

(案)

報告

生態学の展望



平成29年（2017年）〇月〇日

日本学術会議

統合生物学委員会

生態科学分科会

この報告は、日本学術会議統合生物学委員会生態科学分科会の審議結果を取りまとめ公表するものである。

日本学術会議統合生物学委員会
生態科学分科会

委員長	巖佐 庸	(第二部会員)	九州大学大学院理学研究院教授
副委員長	吉田丈人	(連携会員)	東京大学大学院総合文化研究科准教授
幹事	福井 学	(連携会員)	北海道大学低温科学研究所教授
幹事	半場祐子	(連携会員)	京都工芸繊維大学応用生物学部門教授
	帰山雅秀	(連携会員)	北海道大学国際連携機構国際教育研究センター特任教授
	粕谷英一	(連携会員)	九州大学大学院理学研究院准教授
	加藤 真	(連携会員)	京都大学人間・環境学研究科教授
	河田雅圭	(連携会員)	東北大学大学院生命科学研究科教授
	嶋田正和	(連携会員)	東京大学大学院総合文化研究科教授
	塩尻かおり	(連携会員)	龍谷大学農学部講師
	辻 和希	(連携会員)	琉球大学農学部亜熱帯農林環境科学科教授
	中静 透	(連携会員)	東北大学大学院生命科学研究科教授
	難波利幸	(連携会員)	大阪府立大学理学系研究科教授
	松本忠夫	(連携会員)	東京大学名誉教授
	鷺谷いづみ	(連携会員)	中央大学理工学部人間総合理工科教授
	中野伸一	(特任連携会員)	京都大学生態学研究センター長・教授

本報告の作成にあたり、以下の方々にご協力いただいた。

奥田 昇	総合地球環境科学研究所准教授
北島 薫	京都大学大学院農学研究科教授
佐竹暁子	九州大学大学院理学研究院准教授
東樹宏和	京都大学生態学研究センター准教授
三木 健	国立台湾大海洋科学科准教授
森長真一	日本大学生物資源科学部助教

本報告の作成にあたっては、以下の職員が事務を担当した。

事務局	中澤 貴生	参事官(審議第一担当)(平成27年3月まで)
	井上 示恩	参事官(審議第一担当)(平成29年3月まで)
	西澤 立志	参事官(審議第一担当)(平成29年4月から)
	渡邊 浩充	参事官(審議第一担当)付参事官補佐(平成28年12月まで)
	齋藤 實寿	参事官(審議第一担当)付参事官補佐(平成29年1月から)

藤本	紀代美	参事官（審議第一担当）付審議専門職（平成 27 年 3 月まで）
加藤	真二	参事官（審議第一担当）付審議専門職（平成 28 年 4 月まで）
山石	あや	参事官（審議第一担当）付審議専門職（平成 28 年 5 月から）

要 旨

1 作成の背景

日本でも世界でも環境問題の重要性が浸透し、環境負荷の少ない社会の実現は世界的潮流となりつつあり、その基礎科学として生態学の役割は増している。他方で、生態学は、生命科学や情報科学と結びついて、学術的にも大きく飛躍しようとしている。

生態科学分科会は、第22期と23期にかけて、日本の生態学の現状をレビューし、さらなる発展の障害となっている事項について検討を重ね、また急速に発展すべき研究分野についての議論を進めてきた。本報告を取りまとめるにあたって、関連学会に回覧してコメントを求め、日本生態学会仙台大会で公開シンポジウムを開き、意見集約した。

2 生態学の中で、今後急速に発展すべき分野

地球変化の科学としての生態学は、地球規模での危急課題の解決に貢献する必要がある。例えば、熱帯林などでの生態系保全と生物多様性保全、地球温暖化に伴う動植物の生息環境の急速な変化と絶滅率の増加、温暖化に伴う熱帯病の蔓延、二次的生態系である里山の持続的な環境利用と保全を熱帯地域に広げる取り組み、などである。現在、生物多様性と物質循環の大規模長期観測プロジェクトが先進諸国などで複数立ち上げられている。

生物多様性の創出とその役割を理解するには、生理学的観点と生態学的観点との統合が必要である。これまで分子生物学は、モデル生物を用いて実験室環境で生命現象の分子機構を明らかにしてきた。非モデル生物を用いて、複雑に変化する野外の自然環境において遺伝子の働きを調べることが、分子生物学の次のフロンティアになる。

大量のデータを得ることが、生態学的現象の理解を大きく進め、新しい研究分野を開拓する。ある生息地にいる多数個体について、個体を識別して空間的位置のデータを得ることで、資源利用の実態や種間の相互作用が分かる。画像解析、センサーの設置による情報収集、ゲノムデータからの個体数推定や群集情報などから、広い地域での個体数、分布、相互作用などのデータがリアルタイムに利用できるようになる。

3 社会への貢献

自然共生社会の実現に向けて、生物多様性、生態系の健全性、生態系サービスの状態を評価し、その変化の原因を探究することは生態学の課題である。社会-生態結合システムの理解は、生態学の今後の重要な研究テーマになる。

農学や医学において、生態学に基づいた新しい分野が急速に進展するだろう。抗生物質や農薬、化学肥料などは、人の生存と健康に貢献してきた。しかし、微生物の薬剤耐性は短時間で進化し、改良品種のモノカルチャーを基本とする農業は病虫害の発生に対し脆弱である。これらの問題に対処する上で、生態学の知識が活用されている。

初等中等教育におけるアクティブ・ラーニングの取り込みが検討されている。生態実習に生態学者のノウハウを活用してもらう体制を整える必要がある。科学技術立国を目指す日本の未来のためには、生徒に科学研究の面白さを実体験に基づいて伝えられる教員が必

須であり、研究遂行や論文執筆の経験をもつ教員が担当する事が望ましい。

4 研究費・研究体制

地球環境問題の解決には、気候分野、物質循環、生物多様性、人間的側面などが統合されたプロジェクトが必要との観点から、その枠組みとして Future Earth 計画が立てられた。持続可能な開発のために、学際研究を超えて、社会の多様なステークホルダーが研究の計画段階からアウトプットまでかかわる超学際研究に特色がある。

科学研究費の基盤 S や JST の CREST などの大規模な研究費や新学術研究領域については、生態学分野の採択数が少ない。中核となる生態学研究者の努力が必要である。地球規模の環境変動による生物への影響解明や将来予測には、長期間にわたる継続調査が非常に重要である。継続的調査に必要な経費を長期で支給される研究資金枠が必要である。

中核的研究機関である京都大学生態学研究センターおよび総合地球環境学研究所を、国内の研究ネットワーク拠点として維持するよう、生態学コミュニティは努力を継続する必要がある。将来、国立自然史博物館が実現する場合、フィールドサイトの併設が望ましい。

フィールド研究・教育施設では、公開実習などの教育やフィールド研究の基盤など、貴重な教育・研究の機会が提供されており、さらなる広報や研究・教育設備の充実が求められる。

5 若手研究者の育成

大学院生や若手研究者は、英語でのコミュニケーション力を格段に強化するとともに、相手の主張を取り込み建設的に反論したりしながら優れた結論を導く能力を高める必要がある。このために、研究室セミナーを英語で行ない、大学院在学中から国際会議等に参加させ、海外の研究室への長期滞在や日本の研究室への留学生受入れなどが望ましい。

地球環境問題に関する国際的な取組が進められているが、それに関わる人材の養成が日本では遅れている。国際的な舞台で自らの専門知識と経験を活かしながら議論を戦わせキャリアパスを得るような人材を発掘・育成する必要がある。

博士課程学生やポスドクは科学研究にとって不可欠の人材である。博士課程修了者やポスドク経験者が、そのキャリアを活かせる多様なキャリアパスが必要である。

6 生態学の認知度を高める努力

国民的・社会的なサポートがなければ、学問分野の持続的な研究活動は保証されない。生態学者は、生態学の重要性を広く浸透させる努力が必要である。

目 次

1	作成の背景	1
2	特に急速な進展が期待される生態学分野	2
(1)	地球環境変化の科学としての生態学	2
(2)	生命科学（分子生物学・生理学を中心とした）と生態学の融合	3
(3)	情報機器の導入と大規模データの扱い	3
3	社会への貢献	5
(1)	自然共生社会への貢献	5
(2)	応用科学としての生態学の未来	5
(3)	中等教育への貢献	6
4	研究体制と研究費	9
(1)	国際共同研究：Future Earth	9
(2)	研究費	9
(3)	中核研究機関	10
(4)	フィールド研究・教育施設	11
5	若手研究者の育成	12
(1)	英語での研究発表、討議、共同研究の推進能力	12
(2)	国際的意思決定場面で貢献できる人材の養成	12
(3)	若手生態学者のキャリアパスの開拓	13
6	生態学の認知度を高める努力	15
	<参考文献>	16
	<参考資料1> 動物行動学における多数個体についての同時的な情報取得の可能性について	17
	<参考資料2> 環境省・農水省・文科省などの生態学関連プロジェクト	19
	<参考資料3> 2014年度に開催された公開臨海・臨湖実習（コース数）	27
	<参考資料4> サンゴ礁研究拠点の必要性	28
	<参考資料5> 日本生態学会のキャリアパスに関する取り組み	30
	<参考資料6> 分科会審議経過	32

1 作成の背景

生態学は、個体やそれ以上のレベルでの生命現象に主な関心を寄せる生物学であり、大きく異なるスケールの現象を研究対象としている。さまざまな環境要因や社会的要因のもとにおこる個体の生理的反応や動物行動を理解する分野は、生理生態学や行動生態学である。動物や植物の集団について繁殖、死亡、移動分散などにより、生物の数の変動、存続、絶滅を理解するのは、個体群生態学である。ある地域に生息する多数の種の構成や多様性等を考え複数の種間の相互作用と共存のパターン、長時間の変遷を探る分野は、群集生態学である。そして生物だけでなく土壌や海流、気象といった物理的な環境を含めたシステムを理解しようとする生態系生態学がある。そのほか、対象とする生息地や生態系により、また生物の分類群により、またアプローチによって分けて〇〇生態学という名称が多数ある。

数十年前と比較して、生態学は大きく様変わりした。当時集団遺伝学者が取り組んでいた野外集団の遺伝的構成を理解する手段は、その後に発展した分子進化学や分子系統学とともに、生態学者の日々の研究の一部に組み入れられている。他方で進化生態学の勃興とともに、生物の形態や行動が、長い進化プロセスを経て形成された結果であることに着目した解析が極めて有効であることがはっきりし、野外での適応度を測定することが生態学の重要な研究テーマとなった。生態学は、動物行動学・集団遺伝学・進化学・分類学などとともに、「集団生物学」を構成している。

