

## 気仙沼湾のベントスおよび底質の東日本大震災前後における比較

庄子 充広\*1・澁谷 和明\*1・田邊 徹\*1・日下 啓作\*2・中家 浩\*1

Comparison of benthic animals and sediments before and after  
the Great East Japan Earthquake in Kesenuma Bay

Michihiro SHOJI\*1, Kazuaki SHIBUYA\*1, Toru TANABE\*1,  
Keisaku KUSAKA\*2 and Hiroshi NAKAIE\*1

キーワード：ベントス，底質，汚染指標種，東日本大震災

2011年3月11日に発生した東日本大震災及びそれに伴う津波によって、宮城県沿岸部も甚大な被害を受け<sup>1)</sup>、県北部に位置する気仙沼湾においても、陸域からの土砂の流入や海底の攪乱により、湾内底質の性状や生物相、生物数も大きく変化したと考えられる。

本県では震災以前より気仙沼湾に定点を設け、水質・底質・マクロベントス組成・生物量等を調査し、漁場環境を維持・保全するため継続的なモニタリングを行っている。日下ら (2015)<sup>2)</sup> はこのうち震災前後における水質の変化について報告しており、DIN, DIPが震災前後で大きく変化していること、それらが河川からの流入と推測されること、底泥の動態を含めた解析が必要なことを指摘している。一般に、マクロベントスは移動性が小さいことから、しばしば環境における有機物汚染の指標として用いられ、特に底生の多毛類や底質選択性が強い二枚貝類などが生物指標種として有用である。気仙沼湾においても、生物指標を中心としたマクロベントス相の変化を記録することは、生物の側面から津波の底質に対する影響を推測する意味で重要と考えられる。本報告では、震災に伴う津波がマクロベントス相及び底質に与えた影響を把握するため、気仙沼湾奥部で定点調査したデータを用いて、震災前後のマクロベントス組成と底質を比較、検討した。

### 材料と方法

調査点は波浪が静穏で、北部から流入する鹿折川の影響を受ける気仙沼湾奥部の1点を選定した (図1)。震災前のこの調査点について、山岡ら (2011)<sup>3)</sup> は河川や陸水からの負荷の影響が大きく、湾中央部や湾口部よりも汚濁が進んでいるとしている。よって汚染指標種を中心としたマクロベントスの変化を調べるのに適していると考えられた。

マクロベントスのデータは平成18年から平成28年の



図1 調査点図

\*1 水産技術総合センター気仙沼水産試験場, \*2 農林水産部水産業基盤整備課

ものを使用した。底質については、宮城県水産技術総合センター気仙沼水産試験場が津波による全壊の被害を受けたため、データの残存する平成12年から平成20年及び平成23年から平成28年のものを使用した。ただし平成21年および平成22年のCOD（化学的酸素要求量）、全硫化物、シルト含有率については、平成22年に環境省が実施した「平成22年度 海域の物質循環健全化計画」事業の気仙沼湾地域検討委員会に当試験場が提供したデータが残存していたため、使用した。

マクロベントスはエクマン・バージ採泥器（離合社製：採泥面積15 cm×15 cm=225 cm<sup>2</sup>）を用いて4回採泥し、おおむね表層5 cm中（底質4500 cm<sup>3</sup>）に含まれるマクロベントスについて採集した後、1 mmメッシュのふるいを用いて底質と分離し、生物試料とした。ただし平成25年度および26年度は採泥回数が2回（底質2250cm<sup>3</sup>）であったため、経年比較のために平成18年から平成24年および平成27年から平成28年のデータは2で除して採泥2回分として扱った。マクロベントスは種類、個体数及び動物門別の湿重量を個体重量1 g以上と1 g以下に分けて測定した。確認したマクロベントスのうち、汚染指標種とされるものを水産庁（1997）<sup>4)</sup>、今島（1996）<sup>5)</sup>ほか<sup>6)~12)</sup>を参考に区分した。また確認した種類の多様度指数H'（Shannon-Wiener）について、以下の式（1）によって算出した。

