

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：若手研究(B)

研究期間：2014～2016

課題番号：26850105

研究課題名(和文) 熱帯荒廃地の有機物蓄積プロセスを活用した土壌修復シナリオの最適化

研究課題名(英文) Land-use strategy to mitigate soil acidification using organic matter accumulation process in tropical forests

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) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：熱帯林の火災後に拡大した草原や人工林で深刻化している土壌酸性化を緩和できる土地利用技術を提案するため、中和剤として働く土壌有機物量に対する土地利用変化の影響を解明した。インドネシア・東カリマンタン州の熱帯林において異なる土地利用条件を比較した結果、短期的にはチガヤ草地、長期的には二次林における土壌有機物量の回復が最も大きいことを解明した。土壌中の窒素の形態変化(硝酸化成)に伴う酸発生量は、アカシア二次林、油やし農園で高かった。以上の結果をもとに土地利用シナリオを検討し、短期的にはチガヤ草地、長期的には自然二次林(アカシアを除く)が最も土壌酸性化の緩和に有効な休閑植生であることを解明した。

研究成果の概要(英文)：To propose optimum land-use strategy to mitigate soil acidification in tropical forests, effects of land-use change on organic matter accumulation were evaluated. Based on the results of comparison between different land-use in East Kalimantan, Indonesia, organic matter accumulation was maximum in Imperata grassland during short-term fallow or natural forest during longer term fallow. Proton budgets associated with nitrogen transformation in the soils suggested that acidification due to nitrification was accelerated in Acacia forest and Oil palm plantation. These results suggested that Imperata grassland during short-term fallow or natural forest during longer term fallow is an optimum land-use strategy to mitigate soil acidification of the highly leached Ultisols in East Kalimantan, Indonesia.

研究分野：森林土壌学

キーワード：土壌酸性化 有機物動態 熱帯林

1. 研究開始当初の背景

(1) 東南アジアでは大規模な火災や伐採の結果、熱帯林の劣化と荒廃地の拡大が進行している。申請者らはインドネシア東カリマンタン州において、火災や伐採、耕地化が土壤劣化(有機物の減耗・酸性化)を顕在化させることを示してきた(Fujii et al., 2009, Plant Soil)。なかでも土壤酸性化は深刻であり、荒廃地における栄養塩の流亡は自然植生の回復を困難にしている(Aide et al., 1994, Restor. Ecol.)。このため、土壤修復シナリオの策定は緊急の課題である。

(2) 申請者らは土壤酸性化を要因別に測定することに成功し(Fujii et al., 2008, Geoderma)。アカシア人工林や油やし農園では有機物分解・硝酸化成によって塩基の溶脱、土壤酸性化が加速することを示した(Fujii et al., 2011, Pedologist)。一方で、チガヤ草原では土壤有機物量が増加すること(Yonekura et al., 2012, Glob. Chan. Biol.)。草原の有機物が酸に対して中和剤としての機能を持つことを解明した。これらの成果を踏まえ、土壤酸性化を緩和し得る土地利用体系を提案することが可能となると考えた。

2. 研究の目的

熱帯林の火災後に拡大した草原や人工林で土壤劣化(栄養塩の溶脱・酸性化)を緩和できる土地利用技術を提案するため、土壤酸性化に対して中和剤として働く土壤有機物の蓄積量に対する土地利用変化の影響を解明し、土壤の酸性化緩和を最大化できる土地利用シナリオを策定することを目的とした。

3. 研究の方法

(1) インドネシア・東カリマンタン州の熱帯林の伐採・火災跡地(ムラワルマン大学ブキット・スハルト演習林内)において異なる土地利用条件(天然林、自然二次林(マカラングなど)、アカシア二次林、チガヤ草地、油やし農園)の土壤サンプル・土壤溶液を採取し、土壤有機物量および土壤酸性度に対する土地利用変化の影響を解析した。植物・土壤系のイオンフラックスをもとに、プロトン収支を求め、主要な土壤酸性化プロセスを特定した。

(2) 加えて、アーカイブ試料およびデータを用いて、過去30年間にわたる土地利用変化に伴う土壤有機物量の変動、土壤pHの変動を測定した。また、土地利用変化に伴う土壤有機物量の変動要因を解析するために、異なる植生を用いたリターバッグ試験によって基質分解性の違いを比較した。

4. 研究成果

(1) 現在の土壤炭素蓄積量およびアーカイブ試料およびデータの分析によって、チガヤ草地では短期的に(10~20年)土壤有機物量が回復するものの長期的に(30年以上)は継続しないこと、長期的には二次林における土

