

## 生物多様性保全・環境創造技術

### Technologies to Conserve Biodiversity

越川 義功 高砂 裕之

#### I. はじめに

1960年代の高度成長期から1990年代までの社会資本整備では、経済発展を重視した産業基盤，社会基盤の構築が優先されてきた。そのため，人間を取り巻く自然環境への配慮は後回しとなり，経済活動や開発に伴う水質や大気汚染，生態系の荒廃が社会問題化することが少なくなかった。しかし，道路網に見られるように一定の社会基盤が整備されつつある現代においては，社会資本整備の方向性は量的整備から質的整備に変化しつつある。今後，建設会社の責務は，かつての自然豊かな暮らしを取り戻し，サステナブル社会の基盤を後世に残すことであり，それを実現するためのキーワードは，「低炭素社会」，「循環型社会」，「自然共生社会」である。特に，「自然共生社会」，「資源循環」は，ゼネコンの使命である空間に価値を与え，未来にわたって快適な生活基盤を提供する事業内容と深く関わっている。

そこで，本論では，「自然共生社会」，「循環型社会」の構築に大きく貢献する，生物多様性保全技術，環境創造技術に関する取り組みや開発成果について述べ，その有効性や展開について考察する。

#### II. 生物多様性保全技術

##### 1. 自然共生社会との関わり

2008年の生物多様性基本法の施行，2010年10月の生物多様性第10回締約国会議（COP10）の開催によって，生物多様性に関わる企業の責任と具体的な取組，その重要性が認識されてきた。特に，COP10で採択された戦略計画2011-2020の長期目標には，日本からの提案である「自然と共生する世界」の実現が掲げられ，その重要性は全世界の共通認識となった。さらに，2012年には，東日本大震災などの社会的背景の変化を踏まえた生物多様性国家戦略2012-2020が示され，“自然の仕組みを基礎として自然と共生する真に豊かな社会の構築の実現”に向けた方向性が強くなった<sup>1)</sup>。

我々の生活にもたらされる生態系サービスの多様さは，多くの動植物によって生態系が構築されていることで維持されている。よって，資源の大量消費，環境破壊で生じる生物多様性の低下が社会全体に及ぼすリスクは想像以上に大きい。例えば，ある動植物の1種が消失すると，これに連なるほかの種に影響が及び，少なからず生態系全体に微妙な変化が起こる。その結果生じたわずかな変化が，社会にもたらされる自然の恵みの量や質の変化につながる可能性がある。すでに20世紀最後の25年間で100万種が絶滅したといった推定もあり<sup>2)</sup>，生物多様性の現状は深刻な状態にある。すなわち，未来の社会生活を維持する近道は，現在ある生物多様性を保全することであり，“生物多様性の保全”が地球温暖化に並ぶ大きな環境問題とされている所以でもある。

##### 2. 建設事業との関わり

開発行為や建設工事は少なからず自然環境へ影響を与える。そのために，建設工事の実施にあたっては，工事による周辺環境，生態

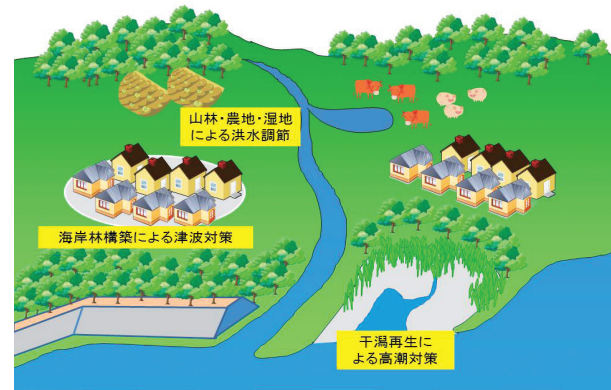


Fig.1 生態系を基盤とした防災減災インフラの事例  
(An Application Image of Ecosystem-based Disaster Risk Reduction)

系への影響を緩和する対策が求められる。また，近年の動きとして，2015年9月に閣議決定された第4次社会資本整備重点計画<sup>3)</sup>では，自然環境が有する多様な機能（生物の生息・生育の場の提供，良好な景観形成，気温上昇の抑制など）を積極的に活用して，地域の魅力・居住環境の向上や防災・減災などの多様な効果を得ようとする“グリーンインフラ”（Fig.1）に関する国際的議論や取り組みが活発化している状況を踏まえ，その実現に積極的に取り組む必要があるとしている。また，これらの動きをより具体化するためのマニュアルも発行され始めている<sup>4)</sup>。しかし，これらの概念を取り入れた社会資本整備は未だ方針が出た段階であり，十分な設計手法や施工技術の確立には時間を要する。さらに，動植物が対象であるために，材料，土質，構造などの土木技術分野の知識以上に，環境技術分野の専門家の知見が重要となる。

