

ISSN 1346-7328

国総研資料 第752号
平成25年9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.752

September 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)

岡田 知也・丸谷 靖幸・中山 恵介・古川 恵太

Sediment conditions and eelgrass (*Zostera marina*) in Miyako Bay, October 2012

Tomonari OKADA, Yasuyuki MARUYA, Keisuke NAKAYAMA, Keita FURUKAWA

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（2012年10月）

岡田知也^{*}・丸谷靖幸^{**}・中山恵介^{***}・古川恵太^{****}

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、宮古湾の生態系は甚大な影響を受けた。著者らは、宮古湾において、生態系の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。Z3では、粗砂・礫成分からなる底泥の中に、アマモの育成に適した中砂からなる底泥が点在していた。しかし、その中砂からなる底泥の空間分布は、調査地点が少なかったため把握することができなかった。また、アマモの空間的な分布も得ていなかった。そこで、本調査（第2回調査）では、底泥の詳細な空間分布およびアマモの空間分布を得ることを目的とする。

調査は2012年の10月に宮古湾で実施した。震災前にアマモが成育していた水域において、120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、同じ水域でアマモの分布調査を実施した。さらに、アマモの種子等の輸送経路を、数値モデルを用いて検討した。数値モデルには3次元環境流体モデル（Fantom3D）を用いた。

120地点の底泥は、6グループに分けられた。各グループの空間分布は、湾奥の底泥の空間分布を明瞭に示した。Z3の海域においては、礫主体の底泥と中砂主体の底泥の分布の状況を示した。宮古港高浜地区の防波堤の背後および東側の海岸の岬の背後では、アマモが密生または疎生している地点があった。流れの計算結果と現存するアマモの分布を重ねると、現存するアマモの分布が流れの残差流の上流になっていた。このことは、現在アマモがまだ回復していない浜に、現存するアマモ場から種子等の移動が期待できることを意味する。

本調査で得られた底泥およびアマモの空間分布データを、今後の底泥およびアマモの回復過程の初期データとし、長期的なアマモおよび底泥の回復過程をモニタリングしていきたいと考えている。

キーワード：東日本大震災、津波、復元、アマモ、底泥、粒度分布、宮古湾

* 沿岸海洋・防災研究部海洋環境研究室長

** 北見工業大学大学院 工学研究科社会環境工学専攻

*** 北見工業大学工学部社会環境工学科教授

**** 海洋政策研究財団海洋グループ主任研究員

〒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 2012

Tomonari OKADA^{*}
Yasuyuki MARUYA^{**}
Keisuke NAKAYAMA^{***}
Keita FURUKAWA^{****}

Synopsis

The ecosystem in Miyako Bay was greatly damaged by the tsunami generated by the "2011 Tohoku Earthquake off the Pacific coast". To provide background information for the future restoration of ecosystems, we studied the process of restoration of sediment conditions and eelgrass (*Zostera marina*), which is one of the foundation species of this bay ecosystem. The head of the bay was divided into three zones (Z1, Z2, and Z3) based on the suitability for eelgrass, and evaluated using the results of the first measurement in February 2012. Z3 contained medium sand sediment that was suitable for eelgrass mixed with sediments of coarse sandy gravels. The spatial distribution of suitable sediments in Z3 could not be determined due to the lack of sampling points. Furthermore, we did not estimate the spatial distribution of eelgrass. In the second measurement, we aimed to understand the detailed spatial distribution of sediments and eelgrass in the head of the bay.

Field measurements were carried out at the head of the bay in October, 2012. Sediments were collected at 120 stations, where eelgrass had grown prior to the tsunami, and their particle-size distribution was measured. The distribution of eelgrass was also determined. In addition, the transport path of eelgrass seeds was examined using a numerical model. The stations were divided into six groups by particle-size distribution. The spatial distribution of each group clearly showed the detailed sediment condition in Z3. Eelgrass grew densely behind a breakwater in Takahama Area, Miyako Port, and a cape on the east coast. The results of numerical simulation showed that the existing eelgrass was located in the upstream of the residual current. The relationship between residual current and location of the existing eelgrass indicated that seeds of eelgrass could be transported from the existing eelgrass to Z3, which is devoid of eelgrass.

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

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

^{**}Graduate School of Civil Engineering, Kitami Institute of Technology

^{***}Professor of Department of Civil and Environmental Engineering, Kitami Institute of Technology

^{****}Senior Research Fellow of Ocean Affairs Department, Ocean Policy Research Foundation

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 アマモの特性	2
2.2 現地調査	2
2.3 数値計算	3
3. 結果および考察	4
3.1 底泥	4
3.2 アマモの分布	5
3.3 計算結果	7
3.4 今後のモニタリングの視点	9
4. おわりに	10
謝辞	10
参考文献	10

1. はじめに

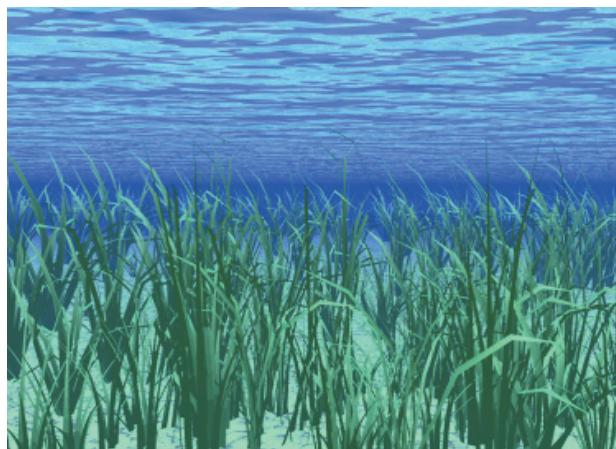
2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震によって発生した津波によって、三陸地方沿岸域の生態系は大きな被害を受けた（例えば、鈴木ら、2011；後藤、2011）。干潟や浅場の地形は大きく変わり、底泥は搅乱され、藻場の多くが消失した（図-1）。地形、底泥、藻場は、沿岸生態系の基盤であり、それら被害による沿岸生態系への影響は計り知れない。したがって、沿岸環境の復元のために、それら生物生息基盤の復元が極めて重要である。

著者らは、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メカニズムを把握するために、アマモおよび底泥の復元過程の調査を実施している。岡田ら（2012）は第1回調査（2012年2月実施）の結果を報告

