

学 位 論 文 題 名

Seasonal and spatial variations in population dynamics of  
intertidal barnacle *Chthamalus* spp.

(潮間帯に生息するフジツボ(*Chthamalus* spp.)の個体群動態の季節変異と  
空間変異)

学位論文内容の要旨

個体群生態学の中心的な課題の一つは、生物の個体群サイズの時間変化を引き起こす生態学的な機構を明らかにし、個体群の変動様式を説明することである。個体群サイズの変動は、出生率や生存率といった人口統計学的パラメータに影響する競争や捕食といった密度依存的な過程と、気候変動のような密度独立的な過程が相互に作用した結果生じる。これらの過程が個体群動態に及ぼす影響は、時間と空間によって異なることが知られているが、その時空間変異性には未だ十分理解されていない3つの側面がある。それは、季節性、分布範囲に沿った空間変異、個体群動態の変異性と空間スケールの関連である。

そこで本研究では、岩礁潮間帯に生息するイワフジツボ属2種を対象に、(1) 個体群サイズの変動の大きさ、(2) 個体群増加率、(3) 個体群増加率を決定する生態学的な過程について、それぞれ季節性と空間変異性を、複数の空間スケールで明らかにすることを目的とした。太平洋沿岸の北緯31度から43度にわたる6地域に階層的に配置した調査地において、イワフジツボの個体群サイズの指標となる被度を10年間調査した。得られた被度の時系列データに対し、個体群の変動性を理解する上で有効な、しかしこれまで同時に用いられることはほとんどなかった2つのアプローチ—個体群動態モデルを用いた個体群増加率を決定する過程の推定と、Taylorの冪乗則を用いた個体群サイズの平均分散関係の推定—を同時に適用した。

第二章では、個体群増加率を決める過程の強度と、その影響の空間スケールに見られる季節性を明らかにするため、三陸沿岸の個体群の季節ごとの被度の変化を解析した。その結果、夏季と冬季では個体群の増加率が

大きく異なっていることが明らかとなった。また、増加率を決定する密度依存的過程と密度独立的過程の強度とその影響する空間スケールも夏と冬で大きく異なっていることが明らかとなった。さらに、固着性生物の個体群サイズの指標としてしばしば用いられる被度の変化は、密度や個体数の変化と同じ枠組み(ロジスティック成長モデル)で表現することが可能であることが明らかとなった。

第三章では、イワフジツボ属の季節的な個体群動態の空間変異を複数の空間スケールで明らかにすることを目的に、北海道東部から九州南部に及ぶ日本太平洋沿岸の5つの地域における個体群動態の季節性と空間変異性を調べた。その結果、個体群増加率と増加率を決める過程の季節性は調査した地域に広く認められ、またその様式は緯度に沿った地理的な変化があることが明らかとなった。一方で、増加率の季節性の空間変異は地域間だけでなく、地域内でも存在することが明らかとなった。また、個体群変動の大きさの時空間変異は、季節と地域で共通したTaylorの冪乗則によって説明できることが明らかとなった。

第四章では、潮位によって特徴づけられる本種の垂直方向の分布範囲に沿った個体群動態の変化を明らかにすることを目的に、北海道東部の個体群を対象に、個体群サイズの変動の大きさ、個体群増加率、個体群増加率を決める過程の季節と潮位による違いを調べた。その結果、個体群増加率の確率的な変動が大きくなることが原因で、個体群変動サイズの変動の大きさは分布範囲の周辺部ほど高くなることが明らかとなった。また、個体群サイズの変動の大きさは岩礁間でも大きく異なり、そのばらつきはTaylorの冪乗則によって説明されることが明らかとなった。さらに、個体群増加率やそれを決定する過程は、潮位と季節によって大きく異なっていた。

これらの結果から、(1)個体群サイズの変動の大きさ、(2)個体群増加率、(3)個体群増加率を決定する生態学的な過程は、それぞれ複数の空間スケールで生じる季節的な環境変動の影響を受けて空間的に異なっていると結論した。このことは、イワフジツボ属2種の個体群動態を理解する上で、複数の空間スケールで生じる季節的な環境変動と環境の空間異質性の相互作用を考慮することの重要性を示唆している。また、イワフジツボの個体群動態の時空間変異性を理解する上で、個体群動態モデルと個体群サイズの平均分散関係を同時に適用することが極めて有効であることが明らかとなった。

# 学位論文審査の要旨

|     |       |         |
|-----|-------|---------|
| 主 査 | 准 教 授 | 野 田 隆 史 |
| 副 査 | 教 授   | 東 正 剛   |
|     | 教 授   | 齊 藤 隆   |
|     | 教 授   | 仲 岡 雅 裕 |
|     | 特任助教  | 小 泉 逸 郎 |

