

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 8 日現在

機関番号：15301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2020

課題番号：17H01912

研究課題名(和文) 同位体から昆虫の機能形質を評価する

研究課題名(英文) Functional traits of insects revealed by isotopes

研究代表者

兵藤 不二夫 (Hyodo, Fujio)

岡山大学・環境生命科学学域・准教授

研究者番号：70435535

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,000,000円

研究成果の概要(和文)：昆虫は最も多様性に富み、陸上で最も大きな現存量をもつ動物である。しかし、生態系でどのような餌資源を利用しているのかといった機能形質については多くの種についてわかっていない。そこで本研究は日本列島の複数の森林において、アリ、糞虫、トビムシの種組成と同位体を用いて食性に関する機能形質を評価し、それらと非生物的・生物的環境条件との関連を調べた。その結果、これら昆虫の種組成は年平均気温などの環境条件に強く影響を受けており、一部の分類群では土壌特性との関連も見られた。同位体分析から、種ごとに特徴的な食性を持つことや、またその食性は気温などの環境条件や植物の機能多様性とも関連があることが明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の結果、対象とした昆虫は種ごとに異なる食性を持っていることが明らかとなった。このことは生態系において種ごとに異なる機能を持っていることを意味している。また、昆虫の種組成や食性は年平均気温との関連が見られた。以上のことは、現在多くの地域で見られている昆虫の種多様性の減少や温暖化は、昆虫が果たしている生態系機能に影響する可能性があることを示唆している。気象条件などのモニタリングと同様、昆虫の群集組成の多地点や長期モニタリングや、種ごとの同位体組成のデータベースの構築を行うことで、生態系の現状把握と将来予測の向上に貢献できると考えられる。

研究成果の概要(英文)：Insects are the most diverse organisms and one of the most abundant terrestrial animals. Despite this, the feeding habits of most insect species are poorly understood. This study examined the species composition of ants, dung beetles, and collembolans and the functional traits (feeding habits) through measurements of carbon and nitrogen isotopes in Japanese forests. I also investigated the relationships between the characteristics of these insects and abiotic and biotic factors in the forest sites. The results showed that the species compositions are influenced strongly by abiotic factors such as mean annual temperature and partly by soil properties. The isotopic results showed that each species has specific traits related to feeding habits, and the traits are associated with the abiotic factors as well as plant trait diversity in the study sites.

研究分野：同位体生態学

キーワード：昆虫 機能形質 同位体 モニタリングサイト1000 土壌

## 1. 研究開始当初の背景

地球規模で生じている気候変動や土地利用の変化によって生物の種組成の変化や種数の減少が生じている。このような生物群集の変化が生態系機能に及ぼす影響を明らかにすることは環境科学の喫緊の課題の一つである。過去 20 年近くにわたって、この生物群集と生態系機能を関連付けるアプローチとして、生物種ごとの機能形質(functional traits)が用いられてきている。ここで機能形質とは生物の生存や繁殖に関連する様々な定性的、定量的な特徴のことである。生態系の一次生産者である植物群集については、5 万種を超える種ごとの機能形質のデータベースが構築されている(Kattge *et al.*, 2020)。機能形質に着目することで、光合成機能や有機物分解などの植物群集の生態系機能をより正確に評価することが可能となる(van der Plas *et al.*, 2020; Hagan *et al.*, 2023)。

昆虫は地球上で最も多様性に富み、多くの現存量をもつ動物のグループである。植食者から捕食者、分解者など多様な食性を持ち、陸上生態系のエネルギーの流れや物質循環において重要な役割を果たしている。昆虫群集についても人為影響によって、近年個体数や種組成の変化が報告されている(Sánchez-Bayo and Wyckhuys, 2019)。しかしながら、昆虫群集については、形態や生活史が分類群によって大きく異なるため機能形質の評価が難しい。さらに、多くの昆虫は小型であること、生活史の一部を土壤中で過ごすため直接観察が難しいことなどから、生態系で何を摂食しているのかといった生態系における機能形質については理解が進んでいない。