$$H' = -\sum_{i=1}^s \frac{n_i}{N} \log_2 \frac{n_i}{N} \dots (1)$$

N：総個体数，ni：i番目の種の個体数，s：種類数

底質はエクマン・バージ型採泥器を用いて1回採泥し、おおむね表層2cm程度採取した。採取した底質試料について、粒度組成および乾泥1g当たりのCOD，全硫化物量，強熱減量を測定した。粒度組成およびCODは水質汚濁調査指針<sup>13)</sup>の方法，全硫化物量は同指針のガス検知管法（ガステック（株）製の硫化物H型及びL型を使用）により測定した。強熱減量は漁場保全対策推進事業調査指針<sup>4)</sup>の方法により測定した。

### 結果

表1，表2は確認されたマクロベントスの個体数を年度別・種類別に示したものである。最も種類数が多いものは多毛類であり，53種がみられた。次いで種類数が多かったのは甲殻類の27種類で，軟体動物は16種類，棘皮

動物は1種類が確認された。採集したマクロベントスのうち，年度別に1g以下の個体数組成を図2に示した。マクロベントス個体数（1g以下）は，震災前は平成19年に457個体が確認された後，減少傾向となり，平成22年には2.5個体が確認されるのみとなった。震災のあった平成23年では5個体と低水準の状態が継続していたが，平成25年に70個体，平成26年に135個体，平成28年には65.5個体と増減しながら推移していた。

