

アーバンエコロジークを対象とした
地区レベルの生態学的連続性の分析・評価に関する調査研究

Analysis and Evaluation of Spatial Linkage of Biotopes
in and around Urban Ecology Park

盛岡 通^{*} 〇後藤 忍^{**} 吉田 登^{***}
MORIOKA Tohru^{*}, GOTOH Shinobu^{**} and YOSHIDA Noboru^{***}

ABSTRACT: In order to harmonize the urban land use system with ecologically sound wildlife system, it is necessary to identify the various characteristics of spatial linkage among the different types of biotopes. The design scheme to evaluate spatial linkages of biotopes is proposed in this paper. First, a comprehensive table of 13 biotope types is presented which enables us to recognize visually the spatial linkage by the combinations of biotope types. Secondly, 22 ecological indicators which represent the species living in similar environmental conditions are selected. The ecologically important combinations of biotopes are evaluated by specifying biotopes where the indicators live for the purpose of breeding, feeding and taking a rest. Thirdly, in the elementary experimental survey in and around the urban ecological park, existent combinations of biotope types in 1956, 1977 and 1995 are analyzed by means of mapping the spatial distribution of biotopes. The ratio of existent combination to total kinds of combination for each ecological indicator is calculated as the way to realize the transition of spatial linkage of biotopes. Finally, the integrated spatial linkage of biotopes is assessed by classifying the combination according to variety of high, middle and low level of niche. Moreover, the guideline of environmental restoration planning is discussed.

KEYWORDS: Spatial Linkage of Biotopes, Ecological Indicators, Urban Ecology Park

1. はじめに

地球サミットで「生物の多様性に関する条約（通称：生物多様性条約）」が採択され、生物生息空間を確保するための様々な取り組みが各国で始まっている。地理的空間と生態系の関係を説明しようとする景域生態学や、生物多様性の保全を目的とした保全生物学などの学問領域を背景にして、地球レベルから地区レベルまで様々なレベルの空間計画として取り組まれている¹⁾。

日本でも生物の生息空間を整備する事業が盛んに行われるようになった。しかし、これらの事業は特定空間に限定された専用のなビオトープの保護や再生にとどまっていることが問題であり、その解決にはビオトープ相互を生態学的に結びつける空間計画が必要であるとされている（武内, 1993²⁾ など）。しかし、このような計画論は、経験を一般化する形では提案されていない。そこで本研究は、生物生息空間の計画手法の構築に資するような、地域環境の生態学的な意味を分析・評価する枠組み（＝分析・評価システム）を構築することを目的とする。

2. 生態学的連続性の理論的考察

2. 1 生態学的連続性の概念

本研究では、生物生息から見た地域環境の特性について、「生態学的連続性」という概念を用いる。これは、次の二つの意味で生息環境が相互に関係づけられていることを表す概念である。

(1) 生物の生息を可能にする生息環境の組み合わせがあること

^{*} 大阪大学教授 工学研究科環境工学専攻 Professor, Dept. of Environmental Eng., Osaka Univ.

^{**} 大阪大学大学院環境工学専攻 Ph.D. Candidate, Dept. of Environmental Eng., Osaka Univ.

^{***} 大阪大学助手 工学研究科環境工学専攻 Research Assistant, Dept. of Environmental Eng., Osaka Univ.

生物は通常、複数の異なる環境を利用して生きている。例えば、フクロウは屋敷林などを繁殖の場として利用し、里山林をノウサギなどを狩る採餌環境として利用する。また、カエルやサンショウウオなどの両生類は、通常の生息と繁殖行動とで、水域と陸域の両方の環境を利用している。つまり、生物が生息するためには、生息に必要な環境が組み合わされて存在していることが必要である。

(2) 同タイプの生息空間の間で繁殖交流が行われるような相互作用が存在していること

長期的な時間スケールで生物の生息が持続的に保証されるには、同じタイプのビオトープが繁殖交流できる一定範囲内に存在していることが必要である。そのことにより、種子や遺伝子の交流が行われて、遺伝子の多様性が維持される。

