

生態系保全のためのビオトープ計画策定手法

The Planning Method of Biotop for the Ecosystem Preservation

キーワード：発電所、ビオトープ、事例調査、計画策定手法

山本 公夫 井内 正直

本論文は、全国の公共施設や工場などで実施されたビオトープ事例を調査し、その目的や整備タイプによってビオトープを分類する。また、分類結果にもとづいてそれぞれのビオトープに適した整備手法を明らかにするとともに、実態調査結果をもとにビオトープ事例データベースを構築する。さらに、全国の火力・原子力発電所における生態系保全の現状をアンケート調査と実態調査により明らかにしたうえで、発電所のビオトープ計画策定手法を提案する。

1. はじめに
2. ビオトープ事例の調査・分析
 - 2.1 ビオトープ事例の収集・整理
 - 2.2 実態調査
 - 2.3 ビオトープの社会的効果
 - 2.4 ビオトープ事例の分類
 - 2.5 ビオトープ整備手法の整理
 - 2.6 ビオトープ事例データベースの構築
3. 発電所の現状とビオトープ策定計画手法
 - 3.1 アンケート調査の実施と分析
 - 3.2 発電所の生態系保全事例の類型化
 - 3.3 発電所の実態調査
 - 3.4 発電所ビオトープ計画策定手法
4. おわりに

1. はじめに

環境への負荷が少ない循環を基調とする経済社会システムの実現と、自然と人間との共生を図るための自然環境の保全や創造など目標に、1992年に種の保存法、1993年に生物多様性条約、1994年に環境基本計画などが制定あるいは批准された。また、1997年には環境影響評価法（アセス法）が制定され、1999年6月に施行された。

ビオトープという言葉は、工業化や都市開発に伴う環境破壊が深刻になった1970年代半ばにドイツで生まれた。Bio（生物）とTop（場所）の合成語で、特定の生物群集の生息地となる地理的空間を指している。わが国でも、このビオトープを整備することによって失われた自

然を再生し、残された貴重な自然を保護しているという試みが全国各地で行われている。

電気事業においても、ビオトープの維持や創生に関わる多くの分野がある。大規模開発が行われる発電所周辺の山地、河川、海浜、農林地などのビオトープとそれらのネットワーク、送変電施設の周辺、ダムや河川の水辺環境の維持や創造などである。

しかしながら、現状では全国各地でビオトープ造成が進められているものの、既存の文献²⁾⁴⁾⁵⁾に見られるようにビオトープ計画を策定する手法は確立していないのが現状である。

以上のような社会情勢のもとで、本調査は、発電所構内やその周辺において既存の生態系を保全する、あるいは、造林、緑化、水系の工夫などで生物の生息空間を確保するビオトープを

創造するために、合理的な発電所ビオトープ計画策定手法を明らかにすることを目的とした。

そのために、まず全国の公共施設や工場などで実施されたビオトープ事例を調査し、その目的や整備タイプによってビオトープを分類した。また、分類結果にもとづいてそれぞれのビオトープに適した整備手法を明らかにするとともに、実態調査結果をもとにビオトープ事例データベースを構築した。さらに、全国の火力・原子力発電所における生態系保全の現状をアンケート調査と実態調査により明らかにしたうえで、発電所のビオトープ計画策定手法を提案した。

なお、本調査は経済産業省資源エネルギー庁の委託を受け、「発電所ビオトープ（環境創造）支援技術調査」を平成9～11年度に実施した結果の一部を公表するものである。

2. ビオトープ事例の調査・分析

この章では、まず全国で進められているビオトープ事例を収集し、代表的事例を対象に実態（現地・ヒアリング）調査を実施する。これらの実態調査結果にもとづいて、ビオトープ事例をその目的と整備タイプによって分類するとともに、具体的なビオトープの整備手法を整理する。さらに、実態調査結果をもとにビオトープ事例データベースを構築し、ビオトープの設計や造成に関する情報を共有化する。

2.1 ビオトープ事例の収集・整理

「グリーン・エージ」や「公園緑地」、「造園雑誌」などの文献・資料調査により、全国の公共施設や工場などにおけるビオトープ事例を収集し、ビオトープ整備の目的や内容、効果などを把握した。さらに、最新の事例を収集するため、新聞記事やインターネットからの検索調査により事例を加えた。

収集した事例は240事例となり、それらのビオトープ整備内容から判断して収集事例を空間

パターン別に整理した。その結果、「自然地（河川、池沼、山林等）」、「農地（田、畑等）」、「公園（都市公園等）」、「公園（自然観察園等）」、「学校」、「街中（市街地等）」、「工場・下水処理場等」、「道路」、「ダム」の9つの空間パターンごとに整理することができた。

①「自然地（河川、池沼、山林等）」が最も多く収集され合計90事例となった。内訳では河川が最も多く、90事例中75事例を占める。続いて池沼が7事例、山林等が3事例、湿地が3事例、干潟が2事例となっている。

②「農地（田、畑等）」では、稲作の休耕田を利用してビオトープとして整備しているものが3事例、農地を含む地域一帯をビオトープとして保全しているものが1事例となっている。

③「公園（都市公園等）」では、海浜臨海部の公園が11事例あり、その他の28事例は内陸の都市公園となっている。

④「公園（自然観察園等）」は、公園のなかでも特に自然観察を第一の目的として整備している事例であり、7事例が抽出された。

⑤「学校」は14事例あり、小学校が7事例、中・高等学校が4事例、専門学校・大学が3事例となっている。

⑥「街中（市街地等）」では、民間企業等が主体となって街中（市街地、住宅地等）に整備している事例が多い。住宅地内の公園等に整備しているのが17事例、ビル周辺に整備しているのが4事例となっている。

⑦「工場・下水処理場等」では、民間の工場内にビオトープを整備しているものが16事例、公共の下水処理場が3事例、海水揚水が1事例となっている。

⑧「道路」では、エコロード事業に関するものが24事例、高速道路等のパーキングエリア、インターチェンジのループ内、高架下等をビオトープ空間として整備しているものが7事例となっている。

⑨「ダム」では、ダム湖周辺を整備しているものとして4事例を抽出した。

2.2 実態調査

空間パターン別に整理した事例から、それぞれの空間パターンを代表すると考えられる事例を抽出し、事業主体が明確でヒアリング調査が可能かどうか等の点から絞り込んだ結果、実態調査の対象事例として51事例を選定した。

51のビオトープ事例に関する実態調査結果の概要を、空間パターン別に以下に示す。

①「自然地（河川、池沼、山林等）」では、多自然型川づくりの事例が最も多く、河川だけではなく河川敷等を利用して地域住民の環境教育の場として活用する事例や、サンショウウオやカワバタモロコ等の貴重種の保護・保全のために河川を改修している事例もある。池や沼では、貯水池や遊水池をビオトープとして整備し、自然の池沼を野鳥やトンボ等の生息空間として保全している。

②「農地（田、畑等）」では、稲作の休耕田を利用してタガメやゲンゴウロウ等の水生生物やトンボ等の生息空間を保全・創出するために整備しているものや、地域住民の余暇活動（自然観察等）を支援することを目的に農地を含む地域一帯をビオトープとして保全しているものがある。

③「公園（都市公園等）」では、植物をはじめとしてそこで生息する動物類（昆虫、野鳥等）全般を保全している公園や、トンボやホタル等の昆虫類の保護・保全のための公園、貝類等の海生生物が生息する潮間帯等を保全することを目的としている海浜臨海部の公園などがある。

④「公園（自然観察園等）」は、野生動植物の自然観察を目的として整備されているため、観察対象によって公園全体をいくつかのビオトープ空間（エリア）に区分し、それぞれにビオトープ整備の目的、対象生物、内容を設定してい

る。

⑤「学校」では、ビオトープづくりを通じて、昆虫類との接触、雑草の除去等を体験するといった教育の一環（環境教育）として実施している事例がほとんどである。整備している場所は、運動場の片隅、中庭、建物の屋上などが多く、比較的規模は小さいことが特徴である。