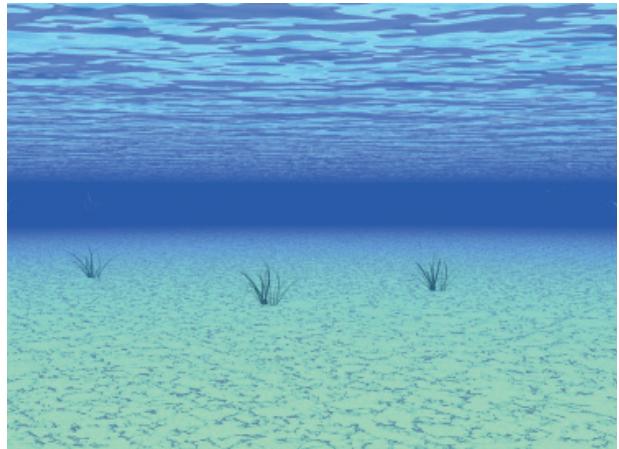
した（国総研資料 第688号）。本報告は、第2回調査（2012年10月実施）の結果を報告するものである。

第1回調査では、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-2）。Z3においては、中砂成分を適度に含んだ底泥の存在量および空間分布が重要となるが、調査地点が少なかったため把握することができなかった。また、アマモの空間的な分布も得ていなかった。

そこで、本調査（第2回調査）では、底泥の詳細な空間分布およびアマモの空間分布を得ることを目的とす



(a)



(b)

図-1 津波による藻場消失のイメージ。(a) 津波前, (b) 津波後。

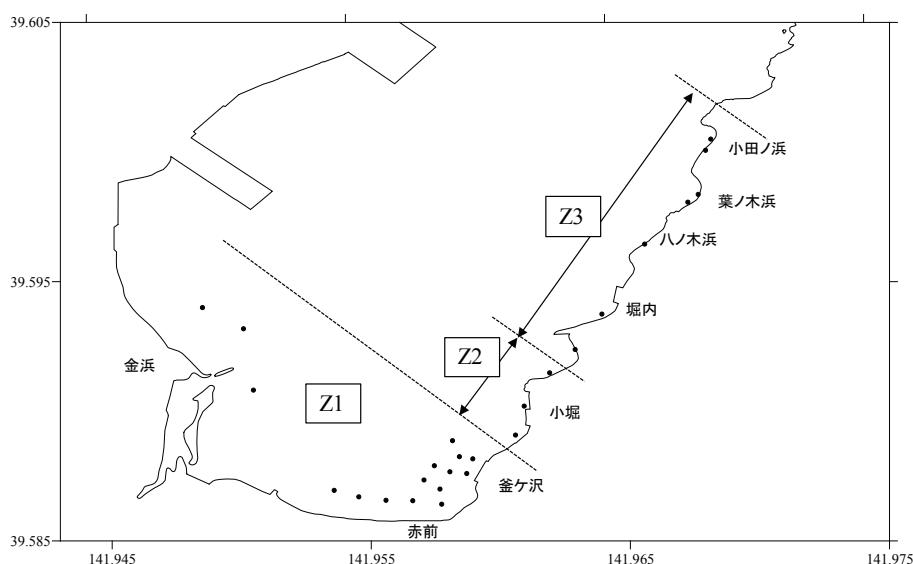


図-2 第1回調査（2012年2月）によるアマモの生育条件からみたゾーニング（Z1, Z2, Z3）。●は調査地点。

表-1 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°C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

る。これらのデータは、今後の長期調査モニタリングの初期データとして活用できる。また、アマモの分布調査で明らかとなった現存するアマモ場からの種子等の輸送経路について、数値モデルを用いて検討を行った。

2. 方法

2.1 アマモの特性

アマモ (*Zostera marina*) 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）。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）。

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-1）（マリノフォーラム21）。この中で、津波によって大きく変化した可能性がある条件は、粒度および底質と考え、第1回調査と同様に、それらに着目した調査を実施した。

2.2 現地調査

調査は、2012年10月に宮古湾の湾奥部で実施した（図-3）。本調査では、第1回調査（2012年2月実施）の結果を参考にして、120地点の採泥を実施した。

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 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、約1年間隔の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。

アマモの分布状況は、採泥と同じ水域で潜水士による目視または水中カメラによって調査された。

各底泥に対して、粒度分布、含水比および強熱減量を分析した。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）を用いて、表-2に示す粒径区分で分析した。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。粒度分布は、エントロピー法を用いてグループ化した（Forrest and Johnston (1981), 岡田ら (2009)）。

