

No. 5

MARCH, 2014

BULLETIN
OF
KAGOSHIMA PREFECTURAL FISHERIES TECHNOLOGY
AND DEVELOPMENT CENTER

鹿児島県水産技術開発センター研究報告

第5号



平成26年3月

鹿児島県水産技術開発センター

鹿児島県水産技術開発センター研究報告

第5号

目 次

報文

鹿児島県海域におけるブリ類の魚種別漁獲量

宍道弘敏・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1

有害ラフィド藻 *Chattonella antiqua* の細胞密度及び形態の違いがブリ *Seriola
quinqueradiata* に与える影響

折田和三・西 広海・田原義雄・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 7

短報

有害ラフィド藻 *Chattonella antiqua* の大量培養技術開発

眞鍋美幸・西 広海・川口吉徳・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 15

資料

2013年春季の粘質状浮遊物出現状況

折田和三・富安正蔵・西 広海・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 18

試験研究業績

外部への発表・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 25

研修会・講習会等における報告状況・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 30

鹿児島県海域におけるブリ類の魚種別漁獲量

六道弘敏

「漁業・養殖業生産統計（以下、農林水産統計という）」において“ブリ類”として扱われているブリ *Seriola quinqueradiata*, ヒラマサ *Seriola lalandi*, カンパチ類（カンパチ *Seriola dumerili* 及びヒレナガカンパチ *Seriola rivoliana*）について、本県主要漁協における過去14年分の水揚げデータと農林水産統計データを基に魚種組成と魚種別漁獲量を推計し、その推移を把握した。県全体の解析期間中の平均魚種組成はブリ69.6%, ヒラマサ3.7%, カンパチ類26.7%であった。北薩海区においてはブリの漁獲量増加傾向が認められた。鹿児島海区においてはヒラマサ、南薩、熊毛、大島海区においてはカンパチ類の漁獲量減少傾向が認められた。県全体ではいずれの魚種も増減傾向は認められなかった。ブリ類漁獲量に占めるブリの割合は低緯度の海区ほど減少する傾向が認められる一方、カンパチ類のそれは増加傾向が認められた。これは、ブリよりも温暖な環境に生息するカンパチ類の分布・回遊生態を反映していると考えられた。

ブリは鹿児島県沿岸漁業にとって極めて重要な漁業資源の一つである。本県沿岸では主に「定置網漁業」と「ぶり飼付け漁業」によって漁獲される。前者では、1885年（明治18年）に内之浦で始まった「ぶり大敷網」が全国で最も古いといわれ、^{1,2)} また後者は、明治時代初期に南薩地区で発祥し、後に高知、長崎、三重、山口、島根、福岡等へと普及していった^{1,3)} とされることから、本種が本県沿岸漁業者にとって古くから重要な位置付けにあったことが窺われる。

また本県は、2011年のブリ養殖生産量が22,266トンと我が国第一位⁴⁾ で、その種苗である“モジャコ（ブリ稚魚）”の全国有数の採捕県でもある。人工種苗の供給が一部で始まっている⁵⁾ もの、大半の養殖用種苗は天然資源に依存している。また全国における天然ブリ漁況が養殖ブリの価格形成に少なからず影響を及ぼしている側面もあることから、天然ブリの、稚魚から成魚に至る資源動向を把握することは、本県養殖業者やモジャコ採捕業者の経営戦略上重要である。

国が実施している「我が国周辺水域の漁業資源評価」では、1990年代以降のブリ類漁獲量は増加傾向で推移している。⁶⁾ この増加傾向は気候のレジームシフト⁷⁾ との関連が指摘されており、^{8,9)} 温暖レジーム期に漁獲が増加するとされている。⁶⁾ 一方、筆者は、本県海域のブリ類漁獲量は全国の漁獲量と有意な負の相関関係があり、寒冷期に増加、温暖期に減少する傾向が認められること、また全国のブリ

類漁獲量重心が温暖期に北上、寒冷期に南下する傾向が認められることを報告した。¹⁰⁾ これらの研究のベースとなっている漁獲統計は農林水産統計である。

天然ブリ資源動向の詳細な把握、資源の適正管理や持続的利用方策の検討、資源変動要因や再生産機構の解明、モジャコ来遊量予測技術の開発等により漁家経営の安定・向上・効率化を図る上で、ブリ単一種の漁獲統計を整備することは最も基本的かつ重要である。しかし、農林水産統計においては、ブリ、ヒラマサ、カンパチ類（カンパチ及びヒレナガカンパチ）が併せて“ブリ類”として扱われており、魚種別の漁獲量は公表されていない。太平洋沿岸のブリ主要漁獲県である三重県、高知県、宮崎県では、ブリを除く3種の漁獲はわずかである（久野、梶、甲斐私信）が、本県においてはカンパチ類が周年漁獲され、その量は無視できない程度であり、特に種子島～屋久島以南の南西諸島海域においては顕著であると考えられる。しかし、これまで、本県海域におけるブリ類魚種別漁獲量を詳細に報告した例はない。そこで本研究では、ブリ単一種の漁獲統計整備の第一歩として、県下主要漁協の水揚げデータを基に本県海域におけるブリ類の魚種別漁獲量の推計を試みた。

材料及び方法

当所の「水揚市況データベース管理システム」に

より、表 1 及び図 2 に示すブリ類漁獲主要 19 漁協の 1998 年から 2011 年のブリ類魚種別漁獲量を収集した。得られたデータから、農林水産統計上の海区区分（北薩海区：出水～薩摩川内、南薩海区：いちき串木野～南九州、鹿児島海区：指宿～志布志、熊毛海区：西之表～屋久島、大島海区：奄美～与論）ごとに毎年の魚種別漁獲量を集計し、主要漁協海区別魚種組成を求めた。これに農林水産統計の海区別ブリ類漁獲量を乗じて、海区別魚種別漁獲量を推定した。また海区別魚種別漁獲量を合計し、県全体の魚種別漁獲量を推定した。

海区別魚種別漁獲量推定値から、解析期間中の平均魚種組成を算出するとともに、回帰分析により魚種ごとの経年変化について増減傾向の有無を調べた。増減傾向の有無は、回帰分析において傾きが 5 %有意水準を満たすかどうかで判断した。

サンプル抽出率（主要漁協における農林水産統計上のブリ類漁獲量／海区ごとの農林水産統計上のブリ類漁獲量）は、2006 年を例にとると、北薩海区：97 %，南薩海区：29 %，鹿児島海区：54 %，熊毛海区：70 %，大島海区：88 %であった。

なお、一部漁協の一部年において欠測があるが、

これを補完するための補正は行わず、得られたデータをそのまま用いた。また、農林水産統計は属人データ、「水揚市況データベース管理システム」により収集されるデータは属地データであるが、その違いに対応するような補正は行わなかった。

結 果

海区別及び県全体の魚種別漁獲量推定値の推移を図 1、各海区ごとの 1998 - 2011 年の平均魚種組成を図 2 に示し、以下海区ごとに述べる。

なお、ヒレナガカンパチは、漁協や年によって銘柄が分けられている場合と分けられていない場合が混在した（阿久根：2003 - 2011 年、笠沙町：2006 - 2011 年、野間池：2004 - 2011 年、沖永良部：2000 - 2011 年、与論町：2000 - 2005 年で銘柄を確認）。このうち、阿久根、笠沙町、野間池において銘柄が確認された期間中のヒレナガカンパチ年平均漁獲量はカンパチのそれぞれ 0.8, 0.2, 0.8 %とわずかであった。与論町では同期間中の年平均漁獲量がカンパチ 263 kg、ヒレナガカンパチ 781 kg であった。大島海区においてはヒレナガカンパチの漁獲割合が

表1 漁協別水揚げデータ収集状況

海 区	漁 協	年													
		1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
北 薩	東町	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	北さつま (長島町)	—	—	—	—	—	1-6月 欠測	○	○	○	○	○	○	○	○
	北さつま (黒之浜)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	北さつま (阿久根)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	甕島	一部地 区のみ	一部地 区のみ	一部地 区のみ	一部地 区のみ	一部地 区のみ	一部地 区のみ	○	○	○	○	○	○	○	○
南 薩	笠沙町	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	南さつま (野間池)	○	5-12月 欠測	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
鹿 児 島	かい糸い	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	おおすみ岬 (佐多岬)	○	○	○	7-9月 欠測	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	内之浦	1月 欠測	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	高山町	1-3月 欠測	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
熊 毛	種子島	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	屋久島 (屋久町)	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
大 島	奄美	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	名瀬	○	○	○	○	8,10,12月 欠測	1月 欠測	1,3-12月 欠測	—	○	○	○	○	○	○
	瀬戸内町	2-12月 欠測	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	徳之島	—	—	1-5月 欠測	○	○	○	○	○	○	1月 欠測	○	○	○	○
	沖永良部島	—	—	1-5月 欠測	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	与論町	—	—	1-3月 欠測	○	○	1,3,4月 欠測	○	○	○	○	○	○	○	○

○：データあり，—：データなし

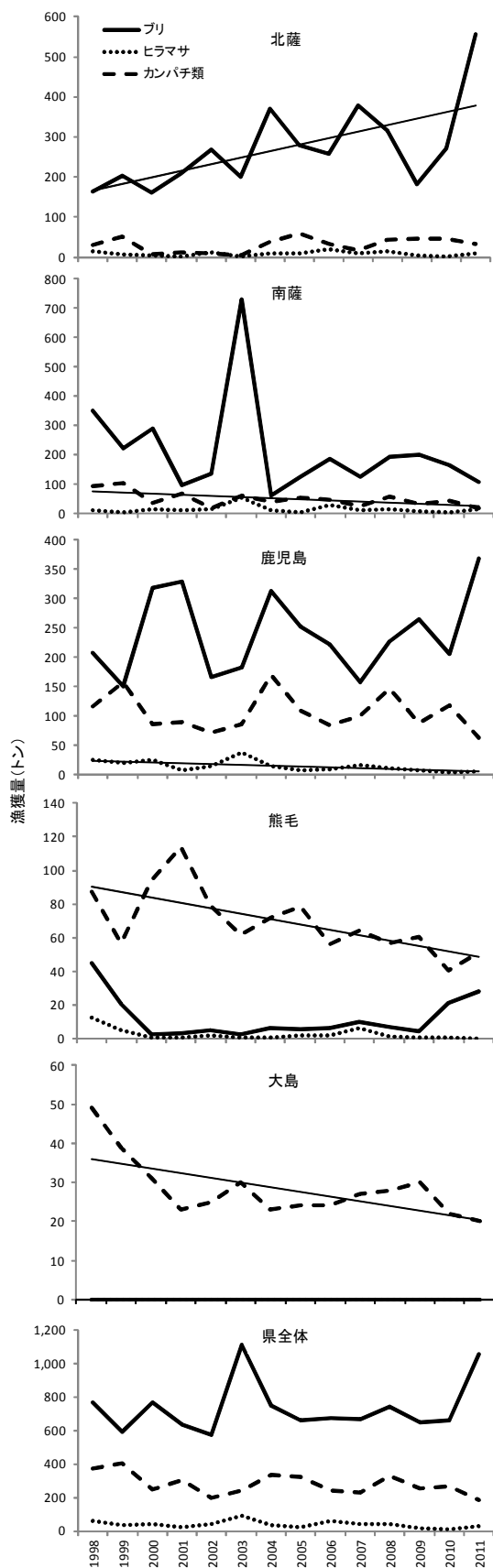


図1 海区域別及び県全体のブリ類魚種別漁獲量の推移
統計学的に有意($p<0.05$)な増減傾向が認められたものには回帰直線を付加した

他の海区域に比べて多い可能性があるが、両者が区別されていない漁協がほとんどであることから、本研究では両者を区別せず、併せて“カンパチ類”として扱った。

1 北薩海区

ブリの漁獲量は増加傾向にあり ($p<0.05$), 2011年には555トンと解析期間中の最高値となった。ヒラマサ、カンパチ類の年平均漁獲量はそれぞれ9トン、31トンとなり、増減傾向は認められなかった(図1)。解析期間中の平均魚種組成はブリ87.4%, ヒラマサ2.8%, カンパチ類9.9%であった(図2)。

