

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 19 日現在

機関番号：31308

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24710080

研究課題名(和文) 藻場・干潟が震災により受けたダメージとその回復, および後背地の津波堆積物の特性

研究課題名(英文) Impacts of the Great East Japan Earthquake and tsunami on the tidal flat and *Zostera* spp. habitats, and the characteristics of tsunami deposit in Miyagi, Japan

研究代表者

玉置 仁 (TAMAKI, Hitoshi)

石巻専修大学・理工学部・准教授

研究者番号：30364417

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：東日本大震災によるアマモ類藻場・干潟生態系の攪乱とその後の回復過程, ならびに後背地に集積した津波堆積物の性状と環境修復材としての利用性の検討を目的として, 研究を行った。

アマモ類藻場に関しては, 震災により大幅に減少したが, その後, アマモに比べてタチアマモにおいて若干の密度回復が認められた。干潟に関しては, 震災に伴う底質の泥化と汚濁化が観測され, 生物相は未だ遷移過程にあると判断された。津波堆積物中の金属含有量に関しては, 土壤汚染対策法の基準を下回っており, その有害性は低いと推定された。津波堆積物を加えた底質を用いてアサリ浮遊幼生着底実験を行ったところ, アサリ幼生の着底率の上昇を確認した。

研究成果の概要(英文)：Impacts of the Great East Japan Earthquake and a tsunami event on the tidal flat and *Zostera* spp. habitats were studied. And we also investigated the characteristics of tsunami deposit in Miyagi. Although *Zostera* habitats had largely decreased, *Zostera caulescens* tended to recover slightly when compared to the density of *Zostera marina*. In the tidal flat, the silt content and sulfide concentration at the sediment tended to increase due to the reduction of the ground level. After the event, the mean density of macrobenthos was reduced by three quarters. Although their density increased in August 2012 as well as before the event, it decreased again by August 2013.

We also performed a restoration effort using the tsunami deposit, because heavy metal contents in the tsunami deposit were lower than those in environmental quality standards. The settlements of *Ruditapes philippinarum* in the sediment were increased by the addition of tsunami deposit.

研究分野：生態工学

キーワード：東日本大震災 藻場 干潟 津波堆積物

1. 研究開始当初の背景

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖を震源とする大地震とそれに伴う津波は、陸上の施設のみならず、三陸沿岸の海洋生物の生活の場である藻場と干潟生態系にも甚大なダメージを与えた。これらの生態系がこの度のような大きな自然撓乱を受けた場合、どのようなダメージを受け、またその後、どの程度まで回復するのか全く不明であったため、被災地の一つである宮城県石巻沿岸のアマモ類藻場と干潟を対象として、調査・研究を行った。

また沿岸部の後背地では、津波による多量の津波堆積物の集積が報告されている。津波堆積物の物理化学的な性状に関しては、後背地の産業形態や地先の海岸地形によって大きく変化すると予想されるが、その現状は不明となるため、その性状の把握を行った。さらに津波堆積物に汚染が認められず再利用可能な場合、震災により地盤高の低下した干潟の嵩上げや藻場底質環境の修復材としての利用が期待されるため、汚染のない津波堆積物を用いての生態系修復を目指した室内実験を行った。

2. 研究の目的

本研究では、藻場・干潟生態系が東日本大震災により受けた撓乱の程度とその後の回復過程、および後背地に集積した津波堆積物の特性と環境修復材としての利用の妥当性を明らかにすることを目的として、具体的には下記の検討を行った。

- (1)地震と津波により、石巻沿岸の藻場と干潟はどのようなダメージを受けたのか?
- (2)ダメージを受けた藻場と干潟は、その後どのような回復過程をとるのか?
- (3)後背地の産業形態や地先の海岸地形によって、津波堆積物の物理化学的な性状は、どのように変化するのか?
- (4)藻場・干潟の自律的な回復能力の補助としての汚染のない津波堆積物を用いた藻場・干潟の回復実験(室内)

津波堆積物を干潟底質に加えることにより、アサリ浮遊幼生の着底は促進するのか?

津波堆積物を藻場底質に加えることにより、アマモの出芽率は増加するのか?