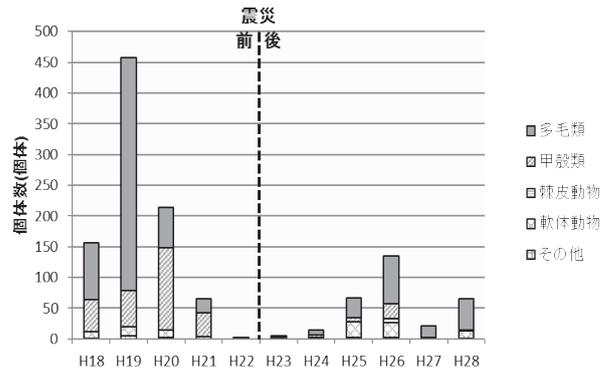


図2 年度別のマクロベントス(1g以下)の個体数組成

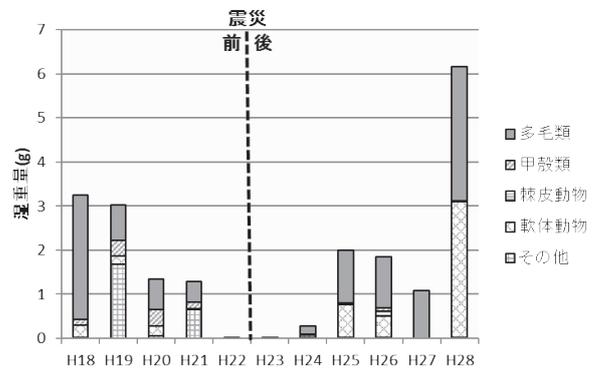


図3 年度別のマクロベントス(1g以下)の重量組成

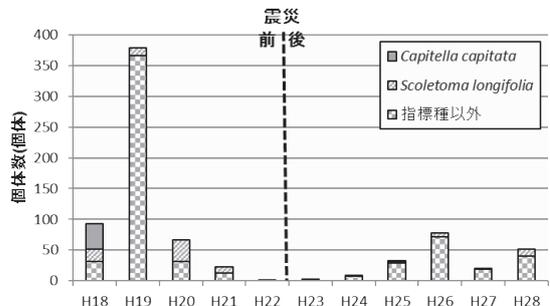


図4 多毛類(1g以下)における年度別の汚染指標種別個体数組成

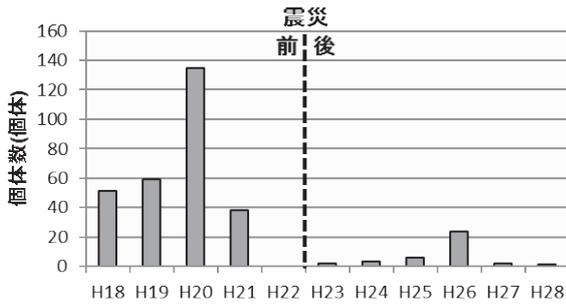


図5 甲殻類(1g以下)における年度別個体数組成

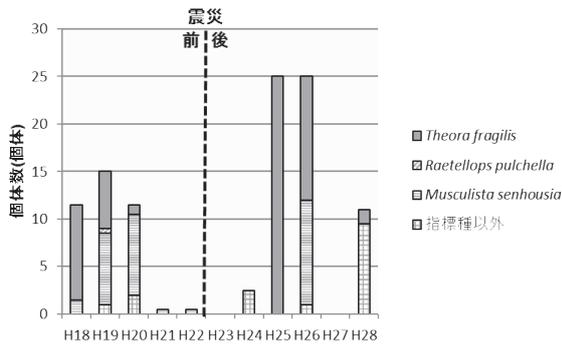


図6 軟体動物(1g以下)における年度別汚染指標種別個体数組成

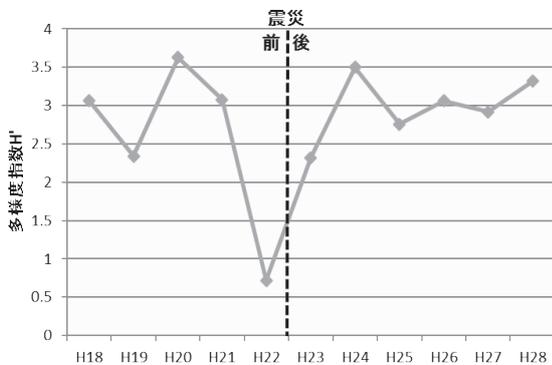


図7 多様度指数の経時変化

種類別にみると、震災前は全動物中に占める多毛類の割合が30.8%から82.7%、甲殻類が13.0%から62.7%であり、この2つの分類群で約90%を占めるのに対し、震災後は多毛類が49.2%から90.7%と増加していた。また確認したマクロベントスのうち1g以下のものについて、年度別の重量組成を図3に示した。震災前後でばらつきはあるが、多毛類が比較的多くの割合を占めていた。

図4に多毛類の年度別・汚染指標種別に個体数組成を示した。表1、図4から、多毛類の中で最も個体数が多く確認されたのは*Pseudopolydora* sp.であったが、当該種は平成19年のみ確認され、他年度はみられなかった。ほ

