

課題名 D-1008 生物多様性情報学を用いた生物多様性の動態評価手法および環境指標の開発・評価

課題代表者名 伊藤元己 (東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻広域システム科学系教授)

研究実施期間 平成22～24年度

累計予算額 132,148千円 (うち24年度 40,280千円)
予算額は、間接経費を含む。

本研究のキー 生物多様性情報、Ecological Metadata Language、DarwinCore、生物多様性指標、ワード(5～10 森林生態系、農業生態系、陸水生態系、Ecological niche modeling 個以下程度)

研究体制

- (1) 生物多様性情報総合基盤システムの作成と分布推定
(東京大学)
- (2) 森林生態系の生物多様性情報の集積・各生態系の生物多様性環境指標作成・評価
((独) 森林総合研究所)
- (3) 農業生態系の生物多様性情報の集積・各生態系の生物多様性環境指標作成・評価
((独) 農業環境技術研究所)
- (4) 陸水生態系の生物多様性情報の集積・各生態系の生物多様性環境指標作成・評価
(九州大学)
- (5) リモートセンシング情報の集積と複合環境の指標作成・評価
((独) 国立環境研究所)
- (6) 生物多様性予測モデルの作成・解析
(横浜国立大学)

研究概要

1. はじめに (研究背景等)

生物多様性条約では第6回締約国会議COP6で「締約国は現在の生物多様性の損失速度を2010年までに顕著に減少させる」という2010年目標が採択された。この目標の達成状況は、2010年に開催されたCOP10において評価されたが、十分な科学的根拠に基づく評価とはいえず、不十分なものだった。その原因として、1) 潜在的に多数存在する生物多様性調査結果の情報公開と集積が十分でなく、各研究者は断片的な情報のみしか利用できなかった、2) 各生物種の個体数や生育地の減少率など、生物多様性動態を推定する方法が確立していなかった、などがあげられる。このような状況を打破し、2020年目標の科学的な根拠に基づく評価をするためには、可能な限りの生物多様性情報の集積と統合を行い、その情報に基づいた生物多様性評価手法を新たに開発する必要がある。このような要求は、生物多様性及び生態系サービスに関する政府間科学政策プラットフォーム(IPBES)の活動においても強く求められている。情報技術の発展に伴い、この10年間に生物多様性を扱う生物多様性情報学が発展してきた。その結果、多量の生物分布情報や環境情報の処理、それに基づく生物分布予測などを行うEcological Niche Modelingなどの手法が開発され、実際に研究や政策決定に使用可能となった。また、リモートセンシング技術も格段に進歩し、詳細な衛星画像情報などが利用可能となった。本研究は、最新の生物多様性情報学技術を用い、従来の手法をさらに発展させ、広域における生物多様性の動態評価手法を確立しようとする先導的なものである。本研究で開発する方法は、我が国の生物多様性施策に貢献するだけでなく、他の国や地域でも使用可能であり、日本のみならず国際的な生物多様性評価に大きく貢献すると思われる。

2. 研究開発目的

現在、科学的根拠に基づいた生物多様性の質的・量的変化の推定と予測が強く求められている。そのため、基礎的情報のモニタリング(過去についてはさまざまなソースからの情報収集)と生物多様性動態評価手法の確立が不可欠である。このような要求に応えるため、本研究では既存の生物多様性情報の集積と統合データベース化、およびその情報に基づく動態評価手法の開発を目的とする。

研究期間を考え本研究では海洋は扱わず、陸域の既存情報に注力する。従来行われてきた陸域の生物多様性評価では、数ha単位の調査プロットでの詳細かつ継続的な観察、広い地域をカバーしているが網羅性の低い地上での調査、リモートセンシングによる衛星画像からの推定など異なるスケール・方法での評価が独立に行われてきたが、異なるスケール・方法間の連携や分析がされてこなかった。そこで本研究では生物多様性情報の集積を行うとともに異なるスケール・方法で得られた生物多様性情報、環境情報を整備し、それらをもとに作成したモデルから、広範囲に渡る確度高い生物多様性評価が可能になるような手法の確立が目標となる。そのため、3に示すサブテーマを実施し、最終的に科学的根拠を持った生物多様性の評価・推定結果を出す。

3. 研究開発の方法

(1) 生物多様性情報総合基盤システムの作成と分布推定

生物多様性評価に必要な調査データを収集するために、生物多様性情報メタデータデータベースを作成した上で、他のサブテーマと連携し、生物多様性に関わる研究機関、プロジェクトおよび行政機関における生物多様性情報の所在情報を集積する。収集したメタデータをもとに、広域における生物分布情報と環境情報を収集する。次に生物分布情報データベースを作成し、収集した生物分布情報を投入し、解析に利用可能な形式へ整備する。これらの整備情報のうち分布レコード数の多い普通種植物を対象として、環境情報と合わせて分布適地モデル構築と分布適地推定をおこない、生物分布適地データベースを構築する。最後に、各サブテーマによる成果と、広域における植物種分布適地推定から、広域における生物多様性評価のためのワークフローを作成する。

(2) 森林生態系の生物多様性情報の集積・各生態系の生物多様性環境指標作成・評価

森林生態系における既存データベースの探索、および紙媒体データの電子化に最初に取り組む。これらの成果はサブテーマ1のメタデータデータベースへ投入する。収集したメタデータを利用し、きのこ類種数を利用した森林状況の評価（市民調査データの利用）、伐採活動の類型化による森林多様性変化トレンドの評価（農林業センサスデータの利用）、リビングプラネットインデックスによる森林多様性評価の検証（森林総研サイト、長期生態学研究サイトデータの利用）、Hubbellの統合中立理論におけるパラメータ θ による森林多様性評価（森林総研サイト、環境省モニタリングサイト1000の毎木調査データの利用）、前述の森林多様性変化トレンドに基づく若齢林分布評価（林業センサス、自治体データの利用）をおこなう。これらに基づき、森林生物多様性の評価に適切な指標を選択する。

(3) 農業生態系の生物多様性情報の集積・各生態系の生物多様性環境指標作成・評価

農業生態系における既存データベースの探索、および紙媒体データの電子化に最初に取り組む。特に、地域植生誌の収集、電子化をおこなう。これらの成果はサブテーマ1のメタデータデータベースへ投入し、同時に分布情報に関しては調査情報システム(RuLIS: Rural Landscape Information System)に集積し、公開可能なものについてはWEBシステム(RuLIS WEB)を通して公開する。RuLIS集積情報より、種多様性の高い二次草地における指標種の有効性評価（二次草地データ利用）、水田放棄地における生物多様性変動の評価（利根川流域における不作付け水田モニタリングデータ利用）をおこなう。以上から、農業生態系において、生物多様性と食料生産機能の両面からの評価が可能となる。

(4) 陸水生態系の生物多様性情報の集積・各生態系の生物多様性環境指標作成・評価

陸水生態系とくに河川における既存データベースを探索し、水環境情報、生物分布情報の集積をおこなう。水環境情報は全国的に整備できるデータベースを探索・収集し、分布情報は日本を中心にアジアまでのデータベースを探索する。これらの成果はサブテーマ1のメタデータデータベースへ投入する。収集データのうち、国土交通省河川水辺の国勢調査データを利用して一級河川を対象に、1990年以降の魚種の動態（増減）評価、魚種の動態と形質の関係評価、魚種の形質と分布の関係評価をおこなう。また、モデル流域における流域内踏査調査を実施し、魚類生息環境の変化を評価し、広域評価における補足点を明確にする。これらの広域評価、およびモデル流域における詳細評価から、魚類多様性指標を検討する。

(5) リモートセンシング情報の集積と複合環境の指標作成・評価

広域生物多様性評価に欠かせない基盤環境情報である土地被覆・利用図の整備を進める。特に第2回、3回（1979～1986年）環境省自然環境保全基礎調査植生図にもとづく過去の土地被覆・利用図、および植生カテゴリーの整備、最新の第6回、7回（1999年～）自然環境保全基礎調査植生図における植生カテゴリーの整理をおこなう。合わせて、モデル地域において、希少草本類分布データの整備、保全必要面積の推定、土地被覆情報の整備、空間解像度の違いによる地形変数の変化と分布モデルに及ぼす影響の評価をおこなう。

(6) 生物多様性予測モデルの作成・解析

全国レベルで収集・整備された生物種の分布データを用いて、日本の国土レベルでの生物多様性の

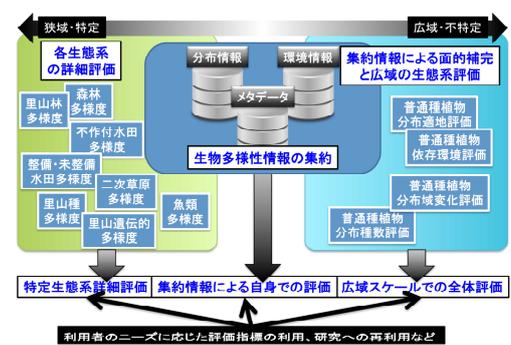
地理的パターン解明をおこなう。特に里山景観の生物多様性に着目する。同一調査者同一方法による生物分布状況調査をもとにした生物多様性の地理的パターン評価と、生物多様性プロジェクトが保有する既存分布データのみからの同様の評価との比較をおこなう。前者として、里山景観を主要な生育地とする草原性の草本種16種と水田性の草本種10種を指標種として踏査調査から生育状況を確認する。後者として、GBIF（地球規模生物多様性情報機構）から同一指標種の分布情報（主に標本情報）を取得し、その地理的パターンを推定する。また、上記踏査調査および文献調査から、里山種（植物8種、動物7種）と里山種以外の種（植物49種、動物36種）におけるハプロタイプを基準とした遺伝子レベル多様性の地理的パターンを比較する。これらの成果を踏まえ、広域で生物多様性を評価する上で考慮すべき点をまとめる。

4. 結果及び考察

(1) 生物多様性情報総合基盤システムの作成と分布推定

生態学のメタデータ標準として提案されているEcological Metadata Language (EML) にもとづくメタデータ形式を策定し、生物多様性情報メタデータデータベースシステムを設計、構築した。生物多様性研究機関、研究プロジェクト、行政機関、サブテーマ2～4から、生物多様性情報源情報（メタデータ）を合計333件収集し、上記データベースへ投入した。メタデータより、特に日本において植物種の情報蓄積が進んでいることが判明し、環境省第6～7回自然環境保全基礎調査植生調査データを軸とした解析を進める指針を設定した。次に、生物多様性情報の一次情報である標本・観察情報や、種名情報の国際標準となっているDawrinCore2.0にもとづき、生物分布情報データベースシステムを設計、構築した。システム上で、上記植生調査の出現植物種データ386,588件について、BG Plants和名-学名インデックス (<http://bean.bio.chiba-u.jp/bgplants/>) による種名統一、各レコードに付与されている2次メッシュコードによる不適切な位置レコード削除をおこない、有効調査地点数10,211地点、有効レコード数344,718件、約4160種の植物分布情報を整備した。環境情報についてはサブテーマ5と連携し、3次メッシュレベルで、気候情報、地形・地質情報、土地利用情報を作成した。これらのうち、地質や土地利用情報の選定は、サブテーマ6と連携し、人為改変の影響を考慮して選定した。整備した生物分布情報、環境情報を利用し、レコード数50以上の801種の植物について、種ごとに分布適地モデルを構築した。このモデルをもとに1976年、1987年、1997年の3時点の土地利用を用いた分布適地を3次メッシュレベルで種ごとに外挿し、分布適地推定結果データベースを構築した。モデル精度の指標 (AUC) が0.7以上の716種を対象にメッシュ当たりの分布適地種数期待値、および種数変化を算出した結果、約20年間の土地利用変化（荒地率の減少、都市率の増加、水田率の減少、水田以外の農地率の増加）などへの反応が種ごとに異なり、全体としては大きな変化がみられなかった。モデルにおける土地利用寄与が20%以上ある種から6種（ブナ、コナラ、キブシ、シュロ、ツリガネニンジン、モウソウチク）を抽出した場合、種ごとに異なる変化がみられた。

特定生態系に関する各サブテーマの成果としての森林多様度、森林からみた里山多様度、不作付け水田多様度、整備・未整備水田多様度、二次草原多様度、魚類多様度と駆動因、里山植物種多様度、里山種遺伝的多様度を得た。加えて、植物種による広域評価指標、その基盤としての植物分布情報、環境情報も得られた。これらの成果群を単純に合一するのは、各指標間で重複がみられることや、サブテーマ5が示すスケールの違いが結果の違いを生み出すことから、現実的ではない。利用者のニーズに応じて適切な指標を利用することが望ましい。特定生態系や特定分類群の評価に際しては、各サブテーマが作成した生態系別や分類群別の指標を用い、都市や森林、草原などの生態系をまたぐ陸域広域評価には、植物種の広域生息適地分布を指標基盤として利用することが適切と考えられる（図(1)-1）。また、独自評価をおこなう際には、植物分布情報、環境情報を利用する、または情報探索にメタデータデータベースを利用することで、情報源やデータの収集からではなく、整備された情報を利用する段階から始められ、より迅速な指標作成を進められる。こうした評価手法や指標は、日本広域スケールで確立されたものであり、気候が南北で大きく異なり土地利用も複雑である地域を網羅しているため、アジアスケールでの適用も可能であり、本成果を環境省環境研究総合推進費S9「アジア規模での生物多様性観測・評価・予測に関する総合研究」へ引き継ぐことが可能だと考えられる。



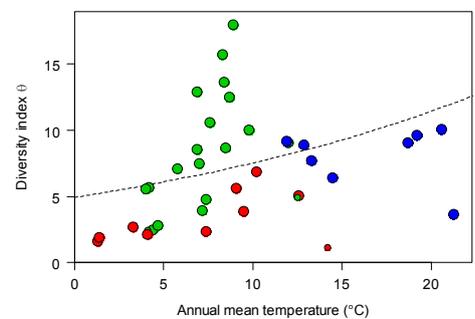
図(1)-1. 統合的な評価指標の概念

(2) 森林生態系の生物多様性情報の集積・各生態系の生物多様性環境指標作成・評価

森林生態に関する既存のデータベース情報を収集した。広域スケールでは、国家森林資源デー

データベースのように国内の全森林画像データとして蓄積したデータベースが有効だと考えられた。また、地方同好会による市民参加型調査や研究者個人による調査などにも、地域的な生物分布情報の蓄積を確認した。情報源情報は、サブテーマ1のメタデータデータベースへ投入した。これらの情報をもとに、きのこ類の市民モニタリング調査データより、冷温帯森林におけるサルノコシカケ類の種数を調べた結果、林齢と種数に正の相関が認められた。林齢の高さと、大径倒木の持続的供給、林内の適度な湿度の維持などが関係すると考えられた。市民調査データからの評価は、地域や対象が合致する場合は有効だと言える。広域における評価として、伐採跡地面積の時間変動、特に若齢林面積の変化が顕著であると考えられる3類型（1960年のピーク後に面積減少型、1970年のピーク後に面積減少型、1970および1980年のピーク後に面積減少型）を市町村単位で抽出した。この情報と、標高、傾斜、道路密度、および人工林率の情報を合わせ、若齢林分布のトレンドをまとめた。

リビングプラネットインデックスによる森林生物多様性評価として、11か所の老齢林サイトデータを用いた解析では、樹木種数の減少はなく、通常個体数の指標として使われる幹数は減少傾向があり、胸高直径（バイオマス）は変わらないかやや増加する傾向があった。これは生物多様性が減少したわけではなく、むしろ樹木の生長に伴う幹数減少がおこったと考えられた。樹木多様性の変動評価では、種数と個体数だけでなくバイオマスの指標も必要と考えられた。Hubbellの統合中立理論におけるパラメータ θ は、推定値にもとづきランダムに発生させた期待群集が実測値に基づく本数順位曲線とよく一致したことから、利用可能であることを確認した。全38森林プロットにおける θ の変動に関連する環境因子として選択された年平均気温と θ の相関を調べたところ、針葉樹林1地点、常緑広葉樹林1地点、落葉広葉樹林5地点にははずれ値が認められた（図(2)-1）。常緑広葉樹林は小笠原であり、海洋島の貧弱な生物多様性を示すものと考えられた。針葉樹林はヒノキの天然林であり、老齢林ではあるが人為的影響が大きかったと考えられた。落葉広葉樹林5地点は予想より生物多様性が高かったが、苫小牧から宮崎県の全国に散在し、同一の攪乱要因や地域的要因によるものではないと考えられた。これらの森林が冷温帯と温帯または暖温帯の境界に接することから、両気候帯の分布種を併せ持つための現象ではないかと考えられた。パラメータ θ は、調査面積に左右されず、種数と個体数からのみの評価よりも有効であり、気候帯の境界地域を新たな保全上重要な地域として抽出できた可能性がある。

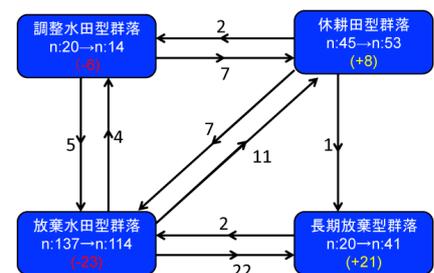


図(2)-1. θ と平均気温

(3) 農業生態系の生物多様性情報の集積・各生態系の生物多様性環境指標作成・評価

農業生態に関する既存のデータベース情報の収集を行い、特に有望な情報源として、地域植生誌を抽出した。中でも、種の組成データがあり、調査日・調査地点情報が含まれるものが93件存在した。情報源情報は、サブテーマ1のメタデータデータベースへ投入した。また、生物分布データとしてRuLIS上へ、地方植生誌および日本植生誌における農地植生と二次植生データ（95,594レコード／2,434地点）、農業農村環境情報整備調査データ（31,166レコード／752地点、農村振興局農村環境課）、外来生物対策指針策定調査データ（9,096レコード／1247地点、農村振興局）、生物多様性プロ「集落単位」掘り取りクモ類データ（2,209レコード／333地点、農林水産技術会議事務局）を投入した。この際、紙媒体のものは電子化をおこなった。RuLISではDarwin Core等の観察・標本データの国際標準形式でのエクスポート機能を実装し、データの相互運用性も担保した。

これまでの農業環境技術研究所の研究蓄積により南関東における種多様性の高い二次草地の指標種としてワレモコウ、アキカラマツ、ツリガネニンジンが抽出された。RuLISに格納されている二次草地のデータを抽出し、この3種について種多様性の高い草地における指標種としての有効性を検証した結果、同所的に3種が出現する地点が最も種多様性が高く、2種の出現はそれに準じるなど指標種としての有用性が認められ、全国規模（岩手県以南から九州南端まで）で評価が可能なことが明らかになった。さらに、RuLISの利根川流域モニタリングデータのうち3期（2002、2007、2012）に渡り、不作付け水田であった222地点について植物群落の区分及びその推移を解析した。植物群落はコナギ、アゼナを指標種とする調整水田型群落、メヒシバ、コゴメガヤツリなどを指標種とする休耕田型群落、ヨシ、セイタカアワダチソウなどを指標種とする放棄水田型群落、カナムグラ、アズマネザサなどを指標種とする長期放棄型群落に区分された。2007年から2012年では、放棄水田型群落から長期放棄型群落へ

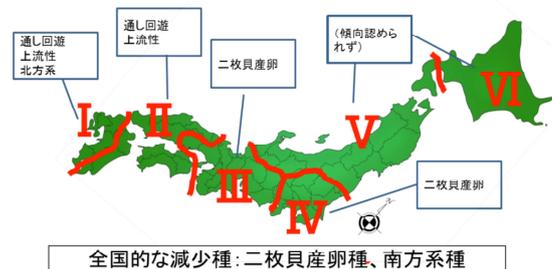


図(3)-1. 不作付け水田の動態 (2007-2012年)

の推移が急増し、不作付け水田で耕作放棄の長期化に伴い遷移が進行している実態が把握された（図(3)-1）。この推移は復田コストを増大させ、将来の食料生産ポテンシャルを低下させるだけでなく、農業生態系に成立する二次的自然としての生物多様性を低下させるものであることが示唆された。

(4) 陸水生態系の生物多様性情報の集積・各生態系の生物多様性環境指標作成・評価

河川環境に関するGISデータベース14件、水質やその他水環境情報のデータベース27件（未公開含む）、アジア地域の生物分布データベース26件（未公開含む）のメタデータを整理した。国土交通省の河川水辺の国勢調査の未公表データを含めた提供を受け、魚類に関する461,261件のデータについて、種名の修正・統一、分類体系の整理をおこない、研究利用可能な標準的形式へ変換した。このデータを利用し、魚類在来372タクサについて在来分布域内の分布の多寡および1990年以降20年間の増減を評価し、さらに在来の純淡水魚および通し回遊魚114タクサについては、生態形質のデータベースを作成し、形質ごとにその増減傾向を明らかにした。全国的な傾向としては、二枚貝産卵種および南方系種の増加率が低い傾向がみられた。淡水性生物の生物地理と人間の土地利用の違いから全国を6区域にわけた場合、西南日本では上流性・北方系種および通し回遊性種が、本州中部（近畿～関東）では二枚貝産卵種が減少している傾向が確認された（図(4)-1）。上記で整備した全国の一級河川の魚類調査3,560地点について、河川の自然的特性と人為的改変特性をもちいた各形質群の魚類タクサ数の予測モデルを構築した結果、淡水魚の分布は、多くの場合、自然特性要因で説明できたが、人為的な環境改変も有意に影響していた。これにより、人為的影響による種数減少を定量的に示すことができた。モデル流域調査として、九州の球磨川における人為的改変をGISデータベースとしてまとめた。平坦地の中小河川の改変が大きく、それが生物多様性の劣化につながっていることが明らかになった。一級河川の評価のみでは、改変が大きく、生物多様性が劣化している場所の評価が抜けてしまう可能性を示した。以上から、河川改変のうち、分断や水質の悪化には、生物多様性に対する負の効果が認められ、指標として有効であるが、人間の水利用などの影響はさらなる検討が必要だと言える。また形質ごとの異なる劣化要因の解明から、形質群ごとの対策立案や、減少しやすい形質をもつ種の動態を簡便な指標とすることが可能となった。



図(4)-1. 全国および各地域において減少傾向がある魚類の生態形質の特徴

(5) リモートセンシング情報の集積と複合環境の指標作成・評価

第2回、3回の自然環境保全基礎調査植生図の約900の凡例について植生自然度情報も利用し、50細分類、17中分類、9大分類の区分へ集約した。この区分には二次林や二次草原など、人間活動との関わりで維持されてきた生態系を組み込み、また気候による区分は、生息環境評価や分布確率推定において利用される気候情報との重複を避けるため、組み込まなかった。第6回、7回の植生図についても、凡例の新しい区分への対応付けを行った。

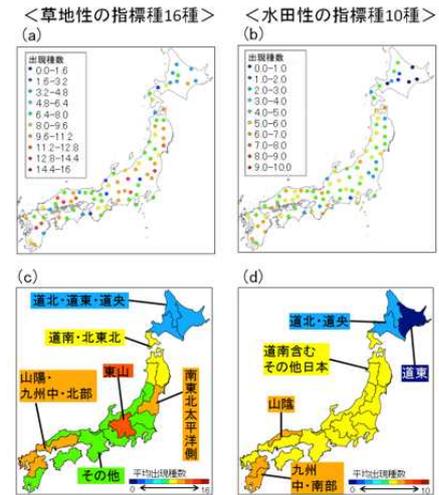
地域事例として、阿蘇地域における1990年代、2000年代の草原性植物の分布データを収集した。保全対象種の保全目標を対象個体が保護区内に包含される率で設定し、必要保全3次メッシュ数でみた場合、全個体の保護ではなく「ほどほど」の保全を受容するのであれば、必要メッシュ数を抑えられ、保護区の選択次第で効率的に目的を達成できる可能性が示された。また阿蘇地域全域において、上記で整備した情報をもとに土地被覆図を作成し、さらに重要な草地については空中写真、生物の痕跡、ヒアリング等からその分布データをまとめ、航空機レーザ計測によって、重要地点の地盤高と表面高のデータを作成した。絶滅危惧植物分布と環境情報から、分布観測点数の多かったハナシノブでは、近傍内の相対標高が低い窪地的なところで分布密度が低い傾向があった。阿蘇地域において空間解像度を変えてリサンプリングした環境情報の頻度分布を比較した結果、谷密度が低い地域では影響を受けにくい、谷密度が高い地域では、地形変数によっては空間解像度の低いデータ利用に注意が必要であることが分かった。これらの環境情報と植物分布データからの分布推定モデル構築では、解像度が高いほど分布予測のパフォーマンスが高くなるとは限らないことが分かった。生物の分布をある解像度で予測する際には、谷密度等の地形変数と生物の特性から、最適な解像度を検討する必要がある。

(6) 生物多様性予測モデルの作成・解析

全国80カ所の長距離トランセクト踏査から、草原性指標種は山陽および九州中北部、東山、南東北太平洋側で豊かなこと、水田性の指標種は九州南部、山陰で豊かなことが明らかになった（図(6)-1）。この里山種多様性の地理的パターンは行政単位に基づく区分の説明力がもっとも高く、古い時代からの土地利用の歴史や地域の慣習などの地域ごとの人間活動の違い、社会的な交流が影響していると考えられた。この地理区分ごとにGBIFから抽出した里山指標植物の分布情報を集計して地理的パターン

を評価した結果、「その他」の地域において多様性が非常に豊かになる傾向がみられた。この地域は、関東や近畿地方など、歴史的に調査努力量が大きな大都市圏が含まれる地域である。標本情報を生物分布状態の評価に利用する際、標本採取地情報が人口密集地に偏っていることを考慮して取り扱いを工夫することが不可欠と言える。里山景観生息種の遺伝的変異の地理的パターンとして、フォッサマグナ（糸魚川-静岡構造線）、中部地方、南九州のあたりに強い境界線が検出され、里山種以外の種では、太平洋側と日本海側を分ける分水嶺、フォッサマグナの北側、中国地方から四国と紀伊半島を分ける海峡周辺で、強い境界線が検出された。里山種の遺伝的変異パターンには太平洋側と日本海側を分ける分水嶺の境界が検出されなかったことから、最終氷期を含む気候変動の影響ではなく、人間活動の歴史・文化的背景、特に森林伐採の歴史の影響を受けている可能性が示された。

日本の里山景観の生物多様性は、種レベルにおいても遺伝子レベルにおいても、人為的な要因が重要な規定要因となっていた。特に里山生物の多様性評価には、人為的要因を環境情報として組み込むことが重要と言える。また、調査努力量の地理的偏りを考慮することも重要となる。広域で調査努力量をそろえて収集された実測データや、環境省自然環境保全基礎調査など、全国的にある程度一定の努力量で収集された調査データを用いることも有用と言える。



図(6)-1. 里山指標種多様性、草地性指標種の出現種数(a)と多様性パターン(c)、水田性指標種の出現種数(b)と多様性パターン(d)

5. 本研究により得られた主な成果

(1) 科学的意義

- ・ 生物多様性情報メタデータデータベースの作成、生物分布情報データベースの作成、生物多様性の解析に不可欠な環境情報の整備を通して、生物多様性に関する情報利用を容易にした。また、約 800 種の植物の分布適地推定（地図化）により、特にこれまであまり注目されてこなかった普通種植物の多様性に関する時系列変化を追跡する事が可能となった。
- ・ 新しい森林多様性指標を開発した。これまで国際的に利用されてきた指標は種数と個体数に注目するもので、樹木に適用した場合、誤った結論を導く可能性を初めて明らかにした。本研究の指標は、調査面積に依存しない樹木多様性の変化トレンドを評価できる。合わせて、森林生態系からみた里山多様性の指標を開発した。この指標により、伐採履歴からの里山多様性評価の可能性が示された。
- ・ 農業生態系における多様な生物多様性観測情報を RuLIS WEB の統一様式を用いて集積したことで、RuLIS 内外の多くのデータの相互運用が可能となった。RuLIS を活用することで、二次草地の種多様性を指標する種の評価・検証と不作付け水田での耕作放棄長期化に伴う遷移進行の実態解明をおこなった。前者は効率的保全活動を行う場所や自然再生において回復ポテンシャルの高い場所の抽出へ活用でき、後者は耕作放棄地対策へ活用できる。
- ・ 河川において、日本広域スケールで淡水魚類の分布のパターンを明示した。こうした広域的パターンを示した事例は多くない。また、淡水魚類の増減傾向を種のもつ形質との関連から示し、その種の増減に影響を与える駆動因も示した。これらによって、各地域における生物多様性を劣化させる人為的要因を評価可能となった。また、モデル流域において、改変を大きく受けている河川の特徴を示した。これは、河川の特徴による改変の程度を定量化した最初の研究事例となる。
- ・ 広域環境情報の整備として植生図凡例の整理を実施し、生物分布推定モデル開発、分布変遷解析などの有用な基盤を作成した。また、環境情報の有効性検証によって、生物分布を把握するために、高解像度データの利用がかならずしも適切とは限らないことを示した。地形変量と生物特性から、分布推定に最適な解像度を導きだす必要性を確認できたことの意義は大きい。
- ・ 広域における生物多様性評価のためのモデル作成を、これまで存在しなかった同一基準・同一調査者によって全国スケールで収集された実測マクロデータを作成した上で実施し、既存生物多様性データのうち特に標本情報は、採集地による努力量などの偏りを補正する必要があることを示した。また、この実測データは偏りを排除してあるため、里山景観の地理的パターンが人間活動の履歴に強く影響されることを示すにも、既存データを検証するにも有効であり、その利用価値は大きい。

(2) 環境政策への貢献

<行政が既に活用した成果>

- ・ 国有林の森林管理事業における生物多様性保全の評価及び評価手法の開発事業評価委員会（平成 24

年度森林環境保全総合対策事業・森林の生物多様性保全推進事業および森林整備事業の費用対効果分析手法の開発事業)において本研究の成果をもとに指標の開発や利用方法について助言を行った。

＜行政が活用することが見込まれる成果＞

- ・ 環境省による生物基礎調査の情報活用について、生物多様性センターと検討し、研究や政策への利用法の整備を行った。特に複雑な群落情報の形式を分布適地解析に適した単純な形式に変換することで評価への活用の利便性を高めた。
- ・ 森林多様性指標は、これまで動物にのみ適用されてきたリビングプラネットインデックスと異なり、植物に対して利用可能なため、今後は国際的に利用可能な指標として提案できる。
- ・ 森林から見た里山指標を開発することで、より安定的に入手可能な伐採履歴からも里山を評価可能となり、行政などによる評価が今後進むと期待される。また、農業と森林の二つの生態系から里山を評価可能となり、里山の定義と里山保全の意義が今後より明確になると考えられる。
- ・ 農業生態系における様々な生物多様性観測プロジェクトの結果が、RuLIS WEBに集積されており、今後、わが国の生物多様性総合評価へ省庁横断的に貢献できる。
- ・ 農業生態系における二次草地の指標種群の有用性の評価・検証成果を利用することで、草原景観を有する国立公園等（阿蘇くじゅう国立公園や富士箱根伊豆国立公園）の保全活動や草原回復事業に応用できる。同様に、不作付け水田の長期放棄型群落への移行による生物多様性劣化の解析結果は、SATOYAMA イニシアティブ活動の有力な根拠となる。
- ・ 河川生態系における成果から、魚類レッドリスト種の選定に必要な分布の寡多とその増減のデータを提供できる。また、過去の生物多様性総合評価において扱われてきた陸水の環境指標（たとえば、河岸の護岸化やダム・堰、水質汚染等）について、その根拠を定量的に示すことができる。
- ・ 過去に遡って整備された土地被覆の情報は、国土の改変と生物多様性の変化との関係にもとづいて今後の保全計画を策定する基礎となることが見込まれる。
- ・ 伝統的な里山景観が豊かな地域、里山種および里山種以外の遺伝的多様性の地理的境界が明らかとなったため、里山保全政策において優先的に保全すべき地域の選定や、遺伝子攪乱防止のための指針作成が可能となる。

6. 研究成果の主な発表状況

(1) 主な誌上発表

＜査読付き論文＞

- 1) M. OGAWA, Y. YAMAURA, S. ABE, D. HOSHINO, K. HOSHIZAKI, S. IIDA, T. KATSUKI, T. MASAKI, K. NIIYAMA, S. SAITO, T. SAKAI, H. SUGITA, H. TANOUCHI, T. AMANO, H. TAKI, K. OKABE: Environ. Monit. Assess. 178:85-94 (2011)
“Use of two population metrics clarifies biodiversity dynamics in large-scale monitoring: the case of trees in Japanese old-growth forests”
- 2) Y. KANO, K. OHISHI, Y. TOMIDA, N. IKEDA, N. IWAWAKI, M. MIYAGAWA, Y. HARADA, H. ICHIYANAGI and K. WATANABE: Environmental Biology of Fish 97, 447-460 (2011)
“Fluctuation and variation in stream-fish assemblages after a catastrophic flood in the Miyagawa River, Japan”
- 3) 一柳英隆, 渡辺勝敏, 森誠一: 応用生態工学, 15, 257-267 (2012)
「ネコギギの生息環境と個体群動態: 保全のための基礎的知見として」
- 4) IUFRO GFEP (J. PARROTTA, C. WILDBURGER, S. MANSOURIAN eds): IUFRO World Series Volume 31(2012)
“Understanding Relationships between Biodiversity, Carbon, Forests and People: The Key to Achieving REDD+ Objectives. A global assessment report.” (2、3章を分担執筆。査読有り。国際機関発行のレポートのため、プロジェクトへの謝辞は無し)
- 5) 菅原のえみ, 小池文人: 保全生態学研究, 17, 15-24 (2012)
「指標植物を用いた長距離ライントランセクト法による関東地方周辺における広域の里地里山評価」
- 6) 佐伯いく代, 飯田晋也, 小池文人, 小林慶子, 平塚和之: 日本緑化工学会誌, 38(1), 115-120 (2012)
「里山の指標種ワレモコウの遺伝的変異」
- 7) 小川みふゆ, 竹中明夫, 角谷 拓, 石濱史子, 山野博哉, 赤坂宗光: 保全生態学研究
「植生図情報を用いた全国スケールでの土地利用図の作成」 (印刷中)

