逢妻男川の植樹による生物多様性への整備効果研究

森本 幸裕^{1*}・加藤 博之²・今村 史子³・城野 裕介³・徳江 義宏³

¹ 京都大学大学院地球環境学堂 〒 606-8501 京都市左京区吉田本町本部構内

² 愛知県豊田加茂建設事務所 〒 471-0867 豊田市常盤町 3-28

³ 日本工営株式会社 〒 102-0083 東京都千代田区麹町 4-2

Business effect research to biodiversity by afforestation of "Aidumaogawa"

Yukihiro Morimoto^{1*}, Hiroyuki Katou², Fumiko Imamura³,

Yusuke Shirono³ and Yoshihiro Tokue³

¹ Graduate School of Global Environmental Studies, Kyoto University, Kitashirakawa Oiwake-cho,
Sakyo-ku, Kyoto, 606-8502 Japan

² Aichi Prefecture Toyota Kamo Construction Office, 3-28 Tokiwa-cho, Toyota, 471-0867 Japan

³ Nippon Koei Co., Ltd. 4-2 Kojimachi, Chiyoda-ku, Tokyo, 102-0083 Japan

Abstract: "Green corridor along the waterside", the tree-planting project by local people is ongoing along the Aidumaogawa River, the second-class river of Aichi Prefecture. Considering the trends on the awareness of biodiversity promoted by the Convention of the Biological Diversity COP 10 held in Aichi prefecture, every project is recommended to take into account of the point of view of biodiversity. However, most tree-planting activities tends to focus on greening but not the biodiversity of the ecosystems up until now. Therefore, we conducted the research to clarify the effect of the tree-planting project on the biodiversity from the view points of "Ecological enhancement of the river space", "Establishment of forest ecosystems", and "Connectivity of the forest ecosystems", considering the hierarchy of biodiversity, which refers to diversity of ecosystems, species diversity and genetic diversity. The three methods, the HEP using an insect-eating bird, the Food Chain Box Method and the Connectivity Analysis, were successfully applied to evaluate the significance of the tree-planting activity on the enhancement of biodiversity along the Aidumaogawa River. These methods would be useful also for monitoring and other cases.

Key Words: Biodiversity, Project outcome, Tree-planting, Biodiversity evaluation, People's participation

要旨：愛知県の二級河川逢妻男川では、地域住民が主体となって河川空間に連続した樹林の形成を図る「水辺の緑の回廊」整備が行われている。そうした中、平成 22 年 10 月に愛知県で COP10 が開催されたことを契機として、今後は生物多様性に着目した地域づくりの推進が一層求められるようになった。しかし、これまでの植樹活動は緑化に着目するも生物多様性の視点は取り込まれておらず、生物多様性に関する知見の蓄積も不十分である。そこで本研究では、地域の植樹活動の取組みが生物多様性にどんな効果をもたらすのか、生物多様性の「生態系の多様性」「種の多様性」「遺伝子の多様性」の 3 つの階層の視点から、「河川空間のエコアップ」、樹林生態系の構築、「樹林生態系のつながり」の効果を分析・評価した。その結果、植樹による生物多様性への整備効果評価手法の活用の可能性が示唆された。

キーワード：生物多様性、整備効果、河川樹林環境、定量評価、住民参加

* 連絡先：ymo@kais.kyoto-u.ac.jp

受付：2011 年 3 月 3 日／受理：2011 年 6 月 16 日

はじめに

愛知県の二級河川逢妻男川では、平成14年度より、河川空間に連続した樹林の形成を図る「水辺の緑の回廊」整備が行われている。この整備は、河川管理上の理由から計画高水位より上部の護岸法面部に実施されるものであり、河川水域内の生物多様性への貢献には限界があるものの、地域住民が主体となつて植樹することで、地域住民が身近に触れ合うことができる自然の回復を目指すものである。一方、平成22年10月に愛知県でCOP10が開催されたことを契機として生物多様性への関心が高まっており、生物多様性に着目した地域づくりの推進が一層求められるようになった。

しかし、これまでの植樹活動は地域生態系に配慮した樹種の選定などが行われていたものの、生物多様性への貢献を整備効果として具体的に評価している事例はほとんどない。そのような中で、どう地域住民に生物多様性への整備効果をわかりやすく示していくかが問題であった。

