

ISSN 1346-7328

国総研資料 第796号
平成 26 年 7 月

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of
National Institute for Land and Infrastructure Management

No.796

July 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)

岡田 知也・井芹 絵里奈

Sediment conditions and eelgrass (*Zostera marina*) in Miyako Bay, October 2013

Tomonari OKADA, Erina ISERI

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のモニタリング結果 (2013年10月)

岡田知也*・井芹絵里奈**

要 旨

東北地方太平洋沖地震に伴って発生した津波によって、甚大な影響を受けた宮古湾のアマモ場の復元を目指し、著者らはアマモおよび底泥の復元過程の調査を継続実施している。2012年2月に実施した第1回調査によって、宮古湾湾奥はアマモ復元の視点で底質条件により、3つの水域(Z1, Z2, Z3)に分けられた。Z1:現状でもアマモ生育に適した水域, Z2:現状ではシルト成分が適性よりも多い底泥の水域, および Z3:粗砂・礫成分が適性よりも多い底泥の中に、中砂成分を適度に含んだ底泥が点在している水域。2012年10月に実施した第2回調査によって、各ゾーンの底泥の詳細な空間分布データを取得した。また、アマモが密生しているアマモ場が、Z1に残存していることが確認された。今回の第3回調査では、その後の底泥およびアマモ場の変化について調査した。また、今後の底泥およびアマモの回復の可能性について検討した。

調査は2013年10月に実施した。第2回調査とほぼ同じ110地点で採泥を行った。各底泥に対して粒度分布を分析した。また、同じ地点でアマモの分布調査を実施した。さらに、第2回調査の底泥の化学組成を分析し、底泥の由来を推測した。

底泥は第2回調査と比較して、ほとんど変化がなかった。アマモ場は、Z1では順調に生育範囲を拡大していた。一方、Z3では、アマモ場はそれら砂地に点在して生育しており、面的な広がりやZ1と比較して弱かった。化学組成の結果から、そのZ3の砂の由来は、津軽石川ではないことが推測された。これらのことから、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する生育形態になると考えられる。

キーワード：東日本大震災、津波、復元、アマモ、底泥、粒度分布、化学組成、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：046-844-5023 Fax：046-844-1145 e-mail: okada-t92y2@ysk.nilim.go.jp

Sediment conditions and eelgrass (*Zostera marina*) in Miyako Bay, October 2013

Tomonari OKADA*

Erina ISERI**

Synopsis

We have measured sediment conditions and spatial distribution of eelgrass (*Zostera marina*) in Miyako Bay where the ecosystem was severely damaged by the tsunami generated by the “Great East Japan Earthquake of 2011”, in order to provide background information of use for the future restoration of ecosystems. For the first measurement in February 2012, the head of the bay was divided into three zones (Z1, Z2 and Z3) based on suitability for eelgrass. Sediments in Z1 were suitable for eelgrass. Sediments in Z2 were too silty for eelgrass. Z3 contained medium sand sediment that was suitable for eelgrass mixed with sediments of coarse sandy gravel. For the second measurement in October of 2012, the spatial distributions of sediment conditions and eelgrass were clearly shown in each zone. Eelgrass grew densely behind a breakwater in Z3 and a cape in Z2. Through this third measurement, we aimed to grasp the change in the spatial distributions of sediment conditions and eelgrass.

Field measurements were carried out at the head of the bay in October 2013. Sediments were collected at 110 stations, almost the same number of stations as during the second measurement. Particle-size distribution of the sediments was analyzed. In addition, chemical composition of sediments which were collected in the second measurement was analyzed.

There were almost no changes in the distribution of sediment conditions. The distribution of eelgrass in Z1 expanded. On the other hand, in Z3, it expanded slightly. The result of chemical composition showed that the sand fraction of sediments in Z3 did not come from the Tsugaruishi River.

Key Words: Great East Japan Earthquake, tsunami, restoration, *Zostera marina*, sediment, particle-size distribution, chemical composition, Miyako bay

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

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

National Institute for Land and Infrastructure Management

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

Phone: +81-46-844-5023 Fax : +81-46-844-1145 e-mail: okada-t92y2@ysk.nilim.go.jp

目 次

1. はじめに	1
2. 方法	2
2.1 調査	2
2.2 分析	2
3. 結果	4
3.1 粒度分布	4
3.2 化学組成	6
3.3 鉛直コア	9
3.4 アマモ	9
4. 考察およびまとめ	9
謝辞	11
参考文献	11

1. はじめに

2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震によって発生した津波によって、沿岸域の生態系に大きな被害を受けた宮古湾において、生態系基盤の一つであるアマモ場の復元過程を把握するために、著者らはアマモおよび底泥の復元過程の調査を継続実施している。これまでに、2012年2月(岡田ら, 2012) および2012年10月(岡田・古川, 2013, 岡田ら, 2013) の2回実施した。

これら2回の調査を通じて、宮古湾湾奥はアマモ復元の視点で底質条件により、3つのゾーンに分けられた；Z1: 現状でもアマモ生育に適した水域、Z2: 現状ではシ

ルト成分が適性よりも多い底泥の水域、およびZ3: 粗砂・礫成分が適性よりも多い底泥の中に、中砂成分を適度に含んだ底泥が点在している水域(図-1)。また、アマモが密生しているアマモ場が、宮古港高浜地区の防波堤の背後(Z1) および小堀の岬の背後の入江(Z2)に残存していることが確認された。さらに、数値計算によって、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小田ノ浜、葉ノ木浜、八ノ木浜等の沿岸(Z3)に種子が供給される可能性が示された(図-2)。

そこで、本研究では、その後の底泥およびアマモ場の変化について調査した。また、今後の底泥の回復の可能性について検討した。

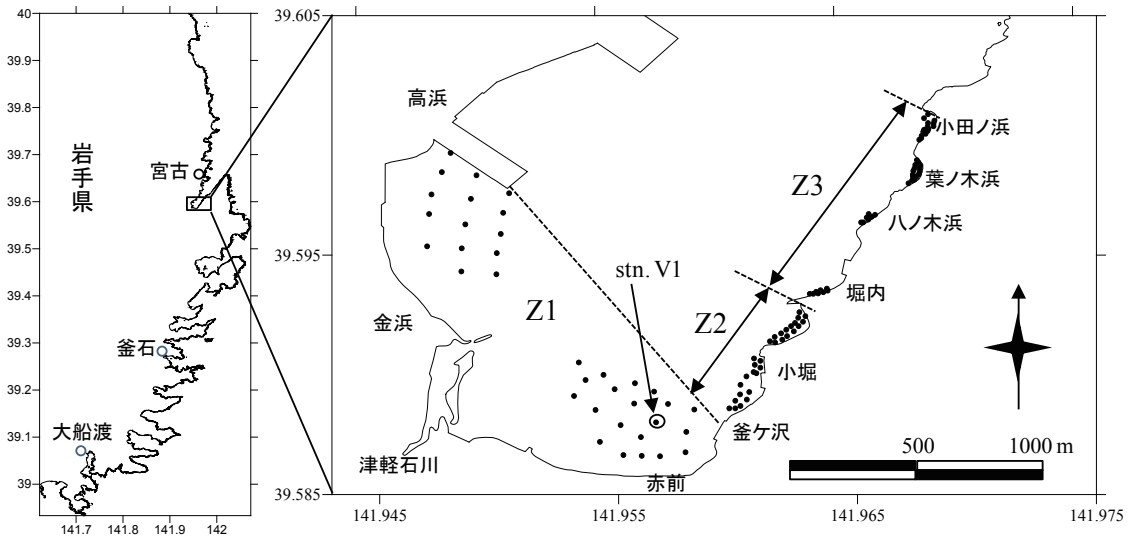


図-1 既往調査によるアマモの生育条件からみたゾーニング (Z1, Z2, Z3). ●は本調査の調査地点.

