

『東松島市を中心とした津波打ち上げヘドロの状況調査』……………pp.3～6

高崎みつる¹⁾, 玉置仁¹⁾, 堀知行²⁾, 片山葉子³⁾

¹⁾石巻専修大学, ²⁾(独) 産業技術総合研究所, ³⁾東京農工大学

主旨:

津波由来打ち上げヘドロ厚は、陸域の地勢や立体的な構造により変化していた。ヘドロの質は、地域間で格差が大きかった。報告書では真っ黒な異臭を放つヘドロに広い範囲を覆われた東松島市大曲地区の約 9km² を対象に、堆積ヘドロなどの大まかな量を推定してみた。

『東日本大震災後の松島湾, 志津川湾, 気仙沼湾の状況と課題』……………pp.7～12

西村修¹⁾, 丸尾知佳子¹⁾, 相川良雄¹⁾, 千葉信男¹⁾, 佐々木久雄¹⁾, 福地信一²⁾

¹⁾東北大学大学院工学研究科, ²⁾宮城県保健環境センター

主旨:

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震・大津波により、沿岸域には壊滅的な被害がもたらされた。下水処理場は稼働停止に陥り、震災後1年以上経て未だ機能の完全復旧には至っていない。このため放流水質は極めて悪く、放流先の沿岸海域、特に閉鎖性海域の水質、底質および生態系への影響が懸念された。これをふまえて、宮城県と東北大学が協力し松島湾, 志津川湾, 気仙沼湾の状況の緊急調査を行った。本稿ではこの調査結果をまとめ今後の課題について述べる。

表 震災後の松島湾における水質調査結果(一例)

	1. 港橋		2. 西浜		3. 桂島		4. 桂島西		5. 松島海岸沖	
COD基準 H21平均	<8.0	<u>3.0</u>	<3.0	<u>0.7</u>	<2.0	<u>2.7</u>	<2.0	<u>2.7</u>	<2.0	<u>3.0</u>
	5月	7月	5月	7月	5月	7月	5月	7月	5月	7月
COD (H21各月)	3.6	3.7	<0.5	1.3	3.0	6.1	3.0	5.7	4.0	5.0
COD	5.1	5.0	4.2	3.6	2.6	<0.5	2.0	6.0	2.6	<0.5
大腸菌群数	46,000	930	9,300	23	43	28	9.2	23	9.2	23
糞便性 大腸菌群数	4,900	600	3,100	85	陰性	18	陰性	陰性	陰性	14
環形動物	5	4	10	1	-	9	4	14	103	7
軟体動物	7	3	10	21	-	5	9	6	2	12
節足動物	0	0	0	0	-	0	0	7	0	21
合計	12	7	20	22	-	14	13	27	105	40

COD : mg/L
糞便性大腸菌群数 : cfu/100mL
大腸菌群数 : MPN/100mL
底生生物 : 個体数/20cm四方

『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向けて』

……pp.13～18

玉置 仁¹⁾

¹⁾石巻専修大学

主旨:

東日本大震災とそれに伴い来襲した津波は、三陸沿岸にある浅海域生態系に大きなダメージを与えた。本研究では、宮城県石巻市沿岸にある干潟、アマモ場、アラム場を対象に調査・研究を行い、これらの浅海域生態系が、東日本大震災により受けたダメージの現状とその回復に向けての考察を行った。本研究により得られた主な結論を下記に示す。

震災に伴う地盤の低下により、石巻市渡波地区にあった干潟は消滅し、またアサリ群集もダメージを受けた。しかしその後の調査の結果、稚貝の加入により、アサリの密度が一部回復しつつあることが明らかとなった。ただし地盤の低下に伴う底質の泥化、および汚濁化が認められることから、さらなるモニタリングが必要と考える。

牡鹿半島東岸では濃密なアマモ場が形成されていたが、地震とそれに伴い発生した津波により、草体が流出し、群落が大幅に縮小した。現在のところ、震災前のアマモ場の状態には回復していないが、2012年冬には少しの数ではあるが種子から出芽した実生も認められ、自律的な回復の兆しが期待される。

牡鹿半島東岸のアラム場に関しては、大きなダメージは認められず、濃密な群落を見ることができた。しかし震災に伴う地盤の沈下により、アラムの水深帯が約1 m程度深くなっていた。水深の増加に伴う環境の変化により、アラムを含む海草藻類の植生がどのように変化していくかが懸念されたため、今後もモニタリングを継続する予定である。一方、磯根資源に関しては、震災によるダメージを受けたが、少しずつではあるがウニ等の底生動物も増加しており、磯根資源の回復の可能性が期待された。

