

郊外の都市開発における緑地の生態ネットワーク特性の評価システムに関する研究

Study on Evaluation System for Ecological Network Characteristics in Suburban Development Area

盛岡 通* 藤田 壮** 後藤 忍*** 角谷 晃****

MORIOKA Tohru * FUJITA Tsuyoshi ** GOTO Shinobu *** KADOYA Akira ****

ABSTRACT: In order to reduce the effect of development plan to natural environment, it is necessary to evaluate the ecological characteristics of spatial linkage among habitats in the area. The evaluation system for ecological network characteristics in suburban development area is proposed in this paper. Evaluation flow is established to integrate ecological and regional information. The authors selected raccoon dog as a environmental index species, applied this system in two newtown district, Abuyama Newtown in Takatsuki City and Sanda Woody Town in Sanda City, around Hokusetsu area as a case study. In consequence, it was suggested that Abuyama was superior to Sanda in current indexes such as the percentage of green spaces, on the other hand, the ecological network characteristics of the latter district were evaluated higher than the former.

KEYWORDS: Ecological Network , Habitat, Environmental Index Species, Raccoon Dog

1. はじめに

1. 1 背景と目的

1960年代の高度経済成長による都市地域への人口集中にともなう住宅需要の増加に応えるために、都市近郊の丘陵地や山麓部においてニュータウンの建設が進められてきた。都市の近郊部における開発適地が少なくなった一方で、道路ネットワークの整備が進んできたことなどから、近年はこれまでに以上に都心から遠く離れた自然度の高い地域に開発事業の立地が展開している。本来は都市域を取り囲み、その外側の自然緑地とともに自然生態系を保全すべき近郊緑地保全区域でも開発が計画されている。大都市圏の外苑部の丘陵地や山地に開発対象が移ることにより、圏域に残された動植物の貴重な生息空間が失われる危機にさらされている。

90年代以降に計画されているニュータウンでは、過去の計画にみられたように、住宅地を確保するために本来の自然地形を大規模に改変するのではなく、「環境との共生」をテーマとして、自然環境への影響を小さくする開発計画のあり方が模索されている。これらの、いわゆる「環境保全型都市づくり」の多くは、公園や街路の緑化、親水空間の確保、浸透性施設等の施設の組み合わせは検討しているものの、自然緑地や生態系が失われることの影響を最小化するための計画システムについての検討が行われている例は少ない。

本研究は、郊外の開発事業は自然空間と都市空間が共存した緩衝地としての特性を持つべきであるとの前提にたち、緑地計画の生態ネットワーク特性への影響を評価するシステムの構築を目的とする。

* 大阪大学大学院教授 工学研究科環境工学専攻 Professor, Dept. of Environmental Eng., Osaka Univ.

** 大阪大学大学院助教授 工学研究科環境工学専攻 Associate Professor, Dept. of Environmental Eng., Osaka Univ.

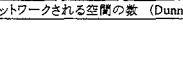
*** 大阪大学大学院環境工学専攻 Ph.D. Candidate, Dept. of Environmental Eng., Osaka Univ.

****伊勢市役所 Ise City Office

1. 2 本研究の位置づけと構成

都市における緑地計画を評価する指標には、緑地率、自然的土地利用、都市公園面積など、主に緑地の存在量を評価するものが環境庁によって提案されている¹⁾。また、緑地計画に関する既存研究としては、大山²⁾が緑地から開発地までの距離を表した分布、小林・笹谷³⁾は樹林地から一定距離内でネットワークする空間を求める手法を提案している。また、Askins⁴⁾や Opdam⁵⁾、盛岡⁶⁾は生態学的な視点を取り入れ、生息地から一定距離内の緑地面積を指標として生物群集の分布を分析している。前者は実際の生物の行動に基づいた評価ではないので、生物が生息する基盤としての緑地の持つ意味を明示的に取り扱うことが出来ない。また後者については、緑地の空間立地をマクロ的な視点で分析しており、地区内の小規模な緑地や公園の評価を行うことを研究の対象とはしていない(表1)。本研究は、生態ネットワークの指標となる生物の生息基準を取り入れて評価することにより、これらの課題にこたえることを目指している。

