

機関番号:10101

研究種目:基盤研究(B)

研究期間:2007~2010

課題番号:19405009

研究課題名(和文) 熱帯海草藻場における堆積物攪乱の影響評価:津波と局所的環境変動の複合効果

研究課題名(英文) Impact assessment of soft-bottom disturbance in tropical seagrass meadows: interactive effects of tsunami and local environmental changes

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(和文):本課題は、熱帯沿岸生態系の主要な構成要素である海草藻場を対象に、津波による大規模攪乱と局所的な環境変化の複合効果が生物群集に与える影響を解明する。一連の統合的アプローチにより、津波発生前後の海草藻場の変動パターンが明らかになると共に、津波による効果には、モンスーンや河川水による物質供給パターンの変動や、底生生物による生物攪乱等も複雑に関与していることが明らかになった。

研究成果の概要(英文):This project aims to examine the interactive effects of catastrophic disturbance caused by the tsunami, and local environmental modification on tropical seagrass communities in Thailand. Integrative approaches revealed the long-term, broad-scale dynamics of seagrass ecosystem before and after the tsunami in December 2004. The tsunami impacts varied greatly within a region, suggesting that other sources of disturbances, such as those by monsoon, river input and burrowing activities of benthic organisms deeply involved for the observed ecological dynamics.

交付決定額

(金額単位:円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	3,100,000	930,000	4,030,000
2008年度	3,500,000	1,050,000	4,550,000
2009年度	3,400,000	1,020,000	4,420,000
2010年度	2,900,000	870,000	3,770,000
年度			
総計	12,900,000	3,870,000	16,770,000

研究分野:海洋生態学・沿岸生態系保全

科研費の分科・細目:生物学・生態・環境

キーワード:大規模攪乱、沿岸生態系、生物群集、熱帯海域、アマモ場、物質循環、ベントス

1. 研究開始当初の背景

2004年12月26日にスマトラ島沖大地震に伴い発生した津波は、インド洋沿岸一帯に甚大な被害を与えた。このような極めてまれに起こる大規模攪乱が生態系に与える影響の定量的評価には、事前データの入手が困難であるという問題点がある。研究代表者らは、2001年よりタイ南西部の沿岸生態系を対象に、生物多様性および生態系機能の変動について調査してきた。

その過程で、一部の調査地が上述の大津波で激甚な攪乱を受けた。しかし、他の調査地では津波の影響は軽微であった。これにより、攪乱の程度の異なる場所における事前事後の比較により津波の影響評価を行う非常に稀有な機会を得た。そこで、群集・生態系生態学、地理情報学、生物地球化学を統合したアプローチにより、津波発生前後の広域かつ長期にわたる海草藻場の変動パターンを明らかにし、津波と他の環

境要因が沿岸生態系に与える複合効果を評価する本研究課題を着想し、実施した。

2. 研究の目的

(1) 生物群集の長期変動パターンの解明

津波および他の環境要因の影響が異なる複数の海草藻場において、共通した方法による海草群集および付随する動物群集の定期的な定量調査を行い、既存データと併せ、津波前後の10年間の長期変動パターンを明らかにする。

(2) 海草藻場海域の懸濁態有機物の動態

海草藻場に供給される懸濁態有機物(POM)の起源としては①藻場内外のプランクトンの生産に由来する粒子、②海草自体の枯葉等に由来する粒子、③藻場内の葉上生付着藻類等の生産に由来する粒子、④河川や海岸部から供給される陸域・マングローブ起源の粒子に大別される。物理攪乱により消失した藻場の再生過程においても周辺からのPOMの供給は重要なファクターとなると考えられるため、その供給起源を検討した。

(3) 藻場外部からの窒素供給過程の解析

海草藻場に供給される窒素の起源としては①藻場外の海域から移流により供給される栄養塩と易分解性有機窒素、②藻場内の窒素固定、③河川や地下水を通して供給される陸域由来の栄養塩と易分解性有機窒素、④降雨により供給される大気降下物由来窒素の4つに大別される。熱帯性の海草藻場は窒素制限状態になりやすいため、窒素の供給状況は物理攪乱からの回復過程を支配する重要な因子となる。そこで、上記の窒素起源の相対的重要性を評価した。

