

令和 4 年 6 月 8 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2021

課題番号：17H03823

研究課題名(和文) 病虫害による大量枯死が森林生態系のCO2放出におよぼす影響の解明

研究課題名(英文) Effects of forest dieback on CO2 efflux

研究代表者

深澤 遊 (Fukasawa, Yu)

東北大学・農学研究科・助教

研究者番号：30594808

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 11,000,000円

研究成果の概要(和文)：本邦においてブナ化樹木の大量枯死をもたらしている「ブナ化樹木萎凋病」(通称「ナラ枯れ」)がコナラ枯死木の菌類群集と分解過程に与える影響を明らかにするために、全国7カ所の森林にコナラの丸太を設置してモニタリングを行った。丸太設置時の丸太内部の菌類群集をITS領域のメンタバーコーディングにより調べたところ、ナラ枯れの起こっている森林では菌類の種多様性と気温や降水量に関係性は見られなかったが、ナラ枯れの起こっている森林では、気温や降水量が大きい調査地ほど菌類の種多様性が高くなっていた。研究期間全体で5年分のデータ・サンプルを蓄積することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

樹木の大量枯死は、森林からの二酸化炭素放出量を増やし、森林を炭素のシンクからソースへと変えてしまうと考えられている。しかし、大量枯死は森林の環境も激変させるため、枯死木の分解やそれに関わる菌類群集の機能にも影響を与える可能性がある。本研究により、ナラ枯れで枯死したコナラの丸太には、人間が伐倒した丸太とは有意に異なる菌類群集が発達することが明らかになった。分解のモニタリングを継続し、菌類の分解機能との関係を詳細に調べていくことにより、ナラ枯れが森林の炭素貯留に与える影響をより正確に評価することができる。

研究成果の概要(英文)：The aim of this study is to evaluate the effects of oak wilt disease (OWD) on fungal community and decomposition of dead stems of *Quercus serrata*. We selected seven forest stand along latitudinal gradient in Japan to monitor decomposition of newly felled logs of *Q. serrata*. Metabarcoding of fungal DNA ITS region obtained from newly felled stems showed a positive correlation between fungal species richness and annual temperature or annual precipitation in forest sites suffered by OWD. However, the correlation was not present in the stand with out OWD. Across the 5-year study period, we obtained substantial data and samples to analyze the long-term effects of OWD on fungal community and wood decomposition.

研究分野：森林生態学

キーワード：コナラ ナラ枯れ 枯死木 分解 菌類 白色腐朽 褐色腐朽

1. 研究開始当初の背景

ナラ枯れ(ブナ科樹木萎凋病)やマツ枯れ(マツ材線虫病)による、本邦における被害材積は、累計 4000 万 m^3 以上におよび、経済的損失のみならず、森林生態系に与える影響が懸念されている。このような樹木の大量枯死現象は、地球温暖化や人間活動のグローバル化、土地利用の変化などに伴う病原生物および媒介生物を含む生物群集や生物間相互作用の変化に起因すると考えられており、今後も他の樹種における大量枯死が発生する可能性が極めて高い。一方で、人類が森林生態系から享受する利益(生態系サービス)が樹木の大量枯死によりどのような影響を受けるかについてはほとんど分かっておらず、長期的な予測も難しい状況にある。これは、被害林分の長期的なモニタリング研究が圧倒的に不足しているためである。特に、大量に発生する枯死木は分解することにより CO_2 の放出源となり、地球温暖化を促進する可能性が指摘されているが、病虫害による枯死木の分解プロセスが、他の枯死要因(風倒など)による枯死木とどう異なるのか、そのメカニズムをモニタリングから実証した研究はほとんどない。申請者はこれまで、マツ枯れによる枯死木を対象として、マツ枯れによる枯死が菌類群集や枯死木のリグニン・ホロセルロース分解比率に影響することを明らかにしてきた。リグニンとホロセルロースの分解比率は、枯死木からの CO_2 放出量や、最終的に土壌に貯留される有機物量に影響するため、枯死要因の違いはこれらに大きく影響する可能性が高い。