表1 先行研究における評価指標と問題点

視点	評価指標	問題点
量的	緑地率 自然的土地利用率 一人当たり都市公園面積	物理的な量は分析できるが、配置・分布が評価できない
幾何学的	開発地までの距離(大山ら)  ネットワーク空間率(小林ら) β指数, γ指数, シンベル指数	マクロな視点での評価が多く、ミクロな緑地評価がしにくい 実際の生物の行動を考慮せず、生態系維持基盤としての緑地は評価できない
生態学的	一定距離内の緑地面積(Askins, Opdam, 盛岡ら)  ネットワークされる空間の数 (Dunn) 	緑地間をつなぐコリドーとなる緑地が評価しにくい

本論文は以下の構成をもつ。第一にビオトープ・ネットワークの構造を整理し、本研究で扱う生態ネットワークを定義する。第二に、生態ネットワークを分析する手法を提案する。具体的には、ネットワークを評価するための生態ネットワーク指標種の考え方を示して、種の生息環境構造や移動障害等の体系化を行う。第三には、具体的な対象地として関西圏の二つのニュータウンを選定し、ケーススタディを行う。第四に二つの対象地の比較を行って、本評価システムで得られた知見を整理する。

2. ビオトープのネットワーク構造

生態ネットワーク分析を行う際に、生物が生息しうる緑地をビオトープ空間とし、そのネットワーク構造を定義する。いわゆるビオトープ・ネットワークの概念(例えば日本生態系協会⁷⁾、島谷⁸⁾など)では、ネットワークを構成する空間要素は大きく次の3つに分類されている。すなわち、生物種の供給源となり個体間遺伝子交流が行われるもの(大パッチ、核)と、種の供給源にはなり得ないが、一時的、あるいは一世代の生物群集の生息地として機能するもの(中パッチ、拠点)、採餌場や移動経路としての機能をもつ空間(コリドー、回廊)の3つである。コリドーは緑地の連続性により、带状に連続した空間の形態(狭義のコリドー)と、小規模な緑地(小パッチ、小拠点)が飛び石状につながった形態の、大きく二つに分けられる。

本研究のネットワーク構造を図1に示す。ネットワークされた大パッチ・中パッチ間では、大パッチから中パッチへ種の供給がおこなわれるとともに、中パッチからも大パッチへ種が移動し、遺伝子交流を行うことを想定する。つまり、保全生態学におけるメタ個体群⁹⁾を形成しうるための空間条件により、ネットワークの有無を判定する。また、ネットワークされた小パッチは生息地(主として中パッチ)の環境資源を補うものとして位置づけ、採餌行動などを通して利用されるものとする。なお、飛び石状につながる小パッチ(飛び石状のコリドー)においても種の不定期な移入がこりうるが、移動距離を超えて小パッチがいくつもつながる場合など、ほぼ種の移動がおこらないと

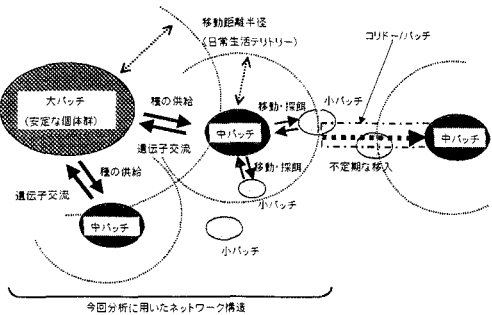


図1 生態ネットワークの構造

考えられる場合との区別が困難であるため、今回の評価システムではネットワーク構造に含まないものとした。

3. 生態ネットワークの分析方法

生態ネットワークの評価に際しては、実際の生物の行動に基づいて分析を行うことの必要性が指摘されており（例えば加藤¹⁰⁾）、本研究で提案する分析においても、生態ネットワークを評価するための指標種（生態ネットワーク指標種）を設定する。すなわち、設定した指標種の生態（生息、移動）に関する知見に基づいてネットワークの構成要素（大パッチ、中パッチ、小パッチ）を設定し、対象地のネットワーク構造を分析・評価する。

