# 2012 年春季に鹿児島県周辺海域で広域に出現した 粘質状浮遊物とその分布特性

折田和三, 富安正藏, 鈴木秀和<sup>1</sup>, 南雲保<sup>2</sup> 1)東京海洋大学大学院 2)日本歯科大学

## 要 約

2012 年春季,鹿児島県本土周辺海域の広い範囲で大量の粘質状浮遊物が出現した。その原因物質は *Thalassiosira partheneia* Schrader によるコロニーと推定され、この報告が本邦における本種の初めての出現報告 になると思われる。粘質状浮遊物は、Chl-a 濃度の鉛直プロファイルからその存在を認識できると考えられ、水 深10~50m 層を中心に Chl-a 濃度が高く 50m 以深にも高濃度層が散在することから、粘質状浮遊物が分布して いた海域では、濃淡のはっきりしたコロニーが厚い層を形成していたと推測される。また、増殖適水温はコロニ ーが確認された時期の現場水温から約16~18℃と考えられ、県本土周辺海域に広範囲に分布していたと推測さ れる。さらに、低い光環境への適応性も示唆され、今年2月の九州西岸から南部の日照時間がかなり短かったこ とが本種の優占に影響したと考えられる。

2012 年 3 月中旬~ 4 月中旬, 鹿児島県薩摩半島 西岸沖合から熊毛,大隅半島に至る広い海域で,そ こで操業する漁業に支障が出るほど,漁具に粘質状 浮遊物が絡みつく現象が多数報告された。<sup>1)</sup>この物 質は緑色っぽい細かな繊維状の物質がかたまり,綿 のようになったもので,光学顕微鏡で観察すると透 明な不定形状の膜面に多数の小型プランクトンが確 認された。

本稿は,粘質状浮遊物原因プランクトンの特定を 試みるとともに,その分布特性を推定した。

本研究で分布調査を併せて行った沖合定線調査及 び甑島西水温観測は,水産庁委託事業「我が国周辺 水域資源評価等推進委託事業」で実施した。

なお、本県沿海漁協における粘質状浮遊物の確認 状況は、本誌別途資料「2012 年春季に鹿児島県周 辺海域で出現した粘質状浮遊物の消長」として掲載 した。

## 材料及び方法

## 1 原因プランクトンの形態及び同定

観察に供した粘質状浮遊物は、2012 年 3 月 27 日 に川内市漁協所属の刺網で採取されたサンプル及び 漁業調査船「くろしお」(以下「くろしお」という) が同年4月6~9日に採集したサンプルを用いた。 粘質状浮遊物の形態や大きさを光学顕微鏡(以下 LM という)で観察するとともに、グルタールアル デヒドで固定した後、定法<sup>3</sup>によりアルコール系列 脱水、t-ブチルアルコール置換、凍結乾燥、イオン スパッタを施し、走査型電子顕微鏡(以下 SEM と いう)(日立製 S-3000N)で観察した。また、サン プルの一部は定法<sup>34)</sup>に従って処理した後、透過型 電子顕微鏡(以下 TEM という)(JEOL 社製 2000EX)、及びオスミウム導電被膜を施し、走査型 電子顕微鏡(日立製 S-5000)によりさらに精査し た。本稿で用いた珪藻の形態に関する述語は小林ら <sup>5</sup>に準拠した。

#### 2 分布特性

2012年4月6~9日及び同年5月7~10日にかけて、「くろしお」の沖合定線調査に併せ、図1に



図1 沖合定線調査及び水温観測定点

示す定点で粘質状浮遊物の分布調査を行った。粘 質状浮遊物をニューストンネット(海面直下 10 分 間曳網)や一部ノルパックネット(150m 鉛直曳き) への付着状況,海面目視で確認するとともに,付着 物の一部をグルタールアルデヒドで固定しサンプル として持ち帰った。

併せて,調査定点における水温及び塩分を CTD (Sea-Bird 社製 SBE19Plus)で, クロロフィル a 濃 度(以下 Chl-a 濃度という)を CTD に付属した蛍 光光度計 (Seapoint-Sensors 社製 Chlorophyll Fluorometer)で測定した。水温と塩分は,水深 0m 及び 50m で TS ダイアグラムを描き,粘質状浮遊物が濃密に 存在したと考えられる定点群と存在しない又は密度 は低いと考えられる定点群で平均値の差を検定し た。 検定は Microsoft 社製表計算ソフト Excel アド インで提供されている分析ツールを用い, あらかじ め F 検定で分散を比較し,母分散は等しいと推定 された場合は「t 検定:等分散を仮定した 2 標本に よる検定 (Student の t 検定)」で, 母分散は等しく ないと推定された場合は「t 検定:分散が等しくな いと仮定した 2 標本による検定 (Welch の t 検定 )」 で平均値の差を検定した。Chl-a 濃度は, 各定点 1m 毎の測定水深で測定値をプロットしたほか,1m 毎 の全定点平均値及び各定点の 10m 毎平均値を求め た。

また,鹿児島県本土周辺水温分布は当所が受信し た人工衛星 NOAA の SST 一日合成画像を,Chl-a 濃度分布は宇宙航空研究開発機構(JAXA)(http:// kuroshio.eorc.jaxa.jp/ADEOS/mod\_nrt\_new/index.html, 2013 年 3 月 31 日)が提供する NASA 地球観測衛星 AQUA 搭載センサ MODIS によって観測された 500 m分解能 Chl-a 濃度画像の Tokara 及び Ariake を合 成した九州西岸域の画像を用いた。さらに,出現期 間前後の水温は,(独)水産総合研究センター西海区 水産研究所が甑島西水深 8 m(図 1,以下甑島西と いう)で測定した連続観測データの 2012 年 2 ~ 5 月の一日平均値を用い,1999 ~ 2012 年の 5 日間移 動平均値と比較した。

