

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of
National Institute for Land and Infrastructure Management

No.978

July 2017

宮古湾における底質およびアマモ場の長期変遷 - 震災後5年間の変化 -

岡田知也・黒岩寛・秋山吉寛

Long Term Changes in Sediment Conditions and Eelgrass (*Zostera marina*) in Miyako Bay
- Changes for 5 Years after the Great East Japan Earthquake -

Tomonari OKADA, Hiroshi KUROIWA, Yoshihiro B. AKIYAMA

国土交通省 国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management
Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan

宮古湾における底泥およびアマモ場の長期変遷 - 震災後5年間の変化 -

岡田知也*・黒岩 寛**・秋山吉寛***

要 旨

東北地方太平洋沖地震によって発生した津波によって、三陸地方沿岸域の水環境は、干潟や藻場等の生物の生息基盤の消失等の多大な被害を受けた。著者らは、宮古湾において、生物の生息基盤の一つであるアマモ場の復元を目指し、アマモおよび底泥の復元過程の調査を、津波後から年1回の頻度で実施した。本資料では、まず、既往の研究から長期モニタリングの着眼点を抽出する。次に、津波後5年間のアマモ場および底質の変遷について、その着眼点に基づいて整理することを目的とする。

既往の研究から、長期のモニタリングの着目点を次の4点とした。①湾奥南西側の赤前、金浜沖のアマモは着実に回復しているか？、②湾奥南東側の小堀沖の細粒分およびアマモ場は変化しているか？、③湾奥東側の小田ノ浜、葉ノ木浜、八ノ木浜、堀内沖に砂が供給されているか？④湾奥東側の小田ノ浜、葉ノ木浜、八ノ木浜、堀内沖におけるアマモとコンブ科・ホンダワラ科の割合は変化しているか？

それぞれの着眼点に対する5年間のモニタリング結果は以下であった。①金浜沖では着実に回復していた。しかし釜ヶ沢沖ではアマモ場の空間的な拡がりが遅かった。水深および濁りの問題があると思われた。②シルト・粘土分に関して、小堀沖では、50%の高い値を維持し、小堀の北側の沖では、2016年には40%以上になった。アマモの生育範囲は拡大し、アマモの被度得点は一定勾配で増加し続けていた。両水域ではアマモ場は今後も拡大することが期待されるが、底泥が今後も高いシルト・粘土分割合を維持するか、それとも砂化するかは現時点では推測できなかった。③砂は供給されていなかった。相対的に適正粒径よりも粗い成分の割合は減少していたが、それは適正粒径より細かいシルト・粘土分の割合の増大が要因であった。④葉ノ木浜、八ノ木浜、堀内沖では、コンブ科・ホンダワラ科が減少し、アマモが増大していた。しかしその要因は、当初の期待とは異なり、砂分の増大ではなく、シルト・粘土分の増大であった。

キーワード：東日本大震災，津波，復元，アマモ，宮古湾

* 沿岸海洋・防災研究部海洋環境研究室長

** 沿岸海洋・防災研究部海洋環境研究室研究員

*** 沿岸海洋・防災研究部海洋環境研究室研究官

〒239-0826 横須賀市長瀬3-1-1 国土交通省国土技術政策総合研究所

電話：046-844-5019 Fax：046-844-9265 email: ysk.nil-kikaku@ml.mlit.go.jp

Long Term Changes in Sediment Conditions and Eelgrass (*Zostera marina*) in Miyako Bay - Changes for 5 Years after the Great East Japan Earthquake -

Tomonari OKADA*
Hiroshi KUROIWA**
Yoshihiro B. AKIYAMA***

Synopsis

The ecosystems in ports and harbors on the Pacific coast of the Tohoku region were greatly damaged by the tsunami caused by the Great East Japan Earthquake of 2011. To provide background information for the future restoration of ecosystems, we studied the process of restoration of sediment conditions and eelgrass (*Zostera marina*) beds once every year since the earthquake. In this study, we first clarified viewpoints concerning long term monitoring based on our past monitoring results. Then based on these viewpoints, we analyzed the sediment conditions and eelgrass beds data covering the 5 years since the earthquake.

The following viewpoints concerning long term monitoring were clarified. (a) In Z1, have eelgrass beds grown steadily? (b) In Z2, have the silt fraction (%) and eelgrass beds changed? (c) In Z3, has sand been supplied? (d) In Z3, has the ratio of eelgrass to Laminariaceae and Sargassaceae changed?

Results of the analyses based on the viewpoints show the following. (a) In water area H (WA-H), eelgrass beds have grown steadily. On the other hand, in WA-G, the area of eelgrass beds have not expanded widely. (b) The silt fraction (%) has remained high at more than 50% in WA-F, and exceeded 40% in 2016 in WA-E. However the eelgrass coverage has increased stably. It was supposed that eelgrass beds in Z2 would continue growing. On the other hand, we could not guess whether the silt fraction (%) in Z2 would remain high or not. (c) Sand has not been supplied in Z3. But gravel fractions have decreased because of the increase in silt fractions. (d) In WA-B, C and D, the *Laminariaceae* coverage and the *Sargassaceae* coverage decreased and the eelgrass coverage increased. The reason was the increase in silt fractions, not the increase in sand fractions.

Key Words: the Great East Japan Earthquake, tsunami, restoration, eelgrass, sediment, Miyako bay

*Head of Marine Environment Division, Coastal, Marine and Disaster Prevention Department

**Research Engineer of Marine Environment Division, Coastal, Marine and Disaster Prevention Department

***Researcher of Marine Environment Division, Coastal, Marine and Disaster Prevention Department

3-1-1 Nagase, Yokosuka, 239-0826 Japan

Phone: +81-46-844-5019 Fax : +81-46-844-9265 e-mail: ysk.nil-kikaku@ml.mlit.go.jp

目 次

1. はじめに	1
2. 長期モニタリングの着眼点	1
3. 方法	5
3.1 調査地点	5
3.2 採泥	5
3.3 分析	5
3.4 植生調査	7
4. 結果	7
4.1 粒径	7
4.2 津軽石川由来の砂	7
4.3 植生	10
5. 考察	12
5.1 Z1 のアマモは着実に回復しているか?	12
5.2 Z2 の底質およびアマモ場は変化しているか?	13
5.3 Z3 に砂が供給されているか?	13
5.4 Z3 におけるアマモとコンブ科・ホンダワラ科の割合は変化しているか?	13
6. おわりに	14
謝辞	14
参考文献	14

1. はじめに

2011年3月11日に三陸沖を震源とした東北地方太平洋沖地震に伴い、北海道から関東地方北部の太平洋側に津波が発生した。特に東日本の太平洋沿岸では非常に高い津波が発生したため、青森県八戸港から茨城県鹿島港に至る太平洋側の全ての港湾が被災し、防波堤や岸壁等の港湾構造物に甚大な被害が生じた（高橋ら，2011）。被害は港湾構造物だけでなく、三陸地方沿岸域の生態系にも及んだ（例えば、鈴木ら，2011；後藤，2011）。干潟や浅場の地形は大きく変わり、底泥は攪乱され、藻場の多くが消失した。

生物の生息基盤である地形、底泥および藻場の攪乱・消失による沿岸生態系への影響は甚大であり、津波被害を受けた沿岸環境の再生のためには、それら生物の生息基盤の復元が極めて重要である。しかし、今回の津波のような強烈かつ広範囲な沿岸生態系および生息基盤の破壊は近代科学にとって未経験であり、「自然の復元力に期待して、元の生態系に復元するのか？」、または「違った生態系となるのか？」、「復元するとしたらどの程度の期間で復元するのか？」等々、自然の復元過程メカニズムに関して未知な点が多い。したがって、沿岸環境の自然の復元力について知見を増やすことが、今後の沿岸環境の再生に向けて強く求められていると考えている。この自然の復元力に対する理解が深まれば、自然の復元力の強弱に合わせた、効率的・効果的な人為的な再生対策を講じることが可能になると考えるからである。

今回の津波による沿岸生態系の被害は多面的かつ広範囲に渡っているが、本研究ではアマモ場に着目する。アマモ (*Zostera marina*) (写真-1) は、日本各地沿岸に分布し、波の静かな内湾の砂泥質の浅海域に多い（千原，1970）。アマモは種子植物（顕花植物）で、海藻類と異なり、根、茎、葉の区分があり、花を咲かせて種子を作る。葉の長さは、50 - 100 cm、幅は3 - 5 mmである。アマモ場は、

- ①基礎生産
- ②デトライタス食物連鎖と一次消費者の維持
- ③産卵場および保育場
- ④摂餌場および隠れ場
- ⑤環境の安定化

の機能をもつ（国土交通省港湾局，2003）。基礎生産では、アマモは光合成により無機物から有機物を生成すると共に、酸素を水塊中に供給する。デトライタス食物連鎖とは、枯死してデトライタス（懸濁態有機物）化した植物体が、底生生物の餌となる過程のことである。アマモ場内は、流動や波の影響が少ない静穏域が形成され、魚類

の保育場や産卵場となる。アマモの葉の表面には微小動植物が付着し、それを摂餌する魚類の摂餌場となる。アマモによる静穏域の形成は、堆積環境にも大きな影響を与える。特にアマモは地下茎の効果によって漂砂を防ぎ砂地盤の安定化をもたらす。このような特徴がアマモ場にはある。そこで、沿岸域の津波後の生態系の復元過程の対象としてアマモ場に着目した主な理由は次の3点である。