本研究では、地域の植樹活動の取組みが生物多様性にどのような効果をもたらすのかを把握するため、生物多様性の「生態系の多様性」「種の多様性」「遺伝子の多様性」の3つの階層の視点から、整備効果を簡易的かつ定量的に分析・評価することでわかりやすく示すこととした。本論文では、その具体的検討内容である、食物連鎖箱法を用いた河川空間のエコアップ、HEP法を用いた樹林生態系の構築、生態系ネットワーク法を用いた樹林生態系のつながりについて、生物多様性への整備効果を報告し、その適

用の有効性や活用のあり方などに言及することを目的とする。なお、本研究においてはエコアップとは新たな生態系が創出されることの意味で用いている。

対象地

対象地は、愛知県豊田市に位置する二級河川逢妻男川の植樹が計画されている1.9kmの区間とその周辺である（図1）。かつて農村環境が広く分布する地域であったが、戦後の宅地開発等の進展により、現在に至るまでその自然環境は大きく損なわれてきた状況にある。特に樹林環境は社寺林などがわずかに点在するのみであり、かつてこの地域に生息していた生物の多くは生息環境の分断等による影響を強く受けてきたものと考えられる。

逢妻男川における「水辺の緑の回廊」の植樹は、この損なわれた地域の自然を、河川を軸として回復させることを企図して進めているものである。植栽の樹種は、地域の潜在自然植生を考慮した、シイ、カシ等の多様な種を選定することとし、地域住民（若

図1. 対象地の位置図

林実行委員会・若園実行委員会）が中心となって植樹を進めている。総延長約 1.9 km の連続した樹林帯の形成を目指して、平成 14、15 年度に名鉄三河線交差部上流部の若林地区において植樹を整備し、平成 20 年度からは名鉄三河線交差部下流部の若園地区において植樹を進めている状況である。平成 22 年 10 月には、COP10 にあわせて若園地区において植樹祭を開催し、約 460 人が参加して約 1,200 本の植樹が行われた。

生物多様性への整備効果の検討方法

1. 生物多様性の評価手法

生物多様性には、生態系の多様性、種の多様性、遺伝子の多様性の 3 つの階層における多様性があるとされる（鷲谷 2010）。生態系の多様性とは、森林や河川などの種々のタイプの生態系があることをいう。今回の整備では現況の河川環境に加えて新たに植樹による樹林環境が形成されることで、「河川空間のエコアップ」により、生態系の多様性が向上することが期待される。種の多様性の観点からは、植樹によって現況では少ない樹林環境がある程度まとまって創出されることで、樹林生態系における種の多様性が向上することが期待される。また、分断化した小さな個体群では、遺伝子の多様性が劣化したり絶滅しやすいとされる。この整備により、樹林生態系の連続性を確保することによって、個体群の遺伝子の多様性を劣化させないことが期待される。

本研究では、この視点に基づき生物多様性への整備効果を「河川空間のエコアップ」、「樹林生態系の構築」、「樹林生態系のつながり」に着目して検討を行った（図 2、図 3）。なお、将来予測として、現況から植樹が十分に成長すると想定される 50 年後の生物多様性効果を考えることとした。

2. 基礎データの収集

検討に先立ち、逢妻男川を含めた周辺の生物の生息状況や生息環境についての基礎データの収集を行った。生物の生息状況については、平成 22 年の冬季から秋季にかけて現地調査によって把握した（表 1）。生息状況の調査は、対象地で認められた 4 つの環境区分、社寺林・樹林地、耕作地、住宅地、河川ごとに複数地点を選定し、各環境区分で確認した生物について、個体数または確認の有無を把握する調査を実施した。調査方法については、哺乳類、爬虫類、

図 2. 3 つの階層の多様性と逢妻男川の植樹による効果

図 3. 植樹効果のイメージ

両生類はフィールドサイン法、鳥類は定点調査及びスポットセンサス法、昆虫類及びクモ類は任意採取法、スウィーピング法及びビーティング法、土壤動物は定量採取法、植物は任意踏査法により行った。

結果および考察

1. 生物多様性への整備効果①：河川空間のエコアップ（食物連鎖箱法）

現況の河川環境に生息する種に加えて新たに樹林環境に生息する種が河川空間において生息可能となること、すなわち「河川空間のエコアップ」の効果を、現況と将来の比較において、生態系の生食連鎖と腐食連鎖の関係を模式的に「箱」に置き換え各箱に点数を設定して推計する手法（川瀬 2000; 横浜市 2007）を用いて評価した。これは生態系を生食連鎖及び腐食連鎖によって構成されるものとして、それ