気候統計値は,2012 年 2 月及び 3 月の鹿児島地 方気象台(http://www.jma-net.go.jp/kagoshima/,2013 年 3 月 31 日) 枕崎及び種子島,熊本地方気象台 (http://www.jma-net.go.jp/kumamoto/,2013 年 3 月 31 日) 牛深,長崎海洋気象台(http://www.jma-net.go.jp/ nagasaki/,2013 年 3 月 31 日) 福江におけるそれぞ れの気温,降水量,日照時間を用いた。

## 結 果

1 原因プランクトンの形態及び同定

LM, SEM 及び TEM で得られた粘質状浮遊物原 因プランクトンの形態とその微細構造を図 2 に示 す。

LM で観察された粘質状浮遊物は不定形の繊維状 で(図 2-1,2),繊維の中に小型細胞が多数散在して いた(図 2-3,4)。1 つの細胞は長さ約 10µm,直径 約 10µmの大きさで,殻面(valve face)がやや凸状 に膨らんだ太鼓型をし(図 2-5),その形状から *Thalassiosira* 属の一種と推定された。さらに SEM による観察では,本種の殻はきわめて薄く,殻の中 心及び殻套(valve mantle)部に存する有基突起 (strutted process)から粘液糸が放出されていた(図 2-5 ~ 7)。*Thalassiosira* 属の形態概要と主な名称を 図 3 に示す。

Thalassiosira partheneia Schrader, 1972, p. 59, pl. 1, figs 1-12, pl. 2, figs 1-5.

Ref. Hasle, 1983, p. 223, figs 19-36.

設面観は円形で,直径 9-13μm(図 2-8 ~ 10)。殻 面はやや凸状で殻套部は狭い。殻は全体的に薄く, 原形質を除去した処理被殻は紙風船のようにつぶ れ,殻肩(valve shoulder)部に環状の折れ目ができ る(図 2-11,12)。

条線(stria)は微細であるため,LM では認めら れない。TEM 観察から,条線は 1µm あたり 4~6 本,1列の胞紋(areola)からなり,放射状に配列 していることが分かる (図 2-11)。 胞紋は小室構造 を呈さず,胞紋1個あたり3~8個程度の小孔をも つ多孔篩板 (cribrum) により閉塞される (図 2-15)。 胞紋構造は殻面と殻套で同じである(図 2-18)。殻 のほぼ中央に中心有基突起が1個あり(図 2-11 ~ 13 の矢尻),その外部開口は円形で短い管をもつ(図 2-12 の矢尻)。内部開口は円柱状の管で外部開口の それよりも長く(図 2-13 の矢尻), 明瞭な4 個の付 随孔 (satellite pore)をもつ (図 2-14, 15)。 殻肩部 には殻縁有基突起が環状に配列し,10µm あたり4 ~ 6 個ある (図 2-11 ~ 13)。 殻縁有基突起の外部 開口は円形で短い管をもつ(図 2-16 の矢尻)。内部 開口は円柱状の管で外部開口のそれよりも長く(図 2-17, 18 の矢尻, 図 2-19), 明瞭な3 個の付随孔をも つ(図 2-20)。 殻縁有基突起の列の中に, 輪と同じ 位置,あるいはやや外側に1個の唇状突起(labiate process)がある(図 2-11 ~ 13の矢印)。唇状突起 の外部開口はやや楕円形で縁がわずかに突出するが (図 2-16の矢印),有基突起のそれに比べて低い。 内部開口は唇状につぶれたスリットをなす(図 2-17,18の矢印)。

半殻帯 (cingulum)(図 2-21 ~ 26)はすべて開放 型で,微細構造の差異により3タイプが認められた。 殻に隣り合う接殻帯片 (valvocopula)(図 2-21,22) は,殻縁に沿った1列の胞紋列と斜め平行に配列す る胞紋列をもつ。各胞紋は殻と同様の構造である。 帯片内接部(pars interior)は平滑で突起等はないが, 中間帯片側にはその開放部の位置に小さな副小舌 (antiligula)をもつ(図 2-21 の矢印)。次に位置す る中間帯片(copula)(図 2-23,24)は,接殻帯片と 同じ幅で,同構造同配列の胞紋列をもつが,殻縁に 沿った胞紋列はない。帯片内接部は平滑だが,接殻 帯片の開放部の位置に,それを裏打ちするように小 舌(ligula)をもち(図 2-23 の矢尻),その反対側 のややずれた位置に副小舌をもつ(図 2-23 の矢印)。 最も殻から離れて位置する連結帯片(pleura)(図



図2 粘質状浮遊物の形状 1 粘質状浮遊物 2 群体(×40) 3 原因プランクトン(×400) 4 群体 5 単体 6 粘液糸 7 殻の内面観 2~3:LM 4~7:SEM

2-25、26)は、3 タイプの中で最も幅が狭く、接殻 及び中間帯片のような胞紋列をもたない、あるいは 数個の小孔がまばらに存する。中間帯片の開放部の 位置にそれを裏打ちするように小舌をもつ(図2-26 の矢尻)。