近年，建築分野においては，（一財）建築環境・省エネルギー機構のCASBEE，米国グリーンビルディング協会のLEEDといった建築環境総合性能評価システムが定着した。これらの制度は個々の建物，緑化計画について生物多様性への配慮などが採点対象となることから，発注者，設計技術者にもその重要性が浸透し始めてきている。Fig.2に，建設事業における事業者と施工者の対応フローを示す。開発および建設事業においては，発注者側の事業企画から始まり，調査検討，基本計画，技術提案・コンペ（選定），実設計，施工，竣工，運用管理と進む。これらの進行過程において，生物多様性保全を含む環境関連技術の関与する部分は，現地調査，基本計画，技術提案・コンペ（選定），施工，運用管理と広範囲にわたる。しかし，建設分野の設計者の生物多様性に対する理解は，具体的に事業企画や設計に取り込むまでに至っていない。そのため，環境分野の専門技術者が，事業者や設計者に対して関連する知見を分りやすく伝え

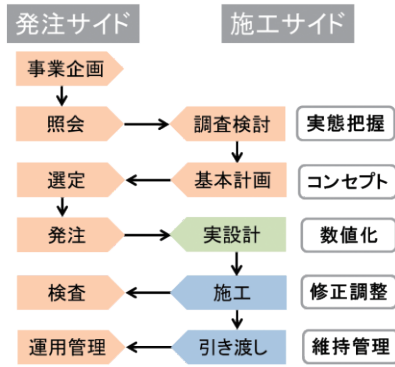


Fig. 2 建設事業における事業者と施工者の対応フロー (Flow Sheet of Action in Construction Process)

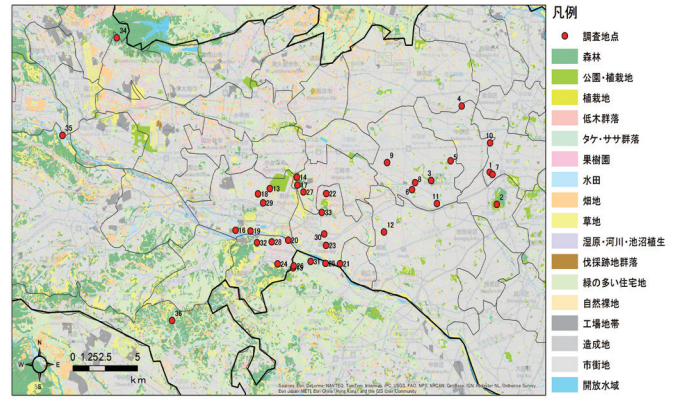


Fig. 3 調査地点と土地被覆の概況 (Survey Locations and Land Cover)

ることが必要となる。特に、事業方針に関わるコンセプトの構築、合意形成において、難解な環境関連の調査結果を分かりやすく客観的に示すことで、コンセンサスや認識の共有が図られる。

この段階での“分かりやすさの確保”という面において非常に有効な手段が GIS (地理情報システム) の活用である。特に、生物多様性関連を含む環境分野のデータは、時間と場所 (空間) が大きな意味を持つため、GIS ベースでのデータ処理、出力結果は客観性を確保できる。また、環境データは多く蓄積してこそ説得力が高まるものの、多くのデータセットを効率的に処理するための体系的な整理や新たな視点での解析手法の確立があって新たなソリューションを生み出すことにつながる。

### 3. 生物多様性ポテンシャル評価技術

東京オリンピック開催に伴って、首都圏では大規模な都市開発需要が高まっている。都市域での開発・工事においては周辺環境への直接的な影響軽減対策もさることながら、新たに構築する建物および外構施設を周辺環境といかに調和させるかが、生物多様性の保全上重要な課題といえる。都心における生物多様性の確保は、皇居、明治神宮、代々木公園などの大規模緑地が核となっており、昆虫類や鳥類については小規模な緑地や公園、街路樹を回廊としたネットワークで構成されている<sup>5,6)</sup>。そのため、都市域での開発や工事にあたっては、これを分断しないこと、もしくは再構築することで生物多様性確保や向上に貢献しなければならない。そのために、GIS を活用した自然環境情報を集約し、事業対象地域の生物の生息環境を評価、視覚化するシステムが「生物多様性ポテンシャル評価技術」である。この技術では、出力された評価結果が緑地計画や活用方法に反映されることを目的としており、実案件での活用展開が行われている。

