

平成 21 年 4 月 15 日現在

研究種目：基盤研究（A）
研究期間：2006～2008
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

研究成果の概要：沿岸生態系の諸機能（生産性、安定性、物質循環など）に多大な影響を与える海藻やマングローブなどの優占種（景観形成種）を対象に、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ことにより、メタ個体群の広域変動様式および変動機構の一般性、特異性を解明し、主要個体群の生物学的情報、生活史・分散特性に応じた保全指針の作成を行った。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	11,200,000	3,360,000	14,560,000
2007年度	11,000,000	3,300,000	14,300,000
2008年度	9,900,000	2,970,000	12,870,000
年度			
年度			
総計	32,100,000	9,630,000	41,730,000

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、
リモートセンシング、分子生態学、輸送プロセス

1. 研究開始当初の背景

沿岸生態系は、地球上のさまざまなバイオームの中でも、生産性、生物多様性が高い場所として知られている。これは、大型植物や固着動物類など生産能力が高い生物が景観主体となり、沿岸海洋環境の安定化に正のフィードバックをもたらすと共に、他の多くの生物に促進効果を及ぼすためである。本研究課題ではこのような生物を「景観形成種」と定義する。このような景観形成種の変動機構の解明は、沿岸生態系全体の保全と沿岸資源の持続的利用の上でも最優先の課題である。沿岸海域は著しい開放系であるため、主要生物は、幼生や種子が海流によって広く分散するメタ個体群を形成している。そのため、従来

型の局所的な個体群センサスと変動機構の解析では、その動態解明および予測は困難であった。その解決のためには、沿岸生物・生態系の広域動態解析に関与している複数の研究領域による統合的研究が必要であるが、そのような取り組みはこれまで、一部の地域の特定生物群（たとえば、熱帯域のサンゴ類など）のみに限られていた。

2. 研究の目的

本研究課題は、上記に説明した景観形成種を対象に、開放的な沿岸海域における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）に生息する複数の景観形成種を同じ手法で比較解析することにより、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（衛星情報、航空写真等）・GIS(地理情報システム)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。

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。

3. 研究の方法

(1) 野外調査による海洋メタ個体群の変動様式の解析：データの集積が容易で海洋メタ個体群研究のモデル生物となる小型無脊椎動物（フジツボ類、ヨコエビ類）を主要な対象種と選定して解析を行った。フジツボ類については、日本の太平洋沿岸海域の岩礁潮間帯に階層的なデザインで調査区を設定し、被度および加入量を実測し、その変動パターンを調べるとともに、水温および波圧などの環境要因を観測した。ヨコエビ類については、関東沿岸の設定した多数の点で密度変化のデータを得た。これらのデータを階層的分散分析、類似度分析などの統計的手法を利用して解析することにより、変動パターンの同調性の空間スケール依存性を把握するとともに、その変異をもたらすプロセスの解明を試みた。

(2) リモートセンシング・GISによる長期広域動態解析：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解析を行った。対象種の空間動態を、地域スケール、海岸スケールの2つの階層で約20年間にわたり収集しGIS上で空間分布を判別の上、データベース化した。また、既存画像が入手できない海域・時期については、係留観測気球による撮影を実施し、データを補完した。以上で構築されたデータベースより、変動の同調性およびその変異要因について統

計的に解析した。

(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：温帯性・熱帯性海草類、ホンダワラ類、マングローブ類を対象候補として予備的解析を行い、メタ個体群動態の解析に適した遺伝子マーカーが得られたアマモ類およびマングローブ類を主要種と選定して本解析を行った。遺伝解析には進化速度が速いマイクロサテライトマーカーを主に利用した。各局所集団から約30個体をランダムに採集し、既存の方法でDNAを抽出し、集団内多様性（平均アレル頻度など）、集団間遺伝距離（ F_{st} など）を求めると共に、帰属性解析により、局所集団間の遺伝子流動の頻度と方向性を推定した。

(4) 海水流動モデリング：先行研究により開発されたサンゴ礁域での海水流動・物質輸送モデルを他の海域・対象種（温帯岩礁域、温帯・亜熱帯海草藻場、亜熱帯マングローブ域など）に適用し予備的検討を行った。その結果、東京湾のアマモ類を主要対象種として選定した。離散的に分布するアマモ局所個体群から種子が放出された場合の広域分散輸送過程について、複数の異なる気象・海象条件の基でシミュレーションを行い、各局所集団間の交流の頻度および方向性を推定した。

