

建設業における生物多様性保全の取り組みとDNA解析技術がもたらす変化

寺井 学

Biodiversity Conservation Initiatives in Construction Industry and Changes Caused by DNA Analysis Technology

Manabu Terai

Abstract

We report 223 documented cases of work related to biodiversity conservation conducted over a 30-year period from 1992 to 2021. We classified each case into three corresponding stages, six types of implementation actions, and eight categories of purpose, and examined the number of cases and their changes over five years. In addition, keywords with a large number of cases are summarized. We then explain DNA analysis technology, which has made rapid progress in recent years, report its application to the ex-post monitoring of conservation surveys for valuable freshwater fish, and describe the prospects for changes caused by DNA analysis technology. Finally, the challenges of biodiversity conservation in the construction industry are summarized.

概要

1992年から2021年の30年間に実施した建設工事に関連する生物多様性保全の業務のうち、記録のある223件の情報を整理して報告する。各事例について、対応した3つの段階、対応の実施内容を6種類、何のための対応か目的別の8種類に分類し、件数を集計し、5年ごとの変化を調べた。また、それぞれの事例についてキーワードを入力して、件数が多かったキーワード事例（ビオトープ、貴重植物、猛禽類、緑化技術、昆虫類）の取り組みをまとめた。さらに近年急速に進化したDNA解析技術について解説し、貴重な淡水魚の保全対策の事後モニタリングへの応用例を報告し、DNA解析技術がもたらす変化の展望（水生生物モニタリング、森林表土評価）を記す。最後に建設業における生物多様性保全の課題についてまとめた。

1. はじめに

1992年6月にブラジルのリオ・デ・ジャネイロで国連環境開発会議（地球サミット）が、ストックホルムの国連人間環境会議の20周年を機に開催された。リオの地球サミットでは、地球温暖化防止対策として「気候変動枠組み条約」が採択されるとともに、私たち人類の生命維持のために生物多様性の保全が必要であるとして「生物多様性条約」が採択された。条約には3つの目的、生物の多様性保全、生物資源の持続可能な利用、遺伝資源の利用から生ずる利益の公正かつ衡平な配分、が掲げられている。日本は1993年5月に生物多様性条約を締結した。

1993年11月には環境基本法が制定され、同時に旧来の公害対策基本法は廃止になった。日本の環境問題は、高度経済成長期の大気汚染、水質汚濁、土壌汚染、騒音、震動、地盤沈下、悪臭といった公害問題から、1990年代より地球温暖化防止と生物多様性保全という新たな課題に取り組むことになった¹⁾²⁾³⁾。

2. 生物多様性保全と建設業

生物多様性の問題は、貧困や紛争の原因となる生物資源の収奪的な利用をなくそうというグローバルな課題と、

地域において生息生育地が減少し絶滅が危惧されている動植物を守るというローカルな課題があり、一般の人に理解が進みにくかった。気候変動をもたらす地球温暖化問題は、人間の存亡に関わる重要な課題である。温暖化をもたらす二酸化炭素は排出削減量を数値で示すことができ、その対策は徐々に進んだ。一方、生物多様性保全の問題は、対象が動植物であり、数値目標や経済的価値の評価が困難で、その取り組みは進みにくかった。

こうした状況下、2008年5月28日に「生物多様性基本法」が成立し、2日後の5月30日に「生物多様性条約第9回締約国会議（COP9、ボン、ドイツ）」で、次回会議（COP10）は2010年10月に名古屋で開催することが決定した⁴⁾。

2009年3月には日本経済団体連合会から「経団連生物多様性宣言」が発表され、会員企業に対して「宣言推進パートナーズ」の募集が行われた⁵⁾。建設事業者も経団連の「宣言推進パートナーズ」に加わり、ようやく「生物多様性保全」という言葉が、建設業においても認識されるようになった。2015年9月の国連サミットで採択された「2030アジェンダ」にはSDGs17の目標の15番目に「陸の豊かさを守ろう」が掲げられた。SDGsの広まりとともに、生態系の保全や絶滅危惧種を保護など生物多様性保全への意識が建設業においても急速に高まった。

3. 生物多様性保全の取り組み事例

3.1 大林組の取り組み事例の分類

1992年から2021年の30年間、生物多様性保全に関して大林組技術研究所において取り組んだ記録のある事例は223件あった。223件の事例について、3つの対応段階、6つの実施内容、8つの目的別カテゴリーに分類して情報を整理した。

3つの対応段階について、その割合を Fig. 1 に示す。「工事前」が52%、「工事中」が34%、「工事後」が14%であった。

6つの実施内容について、その割合を Fig. 2 に示す。「情報提供」が36%、「提案書作成」が21%、「計画書作成」が15%、「調査実施」が18%、「対策実行」が9%、「モニタリング」が1%であった。

8つの目的別カテゴリーについて定義を Table 1 に、その割合を Fig. 3 に示す。「保全」が41%、「保護」が5%、「リスク」が12%、「調査」が5%、「緑化」が17%、「環境整備」が12%、「アセス対応」が6%、「維持管理」が2%であった。

