA, Hideaki<sup>2</sup>

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

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

北海道東部に位置する京都大学北海道研究林標茶区のミズナラ (*Quercus crispula*) の優占する広葉樹天然林を調査地とした。土壌は黒色火山性土であり、下層植生としてミヤコザサ (*Sasa niponica*) が多く自生している。2013年7月に、調査地内に50cm × 50cmの方形枠を設置し、0~10cmの鈹質土壌と直径2mm以下のミズナラ細根を採取した。採取した土壌は、2mmメッシュ篩を用いて、粗大有機物と礫を取り除いた。実験に用いたミズナラ細根は、篩で分けた土壌有機物から目視により分別した。土壌25gに対して、ミズナラ細根を湿重で0、5、15 mg g soil<sup>-1</sup>に相当する量を加えた。低温培養器を用い、+5℃~-5℃、0℃~-5℃、+5℃一定、-5℃一定の4種類の温度設定で7日間凍結-融解処理を加えた後、培養器内で+5℃で2日間の恒温培養を行った。また、+5℃~-5℃と-5℃一定の凍結処理を行ったサンプルは+5℃で7日間、+10℃で2日間と7日間の恒温培養を行った。それぞれ、反復は4回とした。培養前後の土壌を塩化カリウム溶液で抽出し、土壌に含まれるアンモニウム態窒素(NH<sub>4</sub>)と硝酸態窒素(NO<sub>3</sub>)を測定した。培養前後でのNH<sub>4</sub>とNO<sub>3</sub>の変化量から、それぞれの正味生成速度を算出した。また、各凍結-融解処理終了後に細根を水で抽出し、溶存有機態窒素(DON)の供給量を測定した。

正味NH<sub>4</sub>生成速度は、すべての凍結融解処理後において、5℃で2日間恒温培養すると、細根添加によって有意に上昇し(15 mg 添加 > 0 mg 添加)、その速度は-5℃~0℃の凍結処理で最も大きく、次に-5℃一定処理で大きかった。しかし、それらの影響は培養温度を高めたり(10℃)、培養期間を長くしたりする(7日間培養)と認められなくなり、むしろ土壌微生物による、正味NH<sub>4</sub>不動態が卓越する傾向があった。正味NO<sub>3</sub>生成速度(硝化速度)も同様に、すべての凍結-融解処理において5℃で2日間培養後に、細根添加によって速度が高まる傾向が認められた(15 mg 添加 > 0 mg 添加)。硝化速度に対する凍結融解処理の影響については、+5℃~-5℃が最も大きかった。正味NH<sub>4</sub>生成速度と同様に、10℃培養や5℃で7日間培養を行うと、根量や凍結融解処理の硝化速度への影響が見られなくなった。また、水抽出による根からのDON供給量は、-5℃~0℃培養で最も大きい傾向が認められた。

以上のことから、土壌凍結-融解サイクルの増幅と細根添加によって、土壌微生物によるNH<sub>4</sub>とNO<sub>3</sub>の正味生成速度が高まることが示され、それには凍結-融解による樹木細根からの溶存有機態窒素の供給が関与していることが示唆された。また、その影響は短期間(2日間)、低温条件下(5℃培養)でより顕著であると考えられた。土壌凍結-融解サイクルの変化規模やパターンの影響については、最も温度変化が大きい処理(+5℃~-5℃)よりも、0℃~-5℃処理において正味NH<sub>4</sub>およびNH<sub>4</sub>+NO<sub>3</sub>生成速度、細根からのDON供給量が最も大きかった。この結果は、土壌微生物のNH<sub>4</sub>生成・硝化活性に対する凍結-融解サイクルの影響程度は、単に温度振幅の大きさのみでは説明できない可能性を示唆するものであった。

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

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

NIIJIMA, Kohei<sup>1\*</sup>; HIDA, Yuki<sup>1</sup>; WADA, Ryuichi<sup>1</sup>; MOCHIZUKI, Tomoki<sup>2</sup>; TANI, Akira<sup>2</sup>; NAKAI, Yuichiro<sup>3</sup>; TAKANASHI, Satoru<sup>3</sup>; NAKANO, Takashi<sup>4</sup>; TAKAHASHI, Yoshiyuki<sup>5</sup>; MIYAZAKI, Yuzo<sup>6</sup>; UEYAMA, Masahito<sup>7</sup>