20 世紀後半に進展した分子生物学を基盤にした生物学の発展とともに、生態学でも分子生物学的手法が取りこまれた。遺伝マーカーを使用して野外集団の動態や繁殖成功を調べる研究は、生態学に定着した。現在は、種内の社会的相互作用や生物種間相互作用にかかわる遺伝子発現を調べ、遺伝子制御ネットワークを解析する研究が急速に進展している。このような共通性的一方で、生態学には、生物学や生命科学の他分野と比較したときに、いくつかの際立った特徴がある。

まず第 1 に、生態学は、フィールド科学としての側面をもつ。そのため実験室での研究や理論的研究の一方で、野外調査及び野外での様々なスケールの実験を行うことに特色がある。

第 2 に、地球科学との交流が重要なことがある。人間活動による地球環境の変化により森林等の生態系が失われたり、逆に生態系が環境変化を緩衝して押しとどめたり、生物の遠く離れた集団が交流することを理解しようとする、気象学や地球化学、土壌の形成や海流・大陸移動などを無視することはできない。

第 3 に、環境科学としての側面がある。20 世紀後半には人間活動が急速に自然を破壊し、気候変動を引きおこし、多くの生物種を滅ぼしていることが明らかになり、環境科学への一般社会の関心が高まった。人間の生存基盤である食料、水、住環境などを供給しているものが究極のところ生態系であり、経済活動もこれらの資源に大きく依存していることが改めて意識されるようになり、野生動植物の種及び生態系の保全に関心が寄せられた。生物多様性の語のもとに生物進化の本質が意識され、それらの現象を理解し生物的自然を管

理するための基礎科学として生態学が注目を集めるようになった。

第4に、数理科学と緊密な関連をもっている。生態学においては、数学にもとづくモデルが分野の基礎をなし、数学や統計学、情報科学、コンピュータシミュレーションなどの理論的研究の役割がよく確立している。

生態科学分科会は、第22期と23期にかけて、日本の生態学の現状をレビューし、さらなる発展の障害となっている事項について検討を重ね、急速に発展すべき研究分野についての議論を進めてきた。本報告をとりまとめるにあたり、関連学会にも回覧してコメントを求め、日本生態学会仙台大会で公開シンポジウムを開き、意見を集約してきた。とくに注目すべきものとして、急速な進展が期待される研究分野、社会への貢献、研究体制と研究費、若手研究者の育成、に焦点をあてる。

2 特に急速な進展が期待される生態学分野

(1) 地球環境変化の科学としての生態学

生態学は、地球規模での危急の課題の解決に貢献する必要がある。例えば、熱帯林などの生態系保全と生物多様性保全、地球温暖化に伴う動植物の生息環境の急速な変化と絶滅率の増加、温暖化に伴う熱帯病の蔓延、二次的生態系である里山の持続的な環境利用と保全の取り組みを熱帯地域に広げる取り組み、などである。後にある「3(1)自然共生社会への貢献」、「4(1)国際共同研究:Future Earth」、「4(2)研究費」を参照されたい。

地球環境変化の科学としての生態学には理論面からの貢献も必要である。たとえば地球環境変化が、生物間相互作用への影響を通して生態系に及ぼす波及効果についての研究がその1例である。環境変動の結果、形質の平均値の変化の他に季節性のシフトも起こる。環境要因とフェノロジー（生物季節）のミスマッチは集中的に議論されてきたが、加えて環境変動の激化による変動の振幅増大と生物の絶滅との関連を明らかにすることも重要である。

生態学と地球科学の接点は、物質とエネルギーの循環を研究する生態系生態学、広域的生物多様性のパターンを研究するメタ群集生態学、過去の生物の生態を研究する古生態学などでは従来から存在した。現在、持続可能性への危惧から、生物多様性と物質循環の大規模長期観測プロジェクトが先進諸国などで複数立ち上げられ¹、多地点で同一方法による大量のデータを集積する仕組みが構築されつつある。これにより温暖化などの地球規模の環境変動に対し生物がどう反応し、またいかなる生物-環境間のフィードバックが生じるのか実データに裏付けられた研究が展開可能になる。地球科学に生物の役割を明示的に入れることで、人類の活動の持続可能性がより良く評価できる。

(2) 生命科学（分子生物学、生理学を中心とした）と生態学の融合

生態学の知のフロンティアの一つは、どのようにして生物多様性がつくられたのか、

¹ 例えば、米国ではNational Ecological observation network (NEON)とLong-Term Ecological Research Network (LTER)が、欧州ではEuropean Environmental Information and Observation Network (EIONET)が、中国ではChinese Ecological Research Network (CERN)やNationwide Environmental Observation Networkが、進行している。

生物多様性はどのような生物学的現象をもたらすのか、である。これは生態学だけでは解決できず、生物学のさまざまな分野からの知を総動員することが必要である。これまで生物学の中で細分化されたそれぞれの分野において、詳細な理解が進められてきたが、それは断片的であり、統合化された理解には至っていない。生物個体の内側を扱い、生物進化の分子的メカニズムや生物進化の制約などを明らかにする生理学的観点と、生物進化を動かす選択や適応などを理解する生態学的観点とが、相互に協力することによって、生物多様性の統合的な理解が飛躍的に進むと期待される。

生理学的観点と生態学的観点を組み合わせる新しい研究アプローチが、近年進みつつある。エコゲノミクスは、生態学的な現象を、ゲノムや遺伝子から理解し、表現型と遺伝子をつなげようとしている。とくに進化生態学、機能生態学、生理生態学、発生生態学などの分野で現在爆発的に研究が進みつつある。これは次世代シーケンシングなど実験技術の発達によるところが大きい。

非モデル生物（生物の普遍的な基本原理の研究対象となってきたモデル生物ではない生物で、生物の多様性の研究対象となる生物）が示す多様な性質の分子レベルの発現基盤が現在続々と明らかになりつつあり、競争存在下の共存、多様性の進化、性、社会行動、共生などこれまで生態学者が扱ってきた複雑な現象の裏にある、生物体内のメカニズムが理解できるようになった。将来には、個体群・群集・生態系まで遺伝子レベルからメカニズムにもとづいて理解できることに期待したい。

モデル生物を用いた研究はこれまで飛躍的に進み、実験環境で見られる生命現象の多くの分子メカニズムが明らかになってきた。しかし、制御された実験環境下でみられる現象が、複雑に変化する野外の自然環境においてもそのまま成立するかどうかは、まだほとんどわかっていない。現在、一部の分子生物学者は、野外で遺伝子の働きを調べることが次のフロンティアになることに気づき始めている。そうした研究によって、遺伝子情報やその複雑な制御関係の中で、自然条件で生き抜くためにどの因子が重要なのか知ることが可能になり、大量の情報が蓄積する分子生物学の研究成果を節約的な視点から眺めることができる。生態学では当たり前のフィールド研究自体が、遺伝子を対象とした研究にとって新しく大きな意義があるようになった。

生命科学と生態学との間のギャップを埋める1つの道は、生態学として進化・表現型可塑性・エピジェネティクスの視点に注目した研究にある。たとえば、①生態・進化協同作用の個体群動態の基礎研究、②迅速な進化に関わる形質の適応変化のエピジェネティクス、③形質変化に関わる遺伝子発現の調節のバイオインフォマティクス、などの研究テーマが考えられる。

(3) 情報機器の導入と大規模データの扱い

大量のデータを得ることが、現象の理解を大きく進めるだけでなく、新しい分野をも開拓することは、ゲノム情報やいわゆるビッグデータなどのいくつかの例でも示されている。生態学と関連する分野でも、大量のデータが得られているケースが増えている。

たとえば動物行動学については、ある生息地にいる多くの個体について、個体を識別して空間的な位置のデータを得ることは、資源利用の実態や種間の相互作用を知る新しい手法になる。そのためには技術的な面で改善を行う必要がある（参考資料1）。

現在、様々な領域で、ビッグデータの活用技術の必要性が指摘されている。ビッグデータとは、単に大量のデータというだけではなく、データベースなどの構造化されているデータとウェブなどに散在しているデータ、また、センサーなどでリアルタイムに蓄積されているデータなどを総合したデータのことである。これらのデータの活用は、生態学の様々な分野において革新をもたらす可能性がある。現在、生物多様性の情報蓄積として、各種のデータベースなどが整備されつつある。

たとえば、フィールドワークによる個体数調査や分布調査などは、リアルタイムに広大な地域で実施することは不可能である。しかし、画像解析、様々なセンサーの設置による情報収集、収集されたゲノムデータからの個体数推定（現在と過去の個体数推定が可能）、メタゲノムデータからの群集情報、ウェブ上の生物情報などから、広い地域での個体数、分布、相互作用など様々なデータがリアルタイムに利用できる状況になる可能性がある。さらに、今後蓄積される可能性のある次世代シーケンサーによるゲノム、発現量、メチル化などのエピジェネティクスデータと環境データの組み合わせから、生物の環境に対する適応機構などをさぐることも可能になるだろう。

生態学において、ビッグデータの推進に関連した重要課題としては、次のようなものがある。①多様な生物に関する情報を収集するデータベースの統合・推進。②様々なセンサー（映像や音、環境データ、バイオリギング（超小型の電子機器を動物の体に取り付け行動を計測する手法）など）の配備の推進、データの収集技術の整備（たとえば、熱帯多雨林に多数の画像センサーを設置し、生物多様性解析を行うなど）。③各種のデータ（生物、気候、環境物質、農業、林業、漁業、ゲノム、メタボローム、エピジェネティクスなど）の蓄積と相互利用の活用法の推進。④学術論文内のデータ、情報を検索・収集できるテキストマイニング技術の推進。⑥収集したデータの可視化・解析技術の促進。

3 社会への貢献

(1) 自然共生社会への貢献

「社会のための生態学」が目指すものとしては、まず、持続可能な社会の構築に不可欠な自然共生社会の実現に対する貢献がある。生物多様性・生態系の健全性・生態系サービス（生態系や生物多様性が人間にもたらす恵み）の状態を評価し、その変化の原因を探究することは生態学の課題である。しかし生物多様性の多くの問題は、どのように施策をすれば問題が解決できるかを知るだけでは不十分であり、それが社会の中で実行され、実際に解決につながるかどうか重要である。それを社会科学の問題として生態学から切り離すことはできない。顧みれば、多くの生態系は、人間の社会経済システムと密接に関係しながら互いに強い影響を与え合って形成されてきた。このような社会－生態システムの理解が、生態学の今後の重要な研究テーマである。合意形成プロセスの研究は、人々の協力維持に関する進化生態学の研究と深く関連しており、その意味でも社会科学と生態学の距離は近い。また、社会からの生態学に対する期待に応えるためには、既存の生態学を超えて、超学際的（transdisciplinary）なアプローチが必要という意見もある。それは、教育活動を通じた生態学の普及、問題解決のために生態学を活用する応用科学、また市民が参加する市民科学などを超えて、社会の多様なステークホルダーと新しい知を共創するものである。

