

令和 6 年 6 月 25 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2019～2023

課題番号：19H02974

研究課題名（和文）生物群集における共進化過程に着目した生態系復元の実証研究

研究課題名（英文）Large-scale empirical tests for (co)evolutionary ecosystem restoration

研究代表者

内海 俊介（Utsumi, Shunsuke）

北海道大学・地球環境科学研究所・教授

研究者番号：10642019

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,540,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、ゲノミクスと大規模野外再生実験を融合させた実証アプローチによって生態系復元の未解決問題を克服し、共進化の歴史を背景とした種内変異を考慮し、生態系復元の体系化に貢献する新知見を得ることである。特に、以下の事を明らかにした。樹木の種多様性×遺伝的多様性×地形の相互作用が森林再生に寄与し、特に遺伝的多様性の効果がより重要であること。山腹崩壊後の徘徊性昆虫群集の多様性および機能形質の応答。山腹崩壊後の実生定着に対し、植物間相互作用と土壌侵食の相互作用の重要性および遺伝的変異の空間構造。大規模攪乱後に植物が地上部節足動物や地下部共生微生物（真菌・細菌）と新たに構築する相互作用ネットワークの特性。

研究成果の学術的意義や社会的意義

普遍的意義 国内外でさまざまな生態系復元事業が展開され、なかでも森林再生の取り組みは多い。しかし、復元の効果や速度に対する種内変異や遺伝的変異そして遺伝的多様性の意義について明らかではない。本研究は、対象種を絞らないゲノミクスを活用する包括アプローチによって、遺伝的多様性が森林再生に寄与する普遍的意義について洞察を与えた。大規模復元実験 復元の取り組みでは過去に損なわれた生態系の保全とモニタリングが中心となり、個々事例の間での比較が困難である。そのため、復元速度や方向性を制御因子についての原則の体系化が進まない。本研究は多地点で反復のある大規模実験を実施し、一般原則と状況依存性を提示した。

研究成果の概要（英文）：The aim of this study is to generate new knowledge to systematize and optimize ecosystem restoration through an empirical approach combining genomics and large-scale field restoration experiments. In particular, the following questions were addressed The interactive effects of tree species diversity x genetic diversity x topography contribute to forest restoration, especially the effects of genetic diversity are more important. Diversity of carabid beetle communities and their responses in functional traits after landslides. Interactive effects of plant-plant facilitation interactions and soil erosion were revealed for seedling establishment after landslides, and the spatial structure of genetic variation during these processes was also elucidated. Finally, we revealed the properties of the newly formed interaction networks between plants and aboveground arthropods or belowground symbiotic fungi.

研究分野：生態学

キーワード：種内変異 遺伝的多様性 形質 ゲノミクス 環境DNA ネットワーク

1. 研究開始当初の背景

現在、第6次大量絶滅や人新世という用語が広く受け入れられつつあり、かつてない規模と速度で生物多様性の喪失が進行していることが世界的に懸念されている。このような認識の広がりや背景に、生態系復元の取り組みがこの2~30年間に活発に行われてきた。また、国連は、2021年~2030年を生態系復元の10年と位置づけている。そして、これらの生態系復元においては、現存する種多様性や遺伝的多様性の回復や保全に着目した事業や研究が行われ、ニッチ理論、メタ個体群/群集理論、生物多様性 生態系機能の関係など、これまでに確立されてきた生態学理論が、それらの生態系復元のための基盤的概念を提供している。

中でも、ゲリラ豪雨などの極端現象の増加によって、地滑り・山腹崩壊等の災害が世界中で頻発するようになってきている。こうした災害に対して、より効果的で迅速な生態系復元法の開発と実装が、多様性保全と災害対策の2点から切実に求められる。