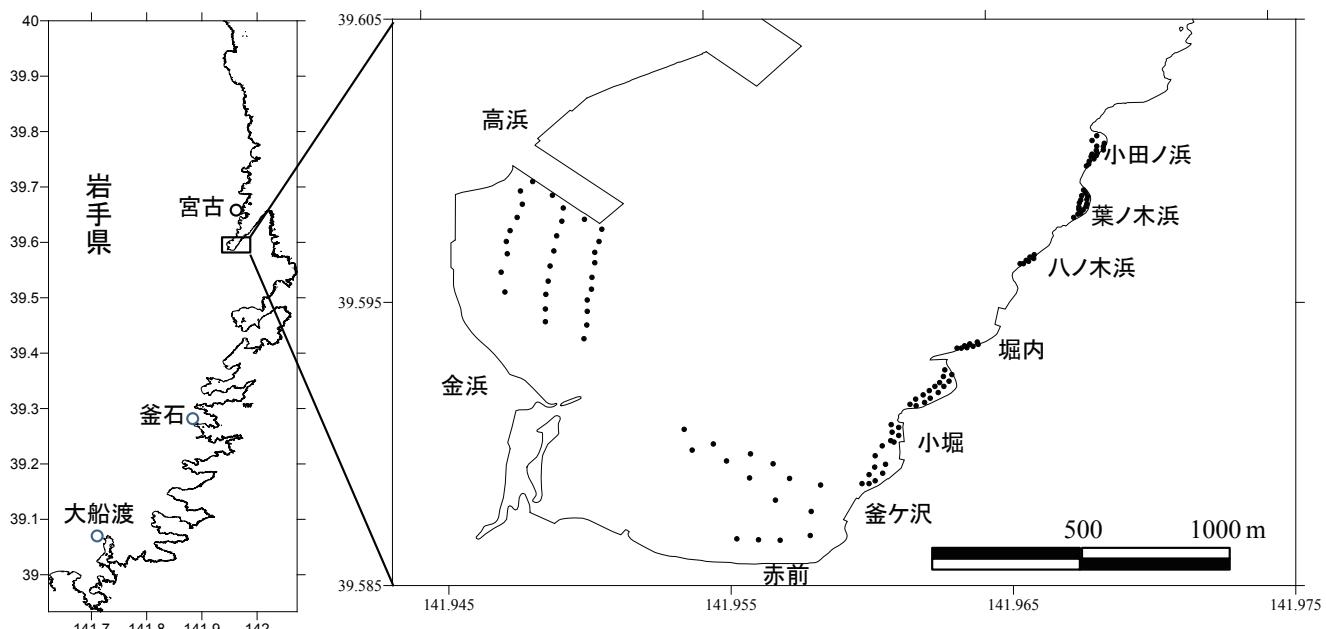


図-3 調査地点

表-2 レーザ回折・散乱式粒度分布測定装置による粒径区分

No	Grain size (μm)	log (Grain size)	No	Grain size (μm)	log (Grain size)	No	Grain size (μm)	log (Grain size)
1	1.0	0.00	21	15.2	1.18	41	229.1	2.36
2	1.2	0.06	22	17.4	1.24	42	262.4	2.42
3	1.3	0.12	23	19.9	1.30	43	300.5	2.48
4	1.5	0.18	24	22.8	1.36	44	344.2	2.54
5	1.7	0.24	25	26.1	1.42	45	394.2	2.60
6	2.0	0.30	26	29.9	1.48	46	451.6	2.65
7	2.3	0.36	27	34.3	1.53	47	517.2	2.71
8	2.6	0.41	28	39.2	1.59	48	592.4	2.77
9	3.0	0.47	29	44.9	1.65	49	678.5	2.83
10	3.4	0.53	30	51.5	1.71	50	777.1	2.89
11	3.9	0.59	31	59.0	1.77	51	890.1	2.95
12	4.5	0.65	32	67.5	1.83	52	1019.5	3.01
13	5.1	0.71	33	77.3	1.89	53	1167.7	3.07
14	5.9	0.77	34	88.6	1.95	54	1337.5	3.13
15	6.7	0.83	35	101.5	2.01	55	1531.9	3.19
16	7.7	0.89	36	116.2	2.07	56	1754.6	3.24
17	8.8	0.95	37	133.1	2.12	57	2009.7	3.30
18	10.1	1.00	38	152.5	2.18	58	2301.8	3.36
19	11.6	1.06	39	174.6	2.24	59	2636.5	3.42
20	13.2	1.12	40	200.0	2.30	60	3000.0	3.48

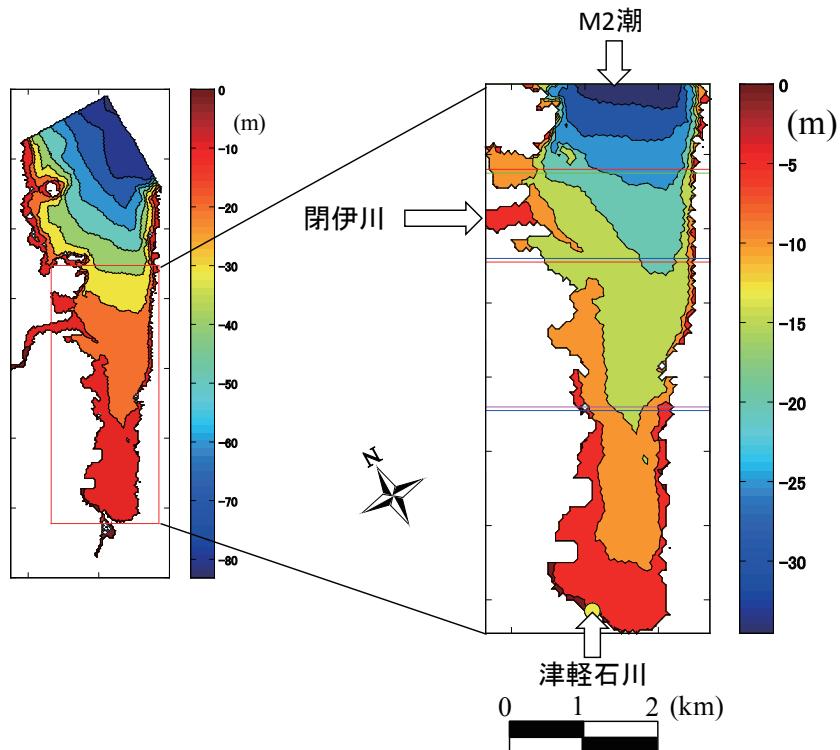


図-4 宮吉湾の等水深図および計算領域。右図中の四角枠は並列計算のためのフィールド区分。

2.3 数値計算

アマモの種子等の輸送経路を、数値モデルを用いて検討した。数値モデルには3次元環境流体モデル(Fantom3D)(新谷, 中山, 2009)を用いた。本モデルは、オブジェクト指向型環境流体モデルであり、並列計算による処理速度の向上、複数のフィールドを設定することが可能等の利点がある。

計算範囲は図-4に示す範囲である。地形データは海上保安庁海洋情報部のJ-EEG500, J-BIRD, 沿岸の海の基本図及び海図を作製する際の基礎データに基づくデータ(5次:グリッドサイズ50 m)を用いた。水平メッシュは50 m間隔とした。鉛直方向には表-3に示すように成層が形成されやすい上層は薄い層に分割し、水表面付近では0.2 m、海底付近では3.0 mとした。

表-3 水深帯毎の鉛直層厚さ

水深帯	鉛直層厚さ
0 m ~ 3.0 m	0.2m
3.0 m ~ 4.5 m	0.3m
4.5 m ~ 6.5 m	0.4m
6.5 m ~ 9.0 m	0.5m
9.0 m ~ 15.0 m	1.0m
15.0 m ~ 25.0 m	2.0m
25.0 m ~ 底層	3.0m

表-4 各期間の閉伊川流量および風向・風速の条件

	春	夏	秋	冬
閉伊川流量 (m ³ /s)	33.9	25.8	24.3	9.0
風向	西南西	北北東	西南西	西南西
風速 (m/s)	1.5	0.5	1.7	2.9

流入河川は閉伊川と津軽石川の河口で与えた。閉伊川からの淡水流入量は、平成21年および22年の閉伊川千徳測水所の水位流量年表（岩手県国土整備部河川課）を用いた。津軽石川の淡水流入量は閉伊川の20%（岡寄、1994）とした。

計算は四季（春期：3月から5月、夏期：6月から8月、秋期：9月から11月、冬期：12月から2月）に対して行った。河川流量は各期間の平均値を用いた。風のデータは気象庁宮古気象観測所のデータを用いた。風向は期間中の卓越風向を用い、風速はその卓越風向の平均値を用いた。各期間の各条件の値を表-4に示す。

塩分および水温の初期条件は、山根らによる2009年の鉛直分布データの一部を使用した（図-5、stn. 1）。

モデルの検証データは、平成9年度および平成10年度に実施された流速測定結果（潮流樋円）（岩手県、1998）を使用した。流速の測定地点は、図-5中のstn. A（水深3mおよび6m）とstn. B（水深3m）である。検証は、流速、河川流量および水温・塩分データが揃っている1月に対して行った。初期条件には山根らの2009年1月のデータを使用し、閉伊川流量は平成21年1月の平均流量4.1 m³/s、風向は西南西、風速は5.9 m/sを与えた。

