台風 0418 号による干潟の底生動物群集への短期的、長期的影響

平岡 喜代典^{1),*} 大道 優平¹⁾ 中原 真哉¹⁾
池田 武司²⁾ 岡田 光正³⁾

Short- and Long-term Effects of Typhoon 0418 on Macrobenthic Community in Tidal Flats on the Coast of Iwakuni in Hiroshima Bay

Kiyonori HIRAOKA^{1),*}, Yuhei OMICH¹⁾, Shinya NAKAHARA¹⁾, Takeshi IKEDA²⁾ and Mitsumasa OKADA³⁾

¹⁾ Hiroshima Environment & Health Association, 9-1 Hirosekitamachi, Naka-ku, Hiroshima 730-8631, Japan

²⁾ Chugoku-Shikoku Defense Bureau, Ministry of Defense, 6-30 Hatchobori, Naka-ku, Hiroshima 730-0012, Japan

³⁾ The Open University of Japan, 2-11 Mihama-ku, Chiba 261-8586, Japan

Abstract

The objective of this study is to clarify the effects of typhoon 0418 on the macrobenthic community in the tidal flats on the coast of Iwakuni in Hiroshima Bay, using monitoring data from 2001 to 2016. *Zostera* beds disappeared after typhoon 0418 hit in September 2004. The distribution area of the beds recovered to the pretyphoon level after more than eight years, because of two consecutive years of disturbance by typhoons. The bottom sediment of the tidal flats showed large fluctuations in the mud content, COD (Chemical Oxygen Demand) and IL (Ignition Loss) regardless of changes in the *Zostera* bed area. Macrobenthic communities showed a drastic decrease in number of species, number of individuals, wet weight and diversity (H') after typhoon 0418. These values were low during the deterioration period (from just after typhoon 0418 to 2008) of *Zostera* beds, but became high during the recovery period (2009 and later). These results show that the presence of *Zostera* beds is important to the macrobenthic community in tidal flats and that typhoon 0418 had both short- and long-term effects on the macrobenthic community in the tidal flats as it caused physical disturbance and subsequent loss of *Zostera* beds.

Keywords: Typhoon; Tidal flat; Macrobenthic community; *Zostera* bed

1. はじめに

2004年9月7日に九州・中国地方を襲った台風0418号は、観測史上最大といわれる台風であり、広島市では最大瞬間風速 60.2 m s^{-1} を記録した¹⁾。これに伴い建物の倒壊や倒木などの樹木被害だけでなく、多くの死傷者を出す大災害となった。台風被害は、陸上だけでなく、海域にも及び、広島湾では防波堤や栈橋の崩壊、カキ筏の流出など、甚大な被害が出た。

広島湾には、1991年時点で約200haのアマモ場が分布していた²⁾が、台風0418号襲来後、岩国市近海だけでも東側に開けた海域を中心に50ha以上のアマモ場が消失した。また、台風襲来直後の潜水観察では、砂れんが沿岸砂泥域に広く見られ、波浪による物理的攪乱がアマモ場だけでなく、潮間帯から潮下帯にかけて広範囲に及んでいることが確認された。

アマモ場の消失を招くような大きな自然攪乱は、堆積

や侵食による干潟の形状変化だけでなく、底生動物の埋没や散逸などを生じる^{3~5)}恐れがあり、また、アマモ場が持つ流れや波の緩衝機能、底質の安定化機能、一次生産機能など⁶⁾が失われることで、底生動物群集への影響が長期化する可能性もある。

瀬戸内海では、人工干潟が各地で造成され、広島県だけでも五日市人工干潟、尾道糸崎港人工干潟、似島人工干潟等^{7, 8)}が知られる。干潟の造成目的は、アサリ場としての利用など、水産的な面だけでなく、干潟生態系の創出、水質改善などがある^{7~9)}。自然干潟に近い豊富な生物の生息は、人工干潟を造成するうえでの一つの目標となり、目標の達成度を評価するにあたっては、長期間のモニタリングによる長命種の出現など、生態系の自律的安定性の把握¹⁰⁾だけでなく、底生動物の種類数や個体密度について動的平衡状態での変動幅を把握し、同様な海域での自然干潟での変動幅との比較による評価も重要と考える。