建設工事に伴う生物多様性保全に関する取り組みは、プロジェクトのリスク検討、保全対象種の情報提供など「工事前」の対応が約半数であった。「工事後」の対応は、植栽の生育不良、環境整備の提案などであった。

実施内容については、電話やメール本文中の回答など比較的簡便な「情報提供」が36%の件数であった。一般的な情報をとりまとめた「提案書作成」、現場条件を考慮した個別の対応をとりまとめた「計画書作成」、この2つを合わせた36%が資料作成を伴う対応であった。「調査実施」、「対策実行」および「モニタリング」を合わせた28%が現場での行動を伴う対応であった。223件の3、4件に1件の割合で、実際の現場において動植物の調査や移植保護などを行った。

6つの実施内容と8つの目的別カテゴリーのマトリクス集計結果を Fig. 4 に示す。カテゴリー「保全」につい

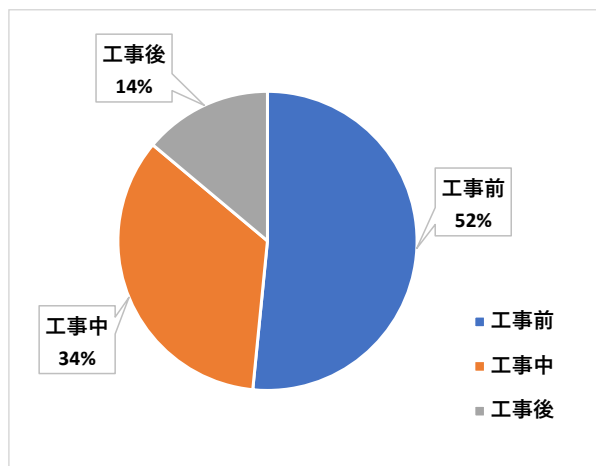


Fig. 1 3つの対応段階の割合
Percentage of Three Corresponding Stages

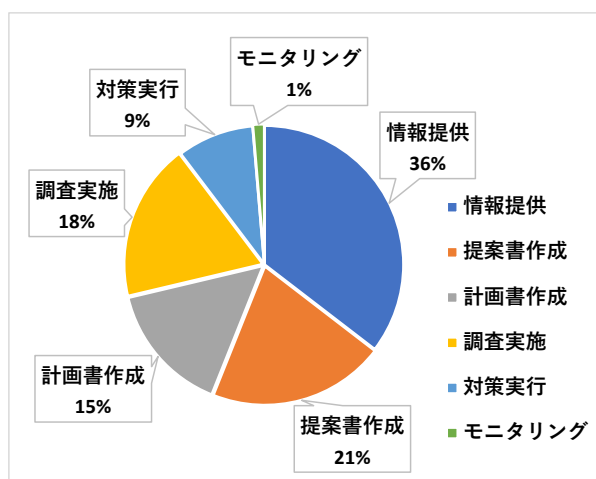


Fig. 2 6つの実施内容の割合
Percentage of Six Implementation Action

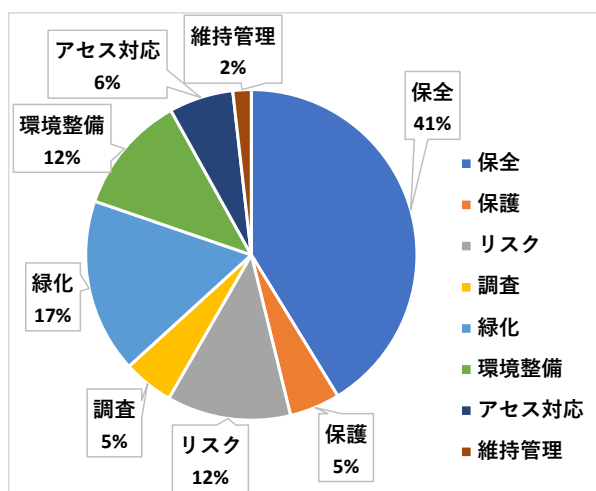


Fig. 3 8つの目的別カテゴリーの割合
Percentage of Eight Categories of purpose

Table 1 8つの目的別カテゴリー
Eight Categories of Purpose

カテゴリー	定義
保全	工事によって、動植物等への影響が懸念される事象の最小化、緩和措置
保護	工事によって、動植物等へ直接影響のある事象の回避、代償措置
リスク	植栽の生育不良、生物の建材等への影響、農水産物への影響の予測や診断
調査	発注者や役所に提出する報告書作成に必要な自然環境調査、動植物調査
緑化	緑化、植栽、緑地整備など
環境整備	ビオトープ整備、里山の再生など
アセス対応	環境影響評価手続き、自然保護条例などで必要な保全措置
維持管理	ビオトープや里山環境の維持管理

