

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 8 日現在

機関番号：82105

研究種目：基盤研究(C) (特設分野研究)

研究期間：2014～2016

課題番号：26520312

研究課題名(和文) 森林生態系からのアミノ態窒素の流出が水田肥沃度に及ぼす影響

研究課題名(英文) Export of amino N from forest and its effects on paddy soil fertility

研究代表者

藤井 一至 (Fujii, Kazumichi)

国立研究開発法人森林総合研究所・立地環境研究領域・主任研究員

研究者番号：60594265

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：森林-水田の地目連鎖系では渓流水を通じた塩基類の供給が知られているが、窒素供給は低いと考えられてきた。しかし、渓流水を介して水田へと移動する窒素には懸濁態、有機態成分も存在する。そこで、森林・水田土壌における窒素フラックスを推定するとともに、湛水条件下の水田土壌における窒素の無機化能を検証した。この結果、渓流水を介した遊離アミノ酸の供給量は小さいものの、水田土壌における平均滞留時間は数時間であり、即効性のある窒素供給源として働き得ることが示された。一方、渓流水を介した森林から水田への懸濁態物質の移行量、その無機化による窒素供給量は大きく、水田の地力窒素を高めていることが定量的に示された。

研究成果の概要(英文)：In a forest-paddy system, streamwater can provide basic cations, whilst N supply was assumed to be small. However, streamwater N includes suspended and dissolved forms of N. Thus, we quantified N flux in forest-paddy system and estimated N mineralization potentials in paddy soils. The results showed that amino acid N flux via streamwater was small, but its rapid turnover could provide inorganic N to rice in paddy soil. We could also show quantitatively that N migration through suspended matters and their mineralization can not be neglected as "natural fertilizer" on paddy soils.

研究分野：土壌生態学

キーワード：アミノ酸 窒素無機化 土壌有機物 渓流水

1. 研究開始当初の背景

(1) 窒素肥料の大量使用は今日の食糧増産を実現した一方で (Brown, 2003, Feed or feedback), 土壌酸性化、水系の富栄養化の元凶となってきた (Guo et al., 2010, Science)。流域内の窒素フローの有効利用は低施肥栽培システムの構築のために不可欠である。

(2) 我が国の中山間地には森林から水田へと水が移動するユニークな地目連鎖があり、森林から供給される窒素が水田で吸収されることを確認できれば、水田肥沃度の維持や施肥窒素の削減への応用が可能になる。

(3) 灌漑水を通した塩基類の供給は、低地への地質学的施肥として注目されてきた (Wakatsuki, 2005, SSPN)。一方、窒素については、硝酸態窒素の観測例が多いものの、微生物の代謝産物である懸濁態・有機態の窒素が流出する可能性がある。また、アミノ酸・アミノ糖の一部をイネは直接吸収できることが知られている (山室ら, 1999, 土肥誌)。アミノ成分は水田の地力窒素の 50% を占めており、森林からの懸濁態・溶存態窒素フローはイネへの重要な窒素源となる可能性があると考えた。

2. 研究の目的

森林・水田土壌における窒素フラックスを推定するとともに、湛水条件下の水田土壌における窒素の無機化能を検証することで、森林から水田への流域スケールの物質移動が果たす窒素“施肥”効果を検証することを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 富山県上市町、京都府宮津市 (棚田) の森林-水田系において、森林・水田土壌における窒素フラックスを推定するとともに、湛水条件下の水田土壌における窒素の無機化能を検証した。土壌溶液 (遠心分離法 ~1.5 MPa)、渓流水、田面水を採取し、有機態窒素、遊離アミノ酸、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 濃度を測定した。

(2) 土壌中の窒素無機化特性を調べるため、アミノ酸の生分解試験を実施した。 ^{14}C 標識アミノ酸を水田土壌へ添加し、 $^{14}\text{CO}_2$ 放出速度を測定することで平均滞留時間を求めた。土壌水中のアミノ酸濃度、アミノ酸の平均滞留時間からアミノ酸を介した窒素無機化速度を推定した。

4. 研究成果

(1) 渓流水には各種遊離アミノ酸が数百 nmol レベルで存在し、渓流水中の溶存窒素に占める遊離アミノ酸の割合は 2~10% であった。渓流水中の主要なアミノ酸はセリン、グリシン、アラニン、オルニチンであった。全遊離アミノ酸に占めるオルニチンの割合は給源となる森林土壌で高かった。