3. 1 基準の設定

(1) 生態ネットワーク指標種の設定

生態ネットワーク分析では、保全の対象とする生物種を指標種として設定する。保全生態学の分野では、多様性を指標する種として生態的指標種、キーストーン種（中枢種）、アンブレラ種、象徴種、危急種などの種が取り上げられている^{11) 12)} が、生態ネットワークに関する先行研究^{6) 13) 14) 15)} では、このなかの生態的指標種に相当する種が主に用いられている。生態的指標種は同様の生育場所や環境条件要求性をもつ種群を代表する種であるため、その必要とする環境の種類や移動能力によって種を分類することにより、生息地間のネットワーク構造を指標する「生態ネットワーク指標種」を体系化することができる。そこで、次に述べる基準により指標種の体系化を行った（図2）。

分類の基準として、先行研究（例えば井手・加藤¹⁵⁾）を参照し、①特定の自然環境の必要性、②必要とする緑地の類型、③飛翔能力の程度、の3つを用いた。まず①によって都市型生物とそれ以外を分類し、次に②によって樹林性、疎林性、水生などの利用環境別に分類した。さらにそれぞれの種の移動能力を③によって分類し、最終的に7つのタイプからなる生物群に分類した。これにより、対象地において注目される生息環境と生息種に応じて生態ネットワーク評価にふさわしい種を検討することが可能となる。なお、先行研究で取り上げられている指標種を代表例として図の下側にまとめた。この中で、上方に位置する生物種ほど生息するための環境構造が厳しく、対象とする空間スケールが広域となる。

この体系図から実際に郊外の住宅地開発地における生態ネットワーク指標種を選定する際には、①地域に生息している（あるいはしていた）、②地域生態系の上位に位置している、③行動半径が空間スケールに対して都市計画的に意味をもつスケールである、などの点が考慮する必要がある。

(2) 生息基準の設定

生物群集の保全に影響を与える環境構造については、先行研究を参考にして図3のように体系化した（例えば加藤・一ノ瀬¹⁶⁾）。本研究では、地形図から判読および測定可能な項目を対象として、「面積」「植生」「幅」をピオトープ分類の基準として用いた。また、移動空間の「移動障害」「緑地間の距

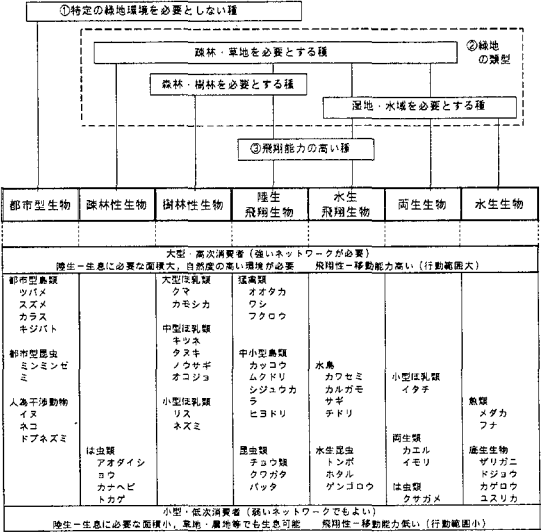


図2 生態ネットワーク指標種の体系図と具体例

離」は、2 章の生態ネットワークの構造で示したように、ネットワーク空間の導出時に反映させる。

(3) 移動障害の設定

コリドーが移動経路としての機能を果たすためには、外部からの影響が少ないような幅や植生を備えるとともに、緑地が連続することが重要であり、不連続の原因となる障害の構造を考慮することで、より生息実態を反映した分析になる。

移動障害の設定は、移動に関して要求が厳しいとされる地上徘徊性の生物の行動を考慮して、緑地から外部にしみ出す際に影響を与える緑地周辺部の形態と、移動空間内に存在して移動の妨げとなるような都市空間の二つを想定する（図 4）。

