

科学技術の未来を展望する戦略ワークショップ
—持続可能な発展を目指す生態系・生物多様性研究開発戦略
プログラム—
(平成 17 年 4 月 24 日開催)
報告書

**JST Workshop on Biodiversity-Ecosystem Projects and
Future R&D Strategy**
—Essential R&D program for Sustainable Development—

平成 17 年 7 月
独立行政法人科学技術振興機構
研究開発戦略センター
井上グループ

Executive summary

生態系・生物多様性分野における研究開発戦略の策定に向けて、CRDS/JST の井上グループは、平成 17 年 4 月 24 日に「科学技術の未来を展望する戦略ワークショップー持続可能な発展を目指す生態系・生物多様性研究開発戦略プログラムー」を開催した。北海道大学大学院地球環境科学研究院 甲山隆司教授をコーディネーターとし、国内の大学・研究機関に在籍する有識者、文部科学省担当課官、および CRDS/JST のメンバー、総計 19 名が参加した。このワークショップでは、生物多様性の低下が生態系機能の劣化をもたらし、その結果、人類の生存に不可欠な生態系サービスの劣化を招く過程を把握・評価する方法と、そのために必要な研究課題について議論した。

人間活動が生態系におよぼす影響に関する知見の多くは定性的なものであり、生態系の持続的利用には、定量的な理解に支えられた影響評価技術の確立が急務であるという点を議論の出発点とした。また、累積・複合的な生態系への影響、あるいはその結果引き起こされる生態系の劣化に関しても多くの知見が集積していないことも確認した。

以上の確認を踏まえ、「生態系機能・サービスに注目した生物多様性の機構論的解明と評価技術」に関する重要課題について議論を行った。その結果、社会ニーズも考慮しつつ火急に研究成果を得ることが必要な 4 つの研究課題が抽出された。

- ・ 先端技術に基づく生物多様性と生態系機能の関係解明
- ・ 広域スケールの生物多様性とその変容過程の観測技術開発
- ・ メタ解析による機能解析、予測モデルの確立
- ・ 生態系の保全・管理と社会経済活動を統合した統合評価ツール

また、上記 4 つの課題について、5 年先、10 年先の達成目標の提示も含めた更に詳細な個別研究課題と推進方策を、参加者を対象に行ったアンケート調査により抽出し、提案に含めた。

The Workshop entitled ‘Biodiversity-Ecosystem (BE) Projects and Future Research Strategy’ was held on the 24th April in 2005 in order to propose a R&D strategy in conservation and sustainable exploitation of ecosystems. This workshop was coordinated by Prof. Takashi KOHYAMA of HOKKAIDO University. He and delegates argued research projects that should be carried out within 5-10 years for conservation and sustainable exploitation of ecosystem functions. This workshop was aimed at reviewing current scientific and technological topics and selection of research topics to establish procedures for environmental assessments.

The minutes of the workshop;

◆ Postulate for the arguments:

- ・ Most of the ecosystem assessments have been carried out qualitatively rather than quantitatively. We need to establish quantitative methods for ecosystem assessments
- ・ We do not know much about BE linkage and their functions. That cause great

prevention against prediction on quantitative ecosystem changes.

- ◆ Aims of the research program:
 - Mechanistic approach to understand ecosystems and the establishment of methods for ecosystem assessments in order to maintain ecosystem functions and exploit ecosystem services in a sustainable way.

- ◆ Research projects conducted by the research program:
 - Mechanical understanding of interactions between BE functions applying advanced technologies
 - Development of monitoring technologies for biodiversity at large spatial scales
 - Establishment of meta-analysis, impact assessment and prediction methods for understanding the interactions between BE functions
 - Establishment of ecosystem assessment tools subject to sustainable social-economic development

目次

1. 背景と目的	1
2. 開催概要	2
2.1 概要	
2.2 開催趣旨と進め方	
2.3 参加者	
3. これまでの活動の紹介	4
3.1 国際会議、国際シンポジウム開催・参加報告	
3.2 米国調査報告(G-TeC)	
4. 討議	11
4.1 討議を進める上での現状把握とコンセンサス形成	
4.2 戦略プログラムの対象範囲	
4.3 重要課題の抽出	
4.4 技術課題マップの作成	
4.5 ロードマップの作成	
4.6 国際共同研究計画への貢献	
5. 結言	37

APPENDIX

1. 背景と目的

2000年に開催された国連ミレニアム総会で、国連事務総長コフィ・アナン氏は、2つの重要な視点を指摘した。ひとつは、「生態系が悪化し続けることが、人類の幸福と経済成長の負担になっている」という事実である。もうひとつは、「貧困の撲滅および持続可能な開発という目標を達成するための機会を適切に管理された生態系が提供している」という指摘である。また、地球観測サミット(2004年)では生態系・生物多様性研究の重要性が指摘され、現在の生物多様性の喪失速度を2010年までに大幅に減速させるために「陸域、沿岸及び海洋生態系の管理及び保護の向上」や「生物多様性の理解、監視、保全」等の行動項目が提言された。更に、1992年の国連環境開発会議(リオサミット)で採択されたアジェンダ21のより効果的な実施のために、IPCC(気候変動に関する政府間パネル)のような政府間組織の設立が必要であると、国際会議「Biodiversity: Science and Governance(2005年)」でシラク大統領が指摘した。

我が国では、総合科学技術会議 環境研究開発推進プロジェクトチームに生物・生態系研究開発調査検討ワーキンググループ(主査:総合地球環境学研究所日高敏隆所長)が設置され、環境分野における我が国の生物多様性・生態系研究開発のための報告書が作成された。

一方で、これら国内外の取り組みに対応し、現在国内で遂行中の研究プロジェクトは、その多くが細分化・分断化された個別課題について推進されている。そのため、研究成果が統合され総合的な生態系・生物多様性の理解に繋がっているとは言い難い。また、生態系・生物多様性およびそれらを保全することの経済的価値が評価しにくいいため、研究推進により期待できる直接的な利益が明確でない。よって研究推進に対する社会的な理解が得にくい現状にある。更に、生態系・生物多様性は、人間活動の影響を絶え間なく受ける非定常的で複雑なシステムであるために、生態系・生物多様性の基礎的理解自体が科学的に達成困難な課題となっている。この基幹的な理解は研究の根幹であり、この理解の欠如あるいは不足が、研究プロジェクト推進の意義の明確化を著しく困難にしている面もある。

独立行政法人科学技術振興機構研究開発戦略センター(JST-CRDS)の井上グループは、上記の現状を踏まえつつ、これまでの知見を整理し、生態系・生物多様性分野における、具体的な科学技術テーマの抽出と研究推進方法の提言に向けた総合的な議論を行なうためにワークショップを開催した。このワークショップでの成果は、今後の研究開発戦略の策定に資する予定である。

2. 開催概要

2.1 概要

- 1) コーディネータ: 甲山 隆司
(北海道大学大学院地球環境科学研究院 教授)
- 2) 開催日: 平成 17 年 4 月 24 日(日) 9:00~18:00
- 3) 場所: 丸ビルコンファレンススクエア
〒100-6307 東京都千代田区丸の内 2-4-1 丸ビル 8 階
TEL 03-3217-7111
- 4) 参加者: 19 名
- 5) 開催形式: セミクローズド・ディスカッション方式

2.2 開催趣旨と進め方

これまでの井上グループ(図 1)による検討内容を踏まえ、環境諸問題は現象が多様な空間・時間スケールに及ぶことに特に留意しつつ、今後 5-10 年程度の研究期間で飛躍的な発展が必要で、かつそのような成果が期待できる研究課題の抽出と、研究推進方法について詳細な議論を行った。

2004.1.23-24 WS—環境分野における今後の課題と方策— 環境分野の俯瞰

グループ: 1. 人間への影響 2. 社会生活への影響 3. 自然への影響 4. 国としての取組

2004.5.14-15 WS—持続可能な社会システム実現のためのシナリオと課題— 2050年頃のビジョン

グループ: 1. エネルギー・資源の確保と物質循環 2. 食料・水の確保 3. 生態系の保全 4. 途上国における持続可能な発展と環境

2004.12.22 アジアの持続可能な発展を目指した環境保全に関するシンポジウム—

—アジア各国と協働で行なう環境保全技術の研究およびその推進方策—

2005.1.8 ブラウンバッグミーティング —生態系研究分野における問題点の把握

生態系・生物多様性研究分野における『不確実性』を把握するための科学技術とは？

2005.3.9-13 陸域生態系・生物多様性の機能把握、保全、利用に関するG-TeC —国際比較調査

米国(IES, Stanford Univ. Smithsonian inst. Univ. California)訪問・調査

2005.4.20-23 生態系・生物多様性国際WS, 国際シンポジウム—国際動向把握

・DIVERSITAS-SCの年次委員会参加による国際動向の把握・確認

・国際シンポジウム開催による井上グループ活動の紹介、日本が行うべき研究についての意見交換

2005.4.24 WS—持続可能な発展を目指す生態系・生物多様性研究開発戦略プログラム—

図 1 戦略プログラムの提案に向けた井上グループの活動

- (1) 4月20-22日開催のDIVERSITAS年次委員会¹、及び4月23日開催の国際シンポジウム²の速報による国際動向の概要把握
- (2) JSTの活動報告(G-TeC米国調査報告)³
- (3) ワークショップの進め方に関する説明
- (4) 全体討議：生物多様性の低下が生態系機能・生態系サービスへ及ぼす影響、およびそのフィードバック機構への影響を評価するために優先して取り組むべき課題と5-10年程度の研究推進方策(マイルストーン)の提案

なお、具体的な重要課題については、ワークショップ後に、ワークショップ参加者を対象にアンケート調査を行い、ワークショップでの議論内容とあわせて検討した。アンケート結果も併せて、4章4-3に掲載する。

2.3 参加者

ワークショップの参加者は、有識者11名、文部科学省、科学技術振興機構関係者8名の合計19名である。表1に参加者を示す。

表1 ワークショップ参加者

	氏名	所属
コーディネータ	甲山 隆司	北海道大学大学院地球環境科学研究院 教授
参加者	占部 城太郎	東北大学大学院生命科学研究科 教授
	奥田 敏統	国立環境研究所生物圏環境研究領域 熱帯生態系保全研究室 室長
	小泉 博	岐阜大学流域圏科学研究センター 教授
	竹中 明夫	国立環境研究所生物圏環境研究領域 総合研究官

¹ Annual DIVERSITAS Scientific Committee meeting; 2005年4月20-22日, 日本科学未来館

² International Symposium on Biodiversity-Ecosystem Projects and Future Research Strategy Essential subjects for the Sustainable Development 2005年4月23日, 日本学術会議講堂
<http://crds.jst.go.jp/sympo/20050423/be.jp.html>

³ 2005年2~4月にかけて国立環境研究所 渡邊信領域長をパネル議長とする日米比較調査。3月9~13日には、米国の主要な6研究機関を訪問し、意見交換を行った。詳細は、報告書CRDS-FY2005-GR-02を参照のこと。

	椿 宜高	国立環境研究所生物圏環境研究領域 上席研究官
	中静 透	総合地球環境学研究所 教授
	永田 俊	京都大学生態学研究センター 教授
	福井 学	北海道大学低温科学研究所 教授
	宮下 直	東京大学大学院 農学生命科学研究科 助教授
	渡邊 信	国立環境研究所生物圏環境研究領域 領域長
	溝部 隆一	文部科学省 研究開発局 海洋地球課 室長補佐
	井上 孝太郎	JST 研究開発戦略センター 上席フェロー
	和智 良裕	JST 研究開発戦略センター シニアフェロー
	横溝 修	JST 研究開発戦略センター シニアフェロー
	鈴木 準一郎	JST 研究開発戦略センター フェロー ※首都大学東京 助教授と兼任
	東 美貴子	JST 研究開発戦略センター アソシエートフェロー
	大矢 克	JST 研究開発戦略センター アソシエートフェロー
	永井 智哉	JST 研究開発戦略センター アソシエートフェロー

3. これまでの活動の紹介

3.1 国際会議、国際シンポジウム開催・参加報告

総合地球環境学研究所 中静透 教授が、JST-CRDS が共催した4月20-22日のDIVERSITAS 科学委員会の議論内容、およびJST-CRDS が主催した4月23日の国際シンポジウムでのラウンドテーブル討議について報告した。

3.1.1 国際会議

DIVERSITAS 科学委員会の報告では、DIVERSITAS の概要説明や議論内容、およびDIVERSITAS の日本に対する要望について紹介があった。以下、報告資料から抜粋し、主な点を整理して記載する。



What does DIVERSITAS do ?