**こ**れらの構造は Schrader の原記載<sup>60</sup>及び殻と帯片 の微細構造を詳細に観察した Hasle<sup>70</sup> の記載によく 一致したので,本種と同定した。なお, Fryxell *et al.*  (figs 2-15),<sup>8)</sup> Herzig and Fryxell (figs 30-33),<sup>9)</sup> Hoppenrath *et al.* (fig. 47),<sup>10)</sup> 及び Park and Lee (figs 23-28)<sup>11)</sup>で報告されている *T. partheneia* は,原記載 (Schrader),<sup>6)</sup> Hasle<sup>7)</sup>の記載及び本試料と比べて, 有基突起や唇状突起の構造や配列は似るが,条線の 配列や胞紋構造が異なっていたので,別種と考えら れた。



#### 図2 粘質状浮遊物の形状(続き)

8~11 殻面観. 12 殻の外面観. 矢尻は中心有基突起, 矢印は唇状突起. 13 殻の内面観. 矢尻 は中心有基突起, 矢印は唇状突起. 14 中心有基突起の内面観. 15 中心有基突起と胞紋の構造. 8~10: LM. 11, 15: TEM. 12~14: SEM.



図2 粘質状浮遊物の形状(続き)

16 殻縁有基突起(矢尻)と唇状突起(矢印)の外面観. 17 殻縁有基突起(矢尻)と唇状突起(矢印) の内面観. 18 殻縁有基突起(矢尻)と唇状突起(矢印). 19 殻縁有基突起. 20 殻縁有基突起の 内面観. 21,22 接殻帯片.矢印は副小舌. 23,24.中間帯片.矢尻は小舌,矢印は副小舌. 25,26.連結帯片.矢尻は小舌.18,21~26:TEM.16,17,19,20:SEM.



図3 Thalassiosira 属の形態概要と主な名称

- 2 分布特性
- 1)分布調査
- (1) 粘質状浮遊物の確認状況

「くろしお」により 2012 年 4 月 6 ~ 9 日に実施 された粘質状浮遊物の確認調査結果を表 1-1 に示 す。ニューストンネットを18定点で曳網し,うち17 定点で粘質状浮遊物が採取された。さらに,ノルパ ックネットのみで採取された2定点を加え,調査定 点27定点中19定点で粘質状浮遊物の存在が確認さ れた。なお,ノルパックネットで採取されニュース

表1-1	粘質状	浮遊物確	2012年4月6~9日				
S+	水深	浮遊牧	勿確認	海面状识	サンプル	グラフ	分類
JL.	(m)	ニューストン	ノルパック	海面扒加	色	パターン	刀段
1	255	0	0	×	w	0	Α
2	241	0	0	×	w	×	В
3	395	0	$\Delta$	-	w	×	В
4	584	0	$\Delta$	-	w	×	В
4.1	589	—	—	—	—	×	D
5	517	0	$\Delta$	—	w	×	В
15	249	0	$\Delta$	_	w	×	В
16	625	0	$\Delta$	×	G	0	Α
17	1062	0	$\Delta$	×	G	0	Α
17.5	180	—	—	_	—	0	Α
18	103	0	$\Delta$	0	G	0	Α
19	103	—	$\Delta$	_	—	×	D
19.1	166	—	$\Delta$	_	—	0	Α
20	395	—	0	×	w	×	В
21	179	0	$\Delta$	_	w	×	В
22	142	0	$\Delta$	0	G	0	Α
23	794	0	$\Delta$	0	G	×	В
24	692	0	0	0	w	×	В
25	483	0	$\Delta$	_	w	×	В
26	151	0	$\Delta$	_	w	×	В
27	548	—	—	_	_	0	Α
28	784	—	—	_	_	0	Α
29	684	0	—	0	G	0	Α
30	146	0	$\Delta$	0	G	0	Α
31	67	×	$\Delta$	-	-	0	С
32	173	—	Δ	_	-	0	Α
33	226	—	0	0	w	0	Α

表1-2	粘質状	浮遊物確	認調査結		<u> 2012年5月7~10日</u>			
St.	水深	浮遊牧	肳確認	海面状況	サンブル	グラフ	八拓	
	(m)	ニューストン	ノルパック		色	パターン	刀規	
1	258	×	×	х	_	х	D	
2	239	×	×	×	—	×	D	
3	320	×	×	×	—	×	D	
4	593	×	×	_	—	×	D	
4.1	569	—	—	_	—	×	D	
5	618	×	×	_	—	×	D	
15	213	×	×	_	—	×	D	
16	616	×	×	_	—	×	D	
17	1078	×	×	×	—	×	D	
17.5	184	—	—	×	—	×	D	
18	99	×	×	×	—	×	D	
19	101	—	×	_	—	×	D	
19.1	171	—	×	_	—	×	D	
20	394	—	×	_	—	×	D	
21	198	×	×	×	_	×	D	
22	152	×	×	_	—	×	D	
23	788	×	×	_	—	×	D	
24	634	×	×	×	_	×	D	
25	474	×	×	×	—	×	D	
26	150	×	×	×	—	×	D	
27	欠測	—	—	_	—	_	—	
28	欠測	—	—	_	—	_	—	
29	686	×	—	_	—	×	D	
30	124	×	×	-	_	×	D	
31	68	×	×	_	—	×	D	
32	180	—	×	×	—	×	D	
33	214	—	×	×	—	×	D	
※浮遊物	※浮遊物確認		×:なし	, - : 実放	もせず	:未確認		
海面状況		:目視研	寉認又はに	こごり ×	:認識せず	~:実施	iせず	
サンプル色 (		G:绿 V	V:白 -	:サンプノ	レなし			
グラフパターン :不連続パターン ×:連続パターン								
分類		A:浮遊物	勿確認 o	r- グラフハ	゜タ−ン:			
		B: /	/		″ ×			
		C : /	″ ×		//			
		D: /	″ ×0	r- /	″ ×			