1) 一般財団法人広島県環境保健協会 〒730-8631 広島市中区広瀬北町9-1

2) 防衛省中国四国防衛局 〒730-0012 広島市中区上八丁堀6-30

3) 放送大学 〒261-0014 千葉県美浜区若葉2-11

* 連絡先: kiyonori.hiraoka@kanhokyo.or.jp

岩国市地先では、藻場・干潟回復事業に関連して、1990年から干潟の底生動物と底質の調査を2月と8月の年2回実施し、アマモ場についても年1回、その衰退期に分布調査を続けてきた。この間、2004年9月には台風0418号襲来によりアマモ場が消失し、台風襲来2週間後の干潟底生動物群集への影響を調査する機会も得た。

本研究では、瀬戸内海の干潟の底生動物群集の自然変動特性の一つとして、台風0418号による岩国市地先干潟の底生動物群集への影響を明らかにするために、2001～2016年のモニタリング結果を整理し、台風0418号襲来前後の底生動物群集の変化を比較するとともに、底生動物群集とアマモ場との関係について検討を行った。

2. 調査項目及び調査方法

2.1 研究対象水域

研究対象水域は、Fig. 1a, bに示すように、広島湾の西部海域にあたり、山口県岩国市地先の海域に位置する。干潟は、錦川から分流した門前川と今津川の河口を中心に形成され、潮下帯の浅場へと続き、海底地形はC.D.L. (潮位表基準面) -2～-3 m 辺りから急深となる。アマモ場は、コアマモとアマモからなり、おおむねC.D.L.+0.8 m～-3 mの範囲に分布する。アマモ場の分布調査は、この水深範囲を中心に航空写真撮影を行った。また、底質と底生動物の調査は、河口付近の干潟で行い、門前川エリアのアマモ類生育域にH-1、今津川エリアの同じく生育域にH-2を設定した。

2.2 アマモ場の分布面積

アマモ場の分布面積を把握するために、Fig. 1bの範囲において年1回を基本として航空写真撮影を行なった。撮影時期は、アマモ場の分布面積を比較する上で、透明度が4 m以上と比較的良好で分布も浅場が中心となる10月～1月の衰退期を選んだ。2004年は、台風0418号襲

来前の1月と襲来後の11月に撮影を実施した。アマモ場の分布範囲は、航空写真をもとに、アマモ類が繁茂する場所の3色 (Red, Green, Blue) の画像濃度の解析結果¹¹⁾から推定し、現地での潜水及び船上での確認調査によって分布図を作成した。アマモとコアマモの分布境界については、ここでは調べていないので、両種の分布を合わせたものをアマモ場の面積として求めた。

2.3 干潟の底質

河口に近い干潟の底質環境特性の変化を把握するために、2001年～2016年の2月と8月の年2回、Fig. 1bに示すH-1とH-2の2箇所 (C.D.L. 約+0.5 m) で底質の粒度組成、COD及びILの調査を行った。底質は、潜水作業によって深さ10 cmまでの泥をコア採取し、JIS A 1204あるいは底質調査方法に従って分析した。調査地点は、航路維持浚渫などの影響を受けにくい場所 (C.D.L. 約+0.5 m) に設定した。

2.4 干潟の底生動物群集

干潟の底生動物群集の変化を把握するために、底質調査と同様、2001年～2016年の2月と8月の年2回、Fig. 1bに示すH-1とH-2の2箇所で行った。2004年には、定期調査 (2月と8月) とは別に、台風0418号が襲来して約2週間を経過した9月24日にも調査を行った。底生動物の採取は、過去的环境アセスメントデータとの比較を可能にするために、25 cm×25 cmの方形枠を干潟に置き、枠内の深さ10 cmまでの泥をハンドスコップにより1 mm目の網袋に各地点1回採取した。ただし、採取は、干潟の干出時間帯や作業時間帯の制約があり、昼間に潜水作業によって行った。採取した泥は、1 mm目の篩にかけ、残った生物を中性ホルマリンで固定し、実験室に持ち帰り、種類ごとに個体数と湿重量を求めた。また、底生動物の多様性を比較するために、Shannon-WeaverのH'¹²⁾を計算した。

3. 結果及び考察

3.1 台風によるアマモ場への影響

干潟からその沖合にかけて形成されるアマモ場は、干潟の底質の性状変化やこれに伴う底生動物群集の形成・維持に影響することが予想される。そこで、2001年～2016年にかけてのアマモ場面積の変化をFig. 2に示す。岩国市地先のアマモ場は、大きく台風0418号襲来前、襲来後の消失・低迷期 (台風0418号襲来～2008年)、2009

Fig. 1 Map showing a) Location of the study area b) Aerial photograph area (dotted rectangle) and monitoring sites (●).

