

I. 生態系総合モニタリング調査の目的と実施方法

1. 調査の背景

1972 年の国連人間環境会議において地球環境モニタリングの協議を提案した、国際学術連合の環境問題科学委員会 (SCOPE) は、モニタリング (monitoring) とは、「科学的に設計された方法で継続して環境の測定と観察を行うこと」と定義し、その意義を自然環境の悪化の徴候をいち早く察知できる、原因がわかり対策が講じられる、将来の予測ができる、資源の保護が可能であるなどの効果が得られることとしている (小泉清明 1976)。

このように、1950 年代以降、先進諸国における高度経済成長による地球規模での自然破壊が進んだことを背景に、自然環境保全のためのモニタリングの必要性が 1970 年代頃より説かれるようになった。日本でも国連人間環境会議をきっかけに、日本生態学会が、モニタリングの実施に関する意見を付して、政府の積極的な対処を要望している (小泉清明 1976)。

モニタリングは、自然や環境の変化を捕捉して、それらの正確な位置づけを行うのに有効な方法であり、自然や環境の空間的・時間的変化を正確に把握し、自然保護や環境保全に必要な資料を提供するものとして欠かせないものである。

これまで、日本において実施されてきたモニタリング調査について見てみると、当時公害問題の発生という社会状況があったことから、大気や水質、騒音などの無機的環境の理化学的観測が中心に行われてきた。また、自然や環境の変化に結びついた生物現象を用いたモニタリングとしては、例えば水生生物によって河川や湖などの水質を把握する手法など、「生物指標」によるものが知られている。

環境省においては、1973 年度より概ね 5 年に 1 度日本全国を対象にした自然環境保全基礎調査を実施しており、植生や特定植物群落、動物分布、干潟・藻場・サンゴ礁分布調査などが行われている。これらは、自然環境保全法第 4 条に基づいて行われ、自然環境保全のために講ずべき施策の策定に必要な基礎調査と位置づけられている。

自然環境保全基礎調査は、生物の分布などを中心に、日本の自然環境の変化を経年的に把握する、日本のナショナル・レベルでの自然環境モニタリングと位置づけられ、最も基礎的なモニタリングと言える。

しかし、自然環境の保全を図るためには、上記のような現況把握だけでは不十分で、変化の要因を解析し、保全策を策定するためのデータが必要となる。そのためには、環境と生物の相互作用によって構成される生態系のモニタリングを考えなければならない。

環境省が 1980 年度より実施している原生自然環境保全地域調査 (1994 年度から生態系多様性地域調査に含まれる) は、人の活動によって影響を受けることなく原生の状態を維持している自然環境の区域 (全国 5 ヶ所の原生自然環境保全地域) において、概ね 10 年単位で、自然が変化するプロセスをモニタリングするものである。原生環境における生態

系の変化を把握することは、人為的な影響による自然の変化を知る上でのコントロールとして重要な情報を提供することになる。また、このような保全地域の継続的モニタリングは、地球規模での自然環境保全の方向を示すための基礎資料としても重要である（甲山、小野 1997）。

一方、原生的な自然の地域に対して、中山間地域や都市近郊など二次的自然の地域においては、人間の土地利用による生物の生育・生息地の改変など、さまざまな人為的影響（インパクト）による自然環境の変化や破壊が著しく、その保護のための施策や、すでに失われた自然環境の回復や復元が求められている。しかし、その基礎的データを提供するであろう人為影響下における生態系変化のモニタリングは、1990 年頃まではほとんど行われていない状況であり、本調査が初めての試みとして企画された。

2. 調査の目的

上記の背景を踏まえ、本調査は、主に二次的自然環境の地域において、その地域の無機的環境と生物群集が、そこに作用する人為的インパクト、特に都市化（住宅地化等）によって変化していく過程をモニタリングし、人為的インパクトと生態系の変化との関係を明らかにすることを目的とする。しかし、このような無機環境と生物群集の関係や、人為的インパクトとの関係、無機環境と生物群集の相互作用からなる生態系をどうとらえ、その変化をどう把握し評価するかなど、人も含めた生態系を総合的に捉えるモニタリング手法は確立されているとは言い難い状況である。そこで、本調査では、上記の目的に加え、人間活動を含む地域生態系のモニタリング手法を検討、確立することも併せて目的とするものである。

また、このように人為的インパクトが及ぶ地域生態系のモニタリング手法が確立されれば、開発計画における環境アセスメント等にも重要な情報を提供することができる。

3. 調査の実施方法

3-1. これまでの経緯

生態系総合モニタリング調査の立ち上げ

生態系総合モニタリング調査を立ち上げるにあたっては、環境庁自然保護局環境調査室（1990 年当時）と、地理学、生態学等を専門とする研究者、日本自然保護協会で議論し、調査方針についての検討を行った。

