

機関番号：82104

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2007 年度～2010 年度

課題番号：19405028

研究課題名（和文）大津波がマングローブ林生態系に及ぼした影響解析と修復過程予測に関する研究

研究課題名（英文）Studies on the Tsunami damage on mangrove ecosystem and its restoration processes

研究代表者

田淵 隆一（TABUCHI RYUICHI）

独立行政法人農林水産業研究センター・林業領域・領域長

研究者番号：30343784

研究成果の概要（和文）：高解像度画像データの解析および継続定点センサスの結果に基づいて、タイ南部のマングローブ域における大津波被害とその後の修復過程を明らかにした。津波による直接被害は沿岸林縁部を主体に全体の約 1% に及んだ。倒木や堆砂などの被害状況や強度差によるマングローブ林の衰退と枯死、生長量や再生産については様々な変化過程が認められ、生態系の動態パターンを体系化することが出来た。底生生物相については潮汐作用および生物攪乱による復元過程を明らかにした。

研究成果の概要（英文）：The long term impact of Tsunami occurred at Andaman ocean on the mangrove ecosystem was surveyed on its pattern in wide area, dynamics and productivity of forest, benthos fauna which sustains livelihood of local residents through fishery productivity as well as the process of their recovery over some years. Hard damage was mainly found at sea front. High mortality was found within a year following Tsunami at stands directly hit by wreckage but recorded in 2nd to 3rd year at stand only massive water flow shook at the deep interior of mangrove developed in lagoon. Sand coverage gradually was removed by tide but mangrove habitat hardly recovered due to erosion caused by the loss of binding by root caused by forest loss. Sand deposition largely affected on benthos fauna but activity of some benthos restored habitat rapidly by biotic stirring.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	4,000,000	1,200,000	5,200,000
2008年度	2,600,000	780,000	3,380,000
2009年度	2,600,000	780,000	3,380,000
2010年度	3,600,000	1,080,000	4,680,000
年度			
総計	12,800,000	3,840,000	16,640,000

研究分野：森林生態学・マングローブ科学

科研費の分科・細目：森林学・森林科学

キーワード：マングローブ・大津波被害・生態系・被害広域把握・修復過程・底生生物相・立地環境変化

1. 研究開始当初の背景

2004年12月26日スマトラ島北部西岸沖合で発生した大津波は、インド洋沿岸諸国に未曾有の被害をもたらした。人的、施設面での損失はすでにこれまで多く語られてきたが、沿

岸漁業への依存度が高い地域住民の生活基盤でもあるマングローブ林が被った被害も極めて甚大であった。

波や漂流物による直接的衝撃や揺さぶりによる幹枝折損や根系切断など物理的障害以外

にも、遠浅の近海底から持ち上げられた多量の海砂が林床に厚く堆積し、地上部の呼吸根を埋没させ、生理的障害による林木の衰退を引き起こした。

南タイ、マレー半島西岸地域でもこの砂の堆積が起こった。津波発生以前から継続調査を行ってきたラノン県では、砂の堆積は浅い箇所では10～20cm程度、河口で大津波の直撃を受けた林分では樹高20m級のマングローブ林の壊滅的な倒伏とともに1mを超す深さの堆砂が観察され、数ヘクタールの広い範囲での枯死を引き起こし、さらにマングローブ林床に生息する甲殻類、貝類など多様な底生生物の生存、活動にも深刻な被害を与えた。

マングローブ林は落葉枝供給による熱帯沿岸生態系の食物連鎖の出発点として、また魚介類の涵養の場として周知されており、生態系の生産力については多くの報告があるが、大規模自然災害の被害様式や、そこからの修復過程について知見の蓄積はない。

インド洋大津波では沿岸生態系の多様性や生産力への影響評価に関しては、マングローブ林を含めほとんど未着手であり、海岸林への被害様式についても本研究グループによる緊急調査報告が見られるのみである。このため近年頻発しつつある大規模自然災害からの生態系機能修復手法の確立にとっての知識の空白を埋めるための研究が急がれる。

2. 研究の目的

本研究は大津波被害を受けたマングローブ林において、立地環境、落葉枝供給量を含む林分生産力及び低次消費者として生態系の食物連鎖を支える底生生物相にどのような攪乱が生じたかを把握し、その状態からの初期修復過程の解明を目的とする。