これらの障害では、生物の都市空間へのしみ出し行動が分断され、またはそこで迂回が生じるものとして分析に反映させる。

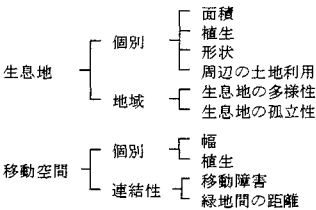


図 3 環境構造の体系図

移動障害となる空間要素	障害の例	測定基準
緑地外縁部の形態	よう壁 フェンス	高さ 延長距離
移動の妨げとなる都市空間	屋線、よう壁 三面張り護岸	高さ 延長距離
移動不可能な都市空間	主要河川 池	幅 延長距離
危険性をもつ都市空間	主要道路	その他(水深、交通量)

図 4 移動障害の体系図

3. 2 分析の流れ

対象となる都市開発エリアの生態ネットワークの特性の評価は次の手順で行う（図 5）。

- ①対象地区とその周辺における植生、生物生息状況から、指標生物種を選定する。
- ②対象地区における緑地を規模、形状、土地利用、地形、植生などの条件から、生息地としての適性を評価する。
- ③生息地に適すると評価された大パッチ、中パッチ、小パッチ間のネットワークされていると評価するための基準を、距離、幅、地表条件、障害物等について設定し、次の指標で評価する。
 - ・ネットワークされたビオトープの面積／地区内緑地面積
 - ・大パッチからネットワークされたビオトープ面積／地区内緑地面積
 - ・大パッチからネットワークされたビオトープ面積／ネットワークされたビオトープの面積
- ④エコアップ事業として、空地の緑化、街路の自然緑道化、幹線道路下の動物移動路建設などの候補

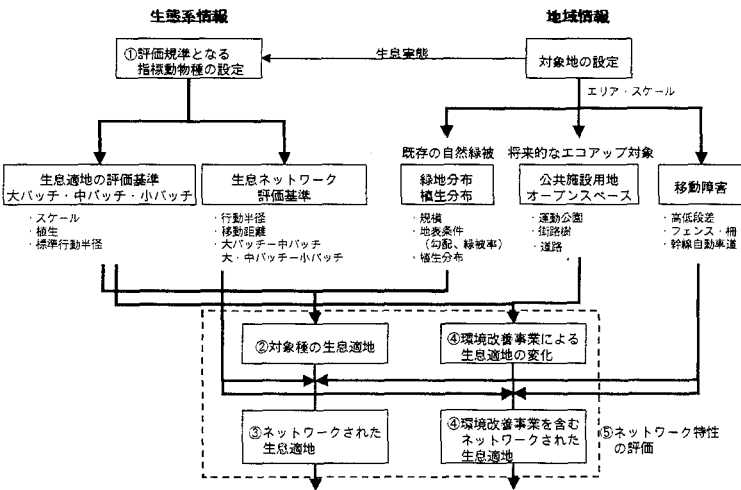


図 5 生態ネットワークの分析の流れ

地を選定して、エコアップ事業によりネットワークされた生息緑地への影響を評価する。

⑤得られた結果からネットワーク特性を総合的に評価する。

生態ネットワーク分析の過程で、指標種は分析の視点によって設定が変わり、また生息基準、移動障害、移動距離については生態学の立場でも具体的な数値として明らかになっていないのが現状である。これらの基準は本分析においては外生的に与えており、操作変数と考えることで多様な生態ネットワーク分析が可能となる。

4. ケーススタディ分析

4. 1 対象地区の概要

生態ネットワーク分析手法に基づいて実際の開発地を分析・評価する。分析の対象地は、関西圏でも環境に配慮した都市づくりの例として紹介される『高槻・阿武山団地』と『北摂三田ウディタウン』とした。二地区の概要を表2に示す。

阿武山団地では、開発面積が狭く緑地が少ないことから、団地周辺を含めた広域的な地区（以下『阿武山周辺』と記述）を対象とする。阿武山周辺は、東西を安威川、芥川の2河川が流れ、南縁を名神高速道路が位置する約 367.9ha の住宅地であり、これらが3方向で障害となって生態ネットワークが完結する地区であると予想できる。地区内には開発によって残された樹林や農地が保全されている（図9を参照）。