表 1. 現地調査の概要

	記録 方法	冬季 (2月)	春季 (5月)	初夏 (6月)	夏季 (7月)	秋季 (9月)
哺乳類	確認有無		●		●	●
爬虫類	確認有無		●		●	●
両生類	確認有無		●		●	●
鳥類	個体数	●	●	●	●	●
昆虫類	トンボ類 チョウ類		●		●	●
クモ類	確認有無		●		●	●
土壌動物	確認有無				●	
植物	確認有無		●		●	●

注) ●は調査の実施をあらわす

それぞれの生態系を構成する「箱」、すなわち各分類群が確認されるかを現地調査によって確認し、「箱」の埋まり具合によって生態系の点数評価を行う手法である。(以下「食物連鎖箱法」と称する)。「箱」は、過去に豊田市で行われた自然環境調査の結果(豊田市自然環境基礎調査会 2005)から、対象地周辺で出現する可能性が考えられる種とその分類群を把握し、豊田市における模式的な生態系のピラミッドとして設定した。これに現地調査において確認された生物種をあてはめ、植樹前後で確認される種数と横浜市(2007)を参照して点数を評価した。

(1) 現況の逢妻男川の生息種

現地調査を行ったところ、現状の逢妻男川では、河川法面の草地を中心に、イタチやバツタなど 290 種が確認された。河川内で特徴的に見られる箱内の確認種として、生食連鎖においては大型鳥類のケリ、小型鳥類のツバメ、蝶類のルリシジミ、草食性バツタ類のツチイナゴが、腐食連鎖においてはモグラ類のコウベモグラが確認されている(図 4)。

一方、逢妻男川周辺の社寺林では 294 種が確認され、特に、樹林で特徴的にみられる種としてはオオタカ、コゲラ、モズ、ヒメジャノメ、トカゲ、マムシ、オカチョウジカイなどが確認された。

(2) 河川空間のエコアップによる生物多様性への整備効果

将来の逢妻男川における食物連鎖箱法による評価では、現況の逢妻男川でみられた生息種に、新たな樹林環境(合計 0.57 ha)で確認されるであろう生息種が加わると想定される。そこで仮に、現在の社寺林(合計 1.65 ha, 平均面積 0.55 ha)の生息種を加えると 438 種が出現すると予測され、現況の 1.5 倍の

種が生息すると考えられた。また、食物連鎖箱法では、現況の逢妻男川の評価点数の670点から、社寺林で確認された種を加えた将来の逢妻男川では760点となり、1.1倍となると予測された。

これまでなかった樹林環境が河川空間に形成されることで、逢妻男川の生物多様性が向上すると考えられた（表2、図5）。

2. 生物多様性への整備効果②：樹林生態系の構築（HEP法）

生態系のピラミッドの頂点に位置する種を支える様々な生物が生息する樹林が形成されること、すなわち「樹林生態系の構築」の効果を、現況と将来の比較において、指標種の社寺林・樹林地ごとの生息確率とその面積の乗算値（以下「HU」と称する）を