そのために、調査対象地域におけるマングローブ林および陸上海岸林への大津波被害箇所を把握し、被害様式・被害強度と河口、河畔、海岸および海岸からの距離などの地形的要素との関係を明らかにし、次にマングローブ林の生産力(落葉枝供給能力を含む)、森林動態、底生生物相の多様性・豊富さへの大津波被害を、衰退度合い(多様性劣化や生産力低下)と林分構成樹種の違い、林床への海砂堆積深の違い等との関係について明らかにする。さらにその被害・衰退からの修復過程を、砂で埋没した立地への更新・定着、根系の再発達、落葉枝供給速度の変動、林木の成長回復、ならびに底生生物相の、特に津波被害後の初期数年間のスパンでの変動について明らかにする。



写真-1 津波によるマングローブ林の倒伏

3. 研究の方法

対象はタイ国ラノン県スクサムラン郡カムブアン村のマングローブ域である。

(1) 被害状況面的把握：ラノン県南部の調査地周辺マングローブ域の高精度衛星画像の画像データ解析により被害箇所を抽出し、その位置と広がり、被害木の倒伏方向を把握し、さらにミクロネシアのマングローブを対象に開発された手法を応用して残存立木の樹冠径からの被害林分の個体サイズ推定を行う。現地踏査のうねマップ化し、面的な大津波被害実態の把握を行う。

(2) 林分生産力調査：津波による林木の衰退と回復状況を把握するため、個体毎の成長量を測定、林分成長量を推定するとともに、水生生物への食物源供給能力への影響と回復状況を解明する。また新たに堆積した砂中での根系の再生量を求める。

(3) 埋没マングローブ立地の動態：津波直撃で大規模に林分が倒伏し、1m以上も砂に埋められた河口付近のマングローブ立地で河岸から残存林分まで設定したトランセクト沿いに堆砂深変化を調べる。(4) 底生生物相調査：堆砂を受けた調査区、砂の堆積を免れた調査区と付近のマングローブ林を対象に、サンプリング用の定点を設け、林床の底生生物の定期サンプリングと抽出を行い、出現する底生生物を分類し、定量する。津波前後、津波被害の有無、林分タイプ間での底生生物相を比較する。



図-1 ラノンの調査地点

4. 研究成果

研究開始前の 2005 年に得られたデータを混じえ、2010 年末までの結果を要約する。

(1) 高分解能衛星による被害把握

オブジェクト指向型分類によるマングローブ林域および林冠ギャップは、高分解能衛星のパンシャープン画像による目視判読および GPS を用いた現地での確認調査により、良好に抽出されたと判定できた。これは、マングローブ林の周囲がほぼ水域と道路を含む開発地であるため反射スペクトル特性の違い大きいこと、また、林冠のギャップについても林冠の反射とギャップ内の地面の反射スペクトル特性がことなることによると考えられる。抽出されたマングローブ林の面積は約 580ha であった。これに対して津波の前後での林冠の喪失面積は 5.6ha であり、マングローブ林域のほぼ 1% が被災したと考えられる。これらの変化は主に海域に面した箇所で見られた。津波後に新たな林冠ギャップの発生は見られるものの、津波前にすでに存在していた林冠ギャップ数と比較して、その割合は小さかった。

林内でのギャップ面積は 1 年あたり 10～13% の割合で減少していた。海域に面した被災域では林縁部のマングローブ林冠を拡大しているものの、林縁部から孤立した単木あるいは数本の群でのマングローブは枯損しているものが見られた。これは被災後しばらく生育していたものの、津波によるダメージと周辺環境により衰弱し、枯損したものと考えられる。

本研究では、時系列の高分解能衛星データを用いて、スマトラ沖地震大津波被災後の林冠の開鎖状況を定量的にとらえた。本研究で用いた手法は、自然災害後の森林の更新機構に解明に役立つものと考えられる。

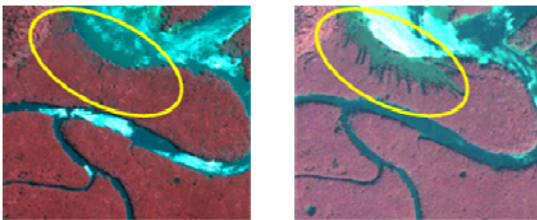


図-2. 高分解能衛星画像による被害域の抽出 (左: 被害前 IKONOS 衛星画像、右: 被害後 QuickBird 衛星画像)

