

(千葉大学学位申請論文)

生態系サービスを指標とした
都市域の緑地評価・計画手法に関する研究

2011年7月

千葉大学大学院園芸学研究科
環境園芸学専攻 緑地環境学コース

山田 順之

はじめに

筆者は、千葉県船橋市に生まれ、その後静岡、札幌、東京、神戸と中規模から大規模の都市間で転居を重ねた。大学で造園を学ぶようになり、自分の心象風景となっている静岡の水田、札幌のリング園、東京の屋敷林、神戸の海岸を訪ね歩いた。しかし記憶に残された美しい緑地はすでにそこにはなく、駐車場や宅地といったネガティブな変化のみが残存していた。

世界の他都市と比較して量的な整備が遅れた我が国の都市域の緑地整備は、住民1人当たりの公園面積などを目標として推進されてきた。都市域の緑地が緑被率などの量的な指標により議論される中で、懐古主義やノスタルジーとしての緑地の質的な再生は計画論として通りにくく、緑地のあるべき姿を議論するにはその論拠となるデータがあまりにも不十分であった。都市域で良質な緑の保全・再生・創造を実施するためには緑の存在の重要性を計画論として展開するだけの論理性が必要であり、そのよりどころとなる指標が求められるはずである。

そのような状況の中、勤務する建設会社の業務の中で、幸運にもGISを用いた緑地評価に携わる機会を得た。従来、緑の質的な評価はコストや手間から実際の緑地計画への適用は困難な状況にあったが、GISによりこれらの課題解決への糸口が見えた。この研究を続ける中で、生物多様性に関する社会的関心が高まり、国連のミレニアムアセスメントで「生態系サービス」という概念が広く紹介された。生物多様性にとり、都市は危機として認識される局面がほとんどである。しかし、地球規模で発生している環境課題に対応するためには、地球上の半数以上が居住し多くの資源を消費している都市域において、生物多様性に支えられた生態系サービスが有効に発揮できるような有用な計画論が求められる。

本論文では都市域の緑地のあるべき姿を探求するための手法として、生態系サービスを指標として活用することを提示した。生態系サービスは、エネルギーや食糧の供給、美しい景観の創出、安全な土地利用に寄与しており、我々の持続的な生活に欠くことが出来ない資源となっている。本研究により都市域の緑地における生態系サービスの位置づけ、評価方法、計画手法論などの命題を少しなりとも明らかに出来たのではないかと思う。しかし、生態系サービスの評価とその計画論への反映はまだ多くの課題を残しており、本論文は本格的な問題追及の端緒にすぎない。都市と生物そして人間の美しい関係を構築するために、今後、多くの研究が蓄積されなければならない。

本研究は筆者が鹿島建設株式会社の技術者として、1997年から取り組んでいるGISを活用した緑地評価および緑地計画に関する研究プロジェクトをベースとし、千葉大学園芸学研究科後期博士課程において古谷勝則准教授のご指導によりその研究成果をまとめたものである。研究活動全般にわたり格別なるご指導とご高配を賜りました古谷先生には甚大なる謝意を表したい。

論文の審査に関しては、千葉大学園芸学研究科 藤井英二郎教授、沖津進教授、大江靖雄教授より、それぞれのご専門の立場から、示唆に富むご指摘を戴いた。ここに厚くお礼申し上げるとともに、ご指摘いただいた点については、今後の研究活動の中で答えを出していきたいと思う。

千葉大学園芸学研究科 赤坂信教授、柳井重人准教授、秋田典子准教授、岩崎寛准教授、三島孔明准教授、永瀬彩子助教には、研究あるいは授業科目に関して多大なるご指導を戴いた。

鳥取大学乾燥地研究センター恒川篤史教授にはGISによる緑地の解析手法やシナリオを用いて緑地計画を考える新たな視点をご指導戴いた。クッシュマン・アンド・ウェイクフィールド株式会社の熊谷要一博士には、討論を通して有益なご助言を戴いた。また、研究遂行にあたり日頃より有益なご討論ご助言を戴いた、独立行政法人都市再生機構 島田知幸氏および鹿島建設株式会社 上田純広氏、曾根佑太氏に厚く御礼申し上げたい。

財団法人国立公園協会理事長 油井正昭博士には、筆者が学部生の頃より、研究に向かう姿勢や研究に関する困難克服のための具体的な方策までご指導戴いた。また、留学中に、緑地評価の多様な視点や緑地計画におけるダイナミックな解析に関してペンシルベニア大学デザイン大学院ランドスケープ学科、ローリー・オーリン教授、ダナ・トムリン教授、ジム・コナーズ教授に多くの示唆に富むご指導いただいた、本研究に正面から取り組むことが出来たのもひとえに、油井先生をはじめとする恩師の方々の熱意に満ちたご指導と激励があったからこそと思う。ここに深謝する次第である。

最後に、鹿島建設株式会社 環境本部地球環境室の小池勝則室長ならびに職場の皆様、企業と生物多様性イニシアティブ(JBIB)の皆様、環境省生物多様性企業活動ガイドライン検討会の皆様、銀座ミツバチプロジェクトの皆様には厚く御礼申し上げたい。本研究は、こうした多くの方々のご指導、ご援助、激励に支えられ実現したものであり、本研究を支えてくださった全ての方々に、末筆ながらあらためて深く感謝の意を表するとともに、その御恩に報いるためにも、さらに研究を進化させなければならないと決意を新たにす次第である。

目次

目次	3
第1章 序章:研究の背景・目的・方法	7
1-1 問題の所在	7
1-1-1 生物多様性と生態系サービス	7
1-1-2 都市域の緑地による生態系サービスの提供	8
1-1-3 生態系サービスを指標とする目標管理の進展	8
1-1-4 本研究の課題と目的	9
1-2 既往の研究	11
1-2-1 都市緑地の生態系サービスの分類に関する研究	12
1-2-2 森林・農地の生態系サービスの分類に関する研究	15
1-2-3 緑地の特定の生態系サービスに関する研究	18
1-2-4 生態系サービスの経済便益評価に関する研究	19
1-2-5 生態系サービスの環境コミュニケーションに関する研究	21
1-3 研究の位置づけ・方法	22
1-3-1 本研究の位置づけ	22
1-3-2 本研究の方法	23
第2章 生態系サービスの評価方法, 手法	27
2-1 本章の目的と方法	27
2-1-1 生態系サービスの概念	27
2-1-2 生態系サービスと都市域の緑地の関係	29
2-1-3 土地利用と生態系サービスの関係	30
2-2 建築物評価手法における生態系サービス評価	33
2-2-1 BREEAM	33
2-2-2 LEED	33
2-2-3 CASBEE	34
2-2-4 生態系サービス評価の視点から見た各評価手法の特徴	34
2-3 土地利用に関する生態系サービス評価	35
2-3-1 SEGES	35
2-3-2 SITES	38
2-3-3 CBI	40
2-4 その他の生態系サービス評価システム	42
2-4-1 TEEB	42
2-4-2 ESR	43
2-4-3 UFORE	44
2-5 緑地計画に活用可能な生態系サービス	45
2-6 本章のまとめ	47

2-6-1 生態系サービスの評価指標としての計測の可否.....	47
2-6-2 緑地評価におけるスケールや入力データ.....	48
2-6-3 緑地の構造と生態系サービスおよび人間の便益の関係.....	48
2-6-4 生態系サービスのトレードオフ.....	50
第3章 地域レベルの緑地計画のための生態系サービスの評価	51
3-1 本章の目的と方法	51
3-1-1 本章の背景と目的	51
3-1-2 本章の方法	52
3-2 評価の対象とした機能とその評価手法.....	55
3-2-1 緑地の生態系サービス.....	55
3-2-2 気象緩和機能の評価方法.....	55
3-2-3 大気浄化機能の評価方法.....	56
3-2-4 エコロジカルネットワーク機能の評価方法.....	56
3-2-5 二酸化炭素固定機能の評価方法.....	57
3-3 シナリオプランニング	57
3-3-1 気象緩和機能.....	60
3-3-2 大気浄化機能.....	60
3-3-3 エコロジカルネットワーク	60
3-3-4 二酸化炭素固定機能.....	60
3-4 考察.....	61
3-4-1 GISデータの収集・加工.....	61
3-4-2 緑地の生態系サービスの評価手法	61
3-4-3 シナリオプランニング	61
3-4-4 住民への表示・説明方法	62
3-5 本章のまとめ.....	62
3-5-1 GISデータの活用.....	62
3-5-2 シナリオプランニング	63
3-5-3 生態系サービスの緑化計画の指標としての有効性	63
第4章 地区レベルのエコロジカルネットワーク評価手法.....	65
4-1 本章の背景と目的	65
4-2 本章の構成	66
4-2-1 本章の対象地域.....	66
4-2-2 本章の流れ	66
4-3 都市域の緑地の把握手法.....	67
4-3-1 RSを活用した緑被状況の把握	67
4-3-2 連続性のある樹林の判読手法	69
4-4 鳥類の生息地評価手法	69
4-4-1 鳥類の生息可能域評価.....	69
4-4-2 コゲラの生息に必要な環境条件	70

4-4-3 コゲラのコアの判定	71
4-4-4 コゲラのサテライトの判定	73
4-5 現地調査による評価手法の妥当性の検討	73
4-5-1 現地調査	73
4-5-2 RSによる緑地判読の妥当性の検討	73
4-5-3 GISによる生息可能域判定の妥当性検討	74
4-6 シナリオプランニング	75
4-7 本章のまとめ	78
4-7-1 RSを用いた都市域の緑地判読の有効性	78
4-7-2 GISを用いたエコロジカルネットワーク評価手法の有効性	79
4-7-3 シナリオプランニングの有効性	79
4-7-4 実用化に向けた課題	80
第5章 都市域の生態系サービスの経済便益	82
5-1 本章の目的と方法	82
5-1-1 本章の背景と目的	82
5-1-2 本章の研究手法とデータ	82
5-2 都市行政と住民意識	84
5-3 緑地と生物多様性の関係性	85
5-4 不動産価値と緑地の関係性	86
5-4-1 アパートの賃料と緑被率の関係	86
5-4-2 土地取引価格と大規模緑地の関係	87
5-5 経済便益による意識啓発	89
5-6 本章のまとめ	89
5-6-1 緑に関する住民の意識と生物多様性や生態系サービスとの関係	89
5-6-2 生物多様性と不動産価値	89
5-6-3 生態系サービスを緑地計画に結び付けるための方向性	90
第6章 都市域における自然体験活動と生態系サービスの啓発事例	92
6-1 本章の目的と方法	92
6-1-1 本章の目的	92
6-1-2 本章の内容と方法	93
6-2 ミツバチプロジェクトの概要と活動内容	94
6-2-1 調査方法	94
6-2-2 調査結果	94
6-2-3 ミツバチプロジェクトの活動内容の考察	98
6-3 具体的プログラムと啓発効果	98
6-3-1 環境教育プログラムの検討	98
6-3-2 周辺緑地モニタリング調査	101
6-3-3 住民の意識変化の把握調査	103
6-4 生物多様性や生態系サービスの啓発活動に資するプロジェクトの方向性	107

6-4-1 危険性に関する意識.....	107
6-4-2 触れ合い機会の創出	107
6-4-3 生態系サービスの顕在化.....	108
6-5 本章のまとめ.....	108
6-5-1 ミツバチプロジェクトの概要と活動内容.....	108
6-5-2 ミツバチを用いた自然体験活動と意識変化の調査.....	108
6-5-3 生態系サービスの啓発に資するプロジェクトの方向性.....	109
第7章 生態系サービスを指標とした緑地評価・計画手法の枠組み	110
7-1 本章の目的と方法	110
7-2 生態系サービスを指標とした緑地評価・計画手法の手順.....	110
7-2-1 地域レベルにおける緑地評価・計画手法	110
7-2-2 地区レベルにおける緑地評価・計画手法	112
7-2-3 緑地の経済便益評価手法.....	114
7-2-4 生態系サービスの啓発手法.....	114
7-2-5 緑地評価・計画手法へのGISの活用.....	115
7-3 評価対象となる生態系サービスと入力データ	116
7-4 シナリオプランニング	118
7-5 生態系サービスを指標とした緑地計画手法の特徴.....	119
7-6 生態系サービスを指標とした緑地計画手法の課題.....	120
第8章 結論:生態系サービスの評価と都市域の緑地計画・運営.....	122
8-1 前章までのまとめ	122
8-2 生態系サービスを指標として用いた緑地整備の一般化に向けた提言	124
8-2-1 生態系サービスを指標とした目標管理.....	124
8-2-2 生態系サービスの計測の可否	124
8-2-3 生態系サービスを指標とする場合のスケールやデータ	125
8-2-4 緑地の機能と生態系サービス, 人間の便益の明確化	125
8-2-5 生態系サービスの優先順位やトレードオフ	126
8-3 結論.....	126
8-4 今後の課題	129
要約	130
Summary.....	132
図表リスト.....	135
参考・引用文献.....	137

第1章 序章:研究の背景・目的・方法

1-1 問題の所在

1-1-1 生物多様性と生態系サービスⁱ

2010年は国連の定める国際生物多様性年であり、同年10月には愛知県名古屋市において第10回生物多様性締約国会議(COP10)が開催された。会議開催期間中には様々なサイドイベント、パラレルイベントが開催され、また会議終了後にも「生物多様性」が流行語大賞候補に選ばれるなど、2010年はこの課題に関する国民の関心が飛躍的に高まった。生物多様性条約第2条では“「生物の多様性」とは、すべての生物(陸上生態系、海洋その他の水界生態系、これらが複合した生態系その他生息又は生育の場のいかなを問わない。)の間の変異性をいうものとし、種内の多様性、種間の多様性及び生態系の多様性を含む。”と説明している。

この生物多様性は「生態系サービス(ecosystem services)」という自然の恵みを人類にもたらしている。国連環境計画の主導のもと、2001年から2005年まで実施された「ミレニアム生態系評価(Millennium Ecosystem Assessment, 以下MAと略す)」では生態系サービスを、物質循環など生物種が存在するための環境つくる「基盤サービス」、食料や医薬品を提供する「供給サービス」、洪水や気候を制御する「調節ⁱⁱサービス」、観光や芸術などの「文化サービス」の4つのサービスに区分している。また、国が定める生物多様性国家戦略2010では、生物多様性の重要性を示す理念として上記区分を参考に、①すべての生命が存立する基盤を整える、②人間にとって有用な価値を持つ、③豊かな文化の根源となる、④将来にわたる暮らしの安全性を保障する、の4つを紹介しており、「生態系サービス」が生物多様性の重要性を認識する指標として用いられていることが理解できる。この生態系サービスが生み出している価値は、世界全体で年間33兆ドル(Costanza, 1997)¹⁾との試算結果もある。その年の人為的な経済活動による世界総生産が約18兆ドルであったことから、生態系サービスが人類にとって非常に大きな役割を果たしていることがわかる。

生物多様性を適切に保全し自然共生社会を実現することを目標とする、環境省と国連大学高等研究所が提唱するSATOYAMAイニシアティブでは、その行動指針として、「多様な生態系のサービスと価値の確保のための知恵の結集」、「革新を促進するための伝統的知識と近代科学の融合」、「伝統的な地域の土地所有・管理形態を尊重した上での、新たな共同管理のあり方の探求」を提示しており(黒田, 2010)²⁾、人間の福利の向上をもたらす多様な生態系のサービスの価値への理解と、そのための社会的、科学的な実証が生物多様性保全を進めるための鍵であることを指摘している。

ⁱ生物多様性は生物の多様な状態を表し、生態系サービスは人類が生態系から得られる恵みを示す。生物多様性と生態系サービス(BES: Biodiversity and Ecosystem Services)などとして一つの単語として使用されるケースもある。

ⁱⁱ英語では“Regulating Services”を調節サービスまたは調整サービスと訳す。本研究では生態系がより能動的に制御することを示すように調節サービスを採用する。ただし、原文で調整という言葉が使われている場合は、そのまま調整を採用する。

1-1-2 都市域の緑地による生態系サービスの提供

20世紀初頭には総人口の1割にも満たなかった都市居住者が、2007年にはじめて50%を超えるようになったことが示されている(国連人口計画, 2006)³。また、国連の人口予測によると、2050年には世界人口の80%が都市に居住している可能性がある⁴。世界人口が増加している状況で都市域に居住者が集中することは、エネルギーや物資の配給効率、利便性や情報の収集、都市インフラの合理的投資といった点でメリットもある。しかしながら、環境に配慮しない経済合理性を優先させた過度の開発により、大気の質の劣化、生物生息地の分断、レクリエーション機会の損失など様々な都市問題が生じている。このような都市問題に取り組む視点として、化石燃料や鉱物資源と異なり再生産可能な資源である生態系サービスは、非常に重要な都市開発指標となりうると考える。

一方、様々な都市環境問題への対応策として緑地の役割が再認識されている(山田, 2008・2009)^{5,6}。これは従来、定性的に認識されていた緑地の機能が、水処理施設や太陽光発電など工学的環境インフラ整備と比較して複合的な環境便益を生み出すこと、つまり多種多様な生態系サービスを提供することが認識されたことも影響している。特に、人口密度が高くエネルギーや食料の自給率の低い日本の都市において、質の高い緑地の保全・整備を進めることにより生態系サービスを持続的に利用できるまちづくりを進めることは、様々な環境問題の解決策として将来的に重要性を増すと考える。

しかしながら、このようなアプローチを推進するためには、緑地の保有する生態系サービスはその役割の認識が一般に浸透していないこと、一部でその評価手法が研究されているが、その重み付けや実際の計画に適用する総合化ツールがほとんど存在していないこと、さらに、他の物理的環境インフラと費用便益効果を比較検証出来るような定量的評価が実施できるレベルに至っていないなど、重要な課題が残されている。よって、今後の都市インフラとして良質な緑地整備を行っていくための新しい方法論として、生態系サービスを指標としてそれを最大限活用するような緑地計画技術に関する研究が望まれる。

1-1-3 生態系サービスを指標とする目標管理の進展

生物多様性はリオの地球サミットで地球温暖化と並び議論された地球環境問題であり、翌年の1993年には168カ国の参加を得て生物多様性条約が発行している。ところが、地球温暖化と比較してその取り組みはなかなか進展してこなかった。地球温暖化対策は、起こっている危機に対して気候変動に関する政府間パネル(IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change)の報告書などにより、科学的根拠に基づいた二酸化炭素排出量削減目標の設定が可能であった。それに対して、生物多様性は生物種の減少などに対して科学的根拠に基づく合理的な目標設定が困難であったため、関係者の合意形成が進まなかったことに取り組みが遅れた一因があると考えられる。

一方、わが国では1970年代より都市環境の状況を把握する、もしくはその状況を

改善するために一人当たりの公園面積や街路樹の本数, 大気汚染物質質量などが環境指標として用いられている。さらに, 自治体などが実施する地域環境計画においては, P(Plan:計画), D(Do:実行), C(Check:点検), A(Action:見直し)のサイクルに沿って目標設定から点検, 評価までの一連の作業を実施していこうとする機運が高まっている(中口, 2001)⁷。

このような経緯を受け, 生物多様性という複雑で多様な課題を抱えるテーマに対して, 概念が具体的であり目標管理が可能となりうるなんらかの指標が求められるのは論を待たないといえる。現在問題となっている地球環境問題への対応は, 一般市民などを含む多様な主体において課題を共有し合意形成を進める必要があるため, 目標設定が可能となるわかりやすく有用な指標が求められる。都市域の緑地整備において現在用いられている, 公園の設置数や面積, 利用者数, 樹木本数, 地域の緑被率などの指標に加え, 都市域の生物多様性保全に対応できる指標として生態系サービスへの注目が少しずつ高まり, その定量的評価技術や都市計画などへの適用技術に関する研究も近年発表されている。

たとえば, 2008年にシンガポール政府が提案したCBI(City Biodiversity Index)⁸では, 都市の生物多様性を評価する3つの指標の一つとして都市内の生物多様性による生態系サービスを取り上げている。また, 同年に世界資源研究所(WRI: World Resources Institute)および持続可能な発展のための世界経済人会議(WBCSD: World Business Council for Sustainable Development)から“企業のための生態系サービス評価(ESR: the corporate Ecosystem Service Review)⁹”が発表されている。これは, 企業が生態系にどの様に依存し, 影響を与えているのかを生態系サービスを指標として体系的に評価するツールである。WBCSDでは, 2011年に新たに生態系サービスに対するビジネス上の価値を定量評価するガイドである“企業の生態系評価ガイド(Guide to CEV: Guide to Corporate Ecosystem Valuation)¹⁰”を発表し, 具体的な計測の枠組みや生態系サービスの定量評価手法を示している。さらに生物多様性版のスターンレビューといわれる, 生態系と生物多様性の経済学(TEEB: The Economics of Ecosystems and Biodiversity)は, 2010年に発行された総合報告書¹¹の中で, 都市域における生物多様性の保全を推進するため都市緑化がもたらす一部の生態系サービスの評価事例など従来不可視であったものを明らかにしている。

1-1-4 本研究の課題と目的

ところが, 上記のように意思決定の指標としての生態系サービスへの社会的関心が高まる状況下において, 既往の緑地計画分野ではこの生態系サービスの視点を取り入れた実践的な研究を十分に行ってきたと言い難い。

生態系サービスは生態系の公益的機能と呼ばれることもあり, 既往の研究では, 緑の環境保全機能もしくは多面的な機能として研究対象に取り上げられてきた。例えば森林(日本学術会議, 2001)¹², 農林地(横張, 1995)¹³, 都市緑地(丸田, 1983)¹⁴など広範囲の緑を対象として, 様々な視点, 立場から分類, 定義されている。いずれの研究においても, 緑の保有する生態系サービスの重要性を指摘しそれらを

体系的に整理しているが、緑地計画に反映するためには計測可能なものと不可能なものが混在しており不十分な状況にある。つまり指標として機能する生態系サービスを緑地計画という実践的な立場から分類、整理する必要があるこれが本研究の第一の課題となる。

次に、既往の緑地に関する生態系サービスの研究では、特定の場所や受益対象者などを対象とした調査研究事例(たとえば山本ら, 1995)¹⁵など限られた条件下での研究にとどまっており、他の地域での適用可能性の検討など実際の緑地計画に反映していくための条件整備には課題が残されている。また、生態系サービスを把握するためには緑地の状態を示す諸データの取得が必要となるため、汎用的なデータ取得やそれを処理するためのシステムに関する検討が求められる。よって、第二の課題は、緑地に関するデータの取得、処理方法や汎用性のある生態系サービス評価モデルの構築にある。

加えて、恒川(1999)¹⁶は一度失われるとその復元が困難な緑地に関する計画策定には、現況のスタティック(静的)な評価だけでなく、その将来像をシナリオとしてダイナミック(動的)に評価する視点が必要であると指摘している。つまり、指標を用いた緑地の現況評価だけでは計画支援には不十分であり、計画案が設定した目標を達成できるかどうか評価することが、実際の緑地計画に研究成果を反映させるため重要となる。しかし、既往の研究では指標としての生態系サービスの研究と計画手法の研究が別々に実施されており、指標の体系と緑地計画を一体的に示す研究蓄積は少ない。よって、第三の課題は都市緑地の計画に目標管理を取り入れるため、生態系サービスを指標として緑地をダイナミックに評価しその将来像を示しながら代替案を検討するシナリオプランニング手法を検討することにある。

最後に、実際の都市開発の中で、このような緑の環境保全機能、生態系サービスを用いた緑地整備を実施していくためには、緑地を活かした物理的な環境改善に加え専門的知識を有さない一般市民にいかにして緑の価値を伝え、緑地整備の合意形成を図っていくのが重要な課題となる。都市化が急速に進み、貴重な緑地が年々減少していく中で、緑地の潜在的な生態系サービスを顕在化させる研究だけでは都市緑地の整備には十分ではない。これに加えて、緑地の価値を一般市民と共有することが緑地を保全、創出し、都市域の生物多様性保全を促進するための社会的合意を形成していくことにつながると考える。よって、第四の課題は、都市緑地の生態系サービスの顕在化とその価値の啓発活動にある。

以上の問題意識のもと、本研究では第一の課題に対応するため、都市緑地と生態系サービスの関係性を明らかにし、緑地計画に適用可能となる生態系サービス指標を把握することを試みる。次に、第二の課題に対応するため、都市緑地の生態系サービスを評価するための妥当性の高いデータと評価モデルの構築を試行する。また、第三の課題となった、複数のシナリオプランニングの手法やそのための評価システムの在り方を検討する。そして、これらの結果に立脚しつつ第四の課題に対応するため、生態系サービスをいかに顕在化させ、その価値を共有するような啓発活動のあり方を、都市緑地との関係性を踏まえ検討することを目的とする。実践的なアプローチによって検証を重ね、これらの目的を達成することで、都市域において持続可能なまちづくりの重要な環境インフラとなる、良質な都市緑地を保全、創出す

るための一助として、本研究が有効に活用できると考える(図1-1)。

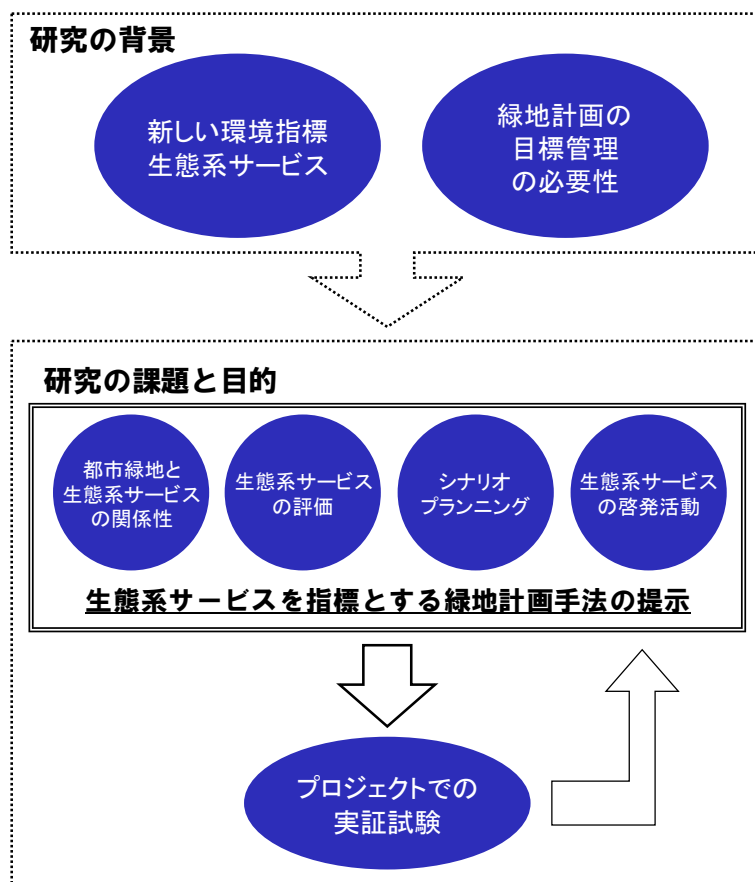


図 1-1 本研究の背景と課題・目的の関連

1-2 既往の研究

わが国においては、1970年代以降に都市緑地や森林、農地など様々な緑地が持つ役割を機能やサービスと捉え、その整理や定量的な評価を実施するようになった。その後、こうした機能は多様な緑地を対象として、様々な立場から分類・定義されている。また、それらの機能を活用した緑地計画手法や環境管理手法が提案され、プロジェクトへの適用も含めた調査研究が実施されている。ここでは、緑地計画に用いるための生態系サービス指標を検討するに先立ち、まず、既往の分類や定義を整理する。また、緑地の生態系サービスとして重要視されているエコロジカルネットワーク評価に関する研究を整理し、さらにその適用研究や生態系サービスに関連する啓発活動に関する研究などを検討する。

1-2-1 都市緑地の生態系サービスの分類に関する研究

都市緑地は、食料の確保、災害の防止、気象の緩和、公害の防止、レクリエーションの場など多様な機能を有しており、比較的早い時期からその役割の整理、体系化について議論されてきた。

C.ターナードら¹⁷⁾は、主として緑地機能の性格に着目して以下のとおり分類している。

- a) 保護機能:自然状態を保護する.文化財を保護する.日照を確保し,騒音を防止し,類焼を防げ,プライバシーが侵害されることを防止するなど,個人の生活環境の破壊を防ぐ.
- b) 生産機能:農林業生産の場になる.観光自然としての源泉になる.教育的価値がある.
- c) 修景機能:住宅及び住宅地を美化する.都市全体の美的イメージアビリティを高める.
- d) レクリエーション機能:幼児の遊び場,青少年や青年のスポーツや交歓の場になる.主婦や老人の憩いの場になる.

1972年4月の都市計画中央審議会の答申¹⁷⁾では、主として都市緑地の性格に着目して次のとおり分類している。

- a) 道路、広場と一体となって都市の骨格を形成し、また、その外周にあって、市街地の無秩序な外延的拡大を防止する。
- b) 個性ある風致、景観を備えた地区環境を形成し、自然との触れ合いを通じて人間形成における情操、体育その他の教化的・保健的価値を有する。
- c) 公害及び災害の発生を抑止し、災害時の非難・救助活動に役立つとともに、大気の浄化、浮遊煤塵の捕捉、防音、遮熱などの機能を有する。

高橋ら(1972)¹⁸⁾は都市林を対象としその機能を主要効果としての「固有効果」と副次効果としての「対処効果」に分類した。ここで、固有効果とは都市林と接触することで人間に直接得られる効果で、緑地以外のものでは代替できないものであり、対症効果とは都市林がその周辺環境に与える郊外の緩和や気象緩和の機能であり、他の技術的手段によっても代替させることができるものと位置づけている。

進士(1975)¹⁹⁾は、緑の価値が従来の科学的方法で計量することは難しいと指摘しながら、人間と緑との関係次元により、1次的効果から3次元効果に分類し、さらに中分類として物理的效果、生物・化学的效果、心理的效果に整理し、小分類で水源涵養機能など22種類の機能に分類している(表1-1)。

表 1-1 緑の効用効果(進士, 1975)

人間と緑の 関係次元	中分類	小分類
一次的効用		グリーン・コンタクト的機能
二次的効用		環境保全機能, 保健休養機能, 学術教化機能
三次的効用	物理的效果	防塵機能, 防音機能, 遮光機能, 防風機能, 防火機能, 防雪機能, 日射調整機能, 土砂流出・崩壊防止機能, 水源涵養機能
	生物・化学的效果	吸塵機能, 温度調節機能, 湿度調節機能, 酸素収支の安定保持機能, 環境指標機能
	心理的效果	美化機能, 修景機能, 安息機能, 審美的機能

丸田(1983)¹⁴は緑地がオープンスペースとして用いられる効果を存在効果, 緑地を人間が利用することによってもたらされる効果を利用効果と整理した。また, 高原(1988)²⁰は, 緑地の機能を, 客観的機能(理科学的機能)と主観的機能(美的またはアメニティ的機能)に二分割する分類案を提示している(表1-2)。

表 1-2 緑地機能の分類案(高原, 1988)

客観的機能	環境保全機能	都市形態のコントロール 自然, 生態系, 文化財保全 生活空間の確保 自然災害の防止 公害防止, 日照確保, 微気象の調節
	アクセシビリティおよびレクリエーション機能	歩行者・自転車の安全性, 能率性, 快適性の確保 動的レクリエーションの場 静的レクリエーションの場
主観的機能		都市美の造成 アメニティの増進

三沢(1990)²¹は、環境装置としての緑地を検討するために、環境要素ごとに緑地の立場を明らかにする方法を示している。ここでは感覚的要素として視覚環境、聴覚(音響)環境、嗅覚環境、人間を取り巻く無機的环境として、大気環境、気象環境、土壌環境の6つの環境要素に整理し、多様な緑地の役割を議論している。

丸田ら(1995)²²はこれら既往の事項を整理し、緑地の機能と解析の際に重視されるべき空間および主な調査項目について提示している(表1-3)。

表 1-3 緑地の機能と解析対象空間および調査項目(丸田ら, 1995)

	対象空間		調査項目											その他			
			自然的条件					社会的条件									
	広域圏	都市	住居地区	気象	地形	地質土壌	植生	動物相	土地利用	公災害	法適用	文化財	交通	緑地の保全志向	レク志向	レク資源・施設	景観
緑地の機能																	
環境保全機能																	
都市形態規制	○	○			○		○		○		○						
生活環境保全			○	○			○	○	○	○	○		○	○	○	○	○
気象緩和	○	○			○		○		○		○						
ビオトープの保全	○	○			○	○	○	○			○				○		
史跡文化財保全	○	○									○	○		○	○	○	○
レクリエーション機能																	
日常的レクリエーション			○	○			○			○		○	○	○	○	○	○
広域的レクリエーション	○	○					○			○		○	○	○	○	○	○
防災機能																	
自然的災害防止	○	○			○	○	○	○	○	○	○			○		○	
社会的災害防止	○	○							○	○	○					○	
避難地			○	○			○	○	○	○						○	
避難路			○	○			○			○			○				
景観形成機能																	
郷土景観形成			○	○			○	○	○		○	○		○	○	○	○
ランドマーク形成	○	○					○				○					○	○

一方、良好な都市緑地の保全整備を目的とした「緑の基本計画」(1995)²³では、緑地の保有する機能を、環境保全、レクリエーション、防災、都市景観等とし、各機能に配慮した系統的な緑地計画の必要性を提示している。これを参考に各自治体ではそれぞれの緑の基本計画を策定し、定期的な見直しを実施している。ここではその事例として、広島県廿日市市の緑の基本計画(2010)²⁴における都市の緑の機能分類を示す(表1-4)。

表 1-4 都市の緑の主な機能(廿日市市, 2010)

分類	主な内容	具体的な例
環境保全機能	山林、水系などによる水源かん養、生物の生息環境の保全、自然生態系の維持 二酸化炭素の吸収などによる大気浄化、気候の調節、地球温暖化防止への寄与 貴重な自然の維持、文化的資産の保全	稜線(尾根筋)、山林、河川、湖沼 山林、市街地内の樹林地 植物群落、社寺林
レクリエーション機能	自然とのふれあい、自然学習、野外レクリエーションの場の提供 市民の休養・休息、遊び場の提供 スポーツ・レクリエーション、交流の場の提供	自然観察の森、野外キャンプ場 街区公園、近隣公園 運動公園、グラウンド
防災機能	大雨時における流量調整、洪水防止 火災時における延焼防止 騒音の遮断などの公害防止、抑制 災害時の避難場所の提供	山林、傾斜地の樹林地 市街地の緑地帯、河川 緩衝緑地 都市公園、学校
景観構成機能	地域を特徴づける景観、固有の歴史・文化を印象づける景観の形成 市街地における良好な景観の形成	山頂、山なみ、田園景観、鎮守の森 都市公園、公共施設の緑地、緑の多い市街地

1-2-2 森林・農地の生態系サービスの分類に関する研究

森林や農地の保有する機能に関しても、林学や農学分野を中心として議論がなされてきた。

前崎(1976)²⁵は高橋や丸田らの既往研究を参考として森林の保有する機能を、①レクリエーション機能(風致機能・保健休養機能)、②野生生物保護機能、③倫理的機能、④教育的機能、⑤大気浄化機能(酸素供給・汚染物質吸着機能)、⑥防音機能、⑦気象緩和機能、⑧防火機能、⑨水資源かん養機能、⑩自然災害防止機能、⑪環境指標機能、に分類しそれらの類型化を試みている(表1-5)。

表 1-5 森林の社会的機能の類型(前崎, 1976)

	存在効果	利用効果
主要効果(固有効果)	レクリエーション機能 風致機能(一部) 野生生物保護機能	レクリエーション機能 風致機能(一部) 保健休養機能 倫理的機能 教育的機能
副次効果(対症効果)	大気浄化機能 酸素供給炭酸ガス吸収機能 汚染物質吸着機能 防音機能 気象緩和機能 防火機能 防火機能 自然災害防止機能 水資源かん養機能 環境指標機能	防火機能 避難地機能

只木(1999)²⁶は、森林の環境保全的効用は、地球環境問題レベルのものから身の周りの小さな作用まで多岐にわたり、40～50種類にも及ぶと指摘した(表1-6)。

表 1-6 森林の効用(只木, 1999)

森林が生み出す環境(物理的・化学的効果)

気象緩和:気温条件緩和, 地温条件緩和, 湿度調節, 木陰, 防風, 防霧, 熱汚染緩和
 水保全:水量平準化, 水質良化, 降水量増加
 侵食防止:水食防止, 風食防止, 雪食防止
 自然災害防止:山崩れ防止, 洪水害防止, 干害防止, 風害防止, 飛砂害防止, 塩害防止,
 吹雪害防止, 雪崩防止, 落石防止
 防火:延焼阻止, 災害時避難地として
 大気浄化:二酸化炭素吸収・貯留, 酸素供給, 汚染物吸収, 塵埃吸着
 防音:騒音防止, 騒音源隠蔽
 環境指標:(環境変化を樹木の反応で判断)
 生物種保全:野生鳥獣魚保護, 遺伝子保存, 外来生物侵入阻止

森が育む文化(心理的・文化的効果)

風致・快適性:景観・風景の構成, 風土の風格, 快適性提供, プライバシーの保護(目隠し)
 保健休養:薬効物質揮散, 精神安定, 保養の場の提供, 行楽・娯楽・スポーツの場の提供
 教養・教育:情操培養, 教育の場と材料, 芸術・科学の材料
 文化形成:信仰, 宗教, 風俗・習慣

日本学術会議(2001)¹²は、農業的土地利用に伴う多面的機能, および、森林の多面的機能の意味, 内容, 定量的評価の可否などを検討している。農業の多面

的機能を,Ⅰ.安全な食料を持続的に生産することにより,国民生活の現在及び未来を保証する,Ⅱ.農業的土地利用が物質循環系を補完することにより,環境という公共財に貢献する,Ⅲ.生産空間と生活空間の一体性により,地域社会を形成・維持する,の3つに分類している.

さらに食料供給に関しては,Ⅰ-①食料の安定生産を確保する機能(食料自給率の維持・向上),Ⅰ-②新鮮・安全な食料を生産する機能(国民の健康と安全の保障),Ⅰ-③未来に対する持続的な供給の信頼性を国民に与える(安心)機能.

環境への貢献に関しては,Ⅱ-④水循環を制御して地域社会に貢献する機能,Ⅱ-⑤環境に対する負荷を除去・緩和する機能,Ⅱ-⑥生物多様性を保全する機能,Ⅱ-⑦土地空間を保全する機能.

地域社会の形成・維持に関しては,Ⅲ-⑧地域社会を振興する機能,Ⅲ-⑨伝統文化を保存する機能,Ⅲ-⑩人間性を回復する機能,Ⅲ-⑪人間を教育する機能,に整理している(図1-2).