3. 研究の方法

(1)藻場・干潟が震災により受けた撓乱の程度とその後の回復過程の評価

研究対象:

地震・津波の来襲を受けた牡鹿半島東岸の内湾にあるアマモ類藻場と奥松島沿岸の干潟を調査対象とした。これらの藻場・干潟については、震災以前の生物・環境データを有している。

藻場調査:

既往の調査で設置しているライン・トランセクトを対象として、水深、ならびにアマモ、タチアマモの株密度(もしくは被度)と底質中の粒度組成等を調べて、震災前の状態と比較した。さらに2005~2006年に同湾で取得された複数地点(Con., St.19等)の光量から消散係数を算出し、

その値とCon.の光量、湾央部に位置するML2-80m地点の水深を用いて、震災前におけるML2-80m地点の日積算光量を推定した。また本地点においては、震災に伴う地盤高低下により水深が1m程度深くなっていたことから、震災前の消散係数と同一との前提で、震災後のML2-80m地点の光環境も求めた。なおアマモの生育に必要な光量については、既報の光補償点に24時間を掛けることにより算出した。そしてこれら震災前後の光環境の変化が、撓乱後のアマモ類の回復に及ぼした影響について検討した。

干潟調査:

深浅測量により、震災前後の干潟の水深、ならびに地形勾配の変化を求めた。また既往の定点において、マクロベントスの個体密度とその現存量を計測した。さらに干潟底質環境調査として、同定点における土壤中の粒度組成、強熱減量、酸化還元電位、硫化物濃度を測定した。これら取得されたデータと震災前の状態とを比較し、干潟生態系が震災により受けた撓乱の程度とその後の回復過程を評価した。

(2)後背地に集積した津波堆積物の性状評価

研究対象:

地震・津波の来襲を受けた上述の生態系の後背地に加えて、東松島市矢本地区を調査対象とした。

津波堆積物の性状評価:

沿岸部から津波到達地点にかけての標高の異なる複数の場所において、津波堆積物の採取を行った。ここでの津波堆積物とは、震災後、新たに後背地に集積した砂泥堆積物と定義する。コアサンプラーを用いて津波堆積物を採取後、その堆積密度を測定し、標高ごとにゾーニングされた地図の面積から、後背地に集積した津波堆積物量を推定した。また試料を土壌深さ毎に区分し、その粒度組成や各種法令に準じて重金属類等の分析を行い、津波堆積物の汚染状況を評価した。さらに取得されたデータから、津波堆積物の量や性状が、後背地の産業形態(市街地、漁農村)や海岸地形(内湾・開放的水域)により、どのように異なるのかを検討した。

(3)津波堆積物を用いた藻場・干潟の回復実験

実験に用いた津波堆積物:牡鹿半島東岸の内湾の岸周辺で採取された堆積物

津波堆積物添加によるアサリ浮遊幼生の着底促進効果の検討

地盤高低下により底質の泥化が観測された石巻市の内湾にある干潟底質(シルト含有率15%)と同土壌にその重量の25%、および50%にあたる量の津波堆積物を加えた底質を用いて、アサリ浮遊幼生の着底実験を行った(室内)。

津波堆積物添加によるアマモの出芽促進効果の検討

地震・津波の撓乱からのアマモ場の回復が見られない牡鹿半島東岸の内湾の地点で採取された底質上にアマモ種子を50粒播種し、同底質、もしくは津波堆積物で覆土(2cm厚)した後、海水を注ぎ入れ、10°C水温の条件下において、アマモの出芽率を100日間計測した(室内)。

4. 研究成果

(1) 震災によるアマモ類藻場の攪乱とその後の回復過程

震災による水深の変化については、湾西側では比較的軽微となったが、湾中央部では1m程度の地盤高低下を観測した。ただし湾西側でも底質環境が大幅に変化していたことから、津波による物理的攪乱の影響は甚大であったと推察された。なお津波の到達高さは十数mに達していた。藻場調査の結果、湾中央とその西側において、地震と津波により草体が流出し、アマモ、およびタチアマモ群落が著しく減少していた(図1)。