『東松島市を中心とした津波打ち上げヘドロの状況調査』

高崎みつる¹⁾, 玉置仁¹⁾, 堀知行²⁾, 片山葉子³⁾

¹⁾石巻専修大学, ²⁾(独) 産業技術総合研究所, ³⁾東京農工大学

津波被災を受けた海岸線の地勢は、山が陸に迫る三陸沿岸や茨城北部の形態と、海岸沿いに居住地、田畠、水田の広がっている平野部とに大別出来る。東松島市の被災地は海岸線に続く広い平野部が多く、仙台市の被災地ほぼ全域、宮城県南部～福島県の平野部、石巻市の北上川河口周辺と同様代表的な平坦地域となる。東松島市の東部石巻側と、石巻市中心を流れる旧北上川河口周辺には、おびただしい量の真っ黒な海底堆積物が打ち上げられ、異臭を放っていた。俗に言う「ヘドロ」といったものである。海底堆積物は、仙台湾の仙台空港周辺から名取市周辺では、砂質の混ざった有機物含有量の少ない海底堆積物が打ち上げられ、性状は東松島市大曲地区に見られたヘドロと異なっていた。石巻市の旧北上川河口周辺には、大規模製紙会社工場や、日本では有数の規模という水産加工団地が漁港背後地に連なっている。水産加工団地では長年、捌き、すり身、加工製品生産が大量に行われてきた。水産加工団地には専用の水産加工排水処理場が設けられ、排水浄化が行われてきた。水産加工団地からの排水が高濃度であることは、下水処理場の最初沈殿池通過後 BOD で 1000mg/L 超が測定された実績からもうかがえる。また高濃度(負荷)流入水に対応させる為、水産加工団地をエリアとする下水処理場では純酸素活性汚泥法で施設運用されていた事からも、水産加工工場からの排水負荷が大きかったことが分かる。

長期間続いた加工工場操業の結果か、製紙工場排水の影響か、旧北上川からの負荷の影響か、津波由来の真っ黒な異臭を放つヘドロの由来は特定出来ない。しかし、事実として津波は長期間海底に堆積してきた有機物の一部を陸へと移動し、我々はその現実を目にする事が出来た。当地で津波を見た住民は、皆一様に「津波は真っ黒な壁で迫ってきた」と言うが、津波がヘドロを巻き上げ平地に運び込んだ事は疑うまでもない。

ヘドロの分布は、海岸に近く道路寄り(盛土に近い)箇所では比較的浅かった。またそこではヘドロの強熱減量も田畠の土と大差なかった。これは海



写真 1 海岸線に近い水田跡地:道路近くの水田跡:道路(凸部)の近く

岸線に近い場所では、引き波が道路など凸部を乗り越える際渦流となり、土壌を引き剥がした為と思える(写真1)。このような海岸線に近い水田跡地では、盤層(水田に張った水漏れを防ぐ粘土層)がほぼ剥き出しになり、真っ赤な鉄分の多い水に覆われていた(写真2)。津波襲来以前の水田(写真3)と比べると全体的な変化を見る事ができる。しかしこのような場所は面積としてはごく一部であり、他の多くの水田跡地には真っ黒な異臭の激しい「ヘドロ」堆積が見られた。



写真2 海岸線に近い水田跡地:盤層剥き出しとなり鉄分の多い水に覆われる



写真3 津波襲来以前東松島市大曲地区の水田

何回かの津波襲来で海水が長期間溜まった海岸線から離れた水はけの良くない水田(写真4&5)や、3日以上津波由来浸水によって水没した住宅には、真っ黒な異臭の激しい「ヘドロ」堆積が見られ、そのヘドロ堆積厚は40cm位と海岸線近くや住宅内部と比べ厚い分布となって広範囲に見られた。



写真4 海岸線から離れた水はけの良くない水田:表面だけが酸化



写真5 海水が長期間溜まった海岸線から離れた水はけの良くない水田

各住宅内ヘドロ厚は、一定では無かった。これは住宅の気密性など構造によるものであろうが、平均的にはおよそ5cmから20cm程度のヘドロが、津波襲来の2ヶ月以上を経て脱水ケーキ状(含水比約60%)に覆っていた。

被災した水田には、搜索の一段落した夏以降、キャタピラを付けた工事車両が駆け巡った

所もあった。そのような場所ではそれまでの堆積ヘドロは風化が進んだ(写真 6)。

このように津波由来ヘドロの堆積厚は、地勢や平面の構造物によって変化していて、その堆積量を推す事は困難である。極めて荒い見立てではあるものの、海岸線からの距離と場所の特性を考え併せ、真っ黒で異臭を放つヘドロの打ち上げ容積を含水率約 6 割の汚泥ケーキと看做した場合、東松島の大曲地区約 9km² に対し、平均 10cm~15cm 程度の堆積と見込めば、打ち上げヘドロ容積は約 135 万 m³~90 万 m³ と見込めそうである。

北上川由来の有機物負荷量として、今回の推計に用いることのできるデータには BOD が在る。石巻専修大学のすぐ前を流れる旧北上川で行ってきた過去 14 年間の週一回頻度で高崎研究室が観測/測定してきた水質観測の中から、過マンガン酸カリウム消費量データを用いて暫定的な COD 換算を試みた。河口上流 8km (潮汐の影響で海水希釈の影響を受けない地点)における過マンガン酸カリウムから換算した COD 推定値はおおよそ 2mg/L で、同地点の BOD は 2.4mg/L となっていた。

BOD はもとより、COD も底質堆積未分解有機物を推す水質として相応しい内容ではない。その議論は今後の課題として残すが、現在水質指標として用いることのできる有機物(またはその酸素消費)に関わるこの二つの指標をベースに、北上川由来の有機物負荷を計算すると、COD でおおよそ 35 トン、BOD では 41 トンとなった。