しかしながら、これまでの生態系復元に関する研究においては、その学問的発展が進んでいない点が3つ挙げられる。一つ目に、これまでの研究のほとんどは、主に植物群集にもつばら焦点を当ててきた。節足動物のような非植物群集を調査した研究や、多様な生物間の生物間相互作用ネットワークの再構築に関する研究はとても少ない。二つ目に、地滑り・山腹崩壊は、地震や豪雨などの確率的現象によって引き起こされる大規模攪乱であり、ほとんどの場合、各研究は、地理的・環境的条件(気候や植生など)が異なる単発的なケース・スタディとならざるを得ない。そのため、自然再生に関する法則性などの体系的理解はまだ不十分である(植生遷移についてのみ、その例外と言える)。そして、三つ目に、種内における変異(遺伝的変異や形質の変異)の役割について、ほとんど考慮されていない。基礎生態学・進化学の分野では、生物の迅速な進化や形質変異の意義についての研究発展が近年目覚ましい。例えば、種内の遺伝的変異は、集団の形質の状態に影響するだけでなく、周囲の生物・非生物要素との相互作用を通して生物群集の動態(個体群増加率・種組成)や生態系の機能(生産性・分解速度)に大きな影響を与える(Utsumi 2015, Kagiya et al. 2018)。すなわち、進化・共進化の歴史を背景として存在する種内における遺伝的変異や形質変異は、生態系復元の速度や方向性に対しても重要な影響をもたらすことが予測される。さらに重要なことに、大規模攪乱と生態系復元は、急激な環境変化(例えば、土壌汚染と浄化、伝統的環境管理の放棄と再開など)や、新規な生物移入(外部からの移植も含む)を伴うため、生態系復元において種内変異を考慮することは、適応/非適応の観点からきわめて決定的な意義を持つ可能性が考えられる。したがって、以上の3つの未解決の問題を克服し、生態系復元の体系化と最適化を目指す実証研究が必要である。

2. 研究の目的

本研究の目的は、森林生態系において、ゲノミクス・アプローチと大規模野外再生実験を融合させた実証アプローチによって、上にあげた3つの未解決問題を克服し、生態系復元の体系化と最適化に貢献する新しい知見を得ることである。特に、以下のような問いについて明らかにする。

- ・樹木の種多様性と遺伝的多様性の相互作用が森林再生にどのように寄与するか。その作用は節足動物群集にまで波及するのか。
- ・山腹崩壊後に徘徊性昆虫群集の多様性および機能形質はどのような応答を示すか。
- ・山腹崩壊後の実生定着に対し、植物間相互作用と土壌侵食はどのような影響を与えるか、そして、その際の遺伝的変異の空間構造はどのような特性をもつのか。
- ・山腹崩壊後の植栽や天然更新の樹木は、地上部節足動物や地下部微生物とどのような相互作用ネットワークを新たに構築するのか。
- ・種子に対する防衛シグナルの応用は、森林再生における実生の抵抗性の発現にどのような影響を及ぼすのか、その影響は長期的な成長の抑制や促進につながるのか。

【学術的独自性】 普遍的意義 国内外でさまざまな生態系復元事業が展開され、なかでも森林再生の取り組みは多い。しかし、その過程における進化の実態や、復元の効果や速度に対する種内変異や遺伝的変異そして遺伝的多様性の意義について全く明らかではない。本研究は、多地点で研究を行い、対象種を絞らないゲノミクスを活用する包括アプローチによって、普遍的意義に洞察を与える。多地点・大規模復元実験アプローチ 復元の取り組みでは、過去に損なわれた生態系の保全とモニタリングが中心となるため、個々の事例間で多くの条件が異なり厳密な比較が困難である。そのため、復元速度を制御する生物・物理環境因子について的一般原則が蓄積されにくく、方法論の新規開発が進まない。本研究は、異なる環境下にある多地点で同時に大規模再生実験を実施し、一般原則と状況依存性を検証する。

3. 研究の方法

本研究においては、以下に述べる三種類の皆伐試験地を設定することによって、森林再生に関する大規模野外実験を行った。

(1) 皆伐地における樹木の多様性操作実験

北海道大学中川研究林内の皆伐地(2017年~18年に皆伐)において、すべての樹木、下層植生、根、表土を除去し、多様性操作実験プロットを設定した。それぞれ3つの異なる自然個体群から、ダケカンバ、トドマツ、オノエヤナギの稚樹を採取し、この実験プロットに移植した。実験プロットは1m×1mの大きさで、合計64のプロットを作成した。各プロットには、24本の稚樹を基盤目状に植栽した。それぞれのプロットには、4つの植物種多様性処理のうちの1つが割り当てられた:ダケカンバ、トドマツ、オノエヤナギの各種の単植処理、3種すべてを均等に混合した混植処理。さらに、それぞれの半数のプロットについて、草食哺乳類による食害の影響を除去するため、防獣フェンスを設置し、草食の有無の処理を追加した。