＜査読付論文に準ずる成果発表＞

特に記載すべき事項はない

(2) 主な口頭発表 (学会等)

- 1) M. ITO and N. SAKAGUCHI: The 2010 International meeting of the Association for Tropical Biology and Conservation, Bali, Indonesia, 2010
“The Biodiversity Information System Needs for Network of Ecological Plots in Tropics.”
- 2) K. OKABE : The role of forests in conservation of global biodiversity“From Japan to the world” side event at the CBD COP10, Japan, 2010
“Japanese Forest Biodiversity - past, present and future-“
- 3) M. ITO: ESABII and NaGISA Joint Conference in Commemoration of the CBD COP10, Nagoya, Japan, 2010
“ESABII database development.”
- 4) M. ITO, U. JINBO, O. KURASHIMA and N. SAKAGUCHI: ESABII Side Event at the CBD COP10, Japan, 2010
“Development of Biodiversity Information in ESABII.”
- 5) 岡部貴美子 : シンポジウム 森林と生物多様性—COP10の成果をふまえた今後の取組に向けて, 社団法人産業と環境の会主催, 2011
「森林の生物多様性の評価」
- 6) 岡部貴美子 : 第58回森林計画発表大会, 2011
「森林の生物多様性の過去、現在、将来」
- 7) 小川みふゆ, 山浦悠一, 阿部真, 星野大介, 星崎和彦, 飯田滋生, 勝木俊雄, 正木隆, 新山馨, 齊藤哲, 酒井武, 杉田久志, 田内裕之, 天野達也, 滝久智, 岡部貴美子 : 第58回日本生態学会大会, 2011
「成熟した天然林における192種52科の樹木個体群の変化 : 森林動態データベースを中心としたモニタリングデータから」
- 8) 小林慶子, 田中涼子, 林敦子 : 第58回日本生態学会大会, 2011
「山梨県上ノ原地区の半自然草原における低木種クロツバラ (*Rhamnus davurica* var. *nipponica*) の分布と管理履歴」
- 9) 楠本良延, 三上光一, 山本勝利 : 植生学会第16回大会, 2011
「農業活動により維持されている二次草地の評価と指標植物」
- 10) 三上光一, 楠本良延, 山本勝利 : 植生学会第16回大会, 2011
「RuLIS WEBを活用した既存植生調査資料のデータベース化と情報共有」
- 11) 三上光一 : FOSS4G 2011 Tokyo, 2011
「オープンソースを利用した農業生態系データバンク「RuLIS WEB」の構築」
- 12) 佐伯いく代, 飯田晋也, 小池文人, 小林慶子, 平塚和之 : 第42回日本緑化工学会, 2011
「里山の指標種ワレモコウの地理的変異 ~人の利用は遺伝的多様性に影響を与えたか~」
- 13) 島谷幸宏 : 応用生態工学会第15回大会, 2011
「エコリージョンに基づいた河川環境の評価手法」
- 14) Y. KANO and Y. SHIMATANI: International Workshop on Freshwater Biodiversity Conservation in Asia, Fukuoka Japan, 2012
“Online cloud database of Mekong fishes: a method to integrate and publicize a large amount of data”
- 15) 片野泉, 三橋弘宗, 森照貴, 赤坂卓美, 小野田幸生, 一柳英隆, 萱場祐一, 中村太士: 日本生態学会第59回大会, 2012
「ベントス種多様性へのダムの影響 : データ解析によるダム上流下流間比較」
- 16) 加藤康充, 小野田幸生, 森照貴, 一柳英隆, 萱場祐一 : ELR2012 (緑化工学会・景観生態学会・応用生態工学会 3学会合同大会), 2012
「広域スケールにおける魚類の種組成に対するダムの影響」
- 17) Y. KOBAYASHI, F. KOIKE and N. SUGAWARA: The 5th EAFES International Congress, Otsu, Japan, 2012
“Biodiversity assessment on Satoyama landscapes in Japan based on long-distance line-transect with indicator plant species.”
- 18) 楠本良延 : 生物多様性国家戦略主流化ミーティング, 2012
「農村環境の生きものデータバンク (RuLIS Web)-日本全国の生物調査データを登録・共有できる-」
- 19) K. MIKAMI, Y. KUSUMOTO, S. YAMAMOTO: The 5th EAFES International Congress, 2012
「Succession of abandoned secondary forest vegetation in flat agricultural field, kanto plain,

Japan]

- 20) 三上光一, 楠本良延, 山本勝利: 植生学会第17回大会, 2012
「書籍総合目録データベースを基にした植生調査資料目録」
- 21) F. NAKAMURA, T. AKASAKA, H. MITSUHASHI, M. INOUE, N. ONIKURA, Y. MIYAKE, Y. KAWAGUCHI, I. KATANO, T. MORI and H. ICHIYANAGI: International Workshop on Freshwater Biodiversity, Fukuoka, Japan, 2012
“Evaluation of Japanese river and floodplain ecosystem across various scales”
- 22) K. OKABE, S. YAMASHITA, T. HATTORI, M. HASEGAWA, H. TANAKA, S. MAKINO: 2nd International Conference on Biodiversity in Forest Ecosystems and Landscapes, University of Cork, Ireland, 2012
“Conservation of deadwood could conserve microscopic organisms such as mushroom mites”
- 23) Y. ONODA, T. MORI, H. ICHIYANAGI and Y. KAYABA: The 5th EAFES International Congress, Otsu, Japan, 2012
“Comparison of freshwater fish assemblages in upstream and downstream of dams in Japanese rivers”
- 24) 佐伯いく代, 小池文人, 小林慶子, 飯田晋也, 平塚和之: 第59回日本生態学会大会 (2012)
「里山種の遺伝的変異パターンメタ解析」
- 25) 佐伯いく代, 飯田晋也, 小池文人, 小林慶子, 平塚和之: 第43回日本緑化工学会大会・ELR2012 東京(2012)
「里山の指標種ワレモコウの遺伝的変異」
- 26) T. YAMAKITA, H. TAKI, K. OKABE: The 5th GEOSS Asia-Pacific symposium, Miraikan, Japan, 2012
“Predicting potential seagrass distribution using remote sensing and GIS data set.”
- 27) T. YAMASHITA, T. SATO, Y. KANO, L. HUANG and Y. SHIMATANI: ASLO Aquatic Science Meeting, Ohtsu, Shiga, Japan, 2012
“Fish diversity and its threats in middle reaches of the East Tiaoxi River, China”
- 28) 赤坂卓美, 森 照貴, 竹川有哉, 石山信雄, 井上幹生, 三橋弘宗, 河口洋一, 鬼倉徳雄, 三宅 洋, 片野 泉, 一柳英隆, 中村太士: 日本生態学会第60大会, 2013
「水生動物を用いた“川の健康診断”: 全国および地域スケールでの試み」
- 29) 加藤康充, 小野田幸生, 森照貴, 一柳英隆, 萱場祐一: 日本生態学会第60大会, 2013
「魚類群集に対するダムの影響: 広域スケールにおけるダム上下流比較」
- 30) 小林慶子, 小池文人, 菅原のえみ: 第60回日本生態学会大会(2013)
「指標植物を用いたライントランセクト法による日本の里山評価」
- 31) 正木隆: 第60回日本生態学会大会, 2013
「日本の天然林の多様性指数」
- 32) 斎藤昌幸, 倉島 治, 伊藤元己: 第60回日本生態学会大会, 2013
「植物の分布と土地利用: 広域調査データを用いた分布解析」

7. 研究者略歴

課題代表者: 伊藤元己

昭和53年京都大学理学部卒業、昭和62年京都大学大学院理学研究科博士課程修了、理学博士、現在、東京大学大学院総合文化研究科教授

研究参画者

(1) : 伊藤元己 (同上)

(2) : 森長真一

平成14年富山大学理学部卒業、平成19年東北大学大学院生命科学研究科博士課程修了、博士(生命科学)、現在、東京大学大学院総合文化研究科助教

(3) : 岡部貴美子

昭和59年千葉大学園芸学部卒業、博士(学術)、現在、森林総合研究所森林昆虫研究領域チーム長

(4) : 山本勝利

昭和62年筑波大学第二学群農林学類卒業、平成12年東京大学大学院農学生命科学研究科博士課程修了、博士(農学)、現在、(独)農業環境技術研究所企画戦略室室長

(5) : 田中幸一

昭和54年九州大学理学部卒業、昭和59年名古屋大学大学院農学研究科博士後期課程修了、博士(農

- 学)、現在、(独)農業環境技術研究所生物多様性領域上席研究員
- (6) : 楠本良延
平成6年東京農業大学農学部造園学科卒業、平成14年横浜国立大学大学院工学研究科博士課程後期修了、博士(学術)、現在、(独)農業環境技術研究所生物多様性研究領域主任研究員
- (7) : 岩崎巨典
平成8年東京都立大学理学部地理学科卒業、平成14年東京工業大学大学院総合理工学研究科博士課程後期修了、博士(理学)、現在、(独)農業環境技術研究所生態系計測研究領域主任研究員
- (8) : 三上光一
平成11年横浜国立大学工学部卒業、平成16年横浜国立大学大学院環境情報学府博士課程後期単位取得退学、博士(学術)、現在、(独)農業環境技術研究所生物多様性研究領域特別研究員
- (9) : 島谷幸宏
昭和53年九州大学工学部卒業、昭和55年九州大学大学院工学研究科修士課程修了、工学博士、現在、九州大学大学院工学研究院教授
- (10) : 矢原徹一
昭和52年京都大学理学部卒業、昭和57年京都大学大学院理学研究科博士課程単位取得退学、理学博士、現在、九州大学大学院理学研究院教授
- (11) : 高村典子
昭和52年奈良女子大学理学部生物学科卒業、昭和54年奈良女子大学大学院理学研究科修士課程修了、学術博士、現在、国立環境研究所生物・生態系環境研究センターセンター長
- (12) : 竹中明夫
昭和56年東京大学理学部卒業、昭和61年東京大学大学院理学系研究科修了、理学博士、現在、国立環境研究所生物・生態系環境研究センター上級主席研究員
- (13) : 小熊宏之
平成元年千葉大学園芸学部卒業、博士(工学)、現在、国立環境研究所環境計測研究センター主任研究員
- (14) : 松田裕之
昭和55年京都大学理学部卒業、昭和60年京都大学大学院理学研究科博士課程修了、理学博士、現在、横浜国立大学大学院環境情報研究院教授
- (15) : 小池文人
昭和57年千葉大学理学部卒業、昭和63年京都大学大学院理学研究科博士課程単位取得退学、理学博士、現在、横浜国立大学大学院環境情報研究院教授

D-1008 生物多様性情報学を用いた生物多様性の動態評価手法および環境指標の開発・評価

(1) 生物多様性情報総合基盤システムの作成と分布推定

東京大学

大学院総合文化研究科	伊藤元己
大学院総合文化研究科	森長真一

<研究協力者>

東京大学

大学院総合文化研究科	神保宇嗣（平成22～23年度、現：（独）国立科学博物館）
大学院総合文化研究科	加藤俊英（平成22年度、現：東京大学教養学部附属 教養教育高度化機構）
大学院総合文化研究科	倉島治
大学院総合文化研究科	斎藤昌幸（平成24年度）

平成22(開始年度)～24年度累計予算額：30,063千円

（うち、平成24年度予算額：9,171千円）

予算額は、間接経費を含む。

[要旨]

地球規模での生物多様性劣化への対応に必要な情報の集積と公開は十分でなく、研究者や政策決定者は断片的な情報のみしか利用できない。本サブテーマではおもに生物多様性情報活用のための基盤整備として最初に、Ecological Metadata Language互換形式の生物多様性情報メタデータデータベースシステムの実稼働システムを設計、構築し、サブテーマ2～4の研究分担者との連携によって333件の生物多様性情報および環境情報のメタデータを投入した。このメタデータを元に、森林、農業、里山などの幅広い環境における生物多様性広域評価に適した基盤情報として植物分布情報を選択した。次に、DarwinCore2.0互換のデータ項目で構成された生物分布情報データベースを設計、構築し、植物調査データを中心に投入した。これらのデータの中でも、特に集約的な広域情報となっている環境省自然環境保全基礎調査植生調査データを選択して、データセット内の整合性とデータ精度の確保のために、種名の最新学名への統一、2次メッシュコードによる位置情報の検証をシステム上でおこなった。結果、出現植物種データ386,588件を整備し、このうちレコード数50以上の801種（普通種と考えられる）について、公開されている環境情報を整備して用い、Maxentによる分布適地モデルを構築し、種ごとの分布適地推定結果を元にデータベースを構築した。推定結果からは、これまでの絶滅危惧植物を中心とした分布推定とは異なる傾向が示され、多面的な評価が重要であると考えられた。こうした、種の広域分布を元にした指標と、他サブテーマによって開発された各生態系に特化した指標をケース毎に使い分けることで、幅広い環境における指標とすることが可能となる。

[キーワード]

生物多様性情報学、Ecological Metadata Language、DarwinCore、Ecological Niche Modeling、分布適地解析

1. はじめに

地球規模の環境に関して、気候変動と生物多様性劣化の問題が深刻化しており、両者はともに対応のための国際的枠組みが作られた。気候変動については、その後の地球温暖化の顕在化を通じて、人間活動の環境への影響を持続可能なものに変える必要性が国際的に広く認められるに至った。これは、気候変動に関する政府間パネル (Intergovernmental Panel on Climate Change : IPCC) による科学的なデータ解析と予測の提供が大きな役割を果たしたためである。

生物多様性の問題では、生物多様性条約の第6回締約国会議COP6で「締約国は現在の生物多様性の損失速度を2010年までに顕著に減少させる」という2010年目標が採択された。この目標の達成について、日本をはじめとする締約国がそれぞれの国や地域で生物多様性損失がどのようになっているかを調査し報告したが、この報告書である地球規模生物多様性概況第3版 (the third edition of Global Biodiversity Outlook : GBO-3) をもとに、2010年に開催のCOP10にておこなわれた評価は十分な科学的根拠を持ったものとは言いがたい状況だった。その理由として、1) 潜在的には多数ある生物多様性調査結果の情報公開と集積が十分でなく、各研究者が断片的な情報のみしか利用できない、2) 各生物種の個体数や生育地の減少率など、生物多様性動態を推定する方法が確立していない、などがあげられる。このような状況を打破し、2020年目標の科学的な根拠に基づく評価をするためには、可能な限りの生物多様性情報の集積と統合を行い、その情報に基づいた生物多様性評価手法を新たに開発する必要がある。このような要求は、生物多様性及び生態系サービスに関する政府間科学政策プラットフォーム (Intergovernmental Science-policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services : IPBES) の活動においても強く求められている。

情報技術の発展に伴い、この10年間に生物多様性を扱う生物多様性情報学が発展してきた。その結果、大量の生物多様性情報や環境情報の処理、それらに基づく生物分布予測などを行う Ecological Niche Modelingなどの手法が開発され、実際に研究や政策決定にも使用可能となった。また、詳細な衛星画像が使用可能となり、リモートセンシング技術も格段に進歩してきた。本研究では、最新の生物多様性情報学技術を用い、従来の手法をさらに発展させて広域の生物多様性の動態評価手法を確立しようとする先導的なものである。本研究で開発する方法は、我が国の生物多様性施策に貢献するだけでなく、他の国や地域でも使用可能であり、日本のみならず国際的な生物多様性評価に大きく貢献すると思われる。

2. 研究開発目的

現在、科学的根拠に基づいた生物多様性の質的・量的変化の推定と予測が強く求められている。そのためには、基礎的情報のモニタリング (過去についてはさまざまなソースからの情報収集) と生物多様性動態評価手法の確立が不可欠である。このような要求に応えるため、本研究では既存の生物多様性情報の集積と統合データベース化、およびその情報に基づく動態評価手法の開発を目的としている。研究期間を考え本研究では海洋は扱わず、陸域の既存情報に注力する。

従来行われてきた陸域の生物多様性評価では、数ha単位の調査プロットでの詳細かつ継続的な

観察、広い地域をカバーしているが網羅性の低い地上での調査、リモートセンシングによる衛星画像からの推定など異なるスケール・方法での評価が独立に行われてきたが、異なるスケール・方法間の連携や分析がされてこなかった。そこで本研究では生物多様性情報の集積を行うとともに異なるスケール・方法で得られた生物多様性情報、環境情報を整備し、それらをもとに作成したモデルから、広範囲に渡る確度高い生物多様性評価が可能になる手法の確立を目的とする。

本サブテーマではおもに生物多様性調査結果の情報公開と集積が十分でなく各研究者が断片的な情報のみしか利用できない問題について取り組み、その改善を試みる。また集積されたデータと環境情報を利用した広域生物分布適地モデルを構築し、評価のための基盤情報整備をおこなう。最後に、これらの情報を利用した評価のワークフローを作成する。

3. 研究開発方法

日本国内およびアジアの生物多様性情報の研究利用の基盤確立、精度の高いリモートセンシング情報を用いた分布推定（分布適地推定）、各生態系の成果からの総合的な環境指標作成として以下をおこなう。

(1) 生物多様性情報メタデータデータベースシステム

本プロジェクトで使用する生物多様性総合情報システムとして、国際標準形式に準拠した生物多様性情報メタデータデータベースを設計し、この設計に基づいた実用情報システムとインターネットから利用可能なインターフェースの構築をデータサーバー上で行い、本プロジェクト内での利用を可能にする。サーバーOS、データベースシステムにはそれぞれ、オープンソースソフトを採用し、システムの可搬性を担保する。生物多様性に関わる研究機関、プロジェクトおよび行政機関における生物多様性関連情報の有無や所在を調査し、それらの情報源情報をメタデータとして上記の生物多様性情報メタデータデータベースに入力する。同様にサブテーマ2～4において収集された各生態系の生物多様性情報メタデータも上記データベースへ入力する。

(2) 生物分布情報データベースシステム

(1)と同様に、生物多様性総合情報システムとして、生物分布情報データベースを設計、構築する。データ形式として、生物多様性情報の一次情報である標本・観察情報や、種名情報の国際標準形式をもとにして、文献情報に基づく生物分布情報における形式と互換性をもたせ、かつ分布適地解析に適した形式を策定し、それを採用する。収集した生物分布情報は、この形式に変換したのち、本データベースへ入力する。変換された生物分布情報のうち、特に森林、農業、里山などの広い範囲の生態系と関わりがあり、広域の情報が集約されている第6～7回自然環境保全基礎調査植生調査データに焦点を絞り、分布適地解析に利用するため、種名の揺らぎの統一および不適切な地点レコードの除去などのデータクリーニングをデータベース上でおこなう。また、サブテーマ2～4において収集された生物多様性情報のうち、分布情報として扱うことのできるものに関しては、国際標準形式を採用することでデータの相互運用性を高めるように連携する。

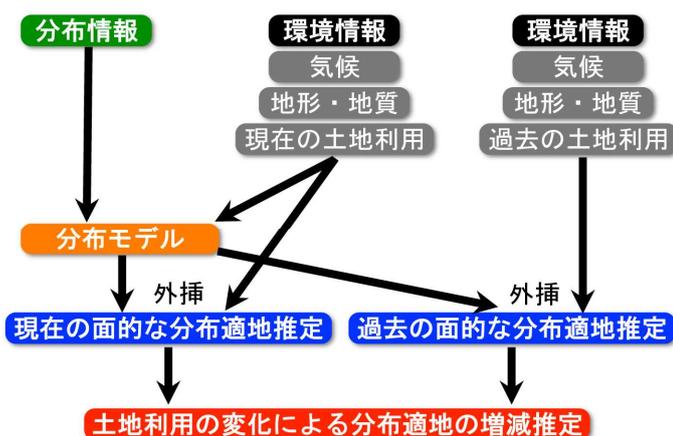
(3) 環境情報の収集と整備

(2) で整備した生物分布情報から植物の分布適地推定をおこなう際に必要となる環境情報を収集、整備する。気候、地形、地質の各情報として、気象庁メッシュ気候値2000年、国土交通省国土数値情報、日本の地形・地盤デジタルマップ¹⁾を利用する。土地利用情報については複数の時点で人為的改変のある環境について抽出するため、サブテーマ5と連携し、国土交通省国土数値情報を利用し、1976年、1987年、1997年の3時点において収集したものを整備する。

(4) 普通種植物の分布適地推定

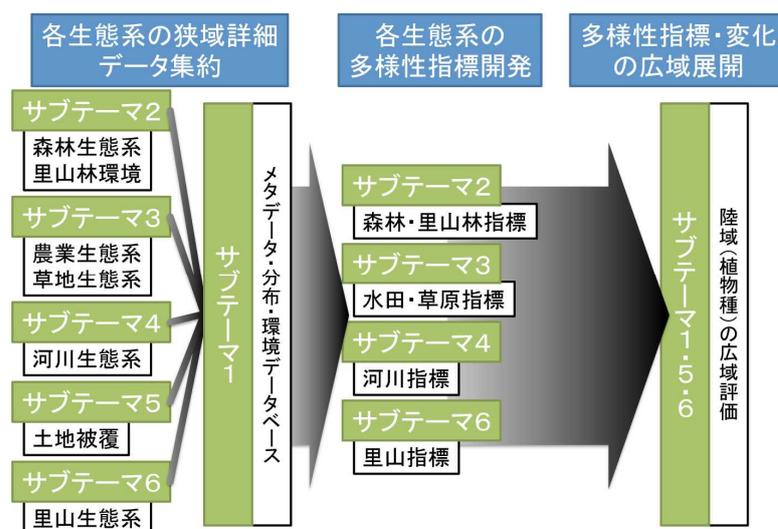
(2) で整備した植物種分布データのうちレコード数50以上の種（普通種と考えられるもの）について、(3) の環境情報を利用し、種ごとに分布適地モデルを構築する。環境情報のうち、土地利用情報はサブテーマ6との連携のもとで、人為改変の影響を考慮して選定する。モデル構築には、最大エントロピー法にもとづくMaxent

(<http://www.cs.princeton.edu/~schapire/maxent>)を利用する。構築したモデルをもとに1976年、1987年、1997年の3時点における分布適地を種ごとに外挿し、種ごとの自然分布確率の代替指標とする（図(1)-1）。



図(1)-1. 種ごとの分布適地解析の概要（自然分布確率の代替指標）

(1)と同様に、生物多様性総合情報システムとして、生物分布適地データベースを設計、構築する。普通種植物の分布適地外挿結果は、このデータベースに入力する。(4)までの研究開発の流れは、図(1)-2のようになる。



図(1)-2. 本課題の研究開発の概要

(5) 総合的な環境指標作成

(4) で得られる成果、およびサブテーマ2～6の成果を合わせて検討し、広域における生物多様性評価のためのワークフローを作成する。

4. 結果及び考察

(1) 生物多様性情報メタデータデータベースシステム

生態学のメタデータ標準として提案されているEcological Metadata Language (EML) にもとづき、メタデータ形式を策定した上で、生物多様性情報メタデータデータベースシステムを設計した。この設計にもとづき、Ruby on Railsを用いてLinux上にシステムを実装した(図(1)-3)。本システムは、標準形式でのデータの入力、編集、閲覧、検索の基本的な機能を備え、加えて認証機能により、データ編集権限と閲覧権限が分かれているため、安全な運用が可能となった。

生物多様性研究機関、プロジェクト、行政機関、サブテーマ2～4から、生物多様性情報源情報(メタデータ)として、JaLTER(日本長期生態学研究ネットワーク)、JapanFlux(日本の陸域生態系における熱・水・CO₂収支観測ネットワーク)の各データベース、森林生態系、農業生態系、陸水生態系の調査データ、環境省自然環境保全基礎調査成果、各自治体のレッドリスト、地域植生誌などの情報、合計333件収集した。これらの情報により、広域における生物多様性評価をおこなう際に、どの生物群の情報が多く入手可能かを特定可能となった。特に日本において、生物多様性情報が多いのは植物種であり、環境省第6～7回自然環境保全基礎調査植生調査(植物種の分布データ)²⁾、BG Plants和名-学名インデックス(植物種名情報)³⁾、Flora of Japan(植物種の特性情報)⁴⁾などが利用可能であった。また、サブテーマ3の収集したメタデータによって明らかになったように、多くの地方植生誌が存在するため、植物分布データが全国的に入手可能な状況にあり、将来的には群落組成表を元に分布情報を抽出することで、分布データの拡充が可能であると判断した。これらの理由から、広域

における生物多様性評価のための基盤作成対象を植物種に絞るという指針を設定した。

The figure shows two screenshots of the 'BresJ: Biodiversity Information Resources in Japan' website. The left screenshot displays search results for the keyword '森林' (Forest), listing 56 metadata entries with columns for '名称' (Name), '要約' (Summary), and 'URL'. The right screenshot shows a detailed view of a specific entry, including a title 'インデックス: 7', a detailed summary of the research project, and contact information for the Environment and Natural Resources Center.

図(1)-3. 生物多様性情報メタデータデータベースシステム。左：キーワード「森林」による検索例、右：詳細データ表示例。

(2) 生物分布情報データベースシステム

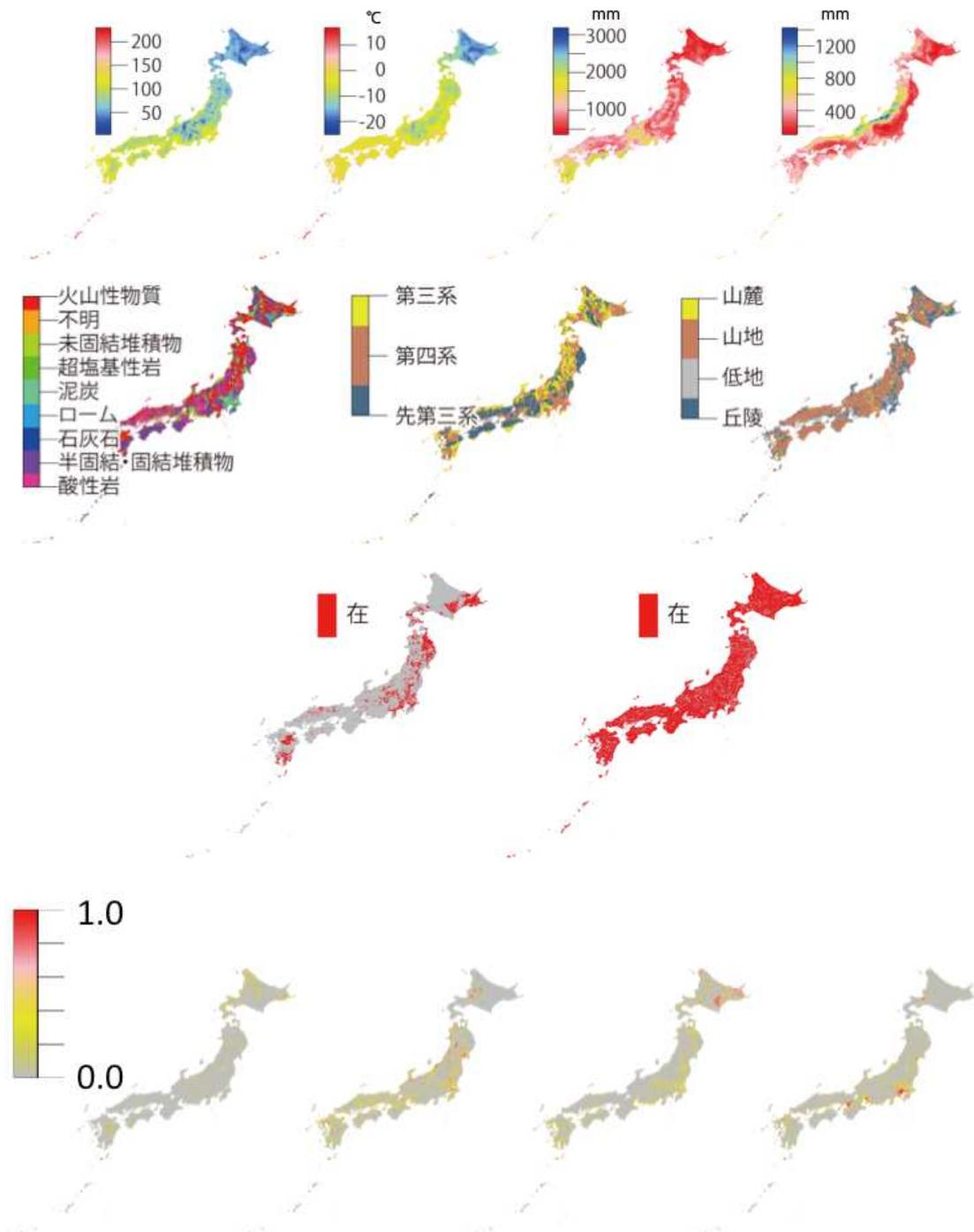
生物多様性情報の一次情報である標本・観察情報（特にその中でも分布情報）や、種名情報の国際標準となっているDawrinCore2.0にもとづき、生物分布情報データベースシステムを設計した。この設計にもとづき、Ruby on Railsを用いてLinux上にシステムを実装した。本システム上に、収集した環境省自然環境保全基礎調査植生調査データ（423,307件）、日本の固有植物種分布データ（211,684件）、日本の絶滅危惧植物データ（24,571件）をDarwinCore形式へ変換した後に入力した。これらのデータセットのうち、特に広域の情報が集約されている環境省第6～7回自然環境保全基礎調査植生調査の出現植物種データ386,588件の情報について、分布適地解析への利用などのための整備をおこなった。データセット内における植物の種名情報を最新の学名および標準的な和名に統一し、レコード間の関係を整理するために、(1)の成果から、日本における植物の種名情報としてBG Plants和名-学名インデックス³⁾の利用が適切と判断し、特に和名をキーとして、種名の統一をおこなった。また、各調査地点データについて、付与されている2次メッシュコードをもとに緯度経度情報を検証し、不適切なレコードを削除した。結果、有効調査地点数10,211地点、有効レコード数344,718件、約4,160種の植物分布情報を整備した（図(1)-4）。



図(1)-4. 整備した植物分布情報の有効調査地点。

(3) 環境情報の収集と整備

環境情報は全て3次メッシュレベルで整備した。気候情報として、気象庁メッシュ気候値2000年より暖かさの指数、最低気温、夏季降水量、冬季降水量を作成した(図(1)-5 1段目)。地形・地質情報として、日本の地形・地盤デジタルマップ⁴⁾より地形、地質年代(図(1)-3 2段目)を、国土交通省国土数値情報より表層地質、黒ボク土の有無、河川の有無を作成した(図(1)-5 2～3段目)。土地利用として、同じく国土数値情報から荒地率、水田率、水田以外の農地率、都市率(全て面積率)を1976年、1987年、1997年の3時点において作成した(図(1)-5 4段目)。黒ボク土(長期的人為改変の影響)や、土地利用における各面積率(短期的人為改変の影響)の選定はサブテーマ6との連携のもと、人為的改変の影響が生物分布に強く影響を与えることを考慮した上でおこなった。