旧北上川河口に在る石巻市と産業由来の有機物負荷には、生活排水、工業排水などがあり、そのうち一人一日当たりの有機物汚濁負荷量(BOD として)は 40g から 45g の範囲で考え、人口を 18 万強から 17 万弱の範囲で考えれば、生活排水由来有機物負荷は BOD としておおよそ 6.8 トン~8.1 トン/日となる。この市街地からの負荷は、製紙工場の実質操業の始まった 1941 年から 70 年間続いたと仮定した。

一方、石巻市に隣接する大曲地区に堆積した有機物量の推計では、堆積ヘドロ量、含水率、比重(砂として計算)、強熱減量などを考え合わせた。打ち上げヘドロ由来の有機物量は、最も少ない条件で見積もった場合、おおよそ 9 万 ton から最大 27 万 ton と見積もれた。これを石巻市初となった工場操業年数をベースにして、70 年間に蓄積したヘドロ中有機物



写真 6 キャタピラを付けた工事車両が駆け巡った跡:堆積ヘドロは風化が進む

量と看做し、負荷予想を一日あたりに換算して推計すれば、有機物負荷量は最小の条件で約3.5トﾝ／日、最も負荷の大きな条件では約10.6トﾝ／日の蓄積があったと見積もることができる。

以上を整理すれば、川由来と生活排水由来有機物負荷の合計は、およそ48トﾝ／日から49トﾝ／日、東松島市大曲地区に残った打ち上げヘドロだけをベースに見積もった有機物量(強熱減量より換算)は、最小3.5トﾝ／日、最大10.6トﾝ／日ということになる。

実際は川由来の有機物負荷や生活排水由来の負荷に合わせ、水産加工業やパルプ工場などからの排水負荷、更に残餌や糞など沿岸養殖の影響が加わる。従って川由来と生活排水由来の負荷から未分解堆積物中の有機物含量を論じるのはおかしい。

また今回の打ち上げヘドロ対象は、ヘドロ堆積跡地の一部であり、海から来たヘドロは津波の引き波に乗って海へと戻っていった割合が計算出来ないといった事実もある。これは近年の生活史の変化の中で排水中有機物の挙動を考える上では、結果を過小評価する要因であることは明らかだ。

いずれにしても市民生活の変化、水産加工場の排水やパルプ排水の影響、沿岸での養殖漁業の展開など幾つかの社会システムの変化が長期間にわたって未分解有機物ヘドロを海底に蓄積させ、その量はかなり膨大で、上記の範囲と見積もれるという結果である。ヘドロ中に残された十分膨大な量のヘドロ蓄積は今も各地で続いていること、これから先も延々と続く。この先何らかの対策を講じる必要は無いのか、このままで良いのか、それを考えるきっかけを今回の東日本大震災と大津波は私たちに与えてくれた。

これから数百年以上このような状況が続き、その時の沿岸域生態系や漁業資源を考えると恐ろしい。

『東日本大震災後の松島湾, 志津川湾, 気仙沼湾の状況と課題』

西村修¹⁾, 丸尾知佳子¹⁾, 相川良雄¹⁾,
千葉信男¹⁾, 佐々木久雄¹⁾, 福地信一²⁾

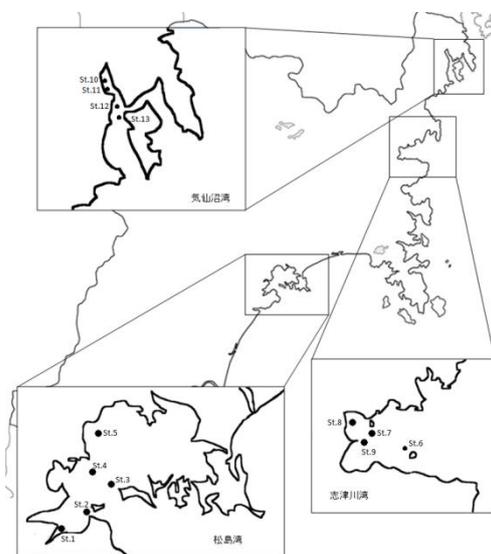
¹⁾東北大学大学院工学研究科, ²⁾宮城県保健環境センター

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震はマグニチュード9.0と日本観測史上における最大の巨大地震であり, 沿岸域では発生した大津波により壊滅的な被害がもたらされた。

宮城県沿岸域にある下水処理場も沿岸域を中心に停電や浸水, 施設破損により稼働停止に陥り, 震災後1年以上経て未だ機能の完全復旧には至っておらず, 2ヶ所が稼働停止中, 7ヶ所が応急対応中である¹⁾。地震発生直後はほとんどの地域で断水も発生したが, 徐々に上水道が復旧し下水が排出され始めた。これに対して殆どの処理場で応急復旧を開始するも, 従前の放流水より水質は極めて悪く, 放流先の沿岸海域, 特に閉鎖性海域の水質, 底質および生態系への影響が懸念された。

一方, 東日本大震災による甚大な被害で宮城県は一時的に平成23年度の海域環境モニタリングの中止を余儀なくされた。これをふまえて, 宮城県と東北大学が協力し松島湾, 志津川湾, 気仙沼湾の3海域の状況の緊急調査を行った。本稿ではこの調査結果等をもとに震災後の松島湾, 志津川湾, 気仙沼湾の状況をまとめ, 水環境再生における今後の課題について述べる。



