

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of
National Institute for Land and Infrastructure Management

No. 881

January 2016

国土交通省国土技術政策総合研究所

緑化生態研究室報告書 第 30 集

緑化生態研究室

Landscape and Ecology Division, Annual Research Report (30th)

Landscape and Ecology Division



国土交通省 国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management
Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan

表紙の写真：オオタカ（猛禽類）

里山から丘陵地に生息し、近年では都市部の緑地にも姿を現すようになったオオタカ(猛禽類)は、食物連鎖の最上位種であり、好適な自然環境の指標ととらえられています。そのため猛禽類の生息状況を把握したり、生息環境を保全したりすることは、その食物となる昆虫や動物、植物等が生息、生育できる環境全体の理解や保全につながっていくことが期待されます。

当研究室では、道路やダム、鉄道、空港、都市開発など、様々な公共事業において実施される環境アセスメントや環境保全措置の研究に取り組んでいます。特に、猛禽類は頻繁に環境アセスメントの対象となるため、その生息環境を定量的・効率的に把握するための手法開発として、猛禽類の生息予測モデルの試作と改良を行っています。また猛禽類調査を効率的・効果的に実施するために、新たな調査技術の開発も行っています（猛禽類に関する調査の詳細は p21 に掲載）。

また猛禽類（オオタカ）は、首都圏を含む大都市圏にも生息しています。どのような環境が猛禽類を含む多くの動植物にとって重要であるのかを、東京都内の緑地で調査しました。緑地周辺の都市化度の程度の違いや、緑地の規模、緑地内の植生構造等が生物多様性にどのように影響するかを分析し、都市の現状把握や将来ビジョンに応じた効果的な緑地保全・創出方策に関する研究や解説資料を作成に取り組んでいます（詳細は p13 に掲載）。

国土交通省国土技術政策総合研究所

緑化生態研究室報告書 第 30 集

緑化生態研究室

Landscape and Ecology Division, Annual Research Report (30th)

Landscape and Ecology Division

概要

平成 26 年度に緑化生態研究室が実施した、以下のテーマに基づく研究の成果報告である。

- ・ 地球温暖化対策に関する研究
- ・ 樹木の管理と更新に関する研究
- ・ 生物多様性の確保に関する研究
- ・ 良好な景観の形成に関する研究
- ・ 公共空間の分析と計画に関する研究

キーワード：地球温暖化、緑化、生物多様性、景観、都市計画

Synopsis

The Landscape and Ecology Division conducted researches on the following technological themes, global warming, street tree's management, biodiversity, landscape planning and urban planning. This annual report is the outcome of the Landscape and Ecology Division for FY 2013.

Key words: global warming, technologies for planting, biodiversity, landscape planning, and urban planning

まえがき

緑化生態研究室は、環境と調和した社会の実現に向け、地球温暖化対策や生物多様性の確保等の地球環境問題への対応から、身近な社会基盤の質的充実や、豊かな国民生活を実現する緑の保全・創出まで、環境分野等における研究を行っております。

本報告書は、緑化生態研究室が平成 26 年度に行った調査・研究の概要ならびに、当研究室のスタッフが平成 26 年度に学会や雑誌などで発表した論文を収録したものです。

平成 26 年度に実施した調査・研究課題は、大きく以下の 5 テーマに分類されます。

- ① 地球温暖化対策に関する研究
- ② 樹木の管理と更新に関する研究
- ③ 生物多様性の確保に関する研究
- ④ 良好な景観の形成に関する研究
- ⑤ 公共空間の分析と計画に関する研究

「① 地球温暖化対策に関する研究」では、樹木の CO₂ 固定に関する研究を実施しました。

「② 樹木の管理と更新に関する研究」では、街路樹の保全・再生手法に関する研究を実施しました。

「③ 生物多様性の確保に関する研究」では、都市における生物多様性に関する研究、地域性植物による緑化手法に関する研究、河川管理による外来植物の分布抑制に関する研究、猛禽類等に対する環境保全措置及びモニタリング手法に関する研究、生物多様性の評価・予測モデルに関する研究を実施しました。

「④ 良好な景観の形成に関する研究」では、歴史的風致を支える伝統技術の効果及び活用に関する研究、道路空間の再編・利用に関する研究を実施しました。

「⑤ 公共空間の分析と計画に関する研究」では、緑の基本計画の策定、公園緑地による防災・減災事例、都市公園の質的向上に関する研究を実施しました。

末尾ながらこれまでの関係の皆様のご指導、ご協力に感謝するとともに、緑化生態研究室に対する変わらぬご支援をお願いする次第です。

平成 28 年 1 月

国土交通省 国土技術政策総合研究所
防災・メンテナンス基盤研究センター
緑化生態研究室長
栗原 正夫

目 次

まえがき

1. 研究成果	1
1.1 地球温暖化対策に関する研究	3
1) 都市緑化樹木の CO ₂ 固定量算定における精度向上に関する研究 【国営公園等事業調査費】	5
1.2 樹木の管理と更新に関する研究	7
2) 街路樹の保全・再生手法に関する研究 【道路調査費】	9
1.3 生物多様性の確保に関する研究	11
3) 都市における生物多様性の確保に資する緑地の効果的な保全・創出方策に関する研究 【国営公園等事業調査費】	13
4) 地域性植物による緑化手法に関する研究 【国営公園等事業調査費】	15
5) 河川管理による外来植物の分布拡大抑制に関する調査 【河川事業調査費】	17
6) 猛禽類等の生息環境の定量的な把握手法及び効率的な環境保全措置の検討 【道路調査費】	21
7) 自然共生型社会の実現に向けた生物多様性の評価・予測モデルの開発と国土政策への反映 【科学研究費補助金】	23
1.4 良好な景観の形成に関する研究	25
8) 歴史的風致を支える伝統技術の効果分析及び活用手法に関する研究 【国営公園等事業調査費】	27
9) 質の高い道路空間の再編・利用に係る計画手法に関する研究 【道路調査費】	29
1.5 公共空間の分析と計画に関する研究	31
10) 人口減少や都市の縮退等に対応した緑の基本計画の策定技術に関する研究 【試験研究費】	33

11) 公園緑地による防災・減災事例に関する調査	
【国営公園等事業調査費】	35
12) 都市公園の質的向上のための新手法に関する研究	
【国営公園等事業調査費】	37
 2. 発表論文等※	39
2.1 論文・技術報告等	41
1) 糞抽出 DNA 分析による個体識別法の道路環境アセスメントへの適用可能性	43
2) 森林表土利用工による緑化のり面に成立した草本群落の 6 年間の変化	53
3) マイクロチップを用いた小型サンショウウオ類のモニタリング技術	60
4) 都市における生物多様性保全に向けた緑の基本計画策定手法の現状と課題	64
5) 広域スケールでのオオタカの生息適地予測の有効性と空間的汎用性・地域性の課題 ...	68
 2.2 学会・シンポジウム要旨	73
6) 都市化が生物多様性に及ぼす影響～都市化度×パッチ面積×分類群の交互作用～	75
7) 歴史的風致維持向上計画認定都市における土木施設の整備実態と適用工法に 関する研究	76
8) 平成 23 年東北地方太平洋沖地震による歴史的土木構造物の被災状況に関する調査報告 (その 3)	78
9) Urban ecology in the Tokyo metropolitan area: spatiotemporal change of avian diversity during four decades	86
10) 鳥好きのための GIS 入門 (その 2)	87
11) 人口減少社会における都市緑地デザインと生態学の融合: 生物多様性に配慮した 地域づくりのために	88
12) 都市景観の向上に資する公園空間の高度利用方策に関する研究	89
13) マイクロチップを用いたサンショウウオ類の生息環境評価と環境保全措置の 効果検証	90
14) 趣旨説明: 都市の生物多様性を軸にした生態学と社会経済, 政策の融合にむけて	96
15) 都市の生物多様性保全政策の現状と今後の方向性	97
 2.3 雑誌・特集記事等	99
16) 都市由来植物廃材のエネルギー利用の現状と課題	101
17) 災害に強い都市緑化樹木ー台風、津波災害による被害実態についてー	103
18) GIS と生息適地モデルによる広域スケールでの生物の生息環境の評価と地図化の試み	108

19) 歴史的な土木施設における伝統的工法の活用方策 ～歴史的風致維持向上計画認定都市の取組みを例に～	112
--	-----

2.4 出典	117
--------------	-----

刊行資料（過去 5 年間）	121
---------------------	-----

※第 2 章に掲載した論文等は各団体から転載の許可を得て掲載しております。

なお、著作権は各団体に帰属するため、転載を禁じます。

1.研究成果

1.1 地球温暖化対策に関する研究

1) 都市緑化樹木の CO₂ 固定量算定における精度向上に関する研究

【国営公園等事業調査費】 5

都市緑化樹木の CO₂ 固定量算定における精度向上に関する研究

Research on improvement of the method to estimate the amount of CO₂ fixed by planted trees in cities
(研究期間 平成 23～27 年度)

防災・メンテナンス基盤研究センター
Research Center for
Land and Construction Management
緑化生態研究室
Landscape and Ecology Division

室長 栗原 正夫
Head Masao KURIHARA
主任研究官 武田 ゆうこ
Senior Researcher Yuko TAKEDA

We investigated the amount of growth of planted trees in cities using stem analysis to estimate the amount of CO₂ fixed by planted trees in cities.

〔研究目的及び経緯〕

京都議定書において、日本は第 1 約束期間（2008～2012 年）の温室効果ガス排出量を 1990 年比で 6% 削減することを義務づけられており、毎年「排出・吸収量の目録（インベントリ）」を国連気候変動枠組条約事務局へ報告している。第 2 約束期間（2013～2019 年）には参加しないものの、国際的な枠組に基づき報告を継続する必要がある。

温室効果ガスの吸収源となる都市緑化等については、京都議定書第 3 条 4 項の対象となる「植生回復」活動として位置づけられており、国土交通省では都市緑化等の植生回復による CO₂ 固定量を取りまとめることとしており、日本独自の樹種について吸収係数を設定する等、算定精度の向上が課題となっている。そのため、これまで国土技術政策総合研究所では、伐倒・掘り取りにより得たデータを用いて、イチチョウ、ケヤキ、クスノキ、シラカシについて CO₂ 固定量の算定式の作成を行ってきたが、伐倒と掘り取りに時間と費用を要することから、伐倒を行わずに非破壊で樹木の CO₂ 固定量を推定するための研究を行っている。

〔研究内容〕

今年度は、過年度に抜倒・掘り起こしにより計測した樹木の形状寸法、重量データ及び測量により計測した樹木の形状寸法、重量、体積、比重等のデータを用いて樹種毎の CO₂ 固定量予測式を作成するとともに、これらのデータ及び既往資料を整理分析し、簡便な相対成長式の作成についても検討を行った。

〔研究結果〕

1. 樹木データ及び樹木特性の整理

国総研が過年度（平成 2～25 年）に調査した樹木（21 種 223 本）のデータを整理し、全樹木のデータを一覧にした調査木シート及び 1 本毎に情報を記載し

た調査木カルテを作成した。

また、都市緑化に一般的に用いられる樹種として、国総研資料 No. 780「わが国の街路樹Ⅶ」の全国樹種別高木本数の上位樹種 500 種について、樹形、最大樹高、成長速度、比重等の情報を文献から整理した。

2. 樹種毎の CO₂ 固定量予測式の作成

既往研究では、どの樹種も胸高直径は毎年一定量増加するという結果が得られているため、調査対象木の胸高直径と樹齢のデータを用いて、樹種毎に樹齢と胸高直径の直線回帰式を求めた。表-1 に、樹種毎の樹齢と胸高直径の直線回帰式、その決定係数及び解析に使用した本数を示す。

表-1 樹齢 (X) と胸高直径 (Y) の直線回帰式

樹種	回帰式	R ²	n
クロガネモチ	$Y = 0.473X + 5.259$	0.954	6
シラカバ	$Y = 0.200X + 16.533$	0.029	3
ソメイヨシノ	$Y = 1.185X + 0.691$	0.902	12
トウカエデ	$Y = 0.700X + 3.323$	0.836	12
ハナミズキ	$Y = 0.467X - 0.600$	0.960	3
プラタナス	$Y = 1.065X + 1.798$	0.900	8
マテバシイ	$Y = 0.962X - 1.832$	0.937	12
メタセコイア	$Y = 5.350X - 153.450$	0.914	3
モチノキ	$Y = 5.100X - 251.200$	0.999	3
モミジバフウ	$Y = 0.844X + 11.250$	1.000	2
ヤマモモ	$Y = 0.337X + 16.084$	0.440	8
ユリノキ	$Y = 3.213X - 10.763$	0.500	5

次に、樹木の各器官の重量等の物理量 (Y) と樹木の形状寸法 (X) との間には、

相対成長式 $Y = aX^b$ (a、b は定数)

が成り立つため、既往研究にならい胸高直径と木質部乾重の相対成長式を作成した。なお、ここで、解析に必要である木質部乾重のデータが不足する樹種

については、木質部乾重の推定値を用いる。地上部乾重のデータがある場合には、IPCC ガイドラインで示された地上部に対する地下部の比率 0.26 を乗じて根の乾重を推定し、地上部乾重と合わせて木質部乾重の推定を行った。また、地上部体積のデータがある場合には、地上部体積に比重を乗じて地上部乾重を推定し木質部乾重の推定を行った。表-2 に、樹種毎の胸高直径と木質部乾重の相対成長式、その決定係数及び解析に使用した本数を示す

表-2 胸高直径 (X) と木質部乾重 (Y) の相対成長式

樹種	回帰式	R ²	n
クロガネモチ	$Y = 0.051X^{2.689}$	0.969	6
シラカバ	$Y = 14.683X^{0.802}$	0.484	3
ソメイヨシノ	$Y = 0.214X^{2.208}$	0.775	12
トウカエデ	$Y = 0.097X^{2.474}$	0.973	12
ナナカマド	$Y = 0.195X^{2.266}$	0.880	3
ハナミズキ	$Y = 0.122X^{2.423}$	0.775	7
ブラタナス	$Y = 0.057X^{2.714}$	0.983	8
マテバシイ	$Y = 0.154X^{2.412}$	0.742	12
メタセコイア	$Y = 0.007X^{3.112}$	0.998	3
モチノキ	$Y = 5.372X^{1.347}$	0.996	4
モミジバフウ	$Y = 0.211X^{2.271}$	0.894	6
ヤマモモ	$Y = 0.093X^{2.481}$	0.896	8
ユリノキ	$Y = 0.299X^{1.899}$	0.990	5

次に、直線回帰式と相対成長式の両方が作成できた樹種について、作成した式から樹種毎の年間木質部乾重成長量予測式を作成し、木質部乾重中の炭素の含有量と CO₂ と C の分子比から CO₂ 固定量に換算し、年間 CO₂ 固定量予測式を作成した (表-3)。

表-3 樹種毎の年間 CO₂ 固定量予測式

樹種	年間 CO ₂ 固定量予測式
クロガネモチ	$Y = 0.943 \{ (X+0.473)^{2.689} - X^{2.689} \}$
シラカバ	$Y = 26.944 \{ (X+0.200)^{0.802} - X^{0.802} \}$
ソメイヨシノ	$Y = 0.393 \{ (X+1.185)^{2.208} - X^{2.208} \}$
トウカエデ	$Y = 0.178 \{ (X+0.700)^{2.474} - X^{2.474} \}$
ナナカマド	$Y = 0.358 \{ (X+0.847)^{2.266} - X^{2.266} \}$
ハナミズキ	$Y = 0.224x \{ (X+0.467)^{2.423} - X^{2.423} \}$
ブラタナス	$Y = 0.104 \{ (X+1.065)^{2.714} - X^{2.714} \}$
マテバシイ	$Y = 0.283 \{ (X+0.962)^{2.412} - X^{2.412} \}$
メタセコイア	$Y = 0.013 \{ (X+5.350)^{3.112} - X^{3.112} \}$
モチノキ	$Y = 9.857 \{ (X+5.100)^{1.347} - X^{1.347} \}$
モミジバフウ	$Y = 0.387 \{ (X+0.844)^{2.271} - X^{2.271} \}$
ヤマモモ	$Y = 0.494 \{ (X+0.337)^{2.209} - X^{2.209} \}$
ユリノキ	$Y = 0.549 \{ (X+3.213)^{1.899} - X^{1.899} \}$

X: 胸高直径、Y: 年間年間 CO₂ 固定量

4. 簡便な式の作成

次に、全ての樹種を統合して式を作成したところ、

樹齢と胸高直径の直線回帰式は図-1、胸高直径と木質部乾重の相対成長式は図-2 のとおりとなった。

なお、測量データにより作成した式の傾きが大きくなったが、これは全体の式の傾きが、相対的に木質部乾重の小さかった大径木 4 本の影響を受けたためと思われる。

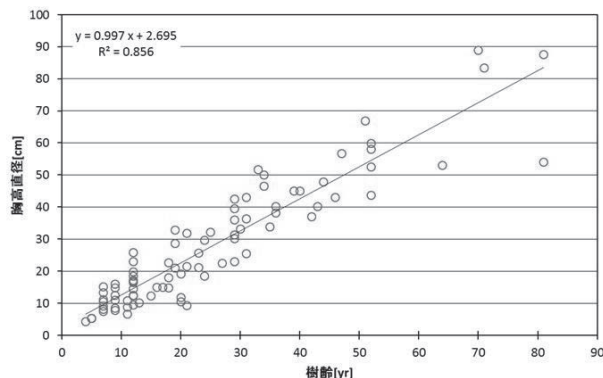


図-1 樹齢と胸高直径の直線回帰式 (全樹種)

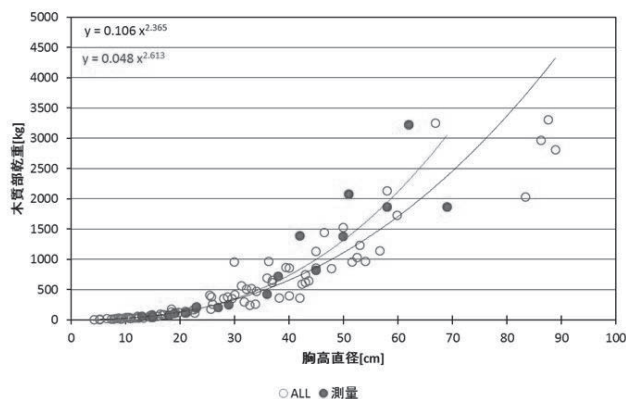


図-2 胸高直径と木質部乾重の相対成長式 (全樹種)

また、樹木タイプ別 (落葉樹、常緑樹、落葉広葉樹、常緑広葉樹等) と樹形別 (広円柱形、球形、狭円錐形) に分類した相対成長式を作成した。

次に、作成した式から推定した木質部乾重と実際の木質部乾重の推定誤差 RE を算出した。

$$RE[\%] = \frac{100}{n} \sum \frac{|w - \hat{w}|}{w}$$

n: 標本数、w: 実測値、 $\hat{w}$: 推定値
樹種毎に作成した式では樹種により RE が 0.02% ~ 37% と大きく差があった。全ての樹種を統合した式では RE が 27%、樹木タイプ別では 14% ~ 26%、樹形別では 17 ~ 21% となり、樹形別の当てはまりが最もよかった。

5. 今後の課題

不足している樹種、樹齢の調査を行い、CO₂ 固定量予測式の精度を高める必要がある。

1.2 樹木の管理と更新に関する研究

2) 街路樹の保全・再生手法に関する研究

【道路調査費】	9
---------------	---

街路樹の保全・再生手法に関する研究

Study on maintenance method of street trees

(研究期間 平成 25～26 年度)

防災・メンテナンス基盤研究センター 緑化生態研究室	室長	栗原正夫
Research Center for Land and Construction Management	Head	Masao Kurihara
Landscape and Ecology Division	主任研究官	飯塚康雄
	Senior Researcher	Yasuo Iizuka

In this study, it verified a street tree restoration method that permits reaching an agreement with surrounding residences while maintaining pleasant road space by surveying methods of surveying the state of Street trees, greening technologies for street tree conservation or redevelopment, and methods of cooperating with residents in cases where conservation and redevelopment projects were done to counter problems with street trees.

〔研究目的及び経緯〕

街路樹は、これまでの積極的な整備推進により、全国で平成4年に約478万本であったものが平成14年には約679万本と、10年間に約200万本の増加となった。しかし、平成24年では約674万本と一転して若干の減少傾向を示したことでわかるように、今後は大きく成長した街路樹の維持管理に重点がおかれていくことが予想される。

このような状況の中、街路樹が生育できる空間には制限があることから、その生育空間よりも大きく成長する樹種が植栽されている場合には、樹形縮小のための剪定や、樹勢維持・回復対策、倒伏や根上り対策等の保全対策が必要不可欠となる。

また、街路樹の植栽時から半世紀程度経過した都市等では、周辺の土地利用が大きく変化していることもあり、街路樹の必要性を再確認した上で、街路樹の整備方針を転換するなどの再考が求められている。

そのため、街路樹のニーズ変化の把握や、緑化機能を十分に発揮する観点から緑化方針を再考するための判断基準、その方針に対応する保全・再生手法の確立が必要となっている。

〔研究内容〕

1. 街路樹の保全・再整備に関する事例調査

歴史・文化的価値等が高い街路樹において保全対策が行われた事例、街路樹に生育上の問題点や植栽環境の変化等により再整備（更新）が行われた事例について、主に以下の項目について調査を行った。

- ①街路樹整備の背景、現在の位置づけ
- ②街路樹における問題点
- ③具体的な対策
- ④住民等との合意形成

2. 道路緑化方針における近年の動向調査

過去10年程度の間に、自治体等の道路管理者がとりまとめた道路緑化に関する指針類を収集するとともに、道路緑化の現況をヒアリングし、道路緑化における近年の動向を把握した。

3. 街路樹の保全・再整備方法の検討

1. の結果から街路樹の保全・再整備において効果的な方法について検証を行うとともに、2. の道路緑化に新たに求められている方針等を踏まえた上で、道路空間を快適に維持しつつ周辺住民等の要求にも対応できる街路樹の再生方法について検討した。

〔研究成果〕

主な研究成果の概要を以下に示す。

1. 街路樹の保全・再整備に関する事例調査

調査対象事例は、保全が21箇所、再整備が22箇所であり、主な樹種としては落葉樹でソメイヨシノ、ケヤキ、イチョウ、常緑樹でクスノキが多かった。対策を行うことの要因としては、保全では生育不良が多く、再整備では生育不良の他に倒木・落枝や根上り、道路再編が多かった。具体的な対策としては、保全では植栽基盤改良、間伐・剪定、補植等、再整備では異樹種や同樹種への植え替えや撤去が多く行われていた。また、住民等との合意形成では、説明会の実施や行政広報誌やインターネットによる情報提供等があった。

2. 道路緑化方針における近年の動向調査

道路緑化において新たに求められている方針等としては、緑化機能では「ヒートアイランドや地球温暖化」、「地域振興」等への対応、緑化計画では「道路空間・都市空間との連携」や「生物多様性保全」等への対応、管理では「道路緑化の評価」、「倒木等のリスクマネジメント」等への対応があげられた。

また、全般に関連するものとして「住民参加」、「コス

ト縮減」、「データ管理」、「専門技術者の活用」、「発生材のリサイクル利用」等が求められていることがわかった。

3. 街路樹の保全・再整備方法の検討

調査結果を基にとりまとめた効果的な街路樹の保全・再整備方法を以下に示す。

3. 1 街路樹の保全・再整備の手順

街路樹の保全・再整備においては、はじめに街路樹に発生した問題を的確に把握して評価を行った上で、必要に応じて住民との合意形成を図りながら、対応方針及び計画について決定する（図-1）。この際、周辺住民の街路樹への愛着にも配慮して、まずは存続させるための保全対策を優先することを検討し、問題を解消することが困難な場合には、伐採して必要に応じて再度植栽を行うことを検討する。対策の実施は、その内容に応じて専門技術者により実施し、その後は効果の発現状況までを確認することが望ましい。可能であれば、周辺住民等との協働による体制を構築することが必要である。

3. 2 街路樹の保全方法

街路樹の保全方法としては、大径木化や過密化した樹木に対して、剪定や間引きによる樹形再生がある。また、生き物である街路樹の活力を良好に維持するために、十分な養水分を吸収できる植栽基盤に改良するとともに、根系の根上りによる縁石や舗装の持ち上がりが生じている場合には植栽空間を拡大するなどの対策が必要となる。さらに、老木化した街路樹には木材腐朽病や害虫等の被害を受けているものもあり、樹勢を回復するための薬剤注入・散布や罹患部の物理的切除等の対策が必要となることがある（図-2）。

3. 3 街路樹の再整備方法

街路樹の再整備方法としては、発生している問題が解消できない場合に伐採して同樹種を植栽する、あるいは樹種転換をする方法がある。また、問題が生育不良であった場合には、植栽時に植栽基盤の改良を行う必要がある。なお、歩道幅員が非常に狭い道路に大径木となる高木が植栽されている場合や山地部等の自然環境が豊かな環境の中に街路樹が植栽されている場合等においては、周辺住民等の合意を得た上で街路樹を撤去することが、安全で快適な歩行者空間の形成や街路樹管理の効率化に寄与する解決策の一つの選択肢となることもある（図-3）。

3. 4 住民等との合意形成

街路樹の保全・再整備にあたっては、当該街路樹と密接に関わることが多い沿道や地域の住民等との間でその対応方針や対応策について、あらかじめ合意を図ることが円滑に対策を実施する上で重要となる。住民との合意形成を図るためには、主に以下の方法がある。

- ①検討会や委員会への住民代表の参加
- ②アンケート等の実施による意見収集
- ③現地開催を含めた住民説明会の実施
- ④説明資料配布、看板設置等による情報提供

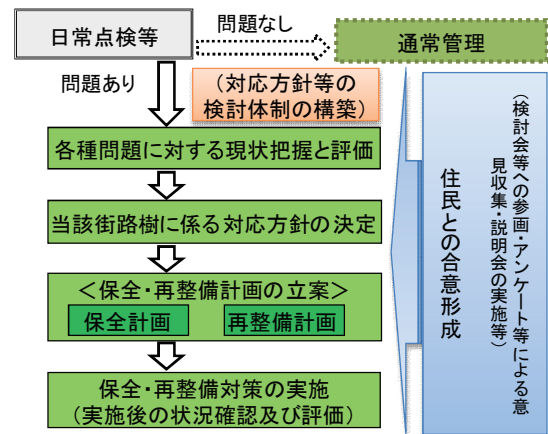


図-1 街路樹の保全・再整備の手順



図-2 街路樹の保全

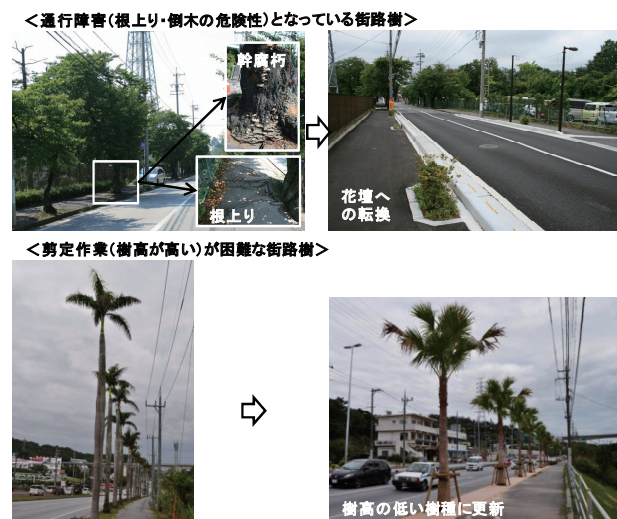


図-3 街路樹の再整備

〔成果の活用〕

本研究の成果は、街路樹の保全・再整備方法が道路構造や樹種特性等の条件に加え、街路樹と住民等との結びつきの深さなどにも大きく影響されることに考慮して、道路管理者が現場状況等に応じた対応方法を適切に検討できるように、調査事例の紹介を含めたガイドラインとしてとりまとめる予定である。

1.3 生物多様性の確保に関する研究

3) 都市における生物多様性の確保に資する緑地の効果的な保全・創出方策に関する研究	
【国営公園等事業調査費】	13
4) 地域性植物による緑化手法に関する研究	
【国営公園等事業調査費】	15
5) 河川管理による外来植物の分布拡大抑制に関する調査	
【河川事業調査費】	17
6) 猛禽類等の生息環境の定量的な把握手法及び効率的な環境保全措置の検討	
【道路調査費】	21
7) 自然共生型社会の実現に向けた生物多様性の評価・予測モデルの開発と国土政策への反映	
【科学研究費補助金】	23

都市における生物多様性の確保に資する緑地の効果的な保全・創出 方策に関する研究

Research on effective methods of conserving and creating greenery for ensuring urban biodiversity
(研究期間 平成 25～26 年度)

防災・メンテナンス基盤研究センター
Research Center for
Land and Construction Management
緑化生態研究室
Landscape and Ecology Division

室長
Head
研究官
Researcher
研究官
Researcher

栗原 正夫
Masao KURIHARA
曽根 直幸
Naoyuki SONE
上野 裕介
Yusuke UENO

To clarify effective methods of conserving and creating greenery ensuring urban biodiversity for the variety of municipalities, we conduct research on the effect of area, vegetation structure and surrounding environment to the biodiversity of urban greenery, from the center of Tokyo to the Tama area.

〔研究の背景及び目的〕

国土交通省では、地方公共団体による生物多様性に配慮した公園緑地行政を支援するため、「緑の基本計画における生物多様性の確保に関する技術的配慮事項（平成 23 年 11 月）」や「日本版・都市の生物多様性指標（素案）（平成 25 年 5 月）」を公表してきた。

本研究の目的は、さまざまな環境（都市化度）を有する東京都心～多摩地域から調査対象地域を選定し、緑地の規模、植生構造、周辺環境等が生物多様性にどのように影響するかを分析し、多様な都市の現状やビジョンに応じた効果的な緑地保全・創出方策を明らかにすることである。

〔研究内容〕

平成 25 年度には、調査対象地を選定し、秋・冬のフィールド調査を行い、調査結果を整理した。平成 26 年度には、春・夏のフィールド調査を継続し、1 年間の結果として解析を行い、成果をとりまとめた。

1. 調査対象地の選定

調査対象地として、大規模緑地（10ha 以上）9 箇所、中規模緑地（2-10ha）21 箇所、小規模緑地（0.1-2ha）31 箇所、屋上緑化地 16 箇所、道路植栽地 30 箇所の計 107 箇所を選定した。選定にあたっては、第 2 次地域区画コードで 5339-41（東京首都）、5339-42（東京西部）、5339-43（吉祥寺）、5339-44（立川）、5339-45（拝島）の図幅に、それぞれの種類の緑地がバランスよく配置されるよう配慮した。選定した調査対象地の位置を図-1 に示す。

2. 鳥類及び昆虫類に関する調査

調査対象地における鳥類及び昆虫類の生息・生育状況を確認するため、フィールド調査を行った。分類群ごとの調査方法については、表-1 に示す。

3. 植生構造等に関する調査

調査対象地における鳥類及び昆虫類の生息・生育状況と、それぞれの緑地内の植生構造、水面の有無などの環境条件との関係を分析するためのデータとして、調査対象地の植生構造等を調査した（表-1）。

4. 調査結果と今後の予定

1) 都市化の程度との関係

全般的な傾向として、鳥類及び昆虫類については、都市化度が高くなるほど種数が少なくなる傾向が見られた。ただし、その影響の度合いについては、分類群ごとに差があるように思われた。

2) 確認された種の生態的特性

野外での調査結果を基に、個々の種の広域での確認状況を整理した。また各種の生息環境、生活史、食性、移動能力等の生態に関する情報については、学術論文や図鑑等を参考に整理し、解析用のデータベースを作成した。これらの整理結果は、今後、具体的に公園緑地行政の指標となる種、都市の生物多様性のモニタリングに適した種を検討する際の有益な資料となる。

3) 都市内緑地で確認された重要種

本調査では、個々の緑地ごとの調査時間はごく限られていたものの、秋・冬の調査において、東京都レッドデータブックに掲載された種も確認された。

5. 解説資料の作成

一連の調査成果を基に、「緑の基本計画における生物多様性の確保に関する技術的配慮事項（平成 23 年 11 月）」や「日本版・都市の生物多様性指標（素案）（平成 25 年 5 月）」との関係も意識し、地方公共団体等における緑地保全・創出方策の検討に活用していただけるよう解説資料を作成した。

〔謝辞〕

本研究を進めるにあたっては、各調査対象地の管理ご担当部署の皆様にご多大なご協力をいただきました。ここに記して謝意を表します。

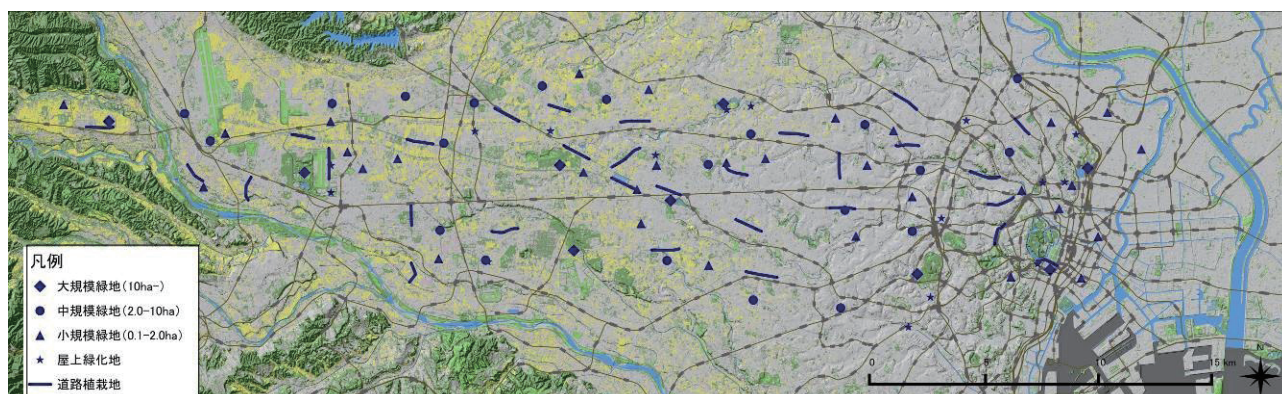


図-1 調査対象地のタイプ（大規模・中規模・小規模緑地、屋上緑化地、道路植栽地）と位置

表-1 鳥類及び昆虫類に関する調査方法

調査対象	調査時期	調査方法
鳥類	秋 1 回目 H25. 9. 17～10. 1 秋 2 回目 H25. 10. 11～10. 30 冬 1 回目 H25. 12. 2～12. 20 冬 2 回目 H26. 1. 20～ 1. 31 春 1 回目 H26. 4. 25～ 5. 20 春 2 回目 H26. 5. 19～ 5. 31 夏 1 回目 H26. 6. 5～ 6. 21 夏 2 回目 H26. 6. 23～ 7. 17	- あらかじめ定められたルートを持続 2km の速度で歩き、ルートを中心に 100m 範囲（片側 50m）に出現した鳥類の種名、個体数、確認時刻、確認方法（目視・鳴き声）、確認場所（上空・樹上・林床・草地・裸地・水辺・水上）、行動（静止・飛行・歩行・採餌・水浴び・巣材運び・上空通過）、とまり木、エサの種類を記録した。 - 同定は目視および鳴き声により行った。 - 調査は、鳥類の轉りや活動が活発な日の出から正午頃までを目安に行った。
飛翔性昆虫類	秋 H25. 9. 30～10. 11 春 H26. 4. 25～ 5. 20 夏 H26. 6. 17～ 7. 18	- あらかじめ定められたルートを時速 2km の速度で歩き、ルートを中心に 10m 範囲（片側 5m）に出現した飛翔性昆虫類の種名、個多数、時速、確認場所（上空・樹上・林床・草地・裸地・水辺・水上）、行動（静止・飛行・採餌・歩行・鳴き声）、餌の種類、止まり木を記録した。 - 同定は原則として目視および鳴き声により行った。目視による同定が困難な種については捕虫網で捕獲し、同定後放逐するようにした。 - 調査は、昆虫の活動が活発になる日中午前 9 時から午後 4 時の間に行った。
トンボ類 チョウ類 バッタ類		
地表徘徊性昆虫類	秋 H25. 9. 30～11. 1 夏 H26. 6. 2～ 6. 30	- プラスチックカップ（口径 7cm、深さ 9cm）を使用し、カップの縁が地表面と水平になるように設置した。トラップ内には、殺虫のために水で 5%程度に薄めた無香料の洗剤を 50ml 程度注いだ。これを調査地点 1 箇所につき 30 個、樹林地、草地、水辺など多様な環境を含むように設置した。 - トラップを設置した箇所では、環境条件として、気温、照度、地表面温度、地下 2cm の温度、リター層、土壌水分率、土性を記録した。 - トラップは 7 昼夜設置した後、捕獲されたサンプルを回収した。サンプルは持ち帰り、室内で分析し、出現種、個体数を記録した。
オサムシ類 シデムシ類		
植生構造等	秋 H25. 9. 30～11. 22	10m×10m のコドラートを設定し、階層毎の被度、立木密度、主要な種の種名・植被率・高さ、その他確認種を記録した。またコドラート設置箇所の環境条件として、地形、草刈りの有無、剪定の有無、リター層を記録した。 - コドラートの数は、2ha 以上の公園は 10 箇所、2ha 未満の公園及び屋上緑化地は 1 箇所とした。また、道路植栽地については、コドラートではなく調査区間を焼く 50m の小区間に分割して調査を行った。

地域性植物による緑化手法に関する研究

Research on vegetation method using native plants（研究期間 平成 26～28 年度）

防災・メンテナンス基盤研究センター
Research Center for
Land and Construction Management
緑化生態研究室
Landscape and Ecology Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher

栗原 正夫
Masao KURIHARA
武田 ゆうこ
Yuko TAKEDA

Germination and seeding test were performed on some native wild grass, with the aim of revegetation considering local ecology.

〔研究目的及び経緯〕

道路や公園、河川等の公共事業で生じる裸地は、侵食防止や周辺環境や景観への配慮から早期緑化が求められるため、コストや入手のしやすさから外来牧草による緑化が主流となっている。

外来生物法等を背景に、公共事業で使用する緑化植物についても地域生態系への配慮が求められており、近年、一部ではススキ等の在来植物が利用されるようになってきている。しかし、国外由来の在来植物（中国産のススキ等）が用いられ、日本に生育する系統との遺伝的かく乱が懸念されており、地域性緑化植物の確保が課題となっている。そのため、国総研では望ましい種を選定するための地域性緑化植物リストを作成するとともに、市場生産による供給が困難な種については事業者が自ら又は地域と連携して簡便に採取・生産する手法の開発を目指している。

表-1 緑化植物の位置づけ

		地域由来	遺伝子型 国内由来	国外由来
自然 分布	国内のみ 又は国内外	地域性緑化植物	在来緑化植物	(外国産) 在来緑化植物
	国外のみ	—		外来緑化植物

(H18 環境省・農水省・国交省による調査報告書)

〔研究内容〕

今年度は、在来植物（草本）による緑化に関する既往資料等の収集・整理を行い、公園やのり面等に導入する際の種選定の目安となる地域性緑化植物リストを作成した。また、それらの種の発芽特性及び生育特性を明らかにし、種子生産の可能性を検討するため、種子を採取して発芽試験を行うとともに、プランターを使用して播き出し実験を行った。

〔研究結果〕

1. 地域性緑化植物リストの作成

関東地方において良好な植生を構成している二次草原（ススキ型草地、シバ型草地等）と二次林の林床植物の群落内の出現草種を抽出し、分類、自然分布、形態、繁殖生態、開花期、結実期等の基本的な情報の他、レッドリストの記載、花の美しさ等の観賞性、季語等の文化的価値、生育特性、自然侵入促進工における出現実績等を整理した地域性緑化植物リストを作成した。選定の手順は図-1 に示すとおりである。

群落構成種（α）の抽出

「日本植生誌 関東」より、二次草原（ススキ型・シバ型）、二次林床（コナラ林・アカマツ林）における出現草種をリストアップ（リストアップ種は以下参照）

二次草原のリストアップ種	林床草本のリストアップ種
① 群集標徴種および区分種	① 群集区分種
② 亜群集区分種	② 群落区分種
③ 変群集区分種	③ 下位単位区分種
④ 亜変群集区分種	④ 群集標徴種および区分種
⑤ ヤブツバキクラスの種	⑤ 群団・オーダー標徴種
⑥ ブナクラスの種	⑥ クラス標徴種
⑦ 随伴種	⑦ ススキクラスの種
⑧ その他の種	⑧ 随伴種

除外植物の検討

以下に示す植物は、人々に親しまれる「地域性植物を用いた法面緑化」検討候補種として、生態的影響や生育特性の観点より不適当と考えられるため、除外種とした。

- ◆有害植物（周辺生態への悪影響や駆除困難性が報告されている種）
- ◆有害植物（人体への深刻な悪影響が報告されている種）
- ◆帰化植物・外来種
- ◆園芸種の実績を多く有する種
- ◆低木類（樹高 1m 以上に成長するもの）
- ◆既存緑化種
- ◆湿生植物
- ◆タケノコササ類

低優先植物（予備候補種）の検討

多様な地域性植物を用いた緑化検討を行うため、以下に示す植物種については、個々に検討を行い、適応性の高い植物種を緑化対象種として選定した。

- ◆つる植物
他の植物に悪影響を及ぼす旺盛な繁殖力が予想される種は、予備候補種として、当面の植物リスト対象種からは除外した。
- ◆近縁種
近縁種が数種リストアップされた場合は、より一般性の高い生育特性を有する種を優先的に選定した。

植物リスト対象種の絞り込み

図-1 植物リスト（200 種）選定 フロー

2. 種子採取及び発芽試験

リストの中から複数の群落において出現が確認され、文化的価値や鑑賞性、定着性等に優れた緑化植物として有望と思われる50種について、採取場所、時期、採取方法を検討し、今年度はそのうち20種について種子を採取した。(写真1)



写真1 袋かけ及び種採取作業

採取した種子は、綿毛の除去等の精選作業を行った後、無処理及び種に応じた発芽処理(低温乾燥、低温湿層)を行い、発芽試験を実施した。(写真2)



写真2 発芽試験実施状況

発芽試験期間は、「依頼検査技術マニュアル」(独法)育苗管理センター)に準じ28日としたが、期間終了後も経過観察したところ、発芽する種も見られた。(図-2)

最終的には7種については発芽が見られず、他は発芽率1~63%であった。発芽試験の結果は表-2のとおりである。

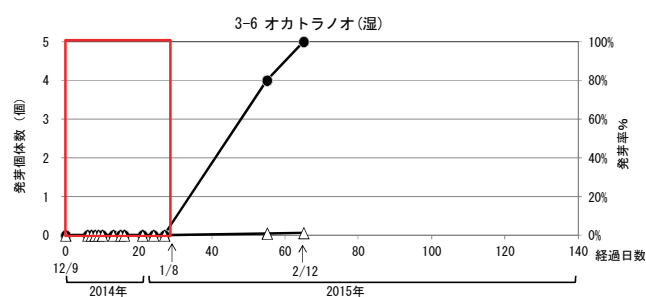


図-2 発芽状況の例(オカトラノオ)

3. 撒き出し実験

発芽実験結果を踏まえて播種量等の条件を変え、国総研内温室においてプランターへの播きだし、モニタリングを行っている。(写真3)

4. 今後の課題

在来草本については発芽特性等についての既存知見が少なく、データを積み重ねていく必要がある。また、屋外での栽培についても検討していきたい。

表-2 発芽試験結果

No.	科名	種名	試験条件		発芽試験終了時(28日目)		2月12日時点	
			試験区	発芽処理	発芽数	発芽率	発芽数	発芽率
1	イネ科	アキノエノコログサ	1-1	冷蔵	0	0%	0	0%
			1-2	冷蔵	1	0%	1	0%
2	キク科	ユウガギク	1-3	冷蔵	3	1%	37	9%
			1-4	常温	2	1%	2	1%
3	キク科	カセンソウ	1-5	冷蔵	1	0%	1	0%
			1-6	常温	0	0%	0	0%
4	シソ科	ウツボグサ	2-1	冷蔵	21	5%	85	21%
			2-2	冷蔵	67	34%	82	41%
5	キク科	シラヤマギク	2-3	冷蔵	85	43%	125	63%
			2-4	冷蔵	26	7%	101	25%
6	バラ科	ワレモコウ	2-5	冷蔵	1	1%	33	17%
			2-6	冷蔵	1	1%	33	17%
7	オミナエシ科	オミナエシ	2-6	冷蔵	198	50%	198	50%
8	キク科	ヒヨドリバナ	2-7	冷蔵	0	0%	0	0%
			2-8	冷蔵	0	0%	0	0%
9	シソ科	アキノタムラソウ	2-9	冷蔵	1	0%	5	1%
10	キク科	ノハラアザミ	2-10	冷蔵	2	1%	251	63%
11	バラ科	ナワシロイチゴ	3-1	冷蔵	0	0%	0	0%
12	ユリ科	アマドコロ	3-2	冷蔵	115	29%	323	81%
13	ユリ科	オオバギボウシ	3-3	冷蔵	0	0%	0	0%
14	キキョウ科	ツリガネニンジン	3-4	冷蔵	112	56%	115	58%
			3-5	冷蔵	59	30%	62	31%
15	サクラソウ科	オカトラノオ	3-6	冷蔵	0	0%	5	1%
16	ユリ科	ツルボ	3-7	冷蔵	8	4%	87	44%
			3-8	冷蔵	5	3%	187	94%
17	オミナエシ	オトコエシ	3-9	冷蔵	101	25%	116	29%
18	バラ科	キンミズヒキ	4-1	冷蔵	160	40%	165	41%
19	タデ科	イヌタデ	4-2	冷蔵	1	0%	7	2%
20	タデ科	ミズヒキ	4-3	冷蔵	143	36%	180	45%
21	イネ科	ケチヂミザサ	4-4	冷蔵	1	0%	35	9%



写真3 撒き出し試験の状況

河川管理による外来植物の分布拡大抑制に関する調査

Research on Control of Distribution Expansion of Alien Plants by river management in Rivers

(研究期間 平成 26～28 年度)

防災・メンテナンス基盤研究センター 緑化生態研究室
Research Center for Land and Construction Management
Landscape and Ecology Division

室長 栗原 正夫
Head Masao KURIHARA
主任研究官 山岸 裕
Senior Researcher Yutaka YAMAGISHI
招聘研究員 畠瀬 頼子
Visiting Researcher Yoriko HATASE

We have been conducting research on the prevention of distribution expansion of alien plants using soil seed bank in rivers since fiscal 2014. In fiscal 2014, we conducted the survey of vegetation on the ground and soil sampling around the areas of six domestic rivers where alien including invasive alien species(plants) such as lanceleaf tickseed and bur cucumber has grown. We also conducted germination experiment in a greenhouse using parts of the soil samples collected in the autumn.

〔研究目的および経緯〕

「生物多様性国家戦略 2012-2020」(平成 24 年 9 月)では、愛知目標^{注)}の達成に向けたわが国の国別目標を設定しており、外来種対策の具体的な施策のひとつとして、河川における外来種の急速な分布拡大を踏まえた外来種対策の推進、外来植生等に関する調査研究および効果的な対策の検討を行うとしている。

さらに、「生物多様性国家戦略 2012-2020」では、愛知目標を踏まえ、防除の優先度の考え方を整理し、計画的な防除等を推進するとともに、各主体における外来種対策に関する行動や地域レベルでの自主的な取組を促すための行動計画を策定することを国別目標の一つとしており、これを受けて策定された「外来種被害防止行動計画(平成 27 年 3 月:環境省、農林水産省、国土交通省)」においては、外来種対策として蔓延防止のために侵入初期段階を重視している。

外来植物対策においては、地上の植生状況のみならず、種子供給源および発芽可能な埋土種子集団である土壌シードバンクの有無が重要となる。土壌シードバンクの形成状況を把握することによって、外来植物の侵入段階及び今後の分布拡大等の植生変化を把握することができ、それを踏まえた効率的な管理方針の立案が可能となる。しかし、外来植物の河川における土壌シードバンクの形成については、十分なデータの蓄積がない。

そこで、本調査では、土壌サンプルの撒き出し実験により、河川空間における土壌シードバンクの分布特性を分析し、土壌シードバンクの種組成から外来植物の侵入動向を把握するための指標を構築するとともに、

それらを用いた効率的な特定外来植物等の対策方法についてとりまとめることを目的としている。また、近年実施されている防除対策工についてもとりまとめる。

〔研究内容〕

平成 26 年度は、3 ヶ年計画の初年度として以下の調査を行った。なお、本研究を実施するにあたり、環境省に特定外来生物による生態系等に係る被害の防止に関する法律第 5 条の規定に基づく特定外来生物飼養等の許可を得て実施した。

1. 調査方法

1.1 外来種の分布拡大及び対策工に関する調査

対象とする外来種は、オオキンケイギク、オオハンゴンソウ、ナルトサワギク、オオカワヂシャ、アレチウリ、セイタカアワダチソウ、シナダレスズメガヤ、ハリエンジュの 8 種とした。

1.1.1 河川における外来種の分布拡大に関する調査

全国および個別河川における外来種の分布拡大の状況について、河川水辺の国勢調査の植物調査(1～4 巡目)の成果をもとに取りまとめた。

河川水辺の国勢調査の対象河川のうち、植物データが存在しない五ヶ瀬川水系北川を除く 109 水系 140 河川ごとに、1～4 巡目の植物データ(「確認種詳細データ」)を使用して、調査地区を単位として対象とする外来種の確認状況(データ件数)を経年的に整理した。また、調査地区ごとに整理されたデータをもとに、「確認頻度」「連続確認回数」「出現率」を表す集計項目を設定した。その集計項目をもとに、各河川の各種ごとに増加傾向・定着傾向を把握するための評価指標を独

注)「愛知目標は、戦略計画 2011-2020 で、2050 年までに「自然と共生する世界」を実現することをめざし、2020 年までに生物多様性の損失を止めるための効果的かつ緊急の行動を実施するという 20 の個別目標です。戦略計画 2011-2020 は、生物多様性条約の 3 つの目的、(1)生物多様性の保全、(2)生物多様性の構成要素の持続可能な利用、(3)遺伝資源の利用から生ずる利益の公正かつ衡平な配分、を達成するため、COP10 で採択された 2011～2020 年の新たな世界目標です。」¹⁾

自に設定した。

1.1.2 河川における外来種対策工に関する調査

①国土交通省河川部局、②全国の国土交通省地方整備局、北海道開発局及び沖縄総合事務局、及び②の河川事務所、③全国の都道府県の外来種対策部局、④環境省、⑤国立環境研究所及び農業環境技術研究所のweb サイトを確認し、対象とする外来種について主に河川管理者が主体となって実施している対策工に関する情報を収集した。

1.2 河川における外来植物等分布調査及び土壌採取

特定外来生物の植物種の生育が確認されている北上川、荒川、鬼怒川、多摩川、木曽川、吉野川の6河川において、外来種の分布状況を把握するための現地調査を実施するとともに、撒きだし実験のための土壌サンプルを採取した。ここで対象とした調査の外来種は、オオキンケイギク、オオハンゴンソウ、ナルトサワギク、オオブタクサ、アレチウリ、シナダレスズメガヤの6種である。1河川あたり3地区、計18地区の調査地区を選定し、調査を実施した。

1.2.1 調査地区の選定

(1) 調査地区の選定方法

対象種のうち、ナルトサワギクは吉野川、オオハンゴンソウは北上川以外において確認が難しい可能性が高いため、これらの種については、それぞれの河川で集中的にデータを取得することとした。アレチウリやオオブタクサ等、多くの河川で一般的に生育している種については、調査分析における地域性に由来する偏りを回避するために、複数の河川で調査を実施することとした。

「河川環境データベース」ウェブサイトで提供されている河川水辺の国勢調査による直近の植生図GISデータおよび植物相データ等に基づき、対象種が分布する可能性の高い場所を把握した。北上川、荒川、木曽川の3河川では、上流と下流は管轄事務所が異なるために別個のデータとなっているが、北上川および荒川では、いずれも上流管内のデータにおいて、使用に不都合なエラーが確認されたため、下流管内のデータを用いて調査地区を選定した。また、木曽川は、下流管内が感潮区間となり、本業務の対象種は主に上流管内に分布するため、上流管内のデータを用いて調査地区を選定した。

なお、各河川の3地区は、対象種の分布状況、植生の状況、地形の状況、外来種の侵入しやすさ、流程の多様さ・調査地区間の距離等の観点から選定した。

(2) 植生調査箇所の選定

1地区内で6地点を設定した。なお、植生調査箇所の設定にあたっては、①対象種の代表的な生育地点2

地点程度)、②調査地区の典型的な在来植生の地点(1地点程度)、③対象種の代表的な生育地点から近い水際、または種子が流れ着きやすそうな水際(1地点程度)、④対象種の代表的な生育地点の近傍等で、対象種が侵入・拡大しつつあるとみられる地点(1地点程度)、⑤調査地区内で遷移がやや進んだ地点(1地点程度)の6地点とし、高木林内および堤防上には地点を設定しないこととした。

1.2.2 調査方法

1.2.1 で選定した各地区・植生調査箇所において、以下の方法により、ルートセンサス調査、植生調査、土壌採取を実施した。ルートセンサス及び植生調査は平成26年10月に、土壌採取は平成26年10月及び平成27年2月下旬～3月上旬に行った。

(1) ルートセンサス調査の方法

堤防上等の見通しのよい場所から地区を見渡し、植生・地形・外来種の侵入可能性に関する状況(流路形態や堤内地側の土地利用、流入支川の状況等)などについて概略を把握した上で、調査地区ごとに設定した主たる対象種が典型的に生育する場所を含むように、河川縦断方向200m程度の区間において、堤外地側の堤防法肩から水際まで、多様な環境を巡るように任意に踏査し、ルートの片側2mを観察範囲として対象種の確認を行った。

(2) 植生調査の方法

各地点において、ブラウンプランケ法による植生調査を実施した。方形区の大きさは3×3mを標準とし、水際等の狭長な群落では、3×3m相当の面積を保ちつつ、2×4mなど縦横を適宜調整した。

各植生調査地点について、河川管理者より提供された河川管理計測データ等をもとに、年間の冠水日数を推計した。

(3) 土壌採取の方法

植生調査を実施した108箇所および任意に設定した対照区2箇所の計110箇所において、以下の方法により土壌採取を行った。対照区以外ではコドラート枠内に土壌採取地点を設定した。

採取を実施する地点において、縦30cm×横30cm×深さ5cm程度の範囲で、土壌を採取した。地上部の植生は、地際から刈り取り除去した。

掘り取った土壌は目開き11.2mmの試験用ふるいにかけて、ふるいを通過した土壌をよく攪拌し、軽量カップを用いて1箇所あたり2.5リットル分を採取した。

採取した土壌サンプルは、厚手のビニール袋に2重に入れて厳重に扱い、地点名を明記し、調査地区ごとに1つのダンボールに梱包して搬出し、国土技術政策総合研究所緑化温室倉庫内において、ダンボールに梱

包したまま常温で保管した。

1.3 秋期撒きだし実験

調査地区における秋・冬発芽の土壌中の埋土種子を確認するため、秋期撒きだし実験を行った。

1.3.1 実験区の作成

平成 26 年 10 月の現地調査で採取した土壌サンプル 110 個および資材を用いて実験区を作成した。作成は平成 26 年 11 月 6 日および 7 日に実施した。

1) 実験用プランターおよび基盤材の準備

プランター（内径：縦 57cm×横 17cm×高さ 18cm 容量：約 13L）を 110 個用意した。プランターの底に、透水性能をもつ防根シートを敷設した。基盤材は、適切な土壌支持機能と保水・透水機能が発揮できるよう、パーミキュライトと川砂の混合割合を 1:1 とし、よく混合した上でプランター 1 個につき 5L 分を入れ、均一な厚さに均した。採取した土壌サンプル 110 個分の実験区に加え、対照区として基盤材のみの実験区（以下、基盤材区と表記）を 2 つ設けることとし、計 112 個の実験区を作成した。

2) プランターの設置

基盤材を充填したプランターの上面縁に、各河川の植生調査・土壌採取地点の番号を記入し、緑化温室のスチール台（縦 1.3m×横 2.4m 程度；6 台）に敷き並べた。実験区の配置は、乱数に基づくランダム配置とした。対照区および基盤材区の計 4 つの実験区は、別途小さな台の上に配置した。

3) 土壌サンプルの撒きだし

各土壌サンプルをプランター上に全量撒きだし、厚さにムラが出ないように均一に敷き均した。2.5L 分の撒きだし厚さは、基盤材上面でのプランター内径（55.0cm×14.0cm）に基づく計算および、数個の実験区の実測によると、いずれも 3.2cm であった。

対照区のサンプルは、緑化温室の恒温器を用いて、約 80℃で約 24 時間熱処理した後に撒きだした。

4) 温度計（データロガー）の設置

温度計を用いて地温及び気温を計測した。

気温を計測する温度計は、地温と同じ温度精度で比較できるよう、同一機種を使用し、温室内の北側および南側の壁面に各 1 個をフックで吊り下げた。

計測間隔は地温・気温とも 1 時間、計測期間は平成 26 年 11 月 8 日～平成 27 年 1 月末までとした。

5) 寒冷紗の設置

温室の窓は冬期のため常時閉め切り、出入口以外の場所から種子が温室内に侵入する可能性はないため、寒冷紗は 2 カ所の出入口に吊り下げ、扉を開閉して出入りする際に種子の混入が生じないようにした。