この実験では、森林再生に関わる生態系機能としてもっとも重要な要素の一つと考えられる一次生産性を評価した。そして、正味の種多様性効果、選択効果、相補性効果を計算した。さらに同時に、それぞれの種の遺伝的多様性の効果を評価するため、この実験プロットに供した全個体からゲノムDNAを抽出し、ジェノタイピングを実施した。ジェノタイピングには、以下の2つの方法によってSNP情報を取得して行った:1) ddRAD-seq、2) UCEに着目したターゲットエンリッチメント。これにより、各プロットにおける遺伝的多様性を算出した。遺伝的多様性には、各遺伝子座における塩基の違いをシャノン・エントロピーとして計算し、全変異部位を通じた平均値によって求めた。加えて、試験地は斜面にあるため、ドローン空撮により地形の要素を測定しその効果も検討した。これらより、本実験では、種多様性効果・遺伝的多様性効果・地形効果の3つについて、森林再生に関わる生態系機能に与える影響を包括的に検討した。

さらに、樹木上から環境DNAを収集し、節足動物のメタバーコーディングを実施し、多様性の効果が節足動物群集にまで波及するかどうかを検証した。

(2) 山腹崩壊試験 ALES

北海道北部に位置する北海道大学天塩研究林、中川研究林、雨龍研究林において、人為的に山腹崩壊を模した大規模野外試験地を造成した(Artificial Landslide Experimental Sites; ALES, Makoto et al. 2024)。各研究林(地域)には、3カ所の天然林、1カ所のトドマツ人工林、1カ所の蛇紋岩天然林からなる5カ所において処理地を設定した。この5カ所には2つの反復試験地を設定し、3つの地域で合計30カ所の山腹崩壊試験地を造成した。山腹崩壊試験地の造成前(2019年)に、まず前植生を把握するため、樹木組成を調査した。天然林における基底部面積の割合は、以下の通りであった:シラカンバ19%、ミズナラ18%、トドマツ18%、シナノキ14%、イタヤカエデ12%、その他19%であった。林床はササで覆われており、その被覆率は90%以上であった。すべての人工林では、90%以上の樹木がトドマツであった。そして、2019年12月から2020年3月にかけて、4つの区画に均等に分割された40m×40mのエリアからすべての樹木を伐採・除去、2020年夏にブルドーザーで下層植生、根、表層土壌をほぼ完全に除去した(図1)。

この試験地では、以下の4つの研究を行った。

(2-1) 大規模攪乱に対する徘徊性昆虫の多様性の応答の解明

(2-2) 大規模攪乱後の実生の定着に対する植物間相互作用と土壌侵食の影響の解明

(2-3) 大規模攪乱後の新規加入実生における遺伝的変異とその空間構造の解明

(2-4) 大規模攪乱後に植栽樹木および自然更新樹木において新たに形成される相互作用ネットワークの特性の解明(地上部節足動物・地下部微生物)

(2-3)の遺伝的変異についてはMIG-seq法を適用してこれを評価した。(2-4)の相互作用ネットワークの解明には、地上部については環境DNAをもちいたメタバーコーディングを、地下部については根に共生する真菌のITS領域と根粒細菌*nifD-K*領域を対象としたメタバーコーディングを適用した。

(3) 堅果に対する防衛シグナル処理が実生の成長に与える長期的効果

北海道大学雨龍研究林に存在する皆伐地において、ミズナラ堅果播種による森林再生実験を行った。ジャスモン酸メチル(MeJA)とサリチル酸メチル(MeSA)という植物病害虫への防御を駆動するシグナル物質に暴露させる処理をミズナラ堅果に対して施した(それぞれ、1mM、3mM、5mMの異なる濃度での処理とコントロールを含む7処理)。このような防衛シグナル処理を施した堅果合計2800個を、上記の皆伐地に播種した。この播種の翌年(1年目)および3年目において、発生した実生/稚樹の生残率、成長率、昆虫による被食度、定着する植食性昆虫群集について記録し、堅果に対する防衛シグナル処理が、発芽後の被食抵抗性の発現に与える影響、そしてその成長に長期的に及ぼす影響について検証した。