- ①アマモは砂地盤に繁茂するため、今回の津波により砂地盤ごと消失した場所が多く、被害が大きいこと。
- ②アマモ場の再生には砂地盤の回復が必要であり、地形および底質環境の復元過程を合わせた総合的な環境復元過程を検討できること。
- ③アマモ場は沿岸域に生息する高次生態系の産卵場および稚子魚の生育場であり、高次生態系の生活史には欠かせない場所であり、その再生は急務であること。

このような観点から著者らは、宮古湾において、アマモ場の復元過程を把握するために、アマモ場および底泥の復元過程の調査を津波後から年1回の頻度で実施している。

そこで、本資料では、まず、既往の研究から長期モニタリングの着眼点を抽出する。次に、津波後5年間のアマモ場および底泥の変遷について、その着眼点に基づいて整理することを目的とする。

2. 長期モニタリングの着眼点

本章では、既往の第1回調査（2012年2月）（岡田ら，2012；岡田・古川，2013）、第2回調査（2012年10月）（岡田ら，2013）および第3回調査（2013年10月）（岡



写真-1 宮古湾に生育するアマモの様子

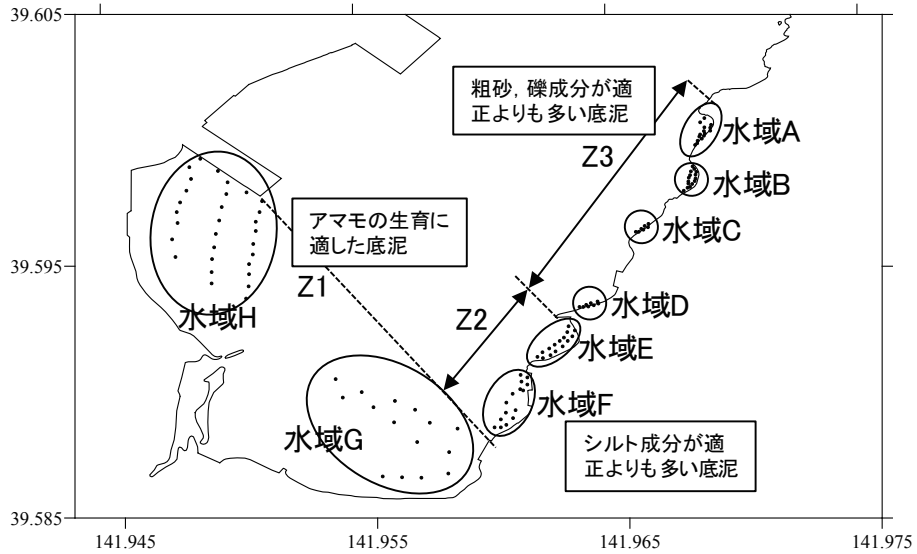


図-1 第1回調査(2012年2月)および第2回調査(2012年10月)によるアマモの生育条件からみたゾーニング(Z1, Z2, Z3). ●は調査地点.

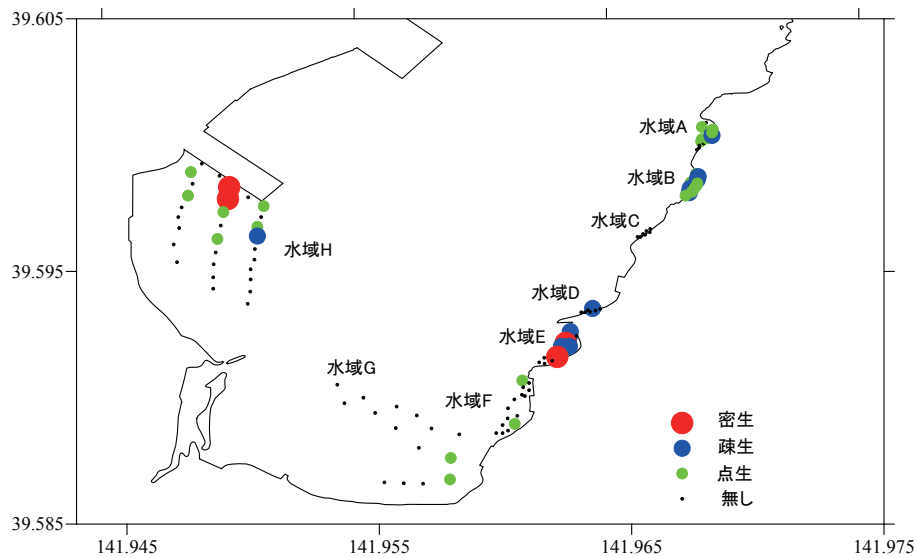


図-2 アマモの分布状況(2012年10月)

田・井芹, 2014; 岡田ら, 2014)の検討結果を整理し, 長期のモニタリングデータをまとめる際の着眼点を抽出する.

第1回調査(2012年2月)および第2回調査(2012年10月)の底質およびアマモ場の変遷のモニタリング結果から, アマモ場の復元の着眼点で宮古湾湾奥は, 底質により3つのゾーンに分けられた(図-1). アマモの生育に適した粒径として, 140~390 μm(マリノフォーラム 21)を参考とした.

Z1: アマモ生育に適した底泥の水域(水域G, H)

Z2: シルト成分が適正よりも多い底泥の水域(水

域E, F)

Z3: 粗砂・礫成分が適正よりも多い底泥の水域(水域A, B, C, D)

また, アマモが密生しているアマモ場が, 水域Hの防波堤の背後および水域Eの岬の背後に残存していることが確認された(図-2). 数値計算によると, それら密生しているアマモ場から, アマモが点生もしくは疎生状態の水域A, B, C, Dに種子が供給される可能性が示された(図-3).

第3回調査(2013年10月)において底泥中の砂の由来を分析した結果(図-4), Z1の砂は湾奥において唯

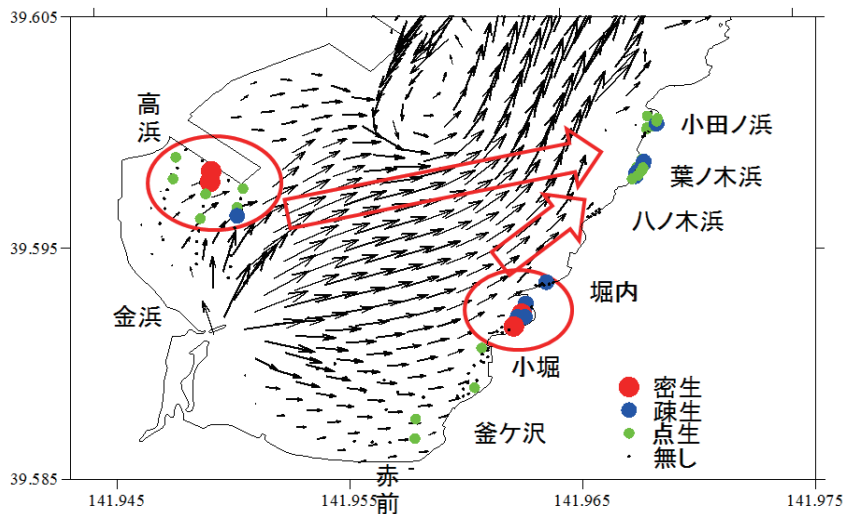


図-3 残差流の計算結果（秋期）とアマモの分布図を重ねた図

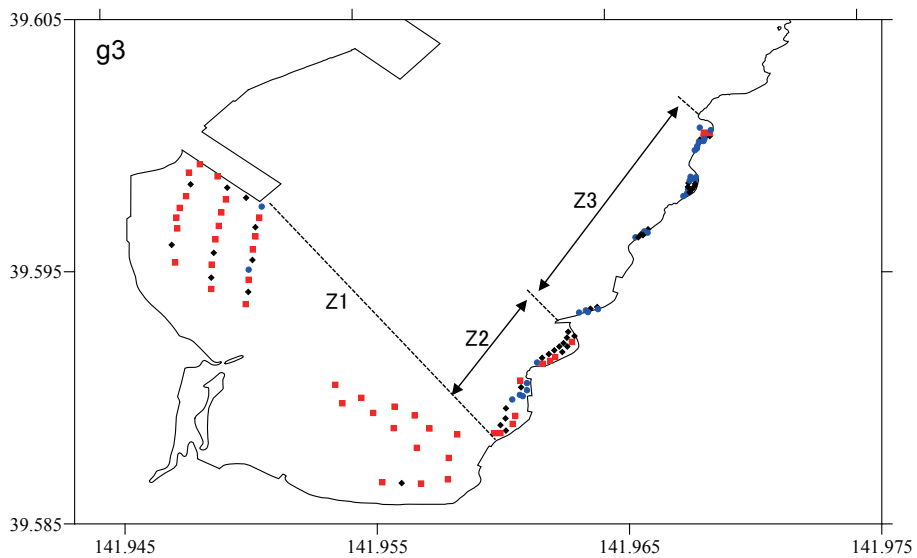


図-4 化学組成に基づいてグループ化された砂分の空間分布. C1 : ■, C2 : ◆, C3 : ●.