- Provide common international framework for collaborative research
- Build scientific networks
- Promote standardised methods
- Guide and facilitate global databases
- Perform scientific syntheses
- Build an important link with policy fora

DIVERSITAS adds value to national research

図2 DIVERSITAS のミッション

DIVERSITAS は、1991年に創設された国際共同研究計画であり、生物多様性の起源、構成、機能、維持および保全に関する研究調査を進めている。チェアはフランスの Université Pierre et Marie Curie and Ecole Normale Supérieure の Michel Loreau 教授（現在、カナダ McGill University 教授）で、11名の科学委員、15名の国際アドバイザー委員会、および事務局（パリに設置）で構成されている。DIVERSITAS のミッションの一つは、アジェンダ 21 および生物多様性条約の実行に関する科学的・技術的援助を関係諸国の政府および政府機関に対して行うことである。

5つのスポンサー機関（国際科学会議（ICSU）、国際生物科学連合（IUBS）、国際微生物学会連合（IUMS）、環境問題に関する科学委員会（SCOPE）、及び国連教育科学文化機関（UNESCO））が、2001年3月に、設立後10年を経た DIVERSITAS の科学委員会に対して新たな体制の構築を要請した。その理由は、生物多様性条約に係る具体的な成果が見られず、国際的認知度が低いためであった。そこで、DIVERSITAS は、ミッションを改訂し、新たな議長（Loreau 教授）を選任し、3つのコアプロジェクトおよび分野横断プロジェクト（後述）を2001年9月に設立した。

2001年以降、毎年1回、科学委員とコアプロジェクトの議長等が集まって科学委員会が開催され、運営に関する事項が審議される。2005年度の科学委員会は、日本がホスト国となり、JSTの協力の下、日本科学未来館で開催された。

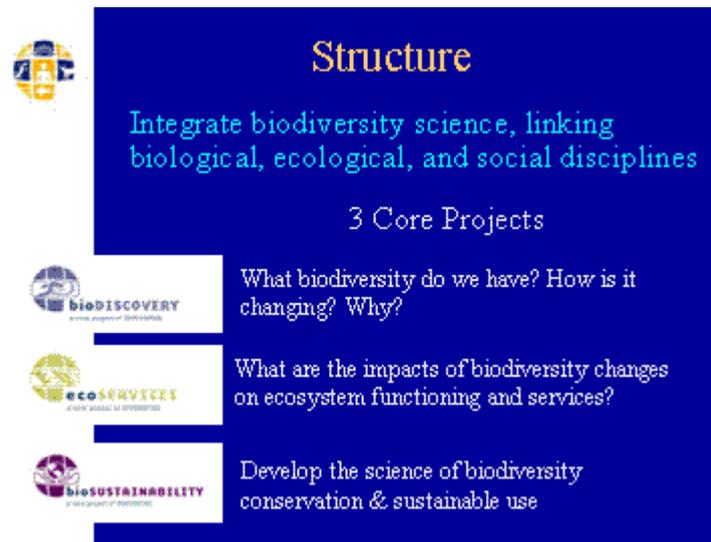


図3 DIVERSITAS の構造とコアプロジェクト

DIVERSITAS の3つのコアプロジェクトには、1) bioDISCOVERY, 2) ecoSERVICES, 3) bioSUSTAINABILITY の3つがある。1)の目的は、生物多様性自体の解明と、生物多様性の変化およびその要因の解明である。2)の目的は、生物多様性と生態系機能・生態系サービスの関係の解明である。3)の目的は、生物多様性の持続的利用と保全である。

また、コアプロジェクトの他に、1) Greening Agriculture (環境調和型農業), 2) Freshwater Biodiversity (陸水生物多様性), 3) Global Mountain Biodiversity Assessment (山岳生物多様性評価), 4) Global Invasive Species Program (侵入生物) の4つの分野横断プロジェクトが展開されている。今後は、都市生態系に関する、新たなプロジェクト構築の動きもある。

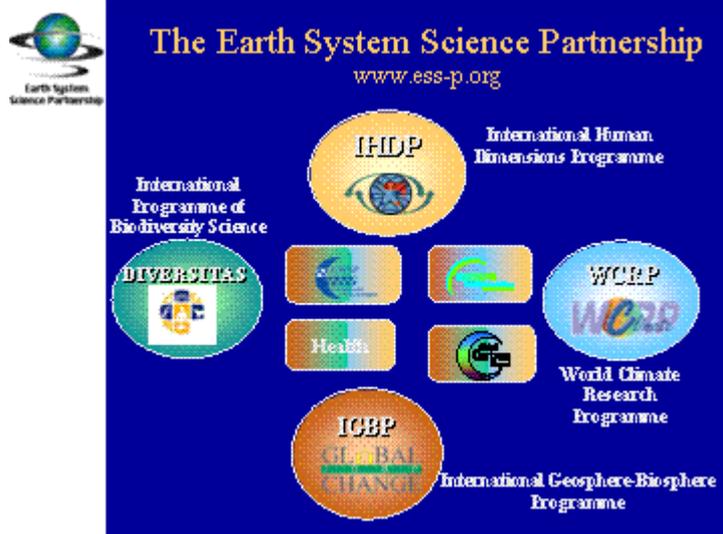


図4 ESSP と DIVERSITAS の関係

DIVERSITAS は、他の主要な国際共同プログラム(IGBP(地球圏－生物圏国際共同研究計画)、IHDP(地球環境変化の人間・社会的側面に関する国際研究計画、WCRP(世界気候研究計画)など)と、ESSP (Earth System Science Partnership)として連携している。とくに重要かつ協力可能な課題については連携プロジェクトを構築している。現在までに、GCP (Global Carbon Project), GWSP (Global Water System Project), GECAFS(Global Environmental Change and Food Systems), GECHH (Global Environmental Change and Human Health)の4つのプロジェクトに加え、いくつかの地域で統合地域研究が展開されている。



図5 生物多様性国際会議におけるパリ宣言

シラク大統領のイニシアティブの下、生物多様性国際会議(2005年1月)がパリで開催された。生物多様性についても IPCC(気候変動に関する政府間パネル)のような政府間パネルの設置を主張するパリ宣言が提言された。DIVERSITAS は、これをサポートする声明を出すことを決議した。

今回の科学委員会では、生物多様性に関する日本の研究ポテンシャルは高いが、研究の国際的評価は内容ほどには高くないとの指摘があった。その要因の一つは、DIVERSITAS を含めた国際的な科学計画への日本の研究者の参画が少ないために国際的な場でのプレゼンスが低いためだと考えられる。

3.1.2 国際シンポジウム

国際シンポジウムについての概要とそのラウンドテーブル討議が紹介された。国際シンポジウムは、JST、日本学術会議、DIVERSITAS が共催し、文部科学省、環境省、日本生態学会、および東京大学21世紀COEプログラム「生物多様性・生態系再生研究拠点」により後援された。

ラウンドテーブルのパネリストは、中静透 教授(チェア)、渡邊信 領域長(国立環境研究所、日本)、甲山隆司 教授(北海道大学、日本)、Michel Loreau 教授(DIVERSITAS 議長)、Michael J. Donoghue 教授(Yale University, アメリカ, DIVERSITAS 副議長)、Rodolfo Dirzo 教授(UNAM, メキシコ, DIVERSITAS 副議長)、Charles Perring 教授(University of York, イギリス, DIVERSITAS 副議長)であった。今後の生態系・生物多様性研究の戦略や日本が行うべき研究についての議論が行われた。

海外のパネリストからの主な指摘を、以下に挙げる。

- (1) 学際融合研究が生物多様性研究の新しい流れとなりつつある。学際融合研究では、家畜や野生生物の健康、農業、都市生態系、社会・経済などと生物多様性の関係が研究課題となっている。
- (2) 効果的・効率的な生物多様性のインベントリ作成、モニタリング、生態系再生のために、新しいテクノロジーを用いた手法の開発が重要である。
- (3) 生態系の保全と社会経済活動の拡大にともなう開発の両立を目指す意思決定手法の開発、及びそのための生態系に関する科学的知識の蓄積が必要である。

- (4) 生態系の変化による影響は、一国の中に納まらず、グローバルスケールで影響を及ぼしうる。そこで、地球上の様々な地域の生態学的な比較研究が必要であり、国際的な共同研究に日本がもっと関わる必要がある。
- (5) 熱帯地域の研究は人的資源も足りないため、生物多様性研究に関するキャパシティビルディングが必要である。
- (6) 日本の研究者は、より積極的に国際誌上で研究を発表することに加え、国際的な共同プログラムへの積極的な参加や協働を進めるべきである。

3.2 米国調査報告(G-TeC)

国立環境研究所 渡邊 信 領域長が、2005年3月9～13日に実施した米国調査(G-TeC)の主な論点に関して報告した。調査の詳細については、報告書(CRDS-FY2005-GR-02)を参照のこと。

3.2.1 機器開発の重要性

- (1) NEON⁴によるロバストセンサー、自律型生態観測装置、生化学トレーサー等の観測機器や統合センシング技術の開発が積極的に進められている。
- (2) 生態系の僅かな変化が検出できるような現場対応型の小型軽量・高感度機器、*in vivo* 研究における高速・高感度分析機器の開発を推進する必要がある。

3.2.2 既存データの整理とメタアナリシスの重要性

- (1) 既存の生物多様性情報のデータベース化が必要である。日本では生物多様性・生態系に関するデータ・情報(生物標本等も含む)の多くが利用されにくい状況にある。GBIF⁵の一環として国立科学博物館が標本整備を行っているが、整備は進んでいない。
- (2) 関連省庁の連携による情報整備を推進し、当該情報をデータベースとして公開する必要がある。これらのデータを有機的に統合し解析することで、生物多様性、生態系機能、環境因子間の相互作用やフィードバック機構の予測が可能となりうる。

⁴ NEON : 全米生態観測ネットワークの略。生物多様性のあらゆる構成要素(遺伝子レベル～景観レベル)の解明や、これら構成要素の関係、生態系・生物多様性機能や人間活動との相互作用の予測・アセスメント、生物多様性の変化が生態系や社会にもたらす影響の予測、生態系と社会科学との有機的な統合等を主な課題としている。

⁵ GBIF: 地球規模生物多様性情報機構(Global Biodiversity Information Facility)。国家とOECD等の国際機関の多国間協約に基づく国際的科学協力プロジェクト。世界中の生物多様性情報に関するネットワーク構築を行う。

3.2.3 Biological Pollution の概念の確立

- (1) 野生生物の感染症はヒトや家畜の健康にも悪影響を及ぼし、且つ生物多様性にも影響を及ぼす。そのため、野生生物、家畜、ヒトそれぞれについて感染症研究を進める必要があるとDIVERSITASは指摘している。その理由は、野生生物がヒトや家畜の病原体の貯蔵庫となりうるためである。また、野生生物で発症した病気は、地球規模の生物多様性にとっても大きな脅威でもあるからである⁶。
- (2) 「生物学的汚染」とは、生態系・生物多様性の攪乱・低下の問題を広義で捉えた概念であり、渡邊領域長により提唱された。生態系・生物多様性の攪乱・低下の要因は、感染症、化学物質汚染、移入種による攪乱、気候変化、土地や水利用の変化等である。この「生物学的汚染」という概念で、人間活動のグローバリゼーションに伴う新興・再興感染症と生物多様性減少との相互関係を解析すべきだと主張した。

3.2.4 G-TeC 結果を踏まえた、早急に取り組むべき研究課題

- (1) DNA 解析技術を用いた生物多様性の評価(エコゲノム研究)の推進
環境から個別の生物種を単離せずに生物群集全体の遺伝子を抽出し解析する DNA 解析技術を用いて生物多様性の評価を行う。群集遺伝子バンクを対象に、ある機能遺伝子の発現を網羅的に解析することで、そこに存在する生物種やその生物種が環境変化に対してどのように応答するかを解明できる。DOE や NSF などでも精力的に研究が行われている。
- (2) 海域の生物多様性を持続的に利用するための環境管理技術の確立
日本人は、海洋生物からタンパク源やミネラル分等、栄養素の多くを摂取している。また、世界的にも海洋生物資源の利用が拡大している。よって、海域における生物多様性研究とその持続的利用方法に関する研究を進める必要がある。海洋生物の物質循環系の解析などが例として挙げられる。
- (3) 経済価値評価に基づく生物多様性の利用と保全の意志決定手法の確立
生態系・生物多様性の利用と保全を、定量的な将来予測に基づいて決定するためには、生物多様性の経済的価値を正しく評価する必要がある。この評価にもと

⁶ P. Daszak, et al., *Science*, 287, 2000 ‘Emerging Infectious Diseases of Wildlife— Threats to Biodiversity and Human Health’

づき、利用と保全の決定を行う判断手法を確立する必要がある。

(4) 生物多様性と土地利用変化の関係の解析

農地の拡大あるいは放棄、肥料・農薬の多投とそれにとまなう化学物質の河川流入など、農業による生態系・生物多様性への影響を定量的に把握し、環境負荷を評価する技術を確立する必要がある。また、都市開発、護岸・浚渫工事、ダム建設、社会的インフラの拡大等、土地利用変化に関するインパクトについても同様である。なぜなら、これらに関する評価方法がなければ、環境低負荷型の産業技術の確立が困難となるためである。

4. 討議

4.1 討議を進める上での現状把握とコンセンサス形成

生態系・生物多様性の保全は重要であるが、その理由を定量的なデータに基づいて科学的に説明することには必ずしも成功していない。したがって、生物多様性を含む生態系の定量的なデータに基づく予想と検証に支えられた保全開発技術(以下では Evidence Based Conservation & Exploitation と呼ぶ)の確立が必要である。以上の点に関して参加者全員が合意し、これを議論の出発点とした。

システムとしての環境すなわち「生態系」に対する人間活動の影響についての理解は、定性的なものが多い。よって、定量的な理解に支えられた影響評価技術の確立が急務である。平成 9 年に施行された環境影響評価法における生態系アセスメントは、定量的なデータを用いた評価に基づいておらず、それ故に信頼性の高い影響評価は極めて困難である。特に、生態系に対する累積的あるいは複合的な影響や、その結果として引き起こされる生態系の劣化に関してはほとんど知見がないままに、生態系影響評価が実施され、開発が進められていることで社会的軋轢が生じている。

人為活動の生態系への影響を評価するためには、長期にわたる観測が必要であることが多い。そのため、必要とされる観測期間と研究助成期間が乖離し、その結果、当該分野の研究成果が、観測データの部分的な蓄積にとどまることが多い。それゆえ、データに基づいて、人為活動の影響評価や将来予測が定量的に行われることは稀である。シミュレーションなどの手法による予測研究は行われているが、対象とする種の違いや地域的な格差、モデルの性格、限界、およびその有用性に関する検証が行われている例は極めて少ない。