以下に、本技術の例として、都市域での鳥類の生息ポテンシャル評価について詳述する。

#### (1) 目的および方法

都市域での土地被覆状況と鳥類の関係については、緑地を主な対象とした研究や、ある特定種を扱った研究がこれまでに多く報告されている。一方、緑地の少ない市街地や河川などの水辺、都市周辺の森林や耕作地なども含めた土地被覆と鳥類多様性に関する研究例は少ない。そこで、本研究では、東京の都心と郊外から多様な土地被覆条件の場所を選定して鳥類調査を行い、土地被覆と鳥類多様性

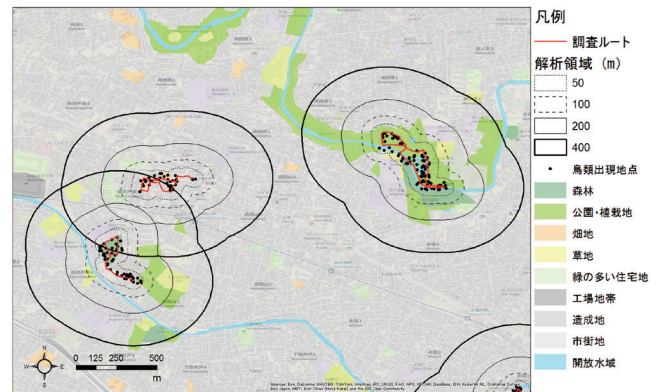


Fig. 4 調査ルートと主な土地被覆状況および解析領域の例 (Survey Routes, Land Cover and Analysis Area)

の関係を定量的に把握することを目的とした。

鳥類調査は、繁殖期と比べて広範囲に移動し、土地被覆と生態的ネットワークの影響が大きいと考えられている冬期においてルートセンサス法により行った (2012~2014 年)。新宿区、杉並区など区部と調布市、稲城市などの市部から、市街地、公園緑地 (大規模、小規模)、河川、耕作地、森林をそれぞれ主な土地被覆とする踏査ルートを 36 ルート選定し、出現した鳥類の種名と個体数、確認地点を記録した (Fig. 3)。調査は各ルート 3 回ずつ行った。土地被覆の把握には植生図 (環境省生物多様性センター (第 6 回, 第 7 回)) を利用した。解析には GIS ソフト (ArcGIS 10.1) を用い、ルートセンサスにおいて調査範囲の目安としたルートの両側約 50m 圏内のほか、100m, 200m, 400m 圏内を対象として土地被覆条件と鳥類多様性との関係を解析した (Fig. 4)。

#### (2) 結果および考察

本研究による調査で確認された鳥類は全体で合計 76 種であった。調査ルート別では河川近くに水田が多くあるルート (八王子市高月) で 52 種と最も多く、駅周辺の市街地を中心としたルート (調布市) で 9 種と最も少なかった。また、Photo 1 に示すジジュウカラ、ヒヨドリ、ハシブトガラス、ツグミが多くの調査地点で出現した。

鳥類の出現種数を指標とした場合、50m 圏内の森林+公園緑地の割合や耕作地を含む全緑地+開放水面の割合との相関係数は、それぞれ 0.23, 0.50 であったのに対し、植生および土地被覆の種類数



Photo 1 調査で確認された主な鳥類の一例  
(Birds in the Survey)

Table 1 主な土地被覆形態が占める割合と鳥類出現種数との相関  
(Correlation between Land Coverage and Birds Species Distribution)

変数	解析領域			
	50m圏	100m圏	200m圏	400m圏
森林(割合)	0.27	0.36	0.46	0.56
草地(割合)	0.32	0.28	0.21	0.21
農地(割合)	0.25	0.31	0.31	0.26
開放水域(割合)	0.27	0.32	0.27	0.18
市街地・工場(割合)	-0.51	-0.54	-0.52	-0.46
植生・土地被覆の種類数	0.76	0.73	0.72	0.59
調査解析面積	0.55	0.61	0.65	0.67