(5) 沿岸生態系の保全に関する指針の作成：以上の結果を対象生物間で比較することにより、景観形成種のメタ個体群動態の共通性と特異性を総合考察した。これに基づき、沿岸生態系の主要個体群の保全のために、対象種の分散様式の違いを考慮した保全指針を提案した。

4. 研究成果

(1) 野外調査による海洋メタ個体群の変動様式の解析

① イソバナを宿主とするヨコエビ類のメタ個体群動態

メタ個体群は、多数の局所個体群が低頻度の移出入によって弱く連結された集団である。そのため局所個体群は互いに異なる動態を示すが、低頻度ながら移出入があることで絶滅率低下等の相乗効果が生じる。つまり適正頻度の移出入がメタ個体群存続の要であり、そのメカニズムの解明には移動プロセスの理解が不可欠である。海洋における移動プロセスは海水の強い流動に大きく影響されるため、生活史を通じて受動的移動の重要性が高い。本研究では、海産無脊椎動物を対象とした研究を行い、海洋に特徴的な移動プロセスがメタ個体群存続性に与える影響を検討した。

研究対象としたヨコエビの一種 *Incosocalliope symbioticus* は、浅海域のオーバーハングした岩礁に着生するイソバナ（八放サンゴ類）に生息し、パッチを形成する。野

外調査・実験を行い、各局所個体群の個体数時空間的変動パターン、生存・繁殖率、移動プロセス・パターンの変化を調べた。さらに、これらのデータと人口学的確率性を組み込んだレズリー行列モデルのシミュレーション解析を行った。これにより以下の点が明らかになった。A) 局所個体群間には通常は交流がなく独立した動態を示すが、嵐の到来時にはランダムかつ激しい流動による局時的移動で連結される。B) そのためメタ個体群空間動態が、生息場所パッチ間の直線距離に基づいた連結度に影響されない。しかし、そのような局時的移動のみでも、局所個体群の独立を仮定した場合と比べて明確に絶滅率を低下させる相乗効果が生じる。C) 移入の効果は移動個体の生活史段階に影響され、成熟個体が移動の主体を担うことで移入の効果が最大化される。これらの複合作用が局時的移動によるメタ個体群存続を成立させている。すなわち、移動プロセスと移動を担う個体の特性がメタ個体群存続性に強く影響することが示された。

②太平洋沿岸域におけるフジツボ類のメタ個体群構造と変動

海洋ベントスの個体群動態の最大の特徴は、多くの種が幼生期に水中で浮遊生活を送ることである。浮遊幼生期における分散は、加入後の個体群動態に大きな影響を与える。本研究では岩礁潮間帯に生息するイワフジツボ *Chthamalus challenger* を対象に、空間スケールを階層的に設定した調査方法で4年間にわたる加入量の同調性を解析することにより、加入前プロセスの時間変異とその要因の解明を目的とした。

日本列島の太平洋南部沿岸域の3地域を対象に、各地域に5つの調査海岸、さらに各海岸内に5つの調査区を選定し、合計75地点で同時期に調査を行った。各調査地区ではデジタルカメラを用いて写真撮影を行い、その写真画像より各地点のイワフジツボの加入量を求めた。

イワフジツボの加入量は時空間的に大きく異なり、特に年による変異が大きかった。また加入量の年変動のパターンは、地域および海岸により異なることが判明した。加入量の増減の年変動が地域内で同調しているところがいくつかあったが、地域全体に及ぶ広域スケールの要因がその原因である可能性が示された。加入量の空間変異については岩礁間、海岸間レベルで大きいことから、局所スケールの要因が影響していることが示された。加入の年変動パターンの類似性には有意な地域変異、海岸変異が検出された。加入の変動パターンは、海岸間レベルでは、一部の地域において距離が近いほど似ていたが、他の地域、および成体被度との間には相関はなかった。また成体被度に対する相対加入量

の大きさには、海岸間、岩礁間で変異があり、凸凹度が大きい岩礁ほど相対加入量が大きくなることが明らかになった。

複数の空間スケールを階層的に組み合わせた調査デザインを採用した本研究により、イワフジツボの加入の時空間変動には、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海洋学的要因、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。イワフジツボの広域変動には、広域スケールで作用している要因に対しては受動的な輸送プロセスが、局所スケールで作用している要因に対しては、幼生による加入場所選択などの能動的なプロセスが関与していると考えられる。

