

# 生物の多様性(Bio-diversity or Biodiversity)とは？

九州大学名誉教授 小野 勇 一

## はじめに

1992年のリオでの生物多様性国際条約（生物の多様性に関する条約）の締結以来、わが国でも「絶滅のおそれのある野生動植物の種の保存に関する法律」や「環境基本法」が制定され、1995年には同条約の規定にもとづいて「生物多様性国家戦略」が定められた。環境庁の地球環境研究計画のなかでも多様性に関するものが相当部分を占め、文部省や科学技術庁でも生物多様性研究に次第に重きをおくようになった。しかし、その一方で生物多様性が具体的に一般の人々の生活とどのように結びついているかについては未だに不明確であり、特に地方の行政に明確な形で反映されているとは言いがたい。

「生物多様性国家戦略」では生物多様性を“生物多様性とは生物が遺伝子レベル、種レベル、及び生物の相互関係の複合体としての生態系レベルで変異性を保ちながら存在していること”と定義している。つまり、生物の多様性を生態系、種、種内の三つに分けて、それぞれの多様性を維持し、生息域内（自然条件下）および生息域外（動植物園やジーンバンクなど人工条件下）でその維持の方策を講じることとしている。省庁間の調整もまだ充分と言えない今日の情勢のなかで、このような戦略が果たして効果的であるか、との疑問を持つ向きもあるようであるが、後にのべる国際的雰囲気のなかでこのような国家戦略を

定めることは、たとえそれが第一段階的なものであろうとも大事なことであると私は考える。

最近（1995年9月）、橘川による「なぜたぐさんの生物がいるのか？」という本が出版された。この本は生命の多様性とは何か？から説きおこして、生物分布、多様性の動態、遺伝子資源の意義、種間の関係の具体的な例などわが国で取り上げるべき課題を幅広い視野から指摘している。また多様性を守るための保護区のあり方についても具体的な提案がなされており、平易で読みやすい文章であり、広く薦められてよい本である。この小論では国家戦略を中心に橘川の本の紹介もかねて、生物多様性について私なりの考え方も加えて述べようと思う。

本論に入る前に diversity なる用語について触れておく。diversity は生物学では多様性と訳されているが、相違、不同、変化などの訳語もあり、関連分野である畜産学では以前は家畜の多数の品種間に存する差異をも diversity とよび“分化の差異”と訳されていた（岩波生物学事典3版）。また、生態学では種数－個体数関係からみた群集構造の複雑さを示すものとされ、群集の多様度もよばれる。これは後で解説する。近年は無用な混乱を避けるために bio-diversity または biodiversity と書かれ、“生物多様性”と訳されている（Wilson & Peter,1988）。

## 1. 生態系の多様性

生物の生活圏、つまり地球の表層は七つの海と大陸よりなる。そこには40億年の昔から10億種にもものぼる生物が多様な環境に生息してきた。そのような生活圏は生態系とよばれることは周知のことである。わが国では先へのべたように生物多様性を遺伝子レベル、種レベル、及び生物の相互関係の複合体としての生態系レベルに分けている。しかし、生物の相互関係は自然の生態系のなかでは一寸整理し難いくらいに複雑であるのでさらにそれを小分けする必要がある。橘川は表1のようにまとめて、それぞれについて解説している。しかし彼の解説では群集の多様性が生命の広がりという章で扱われているので位置的にやや分かりづらいので、それを含めて以下に述べる。

それでは最も高いレベルのまとまりである生態系とは果たしてどのような属性をもっているのだろうか。生物の多様性とは何かを考えると、まずその最も大きな単位である生態系から始めよう。

種内の多様性	遺伝子多様性 表現型多様性 品種（亜種）多様性
群集の多様性	種の多様性 生活形多様性 生育形多様性 ギルド多様性 群落構造の多様性
生態系の多様性	群集の多様性 生態系多様性

