

溶存酸素の三酸素同位体組成自動分析手法の開発

Development of automatic analysis apparatus for triple oxygen isotopes of dissolved oxygen

*伊藤 昌稚¹、佐久間 博基¹、小松 大佑²、中川 書子¹、角皆 潤¹、石村 豊穂³*Masanori Ito¹, Hiroki Sakuma¹, Daisuke Komatsu², Fumiko Nakagawa¹, Urumu Tsunogai¹, Toyoho Ishimura³

1.名古屋大学大学院環境学研究科、2.東海大学海洋学部海洋地球学科、3.茨城工業高等専門学校

1.Graduate School of Environmental Studies,Nagoya University , 2.Department of Marine and Earth Science,School of Marine Science and Technology,Tokai University, 3.National Institute of Technology,Ibaraki College

酸素分子 (O_2) には三種の安定同位体 (質量数16、17、18) があり、その相対存在比は、自然界の諸過程 (化学反応など) において、同位体分別する。光合成や呼吸の際に進行する一般の同位体分別では、 ^{16}O に対する ^{17}O の濃縮度 ($\delta^{17}O$) が、 ^{16}O に対する ^{18}O の濃縮度 ($\delta^{18}O$) の約半分になるように同位体分別するのに対して、成層圏で進行するある種の光化学反応では、 ^{16}O に対する ^{17}O の濃縮度が、 ^{16}O に対する ^{18}O の濃縮度とほぼ等しくなるように同位体分別する。このため、大気中の O_2 を基準にすると光合成由来 O_2 の三酸素同位体組成 ($^{17}O = \ln(\delta^{17}O + 1) - 0.518\ln(\delta^{18}O + 1)$) は、約+150 ~ +250 per megの値になる。水環境中の溶存酸素の ^{17}O は、呼吸などの一般的な反応では変化しないため、水中内の光合成反応で生成された固有の ^{17}O 値 ($^{17}O = +150 \sim 250$) を持つ O_2 と大気から溶け込む O_2 ($^{17}O = +8 \sim 18$) の混合のみを反映する。その混合比を高精度で定量化することにより、大気-水環境ガス交換係数の見積もり (光合成の起こらない夜間限定) や、水環境中の総一次生産量の定量化に活用することができる。しかし、 O_2 とArの大気圧下における沸点差はごく僅かでカラム特性も似ているため、分離に長時間を要する。これまでに報告された ^{17}O 値は、アルゴン (Ar) を除去せずに定量していたため、Arが O_2 の同位体定量に及ぼす影響を考慮した複雑な補正が必要であった。そのため、 O_2 /Ar比の変化が大きい水環境で応用するために十分な精度を得ることは難しかった。そこで本研究では、水試料中の溶存ガスを抽出し、そこから O_2 のみを分離・精製し、高精度で ^{17}O を測定する分析システムを構築し、 O_2 /Ar比が大きく変動するような水環境でも ^{17}O を定量できるようにした。この手法を用いて、近年富栄養化・低酸素化が顕著である琵琶湖 (滋賀県) 北湖でD0の三酸素同位体組成の鉛直分布を、その時間変化とともに定量化してその影響を評価したので、結果を報告する。

キーワード：溶存酸素、三酸素同位体、鉛直分布、貧酸素化

Keywords: dissolved oxygen, triple oxygen isotopes, vertical profile

炭化板パッシブサンプラーによる大気中水銀濃度モニタリング

ー首都圏と北海道の大気中水銀濃度の比較ー

Monitoring on atmospheric mercury concentration by Carbonized passive sampler

-Comparison of the Tokyo metropolitan area and Hokkaidou-

*大熊 明大¹、梅沢 夏実²、佐竹 研一¹*Akihiro Okuma¹, Natsumi Umezawa², Kenichi Satake¹

1.立正大学・地球環境、2.埼玉県環境科学国際センター

1.Geo-environmental Science, Rissho University, 2.Center for Environmental Science, Saitama

[はじめに]