(2) 応用科学としての生態学の未来

農学や医学において、生態学に基づいた新しい分野が急速に進展する可能性がある。抗生物質や農薬、化学肥料といった医療・化学工業上の革新は、20 世紀を通じて人の生存と健康に貢献してきた。しかし、膨大な個体数と短い世代時間、加えて強い淘汰圧によって、微生物の薬剤耐性は短時間で進化する。医薬品や農薬の安全性評価・認可までにかかる時間は、微生物の耐性進化よりもはるかに長い。農業を例にとれば、改良品種のモノカルチャー（単一品種の作物を栽培すること）を基本とする農地は、病虫害の発生に対して脆弱であり、近年も新たな真菌系統が世界の小麦生産を脅かしつつある。

他方で、現代農業は、その生産に大量の化石燃料を消費する窒素肥料と、埋蔵量の大半がモロッコと西サハラに集中するリン鉱石[1]を用いたリン肥料の供給に依存している。海を越えた資源が大量に農地に流入することで、地球レベルでの物質循環に歪みが生じている。また、化学肥料の使用を続けた場合、本来は植物に対して相利共生的である菌根菌が寄生的に進化し、農地全体で微生物が果たす機能が低下してしまう恐れがある[2]。

こうした問題に対処する上で鍵となるのが、システムとしての生態系の挙動であり、多様な生物種が安定的なシステム（生物群集・生態系）を構成する基本原理を追求してきた生態学が、主導的な役割を果たすことが期待される。薬剤耐性菌の進化や拡大を抑制する輸送・都市システムの設計については、進化生態学が現在でも貢献している。また、農地生態系の管理において、農薬散布が病虫害の天敵個体群を絶滅させることによって誘導多発生（リサージェンス）が生じることや、種多様性・遺伝的多様性が作物収量を向上さ

せるしくみが明らかになってきた。さらには、さまざまな新興感染症や食品衛生など医学を含む公衆衛生、水産資源や森林資源の持続的な管理、農作物への獣害対策など、多くの医学・農学分野で生態学の知識が活用され、さらなる貢献が求められている。今後、医学・農学上の課題解決において生態学が果たす領域はますます広がると期待される。

(3) 中等教育への貢献

中学の理科第二分野、高等学校の生物では、2012～2013年に学習指導要領が改訂され、大きく現代化した。高校での『生物基礎』（高校1年生約95万人〔全体の約90%〕が履修する）では、分子生物学が大きく解説されることになったが、他方で「生物の共通性と多様性」の単元を教科書の冒頭に置く指定があり、多様な生物の持つ共通性は共通祖先に起源するという進化系統の思考を学ぶ。また「生物の多様性と生態系」では、里山や干潟の保全など「生態系の保全の重要性を認識すること」と、指導要領に書き込まれている。

高校2～3年生が学ぶ『生物』（選択）では、遺伝子発現とその調節に焦点が当たり、発生の単元も分子生物学による遺伝子の発現とその生産物であるタンパク質の働きが詳しく解説される。それとともに、生態の単元では、伝統的な生物間相互作用、個体群、生物群集だけでなく、集団の絶滅リスクや絶滅促進要因などが取り上げられている。同様に、進化の単元も、分子系統樹が前面に出てきて、総合説と中立説の2つの理論的支柱を解説することになった。

このように、高校から大学教養課程への接続は急速に実現できた。今回の学習指導要領の改訂は、生物科学の教育にとって望ましい方向へのものであったが、将来のために、どのような問題点があるかを検討し始めることが必要である。例えば、現場の教師は、生徒実験ができにくくなったとの戸惑いがある。そこで、生態学の実習・実験を高校生物に取り入れることを提案したい。分子生物学の実験とは異なり、生態学の実習・実験は、アイデア如何では比較的容易に実施できる。例えば、10分ほどで野外の季節ごとの絶滅危惧植物を見せて解説するだけで、身近な生き物を多くの生徒に気づかせることができる。

「生物基礎」のバイオームの単元では、落葉樹と照葉樹の葉を集めさせ、生息地域の平均気温と平均降水量を調べ、植物の適応を理解させることもできる。日本生態学会生態学教育専門委員会では、「生態教育支援データベース」²を構築しており、生態学教育に使える実習資料や写真が掲載され始めている。近い将来の重要な案件として、文部科学省は、2014年（平成26年）11月20日に中教審に対して、「初等中等教育における教育課程の基準等の在り方について」の諮問を公表した。この中心が、初等中等教育におけるアクティブ・ラーニングである。アクティブ・ラーニングとは、教員による従来の一方向的な知識伝達型の講義形式の教育とは異なり、学修者の能動的な学修への参加を取り入れた教授・学習法の総称である。学修者（児童・生徒・学生）が能動的に学修することによって、認知的、倫理的、社会的能力、教養、知識、経験を含めた汎用的能力の育成を図る。発見学習、問題解決学習、体験学習、調査学習等が含まれるが、教室内でのグループ・ディス

² (<http://www.esj.ne.jp/education/db/index.php>)

カッション、ディベート、グループ・ワーク等も有効なアクティブ・ラーニングの方法である。一般的特徴として、①学生は、授業を聴く以上の関わりをしていること、②情報の伝達より学生のスキルの育成に重きが置かれていること、③学生は高次の思考（分析、総合、評価）に関わっていること、④学生は活動（例：読む、議論する、書く）に関与していること、⑤学生が自分自身の態度や価値観を探究することに重きが置かれていること、⑥認知プロセスの外化（問題解決のために知識を使ったり、人に話したり書いたり発表すること）を伴うこと、が挙げられる。

生態学の学習内容では、高額の実験設備がなくても、生物の室内授業中に季節にあった生物試料を観察したり、校庭や身近なフィールドでの動植物を使った野外実習を実施したりすることが可能であり、アクティブ・ラーニングが比較的容易に実施できる。生態学は、野外観察等により教育実践活動の中に先端研究の内容を取り込むことが可能な分野である。生態実習にあまり経験のない教師にも生態学者のノウハウを活用してもらう体制を整える必要がある。そのため、上述した生態実習の教材などをデータベース化した「生態教育支援データベース」に、多くの教材資料を投稿してより充実させることも一案である。

また、2015年（平成27年）8月5日付で公表された中教審による次期学習指導要領の答申素案では、高校の授業に、数学と理科を統合した「数理探求」を選択科目として新設する案が盛り込まれている。従来の物理・化学・生物・地学の4科目の上に、選択科目として「数理探究」を置き、「数理横断的なテーマに徹底的に向き合い考え抜く力を育成する」と明記された。このことは、文部科学省が指定し先進的な理数教育を行う「スーパー・サイエンス・ハイスクール（SSH）」での授業内容をモデルに、高度な思考力を培う試みとなると予想される。大学・大学院における生態学の専門研究では、伝統的に数理生態学が1分野を形成してきた。進化分野での集団遺伝学や細胞生物学のシステム生物学などと連携して、大学の数理生物学の内容をもとに高校教育に使えるように工夫し、生物分野の数理的・理論的扱いを担うことで、「数理探究」の科目への教育的貢献が可能となるだろう。そのために、生態科学分科会や進化学分科会などが連携して、中等教育向けの「数理探究―数理生物編」といった平易な教科書・参考書を編纂することも一案である。

中等教育における生態学教育を充実させるには、生態学をしっかりと学び研究した理科教師の養成が重要となる。そのため、修士課程で生態学を研究した経験のある若手が中等教育の学校に職を得ることが一案である。中等教育に職を得た若手に、生態学専門の学協会がアウトリーチ活動の一環として教育支援できる体制を早急に構築する事が望ましい。

小学校の生活科・理科において、身近な自然を理解する取り組みは重視されており、小学校の教員養成課程において、生活科・理科の関連科目を地域の自然への理解が深い生態学研究者が担うことは、教員養成の観点からも重要である。さらに中高理科の生物分野においても、生物個体全体を包括的に取り扱う内容が多いため、これらの科目の指導にお

いても生態学研究者は適している。

中等教育の理科は、研究遂行や論文執筆の経験をもつ教員が担当することが必要である。ところが現状では、教職課程の大学生・大学院生が生物学の先端的な研究の現場を体験できる機会はほとんどなくなりつつある。文科省主導で行われた大学のミッション再定義を受け、理科教育課程における卒論研究だけでなく修士論文テーマも教育実践につながるものに特化するカリキュラムの改革案が議論されている。それが実施されると、教職課程の学生や院生が生態学の最前線に触れる機会や、科学に対する深い理解へのモチベーションを奪うことになる。これは、ひいては、生徒に科学研究の面白さを実体験に基づいて伝えられる教員の不在を招き、生徒の理科離れを引き起こし、科学技術立国を目指す我が国の未来を暗くするものであるため、常に先端科学と中等教育とを連携させるしくみを充実させることを、科学教育政策の支柱に据える必要がある。例えば、後にある「4(3)中核的研究機関」や「4(4) フィールド研究・教育施設」とも関連して、先端的な研究機関や研究施設において、生態・自然史に関する教育機会を中等教育の生徒に提供することや、中等教育の教員がフィールド研究を学ぶようなリカレント教育の機会提供などが一案である。

4 研究体制と研究費

(1) 国際共同研究 : Future Earth

国際科学会議 (ICSU) の国際共同研究プログラムとして、気候分野では 1979 年に世界気候研究計画 (WCRP) が、生態学に関係する分野では、1990 年に地球圏・生物圏国際協同研究計画 (IGBP) が、1991 年に国際生物多様性科学国際共同研究計画 (DIVERSITAS) が、さらに人間的側面として 1996 年に地球環境変化の人間的側面国際研究計画 (IHDP) が設立されてきた。2000 年までは、こうしたプログラムが独立に研究を行ってきたが、地球環境問題としてはこれらが相互に関係するのは明白であるし、その解決を考えると単独分野の提言は有効性が低い。そのため、2001 年に地球システム科学パートナーシップ (ESSP) という枠組みが、WCRP、IGBP、DIVERSITAS、IHDP を横断する形で結成された。具体的な横断プログラムとして、全球炭素計画 (GCP)、全球水システム計画 (GWSP)、地球環境変化と食糧システム計画 (GECAPS)、地球環境変化と健康計画 (GECHH) などが動いてきた。しかし、その後 10 年間を経過して、加速化する地球環境問題の解決に対して、より有効な枠組みが必要とされるようになった。それが Future Earth 計画である。