ウディタウンは、地区の東側に武庫川が位置して、その他3方向では緑地や農地が残されている 598.0ha の住宅地である。地区中央には平谷川緑地が整備されており、大規模公園の中には樹林が保全されている。中央を南北に幹線道路が貫通し、東西にも道路が整備されている（図10参照）。

対象地区における緑地の現状を、緑地量、緑地の空間分布を分析する既存の手法を用いて比較する。緑地量については、緑地率、一人当たり都市公園面積、自然的土地利用の保全率（雑木林、斜面樹林、藪などの割合）、緑地に占めるビオトープ（パッチとして採用した緑地）の割合を、緑地の空間分布を表す指標は、大規模な森林から一定距離（500m、1km）内にある緑地及び公園の面積率を算出した（表3、図6、図7）。その結果、阿武山周辺では緑地が多く、特に整備された公園よりも開発によって保全された樹林や農地などが多いことが分かった。一方、ウディタウンでは整備された公園が多く、新たな緑地を公園として整備することで、開発で失われた緑地の量を補完している。

両地区とも大パッチから離れるに従って緑地率が減少し、公園面積率が増えている。これは、開発地の中心部に至るにつれて保全された緑地ではなく、整備された公園が多くなることを表す。

表2 対象地とした二地区の概要

	高槻・阿武山	ウディタウン
所在地	大阪府高槻市	兵庫県三田市
地区面積	53.2ha（周辺地区367.9ha）	598.0ha
計画人口	8,000人（2,700戸）	48,000人（13,000戸）
事業期間	昭和60～平成8年予定	昭和48～平成12年予定
環境配慮施策	ビオトープ公園の整備	平谷川の修景計画 雨水貯留システムの計画

表3 対象地区の緑地の現状

緑地量	緑地率	自然地率	ビオトープ率	都市公園 / 人
阿武山	29.7・	18.1%	90.2%	5.1㎡ / 人
ウディタウン	24.3・	12.8%	83.2%	12.8㎡ / 人
緑地分布	一定距離内の緑地率		一定距離内の都市公園率	
	500m	1km	500m	1km
阿武山	30.8%	29.3%	0.3%	3.8%
ウディタウン	25.7%	24.4%	8.5%	11.2%

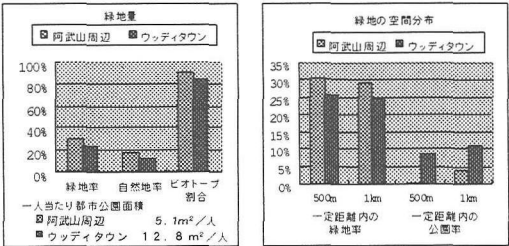


図6 対象地の緑地現状のグラフ

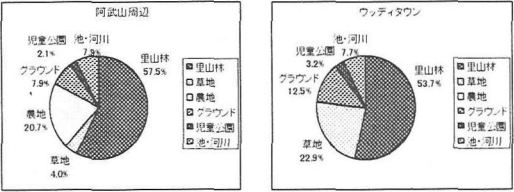


図7 対象地区の自然的土地利用の構成割合

4. 2 生態ネットワーク特性の分析

今回の分析では、現在でも都市部の丘陵地や里山に生息が確認されている樹林生成物で、地上徘徊性の動物である「タヌキ」を指標種に設定した。タヌキは実際に対象地で生息が確認されていると共に、生息特性がよく知られているということも考慮した。文献（例えば伊澤¹⁷⁾、土肥¹⁸⁾、今泉¹⁹⁾ など）から、タヌキの行動圏やライフスタイルに関する情報を抽出し、生息および移動に関する基準をまとめた。今回の分析で採用した基準を表4に示す。

この基準を用いて二地区の生態ネットワーク分析を行った。分析の過程で行うバッファリング（生息地から 100m）による両地区のネットワークされた緑地の導出結果は図9及び図10に、分析結果は表5およびグラフに示す。

表5 生態ネットワークの分析結果

	①	②	③
阿武山	67.7%	24.3%	35.9%
ウディタウン	75.8%	28.9%	38.2%

- ①ネットワークされたビオトープの面積/地区内緑地面積
- ②大ハチからネットワークされたビオトープ面積/地区内緑地面積
- ③大ハチからネットワークされたビオトープ面積/ネットワークされたビオトープ面積