4. 研究成果

(1) 生物多様性と生態系機能(BEF)理論によれば、種多様性は一次生産性などの生態系機能を高める。この関係は、山腹崩壊のような大規模攪乱後の森林再生をより効率的に行うために有用であると考えられる。しかし、BEFを大規模攪乱後の森林再生にどのように適用できるかは、よくわかっていない。第1に、最近までほとんどのBEF研究は、森林のような複雑な生態系ではなく草地に焦点を当てていた。第2に、これまでのBEF研究では、圃場を用いた均質な環境での実験アプローチが用いられてきたため、大規模攪乱後の不均質環境での効果は分かっていない。第3に、BEF研究、特に種多様性と遺伝的多様性が一次生産性に及ぼす影響に関する研究はそれ

それぞれ々に評価されてきたが、複数種の遺伝的変異を種多様性効果と同時に評価するような、種と遺伝的多様性の相互作用を評価した例はない。最後に、多様性の影響の時間的変化に関する知識も限られている。

BEF の知識と森林再生の応用を統合し、これらの問題を克服するため、方法において記した野外実験研究を行った。実験開始当初、種と遺伝的多様性の両方が増加した結果、哺乳類の食害が減少し、生産性が向上した。さらに、混植において、遺伝的多様性の種間差が、食害と生産性に及ぼす種多様性効果の大きさを改変することが分かった。しかし、重要なことに、種多様性の効果は数年後にはプラスからマイナスに転じた。しかし、遺伝的多様性が高いほど種多様性効果が高まるのが分かり、しかもこの効果は年を隔てても継続的にプラスであった。これらの結果は、今後の BEF 研究において、複数種群集にまたがる遺伝的多様性の影響を考慮することの重要性を示している。さらに、興味深いことに、斜度が急峻で、相対標高が低い地点ほど、種多様性効果も生産性も減少したが、構成する各種の遺伝的多様性が高いほど、この減少する作用を緩和することが分かった。種多様性×遺伝的多様性×地形という作用が包括的に明らかになった。

さらに、樹木から収集した環境 DNA のメタバーコーディングにより、節足動物群集の特性を明らかにすることができた。多様性処理の違いで群集構造が有意に異なることが明らかになった。

(2-1) 気候変動下で増加すると予測されている降水による地滑り・山腹崩壊は、節足動物群集の特性に大きな影響を与える可能性がある。しかし、地滑り・山腹崩壊という確率的現象を原因とする大規模攪乱の再現研究は困難であり、そのような大規模攪乱に対する節足動物群集の特性がどのように変化するかは理解は限られている。この問題に取り組むため、複数地点で多数の反復を有する人為的な山腹崩壊処理を施す大規模野外実験を行った。人工林と天然林にそれぞれ 40 m×40 m の山腹崩壊試験地 12 カ所と未攪乱地 6 カ所を設定し、その 1 年後に地上徘徊性昆虫の群集と調査した。その結果、森林タイプ(すなわち、攪乱前植生)は、徘徊性昆虫群集(攪乱地群集)の構造には影響を及ぼさなかったが、攪乱を受けていない群集の構造は森林タイプの影響を受けることがわかった。さらに、攪乱地群集と攪乱を受けていない群集の構造はまったく異なっており、これは、山腹崩壊という環境の劇的な変化が生態学的フィルターの役割を果たす過酷な環境を作り出しているためであろう。したがって、ニッチ選択プロセスが山腹崩壊地における群集形成に重要な役割を果たしていることが示唆された。一方、攪乱地群集と攪乱を受けていない群集の間では種多様性に有意な差は見られなかったことから、局所的な山腹崩壊によって種の多様度が減少することはないことが分かった。しかし、種組成の場所間変異は、攪乱を受けていない地点よりも攪乱地の群集の方がはるかに大きかった。この結果は、確率的な群集形成が未攪乱地点よりも攪乱地で優勢であったことを示唆している。さらに興味深いことに、機能形質の一つである体サイズは、攪乱地群集において未攪乱群集よりも優位に低下していることが分かった。全体として、少なくとも山腹崩壊後の初期段階では、決定論的プロセスと確率論的プロセスの両方が群集形成に重要であることが示され、さらに機能形質についても大きく異なるという一連の新たな知見が得られた(Furusawa et al. 2023)。