上記の議論を踏まえ、既存の生態系影響評価技術の問題点をまとめると以下のよう

になる。

- Evidence Based Conservation & Exploitation を可能とする定量的データの蓄積が不足している。これにより、利用や保全の妥当性を科学的に検証することが困難となっている。
- 環境評価が、種々のパラメータについて、それぞれ独立に設定された環境基準値との比較となっている。そのため、複数のパラメータの相乗作用等の複合的影響や累積性を考慮した環境評価がほとんど行われていない。とりわけ、生態系への影響を評価する場合には、種々のパラメータの複合的・累積的な影響を十分に考慮した影響評価手法が必要である。
- 生態系に対する人為活動の影響を評価する際に、時間量、空間量、生態系の構造と機能の質と量(生態系間の相互作用も含む)及び生態系が有する経済的価値を考慮することが必要である。
- 将来予測の結果に対する不確実性、妥当性の検証が不十分である。予測結果に対して感度解析による評価も行う必要がある。
- 生態現象の時間スケールと研究助成期間の乖離。観測データの蓄積が十分でない段階で研究助成期間が終了する。そのため、観測データを利用した将来予測の実行が困難である。また、仮に将来予測が行われた場合もその結果の定量的な検証がほとんど不可能となっている。
- 社会が生態系・生物多様性研究に求めているのは、生態系の保全と両立する持続的な利用方法の提示である。生態系影響評価はそのために行う戦略的なものであることを理解し、定量化・精緻化するために不可欠な科学技術課題を戦略的に抽出する必要がある。

以上より、図7に示したコンセプトの下、本ワークショップでは、5～10年以内に行うべき重要な研究課題を社会ニーズに配慮しつつ抽出した。

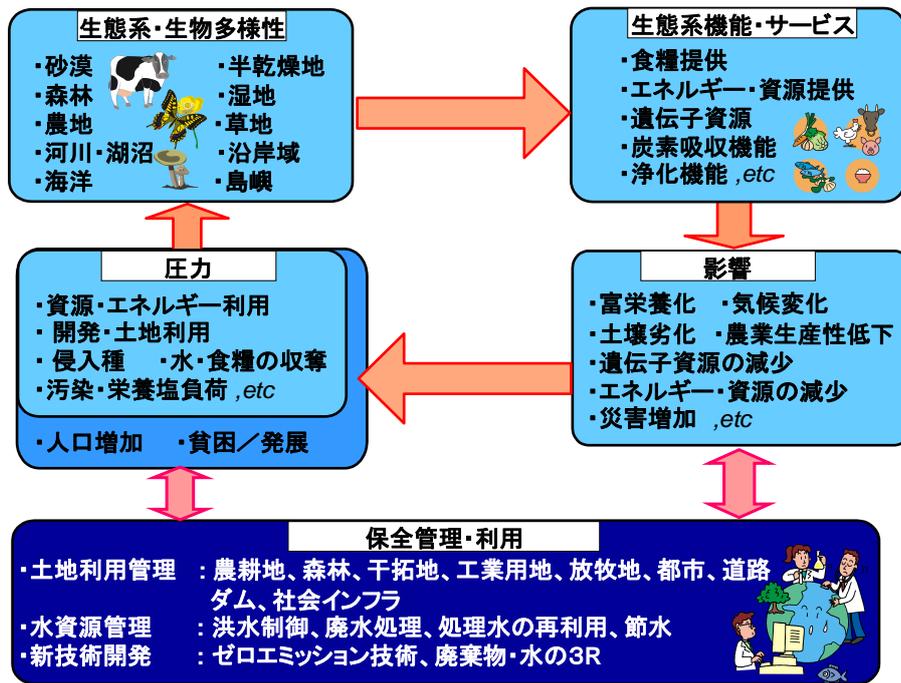


図7 社会経済活動に起因する生物多様性の低下、生態系サービスの劣化、社会経済活動へのフィードバックループ。【社会経済活動による圧力】→【生物多様性への影響】→【生物多様性の喪失】→【生物多様性が支える「生態系機能」への影響と劣化】→【人間社会が直接的に恩恵を被る「生態系サービス」への影響と劣化】→【社会経済活動へのフィードバックの負の循環を示す。この負の循環をたちきり、生態系・生物多様性の持続可能な保安全管理・利用のための技術開発、資源・土地利用手法開発を行う。

4.2 戦略プログラムの対象範囲

重要課題を抽出するに当たり、社会ニーズも考慮しつつ、5～10年以内に研究成果が求められている研究課題の抽出を行った。また、その課題の推進方法についても検討した。

(1) 生物種・対象場

対象生物（絶滅危惧種等）、地域・気候等を特定してしまうと、得られた成果の汎用性が低くなる恐れがある。そこで、対象生物や地域・気候帯は限定せず、汎用性の高い成果を目指し研究を行うこととした。

プログラムで得られる観測データは、GEOSS⁷における生物多様性、生態系の課題としても位置づけられるようにする。得られた観測データは(3)に示すデータベースで、既存のデータとともにアセスメントの高度・高精度化を目的とした研究に有効に利用されるように整備することとする。

(2) 生態系サービス

人間活動が生態系におよぼす影響の機構論的理解が研究課題の目的の一つである。とくに生態系サービスに注目する。生態系サービスとは、様々な生態系機能のうち、資源提供、水源浄化機能、炭素固定機能など、人間社会が直接恩恵を受けるものと定義する。

(3) データベース

生態系研究では、蓄積された過去のデータを分析することで、新たな発見が期待できる。そこで、既存データの整備(発掘および標準化)および評価手法の開発(メタ解析など)も重要な課題となる。さらに新規に取得されるデータは、一定期間を経た後に公開し共有化を義務付ける。

(4) 生態系影響評価(アセスメント)

生態系影響評価(アセスメント)技術の確立およびその標準化を最も主要な研究課題とする。また、アセスメントの高度・高精度化のために必要な生態系・生物多様性の機能把握研究、エコゲノム研究やそれらに必要な技術の開発も行う。これらの研究・技術開発により、生態系影響予測モデルが精緻化され、*Evidence based Conservation & Exploitation* が可能となる。

4.3 重要課題の抽出

日本では生態系の定量的アセスメントは緒についたばかりであるが、欧米では生態系の定量的アセスメントを実施するため、いくつかのモデルが提案され、活用されてきた(その詳細については、本ワークショップで議論されていないため、APPENDIXとして参考資料を本書末尾につけた)。しかしながら、生態系評価に不可欠な時間量、空間量、生態系構造と機能の質と量(生態系間相互関係も含む)、及び生態系の持つ経済的価値を全て考慮しているモデルはない。さらに、より深刻で、根本的な科学技術上の問題は、モデルのパラメータとして

⁷ GEOSS: Global Earth Observation System of Systems (全球地球観測システム)。地球観測サミットで承認された実施計画。既存及び将来の人工衛星や地上観測などが連携した世界全域を対象とした包括的なシステムを今後10年間で構築する。災害被害の軽減、気候変動や変化の理解・適応、水資源管理の向上など9分野を対象としている。

不可欠である生態系構造と機能の複雑性とその時空間スケールでの変動の不確実性を解明する技術開発が進んでいないことである⁸。このことが、持続可能な生物多様性・生態系の利用法を科学的に提示するのを困難にしているといえる。これらの問題を解決するために、「生態系機能・サービスに注目した生物多様性の機構論的解明と評価技術」というテーマを設定し、さらに4つの重要課題を抽出した。すなわち、個々の生態系の構造と機能の複雑性と相互関係の機構を解明するための技術開発(課題1)と広域スケールで生物多様性と生態系サービスの相互関係の機構を解明するための技術開発(課題2)、生物多様性・生態系の複雑性と時空間的変動を考慮した影響評価・予測モデル(課題3)と生態系の経済的価値を社会発展レベルに応じて内部化し、生態系保全・管理と社会経済を統合した統合評価モデルの開発(課題4)が必要であり、それぞれの技術開発課題及びモデル開発課題は図8に示したように相互に関連しながら推進され、地域・国・地方レベルでの政策に適用できる生態系影響評価技術が開発される。この技術開発は、環境アセスメント産業の育成をもたらし、環境と調和したエネルギー、農林水産、流通、国土開発等の基幹産業が実現していくことになる。以下に、重要課題の概要とその必要性について記載する。

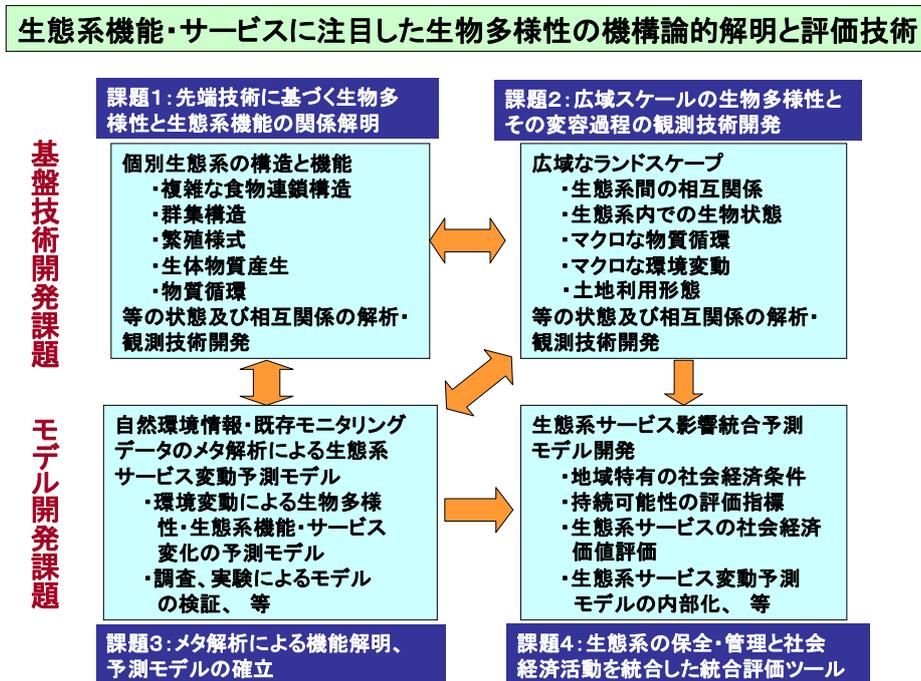


図8 重要課題の相互関係

⁸ 詳細は、米国調査報告書CRDS-FY2005-GR-02を参照のこと。

4.3.1 先端技術に基づく生物多様性と生態系機能の関係解明

(キーワード: エコゲノミクス、エコプロテオミクス、生体物質、ナノ計測、感染症、海洋・陸水・土壌微生物のスクリーニング技術)

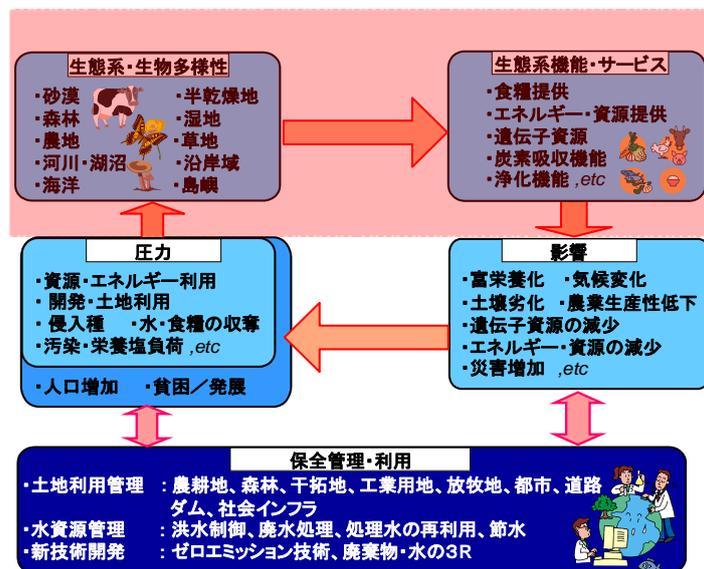


図9 「先端技術に基づく生物多様性と生態系機能の関係解明」課題の対象範囲

(1) 課題の概要

生態系サービスと生物多様性の関係、すなわち生態系の構造と機能の複雑性と相互関係を機構論的に解明するには、遺伝子レベルから生態系レベルに及ぶ重層的な研究が必要である。そのためには、生物個々の機能解析に加え、生物-生物間、生物-生態系間の相互作用を担う機能の解析が必要である。相互作用を担う機能とは、生体物質の産生、生態系ネットワーク、食物連鎖構造、群集構造、繁殖様式、物質循環などである。これらの機能の解明を目的とした技術の確立とその標準化のための研究も行う。

(2) 課題の必要性

生態系の構造と機能の複雑性と相互関係の機構を定量的に解明するためには、高精度の計測機器類を用いた高密度観測や高感度分析が必須となる。

例えば、沿岸・河川流域生態系では、微生物～水生動物に至る栄養段階で構成する複雑なネットワークにより担われている物質循環の定量的理解が重要である。生態系・生物多様性のマクロ/ミクロな変化のセンシングのためには、

生物が産生するアレロパシー物質の探索と生物連鎖系の解明や微生物の多様性を評価することが必要であるが、従来のトレーサーや安定同位体を用いた活性測定では時間がかかりすぎ、一方で、ゲノム情報を用いた迅速な測定は、潜在力を評価しているにすぎず、これに代わる精密で、かつ迅速・簡便な新技術の開発が必要である。そのための有望な手法の一つに、エコプロテオミクスがある。エコプロテオミクスとは、生物に由来するタンパク質を環境中から直接抽出し、そのタンパク質の機能解析に基づき、生態系機能・サービスを評価する方法である。例えば、土壤生態系のニトロゲナーゼ活性やセルラーゼ活性等の解析は窒素循環や炭素循環機能を診断・評価するために有用である。エコプロテオミクスにより、生態系サービスを担うタンパク質（酵素）群を特定し、その酵素群をコードする DNA 塩基配列の推定が可能となる。この情報を環境ゲノムタグ(Environmental Genomic Tag)とし、土壤や水界の生態系ネットワークを構成する生物から抽出した DNA を対象にゲノム解析を行えば、生態系の状況を正確に診断できる。