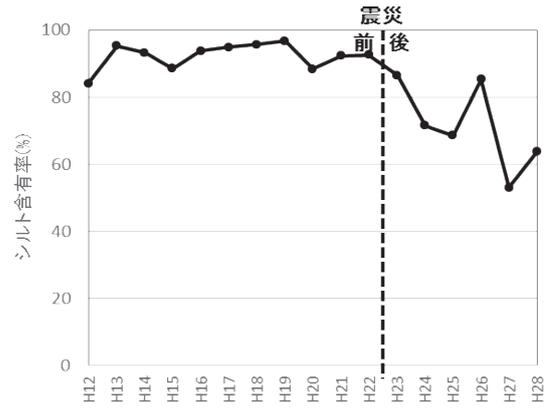


図8 底質特性(シルト含有率)の経時変化

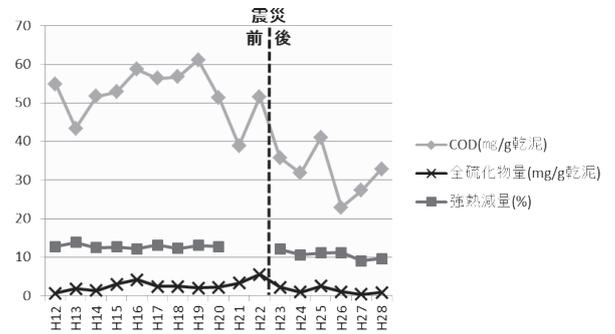


図9 底質特性(COD, 全硫化物量, 強熱減量)の経時変化

かに比較的良好に確認された種類として、*Asabellides* sp. が平成26年に、*Chaetozone* sp. (ミズヒキゴカイ科の一種) が平成25年から平成28年に多くみられた。また汚染指標種として*Capitella capitata* (イトゴカイ科の一種) と*Scoletoma longifolia* (標準和名:カタマガリギボシイソメ) が確認されており、*C.capitata*は震災以前の平成18年度に41個体と多くみられたが、震災後の平成23年以降はほとんど確認できない。一方、*S.longifolia* について、震災以前の平成21年までは最大で34.5個体を確認したが、その後減少し、平成22年に2個体を確認したのち平成23年には確認されなかったが、その後平成28年にかけて増加傾向がみられた。

図5に甲殻類の年度別個体数組成を示した。表2、図5から、甲殻類は平成21年までは50~134.5個体の範囲で確認されていたが、平成22年には確認されず、その後平成28年にかけて個体数が少ない状況が継続していた。

図6に軟体動物の年度別・汚染指標種別の出現個体数組成を示した。表2、図6から、平成21年に大きく減少したのち、平成25年以降は25個体程度と増加がみられ、平成28年には11個体が確認された。軟体動物は*Theora*





*Fragilis* (標準和名：シズクガイ) と *Musculista senhousia* (標準和名：ホトトギスガイ) の有機汚染指標2種類を中心に確認され、平成25年に *T. fragilis* の個体数は増加したが、その後減少した。また *M. senhousia* は平成26年に確認されたが、平成28年には1g以上の個体が1個体確認されたのみであった。

図7に多様度指数 (H') の経時変化を示した。平成21年までは2.3~3.6程度で推移していたが、平成22年に大きく減少したのち、震災のあった平成23年から平成24年に増加し、その後平成28年にかけて平成21年までの水準になった。

図8に底質特性(シルト含有率)の経時変化を示した。シルト含有率は平成13年から平成23年度まで90%前後を占めていたが、その後は減少に転じており、平成28年時では60%前後であった。

図9に底質特性(COD, 全硫化物量, 強熱減量)の経時変化を示した。CODは平成22年まで38.9~61.1mg/g乾泥の範囲で推移していたが、震災のあった平成23年以降は減少し、22~41mg/g乾泥の範囲で推移しており、平成26年から平成28年にかけて増加がみられた。強熱減量は、平成12年から平成28年に向けて緩やかな減少傾向がみられた。全硫化物量は、震災前は増加傾向がみられ、平成22年に5.6mg/g乾泥と調査期間中の最大値をとったが、震災後の平成23年以降は0.5~2.5mg/g乾泥の範囲を推移していた。

## 考 察

宮城県における東日本大震災に伴う津波の底質への影響については、仙台湾<sup>14)</sup>、<sup>15)</sup>及び松島湾<sup>16)</sup>において、津波による攪乱および陸域や河川からの陸土の流入、底質の均一化等が報告されている。本調査が対象としている気仙沼湾においても、同様に津波の影響が想定されるが、震災前後のマクロベントス個体数および種類数を比較すると、震災前の平成22年に大幅な減少がみられ、多様度指数も大きく減少した。このことから東日本大震災に伴う津波の直前に、マクロベントスに影響を及ぼす要因があったと考えられるが、その一つとして平成22年2月に発生したチリ中部地震に伴う津波(以下、チリ津波)が考えられる。気仙沼湾に対するチリ津波の影響について、原口ら(2012)<sup>17)</sup>は海底地形の変化は小さい、もしくは極めて限定的で、調査点の位置する湾奥部では海底土砂移動はほとんど無いとしているが、本調査で対象と