(2-2) 山腹崩壊試験地では、周囲の成木より種子散布がなされ、特に、トドマツとイタヤカエデの実生の一斉発芽が観察された。この二種を対象に、その各個体の詳細な空間マッピングを行った。さらに、山腹崩壊処理で露出した地肌においては雨水による土壌浸食が強く発生する。この土壌侵食の空間配置についても調査を行った。そして、各実生の空間配置がそれぞれの生残と成長に与える影響について、さらにその影響を土壌浸食がどのように改変してしまうのかを明らかにした。具体的には、トドマツもイタヤカエデも、同種個体が近隣に存在するほど生存率が向上すること、異種が近隣に存在するほど成長が向上することが分かった。これは土壌の物理的状況を改変することによる保護効果によるものと考えられた。言い換えれば、植物間の促進的相互作用が重要であるということである。さらに、土壌浸食がある場合に、この促進作用は検出されなくなり、さらには、土壌浸食がトドマツの生残を低下させることがわかったが、近隣のイタヤカエデの存在によるトドマツ実生の生残率促進という正の効果が検出された。このことは、植物間相互作用が、大規模攪乱後に特有のさらなる攪乱(土壌侵食)の負の影響を緩和するという効果があることを示す。

(2-3) 上記のトドマツ実生を対象に MIG-seq によるジェノタイピングと集団構造の解析を行った。その結果、一部には、試験地内部という空間スケールでも空間距離による隔離(IBC)が検出された。しかし、他の試験地では、そのような IBC 構造は検出されず、メタ解析的に全体を俯瞰した場合にも IBC 構造は見られなかった。さらに、各試験地における相対標高など空間配置によって遺伝的な構造が生じているかについても解析を進めたが、そのような特性も見られなかった。野外観察や 2-2 の結果も含めて考察すると、種子分散制限はあるものの、山腹崩壊地の露出した地肌を流れる雨水とそれによる土壌侵食が、種子の運搬とその定位に大きな影響を与えており、それにより、空間的な遺伝構造の形成は抑制され、むしろさまざまな遺伝的変異のある種子群が空間的に混在する状況が生み出されることが示唆された。さらに、加えて、遺伝的多様性を操作した圃場実験も行っており、それによれば再び生産性に対する遺伝的多様性の

正の効果が検出された。この結果は、(1)と(2-2)の結果もあわせて考察すると、近隣の同種個体の存在による促進作用は、ここでみられた雨水と土壌浸食による種子運搬作用が、遺伝的変異のミックス効果をもたらし、それによる多様性効果が寄与している可能性が考えられた。

(2-4)山腹崩壊後の森林再生において、樹木の地上部・地下部の双方での生態的ネットワークの形成を考慮する必要がある。なぜなら、地上部における節足動物からの食害や、地下部における微生物との共生関係は、稚樹や実生の定着や成長を著しく左右するためである。しかし、生態系復元に限らず、異なる種類の生態的ネットワーク(被食者 捕食者と相利共生など)を同一の系で統合的に評価した事例はほとんどない。そこで、植栽法と天然更新法という2つの森林再生アプローチに着目し、それぞれにおいて、地上部節足動物-植物-地下微生物の三者ネットワークの構造を包括的に明らかにした。具体的には、1)地上部に形成される節足動物-植物ネットワーク、地下部に形成される真菌または細菌-植物ネットワークの構造、2)二種の窒素固定植物の異なる植栽条件がネットワーク形成に与える影響、3)単一種の植物の天然更新における異なる環境条件がネットワーク形成に与える影響、4)植物を介在した地上部節足動物-地下部微生物の共起ネットワークの構造、の4点を分析した。

山腹崩壊試験地では、エゾヤマハギ単植、ケヤマハンノキ単植、および混植という3つの異なる植栽も実施している。ここで、ハギとハンノキは、斜度によって種の成長と生残率が変わるということが分かった(Makoto et al. 2024)。この植栽樹木において、地上部ネットワークは、入れ子度が帰無モデルより高く、相互作用特殊化度が帰無モデルよりも低いことが分かった。これは、ジェネラリストの定着が多いために起きている特性で、従来の植物-節足動物における敵対的ネットワークの特性とは異なる特性を持つことが分かった。対して、地下部ネットワークはモジュール度が高いという特徴を持っており、これは従来示されていた植物と共生微生物のネットワーク構造の特徴と合致している。以上より、森林再生初期において、植栽および天然更新によって地上部・地下部に形成されるネットワークは、それぞれ異なった特性を有していることが初めて明らかになった。また、ハンノキと共生する根粒細菌の遺伝的多様性における空間構造も明らかになった(Kagiya & Utsumi 2020)。