2. 2 生態学的連続性の空間的階層性

生態学的連続性は、対象とする空間スケールにより階層性を有する。景域生態学的には、基本単位となるビオトープが表現可能なスケールとして 1/200,000 までの縮尺が用いられる³⁾ため、これに含まれるものを狭義の連続性と表現する。一方、1/200,000 で表現されるよりも大きな空間スケールとして、国土レベルや地球レベルで渡り鳥の飛行ルートを保全するなどの取り組みが始まっており⁹⁾、このスケールの連続性を広義のものとして含むものとする。以上の空間的階層性をまとめたのが表 1 である。この中で本研究は、最小レベルである地区レベルの連続性に着目する。

表 1 生態学的連続性の空間的階層性

レベル名	対象空間スケール	地図縮尺	Neefの概念 ³⁾	武内らの概念 ⁴⁾
広義	地球レベル	地球規模のスケール	—	—
	国土レベル	国土全体のスケール	—	—
狭義	都市圏レベル	首都圏、近畿圏 スケール	1/100,000~ 1/200,000	chologisch —
	都市レベル	市町村の行政界 スケール	1/25,000~ 1/50,000	topologisch マクロ スケール
	地区レベル	都市公園とその周辺 空間のスケール	1/5,000~ 1/10,000	メソ スケール

3. 地区レベル生態学的連続性の分析・評価システム

3. 1 分析・評価システムの考え方

地区レベル生態学的連続性の分析・評価システムは、大きく 1) 分析・評価の枠組みの作成と、2) 具体的分析・評価の二つから構成される。それぞれはいくつかのサブシステムから構成されるが、本文では 1) について 3 章で、2) について 4 及び 5 章で扱っている。これを表現したのが図 1 である。なお、本研究は、全体のシステムを構築することを目的としており、これを構成するサブシステムについては今回試みに設定したものである。つまり、これらのサブシステムは、今後、即地的な知識や情報の充実により改訂しうるものである。

連続性分析・評価の枠組みを考える上では、三つの点に注目する。一つは、都市計画などの現状の制度を基礎に計画するために、操作可能な土地利用単位を基本に考えることである。本研究では、生物生息環境を土地利用単位を基本として 13 のビオトープ単位に類型化し、空間単位として扱うことを試みた。二つ目は、ビオトープ相互の関係を表現する枠組みをつくることである。この点に関しては、ビオトープの一对比較の表をベースに、連続性を記入する表を作成した。三つ目には、複雑な生物の世界を計画論上で扱うために、基本的な複雑性を保ったままで、なおかつ単純化する方法を考える。これについては、環境利用パターンから見た生態的指標種 (ecological indicators) を選定することを試みている。

この枠組みをもとに具体的対象の分析・評価を行う。本研究では建設省の補助事業による自然生態観察公園 (アーバンエコロジーパーク)⁹⁾とその周辺地域を対象とした。その理由は、

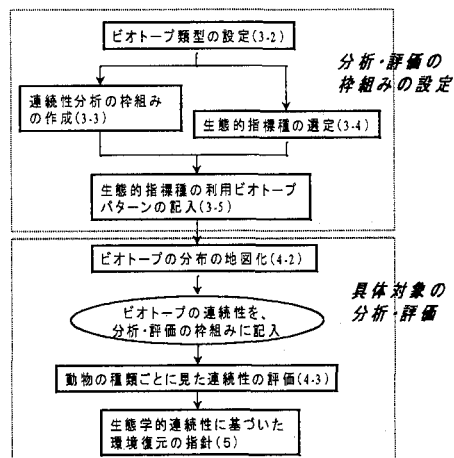


図 1 分析・評価システムとサブシステム (カッコ内は本文の章及び節に対応)

①都市における生物生息空間として、恒久的担保が図れる代表的な空間と位置づけられること、②緑のマスタープランの環境保全系統の中核的存在と位置づけられることから、その整備においては周辺環境を含めた地区レベルの領域を考慮する必要があること、などである。

3. 2 ビオトープ類型の設定

生息環境の連続性を評価するためには、生物が利用する環境をあるまとまりをもった空間としてとらえることが必要である。本研究では兵庫ビオトーププラン¹⁾を参照にし、生物生息空間の単位として馴染みにくいと考えられるもの（「都市地域」や「交通施設」などに属するビオトープ）を除くなどの修正を行って、表2のようにビオトープ類型を設定した。その際、以下の点にも留意した。

