環境計画と環境情報システム

武内和彦* 恒川篤史** 李東根***

Establishment of Environmental Information System for Environmental Planning

Kazuhiko TAKEUCHI*, Atsushi TSUNEKAWA** and Dong-kun LEE***

I. 環境計画の概念

「環境計画」は広範囲な内容を示す言葉であるが、ここでは「地域環境管理計画」を中心に議論をすすめる。

日本の環境行政は、種々の環境計画に係わる構想、計画、指針を提示している。上位レベルでは国レベルの環境保全長期構想があり、首都圏、近畿圏、および中部圏では、広域環境管理指針を策定中である。一方、都道府県、市町村においては、地域環境管理計画がある。地域の環境を保全し、良好な環境を創出していくための核となる計画で、環境計画体系の中の Key 計画として位置づけられる。また、最近、アメニティタウン計画やエコポリス計画などの実践的な計画も策定されつつある。

地域環境管理計画でとくに期待されるのは、総合計画や土地利用計画を環境的側面からサポートすることである。これまでの環境計画は、公害部局の専門計画に終わることが多かった。しかし、公害防止から快適環境の創出へと環境行政の重点が移りつつある中で、むしろ地域全体の環境の質を高めるという視点から、地域の総合計画や土地利用計画をコントロールすることが地域環境管理計画に求められている。

ここ数十年における環境計画の変遷を見ると、大きく三つのステージに分けられる。

第一は、1960年代後半に始まるいわゆる公害の時代に確立された環境計画である。この時代には、大気汚染や水質汚濁を防止する施策の確立が、環境行政の中心的課題であった。

しかし、1976年には OECD が、日本は「汚染を減少させるのに大いに成功したが、環境に関する不満を除去することには成功しなかった」という指摘をした。1980年代の日本の環境行政は、こうした反省にたち、自然環境の保全やアメニティの創出を政策課題に取り込みながら、総合的な環境管理へと発展していった。これが第二のステージである。地域環境管理計画は、まさにそうした要請を受け、総合的な環境管理を推進すべく、その成果が期待されているのである。

一方、1980年代後半から、地球環境問題が注目され始めた。地球温暖化やオゾン層破壊、酸性性による森林被害や砂漠化といった地球環境問題は、その影響の及ぶ範囲や発生メカニズムがグローバルな点に特質があるが、その解決のためには畢竟一人一人の行動と、ローカルな地域環境管理が大きなカギを握っているといえる。

Think Globally, Act Locally の言葉に代表されるように、地球環境保全の視点からみた地域環境管理のあり方を考えるべき時代が、いよいよ到来したのである。1990年代は、第三のステージとして、地球環境時代を意識しながら、地域の生態系を保全・再生するための環境計画を考えるべき時代になるだろう。

* 東京大学農学部 * Faculty of Agriculture, The University of Tokyo

** 環境庁国立環境研究所 ** National Institute for Environmental Studies

*** 東京大学農学系大学院 *** Graduate Student, The University of Tokyo

II. 地域環境管理計画の理論的支柱

地域環境管理計画には、大きく、三つの理論的な支柱があると考え（環境庁環境管理課編 1986）。

第一は「環境資源論」である。地域環境は人々の生存や生産活動の基盤であり、それ自身有限な資源である。この有限な環境を次世代に引き継ぐためには、資源の賦存量を見積り、その適正な配分と、環境容量の範囲内での合理的利用を考えなければならない。

第二は「地域環境論」である。地域環境は、気候、地形、地質、水、土壌、動・植物、といったさまざまな環境要素が密接につながって、一つのシステム（地域生態系）を形成している。地域特性を生かした計画を策定するには、地域生態系を総合的・構造的に理解し、地域の自然的・社会的特性を把握する必要がある。

第三は「環境管理論」である。もともと環境管理（environmental management）という概念は、ストックホルムの国連人間環境会議で提案されたものである。資源としての環境は、管理されることで、長期的に維持される。

最近では、環境を保全・管理してこそ、持続可能な開発が実現できるという考え方から、持続的開発（sustainable development）という概念が提唱されている。すでに生じた環境問題を解決するだけでなく、将来生じ得る問題を予測し、それを未然に防ぐ、いわば予見的な環境管理が求められているのである。

III. 環境管理計画を支援する環境情報システム

こうした環境管理計画を支援する武器として期待されているのが「(地域) 環境情報システム」である。地方自治体によってさまざまな名称が用いられているが、基本的には、三つのサブシステムから構成されている。すなわち、環境情報を収集し入力する環境モニタリングシステム、情報を保存する環境データベースシステム、情報を利用し、環境の評価、将来予測などを行う情報解析システムである。