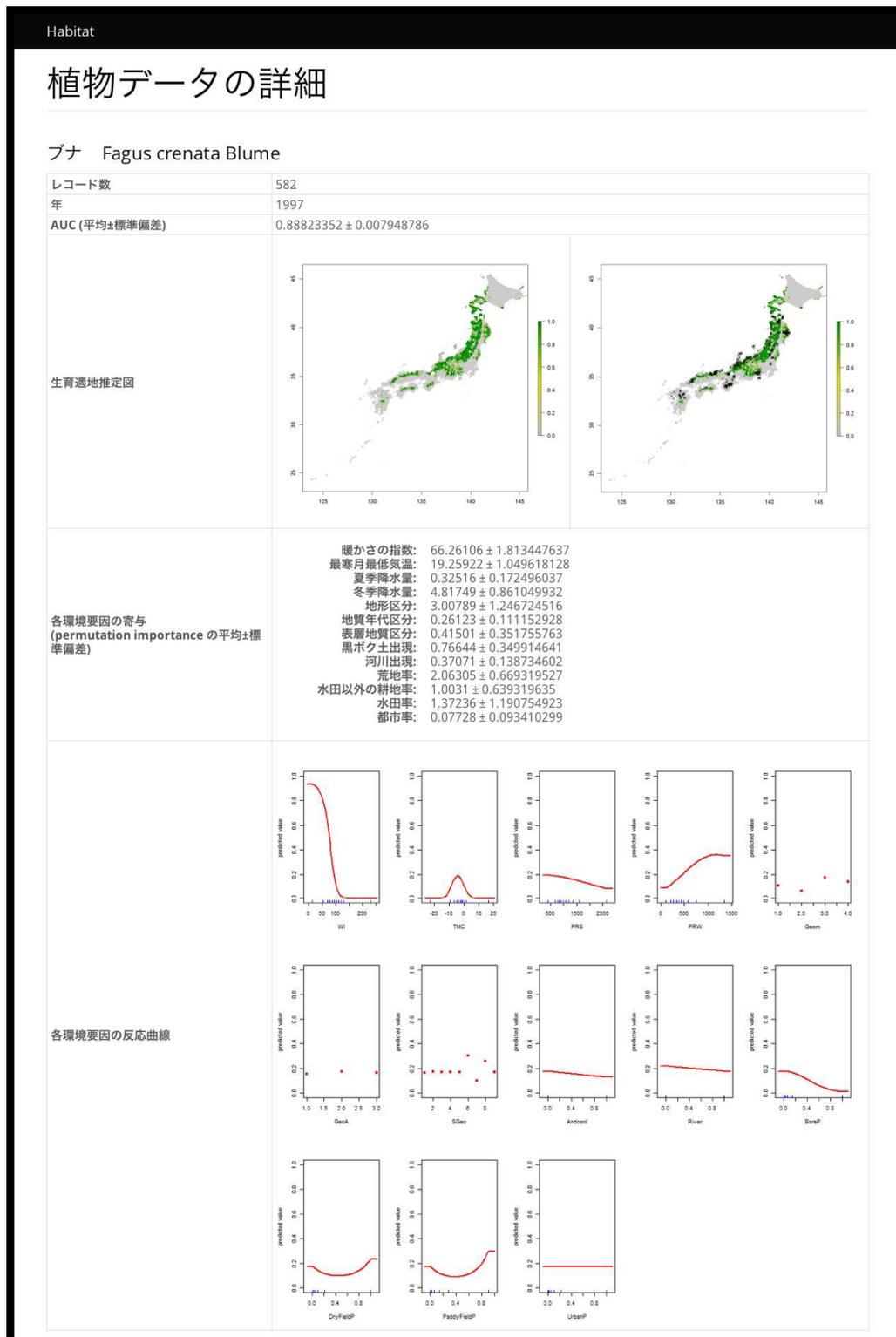


図(1)-5. 1kmメッシュで整備した環境データ。1段目は気候データで、左から暖かさの指数（5℃以上の平均気温月における5℃との差の合計）、最低気温、夏季降水量、冬季降水量。2段目は地形地質データで、左から表層地質、地質年代、地形。3段目は同じく地形地質データで、左から黒ボク土の有無、河川の有無。4段目は土地利用（面積率）、左から荒地率、水田率、水田以外の農地率、都市率。

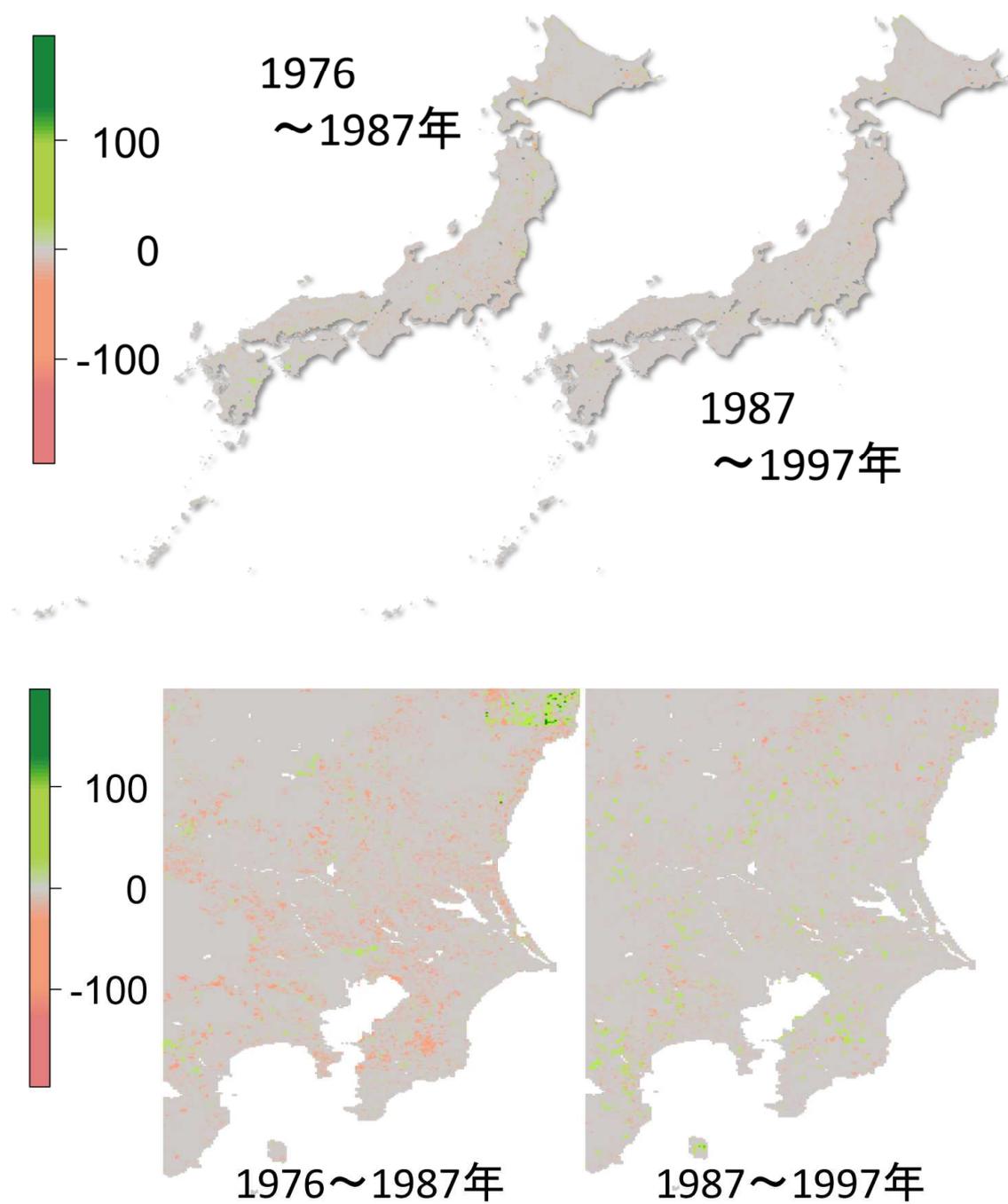
(4) 普通種植物の分布適地推定

(2) で整備した植物種のうち、レコード数50以上の801種（普通種と考えられる）について、(3) の環境情報（土地利用は1997年時のもの）を利用し、種ごとにMaxentによる分布適地モデルを構築した。このモデルをもとに1976年、1987年、1997年の3時点の土地利用を用いた分布適地を3次メッシュレベルで種ごとに外挿し、分布適地推定結果として、分布適地推定地図およびそのGISデータを含むデータベースを構築した（図(1)-6）。モデル精度の指標

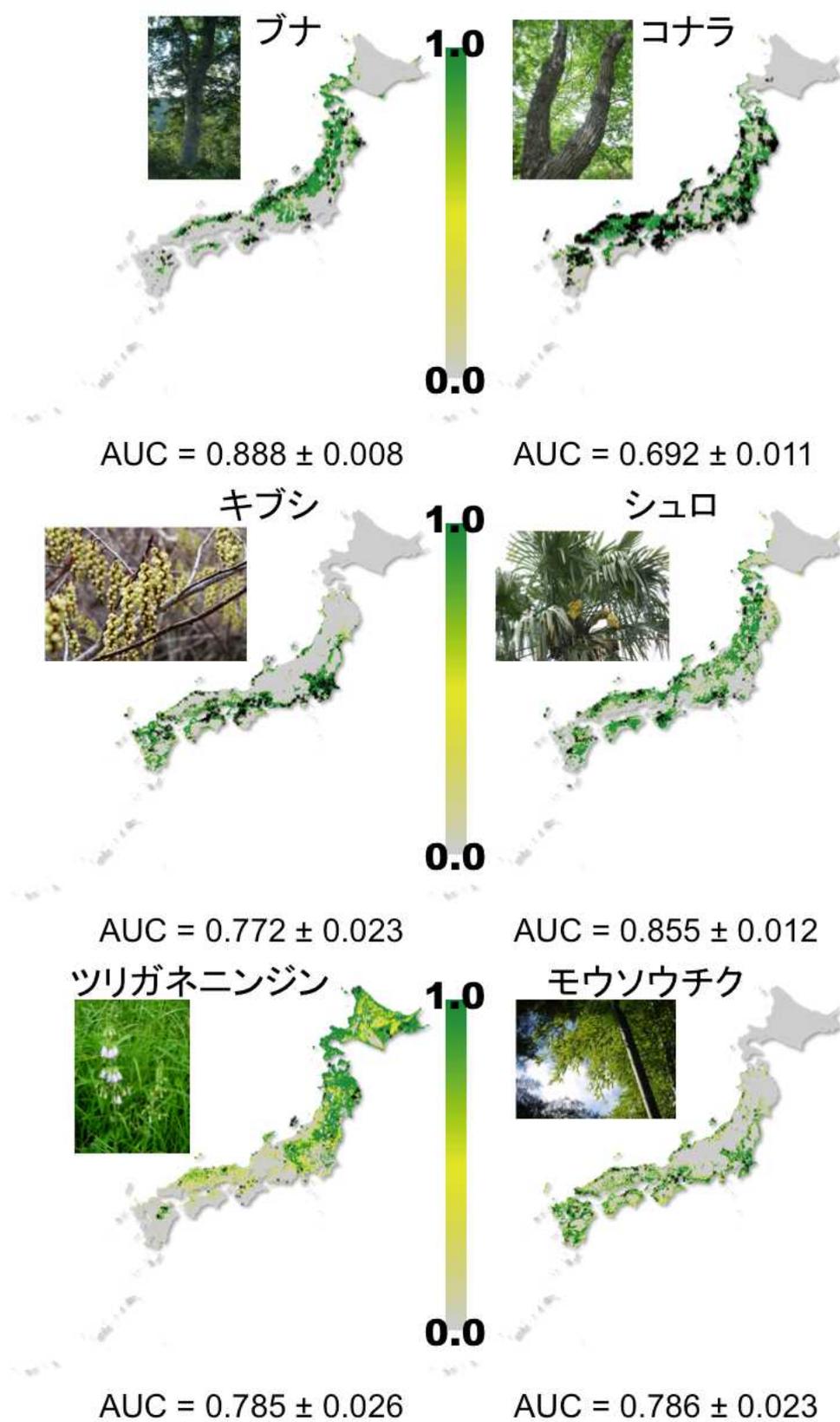
（AUC）が0.7以上の716種を対象にメッシュ当たりの分布適地種数期待値、および種数変化を算出した結果、約20年間の土地利用変化（荒地率の減少、都市率の増加、水田率の減少、水田以外の農地率の増加）などへの反応が種ごとに異なるため、全体としては大きな変化がみられなかった（図(1)-7）。モデルにおける土地利用寄与が20%以上ある種から6種（ブナ、コナラ、キブシ、シュロ、ツリガネニンジン、モウソウチク）を抽出した場合（図(1)-8）、種ごとに異なる変化がみられた（図(1)-9）。



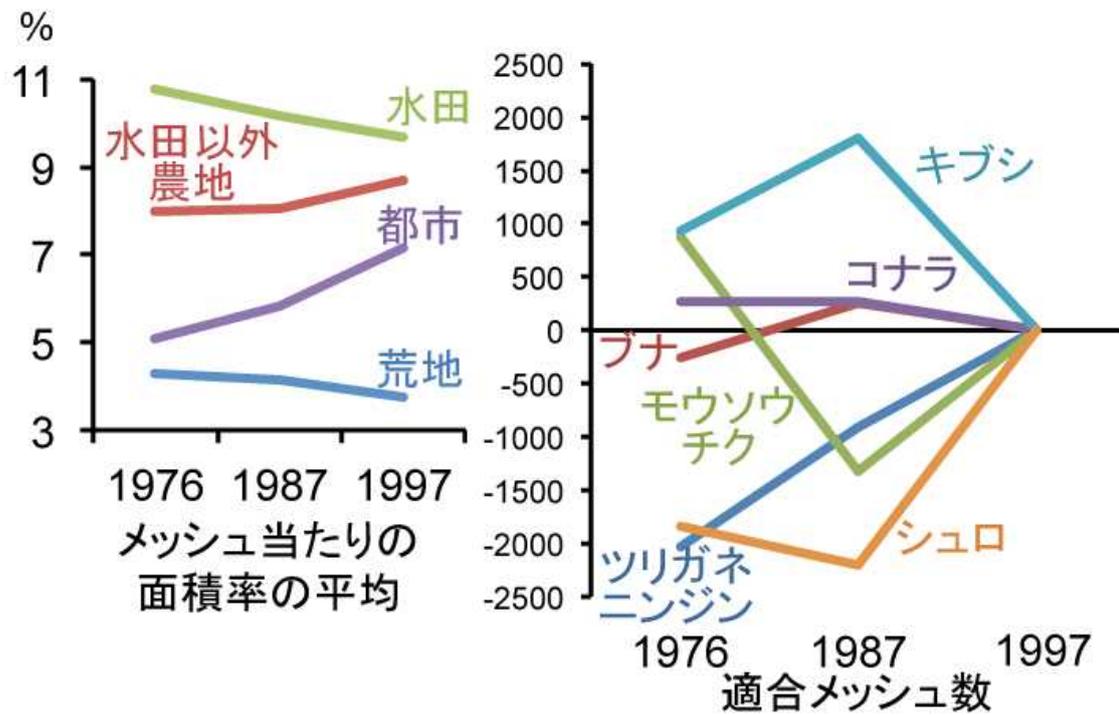
図(1)-6. 分布適地推定結果データベースの詳細表示。



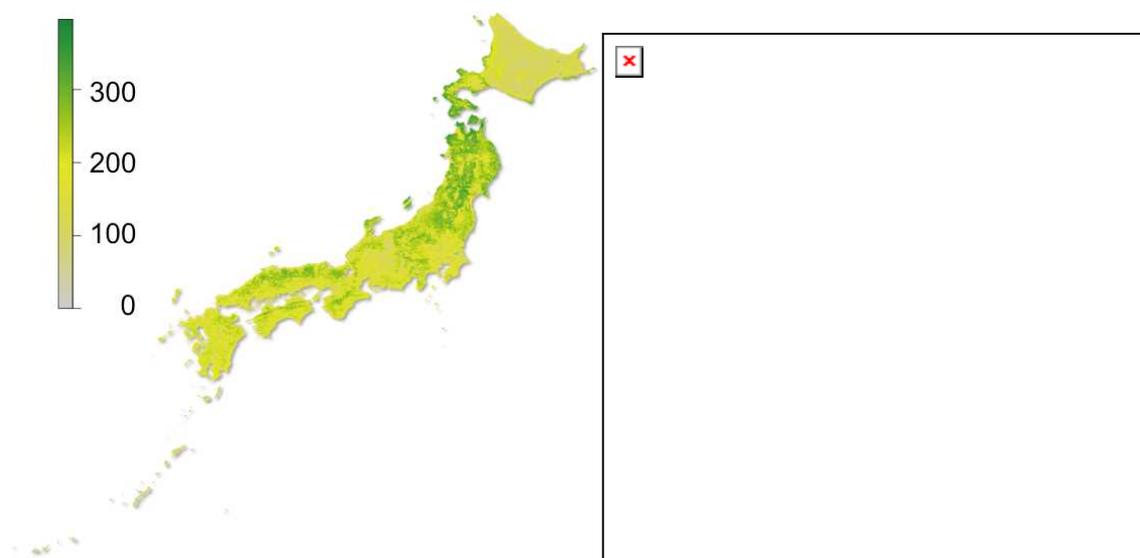
図(1)-7. メッシュ当たりの分布適地種数期待値の変化、上：日本全体図、下：関東地方の拡大図



図(1)-8. モデルにおける土地利用寄与が20%以上ある6種の分布適地推定結果。



図(1)-9. 左：メッシュ当たりの土地利用率の変化、右：モデルにおける土地利用寄与が20%以上ある6種における分布適地メッシュ数の変化



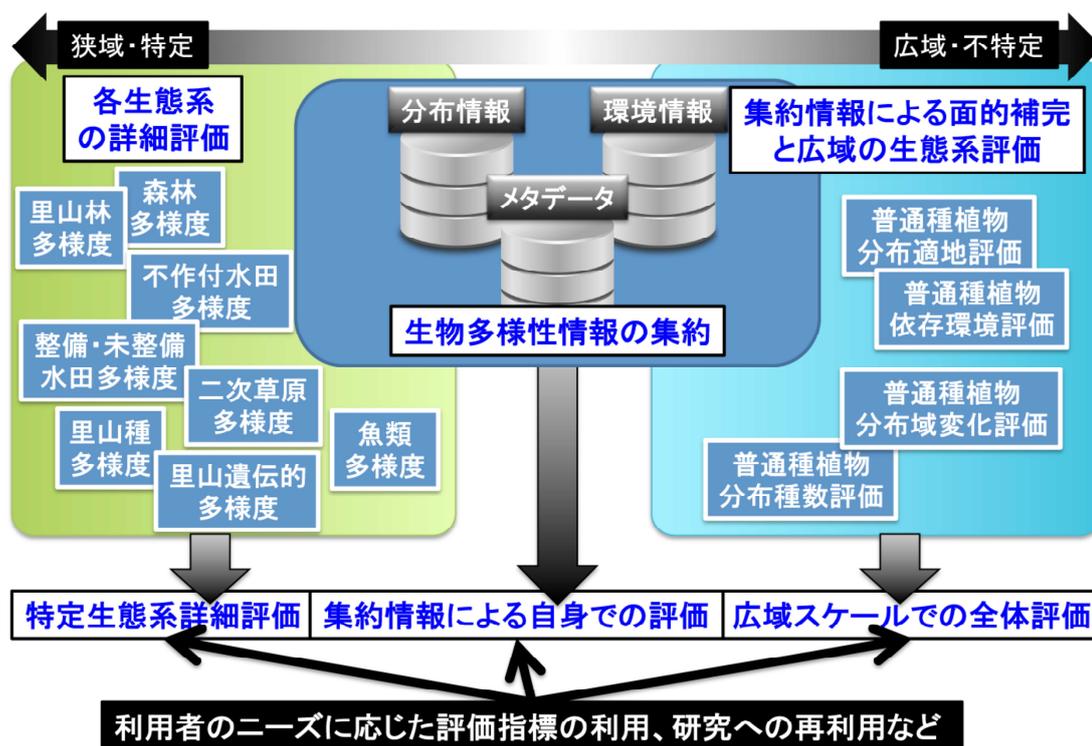
図(1)-10. 左：3次メッシュ当たりの普通種植物の期待種数、右：2次メッシュ当たりの絶滅危惧植物の分布種数（絶滅危惧維管束植物の公開分布情報（<http://www.sizenken.biodic.go.jp/va2007/index.html>）より作成）

また、1997年の土地利用データを利用して推定した分布適地推定結果の合計を普通種植物の3次メッシュ当たりの種数期待値と想定すると、位置情報が公開されている絶滅危惧種植物

の2次メッシュ当たりの分布種数と比較して、北海道南西部や東北地方などに異なる傾向がみられた（図(1)-10）。生態系保全のための生物多様性評価を植物種からおこなう場合、絶滅危惧種の種数指標のみからでは偏りが生じ、普通種の分布適地推定や分布推定も考慮する必要があることが示された。生物多様性評価には幅広い生物多様性情報が必要だと言える。図(1)-9の傾向からみても、種によって、人為的な環境改変や、気候変動に対する反応が異なっていることが分かり、この点からも絶滅危惧種と普通種の両方についての検討が生物多様性評価には必要だと言える。

（5）総合的な環境指標作成

特定生態系に関する各サブテーマの成果としての森林多様度、森林からみた里山多様度、不作付け水田多様度と遷移、二次草原多様度と指標種、淡水魚類多様度と関連形質・駆動因、里山植物種多様度、里山種遺伝的多様度、（2）、（3）で得られた広域での植物分布情報、および環境情報成果、（4）で得られた陸域の広域多様性指標成果を単純に合一して利用するのは、各指標間で重複がみられることや、サブテーマ5が示すようにスケールの違いが評価の違いを生み出すことから、避けることが現実的と考えられる。代替として、利用者のニーズに応じて適切な指標を利用することが望ましい。特定生態系や特定分類群の評価に際しては、各サブテーマが作成した生態系別や分類群別の指標を用い、都市や森林、草原などの生態系をまたぐ陸域の広域評価には（4）で作成した広域生息適地分布を指標基盤として利用することが適切と考えられる（図(1)-11）。また、これらの成果に合致しない独自の評価をおこなう際には、（2）、（3）で作成した成果を利用することで、情報源やデータの収集を一から始めるのではなく、整備された情報を利用する段階から、より迅速な指標作成を進められる。こうした評価手法や指標自体は、日本全域スケールで確立されたものであり、気候が南北で大きく異なり土地利用も複雑である地域を網羅しているため、アジアスケールでの適用も可能なものとなっている。そのため、本成果を環境省環境研究総合推進費S9「アジア規模での生物多様性観測・評価・予測に関する総合研究」へ引き継ぐことが可能となっている。



図(1)-11. 統合的な評価指標の概念

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

- ・ 生物多様性情報メタデータデータベースの作成（主に森林生態系、農業生態系、河川生態系の情報と、広域モニタリング調査の情報を収集）、生物分布情報データベースの作成、生物多様性の解析に不可欠な環境情報の整備を通して、生物多様性に関する情報利用を容易にした。
- ・ 約 800 種の植物の分布適地推定（地図化）により、植物（特にこれまであまり注目されてこなかった普通種）の多様性に関する時系列変化を追跡する事が可能となった。

(2) 環境政策への貢献

<行政が既に活用した成果>

特に記載すべき事項はない

<行政が活用することが見込まれる成果>

- ・ 生物多様性情報メタデータデータベースにより、新たな生物多様性の状態評価を行うさいに、必要なデータの所在確認作業を簡略化でき、効率的な作業を実施可能となる。
- ・ 環境省による過去の生物基礎調査の情報活用について、生物多様性センターと検討し、研究や政策への利用法の整備を行った。特に複雑な群落情報の形式を分布適地解析に適した単純

な形式に変換することで評価への活用の利便性を高めた。これにより、新たな生物多様性の状態評価を行うさいに、データの収集、データの変換などの一連の作業を簡略化した効率的な作業を実施可能となる。

6. 国際共同研究等の状況

特に記載すべき事項はない

7. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

<論文（査読あり）>

特に記載すべき事項はない

<査読付論文に準ずる成果発表>

特に記載すべき事項はない

<その他誌上発表（査読なし）>

- 1) 伊藤元己, 神保宇嗣: 環境情報科学, 39: 16-20(2010)
「生物多様性観測ネットワーク」
- 2) U. JINBO and M. ITO: *In* S. NAKANO, T. YAHARA and T. NAKASHIZUKA (eds) *The Biodiversity Observation Network in the Asia-Pacific Region*, Springer, 195-204 (2012)
“Data Discovery Mechanisms for Biodiversity Resources in the Asia-Pacific Region.”
- 3) T. KATO, U. JINBO and M. ITO: *In* S. NAKANO, T. YAHARA and T. NAKASHIZUKA (eds) *The Biodiversity Observation Network in the Asia-Pacific Region*, Springer, 259-266 (2012)
“DNA barcoding: a novel tool for observation of biodiversity.”
- 4) O. KURASHIMA, U. JINBO and M. ITO: *In* S. NAKANO, T. YAHARA and T. NAKASHIZUKA (eds) *The Biodiversity Observation Network in the Asia-Pacific Region*, Springer, 267-276 (2012)
“Development of a Threatened Species Portal in the Asia-Pacific Region.”

(2) 口頭発表（学会等）

- 1) M. ITO and N. SAKAGUCHI: The 2010 International meeting of the Association for Tropical Biology and Conservation, Bali, Indonesia, 2010
“The Biodiversity Information System Needs for Network of Ecological Plots in Tropics.”
- 2) M. ITO: ESABII and NaGISA Joint Conference in Commemoration of the CBD COP10, Nagoya, Japan, 2010
“ESABII database development.”
- 3) M. ITO, U. JINBO, O. KURASHIMA and N. SAKAGUCHI: ESABII Side Event at the CBD COP10, Japan, 2010
“Development of Biodiversity Information in ESABII.”

- 4) 斎藤昌幸, 倉島 治, 伊藤元己: 第60回日本生態学会大会, 2013
「植物の分布と土地利用:広域調査データを用いた分布解析」

(3) 出願特許

特に記載すべき事項はない

(4) シンポジウム、セミナー等の開催（主催のもの）

- 1) 日本生物多様性観測ネットワークの構築
(2010年6月5-6日、東京大学駒場キャンパス、参加者100名)

(5) マスコミ等への公表・報道等

特に記載すべき事項はない

(6) その他

特に記載すべき事項はない

8. 引用文献

- 1) 若松加寿江, 松岡昌志, 杉浦正美, 久保純子, 長谷川浩一: 東京大学出版会, 96p. (2005)
「日本の地形・地盤デジタルマップ」
- 2) 環境省: <<http://www.vegetation.jp/>> (2013年5月13日)
「自然環境保全基礎調査 植生調査情報提供ホームページ」
- 3) 米倉浩司, 梶田忠: <http://bean.bio.chiba-u.jp/bgplants/ylist_main.html> (2013年5月13日) (2003-)
「BG Plants 和名-学名インデックス」 (YList)
- 4) Flora of Japan Database Project: <<http://foj.c.u-tokyo.ac.jp/gbif/>> (2013年5月13日)
「Flora of Japan」

(2) 森林生態系の生物多様性情報の集積・各生態系の生物多様性環境指標作成・評価

(独) 森林総合研究所

森林昆虫研究領域 岡部貴美子

平成22(開始年度)～24年度累計予算額：18,932千円

(うち、平成24年度予算額：5,770千円)

予算額は、間接経費を含む。

[要旨]

2010年目標および愛知目標達成評価に貢献するために、森林の生物多様性の変化を明らかにすることを目的として、森林性野生生物の分布情報等の収集と電子化を行った。生物情報は国レベルの調査のほか、研究者及びアマチュアによる地域データとして存在していた。国レベルの広域調査は継続性と公開に問題がある場合がある一方で、アマチュアによる情報は研究・解析に適さないものがあつたことから、これらのデータを研究に利用することで普及啓蒙を諮る必要があると考える。これらの電子データは生物多様性のトレンド解析のほか、森林の生物多様性指標の開発に利用した。近年の森林の生物多様性の変化は、生態系や生物多様性利用の放棄によって特徴づけられることから、伐採や老齢林化などの遷移段階で示すことが可能であると考えられる。若齢林を創出する伐採のトレンドは、1) 1960年にピークを持ち、それ以降は面積が小さくなる、2) 1970年に大きなピークを持ち、それ以降は面積が小さくなる、および3) 1970年および80年に面積が大きくなり、1990年には面積が小さくなるという3型に類型化できることが明らかになった。これに基づき、伐採履歴を用いた里山指標を開発し、地図化した。また樹木の多様性については、調査面積に左右されない種の多様性の指標 H' の利用を試みた。その結果、 H' を利用することで保全に重要な植生帯を抽出できることが示唆された。

[キーワード]

森林生態系、指標、生態系サービス、土地利用変化

1. はじめに

森林は陸上生物の7割以上が生息地として依存する生態系であるといわれ、生物多様性保全にとって重要な生態系である。国連食糧農業機関 (FAO) の定義による森林は、世界中で約40億haにのぼり全陸地の約30%を占める¹⁾。しかしながら1990年から2000年までの10年間に毎年850万haの森林が失われた (純損失に基づく計算結果)¹⁾。このような生態系の破壊等により、世界の脊椎動物から見た生物多様性は1970年代から引き続き減少している²⁾。一方日本の国土の約67%は森林に覆われているが、その率は戦後ほとんど変わっていない³⁾。しかし森林率は一定しているものの1960年代以降人工林率が上昇し、生態系の質は大きく変化した。また1970年代以降の社会経済的变化によって、森林の利用や管理方法も大きく変化した。そのため1970年代から1990年代にかけて日本の森林性鳥類の分布域は大きく変化し、林業活動の停滞によって伐採地や新規植林地が減り若い林が減少したために、藪などを好む鳥の分布が減少した⁴⁾。これらのことから日本におけ

る森林の生物多様性の特徴は、土地開発による影響よりも森林の持続的利用の放棄の影響が大きいことと推測される。従って日本のように比較的森林率が高い先進国においては、森林率そのものは生物多様性の指標には不適當であることがわかる。

生物多様性の保全を推進するためには、Global Biodiversity Outlookや生物多様性総合評価のように生物多様性や生態系の現状を広く一般に知らしめることがまず重要である。そのためには、生物多様性の情報を収集し解析を行って、非専門家にもわかりやすく、できる限り可視化してゆくことが有効である。このことにより生物多様性の保全手法を科学的に高度化してゆくことができる。そのために生物多様性の減少や劣化の要因を解明するとともに、生物多様性の変化を的確に表す指標を抽出して、現状の評価と社会的経済的变化による動態の予測を行う必要がある。また分布情報の収集によって、保全地域や生態系の優先順位を決定してゆくべきである。

2. 研究開発目的

2010年目標および愛知目標達成評価に貢献するために、森林の生物多様性の変化を明らかにすることを目的とする。このためにまず野生生物の生物情報（主に分布情報）を収集し、解析可能なフォーマットで電子データ化する。またこれらの生物のうち森林生態系に依存する生物の生態情報を収集し、生物多様性の変化のトレンドを解明することによって、森林の生物多様性にとって適切な指標の提案を目的とする。

3. 研究開発方法

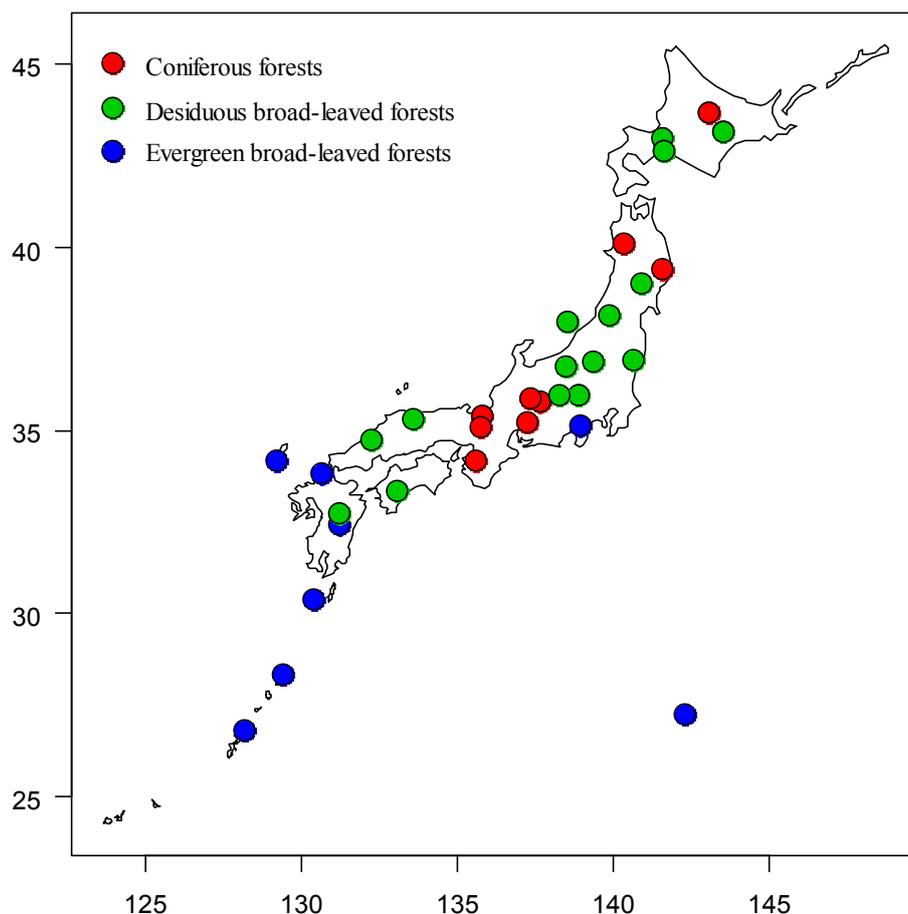
(1) 生物の分布情報の収集と解析

インターネット及び学会等の研究者ネットワーク等を利用して、既存の生物多様性データベースに関する情報を収集する。また印刷物ベースの情報がいくつか明らかになってきたため、所有者の許可を得て、電子化にも取り組む。また生物多様性の現状を把握するために、環境省のレッドデータブック、既存の出版物を利用して、森林性生物の絶滅の状況を調査する。

ローカルな生物指標としては、きのこ類の利用を検討する。きのこ類については、アマチュアグループによる京都府京都市（1982年～）、神奈川県川崎市（1997年～）、茨城県土浦市（1999年～）、兵庫県神戸市（2000年～）において長期モニタリングされているものを入手する。京都市および土浦市の調査地では基本的に月に1回（年12回）、川崎市内および神戸市においては冬期を除く月一回（年8～9回）同一調査地のほぼ同一経路を数人～20数人で調査、経路周辺に発生した、きのこ類を採取後現地にて同定、肉眼的特徴だけで同定の困難なものは顕微鏡を用いて同定を行っている。記録された種のうち、腐生菌としてサルノコシカケ類（サルノコシカケ科、タバコウロコタケ科を中心とした木材腐朽性の硬質菌類）、樹木との共生者である菌根菌としてイグチ類（広義のイグチ科）およびテングタケ属に属する種を抽出、年間に記録されたそれぞれの菌群の種数を算出する。なお、これらの菌群はいずれも分類学的研究が比較的進んでおり、きのこ類を対象としたパラタクソノミストにも同定が比較的容易なグループである。また、データ数の多い京都市のデータについては、全菌群を対象としてバイズモデルを用い、多様性の変化について解析する。