2. 研究の目的

本研究では、ナラ枯れにより枯死したコナラの丸太の分解過程を、人為的に伐倒した丸太の分解過程と比較モニタリングすることにより、ナラ枯れによる枯死が枯死木分解に与える影響とその時間変化を明らかにする。さらに、材分解に関わる生物群集の種間相互作用ネットワークの時間変化と分解過程の関係から、ナラ枯れが枯死木分解に与える影響の生物学的なメカニズムを解明することにより、 CO_2 放出量を増やさない枯死木管理方法の提案を目指す。

3. 研究の方法

本研究では5年間のモニタリングにより、(1)分解者の群集構造と相互作用ネットワークの年変化、および(2) CO_2 放出量と材密度の時間変化を明らかにする。これらの関係性をナラ枯れ枯死木と伐倒木とで比較することにより、生物群集の中でナラ枯れ枯死木の分解を特徴づけていると考えられる生物種・生物間相互作用を抽出し、(3)その生物種の材分解力・生物間相互作用が分解に与える影響を室内実験により検証する。これらの情報を基に、ナラ枯れが分解者群集を介して枯死木の CO_2 放出量および炭素貯留量に与える影響とそのメカニズムの解明を目指す。これにより、森林の炭素収支への影響予測や、 CO_2 放出量を増やしやすい生物群集に誘導するための枯死木管理方法を提案する。

4. 研究成果

ナラ枯れの起こっている森林では菌類の種多様性と気温や降水量に関係性は見られなかったが、ナラ枯れの起こっている森林では、気温や降水量が大きい調査地ほど菌類の種多様性が高くなっていった。また、ナラ枯れの起こっている森林では、材分解力の大きい白色腐朽菌のいくつかの種が見られない傾向があった。この結果は、ナラ枯れにより枯死木の分解が少なくとも初期には阻害される可能性があることを示唆している。5年経過した2021年秋時点での材密度は宮城、京都、宮崎でそれぞれ74.4%、46.7.1%、56.6%となっていた(図1)。宮城では、2011年秋にナラ枯れ丸太で材密度がやや上昇しているように見える。これは、腐朽の進んだ辺材部分がなくなり、固い心材部分のみが残存した結果としての見かけ上の変化かもしれない。材密度に影響する要因を解析したところ、2017年、2018年時点では京都や宮城でナラ枯れが分解を促進していたが、2019年以降はいずれの調査地でもナラ枯れの影響は検出されなくなっている。以上から、ナラ枯れはコナラ枯死木の分解を促進するが、これは分解初期の1-2年に限られると言える。2016年から2020年にかけて丸太から採取した材サンプルから、各年各サイト1~3サンプルを選んで抽出した菌類 rDNA の ITS1 領域配列から、菌類群集のメタバーコーディングを行った。合計67サンプルから176の菌類の操作的分類単位(OTU)が検出された。サンプル間の菌類群集の非類似度を Jaccard 指数により計算し、非多次元尺度構成法(NMDS)による菌類群集の座標付けと PERMANOVA による比較を行ったところ、菌類群集は健全丸太とナラ枯れ丸太で有意に異なっていた。また、採取年、調査地の有意な影響も受けていた。検出された菌類の機能群について、FUNGuild データベースとの照合により推定した結果、リグニン分解力のある白色腐朽菌の DNA コピー数が全体の半数以上を占め、優占していた。サンプルから検出される DNA コピー数は PCR バイアスを受けるが、本研究では全サンプルにスタンダードとして人工 DNA を混ぜることで

この問題を軽減している。指標種分析から、ナラ枯れ丸太には白色腐朽菌の *Hydnophlebia chrysorhiza* と *Microporus* sp. が指標種として検出された。以上から、ナラ枯れは枯死木内部の菌類群集に5年後まで影響を与えていた。材分解力の強い白色腐朽菌がナラ枯れ丸太の指標種として検出されたことや材密度のデータからも、ナラ枯れは短期的には CO2 放出を促進するかもしれない。しかし、ドリルサンプリングによる材密度推定では、丸太の崩壊・細片化や CO2 放出を直接評価できておらず、今後これらのデータも解析することで分解へのナラ枯れの影響を多角的に評価する必要がある。