3. 結果および考察

3.1 底泥

採泥地点は、粒度分布に基づいて8つのグループに分けられ、アマモに対する適性と粒度分布の特徴から5グループに集約された（図-6）。また、その5グループに

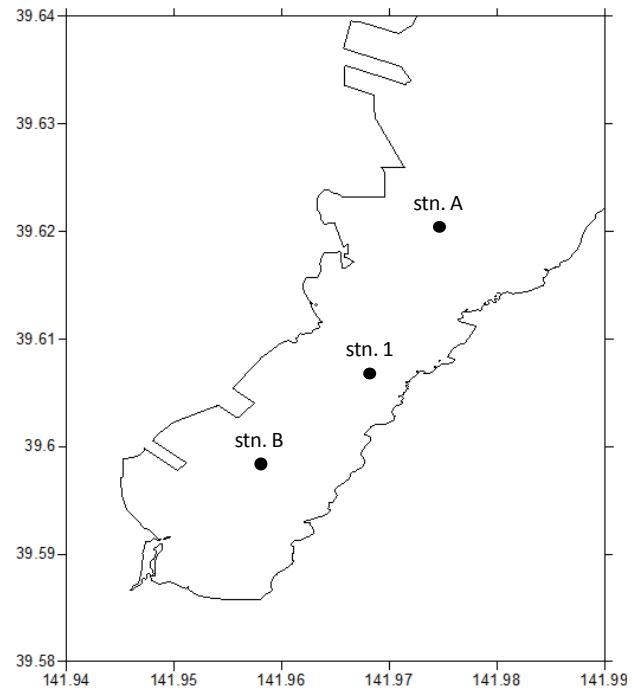


図-5 初期条件に用いた塩分・水温データの観測地点（山根による）および検証に用いた流速データの測定地点（岩手県による）

礫主体のグループ（H6）を加えて、計6グループとした。

H1：卓越する粒径が10 - 20 μmおよび100 μm付近の2つ、両者の割合は同じ程度、主な粒径が3 - 300 μm、粒度分布の拡がりが大きいシルト混じりの細砂。

H2：卓越する粒径が10 - 20 μmおよび200 - 300 μmの2つ、両者の割合は200 - 300 μmの方が多い、主な粒径が3 - 800 μm、粒度分布の拡がりが大きいシルト混じりの細砂。

H3：卓越する粒径が200 - 400 μm、主な粒径が100 - 1000 μm、粒度分布の拡がりが小さい中砂。

H4：卓越する粒径が10 μm、200 μmおよび1000 μmの3つ、主な粒径が3 - 3000 μm、粒度分布の拡がりが非常に大きいシルト・粗砂混じりの中砂。

H5：卓越する粒径が1000 - 3000 μm、主な粒径が300 - 3000 μm、粒度分布の拡がりが小さい極粗砂。

H6：3000 μm以上の礫が卓越。

表-1の粒度の条件に基づいて、アマモ生育に対する適性で各グループを評価すると、次の通りである。

H1：2つのモードの内、大きいモードでも適性粒径より

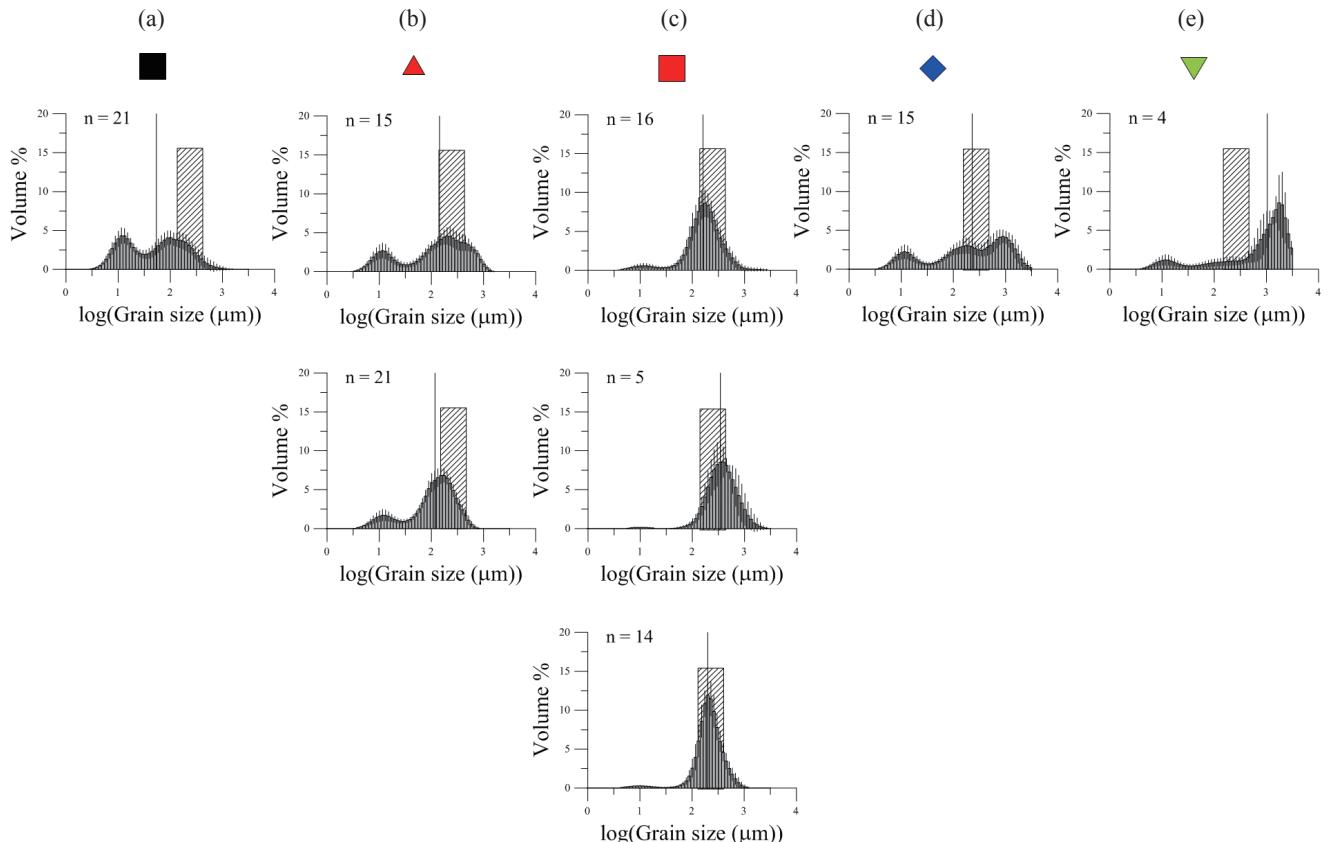


図-6 採泥地点のグループ化. (a) H1, (b) H2, (c) H3, (d) H4, (e) H5. ハッチは表-1で示すアマモの生育に適した中央粒径の範囲を示す. nはグループ内のデータ数. 縦の実線は中央粒径, 各バーの縦線は土標準偏差を示す.

