

## 三酸素同位体組成を用いた湖沼における新生産量および再生生産量の定量 In situ estimation of new and regenerated production in lakes using triple oxygen isotopes as tracers

中川 書子<sup>1\*</sup>; 角皆 潤<sup>1</sup>; 小松 大祐<sup>1</sup>; 大山 拓也<sup>1</sup>; 宮内 貴規<sup>1</sup>; 佐久間 博基<sup>1</sup>; 南 翔<sup>1</sup>; 蓼沼 雪衣<sup>2</sup>;  
梅田 信<sup>3</sup>; 田中 敦<sup>4</sup>

NAKAGAWA, Fumiko<sup>1\*</sup>; TSUNOGAI, Urumu<sup>1</sup>; KOMATSU, Daisuke<sup>1</sup>; OHYAMA, Takuya<sup>1</sup>; MIYAUCHI, Takanori<sup>1</sup>;  
SAKUMA, Hiroki<sup>1</sup>; MINAMI, Sho<sup>1</sup>; TADENUMA, Yukie<sup>2</sup>; UMEDA, Makoto<sup>3</sup>; TANAKA, Atsushi<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 名古屋大学環境学研究科, <sup>2</sup> 北海道大学理学研究院, <sup>3</sup> 東北大学工学研究科, <sup>4</sup> 国立環境研究所

<sup>1</sup>Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, <sup>2</sup>Faculty of Science, Hokkaido University, <sup>3</sup>Graduate School of Engineering, Tohoku University, <sup>4</sup>National Institute for Environmental Studies

湖沼や海洋といった水環境における総一次生産速度は、光合成による総炭素固定速度を示す指標であり、個々の水環境を代表する基本パラメータである。これは富栄養化や温暖化に起因する環境変化も鋭敏に反映すると考えられる。また、総一次生産速度は、硝酸やアンモニアといった固定態窒素の供給速度によって制限されている水環境が多いことから、総一次生産速度は窒素循環とリンクさせて評価されることが多い。例えば、総一次生産速度を窒素源によって大きく2つに分け、大気や深層から有光層内へ供給される硝酸や分子状窒素を利用した一次生産速度を「新生産速度」、有光層内の生物活動に伴って放出されたアンモニアや溶存態窒素化合物を利用した一次生産速度を「再生生産速度」と呼んで、水環境中の物質循環を区別して評価する。

総一次生産速度やこれに関連したパラメータは、酸素明暗瓶法や炭素同位体 (<sup>13</sup>C 又は <sup>14</sup>C) 濃縮試薬添加法、窒素同位体 (<sup>15</sup>N) 濃縮試薬添加法といった培養に依拠した手法によって定量するのが最も一般的である。しかし、このような人工的な培養環境で見積もられた速度は、実際の水環境の速度を正しく反映していない可能性がある。また、これらの手法で得られる速度はあくまでも観測時点における瞬間速度であるため、平均速度との間に速度の時間変化に起因する誤差が生じる。また、この影響を小さくしようとすると観測頻度を著しく増やす必要があり、今度は手間やコストがかかるという問題もある。

そこで本研究グループでは、湖沼水に溶存している物質の自然同位体組成から、培養に頼らずにこれらパラメータを評価できないか検討している。地球上の大部分の含酸素化合物中の三酸素同位体の存在比は、質量依存同位体分別則に従った一定の関係を保った値を持つが、大気中のオゾンの生成反応はその関係から大きく逸脱した同位体分別を示す。そのため、オゾンが生成過程などに関与する大気中の酸素分子や硝酸の三酸素同位体組成は、水中の光合成によって生成される酸素分子や有機物の分解過程によって生成される硝酸の三酸素同位体組成とは異なる値を示す。この三酸素同位体組成は、一般的な反応では変化せず、異なる三酸素同位体組成を持つ分子同士の混合によってのみ変化することから、一方の流入速度が決まれば他方の流入速度も決まるという具合に、水環境における酸素分子や硝酸の循環速度の定量に用いることができる可能性がある。また、こうして求められる速度は観測日間の平均値であり、従来の瞬間値を求める手法に比べて簡便でかつ確度の高い手法となる可能性がある。

本研究では特に、溶存酸素の三酸素同位体組成を使って総一次生産速度を定量し、硝酸の三酸素同位体組成を使って新生産速度(硝酸同化速度)を定量し、それらの差から再生生産速度を計算できないか試みた。対象とした水環境は、貧栄養湖の支笏湖および倶多楽湖、そして中栄養湖の琵琶湖である。同一年内に2回(春と夏)試料採取を行い、その間における湖水中の溶存酸素および硝酸の三酸素同位体組成の鉛直分布とその変化から、一次生産が最も活発な時期であると考えられる春先から夏までの間の各速度を見積もった。その結果、貧栄養湖の方が中栄養湖に比べて新生産の割合(f-ratio)が低く、特にリン制限の極貧栄養湖である倶多楽湖の一次生産の大部分は再生生産によることが分かった。

キーワード: 新生産, 再生生産, 総一次生産, 湖沼, 三酸素同位体組成, 成層水塊

Keywords: new production, regenerated production, gross primary production, lakes, triple oxygen isotopes, hypolimnion

## NO<sub>x</sub> の窒素安定同位体比測定技術の開発 Nitrogen isotopic measurement of NO<sub>x</sub> gas with the filter-pack method

村田 恵理子<sup>1\*</sup>; 木庭 啓介<sup>1</sup>; 渡邊 未来<sup>2</sup>; 仁科 一哉<sup>2</sup>; 高津 文人<sup>2</sup>; 竹中 千里<sup>3</sup>  
MURATA, Eriko<sup>1\*</sup>; KOBAYASHI, Keisuke<sup>1</sup>; WATANABE, Mirai<sup>2</sup>; NISHINA, Kazuya<sup>2</sup>; KOHZU, Ayato<sup>2</sup>;  
TAKENAKA, Chisato<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 東京農工大学大学院農学研究科, <sup>2</sup> 国立環境研究所, <sup>3</sup> 名古屋大学大学院生命農学研究科  
<sup>1</sup>Tokyo University of Agriculture and Technology, <sup>2</sup>NIES, <sup>3</sup>Nagoya University

Estimation of the nitrogen loss as N<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub> from ecosystem is quite important to close the nitrogen budget. However, due to the high spatio-temporal variations of the nitrogen dynamics in soils does not allow us to investigate the production/consumption processes of these gaseous forms of nitrogen. Although natural abundance of stable isotope is considered to be able to use for the investigation of the N dynamics with respect to gaseous nitrogen losses, nitrogen isotopic measurement of NO<sub>x</sub> is quite difficult due to its high reactivity. Here we present our preliminary work on the nitrogen isotopic measurement of NO<sub>x</sub> gas with the filter-pack method (Watanabe et al. 2006) together with the denitrification method (Sigman et al. 2001). NO gas produced from NaNO<sub>2</sub> with known nitrogen isotopic ratio via several chemical treatments, then the trapped NO as NO<sub>2</sub><sup>-</sup> and NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ions were converted to N<sub>2</sub>O with denitrifier, then nitrogen isotopic signature was measured by GC-IRMS. We found that the filter-pack method can be applied for the nitrogen isotopic measurement. We applied this method to measure nitrogen isotopic signature of atmospheric NO<sub>x</sub> and present these data in the poster.