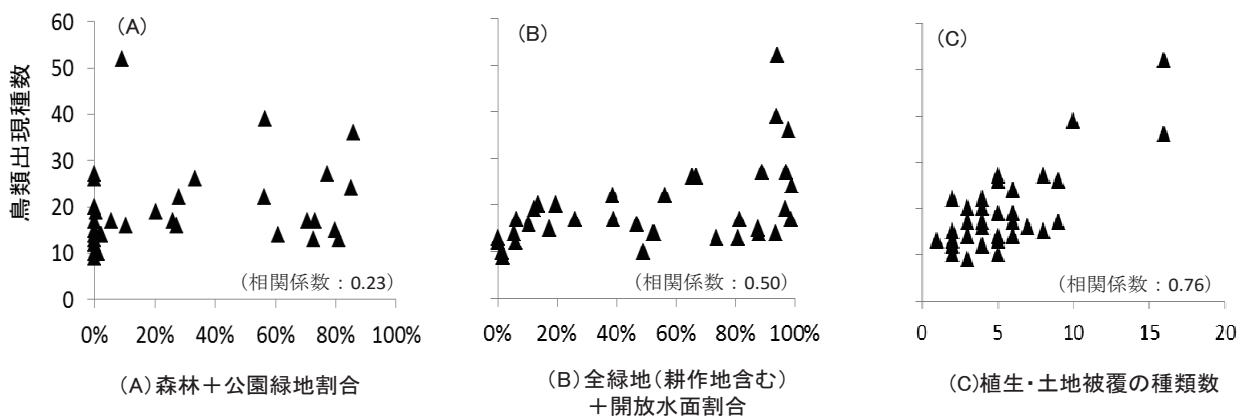


Fig. 5 調査ルート 50m 圏内の土地被覆条件 3 種と鳥類出現種数との関係比較  
(Relationship between Land Cover within 50m of Survey Route and Birds Species Distribution)

(植生図細区分レベル)と鳥類出現種数との相関係数は0.76と高い傾向であった(Fig. 5)。主な土地被覆形態が占める割合および植生、土地被覆の種類数と鳥類出現種数との相関係数を解析領域毎に比較したところ、植生と土地被覆の種類数については50m圏で最も高くなった(Table 1)。

これらの結果は、冬期のルートセンサスで把握される鳥類の多様性は、土地被覆形態が占める割合よりも、調査ルート周辺50m圏内の植生や土地被覆の種類数と相関性が高く、鳥類多様性をポテンシャルとして定量的に予測・評価するには、土地被覆や植生の多様性指標が有効な指標となることを示唆している。

そこで、Fig. 6に、土地被覆および植生と鳥類出現種数との解析結果を基に作成した鳥類多様性のポテンシャルマップを示した。従来から、鳥類の生息状況は緑地の種類や分布と密接な関係があると定性的に言われてきた。今回の結果では、河川など水辺空間を有するエリアや、森林、畑地、水田などを有する郊外エリアで特にポテンシャルが高いことが定量的に示されている。一方、今回の結果は季節を絞った調査実施であり、鳥類の分布や繁殖状況を把握するために広範囲な調査データを加えることで、より精度が向上すると考えられる。

本技術は、定量的な評価が難しいとされる生物多様性を分りやすく示す有効な手法であり、今後は評価精度の向上とともに、評価指標や対象を拡大することが課題である。

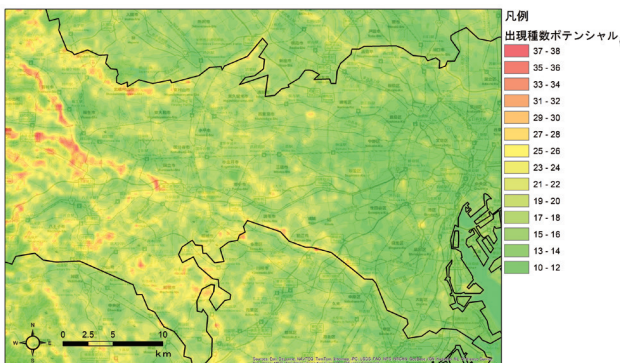


Fig. 6 調査結果をもとに作成した土地被覆と植生の多様性に基づく鳥類多様性ポテンシャルマップ  
(Birds Species Diversity Potential Map based on the Survey Results of Land Cover and Vegetation Variety)