も少し小さく、小さいモードの割合は、大きなモードと同じ程度の割合であることから、適性よりも泥分が多く、アマモの生育にはあまり適していないと考えられる。

H2：2つのモードの内、大きいモードが適性粒径の範囲に入っている、アマモの生育に適していると考えられる。

H3：卓越する粒径が適性粒径と一致しており、アマモの生育に適していると考えられる。

H4：適性に一致している粒径もあるが、それ以外の割合が多く、アマモ生育にはあまり適していないと考えられる。

H5：卓越する粒径が適性範囲よりも大きく、アマモ生育は困難と考えられる。

H6：礫が多く、アマモ生育は困難と考えられる。

各グループの空間分布（図-7）は、底泥の詳細分布を示す。第1回調査で「Z3では礫主体の底泥と砂主体の底泥が一つの浜の中で混在している」と推測されたよ

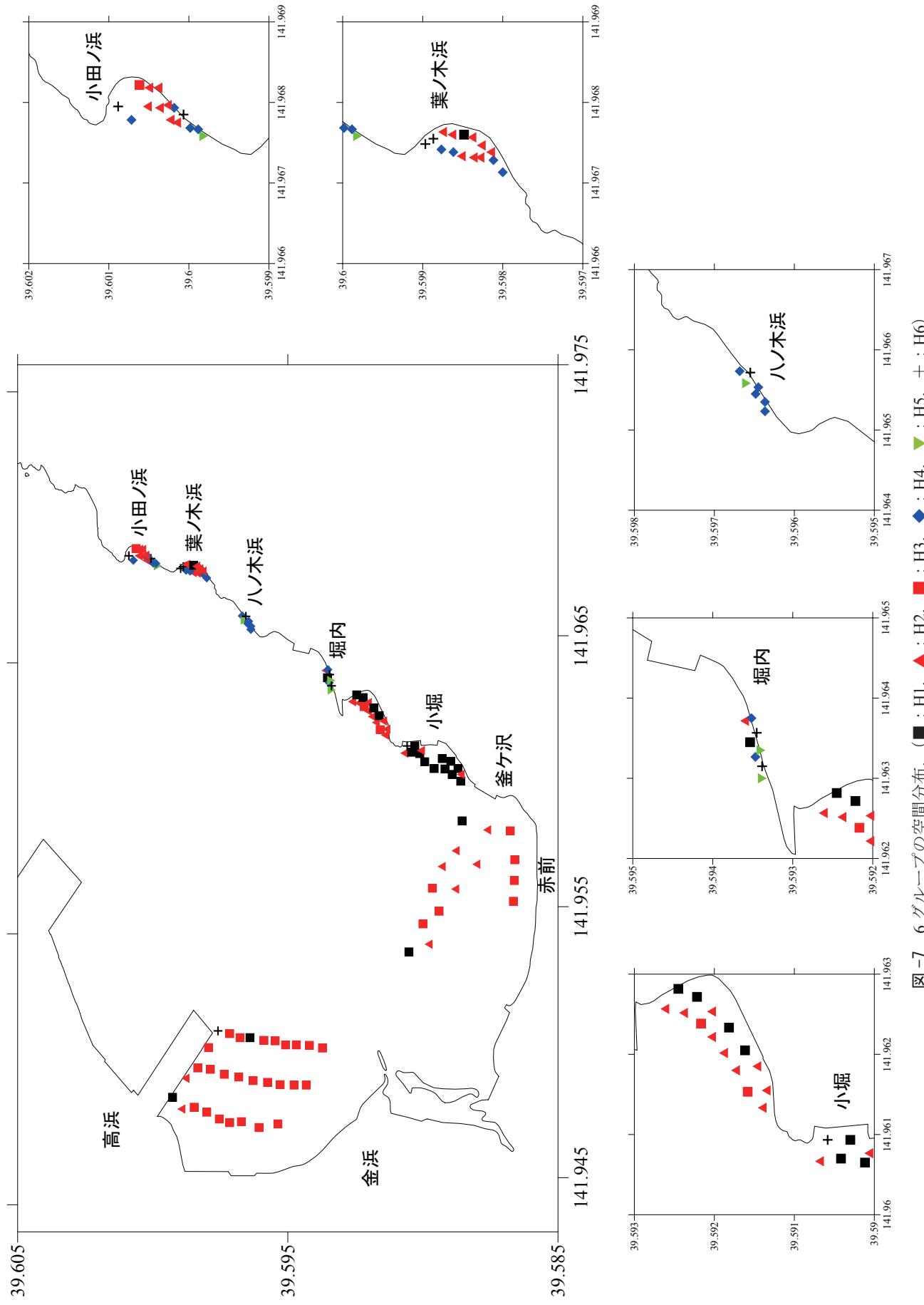
うに、堀内から小田ノ浜まで、礫主体の底泥と砂主体の底泥が混在している様子が明確になった。礫主体でアマモ生育に適していない地点が、堀内および八ノ木浜では半数以上、葉ノ木浜および小田ノ浜では4割程度だった。葉ノ木浜および小田ノ浜では、岬の背後に礫主体の地点が分布していた。

Z2（小堀）では、シルト分が多く、アマモに適していない状況は変わっていなかった。

Z1（釜ヶ沢、赤前）では、第1回調査と同様にアマモにとって適した状況だった。10月調査で新たに加えた宮古港高浜地区の背後の底泥は、アマモの生育に適していた。

3.2 アマモの分布

Z1の釜ヶ沢および赤前では、アマモが点生している地点が2地点だった（図-8）。宮古港高浜地区の防波堤の背後では、アマモが密生している地点があった。これは、港湾構造物や岬の陰だったため、津波による消失を免れたアマモだと考えられる。