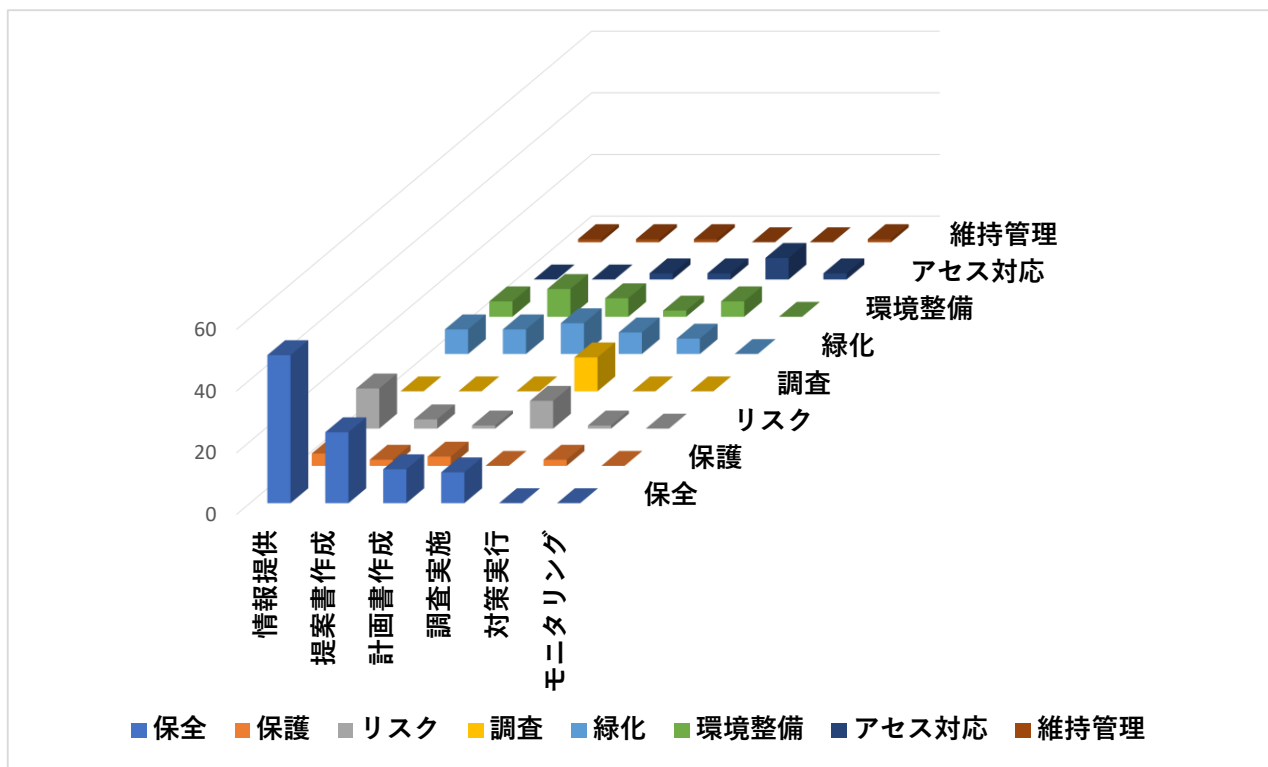


Fig. 4 6つの実施内容と8つの目的別カテゴリーのマトリクス集計結果
Results of Matrix Aggregation of Six Implementation Action and Eight Categories of Purpose

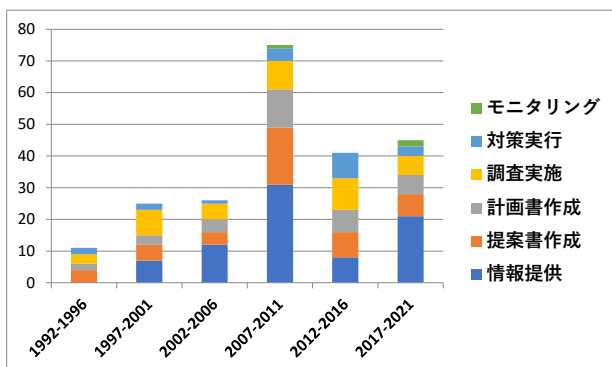


Fig. 5 6つの実施内容の5年ごと変化
Changes of Six Implementation Action Every Five Years

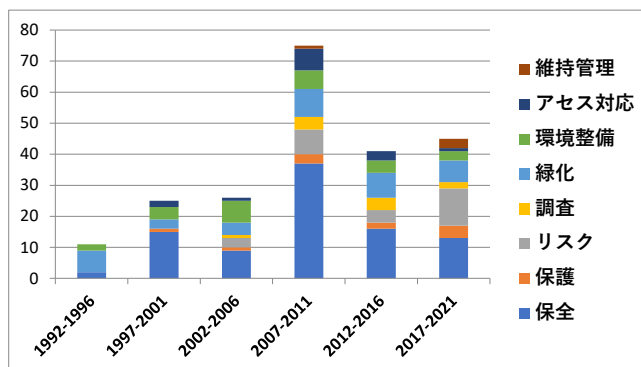


Fig. 6 8つの目的別カテゴリーの5年ごと変化
Changes of Eight Categories of Purpose Every Five Years

