

土木技術と自然環境の保全

2. 自然環境保全にかかわる基礎知識

2.3 ビオトープ（生物の生活空間）

草 加 速 太（くさか はやた）

（株）応用生物 主任研究員

橘 敏 雄（たちばな としお）

（株）応用生物 代表取締役

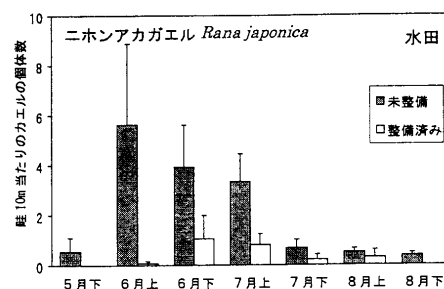
2.3.1 はじめに

我が国では戦後、自然環境の改変が急速に進んだ。山地部では1955年以降の国有林において林野庁が推進した拡大造林による広葉樹林の消失、およびスギやヒノキなど人工林の増加、低地の水田では1963年に始まった農水省主導の圃場整備事業によって、水路改修、区画整理が行われ、農薬の大量使用と相まって未整備水田に生活していた生物、特に、水生植物（ミズアオイ、デンジソウなど）、両生類（カエル類）、爬虫類（カメ類）、昆虫類（タガメ、ゲンゴロウなど）、魚類（ドジョウ、メダカなど）、水鳥類（チュウサギなど）が減少した（図—2.3.1¹⁾）。都市近郊では、1960年以降の高度経済成長に伴って、環境が著しく変化し、例えば横浜では山林、畑、水田などの緑地が1960年には60%弱あったのが、宅地開発等によって、1990年には20%弱に減少した（図—2.3.2²⁾）。

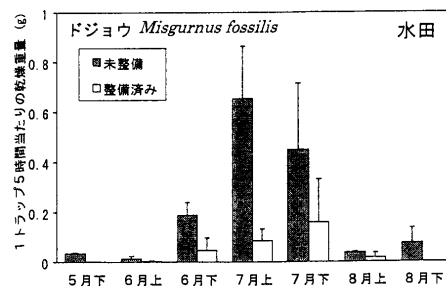
このような急速な自然環境の改変に対応して、その保全に対する認識は、1971年の環境庁の発足を契機に1970年代から高まりを見せ、1980年には「絶滅のおそれのある野生動植物の種の国際取引に関する条約（ワシントン条約）」および「特に水鳥の生息地として国際的に重要な湿地に関する条約（ラムサール条約）」に加入することになった。この年、国際的には持続可能な開発を提唱した「世界環境保全戦略」（国際自然保護連合IUCN、国連環境計画UNEP、世界自然保護基金WWF）が公刊されている。その後、1992年には国連環境開発会議（地球サミット）が開催され、翌1993年に「生物多様性に関する条約」が発効された。

一方、国内では1989年の「我が国における保護上の重要な植物種の現状—植物版レッドデータブック—」³⁾（その後1997年に環境庁は中間報告としての「植物版レッドリストの作成について」⁴⁾を公表）、1991年の「日本の絶滅のおそれのある野生生物—レッドデータブック—」^{5),6)}発刊などを経て、1993年に「環境基本法」が制定された。さらに1995年には遺伝子、生物種、生態系の各レベルで生物多様性を確保するという観点から「生物多様性国家戦略」が策定されるなど、自然環境の保全は国の重要な施策として位置づけられることとなった。

ビオトープという言葉は以上に述べた自然環境全般の急速な劣化とそれに対応した自然環境の保全意識の高まりを背景として、1990年頃から行政レベルにも登場す



水田で見つかったニホンアカガエルの個体数の圃場整備による違い。6調査地の平均値と標準誤差を示す。



水田の中に仕掛けた「もんどり」にかかったドジョウの乾燥重量の圃場整備による違い。6調査地の平均値と標準誤差を示す。

図—2.3.1 未整備水田と整備水田における小動物の生息状況の比較¹⁾

るようになった。ビオトープ事業は元来ドイツを中心として1974年ごろから、地域全体の生物の保護・保全を目的に始まったとされるが⁷⁾、我が国の場合は個別事業における自然環境保全の一環として、開発現場では主に改変された自然環境の復元、創出、学校教育の場では環境教育として実施されている（4.3節で詳述）。