したマクロベントスはごく表層に分布するものがほとんどであり、全くの影響を受けなかったことは考えにくい。一方、底質特性について震災の前後で比較すると、平成22年までシルト含有率は9割程度を維持しているが、平成23年以降、減少傾向に転じている。またCODでは、震災前は50mg/g乾泥以上の値を示す年度が多かったのに対し、平成23年以降は水準が低下している。これらのことは、チリ津波と東日本大震災に伴う津波では底質特性に影響する様子が異なることを示している。マクロベントス組成を見ると、平成22年では *S. longifolia* と *M. senhousia* の汚染指標種2種のみが出現し、多様度指数も低いのに対し、平成23年では種類数が増加しており、多様度指数も上昇している。以上のことから総合すると、チリ津波の攪乱はマクロベントスに影響を与えたものの底質特性を大きく変えるまでには至らなかったが、翌年の東日本大震災に伴う津波の攪乱はマクロベントスだけでなく底質にも大きな影響を与えたと推察でき、これら2つの津波の攪乱の様子が異なると考えられる。チリ津波のあった平成22年に多様度指数が大きく低下した直接の原因は不明であるが、底質中の全硫化物量は平成22年に最大値を示している。また山岡ら(2011)<sup>3)</sup>は震災前の本調査点について、CODと全硫化物から汚染泥の程度は平成3年と平成22年で同程度との結果を示しており、平成22年に汚染指標種のみが出現していることを考慮すると、汚染の程度が高いためにマクロベントスが減少した可能性もある。

マクロベントス種組成について、震災前は多毛類と甲殻類が大半を占めていたのに対し、震災後は多毛類と軟体動物の割合が多くなっており、マクロベントス組成及び個体数が大きく変化した後の底質に生物が入り込む速度は、動物種類ごとに異なることが推測された。津波の物理的攪乱によってベントスの群集構造が変化する事例は大越ら(2015)<sup>18)</sup>によっても報告されており、多毛類においては浮遊発生する種が攪乱後に優先するとしている。また本調査において、多毛類では震災前後で *S. longifolia* が、軟体動物では *T. fragilis* がよく出現していた。山岡ら(2011)<sup>3)</sup>の結果から、本調査点では高い有機物負荷が長く継続していた状況が推測できる。これらのことから、震災後に多く見られた種は環境負荷にきわめて強く、また、物理的 seabed 攪乱からの回復も早いと推測された。一方、甲殻類については、震災以降、出現個体数が著しく減少していたものの、他分類群に属する種と比較して移動性が高いと考えられ、定点モニタリ

ングによる確認と物理的攪乱を直接結び付けるのは難しいと考えられる。

平成26年以降、CODは数値が上昇傾向にあり、震災後に社会活動が復旧するのに伴って一部では有機物の流入が震災前水準に戻りつつあると推測できる。有機物の堆積による底質環境変化は今後も継続し、時として環境に一層の負荷を与え、漁場環境に影響を与えることが考えられる。大越ら（2015）<sup>18)</sup>は、大規模攪乱以降のベントス群集はしばらく変化が継続し、生息環境とともに中長期スケールの考察が必要と指摘している。漁場環境保全の観点から、環境及び生物モニタリングを継続し、数年～数十年規模でこれらの動態を捉えていくことが重要であろう。

## 要 約

平成18年から平成28年までの底質調査結果を用いて、気仙沼湾奥部の調査点におけるマクロベントス及び底質について比較した。

1) マクロベントス種類数は多毛類が最も多く、次いで甲殻類、軟体動物、棘皮動物の順であった。1g以下のマクロベントス個体数は、平成22年に大きく減少しており、また割合について震災前では多毛類と甲殻類が多く、震災後は多毛類の割合が多かった。マクロベントスの重量組成についても多毛類の割合が多かった。

2) 多毛類については*Scoletoma longifolia*が、軟体動物は*Theora fragilis*が震災前後で汚染指標種として多くの割合を占めていた。