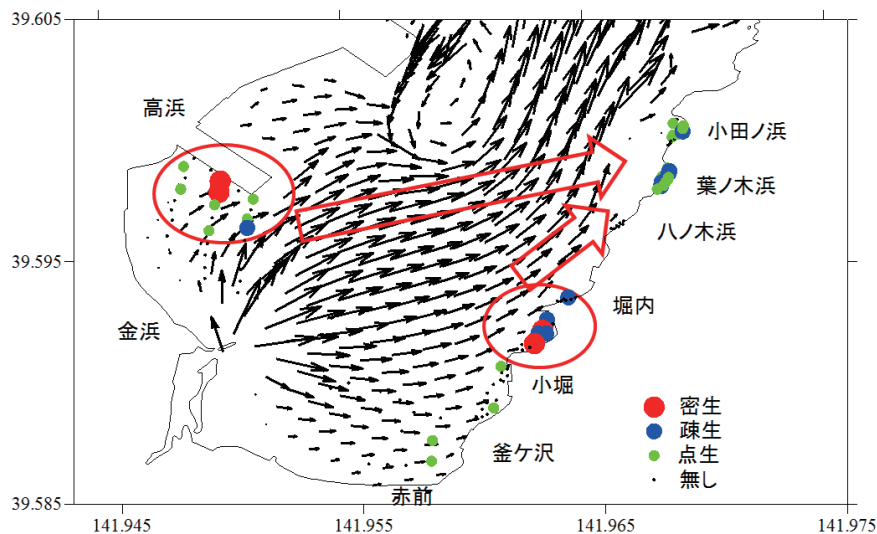


図-2 既往の研究(岡田ら, 2013)で得られたアマモの分布と残差流の関係

表-1 鉛直コアのスライス位置と分析項目

No	層の上面 (底泥表面からの 深さcm)	層の下面 (底泥表面からの 深さcm)	層厚 (cm)	excess 210Pb	137Cs	134Cs	粒度分 布	酸化還 元電位	pH	土粒子 密度	含水比
1	0	2	2	○	○	○	○	○	○	○	○
2	2	4	2				○	○	○	○	○
3	4	6	2	○	○	○	○	○	○	○	○
4	6	8	2				○	○	○	○	○
5	8	10	2	○	○	○	○	○	○	○	○
6	10	12	2	○	○	○	○	○	○	○	○
7	12	14	2	○	○	○	○	○	○	○	○
8	14	18	4	○	○	○	○	○	○	○	○
9	18	20	2	○	○	○	○	○	○	○	○
10	20	24	4	○	○	○	○	○	○	○	○
11	24	26	2	○	○	○	○	○	○	○	○
12	26	30	4				○	○	○	○	○
13	30	32	2	○	○	○	○	○	○	○	○
14	32	36	4				○	○	○	○	○
15	36	38	2	○	○	○	○	○	○	○	○
16	38	42	4				○	○	○	○	○
17	42	44	2	○	○	○	○	○	○	○	○
18	44	48	4				○	○	○	○	○
19	48	50	2	○	○	○	○	○	○	○	○

2. 方法

2.1 調査

アマモの分布状況および底泥の調査を、2013年10月に宮古湾の湾奥の110地点で実施した(図-1)。この調査エリアは、既往調査(岡田ら, 2013)と同じエリアであり、地元漁業者の情報に基づき震災前にアマモが生育していたエリアとされたところである。

採泥は、グラブサンプラーまたは潜水士によって行った。採取された底泥の表層2cmをスプーンで取り出し、分析用のサンプルとした。層厚を2cmとした理由は、今後の約1年間隔の長期モニタリングによる底質変化を感度良く測定するためである。また、stn. V1において鉛直コア(直径10cm, 長さ約50cm)を採取した。

各地点の底泥に対して、粒度分布を分析した。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, 堀場製作所製)を用いた。ただし、礫(3000 μ m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、礫と記録した。

鉛直コアは、採泥後速やかに陸上において表-1に示す間隔でスライスした。酸化還元電位(PTS-2019C, 東亜DKK社製)およびpH(GST-2419C, 東亜DKK社製)は、スライス後速やかに現場において測定した。粒度分布およびExcess²¹⁰Pbは実験室に持ち帰り測定した。粒度分布の測定は、他地点と同様にレーザ回折・分散式

粒度分布測定装置(LA-950, 堀場製作所製)を用いた。Excess²¹⁰PbおよびCsは、Ge半導体検出器(GL2020R, CANBERRA社製)による γ 線測定を用いて分析した。20g(乾重)の試料を80,000秒間測定した(検出限界: 0.001 Bq/g)。Excess²¹⁰Pbは大気由来の²¹⁰Pbであり(百島ら, 2008)、半減期は22.3年であり、沿岸域の堆積速度の推定にしばしば利用される。また、Csは大気圏原水爆実験等により地球上に放出された放射性物質であり、1954年のアメリカのビキニ環礁での水爆実験からはじまり、1963頃にピークとなり、1967年の部分的核実験停止条約まで続いた。その後、1986年のチェルノブイリ原子力発電所事故、2011年の福島第一原子力発電所事故等により突発的に地表面に降下している。これらの経時変化の特徴が年代測定に利用される。

アマモの分布調査は、各採泥地点において、潜水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)、無の4段階で記録した。

2.2 分析

粒度分布は、エントロピー法を用いてグループ化した。エントロピー法の詳細は、Forrest and Johnston (1981)や岡田ら(2009)に示されているので、ここでは省略する。この手法は、粒度分布の分布形状をエントロピー量を用いて解析し、多数の粒度分布を最適なグループに分割する手法である。