大気中に存在する水銀は95%以上が Hg^0 （ガス状元素態水銀）、その他に Hg^{2+} （酸化水銀）、 Hg-P （粒子状水銀）に大別される。大気中で主要な Hg^0 は、不活性で溶解度が低いため、大気中での滞留時間が1~2年と見積もられている。そのため、ユーラシア大陸で放出された水銀が日本に大気輸送され、日本の生態系へ取り込まれることが懸念されている。日本での観測は1997年から開始され、現在では全国300地点以上のモニタリングステーションで金アマルガム捕集法により大気中水銀を採取し、濃度を測定している。しかし、測定頻度は月1回、24時間捕集であり、採取日も地点毎に異なり、日本全国の平均的な濃度分布の概略を知るためには有効なデータだと考えらえるが、この手法では測定が市街地に限られており、電源確保の困難な地点での測定が困難なため、山間部や林間部などの遠隔地点の大気中水銀濃度の調査は極めて少ない。そこで、本研究では安価で簡単に作成可能であり、電源を必要とせず山間部を含めた多地点での測定が可能な「炭化板パッシブサンプラー」を用いた大気中濃度の測定を開始している。本講演では北海道、群馬県、山梨県、埼玉県において実施した大気中水銀濃度の測定結果を述べる。

[方法]

本研究で作成した炭化板パッシブサンプラーを北海道雨竜郡幌加内町字母子里（北海道大学雨龍研究林）、北海道札幌市（北海道大学札幌キャンパス）、埼玉県熊谷市（立正大学熊谷キャンパス）、埼玉県加須市（埼玉県環境科学国際センター）に2014年7月に全地点に炭化板パッシブサンプラーを設置し2015年8月まで1ヶ月毎にサンプラーを交換した。また、炭化板パッシブサンプラーの水銀吸着量から大気中水銀濃度に換算するため、熊谷市と加須市では並行して大気中水銀濃度も測定した。回収した炭化板パッシブサンプラーはパラフィルムで密閉し、実験室にて吸着面積を測定後、日本インスツルメンツ製のMA-2000を用いて測定した。大気中水銀濃度は、ポンプを用いて50mL/minの吸引速度で捕集管に金アマルガム捕集し、回収した捕集管はブチルゴム栓付試験管に保管し、実験室にて日本インスツルメンツ製のWA-50を用いて測定した。

[結果]

大気中積算水銀濃度をM、炭化板パッシブサンプラー中の水銀吸着量をPとすると、両者の関係は $M=0.003P+0.06$ ($r=0.09$, $n=20$) となった。この式を用いて、各地点の大気中水銀濃度を求めた結果、幌加内町における大気中水銀濃度は $0.1\sim1.3\text{ng/m}^3$ 、札幌市では $0.6\sim1.5\text{ng/m}^3$ 、中之条町では $0.2\sim1.4\text{ng/m}^3$ 、熊谷市では $1.7\sim3.1\text{ng/m}^3$ 、加須市では $1.9\sim2.9\text{ng/m}^3$ 、蕨崎市では $0.4\sim1.8\text{ng/m}^3$ であり、どの地点も季節変動は小さかった。全国のモニタリングステーションの平均濃度は約 2.3ng/m^3 であり、北米やヨーロッパの遠隔地域の濃度は $1.5\sim1.7\text{ng/m}^3$ とされている。熊谷市と加須市は、日本の平均的な濃度を示し、札幌市、字母里、中之条町、蕨崎市は、北米やヨーロッパの遠隔地域の濃度よりもやや低い値を示した。

キーワード：大気汚染モニタリング、炭化板パッシブサンプラー、水銀

Keywords: Monitoring on atmosphere, Carbonized passive sampler, mercury

富士山麓アカマツ林におけるオゾンフラックス

Observation of O_3 flux in red pine forest*熊谷 凌太¹、和田 龍一¹、高梨 聡²、深山 貴文²、中野 隆志³、谷 晃⁴、米村 正一郎⁵*Ryota Kumagai¹, Ryuichi Wada¹, Satoru Takanashi², Takafumi Miyama², Takashi Nakano³, Akira Tani⁴, Seiichiro Yonemura⁵