での対応は、開発事業や工事に起因する動植物への影響について、対象の動植物の情報、影響が考えられる場合の最小化や緩和措置についての情報提供と提案書作成が多かった。カテゴリー「リスク」は、植栽の生育不良、生物の建材等への影響、事業地周辺の農水産物の収量低下について予測や対策案の情報提供、調査を実施した診断の対応が多かった。「調査実施」のうち、カテゴリー「調査」に分類される発注者や役所に提出する報告書作成を目的とするものが一定件数あった。カテゴリー「緑化」と「環境整備」は、提案書や計画書の作成、調査や対策実行に至る多様な内容を実施した。

30年間の223件を5年ごとに区切り事例分類を整理した結果を Fig. 5, Fig. 6 に示す。2007～2011年の5年間に件数が急増したのは、総合評価型入札開始による技術提案

の対応、COP10開催前後の生物多様性保全の機運の高まりによる問合せ増加によるものである。その後、件数は落ち着き、増加傾向にある。

3.2 取り組み事例のキーワード別集計

233件の各事例について最大5つのキーワードを入力して件数を集計した。件数の多かったキーワードを整理して取り組み内容を以下にまとめた。

3.2.1 ビオトープ 32件のビオトープに関する取り組みを行った。2000年、2010年に技術研究所構内にビオトープ整備を行った⁹⁾。その経験を活かして事業者や現場工事事務所へ、ビオトープの情報提供から、ビオトープづくりの企画と設計、施工支援、管理などの取り組みを広く行った。実際に整備したビオトープは開発事業地

の自然環境保全措置として、ため池や湿地の貴重植物を生育させるための場、カエル類 (Photo 1) , トンボ類が生息するための場などであった。ビオトープは「谷津田」という言葉で表される「樹林と水田やため池などの水辺地がセットになった里山の環境」を再生復元することのニーズが多い。整備したビオトープにおいてカエルやトンボなどの多様な生物相を保つためには、草刈りによって草地の草丈を抑え、開放水面を維持するなど継続的に管理作業を行うことが必要である。管理を行う担い手をどうやって確保するかがビオトープの大きな課題である。

3.2.2 貴重植物 26件の貴重植物に関する取り組みを行った。貴重植物とは、環境省や都道府県のレッドリストに記載されている絶滅が危惧されている植物のことである。工事の特記仕様書などには、「希少種」, 「重要種」, 「注目種」と表現されることもある。工事改変区域内に生育している貴重植物は、やむを得ず、他の場所へ移植し保護することを多数の現場で行った。実際の移植にあたっては、移植先の適地 (植生, 日当たり, 土壌, 乾湿条件) を探すことが重要であった。移植を行った貴重植物のうち, 多年草のキンラン, キキョウなどは, 移植してから工事竣工までの間は生育していたことを確認している。カワジシャ, センブリ (Photo 2) などの一年草は, 種子から生育し開花結実した後, 再び種子から発生できる環境を維持することが難しい。一年草は毎年, 種子を採取して管理された場所に種子を播いて維持する必要があることが分かった。タコノアシ (Photo 3) は河川敷など水位変動がある場所や休耕田で環境条件が整った数年の期間だけ生える多年草である。タコノアシは移植後に数年で他の雑草に覆われて衰退してしまうことが分かった。オミナエシ (Photo 4) は里山の水田の畦や湿地周辺部で定期的な草刈りが行われる環境で生育する多年草である。オミナエシは開花結実後, 衰退することがあった。オミナエシのように園芸的に栽培され比較的育てやすいと考えられている多年草も, 野生の状態では複数年生育を維持させることが難しい。タコノアシやオミナエシなどは, 複数年にわたる開花結実と種子からの発生という生活史を考慮した保全方法が必要と考えられた。

3.2.3 猛禽類 18件の猛禽類に関する取り組みを行った。猛禽類を保護することは, 営巣場所と餌とする動物の生息場所の多様な環境を保全することにつながる。猛禽類は, 環境省や都道府県のレッドリストに記載されており, イヌワシ, クマタカ, チュウヒ, ハヤブサ, シマフクロウ, は「種の保存法」の「国内希少種」に指定されている。クマタカの営巣場所が工事範囲の近傍にある場合, 発注者がすでに調査を実施し, 保全対策を行っていることも多い。建設事業者として, それらの保全対策の意図を理解して協力し, 工事がクマタカの繁殖活動を妨げないように努めることが求められる。実際に行った猛禽類の取り組みは, 生息情報のあったハヤブサの行動範囲と工事エリアとの離隔を確認する調査, 建設工事