1.3.2 撒きだし実験

1) 調査期間

撒き出し実験は、出現実生調査法により行った。調査は実験区作成後、2014 年 11 月 17 日、27 日、12 月 8 日、12 月 18～19 日、2015 年 1 月 8～9 日、1 月 28～29 日の計 6 回、10～20 日おきに行った。

2) 調査方法

実生の同定は、本葉 1～2 枚にまで成長したものを対象に行った。実験区ごとに各植物種の個体数、同定時の生育状況（生育段階）を記録した。同定済みの実生は抜き取ることにした。同定不能なものについては、発生時期や形態等から同一種とみなされるもののうち 3 本程度に、番号を記したペグを立てて残し、同定可能な生育段階まで生長させた。ペグを立てた個体以外は、個体数を計測の上、他の実生の生育の妨げにならないよう抜き取ることにした。

さらに各調査回で、新たな実生発生（子葉段階を含む）がみられた個体数を記録した。同定不能な子葉段階の個体にはペグを立てず、調査回ごとに個体数を記録し、累積の発芽個体数とみなした。そのため、調査期間中に枯死した子葉段階の個体がある場合は、実際よりも計測された個体数が少ない可能性がある。

本調査では、根茎から発芽したものは調査対象から除いた。ノビル・コモチマンネングサは無性芽からの発芽の可能性がある。

3) 実生の同定根拠

実生の同定は、以下の文献およびウェブサイトを参考に行った。

- ・浅井元朗. 2015. 植調雑草大鑑. pp357. 株式会社全国農村教育協会, 東京
- ・浅井元朗. 2013. 身近な雑草の芽生えハンドブック. pp120. 文一総合出版, 東京
- ・浅野貞夫. 1996. 原色図鑑芽生えとたねー植物 3 態／芽ばえ・種子・成植物ー. pp280. 株式会社全国農村教育協会, 東京
- ・大野啓一. 2000. 芽生えをさがそう（生態園観察ノート NO.8）. pp14. 千葉県立中央博物館, 千葉
- ・加藤紀子. 2013. 実生の観察. pp268. 橋本印刷, 埼玉
- ・森田弘彦・浅井元朗. 2014. 原色雑草診断・防除事典. pp191. 一般社団法人農山漁村文化協会, 東京
- ・雑草生物情報データベース検索システム (<http://weeddb.narc.affrc.go.jp/DbMain/>)
- ・芽ばえ図鑑 (<http://www.ffpri-skk.affrc.go.jp/mebaezukan/>)

1.4 土壌シードバンクと植生等の関係の分析

1.4.1 シードバンクと植物群落との関係の分析

1.2 および 1.3 の結果をもとに、シードバンクと植物群落との関係の分析を実施した。分析の項目は、（1）地下部のシードバンクと地上部の植物群落との関係分析、（2）近い将来に成立すると予想される地上部の植物群落と地下部のシードバンクとの関係分析、（3）地

下部のシードバンクに基づく、地上部の外来種に関する近い将来の侵入段階の変化予測に関する分析である。

1.4.2 河川攪乱とシードバンクとの関係の分析

1.4.1 で用いたシードバンクのデータをもとに、各植生調査地点（土壌採取地点）の冠水頻度の算出結果を踏まえ、河川攪乱とシードバンクとの関係を分析した。

2. 結果と考察

2.1 外来種の分布拡大及び対策工に関する調査

2.1.1 河川における外来種の分布拡大に関する調査

表-1 に全国および地方部における対象植物の出現割合を示す。表-1 は、単に出現率を表したものであるが、植物種は全国での出現率が高い順に並べてある。必ずしも、全国域すべてが潜在的定着可能区域ではない場合もありうるが、セイタカアワダチソウ、シナダレスズメガヤ、ハリエンジュの順で出現割合が高かった。シナダレスズメガヤ、オオキンケイギクは、本調査では分布が見られなかったが、オオハンゴンソウは、北海道の全ての対象河川で分布が見られた。

2.1.2 河川における外来種対策工に関する調査

調査の結果、61 件の事例が収集された。対象種別の内訳は、オオキンケイギク 14 件、オオハンゴンソウ 5 件、ナルトサワギク 1 件、オオカワヂシャ 1 件、アレチウリ 15 件、セイタカアワダチソウ 6 件、シナダレスズメガヤ 4 件、ハリエンジュ 19 件であった（複数の種が対象とされている対策工は、それぞれの種の件数として重複計上した）。対策工の種類としては、採取、刈取、伐採、抜根、表土はぎとり、天地返し、覆土（チップ被覆、シート被覆含む）、地盤高下げ（河道掘削）などが見られた。対策工実施の理由としては、河原固有植物、在来種への悪影響、外来種駆除、さらにハリエンジュに関しては、樹林化防止、河川環境の保全（河川機能、景観含む）、洪水時の流下阻害の解消（流木の悪影響含む）、河川巡視時の支障除去、有効利用などの実施理由が見られた。

2.2 河川における外来植物等分布調査及び秋期撒きだし実験結果

表-2 は、1.2 で設定した調査対象の外来植物の分布

調査の結果と秋期撒きだしの発芽調査の結果である。

事前に想定していた各河川における主たる対象種でルート調査及び植生調査で確認されなかった外来種も見られた。

発芽結果では、オオキンケイギクでは、地区による偏りはあったものの木-3 地区では 209 の発芽が見られた。アレチウリでは、発芽時期が春期からであるため、1 個体しか発芽が見られなかった。なお、発芽調査については、来年度予定している春期撒きだし調査結果も合わせて検討を行う予定である。

2.3 土壌シードバンクと植生等の関係の分析

土壌シードバンクと植生等の関係の分析についても、発芽調査結果が時期による偏りがあるため、来年度予定している春期撒きだし実験の結果も合わせて検討を行う予定である。

〔成果の活用〕

河川管理の現場で活用しやすい外来植物対策の解説書の作成を予定。

〔参考文献〕

1) 環境省ホームページ

<http://www.biodic.go.jp/biodiversity/about/>

2) 西廣淳・西廣美穂（2010）「湿地の土壌シードバンク調査法」、鷲谷ほか編『保全生態学の技法』、東京大学出版会、297-313。

表-2 主たる対象種の植生調査結果及び発芽結果

	オオキンケイギク	オオハンゴンソウ	ナルトサワギク	オオバクサ	アレチウリ	シナダレスズメガヤ	確認された対象種数	発芽総個体数	発芽種数
北上川	北-1			●	●		2	379	24
	北-2	● 5		○	●		3	736	32
	北-3	● 2		● 1	●		3	959	27
荒川	荒-1			● 3	●		1	715	23
	荒-2			● 8	● 1		2	1054	28
	荒-3			●	●		2	1724	35
鬼怒川	鬼-1			○	○	● 39	3	566	29
	鬼-2			●	○	●	3	773	27
	鬼-3			○	○	●	2	124	20
多摩川	多-1	●		●	●	●	4	764	36
	多-2	● 1		●	●	● 6	4	1434	44
	多-3			● 1	○	●	2	1658	31
木曽川	木-1	○		○	○	● 2	4	892	45
	木-2	●		○	●	●	3	598	34
	木-3	● 209			●	●	2	1391	28
吉野川	吉-1	○			●	● 2	3	240	21
	吉-2				●	● 2	2	523	35
	吉-3				●	●	2	2309	29
確認地区数	6	2	0	13	15	11	18		

注1) 網掛けセルは、事前に設定した「主たる対象種」を表す。
注2) ●は植生調査箇所、○はルートセンサスのみで確認されたことを表す。
注3) 同じ植物種の右側は発芽個体数。

表-1 対象植物種の全国および地方部における出現割合

植物種名	北海道	東北	関東	北陸	中部	近畿	中国	四国	九州	全国
セイタカアワダチソウ	7 47%	17 100%	18 100%	15 100%	19 100%	15 100%	13 100%	8 100%	20 100%	132 94%
シナダレスズメガヤ	0 0%	17 100%	17 94%	15 100%	19 100%	15 100%	13 100%	8 100%	20 100%	124 89%
ハリエンジュ	13 87%	17 100%	17 94%	15 100%	16 84%	14 93%	10 77%	5 63%	8 40%	115 82%
アレチウリ	1 7%	17 100%	18 100%	7 47%	17 89%	14 93%	13 100%	6 75%	12 60%	105 75%
オオキンケイギク	0 0%	13 76%	13 72%	15 100%	16 84%	13 87%	13 100%	6 75%	16 80%	105 75%
オオハンゴンソウ	15 100%	16 94%	3 17%	8 53%	4 21%	3 20%	3 23%	0 0%	0 0%	52 37%
オオカワヂシャ	0 0%	3 18%	12 67%	5 33%	7 37%	14 93%	7 54%	3 38%	0 0%	51 36%
ナルトサワギク	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	3 16%	5 33%	0 0%	1 13%	0 0%	9 6%
対象河川数	15	17	18	15	19	15	13	8	20	140

注) 植物種毎の地方及び全国の数値は、左が出現河川数、右が出現割合で対象河川数は各植物とも同じ。

猛禽類等の生息環境の定量的な把握手法 及び効率的な環境保全措置の検討

Research on developing technologies for habitat evaluation and a method of efficiently environmental conservation measures for rare raptors

(研究期間 平成 25～27 年度)

防災・メンテナンス基盤研究センター
Research Center for
Land and Construction Management
緑化生態研究室
Landscape and Ecology Division

室長
Head
研究官
Researcher

栗原 正夫
Masao KURIHARA
上野 裕介
Yusuke UENO

This study aims to make improvements to the monitoring of raptors on environmental assessment, which takes a lot of cost and time. The authors try to construct “species distribution models (SDMs)” to estimate the raptor’s habitat conditions more effectively and quantitatively. The SDMs is derived from statistical analysis of the relationship between the position of distribution of raptors and environmental factors at the landscape level (e.g., vegetation, geography). In addition, new monitoring techniques for aerial animals are rapidly developing (e.g., Radar, Full spectrum camera, bio-logging technologies). Thus, we will try to efficiently monitor raptors using these techniques and SDMs.

〔研究目的及び経緯〕

国土技術政策総合研究所では、頻繁に環境アセスメントの対象となる猛禽類について、効果的な環境保全措置と効率的・効果的なモニタリング手法の確立を目指している。猛禽類については、生息環境を定量的・効率的に把握するための手法が確立されておらず、道路事業においてもその保護・保全のために未だ多くの人員と期間を必要としている現状がある。また、現場間で情報の蓄積・共有が十分に行われておらず、今後も調査が必要な情報と既存知見から予測可能な情報（調査の縮小が可能な項目）を峻別する必要性が生じていた。これらの情勢をふまえ、H25 年度に、既存情報を用いて猛禽類の営巣環境ならびに餌場環境を定量的に評価する『生息適地モデル (Species distribution model)』を試作した。

今年度は、1) 試作済みの『生息適地モデル』に新たにデータを追加し、モデルの精度検証と改良を行い、既存情報を用いた環境把握技術の向上を図った。また、2) 道路事業現場における実際のモニタリングの効率化を目的に、近年発展著しい新技術を用いた猛禽類調査の可能性と技術的課題について整理した。

〔研究内容〕

1. データ基盤の整備と予測モデルの検証・改良

『生息適地モデル』は、生物種の分布/非分布情報と

環境要因との関係を、GIS（地理情報システム）と統計的手法によって分析し、予測式を構築する。そのため精度の高い予測には、十分な数の生物の分布情報（猛禽類の営巣位置や餌生物の分布）に加え、予測対象範囲の環境要素（植生、地形等）の情報が必要となる。

生物情報については、全国の直轄道路事業等における調査業務報告書（平成 21～25 年度）を収集し、生物の確認位置情報を抽出した。また生物多様性保全基礎調査の結果（環境省生物多様性センター）を入手した。

環境情報は、インターネット上で公開されている基盤地図（国土地理院）や植生図（環境省生物多様性センター）を入手した。これらを用いて、猛禽類の営巣・餌場適地の予測モデルの作成・改良に必要な全国の生物情報及び環境要因のデータセットを GIS に統合した。

猛禽類の営巣適地の予測には、確認位置情報（在情報）のみで比較的、精度の高い予測が可能な MaxEnt 法（機械学習の一種）を採用した。予測の対象は、頻繁に環境アセスメントの対象となる猛禽類 5 種（オオタカ、サシバ、ミサゴ、クマタカ、ハチクマ）とし、全国、地方、地域の 3 階層で行った。

2. 新技術等を用いた猛禽類調査手法の効率化の検討

現状の道路事業における猛禽類調査は、目視による定点観察が主体であり、調査には多くの人員と期間を必要としている。また精度の高い調査のためには、経

験豊かな調査員が必要である。これら猛禽類調査を効率化・高度化するため、まず現状の猛禽類調査において必要とされる技術（手引き等に規定されている調査項目）を整理した。次に、既に猛禽類以外の動物調査で使用中または実証段階の新技术の中から、道路事業での猛禽類調査への援用が見込まれる技術を抽出し、援用する上での技術的課題について検討した。

[研究成果]

1. データ基盤の整備と予測モデルの検証・改良

昨年度整理した全国の 1800 か所超の猛禽類の営巣位置情報に、今年度新たに収集した全国の直轄道路事業における調査業務報告書（平成 25 年度）等から、計 849 か所の営巣情報を追加し、予測の改良を図った。また、予測に使用する環境変数を増やし、より猛禽類各種の生態的特性を考慮した予測モデルへと改良した。

例えばサシバは、森林と水田・畑が細かく入り組んだ里山景観を代表する中型の猛禽類である。図-1 は、東北地方におけるサシバの営巣適地を、1×1 km の範囲ごとに予測したものである。図-1 の右図は、H25 年

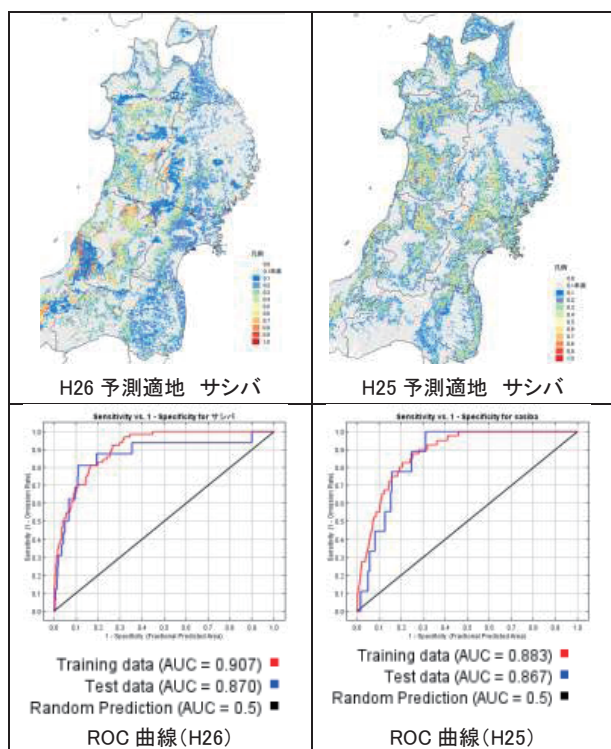


図-1 東北地方のサシバを対象とした予測結果の比較

右図は H25 年度の予測結果、左図は H26 年度の改良後の予測結果。営巣適地図は、赤いほど営巣のポテンシャルが高く、青や白に近づくほど低い。データの当てはまりを示す ROC 曲線（赤線：予測モデルの作成用データ、青線：検証用データ）から求めた AUC 値は、H25 年に比べ H26 年の予測モデルで高く、推定精度が向上したことがわかる。

調査手法	調査手法の整理
① 個体の位置を確認する (1/2)	② 個体の位置を確認する (2/2)
③ 個体の位置を確認する (3/2)	④ 個体の位置を確認する (4/2)
⑤ 個体の位置を確認する (5/2)	⑥ 個体の位置を確認する (6/2)
⑦ 個体の位置を確認する (7/2)	⑧ 個体の位置を確認する (8/2)
⑨ 個体の位置を確認する (9/2)	⑩ 個体の位置を確認する (10/2)
⑪ 個体の位置を確認する (11/2)	⑫ 個体の位置を確認する (12/2)
⑬ 個体の位置を確認する (13/2)	⑭ 個体の位置を確認する (14/2)
⑮ 個体の位置を確認する (15/2)	⑯ 個体の位置を確認する (16/2)
⑰ 個体の位置を確認する (17/2)	⑱ 個体の位置を確認する (18/2)
⑲ 個体の位置を確認する (19/2)	⑳ 個体の位置を確認する (20/2)
㉑ 個体の位置を確認する (21/2)	㉒ 個体の位置を確認する (22/2)
㉓ 個体の位置を確認する (23/2)	㉔ 個体の位置を確認する (24/2)
㉕ 個体の位置を確認する (25/2)	㉖ 個体の位置を確認する (26/2)
㉗ 個体の位置を確認する (27/2)	㉘ 個体の位置を確認する (28/2)
㉙ 個体の位置を確認する (29/2)	㉚ 個体の位置を確認する (30/2)
㉛ 個体の位置を確認する (31/2)	㉜ 個体の位置を確認する (32/2)
㉝ 個体の位置を確認する (33/2)	㉞ 個体の位置を確認する (34/2)
㉟ 個体の位置を確認する (35/2)	㊱ 個体の位置を確認する (36/2)
㊲ 個体の位置を確認する (37/2)	㊳ 個体の位置を確認する (38/2)
㊴ 個体の位置を確認する (39/2)	㊵ 個体の位置を確認する (40/2)
㊶ 個体の位置を確認する (41/2)	㊷ 個体の位置を確認する (42/2)
㊸ 個体の位置を確認する (43/2)	㊹ 個体の位置を確認する (44/2)
㊺ 個体の位置を確認する (45/2)	㊻ 個体の位置を確認する (46/2)
㊼ 個体の位置を確認する (47/2)	㊽ 個体の位置を確認する (48/2)
㊾ 個体の位置を確認する (49/2)	㊿ 個体の位置を確認する (50/2)

図-2 新技术の特徴を整理した表（例）

猛禽類調査における実用化の段階、技術の長所・短所、必要な準備、制約などについて整理した。

度に試作した予測モデルによる結果であり、左図は H26 年度に改良した予測モデルによる結果である。H25 年度の予測適地図では、全体的に似た色合い（いずれの場所も似たようなポテンシャル値）であったのに対し、H26 年度の改良モデルでは、ポテンシャルの高い場所（赤色）と低い場所（青色・白色）が明瞭に区別され、予測の判別性能が上がっていることが示された。このことは、予測の当てはまりを定量的に示す、ROC 曲線と AUC 値からも示された。同様の分析、改良は、東北以外のサシバや他種（オオタカ、ミサゴ、クマタカ、ハチクマ）についても実施し、いずれも予測モデルの改良ができた。

2. 新技术等を用いた猛禽類調査手法の効率化の検討

整理の結果、現状の猛禽類調査では、(1)個体の位置を確認する技術、(2)繁殖状況を確認する技術、(3)個体の生息を確認する技術、(4)個体を識別する技術、が求められていることがわかった。これらの整理に基づき、レーダーやマルチスペクトルカメラ、位置追跡装置など 23 種類の新技术等を取り上げ、個々について、猛禽類調査における実用化の段階（研究・開発段階～実用化済）、技術の長所・短所、使用にあたっての必要な準備、制約などの技術的課題を明らかにした（図-2）。

[成果の活用]

予測モデルと新技术によるモニタリングを併用することにより、環境アセスメントにおける猛禽類調査の効率化（調査地点の絞り込みや、モニタリング機器の使用等）や環境保全対象地域の優先順位付けを定量的評価基準により行うことが可能になる。今後も本業務の成果をブラッシュアップし、次回改訂の「道路環境影響評価の技術手法」に反映するとともに、事業現場に広く情報提供していきたい。

自然共生型社会の実現に向けた生物多様性の評価・予測モデルの 開発と国土政策への反映

Research on the development of evaluative and predictive models of biodiversity and the application to
national land policy for the realization of society co-existing with nature

(研究期間 平成 26～27 年度)

防災・メンテナンス基盤研究センター
Research Center for
Land and Construction Management
緑化生態研究室
Landscape and Ecology Division

研究官
Researcher

上野 裕介
Yusuke UENO

This study aims to make improvements to the evaluation and prediction of the potential of biodiversity and key sites for conservation using statistical models. The author tries to construct “species distribution models (SDMs)” to estimate the habitat conditions and biodiversity more effectively and quantitatively. The SDMs is derived from statistical analysis of the relationship between the position of distribution of organisms and environmental factors at the landscape level (e.g., vegetation, geography). In addition, the author tests new surveying techniques of environmental factors (i.e., aerial photograph using UAV, and air-photo interpretation using SfM analysis).

【研究目的及び経緯】

本研究は、自然環境をはじめ国土に関する基盤情報（ビッグデータ）を共有し、それらを活用した効率の良い国土管理や環境保全計画の策定を目指す「課題解決型」の研究である。特に、道路などのインフラ整備計画や都市計画策定の際に、生物多様性や希少種の保全上重要な地域を回避できるような計画手法や行政的なしき目を担保する学術的基盤の構築を目的に、統計的手法により全国、地方、地域などの様々な規模で保全上重要な場所を予測・評価する数理モデルを開発する。あわせて、予測の精度・頑健性・汎用性の検証、重要地域の明示、現実的なロールモデルの提案を行うことを目的としている。

本年度は、これまでに収集した希少生物種（動植物）の分布位置情報を GIS に入力するとともに、解析に必要な全国の植生等の環境情報を整備した。あわせて既存の生物分布情報を用いて対象種の生息環境を定量的に評価する『生息適地モデル（Species distribution model）』を構築し、試行した。また、小型 UAV（ドローン）を用いた環境調査についても取組みを開始した。

【研究内容】

1. 環境データベースの整備と数理モデルの開発・検証

『生息適地モデル』は、生物種の分布/非分布情報と環境要因との関係を、GIS（地理情報システム）と統

計的手法あるいは数理モデルによって分析し、予測式を構築する手法である。そのため精度の高い予測には、十分な数の生物の分布情報に加え、予測対象範囲の環境要素（植生、地形等）の情報が必要となる。

生物情報については、全国の直轄道路事業において平成 21～25 年度に実施された環境調査業務の報告書や、環境省が実施した生物多様性保全基礎調査の結果、地方自治体による生物調査結果（出版物）などを収集し、生物の確認位置情報を整理した。環境情報は、インターネット上で公開されている基盤地図（国土地理院）や植生図（環境省生物多様性センター）など入手した。これらを用いて、全国の生物および環境のデータセットを GIS に統合し、データベースを整備した。

2. 小型 UAV を用いた環境調査手法の開発

上記、予測モデルの精度の向上には、詳細な環境情報の取得が欠かせない。この点で、近年の急速な小型 UAV（Unmanned Aerial Vehicle, 別名：ドローン、マルチコプター）の進歩と普及は、実務や研究の現場を変えつつある。特に防災分野での導入が先行しているが、自然環境分野においても、空撮写真を利用した河川や湿地の環境把握や、森林の植生判読に UAV を用いた例が出てきた。そこで本研究では、最新の UAV を用いた空撮と写真測量技術を組み合わせた地形や植生の立体計測を試行している。

〔研究成果〕

1. 環境データベースの整備と数理モデルの開発・検証

現在進行中の研究であるため、一部を紹介する。

その一つは、東京都における過去 40 年間の鳥類の分布変遷予測である。これは東京都が 1970 年代と 1990 年代に行った鳥類の繁殖分布調査の結果と、当時および現在の土地利用情報を基に、都内全域の生息ポテンシャルを 1×1 km の範囲ごとに予測した。予測には、一般化線形モデルを用い、クロスバリデーションによる精度検証を行った。その結果、生息適地の分布傾向は、種の生態的特性に応じて変化していた（例：森林性鳥類であるウグイスと草地・農耕地性鳥類のヒバリ、農耕地・住宅地性のスズメ：図-1）。特にヒバリは、経年的に分布域が大幅に減少していることがわかった。

現在、より過去の土地利用情報を用い、長期間の土地利用変化が鳥類相に及ぼす影響を解析している。また、鳥以外の分類群や他地域についても解析を進め、生物多様性の評価・予測モデルの開発と、予測を実務に活用する上での課題検討を行っている。

今後は予測精度の向上を目指し、各種の統計解析手法（例：データの確率分布型を考慮した手法（GLM：一般化線形モデル）や非線形モデル（GAM：一般化加法モデル）、ベイズ推定、機械学習（マシンラーニング）を活用した予測手法）の数学的特性を精査し、最適な予測手法を検討する。

2. 小型 UAV を用いた環境調査手法の開発

実機を用いた試験の結果、これまでに UAV を用いることの 2 つの利点が明らかになった。

第 1 の利点は、高精細な空撮が、安価で繰り返し撮影可能なことである。従来の航空機や衛星による空撮



図-2 空撮に使用している小型 UAV

4 枚羽式の機体。カメラは機体下部に装着されている。

では、撮りためてあるアーカイブ画像を購入、もしくはその都度、空撮を依頼する必要があった。前者は必要な時期の情報が得られず、後者は費用が高額になる。この点、UAV では、撮影範囲は限られるものの、必要な時期に必要な範囲を自分で撮影することができた。

第 2 の利点は、回転翼式の UAV（マルチコプター）を用いることで、低空でのホバリング（空中静止）や上下前後左右への自由な移動が可能となるため、複雑な形状をした対象物であっても様々な角度から撮影を行うことが可能な点である。樹林に覆われた小河川や水平方向からの樹木撮影など、これまでに得られなかった空撮画像を手に入れることができるようになった。

今後は、空撮と写真測量技術を組み合わせた SfM 技術（Structure from Motion：対象物の 3 次元構造を異なる方向から撮影した複数の写真から復元する手法）を活用し、既存の GIS 情報と、人の手による詳細計測の間にあった壁、すなわち景観レベルでの効率的な環境計測技術の開発と計測精度の向上を図る予定である。

〔成果の活用〕

これらの研究を通じ、効率の良い国土管理や環境保全計画の策定を支援する学術的基盤を構築し、産官民の各分野で現実的なロールモデルの提案につなげたい。

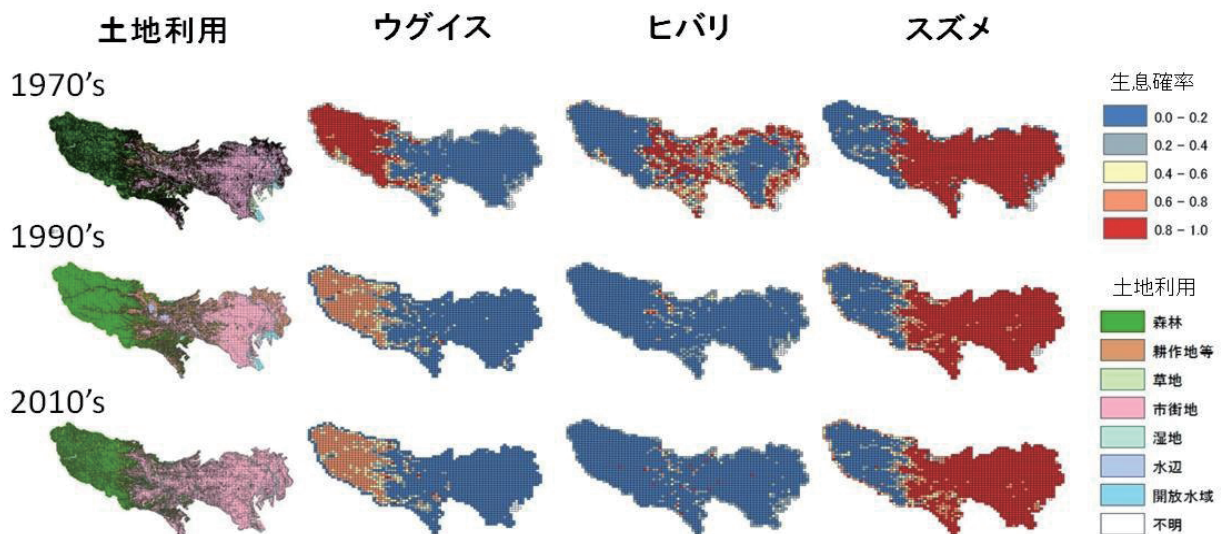


図-1 1970 年代、90 年代、2010 年代の東京の土地利用と予測された鳥類 3 種の生息ポテンシャル（未発表）

1.4 良好な景観の形成に関する研究

- 8) 歴史的風致を支える伝統技術の効果分析及び活用手法に関する研究
【国営公園等事業調査費】 27
- 9) 質の高い道路空間の再編・利用に係る計画手法に関する研究
【道路調査費】 29

歴史的風致を支える伝統技術の効果分析及び活用手法に関する研究

Research on the use of traditional construction techniques and its effect on historic landscape

(研究期間 平成 25～26 年度)

防災・メンテナンス基盤研究センター
Research Center for
Land and Construction Management
緑化生態研究室
Landscape and Ecology Division

室長
Head
研究官
Researcher
研究官
Researcher

栗原 正夫
Masao KURIHARA
曽根 直幸
Naoyuki SONE
西村 亮彦
Akihiko NISHIMURA

This study aims to establish basic information about the use of traditional construction techniques in historic district. The authors try to reveal regional characteristics of Japanese traditional construction techniques used in urban equipment such as pavement, stone masonry, brick masonry, clay wall, hedge and wind break. The authors carry out several case studies in order to evaluate the effect which the use of traditional construction techniques has on the historic value of urban landscape.

〔研究目的及び経緯〕

国交省では、平成 20 年の「地域における歴史的風致の維持及び向上に関する法律」（通称：歴史まちづくり法）成立以降、全国における歴史まちづくりの取り組みを支援してきた。国総研でも、歴史まちづくり法の運用改善に資する技術的支援を進めるべく、歴史的風致の維持向上に係る技術的配慮事項、歴史的風致維持向上計画の進行管理・評価制度の設計、災害時における歴史的風致の維持に関する研究等を行ってきた。

本研究は、様々な歴史的風致を支える基盤、及び歴史まちづくりの評価につながる伝統的な土木技術、造園技術等に関する効果の分析、活用手法の検討を行うとともに、歴史的風致維持向上計画に関する情報収集を行いデータベース化し、計画内容や各種制度の活用状況、その効果発現の事例を一元的に把握・情報提供できる体制を整えることを目的とする。

〔研究内容〕

1. 土木施設等に係る伝統工法

わが国における歴史的価値の高い土木施設等に適用される伝統工法の内、舗装、石積み、土塀・石塀、生垣・屋敷林、煉瓦の 5 項目について、歴史的変遷、技術的な特徴、地域的特徴、適用上の課題をそれぞれ整理した。平成 25 年度は西日本、平成 26 年度は東日本を中心に、文献調査とヒアリングに基づく情報収集を行った。

2. 歴史的価値の高い土木施設の整備

歴史的風致維持向上計画認定都市における歴史的価値の高い土木施設の補修・整備について、まちづくり

上の効果を検証した。歴まち計画認定都市の歴史まちづくり担当部局に対するアンケート調査を実施し、平成 26 年度は 16 都市における 31 事業、平成 27 年度は 14 都市における 37 事業について回答が得られた。

3. 歴史的風致維持向上計画認定都市データベース

平成 25 年 5 月時点の全認定都市 38 市町について、認定都市の基本情報、認定都市のタイプ、維持向上すべき歴史的風致、重点区域、歴史的風致維持向上施設、歴史的風致形成建造物、歴史的風致維持向上支援法人に関する情報を収集し、データベースとして整理した。

〔研究成果〕

1. 土木施設等に係る伝統工法

舗装の伝統工法としては、波板上凹凸面、敷葉工法、掘り込み地業、版築盛土工法、V 字型掘割道等が確認されたが、その地域的な特徴・差異は今回の調査では見受けられなかった。近年、歴史地区における石畳舗装、石畳風舗装が全国的に整備されているが、歴史的には、石畳舗装はわが国の道路において一般的に採用されていた工法とは言えないことが確認された。

石積みについては、城郭建設を通じて全国へ普及した代表的な工法である穴太積みのほか、大谷石や阿波青石等、地域固有の材料に由来する固有の技術が存在することが確認された。石積みの適用については、空積みの技術基準がないこと、継続的な維持管理の現場が少ないこと、地場産材の入手が困難であることなど、様々な課題が明らかになった。

土塀の代表的な伝統的工法としては、築地塀、筋塀、瓦塀、なまこ壁、練り塀等が確認された。石塀につい

でも、地場産材の特徴に応じた工法が確認されたほか、博多塀やトンバイ塀など、地域性のある素材を使用した固有の工法が確認された。土塀・石塀の課題として、材料となる土・石の入手が困難であること、塀の多くが個人所有物であることが明らかになった。

生垣については、樹種や刈込形状の歴史的変遷が確認されたほか、屋敷林についても、5つの伝統的な形態が確認されている。土塀・石塀同様、生垣・屋敷林も個人所有であることが、地域レベルでの一体的な保全の展開を阻んでいることが明らかになった。

煉瓦については、明治5年の東京大火以後普及が進んだものの、大正12年の関東大震災以降、大幅に利用が縮減していったことが確認された。また、明治初期まではフランス積み、明治20年代以降はイギリス積が主流であったことも確認された。煉瓦構造物については、多様な積み方が存在したことが明らかになっており、その補修・復元にあたっては、元々の積み方を精査する必要があると言える。

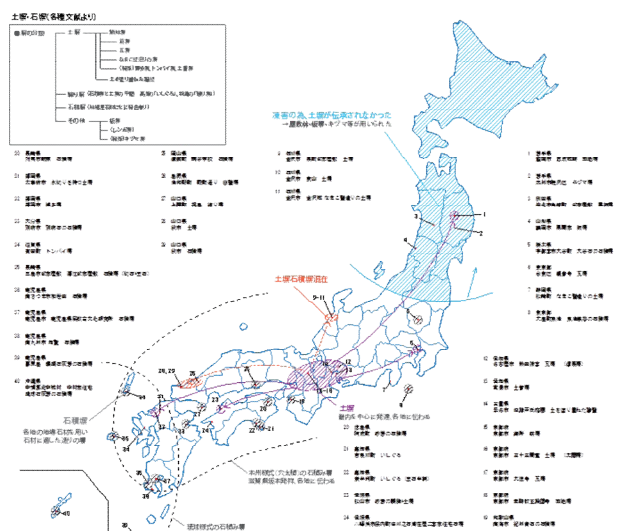


図-1：伝統工法の分布（例：土塀・石塀）

2. 歴史的価値の高い土木施設の整備

歴史的価値の高い土木施設の補修・整備の効果については、施設の種別を問わず、施設周辺の歴史的風致や歴史的景観の魅力が高まったとする評価が、数多く挙げられた。施設別に見ると、城郭の整備について、それ自体が特に歴史的価値の高い施設であることから、技術・工法の発掘や人材育成といった効果が確認された。一方、道路・街路においては、施設周辺の環境・景観に配慮することで、まちの回遊性の向上、周辺施設における整備への波及といった効果が見られた。

これら土木施設の補修・整備における工法の選定について分析を行ったところ、施設自体及び施設周辺の

歴史的価値に対する考え方と、使用する材料に基づき、図-2の1から4に示す4類型が抽出された。施設自体に文化財的価値が認められるような城郭については、本来の部材を使用することが原則となる。一方、施設自体よりむしろ周辺地域に歴史的価値が認められる、道路・街路等の整備については、歴史的環境に配慮しながら、一般に流通する資材を使用するケースが多い。

歴史的価値	材料	工法
施設自体	本来材料	
文化財的価値	城郭	1. 歴史的価値を有する 施設自体の保全 のため、本来の部材のみを使用
意匠的価値	河川、堀類	2. 歴史的価値を有する 施設の外観保全 のため、本来の部材使用を原則に、安全上必要な材料を付加
地域的価値	道路・街路	3. 施設周辺の 歴史的環境に十分配慮 し、本来の、あるいは周辺地域の材料を使用
周辺地区	一般資材	4. 施設周辺の歴史的環境に十分配慮し、主として一般に流通する資材を使用

図-2：土木施設の補修・整備における工法選定

3. 歴史的風致維持向上計画認定都市データベース

随時更新が可能なデータベースを構築するとともに、データベースと連動し、集計項目に応じた情報検索が可能なウェブサイトを開発した。ウェブサイトは、歴史まちづくり関係者から一般まで幅広い層を対象としており、国総研 HP 内で公開することを検討している。



本ウェブサイトについて



平成20年、全国における歴史まちづくりの取り組みを支援するため、「地域における歴史的風致の維持及び向上に関する法律（歴史まちづくり法）」が施行されました。この法律に基づいて国の認定を受けた都市では、国土交通省・文化庁・農林水産省の支援の下、歴史・文化を活かしたまちづくりを進めてきました。

本ウェブサイトは、これら認定都市が「どのような都市」であるか、より多くの方々に知っていただくために、各認定都市における歴史的風致の維持・向上に向けた取り組みを紹介することを目的としています。

歴史まちづくりの普及と、皆さまに親しまれる認定都市を目指し、本ウェブサイトでは、認定都市とその取り組みを「歴史まち」と紹介しています。

図-3：ウェブサイトのトップページ

【成果の活用】

本研究の成果は、歴史性や地域性に配慮した土木施設の補修・整備を計画するための、基礎資料として参照される。

質の高い道路空間の再編・利用に係る計画手法に関する研究

Research on planning method of improvement in the quality of urban space through road reconstruction and street management

(研究期間 平成 26～28 年度)

防災・メンテナンス基盤研究センター
Research Center for
Land and Construction Management
緑化生態研究室
Landscape and Ecology Division

室長
Head
研究官
Researcher

栗原 正夫
Masao KURIHARA
西村 亮彦
Akihiko NISHIMURA

This study aims to figure out planning method of road reconstruction and street management which can provoke area development and improvement in landscape. In the first year, the authors carry out analysis of 80 case studies. According to its result, the authors propose criteria to evaluate the quality of urban road space and the effect of road reconstruction project. The authors also propose a set of strategies to promote collaboration between road reconstruction project and regional road development program such as Japan Scenic Byway.

〔研究目的及び経緯〕

近年、一体的な景観形成や地域振興の観点から、沿道の施設や公共交通機関等と連携した、公共空間としての道路の機能向上が求められている。こうした中、空間の再配分や沿道の修景を伴う道路の再整備が進められるとともに、道路空間を利用した多様なサービス、地域活動が全国各地で展開してきたが、その事業スキームについては十分な検証がなされていない。

本研究は、道路と他施設、市街地と郊外等を横断する複数事業の連携や、地域活動の効果的な活用等を通じて、地域づくりや景観形成を拡充できる、道路空間の再編・改築手法を提案することを目的とする。全国から道路空間の再編・改築事例を収集し、事業の組織体制、補助金・制度の活用、デザイン上の工夫、整備後の維持管理・運用方策等を明らかにした上で、各事業の計画手法と効果を検証する。

〔研究の内容〕

平成 26 年度は、全国における道路空間の再編・改築事例を 80 件収集し、各事業の経緯、実施体制、整備内容、関連事業、事業効果等を整理した。

収集した事例について、道路・場所の性格、事業の目的、再編・改築の手段に基づく類型化を行った。この類型に基づきながら、再編・改築後の道路空間の質を評価する基準を検討した。

また、道路を核とした広域の地域活動として、日本風景街道の取り組みを例にとり、道路空間の再編・改築との連携方策を検討した。

〔研究の成果〕

1. 80 事例の収集・分析

全国から、現道整備の事例 69 件、大規模な改築事例 5 件、モビリティ拡充や多目的利用を通じた再編事例 6 件を収集した。現道整備の内、現道拡幅を採用した事例は、整備前の幅員が 10m 以下のものでは 35 件中 9 件、整備前の幅員が 10m 以上のものでは 34 件中 3 件に止まった。大規模な用地買収を必要とする現道拡幅が、事業の長期化や事業費の拡大を招く一方、現道拡幅を伴わない空間再配分や施設更新等の手法は、事業費を抑えながら短期間で交通機能の向上、賑わい創出などの効果を上げることができるため、近年、再編・改築の手段として採用される傾向にあると言える。

現道拡幅の場合、12 件中 8 件で沿道建築物に対する行為制限が行われている一方、現道拡幅を伴わない空間再配分における行為制限は、全体の約 40%に止まった。沿道地権者間の合意形成が難しいことや、ガイドライン等が作成された場合でも効果の発現に時間を要すること等、現道拡幅を伴わない場合における沿道修景上の課題が確認された。今後は、行政主導の景観計画等の制限に加え、まちづくり会社や住民組織の創意に基づく景観協定の活用等も視野に入れた、景観法の運用が期待される。また、商店街など沿道で一つの目標を共有している場合、素材や色彩の統一など簡易な方法でまとまりのある街路景観を実現している事例も散見され、街路景観の統一を検討する上で参考となる。

近年、計画・構想段階から住民等の意向を把握して、ハード整備の内容に生かすケースが増えており、全 80

件の内、71 件で住民との協働による検討体制が組まれていた。ただし、ハード整備の会議体が完成後の運営にまで継続的に関わっている事例は少なかった。整備後の道路の運営には、民間主体のまちづくり会社などによるエリアマネジメントを活用した事例も見受けられ、今後注目すべき動向と言える。



写真1：空間再配分と施設更新（長野 中央通り）



写真2：現道拡幅と沿道修景（南魚沼 牧之通り）



写真3：効果的な街路景観の統一（豊田 桜町本通り）



写真4：まちづくり会社による運営（札幌 駅前通地下）

2. 類型化と質的向上の評価

80 事例について、道路・場所の性格、事業の目的、再編・改築の手段に基づく類型化を行った。道路空間に求められる質が、都市構造における位置づけ（格）に左右されることを踏まえ、道路・場所の性格に基づく分類を基本とした。基本類型として、目抜き通り（商業系・業務系・住宅系）、表通り（商業系・飲食系・業務系・住宅系）、裏通り（商業系・用途混在・住宅系）、横丁・路地、自動車専用道路、プロムナード（商業系・住宅系）、歴史的な道、観光的な道、その他を設定した。

類型化と並行して、各事例における整備を通じて得られた空間的な質の向上について、分析を行った。使い勝手、居心地の良さ、賑わい等、定量的な把握が難しい項目を評価するための基準として、感覚的快適性（交通機能・環境保全・防災・身体的快適性）、知的・精神的充足感（歴史的持続性・文化的持続性・新たな都市活動やサービスの充実）、礼的秩序感覚（住民等による維持管理の促進・民地外構のしつらえ）の3つの評価軸を提示し、各類型における質の向上を評価した。



図-1：道路・場所の性格に基づく類型の例

3. 風景街道との連携

日本風景街道登録路線との重複・近接が確認された17 件の事例の内、風景街道との連携が見られたのはわずか1 件だった。そこで、これらの事例について、道路空間の再編・改築を風景街道の取り組みと連動させることで、景観形成・地域振興に相乗的な効果を生み出す具体的な仕組みを検討し、周辺地域取込み型、市街地ルート・ネットワーク拡充型、道路空間活用発展型、モビリティ拡充型の4 つの方策を提示した。

〔成果の活用〕

収集した80 事例について、事業の経緯や整備内容、組織体制、事業効果等をまとめた事例集を作成し、自治体や研究機関、コンサル等から広く参照される資料として、国総研 HP で公開することを検討している。

1.5 公共空間の分析と計画に関する研究

10) 人口減少や都市の縮退等に対応した緑の基本計画の策定技術に関する研究	
【試験研究費】	33
11) 公園緑地による防災・減災事例に関する調査	
【国営公園等事業調査費】	35
12) 都市公園の質的向上のための新手法に関する研究	
【国営公園等事業調査費】	37

人口減少や都市の縮退等に対応した緑の基本計画の策定技術に関する研究

Research on the method of making Green Master Plan to respond to population decline and degeneration of cities etc.

(研究期間 平成 25～27 年度)

防災・メンテナンス基盤研究センター
Research Center for
Land and Construction Management
緑化生態研究室
Landscape and Ecology Division

室長	栗原 正夫
Head	Masao KURIHARA
研究官	曽根 直幸
Researcher	Naoyuki SONE

We are researching basic planning technologies for greenery in response to population decline and degeneration of cities". In FY2013, the division organized existing knowledge from the perspective of responding to new social needs predicted to intensify in the future and to the functions of greenery, and at the same time, collected advanced cases of greenery plans in foreign countries.

〔研究の目的及び背景〕

都市のみどりは、身近な遊びや休息の場の提供、植物の蒸発散によるヒートアイランド現象の緩和、市街地火災時における延焼防止など、安全で快適な都市生活に欠かせない機能を有するインフラである。これまで公園緑地行政においては、“都市が拡大基調にある中で如何に緑を保全・創出するか”を第一に、緑の基本計画（都市緑地法第4条）をマスタープランとする計画的な公園整備・緑地保全・都市緑化を推進してきた。

しかし今後は人口減少や都市の縮退等を背景に、「拡大を前提としない社会にあっても、みどりを通じたまちづくりによって人々の幸せな暮らしを実現する」ことを目指し、幅広い視点からの公園緑地行政、またその指針となる緑地計画の策定へと発想の転換が要請される。

例えば、開発時に整備された公園が人口構成の変化などにより機能を発揮できなくなる例が見受けられる一方、非計画的に発生した空閑地をうまく利用することで地域の魅力向上につなげている事例もある。

緑化生態研究室では、このような問題意識のもと、「人口減少や都市の縮退等に対応した緑の基本計画策定技術に関する研究(研究期間:H25～H27)」を行っている。

平成 26 年度には、国内の緑の基本計画の先進事例を対象とした整理を行い、人口減少への対応状況等についての分析を行った。また、学識経験者に協力いただき研究会を設置し、今後の緑の基本計画に求められる新たな役割や方向性について議論を行った。

〔研究内容〕

1. 調査対象事例の選定

平成 25 年度における研究会での議論を踏まえ、人口減少等の課題に対応する今後の緑の基本計画のあり方

として、検討すべき視点と対応する事例を抽出した(表-1)。

2. 今後の緑の基本計画のための新たな視点と役割

調査対象とした 30 事例と研究会委員からの話題提供から、今後の緑の基本計画に取り入れるべき視点と課題を検討し、今後の緑の基本計画に求められる 2 つの役割を整理した。

研究会では、グリーンインフラストラクチャーの実現と緑の基本計画の役割、シミュレーション技術による緑の機能評価を活用した新しい緑地計画、ニュータウン再生にみる緑地計画、緑による社会問題の解決、自然資源の利用による持続可能性の向上、緑地マネジメントによる新たな価値観・ライフスタイルの提示といったアイデアが議論になった。

先進的な事例では、公園や緑の量的充足を図るだけでなく、緑地や自然資源の利用を通じて地域の魅力や持続可能性を如何に高めるかという方向で試行や検討が始まりつつある。今後の緑の基本計画には、地域の自然環境のポテンシャルを評価し自然立地的な土地利用の方針を示すという環境保全・問題解決型のアプローチに加え、地域経営の観点から緑地を活用する計画としての位置付けと策定技術が必要と考えられる。

3. 研究報告骨子のとりまとめ

1. 及び 2. の結果を踏まえ、研究報告の骨子を作成した(図-1)。平成 27 年度には、この骨子をベースとして、これまで収集してきた事例などの情報、公園緑地分野以外の専門家との意見交換も行い、緑の基本計画の今後のあり方に関する報告書を作成する予定である。

〔参考文献〕

1) 国総研レポート 2015

http://www.mlit.go.jp/report/press/toshi01_hh_000013.html

表-1 人口減少等の課題に対応する今後の緑の基本計画のあり方として検討すべき視点と対応する事

検 討 す べ き 視 点	対 応 す る 事 例
新たに取り入れるべき概念	- 地域のニーズに即したストックの活用 ・足立区（地域のニーズに即したストックの有効活用） ・北九州市（狭小公園の機能分担や統廃合などによる既存公園の有効活用） ・名護市（身近な公園の整備方針（既存施設・未利用地活用、整備））
指標の見直し	- 持続可能な公園緑地のマネジメント ・名古屋市（民間活力の導入を含む公園経営基本方針、事業化展開プラン） - レジリエンス概念の導入 ・仙台市（復興計画にもとづく見直し）
緑地の定義の見直し	- 多くのステークホルダーが共有・共感できる指標設定 ・武蔵村山市（緑被率と一人当りの基幹公園面積、その他多くの成果目標を設定） ・座間市（総合政策との指標の整合をとり、多くの主体と共有できる目標を設定） - 地域の課題や将来像に対応した指標設定 ・港区（雨水の実質浸透域率を成果目標に定めている） ・世田谷区（農用地の減少率を成果目標に定めている） ・横浜市（水面や緑に囲まれたグラウンドなどを加えた「水緑率」を定めている）
緑地の評価・機能	- 新たな緑地の定義 ・台東区（可動式植栽も緑と定義） - 多様な緑地を対象とするための行政施策 ・流山市（グリーンフェーン戦略に基づく、インセンティブ設定による民間事業者支援） ・横浜市（みどり税導入、特別会計の創設による計画実現性の向上）
集約型都市構造化を見据えた緑地計画	- 土地のポテンシャルの分析・評価 ・町田市（現行の土地利用に基づく緑地の評価、民有地を含む保全候補地の選定） ・流山市（グリーンフェーン戦略に基づく、インセンティブ設定による民間事業者支援） - 緑地による地域コミュニティの再生・生きがいづくり ・練馬区（環境保全型農業の推進、農園事業の拡充） ・江戸川区（農の拠点となる公園整備によるコミュニティの形成、園芸福祉等） ・志摩市（農振農用地の保全、観光・体験や環境学習の場として休耕地の活用） - 緑地による健康づくり ・足立区（身近な健康づくりの場の整備、ウォーキングの環境づくり） ・北九州市（都市公園を体系的に活用した運動プログラム、引きこもり防止の散歩道など）
継続的な事後評価	- 自然立地的土地利用計画の適用 ・多摩市（利用特性や立地特性等をふまえた公園緑地施設の再整備） ・横須賀市（居住者減少に備えた谷戸地域のみどり再生のあり方の検討） - 防災・減災に配慮した緑地の配置 ・仙台市（海岸地域のみどりによる多重防御） ・明石市（民有地を含む流域毎の浸水被害軽減策） ・大垣市（輪中堤の公共施設緑地としての位置づけ、公園への調整池機能の導入） - 空閑地の活用 ・柏市（行政仲介による民有地の貸出（カンコ制度）） ・丸亀市（空き地、休耕地における花づくり支援制度を創設） - 緑地資源の活用による低炭素社会の実現 ・浜松市（みどりビジネスイノベーションの観点からバイオマス構想を位置づけ） ・堺市（下水再生水の利用を視野に入れた旧市街地における環境再生事業） ・周南市（バイオマスの活用促進、剪定枝のチップ化、樹木再利用など）
広域緑地計画と緑の基本計画の位置づけ	- 人口減少社会対応の総合計画等を反映した評価・改定 ・宇都宮市（総合計画と整合したネットワーク型コンパクトシティのための緑地計画） ・大垣市（総合計画重点プロジェクト「子育て日本一」に対応した施策展開） - 策定プロセス・フォローアップの充実 ・伊丹市、各務原市、世田谷区、横浜市 - 東京都（緑確保の総合的な方針―農の風景育成地区制度） - 埼玉県（埼玉県広域緑地計画におけるみどりの評価―ふるさとの緑の景観地）

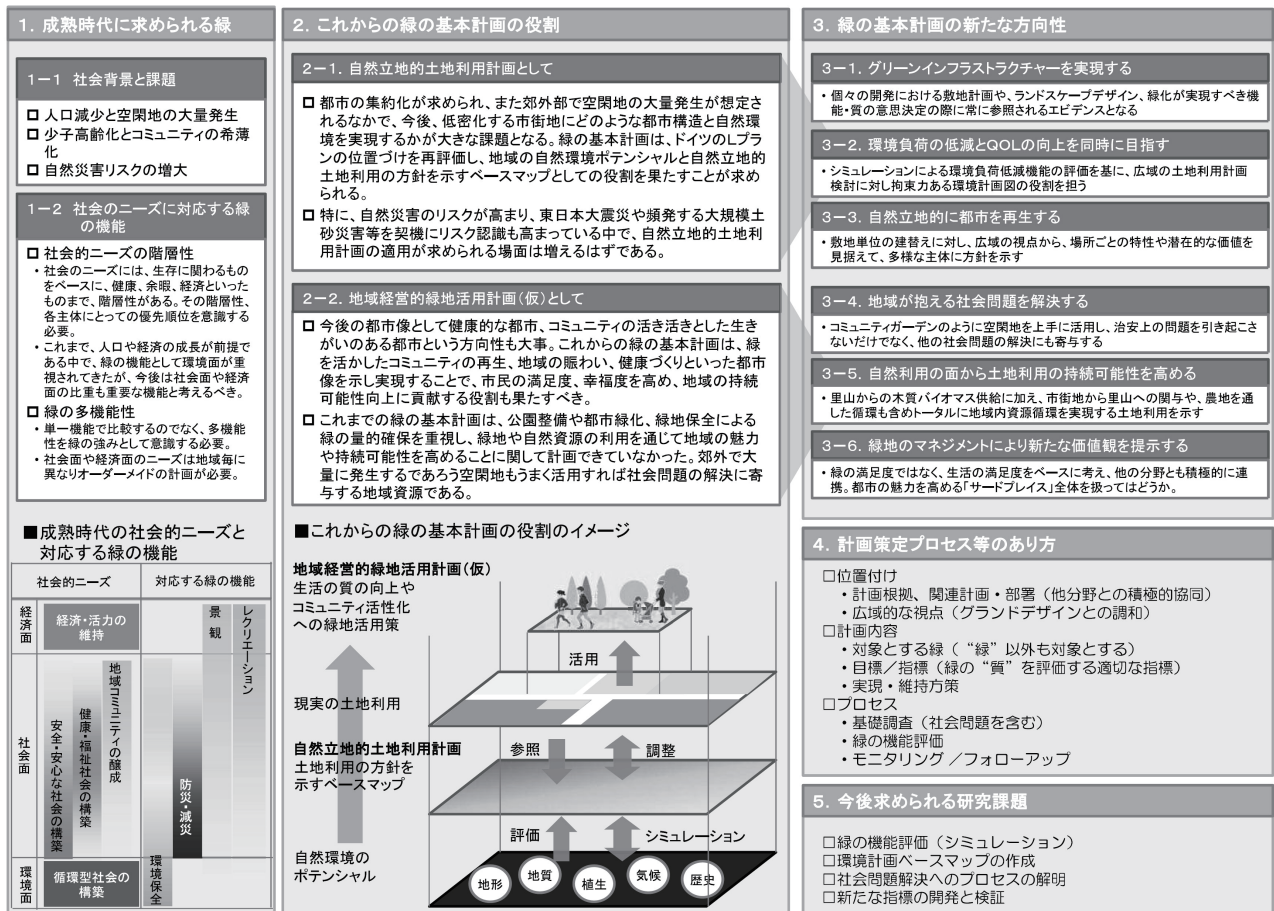


図-1 人口減少や都市の縮退等に対応した緑の基本計画の策定技術に関するとりまとめ骨子（案）の概要

公園緑地による防災・減災事例に関する研究

A case study on natural disaster prevention and reduction by green and open spaces

(研究期間 平成 26 年度)

防災・メンテナンス基盤研究センター
Research Center for
Land and Construction Management
緑化生態研究室
Landscape and Ecology Division

室長
Head
研究官
Researcher

栗原 正夫
Masao KURIHARA
曾根 直幸
Naoyuki SONE

To clarify effective methods of natural disaster prevention and reduction by green and open spaces, we conduct a case study on the functions which green and open spaces have fulfilled at the time of the large-scale disasters, such as the Great East Japan earthquake, the Chuetsu Earthquake and so on.