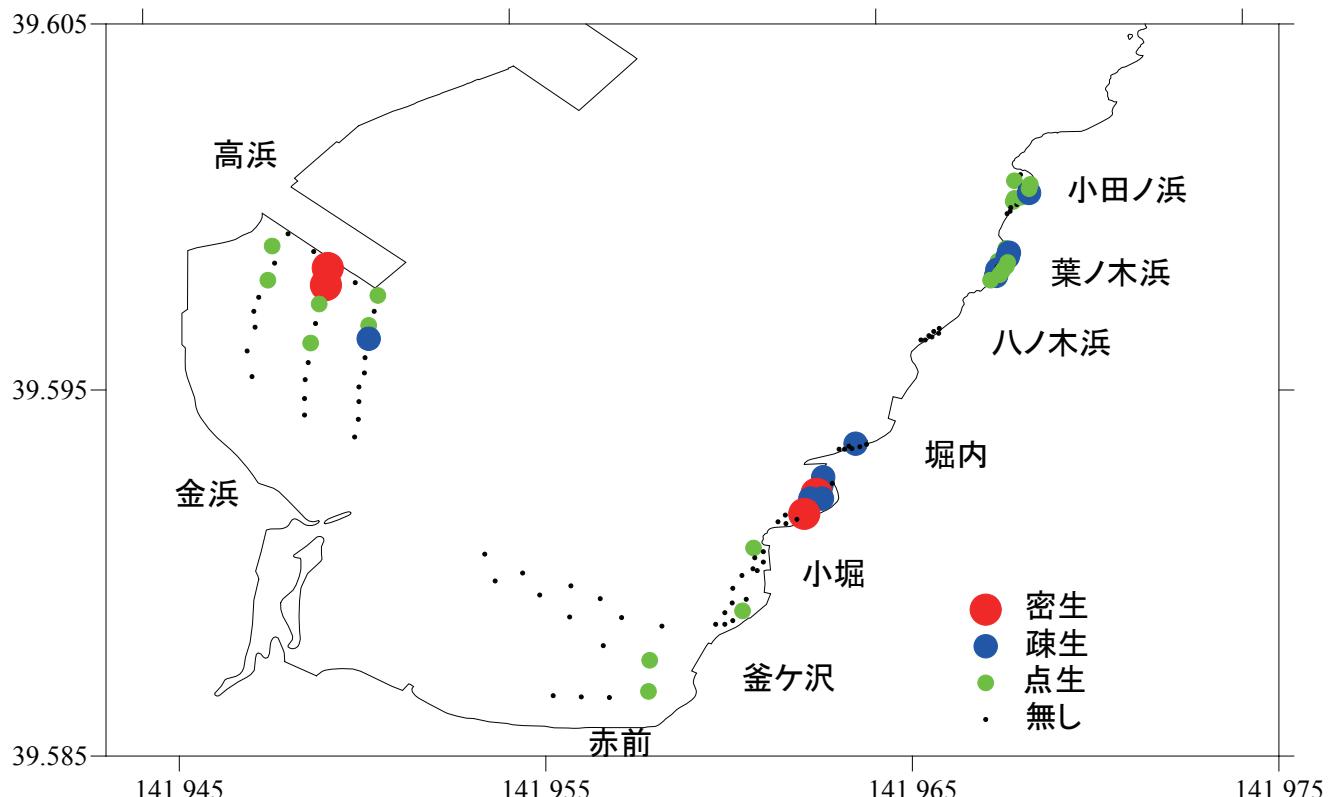


図-8 アマモの分布状況（2012年10月）

Z2 と Z3 の間（小堀と堀内の間）の入江で、アマモが密生または疎生している点が確認された。これは北側の少し突き出た岬によって津波のエネルギーが軽減され、アマモの消失が免れたと考えられる。底泥が砂主体の H2, H3 または泥分が多い H1 であることは、このことを支持している。

Z3 の小田ノ浜および葉ノ木浜では、アマモが点生ま
たは疎生している点が確認された。

3.3 計算結果

(1) モデルの検証

図-5で示したStn. A（上層および下層）およびStn. Bにおいて、潮流樁円を比較した。流速に着目すると、Stn. Aの表層の計算値は、観測値の倍程度の値になっていた。Stn. Aの下層およびStn. Bの上層の計算値は、観測値とほぼ同じだった。Stn. Aの潮流樁円の長軸方向は、観測値と較べて東よりだった。Stn. Bの潮流樁円の長軸方向は、観測値とほぼ一致していた。Stn. Aについては、流速および流向ともに、計算値の精度はそれほど高くなかったが、Stn. Bについては、流速および流向ともに、計算値の精度は良かった。今回のアマモの種子の移動の検討において重要な水域はStn. Bであるので、このモデル

ルを用いて以後検討を行うこととした。

(2) 結果

湾奥部の表層の残差流は、全ての季節において、流速の大小の違いはあるものの、北東もしくは東南東方向に流れている（図-10, 11）。図-10には計算領域全体を、図-11には湾奥部を拡大して示している。図-11は北を紙面の上にするように、図面を傾けている。

夏期の流れが最も小さかった。これは、夏期の風の条件が流れに対して逆であるためと考えられる。また、冬期の流れは、西南西の季節風が大きいにもかかわらず、比較的小さいかった。これは、津軽石川からの河川流量が $2 \text{ m}^3/\text{s}$ と小さいためと推測される。

(3) 流れの方向とアマモの分布

流れの計算結果（秋）と現存するアマモの分布を重ねると、高浜のアマモや小堀のアマモが流れの上流になっていた。このことは、八ノ木浜、葉ノ木浜、小田ノ浜に高浜や小堀から種子等の移動が期待できることを意味する。図-12は秋の計算結果で示したが、図-11で示したように全ての季節において流れの向きは同じなので、全ての季節において、八ノ木浜、葉ノ木浜、小田ノ浜に高