(2) 津波の直撃を受けた 3 林分では漂流物による折損が目立ち、1 年以内に小～中径木を主とした枯死速度のピークが見られたが、ラグーン奥で揺れのみを被った 1 林分では、ピークは 2 年目頃に現れた。4 林分とも 4、5 年

目以降枯死速度は再び増大した。競争で徐々に枯れていくべき劣勢木が津波により一掃され、その現れ方が漂流物による打撃を受けた林の方が揺れをみの林より早かったとみられる。

前者 3 林分はいずれも 10～20cm の堆砂を受けたが、地上根が支柱根である *Rhizophora* 属では、砂への新しい細根の伸長は殆どないものの目立った成長への影響はなかったのに対し、呼吸根が埋まった *Avicennia* 属は堆砂当初の落葉などが顕著であった。

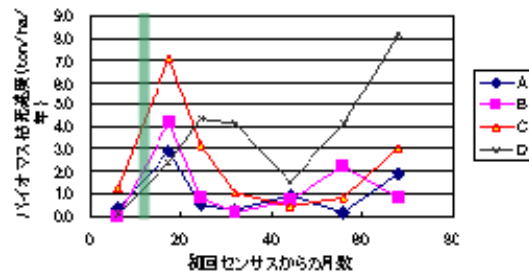


図-3 対象 4 林分での枯死速度の推移
縦棒は津波 (2004 年 12 月 26 日)
横軸は前回センサスとの中間値

(3) 河口近くの、津波直撃によりマングローブ林が広く倒伏し大量の堆砂を被った箇所にて 2007 年 3 月にライントランセクト 4 本を設け、マングローブ地盤の地形と砂の堆積状況を調べたところ厚い箇所では 1.5m も砂が積もっていた。潮汐による砂の運び去りを継続観察したところ元の地盤高が再び現れ始めた。ただし堆砂により地盤高が最も上昇していた陸寄りでは、潮による新たな砂の堆積が生じた箇所もみられた。

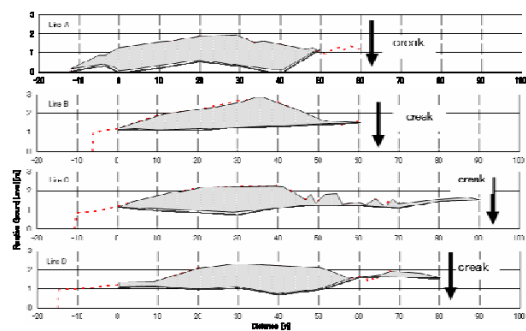


図-4 4 ライン (A～D) における地盤レベルと堆砂状況 (2007 年 3 月) ↓はマングローブ背面のクリーク位置

しかし、地盤を繋ぎ止めていた多量の根系が林分消失により結束力を失ったため、地盤が潮汐により侵食され出している。

マングローブが速やかに定着・発達しなければ立地そのものが失われていく。また津波前からモクマオウが分布していた箇所は植生が維持されたが、緑化のため新たに堆砂上

に植栽されたものは3年程度で樹高5~6mに達したが、潮汐による侵食が足元の砂を奪い去ることで2010年時点では多くが倒伏しつつある。

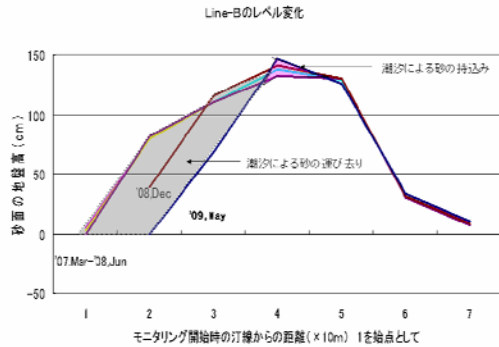


図-5 ラインBにおける堆砂状況の変化
灰色で網掛した部分は潮汐による砂の持ち去り、ピンクの網掛は新たな堆砂

(4) 底生生物相の変化

津波前(2003年9月)と津波後(2006年11月)で、樹上表在生物(epibenthos)、底質表在生物(epibenthos)、内在生物(endobenthos)ごとに個体数密度(n/m^2)および湿重量(g/m^2)を比較した。

