

令和 3 年 6 月 14 日現在

機関番号：12701

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18H02221

研究課題名（和文）湿原植物群集の過去50年間の多様性の変化と絶滅の負債の定量化に基づく保全策の提案

研究課題名（英文）Conservation implications based on diversity changes over 50 years and quantifications of extinction debt in moorland communities

研究代表者

佐々木 雄大（Sasaki, Takehiro）

横浜国立大学・大学院環境情報研究院・准教授

研究者番号：60550077

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 11,500,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、青森県八甲田山系に多数点在する湿原群を対象に、植物相調査、環境要因調査、植物の機能形質（葉の面積や重量、化学組成など）の調査を行った。

種分布と環境要因の関係性から種分布モデルを構築し、過去から現在にかけての湿原の面積減少の空間パターンをベースにした面積減少シミュレーションを行った。結果、面積減少に伴う種の消失は単純な比例関係にはなく、湿原ごとに多様性変化のパターンに差が生じる可能性が示唆された。また、湿原植物の種多様性は、対象湿原の周りにどの程度の数の湿原が過去に存在していたかに依存しており、現在の湿原植物相の多様性が過去の景観の影響を強く受けていることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

高山・亜高山帯に分布する湿原生態系は、世界的にも、生息地の分断化や気候変動に伴う環境変化に対して最も脆弱な生態系の一つであると懸念されている。本研究では、青森県八甲田山系に多数点在する湿原群を対象に、植物相調査、環境要因調査、植物の形質（葉の形や大きさ、重量など）の調査を行った。

出現した植物の種数は、対象とした湿原の周りにどの程度の数の湿原が過去に存在していたかに依存しており、現在の湿原植物相の多様性が過去の景観の影響を強く受けていることが示唆された。今回の結果は、気候変動が、山岳生態系における生息地の消失や分断化を通じて、生物多様性を将来的に脅かす可能性があることを示唆している。

研究成果の概要（英文）：In this study, we conducted a field survey on flora, environmental factors, and plant functional traits (e.g., leaf area and weight, chemical composition) in moorlands widely distributed across the Hakkoda Mountain range in Aomori Prefecture.

We established a species distribution model based on relationships between species spatial distribution and environmental factors, and performed an area reduction simulation based on the actual pattern of moorland area reduction from the past (1967) to the present (2019). The result suggests that the loss of species with area reduction does not exhibit a proportional relationship, and that there might be differences in the pattern of diversity change among the focal moorlands. In addition, species diversity of moorland plants depended on how many moorlands existed around the focal moorlands in the past, suggesting that current plant diversity in moorlands is strongly shaped by the past landscape.

研究分野：生物多様性科学

キーワード：生物多様性保全 絶滅の負債 機能的多様性 遺伝的多様性 景観変化 分断化

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年の人間活動はさまざまな生態系に影響を与え、生物多様性を変容させている。とりわけ、高山・亜高山帯に分布する湿原生態系は、世界的にも、生息地の分断化や気候変動に伴う環境変化に対して最も脆弱な生態系の一つであると懸念されている(Chapin et al. 2000)。概して、湿原生態系は限られた面積の中に高い多様性を保持しており、我が国においては重要な景観・観光資源となっている。多くの人々が、湿原の生物に存在価値や将来世代にとっての遺産的価値を見出していることは言うまでもなく、湿原における生物多様性の保全は人間にとってだけでなくそこにある生命にとっても根源的に重要である。

しかし、湿原のような自然生態系の多くは、直接的な人為影響を受けるわけではないため、実践的かつ効果的な生物多様性保全が実施されていないのが現状である。その理由として、主に2点が考えられる。1つ目は、生物多様性の保全に関する研究のほとんどが、現在の生物多様性の分布パターンとそのプロセスの解明に留まっており、保全を効率的に行うための保全の優先度付けの科学的根拠が不十分な点である(Stephens, Pettoelli, Barlow, Whittingham & Cadotte 2015)。2つ目は、生物多様性保全戦略を考える上で、生物多様性そのもの(たとえば、種の多様性や個体数)に焦点が当たっており、生物多様性が存続する基盤となる、生活史とその変容があまり注目されていないため、生物多様性が減衰した場合にその存続性にどのような影響が及ぶかが理解されていない点である(Morellato et al. 2016)。生物多様性の減少は地球規模で現在進行中の事象であることから、これらの点を克服し、自然生態系における生物多様性保全の方法論の構築を急ぐ必要がある。