Future Earth は、国際科学会議 (ICSU)、国際社会科学協議会 (ISSC)、国連環境計画 (UNEP)、国連大学 (UNU)、国連教育科学文化機関 (UNESCO)、国際研究資金配分機関 (IGFA)、ベルモントフォーラム (BF) の 7 つのアライアンスの連携で進めている統合的地球環境研究プログラムである。前述のさまざまな地球環境研究が統合されると同時に、持続可能な社会に関する目標 (持続可能な開発目標、Sustainable Development Goals (SDGs)) に貢献しようという目的がある。こうした目的のために、これまでの学際 (interdisciplinary) 研究の枠組みを超えて、研究者コミュニティ以外のステークホルダー (政策・行政担当者、経済界、各種 NGO/NPO メディアなど) が研究の計画段階からアウトプットまでかかわるという、協働・共創 (co-design/co-production) による超学際 (transdisciplinary) 研究という点にその特色がある。2014 年に世界に 5 か所ある国際本部事務局の一つを東京大学が、アジア地域事務局を総合地球環境学研究所が担当することが決定された。すでに戦略的研究アジェンダ (SRA) が発表されており、いくつかのフィージビリティ研究が開始されている。

生態学がこれまで中心的な学問分野として扱ってきた生物多様性や生態系に関する問題は、人間生活に必須な要素をたくさん含んでおり、地球システムの持続性を考えるうえで最も重要な問題の一つとして注目されている。生態学と他の研究分野との学際性を高めると同時に、ステークホルダーとの協働・共創をすすめ、Future Earth や SDGs に関わる研究を生態学分野から積極的に提案してゆく必要がある。

(2) 研究費

生態学研究のための研究費については、科学研究費の基盤 A、B や C のような中小規模の科学研究費補助金は、他分野と同様に支給されている。また、応用生態学のプロジェクトについては、環境省や農林水産省からの研究費にもサポートされている。これら

の省庁の生態学関連プロジェクトについては、参考資料2を参照されたい。

ただし、科学研究費補助金の基盤SやJSTのCRESTにあたるような大規模な研究費、さらに新学術研究領域については、生態学分野の採択数が少ない。このことは、日本の生態学分野での大規模研究の進展を阻むものであり、他国と比較したときに、大きな研究プロジェクトでの成果があげられない理由となっている。中核となる生態学研究者には、自らが中心となってこれらの大規模な研究費を獲得し、日本の生態学の牽引役を果たすことが望まれる。

生態学は、対象とする生物のライフスパンや環境の季節性のため、研究期間が長い。また予測できない気象変化により、目的とするデータがとれない可能性がある。加えて、長期間にわたる継続調査は、地球規模の環境変動による生物への影響を明らかにし、将来の予測をするうえで非常に重要であり、それは生態学がもつ使命の1つでもある。長期の研究期間を有する継続的な研究が、新しい重大な発見を導く可能性が高い。ところが、現在の競争的研究費における研究期間は、多くが3年で長くて5年であり、継続的調査のサポートが困難である。そのため、継続的調査に必要な経費を長期で支給するような新たな研究資金枠が必要である。

(3) 中核的研究機関

日本には、国立の生態学研究所がない。しかし、国立生態学研究所の実現に向けた長年の努力の結果として、京都大学生態学研究センター、および、総合地球環境学研究所が実現した。特に前者は、全国共同利用施設として機能し、生態学が取り組むべき分野横断的研究課題の推進に努力してきた[3]。後者は、人文社会科学と自然科学の諸分野が参加する共同研究を7年といった有期のプロジェクトとして交代で走らせるものであるために、生態学の研究機関として経常的に機能するには限界がある。これまで、日本生態学会を中心とする日本の生態学者コミュニティは、これら2つの研究機関を、国内の研究ネットワークの拠点として維持するように継続的に努力してきた。今後ともその努力を続けることが必要である。

加えて、大型研究費・プロジェクトや国際共同研究を進める核を確保するためには、安定して運営される機関の存在が不可欠であり、競争的資金によって運営を維持するのは困難である。韓国は、大規模な国立生態学研究所を2012年に新設したが、国立大学の教員数を削減し続けている日本にその力がないとするならば、せめて京都大学の生態学研究センターを、生態学の中心研究機関として機能するように充実させることが必要である。

また、もし恒久的な自然史博物館がつくれる機会があるならば、以下のことを考えるべきである。たとえばアメリカ合衆国の多数の博物館を擁するスミソニアン協会は、パナマのバロコロラド島に、恒久的な森林フィールドサイトを運営し、スミソニアンの多数の研究者に加え、他国の研究者も使用でき、熱帯林研究の中心となってきた。このことで全世界の研究者が長期の研究にたずさわり、また大学院生の教育に使用されるサイトとなっ

ている。加えて、一般市民への生態学の教育・普及の活動を行う専門家を養成することものぞましい。さらには、生態学や生物多様性の研究に必要な資料を保管する設備が必要である。これらの実現に向けて努力することが、日本の将来の社会への重要な貢献になる。自然史博物館の重要性については、2016年5月17日に発出された提言「国立自然史博物館設立の必要性」でも指摘されており、参照されたい[4]。

(4) フィールド研究・教育施設

2010年から2011年にかけて、生態科学分科会は、「国立大学のフィールド研究・教育施設における研究・教育の現状」というアンケート調査を行なった。それをもとにした議論を重ね、「生物多様性の研究・教育に資する大学フィールド施設の維持とネットワーク化にむけて」と題する提言を2011年9月26日に発出した[5]。日本列島の生物多様性の解明に大きな貢献をしてきたのは、日本列島各地に存在する国立大学等の多くの演習林、あるいは臨海実験所などのフィールド研究・教育施設であるという認識に立って、①大学フィールド施設の重要性と活用、②共同利用施設としてのフィールド施設のネットワーク化、③フィールド施設の震災復興、を提言したものである。

提言が出された前後、文部科学省は、平成20年度には各大学の附置研・センターに対して共同利用・共同研究拠点の制度を、平成21年度にはフィールド教育研究施設に対して教育関係共同利用拠点の制度をそれぞれ設け、募集を開始した。前者ではいくつかの臨海実験所が、後者ではほとんどの臨海実験所が拠点として認定された[6]。その結果、例えば2014年度には、国立大学法人の20の臨海・臨湖実験所で42コースの公開実習が開催されている（参考資料3）。これらの公開実習は、海洋生物学・分類学・生態学・発生学・進化学・環境科学などを学ぼうとする学生にとって、きわめて貴重な教育機会を提供していると言える。しかし、これらの公開実習の参加者は必ずしも多くなく、公開実習の宣伝・周知や、フィールド調査の魅力の紹介など、さらなる工夫が必要である。また、前回の提言には加えられていなかったが、同様の問題が大学付置の植物園にもあることには注意する必要がある。

さらに、日本にとってサンゴ礁生態系の研究は非常に重要であるが、現在、琉球列島のサンゴ礁生態系にある大学法人の臨海実験所では研究体制が不十分である。そのため、国立のサンゴ礁研究拠点を琉球列島に設立する必要がある。そのことについては参考資料4に取りまとめた。

5 若手研究者の育成

(1) 英語での研究発表、討議、共同研究の推進能力

日本の生態学にかかわる大学院生や若手研究者がもつ英文の論文執筆能力は、以前に比べて格段に改善されてきた。インパクトファクターなどで高く評価されるジャーナルに、積極的に研究論文を掲載する努力がなされるようになった。しかしながら、国際的な研究交流をすすめる、生態学の国際的な研究者コミュニティに貢献する必要性を考えると、コミュニケーションの力は十分とは言えない。単に英語の語学力だけでなく、意見を分かりやすく述べることと、相手の主張を取り込んだり建設的に反論したりしながら優れた結論にいたるように議論を活発化させる能力が重要である。

口頭発表や論文執筆でも、自らの研究の意義について明確に話す必要がある。聴衆の背景をよく理解した上で、説得力をもって説明することに、特に欧米の研究者は多大な努力を払っている。日本の生態学者はその発表スキルについて学ぶことが重要だろう。

研究者を目指す大学院生に対しては、英語での発表や議論の能力の必要性を周知させる必要がある。研究室での研究発表や質疑をできるだけ英語で行うこと、大学院在学中の初期から国際会議等に参加して国際交流を行うことなどを、研究指導者が心がけることが必要である。さらに海外の研究室に数カ月を超えて長期に滞在する機会を与えることや、日本の研究室に留学生を受け入れることも望ましい。生命科学関連の多数の学会が行っているように、学会の研究発表についても英語による発表や意見交換を行うことが望ましい。大学や大学院の講義は、一方的に講演を聴くだけでなく、議論を通じてより深い認識に至る能力を身につけるよう工夫が必要である。

国際的な生態学の若手研究者の交流組織International Network of Next Generation Ecologists³などもあり、日本の生態学者も参加することが望ましい。さらには、生態学をこえて多様な学術分野での若手研究者の交流に、生態学からも参加することが望ましく、例えば、国内では日本学術会議若手アカデミーが運営する「若手研究者ネットワーク」などがあり、国際的にはGlobal Young Academyなどがある。

(2) 国際的な意思決定場面で貢献できる人材の養成

各種の国際会議等での意思決定における日本人研究者の役割について大きな課題がある。20世紀末以降、国際的にさまざまなNPO・NGOやプロジェクトが立ち上がり、国際レベルでの地球環境問題に関する取組が進められてきた。しかし、これらの国際組織に関与する人材の養成が日本では大幅に遅れており、国際的に生物多様性の問題を議論する場において日本人が意思決定に関わる機会がほとんど得られていない。近年、研究者の社会的役割は拡大し、特に国際的な意思決定に関わる際に専門的知識と経験を有する研究者への期待が高まっている。従来、欧米諸国等の比較的英語の語学力が高い国々の研究者が、国際的な意思決定において主な役割を担ってきており、これらの国々の国益にも少なからず影響してき

³ (<http://innge.net/>)

た。これに気付いたアジアの新興国では、国際的な意思決定に関わる能力を有する人材の養成に力を入れるようになった。

日本の生態学でも、研究者のキャリアパスに留まらず、国際的な舞台で自らの専門知識と経験を活かしながら議論を戦わせ、国際的組織やプログラムなどへのキャリアパスを得るような人材を発掘・育成する必要がある。