本節では日本各地でブームのようにになっているビオトープについて、その意味、ビオトープ事業本来の目的、それを実現するために必要な自然環境の把握の仕方、ビオトープ事業と土木技術のかかわり、そしてビオトープ事業の今後の課題等について示す。

2.3.2 ビオトープとは

(1) 学術用語としてのビオトープ

ビオトープ（biotop—独、biotope—英）の語源は、ギリシャ語の「bios：生命」と「topos：空間」から成る。また、ドイツ語のbio（生物）とtop（場所）とを組み合わせた合成語であり、19世紀後半から生態学で使われている術語であるという⁸⁾。その意味は「生物の生活（生息、生育）空間」である。生態学辞典（築地書

講座

館)によると「特定の生物群集が存在できるような、特定の環境条件を備えた均質的なある限られた地域。生活圏。単に生活環境の意味にも用いる」と定義されている。広義には「生息場所」を意味するハビタット (habitat) と同義とされるが、狭義には、ビオトープは「生物共同体 (生物群集) の生息場所」であり、個々の生物 (特定の種や個体) の生息場所を意味するハビタットとは異なるとする考え方もある⁹⁾。また、ビオトープを生物空間とし、「生物群集の生息あるいは生育空間として最低限の面積をもち、その周辺空間から明確に区別できるようなまとまりをもった空間」とする見解もある¹⁰⁾。このようにビオトープという言葉は、学術用語としての定義が必ずしも明確ではなく、用法上の区別もあいまいなことが多い。

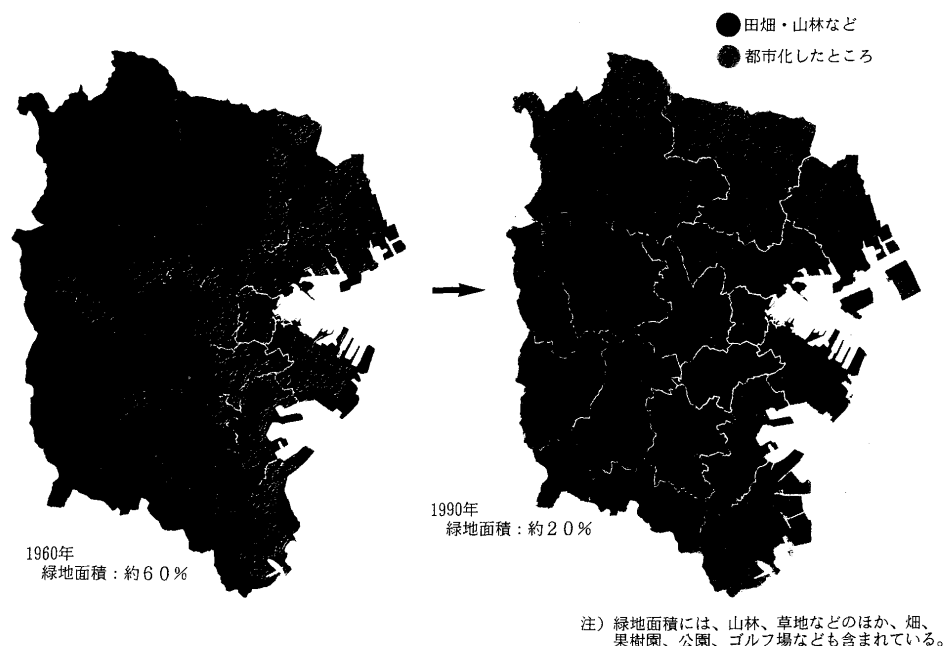
ここではビオトープを広義の「生物の生活空間」と定義し、空間的には狭小なものから広大なものまでを含むものとする。例えばホテル類やトンボ類であれば、幼虫期の水域から成虫が生息する樹林辺までがそれらの群集のビオトープであり、大型のワシタカ類 (イヌワシ、クマタカ) や哺乳類 (クマ、シカ) であれば、数 km から数十 km 四方にも及ぶ広大な環境がそれらのビオトープということになる。ただし、各々のビオトープはそれぞれ独立しているわけではなく、それらを含む生態系の中で相互に関係を保ちながら成立している。