表4 タヌキを指標種とした生息および移動に関する基準

面積 植生	大パッチ - 30ha以上のまとまった里山林 中パッチ - 約3ha（行動圏の平均）以上の面積をもった小規模な里山林 小パッチ - 12m×12mの幅がある農地、草地、里山林
移動 障害	・ 1.5m の高さがあるフェンスやよう壁は障害となるが、柵は通過できる ・ 道路幅は、15m 以上（片側2車線）のものを障害とし、水辺は全て障害となる
移動 距離	・ 生息地からの移動距離は、行動圏3ha（半径約100m）を考慮して林縁部から約100mの範囲は往来可能な空間であるとする

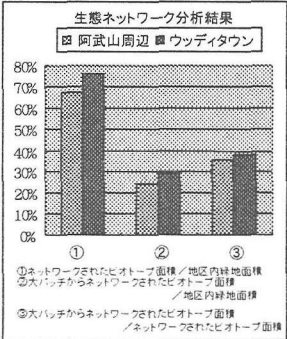


図8 生態ネットワークの分析結果

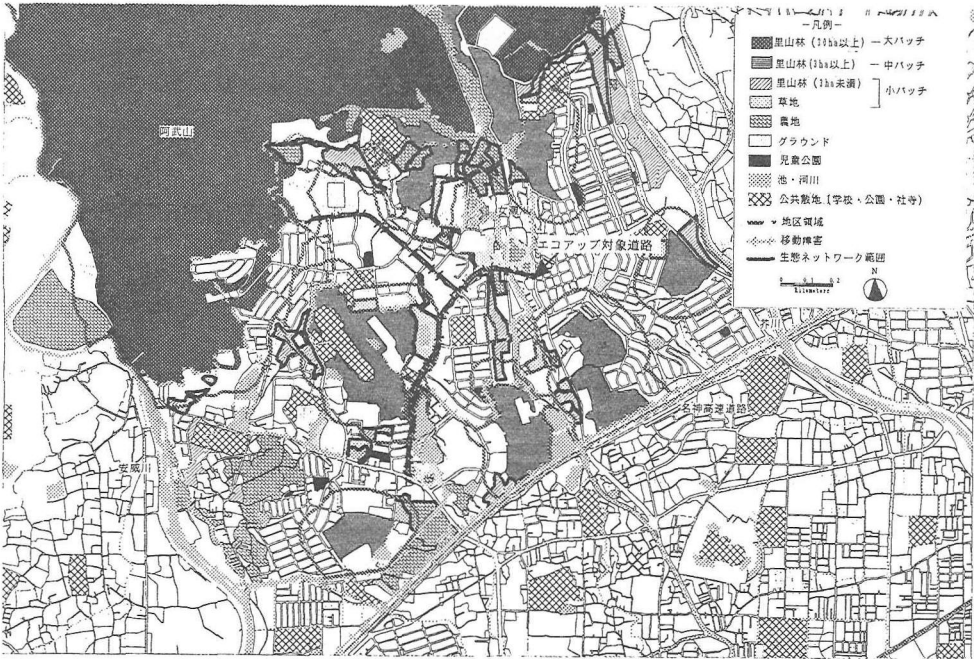


図9 高槻阿武山団地周辺における生態ネットワークの評価図

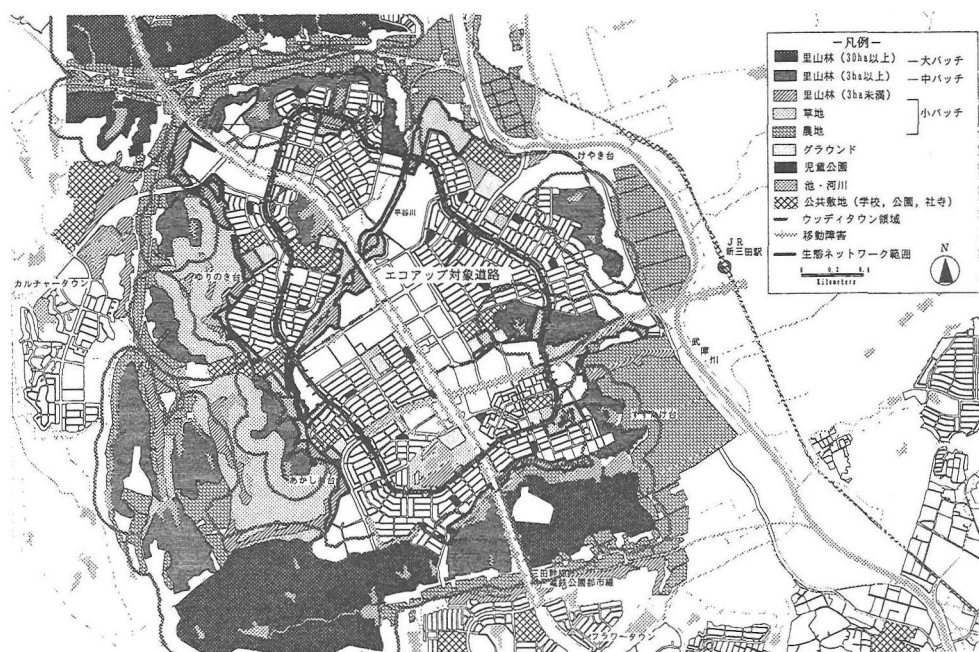


図 10 北摂三田ウッディタウンにおける生態ネットワークの評価図

4. 3 エコアップの効果予測

生態ネットワーク分析を用いることで、どの空間が生態ネットワークにとって重要であるかを把握できる。本分析を用い、整備することによる効果が高い施策（エコアップ）を予測することで、将来の緑地計画の重要な整備箇所を把握することができる。本分析では、整備できる可能性の高い空間として、①公共施設、②緑化ポテンシャルの高いオープンスペース、及び、③障害となっている都市空間を考慮し、「学校」と「道路」のエコアップを行った際の予測を行う。

「学校」のエコアップでは、移動の障害となっているフェンスを取り外し、植栽帯とするとともに、グラウンドの一部（外部緑地側の半分）を緑地として整備する。

