

平成 27 年 5 月 11 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24570018

研究課題名(和文) 大津波による攪乱程度が異なる干潟における底生動物群集の回復過程

研究課題名(英文) Recovery process of the benthic communities in tidal flats varying in the disturbance degree caused by the massive tsunami

研究代表者

鈴木 孝男 (Suzuki, Takao)

東北大学・生命科学研究科・助教

研究者番号：10124588

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：松川浦(福島県相馬市)において、3.11大津波による攪乱強度の異なる干潟13地点について底生動物群集の調査を継続し、震災前と比較した。種数や個体数は1年後にはほぼ回復したが、貝類の減少を含めて種組成には変化が見られ、いまだ回復途上であった。調査地点ごとの底生動物の回復は津波の攪乱強度とは関連せず、海水交換が良く底質環境が良好なところで早かった。

また、松川浦の周囲で大型底生動物の生息状況を調べたところ、護岸堤防の建設が進んだところでは、近隣の干潟に生息する種も含めて出現種数が減少した。これらのことから、底生動物の回復を図るには、生息場所の回復と保全が重要であることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：Benthic communities were monitored at 13 stations in Matsukawaura lagoon (Soma-city, Fukushima Pref.) during 2012 to 2014 after the 3.11 tsunami and comparison was made with those before the tsunami. Species richness and abundances of benthic communities were mostly recovered after 1 year, however, community compositions were changed year by year including a decrease in mollusks and was still on the way to recover. According to the analysis in respective stations, the recovery of the benthos was not related with the disturbance strength of the tsunami, and it seemed to be affected by seawater exchange and sediment quality. In addition, after checking the existence of the large-sized benthos around Matsukawaura, the number of species inhabited decreased in the area where the construction of the embankment advanced. Therefore, it was suggested that habitat regeneration and conservation were important for accomplishing the recovery of benthic communities.

研究分野：干潟底生動物の群集生態

キーワード：底生動物群集 津波 攪乱 干潟 回復過程 松川浦

1. 研究開始当初の背景

東日本大震災では南三陸から仙台湾にかけての沿岸域に立地する干潟が、大津波による未曾有の被害を受けた。しかし、津波の影響はさまざまであり、地形や景観などによって被害の程度は異なっていた。津波による干潟環境の攪乱強度はおおむね大攪乱、中攪乱、微攪乱の3段階に区別することができる(鈴木 2011)。仙台湾沿岸域の南端にある松川浦(福島県相馬市)は、潟湖面積が東北地方で最大であり、その中に様々なタイプの干潟が存在する。津波直後に松川浦を視察してみたところ、干潟の立地場所に依りて攪乱の程度は異なっており、大攪乱、中攪乱、小攪乱を受けた干潟がそれぞれ存在していることが判明した(松川浦においては、微攪乱に相当するところはなかったことから津波による影響程度の小さかったところを小攪乱として類型化した)。

干潟環境は生物生産性が高く、また多種多様な底生動物が生息していることから、連続する海域の水質浄化に大きく貢献している。その他にも、水産資源涵養機能、景観機能、防災機能などを備え、我々の生活に対して種々の恩恵(生態系サービス)をもたらしてくれている。こうした機能を維持するには、干潟における食物連鎖網のなかで中心的役割を担っている底生動物群集が健全な状態で存在していることが必須である。そのため、津波による攪乱後の自然の自己回復力あるいは堤防・護岸等の修復によって、干潟環境がどのように回復し、それに伴って、底生動物が成体の移入や幼生の分散・回帰によって、どのように回復してくるのかを、干潟の攪乱程度の異なる地点においてモニタリングを行い、生物生存のための基盤条件を解明することは、沿岸域の復興計画を策定するうえでも必須である。特に松川浦は福島県の県立自然公園であり、ラムサール条約登録湿地の潜在候補地にも選定された貴重な生態系であり、観光資源としての利用もなされていたことから、干潟を含む自然環境の回復は、地域の経済の復興にも資すると考えられた。

2. 研究の目的

大津波で攪乱された沿岸域において、干潟の生態系サービスの回復や維持にとって基本的要素となる底生動物群集の回復過程を解明することは、生態学のみならず地域復興のデザインを策定するうえでも必須の課題である。しかし、各地に散在する干潟を詳細に調査し、底生動物の回復過程を多様な環境条件の下で比較するのは、人的構成からも費用の観点からも困難である。福島県相馬市にある松川浦は津波で攪乱されたが、松川浦内には複数の干潟があり、それぞれ攪乱強度は異なっていた。