(2) 応用技術におけるビオトープ

ビオトープが応用技術的なものとして始まったドイツ、バイエルン州 (1974年に州全土の自然環境調査が開始されている) では保護すべきビオトープが記載されたビオトープ地図が作成され、各種の保全施策の基礎資料として活用されているという。そこでのビオトープは絶滅しそうな種や生物群集を対象とした「保全・保護されるべき生物の生活空間」に限定して用いられている¹¹⁾。

一方、我が国では現況の自然に対してあるべき配慮を行うというよりも、独自に新たな自然環境を創出する際にビオトープという言葉が使われることが多いようである。そこでは一定空間に池や流れなどの水域や石礫、廃材、竹などを用いた多孔質空間を造成することによって様々な生物の生活環境を確保しようとするものが多くなっている。また、特定の種 (例えばゲンジボタル) や特定のグループ (例えばトンボ類) のみを対象としたビオトープも見られるが、その内容もおおむね同様であり、それらは同時に小規模で孤立した箱庭的なものになるきらいがある。

本来ビオトープは生物の生活場所であるから、こじん



図—2.3.2 横浜市の緑地面積の推移²⁾

まりとした閉鎖系としてではなく、そこに生活する様々な生物が相互にかかり合って生存できるような広域の空間を含む開放系として考えるべきである。したがってある種類や個別地域のビオトープを考える場合には、それを包括するまとまりを持った地域全体の生態系を考慮する必要がある。すなわち、どのようなビオトープであっても地域環境全体の中での位置づけを行った上で計画的に考えていく必要がある。

このようにビオトープを考える場合、地域環境全体を踏まえた計画に依拠すべきだが、実態は個々の生物を生かすための技術論が先行し、計画論的な視点が欠落しているように思われる。本質的には生態学的情報に基づく計画論と技術論とが結びついてこそ、有効なものとなり得る¹²⁾。

2.3.3 ビオトープ事業の目的

我が国ではビオトープ事業の内容が矮小化され、生活空間をつくる技術が中心に考えられている状況にあるが、ビオトープ事業本来の目的は自然環境全体の保全にある。

すでに述べたように自然環境はどんなに小規模であっても、独立して存在することはなく、必ず周囲の環境と相互に働き合って成立している。注目される植物を保全するという場合、生育地をそのまま保全する現地保全が基本であるが、移植せざるを得ない時には、そのことを考慮する必要がある。例えばサクラソウの場合、仮に安全な代替地に移植したとしても、そこがポリネーター (花粉媒介者) であるトラマルハナバチの生息し得ない場所であったなら、サクラソウの存続は危ぶまれる¹³⁾。したがって、周囲の環境を考慮せずに思うようなビオトープを望んでもそれは徒労に終わるか、相当の覚悟を決めて以降の管理にエネルギーを注ぐかのどちらかとなる。その場所にあるべき自然を保全する、あるいはつくる努力が必要なのである。そのためには地域の自然環境特性

を十分に踏まえた地域自然環境計画が必要となる。ビオトープ事業には計画性が重要であるという理由はここにある。ただし、自然環境は基本的に「○○山脈や××集水域の生物群集」といった生態的な特性を単位としており、必ずしも行政的な枠組みとは一致しない。自然環境の保全を目的とした地域自然環境計画には行政を越えた視点が必要であり、一貫した計画に関連する自治体が各々の責任の範囲で役割分担するというかたちが望ましい。最近始動している富士山周辺の動物のための「緑の回廊構想（環境庁1996）」はその良い例といえる。分断、孤立している森を緑で結ぶというこの計画は環境庁、林野庁、建設省が協議して進められており、神奈川、山梨、静岡の3県にまたがる一大計画である。ただし、このような計画は我が国ではまだ数が少ない。

ビオトープ事業の対象地域にこうした上位計画がない場合、事業主体は対象地域の自然環境を十分に把握し、生態学の原理に基づいた計画を独自に立案することが必要となる。

2.3.4 ビオトープ事業と地域自然環境の把握

ビオトープ事業を計画的かつ効果的に行っていくためには、地域を特徴づける固有の生物の存在、および地域自然環境の特徴を把握するための調査が必要となる。その結果を踏まえて初めて、地域固有の生態的特性に沿った本来のビオトープ事業が可能となる。

