特集>>> 自然再生，自然景観

質の高い都市緑地を創出するための設計に関する技術開発

緑地の生き物と鳥類を指標種とする生息地評価モデル

杉 本 英 夫・松 原 隆 志

最近の都市再開発で作られる緑地では，緑量を確保する取り組みに加え，生態系の保全に配慮した質の高いみどりが求められている。再開発で造られた都市緑地では，適切な管理により多様な生き物が生育している。当社は，食物連鎖の上位に位置する鳥の好みを調べて生息地評価モデルを開発し，再開発ビルの屋上庭園の生態系配慮の設計を容易にした。都市緑地は，科学的なデータに基づいて設計・管理を行うことで，生態系への配慮と経済的な活動を結び付ける基盤となる。

キーワード：都市緑地，生態系，評価，ミティゲーション

1. はじめに

都市の緑地は，景観に美しさとうるおいを加え，豊かな文化を育む空間となる。現代の都市は，高度成長期とは異なり，価値観が多様化している。緑地のデザインには，置物として眺めるものから，人がくつろぎコミュニケーションを楽しむなど，空間を利用して持続的に発展する視点が求められる。そのため，再開発の事業では，従来からの景観や法令を超えた「みどり」への対応が取り組まれつつある。

本報では，開発事業などで生態系の評価が求められる背景や都市緑地の生物調査例とともに，生息地評価モデルを開発して設計に適用して緑地の質を高めた事例について述べる。

2. 生物多様性と都市緑地の価値

(1) 都市緑地の生態系への配慮

都市のヒートアイランド現象は，気温上昇への影響が気候変動による地球温暖化の影響より大きい。その要因には，建物や舗装面などの人工被覆面の増加とともに，緑地の減少が関わっている。開発事業では，これに対応してより良い環境を創るため，屋上緑化などの人工地盤にも新しく緑地を増やす取り組みが進められている。民間事業地の緑地は，敷地が限られる都市域の貴重な空間であり，パブリック空間として開放され，公園的な要素が高まっている。公園は様々な人が望むものであり，賑わいや街の魅力と直結するため，事業の継続に欠かせない要素となる。

最近，ライフスタイルの中で，自然との共生の考え方を取り入れた行動が注目されている。生態系サービスが新たな魅力となり，事業用地の価値を高めることへの期待と理解が進みつつある。その影響で，ビオトープなどを作り，生き物が緑地に好んで出現するような設計を行い，生態系を再現する試みなどが取り組まれている。2014年に東京都が緑地の在来種選定ガイドライン[1)]を示すなど，行政機関は従来から行っている緑地の面積を増やす政策に加えて，生態系への配慮によって緑地の質を高めるための支援も進めつつある。

(2) 生物多様性とビジネスへの期待

生物多様性の価値を経済的な指標で比較することは困難であるが，生物の多様性を保全して，それを利用する取組みが進められている。国は，生物多様性条約（平成5年），第三次生物多様性国家戦略（平成19年），生物多様性基本法（平成20年），生物多様性国家戦略（平成22年3月），COP10愛知目標（平成22年10月）を示すことで，生態系を取り巻く問題の社会的な認知度を高めている。生物多様性基本法では，野生生物の種の保存，生物多様性に及ぼす影響の回避又は最小にすることに加え，科学的知見の充実，科学的な評価，長期的な観点から生態系などの保全及び再生，地球温暖化の防止を示している。とりわけ，生物の多様性の保全及び持続可能な利用を進めるため，官民を含めた各主体による自主的な活動が必要とされた。2010年10月に開催された生物多様性条約第10回締約国会議（COP10）では，生物多様性とビジネスとの関わりが議論された。TEEB（生態系と生物多様性の経済学）

では，自然資本の経済的価値の評価が持続的な活動に重要であることを示した[2)]。

生物多様性に関わる評価は，環境不動産（グリーンビルディング）の認識の高まりにより注目された。グリーンビルディングは，省エネや資源循環，生態系など総合的な環境に配慮した建物のことで，性能や機能を評価する認証を受けた建物は資産価値が増大する。評価制度には，建築環境総合性能評価システム（CASBEE）や LEED（Leadership in Energy and Environmental Design）など第三者機関が行う認証がある。これらは，様々な基準や条件を満足することで，その価値に差を付けている。そのため，科学的な根拠に基づく定量評価は，付加価値につながる。