1.帝京科学大学、2.森林総合研究所、3.富士山科学研究所、4.静岡県立大学、5.農業環境技術研究所

1.Department of Natural and Environmental Science, Teikyo University of Science, 2.Forestry and Forest Products Research Institute, 3.Mount Fuji Research Institute, 4.University of Shizuoka, 5.National Institute of Agro-Environmental Sciences

【はじめに】森林生態系における微量気体の吸収・放出は炭素循環や気候変動に直接的・間接的な影響を及ぼす (Ollinger *et al.*, 2002)。本発表では、森林生態系における窒素酸化物とオゾンのフラックスを、物質の濃度勾配より輸送量を計測する傾度法により、富士吉田アカマツ林 (FJY) にて、検討した結果を報告する。

【方法】2014年9月26日～2014年11月13日、富士吉田アカマツ林微気象観測タワー (FJY) にて、大気 NO 、 NO_2 、 O_3 および CO_2 濃度の計測を行った。また2015年10月15日～2016年1月21日に O_3 と CO_2 濃度の計測を行った。微気象観測タワーと樹冠の高さはそれぞれ32 mと約25 mである。 NO と NO_2 濃度の計測は、Moコンバータ化学発光分析装置 (Thermo Scientific, 42i-TL) を用いた。 O_3 と CO_2 の計測には、それぞれ紫外吸収分析装置 (Thermo Scientific, 49i) と赤外吸収分析装置 (Li-cor, LI-820) を用いた。大気サンプル口は、アカマツ林の樹冠上2高度 (2014年は26 mと32 m、2015年は26 mと34 m) に設置し、各高度の大気を、PFAチューブを用いて地上の分析装置まで吸引し、バルブを用いて交互に各5分間計測を実施した。同時に高度26.5 mに設置したクローズドパス CO_2/H_2O ガス分析装置 (Li-cor, LI-6262) により、 CO_2 フラックスを渦相関法により求め (森林総合研究所 CO_2 フラックス観測データ)、傾度法で求めた CO_2 フラックスと比較した。

【結果・考察】2014年の観測期間中の CO_2 フラックスは、傾度法と渦相関法によりそれぞれ $-9.0 \pm 7.3 \text{ micromol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 、 $-8.6 \pm 6.5 \text{ micromol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ($\pm$ の後ろの数値は観測値の標準偏差) と得た。傾度法で得られた CO_2 フラックスは渦相関法で得られた値よりも小さいが、誤差範囲にて一致した。傾度法が機能していることを確認した。窒素酸化物 (NO , NO_2) の26 mと32 mの濃度に、有意差は計測されなかった。高度間の窒素酸化物の濃度差が小さいことから、市販の計測装置を用いた窒素酸化物の傾度法によるフラックス計測は、検出感度の点から難しいことが分かった。一方 O_3 の26 mと32 mの濃度には、有意な差が計測され、 O_3 のフラックス計測値が得られることが分かった。2014年、2015年の秋季の O_3 フラックスをそれぞれ $-1.1 \pm 1.5 \text{ nmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 、 $-1.9 \pm 2.5 \text{ nmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ と得た。2015年冬季の O_3 フラックスを $-0.9 \pm 2.6 \text{ nmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ と得た。秋季に比べて冬季で O_3 の吸収・沈着が小さい傾向があることが明らかとなった。この傾向は先行研究であるカリフォルニアの同じマツ科ポンデローサマツ林での O_3 フラックスの観測結果 (Fares *et al.*, 2010) と一致した。

References: Ollinger *et al.*, 2002, *Global Change Biology* 8, 545-562. Fares *et al.*, 2010, *Agric For Meteorol.* 150, 420-431 .