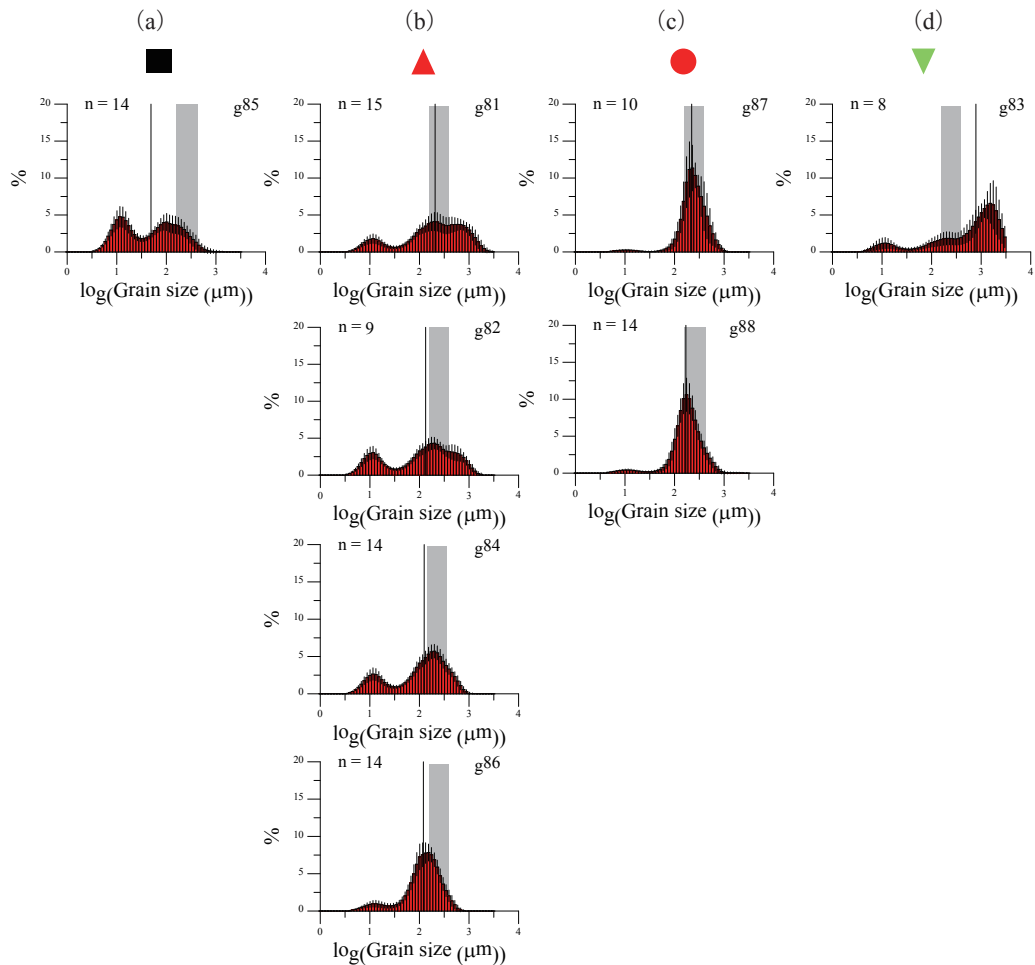


図-3 粒度分布のグループ化. (a) H1 : ■, (b) H2 : ▲, (c) H3 : ●, (d) H4 : ▼. ハッチはアマモの生育に適した中央粒径の範囲(140-390 μm)を示す. nはグループ内のデータ数. 縦の実線は中央粒径, 各バーの縦線は±標準偏差を示す.

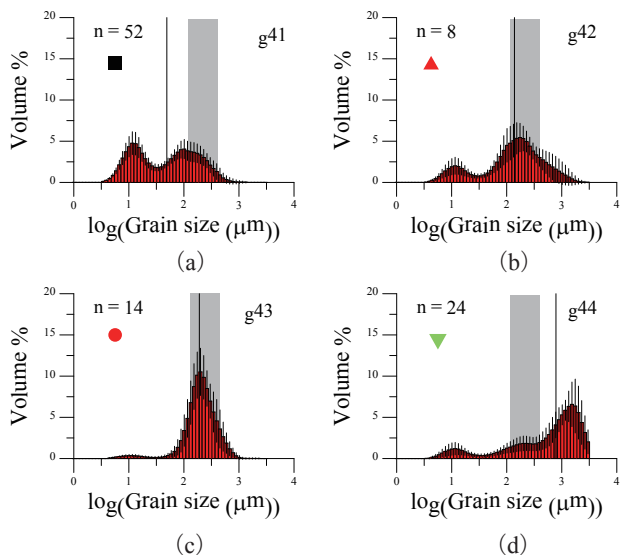


図-4 図-3で示した粒度分布の平均化. (a) H1 : ■, (b) H2 : ▲, (c) H3 : ●, (d) H4 : ▼. ハッチはアマモの生育に適した中央粒径の範囲(140-390 μm)を示す. nはグループ内のデータ数. 縦の実線は中央粒径, 各バーの縦線は±標準偏差を示す.

化学組成分析は、2012年にほぼ同地点の120地点で採取した底泥に対して行った。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、SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, CaO, K₂O, MgO, MnO, Na₂O, P₂O₅, TiO₂, ZnO, Cl, SO₃, 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Al₂O₃, Fe₂O₃, K₂O, MgO, SiO₂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。

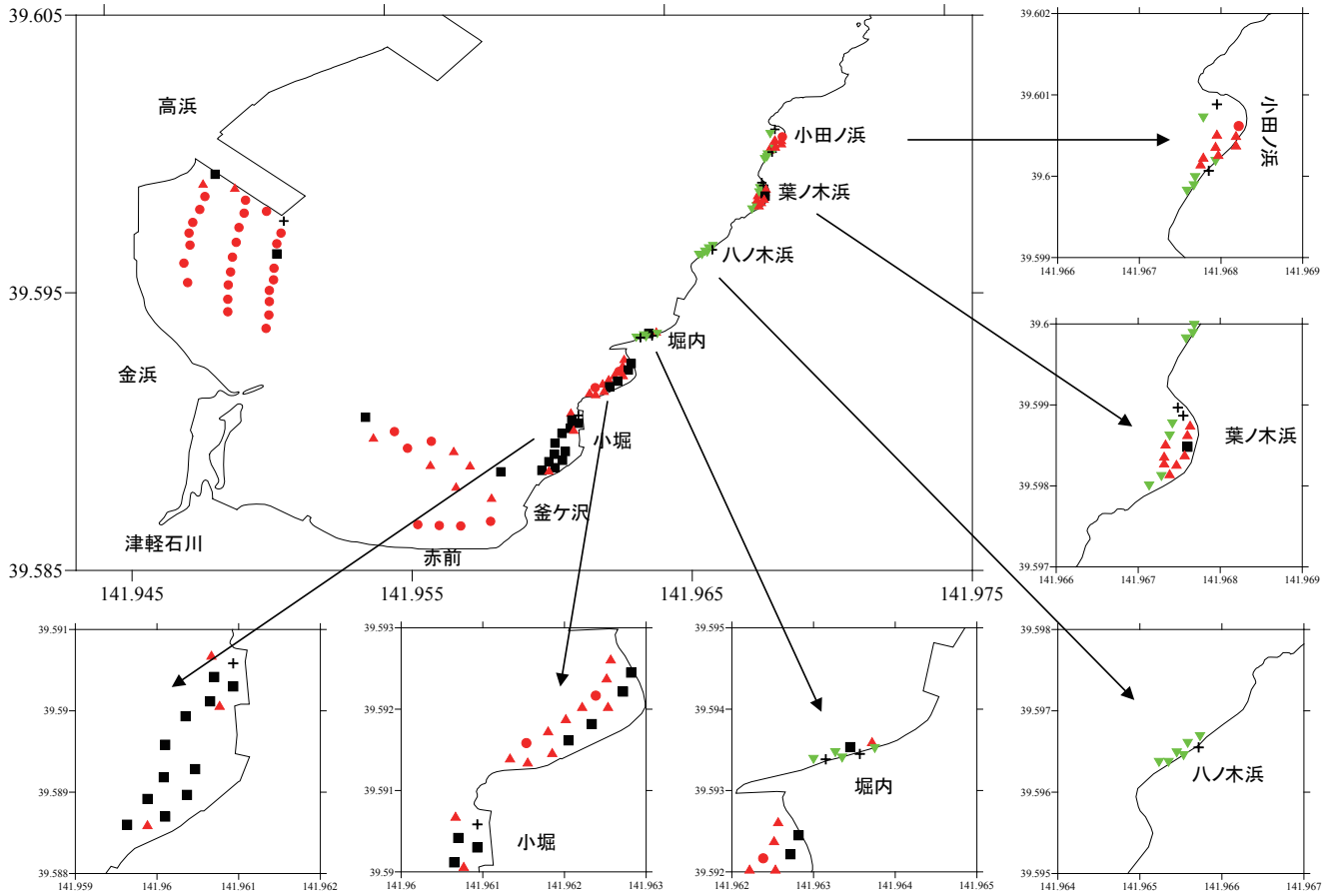


図-6 既往調査(2012年10月調査)で得られた粒度分布からグループ化された4グループに礫のグループを加えた5グループの空間分布. H1: ■, H2: ▲, H3: ●, H4: ▼, H5: +.