表1 生物多様性の分類（橘川，1995より）

### 1-1. 生態系の多様性

生態系という用語はイギリスのA.G. Tansley（1935）によって提唱された。ある地域にすむすべての生物とその地域内の生物的環境をひとまとめとし、物質の循環やエネルギーの流れの機能系として定義されている。それを構成する要素は生産者、消費者、分解者、非生物的環境の四つである。生産者とは光合成を行いあらゆる生物にとって必須である蛋白、脂肪、炭水化物を生産している植物を主体とする生物群をいう。消費者は生産者の生産物を消費して活動し、自身の体をつくり、繁殖する。動物の活動をさすが、動物も自身の蛋白その他を生産するので、植物を第一次生産者とよぶのに対して、動物は第二次生産者ともよばれる。分解者とは植物や動物の遺体や排出物（落葉、落枝、糞、尿、落毛、落角など）を再び無機化することによって生活のエネルギーや物質を得ている動物や植物のことである。主体となる生物は腐食生物ともよばれる。海洋生態系、湖沼生態系、森林生態系、草原生態系、砂漠生態系、都市生態系、農業生態系、島嶼生態系など、さまざまな環境要素を加味した機能系ごとに区分される。生態系の多様性といったとき、このような区分をさしているが、生態系という術語が本来は機能系について定義されたものであるため、地域区分的に“何々環境”といった程度で“何々生態系”とよばれていることが多く、具体性に欠けるネーミングである。ただし、田川が示したような草原から森林にいたる物質の流転のシステムの変化を比較したりする場合には生態系の多様性といった表現も有効であろう（図1）。

生態系とはこの図や湖の生態系を想定すればすぐ分かるようにシステムとしては閉じていない。光や空気は外界とつながっている

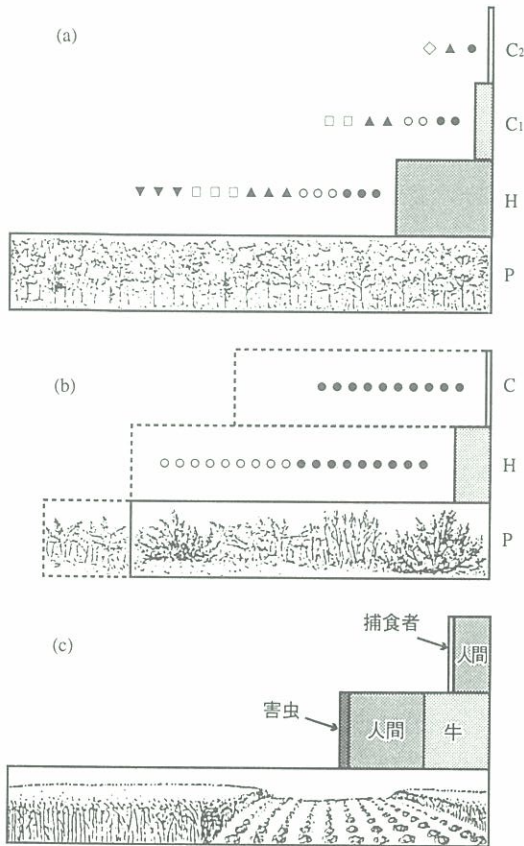


図1 三つの生態系の生物量のピラミッドと種多様性  
 (a) 自然性の高いナラセヨウクルミ林。  
 (b) 破壊されて変容した生態系。  
 (c) 農耕生態系、○や△などの記号は種多様性を示す。  
 (田川, 1982)

し、さまざまな物質が相対的に独立した系から出入りしている。したがって、系の多様性を比較することは同時に系の閉鎖度を比較することでもある。しかし、閉鎖度の測定は容易ではないし、いまだに的確な測定方法もない。

生物の多様性といったときに機能的分析なしに生態系の多様性をその中に含めるのはこのような意味から少々無理がある。したがって、生態系の多様性の具体的な姿はむしろ次の群集間の多様性とイコールとおいた方がよい。

### 1-2. 群集間の多様性

「生物多様性国家戦略」では種の多様性が生態系の多様性の次にのべられている。しかし、上に述べた理由で、生態系を構成する種類の数の変動は系の状態をそのままあらわしているの、系と系との比較をしたりする場合には群集間の多様性として考えた方がよい。