Photo 1 ビオトープのヤマアカガエル幼生
Brown Frog Tadpole in Biotope



Photo 2 センブリ
Bitter Stomachic Herb, *Swertia japonica*



Photo 3 タコノアシ
Plant looks like Octopus Legs, *Penthorum chinense*



Photo 4 オミナエシ
Plant Golden Lace, *Patrinia scabiosifolia*Rana

中のハヤブサのモニタリング調査、工事前のサシバ (Photo 5) の行動調査などである。サシバは渡り鳥で、餌はカエルや昆虫類などの小動物である。サシバの餌場をビオトープとして整備する提案事例も複数件あった。

3.2.4 緑化技術 緑化技術に関しては、植栽基盤について13件、土壌について6件の取り組みを行った。多くは植栽の生育不良や枯死について、計画時のリスク評価と対策、施工後の枯死した原因究明と改善対策であった。外構などの緑化樹木の植栽は、竣工間際に施工することが多く、やむを得ず移植不適期に植栽することもある。植栽する場所の土壌が締め固まっている場合、コンクリート殻などで土壌のpHがアルカリ性になっている場合、生育不良や枯死が生じやすい。

都市の再開発においては、地下構造物などの人工地盤上に高木の植栽が計画されることがある。地下構造物への荷重条件と、土壌の容量に制限のある植栽基盤において地上部の高木を健全に生育させることが求められる。植栽基盤の排水性と通気性を確保して土壌厚をできるだけ確保すること、風による樹木の根鉢の揺れを軽減するために支柱を設置することが重要な対策と考えられた。

3.2.5 昆虫類 昆虫類についてはホタルの取り組みが多かった。ホタルへの工事影響を低減させることの技術提案が3件、現場周辺にホタル生息の情報があり保全のための情報提供や自然環境調査を実施した事例が5件あった。1件はゲンジボタルが生息している水路へ設備用水排水の影響が懸念された建築工事の現場であり、現地調査を行って排水位置の工夫とゲンジボタル発生場所への夜間照明の配慮を行った。ゲンジボタル (Photo 6) の生態は6月頃成虫が発生し暗がりでも発光飛行する。水際のコケに産卵し、夏に孵化した幼虫は巻貝 (カワニナ類) を食べて水中で生活する。春に上陸し土の中に潜って蛹の期間を経て成虫になる。ホタルは良好な自然環境の象徴であり、保全対象として注目されることが多い。近年ホタルを人工的なせせらぎや修景池で発生させる取り組みが行われている。ゲンジボタルは日本国内に遺伝的に区分される3集団が知られている⁸⁾。ホタルを保全する際には、遺伝的攪乱の懸念がないように地域の個体を利用する必要がある。ホタルのほか、絶滅危惧種のベニイトトンボ (ヨシやヒシなど水草と浮草の多いため池に生息)、地域で天然記念物に指定されているヒメタイコウチ (湿地の落葉の下に生息) を保全する取り組みを行った。

4. DNA解析技術の進展

野生生物の調査は、対象生物の生態についての知見をもとに効率的にフィールドを歩き、現場で観察による種の同定を行う。そのため調査は高度な知識と経験を有する専門家が行う必要があった。近年めざましい進展をとげているDNA解析技術は、動植物の調査を専門家でなくても行えるとして注目されている。現場における貴重な



Photo 5 サシバ
Grey-Faced Buzzard, *Butastur indicus*

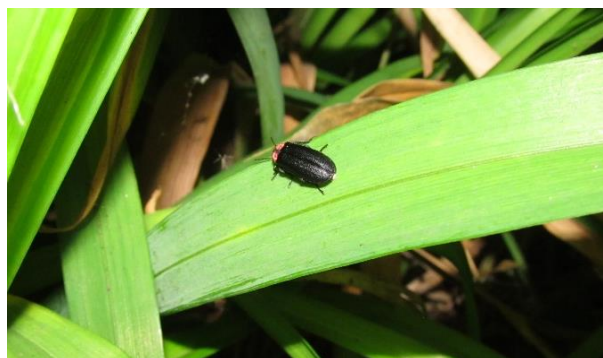


Photo 6 ゲンジボタル
Firefly, *Luciola cruciata*

動植物の保護、生物の生息生育環境の保全対策にもDNA解析技術の利用が期待されている。

4.1 DNAバーコーディング

2004年頃より専門家だけでなく動植物の同定を行う手法として「DNAバーコーディング」計画が進められてきた。生物体の一部 (植物の葉、動物の毛、など) から抽出したDNAのうち、特定の遺伝子部分を増幅して塩基配列を分析機器 (シーケンサー) で読み取る。これを登録データベースと照合して同定を行う。動物ではミトコンドリアDNAのCOI遺伝子の約650塩基、陸上植物では葉緑体DNAの *matK*, *rbcL* 遺伝子を利用することが一般的である。世界中の生物種の同定を簡単で確実にできるようにDNAバーコーディングのデータベース整備が行われている。近い将来、野外調査時に現場で生物体の一部を携帯型のDNA分析計にかけて種の同定が行えることを目標として、データベース整備と分析技術の開発が行われている⁹⁾。