そこで、本研究においては、海水の交換程度、塩分などの水質、外海からの幼生加入などの諸条件が同一と考えられる松川浦内に

において、攪乱程度の異なる干潟における底生動物の回復過程を詳細にモニタリングすることから、底生動物群集の多様性の維持にとって必要十分な条件を抽出することを目的とした。

3. 研究の方法

松川浦内に、津波による攪乱強度が異なる13地点を設定し(図1)、底生動物群集の回復過程のモニタリングを行なった。このうちの11地点は、2004年に調査を行ったところ(鈴木 2005)と同じ場所であったことから、震災前後の比較が可能であった。



図1. 松川浦における調査地点

これら13地点において、磯船を利用して、2012年9月、2013年3月、2013年9月、2014年4月に底生動物群集と底質の調査を行なった。底生動物のサンプリングにはコアサンプラー(直径15cm、深さ30cm)あるいはエックマンバージ型採泥器を用いた。サンプリングは1地点で4回行い、底土を採取した後、1mm目の篩でふるい、篩に残ったものを中性ホルマリンで固定して研究室に持ち帰った。固定したサンプルは研究室でソーティングした後、種類の同定・計数を行なった。同時に底土の底質を記録し、酸化還元電位を測定した。また、底土を採取し、研究室でシルト・クレイ含有量と有機物含有量を測定した。さらに、堆積した泥(軟泥)の量の変化を知るために、目盛りを付けた竹棒を差込むことによって底泥の厚さを測定した。2004年に調査を行なった11地点については、2011年9月にそのうちの4地点で、また、2012年3月には全11地点で別途調査を行なった(鈴木 2013)ことから、本研究の結果を震災前と比較し、また震災後3年に渡る底生動物群集や底質の変遷を解析することが可能であった。

大型で移動性の高い種類(カニ類など)や大型の二枚貝類などで生息密度が低い種類については、上記の手法では生息の実態を把握できないことから、2014年8月に松川浦の周囲に20エリアを設けて定性的な調査を実施した。同様の調査は護岸堤防の復旧工事が着手されていない2012年にも行なわれていたことから(福島県 2013)、その結果と比較

することによって、護岸堤防の建設が大型底生動物の生息に与える影響の有無を調べることが可能であった。

4. 研究成果

(1) 津波の影響

調査を行った 13 地点における津波の影響をまとめると、大攪乱を受けたのが A、K、L 地点であった。C、D、E、F、G 地点は地盤沈下もあり干潟が減少あるいは沈下して干出しなくなった中攪乱、I、J 地点は中攪乱だが泥分が流出し砂が堆積したことで底質環境の改善がなされ水深が浅くなり干潟が形成されるようになったところである。また、B、HS、H0 地点は攪乱が小規模であった。震災後には瓦礫撤去のために掘削や盛り土が行なわれ、また、堤防の復旧が始まるなど、底土の攪乱がみられたが、こうした人為攪乱の程度も地点ごとに異なっていた。

	Jun04	Sep11	Mar12	Sep12	Mar13	Sep13	Apr14
A地点							
B地点							
C地点		ND					
D地点							
E地点		ND					
F地点		ND					
G地点		ND					
HS地点							
H0地点		ND					
I地点		ND					
J地点		ND					
K地点	ND	ND	ND				
L地点	ND	ND	ND				

凡例: 砂 (黄色) 砂泥 (水色) 泥 (青色) 軟泥 (灰色)

図 2. 各調査地点における底質の変遷.

	Jun04	Sep11	Mar12	Sep12	Mar13	Sep13	Apr14
A地点							
B地点							
C地点		ND					
D地点							
E地点		ND					
F地点		ND					
G地点		ND					
HS地点							
H0地点		ND		ND			
I地点		ND					
J地点		ND					
K地点	ND	ND	ND				
L地点	ND	ND	ND				

凡例: 0cm (薄黄色) 1-5cm (薄オレンジ) 6-15cm (オレンジ) 16-50cm (濃いオレンジ) 50cm以上 (赤)

図 3. 各調査地点における底泥の厚さの変遷.