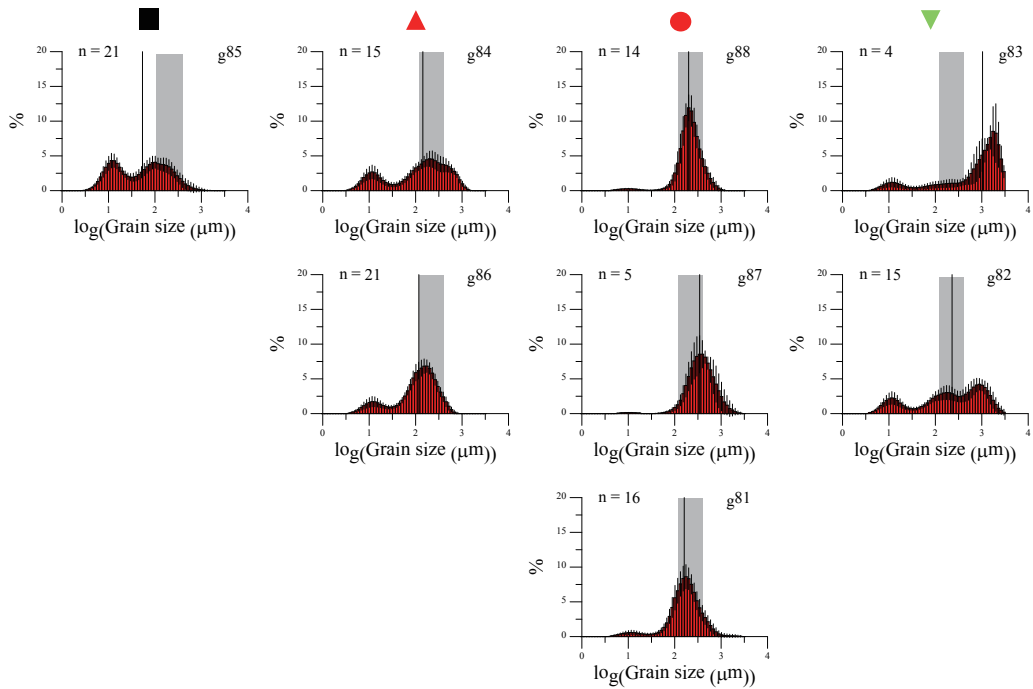


図-7 既往調査(2012年10月調査)で得られた粒度分布からグループ化された4グループに礫のグループを加えた5グループの空間分布. H1: ■, H2: ▲, H3: ●, H4: ▼, H5: +.

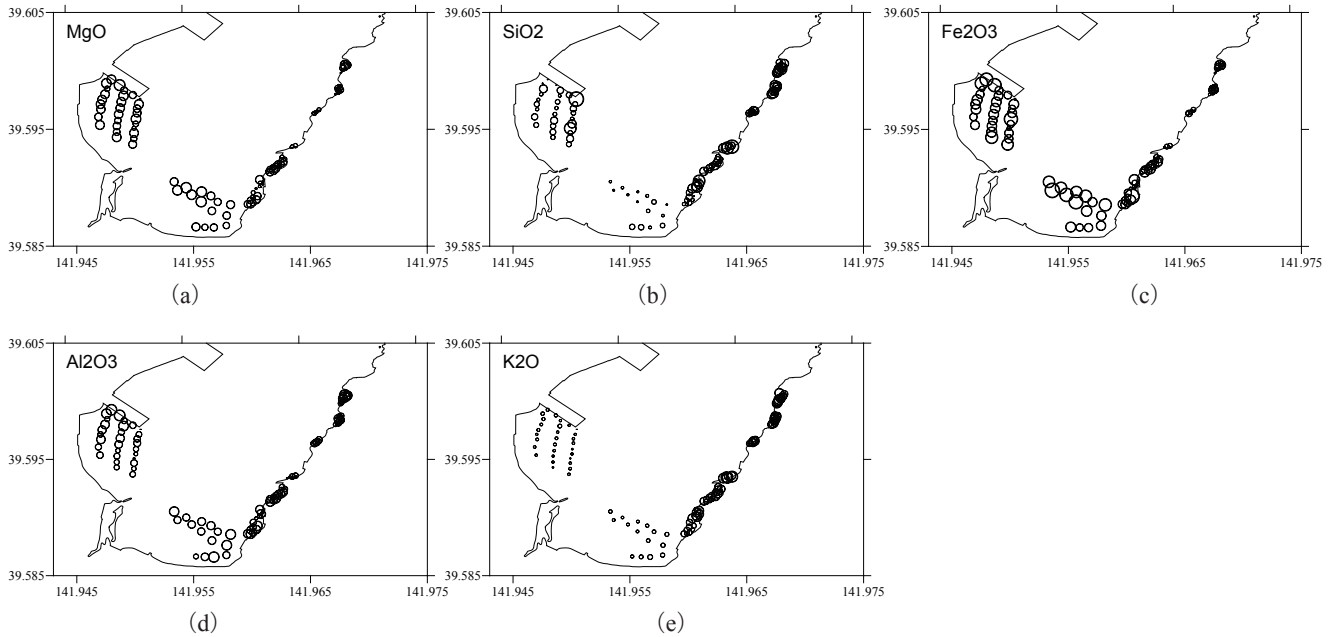


図-8 砂成分に対する化学組成の空間分布. (a) MgO, (b) SiO₂, (c) Fe₂O₃, (d) Al₂O₃, (e) K₂O.

