

II. 基盤的な調査・研究

6. 生物圏環境研究

1) 実施体制

代表者：所属名 生物圏環境研究領域
領域長 竹中明夫

分担者：

個体群生態研究室 高村健二（室長）、永田尚志*）（主任研究員）、佐竹潔（主任研究員）、多田満（主任研究員）、吉田勝彦（主任研究員）、今藤夏子（研究員）、角谷拓（研究員）、松崎慎一郎（研究員）
生理生態研究室 佐治光（室長）、唐艶鴻（主任研究員）、名取俊樹（主任研究員）、久保明弘（主任研究員）、青野光子（主任研究員）
微生物生態研究室 笠井文絵（室長）、河地正伸（主任研究員）、広木幹也（主任研究員）、上野隆平（主任研究員）、
生態遺伝研究室 中嶋信美（室長）、宮下衛*）（主任研究員）、玉置雅紀（主任研究員）、矢部徹（主任研究員）、石濱史子（研究員）

※所属・役職は年度終了時点のもの。また、*）印は過去に所属していた研究者を示す。

2) 基盤研究の展望

中期計画にある通り「生態系および生物多様性の適切な保全・管理のあり方を明らかにするため、生態系の構成要素及びこれらの要素間の相互作用に関する研究等」を推進することが生物圏環境研究領域のミッションである。生物は本質的に多様であり、それらが集まって形作る生態系もまた多様である。ひとつの先端的な研究によりそのすべてが明らかになるというものではない。いっぽう、個々の生物や生態系の多様な振る舞いの背景には共通した原理にもとづくプロセスがある。個別の種、群集、生態系、地域を対象とする研究は、その対象自体の理解を深めることに貢献するだけでなく、一般的な理解を深めることにも貢献すべきものであり、つねにそうした意識をもって研究成果の活用を目指すことが必要である。

生物圏環境研究領域全体としての長期プロジェクトは行っていないが、多様な課題を大括りに束ねた形で以下に展望と研究内容を示す。なお、本領域の研究室は研究対象・アプローチによる整理で組織されている。以下の各テーマはいずれも研究室横断的な体制で進めるものである。

(1) 絶滅が心配される生物の保全に関する研究

生物多様性の保全を進めるためには、個々の種や生態系が分布する場所を知るとともに個体群の存続に必要な環境条件を明らかにしなくてはならない。これらの情報を効率よく取得するため、現地での調査に加えて地理情報、リモートセンシングデータなどの広域的なデータを活用して分布確率を推定する手法の開発を進める。統計学的手法を活用して分布予測モデルの精緻化を進める。これらを活用して、効果的な保全地域の設定に関する研究を行う。

保全の必要性が高いいくつかの生物種について、現状把握のための現地調査および過去の情報の解析を進める。種の識別・交雑状況の把握、個体群構造の把握等のために有効な遺伝マーカーを確立する。

(2) 環境変動やストレスが生物と生態系に及ぼす影響に関する研究

近年、対流圏オゾンが地球規模で増加しつつあり、生物に与える影響が懸念される。植物の種類によりオ

ゾンへの耐性が異なる機構を遺伝子レベルで解析するとともに、分子遺伝学的な手法を利用して野外における植物のストレスを診断する方法や、農作物のオゾン感受性を簡便に評価する手法の開発を進める。

地球温暖化が生態系に与える影響の検出のため、チベット高原の中部と北部における物理環境と生態系の構造のモニタリングを継続するほか、生態系の環境変動への応答を実験的に調べるため、標高が異なる地点間で土壌ごと植物を移植し、種組成や生長量の観測を行う。また、日本国内の高山帯でも、温暖化影響の検討のため、過去のデータの解析と現地調査を行う。

(3) 外来生物・遺伝子操作作物の定着・分散の実態の把握と対策に関する研究

侵入生物の侵入と分布拡大を防ぐには、実態把握をおこない、侵入生物の繁殖拡大に至るまでのプロセスを解明し、有効な侵入予防措置、繁殖拡大直前に駆除する方法論を確立する必要がある。分子遺伝学的な手法も活用した定着や交雑の現状把握を進める。

また、遺伝子操作作物については日本国内ではさまざまな懸念があるなかで、客観的な情報を提供するため、非意図的な逸出状況や交雑における遺伝子の浸透の状況の調査、交雑個体の性質の検討などを行う。