キーワード：オゾン、フラックス、森林

Keywords: ozone, flux, forest

貧栄養な条件におけるヒノキの樹冠の窒素滞留時間と葉寿命

Mean residence time of leaf nitrogen and leaf longevity of hinoki cypress (*Chamaecyparis obtusa*) under nutrient-poor soil

*中西 麻美¹、稲垣 善之²

*Asami Nakanishi¹, Yoshiyuki Inagaki²

1.京都大学フィールド科学教育研究センター、2.森林総合研究所四国支所

1.Field Science Education and Research Center, Kyoto University, 2.Shikoku Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute

樹木は吸収した窒素を効率的に利用するために、窒素を樹体内に長く保持する仕組みを持つ。樹体の窒素滞留時間は、葉寿命と窒素引き戻し率によって決まる。樹種間の比較では、貧栄養な土壌条件に葉寿命の長い樹種がみられる。しかしながら、同一樹種では土壌条件に対して葉寿命や窒素滞留時間をどう変化させているかについての情報は少ない。ヒノキは常緑で葉がりん片状で非常に小さく、葉齢の判別が難しいため葉寿命を知ることが難しい。このため、樹冠葉量を年間落葉量で割って葉寿命を算出する。本研究では、京都市北区の天然更新したヒノキ壮齢林の土壌条件が異なる10地点において、ヒノキの樹冠における窒素滞留時間（leaf-N MRT）に葉寿命と窒素引き戻し率が及ぼす影響について明らかにした。

堆積有機物の窒素量をリターフォールの窒素量で割って算出した堆積有機物窒素の平均滞留時間（ A_0 N-MRT）は5.4～38.3年と広い範囲を示した。これらの値は他の地域のヒノキ林と比べて大きかった。 A_0 N-MRTが長いほど、葉寿命とleaf-N MRTは長くなり、落葉量（葉生産量）、落葉窒素量は小さい傾向を示した。一方、窒素引き戻し率、樹冠葉量、樹冠窒素量、生葉および落葉の窒素濃度と A_0 N-MRTとは明らかな関係は認められなかった。土壌の窒素資源量が乏しいほど葉の生産を小さくして葉寿命を長くしていた。落葉前の窒素引き戻し率は他の地域のヒノキ林と比べて高かった。窒素引き戻し率はいずれのプロットでも高いため、 A_0 N-MRTと有意な関係が認められなかったと考えられる。また、壮齢のヒノキ林では、立木密度や土壌条件によらず、樹冠葉量は一定量に達していると考えられた。以上の結果から、本調査地におけるヒノキは、leaf-N MRTを長くするために、まず、窒素引き戻し率を高くし、さらに、林分による土壌の窒素資源量に応じて葉生産量を調節することにより葉寿命を変化させていることが明らかとなった。

キーワード：樹冠の窒素滞留時間、葉寿命、葉生産量、ヒノキ、堆積有機物

Keywords: mean residence time of leaf nitrogen, leaf longevity, leaf production, hinoki cypress, organic horizon

滋賀県豪雪地帯の森林集水域における溪流水質変動の解明

Investigation of streamwater chemistry in forest with heavy snowfall in northern part of Shiga prefecture

*藤田 健斗¹、尾坂 兼一²、千代 真照¹、永淵 修²、中村 高志³、西田 継³

*Kento Fujita¹, Ken'ichi Osaka², Shinsho Chishiro¹, Osamu Nagafuchi², Takashi Nakamura³, Kei Nishida³

1.滋賀県立大学大学院環境科学研究科、2.滋賀県立大学環境科学部、3.山梨大学大学院国際流域環境研究センター

1.Environmental Science Graduate, the University of Shiga Prefecture, 2.Department of ecosystem study, University of Shiga Prefecture, 3.Interdisciplinary Research Center for River Basin Environment, University of Yamanashi