そこで議論した生態系総合モニタリング調査の目的は、「地域の生態系と人為とを総合し、生態系の複合体である Landscape-Dynamics として評価する」こととし、ある地域の生物群集と無機的環境がそこに作用する人為的インパクトによって変化していく過程をモ

ニタリングし、そこで得られたデータを自然環境の変動予測に役立てようというものであった。

当初検討した調査方針では、モニタリング期間 100 年以上という半永続的なモニタリングを想定し、日本列島の自然・人為条件の組み合わせ（下記例）で、全国に 50 ヶ所ほどのタイプの異なる地域をモニタリングモデル地域として設定することを検討した。

例：〔亜寒帯・冷温帯・暖温帯・亜熱帯〕

〔日本海側・太平洋側，内陸・島嶼〕

〔都市化地域・停滞地域・過疎地域〕

〔森林・草地 農耕地・市街地（住宅地・商業地・工業地）〕

〔低地・台地・丘陵地・高地〕

〔火山地・非火山地〕

〔河川（源流・中流・河口）・湖沼・海岸（磯・浜・サンゴ礁）〕 など

また、モニタリング地域設定にあたっては、ある項目について既に継続的観測やモニタリングを実施している大学等の研究室（研究グループ）や行政機関（気象台等）との協力が図れる場所も候補に考えた。

調査体制については、調査項目によっては観測等を随時行うことのできる人員・体制のほか、調査を実行する主体（研究グループなど）だけでなく調査を総括および統合解析を実行する主体を必要とした。調査結果については、集計・解析を行うと同時に、データの活用を前提に電子情報としてデータベース化することも考えていた。

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（以下第1回調査）実施に向けての検討

そして、1991 年 3 月に「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・調査手法検討業務（環境庁より（財）日本自然保護協会が請負）」の中で検討委員会を設置し、生態系総合モニタリング調査全体の考え方及び進め方、モニタリングすべき調査項目についての検討を行った。その検討に基づき調査要綱を作成した。

検討委員会による検討及び調査要綱作成の過程で、考えられていたモニタリング調査内容の主なものを下記に示す。

（調査地の選定について）

- ・ 自然・人為条件の組み合わせでタイプの異なる地域
- ・ 過去の歴史的記録が豊富な場所
- ・ 調査員の確保が保証されている場所 → 具体的な研究者を挙げた上で調査候補地が選定された
- ・ 調査地へのアクセスがいい場所 など

（調査体制について）

- ・ 各調査地で動植物・地形地質などの分野の研究者を中心とする学識経験者による調査委員会を設置する。この調査委員会は、広域モニタリング調査の一部実施や

重点モニタリング地域の設定、地域の特性を考慮した調査の実施を担う。

- ・生態系総合モニタリングの調査については、研究の蓄積が少なく、方法も確立されていないことから、第1回調査の1サイクルの期間（5年間）は、調査手法の検討と確立を主目的に置くべきであり、調査候補地の1ヶ所を検討委員会自らが調査を実施し、調査方法について検討を行う。

（調査内容について）

- ・人為的インパクトは、都市化、酸性雨、気候変化、道路・ダム建設、埋め立てなどさまざまなものがあるが、特に都市化（住宅地化等）、大規模観光地化による生態系の変化をモニタリングすることとする。

第1回調査の実施

これらの検討を経て、最終的に第1回生態系総合モニタリング調査は、人為的インパクトを都市化に絞り、それによって地域の無機的環境と生物群集が変化していく過程をモニタリングするものとした。

最終的にモニタリング調査は全国5ヶ所において、都道府県に委託して行うこととした。なお、各調査地（都道府県）ごとの調査委員会の設置については、必要に応じて設置することとした。

このような経緯で、第1回調査をスタートさせ、第1回調査終了時に、調査結果と残された課題を踏まえ、次回以降の調査内容を検討した。

第1回調査実施後の課題の整理

第1回調査結果とりまとめにあたり、第2回以降の調査の参考とするため調査を受託した道県の担当者及び調査者にアンケート調査を実施した。アンケート調査及び第1回調査結果のとりまとめから、第2回調査に向けて次のような問題点がみられた。

1. 調査全体の目的と調査項目とのつながりなど、調査に関する基礎的な事項について、調査意図の徹底が不十分であった。
2. 調査地の選定にあたっては、調査目的にあった適切な設定ができなかった。
3. 調査項目ごとに、想定していた調査者と実際の調査者とが異なり、適切な調査方法と成り得なかったものがあった。
4. 酸性雨に関する調査項目については、調査目的と合致しなかった。
5. 個別の調査方法について／鳥類群集の種組成に関しては1年目と2年目で調査内容が変更されたため、調査目的が不明確になった。／土壌の化学分析精度に問題があった。／動物については、指標種を重点的に調査したほうがよい。／その他、調査頻度や地点数を見直す必要がある。
6. 調査項目数に比して予算不足であった。