(4) 生態系の機能の保全に関する研究

生態系機能の保全には、その成立環境と構成生物種の保全が欠かせない。生態系の成立環境を解析すること、生態系機能の要となる生物種の生態学的な特性を明らかにすることにより、干潟・藻場等を対象に、生態系保全・再生のための基礎的知見を得る。有機物分解微生物と海草のアマモに注目して、その活性の評価と、生息に適する環境条件解明を行なう。また、有機物分解活性の測定手法の開発を行う。

3) 研究予算

(実績額、単位：百万円)

	平成18年度	平成19年度	平成20年度	平成21年度	平成22年度	累計
運営交付金	107	159	159	125	158	708
その他外部資金	121	96	112	112	99	540
総額	228	255	271	237	257	1,248

4) 平成18～22年度の実施概要とその成果

(1) 絶滅が心配される生物の保全に関する研究

広域的な多様性保全に資する研究を進めた。生物の生育・生息場所としてみたときに里地里山を特徴づける重要な特性である農地とその周辺の土地利用のモザイク性に注目した指標 (Satoyama Index) を開発し、グローバルスケールで地図化を行った後、指標の空間パターンがイベリア半島や中米の生物多様性が高いことで知られる農業景観などの空間パターンとよく一致することを示した。このほか、生物多様性総合評価への寄与を目指した生物多様性指標の開発と検証を行うため、グローバルスケールでの土地利用の不均一性と生物の分布との関係の分析を開始した。

一方で、個別ケースを対象として希少種の保全に資する研究を進めた。小笠原諸島の陸水産固有種の調査により、レッドリストに掲載すべき種を明らかにした。また、絶滅危惧種であるシャジクモ類の生育の有無と環境要因との関係からは、富栄養化によりため池の透明度が減少し、それにもなって光環境が悪化し、より明るい環境を好む種が減少した事例が明らかとなった。現在一様に扱われている絶滅危惧種の中にも、種によって今後の絶滅リスクに違いがあると考えられる。湿地に分布する絶滅危惧植物等の分布を効果的に

推定する手法の開発に関する研究では、航空機リモートセンシングと地上での調査を連携し、植物の成長状態の季節的変化を考慮して時期を変えて航空機から撮影した画像情報に基づいた植物種の分布予推定モデルを作成した。予測には、植物種の分布の空間的な不均一性を考慮した条件付自己回帰モデルが有効であった。このほか、都心の緑地におけるチョウ相では、チョウの種数や種多様度は緑地面積や植物被覆率によらないこと、面積が小さな公園については近隣の大型公園の存在が重要であることなどを明らかにした。

(2) 環境の変動やストレスが生物と生態系に及ぼす影響に関する研究

植物のオゾンストレス耐性機構を解明するために、モデル植物シロイヌナズナのオゾン感受性突然変異体を100系統以上単離した。このうちの一系統では、気孔開閉制御が植物のオゾン感受性に関与することを確認し、植物の気孔開閉制御に関わる新規トランスポーター様タンパク質を世界で初めて明らかにした。また、植物のオゾンストレスの診断手法に関する研究では、アサガオのオゾンストレスを診断する指標と成り得る遺伝子を見出し、野外でのストレス診断における有用性を確認した。

地球温暖化と対流圏オゾン濃度の増加が水稻に及ぼす影響を予測するため、網羅的に遺伝子発現を調べた結果、多数の遺伝子の発現がこれらの処理により変化することがわかった。また、オゾンによる収量影響の受けやすさと、特定の化学物質のオゾンによる誘導量との相関関係を見出した。これを利用してオゾンによる収量影響に関するイネ品種の感受性を幼苗の段階で評価する方法を考案し、特許出願を行った。

チベット高原の高山斜面で生態系光合成・呼吸の測定と検討を行った結果、同じ気温の上昇に対する生態系呼吸の上昇速度が低標高より高標高の地点で大きい可能性が示唆された。これは、今後の温暖化の進行が生態系の炭素収支に与える影響は高標高ほど大きいことを意味する。