(3) 若手生態学者のキャリアパスの開拓

人材育成、とくに若手研究者の育成は、生態学においても重要課題である。博士号を取得した若手研究者の就職は厳しい状況が続いており[7]、生物科学系では問題はとりわけ深刻である[8]。博士研究員は任期付であるだけでなく、低い収入や不明確な労働条件など、待遇が不安定であることが多い。このため、博士課程への進学者数は年々減少し、減少率は中小規模の大学において著しい。人材不足や、研究者が研究活動にかかる時間の減少（組織や研究プロジェクトの運営・管理にかかる時間の増加）は、2000年以降の研究論文出版数の伸び悩みに見られる日本全体の研究活動の低下をもたらしている。

将来の見通しがあるキャリアパスの創出や研究ポストの増加が必要である[9]。また、若手世代から中堅・シニア世代へつながるキャリアパスを整備することには、学協会や研究機関からの支援が必要である。他方で、大学院生の研究意欲や研究能力そのものを向上させることも、学術の将来を担う人材の育成にとって、重要である。

生態学を学び育っていく大学院生は、生態学の知識や技術に加えて、分子生物学などの知識や幅広い研究技術も同時に身につけるのが、キャリア形成において重要である。例えば、分子生物学の技術を使った分子系統解析や分子集団遺伝学、RNAseq や GWAS などのバイオインフォマティクス、GLM や階層ベイズなどの新しい統計解析、数理モデルと数値計算などの研究技術を学ぶ大学院生の例もある。

日本生態学会は、学生会員が学会員のおよそ 25%（約 1000 人）を占め、若手研究者の活動が活発な学会である。生態学を修めた若手研究者は高度な技能と知識を持った有能な人材であり、学术界だけでなく様々な分野で活躍できる可能性を持っている。実際、修士までで大学を修了した学会員の進路先はきわめて多様である[10]。しかし、そのような学会員が就職活動を行うにあたって、生態学を活かすことができる職種を見出せず、生態学とは直接関連がない進路を選ぶケースも多い。

日本生態学会は、若手研究者のキャリアパス問題に取り組んできた。日本生態学会キャリア支援専門委員会のウェブサイト⁴において、ここ数年のキャリアパス支援に関する取り組みが紹介されており、学会大会でのフォーラム開催や企業ブース設置等の取り組みとその課題がまとめられている。日本生態学会でのキャリアパスに関する取り組みは参考資料5を参照されたい。

政府の財政難と少子化による学生数の減少により、大学教員や国立研究機関の研究員などのアカデミックポジションの数は、日本国内では今後いっそう減少すると予想され

⁴ (http://www.esj.ne.jp/careersupport/crrsprt_index.html)

る[8]。一方で、博士課程学生やポスドクは、今や科学研究にとって不可欠の人材であり、博士課程に進学する学生の数がある程度確保することは、今後の日本の学術の質を保つためには必須である。博士課程修了後すぐ、あるいは数年間のポスドク期間を経た後に就くことができる、アカデミックポジション以外の魅力的なポジションがなくてはならない。学会におけるキャリア支援の可能性の一つとして、企業と連携し、インターンシップに若手会員を派遣することも一案である。

6 生態学の認知度を高める努力

日本でも世界でも、環境問題の重要性が浸透し、環境負荷の少ない社会の実現は世界的潮流となりつつあり、その基礎科学として生態学の役割は増している。他方で生態学は、生命科学や情報科学と結びついて学術的にも大きく飛躍しようとしている。しかし欧米に比較すると、日本においては、生態学研究の学術的および社会的な重要性が、社会での様々な立場の人々に対して十分にアピールできていない。生態学研究者は、日本の一般社会での生態学への理解や共感、自身が考えているよりも薄いことに気がつく必要がある。研究者自身がどんなに魅力的だと感じている学問分野であっても、国民的・社会的なサポートがなければ、持続的な研究活動は保証されない。生態学者は、生態学の重要性を浸透させる努力が必要である。

そのためには、生態学および関連学問分野の研究者は、より大きな研究者コミュニティや学際的な研究活動、社会活動の中でも役割を担うことで生態学の重要性を認識してもらう必要がある。長期的な視点に立って、生態学者の学問的な将来像とそれに基づいた日本の将来ビジョンを掲げていくことが必要である。そして、国際舞台で活躍する人材を輩出できるような研究・教育活動と、社会的に期待される役割を果たすことにより、国内的・国際的な信頼を得ることが必要である。

他の学問分野では、社会の認知度を高めるために、さまざまな努力がなされている。ある分野の学会では、様々な大学の研究室にライターがしばらく滞在し、研究がどのような環境で進められているのかを知り、出版を通じて、社会とその分野を繋げる努力をしている。別の分野でも、大型研究費で遂行された研究プロジェクトの多くでは、サイエンスライターの執筆による一般向けの書籍を出版している。科学コミュニケーションの努力は、生態学にとっても必要である。

<参考文献>

- [1] James Elser & Elena Bennett (2011) A broken biogeochemical cycle. *Nature* 478, 29–31.
- [2] Erik Verbruggen & E. Toby Kiers (2010) Evolutionary ecology of mycorrhizal functional diversity in agricultural systems. *Evolutionary Applications* 3, 547–560.
- [3] 文部科学省 共同利用・共同研究拠点期末評価結果（平成27年度実施）
<http://www.mext.go.jp/component/a_menu/science/detail/__icsFiles/afieldfile/2015/10/05/1362370_06.pdf>
- [4] 日本学術会議動物科学分科会・自然史財の保護と活用分科会・植物科学分科会・自然史・古生物学分科会、提言「国立自然史博物館設立の必要性」、2016年5月17日.
- [5] 日本学術会議生態科学分科会、提言「生物多様性の研究・教育に資する大学フィールド施設の維持とネットワーク化にむけて」、2011年9月26日.
- [6] 文部科学省 教育関係共同利用 認定拠点一覧
<http://www.mext.go.jp/a_menu/koutou/daigakukan/1360542.htm>
- [7] 日本学術会議我が国の研究力強化に資する研究人材雇用制度検討委員会、提言「我が国の研究力強化に資する若手研究人材雇用制度について」、2014年9月29日.
- [8] 生物科学学会連合ポスドク問題検討委員会、「生科連からの〈重要なお願い〉第二版」、2015年4月
<http://www.nacos.com/seikaren/pdf/2015/seikaren_postdoc_2.pdf>
- [9] 日本学術会議日本の展望委員会、提言「日本の展望-学術からの提言 2010」、2010年4月5日.
- [10] 日本生態学会キャリア支援専門委員会、生態学者の就職先に関するアンケート調査結果
<<http://www.esj.ne.jp/careersupport/2014careersurvey.html>>

＜参考資料 1＞動物行動学における多数個体についての同時的な情報取得の可能性について
(本文 2-(3) 情報機器の導入と大規模データの扱い：補足説明)

動物の空間的な位置や個体の行動については、なお、熟練したマンパワーに制約され、ほとんどの研究では小規模にとどまっている。動物の個体の空間的な位置やその行動は、ほとんどの場合に、研究者の肉眼や研究者が操作するビデオ機器での記録によっており、大量のデータを得ることには成功していない。また、電波を発信する標識が付けられている場合（ラジオテレメトリー）でも、標識を付けるためには動物を捕獲する必要がある、電波を発信する標識の価格ともあいまって、大量のデータを得られることはまれである。

もし、ある生息地にいる多くの個体について同時に、個体を識別して、個体の空間的な位置のデータが自動的に計測されて大量に得られれば、明らかにできることは個体の動きや行動圏にとどまらない。まず、個体数の推定は、生態学の多くの分野とその応用において必要になるが、標識再捕獲法を応用して、高精度で行えるようになる。植生の情報と合わせれば、資源利用の分析に役立つ。また、複数種で同時に記録することにより食うもの一食われるもののあいだや競争種間などの種間関係と群集構造の研究などにも、大きな影響を及ぼすと考えられる。さらに、行動のデータも得られれば、種内・種間の関係の両方において理解の進歩に大きく役立つと考えられる。個体の数やその動きは、長く生態学の中心的な対象であった。これらについて多数個体の同時的なデータが得られることは、個体数や行動圏、資源利用関数などの推定精度の大幅向上にとどまらず、新たな研究のテーマ設定を生み出す可能性がある。

大量のデータの自動的な取得には、いくつかの方向性がある。捕獲を要するとは言え、標識の価格の低下や軽量化、電池寿命の延長などがあれば、ラジオテレメトリーも 1 つの大きな可能性である。ここでは、すでに他の分野で使用が進んでおり、生物学でも実験室内や狭い範囲では適用例のある 2 つの方向性を考えてみる。

第 1 は、電波を発信せず近くから電波を受けたときに標識の個体情報を返す受動的な標識である。RFID がその代表例であり、物流や空間への人の出入りなどにおいてすでに広く利用されている。捕獲して標識を付ける必要はあるものの、標識に電池が不要であるため電池寿命が終わって使えなくなることがない、非常に軽量で小型、低価格という、多数個体に使うのに適した特徴がある。また、標識ごとに異なる ID を割り振りその ID を返させて、どの標識かを識別する情報が得られるのも長所である。一方では、有効な受信距離が非常に短く、電波を発信するものと標識が非常に近いときにしか使えないという問題点がある。電波を出す点を大量に配置するか、有効な受信可能距離が大きくなることが課題となる。

もう 1 つの方向性は、画像解析によるものである。たとえば、調査地全体が常時動画撮影されているような状況であれば、もし個体の形態や動き等の特徴から個体が識別されれば、個体ごとの位置や動きのデータが得られることになる。画像を取得するハードウェ

ア的には大きく2つの場合が考えられる。1つは高密度にカメラを配置するもので、これはたとえば、大量に防犯カメラが設置されて切れ目なく個体が録画されているといったものにあたる。もう1つは、全体を見渡せる位置から比較的少数のカメラで記録するものである。こちらの方がカメラに要求される光学的性能が高い。また、調査地の植生などによっては、全体を見渡せる位置がとれない場合がある。いずれの場合においてもこの方向性では、画像から個体を識別することが課題となる。実験室内では動画から動物の複数個体を識別して位置を記録することは、条件によっては可能になっている。野外でも、動画による連続的な記録ではないが、画像により個体を識別する研究例やソフトウェアは最近増加している。また、ヒトの個体の識別などでは、最近、スケールの変化や回転（向き）などに対して頑健な Scale Invariant Feature Transform（略して SIFT、Lowe, 2004）などの画像解析のアルゴリズムによるものが増えている。

2つの方向性は、人間を対象として、あるいは生物学において、すでに端緒的ではあるが利用されており、今後、実際のデータ収集の場面を大きく変える潜在力を持っていると思う。ここでは、ラジオテレメトリーに加えて、2つの方向性を考えたが、もちろんそれらに限定する必要はない。

参考文献

Lowe, D. G. (2004) Distinctive image features from scale-invariant keypoints. International Journal of Computer Vision 60: 91-110.