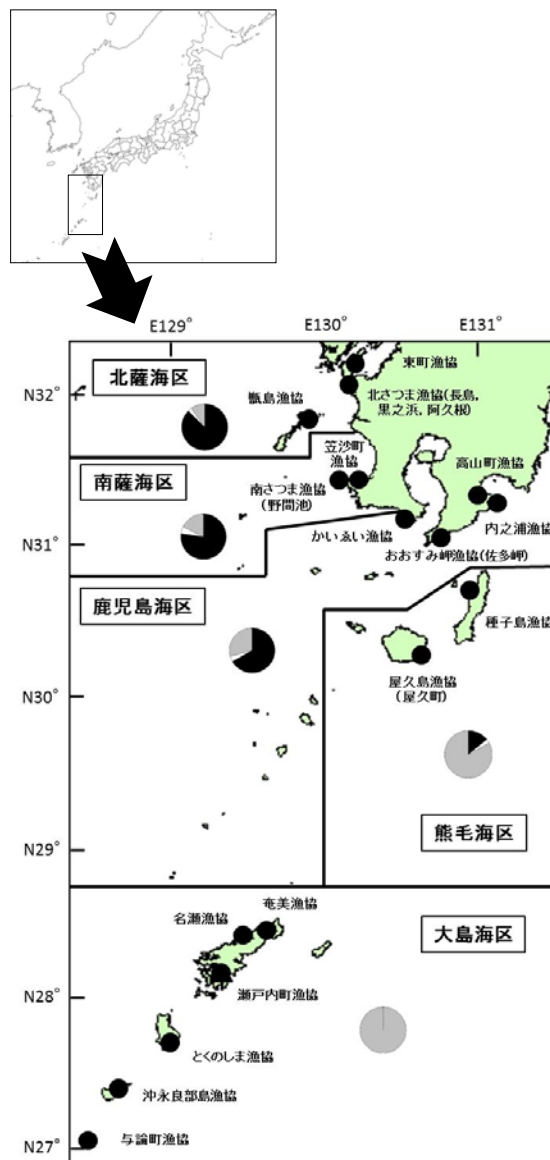


図2 データ収集漁協と海区域別平均魚種組成

●: データ収集漁協
円グラフ: 魚種組成(黒:ブリ, 白:ヒラマサ, 灰色:カンパチ類)

2 南薩海区

ブリ、ヒラマサの年平均漁獲量はそれぞれ 213 トン、14 トンとなり、増減傾向は認められなかった（図 1）。カンパチ類の漁獲量は減少傾向が認められ（ $p<0.05$ ），平均漁獲量は 49 トンであった。解析期間中の平均魚種組成はブリ 77.3 %，ヒラマサ 4.9 %，カンパチ類 17.8 %であった（図 2）。

3 鹿児島海区

ブリ、カンパチ類の年平均漁獲量はそれぞれ 240 トン、106 トンとなり、増減傾向は認められなかった（図 1）。ヒラマサの漁獲量は減少傾向が認められ（ $p<0.05$ ），平均漁獲量は 14 トンであった。解析期間中の平均魚種組成はブリ 66.7 %，ヒラマサ 3.9 %，カンパチ類 29.3 %であった（図 2）。

4 熊毛海区

ブリ、ヒラマサの年平均漁獲量はそれぞれ 12 トン、2 トンとなり、増減傾向は認められなかった（図 1）。カンパチ類の漁獲量は減少傾向が認められ（ $p<0.01$ ），平均漁獲量は 69 トンであった。解析期間中の平均魚種組成はブリ 14.2 %，ヒラマサ 2.8 %，カンパチ類 82.9 %であった（図 2）。

5 大島海区

ブリの漁獲量はわずかに名瀬漁協において 1999 年と 2000 年に各 8 kg の水揚げ実績が確認できるのみであり、ヒラマサについては全く実績がなく、ほぼカンパチ類のみで占められた。カンパチ類の漁獲量は減少傾向が認められ（ $p<0.05$ ），平均漁獲量は 28 トンであった。解析期間中の平均魚種組成はカンパチ類 100.0 %であった（図 2）。

6 県全体

各魚種の年平均漁獲量は、ブリ 738 トン、ヒラマサ 39 トン、カンパチ類 283 トンとなり、いずれも増減傾向は認められなかった（図 1）。解析期間中の平均魚種組成はブリ 69.6 %，ヒラマサ 3.7 %，カンパチ類 26.7 %であった。

ブリ類漁獲量に占めるブリの割合は、北薩海区 87.4 %，南薩海区 77.3 %，鹿児島海区 66.7 %，熊毛海区 14.2 %，大島海区 0.0 %と、低緯度の海区ほど減少する傾向が認められた。逆にカンパチ類は、それぞれ 9.9 %，17.8 %，29.3 %，82.9 %，100.0

%と、低緯度の海区ほど増加する傾向が認められた（図 2）。

考 察

1998 - 2011 年の間、県全体ではブリ漁獲量の増減傾向は認められなかったが、海區別にみると北薩海区のみ増加傾向が認められた。ヒラマサ、カンパチ類では減少傾向が認められる海区があった（図 1）。海区によるこれらの増減傾向の違いが資源の増減によるのか、漁獲努力量の増減によるのか等について詳細に把握するためには、漁業種別に漁獲量を把握し、漁獲努力量に関する情報を元に算出される資源量指標値〔単位漁獲努力量当たり漁獲量（CPUE）〕¹¹⁾や、比較的漁獲努力量が安定していると考えられる大型定置網漁業による漁獲動向等により資源動向を判断する必要がある。

ブリ類漁獲量に占めるブリの割合は、低緯度の海区ほど減少する傾向が認められる一方、カンパチ類のそれは増加する傾向が認められた（図 2）。太平洋沿岸のブリ主要漁獲県である三重県では、1971 年以降の定置網漁獲物のブリ類魚種組成を把握しており、1980 年頃、黒潮大蛇行に伴う黒潮系暖水の影響と考えられるヒラマサの一時的増加¹²⁾によってヒラマサが 3 割程度含まれたほかは、ブリ以外の魚種の割合は数%にとどまっており、9 割以上がブリであった（久野私信）。同じく高知県における 2010 - 2013 年のブリ類魚種組成は、ブリが 95 %を超えており、カンパチが数%、ヒラマサ及びヒレナガカンパチは 1 %未満であった（梶私信）。同じく宮崎県における 2011 年のブリ類魚種組成は、ブリ 91 %，カンパチ類 8 %，ヒラマサ 1 %未満であった（甲斐私信）。このように、鹿児島県内だけでなく、他県海域まで含めた場合においても、低緯度の海域ほどカンパチ類の割合が増加する傾向があると考えられる。これは、ブリよりも温暖な環境に生息するカンパチ類の分布・回遊生態¹³⁾を反映していると考えられる。

我が国の南西諸島におけるブリの漁獲については、1958 年頃の喜界ヶ島（喜界島）において、3 月頃に卵を持ったブリが多数漁獲されたとする聞き取り情報が報告されている。¹⁴⁾しかし、勤続 35 年という地元漁協職員によると、「ブリの水揚げは記憶にない」（浜田私信）とのことである。またこれまで、日本各地で標識放流されたブリの奄美海域での

再捕記録や奄美海域での遊泳を示唆する報告はない。以上のことから、本県海域におけるブリの生息南限は熊毛海区で、低緯度海区ほど生息密度が減少し、逆にカンパチ類の生息密度が増加すると考えられる。

一方、1988/89年に生じたとされるレジームシフト⁷⁾以降、現在まで温暖レジーム期が継続していると考えられ、⁶⁾薩南海域の多くの定点で表面水温上昇傾向が報告されている¹⁵⁾環境下において、カンパチ類の漁獲量は南薩・熊毛・大島海区において統計学的に有意な減少傾向が認められた。これは、温暖な環境が適していると考えられるカンパチ類の生態的側面からみて矛盾しているようにみえる。この減少傾向が資源の減少によるのか、漁業者の減少や燃油高騰等による漁獲努力量の低下によるのか、今後、上述のような漁獲努力量ベースの解析等により明らかにしていく必要がある。

本研究の結果、天然ブリ資源動向の詳細な把握に必要なブリ単一種の漁獲統計整備の第一歩として、これまで不明であった本県海域におけるブリ類の魚種別漁獲量や魚種組成が推定された。ブリは広く我が国沿岸に分布し、広域的に移動回遊することが知られており、¹⁶⁻²¹⁾ブリの生息範囲とされる我が国及び朝鮮半島周辺¹³⁾の全体を一つの系群として資源評価が行われている。⁶⁾従って、ブリ資源評価の精度向上や資源の持続的利用を図るためには、他県海域においてもブリ類の魚種別漁獲量に関する基礎データの整備が望まれる。またこの基礎データの整備は、ブリに比べて温暖な環境に生息¹³⁾し、本研究の結果低緯度の海域ほど生息密度が高いと推察されたカンパチ類が、我が国周辺海域の海面水温上昇傾向²²⁾に伴って今後どのように生息範囲や資源量が変化し、それが生態系や漁業生産、養殖業を含めた漁家経営にどのような影響を及ぼすのか等を検討する上でも重要な位置付けになると考えられる。

謝 辞

水揚げデータや漁獲情報の収集において、県下関係漁協担当者の皆様には多大なるご理解とご協力を賜った。心より御礼申し上げます。本論文を査読して頂き、貴重なご指摘・ご指導を賜った、独立行政法人水産総合研究センター中央水産研究所 阪地英男博士に、衷心より感謝申し上げます。関係各県のブリ類漁獲状況について情報を提供して頂くとともに、

貴重なご助言を頂いた、三重県水産研究所 久野正博氏、高知県水産試験場 梶 達也氏、宮崎県水産試験場 甲斐史文氏に深謝の意を表する。論文執筆に当たり有益なご助言を賜った当所関係者諸氏にお礼申し上げます。

文 献

- 1) 村山達朗. ブリ漁業. ブリの資源培養と養殖業の展望(松山倫也・檜山義明・虫明敬一・濱田英嗣編), 恒星社厚生閣, 東京. 2006; 32-41.
- 2) 福元 覚, 徳留陽一郎. 定置網漁業. 鹿児島県水産技術のあゆみ. 鹿児島県, 鹿児島. 2000; 280-298.
- 3) 福元 覚, 徳留陽一郎. ぶり飼付け漁業. 鹿児島県水産技術のあゆみ. 鹿児島県, 鹿児島. 2000; 243-247.
- 4) 平成 23 年漁業・養殖業生産統計年報. 農林水産省大臣官房統計部, 東京, 2013.
- 5) 養殖ビジネス 2013 年 9 月号. 緑書房, 東京. 2013; 64.
- 6) 田 永軍, 阪地英男. 平成 24 年度ブリの資源評価. 平成 24 年度我が国周辺水域の漁業資源評価, 第 2 分冊, 水産庁・水産総合研究センター. 2013; 1036-1066.
- 7) Yasunaka S and Hanawa K. Regime shifts found in the Northern Hemisphere SST field. *J. Meteor. Soc. Japan* 2002; **80**(1): 119-135.
- 8) 久野正博. ブリ資源の長期変動特性と気候のレジームシフト. 黒潮の資源海洋研究 2004; **5**: 29-37.
- 9) Tian Y, Kidokoro H, Watanabe T, Igeta Y, Sakaji H, Ino S. Response of yellowtail, *Seriola quinqueradiata*, a key large predatory fish in the Japan Sea, to sea water temperature over the last century and potential effects of global warming. *J. Marine Systems* 2012; **91**: 1-10.
- 10) 穴道弘敏. 鹿児島県海域におけるブリ類漁獲量変動(要旨). 黒潮の資源海洋研究 2013; **14**: 124.
- 11) 水産庁, 水産総合研究センター. 資源評価・資源管理の用語. 平成 24 年度我が国周辺水域の漁業資源評価, 第 1 分冊, 水産庁・水産総合研究センター, 東京. 2013; 1.
- 12) 久野正博. 熊野灘沿岸におけるブリ定置網の漁獲動向. 南西外海の資源・海洋研究 1998; **14**:

- 45-53.
- 13) 瀬能 宏. アジ科. 「日本産 魚類検索 全種の同定 第二版」(中坊徹次編) 東海大学出版会, 東京. 2000; 792-793.
- 14) 三谷文夫. ブリの漁業生物学的研究. 近畿大学農学部紀要 1960; **1**: 81-300.
- 15) 富安正蔵. 鹿児島県周辺海域水温の長期変動. 平成 25 年度中央ブロック資源海洋調査研究会要旨集 2013; 12-13.
- 16) 田中昌一. 標識放流結果からみた本邦太平洋沿岸のブリの回遊－Ⅰ. 日水誌 1972; **38**: 29-32.
- 17) 田中昌一. 標識放流結果からみた本邦太平洋沿岸のブリの回遊－Ⅱ. 日水誌 1972; **38**: 93-96.
- 18) 田中昌一. 標識放流結果からみた本邦太平洋沿岸のブリの回遊－Ⅲ. 日水誌 1973; **39**: 17-23.
- 19) 村山達朗. 日本海におけるブリの資源生態に関する研究. 島根水試研報 1992; **7**: 1-64.
- 20) 井野慎吾, 新田 朗, 河野展久, 辻 俊宏, 奥野充一, 山本敏博. 記録型標識によって推定された対馬暖流域におけるブリ成魚の回遊. 水産海洋研究 2008; **72**(2): 92-100.
- 21) 阪地英男, 久野正博, 梶 達也, 青野怜史, 福田博文. 太平洋における成長段階別の回遊様式の把握(1)年齢別回遊群について. 水研センター研報 2010; **30**: 36-73.
- 22) 気象庁. 海面水温の変動. 気候変動監視レポート 2012, 気象庁, 東京. 2013; 33-34.