2. 水質・底生動物調査方法

調査地点は図1に示す松島湾内5地点, 志津川湾内4地点, 気仙沼湾内4地点の計13地点であり, 本地点は宮城県公共用水域定点調査地点である。松島湾内には, 処理人口が約35.5万人の仙塩浄化センターから処理水の一部の流入がある。

図1 宮城県松島湾, 志津川湾, 気仙沼湾調査地点. 松島湾: St.1 港橋, St.2 西浜, St.3 桂島, St.4 桂島西, St.5 松島海岸沖. 志津川湾: St.6 樺島, St.7 荒島, St.8 魚市場前, St.9 弁天崎. 気仙沼湾: St.10 神明崎, St.11 蜂ヶ崎, St.12 大川河口, St.13 大島北

また志津川湾内には震災前は志津川浄化センターからの処理水流入があったが、震災当日から現在に至るまで町内全域約 5,700 件(給水契約件数)で断水しており²⁾、汚水の排出が少ない状況である。気仙沼湾内には震災前は気仙沼終末処理場からの流入があり、この処理場の処理人口は約 1.1 万人である。しかし、現時点でも下水処理場の機能は停止中であり³⁾、上水道の復旧により発生した汚水が損傷した下水道管等から漏れ出していると考えられる。このため気仙沼市では節水を呼びかけている。

本調査は平成 23 年 5 月と 7 月に実施された(一部 9 月も実施)。水質調査では、COD、SS、大腸菌群数、糞便性大腸菌群数を測定した。また底生動物の個体数をカウントした。

水質調査用試料については、各地点において表層のサンプルを採取した。採水時には pH、DO、塩分濃度をポータブル測定計を用いて現場で測定した。細菌用試料については、実験室内にて滅菌済みの採水瓶に採取した。底質試料はエクマンバージ採泥器(20cm 四方)を用いて採取し、底生生物用試料は、1mm メッシュを通し、ホルマリン固定を行った。採取した試料を全て冷蔵状態で搬送した。

3. 調査結果

1) 松島湾

松島湾の St.1(港橋)は貞山運河を通じて仙塩浄化センターの放流水が一部流入する地点である。松島湾も津波被害を受けて湾内のカキ棚は壊滅的な状況であったが、それでも他の沿岸域に比べれば津波の被害は小さく、松島湾に浮かぶ島々が自然の防波堤となって津波の影響を緩和したと言われている。

表 1 松島湾の調査結果

	1. 港橋		2. 西浜		3. 桂島		4. 桂島西		5. 松島海岸沖	
COD基準 H21平均	<8.0	3.0	<3.0	0.7	<2.0	2.7	<2.0	2.7	<2.0	3.0
	5月	7月	5月	7月	5月	7月	5月	7月	5月	7月
COD (H21各月)	3.6	3.7	<0.5	1.3	3.0	6.1	3.0	5.7	4.0	5.0
COD	5.1	5.0	4.2	3.6	2.6	<0.5	2.0	6.0	2.6	<0.5
大腸菌群数	46,000	930	9,300	23	43	28	9.2	23	9.2	23
糞便性 大腸菌群数	4,900	600	3,100	85	陰性	18	陰性	陰性	陰性	14
環形動物	5	4	10	1	-	9	4	14	103	7
軟体動物	7	3	10	21	-	5	9	6	2	12
節足動物	0	0	0	0	-	0	0	7	0	21

表 1 には松島湾の水質の 5、7 月の調査結果を示した。湾奥の港橋、西浜では震災前に比べて COD の値が上昇した。特に西浜においてその傾向が顕著であり、平成 21 年度の平均は 0.7mg/L であったのに対して、5、7 月では 4.2、3.6mg/L で環境基準を超過する値を検出した。

また大腸菌群数、糞便性大腸菌群数も極めて高い値を示した(図 2)。5 月には 48,000MPN/100mL と 3 倍の値を記録した。しかし、7 月には 930、9 月には

1500MPN/100mL と比較的低い値であった。なお、糞便性大腸菌群数は 5, 7, 9 月にかけて 4,900, 600, 204cfu/100mL と以下に記すように仙塩浄化センターの浄化機能の応急的な回復にともない低減した。

仙塩浄化センターは発災後から 4 段階の段階的復旧を行っており、発災直後から H23 年 6 月まではステップ 1 として下水道の最低限の機能としての下水の受入のための施設復旧を行った。その後ステップ 2 (H23 年 6 月～H24 年 3 月)では沈殿処理から簡易曝気処理へと処理水質の向上を図り、汚泥処理を開始した。そしてステップ 3 (H23 年 6 月～H24 年 3 月)では処理水質のさらなる向上のために簡易曝気処理から生物処理へと処理機能を回復させている⁴⁾。調査した 5 月から 9 月はステップ 1 から 2 への移行期にあり、ほとんど処理されない下水が流入した結果が 5 月に、簡易的な処理の結果が 7 月に反映したものと推定される。