トンネットで採取されなかった場合,粘質状浮遊物 のサンプルとして別途保存されたが,それ以外は直 ちに分析機関へ送付されたため,粘質状浮遊物の有 無は精査しなかった。これらの採取物は,肉眼では 緑色から白っぽい色合いを呈し,LM 観察では緑色 のサンプルは *Thalassiosira* の細胞が多く確認できた のに対し,白っぽいものでは *Thalassiosira* の細胞が 前者に比べて明らかに少なく,粘液糸が目立ってい た。また,曳網作業中に海面の状態を確認したが, 作業が夜間で海面確認できなかった定点を除く 12 定点中,7 定点で海面直下の濁りや緑っぽい変色が 認識された。同年5月7~10日に実施された調査 結果を表 1-2 に示す。ニューストンネット及びノル パックネットのいずれのネットでも粘質状浮遊物は 採取されなかった。

2012 年 4 月 7 日の 1 日合成人工衛星水温分布画 像と今回粘質状浮遊物が確認された定点を重ねて図 4 に示す。粘質状浮遊物は鹿児島県周辺海域に広く 分布していたが,黒潮本流域には定点がないため, その粘質状浮遊物の存在は確認できなかった。なお, 緑色を呈したサンプルが採取された定点は,水温分 布の中でも水温がやや低い海域に分布していた。

## (2) Chl-a濃度

水平分布

粘質状浮遊物が確認された定点のうち, St.17, 22, 29の3点について,2011年4月,2012年4月及び5 月の Chl-a 濃度鉛直プロファイルを図5に示す。 2011年4月は表層から水深100mの間が最高で約 0.5~2.5µg/Lを示し,100m以深ではほぼ0µg/Lと なる連続したプロファイルパターン(以下連続パタ



図4 水温分布と粘質状浮遊物出現定点

ーンという)を示した。2012 年 4 月は,表層から 水深 150 mの間で 5 ~ 15µg/L に達するような値が 散在する大きく乱れた不連続鉛直プロファイルパタ ーン(以下不連続パターンという)を示し,このよう な不連続パターンを示した定点が 14 定点で確認さ れた(表 1-1 グラフパターン)。1 ヶ月後の同年 5 月 は水深 50 m前後に 0.7µg/L 前後のなだらかなピー クを持つ連続したパターンを示し,不連続パターン を示す定点はみられなかった(表 1-2 グラフパター ン)。

表 1-1 のうち鉛直プロファイルパターンを図 6 に 示す。不連続パターンは粘質状浮遊物の出現定点(図 4)と同様に本県周辺海域に分布しているが,より 沿岸域若しくは北部にその分布が集中していた。

#### 鉛直分布

2012 年 4 月 6 ~ 9 日に各定点で観測された Chl-a 濃度を表 2 に示す。各定点の Chl-a 濃度ピーク値は 1.3 ~ 20.7µg/L の範囲, ピークを示した水深は 10 ~ 172m の範囲であり,定点間で変動が大きかった。 最大 Chl-a 濃度ピーク値は St.17 の水深 86m で 20.7µg/L だった。

	2012年4	月6~9日
St.	Chl-at <sup>°</sup> -ク値	ピーク水深 (m)
1	123	17
2	37	65
2	17	14
4	1.7	18
41	8 1	41
۰. ۲. ۱ ۲. ۱	2.0	72
15	2.5 7 1	53
16	18.6	70
10	20.7	86
175	20.7	66
18	9.5 9.8	55
10	5.0 6.0	10
191	12.5	112
20	10.5	63
20	3.1	20
22	15.9	77
23	60	172
24	3.7	30
25	2.0	43
26	1.6	13
27	17.2	41
28	15.1	21
29	18.3	27
30	15.5	45
31	4.5	53
32	3.3	68
33	14.7	96

表2 Chl-a濃度観測結果









図7 1m層毎の全定点平均Chl-a濃度鉛直分布

1m 層毎の全定点平均 Chl-a 濃度鉛直分布を図 7 に示す。Chl-a 濃度は 10 ~ 50m 層で高く,約 0.7 ~ 1.9µg/L の範囲で変動が大きかった。50 ~ 150m 層 では水深が深くなるに従い 1µg/L 程度から 0.2µg/L 程度に漸次減少していくが,いくつかの水深層では 1µg/L を超える高い値を示した。150m 以深はほぼ 0.2µg/L 以下となるが,水深 170 mまでは 0.5µg/L を超える層があった。ピーク値は,水深 45 mの 1.9µg/L だった。

各定点における 10m 層毎の平均 Chl-a 濃度鉛直分 布を図8に示す。なお,沖合定線St.1~5をL1,St.5 ~ 18 & L2 , St. 19 ~ 26 & L3 , St. 27 ~ 31 & L4 , St. 31 ~ 33 を L5 とした(図 1)。L1 は本土から屋久島南 西沖に伸びる定線で,本土に近い St.1 の水深 10 ~ 50 mに 2µg/L を超える分布層(以下分布層という) が見られた。L2 は屋久島南西沖から種子島東を回 って志布志湾口に至る定線で,種子島東の St.16 及 び 17 で水深 60m 及び 80m に,志布志湾口に近い St.17.5 及び St.18 で水深 50m まで分布層が見られ た。L3 は大隅海峡から県本土西方向の東シナ海に 伸びる定線で,三島から宇治群島の St.19.1,20,22 で 水深 40 ~ 120 mの比較的深い水深に見られた。L4 は東シナ海から甑島北を回って阿久根に至る定線 で, 甑島の西海域 St.27.28.29.30 の水深 30 ~ 50m 付近及び St.29 の 90m に分布層が見られた。L5 は 薩摩半島沿岸となるが分布層は見られなかった。

