

13 生態系

13-1 前提	.....	13- 1 ページ
13-2 予備調査	.....	13- 2 ページ
13-3 スコーピング	.....	13- 4 ページ
13-4 調査	.....	13- 5 ページ
13-5 予測	.....	13-13 ページ
13-6 環境保全措置	.....	13-15 ページ
13-7 評価	.....	13-16 ページ
13-8 事後調査	.....	13-17 ページ

13 生態系

13-1 前提

(1) 考え方

自然環境については、水象、地形・地質、植物、動物、景観等の環境要素で扱ってきた。しかし、このような個別の環境要素で実施する環境影響評価には限界があり、生物種においては、貴重性の観点を中心となるとともに、個々の種の検討だけにとどまることが多く、生態系の視点に基づいた考察には至りにくかった。

生態系とは、ある地域内の全ての生物と非生物的環境を含んだもので、物質循環やエネルギー流に基づいてとらえたひとつの機能系である。したがって、生態系を保全するためには、そこに生息する生物群集の種構成だけでなく、生物量や生産性、生物の生存率や死亡率、さらには生物間の相互関係や、生物群集と非生物的環境との相互関係についてもできるだけ多くの情報を総合化することが望ましい。

本県の自然環境をみると、県土の約8割が森林であり、複雑な地形・地質、変化に富んだ気候条件、低山帯から高山帯までの標高差があり、貴重な動植物の宝庫であると同時に、多様な生物群集を有する生態系がつけられている。生態系のバランスは、多様な生物の働きによって成り立っているため、個々の種の保全だけではなく、野生生物の生育・生息環境をできる限り保全する必要がある。

このような背景から、生態系の環境影響評価においては、次の2点に留意することが特に重要である。

第一に、生物間の相互関係だけでなく、非生物的環境（生育・生息環境）との関係性にも注目する。植物、動物の環境要素では、主に単独の種に着目し、植物、動物を分けてとらえてきた。これに対し、生態系では生物間の相互関係、さらに、地形・地質や水象等の非生物的環境との相互関係にも着目する。すなわち、動植物を中心とした自然環境の総合評価的な意味を有する。

例えば、昆虫と食草の関係、両生類とその産卵場所である池などの非生物的環境との関係など、それぞれ別々の環境要素として調査、予測及び評価の対象となっていたものをここではその関係性に着目して対象としていく。そのため、動物、植物など、それぞれの環境要素の調査においても、生態系としての予測、評価を念頭に置き、その内容を定める必要がある。

このようなことから、調査の結果、新たに生物間の相互関係や、非生物的環境との関係性について着目すべき対象が現れた場合は、必要に応じて補足調査を行う可能性もある。

第二に、貴重な自然の保全だけでなく、地域を代表する自然の保全の観点を重視する。従来の植物、動物では、学術的観点や希少性などから貴重な自然に主に着目してきた。生態系では、貴重な自然のみでなく、地域の典型的な自然の保全や生物多様性の保全に着目する。

しかし、生態系は、極めて複雑なものであり、現時点では、生態系全体への影響の予測評価を行うための知見は十分ではない。したがって、環境影響評価における生態系では、生態系そのものを解明するという考え方ではなく、生態系的観点から調査、

予測及び評価を行うという考え方をとるものである。

なお、環境影響評価法では、生態系の基本的考え方として、「地域を特徴づける生態系に関し、植物及び動物の調査結果等により概括的に把握される生態系の特性に応じて、生態系の上位に位置するという上位性、当該生態系の特徴をよく表すという典型性及び特殊な環境等を指標するという特殊性の視点から、注目される生物種等を複数選び、これらの生態、他の生物種との相互関係及び生息・生育環境の状態を調査し、これらに対する影響の程度を把握する方法その他の適切に生態系への影響を把握する方法による。」という手法が示されている。ただし、これもあくまで手法の一例として示されたものであり、今後さらに手法の確立を図っていこうとするものである。

(2) 環境要素

生態系の環境要素としては、構造と相互関係の2つがあるが、これらは密接不可分のものであり、両者は併せて取り扱う。

環境要素		内容、観点
生態系	構造	<ul style="list-style-type: none"> 地域の生態系が、どのような環境単位から成り立っており、個々の環境単位の構成種や立地等の構造がどうなっているかをとらえるもの。 いわば、地域の生態系を小さな単位に区分するものであり、個々の環境単位や環境単位の構成の事業実施による変化を対象とする。
	相互関係	<ul style="list-style-type: none"> 生物間の相互関係、非生物的環境との関係、環境単位間の相互関係、外周の生態系との相互関係等がどうなっているかをとらえるもの。 事業によりその関係がどう変化するかを対象とする。

環境単位：生態系の構造や相互関係を把握するために、水象、地形、土壌、植生等の既存文献や調査結果をもとに類型区分された単位。

指標種：生態系の構造や相互関係について影響予測をより詳細に行うために抽出する動植物種。

13-2 予備調査

(1) 予備調査の目的

予備調査の目的は、地域の生態系をどのような観点から把握していくか及び調査、予測及び評価の手法（環境保全措置の方針を含む）を検討するために必要な情報を得ることにある。

そのためには、気象、水象、地象、動植物の状況等から、地域の自然環境が総合的に見てどのような特徴を持っているかについて把握する必要がある。

(2) 予備調査の項目

既存文献等において、必ずしも生態系の観点からまとめられた資料が存在するわけではないが、生態系の項目選定や調査、予測及び評価の手法の検討を行う上での背景となる認識を方法書の段階から明らかにしておく必要があることから、「自然環境の総合的な状況」という項目を掲げて、その特性を記載することとする。このため、②以下の関連調査項目について、生態系の観点から必要な情報を把握する。

予備調査項目	調査内容
①自然環境の総合的な状況	<ul style="list-style-type: none"> ・気象、水象、地象、動植物等の状況を踏まえた自然環境の状況の総合的な特性 ・自然性あるいは人為との関わりの程度、特徴づけるような立地環境・種・種群等に留意
②気象、水象、地象の状況	<ul style="list-style-type: none"> ・生態系の基盤としての特性、特徴的な立地環境等
③動植物の状況	<ul style="list-style-type: none"> ・動物相、植物相の特徴、自然性や多様性の観点から見た特性、最も普通に見られる種・個体群、特徴的な種・個体群等
④法令による指定及び規制等の状況	<ul style="list-style-type: none"> ・自然公園、自然環境保全地域等の自然環境の保全を目的とした地域の指定状況 ・その他県及び市町村の環境基本計画等における自然環境保全の目標、当該地域の位置付け等
⑤その他	<ul style="list-style-type: none"> ・自然環境に影響を与えていると想定される人口、産業、土地利用等 ・将来の自然環境に影響を与えると想定される開発動向等