Nitrogen exported from forest is considered to affect environment of downstream ecosystem, means that the understanding the processes of nitrogen export from forest is important. Particularly, many study reported that snow accumulation and snowmelt has important role in nitrogen export from forest with heavy snowfall region. The northern part of Shiga prefecture is specified as Special Heavy Snowfall Area under the Act on Special Countermeasures for Heavy Snowfall Area. However, temperature in the forest is relatively high, because the forest is located in the southernmost area of Special Heavy Snowfall Area. Therefore, during snow accumulation, snowmelt is often caused by high temperature in northern part of Shiga Prefecture. However, observation of nitrogen export during snow accumulation and snowmelt in such forest is very few. Therefore, we observed nitrogen export from the forest during snow accumulation and snowmelt in northern part of Shiga Prefecture. We conducted the experiment in the Surumi catchment located in the northern part of Shiga prefecture. We collected streamwater sample by automatic water sampler (ISCO, 3700) in the snow fall in 6 to 24 hour interval in a day. Samples were analyzed for total nitrogen, dissolved nitrogen, nitrate and ammonium. We also analyzed oxygen and nitrogen isotope of nitrate for examining the nitrate source. Chemical analysis for ion concentration were conducted in the University of Siga Prefecture, and isotope analysis was conducted at ICRE in University of Yamanashi.

キーワード：窒素流出、森林、融雪、溪流水、同位体

Keywords: nitrogen export, forest, snowmelt, streamwater, isotope

森林集水域において還元プロセスを生じさせる水文地形学的要因の検討

Hydro-geomorphological factors which control reduction processes in a forested watershed.

*徳永 知佳¹、楊 宗興¹

*chika tokunaga¹, Muneoki Yoh¹

1.東京農工大学

1.Tokyo University of Agriculture and Technology

Many studies have reported that denitrification may occur in riparian zone(e.g., Hill et al (2000) where topographic gradient is small. The relationship between topography and reduction processes such as denitrification attracts researcher's attention these days (Gold et al., 2000; Hill et al., 2000). Past studies (Ogawa et al., 2006; Shibata et al., 2010) have reported that the nitrate concentration of stream water is small in catchments of small topographic gradients. The cause of it is probably due to denitrification. But concrete and systematic knowledge is limited where the reduction processes such as denitrification occur in forested catchment.

The purpose of this study is to know hydro-geomorphological conditions in which denitrification, manganese, iron and sulfate reduction processes occur.

The study site is a small forest catchment located in Hachioji Tokyo. We measured the topographic gradient and the concentration of nitrate, dissolved manganese, dissolved iron and sulfate in water extract from soil and ground water.

The nitrate concentrations of upper sampling points in steep slope are higher than 0.05mmol/kg from surface soils to deep soils (Fig.1). On the other hand, the nitrate concentrations have become lower than 0.05mmol/kg or nitrate was not detected at the saturated zone of middle and lower sampling points in gentle slope (Fig.1). So denitrification occurred in underground of gentle slope area.

The dissolved manganese concentrations have become higher than 1.0μg/kg at the saturated zone of middle and lower sampling points in gentle slope (Fig.1). Therefore, manganese reduction occurred in underground of gentle slope area.

The dissolved iron concentrations have become higher than 4.0mg/kg at the saturated zone of middle and lower sampling points in gentle slope (Fig.1). Therefore, iron reduction occurred in underground of gentle slope area.

The sulfate concentrations have become lower than 0.05mmol/kg at the saturated zone of middle and lower sampling points in gentle slope (Fig.1). The sulfate concentrations of other area were much higher than 0.05mmol/kg (Fig.1). Therefore sulfate reduction occurred in underground of gentle slope area.

The ground water concentration of nitrate gradually decreased along the ground water flow (Fig.2). And the ground water concentration of sulfate from the well E was very low (Fig.3). These changes of nitrate and sulfate concentration from well A to well E mean that these substances may have been reduced when the ground water flowed through this reduction zone (Fig.1) located at the bottom of this forested watershed.

This study demonstrated where nitrate, manganese, iron and sulfate reduction processes occur in forested watershed. The reduction zone was located at the underground in gentle slope. It is likely that gentle slope which makes shallow soils saturated by ground water is the hydro-geomorphological factor and it causes the reduction processes. This result suggests that such reduction zone has a great influence on ground water and stream water chemistry.