⑥「街中（市街地等）」では、失われつつある身近な自然環境の回復・復元、これまでにない新たな緑地整備手法の試行、地域住民の憩いの場等を主要な目的としている。

⑦「工場・下水処理場等」では、民間の工場内にビオトープを整備し、新たな緑化整備手法の一つとしてビオトープを採用しているケースが多い。

⑧「道路」では、自然に優しいみちづくりとしてホタル水路やバードオアシスを設置しているエコロードを始め、高速道路等のパーキングエリア、インターチェンジのループ内、高架下等の開発エリア内では自然を再生するためのビオトープを整備している。

⑨「ダム」では、水没する植生や貴重種の保全を目的として、新たに作られるダム湖周辺の整備地域をビオトープとして設定している。

2.3 ビオトープの社会的効果

ビオトープ事例の実態調査結果から、ビオトープの効果について考察した。ビオトープの効果には、大きく分けて「生物多様性の保全効果」と「社会的効果」があると考えられる。前者は、開発地域に元々存在する多様な生物をビオトープによって保全する効果であり、生物自身にとっての生息環境の改善が期待される。後者は、ビオトープを計画・設計・造成・維持管理していく過程や、ビオトープを見学・体験していくなかで、人々が自然環境や生物多様性の重要性を実感し、共感していく社会的効果である。

ここでは、特にビオトープの社会的効果に着

目し、実態調査結果にもとづいてその効果を以下のように整理した。

① 環境教育効果

学校や公共施設の事例に見られるように、ビオトープを教育の場として活用し、自然環境や生物多様性の重要性を身近な生物環境から学び、ビオトープの維持管理に直接携わるることによって自然を育て触れ合う楽しさを体験する。

② 市民参加効果

事例のなかには市民や NGO が主体となって、ビオトープを計画・設計し、造成・維持管理しているケースも多く見られる。行政や企業ではなく市民がビオトープを継続していくには様々な困難さが伴うが、成功例を見ると実際に参加することによって自然に対する共通の価値観や連帯感が醸成され、地域コミュニティの形成に結びついている。

③ 地域づくり効果

「自然との共生」を地域づくりのコンセプトとして設定し、ビオトープに取り組んでいる自治体も多い。欧州、特にドイツでは、都市計画にビオトープ・ネットワークを取り入れ、身近な自然環境の再生を進めている。日本ではここまでには至っていないが、地域住民にとってのアイデンティティの形成には十分に効果があると考えられる。

④ 企業のイメージアップ効果

企業がビオトープに取り組んでいる事例も多い。工場の敷地の一部をビオトープとして造成し、観察舎やベンチ等を整備して公園として地域住民に開放している例や、オフィス街にビオトープを造成して潤いの場を提供している例などもある。これらの事例は、地域との共生を目的としているが、このような活動を通じて企業のイメージアップを図ることを期待している。

2.4 ビオトープ事例の分類

代表事例の実態調査結果にもとづいて、ビオ

トープ事例をビオトープの目的によって大別したうえで、具体的な整備内容によりビオトープ整備タイプに分類した。

ビオトープの目的については、開発エリア内に残された生態系を保護する「保護」と失われた生態系を再生する「再生」、新たに地域の生態系環境を創り出す「創出」の3つとし、それぞれの目的にビオトープ整備タイプを設定した。

「保護」を目的としたビオトープ事例については、「聖域設定型」、「自然群集期待型」、「特定生物設定型」、「ネットワーク配慮型」、「小生息場所提供型」の5つをビオトープ整備タイプとした。「再生」については、既存の自然環境をビオトープ空間として修復した「自然群集期待型」、「特定生物期待型」、「ネットワーク配慮型」、「小生息場所提供型」、「自然学習園または箱庭型」の5つの整備タイプとした。「創出」については、新たにビオトープ空間として整備した「自然群集期待型」、「特定生物期待型」、「ネットワーク配慮型」、「小生息場所提供型」、「自然学習園または箱庭型」の5つの整備タイプとした。なお、整備タイプの分類の考え方やネーミングについては、文献1)にならって分類した。

ビオトープ事例の分類結果は、表2-1に示すとおりである。

2.5 ビオトープ整備手法の整理

さらに、実態調査により明らかにしたビオトープ整備内容をもとに、ビオトープの目的および整備タイプごとに具体的なビオトープの造成方法や維持管理方法などを整理した結果が表2-2である。

「特定生物期待型」は、ホタル水路やカワセミブロックなどを設置して、ある特定の生物を期待する整備タイプである。「小生息場所提供型」は、空石積み護岸や浮島などを設置して、

表 2-1 ビオトープ整備タイプによる事例分類

目的	整備タイプ	事例名称
保護	特定生物期待型	寄居トンボ公園、ポロト橋
	小生息場所提供型	白幡公園
	自然群集期待型	安松小学校（雑木林）、県立座間谷戸山公園、見沼田圃、豊能町の棚田、八竜緑地、女子商の森、北野たかくら緑地
	聖域設定型	谷津干潟、桶ヶ谷沼、横浜自然観察の森（特別観察ゾーン）、泉の森（水源地保護区）、島田緑地、大沼公園
	ネットワーク配慮型	荒川ビオトープ（サシバ）
再生	特定生物期待型	鴨池公園（トンボ池）、阿武山団地（上の池公園）、渚処理場（トンボ池）、本牧市民公園、横浜自然観察の森（観察ゾーン）、宮田、万尾川、真狩川、野村町蝶の楽園、笠松町トンボ天国
	小生息場所提供型	横浜自然観察の森（自然観察センターゾーン）、小金井美術の森、引地川ふれあい森
	自然学習園または箱庭型	蔵王町ビオトープガーデン
	自然群集期待型	荒川ビオトープ（鳥類・魚類）、海水揚水建設所
	ネットワーク配慮型	秋田自動車道路
創出	特定生物期待型	ツイン21・ホテルの里、釜利谷ジャンクション・ホテル水路、花見川終末処理場、宮ヶ瀬ダム（蝶）、うみかぜ公園、昭和記念公園、泉の森（ホテル）
	小生息場所提供型	ルミナス武蔵小金井、水広公園、志井うるおい池
	自然学習園または箱庭型	安松小学校（植物、昆虫等）、大道小学校・学校ビオトープ、星美学園・自然誘致園、慶応大学藤沢キャンパス、栃山川自然生態観察公園、北本自然学習センタービオトープ見本園、テクノ中部屋上ビオトープ
	自然群集期待型	平岡公園造成区域、富山新港臨海野鳥園、ビオスの丘らんの里、千葉県立中央博物館生態園
	ネットワーク配慮型	釜利谷ジャンクション・第2高架下、宮ヶ瀬ダム・東沢ビオトープ、宮ヶ瀬ダム・鷺ヶ沢ビオトープ

そこにおける生物の安定的な生息場所を確保する整備タイプである。「自然学習園及び箱庭型」は、小面積にいろいろなすみ場を集積し、多様な生物を一度に観察することができるようにする整備タイプである。「自然群集期待型」は、かなり広い面積に基盤を造成し、放置して自然群集の成立をまつという整備タイプである。「聖域設定型」は、ビオトープの一部に人の立ち入りを禁止するサンクチュアリーを設ける整備タイプである。「ネットワーク配慮型」は、広域的なビオトープ・ネットワーク形成の計画をもつ整備タイプである。

2.6 ビオトープ事例データベースの構築

実態（ヒアリング・現地）調査の結果をもとに、ビオトープ事例データベースを構築した。このデータベースは、ビオトープ事例のキーワード検索や画像データの一覧等を可能にし、調査結果の情報公開に対応できるようにすることを目的としている。