表 1 には松島湾の震災前後の底生動物の個体数変化を示した。港橋, 西浜, 桂島西において H11 年に調査⁵⁾された時の値よりも激減していた。しかし、松島海岸沖においては H11 年とほぼ同様に 100 個体以上が検出された。内訳としては、H11 年の調査においては環形動物が 8 割以上を示していたのに対し、震災後の港橋, 西浜, 桂島西では軟体動物の割合が約 5 割に上昇していた。一方個体数の変化がなかった松島海岸沖では環形動物がほとんどであり、底生動物種類としても震災前と変わりがなかった。底生動物の生息に関しては港橋, 西浜, 桂島西では直接的な津波の影響およびその後の水質悪化の影響等が複合的に作用したことが推測される。しかし、松島海岸沖では底生動物相に変化が認められなかったことから、津波によるダメージは軽微であったものと考えられる。

松島湾には震災以前には湾の東部を中心に約 22 万 m² のアマモ場と湾入り口から中央部にかけて、17 万 m² のガラ藻場が存在していた。これらの分布海域を中心に、震災後の衛星写真や航空写真を参考に船上からの目視調査を実施した結果、湾奥部の砂泥質の底質に広く分布していたアマモ場がほぼ壊滅的な被害を受けて消滅していることがわかった。また、岩礁や転石に付着して生育するガラ藻場の被害は軽微で、特にアカモクなどのホンダワラ類の藻場については、分布域に大きな差は認められず、震災以前より広く分布していた箇所も見られた。

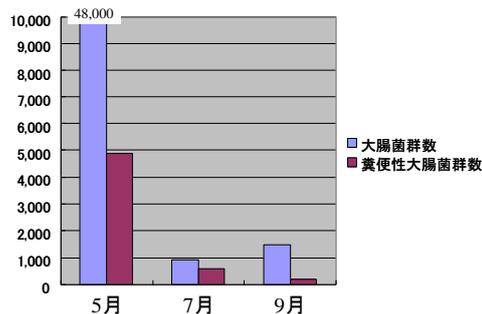


図 2 松島湾港橋 (St. 1) の震災直後の水質 (大腸菌群数, 糞便性大腸菌群数)

2) 志津川湾

表2には志津川湾の水質の5,7月の調査結果を示した。5月の時点では震災前に比べて全ての地点でCODの値がわずかに上昇した。特に魚市場前で2.5mg/Lを検出したが、下水処理場からの放流水はなく、糞便性大腸菌群も陰性であるため生活排水以外の原因での上昇と考えられる。

7月には椿島, 荒島, 魚市場前とも5月の時点よりCODが低下し, 弁天崎では5月と同値であった。また大腸菌群数, 糞便性大腸菌群数は陰性の地点が無くなり, 全ての地点で検出されたことから, 生活排水由来の汚水が流入し始めたものと考えられた。

また, 表2には志津川湾の震災後の底生動物の個体数変化を示したが, 5月には底生動物はほとんど見られなかったが, 7月の魚市場前では環形動物, 甲殻類を中心に底生動物の回復が認められた。志津川湾でも松島湾と同様にガラ藻場などの根付き藻場より, 砂泥質に生育するアマモ場の被害が甚大であったが, 有機底泥を中心として津波による底質の洗い出しが発生し, 底生の植物や動物に大きな影響を及ぼしたと考えられる。

表2 志津川湾の調査結果

	椿島		荒島		魚市場前		弁天崎	
	5月	7月	5月	7月	5月	7月	5月	7月
COD基準/H21平均	<2.0	0.7	<2.0	1.8	<3.0	2.1	<2.0	1.1
COD(H21)	1.1	0.6	1.7	1.9	1.9	2.5	1.6	1.1
COD	2.0	1.6	2.3	1.5	2.5	1.3	1.8	1.1
大腸菌群数	3.6	43	陰性	23	4	460	7.4	4.1
糞便性大腸菌群数	陰性	52	陰性	98	陰性	94	陰性	6.1
環形動物	7	-	0	-	0	35	0	-
貝類	1	-	0	-	0	9	0	-
甲殻類	0	-	0	-	0	46	0	-

3) 気仙沼湾

表3には気仙沼湾の水質の5,7月の調査結果を示した。5月の時点では湾奥の神明崎, 蜂ヶ崎で平成21年度に比べてCODの上昇が認められた。さらに7月には大川河口, 大島北においてもそれぞれCODが3.3, 2.8mg/Lと上昇した。また大腸菌群, 糞便性大腸菌群の値をすべての地点で5月から7月にかけて上昇し, 下水道が壊滅的な被害を受けて停止している中, 徐々に流入量を増した生活排水によって汚濁が進行したことがわかる。

底生動物は5月にはどの地点でも検出されなかったが, 7月に環形動物が神明崎, 大島

表3 気仙沼湾の調査結果

	神明崎		蜂ヶ崎		大川河口		大島北	
	5月	7月	5月	7月	5月	7月	5月	7月
COD基準/H21平均	<3.0	2.7	<3.0	2.7	-	-	<2.0	2.1
COD(H21)	2.2	3.8	2.3	3.3	-	-	2.0	2.1
COD	3.1	4.3	2.9	2.8	3.1	3.3	1.4	2.1
大腸菌群数	1,500	93,000	93	240	29,000	93,000	390	9.1
糞便性大腸菌群数	360	57,000	8	60	640	38,000	12	3.1
環形動物	0	66	0	-	0	6	0	1.1
貝類	0	0	0	-	0	0	0	-