(1)現状の制度上で空間的に計画するために、里山林や水田などの人為的な環境を含む、操作可能な土地利用単位を基本に考えること。

(2)生物によって様々に異なる利用空間の多様性を、人間の関与により変容した自然景域の集約された類型によって分けること。

(3)かつて存在していた自然的土地利用の連続性を対象とし、建造物の支配する市街地や舗装された道路などは基本的にビオトープとして含まないこと。

表 2 ビオトープ類型

ビオトープ類型	
森の ビオトープ	自然林
	人工林
	草原
	里山林
里の ビオトープ	水田
	畑・果樹園
	集落地
	湖・池沼
水辺の ビオトープ	小川・農業水路
	河川上流域
	中～下流域
	湿地（内陸）
その他	裸地

3. 3 連続性分析の枠組み

地区レベルの連続性を分析する対象圏域の設定にあたり、1)都市政策上で扱うに適切な空間領域を設定する、2)生物の側から意味のある空間領域を設定する、という二つの点に注意して、今回は自然生態観察公園を中心とする同心円状の空間領域を、次のように設定した。

(1)400m 圏内(圏域面積：約 50ha)

アーバンエコロジーパークの平均面積が約 50ha であり、都市域において都市政策的に形成・創出可能な生息空間として適当な規模と考え、設定した。生物学的には、かつての日本の田園地域で普遍的にみられたタヌキ（行動圏は約 3ha²⁾）などのほ乳類の生息を支えることのできる圏域である。

(2)1000m 圏内(圏域面積：約 300ha)

アーバンエコロジーパークをとりまく地域空間の規模として設定した。生物学的には、トンボ類の飛行能力が約 1000m³⁾であることや、この圏域内（約 300ha）で猛禽類の行動圏（例：オオタカで 200ha 強⁴⁾）を覆うことができることから、それら広域に移動する種の連続性を扱うのに適切な空間範囲と考えられる。

以上の内容を踏まえ、地区レベルの生態学的連続性の状態を記入する枠組みを構築する。生態学的連続性の概念で述べたように、ビオトープの連続性は、1)異なるビオトープが組み合わせられていること（異種ビオトープの連続性）と、2)同じタイプのビオトープが繁殖交流可能な範囲内に存在すること（同種ビオトープの連続性）の二つが重要である。これらの連続性は、ビオトープが人工的障害物なしにつながっている状態が最も高い。特に両性・は虫類など移動能力に優れないものにとっては重要である。このビオトープ相互の近接性を表現するために、一対比較の表をベースにする。そして、ビオトープ類型がそれらの圏内に近接している場合は確認の印をつける。その近接性については、①人工的障害なしに接続、②相互に離れて存在、の二段階に分けて表現する。この記入例を表現したのが表3である。表の左下半分には 400m 圏内の連続性を、右上半分には 400～1000m 圏内の連続性を書き込むものとする。対角線上の欄には、同種のビオトープの連続性を記入する。例えば、表3の中で網掛けした欄の●は、400m 圏内で、水田と里山林のビオトープが人工的障害物なしに隣接して存在していることを意味する。

以上のことから、表3は近接しているビオトープ類型の多様性を視覚的に理解することを助ける道具となっていて、単なるモザイク状のビオトープ地図よりも圧縮された生態的意味を伝えることができる。

3. 4 生態的指標種の選定

生物種が利用する環境は種によって様々であるため、指標種を設定することが現実的であり、それはまた実用的な価値をもつ。本研究ではビオトープ利用パターンからみた指標種として「生態的指標種 ecological indicators」を選定した。選定した指標種と、それらが利用するビオトープとをまとめたのが表4である。鳥類については金浜(1994)¹⁰⁾の、両性・は虫類と昆虫類については養父(1993)¹¹⁾¹²⁾及び日本生態系協会(1994)¹³⁾の知見を引用して著者が整理した。また、全体的には淡路地域ビオトープ地図¹⁴⁾を参照した。表の縦の方向には各指標種が配され、横方向に示されたビオトープ類型ごとに、指標種が利用する場であるかどうか判断されて、繁殖、生息、営巣、採餌の機能別に評価結果が示されている。