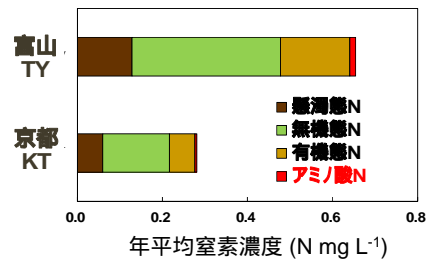


図 1. 渓流水中の窒素存在形態

(2) 一方、湛水前の水田土壌ではグルタミン酸、セリン、グリシン、チロシンが主体であった。田面水にはこれに加えヒスチジン、オルニチン、リシンが含まれていた (図 2)。窒素フラックス量を推定すると、渓流水を介した遊離アミノ酸移動量は数百 $\text{g N ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ に過ぎず、森林から水田への窒素移動は懸濁態 (CN 比 7~14) が主体であった (2~30 $\text{kg N ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$)。

アミノ酸濃度 (nmol L⁻¹)

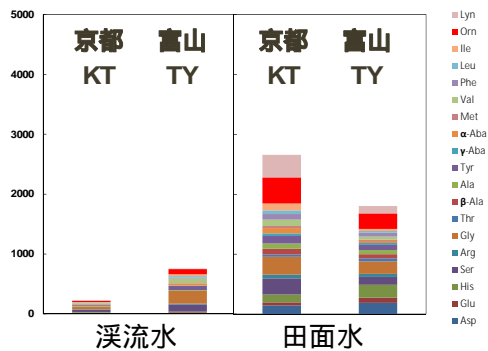


図 2. 渓流水・田面水中のアミノ酸濃度

(3) 渓流水を介した遊離アミノ酸の供給量は小さいものの、水田土壌における平均滞留時間は数時間であり、即効性のある窒素供給源として働き得ることが示された (図 3)。一方、懸濁態物質のアミノ酸を介した無機化による窒素供給量は 10-20 $\text{kg N ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ あり、渓流水を介した森林から水田への懸濁態物質の移行は、水田の地力窒素を高めていることが定量的に示された (図 4)。

アミノ酸分解速度 (nmol g⁻¹ h⁻¹)

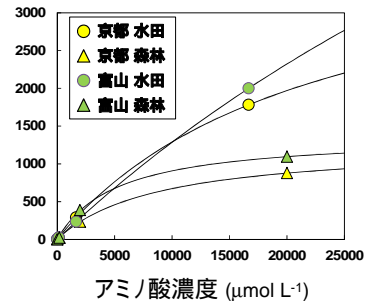


図 3. アミノ酸分解速度の濃度依存性

N 無機化速度 (kg N ha⁻¹ yr⁻¹/10 cm)

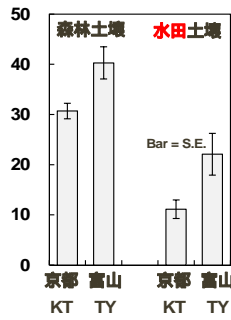


図 4. アミノ酸の代謝回転速度から推定した窒素無機化速度

(4) 研究成果は、日本土壌肥料学会シンポジウム「土壌の物質循環機能を多角的にみる - 最先端手法が切り拓く新たな姿」において発表した。一般向けに成果を発信するために新書『大地の五億年 ~ せめぎあう土と生き物たち ~』(山と溪谷社)を執筆した。研究成果は学内外から評価を受け、第三十三回日本土壌肥料学会奨励賞、第十五回日本農学進歩賞を受賞した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 4 件)

Kazumichi Fujii, Chie Hayakawa, Tawatchai Panitkasate, Ittipon Maskhao, Shinya Funakawa, Takashi Kosaki, Eiji Nawata, Acidification and buffering mechanisms of tropical sandy soil in northeast Thailand. *Soil and Tillage Research*, 査読有、vol. 165、2017、pp80-87

藤井一至 プロトン収支法を用いた森林・耕地土壌の酸性化機構の解明、日本土壌肥料学会奨励賞日本土壌肥料学会誌、査読有、vol. 86、2015、pp 371-372

Chie Hayakawa, Shinya Funakawa, Kazumichi Fujii, Atsunobu Kadono, Takashi Kosaki, Effects of climatic and soil properties on cellulose decomposition rates in temperate and tropical forests. *Biology and Fertility of Soils*, 査読有、vol. 50、2014、pp633-643

Kazumichi Fujii, Soil acidification and adaptations of plants and microorganisms in Bornean tropical forests. *Ecological Research*, 査読有、vol. 29、2014、pp371-381

〔学会発表〕(計 9 件)