(3) 予備調査の範囲

予備調査の範囲は、基本的に動植物に係る予備調査の範囲と合わせることで、対象事業実施（想定）区域を含む10～20km四方程度の範囲を目安として、地形等の他の環境要素との一体性を考慮して設定する。

(4) 予備調査の方法

予備調査の方法は、既存文献等を基本とし、必要に応じ専門家等の聞き取り、現地確認を行う。

予備調査項目	調査方法
①自然環境の総合的な状況	<ul style="list-style-type: none"> ・気象、水象、地象、動植物等の予備調査結果に基づき把握。必要に応じ専門家等の聞き取り ・対象事業実施（想定）区域の状況については、既存文献等から広域的な状況を把握した上で、必要に応じ対象事業実施（想定）区域の植生や土地利用その他の現地確認、専門家等の聞き取りにより、その特性を推定
②気象、水象、地象の状況	<ul style="list-style-type: none"> ・既存文献等の収集、整理
③動植物の状況	<ul style="list-style-type: none"> ・既存文献等の収集、整理 ・必要に応じ現地確認、専門家等の聞き取り
④法令による指定及び規制等の状況	<ul style="list-style-type: none"> ・県、市町村資料の収集、整理
⑤その他	<ul style="list-style-type: none"> ・都市計画図、その他市町村資料等の収集、整理 ・開発動向については、市町村の聞き取り

(5) 予備調査結果のとりまとめ

- 自然環境の総合的な状況の記述内容及び作成図表例
 - 1 対象事業実施（想定）区域周辺の自然環境の総合的な状況
 - ・当該地域における自然環境の総合的な特性を記述
 - 2 対象事業実施（想定）区域の自然環境の総合的な状況
 - ・植生、土地利用等からみた対象事業実施（想定）区域の自然環境の総合的な状況の推定
 - 3 生態系保全上の留意点
 - ・上記の内容及び関連する②から⑤の内容を勘案し、対象事業実施（想定）区域及びその周辺における生態系を保全する上での留意点を記述（②から⑤の関連事項のうち、

生態系に係る内容については概要を記述)

13-3 スコーピング

考え方

<植物・動物との関連づけ>

- ・ 生態系は、動植物等を含む自然環境を総合的にとらえるという視点から実施する項目であるため、基本的に植物、動物の項目選定と関連づけることとし、無植生地（人為裸地、人工面等）において実施する事業以外は対象とすることを原則とする。

<着目する観点や具体的な対象の明確化>

- ・ 生態系は、階層性・地域性・歴史性を有する非常に複雑なものである。したがって、あらゆる地域の生態系、あるいは生態系を構成する全ての生物や非生物的環境を対象とした調査や予測は不可能である。
- ・ そこで、環境影響評価を行うに当たって、着目する観点や主な対象を決めていく必要がある。また、方法書の作成段階での手続を有意義なものにするためにも、この段階で、できる限り着目する観点や具体的な対象を明らかにしておくことが重要である。
- ・ なお、生態系の「構造」に関する調査は、着目する観点を明らかにするための調査でもあり、その結果等に基づき、必要に応じて着目する観点や具体的な対象を変更していくべきである。
- ・ また、着目する観点や具体的な対象の選定については、必要に応じて専門家の意見を聴くことも大切である。

【具体的な対象の例】

- ▷ ミズナラ林等を中心とした森林の生態系、溪流の生態系、湿地を中心とした生態系、ススキ等の草地の生態系 等（環境条件の均質性に着目）
- ▷ 農地・斜面林一体の谷の生態系、丘陵部の森林の生態系、周辺の山地から連続するより広域の生態系 等（生息空間としてのまとまりに着目。重層性、階層性の視点から、対象事業実施区域の中で完結する小規模なまとまり、隣接地との連続性による中程度のまとまり、より広域のまとまりといった点に着目）
- ▷ オオタカを頂点とする生態系、ホタルを指標とした水辺の生態系、繁殖鳥類を指標とした森林生態系、〇〇池の生態系 等（指標とする種、種群、又は生息地に着目）
- ・ 一方、事業特性では、小規模な事業や道路の建設などの線状の事業では、一般的に生態系に関する調査・予測も、また環境保全措置の検討も、事業実施区域内だけでは論じられない場合が多い。したがって、これらの事業においては、周辺環境との関係、動物の移動経路などの連続性の確保といった点に特に着目した生態系のとらえ方が必要となる。

<重点化項目、簡略化項目の明確化>

- ・ 重点化、簡略化については、生態系という環境要素そのものを重点化又は簡略化して記述するという方法と、上記で述べた個々の生態系の特性に対して具体的な対象等の重点化、簡略化という方法がある。
- ・ どのように重点化、簡略化を行うかについては、予備調査結果に基づく自然環境の

総合的な状況により判断すべきところが大きい。その際、複数の地域間での比較、あるいは周辺地域との比較においては、多様度指数や類似度指数などの統計的手法等を用いて、生物群集の構成要素や構造を生物多様性の保全の観点から判断することが望ましい。

- ・ 一般に都市地域においては簡略化項目とすることができる。
- ・ 一方、自然性が高い地域においては、その環境の指標となるような注目すべき動植物種や注目すべき植物群落等が存続できるかどうかを適切に評価することが不可欠である。また、二次林や植林地、二次草原、中・低層湿原等の田園から里山にかけての環境については、地域の典型的な自然や伝統的生業と共存してきた動植物の生息・生育環境の維持が特に重要である。
- ・ したがって、このような自然性の高い地域や里山地域においては生物多様性の保全という観点から重点化について検討する必要がある。
- ・ なお、生態系についてどのような重点化、簡略化を行うかということは、事業実施に当たってどのような観点から生態系の保全を図っていこうとしているのかについての、事業者の考え方を明らかにするものである。

環境要素	選定に際しての考え方	概略の影響検討の要点
構造	・ 植物、動物の選定と関連づけることとし、原則として、無植生地以外ではすべて選定	・ 里山地域等では重点化について検討を行う。 ・ 都市地域、管理草地や集約的利用がなされている農地等の人的な管理が強いところでは簡略化について検討を行う。
相互関係		

13-4 調査

(1) 調査の内容

(技術指針 別表第3)
<p>1 構造 対象事業実施区域及びその周辺区域を構成する生態系を一定の環境単位に区分して類型化する等により構造を推測するとともに、環境単位の構造（主な構成種、立地、大きさ又は遷移の状況等）を推測する。</p> <p>2 相互関係 対象事業実施区域及びその周辺区域における生態系の構成種、個体群、生物群集、類型化した環境単位又はその区域を構成する生態系間の相互関係を推測するとともに、その生態系と外周の生態系との相互関係についても推測する。</p> <p>3 指標種 対象事業実施区域及びその周辺区域における生態系を特徴づける指標種等を抽出し、その状況を把握する。</p>