このような環境情報システムが、環境管理計画と一体的に議論され、計画策定に際してその役割が非常に期待されているのは、先に述べた環境管理計画における三つの理論的支柱と深い関係にある。

まず環境資源論という点から見ると、一般の主題図からだけでは資源の賦存量を計量的に把握することは困難である。地図情報のほかに、各種の統計情報を含み、それらを解析し、賦存量を算出できるのが数値情報の特質である。

地域環境論という視点でみると、地域の環境資源の保全・創出の方策を示すためには、あらかじめ地域生態系を総合的・構造的に把握することが重要である。環境情報システムは、数値地図を単にオーバーレイするだけでなく、情報処理技術を通して、個々の環境要素を体系化、構造化することが可能なのである。

環境管理論の視点でみると、地域の環境評価や将来予測にもとづく適正な管理方策の提示に環境情報システムが使えると期待される。環境データベースを用いた地域環境の評価は、環境管理指針や将来の環境像を提示する際に必要である。

また、コンピュータ・シミュレーションによって、現在の環境が将来どう変わるかを予測したり、政策オプションの効果を見積もることで、予見的な環境管理を行うための非常に強力な武器となり得る。

IV. 環境情報システムの問題点

以上のように、環境情報システムに大きな期待が寄せられているにもかかわらず、その利用実態は惨々たるものである。環境管理計画で環境情報システムが本当に活用された例は、無きに等しいと言っているだろう。なぜそうなったのか、理由を考えてみたい。

第一は、地域環境データベースに収められる地理情報の精度に関する問題である。メッシュ・マップの

場合、メッシュの大きさが計画に対して粗すぎると問題がしばしば起こる。いかなる目的で、いかなるデータを収集するか、スケール観をともなって正しく議論されていない。

このことは、既存のデータベース（国土数値情報や細密数値情報など）にどこまで頼るか、という問題とも関連する。データベースの構築を、単に経費の観点から考えるのではなく、対象となる空間スケールとのかねあいで考えることが必要である。

例えば、環境保全長期構想などの国土レベルの環境計画に対しては、国土数値情報、メッシュ気候値、全国植生データなどの1km標準メッシュ程度のデータが有用である。しかし、それらが有用なのは、せいぜい広域環境管理指針のレベルまでであろう。都道府県や市町村など自治体レベルでは、一般に1kmメッシュでは粗すぎる。

したがって、自治体レベルの場合、データベースを独自に作成することが必要となる。データベースの構築には、測量、計測、調査などでオリジナルなデータづくりからはじめる場合と、既存の地図情報からデータを作成する場合とが考えられる。5万分の1の土地分類図や現存植生図は、ほぼ日本全体を覆いつつある状況にあり、多くの場合そうした既存の主題図からのデータベース化が可能である。

われわれも、多摩川中流域における事例研究の中で、既存の地図を利用してデータベースを作成したが、ある程度の労力さえ確保すれば、メッシュ・データの作成はそれほどむずかしいものではない（李他1989）。

第二は、収集されるデータの内容に偏りがあるという問題である。基本的に、収集されやすいのは、すでに地図化されている情報、もしくは地図上から計測できる情報である。例えば、国土数値情報のなかには、標高に関するものとして、平均・最高・最低標高、傾斜度、起伏量、谷密度など実に多項目にわたるデータが収集されている。その一方で、例えば土壌については、土壌分類のみである。また、動・植物の分布・生息域のように、地域の自然環境を把握するうえで必要とされる情報でも、データベースとしては整備されていなかったり、かりに整備されていても精度の悪いものが多い。

また、地理情報の形態でみると、日本の場合には、国土情報整備事業がベースになっているために、いわゆるメッシュ情報（ラスタ情報）が中心となっている。そのため、本来ならばベクタの形態が好ましいような点的、線的な情報までも、メッシュ情報として整備されていることが問題としてあげられる。

第三は、データの解析に関する問題である。環境情報システムに期待される役割として、科学的、合理的な環境の評価や地域の将来環境の予測がある。しかし、実際には、この部分のシステムの開発が著しく遅れている。

とくに問題となるのは、①土壌分類や植物群落データなどの定性的（名義尺度）データの解析手法、②水質環境などの自然科学的な評価と、アメニティ環境などの社会科学的な評価との総合化の手法、③モデリングやコンピュータシミュレーションによる科学的な将来予測の手法、である。こうした問題を解決するために、われわれも検討を始めたところである。