(2) リモートセンシング・GISによる長期広域動態解析

①富津干潟のアマモ場の広域空間動態解析

富津干潟には東京湾最大のアマモ場が残存する。本アマモ場を対象に35年間にわたって得られた航空写真を元に、リモートセンシングおよびGISを用いた解析を行った。特に、アマモ場全体(1 km² スケール)の動態が、局所スケール(0.04 km² スケール)の変動とどのように関連しているかについて検討した。また、観察されたアマモ場の変動と気象・海象、水質・底質の長期変化の関連性を検討した。アマモ場の平均面積は0.99 km²で、最大1.62 km²(1973年)から最小0.39 km²(2001年)まで変動した。アマモ場全域スケールでの変動は、底質の攪乱の指標となる砂州の位置の変動と高い相関を示した。アマモの面積は局所間で非同期的に変動し、非同期性の大きさは地理的距離と共に増加した。多変量解析により、同調的な時間変動を示すいくつかの区域が識別された。異なる区域における変動は異なる環境要因と関連しており、例えば、前述の砂州の位置は浅い水深の区域においてはアマモの面積の変動と関連していたが、深い水深の区域における変動とは無関係であった。それぞれの局所域におけるアマモ面積の時間変動の大きさは、アマモ場全体よりも大きく、局所的な変動の非同期性が全体の安定性に貢献していることが判明した。

②東京湾のアマモメタ個体群の構造と動態

沿岸生態系の主要景観のひとつであるアマモ場は開放系であり、複数のアマモ場がメタ群集を形成する。そのような生態系の変動予測や機能評価には、個別の場所のみに着目するのではなく、より大きな空間スケールでの特性を考慮することが必要である。本研究は、東京湾内千葉県沿岸のアマモメタ個体群を対象に、その時空間変動を明らかにすることを目的とした解析を行った。まず千葉県富

津市富津岬南側から館山市洲崎にかけて、陸から目視調査をおこない、2006年におけるアマモ場の分布を確認した。次に、目視調査で確認されたアマモ場のうち比較的大きなアマモ場を数ヶ所選び、1989年から2005年までの局所個体群の面積変動について、航空写真を用いGISによって解析した。

目視調査の結果、29ヶ所でアマモの生育が確認された。この結果を2003年の調査と比較すると、8ヶ所で局所個体群の絶滅が確認され、また6ヶ所で新しい局所個体群の出現が確認された。このことから東京湾内のアマモ局所個体群は、ある程度頻繁に出現と消滅をしていることが示された。

航空写真よりアマモ場面積の長期変動を解析した結果、多くのアマモ場では変動傾向は不明瞭であったものの、一部のアマモ場では数年間で面積が3倍以上に拡大し、アマモ場の増減は非同期的であることが示された。著しい増加が見られたところは、港湾建設など周辺環境の変化が生じた場所であった。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

①東京湾におけるアマモメタ個体群の遺伝的集団構造と遺伝子交流

アマモは北半球の沿岸地域に最も広く分布する温帯性海草種である。アマモの分散手段としては、花粉や種子の散布があるが、その範囲は約15m未満に限られる。一方、種子をつけたアマモの生殖シュートは海流に乗って長距離分散することが可能である。本研究では、マイクロサテライトマーカを用いて、東京湾におけるアマモの集団内の遺伝的多様性および集団間の遺伝的分化を解析し、遺伝的集団構造を明らかにするとともに、地理的距離による隔離 (IBD)、および流れ藻の帰属性解析によって、東京湾におけるアマモ集団間の遺伝子流動について明らかにした。試料採集は10地点の12の藻場 (集団) から行い、計360個体について6つの多型的マイクロサテライトローカスを用いて遺伝的解析を行った。

集団内の遺伝的多様性は、6つのローカスにおいて、平均アリル数が4.7~7.5、平均ヘテロ接合率が0.464~0.698と高い値を示した。また、HWE検定の結果から、一部集団を除いては、ほとんどの集団が任意交配を行っているものとみなされた。集団間の遺伝的分化については、アリル頻度分布から、12集団間で多くの共通アリルを共有していることが明らかになった。各々の集団間のFSTを計算し、このFSTを集団間の遺伝距離として、