「道路」では、幅のある（12m 以上²⁰⁾）ものに限って緑道として整備し、コリドーの機能を果たすことを期待する。具体的には、阿武山団地では地区の北西から南東へと貫通する道路と、東から南西へと延びる道路を対象とした。ウッディタウンでは、地区内の環状道路をエコアップした場合の予測を行った。

分析では、エコアップされた対象面積に対する、新たにネットワークされた緑地の割合を求めた。その結果を図 11 に示す。「学校」では、エコアップ対象から新たなネットワークを引き込むということが少なく、対象のうち何割がネットワークに含まれるのかを示す傾向がある。「道路」では、対象そのものがネットワークされ緑道として機能するとともに、道路に隣接する緑地を新たなネットワーク緑地として加えるために、係数は 1 よりも大きくなっている。

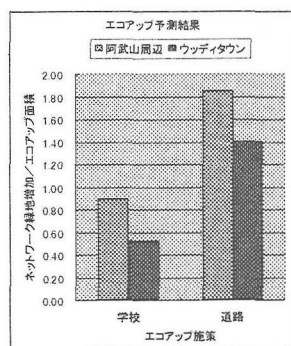


図 11 エコアップ事業による効果予測

4. 5 生態ネットワーク分析の評価

二地区における生態ネットワーク分析および評価をまとめると、次のようになる。

(1) 阿武山周辺では、緑地量の分析、緑地分布の分析において高い値を示し、地区内に多くの緑地が保全されているといえるが、本分析による結果ではネットワークされた緑地が少ないと判断できる。

(2) 二地区を比較すると、緑地率などの従来からある評価項目では阿武山周辺の方がよい結果を示すが、生態ネットワーク分析を用いると、ウッディタウンの方が優れていることになる。これは、ウッディタウンでは、①中央を平谷川緑地というコリドーの機能を果たす緑地が整備されていること、②地区の南北に大パッチとなる里山林が保全されており、阿武山周辺のような一方からのしみ出しでない点、が理由として挙げられる。

