

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年6月10日現在

機関番号：34303

研究種目：基盤研究(A)

研究期間：2010年度～2012年度

課題番号：22241010

研究課題名（和文）都市における生物多様性指標の開発

研究課題名（英文）Development of City Biodiversity Index

研究代表者

森本 幸裕 (MORIMOTO YUKIHIRO)

京都学園大学・バイオ環境学部・教授

研究者番号：40141501

研究成果の概要（和文）：

生物多様性条約 COP10 では、都市の生物多様性指標（シンガポール指標）が認知されたが、利用しやすさ、実効性、他の課題があつて広く普及していない。そこで、生物多様性、生態系サービス、ガバナンスの3要素の効果的な評価手法の開発に取り組み、国土交通省による「都市の生物多様性指標」（素案）の作成に大きく貢献するとともに、都市孤立緑地植物の遺伝的多様性評価、子供の遊びを通じた生物多様性の恵みの評価、高密度航空レーザスキャナ利用の都市林ハビタット評価、などの基礎的あるいは今後の展開のための成果も得た。

研究成果の概要（英文）：

The City Biodiversity Index (Singapore Index, CBI) is authorized at the COP 10 of the Convention on Biological Diversity. However, the index has issues to be reconsidered, such as the environment of each city, applicability etc. So, we re-examined the evaluation methods from the viewpoints of 'biodiversity', 'ecosystem services' and 'governance' to apply on Japanese cities. And, we successfully committed to establish a Japanese version of CBI (preliminary edition) compiled by the Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism of Japan. We also revealed the various knowledge and methods to improve the evaluation methods, including genetic diversity evaluation of plants in isolated forests, and urban forest habitat evaluation method using intensive airborne LiDAR.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	10,600,000	3,180,000	13,780,000
2011年度	8,000,000	2,400,000	10,400,000
2012年度	7,100,000	2,130,000	9,230,000
年度			
年度			
総計	25,700,000	7,710,000	33,410,000

研究分野：環境学

科研費の分科・細目：環境影響評価・環境政策

キーワード：生態系影響評価、生物多様性、生態系サービス、ガバナンス、生物多様性条約、CBI、生物多様性指標、URBIO、LiDAR

1. 研究開始当初の背景

世界人口白書によれば、2050年には2010年の35億人から63億人に増加が

見込まれる世界の人口のうち、すでに都市居住者が50%を超え、ますます、この傾向が強まることが見込まれている。つまり、都市

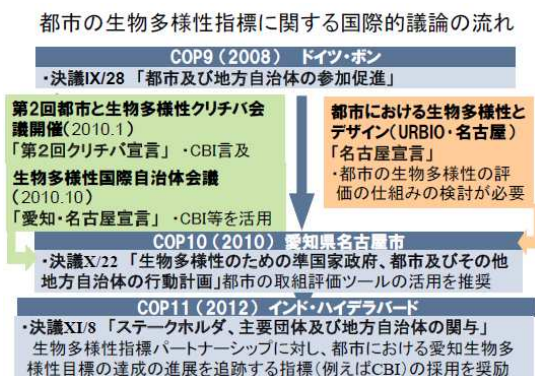
の生物多様性に対する影響はますます大きくなるが、一方で「都市は問題ではなく解決である」(元クリチバ市長のレルニエ博士)や、「生物多様性の戦いの勝敗は都市にかかっている」(元、生物多様性条約事務局長ジョグラフィ氏)ともいわれるように、都市の対処能力が期待されている。そのため、「測れないものは改善できない」(デミング博士)という視点から、生物多様性条約事務局やシンガポール政府は COP10 にむけて、都市の生物多様性の取り組みのための国際標準となるツールとしての都市の生物多様性指標(シンガポール指標)が当時、開発されようとしていた。数回のワークショップを経てまとめられた案は COP10 時に6都市の試行評価結果も含めて公表されたものの、各都市の立地環境への配慮、現実の都市への適用可能性、異なる次元の統合手続き、実効性、など多岐にわたって課題を抱えていた。