表在生物については大きな変化は認められなかったが、内在生物の湿重量が大きく減少した。これは土壌の堆積によって生息環境が著しく変化したためと考えられる。個体数が増えているのは線形動物と微少な多毛類が多数見つかったためであろう。

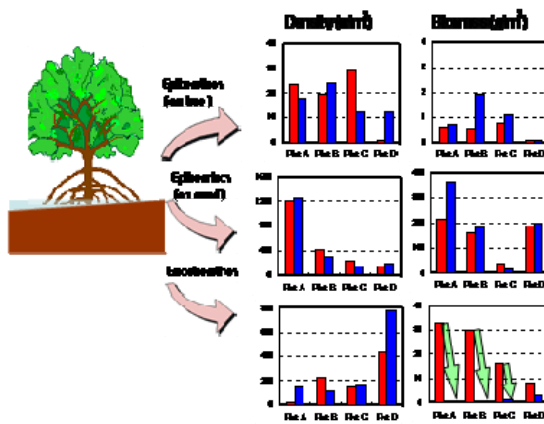


図-6 生活様式の違いによる津波前後の底生生物群集の変化

沿岸の潮汐作用が及ぶ地点においては津波で堆積した表層土壌が持ち去られたうえ、腹足類(ヘナタリ等)や甲殻類(インドシオマネキ等)などによる生物攪拌作用が助長され、細かい粒子のマングロブ土壌が復元し、それに伴って底生生物群集が急速に回復した。

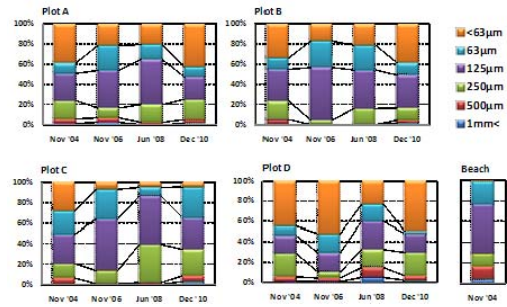


図-7 底質粒度の径時変化

しかしながら、津波によって浅海底の砂が移動堆積して地盤が高くなった地点では、潮汐の影響を受けないために表層が乾燥し、陸生昆虫が増加する傾向が顕著であった。マングロブ域では落葉が急速に分解され、栄養塩として沿岸域に供給されていることから、さまざまな魚類や甲殻類などの産卵場や保育場として機能している。底生生物相の回復に伴ってマングロブの生態系機能が復元しているものと推察された。

津波前と津波後の底生生物相の変化とその後の修復過程をまとめたものが図-8である。津波直後には底生生物の個体数密度や分類群数が一時的に減少し、多様性指数も変動したが、その後数年の間に表在性群集、内在性群集が順次復元した。

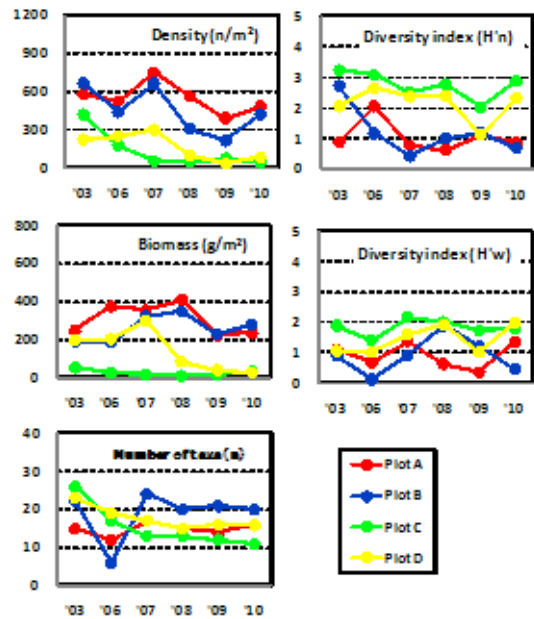


図-8 底生生物群集特性の経年変化

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計21件)