2. 研究の目的

本研究課題では主に、以下の2点を明らかにした。まず、人間による直接的な攪乱をほとんど受けていない青森県八甲田山系の湿原群において、種や形質に関する潜在的な絶滅な負債の有無を検証した。湿原生態系は、環境変化や生息地の消失・分断に対して最も脆弱な生態系の一つである(Chapin et al. 2000)。実際、日本の多くの山岳湿原では急速に面積が減少しており、湿原特異的な種が局所的に絶滅するリスクがある(Jamin, Peintinger, Gimmi, Holderegger & Bergamini 2020)。維管束植物の現在の種の多様性(全種および湿原特異的な種の種数、全種のシャノンの多様度指数)と機能的多様性(functional diversity: 群集内の形質の変異)、過去(1967年、2003年)および現在(2019年)の航空写真に基づいたさまざまな空間変数(湿原の面積や周囲長、湿原の局所的な凝集度など)、地理空間情報、湿原における環境要因との関係性を解析した。

続いて、上記と同様の湿原生態系において、湿原の面積減少に伴い種がどのように消失していくかを、実際の面積減少パターンをふまえた面積減少シミュレーションによって明らかにした。具体的には、種分布と環境要因の関係性から種分布モデルを構築し、過去から現在にかけての湿原の面積減少の空間パターンをベースにした面積減少シミュレーションを行い、将来的な面積減少に伴う湿原植物の多様性変化の予測を行った。本研究では、種分布の空間的な異質性を考慮に入れ、過去から現在の湿原の空間状況の把握をベースとした面積減少シミュレーションを行うことによって、これまでに比して精度の高い多様性変化予測を行った。

3. 研究の方法

3 - (1). 研究地域

研究地域は、日本の北部、青森県の八甲田山系(40°41'N、140°52'E、1584m a.s.l.)に位置している。気象庁によると、酸ヶ湯気象観測所(40°38.9'N、140°50.9'E)における2009年から2018年までの年間最大積雪深、平均気温、降水量は、それぞれ3~6m、5~6°C、1600~2200mmであった。

調査地には多くの湿原が存在するが、そのほとんどは更新世の大噴火の後に地面に降り積もった火山灰の層の窪みに形成されたものであり、その他は緩やかな斜面の雪田に形成されたものである。

湿原の面積や空間配置などの地理的な特性と、標高、気温、pH、電気伝導度などの環境要因の傾度を考慮して、20の湿原サイトを選定した。対象湿原の植物群集は、ヌマガヤ(*Moliniopsis japonica*)、ワタスゲ(*Eriophorum vaginatum*)、キンコウカ(*Narthecium asiaticum*)が優占する群集である(Sasaki et al. 2013)。

八甲田山系の湿原群では、湿原の消失と分断化が進んでおり、調査対象とした20の湿原の面積は、約50年間で平均45.04%も急激に減少した(図1)。人間の直接的な影響は少ないと考えられ、近年の気候変動に伴う春の雪解け早期化が、低木種の拡大を促進し、湿原の喪失や分断化につながっている可能性がある。

3 - (2). 植物データの収集

各湿原サイト内に、少なくとも20m(20-200m)の距離を離して、空間的に均等に6つの20mトランセクトを配置し、各トランセクト上に5m間隔で1×1mの方形区を5つ設置した。20サイトで計120トランセクトに沿って合計600個の方形区を設置した。2018年8月、各コードラートにおける各種の被度を記録した。研究地域全体で80種の維管束植物を記録した。各サイトにお

ける6つのトランセクトとそのトランセクト上の30の方形区から得られたデータをプールし、サイトごとの種組成マトリクスを作成した。このマトリクスに基づいて、種数とシャノンの多様性指数を算出した。