北で検出された。採泥した底質からは油臭が発生し、木材が燃えた後の炭のような物質も多く含まれていた。気仙沼湾では東日本大震災で大規模な火災が発生したが、津波による底質の大規模攪乱に加えて火災の影響による深刻な底質環境悪化が発生したことがうかがい知れた。

4. 今後の課題

各湾の水質は浄化センターの復旧段階にあわせて回復しているが、各センターとも本格的な復旧にはまだまだ時間がかかるようであり、その影響が長期化する中で有機汚濁や富栄養化などの水環境問題の発生も懸念される。

底生生物に関しては全ての地点で個体数が減少し、津波により底質ごと沖あるいは陸地へ移動したと考えられる。また、震災によって底質は砂質化あるいは泥質化と様々に変化しており、底生動物の生息に大きな影響を及ぼしている可能性がある。底生生物の減少は、自然浄化機能の低下、さらに水産資源の生産力の低下などに繋がるため、回復具合を継続的にモニタリングしていく必要がある。

また、松島湾ではアマモが激減している中でアマモをよみがえらせようと塩釜市民らが設立した「松島湾アマモ場再生会議」と国土交通省の塩釜港湾・空港整備事務所が中心となって「松島湾の海域環境復興を考える検討会」を開き、再生へ向けた取り組みを開始している⁶⁾。この検討会では、松島湾のアマモ場は大部分が消失したが、同時に地盤が沈下、津波による流動で、底質環境も変化したことから、かつてと同じ場所がアマモの生育に適しているとは限らないことをふまえて、アマモ再生に取り組んでいる。海藻や底生動物は自然に回復する場もあるであろうし、そうでない場所もあるであろう。適切に自然再生を行っていくことは重要であると思われる。

震災によって東北沿岸域は甚大な被害を受け、復旧・復興への道のりは緒に就いたばかりである。生活環境の再建が災害に強いまち作りとあわせて迅速に行われる必要があるが、環境問題の発生によるさらなる被害の可能性も否定できない。環境保全・再生のために様々な検討と対応を行っていく必要がある。

謝辞

本調査研究の一部は公益社団法人日本水環境学会の震災対応活動として行われた。また、本調査研究を行うに当たりニッセイ財団、国立環境研究所、宮城県保健環境センター、東北

大学環境機能利用工学(三菱マテリアル)寄付講座ほか,さまざまな機関,個人に支援をいただいた。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献

- 1)宮城県 HP:東日本大震災への対応について,宮城県内の下水道について, H23 年 10 月 31 日 [http://www.pref.miyagi.jp/gesui/70_saigai/76_H23_3_11jisin_sityouson.html]
- 2)南三陸町 HP:上水道の状況について, H23 年 4 月 18 日
[http://www.town.minamisanriku.miyagi.jp/modules/gyousei/index.php?content_id=273]
- 3)気仙沼市 HP:[震災関連情報]ライフライン情報-下水道, H23 年 6 月 16 日
[<http://www.city.kesennuma.lg.jp/www/contents/1301584011360/index.html>]
- 4)宮城県中南部下水道事務所 HP:仙塩浄化センター復旧だより, H24 年 6 月 1 日
[<http://www.pref.miyagi.jp/senen-wwt/>]
- 5)松島湾リフレッシュ事業評価懇談会第 2 回懇談会資料(H18 年 4 月 27 日)
[http://www.pref.miyagi.jp/kasen/kaigan/matsusima_kon2s.pdf]
- 6)塩釜港湾・空港整備事務所 HP:松島湾の海域環境復興を考える検討会資料(H24 年 5 月 15 日) [<http://www.pa.thr.mlit.go.jp/shiogama/>]

『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向けて』

玉置 仁¹⁾

¹⁾石巻専修大学

1. はじめに

2011年3月11日の東北地方太平洋を震源とする大地震とそれに伴い発生した大津波は、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・干潟生態系¹⁾にも甚大なダメージを与えた。藻場や干潟は、ある程度の自然攪乱を受けても環境条件が整えば、短い場合には1年、長くても数年をかけて自律的に回復することが知られている^{1, 2)}。しかし、藻場・干潟生態系が、この度のようにきわめて大きな地震と津波の影響を受けた場合、どのようなダメージを受け、さらにその後、どの程度自律的に回復するのか全く不明であった。そこで本稿では、宮城県石巻市沿岸にある干潟、アマモ場、岩礁域に形成される藻場(アラメ場)を対象に調査・研究を行い、震災前後の生物・環境データとの比較から、これらの浅海域生態系が、東日本大震災により受けたダメージの現状とその回復に向けての考察を報告したい。

2. 宮城県石巻市渡波地区にある干潟の現状

本地先では、干潮時に干潟が広がっていたが、3月11日の震災に伴う大幅な地盤の低下が懸念された。そこで2011年7月と11月に岸から沖方向に100mのラインを引き、10mごとに測深を行った。また岸から10m, 25m, 35m, 50m離れた場所において、0.5mの方形枠を用い、アサリの個体数とその殻長を記録した。さらに上述の4地点において、表層から5cm深さの土壌を採取し、粒度組成、強熱減量、硫化物濃度を測定した。なおここでは比較対照として、同地点で調査を行った震災前の2010年6月の干潟の地形勾配、および2010年6月と9月に調査した底生動物のデータを用いた。