〔研究の背景及び目的〕

国土交通省では、平成 7 年の阪神・淡路大震災等を踏まえ、補助事業や都市公園法の特例措置、ガイドラインの公表等により、防災公園の整備を推進してきた。阪神・淡路大震災から 15 年以上が経過し、この間に発生した震災においては、公園が避難地や復旧・復興活動の拠点として活用され、新たな役割も見出された一方、津波や液状化による施設被害、帰宅困難者への対応など新たに対応すべき課題も生じた。また近年、温暖化の進行により危惧されているような極端な降雨が現実には発生し、地震・津波対策だけでなく水害等への対策においても「最悪の事態」を想定した備えが求められている。実際、東日本大震災の復興事業における支援措置などでは、震災の教訓を踏まえた対応が図られているところである。

今後は、近い将来に発生が想定される南海トラフ地震、首都直下地震、大規模水害等に対応した防災公園の効果的な整備を一層推進するためには、近年発生した大規模災害において公園が果たした役割、課題等について検証するとともに、対応方策をガイドライン等の施策に反映することが必要である。

本研究では、近年の大規模災害時における公園緑地の防災・減災効果発現事例について、文献調査等による資料の収集・分析を行い、みどりによる都市の強靱化方策の検討に資する基礎資料（効果の類型整理、効果発現の要件と考えられる事項等）を整理した。

〔研究内容〕

1. 文献収集・整理

東日本大震災、新潟県中越地震などを対象に、既往研究や地方公共団体等の公表資料を収集し、地震災害

時における活用事例や課題などのうち公園緑地に関連する情報を整理した。資料収集方法としては、通常の文献検索のほか、地域防災計画データベース（総務省消防庁）、ひなぎく NDL 東日本大震災アーカイブ（国立国会図書館）などのデータベースを活用した。

2. 事例集の作成

収集した文献等の資料をもとに、今後想定される災害への対策の検討や、各地での実践の参考となるよう、事例集を作成した。対象とした主な事例は表-1 のとおりであり、このうち 3 つの事例を次頁に紹介する。

〔今後の予定〕

本研究で作成した事例集も活用し、国土交通省都市局公園緑地・景観課とともに、平成 27 年度に「防災公園の計画・設計に関するガイドライン（案）」の改訂を行う。

表-1 文献調査で抽出された主な事例

	公園名（管理者）	備考
1	三木総合防災公園（兵庫県）	後方支援拠点
2	遠野運動公園（遠野市）	後方支援拠点
3	北上総合運動公園（北上市）	活動拠点
4	あづま総合運動公園（福島県）	避難地
5	鳳公園（堺市）	避難地（NPO運営の取組）
6	神栖中央公園（神栖市）	避難地（津波災害への備え）
7	本丸公園（陸前高田市）	避難地
8	日比谷公園（東京都）	帰宅困難者への対応
9	刈谷田川防災公園（見附市）	水害時の活動拠点機能の導入
10	新横浜公園（横浜市）	遊水地機能の導入
11	街区・近隣公園（浦安市）	生活再建支援（仮設トイレ）
12	千石運動公園（小千谷市）	生活再建支援（仮設住宅）
13	大只越公園（釜石市）	生活再建支援（仮設商店街）
14	奥松島運動公園（東松島市）	復旧支援（災害廃棄物仮置場）
15	東部運動公園（東松島市）	復旧支援（被災車両仮置場）

【事例1】神栖中央公園（神栖市）

茨城県神栖市では、平成22年度から整備を開始していた神栖中央公園において、東日本大震災後に、震災復旧工事の残土を利用し、津波避難のための築山を整備した（平成26年4月供用開始）。

同公園は、約19haの広大な敷地の中に、備蓄倉庫、耐震性貯水槽（飲料用）、防災トイレ、カマドベンチなどの防災設備を備えており、築山（ふれあいの丘）は、標高15m（地上高8.5m）の高さと直径80mの広さを有し、標高10m以上の場所に約1,500人が避難可能とされている。

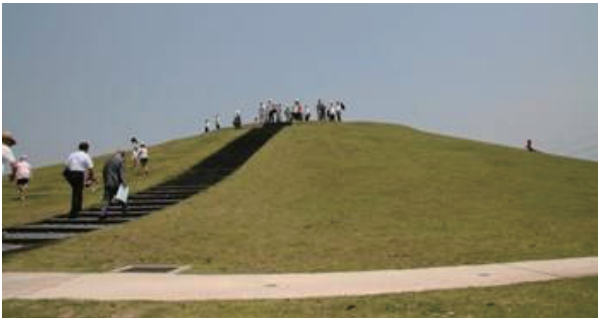


写真-1 津波避難のための築山（ふれあいの丘）

【事例2】日比谷公園（東京都）

東日本大震災の地震発生直後、東京都千代田区の日比谷公園には周辺のビルから多くの人々が避難してきた。飲食施設などが入る「緑と水」の市民カレッジの建物には、一時100名余が集まっており、終夜、休憩所・滞在所として開放され、ラジオでニュースを流すほか、ホワイトボードを情報掲示板として交通機関運行等の情報が貼り出され、逐一情報更新が行われた。また、毛布等の備蓄がない中、防寒用にテーブル用の布クロスを滞在者に貸し出すなどの対応が行われた。

現在、日比谷グリーンサロンと「水と緑」の市民カレッジが、東京都の都立一時滞在施設（発災から最大3日間を目安に帰宅困難者を受け入れる施設）として指定されているほか、公園内のオープンスペースは千代田区の災害時退避場所（災害直後の危険や混乱を回避し身の安全を確保するための一時的な退避場所）に指定されている。

同公園の事例を踏まえると、防災公園における帰宅困難者への対応としては、帰宅等の徒歩移動中に水やトイレを提供すること以外にも、商業地域や集客施設の付近で、発災直後の混乱時に一時的に滞留者を受入れ、災害の状況や一時滞在施設の開設状況などの情報を提供する機能を発揮することも考えられる。



写真-2 東日本大震災発災直後の日比谷公園
（左：震災門付近、右：市民カレッジ内）

【事例3】新横浜公園（横浜市）

新横浜公園のある鶴見川流域は、古来洪水被害が多く発生する地域であり、治水対策が大きな課題となっていたことから、地震災害時における避難地機能と水害時の遊水地機能という多機能な空間（多目的遊水地）として新横浜公園・鶴見川遊水地が整備された。

新横浜公園内にある日産スタジアムは、駅前と一体的に約20万人を収容可能な広域避難所として地域防災計画に位置付けられている一方で、千本以上の柱の上に乗る形で建設されており、洪水時にはスタジアムの下に水を流しこむ仕組みになっている。



写真-3 洪水時に公園が遊水地となっている様子

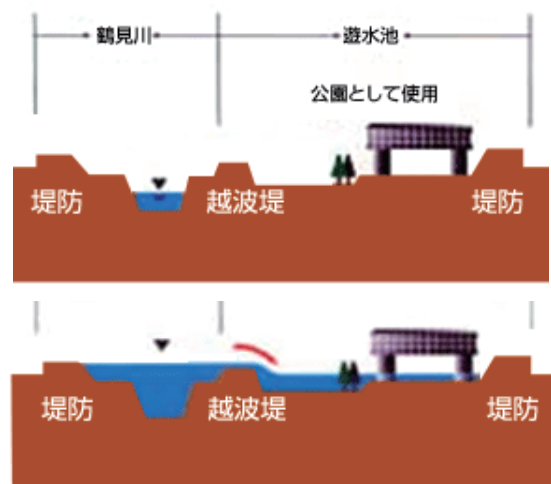


図-1 新横浜公園・鶴見川遊水地の機能イメージ

都市公園の質的向上のための新手法に関する研究

Research on new methods of improving the quality of urban parks

(研究期間 平成 26～27 年度)

防災・メンテナンス基盤研究センター
Research Center for
Land and Construction Management
緑化生態研究室
Landscape and Ecology Division

室長 栗原 正夫
Head Masao KURIHARA
研究官 曾根 直幸
Researcher Naoyuki SONE

We are researching on new methods for improving the quality of urban parks. In FY2014, the division collected and studied a variety of cases from the view point of high-level use of park space, using lease contract and private qualifications system.

〔研究の目的及び背景〕

近年、急速な少子高齢化や財政悪化等の社会経済情勢の変化に伴い、都市公園ストックの適切な管理と更新が課題となっており、多様な主体の参画による効率的な再整備や管理運営の促進が必要とされている。このため、緑化生態研究室では、都市公園の品質向上に資する新たな手法についての検討を行っている。

本研究は、公園空間の利用の高度化、官民の柔軟な権利契約関係の設定等により、老朽化が進む都市公園の再整備や管理運営への多様な主体の参画を促進し、都市公園の質的向上を実現することを目的に、新たな手法の可能性と課題を検討するものである。

平成 26 年度は、公園空間の高度利用、リース契約の導入、民間資格・表彰制度の活用の観点から、先進的な取り組みや関連分野の動向を踏まえて、新たな都市公園整備・管理手法と実現する上での課題を検討した。

〔研究内容〕

平成 26 年度は、公園空間の高度利用、リース契約の導入、民間資格・表彰制度の活用の観点から、先進的な取り組みや関連分野の動向を踏まえて、新たな都市公園整備・管理手法と実現する上での課題を検討した。

1. 公園空間の高度利用事例に関する整理

都市公園法は、都市公園の本質である、一般公衆が自由に利用できる公共オープンスペースという性格を担保するため、公園に設置することのできる施設を限定的に定めるなど、様々な規制を設けてきた。一方で、主に災害対策応急施設などをはじめとして占用許可物件が随時拡充されるとともに、第 3 者に公園施設の設置又は管理を許可できる要件として、公園管理者が自ら設け又は管理することが不適当な場合に加え、地域住民や民間事業者等が設置又は管理した方が公園の機能の増進に資する場合も認められるようになるなど、多様な主体の参画による効率的な公園管理が求められ

てきた。本研究では、これらの各種取り組みについて、制度概要の見込まれる効果、活用事例を文献調査により整理した。(表-1、表-2 及び図-1)

2. リース契約の導入に関する検討

「リース取引」とは、特定の物件の所有者たる貸手（レッサー）が、当該物件の借手（レシー）に対し、合意された期間（リース期間）にわたりこれを使用収益する権利を与え、借手は、合意された使用料（リース料）を貸手に支払う取引（企業会計基準第 13 号「リース取引に関する会計基準」）である。都市公園では、老朽化等により安全性に支障が生じた施設の早急な更新、少子高齢化等による地域ニーズの変化への柔軟な対応などが求められており、民間の所有する施設や土地をリース契約により一定期間に限って利用者に提供することには、様々なメリットが期待できる（図-2）。

一方、都市公園におけるリース契約は、管理事務所内の O A 機器、管理用車両の調達等、一部で活用されているものの、遊具、植栽などの公園施設そのものや公園用地を対象とした事例は見られない。そこで都市公園や他の公共調達におけるリース契約の事例について、文献調査及びヒアリング調査により収集整理した。

3. 資格・表彰実績による能力評価に関する検討

今後、小規模な地方公共団体ほど専門的な知見・技術を有する職員の不足・不在や、投資余力の低下などの事情が深刻化することが想定されるため、公園管理運営等に関する民間資格を発注要件や評価項目として採用するなどにより、民間の専門的知識・技能を効果的に活用するが求められる。

本研究では、既存の資格制度・表彰制度の一例を対象都市、情報収集・分析の方法を検討した。

表-1 公園空間の高度利用に係る各種制度の概要

制度名称	概要	根拠法令等
① 設置管理許可	民間団体等に公園施設の設置又は管理を許可し使用料を得る。('04に制度充実)	都市公園法
② PFI	民間の資金、経営能力及び技術的能力を活用し、公園整備・維持管理を行う。('99～)	PFI法
③ 寄付	遊具等の寄付を受ける代わりに、個人名やメッセージを表示する。	—
④ 立体公園	区分地上権を活用し、既存建築物の屋上等での公園整備を推進する。('04～)	都市公園法
⑤ 占用許可	民間団体等に施設の設置を許可し使用料を得る。(約5年毎に対象物件を追加)	都市公園法
⑥ ネーミングライツ	民間団体等に愛称を付与させる代わりに対価を得る。	—
⑦ 指定管理者	地方公共団体が公募等により民間団体等を指定し公共施設の管理を代行させる。('04～)	地方自治法
⑧ プレイパーク	公園の一部を市民団体が専用で使用し、禁止事項のない冒険遊び場等を運営する。	—
⑨ アダプト	市民、企業などが里親としてアドプト(養子縁組)し、契約に基づいてその管理にあたる。行政主導で組織された公園愛護会も含む。	—
⑩ 隣接施設一体化	隣接する集客施設等との一体的な整備を行うことで、隣接施設側からの利用や管理を促す。	—

表-2 公園空間の高度利用に係る調査事例

No.	公園名称	所在地	活用施策
1	大濠公園	福岡	①ポートハウス
2	山下公園	神奈川県	①ローソン
3	梅小路公園	京都	①水族館
4	稲毛海浜公園	千葉	①レストラン
5	なぐわし公園	埼玉	②温水プール
6	まほろば健康パーク	奈良	②温水プール
7	柳島スポーツ公園	神奈川県	②総合競技場
8	布引公園	兵庫	②ロープウェイ
9	都立公園	東京	③ベンチ
10	宮下公園	東京	③スポーツ施設
11	海岸公園	愛知	③園路整備地
12	国営海の中道海浜公園	福岡	④JR跨線橋
13	アメリカ山公園	神奈川県	④地下駅舎他
14	目黒区天空庭園	東京	④高速道路
15	駒形町公園	群馬	④雨水貯留施設
16	浜町公園	東京	⑤地下駐車場
17	北本水辺プラザ公園	埼玉	⑥コカ・コーラ
18	大分スポーツ公園	大分	⑦民間企業を指定
19	広島市立公園	広島	⑦市民団体を指定
20	羽根木公園	東京	⑧プレイパーク
21	ひよどり台公園	兵庫	⑧プレイパーク
22	国営昭和記念公園	東京	⑧里の整備管理
23	久宝寺緑地	大阪	⑧プレイパーク
24	横浜市立公園	神奈川	⑨愛護会
25	つくば市各公園	茨城	⑨アダプト制度
26	川崎市各公園	神奈川	⑨愛護会
27	練成公園 アーツ千代田	東京	⑩小学校リノベーション
28	淡路公園 ワテラス	東京	⑩再開発、公開空地
29	豊園公園 ソラリアプラザ	福岡	⑩駅ビル
30	檜公園 ミッドタウン	東京	⑩再開発、公開空地



図-1 公園空間の高度利用に係る調査事例対象地の写真

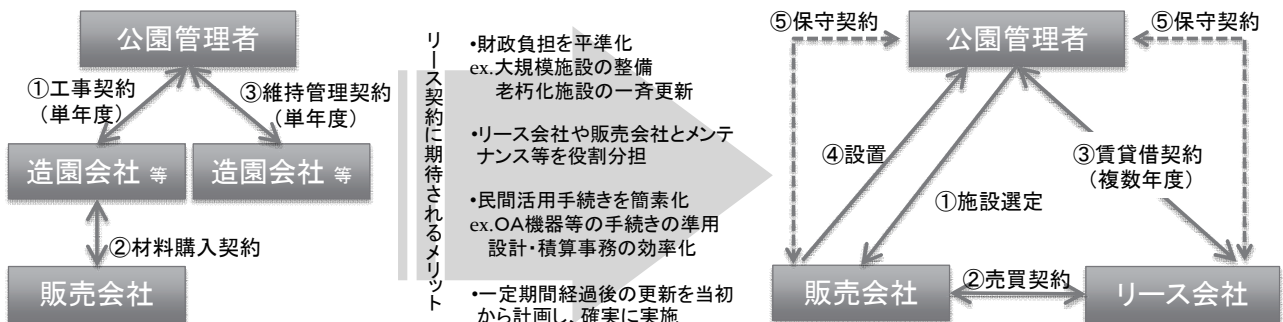


図-2 都市公園におけるリース契約の導入と想定される効果のイメージ

2. 発表論文等

第2章に掲載した論文等は各団体から転載の許可を得て掲載しております。

なお、著作権は各団体に帰属するため、転載を禁じます。

2.1 論文・技術報告等

1) 糞抽出 DNA 分析による個体識別法の道路環境アセスメントへの適用可能性	43
2) 森林表土利用工による緑化のり面に成立した草本群落の 6 年間の変化	53
3) マイクロチップを用いた小型サンショウウオ類のモニタリング技術	60
4) 都市における生物多様性保全に向けた緑の基本計画策定手法の現状と課題	64
5) 広域スケールでのオオタカの生息適地予測の有効性と空間的汎用性・地域性の課題	68

糞抽出DNA分析による個体識別法の道路環境 アセスメントへの適用可能性

園田 陽一¹・中村 匡聡²・松江 正彦³・久保 満佐子⁴
・上野 裕介⁵・栗原 正夫⁵

¹非会員 元国土技術政策総合研究所 環境研究部 緑化生態研究室
株式会社地域環境計画 生物多様性推進室 (〒154-0015 東京都世田谷区桜新町2-22-3)

E-mail:sonoda@chiikan.co.jp

²非会員 いであ株式会社 環境創造研究所 (〒421-0212 静岡県焼津市利右衛門1334-5)

³非会員 元国土技術政策総合研究所 環境研究部 緑化生態研究室
神奈川県 県土整備局都市部 (〒231-8588 神奈川県横浜市中区日本大通1)

⁴非会員 元国土技術政策総合研究所 環境研究部 緑化生態研究室
島根大学 生物資源科学部 (〒690-8504 島根県松江市西川津町1060)

⁵非会員 国土技術政策総合研究所 国土防災・メンテナンス基盤研究センター
緑化生態研究室 (305-0804 茨城県つくば市旭1)

本研究では道路環境アセスメントにおける事後調査の技術手法として、糞抽出DNA分析を利用した道路横断施設のモニタリング技術の適用可能性と野生哺乳類に対する道路の生態学的影響について検討することを目的とした。文献調査の結果から、糞抽出DNAによる個体識別率の高い種であるニホンノウサギ *Lepus brachyurus* を選定し、一般国道289号線甲子道路の福島県南会津郡下郷町において糞の採取を行った。ノウサギの糞からDNAを抽出し、マイクロサテライトマーカー7種によるPCRを行い、フラグメント解析を行った。また、糞から抽出したDNAについて、ZFX/ZFY遺伝子により雌雄判別を行った。糞344サンプルから36個体(オス28, メス8)が確認され、個体数密度は、1.11個体/haであった。また、道路両側において4個体の横断が確認された。本研究の結果から、糞抽出DNAによる野生動物のバリアー効果や道路横断評価へ適用可能性が示された。

Key Words : environmental impact assesment, microsattelite marker, individual identification, sex determination, *Lepus brachyurus*

1. はじめに

道路事業における環境アセスメントでは、野生哺乳類については文献調査や目視、痕跡調査、捕獲調査によって、事業エリアの周辺部に生息する動物種がリストアップされる。その結果、道路敷地内への野生哺乳類の侵入が懸念される場合には、道路横断施設と侵入防止柵の設置が検討されてきた。

野生哺乳類に対する道路の生態学的影響には、大きく分けると①ロードキル(轢死)、②バリアー効果(移動障害)、③生息地の分断・孤立化があるが、わが国の研究は主にニホンジカ *Cervus nippon* やタヌキ *Procyonoides viverrinus* のロードキルに関する研究事例とその対策に限られている¹⁾。海外では、ロードキルやバリアー効果に関する研究も数多く、野生動物(例えば、アメリカクロクマ *Ursus americanus*²⁾、ボブキャット *Lynx rufus*³⁾)に電波

発信機を装着し、行動追跡からバリアー効果を明らかにする研究や道路の遺伝学的影響についての研究事例も増加している⁴⁾。

近年では、非侵襲的な調査方法として、野生動物の糞や獣毛から微量なDNAを抽出し、PCR(Polymerase Chain Reaction)法によって増幅する技術が開発され⁵⁾、これらの試料を用いて個体識別し、生息数を推定するといった手法が確立されつつある。松木ら^{6) 7)}は、ニホンノウサギの糞に含まれる排泄個体の微量の腸管細胞から細胞内のDNAを抽出し、さらにPCR法によって増幅し、マイクロサテライトマーカーによって個体識別を行い、さらに雌雄判定マーカーにより雌雄判別を行った。従来の首輪や足輪などの標識やラジオテレメトリーのような機器は、捕獲した個体へ装着する際の生体の取り扱いが困難であることや、その後の追跡に多大なコストがかかること、さらには標識の脱落、電池切れや故障により追跡不

表-1 微量DNAによる個体識別法の現状

種名/学名	調査内容	DNAによる個体識別				個体識別率	出典
		使用部位	試料のサンプリング方法	サンプリング時期	マーカ―数		
ツキノワグマ <i>Ursus thibetanus</i>	①個体識別 ②雌雄判別	毛	ヘアートラップ	2003年5月～2005年 12月(1～4月の冬眠 期間は除外)	10座位	47%	大西ら(2008) ⁸⁾
		糞	不明	2004年6月～9月	8座位	不明	山内ら(2004) ⁹⁾
		唾液	被害穀物 (トウモロコシ)	2004年夏	6座位	30%	Saito et al.(2008) ¹⁰⁾
ニホンカモシカ <i>Capricornis crispus</i>	①個体識別 ②雌雄判別	糞	ため糞から採取	不明	シロイワヤギの 29座位から選別	不明	西村(2006) ¹¹⁾
ニホンジカ <i>Cervus nippon</i>	個体識別	糞	有害鳥獣駆除	冬季(11月～3月)	4座位	51%	宮崎ら(2000) ¹²⁾
ニホンイノシシ <i>Sus scrofa</i>	個体識別	毛	ヘアートラップ	2004年6月～12月	不明	8%	石川ら(2006) ¹³⁾
ニホンアナグマ <i>Meles meles anakuma</i>	①個体識別 ②雌雄判別	糞	ため糞から採取	2006年11月	6座位	45%	松木ら(2009) ¹⁴⁾
ホンドタヌキ <i>Nyctereutes procyonoides viverrinus</i>	①個体識別 ②雌雄判別	糞	ため糞から採取	2005年11月～2006 年2月	8座位	88%	松木ら(2006) ¹⁵⁾
ニホンノウサギ <i>Lepus brachyurus</i>	①個体識別 ②雌雄判別	糞	100m×100mメッシュ 内のサンプリング	スギ林:2003年1月 ブナ林:2003年2月	7座位	春～夏:7～35% 冬:96～100%	松木ら(2004) ⁷⁾
ホンドテン <i>Martes melampus</i>	①個体識別 ②雌雄判別	糞	マーキング糞の サンプリング	2006年10月	7座位	49%	中村ら(2012) ¹⁷⁾

可能になることが問題であった。一方で、糞抽出DNAによる個体識別法ではDNAを標識とするため、従来の方法と比べると標識の脱落がなく、長期間個体を追跡することが可能である。しかし、糞抽出DNAによる個体識別率は積雪期に高く、夏期は高温により腐敗しDNAの分解が早く進行すること、降雨によりDNAが流出などにより個体識別率が低いといった課題もある。

本研究では糞抽出DNAによる個体識別法の開発状況、糞の採取しやすさ、糞抽出DNAによる個体識別法を用いた道路周辺の生息地利用と道路の環境影響、従来の方法との調査コスト比較から道路環境アセスメントに対して糞抽出DNAによる個体識別法の適用可能性を探ることを目的とした。第1に国内の在来種を対象に、個体識別を目的としたマイクロサテライトマーカ―の開発状況と個体識別率について文献を基に整理し、道路環境アセスメントにおける糞抽出DNA分析の適用可能な種を検討した。第2に文献整理を基に調査対象種を選定し、調査対象種の糞抽出DNAによる個体識別、雌雄判別を行った。その結果から、道路周辺における個体の分布、行動パターンを明らかにし、道路の影響を評価した。第3に糞抽出DNAによる個体識別法による行動追跡にかか

るコストを計算し、従来のラジオテレメトリー法による個体追跡コストと比較することによって、調査手法の適用性を検証した。

なお、本論文で用いる「道路横断施設」とは、道路下を人、車、野生動物を横断させるためのコンクリート製のボックスカルバート(天井がアーチ状になったものをアーチカルバートという)や河川の流路あるいは谷部への道路の敷設のために設置される橋梁、排水と動物横断の兼用としてのパイプカルバートのことをいう。

2. 材料および方法

(1) 調査対象種の選定

道路による分断化の影響を受けやすいと考えられる地上、樹上移動性の野生哺乳類のうち、ツキノワグマ *Ursus thibetanus* (以下クマ)、ニホンカモシカ *Capricornis crispus* (以下カモシカ)、ニホンジカ *Cervus nippon* (以下シカ)、ニホンイノシシ *Sus scrofa* (以下イノシシ)、ニホンアナグマ *Meles meles anakuma* (以下アナグマ)、ホンドタヌキ *Nyctereutes procyonoides viverrinus* (以下タヌキ)、ニホンノウサギ、ホンドテン *Martes melampus* (以下テ

ン), ニホンザル *Macaca fuscata* (以下サル), ニホンリス *Sciurus lis* (以下リス), ニホンイタチ *Mustela itatsi* (以下イタチ) の11種についてマイクロサテライトマーカーを用いた個体識別に関する先行研究を探索したところ, クマ^{8) 9) 10)}, カモシカ¹¹⁾, シカ¹²⁾, イノシシ¹³⁾, アナグマ^{14) 15)}, タヌキ^{14) 15) 16)}, ノウサギ⁷⁾, テン¹⁷⁾ の8種について個体識別に関する先行研究が確認された(表-1)。それぞれの種について調査・分析内容(①個体識別, ②雌雄判別の有無), DNA抽出使用部位, 試料のサンプリング方法, 試料のサンプリング時期, 使用マーカー数, 個体識別率について整理した。これら既往研究の検索には, GeNii(国立情報学研究所)およびJ-STAGE(科学技術振興機構)の2つの検索エンジンを用いた。検索キーワードは, 糞, DNA, 個体識別とし, 検索結果の中から日本在来の哺乳類に関する論文を抽出した。

タヌキはため糞により, 集中分布するため効率よく糞を採取できるが, 多くは林床は藪に覆われるため¹⁸⁾,



図-1 一般国道289号線甲子道路の位置

糞の発見に労力がかかり, 糞の採取効率は良くないと考えられる。一方, ノウサギの糞粒数は282.6/日¹⁹⁾であり, 足跡上では等間隔に糞粒が確認されることから, 広く散在し, 効率良く多くの糞粒が採取できる。ノウサギは, 全国の高速道路においてタヌキに次いでロードキル数が多いことから²⁰⁾, 本研究における現地調査の対象種として選定した。

(2) ノウサギの糞の採取

現地調査は, 一般国道289号線甲子道路(図-1)の福島県南会津郡下郷町において起点(標高752m, 緯度経度N37.212 E139.909)から終点(標高1015m, 緯度経度N37.202 E139.948)までのおよそ6kmの区間において行った。甲子道路の道路幅は9.5mであり, 平成20年9月21日に開通した後, 一ヶ月間の交通量は合計137,700台である²¹⁾。調査区間の植生は, 主にミズナラ *Quercus crispula* が優占しており, 一部アカマツ *Pinus densiflora*, スギ *Cryptomeria japonica*・ヒノキ *Chamaecyparis obtusa* が生育する。調査区間において, サンプルの採取地点として道路構造の違いにより, SiteA(10.2ha), SiteB(15.9ha), SiteC(13.2ha), SiteD(7.4ha)の4カ所を設定した(図-2)。SiteAの道路構造は平坦地であり, 道路横断施設が充実している。また, SiteB, SiteCの道路構造は, 切土から盛土区間であり, 道路横断施設の密度は低い。SiteDの道路構造は平坦地であり, 低木林が優占しており, 旧道のため道路横断施設や侵入防止柵等の環境保全措置はとられていない。

松木らの研究⁹⁾によれば, ノウサギの糞から抽出したDNAによる個体識別率は, 積雪期に96~100%とDNAの劣化が極めて少なく, 夏期に7~35%とDNAの劣化が大

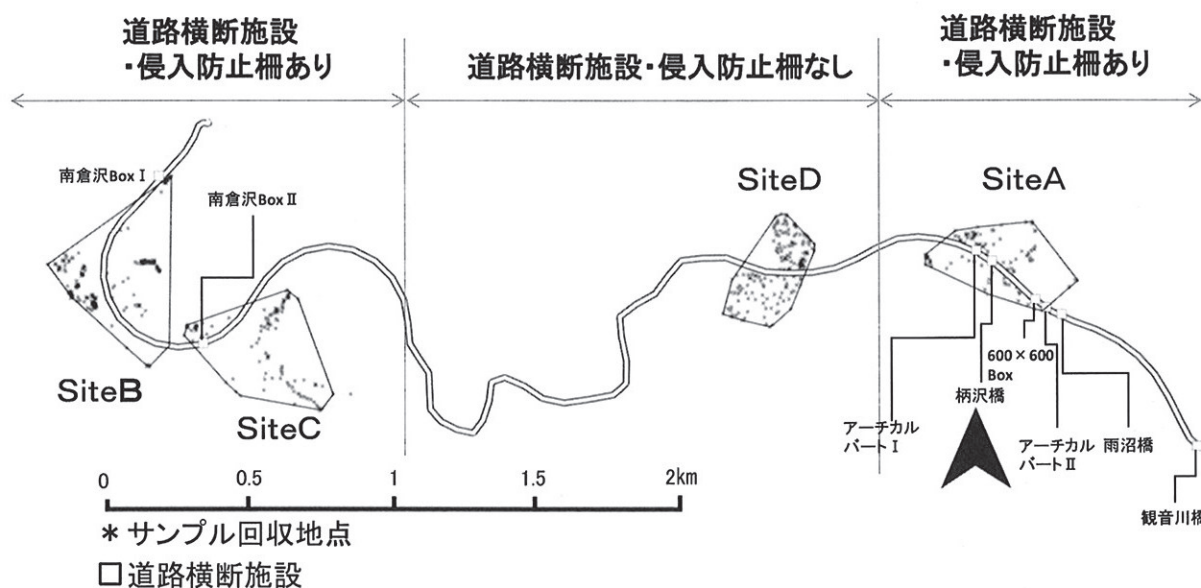


図-2 ノウサギの糞を採取したサンプリングエリアと地点

表-2 糞のサンプル採取日と推定最大糞蓄積期間

調査地	サンプル回収日	推定最大糞蓄積期間	道路構造
SiteA	2009/1/8	5日	盛土区間
SiteB	2009/2/25	4日	切土～盛土区間
SiteC	2009/2/26	5日	盛土区間～切土区間
SiteD	2010/2/25, 26	14～15日	平坦区間

表-3 ノウサギの個体識別用マイクロサテライトマーカー
7種各マーカー座の Forward 側プライマーには、アデノシン
付加効果の促進のため、5'末端に「GTTT」の4塩基を付加
した。Sat13は5'末端の塩基がTであるため、「GTT」の
3塩基を付加した。また、Reverse 側プライマーには、
蛍光標識を付加した。

プライマー名	塩基配列
sol08	F 5'-GTTT GGATTGGGCCCTTTGCTCACACTTG-3'
	R 5'-ATCGACGCCATATCTGAGAGAACTC-3'
sol30	F 5'-GTTT CCCGAGCCCCAGATATTGTTACCA-3'
	R 5'-TGCAGCACTTCATAGTCTCAGGTC-3'
sol33	F 5'-GTTT GAAGGCTCTGAGATCTAGAT-3'
	R 5'-GGGCAATAGGTAAGTCCATGT-3'
sat5	F 5'-GTTT GCTTCTGGCTTCAACCTGAC-3'
	R 5'-CTTAGGGTGCAGAATTATAAGAG-3'
sat12	F 5'-GTTT CTTGAGTTTTAAATTCGGGC-3'
	R 5'-GTTTGGATGCTATCTCAGTCC-3'
sol44	F 5'-GTTT ATTCACCAGATGACCCCTA-3'
	R 5'-GGTGGGGCGCGGGTCTGAAAC-3'
sat13	F 5'-GTT TGCAGGACATGGAATGGAT-3'
	R 5'-GCCTCTACCTTTGTGGGG-3'

きいことから、積雪期にサンプリングを行った。SiteAは2009年1月8日、SiteBは2009年2月25日、SiteCは2009年2月26日、SiteDは2010年2月25日、26日に糞を採取した。なるべく新鮮な糞を採取するため、足跡を追跡し、雪表面に残っている新鮮な糞を採取し、見つからない場合には、雪の中に埋没したやや古い糞を採取した。糞を採取する際に位置情報をハンディGPS（Garmin社製Colorado）により記録した。

調査地からおよそ10km離れた会津田島（標高544m、緯度経度N37.021 E139.795）の気象データ（気象庁）によると、2009年1月8日に採取したノウサギの糞は、2009年1月3日の日の午前ころまで降雪があったことから、3日午後から7日早朝に排泄された糞であることが推測される（表-2）。また、2009年2月25日、2月26日に採取した糞は、2月21日の8時まで連続的な降雪があったことから、2月21日の午後から2月25日の早朝に排泄された糞であることが推測される（表-2）。2010年2月25日、26日に採

取したノウサギの糞は、連続的な降雪があったのは2月11日の夜中までであり、その後は2010年2月22日まで少量の降雪があったものの、23日から気温が10℃を超えて表面の雪が解けたため、2月11日の夜中以降に排泄された糞であると推測される（表-2）。

(3) 糞抽出DNA分析

a) 糞からのDNA抽出

2009年1月8日に採取した糞96サンプル（SiteA）、2009年2月25日～26日に採取した糞156サンプル（SiteB, C）、2010年2月25日～26日に採取した92サンプル（SiteD）の全344からDNAを抽出した。DNA抽出はQIAamp DNA Stool mini kit（QIAGEN）により抽出した。糞1粒を耐熱性チャック付ポリ袋に入れ、ASL抽出Buffer5mlを加えて、65℃の恒温器で30分間インキュベートし、ポリ袋の外から塊がなくなるまで押しつぶした。さらに、65℃で2時間インキュベートした後、抽出Buffer2mlを取り、その後は抽出キットに添付されたマニュアルに従ってDNAを抽出した。抽出したDNA溶液は-80℃で冷凍保存した。

b) 個体識別

個体識別には、ミトコンドリアDNA（以下mtDNA）とマイクロサテライトによって分析した。mtDNAとマイクロサテライトの2種類のDNAマーカーを用いたのは、マイクロサテライトマーカーにより個体識別できない糞サンプルについて、mtDNAでハプロタイプが決定でき、識別できた個体以外のハプロタイプを持つ場合は異なる個体と判断する指標として用いた。

mtDNAの分析には、松木ら⁷⁾の解析領域を含むD-loop領域の一部を増幅するように設計したプライマーセット（F：5'-TGTAACCAGAAACGGAGAT-3' / R：5'-TGGGCTGATTAGTCATTAG-3'）を用いた。D-loop領域の解析におけるPCRは、糞から抽出されたゲノムDNA13-24ngをテンプレートに、最終濃度を0.625units TaKaRa Ex Taq Hot start version（タカラバイオ）（0.05μl）、10×PCR Buffer（2.5μl）、0.2mM dNTPs（2.0μl）、0.5μM primer（各0.25μl）に調整した25μl中の反応液で行った。PCR反応は95℃2分の予備加熱後、95℃30秒・60℃20秒・72℃30秒を30サイクル行い、時間短縮のため最終伸長は行わなかった。事前に最終伸長を行った場合と行わなかった場合で相違がないことを確認している。

マイクロサテライトの分析には表-3のプライマーセットを用いた。個体識別のPCRは、ゲノムDNA13-24ngをテンプレートに、最終濃度を2×Ampdirect plus（島津製作所）（5μl）、1.0μM primer（各0.2μl）、0.625units TaKaRa Ex Taq Hot start version（0.05μl）に調整した10μlの反応液で行った。PCR反応は、98℃60秒の予備加熱後、98℃10秒・60℃90秒・72℃30秒を15サイクル、90℃10秒・60℃90

秒・72°C30秒を20サイクル、72°C30分を1サイクルの最終伸長を行った。Applied Biosystems社製3130ジェネティックアナライザにより塩基配列を決定し、CLUSTALW ver.1.83²²⁾によりアライメントを行った後、mtDNAハプロタイプを分類した。

蛍光標識が付加されたPCR産物は、Applied Biosystems社製3130ジェネティックアナライザを用いて検出し、対立遺伝子サイズについてフラグメント解析を行った。フラグメント分析では、すべての座位についてPCR増幅および解析を2回行い、2回の結果が同一のDNA型であった場合、そのDNA型を採用した。allelic dropoutやfalse alleleにより2回の結果が異なった場合には、最高5回までとして、2回以上同じDNA型が検出されるまで分析を繰り返した。得られたDNA型の結果から、Cervus ver.3.0²³⁾により個体識別を行った。

c) 雌雄判別

糞から抽出したDNAについて、ZFX/ZFY遺伝子²⁴⁾を用いてPCR増幅を行った。ZFX/ZFY遺伝子が増幅された検体について、さらにオスのみが持つSry遺伝子⁷⁾を用いてPCR増幅を行った。雌雄判別のPCRは、ゲノムDNA13-24ngをテンプレートに、最終濃度を2×Ampdirect plus (5μl)、1.0μM primer (各0.2μl)、0.625units TaKaRa Ex Taq Hot start version (0.05μl)に調整した10μlの反応液で行った。PCR反応は、初期変性96°C120秒の後、変性94°C30秒、アニーリング30秒、伸長70°C45秒3サイクルを、アニーリング温度を3°Cずつ下げながら、72、69、66、63、60°Cの5段階で行い、続いて変性90°C30秒、アニーリング60°C30秒、伸長70°C45秒を25サイクルし、70°C30分の最終伸長を行った。PCR増幅産物はアガロースゲル電気泳動により検出し、その結果から雌雄判別を行った。

(4) 甲子道路周辺の現存植生図の作成

甲子道路における調査対象区間6kmの周囲300m圏内について、Google map (<http://maps.google.co.jp/>)に公開されている航空写真をArcGIS9.0 (ESRI社)に取り込み、位置情報を与え、植生の境界をトレースし、1/5000の現存植生図を作成した。植生分類は、落葉広葉樹林、スギ・ヒノキ植林、アカマツ林、カラマツ林、低木林 (伐採跡地)、低木林 (その他)、草地、耕作地、人工構造物 (住宅地・道路)、裸地、開放水面の11タイプとした。調査サイト内における植生分類に対するサンプリングの偏りを検証するために、サンプリング地点 (n=512) と同数の地点 (n=512) を調査サイト内にランダムに発生させ、各植生タイプのサンプリング地点とランダム地点をMann-whitney U test (SPSS11.5J)により比較した。さらに、調査範囲を50m×50mのメッシュで区分し、メッシュ内に含まれるノウサギの個体数と植生分類の面積率を算出

し、個体数と植生との関連性から環境選択性を解析した。ベクターデータによって作成した現存植生図は、ラスターデータに変換し50m×50mメッシュ内の各植生の面積率を算出した。植生分類の面積率を変数として、クラスター分析 (平方ユークリッド距離、Ward法) (SPSS11.5J)により分類し、クラスターごとの個体数をKruskal-wallis検定 (SPSS11.5J)により比較した。現存植生図の作成にはArcGIS9.0 (ESRI社)を使用し、調査区ごとの50m×50mのメッシュの作成、各メッシュ内の現存植生の面積率の計算には、ArcView3.2a (ESRI社)およびエクステンションのSpatial analystを使用した。

(5) 調査コストの評価

本研究では、野生動物の行動追跡により、道路によるバリアー効果の検証や道路横断施設を設置するための移動経路の探索することを目的として、野生哺乳類の個体の行動追跡を行うと仮定した。そのため、従来のVHFを用いたラジオテレメトリー法と本研究で行った糞抽出DNA法による個体あたりのコストについて人件費と消耗品費を基に評価した。人件費については、平成26年度設計業務委託等技術者単価²⁵⁾を参考に技師A、B、Cの単価の平均値¥33,833から算出した。

ラジオテレメトリー調査における個体の捕獲には、2人1組で2回 (12時間に1回) /日、2週間の見回りを要し、1個体捕獲したと仮定した。個体の追跡には2人1組で1個体を24時間×1週間追跡したと仮定した。消耗品のVHF発信機は、ノウサギの体重を2kgと仮定し、VHF発信機として一般的に普及しているAdvanced Telemetry Systems製のもの (Nylon color, 重量60g) を使用するものとした。追跡の際に使用する八木アンテナおよび受信機は汎用性があることから、購入済みとした。また、捕獲の際の麻酔にはケタラル筋注用50mg (第一三共株式会社) 使用するものとした。ラジオテレメトリー調査は、捕獲に要する期間が長く、調査個体は複数個体となるため、本研究で仮定したコストよりも大幅に増加することが予想される。

糞抽出DNA分析には、今回使用した344サンプルを採取するのに2人で5日要した。344サンプルを個体識別、雌雄判別に要する日数は2ヶ月以上 (70日と仮定) とした。DNA分析に必要な試薬・消耗品の価格については本研究を実施するために実際にかかった金額を使用した。DNA分析機の購入コストについては、DNA分析機器を所有する企業や大学、研究機関を活用するため、含めないものとした。すべての価格は、下3桁を切り捨てた値を用いた。

3. 研究結果

(1) 糞抽出DNAによる個体識別法の現状

マイクロサテライトマーカーによる個体識別が確立されている種は、クマ、ニホンジカ、ニホンアナグマ、ホンダヌキ、ニホンノウサギ、テンの6種であり、個体識別率の高い種は、タヌキとノウサギの2種であった(表-1)。

(2) 糞抽出DNAによるノウサギの個体識別と雌雄判別

すべての糞サンプルから、分析に十分な量と質のDNAが得られた。得られた塩基配列のうち、松木ら⁷⁾の解析領域に該当する347bpの配列を使用し、mtDNAのハプロタイプを分類した。分析を行った全344サンプルから11種類のハプロタイプが確認された(DDBJ/EMBL/GenBankデータベースアクセッション番号: AB690392~AB690402)。7つのマイクロサテライトマーカー座について各対立遺伝子のサイズを調べた結果、全ての検体の全てのマーカー座でデータが得られた。これらのデータを解析した結果、全344サンプルから36個体を識別した。344サンプルの個体識別率は100%であった。また、ZFX/ZFY遺伝子およびSry遺伝子のPCR産物を電気泳動した結果、36個体のうちオスは28個体、メスは8個体であった。雌雄判別率は344サンプル中1サンプルのみ判別不可能であったことから99.7%であった。SiteAが13個体(オス6, メス7)、SiteBが6個体(オス5, メス1)、SiteCが6個体(オス5, メス1)、SiteDが12個体(オス11, メス1)であり、それぞれの個体数密度は、SiteAが1.75個体/ha、SiteBが0.52個体/ha、SiteCが0.58個体/ha、SiteDが1.58個体/haであった。36個体の内、サンプリングサイト間ではSiteBとSiteCにおいて共通する個体が1個体確認されたが、そ

れ以外では共通個体は確認されなかった。また、道路両側においてSiteA (n=13)、SiteD (n=6) で各2個体、合計4個体の横断が確認されたが、その他の個体の横断は確認されなかった(図-3)。

調査サイト内の植生は、落葉広葉樹林と低木林が優占しており、各植生タイプに含まれるサンプリング地点とランダム地点には有意な差は認められなかった(図-4)、耕作地と裸地を除く全てMann-whitney Utest $p>0.05$ 。また、50m×50mメッシュ内の現存植生の面積率を変数にクラスター分析を行った結果、現存植生のタイプは落葉樹林優占メッシュ(CLU1)、アカマツ優占メッシュ(CLU2)、草地優占メッシュ(CLU3)に分類された(図-5)。現存植生タイプごとの個体数には有意な差は認められなかった(図-6, Kruskal-wallis検定 $p>0.05$)。

(3) 行動追跡におけるコスト計算

本研究では、ラジオテレメトリー法により1個体を追跡する場合と糞抽出DNAにより1個体を追跡する場合とのコストの比較を行った(表-4)。ラジオテレメトリー法は¥2,869,000、糞抽出DNA法により344サンプルを解析するのに費やした額は¥8,414,000であり、本研究における糞抽出DNAの個体識別によって確認された36個体で除算した結果、1個体あたりおよそ¥233,000と計算された。

4. 考察

(1) 糞抽出DNAによる個体識別法の現状

微量DNAによる個体識別法が試行されている種は8種であり、手法が確立されている種は、クマ、シカ、アナ

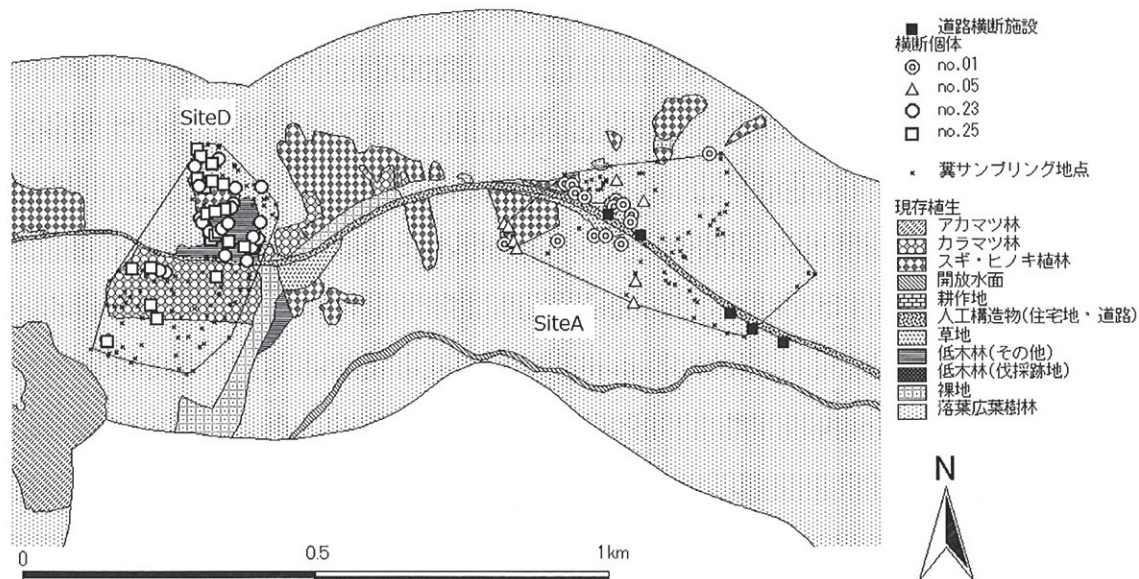


図-3 道路横断が確認された4個体の糞の分布

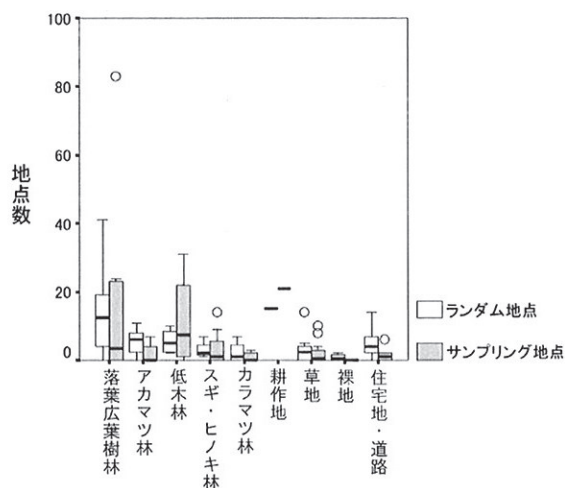


図-4 各植生分類の糞のサンプリング地点とランダム地点の箱ひげ図の比較。○は外値を示す。

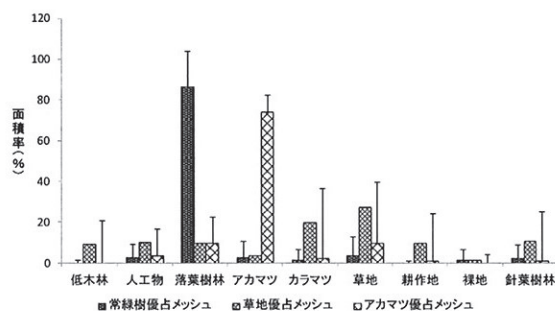


図-5 50m×50m メッシュ内の現存植生

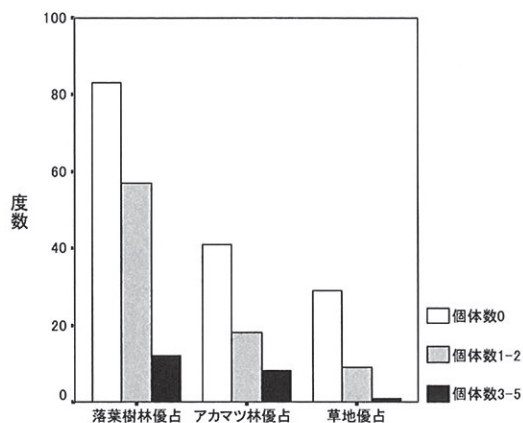


図-6 個体数と植生クラスターとの関連性

グマ、タヌキ、ノウサギ、テンの6種であった(表-1)。本研究で選定したノウサギは、積雪期に足跡を追跡することにより、数多くの糞を効率良くサンプリングすることが可能であった。また、個体識別による結果からノウサギの生息密度は全体で1.11頭/haであり、大型哺乳類の生息密度(例えば、ツキノワグマは700~800haに一頭²⁶⁾)

と比較すると少ない調査努力量で多くの個体を識別し、トレースできたと考えられる。このことから糞がランダムに分布し、比較的行動圏の狭い種について糞抽出DNA法を適用することにより、継続的な個体の追跡が可能であると考えられる。シカやカモシカは高い移動能力を持つ大型哺乳類であり、捕獲にかかる労力は非常に大きい。ニホンジカの糞粒数は880~1200粒/日、排泄回数は11~13回/日、カモシカは810~980粒/日、排泄回数は2.2~4.6回/日²⁷⁾と非常に多いため、数多くの糞を効率良く採取できる。ニホンジカは非積雪地域では定住型であり、積雪地域では季節移動型の行動パターンを示す²⁸⁾。一方、カモシカは、定住性が強く、行動圏もオス15ha、メス10ha程度であり、ため糞をする²⁹⁾。道路周辺に生息する草食性哺乳類の定住的な個体群に対して糞抽出DNA法の適用可能性は十分にある。また、雑食性のテンはマーキング糞を採取することで、個体識別を行い¹⁷⁾、個体の分布と個体数推定³⁰⁾が可能であるように、タヌキのようなため糞をする種など、道路周辺に定住的な個体の分布と移動を明らかにすることは可能である。

(2) ノウサギを事例とした道路の影響評価

甲子道路調査における個体識別の結果から、36個体の存在が明らかとなり、調査地全体で平均1.11個体/haであった。松木ら⁷⁾によれば、秋田県駒ヶ岳山麓では平均40.5頭/km²(0.4頭/ha)が確認されており、本研究の結果は2倍以上の結果となったことから、十分な評価個体数が得られたものと考えられる。また、36個体中で道路の両側で確認されたのは4個体であった(図-3)。その他の個体の分布は道路両側で分断されており、バリアー効果の可能性が示唆された。しかし、道路のバリアー効果について、どの程度の個体が移動・分散を制限されると個体群の存続可能性や遺伝的多様性に対して影響があるのかについては今後の課題である。各調査サイトの横断数はsiteAは2個体、siteBは0個体、siteCは0個体、siteDは2個体と道路横断施設が複数設置されたsiteAと侵入防止柵や道路横断施設が設置されていないsiteDにおいて横断が確認され、道路横断施設が1ヶ所ずつで、谷部を盛土した区間を多く含むsiteBとsiteCでは横断が確認されなかった。このことから、侵入防止対策を実施することにより、道路横断を防止し、ロードキルの低減に貢献できるが、道路横断施設を適量設置しないと浸透性が低下すると考えられる。道路横断施設を設置する際の数量や位置については、Bissonette & Adair³¹⁾はHR⁰⁵(ホームレンジサイズの0.5乗)を道路横断施設の配置の基準として提案しているが、わが国では未だ検討した事例はなく、今後の課題である。本調査地におけるノウサギの生息密度は、0.52~1.75個体/haであり、一方、秋田駒ヶ岳山麓におけるスギ林内の生息密度⁷⁾は、およそ0.41個体/haであった。

表-4 追跡調査におけるコスト比較

項目	調査内容	ラジオテレメトリー法 1個体追跡に費やすコスト	糞抽出DNAによる個体識別法 344サンプル集めるコスト
人件費		¥2,841,000	¥5,074,000
消耗品	調査機器	¥27,000	¥0
	試薬・消耗品	¥1,000	¥3,340,000
コスト	全体	¥2,869,000	¥8,414,000
	1個体あたり	¥2,869,000	¥233,000

本研究の調査地は、ミズナラ林が優占し、人手の入った二次林が多いため、林床が明るい。また、道路の敷設によって林縁環境も多いため、ノウサギの選好する林縁性の食物資源量も多いと考えられる。そのため、松木ら⁷⁾のスギ林内の生息密度よりも本研究の生息密度のほうが高い結果になったと推測される。

野外において全てのノウサギの糞を採取することは不可能であり、調査地の全個体数を糞抽出DNAのみによって推定することはできない。そこで、野生動物個体群の推定に良く用いられる標識再捕獲法³²⁾を応用し、糞抽出DNAを標識とした標識再捕獲モデルを用いた推定法（例えばテン³⁰⁾；ブラックベアー³³⁾；グリズリーベアー³⁴⁾）を用いることで、より実数に近い値が求められると考えられる。

本研究では糞抽出DNA分析による個体識別の結果から、道路周辺における個体ごとの行動パターンを明らかにしたところ36個体中4個体の道路横断を確認し、他の個体は道路によって分断されていた。しかし、4個体の横断は、糞が堆積した期間内の移動を表す。そのため、複数回のサンプリングと解析によって冬期の移動・分散を評価する必要がある。また道路の環境影響を通年で評価するためには、夏季を含めた年間を通じた影響評価を実施することが必要である。一方、夏季は高温のため、糞中のDNAの劣化が早く、夏季に採取した糞の個体識別率は30%程度である⁷⁾。したがって夏季には、新鮮な糞を採取するための調査計画やDNAの保存と抽出手法を検討する必要がある。

(3) 糞抽出DNAによる個体識別法のコスト

追跡調査におけるコスト比較の結果から、1個体あたりの糞抽出DNAによる個体識別法のコストはラジオテレメトリー法のおよそ1/10程度であった。DNA分析の課題として、分析機器を準備する際に非常に高い初期投資が必要とされ、DNA関連の業務を行う企業や研究機関、

大学以外で所有することは困難であることから、本研究において機器コストを含めることは適当ではないと考えた。機器コストの課題は、発注者、受注者とDNA分析が可能な大学、研究機関、企業と連携することによって解決できるものと考えられる。

道路の生態学的影響を明らかにする際のテレメトリー調査の長所は、個体あたりの行動圏や移動経路を明らかにできることである。本研究による試算（2週間の行動追跡）に基づき年間（例えば、2週間/月の行動追跡を3季実施した場合）の行動圏を明らかにするためには、1千万程度のコストがかかり、さらに調査個体数分のコストが加算される。一方、糞抽出DNA法は、行動圏を把握することは困難であるが、複数個体の糞抽出DNAによる個体識別結果と糞の位置関係から、複数個体の分布や移動を追跡することが可能である。ただし、事業実施前の道路用地による移動経路の分断箇所の把握や道路用地内外の個体の分布、事業実施後の個体の分布の変化や移動状況、バリアー効果について年間を通して把握する場合には、単純でも3季実施することを考えると本研究で算出したコストの3倍が必要である。ダム事業地におけるテンの糞による個体識別は3季の調査で262個の糞から51個体を識別し、事業地に少なくとも10個体が定住している可能性を評価するために2~3千万のコストで分析している³⁵⁾。糞抽出DNAによる個体識別法により個体数推定や道路のバリアー効果を評価するためのコストは、事業地の面積によって異なるため、効果的・効率的な調査手法を検討し、コストの低下を図る必要がある。

以上のことから、糞抽出DNA法によるコスト・ベネフィットの高い種は、①捕獲が困難な種（大型種や捕獲率の悪い種）、②草食性哺乳類のような糞を採取しやすい種、③定住性の高い種あるいは個体であり、このような種・個体にとって糞抽出DNA分析法は適用可能性が高いと考えられる。

謝辞：ノウサギの糞抽出DNAによる個体識別および雌雄判別の分析を行うにあたり、財団法人電力中央研究所の松木吏弓博士には、分析に対するご指導と有益な助言をいただいた。現地調査にあたり国土交通省郡山国道事務所および福島県南会津建設事務所にご協力いただいた。また、ノウサギの糞をサンプリングするにあたり、元国土交通省国土技術政策総合研究所環境研究部緑化生態研究室の方々に協力いただいた。ここで、ご協力いただいたすべての方々にお礼申し上げます。

引用文献

- 1) 園田陽一、武田ゆうこ、松江正彦：野生動物におけるロードキル、バリアー効果とミティゲーション技術に関する研究の現状と課題、ランドスケープ研究, Vol.4, pp.7-16, 2011.
- 2) Brody, A. J. and M. R. Pelton: Effect of roads on black bear movement in western North Carolina, Wildlife Society Bulletin, Vol.17, pp.5-10, 1989.
- 3) Lovallo, M. J. and E. M. Anderson: Bobcat movements and home ranges relative to roads in Wisconsin, Wildlife Society Bulletin, Vol.24, pp.71-76, 1996.
- 4) Holderegger, R. and M. Di Giulio: The genetic effect of roads, A review of empirical evidence: Basic and Applied Ecology, Vol.11, pp.522-531, 2010.
- 5) Tarberlet, P., S. Griffin, B. Goossens, S. Questiau, V. Manceau, N. Escaravage, L. P. Waits and J. Bouvet: Reliable genotyping of samples with very low DNA quantities using PCR, Nucleic acids research, Vol.24, No.16, pp.3189-3194, 1996.
- 6) 松木吏弓、矢竹一穂、梨本真：DNA多型を利用したノウサギの個体識別、電力中央研究所報告 U00016, (財)電力中央研究所, 2000.
- 7) 松木吏弓、矢竹一穂、竹内亨、阿部聖哉、石井孝、梨本真：イヌワシを頂点とする生態系の解明—DNA解析を利用したノウサギの生息数推定法の開発、電力中央研究所報告 U03066, (財)電力中央研究所, 2004.
- 8) 大西尚樹、金澤文吾、長久保義紀：四国におけるツキノワグマの個体情報の収集—体毛をもちいた遺伝学的手法による個体識別—、保全生態学研究, Vol.131, pp.129-135, 2008.
- 9) 山内貴義、佐藤宗孝、辻本恒徳、青井俊樹：岩手県のツキノワグマ保護管理に関わるモニタリング調査とその課題、哺乳類科学, Vol.48, No.1, pp.83-89, 2008.
- 10) Saito, M., K. Yamauchi and T. Aoi: Individual identification of Asiatic black bears crows, Ursus, Vol.19, No.2, pp.162-167, 2008.
- 11) 西村貴志：ニホンカモシカのDNA解析による個体識別とその応用、岩手大学21世紀COEプログラム平成17年度成果報告書, 2006.
- 12) 宮崎幸司、山内貴義、濱崎伸一郎、菊水健史、武内ゆかり、森裕司：糞中DNA解析によるニホンジカの個体識別、日本野生動物医学会誌, Vol.6, No.1, pp.1-6, 2001.
- 13) 石川修司、名矢結香、岸本真弓、森光由樹：ニホンイノシシのヘアートラップ—トラップの形状と季節変化に関する考察—、第12回日本野生動物医学会大会講演要旨集, pp.54, 2008.
- 14) 松木吏弓、竹内亨、阿部聖哉、梨本真、平田智隆、上野智利、田崎耕一：中型哺乳類を典型性注目種とした生態系アセスメント手法の開発—DNA情報を利用したタヌキ・アナグマの個体数推定—、電力中央研究所報告 V08043, (財)電力中央研究所, 2009.
- 15) 松木吏弓、竹内亨、阿部聖哉、梨本真、平田智隆、金尾充浩、坂田和弘：アナグマ・タヌキのため糞からのDNA情報を利用した種判定および個体識別、DNA多型, Vol.16, pp.55-59, 2008.
- 16) 松木吏弓、竹内亨、阿部聖哉、梨本真：タヌキにおけるマイクロサテライトDNAによる個体識別、DNA多型, Vol.14, pp.188-192, 2006.
- 17) 中村匡聡、松村弘、田悟和巳、荒井秋晴：マイクロサテライトDNA多型解析によるテン *Martes melampus* の個体識別、DNA多型, Vol.20, pp.334-339, 2012.
- 18) Ikeda, H.: Socio-ecological study on the Raccoon dog with reference the habitat utilization pattern, Kyusyu Univ. Doctor thesis, 66pp., 1982.
- 19) 平岡誠志、渡辺弘之、寺崎康正：糞粒数によるノウサギ生息密度の推定。日本森林学会誌, Vol.59, No.6, pp.200-206, 1977.
- 20) 橘敏雄：その他の野生動物による交通事故の現状、「野生動物の交通事故対策—エコロード事始め—」(大森司紀之・井部真理子・増田泰, 編), 北海道大学図書刊行会, 191 pp, 1998.
- 21) 国土交通省郡山国道事務所HP：「国道289号甲子道路」開通後1ヶ月間の交通量(甲子トンネル付近)について、<http://warp.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/259973/www.thr.mlit.go.jp/kori-yama/new/press/08hapyo/0810232.htm>
- 22) Thompson J. D., D. G. Higgins and T. J. Gibson: CLUSTAL W: improving the sensitivity of progressive multiple sequence alignment through sequence weighting, position-specific gap penalties and weight matrix choice. Nucleic acids research, Vol.22, pp.4673-4680, 1994.
- 23) Kalinowski, S. T., M. L. Taper and T. C. Marshall: Revising how the computer program CERVUS accommodates genotyping error increase success in paternity assignment, Molecular ecology, Vol.6, pp.1099-1106, 2007.
- 24) Aasen E., Medrano J. F.: Amplification of the ZFY and ZFX genes for sex identification in humans, cattle, sheep and goats. BioTechnology, 8, pp.1279-1281, 1990.
- 25) 国土交通省ホームページ：平成26年度設計業務委託等技

- 術者単価, <http://www.mlit.go.jp/tec/sekisan/sekkei/tanka.html>.
- 26) 石田健：東京大学秩父演習林の国道140号線施設地域におけるツキノワグマ個体群の生息状況東京大学農学部演習林報告，東京大学農学部演習林報告，Vol.105，pp.91-100，2001.
 - 27) 高槻成紀，鹿股幸喜，鈴木和男：ニホンジカとニホンカモシカの排糞量・回数，日本生態学会誌，Vol.31，pp.435-439，1981.
 - 28) 丸山直樹：ニホンジカ *Cervus nippon* の季節的移動と集合様式に関する研究，東京農工大学農学部学術報告，Vol.23，pp.1-85，1981.
 - 29) 岸本良輔：ニホンカモシカ（日高敏隆監修，日本動物大百科：哺乳類II，155pp），pp.106-111，1996.
 - 30) 田悟和巳，荒井秋晴，松村弘，中村匡聡，足立高行，桑原佳子：糞から抽出されたDNAを用いたテン *Martes melampus* の個体数推定，哺乳類科学，Vol.53，No.2，pp.311-320，2013.
 - 31) Bissonette, J. A. and W. Adair: Restoring habitat permeability to roaded landscapes with isometrically-scaled wildlife crossings, *Biological conservation*, Vol.141, pp.482-488, 2008.
 - 32) Krebs, C.J.: *Ecological methodology*. 2nd Ed. Benjamin Cummings. Menlo Park, CA., pp.19-69, 1998.
 - 33) Boersen, M. R., J. D. Clark and T. L. King: Estimating black bear population density and genetic diversity at Tensas River, Louisiana using microsatellite DNA markers, *Wildlife society bulletin*, Vol.31, No.1, pp.197-207, 2003.
 - 34) Mowat, G: Estimating population size of grizzly bears using hair capture, DNA profiling, and mark-recapture analysis, Vol.64, No.1, pp.183-193, 2000.
 - 35) 井上幸治，中村敏弥：DNA捜査—王者の痕跡を辿る—，国土交通省国土技術研究会講演要旨，2009.