＜参考資料２＞ 環境省、農水省、文科省などの生態学関連プロジェクト

＜環境省＞

環境研究総合推進費 戦略的研究開発領域

課題番号 S-9: アジア規模での生物多様性観測・評価・予測に関する総合的研究 (H23-27)

矢原 徹一 九州大学 研究概要

- 1 生物多様性評価予測モデルの開発・運用と自然共生社会への政策提言 宮下 直
東京大学
- 2 遺伝子・種多様性の定量的評価に関する研究 舘田英典 九州大学
- 3 アジア地域における生物多様性劣化が生態系の機能・サービスに及ぼす影響の定量的解明 中静 透 東北大学
- 4 陸水生態系における生物多様性喪失の定量的評価に関する研究 高村 典子 (独)
国立環境研究所
- 5 海域生態系における生物多様性喪失の定量的評価に関する研究 白山 義久 (独)
海洋研究開発機構

課題番号 S-10: 地球規模の気候変動リスク管理戦略の構築に関する総合的研究 国立環境研究所 江守 正多 (H24-28) (ICA-RUS)

- 1 地球規模の気候変動リスク管理戦略の総合解析に関する研究 高橋 潔 国立環境研究所
- 2 気候変動リスク管理に向けた土地・水・生態系の最適利用戦略 山形 与志樹 国立環境研究所
- 3 クリティカルな気候変動リスクの分析に関する研究 沖 大幹 東京大学
- 4 技術・社会・経済の不確実性の下での気候変動リスク管理オプションの評価 森 俊介 東京理科大学
- 5 気候変動リスク管理における科学的合理性と社会的合理性の相互作用に関する研究 藤垣 裕子 東京大学

課題番号 S-11: 持続可能な開発目標とガバナンスに関する総合的研究 (POST2015)

－ 地球の限られた資源と環境容量に基づくポスト 2015 年開発・成長目標の制定と実現へ向けて － 蟹江 憲史 東京工業大学 (H25-27)

- 1 全体統括及び目標・指標とガバナンスの総合的提示 (東京工業大学)
- 2 持続可能な開発目標とその実現に資するボトムアップ事例の検討 (東京工業大学)
- 3 目標や指標の定量的オプションやシナリオの提示 (株式会社 イー・コンサル)
- 4 資源・エネルギー・食糧・水等の複合目標及び指標の検討
(独立行政法人国立環境研究所)

- 5 Beyond GDP 目標と指標の提示 (国立大学法人東北大学)
- 6 資源・環境制約下での開発及び成長実現のための目標や指標の提示 (学校法人関西大学)
- 7 地球システムからの制約の検討 (生物資源に焦点をあてた検討) (学校法人立命館立命館大学)
- 8 地球システムからの制約の検討 (鉱物資源に焦点をあてた検討) (国立大学法人東京大学)
- 9 教育分野におけるポスト・ミレニアム開発目標と指標の提示 (国立大学法人東京大学)
- 10 保健・健康・衛生に関する分野におけるポスト・ミレニアム開発目標と指標の提示 (国立大学法人長崎大学)
- 11 経済開発分野におけるポスト・ミレニアム開発目標と指標の提示 (学校法人関西大学)
- 12 水、エネルギー等社会の存続に関する領域におけるポスト・ミレニアム開発目標と指標の提示 (国立大学法人東京大学)
- 13 持続可能な開発目標実施のためのマルチレベル・ガバナンスのあり方の検討 (公益財団法人地球環境戦略研究機関)
- 14 国連を中心とした持続可能な開発のガバナンスの検討 (国際連合大学高等研究所)
- 15 効果的資金メカニズムの検討 (学校法人慶應義塾大学/国立大学法人京都大学)

課題番号S-12：SLCPの環境影響評価と削減パスの探索による気候変動対策の推進

中島 映至 (国立大学法人東京大学大気海洋研究所)

- 1 大気質変化事例の構造解析と評価システムの構築
- 2 統合評価モデルの改良とそれを用いた将来シナリオの定量化
- 3 数値モデルによる気候・環境変動評価と影響評価
- 4 統合運用システムの構築

課題番号S-13：持続可能な沿岸海域実現を目指した沿岸海域管理手法の開発

柳 哲雄 (公財) 国際エメックスセンター

- 1 全体統括と沿岸海域管理のための統合数値モデルの構築 ((公財) 国際エメックスセンター)
- 2 栄養塩濃度管理法開発 (広島大学)
- 3 干潟・藻場の栄養物質循環・生物再生産に果たす機能の解明 (香川大学)
- 4 遷移する沿岸環境監視とそれを応用した沿岸海域管理法開発 (東京大学)
- 5 森-川-海の栄養物質輸送機構の解明 (北海道大学)
- 6 森-海の物質輸送に果たす有機物の役割解明 (東京工業大学、東北大学)
- 7 国際的閉鎖性海域の管理法提案 ((公財) 環日本海環境協力センター)

- 8 日本海環境変動予測モデルの構築（名古屋大学、九州大学）
- 9 日本海高次生態系モデルの構築（愛媛大学）
- 10 生態系サービスの経済評価（立命館大学）
- 11 沿岸海域三段階管理法提案（近畿大学）
- 12 人文科学的考察に基づく市民と沿岸海域を結ぶ物語の発見・構築・継承（愛知大学）
- 13 対馬・五島の海洋保護区における漁業活動調整（九州大学）

課題番号S-14：気候変動の緩和策と適応策の統合的戦略研究

沖 大幹（東京大学生産技術研究所）

- 1 全体の総括と統合的戦略評価（東京大学）
- 2 生態系保全による緩和策と適応策の統合（横浜国立大学）
- 3 気候変動に対する地球規模の適応策の費用便益分析（東京大学）
- 4 アジアのメガシティにおける緩和を考慮した適応策の実施事例研究（東京工業大学）
- 5 気候変動に対する地球規模の緩和策と適応策の統合的なモデル開発に関する研究（国立環境研究所）

課題番号 S-15: 社会・生態システムの統合化による自然資本・生態系サービスの予測評価

武内和彦（東京大学サステイナビリティ学連携研究機構）

- 1 社会・生態システムの統合モデルの構築と科学-政策インターフェースの強化（東京大学）
- 2 陸域における自然資本・生態系サービスがもたらす自然的価値の予測評価（東北大学）
- 3 海域における自然資本・生態系サービスがもたらす自然的価値の予測評価（海洋研究開発機構）
- 4 自然資本・生態系サービスの社会経済的価値の予測評価と自然資本の重層的ガバナンス（京都大学）

課題番号S-16: アジア地域における持続可能な消費・生産パターン定着のための政策デザインと評価

平尾 雅彦（東京大学大学院工学系研究科）

- 1 全体の総括と消費と生産の関連性を強化した政策デザインによる温室効果ガス排出抑制と資源循環方策（東京大学）
- 2 多様なステークホルダーの活動・原動力に根ざしたアジアの消費・生産パターンの転換方策（国立環境研究所）
- 3 アジアにおける資源環境制約下のニーズ充足を目指す充足性アプローチへの政策転換（地球環境戦略研究機関）
- 4 持続可能な開発目標（SDGs）からみた持続可能な消費と生産のガバナンス（慶應義塾大学）

＜農林水産省＞

委託プロジェクト研究

ゲノム情報を活用した家畜の革新的な育種・繁殖・疾病予防技術の開発（平成 24～28 年）
家畜の遺伝子の網羅的解析等により、優良な形質を持つ家畜を育成し、効率よく増やし、健康に育てるための技術を開発する。

天然資源に依存しない持続的な養殖生産技術の開発（平成 24～28 年）
養殖用稚魚を天然資源に依存しているブリ類、ウナギ、クロマグロの国民への供給を安定させるため、人工稚魚を活用した養殖技術を開発する。

気候変動に対応した循環型食料生産等の確立のための技術開発（平成 22～29 年）
温室効果ガスの排出削減技術、吸収機能向上技術及び温暖化の進行に適応した農林水産物の生産安定技術や品種を開発する。

海洋微生物解析による沿岸漁業被害の予測・抑制技術の開発（平成 23～27 年）
赤潮等の環境由来の漁業被害を低減するために、海洋微生物を利用した漁業被害の早期発生予測技術及び発生抑制技術を開発する。

農山漁村におけるバイオ燃料等生産基地創造のための技術開発（平成 24～27 年）
「バイオマス活用推進基本計画」で掲げられた、炭素換算量で約 2,600 万トンのバイオマス利用の目標達成のため、草本、木質、微細藻類から効率的・低コストでのバイオ燃料等を製造する技術を開発する。

画期的な農畜産物作出のためのゲノム情報データベースの整備（平成 23～27 年）
画期的な新品種を開発するための研究基盤として、農畜産物のゲノム情報を利用しやすい形で広く提供するデータベースを整備・公開する。

＜文部科学省＞

新学術領域研究

生物多様性を規範とする革新的材料技術

下村政嗣（東北大学・教授）（H24-28）

大学発グリーンイノベーション創出事業「グリーン・ネットワーク・オブ・エクセレンス（GRENE）」

生物多様性・生態情報の環境情報への統合化および統合情報を利用した生物多様性影響評価法開発 伊藤元己（東京大学大）

- 1 生物多様性・生態情報統合システム開発と DIAS への統合
東京大学大学院総合文化研究科
- 2 フィールド生態情報標準化と情報取得法開発
東京大学大学院農学生命科学研究科
北海道大学北方生物圏フィールド科学センター
- 3 各種環境要因が生物多様性におよぼす影響の評価およびそのマップ化

国立環境研究所

4 生態系サービス評価およびそのマップ化

東北大学大学院生命科学研究科

気候変動リスク情報創生プログラム PD 住 明正 (H24-28)

- A 直面する地球変動の予測と診断 木本 昌秀（東京大学大気海洋研究所 副所長・教授）
- B 安定化目標設定に資する気候変動予測 河宮 未知生（海洋研究開発機構）
- C 気候変動リスク情報の基盤技術開発 高藪 出（気象庁気象研究所）
- D 課題対応型の精密な影響評価 中北 英一（京都大学防災研究所）
 - iii) 生態系・生物多様性に関する気候変動リスク情報の創出
 - a 気候変動予測情報を活用した、将来の生態系・生物多様性に関する影響及びその不確実性評価研究 東北大学
 - b 生態系サービス等を通じた社会・経済的影響の評価研究 東北大学大学院環境科学研究科 東北大学
 - c 北東ユーラシア・東南アジア熱帯における気候・生態系相互作用の解明と気候変動に対する生態系影響評価研究 名古屋大学
 - d 沿岸海洋生態系に対する気候変動の複合影響評価研究 北海道大学大学院地球環境科学研究院 北海道大学大学院
- E 気候変動研究の推進・連携体制の構築 河宮 未知生（海洋研究開発機構）