一の主要河川である津軽石川由来であること、Z3の砂は津軽石川由来でないこと、Z2の砂は津軽石川由来とそれ以外の砂が混在していることが示された。

Z3の砂の由来として、背後の山地から小川等を通じて流入した砂と考えられ、その供給量は小さいと推測された。Z3のアマモ場の回復には、Z3の底泥の回復（砂分の増加）が求められるが、砂の供給を考慮すると、数年の短期間では砂分の回復は期待できない。したがって、もし砂の供給が現状程度の少量の状態が続くならば、Z3のアマモ場の回復は、Z1よりもゆっくりとしたペース、またはZ1のように一面にアマモ場という生育形態

とは異なり、点在する砂地にアマモ場が点在し、礫にはコンブ科やホンダワラ科が生息する生育形態になると考えられた。

Z2に関しては、津波後に細粒分が多く存在している特異な水域である一方で、津軽石川からの砂の供給が確認されており、今後の底泥の変化は推測ができなかった。

上記の底泥とアマモ場の今後の変遷の推測をまとめると以下である。

- Z1：底泥：アマモ生育に適した粒径を維持する
アマモ場：着実に回復する
- Z2：底泥：現時点では推測できない

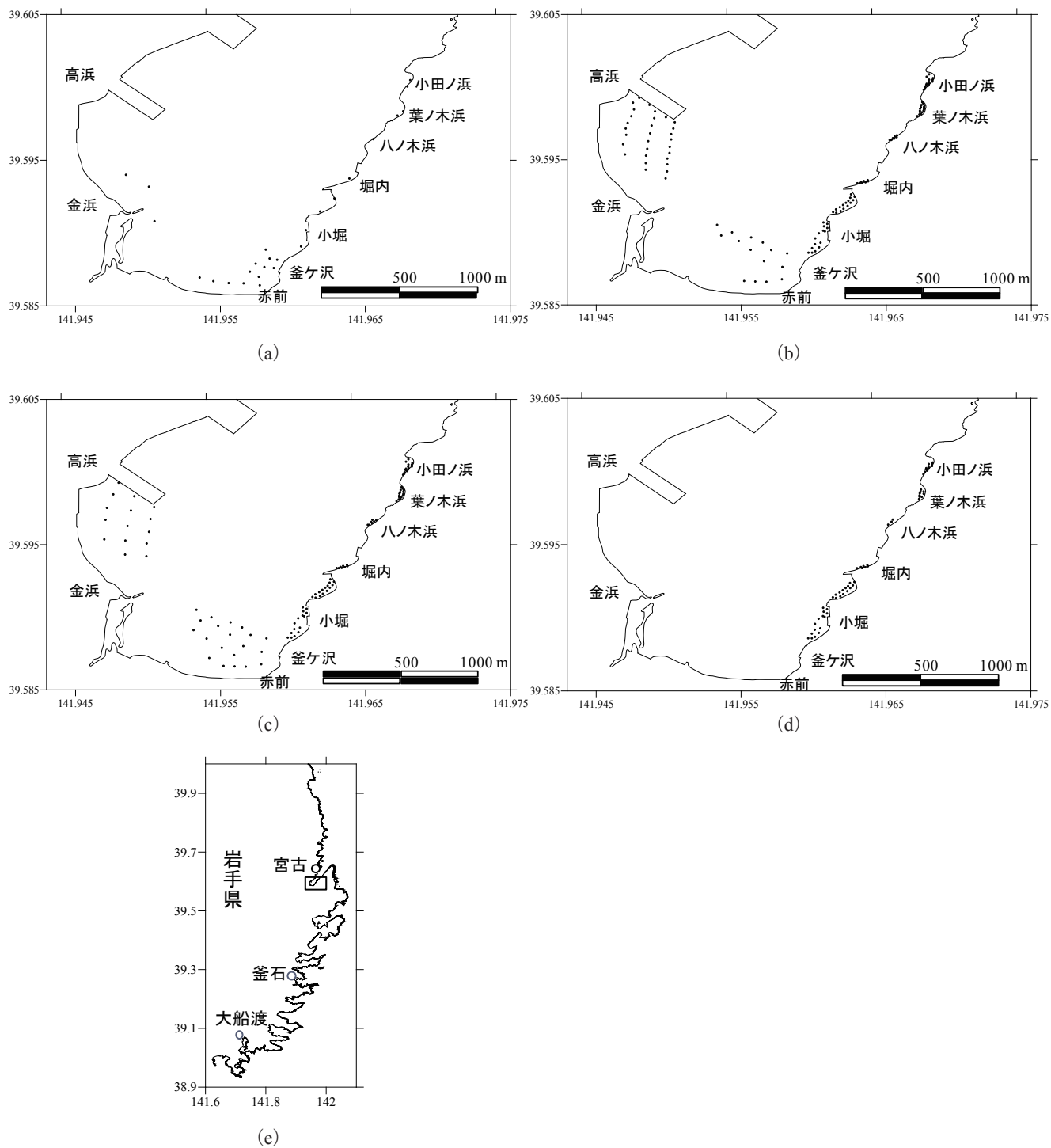


図-5 調査地点図. (a) 第1回調査 (2012年2月), (b) 第2回調査 (2012年10月), (c) 第3回調査 (2013年10月), 第4回調査 (2014年10月), 第5回調査 (2015年10月), (d) 第6回調査 (2016年10月), (e) 宮古湾の位置.

表-1 調査の概要

調査名	調査時期	調査地点数	調査項目		
			粒径分布	アマモ	アマモ以外
第1回調査	2012年2月	26	○		
第2回調査	2012年10月	120	○	○	
第3回調査	2013年10月	110	○	○	
第4回調査	2014年10月	110	○	○	○
第5回調査	2015年10月	110		○	○
第6回調査	2016年10月	75	○	○	○

表-2 アマモの生育条件（マリノフォーラム 21）

環境要素	生育条件
水温	月平均水温 28℃以下
塩分	17～34
水深	透明度の2倍程度
粒度	シルト分 30%以下 中央粒径 140～390 μm
底質	強熱減量 5% 以下 COD 5 mg/g 以下 硫化物 1 mg/g 以下
波・流れ	波高 0.5 m 以下 流速 60 cm/s 以下

アマモ場：現時点では推測できない

Z3：底泥：砂の供給は少なく、粗砂・礫成分が適性よりも多い状態を維持する

アマモ場：アマモ場は Z1 よりもゆっくりとしたペース、または Z1 のように一面にアマモ場という生育形態とは異なり、点在する砂地にアマモ場が点在し、礫にはコンブ科やホンダワラ科が生息する。

以上の推測から、長期のモニタリングの着眼点を次の4点とした。

1. Z1 のアマモの着実に回復しているか？
2. Z2 の細粒分およびアマモ場は変化しているか？
3. Z3 に砂が供給されているか？
4. Z3 におけるアマモとコンブ科・ホンダワラ科の割合は変化しているか？

本資料では、上記の着眼点に基づいて5年間のデータを整理することとする。

3. 方法

3.1 調査地点

調査は、宮古湾湾奥で実施した(図-5)。2012年は2回、それ以降は年1回の頻度で実施した(表-1)。それぞれの調査地点数は、2012年2月:26地点、10月:120地点、2013年10月:110地点、2014年10月:110地点、2015年:110地点、2016年:75地点だった。2015年においては、底質調査は実施しなかった。

第1回(2012年2月)調査時に宮古湾のアマモ場に詳しい地元の漁業者にヒアリングをし、震災前にアマモが成育していた水域を特定し、その水域において採泥を行った。第2回(2012年10月)調査以降は、第1回(2012年2月)調査の結果を踏まえて、地点数を増やし、空間的に詳細な調査を実施した。第6回(2016年10月)調査では、底質の変遷が安定した水域 G および H の調査地点を削減した。

3.2 採泥

第1回(2012年2月)調査では、船上からグラブサンプラーを用いて採泥した。しかし、礫分が多い場所では、船上からのグラブサンプラーの成功率は低く、採泥作業に多くの時間を要したため、第2回(2012年10月)調査以降は、潜水士によるグラブサンプラーを用いた採泥に変更した。なお、第5回(2015年10月)調査では、採泥調査は実施しなかった。

グラブサンプラーで採取された底泥の表層 2 cm をスプーンで取り出し、分析用のサンプルとした。層厚を 2 cm とした理由は、底質の経年変化を精度良く測定するためである。サンプルは速やかにクーラーボックスに入れ、冷蔵保存した。