調査の際に留意する要件としては、次の5項目が考えられる(表—2.3.1)。①注目種や指定地域といった「公的に重要とされている自然」、②ブナ林や湿生草地など

比較的自然度の高い植生、大径木の多い樹林、良好な水環境など「地域自然環境の基盤をなすと考えられる自然」、③クマやシカなどの大型哺乳類や食物連鎖の上位種である猛禽類の存在によって示される「高次の生態系を有する自然」、④小規模な個体群や孤立した個体群を有する自然あるいは湿地など「脆弱で再生困難な自然」、⑤河川や帯状に続く林など「連続性のある自然」…こうした要件を見出す視点を調査の現場に導入することで、地域生態系の構造や相互の関係性が把握しやすくなる。

東海地方の小規模な盆地地形における調査の事例を図—2.3.3に示す。当該地域の特徴として挙げられるイノシシ（大型哺乳類）の存在は、この地域が後背山地に連続していることを意味し、かつその地域の植生が樹林域として充実していることを示している。また、盆地地形であることなどから風が弱く、空中湿度が高いためにシダ植物や着生ラン（脆弱な自然）の多いことも特徴の一つである。河川に生息するウナギやモクズガニはいずれも海域に下って産卵することから、当該地が海域と連続していることを意味している。オオタカやクマタカの存在はこれら猛禽類を頂点とした多様な生物種の存在を示唆し、その多様性は未整備水田と周辺樹林が織りなす複雑な環境を反映した結果と考えられる。すなわち、この地域の自然環境の特性は盆地地形、後背山地との連続性、発達した樹林、海域との連続性を有する河川、樹林と未整備水田との多様なエコトーン（環境推移帯）などであり、自然環境の保全に際しては、これらの主要な基盤環境に対する影響を最小限にすることが真っ先に配慮すべき事項となる。

表—2.3.1 自然環境の保全上重要な要件

項 目	小項目	内 容
公的に重要とされている自然	注目種、指定地域	法律、条約、条例などにより重要とされている地域、種類、個体。固有種、希少種、絶滅の恐れのある種、分布の限界種（群落）、隔離分布種（群落）、遺存種等および自然公園、鳥獣保護区などの指定地域
地域自然環境の基盤をなすと考えられる自然	植生自然度	自然度区分（環境庁）の高い植生（自然度8以上：自然林に近い二次林、自然林、自然草地）
	樹林の現存量	樹高が高く、胸高直径の大きな樹木からなる発達した現存量の大きな樹林
	良好な水域環境	水生生物相の豊かな水域環境
高次の生態系を有する自然	食物連鎖の上位種、大型哺乳類	猛禽類など食物連鎖の上位種、クマ、シカ、イノシシ、サル、カモシカなどの大型哺乳類の生息
脆弱で再生の困難な自然	特殊（脆弱）な立地環境	岩隙地、風衝地、特殊岩石地、急傾斜地、湿地、池沼など人為的改変に対して影響を受けやすい自然環境
	小規模な個体群	種の存続に必要な最小限の個体数を維持している個体群
	孤立した個体群	閉鎖した環境に取り残された個体群
連続性のある自然	樹林の連続性	全面あるいは帯状に樹林が連続している地域
	水系の連続性	河川、沢など水系が存在する地域（主に人工的な構造物等による魚類等水生動物の移動阻害などが見られない水系）
	動物の移動路	動物の移動経路として利用されている地域