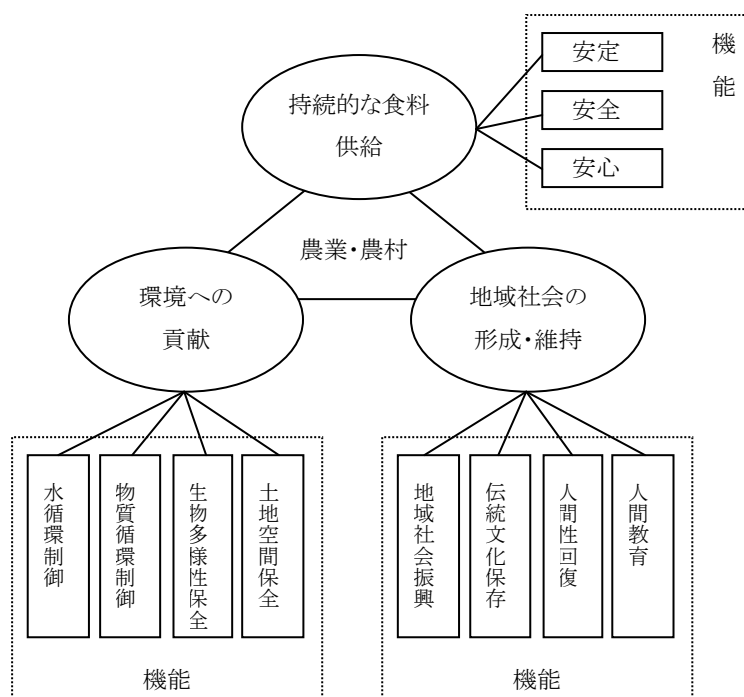


図 1-2 農業の多様な役割と多面的機能(日本学術会議, 2001)

同じく日本学術会議は,森林の多面的な機能では,①生物多様性保全機能,②地球環境保全機能,③土砂災害防止機能/土壌保全機能,④水源涵養機能,⑤快適環境形成機能,⑥保健・レクリエーション機能,⑦文化機能,⑧物質生産機能を示した.また,これらのうち定量評価が可能な機能は②地球環境保全機能,③土砂災害防止機能/土壌保全機能,④水源涵養機能,⑧物質生産機能の4機能,一部定量評価が可能な機能は,⑤快適環境形成機能,⑥保健・レクリエーション

ン機能であると指摘している。

横張(1995)¹³は29種の環境保全機能をリストアップし、それを系統的に整理するためアンケート調査などを実施し、農林地の持つ環境保全機能は人の評価に立脚した場合、①生物 生態系保全:野生動物保護,野生植物保護,土壌微生物保護,生態系維持,水界生態系維持,②水保全:物質分解 汚染物浄化,水質浄化,水源かん養,地下水かん養,③景観保全:景観保全,季節変化指標,郷土感醸成,④保健休養:レクリエーション(地域住民),レクリエーション(都市住民),自然 情操教育,精神安定化,⑤微気象緩和:防風 防塵 防砂,遮光 照り返し防止,温度 湿度調節,⑥居住環境保全:騒音防止,プライバシー保護,⑦大気保全:大気浄化,大気組成調節,⑧土保全:土壌浸食防止,土砂崩壊防止,の8種に集約することが適当であると指摘している。

1-2-3 緑地の特定の生態系サービスに関する研究

近年造園学の分野における生態系サービスに関連する研究の中で、まとまってみられる研究成果が、国土形成計画にも盛り込まれたエコロジカルネットワークに関する計画である(一ノ瀬,2008)²⁷。エコロジカルネットワーク計画は都市において特に注目を集めており、行政においても公園・緑化五箇年計画においてエコロジカルネットワーク研究会が組織され議論されるようになった。

都市は、人口密度が高く、緑地の減少や外来種の進入、環境の均質化など様々な問題が生じている。春田(2003)²⁸は現代の都市には生き物の生息・生育する空間が不足していること、緑地の消失によるハビタット・ロス、小面積であっても地域の生物多様性に大きな影響を与える可能性があり、分断化によって孤立したハビタットには周辺から種が供給されないため、わずかな環境の変動などによって絶滅しやすい状況になっていることを指摘している。一ノ瀬(2003)²⁹は、鳥類を指標としてマクロスケール、メソスケール、ミクロスケールにおける樹林地面積や樹林の孤立化などの緑地の要素と鳥類の生息状況を評価している。このような緑地環境評価手法により、鳥類を保全するための緑地管理や整備目標の検討に有益な情報をもたらしている。黒田ら(2007)³⁰のアカネズミの生息状況と都市近郊の土地利用タイプの関係性に関する研究や、李(2000)³¹のトンボ類を指標とした都市域におけるエコロジカルネットワークに関する研究などがあり、特定の種を保全対象とした研究事例は多い。

エコロジカルネットワーク以外の分野では、山田(2003)³²による緑地の気象緩和機能評価および緑地の配置に関する研究や、藤原(2006)³³による、都市緑地の炭素固定機能評価と緑地計画への反映に関する研究がある。

一方、これら特定の機能評価だけでなく、一部には総合的な評価技術研究に関する研究成果も存在する。伊藤ら(1993)³⁴は緑地の持つ環境保全機能を体系的に示し、地域レベルの緑地の持つ生態系サービスを定量的に評価している。また、網藤ら(1992)³⁵は都市近郊林を対象として住民の属性による環境保全機能評価の差異を明らかにしている。しかし、緑地の生態系サービスの評価については、前述した都市緑地、森林、農地などを対象とした生態系サービスの分類や体系化に関

する研究により、緑地の存在意義などが明らかにされてきているものの、それらのサービス・機能は非計量的特性があるため(進士, 1975)¹⁹, 従来の科学技術では定量的評価は限定的な状況である。

1-2-4 生態系サービスの経済便益評価に関する研究

三菱総合研究所(2001)³⁶は、農地および森林の多面的機能のうち、物理的な機能を中心に貨幣評価が可能な一部の機能について、日本学術会議の討議内容を踏まえて貨幣評価を行っている。機能によって評価手法が異なっていること、また、評価されている機能が多面的機能全体のうち一部の機能にすぎないことなどから合計額は記載しておらず留意する必要があると指摘されている(表1-7, 表1-8)。

表 1-7 農業的土地利用の多面的機能の貨幣価値(三菱総合研究所, 2001)

機能の種類	評価額	評価手法
洪水防止	3兆4,988億円／年	水田及び畑の大雨時における貯水能力を、治水ダムの減価償却費及び年間維持費により評価(代替法)
河川流況安定	1兆4,633億円／年	水田の灌漑用水を河川に安定的に還元する能力を、利水ダムの減価償却費及び年間維持費により評価(代替法)
地下水涵養	537億円／年	水田・畑の地下水かん養量を、水価割安額(地下水と上水道の利用料の差)により評価(直接法)
土壌侵食(流出)防止	3,318億円／年	農地の耕作により抑止されている推定土壌浸食量を、砂防ダムの建設費により評価(代替法)
土砂崩壊防止	4,782億円／年	水田の耕作により抑制されている土砂破壊の推定発生件数を、平均被害額により評価(直接法)
有機性廃棄物処理	123億円／年	有機性廃棄物の農地への還元量を、最終処分場の建設コストにより評価(代替法)
気候緩和	87億円／年	水田による夏期の気温低下能力を、冷房電気料金により評価(直接法)
保健休養・やすらぎ	2兆3,758億円／年	農業・農村が有する保険休養・やすらぎ機能を、農村地域への旅行者及び帰省者の旅行費用により評価(トラベルコスト法)

表 1-8 森林の持つ多面的機能の貨幣価値(三菱総合研究所, 2001)

機能の種類	評価額	評価手法
二酸化炭素吸収	1兆2,391億円/年	森林による二酸化炭素吸収量を火力発電所における二酸化炭素回収コストにより評価(代替法)
化石燃料代替	2,261億円/年	森林により抑止されている浸食土砂量を, えん堤の建設費により評価(代替法)
表面侵食防止	28兆2,565億円/年	森林による崩壊軽減面積から, 山腹工の費用により評価(代替法)
表層崩壊防止	8兆4,421億円/年	森林が洪水流量を軽減する効果について, 100年確率雨量の流量調節量を治水ダムの減価償却費及び年間維持費で評価(代替法)
洪水緩和	6兆4,686億円/年	森林土壌による流域貯留量について, 利水ダムの減価償却費及び年間維持費で評価(代替法)
水資源貯留	8兆7,407億円/年	森林による水質浄化機能を, 水道料金(生活用水分)及び雨水利用施設の原価償却費及び年間維持費で評価(代替法)
水質浄化	14兆6,361億円/年	木造住宅の建築による化石燃料代替効果を火力発電所における二酸化炭素回収コストにより評価(代替法)
保健・レクリエーション	2兆2,546億円/年	森林の保養効果を森林風景鑑賞旅行費用で評価(トラベルコスト法)

海外においては特に米国を中心として都市緑地の関連する生態系サービスの経済便益評価に関する研究が進められている。

マクファーソン(2007)³⁷は都市林の機能のうちエネルギー消費量削減, 炭素固定, 大気浄化, 洪水防止, 景観向上・不動産価値向上を取り上げ, 維持管理にかかる費用なども考慮した上で, 樹木の経済便益を算出し, コロラド州ボルダー市で樹齢40年のトネリコの木1本が\$5,022の価値を持つと示している。ラバーン(2003)³⁸は, 米国クリーブランド市の85棟のオフィスビルを対象として, 質の高い緑地が平均賃料に対して7%の価値を付加すること, さらに高木などにより適切な日陰が提供される場合, さらに7%もの賃料向上効果があることを示している。ウルフ(2005)³⁹は, 米国の大都市におけるビジネス中心街, 中規模都市の中心市街地商業エリア, 小規模都市の商店街における樹木の価値と消費行動への研究を実施し, 街の景観に樹木のある商店街では, 9~12%客単価が向上することを示している。

一方, 谷口(2009)⁴⁰は, 日本学術会議の評価事例について, 森林および水産業・漁村の機能の貨幣価値評価に関しては, 科学的知見がいまだそれを可能とするほどには発達していないこと, 今後評価を試みるものは, 現在の水準の限界をよくよく理解してことにあたるべきであると指摘している。さらに, 生態系的一部分だけを切り出して評価することは, 自然の価値を不当に過小評価することになると解説している。

1-2-5 生態系サービスの環境コミュニケーションに関する研究

良質の都市緑地を整備していくためには、その価値を広く共有する環境教育や普及啓発活動が重要である。生物多様性条約では、第13条に広報、教育、普及啓発活動(CEPA:Communication, Education & Public Awareness)の必要性を示している。また、ユネスコでは環境、経済、社会の面において持続可能な将来が実現できるような価値観と行動の変革をもたらすことを目的とした、持続可能な開発のための教育(ESD:Education for Sustainable Development)を推進している。本論で課題としている良質な都市緑地づくりを進める上で、これらCEPAやESDなど環境に関わるコミュニケーション活動は重要な戦略であり、関連する既往研究も多い。

ノートン(1998)⁴¹は、多様な対象に効果的である環境保全教育プログラムの開発や、生態系や生物多様性に関する知識を一般市民にわかりやすく伝えるコミュニケーション技術の開発の必要性を示した。クルーズ(2004)⁴²は、湖沼の維持管理を事例として自然環境保全のために、湖沼の様々な価値を啓発するCEPAが有効であり、環境保全技術に加え環境コミュニケーションが、実態としての環境保全に重要な役割を果たすことを示した。また、渡辺ら(2004)⁴³は、わが国では環境教育分野の政策的取り組みが大幅に遅れており、生物多様性の急速な衰退を食い止めるには社会全体の生態系保全への認識向上が重要であることを指摘している。棟方ら(2009)⁴⁴は、環境保全活動は行政のトップダウンの下に行われてきたため、都市における保全活動は関心の高い一部の人にはしか受け入れられない場合が多いこと、またESDにより保全活動を生態学と経済・文化の両面から意味付けることにより、対象となる生態系の保全が進むと同時に、将来、増殖した生物資源を経済・文化的な資源としても利用することが期待できると指摘している。

一方、谷口ら(2008)⁴⁵は、生物多様性政策の現状が各種特定生物種の保全の積み上げで行われているが、人間の好き嫌いがその保全に大きく影響しており、一般市民の自然や生態系に対する理解が浅ければ、「かわいい」生物だけの保全で満足する可能性があり、特定生物種保全の延長線上に生物多様性保全を進める危険性を指摘している。

ダフリーズら(2004)⁴⁶は、土地利用計画を進める上で、入手可能な情報に基づきバランスの取れた判断を行うことが、社会的目標を達成するために求められると述べている。そのため、まだ研究事例は少ないが生態学的な知識を用いて可能な限り生態系サービスを定量評価し、その数値が社会的にどのような価値を持つのかを検討しながら、土地利用に関する意思決定をする必要があると指摘している(図1-3)。このような指摘から、生態系サービスの分類と定量的評価は本研究で目指す都市緑地計画を推進するための必要条件ではあるが、十分条件ではないことが浮かび上がってくる。つまり、生態系サービスとして顕在化した便益に社会的価値を持たせるためのCEPAやESDで定義される環境コミュニケーションが極めて重要であることがわかる。

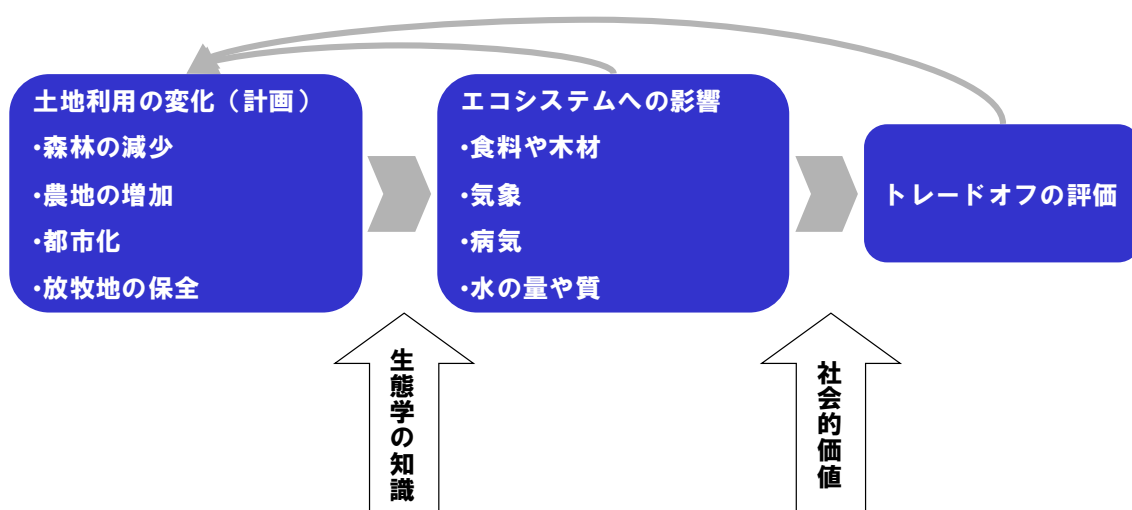


図 1-3 土地利用計画のための、生態学知識と社会的価値の関係性
(ダフリーズら, 2004 を筆者改変)

1-3 研究の位置づけ・方法

1-3-1 本研究の位置づけ

既往研究から、これまで様々な緑を対象として分類、意味付け、評価手法などが検討されてきたことが明らかになった。また、適用方法が限定的ではあるもののエコロジカルネットワークに関する研究成果は少なくないこと、さらに、国土レベルでは経済便益評価に関する試案も提案されていること、加えて、生態系サービスの評価は適切な啓発活動などにより社会的な価値を生み出す必要があることが明確になった。

本研究は、都市域における生物多様性の保全に寄与するため、計測可能な生態系サービスを指標とし都市緑地の価値を評価し、それを適切なコミュニケーションで広く共有化することにより、目標とする緑地像を明らかにし、合理的な緑地計画に関する意思決定を進めることを狙いとしている(図1-4)。この方法論について、新たな科学的知見を提供するため既往の研究では十分な成果が示されていないため、都市緑地と生態系サービスの関係性、緑地の生態系サービス評価モデル、緑地の生態系サービスの価値とその啓発活動を本研究によって明らかにしようとするものである。

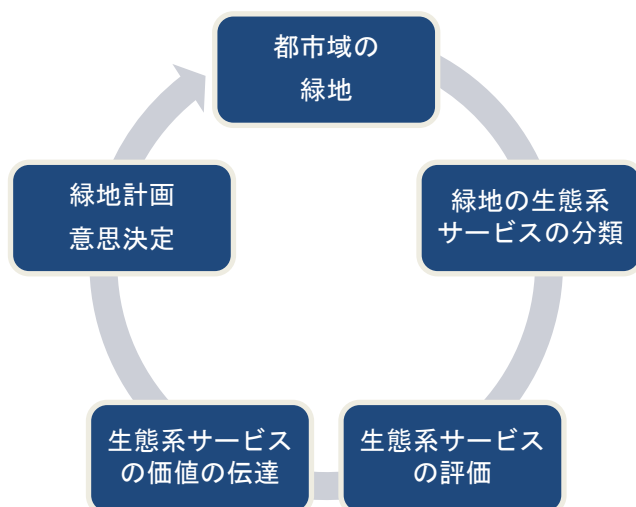


図 1-4 本研究で検討する緑地計画の方法論

なお、本研究では緑地計画に反映可能である評価可能な生態系サービスを検討対象としており、全ての生態系サービスが研究対象となっているわけではない。そのため、環境条件によって生態系サービスの重要性が異なる(ドブソン, 2006)⁴⁷ことや、各生態系サービスが相互に影響しあいトレードオフやシナジー効果が生じていることなどは各章では直接議論せず第7章でその対策の方向性に関して他の課題と合わせ総合的に議論している。本研究で詳細に取り上げることができなかった生態系サービスに関しても、今後の研究が期待される重要な課題である。

1-3-2 本研究の方法

本研究では生態系サービスという自然と人間の関係性を考察するために極めて重要なコンセプトを指標として取り上げ、都市域の緑地計画に活用するため既往の研究で十分に明らかにされていない以下の課題と目的を「1-1-4 本研究の課題と目的」で設定した。

- ① 指標として機能する生態系サービスを緑地計画という実践的な立場から分類、整理
- ② 緑地に関するデータの取得、処理方法や汎用性のある生態系サービス評価モデルの構築
- ③ 都市緑地の計画に目標管理を取り入れるためのシナリオプランニング手法
- ④ 都市緑地の生態系サービスの顕在化とその価値の啓発活動

この目的を達成するため、都市域の緑地と生態系サービスの関係性を明らかにし(第2章)、実際の市町村における環境計画検討(第3章)や再開発プロジェクト

(第4章)をケーススタディとして取り上げることで実践的な緑地計画手法を検討している。加えて、生態系サービスが人類に与える便益の共有化を行い(第5章、第6章)、生態系サービスを指標とする新しい都市域の緑地評価・計画手法を提示し(第7章)、総合的な考察を実施した(第8章)。具体的には次の方法をとった。

第1章 : 序論 研究の背景・目的・方法

研究の背景, 研究の目的, 研究の位置づけ, 論文の構成, 緑地評価に関する諸研究について述べた。

第2章 : 生態系サービスの評価方法, 手法

本研究で指標として取り上げる生態系サービスについて, その概念を整理するとともに, 緑地に関連する多面的な機能の既往研究の蓄積を生態系サービスという視点で再整理するため, 建築物環境評価制度や, 土地利用評価手法における実際の評価項目や評価手法を把握した。また, 現在主に都市域において地域レベルおよび地区レベル(プロジェクトレベル)で利用されている既往の評価手法を参考に, 目標管理に適用する際の課題を整理するとともに本研究において指標として適用する生態系サービスを検討した。

第3章 : 地域レベルの緑地計画のための生態系サービスの評価

本研究では, 都市域における実践的な緑地計画手法の検討を目的としており, 既往の評価手法が地域レベルおよび地区レベルの2つのスケールで開発されてきた経緯を踏まえ, 市町村単位を想定した地域レベルおよび個別プロジェクトを想定した地区レベルの2つの異なるスケールにおけるケーススタディを実施している。第3章では, 地域レベルを対象として汎用性のある緑地関連データの取得, 処理方法や, 第2章で示された指標を用いた総合的な緑地計画評価を行い, そのデータの使用可能性や生態系サービスを指標とする計画検討の有効性に関して考察を実施した。

第4章 : 地区レベルのエコロジカルネットワーク評価手法

本章では, 住宅団地の再開発や都市再生事業など個別プロジェクトを想定した都市域における地区レベルの緑地計画手法を検討した。生態系サービスに関する研究分野で比較的研究が進んでいるエコロジカルネットワークに関連して, 地区レベルで計画検討を実施する際の課題である, 緑地の詳細なデータ取得方法の検討や特定エリアだけでなく, 広く日本全国で展開可能な評価モデルの検証を実施した。また, 研究の目的となっているシナリオプランニングに関する検討を実施するため, 複数の緑地計画案の比較検討手法の考察などを実施した。

第5章 : 都市域の生態系サービスの経済便益

第3章と第4章では緑地の物理的データを利用して生態系サービスそのものの評価を行っている。生態系サービスを緑地計画の指標として活用する前提と

して、多くの人々が生態系サービスの有用性を認識することが極めて重要であり、生態系サービスが住民にとってどのような利益をもたらすかを明らかにする必要がある。そこで本章では、都市域の生態系サービスと経済便益の関係を示し都市における生物多様性保全に関する社会的理解を得ることができるように、東京23区全域を対象としてアパートの賃料データや土地取引価格を利用して生態系サービスの不動産価値向上への影響を検討した。

第6章 :都市域の自然体験活動と生態系サービスの啓発事例

本研究の目的としている生態系サービスを指標とした緑地計画を実践するためには、具体的なプロジェクトが生物多様性や生態系サービスの啓発にどのように影響しているのかを把握することが重要となる。本章では、現在都市域で増加しているミツバチプロジェクトを研究対象に取り上げ、その事例研究によりミツバチプロジェクトのような自然体験活動による生物多様性や生態系サービスの啓発効果を検討し、都市域における生物多様性の保全や持続的利用に貢献できる各種プロジェクトの方向性を示した。

第7章 :生態系サービスを指標とした緑地評価・計画手法の枠組み

地域レベルにおける緑地計画に資する研究(第3章)、地区レベルにおける緑地計画に資する研究(第4章)、地域レベルにおける緑地評価に資する研究(第5章)を取りまとめ、スケールや目的に応じた手法の適用方法や有効性、課題を議論した。また、生態系サービスの啓発活動(第6章)についても、その手法を整理した。特に、動的な評価・計画手法であるシナリオプランニングについて、シナリオ検討の枠組みを示すとともに、評価結果の表示方法などの環境コミュニケーション手法を検討した。

第8章 :結論 生態系サービスの評価と都市域の緑地計画・運営

各章で得られた結果を総合的に考察し、持続可能なまちづくりに貢献する良質な緑地を計画するために、生態系サービスを指標とした都市緑地計画のメリットやデメリットに関して議論するとともに、都市における生物多様性保全の取り組みに関する提言を示した。

なお、本論文の構成に関する概念図を図1-5に示した。

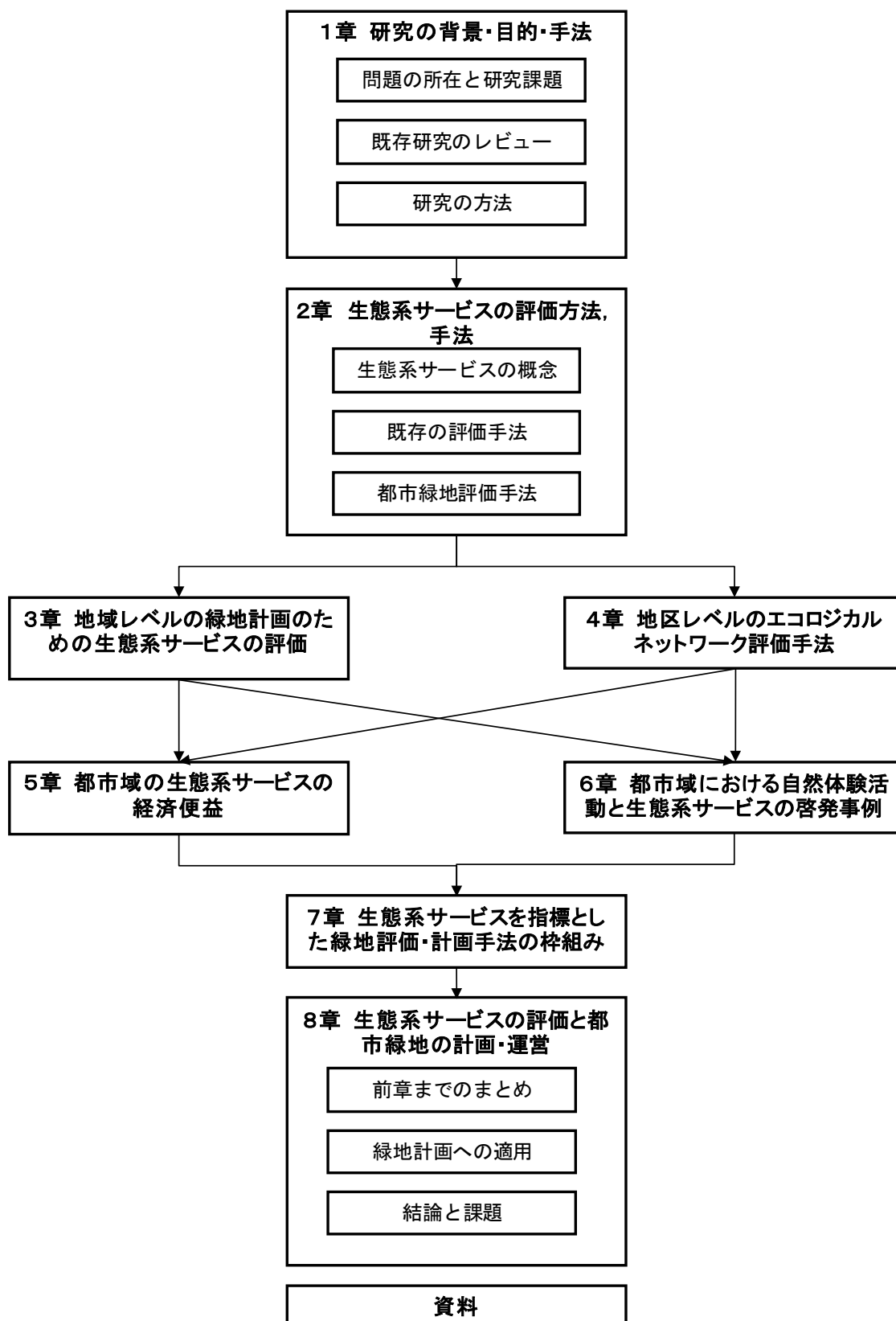


図 1-5 論文の構成に関する概念図

第2章 生態系サービスの評価方法, 手法

2-1 本章の目的と方法

本章では生態系サービスを指標として用いるため、まずその内容や今までの議論を整理する。その上で、現在一般に用いられている代表的な建築物環境評価手法の中での位置づけや、生態系サービスを指標の一つとして採用している新たに開発された土地利用評価手法を検討し、都市緑地と生態系サービスの関係性を明らかにする。また、企業における環境管理ツールを事例として取り上げ、本研究で提示する計画手法の参考となる、生態系サービスを指標とした経営手法や経済活動との関係性を検討する。

2-1-1 生態系サービスの概念

持続可能なまちづくりを進める上で、都市域においても気候を調整しエネルギー消費を抑えるなど重要な働きを担う生態系サービスや、その基盤となる生物多様性への配慮は重要である。しかし未だにその価値は社会的に十分認知されておらず、そのことが生物多様性の保全や持続可能な利用が進まない一因になっている。生態系サービスは、生物多様性の重要性を理解する上で重要な概念であり、一連の国連生物多様性条約締約国会議(CBD-COP)においても、政策立案者や外交官、NGOなどさまざまな立場の参加者が共通の考え方として議論の場で用いている。

中静(2011)⁴⁸は、生物多様性は人間の生活に欠くことのできないものであるが、その価値が正しく理解されていないことにより保全や持続的利用が妨げられていることや、生物多様性の価値を一般に広く理解してもらうために生まれたのが「生態系サービス」という語であることを指摘している。

この生態系サービスは国連環境計画が主導して実施された「ミレニアム生態系評価:MA」が2005年に発行した報告書で大きく取り上げられ、関心を集めるようになった。MAは、生態系の変化が人間生活に与える影響を評価し、さらに「生態系の保全」や「持続可能な利用」、「生態系保全と持続可能な利用による人間生活の向上」に用いるためのシナリオを科学的根拠に基づき提示している。また、MAは生態系サービスを、「基盤サービス」「供給サービス」「調節サービス」「文化サービス」の4つに分類している(図2-1, 表2-1)。

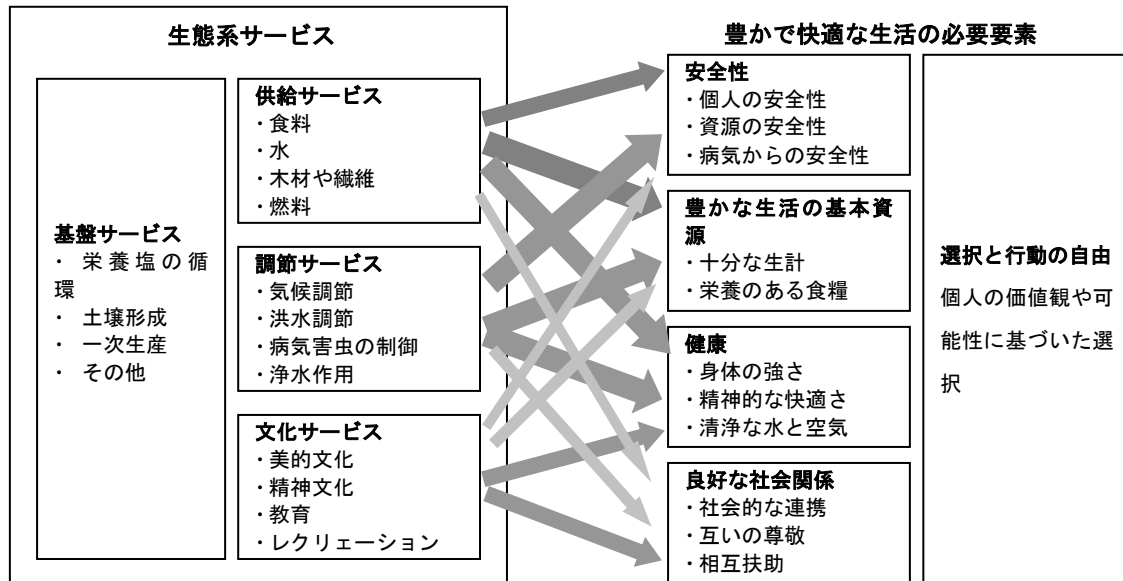


図 2-1 生態系サービスと人間の福利 (MA, 2005)

矢印の色の濃さは社会経済的な結びつきの強さ、矢印の太さは生態系サービスとの結びつきの強さを示す

表 2-1 土地利用と生態系サービス (MA, 2005)

土地利用形態	関係の深い生態系サービス
山岳と極地/Mountain and Polar	食糧、繊維、水の供給、土壌崩壊防止、気候の制御、レクリエーションとエコツーリズム、審美的価値、精神的価値
樹林と森林地域/Forest and Woodlands	食糧、木材、水の供給、木質燃料、洪水防止、疾病制御、炭素固定、地域レベルの気候制御、医薬品、レクリエーション、審美的価値、精神的価値
内陸水(川や湿地)/Inland Water (Rivers and other wetlands)	水の供給、食糧、大気浄化、洪水防止、堆積物の制御と移動、疾病制御、栄養塩の循環、レクリエーションとエコツーリズム、審美的価値
乾燥地/Dry lands	食糧、繊維、木質燃料、地域レベルの気候の制御、文化遺産、レクリエーションとエコツーリズム、精神的価値
農耕地/Cultivated	食糧、繊維、水の供給、染料、木材、害虫制御、バイオ燃料、医薬品、栄養塩の循環、審美的価値、文化遺産
都市域(公園や庭園)/Urban (Parks and gardens)	大気の制御、水の制御、地域レベルの気候の制御、文化遺産、レクリエーション、教育
沿岸域/Costal	食糧、繊維、木材、燃料、気候の制御、廃棄物処理、栄養塩の循環、洪水や津波の防御、レクリエーションとエコツーリズム、審美的価値
島嶼部/Island	食糧、水の供給、レクリエーションとエコツーリズム
海域/Marine	食糧、気候の制御、栄養塩の循環、レクリエーション

2-1-2 生態系サービスと都市域の緑地の関係

MAで分類している4つのサービスの概要と、本研究で対象としている都市域の緑地との関係を以下に示す。

(1) 供給サービス

供給サービスは、食料、淡水、木材および繊維など、生態系から得られる財や製品を生み出す機能と定義される。市民農園や果樹園、薬草園、屋上スペースや人工地盤を利用した菜園や、木材や竹材を供給する斜面林などの保全緑地などはこのサービスが大きいといえる。

(2) 調節サービス

気候、疾病、土壌浸食、水流、花粉媒介および自然災害からの防護など、生態系が自然のプロセスを制御することから得られる機能と定義される。熱環境の改善や雨水流出抑制の役割を果たす屋上緑化や、植物の受粉を促進するためにミツバチの生育環境を整備したビーガーデンなどはこのサービスが主目的になっているといえる。

(3) 文化サービス

文化サービスは、レクリエーションの場となること、または写生や写真撮影のような審美的な価値の提供など生態系から得られる非物質的な機能と定義される。修景緑地などの景観性向上を目的とした緑地や静的・動的なレクリエーションが楽しめる都市公園などはこの機能が大きいといえる。この分野に関する既往研究は少ないが、たとえば、田中(2005)⁴⁹は、都市化に伴う自然の減少とそこに居住する人の心身の健康の相関を示しており、人口密集地である都市域で緑地が果たす役割は大きいといえる。

(4) 基盤サービス

基盤サービスは、他の3つのサービスを維持するための、栄養塩循環や土壌の形成、一次生産などの機能と定義される。都市域の緑地が光合成や栄養素の取り込みでバイオマスを産み出し、水を蒸散し循環させている働きそのものを指し、他のシステムで置換することは難しい緑地の基本的なサービスといえる。

(5) 都市域の緑地と生態系サービスの関係

都市域には、大気汚染や騒音などの公害防止もしくは緩和のために設けられる緑地、レクリエーションのために設置される緑地、研究や教育目的の緑地など様々な種類の緑地が整備さ

れている。これらの緑地は設置目的や面積、植栽種類などにより主に機能する生態系サービスが異なっている(表2-2)。

表 2-2 都市域の緑地と生態系サービス

都市域の主な緑	関連の深い生態系サービス		
	供給サービス	調節サービス	文化サービス
緩衝緑地		◎	
大公園		◎	○
小公園			○
社寺林		○	◎
庭園		○	◎
動植物園	○		○
街路樹・緑道		◎	○
屋上・壁面緑化	○	○	
学校・病院緑地	○		○
市民農園	◎		
住宅地内の植栽	○	○	

○:関係の深い生態系サービス

◎:特に関係の深い生態系サービス

2-1-3 土地利用と生態系サービスの関係

滝ら(2009)⁵⁰は、周辺環境の異なる様々なソバ畑で、花を訪れる昆虫の種類や数、ソバの実のつき具合(結実率)の調査を行った結果、森林や草地など生物多様性の高い植生が周りに豊富なソバ畑では、花粉を媒介する昆虫の数が多く結実率も良くなることを明らかにした。これは、ソバの収穫量を上げるために、森林などを伐採し耕作面積を増やすことが適切か否か科学的に検討する重要な判断材料になる。

一方、個々の生態系サービスにはトレードオフの関係があり、生態系サービスの最大化が生物多様性の保全に直結しているわけではない点に注意する必要がある。たとえば、供給サービスでは、木材生産というサービスを向上させるには、スギやヒノキなどの単一植生を大面積に展開し大型重機が進入可能な林道を作成するというプランが考えられるが、これは逆に生物多様性という視点で見た場合問題になる。また、調節サービスを向上させるため、現存の植生を取り払い炭素固定機能の高い単一植生を植生するような行為も、生物多様性には負の影響を与える。

生態系サービスと種数や土地利用の影響に関してドブソンら(2006)⁴⁷は、都市、農耕地、森林などの土地タイプ毎に様々な生態系サービスの提供と種数の損失の関係が異なることを指摘している(表2-3)。たとえば、都市域における種の損失は病

気の制御などに悪影響を与えるが、食糧供給は他の種がその機能を代替する可能性が高く影響を与えにくい。つまり、各生態系サービスと土地利用の関係は複雑に組み合わさっており、単眼的な議論が危険であることが示されているといえる。

以上の状況から、生態系サービスには各サービス間のトレードオフがあり、目標管理の指標として用いる場合には、そのバランスに注意が必要なが示された。また、文化サービスなど従来の科学技術では定量的な評価が困難なものも存在することから、その適用には限界があることも示唆された。

表 2-3 土地利用のタイプによる生態系サービスと種の損失の関係性(ドブソン, 2006)

	都市	農地	乾燥地	森林	沿岸	内陸水	島嶼	山岳	局地	海洋
供給サービス										
淡水	A	E	A	A	NA	C	A	A	A	NA
繊維	A	A	A	A	A	E	A	A	E	A
薪	A	E	A	A	E	NA	A	A	E	E
食糧	A	A	A	C	A	E	A	A	E	E
遺伝資源	NA	E	C	C	E	C	C	C	C	C
生物化学・ 薬品	NA	A	C	C	E	C	C	C	E	E
観賞資源	NA	A	E	E	E	E	E	E	C	E
調節サービス										
大気浄化	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A
気候調節	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
土砂崩壊防止	C	A	A	A	E	E	A	A	A	NA
防風	A	A	A	C	E	C	A	A	A	NA
水質浄化など	C	A	B	B	E	A	C	C	A	A
病気の制御	E	E	B	C	?	D	C	C	A	A
無毒化	C	A	C	C	E	A	C	C	E	A
生物制御	D	E	D	D	E	E	C	C	A	E
文化サービス										
文化の多様性	C	A	D	D	C	E	E	E	C	C
レクリエーション とエコツーリズム	D	A	D	D	C	E	E	E	C	C
基盤サービス										
一次生産	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
酸素の放出	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
土壌形成	A	A	A	A	E	A	A	A	A	NA
送受粉	C	E	C	C	A	NA	C	C	E	NA
栄養塩循環	C	E	C	C	C	A	C	C	E	A
生息地の供給	D	E	C	C	E	D	C	C	A	E

A:数種類の種が損失しても他の種が代替可能なためそのサービスには影響が少ない。

B-E:種が損失することで、そのサービスが影響を受ける(少ない種に依存しているサービス)

NA:関係性がない

?:関係性が不明

2-2 建築物評価手法における生態系サービス評価

近年の建設プロジェクトではグリーンビルディングへの関心が高まっている。例えば、省エネルギーのビルを建設すれば将来的にランニングコスト削減にもつながるため、事業者は経済合理性に基づき積極的に取り組みの是非を判断している。グリーンビルディングの評価システムでは、エネルギーや快適性などの評価項目への対応に関心が集まっているが、外部空間（緑地）に関する評価項目も一定の割合で存在している。そこで、英国において利用されている、BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method)、米国のLEED (The Leadership in Energy and Environmental Design)、日本のCASBEE (Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency)を事例として取り上げ、その概要や評価フレームを検討する。

2-2-1 BREEAM

BREEAMは英国建築研究所(BRE)により、1990年に開発された評価法である。イギリス国内では新規オフィスの25%、新規住宅の30%がBREEAMで評価されている。これまでに10万件以上のプロジェクトが認証を受け、50万件以上のプロジェクトが認証を受けるための登録をすませている。

開発目的は、①設計者を啓発し、環境への配慮を意識づける、②ディベロッパー、設計者、入居者が環境に配慮した建物を求める声に応え、かつ、その需要を呼び起こす、③建物が地球温暖化、酸性雨、オゾン層破壊に重大な影響を及ぼしていることを広く認識させる、④自主的な調査と評価ができるよう目標を設定し、誤った主張や認識を減らす、⑤建物が環境に与える長期的な影響を低減する、⑥水、化石燃料、その他枯渇性資源の消費量を削減する、⑥室内環境の質を高め、居住者の健康と快適性を向上させる、と説明されている。

緑地と生態系サービスの関係性に関わる評価項目は、土地利用とエコロジー (Land Use and Ecology)の一部として、①土地の生態学的価値とその保全 (Ecological Value of Site and Protection of Ecological Features)、②生態系への影響の低減 (Mitigating Ecological Impact)、③サイトの生態系強化 (Enhancing Site Ecology)、④長期的な生物多様性への影響 (Long Term Impact on Biodiversity)、において取り上げられている (BRE Environmental & Sustainability Standard, 2008)⁵¹。

2-2-2 LEED

LEEDは1993年に発足した米国グリーンビルディング協会 (USGBC)により開発された評価手法である。USGBCには建築関係だけでなく、大学・研究機関、政府機関、公益事業者、報道、保険会社など様々な分野の4,000以上の団体が加盟している。また、2008年11月現在7,475件のプロジェクトがLEEDに登録され、2,050のプロジェクトが認証を受けている。

開発目的は、①グリーンビルディングに関する消費者意識を高める、②ナショナルブランドとしてグリーンビルディングの市場価値を高める、③建物のグリーン化競争を活性化する、と説明されている。USGBCではLEED認証に関わる情報として、LEED取得のために必要なコスト(建設費増加)とベネフィット(光熱費削減効果、賃料向上効果など)を発表しており、取得物件は概ね5年から10年でコストを回収できると紹介している。海外での認証取得プロジェクトも多く中国では北京オリンピックの選手村がゴールド認証を取得した他、12プロジェクトが認証を取得している。

緑地と生態系サービスの関係性に関わる評価項目は、新たな都市開発を対象としたLEED-NDの場合、持続可能な立地選定(Sustainable Sites)の一部として、①野生生物の保全(Plan for Green Site and Building Exterior Management)、②既存の生息域の保護(High Development Density Building and Area)、③機能の劣化した生息域の再生(Reduced Site Disturbance)、などに取り上げられている。

2-2-3 CASBEE

CASBEEは、2001年に国土交通省の主導の下、(財)建築環境・省エネルギー機構内に設置された委員会において開発が進められている建築環境の性能を総合的に評価するためのツールである。2002年には最初の評価ツール「CASBEE -事務所版」が、その後2003年7月に「CASBEE -新築」、2004年7月に「CASBEE -既存」、2005年7月には「CASBEE -改修」が完成した。基本方針は、①より優れた環境デザインを高く評価し、設計者などに対するインセンティブを向上させるような構成とする、②可能な限りシンプルな評価システムとする、③幅広い用途の建物に適用可能なシステムとする、④日本・アジア地域に特有の問題を考慮したシステムとする、とされている。

緑地と生態系サービスの関係性に関わる評価項目は、室外環境(敷地内)一部として生物資源の保全と創出の項目が設定されており、①立地特性の把握と計画方針の設定、②生物資源の保全、③緑の量の確保、④緑の質の確保、⑤生物環境の管理と利用、となっている。たとえば、⑤では、「建物利用者や地域住民が生物とふれあい自然に親しめる環境や施設などを確保している」ことでポイントが獲得できる仕組みとなっている。

2-2-4 生態系サービス評価の視点から見た各評価手法の特徴

BREEAM, LEED, CASBEEに関して、生態系サービス評価の視点から比較検討する。BREEAMは3つの評価システムの中でもっとも広範囲な評価対象を設定しているが、評価全体の中でのこれらの重要度は高くない。LEEDは生態系サービスという観点から評価すべき対象は限られているものの、全体評価に占める割合が大きい。CASBEEは管理方針まで評価対象としているが、目標の設定方法などが不明確であり生態系サービスに関わる配点も高くないことが確認できた。

BREEAMやLEEDは開発国だけでなく、中国やインドなど今後大きな都市開発が実施される予想されるエリアにも利用され始めている。このような評価ツールは、事業

者や設計者がより環境に配慮した建築プロジェクトを検討するための“ものさし”であり、評価を繰り返すことでプランを改善できる有益なツールと考えられるため、今後生態系サービスに関する項目も充実させていくことが望まれる。

2-3 土地利用に関する生態系サービス評価

都市における生態系サービスを指標とした土地利用評価システムに注目し、日本国内で用いられているSEGES(社会・環境貢献緑地評価システム: Social and Environmental Green Evaluation System)、米国で開発が進められているSITES(The Sustainable Sites initiative)、および国際的に利用されているCBI(City Biodiversity Index)を事例として取り上げ、開発経緯、評価フレーム、評価対象、総合化と実際の事例結果を検討する。これらの評価システムは「都市生態系の潜在力」と「都市の課題解決能力」などを評価し、関係者との合意形成に役立てるコミュニケーションツールであるとも考えられる。

2-3-1 SEGES

(1) SEGES開発の経緯

SEGES(シージェス)は、国土交通省、(財)都市緑化基金(現:(財)都市緑化機構)が開発した社会や環境への貢献度の高い優れた緑を評価認定するシステムである。企業などが積極的に保全・維持・活用に取り組んでいる緑地を対象として、環境を保全し、潤いと安らぎのある美しいまちづくりに貢献している事例を審査委員による現地調査などにより評価認定している。2005年に既存の工場緑地などを対象とした「既存緑地版SEGES」の運用を開始し、これに加え、2010年に新たに都市開発の際に緑を保全・創出する優良な計画を評価する「都市開発版SEGES: つくる緑」を設け、第一号の認定を行っている。

(2) SEGESのフレーム

既存緑地版の対象は、民間が所有する敷地内(工場、オフィスビル、学校、病院、環境教育施設など)で、緑をまもり育てる活動を通して社会や環境に貢献している敷地面積300㎡以上の緑地及びその事業者としている。都市開発版では、自然ゆたかで潤いのある緑のまちづくりを推進することを目的としていることから、宅地、工場敷地、商業、余暇施設などの造成、マンション・戸建て住宅などのあらゆる事業を対象としている。その規模として、緑地の機能が竣工時から十分に発揮するためには一定以上の緑量が必要と考え、10,000㎡以上となっている。

既存緑地版の審査では、その基準の柱を、「土地利用の永続性」「長期的で良好なマネジメント」「緑の機能の発揮」の3つに置いている。この3つの柱をベースとして詳細な70以上の項目を審査基準として構成している。これに加え、企業の緑地に

対する姿勢や考え方を責任者にヒアリングする「ビジョン」と称する審査項目を加えて、総合的な見地から、緑地の及ぼす環境や社会への貢献度を評価している(上野, 2010)⁵².

都市開発版も同様に3つの柱で構成されているが、特に新規事業が審査対象であるため「緑地機能の発揮」の項目で環境形成の計画や特殊緑化技術に関する審査を行っている。以下がその主要の審査基準である(表2-4)。

表 2-4 都市開発版の「緑地機能の発揮」に関する審査基準(上野, 2010)

気象緩和機能
■ 気象緩和に貢献するだけの十分な緑地、水面がある [審査のポイント] ・敷地緑化率(地上部の緑地面積, 建築物上の緑地面積)+水面等の非舗装面が敷地面積の30%以上. ・市街地等では, 屋上や壁面等建築物緑化等を行っている.
風環境調整機能
■ 近くのクールスポットになる緑地を確認し, そこから冷気を引き込む, または, 外部に放出できるように緑地を配置している [審査のポイント] ・河川やまとまった緑, 緑陰道路などのクールスポットを把握している. ・季節ごとの風向や風量などを把握している. ・風の道を設定し, 地表面被覆, 緑陰の創出, 風通しの確保(低木×)などに配慮している. ・微気候をコントロールするため, 北側の防風林や南側の落葉樹などに配慮している.
景観形成機能
■ 景観計画が統一されたデザインコードで表現されている [審査のポイント] ・ゾーニングや樹木一本一本などにそれぞれ意味を持たせたものをデザインコードとしている. ・景観構成上重要な, 大景木の植栽など建築物と緑のランドスケープ効果を高める計画が検討されている. ■ 樹木の成長を踏まえて, 長期的ビジョンで景観計画をおこなっている [審査のポイント] ・竣工時の見栄えだけを考えた樹種選定, 植栽密度, 配置ではないことを確認する.
水循環機能
<地下水涵養機能> ■ 雨水浸透に関して, 緑地が貢献している <水害防止機能> ■ 雨水流出抑制に関して緑地が貢献している [審査のポイント] ・屋上緑化による流出抑制, 雨水貯留施設による再利用(中水)等もここで評価する.
地域生態系保全機能
■ 生き物を感じ, 触れ合えるような緑地を整備している [審査のポイント] ・自然地の保全, 回復, 再生により生き物と親しめるような緑地を計画し, 都市の生物多様性の重要性を感じられるか. ■ 自然環境調査等を実施のうえ目標とする地域生態系を明確にしたうえで, 適切な緑地を整備している [審査のポイント] ・計画地周辺地域における生態系の状況や保全対象種に関する調査を実施したか. ・特定外来生物+要注意外来生物(植物)の利用を避けている. ・導入する動植物の産地について遺伝資源への配慮をしている。(郷土種といわれるものでも離れた地域からの材料であれば, 遺伝子汚染を引き起こす.) ■ 目標とする地域生態系ネットワークを明確にしたうえで, 島となる野生動物の生息地を整備している [審査のポイント] ① 現状で周辺地区や地域に保全対象がある場合 ・生態系ネットワーク分析に基づいて, 適切な生息地を整備している. ② 周辺地区や地域に保全対象がない場合 ・科学的な手法によって希少種を誘致するようなエコアップをしている.