(2014. 7. 28受付)

Assessing the feasibility of identifying individual mammals by fecal DNA analysis to evaluate the environmental impacts of a road

Yoichi SONODA, Masatoshi NAKAMURA, Masahiko Matsue, Masako KUBO,
Yusuke UENO and Masao KURIHARA

This study aimed to verify whether the identification of individual mammals using fecal DNA could be used to assess the environmental impacts of a road. We selected the Japanese hare, *Lepus brachyurus*, as target species for the DNA analysis. A total of 36 hares (28 males and 8 females) were identified from 344 fecal samples, and 4 hares of them has crossed both sides of the road. I suggested that the individual identification method by fecal DNA would be applicable to difficult-to-capture mammals, herbivorous mammals and more sedentary mammals around the road.

論文 ORIGINAL ARTICLE

特集「外来種と植生管理」

森林表土利用工による緑化のり面に成立した
草本群落の6年間の変化

久保満佐子^{*1)}・飯塚康雄²⁾・大貫真樹子³⁾・松江正彦⁴⁾・栗原正夫²⁾・
細木大輔⁵⁾

- 1) 島根大学生物資源科学部 Faculty of Life and Environmental Science, Shimane University
- 2) 国土交通省国土技術政策総合研究所 National Institute for Land and Infrastructure Management, MLIT.
- 3) 日本植生株式会社 NISSHOKU Co.
- 4) 神奈川県庁 Kanagawa prefecture
- 5) 新日本設計株式会社 Shin-nihon sekkei Inc.

摘要 : 2007年に森林表土利用工による緑化が行われた国営明石海峡公園にある切土のり面において、施工当年から施工後6年目の2012年まで、成立した植生の種組成と木本の個体数および樹高を調べた。その結果、植被率は当年から約95%と高く、当年には一年生草本のオオイヌタデが優占し、2年目から6年目までは替わってセイタカアワダチソウやヨモギ、ススキなどの多年生草本やつる性木本のクズが優占した。木本個体数は、施工当年は2.2個体/m²あったが年とともに減少し、6年目には1.3個体/m²になった。本調査のり面では施工当年から継続して群落高約2mの草本が密生するため、その下で生育する木本は初期に枯死し、新たに定着する種も少なかった。本調査地はセイタカアワダチソウの飛来種子が多い地域にあり、こうした地域で森林表土利用工による施工を行う場合は、事前の調査によって工法の適否を判断することや、施工後初期の植生管理を考慮に入れる必要がある。

キーワード : オオイヌタデ, 外来植物, セイタカアワダチソウ, のり面緑化, 埋土種子

KUBO Masako, IIZUKA Yasuo, OONUKI Makiko, MATSUE Masahiko, KURIHARA Masao and HOSOGI Daisuke: Changes in an herbaceous community over 6 years on an artificial slope revegetated with the seed bank from forest soil

Abstract: We studied the vegetation and number of individual trees over 6 years on a slope in Akashi National Park, Kobe, which was logged and subsequently revegetated using forest topsoil in 2007. In the first year, vegetative cover was 95%, with *Persicaria lapathifolia* var. *lapathifolia*, an annual herbaceous species, dominating. *Solidago altissima*, *Artemisia indica* var. *maximowiczii* and *Miscanthus sinensis*, perennial herbaceous species, and *Pueraria lobata*, a woody vine, dominated from year 2 to year 6. Although the number of individual trees was relatively high in the first year (2.2 individuals/m²), that number decreased with each passing year, eventually reaching 1.3 individuals/m². On our study slope, many individuals did not thrive and fewer established after year 2 due to the growth of herbaceous plant species; these grew densely to 2 m in height beginning in year 1. Our study site is located in an urban area, and the seeds of *S. altissima* disperse widely in nearby habitats. When attempting to revegetate in this type of area using top soil from forests, assessing the appropriate methods of revegetation via preliminary surveys and evaluating how management of vegetation should be conducted in early stages after greening is important.

Key word: alien plant, buried seed, *Persicaria lapathifolia* var. *lapathifolia*, slope revegetation, *Solidago altissima*

* 連絡先著者 (Corresponding author) : 〒690-8504 島根県松江市西川津町 1060 E-mail : kubom@life.shimane-u.ac.jp

1. はじめに

近年、外来種の逸出¹²⁾や遺伝的攪乱の問題¹⁸⁾を背景に、地域性を考慮した緑化植物の取り扱いが求められている⁹⁾。2005年には特定外来生物による生態系等に係る被害の防止に関する法律が施行され、緑化に用いられる外来植物(国内外来種を含む)は、環境省および農林水産省、国土交通省の3省で別途総合的な検討を行うことになった(<http://www.env.go.jp/nature/intro/>, 2014年7月参照)。このため、外来植物を用いた緑化の代替となる工法の開発や地域性種苗の供給体制の整備が急務とされている。

森林表土に含まれている埋土種子の発芽・定着により緑化を行う工法(以下、森林表土利用工)は、外来植物を使用せず、時間をかけて木本群落が成立すること、比較的簡易に地域性の植物材料を利用できることなどから、地域の生物多様性の保全を考慮した緑化工法の一つとされている¹⁰⁾。森林表土利用工による緑化のり面では、在来の植物により植生が回復していることが多く報告されてきたが^{6, 11)}、外来植物を利用しないことを目的とした緑化工法であるにもかかわらず、外来植物であるセイタカアワダチソウ(*Solidago altissima* L.)が群落を形成するのり面もある^{9, 11)}。特に、暖温帯の降水量が少ない市街地域でこの傾向が確認されている¹¹⁾。本種は他感作用物質を持つことから¹³⁾いずれは自己の発芽を阻害して群落が衰退すると一般に言われているが、その持続年数は不明である。このため本種がのり面で群落を形成した場合、その持続年数や他の植物への影響を知ることは、森林表土利用工の適応範囲を考える上で重要である。

既報告⁹⁾では、森林表土利用工による緑化が行われた国営明石海峡公園の切土のり面において、(1)施工当年に1年生草本のオオイヌタデ(*Persicaria lapathifolia* (L.) Delarbre var. *lapathifolia*)が優占し、2年目にはヨモギ(*Artemisia indica* Willd. var. *maximowiczii* (Nakai) H. Hara)やセイタカアワダチソウ、クズ(*Pueraria lobata* (Willd.) Ohwi)が優占すること、(2)利用した表土には木本の埋土種子が多く含まれ、施工後2年目の時点では調査のり面でこれらの木本が生育していること、(3)調査のり面にはセイタカアワダチソウを主体とした草本の種子が多量に飛来していることが明らかになった。しかし、外来草本が優占する中で木本が生育していることから、調査のり面の植生が草本群落となるのか、木本が生長して樹林化が進むのかを継続的に把握することが課題として残された。そこで本研究では、同調査のり面に成立した植物群落の種組成と群落高、木本種の個体数および樹高の経年の調査によって、施工当年から施工後6年目までの優占種および木本種の変化について明らかにした。

2. 調査地および調査方法

2.1 調査地の概要

調査地は兵庫県神戸市にある国営明石海峡公園神戸地区内の切土のり面である。のり面方位は北西、勾配は34度(1:1.6)、のり長は11m、のり面延長は46mである。本調査の

り面では2007年2月上旬に森林表土利用工による緑化が行われた。同公園内にあるアベマキ林で採取した表土(深さ約5cm)を植生基材と混合し、厚さ5cmで金網張りをしたのり面に吹付けた。

施工当初、森林表土の混合率の違いにより成立する植生の違いを調べることを目的としたため、森林表土の混合率0%(以下、0%区)、10%(以下、10%区)、20%(以下、20%区)、30%(以下、30%区)の4つの処理区が延長方向10mごとに設定されている(図-1)。1m²当たりの生育基盤材(パーク堆肥やピートモス)および表土の合計は2,000ℓ、接合剤(高分子系樹脂)は2kg、肥料は5kgである。生育基盤材は「キャトルバン(ライト工業株式会社)」を利用した。肥料は「ハイコントロール065-700(旭化成ケミカルズ株式会社)」を利用した。肥料は窒素、リン、カリの比率が16:5:10、700日間有効性の緩効性肥料である。

表土を採取したアベマキ林は、高木層にアベマキ(*Quercus variabilis* Blume)やコナラ(*Quercus serrata* Murray)、亜高木層にシラカシ(*Quercus myrsinifolia* Blume)やソヨゴ(*Ilex pedunculosa* Miq.)、低木層にネズミモチ(*Ligustrum japonicum* Thunb.)やシラカシなどが優占していた⁹⁾。草本層はケネザサ(*Pleoblastus shibuyanensis* Makino ex Nakai var. *basihiirsutus* Sad. Suzuki)の被度が最も高く、その他にネズミモチやシラカシ、ヒイラギ(*Osmanthus heterophyllus* (G. Don) P.S. Green var. *bibracteatus* (Hayata) P.S. Green)などの木本の被度が高かった。草本はスイカズラ(*Lonicera japonica* Thunb.)やイチヤクソウ(*Pyrola japonica* Klenze ex Alefeld)、ナガバジャノヒゲ(*Ophiopogon japonicus* (Thunb.) Ker Gawl. var. *umbrosus* Maxim.)、シュンラン(*Cymbidium goeringii* (Rchb.f.) Rchb.f.)などが生育するものの各種の被度は10%に満たなかった。

アベマキ林の表土40ℓに含まれる埋土種子には、木本のカラスザンショウ(*Zanthoxylum ailanthoides* Siebold et Zucc., 164個体)やヒサカキ(*Eurya japonica* Thunb. var. *japonica*, 147個体)が特に多かった⁹⁾。その他に木本ではクサイチゴ(*Rubus hirsutus* Thunb., 38個体)やシラカシ(33個体)、ヌルデ(*Rhus javanica* L. var. *chinensis* (Mill.) T.

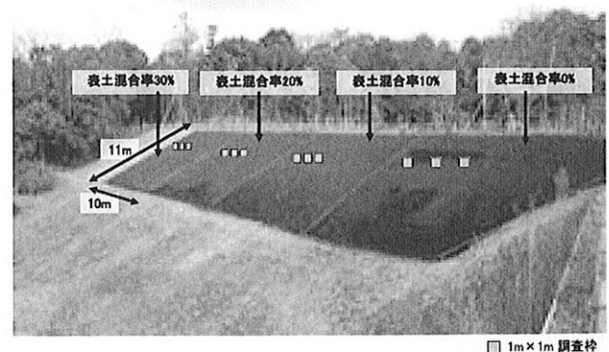


図-1 調査のり面と調査枠

Fig. 1 Study area

Yamaz., 29 個体), ヒメコウゾ (*Broussonetia kazinoki* Siebold, 26 個体), アカメガシワ (*Mallotus japonicus* (L.f.) Müll.Arg., 22 個体) など, 草本では一年生草本のヒメムカシヨモギ (*Erigeron canadensis* L., 60 個体) やベニバナボロギク (*Crassocephalum crepidioides* (Benth.) S. Moore, 42 個体), オオアレチノギク (*Erigeron sumatrensis* Retz., 24 個体), 多年生草本のセイタカアワダチソウ (45 個体) などが多かった。調査のり面における飛来種子はセイタカアワダチソウやヨモギ, タデ類, ムカシヨモギ属の種子が多かった⁹⁾。

調査地の平均年降水量は 1,086 mm (<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>, 2011 年 12 月参照), 暖かさの指数は 127.6 °C・月になる。森林表土利用工により成立する植生の全国的な区分では, 本調査のり面で成立する植生は, 施工後 4 年目 (57 ヶ月) において, セイタカアワダチソウを指標種とする群落に位置づけられている¹⁰⁾。

2.2 調査のり面の植生調査

本調査のり面の 4 つの処理区 (0% 区, 10% 区, 20% 区, 30% 区) に 1 m × 1 m の調査枠を各 3 個設定し (図-1), 施工当年の 2007 年から 6 年目の 2012 年まで年に一度 (2007 年は 9 月上旬, 2008 年は 8 月下旬, 2009 年は 9 月上旬, 2010 年は 10 月中旬, 2011 年は 9 月下旬, 2012 年は 9 月下旬), 各調査枠の植被率と群落高, 出現する植物の種類と被度を調べた。被度は Braun-Blanquet (1964)¹¹⁾ による被度階級 (+ : 1% 以下, 1 : 1~10%, 2 : 10~25%, 3 : 25~50%, 4 : 50~75%, 5 : 75~100%) を用いた。木本に関しては各個体の樹高も調べた。調査枠はのり面の上段にあり, 施工後に草刈り等の植生管理は行われていない。

植物の被度階級値は被度百分率の中央値 (%) に変換した。中央値は, 被度階級 + を 0.1%, 被度階級 1 を 5%, 被度階級 2 を 17.5%, 被度階級 3 を 37.5%, 被度階級 4 を 62.5%, 被度階級 5 を 87.5% とした。本調査のり面では, 施工当年と 2 年目の植生調査において, 森林表土混合率の異なる 0% 区から 30% 区で植被率や群落高, 優占種の差が少ないことが確認されていることから⁹⁾, 被度を用いた解析においては, 処理区の違いを考慮しなかった。

3. 結 果

3.1 調査のり面の植生

2007 年から 2012 年の 6 年間に本調査のり面で出現した植物種の各年の被度を表-1 に示した。年平均被度が最も高かったのは, 多年生草本のセイタカアワダチソウであり 34.1% であった。その他に多年生草本のヨモギやススキ (*Miscanthus sinensis* Andersson), 一年生草本のオオイヌタデなど, 草本の被度が高かった。木本ではつる性木本のクズの年平均被度が高く, 高木および低木ではネムノキ (*Albizia julibrissin* Durazz.) やマルバハギ (*Lespedeza cyrtobotrya* Miq.), タラノキ (*Aralia elata* (Miq.) Seem.), ヌルデなどが高かったが, いずれも 5% 未満であった。一般にクズは多年生草本に区分されるが, のり面で長期間繁茂することが問題視されていることから, 既報告⁹⁾と同様に, つる性木

本として区分した。

出現回数では, 多年生草本のセイタカアワダチソウやヨモギ, ススキ, ヘクソカズラ (*Paederia foetida* L.), 一年生草本のアレチヌスビトハギ (*Desmodium paniculatum* (L.) DC.) やツユクサ (*Commelina communis* L.), 木本のネムノキやタラノキ, ヌルデ, シラカシ, つる性木本のクズやフジ (*Wisteria floribunda* (Willd.) DC.) が最も多く, 全ての年に出現した。

平均植被率は, 2007 年の 95.8% から 2012 年の 92.9% まで減少傾向にあったが値は高く, 平均群落高は 2 m 前後で推移した (表-1)。草本種数は 2007 年に 36 種と最も多く, 2012 年の 17 種まで年とともに減少した。木本種数は 2007 年に 10 種と最も少なく, 2009 年に 16 種と最も多かったが 2012 年には 13 種となった。

年平均被度の上位 5 種であるセイタカアワダチソウとクズ, ヨモギ, オオイヌタデ, ススキ (表-1) およびその他の草本合計, 木本合計の被度の変化を図-2 に示した。年平均被度が最も高かったセイタカアワダチソウは, 施工当年の 2007 年に 13.9% と最も低く 6 年目の 2012 年に 57.1% と最も高くなった。このため 2012 年の被度は, 2007 年と 2009 年 (26.9%) より有意に高かった (Holm の方法, 以下同様, $p < 0.05$)。2 番目に高かったクズは, 2007 年に 3.5% と最も低く 2008 年に 23.0% と高くなった。その後 2012 年まで 13~25% で推移し, 年による有意差はなかった。3 番目に高かったヨモギは 2007 年に 2.2% と最も低く, 2009 年に 37.5% と最も高くなった。このため 2009 年の被度が 2007 年と 2011 年 (10.5%), 2012 年 (4.0%) より有意に高かった ($p < 0.05$)。4 番目に高かったオオイヌタデは 2007 年にのみ出現した。5 番目に高かったススキは 2007 年に 0.6% と最も低く, 2010 年に最も高い 9.6% となった。その後は 8% 前後で推移し, 年による有意差はなかった。その他草本合計の被度は, 2007 年に 23.4% あったが 2009 年に 9.1%, 2012 年には 10.6% と低くなり, 2007 年と 2009 年と 2012 年より有意に高かった ($p < 0.05$)。木本の合計被度は 2007 年が 11.7% と最も低かったが, 年による有意差はなかった。

3.2 各処理区の木本個体数

森林表土の混合率が 0%, 10%, 20%, 30% の各処理区における 2007 年から 2012 年の木本個体数の変化を図-3 に示した。2007 年の木本個体数は 0% 区で 0.0 個体/m², 10% 区で 1.0 個体/m², 20% 区で 2.3 個体/m², 30% 区で 5.3 個体/m² あり, 森林表土の混合率の高い方が木本個体数も多かった。0% 区では施工後 5 年目の 2011 年に 0.3 個体/m² が確認された。10% 区および 20% 区では 2007 年から 2012 年まで個体数の変化は少なかった。30% 区では施工後 3 年目の 2009 年に個体数は 2.0 個体/m² に減少した。各処理区において, 年による個体数の有意差はなかった。年による木本個体数の変化を樹高階別でみると, 2007 年と 2008 年に 1 m 未満の個体が多かった (図-4)。2007 年に既に樹高階は 1~2 m あり, 2011 年には最大の 4~5 m になった。2012 年は 3~4 m が最大であった。

表-1 2007年から2012年に調査のり面で出現した植物種と各被度.

Table 1 Cover rates of the plant species observed on the study slope from 2007 to 2012.

	年平均被度	出現回数	2007	2008	2009	2010	2011	2012
草本								
多年生草本								
セイタカアワダチソウ	34.14	6	13.92 ^b	30.88 ^{ab}	26.88 ^b	37.50 ^{ab}	38.58 ^{ab}	57.08 ^a
ヨモギ	16.08	6	2.17 ^b	21.08 ^{ab}	37.54 ^a	21.25 ^{ab}	10.46 ^b	4.00 ^b
ススキ	5.47	6	0.63 ^a	3.38 ^a	2.75 ^a	9.63 ^a	8.63 ^a	7.79 ^a
ヘクソカズラ	2.06	6	0.25	0.04	0.13	4.63	4.29	3.00
イタドリ	1.35	5	0.63	0.63	2.08	3.33	1.46	.
ミヤコグサ	0.80	3	4.58	0.13	0.08	.	.	.
ナキリスゲ	0.71	3	.	.	.	1.25	2.00	1.00
オキナワジュズスゲ	0.25	1	.	.	1.50	.	.	.
スギナ	0.13	4	0.25	.	0.42	.	0.04	0.04
ヒヨドリジョウゴ	0.11	4	0.08	0.29	0.04	0.25	.	.
チガヤ	0.05	2	0.04	0.25	.	.	.	.
ヤブヘビイチゴ	0.03	4	.	.	0.04	0.04	0.04	0.04
一年生草本								
オオイヌタデ	7.81	1	46.88	.	.	.	.	.
アレチヌスビトハギ	2.67	6	3.96	7.21	2.17	0.75	0.50	1.42
ヒメムカシヨモギ	1.92	2	2.08	9.46	.	.	.	.
ヤエムグラ	0.94	2	.	.	.	5.54	0.13	.
ヤハズエンドウ	0.72	3	.	.	.	3.33	0.50	0.50
ツユクサ	0.59	6	3.13	0.08	0.08	0.04	0.13	0.08
ツルマメ	0.38	3	1.88	0.38	.	.	.	0.04
アメリカイヌホオズキ	0.31	2	0.88	0.96	.	.	.	.
ヒメジョオン	0.16	4	0.25	0.33	0.13	0.25	.	.
アメリカセンダングサ	0.15	1	0.88	.	.	.	.	.
ウシハコベ	0.15	5	0.04	.	0.04	0.63	0.08	0.08
ベニバナボロギク	0.15	1	0.88	.	.	.	.	.
イヌビエ	0.13	1	0.75	.	.	.	.	.
ダンドボロギク	0.13	1	0.75	.	.	.	.	.
オオアレチノギク	0.08	3	0.04	0.29	0.17	.	.	.
オオヤブジラミ	0.08	2	.	.	.	0.42	0.08	.
ケアリタソウ	0.08	2	0.25	0.25	.	.	.	.
コセンダングサ	0.07	2	0.04	0.38	.	.	.	.
オオクサキビ	0.06	2	0.29	0.04	.	.	.	.
コウゾリナ	0.06	3	.	0.25	0.04	0.04	.	.
シロザ	0.04	1	0.25	.	.	.	.	.
不明草本								
スゲ属 spp.	3.75	6	0.29	1.17	2.17	10.21	4.83	3.83
アキノノゲシ属 spp.	0.31	6	0.63	0.13	0.04	0.13	0.46	0.46
イグサ科 spp.	0.06	1	.	.	.	0.38	.	.
イネ科 spp.	0.02	2	.	.	0.08	.	.	0.04
木本								
高木・低木								
ネムノキ	4.28	6	3.58	5.21	3.33	5.21	3.13	5.21
マルバハギ	3.65	5	.	5.21	5.25	5.21	3.13	3.13
タラノキ	2.97	6	2.08	2.08	3.33	5.25	3.58	1.46
ヌルデ	1.27	6	0.33	0.71	0.67	1.25	1.50	3.17
シラカシ	0.35	6	0.33	0.58	0.08	0.54	0.50	0.08
アベマキ	0.15	4	.	.	0.04	0.29	0.46	0.08
ハギ属 spp.	0.14	3	0.42	0.38	0.04	.	.	.
アカメガシワ	0.09	4	0.21	0.25	0.04	0.04	.	.
ネズミモチ	0.06	4	.	.	0.04	0.08	0.17	0.08
カラスザンショウ	0.04	1	0.25	.	.	.	.	.
キイチゴ類								
クサイチゴ	1.07	3	.	.	.	3.83	1.58	1.00
クマイチゴ	1.03	4	3.33	2.17	0.63	.	0.04	.
ナワシロイチゴ	0.06	4	.	.	0.04	0.25	0.04	0.04
つる性木本								
クズ	17.38	6	3.46 ^a	23.00 ^a	13.21 ^a	22.96 ^a	16.29 ^a	25.33 ^a
フジ	3.10	6	0.88	0.50	1.50	2.13	8.63	5.00
スイカズラ	0.07	3	.	0.04	0.08	0.29	.	.
ササ類								
ケネザサ	0.17	2	.	.	.	.	0.04	0.96
ネザサ	0.02	1	.	.	.	.	.	0.13
平均植被率			95.83	95.83	95.42	94.58	93.33	92.92
平均群落高 (m)			1.90	1.87	1.89	2.24	2.23	2.10
最大値 (m)			2.50	2.60	2.70	3.60	4.10	3.70
最小値 (m)			1.50	1.30	1.05	1.70	1.70	2.20
草本種数			36	24	20	21	18	17
木本種数			10	15	16	12	12	13

植物種は、年平均被度が0.02以上の種を表記している。2007年から2012年の各年の各植物種の被度と平均植被率、平均群落高の値は1m×1m調査枠12個の平均、年平均被度は全ての年の平均(調査枠72個の平均)を表す。各植物種の被度は被度中央値の平均とした。出現回数は2007年から2012年の6年間に出現した回数を表す。異なるアルファベットは各群の有意差を表す($P<0.05$)。有意差はホルムの方法により、年平均被度が上位5種に入り毎年出現した種であるセイタカアワダチソウとヨモギ、ススキ、クズについてのみ記した。

Plant species shown have greater than 0.02 mean percent cover. As we collected mean percent cover and mean vegetation height data for 6 years (2007–2012) in 12 study plots, we have 72 data points for these values per species. Percent cover values for each species were obtained from the median value of the percent cover data in each cover class. The number of occurrences was obtained from the total number of occurrences during the 6-year study period. Different letters indicate significant differences between sites ($P<0.05$). Significant differences were obtained using Holm methods. Differences are shown in the values for *Solidago altissima*, *Artemisia indica* var. *maximowiczii*, *Miscanthus sinensis* and *Pueraria lobata*, which were the species with the highest percent cover; observations were performed every year.

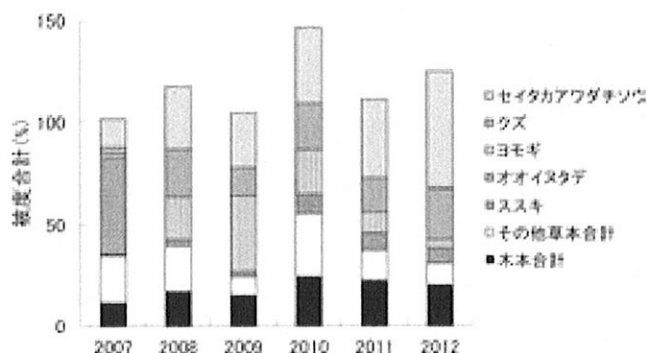


図-2 優占種の被度の変化

Fig. 2 Cumulative vegetation cover of major species

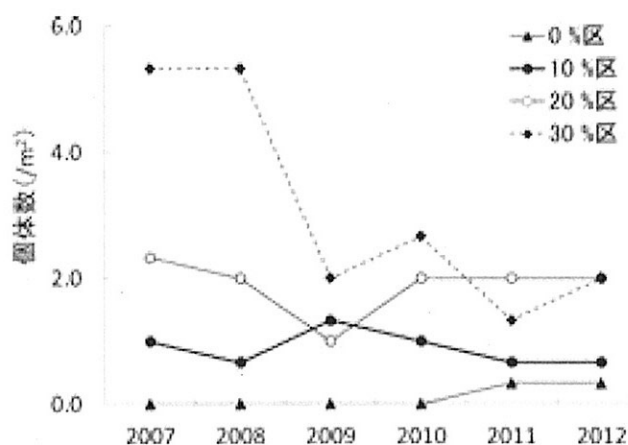


図-3 各処理区における木本個体数の変化

Fig. 3 Changes of the number of individual trees on the different treatments

本調査のり面で確認された木本の合計個体数を樹種別で見るとシラカシが最も多く、その他にヌルデやアカメガシワ、タラノキ、ネムノキ、カラスザンショウなどが多かった(表-2)。アカメガシワやカラスザンショウは施工当年の2007年に多く発生したが、2012年には確認されなかった。合計個体数が最も多かったシラカシは個体数が減少しつつも2012年まで生残したが、樹高階は全て1m未満であった。2007年に発生したヌルデやタラノキ、ネムノキは2012年まで生残した個体が確認された。各年の最大樹高階はタラノキとネムノキであった。

確認された木本種について、利用された森林表土から発芽した種⁹⁾を埋土種子由来の種、埋土種子に確認されなかった種をその他の種としてまとめると、埋土種子由来の種は6年間で確認された合計個体数の80.6%(合計108個体数のうちの87個体)を占めていた(表-2)。埋土種子由来の種の個体数は、2007年に26個体と最も多かったが2012年には10個体と減少した。その他の種は、発生年だけ確認される個体が多かった。

4. 考 察

森林表土利用工による緑化が行われた切土のり面で施工当

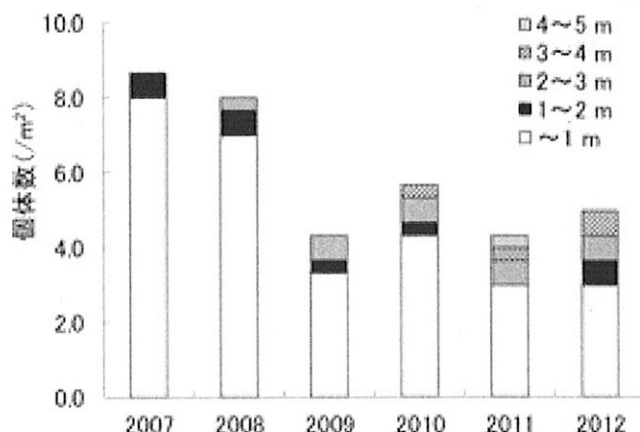


図-4 各樹高階における木本個体数の変化

Fig. 4 Changes of the number of individual trees in each height-class distribution

年の2007年から6年目の2012年まで植生調査を行った結果、施工当年は在来の一年生草本のオオイヌタデ、2年目から6年目までは外来の多年生草本であるセイタカアワダチソウが特に優占した(表-1, 図-2)。また、草本の種数やその他の草本種の被度は年とともに減少した。木本は全ての年で被度が5%未満と低く、樹高は群落高よりも低い個体が多かった。本調査のり面では当年から植被率が約95%、群落高が約2mと高く(表-1)、継続して草本種が高い被度で生育するため、優占種以外の種の生育が困難になっていると考えられた。既報告では施工後2年目にセイタカアワダチソウが優占し、その後の植生の変化が不明であったが⁹⁾、本結果から、セイタカアワダチソウが優占する植生が施工後6年目まで継続し、施工当年および2年目に生育していた木本の多くが枯死することが明らかになった。このため、本調査のり面が木本群落になるには、さらに年月を要すると思われる。

表土の混合率が高い処理区ほど2007年の木本個体数が多い傾向にあったが、個体数は年とともに減少した(図-3)。埋土種子に由来するアカメガシワやカラスザンショウは、2007年に多く確認されたもののほとんどの個体が翌年までに枯死した(表-2)。両種とも生残には明るい光環境を必要とすることから¹⁴⁾、2007年に優占したオオイヌタデを主体とする草本の被陰により枯死したものと考えられる。在来種であっても草本が高い被度で生育する環境は、木本の生育に不適となる。合計個体数が最も多かったシラカシは、個体数が減少しつつも2012年まで生残した。このため本種は耐陰性が高いと推察されるが、樹高階は1m未満のままであり生長が遅かった。2年目の2008年以降はセイタカアワダチソウの被度が高く、2012年には本種の被度が最も高くなった。さらに2番目にクズが高い被度で生育しているため(表-1, 図-2)、今後これらの樹種の生残も困難になる可能性がある。シラカシのような堅果は埋土種子を形成しないと考えられているが、本調査のり面で利用した表土の撒き出し試験でも本種が確認されており⁹⁾、表土を採取する際に種子

表-2 2007年から2012年における各樹種の樹高階別の個体数.

Table 2 The distribution of individual species values for each height class from 2007 to 2012.

	合計 個体数	2007 年		2008 年		2009 年		2010 年				2011 年				2012 年						
		～1m ～2m		～1m ～2m ～3m		～1m ～2m ～3m		～1m ～2m ～3m ～4m		～1m ～2m ～3m ～4m ～5m		～1m ～2m ～3m ～4m		～1m ～2m ～3m ～4m								
埋土種子由来の種																						
シラカシ	37	9	・	11	・	・	5	・	・	6	・	・	・	2	・	・	・	4	・	・	・	
ヌルデ	13	3	・	2	1	・	1	1	・	・	1	・	・	1	・	1	・	1	・	1	・	
アカメガシワ	10	5	・	3	・	・	1	・	・	1	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	
タラノキ	9	・	1	・	・	1	・	・	1	1	・	・	1	1	・	・	・	1	・	1	・	1
ネムノキ	7	1	1	・	1	・	・	・	1	・	・	1	・	・	・	・	1	・	・	・	・	1
カラスザンショウ	6	6	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	
マルバハギ	3	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	1	・	・	・	1	・	・	・	1	・	
ヒサカキ	1	・	・	1	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	
ムラサキシキブ	1	・	・	・	・	・	1	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	
その他の種																						
ネズミモチ	10	・	・	・	・	・	1	・	・	3	・	・	・	4	・	・	・	・	2	・	・	・
アベマキ	5	・	・	・	・	・	・	・	・	2	・	・	・	1	・	・	・	・	1	1	・	・
コナラ	2	・	・	2	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・
カゴノキ	1	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	1	・	・	・
ノグルミ	1	・	・	1	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・
ハゼノキ	1	・	・	1	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・
ムクノキ	1	・	・	・	・	・	1	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・
埋土種子由来の種の合計																						
埋土種子由来の種の合計	87	24	2	17	2	1	8	1	2	8	1	2	1	4	・	2	1	1	5	1	2	2
その他の種の合計																						
その他の種の合計	21	・	・	4	・	・	2	・	・	5	・	・	・	5	・	・	・	・	4	1	・	・

合計個体数の値は、2007年から2012年に確認された個体数の合計を表す（/72 m², 3 調査枠×4 処理区×6年）。その他の値は調査枠 12 個の合計個体数（/12 m², 3 調査枠×4 処理区）を表す。本調査のり面で施工時に利用した森林表土に含まれていた種⁹⁾を埋土種子由来の種とし、埋土種子に含まれていない種をその他の種とした。シラカシのような堅果は埋土種子を形成しないと考えられているが、森林表土の撒き出し試験でも本種が確認されており⁹⁾、表土を採取する際に種子源として混入された可能性がある。The total number of individuals shows the sum of individuals observed in the study plots during the 6-year study period (2007–2012). Other number shows the sum of individuals in each of the 12 study plots. The species that originated from the forest soil seed bank are those that emerged from the soil used for greening the study slope. The “Other species” category shows the species that did not germinate and grow from the seed bank. While nuts from species such as *Quercus myrsinifolia* may not be well represented in the soil seed bank, seedlings of *Q. myrsinifolia* were observed germinating from the topsoil⁹⁾. These nuts may have been retained as a seed source for greening when the soil was collected.

源として混入された可能性がある。

埋土種子に由来するタラノキとネムノキは2007年に樹高階が1~2mあり、各年の最上階を占め2012年まで生残した（表-2）。当年の樹高生長量が大きかった両種は、草本の被陰を避けて生残したものと考えられる。森林表土利用工による緑化のり面では、埋土種子に由来する種と飛来種子に由来する種の両方により植生が回復することが確認されている¹¹⁾。しかし本調査のり面では埋土種子由来の本木個体は年とともに減少し、その他の種を飛来種子に由来すると考えると、飛来種子に由来する個体は多くが発生した年に生育するのみであった。施工当年から継続して草本が植被率95%の高さで優占する中では、飛来種子を起源とする本木種の生育も困難であったと考えられる。本木の生育に影響を及ぼす要因としては、厳しい気候条件や立地条件も考えられるが、本調査のり面では草本が高い被度で生育していたことや表土の流出が観察されなかったことから、第一の要因として草本による被陰が考えられた。

セイタカアワダチソウは他感作用による異種植物の生長抑

制作用があり、他種の発芽や生長を抑制し、さらにはセイタカアワダチソウ自身の発芽を阻害すると考えられている¹²⁾。本調査結果では6年目以上先までセイタカアワダチソウが優占する可能性がある⁹⁾と推察された。本調査のり面の2007年9月から1年間の飛来種子の集計では、セイタカアワダチソウの種子が最も多く32,223個（/m²）であった⁹⁾。本調査のり面で利用した森林表土にセイタカアワダチソウの埋土種子が45個（/40ℓ）含まれていたため⁹⁾、のり面で優占するセイタカアワダチソウは埋土種子に由来する可能性もある。しかし、同様に本種を含んだ森林表土利用工による緑化のり面でも、本種の飛来種子が少ない（1年間で261個（/m²））地域では本種がのり面で繁茂することはなかった¹⁰⁾。セイタカアワダチソウは種子の発芽率が高く²⁾、このため本調査のり面に生育したセイタカアワダチソウは飛来種子を起源とする個体が多いと考えられる。本結果は、周囲に本種が群落を形成し、飛来種子が多い地域において森林表土利用工を施工した場合、セイタカアワダチソウの優占する群落が成立する可能性が高いことを示唆するものである。セイタカア

ワダチソウが優占した本調査地と、本種が優占しなかったのり面での本種の飛来種子数には100倍以上の差があるが、本調査地の飛来種子数は、セイタカアワダチソウが繁茂する可能性のある量としての一つの目安である。

近年の研究の蓄積から、施肥による土壌改変が外来植物の生育に適した環境を創出していることが報告されている⁵⁾。セイタカアワダチソウはpHの低い土壌では生育が抑制されることが報告されており¹⁷⁾、セイタカアワダチソウなどの外来植物の防除には、肥料を含む生育基盤を適正に利用することが重要と考えられる。一般に、草本類の播種を行う緑化における施肥量は、植生基材1m³に対して2~4kgが目安とされているが¹⁶⁾、本調査地では1m³当たり5kgの肥料が使用されていた。本調査のり面では6年間にわたり草本群落維持されたことから、セイタカアワダチソウの飛来種子が多い地域において多肥施用することで本種が繁茂し、植生遷移の停滞を生じさせる可能性がある。

森林表土利用工の採用に当たり、外来植物の繁茂を避ける上では、事前に周辺の植生調査を行うことやシートトラップを設置して飛来種子を調べることによって、本工法の採用の適否を判断する必要がある。セイタカアワダチソウの飛来種子が多い地域では、施肥による土壌改変が少ない自然侵入促進工や地域性種苗利用工など、別の工法を選択することも考慮する必要がある⁷⁾。セイタカアワダチソウが繁茂する地域では植生管理の実施を考慮する必要があるが、本種を刈り取りによって防除するには高頻度の刈り取りが必要になる^{3,4,15)}。このため、外来植物を利用しない緑化工法として森林表土利用工がさらに広く利用されるためには、在来植物にとって良好な生育基盤となりながらも、外来植物の生育を抑制する基盤材の開発が求められる。さらに、多肥施用することで外来植物が繁茂することを避けるため、本工法が在来種による植生を目標植生とすることを十分に認識して施肥量を設定することや、緑化後の評価を行うことが求められる。

5. おわりに

本結果では、セイタカアワダチソウの飛来種子が多い地域で森林表土利用工を施工した場合、施工当年に一年生草本が優占し、施工後2年目にセイタカアワダチソウが優占してからは6年目まで本種が優占することが明らかになった。セイタカアワダチソウの生育が特に望まれない地域において施工後に本種が繁茂した場合は、既存の知見を参考にした選択的な刈り取りなどにより、植生遷移の促進を検討すること、施工地の周辺環境を的確に判断して工法を選択することが必要と考える。また、施工直後の土壌条件が外来植物の生育に適した条件であるという問題を解消することが根底の課題として存在する。これまで、外来植物に対する社会的な問題を背景として森林表土利用工が開発され、改良されてきた。近年の研究結果から、外来植物の生育に不適な条件が明らかにされつつあり、こうした成果を森林表土利用工の生育基盤開発に利用することで、外来植物の問題に対応した緑化工法として広く利用される工法へと発展させていくことが求められ

ている。現時点では、外来種が繁茂する可能性があるという本工法の特性に留意して適用することが必要と考えられる。

引用文献

- 1) Braun-Blanquet, J. (1964) *Pflanzensoziologie*, 3 Auflage. Springer-Verlag, Wien, 865 pp.
- 2) 榎本敬 (1989) セイタカアワダチソウに関する生態学的研究, 第3報 発芽および実生の生存と光, 温度, 水分条件との関係, *農学研究*, 62(1): 13-21.
- 3) 原山洋子・玉泉幸一郎 (1984) セイタカアワダチソウの防除に関する試験 (Ⅲ) —刈取りによる防除試験, *日本林学会九州支部研究論文集*, 37: 131-132.
- 4) 服部保・赤松弘治・浅見佳世・武田義明 (1993) 河川草地群落の生態学的研究 I. セイタカアワダチソウ群落の発達および種類組成におよぼす刈取りの影響, 人と自然, 2: 105-118.
- 5) 平館俊太郎・森田沙綾香・楠本良延 (2008) 外来植物と在来植物との住み分け〜これからの植生制御に向けて〜, *関東雑草研究会報*, 19: 23-33.
- 6) 細木大輔・吉永知恵実・中村勝衛・亀山章 (2001) 森林表土を用いたのり面緑化で成立する植物群落の特性, *日本緑化工学会誌*, 27(1): 114-119.
- 7) 飯塚康雄・栗原正夫・大貫真樹子・久保満佐子・松江正彦 (2013) 国土技術政策総合研究所資料 地域生態系の保全に配慮したのり面緑化工の手引き, *国土技術政策総合研究所*, 193 pp.
- 8) 小林達明・倉本宣 (2006) 生物多様性保全に配慮した緑化植物の取り扱い方法, 亀山章監, *生物多様性緑化ハンドブック*, 地人書館, pp. 13-58.
- 9) 久保満佐子・細木大輔・松江正彦 (2010) 国営明石海峡公園における森林表土利用工による法面緑化の施工事例, *日本緑化工学会誌*, 35(3): 473-478.
- 10) 久保満佐子・細木大輔・松江正彦 (2010) 国営備北丘陵公園における森林表土利用工による法面緑化の施工事例, *日本緑化工学会誌*, 35(4): 542-546.
- 11) 久保満佐子・松江正彦・飯塚康雄 (2013) 森林表土を利用した緑化のり面に成立する植生と気候要因の関係, *日本緑化工学会誌*, 38(4): 425-438.
- 12) 村中孝司 (2005) 外来種の侵入が在来種の生育や生物多様性に及ぼす影響について, *植生情報*, 9: 79-87.
- 13) 根本正之 (1995) 雑草の他感作用, 沼田真編, *現代生態学とその周辺*, 東海大学出版会, pp. 269-275.
- 14) 志風伸幸・玉泉幸一郎 (2002) 伐採地におけるアカメガシワとカラスザンショウの発芽パターンの比較, *九州森林研究*, 55: 138-139.
- 15) 杉野守・芦田馨 (1975) セイタカアワダチソウ群落の刈込み・刈取り, および薬剤による花粉生産のコントロール, *日本雑草防除研究会講演会講演要旨*, 14: 208-210.
- 16) 社団法人日本道路協会 (2009) 道路土工一切土工・斜面安定工指針 (平成21年度版), 社団法人日本道路協会, 521 pp.
- 17) 田中淳 (2012) クズやセイタカアワダチソウ等の植生管理技術からみた植生回復緑化の課題と展望, *日本緑化工学会誌*, 37(3): 381-385.
- 18) 津村義彦・岩田洋 (2003) 遺伝的変異性を考慮した緑化とは, *日本緑化工学会誌*, 28(4): 470-475.

(2014. 10. 24 受理)

レポート REPORT

マイクロチップを利用した小型サンショウウオ類のモニタリング技術

上野 裕介*・園田 陽一**・松江 正彦***・栗原 正夫

国土交通省国土技術政策総合研究所 〒305-0804 茨城県つくば市旭 1

Yusuke UENO*, Yoichi SONODA**, Masahiko MATSUE***, Masao KURIHARA:
Monitoring techniques of small salamander using microtip. *Ecol. Civil Eng.*
17(2), 101-104, 2015

National Institute for Land and Infrastructure Management, 1 Asahi, Tsukuba, Ibaraki
305-0804, Japan



1. 報告の目的

小型サンショウウオ類の季節的な移動や生息地利用については、発見や追跡の困難さから基礎的な生態情報が乏しい。一方、各地で多くのサンショウウオ類が希少種に指定されており、その保全のためにも新たな調査技術が必要とされている。そこで、各地で個体識別を目的とした装着事例が多いマイクロチップ技術（トランスポンダーチップ：草野 2008）に着目し、これをサンショウウオ類の生息環境や季節移動の解明に援用することができかどうかを知るために、広域探索と定点観測の2種類の調査法を実施したので報告する。

2. 調査地と方法

調査は、新潟県南魚沼市にあるクロサンショウウオ *Hynobius nigrescens* の産卵池および産卵池近くの道路（幅員約 5 m）に埋設されたサンショウウオ用の道路横断施設（小型のボックスカルバート）周辺で行った。調査に使用したマイクロチップは、Trovan 社製 ISO 型、重量約 0.1 g、長さ 11 mm×直径 2 mm の円筒形であり、チップごとに 15 桁の英数字からなる固有 ID が付いている（図 1）。チップは電池が不要で、脱落しない限り半永久的に使用できる。

2011 年 5 月に、産卵池に集まっていた成体を捕獲し、そのうち全長 130 mm 以上の雄 89 個体、雌 15 個体について、マイクロチップインジェクターを使用して、マイクロチップを左体側の前肢付け根付近の皮下に挿入した（図 1）。なお個体への負担を減らすため、これらの作業は熟練者が実施し、作業後すみやかに産卵池へと戻した。同様の捕獲と装着は、2012 年 5 月にも、雄 82 個体、雌 16 個体に対し実施した。

まず、広域探索により非繁殖期のクロサンショウウオの生息環境を把握するため、繁殖池周辺の半径約 250 m 内の林地を対象に、2011 年の夏期、秋期、積雪期前に、マイクロチップリーダー（サージミヤワキ社製ポールリーダー PR-1M-SE）を用いてマイクロチップ装着個体を探索した（図 2）。

次に、定点観測によって産卵池と周辺の林地間の季節的な移動を把握するため、2011 年 11 月に、両環境を結ぶ道路横断施設（ボックスカルバート）の産卵場側の出入口に、据置型のマイクロチップリーダー（アンテナ：Dorset identification 社製 ANTSQR500、記録部：Dorset identification 社製 LID650）を 1 台設置した（図 3、4）。アンテナは、出入口の形状に合わせ、縦 50 cm×横 50 cm×幅 15 cm の方形枠とし、ISO11784 準拠マイクロチップ対応、読取り距離 95 mm のものを使用した。電源は、近くの電線から確保した。記録部には、マイクロチップ装着個体が通過した時刻、個体 ID を記録した。これらの記録は、2011 年 11 月中旬から翌年 11 月末までの 1 年間継続した。なお多雪地域であるため、1 月～3 月末頃までは積雪によりボックスカルバートと記録装置が埋没し、移動の記録ができない。

2014 年 11 月 28 日受付、2015 年 1 月 21 日受理

*e-mail: u-ueno92ta@nilim.go.jp

**現所属：株式会社地域環境計画

Present Address: Regional Environmental Planning Inc.

***現所属：神奈川県県土整備局 兼 環境農政局

Present Address: Kanagawa Prefectural Government

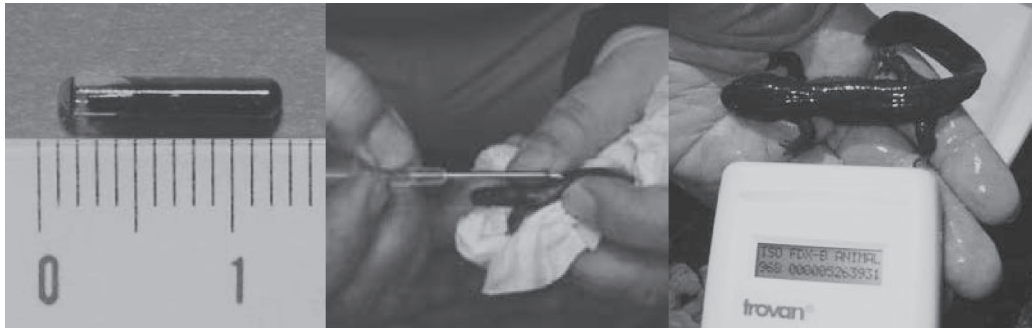


図1 マイクロチップ本体と挿入，読取りの様子



図2 移動式ポールリーダーによる探索

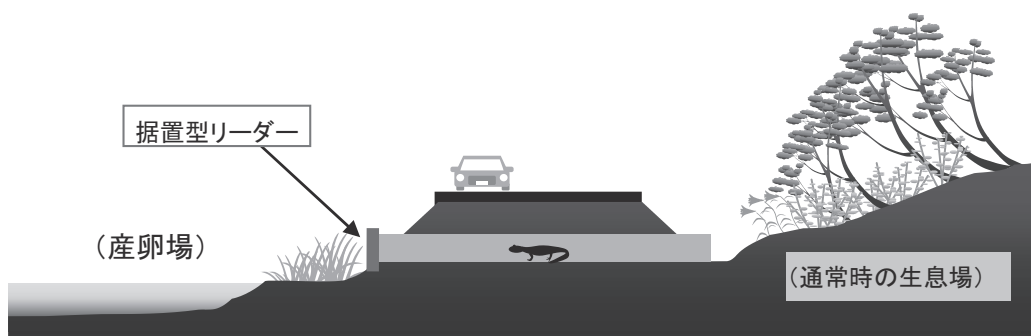


図3 据置型マイクロチップリーダーの設置イメージ



図4 据置型マイクロチップリーダー

左図：ボックスカルバートの周囲に取付けた黒枠の中に、マイクロチップリーダーのアンテナ部が入っている。右図：読み取った情報を記録するためのデータ記録装置。アンテナとは、ケーブルでつながっている。

3. 結果と考察

3.1 広域探索による生息環境の把握の可能性

樹林内の倒木や石の裏、穴の中や岩の隙間などの空隙、落葉落枝が厚く堆積した場所を中心に探索を行ったものの、移動式ポールリーダーでは確認できなかった。この原因として、少なくとも2つ考えられる。第1に、マイクロチップを装着したクロサンショウウオが、今回の調査範囲（繁殖池周辺の半径約250mの範囲）よりも広域に分散してしまった可能性がある。しかし過去の記録では、小型サンショウウオ類の繁殖池からの分散距離は100m程度であり（松井 2003）、今回の調査範囲が狭すぎたとは考えにくい。また、同じ調査地で予備的に実施したピットフォールトラップおよび目視による探索でも、計45個体のクロサンショウウオを発見しており（上野ほか 未発表データ）、生息は確認できている。第2に、クロサンショウウオが地下深くの空隙や岩の下、落ち葉が厚く堆積した場所などポールリーダーでの発見が困難な環境に潜んでいた可能性がある。なぜなら事前の試験において、ポールリーダーの感度は最大6cm程度であること、マイクロチップを湿った布で覆っても感知できることを確認しており、落ち葉の裏などの浅い場所にいる個体は発見可能と予想されるからである。今後、地下の空隙なども含めた広範囲を探索可能な高感度のリーダーが開発されることにより、技術的に改善可能と考えられる。

3.2 定点観測による季節移動の把握の可能性

1年にわたる据置型マイクロチップリーダーの設置に

より、個体識別したクロサンショウウオ25個体が、道路横断施設内を移動していたことが確認できた。記録回数は、のべ28回だった（なお同一個体の記録が、1日に複数回ある場合は1回目のみ集計に反映し、さらに記録が複数日ある場合は合計日数を記録回数としている）。各月の確認個体数と回数は、産卵期が最も多く、5月に15個体（のべ16回の移動）、6月に2個体（同2回）、次いで積雪前の11月が多く、調査開始直後の2011年に3個体（同3回）、翌2012年に7個体（同7回）であった。一方、その他の季節の確認はなかった。複数日の記録がある個体は、雄と雌のそれぞれ1個体ずつであり、雄が2012年5月31日と6月3日の2回、雌が2011年11月19日と2012年5月9日、10日の3回であった。このことから、据置型リーダーを設置することにより、個体の季節的な移動の確認などに活用可能であることがわかった。また、サンショウウオが通過する通路に沿って複数のリーダーを設置することで、記録の時間差から個体の移動方向や移動速度も知ることができるだろう（例えば、道路横断施設の両出入口）。さらに効率的にデータを収集するため、リーダーの近くを通過するよう簡易な誘導路を設置するなどの工夫も有効と思われる。

4. 今後の活用の可能性

調査の結果、マイクロチップと据置型マイクロチップリーダーを併用することにより、季節移動の把握や生息確認を効率的かつ長期的に実施できることがわかった。また据置型リーダーのアンテナ部は、さまざまな形状に

加工が可能であり，例えばサンショウウオ類や哺乳類，鳥類のねぐらや巣への出入りのモニタリングなどにも活用可能であろう．加えて近年，生物の位置情報の把握技術（バイオテレメトリー）が急速に進んでいる．魚類学分野では，既にシシャモ *Spirinchus lanceolatus* にも装着可能な防水型の超小型ラジオテレメトリー機器（重量 0.37 g，電池寿命 5 日間：新居ほか 2010）も開発されており，短期間の行動追跡であればサンショウウオ類にも適用できる可能性がある．これら様々な調査技術を取り入れ，希少サンショウウオ類の生息環境の理解と保全につながることを願っている．

5. 謝 辞

調査へのご協力ならびに情報提供頂きました国土交通省の各地方整備局の皆様に御礼申し上げます．

引用文献

- 草野保（2008）サンショウウオ類におけるマーキング法．爬虫両棲類学会報 **2008**(2): 105-115.
松井正文（2003）両生類の行動圏．「野生生物保全技術」（佐藤正孝・新里達也編），pp.157-170．海游社，東京．
新居久也・山口祐也・藤井真・上田宏（2010）ラジオテレメトリー手法によるシシャモの産卵遡上行動の解析．日本水産学会誌 **76**(5): 855-869.