有害ラフィド藻 *Chattonella antiqua* の細胞密度及び 形態の違いがブリ *Seriola quinqueradiata* に与える影響

折田和三・西 広海・田原義雄¹

¹ 始良・伊佐地域振興局林務水産課

養殖したブリ *Seriola quinqueradiata* 1年魚を培養した異なる細胞密度の *Chattonella antiqua* に曝露したところ、細胞密度 1,366 cells/mL 及び 2,900 cells/mL でブリが 70 ~ 104 分後にへい死した。遊泳停止又は球形化した *C. antiqua* でも細胞密度 2,100 cells/mL でブリが 79 ~ 82 分後にへい死した。このことから、物理的・化学的刺激により細胞形態が遊泳停止又は球形化しても遊泳細胞と同等の魚毒性が維持されている可能性が高いと推測された。へい死したブリの鰓の小出鰓動脈側は、いずれも粘液由来と思われる付着物に覆われ、海水交換が妨げられた結果、窒息したと考えられた。

八代海で発生する *Chattonella antiqua* 赤潮は甚大な漁業被害を及ぼすことで知られている¹⁾が、そのへい死メカニズムや毒成分は明らかにされていない。筆者らは2012年1月にブリ *Seriola quinqueradiata* 当歳魚を細胞密度 2,200 cells/mL の培養した *C. antiqua* に曝露したところ、約 30 分後にへい死し、その鰓の二次鰓弁の上皮細胞が剥離し、二次鰓弁の隙間を閉塞する等の症状を示すことを報告した。²⁾

今般、このような鰓の病理学的変化が *Chattonella* 赤潮に対する通常の反応なのか、曝露された細胞密度によって変化部位や程度に違いがあるのか、さらに球形化した細胞も魚毒性を持つのかを確認し、へい死機構の解明と被害防止技術開発への一助とした。

なお、本研究の一部は水産庁委託事業（漁場環境

・生物多様性保全総合対策事業のうち赤潮・貧酸素水塊漁業被害防止対策事業「シャトネラ属有害プランクトンの漁業被害防止・軽減技術に関する研究」で実施した。

材料及び方法

試験には2009年8月4日に八代海南部で採集した *C. antiqua* を当所で分離培養したクローン株を用いた。培養には、栄養強化海水培地である f/2 培地³⁾ から Cu と Si を除き、Se と Tris を添加した改変 f/2 培地（表 1, 坂本未発表）を用い、試験実施 7 日前に 5 L 容フラスコ 14 本に培養株を接種し、温度 23 °C、光強度約 50 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 、14 時間明 10 時間暗の明暗周期、通気下で培養を行った。

表1 改変f/2培地組成

成分	添加量	保存液濃度	最終濃度
NaNO ₃	1mL	75g/1000mL	8.83 × 10 ⁻⁴ M
NaH ₂ PO ₄ ・H ₂ O	1mL	5g/1000mL	3.63 × 10 ⁻⁵ M
H ₂ SeO ₃	1mL	下記参照	
Trace metals-1溶液	1mL	右記参照	
Trace metals-2溶液	1mL	右記参照	
Vitamin mix	0.5mL	右記参照	
Tris	0.5g		
Seawater	1000mL		
pH 7.4			
H ₂ SeO ₃			
成分	添加量	保存液濃度	最終濃度
H ₂ SeO ₃	1mL	0.129mg/100mL	1 × 10 ⁻¹⁰ M

Trace metals-1溶液

成分	添加量	保存液濃度	最終濃度
Na ₂ MoO ₄ ・2H ₂ O	1mL	0.63g/100mL	3 × 10 ⁻⁸ M
ZnSO ₄ ・7H ₂ O	1mL	2.2g/100mL	8 × 10 ⁻⁸ M
CoCl ₂ ・6H ₂ O	1mL	1.0g/100mL	5 × 10 ⁻⁸ M
MnCl ₂ ・4H ₂ O	1mL	18.0g/100mL	9 × 10 ⁻⁹ M

蒸留水で1000mLに定容

Trace metals-2溶液

成分	添加量	保存液濃度	最終濃度
FeCl ₃ ・6H ₂ O	3.15g	-	1 × 10 ⁻⁵ M
Na ₂ EDTA・2H ₂ O	4.36g	-	1 × 10 ⁻⁵ M

蒸留水で1000mLに定容

Vitamin mix

成分	添加量	保存液濃度	最終濃度
Vitamin B ₁₂	1mL	0.1g/100mL	1 × 10 ⁻¹⁰ M
Biotin	10mL	0.01g/100mL	2 × 10 ⁻⁹ M
Thiamine・HCl	200mg	-	3 × 10 ⁻⁷ M

蒸留水で1000mLに定容

表2 各試験区の *Chattonella antiqua* 細胞密度及び調整方法

試験区	細胞密度 (cells/mL)	調整方法	備考
1	2,000	培養株を飼育海水で希釈	へい死密度確認
2	1,000	培養株を飼育海水で希釈	へい死密度確認
3	500	培養株を飼育海水で希釈	へい死密度確認
4	0	飼育海水のみ	試験区1～3の対照区
5	球形化2,000	培養株を防除剤で遊泳停止又は球形化させた後、上澄みを飼育海水で希釈	遊泳停止, 球形化細胞毒性確認
6	0	試験区5と同様の方法で処理後、上澄みを飼育海水で希釈	試験区5の対照区

曝露試験は、山川町漁協管内の養殖業者からブリ 1 年魚（平均体重 1,440 g）を 2013 年 1 月 16 日に購入し、供試魚に用いた。試験実施 1 週間前の 1 月 17 日から濾過温海水を注水して毎日約 1 °C ずつ水温を昇温させ、最終的に飼育水の水温を *C. antiqua* 培養温度と同じ 23 °C にした後、1 月 24 日の曝露試験実施までの間、給餌は行わなかった。試験実施前日に 180 L 容角形水槽に 1 試験区当たり供試魚 2 尾を入れ、1 日間濾過温海水流水で安静させた。曝露試験中は、濾過温海水の注水を停止し、1 kW ヒーターで加温し水温を 23 °C に維持した。また、通気及び酸素分散により酸素を供給した。

試験区は表 2 の 1 ～ 4 の 3 試験区及び対照区を細胞密度影響試験、5 ～ 6 の 1 試験区及び対照区を細胞形態影響試験とした。細胞密度影響試験は、細胞密度 5,700 ～ 11,000 cells/mL（平均細胞密度 8,900 cells/mL）となった *C. antiqua* を設定細胞密度になるように濾過温海水で希釈して用いた。細胞形態影響試験は、培養海水に赤潮防除剤（入来モンモリ 300 ppm 及び焼ミョウバン 75 ppm）を添加し、5 分間攪拌して細胞を遊泳停止又は球形化させた。曝露の際は粘土粒子による影響を避けるため、処理海水を静置・沈殿させた後、上澄み液を分取して細胞密度が 2,000 cells/mL になるように濾過温海水で希釈して用いた。また、赤潮防除剤のブリへの影響を確認するため、飼育海水に試験区 5 と同様の粘土処理を施し、静置・沈殿させた後、上澄み液を分取したものを対照区とした。それぞれの試験区にブリを 24 時間曝露し、その間の供試魚の行動を観察した。なお、試験開始直後及び 2 時間後まで適宜、水温、塩

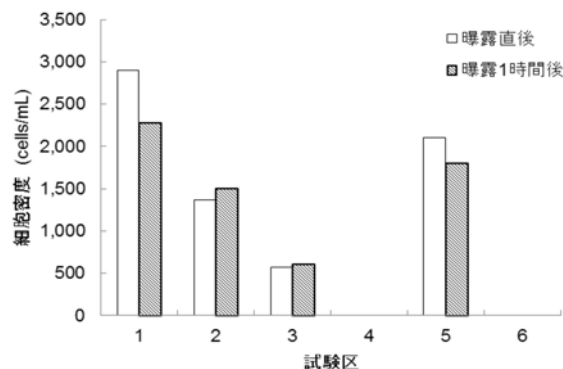
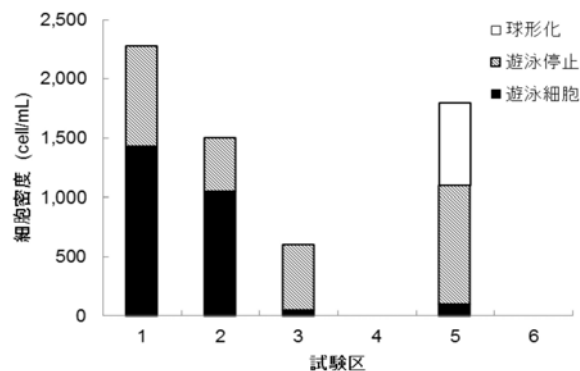
分、溶存酸素濃度（DO）を多項目水質計（YSI 社製 Model 85）で測定し、pH は測定時刻に採水したサンプルを pH メーター（セントラル科学社製 UC-23）で測定した。

曝露試験でへい死したブリは、へい死確認後直ちに切りあげ、尾叉長及び体重を計測した。さらに、鰓を切り取り、第 1 鰓弓から第 1 及び第 2 鰓弁を数枚切り出して、光学顕微鏡（以下 LM という）で観察した。また、隣接する部位から鰓弁を含む鰓弓を 1 cm ほど切り出し 0.1 %リン酸バッファ 2 %グルタールアルデヒド固定液に浸漬した。固定された鰓弓からさらに鰓弁を切り出し、定法⁴⁾によりアルコール系列脱水、t-ブチルアルコール凍結乾燥、イオンスパッタ金属蒸着を経て、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、0.1 %リン酸バッファ 2 %グルタールアルデヒドで固定された鰓を pH 2.5 アルシアンブルー染色（http://www.sigma-aldrich.co.jp/TechnicalSupport/pdf/Stain_Alcianblue.pdf, 2014 年 3 月 31 日）し、LM で観察した。

結 果

曝露直後及び 1 時間後の *C. antiqua* 細胞密度を図 1 に示す。曝露直後の細胞密度は設定した細胞密度より 5 ～ 45 % 高く、試験区 1 は 2,900 cells/mL、試験区 2 は 1,366 cells/mL、試験区 3 は 570 cells/mL、試験区 5 は 2,100 cells/mL だった。曝露 1 時間後の細胞密度は、試験区 1 は 2,275 cells/mL、試験区 2 は 1,500 cells/mL、試験区 3 は 600 cells/mL、試験区 5

図1 *Chattonella antiqua* 細胞密度の推移図2 曝露1時間後の *Chattonella antiqua* 細胞形態別細胞密度

は 1,800 cells/mL であり、曝露直後の細胞密度の 78 ~ 110 % だった。

曝露 1 時間後の *C. antiqua* の形態別細胞密度を図 2 に示す。試験区 1 は遊泳細胞が 1,425 cells/mL (63 %), 試験区 2 は 1,050 cells/mL (70 %), 試験区 3 は 50 cells/mL (8 %) で、それぞれ残りは遊泳停止で球形化細胞は確認されなかった。試験区 5 は遊泳細胞が 100 cells/mL (6 %), 遊泳停止が 1,000 cell/mL (56 %), 球形化細胞が 700 cells/mL (39 %) だった。

C. antiqua に曝露したブリの生残状況を図 3 に示す。細胞密度影響試験では、試験区 1 は曝露 70 分及び 73 分後に 2 尾ともへい死した。試験区 2 は 90

分及び 104 分後に 2 尾ともへい死した。試験区 3 及び試験区 4 は 24 時間後まで行動に異常は認められなかった。細胞形態影響試験では、試験区 5 は 79 分及び 82 分後に 2 尾ともへい死した。試験区 6 は 24 時間後まで行動に異常は認められなかった。