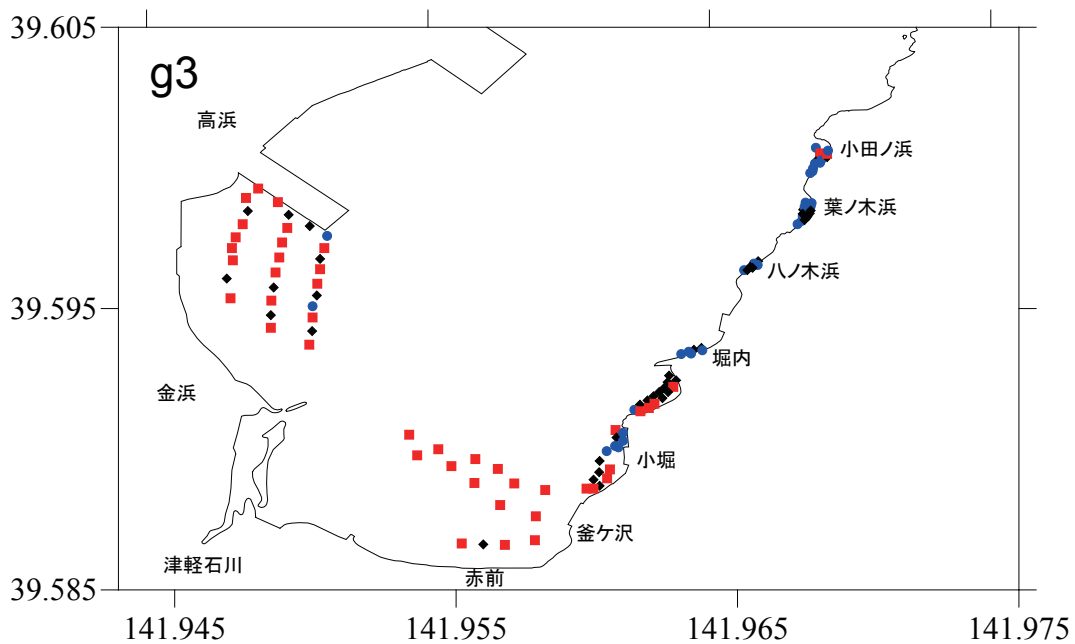


図-9 化学組成に基づいてグループ化された砂成分の空間分布. C1: ■, C2: ◆, C3: ●.

底泥が細かくアマモに適していない地点が7割程度あった。釜ヶ沢、赤前、宮古港高浜地区の背後では、数地点を除いてアマモにとって適した底泥だった。

これらの状況は、2012年10月調査結果（図-6, 7）と比較すると、ほとんど変化が見られなかった。なお、2012年10月調査結果の粒度分布のグループ分けは、岡田ら（2013）では5グループだったが、今回調査のグループ分けに合わせて、4グループに変更した。これは、2012年と2013年調査結果において同じ記号の粒度分布は、

類似した粒度分布を持つグループとするためである。

3.2 化学組成

砂成分のFe₂O₃は釜ヶ沢、赤前、宮古港高浜地区の背後では高い値だったが、葉ノ木浜および小田ノ浜では小さい値だった。MgOの分布はFe₂O₃に似ていたが、SiO₂は逆に、釜ヶ沢、赤前、宮古港高浜地区の背後では小さく、葉ノ木浜および小田ノ浜では大きかった（図-8）。このようなAl₂O₃、Fe₂O₃、K₂O、MgO、SiO₂の空間的な

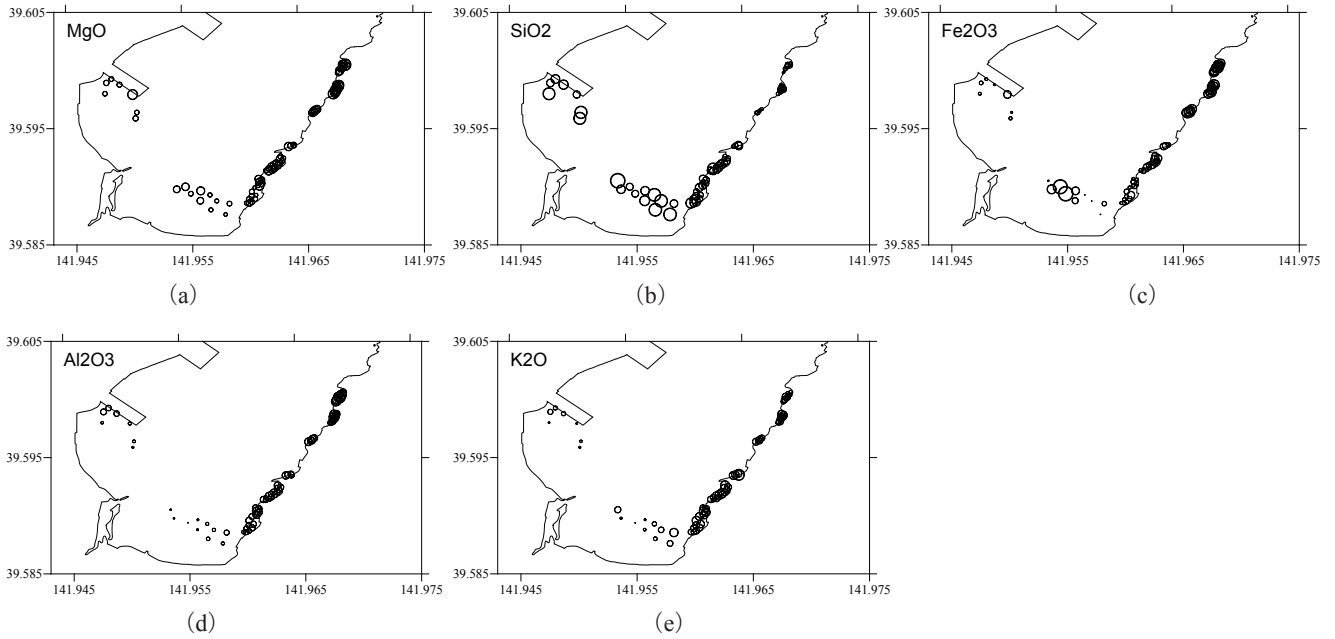


図-10 シルト成分に対する化学組成の空間分布. (a) MgO, (b) SiO₂, (c) Fe₂O₃, (d) Al₂O₃, (e) K₂O.

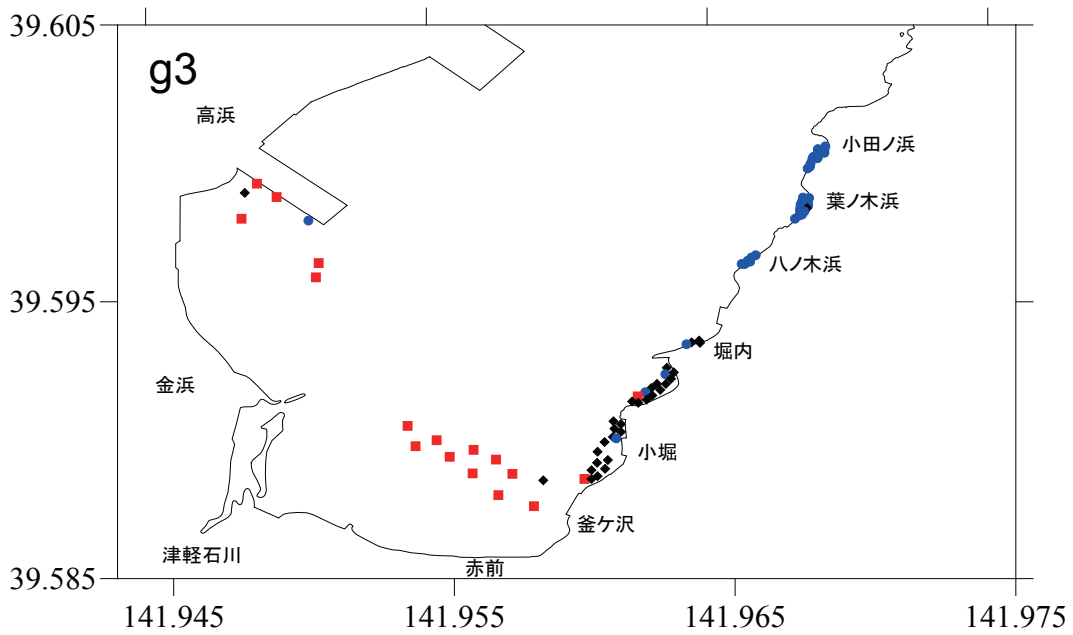


図-11 化学組成に基づいてグループ化されたシルト成分の空間分布. S1 : ■, S2 : ◆, S3 : ●.