(3) SEGESの適用事例

2010年は、既存版が維持認定21サイト、更新認定4サイト、新規認定3サイト、都市開発版が1サイトの計29サイトが認証を取得している。既存版SEGESの特徴として継続的に審査を受け一定の認定を維持することで、さらに高い認証が得られるシステムとなっており、緑地の良好な維持管理や環境コミュニケーションへの活用に関する動機付けにつながっている。また、2010年度には企業が取り組む身近な緑の保全・創出・活用の優良な事例をSEGES生物多様性特別認定100選として84のプロジェクトを表彰している。

2-3-2 SITES

(1) SITES開発の経緯

The Sustainable Sites Initiative(SITES)は、米国造園家協会(ASLA: American Society of Landscape Architects)、レディバードジョンソン野生植物センター(Lady Bird Johnson Wildflower Center at The University of Texas at Austin)、米国植物園(USBG: United States Botanic Garden)が生態系サービスを評価し、持続可能な土地利用を進めることを目的として開発したシステムである。急成長するグリーンビルディング市場により、LEEDなど建築物環境認証制度の適用プロジェクトは増加しているが、緑地に関する評価はまだ十分ではないことを背景として、2009年に評価手法などを示すガイドライン(案)⁵³が開発された。2014年のリリースを目指して2011年現在約100ヶ所のサイトにおいて試行評価を実施している。

(2) SITESのフレーム

SITEは、持続可能な土地利用を進めるために、建築物以外の土地利用を評価するシステムであり、計画案だけでなく、施工や運営に関する評価も可能としている。持続可能な緑地づくりを通して社会的な公平性、経済的便益、そして健全な環境の実現が目標とされており、公園や工場緑地、行政施設や病院、住宅地や大学、商業地などに存在するあらゆる緑地への適用を想定している。

SITESでは次の生態系サービスを総合化し、評価プロセスに位置づけている。

①地球温暖化調節(Global climate regulation)、②地域の気候調節(Local climate regulation)、③空気や水の浄化(Air and water cleansing)、④土壌浸食防止(Erosion and sediment control)、⑤自然災害の緩和(Hazard mitigation)、⑥受粉(Pollination)、⑦生息地機能(Habitat functions)、⑧廃棄物の削減と浄化(Waste decomposition and treatment)、⑨人の健康便益(Human health and well-being benefits)、⑩食料や燃料の供給(Food and renewable non-food products)、⑪文化的便益(Cultural benefits)。

これらの項目を敷地の選定、調査、計画、設計、建設、運営と維持管理、モニタリングと改善の各フェーズに組み入れ、たとえば、植栽計画に郷土種を利用した場

合4点獲得というように、意思決定者自らが計画や設計段階においてよりよいプランとなるように検討できるシステムとなっている(表2-5)。認証方法としては合計250点の評点を100点(40%), 125点(50%), 150点(60%), 200点(80%)の4つのレベルで認証を与える予定である。

表 2-5 評価項目と得点(SITES, 2010)

評価項目	得点
敷地の選定 (Site Selection) 湿地や生物生息地の保全など	21点
調査と計画 (Pre-Design Assessment and Planning) データベースを用いた調査や住民参加など	4点
水に関する設計 (Site Design -Water) 不透水面の削減, 地下水還元など	44点
土壌や植生のデザイン (Site Design -Soil and Vegetation) 在来種の利用, 外来種のコントロール, 土壌管理プランの作成など	51点
材料選択 (Site Design -Materials Selection) 認証材や地場産材・リサイクル材の利用, 熱帯雨林材などの削減など	36点
人の健康に関する設計 (Site Design -Human Health and Well-Being) 持続可能性に関する啓発活動, 歴史資源や文化財の保全など	32点
運営と維持管理 (Operations and Maintenance) 剪定材の堆肥化, 炭素排出量の少ない維持管理など	23点
モニタリングと工夫 (Monitoring and Innovation) 運用時のモニタリング, 設計上の新たな工夫など	18点

(3) SITESの適用事例

ガイドラインでは、SITESの利用方法として、SITESによる4つのレベルの認証取得のほか、LEEDなど建築物環境評価制度との連携や、認証取得を目的としない設計指針としての活用などを推奨している。

2010年から2012年の期間は試用期間として、米国を中心に150のプロジェクトがガイドラインに基づく評価に参加登録している。プロジェクトの属性内訳は、公園(25%), 工場緑地(20%), 商業地(15%), 住宅地(13%), 街路(8%)である。

2-3-3 CBI

(1)CBI開発の経緯

CBIは2008年5月にドイツで開催されたURBIO (Urban Biodiversity & Design) 会議におけるシンガポール政府提案を契機として開発された。翌年2月には第1回目のワークショップが開催され、タスクフォースにおける検討を経て同年6月にはユーザーズマニュアルのドラフトが整備されインターネットなどで広く公開された。

2010年5月には名古屋で第2回URBIOが開催され、シンガポール、ブリュッセル、クリチバ、名古屋の4都市に関する評価結果などが報告されるとともに、各評価項目に関する見直しも実施された。この議論を経て、マニュアルの見直し⁸などが行われた結果、同年10月のCOP10の関連イベントである国際自治体会議において、CBIに関する項目を含む「地方自治体と生物多様性に関する愛知・名古屋宣言」が採択された。

(2)CBIのフレーム

CBIの指標は、①都市内の在来生物の多様性、②都市内の生物多様性による生態系サービス、③都市における生物多様性の統治と管理、という3要素で構成される(表2-6)。

「①都市内の在来生物の多様性」は、自然地の割合、自然地域の断片化と連続性、市街地内の鳥類の数、保護地域の割合などを指標としている。ここでは、自然地や半自然地の定義、在来種の数もしくは種全体の数のどちらが重要なのか、エコロジカルネットワーク評価の技術などが課題とされている。

「②都市内の生物多様性による生態系サービス」は、水の供給(透水性エリアの割合)、気象調節(炭素貯留とクーリング)、レクリエーションと教育(1,000人ごとの自然公園面積、公園・保護区への年間訪問回数)を指標としている。ここでは、炭素固定だけでなく、ヒートアイランド現象緩和や都市水害防止機能を含めなくて良いか、緑地へのアクセス性などは加味できないかなどの課題が挙げられている。

「③都市における生物多様性の統治と管理」は、生物多様性プロジェクトの予算割合、年間のプロジェクト数やプログラムの数、生物多様性地域戦略の存在、専門機関の数、専門家の数、パートナーシップの存在、年間あたりの啓発イベント回数などを指標としている。ここでは、回数や予算で生物多様性の統治と管理を推し量るのが適切かという点について議論があった。特にCEPA (Communication, Education, Public Awareness)については、プログラムの質を問うものでなく、開催回数などで評価しており大きな課題と考えられる。

表 2-6 CBIの評価指標(CBI, 2010)

評価項目	指標
都市内の在来生物の 多様性 (Native Biodiversity in the City)	1. 自然地域の割合 (PROPORTION OF NATURAL AREAS IN CITY) 2. 自然地域の断片化と連続性 (CONNECTIVITY MEASURES OR ECOLOGICAL NETWORKS TO COUNTER FRAGMENTATION) 3. 市街地内の鳥類の数 (NATIVE BIODIVERSITY IN BUILT-UP AREAS (BIRD SPECIES)) 4-8. 在来種の数の変化 (CHANGE IN NUMBER OF NATIVE SPECIES) 9. 保護地域の割合 (PROPORTION OF PROTECTED NATURAL AREAS) 10. 外来種の割合 (PROPORTION OF INVASIVE ALIEN SPECIES (AS OPPOSED TO NATIVE SPECIES))
都市内の生物多様性 による生態系サービス (Ecosystem Services Provided by Biodiversity in the City)	11. 水の供給 (REGULATION OF QUANTITY OF WATER) 12. 気象調節 (CLIMATE REGULATION: CARBON STORAGE AND COOLING EFFECT OF VEGETATION) 13-14. レクリエーションと教育 (RECREATIONAL AND EDUCATIONAL SERVICES)
都市における生物多 様性の統治と管理 (Governance and Management of Biodiversity in the City)	15. 予算割合 (BUDGET ALLOCATED TO BIODIVERSITY) 16. 生物多様性関連のプログラム数 (NUMBER OF BIODIVERSITY PROJECTS IMPLEMENTED BY THE CITY ANNUALLY) 17. 地域戦略 (RULES/REGULATIONS AND POLICY - EXISTENCE OF LOCAL BIODIVERSITY STRATEGY AND ACTION PLAN) 18-19. 関連施設・行政組織 (INSTITUTIONAL CAPACITY) 20-21. 支援システム・専門家 (PARTICIPATION AND PARTNERSHIP) 22-23. 教育・啓発 (EDUCATION AND AWARENESS)

(3) CBIの適用事例

シンガポール, ブリュッセル, クリチバ, 名古屋の4都市について初期段階のマニュアル⁵⁴を利用して評価を行いデータ比較が実施されている (URBIO2010)⁵⁵. ここでは自然・半自然地域の比率はクリチバの38%から名古屋の9%まで大きな開きがあるが, 市域全体の種数は, これと必ずしも比例していないことが判明している. よって,

生物種の数の多寡は、むしろ気候・地形など都市の立地特性により強く影響を受けていることがわかった。4都市とも一般に考えられている以上の生物種が市街地内に生息しており、都市生態系の潜在力は高いことがCBIを用いることで示されている。

地方自治体と生物多様性に関する愛知・名古屋宣言(2010)⁵⁶では、生物多様性に向けた取り組みのモニタリングと評価の項目で、“締約国の報告制度に組み込まれたものとしてモニタリングと評価を実施する。今後設定される生物多様性条約2011-2020年指標の枠組み(インディケーターフレームワーク)に沿って、地方レベルでの生物多様性マネジメントの評価基準を設定する。例えば、都市の生物多様性指標(CBI)などを活用して、CBD国別報告に沿うような形で中央政府に報告する。”と示し、CBIの活用を推進している。ただし、都市毎の独自性のある指標作りも重要であること、CEPAをどのように組み込むのか、都市レベルからプロジェクトレベルにブレイクダウンした指標が必要である点などが課題として指摘されている。

2-4 その他の生態系サービス評価システム

生態系サービスに関しては、土地利用に関する指標だけでなく、広く企業経営や行政の政策決定に活用可能な評価ツールや参考ガイドラインが提示されている。ここでは、その代表的な事例として生態系と生物多様性の経済学(TEEB)、企業のための生態系サービス評価(ESR)、都市林の生態系サービス評価(UFORE)を取り上げ、指標として用いることのできる生態系サービスの把握やその評価手法を検討する。

2-4-1 TEEB

TEEB(The Economics and Ecosystems of Biodiversity)は、国連環境計画(UNEP)が主体となり、生態系と生物多様性の経済価値を調査した報告書の名称である。これは、「計測できないものは管理できない」という考え方のもと、生態系保全・生物多様性保全を促進するための具体的な解決策を提言し、行政、住民、企業などの各ステークホルダーの自主的な行動を促すことを目指している。2008年に中間レポート、2010年の名古屋CBD-COP10では、D0：理論編⁵⁷、D1：政策立案者向け⁵⁸、D2：地方行政担当者向け⁵⁹、D3：ビジネス向け⁶⁰、D4：消費者・市民向け、の5編の報告レポートが提出されている。

TEEBでは、次の3つの段階的アプローチに則して調査が進められた。

- ① Recognizing Value: 生態系の価値を認識すること。
- ② Demonstrating Value: 意思決定のため生態系の価値の可視化すること。
- ③ Capturing Value: 生態系の価値をプロジェクトに取り込むこと。

TEEBでは都市域の緑地に関連するデータとして、ニューヨーク市の緑地による水の浄化に関する生態系サービスの認識、可視化、プロジェクトへの取り込み事例が紹介されている。このプロジェクトは、ニューヨーク市の上流にあるキャットスキル山の土地所有者に環境保全の費用を支払うことで、農場の管理手法を改善し、廃棄物や栄養分が近隣の水路に流出するのを防止した事例である。この改善により環境保全費用として10億から15億米ドルの費用がかかったものの、60億から80億米ドルの高額な費用の発生が見込まれた水処理施設の建設を回避でき、さらにその年間の運営コストである3億から5億米ドル/年を防いだプロジェクトである。(Perrot-Maitre and Davis 2001)⁶¹。TEEBにおいて検討されたアプローチを以下に示す(図2-2)。

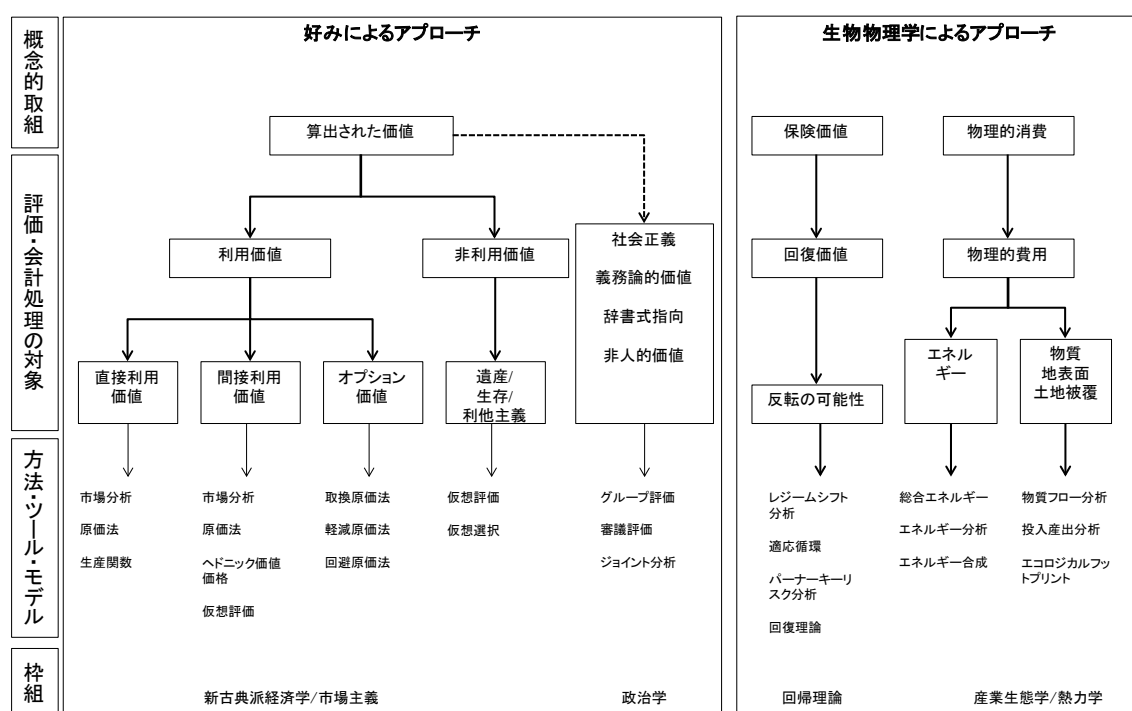


図 2-2 自然の価値の評価に関するアプローチ (TEEB, 2010)

2-4-2 ESR

企業のための生態系サービス評価 (ESR: Ecosystem Service Review)⁶²は、持続可能な開発のための世界経済人会議(WBCSD)と世界資源研究所(WRI)などが中心となり策定されたものである。これは、企業活動と生態系サービスの関係性を把握し、その依存と影響を評価することで、合理的に企業経営上のリスクとチャンス特定し、経営戦略に活用することを目的として開発されている。ESRの評価は、以下の5つのステップで構成されている(図2-3)。まず、範囲の選択では、事業部門や製品、市場、社有地や顧客層などESRを実施する対象を選択する。次に、MAの定義にもとづく生態系サービスへの企業の依存度と影響度を体系的に評価しどれが優

先すべきサービスであるのかを特定する。3番目には、優先すべき生態系サービスの状況と傾向ならびにそれを引き起こしている要因を評価する。4番目に優先すべき生態系サービスから生じるビジネスチャンスとリスクを評価する。最後に、リスクとチャンスを管理するための戦略をつくる(WBCSD, 2008)⁶³。このステップにより、生物多様性と企業活動の関係を整理するところから戦略立案まで一通り実施することが可能となっている。

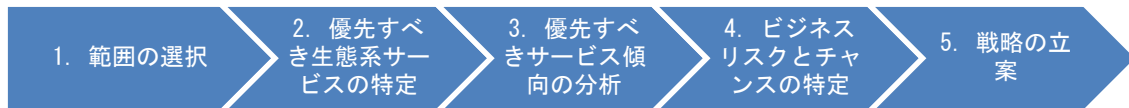


図 2-3 ESR評価のステップ(WBCSD,2008)

2-4-3 UFORE

UFORE(Urban Forest Effects Model)は米国農務省(USDA)が1995年に開発した都市林の生態系サービスを評価するシステムである。これは、都市域における樹木の価値を評価し、都市環境の質と都市に居住する人間の健康を維持するために運用されており、米国の都市域だけでなく、インド、中国、イタリア、スペインなどでも利用されているツールである。その評価のステップを以下に示す(図2-4)。UFOREでは、評価対象エリアに存在する樹木一本一本の、樹種、樹高、胸高直径、樹冠、立地などの条件を入力することで、VOCの吸着除去、炭素固定、大気汚染物質(NO₂, SO₂, O₃)の除去、ビルの光熱費削減という生態系サービスを定量的に評価することができる仕組みとなっており(ノーウォークら, 2008)⁶⁴、この評価結果を経済便益に変換する評価モデルも準備されている。現時点では、市民参加型モニタリングツール(i-Tree)を用いて自治体レベルで樹木調査(Ground-based Assessments)を行い、さらにその結果をGISにより評価することで、各自治体の樹木の増減や、それによる生態系サービスの変化をモニタリングする利用方法が一般的である。また、地表面からの樹木調査にはコストと労力の負荷が大きいため、最近では衛星データを用いて調査する手法(Aerial Assessments)も適用されている。

評価結果は自治体の緑地保全計画に関する合意形成を進めるため広く公開されている。例えば、米国ウィスコンシン州ミルウォーキー市の調査結果では、全樹木本数が3,377,000本、樹木の被覆面積割合が21.6%、大気汚染物質の除去量が496 t/year(経済便益:\$2.59 million/year)、炭素固定量が434,000 t/year(経済便益:\$8.97 million/year)、建築物の光熱費削減効果が\$864,000/yearと発表されている(i-Tree, 2008)⁶⁵。



図 2-4 UFOREのステップ

2-5 緑地計画に活用可能な生態系サービス

本研究において評価対象として取り上げる生態系サービスに、特定の分野や視点にもとづく偏重がないように、これまで紹介した緑地計画に活用可能な評価システムの内、都市域の緑地を対象として開発されたSITES, CBI, UFORE, SEGESにおいて評価対象となっている生態系サービスを以下に整理する(表2-7)。

CBIおよびUFOREは地域レベルを対象とした評価システム、SITESおよびSEGESは地区レベルを対象とした評価システムである。対象とする生態系サービスは、MAで取り上げられた24種とした。また、各評価システムにおける指標が、MAにおける24種の定義に直接結び付いているものと、直接的ではないものの、間接的に貢献するものとに整理した。例えば、SITESにおいては水源保全そのものを評価する場合は、水の供給サービスに関する直接的な評価指標とし、湿地保全に関してはその目的の一つとして水の供給が記されているため間接的な評価指標として整理した。

なお、各評価システムは、実際には建設中における環境配慮や計画プロセスにおける住民参加など生態系サービス以外の指標も評価対象に加えており、生態系サービスだけを評価対象としているものはUFOREのみである。

各評価システムとも調節サービスに関する評価指標をもっとも整備しており、逆に供給サービスに関する評価指標は限定的であった。また、SITESは、生態系サービスに関連して19もの評価指標を有する一方、UFOREは開発中も含めて6の評価指標で運用しており、限定的な生態系サービスを取り上げていることが示された。UFOREは自治体の緑地計画に関する意思決定ツールとして、すべての評価指標において経済便益評価が実施できるように開発されており、これが運用可能な評価指標が少ない要因と思われる。

評価の判断基準については、生態系サービスの既存の評価モデルが十分に開発されていないため、樹種や樹高などの緑地構造を生態系サービスに影響を与える指標として代替評価するもの、大気浄化機能などサービスそのものを評価するもの、レクリエーションにおける参加者人数など生態系サービスによる便益提供結果を評価するものに分かれた。

評価適用のタイミングは、地区/プロジェクトレベルを対象とするSEGES, SITESでは将来の状況である計画案を評価し、計画検討に関する意思決定支援システムとして用いられている。一方、地域/市町村レベルを対象とするCBI, UFOREでは現時点の状況の評価している。これは、CBI, UFOREとも、他の市町村の緑地の状況と比較検討を行い、緑地行政にかかわる課題を市民と共有することに主眼を置いているためと考えられる。

表 2-7 代表的評価ツールの評価対象となる生態系サービス

	ツール名	SEGES ⁱⁱⁱ	SITES ^{iv}	CBI	UFORE
	評価対象スケール	地区/プロジェクトレベル	地区/プロジェクトレベル	地域/市町村レベル	地域/市町村レベル
供給サービス	食料:穀物 家畜 漁獲 養殖 野生食物 繊維:木材 綿麻絹 木質燃料 遺伝資源 医薬品 水	○地域生態系保全機能 ○地下水涵養機能	○1.1畑土の保全 ○1.3湿地保全 ○1.3湿地保全 ○4.1外来種管理 ○1.3湿地保全 ○3.1灌水量の削減 ◎3.5水源保全	○indicators10 ○indicators11	◎開発中
調節サービス	大気の制御 気候の制御 地球レベル 地域レベル 水の制御 土壌崩壊防止 水の浄化 疾病制御 害虫制御 受粉 自然災害の防止	◎気象緩和機能 ◎風環境調整機能 ◎水害防止機能 ○地下水涵養機能	○4.6植生保全 ◎4.10,11植生による熱環境改善 ◎1.2洪水調節 ◎3.5洪水防止 ○3.3海岸線や河川の保全 ○1.3湿地保全 ○3.3海岸線や河川の保全 ◎3.5水源保全 ○1.4貴重種の保全 ^v ○1.4貴重種の保全 ^{vi} ◎4.7郷土種採用 ^{vii} ◎4.8在来植生群落保全 ◎4.9在来植生群落修復 ○3.3海岸線や河川の保全	◎indicators12 ◎indicators12 ○indicators11 ○indicators11	◎大気汚染物質除去 ◎炭素固定 ○光熱費削減 ◎開発中 ◎開発中
文化サービス	精神的・宗教的価値 審美的価値 レクリエーションとエコツーリズム	◎景観形成機能 ◎地域生態系保全機能(自然との触れ合い)	◎6.6野外活動の場 ◎6.7精神回復の場 ◎4.5既存樹保全 ○6.8社会的相互作用の場 ○1.3湿地保全 ○1.4貴重種の保全 ○4.7郷土種採用 ○4.8在来植生群落保全 ○4.9在来植生群落修復 ○6.3啓発と教育	○indicators13,14	

○:間接的評価, ◎:直接的評価

太字:都市域の緑地と関係が深い項目

下線:計測方法が示されていない項目

ⁱⁱⁱSEGESは既存の緑地を評価する既存版SEGES(まもる緑)と緑地計画案を評価する都市開発版SEGES(つくる緑)の2つが存在するが、本研究では緑地計画を対象としているため、都市開発版SEGESを取り上げた。^{iv}SITEでは調査から運営までを評価の対象としているが、本研究では緑地計画を対象としているため、敷地選定(調査)から設計までの1.1~6.9までの評価指標を取り上げた。^v貴重種の保全(Preserve threatened or endangered species and their habitats)は、種の絶滅の防ぐことで、生態系の相互作用が保全され、安定した状態になるため。疾病制御に結びつく旨と指摘している。^{vi}貴重種の保全(Preserve threatened or endangered species and their habitats)は、種の絶滅の防ぐことで、生態系の相互作用が保全され、安定した状態になるため。害虫の発生に結びつく旨と指摘している。^{vii}郷土種を利用することで、地域生態系が保全され受粉を行う昆虫が保全できると指摘している。

2-6 本章のまとめ

主な評価システムのレビューにより、生態系サービスを指標として緑地計画に用いる場合、①生態系サービスの計測の可否、②指標として用いる場合のスケールや入力データ、③緑地の機能と生態系サービス、人間の便益の関係性の明確化、④各生態系サービスにおける優先順位や重みづけ(トレードオフの関係)、の4つが課題になることが示された。以下に各課題に関して詳述する。

2-6-1 生態系サービスの評価指標としての計測の可否

これまで見てきたように、緑地分野だけでなく、建築や土地利用、企業経営などの分野において、生態系サービスを指標とする環境評価手法が近年数多く開発されており、環境評価指標としての生態系サービスの有効性が示された。しかしながら、MAなどで示された生態系サービスの全てが計測できるわけではなく、計測可能な項目と現時点では計測が難しい項目の両方が存在している(表2-8)。また、計測可能な項目であっても生態系サービスそのものを直接評価するモデルだけでなく、たとえばSEGESの風環境調整機能のように環境の物理的な状況そのものを評価し代替指標とするものや、CBIの一部の評価のように予算割合や関連施設数などを代替指標として間接的に評価するものも存在している。加えて、緑地の生態系サービスを直接的に評価できるものは、気候の制御などに限られること、科学的な裏付けの伴う評価は食料など供給サービスや気候緩和など調節サービスの一部に限られていることも課題となる。特に文化サービスについては定量的な評価が難しく、プログラムへの参加者数などによる代替法により計測されている。また、ESRのように評価者の主観により評価を実施する手法も運用されている。この課題については第3章および第4章の成果を踏まえ、第7章で議論を進めた。

表 2-8 生態系サービスの計測の可否

計測の可否	MAで示された生態系サービス
計測方法が示されていない(7項目)	(主に供給サービス) 食糧:家畜, 漁獲, 養殖, 繊維:木材, 綿麻絹, 木質燃料, 医薬品
代替指標などによる計測のみ示されている(8項目)	(主に文化サービス) 食糧:穀物, 野生生物, 遺伝資源, 疾病制御, 害虫制御, 自然災害の防止, 精神的・宗教的価値
計測方法が示されている(9項目)	(主に調節サービス) 水, 大気の制御, 気候の制御:地球レベル, 地域レベル, 水の制御, 土壌崩壊防止, 水の浄化, 審美的価値, レクリエーションとエコツーリズム

※本研究でレビューした既往研究および評価システムを基に作成

2-6-2 緑地評価におけるスケールや入力データ

緑地計画に活用可能な代表的な評価ツールでは、その評価対象のスケールが、地域レベル(市町村レベル)と地区レベル(プロジェクトレベル)の2レベルに分かれている。実際、本研究で対象としている都市域の緑地計画は、主に市町村の都市計画レベルにおける検討と地区・プロジェクトレベルにおける検討の2つに分類できる。都道府県レベルでは奥山エリアなど都市域の緑地とは相当性格の異なる緑地も含むこととなるため、本研究では、地域レベルと地区レベルの2つの空間レベルにおいて以下の議論を進めることとする。

また、これらのツールにおいて緑地評価に利用する入力データは、緑被率や種数などの既存整備データを活用するCBIに代表される手法と、樹木データや不透水面積など新たに評価データを取得するSEGESに代表される手法の2つが存在していることが確認できた。よって、本研究においても、既存データの活用(第3章)とリモートセンシングなど新データの取得手法の検討(第4章)を実施することとする。

生態系サービスを指標として緑地を評価する場合、緑地の現状評価のみを実施するツールと、将来計画評価に用いられるものが確認できた。本研究で議論する手法・評価モデルは、基本的には入力データを入れ替えることで、過去、現在、将来の状況の評価することが可能であると考えられる。本研究では生態系サービスを指標とした緑地評価・計画手法を実践的な意思決定支援ツールとして検討するため、第3章と第4章において現況評価だけでなく将来計画を入力し緑地計画の複数の未来像(シナリオ)を評価している。

2-6-3 緑地の構造と生態系サービスおよび人間の便益の関係

既存の評価システム・ツールの目的から、専門知識を有さない人が緑被率や樹木本数、生物種数などの指標から緑地の存在意義を認識することは困難であることが推察された。ここで取り上げた評価ツールは、緑地の保有する価値を顕在化させることで緑地計画の意義を広く理解し、多くの関係者が適切な意思決定を進めることができることを目的として開発されており、そのために生態系サービスの一部を指標として活用している。ただし、従来の評価ツールでは、緑地の構造と、その構造が提供するサービス、そしてそのサービスが人間に与える便益が分類されることなく用いられる場合がほとんどとなっている。これは、緑の保全・整備と得られるサービスに関する正しい理解を妨げる要因になる。また逆に、緑地を整備する目的(便益)が明確であるにもかかわらず、そのために必要なサービスや構造を遡って特定することが難しくなり、緑地計画の内容を議論するための大きな阻害要因となる。よって、生態系サービスを緑地計画の指標として実用的に適用していくためには、生態系サービスそのものの評価に加えて、生態系サービスが人間の便益にどう貢献するのかその関係性を明らかにしていく必要があると考える。

グルートら(2010)⁶⁶は、生態系サービスの価値を計測する際の階層的なフレームワークを提示している。このように生態系が提供する役割や相互関係をフェーズ毎に俯瞰することで、指標としての生態系サービスの活用方法をさらに検討することが

できる(図2-5). 例えば, 商業ビルにおけるミツバチプロジェクトを例にして考えると, ミツバチの生息空間となる巣箱(樹洞)や水場が構造, ハチミツや蜜蝋の供給や周辺緑地の植物に対する受粉の支援が生態系サービス, ミツバチによる受粉で都市農園の収量が増加することや, ミツバチをテーマとした自然との触れ合い活動が人間への便益, さらに, これらのミツバチから得た地産池消のハチミツの売上向上や, ミツバチの巣箱の見学者による集客効果が経済便益となる.

また, 別の例をあげると, 水質を浄化する水生植物や森林が構造, 良質な飲み水の提供(供給サービス)や川遊びのための清潔な水の提供(文化サービス)が生態系サービスとなり, それらが, 健康促進などの人間の便益や来訪者の増加といった経済便益を生み出していることがわかる. よって, 都市域の緑地を評価する際に, 構造, サービス, 便益を明確に示し, 一連のメリットを段階毎に認識することで, 緑地に関する計画検討の合理性や妥当性を高めることができる考える.

本研究では, 生態系サービスと人間の便益を検討するために第5章において, 不動産価値を対象とした生態系サービスの経済便益評価を実施した. 一方, TEEBやESRにおいて, 生物多様性保全のために生態系と人の便益, ビジネスのメリットを可視化すること, 生態系の価値を認識することが重要であると指摘されている. よって, 第6章において, 具体的な生物多様性保全に資する自然体験活動と人間の便益との関係を検討した.

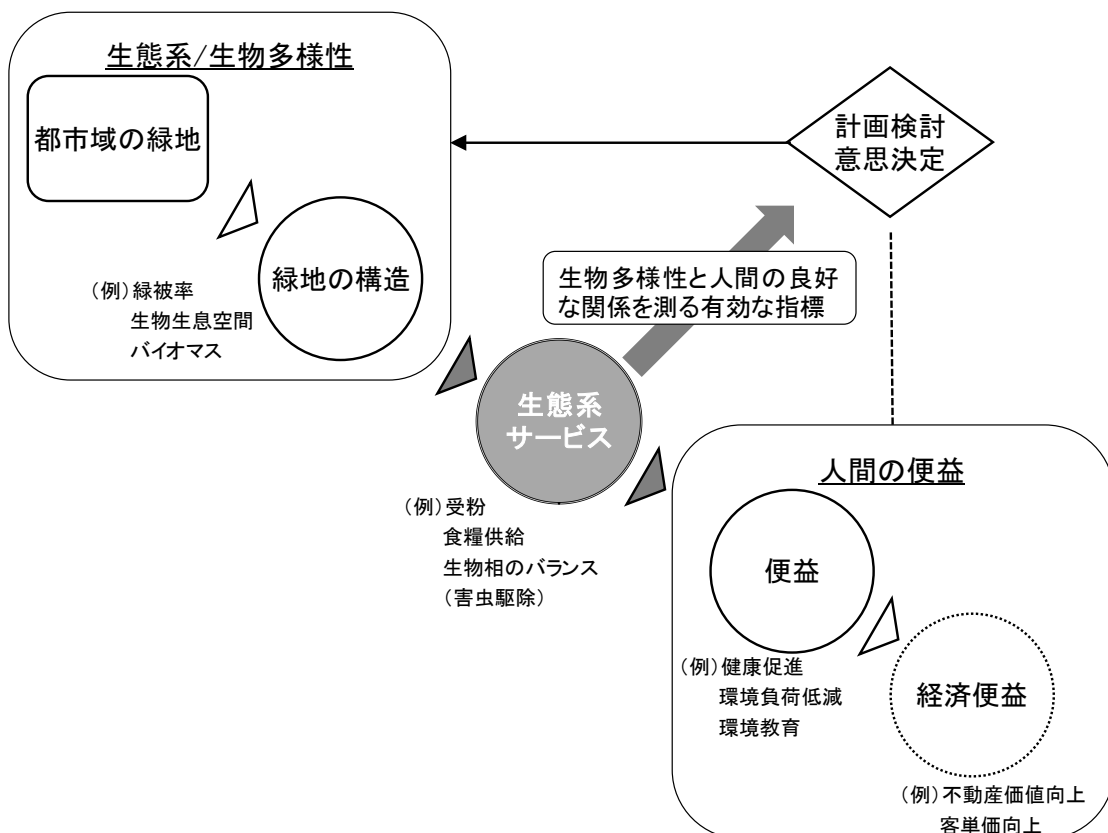


図 2-5 生態系, 生態系サービスと人間の便益の関係(グルート,2009を筆者改変)

2-6-4 生態系サービスのトレードオフ

生態系サービスは生物多様性と深く関係していることは改めて指摘するまでもない。ただし、個々の生態系サービスの全てが生物多様性の働きと連動しているわけではないことに注意する必要がある。たとえば、MAで定義づけられた24種の生態系サービスだけに注目してみても、生物多様性が重要でない木材などの一部の供給サービスも存在する。つまり、木材の生産のみに注目した場合、スギやヒノキの単一植生を大面積に育成することが伐採作業の効率などからも合理的であり、複合林よりも単位面積当たりの経済利益が向上する可能性が高い。これにより、生態系が単純化し、生物多様性が損なわれることとなり、他の生態系サービスが損なわれるリスクも高まる。よって、特定の生態系サービスだけに注目した緑地評価や緑地計画検討は危ういものであり、生態系サービス間のトレードオフにも十分に配慮が必要であると言える。

この各生態系サービスのバランス保持や重みづけに関しては、CBIやSITESで実施されているように得点数に強弱をつけることにより調整する方法が一つの解決策と考えられる。しかし、この得点についても科学的な裏付けに基づくものは少なく、社会的な背景などを踏まえ専門家が判断し与えているものがほとんどであり、批判もある(滝口, 2009)⁶⁷。実際、CBIではドラフト案が1年も経ずに大きく修正された。この修正は文化サービスなど定量的評価が難しい部分が見直されている。また、ドブソンらにより土地利用の状況により生態系サービスと生物多様性の関係が変化することも示されており、生態系サービスを指標として用いていく場合の課題として残されている。この課題に関しては、第8章において再度議論を進める。

第3章 地域レベルの緑地計画のための生態系サービスの評価

3-1 本章の目的と方法

3-1-1 本章の背景と目的

本研究では、生態系サービスを指標とした実践的な緑地計画手法の検討を目的としている。既存の評価手法が地域レベルおよび地区レベルの2つのスケールで開発されてきたことが明らかになっているため、本章では市町村単位を想定した地域レベルの緑地計画の指標となる生態系サービスを評価するためのデータの入手方法や汎用可能な評価モデルおよび意思決定のための情報共有手法に関する検討を行う。

本章では緑地評価に使用するツールとしてGISに注目した。一度失われるとその復元が困難な緑地に関する計画策定には、現況のスタティック(静的)な評価だけでなく、その将来像をシナリオとしてダイナミック(動的)に評価する視点が必要(恒川, 1999)¹⁶との指摘から、動的な解析に適しているGISを検討に活用している。

緑地計画に関するGISの活用を提示している研究例はまだ少ない。伊藤ら(1993)⁶⁸や横張(1994)⁶⁹は、GISを用いて地形、植生などの膨大なデータを評価モデルにより処理し、緑地の環境保全機能を明らかにする研究を実施している。しかし、入手可能な緑地関連データが量的・質的に限定されていることや、専門知識を必要とするUNIXを用いるなどの課題があり、計画担当者が日常業務に活用することは困難な状況にあった。ところが、最近では情報処理技術の向上によりパソコン上で簡易に扱うことのできるGISが登場している。また、GISデータに関しても、国土数値情報や各種統計資料など電子データの整備と相互利用の環境づくりが進められてきた(地理情報システム関係省庁連絡会議議, 2002)⁷⁰。そのため、緑地の評価においても既存の情報を利用してパソコン上で扱うことができるシステム構築が可能となっている。一方、緑地計画内容をわかりやすい形で情報公開し関係者や住民の理解を得ながら合意形成を進めるために、本研究の目的となる都市緑地計画に目標管理を取り入れるためのシナリオプランニング手法を検討する必要がある。

そこで、本章では、①緑地による生態系サービスを評価するため、既存GISデータを活用した簡易なシステムを検討すること、②現況の評価だけでなく対象地域の将来計画シナリオを組み込んだ動的な評価、つまりシナリオ分析を行うこと、③これらの結果を専門家以外の住民が理解できるようわかり易く表示・表現すること、以上の3点を目的とする。これにより、生態系サービスを指標とした地域レベルの緑地計画にGISを適用する利点や課題が明らかになると考える。

3-1-2 本章の方法

(1)本章の枠組み

本章は、総務省、経済産業省、国土交通省が実施した、「平成12年度GIS整備普及支援モデル事業“実証実験データベース利活用実験”」⁷¹の一部として実施した。この実験では、7府県（岐阜、静岡、大阪、高知、福岡、大分、沖縄）をモデル地区に指定し、国、地方公共団体、民間などがそれぞれ所有する各種GISデータを一元的に利用可能にしたデータベースが一時的に設置された。このモデル地区の中から、緑地に関する様々なGISデータが整備されている静岡県掛川市を調査対象地として取上げることにした。

(2)対象地域概要

掛川市は約186km²の面積を有し、北部の山地から駅前まで多様な自然環境が存在する。市全域の77%が樹林地、農耕地などの緑で覆われ、森林面積は50.7%に達している。また、公共基準点から測量した土地境界データと、航空写真を基に作成した地図データ及び各種業務の台帳データをコンピュータ上で有機的に結合し、日常業務で利活用しながら更新・保存していく土地情報システムを整備している。

(3)使用したシステムおよびデータ

1)システム構成

本章では高度な専門知識を必要とせず、低コストで利用可能な都市域の緑地計画に資する評価手法を目指す。よって、一般的に利用されているハードウェアと汎用的に利用されるソフトウェアを用いてシステムを構成した。表3-1にその構成を示す。

表 3-1 システム構成

分類	品名	バージョン/スペック
ハードウェア	DELL/Precision410 MT	CPU500MHz, メモリ512MB, 容量18G
OS	Windows	2000
GIS	MapInfo	5.0
開発言語	Visual Basic	6.0SP4

2) 基礎データの収集

評価に必要なデータは、上述の利活用実験により(株)浜名湖国際頭脳センター内に設置されたデータセンター(クリアリングハウス)から提供されるものを利用した。ここでは、使用期限や目的など一定の条件の下に従来非公開とされていたデータを含め様々なGISデータの試験利用が可能であった。データ入手は、データ管理者の承認が必要であり、使用データ毎に申請書を提出し許可を得た後入手できた。データ内容に関しては、データセンター内で閲覧が可能であり、実験参加者にはデータ提供主体、名称、レイヤー項目、提供可能エリア及び形式が記述された一覧表(メタデータ)が配布された。対象エリアである静岡では96種類のデータが利用可能であった。本章では表3-2に示すデータを使用した。データはShape形式でMOに記録したものを郵送で入手した。

表 3-2 使用したGISデータ

名称	提供機関	形式	データ内容
DM詳細地形図	掛川市	線点	簡易地形図の詳細情報+等高線情報
道路、水路表示	掛川市	線点	道路、水路、橋梁、鉄道敷
土地利用現況図	掛川市	面	土地利用現況分類
農地山林現況図	掛川市	面	農地山林現況分類
公園緑地現況図	掛川市	面	公園緑地現況分類
植生現況図	掛川市	面	植生現況分類
その他緑地現況図	掛川市	面	その他緑地現況分類

3) 基礎データの加工

第一に、入手したshape形式のポリゴンデータをMapInfoデータ変換ツールによりMID/MIFファイル形式へ変換した。次に、各データ内容を確認したところ、緑地の位置、面積、質に関する情報は表3-3に示す5つのデータファイルに記録されていることが判明したため、それらを整理し新たな主題図を作成した。この作業の中で名称の差異に関わらず内容は同一である重複データ(15項目)及び内容が無いデータ(2項目)を削除した。削除したデータ分類項目は「水田」「山林」「採草地」「その他自然地」「公共施設用地」「公共空地」「農地」「公共公益施設附属緑地」「遊園地」「共同住宅緑地」「試験場等」「果樹園」「その他」であった。その結果、データ分類数は47から31へと減少した。緑地の環境保全機能評価には主にこの新たに作成した主題図を利用した。また、DM詳細地形図及び道路、水路表示データは、評価結果を表示する際に重ね合わせて利用した。

表 3-3 緑地関連データ

データファイル名 データ分類項目		農地山林 現況図	土地利用 現況図	植生現 況図	公園緑地 現況図	その他緑 地現況図
1	田	●	○	○		
2	畑	●	○	○		○
3	樹園地(茶畑含む)	●		○		
4	自然林		○	●		
5	スギ・ヒノキ等の植林			●		
6	クヌギ・コナラ等の二次林			●		
7	松林			●		
8	竹林			●		
9	耕作放棄地	●				
10	ススキ・ササ等の草地	○		●		
11	公園内等の植栽地			●		
12	公共公益施設附属緑地		○			●
13	民営施設・ゴルフ場					●
14	公園・緑地				●	
15	広場・運動場				●	
16	墓園				●	
17	水辺					●
18	原野		●			
19	その他山林	○	●		○	○
20	社寺境内地					●
21	学校・企業厚生施設					●
22	住宅用地		●			○
23	工業用地		●			○
24	裸地			●		
25	水面		●			○
26	商業用地		●			
27	農林漁業用施設用地		●			
28	道路用地		●			
29	交通施設用地		●			
30	その他の公的施設用地		●			
31	その他の空地		●			
	計	6	15	11	4	10

●: 使用データ

○: 重複していたため使用しなかったデータ

3-2 評価の対象とした機能とその評価手法

3-2-1 緑地の生態系サービス

緑地の持つ生態系サービスに関して、横張(1994)⁶⁸は農林地を対象として生物・生態系保全機能など8種類の機能に整理している。また、恒川(1999)¹⁶は二酸化炭素固定機能など9つの機能に分類している。表3-4にその体系を示す。本章では、この中から、既往研究により計測方法が示されており、さらに緑の基本計画で重要視され住民の関心も高いと考えられる生態系サービスとして、気象緩和、大気浄化、ビオトープ保全(ここではエコロジカルネットワークとする)並びに、地球規模の環境問題として注目されている二酸化炭素固定の4つの生態系サービスを評価項目として取上げることとした。

表 3-4 緑地の生態系サービスの体系

項目	機能	MAにおける呼称
環境負荷低減	二酸化炭素固定機能	気候の制御(地球レベル)
	大気浄化機能	大気の制御
	水質浄化機能	水の浄化
生態系維持	水涵養機能	水(供給サービス)
	生物多様性維持機能	(全般に関連)
	エコロジカルネットワーク機能	遺伝資源など
アメニティ 創出	景観向上機能	審美的価値
	気象緩和機能	気候の制御(地域レベル)
	保健休養機能	レクリエーションとエコツーリズム

3-2-2 気象緩和機能の評価方法

高木ら(1999)⁷²の開発した地表面熱解析モデルは、土地利用の状況毎に地表面を覆う標準的な構成要素(水面、砂地、土、アスファルト、水田、芝、低木、中木、高木、低層建築物、中層建築物、高層建築物)の割合と、各要素のアルベド、粗度、蒸発散係数、赤外放射率を利用して、夏季1日当りの発生顕熱量をグリッド毎に評価することを可能としている。そこで対象地域を100mのグリッドに分割し、このモデルを利用してグリッド毎の夏季一日あたり平均発生顕熱量(w/m^2)を算出した。グリッド分割はポリゴンデータにグリッドを被せ、各グリッド内で一番面積比率の高い分

類項目をそのグリッドのデータとして選択する変換プログラムを開発し適用した。

3-2-3 大気浄化機能の評価方法

プレック研究所(1995)⁷³によると、現存植生図と各植生区分の一次生産量を用いて、面的広がりをもつ地域の大気浄化機能を定量的かつ比較的簡便に概算・評価する方法がある。本章では、植生区分毎の総生産量及び大気中の汚染物質濃度から、掛川市の緑地が汚染ガスを吸着・吸収する量を算出した。表3-5にその概要を示す。

表 3-5 大気浄化機能の評価モデル

大気中のCO₂濃度を0.63 μg/cm³ (350ppm, 25℃) とすると、NO₂、SO₂の吸収量は次のモデルで算定できる。

$$U_{NO_2} = 15.5 \times C_{NO_2} \times Pg, \quad U_{SO_2} = 20.7 \times C_{SO_2} \times Pg$$