■研究発表論文

都市における生物多様性保全に向けた緑の基本計画策定手法の現状と課題

Current trends and issues in methods of making Green Master Plans for urban-biodiversity conservation

曽根 直幸* 上野 裕介* 栗原 正夫*

Naoyuki SONE Yusuke UENO Masao KURIHARA

Abstract: The conservation of urban biodiversity has been promoted under international processes such as the Convention on Biological Diversity. Thus, municipal governments in Japan are each required to plan ecological networks in a "Green Master Plan" (GMP). In this study, we have discussed current trends and issues in methods of creating GMPs for the conservation of urban biodiversity, by examining 20 plans which had been selected as the best examples of excellence. Specifically, we aimed to answer the following questions: (1) How do the present GMPs deal with urban biodiversity? (2) What problems are there for conserving urban biodiversity by means of a GMP? (3) What kind of scientific knowledge can we apply in order to solve those problems? Our examination revealed that there are few GMPs in which an ecological network is planned concretely and effectively, and that there are several problems for each planning procedure. In addition, a variety of previous works on urban ecology in Japan was collected and looked at from the viewpoint of finding solutions for these problems. Future research tasks were then argued.

Keywords: Biodiversity, Green Master Plan, urban ecology, ecological network

キーワード: 生物多様性, 緑の基本計画, 都市生態学, エコロジカルネットワーク

1. 研究背景と目的

地球環境問題の主流化を背景に, 都市においても生物多様性保全への要請が高まっている。生物多様性保全を都市計画に反映する際には, 生物の生息環境の保全や, 生態系サービスの利用, エコロジカルフットプリント等の観点が必要となる¹⁾。特に都市では生物の生息環境となる水と緑の豊かな自然的環境に限られている²⁾ことから, 緑の基本計画を活用し, 緑地等の保全・再生・創出を図ることが重要である³⁾。しかし緑の基本計画については, 「具体的にどのような生物多様性を保全するか, 保全すべき生態系のイメージは何か, 構想はしたものの実際に都市計画・地区計画レベルの計画に落としきれているか, 生物多様性の保全が実現されているかを検証できているか, など」の技術的な課題も指摘されている⁴⁾。生物多様性保全策として実効性ある計画立案と実施のためには, 緑の基本計画の現状と課題の把握, 根拠となる生態学等の知見の整理と活用が求められている。

生物多様性保全策としての緑の基本計画に関する先行研究としては, 流域圏やエコロジカルネットワーク (以下, EN) の観点からそのあり方を論じたもの^{5) 6)}や, 先進事例を紹介したもの⁷⁾がある。また, 基本的な考え方と手順を示したもの^{8) 9)}や, 特定の種の生態や複数分類群の移動能力などの観点に着目し計画策定に応用可能な知見を整理したもの^{10) 11)}がある。一方, 複数の計画を生物多様性保全策としての機能の観点から横断的に整理し, 一般的な現状と課題について分析した研究や, 計画の検討項目に沿って生態学などの活用可能な知見を整理した研究など, 多くの地域における具体的な計画立案に資する研究は見られない。

そこで本研究では, まず1) 生物多様性保全策として特に生物の生息環境の保全の観点から緑の基本計画の現状と課題を明らかにし, 次に2) 既往研究を計画の検討項目に対応した形で整理しなおし, 科学的知見を活用した計画策定の方向性や今後の研究課題を明らかにする。

2. 研究方法

(1) 緑の基本計画の収集と分析: 優良事例への着目

本研究では, 650市町村 (2012年度末時点) で策定されている緑の基本計画から選定された最優良事例22計画¹²⁾のうちHPで公開されている20計画を対象とした。これらは, 最近10年間に新たに策定・改訂された計画のうち内容や策定プロセス等の優れている計画が選定されたものである。生物多様性保全の実効性を高めるには, 法定計画である緑の基本計画への位置づけが有効だが, 前提として行政内外に影響力を発揮できる優れた計画である必要がある。そこで本研究では, 内容や策定プロセス等全般が評価された優良事例を対象に生物多様性保全がどう計画されているか整理することが, 生物多様性保全策としての緑の基本計画の現状と課題を把握する上で適切な方法と考えた。

分析では, まずそれぞれの計画の策定目的に都市における生物多様性保全の観点が含まれているかを確認し, 次に国土交通省都市局 (2011)²⁾に示された検討項目に沿って視点を整理し, 対応状況に関する評価区分 (A, B, C) を設定した (表-1)。評価区分は, 配慮事項²⁾に対応した検討を行い計画に記載しているものをAとし, 検討がないか検討結果を計画に記載していないものをCとした。項目により, 例えば分析評価を定量的ではなく定性的に行っているように, 配慮事項に十分対応しているわけではないものの, 配慮事項を踏まえた検討を一定程度進めているものが見受けられたため, それらを中間的な評価としてBとした。

(2) 都市の生物多様性に関する既往研究の整理

日本の都市を対象とした生物調査及び分布の規定要因に関する文献を収集し整理した。対象は, 鳥類, 昆虫類, 哺乳類, 両生類, 植物とした。魚類や水草等は, 生息地となる水域が, 行政区分において都市域と異なる施策対象 (生物多様性国家戦略¹³⁾においては河川・湿原など) とされることが多いため, 今回は除外した。研究対象地と緑地の指標 (量, 質, 配置) に着目して区分することで, 研究対象の傾向を把握し, 今後の研究課題の考察を行った。

*国土交通省国土技術政策総合研究所

表 - 1 生物多様性保全策としての緑の基本計画に関する分析の視点と評価区分

分析の視点	国土交通都市局 (2011) ²⁾ に示された検討項目	A	B	C
(0) 策定目的	-	計画策定の背景や目的に生物多様性保全を位置づける	-	生物多様性保全の位置づけなし
(1) 現況調査	自然的条件及び社会的条件の現況調査	独自に動植物の分布状況や生息・生育状況の調査を実施	他の主体（都道府県等）の調査結果を引用	動植物に関する調査結果の情報なし
(2) 分析評価	調査結果の分析・評価	生物多様性保全の観点から緑地の重要度を定量的に評価	生物多様性保全の観点から緑地の重要度を定性的に評価	緑地の重要度に関する評価なし
(3) 課題整理	課題の整理	緑の量、質、配置に関する課題についての言及あり	-	緑の量、質、配置に関する課題についての言及なし
(4) 目標設定	目標の設定	目標種の設定等、生物多様性保全に関する目標を明示	目標種の設定等、生物多様性保全に関する目標を検討	生物多様性保全に関する目標の位置づけなし
(5) 配置方針	緑地の配置方針の設定 (中核地区、拠点地区、回廊地区、緩衝地区)	地域上での表示や対象地の列挙等、即地的な配置方針を明示	中核地区、拠点地区、回廊地区、緩衝地区への配慮を位置づける	中核地区、拠点地区、回廊地区、緩衝地区に関する方針なし
(6) 施策検討	施策の検討 (緑地の保全、緑地の再生・創出、普及啓発等)	生物多様性保全の観点からの施策を明示	生物多様性保全の観点からの施策なし	施策なし
(7) モニタリング	モニタリングの実施	動植物に関するモニタリングを実施	動植物に関するモニタリングを検討	動植物に関するモニタリングについて位置づけなし

3. 結果と考察

(1) 生物多様性保全策としての緑の基本計画の現状と課題

1) 項目毎の分析

表 - 1 の視点と評価区分に基づく分析の結果、対象事例の全てが策定目的の一つに生物多様性保全を位置づけていた（図 - 1）。また、ほとんどの事例で、保全、再生創出、普及啓発の各施策に生物多様性保全の観点からの施策が明示されていた。

一方で、動植物に関する現況調査を実施している計画は 10 事例、そのうち調査結果を緑地の定量的評価につなげているものは 4 事例だった。特に柏市及び横浜市では、分析評価の根拠として論文等の科学的知見を示していた（表 - 2）。課題整理の段階では、全ての計画で緑の量が課題として言及されていたのに対し、緑の質や配置に言及していない計画も見られた。これには各自治体における緑被率の違いが影響していると考えられる。例えば、緑被率の低い地域では質よりも配置が重視され（台東区など）、緑被率の高い地域では配置よりも質が重視され（釧路市など）ていた。目標設定の段階では、目標種を設定している例はなく、港区及び横浜市で検討予定とされていた。緑地の配置方針では、全ての計画で中核地区に関する具体的方針を示していたのに対し、拠点地区、回廊地区、緩衝地区について明示した事例は限られていた。その中でも、名古屋市は 4 つの区分について具体的方針を示すとともに、根拠として論文等の科学的知見を示していた（表 - 2）。モニタリング実施を明示しているのは 3 事例であり、計画策定時の調査の継続であった。計画策定時には半数の 10 事例で実施しており、技術的な課題よりもコストや体制が課題と考えられる。

2) 緑の基本計画策定手法の課題

分析の結果、優良事例とされた計画であっても、生物多様性保全策の観点から見ると、生物多様性について策定目的に位置づけられ、各種施策の実施に当たって配慮すると明示されているが、現況調査に基づく定量的な評価、目標設定まで踏み込んで具体的に検討されている事例はわずかであった（図 - 1）。個別生物種の確認情報といった断片的な情報だけでは、体系的かつ計画的に EN 計画策定に取り組むことはできない⁸⁾。したがって緑の基本計画が、地域の有効な生物多様性保全策として機能するには、各都市における生物多様性に関する現状把握がまず必要と考えられる。そのためには、効率的な調査方法や分析評価の方法について、科学的知見に基づいた提案や手引き書等、行政担当者が参照可能な技術資料が必要である。柏市や横浜市による緑地の分析評価（表 - 2）のような取り組みが蓄積・共有されれば、より実効性の高い計画立案につながるだろう。

また配置方針では、回廊地区については、必要性は示しているものの即地的な方針が示されていない事例が多く、緩衝地区については考え方自体が示されていない事例が多かった。回廊地区については、EN の考え方が 1980 年代後半から欧米で着目され、日本でも 2000 年代に関連書籍⁹⁾等が刊行されたこともあり、概念としての理解は進んでいると考えられる。一方、緩衝地区の記

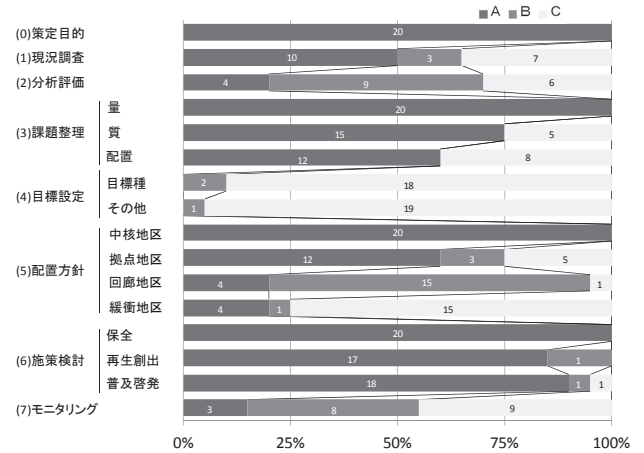


図 - 1 生物多様性保全策としての緑の基本計画の分析結果

表 - 2 生態学的知見を活用した計画検討の事例

自治体	内容
柏市	(2) 分析評価 緑地評価の指標設定に当たり、生物の観点からの点数について、樹林を好み保全に注目すべき主であるヤマガラの生息・繁殖圏域として 10ha 以上の緑地を 3 点（最高評価）、緑の多い住宅地で見られるシジュウカラの生息・繁殖圏域である 1ha 以上の緑地を 2 点と設定。
横浜市	(2) 分析評価 流域単位で、陸域生物種や植物種等の各種調査結果から動植物の生物多様性や生態系の健全度合いを 6 段階で評価し、施策方針に反映。評価手法は「環境科学研究所」の研究成果を活用。
名古屋市	(5) 配置方針 緑と水の回廊研究協議会の設定に当たり、タヌキの往来可能な距離 100m、シジュウカラの行動範囲約 250m 等の知見をもとに、緑の都心軸（河川沿線緑道）から両側 500m 程度の範囲を目安と設定。

載は一層少なかったが、近年になって景観生態学の分野において重要性が明らかにされつつあるマトリクス（パッチ間の環境構造や景観のモザイク性）¹³⁾を計画用語的に翻訳したものであるため、未だ認識が普及していないと考えられる。いずれにしろ、回廊・緩衝地区について即地的な配置計画とするためには、名古屋市（表 - 2）のように、緑地に求められる量や質、機能、マトリクスを含めた効果的な配置について、科学的知見を活用し、地域の実情に沿って検討を重ねることが必要である。

(2) 緑の基本計画策定手法の課題解決に資する科学的知見

1) 検討項目に応じた既往研究の整理

(1) の結果及び考察から、生物多様性保全策としての実効性の観点からは、緑の基本計画の検討項目のうち、目標の設定、緑地の分析評価、配置方針の検討に技術的な課題があると考えられた。そこで既往研究を、「都市化による生物群集への影響」、「生息・生育地としての緑地に求められる量、質、配置」の観点から整理した（表 - 3）。前者の観点は、地域の都市化の程度や見込みを踏まえて緑地を分析評価し目標を検討することに、後者の観点は具体的な配置方針の検討に、それぞれ活用することが可能である。

2) 研究課題の抽出：分類群及び対象地の偏りと研究のスケール

表 - 3 の整理結果から、都市を対象とした生態学研究には偏りがあることがわかった。研究は、鳥類²¹⁾などと昆虫類³⁵⁾などで特に多い一方、哺乳類や両生類では限られることがわかった。また、個々のパッチを対象とした研究が多い一方、コリドーやマトリクスに着目し、かつその効果を定量的に検証した論文は少なかった。

これらの結果は、既往研究で指摘されてきた内容とも一致する。すなわち、土屋ら（2013）¹⁴⁾は、日本では、例えば東京圏を対象とした沼田らによる大規模な都市生態系研究¹⁵⁾をはじめ、都市における鳥類やチョウ類の分布の規定要因などが研究されてきたが、「都市生態学」は生態学分野の主流となっていないことを指摘している。同様にノ瀬（2010）⁹⁾も、E Nの構築方法について、都市の樹林を利用する鳥類については概ね方法が明らかになった一方、他の分類群については昆虫類の研究が若干見られる程度で、殆ど明らかになっていないとしている。これらの結果及び指摘は、日本の都市において都市生態学に取り組むことの重要性和分類群に偏らない研究の必要性を示している。

一方、緑地に求められる量、質、配置の観点からは、中核地区や拠点地区の検討に資するいわゆるパッチの面積や植生構造に関する知見が、どの分類群についても蓄積されていた。回廊地区の検討に必要なコリドーの機能に関する知見も、鳥類や昆虫類（チョウ類）においては蓄積されている²⁹⁾、⁴³⁾。しかし市街化が進んだ地域での回廊地区の機能については否定的な研究²⁹⁾、³⁹⁾もあり、適用するには詳細な検討が必要である。また緩衝地区の検討に必要なマトリクスの機能に関する具体的な知見は、鳥類を対象とした研究³³⁾、³⁴⁾、⁶¹⁾が見られるのみであった。

以上を踏まえ、表 - 3 の整理結果から見えてきた研究知見の不足部分を、今後の研究課題として 5 点挙げておきたい。

第 1 に、同時に複数分類群を対象とした研究を確認することはできなかった。分類群や移動能力（飛翔性、徘徊性）、生活史の違いなどによって、当然ながら生物の分布を規定する要因や空間スケールは異なる。そのため、現在のような特定の分類群を対象とした研究のみならず、総合的な E N の構築に向けた基礎研究⁵⁾が求められる。第 2 に、鳥類²⁰⁾や植物⁶¹⁾に関する研究によれば、地域によって都市化の影響は異なるパターンで現れることが示唆されているが、多くの既往研究の対象地は東京を中心とする首都圏

と大阪・京都を中心とする近畿圏に集中している。一般則と整理されている知見もある²¹⁾が、適切な計画策定と実施のためには、地域毎にきめ細かな検討と順応的な対応が要るだろう。第 3 に、都市化による生物群集への影響を明らかにするためには、環境傾度を十分に広く確保した範囲での調査、長期にわたる継続的な調査が求められる²¹⁾が、そのような既往研究は数少ない。例えば東京は世界最大の都市圏であり、都市生態学における国際的な議論に資する観点¹⁴⁾からも、幅広い都市化傾度に沿って緑地の量・質・配置が生物多様性に及ぼす影響についての調査分析が求められる。第 4 に、今後は人口減少が進むなか一層限られた人員や費用で効率的な生物調査と評価を行い、緑地計画への反映と計画の実施を行うことが求められている。そのため、調査の効率化（例えば鳴き声⁵⁹⁾、抜け殻⁴⁰⁾の利用といった技術）や担い手の育成（例えば企業社員調査⁷⁴⁾や市民協働調査⁷⁶⁾などの観点からの検討・検証と知見の共有も必要である。第 5 に、都市化の影響として緑地の減少や分断化を想定して整理した表 - 3 には収まらない論文もあった。例えば、攪乱の減少による常緑樹林化⁷³⁾や再生樹林地における更新の問題⁷⁴⁾、外来種の増加⁷⁵⁾等を指摘する研究が挙げられる。これらは、従来の枠組みで緑地を保全・再生・創出するだけでは対応できない課題であり、解決に資する研究、実践と、それらを踏まえた新たな枠組みの検討が求められる。

4. まとめと今後の課題

本研究では、都市における生物多様性保全に向けた緑の基本計画の現状と課題を明らかにした上で、課題解決に資する既往研究の知見を整理し今後の研究課題について考察した。現状では生物多様性保全策として実効性の高い計画は多くなかったことから、今後はきめ細かな評価分析や目標設定、回廊地区や緩衝地区も含めた配置方針を裏付ける研究、更には従来の緑地保全・再生・創出の枠組みを超えた課題への対応につながる研究が必要であろう。

表 - 3 既往研究における生態学的知見の整理^{注)}

分類群	都市化による生物群集への影響	生物多様性・生育環境としての緑地求められる量、質、配置		
		中核地区・拠点地区（パッチ）	回廊地区（コリドー）	緩衝地区（マトリクス）
鳥類	- 鳥類の種類組成は、「都市忌避種」、「都市適性種」、「都市利用種」に分類できる【東京都】¹⁶⁾ 1970年代と90年代の鳥類分布を比較すると市街地の緑地の増加に伴うメダカ、メダカ、ハセセシの増加、畑地や草地の減少に伴うヒバリ、モズの減少が特徴的【東京都】¹⁷⁾ - 繁殖地と越冬地で異なるものの、樹木率と種数はほぼ正の相関関係がある【千葉県】¹⁸⁾ - 鳥類分布は、樹林地、農地、水面の土地利用割合に影響を受けて連続的に変化【大阪府】¹⁹⁾ - 欧米での既往研究と異なり、都市周辺部の種数が森林よりも少ない【福岡市】²⁰⁾	- 樹林地面積が増加するほど種数が増える傾向が示される【一般則】²¹⁾ - 越冬期・つばき程度の樹林地にも多くの種が利用【大阪府】²²⁾ - シジュウカラの安定的な生息のためには、半徑200m以内で1.0haの樹木（樹木率32%）が必要【大阪府】²³⁾ - 種組成については面積が増えたと入れ子構造が成立【京都市】²⁴⁾ - 落葉広葉樹林が重要な存在であり、林木植生密度が高、林分において種数や個体数が高くなる【一般則】²⁵⁾ - 下層植生、特に低木層が発達している場所では鳥類層が衰滅した下層植生率40%以上では種数が少ない【文京区】²⁶⁾ - 植生構造と人の利用頻度が鳥類群集に影響を与える【南関東】²⁷⁾ - ヒバリの存続可能性は草地が重要【東京都】²⁸⁾	- 屋上緑地でも、樹種多様性の多様性と樹木被覆率が高いほど、多くの鳥類種が出現【東京都港区】²⁹⁾ - 緑道で連結された樹林地において、そうでない樹林地よりも出現地点の限られた種が多く出現【横浜市港北区・青葉区】³⁰⁾ - 都市中心部の緑道網に森林性の種はほとんど出現しない【大阪府】³¹⁾	- マトリクス空間における緑被が豊かな樹林地は種数が多³²⁾、マトリクス空間における都市的土地利用や建築物が多いほど出現する種数が多い【東京都】³³⁾ - 周辺・農耕地の多い樹林地で、一部の種の利用可能性が増大【千葉県】³⁴⁾ - 都市忌避種は樹林地外へ移動する際、落葉広葉樹が優越する境界を利用する傾向【東京都港区】³⁵⁾、東京都・埼玉県】³⁶⁾
昆虫類	- 緑化率の高い地域で昆虫類の生息を確認、緑化地率20%を下回る地区では昆虫類の生息が少い【佐賀県】³⁷⁾ - チョウの種数、個体数の変化は、樹木面積率によりモードの異なる二つの型を示す【大阪府】³⁸⁾ - チョウの種組成は、一時的な種の消失、シジメ・メダカ科の消失、草原生の大型種消失と、連続的に変化【大阪府】³⁹⁾ - セミ類の種組成は入れ子構造が認められ、都市化の程度や緑地管理状況に応じて緑化【東京都港区】⁴⁰⁾ - 市街地から郊外に向かうにつれて単位面積当たりのバタフライ種数は増加、緑地率40%程度でイボバタなどの市街地に比べて種多様性の低い種も出現【大阪府】⁴¹⁾ - 草生バタフライの種組成は入れ子構造を示し、イボバタ、ウスイロササキ、ホンササキ、セスジユキムシに注目することで良好な条件の緑地環境の抽出が可能【東京都港区】⁴²⁾	- 緑地の規模とバタフライの有無、生息数・個体数に相関が認められず、大規模な緑地必ずしもバタフライの生息に寄与しない【大阪府】⁴³⁾ - 単一樹種の緑地より樹種が豊富な緑地で昆虫類の種数が多い【佐賀県、市川市】⁴⁴⁾ - アリの種数は、樹林地面積などのマクロな要因より微小生息場所の多様性により大きな影響を与える【京都市】⁴⁵⁾ 600m程度の小規模緑地でも、樹木密度が高く樹管理が徹底されている場合は、地表徘徊性昆虫類の生息が可能【佐賀県、市川市】⁴⁶⁾ - 種の供給地からの距離が近いほどチョウ類の種数が多い、山から遠ざかるにつれて種数が少くなる傾向【大阪府近郊】⁴⁷⁾ - モノサントポノと樹林を必要とする種の分布は、水田の周囲の600m以上の樹林地に接していることが必要【新潟県】⁴⁸⁾ - トンボ類の種組成については、緑地周辺の池の面積、池との空間的連続性が重要【佐賀県】⁴⁹⁾	- 河川敷草地がコリドーとして期待できる直道は限定的【神奈川県】⁵⁰⁾ - ナミアゲハの移動経路は、食餌植物と緑の連続性が重要【鹿児島市】⁵¹⁾ - チョウ類として緑の連続性があれば、高木・高層の建物も大きな阻害要因にならない【世田谷区】⁵²⁾ - 移動能力の弱く、地表徘徊性のものを除き、10階程度の高さは昆虫類も移動可能【東京都、横浜市】⁵³⁾ - 都市近郊孤立立地では、地表性昆虫類は林縁の増加に伴って種数、個体数が減少する傾向で、孤立林を連結する回廊の重要性が示唆【立川市】⁵⁴⁾	- チョウ類の種組成は、微小緑地の分布形態（生垣・庭の緑化を含めたスケール）として、林縁性の種の生息要件である、孤立した落葉樹林や、常緑樹林周辺のバタフライの草地、落葉樹林が重要【市川市】⁵⁵⁾ - 都市近郊のクワジミシの生息には、近郊100m以内の市街地の状況、樹200～700m程度の管理強度の高さ、植生が負の影響を与える【つくば市】⁵⁶⁾
哺乳類	- タヌキの生息範囲は拡大してはいるが、キツネやイタチもそれに近い【東京都】⁵⁷⁾ - タヌキは山林・荒地系、農地系の合計が60%以上の景観類型を好む【多摩丘陵】⁵⁸⁾ - 人為的な管理下であっても、長い時間放置されて自然の生態系が回復されてくると、種子や昆虫に依存して生活するアカネズミ類も生息が可能になる【千葉県】⁵⁹⁾	- 長期的にみるとニホンリスは森林面積20ha以下では個体群の維持が困難【福岡市】⁶⁰⁾ - タヌキの生息地については、休息場所として樹林の存在とともに高木のアカネズミや林縁の数が、採餌環境として林床管理により成立する多様な動物相の存在が重要【多摩丘陵】⁶¹⁾ - ニホンリス、アカネズミは、コアエリア（10ha以上の植生）と50m以内で連続している緑地帯で確認【金沢市】⁶²⁾	- 都市近郊のタヌキは、繁殖、休息に森林を利用し、採餌場所として農地に依存するため、森林と農地のネットワークが重要【多摩丘陵】⁶³⁾ - 緑道や河川沿いのアカネズミの生息が確認されており、コリドーとしての機能が期待【横浜市】⁶⁴⁾	
両生類	両生類の種組成は、まず地形（谷地・低地→丘陵地）に規定され、それぞれの中で植生に規定される。谷地・低地のうち、市街地はニホンアカガエル及びトキョウダルマガエルの生息が乏しい【水戸市】⁶⁵⁾	- ニホンアカガエルの生息数は、谷間の谷間面積、ヤマアカガエルの生息数は林縁田の面積と強い相関【多摩三浦丘陵】⁶⁶⁾ - ニホンアカガエルの生息数は、連続した生息地の面積が広いほど、局所絶滅からの回復が期待される【大阪府】⁶⁷⁾ - トキョウダルマガエルの分布は、水田型地（水田及び水田に接する未開水路）の大きさが最も重要【府中市・国立市】⁶⁸⁾ - シジュウカラアカガエルの個体群密度は、水田タイプ毎に谷間田・谷間田・乾田の順で大きい【多摩丘陵】⁶⁹⁾	シナリオ分析の結果、潜在絶滅箇所パッチの孤立化がカサミサンショウウオ局所個体群の絶滅確率を高めており、パッチ配置に安定した産卵場所を確保すれば全体の絶滅確率を低下させることが可能【佐賀県】⁷⁰⁾	
植物	- 社寺林における木本樹種のうち、小面積にはアトシオ及びツルコウジが、孤立距離増大に対してはアトシオ、ツルコウジ、ヤブムラサキが最も敏感に反応【大阪府堺市】⁷¹⁾ - 都市林に伴う緑地の孤立化は、鳥獣害型木本植物の消失を引き起こす【札幌市】⁷²⁾	- 孤立林や谷間の面積と樹種多様性は、正の相関を示す【京都市、大阪府千里ニュータウン、三田市】⁷³⁾ - 孤立林における単位面積あたりの種数は、土地用途が取り、収奪の歴史やその程度、孤立後の経過期間によるものと考えられる【大阪府千里ニュータウンと三田市の比較】⁷⁴⁾ - 孤立林の形成の過程と林縁に生育する木本植物の種数は、一定面積以上で正の相関を示す【京都市】⁷⁵⁾ - 同程度の面積なら、複数の小面積の方がより多くの種数を認識できるが、大面積樹林には出現しない種もある【京都市】⁷⁶⁾	- 緑地周辺100m以内の森林率が木本植物の消失に最も影響していることから、動物散播種子が緑地周辺100m以内の森林から主に供給されると思われる【札幌市】⁷⁷⁾ - 農耕地・点在分布型で樹林地存在する地域においては、種の供給源は約0.5～1kmの範囲内と可能となる【つくば市】⁷⁸⁾	

注) 各内容の【 】内に引用文献の研究対象地を記載した。また、生物多様性・生育環境としての緑地求められる量、質、配置の内容に関しては、主に量に関する知見は●、主に質に関する知見は▲、主に配置に関する知見は◆を行頭付した。

補注及び引用文献

- 環境省 (2012) : 生物多様性国家戦略 2012-2020 : 環境省ホームページ<http://www.biodic.go.jp/biodiversity/about/initiatives/>, 2014. 3. 19 更新, 2014. 9. 22 参照
- 国土交通省都市局 (2011) : 緑の基本計画における生物多様性の確保に関する技術的配慮事項 : 国土交通省ホームページ<www.mlit.go.jp/crd/park/joho/houritsu/pdf/H231001hairyojikou.pdf>, 2014. 6. 26 更新, 2014. 9. 22 参照
- 国土交通省都市・地域整備局公園緑地・景観課 (2010) : 都市と生物多様性 : 公園緑地 70 (6), 7-10
- 石川幹子 (2011) : 新たな都市に向けた緑の基本計画 : 公園緑地 71 (6), 7-9
- 一ノ瀬友博 (2010) : 都市におけるエコロジカルネットワークのあり方 : 都市計画 59 (5), 38-41
- 島田正文・津田秀文・倉方志磨・八色宏昌・並木崇・笹田勝寛 (2007) : 藤沢市ビオトープネットワーク基本計画策定の取組み : 造園技術報告集 4, 16-19
- 緑の基本計画推進委員会 (2007) : 新編緑の基本計画ハンドブック, 日本公園緑地協会, 369pp
- 都市緑化技術開発機構編 (2006) : 都市のエコロジカルネットワーク II, ぎょうせい, 235pp
- いきものまちづくり研究会編 (1992) : エコロジカルデザイン : ぎょうせい, 300pp
- 徳江義宏・大澤啓志・今村史子 (2011) : 都市域のエコロジカルネットワーク計画における動物の移動分散の距離に関する考察, 日本緑化工学会誌 37 (1), 203-206
- 日本公園緑地協会 : 緑の基本計画優良事例 40 選の選定について : 日本公園緑地協会ホームページ<http://www.posa.or.jp/outline/pdf/2013041802.pdf>, 2013. 12. 18 更新, 2014. 9. 22 参照
- 森本幸裕 (2010) : 都市における生物多様性 : 環境情報科学 39 (3), 51-57
- 加藤和弘 (2010) : 都市の樹林地における鳥類の生息を規定する要因 : 都市計画 59 (5), 58-61
- 土屋一彬・斉藤昌幸・弘中豊 (2013) : 都市生態学序説 : 日本生態学会誌 63, 179-192
- 沼田真 (1987) : 都市の生態学 : 岩波書店, 225pp
- 加藤和弘 (2009) : 鳥類の種組成に基づく都市の鳥類生息環境評価指数の提案 : ラ研 72 (5), 805-808
- 植田睦之・加藤和弘・松野葉月・黒沢令子・成木雅恵 (2004) : 東京の鳥類相の変化とその要因 : Strix 22, 1-20
- 平野敏明・遠藤孝一・仁平康介・金原啓一・樋口広芳 (1985) : 宇都宮市における樹木率と鳥類の種数との関係 : Strix 4, 33-42
- Natuhara, Y. and Imai, C. (1996) : Spatial structure of avifauna along urban-rural gradients : Ecological Research 11, 1-9
- Mikami, K. O. and Mikami, K. (2012) : Structure of the Japanese avian community from city centers to natural habitats exhibits a globally observed pattern, Landscape and Ecological Engineering (Online)
- 鶴川健也・加藤和弘 (2007) : 都市の鳥類群集に影響する要因に関する研究の現状と課題 : ラ研 71 (3), 299-308
- 一ノ瀬友博・加藤和弘 (2003) : 都市域の小規模樹林地と都市公園における越冬期の鳥類の分布に影響する要因 : ラ研 66 (5), 631-634
- 橋本啓史・夏原由博 (2002) : ロジスティック回帰をもちいた都市におけるシジュウカラの生息環境適合度モデル : ラ研 65 (5), 539-542
- 橋本啓史・村上健太郎・森本幸裕 (2005) : 京都市内孤立樹林地における樹林地鳥類の相対種数-面積関係と種組成の入れ子パターン : 景観生態学 10 (1), 25-35
- 加藤和弘 (1996) : 都市緑地内の樹林地における越冬期の鳥類と植生の構造の関係 : ラ研, 59 (5), 77-80
- 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 : ラ研 69 (5), 519-522
- 荒木田葉月・三橋弘宗 (2008) : 大都市圏におけるヒバリの繁殖適度と経年変化からみた持続可能性の評価 : 保全生態学研究 13, 225-235
- 森本豪・加藤和弘 (2005) : 緑道による都市公園の連結が越冬期の鳥類分布に与える影響 : ラ研 68 (5), 589-592
- 一ノ瀬友博 (2006) : 大阪市中心部の街路樹と越冬期の鳥類の出現状況の関係 : ラ研 69 (5), 537-540
- 茂木哲一・柳井重人 (2005) : 東京都区部の屋上緑化地における鳥類の分布特性に関する研究 : ラ研 68 (5), 597-600
- 鶴川健也・加藤和弘 (2007) : 都市域の樹林地および樹林地を取り巻く空間の環境条件と鳥類群集との関係 : ラ研 70 (5), 487-490
- 岡崎樹里・加藤和弘 (2004) : 都市緑地の孤立化が鳥類相の移行に与える影響 : 環境情報科学論文集 18, 439-444
- Morimoto, T., Katoh, K., Yamaura, Y. and Watanabe, S. (2006) : Can surrounding land cover influence the avifauna in urban/suburban woodlands in Japan? : Landscape and Urban Planning 75 (1-2), 143-154
- 小川直哉・加藤和弘 (2010) : 都市緑地における鳥類のバッチ境界を越える移動と境界域外接部の土地被覆との関係 : 環境情報科学論文集 24, 67-72
- 島田正文 (1997) : 都市における昆虫類の生息と緑化に関する研究, 千葉大学大学院博士論文, 167pp
- 夏原由博 (2000) : 都市近郊の環境傾度に沿ったチョウ群集の変化 : ラ研 63 (5), 543-546
- 一ノ瀬友博・森田年則 (2002) : 兵庫県北淡町の農村地域のため池におけるトンボ類の分布とそれを規定する要因について : ラ研 65 (5), 501-506
- 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, 1-11
- 由井亜右子・夏原由博・村上健太郎・森本幸裕 (2001) : 都市孤立林におけるアリの種数に影響する要因 : 日本緑化工学会誌 27 (1) : 78-83
- 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
- 徳江義宏・今村史子・大澤啓志 (2013) : 都市域の樹林地におけるセミ類の生息分布を規定する環境要因 : ラ研 76 (5), 465-468
- 板川暢・一ノ瀬友博・片桐由希子・大澤啓志・石川幹子 (2012) : 東京湾沿岸部埋立地における緑被分布とバッタ類の生息分布との関係について : ラ研 75 (5), 621-624
- 小田原卓郎・林豊・米村惣太郎・西尾伸也 (2006) : 都市の生態系ネットワークに関する実験的研究 : 清水建設研究報告 83, 25-36
- 谷脇徹・久野春子・細田浩司 (2005) : 都市近郊の小規模孤立林における地表性昆虫類の群集構造の変化 : 日本緑化工学会誌 30 (3), 552-560
- 養父志乃夫・山田宏之・中島敦司・中尾史郎・松本勝正 (2001) : 大規模市街地内から郊外地にかけてのバッタ類生息密度の変化について : ラ研 64 (5), 595-600
- 徳江義宏・大澤啓志 (2014) : 都市近郊の農村域におけるクツワムシの生息実態 : ラ研 77 (5), 599-602
- 今井長兵衛・夏原由博 (1996) : 大阪市とその周辺の緑地のチョウ相の比較と島の生物地理学の適用 : 環動昆 8 (1), 23-34
- 金森正臣 (1981) : 変化する都市のネズミ相 : 生活と環境 26 (4), 18-23
- 千羽晋示 (1973) : 動物の生息環境の変化と退行現象 : 季刊自然科学と博物館 40 (2), 69-73
- 園田陽一 (2007) : 都市環境における野生哺乳類の生息地としての緑地の管理・配置に関する研究, 明治大学大学院博士論文, 139pp
- 西千秋・出口善隆・青井俊樹 (2011) : 盛岡市の都市近郊林に生息するニホンリスの雌雄別行動圏面積および行動圏重複率とオニグルミの資源量との関係 : 哺乳類科学 51 (2), 277-285
- 井本郁子・川上智絵・寺尾晃二・井手任 (2002) : ニホンリスとアカネズミを指標とした樹林地動物の生息環境ネットワーク地図の作成 : 国際景観生態学会日本支部会報 7 (2), 51-56
- 大澤啓志・日置佳之・松林健一・藤原宣夫・勝野武彦 (2003) : 種組成を用いた解析による両生類の生息域予測に関する研究 : ラ研 66 (4), 327-336
- 大澤啓志・勝野武彦 (2002) : 都市域の公園・保全緑地におけるアカガエル類生息数の概数に影響を及ぼす環境条件 : ラ研 63 (5), 513-516
- 夏原由博・神原忍 (2001) : ニホンアカガエルの大阪府南部における生息適地と連結性の推定 : ラ研, 64 (5), 617-620
- 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 : ラ研 63 (5), 495-500
- 夏原由博・三好文・森本幸裕 (2002) : メタ個体群存続可能性分析を用いたカミサンショウウオの保護シナリオ : ラ研 65 (5), 523-526
- 根津準一郎・大澤啓志・勝野武彦 (2011) : 都市域内の河川緑地における直翅目の生息実態 : 日本緑化工学会誌 37 (1), 195-198
- 山本康仁・千賀裕太郎 (2012) : 都市化により分断化された水田におけるトウキョウダルマガエル *Rana porosa porosa* の分布と環境要因の関係 : 保全生態学研究 17 (2), 175-184
- 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 : ラ研 70 (5), 479-482
- 加藤和弘・神山高義 (2014) : バッチ状樹林地の境界を越えて移動する鳥類の種組成とバッチ外周の土地被覆との関係
- 村上健太郎・牧野亜友美・森本幸裕・里村明香 (2005) : 都市孤立林の植物種多様性の保全では単一の大面積林と複数の小面積林のどちらが重要か? : ラ研 68 (5), 633-636
- 村上健太郎・森本幸裕 (2000) : 京都市内孤立林における木本植物の種多様性とその保全に関する景観生態学的研究 : 日本緑化工学会誌 25, 345-350
- 村上健太郎・森本幸裕 (2001) : 京都市内孤立林におけるシダ植物の種数と面積との関係 : 日本緑化工学会誌 27 (1), 290-291
- 石田弘明・戸井可名子・武田義明・服部保 (2002) : 大阪府千里丘陵帯に残存する孤立二次林の樹林面積と種多様性、種組成の関係 : 植生学会誌 19 (2), 83-94
- 今西亜友美・今西純一・村上健太郎・森本幸裕・里村明香 (2005) : 京都市内の非樹林緑地としての神社境内における草本植物の種数と種の出現パターン : 日本緑化工学会誌 31 (2), 278-283
- 村上健太郎・上久保文貴・泉本法子・森本幸裕 (2009) : 都市域の孤立神社林における木本種の多様性保全のための焦点生物種選定手法の適用 : 景観生態学 14 (1), 41-51
- 服部保・上村昭春・小館智治・熊谷恵美・藤井俊夫・武田義明 (1994) : 三田市フラワータウン内孤立林の現状と保全について : ラ研 57 (5), 217-222
- 矢部和夫・吉田恵介・金子正美 (1998) : 札幌市における都市化に伴う植物相に与えた影響 : ラ研 61 (5), 571-576
- 井手任・守山弘・原田直國 (1989) : 農村地域における樹林地の分布特性と生態系維持機能 : 造園雑誌 52 (5), 169-174
- 岩沢翼・増澤直・三輪隆・小黒芳生・横山潤・中静透 (2014) : 生物多様性への貢献を主眼とした企業緑地評価ツール及び簡易生物調査ツールの性能評価 : 景観生態学 19 (1), 69-82
- 横浜市環境創造局 : 市民協働生き物調査の記録 : 横浜市ホームページ<http://www.city.yokohama.lg.jp/kankyo/mamoru/rikuiki/>, 2013. 12. 16 更新, 2014. 9. 22 参照
- 田端誠三・橋本啓史・森本幸裕・前中久行 (2007) : 下鴨神社の森における林冠木の枯死とそれに伴う木本実生の侵入定着過程 : 日本緑化工学会誌 33 (1), 53-58
- 千原裕 (2012) : 自立した森「自然文化園」の挑戦 : 景観の生態史観 : 180-184
- 吉田葵・林誠二・石川幹子 (2013) : 都市緑地における種組成の差異が雨水涵養機能に与える影響に関する研究 : 都市計画論文集 48 (3), 1011-1016

■研究発表論文

広域スケールでのオオタカの生息適地予測の有効性と空間的汎用性・地域性の課題

Potential and problems of evaluating Goshawk's habitat suitability using species distribution modeling on macro scale

上野 裕介* 栗原 正夫*

Yusuke UENO Masao KURIHARA

Abstract: New technology which enables the evaluation of habitat quality in macro scale using the information of species distributions and environmental factors is developing rapidly. Raptors' habitat requirement and ecological characteristics remain to be clarified because they have wide home range and are often low density. Especially, most species of raptors are rare and umbrella species in Japan, whereas there is little information of the habitat quality on a regional/national scale. Thus, it is important that not individual but also habitat of raptors are protected and conserved appropriately thorough the evaluation of habitat quality. In this study, we estimated Goshawk's habitat suitability for nesting site using species distribution modeling based on geolocation data of nest across the country and GIS data (e.g., vegetation, land use). In the result, we showed the important environment factors varied in spatial scale (i.e., national/regional scales) and among regions (i.e., Kanto/Tohoku regions). In conclusion, we discussed the potential and problems of habitat evaluation for raptors using species distribution modeling.

Keywords: species distribution model, Goshawk, GIS, habitat evaluation, decision-making, environmental impact assessment

キーワード: 生息適地モデル, オオタカ, GIS, 生息環境評価, 意思決定, 環境アセスメント

1. はじめに

猛禽類の多くは、生態系の最上位種かつ希少種であり、しばしば地域環境の好適性を表す“象徴種”として位置づけられる。中でも、里山景観や都市近郊林などの身近な環境に生息するオオタカ *Accipiter gentilis* に対する人々の注目は高く、その想いも様々であることは、ランドスケープ研究 77 巻4号の特集記事「オオタカをめぐる多様なかわり^{1), 2), 3), 4)ほか}」からも明らかである。本特集記事は、オオタカの種の保存法からの指定解除の動き²⁾にあわせて企画されたものであるが、指定解除の如何にかかわらず、オオタカの生態や生息環境について研究を続け、種や地域の自然環境の保全に繋がる知見を深めておくことは重要である。幸いなことに、オオタカに関する既往研究は多く、国内外の広範な知見を取りまとめた書籍も出版されている⁵⁾。一方で、日本全国の生息状況については、環境省等によるアンケート調査が行われているのみであり³⁾、国内のどこにどの程度重要な生息環境が残されているのかは、不明のままである。

限られた生息情報を基に、地域全体の生息環境を評価する手法に、生息適地モデルがある。生息適地モデルは、ハビタットモデル、種の分布モデル、Species distribution model, Ecological niche model 等とも呼ばれ、動植物種の分布情報と環境要因の関係を統計的な手法を用いて予測する。このため、事前に分布情報が得られない場所（分布情報の空白地）についても、種の生息可能性（ポテンシャル）を定量的に予測することができる⁶⁾。また生息適地モデルによる予測結果を地理情報システム（GIS）に統合することで、希少種などの保全上重要な地域を地図上に示すことができ、都市計画や保護区の設定、環境アセスメントなどにおいて、正確な判断や意思決定を支援する強力なツールとなる⁷⁾。

オオタカについても、種の生態的特性に詳しい専門家が作成した生息環境の評価指標（HSI モデル⁸⁾）や、関東及び山梨県、静岡県、長野県の範囲を対象に、サンプリング調査による実際の種

の分布情報を基に予測モデルを使った営巣密度の推定が行われている⁹⁾が、より広域を対象とした予測はない。一方、これらの予測技術は発展途上であり、学術面ならびに実用面からの研究と検証が不可欠である。特に、オオタカのような希少種では、広域での分布位置情報を得にくく、かつ全域での調査も困難な状況にある中で、限られた情報を基に意思決定を行う必要が生じた場合に、生息適地モデルはどこまで活用できるのか？どのような点に注意が必要なのかを明らかにすることは、非常に重要である。

そこで本研究では、生息適地モデルによる広域スケール（全国、地方スケール）でのオオタカの営巣適地の分布状況の予測とモデル活用上の課題（空間的汎用性と地域性）について明らかにすることを目的とする。具体的には、以下（1）オオタカの営巣地の分布は、どのような環境要因によって説明されるのか？それは、予測対象の空間スケールや地域によって異なるのか？（2）予測モデルによって推定された国内のオオタカ営巣適地は、どこに分布しているのか？（3）ある地域での予測モデルを他地域にあてはめるとどうなるのか？つまり、予測に空間的汎用性はあるのか？の問いに答え、最後に生息適地モデルを使った予測をオオタカの保護・保全に活用する上での可能性と課題について議論する。

2. 材料と方法

（1）対象種

オオタカは、カラスほどの大きさのタカ類で、北半球の広範囲（およそ北緯 70 度から 24 度付近）に分布する⁵⁾。平地から丘陵地を主な生息場とし、農耕地や河原等の開けた環境や、森林、集落がモザイク状に存在する環境を好む⁵⁾。主に鳥類や哺乳類を餌とし、森林と開放地の境界部分を餌動物の捕獲場所として選択的に利用する⁵⁾。また樹上に営巣し、営巣木のサイズは数 ha の孤立林から大面積林まで様々である⁵⁾。

（2）データ収集

*国土交通省国土技術政策総合研究所

生息適地モデルの構築には、生物の分布情報（オオタカの営巣位置情報）に加え、予測対象範囲の環境要素（植生、地形等）の情報が必要となる。そこで、オオタカの営巣位置情報については、環境省による自然環境保全基礎調査（第6回鳥類繁殖分布調査、平成12～16年度：20×20kmメッシュごとの確認情報¹⁰⁾）を用いた。あわせて、全国の直轄道路事業において猛禽類調査を実施した環境調査の結果（平成21～24年度の計465事例：北海道21、東北132、関東88、北陸34、中部59、近畿51、中国33、四国16、九州30、沖縄1）を収集し、オオタカの営巣位置情報562か所（過去に営巣が確認された巣、造巣したものの抱卵まで至らなかった巣も含む）を抽出した。この環境調査は、道路の計画あるいは施工段階で実施されたものであり、計画ルート両側の約2km幅にわたって面的に猛禽類の分布や営巣状況を調査したものであるため、記録されている在情報の精度は高い。環境情報は、インターネット上で公開されている基盤地図（国土地理院）及び植生図（第2～5回植生調査、昭和54年開始～平成10年更新分：環境省生物多様性センター）を活用した。なお、上述のように地域によっては営巣情報と環境情報の収集年代が大きく異なっている。これらをGIS上で統合し、全国規模のデータセットを作成した。ただし、北海道地方及び沖縄を含む島嶼部についてはオオタカの営巣情報がほとんど得られなかったため、解析対象範囲から除外した。また地方別では、関東と東北において多くの営巣位置情報が得られたため、両地域についてより詳細な解析を行うこととした。なお作業には、Arc GIS 10.1を用いた。

（3）データ解析

以下、全国及び関東・東北スケールでオオタカの営巣適地を予測し、1）空間スケール・地域による重要な環境要因の推定、2）営巣適地の地図化、3）予測の空間的汎用性の検証、を行うために、確認位置情報（在情報）のみで比較的頑健な予測が可能な機械学習の一種（最大エントロピー法^{11),12)}）を用い、解析用のフリーソフト“MaxEnt¹¹⁾ ver. 3.3.3k”を使用した。

予測に用いたメッシュサイズは、全国（北海道を除く）は20×20km、関東・東北地方は1×1kmとした。それぞれの解析スケールごとのメッシュ数及びオオタカの営巣情報があるメッシュ数と割合は、順に全国（956メッシュ、171在メッシュ、17.89%）、関東地方（32138、166、0.52%）、東北地方（95168、82、0.086%）であった。解析に使用した環境要因には樹林、水田、畑地、草地、市街地の各面積割合と、樹林と開放地（水田、畑地、草地）との境界長（林縁長）を用い、全国では20×20kmメッシュ、関東・東北地方では、隣接メッシュを含めた3×3kmメッシュの合計値とした。これら環境要因は、既往研究^{5),8),13)}において明らかにされているオオタカの生態的特性及び行動圏を参照し、選定した。また植生図情報については、全国スケールでの分布推定を行う際の集約法について検討した既往研究¹⁴⁾を基に大きな分類に集約した。例えば、水田や畑地には放棄田や休耕地を、草地には自然草地、二次草地、人工草地を含んでいる。解析に用いる際には、これらの変数間に多重共線性がないことを確認した。オオタカの営巣情報は、上記のメッシュ単位（20×20km、1×1km）での

表－1 各説明変数の応答変数に対する寄与率

説明変数	全国	関東	東北
樹林と開放地の境界長	28.8	24.0	6.7
市街地面積	33.6	1.9	10.5
樹林面積	7.2	29.7	2.9
水田面積	5.5	24.3	45.4
畑地面積	17.9	15.1	16.1
草地面積	7.0	5.1	18.3

在情報あり・なしに変換した。なお、生物多様性保全基礎調査¹⁰⁾の結果については、オオタカが希少種であることから、20×20kmメッシュごとに集約した上での限定公開であり、全国単位での解析にのみ使用した。

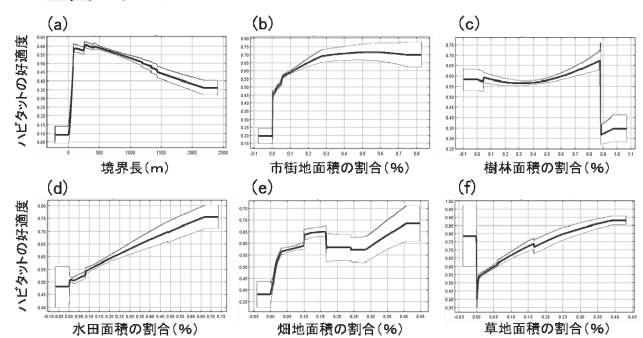
次に、全国、関東、東北のスケールごとに、ジャックナイフ法を用いて予測の適合性と各環境変数の寄与率を推定し、応答曲線を描画した。この際、得られた予測モデルの精度について、ROC (receiver operating characteristics) 曲線から求めた AUC (area under the curve) の値を用いた。なお、AUC の値が 0.75 以上であれば、推定された生息ポテンシャルの値は有効であると言われている¹⁵⁾。このようにして得られた予測モデルを用い、営巣適地を地図化した。最後に、予測の空間的汎用性を検証するために、上記で作成した関東での営巣適地を予測するモデルを東北の環境条件にあてはめ、同様に予測された営巣適地を地図化した。

3. 結果と考察

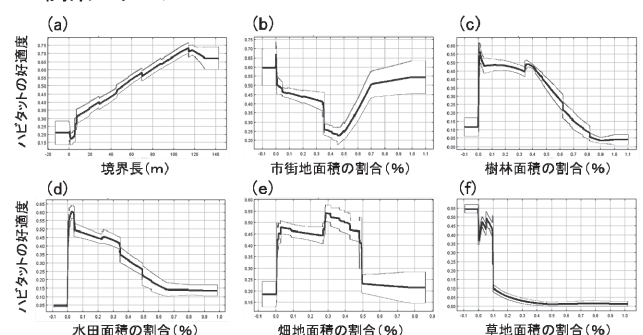
（1）空間スケール・地域による重要な環境要因の変異

予測モデルの AUC の値は、全国（東北以南）スケールと地方スケール（関東、東北）でそれぞれ 0.78 ± 0.05 (S.D.)、 $0.89 \pm$

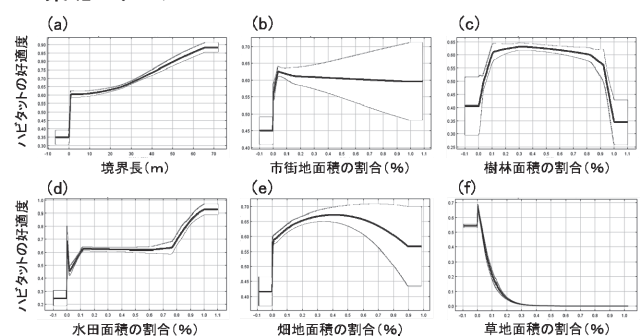
全国スケール



関東スケール



東北スケール



図－1 全国及び関東・東北スケールでのハビタットの好適度と環境変数の関係：(a) 樹林と開放地の境界長、(b) 市街地の面積、(c) 樹林面積、(d) 水田面積、(e) 畑地面積、(f) 草地面積。中央の太線は平均値を、上下の帯は95%誤差範囲を示す。

0.04, 0.84 ± 0.06 であり、あてはまりの良いモデルが得られた。

全国スケールと地方スケール（関東、東北）では、オオタカの営巣適地を推定する上での重要な環境要因が異なっていた（表-1）。全国では、 $20 \times 20\text{km}$ メッシュ内の市街地面積の寄与率が最も高く、次いで樹林と開放地の境界長、畑地、樹林、草地、水田の各面積の順に寄与率が高かった。一方、関東と東北の予測モデルでは、市街地面積の寄与率は高くなかった。関東では、 $3 \times 3\text{km}$ 内の樹林面積の寄与率が最も高く、次いで水田面積と樹林と開放地の境界長であった。これに対し東北では、 $3 \times 3\text{km}$ 内の樹林面積の寄与率は低く、代わって水田面積の寄与率が最も高く、次いで草地、畑地の面積であった（表-1）。

ハビタットの好適性と各環境要因との関係を見ると、全国スケールでは $20 \times 20\text{km}$ メッシュ内の市街地や畑地の面積が多いほどオオタカの営巣ポテンシャルが上昇する傾向が見られた（図-1）。これは、オオタカが営巣場所として市街地を好むというよりも、 $20 \times 20\text{km}$ メッシュという広い範囲で土地利用を把握した場合には、平野部の代表的景観である市街地や畑地面積で代替されていると考えるほうが素直だろう。つまり、山地の森林地帯よりも、山裾の丘陵地帯や平野との境界域、樹林と耕作地が混在する里山景観などにオオタカが多く生息するため⁹⁾と考えられる。これを支持するように、 $3 \times 3\text{km}$ メッシュで解析を行った関東と東北では、市街地面積の重要性は示されていない（表-1）。

関東では、 $3 \times 3\text{km}$ メッシュ内の樹林面積と水田面積が少ないほどオオタカの営巣ポテンシャルが上昇する傾向が見られたのに対し、東北では、 $3 \times 3\text{km}$ メッシュ内の樹林面積の寄与率は低く（表-1）、水田面積は多いほど、営巣ポテンシャルは上昇していた（図-1）。このように地域によって重要な環境要因とその影響の仕方が大きく異なっていたことから、少なくとも2つの仮説が考えられる。第1に、地域差が生じた理由として、オオタカの生態的特性（環境の選好性）が地域によって異なる可能性がある。これについては、複数地域で、定量的かつ詳細な生態調査（例えば、電波発信機などの行動追跡装置を用いた細かな環境利用の把握）を行い、地域性の有無を明らかにする必要があるだろう。一方で、第2の仮説も考えられる。本研究の結果、樹林と開放地の境界長と草地の面積の効果については、関東と東北でともに同じ反応を示していたことから（図-1）、生態的特性の違いではなく、関東と東北で地形や植生が異なっていたことが原因とも考えられる。関東には日本最大の関東平野があり、オオタカの営巣地は平野内に残された樹林にある。一方で東北には、奥羽山脈をはじめ、多くの山地や高地があり、平野部は山あいの盆地や海岸部の小規模平野に限られる。このような違いが営巣適地を予測する上での環境要因の寄与率の違いとなって現れたのかもしれない。

（2）オオタカはどのような場所に多いのか？：全国スケールと地域スケールでの予測結果と課題

全国的（東北以南）には、オオタカの営巣適地は、関東で特に多く、東海から北陸、東北にかけての東日本に多いことが予測された（図-2）。この結果は、既存のアンケート等を基にした繁殖分布状況調査の結果³⁾とおおむね一致している。一方で今回の予測では、既存の結果³⁾とは異なり、九州の阿蘇地域や中国山地、北東北などでも営巣適地が推定されたことから、これらの地域に未知の営巣適地がある可能性が示唆された。

次に、地方別の予測結果及び土地利用図を示す（図-3）。関東の営巣適地は、特に茨城及び千葉県の一部、つまり水田と畑地、森林が混在する里山的景観を有した場所に集中していた。東北では、仙台平野から福島・郡山盆地にかけての地域や青森県の三本木原台地、秋田平野、山形盆地など、山地や高地と平野部との境界に営巣適地が集中している傾向が認められた。