(3) 生態系の定量評価の必要性と課題

環境アセスメントと呼ばれる環境影響評価は，従来から開発事業で行われている。開発行為が環境に及ぼす影響を事前に予測や評価し，環境の悪化を未然に防止する制度である。生物多様性に関しては，動植物に与える環境改変の影響は予測困難であり，動植物の保全対象として「学術的価値の高いもの，天然記念物に指定されているもの等」を抽出するに留まっている[3)]。アセスメントの評価が定性的であるため，生物多様性の保全を図るには限界があると共に，経済的な活動に利用することが困難であった。そこで，ミチゲーションの中で代償と呼ばれる行為が注目されている。環境に負荷をかけた代りに，新たに生態系を創出してそれを保全する取り組みなので，経済的な活動と生態系の保全を両立し，将来にわたって生物多様性の恵みを得ることが可能となる。これを実施する場合には，生物多様性の損失と生態系の減少のリスクを明らかにすることが重要である。そして，具体的な保全目標を設定するためには，生態系を定量的に評価する制度を利用することが望まれる。

生息環境の定量的な評価には，HSI［Habitat Suitability Index：ハビタット（生息地）適性指数］モデル（以下 HSI）が有効である。HSI は，繁殖，採食，隠れて休息する場所，水場などの動植物の環境指標性を指数化して，ある区域が，保全する動植物のハビタット適性を 0 ～ 1 の数値で示すことができる。しかし，種によって生息場所，繁殖時期が異なるなど環境指標が様々であり，保全する動植物が地域にいない場合には，HSI の適用は困難となる。また，郊外の大規模な森林を含む緑地と，都市部の小規模な緑地とでは，同じ種でも生息場所などの環境指標の条件が異なるため，HSI は同じではない。そのため，開発事業では，定量的に評価の科学的な精度を高める場合，開発地内で事前の自然環境の実態調査を行い，最新のデータを HSI に反映させる必要がある。

3. 都市緑地の生き物

都市緑地に生息する生物は，再開発後に周辺から入ってくる，あるいは植物を移植した時に持ち込まれたものである。施工後，適切な管理が行われて数年間経つと，生物相が安定してくる。民間事業者が維持管理する緑地の場合，調査の義務もないことから生物に関わる科学的データはほとんどない。そこで，再開発で造られた東京と大阪の 2 カ所の都市緑地を選択して，生物相の現状を調査した[4)]。

(1) 調査場所と方法

調査場所の概要を**表―1** および**表―2** に示す。東京の都市緑地は，東京都港区と品川区にまたがる場所で，JR 品川駅東側の高層ビル群の間に立地している。大阪の都市緑地は，大阪府大阪市浪速区の複合商業施設の屋上で，その敷地は鉄道と高速道路に囲まれている。いずれの緑地も，階下に構造物がある人工地盤に造られている。いずれの緑地とも，植物の種類が豊富で，美しく管理が行き届いている。

鳥類の調査は，任意踏査法および定点調査法により，生息種を確認し，行動や植栽地などの利用の様子（採餌・休息・水浴など）の記録を行った。任意踏査法では，調査対象地を任意に踏査し，目視・鳴き声などによって生息種を確認した。定点調査法では，調査定点を 2 ヵ所設け，それぞれの調査定点に 10 分間留まり生息種を

表―1　東京地区の調査地の概要

名　　称	品川セントラルガーデン
所 在 地	東京都港区および品川区
用　　途	事務所，複合商業施設
完　　成	2003 年 3 月
面　　積	18,180 m^2（約 400 m ×約 45 m）
植　　物	高木（287 本），低木，地被植物 シラカシ，カツラ，ソメイヨシノ，クスノキ，他

表―2　大阪地区の調査地の概要

名　　称	パークスガーデン（なんばパークス）
所 在 地	大阪府大阪市浪速区
用　　途	複合商業施設
完　　成	2007 年 4 月（1 期は 2003 年完成）
面　　積	11,500 m^2（緑地：約 5,300 m^2）
植　　物	樹木・草花の数 約 300 種 約 70,000 株 高木約 50 種，約 700 本，中低木・草花約 250 種

