

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 9 月 23 日現在

機関番号：12701

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25281053

研究課題名(和文) 持続可能な生物生産のための土壌食物網設計

研究課題名(英文) Designing soil food web structure for sustainable plant production

研究代表者

金子 信博 (Kaneko, Nobuhiro)

横浜国立大学・環境情報研究科(研究院)・教授

研究者番号：30183271

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,900,000円

研究成果の概要(和文)：森林と農地において土地管理が土壌生物の食物網構造を通して生態系機能に与える影響を調べ、持続可能な土地利用を可能とする生態系管理について明らかにした。土壌動物の国内における多様性情報を整理した。森林伐採により土壌有機物の分解が進行し、土壌生態系が攪乱の影響を長期に受けることがわかった。農地では耕起よりも不耕起のほうが、窒素無機化ポテンシャルは高く、ミミズやその他の土壌動物、および微生物バイオマスが増加し、特に内生菌根菌のマーカが増加した。土壌攪乱の減少により、微生物から大型土壌動物までの現存量がともに増加する食物網構造を維持することで、植物の生長が維持されることがわかった。

研究成果の概要(英文)：The effects of land management on soil food web structure and its effects on soil nutrient cycling were studied to enable sustainable land use. Biodiversity data in Japan was reviewed. After clear cut of forest, decomposition of soil organic matter has been promoted and this effect continued for long-term. Under no-tillage weed mulch cover management, nitrogen mineralization potential, biomass of soil microbes and fauna were higher than tillage treatment. Biomass of AM mycorrhiza was especially higher in no-tillage. Reducing soil disturbance can maintain soil food web structure with higher biomass in all trophic level, and this change can successfully support plant growth.

研究分野：土壌生態学

キーワード：生物多様性 持続可能な生産 生態系改变者 不耕起栽培 草生栽培 土壌食物網

1. 研究開始当初の背景

世界中で拡大する人口をまかなうために、土壌の保全を図りつつバイオマス生産量を上げることが求められている。しかし「緑の革命」による生産力の向上はすでに頭打ちであり、むしろ集約的農業によってもたらされた土壌劣化の弊害のほうが大きくなっている。一方、土壌改良は基本的に資材の投入や灌漑など物理化学的手法で行われており、土壌生物を活用する視点はほとんどなかった。

2. 研究の目的

土壌は生物によって維持されており、生物多様性によってもたらされる生態系機能をうまく活用することで、持続可能な土地利用を達成する必要がある。そこで、本研究では土壌生物の多様性と機能の関係をもとに、持続可能な生物生産が可能な土壌食物網を設計することを目的とした。

3. 研究の方法

森林と農地の土壌を対象とした。特に、農地では農法、すなわち慣行栽培と不耕起・草生栽培の土壌生物を比較し、土壌における物質循環プロセスとの関係を調べた。

土壌動物の地理的分布、種の分化機構といった基礎的データを収集し、農地の土壌動物群集成立の前提条件を調べた。安定同位体やリン脂質脂肪酸、中性脂肪の解析を用いて土壌動物の食性推定の精度を向上させた。一般には実践例の少ない不耕起・草生栽培の試験地を設定し、調査可能な状態に維持した。

一定の管理のもとでの土壌微生物バイオマス、土壌動物群集を調べ、群集構造をパラメータ化して、窒素の無機化ポテンシャルや実際の収量と生物群集との関係を明らかにした。

4. 研究成果

日本の土壌動物の多様性データを図鑑やWeb ページに公開することで、対象とする場所の潜在的な多様性がわかるようにした。森林を伐採すると、土壌有機物の分解が進行し、土壌炭素の同位体による年齢が高くなった。伐採区で土壌表面を人工的に攪乱するとその影響は6年たっても大きく残り、森林の土壌生態系が攪乱の影響を長期にわたって受けた。