群集間の多様性は群集間の種類構成の変異である。言い換えれば生態系というシステムを構成する植物や動物の相の違い方と言えよう。植物相(フロラ)や動物相(フォーナ)は地域の地誌を反映したものであり、生物地理学的な背景をもっている。群集の多様性を云々する場合にはこのことを忘れてはならない。ここではこれ以上触れないが、島の群集を構成する種の問題は島の生物学として先に挙げた本の中でも紹介されている。

群集間の多様性の測定は一次的にはそれほど困難ではない。AとBの生態系を考えたとき、一方だけに出現する種と両方に出現する種の数の比率だけでも両者の類似性を論じることができるし、古くからこの方法は使われてきた。しかし、議論としては次の群集の多様性と同列においた方が分かりやすい。

## 2. 群集の多様性

生物の群集とは生態学では“ある地域内での複数の種のあつまり”のことをさす。岩波の生物学辞典では用語の歴史的な解説が述べられているのでたいへん複雑な書き方になっているが、上記の定義で実用上はなんの問題もない。

群集の多様性では一つの地域にどれ位の数の種類がいるのか。それぞれの種類の特性は全体の種類の構成とどうかわっているのか。地域間の群集構造は異なっているのか。一つの群集の中で似たような種類は互いにより集

まるものなのか、あるいは種類同士はまったくでたために分布するのか、などの問題がある。それらは種の多様性、生活形の多様性、生育形の多様性、ギルドの多様性、群落構造の多様性に分けることができる(表1)。以下にそれぞれについて簡単に述べる。

## 2-1. 種の多様性

はじめに種とは何かについてはっきりさせておきたい。生物学者の数だけ定義の数があるとまで言われるくらいに種の定義はむずかしく、かつさまざまである。それは姉妹種とか生態種とかデームなど地理的、人為的に作り出された種類など、昔の定義である“相互に生殖的に隔離された交配可能な一群”とは必ずしも合致しない例が多く発見されたことが主原因である。ヒヒの雑種が完全な野外個体群をつくり、繁殖していることなどはショッキングな例としてまだ記憶に新しい。

遺伝子分析技術の進歩によって種間の遺伝的距離が測定されるようになってかつての定義はますます現実遊離となった。近年は、繁殖している同型の生物群を一応“種”個体群とよび、その繁殖集団は「種がもつ遺伝的または生態的な潜在能力の全てを包含する集団」としている(橘川による)。まことに歯切れのよくない定義であるが、当面はやむを得ないので私もこのように考えている。

さて、そのような種の多様性とはどのようなものであろうか。種の多様性は種の豊富さ(どれだけの種が一つの地域にいるのか)と均等性(それぞれの種を構成している個体の数はどの程度均等であるのか)の二つの面をもっている。両方とも数値として評価可能であるのでかつては群集の多様性イコール種の多様性と考えられてきた。

数値的評価はいろいろなモデル群集を仮定

して、それを表現するためのパラメーターとして表されている。よく使われているのは Simpson-Morisita の  $\beta$  指数とか情報理論に基づく H 指数とか H' 指数とかである。その他にも多くの指数が提案されているが、それについては生態学の教科書を参考にしていたきたい。一つだけ断っておくと、上記以外の指数の中には値がサンプルサイズに大きく左右されるものがあり、多様性の表現にはふさわしくないものもあるので、注意を要する。

## 2-2. 生活形の多様性

生態学では「生物の形態を通して把握されるその生物の生活様式」を生活形とよぶ。つまり、トリや昆虫のように羽や翅をもった形態は空を飛ぶという生活様式と結びついた生活形である。ある地域の中の生物をみると同じような生活形をもったものが数多く見られる。その場合は同じ生活形の種類をひとまとめにして生活形群ともよんでいる。トンボ類という呼び方は翅をもち他の昆虫類を食物としている生活形群である。動物について主につかわれる。

## 2-3. 生育形の多様性

主に植物について、その生えている状態の多様性のこと。かつては生活形と呼ばれていたが動物と区別して生育形と呼ばれている。有名な Raunkiaer の分類、挺空植物、地表植物、半地中植物、地中植物、夏生一年植物があるが、大区分すぎることから現代はあまり使われていない。しかし、生態系の多様性を論じるときには有効であろう。

