

生態系モニタリングの方法論とその検討課題

2001.10.4

長谷川雅美

東邦大学理学部生物学科 地理生態学研究室

第4回自然環境保全基礎調査、生態系総合モニタリング調査報告書では、調査方針と調査体制、調査の項目と方法、および調査結果の解析の3項目において、いくつかの重要な指摘がなされている。それらを再度認識することから、生態系総合モニタリング調査の体制を再構築していく。

今回の委員会は、方法確立のための研究的調査の必要性を受けて、千葉市大草谷津をモデル地として、既存の調査資料を基に生態系総合モニタリングの方法論を再検討するものである。

前回の調査で指摘された問題点

- 1, 調査方針と調査体制
 - 1) 調査実施意図の再確認
 - 2) 調査地域の選定
 - 3) 各都道府県調査検討委員会の必要性
 - 4) 方法確立のための研究的調査の必要性
 - 5) 十分な予算措置

- 2, 調査の項目と方法について
 - 1) 景観生態学的手法の検討
 - 2) 地域の生態系を把握するための指標生物調査の実施
 - 3) 酸性雨に関連する調査
 - 4) 水域調査
 - 5) 調査頻度と調査体制

- 3, 調査結果の解析について
 - 1) 地理情報システム（GIS）の活用
 - 2) 各道府県レベルでの調査結果解析について

検討課題

① 1-1 調査のねらい

モニタリング調査は、対象物（事象）の状態を継続して記録し、記録の積み重ねから描き出されるパターンから、近い将来にどんな事態が起きるかを予測（予想）するために行われる。

生態系総合モニタリングにおける対象物（事象）を、都市周辺に存在しさまざまな人為インパクトにさらされ、大小さまざまな面積に分断化された地域生態系と定める。そして、モニタリングによって予測する事態とは、その地域生態系を構成する生物種の動態とする。

（これまでの調査では、無機的環境要因と生物の調査から、生態系の動態を予測しようとしてきた。この場合、無機的要因と生物の調査を行うことは可能であるが、生態系の動態予測は、生態系を調査可能な形で定義していなかったため、ほとんど解析不能であった。今回は、原因と結果の関係を逆転させ、生態系の変化が構成種の動態にどんな影響を及ぼすかを追求することにする。そのために、まず初めに地域生態系の構成種から指標種を選び、その種の動態に影響を与えると考えられる無機・生物的環境要因を選択し、要因間の相互作用を仮説として提示する。そして、そこから予測される指標種の動態と実測値をもとに仮説の検証を行う。すなわち、要因間の相互作用に関する仮説の洗練化である）。

② 2-5 調査頻度と調査体制

上記趣旨からして、モニタリングは可能な限り多くの地域で、長期間行われる必要がある。予算的制約の中でこれを実現するためには、地域住民あるいはNGOが地元の生態系モニタリングを担当し、観測結果を相互に情報交換し、検討を行うネットワーク型の調査体制をとるべきである。

（環境保全への意識の高まりから、日本各地での自主的なモニタリング調査が数多く行われているはずである。そこでどのようなモニタリングが行われて、何が明らかにされているのか、全国の模範となるモニタリングはすでに存在するのかどうか、などの情報を把握すべき時期にきている。地域住民主体の生態系モニタリングネットワークを立ち上げる年度を具体的に設定する必要がある）。

③ 1-2 調査地域の選定、2-4 水域調査、2-1 景観生態学的手法の検討

生態系における鉛直方向での物質循環は、水溶性物質が重力によって流下し、生物が重力に逆らって上流に移動することによって成立している。このことを考慮し、調査地は集水域を単位とする。

集水域は、水源地集水域を最小単位として、河川次数とともに入れ子式の階層構造をとっている。どの階層からいくつずつ調査地域を選定するかは、大変重要な課題である。以下に調査地の選定方法とその利点・欠点を述べるので、今回の調査でどの方法を用いるか議論して決めたい。

1) 同じ次数の集水域から人為インパクトの種類・程度の異なる複数の調査地域を選ぶ。
利点) 比較調査によって、人為インパクトと生物多様性の関係（パターン）を抽出できる。
欠点) 環境要因の相互作用とその連鎖が生物多様性の動態に与える因果関係を特定することが難しい。

2) 異なる次数の集水域を入れ子式に1つずつ選んで調査地とする。

従来の重点調査地域・広域地域の考え方に近いが、より現実のシステムに近づいた調査地設定となっている。

利点) 広域集水域での環境変動が狭域集水域内の生物多様性の動態に与える影響を時系列データから抽出できる。

欠点) サンプルサイズが1つしかないため、得られたパターンの統計的信頼性がない。

- 3) 異なる次数の集水域をそれぞれ複数入れ子式に選んで調査地とする。
 利点) 上記2方法の欠点を補完し、パタンの抽出と因果関係の特定が可能になる。
 欠点) 統計的に有意な結果を得るために作業量が増す。