(2) 森林の生物多様性変化トレンドの解明

日本において、森林の大部分を占める二次林および人工林について、生物多様性変化トレンドを知ることができるデータが存在しないことから、生物多様性変化を引き起こす主要因の一つである人為活動に着目し、人為活動の影響を類型化して森林の生物多様性変化トレンドを推定するモデルを開発する。森林性鳥類の分布域は林業活動の衰退に伴う若齢林の減少によって変化した⁴⁾。このように若齢林の減少は地域的な植物相および動物相の多様性に大きく影響を与えると考えられるため、伐採活動の変化傾向を類型化することで若齢林分布のトレンドを推定し、地域的な生物多様性変化トレンドを類推する。まず、1960、70、80および90年農林業センサスデータから、共通の調査項目として利用可能であった「伐採跡地」を利用して、各時点における伐採跡地面積およびその時間変動に着目して市町村を類型化する。なお、データの制約から離島および沖縄県は対象から除外する。次に、国土数値情報に含まれる標高、傾斜および道路密度データから、市町村内での相対的な伐採活動の生じやすさを3次メッシュ解像度で評価する。



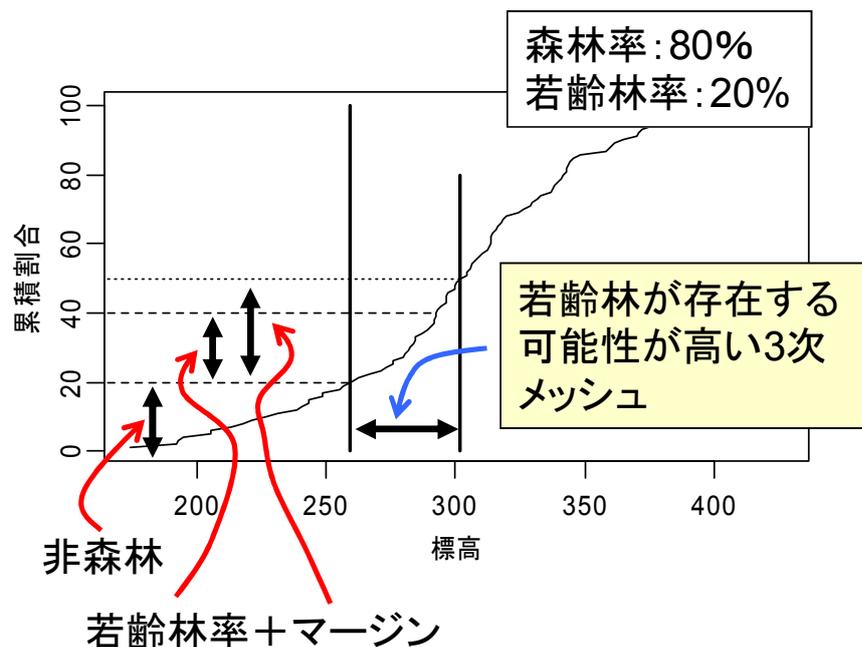
図(2)-1. 利用したデータベースの分布

(3) 生物多様性指標の開発

Global Biodiversity Outlookのために開発されたリビングプラネットインデックスの手法⁵⁾を用いて、森林総研の長期モニタリングサイトとJaLTER（日本長期生態学研究ネットワーク）のサイト等11か所の老齢林のデータに基づき、1990年代から2000年代にかけての樹木の多様性の変化を調べる。これまで植物の多様性の変動を現す指数やアルゴリズムがなかったことから、本解析の結果を基にリビングプラネットインデックスの有効性について検討する。

その結果本インデックスの利用が適当でなかったため、別の指標として、Hubbellの統合中立理論から、パラメータ θ を検討する。Hubbellの統合中立理論では、1. 各個体の振る舞い（死亡リスク、定着能力）は種によらず同等とみなすこと、2. メタ群集の多様度指数パラメータ θ は、 $\theta = \text{メタ群集サイズ} \times \text{新種の出現率}$ 、によって定義されること、3. 局所群集の多様性パターンは、 θ と移入率 m （枯死後の更新がプロット外のメタ群集からの移入で起こる確率）で決まること、4. パラメータ θ は、観測プロットのサイズに依存せずに推定できるとなっている。このため、 θ を指標とすることが適当であると考えられる。 θ と m は毎木調査データから、最尤推定できることから、日本全国の老齢林のデータベース（森林総研の長期プロットと環境省モニタリングサイト1000）からデータを収集する（図(2)-1）。また θ や m の計算のためのアプリケーションとして、ここでは統計学の国際誌で評価が確立している TeTame⁶⁾を用いる。 θ の値はプロット面積に依存しないことから、主にこちらを用いて評価をする。 θ と相関する環境要因を抽出するために、気候要因、地理的要因、群集の発達度（最大胸高直径など）、森林の安定度（胸高断面積）との間で、AIC（赤池情報量基準:モデルの当てはまりを示す指標）による変数選択（AICが最小となる変数の組み合わせの選択）を行い、加えて θ と環境要因との相関におけるはずれ値を見つけ、その意味することを考察する。

更に前述の生物多様性変化トレンドの評価を用いて地方自治体ごとの森林管理の履歴から若齢林の分布を推定するモデルを開発し、里山指標としての利用を試みる。皆伐履歴の収集には林業センサスデータ（2000年）を用い、皆伐から10年以下の森林を若齢林とする。1960年代以降の伐採には、標高、傾斜、搬出用の道路密度などが影響を与えることがわかっていることから、これらの相関を求め、標高を説明変数とする。自治体ごとの森林面積に基づき、低標高地帯を非森林と仮定して伐採林面積に対応する標高を求め（図(2)-2）、若齢林分布モデルを作成し、3次メッシュで地図化する。



図(2)-2. 若齢林抽出モデルの概念図

手法は、1. ある自治体の森林率が80%の場合は、非森林地帯は対象自治体面積の20%に達するまでの地域と仮定し、2. この自治体の若齢林率が20%の場合は、若齢林地帯は、1の標高から面積が更に20%プラスマージン（5%）に達するまでの標高に分布する地域とする。結果を参照。

4. 結果及び考察

(1) 生物の分布情報の収集と解析

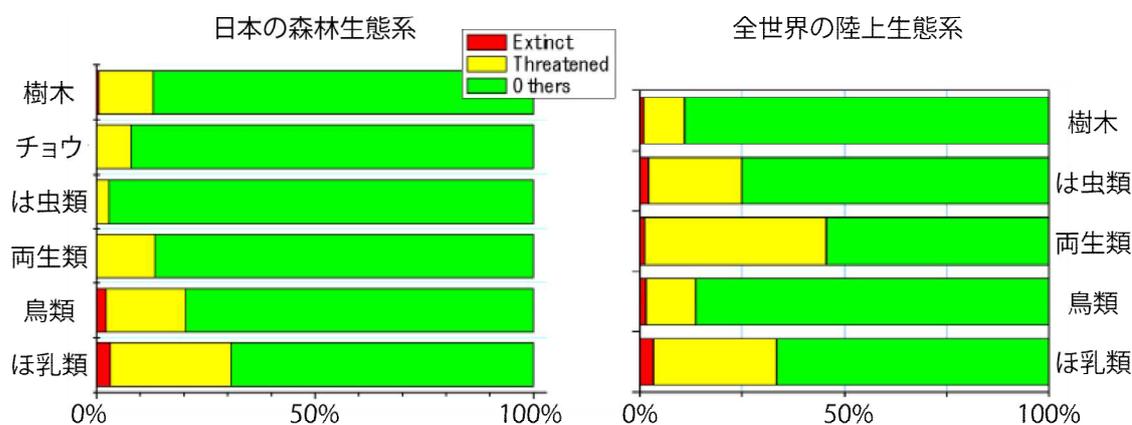
森林に関連のある既存のデータベース情報の収集を行った（表(2)-1）。その結果、森林に関するデータベース20件を収集した。しかし、必ずしも長期にわたるデータはなく、また全国をグリッド等で網羅することができるデータは少ないことがわかった。森林の生物多様性を全国スケールで解析する上では、国家森林資源データベースのように国内の全森林を画像データとして蓄積したデータベースが解析にも、可視化にも有効である。このように、現在公開されていないデータベースの有用性が明らかとなった。アマチュアや研究者個人による、地域的な生物分布情報がいくつか出版されていることもわかった。特に地方の同好会は活動が活発で、ほとんどが同行会誌を発行している。しかしながらボランティアに基づく情報のため、同じ地点で繰り返し採集を行い、普通種も含めてすべてを同定するような情報が不足している。この点に関しては総合評価などで現状報告をするだけでなく、啓蒙が必要であることがわかった。このような普及啓蒙活動が今後の課題である。

北海道大学植物園におけるハナバチ相の継続調査（1970年代から）の結果を電子化して、長期的な多様性変化の解析を可能にした。本結果は推進費課題S9において、生態系サービスの評価に利用する予定である。また東～東南アジアの昆虫標本をデータベース化し、この地域の生物多様性評価への利用を可能にした。またデータベースの探索を行い、インドネシア・

カリマンタンにおける森林の遷移段階及び人的改変の程度と生物との関係の調査の結果を収集し、森林改変によるアジアの生物多様性への影響評価への利用を可能にした。

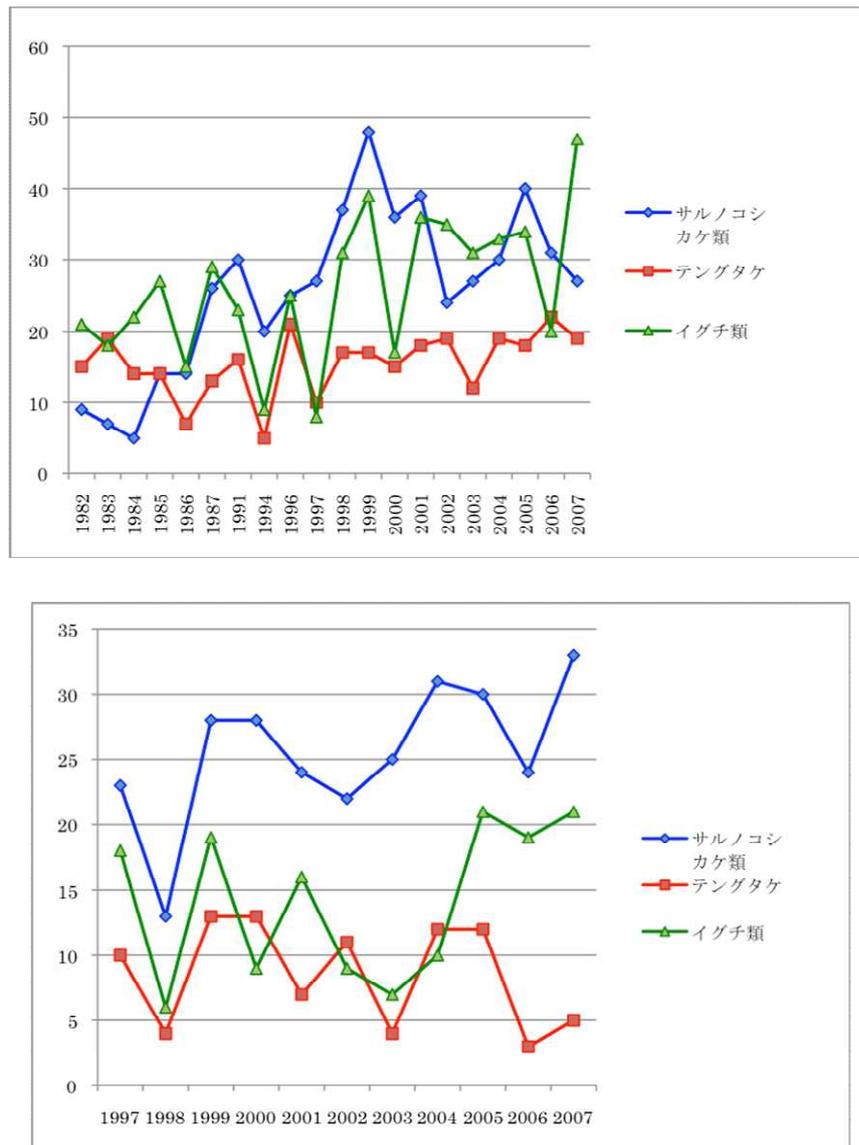
表(2)-1. 生物多様性データベース

データベースの名称	調査対象	種別	スケール	所有者	公開
森林動態データベース	木本植物	実測データ	全国(地点データ)	森林総合研究所	公開
ブナ結実状況データベース	ブナ科植物	実測データ	全国(ブナ科のみ)	森林総合研究所	公開
植物標本データベース	維管束植物	標本データ	全国(採集地)	森林総合研究所 多摩森林科学園	公開
植物社会学ルルベデータベース	維管束植物	実測データ	全国	森林総合研究所	非公開
森林生物情報データベース	昆虫・ほ乳類・鳥	図鑑情報	全国(採集地)	森林総合研究所	公開
森林生物遺伝子データベース	樹木・線虫・微生物	EST	全国(採集地)	森林総合研究所	公開
微生物遺伝資源データベース	微生物	ジーンバンク	全国(採集地)	森林総合研究所	公開
JaLTER	主に維管束植物	実測データ	全国(地点データ)	JaLTER	一部公開
国家森林資源データベース	森林生態系	森林簿	全国	林野庁	非公開
昆虫データベース	昆虫	図鑑情報	全国	九州大学大学院 農学研究院	公開
標識鳥類データベース(仮称)	鳥	実測データ	全国(地点)	山階鳥類研究所 (環境省)・一部 森林総合研究所	一部公開



図(2)-3. 生物の絶滅の状況

森林性の生物の絶滅及び絶滅危惧について文献ベースの調査を行った。その結果、1970年代以降の生物の絶滅はほとんどなかったが、レッドデータブックに基づく絶滅した森林生物の割合は、世界の陸上生物の絶滅種の割合と大きく変わらなかった（図(2)-3）。日本では両生類の絶滅が少ないのは、カエルツボカビ病の影響がほとんどないためと考えられた（カエルツボカビ病は日本の土着の病気と考えられている）。従って日本では森林率は大きく変化しておらず先進国の中では極めて高いといえるが、必ずしも生物多様性は保たれていないことが示唆された。今後も長期的な生物分布調査の継続が必要である。



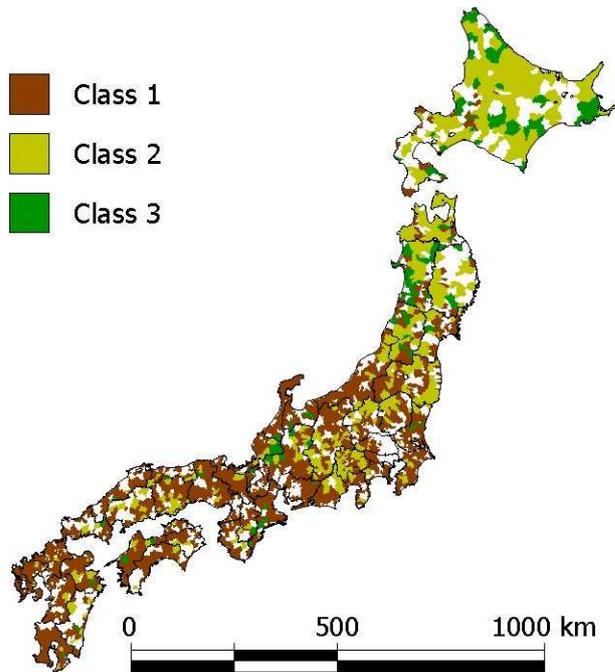
図(2)-4. 上：京都市内調査地における年間に記録されたサルノコシカケ類（腐生菌）、テングタケ属およびイグチ類（菌根菌）種数の経年変化、下：川崎市内調査地における年間に記録されたサルノコシカケ類（腐生菌）、テングタケ属およびイグチ類（菌根菌）種数の経年変化

アマチュアグループによるモニタリング結果を解析したところ、京都市および川崎

市の調査地では腐生菌であるサルノコシカケ類については増加傾向が認められた。これに対して、菌根菌（共生菌）であるテングタケ属およびイグチ類については、年次変動は大きいものの一定の傾向は認められなかった（図(2)-4）。また、京都市内の調査地におけるデータを解析した結果、腐生菌（サルノコシカケ類以外も含む）の種数に影響を与える要因として、森林遷移の進行が推測されたのに対して、菌根菌（テングタケ属およびイグチ類以外も含む）の種数は温度や降水量等の影響を強く受けていた。国内の冷温帯において林齢の異なる森林におけるサルノコシカケ類の種数を調べた結果、林齢と種数は正の相関が認められた。今回の調査の結果、同一の森林においても、林齢が高くなると腐生菌の種数が増加する事が示唆された。これは、林齢の高い森林では大径の倒木が持続的に供給され、より多数の木材腐朽菌が発生すること、林内の適度な湿度が保たれることなどが関係すると考えられる。なお、神戸市および土浦市の試験地では明らかな傾向が認められなかったが、両者ともに調査年が短いこと、前者はすでに高齢の安定した林であること、後者では調査面積が狭く誤差の影響が大きいことなどがその原因と考えられた。このような解析結果をアマチュアグループへフィードバックすることが、啓蒙につながると考える。

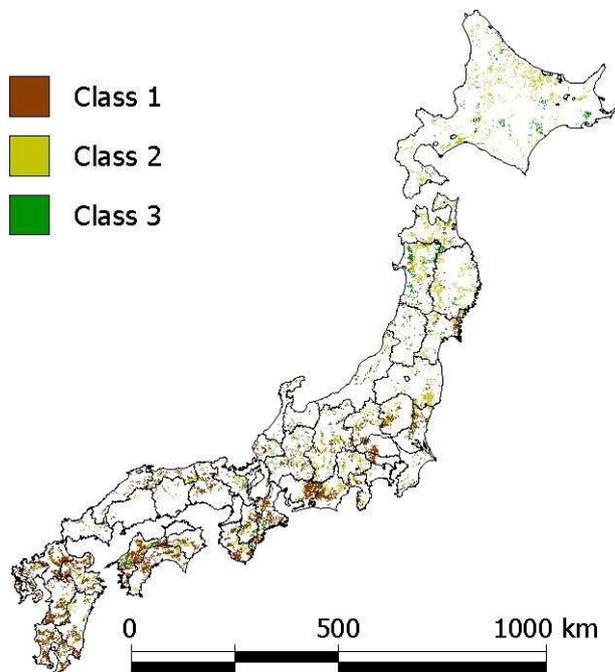
（２） 森林の生物多様性変化トレンドの解明

伐採跡地面積およびその時間変動によって市町村を類型化し、特に若齢林面積の変化が顕著であると考えられる以下の３類型を抽出した（図(2)-5；１）1960年にピークを持ち、それ以降は面積が小さくなる類型(Class 1)；２）1970年に大きなピークを持ち、それ以降は面積が小さくなる類型(Class 2)；および３）1970年および80年に面積が大きくなり、1990年には面積が小さくなる類型(Class 3)）。これらの類型に分類された市町村では拡大造林が進められたものの、その後に著しく林業が衰退したと考えられる。日本の拡大造林政策は1950年代後半から始まったが、その推進には市町村によって時間差があった。これら３つの類型はそれを反映したものであり、類型１から３の順に若齢林が減少して地域的な生物多様性の面から草原及び里山性生物が減少する状態へ移行していったトレンドを表現していると考えられる。次に３次メッシュ解像度国土数値情報データより、相対的に伐採を含む林業活動を行にくいと考えられる高標高地、急傾斜地および低道路密度地を抽出した。土地利用の空間分布は標高、傾斜および道路密度に大きく影響される。ここで抽出した高標高地、急傾斜地および低道路密度地では林業などの土地利用がしにくく、人為活動が及びにくいことから相対的に伐採が生じにくく、結果として若齢林が存在する確率も低くなっていると考えられる。



図(2)-5. 伐採面積跡地データ
による市町村の類型区分

最後に、伐採活動の衰退による生物多様性変化トレンドを推定することを目標として、人工林が過半数を占める3次メッシュを抽出し、若齢林分布からみた生物多様性変化トレンドの空間分布を推定した(図(2)-6)。ここで抽出した3次メッシュでは若齢林を著しく欠く林分配置になっていると考えられ、その空間分布は伐採跡地面積の推移による類型化とあわせてみると、若齢林を欠く望ましくない森林配置がどのように広がっていったのかというトレンドを示していると考えられる。



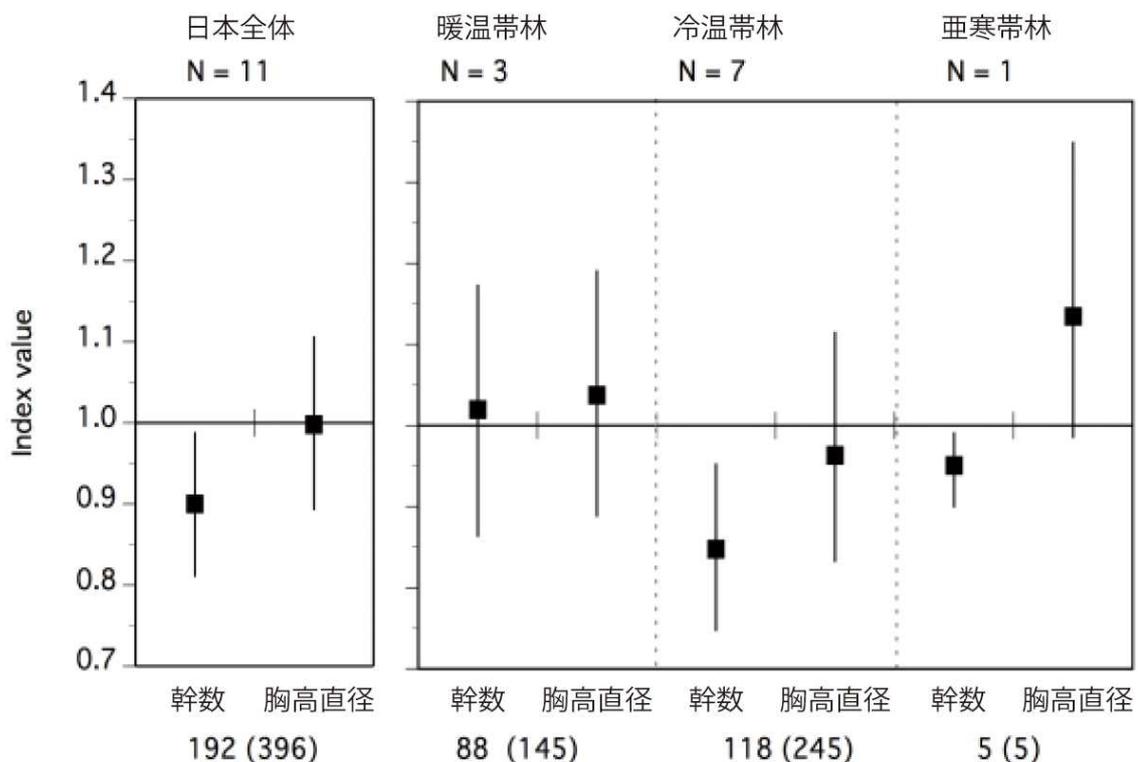
図(2)-6. 若齢林分布からみた
生物多様性変化トレンドの
空間分布

以上のように、入手が可能なデータソースを使って、日本全国を対象として、3次メッシュ解像度で人為活動の影響を評価することにより森林の生物多様性変化トレンドを空間的に推定するモデルを開発した。現在、林野庁によって日本全国を対象とした4 kmグリッドサンプル

リングによる生物多様性モニタリングが進められている（森林生態系多様性基礎調査事業）。この事業のデータが公開されれば、今回の結果と重ね合わせることによって、より具体的な生物多様性変化トレンドを表現できるようになると期待される。

(3) 生物多様性指標の開発

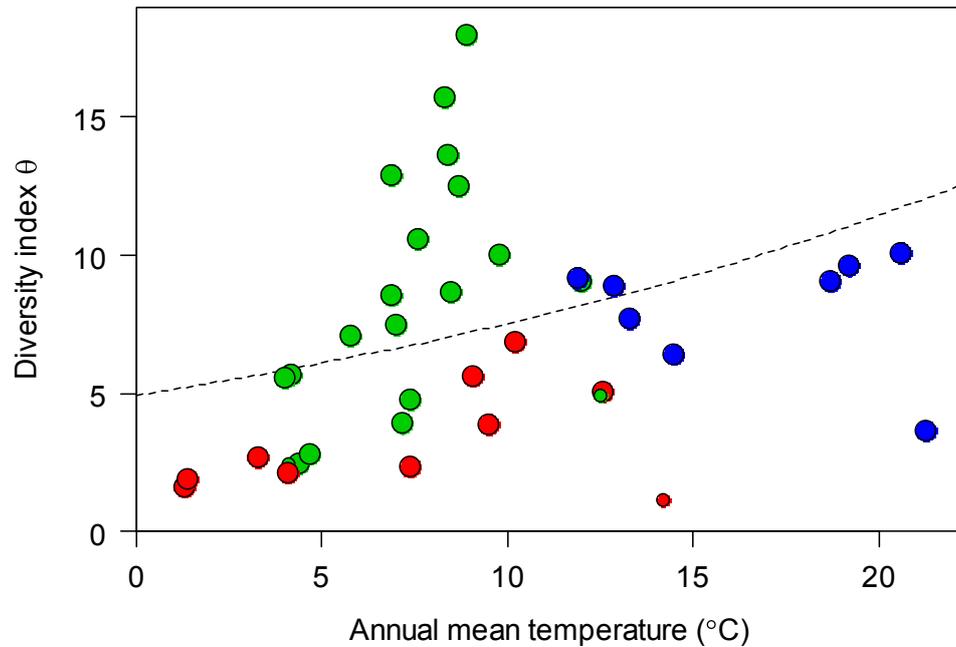
11か所の老齢林調査サイトでは、1990年代から2000年代の10年間で樹木種数の減少はなかった。通常個体数の指標として使われる幹数はインデックスが減少傾向であったが、胸高直径（バイオマス）は変わらないかやや増加する傾向であった（図(2)-7）。一般に植物は生長するに伴い、幹数が減る傾向にある。従って本調査サイトでは生物多様性が減少したわけではなく、むしろ樹木が生長傾向にあったと考えられた。このことから樹木の生物多様性の変動を評価するためには、種数と個体数だけでなくバイオマスの指標も必要と考えられた。



図(2)-7. 樹木の多様性のリビングプラネットインデックスによる評価

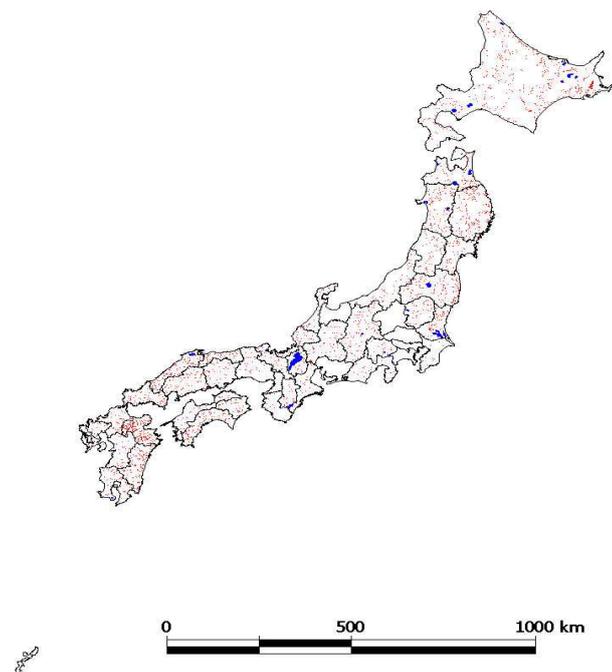
また、推定された θ と m からランダムに発生させた群集は実測値に基づく本数順位曲線とよく一致したことから、これらの指数は利用可能である。また推定された θ は日本では最大が椎葉（宮崎県）の17.9、最小が上賀茂ヒノキ天然林（京都）の1.1で、全38プロットの θ の平均は7.0だった。 θ の変動に関連する環境因子としては、年平均気温0.042 ($p = 0.032$)と群集内BA合計-0.591 ($p = 0.061$)の2変数が抽出された。そこで、平均気温（x軸）と θ の相関を調べたところ、赤（針葉樹）、青（常緑広葉樹）それぞれ1点、緑（落葉広葉樹）5点のはずれ値が認められた（図(2)-8）。このうち青は小笠原であったことから、海洋島の貧弱な生物多様性を示すものと考えた。また赤はヒノキの天然林であり、老齢林ではあるが人為的影響が大きかったと考えられた。しかしながら緑で示す落葉広葉樹林は苫小牧から宮崎県の全国に散在し、

同一の攪乱要因や地域的要因ではないと考えられた。これらの森林はどれも予想よりも生物多様性が高いことを示しており、これらの森林が冷温帯と温帯または暖温帯の境界に接することから、両気候帯の分布種を併せ持つための現象ではないかと考えられた。一般に温度が高い森林において生物多様性がより高いにもかかわらず、これらの境界域の森林は更に生物多様性が高かったことから、保全上重要な地域として提言することが必要かもしれない。



図(2)-8. θ と平均気温

若齢林の分布予測モデルを構築し、地図化した結果、若齢林は東九州、四国太平洋岸、東北地方太平洋岸などに特に多く分布していたが、全国的には年を除きまんべんなく分布していると言えた（図(2)-9）。今後この指標を里山生物指標として実用化するためには、全国的な生物多様性情報を用いて検証を行う必要がある。また自治体のデータの正確性を検証する必要がある。農業地帯では里山の生物多様性指標が提案されていることから、本指標はより中山間地域における指標として利用価値が高いと考えられた。



図(2)-9. 若齢林分布の分布予測

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

- ・ 新しい森林多様性の指標を開発した。これまで生物多様性条約の Global Biodiversity Outlook など国際的に利用されてきた指標であるリビングプラネットインデックスは、種数と個体数に注目するものだが、樹木にそのまま適用した場合、生物多様性の変化について誤った結論を導く可能性が初めて明らかになった。本事業で開発した森林多様性の指標は、調査プロットの面積に依存しない樹木多様性の変化トレンドを評価できる。
- ・ 森林生態系からみた里山多様性の指標を開発した。日本が生物多様性条約において提案した里山保全では、その評価指標として、農地生物によるものが利用されてきたが、日本の里山は中山間地に位置することが多く、森林生態系、農業生態系等が一体化したものと捉えることもできる。本事業で開発した森林からみた里山指標を利用することで、伐採履歴からの評価が可能となった。今後はこの指標の検証を通して、生物多様性の変化要因についても明らかにできると考えられる。

(2) 環境政策への貢献

<行政が既に活用した成果>

- ・ 国有林の森林管理事業における生物多様性保全の評価及び評価手法の開発事業評価委員会（平成 24 年度森林環境保全総合対策事業・森林の生物多様性保全推進事業および森林整備事業の費用対効果分析手法の開発事業）において、本研究の成果をもとに指標の開発や利用方法について助言を行った。

<行政が活用することが見込まれる成果>

- ・ 森林生態系指標は、これまで動物にのみ適用されてきたリビングプラネットインデックスと異なり、植物に対して利用可能なため、今後は国際的に利用可能な指標として提案できる。
- ・ 里山保全において、森林から見た里山指標を開発することで、生物分布よりもより安定的に入手可能な伐採履歴からも里山を評価可能となったため、行政などによる評価が今後進むと期待される。また、農業生態系と森林生態系の二つの観点から里山を評価可能になることで、行政における里山の定義と里山保全の意義が今後より明確になると考える。

6. 国際共同研究等の状況

特に記載すべき事項はない

7. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

<論文（査読あり）>

- 1) M. OGAWA, Y. YAMAURA, S. ABE, D. HOSHINO, K. HOSHIZAKI, S. IIDA, T. KATSUKI, T. MASAKI, K. NIYAMA, S. SAITO, T. SAKAI, H. SUGITA, H. TANOUCHI, T. AMANO, H. TAKI, K. OKABE: Environ. Monit. Assess. 178:85–94 (2011)
 “Use of two population metrics clarifies biodiversity dynamics in large-scale monitoring: the case of trees in Japanese old-growth forests”
- 2) IUFRO GFEP (J. PARROTTA, C. WILDBURGER, S. MANSOURIAN eds): IUFRO World Series Volume 31(2012)
 “Understanding Relationships between Biodiversity, Carbon, Forests and People: The Key to Achieving REDD+ Objectives. A global assessment report.”
 ※第2、3章を分担執筆。査読有り。国際機関発行のレポートのため、プロジェクトへの謝辞は無し

<査読付論文に準ずる成果発表>

特に記載すべき事項はない

<その他誌上発表（査読なし）>

- 1) 岡部貴美子：山林、No.1511、24-31 (2010)
 「生物多様性条約／COP10に向けて（1） 森林の生物多様性保全—持続可能な森林管理と利用のために—」
- 2) 岡部貴美子：農林水産技術研究ジャーナル、33 No.9 52-56 (2010)
 「持続可能な生態系サービス利用のための森林の生物多様性保全」
- 3) 岡部貴美子：日本の科学者、45(10) 16-21 (2010)
 「森林の生物多様性と生態系サービス」
- 4) K. OKABE: The proceedings of International Symposium for the Convention on Biological

Diversity –The role of forest biodiversity in the sustainable use of ecosystem goods and services in agro-forestry, fisheries, and forestry, 36-42 (2010)

“Conserving forest biodiversity and ecosystem services to agriculture”

- 5) 服部力：山林No.1515、46-47 (2010)

「森林タイプと木材腐朽菌の多様性」

- 6) I. THOMPSON, R. NASI, K. OKABE, V. KAPOS, J. GORDON: Assessing Forest Degradation. FAO, Forest Resource Assessment Working Paper 177, 24-44 (2012)

“Biodiversity”

(2) 口頭発表 (学会等)

- 1) K. OKABE : The role of forests in conservation of global biodiversity“From Japan to the world” side event at the CBD COP10, Japan, 2010

“Japanese Forest Biodiversity - past, present and future-“

- 2) 岡部貴美子：シンポジウム 森林と生物多様性—COP10の成果をふまえた今後の取組に向けて、社団法人産業と環境の会主催，2011

「森林の生物多様性の評価」

- 3) 岡部貴美子：第58回森林計画発表大会，2011

「森林の生物多様性の過去、現在、将来」

- 4) 小川みふゆ，山浦悠一，阿部真，星野大介，星崎和彦，飯田滋生，勝木俊雄，正木隆，新山馨，齊藤哲，酒井武，杉田久志，田内裕之，天野達也，滝久智，岡部貴美子：第58回日本生態学会大会，2011

「成熟した天然林における192種52科の樹木個体群の変化：森林動態データベースを中心としたモニタリングデータから」

- 5) T. YAMAKITA, H. TAKI, K. OKABE: The 5th GEOSS Asia-Pacific symposium, Miraikan, Japan, 2012

“Predicting potential seagrass distribution using remote sensing and GIS data set.”