JSPS 特別推進

生態学関連の課題採用がほとんどない

JST CREST

二酸化炭素資源化を目指した植物の物質生産力強化と生産物活用のための基盤技術の創出

研究総括：磯貝 彰（奈良先端科学技術大学院大学 名誉教授）

葉緑体機能改変によるステイグリーン植物の創出

田中 歩（北海道大学）（H23-27）

将来の地球環境において最適な光合成・物質生産システムをもった強化植物の創出

彦坂 幸毅（東北大学）（H23-27）

作物の地下茎による栄養繁殖化に向けた基盤技術の開発

芦荻 基行（名古屋大学）（H24-28）

海洋生物多様性および生態系の保全・再生に資する基盤技術の創出

研究総括：小池 勲夫（琉球大学）

平成 23 年度採択分

海洋生物の遠隔的種判別技術の開発

赤松 友成（水産総合研究センター水産工学研究所 主幹研究員）

センチメートル海底地形図と海底モザイク画像を基礎として生物サンプリングをおこなう自律型海中ロボット部隊の創出

浦 環（九州工業大学 特任教授）

超高速遺伝子解析時代の海洋生態系評価手法の創出

木暮 一啓（東京大学大気海洋研究所 教授）

Digital DNA chip による生物多様性評価と環境予測法の開発

五條堀 孝（情報システム研究機構・国立遺伝学研究所）

植物プランクトン群集の多様性に注目したナウキャスト技術開発

山中 康裕（北海道大学大学院地球環境科学研究院 教授）

平成 24 年度採択分

海洋生態学と機械学習法の融合によるデータ不足下の生態系評価手法の開発

岡村 寛（水産総合研究センター 中央水産研究所 グループ長）

ハイパー・マルチスペクトル空海リモートセンシングによる藻場 3 次元マッピングシステムの開発

小松 輝久（東京大学 大気海洋研究所 准教授）

北太平洋域における低次生態系の動的環境適応に基づいた新しい生態系モデルの開発

スミス シャーウッド（海洋研究開発機構 地球環境変動領域 研究員）

シングルセルゲノム情報に基づいた海洋難培養微生物メタオミックス解析による環境リスク数理モデルの構築

竹山 春子（早稲田大学 理工学術院 教授）

海洋生物群集の非線形応答解明のためのリアルタイム野外実験システムの開発

仲岡 雅裕（北海道大学 北方生物圏フィールド科学センター 教授）

黒潮と内部波が影響する沿岸域における生物多様性および生物群集のマルチスケール変動に関する評価・予測技術の創出

山崎 秀勝（東京海洋大学 大学院海洋科学技術研究科 教授）

平成 25 年度採択分

海洋生態系の酸性化応答評価のための微量連続炭酸系計測システムの開発

茅根 創（東京大学 大学院理学系研究科 教授）

環境 DNA 分析に基づく魚類群集の定量モニタリングと生態系評価手法の開発

近藤 倫生（龍谷大学 理工学部 准教授）

沿岸生態系の多様性機能評価のための多元素同位体トレーサー技術の開発

陀安 一郎（京都大学 生態学研究センター 准教授）

極微量長半減期同位体を用いた革新的な海洋生態系・物質動態トレース技術の創出

永田 俊（東京大学 大気海洋研究所 教授）

データ高回収率を実現するバイオリギング・システムの構築 ～魚類の個体群・群集
ダイナミクス解明に挑む～

宮下 和士（北海道大学 北方生物圏フィールド科学センター 教授）

JST SATREPS

環境・エネルギー（気候変動領域）

海面上昇に対するツバル国の生態工学的維持 茅根 創（東京大学）（2008－2012）

インドネシア泥炭・森林における火災と炭素管理 大崎 満（北海道大学）（2008－2012）

アマゾンの森林における炭素動態の広域評価 石塚森吉（森林総研）（2009－2013）

環境・エネルギー（地球規模の環境課題）

野生生物と人類の共生を通じた熱帯林の生物多様性保全 山極寿一（京都大学）（2008－
2012）

アフリカ半乾燥地域における気候・生態系変動の予測・評価とレジリエンス強化戦略の
構築 武内和彦（東京大学）（2011-2015）

“フィールドミュージアム” 構想によるアマゾンの生物多様性保全 幸島司郎（京都大
学）（2012-2016）

生物資源

フィリピン国統合的沿岸生態系保全・適応管理プロジェクト 灘岡和夫（東京工業大学）
（2009-2013）

資源の持続的利用にむけたマグロ類 2 種の産卵生態と初期生活史に関する基礎研究
澤田好史（近畿大学）（2010-2014）

カメルーン熱帯林とその周辺地域における持続的生業戦略の確立と自然資源管理：地球
規模課題と地域住民ニーズとの統合 荒木 茂（京都大学）（2010-2014）

メキシコ遺伝資源の多様性と持続的利用の基盤構築 渡邊和男（筑波大学）（2012－2016）

総合地球環境学研究所プロジェクト

温暖化するシベリアの自然と人——水環境をはじめとする陸域生態系変化への社会の
適応 檜山哲哉（2009-2013）

アラブ社会におけるなりわい生態系の研究——ポスト石油時代にむけて 窪田順平
（2009-2013）

地域環境知形成による新たなコモンズの創生と持続可能な管理 佐藤 哲（2012-2016）

地域に根ざした小規模経済活動と長期的持続可能性—歴史生態学からのアプローチ
羽生 淳子（2014－2016）

高分解能古気候学と歴史・考古学の連携による気候変動に強い社会システムの探索 中
塚 武（2014－2018）

ベルモントフォーラム「生物多様性と生態系サービスのシナリオ」(JST 担当)

「生物多様性と生態系サービスの持続的利用を目指したシステム横断型アプローチによる社会学・生態学統合研究の展開」仲岡雅裕ほか(2014-15)

「生物多様性と生態系サービスのシナリオ・ネットワーク」齊藤 修ほか(2014-15)

フューチャー・アース構想の推進事業「フューチャー・アース：課題解決に向けたトランスディシプリナリー研究の可能性調査」 H26 年度採択課題(生態学関連のみ)

「インドネシアにおける小規模アブラヤシ農園の持続可能ガバナンスの樹立に向けて」

岡本 正明 京都大学

「地域・伝統知と科学知の融合を活かしたアジア太平洋地域における社会・生態システムの将来シナリオとガバナンス」 齊藤 修 国際連合大学

「環境・災害・健康・統治・人間科学の連携による問題解決型研究の可能性調査」 矢原 徹一 九州大学

＜参考資料３＞ 2014 年度に開催された公開臨海・臨湖実習（コース数）

北海道大学・北方生物圏フィールド科学センター・厚岸臨海実験所	3 コース
北海道大学・北方生物圏フィールド科学センター・室蘭臨海実験所	1 コース
東北大学・大学院生命科学研究科・附属浅虫海洋生物学教育研究センター	2 コース
新潟大学・理学部附属臨海実験所（佐渡）	3 コース
金沢大学・環日本海域環境研究センター・臨海実験施設（能登）	2 コース
信州大学・山岳科学総合研究所・山地水域環境保全学部門（諏訪）	1 コース
茨城大学・広域水圏環境科学教育研究センター（潮来）	4 コース
お茶の水大学・湾岸生物教育研究センター（館山）	2 コース
東京大学・大学院理学系研究科附属臨海実験所（三崎）	2 コース
筑波大学・下田臨海実験センターおよび菅平高原実験センター	2 コース
名古屋大学・菅島臨海実験所	2 コース
京都大学・フィールド科学教育研究センター・瀬戸臨海実験所	5 コース
神戸大学・自然科学系先端融合研究環・内海域環境 教育研究センター・マリンサイト（岩屋）	2 コース
岡山大学・理学部附属牛窓臨海実験所（牛窓）	3 コース
島根大学・生物資源教育研究センター（隠岐臨海実験所）	1 コース
広島大学・大学院理学研究科附属臨海実験所（向島）	1 コース
高知大学・総合研究センター・海洋生物研究教育施設（宇佐）	1 コース
熊本大学・沿岸域環境科学教育研究センター・合津マリンステーション	3 コース
九州大学・理学部附属天草臨海実験所	1 コース
琉球大学・熱帯生物圏研究センター・瀬底研究施設	1 コース

＜参考資料４＞ サンゴ礁研究拠点の必要性

(本文４-(４) フィールド研究・教育施設：補足説明)

日本は島国でありながら、きわめて高い生物多様性を付与されている。ことに、海の生物多様性に着目すれば、非常に高い多様性を維持している。それは、日本が、(１) 琉球列島にすぐれたサンゴ礁生態系を持ち(サンゴ礁は陸水の影響に弱く、大陸沿岸には大規模なサンゴ礁は発達しない)、(２) 活発な造山運動によって、局所的な隆起や沈降が頻繁に繰り返されたため、海岸線が複雑で、干潟・河口・砂浜・磯・礫浜などの多様な海岸環境を持ち、(３) 日本海溝に至る大きな深度勾配を持っているからである。この海の生物多様性は、日本が有する最大の資源の一つであり、日本はこの海の生物多様性を末永く維持し、その恵みを享受すべきである。

世界の海の生物多様性の中心が太平洋西部の熱帯域に広がるサンゴ礁生態系にあることはよく知られており、その多様なサンゴ礁生態系が琉球列島に及んでいることは、日本にとって僥倖であった。サンゴ礁生態系を自国内に持つ先進国は日本とオーストラリアのみであり、このことは、サンゴ礁研究において、日本がいかにか地の利を有しているかを示している。自然科学の分野で日本が地の利を最も活かせる分野は、火山噴火や地震・地熱・プレート活動などの地球科学の研究と、このサンゴ礁生態系の研究である。

サンゴ礁の研究はまた、以下のような理由によって、日本にとってきわめて重要である。(１) サンゴ礁生態系は、地球の海の生態系の中で最も生物多様性の高い場所であるために、その多様性と多様性の動態の研究は生態学・分類学・進化学の最も重要なフィールドであり、(２) サンゴ礁の生物多様性や生態系に関するさまざまな研究が、その保護・保全・管理のために必須であり、(３) サンゴ礁生態系はそのすぐれた景観と生産性ゆえに、賢明に管理・利用すれば、人々が保養や漁労を通してきわめて多くの恵みを享受できるはずであり、(４) サンゴ礁の生物多様性の中に、人間生活の発展・向上や健康・医療に資するような数多くの資源が眠っており、(５) 沖縄の文化がサンゴ礁生態系の恵みに育まれてきた、と考えられるためである。