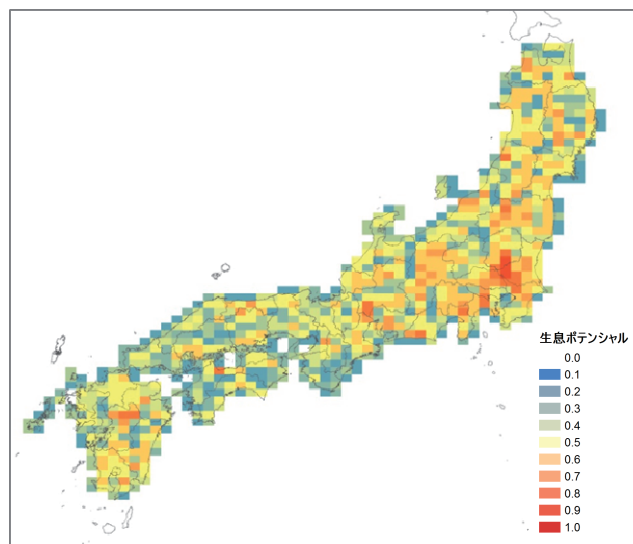


図-2 全国スケール（東北以南）でのオオタカの営巣適地の予測結果：赤色の場所ほど、営巣の可能性（ポテンシャル）が高く、青色に近づくほど低いことを示す。

※予測結果は、現時点で入手可能なデータに基づくものであり、今後、データが追加されることでより正確な予測に近づくと思われる。

一方で、本研究で予測に用いたデータは、現時点で入手可能なデータに限定されており、頑健な予測を行うためには十分な数とは言えない。特に、在データのみしか得られていない本研究の場合、調査努力量の地域的な偏りの影響が、在・不在データの両方を扱うことができる場合よりも大きくなりやすいという課題がある¹⁶⁾。これを解決するためには、全国均一に十分な数の調査ブロックを設け、営巣の有無を確認することが理想的である。しかしながら全国スケールでの調査は、時間的・費用的・人的に容易ではない。このため、オオタカの保護や保全に関わる人々でデータを集約し（もちろん詳細な営巣位置情報が特定できないよう加工が必要だろうが）、予測に活用する等の取組みが重要になるだろう。このように本研究に示した予測結果は、あくまで現在のデータに基づく予測であり、利用においては注意が必要である。

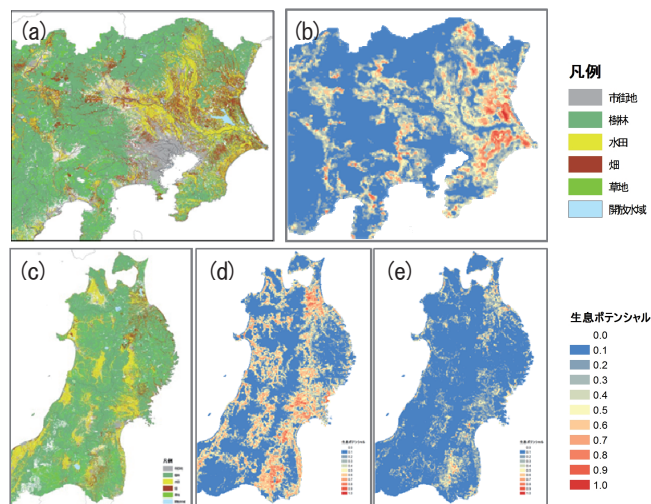


図-3 営巣適地の予測結果

(a) 関東地方の土地利用図、(b) 予測された関東スケールでのオオタカの営巣適地図、(c) 東北地方の土地利用図、(d) 予測された東北スケールでの営巣適地図、(e) 関東スケールでの予測モデルを東北地方の土地利用条件に当てはめて予測した結果。

※予測結果は、現時点で入手可能なデータに基づくものであり、今後、データが追加されることでより正確な予測に近づくと思われる。

(3) 予測の空間的汎用性の検証と課題

関東のオオタカの営巣適地を予測するモデルを用いて、東北の環境条件で予測し直した結果、東北全域で営巣適地（ポテンシャルが高い場所）がほとんど存在しない（図-3(e)）、つまり関東モデルは本来の東北モデル（図-3(d)）に比べて、明らかに東北地方のポテンシャルを過少評価していることがわかった。これらのことは、単純に予測モデルの範囲外への適用（外挿）が危険なことを示すだけではなく、少なくとも3つの生態学上及び応用上の課題を提起している。

第1に、オオタカという同じ種であるにも関わらず、地域が異なることで、なぜ予測の汎用性が失われるのか？これについては、前述（1）での考察とも重複するが、種の生態的特性の違いに起因するものか、地形条件などの環境の違いに起因するものなのかを明らかにする必要がある。

第2に、どのような条件下（統計モデル、種の生態的特性、環境の異質性、予測の空間範囲、データ数等）であれば、空間的汎用性を担保した頑健な予測が可能となるのか？これについては、予測精度や予測の汎用性がどのような要因で変化するかを、数学的・生態学的見地から検証することが必要と考えられる。例えば、予測条件を変えたモデルを複数作成し、モデル間比較を行うことで、解析を行う最適な空間スケールやメッシュサイズ、環境変数に関する一般則を得ることができるかもしれない。

第3に、広域での分布位置情報が得にくく、全域での調査も困難なオオタカのような希少種について、限られた情報の中で意思決定を行う必要が生じた場合に、モデルはどこまで活用できるのか？これについては、予測モデルの改良とモデルの時間的・空間的な適用範囲について、予測の限界を調べることが不可欠である。

4. 結論

本研究では、生息適地モデルによる広域スケール（全国、地方スケール）でのオオタカの営巣適地予測の有効性と活用上の課題（空間的汎用性と地域性）について示した。その結果、既存情報が少ない場所についても情報を補完し、かつ定量的に営巣可能性（ポテンシャル）を評価することができた一方で、同じ種であっても予測の空間スケールや対象地域によって異なった傾向を示すことも明らかとなった。その上で、本研究には残された課題がある。まず、本研究の結果はあくまで予測であるので、実用に耐えうるかどうかの検証が不可欠である。そのためには、予測モデルの構築に利用した以外のデータを用いて予測の当てはまりを調べたり、実地での検証を行ったりする必要がある。また新たにデータを追加し、常に予測を更新していくことが重要である。あわせて、その他の予測精度を左右する要因、例えば、オオタカの営巣にとって重要な環境要素であるものの GIS データが整備されていない環境要素（林内の樹種、林齢、中・低木層の有無、立木密度など）が予測精度に及ぼす影響の相対的重要性の評価などにも取り組み、予測に潜む誤差を測定する必要があるだろう。次に、本研究では行政区界（関東、東北）によって予測範囲を設定したが、そこに生物学的意味はない。予測精度を向上させるためにも、適切な予測範囲の設定方法を明らかにする必要がある。例えば、環境条件が大きく異なる山地部と平野部のオオタカを分けて解析する、クラスター分析や判別分析などの統計的手法を用いて土地利用が似た地域（農耕地域、市街化地域など）をグループ化し、それぞれの地域について解析するなどの工夫が必要かもしれない。最後に、生息適地モデルは現在とりうる選択肢の中で非常に有効な意思決定ツールの1つであると考えられるが、予測には必ず不確実性が伴うことも事実である。そのためオオタカに限らず、全国の生物情報を集約し、環境保全や事業等に活用できる仕組みを構築することが急務と考える。なぜなら全国の生物情報を集約す

ることで、モデルの予測精度向上が望めるとともに、将来的には実データに基づいた客観的かつ堅実な意思決定へと道を開くからである。

謝辞：資料の収集にご協力頂いた国土交通省の各地方整備局及び国土技術政策総合研究所の皆様、解析手法についてご助言頂いた（独）農業環境技術研究所の大澤剛士博士に御礼申し上げます。

引用文献

- 1) 倉本宣（2014）：オオタカを取り巻く社会の構図―特集にあたって：ランドスケープ研究 77（4）、285-287
- 2) 中島慶二（2014）：検討中のオオタカ国内希少野生動植物種指定解除について：ランドスケープ研究 77（4）、288-290
- 3) 金井裕（2014）：オオタカ *Accipiter gentilis fujiiyamae* の生態と生息状況：ランドスケープ研究 77（4）、291-293
- 4) 亀山章（2014）：オオタカ保護問題と動物観：ランドスケープ研究 77（4）、294-297
- 5) 尾崎研一・遠藤孝一（編著）（2008）：オオタカの生態と保全―その個体群保全に向けて―：社団法人日本森林技術協会、148pp
- 6) Franklin, J.（2010）：Mapping Species Distributions: Spatial Inference and Prediction, Cambridge University Press, 320pp
- 7) Guisan, A., Tingley, R., Baumgartner, J.B., Naujokaitis-Lewis, I., Sutcliffe, P.R., Tulloch, A.I.T., Regan, T.J., Brotons, L., McDonald-Madden, E., Mantyka-Pringle, C., Martin, T.G., Rhodes, J.R., Maggini, R., Setterfield, S.A., Elith, J., Schwartz, M.W., Wintle, B.A., Broennimann, O., Austin, M., Ferrier, S., Kearney, M.R., Possingham, H.P. and Buckley, Y.M. (2013): Predicting species distribution for conservation decisions: Ecology Letters 16(12), 1424-1435
- 8) 田中章・樋口正秀・廣野優子（2009）：HSI モデル オオタカ *Accipiter gentilis*, 14pp, 環境アセスメント学会生態系研究部会 HSI モデル公開用ホームページ（<http://www.yc.tcu.ac.jp/~tanaka-semi/HSIHP/index.html>）, 更新日不明, 2014.12.11 参照
- 9) 尾崎研一・堀江玲子・山浦悠一・遠藤孝一・野中純・中嶋友彦（2008）：生息環境モデルによるオオタカの営巣数の広域的予測：関東地方とその周辺：保全生態学研究 13（1）、37-45
- 10) 環境省：生物多様性情報システム：（<http://www.biodic.go.jp/J-IBIS.html>）, 更新日不明, 2014.9.18 参照
- 11) Phillips, S.J., Anderson, R.P. and Schapire, R.E. (2006): Maximum entropy modeling of species geographic distributions. Ecological Modeling 190(3-4), 231-259
- 12) 岩崎貴也・坂口翔太・横山良太・高見泰興・大澤剛士・池田純士・陶山佳久（2014）：生物地理学とその関連分野における地理情報システム技術の基礎と応用：日本生態学会誌 64（3）、183-199
- 13) 松江正彦・百瀬浩・植田睦之・藤原宣夫（2006）：オオタカ (*Accipiter gentilis*) の営巣密度に影響する環境要因：ランドスケープ研究 69（5）、513-518
- 14) 小川みふゆ・竹中明夫・角谷拓・石濱史子・山野博哉・赤坂宗光（2013）：植生図情報を用いた全国スケールでの土地利用図の作成―生物の分布推定を行うユーザーのために―：保全生態学研究 18（1）、69-76
- 15) Elith, J. (2002): Quantitative methods for modeling species habitat: Comparative performance and an application to Australian plants. In: Ferson, S. and Burgman, M. (eds) Quantitative methods for conservation biology, Springer, New York, 39-58
- 16) Phillips, S.J., Dudík, M., Elith, J., Graham, C.H., Lehmann, A., Leathwick, J. and Ferrier, S. (2009): Sample selection bias and presence-only distribution models: implications for background and pseudo-absence data. Ecological Applications 19(1), 181-197

2.2 学会・シンポジウム要旨

6) 都市化が生物多様性に及ぼす影響～都市化度×パッチ面積×分類群の交互作用～	75
7) 歴史的風致維持向上計画認定都市における土木施設の整備実態と適用工法に 関する研究	76
8) 平成 23 年東北地方太平洋沖地震による歴史的土木構造物の被災状況に関する調査報告 (その 3)	78
9) Urban ecology in the Tokyo metropolitan area: spatiotemporal change of avian diversity during four decades	86
10) 鳥好きのための GIS 入門 (その 2)	87
11) 人口減少社会における都市緑地デザインと生態学の融合: 生物多様性に配慮した 地域づくりのために	88
12) 都市景観の向上に資する公園空間の高度利用方策に関する研究	89
13) マイクロチップを用いたサンショウウオ類の生息環境評価と環境保全措置の 効果検証	90
14) 趣旨説明: 都市の生物多様性を軸にした生態学と社会経済, 政策の融合にむけて	96
15) 都市の生物多様性保全政策の現状と今後の方向性	97

都市化が生物多様性に及ぼす影響 ～ 都市化度×パッチ面積×分類群の交互作用 ～

○上野裕介・曽根直幸・栗原正夫（国土技術政策総合研究所）

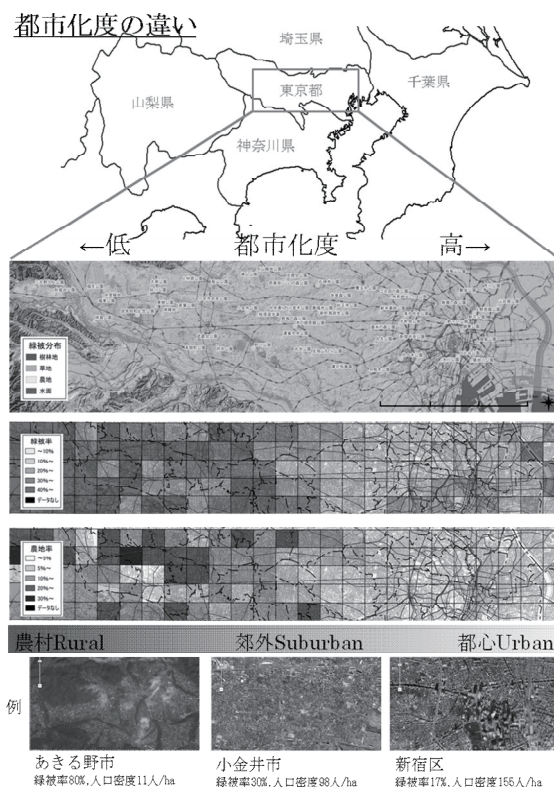
世界的に都市人口の増加とそれに伴う環境問題の拡大が続くなか、都市生態学 (urban ecology) への注目が近年高まっている。一方、日本の都市では、人口減少と都市の縮退が予想され、政策的にもコンパクトシティを目指す方向が主流となりつつある。野生生物のハビタットという観点からみると、空き地による市街地の緑被率改善や、公共施設跡地の緑地化等が期待される一方、古い公園の廃止や再編の可能性も考えられる。したがって今後の緑地計画には、都市の拡大／縮小の両局面において、緑地の量や配置、質が如何に生物多様性保全に寄与し得るかという景観生態学ならびに都市生態学の知見が求められている。

本研究のゴールは、幅広い都市化度を有する範囲（例：東京都心～多摩地域）において、緑地の規模、植生構造、周辺環境等が生物多様性にどのように影響するかを明らかにするとともに、生物多様性保全に効果的な緑地保全・創出手法を提案することである。

調査地は、東京都心（23区）・郊外（東京市部）・自然地域（多摩川周辺以西）を対象に、大規模公園（10ha以上）9箇所、中規模公園（2-10ha）21箇所、小規模公園（0.1-2ha）30箇所の計60箇所を選定した。

野外調査は、2013年の秋に開始し、冬・春・夏の4時期（冬は鳥類のみ）について実施中である。鳥類及び飛翔性昆虫類（チョウ類・トンボ類・バッタ類）の調査にはラインセンサス法を、地表徘徊性昆虫類（オサムシ類・シデムシ類）の調査にはピットフォールトラップを用いている。あわせて、調査ルートやトラップ設置場所周辺にコドラート（10m×10m）を設定し、対象地の植生構造を記録している。

本研究の結果、都市化による種数の低下は大規模緑地ほど大きい一方で、小規模緑地は面積効果によって都市化度によらず種数が少なかった。またそれらの影響の程度は、分類群によって異なっていた。本発表では、結果の詳細と今後の活用の方向性について紹介する。



歴史的風致維持向上計画認定都市における 土木施設の整備実態と適用工法に関する研究

木村 優介¹・曾根 直幸²・栗原 正夫³

¹正会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所 緑化生態研究室 (〒305-0031 茨城県つくば市旭一番地)

E-mail: kimura-y92ta@nilim.go.jp

²非会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所 緑化生態研究室 (同上)

E-mail: sone-n8910@nilim.go.jp

³正会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所 緑化生態研究室 (同上)

E-mail: kurihara-m92ta@nilim.go.jp

本研究では、歴史的風致維持向上計画認定都市における土木施設を対象として、補修・整備にあたって配慮した歴史的価値、及び適用された技術や工法を整理した上で、工法選定の経緯をもとに、地域の歴史的価値の向上に寄与する効果を明らかにすることを目的とする。結果、認定都市の30施設について整備の概要と適用工法を整理した上で、歴史的価値に対する考え方と適用工法の材料に基づく施設の4類型を示すとともに、萩市藍場川石積み護岸の復旧整備を例に、景観上、技術上の効果を提示した。

Key Words : *the Law on the Maintenance and Improvement of Historic Landscape in a Community, civil engineering facility, civil engineering heritage, traditional technique*

1. はじめに

2008年の歴史まちづくり法の制定以降、歴史まちづくりの取り組みが全国各地で進められている¹⁾。とりわけ歴史的価値を有する土木施設に関しては、まちづくりにおける活用を視野に入れた多面的な評価や、保全活用に関する技術の構築が必要とされている²⁾。各地の技術を担う職人の不足が顕在化する中、施設自体や周辺の歴史的価値に合わせて整備に用いる工法を選択し、その結果を歴史まちづくりへと結びつけることが求められている。

そこで本研究では、歴史的風致維持向上計画認定都市における土木施設を対象として、補修・整備にあたって配慮した歴史的価値、及び適用された技術や工法を整理した上で、工法選定の経緯をもとに、地域の歴史的価値の向上に寄与する効果を明らかにすることを目的とする。

2. 歴まち認定都市における土木施設の整備実態

まず、歴史的風致維持向上計画認定都市における土木施設の整備の特徴を把握するため、2013年5月末現在の認定都市38市町を対象としてアンケート調査を実施した(調査期間:2013年11月6日～29日、回答:16市町より

計31施設)。調査項目は、施設の概要、整備の経緯、整備実施上の課題、適用工法の選定経緯と技術的特徴、当該工法を用いたことによる効果とした。整備の概要が得られた30施設の概要を表-1に示す。

表-1の通り、土木施設の類型として、城郭、道路・街路、河川・砂防、公園、橋梁、塀・垣類、農業土木の7施設が挙げられる。適用される工法について、城郭においては、歴史的価値の高い施設自体の保全を目的として、伝統的な空石積み工法の採用例が見られる。一方、道路・街路においては、施設自体ではなく施設周辺の歴史性に配慮し、舗装路面に各種現代工法を適用する例が多い。さらに、現行の機能的要件が求められる供用中の河川護岸、塀・垣類については、空石積みといった施設本来の伝統的な工法のみを適用した例は見られなかった。

以上の施設については、施設自体及び施設周辺への歴史的価値に対する考え方と、適用工法における材料に基づき、表-2に示す4類型に整理することができる。

表-2 歴史的価値に対する考え方と工法の材料による施設の類型

1	歴史的価値を有する施設全体を保全するため、原位置の材料のみを用いて当該施設の伝統的工法により施工
2	主として歴史的価値を有する施設の外観を保全するため、原位置の材料の使用を基本とし、安全上必要な部材等については付加し施工
3	施設周辺の歴史的環境に十分配慮して、原位置、あるいは周辺地域の部材を使用し施工
4	施設周辺の歴史的環境に十分配慮して、主として一般に流通する商品により施工

3. 補修整備事例における工法選定の経緯と効果

2章の整理結果を踏まえて、舗装、石積み、塀・垣類（左官）の3工法について、萩市の土塀等・街路・石積み護岸、及び白河市の歴史的街路（5路線）の計4事例を選定し、文献調査、ヒアリング調査及び現地調査により、各工法の特徴と課題、選定の経緯、地域の歴史的風致に寄与する効果を明らかにした。以下、山口県萩市藍場川の石積み護岸の復旧を例として、ヒアリング調査結果（2014年2月7日実施）を元に整理する。

江戸中期の開削の際に整備されたと言われる藍場川の石積み護岸のうち、下流部の平安古町内の両岸約140 mの空石積みに孕み出しが見られたため、2009年から2010年にかけて補修が行われた。当該区域は、山口県立萩美術館・浦上記念館と一体をなす部分があり、また萩市景観計画の重点景観計画区域であることから、歴史的な石積み護岸と周辺地域の景観を一体的に保全することが前提となった。そのため、将来的な孕み出しの可能性を考慮した上で、原位置の石材をできるだけ使用した空石積み風の練り石積みとして施工されている（表-2タイプ3）。これら景観に関する効果以外にも、技術的な点でも効果が見られる。空石積み風の練り石積みの積み方のノウハウや整備の着眼点といった技術的な情報が蓄積されてい

ることに加えて、当護岸工事の下請けとなった地元の石工職人と発注者とのネットワークが構築されている。

4. おわりに

本研究では、歴史的風致維持向上計画認定都市における30の土木施設の補修・整備を整理した上で、歴史的価値に対する考え方と適用工法の材料に基づく施設の4類型を示し、萩市藍場川石積み護岸の復旧整備を例に、景観上、技術上の効果を提示した。引き続き、各事例の工法が歴史まちづくりに及ぼす効果の考察を課題としたい。

謝辞：調査に御協力頂きました各認定都市の皆様、施設的设计、管理担当者様に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 国土交通省都市局 公園緑地・景観課 景観・歴史文化環境整備室：歴史的風致維持向上計画認定状況について、http://www.mlit.go.jp/toshi/rekimachi/toshi_history_tk_000010.html, Accessed: Apr. 3, 2014
- 2) 阿部貴弘他：歴史的風致維持向上計画に見る歴史まちづくりの現状と土木史研究に期待される役割，土木学会論文集 D2(土木史)，Vol.67，No.1，pp.49-63，2011.

(2014.4.7 受付)

表-1 歴史的風致維持向上計画認定都市における歴史的価値に配慮した土木施設の補修・整備事例

都市名	施設名称	施設類型	整備の概要
弘前市	弘前城跡西濠護岸	河川・砂防	他区間の護岸で用いられている伝統的石積み工法を用いて、上部が通路となっている区間に護岸を新規整備
白河市	乙姫桜プロムナード	道路・街路	特殊母体アスファルト混合物の空隙にセメントミルクを充填・硬化させた全浸透型の半たわみ性舗装の表面に、ショットプラストとグレーピングの両方を施した。半たわみ性景観舗装（グレープラスト工法）で舗装を整備
	小南公園	公園	歴史的公園における園路整備にあたり、特産品である白河石を使用して舗装整備を実施。また既存の石積み、石段、墓地区分の石畳と景観上の整合性を図ること、滑り防止を行うことを目的に、石材表面はこぶだしのみ仕上げとした
	小峰城道場門遺構	城郭	現存する石垣は、修復、積替等に行っていないが、石垣の損傷、崩落を防ぐために、石垣天端（上）面や背面裏込材との境界面には、防根シートを敷設し、遺構保護を図った
	新蔵通り	道路・街路	施工性、耐久性、維持管理、景観等を考慮し、排水性カラー舗装より高級感のある自然石を使用したニート舗装（アスファルト舗装の表面に樹脂を塗り、その上に骨材を散布し路面に固着させる工法）により、舗装整備を実施
	友月山プロムナード	道路・街路	自然石を用いた工法が本市の歴史的景観の演出に適しており、また耐久性においても優れていることから、本石石張舗装（インジェクト工法）により舗装整備を実施
	老舗通り	道路・街路	
	一番町大工町線	道路・街路	
金沢市	西内整構（緑水苑）	城郭	城下町を囲い込んだ堀や土居である惣構の補修工事を実施。法面勾配1割4分（堀部分）については法面の破損や崩壊の防止のためセメント安定処理により施工。また法面勾配3分（土居部分）については、土居部分であるため自然な法面を復元できるように表面に植栽可能なハニカム・フレームによる補強盛土工により施工
大山市	市道大山396号線（本町通）外	道路・街路	城下町地区内に数多く点在する歴史的文化に配慮して、脱色アスファルト舗装、半たわみ性舗装、石張舗装、自然石舗装で道路の修景整備を実施
恵那市	中山道大井宿広場	公園	地域住民の活動のための広場整備にあたり、大井宿の伝統的景観に配慮して木造の休憩所、塀を整備
	岩村町本通り（市道91052号線）	道路・街路	砂利道をイメージした脱色アスファルト舗装（骨材を大きくした）、自然石による側溝修景整備を実施
岐阜市	市道大井町273号線	道路・街路	中山道の歴史性に配慮して、セラサンド工法+ローランドアスファルト舗装で道路修景整備を実施
	川原町通りの町並み	道路・街路	脱色アスファルト舗装、御影石張り舗装、行燈をイメージした街路灯の整備
彦根市	彦根城跡石垣	城郭	委員会が工法等を検討し、石垣の解体・復元工事を実施
	旧城下町区域内の市道	道路・街路	土色の脱色アスファルト舗装整備を実施
京都府	彦根城跡「表門橋」	橋梁	基礎は現代工法で、橋梁は伝統工法で整備を実施
	翔鷹橋7号線（上七軒通）	道路・街路	石畳風As舗装（半たわみ性舗装+表面デザインカラー）により、茶屋町の歴史性に配慮した道路整備を実施
津山市	津山城宮川門跡石垣	城郭	伝統工法である打ち込みはぎにより、老朽化した石垣の積み直しを実施
高梁市	御殿坂	道路・街路	備中松山城登城の入口にあたる御殿坂で、カラー舗装を整備
	沢柳の滝・頭首工	農業土木	頭首工本体のコンクリート表面に地場の石材を貼り付けて、石積み風に修景整備
竹原市	武家屋敷通り	道路・街路	カラー舗装（灰色）を整備
	二級河川本川護岸	河川・砂防	埋め立てにより無くなったかつての雁木を、コンクリートで再整備
松江市	松江城石垣	城郭	伝統工法である「野面積み」による「布積みくずし」で石垣の補修を実施
大洲市	樹形修景護岸	河川・砂防	堤防補強工事にあたり、大洲城との調和に配慮して、石積み工法を採用
萩市	萩城跡石垣	城郭	基本的には野面積みや打ち込み接ぎを主体とした空積みを用いて、石垣の保存修理を実施。ただし、長期的な維持管理に最低限必要な箇所のみ不織布を使用する現代工法を採用（石垣上面整備箇所の土砂の石垣背面への流出防止）
	萩市堀内地区・平安古地区伝統的建造物群保存地区内土塀等	塀・垣類	武家屋敷の伝統的な土塀・石垣の保存修理を伝統工法+現代工法で実施。土塀の基礎や石垣は空積みであるが、石工の不在から左官による練積みで実施
	市道南ノ総門指月線（鍵曲り）	道路・街路	歴史的な鍵曲りの道路の舗装整備にあたり、土系舗装を使用し、歴史的景観に配慮
	藍場川石積み護岸	河川・砂防	歴史的な風情ある景観とするため、既設の石を利用した石積みによる復旧工事を実施。ただし、空石積みでは構造上耐えられないため、コンクリート練積みとし、前面にコンクリートが出ないよう空石積み風に仕上げて配慮
山鹿市	豊前街道 歴史的小路	道路・街路	舗装部分は脱色アスファルト舗装（骨材に有色玉砂利を使用し、地道風の色合いにしている）で整備。側溝部分は、遺構排水溝（鍋田石）の再利用（一部）及び同等品による排水溝敷設を実施

平成23年東北地方太平洋沖地震による 歴史的土木構造物の被災状況に関する調査報告 (その3)

阿部 貴弘¹, 木村 優介², 依田 照彦³

¹正会員 日本大学准教授 理工学部まちづくり工学科 (〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台 1-8-14)

E-mail: abe.takahiro@nihon-u.ac.jp

²正会員 国土交通省国土技術政策総合研究所 (〒305-0804 茨城県つくば市旭 1 番地)

E-mail: kimura-y92ta@nilim.go.jp

³正会員 早稲田大学教授 理工学術院社会環境工学科 (〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1)

E-mail: yoda1914@waseda.jp

2011 (平成 23) 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震とそれに伴う津波により、東日本の広範囲にわたる歴史的土木構造物が甚大な被害を受けた。土木学会土木史研究委員会では、委員会内に東日本大震災特別小委員会を設置し、文化庁及び建築学会等の関係機関と連携し、土木学会各支部や土木学会選奨土木遺産選考委員会等の協力のもと、歴史的土木構造物の被災状況に関する調査を実施してきた。

平成 23 年度及び平成 24 年度は、被災地域の「重要文化財 (建造物)」、「登録有形文化財 (建造物)」、「土木学会選奨土木遺産」を対象として、被災の有無を確認する調査に加え、被災の程度が大きい施設の被災状況に関する現地調査、さらに復旧に向けた技術的検討を行った。平成 25 年度は、過年度において調査を行った施設を対象として、これまでの復旧状況等に関するフォローアップ調査を実施した。

本報告は、平成 25 年度に実施したフォローアップ調査の結果について報告するものである。

Key Words: *Tohoku Region Pacific Coast Earthquake in 2011, historic civil engineering structures, damage survey, important cultural property, registered tangible cultural property, JSCE's recommended civil engineering heritage*

1. はじめに

2011 (平成 23) 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震とそれに伴う津波により、東日本の広範囲にわたる歴史的土木構造物が甚大な被害を受けた。土木学会土木史研究委員会では、2011 (平成 23) 年 5 月 23 日に、委員会内に東日本大震災特別小委員会を設置し、文化庁及び建築学会、日本建築家協会、日本建築士会連合会等の関係機関と連携し、土木学会各支部や土木学会選奨土木遺産選考委員会等の協力のもと、歴史的土木構造物の被災状況に関する調査を実施してきた。

これまでの経緯を簡単に整理すると、まず、平成 23 年度は、被災地域にある「重要文化財 (建造物)」、「登録

有形文化財 (建造物)」、「土木学会選奨土木遺産」全 250 件を対象として、被災の有無を確認する第一次調査を実施した。そのうえで、被災の程度が大きい 7 件に対して、第二次調査として被災状況に関する現地調査を実施した¹⁾。

この調査により、被災地域における歴史的土木構造物の被災状況の全体像を把握したほか、被災の程度が大きい構造物について、より詳細な被災状況を把握し、さらにその被災要因を推定した。

平成 24 年度は、被災した歴史的土木構造物のうち、本格復旧が進む 2 施設に対して技術的検討を行うとともに、平成 23 年度に現地調査を実施することができなかった未調査被災施設 2 施設を対象に被災状況調査を行った²⁾。

表-1 平成25年度の調査対象施設

調査対象施設	所在地	管理者	備考
石井閘門	宮城県 石巻市	国土交通省	重要文化財（建造物）
北上川分流通施設群	宮城県 石巻市	国土交通省	土木学会選奨土木遺産
横利根閘門	茨城県 稲敷市	国土交通省	重要文化財（建造物）
霞ヶ浦湖岸施設	茨城県 稲敷市	国土交通省	土木学会選奨土木遺産

表-2 調査日時及び調査員

調査対象施設	調査日時	天候	調査員
石井閘門	平成25年10月31日(木) 12:30~14:00	曇り	阿部貴弘 (日本大学 准教授)
北上川分流通施設群	平成25年10月31日(木) 14:30~16:00	曇り	
横利根閘門	平成25年11月15日(金) 10:30~15:00	曇り	木村優介 (国土交通省国土技術 政策総合研究所 研究官)
霞ヶ浦湖岸施設	平成25年11月22日(金) 10:30~13:30	晴れ	

この調査により、未調査施設の被災状況を把握し、その被災要因を推定したほか、復旧が進む施設に関しては、歴史的な価値等に配慮した復旧方法などの技術的な検討を行った。

こうした過年度調査により、被災地域における歴史的土木建造物の被災状況をおおむね把握することができた。

そこで、平成25年度は、過年度において調査対象とした施設を対象として、これまでの復旧状況等に関するフォローアップ調査を実施した。本報告は、こうした平成25年度の調査結果について報告するものである。

なお、平成23年度から続く一連の調査は、東日本大震災に際して文化庁が立ち上げた「東日本大震災被災文化財建造物復旧支援事業（文化財ドクター派遣事業）」の一環で実施したものである。

2. 調査概要

(1) 調査対象施設

平成25年度の調査は、平成23年度に被災状況に関する現地調査を実施した4施設（表-1）を対象として実施した。

(2) 調査日及び調査員

各施設の調査は、表-2 に示す調査日時及び調査員により実施した。

(3) 調査項目及び調査方法

平成25年度は、以下の事項に関するフォローアップ調査を実施した。

- ・当該施設に関わる発災後の対応経緯
- ・文化庁等の関係機関との連絡・協議の経緯
- ・これまでの復旧状況・経緯
- ・今後の復旧方針
- ・復旧に向けた課題 等

なお、本フォローアップ調査は、施設管理者に対するヒアリング及び現地における目視確認調査とした。

3. 調査結果

(1) 石井閘門

a) 平成23年度調査において把握した被災状況等の概要

- ・閘室部石積の側面に若干の凹凸が見られたが、大きな飛び出しはなかった。
- ・閘頭部や閘尾部、さらに閘室部において、笠石や階段石積の乱れ及び亀裂が生じているが、これらは地盤沈下により構造物全体が沈下し、その際にひずみが集中した部分に生じたものと推定する。また、そうした亀裂は、笠石と煉瓦の目地部、石積みの一部が開口したものと考えられる。
- ・隅石や煉瓦の一部に剥離が生じていたが、これらは躯体の強度を低下させるものではないと判断できる。
- ・閘門の門扉については、発災時は閉じていたことから、津波の圧力を受け、その影響が駆動部の破損につながったと解釈できる。

b) 平成25年度調査実施時の施設の状況（図-1～4）

- ・閘室部の石積みの孕みや凹凸、閘頭部および閘尾部の笠石や煉瓦等の乱れや亀裂は、ほぼ被災時のまま存置されていた。
- ・周辺では、保全対策工事の準備が進められていた。

c) 平成25年度調査実施時点の復旧状況等（ヒアリング結果）

- ・2012（平成24）年8月に、学識者等からなる「重要文化財「石井閘門」保全対策検討委員会」を設置し、保全対策について検討している。
- ・保全対策検討委員会には、文化庁のほか、宮城県教育委員会や石巻市教育委員会もオブザーバーとして出席している。
- ・調査実施時点現在、「被災前の状態に戻す」という保全対策工事の方針が決まり、年度内の工事完了に向けて準備を進めている。
- ・保全対策工事として、笠石や煉瓦等の乱れや亀裂の補修のほか、門扉及び駆動部の補修等を実施することとなる。



図-1 石井閘門の閘室部（上流側より下流側を望む）
閘室部の石積みに孕みや凹凸がみられる
（撮影：阿部，2013.10.31）



図-3 石井閘門の閘尾部（左岸側）
笠石や煉瓦等の乱れや亀裂が被災時のまま存置されている
（撮影：阿部，2013.10.31）



図-2 石井閘門の閘頭部の階段（右岸側）
階段部のズレが被災時のまま存置されている
（撮影：阿部，2013.10.31）



図-4 石井閘門の閘室部（右岸上流側から撮影）
保全対策工事に向けた準備が進められている
（撮影：阿部，2013.10.31）

（2）北上川分流施設群

a) 平成 23 年度調査において把握した被災状況等の概要

○月浜第二水門

- ・水門本体の外形は維持されていたが、津波が要因と考えられる破損が各所に見られた。
- ・特に、バランスゲートを引き上げるワイヤーロープのウインチ部が欠損していた。
- ・また、水門右岸の脇堤防も欠損し、土嚢による応急復旧が行われていた。
- ・月浜第二水門の近傍に移設保存されていた月浜第一水門のバランスゲート 1 門は、原位置から移動し、ゲートの上部構造に破損が見られたが、原型はほぼ維持されていた。

○釜谷水門

- ・釜谷水門周辺の北上川右岸護岸は消滅し、周辺の堤内地一帯も水没した状況にあった。
- ・釜谷水門も水没し、バランスゲートの一部がかろうじて水面上に見られたが、原形をとどめない状況にあった。

○福地水門

- ・目視調査では、被災は確認できなかった。

b) 平成 25 年度調査実施時の施設の状況

○月浜第二水門（図-5～8）

- ・ほぼ被災時のまま残置保存された状態にあった。
- ・前回調査時に比べ、ゲート部の塗装に錆が目立ち始めていた。
- ・バランスゲートの支承部のみ、応急復旧工事が実施されていた。

○釜谷水門（図-9）

- ・周辺護岸の復旧工事は進められていたが、釜谷水門自体は、被災したままの状態 で 存 置 され て い た。

○福地水門（図-10）

- ・外観は、前回調査実施時とほぼ同様の状態にあった。

c) 平成 25 年度調査実施時点の復旧状況等（ヒアリング結果）

○月浜第二水門

- ・2011（平成 23）年 7 月、バランスゲートの支承部に、被災直後には確認することができなかった亀裂が見つかった。



図-5 月浜第二水門の全景
ほぼ被災時のまま存置された状態にある
(撮影：阿部，2013.10.31)



図-6 月浜第二水門のバランスゲート
ゲート部の塗装に錆が目立ち始めている
(撮影：阿部，2013.10.31)



図-7 月浜第二水門のバランスゲートの支承部
中央 2 か所の支承部で転用工事が行われた
(撮影：阿部，2013.10.31)



図-8 移設保存されている月浜第一水門のバランスゲート
中央 2 か所の支承部が取り外され転用された
(撮影：阿部，2013.10.31)

- ・ゲート自体の落下を防ぐため、2012（平成 24）年 7 月から 8 月にかけて、近傍に移設保存されていた月浜第一水門のバランスゲートの支承部を取り外し、亀裂が見つかった第二水門の支承部に転用する工事を実施した（図-7～8）。
 - 転用にあたり、極力、既に空けられていたボルト穴を利用したが、穴がずれている箇所については、新たに穴を開け直した箇所もある。
 - 取り外された旧第一水門の支承部には、H鋼で補修を行い、破損した第二水門の支承部は廃棄した。
 - 支承部の転用にあたり、土木学会をはじめ、専門家等から助言等は受けていない。
- ・支承部の転用は、あくまで応急対応として実施したものであり、現在実施している災害復旧事業においては、水門の移設や撤去について改めて検討している。その際、釜谷水門及び月浜第二水門の取り扱いについて、土木史の専門家等へのヒアリングを実施した。

- ・このヒアリングにおいて、専門家から、月浜第二水門のバランスゲートは水門構造上も特徴的なものであること、さらに、1928（昭和 3）年に建造された釜谷、月浜第一、月浜第二の各水門うち、現在稼働しているのは月浜第二水門のみであることを踏まえ、何らかの方法で月浜第二水門を動態保存できないかとの要望があった。
- ・月浜第二水門の原位置が、災害復旧事業で北上川に新設する予定の堤防の法線と重なっていることから、遅くとも平成 26 年度中には保全もしくは移設等の方針を決定する必要がある。この際、専門家や施設管理者、自治体の担当者等が集まって協議することも視野に入れている。

○釜谷水門

- ・釜谷水門については、被災したままの状態で存置しているが、水門を現位置で復旧することは不可能であり、災害復旧工事において、堤防建設にあわせて新たな水門を建設する必要がある。被災した釜谷水門を現位置に存置保存するか撤去するかは、今後の検討課題である。



図-9 釜谷水門の遠景（北上川左岸側から撮影）
護岸の復旧が進む中、被災時のまま存置されている
（撮影：阿部，2013.10.31）



図-10 福地水門（下流左岸側から撮影）
前回調査実施時とほぼ同様の状態にある
（撮影：阿部，2013.10.31）

- ・災害復旧工事は、平成 27 年度の事業完了を想定しているが、存置している水門は、新設する堤防の法線や新たな水門の計画には影響が無いため、地元感情等にも配慮しつつ慎重に検討を進める予定である。

○福地水門

- ・発災直後には確認できなかったが、発災後しばらくして、スピンドル部品の破損が確認された。これが震災による被災かどうかは不明である。
- ・2013（平成 25）年 10 月に、当該スピンドル部品を新しい部品と交換した。

d) 復旧に向けた今後の課題等

- ・月浜第二水門と同じく、移設保存されている月浜第一水門のゲートについても、新設予定の堤防の法線に重なっているため、移設を検討する必要がある。2007（平成 19）年の現位置への移設時に、躯体を一度切断して溶接しなおしているが、再度移設するとなると再び躯体を切断しなければならず、オリジナルの状態からさらに遠ざかってしまうことになる。
- ・現地保存もしくは移設保存した後の維持管理については、釜谷、月浜第一、月浜第二の各水門にほぼ共通した課題である。治水上の機能を持たない限り、河川施設として管理することができないため、移設保存した水門等の取り扱いは難しい。たとえば、これらの水門を移設保存する場合は、石巻市の公園計画にあわせて移設場所を確保するといった方法等を検討しなければならない。

(3) 横利根閘門

a) 平成 23 年度調査において把握した被災状況等の概要

○横利根閘門

- ・閘門周辺の護岸等に液状化の被害が見られたものの、閘門本体は、閘頭部及び閘室部とも躯体はおおむね健全で、平常通り稼働し、通船も行われていた。

- ・横利根川側（上流側）閘頭部の小門扉の開閉ギアを納める左岸側躯体の側壁に、クラックが発生していることを確認した。
- ・このクラックは、外装煉瓦からコンクリート造の躯体、さらに護岸側の石積みに至る深刻なものであることを確認した。
- ・クラックは、ギアを納める機械室の開口部から躯体の基礎に向かって発生していたが、水面下の状況は把握することはできず、クラックが基礎まで達しているかどうか確認することはできなかった。

○中川吉造胸像所

- ・利根川右岸の護岸に設置されていた中川吉造胸像所が、河川護岸の堤内地側斜面の地震崩壊及び基礎地盤の液状化に伴い沈下及び傾斜する被害を受け、復旧に向けて地盤の養生が行われている状況にあった。

b) 平成 25 年度調査実施時の施設の状況

○横利根閘門（図-11～16）

- ・その後の調査の結果、上流側閘頭部側壁のクラックが底部にまで達していることが判明したことから、復旧に向けて閘室内の水抜きが行われ、閘門の補修及び左岸上流側護岸の地盤改良工事が進行していた。

○中川吉造胸像所（図-17～18）

- ・中川吉造胸像所は、すでに原位置に復旧していた。

c) 平成 25 年度調査実施時点の復旧状況等（ヒアリング結果）

○横利根閘門

- ・閘頭部側壁クラックについては、2012（平成 24）年 2 月 10 日より動態観測を実施しているほか、水中カメラロボットによる水面下の状況調査、さらに閘門全体の水抜きを実施したうえでの被災状況調査等を行った。
- ・その他、閘頭部および基礎の井筒に関する躯体の形状測量やボーリング調査等による基礎地盤調査等を実施し、被災状況や安全性に関する調査を行った。



図-11 水抜き作業中の横利根閘門（上流側閘扉部）
（撮影：阿部，2013.11.15）



図-14 横利根閘門左岸上流側護岸の地盤対策工事の状況
（撮影：阿部，2013.11.15）



図-12 水抜き作業中の横利根閘門の閘室（下流側を望む）
（撮影：阿部，2013.11.15）



図-15 横利根閘門の護岸石積みの補修状況
（撮影：阿部，2013.11.15）



図-13 底部まで達する横利根閘門閘頭部側壁のクラック
（撮影：阿部，2013.11.15）



図-16 補修のために取り外された横利根閘門の護岸石材
（撮影：阿部，2013.11.15）

- ・これらの調査を踏まえ，2013（平成 25）年 1 月に，学識者等からなる「横利根閘門保全対策検討委員会」を設置し，保全対策について検討している。
- ・この委員会における検討に基づき，以下の補修工事等を実施する予定である。
 - －閘頭部側壁亀裂に対するシーリング材注入による補修
 - －門扉開閉装置ギアスタンドの再設置
 - －防舷材の取り換え

- －扉体塗装・水密木材取り替え
- －旧給水扉巻上機補修
- －地盤対策（左岸上流側護岸）
- －翼壁石積みの補修
- －被災した閘頭部の状況確認・安定確認
- －閘室底部の状況確認・安定確認
- －煉瓦洗浄試験
- －保全方針の整理及び補修記録の作成・保存



図-17 復旧された中川吉造胸像所
(撮影：阿部，2013.11.15)



図-19 復旧後の霞ヶ浦湖岸施設南側滑走台
(撮影：阿部，2013.11.22)



図-18 地盤改良が行われた中川吉造胸像所周辺の護岸
(撮影：阿部，2013.11.15)



図-20 復旧後の霞ヶ浦湖岸施設東側滑走台
(撮影：阿部，2013.11.22)

○中川吉造胸像所

- ・2012（平成24）年7月31日に、胸像所は復旧した。
- ・胸像所の基礎は、元はコンクリート杭基礎であったが、復旧にあたり、矢板を打ち込んで地盤改良を実施した。
- ・胸像所の図面が無い状態であったため、復旧にあたった石材業者に依頼して図面を作成した。

(4) 霞ヶ浦湖岸施設

a) 平成23年度調査において把握した被災状況等の概要

- ・南側滑走台の西側及び東側滑走台の北側において、主に湖側のコンクリートスロープが、陥没もしくはめくれあがっている状況にあった。これらは、基礎地盤の液状化に伴う湖側への流動により損傷したものであると推定する。
- ・一方、同じ滑走台であっても、南側滑走台の東側及び東側滑走台の南側については、コンクリートスロープに被災は確認できなかった。こうした、場所による被災の有無については、過去の補修や災害復旧工事の影響等も考えられるが、その要因の特定には至らなかった。

b) 平成25年度調査実施時の施設の状況（図-19～20）

- ・コンクリートスロープ（滑走台）のうち、陥没もしくはめくれあがっていた個所では、被災したコンクリートスロープはすでに撤去され、復旧工事により新たなコンクリートスロープが整備されていた。

c) 平成25年度調査実施時点の復旧状況等（ヒアリング結果）

- ・復旧にあたっては、平成20年度に実施した復旧工事の際の止水状況を教訓に、鋼矢板により対象個所の締め切りを行い、水替えをしたうえで基礎地盤面を整地し、鉄筋コンクリートスロープを打設した。
- ・さらに、既存のコンクリートスロープ表面の表情（意匠）に配慮し、復旧個所のコンクリートスロープ表面の洗い出しも行った。
- ・なお、復旧にあたり、土木学会をはじめ、専門家等から助言等は受けていない。
- ・今後、コンクリートスロープ背後への特殊堤防（パラペット）の施工（高さ1m程度）など、引き続き水防対策として事業を実施する予定である。

d) 復旧に向けた今後の課題等

- ・発災直後の対応の際、当時の担当者がコンクリートスロープを土木遺産としてどの程度意識していたかは不明である。霞ヶ浦湖岸施設における過去の被災時の対応を踏まえると、コンクリートスロープではなく、今回は被害の無かった石積みに歴史的価値があると認識していたとも想定される。
- ・今後の維持管理や補修に向けて、霞ヶ浦湖岸施設の各構成要素について、土木遺産としての価値を整理するとともに、それらを施設管理者と共有しておくことが重要である。
- ・また、コンクリートスロープには、破損した箇所と破損を免れた箇所がある。霞ヶ浦湖岸施設は、完成後に一度爆撃を受けて被災したという伝聞や、コンクリートスロープは元々コンクリートを地盤面に流しただけであったという伝聞もある。こうした伝聞や過去の補修履歴などを拠り所として、被災の有無が生じた要因についても検討の余地がある。

4. まとめ

以上の通り、本報告では、東日本大震災特別小委員会が、平成25年度の文化財ドクター派遣事業の一環で実施した、歴史的土木建造物の復旧に関わるフォローアップ調査結果について取りまとめた。本調査において、管理者へのヒアリング及び現地調査に基づき、被災した歴史的土木建造物の被災後の復旧状況及び復旧に向けた課題等を把握することができた。

重要文化財（建造物）に指定されている石井閘門及び横利根閘門では、復旧にあたり、学識者等からなる保全対策検討委員会が設置され、詳細な調査等に基づき、保全対策が検討されていることがわかった。今後、施設管理者により刊行されるであろう保全対策工事記録等により、その詳細を知ることができると期待する。こうした復旧事例もしくは保全事例の蓄積により、今後の歴史的土木建造物の保全技術や防災技術がよりいっそう向上するものと考ええる。

一方、土木学会選奨土木遺産である北上川分流通施設群及び霞ヶ浦湖岸施設では、一定の復旧が行われているものの、それらは必ずしも歴史的価値への十分な配慮がなされているとは言い難く、また、これまでの復旧にあたり、土木学会や専門家等から助言を受ける機会も設けられていないことがわかった。そのため、選奨土木遺産の歴史的価値について、各施設管理者に周知するとともに、被災時等における補修方法や保全方法等について、土木史研究委員会もしくは選奨土木遺産選考委員会等が助言等を行う体制や仕組みを整えておくことが重要であると考ええる。

平成23年度から実施してきた一連の調査により^{1),2)}、東北地方太平洋沖地震による歴史的土木建造物の被災状況の全体像を把握するとともに、被災の程度が大きい施設について、現地調査に基づき被災要因を推定することができた。さらに、調査を通して、歴史的土木建造物の被災状況調査を実施する際の調査体制や調査方法など、組織的な調査実施のノウハウを蓄積することができた。

一方、発災直後の初動期の対応や、調査を効率的・効果的に実施するための歴史的土木建造物に関する基礎情報の整理といった平時の対応、さらに、被災した歴史的土木建造物の補修方法や保全方法に関する技術の蓄積、被災により歴史的土木建造物をやむを得ず撤去する場合などの記録保存の考え方や手法については、今後の課題として指摘することができる。

加えて、歴史的土木建造物に係る防災機能の再評価や、歴史的土木建造物の自然災害に対するリスクマネジメント、歴史的土木建造物と周辺の防災計画や地域計画等との連携等についても、今後の課題として指摘することができる。

これらの課題については、今後、東日本大震災特別小委員会や土木史研究委員会において対応を検討すべきであると考ええる。

こうした一連の調査による成果と課題が、被災した歴史的土木建造物の本格復旧に資するとともに、今後の災害を視野に入れた歴史的土木建造物の保全技術や防災技術の向上、さらに歴史的土木建造物の価値付けの推進等に資することを期待する。

謝辞：調査にご協力いただいた施設管理者及び所有者の皆様、地方公共団体教育委員会の皆様、文化庁及び国土交通省の皆様、土木学会選奨土木遺産選考委員会及び土木学会各支部の皆様、東日本大震災特別小委員会委員及び調査員の皆様に、厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 阿部貴弘、依田照彦：平成23年東北地方太平洋沖地震による歴史的土木建造物の被災状況に関する調査報告，土木史研究講演集 Vol.32, pp. 37-48, 2012
- 2) 阿部貴弘、後藤光亀、伊藤登、依田照彦：平成23年東北地方太平洋沖地震による歴史的土木建造物の被災状況に関する調査報告（その2），土木史研究講演集 Vol.33, pp. 33-40, 2013

(2014. 4. 7 受付)

Urban ecology in the Tokyo metropolitan area: spatiotemporal change of avian diversity during four decades

Y. Ueno¹, N. Sone¹ and M. Kurihara¹

¹ Landscape and Ecology Division of Road Department, National Institute for Land and Infrastructure Management, Tsukuba, Japan
Email: u-ueno92ta@nilim.go.jp

The world is becoming increasingly urban. Rapid urbanization around the world causes a major change of the regional biodiversity and it leads to a global change. Thus, it is urgent to clarify the change of biodiversity with urbanization and its causes. Urbanization often causes the loss and modification of habitat for many birds, changes in the water cycle, the increase of pollution (e.g., water, air, and soil), soil compression, and the reduction of ecosystem services. On the other hand, there are abundant resources (e.g., water availability, organic material), high productivity, and moderate climates in urbanized cities. In this study, we show the spatiotemporal change in an avian community along a gradient of urbanization in the highly-urbanized city of Tokyo, Japan. Firstly, we will report on temporal changes for the past four decades. The bird census was conducted during breeding seasons using the line transect method in about 300 study sites (1 × 1 km) across Tokyo. Secondly, we will report on spatial changes in the avian community across Tokyo. Especially, we show the relationship between avian biodiversity and landscape mosaics (e.g., green spaces, urban parks, and built-up environments). Finally, we will discuss the urban avian community and the loss of biodiversity based on our results.