材密度 ~2021年

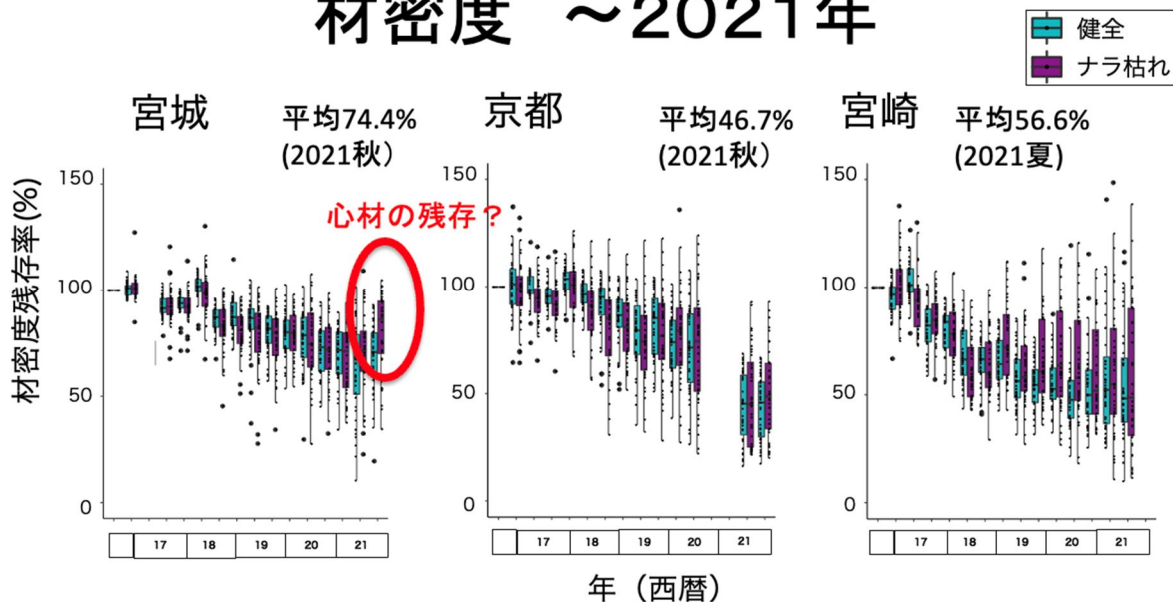


図1 コナラ丸太の材密度残存率の推移。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計19件（うち査読付論文 19件 / うち国際共著 5件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Yu Fukasawa*, Yoko Ando, Yoshitaka Oishi, Kimiyo Matsukura, Kunihiro Okano, Zewei Song, Daisuke Sakuma	4. 巻 41
2. 論文標題 Effects of forest dieback on wood decay, saproxylic communities, and spruce seedling regeneration on coarse woody debris	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Fungal Ecology	6. 最初と最後の頁 198-208
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.funeco.2019.05.004	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 Shinji Sugiura*, Yu Fukasawa, Ryo Ogawa, Shin-ichi Kawakami, Kazuo Yamazaki	4. 巻 100
2. 論文標題 Cross-kingdom interactions between slime molds and arthropods: a spore dispersal mutualism hypothesis	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Ecology	6. 最初と最後の頁 e02702
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ecy.2702	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 Yu Fukasawa*, Yoko Ando, Yoshitaka Oishi, Satoshi N. Suzuki, Kimiyo Matsukura, Kunihiro Okano, Zewei Song	4. 巻 432
2. 論文標題 Does typhoon disturbance in subalpine forest have long-lasting impacts on saproxylic fungi, bryophytes, and seedling regeneration on coarse woody debris?	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Forest Ecology and Management	6. 最初と最後の頁 309-318
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.foreco.2018.09.036	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 Fukasawa Yu	4. 巻 59
2. 論文標題 Temperature effects on hyphal growth of wood-decay basidiomycetes isolated from Pinus densiflora deadwood	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Mycoscience	6. 最初と最後の頁 259-262
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.myc.2018.02.006	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 Yu	4. 巻 33
2. 論文標題 Fungal succession and decomposition of Pinus densiflora snags	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Ecological Research	6. 最初と最後の頁 435 ~ 444
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11284-017-1557-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 -