NJ法により樹形分析を行なった結果、内湾側に位置する7集団と外湾側に位置する3集団とその間に位置する2集団がそれぞれクラスターを形成した。特に、内湾グループは遺伝的に非常に近いことが明らかになった。また、アマモ12集団間では有意なIBDが認められたが、内湾集団のみ、および他の外洋集団のみの解析では、地理的距離と遺伝距離との間に相関は見られなかった。海洋表面や各地点で発見された流れ藻についての個体ごとの帰属性検定では、外湾に位置する集団と同じ帰属性をもつ流れ藻が湾奥部に見られ、流れ藻は湾内外を行き来し、遺伝子がよく混ざり合っていることが判明した。

これらのことから、東京湾のアマモの集団構造は、流れ藻の分散によって大きな影響を受けていることが考えられる。距離による隔離により集団分化が見られる一方で、流れ藻を介した遺伝子流動が集団間で生じることにより、複数の集団に共通するアリルをもち、高い遺伝的多様性を維持していることが示唆された。

②マングローブ植物の遺伝的集団構造と分子系統地理

ヒルギ科のマングローブ植物は熱帯および亜熱帯域の汽水域に生育し、マングローブ林を構成する主要樹種である。マングローブ植物の分布域はAEP (Atlantic-east Pacific) とIWP (Indo-west Pacific) に大別され、両地域に共通して分布する種はないといわれている。ヒルギ科内ではオオバヒルギ属のみにAER, IWPそれぞれに生育する種があるため、この属に注目して解析すれば海流散布植物の分布域内における遺伝構造を明らかにできると考えた。

そこで本研究では、以下の2つのスケールにおいて、マングローブ種の持つ遺伝構造を明らかにするために遺伝マーカーを用いた解析を行った。

まず、大空間スケールにおいて、AEPの広域分布種*Rhizophora mangle*を中心とした解析を行った。*R. mangle*はAEPに広く分布するマングローブ林の主要構成種であるが、分布域内の遺伝構造は明らかとなっていない。また南太平洋域に分布する*R. samoensis*という種は、*R. mangle*と形態がよく似ており、同種とする見解がある。2種が同種であれば、本種はAER, IWPの両地域に分布域を拡大したことになる。分布域を広くカバーするようにサンプルを採集し、葉緑体DNAを用いて解析を行った。*R. mangle*には、新大陸の東西における明瞭な遺伝的分化が見られ、現在の分布域内において新大陸は遺伝子流動の大きな障壁となることが明らかとなった。また*R. samoensis*は新大陸太平洋側の*R. mangle*と共通の単一ハプロタイプによって構成されていることが明らかとなり、新大陸太平洋側に

R. mangle が比較的最近侵入したものに由来すると考えられる。

次に、小規模の空間スケールでの課題として、琉球列島を中心とした IWP の広域分布種オオバヒルギに関する解析を行った。オオバヒルギ *R. stylosa* は日本の琉球列島に分布する唯一のオオバヒルギ属植物で、IWP に広く分布している。琉球列島の島内、島間という小さなスケールにおける遺伝構造は明らかになっていない。また琉球列島は本種の分布北限であり、ボトルネックや選択圧の影響で遺伝的多様度は他の地域と比べて低いことが予測される。そこで琉球列島内の集団（西表島、石垣島、沖縄本島の3地域）と IWP 内の分布域をカバーするような広範囲の集団における遺伝構造を同時に解析した。9 つのマイクロサテライトマーカーを用いて解析したところ、琉球列島内では沖縄本島の集団が西表・石垣集団から大きく分化しており、両地域間の遺伝子流動が制限されていることが明らかとなった。IWP 全体の遺伝構造をみると、西表・石垣、オーストラリア周辺、インド洋、沖縄本島の4つのまとまりが認識された。また、琉球列島の集団は他の IWP の集団と比べて多様度が低く、ボトルネックや小集団化の影響を受けていることが示唆された。

(4) 大規模海水流動シミュレーションによる景観形成種の分散過程の推定

海洋メタ個体群の移動分散プロセスを理解するためには、局所個体群間の海水の流動のパターンを理解し、物理的な流動モデルを用いて生物の分散の方向性と強度を推定する方法が有効である。本研究では、東京湾を対象に開発された大規模海流動態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。流動モデルは、プログラム Delft3D を用い、東京湾を小グリッドに細分化して海水の流れを3次元で追跡するものを開発した。アマモは湾内5箇所のアマモ場から面積に比例して種子が流出するように設定した。アマモ種子は生殖シュートに付着したまま流れ藻の状態、6~8月の異なる気象条件の3日に放出されたと仮定し、それぞれの場合について2週間の流動パターンをシミュレーションにより推定した。