曝露試験中の水質の変動状況を表 3 に示す。DO は、試験開始時に酸素通気を行ったが、著しく数値が高くなったため、30 分後には全ての試験区で空気通気に切り替えたことから、数値変動は大きくなった。へい死した試験区 1, 2, 5 の DO は、24 時間後まで生残した他の試験区と比べても酸欠になるほど低い状態にはなかった。また、試験区 5 及び 6

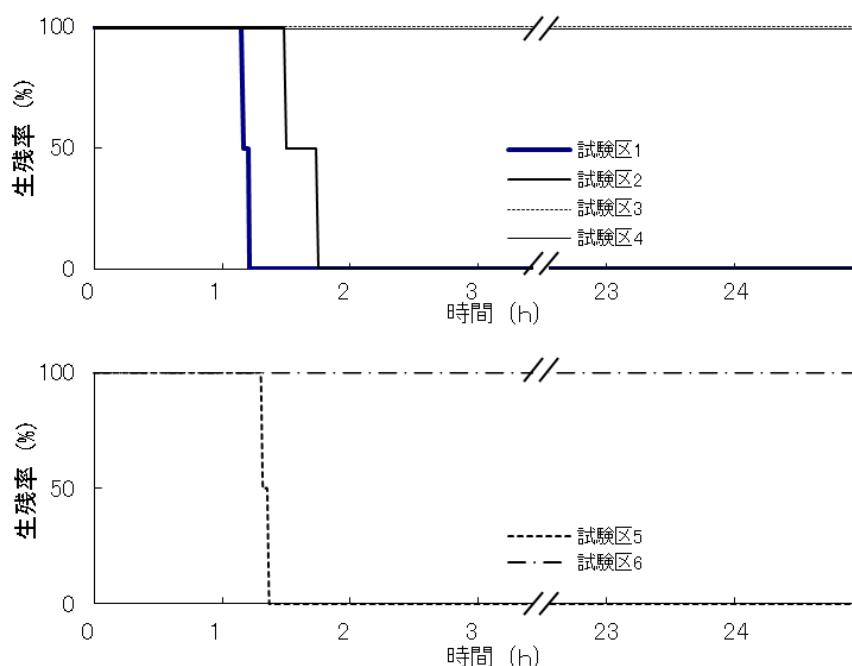
図3 *Chattonella antiqua* 曝露によるブリの生残状況
(上段:細胞密度影響試験 下段:細胞形態影響試験)

表3 各試験区の水質の変動(曝露直後～2時間後まで)

試験区	水温(°C)	塩分	pH	DO(mg/L)
1	23.2～23.5	33.5～33.7	7.8～7.9	6.3～15.3
2	22.8～23.8	33.4	7.8～7.9	5.6～10.8
3	23.6～24.1	33.4～33.5	7.8～7.9	5.4～測定上限値
4	25.6～26.9	33.1～33.5	7.8～7.9	3.6～5.4
5	24.6～26.0	33.5～33.7	7.5～7.6	5.6～15.4
6	23.4～24.1	33.4	7.3～7.5	5.1～12.1

の pH は試験区 1 ～ 4 に比べやや低く, 試験区 5 は対照区である試験区 6 と比べて pH がわずかに高かった。

へい死したブリの鰓の LM 画像を図 4 に示す。二次鰓弁(図中矢尻)間又は二次鰓弁上には楕円から紡錘形をしたプランクトンの細胞が確認された。これらの細胞は *C. antiqua* の遊泳細胞の形を呈しておらず不明瞭ではあるが, 細胞内組織である葉緑体顆粒が残存していた(図中矢印)。

供試したブリの鰓の SEM 画像を図 5 に示す。試験区 1 の一次鰓弁は, 二次鰓弁列の小出鰓動脈側前面が付着物で覆われていた(図 5-1 矢印)。二次鰓弁の小出鰓動脈側前面は基部から頂点部までが付着物で塞がれているが, 頂点部から小入鰓動脈方向には付着物は認められず, 上皮細胞にも剥離は認められなかった(図 5-2)。一次鰓弁の小出鰓動脈側は, 上皮細胞の剥離(図 5-3 矢尻)や粘液細胞の放出痕(図 5-4 矢尻)が多数認められた。

試験区 2 の一次鰓弁は, 試験区 1 と同様, 二次鰓

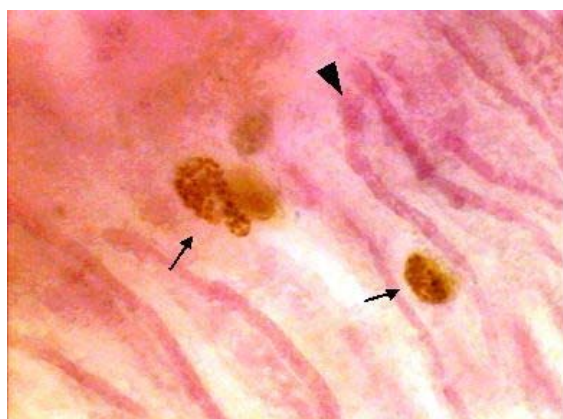


図 4 ブリの二次鰓弁上の *Chattonella antiqua* 細胞

弁列の小出鰓動脈側前面が付着物で覆われていた(図 5-5 矢印)。二次鰓弁の小出鰓動脈側前面は一次鰓弁の上皮細胞が二次鰓弁前面まで伸長するところ(図 5-6 矢印)があり, 頂点部から小入鰓動脈方向には付着物は認められず, 上皮細胞にも剥離は認められなかったが, 二次鰓弁の毛細血管が拡張していた(図 5-7 矢尻)。一次鰓弁の小出鰓動脈側は, 試験区 1 のような上皮細胞の剥離は認められなかったが, 皺が寄ったような変化が認められた(図 5-8 矢尻)。

試験区 3 の一次鰓弁には, 付着物はなく病理学的変化は認められなかった(図 5-9 矢印)。また, 二次鰓弁にも付着物や上皮細胞の変化は認められなかった(図 5-10 矢印)が, わずかに粘液細胞の放出痕があった(図 5-11 矢尻)。二次鰓弁の毛細血管の拡張は認められなかった(図 5-12 矢尻)。

試験区 5 の一次鰓弁には, 部分的に二次鰓弁列の小出鰓動脈側前面が付着物で覆われていた(図 5-13 矢印)。二次鰓弁の小出鰓動脈側前面は基部から頂点部までが付着物で塞がれているが, 頂点部から小入鰓動脈方向には付着物は認められず, 上皮細胞にも剥離は認められなかった(図 5-14 矢印)。一次鰓弁の小出鰓動脈側は, 試験区 1 のような上皮細胞の剥離は認められなかったが, 弱く皺が寄ったような変化と粘液細胞の放出痕が認められた(図 5-14 矢尻)。

試験区 1 のアルシアンブルーで染色された鰓の LM 画像を図 6 に示す。一次鰓弁小入鰓動脈側及び二次鰓弁表皮細胞下に青色に染色された粒状の組織が観察された(図 6-1, 矢印)。さらに, 二次鰓弁小出鰓動脈側の SEM 画像で確認された付着物は同様の青色に染色されていた(図 6-2, 矢尻)。

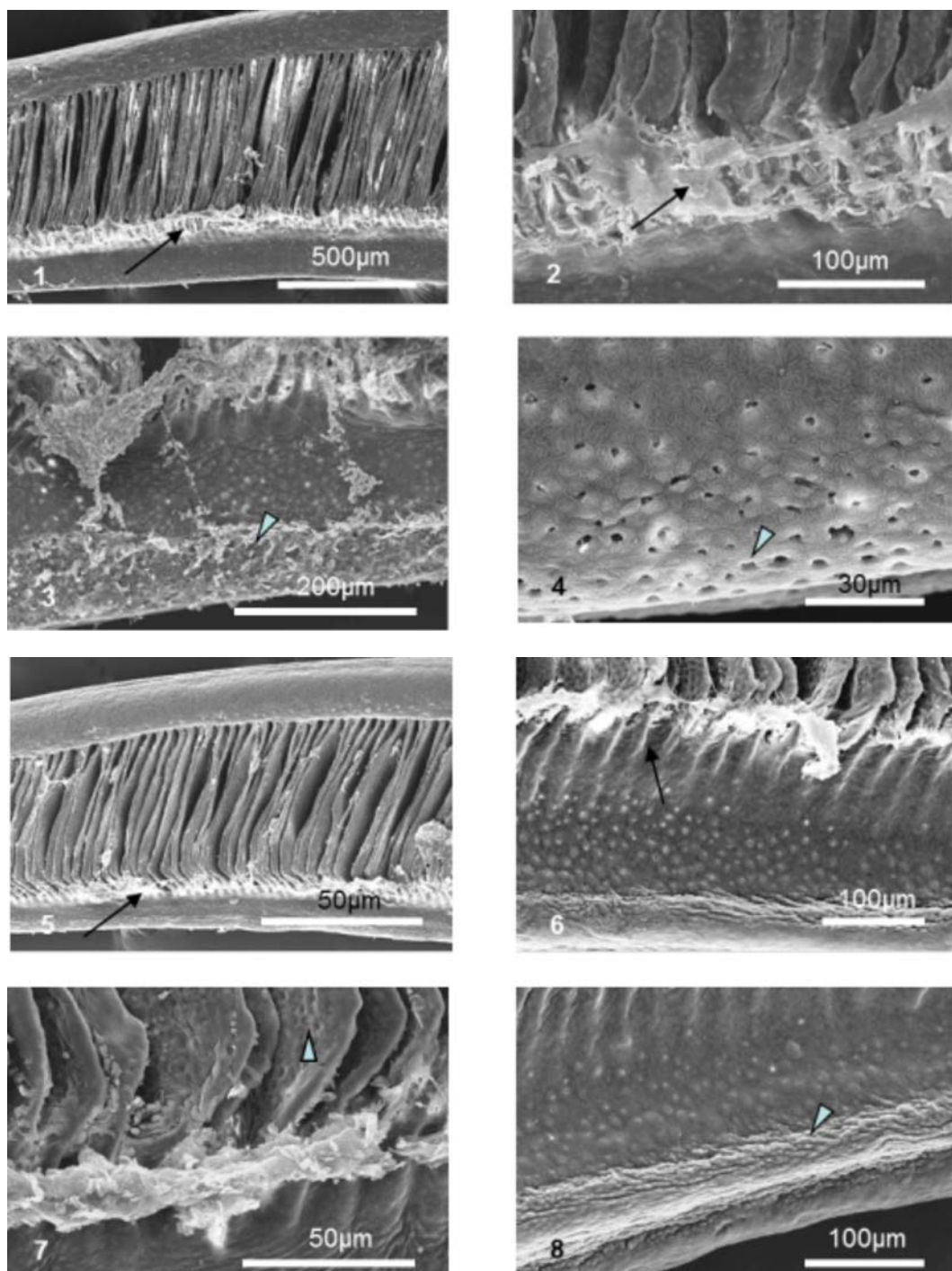


図5 供試したブリの鰓のSEM画像

(試験区1)

1 一次鰓弁 2 二次鰓弁 3 一次鰓弁の小出鰓動脈側 4 粘液細胞放出痕

(試験区2)