(1) データベースの仕様

データベースの対象とした事例は、実態調査を行ったビオトープ 51 事例である。

主な項目としては、以下のとおりである。

① データベースのフレーム構築

実態調査の調査項目にもとに最終的な検索シ

表 2-2 ビオトープ整備手法の整理

タイプ	目的	保護	再生	創出
特定生物期待型		・ミスバショウやトンボなど特定の生物の生息地を保護するため、その場所を残地する。	・トンボやチョウ、魚類など特定の生物の生息空間を取り戻すため、既存の池や川の修復や既存の土地を修復する。 ・特定の生物に強い関心を持ち、既存の地形や植生をできる限り生かし、昔あった自然環境に修復する。 ・特定の生物に配慮した維持管理が必要になる場合もある。	・ホタル、トンボ、チョウなど特定の生物の生息空間を新たに創出する。 ・チョウでは食草や食樹を植栽する。 ・ホタルでは流水を造成するため、ポンプアップなど施設が必要となる。 ・トンボでは池が造成される。水草を植栽する事例が多い。 ・特定の生物に配慮した維持管理が必要となる。 ・ホタルなど特定の生物を移入する場合がある。
小生息場所提供型		・既存の自然環境を保全しつつ、草刈りなど維持管理のときに小鳥の巣など小生息場所の保護を実施する。	・浮島の造成やヨシ群落や樹林など、自然にみられる構造の小生息場所を既存の池、樹林や草地などに付加する。 ・開発などにより失われた樹林地などを復旧するため、多様な小生息場所を含むビオトープを造成する。あるいは埋立地造成などでは周辺の樹林を参考に樹林をつくり、多様な小生息場所を含むビオトープを埋立地に付加する。 ・小生息場所を適正に保全するため、適切な維持管理が必要となる場合もある。	・新たに池や草地、樹林、空石積をつくるなど自然にみられる小生息場所の構造や配置を復元する。例えば周辺の自然環境の小生息場所の構造などを模倣して造成する。 ・小生息場所を創出・復元するが、自然の環境、構造を参考とすることは、狭い範囲に集積することはない。 ・創出した小生息場所を保全するため、適切な維持管理が必要となる。 ・移動力の少ない魚類などは移入されることもある。
学習園型 または 箱庭型		—	・既存の樹林内などに空石積、落葉落枝の集積場所、野草園などを狭い範囲に微～小生息場所を並べる。 ・微～小生息場所を保全するため、ある程度の維持管理が必要となる。	・新たに池や草地、樹林、空石積、落葉落枝の集積場所などをつくり、微～小生息場所を狭い範囲に集積して創出する。水域を造成した場合、ポンプアップなどの施設が必要になることが多い。 ・創出した微～小生息場所を保全するため、ある程度の維持管理が必要となる。 ・小鳥の給餌、カブトムシの給蜜などが行われる場合もある。 ・ホタルなど特定の生物や移動力の少ない魚類などを移入する場合もある。
自然群集期待型		・既存の池、樹林地などの自然環境を保全し、自然に委せた管理を行う。	・既存の樹林地や草地に池を造成したり、起伏をつくって水を引き入れる。その土地の樹木や植物を植栽するか、あるいは全くしないで、その場所にふさわしい昔の生息環境の状態に修復したあとは自然のなりゆきに委せる。 ・まわりの生息地からの移動によって、自然に住み着いて形成される動物の群集を期待する。広い面積が必要となる。	・新たに造成した土地に樹林地、草地、池などをつくり、起伏をつくって水を引き入れる。その土地の樹木や植物を植栽するか、あるいは全くしないで、その場所にふさわしい昔の生息環境の状態に復元したあとは自然のなりゆきに委せる。 ・まわりの生息地からの移動によって、自然に住み着いて形成される動物の群集を期待する。広い面積が必要となる。
聖域設定型		・干潟や湿地、池沼、樹林など自然環境を保全するため、立ち入り禁止区域を設け保全する。 ・自然公園、自然環境保全地域など保護区がこれにあたる。	—	—
ネットワーク配慮型		・生物の行動圏の大きさに応じ、広域的なネットワークづくりに配慮し、該当地域を保全する。ある程度の面積が保全対象となる。	・猛禽類や哺乳類など行動圏の広い動物の行動を把握し、移動が妨げられないように道路の構造を工夫するなど、広域的なネットワークに配慮した修復を行う。	・生物の行動圏の大きさに応じ、広域的なネットワークづくりに配慮し、新たにコリドーや踏み石ビオトープを創出し、付加する。自然環境を創出・復元することにより、生物の移動が容易になるような配置、構造、規模とするため、広い地域が検討範囲となる。

システムを想定したうえで、項目間の関連性や画像情報の添付方法などを検討し、データベースのフレームを構築した。

② 調査データの入力・修正

データベースのフレームにもとづいて実態調査データを入力し、写真等の画像データのデジタル化については操作性等を考慮の上、最適なデータ形式に変換した。

③ 入力項目

データの入力項目は表 2-3 に示すとおりであり、ビオトープ実施の背景や目的、具体的な内容、実施上の制約条件（コスト、技術、法制度等）、効果、画像情報（写真、図面等）などである。

(2) データベースの諸機能

1) データベースソフト選定

リレーショナルデータベースソフトの中から、

比較的利用しやすい、画像情報の表示が容易等の理由から、Microsoft Access 97 を採用した。

2) 事例データ

事例データについては、画像（写真、デジタルカメラデータ、図面等）および事例説明ファイル（文字情報）を、それぞれデータベース用にコンバートした。

3) データベースの設計

本データベースアプリケーションの基本性能を図 2-1 に示す。主要機能としては、表示、追加・修正、検索の 3 項目からなる。表示、検索機能にはそれぞれ事例一覧（リスト表示）と個別事例表示を選択できるようにした。また、追加・修正は同一画面上で行い、個別事例表示の画面上で修正や、事例データの追加処理ができるように設計した。

参考としてデータベースの個別事例表示の例

表 2-3 ビオトープ事例 DB の入力項目名と内容

シート名	項目名	内容
1. 全体	①名称	ビオトープ事例の名称
	②運用年	ビオトープを運用（公開）した年月
	③所在地	地名、住所
	④事業者	事業主体の名称
	⑤敷地面積	m ²
	⑥設計者	ビオトープの設計者氏名、団体名
2. 諸元	①対象空間	ビオトープの空間タイプ名
	②対象生物	保護・再生・創出する生物種名
	③自然環境	ビオトープ周辺の自然環境（地形、植生等）の特徴
	④社会環境	ビオトープ周辺の社会環境（土地利用、交通等）の特徴
3. 目的	①経緯	ビオトープ実施に至った背景や経緯
	②目的	ビオトープ整備の目的
4. 内容	①具体的内容	ビオトープの具体的な整備内容
	②造成方法	地形の改変方法や基盤整備の方法など
	③維持管理方法	ビオトープ維持管理のための技術、コスト等
5. 効果	①状況	対象生物の生息状況
	②評判	周辺住民や来訪者の評判、マスコミでの掲載記事
	③見学者	年間見学者数
6. 課題	①計画	今後予定しているビオトープ整備の計画
	②課題	ビオトープ運営上の課題
	③収集資料等	収集した資料名等

注) その他：各種画像情報（写真・図面・デジタルカメラ画像等）

を図 2-2 に示す。

なお、このビオトープ事例データベースはインターネット上で稼動するよう改良を加え、当所のホームページを通じて一般に公開する予定である。

3. 発電所の現状とビオトープ計画策定手法

この章では、全国の火力・原子力発電所を対象にアンケート調査を実施し、発電所における生態系保全の現状を明らかにする。また、アンケート結果をもとに生態系保全の観点から発電所を類型化し、各類型の代表的な発電所を対象に実態調査を実施してその特徴を明らかにする。さらに、これまでの調査結果にもとづいて、火力・原子力発電所におけるビオトープ計画策定手法を構築した。

3.1 アンケート調査の実施と分析

(1) アンケート調査の実施

発電所における生態系保全の現状を明らかにするために、全国の 64 火力・原子力発電所を対象にアンケート調査を実施した。その目的は、発電所における生態系保全事例の収集と、生態系保全の背景や目的、内容、制約条件、効果などを、アンケート結果の集計により定量的に明らかにすることである。なお、対象とした 64 発電所の内訳は、火力発電所が 50 ヶ所 (78%)、原子力発電所が 14 ヶ所 (22%) であった。

(2) 分析結果

主な分析結果の概要は、以下の通りである。生態系保全の実施に至る背景については、「従来から取り組んできた」と回答した発電所が 52 ヶ所 (88%) と最も多く、次が「会社の理念」39 ヶ所 (66%)、「トップの考え」が 28 ヶ所 (48%) あり、「自治体の指導」18 ヶ所 (30%) や「国の指導」11 ヶ所 (19%) を上回っており、発電所は自主的に自然環境の保全・