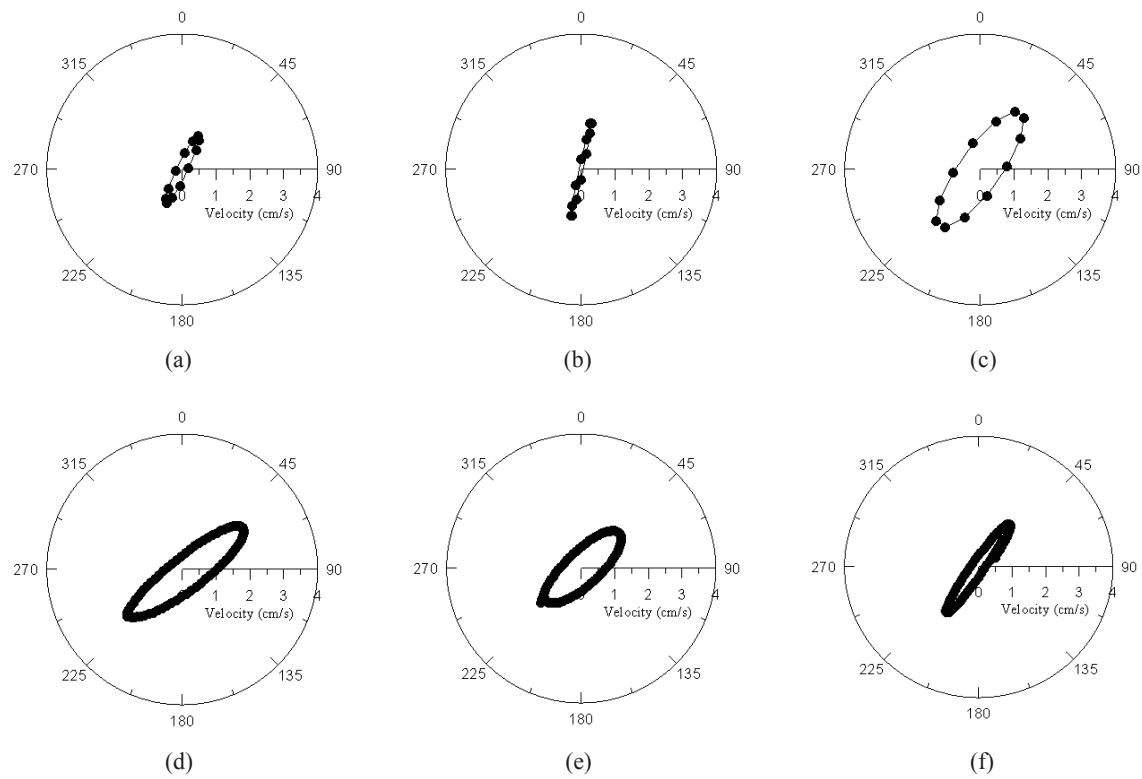


図-9 実測データおよび計算の潮流楕円. (a) 実測, stn. A 上層, (b) 実測, stn. A 下層, (c) 実測, stn. B 上層, (d) 計算, stn. A 上層, (e) 計算, stn. A 下層, (f) 計算, stn. B 上層. 0度は北を指す.

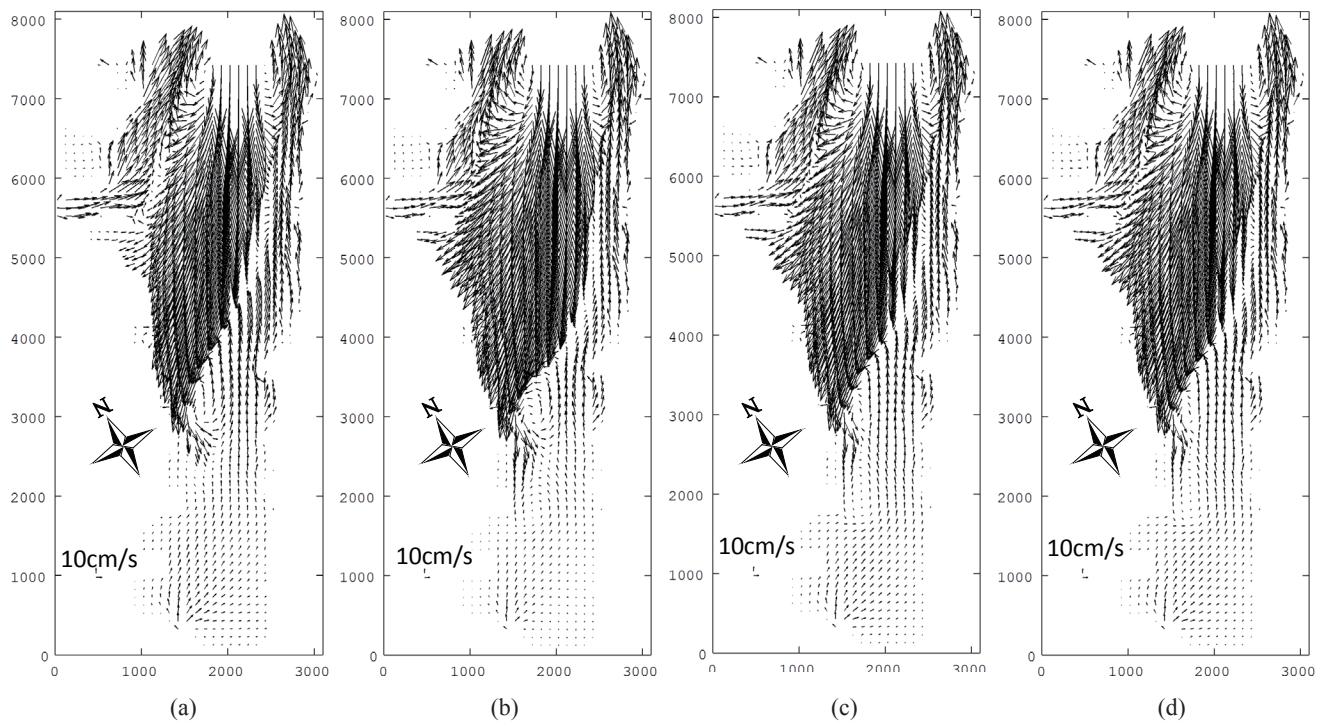


図-10 残差流の計算結果. (a) 春期, (b) 夏期, (c) 秋期, (d) 冬期.