炭素・窒素同位体は動物の食性解析に広く用いられている。これは動物の窒素同位体比が餌の同位体比比べて約 3.4‰上昇すること、一方、炭素同位体比はそのような同位体比の上昇は見られないことから、それぞれ食物網内における栄養段階と炭素源の指標として利用できるためである。さらに放射性炭素同位体は、冷戦期の大気圏核実験のために増加し、核実験禁止条約締結の 1962 年以降、急速に減少している。この放射性炭素同位体の変化によって、各生物が何年前の光合成産物を利用していたか、推定することが可能である(Hyodo *et al.*, 2006)。昆虫の食性解析についてもこれら同位体比は用いられているが、群集全体の栄養段階の平均値(群集加重平均)やその多様性を調べた研究は限られている。

## 2. 研究の目的

そこで本研究では、日本列島の複数の森林において昆虫を採集し、同位体分析を用いて食性を機能形質として定量的に評価し、気候条件などの非生物的要因や植生などとの関係を明らかにすることを目的とした。そのために、モニタリングサイト 1000 の森林サイトにおいてアリ、糞虫、トビムシを採集した。モニタリングサイト 1000 の森林サイトでは、構成樹種や胸高直径やその成長量などの毎木調査のデータが公開されている。さらには植物の機能形質データも取得されている。対象とした昆虫の分類群は多くの研究によって生物指標として対象とされている分類群である(Kishimoto-Yamada *et al.*, 2013; Hishi *et al.*, 2022)。アリは種によって植食者から雑食者、捕食者まで多様な食性を持っている(Hyodo *et al.*, 2011; Tanaka *et al.*, 2019; Hyodo and Tanaka, 2022)。糞虫は哺乳動物の糞や遺体を摂食する分解者(deCastro-Arrazola *et al.*, 2022)、トビムシも表層の未分解の有機物から腐植化した土壌有機物を利用する分解者である(Hishi *et al.*, 2007)。

## 3. 研究の方法

本研究の調査地はモニタリングサイト 1000 の森林サイトである(図 1)。今回対象としたのは、2017 年度(半田山、小佐渡、椎葉) 2018 年度(小川、カヤノ平、田野二次林) 2019 年度(足寄拓北、苦小牧、大佐渡、上賀茂、与那) 2020 年度(大山文殊越、カヤノ平、おたのもうす平、糟屋) 2021 年度(足寄美盛、足寄花輪、青葉山、市ノ又、佐田山) の 19 箇所である。モニタリングサイト 1000 の森林サイトの管理者に許可を得た上で、プロット外にライントランセクトを設置し、アリ、糞虫、トビムシを採集した。昆虫の採集の手法として、アリにはウィングラー、糞虫にはベイトトラップ、トビムシにはツルグレン装置を用いた。また土壌

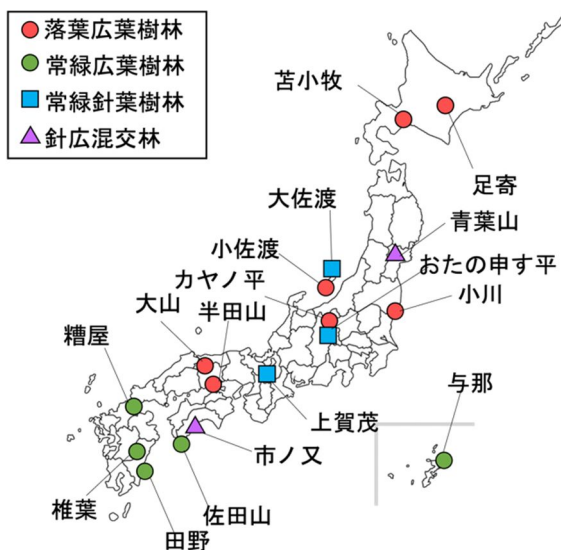


図 1 本研究の調査地

や落ち葉を採集した。これらのサンプルは種同定、個体数の計測の後、乾燥、粉碎し、スズカップに秤量した。そして、岡山大学に設置している連続フロー型質量分析計(Delta V Advantage; Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA)によって、その炭素同位体比と窒素同位体比を求めた。また、一部の試料については放射性炭素濃度( $^{14}\text{C}$ )も外注分析によって求めた。土壌サンプルについては、pHや炭素窒素含量、栄養塩濃度などの基礎的な特性についても測定した。また土壌動物の餌資源として土壌微生物の重要性が確認されたため、リン脂質脂肪酸(Phospholipid fatty acid, PLFA)分析を行った。

