

令和 元年 6 月 25 日現在

機関番号：12701

研究種目：国際共同研究加速基金（国際共同研究強化）

研究期間：2016～2018

課題番号：15KK0022

研究課題名（和文）気候変動に伴う種の損失を補償する機能的冗長性の存在可能性の検証（国際共同研究強化）

研究課題名（英文）Functional redundancy in the era of environmental changes (Fostering Joint International Research)

研究代表者

森 章 (MORI, Akira)

横浜国立大学・大学院環境情報研究院・准教授

研究者番号：90505455

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 10,700,000円

渡航期間： 6ヶ月

研究成果の概要（和文）：気候変動などの環境変動が著しい今、生態系が有する生物多様性と機能性・サービスの保全と復元において、科学的知見に基づくことがより重視されるようになってきている。本研究の結果、気候変動と土地改変の相互作用があること、環境変動に伴う将来予測をするために空間明示的なシナリオ構築が重要であること、積極的な人為介入を軸とした生態系管理が多様性の回復や保全に重要であること、そして、生物多様性が数多の生態系機能の源であることが示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

人間社会が必要とする生態系サービスの多くが生物多様性により支えられている。本研究課題では、人為的な温暖化や土地改変といった脅威にある生態系において、積極的な人為介入を含めた科学的知に基づく生態系管理により、生態系の有する多様性と機能性を保全することの重要性を示した。

研究成果の概要（英文）：It is becoming important for ecosystem management to be based on scientific evidence and theory. Here we have shown that climate change and land-use change have interactive effects, thus complicating issues of environmental changes and biodiversity crisis. To face such uncertainties, it is important to have spatially-explicit scenarios, which could be useful for active management intervention aimed at restoring and conserving ecological communities and ecosystem functions/services they provide.

研究分野：生態系管理学

キーワード：生物多様性 生態系機能 生態系サービス 気候変動 土地改変

1. 研究開始当初の背景

人間社会が自然から得ている恵み(生態系サービス)を保全するためには、多様な生物種の存在が必須である(Cardinale et al. 2012, Nature; Isbell et al. 2017, Nature). 言い換えると、人間社会を支えるにおいて、生物多様性の重要性はもはや概念的なものだけでは無い。気候変動をはじめとする環境変動が著しい現在、生物多様性自体の存続だけでなく、生物多様性に支えられる生態系機能や生態系サービスの存続が危惧されている。

本研究課題に先立って実施した研究課題では、北海道・知床の森林生態系を対象に、気候変動に伴う群集再構成のメカニズムと、再構成に伴う生態系機能の変化の双方を解き明かすことを目的とした。温暖化が生物多様性の変化を介して生態系機能に与える影響を評価した結果、気温の上昇に伴って生物種の構成は変化するものの、機能的多様性は維持されることが明らかになった(機能的冗長性)。しかし、温暖化に伴って増加すると考えられるエゾシカ食害(攪乱)を考慮に入れたシミュレーションを行うと、機能的冗長性が失われ生態系が脆弱化し得ることが分かった(Mori et al. 2015, Journal of Biogeography)。この研究成果は、温暖化という危機に直面している生態系を包括的に保全するための重要な知見を提示したものである。得られた知見は、実際の生態系管理に資する重要な成果である(朝日新聞科学欄 2015年4月30日掲載)。ところで、研究をより深化させ、一般化するためには、広域的な現象へと直目することも必要と考える。とくに、気候変動に伴い深刻化する事象のうち、「極端現象」の頻度・強度の増加に伴う自然災害の増大といった全球的に重大な関心事項について、研究のさらなる発展が急務である(Seidl et al. 2014, Nature Climate Change)。