表2. 現況の逢妻男川の生息種と食物連鎖箱法による評価点数

ランク	箱番号	箱名	点数	社寺林		逢妻男川（現況）		逢妻男川（将来）	
三次消費者 （生食）	1	猛禽類	90	オオタカ	90			→ オオタカ	90
	2	肉食大型哺乳類	90	ハクビシン	90	イタチ	90	ハクビシン イタチ	90
三次消費者 （腐食）	3	腐食性大型鳥類	60						
	4	カラス	60	●	60	●	60	●	60
キーストーン	5	ヘビ類	45	マムシ	45	アオダイショウ マムシ	45	●	45
二次消費者	6	肉食性鳥類	15	●	15	●	15	●	15
	7	トカゲ類	15	トカゲ カナヘビ	15	カナヘビ	15	●	15
	8	カエル類	15	アマガエル トノサマガエル ヌマガエル	15	アマガエル トノサマガエル ヌマガエル ウシガエル ツチガエル	15	●	15
	9	モグラ類	15			コウベモグラ	15	●	15
	10	小型鳥類（主に肉食）	15	●	15	●	15	●	15
	11	中型鳥類（主に肉食）	15	●	15	●	15	●	15
	12	大型鳥類（主に肉食）	15	●	15	●	15	●	15
	13	スズメバチ類	15	●	15	●	15	●	15
	14	シデムシ・オサムシ類	15	●	15	●	15	●	15
	15	アリ類	15	●	15	●	15	●	15
	16	甲虫類、その他	15	●	15	●	15	●	15
	17	ムカデ虫	15	●	15	●	15	●	15
	18	クモ類	15	●	15	●	15	●	15
	19	カマキリ類	15	●	15	●	15	●	15
	20	トンボ類	15	●	15	●	15	●	15
	21	昆虫食性バッタ類	15	●	15	●	15	●	15
	22	ザトウムシ類	15						
	23	カニムシ類	15						
	24	コムシ類	15						
一次消費者	25	食菌昆虫類	10	●	10	●	10	●	10
	26	げっ歯類	10						
	27	ガ・ハバチ類	10	●	10	●	10	●	10
	28	蝶類（常緑）	10	●	10	●	10	●	10
	29	蝶類（落葉）	10	●	10	●	10	●	10
	30	蝶類（常緑・落葉）	10						
	31	蝶類（落葉・草本）	10	●	10	●	10	●	10
	32	蝶類（草本）	10	●	10	●	10	●	10
	33	甲虫類	10	●	10	●	10	●	10
	34	草食性バッタ類	10			●	10	●	10
	35	セミ類	10	●	10	●	10	●	10
	36	その他昆虫類	10	●	10	●	10	●	10
	37	小型鳥類（植食）	10	●	10	●	10	●	10
	38	中型鳥類（植食）	10	●	10	●	10	●	10
	39	大型鳥類（植食）	10	●	10	●	10	●	10
	40	草食性哺乳類	10						
	41	ハサミムシ等肉食性昆虫	10	●	10	●	10	●	10
	42	腐食植物性昆虫類	10	●	10	●	10	●	10
	43	コウモリ類	15	アブラコウモリ	15	アブラコウモリ	15	●	15
	44	貝類	10	●	10	●	10	●	10
	45	ミミズ類	10	●	10	●	10	●	10
	46	ダニ類	10	●	10	●	10	●	10
	47	トビムシ類	10	●	10	●	10	●	10
	48	コムカデ類	10						
	49	ヤスデ類	10	●	10	●	10	●	10
	50	甲殻類	10						
	51	双翅類	10	●	10	●	10	●	10
	52	鱗翅類	10	●	10	●	10	●	10
合計点数 満点：825				720		670		760	
生息種数				294		290		438	

注）●は現地調査により箱に該当する種が確認されたことをあらわす。

図5. 将来の逢妻男川の食物連鎖箱法による評価結果

算出することで評価した（以下「HEP 法」と称する）。

(1) 指標種の選定

指標種としては、現地調査の結果から、逢妻男川周辺の社寺林・樹林地における生態系ピラミッドの比較的上位に出現するコゲラを選定した。選定にあたっては、生態系の比較的上位に位置する鳥類に着目して、現地調査結果から社寺林・樹林地において出現頻度が高い（50%以上）種について、出現率、依存性、みつけやすさの観点から比較検討を行い決定した（表3）。また、コゲラは、留鳥のため通年での確認が容易で地域住民にとって親しみやすいことから、逢妻男川の樹林環境における典型性を示す種としても適していると考えられた。

(2) 生息確率モデルの作成

コゲラの生息状況は鳥類調査結果のうち、社寺林・樹林地、逢妻男川で行った調査結果を用いた。ここでは、逢妻男川の周辺の40地点の社寺林・樹林地、1地点の逢妻男川において、春・初夏・夏・秋・冬の現地調査を通してのコゲラの確認の有無を目的変数として用いた。

コゲラの生息確率モデルに用いる物理環境の検討に際し、これまでにコゲラの生息に関係が深いと考えられている環境要素として（濱尾ほか2006; 利根川・亀山2002; (財) 日本生態系協会ハビタット評価

表3. HEP 法における指標種の選定

種名	出現率(%)	依存性(%)	みつけやすさ 渡り区分	確認頻度	選定結果	選定理由
オオタカ	89	75	留鳥	9/268	△	確認頻度が低い。
コゲラ	85	50	留鳥	26/268	○	確認頻度が比較的高い、通年みつけやすい。
シロハラ	100	100	冬鳥	8/268	△	確認頻度が低い、確認は冬のみ。
ウグイス	100	100	留鳥	1/268	×	確認頻度が低い。
センダングサ	100	100	夏鳥	1/268	×	確認頻度が低い、確認は夏のみ。
コサメビタキ	100	100	夏鳥	2/268	×	確認頻度が低い、確認は夏のみ。
ヤマガラ	100	100	冬鳥	12/268	×	確認頻度は比較的高いが、確認は冬のみ。
シジュウカラ	100	100	留鳥	5/268	△	確認頻度が低い。