特徴を、k-means 法でクラスター解析し、3つのグループに分けた (図-9). C1 は主に釜ヶ沢、赤前、宮古港高浜地区の背後に、C2 は主に小堀に、そして C3 は主に葉ノ木浜、小田ノ浜、八ノ木浜、堀内に分布していた. この分布は図-1 で示した当初の粒度分布に基づくゾーンと一致していた. C1 は Z1, C2 は Z2, そして C3 は Z3 に分布していた.

シルト成分の分析結果は砂成分と比較すると、データ地点が少なくなっている. これは、幾つかの地点におい

て、底泥中のシルト成分の量が分析に十分ではなかったためである (図-10). 砂成分とは逆に、赤前および宮古港高浜地区の背後で、SiO₂ は大きく、Al₂O₃ は小さかった. このような Al₂O₃、Fe₂O₃、K₂O、MgO、SiO₂ の空間的な特徴を、砂成分と同様に k-means 法でクラスター解析し、3つのグループに分けた (図-11). S1 は主に釜ヶ沢、赤前、宮古港高浜地区の背後に、S2 は主に小堀に、そして S3 は主に葉ノ木浜、小田ノ浜、八ノ木浜、堀内に分布していた. この3グループの分布は、砂成分と似

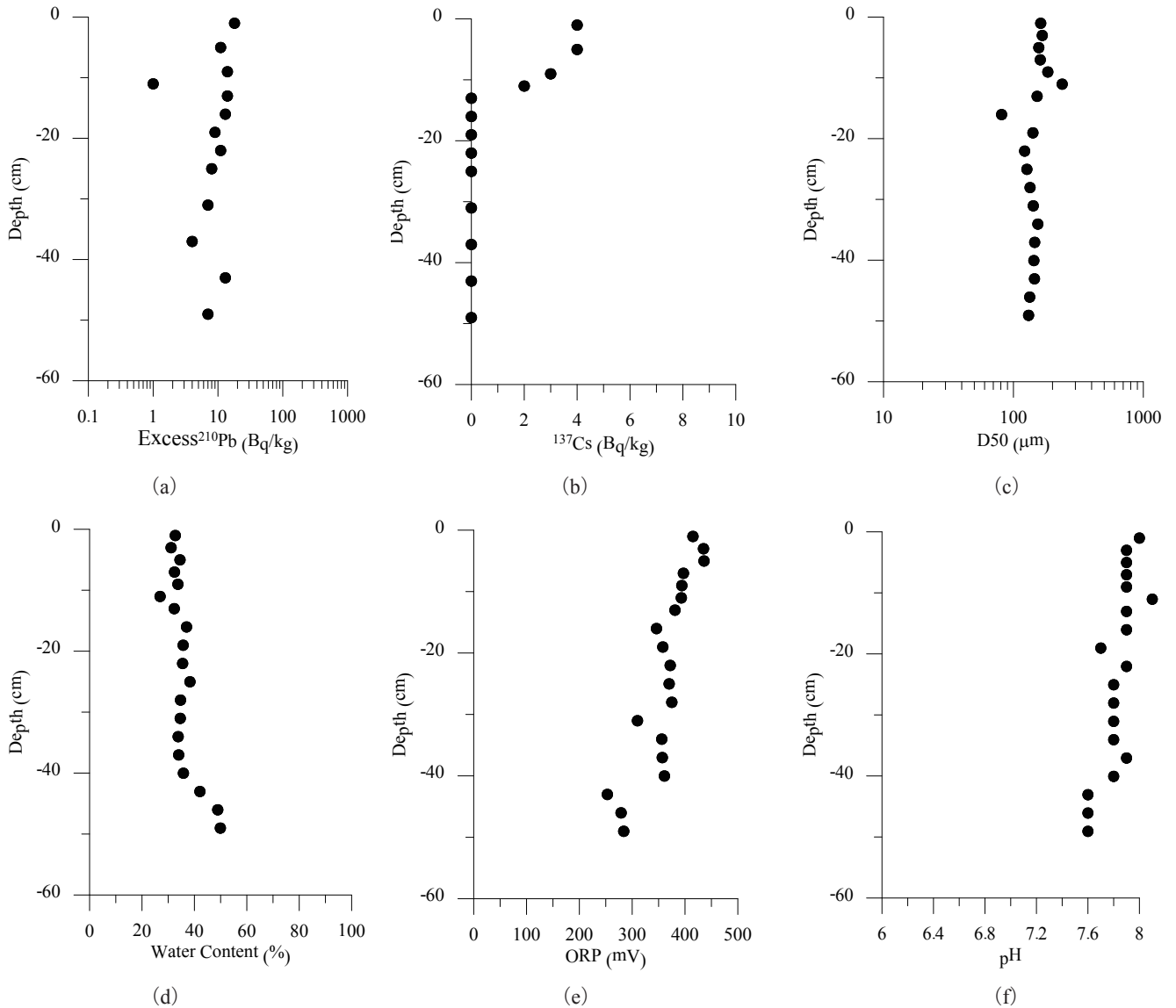


図-12 各成分の鉛直分布. (a) Excess²¹⁰Pb, (b) ¹³⁷Cs, (c) 中央粒径, (d) 含水比, (e) 酸化還元電位, (f) pH.

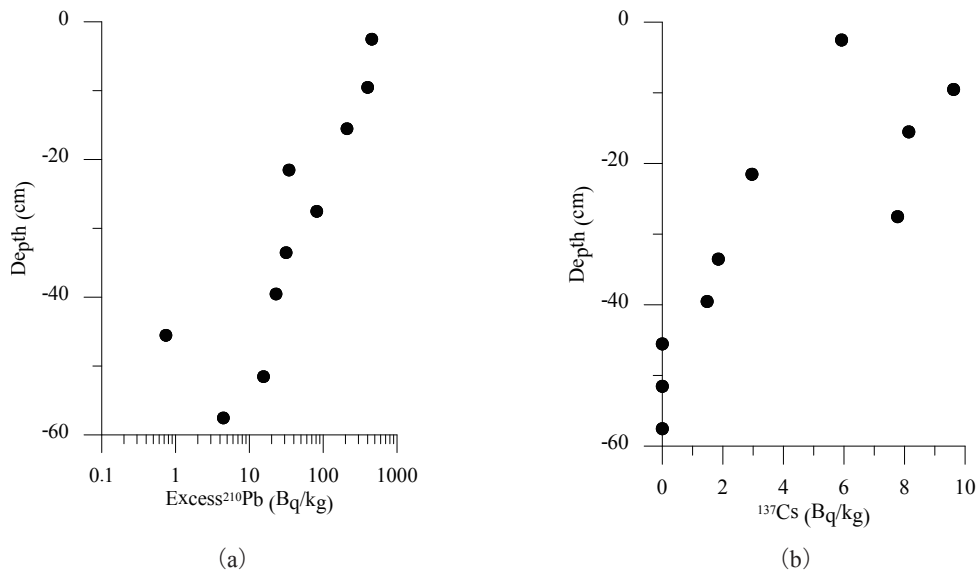


図-13 津波前（2000年）の大船渡湾における (a) Excess²¹⁰Pb, (b) ¹³⁷Cs の鉛直分布.