5 一次鰓弁 6 一次鰓弁の上皮細胞 7 二次鰓弁及び毛細血管 8 一次鰓弁の小出鰓動脈側

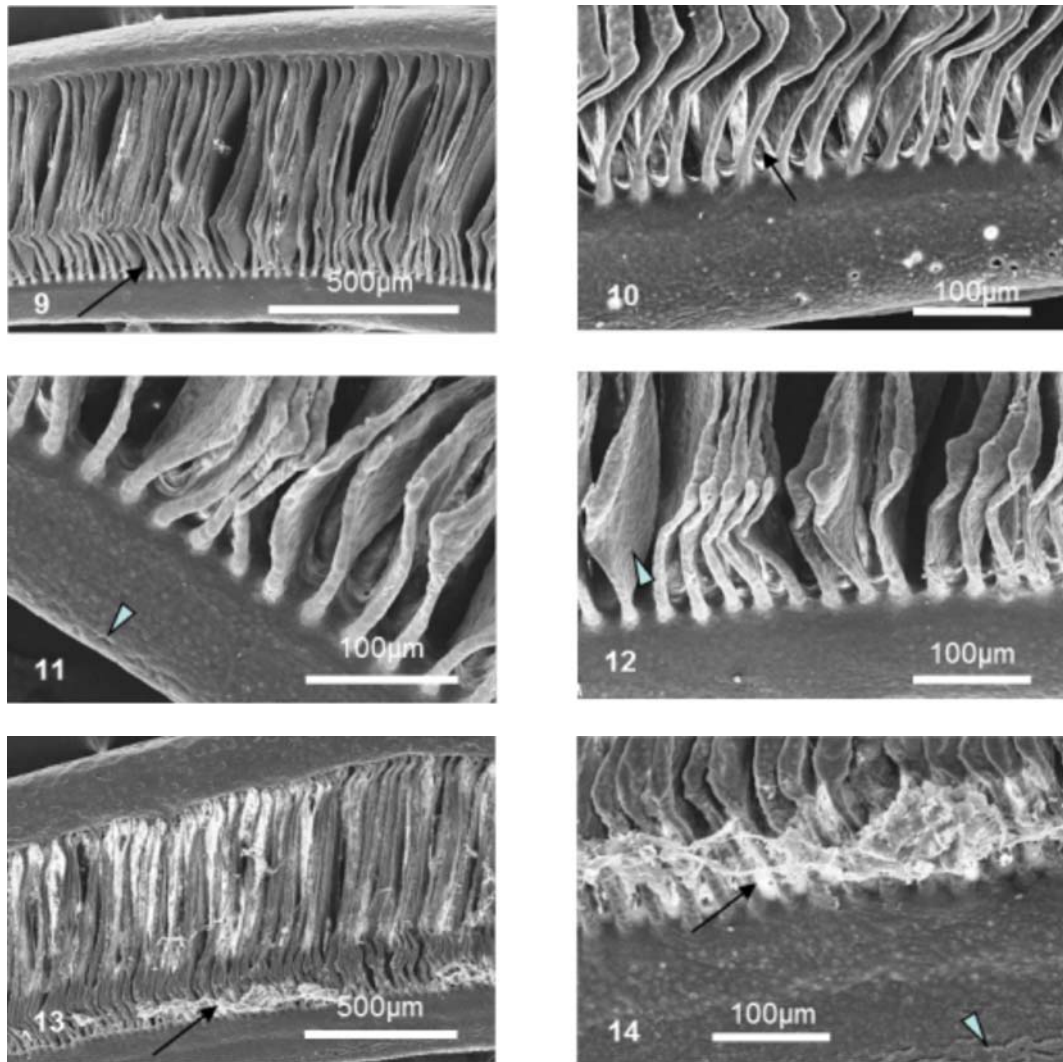


図5 供試したブリの鰓の SEM 画像（続き）

（試験区 3）

9 一次鰓弁 10 二次鰓弁 11 一次鰓弁の小出鰓動脈側 12 二次鰓弁の毛細血管

（試験区 5）

13 一次鰓弁 14 二次鰓弁

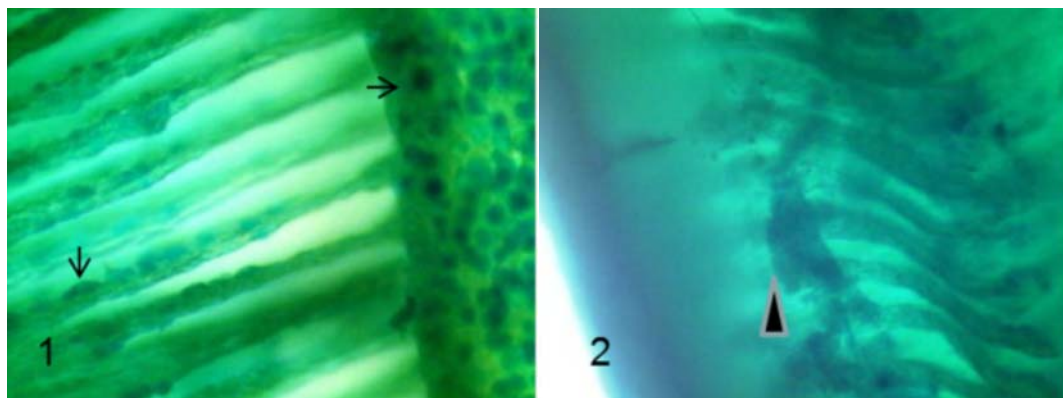


図6 へい死したブリの鰓のアルシアンブルー染色 LM 画像

考 察

細胞密度影響試験として、養殖したブリを異なる細胞密度の *C. antiqua* に曝露したところ、試験区 1 では 73 分以内、試験区 2 では 104 分以内に曝露したブリがへい死したが、試験区 3 では 24 時間後もへい死しなかった(図 3 上段)。曝露 1 時間後の細胞密度は曝露直後の 78 ~ 110 % だった(図 1)が、計数誤差が大きいと考えられ、大幅に細胞密度が低下した試験区はなく、曝露中はほぼ設定した細胞密度が維持されていたと思われる。曝露開始からへい死までの間の DO は酸欠を起こすような酸素濃度ではなかったことから、これらのへい死は飼育水の酸欠によるものでなく *C. antiqua* によるものと推測され、へい死に至る時間は試験区 1, 2 の順で細胞密度の高さに応じて短かった。松山ら⁵⁾は、ブリ幼魚を供試魚とした曝露試験で、*C. antiqua* 細胞密度が高くなるに応じて 24 時間生存率が低下し、個体別の生存時間も短縮する傾向が明瞭であったとしている。今回の細胞密度影響試験は 3 試験区ではあったが、細胞密度が高いほどへい死までの時間が短く、松山ら⁵⁾と同様の傾向が見られ、約 500 ~ 1,300 cells/mL の間にへい死を引き起こす閾値があったと推測される。

細胞形態影響試験として、養殖したブリを赤潮防除剤で細胞形態を変化させた *C. antiqua* に曝露したところ、試験区 5 で 82 分以内に曝露したブリがへい死した(図 3 下段)。*C. antiqua* 細胞を添加せずに防除剤のみを添加した試験区 6 では pH が試験区 1 ~ 4 に比べやや低下し防除剤の影響と考えられるが、へい死は見られなかったことから、試験区 5 のへい死原因は粘土粒子及び粘土粒子を除去した後の防除剤添加によるものではなく、遊泳停止又は球形化した *C. antiqua* によるものと考えられる。*Chattonella* 細胞が外部刺激等により容易に形態を変える⁶⁾ことはよく知られており、古賀⁷⁾は水温 25 °C、塩分 11.9 の培地で接種後 24 時間で約 90 % が球形化し、水温 25 °C、塩分 17.8 の培地では接種 6 日後には全細胞が球形化したと報告している。また、本県が実施した粘土散布による赤潮緊急沈降試験の中で、*C. antiqua* や *C. marina* に由来モノモリや活性粘土などを散布すると、その時の濃度が高くなるに応じて紡錘型をした遊泳細胞が遊泳停止、球形化細胞、細胞破壊へと変化する⁸⁾ことを報告している。試験区 5 の総細胞密度は、試験区 1 と 2 の間にある

が、細胞形態が異なる。すなわち、曝露 1 時間後の試験区 1 と 2 は遊泳と遊泳停止で球形化細胞は認められなかったが、試験区 5 はほとんど遊泳停止と球形化細胞だった。へい死に至るまでの時間は細胞密度影響試験も含めると試験区 1, 5, 2 の順で短かった。もし、球形化細胞が魚毒性を失い、遊泳と遊泳停止のみが魚毒性を持つのであれば、試験区 5 は試験区 2 よりも魚毒性を持つ細胞形態の細胞密度は低くなり、試験区 2 の方が試験区 5 よりもへい死に至る時間が短くなる可能性が高いと考えられるが、へい死に至るまでの時間とは一致しない。球形化細胞も魚毒性を持つと考えた場合、試験区 5 は試験区 2 よりも魚毒性を持つ細胞形態の細胞密度は高くなり、へい死に至るまでの時間と一致する。さらに、いったん球形化した細胞も時間経過とともに形態が遊泳停止、遊泳細胞へと回復する場合がある⁹⁾ことから、細胞破壊以外は物理的・化学的刺激により細胞形態が変化しても魚毒性は失うことなく、遊泳細胞と同等の魚毒性が維持されている可能性が高いと推測される。

へい死した試験区 1 及び 2 のブリの鰓には、一次鰓弁の小出鰓動脈側上皮細胞の粘液細胞放出痕が多数認められ(図 5)、大量の粘液が放出されていたと推測される。さらに、試験区 1 では当該箇所の上皮細胞が剥離し、試験区 2 では皺が生じるなどの病理学的変化が確認された。これは、大量の粘液細胞放出により通常上皮組織に埋没している粘液細胞の部位が空洞化し、このため上皮細胞が剥離したり、収縮による皺が生じたものと考えられる。二次鰓弁の小出鰓動脈側を覆うように付着していた物質は、アルシアンブルーに染色されていた(図 6)ことから糖を含有する物質であり、前述のように粘液細胞の放出が確認されていることから粘液由来のものと考えられる。試験区 3 でも粘液細胞放出痕がわずかに認められたが、二次鰓弁を覆っている状態は認められなかった。これらのことから、鰓からの大量の粘液放出により、粘液が二次鰓弁の小出鰓動脈側を覆い、海水交換が妨げられ窒息によりへい死したと考えられる。

2012 年 1 月に細胞密度 2,200 cells/mL で *C. antiqua* 培養株を用いたブリ曝露試験では、32 分後には試験区全ての供試魚(平均体重 800 g)がへい死し、へい死魚の鰓の二次鰓弁は小出鰓動脈側の上皮細胞が著しく剥離していた。²⁾ 今回の曝露試験よりも短時間でへい死し、その病理学的変化も激しい

ものであり, 極めて重篤な状態であったと推測される。今回の試験では, そのような二次鰓弁上皮細胞の損傷は認められず, その部位が粘液由来と思われる付着物で覆われ, これがへい死の原因と考えられた。供試魚の大きさや試験環境などブリの *C. antiqua* に対する感受性の違いやプランクトン自体が持つ毒力の違いなどにより, へい死までに至る時間や病理学的変化に差が生じたと考えられ, 今後も知見を集積する必要がある。

謝 辞

本研究を進めるにあたり, 改変 f/2 培地組成は独立行政法人水産総合研究センター瀬戸内海区水産研究所 坂本節子博士の方法を参考にさせていただいた。感謝申し上げます。

文 献

- 1) 西 広海, 田原義雄, 徳永成光, 久保 満, 中村章彦. 2009 年及び 2010 年に八代海で発生した *Chattonella antiqua* 赤潮. 鹿水技セ研報 2012; **3**: 37-44.
- 2) 折田和三, 西 広海, 田原義雄, 中村章彦. 赤潮総合対策調査事業-V (赤潮被害防止緊急対策事業). 平成 23 年度鹿水技セ事報 2012; 110-123.
- 3) Guillard R R L and Ryther J H . Studies of marine planktonic diatoms. I. *Cyclotella nana* Hustedt and *Detonula confervacea* Cleve. *Can. J. Microbiol.* 1962; **8**: 229-239.
- 4) (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.
- 5) 松山幸彦, 吉田 誠, 鈴木健吾, 栗原健夫, 橋本和正. シャトネラ属に対する甲殻類, 貝類及び小型魚類への影響試験. 平成 23 年度漁場環境・生物多様性保全総合対策委託事業 赤潮・貧酸素水塊漁業被害防止対策事業 シャトネラ属有害プランクトンの魚介類への影響, 毒性発現機構の解明に関する研究報告書. 水産庁. 2013; 3-16.
- 6) 高山晴義. 広島県沿岸に出現する赤潮生物ー I. *Chattonella antiqua* (HADA)Ono と *Chattonella marina* (Subrahmayan) Hara et Chihara. 広水試研報 1983; **13**: 59-64.
- 7) 古賀文洋. *Chattonella antiqua* (Chloromonadophyceae)の形態及び増殖率への塩分の影響. 南西水研報 1984; **17**: 197-205.
- 8) 昭和 55 年度赤潮対策技術開発試験報告書 2-(1)粘土散布による赤潮緊急沈降試験. 鹿児島県水産試験場, 1981.
- 9) 田原義雄, 折田和三, 西 広海, 小湊幸彦. 既存赤潮防除剤の効果的使用方法の検証及び赤潮防除剤の改良. 平成 24 年度漁場環境・生物多様性保全総合対策委託事業 赤潮・貧酸素水塊漁業被害防止対策事業 シャトネラ属有害プランクトンの漁業被害防止・軽減技術に関する研究報告書. 水産庁. 2014; 3-19.