図 1 震災前後の本地先の風景。(A)震災前の様子(潮位±0m時に撮影)、(B)2011年7月の様子(潮位±0.16m時に撮影)

2-1. 震災に伴う地形勾配の変化

震災前後の本地先の風景を図1に示す。深淺測量の結果、地震とそれに伴い発生した津波により、約 0.8m の地盤低下が認められ、本地先では干潟(砂泥質の潮間帯)が消滅していた。

2-2. 干潟生態系が地震・津波により受けたダメージとその回復

ここでは、水産有用生物であるアサリを中心に説明を行う。アサリ群集に関しては、2011年7月には、震災前と比較してその個体密度が平均で4割減となっており、震災のダメージが認められたが、その後の11月には浅場では依然低いものの、稚貝の加入によって、深所ではアサリの密度が回復しつつあることが分かった。

2-3. 震災前後の底質環境の変化

2011年11月の調査では、地盤の低下に伴う流動の静穏化により底質が泥化し、シルト分(粒径0.075mm以下の粒子)が7月時と比較して、約10%以上と増加していることが分かった。アサリ浮遊幼生の着底に関しては、シルト分が10%を超えると阻害されることが報告されている³⁾。また底質の泥化に加えて、強熱減量や硫化物濃度の増加といった汚濁化も確認されている。本地先における震災からのアサリ密度の回復に関しては、稚貝加入の寄与が大きかったことから、今後、地盤低下に伴う底質の泥化、および汚濁化によるアサリ浮遊幼生の着底と稚貝の生育に及ぼす影響が懸念される。2012年4月の生物調査では、本地先のアサリ群集は回復の傾向にあったが、今後もモニタリングを行い、アサリの生育状況を把握していく予定である。また、震災後の底質環境がアサリ浮遊幼生の着底に及ぼす影響等を明らかにしていくことにより、本地先におけるアサリ資源の回復に貢献していきたいと考える。

3. 宮城県石巻市牡鹿半島東岸のアマモ場の現状

本地先では、岸そばの30mから80mにかけて海草アマモの群落が形成されていたが、この度の地震とそれに伴い発生した津波により、草体の流出が懸念された。そこで2011年8月と2012年1月に岸から沖方向に100mのラインを引き、測深とラインを中心とする幅1m内に出現したアマモの被度を測定した。また岸から90m、および100m離れた場所において、表層から5cm深さの土壌を採取し、底質のシルト含有率を求めた。ここでは比較対照系として、2006年6月に上述と同じ調査ラインを用いて測定された地形勾配、およびアマモの被度データ、2005年12月の底質の粒度組成データを使用した。なお2006年6月から震災

前の 2010 年 11 月までは、アマモ類の分布域に大きな変動がないことを船上からの目視にて確認している。

3-1. 震災に伴う地形勾配と底質の粒度組成の変化

震災後には約 0.1~0.4m の範囲で若干、地盤が低くなっていた。このことから本ライン上では、地震と津波に伴う地盤の低下は比較的軽微であったと推察されるが、港では約 1m 程度の地盤の沈下が確認されており、かつてアマモの群落が見られた別の場所では、より大きく地盤が沈下している可能性も危惧された。事実、震災後には底質中のシルト分が著しく減少しており、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る。今後、広域的に深淺測量を行い、湾全体の地形の変化を明らかにしていきたいと考える。

3-2. アマモ場が地震・津波により受けたダメージとその回復

2006 年の調査では、岸そばの 30m から 80m にかけてアマモの分布が観察されていたが、震災後(2011 年 8 月)のアマモ群落に関しては、大幅に縮小し、岸から 68m 離れた場所のわずかな範囲においてのみ、草体の生育が観察された(図 2)。このことから、地震とそれに伴い発生した津波により、アマモ草体が著しく流出していたことが示唆された。なお 2012 年 1 月においても、震災前のアマモ場の状態には回復していないが、少しの数ではあるが種子から出芽した実生も認められ、自律的な回復の兆しが期待される。

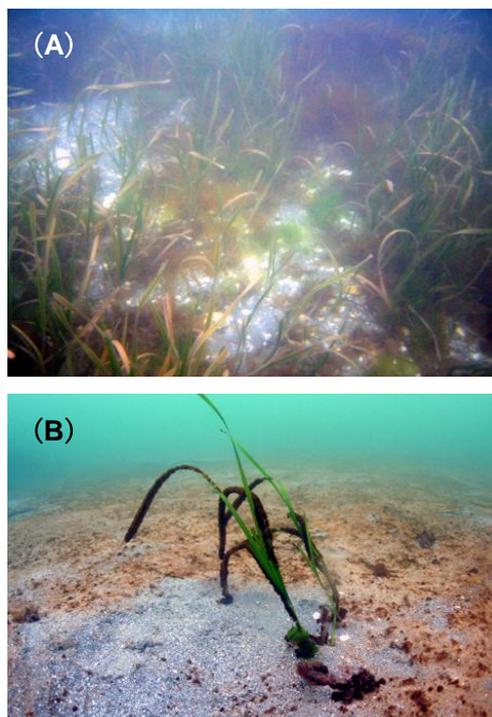


図 2 震災前後のアマモ場の様子。(A) 震災前のアマモ群落、(B) 震災後に観察されたアマモの様子(2011 年 8 月)