自由集会主旨
WI

鳥好きのための GIS 入門（その2）

企画者：上野裕介（国総研）・森さやか（酪農学園大）

昨年の自由集会「鳥好きのための GIS 入門」では、近年、扱いやすくなってきた GIS（地理情報システム）の特徴と鳥類研究における活用例を紹介しました。一方で、実際に GIS を使った研究を始めてみると、研究目的の設定や GIS データの入手法（無償・有償・自作）、得られたデータの入力や解析法、GIS を操作する上での工夫など、様々なノウハウが知りたくなってきます。そこで今回は、各演者の研究を題材に、「GIS でどのような空間解析が可能になるのか?」、「野外データを GIS に落とし込むにはどうすれば良いのか?」などについて、GIS を使った研究の裏話・苦労話も交えながらご紹介します。

【内容】

1. 趣旨説明「GIS とは? GIS を使った鳥類研究を効率的に進めるために。」

上野裕介（国土交通省・国土技術政策総合研究所）

森さやか（酪農学園大学・環境動物学）

2. GIS を使ってみました。

「巣の位置データからシマフクロウの生息環境を推定する」

吉井千晶（北海道大学大学院・農学院）

3. GIS を使ってみて～その苦労と楽しみ～

「奄美大島の希少種オオトラツグミの営巣適地推定」

水田拓（環境省・奄美野生生物保護センター）

4. GIS 解析のハビタットモデリングへの適用

「衛星データを用いて南半球におけるアホウドリ類の分布確率を推定する」

井上裕紀子（（独）水産総合研究センター・国際水産資源研究所）

5. 市民科学と GIS の可能性

「市民調査結果を公開データベースと組合せ、研究に活かす！」

大澤剛士（（独）農業環境技術研究所・農業環境インベントリーセンター）

6. 意見交換・質問

ポスター発表 D：調査・研究部門

人口減少社会における都市緑地デザインと生態学の融合
：生物多様性に配慮した地域づくりのために

上野裕介 国土交通省国土技術政策総合研究所
／曾根直幸、栗原正夫

今後、日本の都市では、人口減少と都市の縮退・再編に伴い、都市景観も大きく変化すると予想されている。また、生物多様性に対する意識の高まりとともに、各地の自治体で緑の基本計画や環境目標が掲げられ、都市の再整備を通じた緑地機能の再評価と生物多様性の向上が図られるようになってきた。一方、都市計画に活用可能な生態学の知見は乏しく、効果的な計画の立案が困難な状況にあった。

そこで本研究では、地域の実情や政策的課題（環境目標など）に応じた緑地の整備や再配置などの技術的支援、都市の生物多様性のモニタリング手法の具体的な提案につなげることを目的に、幅広い都市化度を有する地域（東京都心～多摩地域）を対象に、緑地の規模や質（植生構造）、配置（周辺環境や緑地の連結性）の違いが、生物多様性（鳥、昆虫、植物）に及ぼす影響を調査した。調査は、60 か所超の緑地で季節ごとに実施し、GIS と統計モデルを用いて分析を行った。

ポスター発表 D：調査・研究部門

都市景観の向上に資する公園空間の高度利用方策に関する研究

曾根直幸 国土交通省国土技術政策総合研究所
／栗原正夫

公共事業による公園整備の結果、全国の一人当たり都市公園面積は50年間で約5倍に増加した（約2㎡／人→約10㎡／人）一方で、整備後数十年が経過した公園は、施設の老朽化や陳腐化、財政状況の悪化にともなう改築費や維持管理費の削減といった課題を抱え、利用されなくなった公園が都市や地域の景観を阻害していることも少なくない。今後の公園行政においては、従来の、公園管理者として独占的又は営利的な公園利用を極力排除し公園空間の公平性を確保するといった原則だけでなく、多様な公園利用を促進することで、公園の価値向上、機能発揮を効率的に実現し持続させるという方向性が必要である。

そこで本研究では、多様な主体による公園空間の高度利用を通じ、公園の再生や都市景観の向上を実現した事例を対象に、都市公園の利用形態を規定している法令や技術基準等の効果的な運用方法及び課題を明らかにする観点から分析を行った。



マイクロチップを用いたサンショウウオ類の生息環境評価と 環境保全措置の効果検証

Effect verification on habitat evaluation of salamanders and mitigation techniques

園田陽一^{1,2}・上野裕介¹・松江正彦^{1,3}・栗原正夫¹

Yoichi SONODA^{1,2}, Yusuke UENO¹, Masahiko MATSUE^{1,3} and Masao KURIHARA¹

¹国土交通省 国土技術政策総合研究所
National institute for land and
infrastructure management,
Ministry of land, infrastructure,
transport and tourism
〒305-0804
茨城県つくば市旭1番地
TEL : 029-864-2742
FAX : 029-864-7183
E-mail : ryokkaseitai@nilim.go.jp

²現・株式会社 地域環境計画
Regional Environmental
Planning Inc.
〒154-0015
東京都世田谷区桜新町2-22-3
NDSビル3F
TEL : 03-5450-3700
FAX : 03-5450-3701
E-mail : sonoda@chiikan.co.jp

³現・神奈川県庁
Kanagawa prefecture
〒231-8588
神奈川県横浜市中区日本大通1
TEL : 045-210-1111
E-mail : matsue.aje@pref.kanagawa.jp

1. はじめに

日本に生息する両生類のグループは、希少種が多く含まれており、しばしば環境影響評価（環境アセスメント）における影響の予測対象となる。これらの予測対象種については、事業対象地周辺での生息状況の確認に加え、必要に応じて環境保全措置を講じたり、保全措置の効果検証が求められたりする。しかしながら一部の種を除き、両生類の生態、特に詳細な生息環境や季節的なハビタットの移動については情報が十分ではない。したがってその種の生態的特性の解明のみならず、効果的な環境保全措置を講じるためにも、野外において両生類を効率的に発見し、生息環境の把握や継続的な移動の追跡などを可能にする調査技術の開発が求められている。

近年、カエル類やサンショウウオ類の個体識別（マーキング）手法としてマイクロチップ（PIT tag）が使用されるようになってきた[1][2][3]。また両生類以外にも、例えば魚類等においてマイクロチップを用いた調査が行われている。一例を挙げれば、設置式のマイクロチップリーダーを用いて魚道を通過する魚類のモニタリングを試みた事例がある[4][5]。

そこで本報文では、しばしば環境影響評価の対象となる小型サンショウウオ類2種（クロサンショウウオ、トウホクサンショウウオ）に着目し、マイクロチップを利用した効率的な個体の発見と生息環境の把握の可能性について野外で実証試験を行い、技術面からの検討を行った結果を報告する。あわせて、環境保全措置の一種である道路横断施設の効果検証法の開発を目指し、マイクロチップを用いた小型サンショウウオ類の道路横断施設の利用実態調査を行った結果についても報告する。

2. 研究方法

（1）マイクロチップを用いた小型サンショウウオ類の探索と生息環境の把握

マイクロチップを利用した小型サンショウウオ類の効率的な個体の発見と生息環境の把握の可能性についての実証試験は、栃木県那須塩原市、福島県下郷町および西郷村の甲子道路、新潟県南魚沼市の八箇峠道路の3ヶ所で行った。

まず、小型サンショウウオ類にマイクロチップを装着するために、那須塩原と甲子道路では2011年3月に、八



図-1 ポールリーダーによる探索

八箇峠道路では2011年5月に繁殖池周辺に集まっていたサンショウウオ個体を捕獲した。捕獲個体の左体側部にマイクロチップインジェクターを用いてマイクロチップ（Trovan社製，0.1g，長さ約11mm×直径約2mm）を装着した。マイクロチップの装着数はそれぞれ、那須塩原45個体、甲子道路30個体、八箇峠道路104個体である。

次に、マイクロチップリーダーを用いた小型サンショウウオ類の探索方法の有効性を検証するため、2011年の夏期（7月）、秋期（9月）、積雪期前（11月）、2012年の融雪期（3月）にポールリーダー（図-1）を用いて地表や落ち葉の下にいるマイクロチップ装着個体を探索した。あわせて、ネストトラップ法、ピットフォールトラ

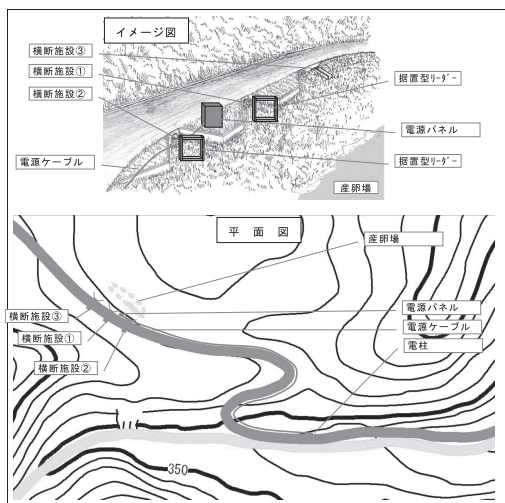


図-2 据置型マイクロチップリーダーの設置箇所

ップ法、見つけどり法を用いて、探索漏れの個体の発見を試みた。マイクロチップを装着した標識個体を確認した場合（再捕獲の場合）は、マイクロチップID、体サイズ、確認箇所の環境を記録し、確認箇所の写真撮影およびGPSにより位置情報を記録した。

（2）小型サンショウウオ類の道路横断施設利用状況

小型サンショウウオ類の道路横断施設の利用実態調査は、新潟県南魚沼市の八箇峠道路にて行った。道路横断施設は、産卵池と非繁殖期の生息場所である森林との間を横切る場所に3か所設置されている。構造は、通水機能を有したボックスカルバート（縦40cm×横40cm×長さ5m程度）である。そこで、これらの道路横断施設のうち、産卵池に面した2か所の出入口にマイクロチップリーダーアンテナ（Dorset社製、縦500mm×横500mm×幅150mm）とデータロガー（マイクロチップのID、通過日時を記録）をそれぞれ設置し、利用状況を記録した（図-2、図-3）。リーダーと電源は、2011年11月上旬に設置し、その後、2012年11月下旬まで1年にわたってデータを取得した。リーダーからのデータの回収は、2012年6月および11月に行った。あわせて、道横断施設

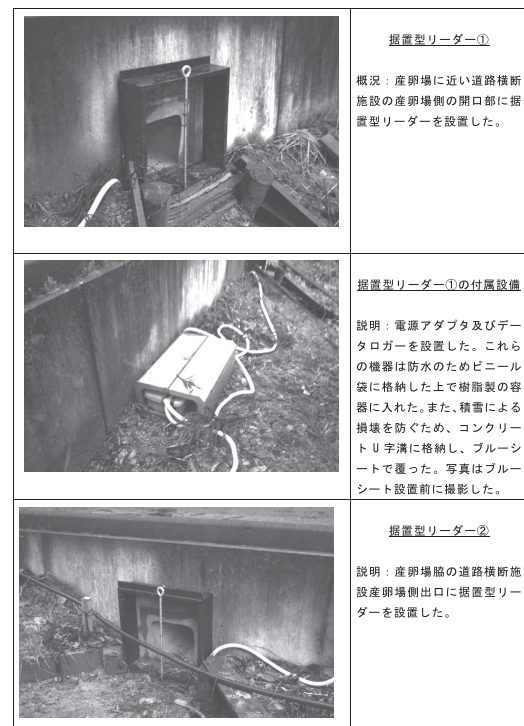


図-3 据置型マイクロチップリーダーの概要

出口にピットフォールトラップを設置し、従来型の調査手法による利用状況のモニタリングも実施した。

3. 結果と考察

(1) マイクロチップを用いた小型サンショウウオ類の探索と生息環境の把握

1) 探索方法ごとの確認個体数

那須塩原の調査地周辺には、トウホクサンショウウオのみが生息する。ここでは、計31個体を確認した。確認個体はいずれも見つけどり法によるもので、マイクロチップリーダーによる確認はなかった。

なお、2012年3月に実施した融雪期調査では、捕獲20個体のうち、9個体が再捕獲であった。この調査地では、2011年に計49個体にマイクロチップを装着し、標識済みであることから、標識再捕法に基づく個体数の推定を試みた。今回は最も単純なLincoln-Petersenモデルを用いて調査地におけるトウホクサンショウウオの生息個体数(N)を推定した。なお再捕獲個体が9個体と少なく、調査区域内外での個体の移出・移入や個体の死亡の程度が不明なことから、推定された個体数は、あくまで参考値である。

Lincoln-Petersenモデルによる推定式は、 $m_1/n_2 = n_1/N$ であらわされる。

n_1 : 標識後に調査地へ放した個体数(本調査では49個体)

n_2 : 融雪期調査で捕獲された個体数(20個体)

m_1 : 融雪期調査で再捕獲された個体数(9個体)

したがって、2012年3月の融雪期調査時におけるトウホクサンショウウオ成体の推定個体数Nは、 $N = n_1 \times n_2 / m_1$ で $49 \times 20 / 9 = 108.9$ (個体) であった。

次に、クロサンショウウオとトウホクサンショウウオ

が同所的に生息する甲子道路の調査地では、31個体(クロサンショウウオ5個体、トウホクサンショウウオ5個体、同定が困難な幼体21個体)を確認した。確認個体は、いずれも見つけどり法によるものであり、マイクロチップリーダーによる確認はなかった。なお甲子道路の調査地では、マイクロチップを装着した標識個体の再捕獲はなかった。このため前述の那須塩原の事例のように、標識再捕法による生息個体数の推定は行うことができなかった。

最後に、クロサンショウウオのみが生息する八箇峠道路の調査地では、45個体を確認した。確認個体は見つけどり法およびピットフォールトラップによる捕獲で、マイクロチップリーダーによる確認はなかった。

那須塩原、甲子道路、八箇峠道路のいずれの調査地においても、小型サンショウウオ類の確認は、見つけどり法やトラップによるものであり、マイクロチップリーダー(図-1. ポールリーダー)を用いた確認はなかった。この原因は、小型サンショウウオ類の非繁殖期の生息場所の特性によるものかもしれない。見つけどり法による確認箇所は、地中の空隙や厚く堆積した落葉落枝の中、倒木および石の下などであった。これらの条件下では、小型サンショウウオ類の体内に装着されたマイクロチップの情報を、地表からリーダーで読み取ることができなかったのだろう。このことは、今後、調査を効率化する上での技術的課題である。

2) 非繁殖期における小型サンショウウオ類の生息場

見つけどり法によって小型サンショウウオ類を確認した地点の環境は、以下の3タイプに大別された(図-4)。

- ① 樹林内の林床に見られた倒木や石の下
- ② 林床や斜面に見られた穴の中や岩の隙間など地中の



図-4 非繁殖期のサンショウウオ類の生息場所

空隙（最も深い箇所では地表から約40cm）

③ 斜面や側溝などで落葉落枝が厚く堆積した箇所

これらの場所は、いずれも適度に湿り気があり、小型サンショウウオ類に適した環境であるのだろう。なお本調査では、斜面を中心に探索を行った。そのため、斜面以外でも同様な環境があれば、小型サンショウウオ類の生息場になっている可能性が考えられる。

一方で、見つけどり法の弊害として、生息環境の物理的変化と発見効率の低さが挙げられる。非繁殖期の小型サンショウウオ類を探索する場合には、潜んでいそうな穴の中や地中を掘り返したり、落葉落枝や石を裏返したりするなど、生息環境の変化が避けられない。また、捕獲効率の低さや調査コストの面から考えても、広域におよぶ調査の実施は、現実的に多くの問題を抱えている。この点からも、小型サンショウウオ類の発見や追跡を効率的に行う技術が必要となる。

3) 小型サンショウウオ類の成長に伴う移動と行動圏

調査では、成長段階による生息環境の違いは認められなかった。八箇峠道路の調査地で実施した積雪前期調査では、産卵池から20m程度離れた道路脇斜面の地中でクロサンショウウオ12個体を確認した。この中には、外部形態の特徴から翌春の繁殖期に参加する可能性が高いと思われる成体（雌雄とも）、上陸後数年を経たと思われる亜成体、上陸後間もない幼体が含まれていた。このことは、小型サンショウウオ類が年齢や繁殖参加の有無に関係なく、産卵池周辺の地中を生息場として利用していることを示唆している。

小型サンショウウオ類の林内での移動距離については、不明な点が多い。甲子道路の調査地では、非繁殖期の調査で産卵場から最大180m程も離れた地点でクロサンショウウオの成体が確認された（図-5）。このことから、小型サンショウウオ類の成体は少なくとも200m近い距離を移動する場合があることがわかった。また体長と移動距離との間には、明瞭な関係は見られなかった（図-5）。

一方、本調査では、移動距離についてはいくつかの知見が得られたものの、行動圏の面的な把握はできなかった。当初の計画では、マイクロチップを装着し、産卵池で放逐した個体を非繁殖期に探索・再捕獲することで、行動圏を把握可能と期待していた。しかし、標識個体の

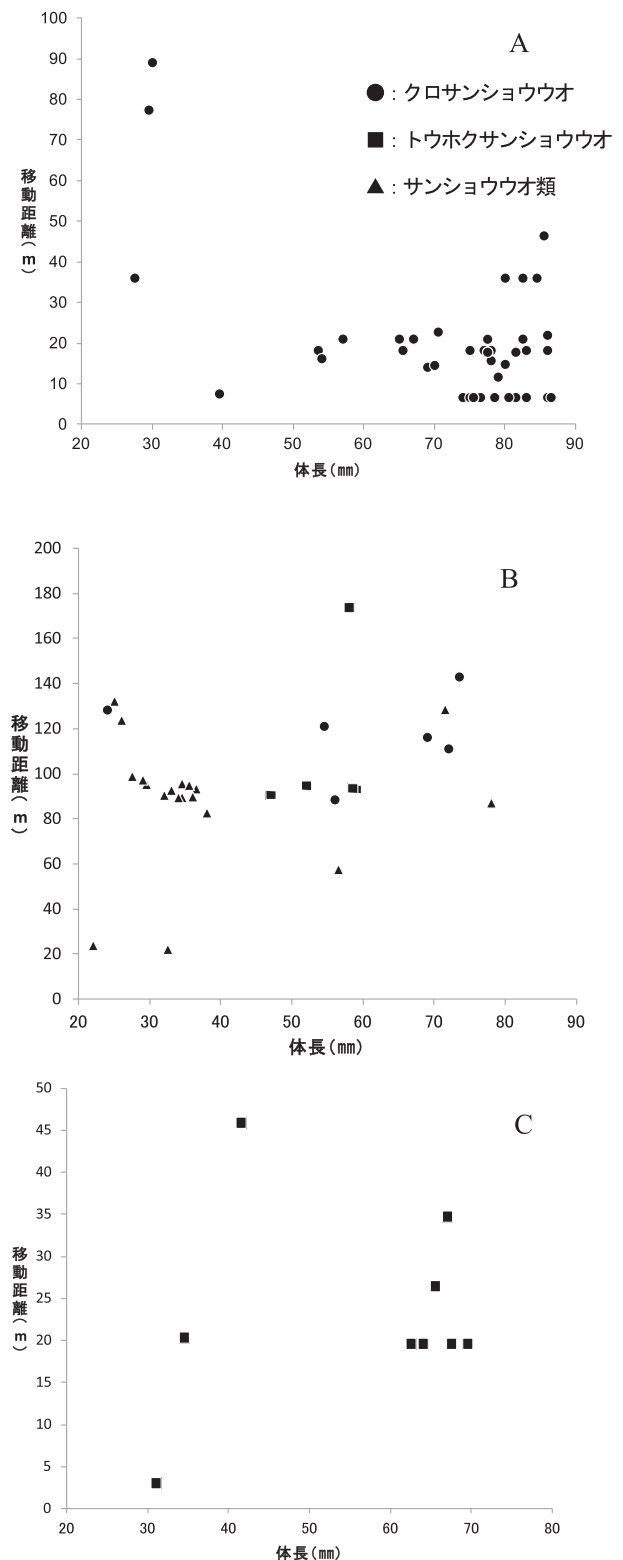


図-5 サンショウウオ類の移動距離

A：八箇峠道路におけるクロサンショウウオの移動距離

B：甲子道路におけるトウホクサンショウウオとクロサンショウウオの移動距離

C：那須塩原におけるトウホクサンショウウオの移動距離

再捕獲率（発見率）が低く、行動圏の詳細に関する情報は得られなかった。

（2）小型サンショウウオ類の道路横断施設利用状況

据置型リーダーを設置した2011年11月から翌2012年11月のデータ回収までの期間に、横断施設 No.1 では15個体、のべ474回、横断施設 No.2 では14個体、のべ676回の記録があった（図-6）。なお、据置型リーダーの記録間隔は、クロサンショウウオがリーダーの前を通過するのに必要な時間よりも短かく設定しているため、回数には、同一日同一個体の情報が多く含まれている。記録日の内訳をみると、2011年11月19日に記録された後は、主に2012年5月と11月に記録された。この理由は、クロサンショウウオが冬眠に入ったため、あるいは積雪により通行不能となったためであると推測される。

調査の結果、据置型リーダーによる記録は5月頃と11月に集中していた（図-6）。このことから、クロサンショウウオの移動には、季節性があることがわかった。5月に記録が集中していた理由として、この時期はクロサンショウウオの繁殖期にあたるため、産卵のために池に集まる個体や、逆に産卵池から周辺の林へ戻る個体が道

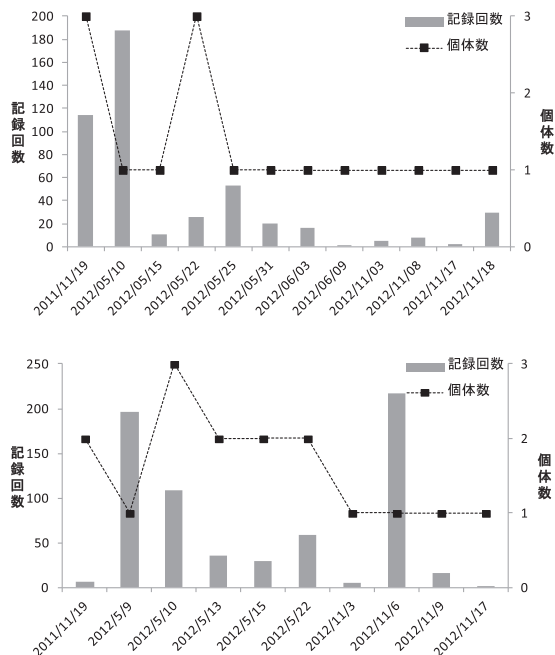


図-6 据置型リーダーによる道路横断施設の通過記録回数と個体数
上：リーダー No.1 の記録、下：No.2 の記録

路横断施設を利用したためと考えられる。また11月に記録が集中していた理由として、この時期は積雪期の直前であり、翌年の繁殖期に備え、繁殖池周辺に集まろうとする個体が道路横断施設を利用したためかもしれない。なお本調査は、あくまで繁殖池の近傍に設置した道路横断施設の利用状況をモニタリングしたものであるため、クロサンショウウオの季節移動の全体像を明らかにしたわけではない。しかしながら、同手法を用いることで、ある場所における個体の移動を継続的に調査できることがわかった意義は大きいだろう。

（3）小型サンショウウオ類の調査手法としてのマイクロチップと据置型リーダー

マイクロチップと据置型リーダーによる調査を実施した八箇峠道路では、従来の見つけどり法やトラップ法では、マイクロチップ装着個体を再捕獲、すなわち全く確認することができなかった。一方で、No.1 と No.2 の据置型リーダーにおいて、合計 29 個体が 2011 年の 11 月と翌年の 5 月に記録されたことは、据置型リーダーを用いたモニタリングの有効性を示しているだろう。また本調査の結果、据置型リーダーは 1 年間継続してデータを取得できており、長期間のモニタリングにも耐えうるものと考えられる。またマイクロチップと据置型リーダーを用いる本手法は、従来のトラップ法を用いた方法と比較しても、優れた点がある（表-1）。代表的なトラップであるピットフォールトラップを用いた場合、トラップの設置から回収までの期間が長いと、トラップに入った個体が死亡することがある。一方で、個体の死亡を避けるには、頻繁なトラップの見回りと回収が必要となるため、長期間の継続調査は調査人員の確保やコストの面から困難である。以上のことから、従来の調査方法に比べ、マイクロチップと据置型リーダーを組み合わせることで安価に継続的な調査を実施でき、結果的に効率的・効果的な環境保全措置の開発やモニタリングにつながる事が期待される。

謝辞

調査へのご協力ならびに情報提供いただいた国土交通省の各地方整備局の方々にこの場を借りて御礼申し上げます。

表-1 「マイクロチップ調査」と「従来の調査」の比較

	マイクロチップを活用した調査	従来の調査	
		見つけどり法	トラップ法
概要	・個体にマイクロチップを装着し、マイクロチップリーダーを用いて探索や記録を行う	・サンショウウオがいきそうな場所を中心に、目視により探索する	・サンショウウオが通過しそうな場所を中心に、トラップを設置する
個体への影響	・マイクロチップを装着するのに技術を要するが、熟練者が作業すれば影響は小さい	・サンショウウオが潜んでいそうな小穴を掘り返したり、落ち葉や石を裏返したりして探すため、生息環境の物理的改変が生じる	・トラップ内で個体が死亡する危険がある
手順	①個体を捕獲(繁殖池など個体が集まる場所で捕獲) ②成体にマイクロチップを装着し、放逐 ③据置型リーダーを設置し、リーダーの前を通過する個体を自動的に記録	①調査地内で、目視により探索 ②必要な時期に現地調査を繰り返す	①調査地内に、トラップ設置 ②一定期間後にトラップの巡回と回収 ③必要な時期に現地調査を繰り返す
調査時期と期間	・年間を通じて実施可能(ただし事前にマイクロチップを装着しておく必要がある) ・据置型リーダーを用いることで、1年を通じて自動的に記録が可能	・年間を通じて実施可能(ただし繁殖期の繁殖場周辺以外での発見は困難) ・年間を通じた調査のためには、繰り返し現地調査が必要	・年間を通じて実施可能(ただし繁殖期の繁殖場周辺以外での捕獲は困難) ・年間を通じた調査のためには、繰り返し現地調査が必要
調査コスト	・マイクロチップ本体の費用、運用費用は安価 ・広範囲の調査には、複数台のリーダーが必要	・長期、広範囲の調査には、多くの人員や経費が必要	・長期、広範囲の調査には、多くの人員や経費が必要
課題	・マイクロチップの装着には、熟練が必要 ・現時点では、リーダーの読み取り感度が低い(読み取り可能範囲が狭い)	・発見や捕獲効率が悪い ・長期、広範囲の調査には、多くの人員や経費が必要	・発見や捕獲効率が悪い ・長期、広範囲の調査には、多くの人員や経費が必要

引用文献

- [1] 草野保 (2008) サンショウウオ類におけるマーキング法, 爬虫両棲類学会報 2008 (2) :105-115.
- [2] 福山欣司 (2008) カエル類におけるマーキング法と個体識別法, 爬虫両棲類学会報 2008 (2) :116-125.
- [3] 上野裕介・園田陽一・松江正彦・栗原正夫 (印刷中) マイクロチップを用いた小型サンショウウオ類のモニタリング技術, 応用生態工学.
- [4] Theodore Castro-Santos, Alex Haro, Stephen Walk (1996) A passive integrated transponder (PIT) tag system for monitoring fishways, Fisheries Research 28 (3) :253-261.
- [5] Gayle Barbin Zydlewski, Gregg Horton, Todd Dubreuil, Benjamin Letcher, Sean Casey & Joseph Zydlewski (2006) Remote monitoring of fish in small streams unified approach using PIT tags, Fisheries 31 (10) :492-502.

企画集会 T06-1 (Lecture in Symposium/Workshop)

趣旨説明: 都市の生物多様性を軸にした生態学と社会経済, 政策の融合にむけて

上野裕介(国総研)

現在, 日本の都市生態系(社会-生態システム)は大きな転換点を迎えている。日本は人口減少と都市の縮退期に入り, 都市の再編・再整備を目指す動きが本格化しつつある。この機に, 都市の生物多様性保全についても社会-生態システムの視点から捉え直し, 生物多様性を適切に保全する術を今後の都市計画や地域戦略, 市民や企業の活動に反映していくことが重要だろう。

本企画集会では, まず生態学者の立場から『都市の生物多様性研究の特徴と研究フィールドとしての面白さ(1. 三上らの発表)』について紹介する。一方で, そもそもなぜ『多様性に乏しい都市の生物相』を守る必要があるのだろうか, という疑問も湧く。これに対する答えの一つとして『都市化に伴う自然体験の喪失が引き起こす, 人々の健康や福利, 環境意識の低下(2. 曾我ら)』や『幼少期の自然体験の喪失が, その後の保全行動への理解の低下や実際の取組み不足につながる(3. 今井ら)』ことを紹介し, 都市の生物多様性の意義について考える契機としたい。

しかし現実には, 人間が生態系の主要構成員である都市生態系(社会-生態システム)において生物多様性保全を進めるためには, 地域住民の間で『地域の生態系の現状や利用に関する知識を獲得・共有することが重要(4. 土屋)』であり, 同時に『人間の多様なニーズや価値観との調整を図り, 多機能性を付与する都市デザインや戦略を構築することが必要(5. 加藤)』になってくる。さらにそれらの知見を『国土政策の中で位置づけ, 長期的な視点で政策や社会づくりに反映(6. 曾根ら)』させるとともに, 『地域の特長を活かした都市のブランディングや民間との協働(7. 相川)』の視点も入れ, プランを練る必要がある。

これらの議論を通じ, 次世代に向けた持続可能な社会形成に役立つ提案へとつなげたい。

企画集会 T06-7 (Lecture in Symposium/Workshop)

都市の生物多様性保全政策の現状と今後の方向性

*曾根直幸, 上野裕介, 栗原正夫 (国総研)

現在、日本の都市生態系（社会-生態システム）は大きな転換点を迎えている。世界的に都市人口が急増する中、日本では人口減少と都市の縮退が予想され、政策的にも都市の再編・再整備とコンパクトシティを目指す動きが主流となりつつある。この機に、都市の生物多様性保全政策についても社会-生態システムの視点から捉え直し、都市生態学に係る知見を反映していくことが重要だろう。

拡大成長時代の都市の生物多様性保全政策では、都市に残る貴重な生物の生息・生育地としての緑地の保全・創出に重点が置かれてきた。例えば公共事業での公園整備や土地利用規制による樹林地保全などの個別施策、地方自治体が策定するマスタープランである緑の基本計画を活用したエコロジカルネットワークの形成が推奨されてきた。また近年は、2010年にCOP10の決議で推奨された都市の生物多様性指標（シンガポール指標）も導入し、定量的な評価が試みられつつある。

一方、演者らが全国各地の緑の基本計画を生物多様性保全策の観点から整理した結果、地域の生物多様性に関する情報不足（調査研究とその成果に基づく評価・分析の不足）や、計画の実効性を高めるのに必要な都市域の生態学的知見の不足が明らかとなった。

また演者らが都市域の生物多様性のパターンを明らかにするために、東京都心部から郊外の緑地（60箇所）で複数分類群（鳥類、飛翔性／徘徊性昆虫類、植物）を対象に行った調査では、緑地の規模や質に加え、対象生物種の移動能力の違いにより都市化の影響が異なること、特に移動能力の小さい分類群では孤立からの時間経過の影響（絶滅の負債extinction debt）が生じていることなどが示唆された。

本講演では、これらの結果を紹介し、環境的側面に加え、社会・経済的側面での貢献もふまえた都市の生物多様性保全政策について議論したい。

2.3 雑誌・特集記事等

16) 都市由来植物廃材のエネルギー利用の現状と課題	101
17) 災害に強い都市緑化樹木ー台風、津波災害による被害実態についてー	103
18) GIS と生息適地モデルによる広域スケールでの生物の生息環境の評価と地図化の試み .	108
19) 歴史的な土木施設における伝統的工法の活用方策 ～歴史的風致維持向上計画認定都市の取組みを例に～	112

都市由来植物廃材のエネルギー利用の現状と課題

1. はじめに

低炭素都市づくりの方策の一つに、公園緑地や街路樹等から発生する剪定枝・刈草等（以下「都市由来の植物廃材」という。）のエネルギー源としての活用がある。また、都市由来の植物廃材の活用は、東日本大震災以降、災害時における自立的なエネルギー確保の観点からも期待されている。

しかし、都市由来植物廃材については、従来、緑のリサイクルとして、堆肥化やマテリアル利用としてのチップ化等が行われているが、エネルギー利用が行われている事例は少ない。このような背景のもとに緑化生態研究室で平成24年度から25年度にかけて「都市における地産地消型再生可能エネルギー活用に関する研究」を実施した。

本稿では、それらの調査結果より得られた都市由来植物廃材の現状及び課題について概説する。

2. 都市由来植物廃材エネルギー利用の現状

対象とするエネルギー利用については、平成24年9月にバイオマス活用推進会議において決定された「バイオマス事業化戦略」の「バイオマス利用技術の現状とロードマップについて」において、現状（2012年）及び概ね5年後（2017年ころ）に「実用化」が可能であり、かつ、原料が木質系・草本系であるものを対象とした。また、前述の研究における目的が、剪定枝等の植物発生材を公園等でエネルギー利用するといった小規模分散型の

施設を想定しているため、大規模な発電施設といったものは除外している。また、大規模プラントが必要な生物化学的変換のセルロース系発酵（第2世代）もここでは除外することとする（表-1）。

公園等における植物廃材のエネルギー利用としては、表-2に示したとおり、公園内で発生する剪定枝、間伐材を用いて、薪又はチップを製造し、薪ボイラー又はチップボイラーの燃料としての熱利用が見られる。一部、密閉式外燃機関であるスターリングエンジンによる電力供給も行っているが、発電出力が小さく足湯施設の照明での利用になっている。

このように、公園等での植物廃材のエネルギー利用の現状としては、固形燃料化としては、薪、チップの製造といった事例が見られた。エネルギー利用としては、既に実用段階にある直接燃焼による熱利用が主であった。ガス化による発電では、国内の小規模施設では、実証実験段階のものがほとんどで、今後の実用化に向けての検討が必要である。そのため、国総研緑化生態研究室においては、平成24年に、ガス化発電の課題の一つ

表-1 対象とした植物廃材のエネルギー利用技術

技術		製造物	対象とする具体的技術
物理学的変換	固体燃料化	チップ、ペレット等	・チップ製造 ・ペレット製造
	直接燃焼（専焼）	熱、電気 ^{注）}	・ボイラー（暖房利用） ・ボイラー（冷暖房利用）
	炭化	炭、バイオコークス	・炭化（直接、間接燃焼） ・バイオコークス
熱化学的変換	ガス化（発電・熱利用）	熱、電気	・ガス化（コージェネレーション）

注）直接燃焼による発電施設は大規模であるため除外

表-2 公園等での植物廃材のエネルギー利用の事例

事例No.	1	2	3	4	5
事業主体	八王子市	山梨市	NPO法人山里倶楽部	環境省	㈱日比谷アメニス・東京都港湾局
対象施設	北野清掃工場ボカボカ足湯	万力公園ふれあい動物広場 万力林カピバラの湯	万博記念公園内木質バイオマス有効活用システム	新宿御苑	大井ふ頭中央海浜公園
受入れ原料	剪定枝、間伐材。樹種はコナラ、クスギなど。	剪定枝、間伐材	剪定枝、間伐材	剪定枝、間伐材	剪定枝、間伐材
原料供給元	市内長池公園	万力公園内	万博記念公園内	新宿御苑内	東京港南部地区海上公園（主に大井ふ頭中央海浜公園）
製造する固形燃料	薪	薪	薪	剪定枝チップ	剪定枝チップ（一部市販の木材チップも利用）
エネルギー利用機器	薪ボイラー	薪ボイラー	薪ボイラー（スターリングエンジン付き）	チップボイラー	チップボイラー
エネルギー供給先	足湯	カピバラ園の冬期の温水	公園内足湯施設熱源及び電力	菊栽培の温室の熱源	公園内施設の暖房・給湯の熱源

研究コラム

である副産物のタールの処理も念頭においた剪定枝等の炭化やバイオオイルとしてのタールの回収といった2つの技術を対象とし委託研究により実証実験を行った¹⁾。

3. 都市由来植物廃材のエネルギー利用の課題

3.1 都市由来植物廃材の木質バイオマス燃料としての適性

木質バイオマスの燃料としての基準としては、木質バイオマス利用の先進自治体である岩手県の燃料用チップ品質・規格のガイドライン案や、全国木材チップ工業連合会が策定した木材チップ品質規格、さらには、一般社団法人日本木質ペレット協会が、2010年に欧州28ヶ国が共同で策定した非産業用木質ペレットの欧州規格と整合性を取りつつ策定した木質ペレット品質規格等がある。

都市由来植物廃材の燃料としての特性をこれらの基準と比較すると、剪定や刈草直後では、剪定枝葉や刈草は含水率が高い。さらには、剪定した樹木の葉及び刈草は灰分測定では基準値より高く、硫黄S、窒素N、塩素Clの含有量も基準値より高かった。そのため、木質バイオマス燃料としての品質を確保するためには、剪定枝の葉及び刈草は使用せずに、剪定枝と葉を分離することが必要である。また、通常、樹木を剪定した直後では、緑化生態研究室の研究結果では、含水率は概ね50%と考えられるため、乾燥の工程が必要になる。海外の文献²⁾によると、木質チップでも含水率を30%-WB以下まで乾燥させると、生物学的な安定性の問題なしに貯蔵できるとされており、木質チップを利用する場合は、腐敗発酵の進みづらい剪定枝の状態で、保管乾燥させることが必要である。

なお、ヨーロッパでは、欧州標準化委員会(CEN)によって固形バイオマス燃料に関する規格が、欧州規格として統一されつつあり、非産業用木質ペレットも含めて、非産業用木質ブリケット、非産業用木材チップ、非産業用薪、燃料草などの非産業用非木質ペレットなどの規格があるが、これらは、ISO17225シリーズとして改定され平成26年4月に発行されている。

3.2 都市由来植物廃材の発生量における課題

都市由来植物廃材の発生量は、都市内で広く薄く発生していると考えられ、比較的集中的に発生すると考えられる大規模公園においても、その発生量の全てを用いても公園でのエネルギー需要を全て満たすことができない³⁾。しかし、広域的に収集する場合、一般に、都市由来植物廃材は、廃棄物処理法の一般廃棄物に該当すると判断されることが多く課題が多い。

そのため、現状では、足湯、栽培温室などの施設を限定しての利用や、公園内施設の暖房・給湯の熱源の場合も既存の熱供給施設との併用といったことが行われている。

4. おわりに

これらの研究成果は、「都市由来植物廃材のエネルギー利用手法等に関する技術資料」として取りまとめて国総研資料として公表する。なお、平成24年7月にスタートした再生可能エネルギーの固定価格買取制度では、再生可能エネルギー発電設備の区分ごとの調達価格等が定められ、木質バイオマスについても、「間伐材等由来の木質バイオマス」を電気に変換する設備から「一般廃棄物」等を電気に変換する設備まで5つの区分で、調達価格等が定められており、今後、この制度の利用が進めば、公共側での直接の利用ではなくても、剪定枝葉や刈草等の植物廃材処理業者の方で収集した廃材の民間でのエネルギー利用が進むことも考えられる。

参考文献

- 1) 曾根直幸：都市における植物廃材のエネルギー利用に関する研究動向、土木技術資料、第56巻、第1号、pp.46～47、2014
- 2) Wood Fuels Handbook(2009), WWW.Biomassstradeacentres.EU
- 3) 曾根直幸、山岸裕、栗原正夫、大場龍夫、河野良彦、根本泰行：都市公園における木質バイオマスを活用したガス化発電技術の導入可能性に関する研究、ランドスケープ研究、77巻、5号、pp.693～696、2014¹⁾

災害に強い都市緑化樹木

— 台風、津波災害による被害実態について —

国土交通省国土技術政策総合研究所緑化生態研究室主任研究官

飯塚 康雄

1. はじめに

日本に毎年襲来する台風、突発的に発生する竜巻や津波は、都市に植栽されている緑化樹木に倒伏や枝折れ等の被害を与え、さらに樹木周辺を利用する人々や建物等に二次的な障害を発生させている(写真-1)。

このような樹木による障害を未然に防止するためには、災害により被害を受けた樹木の実態調査を通して、その被害要

因を把握し、目標とすべき樹木形態を設定することが重要となる。同時に、この目標樹木形態をつくるための植栽管理が不可欠である。

本稿では、平成16年に襲来した台風により被害を受けた街路樹、平成23年の東日本大震災により発生した津波で被害を受けた海岸林の実態を報告するとともに、被害を最小限に抑えるための対策について紹介する。

2. 災害による樹木被害の実態

(1) 台風による被害実態

平成16年に上陸した台風は、それまでの過去55年間で最多の10個を数えた。さらに、個々の台風の勢力は強く、例えば台風18号においては接近・上陸に伴い、広島で最大瞬間風速60.2m/sを記録するなど、多くの観測点で最低気圧や最大瞬間風速、最大風速の記録が更新された¹⁾。

これらの台風により街路樹の倒木等の被害も多発し、特に台風16号では大阪府で自転車に乗っていた男性が飛来した樹木により死亡、台風18号では北海道で倒木により2名が死亡するなど痛まし

い事故が発生した²⁾。

以下に、平成16年に発生した台風被害木について、国、都道府県、政令指定都市が管理する道路を対象としたアンケート調査により明らかにした、被害樹木の本数・樹種、被害形態と樹高・樹齢の関係を報告する。

①被害本数および樹種

街路樹の被害本数は、全国で24,835本となり、平成14年3月31日現在で植栽されていた街路樹本数(3,406,905本)³⁾に対する被害率でみると0.73%となった。また、地域別で比較すると、北海道が最も多く(本数:9,436本、被害率:1.86%)、次いで九州(本数:5,804本、被害率:1.73%)、中部(本数:4,837本、被害率:1.06%)、中国(本数:1,747本、被害率:0.78%)となっており、これら4地域で全体の約8割の被害本数を占めるとともに、いずれの地域も全国被害率(0.73%)を上回る結果となった(図-1)。

被害が多かった樹種としては、ナナカマドが2,683本と最も多く(北海道での被害本数:2,672本)、2位がハナミズキの1,519本(北海道、四国、沖縄を除く本州で上位)、3位はカイヅカイブキの



台風による根返り



竜巻による幹の破断



津波による幹折れと根返り

写真-1 災害による緑化樹木の被害

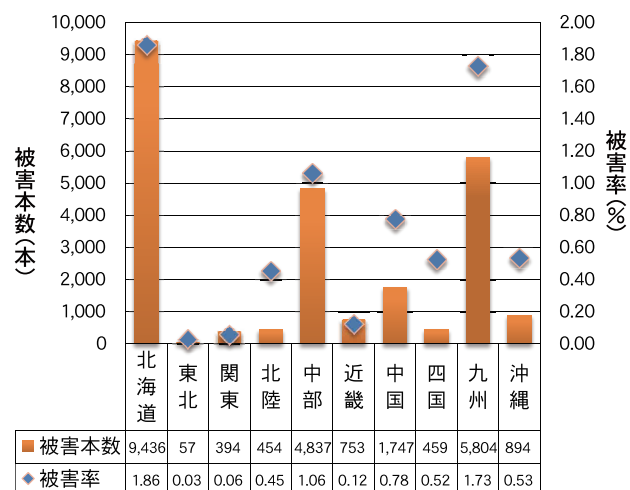


図-1 地域別の被害本数

1,237本（中部以西の地域）となった（図－2）。地域別でみると、北海道がナナカマド、東北・四国がシダレヤナギ、関東がプラタナス類、北陸がヤマボウシ、中部がハナミズキ、近畿がケヤキ、中国がカイヅカイブキ、九州がナンキンハゼ、沖縄がフクギとなった。

②被害形態別の被害割合

被害形態では、全国的に見ると傾斜が全体の38%を占めて最も多く、次いで根返りの32%となり、ほぼ7割が根系（植栽基盤）に起因するものとなっていた（図

－3）。形態別に被害が多かった樹種としては、傾斜ではカイヅカイブキ、ハナミズキが多く、根返り、幹折れではナナカマド、ニセアカシア、サクラ類が多かった。また、枝折れではナンキンハゼの被害が多かった。

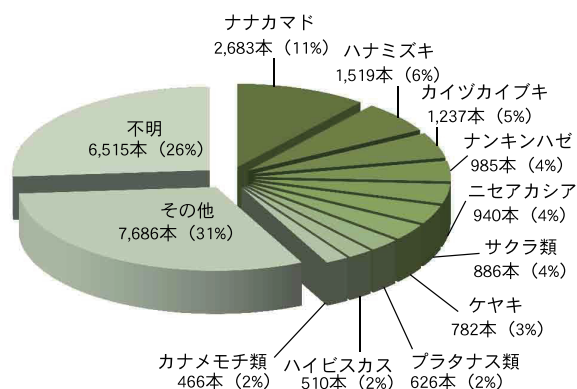
樹高と被害形態の関係では、樹高が高くなるほど幹折れ、根返りによる被害割合が高くなる一方で、樹高が低いほど傾斜の被害割合が高くなっていった（図－4）。

樹齢と被害形態の関係では、幹折れはほとんどの樹齢階層で20%前後を占めて

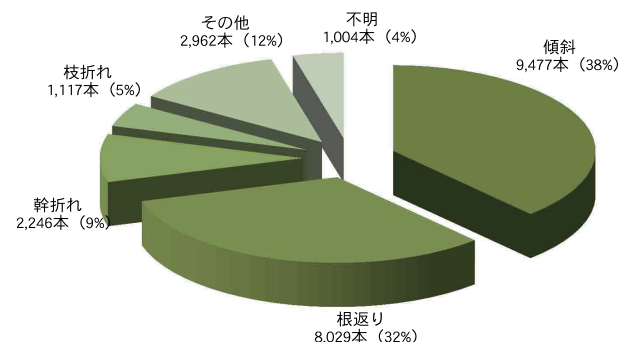
おり、樹齢との関係は確認できなかったが、根返りでは樹齢が高い階層になるほど被害割合が高くなり、傾斜では樹齢が低い階層ほど被害割合が高くなっていった（図－5）。

（2）津波による被害実態

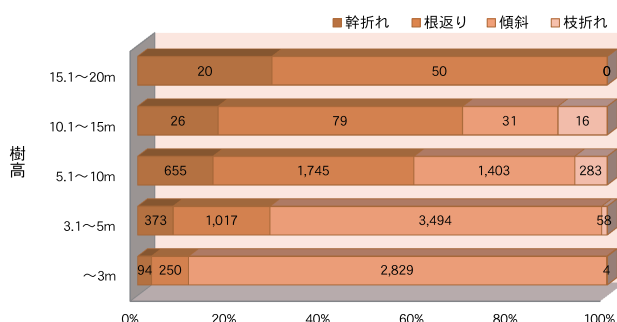
東日本大震災により発生した津波は、北海道、東北、関東の太平洋沿岸部に甚大な被害をもたらした。特に、震源地に近い岩手県大船渡市綾里湾では40.1mの観測最大の遡上高が記録されるなど⁴⁾、



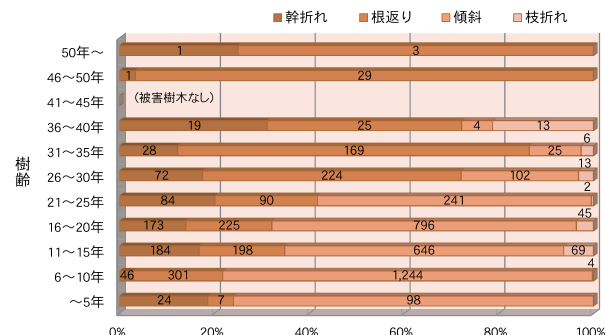
図－2 樹種別の被害本数（構成比）



図－3 被害形態別の被害割合



図－4 樹高階層毎の被害形態別の被害割合



図－5 樹齢階層毎の被害形態別の被害割合



出典：位置図：Google Map、航空写真：Google Earth

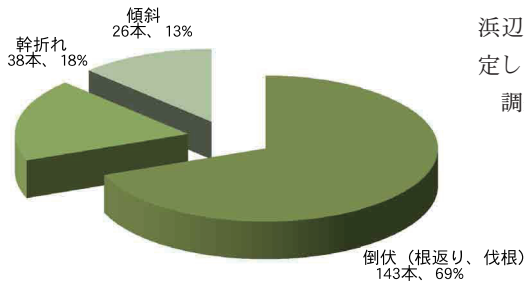
図－6 海岸林の調査対象地

巨大な水塊が高い壁となって襲来し、防波堤からまち全体までの全てを崩壊させた。海岸に沿った平野は、山地が7割を占めるわが国では貴重な生活の場であり、その生活環境を強風や潮風、飛砂、高潮などから守るため、海岸林が先人達の多

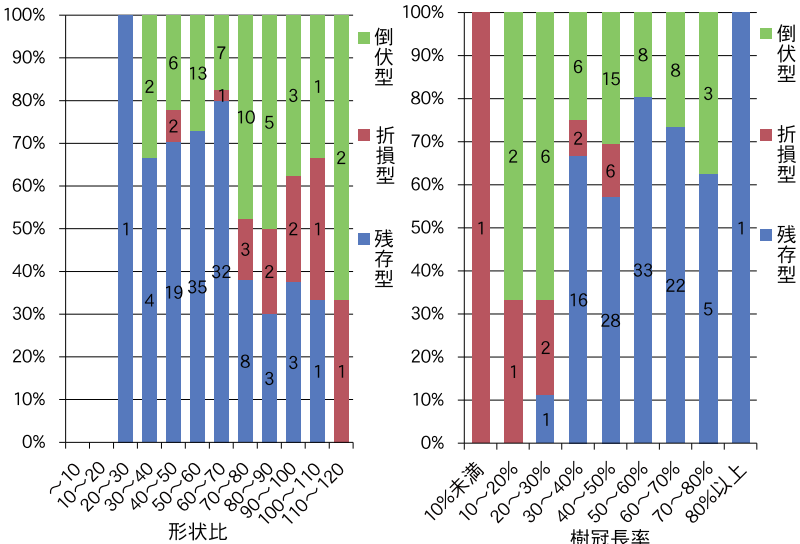
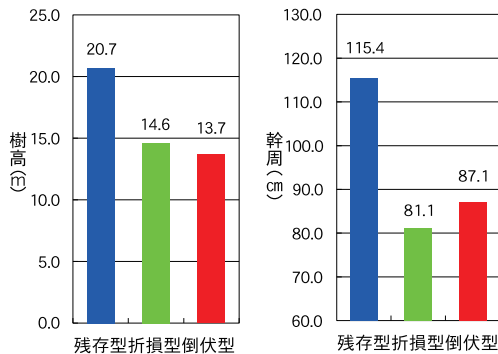
表－１ 調査面積と調査樹木本数

	面積	本数	被害
A	64.2m×58.3m(3,743㎡)	129(113)本	小
B	66.3m×52.4m(3,474㎡)	112(106)本	中
C	60.0m×60.0m(3,600㎡)	59(38)本	大

注：本数の括弧内は、マツ類のみ



図－７ 被害形態別の割合



図－８ 被害形態別の樹木形状

根系形態	多出垂下根・二段水平根型	垂下根・水平根型	水平根型	多出垂下根型
	中径の複数の垂下根と水平根が発達しており、さらに垂下根の下部で水平方向に根系が伸長している	1～2本の太い垂下根と水平根が発達している	垂下根が全くなく、水平根のみ発達している	中径の複数の垂下根が発達しており、水平根はあまり発達していない
倒伏型				
残存型				なし

図－９ 根系伸長の形態

大な努力によってつくられてきたが、今回の津波により大きな被害を受けた。

以下に、津波被害を受けた海岸林におけるマツ類の倒伏実態調査により把握した、樹木の被害形態別の樹木形状（地上部）、根系形状、地盤高および地下水位の関係について報告する。

①調査対象地

調査対象地は、津波被害を受けているものの樹木が残存している樹林地として、津波に被災した後に残存したマツと倒伏したマツが混在している、宮城県仙台市若林区井土地区にある「仙台自然休養林・浜辺の森（海浜地区）」内の海岸林を選定した（図－６）。

調査は、津波被害の大きさが異なるA

～Cの3つのブロックに分けて実施した。なお、この場所は17～19mの津波被害の報告があった海岸林⁴⁾であり、調査地内ではおおむね津波高の差はない。各ブロックの調査面積と津波で流出せずに残った樹木本数は表－1のとおりである。

②被害形態別の樹木形状

樹木の被害形態は、津波に被災後、立っているあるいは傾斜している樹木を「残存型」、根系はそのままの状態でも幹の部分が折れた樹木を「折損型」、根系を持ち上げて倒伏（根返り）しているあるいは根系が洗掘されて抜けた状態で倒伏（伐根）している樹木を「倒伏型」として分類した。

被害形態別の被害割合をみると、倒伏型が全体の69%を占めて最も多く、次の

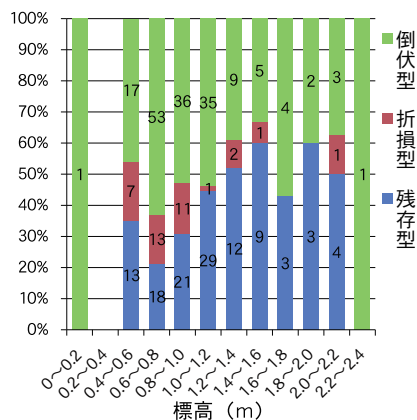


図-10 被害形態と標高の関係

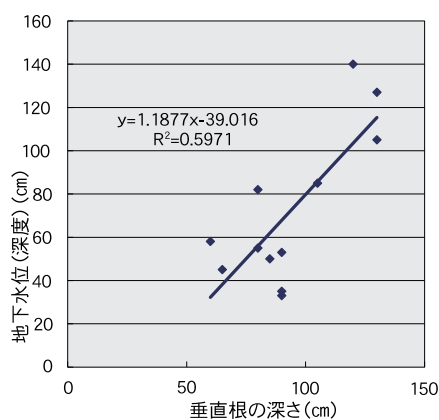


図-11 根系伸長と地下水位の関係

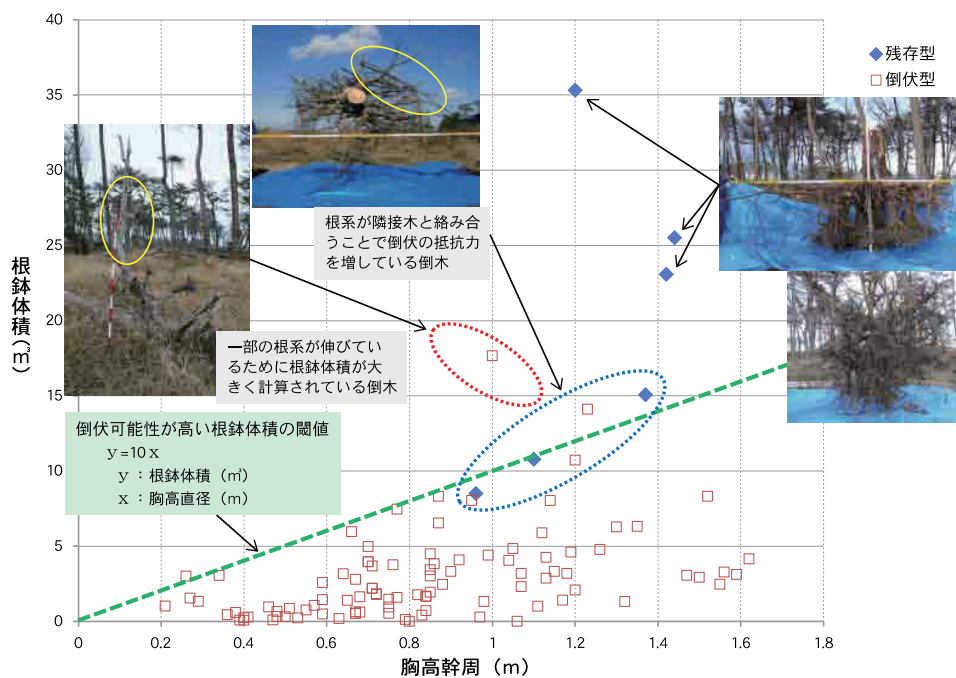
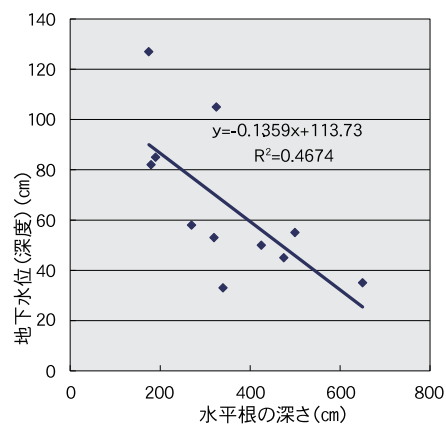


図-12 倒伏木と残存木の根鉢体積と胸高幹周の関係

で幹折れの18%、傾斜の13%の順となっていた(図-7)。

また、被害形態別に樹木形状を比較したものを図-8に示した。

樹高(津波被害により先端が折れたものを除く167本を対象)の比較では、残存型の平均樹高は約21mと最も高く、樹高20mを超える樹木で折損被害を受けたものは1本もなかった。

折損型と倒伏型の平均樹高は約15m、約14mと同程度であった。

胸高幹周を比較すると、残存型の平均胸高幹周は115cmと最も太く、倒伏型は87cm、折損型では81cmと最も細かった。樹高と幹の太さから算出する成長バランスを示す形状比(樹高/胸高直径)をみると、70までは残存型が多いが、70を超えると折損型、倒伏型が急増していた。

枝下高を比較すると、被害形態別の平

均枝下高に差は認められなかった。しかし、枝葉がある樹冠長と樹高の比率を示す樹冠長率(樹冠長/樹高×100)における被害形態別の割合を比較すると、樹冠長率が30%までは倒伏型と折損型の割合が高いが、30%を超えると残存型が高くなることがわかった。

③根系形状

倒伏した根系伸長の形態は、図-9に示す4タイプに分類された。最も根量が多く根系の重心が低い位置にある「多出垂下根・二段水平根型」は倒伏に対する抵抗力が最も大きく、次いでマツの一般的な形態である「垂下根・水平根型」の抵抗力が大きく、垂下根あるいは水平根が発達していない「水平根型」、「多出垂下根型」は前者の根系タイプに比較すると倒伏しやすい傾向がみられた。

④地盤高および地下水位

被害形態と標高の関係では、標高0.4m程度では倒伏型と折損型が多く残存型が少ないが、標高1.6mまで徐々に高くなるにつれて残存型が増え、標高1.6mを超えると倒伏型と残存型に差がなくなった(図-10)。

また、根系伸長と地下水位の関係では、地下水位が深いほど垂下根が深くまで伸長し、逆に地下水位が浅い位置にあるほど水平根が広く伸長していた(図-11)。

3. 災害に耐える樹木形態

台風被害と津波被害で共通していたのは、根返り(傾斜を含む)による倒伏が最も多いということであった。

樹木が根返りを起こす要因としては、根系が地上部の樹体を支えることが可能となる範囲(拡がりと深さ)まで、しっ

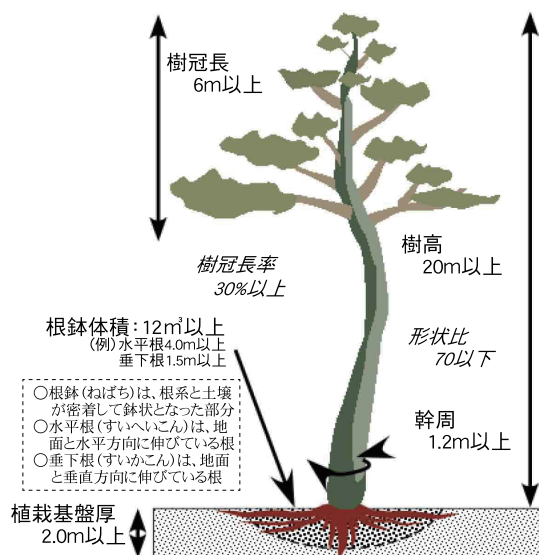


図-13 津波の倒伏被害に強いマツの育成目標

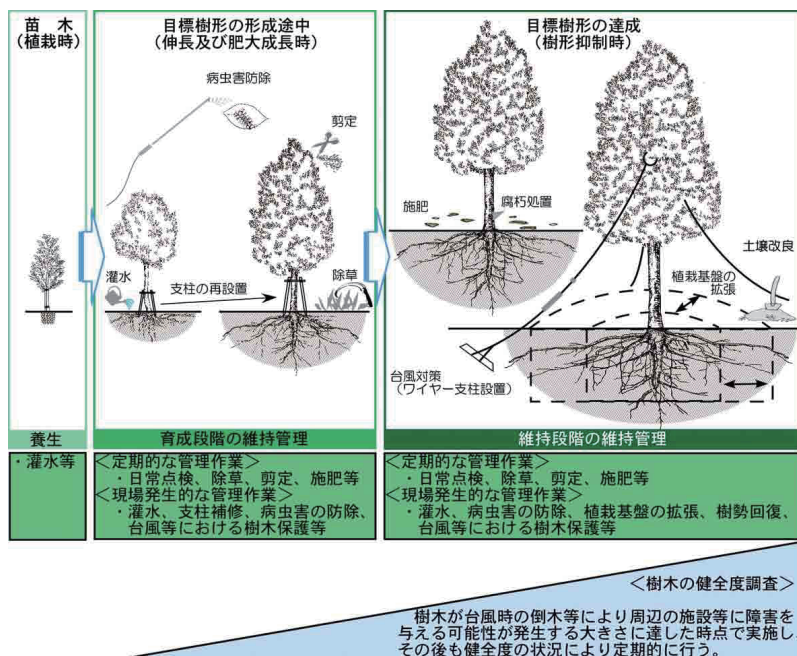


図-14 樹木成長に適した植栽管理

かりと発達していないことが考えられる。

根系の大きさと根系が支える地上部の関係を把握するために、津波により倒伏して地上に露出したマツ（94本）の根系および倒伏しなかった残存木（6本）を土壤を掘削して掘り上げた根系の大きさ（根系の形態が異なることから根鉢体積として算出）と胸高幹周を比較すると、倒伏が発生する根鉢体積（ m^3 ）の閾値として、胸高幹周（ m ）に10を乗じた数値が示され、この値に達しない場合に倒伏が発生していることがわかった（図-12）。

また、津波被害を受けたマツの地上部は、樹高が低いあるいは幹が細長い形状で、生きている枝葉からなる樹冠の割合

が小さいマツは折損や倒伏が発生しやすいことが示唆された。

以上を総合すると、津波の浸水高20m程度を想定した倒伏被害に強い海岸林としてマツを育成する目標樹形としては、樹高20m以上、胸高幹周120cm以上、形状比70以下、樹冠長率30%以上が設定された。また、この樹形に対する地下部の根系伸長の育成目標は、根鉢体積 12m^3 となる根系伸長量（例えば水平根：4m以上、垂下根：1.5m以上）が設定された。さらに、この根系伸長を確保するためには、植栽基盤として地下水の影響を受けない2.0m以上の土層厚を確保することが望ましいと考えられた（図-13）。なお、倒伏の抵抗力を大きくする