日本には、海洋の研究拠点として独立行政法人海洋研究開発機構があり、それは潤沢な予算のもと、海洋の基礎研究や海底資源の探索を大規模に展開している。この海洋研究開発機構の研究は世界の海洋研究をリードしているばかりでなく、その研究成果が社会・経済に与える影響も著しい。しかし一方で日本は、サンゴあるいはサンゴ礁生態系の研究に関しては、国際的に研究をリードしているという状況にはほど遠い。琉球列島のサンゴ礁生態系には、大学法人の臨海実験所が数力所あるものの、その設備や研究環境は十分ではない。日本のサンゴ礁の生物多様性や生態系は、その計り知れない価値が十分に理解されないまま、開発や汚染、過剰利用などによって、急速に荒廃しつつある。日本は、サンゴ礁生態系を日本のかけがえのない宝として保護し、その恵みを享受し続けるために、国立のサンゴ礁研究拠点を琉球列島に設立すべきである。その研究拠点は、サンゴ礁生態系を良好に維持しつつ、世界をリードできるような先駆的な研究ができるものでなくてはな

らない。また、サンゴ礁生態系の中で育まれてきた沖縄の文化に学び、それに資するようなものでなくてはならない。そこでの研究は、さまざまな分野の自然科学の発展に寄与するだけでなく、世界のサンゴ礁生態系の保護と持続的利用に大きく貢献するものとなるにちがいない。

＜参考資料 5＞ 日本生態学会のキャリアパスに関する取り組み

（本文 5－(3) 若手生態学者のキャリアパスの開拓：補足説明）

日本生態学会では、2010 年 10 月よりキャリア支援専門委員会が発足し、若手のキャリアパス問題と男女共同参画に係わる活動を行ってきた。若手研究者、特にポスドクのキャリアパス問題を解決するためには、（１）博士号保持者の優先的キャリアパスの創出、および（２）職業選択の幅を広げる若手研究者教育の実施が求められる（生物科学学会連合 ポスドク問題検討委員会 2014）。キャリア支援専門委員会では、（２）の職業選択の幅を広げるための活動として、キャリア形成に関する情報収集や情報提供を行うため、年大会時にキャリア支援フォーラムを開催してきた。また、企業の情報を提供したり、直接人事担当者から話を聞くことができる「企業ブース」設置の試みも行った。これらの取り組みは今後も有効であると考えられることから、以下に紹介する。

・キャリア支援フォーラム

2010 年から 2014 年までに、民間企業から延べ 8 名の講演者を招いたほか、官公庁職員や博物館学芸員、高校教員に講演いただいた。

毎回参加者に対してアンケートを実施している。参加者は 20 代の若手が最も多く、中堅からシニアクラスの常勤研究者の参加もあったが、ポスドクと思われる年代の参加者は少数であった。いわゆる「シニアポスドク」の問題が深刻化する中、なぜポスドクの参加が少ないのか。男女共同参画実態調査（2012 年 11 月）から生態学会員を抽出したデータを解析したところ、ポスドクは学生と比較すると研究志向が強いことが明らかになっている（行政などのキャリアパスを将来の選択肢として考えているのはわずか 4％）。ポスドク層にどのようにアプローチしていくべきなのかが課題である。

・キャリア支援ブース（企業ブース）

2011 年の大津大会から、企業情報が得られるキャリア支援ブース（企業ブース）の設置の試みをスタートした。キャリア支援のための企業ブースは、日本物理学会で先行事例があった（日本物理学会キャリア支援センターHP より）。日本生態学会のキャリア支援ブースでは、採用に関する情報展示の他、2011 年、2012 年には企業の採用担当者との面談も実施した。

企業担当者との面談は好評であったが、企業の募集や打ち合わせ等に多大な負担を要すること、旅費の負担を企業にお願いしなくてはならないことから実施できる地域が限られること、学会員が希望する企業の出展が必ずしも容易でないこと、等の課題があった。2013 年度以降は資料展示のみとし、大会が実施される地元の企業も含めて展示を依頼することになっている。2014 年度は 10 社以上の企業がパンフレットを展示する予定となっている。

キャリア支援フォーラム同様、ブースに来場する学会員も 20 代前半の若手が多い。

2011 年～2013 年に企業ブースに出展した企業・官公庁は次の通り。

（株）リバネス、（株）野生動物保護管理事務所、国土交通省近畿地方整備局、大阪府

環境農林水産部、(株)味の素、(株)NTT、(株)サラヤ、(株)富士通研究所、西日本高速道路株式会社、メイワフォーシス株式会社、日本環境計測、株式会社エスペックミック、株式会社日本ヴォーグ社、ポスドクスタイル株式会社、生態計画研究所、(株)建設環境研究所

・東北大学環境機関コンソーシアムおよび PEM カリキュラム（生態環境人材育成プログラム）との連携を 2014 年度から開始しており、生態学会の会員が 11 月に開催された PEM 講義に参加している。

＜参考資料 6＞ 分科会審議経過

【第 22 期】

平成 24 年 5 月 28 日（月）10:30-16:00 日本学術会議

基礎生物学委員会・統合生物学委員会合同生態科学分科会（第 2 回）

- 生態科学推進に関する現状、将来と問題点について意見交換を行った。出席者全員から、教育、人材育成、研究体制、研究日、研究分野と今後の進展について話題提供がなされた。

平成 24 年年 12 月 21 日（金）10:30-17:00 日本学術会議

基礎生物学委員会・統合生物学委員会合同生態科学分科会（第 3 回）

- 前回発表できなかった 2 名の委員から話題提供がなされた。

平成 26 年 1 月 6 日（月）13:00-17:40 日本学術会議

基礎生物学委員会・統合生物学委員会合同生態科学分科会（第 4 回）

- 生態科学で今後伸ばしていくべき分野について集中的に審議をし、「地球環境科学としての生態学」と「生理学・分子生物学との接点」という 2 つに絞って、全部で 5 名の話題提供者があり、質疑応答を進めた。

【第 23 期】

平成 27 年 1 月 9 日（月）10:00-12:00 日本学術会議

基礎生物学委員会・統合生物学委員会合同生態科学分科会（第 1 回）

- 「生態科学の展望（仮題）」に関する報告を出すことが了承された。また、平成 28 年 3 月開催の仙台での日本生態学会大会にて、生態科学分科会主催による「生態科学の展望」に関する公開シンポジウムを開くことになった。

各委員が執筆したものを委員長がまとめてたたき台を作成し、さらにメールで審議をする。内容としては、今後の伸ばすべき研究分野、教育、大型研究、キャリアパス、国際プロジェクト、フィールド施設の現況等が挙げる。取りまとめるまでには、関連学会のメンバーの意見も反映させる機会を設ける。

平成 27 年 8 月 24 日（月）10:00-15:00 日本学術会議

基礎生物学委員会・統合生物学委員会合同生態科学分科会（第 2 回）

- 平成 28 年 3 月の公開シンポジウムのテーマと話題提供者のリストについて相談した。「今後急速に進展が期待される分野」について取り上げることになった。
- 「生態学の展望」（仮）について、全員で、内容及び表現の確認を行った。

平成 28 年 3 月 21 日（月）日本学術会議の公開シンポジウム

仙台国際センター内での日本生態学会大会の会場にて。

- 4名の講演者による講演が行われた。講演ではFuture Earth、国際的に活躍する若手研究者をもっと増やす必要があること、ビッグデータを使った研究の推進を行なうべきであること、生理学と生態学の接点となる研究等が話題となった。参加者数は多かった。

平成28年5月30日（月）13:00-16:30 日本学術会議

基礎生物学委員会・統合生物学委員会合同生態科学分科会（第23期第3回）

- 報告「生態学の展望」（案）の文書について、特に、本文について全員で読み合わせを行ない、内容を確認した。

平成29年〇月〇日

日本学術会議幹事会（第〇〇〇回）

報告「生態学の展望」について承認

提言等の提出チェックシート

このチェックシートは、日本学術会議において意思の表出（提言・報告・回答、以下「提言等」という）の査読を円滑に行い、提言等（案）の作成者、査読者、事務局等の労力を最終的に軽減するためのものです。

提言等（案）の作成者は提出の際に以下の項目をチェックし、提言等（案）に添えて査読時に提出してください。

	項目	チェック
1. 表題	表題と内容は一致している。	■1. はい 2. いいえ
2. 論理展開 1	どのような現状があり、何が問題であるかが十分に記述されている。	■1. はい 2. いいえ
3. 論理展開 2	特に提言については、政策等への実現に向けて、具体的な行政等の担当部局を想定していますか（例：文部科学省研究振興局等）。	1.部局名： ■2. 特に無い
4. 読みやすさ 1	本文は 20 ページ（A4、フォント 12P、40 字×38 行）以内である。 ※図表を含む	■1. はい 2. いいえ
5. 読みやすさ 2	専門家でなくとも、十分理解できる内容であり、文章としてよく練られている。	■1. はい 2. いいえ
6. 要旨	要旨は、要旨のみでも独立した文章として読めるものであり 2 ページ（A4、フォント 12P、40 字×38 行）以内である。	■1. はい 2. いいえ
7. エビデンス	記述・主張を裏付けるデータ、出典、参考文献をすべて掲載した。	■1. はい 2. いいえ
8. 適切な引用	いわゆる「コピペ」（出典を示さないで引用を行うこと）や、内容をゆがめた引用等は行わず、適切な引用を行った。	■1. はい 2. いいえ
9. 既出の提言等との関係	日本学術会議の既出の関連提言等を踏まえ、議論を展開している。	■1. はい 2. いいえ
10. 利益誘導	利益誘導と誤解されることのない内容である。	■1. はい 2. いいえ
11. 委員会等の趣旨整合	委員会・分科会の設置趣旨と整合している。	■1. はい 2. いいえ

※チェック欄で「いいえ」を記入した場合、その理由があればお書きください
提言ではなく報告なので、行政府の特定の部局を想定したものではない。

記入者（委員会等名・氏名）：

統合生物学委員会委員長 ・ 巖佐 庸

参考： 日本学術会議会長メッセージ、「提言等の円滑な審議のために」（2014 年 5 月 30 日）。

<http://www.scj.go.jp/ja/head/pdf/140530.pdf>