注)
出現率:各環境区分における種の出現の程度をあらわす。
社寺林・樹林地1地点・回あたりの確認個体数 ÷ 100
環境区分ごとの1地点・回あたりの確認個体数
依存性:他の環境区分における出現の状況をあらわす。
(1-(社寺林・樹林地以外で確認された環境区分の数)) ÷ 100
(社寺林・樹林地以外の環境区分の数)
社寺林・樹林地で出現率が50%以上のものを対象に検討を行った。

グループ2008) 樹林面積、経過年数、群落高、亜高木密度、枯死木密度、HC1層（8 m 以上）植被率、HC2層（2～8 m）植被率、HC3層（0.5～2 m）植被率、HC4層（0.5 m 未満）植被率、リター被覆率、最上層常緑樹率、最上層落葉樹率、最上層針葉樹率、最上層竹林率、樹林率 100 m 圏内、樹林率 200 m 圏内、樹林率 300 m 圏内、樹林率 400 m 圏内、樹林率 500 m 圏内を把握した。樹林面積、経過年数、樹林率 100 m 圏内、樹林率 200 m 圏内、樹林率 300 m 圏内、樹林率 400 m 圏内、樹林率 500 m 圏内については、国土交通省および国土地理院によって公開されている空中写真をもとに、およそ 5m × 5m 以上の規模の樹冠の面積をもつ樹林を対象として把握した。また、HC1層（8 m 以上）植被率、HC2層（2～8 m）植被率、HC3層（0.5～2 m）植被率、HC4層（0.5

m未満) 植被率, リター被覆率, 最上層常緑樹率, 最上層落葉樹率, 最上層針葉樹率, 最上層竹林率については, 2010年7月に現地調査を行い, 対象とした樹林の代表的な地点に群落高とほぼ一辺が等しくなるコドラートを設定して把握した。

これらの環境要素の説明変数をロジスティック回帰分析によるステップワイズ法によって取捨選択し, 生息確率0.5以上となる地点を生息有, 0.5未満を生息無とした場合のモデルの予測正解率及びAICの値を勘案しつつ, 植樹の効果について評価可能なモデルを最適モデルとして(1)式を選定した。

$$p = \exp(\lambda) / (1 + \exp(\lambda)) \quad (1)$$

p : コゲラの生息確率

$$\lambda = 14.02 \times \text{樹林面積 (ha)} + 5.15 \times \text{高木層の樹冠の植被率 (\%)} - 7.62 \times \text{竹林植被率 (\%)} + 4.07 \times 300 \text{ m 範囲の樹林地率 (\%)}$$

モデル式からは, コゲラは規模が大きくかつ高木層が発達する樹林地を選好すること, 竹林が侵入する樹林地は選好しないこと, また周辺300m範囲内の樹林地率が高い樹林地を選好することが示された。

(3) 現況再現と将来予測

現地調査におけるコゲラの確認の有無と, 作成したモデルによる生息確率とを比較した結果(表4), モデルの正解率は98%であり, コゲラの生息状況がモデルにより再現された(表5)。

次に, 作成したモデルを用いて, 50年後の将来のコゲラの生息確率を予測した。なお, 黒枠線は, 植樹から500mの範囲を示し, コゲラの移動可能距離の範囲を予測の対象としている。生息確率の予測は, 植樹箇所だけでなく, 植樹周辺の樹林地の生息確率も大幅に増加させていることがわかる。これは, 新たな植樹による樹林地が構築されることで, 300m範囲内の樹林地におけるコゲラの生息確率が相互に増加することによるものである(図6)。

(4) 樹林生態系の構築による生物多様性への整備効果

モデル式をもとにコゲラのHUを求めたところ, 将来HUは1.6から3.2に増加すると予測された。樹林地面積は現状の4.55haから将来の5.12haへ1.1倍の増加であるのに対して, コゲラのHUは現況の