## Seasonal and spatial variation of dissolved iron transformation kinetics in the Shizugawa bay and its adjacent rivers

LEE, Ying ping<sup>1\*</sup>; FUJII, Manabu<sup>1</sup>; YOSHIMURA, Chihiro<sup>1</sup>; KIKUCHI, Tetsuro<sup>1</sup>  
LEE, Ying ping<sup>1\*</sup>; FUJII, Manabu<sup>1</sup>; YOSHIMURA, Chihiro<sup>1</sup>; KIKUCHI, Tetsuro<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Tokyo Institute of Technology, Civil Engineering Department

<sup>1</sup>Tokyo Institute of Technology, Civil Engineering Department

Importance of Fe as an essential nutrient for microorganisms is well recognized such as cellular respiration, photosynthesis and nitrogen fixation. However, the extremely low solubility of thermodynamically stable Fe(III) in oxygenated and circumneutral pH natural waters resulted in low concentration of dissolved Fe in some coastal and oceanic seawaters. The bioavailability of Fe in natural waters can be affected by concentration of dissolved Fe and its redox kinetics, given that Fe(II) has much higher solubility and thus higher bioavailability than Fe(III) does. In the river-coastal dynamic system, changes in land cover, salinity gradients, types of riverine input or organic matter, and seasonal changes may affect to the Fe oxidation kinetics as the Fe(II) oxidation is affected by water qualities such as pH and organic matter. In this study, we mainly focus on the Fe(II) oxidation kinetics in the river-coastal system in order to grasp the seasonal and spatial scales of Fe bioavailability between two different aquatic environments.

The study area was located in Shizugawa bay, Miyagi prefecture (N38° E141°) and totally 6 stations from near to offshore (SB-1 to SB-6) were selected as sampling stations. Also, this study included upstream and downstream of three rivers: Hachiman upstream (HR Up) and downstream (HR Down), Oritate upstream (OR Up) and downstream (OR Down), and Mizushiri upstream (MR Up) and downstream (MR Down). All the surface water samples were collected manually with acid-wash 1 L Nalgene bottles for three consecutive seasons starting from summer year 2014. All water samples were filtered through 0.45 micrometer Milipore membrane and stored in the dark at 4 °C for further analysis.

Fe(II) oxidation rates were determined by measuring time course of Fe(II) concentration using a flow injection analysis (FIA) system with a luminal chemiluminescence detection. Water sample and luminol reagent were both simultaneously pumped into the system using a peristaltic pump with flow rate at 2.4 mL per min. Water sample and luminol mixing was conducted in the flow cell situated at the front of a photomultiplier tube (PMT, Hamamatsu) and the PMT signal was recorded by WA control v91 software. Calibration was conducted for each water sample from three standards addition of Fe(II) (varied between 0.5 and 40 nM depending on signal response of each water sample). The initial signal (i.e., signal when Fe(II) was added) was obtained by extrapolation of signal data collected after 50 seconds back to time zero using a regression line which was obtained from time versus log-transformed signal data. The linear response of initial signal to the nominal initial Fe(II) concentration was found. Thus, the signal value was converted to the Fe(II) concentration by using the linear regression equation. The Fe(II) oxidation rate constant ( $M^{-1} s^{-1}$ ) for each standard Fe addition was derived by assuming a pseudo-first order reaction.

Fe(II) oxidation rates in Shizugawa for three consecutive seasons from summer to winter were shown in Figure 1. The Fe(II) oxidation rates shown here are the average of three standards addition of Fe(II). A distinct seasonal trend of Fe(II) oxidation was observed particularly in autumn season with higher Fe(II) oxidation rates. Generally, Fe(II) oxidation is a pH-dependent reaction. Supposedly, the oxidation rate at seawater pH (>7.9) should be higher than that for typical freshwater pH (e.g. pH ranges between 6.8 and 7.9 in the river investigated). In our study, however, the oxidation rates in coastal seawater tended to be slower compared to those in freshwater. The results of Fe(II) oxidation in freshwater indicated that water quality variables other than pH affect the oxidation process. These factors may include dissolved organic matter concentration and its chemical properties (binding strength) and/or interaction between Fe and other trace metals which will be investigated further.

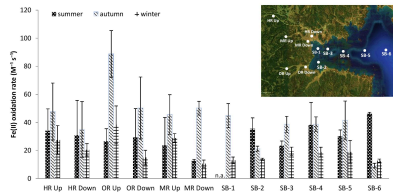
キーワード: dissolved iron, oxidation, river, coastal

Keywords: dissolved iron, oxidation, river, coastal

MIS26-P03

会場:コンベンションホール

時間:5月27日 18:15-19:30



窒素・リンの飢餓状態が浮遊性微生物の好氣的メタン生成に及ぼす影響  
Aerobic methane production by planktonic microbes under nitrogen and phosphorus starved conditions in a lake

石田 大<sup>1</sup>; KHATUN SANTONA<sup>1\*</sup>; 岩田 智也<sup>1</sup>  
ISHIDA, Dai<sup>1</sup>; KHATUN, Santona<sup>1\*</sup>; IWATA, Tomoya<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 山梨大学

<sup>1</sup>University of Yamanashi

Lake ecosystems are now recognized as an important source of atmospheric methane (CH<sub>4</sub>), which account for about 6-16% of global methane emission from natural sources. In lake ecosystems, it has long been believed that CH<sub>4</sub> is produced only in anoxic environments (e.g., lake sediments and anoxic hypolimnion) by anaerobic methanogens. However, recent empirical and experimental works have revealed that planktonic microbes can produce methane in aerobic water columns of oligotrophic lakes through the use of methylphosphonic acid (MPn) by C-P lyase enzyme under P-limited conditions. But, there is no study examining the effects of cell nutritional conditions (N starved or P starved) on aerobic methane production by bacterioplankton.

We performed the batch-culture experiments to identify the effects of cell starvation on the rate of aerobic methane production under nitrogen and phosphorus limited conditions. Planktonic microbes collected from well-oxygenated water of Lake Saiko (Yamanashi Prefecture) were incubated with a growth medium (BG-11) for several months and used for the starvation experiment to make their cells N-starved or P-starved conditions by removing either element from the BG-11 medium. Then, we added MPn and/or inorganic nitrogen (N<sub>i</sub>) and inorganic phosphorus (P<sub>i</sub>) to confirm the response of N-starved or P-starved microbes to such experimental additions.

The results showed that although the cell nutritional conditions did not affect the production of CH<sub>4</sub>, nutrient balance of lake water (N excess or P excess) greatly influenced the aerobic methane production. First, we confirmed aerobic CH<sub>4</sub> production in the MPn addition treatment, suggesting the active C-P lyase catalysis that converts MPn to methane and inorganic phosphate. Moreover, we found that MPn + N<sub>i</sub> addition accelerated the aerobic CH<sub>4</sub> production. This is due probably to the fact that N<sub>i</sub> addition promoted the biosynthesis of C-P lyase and/or made lake water more P-limited condition (increase of N/P ratio); both may contribute to increasing the MPn utilization by microbes. However, MPn + P<sub>i</sub> addition did not increase the CH<sub>4</sub> production, indicating the opportunistic utilization of MPn alternative to P<sub>i</sub> under phosphorus limited conditions. The present results suggest that the input of excess N into lake ecosystems promotes the metabolism of MPn by planktonic microorganisms, which leads to increase of aerobic methane production in phosphorus-limited oligotrophic lakes.