確認した。昆虫類の調査は，目視により見つけた種を採取する見つけ採り法とするが，目撃のみの場合にも種の判別が可能であれば確認種として記録を行った。

(2) 都市緑地の鳥類と昆虫類

東京の調査結果を，**表―3，4** に示す。2010 ～ 2011 年の期間に，鳥類は，6 目 14 科 17 種，昆虫類は 11 目 67 科 133 種を確認した。鳥類はスズメ目が 10 種で，全体のおよそ 60％を示した。昆虫類は，チョウ目が 33 種（確認種全体の 25％），トンボ目やバッタ目の昆虫類も数種以上確認された。

大阪の調査結果を，**表―5，6** に示す。2009 ～ 2011 年の期間に，鳥類は，3 目 15 科 18 種，昆虫類は 12 目 64 科 129 種を確認した。鳥類はスズメ目が 14 種で，全体のおよそ 80％を示した。昆虫類は，ハチ目が 30 種（確認種全体の 23％），チョウ目も 18 種（14％）を確認した。

表―3　東京の緑地で確認された鳥類

目名	科名	種名	2010年										2011年	
			3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月
ペリカン	ウ	カワウ		●	●	●						●	●	
コウノトリ	サギ	ダイサギ						●						
		コサギ						●						
タカ	タカ	トビ		●							●	●	●	●
チドリ	カモメ	セグロカモメ	●								●	●	●	
ハト	ハト	ドバト	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		キジバト							●	●				
スズメ	セキレイ	ハクセキレイ	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	ヒヨドリ	ヒヨドリ		●			●			●	●	●	●	●
	ツグミ	ジョウビタキ								●	●		●	
		ツグミ												●
	ウグイス	ウグイス									●			
	シジュウカラ	シジュウカラ	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	メジロ	メジロ	●							●	●	●	●	●
	ハタオリドリ	スズメ	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	ムクドリ	ムクドリ	●		●								●	●
	カラス	ハシブトガラス	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
合計 6目 15科 17種			8種	8種	7種	6種	6種	7種	6種	9種	11種	10種	12種	10種

表―4　東京の緑地で確認された昆虫類（抜粋）

目名	和名
トンボ	ハグロトンボ，シオカラトンボ，オオシオカラトンボ，ウスバキトンボ，チョウトンボ，ナツアカネ，アキアカネ
カマキリ	コカマキリ
バッタ	セスジツユムシ，クサヒバリ，ウスグモスズ，カネタタキ
カメムシ	アブラゼミ，ツクツクボウシ，ミンミンゼミ
コウチュウ	セマダラコガネ，ナミテントウ，キイロテントウ
ハチ	ルリチュウレンジ，アミメアリ，クロヤマアリ，コガタスズメバチ，ニッポンヒゲナガハナバチ
チョウ	アオスジアゲハ，ナガサキアゲハ，クロアゲハ，ナミアゲハ，キチョウ，モンシロチョウ，ヤマトシジミ，ウラギンシジミ，ツマグロヒョウモン，イチモンジセセリ，ルリタテハ，サトキマダラヒカゲ
合計	11 目 67 科 133 種

表―5　大阪の緑地で確認された鳥類

目名	科名	種名	2009年		2010年				2011年		
			6月	10月	1月	4月	6月	10月	1月	2月	5月
タカ	タカ	サシバ		●							
	ハヤブサ	ハヤブサ			●					●	●
ハト	ハト	ドバト				●		●	●		
		キジバト		●	●	●	●	●	●	●	●
スズメ	ツバメ	ツバメ	●				●				
	セキレイ	ハクセキレイ	●	●	●	●	●	●	●	●	
	ヒヨドリ	ヒヨドリ	●	●	●	●	●		●	●	●
	モズ	モズ		●							
	ツグミ	ジョウビタキ							●		
		シロハラ				●			●	●	
		ツグミ				●			●	●	
	ウグイス	センダイムシクイ									●
	ヒタキ	コサメビタキ						●			
	メジロ	メジロ		●	●			●	●	●	
	ホオジロ	アオジ				●					
	ハタオリドリ	スズメ	●	●		●	●	●	●	●	●
	ムクドリ	ムクドリ							●		
	カラス	ハシブトガラス	●	●	●	●	●	●	●	●	●
合計　3目 15科 18種			5種	8種	6種	9種	6種	7種	11種	9種	6種