表4. モデルによる予測結果

地点名	樹林面積	HC1層植被率	リター層被覆率	最上層の竹林率	周辺100mの樹林地率	周辺200mの樹林地率	周辺300mの樹林地率	周辺400mの樹林地率	周辺500mの樹林地率	コゲラ確認	生息確率
社1	0.1860	4	2	0	6.2113	7.0676	5.5887	4.8776	4.3307	有	1.0000
社10	1.2438	4	2	0	0.8688	0.6084	1.8492	1.9009	2.4368	有	0.9999
社2	0.3101	4	4	0	2.8899	5.2109	5.7207	5.7778	5.2829	有	1.0000
社3	0.8683	4	4	0	4.5870	4.8755	4.6338	4.3301	3.8311	有	1.0000
社4	0.4113	3	1	1	6.6368	6.2348	5.2328	5.0268	5.0599	無	0.3077
社5	0.7308	4	4	0	2.6106	4.6451	4.7188	4.2726	3.9958	有	1.0000
社6	0.5362	4	4	0	3.1908	1.8829	2.4619	3.2927	3.7124	無	0.9202
社7	1.0119	4	3	0	2.8733	2.2406	2.1314	1.7455	1.5504	有	0.9996
社8	1.0013	4	4	0	2.8531	3.2009	3.9885	3.3216	3.1375	有	1.0000
社9	0.3344	4	3	0	2.5123	1.4988	2.5991	2.9745	4.0243	有	0.5434
社定1	1.2152	4	4	1	4.7185	6.6098	9.9889	10.1031	9.8917	有	1.0000
社定2	0.8709	4	4	1	3.6124	2.9802	2.7795	2.9088	2.9652	有	0.6916
社定3	0.4641	3	4	0	3.9542	4.8354	5.0236	4.6478	4.4026	有	0.9988
樹A1	0.1604	4	2	0	7.5023	7.2069	5.7031	5.7768	5.3394	有	0.5133
樹A2	0.0699	4	1	0	8.5220	8.5803	6.4049	5.2483	4.5917	無	0.0002
樹A3	0.0516	4	1	0	2.2258	1.6472	3.1020	4.7397	5.4468	無	0.1486
樹A4	0.0574	1	1	0	4.4336	4.3982	3.2706	2.9852	4.0092	無	0.0000
樹B1	0.0855	4	1	0	5.5985	4.8561	3.3666	2.8996	3.0041	無	0.0047
樹B10	0.0149	4	1	0	2.8552	3.2169	5.6849	5.4569	5.0770	無	0.0000
樹B2	0.1616	4	4	4	1.4048	2.0712	2.6402	2.8098	3.5404	無	0.0000
樹B3	0.0536	4	1	0	6.7272	6.9839	4.8037	4.2096	3.8230	無	0.0000
樹B4	0.0246	4	3	0	5.9147	4.1133	4.7885	4.0786	3.7400	無	0.0038
樹B6	0.1999	1	4	4	7.3105	7.0852	5.9993	4.8301	4.4496	無	0.0000
樹B8	0.0371	1	1	0	9.9318	6.2623	6.1398	5.8674	5.7309	無	0.0063
樹B9	0.0592	4	1	0	5.7465	3.8116	3.4692	3.9995	4.8857	無	0.0050
樹C1	0.0573	4	3	1	2.1463	3.7616	4.2191	4.4677	3.7282	無	0.0001
樹C12	0.0083	4	3	0	6.7103	5.2290	5.7000	5.6572	6.4351	無	0.0000
樹C3	0.2863	4	4	0	4.7385	3.3218	2.9102	2.9315	3.3449	有	0.6824
樹C4	0.0374	4	4	4	7.3087	5.9668	6.3688	5.1484	4.3994	無	0.0000
樹C5	0.0061	4	3	0	3.8415	5.1202	4.4733	4.8526	4.8194	無	0.0000
樹C6	0.0198	0	1	0	5.5563	4.5269	3.3076	6.6575	5.9287	無	0.0000
樹C7	0.0128	1	3	0	6.7605	6.7312	6.9766	5.4642	5.4330	無	0.1203
樹C8	0.0724	2	1	0	6.6697	7.1036	5.6762	4.7136	5.1373	無	0.2158
樹C9	0.4418	4	4	0	6.3605	4.6429	3.6572	3.6231	4.0912	有	0.6965
樹D1	0.2201	4	4	4	5.4510	5.9196	4.5045	4.8713	4.4576	無	0.0000
樹D2	0.0690	4	4	4	2.8684	2.9887	5.5060	4.6285	4.7721	無	0.0000
樹D4	0.7645	4	4	4	3.2707	1.8003	2.5188	4.1430	4.3253	無	0.0000
樹D7	0.1057	4	1	0	2.2717	2.1199	2.4227	3.0488	3.6669	無	0.0001
樹D8	0.2610	0	4	4	2.8935	1.8670	1.7433	2.5594	2.7998	無	0.0000
樹D9	0.5652	4	1	0	3.6351	2.8245	2.5794	2.8265	3.2453	無	0.1390
男B5	0.0381	3	4	0	3.6227	3.1988	4.5624	5.2445	5.0128	無	0.0092