4.2 環境DNA分析

河川や湖沼、海洋沿岸域で採取した水試料中に含まれるDNA (生物の体液、鱗、糞便由来) を解析して水生生物の生息情報を評価する生物モニタリング手法の開発が2014年頃より急速に進んだ。この手法は「環境DNA分析」と呼ばれている。環境DNA分析を用いた生物種の検出は

大きく2つの方法に分かれる^{10) 11)}。

一つは「種特異的解析」である。種によって識別可能な(種特異的な)DNA領域を増幅させるプライマー(DNAを複製する起点箇所の塩基配列)を使ったPCR(ポリメラーゼ連鎖反応)法を用いて対象種のDNAが水試料に含まれるかどうかを確認する。従来はPCR増幅産物を電気泳動によって検出してきたところ、近年はリアルタイムPCR装置によって迅速な検出が可能になった^{10) 11)}。

もう一つは「網羅的解析」である。対象とする生物の分類群(例えば「魚類」)に属する種のDNAをまとめて増幅するユニバーサルプライマーを用いてPCR増幅を行った後に、次世代シーケンサー(NGS)で網羅的に塩基配列を読み取り、データベースと照合して水試料に含まれるDNAの生物種を判定する方法である。魚類については2015年に開発されたMiFish法が実用化されている^{10) 11)}。水中で幼虫期を過ごすトンボ目、カゲロウ目、カワゲラ目、トビケラ目などの昆虫類は、環境DNAの網羅的解析によって野外調査を補完することが可能と考えられる。昆虫由来のDNA量は魚類に比べて水試料中に含まれる量が少ないため検出されにくく、分析法と解析法、サンプリング手法のさらなる開発が期待されている。

4.3 環境DNA調査の事例紹介

環境DNA解析技術を利用して、貴重な淡水魚保全対策の10年後の調査を行った事例を紹介する。対象はトウカイナガレホトケドジョウで絶滅危惧I B類(環境省2020年、愛知県2020年)に指定されている体長約6cmの小さな淡水魚である(Photo 7)¹²⁾。愛知県東部の工事において、現場内の沢に生息するトウカイナガレホトケドジョウ



Photo 7 トウカイナガレホトケドジョウ
Endangered Little Loach, *Lefua tokaiensis*



Photo 8 淡水魚類の採取調査
Collecting and Surveying Freshwater-Fishes

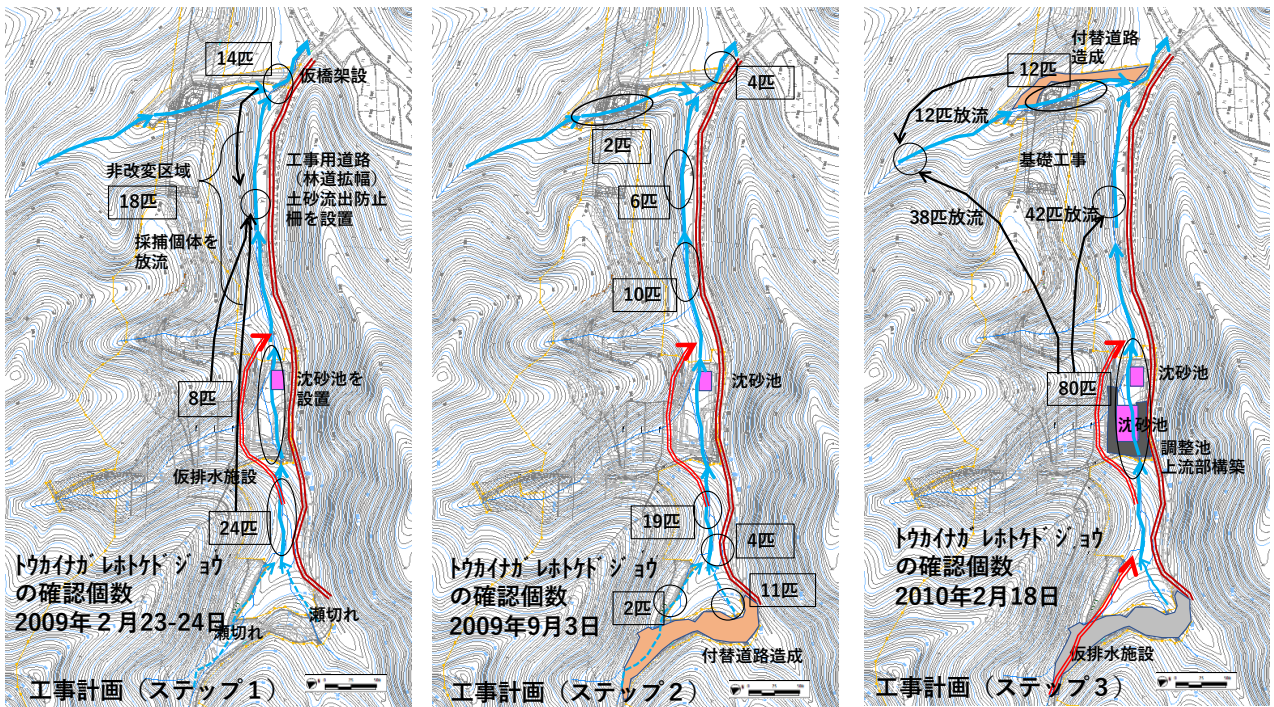


Fig. 7 工事計画とトウカイナガレホトケドジョウ調査
Survey of Endangered Little Loach *Lefua tokaiensis* with Construction Steps