## 2-4. ギルドの多様性

例えばクモ類は種は違っても他の昆虫類の体液を餌としているし、草食の昆虫類は植物の葉や花の一部をかじって食べている。草食性の哺乳類は草の食べ方でグレーザーと

ブラウザーに分けることができる。このように動物では種は異なっているけれども餌のとり方は共通である種群がある。ある群集の中にどれ位の違った餌の取り方をする動物群がいるか、を問題とする場合はそれをギルドの多様性の議論とよんでいる。

これとよく似た概念で生態学ではニッチという用語がよく使われる。これはある種が群集のなかで、あるいは与えられた環境条件のなかで占めている位置を意味する用語である。具体的にはギルドも一つのニッチであるし、植物がある温度や土壌の酸性アルカリ性の選択をして生えている場合などもニッチとよばれる。

#### 2-5. 群落構造の多様性

自然に生えている樹木林はその土地の条件や樹種同士の競争によってそれぞれ独得の種類の構成をもっている。このような植物のかたまりを構成する種群を植物群落とよんでいる。そして植物群落の種類構成を群落の多様性とよぶ。シイ・カシ林、タブ林という言い方はその中で一番多く、大きい樹種を代表的に命名した群落の呼び方であって、その中にはそれぞれを特徴づけているような植物種の独得の組み合わせがある。植物社会学という分野がもっぱらこの方面を取り扱っている。

### 3. 種内の多様性

人類が誕生して周囲の動植物を生活に利用するようになって多くの種が人為的に改変されてきた。それらは人為変種とか品種とかよばれている。また、生態的にゆるやかに隔離されている場合とか、種として分離しつつある場合には形態的にも遺伝的にも相似性が高い。そのようなものは品種とか亜種とか単に表現形変異とかよばれている。イヌにはグ

レートデーンからチワワまで形態や大きさの著しい違いがあるが、イヌとしての基本的な体型や構造は共通しているので品種の多様性である。また、ミジンコやチョウの夏型と冬型などは表現形の多様性である。分子遺伝学の発達とともに種内、種間の多様性はDNAレベルで議論されるようになり、いまや種内の多様性イコール遺伝子の多様性と見なされるようになってきている。この傾向はマイクロサテライトDNAやミトコンドリアDNAの分析技術の発達とともにますます助長されていくものと思われる。

#### 3-1. 地球上の生物の種類の数

ここで、地球上にどれほどの生物の種類がすんでいるかについて触れておく。ただし、この勘定は難しい。橘川は、これまで分かっている種数とこれから分かるであろう種数の合計として推定する方法や経験的にあとのくらの割合が残っているので、全体ではいくらかと推定する方法、毎年増加する新種の数とその増加率から全数を推定する方法、などを紹介している。また、この他にも種数と属数とは一定の法則関係がありそうなのでその法則を利用して未知の種数を推定する推計的方法などが特に未記載種の多い昆虫などでは使われている。

橘川によれば、こうして推定された種の数には、鳥類約9,000種、哺乳類4,400種、魚類19,000種。植物の蘇苔類(コケ類)と藻類では、それぞれ25,000種、40,000種。シダ類は13,000種、高等植物は275,000種。また、ウイルソン(Wilson, E.O.1992)によれば昆虫は751,000種であるが、まだ記載されていないものを入れれば約3,000万種以上にもなると言われる。一年間に記載される新しい種の数には、多細胞動物で約10,000種、高等動物

で約5,000種にもものぼっている。また、単細胞などの原始的な生物の既知の種の数は103,000種、未知が約90%であるので、推定される全種数は1,060,000種ということになる。そして、これらを合わせ、またいろいろな推定法をも考慮すれば、地球上の全生物の種数は少なく見ても1,000万種、多ければ5,000万種ほどいることになりその大部分は昆虫であるということになる。

図2は地球上でこれまでに分かっている種数を表したものである。動物では、昆虫やクモやエビ・カニなどの節足動物の占める割合が非常に大きく、それに比べると、われわれヒトを含むグループである脊椎動物(脊椎動物・原索動物)や、貝やイカ、タコなどの軟体動物は数からいって少数派であることがわかるだろう。