U_{NO_2} : NO₂の吸収速度 (t/年)

U_{SO_2} : SO₂の吸収速度 (t/年)

C_{NO_2} : 大気中のNO₂濃度 (μg/cm³)

C_{SO_2} : 大気中のSO₂濃度 (μg/cm³)

Pg : 総生産量 (t/ha・年)

ここで、1998年度掛川市市役所測定局データより

$$C_{NO_2} : 0.018\text{ppm} \quad (3.69 \times 10^{-5} \mu\text{g}/\text{cm}^3)$$

$$C_{SO_2} : 0.004\text{ppm} \quad (1.14 \times 10^{-5} \mu\text{g}/\text{cm}^3)$$

とすると、市内の緑地による年間の全大気浄化量 (A_{NO_2} , A_{SO_2}) は次式となる。

$$A_{NO_2}(\text{t/年}) = \sum_{i=1}^N (15.5 \times 3.69 \times Pg_i)$$

$$A_{SO_2}(\text{t/年}) = \sum_{i=1}^N (20.7 \times 1.14 \times Pg_i)$$

3-2-4 エコロジカルネットワーク機能の評価方法

都市化に伴い、森林や水田の消失・減少、道路建設による水田と森林の分断など自然環境の改変が各所で指摘されている。そこで生息条件として水環境と森林環境の両方を必要とするカエル類に着目した。カエル類は水田など水辺を象徴する生物群のひとつであり、地域の生態系を底辺で支える重要な生物である。本章では掛川市に広く生息し、良好な水環境と森林環境とが連続するエリアを必要とするシュレーゲルアオガエル(以下アオガエルと記す)を指標として選定し、その生息可能な面積を評価した。

大澤・勝野(2000)⁷⁴によるとアオガエルは非繁殖期には広葉樹林を好んで活動し、繁殖期には水域周辺の土中、草むらなどに産卵することが知られている。その

移動範囲はおおよそ200mといわれ、この範囲の中に必要な環境要素（広葉樹と水域）が存在しなければ生息できない。また、本種は生息に広い緑地を必要とする生物でなく1ha程度の小規模な緑地においても生息可能なため、一塊としての緑地面積は必要な要素として採用しないことにした。水田は乾田、湿田、過湿田に分類できる。乾田は湛水期（一般的に5月中旬～6月）とアオガエルの繁殖ピーク（4～5月中旬）がずれている場合が多いため、生息可能条件が不十分と考える。一方、湿田、過湿田は冬季も部分的に湿っているか水路などの湿的環境が残るため、生息エリアとして十分に機能すると考えられる。使用したデータからは水田の分類は確認できないため、ため池や河川を恒久的な水域、水田を一時的な水域と分類し（斎藤ほか、1988）⁷⁵、水域から200mのバッファを発生させ、そのバッファと広葉樹をオーバーレイすることでアオガエルの生息条件を満たすエリアの面積を算出した。

3-2-5 二酸化炭素固定機能の評価方法

樹木の全乾比重及び年間成長量を変数とする表3-6に示す評価モデルにより、掛川市の緑地が一年間に固定する炭素量（二酸化炭素量）を算出した。各樹種の全乾比重は文献値を参考とした（貴島・岡本、1962）⁷⁶。年間成長量は、樹齢や立地条件毎に異なっているが、ここでは緑地毎の傾向を把握することを目的として静岡県林業要項（1999）から人工林針葉樹、人工林広葉樹、天然林針葉樹、天然林広葉樹の平均値を引用した。

表 3-6 二酸化炭素固定量の評価モデル

$$\text{総炭素固定量 (tC/年)} : C = \sum_{i=1}^N (X_i \times W_i \times G_i \times 0.5)$$

X_i : 緑地*i*の面積

W_i : 緑地*i*に存在する樹木の全乾比重

G_i : 緑地*i*に存在する樹木の年間成長量 (m³/年)

なお、樹木の組成比は以下の設定とした。

炭素 : 水素 : 酸素 : その他 = 50 : 6 : 43 : 1

3-3 シナリオプランニング

本章では、現況の緑地を評価するだけでなく、環境保全対策などのシナリオを設定し、それらに関しても評価・表示することを目的としている。緑地に関するシナリオを定量的に評価し、その結果を直感的に理解しやすいカラー地図や鳥瞰図などを用いてわかりやすく表示し、情報を提供することにより、住民が専門家と共に現状の問題点の把握や環境保全対策の比較検討が実施できると考えた。

シナリオの設定に関しては、将来の姿を予想することは困難であるという認識の下で、起こりうる可能性が高い複数のシナリオを検討する必要がある。また、悲観的、

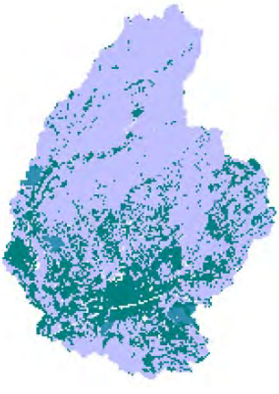
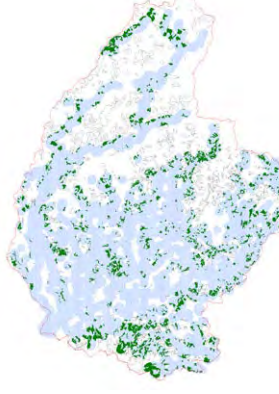
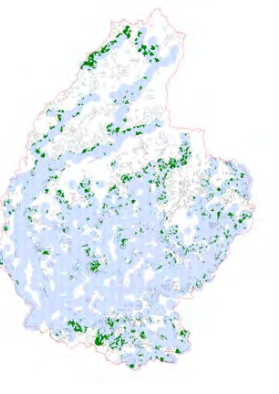
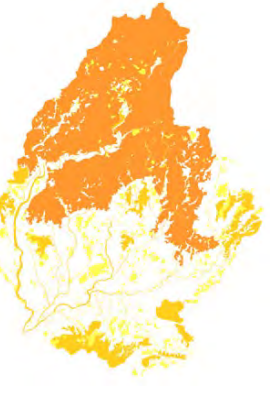
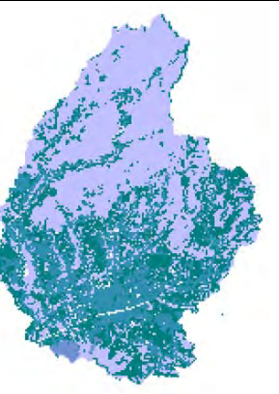
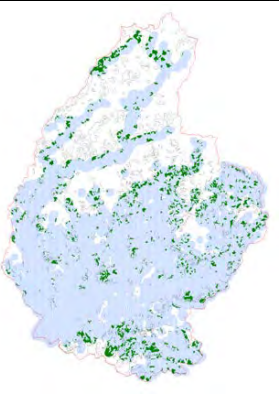
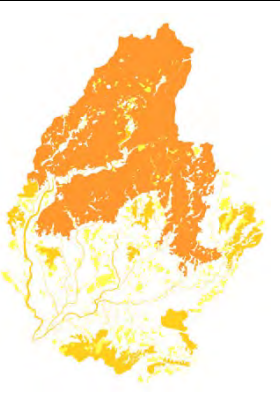
楽観的、現状維持の3つのフレームから将来像を検討することが求められる。掛川市では、法的に保全が担保されていない緑地が多数存在することがデータから確認でき、法的要素が将来に与える影響が大きいのではないかと考えた。また、本章で取り上げた地域レベルの緑地計画は、行政における施策検討として実施される事例が多い。よって、シナリオ設定の要素として法的な規制を強めるシナリオと、対策を講じないシナリオを検討した。

規制を強めるシナリオの要件として、①ヒートアイランド現象対策として近年都市部においては実施されている、一定規模以上の新設建築物に対する屋上緑化の義務付け。②生物多様性を確保するための環境保全型農業実施の義務付け。の2点を設定した。

具体的には、対策を講じないシナリオA案として、施設緑地及び地域制緑地の指定を受けていない自然林、クヌギ・コナラなどの二次林、松林、竹林が住宅地として開発され緑地面積が減少するシナリオ。規制を強めるB案（環境保全対策案）として、A案の条件下で住宅・商業・工業用地面積の50%を草本類で屋上緑化すること。さらに、環境保全型農業の促進対策としてアオガエルが繁殖に利用できるよう水田に4月から5月中旬にかけて水を入れ、人為的に生息エリアとしての機能を満足させるシナリオを設定した。このシナリオは、建蔽率60%の建造物の屋根または屋上を80%緑化すること。さらに農作業の効率よりもアオガエルの産卵時期を重視して従来よりも早期に水を張ることを意味する。

このシナリオプランニングを実施するため、前述のデータ及び評価手法を用いて掛川市全域の緑地の環境保全機能を評価した。表3-7に各機能の評価結果を示す。

表 3-7 現況及び各将来シナリオの環境保全機能評価結果

	気象緩和 (平均発生顕熱量)	大気浄化(大気汚染 物質浄化量)	エコロジカルネットワー ク(生息可能エリア)	炭素固定 (炭素固定量)
現況				
推定値	47(W/m ²) 【数値が低いほど気温上昇が少ない】	NO ₂ :287.51t/年, SO ₂ :120.03t/年 【数値が高いほど浄化量が多い】	1,102ha 【数値が高いほど生息可能エリアが広い】	7,551t-C/年 【数値が高いほど固定量が多い】
シナリオA				
推定値	52(W/m ²)	NO ₂ :198.17t/年, SO ₂ :82.72t/年	631ha	6,162t-C/年
シナリオB				
推定値	42(W/m ²)	NO ₂ :207.97t/年, SO ₂ :86.78t/年	890ha	6,162t-C/年

* 数値が高いほど色を濃く表示している。

3-3-1 気象緩和機能

表3-7から、市北部では平均発生顕熱量が低く抑えられていることがわかる。このエリアは山林に分類されておりこれらが気温上昇防止に貢献していると考えられる。また、中央部に平均発生顕熱量が低いエリアが点在しており、これらはため池を示している。現況と比較すると平均発生顕熱量がシナリオAでは11%増加している、よって、緑地の減少により夏季の気温上昇が予想される。また、シナリオBでは約11%減少する。これにより、屋上緑化が気象緩和に効果があることが示された。

3-3-2 大気浄化機能

北部のスギ、ヒノキなどの植林地がNO₂を198t/年（現況の69%）、SO₂を83t/年（同69%）吸着・吸収し大気浄化に大きく貢献していること。田、畑、茶畑などもNO₂を40t/年（同14%）、SO₂を17t/年（同14%）吸着・吸収しており、農業用地が果たす役割も少なくないことが把握できた。一方、住宅用地や工業用地内の緑地の大気浄化機能はNO₂で5t/年（同2%）、SO₂で2t/年（同2%）であった。市全域では、NO₂:287.51t/年、SO₂:120.03t/年が緑地により吸着・吸収されていることが示された。

また、シナリオAではNO₂が198.17t/年、SO₂が82.72t/年の浄化量となり現況と比較して31%の機能が失われること、シナリオBでは同じくNO₂が207.97t/年、SO₂が86.78t/年の浄化量となり28%の機能が失われることが示された。これにより、本環境保全対策案（草本類による屋上緑化）は、大気浄化機能の改善効果が限定的であることが示された。

3-3-3 エコロジカルネットワーク

設定した生息条件を満たすエリアは、掛川市に1,102ha存在すること、シナリオAで条件を満たすエリアは631ha（現況の57%）に減少することが示された。よって、施設緑地や地域制緑地として指定されていないエリアで開発行為が生じると、アオガエルの生息可能エリアが大幅に減少する可能性が示唆された。

また、灌水期をコントロールするシナリオBでは、水田から200m以内の広葉樹林を新たに生息エリアとして評価することになる。その面積は260haで合計エリアは890ha（現況の80%）となった。よって、水田の灌水時期をコントロールすることがアオガエルの生息環境保全に大きな役割を果たすことが示された。

3-3-4 二酸化炭素固定機能

掛川市では7,551t/年の炭素（二酸化炭素に換算すると約27,687t/年）が固定されていることが示された。これは、日本人1人当りの年間排出量を2.5tと仮定すると約3000人分に相当する。また、北部の山林が面積的にも機能的にも大きい働きを担っており、特にスギ、ヒノキなどの植林地が大きく貢献（約5,890t/年）していること

が明らかになった。シナリオの評価ではシナリオAが6,162t/年（現況の82%）となった。また、屋上緑化で利用する草本類は炭素吸収源として捉えられていないため、シナリオBも同じく6,162t/年の固定量となった。

3-4 考察

3-4-1 GISデータの収集・加工

国土空間データ基盤推進協議会（1998）⁷⁷によると、GISデータの整備普及に関しては、標高、土壌、植生などの基本的なデータ整備と共に、クリアリングハウスの整備、ネットワークを活用したオンライン提供サービスが必要とされている。本章ではこのような課題に取り組むため、クリアリングハウスとして機能するデータセンターを通して得た既存のGISデータを利用して各種評価を実施した。

従来のデータ収集手法では、必要なデータの有無や提供主体の調査が大きな負担となっていたが、本章ではメタデータによりデータ検索の効率化を図り、短期間で必要なデータを入手することができた。また、データ入手に必要なコストが大幅に削減できた。しかし、問題点としてデータの座標系、縮尺、作成年月日などが不明確であるデータが一部存在し、それらの結合処理に不具合が生じたこと、MOを郵送でやり取りする手法では事務手続きに手間がかかることなどが明らかになった。今後、実際の計画・評価業務に利用するためには、データ作成の際に作成年月日などの情報を確実にメタデータに記載することや、インターネットを利用したデータ検索、データ配信システムの整備が必要であると考ええる。

3-4-2 緑地の生態系サービスの評価手法

評価結果に関する現地調査による検証は実施しなかったため、データや評価モデルの信頼性に議論の余地が残った。しかし、適用した評価モデルは新たに作成したものではなく既往の研究によりその再現性が検証されており、北部山林の機能が高いなど定性的な評価とも一致しているため評価結果の信頼性は高いと判断している。また、GISを用いているため、今後新たな知見によりさらに精度の高い評価モデルやデータが整備された場合、データの差し替えなどの対応が速やかに実施可能であると考ええる。

3-4-3 シナリオプランニング

本章では、生態系サービスを指標として現況及び複数のシナリオを比較検討することで環境保全対策案の有効性などや問題点を明らかにできた。例えば、施設緑地及び地域制緑地の指定を受けていない緑地が喪失した場合（シナリオA）、最大で大気浄化機能が約30%、二酸化炭素固定機能が約20%減少すること。また、草本類の屋上緑化を実施する対策案（シナリオB）により、夏季の気温上昇が緩和

されることが示された。さらに、水田の灌水期に注目したシナリオを設定し、その評価を実施することでアオガエルの生息と水田管理の関係を推し量ることができた。GISを用いない従来の検討手法では、このような評価を実施することは経済的・時間的負担が大きく、限られた予算・期間内に十分な検討を実施することが困難な状況にあった。しかし、GISをベースとした本手法では、屋上緑化の面積や植栽の質を変更するシナリオの修正に必要な作業時間はごく僅かであり、経済的かつ迅速に対応できると考える。

3-4-4 住民への表示・説明方法

従来の緑地計画策定では、専門家の経験により検討される場合が多く、保全地区の線引きなどは恣意的に操作可能なものとなっていた。また、緑視率などごく一部の指標のみ評価・公開の対象とされていた。

本章では、専門知識を有さない住民が緑地の働き容易に理解するため、GISを活用した次の手法を提示した。①住民生活と密接に関係する生態系サービスである気象緩和や大気浄化などわかりやすい指標を用いて定量的に説明した。②各緑地の重要度が直感的に把握できるように各指標を地図上にビジュアルに表示した。③動的な評価手法(シナリオプランニング)を用いて環境保全対策の効果を具体的に説明した。

この結果の一部は、緑地の機能をわかりやすく示す資料として、掛川市環境基本計画(2001)⁷⁸に掲載された。従来、緑地の生態系サービスを評価することが技術的に困難であったため、その評価結果を一般に公開し都市整備に関する合意形成を図るような取り組みは実施できなかった。今回、自治体から住民向けに発行される資料に採用されたことにより、GISを活用した本手法が、住民への有効な説明手段として活用できることを示すことができた。

3-5 本章のまとめ

本章では、静岡県掛川市の緑地を対象として地域レベルの緑地計画に資する生態系サービスの評価を実施した。その結果以下の成果並びに課題を得た。

3-5-1 GISデータの活用

緑地の生態系サービスを評価するためには、緑被率や樹種など緑に関する多様なデータが必要となる。そのため、緑地評価の際に評価モデルに必要なデータの入手方法が大きな課題となっているが、地域レベルの評価においては既存のGISデータを用いることにより、経済的かつ実用的な生態系サービスの定量的な評価を実施することができた。さらに、現状評価だけでなく複数の計画案の評価を同時に実施することができた。ただし、本章では既往研究により開発された評価モデルを用いているため、各評価モデルの現地での検証まで実施していない。特に、エコロジカル

ネットワークに関する評価については地域性などが強く影響すると考えられるため、実践的な評価手法を確立するためには、日本全国に生息する汎用的な指標種を用いた評価モデルの検討とモニタリングによる検証が求められる。この課題については、第4章で地区レベルを対象としてさらに詳細な検討を行う。

3-5-2 シナリオプランニング

通常、地方自治体などが地域レベルの緑地計画を検討する際には、最も起こりうる可能性が高い将来の姿を想定し、その実現を前提として計画検討を行う。一方、シナリオプランニングは、確実な将来の姿を予想することは不可能であるという前提により、起こりうる可能性のある複数のシナリオを策定し、不確実性のある環境の中で適切な意思決定を行う手法である。本章では、将来的に何も対策を行わずに起きる可能性がある悲観的シナリオと、法規制を強化して緑地を保全するシナリオの2つの将来シナリオを設定し、生態系サービスを指標として掛川市の現況及びこれら将来シナリオの評価を実施した。その結果、北部の山林やため池が環境保全上大きな役割を果たしていること、草本類の屋上緑化により夏季の気温上昇が緩和されることが示された。また、水田の灌水時期の配慮がエコロジカルネットワーク機能に与える効果・影響を推し量ることができた。

このような評価により、従来十分に認識されてこなかった緑地の保有する調節機能や供給機能などの生態系サービスを、新しい価値として理解することに貢献できたと考える。その結果、本章の成果の一部は各種施策により環境がどのように変化するかを理解する資料として掛川市の環境基本計画に採用されるに到った。また、「実証実験データベース利活用実験」の中で広く市民に向けて提供されている。

3-5-3 生態系サービスの緑化計画の指標としての有効性

従来の緑地評価や緑地計画では、計画の対象地域が抱えている課題や保全すべき緑地エリアの面積・位置、効果の高い環境保全対策などは、専門的な知識を有する技術者が現地の状況や植生図、住民を対象としたアンケート、有識者へのヒアリング結果など定性的な情報で把握していた。そのため、情報が少ないエリアに関する対策が十分でないケースや、客観的な評価や計画が行われているのか検証が困難な点が指摘されていた。また、環境保全施策などを市民に伝達する手段としては、数値目標を設定することが難しいため、「環境負荷の低いまち」、「緑の豊かなまち」という定性的な表現が用いられており、専門知識を有さない一般市民が内容を十分に理解できるようなコミュニケーションが図れない可能性もあった。

本章では、新しい説明手段として緑地の保有する生態系サービスを定量に評価しその数値とともに機能分布をビジュアルに表示した結果、専門家以外の住民であっても緑地環境の概要をわかりやすく理解できる可能性が示された。またGISを活用することで実際の計画への適用という観点で、コストや時間などの課題を解決することができた。

緑地が保有する多様な生態系サービスは、評価が困難であったため、緑地計画の際に示されることが少なく、そのため一般に意識されることが少なかった。本章にて検討した手法は、生態系サービスの視点から緑地の価値を定量的に示すことが可能であり、数値目標の設定や代替案の客観的評価などダイナミックに変化する緑地の将来のあり方などを検討するための支援ツールとなることが期待できる。これは専門的知識を有さない一般市民らが緑地のあり方や人と自然の関係性を改めて認識し議論するための一助となると考えられる。

ただし、本章で実施していない緑地の生態系サービスに関するステークホルダーに対するコミュニケーション効果の検証については、第6章にて言及する。

第4章 地区レベルのエコロジカルネットワーク評価手法

4-1 本章の背景と目的

第3章では、生態系サービスを指標とした地域レベル(市町村レベル)の緑地計画手法について、生態系サービスを評価するための既存データの利用方法や汎用可能な評価モデル、加えて意思決定のための情報共有手法に関して検討した。しかし、よりスケールの小さい地区レベル(プロジェクトレベル)への適用については、現在整備されている既存データの解像度では不十分であることが課題となる。また、地区レベルの緑地計画では、面的な広がりのある緑地だけでなく樹木一本一本の価値が問われるため、そのスケールに応じた評価モデルが求められる。さらに、本研究の対象としている都市域の緑地に関しては、生物種の供給源となる大規模な緑地と連携することにより、小規模な緑地であっても生物生息空間として機能することが議論されている(養父, 1999)⁷⁹、(笹倉ら, 2000)⁸⁰。よって、小規模な緑地であっても重要な役割を担うことを認識し緑地の規模に関らず科学的な根拠に基づいた合理的な保全計画を検討することが求められる。しかし、地区レベルの緑地計画に関する検討手法や意思決定支援手法も未検討である。

本章ではこうした課題に対応するために、都市域の生態系サービスのうち、遺伝資源の供給や害虫制御、受粉などに影響の大きいエコロジカルネットワークに注目した。エコロジカルネットワークに関しては先駆的研究(一ノ瀬, 2002)⁸¹や取り組み(佐藤, 2006)⁸²が見られるが、実際の緑地計画検討に活用できる実用的かつ具体的な計画検討手法は確立していない。一方、リモートセンシング技術(以下RS)と最近観測が開始された高解像度衛星画像データを活用した都市域の小規模植生の把握手法(羽柴ら, 2001)⁸³、(横田ら, 2006)⁸⁴、(小松, 2006)⁸⁵や地理情報システム(以下GIS)を用いた緑地の機能把握などが各所で進められている(山田ら, 2003)⁸⁶、(片桐ら, 2006)⁸⁷。また、航空機搭載型レーザースキャナーを用いたDSM(Digital Surface Model: 家屋や樹木などで構成される地表面の高さ)及びDTM(Digital Terrain Model: 地盤高)データの入手が可能となったため、緑地の面的な広がりだけでなく高さに関する質的な解析が可能となっている(大沼ら, 2005)⁸⁸。

そこで、本章では都市域で生息可能であり一般市民の認知度も高い鳥類を用いて、RSとGISを活用した地域生態系保全に役立つエコロジカルネットワーク評価手法について検討することを目的とした。具体的には次の研究を実施した。①RSを活用し、高分解衛星画像データおよびDTM、DSMデータを基礎データとして都市域の緑地を量的・質的に把握する。②鳥類の生息可能域の評価手法を検討するとともにその妥当性を検証する。③対象地域における緑地の保全・整備方針の検討に資するシナリオプランニングを試みる。RSやGISを活用した省力的かつ汎用的な評価技術を研究することにより、都市域における小公園や屋敷林など様々な緑地の役割を明らかにすることができ、生態系サービスを指標とする合理的な緑地計画検討に貢献できると考えた。

4-2 本章の構成

4-2-1 本章の対象地域

研究対象地域は、人口密集地区である東京都杉並区(人口密度:15,601人/km², 2004年度)の中央部25km²(南北5.0km, 東西5.0km)とした。杉並区は都心からも近く、鉄道などの交通インフラが整備されているが、住宅地区に屋敷林など多くの小規模緑地が残されている。また、善福寺川周辺には、和田堀公園や善福寺川緑地公園などの大規模な緑地が存在しこれらが野鳥の営巣空間として機能していると推測された。

4-2-2 本章の流れ

本章の流れを図4-1に示す。

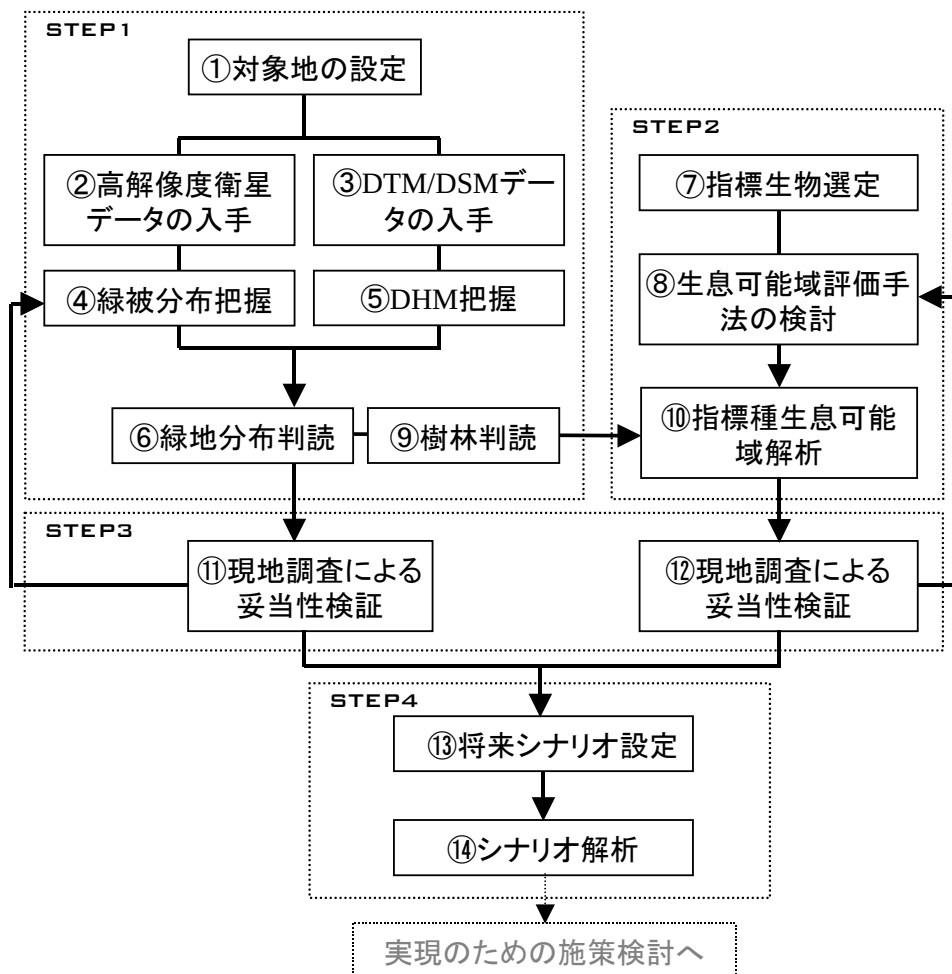


図 4-1 本章の流れ

まず、高解像度衛星画像データおよびレーザースキャナーデータを用いてエコロジカルネットワーク評価の基礎的データとなる都市域の緑地分布を判読し、樹林面積や樹林の平均樹高などを把握する(STEP1)。

次に、評価の指標となる生物種の生息可能域評価手法の検討および解析を実施する(STEP2)。

さらに、対象地域において現地調査を行い緑地判読手法や評価手法の妥当性を確認する(STEP3)。

最後に、対象地域の緑地保全や整備計画の検討に活用できる複数の将来シナリオの解析(シミュレーション)を実施する(STEP4)。

なお、衛星画像などの解析にはLGGM社のERDAS IMAGINE8.5、GISはESRI社のArcGIS9.1を用いた。

4-3 都市域の緑地の把握手法

4-3-1 RSを活用した緑被状況の把握

対象地域の緑被状況を把握するため、2004年9月15日撮影の1m解像度衛星画像データ(IKONOS)を用いてNDVI(Normalized Difference Vegetation Index: 正規化植生指数)により対象地域の緑被地を判読した。IKONOSは市街地内の緑被地の判読に適したデータであることが知られている(首都圏都市づくり研究会, 2005)⁸⁹。NDVIは葉緑素が近赤外域の波長帯で際立った反射を示すという特性を利用した比演算による植生抽出のための指標であり次式により算出される。

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$$

NIR: 近赤外域の値, RED: 可視域(赤)の値

この値は-1~1の値をとり、植生は正の値で活性度が高いほど大きく、土は概ね0付近となり負の値は無植生とみなされる(小泉ら, 2001)⁹⁰。本章ではいくつかのサンプルを抽出し実際の植物の分布との整合性を確認した結果、NDVIが0.05以上のものを緑被地として判読することとした。また、反射率の高い屋根などNDVIが0.05以上となるエリアを緑被データから除去するため、土地利用データ(S=1/2500, インクリメントP社, 2005年版)を用いて、土地利用が建築物、水面、駅と示されたエリアの除去を行った。道路および鉄道と示されたエリアについては、街路樹や法面緑地が存在する可能性があるため除去しなかった。

次に、2004年9月16日に測量したDTMおよびDSMを用いて、DHM(Digital Height Model: 地物高さデータ)を作成した。都市域では新たな緑地整備が困難であるため、既存緑地の質的向上が現実的な課題であることが指摘されている(岡崎ら, 2006)⁹¹。緑被の高さを把握することにより、緑地の面的なデータだけでなく垂直方向のデータが入手でき、草地や灌木、樹木の分類など質的な整理が実施できると考えた。実際の作業では、2mグリッドデータを1mにリサンプリングしたDTMと、ラン

ダムデータから1mグリッドデータを作成したDSMを重ね合わせDHM(高低差)を計算した。DHMが0に近い地点は駐車場や草地などであり、DHMが大きい地点は建物や樹木などと考えられる(図4-2)。DHMは正の値を取らねばならないが、データをリサンプリングした際の誤差などにより高い建築物周辺や立体交差点付近で負の値を示す地点が発生した。これら負の値はデータを0に置き換えた。なお、NDVIにより緑被地と判読されたエリアではDHMが負の値を示す地点はほとんど存在しないことを目視により確認した。最後に、作成したDHMを緑被データに重ね合わせることで、緑被地を草地・低木(高さ1.5m未満)、中木(高さ1.5m～3m未満)、高木(高さ3m以上)の3つに区分した。図4-3にNDVIおよびDHMによって得られた緑地の判読結果を示す。

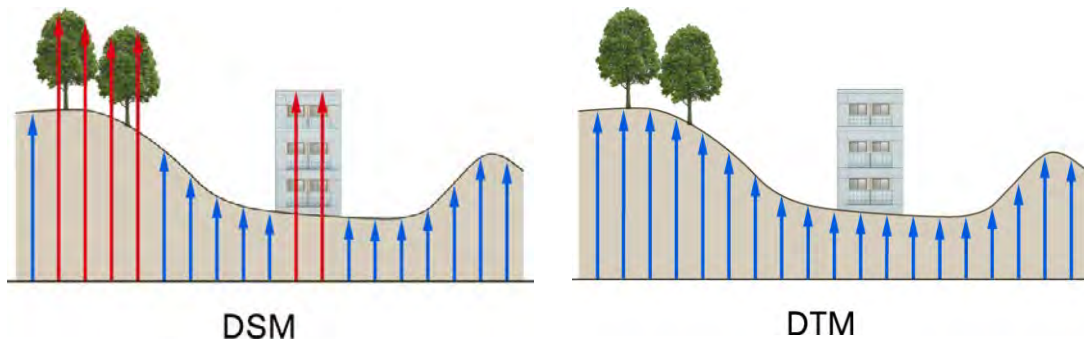


図 4-2 DSMとDTMの違い



図 4-3 緑被とDHM(樹高)の重ね図

4-3-2 連続性のある樹林の判読手法

従来LANDSAT衛星など地上解像度が30m程度のセンサーによる観測では、小さな舗装面や園路などを含む樹林であっても連続性のある樹林として平準化した判読がなされていた。今回採用した高解像度衛星画像データでは、樹林間に存在する小さい人工物、園路、水路などを異物として認識するため、実態として連続性のある樹林であっても分断されている樹林と判読してしまう。よって、高木の周囲にバッファを発生させ新たな樹林バッファデータを作成し、バッファを含む新しい樹林データを構成する高木の被度を確認することにより、連続性のある樹林か否かを判定することとした(図4-4)。設定するバッファ量については、データの最小セル単位が1mであることから1m毎で試行した上で適当な数値を選択することとした。バッファを1mとして樹林の高木被度を調べた結果、88%の新樹林データが高木被度70%以上となった。またバッファを2mとした場合、53%の新樹林データが高木被度70%以上となった。よってバッファの値は高木の間隔が最大2mとなる1mを採用することにした。

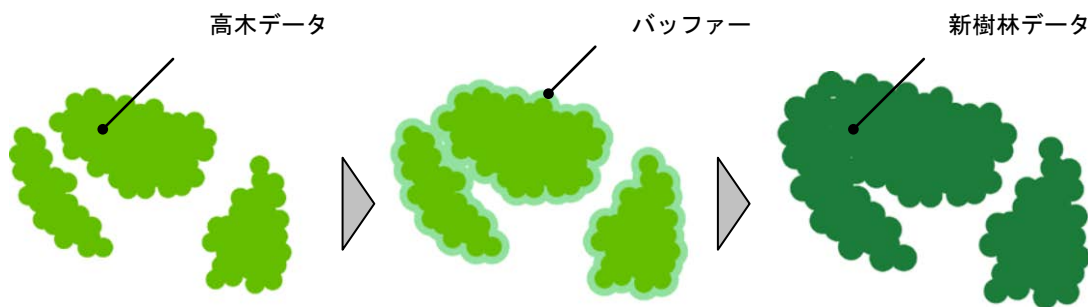


図 4-4 バッファ作成と新しい樹林データの整備

4-4 鳥類の生息地評価手法

4-4-1 鳥類の生息可能域評価

エコロジカルネットワーク評価に用いる指標生物として、都市域においても道路などを障害とせず小規模な緑地を利用して生息することの出来る鳥類に着目した。鳥類は愛好家も多く一般市民の認知度も高いため、評価結果についても関心を抱きやすいと考えた。

本章では、対象地に生息しており既往研究などにより生息環境条件がある程度判明しているコゲラを指標種として採用した。キツツキ科のコゲラはほぼ日本全国の多様な森林に生息している森林性の鳥類であり、生態系ピラミッドにおいて第3次消費者として位置付けられる。コゲラなどのキツツキ類は繁殖やねぐらのための樹洞を自らつくることができる一次樹洞営巣種であり、これらが掘った穴はシジュウカラのような自分で穴を掘れない二次樹洞営巣種ばかりでなく、スズメバチなどの昆虫類、

アオダイショウなどの爬虫類，モモンガなどの哺乳類も利用する．よってコゲラは最終的に他の動物の生息環境を改善する役割を担う森林生態系のキーストーン種として位置付けられる．

また，都市公園および都市林を対象とした研究（モリソンら，2005）⁹²においてキツツキ類の生息密度が枯木・倒木の量と関連し緑地の成熟度を示すことや，他の動物が生息可能かどうかの目安となることが指摘されているため，都市の生物多様性を示す指標種として適切であると考えた．

4-4-2 コゲラの生息に必要な環境条件

キツツキ類の生息可能域評価手法（シュローダーら，1983）⁹³では営巣環境と採餌環境の2つが評価項目として明示されている．よって，コゲラの生息可能域評価手法の検討においては，営巣環境および採餌環境の2つの視点から既往研究を調査するとともに学識経験者へのヒアリングを実施し，生息に必要な環境条件を整理・設定した．

営巣拠点となる可能性が高い緑地（コア）は，馬事公苑などの研究で4～8haの広さの連続した樹林や森などが必要（真下，1999）⁹⁴との知見に注目した．樹林の連続性や大きさは採用する判読手法の違いにより結果に相違が出る．よって，本章の判読手法により馬事公苑，芦花公園を調査し，最低2ha以上の連続した樹林が必要であることを把握した．また，樹林の質的調査（石田ら，1988）⁹⁵，（利根川ら，2006）⁹⁶から①高木で構成される2.0ha以上の広さの連続した樹林．②高木の被度は70％以上．③40％以上が樹高7.0m以上の樹木で構成された樹林．の3条件を設定した．

採餌などに利用される可能性が高い緑地（サテライト）は，コゲラの利用情報（杉並区，2003）⁹⁷のある孤立樹林の面積を本判読手法により調査し，最低0.2ha以上必要であることを把握した．

また，コゲラは森林のない陸地上の500～1000m以内のギャップは日常的に飛翔すること（石田，2002）⁹⁸，さらにヒアリングにおいて繁殖期における飛翔距離が非繁殖期の半分程度になるとの観察成果を得たため，④コアの林縁部から500mの範囲にある0.2ha以上の連続した樹林（1次サテライト）．⑤1次サテライトから250mの範囲にある0.2ha以上の連続した樹林（2次サテライト）．の2条件を設定した．コアとサテライトの位置関係を図4-5に示す．

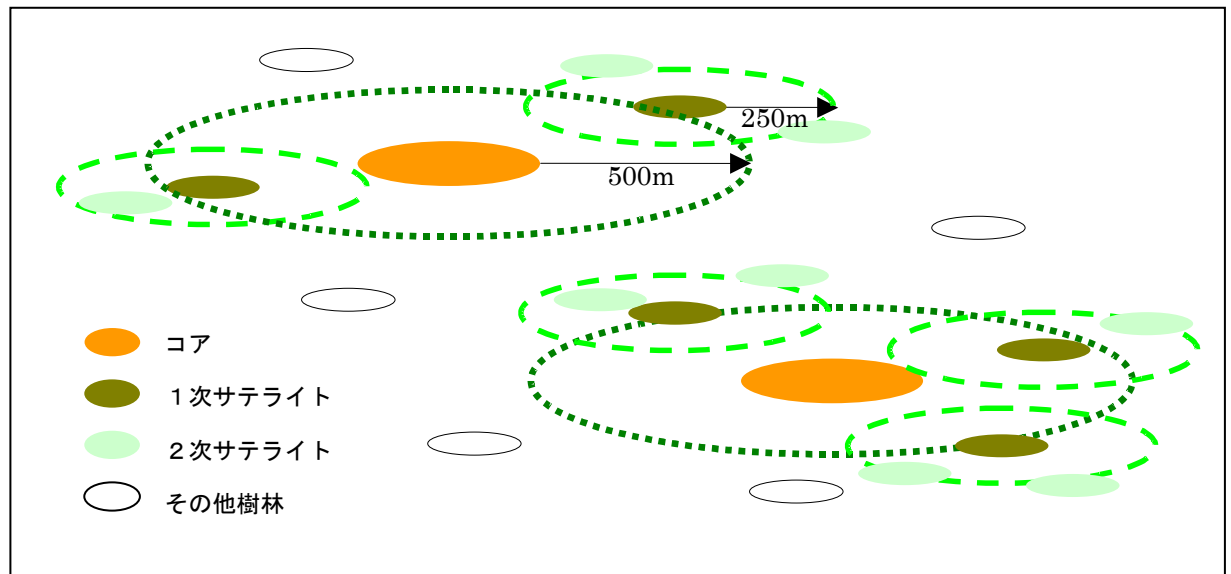


図 4-5 コゲラのコアとサテライトの位置関係図

4-4-3 コゲラのコアの判定

樹林判読結果と生息に必要な環境条件を用いて、コゲラの営巣拠点となる可能性の高いコアの判定をGISにより実施した。判定作業ではコアとして可能性を持つ樹林を余さず検討するため設定条件を緩和し、まず樹林面積1.4ha以上の連続した樹林を抽出し、次に高木被度などの数値を把握した。その結果、表4-1に示す17ヶ所(A~Q)の樹林がコアの候補地として抽出された。

この表から、A・B・C・D・F・G・J・K・L・N・O・Pの12ヶ所については基本条件の3つを全て満たしておりコアとして十分機能すると判定した。また、条件の内一つを満たしていないMとQに関しては、高木被度や平均樹高などから、樹林としての成熟度も高くコアとして機能する可能性は高いと判定した。H・Jに関しては、基本条件の3条件のすべてを満たしていないため、コアとして十分に機能することは難しいと判定した。また、Eに関しては、高木の被度が70%以上であるが、面積や高さ7m以上の高木被度が条件を満たしていないためコアとは判定しなかった。よって、E・H・Jを除く14ヶ所をコアとして判定した。判定された樹林は、歴史ある社寺林や戦後間もなく整備された企業のグラウンドなどであり、平均樹高6m以上の成熟した樹林である。また、神田川や善福寺川などの地域自然資源に近い樹林が結果として判定された(図4-6)。

表 4-1 コアの候補地

番 号	判定		樹林面積(m ²)	高木被度	平均樹高(m)	樹林面積				樹林以外				サテライト								
	2ha	高木被度70%				h=7m以上		h=10m以上		草地面積	低木面積	その他面積		1次		2次						
						m ²	割合	m ²	割合			m ²	割合	m ²	割合	数	ha	数	ha			
A	○	○	○		10.81	87%	24,980	19,245	67%	15,849	55%	4%	1,155	2,629	9%	107	0%	11	8.7	20	130	
B	○	○	○		8.73	81%	90,264	59,492	53%	42,817	38%	5%	6,022	14,033	13%	1,287	1%	27	27.6	33	29.6	
C	○	○	○		10.29	84%	35,984	26,749	63%	21,926	51%	4%	1,849	4,553	11%	396	1%	25	26.1	31	30.2	
D	○	○	○		7.38	75%	29,973	16,746	42%	11,997	30%	6%	2,509	6,557	16%	790	2%	23	26.4	50	58.0	
E	×	○	×		5.89	70%	15,077	6,626	31%	3,639	17%	7%	1,523	4,546	21%	328	2%	N.A.				
F	○	○	○		8.08	81%	107,543	67,720	51%	45,373	34%	5%	6,857	17,812	13%	985	1%	39	54.6	62	63.9	
G	○	○	○		9.80	86%	178,881	134,164	65%	103,383	50%	4%	8,338	19,547	9%	1,234	1%	36	47.2	49	54.6	
H	×	×	×		5.12	64%	14,165	5,284	24%	2,641	12%	8%	1,801	5,678	26%	598	3%	N.A.				
I	○	○	○		7.48	75%	20,266	11,958	44%	8,029	30%	6%	1,729	4,708	17%	466	2%	25	32.3	58	52.1	
J	×	×	×		4.90	51%	16,626	7,448	23%	4,671	14%	13%	4,145	11,299	35%	237	1%	N.A.				
K	○	○	○		6.67	79%	22,920	11,669	40%	5,816	20%	5%	1,547	4,086	14%	478	2%	27	31.7	48	48.6	
L	○	○	○		7.37	74%	40,447	25,514	47%	17,399	32%	7%	3,683	8,847	16%	1,765	3%	42	45.4	66	60.4	
M	○	○	×		6.38	70%	20,438	10,716	37%	6,681	23%	8%	2,254	6,067	21%	493	2%	26	27.8	39	41.3	
N	○	○	○		9.98	85%	52,932	39,185	63%	30,502	49%	4%	2,384	6,642	11%	303	0%	20	19.1	30	29.3	
O	○	○	○		6.97	75%	23,205	13,387	43%	7,672	25%	7%	2,132	5,304	17%	276	1%	30	34.6	54	54.1	
P	○	○	○		7.77	81%	44,311	28,285	52%	18,009	33%	5%	2,856	6,977	13%	560	1%	20	23.8	40	39.3	
Q	×	○	○		11.2	79%	17,280	14,372	66%	12,136	55%	4%	961	3,456	16%	222	1%	27	11.3	35	15.3	

4-4-4 コゲラのサテライトの判定

コアから、採餌を目的として飛来し利用する可能性の高い緑地をサテライトと位置付け、設定した基本条件に基づき次の手順で判定を実施した。

- ①連続性のある樹林の判読手法を用いて面積0.2ha以上の樹林をサテライト候補として抽出。
- ②判定された14ヶ所のコアの外周(林縁部)から直線距離で500mのバッファーエリアを作成。
- ③バッファーと一部でも重なる候補を1次サテライトと判定。
- ④1次サテライトの外周から250mのバッファーエリアを作成。
- ⑤250mバッファーと一部でも重なる候補を2次サテライトと判定。

なお、バッファーエリアはコゲラが採餌活動でよく利用するエリアと説明出来る。

解析対象エリア25km²は、比較的緑の豊かなエリアであり、0.2ha以上の樹林であるサテライト候補は317ヶ所抽出された。このサテライト候補の内、上記手順に基づいた解析作業により1次サテライトは378ヶ所、総面積417ha(重複含む)。2次サテライトは計615ヶ所、総面積590ha(重複含む)と判定された(表4-1)。全体では、コア1ヶ所当たり平均約27ヶ所の1次サテライトおよび約44ヶ所の2次サテライトと連携していることが把握できた。