短報 有害ラフィド藻 *Chattonella antiqua* の大量培養技術開発

眞鍋美幸・西 広海・川口吉徳¹

¹ 鹿児島県大隅地域振興局林務水産課

鹿児島県において最も警戒すべき赤潮生物種の一つである *Chattonella antiqua* を、容易かつ安定的に大量培養する技術を開発するため、1 kL ポリカーボネートタンクに改変 SWM-3 培地を 20 L 収容し、*C. antiqua* を 50 ~ 100 cells/mL 接種して、水温 24 °C、光強度約 60 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 、14 時間明 10 時間暗の明暗周期で静置培養したところ、11 ~ 18 日間で細胞密度は 1×10^5 cells/mL 以上に達し、タンクあたり 2×10^9 cells 以上の細胞が得られた。大型水槽に少量の培地を入れ、水深を極力浅く、表面積を極力大きくすることでガス交換が維持され、高密度培養が可能になったと推察される。本研究により *C. antiqua* 大量培養の基本技術が開発できたと考えられ、今後は大型魚類の曝露試験など赤潮対策研究への活用が期待できる。

Chattonella antiqua は主に 6 月下旬から 9 月上旬に内湾域で増殖して赤潮を形成する有害種である。鹿児島県における本種の赤潮は、1988 年以降、八代海において確認され、しばしば本県の魚類養殖業に被害をもたらしてきた。特に、2009 年と 2010 年には 2 年連続で八代海で大規模赤潮を形成し、養殖ブリ類に 57 億円を超える甚大な被害を与え、¹⁾ 本県において最も警戒すべき赤潮生物種の一つとなっている。

この対策として *C. antiqua* 赤潮の防除技術の開発が急務となっており、そのためには *C. antiqua* を用いて魚毒性の把握、魚体への影響、赤潮防除剤の開発といった様々な試験を実施する必要がある。当所では八代海で *C. antiqua* 赤潮が発生した際、これを採取してブリへの曝露試験を実施し、その影響を把握した。²⁾ しかしこの方法では、赤潮発生時にしか *C. antiqua* を大量に使用する試験は実施できない。上記課題解決を図るには、人為的に *C. antiqua* を大量かつ安定的に培養し、*C. antiqua* 赤潮の発生、非発生に関わらず試験を周年実施できる体制を構築する必要がある。

これまで当所では、5 L 容フラスコで微通気による本種の培養を行い、フラスコ 1 本あたり 7.5×10^7 ~ 10×10^7 cells (1.5×10^4 ~ 2.0×10^4 cells/mL) 程度の培養が可能となり、ブリ 2 年魚 (約 3,200 g) を供試魚として、1 kL 水槽を用いた曝露試験を実施した。⁷⁾ しかしこの手法では、必要細胞数を確保するために、5 L 容フラスコを大量に並べて培養しなくてはならず、試験規模に限界がある。同じラフィド藻類の赤潮プランクトンである

Heterosigma akashiwo では、より効率的な大量培養技術が開発されているものの、³⁾ 本種ではまだ確立されていない。

そこで本研究では、1 kL または 2 kL 水槽でブリ 2 年魚の *C. antiqua* への曝露試験を実施することを想定し、曝露時の細胞密度を 1,000 cells/mL とした時の各水槽の必要量である 1×10^9 cells と 2×10^9 cells を目標細胞細数として大量培養技術開発試験を実施したので報告する。

材料及び方法

試験には、2009 年 8 月 4 日に八代海南部で採集し当所で分離、継代培養した *C. antiqua* クローン株を用いた。培地は、砂ろ過海水を 3 μm カートリッジフィルターでろ過し、オートクレーブ (トミー工業株式会社製 ES-315) により滅菌処理 (120 °C, 20 min) した海水で、栄養強化培地である改変 SWM-3 培地 (表 1 山口未発表を一部改変) を調製して用いた。培養は当所の恒温飼育室に、1 kL ポリカーボネートタンク 1 基を設置し、培地 20 L を収容して行った。*C. antiqua* は、水温 15 ~ 30 °C、光強度 30 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 以上で、明暗周期の暗期に概ね 1 日 1 回の細胞分裂が起こり増殖すること、⁴⁾ 天然海域で赤潮が発生した時の環境条件を勘案し、水温は空調により 24 °C、照明は 40 W 蛍光灯 (2 本 1 組) を上部に 2 基、側面に左右 1 基ずつ設置して光強度が約 60 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ になるよう調整し、14 時間明 10 時間暗の明暗周期に設定した。また、水槽下には照明を反射させるためアルミシートを敷き、水槽上部は海水

表1 改変SWM-3培地組成（一部改変）

成分	添加量	保存液濃度	最終濃度
NaNO ₃	2mL	21.25g/250mL	2.0mM
NaH ₂ PO ₄ ・H ₂ O	2mL	1.95g/250mL	0.1mM
Na ₂ SiO ₃ ・9H ₂ O	2mL	7.105g/250mL	0.2mM
Na ₂ EDTA	2mL	1.40g/250mL	30 μM
Fe EDTA	2mL	0.105g/250mL	2 μM
Na ₂ SeO ₃	1mL	0.346mg/L	2nM
Tris	500mg		
P-1 Metal Sol.	10mL		下記参照
S3 Vitamins Sol.	2mL		下記参照
Sea water	1000mL		
pH 7.7-7.8			

P-1 Metal Sol.		S3 Vitamins Sol.	
成分	添加量	成分	添加量
H ₃ BO ₃	6.183g	Thiamine HCl	0.25g
MnCl ₂ ・4H ₂ O	692.5mg	Nicotinic acid	0.05g
ZnCl ₂	54.5mg	Ca pantothenate	0.05g
CoCl ₂ ・6H ₂ O	2.38mg	p-aminobenzoic acid	5mg
Distilled water	up to 1000mL	Biotin	0.5mg
		Inositol	2.5g
		Folic acid	1mg
		Thymine	1.5g
		Vitamin B ₁₂	1mg
		Distilled water	up to 1000mL

の蒸発を防ぎつつ完全に空気を遮断しないよう、透明ビニールシートで覆って僅かな間隙を設け、通気は行わず静置培養とした（写真1）。

試験は2回実施し、開始時の細胞密度は50～100 cells/mL程度の低密度が適していると考えられることから、⁹⁾ 第1回試験は50 cells/mL、第2回試験は100 cells/mLを接種して試験を開始した。培養中は定期的に培養水を1mL採取し、*C. antiqua*の細胞数を光学顕微鏡で計数した。

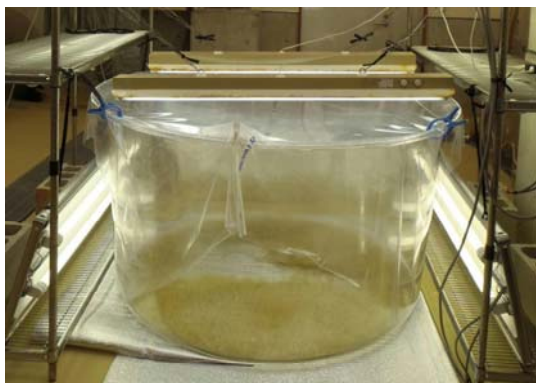


写真1 大量培養試験の様子

結果

図1に*C. antiqua*の細胞密度及びタンクあたりの

総細胞数の推移を示す。

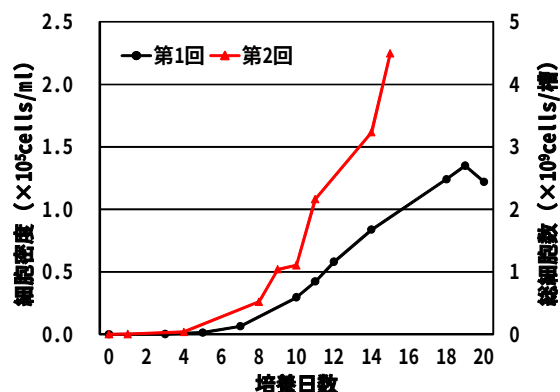


図1 細胞密度及びタンクあたりの総細胞数の推移

第1回試験は、培養開始から3日目まではタイマーの誤設定により一部照明が24時間明期となっていたため増殖は停滞したが、14時間明10時間暗の明暗周期に修正した4日目からは順調に増殖した。タンクあたりの総細胞数は、培養開始から12日目で 1.16×10^9 cells (0.58×10^5 cells/mL)、18日目に 2.48×10^9 cells (1.24×10^5 cells/mL)と目標細胞数を達成し、最大細胞数は19日目の 2.70×10^9 cells (1.35×10^5 cells/mL)であった。

第2回試験は、試験開始後9日目に光強度を一時低下 ($67 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s} \rightarrow 35 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) させたところ

増殖は一時停滞したが, 11 日目に元の光強度に戻すと再び順調に増殖した。タンクあたりの総細胞数は, 培養開始から 9 日目で 1.04×10^9 cells (0.52×10^5 cells/mL), 11 日目に 2.16×10^9 cells (1.08×10^5 cells/mL) と目標細胞数を達成し, 最大細胞数は 15 日目の 4.5×10^9 cells (2.25×10^5 cells/mL) であり, この結果から第 1 回試験の再現性を確認した。

考 察

これまで *C. antiqua* は, フラスコレベルの少量の培地で静置培養を行えば, 数万 cells/mL の高密度培養が可能であったが, 容量が増すに連れ培養密度が減少するため大量培養が困難となっていた。^{5,6)} その原因の一つはガス交換の低下であると考えられたが, 通気培養を行うと細胞形態の異常や生長低下が起こり高密度培養はできなかった。^{5,6)} そこで本研究では, 1 kL ポリカーボネートタンクに 20 L の培地を収容して静置培養を行った。この時の水深はわずか 2 cm 足らずで, 空気に接している表面積は約 1.37 m²であった。このように大型水槽に少量の培地を入れ, 水深を極力浅く, 表面積を極力大きくしたことでガス交換が維持できたと推察され, 20 L という容量でも高密度培養が可能になったと考えられる。なお, 培養時の光強度は, 本研究の第 2 回試験で 35 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ では増殖が一時停滞したことから 60 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 程度を維持する必要があると思われる。

本研究の手法は, 通常の動植物プランクトンの大量培養のように順次大きな水槽へ植え継いでいく必要もなく, 1 つの水槽で 2 週間程度で $1 \times 10^9 \sim 2 \times 10^9$ cells を確保することができ, 調整に手間がかかる培地も必要最小限の量にできるため, 実用化可能な基本技術が開発できたと考えられる。また, 必要細胞数に達した時点で海水等で希釈すれば, そのまま同じ水槽でブリ等大型魚類の曝露試験を効率的に行うことも可能であり, 今後の赤潮対策研究への活用が期待できる。

なお, 天然海域における *C. antiqua* 赤潮は, 100 cells/mL 程度の着色を伴わない低密度でも養殖ブリ等を斃死させるため, 他の赤潮プランクトンよりも毒性が強いことが知られている。²⁾ しかしながら, 人為的に培養した *C. antiqua* の養殖ブリに対する致死量は数千 cells/mL を必要とし, *C. antiqua* 自体が弱毒化している可能性が考えられている。⁷⁾ 従って, 今後の課題として, 天然海域の *C. antiqua* 赤潮を再

現するには, 培養細胞の毒性を確認するとともに, 毒性が低い場合には, より毒性の強い *C. antiqua* の培養手法の開発が必要である。

謝 辞

本研究を行うにあたり, 改変 SWM-3 培地の組成を提供いただいた独立行政法人水産総合研究センター瀬戸内海区水産研究所の山口峰生主幹研究員に感謝申し上げる。*C. antiqua* の大量培養試験に協力していただいた当センター栽培養殖部(現企画・栽培養殖部)の皆様にご心からお礼申し上げます。

文 献

- 1) 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 antiqua* 赤潮. 鹿水技セ研報 2012; 3: 37-44.
- 2) 西 広海, 田原義雄, 徳永成光, 久保 満, 吉満 敏, 中村章彦. *Chattonella antiqua* 赤潮の養殖ブリに対する影響—養殖ブリに対する曝露試験—. 鹿水技セ研報 2012; 3: 34-36.
- 3) 多賀 茂. 研究 ヘテロシグマ・アカシオの餌料効果—赤潮プランクトン種のアサリ餌料としての可能性—. 「月刊アクアネット」湊文社, 東京. 2011; 6: 50-54.
- 4) 今井一郎. ラフィド藻赤潮の発生機構と予知. 「有害・有毒赤潮の発生と予知・防除—水産研究叢書 48」(石田祐三郎・本城凡夫・福代康夫・今井一郎編)日本水産資源保護協会, 東京. 2000; 29-70.
- 5) 眞鍋美幸. *Chattonella antiqua* 大量培養試験. 平成 23 年度鹿水技セ事報. 2012; 222-224.
- 6) 松山幸彦, 吉田 誠. 試験魚の選定と毒性評価試験法の開発. 平成 22 年度漁場環境・生物多様性保全総合対策委託事業 赤潮・貧酸素水塊漁業被害防止対策事業(シャトネラ属有害プランクトンの魚介類への影響, 毒性発現機構の解明, 漁業被害防止・軽減技術に関する研究)報告書. 2011; 13-17.
- 7) 折田和三, 西 広海, 田原義雄, 中村章彦. 赤潮総合対策調査事業—IV (赤潮被害防止緊急対策事業). 平成 23 年度鹿水技セ事報 2012; 110-123.