(3)ジャスモン酸やサリチル酸などの植物シグナル分子を植物に人為的に作用させ、抵抗性を誘導し、病害虫による被害を軽減することができる。最近では、誘導抵抗性の世代間伝達が報告されており、親植物が示す誘導抵抗性が、種子の生理的条件の変化を通じて次世代の抵抗性を高める。そこで、種子段階で防御シグナルを人為的に与えることで、世代間誘導抵抗性を発現させ、森林再生に供する稚樹の被食を減少させると考えた。この仮説をフィールド条件下の木本植物で検証した研究はない。5 mMのMeJA処理区では1年目および3年目で継続的に抵抗性が高まり、被食強度が対照区に比べて大きく減少した。また、植食性昆虫の定着も、5 mMのMeJA処理で同様に減少していた。一方、1年目および3年目の樹高に対するMeJAおよびMeSA処理の負の影響は認められなかった。しかし、3 mMのMeSA処理では、1年目と3年目の間での成長率が向上した。また、生存率および哺乳類による堅果除去率には処理による差は見られなかった。

シグナル処理による被食減少の影響は明確で、その効果は3年も持続した。特筆すべきは、いずれの処理においても稚樹成長が明らかに低下したわけではなく、むしろある特定の処理によっては成長速度が促進されたことである。このような応用策は、森林再生に有益であろう。

引用文献

- Furusawa J, Makoto K & Utsumi S (2023) A large-scale field experiment of artificially caused landslides with replications revealed the response of the ground-dwelling beetle community to landslides. *Ecology and evolution*, 13, e9939.
- Makoto K, Utsumi S, Zeng R, Mamiya W, Miyazaki T, Okuyama T, ... & Yoshida T (2024) Which native legume or non-legume nitrogen-fixing tree is more efficient in restoring post-landslide forests along an environmental gradient? *Forest Ecology and Management*, 554, 121672.
- Kagiya S & Utsumi S (2020) Spatial heterogeneity in genetic diversity and composition of bacterial symbionts in a single host species population. *Plant and soil*, 452, 513-527.
- Kagiya S, Yasugi M, Kudoh H, Nagano AJ & Utsumi S (2018) Does genomic variation in a foundation species predict arthropod community structure in a riparian forest?. *Molecular Ecology*, 27, 1284-1295.
- Utsumi S (2015) Feeding evolution of a herbivore influences an arthropod community through plants: implications for plant mediated eco evolutionary feedback loop. *Journal of Ecology*, 103, 829-839.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Furusawa Jumpei, Makoto Kobayashi, Utsumi Shunsuke	4. 巻 13
2. 論文標題 A large scale field experiment of artificially caused landslides with replications revealed the response of the ground dwelling beetle community to landslides	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Ecology and Evolution	6. 最初と最後の頁 1-12
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/ece3.9939	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 -
1. 著者名 Kucho Ken-Ichi, Tobita Hiroyuki, Utsumi Shunsuke, Uchiuni Toshiki, Yamanaka Takashi	4. 巻 0
2. 論文標題 Biology of actinorhizal symbiosis from genomics to ecology: the 20th International Meeting on Frankia and Actinorhizal Plants	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Forest Research	6. 最初と最後の頁 1~4
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1080/13416979.2022.2036417	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 Kagiya Shinnosuke, Utsumi Shunsuke	4. 巻 452
2. 論文標題 Spatial heterogeneity in genetic diversity and composition of bacterial symbionts in a single host species population	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Plant and Soil	6. 最初と最後の頁 513~527
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s11104-020-04583-4	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 門脇 浩明、山道 真人、深野 祐也、石塚 航、三村 真紀子、西廣 淳、横溝 裕行、内海 俊介	4. 巻 25
2. 論文標題 進化を考慮した保全生態学の確立と生態系管理に向けて	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 保全生態学研究	6. 最初と最後の頁 221~234
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.18960/hozen.1933	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 -