第2回調査（第5回自然環境保全基礎調査 生態系総合モニタリング調査）

実施に向けての検討

1995年3月、「自然環境保全基礎調査検討会生態系総合モニタリング分科会」を設置し、第1回調査で明らかになった課題及び第2回調査の調査方法の検討を行った。分科会での検討結果に基づき調査要綱を作成し、1996年5月に、関係道県に委託し、調査を開始した。

3-2. 調査スケジュールと実施体制

本調査は、平成2年度から平成6年度の5年間にわたって第1回調査を、平成7年度から平成12年度の5年間にわたって第2回調査を実施した。委託先等は表I-3-1のとおりである。

表 I-3-1 調査スケジュールと調査体制

	年 度	業 務 内 容	委託先等
第1回調査	平成2年度 (1990)	第1回調査 調査項目・調査方法の検討、 調査候補地の選定	(財) 日本自然保護協会
	平成3年度 (1991)	第1回調査 調査地の決定、 広域モニタリング地域調査	各道県
	平成4年度 (1992)	第1回調査 重点モニタリング地域調査	各道県
	平成5年度 ～ 平成6年度 (1993～1994)	第1回調査 アンケートの実施 解析・集計、とりまとめ	(財) 日本自然保護協会
第2回調査	平成8年度 (1996)	第2回調査 広域モニタリング地域調査	各道県
	平成9年度 (1997)	第2回調査 重点モニタリング地域調査	各道県
	平成12年度 (2000)	第2回調査 調査結果の解析、集計、 とりまとめ	(財) 日本自然保護協会

初年度である平成2年度は、調査の基本方針の決定と調査項目・方法の検討の業務であり、環境庁自然保護局の請負業務として（財）日本自然保護協会が諸分野の専門家からなる「生態系総合モニタリング調査検討委員会」を設置し業務にあたった。環境庁では、上

記委員会の検討を経て、調査要綱を完成させた。

その後、環境庁が全国 5 カ所の調査地を決定し、調査対象地の位置する道県に委託し、調査を実施した。平成 3 年度は広域モニタリング地域を中心に、平成 4 年度は重点モニタリング地域を中心に対象地域に関する調査を実施した。

平成 5 年度は、平成 3、4 年度に実施された各道県の調査成果を集計・解析する業務として、再度、(財) 日本自然保護協会が請負、上記検討委員会を中心に実施した。また平成 6 年度においては、調査項目・方法の再検討も併せて行った。

第 2 回調査は、各道県により平成 8 年度と平成 9 年度に実施され、平成 12 年度、(財) 日本自然保護協会が請負、調査結果の集計・解析を行った。

3-3. 調査対象地

本調査の目的から、人為的インパクトのうちでも特に都市化の影響が表れやすい、都市近郊の都市化が進行しつつある、あるいは都市化の影響を受けていると思われる地域に調査地を設定した。

1/25,000 地形図 1 図幅程度の範囲 (約 10km×10km) を広域モニタリング地域、さらに広域モニタリング地域内の小地域 (約 1km×1km) を重点モニタリング地域として調査地を設定した。設定したモニタリング地域は表 I-3-2 および図 I-3-1 に示した全国 5 地域である。

表 I-3-2 広域モニタリング地域一覧

	道県名	場所	1/25,000 地形図 図幅名	標準メッシュ第 2 次 地域区画コード
1	北海道	苫小牧東部、ウトナイ湖	沼の端	6 4 4 1 0 5
2	埼玉県	鎌北湖、毛呂山周辺	越生、飯能	北半分：5 3 3 9 7 2 南半分：5 3 3 9 6 2
3	静岡県	日本平周辺	静岡東部	5 2 3 8 3 3
4	兵庫県	相生市北部	二木	5 2 3 4 2 3
5	沖縄県	名護市周辺	名護南部	3 9 2 7 6 7

3-4. 調査手法

第1回調査は、「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・調査手法検討業務（環境庁より（財）日本自然保護協会が請負）」の中で設置した検討委員会で、第2回調査は、環境庁の「自然環境保全基礎調査 生態系総合モニタリング分科会」での調査項目、調査手法に関する検討に基づき、環境庁自然保護局自然環境調査室によって作成された調査要綱に基づいて調査を行った。第1回調査の調査要綱及び第2回調査の調査要綱は、本報告書の巻末に参考資料として掲載した。