一方、景観生態学/保全生物学の観点からの生物多様性維持機構の解明が進んでおり、我々もこの基礎の上に、都市の生物多様性について、いくつかの分類群についての評価実績を持っていた。また、森本は URBIO 2010(都市におけるデザインと生物多様性に関する国際会議)を共同議長として開催する立場にあることを活かし、国際自治体会議と生物多様性条約 COP10 におけるポスト2010年目標策定に貢献しつつ、さらにその後の展開を図るために、生物多様性に関する、生物指標、ポテンシャル指標、社会指標の3レベルの総合的研究を着想するに至った。

さらに、本研究の社会性、実効性を意識して、国土交通省都市局、および地方自治体の環境政策部局とも連携をとり、各種委員会等、また生物多様性地域戦略策定等の機会を活かしたアウトリーチ活動が可能であり、かつそれが都市の生物多様性行政を進める上で有効な時勢にあると思われた。

当時の本課題に関連する国際的議論の流れは下図の通りである。

図 1



2. 研究の目的

シンガポールでのワークショップ等を経て開発されたシンガポール指標(CBI:都市の生物多様性)の意義と限界を認識し、我が国を中心とした現実の都市における生物多様性とその恵み(生態系サービス)の現状を把握し、取り組みの目標設定に寄与し、達成度の評価に役立つ管理ツールとしての指標のありかたを追求することを目的とする。そのため、現実の都市の立地条件や実態を適切に把握できること、管理ツールとしての実効性が高いこと、生物多様性と生態系サービスに関する学術的な意味も十分兼ね備えていること、また現実の行政への適用可能性が大きいことと、学術的な厳密性や意義の両立が直ちには困難な面を予想して、現実的な提案を目的とするとともに、今後の改良と展開を考えた視点からの方法を提案することも目的とした。

3. 研究の方法

研究は大きく分けて、つぎの3つの異なる領域からなる。まず、基礎的な要素に関する評価モデルの開発である。例えば都市における生物多様性の評価の際にこれまでほとんど取り上げられてこなかった、都市化が遺伝的多様性に及ぼす影響をスミレ類を用いて評価すること、都市河川を土地被覆の実態から評価モデルを開発すること、都市化に敏感な水辺植物や蘚苔類を用いた評価モデルを開発すること、革新的な評価方法としての航空機 Lidar センシングによる方法を開発すること、である。2番目には、徳島県の生物多様性の地域戦略策定などの具体的な取り組みに貢献しつつ、取り組みに有効な評価方法を探ることである。3番目には、上記の研究やこれまでの知見をもとに、アウトリーチ活動を通じた CBI の実践的な改良である。これまでにまとめられたシンガポール指標や COP10 の際に名古屋市から提出された改良試案を検討し、我が国の各都市の実情を踏まえつつ、適用可能性と実効性を兼ね備えた、「日本版都市の生物多様性指標」を作成するために、関連する国内および国際学会大会時のワークショップ、自治体や国土交通省都市局の担当者を含む専門家によるワークショップや懇談会等を通して、指標とその評価基準を検討し、我が国の都市行政に対して適用可能性と実効性を兼ね備えた試案とすることである。

ワークショップ開催については、生物多様性条約 COP10 への貢献を目指した The 2nd International Conference of Urban Biodiversity and Design (URBIO2010)、日本緑化工学会年次大会、The 8th IALE World Congress、48th IFLA WORLD CONGRESS などの大会を利用したほか、2回の独自企画

を行なった。独自企画では、URBIO 代表（ミューラー教授）を我が国に招いて研究集会を開催した。さらにシンガポール指標を試行評価した、モンペリエ、ブリュッセル、シンガポールの現地を訪問し、実務担当者と都市の生物多様性の実態と施策および CBI の課題について意見交換を行なった。

以上を踏まえ、国土交通省都市局による「都市の生物多様性指標（案）に関する有識者懇談会」に研究代表者の森本幸裕が座長として参画し、素案（主な発表論文等〔その他〕参照）の作成に貢献した。