- 6) K. OKABE, S. YAMASHITA, T. HATTORI, M. HASEGAWA, H. TANAKA, S. MAKINO: 2nd International Conference on Biodiversity in Forest Ecosystems and Landscapes, University of Cork, Ireland, 2012

“Conservation of deadwood could conserve microscopic organisms such as mushroom mites”

- 7) 正木隆：第60回日本生態学会大会，2013

「日本の天然林の多様性指数」

(3) 出願特許

特に記載すべき事項はない

(4) シンポジウム、セミナー等の開催 (主催のもの)

特に記載すべき事項はない

(5) マスコミ等への公表・報道等

特に記載すべき事項はない

(6) その他

特に記載すべき事項はない

8. 引用文献

- 1) FAO : FAO Forestry Paper 147, 320p. (2005)
“Global Forest Resources Assessment 2005”
- 2) Secretariat of the Convention on Biological Diversity: 97p. (2006)
“Global Biodiversity Outlook 2”
- 3) 林野庁 : <http://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/hakusyo/19hakush/index.html> (2007)
「森林林業白書 2007」
- 4) Y. YAMAURA, T. AMANO, T. KOIZUMI, Y. MITSUDA, H. TAKI and K. OKABE: Anim. Conserv., 12,110-119. (2009)
“Does land-use change affect biodiversity dynamics at a macroecological scale? A case study of birds over the past 20 years in Japan”
- 5) J. LOH, R. E. GREEN, T. RICKETTS, J. LAMOREUX, M. JENKINS, V. KAPOS and J. RANDERS: Phil. Trans. R. Soc. B, 360, 289-295 (2005)
“The living planet index: using species population time series to track trends in Biodiversity”
- 6) J. CHAVE and F. JABOT: <http://chave.ups-tlse.fr/chave/tetame.htm> (2008)
“TETAME - Estimating the parameters of the neutral model with dispersal limitation”

(3) 農業生態系の生物多様性情報の集積・各生態系の生物多様性環境指標作成・評価

(独) 農業環境技術研究所

生物多様性研究領域	山本勝利
生物多様性研究領域	田中幸一
生物多様性研究領域	楠本良延
生態系計測研究領域	岩崎亘典
生物多様性研究領域	三上光一

平成22(開始年度)～24年度累計予算額：18,932千円

(うち、平成24年度予算額：5,770千円)

予算額は、間接経費を含む。

[要旨]

日本をはじめとするアジアモンスーン地域では、水田を中心とした特徴的な農業生態系が広く見られるにもかかわらず、農業生態系における生物多様性観測は進んでいない。そこで、さまざまなレベルで取り組まれている農業生態系の自然再生や、それに付随して取得されている生物多様性観測情報、その他既存の植生資料等、農業生態系における生物多様性情報の広範な集積を実施し、それらの情報を活用して生物多様性を総合的に評価するための指標の開発を行うことを目的とした。1) 農業生態系生物多様性メタデータ集積と整備については、特に地域植生誌が生物多様性情報の潜在的なデータソースになりうることを明らかにし、作成された地域植生誌のリストは代表点を位置情報とし、Web-GIS「RuLIS WEB」¹⁾にて公開した。2) 農業生態系生物多様性観測データ集積と整備については、過去の生物多様性情報は、調査主体ごとの目的により異なる形式で保管され、またその多くは最終的な成果品として印刷物のみが保管されていることから、異なる主体が取得した生物多様性情報（主に紙媒体）の電子化を図った。その結果、「RuLIS WEB」¹⁾に集積した農業生態系に関する生物多様性情報の公開数は、6,383地点、85,913レコードとなった。3) 農業生態系生物多様性観測データを活用した農業生態系生物多様性指標の作成については、RuLIS²⁾³⁾に集積済みのデータから二次草地のデータを抽出し、種多様性の高い草地における指標種の有効性を検証した。その結果、種多様性の高い二次草地の指標種としてワレモコウ、アキカラマツ、ツリガネニンジンが抽出され、全国規模（岩手県以南から九州南端まで）での評価が可能となった。草原景観を有する国立公園等（阿蘇くじゅう国立公園や富士箱根伊豆国立公園）の保全活動や草原回復事業にも応用できる。また、RuLISモニタリングデータを用いての不作付け水田の長期放棄型群落への移行による生物多様性の劣化状況を明らかにした解析結果はSATOYAMAイニシアティブの活動に有力な根拠を与えることができるものと考えられる。

[キーワード]

農業生態系、RuLIS、二次的自然、生物多様性評価

1. はじめに

国土の8割以上を占める里地里山は、我が国の生物多様性保全上極めて重要な位置を占めている。特に、水田や二次林など、里地里山の二次的自然や、そこに成立する生物多様性の著しい変化に対する国民の認識や関心が高まるにつれ、生物多様性国家戦略等の国レベル、農業農村整備等の事業レベル、市民活動等の地域レベルでその保全や再生が試みられている。これらの取り組みを効果あるものにするためには、それらの効果を的確に評価する必要がある。ところが、里地里山の大部分を占める農業生態系では、森林生態系、海洋生態系などとは異なり、人間活動に伴う環境の変化が生物多様性に正負の両面で大きな影響を及ぼしているため、生物多様性の評価が進んでいないのが現状である。また、農業以外の人間活動によっても強い改変を受けていること、農業生産上の目的が重視されることなどから、これまで生物多様性に関する総合的または広域的な知見の蓄積が充分とは言えない。一方、国際的な生物多様性観測においては、ヨーロッパ諸国を中心に農業生態系の重要性に対する関心が高く、広域的なデータの集積と評価が進められようとしている。しかし、日本をはじめとするアジアモンスーン地域では、水田を中心とした特徴的な農業生態系が広く見られるにもかかわらず、農業生態系における生物多様性観測は進んでいない。そこで、現在、さまざまなレベルで取り組まれている農業生態系の自然再生や、それに付随して取得されている生物多様性観測情報を集積し、農業生態系における生物多様性情報の広範な集積と、それに基づいて生物多様性を総合的に評価するための指標の開発が求められている。

2. 研究開発目的

サブテーマ(3)「農業生態系の生物多様性情報の集積・各生態系の生物多様性環境指標作成・評価」においては、農業生態系において、関連機関や研究者から生物多様性情報の提供を求め、国際標準に合わせてスキーマ変換を行った後に生物多様性情報総合基盤システムへの入力を行うとともに、基盤システムに入力された他の情報もともに利用して実際に農業生態系において生物多様性に関する総合評価を行い、その結果から環境指標を作成することを目的とし、様々な生物多様性情報の蓄積と、蓄積した情報を活用した生物多様性変化の解析及び評価を実施した。とくに水田などの農地や里山の林野を主要な構成要素とする農業生態系は、国土の8割を占める広大な地域であるものの、人間活動に伴う環境の変化が生物多様性に正負の両面で大きな影響を及ぼしているため、生物多様性の評価が進んでいない。そこで、人間活動の影響を受けた生態系の変化に対応した生物多様性情報を多様な観測主体から収集・蓄積し、必要な追加調査を実施しつつ、生物多様性変化の評価を行った。

3. 研究開発方法

(1) 農業生態系生物多様性メタデータ集積と整備

農業生態系に関わる関連機関、研究者より、既存の生物多様性観測情報について、メタデータ(名称、所有者、情報種別、形態、データ総数、対象生物群、対象地域、対象生態系、調査方法、調査日付、現在の公開状況、今後の公開可能性等についての情報)の提供を求める。植生調査情報に関連する文献情報を探索・集積し、それらについて記載方法、データ総数、日付・地理情報の有無等について確認し、生物多様性観測情報として利用可能な文献のメタデータリストを作成する。

(2) 農業生態系生物多様性観測データ集積と整備

生物多様性観測情報の中で死蔵されていることの多い非電子化情報について、電子化するスキームを検討する。生物多様性観測情報のうち紙媒体の資料、集積した文献情報のうち農業生態系の植生観測情報について、それらを電子データ化するとともに、農業環境技術研究所が有する調査情報システム（RuLIS ; Rural Landscape Information System）²⁾³⁾に集積し、公開可能なものについてWEB版の調査情報システム「RuLIS WEB」¹⁾に登録、公開する（図(3)-1）。



図(3)-1. RuLIS WEB

(3) 農業生態系生物多様性観測データを活用した農業生態系生物多様性指標の作成・評価

RuLIS WEBに集積済みのデータから、種多様性の高い二次草地の指標種を抽出し、その有効性を検証する。さらにRuLISに格納されている利根川流域で取得された不作付け水田のモニタリングデータを利用して、わが国で問題となっている水田放棄地の種多様性変動を解析する。

4. 結果及び考察

(1) 農業生態系生物多様性メタデータ集積と整備

散在する国内の農業生態系生物多様性情報、特に植生調査情報に関連する文献について調査するため、書誌情報のWebデータベースであるNACSIS Webcat、GoogleBooksのデータベース中から、植生調査情報のデータソースとして有望な地域植生誌を抽出した。抽出した地域植生誌170件について、それぞれ、生物多様性観測情報の必須項目として種の組成データの有無、調査日の有無、地名または調査地点図などの調査地点が判別できる情報の有無、記載地点数などの確認を行った。その結果、種組成データが記載された地域植生誌は170件中122件であり、そのうち、位置情報と日付情報が両方揃った地域植生誌は93件であった。その作成地域は39都道府県であり、記載地点数は合計で3万件に達し、地域植生誌が生物多様性情報の潜在的なデータソースになりうることを示された。作成された地域植生誌のリストは代表点を位置情報とし、Web-GIS「RuLIS WEB」¹⁾にて公開した。

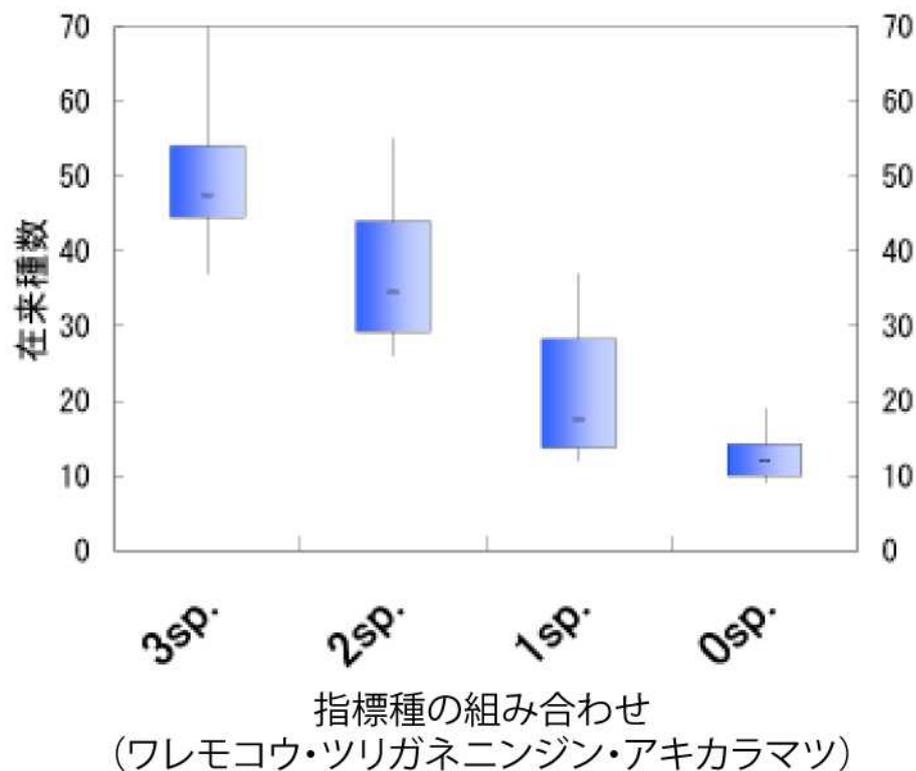
(2) 農業生態系生物多様性観測データ集積と整備

過去の生物多様性情報は、調査主体ごとの目的により異なる形式で保管され、またその多くは最終的な成果品として印刷物のみが保管されていることが多いことから、異なる主体が取得した生物多様性情報の電子化を図った。調査情報システム(RuLIS)に集積済みのデータ(農業農村環境情報整備調査(31,166レコード/752地点、農村振興局農村環境課)と外来生物対策指針策定調査(9,096レコード/1247地点、農村振興局)、生物多様性プロ「集落単位」掬い取りクモ類データ(2,209レコード/333地点、農林水産技術会議事務局))については、RuLIS WEB¹⁾に格納し、異なる主体により取得された農業環境に関する生物多様性観測情報が横断的に利用できる形式で整備し、公開許可されたデータについては、元データの公開を行った。さらに、地域植生誌メタデータリストから、元文献が入手可能であった26の地域植生誌を選択して二次植生(ススキ草原・二次林)の群落組成表を対象に電子データ化(地点数:1,217、分布レコード:47,797)した。また、日本植生誌からも農地植生(日本全国)と二次植生(関東地域のみ)の群落組成表について電子データ化した(地点数:1,397、分布レコード:54,919)。地理情報については座標情報を有せず、地名情報であったため、昨年度検討した結果、最も有効性が高かった2万5千分1地形図の地名及び公共施設のデータベースによる地理座標の取得を行った。作成したデータについてはインターネット上で公開されているWeb-GIS「RuLIS WEB」¹⁾に格納し、Darwin Core等の外部データベースフォーマットに対応可能な形式でデータベース化した。

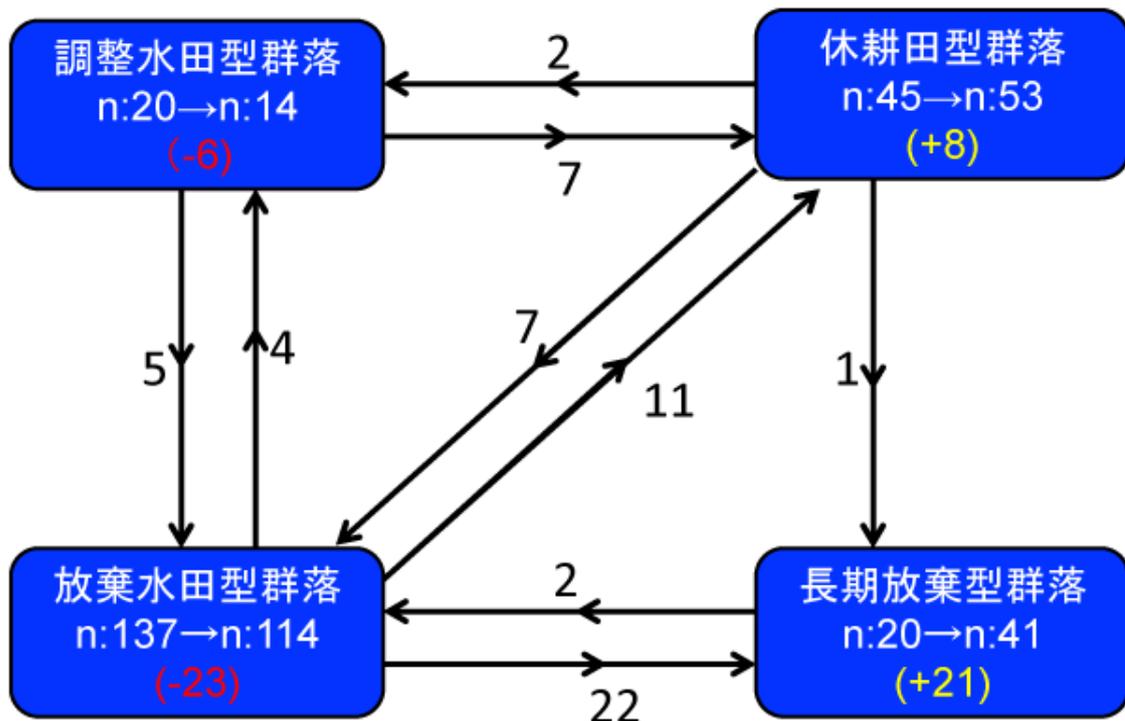
(3) 農業生態系生物多様性観測データを活用した農業生態系生物多様性指標の作成・評価

調査情報システム(RuLIS)に集積済みのデータから二次草地のデータを抽出し、種多様性の高い草地における指標種の有効性を検証した。農業環境技術研究所のこれまでの研究蓄積により南関東における種多様性の高い二次草地の指標種としてワレモコウ、アキカラマツ、ツリガネニンジンが抽出されている。この3種についてRuLIS格納済植生データを用いて解析評価した結果、同所的に3種が出現する地点が最も種多様性が高く、2種の出現はそれに準じるなど指標種の有用性が検証され、全国規模(岩手県以南から九州南端まで)で評価が可能

なことが明らかになった（図(3)-2）。さらに、RuLISの利根川流域モニタリングデータのうち3期（2002、2007、2012年）に渡り、不作付け水田であった222地点について植物群落の区分及びその推移を解析した。その結果、植物群落はコナギ、アゼナを指標種とする調整水田型群落、メヒシバ、コゴメガヤツリなどを指標種とする休耕田型群落、ヨシ、セイタカアワダチソウなどを指標種とする放棄水田型群落、カナムグラ、アズマネザサなどを指標種とする長期放棄型群落に区分された。2002年から2007年にかけては、特定の群落タイプの増減は顕著でなかったが、2007年から2012年では、放棄水田型群落から長期放棄型群落への推移が急増し、不作付け水田で耕作放棄の長期化に伴い遷移が進行している実態が把握された（図(3)-3）。この推移は復田コストを増大させる変化であり、将来の食料生産ポテンシャルを低下させるだけでなく、農業生態系に成立する二次的自然としての生物多様性を低下させていることが示唆された。



図(3)-2. 種多様性の高い二次草地の指標性評価（指標種組み合わせ数ごとの在来種数の最小値、第一四分位点、中央値、第三四分位点、最大値を示す）



図(3)-3. 不作付け水田の動態(2007-2012年における222調査地点の推移。各群落間の矢印と数値は推移数であり、放棄水田型群落から長期放棄型群落への推移は22地点で、逆の推移は2地点で観察されたことを示す)

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

- ・ 農業生態系における多様な生物多様性観測情報を RuLIS WEB の統一様式を用いて集積した。これにより、これまで相互利用が不可能であった多くのデータを統合的に活用することが可能となった。また、RuLIS WEB 上に蓄積することにより、生物多様性情報総合基盤システムへ入力するためのスキーマ変換 (DarwinCore 形式への変換など) を容易に実施可能であり、RuLIS 以外の情報基盤との相互運用性も確保した。
- ・ 農業生態系において、二次草地の種多様性を指標とする種の評価・検証や、不作付け水田で耕作放棄の長期化に伴う遷移進行の実態解明をおこなった。前者によって、効率的に保全活動を行う場所や自然再生において回復ポテンシャルの高い場所の抽出・探索への活用が、後者によって耕作放棄地対策への活用が、それぞれ可能となった。

(2) 環境政策への貢献

<行政が既に活用した成果>

- ・ 生物多様性情報を収集する過程で農業生態系における生物多様性観測に関連した様々な主体のネットワーク化を図り、J-BON (日本生物多様性観測ネットワーク) 等の活動に貢献し

た。

<行政が活用することが見込まれる成果>

- ・ 農業生態系における生物多様性観測に関連した様々な主体のネットワーク化を図り、J-BON等の活動に貢献した。こうしたネットワークからの情報や農林水産省が中心となって実施した様々な生物多様性観測の結果が、RuLIS WEBを中心に集積されつつあり、今後、わが国の生物多様性総合評価へ省庁横断的に貢献できる。
- ・ 農業生態系における二次草地の指標種群の有用性の評価・検証については草原景観を有する国立公園等（阿蘇くじゅう国立公園や富士箱根伊豆国立公園）の保全活動や草原回復事業に応用できる。
- ・ 農業生態系における RuLIS モンタリングデータを用いての不作付け水田の長期放棄型群落への移行による生物多様性劣化の解析結果は SATOYAMA イニシアティブの活動に有力な根拠となる。

6. 国際共同研究等の状況

特に記載すべき事項はない

7. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

<論文（査読あり）>

特に記載すべき事項はない

<査読付論文に準ずる成果発表>

特に記載すべき事項はない

<その他誌上発表（査読なし）>

特に記載すべき事項はない

(2) 口頭発表（学会等）

- 1) 楠本良延, 三上光一, 山本勝利: 植生学会第16回大会, 2011
「農業活動により維持されている二次草地の評価と指標植物」
- 2) 三上光一, 楠本良延, 山本勝利: 植生学会第16回大会, 2011
「RuLISWEBを活用した既存植生調査資料のデータベース化と情報共有」
- 3) 三上光一: FOSS4G 2011 Tokyo, 2011
「オープンソースを利用した農業生態系データバンク「RuLISWEB」の構築」
- 4) K. MIKAMI, Y. KUSUMOTO, S. YAMAMOTO: The 5th EAFES International Congress, 2012
「Succession of abandoned secondary forest vegetation in flat agricultural field, kanto plain, Japan」

- 5) 楠本良延：生物多様性国家戦略主流化ミーティング，2012
「農村環境の生きものデータバンク(RuLIS Web)-日本全国の生物調査データを登録・共有できる-」
- 6) 三上光一，楠本良延，山本勝利：植生学会第17回大会，2012
「書籍総合目録データベースを基にした植生調査資料目録」

(3) 出願特許

特に記載すべき事項はない

(4) シンポジウム、セミナー等の開催（主催のもの）

特に記載すべき事項はない

(5) マスコミ等への公表・報道等

特に記載すべき事項はない

(6) その他

- 1) RuLIS WEB (<http://rulis.dc.affrc.go.jp/rulisweb/>)にて、集積した農業生態系に関する生物多様性情報の公開（6,383地点, 85,913レコード）

8. 引用文献

- 1) 農業環境技術研究所：<<http://rulis.dc.affrc.go.jp/rulisweb/>> (2013年5月13日)
「RuLIS WEB」
- 2) 井手任，大黒俊哉，楠本良延：インベントリー，第4号，20-23 (2005)
「生物多様性保全のための景観・植生調査情報システム」
- 3) Y. KUSUMOTO and S. YAMAMOTO: NIAES Annual Report 2006, 7-9 (2007)
“Rural landscape information system (RuLIS) for conservation of biodiversity in rural area.”

(4) 陸水生態系の生物多様性情報の集積・各生態系の生物多様性環境指標作成・評価

九州大学

大学院工学研究院	島谷幸宏
大学院理学研究院	矢原徹一

<研究協力者>

九州大学

大学院工学研究院	一柳英隆
大学院工学研究院	山下奉海（平成23～24年度）
大学院工学研究院	劉 義濤（平成24年度）

平成22(開始年度)～24年度累計予算額：18,932千円

（うち、平成24年度予算額：5,770千円）

予算額は、間接経費を含む。

【要旨】

陸水生態系とくに河川の生物多様性動態評価を目標に、日本を中心としたアジアの生物分布情報、水環境情報を集積・統合を行った。整備したデータベースに基づき、一級河川の1990年以降の魚類各形質群の増減を解析し、二枚貝産卵種や南方系種の減少を明らかにした。生物分布情報および水環境情報の両者を統合して、魚類の生息分布に及ぼす自然的・人為的影響を全国的に解析した。ダム（下流の横断工作物、上流の貯水ダム）や護岸、水質汚染は魚類種多様性に負の影響があった。この自然的・人為的影響を含めたモデルを用いて全国の河川の水系や各地点の魚類種多様性損失を評価したところ、減少が大きい河川は関東から西日本において多くみられた。モデル流域の河川環境変化の現地調査により、河川における河道の付け替え、護岸、横断工作物は、比較的小さな、かつ平坦な河川でより大きいことがわかった。魚類の種多様性や特定の減少率が大きな形質群、多様性損失をもたらす人為変化は生物多様性動態の指標として有用である。また、形質群により劣化要因が異なることは、形質をもつ群の構成により、生物多様性劣化の要因が特定可能であることを示しており、これは対策につながると考えられる。しかし、全国的にデータを収集しやすい一級河川の国直轄部分の解析では変化の激しい中小河川が含まれておらず、生物多様性損失を過小評価する可能性がある。

【キーワード】

河川、生物多様性動態、データベース、水環境情報

1. はじめに

陸水生態系は、様々な人間活動の影響により生物多様性が大きく損失している生態系の一つである¹⁾。日本でも陸水生態系は、水質悪化や砂利採取、河川の人工化、湖沼や湿原の埋め立て、捕獲・採取、外来種による影響により劣化している²⁾。損失や劣化の速度を緩め、回復を促進するた

めには、科学的根拠に基づいた生物多様性とその動態の評価、および駆動因の明確化が必要である。それらのために必要な生物分布や水環境に関するデータベースは各省庁、自治体、研究者個人などに存在するものの、必ずしも生物多様性評価に用いられるよう統合されているわけではない。それらを統合して利用可能な状態にし、利用することで動態評価や動態指標を開発する必要がある。

2. 研究開発目的

陸水生態系とくに河川の生物多様性動態評価を目標に、生物分布情報、水環境情報を集積・統合を行う。整備したデータベースに基づき、生物分布の空間的パターンや変遷を明らかにし、水環境との関連付けにより駆動因の解析を行う。また、現地調査により河川の人為的改変の詳細な現地調査を行って、既存データベースの統合による解析の補足的を明確にする。それらを利用して陸水の生物多様性指標を作成する。

3. 研究開発方法

(1) データ収集・整理

陸水生態系とくに河川の生物多様性動態評価のため、水環境情報、生物分布情報の集積・統合を行う。水環境情報としては、生物多様性損失の駆動因解析を行うことを想定し、河川環境情報のうち、全国的に整備できるデータベースを探索・収集の上、これらのメタデータを整理する。生物分布情報については、日本を中心にアジアまでのデータベースを探索し、メタデータを整理する。全国で統一的行われている国土交通省の河川水辺の国勢調査については、種名の統一やエラーの修正を行い、データを利用可能な状態にする。

(2) 生物多様性動態評価

全国で統一的行われている国土交通省の河川水辺の国勢調査のデータを利用し、データが存在する1990年以降の魚種の動態（増減）を評価する。動態の評価では、淡水魚および通し回遊魚の生態形質について整理し、形質が動態に与える影響を解析する。

(3) 生物多様性損失の駆動因の解析

生物の分布情報と水環境情報とをあわせて、各形質の魚種の分布に与える影響を解析する。

(4) モデル流域における河川環境改変の解析

(2) および(3)は全国的にデータがそろいやすい一級河川の直轄（国管理）地域の解析が中心になっている。九州にある球磨川をモデル流域とし、流域内の全河川を踏査して河川環境の改変に関するGISデータベースを作成したうえで、代表種のニッチモデルを構築し、ハビタットの空間分布の変化を定量化する。これによって、全国の広域的網羅的解析に対する補足点を明確にする。

(5) 陸水生態系生物多様性指標の検討

上記の(2)～(4)により、陸水生物多様性の指標について検討する。

4. 結果及び考察

(1) データ収集・整理

河川環境の全国的解析の基盤となるGISデータベース14件、水質やその他水環境情報のデータベース9件を整理した。また、未公開であるが全国で統一的な手法で行われている調査についてメタ情報を整理した。この調査には、測量や写真、レーザプロファイラーに測量結果など河川の形状に関するもの7件、水位や流量、降水量に関するもの4件、管理者に水質保全設備や魚道など施設に関するもの5件、ダムの堆砂量や流木量など河川流下物補足に関するものが2件である。これらに関しては、データの保有者を明確にしたデータベースを作成した。

生物の分布情報を含むデータベースについては、日本をふくめてアジア地域において26件（6件の未公開を含む）のデータベースのメタデータを整理した。このうち、国土交通省が実施している河川水辺の国勢調査³⁾⁴⁾に関しては、未公表データを含めて提供を受け、とくに魚類に関してデータのスクリーニングを行った。スクリーニングは、1990-2010年度データ461,261件について、ミスタイプの修正、別名の統一、分類体系が変わったものを整理し、様々な研究に利用可能なように一般的な表計算ソフトで扱えるように変換した。

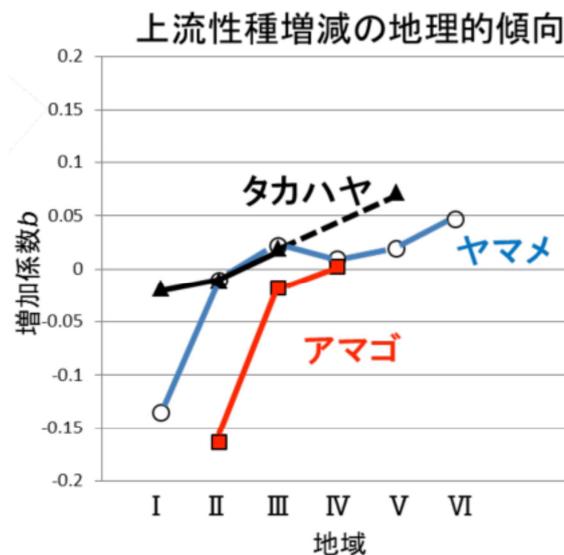
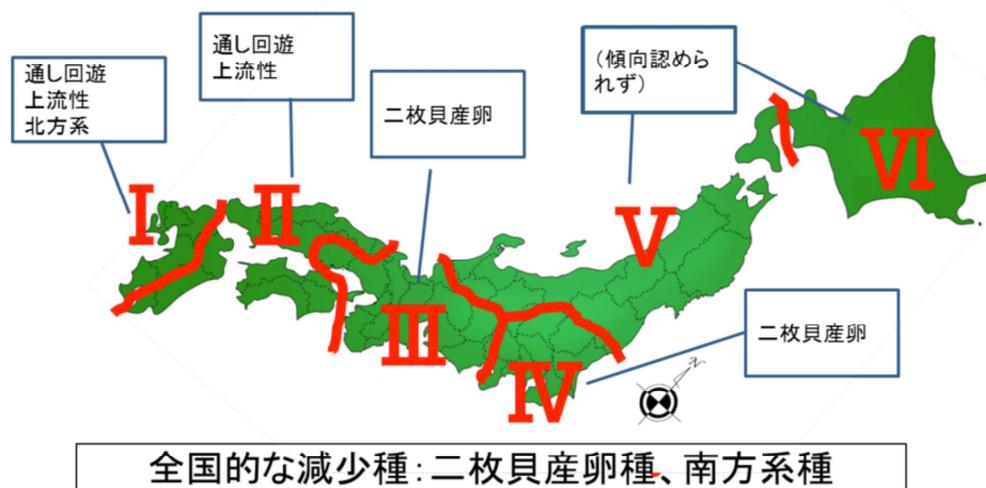
これらのデータベース、およびメタデータは、データ保有者の同意が得られれば他の研究者にも提供可能な状態になっている。

(2) 生物多様性動態評価

全国109の一級水系について、魚類各種の分布の多寡および1990年以降20年間の増減を、河川水辺の国勢調査のデータを用いて解析した。この解析では、1990年以降の分類の変更や同定の難易度を考慮して種を整理しなおした。水系を超えた国内外来種については、純淡水産魚種の在来分布をまとめた渡辺⁵⁾や侵入生物データベース

(<http://www.nies.go.jp/biodiversity/invasive/>)を参照し、整理した。その結果、在来372タクサについて在来分布域内の分布の多寡および増減を評価することができた。河川水辺の国勢調査では継続して同様のマニュアルで行われているが、捕獲効率が上昇し、多くのタクサで20年間に確認できる調査地点の割合は増加していた。それにもかかわらず、統計的に有意に減少し、かつもともとの分布が多くない種として、クロヨシノボリ、ルリヨシノボリ、ワタカ、ハス、ビワヒガイが抽出された。各種（タクサ）の絶滅確率は、分布の多寡と増加率・減少率に依存するが、ここでの結果は全国的な分布の多寡および増減を提示しており、絶滅危惧種選定の基礎的なデータとしても使用できる。

