

論文審査の結果の要旨

申請者氏名 西嶋 翔太

外来種の侵入は生物多様性を減少させる主要因の一つであり、その駆除活動が世界各地で行われている。しかし既に多くの外来種が広く定着した生態系では、すべての外来種を根絶させることは困難な場合が多い。そうした生態系では、外来種の存在下で在来種の個体群が維持可能な状態にまで回復させることが次善の目標となり、これを実現するためには外来種と在来種が形成する生物間相互作用を理解することが重要である。

外来種管理を困難にする代表的な生物間相互作用として、生態系エンジニアリングおよび外来捕食者間の相互作用が挙げられる。外来種は、しばしば物理環境を改変する生態系エンジニアリングによる正のフィードバックを引き起こし、生態系のレジームシフトを生じさせる。また、複数の外来捕食者が同時に生息している場合には、外来の上位捕食者の除去が外来の中位捕食者を増加させ（メソプレデター・リリース）、中位捕食者の餌である在来生物を減少させることがある。

ここでは、これらのプロセスを理解し有効な管理方法を探るため、外来捕食者に恒常的に供給される補助資源 (subsidized resource) に着目した。既存研究からは、多くの生態系エンジニアと中位捕食者が補助資源を利用することが示されている。補助資源は人間活動によってしばしば増加するため、その除去により外来種の影響を抑制できる可能性が考えられる。本論文では、生態系エンジニアリングによるレジームシフトと、メソプレデター・リリースによる在来生物の減少という、2つのプロセスが補助資源によって引き起こされるという仮説を理論的に提示したうえで、効果的な管理戦略を探ることを目的とした。

第2章では、ため池の生物多様性を激減させるアメリカザリガニを対象に、それがもたらす正のフィードバック機構を解明するための実験を行った。正のフィードバックは以下の3つのプロセスによって生じると考えられる。(1) ザリガニの増加は、水生動物にとっての隠れ家である水草を減少させる、(2) 水草の減少はザリガニの水生動物への採餌効率を高める、(3) 採餌効率の上昇はザリガニの成長率を促進し、ザリガニをさらに増加させる。ここでは従来の研究で実証されていない (2) と (3) について、人工水草を用いた水槽実験を行い、水草の物理構造がザリガニの採餌効率と成長率に与える影響を検証した。その結果、水草密度が低下するほど、トンボ幼虫とユスリカ幼虫に対するザリガニの採餌効率が上昇し、ザリガニの成長率も増加することが明らかになった。

第3章では、上記のプロセスに基づいた数理モデルを構築した。このモデルでは、ザリガニが水草を減少させることで水生動物への採餌効率を高めることや、ザリガニが水生動物の他に補助資源であるリターを消費することを組み込んでいる。解析の結果、水草の隠れ家効果とザリガニに対する水草の脆弱性が高い場合に、リター流入量の増加によって、ザリガニが急激に増加し水生動物が激減するという群集レジームシフトが引き起こされる

ことが予測された。次にこのモデルをもとに、ザリガニのレジームシフトによって劣化した生態系を再生するうえで、リター流入量の制御と水草の導入という 2 つの間接的な管理手法の有効性を探った。その結果、リター制御と水草導入を個別に実施した場合には効果が低い、両方行うことで生態系のレジリエンスが相乗的に変化し、生態系の回復に必要なザリガニの除去量が大きく減少することがわかった。

第 4 章では、2 種の外来捕食者を含む生物群集を対象とした数理モデルを構築した。このモデルでは、上位捕食者が中位捕食者と在来生物、そして中位捕食者が在来生物と補助資源を摂食することを仮定した。解析の結果、補助資源の利用可能量が低い場合には、上位捕食者の除去が在来生物の減少に与える影響は小さく、在来生物が増加する可能性があることが示された。しかし、補助資源の利用可能量が高まるとメソプレデター・リリースが強まり、在来生物が大きく減少した。次に、効果的に在来生物を保全するため、上位捕食者・中位捕食者・補助資源の 3 者に対して管理努力量をどう配分すればよいかを解析した。その結果、3 者に対して均等に努力量を配分する単純な管理戦略が、幅広いパラメータ条件下で在来生物を回復させることが示された。

以上、本研究は、外来の生態系エンジニアや複数の外来捕食者を含む群集動態を左右する要因として補助資源が重要であり、外来種と在来種が複雑に相互作用する生態系を効果的に管理するには、外来種の駆除に加えて、補助資源の除去や在来生物の棲み場所の創出といった複数の手法の適切な組み合わせが必要であることを理論的に明らかにした。本研究から得られた知見は、生物多様性の保全や再生に新たな視点を提供するものであり、学術上、応用上貢献するところが少なくない。よって、審査委員一同は、本論文を博士（農学）の価値があるものと認めた。