

生物多様性変化の抽出によるRegional-Scaleでの 自然再生事業地のスクリーニング

齋木 由利¹・丹治 三則²・齊藤 修³・盛岡 通⁴

¹大阪大学大学院 工学研究科 (〒565-0871 吹田市山田丘2-1)

E-mail: saiki@ecolonia.env.eng.osaka-u.ac.jp

²学生会員 大阪大学大学院 工学研究科 (〒565-0871 吹田市山田丘2-1)

E-mail: tanji@ecolonia.env.eng.osaka-u.ac.jp

³正会員 工博 大阪大学大学院助手 工学研究科 (〒565-0871 吹田市山田丘2-1)

E-mail: saito@env.eng.osaka-u.ac.jp

⁴正会員 工博 大阪大学大学院教授 工学研究科 (〒565-0871 吹田市山田丘2-1)

E-mail: tmoriot@env.eng.osaka-u.ac.jp

本研究では、自然再生事業の事業実施の際に地域的な事業の優先性を考慮することを目的として、Regional Scaleで事業地をスクリーニングするための評価システムの設計を行なった。自然再生の優先度を見極めるために、広範囲を移動し生息地の生態的連結性評価を行なうことができ、さらに食物連鎖の上位に位置し環境全体を包括した指標となりうる鳥類の種数を用いて生物相の劣化状況を評価した。鳥類種数を規定する景観要素を既存研究より抽出し、重回帰分析により鳥類種数モデルを構築した。作成したモデルを用いて、埼玉県、東京都、神奈川県を対象地として、80年代から90年代への鳥類種数の変化を算出した。その結果、森林の境界部分などが種数の減少が顕著な地域として抽出され、

Key Words : Nature Restoration Projects , biodiversity, Geographic Information System, Regional-Scale

1. 研究の背景と目的

生物多様性は、人間にとって、資源としての直接的な価値やレクリエーションなどの間接的な価値を有する。しかし、近年、人間活動の影響を受けて生態系が劣化しており、その多様性の喪失に関する報告が為されている。例えば、2001年7月の環境省レッドデータブックリストによると、脊椎動物および維管束植物の分類群において、各々の2割前後が絶滅危惧種に選定されている。このような現状に対し、2002年3月に閣議決定された「新・生物多様性国家戦略」では、①保全の強化、②自然再生、③持続可能な利用、の三つが対策の主な方向性として示された。このうち、自然再生とは、「過去に損なわれた自然環境を取り戻すことを通じて生態系の健全性を回復することを直接の目的とし、自然環境を保全し、再生し、もしくは創出し、またはその状態を維持管理すること」であるとされている。

自然再生事業の実施までのプロセスは、①政府による自然再生基本方針の策定、②実施者の発意による自然再生協議会の組織、③自然再生協議会による自然再生全体構想の策定、④実施者による自然再生事業実施計画の策定、という流れとなっている。実

施者とは、NPO、民間団体、地方公共団体、国など自然再生事業を実施しようとする者のことであるが¹⁾、自然再生事業の実施はこの実施者の発意に委ねられている。しかし、一つの事業範囲を超える広域的な視点で見れば、自然再生事業の優先的な実施が必要な地域が見落とされる可能性がある。現在の事業実施プロセスに、広域的な範囲で自然再生事業実施の優先度を評価するシステムが加われば、より戦略的に地域の自然再生が可能になると考えられる。

そこで、本研究では、Regional-Scaleで生物の生息環境の劣化を指標として、自然再生事業実施の相対的な優先度を判断するための評価システムの構築を行なった。また埼玉県、東京都、神奈川県を対象地としてケーススタディを試みている。