(1) Fujioka, Y., J. Higano, C. Srithong, R. Tabuchi, H. Kuwahara, R. Yoneda, M. Sano, P. Patanaponpaiboon & S. Pongparn Fisheries activities in floodplain of Mekong

river basin. Journal of Agroforestry and Environment, in print. March 2011 査読有

(2) Fujioka, Y., J. Higano, H. Kuwahara, C. Srithong, R. Tabuchi, P. Patanaponpaiboon & S. Pongparn Utilization of fisheries resources supported by swamp forests. Local conservation and sustainable use of swamp forest in tropical Asia, 66-80. December 2010 査読有

(3) Hirata, Y., R. Tabuchi, P. Patanaponpaiboon, S. Pongparn, R. Yoneda & Y. Fujioka, Allometry between crown area and stem diameter and above-ground biomass estimation in mangrove forests derived from high-resolution satellite data. Operational tools in forestry using remote sensing techniques, 33-36, September 2010 査読無

(4) Hirata, Y., R. Tabuchi, P. Patanaponpaiboon, S. Pongparn, R. Yoneda & Y. Fujioka, Estimation of aboveground biomass in mangrove forest damaged by the major Tsunami disaster in 2004 in Thailand using high resolution satellite data. International archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science, Vol. XXXVIII, Part 8, 643-646, August 2010 査読無

(5) Fujioka, Y., R. Tabuchi, Y. Hirata, R. Yoneda, P. Patanaponpaiboon, T. Shibuno & H. Ohba Disturbance and rehabilitation of *Tsunami* impact on mangrove forests and macrobenthic communities in Andaman Sea, Thailand. Proceedings of the 11th International Coral Reef Symposium, 825-829. February 2010 査読有

(6) 藤岡義三 東南アジアのエビ養殖とマングローブ FRA NEWS, 21, p.16 2010 査読無

(7) 平田泰雅 高分解能衛星データの森林モニタリングへの利用 日本森林学会誌 91(2), 136-146 2009 査読有

[学会発表] (計 13 件)

(1) Ryuichi Tabuchi, Y. Fujioka, Reiji Yoneda, H. Utsugi, K. Noguchi, Y. Hirata, D. Duangnamol, S. Pongparn, P. Patanaponpaiboon: Change of standing biomass and dead mass of some mangroves over 6 years in Ranong, southern Thailand-before and after Tsunami-International workshop :Forest dynamics and carbon monitoring in forest ecosystems in east Asia- Tokyo. October 2010

(2) Fujioka, Y., J. Higano, C. Srithong, R. Tabuchi, H. Kuwahara, P. Patanaponpaiboon & S. Pongparn Fisheries activities and resources in swamp forests. International workshop for "forest dynamics and carbon monitoring in forest ecosystems in east Asia", Tokyo. October 2010

(3) 平田泰雅、田淵隆一、P. Patanaponpaiboon、S. Pongparn、米田令二、藤岡義三 高分解能衛星データを用いたスマトラ沖地震大津波被災後のマングローブ林冠閉鎖の定量的評価. 第 121 回日本森林学会 つくば 2010 年 4 月

(4) Fujioka, Y., J. Higano, H. Kuwahara, C. Srithong, R. Tabuchi, P. Patanaponpaiboon & S. Pongparn Utilization of fisheries resources supported by swamp forests. International workshop on local conservation and sustainable use of swamp forest in tropical Asia, Thailand. December 2009

(5) Fujioka, Y., R. Tabuchi, Y. Hirata, R. Yoneda, P. Patanaponpaiboon, T. Shibuno & H. Ohba Disturbance and rehabilitation of Tsunami impact on mangrove forests and macrobenthic communities in Andaman Sea, Thailand. 11th International Coral Reef Symposium, U.S.A. July 2008

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

ホームページ等 なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

田淵 隆一 (TABUCHI RYUICHI)

独立行政法人国際農林水産業研究センター・林業領域・領域長

研究者番号：30343784

(2) 研究分担者

藤岡 義三 (FUJIOKA YOSHIMI)

独立行政法人水産総合研究センター・養殖研究所・生産システム部・チーム長

研究者番号：30425524

平田 泰雅 (HIRATA YASUMASA)

独立行政法人森林総合研究所・温暖化対応推進拠点・温暖化対応推進室長

研究者番号：50353826

(3) 連携研究者

なし