1. 著者名 鍵谷進乃介, 内海俊介	4. 巻 印刷中
2. 論文標題 昆虫群集を予測する樹木の種内変異	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 New Entomologist	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) 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 Makoto Kobayashi, Utsumi Shunsuke, Zeng Ruiqi, Mamiya Wataru, Miyazaki Tohru, Okuyama Tomohiro, Tanaka Fumiya, Yamada Takashi, Yoshida Toshiya	4. 巻 554
2. 論文標題 Which native legume or non-legume nitrogen-fixing tree is more efficient in restoring post-landslide forests along an environmental gradient?	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Forest Ecology and Management	6. 最初と最後の頁 121672 ~ 121672
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.foreco.2023.121672	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39件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 古澤惇平、小林真、内海俊介
2. 発表標題 山腹崩壊に対する徘徊性昆虫群集の応答 ~ 大規模実験で明らかにする ~
3. 学会等名 第38回個体群生態学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 嶋本直紀、米谷衣代、内海俊介
2. 発表標題 ヤナギ樹上のeDNA : 節足動物の種特異的検出とメタバーコーディング
3. 学会等名 第38回個体群生態学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 橋本一慶、内海俊介
2. 発表標題 地上-地下相互作用のネット ワーク構造を捉える
3. 学会等名 第69回日本生態学会大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 嶋本直紀、米谷衣代、内海俊介
2. 発表標題 環境DNAによる群集と種内変異の同時観測：野外での生態 進化相互連環の理解に向けて
3. 学会等名 第69回日本生態学会大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 古澤惇平、小林真、内海俊介
2. 発表標題 山腹崩壊が起きたとき徘徊性昆虫はどう応答するのか？大規模野外実験で明らかにする
3. 学会等名 第69回日本生態学会大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Shunsuke Utsumi
2. 発表標題 Effects of species and genetic diversity of northern forest trees in reforestation: temporal changes and contrast
3. 学会等名 第69回日本生態学会大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 古澤惇平、小林真、内海俊介
2. 発表標題 山腹崩壊は徘徊性昆虫群集をガラリと変える？～大規模実験による検証～
3. 学会等名 第69回日本生態学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 仲野友太、南雲優哉、米谷衣代、内海俊介
2. 発表標題 森林再生場に影響を与えるシカ食害と植物種多様性：環境DNAによって評価する
3. 学会等名 第69回日本生態学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 松浦輝、内海俊介
2. 発表標題 石狩浜海岸林における潜葉性昆虫群集の時空間動態解析
3. 学会等名 第69回日本生態学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 嶋本直紀、米谷衣代、内海俊介
2. 発表標題 環境DNA手法で植食性昆虫の集団の遺伝子頻度は推定できるのか？
3. 学会等名 第69回日本生態学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 南雲優哉、仲野友太、波多腰純也、内海俊介
2. 発表標題 野外観測で観測するハムシの迅速進化と群集動態のフィードバック・ループ
3. 学会等名 第69回日本生態学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 内海俊介
2. 発表標題 生態系機能に対する種多様性と種内多様性の統合効果
3. 学会等名 第69回日本生態学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 内海俊介
2. 発表標題 動物－植物相互作用の野外調査法入門
3. 学会等名 第37回個体群生態学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 古澤惇平、小林真、内海俊介
2. 発表標題 山腹崩壊は徘徊性昆虫群集をガラリと変える? ~ 大規模実験による検証 ~
3. 学会等名 第37回個体群生態学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 仲野友太、南雲優哉、米谷衣代、内海俊介
2. 発表標題 陸生節足動物の多様性は環境DNAでモニタリングできるか：森林再生場への活用
3. 学会等名 第37回個体群生態学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 南雲優哉、仲野友太、波多腰純也、内海俊介
2. 発表標題 野外で観測するハムシの迅速進化と群集動態のフィードバック・ループ
3. 学会等名 第37回個体群生態学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 嶋本直紀、米谷衣代、内海俊介
2. 発表標題 陸生植食性昆虫の環境 DNA 検出系の開発: ヤナギルリハムシの摂食実験アプローチ
3. 学会等名 第37回個体群生態学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tanada Aimi, Kobayashi Makoto, Utsumi Shunsuke
2. 発表標題 How do mammal herbivory, plant diversity, and plant genetic variation affect tree sapling productivity during early forest restoration?
3. 学会等名 第35回個体群生態学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 仲野友太、棚田愛美、南雲優哉、内海俊介
2. 発表標題 森林再生の波及効果:植物多様性とシカ食害の節足動物へのインパクト
3. 学会等名 第35回個体群生態学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 南雲優哉、仲野友太、内海俊介