4-5 現地調査による評価手法の妥当性の検討

4-5-1 現地調査

コゲラの生息可能域評価手法によるコアの判定やNDVIなどによる緑地判読の妥当性を確認するため、対象地域において現地調査を行った。緑地に関しては56ヶ所の調査地点を設定し緑被の状況や樹木高さの確認を行った。コゲラは、ラインセンサス法によりコアの候補地17ヶ所を含む長さ1kmのラインを10ルート設定し、時速2kmで歩行しながら双眼鏡などで個体確認や生活痕、鳴き声などの観察を行った。また、半径50mの円がコア候補地をカバーするよう調査地点を設定し、定点センサス法により生息状況確認を行った。調査は2006年6月に専門家2名が2日かけて実施した。その後10月に樹木のみ補足調査を実施した。

4-5-2 RSによる緑地判読の妥当性の検討

作成した緑地データの妥当性を検討するために、都市計画公園や都市計画緑地、社寺境内緑地、民間グラウンドの付属緑地、屋敷林などから対象地域全域を網羅するように任意の56地点を選定し、現地踏査(10月)によりデータの整合性の確認を実施した。その結果、51地点(91%)において緑地データと現地の状況が緑被状況、樹高ともに一致しており整合性が確認できた。現地の状況が異なっていた地点は、立体交差上部に植栽された低木が高木として判定された場所や、芝地の

上部にネットがかけられ高木として判定された場所など4ヶ所(7%)である(表4-2)。また、衛星画像データ取得時以降に新たに植栽されたと推察される調査地点が1ヶ所存在した。これら誤判読と考えられる緑地はごく僅かであり、また前項で判定されたコアおよびサテライトに該当しないため、緑地データの修正および再度の生息可能域評価は実施しなかった。

表 4-2 解析データと現地調査データの相違点

	高速道路	国道	鉄道	ゴルフ練習場
地写真				
解析データとの相違	高架道路上の環境対策用トンネルが、緑被として認識された。反射率の高い素材を建材として採用しているため植物に近い特性を示したと考えられる。	道路の立体交差上に植栽された低木が、樹高7m程度の高木として認識された。土地利用データによる修正は可能と考えられる。	線路敷が高木として認識された。対象地点は樹林が隣接し落ち葉の影響によりNDVIが緑被を示したと考えられる。高さデータは架線を判定したと考えられる。	上部に防球ネットが敷設されたゴルフ練習場が高木として認識された。フェンス直下が芝生の場合、NDVIは緑被を示すため本手法による判読は困難である。

4-5-3 GISによる生息可能域判定の妥当性検討

コアの候補となった17ヶ所に関して判定結果の妥当性を検討するために、現地踏査により判定結果と生息状況の整合性の確認を実施した。コアとして判定された14ヶ所の樹林の内、2ヶ所(G・L)において巣立ち直後の雛を確認するとともに、別の2ヶ所(B・D)に於いて巣穴を確認し、さらに5ヶ所(C・F・I・N・O)で生息を確認することができた。また、コゲラが営巣可能な大径木を含む多様性の高い樹木が存在するなど、現地の状況から残りの5ヶ所においても営巣する可能性が高いと判断した。加えて、現地調査で親、雛ともに確認されたLは、サテライト個数、総面積共に最も大きく、安定した営巣地となっていると推察された。一方、条件を満たさずコアと判定しなかった3ヶ所に関してはコゲラの生息は確認できず、樹林の成熟度などから営巣の可能性は低いことが確認できた。

GISによる検討作業では、基本条件全てに合致する樹林のみを抽出するのではなく候補となりそうな樹林をもらさず検討するため、樹林面積に関する条件を緩和した上でコアの候補地の抽出を実施した。判定に於いては結果として3条件の内2つ以上満たさない樹林を不適とした。この手順を踏むことにより2ヶ所(M・Q)の緑地をコアとして判定することが出来た。また、不適とされた公園(E)、屋敷林(H)、クリ林(J)に関しても現地調査による検証を重ねることが出来たため、コアとしてポテンシャルを有すると推察される候補地を余さず検討できたのではないかと考える。本評価手法は、生息可能な環境を評価するものであり実際の生息状況との差異は手法の不適合

を示すものではない。現地調査ではコアと判定されたエリアにおいて巣(約30%)と生息(約65%)が確認でき、不適地評価は100%合致していた。これは、設定したコゲラの生息に必要な環境条件と実際の生息状況に関して整合性が示されたと理解でき、コアに関する本評価手法の妥当性を確認出来たと考える。

サテライトについては、既存文献(杉並区, 2003)⁹³でコゲラの利用が示された9ヶ所の緑地全てがサテライトとして評価されたこと。また、ラインセンサス調査の範囲と重なるサテライトで鳴き声などが確認できたこと。さらに、コアやサテライトと評価されなかった緑地ではコゲラの利用が確認出来なかったことから、本評価手法に一定の妥当性があると考えられる。図4-6に本手法により判定されたコアおよびサテライトとコゲラがよく利用すると推察できる範囲を示す。

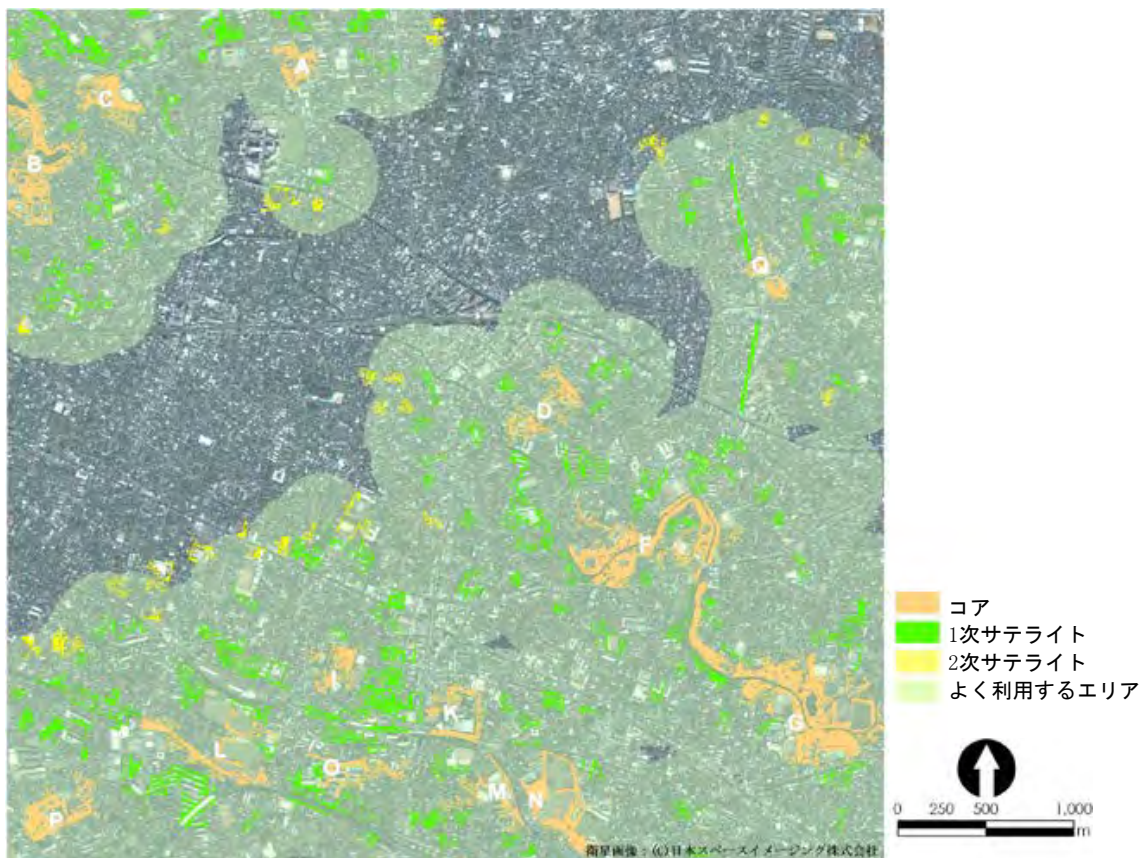


図 4-6 コゲラの生息可能域評価結果

4-6 シナリオプランニング

GISを活用した環境評価システムは代替案の検討や関心を集めやすい結果表示など意思決定支援システムとしても有効であることが指摘されている(恒川, 2005)⁹⁹。都市計画によって担保されていない緑地が将来的に消滅した場合、指標生物であるコゲラの生息可能域がどのように変化するかを解析・評価(シミュレー

ション)することは、生態系保全の観点から地域の緑地保全・整備方針を検討し目標管理を進める上で重要なデータとなる。また、コゲラを指標として緑地保全の効果を提示することにより、費用対効果が示し難い都市緑地整備に関する理解も促進すると期待できる。よって、対象地域において将来起こり得るシナリオを数種類設定し、各シナリオがコゲラの生息にどのような影響を与えるのかを解析するシナリオプランニングを実施した。

より具体的なシナリオを検討するため、善福寺緑地周辺地区(東西南北共約1.5km)をシナリオ解析の対象エリアとして取り上げ、10～20年後に起こり得る可能性の高い複数のシナリオを検討した。その設定に関しては、悲観的、楽観的、現状維持の3つのフレームでの検討や、ドライビングフォースとなる地区の重要課題の抽出が重要となる。対象エリアでは、宅地の細分化による庭の樹木の減少が課題となっており(現状維持シナリオ)、悲観的シナリオとして法で担保されていない周辺緑地がさらに減少する可能性が考えられる。また、未整備の都市計画決定済の公園が整備される状況が考えられる(楽観的シナリオ)ため、表4-3に示す3案を設定した。これらのシナリオをGISにより解析しコゲラの生息可能域の変化を推定した(図4-7,8,9)。

表 4-3 シナリオの設定と解析結果

設定条件		解析結果
A 現状維持	個人住宅の庭にある高木が減少し、連続する樹林として必要な面積条件を満たさなくなる想定、当該エリアのコア・サテライトとしての機能が失われる。	コアDが消滅、大田黒公園はコアから2次サテライトとなり、生物生息空間としての機能は大きく低下する。
B 悲観的	シナリオAに加え、都市計画上担保されていない周辺の緑地の一部が消滅する想定、さらにサテライトが減少する。	大田黒公園はコゲラの生息空間としての機能が失われる。また、コゲラの採餌空間が大幅に狭められる。結果として当該エリアのエコロジカルネットワークは大きく損なわれる。
C 楽観的	シナリオAに加え、都市計画決定済の公園緑地に高木が生育する想定、コアの面積が拡大する。	善福寺緑地(コア)が北側に拡大し大田黒公園がコアから500mの範囲内に位置することとなり1次サテライトとしての機能を得る。それに伴いコゲラの活動領域は大きく広がるため当該地区のエコロジカルネットワークはある程度保全される。



図 4-7 シナリオA(現状維持)



図 4-8 シナリオB(悲観的)



図 4-9 シナリオC(楽観的)

このようなシナリオを用いた代替案の検討手法は、経済的・時間的負担が大きく、限られた予算や期間内に十分な検討を実施することが従来は困難であった。しかし、GISをベースとする本手法では、緑地データの修正などシナリオ設定が効率的に実施できる。緑地計画に関する関係者との合意形成において、このような複数のシナリオを提示する解析手法(シナリオプランニング手法)は有益であると思われる。

4-7 本章のまとめ

都市域において高解像度衛星画像データおよびDTM, DSMから得られるデータを用いて詳細な緑地分布図を作成し、GISを用いてコゲラを指標種とした生息可能域評価手法を検討した。また、街区レベルの緑地保全計画立案に活用するために複数のシナリオ設定とそれを評価・解析するシナリオプランニング手法を提案した。これらの研究により次の成果を得た。

4-7-1 RSを用いた都市域の緑地判読の有効性

都市域において地区レベルの緑地計画を検討する際、その生態系サービスを検討するためには、住宅地の裏庭に存在するような小規模な緑の把握が重要となるが、高解像度衛星画像の活用により、従来のデータでは判読不可能であった住宅地内の詳細な緑地(1m²程度)を判読するなど都市内の小規模緑地の把握が可能となった。また、DTMやDSMの活用により、草地や高木の判読など緑地の質的把握を

実施できた。現地踏査によってこれら判読結果の妥当性が示されるとともに、高さデータに関しては樹林の成熟度との関連性も推察された。ただし、ゴルフ練習場など緑被地と人工物が複雑に組み合わさった場所では正確に補足出来ないことも判明した。

作業の効率化の観点からは、RSを活用することにより25km²という広域の効率的な緑被判読を行った。これは目視による作業と比較して作業時間や手間が大幅に短縮することを示しており実践的な手法としての重要なポイントとなっている。よって、RSを用いた都市域の緑地判読手法は本研究で検討している緑地評価・計画手法を実践するために極めて重要な手法といえる。また、継続的に衛星画像データを入手することにより緑地の経年変化をモニタリングすることができるため、緑地の目標管理にも資すると考える。

4-7-2 GISを用いたエコロジカルネットワーク評価手法の有効性

GISにより、地区レベルに焦点を当てながらも広域の緑地環境を効率的に把握することが可能となった。評価対象地域が広域であるほど費用対効果、精度、速度面においてGISを活用する利点が明確になると考えられる。また、既往研究などにより設定した評価手法の妥当性を現地調査などにより示すことが出来た。本評価手法に基づく生息可能域の判定により、エコロジカルネットワークを形成し地域生態系保全に貢献する貴重な緑地が把握可能となった。これにより、小規模な緑地であっても他の緑地と連携することで一定の役割を担うことや、生息地としての個々の緑地の価値を生態系サービスの視点で検討することが可能となり、地区レベルで緑地計画を実施する際に重要な情報を提供することができると考える。

今後、本手法の精度をさらに高めるには、米国のキツツキ類生息地適性評価(HIS)で用いられている枯木割合や胸高直径の数値把握が必要となると推察される。

4-7-3 シナリオプランニングの有効性

シナリオプランニングにおいては、悲観的シナリオ、楽観的シナリオ、現状維持の3つのフレーム、宅地の細分化などドライビングフォースの抽出、植栽デザインなどコントロール可能なものと大規模な土地買収などコントロール不可能なものの分類などにより、起こりうる可能性の高い複数の将来シナリオを設定する必要がある。このようにして設定した複数のシナリオを解析するシナリオプランニングにより、地区レベルにおける緑地保全の効果や将来想定しうる状況を推察することができた。

従来の緑地計画では、環境に配慮したなどの定性的な表現で意思決定を進めてきた面が否めないが、本章で提示したこのような解析手法は、エコロジカルネットワーク評価としてコゲラの生息可能域の変化を図化・可視化するものであり、専門的知識を有さない一般住民など、さまざまな関係者の緑地に対する理解促進に役立つと考えられる。特に、ある特定の生物種の保全が緑地計画の主な命題となる場合、その目標管理を行う上で有効な手法であると言える。

実践的な活用という視点からは、GISの活用により、従来コストや時間の制限から課題とされてきた緑地計画の見直しや複数案の検討に取り組みやすくなったと考えられる。つまり、様々な種類の街路樹を整備するシナリオや葉張りを維持するような維持管理手法への変更シナリオなどに、GISを用いることにより短時間で対応可能であり、将来計画案の解析・評価を素早く実施できる利点がある。これにより、本手法は、地域レベルの緑地計画を合理的に推進するための有効なツールとなると推察される。

4-7-4 実用化に向けた課題

本章では、地区レベルの緑地計画を対象として、既往研究の成果などをもとにコゲラの生息に必要とされる環境条件などを設定し評価手法を構築するとともに、対象地域において現地調査を実施し本手法の妥当性を確認している。また、複数の将来計画案の解析・評価を行い緑地計画の実践的なツールとしての有効性を確認した。

山田(2010)¹⁰⁰は東京都千代田区における都市再開発プロジェクトにおいて、本章で提示した手法を適用することで計画地および周辺の緑地を解析し、計画地の緑地がコゲラのコアとして機能するための緑地計画を提案している(図4-10)。また、山田(2011)¹⁰¹のシジュウカラを指標とした取り組みなども発表されており、本章で提示した緑地に関するデータの取得、処理方法や、生態系サービスを指標とした特定の生物種を用いて緑地計画案を検討するアプローチは生態系サービスを指標とした緑地の汎用的な目標管理手法として可能性が高いと考える。今後、評価対象とする生物種の増加や環境モニタリングにより、評価モデルの精度の向上が望ましいと考える。また、高解像度衛星画像データやレーザースキャナーデータは購入価格が1万円/km²を超えるため、データ購入コストの低減が期待される。

今回、生態系サービスの内、遺伝資源の供給や害虫制御、受粉などに影響の大きいエコロジカルネットワークに注目した検討を行った。しかし、実用的な緑地計画手法を確立していくには、このような生態系サービスを人間の便益として顕在化させることが求められるため、次章において新たな検討を加えている。また、本章では生態系サービスの指標として特定の生物種を用いたが、その種に対する好き嫌いが人の自然への理解の障害となる可能性があるため、この課題に対しては第6章でさらに検討を進める。



図 4-10 シジュウカラの生息可能エリアの解析事例

第5章 都市域の生態系サービスの経済便益

5-1 本章の目的と方法

5-1-1 本章の背景と目的

第3章と第4章では、生態系サービスを指標とした実践的な緑地計画手法を、データ取得、評価モデルの開発と検証、緑地計画の意思決定のための情報共有の観点から研究した。しかし、生態系サービスを指標として活用するためには、生態系サービスが人類にどのような便益を与えているのかを顕在化させ、その価値を啓発する活動が同時に重要になる。特に、都市域の緑地の保全においてはそのコストや土地利用の制約が課題となることが多いため、緑地を保全し生態系サービスを高めることによりどのような経済便益があるのかを示すことは極めて重要である。気候変動対策として環境保全と経済振興の双方の解決を目指すコベネフィット・アプローチと同様に、周辺住民など関係者との合意形成を進めるためには、地域経済への影響の視点が重要であり、実用的な緑地評価・計画手法を検討するには経済便益の視座が必要と考える。

都市域の緑地の経済便益を評価する手法として、既往研究では不動産価値との関係性が検討されている。コーレルら(1978)¹⁰²は米国において緑被率は不動産価値を高め、特にグリーンベルトは効果が高いことを示している。ツリバイネン(1997)¹⁰³は緑被率が環境と社会に大きな便益があることを指摘している。また、ルティック(2000)¹⁰⁴はオランダにおいて景観要素が住宅の価格に反映されることを計測している。ガオら(2001)¹⁰⁵は東京において緑の状況と住宅価格の関連性を示しているが、これらの研究は生物多様性の視点から緑地の重要性を議論するものではない。

そこで本章では、緑地がもたらす生態系サービスによる経済便益の一部と捉えることのできる不動産価値を取り上げ、東京の住宅地における緑地と不動産価値の関係性を示すことにより、都市部に居住する人が生態系サービスの視点において緑地の価値を再認識し、さらには居住地における生物多様性保全を意識するようになることを目的とする。

5-1-2 本章の研究方法与データ

本章では東京23区を対象として(図5-1)、不動産価値と緑地の関係性を調査するが、日本では政府の所有する土地の取引価格やアパートの賃料データはプライバシーの問題から公開されていない。一部で、東京23区に土地取引価格が公開されているが、場所が特定できないよう町丁目レベルの位置データしかもっていない。そのため、本章では、不動産価値を計測する指標として土地取引データに加え、民間機関が発行しているアパートの賃料データを代替データとして使用することとした。このデータは、賃料のほか、部屋の間取りや大きさ、駅までの距離、築年数が示され

ている。

賃料のデータはインターネット経由で2005年8月30日に取得した7,214件のデータを利用した。このデータの前提条件を整えるため、①築年数が3年以内、②1DKの間取り、③最寄り駅から3～5分の徒歩圏内、④最寄り駅から東京駅までの通勤距離が38～40分、という条件に見合うデータを利用した。④については、通勤時間は40分以上になると23区外に到達してしまうこと、また、38分以下では23区全体に調査範囲が及ばないことから、38～40分に設定した。その結果、18区に位置する279データを抽出し、以下の分析に利用することとした。

緑被率のデータは国土交通省が実施している細密土地利用図を利用した。これは、東京23区全域を10mの格子状に分け、その土地の利用状況を示すデータである。また、緑被率データを用いて塊となる緑地を抽出し各緑地の面積を計測するとともに、1万㎡(1ha)以上の塊となる緑地を大規模緑地と定義し、大規模緑地が各区にどの程度分布しているのかも調査した。

なお、土地取引価格データは、2003年度および2004年度発行のデータ、緑被データは2002年に作成されたデータを利用した(表5-1)。



図 5-1 対象エリア(東京23区)

表 5-1 解析に利用したデータ

項目	作成	発行年 ^{viii}	データ単位	データ信頼性	精度
緑被率	国土交通省	2002	10m四方	高い	高い
土地取引価格	国土交通省	2003/2004	区	高い	低い
アパート賃料	(株)ネクスト	2005	地区	低い ^{ix}	中庸

^{viii} 緑被率に関しては検討実施時点で、GISで利用可能な最新データが2002年発行のものであった。

^{ix} アパートの賃料に関しては、一部で実際の契約賃料が表示とは異なる可能性が考えられるため価格そのもののデータとしての

5-2 都市行政と住民意識

国土交通省の白書(2003)¹⁰⁶によると東京23区では81.6%, 関東では75.6%の居住者が自然と触れ合う機会を増やしたいと回答している(図5-2)。また, 家や職場周辺における自然保護(42.0%)や都心における公園整備の拡充(33.5%)への関心が示されている。2005年の調査では, 首都圏の居住者の32.5%が緑地の増加のためにより多くの負担を受け入れることが示されている。このような結果は東京23区の居住者が都市緑地の質を改善するためにより多くの負担を受け入れると考えられる。

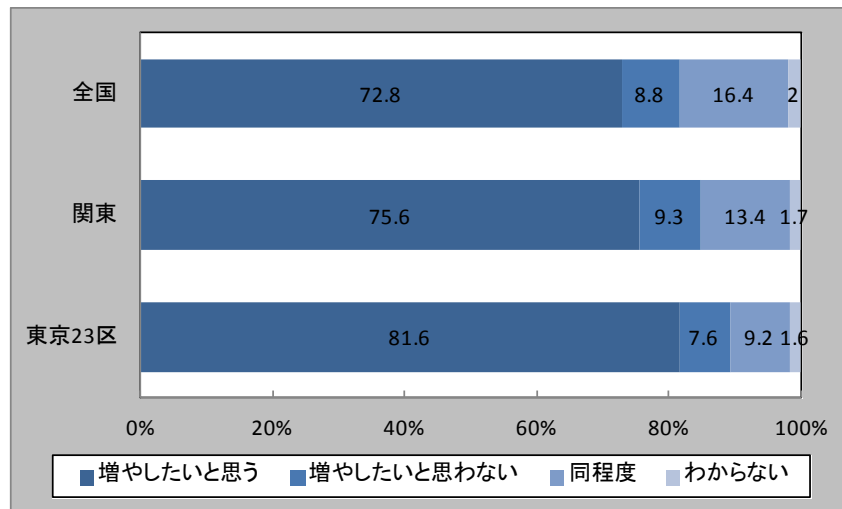


図 5-2 自然と触れ合う機会への関心(国土交通省, 2003)

東京都生活文化局の調査(2003)¹⁰⁷では, 居住地選定の理由として12.8%の人が公園や自然環境へのアクセス性を重視していることが示されている。メジャーセブン(2006)¹⁰⁸はマンション購入時の比較検討のポイントとして「周辺の自然環境が恵まれている」ことを挙げる人が47.6%にも上ることを示している。これらの調査は, 住宅市場において緑地の保全や再生を進める意味を強化しており, 都市間競争に勝つための重要な要素であることも国土交通白書(2005)で示されている。このような結果は, 政策決定者や民間の不動産開発業者がより自然や公園へのアクセス性を確保することにもつながる。

上記で指摘したような緑地保全に関する意識を強める研究として, 緑化による不動産価値への影響がデスロジーラら(2002)¹⁰⁹やルティック(2000)⁹⁹により指摘されている。前述のガオら(2001)は東京都世田谷区における樹木と地価の関係を調査し, 近隣の庭木が充分にある場合には, 平方メートル当たりの単価で3.35万円増加することなどが示されている。しかし, わが国では緑地と実際の不動産価値の関係性を検討した研究事例は少なく, 不動産価値を向上させるという経済便益を目的と

信頼性は多少低くなるが, 今回の比較検討に与える影響は少ないと考える。

した緑地の整備には結びついていない。

5-3 緑地と生物多様性の関係性

都市林や草地などの緑地の量と質は生物多様性に大きく影響することが山田(2000)¹¹⁰やマフェ(2002)¹¹¹により指摘されている。東京23区のように非常に都市化が進んだ地域では緑地面積が不足しており、緑の質の確保よりも量の確保が優先課題となっている。平野(1985)¹¹²は都市域における森林面積と鳥の種数の関係を調査し、森林面積の大きさに連動して鳥の種数が増加することを示した。樋口ら(1982)¹¹³は51の緑地を調査し、緑地面積の大きさとそこに生息する鳥の種数の関係を東京地区において調査し、比例関係にあることを明らかにした(図5-3)。これは、大規模な緑地は、森林や草原や湿地など様々なタイプの生息地を内包しており生物多様性が豊かである場合が多いが、小規模な緑地はそのような多様性に富んでいないことが多いことが理由である。

ドラムステッドら(1996)¹¹⁴は都市域の生物多様性に関して、一塊の緑地の規模が極めて重要であることを指摘しており、特に1ha以上の緑地が生物多様性の保全の上で大きな役割を担っていることを示している。これを都市開発の事例で考えると、1haの緑地が新しい道路建設により分断される場合、それぞれの緑地規模が小さくなり、道路面積分の緑地をその周辺部で代償したとしても、地域の生物多様性保全に悪影響を及ぼすことが理解できる。

さらに、日本の生物多様性国家戦略(2002)¹¹⁵では、都市域における緑被率の減少は生物多様性保全にとり大きな脅威の一つであること、また、緑被率は日本における都市域の生物多様性の主たる指標になることを指摘している。よって、本章で緑被率を生物多様性や生態系サービスの働きを示す指標として採用することは合理性があると考ええる。

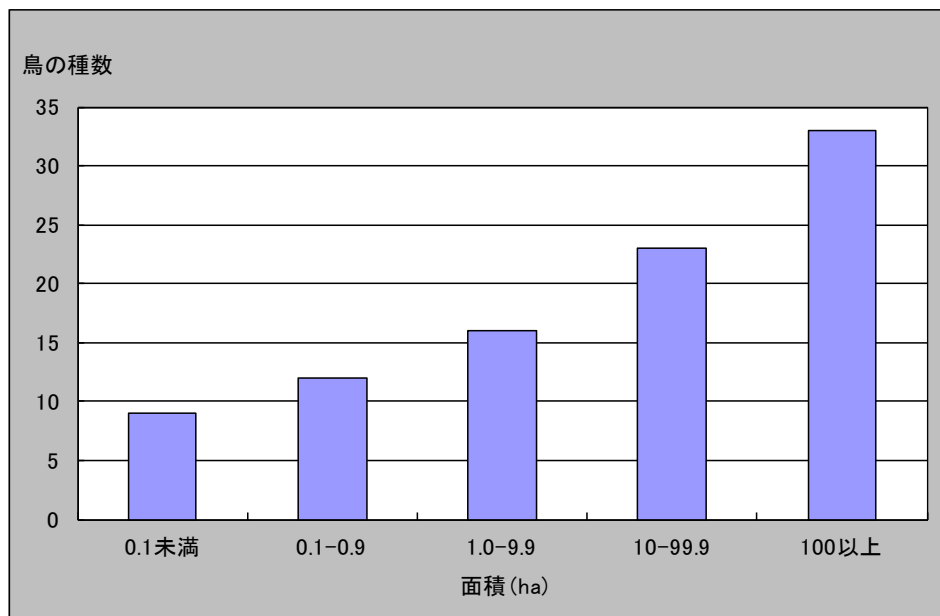


図 5-3 森林サイズと生息する鳥の種数の関係(樋口, 1982)

5-4 不動産価値と緑地の関係性

5-4-1 アパートの賃料と緑被率の関係

東京23区内のアパートの賃料と緑被率との関係性を検討した(図5-4, 5). 前述の通り, アパートの賃料は, 築年数, 間取り, 最寄駅からの距離, 最寄駅から主要駅までの距離が大きく影響を与える. そのため, ①築年数が3年以内, ②1DKの間取り, ③最寄り駅から3~5分の徒歩圏内, ④最寄り駅から東京駅までの通勤距離が38~40分(23区内のアパートを対象とするため), という条件に見合う18区に位置する279の賃料データを利用した. その結果, アパートの賃料とその物件が立地するエリアの半径100m以内の緑被率は正の相関関係(Pearson's Correlation Coefficient: 0.786)があることが明らかになった. 例えば, 範囲100m以内の緑被率が15.8%の杉並区下高井戸では賃料が5,087円/㎡であったが, 緑被率が5%の世田谷区上北沢では3,397円/㎡となった.

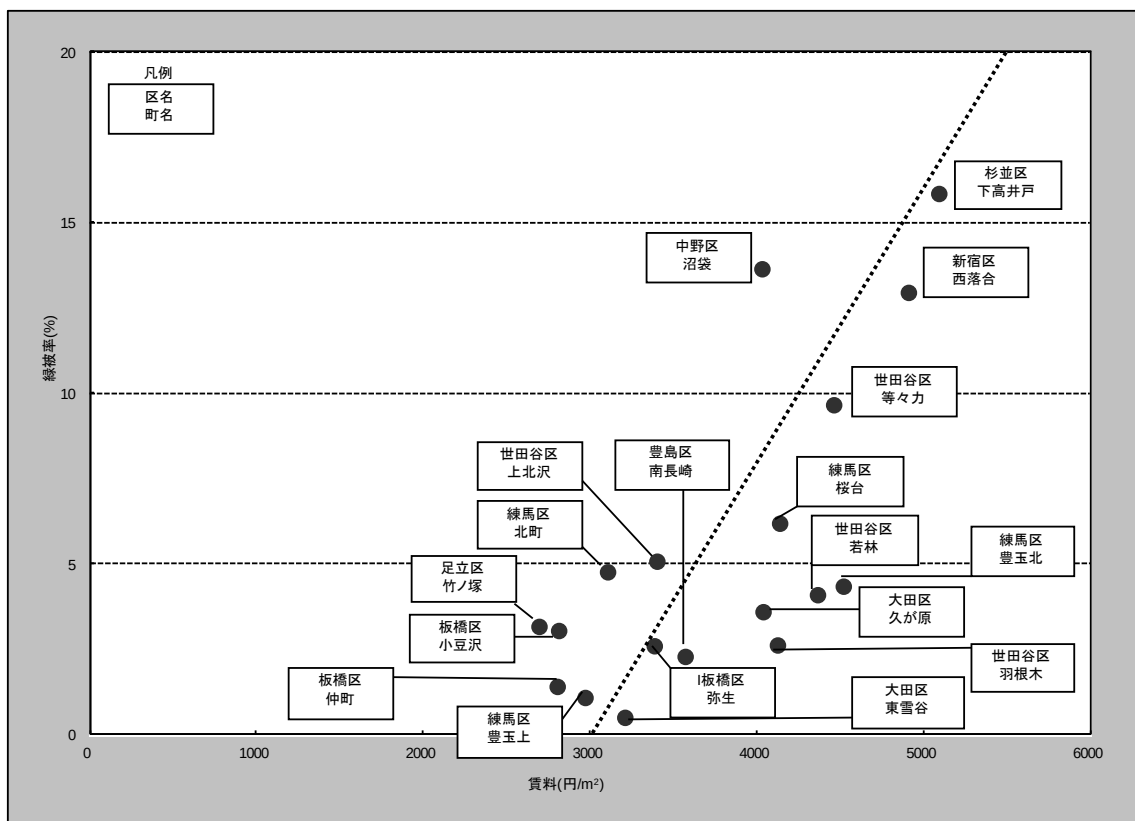


図 5-4 周辺緑被率とアパート賃料の関係

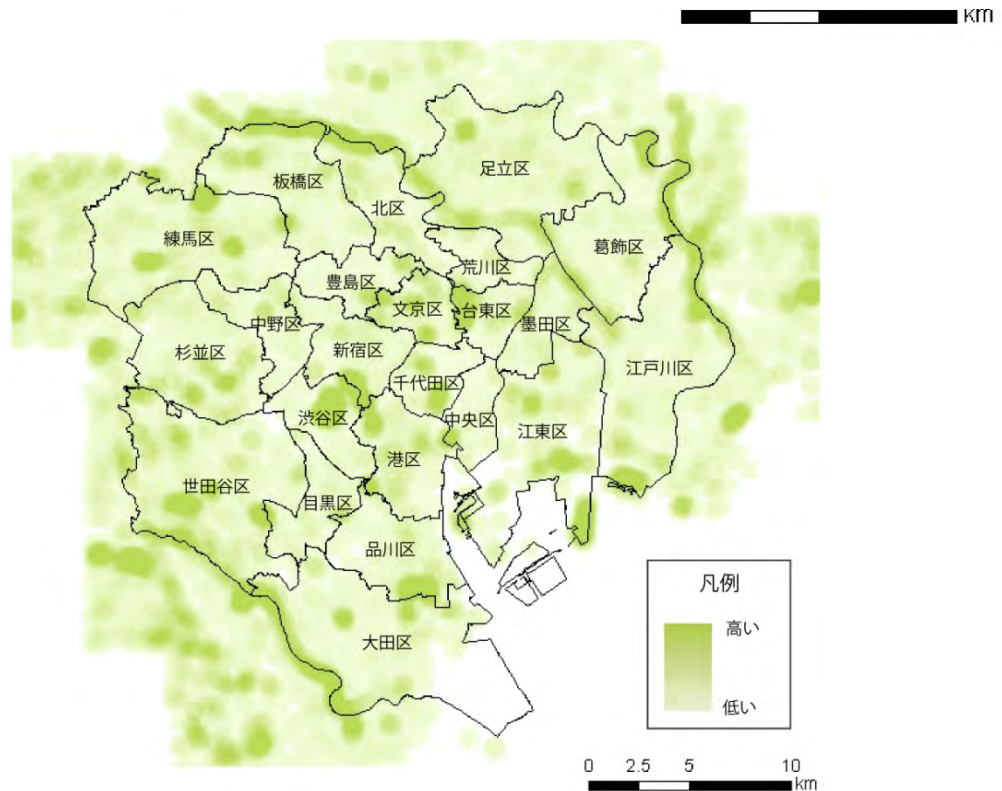


図 5-5 半径100m以内の緑被率を10m格子上で解析した図

5-4-2 土地取引価格と大規模緑地の関係

都市域の生物多様性や生態系サービスに関して大規模緑地は重要な役割をはたしている。しかし、生物多様性や生態系サービスの価値の認識が十分でないことと同様に、大規模緑地の価値も十分に認識されていないのが現状である。そこで、大規模緑地が不動産価値に与える影響を示し、緑地保全の動機付けとなるように、2003年から2004年にかけての東京23区の区毎の平均土地取引価格の変動と、大規模緑地の緑被率の関係性を調査した(図5-6, 7)。

当該年度は平均地価が全国的に下落傾向にあったが、各区の土地の価格は大規模緑地が区の面積に占める割合と正の相関関係(Pearson's Correlation Coefficient: 0.4811)があることが明らかになった。例えば、葛飾区や足立区では土地取引価格が平均よりも急激に下落している。これらの区にはいくつかの大規模緑地が存在するものの、その面積割合は低くまた区境に存在するために、その効用が区全体にはいきわたっていないためと考えられる。一方、港区や渋谷区では大規模緑地の締める面積割合が高くまた中心部に存在しているため、その効用が区全域に及んでいると考えられる。

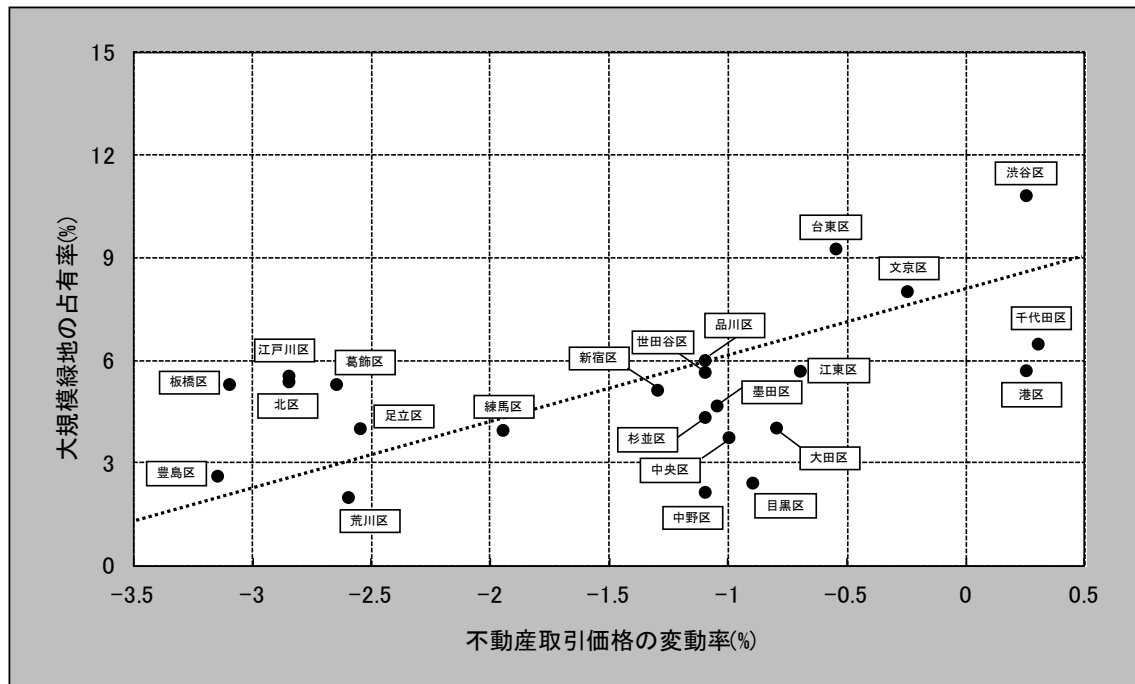


図 5-6 生物多様性に富む大規模緑地の占有率と不動産取引価格の変動率との関係

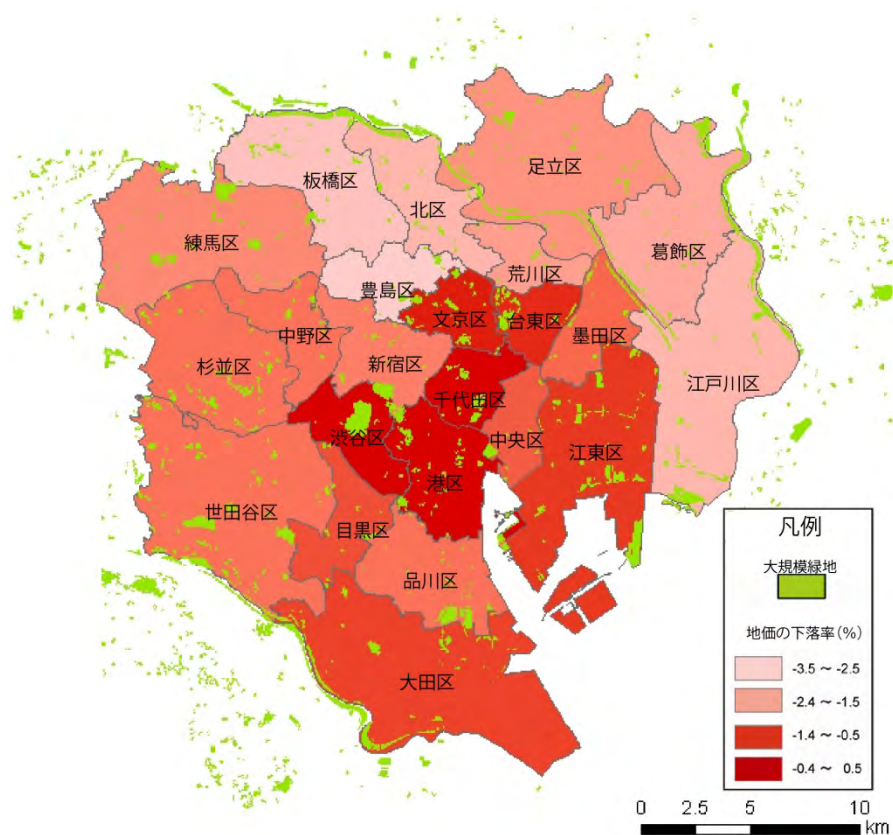


図 5-7 大規模緑地と地価の下落率

5-5 経済便益による意識啓発

既往研究のレビューから、政策立案や都市計画にかかわる人々の意思決定の参考になる、都市域の緑地と生物多様性を検討するための経済便益に関する研究データは十分でない状況であった。数少ない研究事例として、第2章で言及した米国の既存評価システムのUFOREは、生態系サービスの評価結果を用いて経済便益評価を実施することが可能となっている。都市域の緑地整備では土地の取得や工事に必要なコストの調達が課題となり事業が遅延するケースも多いが、合理的な経済便益が実施できれば、計画案の理解がより深まり、予算配分の優先度も高まると考えられる。

本章では、都市に居住する人々が生態系サービスの価値を認識する切り口として経済便益に着目し、緑地と不動産価値の関係性を示した。このようなアプローチにより住民の緑地計画への関心を高めるとともに、より合理的な緑地計画案に関する意思決定に貢献できると考える。ただし、緑地計画は利用目的や維持管理、関係者の意向や予算など総合的に検討する必要があるため、経済便益評価という基準が他の項目より無条件に優先されないように注意する必要があると考える。

5-6 本章のまとめ

5-6-1 緑に関する住民の意識と生物多様性や生態系サービスとの関係

東京23区の緑地はその価値が十分に認識されることなく、経済的発展の代償として都市開発の過程でその多くが失われた。それに伴い、都市域における生物多様性が損なわれ、結果として生態系サービスも低下していたと考えられる。ところが、最近では緑地が都市の持続的発展にとって重要であるという考え方が示されはじめた。意識調査結果を見ても、緑地の保全や整備に関するニーズは高く、不動産購入の判断要素として緑地へのアクセス性を重視していることが示された。

このように注目が高まっている都市域の緑地は、生物多様性や生態系サービスに大きな影響を与えていることが確認できた。たとえば、緑被率は都市の生物多様性の指標とされていること、緑地の規模が鳥類の生息種数と相関関係があることが示された。

5-6-2 生物多様性と不動産価値

緑地の分布や大規模緑地の立地が東京23区の不動産価値に影響を与えているとの仮説に基づき、アパートの賃料と緑地へのアクセス性の相関関係や、土地取引価格と大規模緑地の面積占有比率の相関関係に関して検討を行った。

その結果、駅までの距離、築年数、広さなどが同価値の場合、緑地へのアクセス性が高いほどアパートの賃料が高くなることが示された。また、土地取引価格に関し

でも大規模緑地の面積占有比率が高いエリア(区)であるほど高くなる傾向が明らかになった。

これらの成果により、東京23区の不動産価値が生物多様性の指標の一つとなる緑被率や大規模緑地の面積占有比率と正の相関があることを示すことができたと言える。つまり、都市域の緑地整備が生態系サービスの向上に貢献し、その結果として不動産価格向上という経済便益にもつながることを示唆された。これは、予算確保などが課題となることが多い、都市域の生物多様性保全に関する取り組みの動機付けを高める推進力となると考えられる。

ただし、生物多様性保全に貢献する緑地の形態については、対象地域の状況により合計面積が等しい場合、少数の大規模緑地の保全がよいか、もしくは多数の小規模緑地の保全が求められるのか^x判断がわかれるため、大規模緑地の保全のみが優先されないよう留意する必要がある。また、今回の検討ではコンビニエンスストアなどの商業施設や図書館などの文化施設までの距離をパラメータとして採用していないため、今後の課題となった。

5-6-3 生態系サービスを緑地計画に結び付けるための方向性

本章では以下の3項目に関して明らかにすることができた。

第一に、かつて緑地保全は政策の主目的となっていなかったが、その方向性が変更になり、魅力ある都市づくりを進める上で、緑地の保全や創出が重要であるという共通認識が行政、企業、一般市民の間で得られつつあること。第二に、都市域の緑地や不動産に関するデータが整備されつつあり、それを活用することで、緑地整備と不動産価値の正の相関関係を示すことができること。第三に、効果の測りにくい緑地の保全や整備と生物多様性や生態系サービス、さらにはその経済便益の関係を明らかにすることで、都市計画における主たる関係者である、投資家や住民、民間開発事業者が緑地を良好な資源として認識する可能性が高まること。現在、日本の都市計画において、緑地の定量評価に加え経済便益評価を行い緑地計画に用いるような手法はほとんど用いられていないため、本章の成果は、今後、生物多様性に配慮した緑地計画を進める上で重要な情報となると考える。