通常の耕起栽培による土壌と、不耕起・草生、不耕起・草マルチの処理を行った土壌において、土壌生物群集および窒素無機化、炭素隔離などの測定を行った。その結果、不耕起化と草生、草マルチの付加を行っても作物の生産量は減少せず、土壌中の物質循環や作物の根の食害などが軽減されることが予測された。実際に耕起よりも不耕起のほうが、窒素無機化ポテンシャルは高く、無機態窒素が硝酸態よりアンモニア態で保持されている傾向があった。不耕起化によりミミズやその他の土壌動物、および微生物バイオマスが増加し、特に内生菌根菌のマーカーが増加し

た。根食性昆虫は不耕起土壌でも生息していたが、飼育実験では根だけでなく腐植を共に食べさせると成長がよくなったことから、有機物の少ない土壌で除草をすることにより根の食害が高まると推測できた。

これらのことから、土壌の攪乱を減少させ、土壌表面を有機物や草本で覆い、土壌への有機物の供給を増やすことで土壌生物群集のすべての栄養段階で現存量、多様性が高まり、植物による窒素利用の効率が向上し、根への食害が減少することで、土壌生態系全体として、作物の生長を慣行栽培と同様に維持できることがわかった。また、このような管理は土壌炭素を増やし、温室効果ガスの放出量を減らすことができた。

これらの研究から、土地利用にあたって土壌食物網の構造を調べることが、持続可能な生産に向けて基礎データとなることがわかった。

5. 主な発表論文等

(雑誌論文)(計21件)

1) Miura T, Owada K, Nishina K, Utomo M, Niswati A, Kaneko N, Fujie K (2016) The effects of nitrogen fertilizer on soil microbial communities under conventional and conservation agricultural managements in a tropical clay-rich Ultisol. *Soil Science* 181: 68-74. DOI: 10.1097/ss.000000000000140. (査読あり)

2) Noh, N., Kuribayashi, M., Saitoh, T., Nakaji, T., Nakamura, M., Hiura, T., Muraoka, H. (2016) Responses of soil, heterotrophic and autotrophic respirations to experimental open-field soil warming in a cool-temperate deciduous forest. *Ecosystems* 18:504-520.. (査読あり)

3) Tanaka R., Karasawa S. (2016) Growth-related taxonomic character variation in *Mongoloniscus koreanus* Verhoeff, 1930 (Crustacea, Isopoda, Oniscidea), with implications for taxonomic confusion. *Edaphologia*, 98: 11-19. (査読あり)

4) Kawaue, T., Nakamori, T., Iwasaki, Y., Potapov, M. (2016) Comparison of sampling methods for Collembola on a cobble-dominated riverbank. *Edaphologia* 98: 21-. (査読あり)

5) Ueda, U. M., Tokuchi, N., and Hiura, T. (2015) Soil nitrogen dynamics and plant uptake within frozen soil in a cool temperate forest floor: a field experiment using ¹⁵N labeling. *Plant and Soil* 392: 205-214. (査読あり)

6) Yagioka, A., M. Komatsuzaki, H. Ueno, and N. Kaneko (2015) Effect of no-tillage with weed cover mulching versus conventional tillage on global warming potential and nitrate leaching. *Agriculture*,

Ecosystems and Environment .200:42–53. (査読あり)

7) Ito, T., M. Higashi, T., Araki, M. Komatsuzaki, N. Kaneko, and H. Ohta (2015) Responses of soil nematode community structure to soil carbon changes due to different tillage and cover crop management practices over a nine-year period in Kanto, Japan Applied Soil Ecology. 89:50-58. (査読あり)

8) Miura T, Niswati A, Swibawa IG, Haryani S, Gunito H, Shimano S, Fujie K, Kaneko N. (2015) Diversity of fungi on decomposing leaf litter in a sugarcane plantation and their response to tillage practice and bagasse mulching: Implications for management effects on litter decomposition. Microbial Ecology 70: 646-658. DOI: 10.1007/s00248-015-0620-9. (査読あり)