(3) 外来生物・遺伝子操作作物の定着・分散の実態の把握と対策に関する研究

遺伝子組換え(GM)作物の逸出状況や、生態系への潜在的な影響に関する研究を進めた。ナタネの主な輸入港周辺の道路・河川沿いでのナタネ類の分布・生育や除草剤耐性組換え遺伝子の拡散状況を調査した結果、GMナタネの生育が確認された。また、異なる除草剤耐性遺伝子を併せ持つ個体や、セイヨウナタネと在来ナタネの雑種が見つかり、種子由来の遺伝子組換えナタネ間、およびGMナタネと在来ナタネ間での自然交雑が生じている可能性を示唆する結果が得られた。本調査はマスコミ等にも取り上げられ、世間の関心を集めている。本研究は、COP10/MOP5において採択された名古屋・クアラルンプール補助議定書「責任と救済」について、国内の公的研究機関がおこなった唯一の研究である。

GMダイズが近縁在来種と交雑した場合の影響評価に関する研究では、生じる雑種の性質は非組換えダイズの場合と同様であり、生態系に何らかの影響を及ぼすとは考えにくいという結果が得られた。

大型船舶のバラスト水による海洋性生物の長距離の移送が問題となっている。リアルタイムPCR法により、有害植物プランクトン種4種を数検出する手法を確立した。本法は、バラストタンク内から特定の生物種を数細胞のオーダーで定量的に検出できること、専門知識なしに対象生物を検出できることから、バラスト水を介した海洋生物の移入の実態の把握や定着の初期過程の解析等に有効な手段となることが期待される。

国内移入種に関する研究では、関東地方河川採集と琵琶湖採集のオイカワの遺伝子解析を行なったところ、琵琶湖由来と関東在来の両系統を発見し、関東地方河川にアユ放流に伴い琵琶湖由来のオイカワが定着していることが判明した。

このほか、南方からの侵入種とされる新種ミナミアオサを含むグリーンタイド形成アオサ類の現存量と種組成の季節的消長を東京湾沿岸域で明らかにした。

コンピューターシミュレーションによるモデル研究では、二つの生態系を融合させると生物の相互侵入の結果、個々の生態系の多様性は大きく増加するが、全体的な多様性は大きく減少することが示された。また、島の生態系のように、外部から隔離されて進化した生態系は、特に侵入に弱いことが示された。これらは特に島の生態系と生物多様性の保全上の留意点を示すものである。

(4) 生態系の機能の保全に関する研究

湿原・干潟において有機物の分解活性などの生態系機能に関する研究を進めた。セルロース片の埋め込み実験では、セルロース分解率とセルラーゼ活性の間に相関が認められ、これらの酵素活性から土壌の分解・無機化速度の評価が可能であることが示唆された。

このほか、安定同位体比データを利用し、食物網を構成する生物間での餌資源の貢献比率を食物網全体で一括して推定する統計モデル、すなわち食物網構造混合モデルの開発を行い、食物網内の各餌資源の貢献比率を十分な精度で一括して推定できることが示された。

(5) その他の研究

炭化水素産生藻による石油代替資源の開発に関する研究では、*B. brunii* に変異源処理をおこない、除草剤耐性株の候補を選抜するとともに、遺伝子の塩基配列を網羅的に調べ、約2万遺伝子の配列を明らかにした。

5) 平成22年度の実施概要とその成果

(1) 絶滅が心配される生物の保全に関する研究

広域的な生物多様性保全に資することを目的とし、生物多様性保全の観点から効果的な土地利用を探索する最適化ツールを構築するため、日本全国を対象として、土地被覆、地形、気候情報、国内保護区域のGISデータ化を行った。また、将来土地利用変化シナリオ構築のために1950年以降の土地利用の変遷および人口動態のGISデータ化を行った。また、水棲生物の分布データ解析から、土地利用のモザイク性指標は多くの分類群の出現に対して正の効果を及ぼすことが示唆された。この指標は、里地里山における生物の生息適地予測や土地利用変化が生物多様性に及ぼす影響の予測などに利用しうる。

これまで十分なデータが存在しなかった小笠原諸島・地先海域の十脚目甲殻類の潜水調査を行い、サンゴガニ類やキモガニ類を採集して、種のリストを作成した。これらの種は、将来的には国立公園内の海中公園地区において捕獲が制限される種に指定される可能性がある。また、ユスリカ固有種の保護の必要性を評価し、この結果にもとづく絶滅危惧のランクを東京都レッドデータブック改訂の基礎情報として提案した。