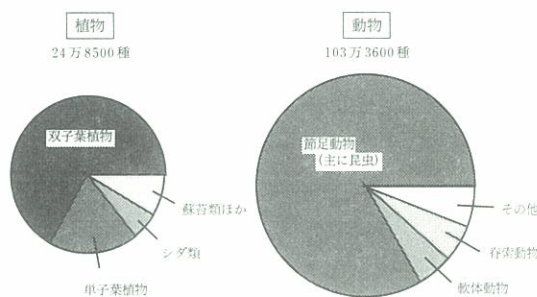


図2 今までに記載された植物(菌類、藻類を除く)と動物(原生動物を除く)の主な内訳とその比率(Wilson,1993。橘川1995より)

#### 4. 生物多様性の保存について

##### 4-1. 多様性は何故大事か

生物資源の価値は、直接的価値(消費的利用価値と生産的利用価値)と間接的価値(非消費的利用価値)(学術調査、パドウォッチングなど)に大きく分けることができる。また、環境資源保全の非消費的利便は物質的な利益と倫理・社会的利益に分けることができる。

直接的価値は

- △太陽エネルギー獲得者(食糧生産者)としての緑色植物。
- △有用な遺伝形質をもった生物とその形質の獲得環境。
- △植物による水サイクルの維持は地下水の涵養、流域の保全、極端な過不足を緩和する。
- △植生によるマクロ、ミクロの気候レベルでの気候の調整(気温・降水量・乱気流など)。
- △樹林等による土壌の造成、侵食の防止。
- △植物や土壌動物などによる炭素・窒素・酸素などの基礎的要素の保存と循環、および酸素と二酸化炭素とのバランスの維持。
- △さまざまな汚染物質の生物による分解と吸収(微生物、植物)。

非消費的利用価値は自然環境のレクリエーション的・美的・社会文化的・学術的・教育的・精神的・歴史的価値の提供など、人が自然との主に視覚的な交流を通じて得られる利益をもたらす。ペットの効用などもこれに含まれる。これら全ての生物で多様性が保全され、生態系の様々な機能を通して享受することができ

る(マククリーニーほか、1991を参考)。

このように生物多様性の価値は直接的価値と間接的(非消費的)価値に分けて考えることができるが、その価値の重さはそれぞれの国の経済的・文明的状況によって異なる。GNP(あるいはGDP)も低く、文明的にもさまざまな困難にある国では資源としての生物多様性はどうしても直接的価値と見られがちであり、一方、比較的文明度の高い国では勿論

直接資源的な面ももつが、より倫理的・社会的利益である間接的価値に重きをおく傾向にある。この関係を図3に示した。

この図はごく概念的なものであるが、望ましい位置はどこにあるのか、現在のそれぞれの国や地方の経済的・社会的情勢はどの位置を占めているのか、を考えるための指標となるであろう。

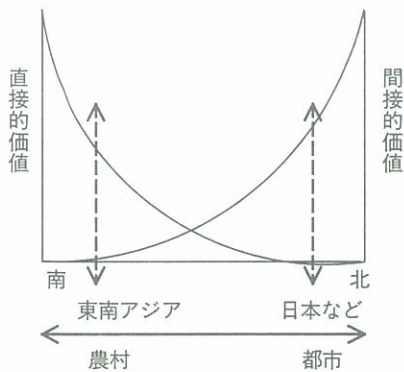


図3 生物多様性の直接的価値と間接的価値の地理的分布

#### 4-2. 生物多様性の保護

国際自然保護連合 (IUCN) やわが国の環境庁では絶滅の危機にある種の保全のためにレッドデータブックを出版して、保護・保全をよびかけている。前者は1966年に初版が出版されて以来2年毎に改訂されて今日にいたっている。また、後者は1991年に動物について出版された。わが国の植物については1989年に自然保護協会、世界自然保護基金日本委員会の共同で「我が国における保護上重要な植物種の現状」が出版された。

“絶滅の危機にある”という判定には一定の基準がある。IUCNでは4つの基準を定めている。即ち、①近年急激に個体数が減少。②分布域が狭く、その上近年断片化または縮小された。③個体数がもともと少ない上にさらに減少の傾向を辿っている。④個体数がきわめ