#### 4. 研究成果

以上の結果から、対象とした昆虫の群集組成は年平均気温によって大きく影響を受けていること、一部はpHなど土壌特性や葉面積当たり重量(Leaf mass per area)などの植物の形質によっても影響を受けていることが明らかになった。また、炭素窒素安定同位体の分析結果からは、種ごとに特異的な食性を持っていること、つまり異なる形質を持っていること、そしてその形質の群集加重平均値は年平均気温によって大きく影響を受けており、一部は植物の機能形質の影響も受けていることが明らかとなった。例えば、トビムシ群集は年平均気温が高いほど種多様性や現存量が高く、真土壌性の群集となることが明らかになった(菱ら、第69回日本生態学会大会)。また放射性炭素同位体分析から、これら昆虫の多くは数年前の光合成産物、すなわち腐植連鎖由来の有機物を利用していることが明らかになった。

腐植連鎖の起点である土壌微生物に関するPLFA分析の結果からは、土壌微生物バイオマスは年平均気温などの気候条件ではなく、土壌炭素や窒素濃度によって規定されている一方、グラム陽性・陰性菌比などの微生物の栄養生理指標は年平均気温によって強く影響を受けていることがわかった(織田ら、第69回、第70回日本生態学会大会)。以上の結果は、日本列島の広域スケールでは植物の形質の影響よりも年平均気温のような非生物的要因が昆虫の種組成や食性などの形質にとって重要な要因であることを示している。

本研究で得られた主要な成果は現在、投稿準備中であり、一部の成果については日本生態学会などの学会において発表した(兵藤、第70回日本生態学会大会)。また、関連した成果を複数の論文として発表した。

#### 引用文献

- deCastro-Arrazola, I., et al., 2022. A trait-based framework for dung beetle functional ecology. *J Anim Ecol.*
- Hagan, J.G., et al., 2023. Plant traits alone are good predictors of ecosystem properties when used carefully. *Nat Ecol Evol* 7, 332-334.
- Hishi, T., et al., 2007. The feeding habits of collembola along decomposition gradients using stable carbon and nitrogen isotope analyses. *Soil Biol. Biochem.* 39, 1820-1823.
- Hishi, T., et al., 2022. Topography is more important than forest type as a determinant for functional trait composition of Collembola community. *Pedobiologia* 90.
- Hyodo, F., et al., 2011. Feeding habits of Hymenoptera and Isoptera in a tropical rain forest as revealed by nitrogen and carbon isotope ratios. *Insect. Soc.* 58, 417-426.
- Hyodo, F., Tanaka, H.O., 2022. Stable and radio isotopes and a bait choice experiment reveal changes in feeding habits of the ant community during primary succession. *Ecol. Ent.* 47, 447-459.
- Hyodo, F., et al., 2006. Estimation of the longevity of C in terrestrial detrital food webs using radiocarbon ( $^{14}\text{C}$ ): how old are diets in termites? *Funct. Ecol.* 20, 385-393.
- Kattge, J., et al., 2020. TRY plant trait database - enhanced coverage and open access. *Glob Chang Biol* 26, 119-188.