9) Miura T, Niswati A, Swibawa IG, Haryani S, Gunito H, Arai M, Yamada K, Shimano S, Kaneko N, Fujie K (2015) Shifts in the composition and potential functions of soil microbial communities responding to a no-tillage practice and bagasse mulching on a sugarcane plantation. Biology and Fertility of Soils. DOI: 10.1007/s00374-015-1077-1. (査読あり)

10) Aoyama H, Saitoh S, Fujii S, Nagahama H, Shinzato N, Kaneko N, Nakamori T (2015) A rapid method of non-destructive DNA extraction from individual springtails (Collembola). Applied Entomology and Zoology 50: 419-425. DOI: 10.1007/s13355-015-0340-0. (査読あり)

11) Hyodo F. (2015) Use of stable carbon and nitrogen isotopes in insect trophic ecology. Entomological Science 18: 295-312. (査読あり)

12) Hyodo F, Matsumoto T., Takematsu Y. and Itioka T. (2015) Dependence of diverse consumers on detritus in a tropical rainforest food web as revealed by radiocarbon analysis. Functional Ecology 29: 423-429. (査読あり)

13) Karasawa S., Nagata S., Aoki J., Yahata K. and Honda M. (2015) Phylogeographic study of whip scorpions (Chelicerata: Arachnida: Thelyphonida) in Japan and Taiwan. Zoological Science, 32: 352–363. (査読あり)

14) 金子信博 (2015) 土のなかの生物多様性を農業に活かす. 科学 85: 1091-1095. (査読なし)

15) 金子信博 (2015) 土壌動物は土壌微生物の機能をどのように引き出すか?. 土と微生物 69: 25-30. (査読あり)

16) 小林真, 南谷幸雄, 竹内史郎, 奥田篤志, 金子信博 (2015) 初冬期に北海道北部の河川水中で観察された大量の陸棲ミミズ: 一斉移動への示唆. Edaphologia 97: 39-42. (査読あり)

17) Makoto K, Arai M, Kaneko N (2014) Change the menu? Species-dependent feeding responses of millipedes to climate warming and the consequences for plant–soil nitrogen dynamics. Soil Biology & Biochemistry 72: 19-25. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.soilbio.2014.01.016>. (査読あり)

18) Arai M, Minamiya Y, Tsuzura H, Watanabe Y, Yagioka A, Kaneko N (2014) Changes in water stable aggregate and soil carbon accumulation in a no-tillage with weed mulch management site after conversion from conventional management practices. Geoderma 221-222C: 50-60. DOI: 10.1016/j.geoderma.2014.01.022. (査読あり)

19) Yagioka A, Komatsuzaki M, Kaneko N (2014) The effect of minimum tillage with weed cover mulching on organic daikon (*Raphanus sativus* var. *longipinnatus* cv. Taibyousoufutori) yield and quality and on soil carbon and nitrogen dynamics. Biological Agriculture & Horticulture: 1-15. DOI: 10.1080/01448765.2014.922897. (査読あり)

20) Higashi T, Yunghui M, Komatsuzaki M, Miura S, Hirata T, Araki H, Kaneko N, Ohta H (2014) Tillage and cover crop species affect soil organic carbon in Andosol, Kanto, Japan. Soil and Tillage Research 138: 64-72. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2013.12.010>. (査読あり)

21) Karasawa S., Kanazawa Y. and Kubota K. (2014) Redefinitions of *Spherillo obscurus* (Budde-Lund, 1885) and *S. dorsalis* (Iwamoto, 1943) (Crustacea: Oniscidea: Armadillidae), with DNA markers for identification. Edaphologia, 93: 11–27 (査読あり)

〔学会発表〕(計 22 件)

1) 木村純平、Ainin Niswati、Jamalam Lumbanraja、Irwan Banuwa、藤江幸一、金子信博「生態系を利用した管理による熱帯農地の急速な土壌改善効果:土壌炭素・窒素動態に着目して」日本生態学会第 63 回大会(宮城県仙台市・2016 年 3 月・ポスター)