今後、本章で議論した生態系サービスやその効用としての経済便益を緑地計画に結び付けていくためには、次の課題が考えられる。評価に用いるデータについて、本章では既存のデータを用いて、緑被率、緑地面積、アパートの賃料、土地取引価格を調査した。しかしながら、入手可能なデータには制約があるため、より詳細で正確なデータを総合化することが期待される。特に、今回プライバシーの問題から入手できなかった個別の住所情報を保有する土地取引価格データが利用できれば、各緑地とのより深い関連付けが可能になったと考える。しかしながら、これらのデータはいまだに公開されていないため、今後の生物多様性にかかわる研究を進めるためにも関連データが利用可能になることが望まれる。また、地区レベルの緑地計画の

^x 国立公園など保護区を設定する際、できるだけ単一の大面積の保護区か複数の小保護区かという議論は、SLOSS(Single Large or Several Small reserves of equal area)問題と称され、論争となった。

ためには、緑被率という大まかな指標でなく、森や草地や湿地といった緑の質を加味した検討が求められる。さらに、緑地計画の意思決定のためには、不動産価値だけに注目するのは生物多様性の保全上バランスを欠くために、その他の経済便益に関しても検討する必要がある。そのために、他の大都市のデータとの比較検討などを実施し、より合理的な生態系サービスを指標とした緑地計画検討手法を検討していく必要があると考える。

第6章 都市域における自然体験活動と生態系サービスの啓発事例

6-1 本章の目的と方法

6-1-1 本章の目的

第5章では地域レベルの緑地の生態系サービスの顕在化させる経済便益のアプローチに関して検討を実施した。しかし、本研究の目的としている生態系サービスを指標とした緑地計画を実践するためには、具体的なプロジェクトが生物多様性や生物多様性や生態系サービスの啓発に与える影響を把握することが極めて重要となる。都市域において生物多様性保全のため生態系サービスを顕在化させるプロジェクトとして、単に生息生物のためのハビタットを整備するだけでなく、ミツバチやヤギ、カニなど身近な生物を用いて、生態系の仕組みや自然の恵みを伝達する取り組み事例が存在している(山田, 2010)¹¹⁶。そこで、本章では地区レベルにおける自然体験活動であるミツバチプロジェクトを事例として取り上げ、その概要を明らかにするとともに自然体験活動による生態系サービスの啓発効果を検討し、都市域における生物多様性の保全や持続的利用に貢献できる各種プロジェクトの方向性を示した。

ミツバチプロジェクトは、都市域のビルの屋上などを利用して実施する養蜂活動の呼称であり都市域における自然体験や自然の理解促進に結びつく取り組みとしてマスメディアなどで頻繁に紹介されるようになっている。ミツバチプロジェクトとは、個人が自宅などで実施する趣味の養蜂や蜂蜜の採取を目的とする養蜂業とは異なり、「都市域において、団体が実施する環境保全活動などの目的を持つ継続的な養蜂プロジェクト」と位置付けることが出来る。この取り組みはフランス・パリ市内で始まったといわれており(山田, 2010)¹¹⁷、現在でもエッフェル塔やオペラ座など8ヶ所で養蜂を行いパリ産の蜂蜜として販売し人気を博している。

国内では2006年の銀座ミツバチプロジェクトに始まり、都市域における自然との触れ合い機会の創出や地域ブランディング手法として全国各地に広まりつつある。ミツバチは、採餌する際に植物の受粉を助け植物の結実を支援する役割を担っている。また、都市域において地産地消の蜂蜜やローヤルゼリー、蜜蝋を生産することが可能なため、都市住民が自然の恵みである生態系サービスを体験する機会を提供出来ると考えられており自然環境に関する理解促進効果も期待されている(山田, 2010)¹¹⁸。

しかし、特定生物種の保全は人間の好き嫌いに大きく影響を受け(谷口ら, 2008)¹¹⁹、生物多様性保全を目的として整備されたビオトープが、その重要性が認識されずに衰退している例も少なくないことが指摘されている(水口ら, 2007)¹²⁰。都市域で生物多様性の保全を継続的に進めるためには、その生物を保全する意味や生物多様性の重要性などを、地域に住む住民らに伝えていくための自然体験活動や自然環境の理解促進活動が重要な課題となっている。ミツバチを題材とした自然体験活動は、トンボや蝶など実施例が多い他の生物種と異なり、危険な生き物と

認識され(杉浦, 1995)¹²⁰マイナスイメージがある。その一方で、蜂蜜などの自然の恵みを直接的に体験でき、巣箱に生息するため実際に見たり触ったりすることが可能であることなど独自性があるが、この特徴や課題に関する研究事例はほとんど存在しない。

そこで、本章ではまず、①国内で実施されているミツバチプロジェクトについて実施主体や活動内容などを把握しその活動実態を明らかにする。次に、これら現状分析を踏まえ、②自然体験活動としてのミツバチプロジェクトの環境教育プログラムを検討しそれによる住民の意識変化を把握する。そして、③自然体験および自然環境への理解促進活動に資するミツバチプロジェクトの方向性について考察することを目指す。

6-1-2 本章の内容と方法

研究の手順を図6-1に示す。

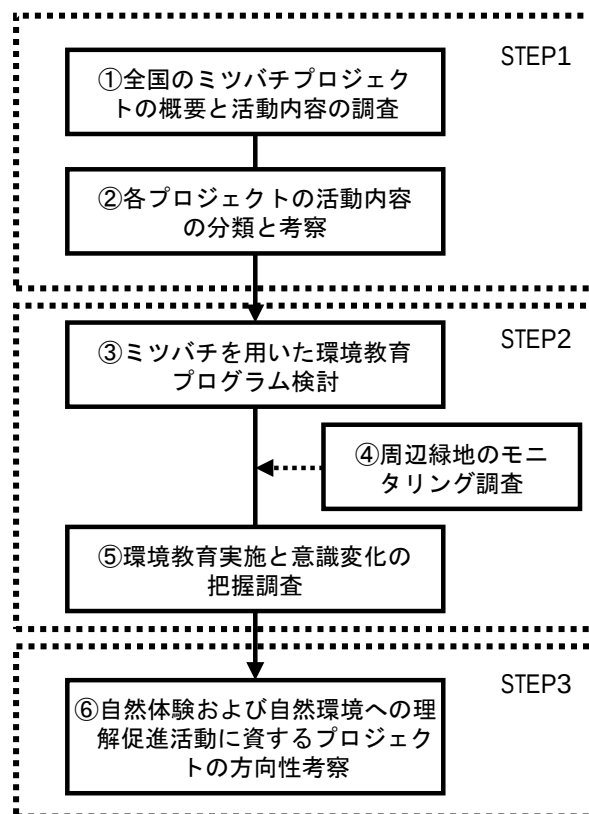


図 6-1 本章の研究の手順

まず、全国各地で実施されているミツバチプロジェクトの多様な活動内容を把握するため、新聞記事検索を利用して全国のミツバチプロジェクトを調査し、広報資料やヒアリング調査などにより、プロジェクトの開始年月、実施主体、巣箱の設置場所、飼育ミツバチ種類などの概要を把握するとともに、実際のミツバチプロジェクトの活動

内容からプロジェクトの特徴を分析し、具体的成果や課題として示される事項を取りまとめた。次に、ミツバチを用いた自然体験活動を研究するため、上記事例研究で得た知見を基にミツバチの特徴を用いた環境教育プログラムの内容検討を行うとともに、周辺の緑地モニタリング調査と調査結果のプログラムへの反映を行いながら、地域住民である未就学児童とその保護者を対象とした環境教育を実施した。環境教育プログラムについてはアンケート調査を実施し、ミツバチの危険性、自然環境に関する意識の変化や理解促進効果を明らかにした。最後に、得られた知見を基に自然体験および自然環境への理解促進活動に資するミツバチプロジェクトの方向性を考察した。

6-2 ミツバチプロジェクトの概要と活動内容

6-2-1 調査方法

都市域のミツバチプロジェクトの実態を調査するため、新聞の全文記事検索により国内のプロジェクトを把握することとした。検索ツールは全国紙、一般紙、専門紙など141紙を対象としている日経テレコン21を利用し、「ミツバチプロジェクト」をキーワードとした検索を実施した。検索対象期間は、国内のミツバチプロジェクトの先駆けとなった銀座ミツバチプロジェクトの開始年が2006年のため、2006年1月1日から2010年6月30日までの4年と6カ月とした。

検索の結果、2006年：9件、2007年：28件、2008年：36件、2009年：69件、2010年：52件の計194件の記事が確認された。この中から一種のイベントとして一時的に実施された取り組みや実施内容の確認できない事例を除き、現在継続的に実施されている20件のプロジェクトを抽出した。これらプロジェクトの該当記事に加えて、各プロジェクトの広報資料の調査や関係者に対するヒアリングを行い、巣箱の設置場所、実施主体、飼育しているミツバチの種類、活動内容などについて調査分析を行った。

6-2-2 調査結果

(1)実施地域と実施主体

調査結果を表6-1に示す。実施地域については、北は北海道から南は九州まで全国に分布しており、実施件数は東京都23区内が9件で最多、次いで名古屋市内が3件となっていることが示された。実施主体はNPO法人が4件、学校法人が3件、企業が4件など多様であり、団体規模も様々な主体が関与していることが明らかになった。プロジェクト数は2006年に1件であったが、2009年に新たに8件、2010年には新たに10件のプロジェクトが開始されたことが確認できた。これにより国内の取り組み件数が近年急増していることが判明した。

(2) 巣箱設置場所と飼育種

巣箱は全てがビルや倉庫の屋上など高い位置に設置していた。この理由として、設置スペース確保や空中を移動するミツバチの行動特性(山田, 2010)¹¹²に加え、人口の密集する都市域における安全性の確保のため、ミツバチと人間の動線を交わりにくくする目的が推察される。

国内で飼育可能なミツバチは、セイヨウミツバチ(*Apis mellifera*)とトウヨウミツバチ(*Apis cerana*)の一亜種であるニホンミツバチ(*Apis cerana japonica* Rad)の二種である。この二種では採蜜量ではセイヨウミツバチが、病気や気候への耐性ではニホンミツバチが優れており、飼育方法も異なっている。従来、養蜂業では採蜜量に勝るセイヨウミツバチの飼育が大部分であったが、近年では生物多様性への関心の高まりを受け日本の在来種であるニホンミツバチへの関心も高まっている(日本在来種みつばちの会, 2000)¹²¹。今回の調査では、セイヨウミツバチが11件、ニホンミツバチが12件で飼育され、両方飼育しているプロジェクトが3件あった。採蜜量が少ないニホンミツバチを採用した理由としては、在来種であることやセイヨウミツバチよりも日本国内で古くから養蜂されていたこと、性格が温厚であることなどが理由とされている。

表 6-1 本章で対象とした日本国内のミツバチプロジェクト

	プロジェクト名	開始時期	実施地域	巣箱設置場所	実施主体	蜂の種類		活動内容			
						セイヨウミツバチ	ニホンミツバチ	環境教育	地域ブランド開発	緑化促進	蜜源調査
1	銀座ミツバチプロジェクト	2006年3月	東京都中央区	ビル屋上	NPO法人	■	■	フォーラム開催など	ハチミツカクテルなど	ビーガーデン整備支援	周辺蜜源マップ作成
2	中延ミツバチプロジェクト	2008年4月	東京都品川区	ビル屋上	NPO法人		■		羊羹など		
3	養蜂プロジェクト	2008年10月	東京都板橋区	校舎屋上	学校法人		■	近隣小学校生対象	地域ブランド商品開発		
4	HAMA Boom! Boom! プロジェクト	2008年2月	神奈川県横浜	倉庫屋上	企業	■		大学や高校と連携	横浜ブランド商品開発		
5	おかハチプロジェクト	2009年3月	東京都世田谷区	ビル屋上	商店街	■		大学と連携	スイーツなど	自由が丘森林化計画	
6	山の都ハニープロジェクト	2009年3月	山梨県甲府市	駅屋上など	青年会議所	■	■		スイーツなど	マイはち(鉢)運動	
7	おおいミツバチプロジェクト	2009年4月	大分県大分市	ビル屋上	NPO法人	■			スイーツなど		
8	ニホンミツバチプロジェクト	2009年5月	東京都豊島区	社宅屋上	企業		■	幼稚園児対象			定期的なモニタリング
9	日本橋ミツバチ・サロン	2009年6月	東京都中央区	ビル屋上	企業		■	定期的な見学会			
10	戸田ミツバチプロジェクト	2009年7月	埼玉県戸田市	ビル屋上	商工会女性部	■			戸田ブランド商品開発		
11	江古田ミツバチプロジェクト	2010年3月	東京都練馬区	校舎屋上	任意団体	■		定期的な見学会	商店街と連携	花いっぱい運動	周辺蜜源の写真撮影
12	名古屋・栄ニホンミツバチプロジェクト	2010年3月	愛知県名古屋	ビル屋上	企業		■	幼稚園や社員対象	地元のホテルと連携		定期的なモニタリング
13	大倉山商店街ミツバチプロジェクト	2010年3月	神奈川県横浜	ビル屋上	建設協会	■			洋菓子など		
14	マルハチプロジェクト	2010年4月	愛知県名古屋	ビル屋上	NPO法人	■	■	各種見学会	洋菓子など	久屋大通りの緑化	
15	日駒ニホンミツバチプロジェクト	2010年4月	東京都目黒区	校舎屋上	学校法人		■	中高生対象		ビーガーデン整備	
16	仙台ミツバチプロジェクト	2010年4月	宮城県仙台市	ビル屋上	任意団体		■	見学会や講演会			
17	いわき勿来ミツバチプロジェクト	2010年5月	福島県いわき市	ビル屋上	任意団体	■		見学会や講演会	スイーツなど	種や苗の配布	周辺蜜源の写真撮影
18	サッポロミツバチプロジェクト	2010年5月	北海道札幌市	ビル屋上	任意団体	■		見学会や講演会		屋上菜園	周辺蜜源マップ作成
19	名古屋学院大学ミツバチプロジェクト	2010年6月	愛知県名古屋	校舎屋上	学校法人		■	出前授業など	ハチミツクリームこっぺ	園児と苗植え	周辺蜜源の写真撮影
20	すみだ百花蜜プロジェクト	2010年6月	東京都墨田区	校舎屋上	任意団体		■				周辺蜜源の写真撮影
								13件(65%)	14件(70%)	9件(45%)	7件(35%)

※1プロジェクトの並び順は開始時期順である。 ※2()内は全20件に占める割合を示す。

(3) プロジェクトの活動内容の分類

活動内容に関する調査データを分析した結果、採蜜体験や講習会などを開く「環境教育」、採取した蜂蜜を使った「地域ブランド開発」、周辺の緑化の啓発や緑化活動を行う「緑化促進」、そして周辺の蜜源マップ作成などを行う「蜜源調査」の4つに分類することが出来た。以下に各活動内容について詳述する。

1) 環境教育

環境教育は、ミツバチの生態を観察するための見学会、自然のめぐみを体験する採蜜体験、講師を招いた講習会や勉強会、周辺の教育機関に出向く出前授業など様々な取り組みが見られる。学生を対象とした見学会を開いているプロジェクトや児童を対象とした授業を実施しているプロジェクト、さらには幅広い年齢層を対象とした体験会など13件の取り組みがあった。

プロジェクトの概要や目的を説明する際、ミツバチがどのように環境や人間の生活に対して貢献しているのか、また、ミツバチはどのような生き物なのかを伝える初歩的レベルの環境教育は多くのプロジェクトで実施しており、実際のミツバチを観察出来る見学会に関しては半分以上のプロジェクトが実施している。さらに、ミツバチを通して都市環境を考える一步進んだ環境教育を実施する主体もあり、都市と生物多様性に関する継続的な教育プログラムの提供や環境分野の専門家を招いたフォーラムを実施しているプロジェクトも存在している。

2) 地域ブランド開発

地域ブランド開発の取り組みは、採取した蜂蜜を用いて地産地消の商品を作成しているケースが多く、地域の蜂蜜のブランド化、商店街への提供など14件が確認できた。おかバチプロジェクトでは地元菓子店の協力を得て自由が丘ブランドのスイーツを開発している。サッポロミツバチプロジェクトも都心部で採れた蜂蜜による様々な商品開発に力を入れており、ブランドづくりサポーターを募集している。

3) 緑化促進

緑化促進は、周辺の蜜源植物を増やしミツバチの生育環境を向上させること、花と緑あふれる豊かな環境の創造を目的としている。例えば、山の都ハニープロジェクトの「マイはち(鉢)運動」や、周辺のビルに対して新たな蜜源となる屋上緑化の支援を行っている銀座ミツバチプロジェクトの「Bee Garden」など、9件のプロジェクトで目的として設定されている。ただし、緑地の整備を推進するなど実際の緑化活動を実施しているプロジェクトは現時点では限定的であり、緑化啓発運動にとどまっている取り組みも多く、今後の課題となると思われる。

4) 蜜源調査

緑化促進などを通して蜜源植物の保全に言及しているプロジェクトが多数を占めているにもかかわらず、実際に蜜源調査を実施しているプロジェクトは比較的少ない。その活動も、周辺の緑地においてミツバチが訪花している蜜源植物の写真をブログ

に掲載する取り組みから、GPSによる蜜源の位置情報を収集して解析する取り組みなど濃淡があり、7件のプロジェクトで実施されている。周辺の緑とのつながりを意識したプロジェクトが多い中、蜜源調査は重要な目的となるはずだが、実際はミツバチの飼育や他の活動内容の人的負担が大きく、思うように実施できていないのが現状と推察される。

6-2-3 ミツバチプロジェクトの活動内容の考察

一般にミツバチプロジェクトの目的は蜂蜜の採取が大部分を占めると考えられているが、上記の分類結果から単に蜂蜜採取のみを実施するのではなく、自然と人間の関わりについて考えるきっかけを創出する啓発活動や、実際の環境改善に結びつく緑化活動を実施する広がりのある多様な取り組みが確認できた。例えば蜜源調査を実施しているプロジェクトでは、都市域においてミツバチがどのような植物から採餌しているのか定量的なデータを収集しており、ミツバチの視点から都市緑地の機能を明らかに出来る活動内容と捉えることが出来る。また、安全で質の高い蜂蜜を採取するために地域の緑化を質、量ともに改善し、管理手法にも配慮が必要なることを一般にも理解しやすく啓発することで都市域の緑化活動を間接的に推進している取り組みも見られた。

一方、地域ブランド開発が活動内容に入っていない6件のプロジェクトのうち4件は環境教育や蜜源調査に力を入れていることから、各実施主体の目的に応じてミツバチプロジェクトの活動内容に大きな差異が出ていることが確認できた。これらの調査分析により、ミツバチプロジェクトの特徴や狙い、人と自然との関わりの再構築や地域活性化などの具体的な活動内容が明らかになった。特に65%のプロジェクトで活動内容とされている環境教育に関しては、幅広い受講者を対象として見学会などの初歩的レベルから専門的なレベルまで多様な取り組みが確認できた。ここで得られた知見を参考にし、次にミツバチを用いた環境教育プログラムの検討と、それによる住民意識変化の把握調査を実施した。

6-3 具体的プログラムと啓発効果

6-3-1 環境教育プログラムの検討

上記の調査結果により、ミツバチプロジェクトへの取り組みが増加していること、都市住民が自然との触れ合い活動を行う多様な機会を創出していることが確認できた。また、蜂蜜など生態系サービスを直接的に体験出来ること、見学会などによって見たり触ったり出来るなどの特徴を有するため、ミツバチを用いた環境教育は、都市域における自然環境への理解を促進する効果が高いのではないかと考えた。

一方、今後ミツバチプロジェクトを進める上での課題として、近隣に巣があると刺されるというミツバチの安全性に対する誤解(田中, 2009)¹²²があり、適切な環境教育を実施することで、生物との付き合い方に対する正しい理解が促進されると考えた。

そこで、都心に近く全国第2位の人口密集地区である東京都豊島区（人口密度：20,107人/km²，2009年度）で実施しているミツバチプロジェクトにおいて、ミツバチを題材とした自然環境への理解促進活動として環境教育を実施し、意識変化を把握調査することとした。

ここでは、地域住民に対してミツバチの行動やまちづくりとの関係を説明する環境教育を実施するとともに、近隣の児童館に通園する未就学児に対して、ミツバチを題材にした環境教育を計5回行った（表6-2）。なお、当該地域には周辺にビオトープなどが存在せず、実際の生き物に触れる機会が他の地域よりも少ない状況であり、トンボや蝶など他の生物を用いた環境教育の実施は困難な状況であった。

プログラムに関しては、生態系の専門家および児童館教員と協議して作成し、就学前の児童がミツバチや緑などの自然環境を十分に理解出来るよう実体験を含む内容とした（表6-2）。具体的にはミツバチプロジェクトの特徴である採蜜体験や蜂蜜の試食、巣箱の見学などを盛り込んだ。さらに、巣箱周辺地域の緑地をモニタリング調査し、地域の訪花植物情報などを教育プログラムに盛り込み、周辺に実在する自然環境への関心を高める工夫を行った。これにより、日常自然と触れ合う機会が少なく、立地条件から生き物を用いた環境教育プログラムを適用することが困難な当該地区住民に対する自然環境の理解促進に結びつくと考えた。また、毎回プログラム終了時に、「お家の人に今日のお話を報告してください」と付け加え親子の会話を促した。

表 6-2 環境教育プログラム

第一回：ミツバチの種類
第二回：受粉などミツバチの働き（図6-2参照）
第三回：巣箱見学と採蜜（図6-3参照）
第四回：ミツバチの巣の構造（図6-4参照）
第五回：ミツバチの行動
その他：近隣住民を対象とした環境教育を1回実施



図 6-2 環境教育プログラムの実施状況(ミツバチの働き)



図 6-3 環境教育プログラムの実施状況(採蜜体験)



図 6-4 環境教育プログラムの実施状況(ミツバチの巣の観察)

6-3-2 周辺緑地モニタリング調査

(1) 調査方法

研究対象としたプロジェクトで飼育しているニホンミツバチの主な行動範囲は、巣箱から半径約2kmといわれている(日本在来種みつばちの会, 2000)¹¹⁶. よって、巣箱から半径2.0km、面積約12.56km²の範囲を調査範囲と設定し、このエリアの南東部、南西部、北東部、北西部にそれぞれ約40kmのラインを計4ルート設定し、自転車で行きながら蜜源植物を確認し随時双眼鏡などで観察を行った。位置の計測には携帯型GPS(EMPEX, ポケナビミニ)を利用し、2009年7月末から12月までの間に計13回の調査を実施した。

(2) 調査結果および考察

設置した巣箱から飛来したミツバチであるかどうかを確認するため、任意のサンプルを定め適宜ミツバチの飛来方向を目視により確認したところ、全て巣箱設置方向からの飛来であったこと、また、行政機関や近隣へのヒアリングにおいても周囲でニホンミツバチが生息している情報が確認できなかったことから、今回のモニタリングで観察したニホンミツバチの大部分がプロジェクトで設置している巣箱から飛来したミツバチであると考えられる。

計13回の調査で実際にニホンミツバチが訪花していたのは269ヶ所であった(図6-5)。また、本モニタリング調査で、訪花が確認された蜜源植物20種を表6-3に示す。一般に良く知られている蜜源植物である、ネズミモチやトチノキ、ユリノキ(日本在来種みつばちの会, 2000)¹¹⁶は花期がずれていたため訪花を確認することは出来なかった。

これら実際にニホンミツバチの蜜源となった植物は、230ヶ所(85.5%)が民有地の小さな緑であった。その他、公園は17ヶ所(6.3%)、学校や病院、街路樹などが22ヶ所(8.2%)となっていた。図6-6に示す訪花した植物の樹高データを見ても4m程度の植栽が中心であり、このエリアでは民有地の小規模な緑が貴重な蜜源として機能していることが示唆された。このようにして得た地域の蜜源植物などの緑地モニタリングデータを毎回の環境教育プログラムの中で紹介し、参加者にとって身近な自然に結びつく話題の提供を心掛けた。

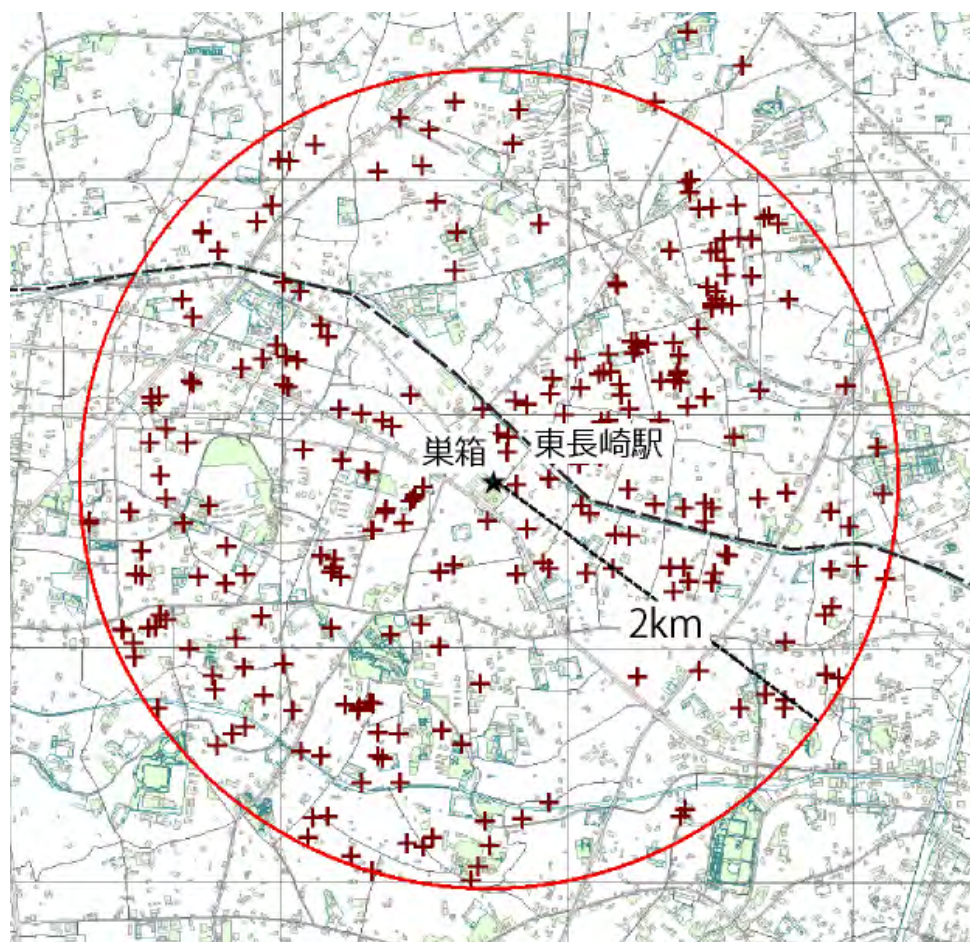


図 6-5 ニホンミツバチの訪花箇所

表 6-3 訪花が確認された植物

ルリマツリ, ポーチュラカ, マツバボタン, エンジュ, カクレミノ, ノウゼンカズラ, ノブドウ, ヘチマ, サルスベリ, ヤブガラシ, ヒメツルソバ, タラノキ, キンモクセイ, シソ, シャクチリソバ, セイタカアワダチソウ, キツタ, ビワ, サザンカ, コセンダングサ

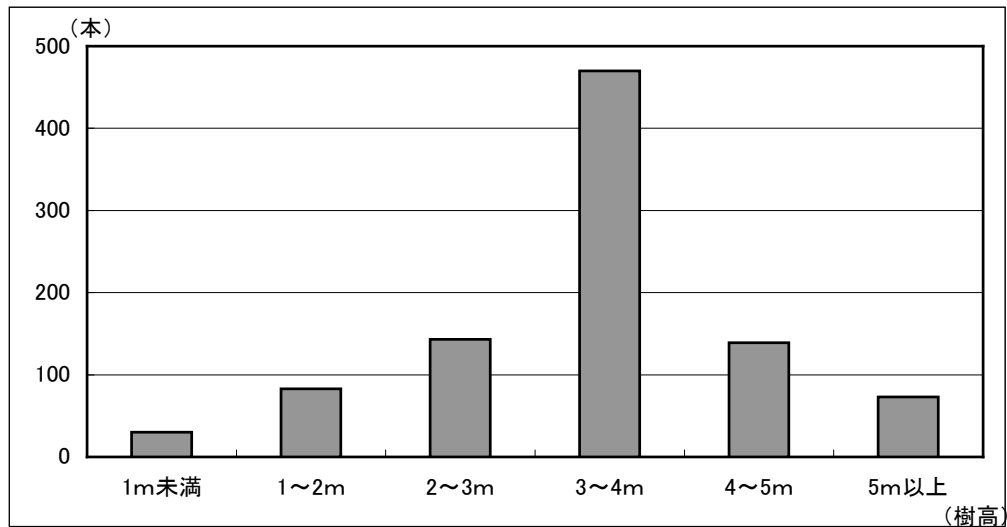


図 6-6 訪花が確認された樹木の樹高

6-3-3 住民の意識変化の把握調査

(1) 調査方法

環境教育の受講の前後で住民のミツバチや自然環境への意識がどのように変化するのか環境教育の自然環境の理解促進効果を把握することを目的としてアンケート調査を実施した。

第一回目は、地域住民を対象とした環境教育実施日（2009年8月25日）に環境教育受講者を対象として実施し32票の回収を得て有効回収は30票（男性4名，女性26名，10代10名，30代17名，40代2名，60代1名）であった。また，第二回目の調査は，未就学児の保護者に5回の環境教育が終了した1週間後の同年11月6日に実施し，27票を回収し有効回収は27票（男性2名，女性25名，20代2名，30代22名，40代1名，50代2名）であった。

なお，アンケートの実施を1週間遅らせたのは，児童と保護者とのコミュニケーションに一定の日数を要することを考慮したためである。

(2) 調査結果

1) ミツバチの安全性

当該地区ではミツバチの飼育を開始する前に地域住民に対して説明を行っている。説明方法は掲示板にA3版の大きさで作成した説明文を掲示し，ミツバチは飛行動線が人の動線と交わりにくいこと，こちらから危害を加えない限り刺すことはないことを説明している。

調査結果（図6-7）から，プロジェクト開始前に，“ハチは刺すこともあるので危険だ”と回答した方が18人（約32%）いたが，環境教育実施後は0人になった。一方，

“こちらから危害を加えない限り問題ない”“危険性は感じない”が実施後にあわせて22人増えたことが示された。これらプロジェクト実施前後の回答をサイン検定により検証した結果、住民のとらえ方に有意な差があることがわかった(P値<0.01)。

プロジェクト開始前にはミツバチの危険性を感じていた地域住民が約3割いたが、環境教育の実施により住民のミツバチが危険という意識が低下したことがわかる。この理由として、ミツバチの飼育開始後に実際に危険性を感じることはなかった事、プロジェクトが新聞報道などに取り上げられイメージが向上したこと、また、環境教育により正確な情報を得ることが出来ミツバチに関する理解が深まった事などが考えられる。

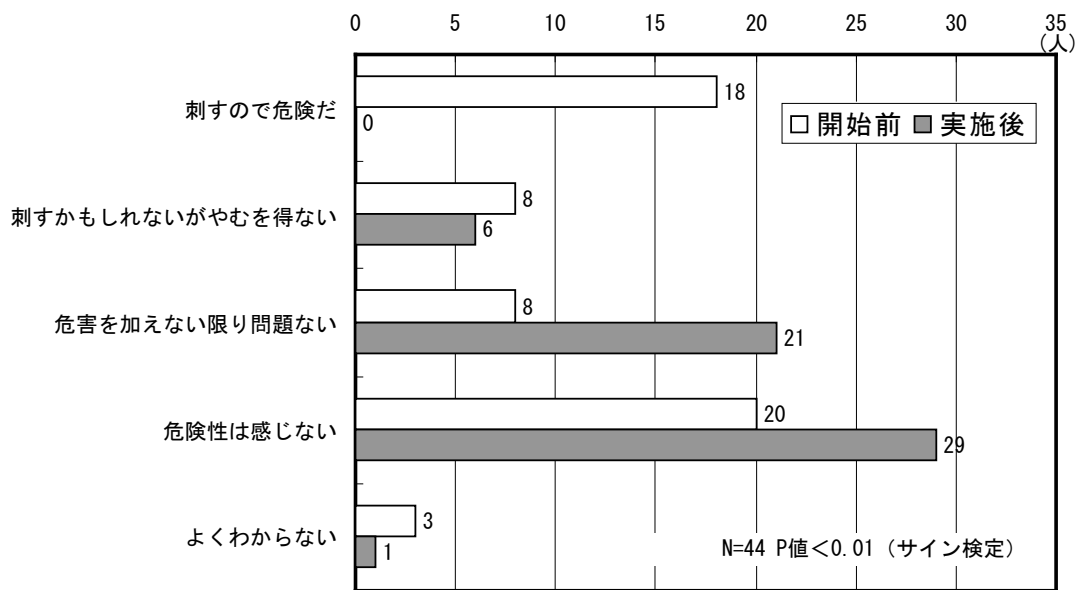


図 6-7 ミツバチの危険性の認識の変化

2) 自然との触れ合い

未就学児に対する環境教育の効果を測るため、緑や自然環境に関する会話の有無、緑や自然環境に関する関心の程度をアンケートにより調査した(図6-8, 9)。就学前の児童本人がアンケートに回答することは困難であるため、調査はその保護者に対して実施した。これは、保護者に対する間接的な教育効果を計測する狙いもある。

自然に関する会話の有無では、プロジェクト開始前に“まったく会話に出ない”が3人いたのに対し環境教育実施後には0人に、“ほとんど会話に出ない”が8人から2人に減少した。一方、“よく会話に出る”が1人から7人に、“たまに会話に出る”が13人から16人に環境教育実施後に増加した。実施前後の回答をサイン検定により検証した結果、有意差が得られたため(P値<0.01)、環境教育の実施により自然に関する会話が増加したことがわかる。この要因としてこのエリアでは身近に自然が少な

いため自然と触れ合う実体験の機会が乏しく、結果として関連する会話が少なくなっていることが推察される。

また、環境教育実施後に自然環境に関連する会話が aumentando ことから、ミツバチを題材とした環境教育活動は未就学児の自然環境に関する啓発に対して一定の効果が期待出来ると考える。特に、今回の環境教育では「四つ角にあるサルスベリにミツバチが来ていた」などモニタリング調査で得た訪花植物の情報を具体的かつタイムリーに紹介したため、その教育効果が一層強化されたものと推察する。

同様に、保護者の目から見た児童の行動の項目では環境教育実施前に、“強い関心を示す”(3人)、“関心を示す”(14人)に対して、“あまり関心を示さない”(7人)、“関心がない”(0人)という状況であったが、実施後に、“あまり関心を示さない”と“関心がない”がともに0人となった。実施前後の回答をサイン検定により検証した結果、有意差が得られたため(P 値 <0.01)、環境教育実施後に児童の自然に関する関心が高まったと解釈できる。これは、自然と接する機会が少ないためにあまり関心を示さなかった児童が、モニタリング調査データからの具体的な環境情報が提供され、さらに体験型のプログラムにより自然と触れ合う機会を得ることが出来たためと考えられる。

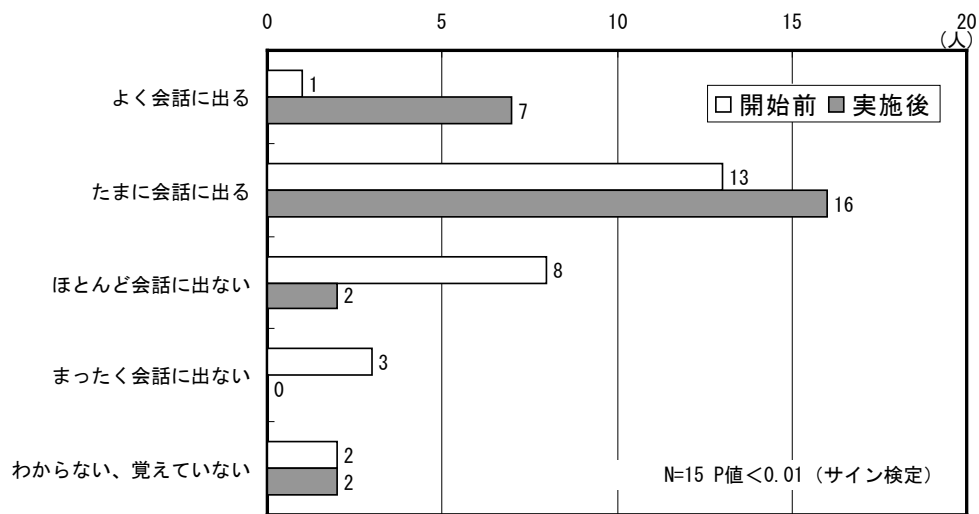


図 6-8 自然に関する会話の変化

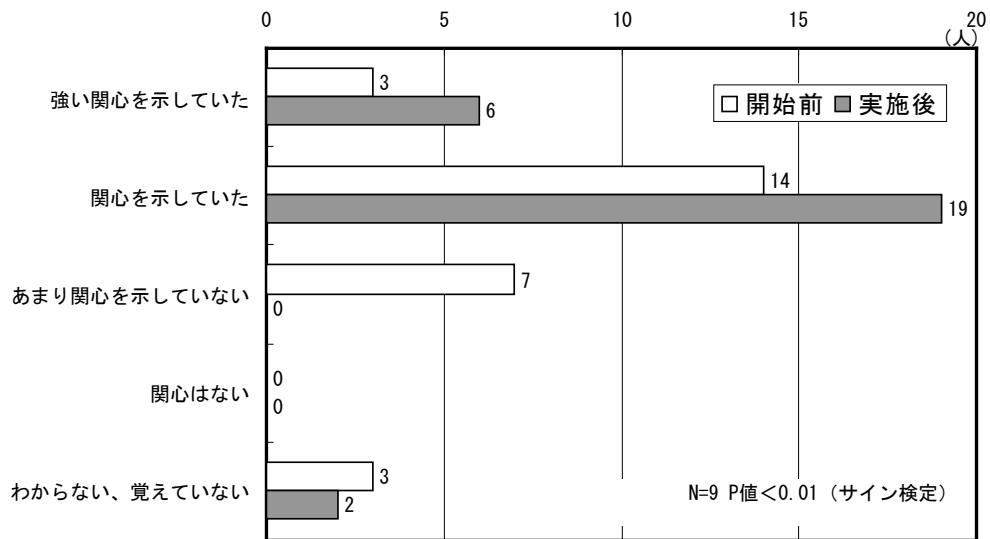


図 6-9 自然に関する関心の変化

3) 自然環境の理解促進と生物多様性への認識

今回の環境教育では、事例研究で把握したミツバチプロジェクトの特徴を生かし、周辺緑地モニタリング結果のプログラムへの反映、巣箱の見学、地元産の蜂蜜を味わう体験などにより自然環境への興味を促し生物多様性の認識に影響するような工夫を行っている。生物多様性の認知度は2009年に内閣府が実施した最新の調査¹²³によると、“言葉の意味を知っている”と答えた者の割合が12.8%，“意味は知らないが、言葉は聞いたことがある”と答えた者の割合が23.6%，合計36.4%となっている。一方，“聞いたこともない”と答えた者の割合が61.5%となっている。

第三次生物多様性国家戦略では、この認知度を50%以上とする数値目標が掲げられ課題となっているため、ミツバチプロジェクトの実施による認知度の変化を把握することとした(図6-10)。プロジェクト開始前の状況は、生物多様性という言葉を知っている，“聞いたことがある”あわせて6人(22%)であり，“知らない”と回答した人が21人(78%)であった。ところが実施後には，“知っている”10人(37%)，“聞いたことがある”13人(48%)，“知らない”4人(15%)という結果が示された。実施前後の回答をサイン検定により検証した結果、有意な差があることがわかった(P値<0.01)。また、知っていると回答した層は、環境教育を通して説明してきた生態系サービスの概念を理解しているものと推察される。

生物多様性はその概念が広域にわたるため言葉が浸透しにくい状況にあるが、都市域においても生物多様性の支える生態系サービスを実感出来るミツバチプロジェクトという具体的活動が、自然環境の理解促進とそれによる生物多様性や生態系サービスの認知度向上につながっていることが推察された。

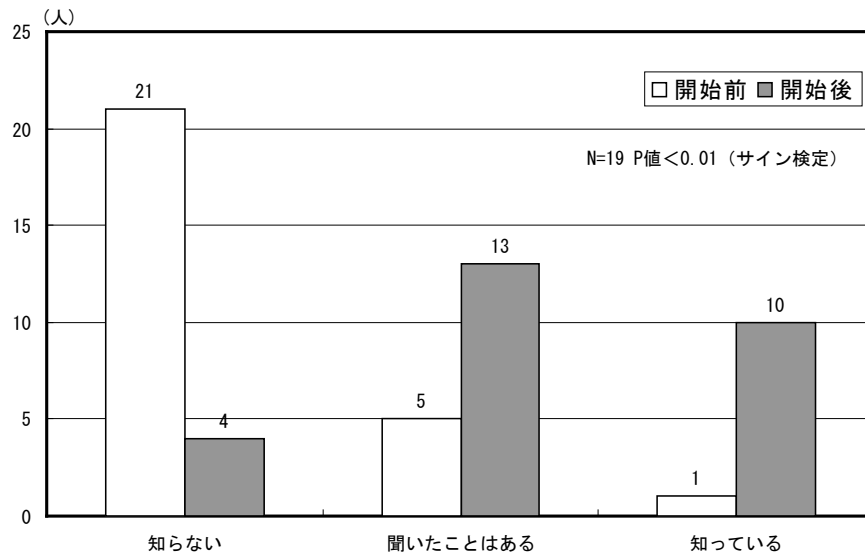


図 6-10 生物多様性に関する認識の変化

6-4 生物多様性や生態系サービスの啓発活動に資するプロジェクトの方向性

意識変化の把握調査結果に基づき、自然体験および自然環境への理解促進活動に資するミツバチプロジェクトの方向性に関する考察を行った。

6-4-1 危険性に関する意識

ミツバチプロジェクトを持続的に実施するためには、都市域でミツバチを飼育することが危険な行為であるとの周辺住民の認識を改善していく必要がある。今回実施した環境教育プログラムは、ミツバチの危険性に関して正しい認識を与えることに一定の効果が見られた。これは、他の昆虫類も含む都市域に生息する生物との適切な付き合い方を考えさせる機会の提供ともなっただと考えられる。よって、今後のプロジェクト運営においては、都市域での生物との共生に留意し、正確な情報を適切に伝える環境教育プログラムの提供が期待される。

6-4-2 触れ合い機会の創出

ミツバチプロジェクトは、巣箱をビル屋上などに設置するため、遠出の難しい小さな子供などが定期的に来訪し見学会などを実施することができる。また、ミツバチの受粉を題材として近隣の小さな緑地において観察を行うなど、多くの住民に生き物との触れ合い機会を創出することが可能である。また、そのような取り組みにより、自然に関する親子の会話が増加し、未就学児の自然環境に関する関心が高まる傾向があることが本章の検討で判明した。よって、環境教育実施に際しては講演会などによる情報提供だけでなく、巣箱見学や近隣の緑地のモニタリングなど自然との

触れ合い機会を創出し、生物多様性や生態系サービスに関する理解促進効果を高めていくことが求められる。

6-4-3 生態系サービスの顕在化

ミツバチプロジェクトは、地元産の蜂蜜の提供により供給サービスを実体験することができ、生態系サービスをわかりやすく認識できる点が優れた特徴として挙げられる。また、今回実施した緑地モニタリングにより蜂蜜の供給源となる周辺緑地に関する情報を提供でき、結果として環境教育プログラム受講者の自然環境に関する関心を高めていることが意識調査から推察される。蜜源調査などの緑地モニタリングを実施しているプロジェクトはまだ全体の35%程度であるが、自然環境の理解促進活動という観点から今後取り組みの必要性がさらに高くなると考えられる。

6-5 本章のまとめ

近年増加しているミツバチプロジェクトは自然体験活動に結びつき生態系サービスを啓発する取り組みと期待されているが、その活動実態は明らかにされていない。また、危険性に関する誤解がプロジェクト実施の課題となっており適当な環境コミュニケーションが求められている。さらに、周辺の生物多様性に関する理解促進活動の観点からプロジェクトのあり方を議論することも持続的な取り組みとして発展するために求められる。