- Kishimoto-Yamada, K., et al., 2013. Effects of remnant primary forests on ant and dung beetle species diversity in a secondary forest in Sarawak, Malaysia. *J Insect Conserv* 17, 591-605.
- Sánchez-Bayo, F., Wyckhuys, K.A.G., 2019. Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers. *Biol. Conserv.* 232, 8-27.
- Tanaka, H.O., et al., 2019. Stable and radio-isotopic signatures reveal how the feeding habits of ants respond to natural secondary succession in a cool-temperate forest. *Insect. Soc.* 66, 37-46.
- van der Plas, F., et al., 2020. Plant traits alone are poor predictors of ecosystem properties and long-term ecosystem functioning. *Nat Ecol Evol* 4, 1602-1611.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計25件（うち査読付論文 25件 / うち国際共著 10件 / うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Kurokawa Hiroko, Oguro Michio, Takayanagi Sakino, Aiba Masahiro, Shibata Rei, Mimura Makiko, Yoshimaru Hiroshi, Nakashizuka Tohru	4. 巻 110
2. 論文標題 Plant characteristics drive ontogenetic changes in herbivory damage in a temperate forest	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Ecology	6. 最初と最後の頁 2772 ~ 2784
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/1365-2745.13990	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Ueda Miki U., Kawabe Mizuho, Nakashizuka Tohru, Kurokawa Hiroko	4. 巻 180
2. 論文標題 Initial leaf litter traits affect soil microbial CO2 production: A laboratory experiment using the leaf litter of 41 temperate deciduous tree species	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Applied Soil Ecology	6. 最初と最後の頁 104605 ~ 104605
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.apsoil.2022.104605	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Wang Qing-Wei, Pierist Marta, Kotilainen Titta K., Forey Estelle, Chauvat Matthieu, Kurokawa Hiroko, Robson T. Matthew, Jones Alan G.	4. 巻 -
2. 論文標題 The crucial role of blue light as a driver of litter photodegradation in terrestrial ecosystems	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Plant and Soil	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11104-022-05596-x	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Kawagoe Hasumi, Itioka Takao, Hyodo Fujio, Iku Asano, Shimizu kaya Usun, Meleng Paulus	4. 巻 25
2. 論文標題 Evidence in stable isotope ratios for lichen feeding by Lithosiini moths from a tropical rainforest but not from a temperate forest	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Entomological Science	6. 最初と最後の頁 e12519
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/ens.12519	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Yokobe Tomohiro, Tokuchi Naoko, Hyodo Fujio, Tateno Ryunosuke, Hiura Tsutom	4. 巻 177
2. 論文標題 Response of microorganisms to a 5-year large-scale nitrogen loading in immature volcanic ash soil in an oak-dominated forest	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Applied Soil Ecology	6. 最初と最後の頁 104537 ~ 104537
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.apsoil.2022.104537	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Rusydi Anna Fadliah, Onodera Shin-Ichi, Saito Mitsuyo, Hyodo Fujio, Maeda Morihiro, Sugianti Khorl, Wibawa Sunarya	4. 巻 13
2. 論文標題 Potential Sources of Ammonium-Nitrogen in the Coastal Groundwater Determined from a Combined Analysis of Nitrogen Isotope, Biological and Geological Parameters, and Land Use	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Water	6. 最初と最後の頁 25 ~ 25
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/w13010025	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Yamasaki Takeshi, Hyodo Fujio, Itioka Takao, Hashimoto Yoshiaki, Endo Tomoji, Meleng Paulus	4. 巻 69
2. 論文標題 A new corinnid species of the genus Aetius Pickard-Cambridge (Araneae: Corinnidae) from Sarawak, Borneo	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Acta Arachnologica	6. 最初と最後の頁 105 ~ 108