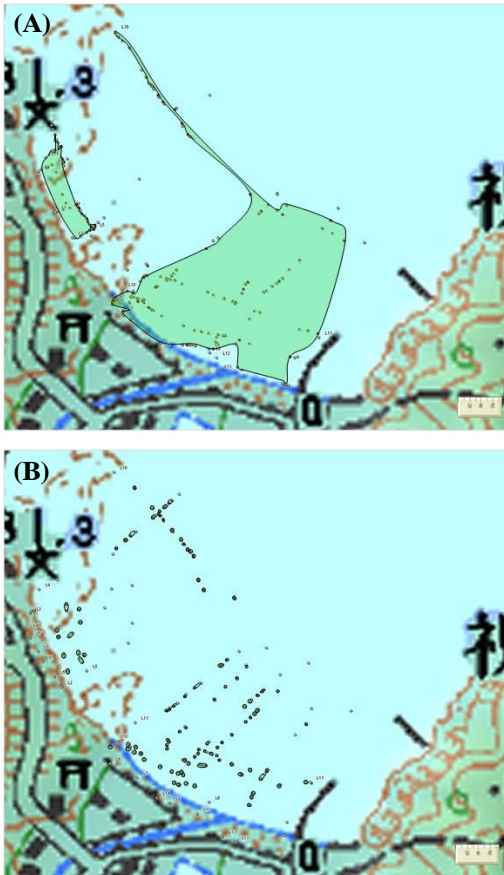


図1 震災前後のアマモ類藻場(○)の分布。(A)2004年5~6月,(B)2012年7月

しかしその後、未だ震災前のレベルには達していないが、湾西側においては残存するアマモ場を中心として、湾中央部ではアマモに比べてタチアマモにおいて株密度が増加し始めており、自律的な回復が期待された。

そこで震災前後の光環境を推定し、湾中央部のML2-80m地点においてアマモ・タチアマモの海草種間の回復に差が見られた原因を検討した。ML2-80m地点は、震災前に優占していたアマモが2013年以降も減少傾向であったのに対して、タチアマモが増加するようになった場所となる。水の濁りの程度(消散係数)については震災前と同一とし、地盤高低下分のみを考慮して求められた震災後の日積算光量に関しては、震災前に比べて減少しており、アマモの生育に必要な光量を満たさない日の発生頻度も震災前の1.5倍に増加していた(図2)。

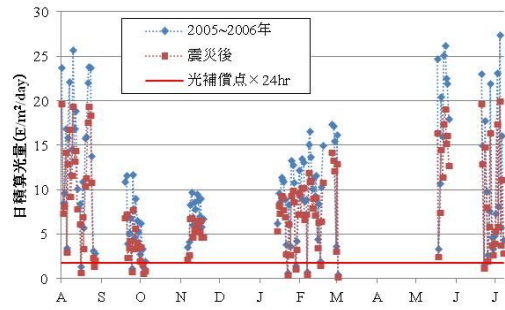


図2 震災前後のML2-80m地点の日積算光量(推定値)の変化

以上のことから、本地点のアマモが増加しきれない一因として、地盤高低下に伴う水中光量減少の影響が推察された。一方、タチアマモに関しては、アマモに比べて深所に分布することから、低光量下でも生育しうることが推察され、震災後の光環境減少下においても、その後の回復が有利となった可能性が考えられた。なお震災後の本湾では流域からの濁質の流入が頻繁に観察されており、これらも水中光量の低下に寄与している可能性が考えられたため、さらなる踏査が必要であると判断する。

(2) 震災による干潟生態系の攪乱とその後の回復過程

地震と津波の来襲により、本干潟では最大で0.8mの地盤高低下が認められた。これら地盤高の低下した場所では、底質中のシルト分の増加(図3)と汚濁化(還元層の発達、硫化物濃度の増加)が観測された。

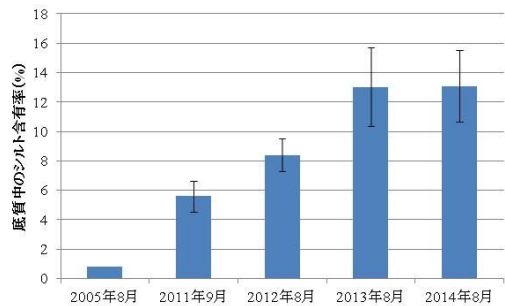


図3 震災前後の干潟底質中のシルト分の経年変化

干潟生物相の個体密度に関しては、震災前に比べて、2011年には25%減となり、地震・津波のダメージが認められた。2012年には腹足綱の増加により一旦回復となったが、2013年には再び減少しており、生物相は未だ遷移過程にあると判断された。またアサリ密度に関しては、震災以降、減少傾向となった。震災後のアサリ群集が回復しきれない原因を回帰分析を用いて検討したところ、底質中のシルト分増加による影響が推察された(図4)。このことに関しては、室内実験で確認された底質中のシルト分増加によるアサリ浮遊幼生の着底阻害の結果からも支持されたことを追記する。