1. 著者名 Ogura-Tsujita Yuki, Gebauer Gerhard, Xu Hui, Fukasawa Yu, Umata Hidetaka, Tetsuka Kenshi, Kubota Miho, Schweiger Julienne M.-I., Yamashita Satoshi, Maekawa Nitaro, Maki Masayuki, Isshiki Shiro, Yukawa Tomohisa	4. 巻 27
2. 論文標題 The giant mycoheterotrophic orchid <i>Erythrorchis altissima</i> is associated mainly with a divergent set of wood-decaying fungi	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Molecular Ecology	6. 最初と最後の頁 1324-1337
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/mec.14524	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 Fukasawa Yu, Hyodo Fujio, Kawakami Shin-ichi	4. 巻 121
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) 10.1016/j.soilbio.2018.03.006	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 Yu, Ando Yoko	4. 巻 40
2. 論文標題 The effects of wood decay type on the growth of bryophyte gametophytes	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Bryology	6. 最初と最後の頁 159-162
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/03736687.2017.1417778	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 Yu, Ando Yoko	4. 巻 33
2. 論文標題 Species effects of bryophyte colonies on tree seeding regeneration on coarse woody debris	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Ecological Research	6. 最初と最後の頁 191 ~ 197
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11284-017-1524-6	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 Kazunari Takahashi, Yuichi Harakon, Yu Fukasawa	4. 巻 59
2. 論文標題 Geographical distribution of myxomycetes living on Cryptomeria japonica bark in Japan	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Mycoscience	6. 最初と最後の頁 379-385
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.myc.2018.02.005	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 SHIROUZU TAKASHI, FUKASAWA YU, NAKAMURA YASUhide	4. 巻 312
2. 論文標題 Fensjonia uniseptata (Dacrymycetes, Basidiomycota), a new species collected from Pinus densiflora forests in Japan	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Phytotaxa	6. 最初と最後の頁 271 ~ 271
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11646/phytotaxa.312.2.10	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 Yu, Komagata Yasuyuki, Kawakami Shin-ichi	4. 巻 29
2. 論文標題 Nutrient mobilization by plasmodium of myxomycete Physarum rigidum in deadwood	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Fungal Ecology	6. 最初と最後の頁 42 ~ 44
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.funeco.2017.05.005	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 Yu, Komagata Yasuyuki	4. 巻 22
2. 論文標題 Regeneration of Cryptomeria japonica seedlings on pine logs in a forest damaged by pine wilt disease: effects of wood decomposer fungi on seedling survival and growth	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Forest Research	6. 最初と最後の頁 375 ~ 379
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/13416979.2017.1380398	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 Kato Saya, Fukasawa Yu, Seiwa Kenji	4. 巻 32
2. 論文標題 Canopy tree species and openness affect foliar endophytic fungal communities of understory seedlings	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Ecological Research	6. 最初と最後の頁 157 ~ 162
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11284-016-1426-z	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 Yu Fukasawa	4. 巻 14
2. 論文標題 The Growth of Four Tree Species Seedlings on Soil and Decayed Wood of Pinus densiflora	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Integrated Field Science	6. 最初と最後の頁 1-14
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., Komagata Y., Ushijima S.	4. 巻 47
2. 論文標題 Fungal wood decomposer activity induces niche separation between two dominant tree species seedlings regenerating on coarse woody material	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Canadian Journal of Forest Research	6. 最初と最後の頁 106 ~ 112
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1139/cjfr-2016-0218	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 Yu, Ando Yoko, Song Zewei	4. 巻 30
2. 論文標題 Comparison of fungal communities associated with spruce seedling roots and bryophyte carpets on logs in an old-growth subalpine coniferous forest in Japan	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Fungal Ecology	6. 最初と最後の頁 122 ~ 131
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.funeco.2017.10.001	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 Ando Yoko, Fukasawa Yu, Oishi Yoshitaka	4. 巻 32
2. 論文標題 Interactive effects of wood decomposer fungal activities and bryophytes on spruce seedling regeneration on coarse woody debris	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Ecological Research	6. 最初と最後の頁 173 ~ 182
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11284-016-1427-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 Fukasawa Yu, Matsukura Kimiyo, Stephan Jorg G., Makoto Kobayashi, Suzuki Satoshi N., Kominami Yuji, Takagi Masahiro, Tanaka Nobuaki, Takemoto Shuhei, Kinuura Haruo, Okano Kunihiro, Song Zewei, Jomura Mayuko, Kadowaki Kohmei, Yamashita Satoshi, Ushio Masayuki	4. 巻 -
2. 論文標題 Patterns of community composition and diversity in latent fungi of living Quercus serrata trunks across a range of oak wilt prevalence and climate variables in Japan	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Fungal Ecology	6. 最初と最後の頁 101095 ~ 101095
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.funeco.2021.101095	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