ウの調査と保全対策を、2009年2月～2010年2月にかけて行った。トウカイナガレホトケドジョウの生息する沢に影響がある工事は、工事用道路施工、付替道路造成、沈砂池（仮設）と調整池（本設）構築、基礎工事であった。工事用道路は、沢と並行している既設林道（約400m）を拡幅し必要な地盤改良と舗装を行い、沢側斜面には土砂流出防止柵を設置した。造成に伴い発生する工事エリアの濁水は沈砂池を経て沢に放流した。沢の流れが工事エリアを横断する場合は、仮排水施設を設けて沢に戻した。2009年2月～2010年2月の間、トウカイナガレホトケドジョウの調査と保全措置を3回行った（Photo 8）。調査で採捕したトウカイナガレホトケドジョウは、体長測定後、工事影響のない非改変区域に放流した（Fig. 7）。

工事中の保全対策を行ってから10年後、2020年3月5日、現地調査と採水を行いトウカイナガレホトケドジョウの種特異的プライマーを用いたDNA解析を行った。採水した3ヶ所（調整池の上流部、下流部、下流支川）においてトウカイナガレホトケドジョウDNAを検出することができた。この3ヶ所は現地調査においてもトウカイナガレホトケドジョウの個体を確認している。U字溝や暗渠で水流はつながっているものの、10年前に自然の沢の状態から分断された3ヶ所において、トウカイナガレホトケドジョウを確認することができた（Fig. 8）。

4.4 DNA解析技術がもたらす変化

DNA解析技術が生物多様性保全の分野にもたらす変化について、223事例の「キーワード」をひもといて、その展望をまとめた。

場所を示すキーワードの集計では、「里山」が17件、「河川」が9件、「ため池」が6件、「干潟」が6件、「海浜」が4件であった。水辺環境に関係する複数の事例があった。建設工事の主たる工種は造成、トンネル、構造物構築などであっても、近傍には河川が流れており、工事で発生する湧水や排水を河川に放流することも多い。河川環境の生物相調査や水質モニタリングにDNA解析技術の応用が考えられる。

キーワード「農水産」は10件あった。そのうちアユ、サクラマスなどの地元漁協が稚魚放流など行っている魚種について、工事影響がないように保全対策を求められる例が4件あった。淡水魚類の調査は環境DNAを利用したモニタリング手法の開発が進んでいる¹³⁾。工事現場周辺の淡水魚類の分布情報の把握や貴重な淡水魚種の調査などに、DNA解析技術が普及していくと考えられる。

キーワード「表土利用」は7件、「樹林化」は5件があった。山地や丘陵地を開発により切土盛土造成する現場において、造成した裸地を樹林化するためには表土を利用することが理にかなっている。都市計画法により面積1ha以上の開発行為は「表土を保全する措置」の計画が必要である。都市計画法の「表土の保全」は昭和48(1973)年の法改正で拡充された開発許可基準である。高度経済



Fig. 8 10年後の環境DNA調査
Environmental DNA Analysis after Ten Years

成長期に丘陵地を切り開いたニュータウン開発において、表土を削り効率優先で造成した裸地に植栽した緑化樹木の活着は極めて悪かった¹⁴⁾。これを教訓に造成地における緑化樹木の定着をよくするために、都市計画法の開発手続きにおいて「表土を保全する措置」の計画が必要となった。しかし都市計画法の手続きにおいて「表土を保全する措置」の履行を確認することはなく、表土を有効に利用することの技術的ノウハウの蓄積は進んでいない。一方、SDGs「15. 陸の豊かさを守ろう」には、森林の回復、植林、土地と土壌の回復がターゲットに掲げられている。森林表土に含まれる土壤動物や微生物叢は、造成後の生態系回復に必要である。近年、農業分野において耕作土の微生物叢をDNA解析によって評価する試みが行われている¹⁵⁾。「森林表土」は貴重な資源であると捉え、DNA解析技術でその価値を評価し、緑化や生態系の回復のために積極的に利用していくべきと考えられる。

5. 今後の課題

生物多様性保全の取り組みを迅速かつ的確に行うには、数多くの関連業務に携わった経験が必要である。またPDCAサイクルによって、実施した保全対策を評価することも重要である。