2) 角田智詞、鈴木準一郎、金子信博「脂肪酸組成分析による土壌動物の摂食物評価:ドウガネブイブイ幼虫を用いた実験環境下での検討」日本生態学会第 63 回大会(宮城県仙台市・2016 年 3 月・ポスター)

3) 兵藤不二夫「同位体が解き明かす土壌動物

の食性と生態系機能」日本生態学会第 63 回大会(宮城県仙台市・2016年3月・口頭)

4) 唐沢重考, 中田兼介, 吉野広軌「日本産ダンゴムシ・ワラジムシ類の分布データベースの構築: とくに外来種の分布域について」日本生態学会第 63 回大会(宮城県仙台市・2016年3月・口頭)

5) 金子信博「土の生きものの立場から農業を再考する」横浜国立大学公開講座(横浜ワールドポーターズ・2015年10月・口頭)

6) 金子信博「農業生産を支える土の中の生きもの」第16回有機農業公開セミナー in 東京 國學院大学・2015年10月・口頭

7) 金子信博「土壌動物は土壌微生物の機能をどのように引き出すか?」日本土壌微生物学会 2015 年度大会(つくば国際会議場・2015年5月・口頭)

8) 中森泰三, Nguyen Duc Hoang Pham, 寺嶋芳江, 青山洋昭, 齋藤星耕, 藤井佐織, 金子信博. 沖縄のきのこから得られたトビムシ類の分類学および生態学的特徴. 日本土壌動物学会第 38 回大会, 香川. 2015 年 5 月 23-24 日. ポスター.

9) R. Hashimi, D. Muramatsu, S.Kaneda, T. Ito, M. Komatsuzaki, T. Nishizawa, N. Kaneko, H.Ohta. "Comparison of soil fauna diversity and crop productivity between No-tillage with weed mulch and conventional tillage system in organic eggplant production". 日本土壌動物学会第 38 回大会(香川大学 2015 年 5 月 23-24 日. ポスター)

10) 伊藤崇浩, R. Hashimi, 村松大輔, 小松崎将一「不耕起草生栽培が土壌線虫群集に及ぼす影響」日本土壌動物学会第 38 回大会(香川大学. 2015 年 5 月 23-24 日. ポスター)

11) 兵藤不二夫「同位体が解き明かす土壌動物の食性とその機能」第 38 回日本土壌動物学会 香川大学 2015 年 5 月 23 日

大瀧由佳・唐沢重考「日本における外来種オカダンゴムシの遺伝的多様性」第 38 回日本土壌動物学会(香川大学・2015 年 5 月・口頭)

12) Kaneko N (2015) Soil food web structure to support plant growth in conservation agriculture The 62nd Annual Meeting of Ecological Society of Japan, Kagoshima.

13) 南谷幸雄, 金子信博, 荒井見和, Niswati A, Swibawa G, Yusnaini S (2015) 不耕起草生栽培サトウキビ圃場における開始後 5 年のミミズから見た環境変化 第 62 回日本生態学会大会, 鹿児島大学.

14) 中森泰三, 田中葵. カラマツ林における大型菌類と菌食トビムシ類の相互作用ネットワークの構造. 日本菌学会第 59 回大会, 那覇. 2015 年 5 月 16-17 日. ポスター.

16) 唐沢重考 日本におけるダンゴムシ・ワラジムシ類の多様性研究の現状日本生態学会第 62 回大会(鹿児島県鹿児島市・2015 年

3月・口頭(企画集会))

17) 金子信博「やっぱりミミズのいる土は良い土だったー土壌生物が植物の生長をささえるしくみー」農業環境技術研究所公開セミナー「農業生産を支える土の中の小さな生物」, (秋葉原. 2015 年 3 月・口頭)

18) 金子信博, 南谷幸男, 三浦季子, 荒井見和, 角田智詞, 鹿山博之「保全型農地の土壌微生物群集の決定機構」環境微生物系学会合同大会(浜松. 2014 年 10 月・口頭)