資料 2013年春季の粘質状浮遊物出現状況

折田和三・富安正蔵・西 広海

2013 年春季（4 月～5 月上旬）に鹿児島県本土周辺海域で *Thalassiosira partheneia* を原因プランクトンとする粘質状浮遊物が出現し、主に県本土西岸で漁業への影響が見られ、2 年連続の出現となった。粘質状浮遊物が出現した海域では、クロロフィル *a* (Chl-*a*) 濃度の鉛直プロファイルが不連続パターンを示し、その水温は連続パターンを示した定点よりも低かった。また、人工衛星の Chl-*a* 濃度分布画像にも粘質状浮遊物と思われる Chl-*a* 濃度の高い海域が確認された。2013 年の粘質状浮遊物は出現範囲が狭く、影響を与えた漁業種類の数や程度は 2012 年よりも小さかった。本種が 2012 年ほどに優占してコロニーが成長しなかった要因には、粘質状浮遊物の出現時の水温が 2012 年よりも高かったこと、九州西岸域の 2 月の日照時間が平年よりも多く、本種以外のプランクトンも増殖したことが考えられた。

2012 年 3 月、本県海域の広い範囲で *Thalassiosira partheneia* Schrader のコロニーを原因とする粘質状浮遊物が出現した。^{1,2)} 本種は、2012 年に本県で初めて確認された珪藻類であるため知見に乏しく、さらに高密度になった場合、そこで操業する漁業への影響が懸念されることから出現状況の把握が重要となる。そこで、2013 年の本県周辺海域の粘質状浮遊物の出現状況を確認するとともに、本誌第 4 号で得られた知見について検証した。

本研究で分布調査を併せて行った沖合定線調査は、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。

材料及び方法

2013 年 3 月 4～7 日、4 月 8～11 日、5 月 7～10 日に図 1 に示す定点で実施した漁業調査船「くろしお」の沖合定線調査の際、ノルパックネット採集物の一部をグルタルアルデヒドで固定して当所に持ち帰り、光学顕微鏡により種組成を確認し、*Thalassiosira* 属が確認されたサンプルを定法³⁾に従って処理した後、走査型電子顕微鏡（以下 SEM という）（日立製 S-3000N）で観察した。

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* (Chl-*a*) 濃度を 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 0 m 及び 50 m 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が低いと考えられる定

点群で平均値の差を検定した。検定はフリーソフト R を用い、あらかじめ Shapiro-Wilk 法で比較する項目の正規性を検定し、正規分布が認められる場合、さらに *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 Student の *t* 検定で、母分散は等しくないとは推定された場合は Welch の *t* 検定で平均値の差を検定した。また、正規分布が認められない場合、Mann-Whitney の *U* 検定で行った。

海面における Chl-*a* 濃度分布は宇宙航空研究開発機構 (JAXA) 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 500m 分解能 Chl-*a* 濃度画像 (<http://kuroshio.eorc.jaxa.jp/ADEOS/>, 2014 年 3 月 31 日) から Tokara の画像を用いた。

気候統計値は、2013 年 2 月及び 3 月の鹿児島地方气象台 (<http://www.jma-net.go.jp/kagoshima/>, 2014 年 3 月 31 日) 枕崎及び種子島、熊本地方气象台 (<http://www.jma-net.go.jp/kumamoto/>, 2014 年 3 月 31 日) 牛深、長崎地方气象台 (<http://www.jma-net.go.jp>

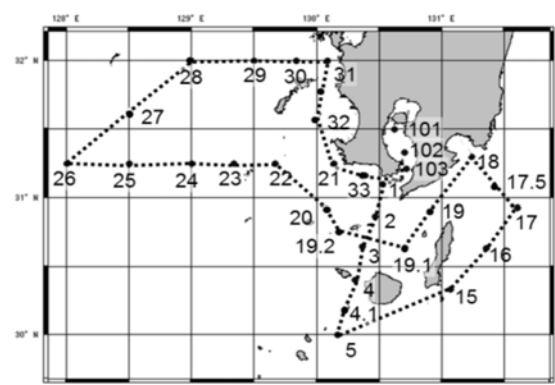


図1 沖合定線調査定点

/nagasaki/, 2014 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。

また, 2013 年 4 月 15 日から 5 月 9 日まで, 4 回にわたり本県内の沿海 13 漁協から, 粘質状浮遊物の出現状況と漁業への影響について聞き取り調査を実施した。

結 果

1 出現状況と環境

(1) 原因プランクトン出現状況

採取プランクトン組成を表 1 に, *Thalassiosira* 属コロニー及び細胞の形態を図 2 に示す。2013 年 3 月に 5 定点から採取されたサンプルは *Thalassiosira* 属, *Chaetoceros* 属を主とする珪藻類と動物プランクトンで構成されていた。*Thalassiosira* 属のコロニーは袋状(図 2-1)で, 平均直径 24.6 μm の蓋面が膨らんだ太鼓型の細胞が多数認められ, SEM 観察

の結果 *Thalassiosira diporocyclus* Hasle と同定された(図 2-2, 3)。なお, SEM 観察中に直径約 6 μm の小型の *Thalassiosira* 属が確認されたが, その形態から *Thalassiosira cf. mala* Takano と推定され(図 2-4), *T. partheneia* は確認されなかった。

4 月に 19 定点から採取されたサンプルは *Thalassiosira* 属を主体とする珪藻類でほぼ構成され, 熊毛周辺海域では動物プランクトンも混在した(表 1)。*Thalassiosira* 属のコロニーは不定形の繊維状又は膜状(図 2-5)で, 平均直径 7.3 μm の蓋面が膨らんだ太鼓型の細胞が多数認められ, SEM 観察の結果 *T. partheneia* と同定された(図 2-6)。一部のサンプルには直径 10 μm を超える *Thalassiosira* 属のコロニーが構成比としては少ないが混在しており, SEM 観察の結果 *T. diporocyclus* と同定された。

5 月に 3 定点から採集されたサンプルは *Thalassiosira* 属を主体とする珪藻類で構成されていた(表 1)。*Thalassiosira* 属のコロニーは 4 月のサン

表1 沖合定線調査採取プランクトン組成

St.	採取 年月日	<i>Thalassiosira</i> 細胞サイズ	主要構成種
26	3月6日	M	珪藻類(<i>Thalassiosira</i> spp., <i>Chaetoceros</i> spp. 他), 動物プランクトン
30	3月7日	M	珪藻類(<i>Lauderia annulara</i> , <i>Chaetoceros</i> spp. 他), 動物プランクトン
31	3月7日	M	珪藻類(<i>Chaetoceros</i> spp. 他), 動物プランクトン
32	3月7日	M	珪藻類(<i>Chaetoceros</i> spp. 他), 動物プランクトン
33	3月7日	M-	珪藻類(<i>Chaetoceros</i> spp. 他), 動物プランクトン
102	4月8日	S-	珪藻類(<i>Thalassiosira</i> sp., <i>Pseudo-nitschia pungens</i> 他)
103	4月8日	S	珪藻類(<i>Thalassiosira</i> sp., <i>Pseudo-nitschia pungens</i> 他)
1	4月8日	S	珪藻類(<i>Thalassiosira</i> sp.), 動物プランクトン(ホヤ幼生, <i>Calanus</i>)
2	4月8日	S	珪藻類(<i>Thalassiosira</i> sp.), 動物プランクトン(ホヤ幼生, 太陽虫)
3	4月9日	S,M-	<i>Thalassiosira</i> spp.
4	4月9日	S	<i>Thalassiosira</i> sp., 動物プランクトン(クラゲ組織の一部が混入)
5	4月9日	S	<i>Thalassiosira</i> sp.
15	4月9日	S	<i>Thalassiosira</i> sp.
16	4月9日	S	<i>Thalassiosira</i> sp., 動物プランクトン(クラゲ組織の一部が混入)
18	4月9日	S-	珪藻類(<i>Thalassiosira</i> sp., <i>Thalassionema</i> sp., <i>Chaetoceros</i> spp)
19	4月9日	S	<i>Thalassiosira</i> sp.
32	4月10日	S	<i>Thalassiosira</i> sp.
31	4月10日	S	<i>Thalassiosira</i> sp.
30	4月10日	S	<i>Thalassiosira</i> sp.
29	4月10日	S	<i>Thalassiosira</i> sp.
23	4月11日	S	<i>Thalassiosira</i> sp.
22	4月11日	S	<i>Thalassiosira</i> sp.
21	4月11日	S,M-	<i>Thalassiosira</i> spp.
33	4月11日	S,M-	<i>Thalassiosira</i> spp.
22	5月9日	S	<i>Thalassiosira</i> sp., 動物プランクトン
30	5月10日	S	<i>Thalassiosira</i> sp.
31	5月10日	S	<i>Thalassiosira</i> sp.

※ *Thalassiosira* 細胞サイズ: M >10 μm , S <10 μm 英字後ろの符号-は存在が少量を示す。

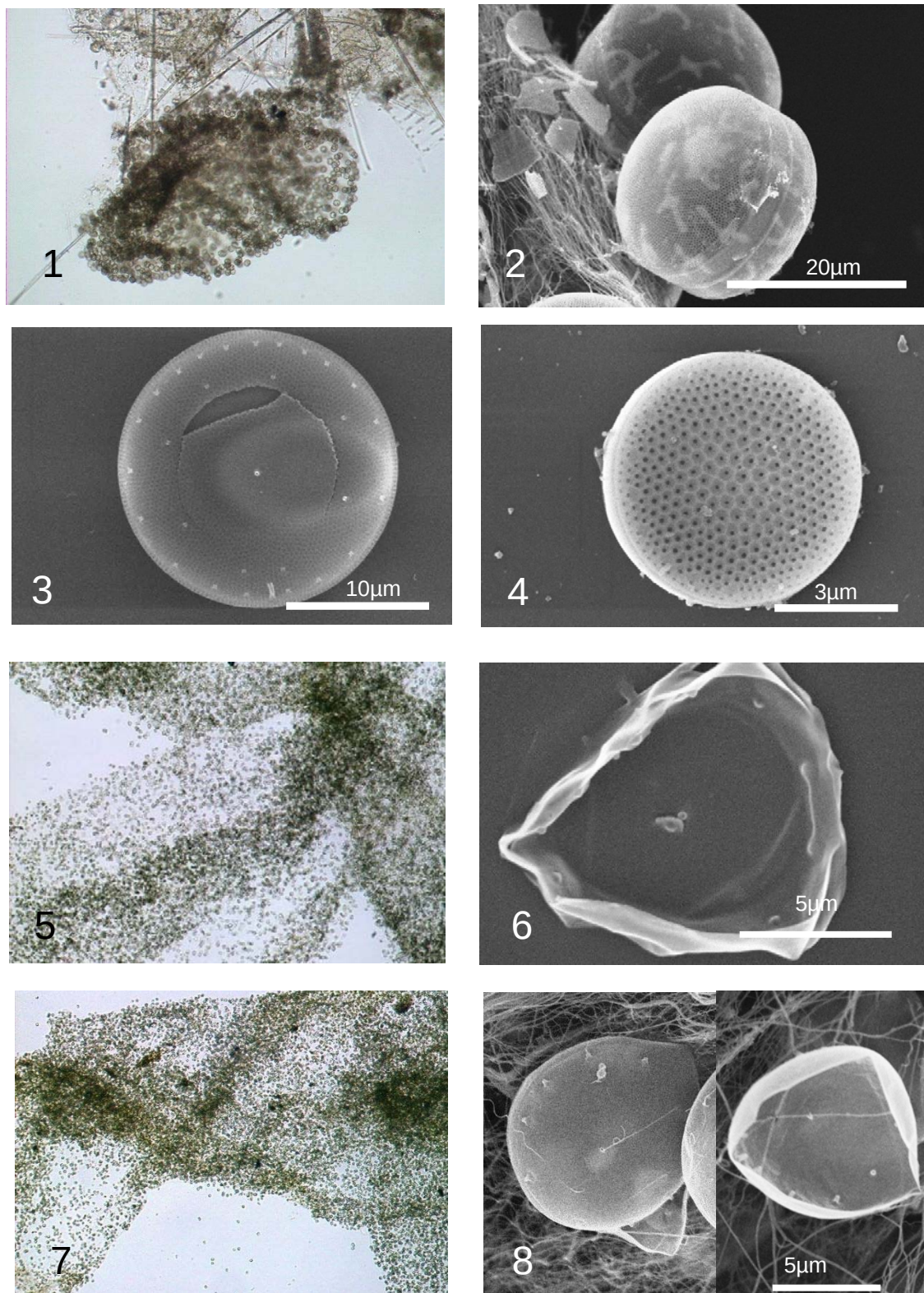


図2 沖合定線調査で採取された *Thalassiosira* 属

1. 3月採取 *Thalassiosira* 属のコロニー
 2. *Thalassiosira dypolocyclus* (外面観)
 3. *T. dypolocyclus* (内面観)
 4. 小型 *Thalassiosira* 属 (*T. cf. mala*)
 5. 4月採取 *Thalassiosira* 属のコロニー
 6. *Thalassiosira partheneia* (内面観)
 7. 5月採取 *Thalassiosira* 属のコロニー
 8. *T. partheneia* (左: 外面観, 右: 内面観)
- 1, 5, 7はLM, 他はSEM