2. 研究の全体像

自然再生事業を成立させるためには、保全生態学の理論構築と社会システムの再構築が必要であると言われている²⁾。

自然環境の視点からは生物相がどの程度劣化しているのかを、特定の種に限定することなく包括的に評価する必要がある。

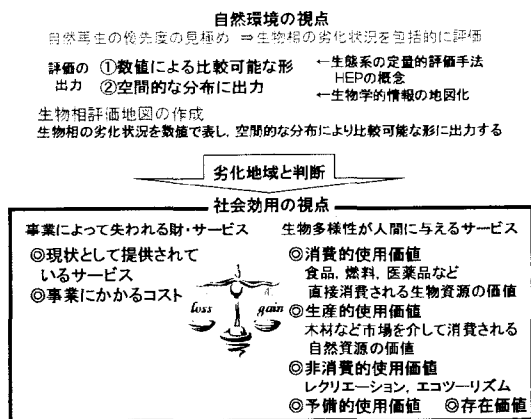


図-1 研究の概念

社会システムの再構築とは、自然と人との関係性を見直していくことである。自然再生事業を実施すべきかどうか判断するためには、図-1のように自然環境の視点と社会効用の視点が必要であると考えられる。両者を加味することで、劣化していると判断された地域については、自然環境を再生させることによって人間が享受できるサービスと、自然再生のために人間が負担する財や失うサービスを天秤にかけて、実施すべきかどうかを判断する必要がある。

(1) 自然環境の視点からの分析

自然再生の対象を選定するためには、現状を調査し劣化を診断して対象地域の中での相対的な比較を行い、相対的な優先度を見極める必要がある。

生態系と人間と関係性を保ちつつ存在する地域的なまとまりの考え方として、バイオリージョナリズム (bioregionalism) の考え方がしばしば用いられている³⁾。バイオリジョン (bioregion) の定義は「人間ではなく自然によって設定されたおおよその境界で区切られた地理的な領域」であり、植物相、動物相、水系、風土、地質、土地形態、並びにこれら自然の特性に成立した地域社会と文化などの特徴によって、周辺の生命地域から区別される⁴⁾。また生態系は一つの河川流域のと密接な関係性を持って成立しており、自然再生は水源・河川・湖など流域一貫で行われるべきものであることが指摘されている⁵⁾。

現在、自然再生事業が実施されている流域の面積を列举すると、荒川流域が600[ha]、霞ヶ浦・北浦流域が22,000[ha]、釧路湿原流域が250,000[ha]と、そのスケールは多岐にわたっている。流域という生態系の同質性のスケールを考慮すると、自然再生事業地を選定する際には、少なくとも一つの都道府県を越える範囲からの分析が必要になると考えられる。

そこで本研究では、Regional-Scaleとして複数の都道府県にまたがる範囲を設定し、生物相が過去から現在にかけてどのように変化したのかを分析する。

また生態学の定量的な評価方法としてHEP (Habitat Evaluation Procedure) が報告されている。これは、生態系を概念を特定の野生生物の生息地に置き換え、その適性について定性的かつ定量的に生態学的な評価を行うものである。まず、調査対象区域における保全対象種を選定し、その種の生息環境としての当該区域の適性度Habitat Suitability Index (以下、HSI) を数値化する。これにその土地の面積を乗じることによって、特定の種の生息環境に望ましい面積の、存在規模を表現するHabitat Unit (以下、HU) を算出する。さらにHUにそのような性質の土地が存在する期間を乗じて累積的HUを算出する。このように生態系の評価を定量的に行うことによって、同じ場所の異なる時間のHUや異なる場所の同じ野生生物群の累積的HUを比較することを可能にする手法である⁶⁾。

さらに、生物学的情報を地図化する研究も行われてきている。これは生息環境やそこに成立する生物群集についての情報を地図化することで、個々の生物種についての生態学的な情報の蓄積を生息地保全計画における線引きに活かすための研究である⁷⁾。