3 - (3). 植物形質データの収集

葉の乾重、葉の高さ、葉の単位面積あたりの乾重、葉面積、葉のフェノロジー、根の乾重あたりの長さ、根の長さ、生活型、生育型、栄養獲得戦略、クローナリティ、開花開始/終了月、分散様式、受粉様式の形質データを収集した。これらの形質は、種と環境の相互作用や、成長・繁殖・生存という植物の普遍的な機能を決定する資源(光や栄養)を獲得する種的能力に重要な役割を果たす。野外調査および既存の日本の植物誌に掲載されている情報を用いて、形質データを収集した。これらのデータは、野外で測定可能な葉および根の形質の場合と同様、生活型、生育型、栄養獲得戦略、分散様式、受粉様式など、大多数の種で利用可能な情報の範囲に限定して収集した。結果、解析では、合計で53種の形質データを用いた(種-形質マトリクスに欠損値なし)、形質データの収集は、2018年8月および2019年8月に行った。

3 (4). 環境要因の測定

土壌水分計(DIK-311F;大起理化学工業株式会社、日本、埼玉) pH計、EC計(pH-22BおよびB-173;株式会社堀場製作所、日本、京都)を用いて、各方形区(n=600)に近接する場所で、土壌溶液の土壌水分(%), pH、電気伝導度(EC; $\mu\text{S cm}^{-1}$)をそれぞれ測定した。土壌水分(体積含水率)は、各地点で最後に降雨があった日から少なくとも3日をあけて、測定した。土壌水分、pH、ECの傾度は、亜高山帯の湿原生態系における植生分布を規定する主要な要因であることが知られている(Sasaki et al., 2013)。土壌水分、pH、ECのデータは、各サイトレベルで平均した。また、各サイトの方形区周辺におけるこれらの変数の変動係数を算出した(この変動係数を各サイト内での環境要因の異質性の指標とした)。温度ロガー(U23-001 HOBO Pro V2 Temp/RH Data Logger; Onset Computer Corp., Bourne, MA, USA)を各サイトの周囲の木陰の地上120cmに設置し、植物生育期間である7月から9月まで1時間ごとに気温($^{\circ}\text{C}$)を測定し、この期間の各サイトの平均値を算出した。方形区の環境要因の測定は2018年8月に行った。

さらに、方形区レベルの種組成と環境要因の関係から構築した種分布モデル(下記3.6.2を参照)を外挿し、各サイト全体の種分布を把握するため、ArcGIS(バージョン10.6, ESRI, Redlands, CA, USA)を用いてあらかじめ区切られたグリッド(多くの湿原サイトでは20m四方、面積が大きな湿原サイトでは40m四方)ごとに環境要因の測定を行った。測定項目はコードラートと同様で、pH、EC、土壌含水率、ミズゴケ類の被度を測定した。測定はそれぞれ3回ずつ行い、測定する3点はグリッド内の環境の差を考慮するため、距離を離してランダムな3点とした。pH、EC、土壌含水率の測定に用いた機器類は上記と同様のものを使用した。グリッドごとの環境測定は2019年8月に行った。

3 (5). 空間要因の抽出

過去(1967年と2003年)と現在(2019年)の航空写真と、面積、カーネル密度(対象湿原サイト周辺の湿原の空間的凝集度の指標)、平均標高などの地理空間情報に基づいて、対象湿原サイトを記述する一連の空間変数を算出した。標高、面積や孤立度などの物理的特性は、湿原生態系における局所的な絶滅や移入のプロセスを通じて、植物種の分布に規定する主要な要因となる(Sasaki et al., 2013)。航空写真を立体視で確認した後、ArcGIS(バージョン10.6, ESRI, Redlands, CA, USA)を用いて、調査地域内の湿原の周囲を囲い、地図化した。各湿原の面積は、湿原内の樹木パッチは除いて推定した。航空写真のデジタル化や空間変数の算出方法については、Sasaki et al. (2012)に詳しい。