4. 研究成果

(1) 都市の生物多様性の評価手法

・遺伝的多様性：都市の緑地分断化と緑地内の空間構造が植物個体群に与える遺伝的影響を景観生態学的観点から明らかにすることで、都市緑地における遺伝的多様性の適切な保全手法を考察した。解析対象種として、種子散布能力が低いために、生育地分断化によって個体の移動が制限されることが憂慮されるタチツボスミレを選定し、都市緑地の分断化と緑地内の空間構造が本種の遺伝的多様性に与える影響を分析した。ArcGIS 10 を用いて、都市緑地の空間構造を分析するとともに、マイクロサテライト多型解析（SSR 解析）を用いて集団遺伝解析を行い、遺伝的多様性と都市緑地の空間構造との関係を説明するモデルを作成した。異なる対立遺伝子が出現する確率を一般化線形混合モデルで表した結果、(a)孤立林内の緑被部の面積が大きい、(b)個体群数が多い、(c)個体群間の平均距離が小さい、(d)個体群の配置がクラスタ分布あるいは分散分布に偏らない、等の条件下で遺伝的多様性は高くなっていったが、周辺の山地からの距離や孤立林の面積等のマクロスケールの条件は有意な影響を遺伝的多様性に与えていなかった。この結果から、都市緑地に生育するタチツボスミレの遺伝的多様性は、緑地分断化よりも緑地内構造と個体群の配置から受ける影響の方が大きいことが示唆され、本種の遺伝的多様性を保全するには、緑地内の空間構造を考慮する事が重要であることが判明した。他の生活史特性を持つ植物種においても分析することで、都市緑地を生物多様性の保持に活用するより適切かつ一般的な方策を構築することが可能になるものと考えられる。

・都市孤立林のコケ植物の生育形が環境条件と密接に関連することに着目し、樹幹着生蘚苔類の種多様性と生育形多様性との関係から評価することが可能である。

・都市河川は土地利用の高度化や治水から複断面化されることが多く、これが生物多様性を減少させる大きな原因になっている。平水位時の非冠水域において、空中写真から、

高水敷上及び低水路内の土地利用を求め、周辺地域との人口密度との関係の把握を行った。その結果、低水路内は利用されないためにその自然植生や砂州の割合は指標としては利用できない。高水敷に関しては、自然植生被覆度だけでは人為的インパクトを表し難いものの、それに農業地を加えた割合では、高い負の相関があることが示され、指標になり得ると考えられた。

・政令指定都市の地形区分とそこに残る絶滅危惧植物の特徴を明らかにした。また、生態系サービスの指標化として、名古屋市東部について土地利用変化や浸水被害リスクから都市型洪水の現状を分析し、レインガーデン導入による雨水流出抑制効果について検討した。名古屋市が実施した未整備都市計画緑地の調査結果をもとに、緑地の自然的価値と社会的価値にもとづく類型化を行った。

・身近に残された緑地や河川といった自然空間やオープン・スペースを、生物多様性を保全しながら、子どもの「遊び」と「環境学習」を目的として再生・創造していくことは、現代の都市において重要な課題である。都市における緑地・水辺など身近なオープン・スペースを、「地域の自然環境の修復・再生」、「環境学習」、「住民参加」、「子どもの遊び」の場として活用できる環境デザインを行ってきた。本研究では、都市における緑地・水辺の環境デザインのプロセスをとおして、子どもの遊びと生物種の関連から生物多様性指標の開発を行った。

・森林の垂直方向の構造の多様性は、鳥類等の種多様性と関連があり、生物多様性評価において有用な視点である。そこで、3次元情報を得られる航空 LiDAR を用いて、大阪万博記念公園の樹林を対象に計測を行い、森林の垂直構造の多様性を評価することを試みた。その結果、高密度（約 47 点/m²）で計測すれば 1 m の分解能で森林の垂直構造を再現できることや、約 2.4 点/m² の低密度でもハピタット評価に使われる指数の推定が可能であることを明らかにした。

・日本全域を対象に、水辺植物の生育地評価を行うためのモデルを作成し、都市の発展による消失程度を評価する手法を構築した。また、竹林拡大モデルを構築し、里山劣化リスクを評価した。