創造に積極的に取り組んでいる。

生態系保全を実施した理由については、「企業イメージの向上」と回答した発電所が 49 ヶ所 (80%) と最も多く、次が「地域環境の保全」42 ヶ所 (69%)、「美観の向上」が 42 ヶ所 (69%) である。

生態系保全の目的については、「自然環境の創造」が 29 ヶ所 (45%) と最も多く、次が「自然環境の保全」20 ヶ所 (31%)、「既存緑地の改善」15 ヶ所 (23%) である。ただし、火力発電所では「自然環境の創造」を目的としている発電所が 27 ヶ所と多いが、原子力発電所では「自然環境の保全」を目的としている発電所が 7 ヶ所と半数を占めた (図 3-1)。

生態系保全のための具体的な対策としては、「エコロジー緑化 (多様な郷土樹種をポット苗から育てる緑化手法)」が 25 ヶ所 (63%)、「食餌木の植栽」が 20 ヶ所 (50%) と従来型の対応が多い。ただし、生態系保全策として、「ホタル水路やトンボ池」をつくった発電所が 10 ヶ所、「水鳥のための池」をつくった発電所が 8 ヶ所、周辺の二次林などを参考として「落葉広葉樹林」をつくった発電所が 8 ヶ所ある (図 3-2)。

維持管理方法では、「草刈り」が 37 ヶ所 (90%)、「病虫害防除」が 36 ヶ所 (88%)、「剪定」が 35 ヶ所 (85%) と一般的な管理は当然、殆どの発電所が実施している。

今後の課題や展開では、「既にあるビオトープを今後も管理していく」と回答した発電所が 19 ヶ所 (40%) が最も多く、「現在の自然環境を保全していく」とした 15 ヶ所 (31%)、「自然環境の豊かな所に立地しているため、地域ニーズがない」とした 14 ヶ所 (29%)、「計画したいがコスト面の課題がある」とした 10 ヶ所 (21%) の順であった (図 3-3)。また、原子力では、「自然環境を保全していく」とした発電所が 8 ヶ所と過半数を超えた。