第四は、環境情報システムを構築するうえでの行政側の問題である。環境情報システムは、環境管理計画を策定する段階で、一体的に整備されるケースが多いが、その場合には、計画の策定とデータベースの構築が同時並行的に進行することになる。計画策定とデータベース構築が同じ年度の事業に組み込まれていては、データベースを計画策定に役に立てることが困難であり、事実上不可能なことも多い。

さらに、計画が策定された後のデータベースのフォローアップが十分でないのも問題である。予算の性格上データベースをアップデートするに十分な費用を捻出することができないのである。そのために、環境情報システムを環境アセスメントに使おうとしても、データがすでに古すぎて使えない、あるいは必要な情報整備ができない、といった事態が予想される。

図1 多変量解析手法を用いた日本の自然地域区分 (TAKEUCHI *et al.* 1990)

V. 環境情報の解析手法

つぎに、環境情報の解析手法について、われわれが提案している手法を折り込みながら、概説してみよう。

1) 地域生態系の構造的把握

地域環境論の立場から、地域生態系を構造的に把握する作業が必要になると指摘した。そのような要請に応え得る手法として、われわれが提案しているのが、多変量解析手法を用いた客観的な環境構造の把握と環境特性に基づく地域区分の手法である。

例えば、図1は1km 標準メッシュを用いて作成した日本の自然地域区分である(日本野生生物センター 1989; TAKEUCHI *et al.* 1990)。

ここではまず、メッシュ気候値をもとにした因子分析による気候区分、地質、地形、土壤分類をもとにした数量化Ⅲ類による土地自然区分、環境庁の全国植生データをもとにした植生区分の三つの基礎的な環境区分を作成した。さらに、この三つの区分を数量化Ⅲ類を用いて統合し、その結果(サンプルスコア)をもとにクラスタ分析を行って10の自然地域を抽出した。こうして日本の総合的な自然地域区分を作成し、各自然地域の特質と、自然環境要素の相互

の関係を把握することができた。

多摩川中流域においても同様の手法を試みたことがある(李他 1989)。ここではまず、東京都環境データベース、首都圏細密数値情報などを基礎資料として、500m メッシュの流域環境データベースを作成した。流域の神奈川県部分については、地図の読みとりから新たにデータを作成した。地質、地形、土壤、現存植生、土地利用、人口密度といったデータを用いて数量化Ⅲ類による分析を行い、さらにクラスタ分析によりグループAからグループFまでの6地域を区分した。表1はこうにして区分された各地域の環境特性をまとめたものである。

このような手法は、理論的には、地球全体の自然地域区分から、地域レベルの環境構造の把握まで、さまざまな空間レベルに適用できると考えられる。

2) 環境の評価

一口に環境の評価といっても、地形、土壤、植生、水質などの自然環境を評価する場合と、アメニティや景観、生活の潤いといった人文・社会環境を評価する場合とでは、当然その評価手法は異なってくる。

自然環境の評価を試みた最近の事例として、農林水産省・農業環境技術研究所を中心とした「国土資源プロジェクト」がある。この研究は、環境資源の機能評価の体系化を行っている。例えば、洪水防止機能については、表層地質、傾斜、地形分類、土地利用、土壤、年降水量といったデータを用いた評価式を算出している。表2はこの評価式を用いて、ゴルフ場開発にともなう洪水防止機能の低下を予測した例である。

表 1 多摩川中流域における環境単位（各グループごとの環境特性）（李他 1989）

	地 質	地 形	土 壤	植 生	土地利用	人口密度 (人/km ²)
グループA	固結堆積物	山地	褐色森林土	人工林	山林	0-1,999
グループB	半固結堆積物	丘陵地	褐色森林土	二次林	山林	0-1,999
グループC	ローム層	丘陵地	黒ボク土	二次林・耕地・草地 ・緑が多い住宅地	山林・造成地	0-5,999
グループD	ローム層	高・中位段丘	黒ボク土	緑が少ない市街地	住宅地	14,000以上
グループE	ローム層	高・中位段丘 ・低位段丘	黒ボク土	緑が少ない市街地 ・草地・耕地	耕地・住宅地 ・造成地	6,000 -9,999
グループF	未固結堆積物 (礫質堆積物)	低位段丘 ・低地	黒ボク土 ・低地土	緑が少ない市街地	住宅地・耕地 ・公共用地	6,000以上

表 2 千葉県夷隅地域におけるゴルフ場建設にともなう「洪水防止機能」の低下予測
(評価式は農林水産技術会議事務局・農業環境技術研究所 1985~1988による)