壌有機物量の回復が最も大きいことを解明した(図1)。この要因として、チガヤの葉・根リターが森林リターよりも分解しやすいことが影響していると考えられた(図2)。

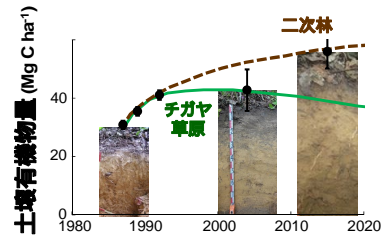


図1. 土壤炭素蓄積量の変動に及ぼす植生の影響

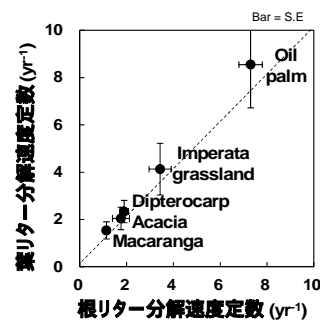


図2. 葉リターおよび根リターの分解速度

(2) 土壤中の硝酸態窒素の溶脱量は、天然林、マカラング二次林、チガヤ草原では小さく、油やし農園およびアカシア二次林で最大だった(図3)。アカシア二次林、油やし農園では、それぞれ窒素固定、窒素施肥によって過剰な窒素が生まれ、溶脱することが示された。この窒素の形態変化に伴う酸発生量は、天然林、自然二次林、チガヤ草地で小さく、アカシア二次林、油やし農園で高かった。アカシア二次林、油やし農園では、それぞれ窒素固定、窒素施肥によって土壤酸性化が加速することが示された(図4)。

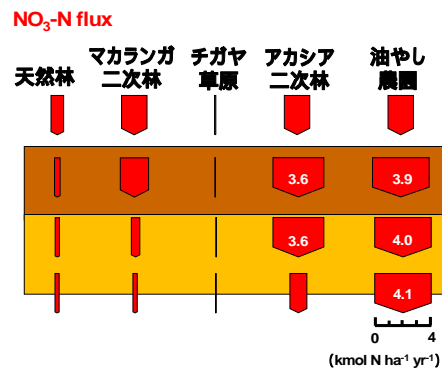


図3. 土壤中の硝酸態窒素溶脱量

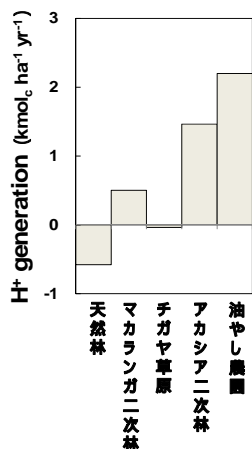


図 4. 窒素の形態変化に伴う土壤中の酸発生量

(3) 以上の結果をもとに、土壤の酸性化緩和を最大化できる土地利用シナリオを検討し、短期的にはチガヤ草地、長期的には自然二次林（アカシア二次林を除く）が最も土壤酸性化の緩和に有効な休閑植生であることを示した。特に現地では、天然林および二次林に生育する *Aquilaria agallocha* (ジンチョウゲ科) がアロマオイルとしての経済価値を有することから、土壤肥沃度回復と農家の経営を両立する肥沃度回復プランとなりうることを提示することができた。

(4) この研究成果の一部を反映し、Springer から出版された熱帯林と土地利用変化に関する書籍の一章を執筆した。また、日本土壤肥料学会シンポジウム「土壤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」、日本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」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。また、日本経済新聞、毎日新聞、しんぶん赤旗においても研究成果を紹介した。研究成果は学内外から評価を受け、第三十三回日本土壤肥料学会奨励賞、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・耕地土壤の酸性化機構の解明、日本土壤肥料学会奨励賞日本土壤肥料学会誌、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・化合物レベルの土壤物質動態解析：植物・土壤・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、日本土壤肥料学会2016、6-1-3 京都大学（京都府京都市）

藤井一至、中学校・高校における土壤教育 JGU2016（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、日本土壤肥料学会シンポジウム：土壤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 酸性土壤における炭素・窒素フラックスの制御機構～土壤生成と物質循環をむすぶ～、2015年9月9日、日本土壤肥料学会講演要旨集 p197、京都大学（京都府京都市）

藤井一至、日本土壤肥料学会奨励賞 受賞講演：プロトン収支法を用いた森林・耕地土壤の酸化機構の解明、2015年9月9日、日本土壤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、日本土壤肥料学会講演要旨集 p110、日本土壤肥料学会、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