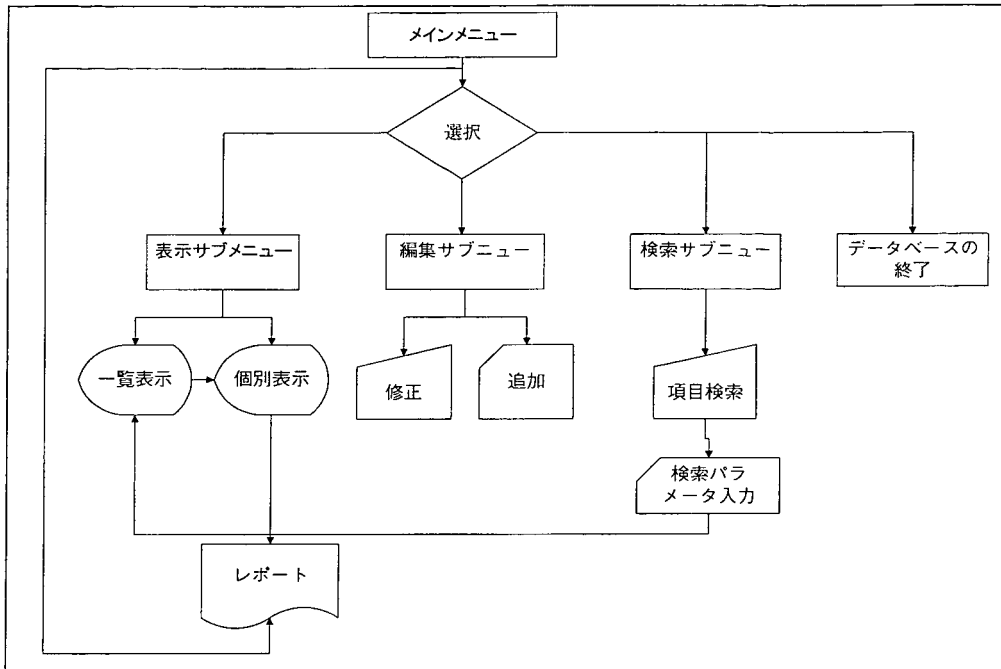


図 2-1 データベースの基本機能

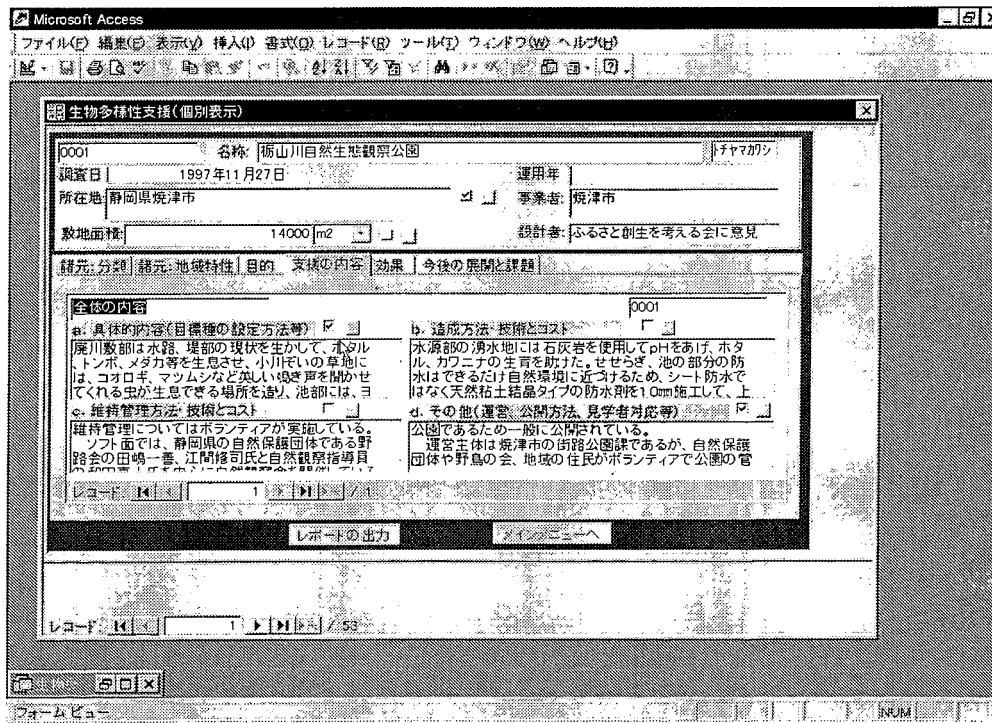


図 2-2 データベースの画面例

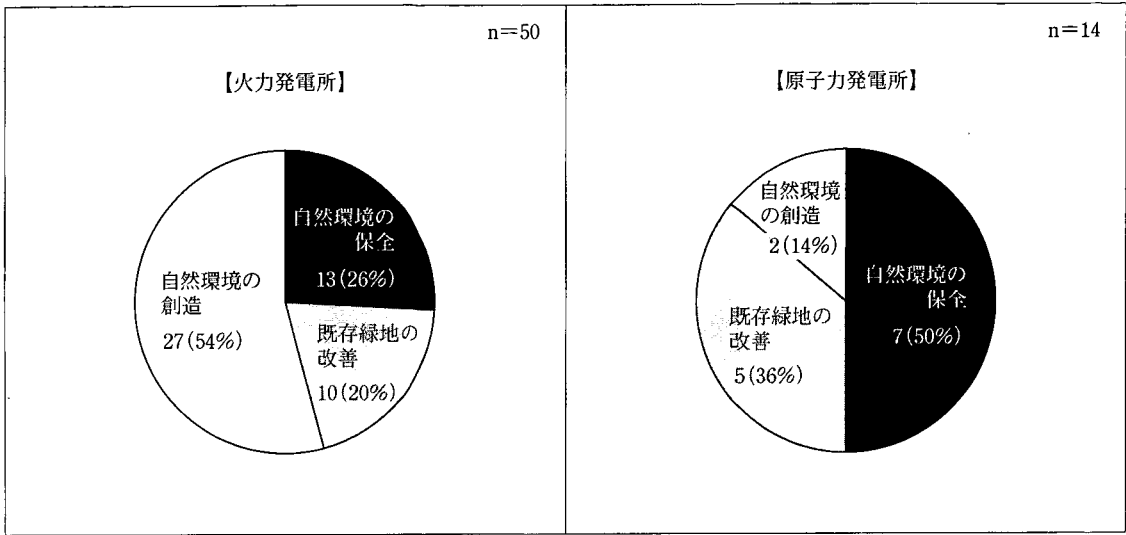


図3-1 生態系保全の目的

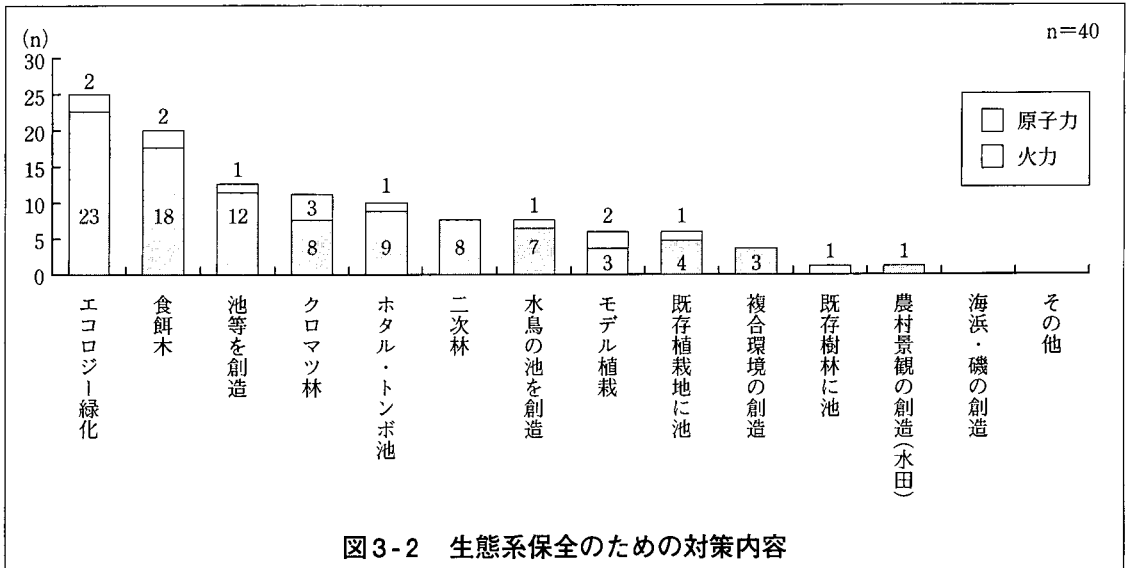


図3-2 生態系保全のための対策内容

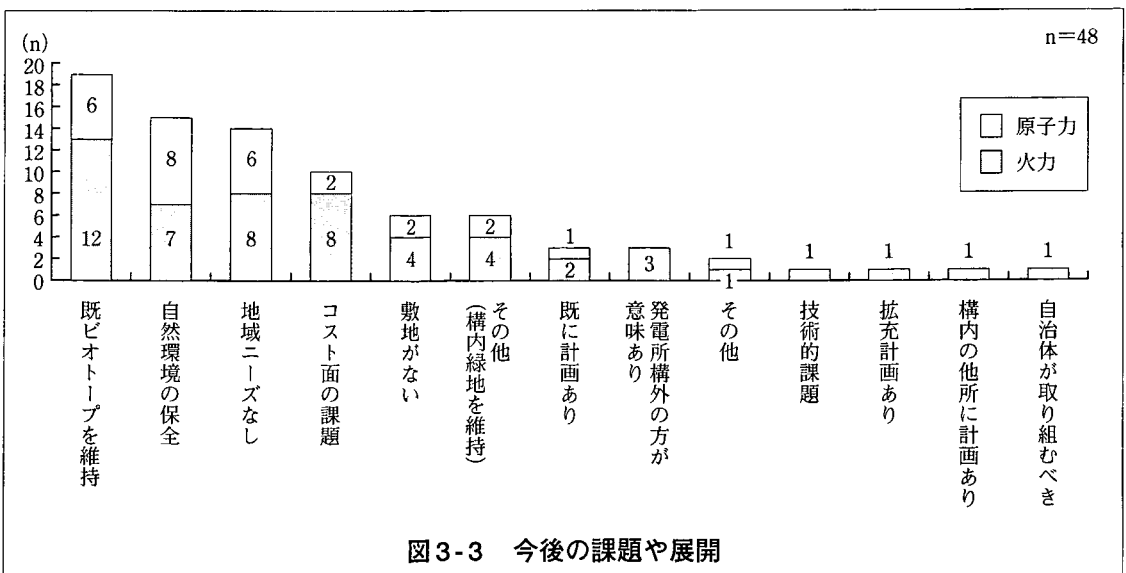


図3-3 今後の課題や展開

表 3-1 数量化Ⅲ類による軸の抽出結果

1 軸		2 軸		3 軸	
カテゴリー名	スコア	カテゴリー名	スコア	カテゴリー名	スコア
敷地(0-20)	-0.064039	その他	-0.119888	敷地(150-)	-0.109808
工場	-0.060985	残存(40-)	-0.093164	農村	-0.097088
住宅地	-0.053821	敷地(150-)	-0.091053	残存(40-)	-0.076023
残存(0)	-0.051134	既存緑地の改善	-0.088715	その他	-0.054191
自然環境の創造	-0.049278	敷地(0-20)	-0.087371	残存(0-20)	-0.043573
敷地(20-50)	-0.036888	残存(0)	-0.034981	自然環境の保全	-0.033335
敷地(50-100)	-0.027575	住宅地	-0.029542	敷地(50-100)	-0.032103
その他	-0.020765	工場	-0.015605	住宅地	-0.028060
残存(0-20)	-0.005230	自然環境の創造	-0.008505	敷地(20-50)	-0.018072
自然環境の保全	0.035101	自然	-0.000039	自然環境の創造	-0.013928
既存緑地の改善	0.048470	敷地(100-150)	0.011819	残存(0)	0.004056
敷地(100-150)	0.050035	敷地(20-50)	0.017432	敷地(0-20)	0.004587
農村	0.061206	自然環境の保全	0.078868	工場	0.015971
残存(20-40)	0.063596	残存(0-20)	0.087270	自然	0.062234
自然	0.088274	農村	0.089855	既存緑地の改善	0.071373
敷地(150-)	0.124602	敷地(50-100)	0.091936	残存(20-40)	0.133141
残存(40-)	0.149297	残存(20-40)	0.126946	敷地(100-150)	0.187173

3.2 発電所の生態系保全事例の類型化

アンケート調査結果を用いて、発電所の生態系保全の現状を類型化した。

まず、代表的な質問項目(カテゴリー)を用いて数量化Ⅲ類により、生物多様性評価のための軸の抽出を行った。ここで分析に用いた質問項目は、次の4つである。

- ① 敷地総面積 (5 カテゴリー)
- ② 残存緑地面積 (4 カテゴリー)
- ③ 周辺の土地利用 (5 カテゴリー)
- ④ 生態系保全の目的 (3 カテゴリー)

これ以外にも生態系保全の類型化に適する背景や目的、効果などの質問項目が存在したが、分析過程で不明データが多いこと、MA 質問のためカテゴリー反応数が極端に少ないことなどの理由からこの分析では敢えて外した。そのため、今回の類型化は生物多様性の基盤となる敷地面積や残存緑地面積、周辺の状況に加えて、生物多様性の目標と解釈できる環境重視の項目からの類型化となった。

数量化Ⅲ類による分析結果は、表 3-1 に示すとおりである。

抽出した第1軸は、敷地面積や残存緑地面積による「規模」の軸と考えられ、プラス方向に規模が大きくなっている。第2軸は、保全の目的の項目によって形成され、プラス側に自然環境の保全、マイナス側に既存緑地の改善がプロットされている。そこで、第2軸は「保全の考え方」の軸とする。第3軸は解釈が最も難しいが、ここでは第1、2軸との対比を重視して「周辺の状況」の軸とした。すなわち、プラス側に自然地在が、マイナス側に農村がプロットされている。なお、各軸の説明力であるが、第1軸が19.6%、第2軸が13.8%、第3軸が11.8%であり、累積が45.1%となっている。全体としては、3つの軸で変数全体(17 カテゴリー)の約半分の説明力を示していることになる。