※HC1層、リター層被覆率、最上層の竹林率 0:0%1:>0~25%2:>25~50%3:>50~75%4:>75~100%

図 6. 現況と将来のコゲラ生息確率の予測

2.0 倍となっており、植樹によりコゲラが生息可能な樹林環境が地域全体で大きく増加することが示された (表 6, 図 7)。

3. 生物多様性への整備効果③：樹林生態系のつながり (生態系ネットワーク法)

分断化した個体群の遺伝的な交流が可能となること、すなわち「樹林生態系のつながり」の効果を、現況と将来の比較において、指標種の植樹前後での移動可能範囲により評価した。(以下「生態系ネットワーク法」と称する)。

(1) 指標種の選定

指標種は現地調査の結果から社寺林・樹林地に特徴的に出現する種を選定し、クロアゲハを選定した。選定にあたっては、地域におけるまとまった樹林の位置関係から植樹によって移動の改善効果が見込まれる数百 m 以上の中距離程度の移動能力を有するトンボ類、チョウ類 (例えば大澤・勝野 (2003), Roland *et al.* (2000) 等) に着目した。トンボ類・チョウ類の現地調査結果から、社寺林・樹林地において出現頻度が高い (50%以上) 種について、出現率、依存性、みつけやすさの観点から比較検討を行った (表 7)。検討の結果、確認個体数が多くみつけやすい、

表 5. コゲラの生息確率モデルの再現率

現地調査 \ モデル	生息確率 >0.5>		正解率
	いない	いる	
いない	0	26	1
いる	1	0	14
正解率 9.8% →			40/41

表 6. 現況と将来の HU の評価結果

	面積	HU
現況 (H22年)	4.55ha	1.6
将来 (H72年)	5.12ha (1.1倍)	3.2(2.0倍)
樹木の成長による増加分	—	1.05
植樹による増加分	0.57ha (13%増)	0.53(33%)

図 7. 現況と将来の HU の評価結果

表 7. 生態系ネットワーク法における指標種の選定

種名	出現率(%)	みつけやすさ 確認個体数	選定結果	選定理由
オニヤンマ	100	2	×	確認個体数が少ない。
オオシオカラトンボ	100	2	×	確認個体数が少ない。
コノシメトンボ	100	1	×	確認個体数が少ない。
リスアカネ	100	1	×	確認個体数が少ない。
ウラギンシジミ	50	1	×	確認個体数が少ない。
ムラサキシジミ	100	1	×	確認個体数が少ない。
アオスジアゲハ	57	47	△	確認個体数は多いが、全ての環境区分で確認されている。
ナガサキアゲハ	88	7	△	確認個体数が少ない。
クロアゲハ本土亜種	62	17	○	確認個体数が多い、大きくてみつけやすい。
ヒメジャノメ	58	7	△	確認個体数が少ない。

(注)
出現率:各環境区分における種の出現の程度をあらわす。
 $\frac{\text{社寺林・樹林地での確認個体数}}{\text{全地点における確認個体数}} \times 100$
社寺林・樹林地で出現率が50%以上のものを対象に検討を行った。

また地域住民がモニタリングをする上でも体長が大きくて目立つなどの点から、クロアゲハを生態系ネットワークの指標種として選定した。

(2) 樹林生態系のつながりによる生物多様性への整備効果

Roland *et al.* (2000) の事例を参考に、クロアゲハの移動能力を約 150 m に設定して、植樹前後の比較を行ったところ、現況における移動可能範囲は 45 ha であったものが、将来の河川沿いに樹林環境が整備されると移動可能範囲は 148 ha と 3.3 倍に増加すると予測された (図 8)。

植樹は将来これらの生物にとっての重要な移動経路となり、クロアゲハの移動可能な範囲は大きく改善され、生態系ネットワークが強化されることが示された。一般的には生育・生息地の分断化は遺伝的多様性の低下を伴うことが指摘される (富松 2005) ことから、新たに樹林がつながることは地域の遺伝的多様性の向上に寄与すると考えられる。ただし、生息地間を結ぶコリドーは外来種や病原菌の侵入確率を高める (Simberloff *et al.* 1992) という指摘もあり、遺伝的多様性に対しては必ずしも正の効果のみが得られるわけではない可能性がある点は留意すべき事項と考えられる。