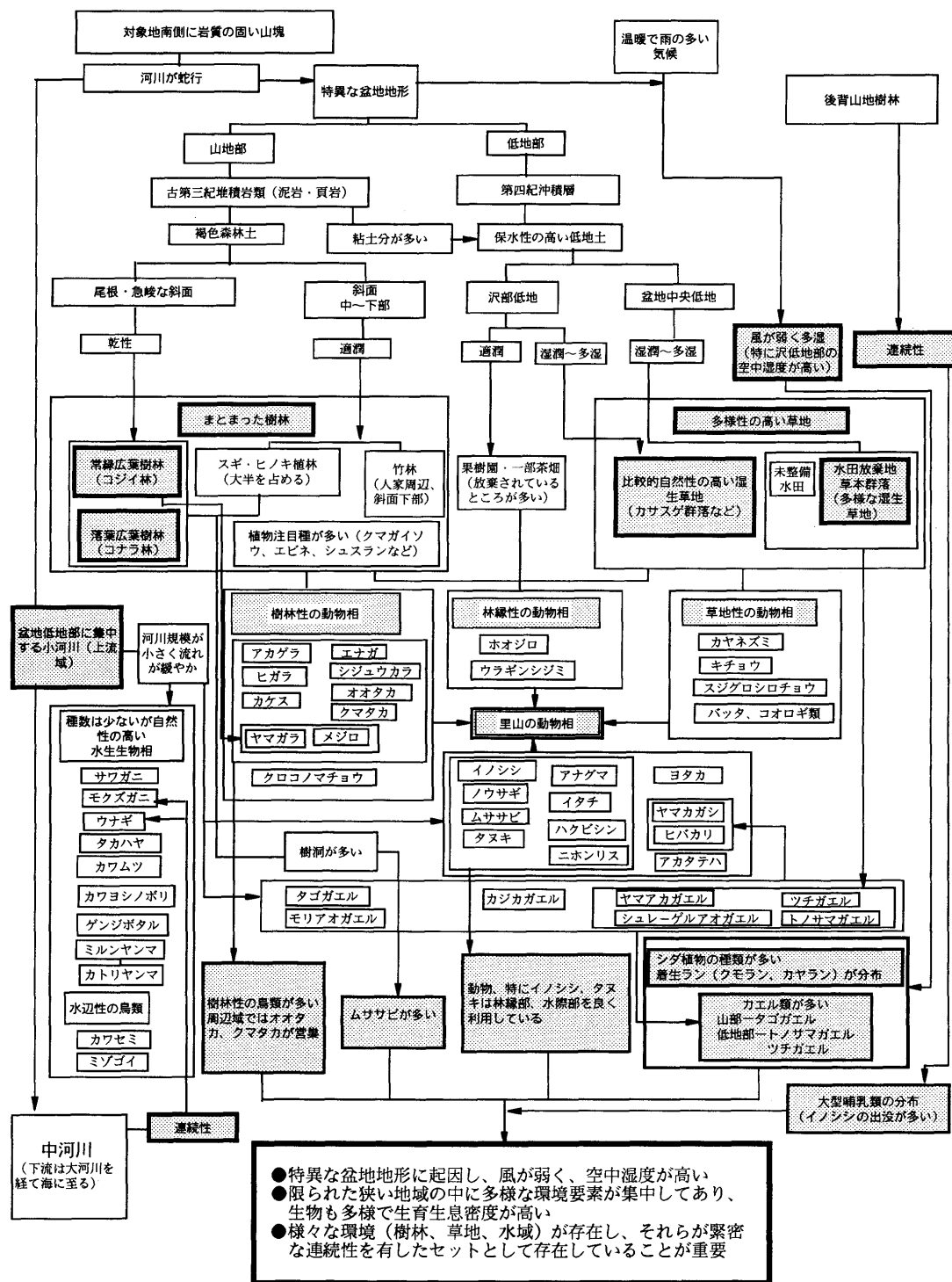


図-2.3.3 自然環境の機能と構造からみた地域自然環境の特性の例

図-2.3.4はこれらの位置関係を平面図に示したものである。当該地域が山地の樹林と低地の湿地によって特徴づけられ、なかでも北東部の樹林域が重要な役割を果たしていることがわかる。このような地域自然環境の分布特性図を作成することによって、地域の「核」をなす場所が浮かび上がり、事業計画の中で実施すべきビオトープの内容を決定することが可能となる。

2.3.5 ビオトープ事業と土木技術

これまで見てきたように、ビオトープ事業とは地域の自然環境を正しく理解し、そこにすむ、あるいは本来そこにいた生物の生活の場を確保することで自然環境全体

の保全を図ろうとする試みである。この基本的な考え方は、単にビオトープと銘打った事業が行われる開発現場にだけ適用されるものではなく、地形改変など、自然環境に負荷をもたらす行為すべてに適用すべきものである。

ビオトープ事業がもてはやされるあまり、「新たな環境の創出」が免罪符となって自然環境の改変が進む状況も見受けられるが、自然環境の悪化を食い止めるためにはまず保護（改変の回避）が優先されなければならない。それができない場合、次善の策として影響の最小化が図られ、それでも影響が回避できない場合に代替地の確保