本研究では、生物相全体の生息環境としての適性度を定量的に評価する事によって、数値による比較を可能とした。この適性度を規定する要因となる土地被覆を既存研究から設定し、適性度との関係进行分析した。このうち有効な説明変数を数値地理情報によって把握し、適性度をメッシュデータにより表現する事によって地図上への出力を可能とした。以上の評価を時系列変化に沿って行う事によって、適性度の変化を追う。これにより、生物相の劣化の度合いを空間的な分布によって比較する。

(2) 社会効用の視点からの分析

自然環境の分析の結果、生物相が劣化していると判断された場合、その次の段階として社会効用の視点から分析を行う必要がある。これは、生物相の劣化によって人間が明らかに深刻な被害を被っている場合を除き、自然再生によって得られるサービスと失われるサービスとを比較して、事業を実施すべきかどうかを判断する必要があるためである。

まず、自然再生によって得られるサービスとして生物多様性の価値があげられる。具体的なサービスは地域によって異なるが、McNeely⁸⁾らの分類を参考にすると、図-1にあげるサービスを列举することが

できる。このうち、予備的使用価値とは、将来の潜在的利用のために残しておく生物資源の価値のことである。また存在価値は倫理的立場から指示される非使用的価値のことである⁹⁾。この二つについては、その重要度が産業や文化といった地域の特性に大きく左右されるものと考えられるため、使用価値の具体的な内容も含めて、詳細については地域ごとに検討していく必要がある。

次に、自然再生事業によって失われる財・サービスとして、事業にかかるコストが挙げられる。また、現状として人工的な土地利用がなされている場合には、それにより現在提供されているサービスも自然再生事業によって失われると考えられる。

自然再生事業について、この二つの分析が必要であると考えられる。本研究では、自然環境の分析を対象に評価システムを構築した。

3. 自然環境の分析のための評価システムの構築

(1) 生物相評価の手順

自然環境の分析では、生物相全体の生息環境としての適性を複数の土地被覆の説明変数によって算出し、その時系列変化を見る。評価の手順を図-2に示す。本研究では、生息環境の適性を測る指標として鳥類の種数を設定した。鳥類は飛躍能力を有するために、比較的広い生息環境や生息地の連結性を評価することができる。また、栄養段階の上位に属するため、植生や特定の生物の視点だけでなく、生物多様性の視点も含めて分析することができると考えられる。

まず、鳥類種数を規定する要因となる土地被覆を既存研究から抽出し、それらを数値地理情報により把握する。次に、鳥類種数の観測データと要因の関係について重回帰分析を行い、鳥類種数モデルを構築する。このモデルを対象地に展開することによって鳥類種数の推定値を算出し、それを地図情報として出力する。その時系列変化を見ることによって生物相が劣化しているかを評価する。

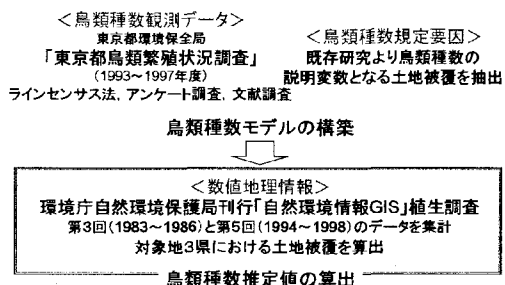


図-2 生物相評価の手順

(2) 対象地の概要

本研究では、埼玉県、東京都、神奈川県を対象としてケーススタディを行った。この3県は、関東地方の南西部に位置し、周辺を森林地帯に囲まれた一体的な平坦地で構成されている。都心部である東京都では過度の人口集積が進み、その郊外では、農地や森林などで宅地化が進行している。対象地の土地被覆の分布をみると、西部は大規模な樹林地に覆われているのに対し、北東部は主に農地で逆に南東部は宅地化が振興し様々な土地利用が混在している。

図-3は70年代から90年代にかけての対象地における土地利用の変化を示したものである。データソースとしては、国土数値情報ダウンロードサービスにより提供されている1976年と1994年土地利用のデータに基づき、その変化を算出したものである。これによると、西部では、森林から裸地や市街地への改変が見られる。また、東部では、市街地の中での質の変化が大きな改変として起こっている。