キーワード：森林集水域、水文地形学、還元プロセス

Keywords: a forested watershed, hydro-geomorphological, reduction process

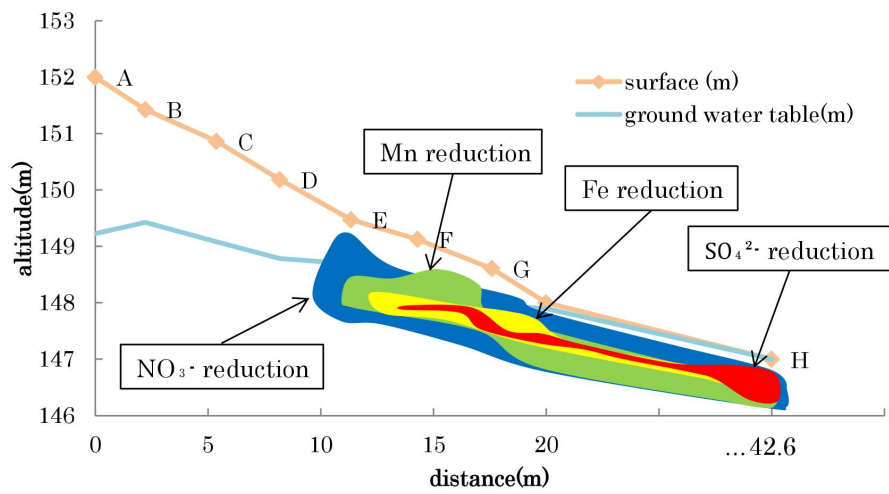


Fig.1 The distribution of reduction zone in forested watershed.

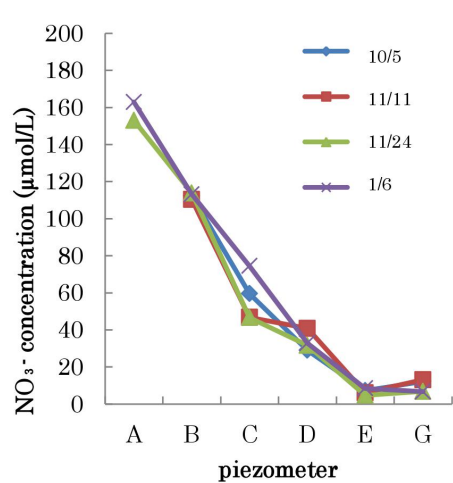


Fig.2 NO_3^- concentration of ground water

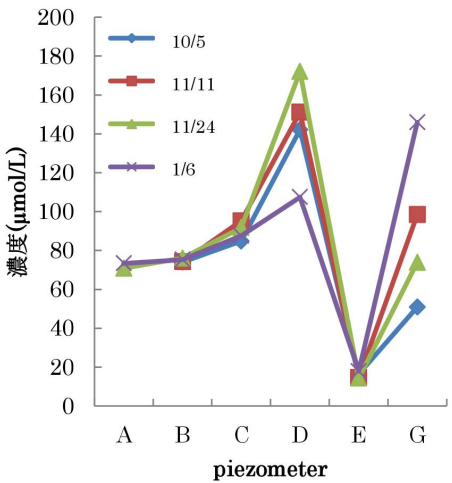


Fig.3 SO_4^{2-} concentration of ground water

森林流域内における地形の違いがヒノキ葉の窒素・リンのストイキオメトリーに与える影響

Topographic influence on leaf nitrogen and phosphorus stoichiometry of Japanese cypress in a temperate forested watershed