この分野の研究は、世界でもほとんど行われていない。そこで、重点課題として取り上げることで、日本が世界をリードできる分野である。この技術は水界生態系や土壤生態系のみならず、生物多様性減少と感染症との関係解析、絶滅危惧種の存続可能性解析等にも適用できる。また、この技術を確立し標準技術とすれば、環境アセスメント産業の育成につながる。さらには、生態系・生物多様性の情報と機能を利用したバイオセンサー等の新たな技術の確立が期待できる。以上の理由により、生物多様性と生態系機能の先端的評価技術の確立が必要である。

4.3.2 広域スケールの生物多様性とその変容過程の観測技術開発

(キーワード： リモートセンシング、バイオリギング、航空写真・環境観測プローブ網、飛行船、GIS)

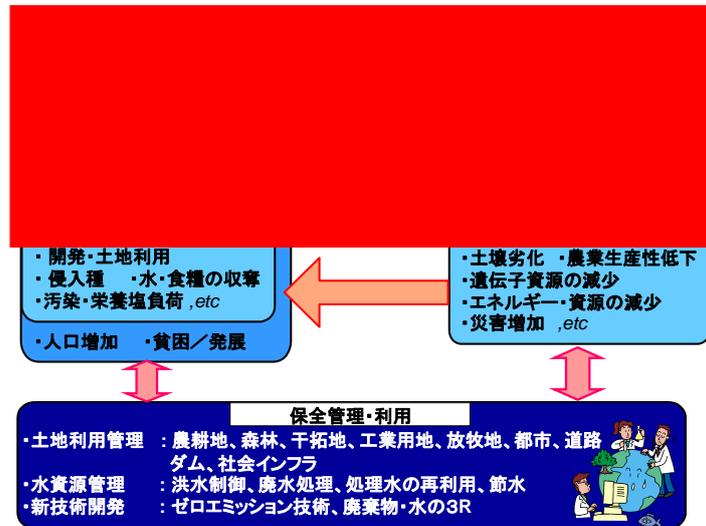


図 1 0 「広域スケールの生物多様性とその変容過程の観測技術開発」課題の対象範囲

(1) 課題の概要

生物多様性が広域の生態系機能(ランドスケープレベル)におよぼす影響を生態系サービスの観点から定量的に評価するために、生物多様性を広域スケールで観測する技術を開発する。そのためには、生態系内部の生物の状態や生態系－生態系間の相互関係を高い精度で広域に推定できる GIS やリモートセンシング、バイオロギング等のモニタリング技術の確立と、それらを用いたシステム構築・運用技術の開発が必要である。

(2) 課題の必要性

予防的アセスメント技術の確立には、生態系サービスの高精度の評価が欠かせない。そのためには、生物多様性が生態系サービスを支えているメカニズムの解明と広域スケールの観測技術の確立が必須である。なぜなら、生態系サービスの高精度評価には、広範囲の生態系・生物多様性の状況を把握し、過去のデータと比較する必要があるためである。このための最も簡便な手法が、広域スケールの観測技術である。広域スケールの観測技術とは、生態系・生物多様性の諸現象を広範囲にリモートセンシングし、空間情報とともにデータベース化し利用する技術である。生物情報のデータベース作成、ネットワーク化については、IUCN 等によるデータ取得の規格化・標準化への動きがあるが日本の貢献は少ない。

また、生態系サービスの高精度評価は、生態系の利用と保全をめぐる対立がみられる開発に際し、合意形成のための有効なツールとなる。よって、広域スケールの観測技術を確認することで、これまでの蓄積されたデータをより有効に活用できる。しかしながら、キーストーン生物の減少による生態系の構造変化の解析不足やリモートセンシングデータと地上観測・測定結果の間には相当なギャップが認められる等、評価制度を高めるためには数多くの問題が残っている。

広域スケールの観測技術は、とくに急速度で開発が進む開発途上地域での生態系サービスの持続的利用方策と環境保全政策の立案にも貢献する。また、広域スケールの観測技術の基礎技術であるデータマイニング技術の移転などを通じて、開発途上地域との人的交流もはかることができる。さらに、日本発の技術を標準・規格化し、アジアをはじめとする開発途上地域に技術移転することは、日本のプレゼンスを高めることにもつながる。

4.3.3 メタ解析による機能解析、予測モデルの確立

(キーワード： 大規模野外操作実験、エコトロン、メタアナリシス、標準化データ取得法確立、攪乱、脆弱性、適応能力、感受性)

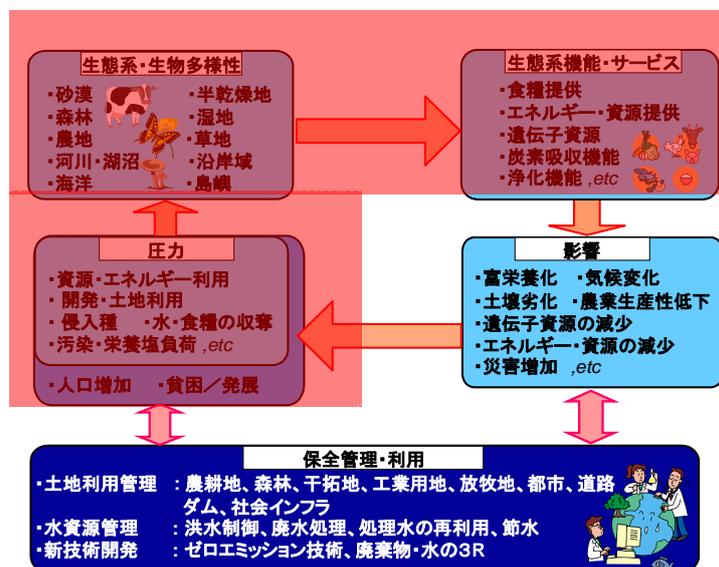


図 1 1 「メタ解析による機能解析、予測モデルの確立」 課題の対象範囲

(1) 課題の概要

環境変化に伴う様々な時空間スケールでの生物多様性と生態系機能・サービスの変化を予測するために、生物情報と既存の環境モニタリングデータを統合し、環

境傾度に沿った比較や数理統計等により解析する手法であるメタ解析をおこない、生物多様性と関連した生態系サービス変動予測モデルを構築する。モデルによる感度解析により、環境変化・攪乱に脆弱な機能を定量的に把握することで、生物多様性と生態系サービスの関係のメカニズムでコアとなる要素を抽出する。さらに、広域調査や野外実験、人工生態系実験等で検証を行い、モデルの精度や頑健性を高めるとともに、計測・観測技術開発の戦略性の向上にフィードバックしていく。

(2) 課題の必要性

生態系の機能やサービスを生物多様性と関連して解明し理解するには、様々な時空間スケールでの生態系・生物多様性の維持過程や環境応答の解析が必要である。これらは、やみくもな調査や実験から解明されるものではなく、仮説検証型の戦略的な研究アプローチを必要とする。既存のデータのメタ解析結果から予測モデルが構築され、モデルの検証あるいはモデルから演繹された仮説の検証という戦略性をもった調査・実験が可能となるとともに、調査・実験結果からモデルの精度や頑健性を高めることができるという、モデル、調査、実験に正のフィードバックが働く。さらに何をターゲットとした計測・観測技術の開発・高度化が必要されるかという技術開発の戦略性も高めることとなる。環境の変化に伴う生態系サービスの変動予測モデルの精緻化・高度化に不可欠な課題である。

4.3.4 生態系の保全・管理と社会経済活動を統合した統合評価ツール

(キーワード： アジア統合モデル、持続的な社会モデルの開発、意志決定、環境経済、生態系サービスの影響評価)

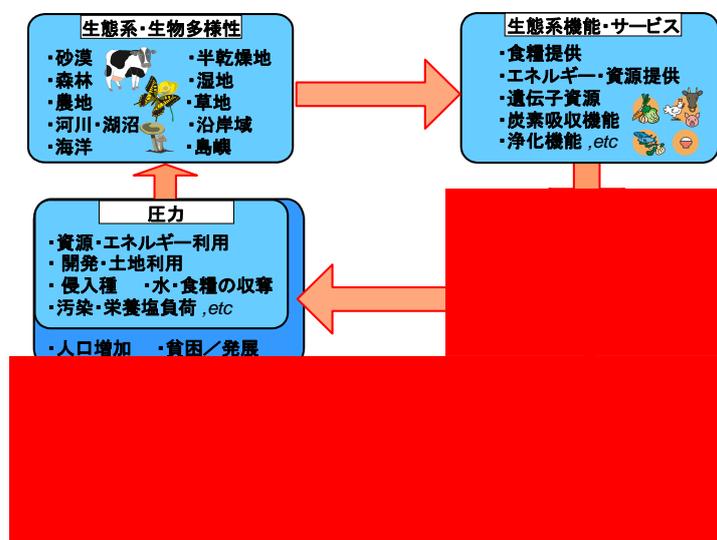


図 1 2 「生態系の保全・管理と社会経済活動を統合した統合評価ツール」課題の対象範囲

(1) 課題の概要

生態系の保全と持続可能な利用を実現するには、生態系・生物多様性保全政策と社会・経済開発政策を統合した新たな生態系の評価技術を開発することが必要である。統合評価に基づき、天然資源などの生態系サービスを持続的に利用することは、社会経済活動において大きな収益を上げ、安定した将来性のある事業の展開が期待できる。

2010 年までに、アジア太平洋地域統合モデル(AIM)等、既存のモデルを踏まえた社会技術に関する研究を広域スケール(アジア圏)において推進する。この研究には、持続可能な地域社会形成を目指した農林水産漁業および生活様式を探求する生活実験、持続可能な資源利用を支える社会経済的条件の解明などが含まれる。さらに上述の成果を、社会経済情報や生態系に関する情報と統合して、アジア地域における環境変動要因と生態系サービスの変化の予測モデルを構築する。さらに 2015 年までに新たな調査・研究をおこない、そこで得られた情報・データに基づき、より詳細な生態系サービス影響統合予測モデルを提示する。

(2) 課題の必要性

Millennium Ecosystem Assessment (MA)⁹では、環境変動要因の動向と生態系サービスの変動をグローバルスケールで予測している。このMAシナリオでは、先進国・発展途上国という大まかな区分での生態系評価を行っているのみである。そのため、各地域の産業構造や社会経済活動を如実に反映した詳細、且つマルチスケールでの統合評価技術を構築する必要がある。

IPCCはグローバルなCO₂濃度・温度変化を予測し、この予測を基礎としたアジア太平洋統合モデルの高度化を行っている。アジア太平洋統合モデルは、温暖化防止策などの気候対策と経済発展の両立を目指している。しかし、経済成長が期待できるアジア地域の発展途上国は、気候変化、土地利用形態の変化、

⁹ Millennium Ecosystem Assessment: 世界 95 力国から集まった 1300 人の専門家による全世界の生態系アセスメント。4 つの国際的な環境条約(国連生物多様性条約、湿地に関するラムサール条約、国連砂漠化対処条約、移動性野生動物の保全に関する条約)のニーズを評価するためのメカニズムの一部。最近、社会経済(企業)活動による生態系への影響に関する新たなレポートが出された。その概要については、本書APPENDIXに記載する。

汚染の進行、侵入種、水資源の変化の問題にも直面している。これらの問題を解決し、生態系の保全・利用と経済発展を両立させるためには、国・地域別に生態系管理能力を高めるモデルを開発する必要がある。

4.4 技術課題マップの作成

4-3 で挙げた 4 つの課題を実現するために、優先して取り組むことが必要な課題とその現状を挙げ、その課題を進める上で精度の向上が必須となる要素技術課題を抽出した。

4.4.1 先端技術に基づく生物多様性と生態系機能の関係解明と対応

課題と現状	主要要素技術課題
<p>物質循環・生物連鎖および生物多様性と生態系に関する解析技術 生態系の物質循環・生態連鎖の解析や、生物多様性と生態系の関係を評価する迅速かつ簡便な方法が不在。従来技術による測定は時間がかかり、実際の活性評価がきわめて困難。</p>	<p>分析・測定・動態解析</p> <ul style="list-style-type: none"> ・エコゲノム・エコプロテオミクス解析 ・FISH（可視化） ・安定同位体、トレーサー標識 ・超微量・簡易分析、連続測定 ・生物・生態系非破壊分析 ・標準物質 ・生体物質の簡易検出 ・モデル生態系における標準解析手法プロトコル <p>観測</p> <ul style="list-style-type: none"> ・自動化・可視化 ・環境変化への感受性検定用指標生物（発光生物等） ・生物の微小電気信号検出（電気生理）
<p>炭素フラックスに関連する生態系機能解析 陸海域における生態系の連鎖系、物質循環の理解が圧倒的に不足。</p>	<p>解析</p> <ul style="list-style-type: none"> ・物質循環・生物連鎖システムの定量解析 ・エネルギーフロー・炭素フラックスの機能的評価 ・物質循環・生物連鎖系モデル