(代替産卵池の造成など)があり、最後の手段として自然環境の創出がくる。自然環境は長期にわたる地史と歴史の産物であり、一度つぶすと完全な復元は不可能である。創出できるからつぶしてもよいというわけではないことを肝に命じる必要がある。

一方、自然環境の保全対策を具体化させる際の成否を左右するのも土木技術である。設計・施工の場面では自然が本来持っている復元力をうまく引き出し(魚道、表土保全、在来種植栽など)、自然のメカニズムに沿ったかたちで機能させることがその役目となる。

今日、どこにでも見られる一般的な土木事業について見てみよう

(図-2.3.5)。山際にあった素掘水路が圃場整備や河川改修などを目的としたコンクリートによる三面張りの深い水路になった場合、それまで山地と低地とを往来していた動物類(小・中型哺乳類、両生類、爬虫類、地表性昆虫類など)に影響が生じる。特に普段は山地の樹林で生活し、産卵期になると水辺に下りてくる両生類(ツチ

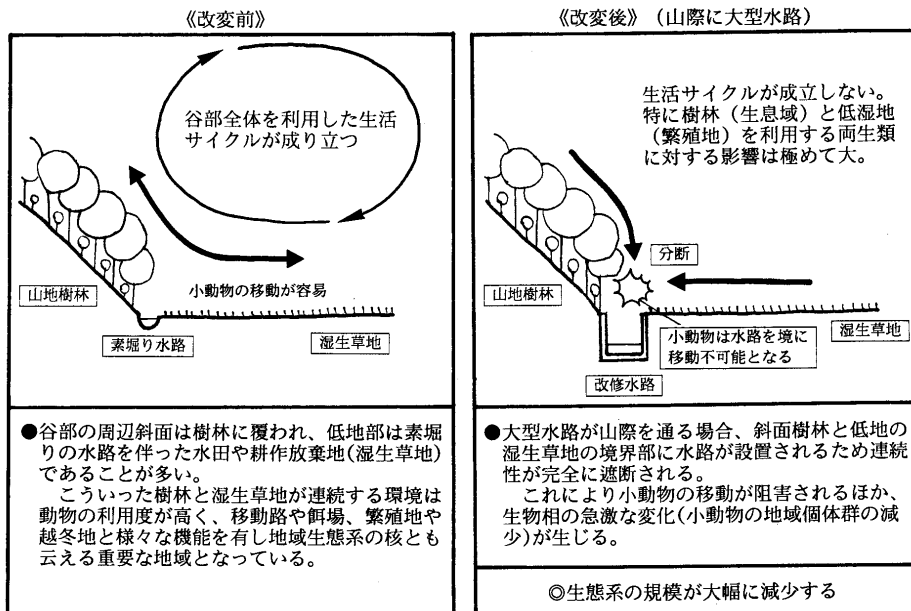


図-2.3.5 山裾部に大型水路が設置された場合に生物に与える影響

ガエルやヤマアカガエル、トウキョウサンショウウオなど)にとっては影響が大きく、移動が阻害されることによって地域個体群が絶滅することもあり得る。このような状況下で、影響を受ける動物達の生活の場を確保しようとする場合、何をすれば良いのか。有効な方法がある。改修水路に蓋をしたり、這出し型の構造にすることによって従来の連続性を維持するやり方である。こうした方法は分断された環境下で新たなビオトープを創出するよりも何倍もの効果がある。

簡素で安上がりではありながら、従来あった生態系を広い範囲で修復することを可能にする方法はほかにもある。

水路や池を造る場合、水際を垂直ではなく、中心に向けて徐々に深くなる構造にすることによって、多様な生活空間(ビオトープ)が生まれ、多くの生物群集を生育、生息させることが可能になる。道路の切土部におけるコンクリートブロックを自然石の巨石積みによれば、動物の移動路が確保され、従来の生活空間を保全することになる。また、滑らかな側溝壁面を粗面仕上げにすることでも、小動物の這出しを助け生活空間の損失を補うことになる。このように地域生態系の特性と生物の特性を十分に把握し、要所をうまく押さえれば、土本的には簡単な施工でも地域生態系の構造や機能を十分に発揮させることが可能である。