(2) 底質変化

松川浦における底質と底泥の厚さの変遷を図 2、図 3 に示す。津波の影響で底質には大きな変化が見られ、I、J 地点では泥分が流され、砂が堆積することで砂質的になった。一方、南側奥部に位置する D、E 地点では海水交換が不十分なためか泥分が多く堆積するようになった。こうした変化は堆積した底泥の厚さにも現われている。A 地点は津波で大きく攪乱されたが、その後運ばれてきた砂

が堆積して砂質干潟になった。これは K、L 地点でも同様であった。HS、H0 地点は泥が堆積していたが、津波の影響は小規模であり、泥が少し少なくなった程度であった。他の地点では、震災前後で底質はほぼ同様であった。全体としてみると、津波による攪乱で底土の泥分が持ち去られ外洋から砂が持ち込まれたことでより砂質的になったが、奥部の方で海水交換が充分でないところでは泥分がたまりはじめた状況である。

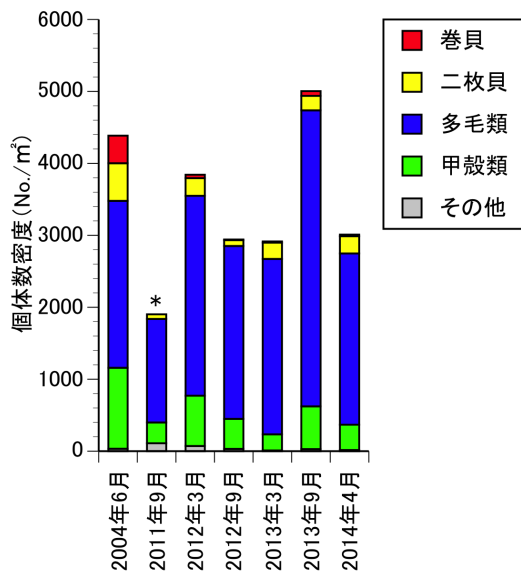
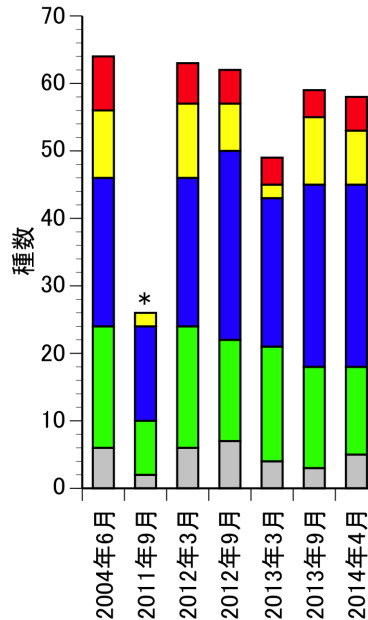


図 4. 松川浦における底生動物出現種数と個体密度の変遷. 個体数密度に関しては 11 調査地点の平均値、種数に関しては調査期日ごとの全出現種数 (*:2011 年 9 月のデータは調査を実施した 4 地点のみで計算)。

(3) 底生動物群集

松川浦における震災前後の底生動物の出現状況を、図 4 に示す (K、L 地点を除いた 11 地点での結果)。震災直後 (2011 年 9 月)

には種数、個体数密度とも震災前の半分程になっており、特に巻貝類や二枚貝類はほとんど確認できなかった。一方、多毛類は大增殖した種もあり、それほど減少していなかった。震災から1年を過ぎると、巻貝や二枚貝もいくらかは見られるようになってきたが少数であり、主体は多毛類であった。甲殻類も減少したままであった。全体での出現種数は震災前の2004年6月の67種に対し、2012年3月が63種、2012年9月が62種、2013年3月が56種、2013年9月が59種、震災から3年目に当たる2014年4月が58種であり、震災前後でほぼ同程度であった。しかし、その群集組成は異なっていた。震災前に優占順位10位までに入っていた多毛類以外の種は、ドロクダムシ科、アサリ、ニッポンドロソコエビ、ホソウミナ、マツカワウラカワザンショウの5種であったが、2012年3月ではドロクダムシ科とイソシジミだけとなり、2012年9月以降も1-2種が10位以内に入っただけであった。つまり、震災後、多毛類は早い回復を見せたものの、巻貝類、二枚貝類、甲殻類はいまだ回復にはほど遠い状況である。また、多毛類でも優占種は年ごとに大きく変化しており、これは震災後の底質環境の不安定さ（瓦礫除去や航路掘削盛り土などに伴う底土の攪乱）によるものかもしれない。全体での平均個体数密度の変遷で見ても、震災後は多毛類主体であることは明らかである。2013年9月にはG地点でスピオ類が大発生したために全体での密度も高い値を示していたが、この一時的な現象を除くと、全体としては多毛類の密度は震災前と同程度を維持しており（種組成は異なる）、巻貝、二枚貝、甲殻類は回復していない。