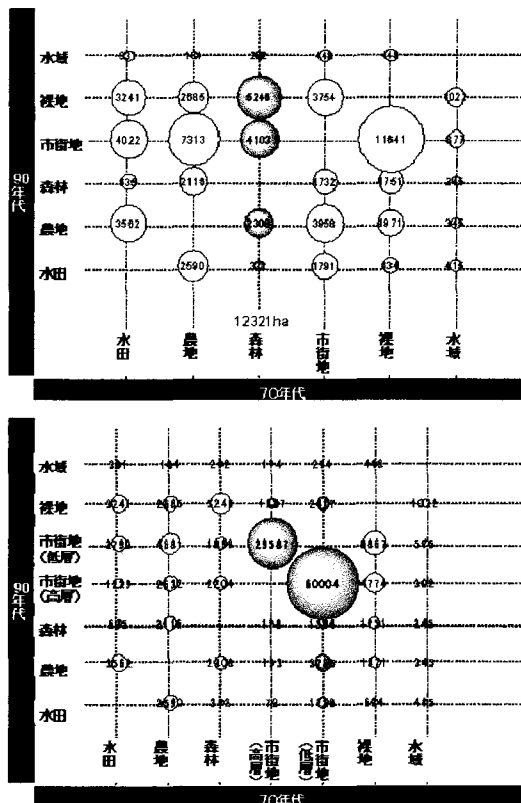


図-3 対象地における土地利用の変化
(上：西部，下：東部)

(3) 鳥類種数モデルの構築

鳥類はその種によって環境の選好に違いがあり、渡邊らの研究では、市街地、モザイク環境、点在樹林、樹林環境、草本環境などを選好する種ごとに分類されている¹⁰⁾。生息する鳥類の種に違いがあれば、自然再生の目標も異なると考えられる。そこで、本研究では対象地を東西で二分し、別々のモデルを設計して評価を行った。対象地の中で、樹林地域に覆われている西部を「樹林地域」、土地利用が混在している東部を「土地利用混在地域」とした。

鳥類種数観測データには、東京都環境保全局の「東京都鳥類繁殖状況調査（1993～1997年度）」を用いた。これは鳥嶼部を除く東京都全域を対象にして、都内に繁殖する鳥類全種の繁殖状況を調査したものである。調査方法としてはラインセンサス法による定点調査、アンケート調査、文献調査が採用された。

また土地被覆の把握には、環境庁自然環境保護局刊行の自然環境情報GISの植生調査のデータを用いた。1983～1986年の第3回調査結果と1994～1996年の第5回調査結果を用いて80年代と90年代の土地被覆のデータとして鳥類種数の時系列変化を算出した。

分析に用いる基礎単位としては、東京都の鳥類種数観測データ及び自然環境保全基礎調査のデータ特性から判断して、1kmメッシュによる集計が妥当であると判断した。

西部の樹林地域については、東京都で行われた鳥類調査のうち、種ごとの繁殖状況の調査結果から森林性鳥類のデータを抽出し、その種数を1kmメッシュに集計して重回帰分析の従属変数とした。東部については、同じく鳥類調査から1kmメッシュに集計された鳥類種数の調査結果を従属変数とした。

まずは、既存研究より、鳥類種数を規定する土地被覆を抽出した。樹林地域においては、抽出した土地被覆の要素を表-1に示す。

多様な森林性鳥類の生息には、面積がある程度以上大きく、複数の植生構造が含まれていることや、植生構造が複雑で他の樹林地に対する連結の程度が高いこと、また、落葉広葉樹林の存在が重要であるとされている¹¹⁾。そこで、樹林地域については、樹林面積、広葉樹林面積、群落多様度、連続性、市街地面積を、鳥類種数を規定する土地被覆の要素として抽出した。連続性は周辺8メッシュ内の面積、それ以外は当該メッシュ内の面積により算出し説明変数とした。