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

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

大気中に微量存在する微量気体の発生および吸収・沈着は、対流圏における化学反応と放射強制力の変動を通して地球環境に影響を及ぼす。しかしながら微量気体の発生および吸収・沈着過程について十分なデータが蓄積されておらず、なかでも不確定な要素が大きい森林生態系における微量気体の発生・吸収量の時間変動とその要因解明が求められている。2012年夏季に富士山麓二箇所の植生の異なる富士吉田森林気象試験地（森林総合研究所・山梨県環境科学研究所、アカマツ林、樹高22m）および富士北麓フラックスサイト（国立環境研究所、カラマツ林、樹高22m）の微気象観測タワーを用いて、約1週間、オゾン（O<sub>3</sub>）、窒素酸化物（NO<sub>x</sub>）、揮発性有機化合物（VOC）の森林内部における高度毎（2m, 10m, 16m, 26m）の観測を実施した。微量気体の鉛直分布は、物質によって特徴的であり、各物質の森林内部での放出・吸収沈着・反応の特性を反映していると考えられた。

本研究ではこれら物質の鉛直分布の解釈を試みるべく、群落内の微気象を考慮した多層モデル（Inverse MLM: 大阪府立大学 植山雅仁）を用いて、微量気体の鉛直分布から、各部位（樹冠部、枝下、表層部）における放出吸収量を推定した。当モデルでは観測点数に応じた複数の層に分ける必要があり、各部位における放出吸収の特性が分かっているCO<sub>2</sub>の鉛直分布を用いて、それぞれの層の高さに対応する境界条件を決定した。多層モデルをオゾンに適用した結果、O<sub>3</sub>の観測期間11日間の夏季9:00-18:00におけるフラックスの平均値を、「+」を放出として、 $-11.1 \pm 4.2 \text{ nmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ と推定した。この値は、文献値（観測値： $-10.4 \pm 0.3 \text{ nmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , Fares et al., 2012）とばらつきの範囲で一致した。森林内部6:00-18:00における樹冠部、枝下、表層部におけるO<sub>3</sub>の放出・吸収量をそれぞれ、 $-2.6 \pm 3.2 \text{ nmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ,  $0.2 \pm 2.9 \text{ nmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ,  $-8.7 \pm 5.2 \text{ nmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ と推定した。観測期間が短いためばらつきが大きい。富士北麓カラマツ林では、樹冠部に比べ、表層部におけるO<sub>3</sub>の吸収・沈着の大きい傾向があることが明らかとなった。これは林床付近に背丈の低い植物が生い茂っていることが原因である可能性が考えられる。

### 参考文献

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

キーワード: 森林, 大気, 窒素酸化物, オゾン, VOC, 鉛直分布

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

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

石田 卓也<sup>1\*</sup>; 竹中 千里<sup>1</sup>; 陀安 一郎<sup>2</sup>  
ISHIDA, Takuya<sup>1\*</sup>; TAKENAKA, Chisato<sup>1</sup>; TAYASU, Ichiro<sup>2</sup>

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

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

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

The investigation was carried out at two study sites, Yokkaichi (YOK) and Inabu (INA) in central Japan. Both study sites have different histories of sulfur deposition. YOK had been affected by quite high anthropogenic sulfur deposition during 1960s. INA is located about 60 km NE of main urban area (Nagoya City). Three disk samples were obtained from Japanese cedar (*Cryptomeria japonica*) stump in 2013 at YOK and in 2012 at INA. The stumps at YOK were 63-year-old cut down in 2012 and those at INA were 170-year-old cut down in 2007. In addition, at INA, three 40-year-old living stems were cut down in 2013 at INA and the disk samples were obtained. After washing and dried, the tree ring samples were divided into 5 year increments from bark toward the pith, and ground using power mill. The ground samples were digested with  $\text{HNO}_3$  and  $\text{H}_2\text{O}_2$  on a hot plate and after filtration  $\text{BaCl}_2$  was added to obtain the  $\text{BaSO}_4$ . The  $\delta^{34}\text{S}$  values (VCDT) were measured using EA-IRMS.

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

The  $\delta^{34}\text{S}$  values in ring at YOK declined from the late 1950s to early 1970s and then increased again. This trend was almost homologized in ring at INA and air  $\text{SO}_2$  concentration at near the YOK. In contrast, the minimum value of at YOK (-7.3 ‰) was lower than that at INA (-1.6 ‰). These results should be reflected by the deposition history of anthropogenic sulfur with low  $\delta^{34}\text{S}$  value at each site.