Fig. 2 Changes in *Zostera* bed area (ha).

年以降の回復期に分けられ、2004 年 9 月の台風 0418 号襲来までは、門前川、今津川の両エリア合計で 50~60 ha 分布していた。しかしながら、台風 0418 号襲来後の 2004 年 11 月には、アマモ場の消失が確認され、無植生状態が 2006 年まで続き、2008 年まで消失・低迷の時期にあった。年間最大 6 時間平均風速 (E-S) は、Fig. 3 に示すように、台風 0418 号襲来時に 23 m s^{-1} と、調査期間中の最大を記録し、台風襲来による攪乱がアマモ場消失の要因の一つとして考えられた。そこで、この風データから SMB 法¹³⁾ を用いて有義波を推算し、丸山らが提案した手法¹⁴⁾ により、C.D.L. $\pm 0 \text{ m}$ におけるシールズ数を計算すると、H-1 で 1.53、H-2 で 1.71 であった。なお、砂の粒径は、2004 年 8 月の中央粒径値 (H-1: 0.31 mm , H-2: 0.29 mm) を用いた。シールズ数は、森口ら¹⁵⁾ がアマモの育成限界とした 0.27 を大きく上回り、台風襲来時の自然攪乱がアマモ場消失の主な原因であったと推察される。また、2005 年 (台風 0515 号) と 2006 年 (台風 0613 号) には、2004 年 (台風 0418 号) に次ぐ 16 m s^{-1} を記録し、このときのシールズ数は H-1 で 0.70、H-2 で 0.79 であり、連続して続いた台風による攪乱がさらなる株の流失を引き起こしただけでなく、壊滅的な攪乱の繰り返しは底泥中のシードバンクの枯渇を招く^{16, 17)} ことがあり、これらにより無植生状態に至ったと考えられた。

2007 年のシールズ数は、2003 年と同様、0.37~0.39 を記録したものの、これ以降は、年間最大 6 時間平均風速がおおむね 10 m s^{-1} 以下、シールズ数 0.27 以下であった。2007 年~2008 年にかけては、アマモ場面積は 4 ha 前後と、回復の兆候を示した。ただし、植生状況は、観察した限り、コアマモ優占のアマモ場であり、アマモはほとんど発見できなかった。2009 年以降は、アマモ場が急激に拡大し (回復期)、2011 年以降はコアマモだけでなく、アマモ優占のアマモ場が今津川エリアで出現するようになった¹⁸⁾。広島湾内のアマモ場は、岩国市沿岸だけでなく、宮島など島しょ部沿岸にかけて点々と分布し、台風 0418 号襲来後も島しょ部を中心に残存していた。広島湾内では、アマモの遺伝子交流が確認されている¹⁹⁾ ことから、岩国市地先でのアマモ場の回復は、残存する近隣アマモ場からの種子供給に起因すると考えられる。2012 年以降、門前川及び今津川の両エリアとも分布面積が台風前の水準に戻ったが、門前川エリアでは、コアマモが

台風襲来前には生育していなかった C.D.L.-1 m 以深にまで分布し、アマモは点在する程度で、アマモ場の優占種はコアマモであった。

このように、岩国市地先のアマモ場は、2004 年の台風 0418 号の襲来によって消失し、その後も台風による攪乱の影響を受け、元の面積水準に戻るまでに 8 年以上を要した。台風 0418 号襲来前のアマモ場は、近隣のアマモ場と同様、潮間帯にコアマモ、潮下帯にアマモが主に分布していた。今津川エリアでは、現在、アマモ主体のアマモ場も形成され、台風前の状態に近いが、門前川エリアでは、コアマモが 10 年以上経過した 2016 年時点においても依然潮下帯にまで広く分布し、植生状況が台風襲来前に完全には戻っておらず、回復への遷移が現在も続いていると考えられる。