19) 三浦季子, 大和田健登, 仁科一哉, Utomo M, Ainin N, 金子信博, 藤江幸一「インドネシアの慣行農業および保全農業圃場における長期窒素施肥が土壌微生物群集に与える影響」環境微生物系学会合同大会(浜松. 2014 年 10 月・ポスター)

20) Miura T, Niswati A, Swibawa I, Haryani S, Gunito H, Shimano S, Fujie K, Kaneko N "Shifts in functional diversities of soil microbiomes in response to no-tillage practice and bagasse mulching in a sugarcane plantation". 1st Global Soil Biodiversity Conference, Dijon, France. Dec. 2014, poster.

21) Miura T, Ainin Niswati, I. Gede Swibawa, Sri Haryani, Gunito H, Kaneko N, Fujie K, Shimano S "Fungal specific response in decomposing sugarcane leaf litter to no-tillage and bagasse mulching practices determined by Ion torrent ITS amplicon sequencing. 第 61 回日本生態学会, (広島・2014 年 3 月・口頭)

22) 唐沢重考・長田諭実・八畑謙介・青木淳一・本多正尚「日本産サソリモドキ目 (Thelyphonida: Arachnida) の分子系統地理学的研究」日本動物分類学会第 50 回大会(茨城県つくば市・2014 年 6 月・口頭)

〔図書〕(計 6 件)

1) 土居秀幸・兵藤不二夫・石川尚人著(2015)「安定同位体を用いた餌資源・食物網調査法」生態学フィールド調査法シリーズ占部城太郎・日浦 勉・辻 和希編, 共立出版

2) 大久保憲秀・島野智之・青木淳一(2015)ササラダニ亜目. 青木淳一(編著)「日本産土壌動物 第二版: 分類のための図解検索」. 東海大学出版. p 347~720.

3) 一澤圭, 伊藤良作, 須摩靖彦, 田中真悟, 田村浩志, 中森泰三, 新島溪子, 長谷川真紀子, 長谷川元洋, 古野勝久(2015)トビムシ目. 青木淳一(編著)「日本産土壌動物 第二版: 分類のための図解検索」. 東海大学出版. p 1093~1482.

4) 金子信博(2014)土に棲む動物. 土の百科事典編集委員会(ed)土の百科事典. 丸善出版, 東京, pp. 30~33

5) Kaneko N, Yoshiura S, Kobayashi M (2014) Sustainable Living with Environmental Risks. Springer Japan, Tokyo. (査読なし)

6) Kaneko N (2014) Biodiversity
Agriculture Supports Human Populations.
In: N Kaneko, S Yoshiura, M Kobayashi
(eds) Sustainable Living with
Environmental Risks. Springer Tokyo,
Tokyo, pp. 19-25. (査読なし)

[その他]

日本産ワラジムシ類の分布データベース
<http://isopoda.sakura.ne.jp/map/map.php>

6 . 研究組織

(1)研究代表者

金子信博 (KANEKO, Nobuhiro)

横浜国立大学・大学院環境情報研究院・教
授

研究者番号：30183271

(2)研究分担者

中森泰三 (NAKAMORI, Taizo)

横浜国立大学・大学院環境情報研究院・准
教授

研究者番号：50443081

日浦勉 (HIURA, Tsutom)

北海道大学・北方生物圏フィールド科学研
究センター・苫小牧研究林・教授

研究者番号：70250496

小松崎将一 (KOMATSUZAKI, Masakazu)

茨城大学・農学部附属フィールド教育研究
センター・教授

研究者番号：10205510

島野智之 (SHIMANO, Satoshi)

法政大学・自然科学センター・教授

研究者番号：70355337

兵藤不二夫 (HYODO, Fujio)

岡山大学・異分野融合先端研究コア・准教
授

研究者番号：70435535

唐沢重考 (KARASAWA, Shigenori)

福岡教育大学・教育学部・准教授

研究者番号：30448592

(3)連携研究者

なし