指標種の選定方法としては、まず大分類として、ほ乳類、鳥類、両性・は虫類、昆虫類に分け、ビオトープ類型を利用するパターンから分けられるものは分類した(例：鳥類なら樹林性、草地性、水辺性)。そして、それぞれに属するものを原則として二種選定した。その際、生態的地位(ニッチ、niche)の視点から、肉食ほ乳類・猛禽類(上位ニッチ)、肉食性鳥類・両生類・は虫類・トンボ類(中位ニッチ)、草食性ほ乳類・草食性鳥類・ホタル類(低位ニッチ)として、一つのニッチに偏らないようにした。

3. 5 生態的指標種の利用ビオトープ・パターンの記入

表4で表現したように、生態的指標種の利用するビオトープ類型は、表3の枠組みの中で用いているビオトープ類型と対応しているため、同じ表の上に表現することができる。例として、鳥類が生活する場として利用するビオトープのパターンを記入すると、表5のようになる。こうして表現した枠組みの中に、ビオトープの分布図から読みとれる連続性(表3で示した●や■など)を記入することで、その連続性がどの指標種の利用するビオトープのパターンに対応するかを解釈することが可能になる。

表3 連続性を記入する枠組みと記入例

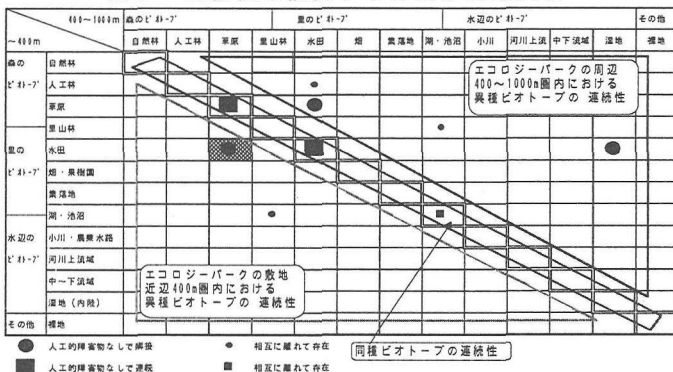
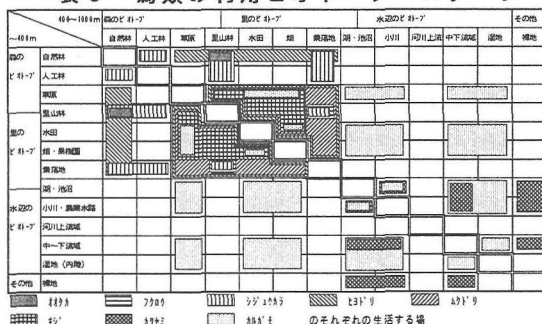


表4 生態的指標種と利用ビオトープ

生物種	生態的地位	生態的指標種	自然	人工	草原	山地	水田	畑	農地	湖・池沼	小川	河川上流	中下流域	湿地	その他
ほ乳類	肉食性	高 7/37 1	生	生											
		低 1/37 2	生	生											
	草食性	高 4/9 1						生	生						
		低 1/9 1			生	生	生								
鳥類	猛禽類	高 8/37 3	生	生											
		低 7/37 3													
	樹林性	中 2/37 3 3 3	生	生			生	生	生						
		低 2/37 3			生	生	生	生	生						
両性・は虫類	草地性	中 4/37 4					生	生	生	生					
		低 1/37 4					生	生	生	生					
	水辺性	中 3/37 5									生	生		生	生
		低 3/37 5									生	生		生	生
肉食性・は虫類	肉食性	中 3/37 5 3 3 3					生								
		低 2/37 5 3 3					生								
	トンボ類	中 1/37 6 3 3 3 3					生	生	生						
		低 1/37 6 3 3 3 3					生	生	生						
草食性・は虫類	トンボ類	中 1/37 6 3 3 3 3					生	生	生						
		低 1/37 6 3 3 3 3					生	生	生						
	ホタル類	中 1/37 6 3 3 3 3					生	生	生						
		低 1/37 6 3 3 3 3					生	生	生						