### Ⅲ. 動植物の生育空間創造技術

#### 1. 里山再生型ビオトープ

大型土木工事は環境に与えるインパクトが大きく、これをいかに

低減するかが大きな課題である。自然への影響低減の考え方として、インパクトを与える時間をできるだけ小さくすること、つまりインパクトを与えることは避けられないため、その時間を短くすることが最善の方策とされている。さらに、事業完了後にその場の自然環境を円滑に回復させるための手段を講じることも、長期的に見れば工事による影響低減手法として有効といえる。一般的に自然環境に関する影響低減が求められる工事は、郊外の里山が形成されていた地域であることが多い。里山環境の特徴は人為的な管理を続けることで人間生活に適応させてきたことにあり、土木工事の実施にあっても、地域に形成されていた動植物の生息空間を荒廃させずに積極的に維持管理するか、もしくは事業後に再構築することがポイントとなることが多い。そこで、本研究では、典型的な大型土木工事であるダム工事で実践した、里山再生型ビオトープの事例について述べる。

(1) 調査および分析方法

里山再生型ビオトープの構築対象地域となった場所は福岡県五ヶ山ダムの工事区域内である。この地域には山間に整備された典型的な里山環境が形成されていたが、工事着手前は集落移転によってほとんどが長期間耕作放棄地となり、サシバを頂点とする里山生態系が消失していた。そこで、現地における動植物の持続的な生育確保を目的として、事業後に生態系の再構築が円滑に進むよう生物が豊富であった里山環境への復元整備を行った。復元整備は工事区域内の耕作放棄地大小8ヵ所合計3haを対象とし、水辺および草地ビオトープとなるように導水や除草を施した (Fig. 7, Photo 2)。これらの整備ビオトープの効果を検証するために追跡調査を行った。調査は、サシバの餌となる両生類の活動開始期の5月、活動旺盛期の7月の年2回とし、2012年7月から2015年7月にかけての合計7回実施した。採集は調査地点1ヵ所につき一定の作業強度 (100m<sup>2</sup>相当を採集) で手網を用いて行った。採集した試料は両生類などの水生動物を選別した後、典型種は現地で同定、計数した。また、一部は種の精査が必要であったため、ホルマリン固定し、実験室で同定した。

(2) 結果および考察

最終的な保全対象種は小型猛禽類サシバであるが、工事区域内に整備したビオトープの機能はその餌生物であるカエル等の両生類の供給である。Fig. 7で示した全てのビオトープにおいて、整備後直

ちにアカガエル類の産卵が始まった。その後は、シュレーゲルアオガエル、トノサマガエルと種を変えながら、周年にわたってカエル類の生育が継続的に確認できた。

今回再生した里山型ビオトープにサシバの餌場として十分な機能があるかを定量的に評価することが重要である。そこで、調査で得られた結果をもとに、Fig. 8に示すように、ビオトープ整備前後に

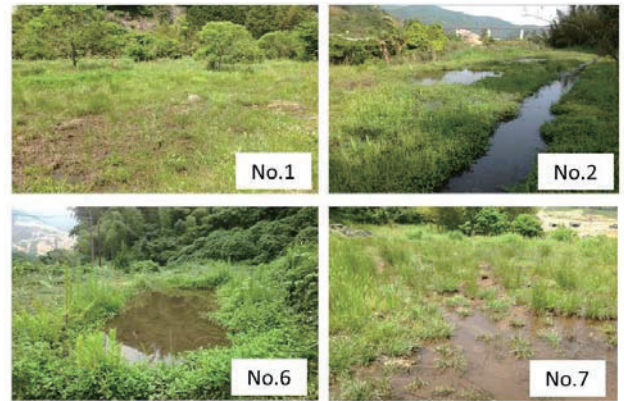


Photo 2 ダム建設工事区域内において農地跡を活用したビオトープ整備状況 (Biotope Conservation Status in the Dam Construction Site)

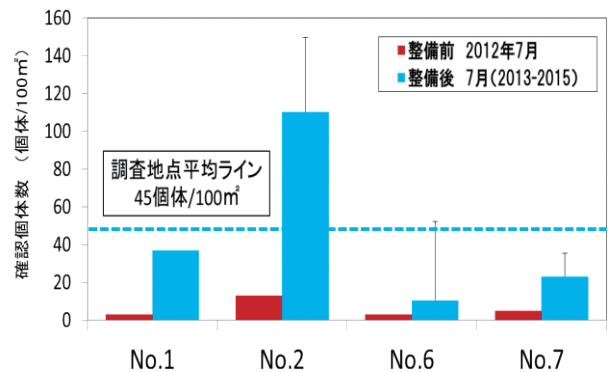


Fig. 8 工事区域内のビオトープ整備による両生類 (カエル・イモリ) の確認個体数の増加 (Increasing of Frog and Newt Numbers after Biotope Conservation)