第2回調査の調査要綱については、第1回調査終了後、調査結果のとりまとめを行った結果、調査地点の選定の方法、調査の時期、調査手法や調査対象など、多くの点が調査地域ごとに異なること、また、実際の調査実施者にモニタリング調査の目的が上手く伝わらず、必要な調査が不足している場合があることがわかった。これらの反省を含め、第2回調査要綱では、モニタリングの継続のために必要と考えられる項目の絞り込みを行った。したがって、第1回調査要綱とは、調査項目や調査手法が異なる点がある。

第1回調査と比べ、特に変わった点としては、広域モニタリング地域調査で、地形地質調査や水理・気象調査等を行わず、中・大型哺乳類調査を行った点が挙げられる。地形地質調査については、第1回の調査だけとし、地形の変化・改変があったときのみ、その状況を記載することに留めた。水理・気象調査は、水系図、水理地質図は第1回調査のみとした。その他、重点モニタリング地域調査では、昆虫類を調査項目に加え、調査手法についても記載して全国で統一した調査を行ったこと、人為的インパクトを把握するために景観構成要素分類図と生物生息空間分布図を作成したことなどが変更点として挙げられる。

第2回調査における調査項目及び検討の経過は、下記の通りである。

(1) 広域モニタリング調査

人為的インパクトを測るため、地域のバックグラウンドデータを得る。調査対象となる生態系がどのように形成されたのかを知るため、既存資料により過去から現在までの変遷を把握する。

①自然環境調査

広域植生図(1/2.5万)作成:

相観植生図とし、大規模な改変部について修正する。

植物相・動物相調査

・動植物種リスト作成:

動物は、まず種リストを作り、食性及びからだの大きさからグルーピングし、栄養段階の構造を把握する。種リストを基に指標種を予測することもある。

・猛禽類、中・大型哺乳類踏査:

食物連鎖の上位に位置し、地域の自然の概況を反映すると考えられるため、その分布を把握する。

②社会環境調査

土地利用図(1/2.5 万)作成

年表、大規模開発分布図(1/2.5 万)作成:

開発の歴史・計画を把握する。

法指定図(1/2.5 万)作成:

土地利用・自然環境保全に係る法指定状況を把握する。

人口分布メッシュ図(1/2.5 万)作成

人口分布について把握する。

(2) 重点モニタリング調査

広域モニタリング地域を代表する地点において、主に生物相などの詳しい自然環境についての調査を行う。

①人為インパクト調査

景観構成要素分類図(1/5 千)作成:

植生、土地利用の様子は、自然環境、人為的インパクトの状況を表す。

生物生息空間分布図(1/5 千)作成:

湧水地、湿地、緑地等生物の生息上重要な地域や特に動物の生息状況との関係をみるため、道路の舗装化や側溝の有無など、動物の移動を促進あるいは阻害する要素を捉える。鳥類にとっては、植生調査結果で十分。

②生物調査

植生調査:

遷移系列のどの経路をたどるかを予測するため、森林の組成(種組成・生活型組成・多様性)、構造(階層構造・パッチ構造・齢構造)、機能(新規加入、枯死率)を取りあげる。

動物相調査

・土壌動物:

生態系なので生産者、消費者、分解者を調べる必要がある。そして分解者が健全でなければその生態系も健全とは言えない。第1回調査では、種リスト作成で終わっていたので、第2回は土壌動物の健全性を点数で表現する方式をとする。

・昆虫類:

種リストの作成は不可能。植食動物は人為的インパクトに左右されにくいので、指標種として肉食動物であるカマキリやクモなど二次消費者の昆虫を対象にする。また、調査者の能力による差をなくし、できるだけ客観的なデータを少ない労力で得るため、ピットフォール・トラップ(対象は、シデムシ科、オサムシ科、コガネムシ科、エンマムシ科、ハネカクシ科の5科に属する甲虫類とする)、ライト・トラップ(対象は、甲虫目、チョウ目、カメムシ目とする)、糖蜜トラップなどのトラップ

法を採用する。

・鳥類:

種構成を明らかにする目的なので、なるべく広い範囲をカバーできる区割り調査法とする。各区割りの植生と鳥の出現種との関係もみることができる。また、個体数が必要ないため厳密な調査時間帯の統一は必要ないが、少なくとも鳥類の活動が活発な午前中とする。

土壌調査:

土壌は数十年から百数十年かかってようやく微妙な変化が見える。地形—土壌—土壌動物—植生のつながりを捉えることが必要。土壌調査のために毎回穴を掘るのは問題で、2回目以降は簡便な調査にする。1ヶ所ごとの土壌をそれぞれ解析するより10ヶ所の土壌を合わせて平均する方がよい。堆積物の記述や炭素の含量を調べた方がよい。

海洋生物調査(海域のある場合のみ)