Keywords: Aerobic methane production, C-P lyase, methylphosphonic acid, phosphorus and nitrogen starvation, planktonic microbes

野洲川における降雨時の生物利用可能懸濁態リンの流出量の測定  
Evaluation for load of bioavailable particulate phosphorus during rain events from Yasu river, at Lake Biwa catchment

千代 真照<sup>1\*</sup>; 尾坂 兼一<sup>2</sup>; 永淵 修<sup>2</sup>; 奥田 昇<sup>3</sup>  
CHISHIRO, Shinsho<sup>1\*</sup>; OSAKA, Ken'ichi<sup>2</sup>; NAGAFUCHI, Osamu<sup>2</sup>; OKUDA, Noboru<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 滋賀県立大学大学院環境科学研究科, <sup>2</sup> 滋賀県立大学環境科学部, <sup>3</sup> 総合地球環境学研究所  
<sup>1</sup>Environmental Science Graduate, the University of Shiga Prefecture, <sup>2</sup>Department of ecosystem study, University of Shiga Prefecture, <sup>3</sup>Research Institute for Humanity and Nature

It is well known that primary production in Lake Biwa is limited by phosphorus, and that means phosphorus load into Lake Biwa influence on its environment. In general, it is considered that algae in lake use  $\text{PO}_4\text{-P}$  as a phosphorus nutrient, however, it has been revealed that a part of particulate phosphorus (PP) also might be used as nutrient in recent study. However, there are a few studies that quantify the load of bioavailable PP discharged through river in Japan. The purpose of this study is to quantify the load of bioavailable PP discharged through Yasu river into Lake Biwa during rainfall events. Water samples were collected at one to six hours interval in two rainfall event (May and July) in Yasu River using automatic river water collector. We measured several forms of PP by sequential extraction methods (ammonium chloride, bicarbonate dithionite, NaOH, HCl extraction) in river water sample. In rainfall event in May and July, about 70 - 90 % of PP was bioavailable and that part were larger than  $\text{PO}_4\text{-P}$  load from Yasu river, indicate that PP discharge from river have large impact on primary production in downward lake.



## 八郎潟干拓地における高濃度リン地下水中のリン酸濃度の時空間変動 Spatio-temporal variation of phosphate concentration at a high P concentration ground- water in the Hachirogata polder

早川 敦<sup>1\*</sup>; 阿部 美里<sup>1</sup>; 浅野 亮樹<sup>1</sup>; 石川 祐一<sup>1</sup>; 日高 伸<sup>1</sup>  
HAYAKAWA, Atsushi<sup>1\*</sup>; ABE, Misato<sup>1</sup>; ASANO, Ryoki<sup>1</sup>; ISHIKAWA, Yuichi<sup>1</sup>; HIDAKA, Shin<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 秋田県立大学

<sup>1</sup> Akita Prefectural University

[Aim] The present study was conducted to elucidate spatio-temporal variation of phosphate ( $\text{PO}_4$ ) concentration and the  $\text{PO}_4$  release mechanism at a high  $\text{PO}_4$  concentration groundwater in the Hachirogata polder, Akita, Japan.

[Materials and Methods] The study site was at a pristine wilderness area after the land reclamation in southwest part of the Hachirogata polder. Groundwater samples were collected once a month from December 2013 to December 2014 from seven groundwater wells at a depth of 3.1, 4.3, 5.6, 6.6, 12.4, 19.5, and 45.0 m, respectively. The 30 m ( $\phi$ 5 cm) boring core sample was collected from near the wells in Feb. 2013. We measured water temperature, pH, and electrical conductivity (EC) using a pH/EC meter (D-54, Horiba, Kyoto, Japan) and measured oxidation-reduction potential (ORP) using a ORP electrode (D-55, Horiba) on site. The water samples were also filtered through a 0.45  $\mu\text{m}$  membrane filter on site. The concentrations of  $\text{PO}_4$  in the groundwater were determined using an autoanalyzer (QuAAtro2-HR, BLTEC, Osaka, Japan). The fresh boring sediment was extracted twice with distilled water (soil:water, 1:2.5 for pH and 1:5 for EC), and pH and EC of in the extract were determined using pH/EC meter (LAQUA F-74BW, Horiba). Water soluble P were determined using an autoanalyzer (QuAAtro2-HR, BLTEC, Osaka, Japan). Sediment samples were digested with a combination of  $\text{HF-HNO}_3\text{-HClO}_4$  acids in Teflon beakers at 180  $^\circ\text{C}$  and element concentration in solutions were determined by ICP-OES (iCAP 6000, Thermo Fisher Scientific).

[Results and Discussion]

TP content in sediments increased in clay and silt layers while  $\text{PO}_4$  content increased in sandy layers. This indicated that clay and silt layers were a P sink/source and released  $\text{PO}_4$  was moving in sand layers. Sediment EC increased in clay layer and drastically increased from 21 m deeper layer likely influenced by sea water. Groundwater ORP showed a moderately reducing ( $-113 \pm 42$  mV) environment in all the wells.  $\text{PO}_4$  concentration in groundwater was ranged from 5.7 to 18.2  $\text{mg L}^{-1}$ , and the highest concentration was observed at the well of 6.6 m depth ( $18.2 \pm 0.7$   $\text{mg L}^{-1}$ ) at sandy layer, the second was at the well of 12.4 m depth ( $10.2 \pm 0.9$   $\text{mg L}^{-1}$ ). Positive correlation was observed between  $\text{PO}_4$  and  $\text{F}^-$  concentrations in groundwater ( $r = 0.96$ ,  $P < 0.01$ ,  $n = 7$ ), indicated fluorapatite would be a  $\text{PO}_4$  source. At the well of 6.6 m depth,  $\text{Cl}^-$  concentration was the lowest ( $29.8 \pm 2.9$   $\text{mg L}^{-1}$ ) value and was similar to the lake (Lake Hachiro) water ( $20.6$   $\text{mg L}^{-1}$ ), suggesting that freshwater was preferentially flowing into the land through groundwater around the depth. At the well of 6.6 m depth that had little fluctuation of water qualities all year round,  $\text{Na}^+$ , bicarbonate and carbonate ion were higher but  $\text{Ca}^{2+}$  concentration was lower compare to other wells. At the well of 12.4 m depth that had a large fluctuation of water qualities,  $\text{PO}_4$ , pH,  $\text{Na}^+$ , bicarbonate and carbonate ion, and Fe increased while  $\text{Ca}^{2+}$  and ORP decreased when  $\text{Cl}^-$  concentration decreased from 72 to 33  $\text{mg L}^{-1}$  during May to Oct. 2014. These phenomena indicated  $\text{PO}_4$  release induced likely by Na-saturated sediment might be due to release of P associated with oxide surfaces or to dissolution Ca-P at clay layer by increasing pH and dissolution of  $\text{CaCO}_3$  (from shell) by inflowing freshwater to the groundwater.