各地点における底生動物群集の多様性の変遷を見てみると、松川浦の比較的中央に近い位置にある地点（A、B、F、G、I、J）では震災後も比較的高い多様性を示していた。特に、潟口に近いA、G地点では多様性指数が震災後に増加傾向にあり、底生動物の回復が順調な様子を示していた。一方、奥部にあって海水交換が充分でないと思われる地点（C、D、E、HS、HO）では、震災後、多様性指数はおおきく変動していた。中でも、C、E地点は近年多様性が著しく低くなっていた。

(4)大型底生動物の生息状況

2014年8月の調査では72種が記録されたが、このうち定量調査には出現しなかった種は37種とほぼ半数を占めていた。多毛類は3種のみであり、ほとんどが巻貝、二枚貝、甲殻類であった。このことから、底生動物生息種の全容を知るには定性調査を併用する必要のあることが判明した。調査を行った20エリアのうち、2014年に護岸堤防の工事が完了あるいは工事中であったのは10エリアであった。この10エリアも2012年に福島県（2013）が調査を行った時には工事着手前であった。そこで、護岸堤防工事がなされたところ

（護岸あり）と、なされないままのところ（護岸なし）で、2012年（工事着手前）と2014年（工事着手後）における大型底生動物出現種数を比較してみた（図5）。

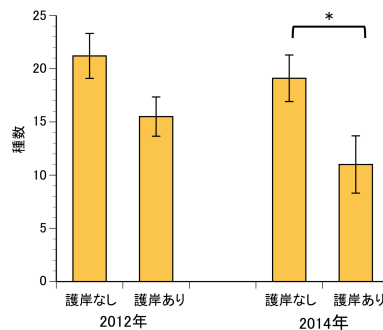


図5. 大型底生動物出現種数の比較. 松川浦の周囲に設置した20調査エリアを2014年調査時に護岸復旧工事がなされていたところ（護岸あり：10エリア）と、護岸がない、あるいは旧護岸のままであったところ（護岸なし：10エリア）に分けて、平均出現種数を比較した。バーは標準誤差を示す。*：有意差のあったところ（ $P < 0.05$ ）。

その結果、2012年には護岸ありとなしで出現種数に有意な差はなかったが、2014年には護岸ありの方で種数は有意に少なかった。しかも、個別の種を見てみると、石などに付着して生活する種ばかりではなく、周辺の干潟に生息する底生動物においても出現エリア数が減少している種が見られた（護岸工事のあと、生息が見られなくなったエリアがあるため）。このため、護岸工事においては、工事で改変される範囲のみならず、周辺の干潟においても環境の悪化などに伴い、生息場所を失う種があることに配慮する必要がある。

(5)自然環境の保全（今後の展望）

本研究においては、底生動物群集は津波による攪乱のあと、1年を過ぎた頃にはかなりの程度回復することが示された。しかし、群集（巻貝、二枚貝、甲殻類）によっては回復が充分ではなく、回復が早かった多毛類においても優占種が交代するなど、全体の群集組成は変化し続けている実態が明らかとなった。また、地点別間を比較すると、底生動物の回復状況は、津波による攪乱強度とは関連しておらず、攪乱強度が大きくなっても、海水交換が充分ではなく底質環境が悪いところでは、底生動物群集は貧弱であった。さらに、護岸堤防の建設が進んだところでは近隣の干潟に生息する種も含めて、生息種数が減っていた。これらのことから、津波という攪乱に対する底生動物群集の復活には、生息場所の回復・保全が必須であることが示された。

このため、沿岸域での復旧工事においては、干潟に生息する底生動物など生態系に配慮すべき事項として以下のことが挙げられる。
a. 種多様性が高い場所の保全、b. 干潟と海域

の連続性の確保、c.干潟環境の確保、d.海水交換の確保、e.底生動物避難場所の残置と移動のための水路等の確保、f.底生動物のモニタリング。

<引用文献>

鈴木孝男．2011．東日本大震災による干潟環境の変化と底生動物への影響．水環境学会誌，34(A)，12:395-399．

鈴木孝男．2005．(3)底生動物（松川浦の底生動物群集及び底泥）．重要湿地松川浦総合調査報告書，福島県生活環境部自然保護グループ，平成17年3月，pp. 55-83．

鈴木孝男．2013．底生動物からみた松川浦の自然環境と震災の影響．WWF ジャパン暮らしと自然の復興プロジェクト実施報告書．世界自然保護基金ジャパン，pp.20-33．