開発事業地における生物多様性保全の取り組みは、公共性の高い処分場建設に伴う事例などが学会発表等で報告されるようになってきた。自社の情報に限らず広く情報収集を行い、保全対策の効果や有効性について長期的視点で考えなければならない。

都市の再開発などでは、地方公共団体が策定する「生物多様性地域戦略」に示された「緑地と生き物のネットワーク図」などを参考にして、事業地の緑化計画を生物多様性に配慮して計画する必要がある。

建設工事を円滑に進めるためには、計画書や仕様書に記載された「自然環境の保全対策」を実施する必要がある。条例等に基づいて手続きが行われる「環境影響評価書」の記載内容は、専門委員会等の審議を経て承認されたもので、確実な履行が求められる。しかし、環境影響評価書に記載された自然環境保全対策は、現場条件によっては、十分な効果が見込めない場合もある。また、動植物の調査から時間が経過しており、妥当な対策とは言えなくなっていることもある。これらの問題について、技術的な知見をもとに、本当に必要な自然環境保全対策について、発注者と協議を行い、設計変更し実施していくことは、建設事業者求められる課題である。また、その記録を残し、対策実施後の効果を検証していくことも建設事業者求められる課題と考えられる。

6. まとめ

1992年から2021年の30年間に行った「生物多様性保全」に関する223件の事例を、3つの対応段階、6つの実施内容、8つの目的別カテゴリーに分類して件数を調べた。次に223件のそれぞれの事例に対してキーワードを入力して集計し、件数の多かった「ビオトープ」、「貴重植物」、「猛禽類」などについて、その取り組みをまとめた。

また、近年急速な技術的な進展のあったDNA解析技術について動向を解説し、実際にDNA解析技術を利用した貴重な淡水魚の調査事例を紹介した。

DNA解析技術は、水生生物のモニタリング調査や森林表土利用の評価に応用することが期待される。

現場における生物多様性の保全は、提案－計画－調査－施工－維持管理とモニタリング、というフローがある。これら全てのフローを通して行える機会は少ない。社会全体で生物多様性保全のPDCAサイクルを回してノウハウを蓄積していくことが必要と考えられる。

参考文献

- 1) 環境省自然環境局：いのちは創れない、新・生物多様性国家戦略、24p., 2002
- 2) 環境省自然環境局：いのちは支えあう、第3次生物多様性国家戦略、24p., 2008
- 3) 環境省自然保護局：豊かな自然共生社会の実現に向けて、生物多様性国家戦略2012-2020、8p., 2012
- 4) 環境省自然環境局自然環境計画課生物多様性地球戦略企画室：“生物多様性条約第9回締約国会議の開催について”，環境省，2008-06-03。
<https://www.env.go.jp/press/9798.html> (参照2021-9-13)
- 5) 一般社団法人日本経済団体連合会：経団連生物多様性宣言・行動指針(改定版)2018年10月16日、5p., 2018
- 6) 寺井学, 辻博和, 杉本英夫, 小宮英孝：ビオトープの自然環境保全機能－生き物の生息, 雨水貯留と水質浄化－, 大林組技術研究所報 No.69, 6p., 2005
- 7) 寺井学, 岩井洋, 飛世翔：生物多様性に配慮したビオトープ, 大林組技術研究所報 No.74, 8p., 2010
- 8) Dai-ichiro Kato, Hirobumi Suzuki, Atsushi Tsuruta, Juri Maeda, Yoshinobu Hayashi, Kazunari Arima, Yuji Ito, Yukio Nagano: Evaluation of the population structure and phylogeography of the Japanese Genji firefly, *Luciola cruciata*, at the nuclear DNA level using RAD-Seq analysis, *Scientific Reports* 10, No.1533, pp1-12, 2020
- 9) 神保宇嗣, 吉武啓, 伊藤元己：DNAバーコーディングによる同定支援システムとJBOLI 構想, 日本生態学会誌 58, pp.123- 130, 2008
- 10) 高原輝彦, 山中裕樹, 源利文, 土居秀幸, 内井喜美子：環境 DNA 分析の手法開発の現状～淡水域の研究事例を中心に～, 日本生態学会誌 66, pp.583-599, 2016
- 11) 山中裕樹, 源利文, 高原輝彦, 内井喜美子, 土居秀幸：環境DNA分析の野外調査への展開, 日本生態学会誌 66, pp.601- 611, 2016
- 12) 浅香智也：トウカイナガレホトケドジョウ, レッドデータブックあいち2020－動物編－, 愛知県, p.228, 2020
- 13) 環境省自然環境局生物多様性センター：環境DNA分析技術を用いた淡水魚類調査手法の手引き 第2版, 93p., 2021
- 14) 興水肇：丘陵造成地における緑化樹木の生育からみた土壌の特質, 第四紀研究 24(3), pp.207-213, 1985
- 15) 国立研究開発法人 科学技術振興機構 研究開発戦略センター：植物と微生物叢の相互作用の研究開発戦略－理解の深化から農業／物質生産への展開－, CRDS-FY2016-SP-01 60p., 2017