国外外来種および国内外来種は在来の生物多様性損失の駆動因になりうるが、在来種と同様に、現在の分布の多寡と増加率の2面から評価した。国外外来種では、オオクチバス、タイリクバラタナゴ、ブルーギルの分布割合が高く、カダヤシ、コクチバスの増加率が高かった。国内外来種では、オイカワ、ゲンゴロウブナの確認割合が高く、カワムツ（ヌマムツを含む）、ギギの増加率が高かった。



図(4)-1. 全国および各地域において減少傾向がある魚類の生態形質の特徴（上）および上流性種増減の地理的傾向（下）。

在来の純淡水魚および通し回遊魚114タクサについては、生態形質のデータベースを作成し、形質ごとに増減を明らかにした。用いた形質は、①回遊性（通し回遊、純淡水）、②遊泳層（遊泳性、底性）、③生息地の流れ（流水性、止水性）、④生息地の恒常性（恒常的、一時的（氾濫原））⑤産卵環境・基質（水草・落ち葉、泥・砂、砂利・礫、石裏・河床間隙、二枚貝）、⑥食性（捕食性、その他）、⑦分布の広域性（在来分布域の広さ＝潜在的な分布一級水系数）、⑧分布の位置（北方性～南方性）、⑨流程分布（分布する代表的河川河道セグメント）、⑩水質汚濁耐性（分布する水質）である。この形質データベース作成は、①～⑤については中島ら⁹⁾を基に他の文献情報を追加して作成した。⑥については、世界的な魚類統合データベースであるFishBase (<http://www.fishbase.org/>)を基に他の文献情報を追加して作成した。⑦～⑨については、今回収集したデータベースから魚類の分布と環境情報を合わせ、その中央値（水質の場合には75%値）により作成した。全国的な傾向としては、二枚貝産卵

種および南方系種の増加率が低いことがわかった。南方系種の減少は、全体的に北海道や東北と比較して関東以南（以西）で減少率が高い場合が多かったので、その地理的な影響であると考えられる。淡水性生物の生物地理（渡辺⁷⁾による純淡水魚の分布による25地理区）、人間の土地利用の違いにより全国を6区域にわけて魚種の増減を解析したところ、西南日本では上流性・北方系種および通し回遊性種が、本州中部（近畿～関東）では二枚貝産卵種が減少している傾向が確認された（図(4)-1）。

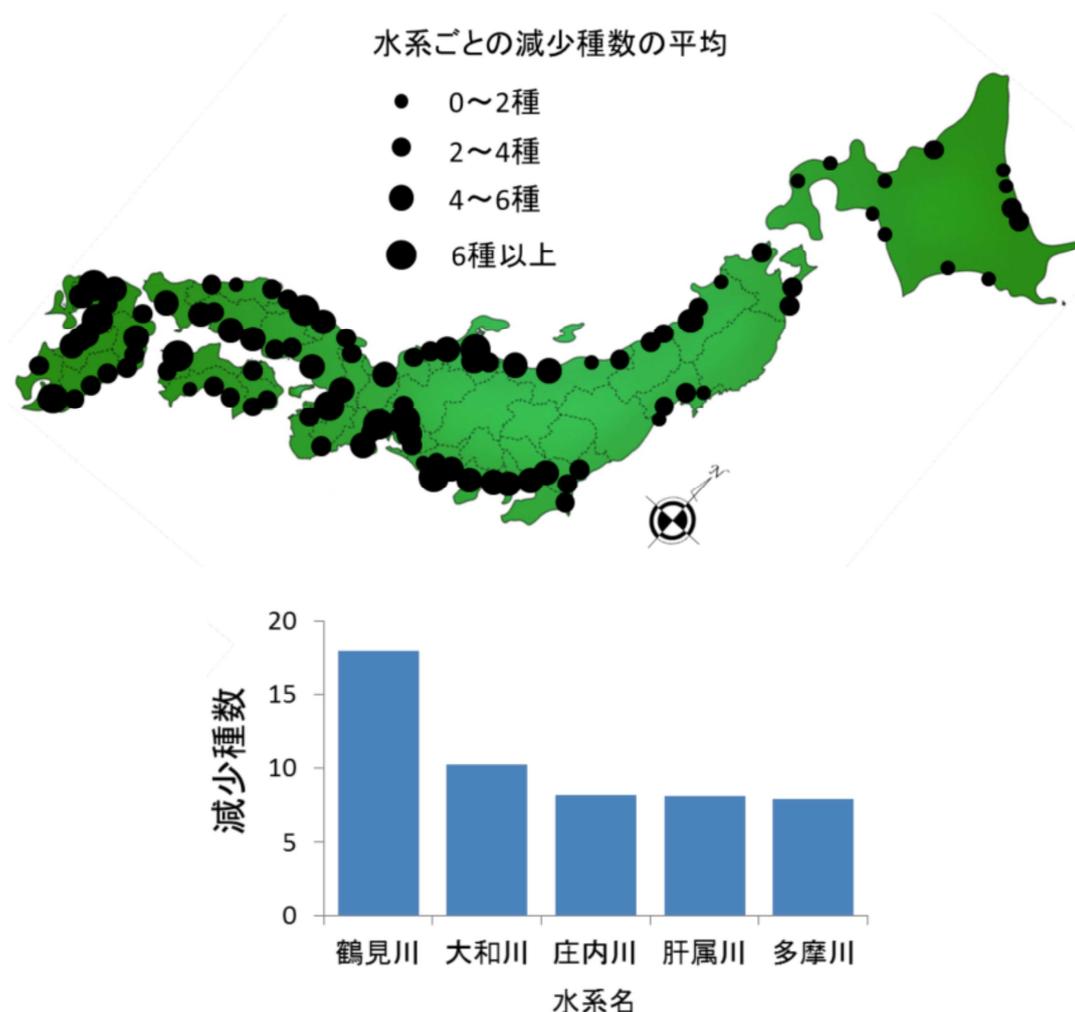
(3) 生物多様性損失の駆動因の解析

河川各局所の生物多様性は、生物地理学的特性や水系の自然的特性、局所の河川特性によって潜在的な分布が影響を受け、さらに人為的な改変の影響を受ける。生物多様性の変化に対する人為的な影響を検出・定量化するために、それらの自然的な要因と人為的な改変の両方を変数にいったタクサ数の予測モデルを構築した。モデル構築にあたっては、(1)で収集したデータを利用し、魚類データおよび環境データが揃う全国の一級河川の魚類調査3,560地点について、各種の確認の有無と環境変数をセットして整理し、各形質群のタクサ数を応答変数として一般化線形混合モデルを作成した。淡水魚の分布は、多くの場合、潜在的な分布にかかわる要因で説明できるものの、人為的な環境改変も有意に影響していた（表(4)-1）。たとえば、水質の悪化は、在来種の総種数を減少させる一方、国外・国内を含めて外来種の種数を増加させた。また、人為的影響は種の形質によって異なっていた。たとえば、水質の悪化は、恒久的な環境で植物や泥砂、二枚貝に産卵する種に対する影響は認められなかった。下流のダムは通し回遊魚や汽水魚の種数を低下させるものの、純淡水魚種数を増加させることが多かった。

表(4)-1. 日本の淡水魚各形質群の種数（タクサ数）を予測するモデルの要約。AIC（赤池情報量基準）によるモデル選択で選択された変数（AICが最小となるよう選択された変数）について、その値がプラスに働くかマイナスに働くかの符号を示した。表中のSは、説明変数が3以上の類別である変数でモデルに取り入れられた変数を示す。

形質	水系の効果(自然)					地点の効果(自然)					人為影響(駆動因)							調整因子		
	生物地理	緯度	流域面積	平均勾配	氾濫原面積	河道セグメント	河床勾配	河口からの距離	汽水流入	平水時比流量	河況係数	人口密度	水質汚染	下流横断工作物	下流貯水ダム	集水域ダム密度	水使用率		護岸設置	外来種(バス・ギル)
在来種(総種数)	S	+	-	-	+	S	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
回遊性																				
汽水・海水	S	-	-	-	+	S	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
通し回遊	S	+	-	-	+	S	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
純淡水	S	+	-	-	+	S	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+
遊泳層																				
遊泳性	S	+	-	-	+	S	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+
底性	S	+	-	-	+	S	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
生息地の流れ																				
流水	S	+	-	-	+	S	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
止水	S	+	-	-	+	S	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+
恒常性																				
恒久的	S	+	-	-	+	S	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
氾濫原	S	+	-	-	+	S	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+
産卵環境・基質																				
植物	S	+	-	-	+	S	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	+
泥砂	S	+	-	-	+	S	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	+
砂利	S	+	-	-	+	S	-	-	-	+	-	-	-	+	-	+	-	-	-	+
石裏	S	+	-	-	+	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
二枚貝	S	+	+	-	+	S	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	+
食性																				
捕食性	S	+	-	-	+	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
その他	S	+	-	-	+	S	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	+
国外外来種	S	-	+	-	-	S	-	-	-	-	+	-	+	+	+	+	-	-	-	+
国内外来種	S	-	-	-	+	S	-	-	-	-	+	-	+	+	+	+	-	-	-	+

ここで作成したモデルは、各地域・地点において、どの程度人為的な影響により種数が変化したのかを定量的に示す（図(4)-2）とともに、どのような駆動因がどのような魚類各形質群を減少させているか評価するものとして利用可能である。



図(4)-2. モデルから予測された人為的影響による魚類の減少種数（タクサ数）の水系別平均値（上）と減少数が多い5水系（下）。上図では点は河口近くに打ってある。回遊性別のモデルから合計した値を用いて現在の種数を計算し、そこから人為的影響が全くなくなったと仮定した場合との差を出した。

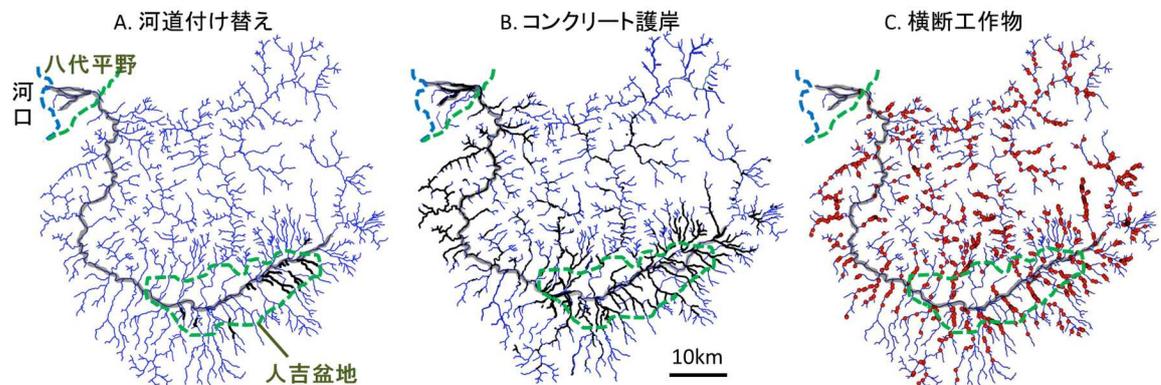
（4）モデル流域における河川環境改変の解析

九州にある球磨川（流域面積1880km²、幹川流路延長115km）をモデル流域とし、河川の人為的改変（河道の付け替え（＝直線化；地形図による1965年前後との比較）、コンクリート護岸、横断工作物）について行政から情報を収集し、さらに流域内の全河川を踏査することで河川環境の改変に関するGISデータベースを作成した（図(4)-3）。

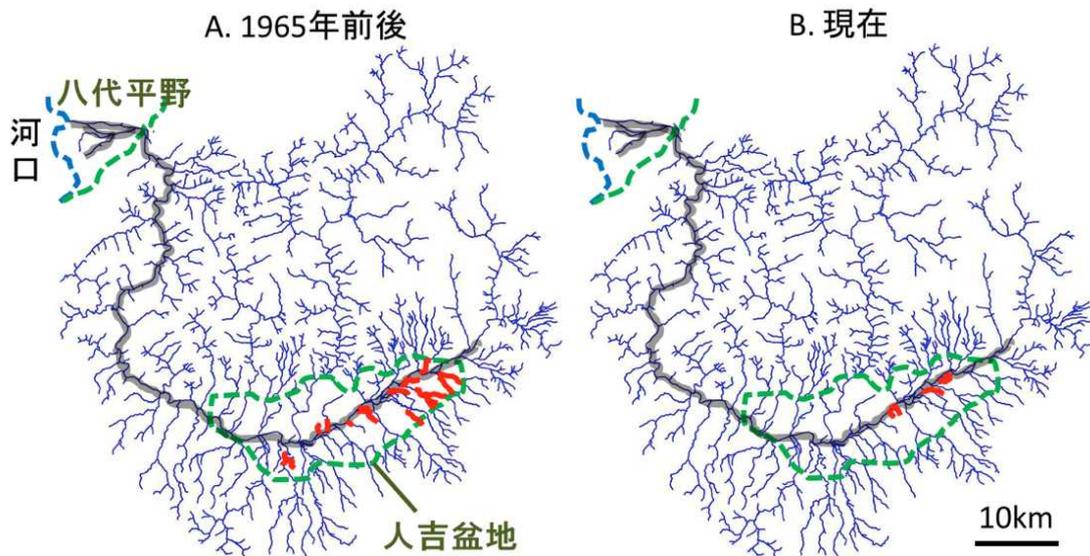
河道の付け替え（直線化）、護岸（コンクリート化）は、河川規模が小さく勾配が小さい、本来蛇行度が大きな河川の改変率が高かった。この流域の河川には、5万分の1の地形図に掲

載された河川の区間だけでも900以上の横断工作物が存在することが分かった。これらの多くは比較的小規模の河川に作られる治山・砂防堰堤、農業取水用の堰堤だった。過去および現在の分布情報（複数のデータベースおよび現地での調査による。調査地点総数267地点）から河川規模および勾配を説明変数とした分布予測モデルを作成して1965年前後と現在を比較したところ、河川規模が小さく勾配が小さい河川に生息するタナゴ類（球磨川では、アブラボテ、カゼトゲタナゴ、ヤリタナゴの3種）のハビタットの減少が大きかった（図(4)-4）。

この調査結果は、河川では平坦地の中小河川の改変が大きく、それが生物多様性の劣化につながっていることを示している、また日本の場合、生物分布情報も、環境情報も、一級河川の国が直轄する区間においてデータが統一的に収集できるものの、その部分の評価では、もっとも改変が大きく生物多様性が劣化している場所が滑落する可能性があることも示している。



図(4)-3. モデル流域（球磨川）における河川の人為的改変。A：河道の付け替え（直線化）；太黒線。B：コンクリート護岸；太黒線。C：横断工作物；赤点。網掛け太線は球磨川本流の国土交通省直轄区間を示す。



図(4)-4. モデル流域（球磨川）におけるタナゴ類の推定ハビタット分布（赤線；ただし人工水路を除く河川のハビタットのみ）の変遷

(5) 陸水生態系生物多様性指標の検討

陸水生態系の指標としては多くの場合、駆動因が用いられてきた²⁾⁸⁾。今回の解析においても、分断要因としてのダム、河道の付け替え（直線化）、河岸の護岸、水質の悪化は、生物多様性に対する負の効果が認められ、これらは指標として有効であることが確認された。少なくとも日本産の魚類については、どの程度各地点の種数を低下させるのか予測することが可能である。しかし、ダムや河道の改変、水質などは影響の定量的な評価ができたが、河川における人間の水利用については、水利用の許可水量をパラメータとして解析したものの、良い指標は作成できなかった。流量や流況の改変は多面的であり、さらなる検討が必要だろう。

また特定の形質ごとに劣化要因が異なることは、形質をもつ群の構成により、生物多様性劣化の要因が特定可能であることを示しており、これは対策につながる。また、減少しやすい形質をもったグループが抽出されたが、そのような種の動態も生物多様性動態の簡便な指標になるだろう。

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

- ・ 日本国内の河川環境および生物多様性について、どのようなデータがどこに存在するのかを整理した。今後、データ保有者との協議・許可のもと、メタデータベースを示すことで、研究者が広く利用できるようになる。
- ・ 河川において、日本の全国的なスケールで、淡水魚類の分布のパターンを明示した。広域的なパターンを示した事例は多くない。

- ・ 淡水魚類の増減傾向を種特性（種のもつ形質）との関連から示し、その種の増減に影響を与える駆動因も示した。これによって、各地域における生物多様性を劣化させる人為的要因を評価可能となった。
- ・ 河川生態系のモデル流域（1流域）において、改変を大きく受けている河川の特徴を示した。これは、河川の特徴による改変の程度を定量化した最初の研究事例となる。

（２）環境政策への貢献

<行政が既に活用した成果>

特に記載すべき事項はない

<行政が活用することが見込まれる成果>

- ・ 魚類レッドリスト種の選定には、分布の寡多とその増減のデータが必要である。本研究はそれらのデータを提供するものである。また、過去の生物多様性総合評価において扱われてきた陸水の環境指標（たとえば、河岸の護岸化やダム・堰、水質汚染等）について、その根拠を定量的に示すことができる。

6. 国際共同研究等の状況

特に記載すべき事項はない

7. 研究成果の発表状況

（１）誌上発表

<論文（査読あり）>

- 1) Y. KANO, K. OHISHI, Y. TOMIDA, N. IKEDA, N. IWAWAKI, M. MIYAGAWA, Y. HARADA, H. ICHIYANAGI and K. WATANABE: Environmental Biology of Fish 97, 447-460 (2011)
“Fluctuation and variation in stream-fish assemblages after a catastrophic flood in the Miyagawa River, Japan”
- 2) 一柳英隆, 渡辺勝敏, 森誠一: 応用生態工学, 15, 257-267 (2012)
「ネコギギの生息環境と個体群動態：保全のための基礎的知見として」

<査読付論文に準ずる成果発表>

特に記載すべき事項はない

<その他誌上発表（査読なし）>

特に記載すべき事項はない

（２）口頭発表（学会等）

- 1) 島谷幸宏：応用生態工学会第15回大会，2011
「エコリージョンに基づいた河川環境の評価手法」
- 2) Y. ONODA, T. MORI, H. ICHIYANAGI and Y. KAYABA: The 5th EAFES International

Congress, Otsu, Japan, 2012

“Comparison of freshwater fish assemblages in upstream and downstream of dams in Japanese rivers”

- 3) 片野泉, 三橋弘宗, 森照貴, 赤坂卓美, 小野田幸生, 一柳英隆, 萱場祐一, 中村太士: 日本生態学会第59大会, 2012
「ベントス種多様性へのダムの影響: データ解析によるダム上流下流間比較」
- 4) T. YAMASHITA, T. SATO, Y. KANO, L. HUANG and Y. SHIMATANI: ASLO Aquatic Science Meeting, Ohtsu, Shiga, Japan, 2012
“Fish diversity and its threats in middle reaches of the East Tiaoxi River, China”
- 5) 加藤康充, 小野田幸生, 森照貴, 一柳英隆, 萱場祐一: ELR2012 (緑化工学会・景観生態学会・応用生態工学会 3学会合同大会), 2012
「広域スケールにおける魚類の種組成に対するダムの影響」
- 6) F. NAKAMURA, T. AKASAKA, H. MITSUHASHI, M. INOUE, N. ONIKURA, Y. MIYAKE, Y. KAWAGUCHI, I. KATANO, T. MORI and H. ICHIYANAGI: International Workshop on Freshwater Biodiversity, Fukuoka, Japan, 2012
“Evaluation of Japanese river and floodplain ecosystem across various scales”
- 7) Y. KANO and Y. SHIMATANI: International Workshop on Freshwater Biodiversity Conservation in Asia, Fukuoka Japan, 2012
“Online cloud database of Mekong fishes: a method to integrate and publicize a large amount of data”
- 8) 加藤康充, 小野田幸生, 森照貴, 一柳英隆, 萱場祐一: 日本生態学会第60大会, 2013
「魚類群集に対するダムの影響: 広域スケールにおけるダム上下流比較」
- 9) 赤坂卓美, 森 照貴, 竹川有哉, 石山信雄, 井上幹生, 三橋弘宗, 河口洋一, 鬼倉徳雄, 三宅 洋, 片野 泉, 一柳英隆, 中村太士: 日本生態学会第60大会, 2013
「水生動物を用いた“川の健康診断”: 全国および地域スケールでの試み」

(3) 出願特許

特に記載すべき事項はない

(4) シンポジウム、セミナー等の開催（主催のもの）

特に記載すべき事項はない

(5) マスコミ等への公表・報道等

特に記載すべき事項はない

(6) その他

特に記載すべき事項はない

8. 引用文献

- 1) Secretariat of the Convention on Biological Diversity: Montreal, 94p. (2010)
“Global Biodiversity Outlook 3”
- 2) 環境省生物多様性総合評価検討委員会：環境省， 238p. (2010)
「生物多様性総合評価報告書」
- 3) 国土交通省河川局河川環境課・財団法人リバーフロント整備センター：国土交通省河川局，
27p. (2006)
「河川水辺の国勢調査基本調査マニュアル[河川版]」
- 4) 国土交通省河川局河川環境課・財団法人ダム水源地環境整備センター：国土交通省河川局，
(2006)
「河川水辺の国勢調査基本調査マニュアル[ダム湖版]」
- 5) K. WATANABE: Environmental Biology of Fishes 94: 533-547. (2012)
“Faunal structure of Japanese freshwater fishes and its artificial disturbance.”
- 6) 中島淳， 島谷幸宏， 巖島怜， 鬼倉徳雄：河川技術論文集 16： 449-454. (2010)
「魚類の生物的指数を用いた河川環境の健全度評価法」
- 7) K. WATANABE: Ichthyological Research 45: 259—270. (1998)
“Parsimony analysis of the distribution pattern of Japanese primary freshwater fishes, and its application to the distribution of the bagrid catfishes.”
- 8) C.J. VÖRÖSMARTY, P.B. MCINTYRE, M.O. GRESSNER, D. DUDGEON, A. PRUSEVICH, P. GREEN, S. GLIDDEN, S.E. BUNN, C.A. SULLIVAN, C. REIDR LIERMANN and P.M. DAVIES:
Nature 467: 555-561. (2010)
“Global threats to human water security and river biodiversity.”

(5) リモートセンシング情報の集積と複合環境の指標作成・評価

(独) 国立環境研究所

生物・生態系環境研究センター	高村典子
生物・生態系環境研究センター	竹中明夫
環境計測研究センター	小熊宏之

<研究協力者>

(独) 国立環境研究所

生物・生態系環境研究センター	山野博哉
生物・生態系環境研究センター	小川みふゆ

東京農工大学

大学院農学研究院	赤坂宗光
----------	------

平成22(開始年度)～24年度累計予算額：26,357千円

(うち、平成24年度予算額：8,029千円)

予算額は、間接経費を含む。

[要旨]

日本国内の生物情報を集約する際の基盤として、環境省による第2回、3回の自然環境保全基礎調査による植生図にもとづいて過去の土地被覆・利用図を作成した。約900に細分類された植生タイプは土地利用変遷の解析、生物の分布推定等に用いるには詳細に過ぎることから、50のカテゴリーに統合した。さらに粗い区分での解析も可能となるよう50の区分を統合した9の大区分、17の中分類を設定した。なお、現在進行している第6回、7回の自然環境保全基礎調査による植生図の凡例は従来のものとは異なるため、この凡例と旧凡例との対応付けを行って、今回作成した統合タイプへの変換を可能にした。

生物分布予測モデルへの入力情報として必要となる土地被覆情報の適切な時空間的分解能（被覆カテゴリー・地上分解能）を検討するため、過去からの絶滅危惧植物の正確な分布位置が記録されている阿蘇山周辺域をテストサイトとして選定して、環境情報・分布情報の収集と整備および分布推定モデルの性能の検討を行った。人為的に元データの解像度を落とした解析の結果、解像度が高いほど分布予測モデルの性能が必ず高くなるとは限らないことが明らかとなった。対象とする種の分布を決定する生態プロセスが作用する空間するスケールや、種の分布情報の位置精度を考慮した解像度の選択が必要だと考えられる。

[キーワード]

リモートセンシング、植生分類、空間解像度、草地、絶滅危惧植物

1. はじめに

生態系は空間的に均一ではない。地理的・地形的な条件も生物的な要素も、様々なスケールで

モザイク状に組み合わせられている。生態系と生物多様性の効果的な保全のためには、そうした空間構造を把握することが必要である。これらを踏まえることで、保護区の設定などの保全努力をどのように空間に配置したらよいか、それによりどのような効果が得られるのかを科学的・定量的に検討することが可能となる。

航空機や人工衛星を利用したリモートセンシングは、広域の地表面の状態を効率よく把握するうえできわめて有効である。地上踏査ではとてもカバーしきれない面積の情報を簡単に得ることができる。近年は、詳細な衛星画像が使用可能となり、リモートセンシング技術も格段に進歩してきた。これまでに取得されたデータを集積・統合することで、生物の生育環境について、あるいは生物そのものの構造と分布について、様々な情報が得られるはずである。

いっぽうで、空から観察することは困難な生物は多い。とくに頻度が低いもの、地表を覆う植物の下で生育するもの、小さいものなどを直接捉えることは困難である。そこで、地上での調査と空からの観察とを相補的に活用して、複合的に生態系を捉えることが必要となる。

生物の分布を、統計的な手法により空間的に不均一な環境の情報と関連付ける種の分布モデルは、適切な保全のデザインを考える際に有効である。とくに対象が広域で、稠密な現地調査が現実的ではない場合に、その活用が期待される。そうしたモデルの開発のためには広域の環境情報の把握が前提となる。これまでに、現存植生図を含むさまざまな広域データが蓄積されつつあるが、それらを分布推定モデルに活用するには、適切な空間解像度やカテゴリー分けで整理することが必要である。

種の分布モデルの推定精度は、高解像度の面情報を用いることで向上することが期待される。高解像度の空間情報により小スケールで作用する生態プロセスの記述が可能となることが、その理由のひとつである。一方、その取得には高額な費用がかかるほか、情報を活かした解析には高度な計算処理能力が必要である。さらに、生物の分布情報の位置精度が粗い場合や、作用する生態プロセスの空間スケールが大きい場合には、過度に高解像度の生育環境の面情報を用意しても、その情報は十分に活用されないと考えられる。リモートセンシングデータの集積を効率的に推進するためには、生育環境情報の空間解像度が種の分布モデルのパフォーマンスに及ぼす影響に関する検討が必要となる。

2. 研究開発目的

本サブテーマの目的は、広域環境データを集積し植生区分の詳細化等を行うとともに、データ整備を行って他サブテーマに提供すること、および詳細データが整備された地域をテストケースとして、生物の分布予測モデルの性能を評価指標に、環境情報に求められる精度を明らかにすることである。

3. 研究開発方法

(1) 日本全国を対象とした生物情報集約基盤図の作成

日本国内の生物情報を集約し、土地被覆・土地利用およびその変遷と生物分布との関係を解明するためには、基盤となる土地被覆・利用図の整備が必要不可欠である。そこで環境省による第2回、3回（1979～1986年）の自然環境保全基礎調査による植生図にもとづいて過去の土地被覆・利用図を作成する。この植生図では植生のカテゴリー数が約900に細分類されて

おり、土地利用変遷の解析、生物の分布推定等に用いるには詳細に過ぎることから、同植生図に付随する自然度等の情報も参照してこれらのカテゴリーを統合する。さらに粗い区分での解析も可能となるよう大区分、中分類を設定する。

最新の土地被覆・利用図の作成については第6回、7回（1999年～）の環境省植生図の利用を検討したが、かなりの未整備箇所があることから、国土数値情報土地利用細分メッシュを始め既存の土地利用データの収集を行い、環境省植生図の未整備部分の補間方法を検討する。

なお、現在進行している第6回、7回の自然環境保全基礎調査による植生図の凡例は従来のもとは異なるため、統一的な解析が可能となるよう、この凡例と旧凡例との対応付けを行う。

（2）地域事例としての絶滅危惧種分布地域の情報整備

保全の対象となる絶滅危惧植物種が多く生育するとともに、その詳細な分布データが存在している阿蘇地域を対象に情報の集積と解析を行う。地域全体を対象とした三次メッシュでの既存情報の収集・整備に加え、特に絶滅危惧種が集中する3地域をホットスポット（重点地域）に選定して詳細な情報収集を行う。三次メッシュ内の植物の分布情報をもとに植物の種数、固有性、互いの相補性（他のホットスポットに含まれない種をどれだけ含むか）、生息地の持続性・保全の緊急性、生育環境等を総合的に判断し、3つのエリアを選定する（端辺地区、山東地区、波野地区）。

1) 希少草本類の分布データの整備と保全必要面積の推算

阿蘇地域において実施されてきた草原性植物の分布に関する資料を収集し、現在利用可能な草原性植物の分布情報について整理する。阿蘇全域に広範囲に生育し、近年、改良草地の増加に伴う生育環境の悪化が懸念されるサクラソウ、ミチノクフクジュソウ等のほか、阿蘇を象徴する種となるハナシノブ、マツモトセンノウ、ヤツシロソウ、ヒゴタイ等を対象とする。ホットスポットについては、地元研究者らにより1990年代からの絶滅危惧植物の分布が把握されているため、本研究での利用許可を得た上で分布位置のGIS化を行う。また環境省事業により収集した絶滅危惧植物データの入手性や内容について調査する。

詳細な分布を把握した絶滅危惧植物のうち7種について、効率性を考慮に入れた保全地域の優先順位付を行うための手法を検討する。保護区選定に広く使われている計算ツールMarxanを使用し、保全目標とする個体数の維持率に対して、保全に最低限必要となる1kmのメッシュ数との関係を求める。

2) 土地被覆情報の整備

現在の阿蘇地域の土地被覆図の作成には、第6回、7回自然環境保全基礎調査植生調査で作成された1/25000スケールの植生図を用いる。群落名をもとに本研究で必要となるカテゴリーへの再区分を行い、地域全域についての土地被覆図を作成する。

絶滅危惧植物の分布調査データのタイミングと合わせた1990年初頭と2000年後半、および過去の土地改変履歴を把握するために1970年代の土地被覆図を作成する。該当時期にはLANDSAT等の衛星画像も存在するが、必要な空間解像度の条件を満たさないことから過去撮影の空中写真の利用を検討した。空中写真は1960年代から都市域を国土地理院

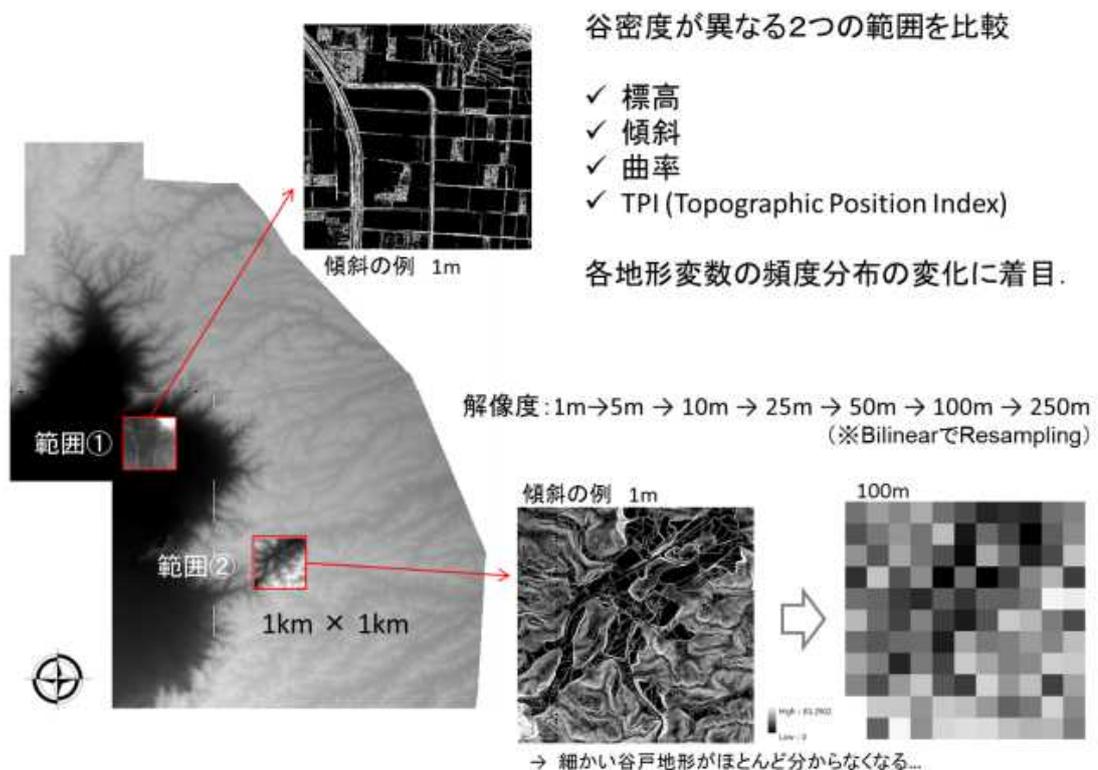
が、山林部を林野庁が5年おきに定期的に撮影しているほか、地方自治体や民間などでも不定期に撮影されており、生態系やそれを取り巻く環境変化を追跡する上で有効な空間情報として活用できる。