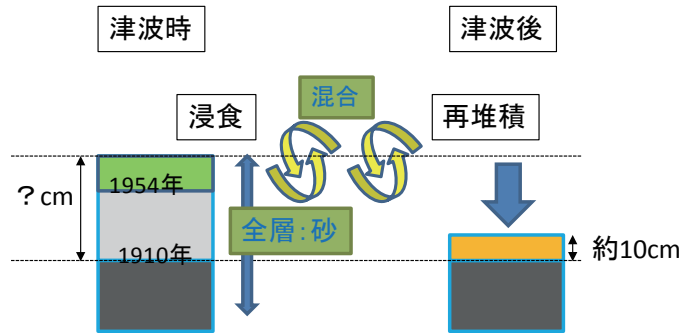


図-14 津波による底泥の浸食および再堆積のイメージ

ていた。砂成分は小堀付近で C1, C2, C3 が混合していたが、シルト成分は小堀付近で S2 以外のグループとの混合の度合いは強くなかった。この分布も図-1 で示した当初の粒度分布に基づくゾーンと一致しており、S1 は Z1, S2 は Z2, そして S3 は Z3 に分布していた。

3.3 鉛直コア

^{137}Cs は表層 11 cm まで検出されたが、13 cm 以深は検出されなかった (図-12)。一方、 ^{134}Cs は全層において検出されなかった。このことから、この ^{137}Cs は 1954 年以降の水爆実験由来と考えられる。また、著者らが津波前の大船渡湾で実施した調査によって、福島第一原事故以前でも過去の水爆実験等の影響によって大船渡湾においては 10 Bq/kg 程度の ^{137}Cs が存在していた (図-13)。この値と比較しても、値の大きさから、今回調査の宮古湾表層の ^{137}Cs も過去の水爆実験等の影響と考えられる。

中央粒径は 11 - 16 μm 層に不連続な層が見られた。これは ^{137}Cs の検出限界層と一致していた。中央粒径は、不連続層で値が変動しているが、表層から下層までほぼ一様に 100 - 200 μm だった。粒度分布の形状は、各層ともに図-3 の H₃ グループに相当する形状だった。

$^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ の表層の値は 15 Bq/kg で、50 cm 下層までほぼ一様だった。 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ は大気由来であるため、降水量の地域差はあまり大きくなく、日本では 167 - 380 Bq/m²/y の範囲である (Tsunogai ら, 1985)。著者らが津波以前の大船渡湾で測定した結果では、 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ は約 400 Bq/kg だった (図-13)。表層 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ の値は陸域からの土砂流入量、粒径および底泥の混合等の条件によって異なるが、宮古湾の津波前の表層の値を 400 Bq/kg だったと仮定すると、15 Bq/kg の表層の底泥は、約 100 年前の堆積物と推定される。

^{137}Cs 、中央粒径の不連続層および $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ の結果と合わせると、津波によって 100 年分の堆積物が一時的に巻き上がり、その後表層 11 cm が再堆積したと推測される (図

-14)。

3.4 アマモ

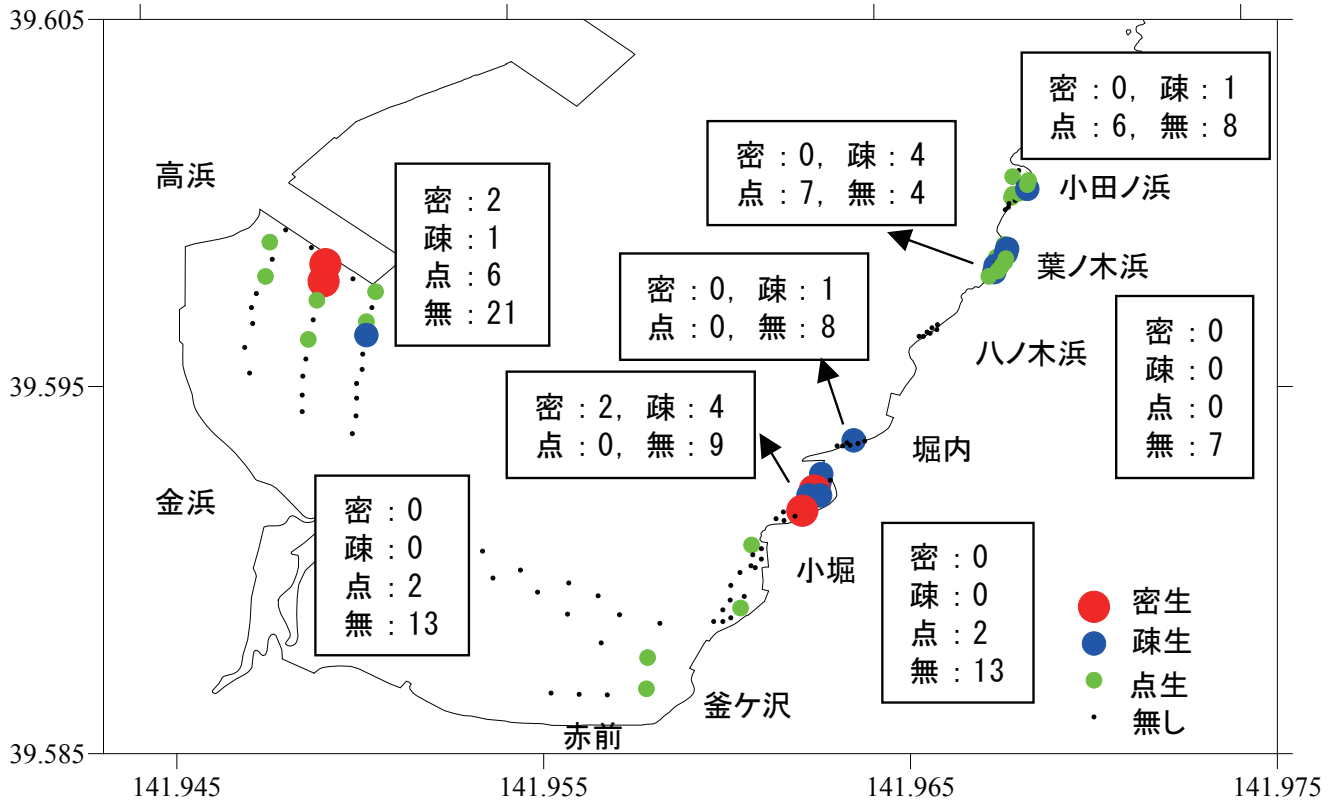
2012 年と比較すると、2013 年のアマモ場は、高浜においては、密生の範囲が 2 地点から 3 地点に拡大していた (図-15)。2013 年の高浜の調査地点の密度は、2012 年の調査密度の約半分なので、面積換算すると約 6 倍の拡がりであった。赤前では、点生の範囲が、2 地点から 9 地点に広がっていた。八ノ木においても点生の範囲が 0 地点から 4 地点に、堀内においても点生の範囲が 0 地点から 4 地点に広がっていた。

一方で、葉ノ木浜において 2012 年に 4 地点あった疎生の地点は、2013 年では見られなかった。小田ノ浜において 2012 年に 1 地点あった疎生の地点は、2013 年では見られなかった。また、小堀の北側の海岸において、2012 年に 2 地点あった密生の地点および 4 地点あった疎生の地点は、2013 年では見られなかった。点生の地点が 0 地点が 12 地点に増加しており、生息密度は減少したが、生息範囲は増加していた。