(4) 海草による窒素栄養塩取込と同位体分別

海草藻場に供給される窒素の形態としてはPNに代表される易分解性有機窒素が主要な寄与をしている可能性があるが、海草自身が窒素を利用するためには藻場生態系内でいったん無機態の窒素栄養塩が無機化された上で、海草によって吸収されると考えられる。これに加えて河川や降雨に由来する NO_3^- も海草の窒素源となっている可能性がある。本調査においては、熱帯海草藻場の主要海草種を材料として栄養塩添加水槽実験を行うことにより、これらの海草による NH_4^+ と NO_3^- の取込速度、および NO_3^- の取込に伴う窒素・酸素同位体分別係数の定量評価を行った。

(5) 海草藻場のデトライタス生成過程の評価

海草藻場では、砂州移動等による中規模の堆積物攪乱が生じると、覆砂によって海草が枯死することで海草由来の有機物(デトライタス)が増加することに加え、海草群落の立体構造の消失により集積・堆積作用が衰退するため、堆積物中の有機物含量とその組成が変化することが考

えられる。さらに、堆積物の組成の変化は堆積物を利用する生物群集にも影響を及ぼすことも考えられる。そこで本調査では、中規模攪乱を模倣した海草群落への覆砂実験を行い、堆積物中の有機物含量とその組成の変化に加え、堆積物を利用する生物群集構造の変化が生じるかどうか検証を行った。また、熱帯海草藻場の主要構成種である *Enhalus acoriodes* を堆積物中に埋没させ、一定期間後の堆積物中有機物含量とその成分について定量評価を行った。

(6) 生食連鎖と腐食連鎖の推定

中規模の堆積物攪乱が海草を埋没させることにより、海草由来のデトライタスを生み出すことに加え、堆積物中の有機物含量を変化させる。このような堆積物攪乱に伴い、海草藻場の食物網は生食連鎖より腐食連鎖に偏る構造を示すかもしれない。この仮説の検証に重要な各動物種の食物網への帰属性について明らかにするために、海草藻場に生息する主要な動物種を対象に安定同位体比とセルラーゼ活性の測定を行い、海草を消化可能な種の推定、さらに各種の生食連鎖と腐食連鎖の区分に関する評価を行った。

(7) 堆積物コアの採取と堆積物の記載

津波による海草藻場の埋積と、それに伴う有機物含有量や生物相の変化を解析するためには、堆積物のコアを掘削し、その堆積構造と有機物含有量の変化を明らかにすることが必要である。そこで、①堆積物を採取するためのコアラーを開発すると共に、②コアラーにより採取された堆積物の特徴を記載した。

(8) スナモグリ類による堆積物攪乱の効果

海草藻場における堆積物攪乱には、津波などによる大規模な攪乱、台風や洪水などに伴う中規模な攪乱の他にも、そこに棲んでいる生物のさまざまな活動によって引き起こされる小規模な攪乱も見られる。熱帯地方の海草藻場では、スナモグリ類が巣穴形成のために底土表層に砂を排出することで砂のマウンドが作られる。海草がこの砂に埋没することにより、局所的に海草-ベントス相互作用に対して影響を及ぼしていることが考えられる。そこで、スナモグリ類のマウンドの形状、密度、砂の排出速度などを明らかにするし、その攪乱効果を評価することを試みた。

3. 研究の方法

(1) 生物群集の長期変動パターンの解明

2001年より継続調査しているタイ南西部のパンガ県クラブリの3海域、およびトラン県ハードチャオマイ国立公園の3海域の海草藻場において、2008年3月、2009年2月、2010年1月、2010年12月に、海草類と無脊椎動物群集の種多様性と生物量に関する現地調査を行った。方法は2001~2003年の先行研究と同様に、海草類に

については、各海草藻場に 15~25 点の調査点を設け、目視で被度と種構成を測定した。無脊椎動物については、各海域の海草植生部と非植生部で直径 15cm の円形コアを用いて採集を行い、0.5mm 以上の個体を同定・計数した。