まとめ

本研究では、植樹による生物多様性への整備効果を、3つの階層の多様性を視点として、簡易的かつ定量的に評価可能な手法で試算を行った。その結果、以下の効果が示された。

- ① 「河川空間のエコアップ」(食物連鎖箱法) では、河川空間の限られた範囲でも植樹を行うことで、将来植樹が成熟した樹林地へと生長した時には、現況の河川生態系に新たに樹林生態系が加わり、その結果、評価点数として現況の 1.1 倍、種数は 1.5 倍となることが推定された。

図 8. 現況と将来の生態系ネットワーク法の評価結果

- ② 「樹林生態系の構築」(HEP 法)では、植樹による樹林生態系の構築を樹林生態系の上位種であるコゲラを指標種として評価を行った結果、HUは現況の2.0倍となることが推定された。
- ③ 「樹林生態系のつながり」(生態系ネットワーク法)では、周辺の樹林とのつながりを樹林間の移動の改善効果が高いと想定されるクロアゲハを指標種として評価を行った結果、その移動可能範囲は現況の3.3倍となることが推定された。
- 本研究で示されたような、生物多様性への整備効果評価手法の適用により、以下のような説明・検討が可能になると考えられた。
- ・ 植樹整備の整備効果を提示できることに加え、人々に親しまれやすく、かつ普通に確認可能なコゲラやクロアゲハ等の指標種を用いることで、植樹後の維持管理においても、地域住民自身がモニタリングを行い、生物多様性を簡易的かつ定量的に評価することが可能となること。
 - ・ 河川周辺の地域開発等による土地利用の変化に対して、生態系管理技術の一手法として、質と量の両面からの生態系評価を検討することが可能となること。

おわりに

生物多様性という概念や評価方法は、一般住民はもちろん、専門家にとってもわかりやすいものではない。各地で行われている地域住民主体の植樹活動についても、単なる緑化以上に生物多様性に関する関心は高いとは言えない現状にある。

そのような中、愛知県でのCOP10開催を契機に、生物多様性への整備効果について、定量的でわかりやすい手法を提示できたことは、地域住民自ら取り組んでいる整備にとって非常に効果的なことであると思われる。今後、この手法を用いて継続的にモニタリングし、その整備成果とその評価手法を検証していくことが必要である。

今後も、生物多様性に配慮した整備を目指していくためには、本研究成果を活用したさらなる研究の蓄積に期待したい。

引用文献

濱尾章二・山下大和・山口典之・上田恵介. 2006. 都市緑地におけるコゲラの生息に関わる要因. 日

本鳥学会誌 55(2): 96-101.

川瀬博. 2000. 食物連鎖箱による地域環境の評価に関する研究. 環境情報科学 29(1): 83-91.

大澤啓志・勝野武彦. 2003. 都市河川における絶滅危惧植物ミズキンバイの分布とイトトンボ類の生息状況の関係. 日本緑化工学会誌 29(2): 343-351.

Roland, J., Keyghobadi, N., and Fownes, S. 2000. Alpine Parnassium Butterfly Dispersal: Effects of Landscape and Population size. Ecology 81: 1642-1653.

(財) 日本生態系協会ハビタット評価グループ. 2008. コゲラの HSI モデル (2008 年 12 月版). 6pp, (財) 日本生態系協会, 東京.

Simberloff, D., Farr, A. J., Cox, J., and Mehlman, W. D. 1992. Movement Corridors: Conservation Bargains or Poor Investments?. Conservation Biology 6(4): 493-504.

利根川将充・亀山章. 2002. 繁殖期におけるコゲラの HSI モデル. 日本緑化工学会誌 31(1): 208-211.

豊田市自然環境基礎調査会. 2005. 豊田市自然環境基礎調査報告書. 453pp, 豊田市, 豊田.

富松裕. 2005. 生育場所の分断化は植物個体群にどのような影響を与えるか?. 保全生態学研究 10: 163-171.

鷺谷いづみ. 2010. 絶滅・侵入・適応と生態系変化の生物学. 地球環境と保全生物学 (浅島誠・黒岩常祥・小原雄治編), 11-34. 岩波書店, 東京.

横浜市. 2007. 市民協働生き物調査の仕組みづくり—横浜市市民協働による陸域生物相・生態系調査検討委員会の報告— (<http://www.city.yokohama.lg.jp/kankyo/mamoru/rikuiki/iin/>). 58pp, 横浜市環境創造局環境活動推進部環境活動事業課, 横浜.