(2) 調査の方法

(技術指針 別表第3)
<p>(構造) 地形・地質、水象、植物及び動物等の調査結果に基づき、既存文献等を参考に、一定の環境単位を類型化する等により、生態系の構造を推測するとともに、環境単位の構造を推測する方法等とする。</p> <p>(相互関係) 地形・地質、水象、植物及び動物等の調査結果に基づき、既存文献等を参考に、相互関係を推測する方法等とする。</p> <p>(指標種)</p>

既存文献等又は聞き取りにより、地域の生態系を特徴づける指標種等を抽出し、植物又は動物等の調査結果の解析及び現地調査によりその現状を確認する方法等とする。

<調査の考え方全般について>

- ・ 構造や相互関係については、地形・地質、水象、植物及び動物等の調査結果を用い、これを解析することによる。
- ・ 指標種に関しては、植物及び動物の調査結果について解析するだけでは、予測・評価を実施する上で十分な情報が把握されない場合も想定される。そのため、調査の手戻りを防ぐために、動植物の調査の際に、生態系における指標種もその対象に加えて調査を実施する等の検討を行う。

<構造>

- ・ 構造に関する調査は、当該地域がどのような環境単位から成り立っているか、各環境単位はどのような特性を有しているのかを把握するもので、事業による生態系への直接的影響を概略的に把握するための材料となるとともに、相互関係の解析や相互関係の変化の予測等のための指標種等の選定を論理的に行うための基礎となるものである。
- ・ 構造に関する調査は、①環境単位の区分、②環境単位ごとの構造の把握の2段階に分かれる。
- ・ ①及び②の結果から、必要に応じ、環境単位の類型化、典型性や多様性等の観点からの環境単位の評価、環境単位の特性の明確化、環境単位の保全の方針等を検討する。

① 環境単位の区分

【基本的な考え方】

- ・ 生態系を考えるに当たっての環境単位を区分するには、動植物の生育・生息環境として重要な意味を持つ環境条件に着目することが必要である。一般的には以下の要素の組み合わせにより区分することが考えられるが、調査地域の特性により、適切な要素を選定する。
 - ▷ 水象（水域（河川、湖沼）、地下水位、流域区分等：水象において作成）
 - ▷ 地形（地形分類：地形・地質において作成）
 - ▷ 土壌（土壌分類：植物において作成）
 - ▷ 植生（現存植生：植物において作成）
- ・ 上記の要素のうち、水域は、他の要素とは重ならず独立するため、若干位置付けが異なる。
- ・ 生態系としても、水域については別途とらえる方がわかりやすいと考えられる。その上で、河川であれば、必要に応じ河床勾配、河川形態等で細区分する。
- ・ 一方、陸域においては、必要に応じ地下水位を補完的な要素として加えることが考えられる。
- ・ このような生育・生息環境を区分する概念は、景観生態学で用いられる景観要素の概念で表現可能である。その中では、地形や土壌、大気等の非生物的環境はフィジोटープと呼ばれ、これに生物要素（ビオトープ）を重ねあわせて得られた空間単位はエコトープと呼ばれる。
- ・ このような区分に当たって、動物に関する情報は、面的な情報の作成が困難である

ため、環境単位を区分した後に、②の環境単位ごとの構造の把握において、対応関係を整理する。

【環境単位の大きさの考え方】

- ・ 実際に環境単位の区分を行うとすれば、環境単位をどの程度の大きさで区分していくかが大きな問題となる。生態系は階層性があり、数m²程度の小空間やさらに微小な空間から、数十～数百 km²にわたる大空間まで様々である。これは、どのような観点に着目するかによって異なり、それに応じ系としての構造や機能がどの程度その空間内に備わっているかが変わってくる。
- ・ 環境単位の大きさは、生態系の構造や相互関係を把握するために適切な規模となるように留意する。予備調査の結果によっては、環境単位の区分について見直す。
- ・ 環境単位の大きさの設定に応じ、作業量が大きく異なるとともに、その結果の取扱いや環境保全措置の考え方も変わってくるため、どのような環境保全措置が可能かによって区分の方法を変えるということも考えられる。
- ・ 環境単位を小さくとした場合には、生態系の構造の再現性に正確を期するために全体として膨大な動植物の調査を実施するか、正確さを犠牲にして経験的に推測することとなる。
- ・ 逆に、環境単位を大きくとした場合には、大きな環境単位に内包される小規模で特異な生態系とそれに係る相互関係が再現できない可能性がある。
- ・ そのため、地域特性を十分に検討し、大小を組み合わせる等の方法により、特殊な立地環境を有する小生息場所や微小生息場所など、小規模であっても重要な環境が見落とされないように、適切に区分する必要がある。

【環境単位の区分の手法】

- ・ 以下に、環境単位の区分について3つの方法を例示した。実務的には、イ又はウの手法により1～10ha程度の大きさを目安に、調査地域内を10～30程度の環境単位に区分する方法が調査を実施しやすいと考えられる。
- ・ アの区分は、現存する環境単位の種類をすべて最低1箇所保全するといった保全方針を立てる場合に活用できる。
- ・ イの区分は、実際には地形分類や植生等の個々の条件にどのような類型化を行って重ね合わせるかが難しい点であり、動植物の調査を実施しつつ、経験的に区分することとなる。特に植生はモザイク状に入り組んでいることが多いことから、群落の凡例をまとめて類型化するか、植物群落の組み合わせのパターンで地域的にまとめていくかで区分された環境単位の意味がアに近いものとうに近いものに分かれる。