*智和 正明¹、池崎 翔子¹、片山 歩美¹、榎木 勉¹

*Masaaki Chiwa¹, Shoko Ikezaki¹, Ayumi Katayama¹, Tsutomu Enoki¹

1.九州大学農学部附属演習林

1.Kyushu University Forest

植物中の窒素 (N) :リン (P) 比などのストイキオメトリーは増加した窒素沈着によるリン制限を診断する際に用いられている。しかし、森林流域内におけるN:P比の空間分布については評価されていない。本研究は、窒素沈着量が比較的多く (16 kg N/ha/yr)、可給態リンの少ない岩石 (蛇紋岩) の流域内において27プロットのサンプリングを行い、ヒノキのN, P濃度, N:P比およびそれらの空間分布を解析した。その結果、葉中のリン濃度は流域全体で低く (0.66 ± 0.16 mg/g)、窒素濃度は高く (13.0 ± 1.5 mg/g)、N:P比は高かった (21 ± 5)。さらに、ヒノキの成長はNリター量よりもPリター量で説明できた。これらの結果は本研究サイトでヒノキのリン制限を示すものであった。しかし、27地点中7地点でリン制限と提唱されているN:P比が16に近いかそれ以下であった。葉中リン濃度は窒素よりも森林流域内における凹凸度の空間分布に対応しており、N:P比も凹凸度と相関が見られた。これらの結果はN:P比が地形の空間分布の影響を受けることを示していた。これは、増加した窒素沈着によって窒素の空間分布は小さくなることによって引き起こされると考えられた。以上のことから、窒素沈着によって引き起こされるリン制限の診断には地形の空間分布を考慮する必要があることが分かった。

キーワード：リン制限、窒素飽和、大気沈着、蛇紋岩

Keywords: P limitation, N saturation, Atmospheric deposition, Serpentine bedrock

不耕起栽培が熱帯サトウキビ畑の物理性の保全に及ぼす効果

—疑似団粒を用いた耕起・不耕起栽培における雨水浸透特性の検討—

Conservation of Soil Physical Properties by No-tillage Management in Tropical Sugarcane
-Evaluation of Infiltration Characteristics with Artificial Aggregates-*森 也寸志¹、荒井 見和³、Gede Swibawa⁴、Niswati Ainin⁴、金子 信博²、藤江 幸一²*Yasushi Mori¹, Miwa Arai³, Swibawa Gede⁴, Ainin Niswati⁴, Nobuhiro Kaneko², Koichi Fujie²

1.岡山大学大学院環境生命科学研究科、2.横浜国立大学、3.農業環境技術研究所、4.ランブン大学

1.Graduate School of Environmental and Life Science, Okayama University, 2.Yokohama National University, 3.National Institute for Agro-Environmental Sciences, 4.Lampung University

はじめに

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。近年の気候変動の影響のもとでは、極端な干ばつや豪雨が各地で報告されており、風雨に対して脆弱な土壌帯は生産基盤の損失につながる。このうち、透水性や有機物量の維持は団粒形成や迅速な排水などその安定性に欠かすことが出来ない。そこで本研究では、不耕起栽培を実践し土壌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。さらに本研究では、不耕起栽培で形成される団粒を人工的に再現し、気温や湿度を現地と同様の条件とし、室内実験として耕起・不耕起栽培における水移動の特徴を再現し、現地で起きている状況について考察した。

調査と実験の方法

現地調査：スマトラ島南部にあるバンダーランブンのグヌ・マド・プランテーションにおいて、25mx25m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、毎年7月の収穫期直前に土壌環境調査を行った。2011年、2012年に20圃場にて土壌の特性値を計測した後、未攪乱土壌を採取し、透水試験を行った。また、現場では深さ50cmのオーガーホール排水試験を行った。あわせて土壌炭素・窒素量の計測を行い、土壌の肥沃度の指標とした。土壌の特性値計測ではHydra Probe II (Stevens)を、透水性試験では変水位透水試験を、土壌炭素・窒素量計測ではJM1000CN (J-Science Lab)を使用した。なお、土壌の電気伝導度と土壌水分には二次関数で近似できる関係があるため、ECb/θ2という計算を行い、土壌水の電気伝導度を推測した。