生：繁殖場所 生：生息場所 生：営巣場所 生：採餌場所

表5 鳥類の利用ビオトープ・パターン



4. 紫金山公園における生態学的連続性の分析

4. 1 紫金山公園の概要

3で設定した枠組みが実際に適用しうるかどうかを把握するため、大阪府吹田市にある紫金山公園とその周辺を対象としてケーススタディを実施する。この公園は吹田市のほぼ中央部にある敷地面積 11.4ha の総合公園である。昭和 63 年に 5.8ha の区域についてアーバンエコロジパークの事業認可を受け、平成 5 年にはそれが 7.1ha に拡張された。公園はコナラ・アベマキ林を中心とする紫金山と、灌漑用ため池としての釈迦ヶ池から構成される。

4. 2 ビオトープの分布の変化

生物相が豊かであったとされる昭和 30 年代から、ほぼ 20 年ごとのビオトープの分布の変化を分析する。分析には 1/10,000 の地形図を用いた。1000m 圏内に存在しているビオトープの中で、規模的に 1000m より外側まで連続して広がっているものについては、その部分も含めて表現している。

(1) 昭和 31 年の連続性

昭和 31 年当時のビオトープの分布を表現したのが図 2 である。当時は、紫金山周辺に多くのため池が分布するとともに、紫金山に続く尾根筋につながっていた。釈迦ヶ池には 1000m 圏内で唯一の湿地が存在しており、周囲の草地、水田との連続性が、それを利用する生物に生息しやすい環境を提供していたと考えられる。

(2) 昭和 52 年の連続性

昭和 52 年になると、名神高速道路が紫金山を分断する形で建設されるとともに、周辺も宅地開発が進められている。そのため、多くのため池が埋め立てられ、里山林が削られ、水田がなくなり、谷津田の環境を構成するビオトープが貧弱となって、その連続性が減少している。図から明らかなように、ビオトープの空間規模は目立って減少している。しかし、後に示すように残されたビオトープの連続性はある水準を維持していて、面積の減少ほどに

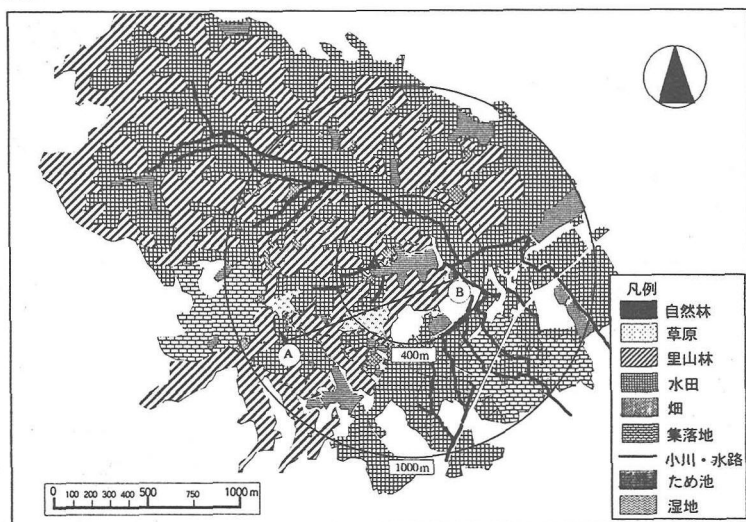


図 2 昭和 31 年のビオトープの分布 (A-B は図 5 の断面に対応)

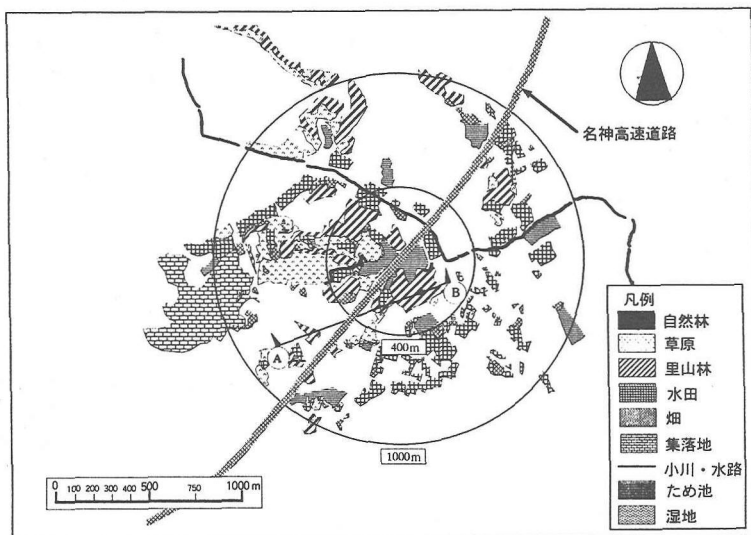


図 3 昭和 52 年のビオトープの分布 (A-B は図 5 の断面に対応)