参考

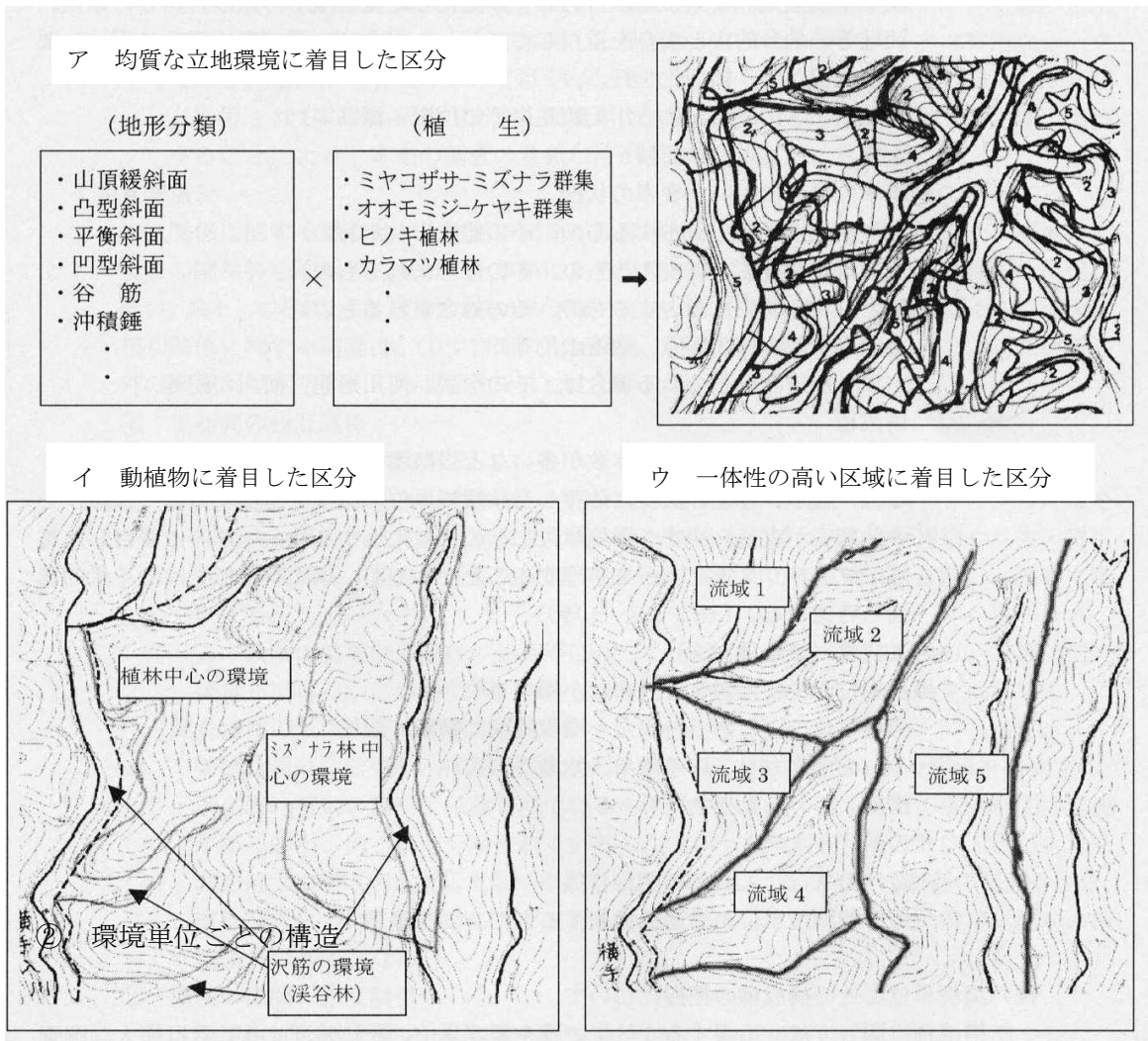
環境単位の区分の手法

環境単位区分の例	区分の手法	サイズ、数	展開の方法
区分の意味			
ア 均質な立地環境に着目した区分	・ 地形分類、土壌分類、植物群落、水	・ 区分は非常に細かく(サイズは数mか	・ 環境単位の多様性を保全するといった考え方

<p>複数の環境要素がその内部において均質である空間を区分</p>	<p>域の区分を重ね合わせる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・図上のずれ等から生じる区分のみを整理する。 	<p>ら数 10 m 四方程度)、作業量も膨大となる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・数も数十から百を超える。 	<p>に立つ場合有効</p> <ul style="list-style-type: none"> ・最小単位として意味を持つ。 ・動物の構成種を対応づけるのは困難
<p>イ 動植物に着目した区分</p> <p>動植物の生育・生息空間としてのある程度まとまりを考慮した空間区分</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・動植物の生息・生育条件として、個々の図の凡例をある程度類型化した上で重ね合わせる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・類型化の程度により様々な大きさと数が可能であり、最終的な区分の大きさや数を想定した類型化を行う。 ・右のような展開を想定するなら、サイズは 1～10ha 程度 	<ul style="list-style-type: none"> ・区分ごとに、種の多様性や種構成の典型性その他により比較し、多様な類型の保全、同類型が多数ある場合は多様性等の高いものの保全を図る等 ・ある程度、現地調査結果に基づく構造の整理等が可能
<p>ウ 一体性の高い区域に着目した区分</p> <p>多様な環境を含む一体性の高い区域(異質の小環境単位が複数集まり、一体性をもった空間単位)に区分</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・地形、土壌、植生等に留意しつつ、基本的に小流域等の地形的なまとまりで区分する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・流域区分の細かさは様々にとれる。 ・ただし、右のような展開を考えるとサイズは 10ha 前後、数は 10～20 程度 	<ul style="list-style-type: none"> ・各環境単位の構成種、多様性等を比較し、最も良好なところや典型的なところを、小流域等の単位で保全する場合に有効 ・動物の構成種の対応づけがある程度可能 ・環境保全措置等の検討にあたって、さらに細分化することは困難

参考

環境単位区分のイメージ



- ・ 環境単位ごとの構造は、区分した環境単位ごとに、以下の項目を整理することによって把握する。なお、この場合、前述のイ又はウ等のある程度の広がりを持った環境単位で区分した場合を想定している。
- ・ これらの整理は、基本的に、地形・地質、水象、植物及び動物の調査結果を用いて行う。
- ・ 対象とする動物は、繁殖鳥類等の環境単位ごとの環境特性の指標となる可能性の高い種を選定する。また、環境単位内に想定される小環境単位（例えば小規模な湿性地等）がある場合、その小環境単位の指標となる可能性の高い種についても対象として留意する。

【環境単位の構造把握のために整理すべき項目の例】

- ・ 基礎的指標
 - ▷ 環境単位類型（要素の組み合わせで類型化した場合はその組み合わせの類型）
 - ▷ 立地（〇〇山東麓、△△川上流左岸等の位置、標高等）
 - ▷ 大きさ（環境単位の面積）
- ・ 環境単位区分に用いた要素の状況
 - ▷ 水象（水域の存在形態、地下水位等）
 - （水域を別途区分している場合は、その形状、河川形態、河川勾配等）
 - ▷ 地形（地形分類：優占するもの、その他含まれるもの）
 - ▷ 土壌（土壌分類：優占するもの、その他含まれるもの）
 - ▷ 植生（現存植生：優占するもの、その他含まれるもの）
- ・ 構成種
 - ▷ 植物種（被度が高い・個体数が多いなど当該環境単位の生態系において典型的な種・植物群落、特定の環境に依存し当該環境単位の環境を指標する種・植物群落、その他調査が実施しやすく環境単位ごとの比較に適する種・植物群落等に着目した整理。単に有、無ではなく量的側面も考慮して整理する。（+++， ++， +等））
 - ▷ 動物種（植物種に同じ）
- ・ 環境単位の中にある特異な小環境単位
 - ▷ 環境単位の中にある特異な小環境単位の種類、規模
 - ▷ これを成立させている地象、水象等の条件
 - ▷ 構成している動植物種等
- ・ その他
 - ▷ 遷移の状況、人為との関わり等
 - ▷ その他環境単位の構造を把握する上で有効な事項