3.3 分析

アマモの生育条件は、水温、塩分、水深、粒度、底質および波・流れである(表-2)。アマモは光合成をして

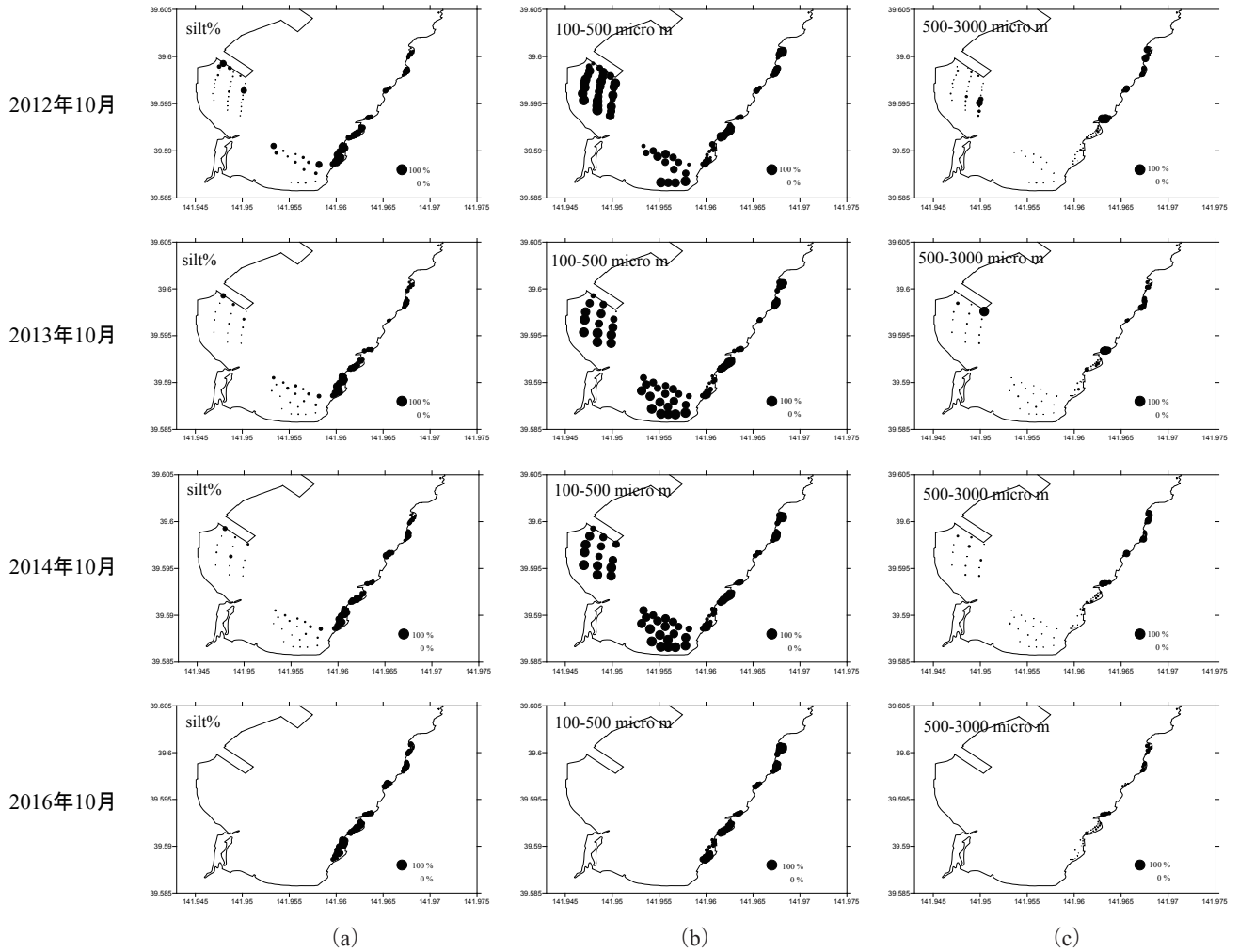


図-6 2012年10月(第2回調査)から2016年10月(第6回調査)までの底泥の各成分の空間分布。(a)シルト・粘土(63 μm 以下), (b) 100 - 500 μm , (c) 500 - 3000 μm .

成長するので、光条件は重要である。一般に、透明度の2倍程度の水深が、限界水深と言われている。アマモは砂質系の底泥を好み、シルト分は30%までである。また、その砂質系の底泥に根をはって生育するため、砂が流されない程度の流況の場所を好む。波高・流速で示すと、波高はおよそ0.5 m以下、流速はおよそ60 cm/s以下である。

2章で示したように長期モニタリングの着眼点の一つは粒径の変化である。そこで本検討では上記のアマモの生育条件中で粒径を分析した。また、砂の由来を推定するために化学組成を分析した。

粒度分布の測定には、レーザ回折・分散式粒度分布測定装置(LA-950, 堀場製作所)を用いた。ただし、礫(3000 μm 以上)が多かった地点に対しては、粒度分布測定から除外した。

第2回(2012年10月)調査および第4回(2014年

10月)調査の底泥試料の化学組成を分析した。分析には、波長分散型蛍光X線装置(Supermini, Rigaku社製)を用いた(岡田ら, 2013)。各底泥を、63 μm の篩を湿式(AS200, Retsch社製)で使用して、シルト成分(63 μm 以下)と砂成分(63 μm 以上)に分けた。蛍光X線分析装置によって、多くの地点の底泥から共通して検出されたのは、 SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , K_2O , MgO , MnO , Na_2O , P_2O_5 , TiO_2 , ZnO , Cl , SO_3 , SrO 等だった。この中で、水に溶ける可能性があるもの、底泥の嫌気状態等の底質の影響を受けるもの、貝殻の影響を受けるものを除いた Al_2O_3 , Fe_2O_3 , K_2O , MgO , SiO_2 のみを指標とした(岡田ら, 2013)。化学組成のグループ化には、k-means法を用いた。これは、クラスター解析において、非階層的手法の一般的な手法である。計算には、統計ソフトRを使用した。

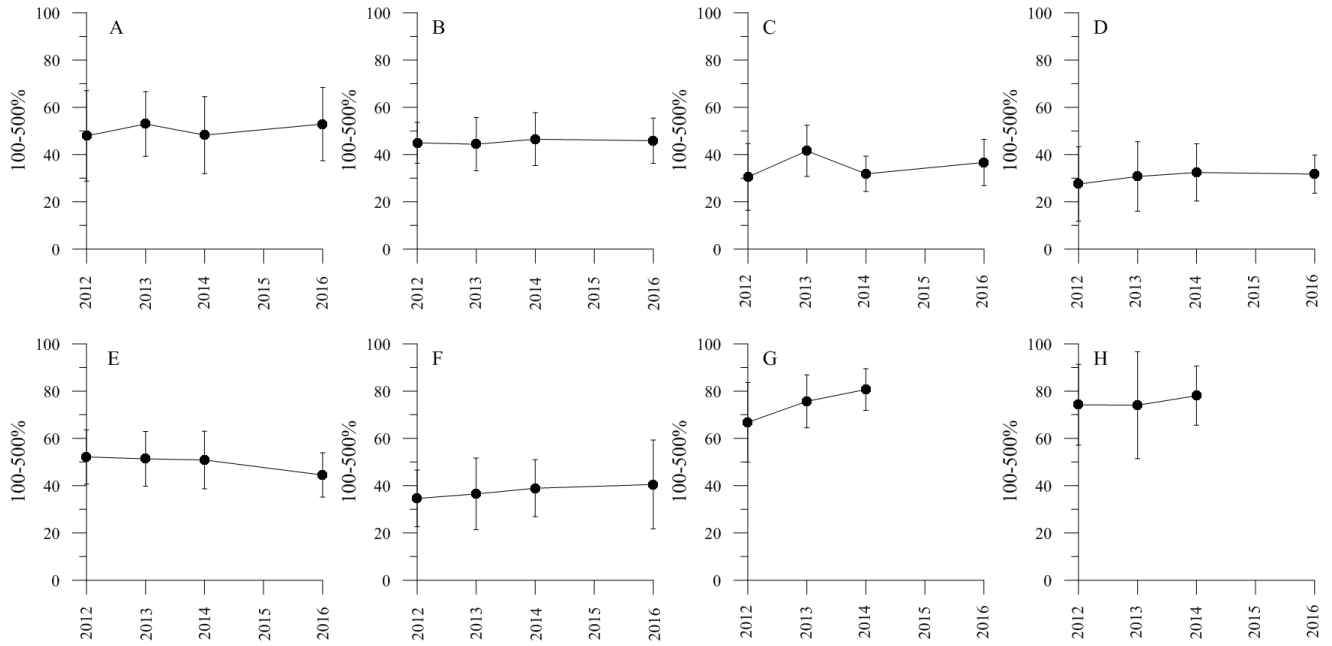


図-7 アマモ生育適正粒径（100 - 500 μm）の割合の経年変化

3.4 植生調査

アマモの分布調査は、各採泥地点において、潜水士による目視で調査し、アマモの被度を、密生（50%以上）、疎生（25-50%）、点生（25%以下）、無しの4段階で記録した。第4回（2014年10月）調査以降はアマモ以外の植生についても同じ4段階で調査した。

4. 結果

4.1 粒径

観測地点が少ない第1回（2012年2月）調査および採泥調査を実施していない第5回（2015年10月）調査を除き、第2回（2012年10月）調査以降のデータを示す（図-6）。アマモに適した粒径は、140-390 μmであるが、ここでは広めに100-500 μmを適正粒径として扱った。また、適正粒径よりも細かい成分をシルト・粘土分（63 μm以下）で、適正粒径よりも粗い成分を500-3000 μmで評価した。

4回の調査に渡り、Z1（水域G, H）は他の水域と較べて、適正粒径の割合が多かった。Z2（水域E, F）は他の水域と較べて、適正よりも細かい粒径の割合が多かった。Z3（水域A, B, C, D）は他の水域と較べて適正よりも粗い成分が多かった。