各湿原の面積(m^2)と、対象となる湿原サイトのポリゴンの重心と他の湿原のポリゴンの重心の間のユークリッド距離(km)を求めた。また、ArcGISのSpatial Analystを用いて、各湿原の重心を中心としたカーネル密度関数を求め、10mセル単位でカーネル密度を算出した。この分析では、各湿原サイトで200m、500m、2000mの探索半径を使用し、局所的なスケールでの湿原の空間的な凝集度(すなわち、局所的な湿原の連結性)の探索的な推定を行った。セルごとに推定されたカーネル密度の値を、対象湿原サイトに属する全セルで平均し、この値を対象湿原サイト周辺の湿原の空間的凝集度の指標とした。対象湿原サイトがもともと近隣の湿原に囲まれていたり、局所的に分断されていたりすると、湿原サイト内のカーネル密度の推定値は相対的に高くなる。このようにして、1967年、2003年、2019年の3つの期間で、面積およびカーネル密度を算出した。標高(m)は、1:25,000地形図から作成した10m解像度のデジタル標高モデルを用いた。各湿原の10mセルごとに標高データを平均して、全ての湿原サイトの平均標高を求めた。

3 - (6). データ解析

3 - (6) - . データ解析 (絶滅の負債の有無の検証)

全種および湿原特異種の種数、全種のシャノンの多様性指数、機能的多様性(Raoの指数)の標準効果サイズ(種数の影響を考慮するため)と、空間(1967年、2003年、2019年の面積、カーネル密度)および環境変数(標高、夏季の気温、pH、EC、土壌水分の平均値、pH、EC、土壌水分の変動係数)の関係性を、湿原サイトレベルで一般化線形モデルを用いて解析した。モデル

において、種数（全種および湿原特異種の両方）については、誤差構造にポアソン分布を、シャノンの多様度指数および機能的多様性については誤差構造に正規分布を仮定した解析を行った。シャノンの多様度指数および機能的多様性は、種-サイトのマトリクスに基づいて計算した。

まず、主成分分析（PCA）を用いて、8つの環境変数の次元を下げた。PCAの第1軸と第2軸によって、全分散の68.8%が説明された。次に、説明変数間の多重共線性を確認した。その結果、説明変数として、1967年および2019年の各湿原サイトの面積およびカーネル密度（検索半径500mのみ）、各湿原サイトのPCAの第1軸および第2軸のスコア、計6つの説明変数をモデルに使用した。

AICが最小のモデルをベストモデルとし、 ΔAIC_i 値が2未満であるモデル*i*を、モデルベース推論に従ったベストモデルと同等であると仮定した。 ΔAIC_i 値は、 $AIC_i - AIC_{min}$ として計算した。次に、選択された各モデルのAkaike weightをかけた係数の合計として、モデル平均係数（model-averaged coefficients）を計算した。変数の相対的重要性は、ある説明変数について、その変数を含むすべてのモデルのAkaike weightの合計として計算した。すべてのデータ分析は、R（バージョン3.6.0）を用いて行った。

3 - (6) - データ解析（種の空間分布と湿原面積の実際の減少パターンを考慮した面積減少シミュレーション）

各湿原内のグリッドの種組成を環境要因から予測するため、Species Distribution Model（以降SDM）を一般化線形混合効果モデル（GLMM: generalized liner mixed-effects model）、一般化加法混合効果モデル（GAMM: generalized additive mixed-effects model）およびランダムフォレストの3種類のモデルを用いて構築した。SDMはそれぞれの種の分布パターンと環境要因の関係を統計モデルにより解析することで、その種の生息にとって重要な環境を定量的に評価する手法である。

モデルの精度確認の手続きを経て、予測モデルが機能する種（結果、30種）を対象に、モデル選択で選ばれたSDMを用いて、各湿原における各グリッドの環境要因から各種の出現（不在）を予測した。予測は湿原ごとに行った。

4. 研究成果

4 - (1). 絶滅の負債の有無の検証（Makishima et al. 2021）

生息地の消失や分断化は、しばしば「絶滅の負債」と呼ばれる絶滅の遅れを引き起こす。絶滅の負債の有無を理解することで、生息地の回復や保全活動を通じて、将来の絶滅リスクを軽減できる可能性がある。人間による直接的な攪乱にさらされている様々な生態系（森林の分断化や、都市化による生息地の分断化など）における絶滅の負債を予測する研究例は多く存在するももの、人間による直接的な攪乱がほとんどない自然生態系における潜在的な絶滅の負債については、ほとんど研究が行われていない。