2. 発表標題 野外観測データで検証する群集-進化フィードバック
3. 学会等名 第35回個体群生態学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 石黒智基、Marc T. J. Johnson、内海俊介
2. 発表標題 都市 - 郊外におけるシロツメクサの被食防衛適応形質の空間的変異
3. 学会等名 第35回個体群生態学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 寺田郁香、内海俊介
2. 発表標題 外来植物の地下部の無性繁殖形質は近隣個体の種内遺伝的特性の認識によって変化する
3. 学会等名 第52回種生物学会シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tanada Aimi, Kobayashi Makoto, Utsumi Shunsuke
2. 発表標題 Impacts of sapling biodiversity and mammal herbivory on ecosystem function and sapling genetic diversity during early forest restoration
3. 学会等名 第68回日本生態学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kagiya Shinnosuke, Utsumi Shunsuke, Yamazaki Haruka, Kobayashi Makoto
2. 発表標題 Meta-analysis of global revegetation after landslide disturbance
3. 学会等名 第68回日本生態学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 仲野友太、棚田愛美、南雲優哉、米谷衣代、内海俊介
2. 発表標題 森林再生の波及効果: 植物多様性とシカ食害の節足動物へのインパクト
3. 学会等名 第68回日本生態学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 南雲優哉、仲野友太、内海俊介
2. 発表標題 野外観測データで進化と群集のフィードバックを見ることが出来るか?
3. 学会等名 第68回日本生態学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 石黒智基、Marc T. J. Johnson、内海俊介
2. 発表標題 景観アプローチから明らかにする都市における植物の適応進化
3. 学会等名 第68回日本生態学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 寺田郁香、内海俊介
2. 発表標題 外来植物の地下繁殖形質は近隣株の遺伝的特性によってどう変わるか？
3. 学会等名 第68回日本生態学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 波多腰純也，内海俊介
2. 発表標題 河川全域調査でせまる：植食者群集の違いはハムシの異なる進化動態を駆動するのか？
3. 学会等名 日本生態学会北海道支部会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 波多腰純也，内海俊介
2. 発表標題 石狩川流域のハムシ個体群における迅速な進化動態
3. 学会等名 第35回個体群生態学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Aimi Tanada, Makoto Kobayashi, Shunsuke Utsumi
2. 発表標題 Assessing the validity of SNP-based allele frequency estimation of <i>Betula ermanii</i> through a pooled genotyping-by-sequencing approach
3. 学会等名 第67回日本生態学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 寺田郁香, 内海俊介
2. 発表標題 自己か非自己か：隣の株の遺伝的特性が外来植物の生産性と繁殖戦略を変えるか？
3. 学会等名 第67回日本生態学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松浦輝, 松尾歩, 佐藤光彦, 陶山佳久, 内海俊介
2. 発表標題 石狩浜カシワ・ミズナラ林の分断化パッチにおける潜葉性昆虫の群集構造
3. 学会等名 第67回日本生態学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 鍵谷進乃介, 九町健一, 内海俊介
2. 発表標題 相利共生の群集遺伝学：共生細菌群集は遺伝的類似則によって予測されるか？
3. 学会等名 第67回日本生態学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 内海俊介, 安東義乃, Marc Johnson
2. 発表標題 シロツメクサの都市適応か? 北海道内におけるHCN生産性の変異
3. 学会等名 第67回日本生態学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 橋本一慶、方玉琢、安東義乃、小林真、内海俊介
2. 発表標題 森林再生過程における地上 地下相互作用ネットワーク構造-節足動物 植物 根圏微生物の三者系に着目して-
3. 学会等名 第39回個体群生態学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Yuzhou Fang, Shunsuke Utsumi
2. 発表標題 Impacts of intra- and interspecific plant diversity and soil microbes on Herbivory Resistance
3. 学会等名 第39回個体群生態学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Yuzhou Fang, Shunsuke Utsumi
2. 発表標題 How does fine-scale geological heterogeneity after a landslide shape spatial structure of tree seedlings?
3. 学会等名 第71回日本生態学会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 内海俊介
2. 発表標題 地上-地下相互作用系からの進化群集生態学の展開
3. 学会等名 菌根共生からみた進化群集生態学 (招待講演)
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 小池 孝良、塩尻 かおり、中村 誠宏、鎌田 直人	4. 発行年 2023年
2. 出版社 共立出版	5. 総ページ数 280
3. 書名 木本植物の被食防衛	

〔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	門脇 浩明 (Kadowaki Komei) (30643548)	京都大学・白眉センター・特定准教授 (14301)	
研究分担者	吉田 俊也 (Yoshida Toshiya) (60312401)	北海道大学・北方生物圏フィールド科学センター・教授 (10101)	
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)	

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