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

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

緒方 裕子<sup>1\*</sup>; 黒島 碩人<sup>1</sup>; 大河内 博<sup>1</sup>; 床次 眞司<sup>2</sup>; 反町 篤行<sup>3</sup>; 細田 正洋<sup>4</sup>; 五十嵐 康人<sup>5</sup>; 片岡 淳<sup>1</sup>; 大須賀 慎二<sup>6</sup>  
OGATA, Hiroko<sup>1\*</sup>; KUROSHIMA, Hiroto<sup>1</sup>; OKOCHI, Hiroshi<sup>1</sup>; TOKONAMI, Shinji<sup>2</sup>; SORIMACHI, Atsuyuki<sup>3</sup>; HOSODA,  
Masahiro<sup>4</sup>; IGARASHI, Yasuhito<sup>5</sup>; KATAOKA, Jun<sup>1</sup>; OHSUKA, Shinji<sup>6</sup>

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

近政 孝哉<sup>1\*</sup>; 神山 直子<sup>1</sup>; 佐竹 研一<sup>1</sup>  
CHIKAMASA, Takaya<sup>1\*</sup>; KAMIYAMA, Naoko<sup>1</sup>; SATAKE, Kenichi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 立正大学地球環境科学部

<sup>1</sup> Faculty of Geo-environmental Science, Rissho University

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

### 1. 葉の乾燥温度による重量変化及び乾燥に伴う水銀濃度の変化

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

### 2. 葉の部位別水銀濃度と葉内に含まれる水銀濃度

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

### 3. 時系列変化による葉に含まれる水銀濃度の変化

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

キーワード: 水銀, クスノキ, 環境

Keywords: mercury, camphor tree, environment

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

森 也寸志<sup>1\*</sup>; 荒井 見和<sup>2</sup>; 金子 信博<sup>2</sup>; Swibawa Gede<sup>3</sup>; Niswati Ainin<sup>3</sup>  
MORI, Yasushi<sup>1\*</sup>; ARAI, Miwa<sup>2</sup>; KANEKO, Nobuhiro<sup>2</sup>; SWIBAWA, Gede<sup>3</sup>; NISWATI, Ainin<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 岡山大学, <sup>2</sup> 横浜国立大学, <sup>3</sup> ランプン大学

<sup>1</sup>Okayama University, <sup>2</sup>Yokohama National University, <sup>3</sup>University of Lampung

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

キーワード: 不耕起栽培, サトウキビ, 浸透, 炭素

Keywords: Non-till, Sugarcane, Infiltration



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

和穎 朗太<sup>1\*</sup>; 浅野 眞希<sup>1</sup>; 早川 知恵<sup>1</sup>; 井上 弦<sup>2</sup>; 梶浦 雅子<sup>1</sup>; 平舘 俊太郎<sup>1</sup>; 山口 紀子<sup>1</sup>; 稲垣 善之<sup>7</sup>; 内田 昌男<sup>3</sup>; 武市 泰男<sup>4</sup>; 菅 大暉<sup>5</sup>; 神農 宗徹<sup>4</sup>; 小野 寛太<sup>4</sup>; 高橋 嘉夫<sup>5</sup>  
WAGAI, Rota<sup>1\*</sup>; ASANO, Maki<sup>1</sup>; HAYAKAWA, Chie<sup>1</sup>; INOUE, Yudzuru<sup>2</sup>; KAJIURA, Masako<sup>1</sup>; HIRADATE, Shyuntaro<sup>1</sup>; YAMAGUCHI, Noriko<sup>1</sup>; INAGAKI, Yoshiyuki<sup>7</sup>; UCHIDA, Masao<sup>3</sup>; TAKEICHI, Yasuo<sup>4</sup>; SUGA, Hiroki<sup>5</sup>; JINNOU, Muneaki<sup>4</sup>; ONO, Kanta<sup>4</sup>; TAKAHASHI, Yoshio<sup>5</sup>

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

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

Here we present some highlights from the 3-year project (GR091, NEXT Program, JSPS) examining the mechanisms of soil OM stabilization with a focus on organo-mineral interactions at various spatial and temporal scales using multiple analytical methods and experimental approaches. After careful consideration of the degree of soil aggregate disruption levels, we physically fractionated Andisol surface horizon sample based on particle size and density. Chemical composition of each physical fraction was assessed by elemental analysis, selective dissolution of inorganic phases, and solid-state <sup>13</sup>C-NMR. The origin and degree of microbial alteration of OM was estimated from C and N stable isotope ratios while the turnover time of C was assessed by radiocarbon measurements. Physical features of soil mineral and organo-mineral aggregate surfaces were characterized by specific surface area (N<sub>2</sub>-BET), XPS, and microscopic methods. We also conducted tracer experiments to further assess the residence time of the OM in each density fractions. Based on these results, we will discuss the progression of organo-mineral associations from fresh plant detritus to the aggregates of varying structure and stability for the studied Andisol.

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