・里山等の地域資源を、地域住民主導で管理していくためのしくみ、人的ネットワークの構造、及びそれらの構築プロセスを大阪、徳島、北広島等、いくつかの事例をもとに市民協働による生物多様性地域戦略の策定過程を把握し、生物多様性の主流化に向けた活動の評価手法を検討した。

(2) 都市の生物多様性指標（CBI）

まず、なぜ都市の生物多様性指標が必要とされるかについて、以下のように整理した。

- a.都市の可能性：SLOSS問題や鎮守の森、日本庭園などの研究から、適切なデザインと管理に大きな可能性がある。
- b.都市の責任：都市の元の立地が絶滅危惧種の本来の生息地であることも多い。
- c.長期的な安全性、経済性：都市も生態系サービスを最大限利用することが持続可能性に寄与する。
- d.小さなフットプリント：自然共生型の都市デザインが他地域への依存度を下げる。

よって、これまで我が国で都市緑地評価の行政上の指標として用いられてきた、一人あたり公園面積や緑被率という政策指標から、都市インフラとしての生物多様性・生態系を評価し、さらに地域固有のランドスケープを尊重した指標、CBIを一般化する必要が指摘できる。

この視点からシンガポール指標の課題を整理するとつぎのようになる。

- (a)SIR (状態、影響、対応) モデルであって、D (要因) と P (負荷) は含まない。
- (b)評価スケール/対象が行政単位であって生態学的計画ユニット (ESPU) とは限らない。
- (c)都市的営為として発生した新たな生態系 (3次的自然) の意義を無視している。
- (d)都市全体の flora や fauna そのものだけを指標に採用するとモニタリング労力は大きい一方、対応への感度は極めて小さくなる。
- (e)ガバナンス指標をアウトプット主体とすると、そのパフォーマンスを伴っているか不明である。
- (f)種数の絶対値ではなく、都市の自然立地 (本来の生物多様性) への配慮が必要。
- (g)検討時には水資源の評価を通して検討されていた都市外の生態系・生物多様性に及ぼす負荷 (フットプリント) を含まなくなった。
- (h)ストックとしての種数や生態系の多様性、フローとしての生態系サービス、ガバナンスとしての取り組みの3種類の要素は異次元であって本来加算するべきものではない。

都市生態系	D(要因) P(負荷)	S(状態) I(影響)	R(対応) (公式/非公式)
調整区域農地			
コリドー緑地			
河川・水路			
農地			
都市全域			

行政部局間連携・産学民連携で、強みと弱みを洗い出して自己評価

このプロセスが地域戦略策定の意義

- (j)指標値の目標レベルは未設定である。
- (k)生物多様性の第二の危機 (アンダーユ-

ス)、および、安定化の危機 (流砂系劣化や攪乱依存型生態系劣化) には未対応である。

以上のように整理できた。上記課題に可能な限り配慮しつつも、多くの自治体を取り組み可能なツールとして、既存データも有効に利用しながらすぐにも利用できるように、指標項目の意義の検討と取捨選択、評価基準の設定などについて、ワークショップや懇談会等で検討を重ねた。これら等を元に国土交通省都市局が取りまとめた、日本版都市の生物多様性指標 (素案) の評価指標項目は、次の表の通りである。具体的な評価方法や活用の手引き等はホームページからダウンロード可能である。

表2 都市の生物多様性指標 (素案) の構成

I. 都市のプロフィール		規模 (行政区画面積、都市計画区域・市街化区域面積) 人口 (総人口・都市計画区域人口、人口密度) 地勢 (年間平均気温、年間降水量、標高)
II. 指標項目	生態系・ ハビタットの 多様性	指標1 緑地等の状況 (都市における生物多様性確保のポテンシャルを有する緑地等の割合)
		指標2 法令等に基づき確保されている緑地等の状況 (都市における生物多様性 確保のポテンシャルを有する法令等による継続性のある緑地等の割合)
		指標3 都市におけるエコロジカルネットワークの状況
		指標4 動植物種の状況 (都市に生息・生育する動植物種数の状況)
	生態系サービス	指標5 生態系サービスの状況
都市の取組	指標6 行政の生物多様性取組状況 (都市の行政計画における生物多様性の確保への配慮の状況)	
	指標7 行政計画への住民等の参加状況 (生物多様性の確保に関する都市の行政計画における住民・企業等の参加の状況)	