絶滅危惧種であるシャジクモ類の種組成の変化を解析するため形態および遺伝子解析による種同定を進めた。また、小規模ため池では、数年間程度の短期間で富栄養化によるシャジクモ類の消失が起こっていることが明らかとなった。

(2) 環境の変動やストレスが生物と生態系に及ぼす影響に関する研究

地球温暖化と対流圏オゾン濃度の増加が水稻に及ぼす影響を予測するため、高温とオゾンで処理したイネの穂と種子からRNAを抽出する方法を確立した。マイクロアレイ法により遺伝子発現を調べた結果、穂・種子ともに多数の遺伝子の発現が変化することが明らかになった。これらの遺伝子は、ストレスのイネの収量への影響を解明・評価するための分子マーカーとして利用できる可能性がある。

イネのオゾン感受性遺伝子の実体は「穂の枝分かれを制御する遺伝子」であり、この遺伝子の発現がオゾンにより低下することを明らかにした。このことから、オゾンによるイネの収量低下のメカニズムは葉の可視障害とは異なり、イネの穂の枝分かれが少なくなるためであることが示唆された。

(3) 外来生物・遺伝子操作作物の定着・分散の実態の把握と対策に関する研究

海外からのナタネ輸入港からの輸送経路にあたる場所で遺伝子組換えセイヨウナタネが生育していることが7年連続で明らかになった。今年度は三重県の河川敷においてセイヨウナタネと在来ナタネとの自然雑種で除草剤耐性遺伝子を持つ個体が見つかり、遺伝子組換えナタネと在来ナタネ間での交雑が生じている可

能性が再度示唆された。

南方からの侵入種とされる新種ミナミアオサを対象として、九州から青森までを網羅する国内 10 カ所で分布調査を行った。分子マーカーを利用して、東京湾沿岸域で発生したグリーンタイド形成アオサ類の現存量と種組成を解析し、東京湾内におけるアオサ属各種の分布状況とその季節的消長を明らかにした。

DNA 解析により、東京湾における有害植物プランクトン *Chattonella* の東京湾への定着が進み、分布が湾港から湾奥へ拡大した可能性が示唆された。

(4) 生態系の機能の保全に関する研究

食物網構造のデータと構成種の安定同位体比データを統合し、食物網を構成する全消費者への異なる餌資源の貢献比率を食物網全体で一括して推定する統計モデル（食物網構造混合モデル）の開発を行い、食物網内での各餌資源の貢献比率を高い精度で一括して推定できることを示した。十分なデータの下では、安定同位体比の実測データに含まれる誤差の由来を区別した、より高精度での推定が可能である。

湿原泥炭地における土砂の流入、富栄養化、pH の上昇などの自然および人為的環境変化が湿原の生態系機能に及ぼす影響を評価する手法の確立を目的として、釧路湿原での野外実験において有機物の分解速度を実測し、分解酵素活性との関係を調べた。その結果、土壌の生態系機能の指標の一つとしてセルラーゼ活性の測定がセルロース分解機能の指標になることが示唆された。

(5) その他の研究

石油代替資源としての利用が期待される炭化水素産生藻類 *Botryococcus brunii* に変異源処理をおこない、除草剤耐性株の候補を 54 株選抜した。当該藻類の増殖時に発現している 2 万個の遺伝子の機能を推定し、この生物の炭化水素合成経路に関わる遺伝子配列を明らかにした。

6) 自己評価

生態系および生物多様性の適切な保全・管理のあり方を明らかにするため、生態系の構成要素及びこれらの要素間の相互作用に関する研究を、多面的に進めることができた。

絶滅が心配される生物の保全に関しては、小笠原の生物や陸水域の藻類を中心に個別事例の研究を進め、危惧種の選定などに具体的な貢献ができたほか、分布の推定手法の開発、評価手法の開発など、広く利用できるツールの開発を行った。これらを実地で生かす今後の展開のための土台ができたものと考えている。環境変動・ストレスなどの影響に関する研究では、分子遺伝学的な手法を活用したストレス要因の診断や、ストレス耐性品種の簡便な診断法など、実用性のある方法を開発できた。特許を出願中の手法もあり、実用化に非常に近いところまで来ている。また、温暖化の影響等に関する研究では、チベット高原など海外への展開を進め、論文も着実に出ている。外来生物・遺伝子操作作物に関する研究では、特に分子遺伝学的な手法で逸出、侵入、定着状況を把握する手法の開発で成果をあげるとともに、遺伝子操作作物の非意図的な逸出状況のモニタリングで、逸出個体間での交雑・結実・散布・定着が起きている可能性が高いことを見出したことは大きな成果と言える。