は先の指標種の連続性も減少してはいない。

(3)平成7年の連続性

平成7年になると、宅地開発がより進み、谷筋や尾根筋といった往時の地形を留めているところはわずかになる。ため池の多くは水面の全部あるいは一部が埋め立てられるとともに、周囲の水田や里山林も失なわれており、谷津田の環境を構成する連続性の基本的な単位自体が成立していない。400m 圏内では、釈迦が池に残っていた湿地が埋め立てられることで多くの連続性が失われるとともに、畑や水田も小規模分散化して、連続性の質は大きく低下している。400 ～ 1000m 圏内でも草原がなくなることによって連続性は弱められている。そして、400m 圏内と 400 ～ 1000m 圏内相互の同種ビオトープはすべて地形的に分断されており、孤立化が進んでいることがわかる。

紫金山に至るかつての尾根筋（図2～4のA-B）の断面変化を表現したのが図5である。この図から昭和31年には連続していた尾根筋が、昭和52年には名神高速道路と吹田サービスエリアによって約200mに渡って分断されていることが分かる。このとき、一部の丘陵が飛び石的に残っているが、これも平成7年になれば、土地造成と博物館建設によってそれぞれ失われており、地上徘徊性の生物はもちろん飛翔能力のある生物にとっても、連続性の分断は生息を困難にしている。

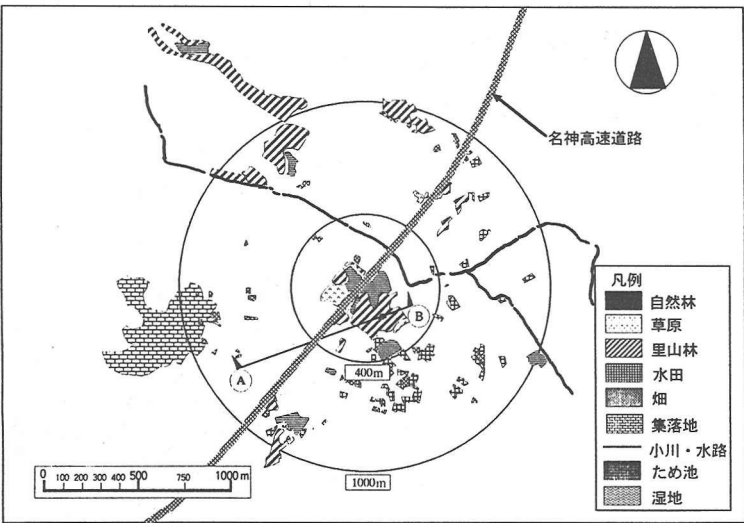


図4 平成7年のビオトープの分布 (A-Bは図5の断面に対応)

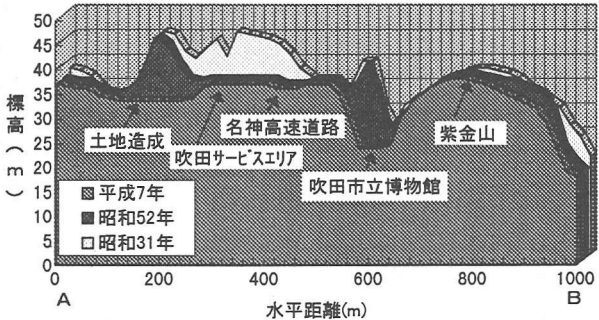


図5 尾根筋の連続性の変化

4.3 動物の種類ごとにみた連続性の評価

ほ乳類、鳥類、両性・爬虫類、昆虫類のそれぞれごとに連続性を分析することができる。ここでは鳥類の表を例として取り上げる。

(1)昭和31年の鳥類から見た連続性

鳥類から見た昭和31年の連続性の状態は表6のようになる。400m 圏内には指標種としてのオオタカ、ヒヨドリ、ムクドリ、キジ、カルガモの連続性は比較的多く存在している。一方フクロウ、シジュウカラ、カワセミの連続性は少ない。