福島県生活環境部自然保護課．2013．福島県H24年度地域生物多様性基礎調査業務報告書．福島県，149p．

5．主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計2件)

鈴木孝男、平吹喜彦、東北の海辺の今ー巨大防潮堤・海岸防災林問題を考える、科学2014年3月号、岩波書店、査読無、pp.314-318

Jotaro Urabe, Takao Suzuki, Tatsuki Nishita, Wataru Makino, Immediate ecological impacts of the 2011 Tohoku earthquake tsunami on intertidal flat communities, PLoS ONE, 査読有、8(5)、2013: e62779. doi:10.1371/journal.pone.0062779

〔学会発表〕(計10件)

鈴木孝男、津波とその後の復興工事が松川浦（福島県相馬市）の干潟底生動物に与えた影響と現状、日本生態学会、2015年3月19日、鹿児島大学（鹿児島県・鹿児島市）

鈴木孝男、津波が松川浦の干潟生物に及ぼした影響とその後の回復状況、シンポジウム「震災復興と環境保護」～福島県松川浦の事例から～、ラムサール・ネットワーク日本ノはげっ子倶楽部、2014年11月24日、台東区生涯学習センター301研修室（東京都）

Takao Suzuki, Impact of East Japan Great Earthquake and Tsunami on intertidal benthos communities and their recovery along the Pacific coast of Tohoku district, Japan, Asia Wetland Symposium, 2014年11月6日、Siem Reap (Cambodia)

Takao Suzuki, Jotaro Urabe, Monitoring of tidal flat benthos communities after

the 3.11 tsunami by means of citizen participated research method、The 2nd Asian Marine Biology Symposium、2014年10月1日、Jeju (Korea)

鈴木孝男、大震災後、松川浦の底質環境と底生動物群集はどのように変化しているのか、日本生態学会、2014年3月16日、広島国際会議場（広島県・広島市）

Takao Suzuki, Tidal flats and salt marshes produced newly after 3.11 disaster, 第1回アジア国立公園会議、2013年11月14日、仙台市国際センター（宮城県・仙台市）

鈴木孝男、大津波後における松川浦（福島県相馬市）の底生動物群集の変遷、日本ベントス学会・日本プランクトン学会合同大会2013、2013年9月28日、東北大学農学部（宮城県・仙台市）

Takao Suzuki, Impact of East Japan Great Earthquake and Tsunami on benthic communities inhabited tidal flats along coastal area of Tohoku district, Japan, The First Asian Marine Biology Symposium, 2012年12月15日、Phuket (Thailand)

鈴木孝男、松川浦（福島県相馬市）の底生動物は大津波後どこまで回復したか、日本プランクトン学会・日本ベントス学会合同大会2012、2012年10月7日、東邦大学（千葉県・船橋市）

〔図書〕(計4件)

鈴木孝男、東北大学大学院生命科学研究科群集生態分野、大津波による攪乱程度が異なる干潟における底生動物群集の回復過程～福島県松川浦における震災後の底生動物群集の変遷～、2015、68ページ

鈴木孝男、仙台湾の水鳥を守る会、震災後の仙台湾沿岸での生態系の再生状況、仙台湾の水鳥を守る会シンポジウム2013「仙台湾沿岸での災害復旧工事を考える！」、2014、12-21ページ

鈴木孝男、世界自然保護基金ジャパン、暮らしと自然の復興プロジェクト 実施報告書、底生動物からみた松川浦の自然環境と震災の影響、2013、20-33ページ

鈴木孝男、朝日新聞出版、渚の生態系サービスを取り戻すー津波で被災した干潟生態系の現状とその回復・再生、森林環境2013、トレンドレビュー、森林環境研究会編、2013、144-152ページ

〔その他〕

アウトリーチ活動情報（計3件）

鈴木孝男、大震災が東北太平洋沿岸域に及ぼした影響とその後のベントスの回復状況、大阪自然史フェスティバル、大阪湾海岸生物研究会、2014年11月16日、大阪市立自然史博物館（大阪府・大阪市）

鈴木孝男、津波が干潟の生物に及ぼした影響とその後の回復状況および問題点、東北大学植物園市民公開講座「津波が生物多様性に与えた影響」、2014年9月20日、東北大学植物園（宮城県・仙台市）

鈴木孝男、「干潟観察・体験」において観察指導、生き返る松川浦の自然と暮らし応援ツアー、環境省復興エコツーリズム推進モデル事業、2013年8月8日、松川浦（福島県・相馬市）

6．研究組織

(1)研究代表者

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