前回の外部評価では、保全や行政への反映がじゅうぶんに見えていない部分があるとの指摘を受けた。この点に関連しては、具体的な保全策である保全地域の設定や土地利用形態のマクロなデザインに関するプロジェクト研究をスタートするとともに、環境省とも研究計画の立案段階から情報交換を行っており、指摘をふまえたあらたな展開の一步を踏み出せたものとする。また、次期中期計画にむけては、これまでの研究資産を生かしつつ、生物多様性条約・愛知ターゲットの達成への貢献を目指す研究プロジェクトの立案を進めている。

誌上発表及び口頭発表

1 誌上発表（査読あり）

5年間の報告数 146件

平成22年度分

- 1) 天野達也, 赤坂宗光, 石濱史子, 角谷拓, 杉浦真治, 滝久智, 山浦悠一, 横溝裕行 (2010) 日本の保全生物学が必要とするマクロスケールからの視点. 日本生態学会誌, 60 (3), 385-392
- 2) Eltayeb A.E., Yamamoto S., Habora M.E.E., Matsukubo Y., Aono M., Tsujimoto H., Tanaka K. (2010) Greater protection against oxidative damages imposed by various environmental stresses in transgenic potato with higher level of reduced glutathione. *Breed.Sci.*, 60, 101-109
- 3) Fang J., Tang Y., Son Y. (2010) Why are East Asian ecosystems important for carbon cycle research?. *Sci.China: Life Sci.*, 53 (7), 753-756
- 4) Freeman J.L., Tamaoki M., Stushnoff C., Quinn C.F., Cappa J.J., Devonshire J., Fakra S.C., Marcus M.A., McGrath S.P., Van Hoewyk D. et al. (2010) Molecular mechanisms of selenium tolerance and hyperaccumulation in *Stanleya pinnata*. *Plant Phys.*, 153 (4), 1630-1652
- 5) Ishii Y., Harigae S., Tanimoto S., Yabe T., Yoshida T., Taki K., Komatsu N., Watanabe K., Negishi M., Tatsumoto H. (2010) Spatial variation of phosphorus fractions in bottom sediments and the potential contributions to eutrophication in shallow lakes. *Limnology*, 11 (1), 5-16
- 6) Kadoya T., Washitani I. (2010) Predicting the rate of range expansion of an invasive alien bumblebee (*Bombus terrestris*) using a stochastic spatio-temporal model. *Biological Conservation. Biol.Conserv.*, 143 (5), 1228-1235
- 7) Li C., Shimono A., Shen H., Tang Y. (2010) Phylogeography of *potentilla fruticosa*, an alpine shrub on the Qinghai-Tibetan Plateau. *J.Plant Ecol.*, 3 (1), 9-15
- 8) Ma W., Liu Z., Wang Z., Wang W., Liang C., Tang Y., He J-S., Fang J. (2010) Climate change alters interannual variation of grassland aboveground productivity: evidence from a 22-year measurement series in the Inner Mongolian grassland. *J.Plant Res.*, 123 (4), 509-517
- 9) Matsuzaki S.S., Mabuchi K., Takamura N., Hicks B.J., Nishida M., Washitani I. (2010) Stable isotope and molecular analyses indicate that hybridization with non-native domesticated common carp influence habitat use of native carp. *Oikos*, 119 (6), 964-971
- 10) Nishizawa T., Tamaoki M., Aono M., Kubo A., Saji H., Nakajima N. (2010) Rapeseed species and environmental concerns related to loss of seeds of genetically modified oilseed rape in Japan. *GM Crops*, 1 (3), 143-156
- 11) Ren W., Tang H., Wu J., Deng Y., Wu Y., Tang Y., Cui X. (2010) UV light spectral response of photosynthetic photochemical efficiency in alpine mosses. *J.Plant Ecol.*, 3 (1), 17-24
- 12) Shimono A., Zhou H., Shen H., Hirota M., Ohtsuka T., Tang Y. (2010) Patterns of plant diversity at high altitudes on the Qinghai-Tibetan Plateau. *J.Plant Ecol.*, 3 (1), 1-7
- 13) 多田満 (2010) 環境芸術について(1) 環境—科学—芸術のつながり. *環境芸術*, (9), 93-96
- 14) Tan K., Ciais P., Piao S., Wu X., Tang Y., Vuichard N., Liang S., Fang J. (2010) Application of the ORCHIDEE global vegetation model to evaluate biomass and soil carbon stocks of Qinghai-Tibetan grasslands. *Glob.Biogeochem.Cycles*, 24, GB1013
- 15) 唐艶鴻 (2010) シーダークreek生態系科学保護区. 日本生態学会誌, 60 (1), 125-129
- 16) Diekatter T., Kadoya T., Peter F., Wolters V., Jauker F. (2010) Oilseed rape crops distort plant-pollinator interactions. *J.Appl.Ecol.*, 47 (1), 209-214
- 17) Tomaru A., Kawachi M., Demura M., Fukuyo Y. (2010) Denaturing gradient gel electrophoresis