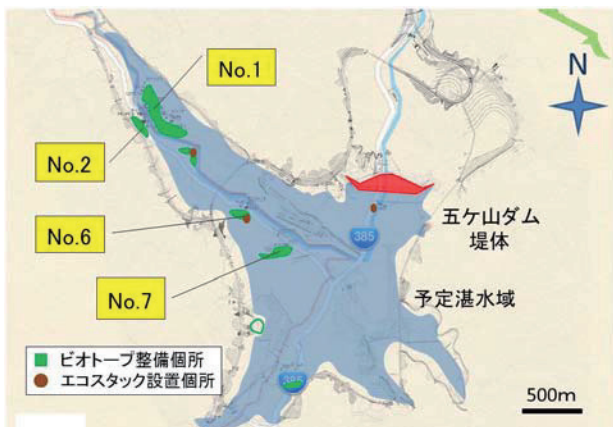


Fig. 7 五ヶ山ダム工事区域内ビオトープの設置場所 (Location of the Biotopes in the Dam Construction Site)



Photo 3 ダム工事区域内のビオトープおよび周辺地域における環境パトロールで確認された希少動植物の一例 (Endangered Species during the Biotope Survey)

おける各地点の両生類(カエル類・イモリ)確認個体数を比較した。整備前は完全に里山環境が荒廃しており、両生類の確認個体数は平均 6.5 個体/100cm<sup>2</sup> (4カ所)であったが、整備後は平均 45 個体/100cm<sup>2</sup> (4カ所: 4年間平均)となった。この数値は、平均でも整備前の約7倍となり、ビオトープ面積を考慮すると、当地で繁殖するサシバのつがいに対し十分なカエル個体数を餌として供給できることを示している。また、同時に実施していた動植物の希少種調査では、ビオトープ周辺を含めて複数の準絶滅危惧種を確認している (Photo 3)。これらの結果から、雑草除去、導水、開放水面の確保といった小規模な整備は、わずかでも動植物保全効果があがることを示しており、長期にわたる大型土木工事後に構築される新しい周辺生態系への円滑な移行に貢献するといえる。

## 2. 企業緑地型ビオトープ

企業における生産施設は、周辺環境との調和のみならず、地域への貢献など多くの使命を期待される。特に、施設が郊外にある場合、自然環境との調和や地域住民との良好な関係維持が求められる。

生産施設におけるビオトープ整備は、敷地面積が将来の事業拡張を想定し比較的余裕があるため、ビオトープや緑地を設置した場合、地域の生物多様性に対して量的かつ平面的な効果が期待できる。特に、周辺環境や動植物の状況に合わせた施設計画が実現すれば、地域の環境基盤として大きな役割を果たす。また、敷地内への人の出入りを制御できるため、人為的攪乱が及ばない地域の希少な動植物の生育空間として、地域の生物多様性の保全に大きく貢献する。そこで、本文では、郊外に建設した生産施設内に設置した企業緑地型ビオトープの実例と、長期モニタリングで得られた効果について述べる。

### (1) 調査および分析方法

企業緑地型ビオトープの構築対象となった施設は当社施工であるジャパンディスプレイ能美工場である。この生産施設は、平野部と山地の境界部に位置し、周辺環境は谷戸と雑木林で構成されている。また、隣接する、モリアオガエル、ギフチョウなどの希少種が生息する雑木林から、これらの生物を工場施設内に呼び込むことができる生息空間を提供し、周辺環境との調和を図ることを目指している。さらに、工場からの廃水処理水をビオトープ水源に活用し、資源の有効利用、構成する環境要素の多様化を図っている。なお、ビオトープ施設の企画提案は、研究員が周辺の自然環境に関する現地踏査