その結果、アマモ種子は流れ藻の状態ではほぼ1週間以内に東京湾内を広く分散する能力があることが判明した。分散の方向性には、海表面の流動の主要成分である吹送流の強度および方向の変化が強く関連していた。そのため、吹送流に影響を与える風向・風力の異なる日に放出されたアマモは、非常に異なる分散動態を示すことが明らかになった。

アマモの分散能力は、先行研究で同様の方

法で調べられた広域分散種オニヒトデと局所分散種アオサンゴの中間レベルであった。またその分散頻度から推定される局所集団間の遺伝的分化の程度は、分子生態学的手法を用いて推定されたもの（上記(3)①）とほぼ一致した。

(5) 保全指針の作成

以上の解析結果、および先行研究との比較解析を通じて、沿岸生態系の主要メタ個体群の変動様式を踏まえた保全指針を提案した。

第1に、広域な空間スケールで長距離の移動分散を行う海洋生物である、浮遊幼生期間が長いフジツボ類やヒトデ類などの海産無脊椎動物、および種子が海流に乗って分散するアマモ、マングローブなどの種子植物については、広域な海域を検討範囲に設定した上で、海域全体での分散の方向性およびその強度を推定し、保護すべき局所個体群の優先順を設定する必要がある。例えば、東京湾のアマモにおいては、内湾にある富津干潟のアマモ場が主要なソース個体群となっており保全の優先度が高いが、湾外からの移入も高い頻度で生じていることから、メタ個体群全体の遺伝的多様性を維持するように保全するためには、東京湾内湾、外湾および相模湾に位置する複数の局所個体群を、それぞれが適度な頻度で移動分散するように同時に保全していくことが必要であると結論される。またオニヒトデのような駆除対象種については反対に、局所的な密度の高低だけではなく、メタ個体群のソースシンク動態を理解した上で、ソース個体群を中心に駆除を集中的に行うような方策の検討が必要である。

第2に、幼生期間が短いアオサンゴや宿主特異性が高い *Incisocalliope symbioticus* のような一部の海産無脊椎動物については、前グループより小さい空間スケールで個体群の変動が生じており、それゆえ環境の劣化に伴う局所的な絶滅が生じやすい。そのため、保全においてはそれぞれの局所個体群の生息域の環境の個別の管理が重要となろう。また、一度個体群サイズが小さくなると、移入による回復にも長い期間がかかることが予想される。局所個体群間の遺伝的分化が大きいことから、移植による再生事業を行うにあたっては、遺伝的攪乱を防止するために、移植元候補個体群の遺伝構造などの事前の調査等を行うなどの慎重な対策が望まれる。

(6) 今後の展望

以上の成果により、次の2点が今後の研究課題として着目される。

第1に、今回対象とした沿岸生態系の優占種のうち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、従来の一様のみを対象とした解析結果より、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. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者、研究協力者には下線）

〔雑誌論文〕（計18件）

- ① Yamakita T, 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 8th 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

6. 研究組織

(1) 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

(2) 研究分担者

梶田 忠 (KAJIATA TADASHI)
千葉大学・大学院理学研究科・准教授
研究者番号：80301117

田中 法生 (TANAKA NORIO)

国立科学博物館・筑波実験植物園・研究員
研究者番号：10311143

(3) 連携研究者

野田 隆史 (NODA TAKASHI)
北海道大学・地球環境科学研究所・准教授
研究者番号：90240639

灘岡 和夫 (NADAOKA KAZUO)

東京工業大学・大学院情報理工学研究科・教授
研究者番号：70164481

近藤 昭彦 (KONDOH AKIHIKO)

千葉大学・環境リモートセンシング研究センター・教授
研究者番号：30201495

(4) 研究協力者

熊谷 直喜 (KUMAGAI NAOKI)
千葉大学・大学院理学研究科・学術研究支援員

島袋 寛盛 (SHIMABUKURO HIROMORI)

千葉大学・大学院理学研究科・学術研究支援員