本章ではこのような問題意識に立ち、ミツバチプロジェクトの概要と活動内容を調査分類するとともに、生物多様性や生態系サービスの理解促進の視点から地域住民に対するミツバチを題材とした環境教育プログラムのあり方を検討した。さらに、環境教育プログラムの効果を確認するため、プログラム参加者の生物多様性に関する意識変化の把握調査を行った。主な成果は次の通りである。

6-5-1 ミツバチプロジェクトの概要と活動内容

国内におけるミツバチプロジェクトは20件確認でき2006年に開始し2009年度以降に急増しており、実施エリアは東京23区内が約半数であるが、北海道から大分まで全国的に実施されていること、事業主体はNPO法人だけでなく、学校、企業など多様な主体が参加していることが確認できた。その活動内容目的は、単なる蜂蜜の採取ではなく、環境教育、地域ブランド開発、緑化促進、蜜源調査の4つのタイプに分類できた。

6-5-2 ミツバチを用いた自然体験活動と意識変化の調査

ミツバチのイメージに関しては約半数の住民が危険性を心配していたが、適切な環境教育により大部分の住民がミツバチの飼育に理解を示すようになった。さらに、

モニタリング調査で得た都市緑地の情報を環境教育に用いることにより、親子間における自然に関する会話の増加や、未就学児の自然環境への関心の高まりが見られることが、環境教育プログラム実施前後のアンケート調査により明らかになった。

加えて、ミツバチという身近な生き物から得る蜂蜜などの自然の恵みを認識することにより、生物多様性に関する認知度が向上し生態系サービスに関する認識も高まることが示唆された。これは、生態系サービスという専門用語の啓発には、単なる情報の提供では不十分であり、食糧の供給などを通して実際に体験することにより、関心が高まることを示していると考ええる。よって、生態系サービスを指標として多様な関係者が緑地計画に関して合意形成するためには、本章で取り上げた様な自然体験活動が重要な役割を果たすことになると思われる。

6-5-3 生態系サービスの啓発に資するプロジェクトの方向性

生物多様性や生態系サービスという専門用語は、一般にはなじみが薄く、まだその概念が十分に理解されている状況ではない。生態系サービスを指標とした緑地計画を進め緑地の目標管理を実施するためには、この状況を改善し生態系サービスの価値を啓発していく必要がある。本章ではそのような問題意識から、都市域で実施されているミツバチプロジェクトを題材として生態系サービスの啓発効果を検証した。その結果、ミツバチの巣箱見学など自然との触れ合い活動の実施、地元産の蜂蜜の採取や提供による自然の恵みの体験、ミツバチを通じた周辺の緑地や蜜源植物の理解促進などが生態系サービスの啓発に重要であることが示された。

生態系サービスを指標とした議論を進めるためには、第3章、第4章で検討した、生態系サービスをビジュアルに示す方法や定量的な数字を示す方法、第5章で検討した経済便益を示す方法などが求められる。これに加えて、本章で検討した、自然体験活動の実施による環境コミュニケーションも極めて重要であることが明らかになった。

都市域では自然との触れ合い機会が少ないだけでなく、環境コミュニケーションに活用できる面積が限定的であること、生物に関するネガティブな印象を持っている人が少なくないことなどの課題が存在する。ミツバチプロジェクトは危険性に関する意識を環境教育により改善することにより生態系サービスの啓発が実施でき都市域の生物多様性保全に貢献できる可能性は高いことが示された。同様に、都市域において芝刈り機の代用としてヤギを用いヤギ乳を得る取り組みや護岸構造を多孔質形状に変更することでカニの生息空間を整備し、海の恵み得る取り組みも実施されている。今後の緑地整備においては、生態系サービスの視点から単に植物に注目した計画を検討するのではなく、上記のような生物と共生できるような環境整備を目標とすることも求められると考える。

第7章 生態系サービスを指標とした緑地評価・計画手法の枠組み

7-1 本章の目的と方法

生態系サービスという自然と人間の関係性を考察するための重要なコンセプトを指標とした緑地評価・計画手法を今後一般に展開するために、本章ではその枠組を提示するとともに、手法の特徴や課題を考察することを目的とする。

具体的には、地域レベルにおける緑地計画に資する研究(第3章)、地区レベルにおける緑地計画に資する研究(第4章)、地域レベルにおける緑地評価に資する研究(第5章)、生態系サービスの啓発に関する研究(第6章)で得られた成果を取りまとめ、スケールや目的に応じた、データ取得方法、評価モデル、評価結果の表示・伝達手法を整理するとともに手法を適用する際の課題を議論する。また、入手可能なデータと評価可能な生態系サービスについて整理し、動的な評価・計画手法であるシナリオプランニングにおけるシナリオ検討の枠組みや、評価結果の表示方法などの環境コミュニケーション手法を検討する。

7-2 生態系サービスを指標とした緑地評価・計画手法の手順

7-2-1 地域レベルにおける緑地評価・計画手法

環境基本計画や緑の基本計画など地域レベルの政策立案に関する検討を実施する際には、政策決定の過程や根拠、想定目標やリスクなどを住民に説明し合意形成を図る必要がある。この要求にこたえるためには、設定する目標に対する対策の妥当性を評価する指標が求められる。第3章ではこの評価指標として生態系サービスを採用し、現状の評価および施策案の実施結果を示す方法を検討した。

まず、入力データとして、特別に許可を得て既存の国土数値情報を使用し、緑被率や植生などの緑地の構造を把握し、次に、既存の評価モデルにより4種類の生態系サービスを評価した。さらに一部の評価結果に関しては代替法により費用便益を産出した。この現状の評価結果を地図上に表示し、生態系サービスを指標とした緑地の評価結果の伝達を行った。

緑地計画の検討ではシナリオプランニングの手法を採用し、悲観的シナリオ(乱開発)と楽観的シナリオ(緑化規制強化)を設定した。現状評価と同様にそれらシナリオの評価を行い、その結果を地図上に表示した。この資料を基に、住民が特定のシナリオに関して合意する場合そのシナリオを緑地計画として採用し、逆に全てのシナリオが不満足であれば、シナリオ設定のフェーズに戻り再検討する必要がある。この一連の作業項目と手順を図7-1に示す。

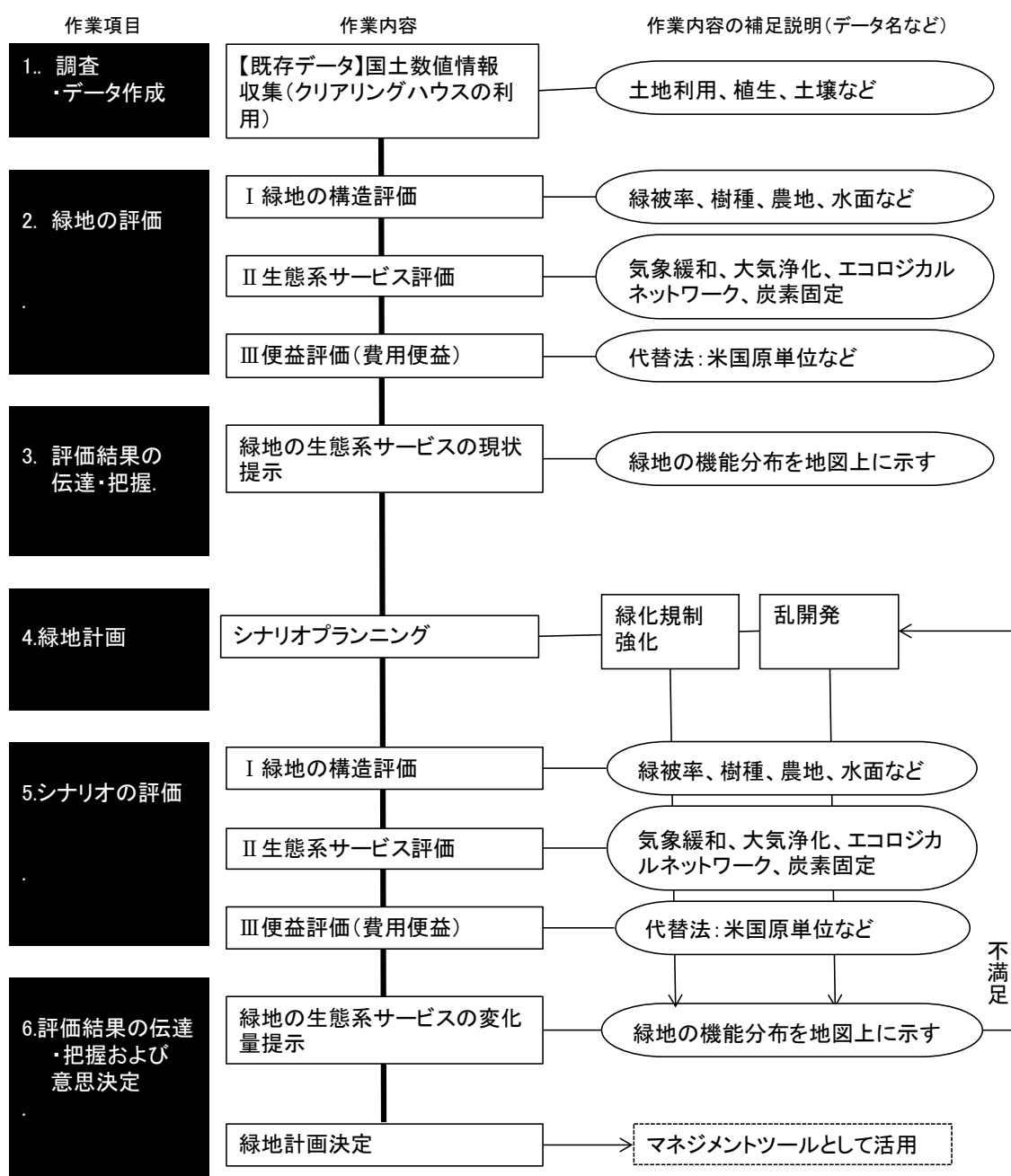


図 7-1 地域レベルにおける生態系サービスを指標とした緑地評価・計画手法の作業項目と手順

7-2-2 地区レベルにおける緑地評価・計画手法

住宅地の再開発や業務用施設・学校・病院などの建て替えに際する緑地計画など地区レベルの計画立案を検討する際には、計画検討の過程や根拠、緑地整備の目的やリスクなどを関係者に説明し合意形成を図る必要がある。この要求にこたえるためには、設定する目的に対するプランの妥当性を評価する指標が求められる。よって、地区レベルにおいても地域レベルと同様に評価指標として生態系サービスを採用し、現状の評価および施策案の実施結果を示す方法を第4章で検討した。

地区レベルでは、まず入力データとして、高解像度の衛星データやレーザープロファイラーを用い、緑被率や樹高などの緑地の構造を把握し、次に、新たに開発したコゲラのエコロジカルネットワーク評価手法によりコゲラの生息域を評価した。この評価結果を地図上に表示し、コゲラの生息の可否を生態系サービスの代替指標とした緑地の評価結果の伝達を行った。

緑地計画の検討ではシナリオプランニングの手法を採用し、現状維持シナリオ(住宅の細分化)、悲観的シナリオ(緑地減少)、楽観的シナリオ(公園整備)を設定した。現状評価と同様にそれらシナリオの評価を行い、その結果を地図上に表示した。この資料を基に、特定のシナリオに関して合意する場合そのシナリオを緑地計画として採用し、逆に全てのシナリオが不満足であれば、シナリオ設定のフェーズに戻り計画地の緑地を増加させるようなプランを再検討する必要がある。この一連の作業項目と手順を図7-2に示す。

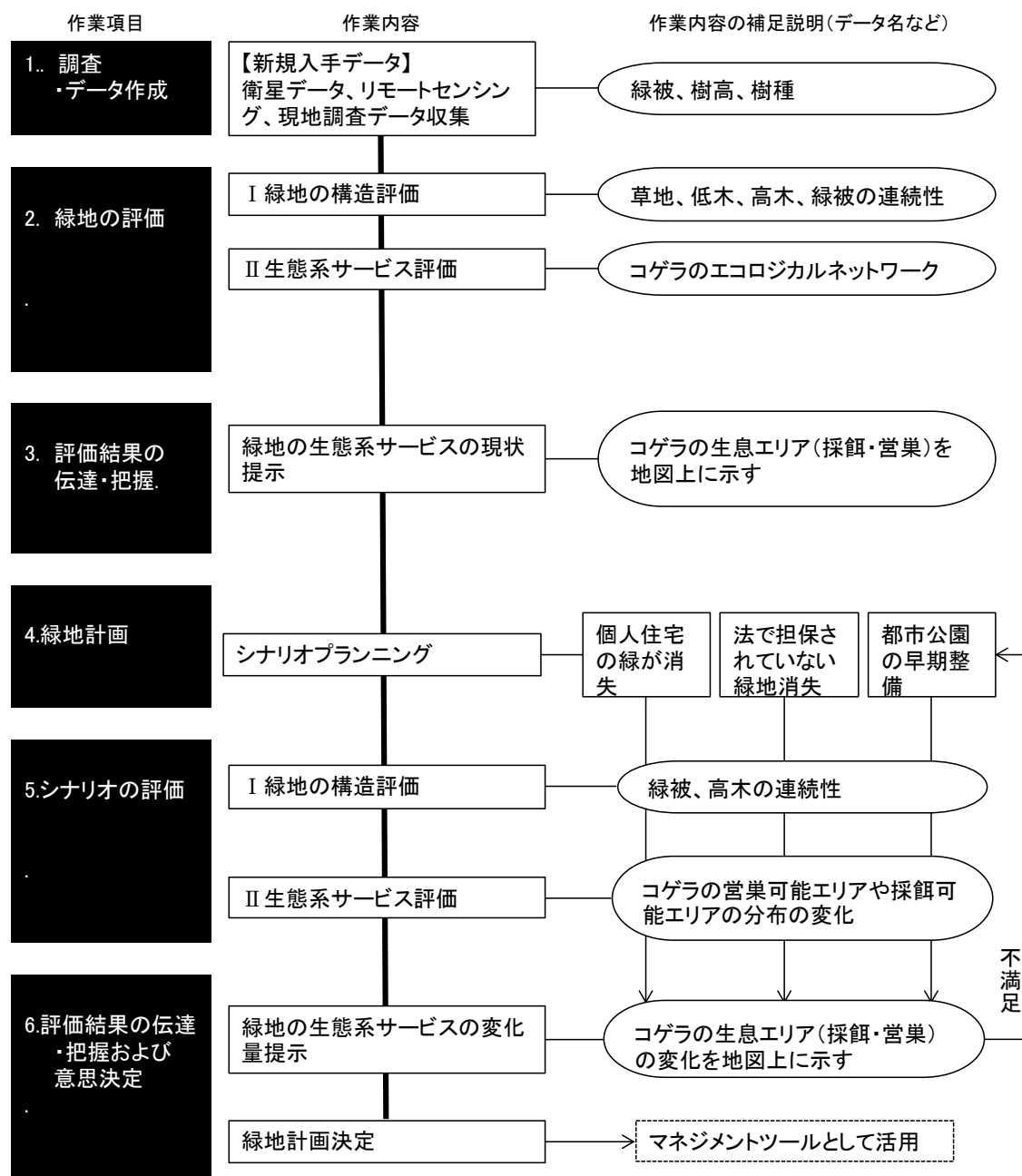


図 7-2 地区レベルの生態系サービスを指標とした都市域の緑地評価・計画手法の作業項目と手順

7-2-3 緑地の経済便益評価手法

生態系サービスを指標として活用するためには、生態系サービスが社会に与える便益を顕在化させ、その価値を啓発する活動が同時に重要になる。特に、都市域の緑地の保全においてはそのコストが課題となることが多いため、第5章では、緑地が不動産価値に与える経済便益の評価手法を検討した。

入力データとして、一般に入手可能な既存の国土数値情報および民間のデータを使用し、土地利用データから緑被率や緑地の連続性などの緑地の構造を把握するとともに土地取引価格やアパート賃料を入手し、次に、新たに開発した評価モデルにより緑地へのアクセス性とアパート賃料の関係や大規模緑地と土地取引価格の関係を評価した。この評価結果を地図上に表示し、都市域の生物多様性保全の動機付けに貢献するような情報提供を実施した。この一連の作業項目と手順を図7-3に示す。

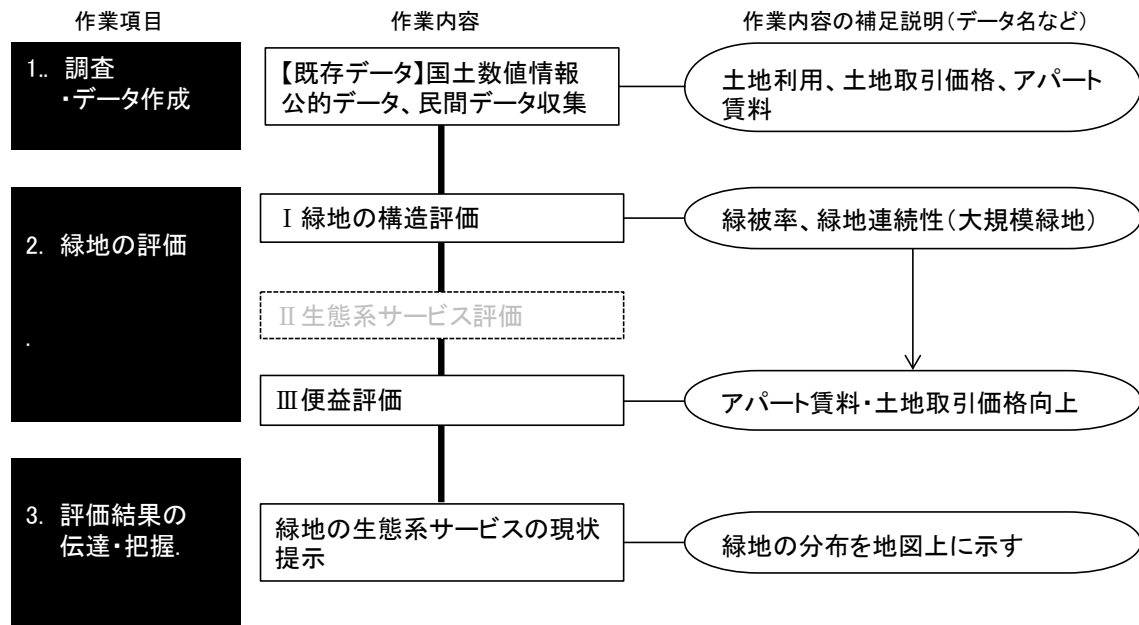


図 7-3 都市域の緑地の経済便益評価手法の作業項目と手順

7-2-4 生態系サービスの啓発手法

都市域の緑地評価・計画手法に生態系サービスを指標として活用するためには、具体的な生態系サービスの啓発活動が重要になる。第6章では、生態系サービスの啓発を目的としたミツバチプロジェクトを対象として、自然との触れ合い活動を実施するとともに、その環境コミュニケーションに資する緑地データの整理、分析を実施した。

毎週実施した現地周辺緑地のモニタリングデータをGISに入力し、蜜源植物の分布状況や樹高、ミツバチが訪花した緑地の種類などを整理した。定期的に実施した環境教育の際に、このモニタリングデータを地図上に表示し、生態系サービスの啓発や生物多様性保全の動機付けに貢献するような情報提供を実施した。この一連の作

業項目と手順を図7-4に示す。

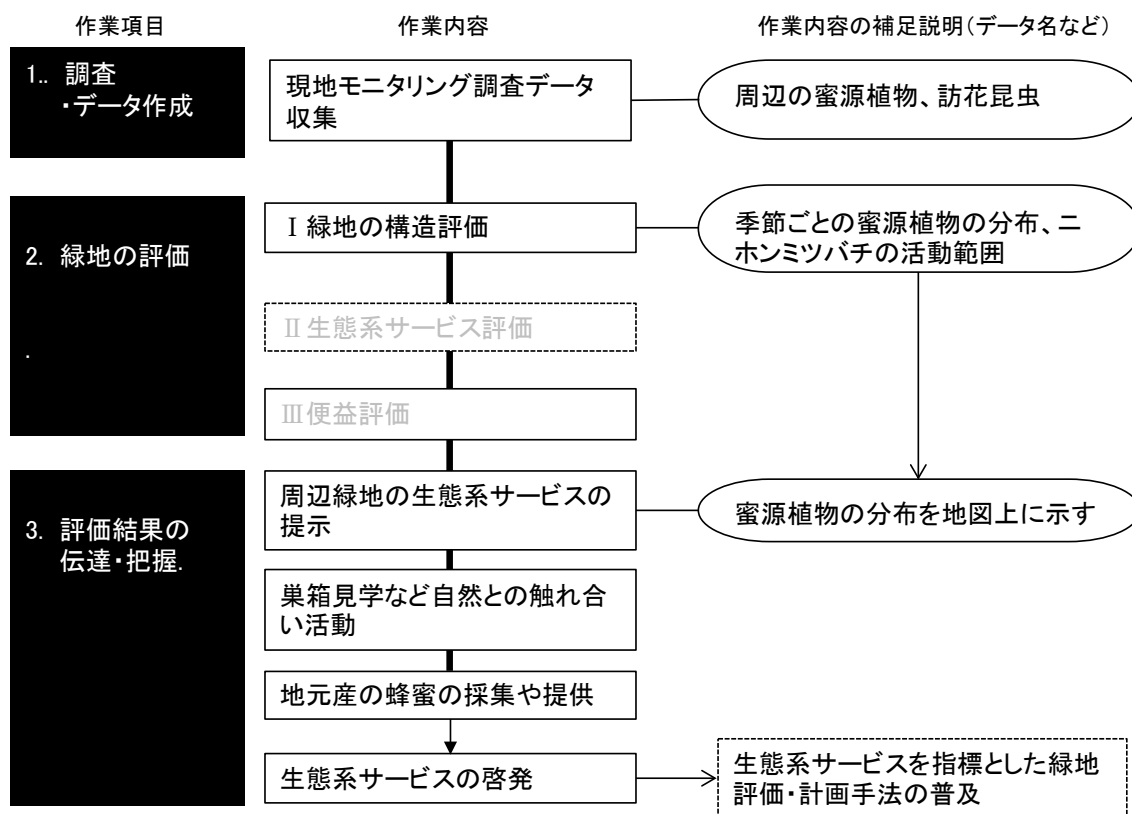


図 7-4 都市域における生態系サービスの啓発手法の作業項目と手順

7-2-5 緑地評価・計画手法へのGISの活用

本研究では実践的な手法として一連の緑地評価・計画にGISを活用することにより、次に示す作業の効率化やデータ処理の迅速化、評価結果のビジュアルな表示などを示した。

GISは入力データの作成に時間を要することが課題とされているが、入力データに関して、地域レベルの検討を実施する際には既存の国土数値情報、地区レベルの検討にはリモートセンシングのデータやレーザープロファイラーなどを活用することにより、大幅な作業の効率向上が実現できた。緑地評価のフェーズでは、入力データを活用し、第一段階として緑被率や透水面積などの緑地の基本機能評価を実施し、それを基に生態系サービスの評価が実施できた。この評価はデータ量が膨大で、GISを利用しない場合非常に多くの労力と時間を要すると推察された。一方、シナリオプランニングにおいて広域の評価対象エリアを対象として複数のシナリオ案を評価するために、プランの入れ替えが容易に実施でき迅速なデータ処理を可能とするGISは不可欠なツールであった。さらに、GISは地図上に生態系サービスの分布を色の濃淡で表示する、もしくは複数の要素を重ね合わせて表示することが出来るため、評価結果をビジュアルに示すことが可能であった。

7-3 評価対象となる生態系サービスと入力データ

第2章で指摘した通り，生態系サービスを指標とする環境評価手法が近年研究開発されており，都市林の維持管理プロジェクトなどへの適用も実施されている．しかし，生態系サービスの評価は，入手できるデータに制限があり，また，科学的な裏付けの伴う評価モデルは一部しか開発されていないのが現状である．そこで，表7-1に第3章と第4章で利用したデータと評価対象とした生態系サービスを整理し，現状の適用可能性を示す．さらに，将来的な評価モデル整備の方向性を検討するため，表7-2に現状で評価可能である生態系サービスを示す．

表 7-1 利用データと評価対象

第3章・地域	炭素固定	気象緩和	大気浄化	エコロジカルネットワーク
等高線情報	○	○	○	○
道路，水路，橋梁，鉄道敷		●		
土地利用現況分類	●	●		●
農地山林現況分類	●	●	●	●
公園緑地現況分類	●	●	●	
植生分類	●	●	●	●
その他緑地現況分類	●	●	●	
第4章・地区				
高解像度衛星データ				●
DTMデータ				●
DSMデータ				●
(MAにおける定義)	気 候 制 御 (地球)	気 候 制 御 (地域)	大気制御	遺伝資源

●：評価モデルに利用したデータ，○：結果表示など副次的に利用したデータ

表 7-2 評価可能な生態系サービス

		CBI	UFORE	第3章	SEGES	SITES	第4章
	評価スケール	地域	地域	地域	地区	地区	地区
供給	食料:穀物					○	
	食料:家畜						
	食料:漁獲						
	食料:養殖						
	食料:野生食物					○	
	繊維:木材						
	繊維:綿麻絹						
	繊維:木質燃料						
	遺伝資源	○		◎	○	○	◎
	医薬品						
	水	○	◎開発中		○	○○	
	大気:制御		◎	◎			
調節	気候:制御(地球)	◎	◎	◎		○	
	気候:制御(地域)	◎	○	◎	◎	◎	
	水の制御	○	◎		◎	◎	
	土壌崩壊防止					○	
	水の浄化	○	◎開発中		○	○○	
	疾病制御					○	○
	害虫制御					○	○
	受粉					◎	
	自然災害の防止					○	
	精神的・宗教的価値					◎	
	審美的価値				◎	◎○	
	レクリエーションとエコツーリズム	○					

○:間接的評価, ◎:直接的評価

本研究で示した緑地評価・計画手法のうち、入力データに関しては、地域レベルの検討を実施する際には既存の国土数値情報から、表7-1で示すデータを収集することにより国内の都市域における、炭素固定、気象緩和、大気浄化の検討が可能となる。また、エコロジカルネットワーク評価に関しては上記データにより掛川市におけるシュレーゲルアオガエルの生息域の評価など一定の範囲での活用可能性が確認できた。また、地区レベルの検討にはリモートセンシングのデータとレーザープロファイラーデータを用いることで、コゲラの営巣可能エリアおよび採餌可能エリアの検討が可能であることが明らかになった。これらのデータの内、国土数値情報は、一般には利用できないものも含まれていること、また、レーザープロファイラーデータは高価であり、実際のプロジェクトでの使用に制約があることが課題として明らかになった。

また、本研究で活用したデータおよび評価モデルを用いることにより、MAで定義された24種の生態系サービスのうち、地域レベルを対象とした場合、遺伝資源、大気の制御、気候の制御(地球レベル)、気候の制御(地域レベル)が直接的に評価できることを示すことができた。地区レベルを対象とした場合、直接的評価として遺伝資源、間接的評価として疾病制御および害虫制御を検討出来ることを示すことが出来た。UFOREの評価モデルなどから、将来的に我が国においても、単木毎の樹高データや樹種データが整備されると、地区レベルにおける大気浄化の評価が可能になり、表層地質や土壌データが整備されると水や土壌崩壊に関する評価が可能になると推察でき

る。今後の課題として、直接的に評価が困難な項目である供給サービスや文化サービスについては、農業や林業関連のデータまたは利用者数データなどを一般利用が可能な形式で整備し、間接的な評価モデルを検討するよう研究を進める必要がある。

7-4 シナリオプランニング

通常、地方自治体などが地域レベルの緑地計画を検討する際には、最も起こりうる可能性が高い将来の姿を想定し、その実現を前提としてプランニングを行う。しかし、シナリオプランニングは、確実な将来の姿を予想することは不可能であるという認識の下、起こりうる可能性のある複数のシナリオを策定し、不確実性のある環境の中で適切な意思決定を行う手法である。社会、経済、政治、環境技術、人口など多様な要素が将来の緑地整備に影響するため、これらの要素の中から重要なものを選び出し、シナリオを設定する必要がある。将来シナリオの策定において、円滑な検討業務を実施するために重要と考えられる項目を次に示す。

(1) 目標年次

環境基本計画など行政の長期計画の場合、その目標年次がシナリオ設定のターゲットとなる。第三章で取り上げた掛川市が2003年に策定した緑の基本計画では、中期目標年次を7年後の2010年、長期目標年次を12年後の2015年に定めている。2009年に改定された杉並区の緑の基本計画では、中間年次を約10年後の2018年、目標年次を区政100周年となる約25年後の2032年に設定している。東京都では緑の東京10年プロジェクトを定め、10年後を目標とした緑化整備を進めている。また、都市緑地保全法で位置づけられた「緑の基本計画」は、概ね5年ごとあるいは社会情勢の大きな変化による見直しが必要とされている。つまり、目標年次は5年未満では頻繁に見直しなどが発生し実用的でないこと、また、25年以上では不確実性が高まり実際の環境施策で用いることが難しくなると判断できる。よって、目標年次は概ね5年～25年後の範囲での設定が妥当と考えられる。ただし、最近の地球温暖化の分野では2050年目標など超長期のビジョンが議論されている。緑地計画のシナリオプランニングにおいても、不確かさを前提として超長期目標を設定し、定期的な見直しにより合理的に活用することも求められる可能性がある。

(2) 検討フレームのバランス

シナリオプランニングにおいては、将来起こりうる可能性のある複数のシナリオを策定する必要がある。緑地計画のシナリオ検討に際しては、幅広い視野を持ちながら特定の利益に資する恣意的な誘導を排除するため、検討の基礎となるフレームが求められる。本研究では、「悲観的シナリオ」「楽観的シナリオ」「現状維持シナリオ」の3つの視点を用いる方法を提案した。この手法は、楽観的予想に基づくシナリオばかりを提示して計画のもたらすデメリットが伝わりにくくなるリスクや、逆に悲観的シナリオのみを提示することで計画の意義が

低く評価されてしまうことの防止になり、評価の客観性維持に一定の効果を有すると考える。また、例えば緑地保全手法の設定では、特定の手法のみを取り上げるのではなく、既存樹保全、移植、街路樹整備など代替案の検討を実施することが求められる。

(3)ドライビングフォース

シナリオ検討には人口の増減や企業立地、交通インフラの整備など、社会、経済、政治に関する対象地域/地区の抱える様々な要素が影響する。これら変動要素の中から、緑地計画に大きな影響を与える要因となるものを「ドライビングフォース」として抽出し、焦点となる問題を明確にする必要がある。第3章（掛川市）では、農地の宅地への用途転換が進み自然環境に対して大きな影響を与えることが指摘されていたため、それをドライビングフォースとしてシナリオに適用している。また、第4章（杉並区）では、周辺状況から宅地の細分化が進み住宅地内の緑地の減少が予想されたため、それをシナリオに反映させている。よって、シナリオの検討に際しては、検討対象地域/地区特有の重要な課題をドライビングフォースとして把握し、シナリオに適用することが重要と考える。

(4)コントロールの可否

シナリオ検討の際に、緑地計画案においてコントロール可能なものとコントロール不可能なものを明確に分類し、シナリオの変動要素として採用の可否を判断する必要がある。例えば、法規制や植栽デザインなどコントロール可能なものを変動要素として採用し、人口減や大規模な土地買収、短期間での造林など現実的に対応が難しいものをコントロール不可能なものとして振り分け、変動要素として採用しないように留意する必要がある。

7-5 生態系サービスを指標とした緑地計画手法の特徴

本章における検討を通して、生態系サービスを指標とした緑地評価・計画手法に関して明らかになった特徴を以下に示す。

(1)生物多様性保全への貢献

メカニズムが複雑で、一般への啓発活動が十分に実施されていない生物多様性への対応を進めるためには、一般市民などを含む多様な主体において課題を共有し合意形成を進める必要がある。そのためには、客観的でわかりやすく、人間にとって重要な役割を示す共通の指標が求められる。本手法は生態系サービスという指標を用いることにより、生物多様性保全に関して各緑地の現状や計画案のメリットとデメリットを認識するとともに合理的な計画案を検討することが可能となる。また、この一連のプロセスで多様な関係者が議論することにより、地域の生物多様性保全に関する目標の共有化に貢献することが出来る。

と考える。

(2) GISの活用による検討作業の高度化と合理化

緑地評価対象エリアのスケールにより地域レベル(市町村レベル)と地区レベル(プロジェクトレベル)に分類され、評価に利用するデータは地域レベルでは既存の国土数値情報、地区レベルではリモートセンシングで得た情報の利用が有効である。また、検討にGISを用いることで、入力データの取り扱いや評価実施、複数の計画案の検討などに関するコストや労力が大幅に軽減できる。これは、多くの緑地計画がスケジュールや予算の制約から十分に代替案を検討できていない現状を考えると、実践的な計画手法として今後期待できると考える。

(3) 環境コミュニケーションの活性化と合意形成

評価結果の伝達に関しては、専門的知識を有さない関係者のために、生態系サービスを定量的にもしくは地図上でビジュアルに示すことが重要になる。これにより、都市インフラとして緑地の提供する潜在的な価値を顕在化させることができる。また、自然との触れ合い体験をともなう環境コミュニケーションは、都市域の緑地と生物多様性および生態系サービスとの関係を一般市民が認識するために有効であった。これにより、人と自然のあり方に関する理解が促進され、生物の好き嫌いに起因する判断の偏りや、評価対象が特定の生態系サービスに偏重することある程度防止できると考える。

7-6 生態系サービスを指標とした緑地計画手法の課題

各章において緑地評価・計画手法の検討を実施する中で明らかになった本手法の課題を以下に示す。

(1) 計測できない生態系サービス

現状では全ての生態系サービスを評価できるわけではなく、計測可能なものと、現時点の科学技術では計測が困難なものがある。また、MAにおいて定義されていないなど現時点で顕在化していない生態系サービスが存在する。第3章では大気浄化機能としてNO₂、SO₂を取り上げたが、それ以外の大気汚染物質の評価は困難であった。また第4章では①現地で生息可能な種、②一般人の認知度が高くモニタリングが実施しやすい種、③都市の生物多様性の指標として既往研究で採用実績がある種、の3つを理由としてコゲラを指標として取り上げた。その結果、その他の生物種への認識が弱くなる恐れがある。このような項目が軽視されないよう、プロジェクトへの適用においては十分な環境コミュニケーションが求められる。加えて、評価対象とする指標種の選定手法までは十分に議論できておらず今後の課題となった。

(2) 経済便益評価

第3章では一部の生態系サービスに関して、経済便益評価を提示した。また、第5章では緑被率とアパート賃料の関係や大規模緑地と不動産取引価格の関係を示した。今回の検討では、アパート賃料に影響を与える要素として、築年数、間取り、最寄駅からの距離、最寄駅から主要駅までの距離を採用した。しかし、より精度を高めるためには、商業施設や文化施設など他の要素も考慮する必要があり今後の課題となった。また、経済便益評価は専門家以外の住民らがプロジェクトを評価する際の有力な指標となるが、一方で、経済便益評価が可能な生態系サービスのみ注目が集まり、経済便益を産出することが困難な生態系サービスの価値が軽視される可能性も考えられる。さらに、経済便益評価の妥当性に関しては、金銭換算の正確性などに課題があり、必ずしも実態を示しているとは言えない。よって、経済便益評価についてはその妥当性に留意し、各シナリオ案の評価や代替案評価など限定された範囲での利用が望ましい。

(3) データの整備・公開

本手法で用いたGISは整備済データを使用する限り迅速な検討が可能となるが、新たにデータを作成するとその時間やコストが課題となる。また、第3章で利用した既存の公的整備済データに関しては非公開とされているものもあり、本手法の適用に関する大きな課題となる。また、第4章で利用したレーザプロファイラーなど入手コストが課題となるデータも存在する。加えて、各章で利用したデータは整備主体や維持管理・販売機関が様々であり、必要なデータの検索に時間を要した。よって、今後、本手法を展開するためには、使用データのコスト削減や、未公開データの一定の条件下における利用許諾、また、データの一元的な管理・販売を実施するクリアリングハウスの整備などが望まれる。

第8章 結論:生態系サービスの評価と都市域の緑地計画・運営

8-1 前章までのまとめ

本研究では、都市域の緑地計画における目標管理の必要性に鑑み、近年環境指標として社会的な関心が高まっている生態系サービスを指標とする緑地評価・計画手法を提示した。第2章において生態系サービスの評価軸の検討を行い、それを踏まえ、第3章、第4章において、地域レベルおよび地区レベルでの緑地評価手法の検討、評価とその結果の意思決定への反映を実践的に検討し、第5章、第6章では、指標を有効活用するための情報開示方法やコミュニケーション手法に関して検討し、第7章では、緑地評価・計画手法の枠組みやその特徴を考察した。これらの結果は以下のように要約される。

第1章 :序論

研究の背景、目的、位置づけ、論文の構成、緑地評価に関する既往研究について示し、都市域の生物多様性保全のために、生態系サービスが重要な鍵となること、生態系サービスを指標とした緑地計画手法を検討することが、地球環境問題が深刻化する状況下における、今後のまちづくりにおいて極めて重要であることに言及した。

第2章 :生態系サービスの評価方法、手法

第2章では、生態系サービスに関する既往研究およびSEGES, SITES, CBI, UFOREなど既存の生態系サービス評価システムのレビューにより、生態系サービスの評価項目や評価方法、入力に使用するデータなどを整理分類し、緑地計画に用いる場合の4つの課題、①生態系サービスの計測の可否、②指標として用いる場合のスケールや入力データ、③緑地の機能と生態系サービス、人間の便益の関係性の明確化、④各生態系サービスにおける優先順位や重みづけ(トレードオフの関係)、を示した。

特に、緑地の機能と生態系サービスの関係性について明らかにするためには、緑地が保有する機能、その機能が提供する生態系サービス、生態系サービスが人間に与える便益を階層的に分類することで、緑地計画とそれによって得られる生態系サービスの正しい理解を促進することに言及した。

生態系サービスを指標とした評価システムの評価対象のスケールに関しては、地域レベル(市町村レベル)と地区レベル(プロジェクトレベル)の2つのレベルに分かれていること、評価の時間軸に関しては、過去、現在、将来の状況を評価することが可能であると考えられるため、生態系サービスの評価は緑地計画の意思決定支援ツールとしての活用可能性が高いことを示した。

第3章 :地域レベルの緑地計画のための生態系サービスの評価

第3章では、地域レベルにおける緑地計画として静岡県掛川市を対象とし

た生態系サービスの評価方法を検討した。汎用的な緑地関連データとして既存の国土数値情報を入力データとして採用し、第2章で示された生態系サービス指標をGISにより評価し、掛川市全域の二酸化炭素固定、大気浄化、気象緩和、エコロジカルネットワークに関する現状緑地評価及び将来緑地計画案の評価を行い、データの使用可能性や生態系サービスの評価手法、および本研究の目的とする緑地計画検討手法の有効性明らかにした。

第4章 : 地区レベルのエコロジカルネットワーク評価手法

第4章では、地区レベルにおける緑地計画として東京都杉並区における住宅団地建て替えプロジェクトを対象とした評価手法を検討した。実践的なツールを提案するために、衛星データやレーザプロファイラーを用いた緑地の質的データの取得方法を検討するとともに、生態系サービス指標としてエコロジカルネットワーク評価を取り上げ、評価モデルの検討とモニタリングによるモデルの検証を行うことで、都市域域における地区レベルの緑地評価手法を示した。また、緑地の複数案の将来計画をシナリオとして解析・評価し、緑地計画の意思決定支援ツールとしての活用可能性を検討した。

第5章 : 都市域の生態系サービスの経済便益

第3章と第4章で実施した緑地の評価が緑地の物理的データを利用した生態系サービスそのものの評価であったのに対して、第5章では、生態系サービスを緑地計画の指標として活用する前提として、多くの人々が生態系サービスの有用性を意識することが都市域の生物多様性保全のために極めて重要であるとの認識のもとに、地域レベルの緑地の経済便益に関する評価を実施した。東京23区全域を対象としてアパートの賃料データや土地取引価格を利用して都市域の緑地による不動産価値向上への影響を示すことで、緑地による生態系サービスを明らかにし、都市域における生物多様性保全に関する社会的理解を得ることが可能となる有効な情報開示手法を考察した。

第6章 : 都市域の自然体験活動と生態系サービスの啓発事例

生態系サービスを指標とした緑地計画を有効に実践するために、具体的な生物多様性保全を目的としたプロジェクトが生態系サービスの啓発にどのように影響しているのかを把握することが重要であるため、第6章では、現在都市域で増加しているミツバチプロジェクトを研究対象に取り上げた。全国のミツバチプロジェクトの活動内容を明らかにするとともに、周辺の緑地モニタリング成果を用いた環境コミュニケーション活動などにより、生物多様性と生態系サービスの啓発に貢献できる可能性を明らかにした。さらに、都市域における生物多様性の保全や持続的利用に貢献できる生態系サービスを指標とした各種プロジェクトの方向性を示した。

第7章 : 生態系サービスを指標とした緑地評価・計画手法の枠組み

生態系サービスを指標とした緑地評価・計画を実践するために、地域レベル

における緑地計画に資する研究(第3章), 地区レベルにおける緑地計画に資する研究(第4章), 地域レベルにおける緑地評価に資する研究(第5章)を取りまとめ, スケールや目的に応じた手法の適用方法や有効性, 課題を議論した。また, 生態系サービスの啓発活動(第6章)についても, その手法を整理した。特に, 動的な評価・計画手法であるシナリオプランニングについて, シナリオ検討の枠組みを示すとともに, 評価結果の表示方法などの環境コミュニケーション手法を検討した。

8-2 生態系サービスを指標として用いた緑地整備の一般化に向けた提言

都市域の緑地整備においては, 緑被率の向上や樹木本数の増加などが目標とされることがほとんどであった。しかし, 緑地の機能を顕在化させ, それらを有効に維持, 活用していくことが人と自然が共生する都市を整備していくために今後ますます必要になる。本研究では, そのアプローチとして生態系サービスを指標とした緑地計画の手法や必要性を提示した。一連の検討は緑地の目標管理にも資する有用な成果を示したと考える。また, 本手法の一般化に向けては第2章で提起した4つの課題に対応する必要がある。そこで, 本研究で得られた知見から, 今後の都市域の緑地計画の検討に資する提言を下記に整理した。

8-2-1 生態系サービスを指標とした目標管理

地球温暖化と比較して生物多様性に関する取り組みが遅れた一因は, 科学的根拠に基づく合理的な目標設定が困難であったためと考える。一方, 都市域の環境管理に関しては, 一人当たりの公園面積や街路樹の本数, 大気汚染物質質量などが環境指標として用いられており, これをPDCAサイクルにより, 目標設定から点検, 評価までの一連の作業を実施していく目標管理のフレームが示されている。

よって, 都市域の緑地整備において, 現在用いられている公園の面積や数, 利用者数, 樹木本数, 地域の緑被率などの指標に加え, 本研究で分類・整理した生態系サービスを指標として採用することで, 生物多様性に配慮した緑地の目標管理を実施する一助となると考える。

8-2-2 生態系サービスの計測の可否

生態系サービスに関しては, 現在の科学技術では計測が困難な項目も存在している(表2-7)。また, マクロスケールでのみ計測できる項目や, 複数の生態系サービスが影響した結果としての経済便益評価のみ計測可能な項目などが存在する。生態系サービスを指標とした緑地評価・計画を実施する際には, このように計測できない生態系サービスも存在することに留意する必要がある。

ただし, 本手法を活用する際に全ての計測可能な項目を取り上げることは, データの入手や作業効率の点から困難な面もあるため, 地域やプロジェクトの対応課題

を十分に認識し、生態系サービスの優先順位を明確にしたうえで代表的な指標を取り上げる方法が現実的といえる。たとえば、エコロジカルネットワークなどを評価することにより、それに付随する害虫の制御や遺伝資源の保全などを類推する、また、文化サービスについては、プログラム参加差数などを代替指標として活用する方法も考えられる。

8-2-3 生態系サービスを指標とする場合のスケールやデータ

評価に利用するデータは、既存の国土数値情報(地域レベル)や高解像度のリモートセンシングデータ(地区レベル)など、対象地のスケールに適した分解能のものを使用する必要がある。本手法に用いる質の高い自然環境情報は、環境省の実施するモニタリングサイト1000など各主体が積極的に整備を進めており、今後データベースの整備にともなう本手法の適用範囲の拡大や、適用時におけるコストや作業負担の軽減が期待できる。ただし、経済便益評価に活用する不動産取引価格のデータなどに関してはプライバシーの問題から非公開となっており、課題となっている。