次に、生態系保全の観点から発電所を類型化するために、発電所の各軸に対するサンプルスコアを用いてクラスター分析を行った。その

表 3-2 発電所の類型化

類型Ⅰ	類型Ⅱ	類型Ⅲ	類型Ⅳ	類型Ⅴ
阿南 横浜火力 海南 高砂 坂出 堺港 四日市LNGセンター 四日市火力 春日出 新小野田 新清水火力 新名古屋火力 西条 西名古屋火力 赤穂 仙台火力 知多火力 知多第二火力 南港 尼崎第三 尼崎東 尾鷲三田火力 姫路第二 武豊火力 柳井	多奈川第二 宮津エネルギー研究所 <u>玄海原子力</u> 相浦 川内原子力 東新潟火力 東海・東海第二 <u>伊方</u> 伊達 苫東厚真 <u>知内</u> 相生 美浜 渥美火力	関空エネルギーセンター 御坊 新仙台 <u>石川石炭火力</u> 川越火力 多奈川 大阪 <u>姫路第一</u> 碧南火力	高浜 <u>志賀原子力</u> 大飯 島根原子力 <u>敦賀</u> 柏崎刈羽原子力 浜岡原子力 福島第一原子力	鹿島火力 松浦 松浦火力 松島火力 川内原子力 <u>袖ヶ浦火力</u> <u>能代火力</u> 泊

注) _____ : 調査対象発電所

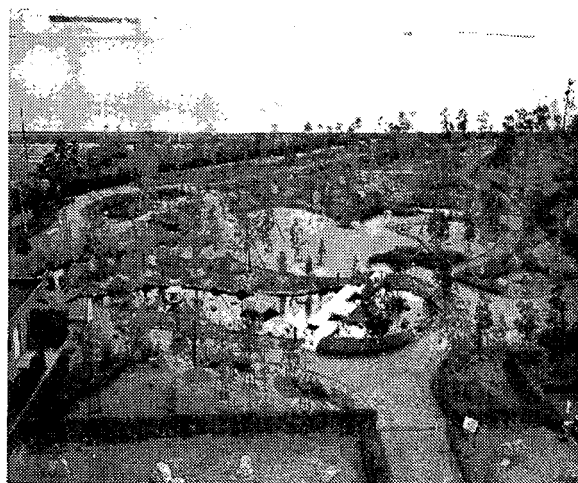


写真 3-1 姫路第 1 発電所

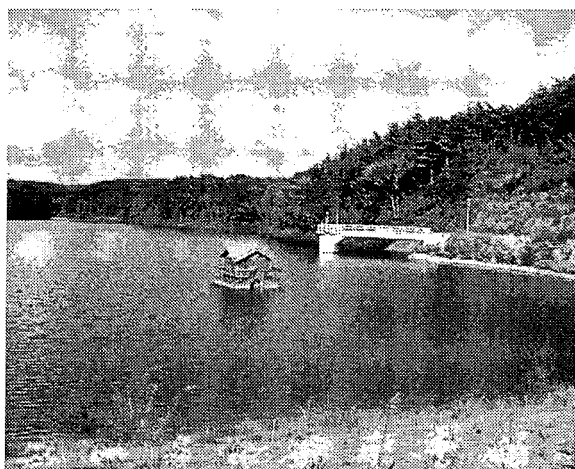


写真 3-2 志賀原子力発電所

結果、クラスター樹形図の形と集積具合、解釈の容易さなどから判断して類型数を5つとした。

以上により、64発電所の生態系保全事例を、表3-2に示すように5つの類型に分類した。

各類型の特徴は、次に示す通りである。

- ① 類型Ⅰ(25)：敷地面積が小さく、残存緑地もほとんどない。周辺は工場や住宅地であり、自然環境の創造を目指した都市型火力発電所である。
- ② 類型Ⅱ(14)：敷地は中規模であり、残存緑地が残されている。周辺は自然地であり、自然環境の保全を目標としている火力・原子力発電所である。
- ③ 類型Ⅲ(9)：敷地は中・小規模であり、残存緑地も残されている。周辺は埋め立て地などであり、残存緑地の改善を目指した火力発電所である。
- ④ 類型Ⅳ(8)：敷地面積が非常に大きく、残存緑地も多く残されている。周囲は自然地であり、自然環境の保全を最優先している原子力発電所である。
- ⑤ 類型Ⅴ(8)：敷地面積は大きく、残存緑地も残されている。周辺は自然地であり、残存緑地の改善を目指した火力・原子力発電所である。

3.3 発電所の実態調査

地域性に配慮して電力各社ごとに代表的な発電所を5つの類型から選定した12の発電所を対象に、実態調査を実施した。実態調査では、発電所の生態系保全の目的や方法、維持管理、効果、今後の課題についてヒアリング調査を行うとともに、その実態について詳細に現地調査を行った。

調査結果は概ねアンケート結果を裏付けるものであったが、特に類型Ⅰ、Ⅲ、Ⅴに含まれる都市型火力発電所では、地域からの要請にもとづき実際にビオトープを造成している事例がいくつか見られた(写真3-1 姫路第1発電所)。

また、類型Ⅱ、Ⅳに含まれる原子力発電所では、広大な敷地のなかに残された動植物の生息域を保全する形でビオトープを形成している事例が見られた(写真3-2 志賀原子力発電所)。

3.4 発電所ビオトープ計画策定手法

これまでのビオトープ事例および発電所を対象とした実態調査結果をもとに、ビオトープ整備の計画策定過程で実施された自然・社会環境の調査方法、調査結果の整理・図化方法、解析・分析方法、基本方針及び目標環境・生物種の設定方法などを抽出・整理した。特に、計画策定関連の詳細な資料が得られた①富山新港野鳥園、②千葉県立中央博物館、③真狩川、④埼玉県自然学習センター・ビオトープ、⑤荒川ビオトープ、⑥昭和記念公園、⑦見沼田圃、⑧新清水火力発電所については詳細に分析した。

以上の調査・分析結果にもとづいて、火力・原子力発電所におけるビオトープ計画策定手法を図3-4に示すとおり作成した。

以下に手法の概要を示す。

(1) 調査項目

基本的な調査項目は、①気象、②地形、③土壌、④植物、⑤動物、⑥生態系、⑦土地利用、⑧社会的要請である。なお、地域特性に応じてこれら以外の調査項目が付け加えられる。

(2) 調査方法

① 気象

「環境影響調査書(環境の現況;気象)」や「日本の気候(昭和33年)」、「日本気候表(気象庁、平成3年)」、「理科年表」などの文献や、最寄りの気象台及び測候所のデータを収集し、対象地域の平均気温、最高気温、最低気温、風向、風速、雨量・蒸発量等を把握する。特に、冬季季節風など生物への影響がある場合は必ず明記する。