室内実験：不耕起の団粒には日本で採取できる赤玉土を使用した。従って耕起区にはこれを粉砕したものをを用いた。内径7.1cm高さ50cmの塩化ビニル管に、不耕起区の深さ20cmまでは団粒を充填し、他の部分は粉砕した土壌を充填した。また、土壌水分センサーを表層から10, 30, 50cmの位置に設置した。降雨強度20mm/h, 2mm/hの人工降雨を総量500ml (130mm, 25%v/v)として計2回降らせた。実験は気温30℃、湿度60%に設定したグロースチャンバー内で行い、土壌水分・塩分センサーで誘電率と電気伝導度を毎日計測した。今回、特に団粒構造を評価するために誘電率-水分変換で新たな変換式を作った。

結果と考察：

現地調査結果では不耕起栽培では僅かに土壌水分が多い傾向があった。解析から得られた土壌水の電気伝導度(ECw)は耕起区の特に表層で高い傾向があった。耕起区は土壌有機物が空気に触れやすい状況にあり、可溶性塩類が生じやすい状況にあると考えられるが、有意な違いではない。ここで乾燥密度から間隙率を計算し、土壌水分に対する飽和度を求めた。耕起・不耕起の管理の影響は深さ方向に現れると考え、深さによる違いを解析するとAの10,30cmで $p=0.053$ 、Bの10,30cmで $p=0.002$ となり、Bについては明らかに10cmより30cmの飽和度が高いことがわかった。間隙が少なければ飽和しやすくまた排水能力が下がりやすい。実際、透水性試験をすれば、ACDはあまり変わらないが、Bでは10cmから30cmにかけて値が大きく下がる結果となった。これを重機往来の影響と考えれば、CDは土壌水分、乾燥密度、飽和度ともに保全的である。一方で、耕起栽培を行うと、ABでは表層の土壌環境は良好に見えるが、根群域直下でこれらが変わると推測出来る。Bは飽和度と透水性について明らかにその傾向が出た。Aは、透水試験の上ではその影響が軽減される結果となったが、バガスマルチの施

用, つまり有機物の投入が土壌構造の劣化を軽減していると推測された。オーガーホール排水試験では, 不耕起栽培の方が排水性が良く, 特にA,BとDは明らかに異なった。Cのばらつきは明らかではないが, いずれにしても深さ30cm以深に管理の特徴が出る可能性を裏付けている。これまで管理の違いを耕起・不耕起といった水平方向で比較検討してきたが, むしろ深さ方向に視点を移すことでその違いが明らかになることがわかった。

室内実験では上記調査結果を精査した。まず, 広く使われるTopp式は日本の土壌の水分量を過小評価しており, 新たな校正式が必要だった。一般には, 接触不良から土壌団粒の水分計測は難しいが, 新たな校正式を作ると団粒部分の水分変動を捉えることができた。

降雨強度が強い場合, 耕起・不耕起を比較すると深さ50cmへの降雨の到達は不耕起の方が速く, 強雨による団粒構造をバイパスする効果が現れていると考えられた。しかし, 降雨強度の弱い耕起・不耕起を比較しても深さ50cmへの降雨の到達速度は変わらなかった。さらに2mmの強度で耕起不耕起を比較すると不耕起は50cm層にまで水が達しているのに対して, 耕起ではほとんど水が達していない。総降雨量は同じなので, 降雨が強いほど下方に水は浸透しにくいことがわかった。逆に不耕起栽培では降雨強度によらず, 土壌水分を下方に浸透させていることがわかった。

終わりに

本実験より, 不耕起栽培では降雨に関わらず根群域下への排水が速いが, 耕起栽培では特に降雨が強い場合排水不良が起こりやすいことがわかった。つまり現地圃場に於いては, 普段根群域だけを見ている場合は目立たないが多雨の年にはこの影響が顕著に表れる可能性がある。実際現地では多雨の年に耕起区で収量が落ちるという報告が成されており, 現地調査における飽和度の高さと室内実験における下方浸透の特徴からこれを説明できると考えた。

キーワード：不耕起栽培、土壌構造、サトウキビ

Keywords: No tillage, Soil structure, Sugarcane