以上のように, Chl-a 濃度は水深 10 ~ 50m 層で 高い値が多かった。

## (3) 水温・塩分

2012 年 4 月及び同年 5 月調査時の水深 0m 及び 50m の TS ダイアグラムを図 9 に示す。

4 月調査で不連続パターンを示した定点の 0m 水 温は平均 17.2 ,50m 水温で平均 17.0 であった。 連続パターンを示した定点の 0m 水温は平均 18.7 ,50m 水温で平均 18.4 であり,いずれも不連 続パターンを示した定点の方が有意に約 1.5 低く (p<0.01),両群の平均値の中央値は 0m 水温で 17.95 ,50m 水温で 17.70 だった。5 月調査では全て の定点で連続パターンを示し,0m 水温は 19.8 以 上,50m 水温は 17.5 以上であった。

一方塩分は,4月調査の0mは不連続パターンを 示した定点はほぼ34.20以上であったが,連続パタ ーンを示した定点もその範囲にあるものが多く,明 確に分離できなかった。50mでは不連続パターン を示した定点と連続パターンを示した定点とも 34.60前後を示し,両者の違いは見られなかった。5 月調査の0mの塩分は4月とほぼ同じ,50mは4月 よりも低くなっているところが多かった。



図8 各定点における10m層毎の平均Chl-a濃度鉛直分布



図9 水深Om及び50mのTSダイアグラム

#### 2)粘質状浮遊物の消長と環境

## (1) 人工衛星画像

2012 年 2 月 20 日~4 月 17 日までの Chl-a 濃度分 布画像から,比較的雲の影響が少なかった主な画像 を図 10 に示す。県内の沿海漁協からの粘質状浮遊 物の確認情報は 3 月中旬~4 月中旬<sup>11</sup>に得られた が,この間の人工衛星画像では 3 月 21 日~4 月 8 日にかけて九州西岸を中心に Chl-a 濃度が高くなっ ており,なかでも 3 月 31 日が最も濃度が高くなっ ていた。

#### (2) 水温変動

甑島西の水温の推移を図 11 に示す。2012 年 2 月
中旬は平年よりも低く推移していたが,2 月から 3
月にかけて 2 以上急激に上昇し,3 月上中旬は平
年よりも1~2 高く推移した。その後,次第に低
下しはじめ,4 月中旬に再び急上昇に転じるまで平
年よりも約1 低く推移し,2月から4月の3ヶ月
間は大きく上昇下降を繰り返した。粘質状浮遊物が
確認された3月中旬から4月中旬は,水温が約19

から16 に降下している時期であった。

この間の主な人工衛星水温分布画像を図 12 に示 す。3 月中旬に甑島西の水温が一時的に上昇した 3 月 14 日の画像では,九州西岸を甑島を越え天草に 達する,黒潮から北に伸びる暖水域が観測されてい る。3 月 21 日の画像ではこの暖水域はなくなり, それ以降も大きく北上するような暖水域は観測され なかった。

## (3) 気象環境

九州西岸域の主な地点の気候統計値を表 3 に示 す。2 月の平均気温はいずれも平年並みから低め, 降水量は枕崎の平年並み以外は多い又はかなり多 く,日照時間はいずれも平年よりもかなり少なかっ た。特に種子島では月間日照時間の少ない方からの 順位が1949年以降で3位であった。

3 月はいずれの地点も平均気温,降水量,日照時 間は平年並みが多かった。

#### 考察

#### 1 原因プランクトン

Fryxell *et al.*<sup>8)</sup>は, *T.partheneia* を含む *Thalassiosira* 属 12 種が粘質状のコロニーを形成する又は形成す る疑いがあるとしている。これらのうち,本県では,

八代海で秋季に発生し,袋状群体を形成する Thalassiosira diporocyclus (以下 T.diporocyclus とい う)が知られているが,本種は1994年9月~翌3 月には瀬戸内海の一部で赤潮を形成した。<sup>12</sup> T.diporocyclus は,細胞直径 12 ~ 24µm であり,今 回の粘質状浮遊物原因プランクトンよりもやや大き く,有基突起が中心付近1本,殻套部に1輪及び中 央と殻套部の間にも散在するように1輪認められる <sup>13)</sup>が, T.partheneia が内面観では殻縁有基突起と中 心突起の間には突起物が認められないことから T.diporocyclus と区別できる。また, T.diporocyclus に近似する Thalassiosira subtilis は有基突起が縁辺 の1輪の他, 殻面の全域に散在する<sup>13)</sup>ことから,本 種とは異なる。不定形の粘質塊状に群体を形成する 種には、東京湾で赤潮となり二枚貝に被害が出た Thalassiosira mala<sup>14)</sup>(以下 T.mala という)も知ら れている。T.mala は細胞直径 3~10µm と小さく, 大きさの点では本種とほぼ重なる。しかし,中央域 の有基突起は中心よりずれ, 殻面中心と唇状突起の 線上付近にあるとされ,ほぼ殻面中央に位置する本 種と位置が異なるとともに, 殻外面の小室も明らか に認められる。13) ただし、これらの特徴は光学顕 微鏡では確認が困難な場合も多く,電子顕微鏡によ る確認を必要とする。