② 地形

「環境調査報告書(環境の現況;地形及び表

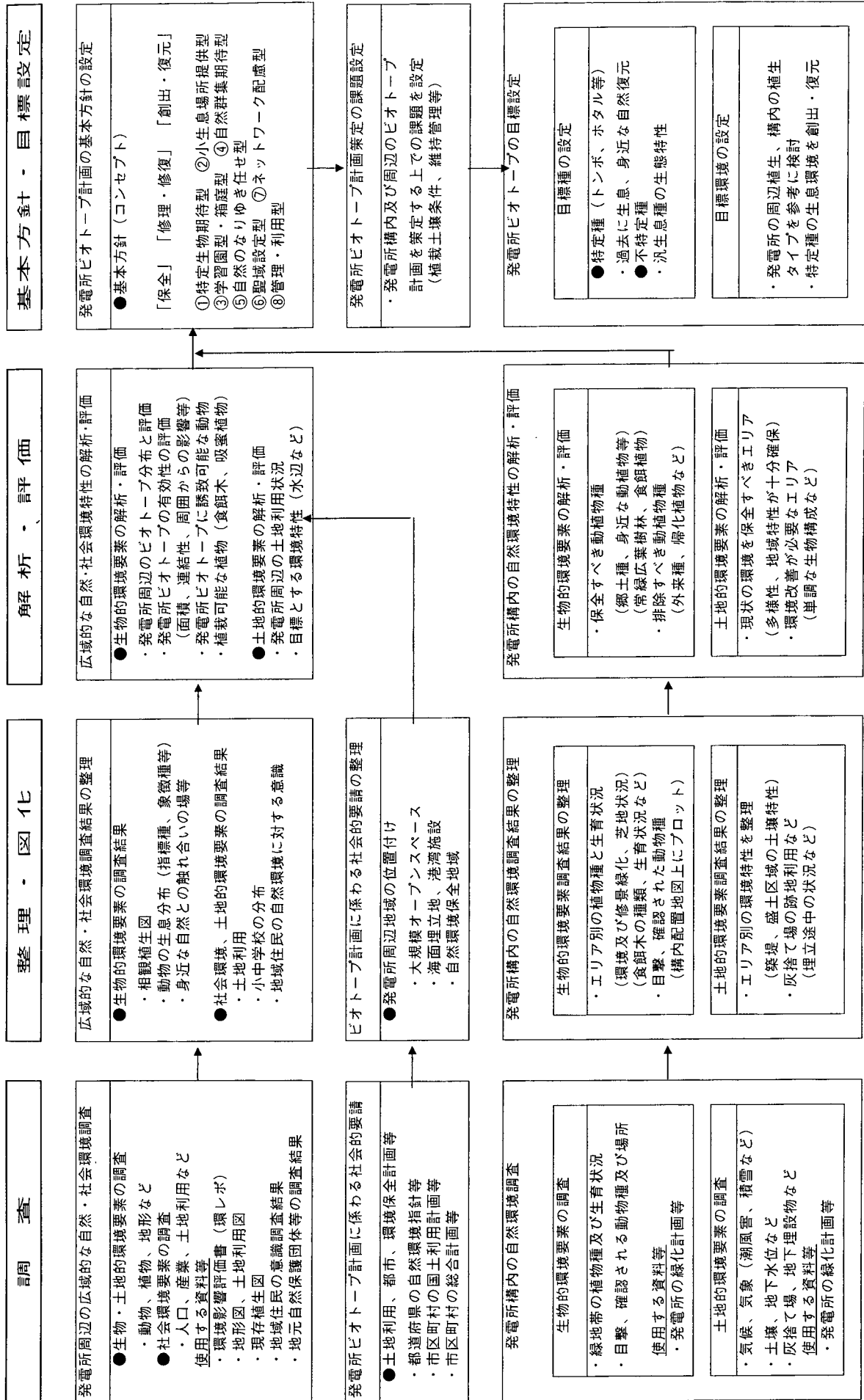


図 3-4 発電所ビオトープ計画策定手法

層の土壌)」や「地形図」等から、発電所構内及び周辺の地形概況を把握する。

③ 土壌

「環境調査報告書（環境の現況；地形及び表層の土壌）」から、発電所構内及び周辺の土壌概況を把握する。

④ 植物

「発電所の緑化計画書」等から発電所構内の緑地配置状況や内容を把握する。

発電所周辺の現存植生に関しては、「現存植生図（環境省）」や「環境影響調査書（環境の現況、陸生生物）」、「地域の生物調査報告書」等から情報を収集する。さらに、「環境影響調査書（環境の現況、陸生生物）」や「河川水辺の国勢調査（国土交通省）」、「地域の生物調査報告書」等から発電所周辺に出現する植物を把握する。

発電所周辺地域における重要な植物に関しては、「環境影響調査書（環境の現況；陸生生物）」や「天然記念物緊急調査、植生図・主要動植物地図（文化庁）」、「自然環境保全調査（基礎調査、すぐれた自然図（環境省）」、「日本の重要な植物群落（環境省）」、「レッドリスト（環境省）」、「自治体等のレッドリスト」、「地域の生物調査報告書」等から情報を収集し、現状を把握する。

⑤ 動物

「発電所の緑化計画書」等から、発電所構内における動物の分布状況を把握する。

発電所周辺に出現する哺乳類、鳥類、は虫類、両生類、昆虫類に関しては、上記の植物と同様の文献から現状を把握する。

⑥ 生態系

環境省において検討が進められている「国土区分」及び「生物群集タイプ」等を参照し、発電所立地地域がどの区分に属し、どのような生物群集タイプを含むかを把握する。

⑦ 土地利用

「環境影響調査書（環境の現況；土地利用）」

や「現存植生図（環境省）」、「地域の生物調査報告書」等から土地利用に関する情報や、土地利用の変遷が把握できる資料を収集する。さらに、「環境影響調査書（環境の現況；土地利用）」から都市計画法、農地地区、農業振興地域の整備に関する法律、河川法、風致地区、自然公園等地域規制に関する情報を収集し、土地利用の現況を把握する。

⑧ 社会的要請

立地地域の自治体の「環境計画」や「自然環境保全等に係わるマニュアル」、さらに大学、県庁自然保護課、日本鳥類保護連盟等各種自然保護団体が発行する地域環境に関するニュースレター等を収集し、発電所の自然環境に対する社会的ニーズを把握する。また、地域住民を対象としたアンケート調査結果等があれば収集する。

(3) 整理・図化

上記の調査結果から得られた諸データを整理し、視覚的に解りやすくグラフや図面などを作成する（図 3-5 S 原子力発電所の相観植生図）。

(4) 解析・評価

① 気象

発電所および周辺地域の特徴（冬季季節風による、曇天、強風、気温の低下等）を把握し、発電所ビオトープ計画に与える影響等を解析する。

② 地形

発電所構内の地形を把握し、ビオトープ計画の予定区域を検討するとともに、地形改変の必要性の有無等を検討する。

③ 土壌

発電所構内の土壌を把握し、ビオトープ計画の予定区域を検討するとともに、土壌改良の必要性の有無や湿性ビオトープ造成可能性等を検討する。

④ 植物

発電所構内における緑地の植生タイプや配置

状況、植物種等を把握し、ビオトープ計画の予定区域を検討するとともに、予定区域に適した植物種を検討する。また、発電所の周辺5 km圏（発電所の環境アセスメントでは近傍を5 km圏としている）の植生分布状況や特徴等を把握し、ビオトープ計画予定区域と類似する地形や土壌などを有する地域及び予定区域に植栽可能な植物種の有無を検討する。

⑤ 動物

発電所構内における動物類の生息状況を把握し、ビオトープ計画の予定区域を検討するとともに、予定区域に適した動物種を検討する。また、発電所周辺の動物相の特徴を把握し、ビオトープ計画地域と類似する地形・土壌・植生等を有する地域及び予定区域に誘致可能な動物種の有無を検討する。

⑥ 生態系

発電所立地地域の「国土区分」及び「生物群集タイプ」及び植物、動物の調査結果をもとに、当該地域の生態系の特性・生物相を概略的に把握する。

⑦ 土地利用

周辺5 km圏内の土地利用の特徴（市街地、農地、山林等）から、市街地からの距離、小中学校の分布等を検討する。また、過去の土地利用に関する情報を収集することができた場合には、ビオトープ計画予定区域の過去の土地利用及びその変化を解析する。

⑧ 社会的要請

発電所立地地域の自治体の自然環境指針等から、ビオトープ計画予定区域の自然環境保全・創出の基本的考え方を把握する。また、地域の自然環境に関するアンケート調査結果の資料等があれば、地域住民の自然環境に対する考え方を分析する。

(5) 基本方針・目標設定

① 基本方針の設定

自然環境及び社会環境の解析・評価結果を踏

まえ、基本方針を設定する。

まず、「保護」、「再生」、「創出」といった基本的な考え方を決定する。

次に、a. 特定生物期待型、b. 小生息場所提供型、c. 学習園型・箱庭型、d. 自然群集期待型、e. 聖域設定型、f. ネットワーク配慮型というビオトープ整備タイプを参考に、具体的なビオトープの姿について検討したうえで、基本方針を設定する。