課題と現状	主要要素技術課題
<p>水域汚染による生物連鎖・物質循環系劣化プロセスの解析 富栄養化のメカニズムとアオコ、赤潮等の発生に関する研究、とくに地域規模で研究が不足。多様性減少・生態系機能変化、生態系劣化との関係は不明。</p>	<p>解析</p> <ul style="list-style-type: none"> ・キーストーン、アンブレラ種等の同定 ・NPK など栄養塩収支の把握 ・エコトキシコゲノミクス・エコプロテオミクス ・キーストーン、アンブレラ種等のエピジェネティクス変異解析 ・抵抗性発現・獲得に係るプロセス解析 ・汚染物質を選択的に抽出する分子鋳型 ・栄養塩類動態モデル ・汚染物質の生体蓄積特性 <p>評価</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ <i>in vivo, in vitro, in silico</i>, エコバイオトロンでの生態系模擬モデル ・栄養塩(窒素)負荷インベントリモデル ・栄養塩類動態モデル <p>観測機器開発</p> <ul style="list-style-type: none"> ・自動化・遠隔計測・可視化
<p>人畜共通感染症（西ナイル熱、Q熱等）と生態系の相互関係 野生生物の感染症及びその生態学的連関の研究は、生態系、畜産業及び人間健康に深刻な影響をもたらす問題であるが、研究は著しく不足。</p>	<p>解析</p> <ul style="list-style-type: none"> ・発症・感染リスクアセスメント ・発症機序（拡散、感染要因） ・病原体の耐性獲得適応機構 ・周辺の生態系調査(分断化等)

4.4.2 広域スケールの生物多様性と変容の観測技術開発

課題と現状	主要要素技術課題
<p>ホットスポット地域における生物多様性データベースのスケールアップと GAP analysis、Hazard Map の作成</p> <p>IUCN 等による保護区や国立公園に関する生物情報ネットワークや標準化への動きがあるが、日本のデータ提供は不十分。</p>	<p>解析・評価</p> <ul style="list-style-type: none"> ・データシンセシス ・マクロ解析 ・GAP アナリシス ・Hazard 解析 ・スケールアップ ・広域ハザードマップ ・時系列的分析
<p>生態系の構造と生物多様性との関係解析</p> <p>衛星リモートセンシングと生態系・生物多様性研究の間に相当な乖離。稀少種の生息域、キーストーン等の生物種の減少による、生態系の構造変化の解析が不足。</p> <p>GEOSS において高解像度、多チャンネルバンドなどのリモセンデータ、SAR データ、レーザなどを用いた構造解析などの研究が開始。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・高解像、多チャンネルバンドセンサー等による土壌・植生解析 ・アーカイブデータとの整合性技術 ・汎用型衛星リモセンデータと地域レベルでのデータ分析との比較分析 ・SAR データと森林構造との分析 ・ライダーリモートセンシング等による生態系構造の分析技術 ・キーストーン、アンブレラ種等の指標生物の生息地分析 ・広域型ライダーによる生態系三次元構造の広域マッピング技術 ・全球レベルでの多様性マッピング ・自律型走行センサー ・生分解性センサー ・バイオリギング技術

4.4.3 メタ解析による機能解明、予測モデルの確立

課題と現状	主要要素技術課題
<p>土地利用変化による生物多様性と生態系サービスへの影響評価 都市化、社会インフラ構築、農耕地の拡大・放棄等の土地利用変化に伴い、生態系・生物多様性の変化が顕著。生物多様性と生態系サービスの影響評価は必須。</p>	<p>解析 ・過去の土地利用・生物分布データのメタアナリシス ・過去の土地利用データに基づくデータベースの作成 ・過去の生物相推定手法確立</p> <p>影響評価 ・過去のキーストーン種の分布と土地利用の関連性解析 ・害虫・病気の発生との関係解析</p>
<p>大型生物による生物多様性の消失と生態系サービスの低下に関する評価技術の開発 生態系機能(土壌保全、保水機能)に対する大型哺乳類(シカ、イノシシ、家畜など)によるインパクトを視野に入れた研究は不足。</p>	<p>解析 ・生態系インパクトデータのメタアナリシス ・植生、土壌条件、生態系サービス変化の相関分析</p> <p>操作実験 ・大型哺乳類の密度と生物多様性、生態系サービスの関係性の解明 ・管理指針の提示</p>
<p>侵入生物の分布拡大と影響評価 気候変化や交易等の社会経済活動の拡大による病原菌や外来生物の侵入・拡大。特定外来生物の法規制開始。病原生物の拡大・分布、人間・農林水産物への影響評価研究は不足。</p>	<p>メタ解析 ・生物全般に関する過去の分布データ ・侵入生物の拡大過程とその要因の解析</p> <p>影響評価 ・侵入生物の拡大影響評価 ・感度解析によるインパクトの伝わり方や程度の評価</p>
<p>生態系連鎖・物質循環システムの脆弱性・頑強性と生態系機能評価 生物多様性と生態系機能の関係に関する実証的研究は不足。多栄養段階での生物多様性の機能、特に生態転換効率への役割は実証研究が大きく立ち後れている。</p>	<p>実験機器開発 ・環境条件を高精度で長期間再現可能な実験装置(次世代エコトロン)</p> <p>影響評価 ・環境変化に対する生態転換効率 ・生態系の応答変化</p>

	<ul style="list-style-type: none"> ・生物多様性評価指標 ・感度解析
--	---

4.4.4 生態系の保全・管理と社会経済活動を統合した統合評価ツール

課題と現状	主な課題
<p>持続的社会形成のための生活実験 持続可能性の評価指標が不在。ライフスタイルデザイン、地域デザインなどの社会システムをふくむモデル・シナリオ構築が不足。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・持続的な農業・林業・生活様式の実験的解明 ・流域レベルでの生活様式が地域生態系や生物相に与える影響 ・伝統的な持続的社会のモデル(里山など)と現状分析 ・フルコストによる持続性の高い生活様式の評価 ・環境保全コストを考える空間的スケールとコスト負担の在り方分析
<p>持続的資源利用を支える社会経済的条件の解明と意思決定 生態系サービスの社会的経済価値（直接利用価値、や炭素固定、地下水涵養等、非直接的利用価値など）の評価システムが不在。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・資源利用形態の違いが生態系サービスに及ぼす影響評価 ・資源利用形態の現状分析 ・具体的な資源利用のモデル構築 ・資源利用と生態系サービスのトレードオフを想定した意思決定を支援する環境情報システム
<p>アジア地域の環境変化と生態系サービス影響の統合モデル FTA、貿易自由化に伴う安価な財や人材の輸出入が活発となり、経済活動が活性化する見込み。日本国内にとどまらず、アジア地域を含めたサブグローバル社会スケールで生態系へのインパクトを評価する研究が不在。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・アジア地域での基本的な環境アセスメントモデルのフレームワークづくり ・アセスメント指標の確立(汚染、健康・安全、資源、日本国内、越境、世界的影響、それに伴う産業、技術、構造、規制・制度へのフィードバック) ・モデルの不確実性要因の抽出

4.5 ロードマップの作成

4-4で挙げた4つの重要課題に係る、2015年頃の達成を目指した、取り組むべき主要な研究課題のロードマップを作成した。また、個別課題の推進・達成により、定量的、且つ科学的結果に基づいた利用と保全(Evidence Based Conservation & Exploitation)の促進が期待できる生態系サービスを例示した。

4.5.1 先端技術に基づく生物多様性と生態系機能の連関解明と対応

研究課題	2005年(現状)	2010年	2015年	生態系サービス
生物地球化学的機能の解析技術	<ul style="list-style-type: none"> 物質循環プロセス(主に微生物がネットワーク)を担う生物多様性とその機能を評価する簡便・迅速な方法は少なく、発現予測が困難 トレーサー、安定同位体による測定が中心 エコバイオトロン等を用いた生態系操作研究(食物網遮断実験等)が行われているが局所的な生態系と特定の生物についての断片的な理解に留まり、全体像の把握が困難 	<ul style="list-style-type: none"> メタン生成・酸化、窒素固定・硝化、脱窒、硫黄酸化、硫酸還元等の過程におけるエコゲノミクス 改良型トレーサー・安定同位体活性情報解析 生物地球化学的機能に係るエコプロテオミクス モデル生態系におけるエコプロテオミクス解析プロトコルの確立 	<ul style="list-style-type: none"> 生態系の生物資源量の測定・可視化 現場での観測自動化 感受性変異生物の作出 	<ul style="list-style-type: none"> 資源、新鮮な水の提供 大気質、気候変化、水資源、浄化、病気の発生制御
炭素フラックスに関連する生態系機能解析	<ul style="list-style-type: none"> 土地・沿岸の利用変化、林業セクターにおける植林、再植林の影響や森林・農業土壌、海洋吸収についての炭素フラックスの詳細な評 	<ul style="list-style-type: none"> 陸海域のCO₂循環・収支のモデルの完成 人為的影響下でのCO₂固定量の変動を予測 樹木の生理生態、土壌・海洋有機物の分解能の解析 	<ul style="list-style-type: none"> 食物網の変化による害虫等有害生物、病気の発生、および農水産物収量への影響解明 	<ul style="list-style-type: none"> 気候変化、大気の質の制御

	<p>価が求められている</p> <ul style="list-style-type: none"> ・多くの国際研究計画が推進されているが、生態系機能・サービスへの影響評価の視点に欠ける 	<ul style="list-style-type: none"> ・CO₂排出量を踏まえた生態系利用の安全ファクター(利用の限界値)の提示 	
<p>水域汚染による生物連鎖・物質循環系劣化プロセスの解析</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・富栄養化のメカニズムとアオコ、赤潮、クラゲ等の発生に関連した流域・沿岸単位での研究が多数 ・生物多様性減少、生態系機能変化の視点に立った研究の取り組みが弱い ・海流との関係を含めた地球規模での研究が不足 ・国土交通省、環境省、関係機関による水質データの計測・収集、GISによる流域河川の被覆・植生・土地利用分析が行われている ・河川・湖沼の生物間相互作用や食物網構造の把握に対する取組は弱い 	<ul style="list-style-type: none"> ・各栄養段階における水生生物のDNAレベルでの機能変化計測・分析技術の開発 ・栄養塩・化学物質汚染による生物多様性変化のメカニズム解明 ・残留性化学物質を選択的に抽出する分子鑄型技術の開発 ・各種トレーサーによる集水域の被覆・植生・土地利用の河川・湖沼生物群集への影響評価 ・生物多様性による物質循環と水質形成過程を指標するプロキシ探索 ・水質形成と生物群集の多様性評価モデル構築 ・水質形成過程における生物多様性の役割解明 ・水質を指標とした生物多様性による生態系サービスの評価技術策定 ・生物多様性による水質形成・物質循環を指標するプロキシを用いた、集水域の土地利用診断 	<p>資源の提供</p> <p>水資源、気候変化、病気の発生の制御</p>
<p>人畜共通感染症(西ナイル熱、Q熱等)と生態系の相互関係</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・生態系との連関研究はライム病などをはじめ、米国で多数実施 ・日本では感染源の特定に注力され、その背景にある生態系の変化の視点が欠如 	<ul style="list-style-type: none"> ・人畜共通感染症の疫学、生態学的実態解明 ・人畜共通感染症の生理的メカニズム(発生トリガーや遺伝子組み換え頻度の促進要因)の解明 ・防疫管理システムの構築 	<p>資源、新鮮な水の提供</p> <p>病気の発生制御</p>

4.5.2 広域スケールの生物多様性と変容の観測技術開発

研究課題	2005年(現状)	2010年	2015年	生態系サービス
<p>ホットスポット地域における生物多様性データベースのスケールアップと GAP analysis、Hazard Map の作成</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・IUCN 等による生物情報ネットワーク構築や国際標準化への動きがあるが、日本の貢献は少ない ・陸海域における長期生態系観測が推進されているが、プロジェクト間の連携不足や継続的な運用資金の獲得が問題 	<ul style="list-style-type: none"> ・過去のアーカイブデータ(植生図, 空中写真, 古地図)のデジタル化 ・データベースを用いたマクロ解析(GAP や Hazard 分析への発展), および地域レベルでの生態系-生物多様性連関分析などへのスケールアップ ・アーカイブデータ新規取得とデータとの統合技術の確立 	<ul style="list-style-type: none"> ・ホットスポットデータベースとの連携による広域マップ作成, 時系列的分析 ・長期にわたる生態系・生物多様性の時系列的分析 	<p>資源の提供</p>
<p>生態系の構造と生物多様性との関係解析</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・地球観測システム構築推進プラン(GEOSS の10年実施計画)に伴って、生態系の構造解析、物質循環に関する観測データが入手可能となる ・現状では衛星リモセンと生態系・生物多様性諸現象と間に相当なギャップがある 	<ul style="list-style-type: none"> ・SAR データと森林構造との分析 ・ライダーリモートセンシング等による生態系構造の分析 ・バイオリギング等によるキーストーン・アンブレラ種のハビタット分析 ・高解像, 多チャンネルバンドセンサによる植生解析等への応用 	<ul style="list-style-type: none"> ・広域型ライダーの開発 ・生態系三次元構造の広域マッピング ・アーカイブデータとの統合技術 ・リモセンデータと地域レベルでのデータ分析との比較分析 ・全球レベルでの生物多様性マッピング 	<p>資源の提供</p> <p>浸食、水の浄化と廃棄物の処理、病気・害虫の発生、自然災害の制御</p> <p>光合成、一次生産の支持</p>