て少なく、個体群に復元力がない。このうちの単独または組み合わせで指定することとされている。

絶滅の確率がどれくらいあるかは、個体群にどれだけ「活性」があるかを調べる必要がある。「活性」(viability)は個体群のもつ増殖力、こどもの生存率とその個体群がどれ位の大きさの部分に分かれて拡がっているか、その分断状況はどうか、などを組み合わせて一定の指数として出して判断する。IUCNの判断の方法を概念的に図4に示した。この図を主にしてIUCNでは絶滅の危険にある種を5段階(カテゴリー)に分けている。即ち、

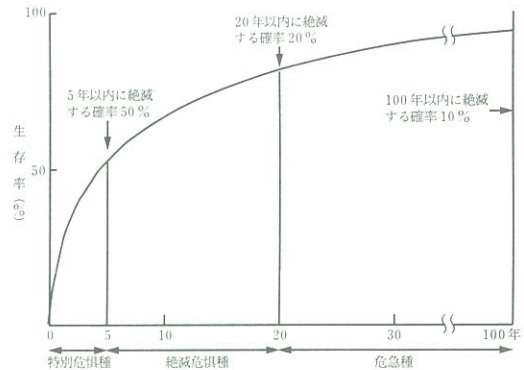


図4. IUCNによる絶滅のおそれのある種の分類。放置された場合に絶滅する確率をもとにしている (橘川, 1995)

①絶滅種 (Ex) : 過去50年間にわたり野生状態で確認できなかった種。つまり絶滅種。

②絶滅危惧種 (E) : 致命的な要因が今後も作用し続ければ存続が覚束ない分類単位(種と亜種を指す)。個体数が危険レベル、ハビタートが激減したため危機にある分類単位も入る。既に絶滅したかも知れないが、過去50年間に野生状態で確認されたこともある分類単位も含む。

③危急種 (V) : 致命的な要因が作用し続ければ (E) に移行するとみられる分類単位。さらにそれは、1) 過度の収穫、広範囲のハビ

タート破壊, その他の環境破壊で個体群の全体または大半が減少しつつある分類単位, 2) 個体数が著しく減少し, その安全性が確保できないでいる分類単位, 3) 個体数は豊富であるが, ハビタート全体にわたり厳しいマイナス要因による脅威に晒されている分類単位に分けられる。

④希少種 (R) : 危険に晒され, 世界全体の個体数が少ない分類単位。VやEの種が救済活動で回復し始めたが, まだ他の基準には入れ難い場合の暫定位置。この様な種は限られた生息地にいるか, 広範囲に疎に分布している。

⑤未確認種 (I) : 上述の何れかに入るが, どれに該当するか判断するに十分な情報がない分類単位。

そして, 植物を 19078, 魚類を 343, 両生類を 50, 爬虫類を 170, 無脊椎動物を 1355, 鳥類を 1037, 哺乳類を 497種あげている。図

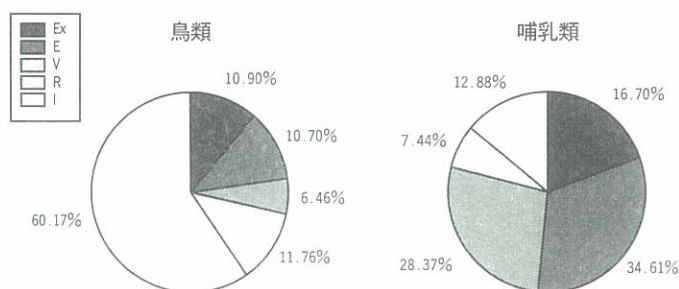


図5 絶滅の恐れがある世界の動物の種類

5に鳥類と哺乳類について各カテゴリーの配分図を示した。哺乳類の方が鳥類に較べてExやE, つまり危ないカテゴリー, に属する種が多いように思われるが, 鳥類では未確認種 (I) が多いので, まだ危険率が増す心配がある。いま, レッドデータとしてあげられた種類を絶滅の恐れがある種数として数え, その分類群に属する全種数との比率をとって絶滅危険率として計算すると, 魚類で 1.8, 両生類で