shows that bacterial communities change with mid-ocean ballast water exchange. *Mar.Pollut.Bull.*, 60 (2), 299-302

- 18) Tsuchida K., Kondo N., Inoue M., Goka K. (2010) Reproductive disturbance risks to indigenous Japanese bumblebees from introduced *Bombus terrestris*. *Appl.Entomol.Zool.*, 45 (1), 49-58
- 19) Yamazaki Y., Akashi R., Banno Y., Endo T., Ezura H., Fukami-Kobayashi K., Inaba K., Isa T., Kamei K., Kasai F. et al. (2010) NBRP databases: databases of biological resources in Japan. *Nucleic Acids Res.*, 38, D26-D32
- 20) Yoshioka A., Kadoya T., Suda S., Washitani I. (2010) Impacts of weeping lovegrass (*Eragrostis curvula*) invasion on native grasshoppers: responses of habitat generalist and specialist species. *Biol Invasions*, 12 (3), 531-539
- 21) Yoshioka A., Kadoya T., Suda S., Washitani I. (2010) Invasion of weeping lovegrass reduces native food and habitat resource of *Eusphingonotus japonicus* (Saussure). *Biol.Invasions*, 12 (8), 2789-2796
- 22) 宮崎佑介, 松崎慎一郎, 角谷拓, 関崎悠一郎, 鷺谷いづみ (2010) 岩手県一関市のため池群においてコイが水草に与えていた影響. *保全生態学研究*, 15, 291-295
- 23) Zhang X., Gu S., Zhao X., Cui X., Zhao L., Xu S., Du M., Jiang S., Gao Y., Ma C., Tang Y. (2010) Radiation partitioning and its relation to environmental factors above a meadow ecosystem on the Qinghai-Tibetan Plateau. *J.Geophys.Res.*, 115, D10106

2 誌上発表 (査読なし)

5年間の報告数 16件

平成22年度分

河地正伸, 出村幹英 (2010) バラスト水問題と海洋生物の越境移動. *水*, 52 (12), 12-17

松崎慎一郎 (2010) 放流コイ, 実は大陸産だった! 沈水植物を減らし, 生態系も変化. *自然保護*, (514), 25-25

多田満 (2010) レイチェル・カーソン「海辺」における生態と進化の見方(2)-三番瀬のフジツボとタマキビを例に(その1)-. *しおかぜ*, (43), 2-3

3 書籍

5年間の報告数 11件

平成22年度分

角谷拓(編集) (2010) 一. 角谷拓 他編, *保全生態学の技法*, 東京大学出版会, 324p

松崎慎一郎 (2010) 第9章 食物網構造・栄養段階の評価法. 鷺谷いづみ 他編著, *保全生態学の技法—調査・研究・実践マニュアル*, 東京大学出版会, 203-216

上野隆平 (2010) 3-1 走査型電子顕微鏡を用いたユスリカの形態観察. 日本ユスリカ研究会編, *図説 日本のユスリカ*, 文一総合出版, 261-267

4 口頭発表 5年間の総数 (括弧内は平成22年度の新たな報告数)

国外: 19件 (2件)

国内: 217件 (40件)