集水域の解析や微細地形の評価のため、地盤高データが必要となるため、航空機レーザ計測データを入手する。端辺及び波野の2カ所のホットスポットについては、航空機に搭載されたレーザ距離計を用いて計測された地盤高および樹冠上部などの表面高のデータを入手する。

対象域の草原は、火入れを定期的に行うことで維持されてきたが、牧畜の衰退や作業者の高齢化により火入れが行われず、草原が荒廃し樹林化するといった問題が存在している。土地被覆・利用形態の分類に加え、既存情報の収集や聞き取り調査、更に航空写真判読により過去の火入れ履歴の把握が可能かについての検討を行う。

3) 空間解像度の違いが地形変数の頻度分布および分布モデルに及ぼす影響

阿蘇地域の谷密度が異なる2地域（各1km×1km）において、レーザ航空機測量により得られた空間解像度1mの標高モデルを異なる空間解像度（10m、50m、100m、250m）でGISソフトによりリサンプリングし、4つの地形変数（標高、傾斜、曲率、TPI[Topographic position index: 対象メッシュの標高と、その周辺メッシュの標高平均値との差、0であれば平坦な地形を、0より大きければ凸型地形を、0より小さければ凹型地形を意味する]）の頻度分布の変化を調べる（図(5)-1に例）。



図(5)-1. 解像度を変えて描いた阿蘇地域の傾斜図の例

絶滅危惧草本植物種の分布を、上記の方法で求めた空間解像度の異なる地形変数を説

明変数として用いて予測するモデルを作成し、モデルの説明力と空間解像度との関係を検討する。分布情報を集積した種のうち、分布記録が十分に確保されていたマツモトセンノウとヤツシロソウを解析の対象とする。また、統計モデルは、対象種の地形変数に対する応答が非線形である可能性を考慮して、一般化加法モデル（GAM）を用いる。統計モデルの説明力の指標として、構築したモデルにより説明できる2種の絶滅危惧植物の分布情報のばらつきの程度を示す、**deviance explained (D%)**を用いる。種の分布モデルの作成範囲は対象域全域とする。なお、集積できた絶滅危惧植物の分布情報は、確認できた在地点のみであり、各種の分布が不在であることが確認できる情報は含まれてない。そこで、それぞれの種の分布予測の作成にあたっては、半径50mにその種の在地点がないが、その他の草原性草本植物6種のいずれかが分布していた地点を、調査はされているはずだが注目種が発見されていない不在地点であるとして扱う(**target pseudo absence**)。これらの解析には、平成23年度の本研究開発により整備した2000年代および1990年代に得られた分布情報を用いる。説明変数として、2種の絶滅危惧草本植物種の分布の説明に用いた地形変数は、標高、傾斜、TPI、斜面方位の4変数である。

4. 結果及び考察

(1) 日本全国を対象とした生物情報集約基盤図の作成

第2回、3回の自然環境保全基礎調査において作成された植生図の約900の凡例を整理・統合し、植生自然度として記録された情報（自然林、二次林、造林地の区別など）を加味した上で、生物の分布推定の説明変数として利用しやすいよう50の細分類区分に集約した(表(5)-1)。また、土地利用分類を階層的に集約することで(中分類17、大分類9)、利用者が目的に応じて適切な分類階層を選べるよう配慮した。さらに、二次林や二次草原など、人間活動との関わりで維持されてきた生態系を土地利用区分の中に組み込んだ。

気候帯による区分は敢えて行わなかった。これは、生物の生息環境を評価する、あるいは環境条件から分布の確率を推定するといった場合、年平均気温など気候を指標する要因も考慮するのが通例であり、その際、気候によって細分した植生区分を説明変数として用いると、情報が重複してしまうからである。

本研究で整理した植生分類により作成された土地利用図は全国スケールで利用可能な地図情報として公開予定である。国土地理院から提供されている国土数値情報土地利用細分メッシュでは、森林がすべてひとまとめにされているなど、生物の分布環境としての評価指標に使うには粗すぎる。一方、環境省が提供する植生図は植物社会学的な詳細な群落の分類に従ったデータであり、環境の評価指標としては多くの場合あまりに細かい。今回の整理の結果は、広域的な生物多様性の評価や予測に広く活用されることが期待される。

表(5)-1. 第2回、3回自環境保全基礎調査の凡例（群落タイプ）を統合した50タイプと、ここに含まれる群落数、および50タイプそれぞれの総面積

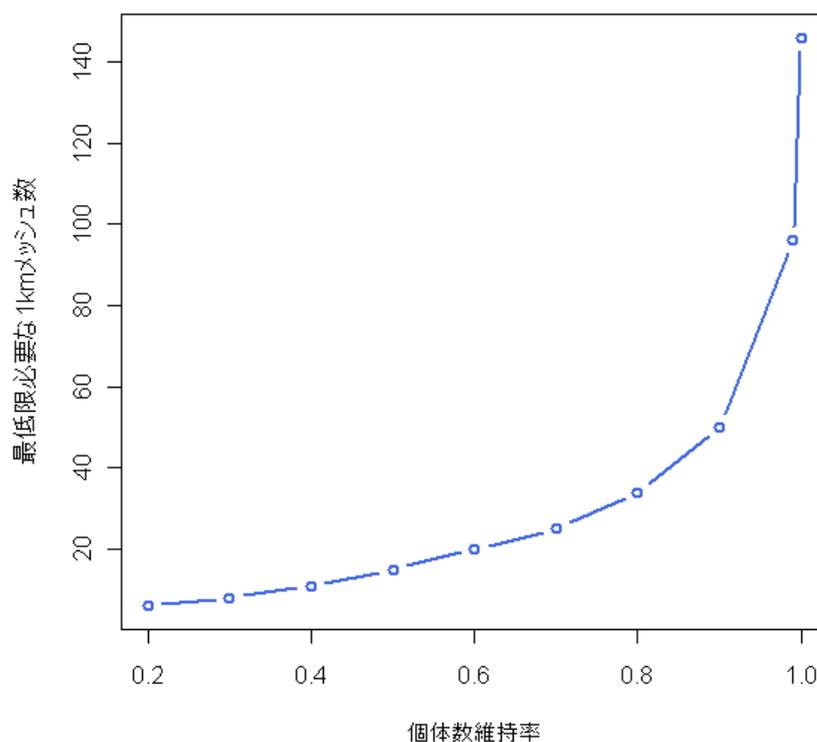
大分類	中分類	細分類	群落数面積(km ²)	
草原	自然草地	高山植生	15	993
		雪田草原	14	142

大分類	中分類	細分類	群落数面積(km ²)		
		自然草原 (海岸砂丘)	12	227	
		海崖草本群落	12	110	
		その他の自然草原	21	412	
	二次草地	二次草原 (高)	47	4257	
		二次草原 (低)	23	7648	
	人工草地	ゴルフ場等の人工草地	12	2316	
		人工草地 (ゴルフ場を含まない)	5	7360	
	その他	ササ	25	3333	
森林	自然林	常緑針葉樹林 (自然林)	61	10492	
		落葉針葉樹林 (自然林)	1	16	
		常緑広葉樹林 (自然林)	143	36421	
		落葉広葉樹林 (自然林)	135	3694	
		常緑針葉+常緑広葉樹林 (自然林)	2	1	
		常緑針葉+落葉広葉樹林 (自然林)	7	10502	
	二次林	常緑針葉樹林 (二次林)	20	23566	
		落葉広葉樹林 (二次林)	81	54418	
		常緑広葉樹林 (二次林)	25	9204	
		常緑針葉+常緑広葉樹林 (二次林)	0		
		常緑針葉+落葉広葉樹林 (二次林)	2	90	
	人工林	常緑針葉樹林 (人工林)	23	80203	
		落葉針葉樹林 (人工林)	3	12290	
		常緑広葉樹林 (人工林)	14	57	
		落葉広葉樹林 (人工林)	14	1030	
	その他	自然低木群落	5	1357	
		海岸性低木林・樹林	18	256	
		竹林	11	693	
	湿地	湿地	自然草原 (塩沼)	7	28
			湿地草原	12	1550
水辺・海辺	水辺・海辺	水草 (淡水)	5	49	
		海草	1	0	
		マングローブ	4	11	
特殊基質	特殊基質	自然裸地	1	1291	
		石灰岩植生	4	4	
		火山荒原・硫気孔原	21	78	
		崖	2	1	
		サンゴ礁植生	5	47	
耕作地等水田		水田	3	42065	
		放棄水田	4	190	
	畑地	畑地	6	20132	
		休耕畑地	6	462	
	水田・畑地以外の耕作地等	路傍	12	298	
		茶畑	2	571	
		果樹・桑・その他	10	6562	
		緑の多い住宅地等	11	7057	
住宅地	住宅地	市街地	3	12731	
		人工裸地	17	4926	
		開放水域	3	169181	
開放水域	開放水域	3	169181		
不明	不明	不明	3	31	

(2) 地域事例としての絶滅危惧種分布地域の情報整備

1) 希少草本類の分布データの整備と保全必要面積の推算

阿蘇地域において実施されてきた草原性植物の分布に関する資料を収集・整理した。阿蘇地域全域を対象とした調査は、1990年代前半と2000年代に実施されている。1990年代の調査データについては、5倍地メッシュ（二次メッシュを4分割したもの。ほぼ5 km × 5 km）のデータが公開されている。元となるデータは、調査を実施した瀬井純雄氏が5万分の1の地形図上に調査地点を記載したものである。2000年代の調査データは公開されていないが、環境省がGISのポイントデータを所有している。ホットスポットの解析に際しては、これらの2カ年のデータを使用し、草原性植物の分布を比較することが可能となった。なお、阿蘇全域における分布の比較については、1990年代と2000年代の調査で調査精度が異なっているため、3次メッシュでの分布比較の可能性についてはさらに確認が必要である。



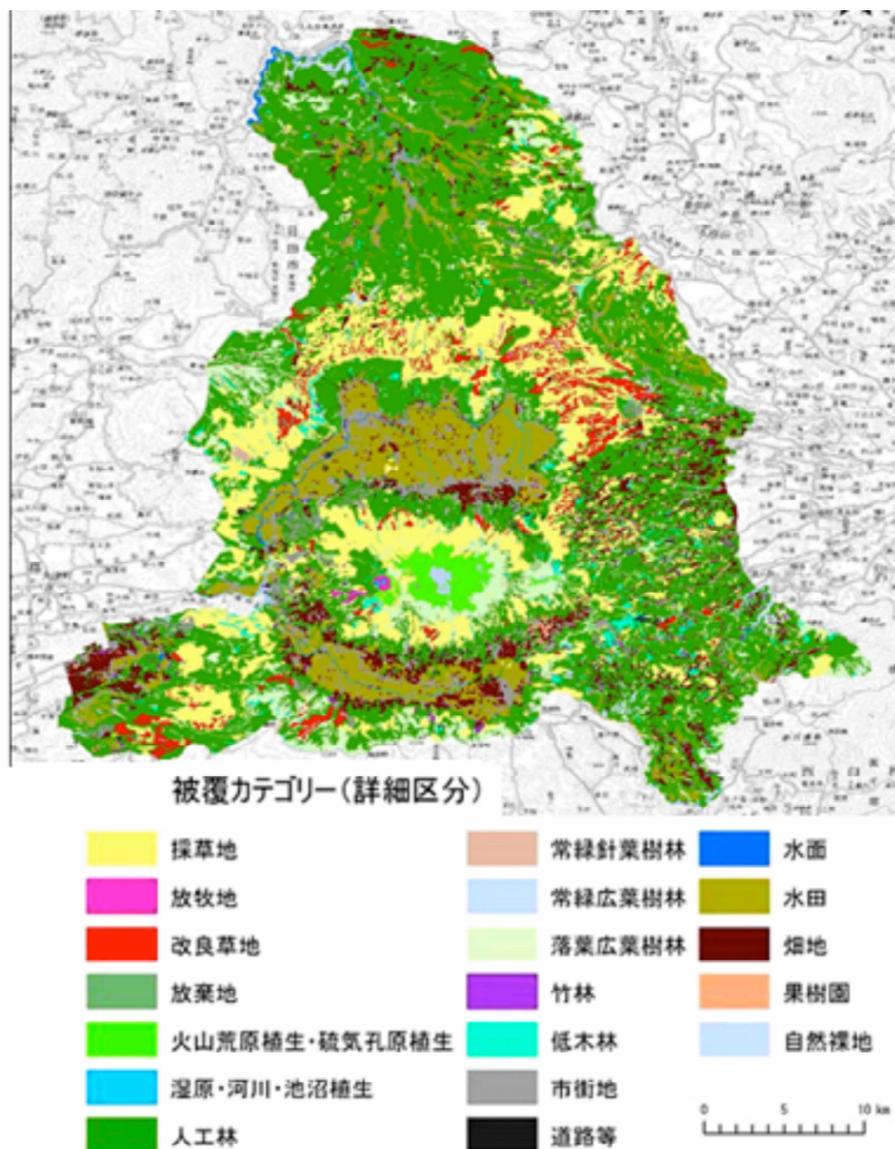
図(5)-2. 保全対象種の個体数の保護区包含比率の目標設定に応じた必要保全メッシュ数の変化。保護区選択ツール Marxan により、阿蘇地域の希少植物7種の保全のための保護区選択を行った結果。

保全目標とする個体数の維持率（保全対象種すべてについて、分布が確認されている個体の何%を保護区がカバーしているか）の設定に応じて、最低限必要となる保護対象 1 km メッシュがどのように変化するかを保護区選択ツール Marxan により計算した。当然、目標とする維持率を高く設定するとともに保全が必要となるメッシュ数は増加するが、特に維持率を100%に近づけるとともに必要メッシュ数は急速に増加することが確か

められた(図(5)-2)。90%の維持率とした場合、100%維持に必要なメッシュ数の約 1/3 の保全で保全目標が達成された。完全にこだわらず、「ほどほど」の保全を受容するのであれば、設定可能な保護区の面積が限られていても、保護区を選択次第で効率的に目的を達成できる可能性がある。

2) 土地被覆情報の整備

第6回・7回の環境省植生図の群落名をもとに土地被覆区分への変更を行った。これに基づいて阿蘇地域全域についての土地被覆図を作成した(図(5)-3)。航空写真の判読により精度検証を行ったところ、第6回、7回自然環境保全基礎調査の植生図については改良草地と採草地等の区分が曖昧な状況となっている部分が見受けられた。草地の再判読を実施する必要がある。

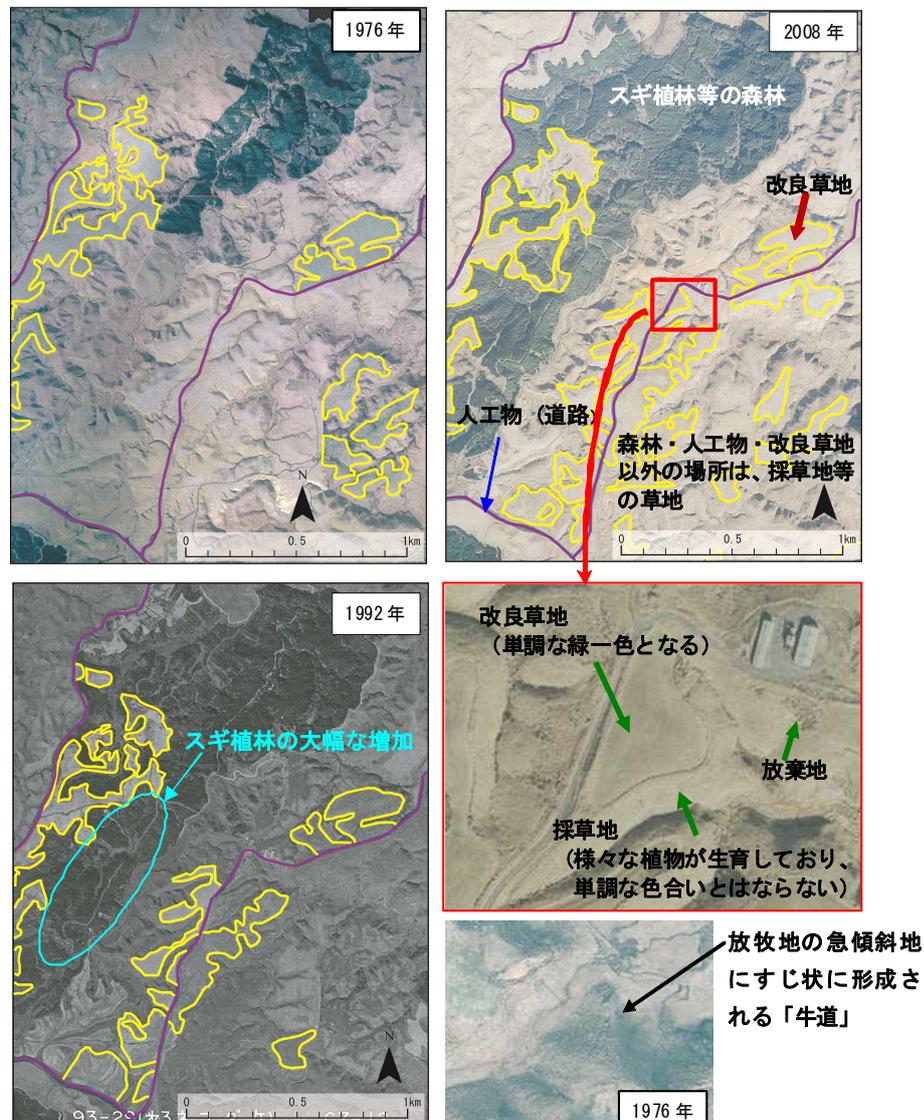


図(5)-3. 環境省植生図から作成した広域土地被覆図

本研究では絶滅危惧植物の分布に対して密接な関係がある草地（牧草地）の分類が重要であるため、もっとも効率的に判別できる撮影時期を検討した結果、秋～冬に撮影された空中写真が望ましいと判断された。そこでホットスポット及び周辺について1976年9、10月撮影カラー画像（国土地理院）、1992年、1993年10月撮影白黒画像（林野庁）、2008年12月撮影カラー画像（NTT-ME）の航空写真をデジタルデータとして購入した。

2008年のカラー写真は自動空中定位システム（POS: Position and Orientation System）の情報付きで撮影されており、撮影画像を幾何補正（オルソ化）し、地理座標を付与するための地上基準点が不要である。地理座標を持たない過去撮影の写真については、2008年写真と同一の地物を画像上から探し出し、座標を付与することにより、三時期の写真が同一地理座標を持ち、重ね合わせ解析が出来るように加工した。

ホットスポット3地点において、3時期の航空写真を用いて草原性植物の生育地として重要な草地（採草地、放牧地、改良草地、放棄地等）の分布図を作成した。分類カテゴリーについては絶滅危惧植物の生息に影響を与える被覆・利用形態を反映したサブカテゴリーを設けた。



図(5)-4. 阿蘇地域の航空写真の判読例

被覆分類に際しては1992・1993年は白黒写真であることや、一般的に用いられる画素単の教師つき分類やセグメンテーションによる分類など、デジタル処理では分類が困難なカテゴリーが存在していることから、現地調査結果などと照合しつつ目視判読を行った。判読に当たっては、放牧地の急傾斜地に形成される牛の踏み跡である「牛道」や、ヒアリング等の情報も活用した。1976年、1992・1993年、2008年とも採草地、改良草地、放棄地等の判読は十分可能であり、対象地全域の分類ポリゴンを作成した（図(5)-4）。

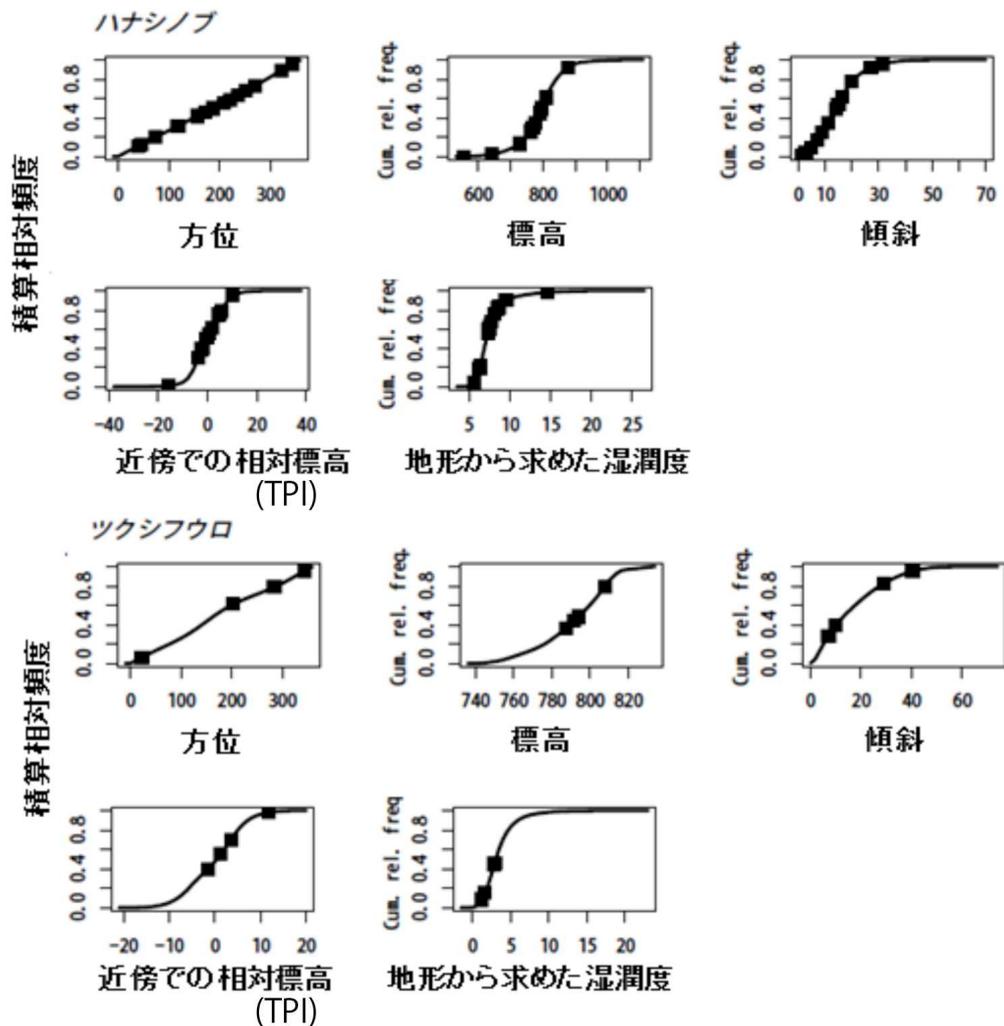
植生区分のうち、採草地とは春の野焼きから秋の採草までの期間、植物の生長にまかせてほとんど手を加えない場所で、ススキやネザサ、トダシバなどが繁茂し「長草型草

地」となっている。放牧地は春から秋まで牛馬が放牧される場所で、被食および踏みつけにより、シバなどが繁茂する「短草型草地」となる。このほか、外来の栄養価の高い牧草の種子を蒔き、肥料を与えて育てる改良草地は、様々な植物が生育している草原とは質的にまったく異なる環境である。

なお、空中写真から過去の火入れ履歴の把握の可能性について検討したが、撮影時期が秋、冬であることから直接判読することはできなかった。環境省は、平成17年度より野焼きなどの維持管理活動を支援するため牧野毎の「野草地保全計画（牧野カルテ）」の策定を進めている。カルテが作成されている牧野については履歴がある程度把握できると考えられる。牧野カルテやヒアリングの情報をもとに、空中写真判読による草地の状況（藪になっているか等）によって過去の火入れ履歴を把握する可能性の検討や、火入れ時期に撮影された衛星画像の利用の検討が必要である。

国土交通省九州地方整備局雲仙復興事務所により、2010年6月2日～16日にかけて取得された航空機レーザ計測データの貸与を受け、ホットスポットを中心とした2カ所のレーザ点群処理を行い、1mグリッドでの地盤高と表面高のマップを作成した。これにより、対象地の植生高分布を求めることができるほか、過去の空中写真のデジタル立体視により、過去からの植生高変化が得られるようになった。

絶滅危惧植物の分布データを詳細な地形・環境情報と合わせ、それぞれの種の環境軸上での分布範囲を図化した結果の例を図(5)-5に示す。もっとも分布観測点数が多かったハナシノブでは、近傍内の相対標高（TPI）が低い、窪地的なところで分布密度が低い傾向がみてとれた。

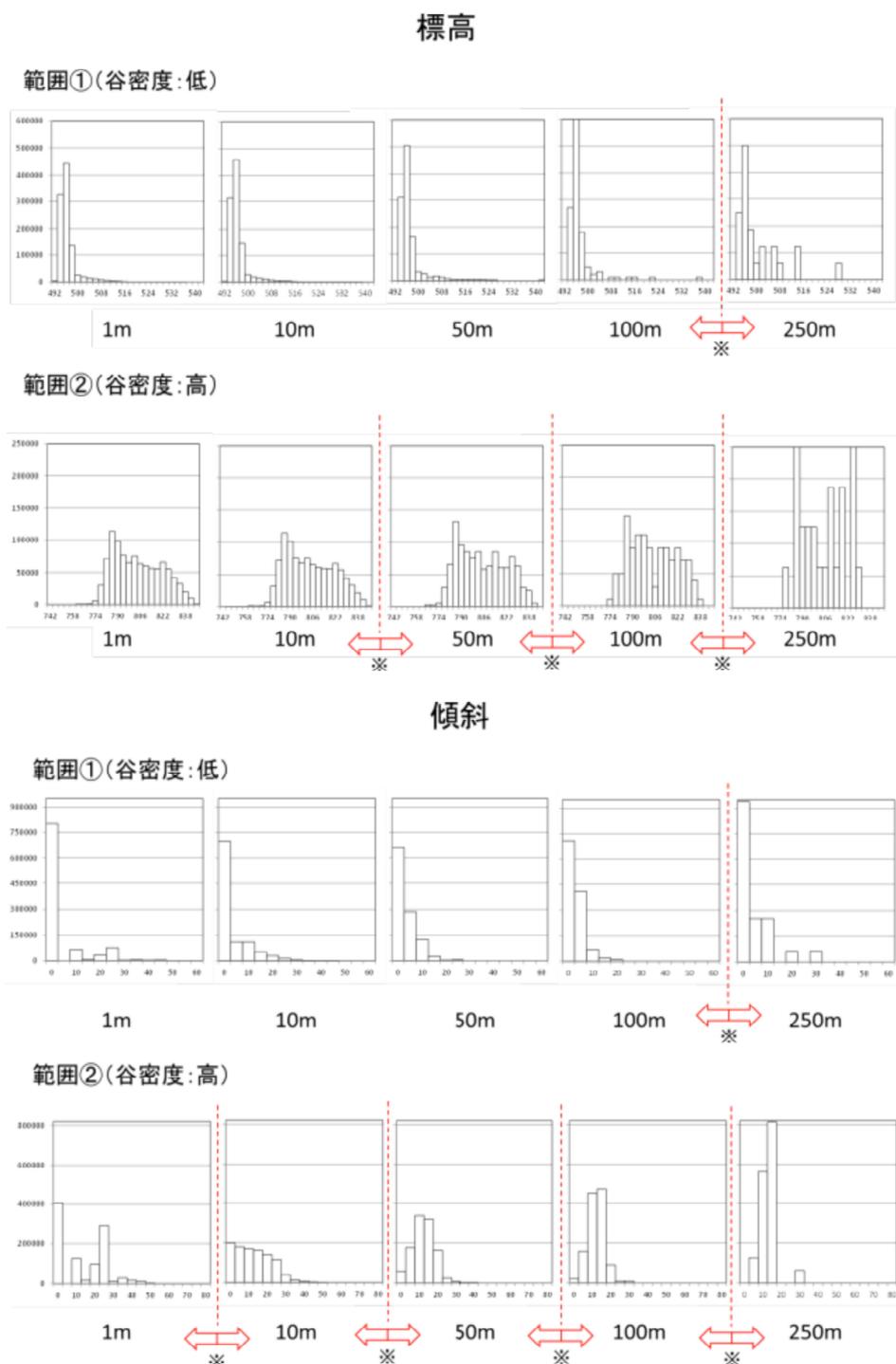


図(5)-5. 阿蘇地域でのハナシノブ（山東地区）およびツクシフウロ（端辺）の環境軸上の分布。各要因の積算相対頻度分布図（実線）と重ねて、植物が観察された場所の要因の値をプロットした。

3) 空間解像度の違いが地形変数の頻度分布および分布モデルに及ぼす影響

空間解像度を変えてリサンプリングした環境情報の頻度分布を比較した（図(5)-6）。標高については、谷密度が低い範囲①においては、空間解像度1mから100mの範囲では、著しい頻度分布の変化は確認できなかった。しかし、解像度250mでリサンプリングした際には頻度分布は大きく変化した。一方、谷密度が高い範囲②においては、50m、100m、250mでリサンプリングした際にはそれぞれ大きな頻度分布の変化がみられた。傾斜についても標高と同様の傾向がみられ、範囲①では、解像度250mでリサンプリングした際には頻度分布は大きく変化した。範囲②でも標高と似た傾向が見られ50m、100m、250mでリサンプリングした際にそれぞれ大きな頻度分布の変化がみられた。さらに範囲②の傾斜においては、解像度1mと10mとで頻度分布に著しい違いが確認できた。これらのことから、谷密度が低い地域では解像度が落ちることの影響を受けにくいだが、谷密度が高い地域では、地形変数の種類によっては空間解像度の低いデータを利用する際に注意が必

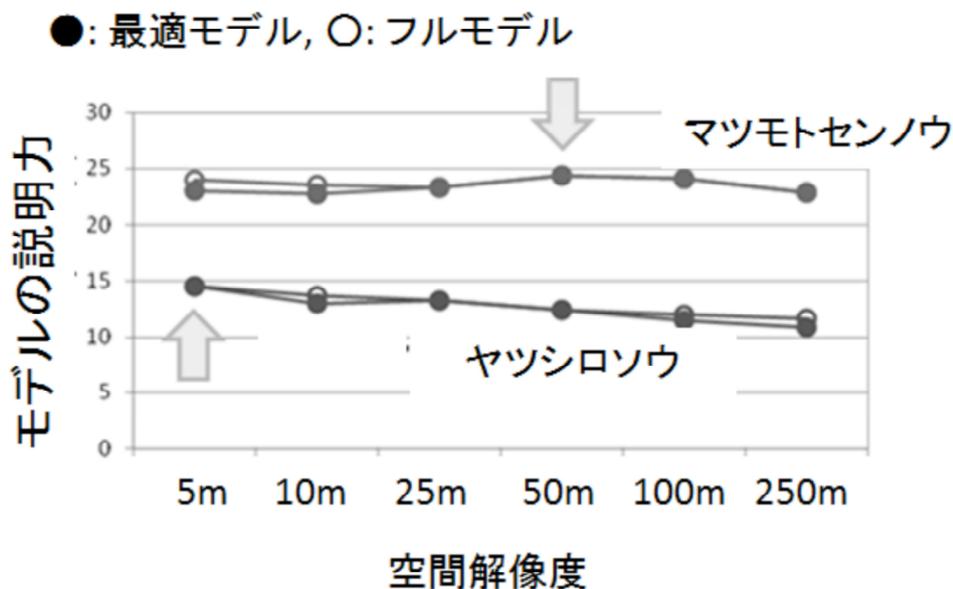
要であることが分かる。谷密度と解像度との関係を、地点数を増やして連続的に評価することが課題である。



図(5)-6. 解像度を変えて求めた地形変数（上：傾斜、下：標高）の頻度分布。範囲①は谷密度が低い地域、範囲②は谷密度が高い地域での結果。

種の分布推定モデルの説明力と、環境変数の空間解像度との関係は単純ではなく、種によって異なったパターンが見られた。ヤツシロソウの分布モデルの説明変数として用

いた地形変数の空間解像度を変化させると、分布モデルのパフォーマンスが高いのは最高解像度（5m）の地形変数を用いた場合であり、解像度を粗くすると分布モデルのパフォーマンスは低下した。一方、マツモトセンノウの分布モデルでは、もっともパフォーマンスが高かったのは解像度50mの地形変数を用いた場合であった（図(5)-7）。



図(5)-7. 環境データの空間解像度と植物の分布推定モデルの説明力の関係。矢印は、それぞれの種でもっとも説明力が高い解像度を示す。

解像度が高いほど分布予測モデルのパフォーマンスが必ず高くなるとは限らないことに注意が必要である。最適な解像度に影響する要因としては、対象とする種の分布を決定する生態プロセスが作用する空間スケールや、現地調査により得られる種の分布情報の位置精度が挙げられる。たとえば、植物の在地点をデファレンシャル補正が可能なGPS（DGPS）を用いて水平位置精度1m以下で記録しなければ1mという高解像度の地形変数を十分に生かすことはできない。

本検討は、限られた地域での2種の生物での検討にすぎない。日本国内での多くの分類群の生物へ得られた知見を適用するには、まず多地域・分類群で同様な検証を実施する必要がある。この成果を統合し、生物の分布を予測したい解像度が決まった際には、谷密度等の地形変量と生物の特性から、最適な解像度を導きだすフレームワークの構築が求められる。

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

- ・ 植生図凡例の整理結果は、今後、生物の分布推定モデルの開発や、分布の変遷の解析を行ううえで、有用な基盤となる。本課題の他サブテーマでもモデル開発に利用されている。
- ・ 空間解像度を変えた環境情報を使った解析では、正確に分布を把握するには解像度の高い