表―6　大阪の緑地で確認された昆虫類（抜粋）

目名	和名
トンボ	シオカラトンボ，オオシオカラトンボ，ナツアカネ，タイリクアカネ
カマキリ	ハラビロカマキリ，チョウセンカマキリ
バッタ	エンマコオロギ，アオマツムシ，カネタタキ，ウスイロササキリ
カメムシ	クマゼミ，コセアカアメンボ
コウチュウ	アオドウガネ，ナミハナムグリ，シロテンハナムグリ，ゲンジボタル，ヨツボシテントウ，ナミテントウ，キイロテントウ
ハチ	ニホンミツバチ，クマバチ，ルリチュウレンジ，クロヤマアリ，トビイロケアリ，セグロアシナガバチ，セイヨウミツバチ
チョウ	アオスジアゲハ，ナミアゲハ，ツマグロヒョウモン，オオスカシバ，イチモンジセセリ，チャバネセセリ，モンシロチョウ，ヤマトシジミ
合計	12 目 64 科 129 種

(3) 都市緑地の生き物の行動

写真―1 に確認された鳥類の写真の例を示す。鳥類は，都市緑地の食物連鎖における生態系ピラミッドの上位である。東京の緑地では，植栽高木の樹冠部を利用する種のヒヨドリ，シジュウカラ，メジロなどが，緑地内で採餌などを行っていた。大阪の緑地では，樹林を利用するメジロが実や花蜜を，スズメ，ハクセキレイやコサメビタキが昆虫を採食する様子が確認された。

鳥類は，年間を通じで観察されることから，緑地に生息する昆虫類などを餌として生活できる状態であった。緑地の生態系を評価する際には，鳥類を指標とすることで昆虫を含めた生物相の豊かさの評価ができることがわかった。

ハクセキレイ（給餌）

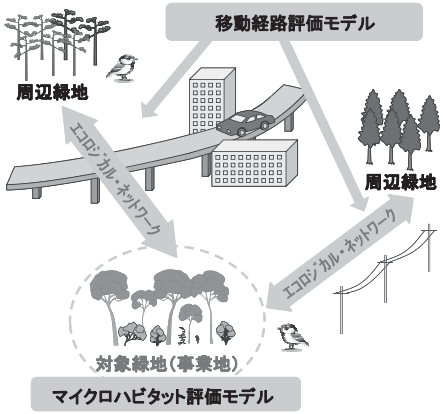
メジロ（探餌）

シジュウカラ（探餌）

写真―１　東京および大阪の緑地で確認された鳥類

4. 生息地評価モデルの開発と適用例

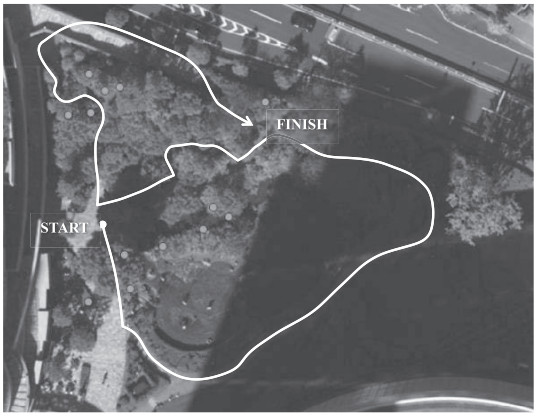
都市緑地を設計する場合，定量的に生態系を評価する方法があれば，生き物の生息地に適している条件の判断が容易になる。開発した生息地評価モデル[5]は，**図―１**に示すようにマイクロハビタット評価モデルと移動経路評価モデルで構成される。マイクロハビタット評価モデルは，既存 HSI モデルで特定されていないミクロなハビタット条件を解析して作成した。単木レベルの樹種，樹高，樹形などの詳細な環境条件を把握することが可能で，都市域の小規模緑地の設計に適応している。移動経路評価モデルは，マイクロハビタット評価モデルの調査地とその周辺緑地に生息する個体の行動を解析して作成した。事業地と周辺緑地とのエコロジカルネットワーク連続性などを詳細に把握し，開発地内の緑地レイアウトの最適化に利用できる。生息地評価モデルの指標種は，樹林性の鳥類のコゲラ，シジュウカラ，メジロの３種を選定した。