(2) 海草藻場海域の懸濁態有機物の動態

本調査では POM の炭素(C)・窒素(N)量、炭素・窒素安定同位体比 ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$) を測定することにより藻場への POM 供給状況を調べた。現場海域から 5 - 10 L の海水を採水し、GF/F フィルターに濾し取ることで POM を分離した。分離した POM 試料は乾燥・除炭酸処理後、元素分析計・同位体比質量分析計により分析した。2009 年 2 月、2010 年 1 月、12 月の 3 回の調査を行ったが、現時点では 09 年 2 月の試料のみ分析が終了している。この時は Kuraburi においては Khura 川河口から沖合にかけての 5 km \times 2 本の測線上の 10 地点、Trang においては埋没実験を実施した海草藻場を中心に 7 km の測線上の 5 地点で採水を行い、特に埋没実験サイトでは満潮時と干潮時に採水した。

(3) 藻場外部からの窒素供給過程の解析

先行研究において私共は今回と同じ調査地において、河川から流入する窒素栄養塩濃度、懸濁態窒素濃度(PN)、窒素安定同位体比 ($\delta^{15}\text{N}$) の調査を行っている。本調査では、海草藻場を含む海域側における栄養塩と PN について調査を行ったのに加え、少数ながら大気降下物由来窒素の試料を採取して分析を行った。栄養塩濃度は栄養塩自動分析装置により測定した。PN の濃度と $\delta^{15}\text{N}$ は前項と同様の方法によった。硝酸イオン(NO_3^-)の窒素・酸素安定同位体比 ($\delta^{15}\text{N}$, $\delta^{18}\text{O}$) は脱窒菌法により測定した。

(4) 海草による窒素栄養塩取込と同位体分別

海草藻場から採取された海草(地下部を含む)をその日のうちに水槽(10 または 5 L)に入れ、 NO_3^- 30 μM もしくは NO_3^- 30 μM + NH_4^+ 15 μM (最終濃度) を添加した上で、自然光下もしくは暗条件下で 20~30 時間培養した。培養中はスターラーによる攪拌を行った。培養期間中定期的に培養海水を採水した。持ち帰ったサンプルにより培養海水中の栄養塩濃度と NO_3^- の $\delta^{15}\text{N}$ および $\delta^{18}\text{O}$ の経時変化を求めた。分析方法は前項と同様である。

(5) 海草藻場のデトリタス生成過程の評価

2008 年 2 月に、Trang の海草藻場の *Enhalus acoriodes* が優占する群落を対象に、群落上に砂を詰めた PVC 製ケージを設置した覆砂区、PVC ケージのみを設置したケージ区、自然状態の対照区の 3 つを各 6 プロットずつ設定した。実験開始時の有機物含量と組成を調べるために、各区のプロットごとに堆積物サンプルを収集した。次に各プロットにおいて、懸濁物トラップ、漂砂ト

ラップを設置し、実験開始時における藻場内外から供給される有機物量とその組成を推定した。その後、2009 年 2 月の調査において各プロットから堆積物サンプルを回収した。覆砂区のプロットにおいては、覆砂の上層と覆砂の下の底層(下層)の 2 種類を採集し、その他のプロットでは底層サンプルのみを採集した。採集した各試料は 2 つに分割し、一つを元素分析計・同位体比質量分析計による分析に、一つを堆積物中の可視的な有機物組成と堆積物中の動物相の同定に用いた。

2010 年 2 月の調査では、海草藻場に散在する砂州上に 60 cm と 20 cm の深さの穴を 8 つずつ、計 16 穴を掘削した。次に各深度の半数に、*Enhalus acoriodes* をシリコンビーズマーカーとともに埋没させ、残りの半数にはシリコンビーズマーカーのみを埋没させて対照区とした。その後、2010 年 12 月の調査において、各穴でコアサンプルを採集し、各コアでビーズマーカー周囲 10 cm、その上部 10 cm および株 10 cm の深度の 3 つの堆積物試料を回収した。試料は、元素分析計・同位体比質量分析計による分析、および堆積物中の動物相の同定に用いた。