3.2 干潟の底質環境

底生動物の生息に影響する底質環境の変化を把握するため、含泥率 (粒径 $75 \mu\text{m}$ 以下)、COD 及び IL の経年変化を Fig. 4 に示す。岩国市地先の干潟の底質は、H-1 で含泥率 2.2~53% (平均 13.1%)、COD 1.3~10 $\text{mg g}^{-1} \text{ DM}$ (平均 3.7 $\text{mg g}^{-1} \text{ DM}$)、IL 1.4~6.2% (平均 2.2%)、H-2 で含泥率 0.7~61.3% (平均 10.9%)、COD 0.6~15.7 $\text{mg g}^{-1} \text{ DM}$ (平均 3.9 $\text{mg g}^{-1} \text{ DM}$)、IL 1.2~6.4% (平均 2.3%) の範囲にあり、調査時期によって大きく変動していた。これは、調査場所が河口付近の干潟であり、河川からの土砂供給や有機成分などの流入・堆積によって、底質環境が変動しやすいことが理由と考えられた。また、含泥率、COD 及び IL の経年変化は、アマモ場面積の変化パターン (Fig. 2) とほとんど一致せず、河口付近の干潟における底質環境の変動のしやすさが原因として考えられる。なお、それぞれの項目について、台風 0418 号 (2004 年 9 月) 襲来前とアマモ場回復期 (2009 年以降) とを比較すると、いずれの地点も有意差 (Mann-Whitney's U test: $P > 0.05$) があるとはいえない。

3.3 台風 0418 号襲来による干潟の底生動物群集への影響

3.3.1 干潟の底生動物群集への短期的影響

2004 年 9 月 7 日に襲来した台風 0418 号は、アマモ場の消失や砂れんの出現など、大きな海底攪乱を引き起こした。Fig. 5 は、台風 0418 号襲来前後 (8 月 22 日と 9 月 24 日) の底生動物の門別種類数、個体数及び湿重量を比較したものである。干潟の底生動物群集は、環形動物門 ANNELIDA、軟体動物門 MOLLUSCA、節足動物門 ARTHROPODA、棘皮動物門 ECHINODERMATA が主体であり、台風襲来前後で構成に大きな変化はなかった。しかしながら、種類数、個体数及び湿重量は、台風 0418 号襲来後、いずれも著しく減少し、特に湿重量は、H-1 で台風前の 5%、H-2 で 0.5% と顕著な減少を示した。また、多様度指数 (H') は、台風 0418 号襲来後、それぞれ H-1 で台風前の 4.7 から 3.8、H-2 で 4.1 から 2.2 に低下し、底生動物群集の著しい多様性の低下が認められた。

台風 0418 号襲来前後における優占種 (個体数 10% 以上) を比較すると (Fig. 6)、アサリ *Ruditapes philippinarum*、シマハマツボ *Alaba picta* などの軟体動物の割合が著しく低下し、その代わりツルヒゲゴカイ *Ceratonereis erythraeensis*、コオニスビオ *Pseudopolydora paucibranchiata* などの環形動物の割合

Fig. 3 Changes in annual maximum 6 hours mean wind speed (m s^{-1} : E-S) (histogram) based on Hiroshima Local Meteorological data and sields number (bent lines) at H-1, H-2.

Fig. 4 Changes in annual values of mud content, COD and IL of sediments in the tidal flats.

Fig. 5 Comparison of number of species, number of individuals, wet weight and diversity (H') of macrobenthic communities in the tidal flats before and after the typhoon 0418 hit.

Fig. 6 Comparison of dominant species composition (%) of macrobenthic animals in the tidal flats before and after the typhoon 0418 hit.

Fig. 7 Changes in number of species, number of individuals, wet weight and diversity (H') of macrobenthic communities in the tidal flats.

が増えた。また、ホソコエビ *Erichthonius pugnax*、アナジャコ科 Upogebiiidae のような新たな出現もあった。

このように、干潟の底生動物群集は、台風 0418 号襲来後、種類数、個体数及び湿重量のいずれも著しく減少し、多様性の低下や優占種の変化も見られ、台風 0418 号襲来による攪乱が、底生動物群集に直接的かつ短期的な影響を及ぼしたと考えられる。

3.3.2 干潟の底生動物群集への長期的影響

台風 0418 号による底生動物群集への長期的な影響を把握するために、種類数、個体数、湿重量及び多様度指数の経年変化を Fig. 7 に示す。アマモ場の消長との関係で見ると (Table 1), H-1 及び H-2 の種類数、個体数、湿重量及び多様度指数 H' は、台風 0418 号襲来 (2004 年 9 月) までは 29~72 種 (平均 47.7 種), 2,928~78,496 個体 m^{-2} (平均 15,623 個体 m^{-2}), 47.5~1,477.4g m^{-2} (平均 312.0g m^{-2}),