市町村	進捗状況	面 積 (ha)	現状の評価値	開 発 後 の 予 測 値	現 状 の 総合ランク	開 発 後 の 総合ランク
勝 浦 市	調整中	83.4	33	23	Ⅲ →	Ⅱ
	調整中	23.2	35	25	Ⅳ →	Ⅱ
大 多 喜 町	着 工	92.0	33	25	Ⅲ →	Ⅱ
	着 工	97.9	33	25	Ⅲ →	Ⅱ
	調整中	118.3	33	25	Ⅲ →	Ⅱ
	調整中	?	35	25	Ⅲ →	Ⅱ
夷 隅 町	着 工	88.9	35	25	Ⅲ →	Ⅱ
	着 工	89.3	33	25	Ⅲ →	Ⅱ
	調整中	72.3	35	25	Ⅲ →	Ⅱ
御 宿 町	着 工	84.4	35	27	Ⅳ →	Ⅲ
大 原 町	調整中	97.6	35	25	Ⅳ →	Ⅱ
岬 町	調整中	79.3	35	25	Ⅳ →	Ⅱ

評価式 $Y = X_1 + 2X_2 + X_3 + 3X_4 + 2X_5 + X_6$

X_1 : 表層地質, X_2 : 傾斜, X_3 : 地形分類, X_4 : 土地利用, X_5 : 土壌, X_6 : 年降水量

総合ランクによる評価

Ⅰ: 小 (<18), Ⅱ: やや小 (19~26), Ⅲ: 中 (27~34), Ⅳ: やや大 (35~42), Ⅴ: 大 (>43)

また、農林水産省・資源課は、「地域資源管理システム」を検討している（日本土壌協会・農林水産省資源課 1989）。この事業では、地域資源の賦存量の把握と、機能評価に基づく地域資源管理計画手法の開発に取り組んでいる。

その概要を図2に示す。まず、土地、水、生物などの地域資源について、それぞれを構成する形成因子（地質、土壌、降水など）を抽出し、その形成因子別の賦存量を把握する。つぎに、その形成因子のもつ属性（地域資源の諸機能に対して果している役割や性質）を明らかにし、これらの属性をランクづけし、順次組み合わせ、内在する機能を抽出・評価するのである。

図2 地域資源の機能別賦存量把握のフロー
(日本土壤協会・農水省資源課 1989)

図3 飛騨川流域における河川流量調整機能（農水省東海農政局 1990）

この作業は、いくつかの流域を対象に行っているが、流域が広域にまたがる場合には、国土数値情報の活用も検討されている。図3は、その一例で、岐阜県の飛騨川流域を対象とした河川流量調整機能の評価結果である（農水省東海農政局 1990）。

一方、アメニティ環境の評価などには、アンケートによる住民意識調査のような社会科学的な手法がよく用いられる。

われわれが多摩川中流域で行った事例研究では、1984年に東京都が実施した「都民の快適環境に関する意識調査」結果を活用した。まず多変量解析手法により、地域を環境構造からみたいくつかのグループに区分した（図4）。つぎに意識調査の結果をグループ毎に集計し、自然系優占のグループAの地域を除いて、統計分析を行った。

意識調査は、環境を4つの側面で評価するものであった。すなわち、①総合評価（Q1）、②まちのすがすがしさと静けさの評価（Q2）、③自然とのふれあいの評価（Q3）、④まちの美しさとゆとりの評価（Q4）である。

分析の結果、Q2、Q3は都市化が最もすすんでいるグループD地域の評価が低く、Q4の評価は工業地域が多いグループE地域が最低である、といったように

地域特性と対応した環境評価結果を得ることができた。

3) 環境の将来予測とその評価

現状の環境の評価とあわせて、環境管理計画では、将来環境を予測し、環境管理にかかわる政策オプションの評価や、アセスメントの支援を行うこと重要である。それには、環境評価の変動を予測するためのコンピュータシミュレーションが有効である。

多摩川中流域における事例研究では、土地利用、現存植生および人口密度について、将来の変動を5年ごとに予測した。土地利用と現存植生については、マルコフ連鎖モデルを用いて、人口密度については重回帰分析を用いて、将来の変動の予測を行った。

つぎに、先に示した評価の項目を目的変数とし、地形、土地利用、人口密度、現存植生、各地域区分を説明変数として重回帰分析による評価モデルを作成した。これに土地利用、現存植生、人口密度、の変化予測値をインプットして、将来の環境評価を予測できた。