図―１　生息地評価モデル

(1) マイクロハビタット評価モデル

指標種が季節ごとに好んで都市緑地に出現する環境の調査を基に作成されている。調査場所は，都内の再開発地内の緑地５ヵ所と対象となる植生が豊かな自然公園の緑地１ヵ所の計６ヵ所を選定した。調査対象の指標種は，コゲラ，シジュウカラ，メジロを選定した。調査期間は，繁殖前期（2012 年４～５月），繁殖後期（2011 年５～６月），越冬前期（2012 年 12 月～ 2013 年１月）および越冬後期（2012 年２～３月）に各５回行った。**図―２**に示すような設定経路を設定し，歩いて観察および記録する移動センサスを行った。



図―２　設定経路と鳥が確認された位置

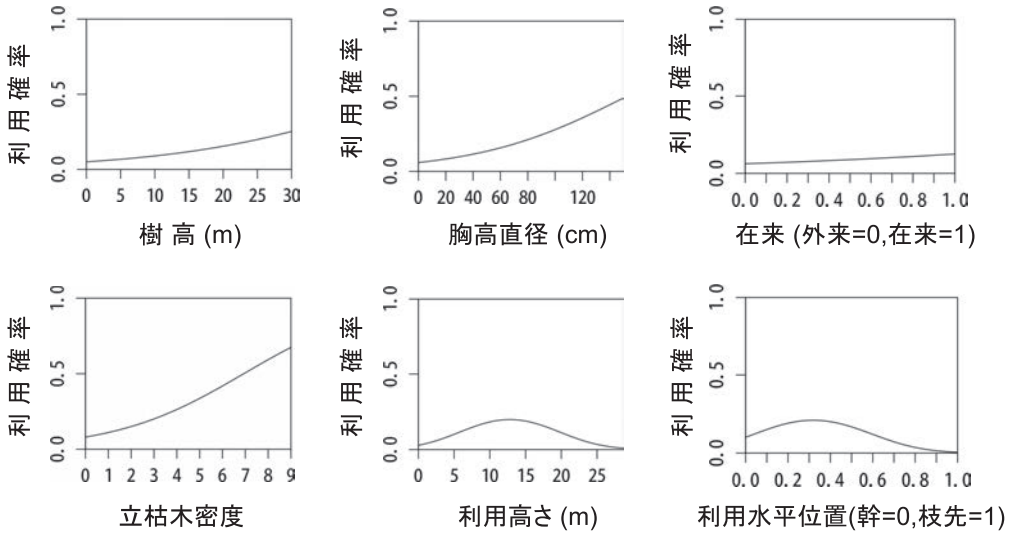
表―７に各場所の調査地結果（羽／５回）を示す。コゲラは小規模な緑地での出現数が少なく，３種の指標種の中で最も希少性が高い。シジュウカラは繁殖期に多く越冬期に少なくなるが，メジロは越冬期に多く繁殖期に少なくなる傾向があった。これらのデータをもとに，説明変数の組み合わせをモデル候補式とし，全てのモデルごとに単回帰分析を行った。

図―３にコゲラの各説明変数に対する解析例を示す。分析は，鳥が観察された場所とランダム地点の鳥がいなかった場所の環境を比較する方法で行った。解析は，一般化線形モデル（GLM：Generalized Liner Model）を使用した。最適なモデルは，赤池情報量基準（AIC：Akaike's Information Criterion）で選択した。

表―７　各場所の調査結果（羽 /５回）

調査地名	面積（ha）	コゲラ				シジュウカラ				メジロ			
		繁殖		越冬		繁殖		越冬		繁殖		越冬	
		前期	後期	前期	後期	前期	後期	前期	後期	前期	後期	前期	後期
港区大規模公園	5.43	22	15	21	10	28	46	71	39	35	44	165	96
目黒区公園	1.18	1	1	1	−	6	12	1	5	6	8	24	13
目黒区集合住宅外構緑地	1.40	2	1	3	−	10	6	4	4	8	9	23	6
新宿区公園	0.64	1	1	−	−	3	11	5	2	−	−	11	10
新宿区集合住宅庭園	0.33	−	−	−	−	−	−	0.2	−	0.2	0.6	5.8	1.8
港区複合ビル庭園	0.46	−	−	−	−	5	8	−	−	7	5	22	29