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2476/asjaa.69.105	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Yamasaki Takeshi, Hashimoto Yoshiaki, Endo Tomoji, Hyodo Fujio, Takao Itioka, Meleng Paulus	4. 巻 69
2. 論文標題 A new species of the genus Agorlu (Araneae: Salticidae) from Sarawak, Borneo	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Acta Arachnologica	6. 最初と最後の頁 37 ~ 41
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2476/asjaa.69.37	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Hashimoto Yoshiaki, Endo Tomoji, Yamasaki Takeshi, Hyodo Fujio, Itioka Takao	4. 巻 10
2. 論文標題 Constraints on the jumping and prey-capture abilities of ant-mimicking spiders (Salticidae, Salticinae, Myrmarachne)	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 18279
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-020-75010-y	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yokobe Tomohiro, Hyodo Fujio, Tokuchi Naoko	4. 巻 150
2. 論文標題 Volcanic deposits affect soil nitrogen dynamics and fungal/bacterial dominance in temperate forests	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Soil Biology and Biochemistry	6. 最初と最後の頁 108011 ~ 108011
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.soilbio.2020.108011	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hyodo Fujio, Takebayashi Yu, Makabe Akiko, Wardle David A., Koba Keisuke	4. 巻 36
2. 論文標題 Changes in stable nitrogen isotopes of plants, bulk soil and soil dissolved N during ecosystem retrogression in boreal forest	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Ecological Research	6. 最初と最後の頁 420 ~ 429
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/1440-1703.12208	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Tatsumi Chikae, Hyodo Fujio, Taniguchi Takeshi, Shi Weiyu, Koba Keisuke, Fukushima Keitaro, Du Sheng, Yamanaka Norikazu, Templer Pamela, Tateno Ryunosuke	4. 巻 11
2. 論文標題 Arbuscular Mycorrhizal Community in Roots and Nitrogen Uptake Patterns of Understory Trees Beneath Ectomycorrhizal and Non-ectomycorrhizal Overstory Trees	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Frontiers in Plant Science	6. 最初と最後の頁 583585
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fpls.2020.583585	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Tatsumi Chikae, Taniguchi Takeshi, Hyodo Fujio, Du Sheng, Yamanaka Norikazu, Tateno Ryunosuke	4. 巻 12
2. 論文標題 Survival Rate, Chemical and Microbial Properties of Oak Seedlings Planted with or without Oak Forest Soils in a Black Locust Forest of a Dryland	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Forests	6. 最初と最後の頁 669 ~ 669
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/f12060669	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Yokobe Tomohiro, Hyodo Fujio, Tateno Ryunosuke, Tokuchi Naoko	4. 巻 459
2. 論文標題 Linkage of fine and coarse litter traits to soil microbial characteristics and nitrogen mineralization across topographic positions in a temperate natural forest	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Plant and Soil	6. 最初と最後の頁 261 ~ 276
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11104-020-04759-y	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hishi Takuo, Urakawa Rieko, Saitoh Seikoh, Maeda Yuka, Hyodo Fujio	4. 巻 90
2. 論文標題 Topography is more important than forest type as a determinant for functional trait composition of Collembola community	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Pedobiologia	6. 最初と最後の頁 150776 ~ 150776
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.pedobi.2021.150776	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hyodo Fujio, Tanaka Hiroshi O.	4. 巻 47
2. 論文標題 Stable and radio isotopes and a bait choice experiment reveal changes in feeding habits of the ant community during primary succession	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Ecological Entomology	6. 最初と最後の頁 447 ~ 459
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/een.13129	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -



