

研究種目：基盤研究（A）

研究期間：2006～2009

課題番号：18201043

研究課題名（和文） 広域空間動態解析と分子生態学的手法の統合による沿岸景観形成種の保全指針の作成

研究課題名（英文） Establishment of conservation guideline for coastal foundation species by an integrated approach using spatial dynamics analyses and molecular ecology

研究代表者

仲岡 雅裕 (NAKAOKA MASAHIRO)

北海道大学・北方生物圏フィールド科学センター・教授

研究者番号：90260520

研究分野：海洋生態学、個体群生態学

科研費の分科・細目：資源保全学・資源保全学

キーワード：空間スケール、沿岸生態系、メタ個体群、岩礁潮間帯、藻場、分子生態学、リモートセンシング、輸送プロセス

### 1. 研究計画の概要

本研究課題は、沿岸海域の生態系機能（生産性、安定性、物質循環など）に多大な影響を与える景観形成種（サンゴ、海草、マングローブ、海産無脊椎動物）を対象に、メタ個体群の広域変動様式および変動機構を解明することにより、保全に対する指針を作成することを目的とする。この目的を達成するため、生態学、分子生物学、海洋工学、地理情報学の各分野の最先端の理論・方法論・技術を統合的に利用する。異なる気候帯（温帯、亜熱帯）および地理的条件（外洋系、内湾系）に生息する複数の種を解析比較することにより、沿岸開放個体群の一般性、特異性を明らかにする。

具体的には、以下の課題について研究を行う。

(1) 広域かつ長期にわたる野外調査により、海洋個体群の定期モニタリングを行い、個体群変動の時空間的同調性、および変動様式に対する異なる空間スケールの相対的重要性を明らかにする。

(2) リモートセンシング (RS) (衛星情報、航空写真等) を用いて、景観形成種および関連する海洋環境条件の長期広域動態を解析する。

(3) 分子生態学的手法により、メタ個体群の遺伝構造、各局所個体群の遺伝的多様性、および局所個体群間の遺伝子流動の様式を把握する。

(4) 空間スケールを考慮した大規模海水流動シミュレーションにより、景観形成種の局所個体群間の分散過程および交流機構を推定する。

(5) 以上の結果を元に、沿岸生態系の保全に関する一般的・個別的指針を作成する。

### 2. 研究の進捗状況

(1) 野外調査による海洋メタ個体群の変動様式については、小型無脊椎動物（フジツボ類、ヨコエビ類）を主要な対象種とした解析を行った。その結果、これらの生物のメタ個体群動態については、海水の流動の変動などの広域な空間スケールで作用する要因、地形や沿岸流、波あたりなどの中規模の空間スケールで作用する要因、さらに、岩礁の凸凹度など小スケールで作用する局所的な要因による複合的影響を受けることが示された。

(2) リモートセンシングを利用した広域長期変動の解析は、東京湾のアマモ類を主要対象に、航空写真、衛星画像、既存データを用いて行った。その結果、東京湾内のアマモ局所個体群の増減パターンは非同期的であり、著しい変動が見られる局所個体群には、港湾建設など周辺環境の変化が影響していることが判明した。このことから、アマモ場の空間動態の把握および予測には、アマモ場内部の環境要因だけでなく、アマモ場周辺の広域環境の影響を調べる必要があることが示された。

(3) 分子生態学的解析による局所個体群の交流頻度の推定については、アマモ類およびマングローブ類を主要対象とした解析を行った。その結果、海流を通じた種子散布に、局所集団間の遺伝子流動パターンおよび局所集団の遺伝的多様性が強い影響を受けることが明らかになった。

(4) 東京湾を対象に開発された大規模海水流動モデリングをアマモメタ個体群に適用させることにより、アマモ種子の広域分散プロセスを推定

した。その結果、流れ藻の状態分散するアマモ種子は、短期間のうちに東京湾内を広く分散すること、その方向性には吹送流の強度および方向の変化が強く関連していることが明らかになった。