図-7は各水域の適正粒径成分の割合の経年変化を示したものである。水域Gでは明確な増加傾向が見られた。しかし、他の水域では、明確な増加傾向は見られなかった。

図-8は各水域の適正粒径よりも粗い成分の割合の経年変化を示したものである。水域C, Dでは、適正粒径よりも粗い成分の割合は減少していた。また、水域A, Bでは、適正粒径よりも粗い成分の割合は明確ではないが減少の傾向があった。水域E-Hでは、適正粒径よりも粗い成分の割合は20%以下で、ほぼ一定だった。

図-9は各水域の適正粒径よりも細かい成分の割合の経年変化を示したものである。Z3において、水域B, C, Dでは、適正粒径よりも細かい成分の割合は増加していた。また、水域Aは、適正粒径よりも細かい成分の割合は明確ではないが増加の傾向があった。Z2において、水域Eでは、適正粒径よりも細かい成分の割合は増加していた。水域Fでは、適正粒径よりも細かい成分の割合は、50%以上の高い値でほぼ一定であった。Z1において、水域Gでは、適正粒径よりも細かい成分の割合は減少し、10%程度となった。水域Hでは、10%程度の低い値でほぼ一定であった。

4.2 津軽石川由来の砂

第2回（2012年10月）調査と第4回（2014年10月）

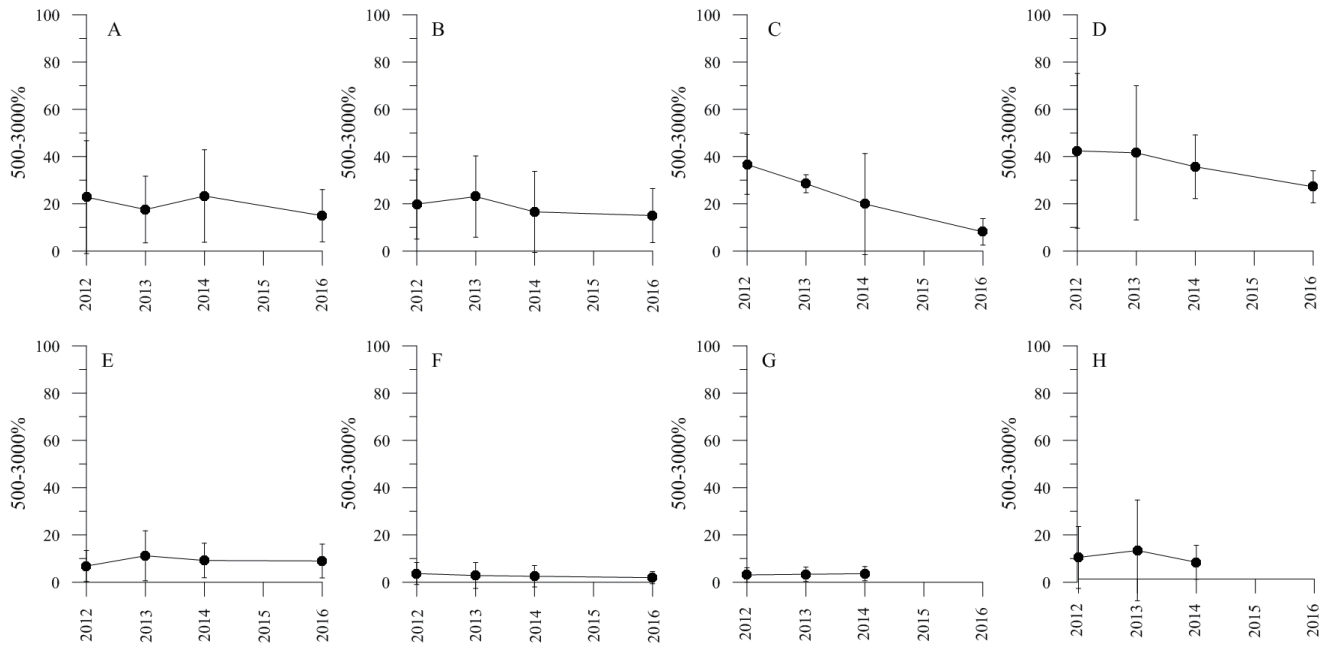


図-8 アマモ生育適正粒径より粗い成分 (500 - 3000 μm) の割合の経年変化

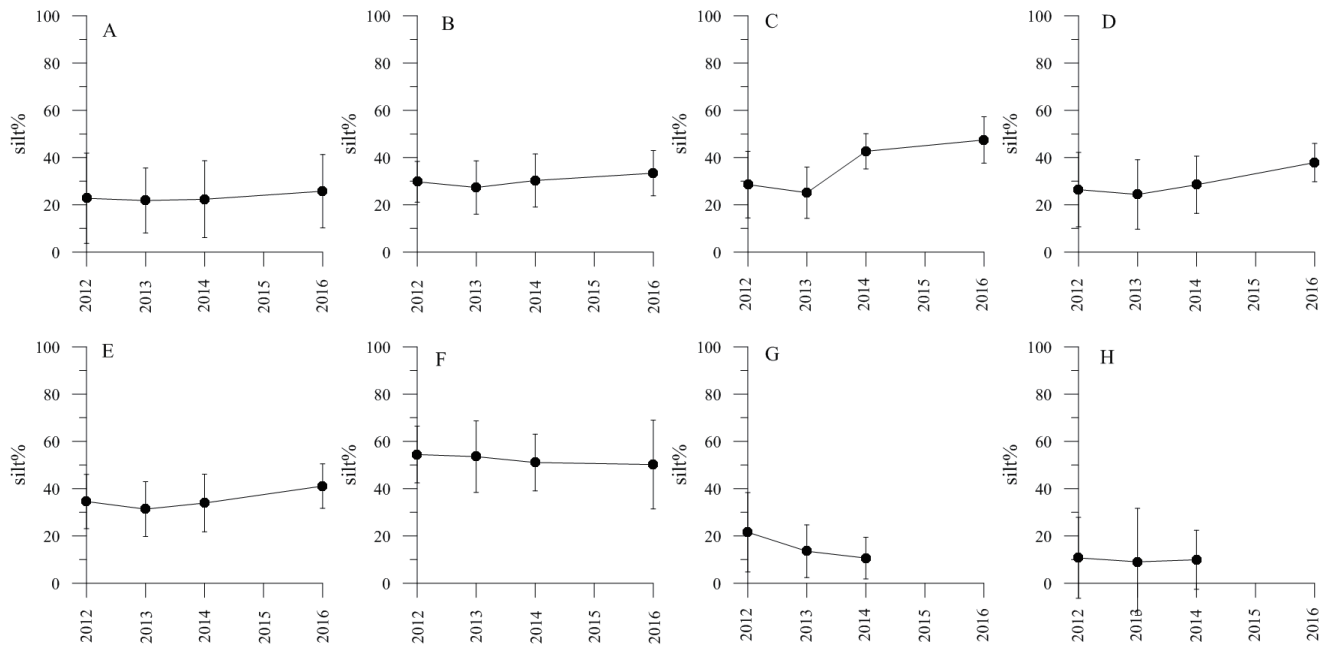


図-9 アマモ生育適正粒径より細かい成分 (シルト・粘土) の割合の経年変化

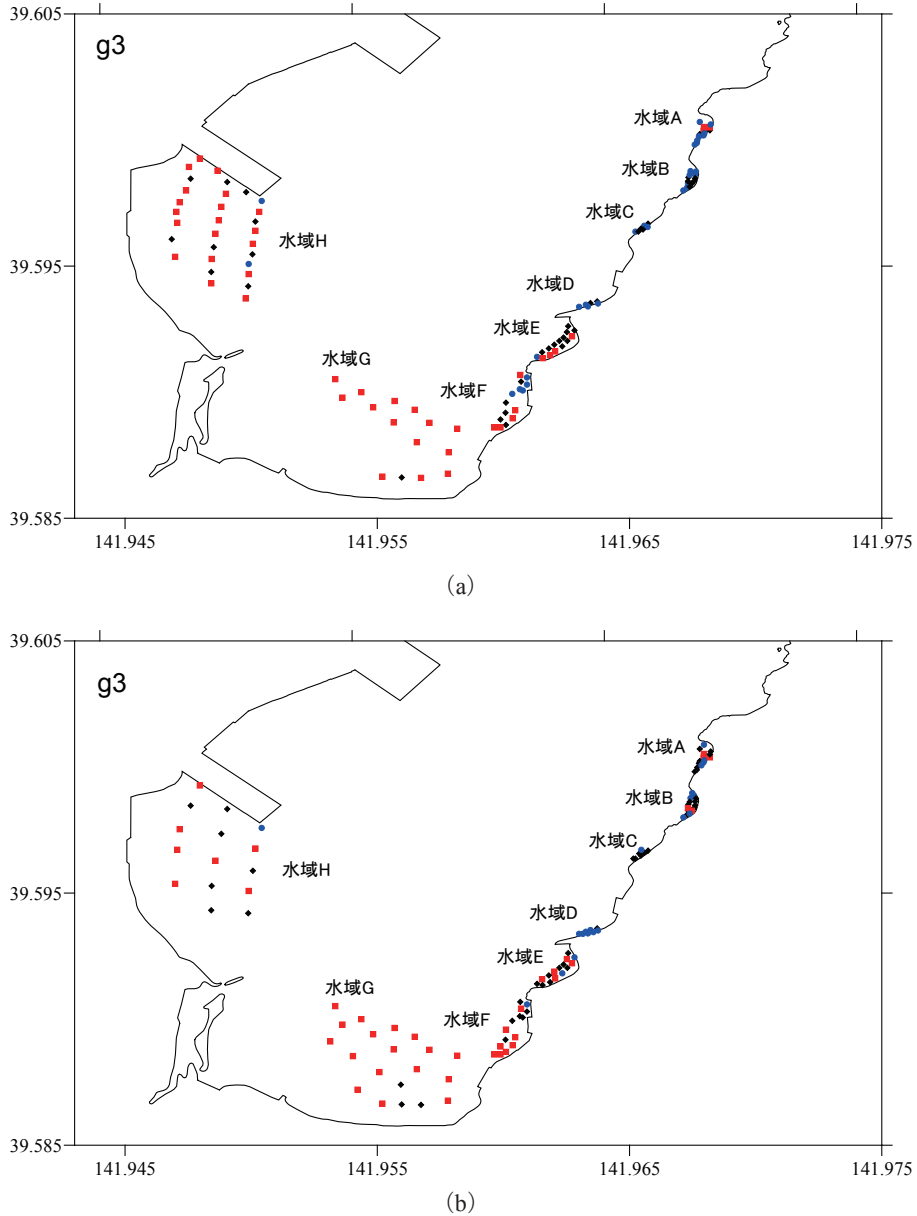


図-10 化学組成に基づいた砂成分のグループ化. (a) 第2回(2012年10月)調査, (b) 第4回(2014年10月)調査. C1: ■, C2: ◆, C3: ●.

調査の化学組成に基づく砂成分のグループ化の結果を図-10に示す. 第2回(2012年10月)調査の底泥に基づく(岡田・井芹, 2014; 岡田ら, 2014), ■(赤)は津軽石川河口周辺に多く分布していることから, 津軽石川由来の砂と推測された. 第4回(2014年10月)調査では, その■(赤)は津軽石川河口周辺に更に高い割合で分布していた. 各水域の津軽石川由来と推測される砂の割合の2012年から2014年の変化を図-11に示す. 水域*i*の割合 Q_i は,

$$Q_i = q_i / M_i \times 100 \quad (1)$$

で求めた. ここで q_i : 水域*i*の■(赤)の地点数, M_i : 水域*i*の調査地点数である.

Z3においては, 水域Aでは, 津軽石川由来の砂は増加していなかった. 水域Bでは, 増加していた. 水域C, Dでは, 2012年および2014年共に存在していなかった.

Z2においては, 水域E, F共に, 津軽石川由来の砂は増加していた.