土地利用混在地域においては、均一な生息環境における種多様性である「 α 多様性」と、不均一な生息環境であることに由来する種多様性である「 β 多

様性」双方の観点から評価を行った。まず、 α 多様性を評価するために、樹林地、二次草原、人工草地、湿性草原、水田、畑地、果樹園、緑の多い住宅地、開放水域、市街地という土地利用の単位を設定して、各々のメッシュ内面積を算出し説明変数とした。また、人為の影響が強い樹林においては落葉広葉樹林の存在が重要であるとされている¹¹⁾ので、広葉樹林のメッシュ内面積も説明変数とした。次に、 β 多様性を評価するために、前述の10の土地利用単位から土地利用の多様度としてシャノン指数を算出し説明変数とした。

これらの説明変数を自然環境情報GISの植生調査の結果をもとに算出し、鳥類調査結果との関係を重回帰分析した。有意確率が低くなるよう、また決定係数が高くなるように説明変数を操作し、以下のように鳥類種数モデルを決定した。

表-1 鳥類種数を規定する土地被覆の要素

地域区分	モデル構築のためのパラメータ
樹林地域	樹林地、広葉樹林の面積、群落多様度、連続性、市街地面積
モザイク地域	樹林地、二次草原、人工草地、湿性草原、水田、畑地、果樹園等、緑の多い住宅地、開放水域、広葉樹林、市街地の面積、土地利用の多様度

$$Y_1 = 0.697 + 0.015X_1 - 0.005X_2 + 0.262X_3 \quad (1)$$

Y_1 : 樹林地における鳥類種数(種)

X_1 : 樹林地面積(ha)

X_2 : 広葉樹林面積(ha)

X_3 : 市街地面積(ha)

(有意確立0.000 決定係数0.074)

$$Y_2 = 2.173 + 0.022X_1 + 0.035X_2 + 0.031X_3 + 0.062X_4 - 0.015X_5 + 0.003X_6 + 0.014X_7 \quad (2)$$

Y_2 : 土地利用混在地域における鳥類種数(種)

X_1 : 広葉樹林(ha), X_2 : 果樹園面積(ha), X_3 : 水辺面積(ha)

X_4 : 湿性草地(ha), X_5 : 市街地面積(ha), X_6 : 草原面積(ha)

(有意確立0.000 決定係数0.463)

4. 評価システム展開の結果

(1) 80年代、90年代における鳥類種数の算定結果

対象地において鳥類種数モデルを用いて、80年代と90年代で推定した種数を図-2に示す。これは、樹林地域と土地利用混在地域において、それぞれ種数の多いメッシュから33.3%ずつをランク1～3に設定し、ランクが高いほど色が濃くなるように表したものである。中央の地図は、現状の樹林地域を示したものである。