キーワード: リン酸, 地下水, 干拓地, ナトリウム飽和, 淡水

Keywords: phosphate, groundwater, polder, Na saturation, freshwater

## タイ熱帯季節林小集水域における硫酸イオン起源の時空間異質性 Spatial and temporal heterogeneity of the sources of streamwater sulfate in tropical dry forest catchment in Thailand

山下 尚之<sup>1\*</sup>; 諸橋 将雪<sup>1</sup>; 猪股 弥生<sup>1</sup>; 内山 重輝<sup>2</sup>; キフティノン ボピット<sup>3</sup>;  
ガリバイト ハタイラタナ<sup>4</sup>; 佐瀬 裕之<sup>1</sup>  
YAMASHITA, Naoyuki<sup>1\*</sup>; MOROHASHI, Masayuki<sup>1</sup>; INOMATA, Yayoi<sup>1</sup>; UCHIYAMA, Shigeki<sup>2</sup>;  
KIEVUTTINON, Bopit<sup>3</sup>; GARIVAIT, Hathairatana<sup>4</sup>; SASE, Hiroyuki<sup>1</sup>

<sup>1</sup> アジア大気汚染研究センター, <sup>2</sup> 新潟県環境衛生研究所, <sup>3</sup> タイ王室林野局, <sup>4</sup> タイ環境研究研修センター

<sup>1</sup>Asia center for air pollution research, <sup>2</sup>Environmental Science Research Niigata, <sup>3</sup>Royal forest department in Thailand, <sup>4</sup>Environmental Research and Training Center in Thailand

In Southeast Asia an increase in emissions of sulfur (S) into the atmosphere may introduce new risks for the plant, soil and inland-water through acidification. However, the effect of the atmospheric S deposition on acidification by an increase in sulfate is poorly understood in tropical forests with possible S sources and processes in the internal cycle. S isotopic ratio ( $\delta^{34}\text{S}$ ) could be a good indicator to identify the source of sulfate in soil and inland-water because only dissimilatory S reduction results in a large fractionation of S isotope. Our objectives are to clarify the spatial and temporal variability of  $\delta^{34}\text{S}$  in rainfall, throughfall, soil and stream water within the catchment and discuss the influence of the atmospheric S input on the stream in tropical forest.

Study catchment has been established at dry evergreen forest in Sakaerat silvicultural research station, northeastern Thailand. Anion-exchange-resin columns were installed for rainfall, throughfall, soil-water and stream-water through a year to collect and concentrate sulfate in the field. The sulfate retained in the resin was extracted by NaCl and precipitated as  $\text{BaSO}_4$ . We determined  $^{34}\text{S} / ^{32}\text{S}$  of the  $\text{BaSO}_4$  by mass spectrometer (IR-MS) and calculated  $\delta^{34}\text{S}$  (‰) using the reference material (Canyon Diablo Troilite). Annual weighted-mean  $\delta^{34}\text{S}$  was calculated from sulfate flux ( $\text{kg ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ ) and  $\delta^{34}\text{S}$  in each period. We also determined  $\delta^{34}\text{S}$  by the concentration method for the water samples of rainfall and streamwater in some cases.

Annual weighted-mean  $\delta^{34}\text{S}$  and S deposition in rainfall were 4.1 ‰ and  $6.4 \text{ kg ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ , respectively.  $\delta^{34}\text{S}$  in streamwater was 4-5 ‰ higher than rainfall during late-wet and dry season, whereas  $\delta^{34}\text{S}$  in rainfall and streamwater was mostly comparable during early and middle wet season. In late-wet and dry season,  $\delta^{34}\text{S}$  in sub-soil water was particularly higher in the riparian zone near the outlet of the study catchment than in the area near the headwater and on the slope. Sulfate enriched  $^{34}\text{S}$  might be increased due to bacterial dissimilatory S reduction in late wet season and retained in the sub-soil during dry season, which could be a main source for the streamwater sulfate during base-flow periods. Meanwhile, in early and middle wet season, streamwater sulfate could be directly affected by atmospheric S input. These heterogeneity of internal S dynamics should be considered to examine the effect of atmospheric deposition on soil and inland-water ecosystems in tropical dry forest. The project is supported by the grant from APN (ARCP2012-18NMY-Sase: ARCP 2013 -13 CMY -Sase).

キーワード: 熱帯季節林, 渓流水, 硫黄動態, 硫黄安定同位体比, 大気沈着, 土壌水

Keywords: tropical dry forest, stream water, sulfur dynamics, stable sulfur isotope ratio, atmospheric deposition, soil water



## 高齢スギ・ヒノキ人工林の伐採・更新施業にともなう窒素流出の長期変化 Long-term changes in nitrogen discharge from watershed of restored artificial forest

浦川 梨恵子<sup>1\*</sup>; 戸田 浩人<sup>2</sup>; 小田 智基<sup>1</sup>; 大手 信人<sup>3</sup>  
URAKAWA, Rieko<sup>1\*</sup>; TODA, Hiroto<sup>2</sup>; ODA, Tomoki<sup>1</sup>; OHTE, Nobuhito<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 東京大学大学院農学生命科学研究科, <sup>2</sup> 東京農工大学大学院農学研究院, <sup>3</sup> 京都大学大学院情報学研究所  
<sup>1</sup>Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo, <sup>2</sup>Institute of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology, <sup>3</sup>Graduate School of Informatics, Kyoto University

伐採施業は、森林生態系における窒素動態に最大のインパクトを与える施業であり、数多くの研究例がある(例えば、Likens et al. 1970)。一方、伐採影響の大きさや、影響の及ぶ期間は研究ごとに異なっており、対象流域の位置する立地要因や施業方法、管理履歴が影響していると考えられている(Oda et al. 2013)。溪流からの窒素流出に影響を及ぼす要因には、主に3つあり、降水からの窒素流入、林木の窒素吸収、そして土壌中での窒素無機化・硝化過程が挙げられる。伐採の窒素流出に対する量的・時間的な影響の大きさを解明するためには、この3つの過程を個別に調査することが有効であるとえられる。

わが国は、国土の2/3が森林であり、そのうちの約4割が人工林である(林野庁 2013)。戦後、大規模に造林された人工林が現在、主伐期にさしかかっているが、1970年以降の木材需要の減少により、国内の木材生産量が急激に低下したことで、人工林が伐採・植栽されず、今後、高齢林が増加していく見込みである(林野庁 2013)。主要造林樹種であるスギは高齢化にともない、樹木生長が衰えるので養分吸収量が低下する(大島 1996)。一方、土壌中の高い窒素無機化・硝化速度は維持される(小柳ら 2004)ので、根圏下での窒素現存量が増加し、最終的に窒素流亡が増加する。よって、長伐期施業にともなう人工林流域からの窒素流出量が増加することが懸念される。

首都近郊には、汚染大気の影響によって、降水からの窒素流入量が多く、結果として溪流からの窒素流出が増加する窒素飽和現象のみられる流域が存在する(Ohrui and Mitchell 1997)。近年は、大陸からの越境汚染物の流入量が増加しており(環境省 2014)、窒素飽和地域が拡大することが懸念されている。森林の持つ水質浄化機能を保全するためにも、効率的に人工林を更新し、養分吸収を保っていくことが必要である。

本研究は、人工林の伐採・更新施業にともなう窒素動態の変化を明らかにすることを目的として、窒素飽和現象が発現していた高齢林の斜面下部を部分伐採し、上記の3つの過程の長期変動を調査した。

調査地は、群馬県みどり市の東京農工大学農学部附属フィールドミュージアム大谷山内のスギ・ヒノキ人工林小流域である。面積は1.8 haであり、斜面下部～中部にスギ、上部にヒノキが植栽されている。2000年11月に斜面下部を伐採し、翌春にスギを再植林した。スギ更新地の林齢は現在15年生、斜面中・上部のスギ・ヒノキ林は、107年生である。