いずれにしても、調査者が複数の調査地を実地調査し、比較検討することの意義が大変大きいことは、市民による谷津田調査-佐倉の谷津田は生き物の宝庫-（さくら・人と自然をつなぐ仲間、2001）に明確に述べられている。

④ 2-2 地域の生態系を把握するための指標生物の実用的選定

調査対象地域の基礎的な生物調査がほぼ完了していることが前提となる。種リストに掲載されている種から、次に述べる無機的要因や人為インパクトによって影響を受けると予想される種を選ぶものとする。種の生物学的属性として、1) 食物連鎖における位置、2) 絶滅の危険性、3) 地域の固有性を考慮し、次のマトリックスを完成させる。

種の選定には、少ない調査者が季節を効果的に使って調査できるように、調査に適した発育段階と時期を十分考慮する。

種名	ニホンアカガエル
環境要因（景観レベル）	水田の乾田化（圃場整備）
環境要因（物理的要因）	土壌の乾燥・高温化
環境要因（生物間相互作用）	不明
食物連鎖上の位置	中型の昆虫食者
絶滅の危険性（生活史特性を考慮）	高い（変動する卵生残率、高い個体群回転率）
地域固有性	低い
個体数を数える発育段階	卵塊
調査時期	2-3月

生態系における生産者の地位を占める植物に関しては、絶滅の危険性と地域固有性を考慮することで特定の種を選び、その生育個体数を調査することになる。一方、その他の植物については一括して群落として取り扱い、景観構成要素を立地単位として遷移行列の算出が可能なデータをとる。

⑤ 生態系の操作的定義

人為的環境変化が環境の物理化学的環境を変化させ、それが生態系構成種の生物多様性に及ぼす影響の過程とその集合とする。

⑥ 考慮すべき環境要因

生物個体の生存を左右する生理学的機構とそれに影響を与える物理化学的要因としては、温度、水質（溶存酸素濃度、BOD、電気伝導度、pHなど）、環境ホルモンなどがあげられる。

個体群の存続可能性に影響を与える環境要因としては、集水域の面積、移動を阻害する障壁（交通量の激しい舗装道路など）に囲まれた生息地の面積、生息地相互の距離、生息地内の景観構成要素の種類構成などがあげられる。

⑦ 環境要因間の相互作用

景観レベルからスケールダウンしていった、広域景観レベルでの人為的インパクトが低位レベルの物理的要因にトップダウンに影響する過程と、低位の景観レベルでの人為インパクトが上位階層へボトムアップ的に影響する過程を想定する。具体例をいくつかあげる。

トップダウン的影響

集水域面積の人為的分断——生物生息地面積の減少——食物連鎖上位種の消失
集水域内土地被覆の変化—地下浸透水量の減少—河川基底水量の減少（美濃和 2001）

ボトムアップ（？）的影響

集水域内土地被覆の変化—蒸発散量の減少—乾燥化の進行—気温上昇——ヒートアイランド
汚水負荷——湧水の水質——集水域河川の水質

⑧ 影響評価の考え方

想定された環境要因の変化によって、地域生態系を把握するための指標生物の動態と絶滅確率を推定する。

1) 生息環境の面的喪失

喪失面積に比例して個体数が減少する。標準的な生息地における生息密度が求められれば、生息地断片内の総個体数が推定できる。

2) 生息環境構成要素の喪失による生息環境の悪化

悪化の程度に比例して生息密度が減少する。生息地の面的喪失と組み合わせることによって生息個体数をより正確に推定できる。

3) 環境変動と個体群のゆらぎによる絶滅は考慮しない

4) 生物間相互作用による生態系の崩壊は考慮せず、環境要因の変化が生態系構成種に対して独立に作用するものと仮定する。もし、食物連鎖の上位種、例えばオオタカが生息地の面積および環境条件（例として森林面積率）が十分存在するにもかかわらず、その生息が確認されない場合には、オオタカの生息には直接影響しない環境要因がその餌生物の生息数に与える影響を通じて間接的にオオタカに影響を及ぼしたと考えることができる。

⑨ 調査結果の解析手法

GIS等の解析ツールを活用していくのはもちろんであるが、調査手法の解説、統計解析の指導、生態系構成種の生物学的特性に関するデータベースなどをHPを通じて公開し、地域住民によるモニタリング調査の利便性を向上させるためのサービスが必要となる。