## 学 位 論 文 題 名

### Seasonal and spatial variations in population dynamics of intertidal barnacle *Chthamalus* spp.

(潮間帯に生息するフジツボ(*Chthamalus* spp.)の個体群動態の季節変異と  
空間変異)

生物個体群の時間変動におけるパターンとプロセスを明らかにすることは生態学の中心課題の一つであり、様々な生物種を対象にした研究が数多く行われてきた。しかしながら個体群動態の季節性、個体群動態の変異性と空間スケールの関連性、及び分布範囲に沿った空間変異性は未だ十分理解されていない。一般に個体群動態の変動特性を記述する際には、個体数の時系列データに個体群動態モデルを当てはめることにより、個体群増加率を決定する過程を推定するという手法と、個体群サイズの平均分散関係 (Taylorのべき乗則) にもとづき個体群サイズによって規格化した個体群変動性を求めるという手法が用いられることが多いものの、これら二つの手法が同時に適用された個体群の実証研究は極めて少ない。

申請者は、岩礁潮間帯に生息するイワフジツボ属2種を対象に、(1) 個体群サイズの変動の大きさ、(2) 個体群増加率、(3) 個体群増加率を決定する生態学的な過程について、それぞれ季節性と空間変異性を、複数の空間スケールで明らかにした。その方法は、本邦の太平洋沿岸の北緯31度から43度にわたる5地域に存在する88岩礁において10年間にわたり計測されたイワフジツボの被度の時系列データに対し、状態空間モデリングの枠組みに沿って、(1) 個体群増加率を決定する諸過程の推定と測定誤差の影響を低減した個体群サイズの推定を行い、(2) 得られた個体群サイズの推定値を用いて平均分散関係を解析するという斬新なものである。

第二章では、三陸沿岸の個体群を対象に、被度の増加率を決める過程の強度と、その変化の空間スケールにおける季節性を解析した。その結果、夏季と冬季では被度の増加率に加え、密度依存的過程と密度独立的過程の強度とその影響する空間スケールも大きく異なることが明らかとなった。さらに、固着性生物においては個体群サイズの指標として汎用されてきた被度についても、その変化が個体数の場合と同じ枠組み(ロジスティック成長モデル)で表現することが可能であることが明らかとなった。

第三章では、より大きな空間範囲における季節的な個体群動態の空間変異性を解明するた

めに、北海道東部から九州南部の日本太平洋沿岸の5つの地域における個体群動態の季節性と空間変異性を調べた。その結果、イワフジツボ属の個体群増加率と増加率を決める過程の季節性は緯度に沿って変化することが明らかとなった。また、増加率の季節性は地域間だけでなく、地域内でも大きく変化することが明らかとなった。その一方で、個体群サイズの変動性は、季節と地域の違いに関わらず共通したTaylorのべき乗則によって説明できることが明らかとなった。

第四章では、潮位によって特徴づけられる本種の垂直方向の分布範囲に沿った個体群動態の変化を明らかにすることを目的に、北海道東部の個体群を対象に、個体群サイズの変動の大きさ、個体群増加率、個体群増加率を決める過程の季節と潮位による違いを調べた。その結果、個体群増加率やそれを決定する過程およびその季節性は、潮位によって大きく異なることがわかった。そして、個体群増加率の確率的な変動が大きくなることが原因で、分布範囲の周辺部ほど個体群サイズの変動が大きくなることが明らかとなった。また、同じ潮位でも個体群サイズの変動の大きさは大きく異なることも明らかとなった。その一方で、個体群サイズの変動性は、潮位や季節の違いに関わらず共通したTaylorのべき乗則によって説明できることが明らかとなった。

以上の結果に元い、第五章では、イワフジツボ属の個体群動態を理解する上で、複数の空間スケールで生じる季節的な環境変動と環境の空間異質性の交互作用を考慮することの重要性を指摘するとともに、個体群動態の時空間変異性を理解する上で、個体群動態モデルと個体群サイズの平均分散関係を同時に適用することの重要性を示した。

本研究は、個体群の時空間変異性の解明において新しい手法の枠組みを提供するとともに、得られた結果は個体群サイズの平均分散関係の生成メカニズムへの従来の理論へ疑問を投げかけるものである。ゆえに審査委員一同は、これらの成果を高く評価し、また研究者として誠実かつ熱心であり、大学院博士課程における研鑽や修得単位などもあわせ、申請者が博士（環境科学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものと判定した。