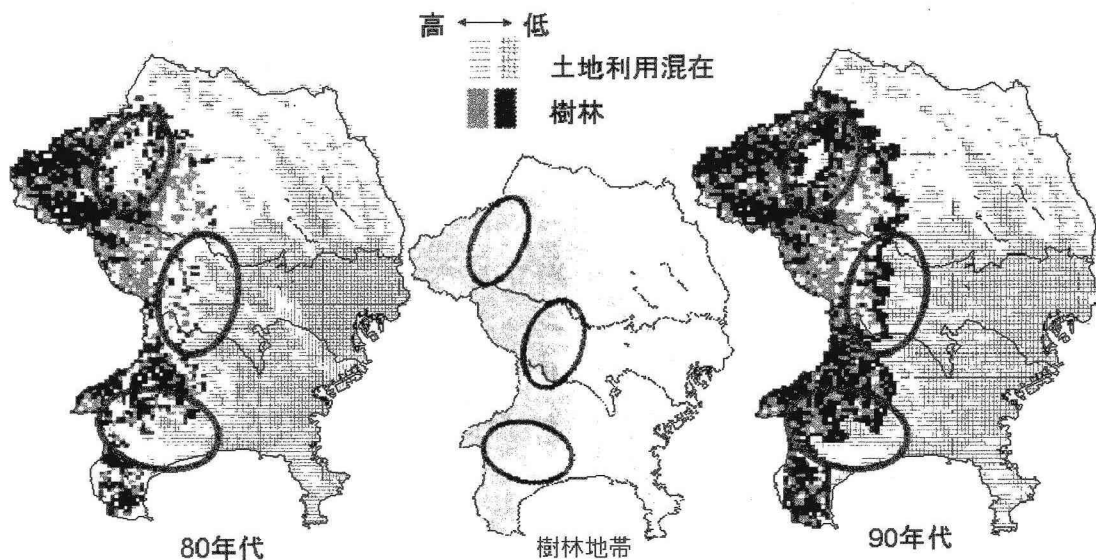


図-3 鳥類種数の算定値
減少の度合い

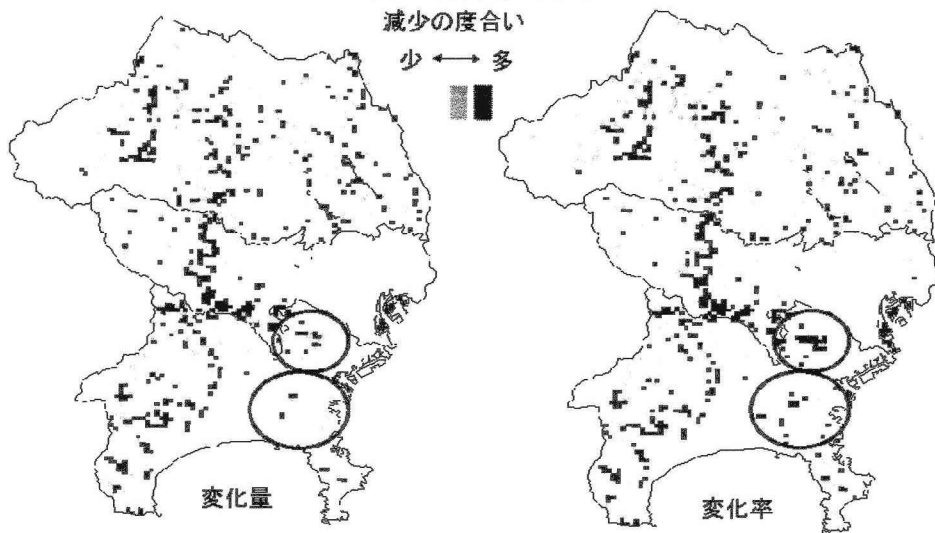


図-4 鳥類種数の変化

これによると、樹林地域では図-3の線で囲まれている境界部分で種数の大きな減少が見られるものの、土地利用混在地域では特に大きな種数の変化はないことが分かる。

(2) 鳥類種数の変化量と変化率

次に、80年代から90年代にかけての種数に変化量と変化率を算出した結果を図-4に示す。これは、樹林地域と土地利用混在地域において鳥類種数が減少しているメッシュのみを取り出し、それぞれ減少の度合いを三分割し、減少度が高いメッシュからずつをランク1～3に設定し、ランクが高いほど色が濃くなるように表したものである。

変化量の図によると、樹林地域の境界部分だけでなく、東京都の中南部や埼玉県東部の点在する地域

でも鳥類種数の減少が起きていることが分かる。

従って、これらの地域における減少は樹林地域の境界部分に比べて少ない変化であると言える。

次に、図-4の線で囲まれた部分に注目すると、変化率の方が変化量よりも高いランクとなっている。これは、元々の鳥類種数が少なかったものの、そのうちほとんどが失われてしまった地域であると考えられる。劣化の診断の際、変化量と変化率のどちらを重視するかは、自然再生の目標設定と大きく関係するため、場合によって評価手法を使い分ける必要があるといえる。