＊新宿区集合住宅庭園では，定点調査を行っており，移動センサス調査と比較して遭遇率が５倍になるように設定した。このため，実際に出現した羽数を５で除して表記した。



図―３　コゲラの各説明変数に対する解析例（マイクロハビタット評価モデル）

(2) 移動経路評価モデル

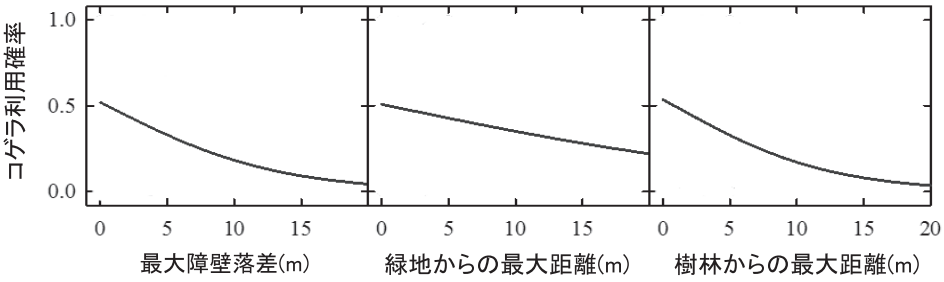
都市緑地とその周辺緑地に生息する指標種の行動を追跡し，鳥が好んで移動する環境の調査を基に作成されている。調査場所は，指標種が確認される可能性が高く，観察に適した新宿区大規模公園，目黒区公園，目黒区集合住宅外構緑地，港区庭園の４カ所を選定した。調査道具には，双眼鏡，検測桿を使用した。調査期間は，越冬期（2012 年 12 月～ 2013 年３月）および繁殖期(2013 年５～７月)に各５回行った。調査は，指標種を確認した時に，①時間，②位置・高さ，③環境の種類，④ 利用木の樹高，⑤落葉状況，の５項目を記録しながら，可能な限り追跡した。

図―４にコゲラの各説明変数に対する解析例を示す。分析は，鳥が実際に移動した経路上の障壁の質および量と，ランダム地点の鳥が移動しなかったものを比較する方法で行った。障壁の質および量は，緑地が与える影響（最大障壁落差，緑地からの最大距離，樹林からの最大距離）に加え，建築物の高さや道路幅の影響なども考慮した。分析結果の可視化には，ESRI ジャパン社の ArcGIS ソフトを使用した。

(3) 生息地評価モデルの設計への適用

対象の複合ビルの建築概要を**表―８**に示す。事業用地は，ファッションセンスが問われ，最新のモードなどを発信する場所にある。賑わい，ざわつく地上とは異なり，落ち着いて自然を楽しむ空間を屋上に求めた。屋上庭園の緑化植物には，地域の潜在自然植生のシラカシ林をモデルとする在来種を採用した。それは，明治神宮の森，近くの団地の緑地帯から，飛来性の生き物が訪れる可能性が高いことに加え，表参道のケヤキ並木や壁面緑化の効果で，屋上の緑地への生物の誘導は可能と考えたためである（**図―５**）。

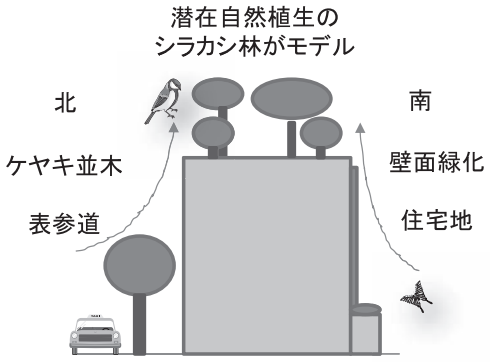
越冬後期のシジュウカラ，メジロ，コゲラの利用確率（好み）について，マイクロハビタット評価モデルで解析した例を**図―６**に示す。評価した結果，例示した設計では，メジロやシジュウカラの好みが高いこ