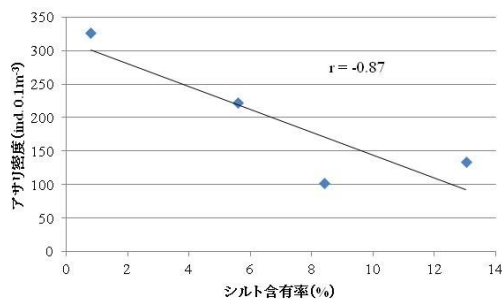


図4 アサリ密度の増減に及ぼす底質中のシルト分の影響

(3) 津波堆積物の性状評価

牡鹿半島東岸の内湾と奥松島にある干潟の後背地、ならびに矢本地区に集積した津波堆積物量(湿重量ベース)は、それぞれ 7.0 万トン、4.3 万トン、395.5 万トンと推定され、矢本地区において多量の津波堆積物の集積が認められた。この原因として、山々が海岸近くまでせまる牡鹿半島東岸の内湾や奥松島の干潟後背地に比べて、なだらかな平野の広がる矢本地区では、広範囲にわたって津波が来襲したため、多くの津波堆積物が陸域に集積したものと推察された。矢本地区の幾つかの地点で採取された津波堆積物は、他の場所と比べて、多くのシルト分と有機物を含み、また含水比も高く、ヘドロ状を呈していた。さらに震災から 10 ヶ月程度経過していたにもかかわらず、依然高い電気伝導度を示し、塩害が認められた。津波堆積物中の金属含有量に関しては、全地点において土壤汚染対策法の基準を下回っており、その有害性は低いと推定された。ただし地点間の変動があるが、概ね矢本地区に集積した津波堆積物中の金属含有量は、他の場所と比べて高い傾向を示した。一例として、各後背地で採取された津波堆積物中の Cd の含有量の変化を図 5 に示す。

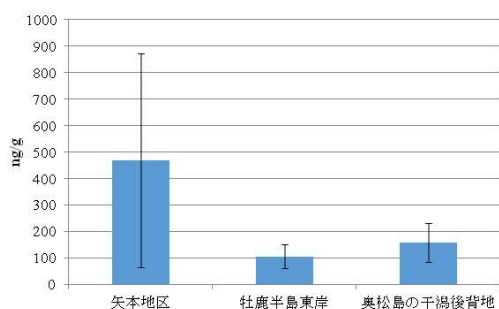


図5 津波堆積物中の Cd 含有量の変化

後背地が漁農村となる牡鹿半島東岸の内湾、および奥松島の干潟後背地に比べて、市街地を後ろに擁する矢本地区では、震災以前には海域への多量の負荷があったと推察され、このことが津波堆積物の性状の差に反映したものと考えられた。また海岸地形が開放的水域となる牡鹿半島東岸の後背地に集積した津波堆積物については、閉鎖性水域の奥松島に比べて、泥分、ならびに有機物含有率が減少する傾向を示した。

(4) 津波堆積物を用いた藻場・干潟の回復実験

シルト分 15%の干潟底質に津波堆積物を加えることにより、アサリ浮遊幼生の着底率は増加した。底質中のシルト分増加に伴うアサリ浮遊幼生の着底阻害を室内実験で確認していることから、津波堆積物の添加による底質中のシルト割合の減少が、アサリ幼生着底増加の一因であると推察された。

地震・津波の攪乱からアマモ場の回復が見られない底質に播種した土壌区においても、アマモの出芽が確認された(出芽率@100 日間:69 ~ 78%)。以上のことから、本地点の底質に関しては、潜在的にアマモの出芽が可能であることが分かった。また津波堆積物を覆土に用いた土壌においても、上述と同等の出芽率が計測され、津波堆積物の添加による出芽阻害については認められなかった。

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 2 件)

玉置仁, 村岡大祐. 東日本大震災による藻場・干潟生態系の攪乱とその後の回復過程, 環境技術, 査読有, vol. 42, 2013, 558-563.

Kawamura Y., Mizuno K., Noda T., Hirakawa K, Tamaki H. and Shoji J. Validation of Daily Periodicity of Otolith Increment Formation and Application for Analysis of Early Growth of Wild Juvenile Black Rockfish *Sebastes cheni*, Aquaculture Sci., 査読有, vol. 60, 2012, 413-416.