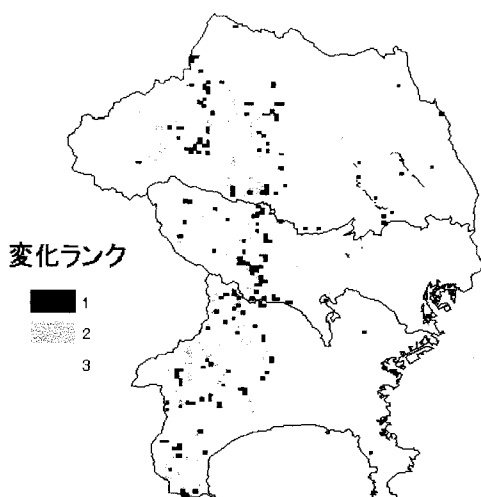


図-5 自然地に含まれる劣化地域の抽出

このようにして、生物相の劣化地域を抽出することができた。さらに劣化地域の中でも現状として自然地となっている地域では自然再生が可能であるとの仮定に基づき、さらなる事業実施地域の優先順位付けを行った。

環境庁自然環境保護局刊行の自然環境情報GISの植生調査のデータに基づいて、自然林、二次林、人工林、草原、水面、自然裸地、水辺植生といった自然地の地域の読み取りを行い、それに含まれる劣化地域を抽出した。その結果、図-5の地域が事業の候補地として抽出された。

5. 結論と今後の課題

(1) 結論

本研究は、自然再生事業の事業実施に際して、生物生息環境の劣化をRegional Scaleで相対的に評価することによって、その効率的な事業地の選定を行なうことを目的とした研究である。本研究により以下のことを明確にすることができた。

土地被覆により対象地を区分し、各地域において設計した鳥類種数モデルによって、鳥類種数を推定することができた。モデルの精度を上げれば、この方法を用いて正確性の高い鳥類種数の把握が可能であり、複数の都道府県にまたがったRegional Scaleでの生物生息環境の劣化診断から、事業地選定の相対的な優先順位を決定することができる可能性が示された。

鳥類種数の変化量と変化率、どちらに着目するかによって自然再生の目標の設定が変わることが分かった。自然環境がある程度保持されていた地域と、元々、自然度が低い地域、双方の自然再生に対応する柔軟な生物相の評価手法を確立することができると考えられる。

土地利用混在地域においては、ある程度の妥当性を持つ鳥類種数モデルを設計することができた。土

地被覆の量的な要因で、鳥類種数の説明がある程度可能であるということである。モデルの精度が上がれば、自然再生事業実施の際の再生手法の立案に活かすこともできると考えられる。

(2) 今後の課題

・本研究において設計した鳥類種数モデルは決定係数の高いものではなかった。特に樹林地域では、決定係数0.074とモデルとしての妥当性が低い結果となった。この原因としては、従属変数に用いた鳥類調査のデータと説明変数に用いた土地被覆の要素が考えられる。

まず、鳥類調査は東京都の面積の約15%の地域で実施されたものである。時間的にも空間的にも拡大推計していることから誤差が大きくなっている可能性は高いと考えられる。モデルの精度を上げるためには、鳥類種数の実測に関するデータソースを充実させる必要がある。また本研究では、対象地の土地被覆の状況から二つの地域に区分してモデルを構築したが、対象地によってはより細かい地域区分が必要になる場合もある。その場合には、区分された地域ごとに鳥類種数の実測データを入手する必要があると考えられる。