図―４　コゲラの各説明変数に対する解析例（移動経路評価モデル）

表―８　建築概要

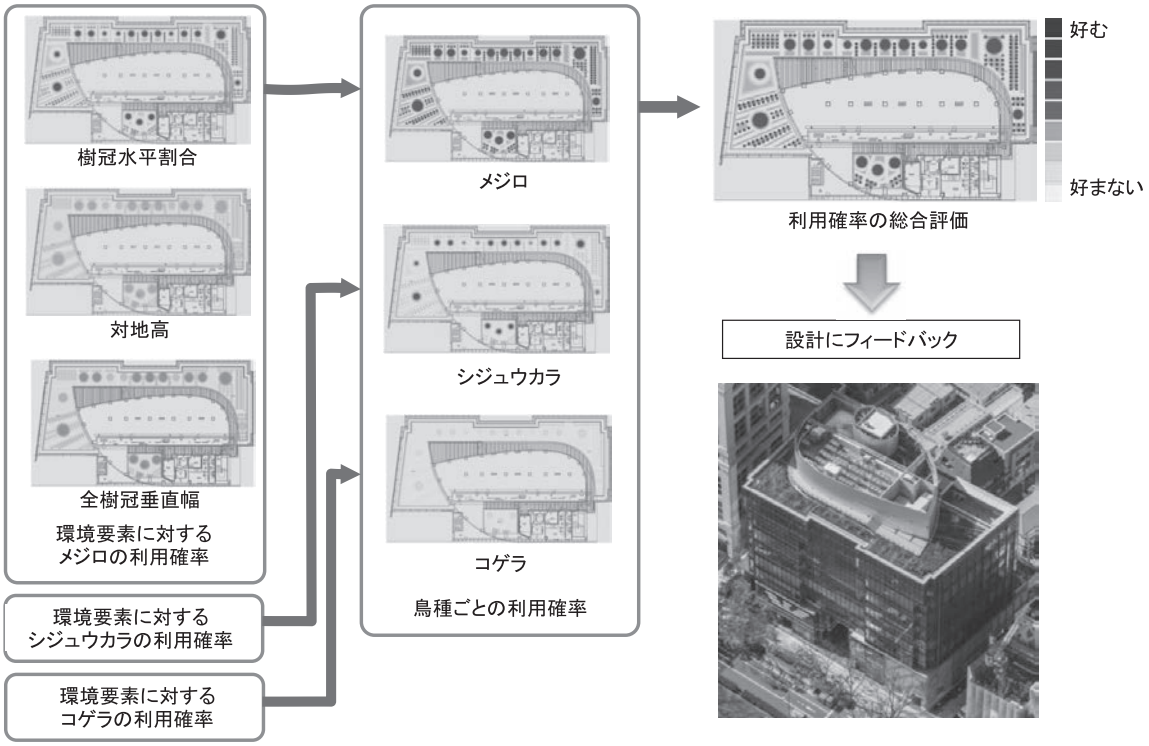
名　　称	oak omotesando（オーク表参道）
所 在 地	東京都港区北青山
用　　途	店舗・事務所
規　　模	地下２階，地上９階，塔屋 1F
敷地面積	2,538 m^2
建築面積	2,078 m^2
完　　成	2013 年３月
屋上面積	1,228 m^2（緑化：430 m^2）
植　　物	シラカシ（本地域の潜在自然植生の主要構成種），シロダモ，ヒサカキ，ジャノヒゲなど地域の在来種（緑化材料は，すべて関東圏から調達）