(5) 以上の結果を元に、沿岸生態系の主要個体群の保全のために、対象種の生活史や分散様式の違い、および対象海域の海洋学的条件、地理学的条件を考慮した保全指針の作成を提案した。

### 3. 現在までの達成度

①当初の計画以上に進展している。

(理由)

先行研究により成果が集積している一部の生物グループ(サンゴおよびサンゴ礁の消費者や、海流分散を行う海浜植物)に関する研究の重複を避けることにより、ターゲットとする個体群を絞り込んで集中的かつ効率的に研究を進めることができた。また、過去の野外調査のデータベースおよびリモートセンシングの活用により、個体群の変動、同調性解析についても長期のデータを利用した解析を行うことができた。これにより、当初計画(4年間)よりも1年早い3年間で、異なる種を比較する形で景観形成種のメタ個体群動態の特性を解明することができた。その成果は15件を超える査読付き学術論文、40件を超える学会発表(含む国際学会の招待講演)、および2件の図書としてまとめることができ、これは研究開始前の予測を大幅に上回るものであった。

### 4. 今後の研究の推進方策

研究成果より、次の2点が今後の解決課題としてクローズアップされてきた。

第1に、今回対象とした沿岸生態系の優占種(その多くが大型の一次生産者)の変動には、棘皮動物や草食性魚類・鳥類などの消費者の関与が大きいことが判明した。沿岸域の生産者と消費者では、分散スケールが異なる場合が多い。このため、両者の相互作用およびその結果である広域動態は、従来の狭い空間での捕食被食相互作用のみを考慮した解析結果より、はるかに複雑であることが予想される。

第2に、今回の研究過程で、地球温暖化に代表されるグローバルな環境変動が、非常に複雑な過程を経て、沿岸生態系の個体群・群集の変動を引き起こす可能性が指摘された。特に、温暖化に伴う生物相互作用の変化(例、温度上昇に伴う消費者の分布域の北上や、摂食圧の増加を介した植物群集への影響など)は、温度上昇の直接的効果よりもはるかに複雑な影響を沿岸生態系に与えることが指摘されている。この分野の研究については、サンゴ礁生態系を中心に熱帯・亜熱帯海域で研究が先行するものの、温帯から冷温帯の主要生物個体群については、分類や基礎的な生活史が不明な優占種もまだ多く、より多くの研究例の集積が必要である現状

も明らかになった。

以上を踏まえ、2009年度より、温帯域(暖流域)と冷温帯域(寒流域)を対象海域に、生産者と消費者の相互作用を踏まえたメタ群集レベルでの沿岸海洋生物の広域長期変動を解明するための研究課題を設定して推進する予定である。

### 5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計18件)

- ① Yamakita, T. and Nakaoka, M. (2009) Scale dependency in seagrass dynamics: how does the neighboring effect vary with grain of observation? *Population Ecology* **51**: 33-40, 査読有
- ② Takayama K, Tamura M, Tateishi Y, Kajita T (2008) Isolation and characterization of microsatellite loci in the red mangrove *Rhizophora mangle* (Rhizophoraceae) and its related species. *Conservation Genetics* **9**: 1323-1325, 査読有

[学会発表](計41件)

- ① Watanabe K, Nakaoka M, Yamakita T, Kondoh A (2008) Long-term dynamics of eelgrass *Zostera marina* metapopulation in Tokyo Bay, Japan. The 8<sup>th</sup> International Seagrass Biology Workshop. 2008年8月31日～9月6日, Bamfield Marine Sciences Centre, Canada
- ② 深谷肇一・仲岡雅裕・熊谷直喜・島袋寛盛・山本智子・堀正和・野田隆史(2008) 群集・個体群動態の安定性の空間スケール依存性. 第55回日本生態学会福岡大会, 2009年3月14日～17日, 福岡国際会議場(福岡市)

[図書](計2件)

- ① 仲岡雅裕 (2008) 気候変動にともなう沿岸生態系の変化—生物群集から考える. シリーズ群集生態学 4: 生態系と群集をむすぶ(大串隆之・近藤倫生・仲岡雅裕編), 京都大学学術出版会, 京都, pp. 179-204