データの収集方法に関しては、スマートフォンを利用し一般市民から鳥類の種名や位置情報などのモニタリングデータをリアルタイム収集できる、新たなデータ収集手法も提案されている(山田, 2010)¹¹¹。このようなデータを用いて、PDCAサイクルをまわし定期的に緑地の点検や見直しを行うことで、緑地の質的改善が期待される。その結果、さらにモニタリング活動に参加する市民の数が増加するなど相乗効果が予想される。

8-2-4 緑地の機能と生態系サービス, 人間の便益の明確化

都市域の緑地は生態系サービスを提供する資源と捉える事が出来るが、その役割は一般に十分認識されていないものも多い。本研究では緑地が保有する機能と、その機能が提供する生態系サービス、そしてそのサービスが人間に与える便益、経済便益という階層的なフレームワークにより、生態系サービスが人間にとってどのような役割を果たすのかを明確化する必要があることを提示した。

一方、緑地の潜在的な役割が認識されにくい状況下においては、生態系サービスの顕在化を意識した緑地計画の提案も重要になると考える。例えば、供給サービスを意識した提案として、緑地内に果樹や菜園などを設けるエディブルランドスケープや周辺の緑地から蜜を採集するミツバチプロジェクト、ヤギや鶏に除草させヤギ乳や卵を採集する取り組みも、緑地の機能の啓発として効果的であると考えられる。また、調節サービスでは、米国で広がっているレインガーデンの機能が興味深い。これは降雨時には雨水貯留、日常時には地下水涵養と美観形成に寄与する緑地であり、水の浸透により緑地機能の顕在化も同時に実現している。都市インフラとしての効用を向上させるため、緑地計画においても、上記のようなシステムを用いた動的(ダイナミック)な景観づくりが今後さらに求められるのではないかと考える。

8-2-5 生態系サービスの優先順位やトレードオフ

生態系サービスは生物多様性と深く関係しているが、生態系サービスの向上が生物多様性保全に必ずしも結びつくわけではなく、各生態系サービス間のトレードオフや立地特性などに応じた優先順位の検討は重要な課題である。既存の評価ツールでは専門家の議論により、各生態系サービスに異なる重みづけを適用し調整することが実施されている。

この課題への対応として、目標管理を導入することでPDCAサイクルをまわし、緑地の点検を重ねることで課題を明らかにしより良い方向に修正していく手法が考えられる。たとえば、計画立案時に木材供給などの特定の生態系サービスのみを重視した場合、生息生物数が減少するなど他の生態系サービスが劣化することが予想されるが、定期的に点検を重ねることでこのような課題を顕在化させ計画案の見直しができる。また、別のアプローチとして、CBIの様に一定の基準により評価を実施すれば、他のプロジェクトや別の都市の緑地との比較検討によりバランスを保つことが可能になると推察される。

加えて、緑地は一对の生態系サービスのみに貢献するのではなく、コベネフィットと呼ばれる複合的な効用が存在する。例えば、樹木の植栽は、木材の供給、大気の制御、気候の制御、水の制御、審美的価値など都市域の環境に広く貢献が期待できる。よって、本研究で提案した手法を活用し、緑地の担うべき目標を合理的に検討し、複合的に機能が発揮できるシナジー効果に富んだ緑地計画の検討が今後必要となると考える。

8-3 結論

生物多様性が主流化する状況下において、近年、生態系サービスを指標とする様々な評価ツールが開発されている。本研究では、生態系サービスという社会的関心の高い指標を都市域の緑地計画に採用し、GISやリモートセンシングなどの解析ツールを用い、既存の評価システムでは評価することが出来なかった生態系サービスの一部を評価し、また、シナリオプランニングより緑地計画を検討するなど新しい計画手法論を提案することにより、都市域の緑地計画の充実に一定の貢献ができたと思われる。研究全体のまとめを図8-1に示す。

また、様々なプロジェクトにおける実証試験を行い、コストや作業効率などを含め実践的な手法となるよう諸検討を実施した。本研究の結論は以下の4点に集約される。

(1) 都市域の緑地の生態系サービス

都市域の緑地整備を検討する際に生態系サービスを指標とする有効性や役割を示した。また、緑地評価に関する既往研究をレビューし、緑地の機能分類や経済便益評価およびそれらを用いた環境コミュニケーションに関して分類整理した。さらに、既存の緑地評価ツールから現状で指標として適用することが出来る緑地の生

態系サービスを明らかにした。

(2) 生態系サービスの評価

評価の対象となる都市緑地のスケールに応じた活用データを分類整理するとともに、既存のデータベースからの緑地に関するデータの取得方法やリモートセンシングを活用したデータ作成手法や処理方法を明らかにした。また、実用的な手法を検討するため、わが国の都市において汎用性のある生態系サービスの評価モデルを構築した。加えて、一連の評価における、緑地の機能、生態系サービス、人への便益という階層的なフレームワークの重要性を示した。

(3) シナリオプランニング

都市域の緑地計画手法として地域レベルおよび地区レベルのケーススタディを実施し、シナリオ設定の検討方法や複数のシナリオ案の評価、専門家以外に対する理解の促進や意思決定支援を目的としたビジュアルな表示方法を示した。本研究で取り上げた手法は再現性に優れ主観に左右されにくいいため、計画だけでなくPDCAサイクルによる目標管理にも活用可能であることを指摘した。加えて、生態系サービスのトレードオフなど実践上の課題とその対応策を提示した。

(4) 生態系サービスの啓発活動

都市域の緑地の潜在的な機能を明らかにするために、生態系サービス評価に加え不動産価値を用いた経済便益評価を実施し、生態系サービスが提供する価値を明らかにした。また、都市域における自然体験活動を事例として、生物多様性や生態系サービスの啓発に関する効用を明らかにするとともに、生物多様性保全や持続的利用に貢献できる各種プロジェクトの方向性を提示した。

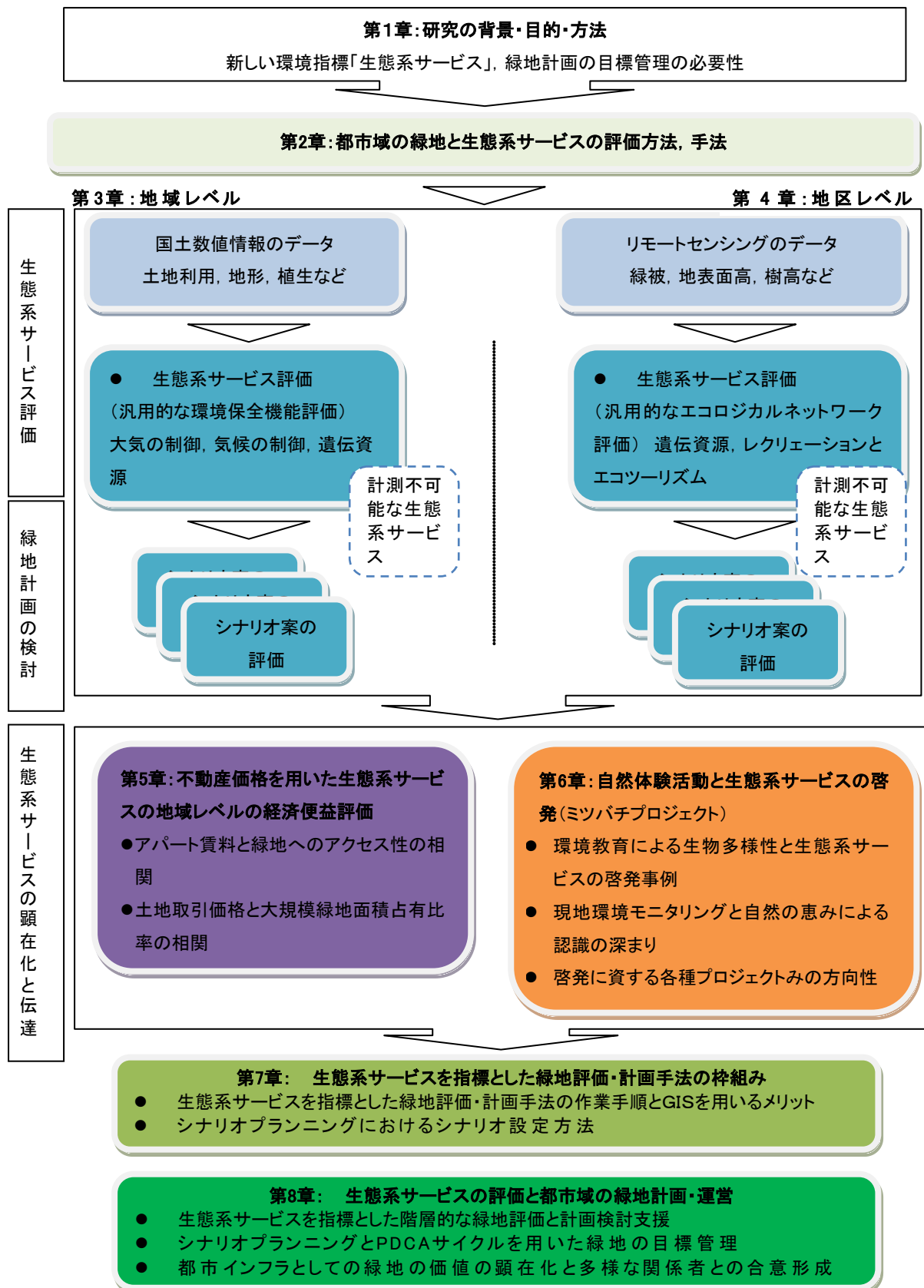


図 8-1 研究全体のまとめ

8-4 今後の課題

生態系サービスを指標とした緑地評価・計画を実現するためには、まだ解明されていない事項も多いためさらなる研究が望まれる。今後の課題として、以下のような点があげられる。

(1) “計測可能な指標のみ管理できる”(ESR, 2008)との指摘の通り、計測できない項目はその価値が認識されにくいいため優先度が低くなり、結果として緑地が劣化していく可能性は高い。MAの分類で定義された個別の生態系サービスに関しても現時点で評価モデルが存在しない項目が数多く存在する。今後、さらなる研究の推進や事例の蓄積により新たな評価モデルのモデル開発と整備が求められる。

(2) 機能の評価だけでなく、人間にとってどのような便益があるのかを定量評価することが重要であり、特に経済便益手法は緑地計画の推進に有効であると考えられる。TEEBにおいても、経済便益評価の有効性が指摘されており一般社会からの関心も高くなっている。しかし、経済便益手法は研究事例が少ないため今後さらなる研究が求められる。

(3) 生態系サービス間のトレードオフに関しては課題となっているがその検討手法に関しては研究事例が少ない。生態系サービスの最大化と生物多様性の保全は必ずしも一致しない場合も考えられ、また、都市整備という観点からは建築や土木など他の要素とのトレードオフに関しても今後さらなる研究が求められる。

(4) 都市域の緑地において生物多様性保全を進めるためには、評価、計画手法だけでなく、ミツバチプロジェクトのようなソリューションプログラムが求められる。特定の動物だけに留意するのではなく、人間にとっても生物にとっても好ましい都市緑地を整備するために、都市域における生物多様性保全に寄与できるソリューション技術の開発が求められる。

本研究で得られた知見が、合理的な緑地計画案の検討に寄与し、都市域における生物多様性保全に貢献するとともに、人間と生物が真に共生できる環境づくりの一助になると考える。今後、実践的なプロジェクトへの適用を通して、さらに検討を進め、指摘した課題に取り組む必要がある。

要約

都市人口が地球上の半数を超え生物多様性は都市域においても重要な地球環境の課題となっており、都市緑地整備に関してその保全や持続可能な利用の視点からの評価・計画が重要になっている。都市緑地を生物多様性の視点から検討する指標として生態系サービスが有効と考えられるが、その評価モデルや計画検討手法などは既存の造園学の分野で十分に研究されていない。

そこで本研究は、生態系サービスを指標とした都市域の緑地評価および計画手法に関して研究するとともに、実践的な手法として機能させるための環境コミュニケーション手法に関して検討を行った。本論文はその成果を以下の7章にわたって論述し、考察したものである。

第1章では、生物多様性や都市緑地を取り巻く課題を述べるとともに、都市域の生物多様性保全のために生態系サービスが重要な指標となることを示し、研究の手法を説明した。

第2章では、生態系サービスに関する既往研究および既存評価システムを整理した上で生態系サービスの評価方法などを示し、その計測の可否、評価スケールや入力データ、緑地機能と人間の便益の関係性、各生態系サービスのトレードオフという課題を抽出した。その結果、生態系サービスの階層的な評価の必要性や、スケールに対応したデータの利用、意思決定支援ツールとしての可能性を明らかにした。

第3章では、静岡県掛川市を事例としてGISを活用した地域レベルの緑地評価方法を検討した。市全域の二酸化炭素固定、大気浄化、気象緩和、エコロジカルネットワークに関する現状緑地評価及び将来緑地計画案の評価を行った結果、既存の国土数値情報の使用可能性や生態系サービスの評価手法、評価結果の表示手法および複数の将来計画検討手法の有効性を明らかにした。

第4章では、東京都杉並区における住宅団地建て替えプロジェクトを事例としてGISおよびリモートセンシングを活用した地区レベルの緑地評価手法を検討した。指標としてエコロジカルネットワーク評価を取り上げ、評価モデルの検討とモニタリングによるモデルの検証を行うことで、都市域域における地区レベルの緑地評価手法を示した。また、緑地の複数案の将来計画をシナリオとして解析・評価し、緑地計画の意思決定支援ツールとしての活用可能性を明らかにした。

第5章では、都市緑地が提供する生態系サービスが極めて重要であることを社会的合意として形成するための一助として、東京23区全域を対象として緑地の経済便益に関する評価を実施した。アパートの賃料や土地取引価格を利用して都市域の緑地による不動産価値向上への影響を示すことで、都市域の緑地が提供している潜在

的な生態系サービスの効用を明らかにした。

第6章では、都市域で増加しているミツバチプロジェクトを対象に自然体験活動の生物多様性や生態系サービスの啓発効果を検討した。その結果、周辺緑地と関連付けた環境教育や自然との触れ合い活動などにより、身近な自然環境への関心が高まり、生物多様性や生態系サービスに関する認識も高まることが明らかになった。また、都市域における生物多様性の保全や持続的利用に貢献できるプロジェクトの方向性を提示した。

第7章では、各章で検討した地域レベルおよび地区レベルの生態系サービスを指標とした緑地評価・計画の枠組みを提示するとともに、その特徴や課題を整理した。また、検討ツールとしてGISを用いるメリットや、動的な評価・計画手法であるシナリオプランニングにおけるシナリオ検討の枠組みを示した。

第8章では、本研究の結論として、各章の検討内容をまとめるとともに、生態系サービスを指標とした緑地評価・計画手法の一般化に向け、目標管理、計測の可否、スケールやデータ、階層的な評価、優先順位やトレードオフに対する提言を示すとともに今後の課題を述べた。

Summary

Studies on urban landscape evaluation and planning methods by using indexes of ecosystem services

In an era where half of the world's population lives in cities, biodiversity conservation in an urban area is a major global issue. Therefore, landscape evaluation and planning in urban areas is critical to conservation and sustainable use of biodiversity. Biodiversity provides numerous ecosystem services which this paper proposed as valid indexes of biodiversity in urban areas are considered crucial to human well-being at present and in the future, however recent studies did not show relationships between urban landscapes and ecosystem services.

In this paper, I investigate methods for evaluating and planning of urban landscape as indexes of ecosystem services. In addition, we also study environmental communication approach to establish practical landscape evaluation and planning methods. This article comprises 7 chapters, and followings are summary of the article.

Chapter 1 Introductory chapter: Purpose and method of this study.

The purpose of this chapter is to introduce the biodiversity and urban landscape issues as well as the ecosystem services which are important indexes for biodiversity conservation and sustainable use in urban areas, and also explained the research methods of this study.

Chapter 2 Evaluation of ecosystem services.

In this chapter, I research the existing study and evaluation system which focused on ecosystem services in order to show how to evaluate ecosystem services, availability of measurement of ecosystem services, rating scale and input data, the relationship between green infrastructure and human well-being, and trade-off of ecosystem services. As a result, the necessity for a hierarchical assessment of

ecosystem services, Use of the data corresponding to the scale, and capability of decision making system of urban landscapes become clear.

Chapter 3 Evaluation of ecosystem services which contribute to landscape planning at the regional level.

This chapter focuses on a regional level evaluation and planning method by using GIS and existing digital map on Kakegawa, Shizuoka. And also intends to show the existing and future environmental functions through the help of dynamic evaluation to related parties, including residents, who do not have special knowledge of environmental issues. It has an advantage of presenting the obtained results graphically and comprehensively in a geographic display.

Chapter 4 Ecological network Evaluation for project level landscape planning.

This chapter presents the evaluation method of the ecological network in urban area by using remote sensing and geography information system in order to discuss urban landscapes evaluation and planning methods on project level. The small-scale green space such as wooded backyard is made out by interpretation of high-resolution satellite image and analysis of digital surface model and digital terrain model in urban area of Suginami city in Tokyo. The suggested habitat evaluation method of Japanese Pygmy Woodpecker, an indicator species of ecological network, is verified by field investigations. In addition, this chapter proposed evaluation of the future scenarios such as decrease of private green space in study area with the purpose of study effective landscape planning.

Chapter 5 Economic benefits of ecosystem services in urban areas

In this chapter, I evaluate the economic benefits of urban landscape in downtown Tokyo, in order to create social consensus regarding ecosystem services which provided by urban landscape. And using the market price of land and apartments rent, assess the impact of increased real estate values by urban landscape for reveal the benefit of ecosystem services at urban landscape.

Chapter 6 The relationships between nature experience activities and ecosystem services in urban area.

This chapter describes the purpose, contents of activity, and current status of domestic honeybee projects were researched to consider the most suitable environmental education program that enhances understanding of nature and enlightens biodiversity issues. The program was actually carried out in a honeybee project and the effect was examined by a consciousness survey that illustrates the change of ideas of local residents before and after the project. The survey revealed that the environmental education program resulted in change of impressions of the honeybee itself, enhanced the communication regarding nature, and raised the recognition of biodiversity. The direction of project which contribute to conservation and sustainable use of biodiversity in urban areas were proposed as well.

Chapter 7 The framework for urban landscape evaluation and planning methods by using indexes of ecosystem services.

This chapter shows the structure of urban landscape evaluation and planning method by using indexes of ecosystem services, as well as the characteristics and issues. In addition, points out the benefits of GIS which is an analysis tool and the scenario planning framework in order to implement a dynamic evaluation planning methods.

Chapter 8 Conclusion: Evaluation of ecosystem services for landscape planning and management in urban area.

The conclusion of this study, this chapter summarizes the contents of each chapter and presents the multiple proposals such as objectives management, measuring, visualization of ecosystem service, trade-off for popularization of this method as well. Additionally, the overall conclusion and future problems are described.

図表リスト

図 1-1	本研究の背景と課題・目的の関連	11
図 1-2	農業の多様な役割と多面的機能(日本学術会議, 2001)	17
図 1-3	土地利用計画のための, 生態学知識と社会的価値の関係性	22
図 1-4	本研究で検討する緑地計画の方法論	23
図 1-5	論文の構成に関する概念図	26
図 2-1	生態系サービスと人間の福利(MA, 2005)	28
図 2-2	自然の価値の評価に関するアプローチ(TEEB, 2010)	43
図 2-3	ESR評価のステップ(WBCSD, 2008)	44
図 2-4	UFOREのステップ	44
図 2-5	生態系, 生態系サービスと人間の便益の関係(グルート, 2009を筆者改変)	49
図 4-1	本章の流れ	66
図 4-2	DSMとDTMの違い	68
図 4-3	緑被とDHM(樹高)の重ね図	68
図 4-4	バッファ作成と新しい樹林データの整備	69
図 4-5	コゲラのコアとサテライトの位置関係図	71
図 4-6	コゲラの生息可能域評価結果	75
図 4-7	シナリオA(現状維持)	77
図 4-8	シナリオB(悲観的)	77
図 4-9	シナリオC(楽観的)	78
図 4-10	シジューカラの生息可能エリアの解析事例	81
図 5-1	対象エリア(東京23区)	83
図 5-2	自然と触れ合う機会への関心(国土交通省, 2003)	84
図 5-3	森林サイズと生息する鳥の種数の関係(樋口, 1982)	86
図 5-4	周辺緑被率とアパート賃料の関係	86
図 5-5	半径100m以内の緑被率を10m格子上で解析した図	87
図 5-6	生物多様性に富む大規模緑地の占有率と不動産取引価格の変動率との関係	88
図 5-7	大規模緑地と地価の下落率	88
図 6-1	本章の研究の手順	93
図 6-2	環境教育プログラムの実施状況(ミツバチの働き)	100
図 6-3	環境教育プログラムの実施状況(採蜜体験)	100
図 6-4	環境教育プログラムの実施状況(ミツバチの巣の観察)	100
図 6-5	ニホンミツバチの訪花箇所	102
図 6-6	訪花が確認された樹木の樹高	103
図 6-7	ミツバチの危険性の認識の変化	104
図 6-8	自然に関する会話の変化	105
図 6-9	自然に関する関心の変化	106
図 6-10	生物多様性に関する認識の変化	107

図 7-1 地域レベルにおける生態系サービスを指標とした緑地評価・計画手法の	111
図 7-2 地区レベルの生態系サービスを指標とした都市域の緑地評価・計画手法の	113
図 7-3 都市域の緑地の経済便益評価手法の作業項目と手順	114
図 7-4 都市域における生態系サービスの啓発手法の作業項目と手順.....	115
図 8-1 研究全体のまとめ	128
表 1-1 緑の効用効果(進士, 1975)	13
表 1-2 緑地機能の分類案(高原, 1988)	13
表 1-3 緑地の機能と解析対象空間および調査項目(丸田ら, 1995)	14
表 1-4 都市の緑の主な機能(廿日市市, 2010)	15
表 1-5 森林の社会的機能の類型(前崎, 1976)	16
表 1-6 森林の効用(只木, 1999)	16
表 1-7 農業的土地利用の多面的機能の貨幣価値(三菱総合研究所, 2001)	19
表 1-8 森林の持つ多面的機能の貨幣価値(三菱総合研究所, 2001)	20
表 2-1 土地利用と生態系サービス(MA, 2005)	28
表 2-2 都市域の緑地と生態系サービス	30
表 2-3 土地利用のタイプによる生態系サービスと種の損失の関係性(ドブソン, 2006)	32
表 2-4 都市開発版の「緑地機能の発揮」に関する審査基準(上野, 2010)	37
表 2-5 評価項目と得点(SITES, 2010)	39
表 2-6 CBIの評価指標(CBI, 2010)	41
表 2-7 代表的評価ツールの評価対象となる生態系サービス.....	46
表 2-8 生態系サービスの計測の可否	47
表 3-1 システム構成.....	52
表 3-2 使用したGISデータ.....	53
表 3-3 緑地関連データ.....	54
表 3-4 緑地の生態系サービスの体系	55
表 3-5 大気浄化機能の評価モデル	56
表 3-6 二酸化炭素固定量の評価モデル.....	57
表 3-7 現況及び各将来シナリオの環境保全機能評価結果	59
表 4-1 コアの候補地	72
表 4-2 解析データと現地調査データの相違点.....	74
表 4-3 シナリオの設定と解析結果.....	76
表 5-1 解析に利用したデータ	83
表 6-1 本章で対象とした日本国内のミツバチプロジェクト	96
表 6-2 環境教育プログラム.....	99
表 6-3 訪花が確認された植物	102
表 7-1 利用データと評価対象.....	116
表 7-2 評価可能な生態系サービス	117

(特に断りがない図表は筆者が作成)

参考・引用文献

- ¹ Costanza R. et al. (1997): The value of the world's ecosystem services and natural capital, *Nature*, 387, 253-260
- ² 黒田大三郎(2010): 人と自然の共生～里山(SATOYAMA)と生物多様性の持続可能な利用, *Civil Engineering Consultant*, 249, 16-19
- ³ United Nations Human Settlements Programme(2006): State of the World's Cities 2006-2007
- ⁴ UNDESA - United Nations Department of Economic and Social Affairs (2010): 'World Urbanization Prospects, The 2009 Revision (<http://esa.un.org/unpd/wup/index.htm>. 2011年1月10日確認)
- ⁵ 山田順之(2008): 「企業緑地」の見える化, *ランドスケープデザイン*, 61, 8-9
- ⁶ 山田順之(2009): 最近の市街地開発における企業の緑への取り組み, *都市緑化技術*, 74, 26-29
- ⁷ 中口毅博(2001): 環境総合指標による地域環境計画の目標管理に関する研究, 2
- ⁸ CBI(2010): User's Manual for the city biodiversity index, 34pp
- ⁹ WRI(2008): The Corporate Ecosystem Service Review, World Business Council for Sustainable Development, 37pp
- ¹⁰ WBCSD(2011): Guide to Corporate Ecosystem Valuation, World Business Council for Sustainable Development, 73pp
- ¹¹ TEEB (2010): The Economics of Ecosystems and Biodiversity, Mainstreaming the Economics of Nature - A synthesis of the approach, conclusions and recommendations of TEEB, 39pp
- ¹² 日本学術会議(2001): 地球環境・人間生活にかかわる農業及び森林の多面的な機能の評価について, 日本学術会議答申, 103pp
- ¹³ 横張真(1995): 農林地の環境保全機能に関する研究, *ランドスケープ研究*, 59(2), 101-108
- ¹⁴ 丸田頼一(1983): 都市緑地計画, 丸善株式会社, 9-15
- ¹⁵ 山本聡・安部大就・増田昇・下村泰彦・岡本隆志(1995): 近隣居住者から見た「ため池」が保有する環境保全機能に関する研究, *ランドスケープ研究*, 58(5), 257-260
- ¹⁶ 恒川篤史(1999) 自然環境保全のための環境評価システムと意思決定, *環境情報科学*, 28(3), 24-29
- ¹⁷ 高原栄重(1974): 環境緑地 I 「都市緑地の計画」, 鹿島出版会, 64

- ¹⁸ 高橋理喜男・蜂屋(1972):広域緑地体系における都市林, 都市林, 農林出版, 296
- ¹⁹ 進士五十八(1975):住環境に於けるグリーンミニマムについての研究, 造園雑誌, 38(4), 16-31
- ²⁰ 高原栄重(1988):都市緑地, 鹿島出版会, 1-12
- ²¹ 三沢彰(1990):環境装置としての緑地—緑地機能のための緑化技術, 造園雑誌, 54(1), 81-84
- ²² 丸田頼一・柳井重人(1995):緑地機能解析からのランドスケープ研究, ランドスケープ研究, 58(3), 318-319
- ²³ (社)日本公園緑地協会(1995):緑の基本計画ハンドブック, 101pp
- ²⁴ 廿日市市建設部都市・建築局都市計画課(2010):廿日市市緑の基本計画, 廿日市市, 33
- ²⁵ 前崎武人(1976):森林の社会的機能とその評価, 光珠内季報, 北海道立林業試験場, 1-7
- ²⁶ 只木良也(1999):緑の効用, プレック研究所スタディレポート, 5, 6-17
- ²⁷ 大澤啓志・一ノ瀬友博(2008):ランドスケープエコロジー, ランドスケープ研究, 72(1), 72-83
- ²⁸ 春田章博(2003):エコロジカルネットワーク計画に関する動向と課題, ランドスケープ研究, 67(2), 191-193
- ²⁹ 一ノ瀬友博(2003):鳥類群集を指標とした緑地環境評価手法に関する研究, ランドスケープ研究, 67(1), 31-38
- ³⁰ 黒田貴綱・勝野武彦(2007):都市近郊域における異なる土地利用タイプとアカネズミの生息との関係, ランドスケープ研究, 70(5), 479-482
- ³¹ 李承恩・盛岡通・藤田壮(2001):トンボ類を指標生物とした都市域におけるビオトープの空間的特性の評価, 土木学会論文集, 671(7-18), 1-11
- ³² 山田宏之(2003):ヒートアイランド対策としての緑地配置計画, ランドスケープ研究, 67(2), 194-197
- ³³ 藤原宣夫(2006):植栽樹木の二酸化炭素固定量からみた都市緑化施策の評価に関する研究, 日本緑化工学会誌, 31(3), 324-325
- ³⁴ 伊藤泰志・武内和彦・井手任・加藤和弘・恒川篤史・斎藤馨(1993):緑地の持つ環境保全機能の評価と解析支援システムに関する研究, 造園雑誌, 56(5), 319-323
- ³⁵ 網藤芳男・井出仁・横張真(1992):住民による都市近郊樹林地の機能評価, 農村計画学会誌, 11(3), 21-29

- ³⁶ 三菱総合研究所(2001):地球環境・人間生活にかかわる農業及び森林の多面的な機能の評価に関する調査研究報告書
- ³⁷ E. Gregory McPherson(2007):Benefit-Based Tree Valuation, Arboriculture & Urban Forestry, 33(1), 1-11
- ³⁸ Robert J. Laverne・Kimberly Winson-Geideman(2003):The influence of trees and landscaping on rental rates at office buildings, Journal of Arboriculture, 29(5), 281-290
- ³⁹ Kathleen L. Wolf(2005):Business district streetscapes, trees, and consumer response, Journal of Forestry, 103(8), 396-400
- ⁴⁰ 谷口旭(2009):農林水産業の多面的機能の定量評価に潜む問題,日本水産学会誌, 75(1), 115
- ⁴¹ Bryan G. Norton(1998):Improving Ecological Communication -The Role of Ecologists in Environmental Policy Formation, Ecological Applications, 8(2), 350-364
- ⁴² Rebecca D'Cruz(2004):The Role of Communication, Education and Public Awareness (CEPA) in Lake Basin Management, Lake Basin Management Initiative, 1-16
- ⁴³ 渡辺敦子・鷺谷いづみ(2004):生物多様性保全に資する政策の日米比較(Ⅱ):生態系分野の環境影響評価・生態系修復・保全教育・市民参加と協働,保全生態学研究,9,127-140
- ⁴⁴ 棟方有宗・攝待尚子・原田栄二(2009):都市における新しい自然環境の保全・活用モデルの提案～保全の担い手の育成を目指したESD活動の実践,宮城教育大学紀要, 44, 63-72
- ⁴⁵ 谷口守・松中亮治・山本悠二(2008):今後の生物多様性保全策の検討材料としての特定生物種保全の実態分析―人間の「好き嫌い」と地域特性に着目して,都市計画論文集, 43(1), 60-65
- ⁴⁶ Ruth S DeFries, Jonathan A Foley, and Gregory P Asner(2004):Land-use choices: balancing human needs and ecosystem function, Frontiers in Ecology and the Environment, 2(5), 249-257
- ⁴⁷ Dobson A, Lodge D, Alder J, Cumming GS, Keymer J, McGlade J, Mooney H, Rusak JA, Sala O, Wolters V, Wall D, Winfree R, Xenopoulos MA.(2006):Habitat loss, trophic collapse, and the decline of ecosystem services, Ecology, 87(8), 1915-1924
- ⁴⁸ 中静透(2011):生物多様性の意味およびCOP10の意義と課題, 環境技術, 40(2), 66-71
- ⁴⁹ 田中貴宏(2005):都市環境の人工化と生活者の健康との関係について-横浜市, 川崎市を対象とした調査, 日本生態学会関東地区会会報, 53, 15-20
- ⁵⁰ Hisatomo Taki, et al.(2009):Effects of landscape metrics on Apis and non-Apis pollinators and seed set in common buckwheat, Basic and Applied Ecology, 11, 594-602
- ⁵¹ BRE Global(2008): BRE Environmental & Sustainability Standard, BREEAM Offices 2008

Assessor Manual, 311pp

- ⁵² 上野芳裕 (2010) :環境テクノロジー推進のための認定・認証事業の展望2－SEGES(シージェス:社会・環境貢献緑地評価システム),ランドスケープ研究, 74(3), 190-191
- ⁵³ Sustainable SITES Initiative (2009) :Guidelines and performance benchmarks, 233pp
- ⁵⁴ User's Manual for the Singapore Index on cities Biodiversity (2009)
(<http://www.cbd.int/doc/groups/cities/user-manual-singapore-index-2009-11-21-en.pdf>
2011年2月27日確認)
- ⁵⁵ 国際会議「都市における生物多様性とデザイン」報告書
(http://www.greentech.or.jp/hakkou_pdf/download/houkokusyo.pdf 2011年2月27日確認)
- ⁵⁶ 地方自治体と生物多様性に関する愛知・名古屋宣言
(<http://www.cbd.int/doc/meetings/city/cbs-2010/official/cbs-2010-declaration-jp.pdf>
2011年2月27日確認)
- ⁵⁷ TEEB(2010): The Economics of Ecosystems and Biodiversity–Ecological and Economic Foundation, 400pp
- ⁵⁸ TEEB(2011): The Economics of Ecosystems and Biodiversity in National and International Policy Makers, 352pp
- ⁵⁹ TEEB(2010): The Economics of Ecosystems and Biodiversity for Local and Regional Policy Makers, 207pp
- ⁶⁰ TEEB(2010): The Economics of Ecosystems and Biodiversity in Business and Enterprise, 224pp
- ⁶¹ Perrot-Maître, D. and Davis, P. (2001):Case studies of Markets and Innovative Financing Mechanisms for Water Services from Forests, Forest Trends, 48pp
- ⁶² WRI, WBCSD and Meridian Institute (2008): The Corporate Ecosystem Services Review, 37pp
- ⁶³ Craig Hanson, et al. (2008):生態系の変化から生じるビジネスリスクとチャンスを見つけるためのガイドライン, WBCSD, 34pp
- ⁶⁴ David J. Nowak, et al. (2008):A Ground-Based Method of Assessing Urban Forest Structure and Ecosystem Services, Arboriculture & Urban Forestry, 34(6), 347-358
- ⁶⁵ i-Tree(2008):Milwaukee Ecosystem Analysis, Urban Forest Effects and Values, 18pp
- ⁶⁶ R.S. de Groot, R. Alkemade, L. Braat, L. Hein, L. Willemsen (2010):Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making, Ecological Complexity, 7, 260-272
- ⁶⁷ 滝口範子 (2009) :米国の建築はいま, 建設通信新聞(寄稿2009.3.5付け)

- ⁶⁸ 伊藤泰志・武内和彦・井手任・加藤和弘・恒川篤史・斎藤馨(1993):緑地の持つ環境保全機能の評価と解析支援システムに関する研究, 造園雑誌, 56(5), 319-323
- ⁶⁹ 横張真(1994):農林地の環境保全機能に関する研究, 緑地学研究, 13, 17-28
- ⁷⁰ 地理情報システム関係省庁連絡会議議(2002):GISアクションプログラム2002-2005
(http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha02/02/020220/4_.pdf 2011.2.27確認)
- ⁷¹ 国土交通省(2001):平成12年度官民連携によるGISデータの流通・相互利用に関する調査報告書, 121pp
- ⁷² 高木賢二・土田久雄・鍵屋浩司・尾島俊雄(1999):土地利用変化が都市気候に与える影響に関するケーススタディ(その2), 日本建設学会大会学術講演梗概集, 879-880
- ⁷³ プレック研究所(1995):大気浄化植樹マニュアル, 公害健康被害補償予防協会, 39-43
- ⁷⁴ 大澤啓志・勝野武彦(2000):多摩丘陵南部におけるシュレーゲルアオガエル生息の環境条件の把握と保全に関する考察, ランドスケープ研究, 63(5), 495-501
- ⁷⁵ 斎藤憲治・片野修・小泉顕雄(1988):淡水魚の水田周辺における一時的な水域への侵入と産卵, 日生態誌, 38, 35-47
- ⁷⁶ 貴島恒夫・岡本省吾(1962):原色木材大図鑑, 保育社, 204pp
- ⁷⁷ NSDIPA(1998):国土空間データ基盤の整備推進に関する提言書, 国土空間データ基盤推進協議会
- ⁷⁸ 掛川市(2001):掛川市環境基本計画, 掛川市環境政策課, 18-19
- ⁷⁹ 養父志乃夫(1999):ビオトープの造成と管理, ランドスケープエコロジー, (社)日本造園学会, 技報堂出版株式会社, 238-240
- ⁸⁰ 笹倉久・鳥越昭彦・狩谷達之・竹井穰・小菅敏裕・井手佳季子(2000):人と自然が共生する都市づくり, 都市のエコロジカルネットワーク, (財)都市緑化技術開発機構, ぎょうせい, 63-73
- ⁸¹ 一ノ瀬友博(2002):公園緑地における鳥類の出現状況と公園緑地の植生及び周辺土地利用の関係に関する研究—都市域における生態的ネットワーク計画の構築のための基礎的研究—, 都市計画論文集, 37, 919-924
- ⁸² 佐藤浩幸(2006):平成16年度都市部におけるビオトープネットワーク構築に関する研究, 都市再生機構調査研究期報, 141(11), 136-143
- ⁸³ 羽柴秀樹・亀田和昭・田中總太郎・杉村俊郎(2001):高分解能衛星データによる都市域の小規模植生分布の抽出, 土木学会論文集, 685 VII-20, 27-39
- ⁸⁴ 横田樹広・武内和彦(2006):高解像度緑被モニタリングによる都市内小規模緑被の分布把握と

- チョウ類を指標とした生態系ネットワーク機能の評価, 都市計画論文集, 41(3), 361-366
- ⁸⁵ 小松義典(2006):リモートセンシングとGISを利用した都市緑化の適地選定, アーバン・アドバンス, 42, (財)名古屋都市センター
- ⁸⁶ 山田順之・上田純広・恒川篤史(2003):GISを活用した緑地の環境保全機能の評価ー静岡県掛川市を例として, GISー理論と応用, 11(1), 61-69
- ⁸⁷ 片桐由希子・大澤啓志・山下英也・石川幹子(2006):ビオトープタイプの組成とカエル類生息からみた小流域の評価手法に関する研究, ランドスケープ研究, 69(5), 785-788
- ⁸⁸ 大沼克弘・藤田光一(2005):リモートセンシング・GIS等を活用した河川環境評価技術の開発, 国総研アニュアルレポート2004, 国土交通省国土技術政策総合研究所, 60-61
- ⁸⁹ 首都圏都市づくり研究会(2005):「防災・環境等に優れた首都圏の緑等ネットワーク」に関する検討平成16年度検討成果, 国土交通省, 13-20
- ⁹⁰ 小泉千絵子・佐々木義裕・広中良和・高橋祐治(2001):高分解能衛星画像を用いた都市の緑被率推定, 日本リモートセンシング学会第31回学術講演会論文集, 9-10
- ⁹¹ 岡崎樹里・秋山幸也・加藤和弘(2006):都市緑地における樹林地の構造と鳥類の利用について, ランドスケープ研究, 69(5), 519-522
- ⁹² Morrison, J. and Chapman, W. (2005): Can Urban Parks Provide Habitat for Woodpecker?, Northeastern Naturalist, 12(3), 253-262
- ⁹³ Schroeder, Richard. L. (1983): Habitat suitability index models: Downy Woodpecker, U.S. Fish and Wildlife Service, 1-10
- ⁹⁴ 真下由紀(1999):コゲラの営巣環境に関する研究, 都市公園, (財)東京都公園協会, 146, 78-82
- ⁹⁵ 石田健・多賀レア(1988):馬事公苑(東京都内)武蔵野自然林の植生とコゲラの穴木分布, Strix, 7, 213-230
- ⁹⁶ 利根川将充・亀山章(2006):繁殖期におけるコゲラのHISモデル, 日本緑化工学会誌, 31(1), 209
- ⁹⁷ 杉並区環境清掃部環境課(2003):すぎなみの鳥, ぎょうせい, 14-51
- ⁹⁸ 石田健(2002):コゲラ個体群の分布と進化
(<http://www.uf.a.u-tokyo.ac.jp/~ishiken/education/forestecosystems/kogera20021111.pdf>
2006年4月10日確認)
- ⁹⁹ 恒川篤史(2005):緑地環境のモニタリングと評価, 朝倉書店, 70-80
- ¹⁰⁰ 山田順之, 他(2010):企業が取り組む生物多様性入門, 日本能率協会マネジメントセンター, 76-78

- ¹⁰¹ 山田順之(2011):生物多様性都市のデザイン「いきものにぎわうまち」への取り組み, ビオシティ, 47, 52-55
- ¹⁰² Correll, M.R., Lillydahl, J.H.&Singell, L.D.,(1978): The effects of greenbelts on residential property values: some findings on the political economy of open space, *Land economics*, 54, 207-217
- ¹⁰³ Tyrvaänen, L.,(1997): The amenity value of the urban forest: an application of the hedonic pricing method, *Landscape and urban planning*, 37, 211-222
- ¹⁰⁴ Luttik, J.,(2000): The value of trees, water and open spaces as reflected by house prices in the Netherlands, *Landscape and urban planning*, 48, 161-167
- ¹⁰⁵ Gao, X. & Asami, Y.,(2001): The external effects of local attributes on living environment in detached residential blocks in Tokyo, *Urban Studies*, 38 (3), 487-505
- ¹⁰⁶ 国土交通省(2003):国土交通白書, 75
- ¹⁰⁷ 東京都生活文化局(2003):住宅土地総合調査
(<http://www.metro.tokyo.jp/INET/CHOUZA/2003/03/60d3c103.htm>. 2005年9月10日確認)
- ¹⁰⁸ メジャーセブン(2006):メジャーセブンのマンショントレンド調査, 4, 5
- ¹⁰⁹ DesRosiers, F., Thériault, M., Kestens, Y. & Villeneuve, P.,(2002): Landscaping and house values: an empirical investigation, *Journal of real estate research*, 23, 139-162
- ¹¹⁰ 山田順之(2000):ビオトープと生物多様性, グリーンエージ, 9, 23-29
- ¹¹¹ Meffe, G.K., L.A. Nielsen, R.L. Knight, and D.A. Schenborn (2002): Ecosystem management: adaptive, community-based conservation, Island Press, 197
- ¹¹² Hirono, T., (1985): The relationship between the percentage of wooded area and the occurrence of bird species in Utsunomiya, *Strix*, 4, 33-41
- ¹¹³ Higuchi, H., Tsukamoto, Y., Hanawa, N.&Takeda, N.,(1982): Relationship between forest size and bird species, *Strix*, 1, 70-78
- ¹¹⁴ Dramstad, W.E., Olson, J.D. & Forman, R.T.T.,(1996): Landscape ecology principles in landscape architecture and land-use planning, Island Press, 22
- ¹¹⁵ 環境省(2002):新・生物多様性国家戦略,ぎょうせい, 315pp
- ¹¹⁶ 山田順之(2010):持続可能なまちづくりにむけた企業の生物多様性への取り組み, 都市計画, 59(5), 50-53
- ¹¹⁷ 山田順之(2010):ニホンミツバチプロジェクト, アーバン・アドバンス, 52, 40-46

- ¹¹⁸ 谷口守・松中亮治・山本悠二(2008):今後の生物多様性保全策の検討材料としての特定生物種保全の実態分析—人間の「好き嫌い」と地域特性に着目して, 都市計画論文集, 43(1), 60-65
- ¹¹⁹ 水口達也・安藤秀俊(2007):福岡市内の小学校における学校ビオトープの調査, 科教研報, 22(1), 111-116
- ¹²⁰ 杉浦明平(1995):養蜂記, 中央公論社, 279pp
- ¹²¹ 日本在来種みつばちの会(2000):日本ミツバチ, 農文協, 175pp
- ¹²² 田中淳夫(2009):銀座ミツバチ物語—美味しい景観づくりのススメ, 時事通信出版局, 199pp
- ¹²³ 内閣府大臣官房政府広報室(2009):環境問題に関する世論調査, 内閣府

なお本研究のいくつかの章は, 既発表の学術論文や採択済み論文, 学会発表などをもとに執筆・改稿している。

第3章 地域レベルの緑地計画に資する生態系サービスの評価

山田順之・上田純広・恒川篤史(2003):GISを活用した緑地の環境保全機能の評価—静岡県掛川市を例として, GIS—理論と応用, 11(1), 61-69

第4章 地区レベルのエコロジカルネットワーク評価手法

山田順之・島田知幸(2007):リモートセンシングとGIS を利用した都市域におけるエコロジカルネットワークの評価手法に関する研究 —コゲラを指標種として—, 都市計画論文集, 42(3), 145-150

第5章 都市域の生態系サービスの経済便益

Yoichi Kumagai and Yoriyuki Yamada(2008):Green space relations with residential values in downtown Tokyo —Implications for urban biodiversity conservation—, Local Environment, 13(2), 141-157

第6章 都市域における自然体験活動と生態系サービスの啓発事例

山田順之・曾根佑太・古谷勝則(2011):都市域の自然体験活動としてのミツバチプロジェクトに関する研究, ランドスケープ研究, 74(5), 585-590