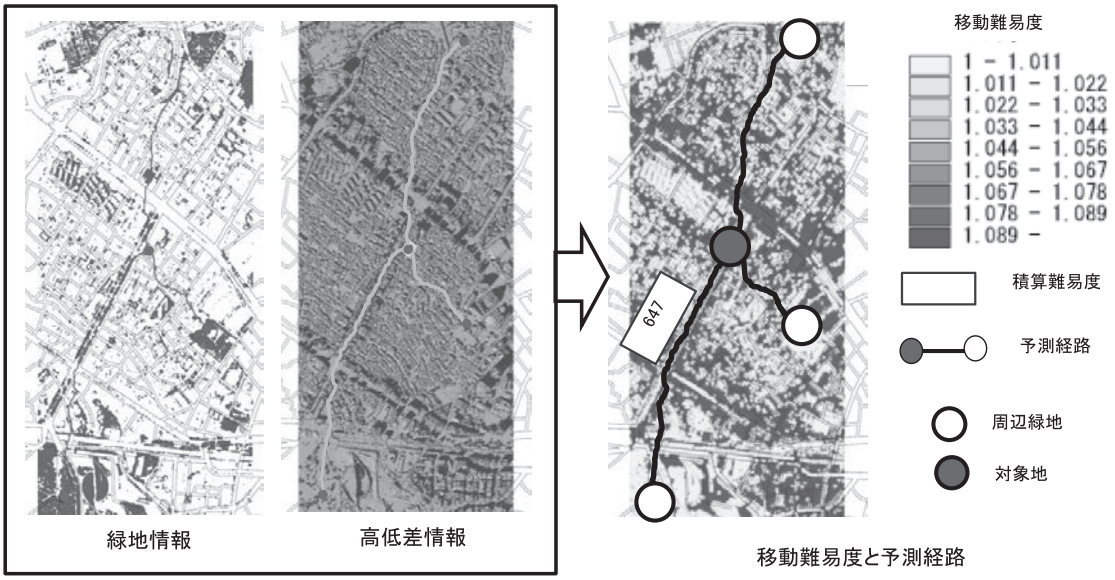
図―５　屋上庭園のイメージ

とがわかった。そこで，小規模な屋上緑化では地上と同様の高木を育てることは困難であるが，中低木を密植して藪を作ること，花木を増やすこと，水場を設けることの重要性が明らかになった。

越冬期のシジュウカラについて，移動経路評価モデルで事業地周辺を評価した例を**図―７**に示す。図は，衛星データから緑地面積，航空レーザ測量データから人工物や緑地の高低差を調べて等高線図を作成して，移動経路モデルのデータを入力して作成した。評価した結果，代々木公園に生息するシジュウカラが飛来する場合，ケヤキ並木を利用して移動することがわかった。ケヤキは樹高が高いため屋上との最大障壁落差を



図―６　マイクロハビタット評価モデルの適用（越冬後期）



図―7　対象地と周辺への移動経路評価モデルの適用例（越冬期，シジュウカラ）

減らせるため，屋上庭園をケヤキ並木側から見えるように開放することの重要性が明らかになった。また，屋上庭園が，別の緑地とのエコロジカルネットワークにも貢献することもわかった。

（4）生息地評価モデルの効果

生息地評価モデルは，鳥が複合ビルの屋上庭園を利用しやすい条件を可視化したので，ミティゲーションの判断が容易になった。生物多様性に配慮した設計とその効果が明らかになり，JHEP 認証取得[6]に役立った。その結果，ビル屋上に造られる小規模な緑地でも，質を高めて，自然共生に大きく貢献できることを示した。なお，JHEP（Japan Habitat Evaluation and Certification Program）は，生物多様性の保全や再生に貢献する取り組みを定量的に評価する制度で，公益財団法人日本生態協会が運営している。

5. おわりに

事業によって造られる都市緑地は，多様な生き物が生息できる。設計時に科学的精度の高い生息地評価モデルを用いれば，鳥や楪などが飛来しやすい緑地設計が容易で，小規模でも緑地の質を高めることができる。生態系の定量的に評価は，見えにくい環境性能を明らかにすることに有効である。

持続可能な社会の実現には，人と自然の共生，低炭素な活動，資源の循環利用，過酷な災害に耐え，快適生活を保つ安全・安心の構築が必要である。経済的な活動は，地球規模から身近な市民生活のレベルまでに関わる。科学的な根拠に基づいた定量的な評価は，貨幣に相当する価値に置き換えることが可能になるため，社会経済に必要な指標となる。緑地は街づくりには欠かせない要素であり続けるため，今後も事業を通じて社会に貢献する技術開発を進めていきたい。

JCMA

《参考文献》

1）東京都環境局：植栽時における在来種選定ガイドライン～生物多様性に配慮した植栽を目指して，2014
2）環境省：環境・循環型社会・生物多様性白書（平成 22 年版），第 3 節 生物多様性に配慮した社会経済への転換（生物多様性の主流化），2010
3）寺井学：建設業における生物多様性保全の取組み方法，大林組技術研究所報 No.72，2008
4）赤川宏幸，杉本英夫，寺井学，牧野雅一：人工地盤上の大規模都市緑地における微気候環境と生物相の評価，大林組技術研究所報 No.75，2011
5）松原隆志，杉本英夫，赤川宏幸，寺井学：生物多様性に配慮した都市緑地の設計手法，大林組技術研究所報 No.78，2014
6）公益財団法人日本生態系協会：青山大林ビルプロジェクトにおける屋上庭園に対する JHEP 認証審査レポート，2012

［筆者紹介］

杉本　英夫（すぎもと　ひでお）
㈱大林組
技術本部技術研究所
環境技術研究部
副部長

松原　隆志（まつばら　たかし）
㈱大林組
技術本部技術研究所
環境技術研究部
主任研究員