次に、説明変数の把握には土地被覆の要素を用いたために、水域や土壌の質を考慮することができなかった。鳥類によっては、このような質的な環境要因が生息に大きく影響している場合もあると考えられる。従って、数値地理情報だけでなく、質的な環境要因も対象として説明変数とすることで、モデルの精度を上げることができると考えられる。また、数値地理情報についても、自然環境情報GISだけでなく、リモートセンシングなどのデータを用いることによって、より正確な土地被覆の把握が可能になると考えられる。

・本研究は指標として栄養段階の上位である等という理由から鳥類の種数を設定した。しかし、生物相の包括的な評価のためには、鳥類種数だけでなく複数の指標を設定する必要があると考えられる。そのためには、生物相の劣化を規定する要因の間に存在する因果関係を解明しなくてはならない。これを明確にすることができれば、そのうち鍵となる幾つかの要因を選択し、指標に設定することによって生物相の包括的な評価が可能となると考えられる。

・前述のように、自然環境がある程度保持されていた地域と、元々、自然度が低い地域では、自然再生の目標設定に違いがある。また、本研究における樹林地域と土地利用混在地域においても、同様の違いは見られると考えられる。自然再生事業が保全、再生、創出を含む幅広い概念である以上、スクリーニングプロセスは柔軟なものでなくてはならない。そのためには、Regional-Scaleでの生物相の評価が事業地の決定後、より詳細な劣化状況に関する分析につながる構造である必要がある。

参考文献

- 1) 自然再生推進法（平成 14 年法律第 148 号）第五条
- 2) 鷲谷いづみ, 草刈秀紀: 自然再生事業 生物多様性の回復を目指して, 築地書館, 2003
- 3) 鬼頭秀一 (1990), 講座人間と環境 12 環境の豊かさをもとめて, 昭和堂, pp. 93
- 4) Sale, K. (1980), Human Scale, New York: Coward, McLand and Geoehegan
- 5) 鷲谷いづみ, 草刈秀紀: 自然再生事業 生物多様性の回復を目指して, 築地書館, 2003
- 6) 田中章: 米国のハビタット評価手続き “HEP” 誕生の法的背景, 環境情報科学, 31-1, 2002
- 7) 伊藤休一, 美濃伸之, 一ノ瀬友博: 生物生息地の構造・組成・動態の観点に基づく生息環境評価地図の作成方法, (社) 日本都市計画学会 都市計画報告集, No.2, pp108-113, 2004
- 8) McNeeley, J. A. , K. R. Miller, W. V. Reid, R. A. Mittermeier & T. B. Werner: Conserving the world's biological diversity. IUCN, Gland, Switzerland; WRI, CL, SSF-US and the World Bank, Washington, D. C. 1990
- 9) 鷲谷いづみ, 矢原徹一: 保全生態学入門, 文一総合出版, pp14. 1996
- 10) 渡邊千佳子, 西村正和: 土地利用計画のための生態ポテンシャル評価手法の研究, 大成建設技術研究所報, 第 32 号, 1999
- 11) 村井英紀, 樋口広芳: 森林性鳥類の多様性に影響する諸要因, Strix7, 83-100, 1988

Screening the site of Nature Restoration Projects at the regional-scale by identifying changes of biodiversity

Yuri SAIKI, Kazunori TANJI, Osamu SAITO and Tohru MORIOKA

In this study, the evaluation framework to screen the site of Nature Restoration Project at the Regional-Scale were developed and employed in Saitama, Tokyo, and Kanagawa Prefecture. How biota is damaged was comprehensively evaluated using the number of avian species as the index to reflect the relationship between environment and comparatively large environment, and the priority was set. Avian species model was developed by multiple regression analysis using landscape factors connected with the number of avian species. The change of the number of avian species from the 80's to the 90's was calculated by this model. In the result, the hedge of forests was identified as degradation area where the number of avian species was markedly reduced. It was revealed that the index of avian species enables us to bring out degradation of biota which cannot be identified by the index of land use to comparatively analyze the change of land use at the degradation area and whole area.