表6 昭和31年の連続性と鳥類のパターン

400m圏内		400m圏外										その他
鳥類	指標種	自然林	人工林	草原	里山林	水田	畑	集落地	河川・水路	ため池	湿地	
オオタカ	●											
ヒヨドリ	●											
ムクドリ	●											
キジ	●											
カルガモ	●											
フクロウ	○											
シジュウカラ	○											
カワセミ	○											

● 指標種に属して存在
○ 指標種に属して存在
■ 人工的障害物として連続
■ 人工的障害物として連続

のそれぞれ生活する場

(2) 昭和 52 年の鳥類から見た連続性

昭和 52 年の連続性の状態は表 7 のようになる。大きな変化があるのはカルガモにとっての連続性で、400 ~ 1000m 圏内で 3 種類の連続性が低下している。400m 内ではまだ湿地が残されており、連続性はそれほど変化していない。

(3) 平成 7 年の鳥類から見た連続性

平成 7 年の連続性の状態は表 8 のようになる。400m 圏内では湿地の喪失によって、400 ~ 1000m 圏内では畑などの減少によって、ヒヨドリ、ムクドリ、カルガモの生活する環境としての連続性が低下していることがわかる。

鳥類の生活する環境としての連続性が低下している経過を、次のような手順で表現する。すなわち、表中の生活する場として区分した行列要素で直接、間接につながったビオトープの占める割合を計算する。この割合を鳥類の隣接ビオトープ比率、鳥類の離散ビオトープ比率と呼び、図 6 に示す。400m 圏内ではオオタカ、ヒヨドリ、ムクドリ、キジ、カルガモにとっての生活場の連続性が高い。連続性が弱められているのはヒヨドリ、ムクドリ、キジ、カルガモにとっての生活場である。400 ~ 1000m 圏内ではフクロウ、ヒヨドリ、ムクドリ、キジ、カルガモの生活場の連続性が高い。連続性の変化が大きいのはヒヨドリ、ムクドリ、キジ、カルガモにとっての生活場であり、それぞれの種にとっての生態学的連続性が、昭和 52 年から平成 7 年の間に急速に失われていることが、このような図から分かる。

以上の手順を、ほ乳類、両性・は虫類、昆虫類についても同様に行った。これらの過程では、表 4 の指標種の利用(生活)するビオトープの判定がそのまま生活する場として表 3 の連続性分析の表の上に写し取られ、手続きとしては再現性のある過程となっている。

5. 生態学的連続性に基づいた環境復元の指針

昭和 32 年からの連続性の変化に、ニッチのレベルによる分類を重ねたのが表 9 である。この表の解釈から、次のような環境復元の計画指針が得られる。

(1) 400m 圏内では、湿地のビオトープを復元することにより、草原や湖・池沼との連続性が生まれ、中・低ニッチの種の生息環境がかなり改善され、生息空間の質の向上に貢献できる。