2. 研究の目的

気候変動の文脈において、生物多様性の応答を知ることが関心を集めている(Mori et al. 2013, Biological Conservation)。緩和策に対する生物多様性の貢献としては、「炭素隔離」が挙げられる。理論に基づくと、陸域の生物多様性、特に森林生態系における樹木種の多様性の高さは、陸域の炭素吸収を高めることで、温暖化の影響を緩和する可能性がある(Mori 2018, Journal of Ecology)。適応策に対する生物多様性の貢献としては、「多様性による防災・減災」の考え方がある(たとえば、Kobayashi & Mori 2017, Environmental Management)。しかしながら、極端現象発生における自然災害リスクが多様性保全により低減できるのかどうかについては、科学的実証に欠けるのが現状である。生態系に生じる極端現象は社会的に災害となり得る一方で、自然界には普遍的に生じる「自然攪乱」である。現在、生態系の攪乱イベントは、土地利用や気候の変化といった人為と自然要因の相互作用により複雑化している。本研究課題では、攪乱体制の変化によって、「陸域生態系を炭素シンクからソースへと変え得ること」、「自然攪乱が社会的な災害になるリスクがあること」に着目している。前者は炭素吸収を促進する緩和策を、後者は極端現象に応じる適応策を、それぞれ無効化する可能性がある。さらには、「土地改変などの人為攪乱により生態系の多様性と機能性がどのように応答するのか」にも着目している。人為影響下でどのように多様性と機能性を担保するのかを知ることは、急務である。

そこで本課題では、概念的な整理、リモートセンシングによる観測データの解析、フィールドワークによる実証研究、プロセスモデルによる将来予測を組み合わせることで、「環境変動—生態系改変—多様性/機能性の変化」の相互関係について、包括的な理解を深めることを目指した。

3. 研究の方法

本研究課題では、気候変動と土地改変といった環境変動に対して、生物多様性と生態系機能/サービスがどのように応答するのかを評価した。まずは既存研究の網羅的な把握と整理を行った。次に、温帯域のさまざまな生態系を対象にして、ランドサット(LANDSAT)データの解析を行い、気候変動と攪乱体制の変化について網羅的な把握を行った。さらに、生態系の動態の詳細な把握のために、北海道・知床の森林生態系を対象として、航空写真やライダー(LiDAR)を用いた土地改変に対する生態系の応答の把握、野外観測と実験により生物多様性と生態系機能の測定を行った。そして、これらのデータを統合して、個体ベースモデルを用いて、将来的な生態系の変化予測を試みた。

4. 研究成果

(1) 生物群集がどのように環境変動に応答しつつ形成され維持されるのか、そしてその結果として生態系機能にどのような帰結がもたらされるのかについて、既存の知見を統合する総説論文を発表した。とくに、自然生態系では場所ごとに生物群集の構成が入れ替わる。このベータ多様性に着目し、いかにして場所ごとに多様な生物群集が維持されているのか、その結果と

して数多の生態系機能（多機能性）が維持されているのかについて、その背景にあるメカニズムを詳細に述べた。「環境変動 多様性の応答 機能性への帰結」のつながりを網羅的に論じた論文はこれまでになく、生物多様性研究に一石を投じた。

（２）世界中の 50 保護区の温帯林を対象に、その内外で森林攪乱パターンをランドサットデータで比較した。その結果、保護区外の人為影響下にある森林の方では攪乱パターンが単純化されていることが分かった（植林と伐採などによる）。ただし、暖かく乾燥した地域では山火事や干ばつなどの大規模攪乱が卓越しているために上記傾向が弱いこと、そして、全体として気候と攪乱の結びつきがみられるので今後の温暖化で山火事などの大規模攪乱が増えるかもしれないことも見出された。現状の全球植生モデルなどでは森林攪乱は十分に考慮されていないが、今回の結果のような実際のパターンをモデルに組み込むことが今後の気候変動対応に重要と推察された。

（３）北海道・知床国立公園の土地改変後の森林再生地を対象に、森林発達の指標となる樹高や林冠の被覆率といった林冠構造を決定する要因を明らかにした。そのために、北海道では国内外来種であるカラマツの空間配置に着目した。2004 年 6 月に取得された航空機 LiDAR のデータを用いて、樹高と林冠の被覆率を算出した。1960 年代から 1990 年代に植栽された人工林において植栽種ごとに樹高を比較すると、カラマツが高い傾向があり、カラマツ林が防風林として機能する可能性が考えられた。また、風上にカラマツ林が存在する林分では、カラマツ林からの距離が近いと樹高が高くなる傾向が見られた。樹種、植栽年、地形の他に、カラマツの空間配置が林冠構造にどのような影響を与えるか明らかにした上で、カラマツの防風機能により、カラマツが短中期的に森林再生に役立つ可能性が示唆された。気候変動に伴い、風攪乱などの変化が生じる可能性がある。本研究成果は、気候変動に伴う今後の森林動態の予測の一助となると期待される。