4.5.3 メタ解析による機能解明、予測モデルの確立

研究課題	2005年(現状)	2010年	2015年	生態系サービス
土地利用変化による生物多様性と生態系サービスへの影響評価	<ul style="list-style-type: none"> ・土地利用変化に伴う生態系の劣化が顕著 ・過去から現在に至る膨大なデータが個別の研究機関に死蔵されているケースが多く、それらの活用に乏しい 	<ul style="list-style-type: none"> ・過去の土地利用データマイニング、データベース作成 ・過去の生物相推定手法の確立 ・キーストン種の特定と評価 	<ul style="list-style-type: none"> ・気候帯、森林タイプ毎等の生態系サービスの定量的な一覧表の作製とデータベース化 ・過去のキーストン種の分布と土地利用の関連性解析 ・過去の害虫・病気の発生との関係解析による生態系サービスの変化・劣化要因解明 	<ul style="list-style-type: none"> 資源、新鮮な水の提供 水資源、浸食、病気・害虫の発生の制御
大型生物による生物多様性の消失と生態系サービスの低下に関する評価技術の開発	<ul style="list-style-type: none"> ・保護活動による大型生物（シカ、イノシシ、家畜など）の大幅な増加、農作物被害等、人間と野生生物の生息地の垣根が低くなっている ・計画的な個体数の調整のための科学的データの提供が求められている 	<ul style="list-style-type: none"> ・大型生物がもたらした生態系インパクトのデータマイニングと現状分析 ・操作実験区での植生、土壌条件、生態系変化の関連解析 	<ul style="list-style-type: none"> ・大型哺乳類の密度と生物多様性、生態系機能の関係性の解明 ・生態系管理指針の提示 	<ul style="list-style-type: none"> 新鮮な水の提供 浸食制御 土壌形成機構の支持
侵入生物の分布拡大と影響評価	<ul style="list-style-type: none"> ・社会・経済活動のグローバル化（FTA 推進、人材交流、モビリティデバイドの解消等）に伴い、外来侵入生物による在来種の攪乱が顕著 ・防疫の堅強、外来生物の分布拡大 	<ul style="list-style-type: none"> ・侵入生物全般に関する過去の分布データとその拡大要因に関する解析 ・生態系や人間生活に対する影響評価 		<ul style="list-style-type: none"> 資源の提供 水の浄化と廃棄物の処理、病気・害虫の発生制

	<p>大阻止が求められている</p> <ul style="list-style-type: none"> ・気温上昇に伴う、南方生物の北上や、渡り鳥等による生物・物質輸送が原因となった日本固有の生態系の攪乱が問題視されている 	<ul style="list-style-type: none"> ・社会経済活動、及び生態系へのインパクト分析とそれによる経済的損失の提示 ・侵入生物の侵略性早期評価システムの確立 ・侵入生物のコントロールとモニタリングシステムの確立 	御
生態系連鎖・物質循環システムの脆弱性・頑強性と生態系機能評価	<ul style="list-style-type: none"> ・個別のボックスモデルが構築され、エネルギーフロー等の解析が行われているが、個別の生態系の脆弱性や頑健性を提示するまでには至っていない ・数値モデルの定量性と精度の実験的検証・感度解析の不足 	<ul style="list-style-type: none"> ・数理モデルによる生物多様性と生物群集の安定性解析 ・単栄養段階を対象にした生物多様性操作実験 ・自然界の多栄養段階構造を再現出来る次世代エコトロン構築 ・次世代エコトロンによる環境変化に対する生態転換効率の変化過程と生態系応答の生物多様性評価 ・エコトロン実験による生物多様性評価指標の策定 ・野外操作実験及びモニタリングデータによる評価指標の検証 	<p>水の浄化と廃棄物の処理の制御</p> <p>一次生産の支持</p>

4.5.4 生態系の保全・管理と社会経済活動を統合した統合評価ツール

研究課題	2005年(現状)	2010年	2015年	生態系サービス
持続的社会形成のための生活実験	<ul style="list-style-type: none"> 生態系・生物多様性に関する「持続可能性」のキーファクターや指標が不明確 持続可能な社会モデルの実証検証が無い 伝統的な「持続的社会のモデル(里山など)」を設定し、過去～現状にわたる分析が必要 	<ul style="list-style-type: none"> 持続的な農業・林業・生活様式の実験的解明 流域レベルでの生活様式が地域生態系や生物相に与える影響 	<ul style="list-style-type: none"> フルコストによる持続性の高い生活様式の評価 環境保全コストを考える空間的スケールとコスト負担の在り方に関する解析 	全ての網羅
持続的資源利用を支える社会経済的条件の解明と意思決定	<ul style="list-style-type: none"> 生態系に対する社会・経済活動の影響評価手法の確立が不十分 	<ul style="list-style-type: none"> 持続的な資源利用の現状分析 資源利用形態の違いが生態系サービスに及ぼす影響評価 持続的資源利用を可能にする条件の社会経済的条件的解析 	<ul style="list-style-type: none"> 具体的な資源利用のモデル 資源利用と生態系サービスのトレードオフを想定した意思決定システムの構築 	全ての網羅
アジア地域の環境変化と生態系サービス影響の統合予測モデル	<ul style="list-style-type: none"> MAにより世界の生態系のアセスメントが行われた 地域別(局所、気候帯)な評価を行い、生態系サービスの影響評価モデルの精緻化が不足 	<ul style="list-style-type: none"> アジア地域での基本的な統合予測モデルの構築 モデルの不確実性要因の抽出 		全ての網羅

4.6 国際共同研究計画への貢献

環境研究では、局地的な課題・問題であっても、グローバルスケールでの観測、理解、評価、予測、及び対策が必要である。そのため国際連携による研究開発が時として欠かせない。

現在、国際条約やサミットの決議書の下に、政府組織、あるいは非政府組織を中心とした様々な国際共同研究計画が推進されている(図13)。このような世界的な枠組みの中で、共同研究の主体的な運営や研究成果の点で、日本の貢献は小さい。また国際プロジェクトオフィスの多くはEU、米国に集中している(図14)。

そのため、科学・産業技術の国際標準化規格の策定や国際条約策定などの点で、不利益を日本が被っている可能性が大きい。

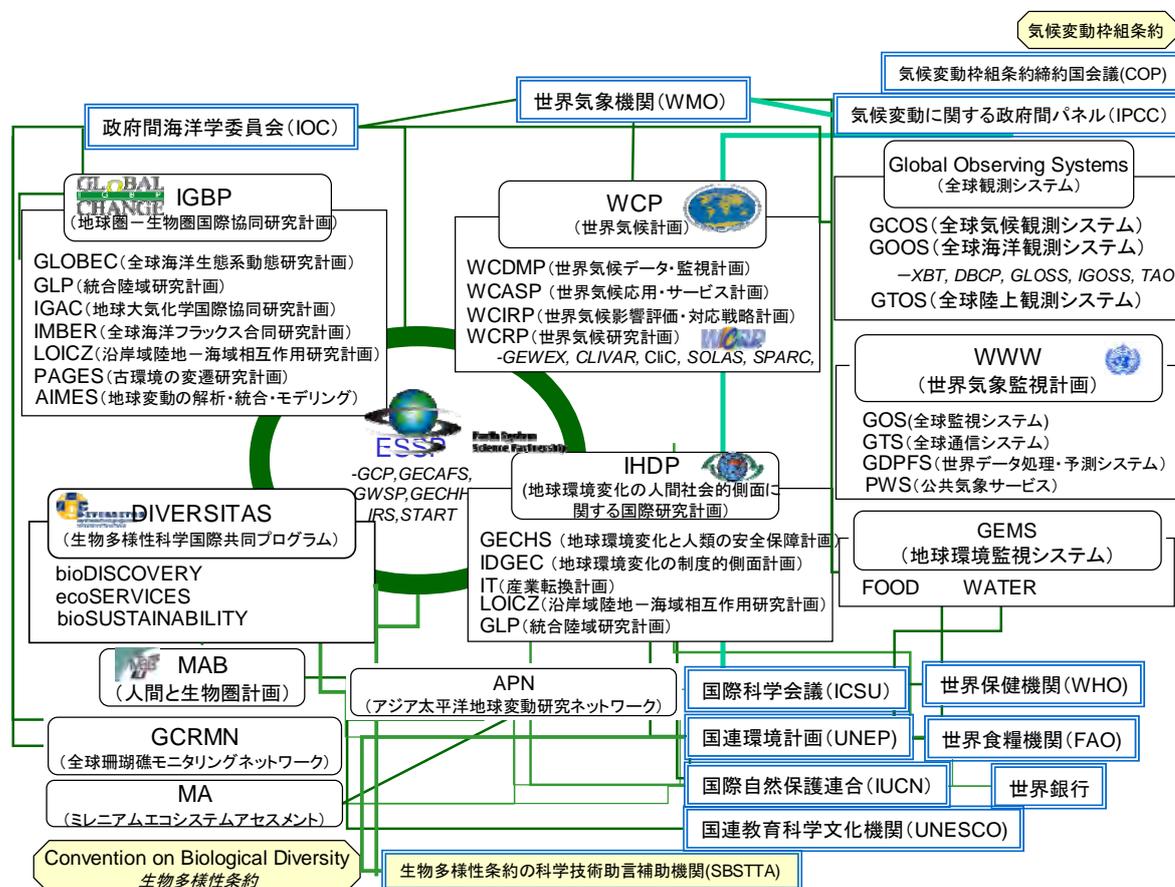
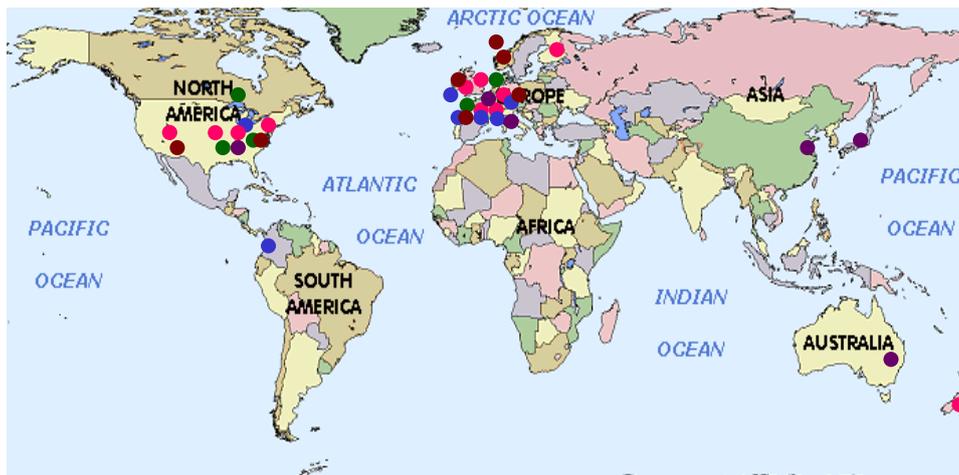


図 1 3 生態系・生物多様性研究に関連する国際共同研究計画と関連機関



- IGBP
- DIVERSITAS
- IHDP
- WCP
- GCP

図 1 4 主な地球環境研究計画の国際プロジェクトオフィスの設置場所

よって、本戦略プログラムは、社会経済活動と生態系保全との調和を可能とする Evidence-based conservation & exploitation のための科学的根拠を提供するとともに、主要な国際共同研究計画にも貢献できる研究成果を生み出すことを目標とする。その関係を図 1 5 に示す。

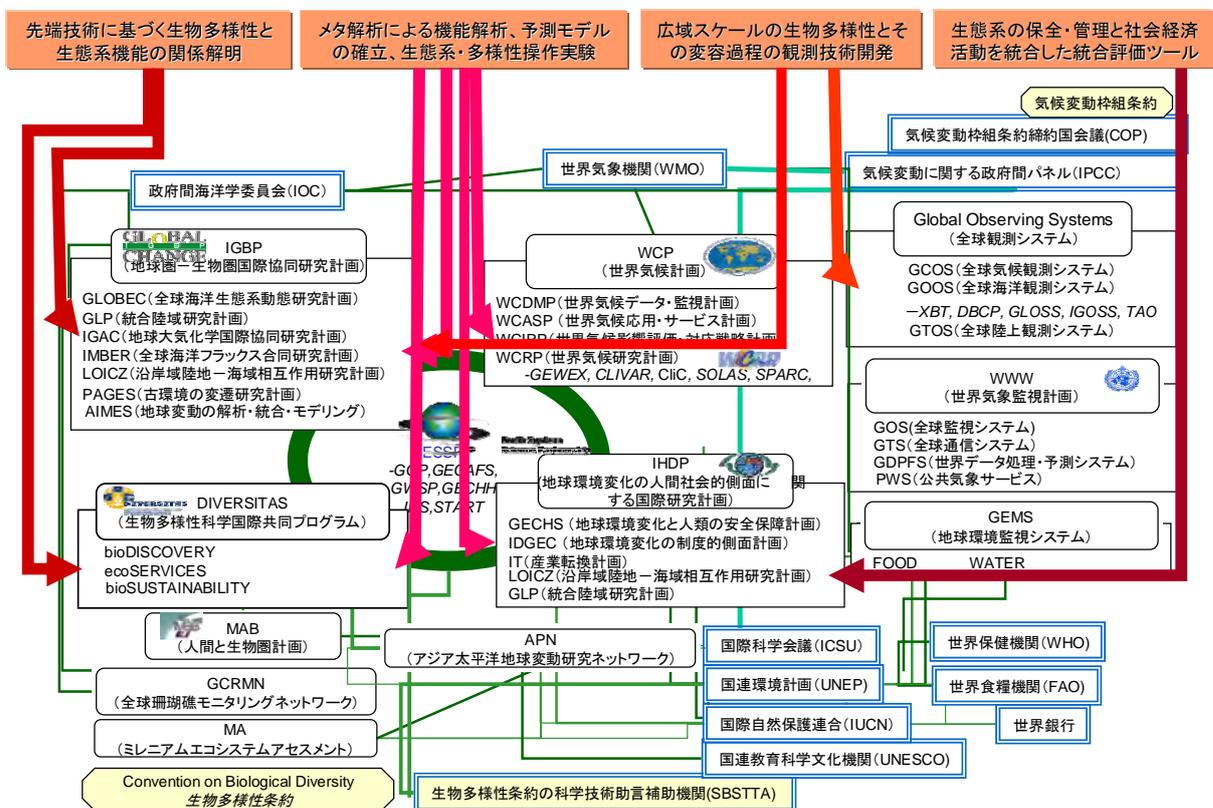


図 1 5 戦略プログラム推進による国際共同研究計画への貢献

5. 結言

生態系・生物多様性の研究は、その重要性が指摘されていながら、プロジェクトの多くは統合されておらず、個々に細分化されたままであった。

本ワークショップでは、これまでの調査で抽出された課題と、以下の点を踏まえつつ、当該分野の研究課題の提案に向けた議論を行った。

- ・ 現在わかっていることはどのようなことか。まだ分かっていないことはどのようなことか。
- ・ どのような種類の研究を追加的に行なえば、重要な成果を得ることができるか。
- ・ 生態系・生物多様性研究を行うことによる社会的、学術的メリットとは何か。
- ・ 飛躍的な成果をもたらすためには、どのような設備や機器を必要とするのか。