藤井一至、イオン・化合物レベルの土壌物質動態解析：植物・土壌・ヒトの相互作用を予測する、生態学会シンポジウム「人と地球の未来に生態学を：革新的基礎研究と究極目

標の総合化に向けて」2017年3月16日、第64回日本生態学会東京大会学会要旨S12-5 早稲田大学(東京都新宿区)

藤井一至、早川智恵、内宮万里央、小川浩史、磯部一夫、森林・水田連鎖系におけるアミノ酸フラックスおよび生産・消費機構の推定、2016年9月21日、日本土壌肥料学会2016、6-1-3 京都大学(京都府京都市)

藤井一至、中学校・高校における土壌教育JPGU2016 (セッション：小・中・高・大の地球惑星科学教育)2016年5月22日、G04-P03 幕張メッセ(千葉県千葉市)

Kazumichi Fujii, Yojiro Matsuura, Akira Osawa (2015) Reconstructing organic hummock formation and carbon storage in permafrost soils in northern Canada using tree ring records. P 2.5.10、ポスター発表、2015年9月21日、ゲッティンゲン大学(ゲッティンゲン、ドイツ)

藤井一至、日本土壌肥料学会シンポジウム：土壌の物質循環機能を多角的にみる - 最先端手法が切り拓く新たな姿 酸性土壌における炭素・窒素フラックスの制御機構～土壌生成と物質循環をむすぶ～、2015年9月9日、日本土壌肥料学会講演要旨集 p197、京都大学(京都府京都市)

藤井一至、日本土壌肥料学会奨励賞 受賞講演：プロトン収支法を用いた森林・耕地土壌の酸性化機構の解明、2015年9月9日、日本土壌肥料学会講演要旨集 p231、京都大学(京都府京都市)

藤井一至、Warsudi、早川智恵、磯部一夫、日本及びインドネシアの森林-水田系における窒素移行量とその形態、2015年9月9日、ポスター発表、日本土壌肥料学会講演要旨集 p110、日本土壌肥料学会、京都大学(京都府京都市)

Kazumichi Fujii, Yojiro Matsuura, Akira Osawa, Soil interfaces for sustainable development: Mechanisms of organic matter accumulation and plant nutrient acquisition in permafrost soils of Northwest Territories, Canada. ISMOM2015、2015年7月6日、ポスター発表 マクギル大学(モントリオール、カナダ)

Kazumichi Fujii, Takeshi Toma, Warsudi, Sukartiningsih, Controls on organic matter turnover under different land use in East Kalimantan, 第126回日本森林学会 T21-07、2015年3月27日、北海道大学(北海道札幌市)

〔図書〕(計 5 件)

Kazumichi Fujii, Arief Hartono, Chapter 7. Soil acidification processes under different geological and climatic conditions in tropical Asia. In *Soils, Ecosystem Processes, and Agricultural Development: Tropical Asia and Sub-Saharan Africa*. Shinya Funakawa (Ed.) 2017、Springer

藤井一至、土が語る地球と人の歴史。理科

教室 2016、pp1-6

藤井一至、『大地の五億年 ~せめぎあう
土と生き物たち~』山と溪谷社、2015、1-236

Kazumichi Fujii, Chie Hayakawa, Shinya
Funakawa, Takashi Kosaki、6. Acidification of
tropical soils under forest and continuous
cropping in Thailand and Indonesia. Land-Use
Change Impacts on Soil Processes: Tropical and
Savannah Ecosystems, Thomas A., Brearley F.
(Eds.), CABI publisher、2015、pp 55-71

藤井一至 森のエキスの正体を探る グリ
ーン・パワー、2014、p12 森林文化協会

〔その他〕

ホームページ等

ホームページによる情報発信

<https://sites.google.com/site/fkazumichi/>

招待講演会 藤井一至「大地の五億年 人
の一万年」朝日カルチャーセンター（千葉県
千葉市、2016/5/21）

招待講演会 藤井一至「土と生き物のすご
い関係」江戸川区子ども未来館（東京都江戸
川区、2016/8/11）

6．研究組織

(1)研究代表者

藤井 一至 (FUJII, Kazumichi)

国立研究開発法人森林総合研究所・立地環
境研究領域・主任研究員

研究者番号：60594265

(2)研究分担者

磯部 一夫 (ISOBE, Kazuo)

東京大学大学院・農学生命科学研究科・助
教

研究者番号：30621833

早川 智恵 (Hayakawa, Chie)

東京大学大学院・農学生命科学研究科・日
本学術振興会特別研究員

研究者番号：10725526