データが必要となる種が存在すること、いっぽう、つねに高解像度データを使えば必ず精度の高い分布推定モデルができるとは限らないことが確認できた。地形変量と生物の特性から、分布推定に最適な解像度を導き出すフレームワークの必要性が確認できたことの意義は大きい。

(2) 環境政策への貢献

<行政が既に活用した成果>

特に記載すべき事項はない

<行政が活用することが見込まれる成果>

- ・ 過去に遡って整備された土地被覆の情報は、国土の改変と生物多様性の変化との関係にもとづいて今後の保全計画を策定する基礎となることが見込まれる。たとえば里地・里山と呼ばれているエリアの過去の状態の推移、特に森林被覆率の変化を確認し、保全が必要な植物の分布との対応を解析して今後の面的な保全計画の拠り所とすることができる。

6. 国際共同研究等の状況

特に記載すべき事項はない

7. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

<論文(査読あり)>

- 1) 小川みふゆ, 竹中明夫, 角谷 拓, 石濱史子, 山野博哉, 赤坂宗光: 保全生態学研究「植生図情報を用いた全国スケールでの土地利用図の作成」(印刷中)

<査読付論文に準ずる成果発表>

特に記載すべき事項はない

<その他誌上発表(査読なし)>

特に記載すべき事項はない

(2) 口頭発表(学会等)

特に記載すべき事項はない

(3) 出願特許

特に記載すべき事項はない

(4) シンポジウム、セミナー等の開催(主催のもの)

特に記載すべき事項はない

(5) マスコミ等への公表・報道等

特に記載すべき事項はない

(6) その他

特に記載すべき事項はない

8. 引用文献

特に記載すべき事項はない

(6) 生物多様性予測モデルの作成・解析

横浜国立大学

大学院環境情報研究院	松田裕之
大学院環境情報研究院	小池文人

< 研究協力者 >

横浜国立大学

大学院環境情報研究院	小林慶子（現：北海道大学大学院農学研究院）
大学院環境情報研究院 センター）	佐伯いく代（現：北海道大学北方生物圏フィールド科学セ

平成22(開始年度)～24年度累計予算額：18,932千円

（うち、平成24年度予算額：5,770千円）

予算額は、間接経費を含む。

【要旨】

全国レベルで収集・整備された生物種の分布データを用いて、国土レベルでの生物多様性の地理的パターンを解明することを試みた。特に、本課題で整備される生物多様性情報を用いた日本の国土レベルの生物多様性の評価手法を確立するため、実測調査によって日本の生物多様性の地理的パターンを把握し、それと既存生物多様性情報プロジェクトデータからの地理的パターンの推定値とを比較することで、生物多様性情報の利用可能性を検討した。多様性評価を行う材料としては、近年の環境変化に伴う生物多様性の劣化が憂慮されている里山景観の生物多様性に着目し、種の多様性と遺伝的多様性の地理的パターンについて、それぞれ明らかにした。全国80カ所の里山景観において種の多様性を実測した結果、里山景観の種の多様性の地理的パターンは、文化圏や地域の歴史、社会的な交流を反映する区分が最もよく説明し、草原性の種は山陽および九州中北部、東山、南東北太平洋側で豊かなこと、水田性の種は九州南部、山陰で豊かなことが明らかになった。これは、採集努力量が人口密集地に集中する標本の採取地情報を用いて種の多様性の地理的パターンを推定した結果とは異なる傾向を示し、調査努力量の地理的偏りが存在する情報を用いて生物多様性を評価するときは、調査努力量の地理的偏りを考慮する必要があることを示唆した。また、里山景観の種の遺伝的変異の地理的パターンを解析した結果、フォッサマグナ、中部地方、南九州のあたりに強い境界線が検出されたが、里山景観以外の種のそれとは異なり、太平洋側と日本海側を分ける分水嶺の境界線は検出されなかった。これは、里山種の遺伝的変異が、最終氷期を含む気候変動の影響ではなく、森林伐採の歴史などの人間活動の影響を受けて生じた可能性を示唆する結果だと考えた。本研究により、日本の里山景観の生物多様性は、種レベルにおいても遺伝子レベルにおいても、人為的な要因が重要であることが判明した。里山の生物多様性を評価する時は、人為的要因を考慮することが必要である。

[キーワード]

里山、生物多様性評価、マクロスケール、種多様性、遺伝的多様性

1. はじめに

生物多様性条約締約各国は、生物多様性条約第10回締約国会議（COP10）で採択した愛知目標に掲げた「自然と共生する世界」の実現に向けた行動計画を策定し、取り組むことが求められている。この計画を策定するためには、国土の中で、生物多様性の豊かな地域がどこに存在するかを把握することが不可欠である。

国土レベルでの生物多様性評価のためには、国土全体をカバーするような大きな空間スケールで生物的自然を評価できるような生物の分布情報が必要である。しかし、国土全体をカバーするような大きな空間スケールで収集された生物の分布情報は限られている。例えば、稀少植物については、環境省レッドデータリスト作成時のアンケート調査結果など、国土における分布情報がまんべんなく得られた情報が存在するが、里山景観などを主要な生育地とするような普通種については、標本の採取地情報のような採集努力が人口密集地に偏りがちな情報に限られるなど、利用できる情報は少ない。また、採集努力に偏りがある分布情報による生物多様性評価は、実際の生物多様性の状態とは異なる傾向を示す可能性もある。

2. 研究開発目的

この課題では、潜在的には国内に多く存在する生物多様性に係わる情報を収集、整理、統合することによって、国土レベルでの生物多様性評価に利用可能な情報を整備することを目指している。本サブテーマでは、本課題で収集・整備される情報を用いた国土レベルでの生物多様性の評価手法を確立するため、本課題で収集・整備される生物の分布情報を用いてどの程度日本の生物多様性を評価し得るかを検討し、これを利用する上で考慮すべき点について整理する。

3. 研究開発方法

全国レベルで収集・整備された生物種の分布データを用いて、日本の国土レベルでの生物多様性の地理的パターンの解明を目指す。特に、サブテーマ1で整備される生物多様性情報を用いた日本の国土レベルでの生物多様性の評価手法を確立するため、同一調査者が同一方法で全国各地の生物の分布状況を調査して実際の生物多様性の地理的パターンを把握し、それと既存生物多様性情報プロジェクトデータからの地理的パターンの推定値とを比較することで、生物多様性情報の利用可能性を検討する。多様性評価を行う材料としては、他のサブテーマでも取り上げており、近年の環境変化に伴う生物多様性の劣化が憂慮されている里山景観の生物多様性に着目する。

(1) 日本における里山植物の種レベルの多様性の地理的パターン

近年の里山の土地利用変化の影響を強く受けていると考えられる伝統的な里山景観を主要な生育地としてきた植物種のうち、草原性の環境を主要な生育地とする草本種16種と、水田性の環境を主要な生育地とする草本種10種を指標種として選定し、北海道から九州まで全国各地の里山景観における生育状況を踏査調査によって確認する。この研究では、これらの指標種が多く出現する地域を、伝統的な里山景観に存在する生物的自然が多く残る、里山生物

の種レベルの多様性が豊かな地域とみなす。踏査結果によって把握した各地の指標種の出現種数データを用いて、日本における里山植物の種レベルの多様性の地理的パターンを把握する。その後、GBIF (The Global Biodiversity Information Facility: 地球規模生物多様性情報機構) から同じ指標種の分布情報 (主に標本情報) を取得し、同様の方法で里山植物の種レベルの多様性の地理的パターンを推定する。実測による地理的パターンと既存情報による地理的パターンを比較することにより、既存の生物多様性情報を用いて生物多様性を評価する場合の問題点を明らかにする。また、日本の国土レベルでの里山景観の生物多様性の地理的パターンを把握することにより、優先的に保全施策を実施すべき地域を特定することができる。また、里山景観の生物多様性へ影響を与える要因についても検討する。

(2) 日本における里山生物の遺伝子レベルの多様性の地理的パターン

里山景観は農業活動を中心とした人間活動によって形成されてきた景観であるため、里山景観を主要な生育地とする生物 (以下里山種) の地理的分布は、地域ごとの人間活動の歴史によって規定されてきた可能性がある。もしこれが事実ならば、里山種の遺伝的多様性の地理的パターンにその痕跡が残されており、里山種以外の種の遺伝的多様性の地理的パターンとは異なるパターンを示すと考えられる。そこで、ここでは、里山種 (植物8種、動物7種) と里山種以外の種 (植物49種、動物36種) を対象にハプロタイプを基準とした遺伝子レベルの多様性の地理的パターンを比較し、里山種の遺伝子レベルの多様性の地理的パターンの特徴を明らかにする。基本的には、既存の生物多様性情報 (生物の遺伝的変異の地理分布に関する文献) を集約して里山種と里山種以外の種の遺伝的変異の情報を集積し、不足しがちな里山種の遺伝的変異の情報については、(1) の調査によって収集される里山植物のサンプルを分析して情報を追加することで、里山種および里山種以外の種の遺伝的変異の地理パターンを解明し、両者を比較する。里山種の遺伝子レベルの多様性の地理的パターンの解明は、里山の保全・再生事業における遺伝子攪乱防止のための移植可能な地理的範囲などの指針作成のためにも不可欠である。

(3) 日本の里山景観の生物多様性

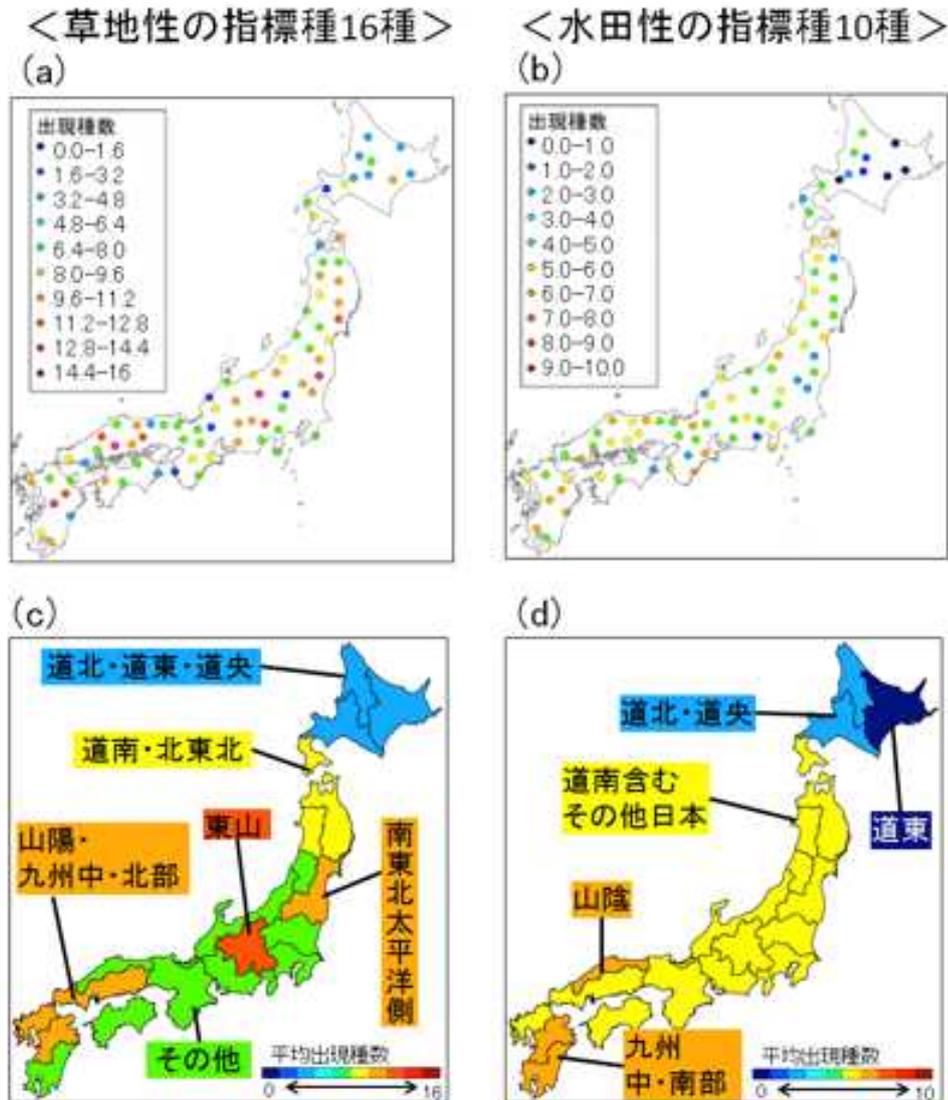
(1)、(2) の成果から日本の里山景観の生物多様性を規定する要因について考察する。また、生物多様性情報を用いて日本の国土レベルで生物多様性を評価する上で考慮すべき重要な点についてまとめる。

4. 結果及び考察

(1) 日本における里山植物の種レベルの多様性の地理的パターン

国土全体をカバーする空間スケールで植物の分布情報を実測によって収集するためには新たな技術開発が必要なため、まず10kmの長距離トランセクトを用いた調査方法を開発した。その方法を用いて、主に平成23年度と24年度に里山植物の分布情報を実測によって収集した。具体的には、2次メッシュごとの土地被覆組成から日本全国の景観を分類した上で里山景観を抽出し、その中から80カ所を調査地として選定した。各調査地には10kmの長距離トランセクトを設定し、トランセクト内の歩行可能な道を踏査して指標種の在不在を記録した。指標種

には、伝統的な里山景観を生育地とする草本種（草地性指標種としてススキクラス標徴種から16種、水田性指標種としてイネクラス標徴種から10種）を選定し、これらが多く出現する地域を、伝統的な里山景観が残り、里山植物の多様性が豊かな地域とみなした。



図(6)-1. 全国80カ所の実測データに基づく里山指標種の多様性の地理的パターン。

(a)草地性指標種の出現種数(0-16種)、(b)水田性指標種の出現種数(0-10種)

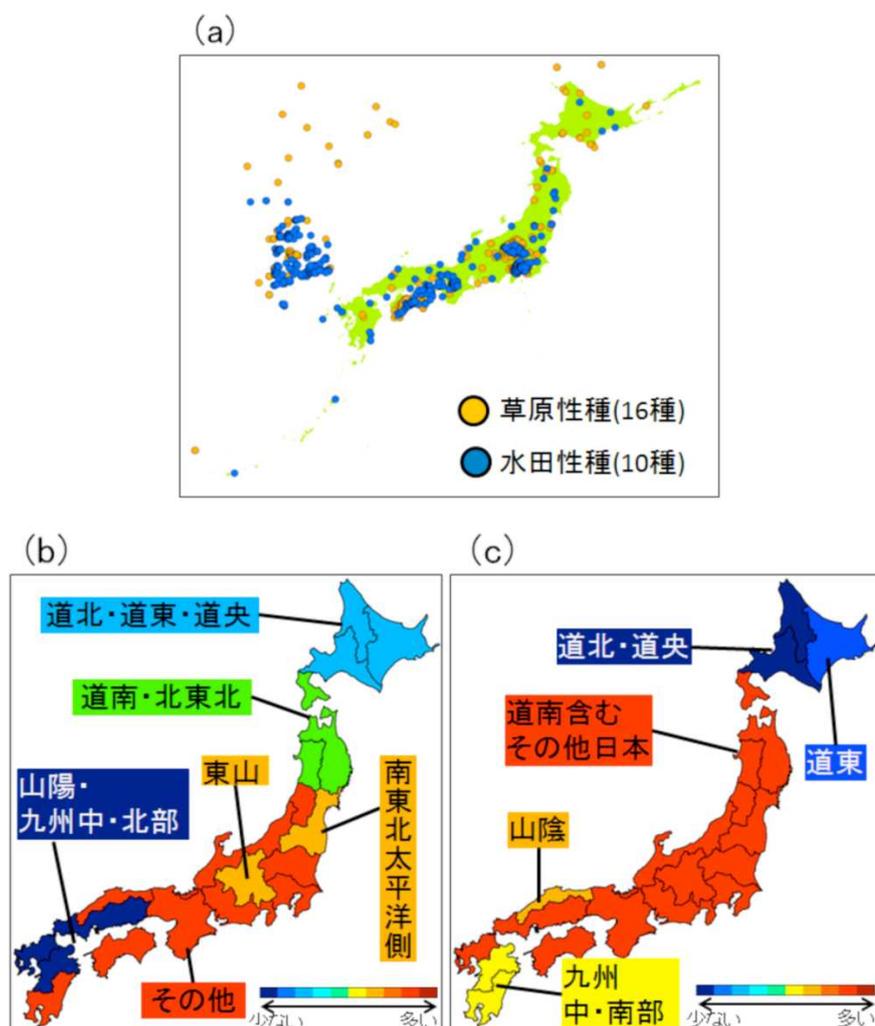
(c)草地性指標種の多様性の地理的パターン、(d)水田性指標種の多様性の地理的パターン

この現地調査に基づく実測データにより、草原性の指標種は山陽および九州中北部、東山、南東北太平洋側で豊かなこと、水田性の指標種は九州南部、山陰で豊かなことが明らかになった(図(6)-1)。この里山種の種の多様性の地理的パターンは、行政単位に基づく区分がもっともよく説明し、二次植生の優占植生に基づく区分(環境省の里地里山区分)や、造山運動や侵食・堆積過程などの形成過程や気候などの自然条件が似ている区分(北上・阿武隈山地、関東平野などの大地形区分)、既知の生物地理学的な境界による区分よりも説明力が高かつ

た。

行政単位の地方区分は、文化圏や地域の歴史、社会的な交流を反映した区分である。この区分が里山植物の多様性を最もよく説明したということは、古い時代からの土地利用の歴史や地域の慣習などの地域ごとの人間活動の違いが、里山植物の多様性に影響する可能性を示唆するものである。

次に、実測データから明らかになった里山指標植物の多様性の地理的区分ごとに、GBIFデータから抽出した里山指標植物の分布情報を集計して多様性の地理的パターンを評価した。その結果、実測データから得られた多様性の地理的パターンとは大きく異なる傾向を示した。特に、実測データで豊かさが中庸であった「その他」の地域は、GBIF標本から予測された豊かさでは非常に豊かになる傾向が見られた（図(6)-2）。

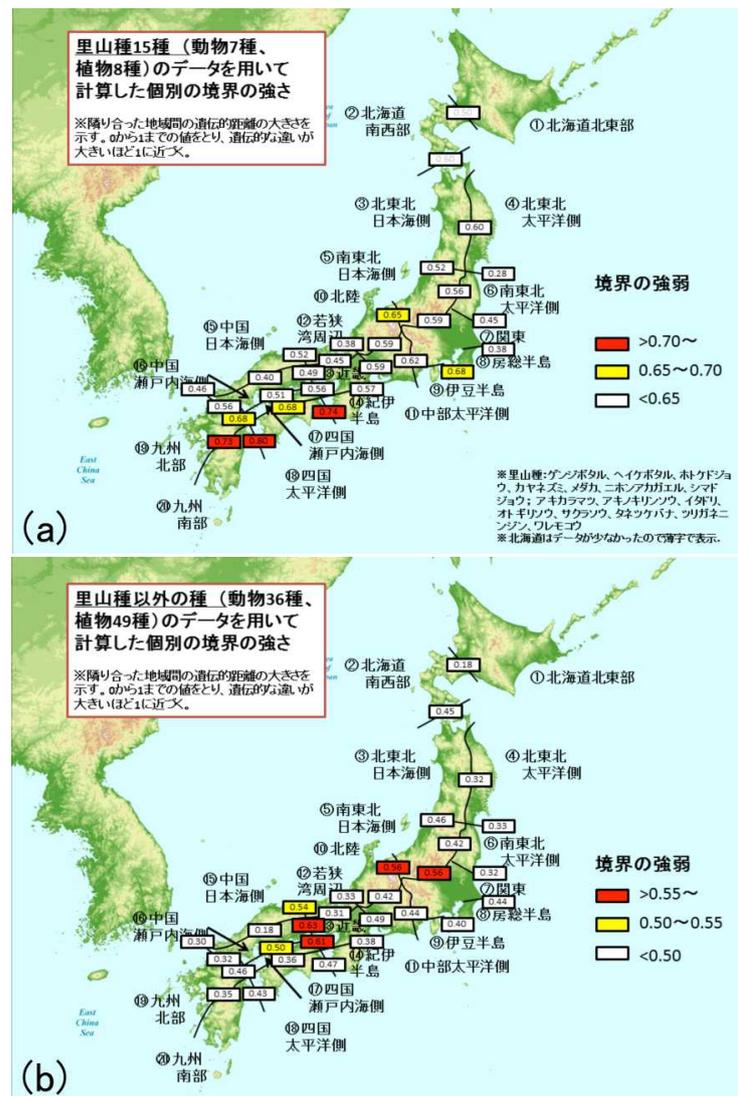


図(6)-2. GBIFに収録されている分布データから予測した里山指標種の多様性の地理的パターン。(a)GBIFに収録されている指標種の分布情報(緯度経度の情報が入っているもののみ)、(b)GBIF標本から予測された草地性指標種の期待出現種数による多様性の地理的パターン、(c)GBIF標本から予測された水田性指標種の期待出現種数による多様性の地理的パターン

「その他」の地域は、関東や近畿地方など、歴史的に調査努力量が大きな大都市圏が含まれる地域である。このことから、標本採取地情報自体が人口密集地に偏っていることによって大都市圏が含まれる地域の多様性が過大評価されているものと考えられる。このことから、標本情報を生物の分布状態の評価に利用する際には、標本採取地情報が人口密集地に偏っていることを考慮して取り扱いを工夫することが不可欠であることが明らかとなった。

(2) 日本における里山生物の遺伝子レベルの多様性の地理的パターン

里山景観を主な生息地とする種（植物8種、動物7種）の遺伝的変異の地理的パターンを解析した結果、フォッサマグナ、中部地方、南九州のあたりに強い境界線が検出された(図(6)-3a)。



図(6)-3. 遺伝的変異の地理的な境界の強さ (a)里山種 (b)里山種以外の種

数字は0から1までの値を取り、隣り合った地域間の遺伝的距離の大きさを示す。遺伝的な違いが大きいはど1に近づく。

同様に、里山種以外の種（植物49種、動物36種）の遺伝的変異の地理的パターンを解析した結果、太平洋側と日本海側を分ける分水嶺、フォッサマグナ（糸魚川 - 静岡構造線）の北

側、中国地方から四国と紀伊半島を分ける海峡周辺で、強い境界線が検出された(図(6)-3b)。

里山種の遺伝的変異の地理的パターンは、里山種以外の種のそれとは異なり、太平洋側と日本海側を分ける分水嶺の境界が検出されなかった。このことは、里山種以外の種が、最終氷期を含む気候変動の影響を受けて、特に東日本において、太平洋側と日本海側とに分化する傾向にあるのに対し、里山種はその影響を受けてこなかった可能性を示唆する。里山種の遺伝的変異パターンは、最終氷期を含む気候変動の影響ではなく、人間活動の歴史・文化的背景、特に森林伐採の歴史の影響を受けている可能性がある。

(3) 日本の里山景観の生物多様性

調査努力量の地理的偏りが存在する生物多様性情報を用いて広域の生物多様性を評価するときは、調査努力量の地理的偏りを考慮してデータの取り扱いを工夫することが必要である。特に、調査努力量の偏りが存在する標本情報などの情報だけを用いるのではなく、広域で調査努力量をそろえて収集された実測データを利用するなどして、結果を補正することも必要となる。既存の生物多様性情報を利用する場合、GBIFの日本データのように調査努力量に偏りがある標本情報を用いるだけではなく、環境省の自然環境保全基礎調査など、全国的に一定の努力量で収集された調査データを用いることも有用であろう。

(1) と (2) の結果から、日本の里山景観の生物多様性は、種レベルにおいても遺伝子レベルにおいても、人間の社会的文化的な活動とそれに係る土地利用の変化などの人為的な要因が重要な規定要因となっていることが判明した。里山生物の多様性を評価する時は、人為的な要因を環境情報として組み込むことが必要である。

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

- ・ 広域における生物多様性の評価のためのモデル作成を、これまで存在しなかった同一基準・同一調査者によって全国スケールで収集された実測データにもとづき実施した。日本全国を対象とするような大きなスケールで生物多様性の状況を把握するためのデータとしては、GBIF で収集されている標本の採集地情報や、環境省の植生調査で収集された情報、モニタリングサイト 1000 事業で集積される情報などが存在したが、これら既存データのうち特に標本情報は、データ採集地の偏りや、調査者の違いによる精度の差、調査年代の違いなどの偏りが存在するため、データを利用する際には、データ自身が持つ偏りを考慮した補正の必要があることを示した。また、本課題で収集したデータは、里山景観の生物多様性について偏りを排除した実測データであり、既存データから推定した結果を検証するためのテストデータとして利用することも可能なマクロスケールデータで、その利用価値は大きい。
- ・ 里山生態系において、その生物多様性の地理的パターンは、人間活動の履歴が重要な要素となって形成されることを日本全国のスケールで示した。

(2) 環境政策への貢献

<行政が既に活用した成果>

特に記載すべき事項はない

<行政が活用することが見込まれる成果>

- ・ 伝統的な里山景観に存在してきた生物的自然が残存する重要な地域が明らかとなったため、本結果を用いて里山保全政策において優先的に手を掛けるべき地域の選定が可能となる。
- ・ 里山種および里山種以外の種の遺伝的多様性の地理的な境界線が明らかとなったため、本結果を用いて遺伝子攪乱防止のための指針（動植物を移動できる地理的な範囲や、緑化に利用する植物を郷土個体群として植栽できる地理的な範囲など）を作成することが可能となる。

6. 国際共同研究等の状況

特に記載すべき事項はない

7. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

<論文（査読あり）>

- 1) 菅原のえみ, 小池文人: 保全生態学研究, 17, 15-24 (2012)
「指標植物を用いた長距離ライントランセクト法による関東地方周辺における広域の里地里山評価」
- 2) 佐伯いく代, 飯田晋也, 小池文人, 小林慶子, 平塚和之: 日本緑化工学会誌, 38(1), 115-120 (2012)
「里山の指標種ワレモコウの遺伝的変異」

<査読付論文に準ずる成果発表>

特に記載すべき事項はない

<その他誌上発表（査読なし）>

特に記載すべき事項はない

(2) 口頭発表（学会等）

- 1) 小林慶子, 田中涼子, 林敦子: 第58回日本生態学会大会, 2011
「山梨県上ノ原地区の半自然草原における低木種クロツバラ (*Rhamnus davurica* var. *nipponica*) の分布と管理履歴」
- 2) 佐伯いく代, 飯田晋也, 小池文人, 小林慶子, 平塚和之: 第42回日本緑化工学会, 2011
「里山の指標種ワレモコウの地理的変異 ～人の利用は遺伝的多様性に影響を与えたか～」
- 3) Y. KOBAYASHI, F. KOIKE and N. SUGAWARA: The 5th EAFES International Congress, Otsu, Japan, 2012

“Biodiversity assessment on Satoyama landscapes in Japan based on long-distance line-transect with indicator plant species.”

- 4) 佐伯いく代, 小池文人, 小林慶子, 飯田晋也, 平塚和之: 第59回日本生態学会大会 (2012)
「里山種の遺伝的変異パターンのメタ解析」
- 5) 佐伯いく代, 飯田晋也, 小池文人, 小林慶子, 平塚和之: 第43回日本緑化工学会大会・ELR2012
東京(2012)
「里山の指標種ワレモコウの遺伝的変異」
- 6) 小林慶子, 小池文人, 菅原のえみ: 第60回日本生態学会大会(2013)
「指標植物を用いたライントランセクト法による日本の里山評価」

(3) 出願特許

特に記載すべき事項はない

(4) シンポジウム、セミナー等の開催（主催のもの）

特に記載すべき事項はない

(5) マスコミ等への公表・報道等

特に記載すべき事項はない

(6) その他

特に記載すべき事項はない

8. 引用文献

特に記載すべき事項はない

Research on evaluation and prediction methods for biodiversity dynamics and development of environmental indicators using biodiversity informatics

Principal Investigator: Motomi ITO

Institution: Graduate School of Arts and Sciences, The University of Tokyo
3-8-1 Komaba, Meguro-ku, Tokyo 153-8902.
Tel.& Fax: +81-3-5454-4305
E-mail: cmito@mail.ecc.u-tokyo.ac.jp

Cooperated by: Forestry and Forest Products Research Institute
National Institute for Agro-Environmental Sciences
Kyushu University
National Institute for Environmental Studies
Yokohama National University

[Abstract]

Key Words: Biodiversity dynamics, Biodiversity Informatics, Ecosystem, Species distribution, Biodiversity index

At present, loss of biodiversity is recognized as a risk for global level. For sustainable use of biodiversity, we need to evaluate the present status of biodiversity and predict in feature of it. However, it is difficult to access to biodiversity information, due to lack of digitalizing and mobilizing of existing biodiversity data. An establishment of standard methods for evaluating biodiversity is another problem. To overcome those problems, we intend to establish biodiversity information infrastructures, and based on them, to develop evaluating and predicting methods of biodiversity in each ecosystem. 333 metadata provided by each subtheme team (forest ecosystem, agro-ecosystem, fresh water ecosystem and Satoyama ecosystem which is the traditional rural landscape of Japan) are available. Based on them, we collected occurrence data, especially species occurrence data, from existing surveys, such as a vegetation survey (e.g. the National Survey on the Natural Environment), a tree census (e.g. surveys on long-term permanent forest plots), a monitoring in paddy fields, secondary grasslands and class A rivers. Only the censuses of species occurrence in Satoyama were newly conducted. Environmental data, especially the land cover and use of Japan, were standardized. We developed and examined a series of biodiversity indicators, such as indexes for forest and Satoyama forest diversity, secondary grasslands and unplanted paddy fields diversity, fish diversity and diversity patterns of Satoyama species, based on these occurrence and environment data. In this process, we clarified some problems concerning the available biodiversity

data, including both quantity and quality ones. For example, for using the Living Planet Index, employed in GBO3, available information in Japan is too few and the some data fields are lacking. Our new indexes are more effective in these situations. We also made the probability of habitat suitability for 801 common plant species of Japan using ecological niche modeling and stored the resulted probability maps for each species to a database. This dataset could be a basement for another evaluation of biodiversity.

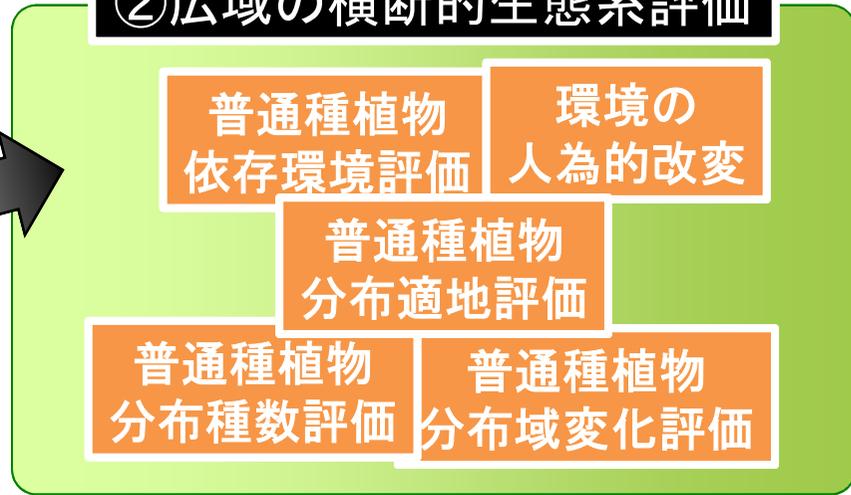
Conclusively, two options are available from our results for researchers and administrative officers to evaluate biodiversity status. One is to use the specific indicator that is developed above. This option is reasonable to evaluate specific ecosystems or taxonomic groups. Another is to use only occurrence data and environmental data improved by us to begin the separate and new biodiversity evaluation. These options offer simplified methods to evaluate biodiversity status to cut out the need of discovering and gathering data.

D-1008 生物多様性情報学を用いた生物多様性の動態評価手法
および環境指標の開発・評価(代表研究機関:東京大学)

生物多様性基盤情報の集約



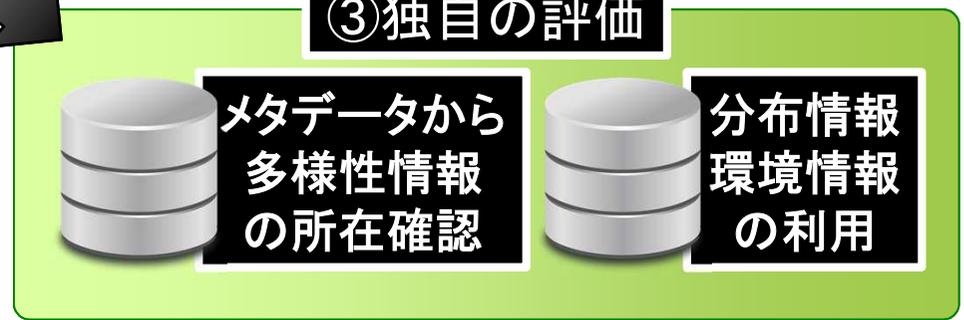
②広域の横断的生態系評価



①各生態系の詳細評価



③独自の評価



利用者のニーズ(特定生態系の評価／横断的評価／その他の評価など)に応じた評価指標の利用、研究への再利用を可能にした。