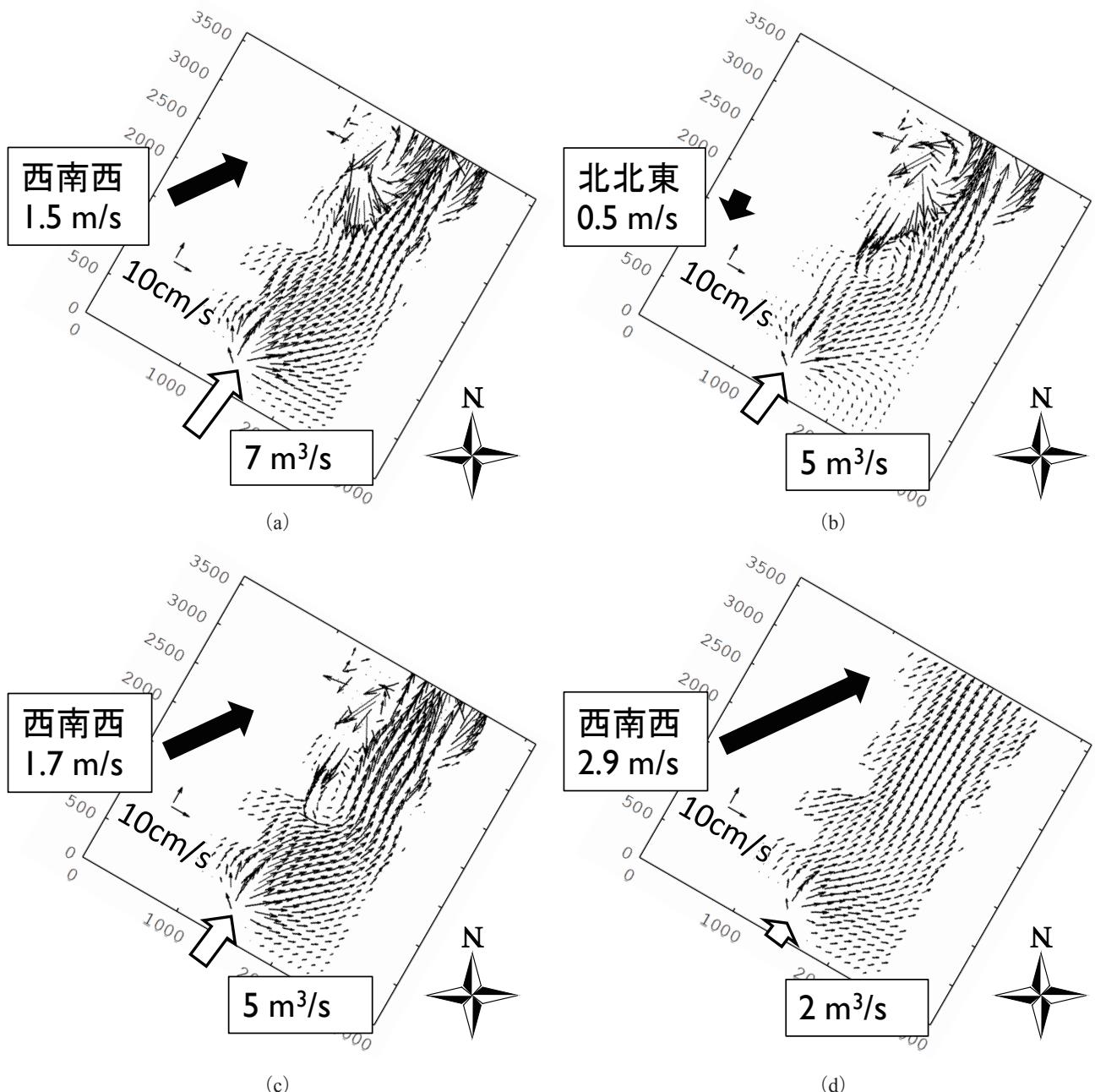


図-11 残差流の計算結果. (a) 春期, (b) 夏期, (c) 秋期, (d) 冬期. 黒矢印の向きと大きさは風向および風速を, 白矢印の大きさは河川流量を示す. 上を北にするように図面を傾けている.

浜や小堀からの移流の効果が期待できる.

3.4 今後のモニタリングの視点

Z1 の釜ヶ沢および赤前では, 現状のアマモの生育状況は点生が数地点だけであるが, 底質条件はアマモに非常に適しているので, アマモ場が今後順調に拡がるか否かの視点でモニタリングが重要であると考える. 高浜地区の背後のアマモ場も, 底質状況は適しているので, 同様の視点で順調に回復するか否かの視点でのモニタリン

グが重要であると考える.

Z2 では, シルト分が適性よりも多く, アマモにあまり適していない底質だった. よって, アマモの自然復元はあまり期待できない. アマモの復元のモニタリングだけでなく, 底質の変化のモニタリングが重要であると考える.

Z3 の小田ノ浜や葉ノ木浜では, アマモの点生や疎生が点在したが, これは, アマモの生育に適した砂主体の底泥が点在していることに関連している. アマモ場には,

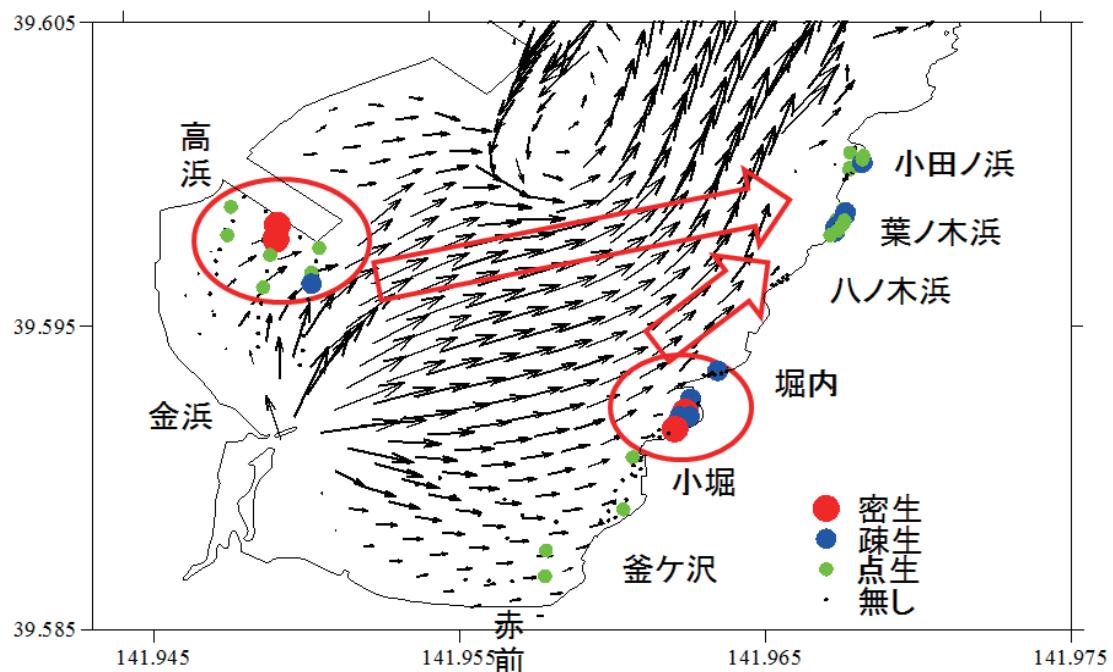


図-12 残差流の計算結果（秋期）とアマモの分布を重ねた図

地形安定性（砂のトラップ機能）がある。今後、アマモの拡張と底泥の変化の関係に着目したモニタリングが重要であると考える。

今回の調査で、宮古港高浜地区の防波堤背後および小堀と堀内の間にアマモの密生が確認された。これらが湾奥一帯のアマモの種子の供給源になることを期待し、その可能性について検討していきたい。

4. おわりに

津波の被害を受けた宮古湾において、120地点の採泥を実施し、底泥を粒度分布のグループ化の手法を用いてグループ化した。その結果、各浜の詳細な底泥の分布状況が把握できた。また、併せて現状におけるアマモの生育状況も把握した。この底泥およびアマモの分布データを今後の底泥およびアマモの回復過程の初期データとし、長期的なアマモおよび底泥の回復過程をモニタリングしていきたいと考えている。

また、数値計算によって、現存するアマモ場が、今後のアマモ場拡大の種子の供給源になる可能性も示された。この種子の移流に関してもモニタリングしていきたいと考えている。

(2013年9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・岩手県指導漁業士の山根幸伸氏、独立行政法人水産総合研究センター東北区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、金沢八景・東京湾アマモ場再生会議森田健二氏、NPO環境教育技術振興会岩井克己氏、NPO法人海辺つくり研究会木村尚氏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－東京湾を例として－、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.

岡崎守良 (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 卷, 第 1 号, pp. 15-28.

国土交通省港湾局 (2003) : 海の自然再生ハンドブック 第 3 卷藻場編, 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.

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 卷, 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, 中田薰, 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スレター, Vol.1, No.3, pp. 1-4.

千原光雄 (1970) : 標準原色図鑑全集 第 15 卷 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> (2013 年 8 月現在)

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

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of NILIM

No. 752 September 2013

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