〔学会発表〕 計8件 (うち招待講演 3件 / うち国際学会 4件)

1. 発表者名 Yu Fukasawa, Emma C Gilmartin, Melanie Savoury, Lynne Boddy
2. 発表標題 The importance of inoculum volume for the competitive outcome and wood decay ability of brown- and white-rot basidiomycota
3. 学会等名 18th Congress of European Mycologists (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 深澤遊
2. 発表標題 木材腐朽菌群集の分解機能と森林の動態をつなぐ
3. 学会等名 第66回日本生態学会大会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yu Fukasawa
2. 発表標題 Linking fungal wood decay functions to forest dynamics
3. 学会等名 Asian Mycological Congress 2019（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 深澤遊，小南裕志，高木正博，松倉君予，田中延亮，鈴木智之，小林真，竹本周平，衣浦晴生，上村真由子，門脇浩明，宮崎怜，山下聡，潮雅之，岡野邦宏
2. 発表標題 コロナ枯死木の分解過程にナラ枯れが与える影響
3. 学会等名 第66回日本生態学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yu Fukasawa
2. 発表標題 The geographical gradient of pine log decomposition in Japan
3. 学会等名 BIOGEMON（国際学会）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yu Fukasawa, Vaclav Pouska, Radek Bace, Lucie Zibarova, Olga Orman, Kamil Kral, Miroslav Svoboda, Lynne Boddy
2. 発表標題 Effects of fungal wood decomposers on Picea abies seedling establishment on coarse woody debris
3. 学会等名 Joint Annual Meeting: Ecology Across Borders with BES, GFO, NECOV & EEF (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 深澤遊, 鈴木智之
2. 発表標題 森林生態系の枯死木分解に関わる生物群集
3. 学会等名 日本生態学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 深澤遊, 田中延亮, 小南裕志, 高木正博, 松倉君予, 上村真由子, 門脇浩明, 宮崎怜, 衣浦晴生, 鈴木智之, 小林真, 山下聡, 潮雅之
2. 発表標題 コロナ枯死木の菌類群集と分解過程にナラ枯れが与える影響
3. 学会等名 日本生態学会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 深澤 遊、大園 享司	4. 発行年 2017年
2. 出版社 共立出版	5. 総ページ数 176
3. 書名 キノコとカビの生態学	

〔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	田中 延亮 (Tanaka Nobuaki) (10323479)	東京大学・大学院農学生命科学研究科(農学部)・助教 (12601)	
研究分担者	鈴木 智之 (Suzuki Satoshi) (20633001)	東京大学・大学院農学生命科学研究科(農学部)・助教 (12601)	
研究分担者	小林 真 (Kobayashi Makoto) (60719798)	北海道大学・北方生物圏フィールド科学センター・准教授 (10101)	
研究分担者	高木 正博 (Takagi Masahiro) (70315357)	宮崎大学・農学部・教授 (17601)	
研究分担者	小南 裕志 (Kominami Yuji) (70353688)	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	竹本 周平 (Takemoto Shuhei) (90724724)	東京大学・大学院農学生命科学研究科(農学部)・助教 (12601)	
研究分担者	上村 真由子 (Jomura Mayuko) (60444569)	日本大学・生物資源科学部・准教授 (32665)	

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
---------	---------