*T.partheneia* は,隣国では中国(http://data.sp2000.cn/ 2011\_cnnode\_e, 2013 年 3 月 31 日) でその存在が 報告されているが,我が国の *Thalassiosira* 属の出現 記録を筆者らが確認した限りではこれまでに出現事 例がなく,今回が初めての確認記録になるものと思 われる。

## 2 分布特性

本県海域で出現した粘質状浮遊物の出現期間は正確に把握されていないが,人工衛星 Chl-a 濃度分布 画像では,3月21日から4月8日にかけて Chl-a 濃 度の高い海域が認められている(図 10)。Chl-a は多 くの植物プランクトンが持つ植物色素であり,この 数値からは種の特定はできないものの,この間に行った「くろしお」による分布調査で採集したサンプ ルから大量の粘質状浮遊物とその主構成種が *T.partheneia* であることを確認したことから,この Chl-a 高濃度域は *T.partheneia* のコロニーよるもの と推測される。したがって,粘質状浮遊物が出現し た期間は,沿海漁協から粘質状浮遊物の確認情報が あった概ね3月中旬から4月中旬<sup>1)</sup>と考えられる。



図10 粘質状浮遊物発生期における人工衛星画像Chl-a濃度分布の推移





図12 人工衛星画像水温分布

表3 九州西岸域の主な地点における2~3月の気候統計値

月	地点	平均 <b>気</b> 温 (℃)	平年差 (℃)	階級	降水量 <sup>(mm)</sup>	平年比 (%)	階級	日照時間 (br)	平年比 (%)	階級
2	枕崎	9.0	-0.7	_	87.0	81	0	68.3	58	
_	種子島	11.6	-0.4	0	238.0	211	++	71.4	63	
	牛深	7.9	-1.3	—	198.5	217	++	75.0	63	
	福江	7.0	-1.1	—	132.0	124	+	57.6	57	——
3	枕崎	12.6	0.2	0	178.5	98	0	151.8	108	0
	種子島	14.7	0.3	0	185.5	107	0	154.2	122	+
	牛深	12.1	0.1	0	170.5	120	+	138.5	92	0
	福江	11.0	-0.3	0	185.5	101	0	135.6	95	0
> 陛	<u>кв _ · +</u>	wtell/wtelly		V O · J	在並み		エ・かた			

※階級 ーー:かなり少ない ー:少ない 〇:平年並み +:多い ++:かなり多い

同じ分布調査で Chl-a 濃度を観測したところ,鉛 直プロファイルに通常の観測記録にない不連続パタ ーンが観測された(図 5)。不連続パターンは,粘質 状浮遊物の主構成種がコロニーを形成する上,粘液 糸によって均一にばらけにくい性質を持つため, 蛍 光光度計のセンサー部に密度の高いコロニーが接触 した場合,著しく高い数値として計測されることで 生じると考えられる。不連続パターンを示した定点 と実際の粘質状浮遊物が採取された定点の出現状況 から A ~ D の 4 パターンに分類される (表 1-1 分 類)。すなわち,パターンAは,ネットで採取又は 未確認でグラフ上不連続パターンを示したもので, これは実際の出現状況と観測結果が同期しているこ とを意味する。パターン B はネットで採取された が, グラフには不連続パターンが現れなかったもの で,その定点の粘質状浮遊物の密度が低かったため グラフ上には現れなかったものの,長い距離を曳網 した結果採取されたと考えられる。また、パターン C はネットには採取されなかったが, グラフが不連続 パターンを示したもので,グラフの示す分布水深と

実際に曳網した水深が異なったためサンプルとして は採取されなかったと考えられる。パターン D は ネットで採取されず, グラフも不連続パターンを示 さなかったもので,密度が極めて低かったため認識 されなかったと推測される。したがって, グラフが 不連続パターンを示した A 及び C は粘質状浮遊物 濃密域と考えられ,その不連続パターン適合定点は 本県西方海上から薩南海域を通って志布志湾口にま で至っていた(図 6)ことから,ほぼ本県本土周辺海 域全体に及ぶ極めて広い範囲で分布していたものと 考えられる。また,1m 層毎の全定点平均 Chl-a 濃 度は水深 10 ~ 50m 層で高く, 50m 以深では水深が 深くなるに従って次第に減少しており(図 7),同じ 定点でも水深により数値が大きくばらついた(図 5)。このことから,粘質状浮遊物が分布していた海 域では,濃淡のはっきりしたコロニーが厚い層を形 成していたと推測される。さらに,水深 50 ~ 170 mの間にも Chl-a 濃度が部分的に高い層がある(図 7)ことから,密度の高いコロニーは 50m 以深にも 散在していたと考えられる。ただし,今回4月6~9

日にかけて実施した分布調査は,概ね3月中旬から 4 月中旬と推定されている出現期間から考えれば T.partheneia コロニーの発生から消滅に至る過程の うち,盛期から消滅段階の一時期の状況を示してい ると考えられる。コロニー成長過程に基づく鉛直分 布の変化は,分布調査結果からは明らかにできない が, Chl-a 濃度の高い層が水深 170m まで達してい たのは,衰退期で分布層の一部が下層に沈降してい た可能性も否定できない。人工衛星 Chl-a 濃度分布 画像は3月31日頃が出現海域,濃度ともにピーク を示していたが,才野じは,衛星画像を処理して 得られる植物色素濃度は有光層のおよそ 1/5 位の深 さまでの,表層付近に重みのかかった植物色素濃度 を測っていると述べている。 このことから,4月1 日以降の人工衛星画像の Chl-a 濃度が低下している (図 10)のは,存在量自体の減少に加え,分布層が 下層に広がった結果, Chl-a 濃度の測定値に影響を 与えた可能性も考えられる。