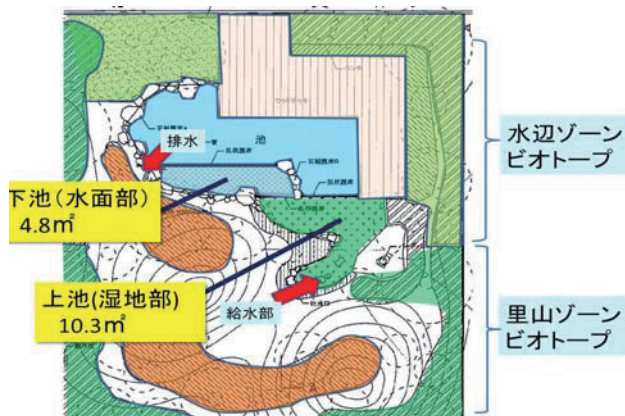


Fig.9 ビオトープの計画平面図および水生生物調査範囲 (Survey Area of the Biotope)

を先行実施し、周辺環境との調和、果たすべき役割を重視したものとした。

Fig.9 に敷地内に構築したビオトープの計画平面図を示した。ビオトープは、里山ゾーン、水辺ゾーンで構成され、雑木林、草原部、湿地および水面部(池)を配置した。ビオトープへの給水は、排水処理水の放流前ビットからポンプでビオトープ湿地部に定量供給し、池部分の排水口からのオーバーフロー方式で排出している。湿地部分には現地のナガエミクリ、マコモ、フトイ、サンカクイなどの抽水植物を配置し、水面部にはアサザ、ガガバタ、デンジソウなどの浮葉植物を配した。なお、ビオトープのコンセプトは地域環境との共生であり、構築にあたって必要な植栽は地元NPOの協力のもと、現地の湿生植物数種を導入するなど地域との密着度を高めている。

ビオトープの定期モニタリングは、2012年6月の竣工後、2012年10月から継続している。モニタリング実施項目は、ビオトープの機能として生物定着状況を把握する水生生物相の調査、水生生物の生息環境指標としてチェックするための水質(pH、栄養塩類、遊離塩素等)である。なお、本論では企業緑地の動植物生息空間としての評価の内、水生生物の調査方法についてのみ記す。水生生物調査は、調査区画をビオトープ上流側、下流側に分割し、それぞれの区画において一定時間、手網で水生生物を採集した。採集した水生生物は、平型バットに収容し個体数計測のための写真撮影、種の同定を行った。なお、原則、採集した生物は一部を残してビオトープへ戻し、ビオトープ内の生物の増殖に配慮した。

### (2) 結果および考察

Photo 4 に竣工後3年目の2014年7月のビオトープの状況を示した。2012年10月以降、ビオトープにおける植栽水辺ゾーン、里山ゾーンともに年々充実した。特に、当初、植被率が低くまばらであった里山ゾーンには2016年5月現在において多くの植物が自然加入し、繁茂した状況にある。

各時点の調査において確認した水生生物は、ギンヤンマ、シオカラトンボ、ショウジョトンボなどのトンボ類のヤゴ、ハイイロゲンゴロウなどの甲虫類、マツモムシなどのカメムシ類であった。なお、出現する種類の傾向として、季節によって構成種がわずかながら変化するものの、クロスジギンヤンマ、ギンヤンマが優占していた。Fig.10 にビオトープにおける水生生物の確認個体数の変動を示した。なお、確認個体数は単位時間当たりの採集個体数であり、定着した水生生物の増減を表している。水生生物の確認個体数は、2012年10月の調査開始当初より上下変動を伴って推移している。調査を行ったビオトープにおいて出現する水生生物はトンボ類が多くを占めることもあり、その変動はトンボ類の生活史に連動する傾向が強い。しかし、2014年8月、2015年7月ともにその年の4月期の個体数を下回った。この原因は、Photo 4 に示すとおり水生植物の過剰繁殖によって、水生昆虫が生息空間として利用する植栽基部の空間量の減少、藻類の過剰繁殖による水質悪化の影響が示唆された。

一方、調査を実施したビオトープにおいて、周辺雑木林から加入を期待していた動物種5種のうち、4種をビオトープで確認している。4種のなかでも、モリアオガエルは生産施設に近接した雑木林に生息しているが、繁殖のため水辺を求めてビオトープまでたどり着いた。水辺ビオトープエリアでは鳴き声だけでなく、成体のモリアオガエルや卵塊が確認されている (Photo 5)。また、ギンヤンマな