(3)今後の展開に向けて

以下に今後の展開に期待される重要な点を3点上げる。

- ・ひとまず成案 (素案) は得たものの、先に挙げた課題の多くが積み残されている。しかしまずはできる限り多くの自治体の評価結果が集約できると、評価基準の統計学的な見地からの適正化が可能となる。

- ・ランドサットや ASTER のような汎用資源探査衛星データを用いた、一定レベルの評価は極めて容易に可能なので、国が推進することが期待され、さらに重要拠点については本研究で示した LiDAR を組み合わせたトップダウン的評価と、先の表で示した危機の状況を示す指標群を市民も参加してボトムアップ的に評価する階層的な総合評価が、CBI の本来の意義から考えて、期待される。

- ・指標種によっては行政区画より小さな ESPU も多いので、都市版の「生物多様性モニタリングサイト1000」のような対応が、継続的な PDCA のプロセスで実効性を上げることが可能と考えられる。モニタリングサイトには、都市のビオトープ類型区分に基づいて代表的なものを抽出することが肝要であり、サイト一地区一都市一フットプリント

も含めた広域といった階層的評価に各自自治体に取り組むことが期待される。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計45件)うち査読付20件

①森本幸裕、都市と生物多様性、科学、査読無、80巻、2010、1023-1028

②森本幸裕・田端 敬三、都市における緑地の再生と管理の実践：生物多様性イノベーション、都市計画、査読有、Vol.59 No.5、2010、13-17

③Morimoto Y, Biodiversity and ecosystem services in urban areas for smart adaptation to climate change: “Do you Kyoto?”, Landscape and Ecological Engineering, 査読有, Vol.7 No.1, 2010, 9-16

④浅枝隆ら、礫床河川の砂州や氾濫原の樹林化が栄養塩循環に与える影響と樹林化促進機構の可能性について、水工学論文集、査読有、Vol.55、2010、361-366

⑥Ishii H, Manabe T, Ito K, et al., Integrating ecological and cultural values toward conservation and utilization of shrine/temple forests as urban green space in Japanese cities, Landscape and Ecological Engineering, 査読有, Vol.6 No.2, 2010, 307-315

⑦Sasaki T, Imanishi J, Fukui W, Tokunaga F and Morimoto Y, Fine-scale replication and quantitative assessment of forest vertical structure using LiDAR for forest avian habitat characterization, Forest Science and Technology, 査読有, Vol 8, No. 3, 2012, 145-153

⑧伊東啓太郎、都市における緑地・水辺のデザインをとおした生物多様性指標（文化的指標）の開発に向けて、日本緑化工学会誌、査読有、36（3）、2011、387-389

⑨森本幸裕、地球環境の視点からみた都市緑化技術の可能性、都市緑化技術、都市緑化技術、査読無、No.80、2011、22-25

⑩Njoroge JB, NdaNg'ang'a PK, Natuhara Y, The pattern of distribution and diversity of avifauna over an urbanizing tropical landscape, Urban Ecosystems、査読有、Online first, 2013, DOI10.1007/s11252-013-0296-1

⑪畑中佑紀・井鷲裕司、都市の植物個体群における遺伝的特徴の不均一性、日本緑化工学会誌、査読有、Vol.36 No.3、2011、377-380

〔学会発表〕(計36件)

①ITO K, Ecological design and education in urban area: Process design of school biotope for 7 years Fukuoka, Japan, The

2nd International Conference of Urban Biodiversity and Design (URBIO2010), 2010.5.19, 名古屋