1.26~4.83 (平均 3.71) であった。2001 年 2 月は、種類数が多かったが、H-1 ではホトギスガイ *Musculista senhousia* の優占度が高く、多様度指数は最低値を記録した。台風 0418 号襲来後~2008 年 (消失・低迷期) にかけての値については、アマモ場の消失・低迷と並行し、6~46 種 (平均 19.2 種), 208~30,496 個体 m^{-2} (平均 4,203 個体 m^{-2}), 20.0~303.5g m^{-2} (平均 99.8g m^{-2}), 1.31~4.33 (平均 2.57) と、いずれも平均値が低下し、H-1 の多様度指数を除くと、いずれも有意 (Mann-Whitney'S U test: $P>0.05$) な減少を示した。2009 年以降 (アマモ場回復期) は、アマモ場面積の回復に伴って、11~60 種 (平均 29.4 種), 38~19,312 個体 m^{-2} (平均 4,360 個体 m^{-2}), 27.7~702.9g m^{-2} (平均 160.5g m^{-2}), 2.55~4.67 (平均 3.70) と、いずれも平均値が上昇し、特に H-2 の多様度指数については有意差 (Mann-Whitney'S U test: $P>0.05$)

Table 1 Number of species, number of individuals, wet weight and diversity (H') of macrobenthic communities of pre-typhoon, deteriorating and recovery periods.

		Pre-typhoon period (Before the typhoon 0418 hit in Sep. 2004)	Deteriorating period (From the typhoon 0418 hit to 2008)	Recovery period (2009 later)
Number of species (0.0625 m ⁻²)	H-1 (Monzen river area)	52.3±9.3*	25.6±12.7	32.9±13.2
	H-2 (Imazu river area)	43.1±15.7	12.8±5.1	12.8±10.9
Number of individuals (m ⁻²)	H-1 (Monzen river area)	19716±24405	5762±10145	4668±2894
	H-2 (Imazu river area)	11530±12289	2644±2158	4053±4798
Wet weight (g m ⁻²)	H-1 (Monzen river area)	303.2±257.3	129.0±88.3	155.0±88.6
	H-2 (Imazu river area)	320.8±469.8	70.6±59.7	166.0±179.7
Diversity index (H')	H-1 (Monzen river area)	3.71±1.23	3.26±0.86	3.91±0.38
	H-2 (Imazu river area)	3.72±0.61	1.88±0.51	3.49±0.64

*Ave.±S.D

Fig. 8 Relationship between *Zostera* bed area (ha) of current year and annual mean diversity of macrobenthic communities of next year in the tidal flats.

が示された。このように、種類数、個体数、湿重量及び多様度指数 H' は、台風襲来前、台風襲来後のアマモ場の消失・低迷期、その後の回復期に分けて比較すると、アマモ場の消長との関係が認められた。また、アマモ場面積に応答して形成される底生動物群集の多様性の変化を見るために、**Fig. 8** に年間の平均多様度指数 H' と前年のアマモ場面積との関係を示すと、多様度指数はアマモ場面積の増加とともに高くなる傾向にあった。

Fig. 9 は、底生動物の門別組成変化を示す。底生動物群集は、主に棘皮動物門 ECHINODERMATA、節足動物門 ARTHROPODA、軟体動物門 MOLLUSCA、環形動物門 ANNELIDA から構成されるが、門別組成割合は、変動が大きく一定の傾向は認められなかった。これについては、シールズ数が低い 2012 年～2014 年の期間 (**Fig. 3**) においても、門別組成が大きく変動していることから、波浪による大きな攪乱だけでなく、河口付近の干潟の特徴として変動しやすい環境にあること、また生活史の異なる構成種の環境変化に対する応答の違いなどが原因の一つとして考えられる。なお、湿重量についてみると、H-1 ではクモヒトデ綱 Ophiuroidea などの棘皮動物門が高い割合を示すが、H-2 ではアサリ、巻貝のイボキサゴ *Umbonium moniliferum* などの割合が高かった。**Fig. 10** は、個体数割合が 10% 以上となった種類を優占種とし、その変化を示したものである。優占種には、コオニスビオ、ドロオニスビオ *Pseudopolydora kemp*、コケゴカイ *Ceratonereis erythraeensis*, *Capitella* sp. などの小型で短命な種類だけでなく、クモヒトデ綱、アサリなどの比較的長命な種類も見られた。このような短命種と