注) 環境単位ごとの構成種の把握について

- ・ 構成種に関しては、出現するすべての種を環境単位ごとに整理することは膨大な調査や作業を要し現実的でないことから、環境単位の構造を把握する上で適する種を選んで整理する必要がある。
- ・ また、植物、動物の調査結果を環境単位ごとに対応づけるためには、予め環境単位

に対応する調査を計画、実施しておくか、調査結果を後で環境単位ごとに整理できるような位置情報を記録しておく必要がある。

- 一般的に、植物や動物の調査では、個々の種がどこに分布しているかまで調査を行うのは、貴重種についてのみである。しかし、生態系では、貴重種のデータのみを用いるのでは本来の趣旨からはずれる。
- そこで、予め生態系把握のための種又は種群を抽出しておき、それらの分布調査を実施するか、予め想定した環境単位ごとにセンサスルートの設定やトラップの設置を行って調査を実施するといったことが必要となる。植物については、植生調査の結果を整理して活用することができるが、動物については、予め調査時に環境単位との対応を考えておくことが必要である。
- さらに、構成種の整理に当たっては、出現する種のリストアップだけでは環境単位の特性を十分把握できない可能性が高いため、種又は分類群ごとの構成比等の比較的定量的なデータを組み込んでいくことが重要である。その意味で、植生調査の結果、鳥類等のラインセンサス法やチョウ類のトランセクト法による調査結果は有用なデータである。

<相互関係>

- 相互関係に関する調査は、①生物間の相互関係、②環境単位間の相互関係、③外周の生態系（調査地域の外の生態系）との相互関係等を把握するもので、事業による環境単位の直接的改変その他物理的な変化に伴い、生態系としてどのような影響があるかを予測するために必要な条件を整理するものである。

① 生物間の相互関係

【一般的な生物間の相互関係の整理】

- 環境単位の構成種として整理した種、その他動植物相調査でリストアップした種をもとに、既存の知見や現地調査で得られた情報等に基づき、食物連鎖や共生・寄生等の扶助関係、競合や緩衝関係等、生物間の相互関係を推測し、図等に整理する。
- この段階の整理は、既存の知見等に基づく一般的な関係の整理であり、実際に何を採食しているかについてデータをとった上で整理するといったものではない。

【調査地域の個体群間等の相互関係の整理】

- 動植物調査の結果から、調査地域における個体群等の相互関係を推測する。
- 例えば、複数の箇所で確認されている個体群については、それぞれの個体群間に交流があるのか、あるいは分断されているのかといった検討を行ったり、広い生息空間を持つ生物（例えば猛禽類や中大型哺乳類等）については、行動圏の範囲や区分、重なり等について推定しておくことも必要である。これらは、次の環境単位間の相互関係の基礎となる。

② 環境単位間の相互関係

- 環境単位の構成種や、個体群の行動圏等から、環境単位間の相互関係を推測する。
- 特に、生活史に応じて異なる環境単位を利用する種の存在、個々の環境単位を超えた広い生息空間を有する個体又は個体群の行動圏といったことに留意し、区分した環境単位より広い空間単位のまとまりや、相互に密接な関係にある環境単位等を明らか

にする。

③ 外周の生態系（調査地域の外の生態系）との相互関係

- ・ 調査地域内では完結しない広い生息空間を有する生物の生息状況に着目し、調査範囲を越えたより広域の生態系との相互関係を整理する。
- ・ 特に、大型哺乳類、猛禽類、渡り鳥等に注目する場合、周辺環境との連続性等（どの範囲を利用しているか、移動経路はどこか、森林等が物理的にどのように連続しているか等）が重要である。また、市街地や田園地域では、生息環境が既に相当程度人為影響を受けており、主な生息空間と移動経路等の緑地の連続性に特に留意する必要がある。
- ・ また、森林等が物理的に連続していない場合であっても、生物の利用の面から関係性をとらえておく必要がある場合もあるので留意する。

<指標種>

- ・ 構造に関する調査において、地域の生態系をとらえる上で重要な環境単位（又は内包される小環境単位）、あるいは相互関係の調査において地域の生態系をとらえる上で重要な相互関係については、影響予測をより詳細に行うために、指標種等を抽出し、その指標種等を中心に生物間の相互関係、生息・生育環境との相互関係を解析する。
- ・ したがって、指標種の調査は、生態系を重点化して予測するためのものである。
- ・ 指標種の調査は、①指標種等の抽出、②指標種等を中心とした生態系の調査の2段階に分けられる。

① 指標種等の抽出

【抽出の観点】

- ・ 構造と相互関係の結果を踏まえ、地域の生態系の特性を効率的かつ効果的に把握する上で適切な指標種等を抽出する。
- ・ 指標種等とあるのは、単独の種だけではなく、カエル類といった分類群や種群に着目したり、池などの生息場所とそこに生息する生物群集に着目するといったことが想定されるためである。
- ・ 生態系の上位性、典型性、特殊性等の観点から、複数抽出することが望ましいが、これらはあくまで抽出の観点であって、明確に定義あるいは区分されるものではない。また、必ず3つの観点から抽出しなければならないというものでもなく、対象地域の生態系の把握のために柔軟に抽出する。
- ・ その際、小規模な生育・生息環境（湿地、ため池など）から、対象事業実施区域のみならず周辺地域を含む広域を生育・生息環境とする動植物種まで、生態系の階層性を考慮する。
- ・ 植物、動物の注目すべき種と生態系における指標種が重複する場合は効率的な調査を実施することも可能であるが、あくまでも、生態系の把握を目的としてバランスのとれた抽出を行う必要がある。

上位性：生態系において栄養段階の上位に位置する種。その種の存続を保障すること

が、おのずと多数の種の存続を確保することを意味するもの。

典型性：当該地域の生態系の特徴をよく表す種。個体数の多い又は被度の高い植物種、個体数の多い動物種に特に着目する。

特殊性：特異な立地環境を指標する種、生活の重要部分を他の生物に依存する種等。

【指標種等の抽出方法】

- ・ 上位性の観点からは、相互関係で整理した食物連鎖の上位にある種のうちから、地域の生態系の特性をとらえる上で適切であり、当該種又は餌生物の調査が比較的容易であるものを抽出する。また、必要に応じ陸域と水域に分けて抽出する。
- ・ ため池などの小規模な環境単位では、その内部での食物連鎖にも考慮する。したがって、哺乳類、猛禽類などの広域な行動圏をもつ大型の脊椎動物以外に、爬虫類、魚類などの小型脊椎動物や昆虫類などの無脊椎動物も上位種の対象となる場合がある。