(6) 生食連鎖と腐食連鎖の推定

小型巻き網と徒手により、Trang 海草藻場内に生息する無脊椎動物類および魚類を採集した。採取した動物種の消化管をセルラーゼ活性用の試料に、筋肉組織を安定同位体比の測定用試料に用いた。本調査において測定したセルラーゼ活性については、(以下、Ce 活性とする) はセルロースをグルコース二量体のセロビオースに加水分解する活性とし、セロビオースとニトロフェノールのグリコシド結合を切断して遊離ニトロフェノールを生成する速度として測定した。したがってこの Ce 活性が高いほど海草を消化できる能力があると考えられる。また、安定同位体比測定用の試料は、乾燥・除炭酸処理後、同位体比質量分析計により分析した。一般に、海草類は海藻類と比較して相対的に $\delta^{13}\text{C}$ 値が高いため(-10‰前後)、試料の $\delta^{13}\text{C}$ 値が高いほど海草を食物源として利用していると考えられる。

(7) 堆積物コアの採取と堆積物の記載

津波の被害を受けた地域は遠隔地の場合があり、遠隔地に持ち運びできる軽量かつコンパクトなコアラーが必要である。そのために、1m 長のポリ塩化ビニル管を、おもりやエアハンマーで打ち込むコアラーを開発した。また、コアの回収にあたっては、水流ポンプを用いた水流により周囲の堆積物を除去した。コアをポリ塩化ビニル管から回収する際には、ビニル製のチューブをポリ塩化ビニル管に取り付け、そこにコアを落とすし込んだ。

コアを針金で半割し、半分を堆積物の記載用、半分を化学分析用サンプルとした。半割された

コアに関して、デジタルカメラ撮影とソフトX線撮影を行って堆積構造の観察を行った。

(8) スナモグリ類による堆積物攪乱の効果

スナモグリ類が形成したマウンドの形状は、高さの低い円錐形に近似可能であったことから、その体積は、底面の長径・短径と円錐の高さを測定することで求めた。はじめに5m x 5mのコドラート内の全てのマウンドのサイズを記録することにより、単位面積当たりのマウンドの個数と総体積を求めた。次にマウンドの位置をマッピングしてからマウンド全てを除去し、2日後に新たに排出された砂の量を測定することで、砂の排出速度を推定した。

4. 研究の成果

(1) 生物群集の長期変動パターンの解明

津波発生前後10年間の変動様式を解析した結果、海草藻場に対する津波の影響は、会域内においても地形に応じて局所的に大きく変異することが判明した。海草藻場の動物群集については、群集構造の変動パターンの大きさが、津波による攪乱の大きさに必ずしも依存しないこと、海草植生の有無が津波前後の生物群集の変動パターンに大きな影響を与えていることが判明した。すなわち、海草植生がない場所では津波後に種多様性および生物量が大きく減少したのに対し、海草植生内においては、種多様性、生物量とも減少しないか、場合によっては津波後に増加するケースも観察された。これらのことは、海草植生の存在が、津波による攪乱の影響を緩和する機能がある可能性を示唆するものである。

(2) 海草藻場海域の懸濁態有機物の動態

KuraburiにおいてはPOMのC/N比および $\delta^{13}\text{C}$ は変動が少なかったが、 $\delta^{15}\text{N}$ は大きく変動した。特に河口部で $\delta^{15}\text{N}$ が高くなっていた。Trangでは満潮時の測線調査においてはC/N比と $\delta^{13}\text{C}$ は変動は小さかったが、Kuraburiに比較して $\delta^{13}\text{C}$ が明らかに高かった。 $\delta^{15}\text{N}$ は大きく変動し、Kuraburiの場合と反対に沖側の2測点で特に高かった。干潮時における埋没実験サイトのPOMではC/N比と $\delta^{15}\text{N}$ には大きな差がなかったが、 $\delta^{13}\text{C}$ は満潮時に比べて顕著に高くなっていた。