この流域では長期にわたって降水・渓流水の水文水質モニタリングが行われている。降水による窒素流入量、および溪流からの窒素流出量は、Urakawa et al. (2012)より算出した。伐採前の高齢林の窒素吸収量は小柳ら(2004)より引用した。スギ幼齢木の生長にともなう窒素吸収量は、2014年に毎木調査を行い、推定した。土壌中の窒素無機化・硝化量は、現地培養法により伐採前後で断続的に調査していた値より推定した。

溪流からの窒素流出量は、伐採前は10-15 kgN/ha/yだったが、伐採後11年間は15-20 kgN/ha/yまで増加し、近年は10 kgN/ha/yまで減少した。降水からの窒素流入量は、9-13 kgN/ha/yで長期的な変化傾向はみられなかった。土壌中での年間の窒素無機化・硝化量は、伐採後4年間は伐採前の約2倍に増加したが、その後は伐採前と同程度の水準に戻った。更新木の生長は、伐採10年目から急激に増加しており、渓流水硝酸濃度の近年の著しい低下は、樹木生長にともなう窒素吸収増加のためと考えられた。

高齢化やN流入量増加が原因と思われる窒素飽和現象は、斜面下部の部分伐採・更新施業により、やがて健全な状態に回復することが本試験によって明らかになった。

### 引用文献

- 環境省 2014, 越境大気汚染・酸性雨長期モニタリング報告書(平成20~24年度) pp. 238.  
Likens et al. 1970, Ecol. Monogr. 40: 23-47.  
小柳ら 2004, 日林誌 86: 134-143.  
Oda et al. 2013, AGU Fall Meeting, H11D-1178.  
大島 1996, 森林生態学 pp. 84-114.  
Ohrui and Mitchell 1997, Ecol. Appl. 7: 391-401.  
林野庁 2013, 平成24年度 森林・林業白書 pp. 226.  
Urakawa et al. 2012, Ecol. Res. 27: 245.

# Japan Geoscience Union Meeting 2015

(May 24th - 28th at Makuhari, Chiba, Japan)

©2015. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



MIS26-P08

会場:コンベンションホール

時間:5月27日 18:15-19:30

キーワード: 長期モニタリング, 森林流域, 更新施業, 窒素流出, 林木の養分吸収

Keywords: long-term monitoring, forested watershed, forest restoration, nitrogen leaching, nutrient uptake by vegetation

レジンコア法とテンションフリー法を用いた森林土壌における無機態窒素移動量とその起源の測定  
Measurement of inorganic nitrogen leaching and its origin in forest soil by resin core method and tension free method

藤田 健斗<sup>1\*</sup>; 尾坂 兼一<sup>2</sup>; 千代 真照<sup>1</sup>; 永淵 修<sup>2</sup>; 中村 高志<sup>3</sup>; 西田 継<sup>3</sup>  
FUJITA, Kento<sup>1\*</sup>; OSAKA, Ken'ichi<sup>2</sup>; CHISHIRO, Shinsho<sup>1</sup>; NAGAFUCHI, Osamu<sup>2</sup>; NAKAMURA, Takashi<sup>3</sup>; NISHIDA, Kei<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 滋賀県立大学大学院環境科学研究科, <sup>2</sup> 滋賀県立大学環境科学部, <sup>3</sup> 山梨大学大学院・国際流域環境研究センター  
<sup>1</sup>Environmental Science Graduate School, the University of Shiga Prefecture, <sup>2</sup>Department of ecosystem study, University of Shiga Prefecture, <sup>3</sup>International Research Center for River Basin Environment, University of YAMANASHI

Nitrogen loading from forest watershed can affect downstream ecosystem, therefore, to clarify the interaction between nitrogen cycle and nitrogen loading from forested ecosystem is important. In this study, we measured nitrogen leaching in forest soil by both resin core method and tension free lysimeter method and estimate nitrate origin by measuring oxygen isotope in nitrate in order to clarify the interaction between nitrogen cycle and nitrogen leaching process. Resin core method are very useful method, however, there are a few studies that compared nitrogen leaching by method and other method. Moreover, there are a few studies that test of measurement of oxygen isotope in nitrate in resin core methods. This study was conducted at two forested watersheds (Aburahi-S and Surumi-A) in Shiga Prefecture. In Aburahi-S, we measured nitrogen leaching by resin core method and tension free lysimeter method, and nitrogen leaching were measured by only resin core method in Surumi-A.

The amount of nitrogen leaching were averaged  $0.61 \pm 0.79 \text{ kgN/ha}$  in resin core method and  $0.21 \pm 0.26 \text{ kgN/ha}$  in Aburahi-S from May 2014 to February. Little ammonium was not leaching in both methods. In tension free lysimeter method, there is the possibility that unsaturated flow was difficult to collected, and that may lead underestimated of nitrogen leaching at tension free lysimeter method. The results of nitrogen leaching at Surumi-A watershed and oxygen isotope of nitrated will be explain at presentation on this day.

## 北海道東部における土壌微生物バイオマスと窒素動態の時系列変化 Temporal changes in the soil microbial biomass and N dynamics in eastern Hokkaido

渡辺 恒大<sup>1\*</sup>; 柴田 英昭<sup>1</sup>; 館野 隆之輔<sup>2</sup>; 今田 省吾<sup>2</sup>; 福澤 加里部<sup>1</sup>; 小田 智基<sup>3</sup>; 浦川 梨恵子<sup>3</sup>; 磯部 一夫<sup>3</sup>; 細川 奈々枝<sup>4</sup>; 小林 真<sup>1</sup>; 稲垣 善之<sup>5</sup>

WATANABE, Tsunehiro<sup>1\*</sup>; SHIBATA, Hideaki<sup>1</sup>; TATENNO, Ryunosuke<sup>2</sup>; IMADA, Shogo<sup>2</sup>; FUKUZAWA, Karibu<sup>1</sup>; ODA, Tomoki<sup>3</sup>; URAKAWA, Rieko<sup>3</sup>; ISOBE, Kazuo<sup>3</sup>; HOSOKAWA, Nanae<sup>4</sup>; MAKOTO, Kobayashi<sup>1</sup>; INAGAKI, Yoshiyuki<sup>5</sup>

<sup>1</sup>北海道大学北方生物圏フィールド科学センター,<sup>2</sup>京都大学フィールド科学教育研究センター,<sup>3</sup>東京大学大学院農学生命科学研究科,<sup>4</sup>北海道大学大学院環境科学院,<sup>5</sup>森林総合研究所

<sup>1</sup>Field Science Center for Northern Biosphere, Hokkaido University, <sup>2</sup>Field Science Education and Research Center, Kyoto University, <sup>3</sup>Graduate School of Agricultural and Life Science, University of Tokyo, <sup>4</sup>Graduate school of Environmental Science, Hokkaido University, <sup>5</sup>Forestry and Forest Products Research Institute