上記を踏まえ、ワークショップでは、今後重点的に取り組むべき課題を抽出し、その課題に連結する個別課題を抽出、階層化した。更に、今後15年程度のロードマップを作成することで、近未来的にどのようなことがわかり、社会が求めるニーズに応える結果が出てくるのかを明示することを試みた。

その結果、社会のニーズは生態系の保全と持続的な利用にあり、自然保護政策や「環境への影響が少ない」とうたった開発が進められているが、ふたを開けてみると生態系のアセスメントが手薄のままである。生態系の複雑性と時空間的変動の不確実性を解き明かす研究開発とそれに基づく定量的アセスメント技術が不十分のままに、開発事業の定性的アセスメントがなされ、結果として「持続可能」ではない事業が多い。

本ワークショップで抽出された研究課題は、生態系の影響評価技術の確立をターゲットとしており、本課題を推進することで、生態系の現状や自然変化、人為活動などによる影響評価が迅速且つ高い精度で可能となることが期待される。

本ワークショップは、意図的に陸域生態系を対象とした。よって、今後は、海域生態系についても更なる情報収集、知見の追加を行う。そして、本重要課題の妥当性の検討・精緻化を重ね、戦略プログラムとして提案する予定である。

以上

APPENDIX

A-1 MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT

- Ecosystems and Human Well-being: Opportunities and Challenges for Business and Industry -

URL: <http://www.maweb.org/en/index.aspx>

2005年7月に公開された「生態系と人間の福祉：企業と産業にとっての機会と挑戦 (Ecosystems and Human Well-being: Opportunities and Challenges for Business and Industry)」の Millennium Ecosystem Assessment (MA) 報告書によれば、生態系がもたらす自然資源等の生態系サービスと、生態系を保全・管理し、持続可能な形で利用する企業は、消費者評価の上昇、収益の拡大等の恩恵をも享受し、安定して事業展開することが可能となる。

現在、ISOでは企業の社会的責任 (CSR) に関して規格化を進めている。また、生態系サービスへの企業活動の影響に関する説明責任を政府や国民が要求している。このため、環境低負荷型新技術への投資やCSR活動への取組も企業に求められている。

また、森林、漁場などの生態系サービスの多くが劣化しているため、これらに依存する企業は、今後5年足らずでコスト増加を招く可能性があるとしてMA報告書に記載されている。それは、特に森林地帯、サンゴ礁等の自然資源を元にした観光業において益々顕著となっている。そのため、アセスメント、保全・管理の行き届いていない国々 (特に発展途上国) においては、深刻な経済的ダメージがもたらされる。

この企業活動に焦点を絞ったMA本報告書は、2005年3月末に公開されたMAの統合報告書 (Millennium Ecosystem Assessment Synthesis Report) での、湿地、沿岸地域から森林に至るまで、世界の生態系の3分の2が劣化あるいは持続不可能な管理状態にあると評価している点 (表A-1) を踏まえ、このような状態が続くと、結果として企業および産業界に重大な影響を及ぼすと主張している。

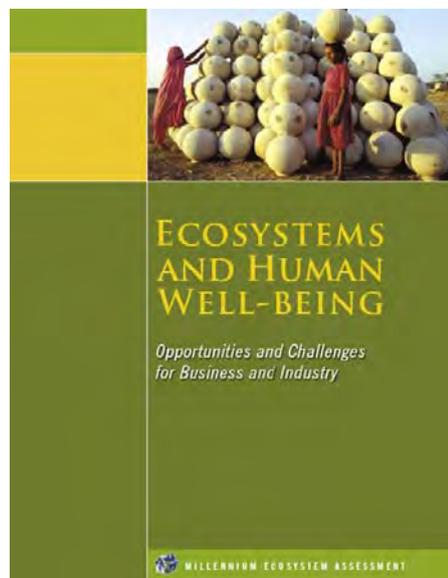


表 A-1. MA における地球の生態系サービスの現状評価。全体的に劣化傾向にある。

(MA の統合報告書に掲載されている表を元に JST で作成)

サービス	詳細	具体例	人間の 利用頻 度	サービ スの質	備考
提供	食糧	穀物	↑	↑	人口増加による需要の増加。単位面積当たりの収 穫高は増加傾向。サブサハラ、ラテンアメリカは例 外。
		栽培・畜産物	↑	↑	養鶏、畜産の拡大。
		漁獲	↓	↓	1980 年代後半以降、漁獲量は減少傾向。漁獲の 1/4 は過剰。
		養殖	↑	↑	2000 年に漁業生産量の 27%を養殖魚が占める。
		野生動植物	-	↓	棲息地の減少による全体量の減少傾向。
	繊維	材木	↑	+/-	プランテーション代替による天然木の伐採量の減 少。
		綿、ヘンプ、絹	+/-	+/-	綿、絹の生産量はこの 40 年間で 2,3 倍になった。
		薪炭	+/-	↓	1990 年代より世界的に薪炭の利用が減少傾向
	遺伝資源	農作物等の新品種開 発	↑	↓	絶滅や採取過剰による消失が顕著。
	医薬品		↑	↓	科学の進歩による天然資源によらない医薬品の提 供が可能。一方、絶滅や採取過剰による消失も顕 著。
新鮮な水	森林の保水機能を通じ た水資源の供給	↑	↓	飲料用、工業用、灌漑用の非持続的な利用による 減少	
制御	大気の質	NH ₄ , NO _x ,SO ₂ ,SPM, CH ₄ の浄化作用	↑	↓	大気の自浄能力は著しく低下。
	気候変化	温室効果ガス濃度、土 地利用・被覆状況	↑	↓	地域的には排出などの負の影響が勝る。
	水資源		↑	+/-	地域により大幅に異なる。
	侵食	植物根の伸展による土 壌侵食防止	↑	↓	溶脱など、土壌の質の低下が進む
	水の浄化と廃 棄物の処理	微生物による浄化作用	↑	↓	世界的に水質は悪化傾向にある。湿地の減少に よる浄化と分解作用の低下。
	病気の発生	新興・再興感染症	↑	+/-	生態系の変化の度合いにより異なる
	病害虫の発生	農業現場での病害虫 発生コントロール	↑	↓	殺虫剤の使用により自然管理は困難となる。

	受粉	昆虫、風等による農産物の花粉媒介、結実	↑	↓	受粉役をつとめる生物多様性が世界的に明らかに減少
	自然災害	植物群落による嵐や高波被害の緩和・軽減	↑	↓	緩衝地帯の消失(湿地、マングローブ)
文化	文化の多様性		-	-	
	精神・宗教的価値		↑	↓	自然への畏敬の念は高いが、神聖な森や生物種の急激な減少
	文化伝承		-	-	
	教育		-	-	
	レクリエーション・エコツーリズム	登山、釣り、エコツーリズムなどの野外レクリエーションの場の提供	↑	+/-	アクセスの増加による質の低下。珊瑚礁に代表される景観の破壊。
支持	土壌形成	岩石の風化による有機物の供給	↑	↑	
	光合成		↑	↑	
	一次生産		↑	↑	
	栄養循環	植物、土壌中の微生物等による窒素固定作用	↑	↑	肥料やバイオマスの燃焼による栄養循環の変化。
	水循環		↑	↑	灌漑、取水による水資源へのアクセスの簡便化。

なお、以下は、今回の企業活動に焦点を絞った MA 報告書において、企業活動にとって特に重要な生態系について、その傾向を指摘した事項である。

- ・ 生態系の変化により、これまで依存してきた食糧供給源の崩壊、感染症の発生、大規模洪水、経済的価値の高い種の絶滅といった想定外の出来事が起こる可能性が増加する。
- ・ 企業にとって水不足が最も深刻であり、石油供給量の変動と同様、世界の企業に影響が出る。現在利用されている淡水の5分の1が、「長期にわたって持続可能な供給量」を越えており、各国間での水の移送や地下水の汲み上げを余儀なくされている。将来的には、水の供給源に従い、企業は工場などの設置場所を決断せざるを得なくなるだろう。一方、新たに水のリサイクルおよびリユースの効率的な方法を見つけた企業の業績は向上するだろう。
- ・ 海洋資源の搾取により食用および飼料用魚類の漁獲高が低下し、既にいくつかの企業に影響が出始めている。公害による疾病の発生と流行、あるいは世界各地の海洋で「デッドゾーン」が出現するなど、影響はさらに拡大する見込みである。

・気候変動は、生態系とともにその製品・サービスにも影響を与える一方、収益力のある低炭素技術を開発・販売するチャンスであるという点において、企業にとって大きな脅威であると同時にチャンスでもある。

A-2 生態系影響評価の現状と問題点－生態系アセスメント項目に着目して

生態系・生物多様性研究は、結局の所、「経済と環境の両立」、「持続的利用と生態系保全の両立」という問題に直面する。よって、保全と利用を両立するためには、継続的な観測以外に何を行うべきかを戦略的に組み立てる必要がある。

我が国では、1992年に環境影響評価法が策定され、注目種・群集(上位性、典型性、特殊性)に着目した生態系の「影響評価」を可能な限り定量的に行うことが求められている(表A-2)¹⁰。

表A-2 日本の環境影響評価の制度的背景¹¹¹²

影響評価に関連する国際条約	国連海洋法条約 (82) 越境環境影響評価条約 (91) 環境保護に関する南極条約議定書 (91) 生物多様性条約(92) 気候変動枠組み条約 (92)
国内の主な法律・施策・動向	「各種公共事業に係る環境保全対策について」の閣議了解 (72) →港湾法 →公有水面埋立法 →瀬戸内海環境保全臨時措置法 →自然環境保全法 →自然環境保全基本方針 環境影響評価法案国会提出 (80) →審議未了・廃案 (82) →「環境影響評価の実施について」の閣議決定(83) 環境基本法 策定(93) ・生物多様性の確保 ・自然環境の保全 生物多様性条約 批准(93) 生物多様性国家戦略 策定(95) 環境影響評価法 発効 (97)

¹⁰ 環境影響評価法の施行経緯等詳細については、環境省「環境アセスメントのあらまし」および環境アセスメント学会 2002 年度研究発表会「生態系アセスメントにおける定量的評価のあり方とその展望」の報告を参考のこと

<http://assess.eic.or.jp/panfu/index.html>

http://www.jsia.net/2_activity/convention/convention1_2002/02session_report.html

¹¹ 環境学 加藤尚武編者(東洋経済)を参考に作成。

¹² サミット・UNEP等での採択宣言は、ここでは記載せず。

	・従来の閣議アセス（環境影響評価実施要綱）項目に生態系の項目を追加 新生物多様性国家戦略 策定(02)
関連する米国 /OECD の 施 策・動向	米国・国家環境政策法（NEPA）策定（69） →世界最初の環境アセスメント法 OECD・環境政策に関する宣言（74） OECD・環境に重大な影響を及ぼす事業の影響評価に関する勧告（79）

しかしながら、生態系の定量的な評価手法は、PVA（個体群存続可能性分析）、JHGM(湿地帯評価)、HSI(生息地持続性インデックスモデル)等のモデルが開発されているが、限られた範囲、生物種には適用できても、マルチスケールで適用することは難しい。また、米国で開発されたモデルを日本で適用する際は、モザイク状のハビタットや、流域間のネットワークなど、日本の生態系、景観、生物種の特徴を十分に考慮する必要がある。また、生態系は、人為的な管理の上に成り立っているものが多く、文化的側面も含めた過去～現在にわたる情報の統合化も別途必要である。

現在、環境省の制度に基づくアセスメントは、スコーピング→影響評価→保全措置の決定の流れに従って行われている。¹³

影響評価は、図 A-1 のように実施される。そこでは、基盤環境と生物群集に関わる情報の収集を行い、既存資料や現地調査結果から動植物相、生息場所、植生、水文環境等の項目や地形分類図、表層地図、土壌図、植生図、水温、塩分分布図等の主題図を収集し、類型区分の再検討を行い、基盤環境と生物群集の関係、すなわち基盤環境と生物種・群集の対応関係、生物種・群集の相互関係、生態系の特性を整理する。このことにより、以下の3項目の検討が可能となる。

- (1) 調査により抽出された影響要因から、類似事例の解析・引用をおこないつつ、基盤環境への影響予測を行う。それを踏まえ、生物群集への影響の概括的把握を行い、生態系への影響予測を行う。
- (2) 生態系の構造の把握により、注目種・群集の再検討が行われる。
- (3) 生態系機能の把握により、生態系機能への影響予測が可能となる。