長命種の出現は、H-1 と H-2 のいずれも台風 0418 号襲来前、襲来後のアマモ場の消失・低迷期、2009 年以降の回復期においても変わらず、また優占種の入れ替わりも激しく、底質と同様、アマモ場面積との関連は認められなかった。

このように、底生動物の群集構成や優占種は、底質と同様、変動が大きいが、種類数、個体数及び湿重量は、アマモ場の消長との関係がうかがえ、また、多様度指数 H' は、アマモ場面積との相関が認められた。このことは、アマモ場の存在が干潟の底生動物群集に重要なことを示す。底生動物がアマモ場で豊富になるメカニズムについては、生産された草体が枯死脱落し、藻場周辺に堆積し、腐植となって食物源として役立ち、藻場とその周辺の埋没性底生動物が豊富になる²⁰⁾ ためとされ、また、長濱ら²¹⁾ は、多毛類への安定的かつ豊富な餌料供給だけでなく、二枚貝稚貝への付着基盤としての効果を指摘している。この他にも、藻場の底質安定化機能による埋没性動物の生息環境の安定化²²⁾、アマモ類の基質に付着して生活する固着生物の出現²⁰⁾ など、アマモ類の存在が、変動しやすい河口付近の干潟環境にあって、多様で比較的安定な生息環境を提供することにより、底生動物の豊富さに寄与していると考えられる。干潟における底生動物の種類数、個体数、多様性については、嵐による波力の増大に伴って低下するが、その後の回復は速いとの報告²³⁾ がある。また、底生動物群集は、攪乱の原因が油流出、赤潮、大雨などのような一過性の単純なものであれば、衰退しても 2～3 年の内に攪乱前の本来の群集に戻る^{24～30)} ことが知られる。これは、2004 年の台風 0418 号が、干潟

の底生動物群集に、台風襲来時の攪乱による短期的な影響だけでなく、2005 年の 0515 号と 2006 年の 0613 号による攪乱も加わったことで、アマモ場の消失とその後の回復に関連して長期的な影響を及ぼしていることを示す。

4. まとめ

本研究では、岩国市地先干潟の底生動物群集の自然変動特性を明らかにするために、2001～2016 年のアマモ場、

底質及び底生動物の調査結果を整理し、2004 年 9 月の台風 0418 号が底生動物に及ぼした短期的及び長期的な影響について検討を行った。その結果、得られた結論は次のとおりであった。

1) 岩国市地先のアマモ場は、約 50 ha 分布していたが、2004 年の台風 0418 号の襲来によって消失し、その後も 2005 年、2006 年と繰り返された台風の影響を受け、元の面積水準に戻るまでに 8 年以上を要した。また、門

Fig. 9 Changes in relative abundance and wet weight of phyla of macrobenthic animals in the tidal flats.

Fig. 10 Changes in relative abundance ($10\% \leq$) of phyla of macrobenthic animals in the tidal flats.

前川エリアでは、コアマモが台風襲来前には生育していなかったC.D.L.-1m以深にまで分布し、アマモは点在する程度で、10年以上経過した現在も台風襲来前のアマモ場植生に完全には戻っていない。

2) 河口付近の干潟の底質は、含泥率、COD及びILの変動が大きく、アマモ場面積の経年変化パターンと一致しなかった。

3) 干潟の底生動物群集は、台風0418号襲来後、種類数、個体数及び湿重量のいずれも著しく減少し、また多様性の低下や優占種の変化も見られ、台風0418号襲来による攪乱が、底生動物群集に直接的かつ短期的な影響を及ぼしたと考えられる。

4) 底生動物群集は、主に棘皮動物門 ECHINODERMATA、節足動物門 ARTHROPODA、軟体動物門 MOLLUSCA、環形動物門 ANNELIDA から構成されるが、門別組成割合は、変動が大きく一定の傾向は認められなかった。優占種についても、短命種だけでなく、長命種が台風0418号襲来前、襲来後のアマモ場の消失・低迷期（台風0418号襲来後～2008年）、2009年