### 【はじめに】

北極や高山帯などの寒冷地域では、冬期の微生物活動が年間の養分循環やその後の生育期の土壌の窒素利用可能性に影響を及ぼすことが示されている。これまでの研究で微生物の多くは0から-10℃の低温環境でも活動可能であることが報告されている。一方、冬期から春季の移行時に生じる凍結融解現象は、微生物やリターの細胞を破壊し、その後の地温上昇は急激な温度変化に弱い微生物の死亡を引き起こす。このように微生物は冬期に窒素シンクとして機能する一方、冬期—春季の移行時には土壌への利用可能な炭素・養分供給源として機能することが報告されている。温帯地域でも季節的な積雪を持つ地域が存在しているが、温帯林生態系において、冬期—春季の養分動態に着目した研究は非常に限られている。北海道東部は、積雪量が少なく、土壌がしばしば凍る地域である。これまでに、この地域では冬期後半に多雪地域と比べて土壌のアンモニウム態窒素生成が高まることが報告されている。この要因として土壌凍結および凍結融解現象が影響していることが示唆されている。しかしながら、環境要因が劇的に変化する冬期から春季の土壌微生物と土壌窒素動態パターンについては明らかにされていない。本研究は、冬期—春季に着目し、土壌微生物と養分動態パターンおよびそれらのパターンと環境要因との関係を解明することを目的とした。

### 【方法】

調査地は、京都大学北海道研究林標茶区の11林班である。主な植生はミズナラ (*Quercus crispula*) および下層にはササ (*Sasa niponica*) が密生している。調査プロットは東西の斜面に各6プロット設置した(計12プロット)。調査時期は2013年10月から2014年9月である。各プロットにおいて、土壌0、5、25cm深に地温センサーを設置した。また5cm深に土壌水分センサーを設置した。土壌はほぼ毎月採取した。特に3月から5月には1週間おきに調査を行った。同時期に、土壌からの窒素溶脱量を評価するため、土壌20、30cm深でイオン交換樹脂の採取/交換を行った。正味窒素無機化を評価するため、シリンダー法による現地培養を行った。埋設したシリンダーは、12ヶ月の間隔で回収された。冬期のみ土壌が凍っていたため培養期間は3ヶ月であった。また、冬期は積雪深、凍結深の調査も合わせて行った。採取した0-10cm土壌は、土壌含水率・無機態窒素濃度・微生物バイオマス炭素・窒素濃度・DOC・DON濃度の測定に用いた。シリンダー法による培養土壌は土壌含水率・無機態窒素濃度の測定に用いた。回収したイオン交換樹脂は1M-KCl抽出後に無機態窒素濃度の測定に用いた。

### 【結果と考察】

0-10cm深の地温は積雪が増加するにつれて0℃付近でほぼ一定になった。微生物バイオマス炭素・窒素、無機態窒素量は生育期よりも厳冬期にピークを示した。無機態窒素量は厳冬期から冬期後半にかけて減少し、微生物バイオマスは積雪の消失が著しい4月後半に大きな減少を示した。一方、正味窒素無機化・硝化速度は冬期よりも生育期で高い傾向を示した。これらの結果は、冬期と生育期で土壌無機態窒素の生物利用と活性が大きく異なることを示している。特に、冬期には微生物にとって地温が低いとその活性が抑制されるけれど、植物との競争関係がないことから、微生物は窒素シンクとして機能していることが考えられた。冬期の土壌無機態窒素のピーク時期はアンモニウム態窒素の方が硝酸よりも速かった。その後、両無機態窒素、特に硝酸態窒素は急速に減少したが、土壌からの硝酸態窒素の溶脱は認められなかった。さらに10月から3月にかけて菌類/バクテリア比は低下した。また冬期の正味無機態窒素生成量は10月と比べて低下していたことから、土壌の無機態窒素が冬期に従属栄養微生物に取り込まれていることが示唆された。一方で、融雪後に劇的に変化する地温は微生物の死亡を引き起こす大きな要因であることが示唆された。

キーワード: 窒素循環, 土壌凍結, 凍結融解サイクル, 窒素無機化, 窒素溶脱

Keywords: nitrogen cycling, soil freezing, freeze-thaw cycle, nitrogen mineralization, nitrogen leaching



## 窒素飽和に伴うタケの倒伏現象：その形態学的ならびに力学的理由 Bamboo lodging associated with nitrogen saturation: its morphological and mechanical reasons

相原 有希<sup>1</sup>; 楊 宗興<sup>1\*</sup>  
AIHARA, Yuki<sup>1</sup>; YOH, Muneoki<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 東京農工大学  
<sup>1</sup>Tokyo University of Agriculture and Technology

### [Introduction]

Nitrogen saturation, a situation of available nitrogen in excess of plant and microbial nutritional demand due to nitrogen deposition, has been suggested to affect plant growth and the root-shoot biomass allocation; an increase in foliar biomass and a decrease in fine root biomass under high nitrogen availability (Aber et al. 1989). In recent years, some reports have suggested that tree windthrow damages may be associated with increased nitrogen status (Braun et al., 2003; Meyer et al., 2008). Here, we report a phenomenon of lodging (falling down) of moso bamboo (*Phyllostachys pubescens*) in a forest site of nitrogen saturation. We suggest that the bamboo lodging is associated with the following morphological and mechanical anomalies; 1) an increase in branches-and-leaves biomass, 2) a decrease in root system, and 3) a decrease in bending strength.

### [Materials and methods]

We studied the biometry of bamboo in a nitrogen-saturated site (Tama hill, Tokyo) and control sites (Fukushima and Izu), such as diameter at breast height (DBH), culm height, and mass of branches-and-leaves. Root density and soil nitrate concentration were measured for soil cores 25, 50, 75, 100cm away from culm. The total carbon and total nitrogen content of leaves and culms were measured with dry combustion method. As an index of mechanistic strength, Young's modulus (E) and flexural rigidity (EI) of culm were measured with a bending test of test piece.

### [Results and discussion]

In a N-saturated site, leaf and culm nitrogen concentration were significantly higher than control sites. Any elongation growth, which was initially hypothesized, was not observed in a N-saturated site. However, some bamboos in a N-saturated site had significantly larger mass of branches-and-leaves. Very low root density associated with elevated nitrate concentration was also demonstrated, in contrast with a root mat in the soil surface observed in control sites. Culm density and culm thickness showed a negative correlation with bamboo nitrogen concentration. Consequently, culm flexural rigidity (EI) also declined with the increase in nitrogen concentration. A combination of these observed changes, a higher load of canopy, a lower culm strength and a lower uprooting resistance by root system, may be responsible for bamboo lodging observed in the N-saturated site. The results suggest that nitrogen saturation significantly affect morphologies and mechanical properties in bamboo to cause the lodging.

キーワード: 窒素飽和, 倒伏, タケ, 力学的強度, 細根バイオマス, 形態的变化

Keywords: nitrogen saturation, lodging, bamboo, fine root biomass, mechanistic strength, morphological change



## 窒素負荷による樹木根の変化と倒伏のリスク The impact of nitrogen saturation on tree roots, which lead to uprooting

大野 聡<sup>1\*</sup>; 楊 宗興<sup>1</sup>  
OHNO, Satoshi<sup>1\*</sup>; YOH, Muneoki<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東京農工大学大学院  
<sup>1</sup>Tokyo University of Agriculture and Technology

### [はじめに]

産業革命以降、人為起源による無機態窒素沈着量が増加している (Galloway, 2004)。現在までに、窒素沈着量増加に対する植物への影響として、病原体微生物への抵抗性低下や、root/shoot バイオマス比の減少、菌根菌感染率の低下などの報告がある (Veresoglou et al., 2012; Gojon et al., 1994; van Diepen et al., 2010)。しかしそれらの多くは草本または苗木を用いた研究であり、実環境中における成木への影響を検討した例はほとんどない (Meyer et al., 2008 など)。root/shoot バイオマス比低下などの根の変化は、樹体の支持強度を低下させ、林木の倒伏を増加させる要因となりうる。そこで窒素が過剰な森林の成木について、倒伏現象の要因となりうる樹木根の量の低下や強度低下がどれほどみられるのか、また実際に倒伏リスクの高い個体が多く存在するのか、現地調査により検討した。