1. 著者名 Ichie Tomoaki, Igarashi Shuichi, Yoshihara Ryo, Takayama Kanae, Kenzo Tanaka, Niiyama Kaoru, Zamah Shari Nur Hajar, Hyodo Fujio, Tayasu Ichiro	4. 巻 13
2. 論文標題 Verification of the accuracy of the recent 50 years of tree growth and long term change in intrinsic water use efficiency using xylem $^{14}C$ and $^{13}C$ in trees in an aseasonal tropical rainforest	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Methods in Ecology and Evolution	6. 最初と最後の頁 1135 ~ 1147
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/2041-210x.13823	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Yokobe Tomohiro, Hyodo Fujio, Tateno Ryunosuke, Tokuchi Naoko	4. 巻 161
2. 論文標題 Soil mineral fraction influences the bacterial abundance: evidence from a mineral and plant materials incubation study	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Biogeochemistry	6. 最初と最後の頁 273 ~ 287
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10533-022-00978-w	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Tanaka H. O., Haraguchi T. F., Tayasu I., Hyodo F.	4. 巻 66
2. 論文標題 Stable and radio-isotopic signatures reveal how the feeding habits of ants respond to natural secondary succession in a cool-temperate forest	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Insectes Sociaux	6. 最初と最後の頁 37 ~ 46
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Tsunoda Tomonori, Hyodo Fujio, Sugiura Daisuke, Kaneko Nobuhiro, Suzuki Satoshi N.	4. 巻 22
2. 論文標題 How can we quantitatively study insects whose larvae live beneath the forest floor? A case study at an experimental long term log removal site in Japan	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Entomological Science	6. 最初と最後の頁 275 ~ 282
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yamasaki T, Hashimoto Y, Endo T, Hyodo F, Itioka T and Meleng P.	4. 巻 4521
2. 論文標題 New species of the ant-mimicking genus Myrmarachne MacLeay, 1839 (Araneae: Salticidae) from Sarawak, Borneo	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Zootaxa	6. 最初と最後の頁 335
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Hyodo F, Yamasaki T, Iwasa T, Itioka T, Endo T and Hashimoto Y.	4. 巻 21
2. 論文標題 Stable isotope analysis reveals the importance of plant-based diets for tropical ant-mimicking spiders	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Entomological Science	6. 最初と最後の頁 461-468
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Fukasawa Y, Hyodo F, Kawakami S.	4. 巻 12
2. 論文標題 Foraging association between myxomycetes and fungal communities on coarse woody debris.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Soil Biology and Biochemistry	6. 最初と最後の頁 95-102
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yokobe T, Hyodo F, Tokuchi N.	4. 巻 9
2. 論文標題 Seasonal effects on microbial community structure and nitrogen dynamics in temperate forest soil	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Forests	6. 最初と最後の頁 153
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Suehiro W, Hyodo F, Tanaka OH, Himuro C, Yokoi T, Dobata S, Guenard B, Dunn, RR, Vargo LE, Tsuji K, Matsuura K.	4. 巻 7
2. 論文標題 Radiocarbon analysis reveal diet breadth associates with the invasion of a predatory ant	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 15016
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計7件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 菱拓雄, 黒川紘子, 岸本圭子, 兵藤不二夫
2. 発表標題 日本列島の森林土壌性トビムシ群集の機能形質に作用する生物的・非生物的要因
3. 学会等名 第69回日本生態学会福岡大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 織田峻綺, 菱拓雄, 岸本圭子, 黒川紘子, 兵藤不二夫
2. 発表標題 日本列島の森林における土壌微生物群集の特徴
3. 学会等名 第69回日本生態学会福岡大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 兵藤不二夫
2. 発表標題 陸上無脊椎動物の腐植連鎖への依存に環境変化が与える影響
3. 学会等名 第69回日本生態学会福岡大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 織田峻綺, 菱拓雄, 岸本圭子, 黒川紘子, 兵藤不二夫
2. 発表標題 日本列島の森林における土壌微生物群集組成とその規定要因
3. 学会等名 第70回日本生態学会仙台大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 兵藤不二夫
2. 発表標題 環境変化に対する土壌生物の応答
3. 学会等名 第70回日本生態学会仙台大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 黒川紘子
2. 発表標題 植物形質は土壌特性にどこまで影響するのか？
3. 学会等名 第70回日本生態学会仙台大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 兵藤不二夫
2. 発表標題 同位体分析が明らかにする寒帯林の植物の窒素源と生理状態の退行遷移における変化
3. 学会等名 日本生態学会第67回全国大会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 兵藤不二夫	4. 発行年 2018年
2. 出版社 朝倉書店	5. 総ページ数 14
3. 書名 土壌生態系と地上生態系のリンク 「土壌生態学」(金子信博編)	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	菱 拓雄 (Hishi Takuo)  (50423009)	九州大学・農学研究院・准教授  (17102)	
研究分担者	黒川 紘子 (Kurokawa Hiroko)  (70515733)	国立研究開発法人森林研究・整備機構・森林総合研究所・主任研究員 等  (82105)	
研究分担者	岸本 圭子 (Kishimoto-Yamada Keiko)  (80525692)	新潟大学・佐渡自然共生科学センター・准教授  (13101)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------