（４）北海道・知床国立公園の土地改変後の森林再生地を対象に、下層草本植物種の種名と被度を記録した。生態系機能は土壌生物化学プロセスに関連する項目、環境要因として土壌含水率や pH 等を測定した。多機能性解析には閾値アプローチを使用し機能間トレードオフを考慮した。機能的な重要度はシミュレーションを用いて算出した。その結果、種数だけでなく、空間的な種組成の違いも多機能性に強く関わることが見いだされた。また時間的な種組成の変化は、多機能性に対する種間の保険効果の存在を示唆した。これらのことから、自然群集では時空間的な種分布のばらつきが多機能性を支えていると考えられる。また、個々の種のもつ多機能性に対する重要度には種間差があり、周囲の環境変化や求める多機能性の水準によっても機能的な重要度が変動することが示唆された。言い換えると、個々の種が生態系機能に対して果たす役割は一律ではなく、個々の種は機能的に冗長ではないと言える。以上より、生態系の多機能性の維持には、種数だけでなく種組成の違いを考慮することが肝要である。現実社会の生物多様性保全においては、時空間範囲を考慮した上で個々の種に着目することが必要であると考えられた。

（５）気候変動などの環境変動が著しい今、生態系の保全と復元において科学的知見に基づくことがより重視されるようになってきている。本研究課題の対象地である北海道・知床国立公園の土地改変後の森林再生地では、科学的知見に基づく生態系管理が実行されている。当該値を対象とした上記研究で得られたデータは、個体ベースモデルの実測パラメータとして利用した。その結果、気候変動と土地改変の相互作用を定量的に評価し将来予測をするために、空間明示的なシナリオ構築が重要であること、外来種の利用などを含めた積極的な生態系管理が多様性の回復に重要であること、それらの結果としての生態系の機能性とサービスがどのように変化するか、あるいは担保されるのかを空間明示的に理解することの重要性が見いだされた。

5. 主な発表論文等 (研究代表者は下線)

[雑誌論文](計 2 件)

1. Mori AS, Isbell F, Seidl R (2018) β -diversity, community assembly and ecosystem functioning. *Trends in Ecology & Evolution* 33: 549-564. (査読有り)
2. Sommerfeld A, Senf C, Buma B, D'Amato A, Després T, Díaz-Hormazábal I, Fraver S, Frelich L, Gutiérrez A, Hart S, Harvey B, He H, Hlásny T, Holz A, Kitzberger T, Kulakowski D, Lindenmayer D, Mori AS, Müller J, Paritsis J, Perry G, Stephens S, Svoboda M, Turner M, Veblen T, Seidl R (2018) Patterns and drivers of recent disturbances across the temperate forest biome. *Nature Communications* 9: 4355. (査読有り)

[学会発表](計 3 件)

1. Akira S Mori (横浜国立大学) Biodiversity and the functioning of managed forests IUFRO125 2017年9月19日 フライブルグ大学
2. 鈴木紅葉 (横浜国立大学), 小林勇太 (横浜国立大学), Rupert Seidl (ウィーン天然資源大学), Cornelius Senf (フンボルト大学ベルリン), 森 章 (横浜国立大学) 森林再生地の林冠構造を決定する要因: LiDAR データによる解析 2019年3月17日 第66回日本生態学会年次大会 神戸国際会議場
3. 有働沙也佳 (横浜国立大学), Forest Isbell (ミネソタ大学), 藤井佐織 (森林総合研究所), 小林真 (北海道大学), 西澤啓太 (横浜国立大学), 岡田慶一 (横浜国立大学), 森 章 (横浜国立大学) 森林生態系における植物多様性と多機能性の時空間変動 2019年3月17日 第66回日本生態学会年次大会 神戸国際会議場

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年：
国内外の別：

○取得状況(計 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

研究協力者

〔主たる渡航先の主たる海外共同研究者〕

研究協力者氏名：Rupert Seidl

ローマ字氏名：Rupert Seidl

所属研究機関名：The University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna
(BOKU University)

部局名：Institute of Silviculture

職名：Associate professor

〔その他の研究協力者〕

研究協力者氏名：

ローマ字氏名：

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。