### [方法]

窒素飽和現象が報告されている東京農工大学 FM 多摩丘陵、中程度の窒素負荷を受ける飯能市刈場坂峠、窒素負荷をあまり受けない北茨城市小川試験地で調査を行った。それぞれ集水域の渓流水中硝酸態窒素濃度は 280、86、16  $\mu$  mol/L であった。各調査地はいずれも落葉広葉樹林であり、標高は 150~650 m、斜面の傾斜は 22~35° である。

調査地ではコナラ (*Quercus serrata*)、ヤマザクラ (*Cerasus jamasakura*) を対象に、樹体から斜面上方向 1 m 地点の土壌と根をコアサンプラーで採取し (直径 7.5 cm、深度 40 cm まで採取)、根は直径 >2 mm、<2 mm に分けて乾重量を測定、土壌は水抽出により硝酸態窒素濃度を測定した。また、生長錐を用いて幹と主要な根のコアを約 15 cm 採取し、全乾密度、曲げヤング率を計測した。加えて樹体の斜面下方向への幹傾斜 (地面より 20 cm から胸高までの傾き) も計測した。

### [結果と考察]

根の量 (直径 >2 mm、<2 mm) はコナラ・ヤマザクラともに土壌中硝酸濃度の増加にともなって約 60 % の減少がみられた。特に直径の大きな >2 mm の根の減少は、根の引き抜き強度低下をもたらし、倒伏リスクを高める要因になりうる。ヤマザクラのコア試料では有意な差はみられなかったが、コナラの根のコア試料では土壌中硝酸濃度の上昇とともに根の全乾密度と曲げヤング率が減少する傾向がみられ、窒素負荷による材の強度低下が示唆された。窒素負荷の大きい多摩丘陵の斜面上に立つコナラは、小川と比べ幹傾斜が有意に大きかった。

以上のように、窒素過剰によって樹木の支持強度にかかわる根量の低下や材の強度低下が生じており、また実際に傾きの大きい樹体が多い事実が判明した。

キーワード: 窒素飽和, 樹木根, 倒伏  
Keywords: nitrogen saturation, tree root, uprooting

## 河川水中 SRP 濃度と正リン酸濃度の比較 Comparison of SRP (soluble reactive phosphorous) with orthophosphate in riverwater

石丸 真菜<sup>1</sup>; 丸尾 雅啓<sup>1\*</sup>; 小畑 元<sup>2</sup>  
ISHIMARU, Mana<sup>1</sup>; MARUO, Masahiro<sup>1\*</sup>; OBATA, Hajime<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 滋賀県立大学環境科学部, <sup>2</sup> 東京大学大気海洋研究所

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

### Introduction

Orthophosphate is essential nutrient for primary production in waters and it is thought to be the main chemical form of phosphorous directly available to organisms. In oligotrophic and mesotrophic waterbodies, phosphorous often plays as controlling factor of primary production. For the determination of phosphorous, spectrophotometric method based on the formation reduced form of phosphomolybdate (molybdenum blue) is usually applied. Determined value is called as SRP: soluble reactive phosphorous, because various kinds of phosphorous compounds in water also reacts with molybdate by hydrolysis in acidic solution. Molybdenum blue method is very useful but this method does not show practical value of orthophosphate. The authors applied suppressed ion chromatography to determine solely orthophosphate. Obtained phosphate concentrations were compared with the values of SRP concentration for inflowing rivers of Lake Biwa, Japan (phosphorous limiting and mesotrophic freshwater lake).

### Materials and Methods

River water samples were collected 4 times from April to November in 2014 at 7 inflow rivers (Yasu, Amano, Ta, Ane, Yogo, Nishino Creek of Yogo, Ado) of Lake Biwa, Shiga Prefecture, Japan. Water samples of Seta River, the only outflow river were also collected. Samples were filtered with a Nuclepore membrane filter (0.2 $\mu$ m pore size) and stored in a cool dark container below 10 degree in celcius. Orthophosphate concentration was measured by suppressed ion chromatography. Dionex AS-23A analytical column (250 was with electrochemical suppressor in electric suppression mode. Injection of high volume sample enhanced detection limit of orthophosphate to 10 nmol/L or less. SRP was measured according to the method JIS K0102 using ascorbic acid as reducing reagent. Micro glass cells of 50 mm path length (approximate volume: 3 mL), was used.

### Results and discussion

Determined value of orthophosphate varied from 0.04 to 0.58 micro mol/L, while SRP showed values from 0.34 to 2.31 micro mol/L. There was so much difference between orthophosphate concentration and SRP in all river water samples collected. Ratios of orthophosphate to SRP in water differed between rivers sampled regardless of sampling season. In case of Yasu River, the ratio showed values from 0.06 to 0.14, while Ane River they were between 0.26 and 0.52. These differences might be caused by land use of watershed. In consideration of effects of river water quality to trophic status and primary production in Lake Biwa, these results might show the needs to consider direct impact of orthophosphate and indirect impact of other phosphorous compounds included in SRP separately.

キーワード: 琵琶湖, 流入河川, 正リン酸, SRP, イオンクロマトグラフィー  
Keywords: Lake Biwa, Inflow rivers, orthophosphate, SRP, Ion chromatography

## 人工団粒と人工マクロポアを使った強雨後の土壤水分プロファイルの基礎的検討 ...

森 也寸志<sup>1\*</sup>; 崎川 和起<sup>1</sup>; 富士 和哉<sup>1</sup>; 荒井 見和<sup>3</sup>; 金子 信博<sup>2</sup>; 藤江 幸一<sup>2</sup>  
MORI, Yasushi<sup>1\*</sup>; SAKIKAWA, Kazuki<sup>1</sup>; FUJI, Kazuya<sup>1</sup>; ARAI, Miwa<sup>3</sup>; KANEKO, Nobuhiro<sup>2</sup>;  
FUJIE, Koichi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 岡山大学, <sup>2</sup> 横浜国立大学, <sup>3</sup> 農業環境技術研究所

<sup>1</sup>Okayama University, <sup>2</sup>Yokohama National University, <sup>3</sup>National Institute for Agro-Environmental Sciences

土壌は陸域最大の炭素貯蔵庫でありながら、土地利用変化によって化石燃料の二割近い炭素を待機中に放出している。加えて、近年の気候変動による強い雨によって表土が流亡するなどの影響も受けており、耕耘をしすぎない営農のあり方が求められている。土壌が保全されると、団粒が形成される場合と植物の根の伸張により根成孔隙が形成される場合が考えられるが、生態工学的手法を用いた早い環境改善の試みとして、人工造粒を行うこと、人工マクロポアを作ることが考えられる。そこで本研究では、人工造粒を行った土壌と人工マクロポアを作った土壌について、短時間で強雨が降り、蒸発強度が強い地域を想定し、雨水の浸透とその後の蒸発の影響が土壤水分プロファイルにどのように現れるのかを実験的に調べた。貧栄養土壌であるマサ土に赤玉土を団粒(2-5mm, および 5-10mm)と見立てた土壌カラム、根成孔隙が発達したと見立てた人工マクロポアを持つ土壌カラムを作成し、時間 50mm の降雨を施し、蒸発量と土壤水分プロファイルを観察し続けた。すると、人工団粒カラムでは土壌表層部分で雨水が貯留され、それより深いところより1週間程度は水分が多いことがわかった。植物の発芽には初期水分と冠水しないことが大切であり、植物生育の初期にこれが効果的であるとわかった。他方、人工マクロポアは雨水を土壌深部にバイパスし、蒸発があったとしてもある一定深さに水分を貯留出来ることがわかった。ある程度植物が生育した後にはこの物理構造は効果的であると推測された。以上、人工団粒と人工マクロポアを使うことによって、土壌の物理的構造が水分貯留と蒸発抑制にどのように働くかについて、基本的な知見を得ることができた。