〔学会発表〕(計 23 件)

玉置仁, 齊藤愛実, 村岡大祐. 東日本大震災によるアマモ類藻場の攪乱とその後の回復過程. 第 49 回日本水環境学会年会, 2015 年 3 月 16 日 ~ 18 日, 金沢大学.

齊藤愛実, 玉置仁. 東日本大震災による干潟生態系の攪乱とその後の回復過程. 第 49 回日本水環境学会年会, 2015 年 3 月 16 日 ~ 18 日, 金沢大学.

鈴木まゆみ, 小瀬知洋, 川田邦明, 玉置仁. 東日本大震災における津波堆積物の起源とその指標に関する検討, 第 49 回日本水環境学会年会, 2015 年 3 月 16 日 ~ 18 日, 金沢大学.

玉置仁, 齊藤愛実. 東日本大震災による干潟生態系の攪乱とその後の回復過程. 平成 26 年度日本水産工学会秋季シンポジウム, 2014 年 11 月 8 日, 東京海洋大学, 招待講演.

村岡大祐, 玉置仁. 東日本大震災による藻場への影響とその後の変遷. 平成 26 年度日本水産工学会秋季シンポジウム, 2014 年 11 月 8 日, 東京海洋大学, 招待講演.

Muraoka D. and TAMAKI H. EFFECT OF THE GREAT EAST JAPAN EARTHQUAKE ON KELP BED ECOSYSTEMS. 5th Congress of the International Society for Applied Phycology, 2014 年 6 月 23 日, シドニー(オース

トリア), 招待講演.

玉置仁, 福田民治, 中井智司, 村岡大祐. 東日本大震災による石巻沿岸の藻場・干潟生態系の攪乱とその後の回復. 第 48 回日本水環境学会年会, 2014 年 3 月 17 日 ~ 19 日, 東北大学.

玉置仁. 東日本大震災による藻場・干潟生態系の攪乱とその後の回復過程. 健全な水循環に係る先進取組講演会, 2013 年 11 月 18 日, 宮城県庁, 招待講演.

TAMAKI H., NAKAI S. and MURAOKA D. Impacts of the Great East Japan Earthquake on *Ruditapes philippinarum* Populations in Tidal Flat and Their Recovery in Miyagi Prefecture. The 22th Korea-Japan Symposium on Water Environment 2013, 2013 年 10 月 21 日 ~ 22 日, Korea.

玉置仁. 東日本大震災による藻場・干潟生態系の攪乱とその後の回復過程. 海中システム技術・海洋環境管理技術に関わる震災・津波・原発事故の復旧・復興支援と防災に関する研究委員会, 2013 年 9 月 25 日, 東京海洋大学, 招待講演.

MURAOKA D. and TAMAKI H. Effect of the Great East Japan Earthquake on *Eisenia bicyclis* bed ecosystems - selective removal of herbivores. BIT's 2nd Annual International Congress of Algae-2013, 2013 年 9 月 23 日, 中国・杭州.

玉置仁. 浅海域生態系(藻場・干潟)が東日本大震災により受けたダメージとその回復にむけて. 第 21 回日本水環境学会市民セミナー, 2012 年 8 月 3 日, 東京, 招待講演.

Muraoka D., Sakami T., Yoshida G., Hori M., Shimabukuro H. and Tamaki H. Impact of the Great East Japan Earthquake on *Zostera* meadows in the coastal area surrounding Miyagi Prefecture. PICES 2012, 2012 年 10 月 16 日, 広島.

玉置仁, 福田民治, 村岡大祐. 東日本大震災による藻場生態系の攪乱とその後の回復過程. 第 47 回日本水環境学会年会, 2013 年 3 月 11 日 ~ 13 日, 大阪.

鈴木まゆみ, 小瀬知洋, 川田邦明, 坂口祐亮, 玉置仁. 東日本大震災津波堆積物の起源推定と再利用に関する検討. 第 47 回日本水環境学会年会, 2013 年 3 月 11 日 ~ 13 日, 大阪.

〔その他〕

玉置仁. 「激震に揺るがず 地域と共に歩む 自然は回復する!!」, 石巻日日新聞

6. 研究組織

(1) 研究代表者

玉置 仁 (TAMAKI, Hitoshi)
石巻専修大学理工学部・准教授
研究者番号: 30364417

(2) 研究協力者

小瀬 知洋 (KOSE, Tomohiro)
新潟薬科大学応用生命科学部・准教授
村岡 大祐 (MURAOKA, Daisuke)
東北区水産研究所・浅海生態系グループ長