Z1においては, 水域G, H共に津軽石川由来の砂が増加していた. 水域Gにいたっては, 2014年には100%だった.

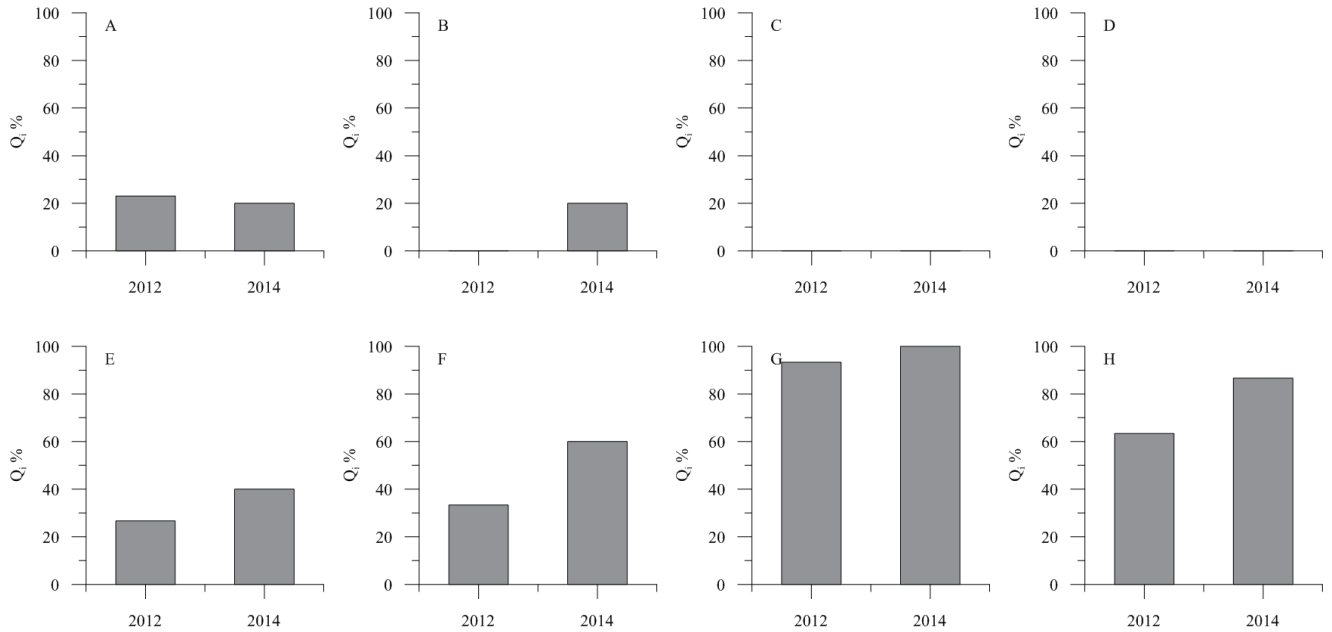


図-11 津軽石川由来と推測される砂成分の割合 Q_i の第2回（2012年10月）調査と第4回（2014年10月）調査の変化。水域CおよびDには2012年および2014年ともに津軽石川由来の砂が存在していなかった。

4.3 植生

(1) アマモ場

第2回（2012年10月）調査から第6回（2016年10月）調査までのアマモの被度分布を図-12に示す。2012年の時点では、水域A, B, E, Hの岬や港湾構造物の背後に存在しているのみであったが、生育箇所は年々拡張していた。図-13に被度得点の経年変化を示す。水域 i の被度得点 S_i は、

$$S_i = s_i / M_i \times 100 \quad (2)$$

から求めた。ここで、 s_i ：水域 i の被度得点の合計、 M_i ：水域 i の調査地点数である。被度得点は、密生：3点、疎生：2点、点生：1点、無し：0点とした。

Z3においては、水域Aでは、被度得点は約20点から約60点まで大幅に増加していた。水域Dでは、被度得点は約10点から約40点まで一定勾配で増加していた。水域Bでは、増減を繰り返しま瞭でないものの増加傾向を示していた。水域Cでは、2012年時点では0点であったが、2016年には約20点になっていた。

Z2においては、水域Eでは、2012年から2014年までは減少していたが、2014年から2016年にかけては増加し、2012年の約30点から2016年には約50点になっていた。水域Fでは約5点からほぼ一定勾配で約30ま

で増加していた。

Z1においては、水域Gでは2012年の約5点から2013年には約20点まで増加していたが、2014年に約15点に減少し、2015年は横ばいであった。水域Hでは、2012年の約15点からほぼ一定勾配で増加し、2015年には約50点になっていた。

(2) コンプ科およびホンダワラ科

第4回（2014年10月）調査から第6回（2016年10月）調査までのコンプ科およびホンダワラ科の被度得点の経年変化を図-13に示す。水域GおよびHは、第4回（2014年10月）調査と第5回（2015年10月）調査のみである。コンプ科は種を特定しなかった。ホンダワラ科で現れた種は、ウミトラノオ、フシスジモク、ホンダワラ属幼体等であった。被度得点は、アマモの被度得点と同様に求めた。

Z3においては、コンプ科の方がホンダワラ科より高かった。水域Aでは、コンプ科およびホンダワラ科の被度得点は20点以下でアマモより小さな値であった。2014年から2016年にかけて、コンプ科およびホンダワラ科は増加傾向を示していたが、アマモも増加しており、アマモとコンプ科・ホンダワラ科の関係は変わっていなかった。水域Bでは、コンプ科の被度得点は一定、ホンダワラ科は2016年に増加していた。水域Cでは、コ