4. 宮城県石巻市牡鹿半島東岸の岩礁性藻場(アラメ場)の現状

本地先では、海藻アラメによる濃密な群落が形成され、生産性に優れた海中林の景観を見ることができる。本藻場は、エゾアワビ、キタムラサキウニ等の餌場として水産的にも重要な場であることが、震災前の調査から明らかとなっている。

この度の地震とそれに伴い発生した津波による本藻場へのダメージが懸念されたため、

2011年6～8月と12月にかけて潜水調査を実施した。岸そばを起点として沖方向にかけて、アラメ場の中心を通るよう100mのラインを引き、測深とラインを中心とする幅1m内に出現したアラメ(成体・幼体)、ウニ類(キタムラサキウニ、バフンウニ)、エゾアワビの個体数を記録した。また比較対照として、2008年6月に上述と同じ調査ラインを用いて測定された地形勾配、およびアラメと底生動物の密度データを用いた。なお2008年6月から震災前までは、アラメの分布域に大きな変動がないことをヒアリングにより確認している。

4-1. アラメ場が地震・津波により受けたダメージとその回復

津波の影響からか、人の体以上の大きさの岩がひっくり返り、そこに根付いていたアラメが下敷きになっている様子(図3)も観察されたが、アラメの分布範囲に関しては、2008年6月の結果と比較しても、現在のところ大きなダメージは認められず、濃密な群落を見ることができた(図4)。しかし、地震に伴う地盤の沈下により、これまでと比較して、アラメの水深帯が約1m程度深くなっていた。水深の増加に伴う環境の変化により、アラメを含む海草藻類の植生がどのように変化していくかが懸念されるため、今後もモニタリングを継続する予定である。



図3 津波により、ひっくり返った岩塊。岩塊がひっくり返り、岩についていたアラメが下敷きとなっていた

一方、2011年6～8月の磯根資源に関しては、ウニ類(キタムラサキウニ)は激減、エゾアワビに関しても個体密度の減少が認められた。津波により、これらの底生動物が流出したものと推察された。しかし2011年12月の調査の結果、震災前の状態には至っていないが、ウニ等の底生動物の密度は増加傾向にあり、このことから時間はかかるかもしれないが、磯根資源回復の可能性が期待された。

また岩盤上には、津波により運ばれ堆積したと推察される土砂が広い範囲で観察された(図5)。長期間にわたり土砂が堆積した場所では、アラメの着生・成長の阻害^{4,5)}、アワビの生育不良等^{1,5)}が懸念されるため、上述の植生・底生動物モニタリングと併せて、その堆積状況も今後、調べていく予定である。



図 4 牡鹿半島東岸のアラメ場海中林(震災後)



図 5 岩礁に堆積した砂泥. 左奥の砂泥の堆積が少ない場所では, アラメの生育が観察される

なお, 本稿で報告した地点以外にも, 筆者らは地震と津波の来襲を受けたが残存している干潟やアマモ場, 反対に群落自体が消滅したアラメ場を確認している。以上のように, 海域によっては震災による影響が大きく変化しており, 今後できるだけ多くの場所で被害状況の把握と回復過程のモニタリングを実施することが必要と考える。

謝辞

本調査の実施にあたり, 有限会社フクダ海洋企画の福田民治氏, (独)水産総合研究センター 東北区水産研究所の村岡大祐博士, 石巻専修大学生態工学研究室ほか, 様々な機関, 個人に支援をいただきました。ここに記して感謝の意を示します。また本調査地管轄の漁業協同組合の皆様には, 復興作業でご多忙であるにもかかわらず, 調査地確保にご理解とご協力をいただきました。厚くお礼申しあげます。なお本研究の一部は, 公益社団法人 日本水環境学会の震災対応活動, および公益財団法人 鉄鋼環境基金の 2011 年度一般研究助成の一環として実施されました。

参考文献

- 1) 岡田 光正, 大沢 雅彦, 鈴木 基之 (1999)環境保全・創出のための生態工学, pp.125 - 191, 丸善, 東京.
- 2) 玉置 仁, 福田 民治, 高見 秀輝, 村岡 大祐 (2009)アラメ場の自律的な回復機構の解明, 第 43 回日本水環境学会年会講演集, 217.
- 3) Nakai S., Ishii R., Okuda T., Nishijima W. and Okada M. (2012) Effect of silt and clay on the settlement of short-necked clam *Ruditapes philippinarum* larvae. *Journal of Water and Environmental Technology*, Vol.10, 23 - 30.

- 4) 川崎 保夫, 山田 貞夫 (1991)海中砂漠緑化技術の開発 第5報 アラメ, カジメ, クロメの配偶体および幼孢子体に対する成長限界光量と浮泥堆積量, 電力中央研究所報告, U91034, 12 - 22.
- 5) 玉置 仁, 村岡 大祐 (2011)地震とそれに伴い発生した津波が藻場・干潟生態系に及ぼした影響. 水環境学会誌, Vol.34, 400 - 404.