八甲田山系の湿原群では、湿原の消失と分断化が進んでおり、対象20湿原の面積は、約50年間で平均45.04%も急激に減少した（図1）。本テーマではまず、八甲田山系の湿原生態系において、種の多様性と機能的多様性（群集内での形質の変異）における潜在的な絶滅の負債を調べた（Makishima et al. 2021）。全種と湿原特異種の種数は、対象湿原サイトの過去（1967年）のカーネル密度（対象湿原の周辺に湿原が空間的に凝集している程度を表す指標）で説明されたが、対象湿原サイトの過去の面積では説明されなかった（図2）。この結果は、亜高山帯の湿原生態系における潜在的な絶滅の負債の存在を示唆するものである。カーネル密度がより高い湿原は、元々その湿原がより近隣の湿原に囲まれていたか、あるいは局所的に高度に分断化を経験したことを示している。現在の植物種数のパターンは、時間の経過とともに消えていった湿原の歴史的な空間配置によって形成されていると考えられる。一方で、機能的多様性と各湿原の過去および現在の空間変数との間には、有意な関係は見られなかった。湿原生態系における形質の収斂傾向があるために、生息地の消失や分断化に対する機能的多様性の応答は種数の応答に比べて鈍い可能性がある。

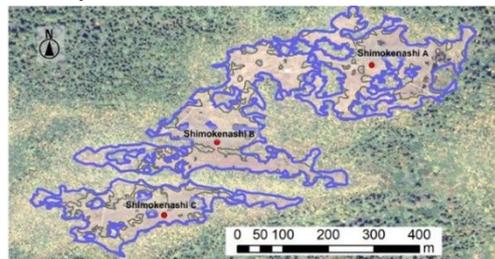


図1. 八甲田山系の下毛無岱湿原における過去（1967年）から現在（2019年）にかけての面積減少。1967年の湿原周囲を紫色の線で、2019年は黒色の線で示している。

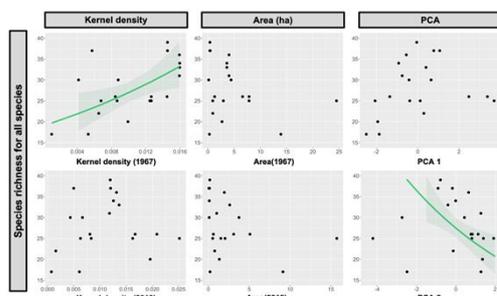


図2. 各湿原サイトにおける全種の種数と過去・現在の面積およびカーネル密度、環境要因（PCA1および2）との関係性。実線は有意な回帰直線、灰色のバーは95%信頼区間を表す。

4 - (2) . 種の空間分布と湿原面積の実際の減少パターンを考慮した面積減少シミュレーション (Makishima et al. 投稿準備中)

種分布と環境要因の関係性から種分布モデルを構築し、過去から現在にかけての湿原の面積減少の空間パターン(図 1) をベースにした面積減少シミュレーションを行い、将来的な面積減少に伴う湿原植物の多様性変化の予測を行った。従来の多様性予測では、種数と面積の関係性を基に、面積減少によって種数が単調減少することが前提として、種数減少が予測されており、面積減少に伴う種数の減少幅を過大評価している可能性が指摘されていた。本課題では、種分布の空間的な異質性を考慮に入れ、過去から現在の湿原の空間状況の把握をベースとした面積減少シミュレーションを行うことによって、これまで以上に精度の高い多様性変化予測を行った。

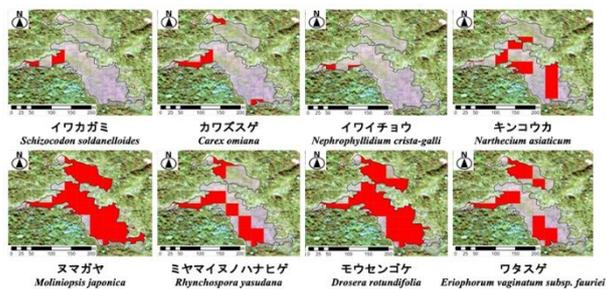


図 3 . 種分布モデルによる種の空間分布の予測 (ある 1 湿原での事例) . 赤色が在の予測となったグリッド . 図中の 8 種は湿原特異的な種である .