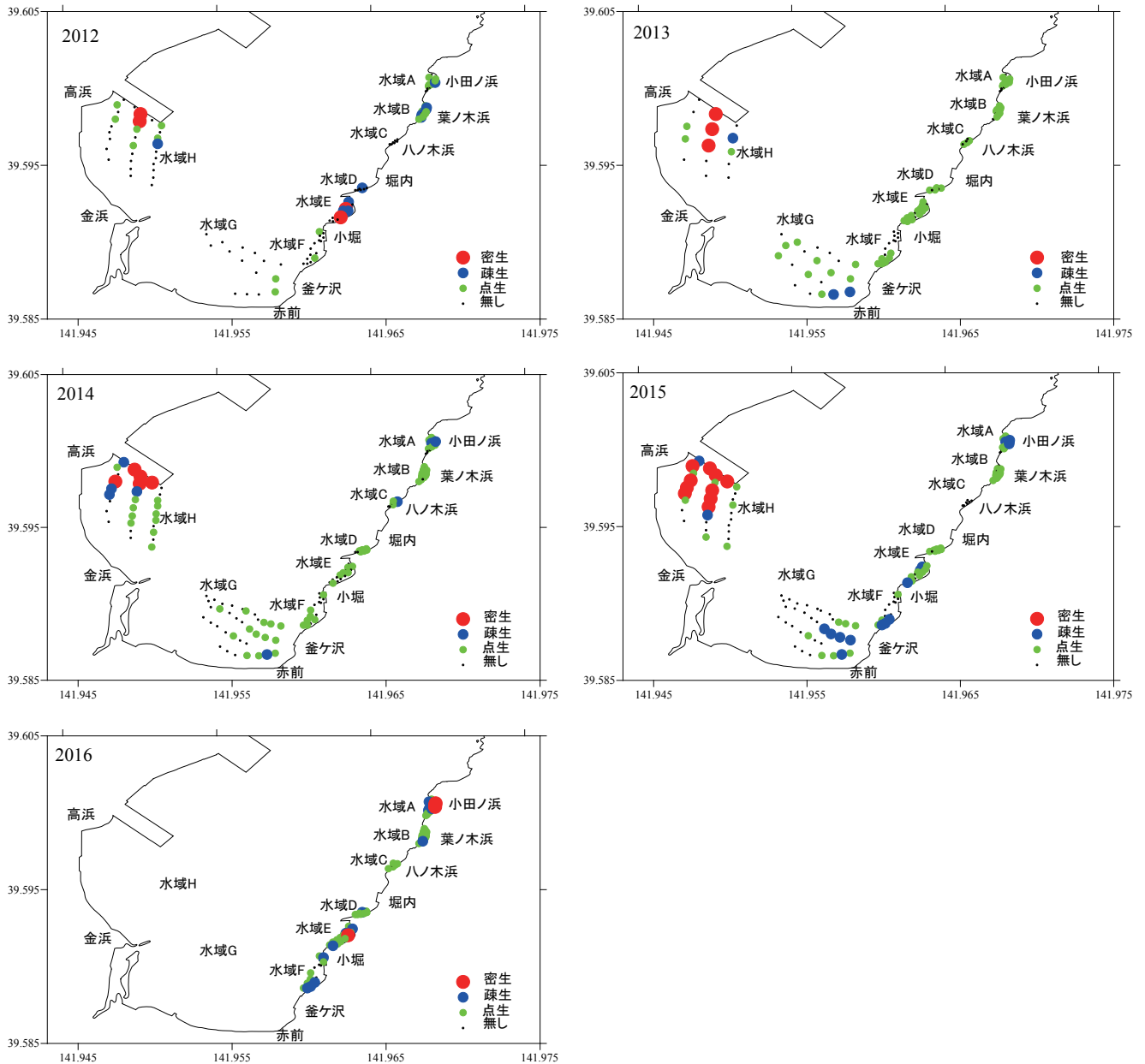


図-12 第2回(2012年10月)調査から第6回(2016年10月)調査までのアマモの被度分布. 密生: 50%, 疎生: 25-50%, 点生: 25%以下, 無.

ンブ科は減少傾向を示し、ホンダワラ科は増加していた。2016年にはアマモ、コンブ科およびホンダワラ科共に約20点となった。水域Dでは、コンブ科およびホンダワラ科共に減少し、2016年にはアマモとコンブ科の得点は逆転した。

Z2においては、水域Eでは、コンブ科は減少し、ホンダワラ科は2015年に一旦増加したが2016年には減少し5点未満となった。2016年には、アマモとコンブ科の得点は逆転した。水域Fでは、コンブ科およびホンダ

ワラ科ともに変動しているが傾向性はなく、両者ともに期間を通じてアマモより小さく、2016年には10点未満であった。

Z3においては、水域G、H共に、コンブ科およびホンダワラ科の得点は10点以下でほぼ一定だった。

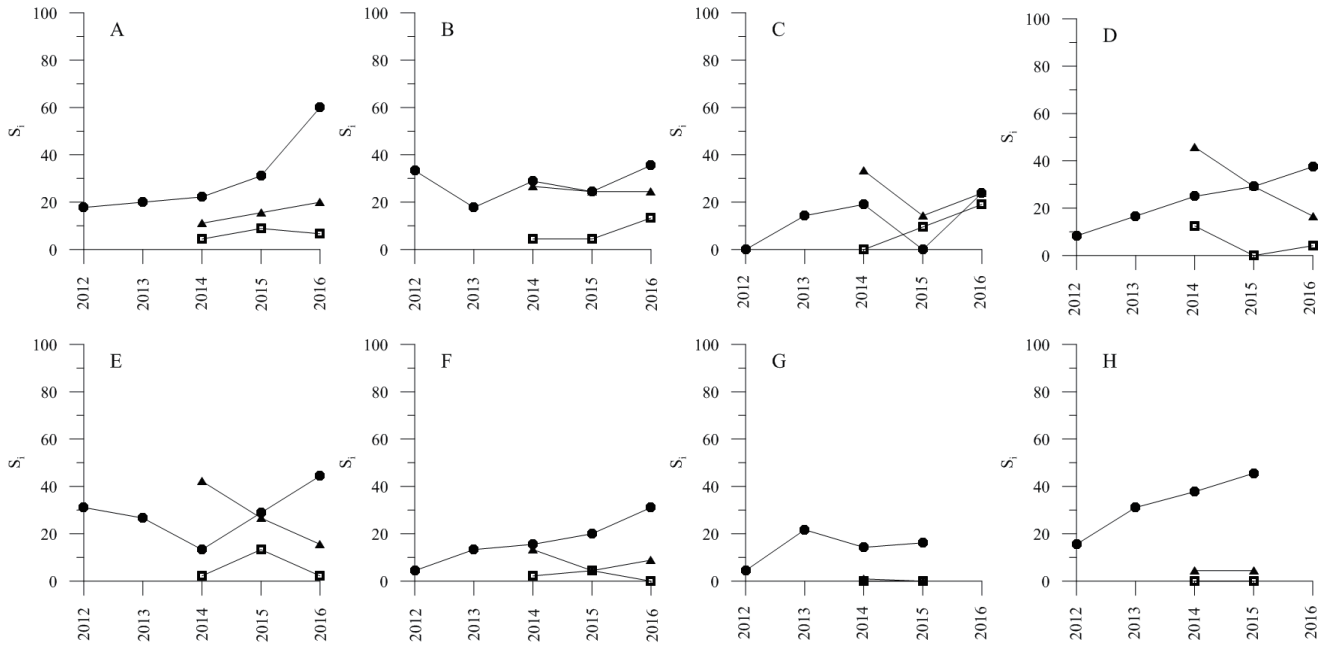


図-13 アマモ (●), コンブ科 (▲) およびホンダワラ科 (□) の被度の得点 S_i の経年変化

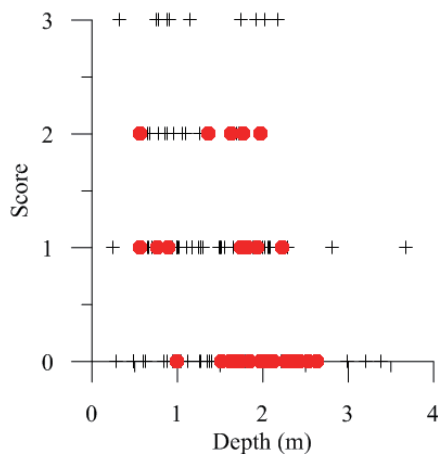


図-14 水深とアマモの被度得点の関係. ●は水域Gを示す.

5. 考察

2章において、長期モニタリングの着眼点として次の4点を挙げた。

1. Z1のアマモは着実に回復しているか？
2. Z2の底質およびアマモ場は変化しているか？
3. Z3に砂が供給されているか？
4. Z3におけるアマモとコンブ科・ホンダワラ科の割合は変化しているか？

以下それぞれについて考察する。

5.1 Z1のアマモは着実に回復しているか？

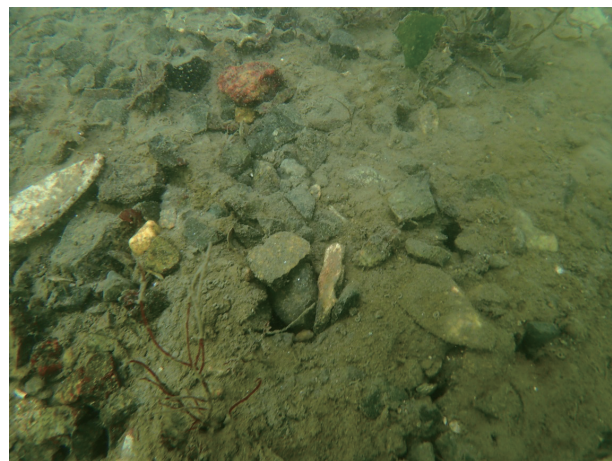
水域Hのアマモは着実に増加していた。アマモの生育条件である粒径に関しては、適正粒径の割合の経年変化は増加傾向を示していた。また、砂の供給に関しては、津軽石川由来と推測される砂成分が供給されていた。生育条件は2013年よりも更に良い方向に遷移していると言える。したがって、水域Hのアマモ場の回復は着実であり、今後も着実に回復すると考えられる。