増殖に適する水温及び塩分を TS ダイアグラム (図 9)で検討した結果,4月調査時の不連続パター ンを示した定点の平均水温は連続パターンを示した 定点の平均に比べ約 1.5 低かった。すなわち,粘 質状浮遊物が高密度に存在すると考えられる水塊の 水温の方が,存在していないか密度が低いと考えら れる水塊の水温よりも低く,その境界値はそれぞれ の平均値の中央値が 0m 水温で 17.95 , 50m 水温 で 17.7 であったことから,約18 以下が本種の 増殖に適する水温と考えられる。さらに,甑島西の3 ~ 5月の水温推移(図11)で,3月中旬から4月中 旬の水温が一時低下した時期と粘質状浮遊物の出現 期が良く一致し,その時期の水温は約16~19 で あった。前述の TS ダイアグラムから推定した増殖 に適する水温を上限と考えれば,約16~18 が増 殖に適する水温と考えられる。なお,塩分について は,不連続パターン,連続パターンはいずれの塩分 も 34 台を示し, 有意差は認められなかった(図9) ことから,通常の外洋水の塩分範囲内で増殖できる と考えられる。

出現時期前の水温の推移を見ると,3 月上旬から 中旬にかけて一時的に水温が急上昇していたが,こ れは人工衛星の画像から黒潮の北上に伴う暖水域の 波及と推測される(図12)。暖水域が北上していた3 月10日は,暖水域が観測された薩摩半島南西海域 のChl-a濃度が少ない(図10)ことから,黒潮暖水 域にはコロニーは存在しないか極めて少ないものと 考えられる。その後3月21日以降,北上していた 暖水域の後退とともに急速に九州西岸域に高い Chl-a 濃度分布域が広がっていることから,暖水域 後退後に徐々に *T.partheneia* が増殖していったと考 えるより,既に暖水域が北上していた時期に暖水域 外の水温18 以下の沿岸水で増殖していたものが 暖水域後退とともに引き込まれるように広がったと 考える方が妥当と考えられる。

本種は地中海でも発生記録があり, Gould and Wiesenburg <sup>16)</sup>は海洋特性と合わせて述べている。 それによれば,本種のコロニーは 1987 年 11 月水温 16 前後,塩分 37.7 前後の躍層帯で確認され,水 深 30 ~ 54 mで特に濃密になり,水深 54m で Chl-a 濃度の最大値 23.1µg/L,これ以深では急激に Chl-a 濃度及び細胞密度が減少していたとしている。本県 周辺海域における出現水温は約 16 ~ 18 と概ね近 い水温帯であり,また,1m 層毎の全定点平均 Chl-a 濃度は水深 10 ~ 50 mで高くそのピーク水深は 45m であり(図 7),地中海の発生記録とほぼ近い水深で Chl-a 濃度が高くなっていた。

また, Elbrächter and Boje<sup>17)</sup>は,アフリカ西岸湧昇 流域で採取した *T.partheneia* を用いて水深毎の基礎 生産力を調べた結果,100 %光強度の水深から採取 された試験区は50 %光強度の水深採取区よりも基 礎生産力は劣り,明らかな強光阻害を示したとして いる。Gould and Wiesenburg<sup>16)</sup>も*T.partheneia*のコ ロニー大量発生は,前段階として低い光環境があり, 強まった乱流とこれに伴う富栄養化で成長が促され たと考えた。

2012 年 2 月の九州西岸域の気象環境は長崎から 鹿児島まで,降水量がかなり多く,逆に日照時間は かなり短かった(表 3)。前述したように,本種は低 光環境への適応が示唆されており,増殖を始める前 の時期の低い光環境により,この条件下でも適応で きる本種が優占した一要因となった可能性が考えら れる。さらに,五島天草近海は対馬暖流の分枝流と 有明海等に由来する沿岸水の影響を受ける海域と考 えられている。<sup>18,19)</sup> 1999 年 2 月の五島灘表層の栄 養塩濃度は窒素(NO2+NO3)は約 2µmol/L,リン(PO4) は約 0.2µmol/L, 珪素 (SiO2)は約 3 ~ 4µmol/L であ リ,1999年1月薩摩半島西方海域の窒素(DIN)は 50m 以浅で 2.89 ~ 5.98µmol/L, リン(PO4)は 0.2 ~ 0.42µmol/L であった。<sup>20)</sup> これらの値は, 八代海で 2009年7月に Chattonella antiqua 赤潮が発生した年 の発生期における窒素 (DIN)の最高値 2.7µmol/L,

リン (PO4)の最高値 0.35µmol/L<sup>21</sup>)に匹敵するかそれ 以上の栄養塩濃度レベルであり,冬季における九州 西岸域沖合の海域の栄養塩濃度は決して低いもので ないと推定される。さらに,2012 年 2 月は,大量 の雨や雪に伴い陸水からの供給も多かったと推測さ れ,当該海域も沿岸水の影響を受け栄養塩濃度が高 くなっていた可能性があり,この富栄養化がコロニ ーの成長を促したことも考えられる。