②Matsumoto H, Imanishi A, Imanishi J, Susaki J, Morimoto Y, Natuhara Y, The factors affecting distribution in a fallow paddy field under consideration of nature restoration in Oguraike drained land. The 2nd International Conference of Urban Biodiversity and Design (URBIO2010), 2010.5.19, 名古屋

③Morimoto Y, Significance of biodiversity of Japanese gardens and fragmented greeneries in urban areas, 48th IFLA WORLD CONGRESS, 2011/6/27, Zurich, Switzerland

④Morimoto Y & Inoue T, Evaluating major cities in Japan with the CBI tool, The 8th IALE World Congress, 19 August, 2011, Beijing, China

⑤Asaeda T, Mechanism and evaluation of urban river ecological processes, The 8th IALE World Congress, 2011/8/20, Beijing, China

⑥Toma Y, Imanishi J, Morimoto Y, Genetic Effects of Habitat Fragmentation on Herbaceous Plants in Urban Areas: Case Study on *Viola Grypoceras* A. Gray Var. *Grypoceras* in Kyoto City, Japan, 3rd International Conference of Urban Biodiversity and Design-URBIO2012, 2012.10. 8~12, Mumbai, India

⑦Ano A, Morimoto Y, A Case Study of an Ecological Network Design in the Prefecture of Osaka, Focusing on The Concept of Rain Garden, 3rd International Conference of Urban Biodiversity and Design-URBIO2012, 2012.10. 8~12, Mumbai, India

⑧Kamada M, Building social-capital through bottom-up and collaborative process for establishing local biodiversity strategy in Tokushima, Japan. 3rd International Conference of Urban Biodiversity and Design-URBIO2012, 2012.10. 8~12, Mumbai, India

⑧浅枝隆、都市河川の生物多様性、土木学会環境水理部会・河川部会ジョイントワークショップ、2012.11.23、神戸

⑨源典子・鎌田磨人、協働による自然資源管理における地域ネットワークの構造。第20回日本景観生態学会大会、2010、7、17、鳥取

〔図書〕(計7件)

①森本幸裕 編著、京都通信社、『景観の生態史観—攪乱が再生する豊かな大地』、2012、224 ページ

- ②森本幸裕、朝日新聞社、危機に瀕する京のグリーン commons、森林環境研究会編『森林環境 2013 特集・地域資源の活かし方—人・自然・ローカル commons』、2013、83-93
- ③大石善隆、川辺書林、環境劣化する孤立林におけるコケ植物の保全、『森林サイエンス 2 (監修：小池正雄)』、2011、151 - 163

[その他]

- ①国土交通省都市局による都市の生物多様性指標 (素案) ホームページ <http://www.mlit.go.jp/toshi/park/toshi_parkgreen_tk_000022.html> (2013年6月10日アクセス)

6. 研究組織

(1)研究代表者

森本 幸裕 (MORIMOTO YUKIHIRO)
京都学園大学・バイオ環境学部・教授
研究者番号：40141501

(2)研究分担者

夏原 由博 (NATUHARA YOSHIHIRO)
名古屋大学・大学院環境学研究科・教授
研究者番号：20270762

井鷲 裕司 (ISAGI YUJI)
京都大学・大学院農学研究科・教授
研究者番号：50325130

浅枝 隆 (ASAEDA TAKASHI)
埼玉大学・大学院理工学研究科・教授
研究者番号：40134332

鎌田 磨人 (KAMADA MAHITO)
徳島大学・ソシオテクノサイエンス研究部・教授

研究者番号：40304547

伊東 啓太郎
九州工業大学・大学院工学(系)研究科・准教授

研究者番号：10315161

今西 純一 (IMANISHI JUNICHI)
京都大学・地球環境学堂・助教

研究者番号：80378851

大石 善隆 (OISHI YOSHITAKA)
信州大学・農学部・助教

研究者番号：80578138

(H24)

今西 亜友美 (京都大学・大学院地球環境学堂・特定助教)

研究者番号：70447887

(H22,23)

(3)連携研究者

小林 達明 (KOBAYASHI TATSUAKI)
千葉大学・大学院園芸学研究科・教授
研究者番号：40178322