生物環境はファジィ、動的、曲線的な要素で構成され、近代土木の特徴である数値による組立て、静的、直線的なアプローチでは対応しきれない部分がある。その意味では、我が国に古くからあった「信玄堤」のように、自然の力をねじ伏せるのではなく、「いなす」ことによって制御するという工法は大変興味深い。そうした伝統的な工法は圧倒的に巨大な自然の力を前に必然的なものではあったにせよ、結果的には自然環境の改変の少ない無理のない工法であった。生物に配慮した土木技術として

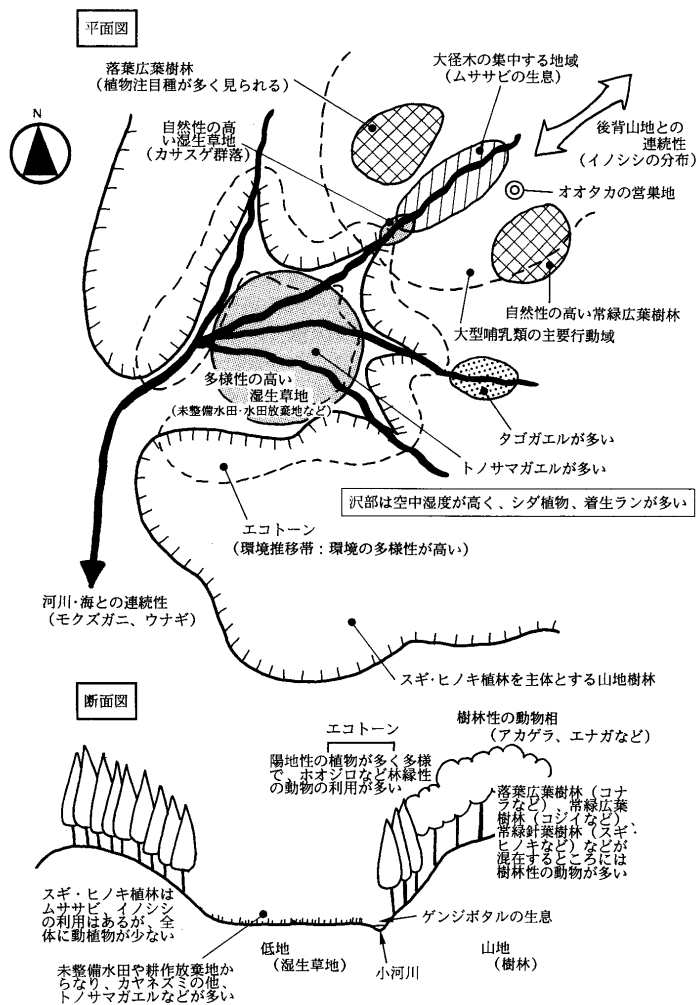


図-2.3.4 自然環境から見た分布特性図の例

講 座

みた時、こういった伝統的な手法を見直し、その原理を取り入れて現代に通用する工法を開発することも大変重要なことと思われる。

2.3.6 ビオトープ事業の今後の課題

ビオトープ事業を自然環境の保全の一方策として充実させるためには、今後の課題として次のような内容が挙げられる。

① 体系的な環境計画の策定

ビオトープ事業の規模は大小様々だが、いずれの場合も当該地域のあるべき自然に対応したものが望ましい。しかし、現況では一部を除き、各自治体における整備が遅れ、どのようなビオトープをつくれば地域生態系にとって好ましいのか、従うべき指針がないのが実状である。また、自治体単位の計画は国全体の環境計画に合致したものでなくてはならないが、その内容も確定されていない。大きくは地球環境下での日本列島の位置づけから始まり、国土全体のあり様、生態的な特性（気候、地形、地質、土壌、動植物の分布特性など）を背景にした地域の大区分、更には行政単位である都道府県、市町村の役割に至るまで、一貫した方針に基づく体系的な環境計画の策定が急務である。

② 生物の生活条件の整理

生物の生活は未解明な点が多いと同時に動的であり、環境条件によって生活のパターンを変えするというような性質もある。したがって生活条件について固定的な内容を示すことは難しく、結果的に定性的な表現にとどまることが多かった。しかし、土木事業の中で生物に対する保全対策を図ろうとする時、目安になる数値がなければ具体的な設計作業を進めることが難しくなる。例えば、タヌキが障害物を越える能力はどの程度か、オキナグサの生育にかかわる日照や土壌条件はどうか、また、吉良の温量指数¹⁴⁾（植物の生育にかかわる閾値である5℃に着目し、植生の分布を説明）に見られるような、生物界の中のキーになる数値の抽出など、生物本来の生態学的な情報を、原則からはずれない範囲の中で定量的に示す努力が必要である。そうした情報の蓄積がなければ、ビオトープ事業の幅広い展開は望めない。