以降の回復期にも出現し、種類も入れ替わりが激しく、アマモ場面積との関連は認められなかった。

5) 種類数、個体数、湿重量及び多様度指数 H' は、台風0418号襲来前、台風襲来後のアマモ場の消失・低迷期、2009年以降の回復期に分けて比較すると、アマモ場の消長との関係が認められ、また、多様度指数 H' は、アマモ場面積の増加とともに高くなる傾向にあった。これは、アマモ場の存在が底生動物にとって重要であり、2004年の台風0418号の襲来が、短期的な影響だけでなく、2005年の0515号と2006年の0613号が続いたことで、アマモ場の消失とその後の回復に関連して長期的な影響を及ぼしていることを示す。

謝 辞

本研究を行うに当たり、ご指導、ご助言を頂いた一般財団法人みなと総合研究財団細川恭史博士、広島大学土田孝教授、株式会社シャトー海洋調査寺脇利信博士に謝意を表します。

(原稿受付 2019 年 5 月 10 日)

(原稿受理 2020 年 1 月 27 日)

参 考 文 献

- 1) 国土交通省気象庁, 2019. 災害をもたらした気象事例. URL. <https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/2004/20040904/20040904.html> (2019 年 3 月時点).
- 2) 国土交通省中国地方整備局港湾空港部, 2007. 瀬戸内海の実環境データベース. URL. <http://www.pacgr.mlit.go.jp/chiki/suishi-tu/seto/env/anime/index.html> (2019 年 3 月時点).
- 3) Zühlke, R., Reise, K., 1994. Response of macrofauna to drifting tidal sediments. *Helgoländer Meeresunters* 48, 227-289.
- 4) Harris, L., Nel, R., Smale, M., Schoeman, D., 2011. Swashed away? Storm impacts on sandy beach macrofaunal communities. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 94(3), 210-221.
- 5) 佐々真志, 梁順晋, 渡辺啓太, 2017. 台風イベントによる干潟生物分布の変化と地盤環境適合度の検証. 土木学会論文集 B2 (海岸工学) 73(2), 1285-1290.
- 6) 小松輝久, 佐川龍之, 三上温子, 2006. 干潟生態系における藻場の分布とその役割. *地球環境* 11(2), 207-213.
- 7) 寺脇利信, 島谷孝, 森口朗彦, 2005. 瀬戸内海におけるアマモ場造成の実践事例. *水産工学* 42(2), 151-157.
- 8) 羽根浩史, 大下茂, 高濱繁盛, 今村均, 1996. ミチゲーションを目的に造成した人工干潟の機能評価. *海岸工学論文集* 43, 1161-1165.
- 9) 海の自然再生ワーキンググループ, 2003. 海の自然再生ハンドブック—その計画・技術・実践 (第 2 巻). 国土交通省港湾局, 東京.
- 10) 桑江朝比呂, 2016. 再生された干潟における生態系の発達と自律安定. *水環境学会誌* 39(A) (4), 120-124.
- 11) 千葉県庁, 2017. 平成 20 年度試験研究成果普及情報課題一覽. 航空写真を利用した外海浅海域の藻場分布状況の把握. URL. https://www.pref.chiba.lg.jp/ninaite/shikenkenkyuu/documents/44_1.pdf (2019 年 3 月時点).
- 12) 木元新作, 1976. 生態学研究法講座 14 動物群集調査法 I—多様性と種類組成—. 共立出版, 東京.
- 13) 高野洋雄, 2011. 有義波法による波浪推算—現業の利用を目的として—. *測候時報* 78(5), 185-201.
- 14) 丸山康樹, 五十嵐由雄, 石川雄介, 川崎保夫, 1987. 電源立地地点の藻場造成技術の開発第 8 報—アマモ場造成適地の砂地盤安定度の推定手法—. 電力中央研究所報告 U87069.
- 15) 森口朗彦, 高木儀昌, 仲宗根琢磨, 吉川浩二, 團昭紀, 和泉安洋, 1999. 分布特性の異なる 2 つのアマモ場における物理環境現地観測. *水工研技法* 21, 1-12.
- 16) Jarvis, J.C., Moore, K., 2010. The role of seedlings and seed bank viability in the recovery of Chesapeake Bay, USA, *Zostera marina* populations following a large-scale decline. *Hydrobiology* 649, 55-68.
- 17) Plus, M., Deslous-Paoli, J., Dagault, F., 2003. Seagrass (*Zostera marina* L.) bed recolonization after anoxia-induced full mortality. *Aquatic Botany* 77, 121-134.