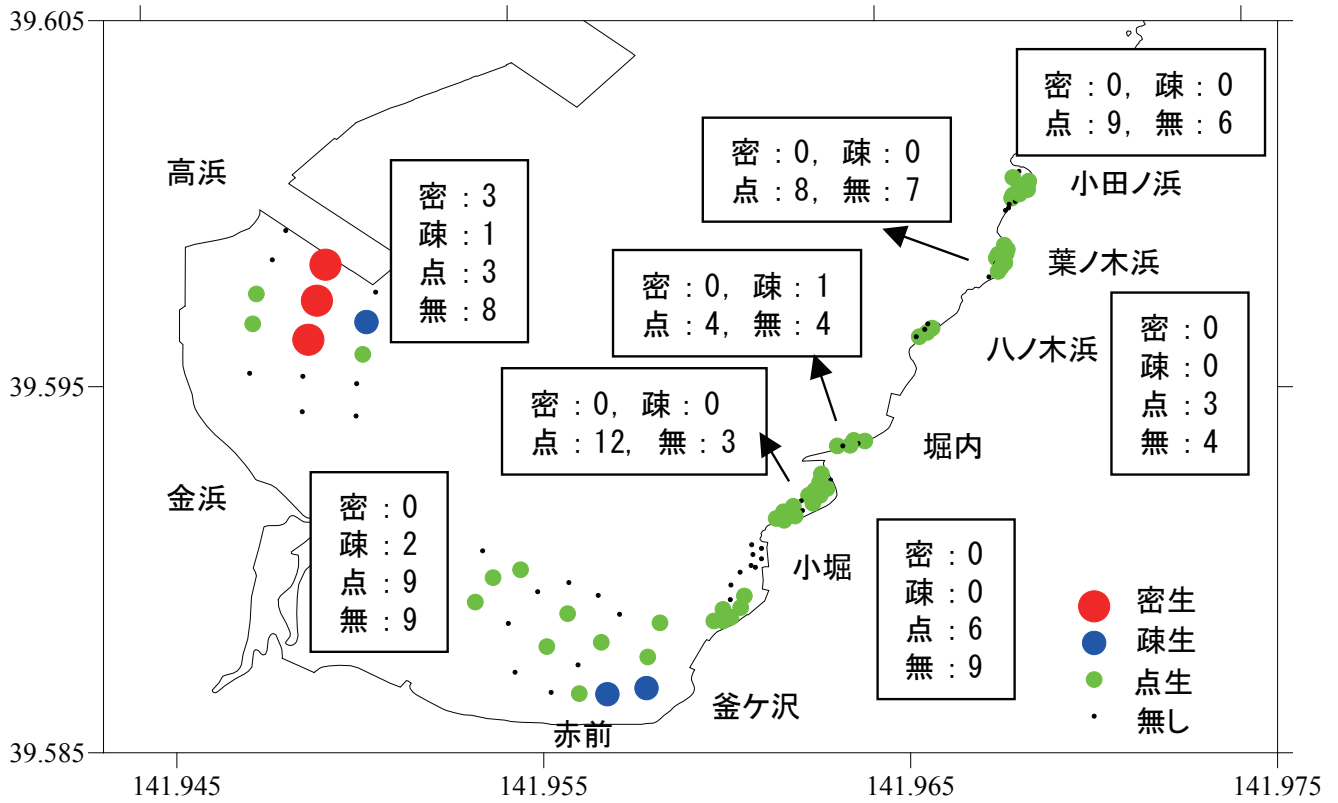
4. 考察およびまとめ

2012 年調査によって、津波によって被害を免れたアマモ場が小規模ながらも存在していることが見つかった Z1 のアマモ場付近では、アマモが着実に拡大していた。底泥の鉛直コアの分析結果から、津波前の底泥表層は津波によって浸食され、約 100 年前の堆積層が現時点の表層泥となっていた。それにもかかわらず、この赤前の地点では、約 100 年前の底泥でも、粒度分布の拡がり小さい中砂で、アマモに適した粒度分布であることが幸いし、比較的速やかなアマモの回復をもたらしていると考えられる。

化学組成の結果は、津軽石川河口の底泥と Z3 の底泥



(a)



(b)

図-15 アマモの分布状況。(a) 2012年10月, (b) 2013年10月.

の化学組成は異なることを示した(図-9)。このことは、Z3の底泥は、湾奥において唯一の主要河川である津軽石川由来でないことを意味する。このことは、Z3の底泥は、湾奥において唯一の主要河川である津軽石川由来でないことを意味する。Z3の海岸の底泥は、おそらく背後の山地から小河川等を通じて流入しているものと考えられ、その供給量は小さいと推測される。Z3のアマモ場の回復には、Z3の底泥の回復、すなわち砂分の増加が求められるが、このことを考慮すると、数年の短期間では砂分の回復は期待できない。

しかし、はじめに述べたように、数値計算の結果(岡田ら, 2013)は、2012年のアマモ調査で密生が確認されたZ1の水域からZ3への流れがあり(図-2)、アマモの種子がZ3へ供給される可能性があることを示している。また、Z3にはアマモが既に点在していることが確認されている(図-13)。したがって、Z3はアマモが全く生育できない環境ではないと考えられる。

これらのことから、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する生育形態になると考えられる。

(2014年6月2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山根幸伸氏、(独法)水産総合研究センター東北水産研究所野田勉氏、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。また、東京大学大気海洋研究所資源生態学分野山根広大氏、岩手県県土整備部河川課、海上保安庁海洋情報部には貴重なデータを提供して頂いた。本研究の一部は、科学研究費基盤研究(C)(課題番号:2356615,研究代表者:岡田知也)の支援によって実施された。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

岩手県(1998):平成9年度・10年度宮古湾港湾計画改訂環境現況調査業務委託報告書,245p.
 岡田知也・グエン・ティー・モンチン・古川恵太(2009):粒度分布形状に基づいた底泥分布図の提案ー東

京湾を例としてー,海洋開発論文集,Vol.25,pp.401-406.

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,大淵敦司,古川恵太(2013):化学組成および粒度分布に基づいた東京湾の底質分布,土木学会論文B2,Vol.69, No.2, pp.1121-1125.

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,第752号,pp.1-17.

岡寄守良(1994):三陸沿岸の海湾における海水交換と変動現象,沿岸海洋研究ノート,第32巻,第1号,pp.15-28.

新谷哲也・中山恵介(2009):環境流体解析を目的としたオブジェクト指向型流体モデルの開発と検証,水工学論文集,第53巻,pp.1267-1272.

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.

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> (2014年5月現在)

百島則幸,上田祐介,杉原真司,山形陽一,国分秀樹(2008):210Pb堆積年代測定法による英虞湾の堆積環境の解析,地球化学,Vol.42, pp.99-111.

Forrest, J., Johnston, R.J. (1981): On the characterization of urban sub-areas according to age structure, Urban Geography, 2 (1), pp. 31-40.

Tsunogai, S., Shinagawa, T. and Kurata, T. (1985): Deposition of anthropogenic sulfate and Pb-210 in the western North Pacific area. Geochemical Journal 19, pp. 77-90.

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of NILIM

No. 796

July 2014

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:046-844-5018