③ 土木技術の開発

近年の土木技術の発展は著しいが、自然環境を保全する技術は緒についた段階であり、課題は山積みしている。例えば、樹林地の表土はその物理性、化学性にすぐれ、また埋蔵種子（在来植物）の宝庫であることから、自然環境の保全上重要な対象である。地形を改変する際には必ず確保しておき、改変後の地表に戻すことが、植生の復元を図る場合、最も効果的な方法と考えられている。しかし、現実には傾斜地で表層数十cmの表土をはぎ取るとはなかなか難しく、実施される機会が少ない。今後ますます必要とされるビオトープ事業を発展させるためには、こうした作業を可能にする機械やはぎ取り方法など、生物に対応した柔軟な技術の開発が望まれる。保

全技術の開発は保全生態学の分野でも進められている（2.2節参照）。今後は生物学と土木工学との学際的な協力をより緊密に図り、ビオトープ事業の発展に資することが重要と考える。

④ ビオトープ事業実施後の管理とモニタリング

我が国におけるビオトープ事業は開始されたばかりであり、実施事例もわずかである。

一方、生物をとりまく自然環境は予測しがたい側面を多く有している。したがって、これまでの知見を総合し、最も効果的な方法により事業を進めた場合においても予期せぬ事態が発生し、目標どおり事が運ばないこともあり得る。将来のためにはできるだけ多くの事例をモニタリング（追跡）し、その効果、問題点を検証しておく必要がある。

また、ビオトープは一度つくってしまえばあとは何もしないというようにとらえられている場合がある。しかし、計画に従い、目標を定めて実行されたのであれば、放置型から徹底型までの差はあるにせよ、何らかの管理が必要である。例えば未整備水田の豊かな生物相を想定して、水田に類した湿性環境をつくった時など、水田の維持管理と同等量の作業が要求される。にもかかわらず、そのまま放置し、あまりにも勢いのある植物の繁茂状況にビックリするというケースも見受けられる。ビオトープ事業には完成後の管理が必要であり、それはモニタリング（追跡）と一対のものとして認識し、実行することが重要である。

参 考 文 献

- 1) 藤岡正博：水田がはぐくむ水生動物とサギ類，生物多様性とその保全，生物の科学，遺伝，別冊 No. 9, pp. 69～77, 1997.
- 2) 横浜市：ヨコハマエコアップマニュアル，1993.
- 3) 我が国における保護上重要な植物種及び群落に関する研究委員会 種分科会編：我が国における保護上重要な植物種の現状，（財）日本自然保護協会，1989.
- 4) 環境庁：植物版レッドリストの作成について，1997.
- 5) 環境庁編：日本の絶滅のおそれのある野生生物—レッドデータブック（脊椎動物編）—，1991.
- 6) 環境庁編：日本の絶滅のおそれのある野生生物—レッドデータブック—（無脊椎動物編），1991.
- 7) 勝野武彦：西ドイツ・バイエルン州のビオトープ調査について，応用植物社会学研究，13, pp. 41～48, 1984.
- 8) 沼田 眞：自然保護運動の一環としてのビオトープの意義，自然環境復元研究会，自然復元特集2，ビオトープ—復元と創造—，pp. 1～2, 1993.
- 9) 亀山 章：都市プランナーのためのビオトープ講座，BIO-CITY ビオシティ，No. 13, pp. 20～25, 1998.
- 10) 山田常雄ら編：岩波生物学辞典 第3版，岩波書店，1983.
- 11) 一ノ瀬友博：ドイツにみる生態的ネットワークを生かした国づくり，科学，Vol. 67, No. 10, pp. 772～778，岩波書店，1997.
- 12) 武内和彦：地域の生態学，朝倉書店，1991.
- 13) 鷲谷いづみ・矢原徹一：保全生態学入門，文一総合出版，1996.
- 14) 吉良竜夫：陸上生態系—概論—，生態学講座2，pp. 35～47，共立出版，1976.