¹³ 以降、環境アセスメント、定量的評価モデルに関する説明文章、および図は、国立環境研究所 渡邊信領域長の資料を元に作成した。

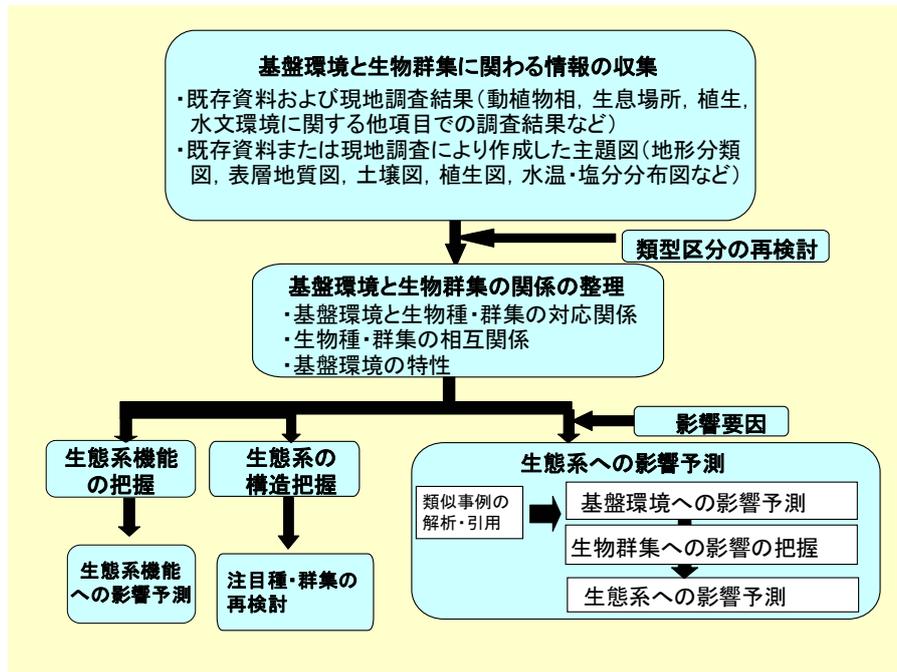


図 A-1 基盤環境と生物群集の関係に着目した調査・予測の流れ

続いて、基盤環境と生物群集についての調査結果を踏まえ、注目種・群集(上位性、典型性、特殊性)に着目した調査・予測がおこなわれる(図 A-2)。ここでは、選定された注目種・群集について、まず、資料調査や現地調査を行い、生息状況、生活史、生息環境、種間関係、開発等による影響を明らかにする。抽出された影響要因により注目種の生息場所への影響、注目種個体への直接的影響を調査する。そして、類似事例の解析・引用、実験的手法による結果等をふまえて、注目種・群集への影響を予測して、生態系への影響を予測していく。状況に応じた定量的影響・予測評価がなされていくことが重要である。

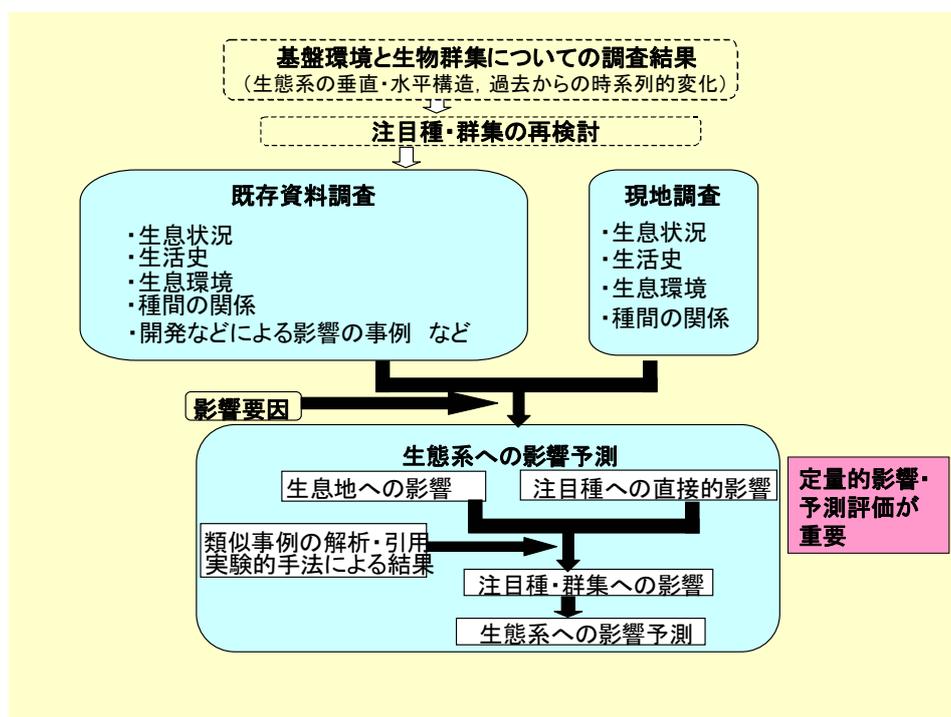


図 A-2 注目種・群集に関する調査・予測の流れ

生態系機能については、基盤環境と生物群集についての調査結果から、生態系機能の調査項目が整理され、生産量、水循環、物質循環、生物分解活性、水質浄化量等の機能が定量的に明らかにされる(図 A-3)。抽出された影響要因による各種機能への影響を調査し、類似事例の解析・引用、実験的手法による結果等を踏まえて、生態系機能への影響を評価して、生態系影響予測が行われる。機能への影響予測の場合には多くの場合に定量的評価が必要とされる。

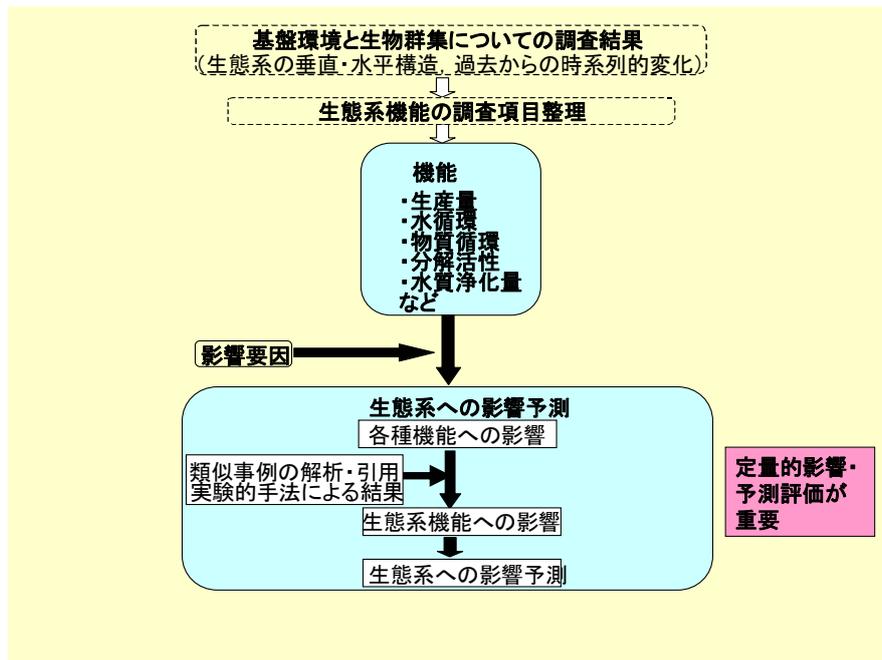


図 A-3 生態系機能に関する調査・予測の流れ

アセスメントを行うためには、生態系の客観的な評価、モデル等を用いた評価の客観性の確保、類似事例等による評価の客観性の確保がポイントとなる。そのため、質の良いデータを取得し、適切な定量的評価技術を開発することが求められている。

次に、現在比較的用いられている9つの生態系の定量的評価手法を挙げ、その特性と問題点についてまとめた(表 A-3)。

しかしながら、これらのツールを利用するためには、生態系の影響評価モデルの性格、限界、及びその有用性について考慮することが欠かせない。ツールの多くは、時空間スケールへの考慮、生態系の構造（遺伝子・個体群・種・種間関係、生態系間関係等）、生物多様性と生態系との関係理解や、生態系の機能・サービスの理解が欠如しているために、信頼度はまだまだ低い。

表 A-3 生態系の定量的評価手法例

評価手法	目的	評価方法	表現方法	特徴	主な問題点
1. Biological Evaluation Standard Technique (BEST)	沿岸生息地の評価、ミテイゲーション	魚種、評価場所ごとにおける、成魚数とその餌資源、幼稚仔魚数とその餌資源、産卵数、生産量	各魚種での項目ごとの相対比率値を集計し、それに生産量の相対比率を10倍したものを加えて総合評価	評価に必要な対象魚種は、専門家会議等で選定される。対象魚種として10種類程度が選定 野外調査で収集された情報に基づき定量化。	評価する魚種により結果が大きく左右される。 季節変化を伴う時間的データが含まれていない。 種選択が難しい。 魚類の生産量等生物調査例は少なく、調査コストが高い。 マニュアル化されておらず、実例は比較的少ない。
2. Index of Biological Integrity (IBI)	陸水域の環境評価	魚類の種数や個体数、水生昆虫の種数や個体数等、魚類生態などに関連する項目	水質、水量、生息地の構造、種間の相互関係、食物連鎖の特性などを評価し、得点付けし、その合計値である総合 IBI 値として表現	開発場所のサイト選択に用いることが多い。 海域への応用も可。	開発影響のモニタリングには有用であるが、予測能はない。
3. Instream Flow Incremental Methodology (IFIM)	河川の物理的、生物学的属性の評価	水深、流速、底質、魚類の隠れ場となる物質等	生息場を流量の関数として表現。流量の変化にともなう重み付き利用可能生	魚類の生息に対しての正常流量（環境流量、維持流量）を考慮した評価システム	流量と WUA との関係のみであり、周辺環境などは、評価の項目に含まれない。 魚種の移動、種間関係は無視され

			息場面積(WUA)を計算し、評価		ている。
4. Habitat Evaluation Procedure (HEP)	野生動物の生息地の評価、ミテイゲーション	野生動物の生息に関わる様々な要因(植生、密度、種組成等)	生息地の質x空間量x時間量の3次元視点から数量化した累積的HU(Habitat Unit)で表現	すべての土地は生息地として価値を有し、その価値は一つの数値で表現が可能という仮説にもとづく。すべての生態系に適用可。生息地の質を数値化する habitat suitability index (HSI)に用いられる種が評価の対象	種間関係が考慮されていない。種選定が困難。既存のSIモデルがない場合は、膨大な調査が必要。SI値の算出過程で、専門家の主観的判断に依存しがち。
5. Hydrogeometric Approach (HGM)	湿地の機能評価、ミテイゲーション	生物的要素(種の構成等)、物理的要素(地下水面の変動等)、地理的要素(地形や植生パッチの形状等)の変数	機能容量指数(FCI)=対象地のFCI/参照基準のFCI	同時に異なる湿地の比較、または代替案の比較が可能 一つの湿地の異なる時点での機能の比較も可能 機能またはそれを決定する変数は、場所や知見により柔軟な対応が可能 参照基準地の設定をのぞくと、HEPと類似	異なる気候帯、異なるクラスに属する湿地同士の比較ができない。日本のような狭い国では、同一気候帯・クラスでの参照基準地を決めることが困難。
6. Wetland Evaluation Technique (WET)	湿地の機能評価、ミテイゲーション	湿地が有する機能と人間が必要とする価値	各項目ごとの質問に高、中、低の評価で表現	生態学的、社会的に有用な機能について、各評価項目ごとにアンケート形式で回答を得る。	環境変化予測には適さず、現況評価のみで利用 アンケート形式であるため個人の

					主観に依存する。
7. Population Variability Analysis (PVA)	種の生存可能性の改善	種の絶滅リスク	与えられた生活史パラメータに基づき、個体数変動を多数回シミュレーションし、環境の変動などによって絶滅する確率を求める	絶滅を引き起こす要因をふまえて、個体群動態のモデル化、環境変化のシナリオによる解析、生活史の解析が特徴である。 複雑な長期間のシナリオの反復計算を可能にするソフトや地理情報システムに連結したソフト等を利用。 データの利用、収集の可能性、種または個体群の生活史的特徴を考慮して分析	調査、パラメータの設定などに、長期的な調査期間を要する
8. ニューラルネットワーク	曖昧性を含んだ生態系の評価	人間の神経細胞に相当する議事ニューロン、軸策、シナプスからなり、生態系のパターン認識や制御、最適化問題に至るまで、その解である非線形		きわめて大量のデータを取り込める 定量的なデータのみならず曖昧性を伴うデータの取り扱いもできる。 自己組織化能力により、コンピュータに学習すべきデータを十分に与えてやれば良く、問題を解決するためのプログラムを構築する必要はない。	ニューラルネットワークでシステムを構築するために、学習データとしての多くの現地調査データが必要。

		関数を近似			
9. 生態系モデル	環境変化に対応した生態系の変動を予測・評価	生態系の構造(種組成)と機能の変動	重回帰分析、主成分分析、エキスパートシステムなどにより、対象となる種、生態系の環境変化による変動を様々な因子をもとに予測。	単一種から地域生態系までが対象。 生活史、食物連鎖、物質代謝、気候変動、流動拡散など様々なモデルが開発されている。	対象地域の生態学的基礎情報の質的・量的な蓄積を必要とする

科学技術の未来を展望する戦略ワークショップ
ー持続可能な発展を目指す生態系・生物多様性研究開発戦略プログラムー
平成 17 年 7 月 CRDS-FY2005-WR-02
独立行政法人科学技術振興機構 研究開発戦略センター(井上グループ)
〒102-0084 東京都千代田区二番町 3 番地 麹町スクエア 3 階
TEL: 03-5214-7485 FAX: 03-5214-7385

Copy right ©2005 CRDS/JST

許可なく複写・複製することを禁じます。引用を行う際は、必ず出典を記述願います。