一方、水域Gのアマモ場の空間的な拡がりは遅く、被度得点が20点程度に留まっていた。適正粒径の割合の経年変化は増加しており、底泥に関する生育条件は2013年よりも更に良い方向に遷移していると言える。底質環境が良いにもかかわらず、空間的な拡がりが遅い理由は、底質以外の、地盤沈下および津波による洗掘に起因する水深の増大や、津波による底泥攪乱に起因する濁りの増大等が制限要因になっている可能性がある。水域Gにおいて、アマモが生育していない地点の水深は主に1.5m以上であった(図-14)。また、潜水調査時の目視観察によると、底層の濁りが強かった。よって、今後のモニタリングにおいては、水深と濁りがポイントになると考える。

Z1のアマモ場に関しては、底質が良いため楽観視していたが、水域Gについては、当初の推測とは異なり



(a)



(b)

写真-2 水域Cの底泥の様子。(a)第3回(2013年10月)調査,(b)第6回(2016年10月)調査。

着実ではなかった。今後のモニタリングにおいては、水域Gのアマモ場の空間的な拡がりが遅い要因について検討したいと考えている。

5.2 Z2の底質およびアマモ場は変化しているか？

水域E, F共に適正粒径の割合は顕著な変化はなかった。津軽石川からの砂は届いていたが、適正粒径の割合を増加させる程の量ではなかったと考えられる。水域Fでは、シルト・粘土分は50%の高い値を維持していた。水域Eでは、2012年には40%以下だったのに対して、2016年には40%以上になっていた(図-9)。

粒径およびシルト・粘土分の割合から判断とすると、水域E, Fはアマモの生育に必ずしも適していないものの、アマモは生育範囲は拡大していた。アマモの被度得点が一定勾配で増加し続けていることから(図-13)、Z2ではアマモ場は今後も拡大することが期待される。一方で、シルト・粘土分の割合が増加するのか、砂分の割合が増加するのかは、現時点でも推測できない。底泥の変化の結果、アマモ場の生育範囲が抑制される可能性もある。底泥およびアマモ場のモニタリングを今後も継続したいと考えている。

5.3 Z3に砂が供給されているか？

水域A-Cにおいて、適正粒径の割合の増加していなかったこと(水域Dのみ増加)、津軽石川由来の砂の割合が増えていなかった(水域Bのみ増加)ことから、砂の供給は少ないと考えられる。この5年の間に、台風等によってある程度の擾乱を受けたが、それでも、砂の供給がほぼ無いことを考慮すると、水域A-Dに今後短

期間に砂が溜まる可能性は低いと考えられる。

一方で、適正粒径より細かいシルト・粘土分の割合は、水域A-Dにおいて、増加傾向を示していた。その結果、相対的に適正粒径よりも粗い成分の割合は減少していた。その割合はまだ変遷過程であり、引き続きモニタリングをしていきたいと考えている。

5.4 Z3におけるアマモとコンブ科・ホンダワラ科の割合は変化しているか？

コンブ科とホンダワラ科を比較すると、コンブ科の方が被度が高かったため、ここではコンブ科について着目する。水域Dにおいては、2014年に約40点あったコンブ科の割合は、2016年には約20点に減少していた。水域Cでは水域Dに較べて明瞭ではないものの、コンブ科は減少傾向を示していた。この減少の要因は、岩礁性のコンブ科に対して、底泥中のシルト・粘土成分の割合が増加に伴い砂礫成分が減少したことと考えられる。写真-2で示すように、2013年時点でも砂礫上にシルト成分が被さっているが、2016年ではより厚く被さった状況となっていた。これから、コンブ科の生育基盤である砂礫が流出して存在がなくなったのではなく、シルト分に覆われて、コンブ科が砂礫に着底し難くなったと推測される。

一方で、水域Aでは、他の水域B, C, Dとは異なり、コンブ科が増加していた。水域B, C, Dと較べて、シルト・粘土分の増加はそれほど顕著ではないことが一つの要因と考えられる。

当初は、砂礫が卓越した底泥に砂分が供給されることによって、砂礫に生育するコンブ科が減少し、砂に生育

するアマモが増大することを期待していた。水域 B, C, D では、コンブ科が減少し、アマモが増大したことは、期待通りであったが、その要因は違っていた。その要因は、砂分の増大ではなく、シルト・粘土分の増大であった。底泥のモニタリングに合わせて、アマモ、コンブ科、および現時点ではコンブ科よりも被度が低いホンダワラ科の変遷を引き続きモニタリングしていきたいと考えている。

6. おわりに

宮古湾のアマモ場に対して、既往の研究に基づいて、長期モニタリングの着眼点を抽出し、その着眼点から、津波後5年間のアマモの復元過程を整理し、今後のモニタリングの着眼点を示した。

1. Z1 のアマモは着実に回復しているか？

水域 H では着実に回復していた。しかし水域 G ではアマモ場の空間的な拡がりが遅かった。水深および濁りとの問題があると思われる。

今後のモニタリングにおいては、水深と濁りに着目し、水域 G のアマモ場の空間的な拡がりが遅い要因について検討したいと考えている。

2. Z2 の底質およびアマモ場は変化しているか？

シルト・粘土分に関して、水域 F では、40% の高い値を維持し、水域 E では、2016 年には 40% 以上になった。アマモの生育範囲は拡大し、アマモの被度得点は一定勾配で増加し続けていた。

アマモの被度得点が一定勾配で増加し続けていることから、Z2 ではアマモ場は今後も拡大することが期待される。一方で、シルト・粘土分の割合が増加するのか、砂分の割合が増加するのかは、現時点でも推測できない。底泥の変化の結果、アマモ場の生息範囲が抑制される可能性もある。

3. Z3 に砂が供給されているか？

砂は供給されていなかった。相対的に適正粒径よりも粗い成分の割合は減少していたが、適正粒径より細かいシルト・粘土成分の割合の増大が要因であった。

適正粒径より細かいシルト・粘土分の割合はまだ変遷過程であり、引き続きモニタリングをしていきたいと考えている。

4. Z3 におけるアマモとコンブ科・ホンダワラ科の割合は変化しているか？

水域 B, C, D では、コンブ科・ホンダワラ科が減少し、アマモが増大していた。その要因は、当初の推測とは異なり、砂分の増大ではなく、シルト・粘土分の増大であった。

シルト・粘土分の変遷に合わせて、アマモおよびコンブ科・ホンダワラ科はどのように変遷するのか、アマモおよびコンブ科・ホンダワラ科の変遷を引き続きモニタリングしていきたいと考えている。

(2017 年 5 月 31 日受付)

謝辞

本研究を進めるにあたり、宮古湾の藻場・干潟を考える会会長・岩手県指導漁業士の山根幸伸氏、東北地方整備局釜石港湾事務所宮古出張所には有益な助言を頂いた。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 岡田知也, 吉田 潤, 上村了美, 古川恵太 (2012) : 宮古湾におけるアマモ復元の視点でみた底質状況, 国総研資料, 第 688 号, pp.1-17.
- 岡田知也, 古川恵太 (2013) : 宮古湾における津波からのアマモ復元の視点でみた底質状況, 土木学会論文 B3, Vol.69, No.2, pp.31-36.
- 岡田知也, 丸谷靖幸, 中山恵介, 古川恵太 (2013) : 宮古湾における底泥およびアマモのモニタリング結果 (2012 年 10 月), 国総研資料, No.752, 2013.
- 岡田知也, 井芹絵里奈 (2014) : 宮古湾における底泥およびアマモのモニタリング結果 (2013 年 10 月), 国総研資料, No. 796, 2014.
- 岡田知也・丸谷靖幸・中山恵介・井芹絵里奈 (2014) : 宮古湾における津波後のアマモ場の復元に関する検討, 土木学会論文 B2, Vol.70, No.2, pp.1186-1190.
- 国土交通省港湾局 (2003) : 海の自然再生ハンドブック 第 3 巻藻場編, 株式会社ぎょうせい, 110p.
- 後藤友明 (2011) : 東日本大震災によって三陸海岸域の海と海洋生物に何がおこったか, Ebucheb, Vol.43, pp. 2-5.
- 鈴木昌弘, 石丸隆, 伊藤進一, 梅澤有, 小川浩史, 木暮一啓, 小松輝久, 高田秀重, 田辺信介, 津田敦, 中田薫, 福田秀樹, 風呂田利夫 (2011) : 東日本大震災による海洋生態系影響の実態把握と今後の対応策の検討 (提言), 日本海洋学会ニューズレター, Vol.1, No.3, pp. 1-4.

高橋重雄, 他 33 人 (2011) : 2011 年東日本大震災による
港湾・海岸・空港の地震・津波被害に関する調査速報,
港湾空港技術研究所資料, No.1231, 110p.

千原光雄 (1970) : 標準原色図鑑全集 第 15 巻 海藻,

株式会社保育社, 173p.

マリノフォーラム 21 : アマモ類の自然再生ガイドライ
ン, <http://www.mf21.or.jp/pdf/amamo/guideline.pdf>
(2017 年 5 月現在)

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of NILIM

No. 978

July 2017

編集・発行 ©国土技術政策総合研究所

本資料の転載・複写のお問い合わせは
〔〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬 3-1-1
管理調整部企画調整課 電話:046-844-5019〕
E-mail:ysk.nil-kikaku@ml.mlit.go.jp