1.2, 爬虫類で 2.7, 鳥類で 11.3, 哺乳類で 11.9%となる。やはり, 鳥類, 哺乳類がとびぬけて危険率が高い。

日本版レッドデータブックではIUCNのカテゴリーの他に「特に保護に留意すべき地域個体群」Lpが取り上げられた。表2に我が国での選択結果を示した。種類全体の24%もが何等かの絶滅の危険に瀕していることはまことに恐ろしいことである。また, 哺乳類の1/3もが危ないのは, 里山や島嶼の環境破壊の反映であろう。しかし, それにもまして注目すべきは両生類と淡水魚類の危機的状況である。人々の注目をあまり浴びないうちに, ひっそりと絶滅する危険性はこれらの動物群に最も多い。福岡県からはタガメが絶滅したとされているが, この昆虫もまさにいつの間にかいなくなったのである。私は1996年の現在でトノサマガエルが県内から消滅したのではないかと心配している。

IUCNでは生物多様性を保護するために生物圏保存地域の生物資源を遺伝子, 種, 景観と規定し, 三段階で保存すること。その資源を社会文化的にまた生態学的に持続可能な形で開発して, 経済行為を成立させること。自然保護と持続可能な開発に関

する教育や研究を支援することとしている。

近年, 地域生態系の持続可能な保全と造成, 共有財産としての景観の保護育成を目指して景観生態学という新しい学問分野が国際的に注目をあびている (中越ほか, 1995)。わが国ではまだ広島大学の中越博士を中心とする小さなグループであり, 都市と農村を主な対象とする研究が行われているのみであるが, いずれ自然環境をも含めたランドスケ-



表2. 日本の絶滅のおそれのある野生生物（脊椎動物編）（環境庁，1991）

区 分	日本産の 既知の種 ／亜種	レッドデータブック掲載種（亜種を含む）の数					
		絶滅種 (EX)	絶 滅 危惧種 (E)	危急種 (V)	希少種 (R)	地 域 個体群 (Lp)	合 計
哺乳類	188	5	3	11	36	13	68
鳥 類	665	13	27	27	65	0	132
爬虫類	87	0	1	2	13	0	16
両生類	59	0	2	4	8	5	19
淡水魚類	200	2	16	6	17	7	48
小 計	1,199	20	49	50	139	25	283

ブまで課題が拡大して行くであろうことが予想される。景観の主たる担い手は自然度の高いところではとくに生物の多様性であり、適切なランドスケープ計画なしには多様性も保全できないことは明らかである。したがって、生物多様性の保全のためにはまず第一に生物の生息環境の保全であり、それと同時に種の個体群の保全がなされねばならない。この二つが充分になされていれば、多様性の他の項目も自動的に保全されて行くであろう。

この小論では生物多様性とは何かについて

のべてきた。少々堅い文章で、教科書的になってしまったが、これから生物多様性の保全を行政などに生かすうえでの資料として頂ければ幸いである。

追記：最近鷲谷・矢原によって「保全生態学入門」という本が出版された（1996：文一総合出版）。この中にIUCNのレッドデータブックやリストのための新しいカテゴリーが示されている。わが国ではまだ採用されていないが、これから新カテゴリーの検討がなされると思う。この本も併せて読むことを推奨する。

#### 引用文献

- 伊藤嘉昭・山村則男・嶋田正和 動物生態学 蒼樹書房，東京，1992
- Begon, M. J. L. Harper & C. R. Townsend Ecology: Individuals, Populations and Communities.
- Blackwell Scientific Publ., Oxford. 1986  
ジェフリー・A・マクリーニー／ケントン・R・ミラー／ウォルター・V・リー／ラッセル・A・ミッターマイヤー／ティモシー・B・ワーナー（池田周平・吉田正人訳）世界の生物の多様性

を守る，日本自然保護協会，1991

- 橘川次郎 なぜたくさんの生物がいるのか？ シリーズ「地球を丸ごと考える」8，岩波書店，1995
- 中越信和編著 景観のランドデザイン 共立出版，東京，1995
- 田川日出夫 植物の生態（基礎生物学シリーズ12）共立出版，東京，1982
- Wilson, E. O. : The Diversity of Life. The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, MAS. 1992