$\delta^{13}\text{C}$ の値が高等植物起源有機物の代表値よりも明らかに高く、地点間の差が小さいことから、河川から流入する陸起源・マングローブ起源のPOMは海草藻場にはほとんど到達していないと考えられる。C/N比からも海洋プランクトンを中心とする微細藻類が海草藻場のPOMの主たる起源であることが示唆される。ただし埋没実験サイトで干潮時に見られた高い $\delta^{13}\text{C}$ の値は、海草に由来するデトリタスの巻き上がりの影響を示している。

これらの結果は、堆積物中に残存している難分解性有機炭素の起源は満潮時のPOMと同様、

海洋プランクトンを中心とする微細藻類である可能性が高いことを示している。一方、海草由来のデトリタスを含む $\delta^{13}\text{C}$ の比較的高い粒子が巻き上がりと沈降によりダイナミックに海草藻場内を移動していることが示唆された。

(3) 藻場外部からの窒素供給過程の解析

河川の影響を受けない海草藻場においては、多くの場合、窒素栄養塩濃度は $1\ \mu\text{mol L}^{-1}$ 未満であったが、干潮時には稀に $2 - 3\ \mu\text{mol L}^{-1}$ に達する場合があった。また河口域では河川水由来の栄養塩の供給のため濃度が上昇しており、塩分との逆相関が観察された。海草藻場及びその周辺海域におけるPNの濃度は栄養塩の2倍以上であった。 $\delta^{15}\text{N}$ は $+1.4\text{‰} \sim +3.6\text{‰}$ の範囲であった。河口域ではPN濃度は $4\ \mu\text{mol N L}^{-1}$ 以上に、 $\delta^{15}\text{N}$ も $+7\text{‰}$ 前後まで上昇していた。これは河口域において河川由来の $\delta^{15}\text{N}$ の高い栄養塩を消費して植物プランクトンが増殖した結果と考えられる。

NO_3^- の安定同位体比について、河口域塩分勾配における傾向を見ると、 $\delta^{15}\text{N}$ は変化が乏しいのに対し、 $\delta^{18}\text{O}$ は河川水中が低く海域側では高かった。2010年12月に採集された雨水に含まれる NO_3^- 濃度は $10\ \mu\text{mol L}^{-1}$ 前後であり、 $\delta^{15}\text{N}$ が -5‰ 前後と低いのに対して $\delta^{18}\text{O}$ は $+64\text{‰}$ 前後と非常に高かった。2009年2月に採集されたマングローブの葉から抽出した大気沈着物由来の NO_3^- も同様に $\delta^{15}\text{N}$ は低く、 $\delta^{18}\text{O}$ は高かった。

以上の結果を総合すると以下のことが示唆される。河川により供給される陸起源の窒素栄養塩は、河口域において植物プランクトンに消費されてPNに変えられる。海域では降雨による大気降下物由来窒素の供給も受け、河口から離れるに従いその相対的重要度が上昇する。海草藻場への窒素供給は主としてPNの形態でもたらされていると考えられる。海草藻場海域のPNの $\delta^{15}\text{N}$ は河口域のPNよりも低く、大気降下物の $\delta^{15}\text{N}$ や窒素固定由来の窒素の $\delta^{15}\text{N}$ に近いことから、海草藻場における窒素の起源としてはこれらの寄与が大きいと考えられる。

(4) 海草による窒素栄養塩取込と同位体分別

どちらの海草種も NH_4^+ 、 NO_3^- とも利用することができた。 NO_3^- に比べて NH_4^+ の取込速度の方が高く、 NH_4^+ が共存すると NO_3^- の取込速度が低下する傾向があったが、 NO_3^- の取込が完全に阻害されることはなかった。暗条件下でも NH_4^+ 、 NO_3^- ともに活発に取り込まれていた。 NO_3^- の取込に伴う同位体分別係数は、窒素に対しては両種とも自然光条件下で4.2 - 5.1、暗条件下で2.7 - 3.6であった。酸素に対しては3.6 - 6.0で、光条件による系統差はなかった。