例 猛禽類（イヌワシ、クマタカ、オオタカ、フクロウ等）

魚食性の鳥類（カワセミ、カイツブリ等）

爬虫類（森林や里山におけるアオダイショウ、ヤマカガシ等）

魚類（河川におけるイワナ、ヤマメ等）

昆虫類（ため池におけるタガメ等）

- ・ 典型性の観点からは、環境単位の構造等を踏まえ、主要な環境条件の指標として適切な種、分類群、植物群落等を抽出する。
- ・ 植物種については、個体数や被度のほか、対象地域の遷移の状況、他の動植物種の生息・生育環境の形成といった観点も考慮する。

例 タヌキ、森林性鳥類群集、溪流魚（イワナ等）

ブナ林、コナラ林等

トンボ類、カエル類、ホタル類等

- ・ 特殊性の観点からは、環境単位の構造（特に内包される小環境単位等）の状況、相互関係における特殊な生物間の相互関係等を踏まえ、特殊な環境条件に依存する種又は特殊な環境条件を呈している生育・生息場所、その他当該地域の生態系の特殊性を形成している種等を抽出する。
- ・ 特殊な環境条件とは、湧水、湿地、洞窟、石灰岩地域など、比較的小規模なもので、他の地域に頻繁にみられないものことである。

例 ハコネサンショウウオ、ハッチョウトンボ等

湧水起源の限られた水域に生育するホトケドジョウ等

洞窟性のコウモリ類、甲虫類等

石灰岩地植生、蛇紋岩地植生など特殊な立地に生育する植物種等

摂食などにより植生に強い影響を及ぼす哺乳類（シカ等）

【指標種等の抽出における留意点】

- ・ 抽出した指標種等が少ない場合、生活史や食性が似た指標種等を多く抽出した場合などは、それぞれ、生態系の変化の一部しか把握できない可能性、事業による影響の予測が偏ったものになる可能性があるため注意が必要である。

- ・ 上位性、特殊性の観点から指標種を絞り込む際には、その候補に動物、植物で抽出された注目種が入る可能性がある、そのためア 抽出の観点を踏まえ、調査や予測の手法も考慮しながら、バランスのとれた抽出を行うこと。

② 指標種を中心とした生態系の調査

- ・ 指標種等を用いて、指標種に代表される生態系における影響を予測するため、必要な調査を行う。
- ・ 調査は、指標種等の生態、他の生物との相互関係、指標種等及び関係する生物と生育・生息環境との相互関係について以下のとおり実施する。
- ・ この調査は、先に整理した一般的知見に基づく相互関係等の整理とは異なり、現地調査の結果に基づく把握を行うものである。
- ・ 生育・生息地の遷移状態、個体数の変動など、必要に応じて、経年変化に関する情報の収集や整理を行う。

【指標種等の生態】

- ・ 指標種等の繁殖行動、採食行動、移動経路、生活史等の生態について、一般的な知見を踏まえ、当該地域における状況について調査を実施する。

【他の生物との相互関係】

- ・ 相互関係で整理した結果を踏まえ、必要に応じ、指標種等の存続を左右する主な生物の個体数、生息・生育密度等について調査を実施する（できる限り定量的な調査を実施する）。

【指標種等及び関係する生物と生育・生息環境との相互関係】

- ・ 指標種等及び関係する生物の生育・生息環境の条件を把握する。
- ・ 必要に応じ当該地域における地形・地質、水環境（河川、湖沼、地下水の水質、水量、水温等）、微気象等、その生育・生息を規定する非生物的環境について調査を実施する。

(3) 調査地域及び地点

(技術指針 別表第3)

植物又は動物の調査地域及び地点に準じて設定する。

- ・ 調査を行う場合は、基本的に植物、動物と同一の範囲とする。

(4) 調査期間等

(技術指針 別表第3)

植物又は動物の調査期間等に準じて設定する。

- ・ 調査を実施する場合は、調査対象の生態や当該地域における生物季節等を踏まえ、専門家や地元の聞き取り等を行いつつ適切な時期を設定する。

13-5 予測

(1) 予測の内容

(技術指針 別表第3)

直接的・間接的影響による以下の項目に対する変化の程度又は消滅の有無を予測する。

- 1 構造
- 2 相互関係

(2) 予測地域及び予測地点

- ・ 予測地域は、植物、動物に準ずるものとし、原則として、直接的影響については対象事業実施区域内、間接的影響については対象事業実施区域内及び周辺区域とする。

(3) 予測対象時期等

- ・ 予測時期は、植物、動物に準ずるものとし、直接的影響については、工事の影響も含めて工事完了後の適切な時期とし、原則として工事完了時及び環境保全措置の効果等が一定時間を経て安定した時期とする。
- ・ 間接的影響については、工事中及び供用後とする。工事中は、工事による生態系への影響が最も大きくなると考えられる時期とする。供用後は、計画されている施設等が全て通常の状態稼働し、生態系が一定期間を経て安定した時期とする。なお、動物の繁殖期、渡りの時期等、特に留意を要する時期が存在する場合は、その時期も予測対象とする。
- ・ なお、工事計画において工期・工区が区分され、それぞれの工事が間隔をおいて実施される場合又は施設等の建設・供用が段階的に行われ、その間隔が長期に及ぶ場合には、必要に応じてそれぞれの工期・工区又は段階ごとに予測を行う。

(4) 予測の方法

(技術指針 別表第3)

直接的影響は、対象事業計画を重ね合わせるにより予測する。
間接的影響は、類似例又は経験則等により指標種に対する影響から推測する等の手法により予測する。

- ・ 生態系への影響は、ある意味ですべて間接的影響であるともいえる。生態系の予測は、環境単位の改変の状況や指標種への影響を予測することにより行う。

<構造>

- ・ 構造については、環境単位の直接的影響による消失、減少の程度等を予測する。
- ・ 必要に応じ、環境単位の評価ごと、類型ごとの消失等の程度、環境単位ごとの特性についての消失等の程度についても整理する。
- ・ 以下の例を参考に環境単位の改変量を整理し、影響を予測する。

例 環境単位の改変量

環境単位・類型 (指標種の生息地※)	調査地域			事業実施区域		
	現況	工事 実施後	改変量 (改変率)	現況	工事 実施後	改変量 (改変率)

※相互関係の「②指標種による予測」をする場合は、指標種の生息地・生育地について同様に整理する。

<相互関係>

① 指標種を用いない予測（予測を簡略化して行う場合）

- ・ 環境単位の消失、減少の程度等から、生物間の相互関係に著しい変化を及ぼす可能性があるか、密接な関係のある環境単位（餌場、産卵場所など）の一部又は全部が失われる等により、生物間及び環境単位間の相互関係に影響を生じるおそれがあるか等