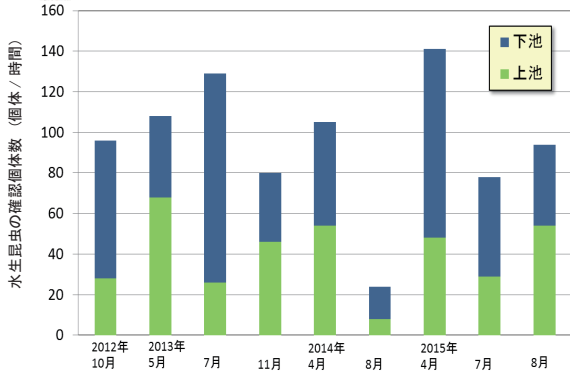


Fig. 10 ビオトープにおける水生生物の確認個体数の変動 (Variation of Appeared Aquatic Organisms)



Photo 4 竣工後3年目のビオトープ状況 (2014年7月) (Photo of the Biotope 3 Years after the Completion)

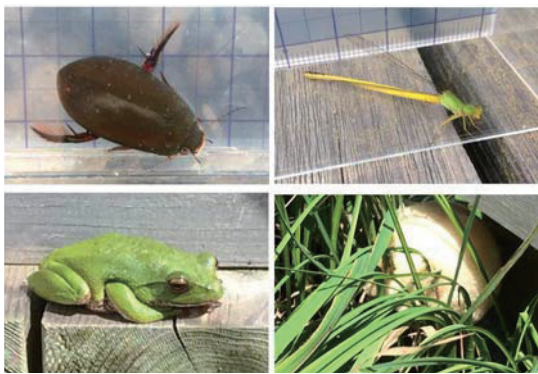


Photo 5 ビオトープで確認された希少種キイトンボ, クロゲンゴロウ, モリアオガエルおよびその卵塊 (Endangered Species found in the Biotope)



Photo 6 キタノメダカのビオトープへの放流 (Release of *Oryzias Sakaizumii* into the Biotope Pond)

どの普通種とともに、2014年7月には希少種クロゲンゴロウ（環境省；準絶滅危惧（NT））が確認された。クロゲンゴロウは抽水植物帯で幼虫として越冬し、翌年春、羽化するとされる。前年の調査において、湿地部で本種幼虫を確認している。これらのことから、生産施設内に設置したビオトープが地域の動植物にとって貴重な繁殖の場として機能していると判断した。さらに、地元教育施設の協力を得て、近隣で確認されている地域個体群として重要なキタノメダカおよそ100個体を2013年11月にビオトープに放流した。2016年5月現在、ビオトープ内で順調に繁殖しており、地域固有の希少魚類の保全にも貢献している（Photo 6）。この取り組みは、ビオトープの存在が核となって、生産施設にとって重要な地域社会との共生を具体化したものであり、生物多様性保全において企業緑地の果たす役割が非常に大きいことを示している。

#### IV. おわりに

生物多様性関連技術は、COP10の開催から約10年になろうとしている現在、ようやく社会に浸透してきた印象がある。ただし、その対象が動植物であるが故に、技術としての性能保証や維持管理に課題が多いことも確かである。しかし、インフラ整備における防災減災機能を備えたグリーンインフラ整備の概念は、将来に向けたインフラ維持管理コスト低減、人間の生活空間の質的向上につながるは

ずである。生物多様性関連技術の完成度は、様々なプロジェクトでの適用を経ること、データ取得を継続しながら試行錯誤することにより高まる。今後、動植物の特徴である“バラつき”や“多様性”を加味し、プロジェクトの計画・設計に対処するために技術力を高めていく。

#### 参考文献

- 1) 環境省；平成25年度版 環境・循環型社会・生物多様性白書，2014，p.434.
- 2) Myers, N. ; The Sinking Ark. A New Look at the Problem of Disappearing Species. Pergamon, New York, 1979, p.307.
- 3) 国土交通省総合政策局；第4次社会資本整備重点計画，p.92, <http://www.mlit.go.jp/common/001104257.pdf>
- 4) 環境省自然局；生態系を活用した防災・減災の考え方，p.63, <http://www.env.go.jp/nature/biodic/eco-drr/pamph01.pdf>
- 5) 都市の生物多様性保全における街路樹空間の役割；日本緑化工学会誌，40（11），2014，pp.247-250.
- 6) 藤居良夫，金子真；東京都特別区における樹林の経年変化とエコロジカルネットワークへの影響，信州大学環境科学年報37，2015，pp.1-7.