図5は、グループF地域
の将来環境の評価予測を、
環境要因のコントロールの
有無で比較したものであ
る。すなわち、現在の住宅
地率で緑の多い住宅地を維
持した場合、コントロール
しないときと比べて、環境
評価水準の低下が抑えられ

図4 各グループごとの環境評価結果

図5 グループF地域における将来の環境評価予測と変動要因のコントロール後の予測との比較

図 6 樹林地の視認性評価（三段階）と立体空中写真画像のデジタル・オーバーレイ
（斎藤他 1990）

図 7 地域環境管理システムの考え方

ると予測された。

この研究では、将来予測を将来環境の評価につなげる道筋を示したに過ぎず、方法論的には検討すべき余地が大いに残されている。今後この課題を解決することが、環境情報システム成功のカギを握っているといえる。

4) 景観シミュレーションと環境計画

最後に、景観シミュレーションについて述べてみたい。近年コンピュータグラフィックス (Computer Graphics; CG) や数値地形モデル (Digital Terrain Model; DTM) といった手法が急速に発展し、これまでと異なるリアルな景観表現が、数値情報を用いて行えるようになってきた。

景観評価や景観計画は、環境計画と非常にかかわりが深い。生態学的

な意味で環境が守られ、さらに景観的な良さが維持されれば大変望ましいと考えられる。

そういう意図でわれわれは、文部省科学研究費・試験研究により「快適環境形成のための生態・景観予測評価システムの整備と最適化モデルの開発」(研究代表者: 武内和彦)を行っている(斎藤他 1990)。ここでは広域景観情報のリアルな可視化のため、フルカラー CG によるデジタルオーバーレイと地形レンダリングを行い、そこに環境評価の結果を上書きするシステムを開発中である(図6)。今のところ景観表現に重点がおかれているが、将来的には数値情報を基礎とした環境情報システムと、その最終的な表現としての景観シミュレーションを統合するシステムを開発しようとしている。

こうした手法により、環境影響を数値的に予測するばかりではなく、視覚的な景観の変化として把握することが可能になり、環境アセスメントや環境管理計画への住民の積極的な参加をうながすことにつながると期待される。

VI. 環境情報システムへの期待

図7に示されるような環境管理の総合的な枠組みを「環境管理システム」と呼ぼう。このシステムでは、環境管理計画、環境情報システム、計画アセスメントが、有機的に結びつけられることによって、それぞれの効果をいっそう高めることになると期待される。

環境計画は、土地利用計画や総合計画と連動させることで、いっそうその重要性が高まる。しかし、そうした一体化の障壁となるのが行政の縦割り構造である。環境情報システムと都市情報システムや他の関連システムとの間で、情報の共有化や一体的利用を図り、情報面からこの縦割り構造を乗り越えていけな

いだろうか。

情報システムが共有化されることにより、環境に対する配慮が、都市計画や総合計画のなかにいつか知らず盛り込まれていく。環境計画における環境情報システムの意義として、そうした副次的な効果も期待したいのである。

文 献

- 環境庁環境管理課編 (1986): 地域環境管理計画・計画策定の手引き. 公害研究対策センター, 188 p.
- 李 東根・恒川篤史・武内和彦 (1989): 多摩川中流域における環境基礎情報の整備と環境構造の把握. 造園雑誌 52-5, 288-293.
- 日本土壌協会・農林水産省資源課 (1989): 地域資源管理システム 画像処理システム操作等説明書. 224 p.
- 日本野生生物研究センター (1989): 第3回自然環境保全基礎調査報告書—解析編一, 525 p.
- 農林水産技術会議事務局・農業環境技術研究所 (1985~1988): 「農林水産業のもつ国土資源と環境の保全機能及びその維持増進に関する総合研究」研究報告書 (第1集~第5集). 農林水産技術会議事務局・農業環境技術研究所, 99 p, 195 p, 109 p, 122 p, 172 p.
- 農林水産省東海農政局 (1990): 地域資源管理システム形成調査報告書—飛騨川流域地区 I—, 46 p.
- 斎藤 肇・塩田敏志・熊谷洋一・武内和彦・興水 肇・山本幹雄 (1990): CG によるフルカラー・デジタル・オーバーレイと地形レンダリング: *PIXEL* No. 93, 96-99.
- 武内和彦・李 東根 (1988): 環境管理計画のフレームワーク: 造園雑誌, 52-2, 95-104.
- TAKEUCHI, K., TSUNEKAWA, A. and Ikeguchi, H. (1990): Numerical classification of natural regions of Japan. *Geogr. Rep. Tokyo Metropol. Univ.*, No. 25, 269-287.

(1990年10月17日受理)