について、類似例の解析や経験則等により定性的に予測する。

② 指標種による予測（予測を重点化して行う場合）

- ・ 直接的改変及び水環境の変化等間接的な環境の変化により、指標種等とその他の生物間の相互関係の変化、指標種等の生息・生育を規定する環境条件の変化等についてできる限り定量的に予測する。
- ・ 上位性の観点から指標種等を抽出した場合は、直接的・間接的影響による餌生物量の変化、捕食者・被捕食者のバランスの変化等を予測する。
- ・ 特殊性のうち特殊な環境条件の指標という観点から抽出した指標種等については、直接的・間接的影響による、生息・生育を規定する環境条件の変化を予測する。なお、調査において複数の環境条件が抽出できた場合、それらの相互関係、重要度等を整理しておき、その重要度等に応じた変化量を数量的に表すといった手法もある。
- ・ その他、特殊な生物間の相互関係等については、直接的・間接的影響による、指標種等の減少の程度、指標種等の生息・生育を規定する環境条件の変化の程度等を予測する。

【予測を行う際の留意事項】

- ・ 予測は科学的・技術的に可能な範囲でできる限り定量的におこなうことが求められるが、生態系に関する予測手法については、直接改変による生息・生育地の消失、個体数の減少等の場合を除いて定量的な予測は難しい。
- ・ したがって、類似事例における最新の知見の収集・整理を行うとともに、調査、予測及び評価や事後調査等の事例の積重ねにより、手法の充実を図っていく必要がある。
- ・ なお、予測にあたって類似事例や科学的な知見を引用する際には、そこで対象とされている種や環境条件についての地域的な差異を十分に理解・考慮したうえで適用する必要がある。

13-6 環境保全措置

生態系の環境保全措置については、以下のような考え方を参考に、保全の対象とする種や環境単位等の特性、地域特性及び事業特性（特に事業の敷地規模や残置する森林の面積等）に応じ、適切な手法を選択する。

- ・ 以下のような特徴を持つ重要な環境単位を保全する（改変の回避）。
 - ▷ 当該地域の環境単位として典型的である。
 - ▷ 構成種が多様である（または、構成種の遺伝的多様性が高い）。
 - ▷ 人為の影響が少なく、自然の良好な状態が保たれている。
 - ▷ 多様な小環境単位を含み、かつ、まとまりがある。 等
- ・ 現存する多様な環境単位を少なくとも1箇所ずつ保全する（改変の回避）。
- ・ 指標種等に応じて、生息環境の条件、行動圏、餌生物量その他依存・競合等の関係にある生物の量等に着目し、以下のような手法により指標種等の保全を図る（改変の回避、低減等）。
 - ▷ 指標種等の生息環境を将来にわたり維持可能な規模で保全する。
 - ▷ 指標種等の餌生物量の確保が可能な規模の緑地等を保全する。

- ▷ 指標種等の生息環境の主要な条件を明確にし、その条件に係る環境要素を保全する。
- ▷ 指標種等の生息環境として必要な一定程度の規模の緑地等と周辺環境との連続性を確保することにより保全する。
- ▷ 対象事業実施区域内のみで指標種等の生息環境の確保が困難な種等にあつては、生息環境の連続性を確保することにより保全する。 等
- ・ 影響の回避等がどうしても困難な場合の、生育・生息空間の復元・創出（代償）
- ・ その他
 - ▷ ごみ、餌付け等による、野生生物の生活習慣の変化の防止
 - ▷ 動植物の外部からの直接的・間接的移入による、在来種への影響、遺伝子の攪乱等の防止
 - ▷ 既に市街化が進んでいる地域等における、小規模な生息空間や移動路等の確保による生息空間の創造・改善 等

13-7 評価

(1) 評価の内容

- ・ 評価の内容は、予測の内容に準じる。

(2) 評価の方法

- ・ 評価は、調査結果、予測結果及び環境に対する影響緩和の考え方を踏まえ、次の観点から事業者の見解を明らかにする。

① 環境に対する影響緩和（ミティゲーション）の観点

- ・ 土地利用及び施設等の配置計画、造成計画、工法等、生態系への影響に係る複数の案を比較し、影響の緩和の程度を検討する。
- ・ 複数案の比較においては、多様性指数や類似度指数などの統計的手法、あるいは指標種との組み合わせなどにより、生物群集の構成要素や構造を生物多様性の保全の観点から評価することが望ましい。
- ・ 複数案の比較を行わない場合は、その理由及び当該案により緩和が図られていることを明らかにする。
- ・ その際、以下のような観点から評価を行う。
 - ▷ 現存する環境単位のうち、特定の類型の環境単位の消失を回避しているか。
 - ▷ 多様性、典型性の観点から評価の高い環境単位についての影響を緩和しているか。
 - ▷ 密接な相互関係のある環境単位の一方向の消失等、環境単位間の相互関係への著しい影響を緩和しているか。
 - ▷ 生物間の相互関係等への著しい影響を緩和しているか。

② 環境保全のための目標等との整合の観点

- ・ 以下のような目標等との整合が実行可能な範囲においてできる限り図られているか否かを判断する。
 - ▷ 事業者自ら設定した目標（例えば、オオタカの生育場所及び餌場と思われる草原について、それぞれ〇〇%以上を確保する など）
 - ▷ 県、市町村における環境基本計画等に掲げる自然環境保全の目標、方針等

- ▷ 自然公園の特別地域、自然環境保全地域等の自然環境の保全に係る指定地域 等

13-8 事後調査

(1) 事後調査の項目

- ・ 生態系への影響が想定される場合、影響の重大性に応じて事後調査の対象とする。
- ・ 具体的には、以下のような場合が想定される。
 - ▷ 現状の環境単位に相当程度の影響が想定される場合
 - ▷ 生物間の相互関係に相当程度の影響が想定される場合
 - ▷ 低減、代償による環境保全措置を講じる場合
 - ▷ 生態系を重点化項目として選定した場合
 - ▷ 指標種等を抽出して予測評価を行った場合
 - ▷ その他、事業実施後に環境保全措置の内容をより詳細なものにするため、継続的な調査が必要な場合

(2) 事後調査の内容

- ・ 環境単位の直接的改変の状況（面積、構成等）
- ・ 指標種等の生育・生息状況（種構成、個体数又は構成比、結実の状況、繁殖の有無、行動の変化等）
- ・ 事業の実施状況

(3) 事後調査の方法

- ・ 評価書における調査及び予測結果との比較を行うため、現況調査手法に準じて実施する。
- ・ 種構成、個体数の変化を評価する際には、多様性指数や類似度指数を用いた定量的な解析を検討する。（参考－多様性指数及び類似度指数を用いた定量的解析手法（13-18～20 ページ））

(4) 事後調査期間等

- ・ 調査時期は、原則として予測対象時期とする。
- ・ ただし、代償による環境保全措置を講じた場合又は相当程度の間接的影響が想定される場合は、工事完了後 5～10 年間程度を目安に、定期的な調査（1 年目、3 年目、5 年目等）を実施する。
- ・ 生態系への影響は、基本的に存在・供用による影響が中心であり、これに係る事後調査は事業完了後が主である。しかし、工事中の影響の未然防止、適正な事業実施の確認のため、工事中にも適宜事後調査を実施する。