種分布モデルによって精度良く予測できたのは、出現種 72 種中、30 種となった。その 30 種を対象とした面積減少によるシミュレーションによって、多くの湿原で、ランダムな面積減少より

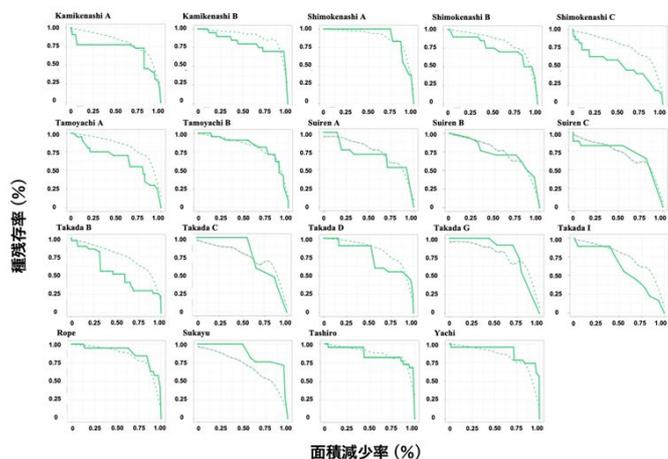


図 4 . SDM で予測可能な 30 種全種に対して行った面積減少シミュレーション . 緑色実線は、現実的に起こりうる面積減少のシミュレーション、破線はランダムな面積減少のシミュレーションによる種数減少の軌跡を表す . 縦軸は、種の残存率 (%) を示す .

り、将来的な面積減少によって種の多様性が失われやすい可能性がある。一方で、いくつかの湿原では、ランダムに面積減少が起こる方が現実的に起こりうる面積減少が起こるよりも、種の消失速度がより大きくなることが明らかになった。このような湿原では、出現種が湿原内である程度広範囲に分布しており、空間的に偏りを持った面積減少に対して種の多様性が失われにくい可能性が考えられる。以上により、面積減少と種の消失は一樣に起こらず、生息地ごとに種分布と面積減少の仕方に応じて種の減少のパターンに差が生じる可能性が明らかになった。

< 引用文献 >

- Chapin, F. S., Mcguire, A. D., Randerson, J., Pielke, R., Baldocchi, D., Hobbie, S. E., ... Running, S. W. (2000). Arctic and boreal ecosystems of western North America as components of the climate system. *Global Change Biology*, 6(SUPPLEMENT 1), 211–223. doi: 10.1046/j.1365-2486.2000.06022.x
- Jamin, A., Peintinger, M., Gimmi, U., Holderegger, R., & Bergamini, A. (2020). Evidence for a possible extinction debt in Swiss wetland specialist plants. *Ecology and Evolution*, 10(3), 1264–1277. doi: 10.1002/ece3.5980
- Makishima, D., Sutou, R., Goto, A., Kawai, Y., Ishii, N., Taniguchi, H., ... Sasaki, T. (2021). Potential extinction debt due to habitat loss and fragmentation in subalpine moorland ecosystems. *Plant Ecology*, 222(4), 445–457. doi: 10.1007/s11258-021-01118-4
- Morellato, L. P. C., Alberton, B., Alvarado, S. T., Borges, B., Buisson, E., Camargo, M. G. G., ... Peres, C. A. (2016). Linking plant phenology to conservation biology. *Biological Conservation*, 195, 60–72. doi: 10.1016/j.biocon.2015.12.033
- Sasaki, T., Katabuchi, M., Kamiyama, C., Shimazaki, M., Nakashizuka, T., & Hikosaka, K. (2012). Nestedness and niche-based species loss in moorland plant communities. *Oikos*, 121(11), 1783–1790. doi: 10.1111/j.1600-0706.2012.20152.x
- Sasaki, T., Katabuchi, M., Kamiyama, C., Shimazaki, M., Nakashizuka, T., & Hikosaka, K. (2013). Variations in species composition of moorland plant communities along environmental gradients within a subalpine zone in northern Japan. *Wetlands*, 33(2), 269–277. doi: 10.1007/s13157-013-0380-6
- Stephens, P. A., Pettorelli, N., Barlow, J., Whittingham, M. J., & Cadotte, M. W. (2015). Management by proxy? The use of indices in applied ecology. *Journal of Applied Ecology*, 52(1), 1–6. doi: 10.1111/1365-2664.12383