- 18) 平岡喜代典, 大道優平, 中原真哉, 川本康功, 寺脇利信, 岡田光正, 2016. 広島湾今津川河口における台風によるアマモ場消失後の天然アマモ場の回復特性と埋め戻しによるアマモ場の自立的な再生. *水環境学会誌* 39(4), 97-102.
- 19) 大道優平, 中原真哉, 平岡喜代典, 川本康功, 寺脇利信, 岡田光正, 2014. 窪地の埋め戻し場所に出現したアマモの遺伝的多様性と種子供給源. *水環境学会誌* 37(4), 139-143.
- 20) 菊池泰二, 1973. 1.2 藻場生態系. 山本護太郎編, 海洋生態学. 東京大学出版会, 東京, pp. 23-27.
- 21) 長濱祐美, 野村宗弘, 中野和典, 木村賢史, 西村修, 2007. コアマモ群落の環境特性と底生動物に及ぼす影響. 土木学会論文集 G 63(4), 223-240.
- 22) 野島哲, 1996. 海藻藻場群集の多様性と安定化機構. *日本生態学会誌* 46, 327-337.
- 23) Corte, G.N., Schlacher, A., Checon, H.H., Barboza, C.A.M., Siegle, E., Coleman, R.A., Amaral, A.C.Z., 2017. Storm effects on intertidal invertebrates: increased beta diversity of few individuals and species. *PeerJ* 5, e3360.
- 24) Grassle, J.F., Grassle, J.P., 1974. Opportunistic life histories and genetic systems in marine benthic Polychaetes. *Journal Marine Research* 32, 253-284.
- 25) Boesch, D.F., Diaz, R.J., Virnstein, R.W., 1976. Effects of tropical storm Agnes on soft-bottom macrobenthic communities of the James and York estuaries and the lower Chesapeake Bay. *Chesapeake Science* 17(4), 246-259.
- 26) Eagle, R.A., 1973. Benthic studies in the South East of Liverpool Bay. *Estuarine and Marine Coastal Science* 1, 285-299.
- 27) McCall, P.L., 1977. Community patterns and adaptive strategies of the infaunal benthos of Long Island Sound. *Journal Marine Research* 35, 221-226.
- 28) Dauer, D.M., Simon, J.L., 1976. Repopulation of the polychaete fauna of an intertidal habitat following natural defaunation: Species equilibrium. *Oecologia* 22, 99-117.
- 29) Reish, D.J., 1972. The use of marine invertebrates as indicators of varying degrees of marine pollution. In: Ruivo, M. (ED.), *Marine Pollution and Sea Life*. Fishing News Books, London, pp. 203-207.
- 30) Simon, J.L., Dauer, D.M., 1977. Reestablishment of a benthic community following natural defaunation. In: Coull, B.C. (ED.), *Ecology of Marine Benthos*. University of South Carolina Press, Columbia, USA, pp. 139-158.

【論 文 要 旨】

本研究の目的は、2001 年～2016 年のモニタリング結果に基づき、台風 0418 号が岩国市地先干潟の底生動物群集に及ぼした影響を明らかにすることにある。アマモ、コアマモからなるアマモ場が、2004 年 9 月の台風 0418 号の襲来によって消失し、その後も 2005 年の 0516 号と 2006 年の 0613 号と台風が続いたことで、台風前の面積水準に戻るまでに 8 年以上を要した。この間、河口付近の干潟の含泥率、COD 及び IL の変動は大きく、アマモ場面積の経年変化パターンと一致しなかった。干潟の底生動物は、台風 0418 号襲来後、種類数、個体数、湿重量のいずれも著しく減少した。これらの値は、アマモ場の消失・低迷期に低く、2009 年以降の回復期に増加する傾向にあった。これらのことから、台風 0418 号が、物理的攪乱によって底生動物群集に短期的な影響を及ぼしただけでなく、アマモ場の存在が底生動物にとって重要で、その後の台風とともに、アマモ場の消長に関連して長期的な影響を及ぼしていることを示す。

キーワード：干潟；底生動物群集；アマモ場；台風による影響