表 7 昭和 52 年の連続性と鳥類のパターン

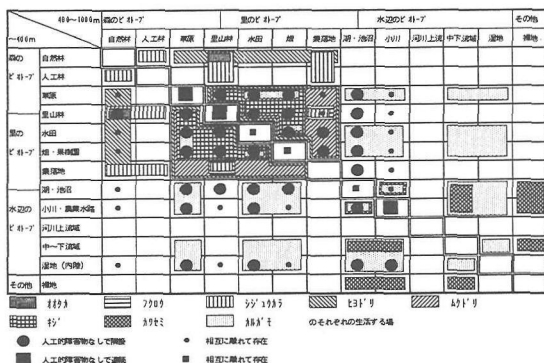


表 8 平成 7 年の連続性と鳥類のパターン

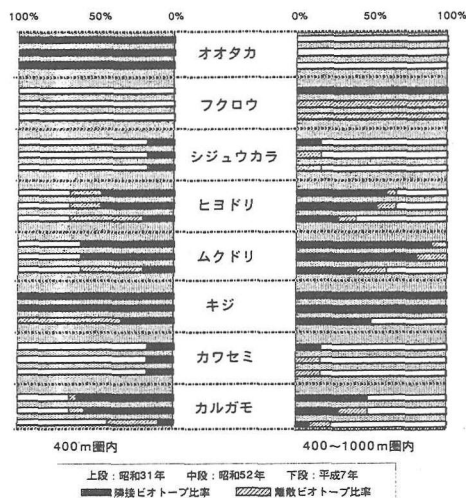
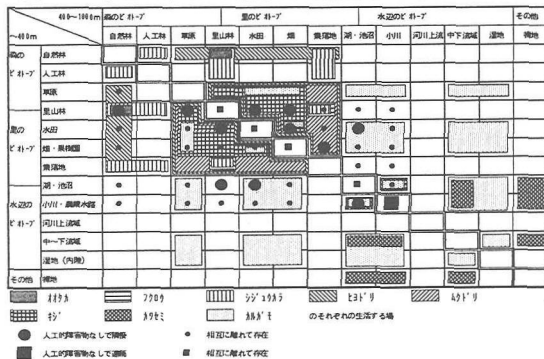


図 6 鳥類の生活場のビオトープが隣接している割合の変化

表9 連続性変化とニッチの種類

[illegible]

6. 本研究のまとめ

生態学的指標種が利用するビオトープ類型のパターン（指標種ごとのビオトープ・パターン）を用いることで、地区レベルの環境が持つ生態学的な意味を解釈する枠組みを示したこと、2) 生態学的連続性の概念を操作可能な手順に具体化し、連続性の変化を分析することで、保全すべき生息環境のつながりや復元すべきビオトープ単位などを示す計画指針を得ることのできる道筋を明らかにしたこと、などがあげられる。

なお、今後の課題としては、1)ピオトープ面積などの定量的な分析を行い連続性の指数を定式化すること、2)他の地域での事例分析を行い相互比較すること、3)都市レベルの連続性など、空間的階層性の上位にある連続性との整合を図る枠組みを考察すること、などがあげられる。

本研究を進めるにあたって、(株)地域計画建築研究所の畑中直樹氏、環境科学(株)の佐藤亮氏には貴重な御助言及び資料提供を頂いた。また、紫金山公園の調査においては、吹田自然観察会の高島耕一郎氏に様々な便宜を図っていただいた。この場をお借りして、厚く御礼を申し上げます。

註及び参考文献

- 1)例えば、日置ら(1996)はオランダの生態ネットワーク構想について、国土レベルから地区レベルに至る取り組みについて報告している。日置ら(1996):オランダの地域レベルでの生態ネットワーク計画と生態的回廊の整備—ユトレヒト州を事例として—、環境システム研究 vol.24、pp.321-329
- 2)武内和彦(1993):ビオトープ概念の成立と展開、杉山恵一監修「ビオトープ—復元と創造—」、信山社サイテック、p.16
- 3)横山秀司(1995):景観生態学、古今書院、pp.8-8
- 4)武内和彦・横張真(1993):農村生態系におけるビオトープの保全・創出、農林水産省農業環境技術研究所編「農村環境とビオトープ」、養賢堂、p.7
- 5)山内美登利(1996):湿地ネットワークに参加した吉野川河口、BIEDER 第10巻第12号、文一総合出版、pp.30-32
- 6)アーバンエコロジープークは1996年度に廃止され、環境ふれあい公園事業に吸収されている。
- 7)兵庫県(1995):兵庫ビオトーププラン、pp.60-103
- 8)横浜市環境保全局(1993):横浜エコアップマニュアル、p.12
- 9)守山弘(1993):農村環境とビオトープ、農林水産省農業環境技術研究所編「農村環境とビオトープ」、養賢堂、p.53
- 10)金浜良明(1994):生き物がすめるランドスケープデザイン、進士ほか「ルーラルランドスケープデザインの手法」、学芸出版社、pp.105-128
- 11)養父志乃夫(1993):は虫類・両性類・魚類の生態と生息環境の設定、井手久登・亀山章編「緑地生態学」、朝倉書店、pp.127-131
- 12)養父志乃夫(1993):昆虫類の生態と生息環境の設計、同上、pp.112-126
- 13)日本生態系協会(1994):ビオトープネットワーク、ぎょうせい、pp.42-44
- 14)兵庫県(1995):淡路地域ビオトープ地図、pp.4-7