ランダムな面積減少よりも実際の面積減少のしやすさに基づく減少シミュレーションの方が、種の減少割合が大きくなった(図 5) . しかし、いくつかの湿原ではランダムな面積減少の方が種の減少割合が大きくなった。また、湿原特異種のみを対象としたシミュレーションによる種の減少傾向は、全種を対象に行ったシミュレーションによる種の減少傾向と類似していた。面積減少シミュレーションの結果から約半数の湿原において、ランダムよりも現実的に起こりうる面積減少をシミュレーションの方が、種の消失が起こりやすいことが明らかになった。このような湿原では、面積減少が起こりやすいグリッドに出現する種が偏って分布してお

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Makishima Daichi, Sutou Rui, Goto Akihito, Kawai Yutaka, Ishii Naohiro, Taniguchi Hayami, Uchida Kei, Shimazaki Masaya, Nakashizuka Tohru, Suyama Yoshihisa, Hikosaka Kouki, Sasaki Takehiro	4. 巻 222
2. 論文標題 Potential extinction debt due to habitat loss and fragmentation in subalpine moorland ecosystems	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Plant Ecology	6. 最初と最後の頁 445 ~ 457
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11258-021-01118-4	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 Tachibana Kousuke, Uchida Kei, Aiba Masahiro, Sasaki Takehiro	4. 巻 121
2. 論文標題 National geographic distribution and number of TV nature programs across the Japanese archipelago	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Ecological Indicators	6. 最初と最後の頁 107054 ~ 107054
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ecolind.2020.107054	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 Koyata Hiroki, Iwachido Yuki, Inagaki Keiko, Sato Yuichi, Tani Mitsukiyo, Ohno Keiichi, Sadohara Satoru, Sasaki Takehiro	4. 巻 58
2. 論文標題 Factors determining on-site perception of ecosystem services and disservices from street trees in a densely urbanized area	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Urban Forestry & Urban Greening	6. 最初と最後の頁 126898 ~ 126898
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ufug.2020.126898	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13件（うち招待講演 1件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 富高まほろ, 内原彰子, 松原夏生, 土橋由依, 後藤亮仁, 佐々木雄大
2. 発表標題 生物多様性に対する人々の知覚とその要因：都市公園と自然公園における検証
3. 学会等名 日本生態学会第67回大会（名古屋）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 巻島大智, 須藤瑠衣, 後藤亮仁, 石井直浩, 谷口快海, 河井勇高, 内田圭, 彦坂幸毅, 佐々木雄大
2. 発表標題 種分布と湿原面積減少の空間パターンから湿原生態系の多様性変化を予測する
3. 学会等名 日本生態学会第67回大会(名古屋)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松原夏生, 内田圭, 橘太希, 巻島大智, 後藤亮仁, 内原彰子, 佐々木雄大
2. 発表標題 標高の異なる山岳湿原群における植物 - 送粉昆虫ネットワーク構造の検証
3. 学会等名 日本生態学会第67回大会(名古屋)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 石井直浩, 松尾歩, 廣田峻, 佐藤光彦, 後藤亮仁, 谷口快海, 河井勇高, 須藤瑠衣, 巻島大智, 彦坂幸毅, 佐々木雄大, 陶山佳久
2. 発表標題 湿原植物群集における種多様性と遺伝的多様性の比較解析
3. 学会等名 日本生態学会第67回大会(名古屋)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 吉竹勇太郎, 後藤亮仁, 巻島大智, 岩知道優樹, 彦坂幸毅, 佐々木雄大
2. 発表標題 山岳湿原における雪解け時期の違いと植物種組成・多様性との関係
3. 学会等名 日本生態学会第67回大会(名古屋)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 河井勇高, 谷口快海, 石井直浩, 後藤亮仁, 巻島大智, 須藤瑠衣, 陶山佳久, 佐々木雄大, 彦坂幸毅
2. 発表標題 湿原植物の葉・茎・根形質と生育環境要因の関係
3. 学会等名 日本生態学会第67回大会 (名古屋)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 巻島大智, 須藤瑠衣, 後藤亮仁, 石井直浩, 谷口快海, 河井勇高, 内田圭, 陶山佳久, 彦坂幸毅, 佐々木雄大
2. 発表標題 湿原の縮小・分断化と湿原植物の多様性:局所絶滅の遅れに着目して
3. 学会等名 日本生態学会第66回大会 (神戸)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石井直浩, 松尾歩, 廣田峻, 後藤亮仁, 谷口快海, 河井勇高, 須藤瑠衣, 巻島大智, 彦坂幸毅, 佐々木雄大, 陶山佳久
2. 発表標題 MIG-seq法による八甲田山系湿原優占植物種の遺伝的多様性解析
3. 学会等名 日本生態学会第66回大会 (神戸)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐々木雄大
2. 発表標題 生態系の生物多様性をとらえなおす
3. 学会等名 日本生態学会第66回大会 (神戸)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 谷口快海, 石井直浩, 後藤亮仁, 河井勇高, 巻島大智, 須藤瑠衣, 陶山佳久, 佐々木雄大, 彦坂幸毅
2. 発表標題 八甲田湿原における泥炭蓄積速度の環境依存性
3. 学会等名 日本生態学会第66回大会 (神戸)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐々木雄大
2. 発表標題 生物多様性の変容がもたらす生態系機能の変化：これまでの研究体系、近年のトレンドとこれから
3. 学会等名 第34回個体群生態学会大会 (東京) (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 後藤亮仁, 巻島大智, 須藤瑠衣, 石井直浩, 谷口快海, 河井勇高, 内田圭, 陶山佳久, 彦坂幸毅, 佐々木雄大
2. 発表標題 湿原生態系における花の面的分布を広域的に把握する：ドローンと機械学習を用いた試み
3. 学会等名 日本生態学会第66回大会 (神戸)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松原夏生, 内田圭, 佐々木雄大
2. 発表標題 山岳湿原における生物地理学的要因・環境要因が植物 送粉昆虫相互作用に与える影響
3. 学会等名 日本生態学会第68回大会 (岡山)
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計4件