以上の結果から、自然条件下の海草は主として易分解性有機窒素の分解無機化に由来する NH_4^+ にその窒素源を依存している可能性が高

いと考えられる。ただし河川出水や降雨によって NO_3^- が一時的に供給された場合には、それを取り込んで利用する能力ももっている。また夜間にも NH_4^+ や NO_3^- を取り込み続けて蓄積することができる。 NO_3^- の取込に伴う同位体分別は、他の水生植物において観察されている値の範囲内であり、海水中の NO_3^- の同位体比の時空間変動における海草藻場の影響は、既に知見の多い植物プランクトンの影響と同様にモデル化することができる。

(5) 海草藻場のデトライタス生成過程の評価

実験開始時の覆砂区と対照区間では、C/N 比、窒素含有量、炭素含有量、 $\delta 13\text{C}$ 値ともに大きな違いが見られた。対照区の堆積物中には若干の陸域由来の有機物が含まれていることが考えられる。その一方でトラップサンプルでは覆砂区と対照区間で差がなかったが、懸濁物トラップと漂砂トラップ間での差が見受けられた。また、 $\delta 13\text{C}$ 値は平均値では差がなかったが、変動幅では、漂砂トラップの方が大きかった。おそらく、懸濁物中有機物はその殆どが海洋プランクトン中心の微細藻類由来と推測される。また、漂砂中有機物は群落内の堆積物と同質の有機物と海草由来の有機物有機物が混合して形成されていたと推定される。

一年後の堆積物中サンプルの有機物は、海草由来と陸上由来の2つに大別され、その含有量が実験区間で大きく異なっていた。覆砂区のサンプルでは海草起源の有機物が少なかったのに対し、対照区では多かった。おそらく、対照区では新しい海草由来有機物の供給と陸上起源の有機物の集積が常に行われている一方、覆砂区では海草由来有機物は供給がなく消費される一方で、他の有機物の集積も生じていないと考えられる。動物相の結果では、全体の種数と現存量は海草起源の有機物含量が多いほど多くなる傾向があった。

2010年12月の試料収集の結果、ビーズマーカーとともに *Enhalus acoriodes* 由来の有機物が確認された実験プロットはすべて回収できた。その一方でビーズマーカーのみ埋没させた対照区では一部の20cm深度のプロットでマーカーが消失した。これは、小規模攪乱で生じるような比較的浅い深度に堆積する海草由来有機物は同所的に堆積しにくいことを示唆する。

(6) 生食連鎖と腐食連鎖の推定

採集した動物種は計89種であった。Ce 活性では、棘皮動物類は概して活性が高かった。その一方で、魚類、二枚貝類、巻貝類、甲殻類、多毛類においては、それぞれ活性のない種と高い種が含まれており、魚類では植食性の強い種に加えて動物食の数種においても活性が高くなっていた。安定同位体比の結果では、必ずしも Ce 活性が高い種が高い $\delta 13\text{C}$ 値を示しておらず、Ce 活性が高くとも海草を食物源として利用

していないことが推測された。また、Ce 活性が低くても $\delta 13\text{C}$ 値が高い種もあり、これらの種のいくつかは $\delta 15\text{N}$ 値が高かったことから、バクテリアが関与した海草由来の有機物を利用しているか、あるいは海草を利用する種を餌とする捕食者であることが推察された。

(7) 堆積物コアの採取と堆積物の記載

海草藻場、干潟、砂堆の3つの異なる堆積環境から11本のコアを採取することができた。最大深度は海底表層から2mである。11本採取したコアのうち、9本の回収率は100%であった。本研究で開発したコアラーにより、短時間でかつ潮流の激しい地点での堆積物コア採取が可能となった。取得されたコアには堆積層準の乱れは観察されず、堆積構造を乱さず採取されていた。

津波の影響が及んだと考えられる地点のコアにおいては、表層10cmにおいて津波によると考えられる砂質及び粗粒の堆積物が観察された。また、コア下部には、他研究で過去の津波堆積物であると報告された貝が多く含まれる層準が観察され、本研究の調査も、複数の津波の影響を受けた可能性が示唆された。