3) 平成22年にマクロベントスが減少した要因として同年2月に発生したチリ地震津波の影響が考えられた。またマクロベントス個体数、種組成と底質特性の変化から、チリ地震津波と東日本大震災に伴う津波では、生物と環境に与える影響は異なると考えられた。また平成26年以降CODの上昇がみられたことから、社会活動の復旧が影響しているものと推察された。

4) マクロベントスについて、攪乱からの回復の速度は動物門ごとに異なると推測された。また震災後に多く確認された種は環境負荷に強く、物理的海底攪乱からの回復も早いと推測された。

## 謝 辞

本研究について、永年にわたり気仙沼湾の水質・底質調査に携わってこられた宮城県水産技術総合センター気仙沼水産試験場の職員諸氏に多くのご助力をいただきました。ここに記して深く感謝の意を表します。

本研究は宮城県単独事業「漁場環境保全推進事業」において実施された調査の一部を活用したものです。

## 参考文献

- 1) 水産庁(2011). 平成23年度水産白書. 4-5
- 2) 日下啓作, 石川哲郎, 中家浩, 千葉充子 (2015). 気仙沼湾での東日本大震災による養殖漁場の水質変化. 宮城県水産研究報告, 15 : 1-10
- 3) 山岡茂人, 中家浩, 千葉充子 (2011). 気仙沼湾における底質の経年変化. 宮城県水産研究報告, 11 : 31-41
- 4) 水産庁(1997). 漁場保全対策推進事業調査指針.
- 5) 今島実 (1996), 環形動物 多毛類 シリス科・ゴカイ科・シログネゴカイ科・スピオ科・タケフシゴカイ科・カンザシゴカイ科. 生物研究社
- 6) 今島実 (2001), 環形動物 多毛類Ⅱ. 生物研究社
- 7) 今島実 (2007), 環形動物 多毛類Ⅲ. 生物研究社
- 8) 奥谷喬司 (2001), 日本近海産貝類図鑑, 東海大学出版会
- 9) 内藤了仁(2010). 積物中の有害化学物質管理. 港湾技術研究所資料, 1219 : 1-132
- 10) 西栄二郎, 田中克彦 (2007). 神奈川県の大瀬・汽水域に産する環形動物多毛類. 神奈川県自然誌資料, 28 : 101-107
- 11) 北隆館 (1965), 新日本動物図鑑 (上) .
- 12) 北隆館 (1965), 新日本動物図鑑 (中) .
- 13) 水産資源保護協会(2008). 新編水質汚濁調査指針.
- 14) 雁部総明, 太田裕達, 鈴木矩晃, 伊藤絹子, 佐々木浩一, 猪股恭平, 中川遼太郎 (2014). C, N量及びC, N安定同

位体比の比較から推定された東北地方太平洋沖地震の津波による仙台湾の海底表層土の挙動. 宮城県水産研究報告, 14 : 1-10

- 15) 雁部総明, 太田裕達, 伊藤絹子, 佐々木浩一, 松本奈々子, 小関由基 (2015). 海底表層度の  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$  分布から推定した東北地方太平洋沖地震の津波に伴う仙台湾への陸土の流入. 宮城県水産研究報告, 15 : 11-17
- 16) 太田裕達, 鈴木矩晃, 雁部総明 (2017). 松島湾における東日本大震災前後の底質環境について. 宮城県水産研究報告, 17 : 34-41
- 17) 原口強, 高橋智幸, 久松力人, 森下祐, 佐々木いたる (2012). 2010年チリ中部地震津波および2011年東北地方太平洋沖地震津波による気仙沼湾での地形変化に関する現地調査. 土木学会論文集B2 (海岸工学), Vol. 68, No.2, 2012, I\_231-I\_235
- 18) 大越和加, 遠藤宜成, 西谷豪 (2015). 1-3-4 河口・干潟域における環境調査と生物調査, 平成26年度 東北マリンサイエンス拠点形成事業(海洋生態系の調査研究)における課題「漁場環境の変化プロセスの解明」の成果概要 国立大学法人 東北大学 学校法人 北里研究所, 48-50