ためには樹体の重心をできる限り低くすることが重要であり、そのためには垂下根をできる限り深く伸長させることも求められる。

4. おわりに

都市緑化樹木は、人が植え育てるものであり、「災害に強い」都市緑化樹木を実現するのも、帰るところ人が大切につくり育てることに他ならない。緑化従事者はこのことを強く意識し、樹木の特徴を十分に理解した上で、設計、施工、管理を行うことが重要である。

① 樹木特性の理解

樹木の地上部においては、樹高や樹冠の大きさは樹種によって異なる。さらに、周辺環境（場所や気象条件）や剪定などの管理が樹木形状や成長に影響することを考慮する。

根系の形態や伸長も樹種によって異なる。なお、根系は植栽基盤の形状に応じてフレキシブルに伸長する。さらに、実生木と植栽木では、垂下根の伸長形態が異なることを理解しておく。

② 適切な植栽基盤整備

根系特性に応じた植栽基盤整備により、十分に根系を伸長できる範囲を良好に確保する。

③ 適正な植栽管理

植栽管理においては、樹木の成長に応じた適切な植栽管理が必要となる（図-14）。また、樹木は大木化・老木化するにつれて倒伏等に対する危険性が発生しやすくなるため、危険度を把握するための健全度調査を実施するとともに、危険性が確認された場合には未然に倒伏による障害を防止するための剪定や伐採等の適切な処置を迅速に行う必要がある。

【参考文献】

- 1) 気象庁（2004）：報道発表資料、「平成16年夏から秋にかけての集中豪雨・台風等について」
- 2) 内閣府HP：防災情報のページ・災害情報一覧（<http://www.bousai.go.jp/updates/>）
- 3) 国土技術政策総合研究所（2004）：国土技術政策総合研究所資料第149号・わが国の街路樹Ⅴ
- 4) 東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ（2012）、東北地方太平洋沖地震津波情報（<http://www.coastal.jp/tjtj/>）

報文

GISと生息適地モデルによる 広域スケールでの生物の生息環境の評価と地図化の試み

上野裕介・栗原正夫

1. はじめに

自然環境保全や生物多様性に対する意識の高まりとともに、平成7年に最初の生物多様性国家戦略が策定され、平成20年5月には生物多様性基本法が成立した（同年6月施行）。平成22年10月には、愛知県で生物多様性条約第10回締約国会議（COP10）が開催され、愛知目標が設定された。さらに最新の生物多様性国家戦略2012-2020（平成24年9月策定）では、新たに愛知目標達成に向けたロードマップが示されるとともに、基本戦略の一つに「科学的基盤を強化し、政策に結び付ける」ことが明記された。

自然環境や生物多様性の保全のためには、まず現状を把握することが不可欠である。つまり、どこにどのような生物がどの程度いるのか、好適な生息環境はどこにあるのかを知ることで、希少種などの保全上重要な地域を地図上に示したり、国土管理や都市計画、保護区の設定、環境アセスメントにおける生物調査の効率化・重点化、外来種の分布拡大リスクの評価・対策の検討を行う際などに、正確な判断や意思決定を行ったりすることが可能になる。一方で、全国あるいは広域での綿密な生物調査は、多大な時間と労力を必要とする。

そこで本報文では、既存データ（既存の自然環境情報）を活用することで広域での生物の生息環境を予測・評価する試みについて紹介する。特に、現在著者らが進めているGIS（地理情報システム）と生息適地モデルという2つの技術を併用した研究を紹介し、研究過程で明らかになってきた課題と今後の可能性について整理する。

2. 研究の背景と目的

2.1 技術基盤：環境情報とGIS、生息適地モデル

日本では、高精細な地形図や土地利用図、植生図、気象観測網など自然環境に関する基盤情報が

整備されており、かつ公開されている。また生物情報に関しても、生物多様性保全基礎調査（環境省）や河川水辺の国勢調査（国土交通省）、自治体や博物館、NPO等による調査、図鑑情報などが充実している。そのため、これらを統合することで、自然環境版の巨大なデータベースを構築し、分析に活用することができる。

GISは、位置情報を持ったデータを総合的に管理・加工する技術で、視覚的な表示や高度な分析、目的に合わせた地図の作成を可能にする。

生息適地モデル（ハビタットモデル、種の分布モデル等とも呼ばれる）は、動植物種の分布情報と景観構造（環境要因）の関係を統計的な手法を用いて予測する手法であり、事前に分布情報が得られない場所についても種の生息可能性（ポテンシャル）を定量的に把握することができる。言いかえるならば、対象種が分布している環境と類似した環境条件の場所を統計モデルによって抽出・把握するものであり、既存情報が少ない場所についても情報を補完しようとする試みと言える（図-1）。

したがって、自然環境に関する基盤情報とGIS、生息適地モデルを組み合わせることで、生物の生息環境の予測・評価地図を作成し、正確な判断や意思決定を支援することが可能になる。一方で、これらの技術は発展途上であり、学術面ならびに実用面からの研究と検証が不可欠な状況にある。

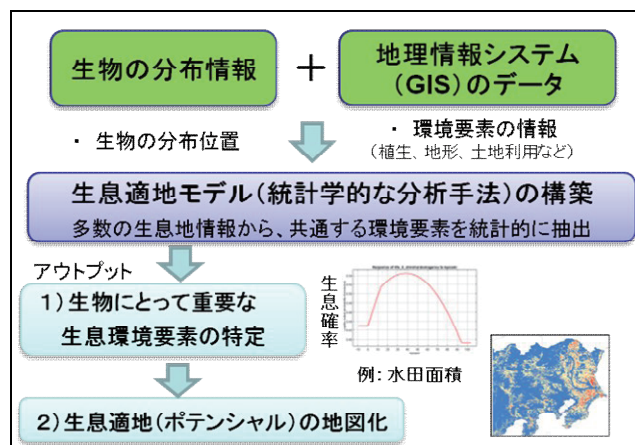


図-1 生息適地モデルによる予測と地図化の流れ

2.2 研究の背景と目的

頻繁に環境アセスメントの対象となる猛禽類は、生息環境を定量的・効率的に把握するための手法が確立されておらず、道路やダムなど各種事業においてその調査・保護・保全のために多くの人員と期間を必要としてきた。そこで著者らが所属する国土技術政策総合研究所では、猛禽類に対する効果的な環境保全措置と効率的なモニタリング手法の開発を目指し、研究を進めている。

その一つとして、猛禽類の営巣環境及び餌場環境を定量的に評価する手法の開発を目的に、1) 既存資料の収集と解析に必要なデータを整備し、2) 猛禽類の生息適地（営巣・餌場ポテンシャル）を予測する『生息適地モデル』の試作と改良を行っている。さらに、3) 生息適地モデルを、今後の道路事業等において活用するための技術的課題について検討を行っている。

3. 研究内容

3.1 既存資料の収集・整理とデータ基盤の整備

生息適地モデルでは、生物種の分布/非分布情報と環境要因との関係を、統計的手法を用いた予測式の形で表わす。そのため精度の高い予測には、十分な数の生物の分布情報（猛禽類の営巣位置情報や餌生物の分布情報）に加え、予測対象範囲の環境要素（植生、地形等）の情報が必要となる。生物情報については、全国の直轄道路事業等における生物調査の結果（平成21～24年度の約500事例）を収集し、各種の確認位置情報を抽出した。あわせて生物多様性保全基礎調査の結果（環境省生物多様性センター）やその他の既存調査資料を収集し、猛禽類の営巣情報や餌となる鳥類の生息状況を整理した。環境情報は、インターネット上で公開されている基盤地図（国土地理院）や植生図（環境省生物多様性センター）を活用した。これらをGIS上で統合し、全国規模の生物情報及び環境要因のデータセットを作成した。

3.2 猛禽類の生息適地モデルの試作

生息適地モデルに使用する統計解析手法には、従来、重回帰分析や判別分析が多用されてきたが、近年、データの確率分布型を考慮した一般化線型モデルや非線型モデル（一般化加法モデル）、ベイズ推定、機械学習等が取り入れられている²⁾。

今回、猛禽類の営巣適地の予測には、確認位置

情報（在情報）のみで比較的頑健な予測が可能な機械学習の一種（MaxEnt³⁾：最大エントロピー法）を採用した。予測の対象は、頻繁に環境アセスメントの対象となる猛禽類5種（今回は、オオタカ・サシバを紹介）とし、環境要素には樹林、水田、畑地、草地、市街地の各面積割合と森林の林縁長を用いた。MaxEntでは、営巣位置情報と予測対象範囲の環境情報を入力することで、営巣場所周辺の環境と似た/似ていない環境の場所を抽出し、個々の営巣可能性（ポテンシャル）を計算できる。そこでこの技術を用い、全国一括（20×20km単位）、地方ごと（1×1km単位）、事業ごと（100×100m単位）の3階層で、モデルの試作と精度検証、改良を行っている。

猛禽類の餌場適地の予測には、既存資料^{4),5)}から得られた1970年代及び90年代の東京地域の鳥類相に関する調査結果を基に、在・不在情報及び時間変化を同時に扱う一般化線型モデルを用いた。予測の対象は、東京都全域の鳥類とした。

3.3 結果と地図化

猛禽類の営巣適地、餌場適地を予測する統計モデルを試作し、結果を図示した（図-2～4）。

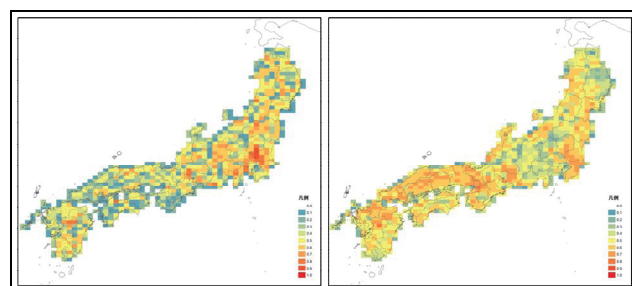


図-2 試作モデルによる営巣適地の予測結果

左図：東北以南のオオタカの営巣適地、右図：サシバの営巣適地。赤色の場所ほど、営巣の可能性（ポテンシャル）が高く、青色に近づくほど低いことを示す。

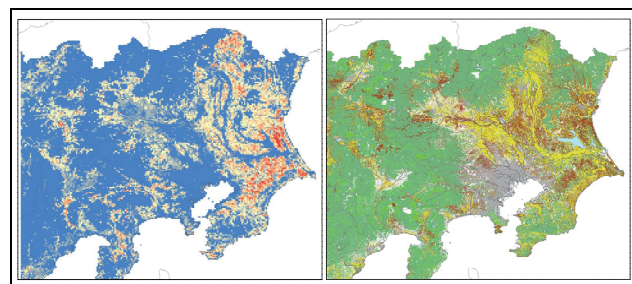


図-3 試作モデルによる営巣適地の予測結果

左図：関東のオオタカの営巣適地、右図：植生図。営巣の可能性が高い場所（左図の赤色の場所）は、水田（右図の黄色の場所）や畑地（同・茶色）、森林（同・緑色）が混在する地域に集中している。

図-2は、東北以南におけるオオタカとサシバの営巣適地を20×20kmの範囲ごとに予測したものである。オオタカは、東日本でポテンシャルが高い傾向があり、サシバは関東及び西日本で高い傾向が見られた。図-3は、対象を関東地方に限定し、1×1kmの範囲ごとにオオタカの営巣適地を予測した結果である。営巣適地は、茨城・千葉県付近に多いと予測され、それらは標高がそれほど高くなく、水田と畑地、森林が混在する里山的景観を有した場所に集中していた。図-4は、猛禽類の餌となる鳥類が多い場所を、東京都を対象に1×1kmの範囲ごとに予測した結果である。その結果、鳥類の種数が多い場所（つまり猛禽類の餌となる鳥が多い環境）は、1970年代から90年代、2010年代にかけて縮小してきていることがわかった。

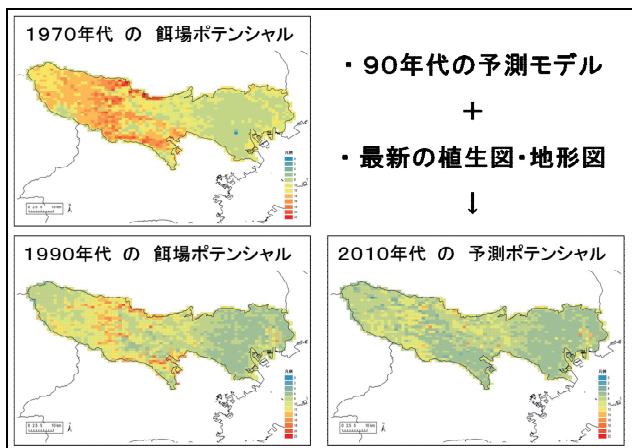


図-4 試作モデルによる餌場適地の予測結果

東京都の鳥類31種の生息ポテンシャルを重ね合わせ、表示している。鳥類の種数が多いと予測された場所（赤色の場所）は、時代とともに縮小している。

3.4 技術的課題の整理

猛禽類の生息環境や保全上重要な地域を、既存資料を用いて効率的に予測・評価する手法の開発を目指し、猛禽類の生息適地モデルを試作した。一方、いくつかの課題も見えてきた。

まず、希少種の生息情報の蓄積・公表状況には地域差があり、情報が不足する地域では正確な予測が行えないことがわかった【課題1. 情報の地域的な偏り】。また、別の地域の情報で補完しようにも、ある地域で作成した生息適地モデルが、他の地域に当てはまらないことも多いことがわかった。これは、地形や植生、気象条件等が異なる他地域とは種の分布を規定する要因も異なる可能性が高いためと考えられる【課題2. 空間的汎

用性の欠如】。さらに、対象種の生態的特性（種の特徴）や生物の分布データの属性によっても、使用する統計モデルや考慮すべき環境要因が異なるため、予測モデルの構築には対象種の生態的特性の理解と統計解析に関する専門的知識がともに不可欠であることがわかった【課題3. 専門的知識の重要性】。これらの課題に対処するためには、全国の生物情報を集約し（メタデータ化）、事業等に活用できる仕組みを構築すること、予測精度や予測の汎用性がどのような要因で変化するかを、数学的・生態学的見地から検証することが必要と考えられた。そこで著者らは、現在、予測の適合度合いを表す定量的指標を基にモデル比較を行い、最適な環境変数や解析を行う空間スケール、現地調査と予測結果との整合性を確認することに加えて、作成した予測モデルの時間的・空間的な適用範囲について予測の限界を調査している。

3.5 実用上の課題の整理

実際の利用においても、留意すべき点がある。

まず、予測には不確実性が伴うことを理解する必要がある。つまり、ポテンシャルが高いと予測された場所は、あくまで相対的に分布の可能性が高いことを示しているのであり、必ずしも種が生息しているわけではない【課題4. 予測の不確実性】。また生息適地モデルの予測精度は、用いるデータの量や精度、統計モデルの特性に依存する。例えば、古い分布情報や信頼性が不確かな文献情報を用いる場合には特に注意が必要である。そのため、いったん構築した予測モデルであっても、その後も情報を更新し、現実にあわせ、モデルを修正していく必要がある【課題5. 情報の更新】。このように予測には常に不確実性があることから、将来的には、生物データを集積し、予測に頼らない、実データに基づいた意思決定に移行していくことが重要かつ確実である。生息適地モデルは、それまでの過渡期の技術として、不確実性を許容しつつ利用することが現実的である。

4. 活用の可能性

ここまで述べてきたように、生息適地モデルには留意すべき点はあるものの、既存情報が少ない場所についても情報を補完でき、かつ定量的に動植物の生息・生育ポテンシャルを評価することができるため、有効な手法である。また、将来予測

など、現地調査ができない場面にも対処できる。
以下、今後の活用の可能性について紹介する。

4.1 効率的・効果的な環境アセスメントの実施

環境アセスメントとは、一定規模以上の事業（ダム、道路、鉄道、発電所建設など）を行う際に実施されるものであり、事業が環境に及ぼす影響を予測・評価し、影響を回避・低減するための方法を検討し、対策を実施する。この際、希少種等の生息環境を適切に予測・評価することが重要であり、生息適地モデルは、この期待に応えうる。また平成23年の環境影響評価法改正で新たに加わった配慮書手続き（事業の計画段階で、事業の位置や規模等について環境保全に配慮した検討を行い、配慮書として公表、広く意見を聞くという手続き）の際の参考資料の一つとしても活用できる。具体的には、重要な生息環境が残されている地域や、逆に、相対的に環境保全上の優先順位が低い地域（開発を進めても影響が少ない地域）を予測することができる。

4.2 自然再生候補地の抽出と効果予測

生息適地モデルは、自然再生の現場でも活用されつつある。例えば、ダムに魚道の設置を検討する際に、予め生息適地モデルを用いてダム上流部に潜在的に好適な環境が残されているかどうかを評価し、魚道の設置効果の高い場所について優先的に対策を講じようという試み⁶⁾などがある。

4.3 環境情報の地図化と国土・都市計画への活用

生息適地モデルを含む、地図化の最大のメリットは、分析結果を視覚的に表示し、関係者間で共有できる点にある。現在、様々な目的に合わせて環境情報の地図化が試みられており、例えば、生物多様性が高いと考えられている里山景観を地図上から抽出し、地球規模で現状を把握する試み⁷⁾などがなされている。また、生息適地モデルの予測条件を変化させることにより、将来予測や開発・計画シナリオに沿った分析も可能になる。

5. まとめ

本報文では、GISと統計モデルを組み合わせ、自然環境分野（特に生物の生息環境の評価）に適用することで、国土管理や都市計画、保護区の設定、環境アセスメントにおける生物調査の効率化・重点化、将来予測・シナリオ分析など、様々な利用目的に応用できることを述べてきた。一方

で、このようなアプローチだけでは不十分なこともある。例えばデータ解析により、俯瞰的にある生物が里山景観に多いというパターンを示すことはできても、その原因まではわからない。これを明らかにするためには、野外に出て生物の生態を詳細に観察し、得られたデータから現象を丁寧に解明していくことが不可欠である。予測と実証、様々なアプローチを組み合わせ、人間と野生生物がともに暮らしやすい社会を作り、豊かな日本の自然を次世代につないでいきたいと考えている。

謝 辞

本研究にあたって、資料の収集にご協力頂いた国土交通省の各地方整備局及び国土技術政策総合研究所道路環境研究室の皆様、技術的な見地から助言頂いた（独）農業環境技術研究所の大澤剛士博士に、この場を借りて御礼申し上げます。

参考文献

- 1) Franklin, J.: *Mapping Species Distributions: Spatial Inference and Prediction*, Cambridge University Press, 2010
- 2) 鷲谷いずみ、宮下直、角谷拓（編）：保全生態学の技法：調査・研究・実践マニュアル、東京大学出版、2010
- 3) Phillips, J. et al.: Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modeling*, Vol.190, pp.231-259, 2006
- 4) 東京都：東京都鳥類繁殖調査報告書（昭和48年～昭和53年）、1980
- 5) 東京都環境保全局：東京都鳥類繁殖状況調査報告書（平成5～9年度）、1998
- 6) 福島路生、亀山哲：サクラマスとイトウの生息適地モデルに基づいたダムの影響と保全地域の評価、応用生態工学、第8巻、pp.233～244、2006
- 7) Kadoya, T. and Washitani, I.: The Satoyama Index: a biodiversity indicator for agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, Vol.140, pp.20-26, 2011

上野裕介



国土交通省国土技術政策
総合研究所防災・メンテ
ナンス基盤研究センター
緑化生態研究室 研究
官、水産科学博
Dr. Yusuke UENO

栗原正夫



国土交通省国土技術政策
総合研究所防災・メンテ
ナンス基盤研究センター
緑化生態研究室長
Masao KURIHARA

報文

歴史的な土木施設における伝統的工法の活用方策 ～歴史的風致維持向上計画認定都市の取組みを例に～

木村優介・曾根直幸・栗原正夫

1. はじめに

2008年の歴史まちづくり法（地域における歴史的風致の維持及び向上に関する法律）の制定以降、歴史まちづくりが全国で進められている¹⁾。本法では、歴史上重要な建造物とその周辺市街地、及び伝統工芸や祭事等の活動が一体となった環境を歴史的風致とした上で、各市町村が方針等を定める歴史的風致維持向上計画を国が認定し支援することとされている。特に歴史的価値を有する土木施設に関しては、まちづくりへの活用を視野に入れた多面的な評価や、保全活用に関する技術の構築が必要とされている²⁾。各地の技術を担う職人の不足が顕在化する中、貴重な文化財となりうる施設の評価³⁾のみならず、多数の歴史的土木施設について、施設自体や周辺の歴史的価値に合わせて工法を選択し、その整備を歴史まちづくりへと結びつけることが求められている。

そこで本研究では、歴史的風致維持向上計画認定都市における土木施設を対象として、補修・整備にあたって配慮した歴史的価値、及び適用された技術や工法を整理する。その上で、技術や工法の選定経緯をもとに、それらが地域の歴史的価値の向上に寄与する効果を明らかにすることを目的とする。具体的には、2章ではアンケート調査により、整備の実態、効果発現の傾向を把握する。3章では、代表的な事例を抽出し、主にヒアリングを通じて効果の詳細な内容を明らかにする。

2. 歴史的風致維持向上計画認定都市における土木施設の整備実態

2.1 認定都市に対するアンケート調査

はじめに、歴史的風致維持向上計画認定都市における土木施設の整備の特徴を把握するため、2013年5月末現在の認定都市38市町を対象としてアンケート調査を実施した（調査期間：2013年

11月6日～29日、回答：16市町より計31施設）。

調査項目は、施設の概要、整備の経緯、整備実施上の課題、適用工法の選定経緯と技術的特徴、当該工法を用いたことによる効果とした。

2.2 土木施設の整備実態と類型毎の適用工法

整備の概要が得られた30施設の概要を表-1に示す。表-1の通り、土木施設の類型として、城郭、道路・街路、河川・砂防、公園、橋梁、塀・垣類、農業土木の7施設が挙げられる。適用される工法について、城郭においては、歴史的価値の高い施設自体の保全を目的として、伝統的な空石積み工法の採用例が見られる。河川護岸、塀・垣類においては、現行の機能的要件が求められる観点から、空石積みといった施設本来の伝統的な工法のみには依ることなく、一部に現代工法を採用している。一方、道路・街路においては、施設自体ではなく施設周辺の歴史性に配慮し、舗装路面に各種現代工法を適用する例が多く見られる。

2.3 補修・整備による効果

上記30施設における当該工法を用いた効果を表-2に示す。施設周辺の歴史的風致や歴史的景観の魅力が高まったとする効果(4)が全般にわたり数多く見られる。代表的な施設毎では、城郭において、特に歴史的価値の高い施設自体の保全という取組みから、技術・工法の発掘(6)や人材育成(7)が図られていることが確認できる。対して、道路・街路においては、施設周辺の歴史性に配慮することで、まちの回遊性の向上(2)、補修・整備の他施設への波及(5)が特徴として見られる。

以上の施設に適用される工法については、施設自体及び施設周辺への歴史的価値に対する考え方と、使用する材料に基づき、図-1の1)から4)に示す4類型に分類することができる。すなわち、施設自体に文化財的価値が認められるような城郭に対しては、施設本来の部材の使用を原則とする。一方、施設自体よりむしろ周辺地域に歴史的価値を認める道路・街路等の場合には、歴史的環境に配慮し、一般に流通する資材を使用して補修・整備を行うこととなる。

Utilization methods of traditional techniques on historical infrastructure: municipalities' efforts based on approved plans for the maintenance and improvement of historic landscape

表-1 歴史的風致維持向上計画認定都市における歴史的価値に配慮した土木施設の補修・整備事例

都市名	施設名称	施設類型	整備の概要
弘前市	弘前城跡西濠護岸	河川・砂防	他区間の護岸で用いられている伝統的石積み工法により、上部が通路の区間に護岸を新規整備
	小峰城道場門遺構	城郭	現存の石垣は、修復・積替等は行っていないが、石垣の損傷・崩落を防ぐため、石垣天端（上）面や背面裏込材との境界面に防根シートを敷設し、遺構保護を図った
	新蔵通り	道路・街路	施工性、耐久性、維持管理、景観等を考慮し、排水性カラー舗装より高級感のある自然石を使用したニート舗装により整備
白河市	乙姫桜ブロムナード	道路・街路	特殊母体アスファルト混合物の空隙にセメントミルクを充填、硬化させた全浸透型の半たわみ性舗装の表面に、ショットプラストとグルーピングを施した、半たわみ性景観舗装（グループラスト工法）を整備
	友月山ブロムナード	道路・街路	自然石を用いた工法が本市の歴史的景観の演出に適しており、また耐久性においても優れていることから、本石石張舗装（インジェクト工法）により舗装を整備
	老舗通り	道路・街路	
	一番町大工町線	道路・街路	
	小南湖園路	公園	歴史的公園内の園路に、特産品である白河石を使用した舗装を整備。また既存の石積み、石段、墓地部分の石量と景観上の整合性を図りつつ滑りを防止するため、石材表面はこぶだしのみ仕上げとした
金沢市	西内惣構（緑水苑）	城郭	城下町を囲い込んだ堀、土居である惣構を補修。法面勾配1割4分（堀部分）については法面の破損や崩壊防止のためセメント安定処理にて施工。法面勾配8分（土居部分）については自然な法面を復元できるよう表面に植栽可能なハニカム・フレームを用いた補強盛土工にて施工
犬山市	市道犬山396号線（本町通）外	道路・街路	城下町地区内に数多く点在する歴史的文化に配慮して、脱色アスファルト舗装、半たわみ性舗装、石張舗装、自然石舗装で道路を修景整備
	中山道大井宿広場	公園	地域住民の活動のための広場として、大井宿の伝統的景観に配慮した木造の休憩所と塀を整備
恵那市	岩村町本通り	道路・街路	砂利道をイメージし骨材を大きくした脱色アスファルト舗装、自然石による側溝の修景整備
	市道大井町273号線	道路・街路	中山道の歴史性に配慮して、セラサンド工法＋ロールドアスファルト舗装で道路を修景整備
岐阜市	川原町通りの町並み	道路・街路	脱色アスファルト舗装、御影石張り舗装、行燈をイメージした街路灯の整備
	彦根城跡石垣	城郭	委員会で工法等を検討し、石垣を解体・復元
彦根市	旧城下町区域内の市道	道路・街路	土色の脱色アスファルト舗装を整備
	彦根城跡 表門橋	橋梁	基礎は現代工法で、橋梁は伝統工法で整備
京都市	翔鸞緯7号線（上七軒通）	道路・街路	石畳風の半たわみ性舗装と表面デザインカッターによる道路整備で、茶屋町の歴史性に配慮
津山市	津山城宮川門跡石垣	城郭	伝統工法である打ち込みはぎにより、老朽化した石垣を積み直し
	沢柳の滝・頭首工	農業土木	頭首工本体のコンクリート表面に地場の石材を貼り付けて、石積み風に修景整備
高梁市	御殿坂	道路・街路	備中松山城登城の入口にあたる御殿坂で、カラー舗装を整備
	武家屋敷通り	道路・街路	灰色のカラー舗装を整備
竹原市	二級河川本川護岸	河川・砂防	埋め立てにより無くなったかつての雁木を、コンクリートで再整備
松江市	松江城石垣	城郭	伝統工法である野面積みによる布積みくずしで石垣を補修
大洲市	枅形修景護岸	河川・砂防	堤防補強工事にあたり、大洲城との調和に配慮して石積み工法を採用
	萩城跡石垣	城郭	基本的には野面積みや打ち込み接ぎを主体とした空積みを用いて、石垣を保存修理。ただし長期的な維持管理に最低限必要な箇所のみ不織布を使用する現代工法を採用（石垣上面整備箇所土砂の石垣背面への流出防止）
萩市	堀内・平安古地区伝統的建造物群保存地区土塀等	塀・垣類	武家屋敷の伝統的な土塀・石垣の保存修理を伝統工法と現代工法で実施。土塀の基礎や石垣は空積みであるが、石工の不在から左官による練積みで実施
	市道南ノ総門指目線（鍵曲り）	道路・街路	歴史的な鍵曲りの道路の舗装整備にあたり、土系舗装を使用し、歴史的景観に配慮
	藍場川石積み護岸	河川・砂防	歴史的な風情ある景観とするため、既設の石を利用した石積みによる復旧工事を実施。ただし空積みでは構造上耐えられないため、コンクリート練積みとし、前面にコンクリートが出ないよう空積み風に仕上げて配慮
山鹿市	豊前街道 歴史的小路	道路・街路	舗装部分は脱色アスファルト舗装（骨材に有色玉砂利を使用し地道風の色あい）で整備。側溝部分は遺構排水溝（鍋田石）の一部再利用及び同等品による排水溝を敷設

表-2 補修・整備により発現した効果

施設種類 (事例数)		城郭	河川 砂防	道路 街路	全体
発現している効果		(6)	(5)	(15)	(30)
意識	(1) 施設の歴史資源としての価値が地域住民等に再認識された	5	2	9	18
行動	(2) 施設周辺のまちの回遊性が高まり歩行者が増えた	2	1	10	15
	(3) 施設の歴史的施設としての価値を保全できた	6	2	3	15
景観/ 空間	(4) 施設周辺の歴史的風致や歴史的景観の魅力が高まった	5	3	13	25
	(5) 歴史的風致に配慮した補修・整備が他施設に波及した	1	1	9	13
技術	(6) 地域伝統の技術・工法を再発見・発掘できた	3	0	0	3
	(7) 歴史的風致に配慮した技術・工法の継承、人材育成を図れた	4	1	1	8
外部 評価	(8) 施設や周辺地域の知名度が向上し、視察などが増えた	3	0	3	7

※着色部分は施設毎の過半数以上の回答を表す

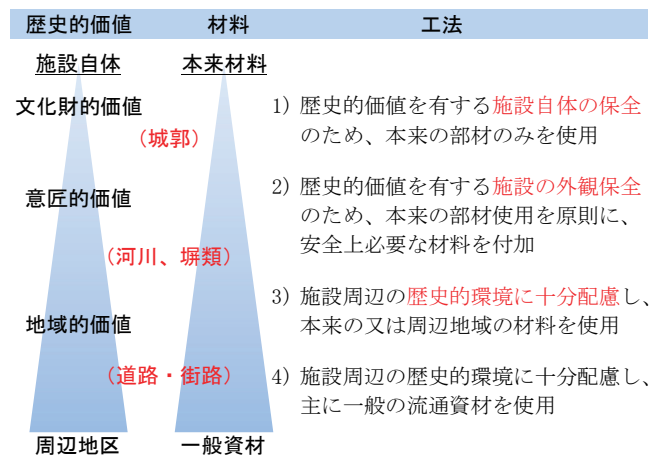


図-1 歴史的価値及び材料による工法の類型

3. 補修・整備事例における工法選定の経緯と効果

3.1 各工法の事例に関するヒアリング調査

2章の整理結果を踏まえ、河川・砂防の石積み、堀・垣類の石堀（左官）、道路・街路舗装の3工法について、各工法の特徴と課題、選定の経緯、地域の歴史的風致に寄与する効果を明らかにした。調査対象として、山口県萩市藍場川の護岸、同萩市重要伝統的建造物群保存地区内の石堀、福島県白河市市街地の街路（4路線）の計3事例を選定し、行政担当者へのヒアリング調査、及び文献調査⁴⁾、現地調査を実施した。

3.2 萩市藍場川護岸（石積みに関する工法）

山口県萩市城下町の中心部を流れる藍場川は、江戸中期の開削の際に整備されたと言われている。藍場川の石積み護岸のうち、下流部の平安古町内の両岸約140mの空石積みに孕み出しが見られたため、2009年から2010年にかけて補修が行われた。当該区域は、山口県立萩美術館・浦上記念館に隣接し、また萩市景観計画の重点景観計画区域でもあるため、歴史的な石積み護岸と周辺地域の景観を一体的に保全することが重視された。実際に、護岸改修と並行して行われた美術館の増築工事では関係者間の調整が行われ、美術館の間を流れる河川が一体的な景観を形成している（写真-1）。

工法については、石積み自体の歴史的な景観を損ねないように、原位置の石材をできるだけ使用した「空石積み風の練石積み工法」が採用された（図-1 類型3）。バイブレーターの使用を控え、裏

込めのコンクリートが極力表面に流れ出ないように工夫を行うとともに、将来的な孕み出しの防止が重視されている（写真-2）。一部不足する石材については、周辺の採石場から類似の石を調達し、基礎付近等の目立たない箇所に使用している。本工法を採用することで、空石積み風の練石積みのノウハウや整備の着眼点という技術的情報が蓄積されたことに加えて、当護岸工事の下請けとなった地元の石工職人と発注者である萩市とのネットワークが構築されたという効果が発現している。

3.3 萩市重要伝統的建造物群保存地区内石堀（左官に関する工法）

山口県萩市の重要伝統的建造物群保存地区（以下重伝建）堀内地区は、萩城下町の旧武家屋敷であり、屋敷の周囲を取り囲む石堀、土堀が現在でも多く見られる。近代以降は屋敷跡を転用した夏蜜柑畑の防風施設としても維持管理されており、萩を代表する景観としても知られている。1976年の重伝建指定以降は、市による補助金交付や技術的支援を通じて、孕み出しや崩れの見られる堀の保存修理を年次的に実施してきた。

従来の補修工法では、孕み等が発生した堀を一部区間にわたって全面的に取り壊した上で、安全性を確保するため、練石積みで新たに堀を作り直していた。石工職人の不足により、当工事は左官職人が担当していたが、丁寧な施工のため逆に従前の石堀独特の乱雑さが失われるという景観上の課題があった（写真-3）。そこで全面改修による外観の変容を可能な限り防止するため、補修の必要な箇所をV字状に部分的に取り壊し、使用モルタル量をできるだけ抑えた練石積みを実施する「部分改修工法」の採用に至った（図-1 類型3、写真-4）。本工法により、従前の石堀との調和を保つことが可能になるとともに、左官職人の技術力向上、ノウハウの蓄積が図られるという効果が生じている。



写真-1 藍場川の様子（左：整備前、右：整備後）
整備後の赤枠は美術館増築部分



写真-2 整備後の護岸の石積みと目地の様子



写真-3 全面改修実施区間

写真-4 部分改修実施区間
V字の白線内を改修

3.4 白河市市街地街路（舗装に関する工法）

福島県白河市の市街地に位置する街路（乙姫桜プロムナード、老舗通り、友月山プロムナード、一番町大工町線）は、近世城下町以降の古い道路・街路とされている。中心部に存在する歴史的資源を巡る歩行者動線の創出を目指して、平成9(1997)年度に策定された身近なまちづくり支援街路事業⁵⁾の整備方針を基に、2006年以降、順次美装化等の事業が進められてきた。

2008年以降に整備を進めた老舗通り、友月山プロムナード、乙姫桜プロムナードでは、自然石舗装の工法（インジェクト工法）を採用し、自然石による歴史的景観の演出とともに、長期にわたって車両の荷重にも耐えられる耐久性を重視している（図-1 類型4）。当工法により、当該路線が歴史的街路であるという認識が地域住民に一定程度広がるとともに、井戸端会議等の交通以外の生活空間としての利用が見られており、沿道の景観形成に対する意識を高める契機として機能するという効果が生じている。



写真-5 舗装整備後の様子
（左：老舗通り、右：一番町大工町線）

4. まとめ

本研究では、歴史的風致維持向上計画認定都市における計30の土木施設の補修・整備内容と効果を整理した上で、歴史的価値に対する考え方と

材料に基づく工法の4類型を示し、山口県萩市藍場川の護岸、同萩市重要伝統的建造物群保存地区の石堀、福島県白河市の市街地街路舗装の3事例をもとに、各工法を用いる景観上、技術上の効果を提示した。具体的に、景観上の効果については、乱雑感等の細やかさを含めた従前施設との調和という観点のみならず、周辺施設との一体的な空間づくりや、周辺の景観形成に対する意識向上の可能性が確認できた。技術的な効果については、実際の現場を通じたノウハウの蓄積、職人と発注者とのネットワーク形成が図られていた。引き続き、各事例の工法が歴史的土木施設の価値や周辺地域の歴史的風致に及ぼす効果の考察を課題としたい。

謝 辞

アンケート調査、ヒアリング調査に御協力頂きました歴史的風致維持向上計画の各認定都市の皆様、及び施設の設計、管理担当の皆様に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 国土交通省都市局 公園緑地・景観課 景観・歴史文化環境整備室：歴史的風致維持向上計画認定状況について、http://www.mlit.go.jp/toshi/rekimachi/toshi_history_tk_000010.html、2014年9月3日閲覧
- 2) 阿部貴弘、北河大次郎、脇坂隆一：歴史的風致維持向上計画に見る歴史まちづくりの現状と土木史研究に期待される役割、土木学会論文集D2（土木史）、Vol.67、No.1、pp.49～63、2011
- 3) 土木学会歴史的構造物保全技術連合小委員会編：歴史的土木構造物の保全、鹿島出版会、2010
- 4) 山口県萩市：萩市歴史的風致維持向上計画、2008、福島県白河市：白河市歴史的風致維持向上計画、2011など
- 5) 新谷洋二：歴史的地区におけるまちづくり・みちづくり、JICEレポート第2号、pp.74～83、2002

木村優介



京都大学大学院工学研究科
社会基盤工学専攻助教、博
(工)、(前 国土交通省国土
技術政策総合研究所防災・
メンテナンス基盤研究セン
ター緑化生態研究室研究官)
Dr. Yusuke KIMURA

曾根直幸



国土交通省国土技術政策総合
研究所防災・メンテナンス基
盤研究センター緑化生態研究
室 研究官
Naoyuki SONE

栗原正夫



国土交通省国土技術政策総合
研究所防災・メンテナンス基
盤研究センター緑化生態研究
室長
Masao KURIHARA

2.4 出典

2.1 ～ 2.3 に掲載した文献の出典は以下のとおりである。（掲載順に列挙）

2.1 論文・技術報告

- 1) 園田陽一・中村匡聡・久保満佐子・松江正彦・上野裕介・栗原正夫（2014）糞抽出 DNA 分析による個体識別法の道路環境アセスメントへの適用可能性, 土木学会論文集 G (環境), 70 (6) : II_341-II_350.
- 2) 久保満佐子・飯塚康雄・栗原正夫・大貫真樹子・松江正彦・細木大輔（2014）森林表土利
用工による緑化のり面に成立した草本群落の 6 年間の変化, 日本緑化工学会誌, 40 (2) :
324-330.
- 3) 上野裕介・園田陽一・松江正彦・栗原正夫（2015）マイクロチップを用いた小型サンシ
ョウウオ類のモニタリング技術, 応用生態工学, 17 (2) : 101-104.
- 4) 曾根直幸・上野裕介・栗原正夫（2015）都市における生物多様性保全に向けた緑の基本
計画策定手法の現状と課題, ランドスケープ研究, 78 (5) : 615-618.
- 5) 上野裕介・栗原正夫（2015）広域スケールでのオオタカの生息適地予測の有効性と空間
的汎用性・地域性の課題, ランドスケープ研究, 78 (5) : 647-650.
2015. 6. 22 更新済

2.2 学会・シンポジウム要旨

- 6) 上野裕介・曾根直幸・栗原正夫（2014）都市化が生物多様性に及ぼす影響 ～都市化度
×パッチ面積×分類群の交互作用～, 日本景観生態学会第 24 回金沢大会講演要旨集 : 64.
- 7) 木村優介・曾根直幸・栗原正夫（2014）歴史的風致維持向上計画認定都市における土木
施設の整備実態と適用工法に関する研究, 土木史研究講演集, 34 : 97-98.
- 8) 阿部貴弘・木村優介・依田照彦（2014）平成 23 年東北地方太平洋沖地震による歴史的土
木構造物の被災状況に関する調査報告（その 3）, 土木史研究講演集, 34 : 299-306.
- 9) Y. Ueno・N. Sone・M. Kurihara（2014）Urban ecology in the Tokyo metropolitan area:
spatiotemporal change of avian diversity during four decades, 26th International
Ornithological Congress : 110
- 10) 上野裕介・森さやか（2014）鳥好きのための GIS 入門, 日本鳥学会 2014 年度大会講演要
旨集 : 84.
- 11) 上野裕介・曾根直幸・栗原正夫（2014）人口減少社会における都市緑地デザインと生態
学の融合 : 生物多様性に配慮した地域づくりのために, 景観・デザイン研究講演集, 10 :
CD-ROM.
- 12) 曾根直幸・栗原正夫（2014）都市景観の向上に資する公園空間の高度利用方策に関する
研究, 景観・デザイン研究講演集, 10 : CD-ROM.

- 13) 園田陽一・上野裕介・松江正彦・栗原正夫 (2015) マイクロチップを用いたサンショウウオ類の生息環境評価と環境保全措置の効果検証, 「野生生物と交通」研究発表会講演論文集, 14 : 25-30.
- 14) 上野裕介 (2015) 趣旨説明: 都市の生物多様性を軸にした生態学と社会経済, 政策の融合にむけて, 第 62 回日本生態学会講演要旨集 : T06-1.
- 15) 曾根直幸・上野裕介・栗原正夫 (2015) 都市の生物多様性保全政策の現状と今後の方向性, 第 62 回日本生態学会講演要旨集 : T06-7.

2.3 雑誌・特集記事等

- 16) 山岸裕 (2014) 都市由来植物廃材のエネルギー利用の現状と課題, 土木技術資料, 56(7) : 47-48.
- 17) 飯塚康雄 (2014) 災害に強い都市緑化樹木-台風、津波災害による被害実態について-, ベース設計資料, 162 : 37-41.
- 18) 上野裕介・栗原正夫 (2014) GIS と生息適地モデルによる広域スケールでの生物の生息環境の評価と地図化, 土木技術資料, 56 (11) : 22-25.
- 19) 木村優介・曾根直幸・栗原正夫 (2015) 歴史的な土木施設における伝統的工法の活用方策～歴史的風致維持向上計画認定都市の取組みを例に～, 土木技術資料, 57 (1) : 42-45.

刊行資料（過去 5 年間）

緑化生態研究室で行った技術開発・調査研究の成果をまとめた資料の内、過去 5 年間分を掲載しております。

※2000 年度からの緑化生態研究室刊行の資料一覧と 2005 年度からの「国土技術政策総合研究所資料」（2004 年度以前については一部）を、以下に掲載しております。

緑化生態研究室ホームページ「研究成果」（<http://www.nilim.go.jp/lab/ddg/seika.html>）

各施策・事業実施の基礎資料として、またその他研究の参考として活用していただければ幸いです。

国土技術政策総合研究所資料

巻号	表 題	概 要	著者名	キーワード	発行年月
845	都市由来植物廃材のエネルギー利用手法等に関する技術資料 Technical note on the energy application methods for plant waste materials derived from urban areas	本資料は、都市における地産地消型再生可能エネルギー活用として、公園等での利用を想定した都市由来植物廃材のエネルギー利用についての検討結果を取りまとめたものである。	栗原正夫・山岸裕・曾根直幸	植物廃材、エネルギー利用、バイオマス、地産地消	2015.3
824	緑化生態研究室報告書 第29集 Landscape and Ecology Division, Annual Research Report (29th)	平成25年度に緑化生態研究室が実施した、以下のテーマに基づく研究の成果報告である。 ・地球温暖化対策に関する研究 ・樹木の管理と更新に関する研究 ・生物多様性の確保に関する研究 ・良好な景観の形成に関する研究 ・公共空間の分析と計画に関する研究	緑化生態研究室	地球温暖化、緑化、生物多様性、景観、都市計画	2015.1
808	「まちづくり効果」を高める公共事業の進め方(案)～公共事業における景観配慮の事例に学ぶ～ How to Enhance the Effect of public Works on Town Planning and Community Development - A Guidebook for Improving the Quality of Public works -	本資料は、平成24年3月31日現在供用されている道路に植栽されている樹木について、国土交通省各地方整備局、北海道開発局、沖縄総合事務局、地方公共団体、高速道路会社に対し実施した調査結果を基に、樹木の本数、樹種、樹木タイプ別等に集計を行い、全国の街路樹の動向等をまとめたものである。	小栗ひとみ・阿部貴弘・松江正彦・曾根直幸・栗原正夫	公共事業、景観創出、効果、取組み手法	2014.9
795	野生動物に対する道路横断施設の設置と事後調査に関する技術資料 Technical note of road crossing structure for wildlife animals and post-survey technique	本技術資料は、道路事業における野生生物に対する各種の道路横断施設及び付帯施設の特徴と設置・維持管理上の留意点、ならびに道路横断施設の利用実態に関する事後調査(フォローアップ)の手法についてとりまとめたものである。	上野裕介・園田陽一・松江正彦・栗原正夫	環境保全措置、道路事業、野生動物、生息地の分断	2014.6
780	わが国の街路樹Ⅶ The Roadside Trees of Japan Ⅶ	本資料は、平成24年3月31日現在供用されている道路に植栽されている樹木について、国土交通省各地方整備局、北海道開発局、沖縄総合事務局、地方公共団体、高速道路会社に対し実施した調査結果を基に、樹木の本数、樹種、樹木タイプ別等に集計を行い、全国の街路樹の動向等をまとめたものである。	栗原正夫・武田ゆうこ・久保田小百合	街路樹、樹種、樹木タイプ、統計	2014.2

巻号	表 題	概 要	著者名	キーワード	発行年月
771	緑化生態研究室報告書 第 28集 Landscape and Ecology Division, Annual Research Report (28th)	平成24年度に緑化生態研究室が実施した、以下のテーマに基づく研究の成果報告である。 ・地球温暖化対策に関する研究 ・環境影響評価の技術支援に関する研究 ・外来生物等への的確な対応に関する研究 ・景観の保全と再生に向けた技術支援に関する研究 ・都市緑地の施工・管理の高度化に関する研究	緑化生態研究室	地球温暖化、生物多様性、景観、緑化	2013.12
725	緑化生態研究室報告書 第 27集 Landscape and Ecology Division, Annual Research Report (27th)	平成23年度に緑化生態研究室が実施した、以下のテーマに基づく研究の成果報告である。 ・地球温暖化対策に関する研究 ・環境影響評価の技術支援に関する研究 ・外来生物等への的確な対応に関する研究 ・景観の保全と再生に向けた技術支援に関する研究 ・都市緑地の施工・管理の高度化に関する研究	緑化生態研究室	地球温暖化 生物多様性 景観 緑化	2013.2
723	歴史まちづくりの手引き (案) The Handbook for the Historic Preservation	平成20年5月の「地域における歴史的風致の維持及び向上に関する法律」の制定を契機として、全国各地で地域の歴史・文化を活かしたまちづくりの取り組みが進展している。こうした地方公共団体等における歴史まちづくりの取組みを支援するため、歴史的風致の形成に資する建造物等に関する地域特性に応じた具体的な保全・活用・復元等の実施手法及び実施プロセス等を、先進的な取り組み事例とともに、『歴史まちづくりの手引き(案)』として取りまとめた。	阿部 貴弘 松江 正彦 曾根 直幸	歴史まちづくり 歴史的環境 歴史まちづくり法 手引き 事例集	2013.2
722	地域生態系の保全に配慮したのり面緑化工の手引き Manul of the slope revegetation method for conservation of regional ecosystem	建設事業に伴って出現するのり面においては、これまでの外来種を主体とした緑化が行われてきたことに起因して、のり面外に逸出した一部の外来種の繁茂により地域の生態系に悪影響を及ぼすことが問題となっている。本手引きは、このような外来種の問題に対して、のり面を地域の在来種を利用して緑化するための具体的な方法についてとりまとめたものである。	飯塚 康雄 栗原 正夫 大貫 真樹子 久保 満佐子 松江 正彦	のり面、のり面緑化、在来種、表土、埋土種子	2013.1

巻号	表 題	概 要	著者名	キーワード	発行年月
721	道路環境影響評価の技術手法「13. 動物、植物、生態系」の環境保全措置に関する事例集 The Technical Reference on Environment Impact Assessment Technique for Road Project Examples of Environmental Conservation Measures on 13.Fauna, Flora, and Ecosystem	本資料は平成25年3月に作成した道路環境影響評価の技術手法(国総研資料第714号)13. 動物、植物、生態系の参考として、環境保全措置の事例をとりまとめたものである。今回は、平成19年6月に発行した国総研資料第393～395号(別冊)を基に、動物の生息地の分断対策について、環境保全措置並びに事後調査手法に関する新たな事例及び知見の追加を行った。	園田 陽一 松江 正彦 上野 裕介 栗原 正夫	環境影響評価技術 環境保全措置 道路事業 動物 植物 生態系	2013.3
720	道路環境影響評価の技術手法「1. 計画段階配慮事項」の動物、植物及び生態系に関する調査・予測・評価の参考資料 The technical Reference on Environment Impact Assessment Technique for Road Project Fauna, Flora and Ecosystem on 1. planning Stage Consideration Items	本資料は平成25年3月に作成した道路環境影響評価の技術手法(国総研資料第714号)の第1章 計画段階配慮事項(全ての影響要因・環境要素に共通)のうち、動物、植物及び生態系に係る参考資料として、道路事業の「配慮書段階の検討」における検討の考え方と調査、予測及び評価の手法の例を示したものである。	山本 裕一郎 井上 隆司 曾根 真理 角湯 克典 栗原 正夫 松江 正彦 上野 裕介 園田 陽一	計画段階配慮事項 道路事業 動物 植物 生態系	2013.3
714	道路環境影響評価の技術手法(平成24年度版) Environmental Impact Assessment Technique for Road Project (Edition of FY 2012)	本資料は、道路事業において環境影響評価を行う場合の一般的な技術手法を示したものである。事業特性の把握、地域特性の把握、調査、予測、環境保全措置の検討及び評価を行う場合の具体的手法を示し、その内容に解説を加えた。平成24年度版においては、「道路事業に係る環境影響評価の項目並びに当該項目に係る調査、予測及び評価を合理的に行うための手法を選定するための指針、環境の保全のための措置に関する指針等を定める省令」(平成10年建設省令第10号、改正:平成25年国土交通省令第号)の改正及び最新の科学的知見を反映した改定を行った。	(13.動物、植物、生態系) 栗原 正夫 上野 裕介 松江 正彦 園田 陽一 井上 隆司 山本 裕一郎 角湯 克典 曾根 真理 (14.景観、15.人と自然との触れ合いの活動の場) 栗原 正夫 小栗 ひとみ	環境影響評価技術 道路事業 平成24年度版	2013.3
669	街路樹の倒伏対策の手引き Manual of the countermeasures for tree failure of street trees	台風等の強風により倒伏する街路樹は、交通障害や人的障害を引き起こす危険性を有している。 本手引きは、街路樹の倒伏等に係る危険性を最小のものとするため、樹体の構造的な欠陥等を把握する診断方法と危険性を改善する処置方法を提案したものである。	飯塚 康雄 松江 正彦	街路樹 危険度 診断 維持管理 倒木	2012.1

巻号	表 題	概 要	著者名	キーワード	発行年月
663	緑化生態研究室報告書 第 26集 Landscape and Ecology Division, Annual Research Report (26th)	平成22年度に緑化生態研究室が実施した、以下のテーマに基づく研究の成果報告である。 ・地球温暖化対策に関する研究 ・環境影響評価の技術支援に関する研究 ・外来生物等への的確な対応に関する研究 ・景観の保全と再生に向けた技術支援に関する研究 ・樹木管理の高度化に関する研究	緑 化 生 態 研 究 室	地球温暖化 生物多様性 景観 緑化	2012.1
623	緑化生態研究室報告書 第 25 集 Landscape and Ecology Division, Annual Research Report (25th)	平成21年度に緑化生態研究室が実施した、以下のテーマに基づく研究の成果報告である。 ・地球温暖化対策の技術支援 ・環境影響評価の技術支援 ・外来生物等への適切な対応 ・樹木管理の高度化 ・景観の保全と再生に向けた技術支援	緑 化 生 態 研 究 室	地球温暖化 生物多様性 緑化 景観	2011.1
621	沖縄における都市緑化 樹木の台風被害対策の 手引き Manual of countermeasures against typhoon damage on urban planting trees in Okinawa	台風の襲来を受けることが多い沖縄地方においては、倒木等による都市緑化樹木の被害が多く発生し、周辺施設の破損や道路交通の遮断などのほか、人的被害にまで至る可能性もある。 本手引きは、沖縄における都市緑化樹木の台風被害を軽減させることを目的として、台風被害の実態調査結果から被害要因を明らかにした上で、台風被害に強い樹木を育成するための緑化手法をとりまとめたものである。	松江 正彦 飯塚 康雄 長濱 庸介	沖縄 都市緑化樹木 台風被害 緑化手法 維持管理	2011.1

.....

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of N I L I M

N o . 881 January 2016

編集・発行 ©国土技術政策総合研究所

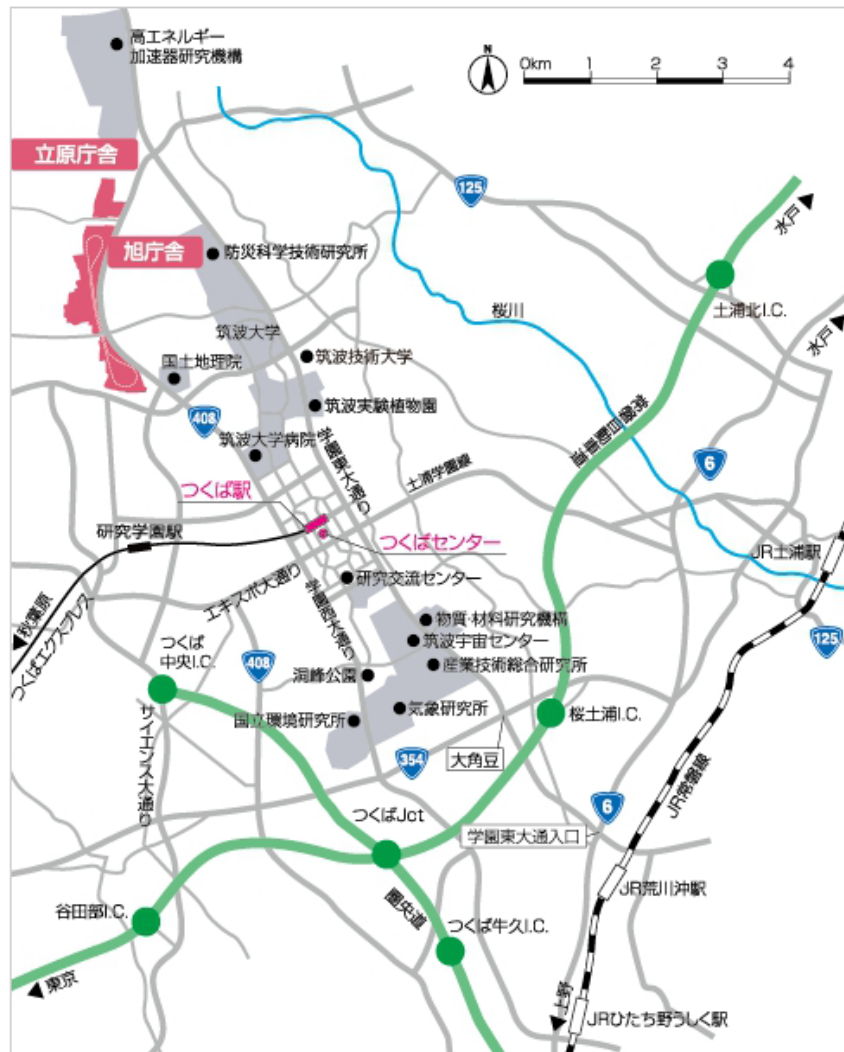
.....

本資料の転載・複写の問い合わせは

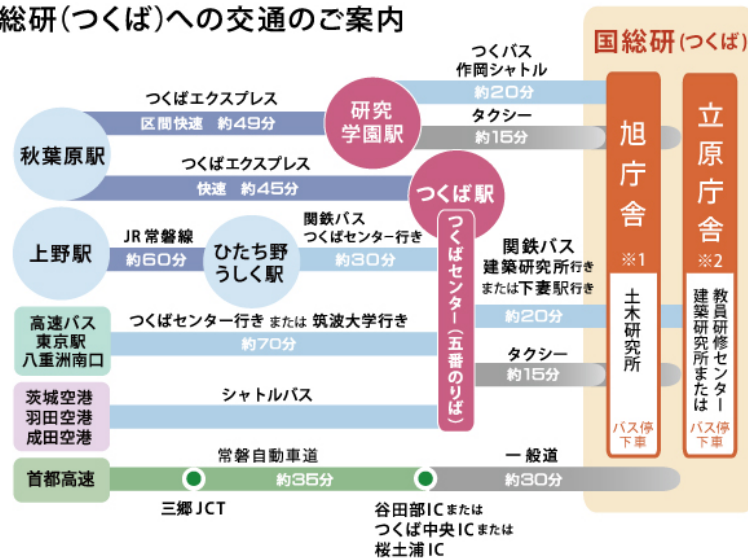
〒305-0804 茨城県つくば市旭 1 番地

企画部 研究評価・推進課 TEL 029-864-2675

国土技術政策総合研究所までのご案内



国総研(つくば)への交通のご案内



国総研 HP <http://www.nilim.go.jp/>

問合せ先/国土交通省 国土技術政策総合研究所

防災・メンテナンス基盤研究センター

〒305-0804 茨城県つくば市旭 1 番地

緑化生態研究室

TEL. 029-864-2742