5. 研究のまとめと課題

本研究では、ニュータウンの緑地計画を生態学的な視点を取り入れて評価するために、実際の生物の移動を考慮してネットワークを評価する『生態ネットワーク分析』を提案した。本分析手法の流れに沿い、指標種や生息基準などを操作変数として扱うことで、多様な分析を行うことができる。また、本分析手法により、従来の分析では評価できなかった以下の項目が評価できるようになる。①コリドーの機能を果たす緑地を整備することが生態ネットワークを確保することにつながり、このような緑地の重要度が評価できること、②開発地を取り囲むように保全された緑地が存在していれば、その開発地では生態ネットワークが確保されやすいこと。

本研究で提案した生態ネットワーク分析では、指標種や生息基準を設定する必要があるが、生物の生息基準は生態学の視点からも一致した知見が得られておらず、また個体の能力によっても異なる。そこで、生息基準を明確にするために、実際の生物調査に基づく基準を設定し、さらに生態ネットワーク分析によって得られた結果を検証する必要がある。また、今回は評価しなかった水辺の生態ネットワークなどの他のネットワークについても、指標種の選定から評価、そして評価結果を統合する方法などを開発することが課題としてあげられる。

注および参考文献

- ¹環境庁企画調整局編(1996): 地域環境指標ハンドブックー考え方ヒントと事例集ー
- ²大山勲, 花岡利幸, 北村真一(1997): 低密度開発地域における地域環境計画のための開発評価指標, 環境システム研究 Vol.25, 165-173
- ³小林吉輝, 笹谷康之(1996): 都市内の樹林地のネットワーク配置検討手法についての基礎的研究, 環境システム研究 Vol.24, 294-299
- ⁴R.A. Askins, J. Philbrick, D.S. Sugeno (1987): Relationship Between the Regional Abundance of Forest and the Composition of Forest Bird Communities, Biological Conservation 39, 129-152
- ⁵P. Opdam, G. Rijdsdijk, F. Hustings (1985): Bird Communities in Small Woods in an Agricultural Landscape: Effects of Area and Isolation, Biological Conservation 34, 333-352
- ⁶盛岡通, 後藤忍, 吉田登(1997): アーバンエコロジーパ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, 環境システム研究 Vol.25, 51-58
- ⁷日本生態系協会(1993): ビオトープネットワーク、ぎょうせい
- ⁸島谷幸宏・萱場裕一・皆川朋子(1996): 河川の自然環境の保全と他事業との複合化、環境システム研究 Vol.24, 553-556
- ⁹鷲谷いづみ、矢原徹一(1996): 保全生態学入門、文一総合出版、p.69
- ¹⁰加藤和弘(1995): 生態学の視点で見た都市・農村計画ー特に「生態的回廊」についてー、環境研究 No.98, 125-132
- ¹¹鷲谷いづみ、矢原徹一(1996): 保全生態学入門、文一総合出版、p.69
- ¹²樋口広芳(1996): 保全生物学、東京大学出版会、p.71-78
- ¹³日置佳之、田中隆、太田望洋、井手佳季(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ーユトレヒト州を事例としてー、環境システム研究 Vol.24, 321-329
- ¹⁴小菅敏裕、大西博文、小根山裕之(1997): 道路を含めたビオトープネットワーク計画の策定手法に関する研究、土木計画学研究 No.20(1)、383-386
- ¹⁵井手任、武内和彦(1992): 広域都市圏の緑地構造と生物相保全に関する研究、都市計画学会論文集、535-540
- ¹⁶加藤和弘、一ノ瀬友博(1993): 動物群集保全を意図した環境評価のための視点、環境情報科学 22-4, 62-71
- ¹⁷伊澤雅子(1985): 食肉目の Home range size に影響する要因について、個体群生態学会会報 No.40, 53-56
- ¹⁸土肥昭夫(1985): テレメトリー法の現状と将来、個体群生態学会会報 No.40, 35-41
- ¹⁹今泉忠明(1994): 狐狸学入門、講談社
- ²⁰12m 以上であれば林内性植物が多くなることが報告されており、タヌキの生態からもある程度の幅が必要と考えた。