② 課題の抽出

発電所のビオトープ計画を策定するうえでの、空間的な制約条件や運営・管理のコストなどに係わる課題を抽出・整理する。

③ 目標設定

a. 目標種の設定

目標種の設定には、最初から特定種（注目種、指標種等）を対象とする場合と不特定種を対象とする場合がある。特定種を設定する場合には、現在もしくは過去に発電所で確認された動植物種、ビオトープ計画予定区域と類似した環境特性を有する周辺地域の植生、生息する動物種を参考にする。不特定種を対象とする場合にも、ビオトープ計画予定区域及び周辺の動植物相等の解析・評価結果から目標種を検討・設定する。

b. 目標環境の設定

発電所構内に設定したビオトープ計画予定区域の地形、土壌条件等を踏まえ、周辺地域の植生タイプからモデルとなる目標環境を選定し、その植生等を参考にして計画予定区域の目標環境を設定する。

以上が発電所のビオトープ計画策定手法の概要であるが、この手法の適用によって周辺の自然・社会環境を考慮した目標とするビオトープの生物種と生息環境を設定することができる。この後は、基本方針に従って2章で整理したビオトープ整備手法を参考に、具体的なビオトープの姿を描いていくことになる（図3-6 T火

力発電所のビオトープ予測図)。

4. おわりに

本調査は、今後の火力・原子力発電所におけるビオトープ計画策定手法を提案するために、一般的なビオトープ事例について調査・分析し、発電所の生態系保全の現状を明らかにしたうえで計画策定手法を検討した。

まず、文献・資料調査やインターネット検索により全国の公共施設や工場などにおけるビオトープ 240 事例を収集し、9つの空間パターン別に整理した。各空間パターンの代表的な 51 事例を対象に実態調査を実施し、空間パターンごとのビオトープの特徴と効果を明らかにした。また、実態調査結果にもとづいてビオトープの 3つの目的(「保全」、「修理・修復」、「創出・復元」)と6つの整備タイプ(「特定生物期待型」、「聖域設定型」など)を設定し、ビオトープ事例を分類するとともに、各目的・整備タイプ別にビオトープの具体的な整備手法を整理した。さらに、ビオトープ事例の背景や目的、内容、制約条件、効果、写真・図面などを検索・表示することができるビオトープ事例データベースを構築した。

全国の 64 火力・原子力発電所を対象にアンケート調査を実施し、発電所における生態系保全の現状を明らかにした。また、アンケート結果を用いた多変量解析手法により生態系保全の観点から発電所を5つに類型化し、各類型の代表的な 11 発電所を対象に実態調査を実施してその特徴を明らかにした。

以上の調査結果にもとづいて、既存の事例からビオトープの計画策定に係わる手順や個別手法を抽出・整理したうえで、火力・原子力発電所におけるビオトープ計画策定手法を構築した。

今後は、提案した発電所ビオトープ計画策定手法を実際の発電所に適用し、より望ましいビオトープの実現に資することが期待される。

最後に、信州大学桜井善雄名誉教授には適切なご指導と貴重なご助言を頂いたことに、感謝の意を表します。

【参考文献】

- [1] 水域の生息環境保全における応用生態工学：桜井善雄：応用生態工学序論（広瀬利雄監修）：信山社：1997
- [2] エコパークー生き物のいる公園づくりー：亀山章、倉本宣編：ソフトサイエンス社：1998
- [3] ランドスケープエコロジー（ランドスケープ体系）：社団法人日本造園学会編：技報堂出版：1998
- [4] ヨコハマ エコアップマニュアル：横浜市環境保全局調整部環境政策課編：横浜市発行：1993
- [5] 都市につくる自然一生態園の自然復元と管理運営：中村俊彦、長谷川雅美編：沼田眞監修：信山社：1996
- [6] 目標種・指標種と鳥類の保全：前田琢：平成 8 年度造園学会全国大会シンポジウム・分科会講演集：1996

（やまもと きみお
電力中央研究所 経済社会研究所
いうち まさなお
電力中央研究所 経済社会研究所）

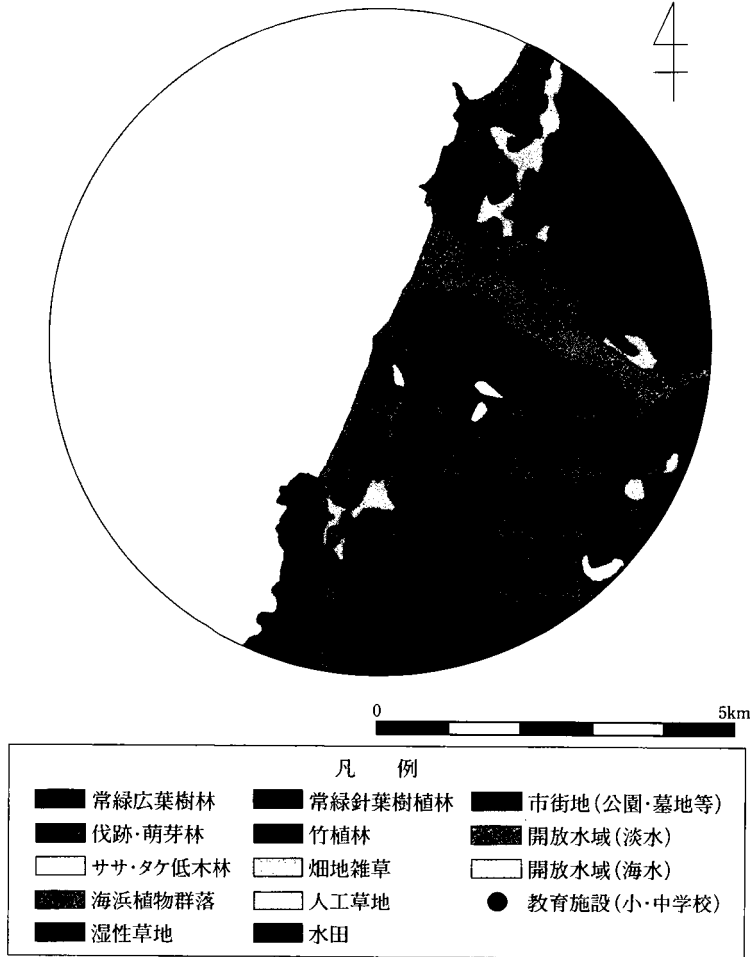


図3-5 S原子力発電所周辺の相観植生図

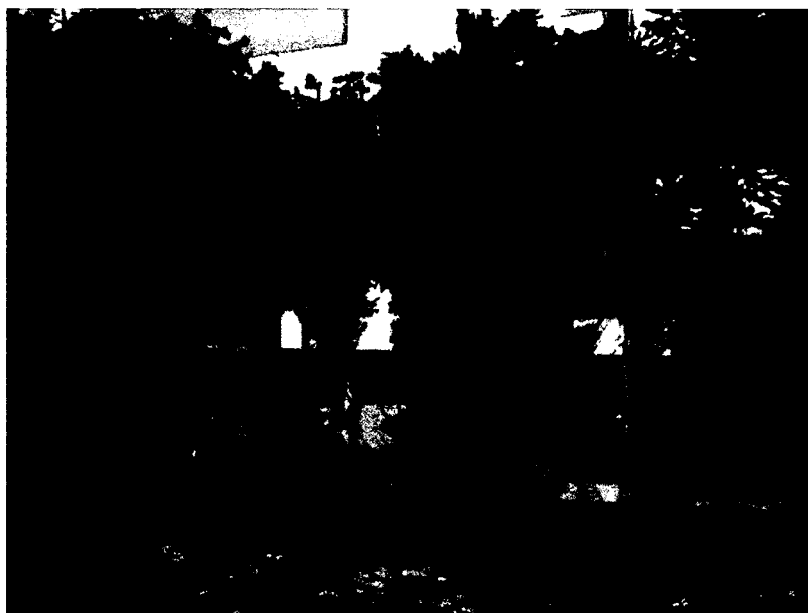


図3-6 T火力発電所のビオトープ予測図(CG)