1. 著者名 佐々木雄大	4. 発行年 2019年
2. 出版社 京都大学出版会	5. 総ページ数 446
3. 書名 生物多様性と生態系機能：実験系から自然群集・生態系へ．門脇浩明・立木佑弥編『遺伝子・多様性・循環の科学：生態学の領域融合へ』	

1. 著者名 佐々木雄大	4. 発行年 2018年
2. 出版社 文一総合出版	5. 総ページ数 236
3. 書名 乾燥草原で、生物多様性の役割を考える．小林真・工藤岳（編）『生物学者、地球に行く - まだ知らない生きものを調べに、深海から宇宙まで - 』	

1. 著者名 横浜国立大学都市科学部	4. 発行年 2021年
2. 出版社 春風社	5. 総ページ数 1052
3. 書名 都市科学事典	

1. 著者名 日本沙漠学会	4. 発行年 2020年
2. 出版社 丸善出版	5. 総ページ数 534
3. 書名 沙漠学事典	

〔産業財産権〕

〔その他〕

Laboratory of Community and Landscape Ecology
<http://www.sasa-lab.ynu.ac.jp/pukiwiki-151/index.php?Laboratory%20of%20Community%20and%20Landscape%20Ecology>
 Laboratory of Community and Landscape Ecology
<http://www.sasa-lab.ynu.ac.jp/pukiwiki-151/index.php>

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	陶山 佳久 (Suyama Yoshihisa) (60282315)	東北大学・農学研究科・准教授 (11301)	

	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
連携研究者	彦坂 幸毅 (Hikosaka Kouki) (10272006)	東北大学・生命科学研究科・教授 (11301)	

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