参考

多様度指数及び類似度指数を用いた定量的解析手法

「13 生態系 13-8 事後調査 (3)事後調査の方法」に関する定量的解析技術を以下に紹介する。

この解析方法を用いるに当たっては、評価書における調査及び予測結果と事後調査の結果を比較することが目的であるため、事後調査は現況調査手法と方法や時期が同じ又は準じて実施されていることが重要である。得られたデータの種類によって解析手法が異なるのでデータの種類ごとに述べる。

1 種名のみ調査データの場合

(1) 多様性の変化

【種数】

- 種数はある地域の多様性を代表する指数である。現況調査と事後調査の種数比較は生態系の変化をとらえる上で最も初歩的な手法である。

(2) 種構成の変化

【類似度係数】

- 生態系の種構成の変化を「いた、いなかった」のバイナリーデータのみで評価する指数は、以下のような類似度指数を使って評価することができる。いずれも係数の値が大きいほど種構成の変化は小さかったことを表す。

Jaccard(1902)の共通係数 CC	$CC=c / (a+b-c)$
Sørensen(1948)の Qs 指数 (CS 係数)	$Qs=2c / (a+b)$
野村(1940)・Simpson(1960)指数 (NSC)	種数 NSC=c / b (a>b)

(式中の記号は、a=現況調査時の種数、b=事後調査時の種数、c=現況調査と事後調査の両方にいた種数。)

(3) 特定グループの存在割合

- チョウ類を例にとると、現況調査と事後調査のデータから「森林性種数と草原性種数の比率」を求めて比較するなどの方法が利用できる。

2 種数と個体数のデータがある場合

(1) 多様性の変化

【多様度指数】

- 生態系の多様性の変化を定量的に評価するには、以下のような種多様度指数が利用できる。

Simpson(1949)の多様度指数($1/\lambda$ 、 $1-\lambda$)	$\lambda = \sum n_i(n_i-1) / N(N-1)$ の逆数又は $1-\lambda$
Shannon-Weaver 関数の H'	$H' = - \sum p_i \cdot \log_2 p_i$ ($p_i = n_i / N$)
Pielou(1969)の均衡性指数(J')	$J' = H' / \log_2 S$

(式中の記号は、S=種数、 $N = \sum n_i$ =総個体数、 n_i = i番目の種の個体数)

(2) 種構成の変化

【類似度指数】

- 生態系の種構成の変化は、以下のような類似度指数を使って評価することができる。

Morisita(1959)の C_λ 指数	$C_\lambda = 2 \sum n_{Ai} \cdot n_{Bi} / \{(\lambda_A + \lambda_B) N_A \cdot N_B\}$ $\lambda_A = \sum n_{Ai} (n_{Ai} - 1) / N_A (N_A - 1)$ $\lambda_B = \sum n_{Bi} (n_{Bi} - 1) / N_B (N_B - 1)$
Kimoto(1967)の C_π 指数	$C_\pi = 2 \sum n_{Ai} \cdot n_{Bi} / \{(\sum \pi_A^2 + \sum \pi_B^2) N_A \cdot N_B\}$ $\pi_A^2 = \sum n_{Ai}^2 / N_A^2$ $\pi_B^2 = \sum n_{Bi}^2 / N_B^2$
Pianka(1973)の α 指数	$\alpha = \{ \sum (n_{Ai} \cdot n_{Bi}) \} / [\{ \sum (n_{Ai} / N_A)^2 \cdot \sum (n_{Bi} / N_B)^2 \}^{1/2} \cdot N_A \cdot N_B]$

(式中の記号は、 $N_A = \sum n_{Ai}$ =現況調査時の総個体数、 n_{Ai} =現況調査時の i 番目の種の個体数、 $N_B = \sum n_{Bi}$ =事後調査時の総個体数、 n_{Bi} =事後調査時の i 番目の種の個体数)

(3) 多様度指数と類似度指数の併用

- 多様度指数を使って評価する場合は、次のようなケースに注意しておく必要がある。

現況調査のデータ		事後調査のデータ	
種	個体数	種	個体数
A	10	A	0
B	5	B	1
C	2	C	2
D	1	D	5
E	0	E	10

- このデータで計算すると現況調査も事後調査も Simpson の多様度指数($1/\lambda$)は 2.732 となる。ほかの多様度指数も同じ値になってしまうが、明らかに種ごとの頻度分布は大きく異なっており、生態系に変化が起こっている。この場合、類似度指数の α 指数は 0.108 と低い値となり種構成が変化したことがわかる。また類似度指数では相対頻度が同じ場合は総個体数の変化をとらえることができない。このように数量的解析手法を用いる場合は指数の性質を理解しておく必要がある。

3 種数とラフな調査データの場合

【RI 指数】

- 前述した多様度指数は、調査時期や方法が異なっていたり、調査データが相対的な多少の程度しか得られていない不完全なデータを取り扱うことはできない。しかし、このようなデータも順位尺度を用いて、その不完全さをマスクすることによって数量化が可能である。
- この順位尺度の多様度として、次の式で与えられる RI 指数が提唱されている。

$$RI = \sum R_i / \{S \cdot (M-1)\}$$

(式中の記号は、 R_i : i 種のランク値、 S : 調査対象種数、 M : 個体数の多少を表現するランク (0, 1, 2... M-1) の数)

- ・ ランク値 (R_i) は、あらかじめ調査個体数 0 はランク 0、1～5 はランク 1、6～10 はランク 2、11 以上はランク 3 などとしてランクを決める。この場合ランクの数 M は 4 である。またランク 0 = いない、1 = 1 個体のみ、2 = 複数などときわめてラフなデータでも数量化できる利点がある。
- ・ RI 指数は 0 から 1 までの値をとり、1 に近いほど種数、個体数ともに多いことを表す。
- ・ この RI 指数では、従来の多様度指数では使えなかった調査手法の異なるデータや過去の不十分なデータが利用できる。また多くの調査地点があり、厳密な調査をする余裕がない場合などにきわめて便利である。

4 参考文献

以下の参考文献にはモデルデータを使って計算例などが、さらに詳しく解説されている。

- ▷ 中村寛志 (総説) 生物群集の解析手法と環境アセスメント. 信州大学農学部紀要, 36(1):1-10 2000
- ▷ 中村 寛志 チョウ類群集の構造解析による環境評価に関する研究. 日本環境動物昆虫学会誌 11(3): 109-123 (2000)
- ▷ 中村 寛志 チョウ類を指標種とした環境評価手法と環境アセスメント. 日本環境動物昆虫学会誌, 21(2):85-91 2010
- ▷ 中村 寛志 野生生物保全技術 (佐藤正孝・新里達也編. 担当部分: 第 18 章指標種による環境評価 P214-230) 海游舎 2003