T.partheneia のコロニー出現は本県はもとより本 邦で初めてと考えられるが,これは本種が顕在的に 本県周辺海域に分布していたがこれまで優占種とな りえず確認されてこなかったのか,又は今般,他の 海域から運ばれてきたのか二通りの起源が考えられ る。人工衛星画像の Chl-a 濃度分布も出現時期には コロニーと思われる高濃度海域が認められたが,増 殖を始めたと思われる時期の画像は雲に覆われ記録 されていない日が多く,さらに当該海域の調査も行 われていないため,根拠資料に乏しく推測できなか った。

本種は,直接的な魚毒性は知られていないものの, 2012 年春季のコロニー形成により出現海域で操業 する漁業に支障が出ている。<sup>1)</sup>沖合域は頻繁にモニ タリングをしている海域ではないが,今後は沖合定 線調査などの情報を基に必要に応じて関係漁協等へ 情報提供するのが望ましいと考える。

## 謝辞

今般の粘質状浮遊物分布確認調査にあたり,沖合 定線調査に併せて実施いただいた漁業調査船「くろ しお」の乗組員の方々に感謝申し上げる。また,(独) 水産総合研究センター西海区水産研究所種子田雄氏 からは甑島西の水温データを,MODIS 観測 Chl-a 濃度分布画像は宇宙航空研究開発機構(JAXA)提供 の画像を利用させていただいた。併せて御礼申し上 げる。

## 文 献

- 1)田原義雄,折田和三,西広海,小湊幸彦,中村 章彦.2012 年春季に鹿児島県周辺海域で出現 した粘質状浮遊物の消長.鹿水技セ研報 2012 ;4:40-44.
- (社)日本電子顕微鏡学会関東支部.走査型電子 顕微鏡 共立出版,東京.2000.

- (3) 南雲保.簡単で安全な珪藻被殻の洗浄法.
   Diatom 1995; 10:88.
- 4) 長田敬五,南雲保.珪藻研究入門.日本歯科大
   学紀要(一般教育系)2001;30:131-141.
- 5)小林弘,出井雅彦,真山茂樹,南雲保,長田敬五.小林弘珪藻図鑑第1巻内田老鶴團,東京. 2006.
- Schrader H J . *Thalassiosira partheneia*, eine neue Gallertlager bildende zentrale Diatomee . "*Meteor*" *Forsch. -Ergebnisse*, Reihe D 1972 ; 10 : 58-64 .
- 7) Hasle G R. The Marine Planktonic Diatoms *Thalassiosira oceanica* sp.nov. and *T.partheneia*. *J.Phycol.* 1983; 19: 220-229.
- 8) Fryxell G A, Gould Jr R W, Watkins T P. Gelatinous colonies of the datom *Thalassiosira* in Gulf Stream Warm Core Rings includeing *T.fragilis*,sp.nov. . *Br. Phycol. J.* 1984; 19: 141-156.
- 9) Herzig W N, Fryxell G A. The diatom genus *Thalassiosira* Cleve in Gulf Stream warm core rings: taxonomy, with *T. intrannula* and *T. lineoides*, spp. nov. *Bot. Mar.* 1986; **29**: 11-25.
- 10) Hoppenrath M, Beszteri B, Drebes G, Halliger H, Van Beusekom J E E, Janisch S & Wiltshire K H. *Thalassiosira* species (Bacillariophyceae, Thalassiosirales) in the North Sea at Helgoland (German Bight) and Sylt (North Frisian Wadden Sea) - a first approach to assenssing diversity. *Eur. J. Phycol.* 2007; **42**: 271-288.
- Park J A , Lee J H . A stude on the fine structure of marine daitoms in Korean coastal waters:Genus *Thalassiosira* 5 . *Algea* 2010 ; 25(3) : 121-131 .
- 12) 佐藤博之,神薗真人,江藤拓也.1994 年秋季
   に豊前海で観察された Thalassiosira diporocyclus 赤潮.福岡水技研報 1996;5: 9-72.
- 福代康夫,千原光雄,高野秀昭,松岡数充.日
   本の赤潮生物 写真と解説 内田老鶴圃,東京.
   1990.
- 14) 佐藤正春.東京湾の赤潮とプランクトン.水質 汚濁研究 1987;10(8):475-478.
- 15) 才野敏郎.水色リモートセンシングと海洋の基礎生産.沿岸海洋研究ノート 1993;31(1):
   129-152.
- 16) Gould Jr R W, Wiesenburg D A . Single-species

dominance in a subserface phytoplankton concentration at a Medeterranea Sea front. *Lomnol.oceanogr.* 1990; **35**(1): 211-220.

- 17) Elbrachter M, , Boje R. On the ecological significance *Thalassiosira partheneia* inf the northwest African upselling area. Boje R and Tomczak M(eds). *Upwelling ecosystems* Springer, New York. 1978: 24-31.
- 18) 辻田時美.対馬海峡及び五島天草海峡漁場の構造と特に二重潮の発達について.西水研研報
   1954;1:1-32.

- 19) 山本憲一,中田実,水田浩二.水温/塩分の鉛
   直分布から見た五島灘の海況の特徴.長崎水試
   研報 1999; 25: 1-8.
- 20) 漁場生産力モデル開発基礎調査(九州海域)平成
   10 年度調査・研究報告.西海区水産研究所,
   長崎.2000.
- 21) 西広海,田原義雄,徳永成光,久保満,吉満敏, 中村章彦.2009年及び2010年に八代海で発生 した Chattonella atiqua 赤潮-発生期の環境特 性と養殖ブリへの影響-.鹿水技セ研報2012 ;3:5-20.