キーワード: 団粒, マクロポア, 土壤水分, 浸透現象

Keywords: soil aggregate, macropore, soil moisture, infiltration

## ヒノキ二次林の異なる斜面位置における群状間伐がリターフォールと堆積有機物に及ぼす影響 Effects of group cutting on litterfall and organic horizon in the secondary forest dominated by hinoki cypress

中西 麻美<sup>1\*</sup>; 稲垣 善之<sup>2</sup>; 柴田 昌三<sup>3</sup>; 大澤 直哉<sup>4</sup>  
NAKANISHI, Asami<sup>1\*</sup>; INAGAKI, Yoshiyuki<sup>2</sup>; SHIBATA, Shozo<sup>3</sup>; OSAWA, Naoya<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 京都大学フィールド科学教育研究センター, <sup>2</sup> 森林総合研究所四国支所, <sup>3</sup> 京都大学大学院地球環境学堂, <sup>4</sup> 京都大学大学院農学研究科

<sup>1</sup>Field Science Education and Research Center, Kyoto University, <sup>2</sup>Shikoku Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute, <sup>3</sup>Kyoto University Graduate School of Global Environmental Studies, <sup>4</sup>Graduate School of Agriculture, Kyoto University

森林生態系における窒素循環は、森林の伐採および、伐採後の植生回復において影響を受ける。針葉樹林の伐採後に下層植生が更新、成長してくると、広葉樹の落葉は針葉樹より窒素濃度が高い (CN 比が低い) 傾向があるため、落葉による窒素供給量が増加し、堆積有機物の分解が変化することが予想される。このような変化は、土壌養分が多い林分よりも貧栄養で強い窒素制限下にある林分で顕著な可能性がある。例えば、同一斜面上で土壌の肥沃度に違いがみられる林分では、貧栄養な斜面上部ほど変化が大きいことが予想される。

本研究では、京都市内の天然更新したヒノキが優占する二次林の異なる斜面位置3ヶ所 (上部、中部、下部) において、広葉樹の更新を促すための群状間伐が実施された林分を対象とした。窒素循環への伐採の影響を明らかにするために、伐採から10年後のリターフォールおよび堆積有機物の質と量、堆積有機物の滞留時間について調べた。伐採の影響が斜面位置によって異なるかを明らかにするために、リターフォールと堆積有機物の質と量について、斜面位置、伐採を主効果、これらの交互作用を変数とした分散分析をおこなった。交互作用が有意だった場合には、斜面位置別に伐採の有無を要因としてt検定で解析した。

リターフォールの炭素量とヒノキ落葉の炭素・窒素量は、どの斜面位置でも対照区より伐採区で低かった。交互作用は有意でなかった。リターフォールの窒素量は対照区と伐採区で有意な差は認められず、各斜面位置の伐採区では対照区と同程度に回復していた。更新木に高木・亜高木層の広葉樹が多かった斜面中部と下部の伐採区では、対照区よりも広葉樹落葉の炭素・窒素量は大きく、リターフォールのCN比は低かった。更新木に低木層の広葉樹とアカマツが多かった斜面上部の伐採区では、広葉樹落葉の炭素・窒素量とリターフォールのCN比に対照区と差異は認められなかった。

堆積有機物の炭素量、窒素量はどの斜面位置でも伐採区で対照区より低かった。堆積有機物の炭素・窒素量の平均滞留時間はすべての斜面位置において伐採区のほうが対照区よりも短かった。広葉樹落葉の窒素量が多いほどリターフォールのCN比は低く、リターフォールのCN比が低いほど堆積有機物の滞留時間が短い傾向を示した。この傾向は中部と下部で顕著であったが、斜面傾度に沿った土壌肥沃度との対応は明らかではなかった。堆積有機物の分解における伐採から10年後の各斜面位置の変化は、斜面傾度による土壌肥沃度の違いの影響を受けておらず、更新木の樹種構成に影響を受けていることが示唆された。

キーワード: 群状間伐, リターフォール CN 比, 堆積有機物, 更新樹種, 窒素供給, 斜面位置

Keywords: group cutting, litterfall C/N ratio, organic horizon, regenerated tree species, nitrogen input, slope position



## スパイラルメトリクスの in situ 計測に基づく大規模河川の栄養塩代謝機能の評価 Evaluating nutrient removal in a large river by in situ spiraling metric measurements

小林 勇太<sup>1\*</sup>; 岩田 智也<sup>2</sup>  
KOBAYASHI, Yuta<sup>1\*</sup>; IWATA, Tomoya<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 山梨大学工学部循環システム工学科, <sup>2</sup> 山梨大学生命環境学部

<sup>1</sup>Department of Ecosocial System Engineering, University of Yamanashi, <sup>2</sup>Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Yamanashi

陸域から河川へ流出する栄養塩は、海洋へと輸送される間に河床に取込まれていく。そのため、水系網における栄養塩除去プロセスの解明が、沿岸域の富栄養化を阻止する上で重要である。これまで、下流への窒素やリンの輸送には小河川における栄養塩代謝が重要であると考えられてきた。しかし、流量  $18\text{m}^3/\text{s}$  以上の河川で栄養塩除去速度を観測した例はない。そのため、大河川が水系網の栄養塩輸送に果たす役割が過小評価されてきた可能性がある。また、河川環境の空間的異質性と栄養塩除去速度の関係についてもほとんど明らかとはなっていない。

本研究は、観測者自身が流下しながら水塊を追跡するドリフト法によって、流量  $40\text{m}^3/\text{s}$  以上の富士川本流の窒素とリンのスパイラルメトリクスを推定する。さらに、河川の局所環境要因がスパイラルメトリクスに及ぼす影響を評価し、大河川における栄養塩代謝のホットスポットを特定することを目的とした。

調査の結果、富士川本流の  $\text{NH}_4$  と  $\text{PO}_4$  の除去速度  $U$  は、先行研究による小中河川の推定値と比較しても高い値を示すことが明らかとなった。しかし、河川水中の高い  $\text{NH}_4$  と  $\text{PO}_4$  濃度を反映し、水柱からの除去効率を示す鉛直移動速度  $v_f$  は低い値を示した。また、同じく河川中の濃度が高い  $\text{NO}_3$  では取込み速度  $U$  が負の値を示し、河床から水柱へのフラックスが生じていた。発表では、栄養塩スパイラルメトリクスのスケール依存性や空間パターンに関する解析結果を追加し、大河川における栄養塩除去プロセスの特徴を明らかにする。

キーワード: スパイラルメトリクス, 大河川, 栄養塩, 栄養塩除去速度, ホットスポット  
Keywords: spiraling metric, large river, nutrient, uptake rate, hot spot