(8) スナモグリ類による堆積物攪乱の効果

スナモグリ類が形成したマウンドの密度は8~28個/100m²であり、1個のマウンドの体積は平均9リットルであった。最大密度28個/100m²を記録した2009年2月には、1個当たりのマウンド体積は14.5リットルであったが、これを底土上に一面に広げたとしても、砂の厚さは0.041mmにしかない。砂の排出速度は100m²あたり2日間で平均28リットルであった。これは1年間排出し続けるとすると、5110リットルとなり、砂の厚さに換算すると0.5mm程になる。しかし、砂はマウンドの中央から排出され、ほとんどがマウンドの上に堆積することから、砂の排出量をマウンドの表面積分だけで考えると、だいたい5日間で1cmの厚さとなる。この量はマウンド周辺の海草を埋没させるには十分な量だと思われる。さらに砂の排出速度から巣穴の形成量を試算すると、巣穴のサイズを直径1.5cmと仮定した場合、1日あたり3.3mを掘ることになる。こうして掘られたトンネルは他のベントスの棲み場所としても利用されていることが考えられる。

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には下線)

[雑誌論文] (計8件)

- ① Whanpetch N, Nakaoka M, Mukai H, Suzuki T, Nojima S, Kawai T, Aryuthaka C (2010) Temporal changes in benthic communities of seagrass beds impacted by a tsunami in the Andaman Sea, Thailand. *Estuarine, Coastal*

- and Shelf Science 87: 246-252, 査読有
- ② Miyajima T, Yoshimizu C, Tsuboi Y, Tanaka Y, Tayasu I, Nagata T, Koike I (2009) Longitudinal distribution of nitrate $\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{18}\text{O}$ in two contrasting tropical rivers: Implications for instream nitrogen cycling. Biogeochemistry 95: 243-260 査読有

[学会発表] (計 7 件)

- ① Nakaoka M, Whanpetch N, Tanaka Y, Mukai H, Suzuki T, Nojima S, Kawai T, Aryuthaka C (2008) Impacts of a tsunami disturbance on biodiversity of seagrass communities in the Andaman Sea, Thailand..5th World Fisheries Congress, October 20-24, 2008, Pacifico Yokohama, Yokohama (招待講演)

[図書] (計 2 件)

- ① 永田俊・宮島利宏 (2008) 流域環境評価と安定同位体. 京都大学学術出版会, 京都、476 pp.

[産業財産権]

- 出願状況(計 0 件)
○取得状況(計 0 件)

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

宮島 利宏 (MIYAJIMA TOSHIHIRO)
東京大学・大気海洋研究所・助教
研究者番号:20311631
(H19 →H20:連携研究者)

小松 輝久 (KOMATSU TERUHISA)
東京大学・大気海洋研究所・准教授
研究者番号:60215390
(H19 →H20:連携研究者)

鈴木 孝男 (SUZUKI TAKAO)
東北大学・大学院生命科学研究科・助教
研究者番号:10124588
(H19 →H20:連携研究者)

松政 正俊 (MATSUMASA MASATOSHI)
岩手医科大学・教養部・教授
研究者番号:50219474
(H19 →H20:連携研究者)

山野 博哉 (YAMANO HIROYA)

独立行政法人国立環境研究所・地球環境研究センター・主任研究員
研究者番号:60332243
(H19 →H20:連携研究者)

堀 正和 (HORI MASAKAZU)
独立行政法人水産総合研究センター・瀬戸内海区水産研究所・研究員
研究者番号:50443370
(H19 →H20:連携研究者)

(3)連携研究者

田中 義幸 (TANAKA YOSHIYUKI)
独立行政法人海洋研究開発機構むつ研究所・研究員
研究者番号:50396818
(H20 より)

(4)研究協力者

アユタカ・チッチマ (ARYUTHAKA, CHITTIMA)
カセサート大学水産学部・准教授

スパンワニッド・チャッチャリー
(SUPANWANID, CHATCHAREE)
カセサート大学水産学部・講師

モントム・ヤオワルック
(MONTHOM, YAOWALUK)
カセサート大学水産学部・助教