プルと同じ不定形の繊維状又は膜状(図 2-7)で, SEM 観察の結果 *T. partheneia* と同定された(図 2-8)。

(2) Chl-*a* 鉛直プロファイルパターン

折田ら¹⁾は, *T. partheneia* を原因プランクトンとする粘質状浮遊物の発生海域では, CTD による Chl-*a* 測定値の鉛直プロファイルが大きくばらつき, 滑らかに連続しない不連続パターンを示すことを確認した。2013 年 3～5 月の 3 回の調査で Chl-*a* 鉛直

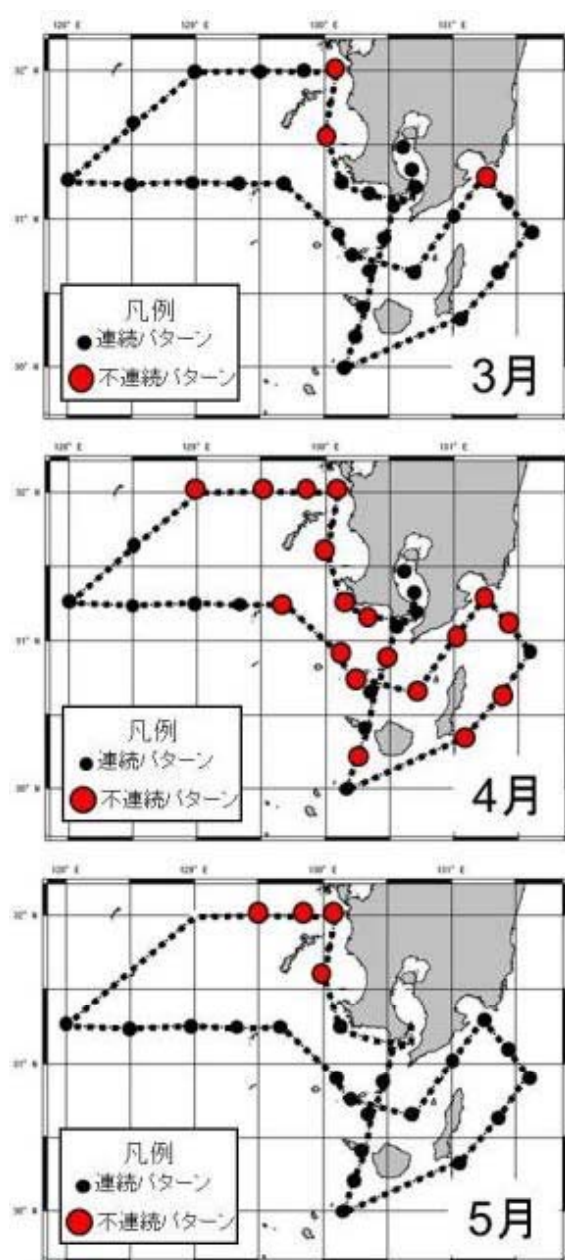


図3 Chl-*a* 鉛直プロファイル不連続パターン適合定点

プロファイルが同様の不連続パターンを示した定点を図 3 に示す。3 月は本県本土西岸及び志布志沖で, 4 月は本県本土沿岸周辺及び西方沖合並びに熊毛周辺海域の広い範囲で, 5 月は本県本土西岸から甑島周辺海域で確認された。

(3) 水温・塩分

T. partheneia のコロニーが確認された 4 月及び 5 月の不連続パターンと連続パターンを示した定点の TS ダイアグラムを図 4 に示す。4 月の調査で不連続パターンを示した定点の 0 m 水温は平均 18.9 °C, 50 m 水温は平均 18.1 °C であった。連続パターンを示した定点の 0 m 水温は平均 19.5 °C, 50 m 水温は平均 18.7 °C で, いずれも不連続パターンを示した定点の方が 0.6 °C 低かったが有意差は認められなかった ($p > 0.05$: t 検定)。一方, 塩分は不連続パターンを示した定点の 0 m 塩分は平均 34.59, 50 m 塩分は平均 34.57 であった。連続パターンを示した定点の 0 m 塩分は平均 34.55, 50 m 塩分は平均 34.49 で, いずれも不連続パターンを示した定点の方がやや高く, 50 m では 0.08 ($p < 0.05$: U 検定) 有意に高かった。

また, 5 月の調査で不連続パターンを示した定点の 0 m 水温は平均 20.1 °C, 50 m 水温は平均 18.1 °C であった。連続パターンを示した定点の 0 m 水温は平均 22.7 °C, 50 m 水温は平均 21.0 °C で, 不連続パターンを示した定点の方が 0 m で 2.6 °C ($p < 0.01$: U 検定), 50 m で 2.9 °C ($p < 0.01$: U 検定) 有意に低かった。一方, 塩分は不連続パターンを示した定点の 0 m 及び 50 m 塩分はいずれも平均 34.52 であった。連続パターンを示した定点の 0 m 及び 50 m 塩分はいずれも平均 34.47 で, 不連続パターンを示した定点の方が 0.05 高かったが有意差は認められなかった ($p > 0.05$: U 検定)。

(4) 人工衛星画像

2013 年 3 月 6 日～5 月 8 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 5 に示す。3 月の沖合定線調査期間中である 3 月 6 日は本県本土周辺海域には Chl-*a* 濃度の高い海域は認められなかった。4 月の調査期間中である 4 月 8 日は本県本土周辺海域で Chl-*a* 濃度が高く, 15 日にはさらに Chl-*a* 濃度の高い海域が沖合域にまで広がった。その後, 4 月 22 日, 29 日には Chl-*a* 濃度は全体的に低くなり, 5 月の調査期間中である 5 月 8

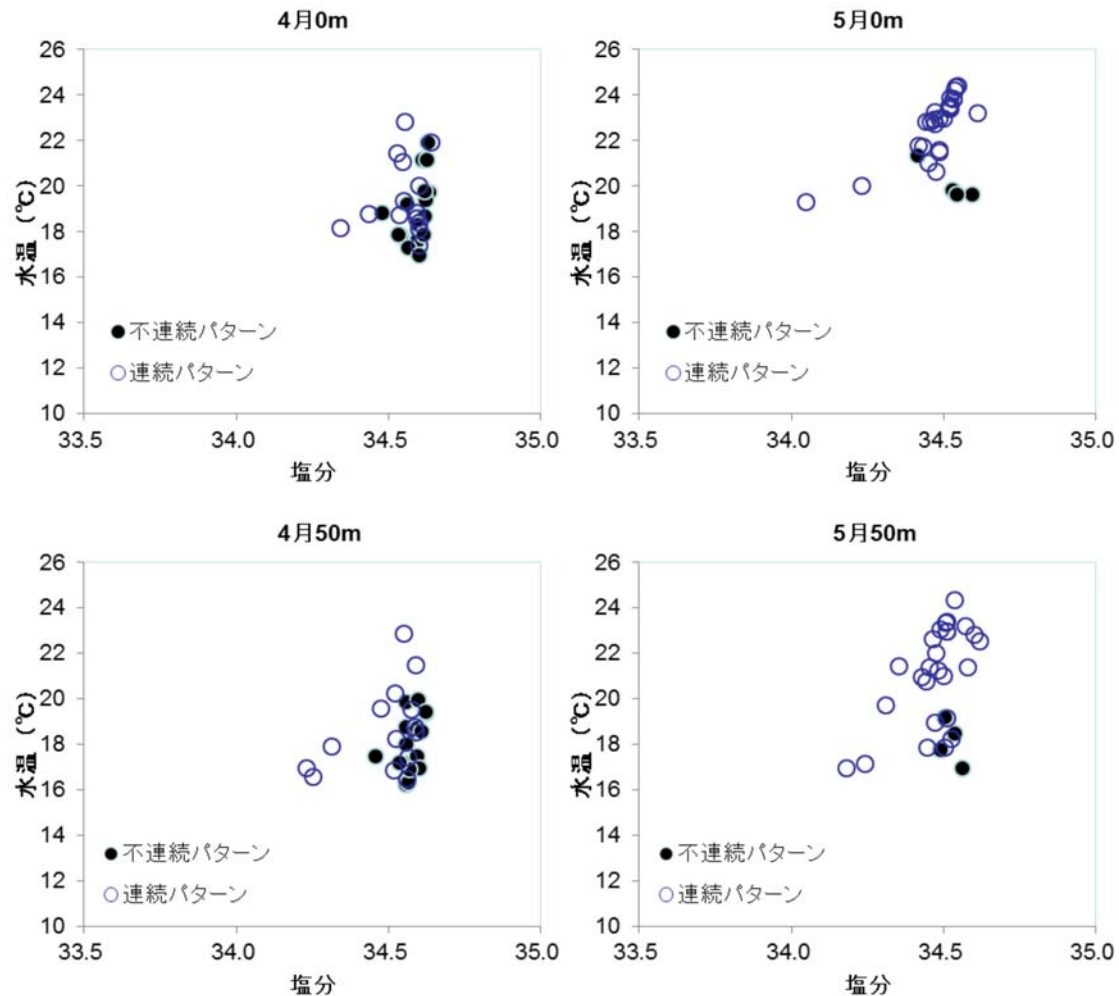


図4 水深0m及び50mのTSダイアグラム

日は Chl-a 濃度の高い海域は北薩から甕島周辺に少し認められるのみであった。

(5) 気象環境

九州西岸域の主な地点の気候統計値を表 2 に示す。2 月の平均気温はいずれも「平年並」から「高い」、降水量は種子島が「平年並」以外は「かなり多い」、日照時間はいずれも「多い」となった。3 月の平均気温はいずれも「かなり高い」、降水量は「少ない」又は「かなり少ない」、日照時間は「平年並」から「かなり多い」となった。

2 漁業への影響

粘質状浮遊物の出現状況と漁業への影響を表 3 に示す。4 月 15 ～ 17 日の情報では、北薩、甕島、西薩、南薩、熊毛で網漁業や一本釣りのテグスに絡む

といった影響があった(図 6) が、鹿児島湾や大隅では粘質状浮遊物の出現情報は聞かれなかった。その後、4 月 26 日になると、粘質状浮遊物は少なくなったとの情報が増え、5 月 1 日には甕島西を除いて、5 月 9 日には西薩を除いてほとんど出現情報は聞かれなくなった。

考 察

2013 年に出現した粘質状浮遊物から大量の *T. partheneia* のコロニーが確認され、本種による粘質状浮遊物は 2 年連続の出現となった。

2013 年は 3 月の沖合定線調査では *Thalassiosira* 属のコロニーは主に *T. diporocyclus* で *T. partheneia* は確認されなかったが、4 月の調査では *T. partheneia* による大量のコロニーが確認されていることから、3

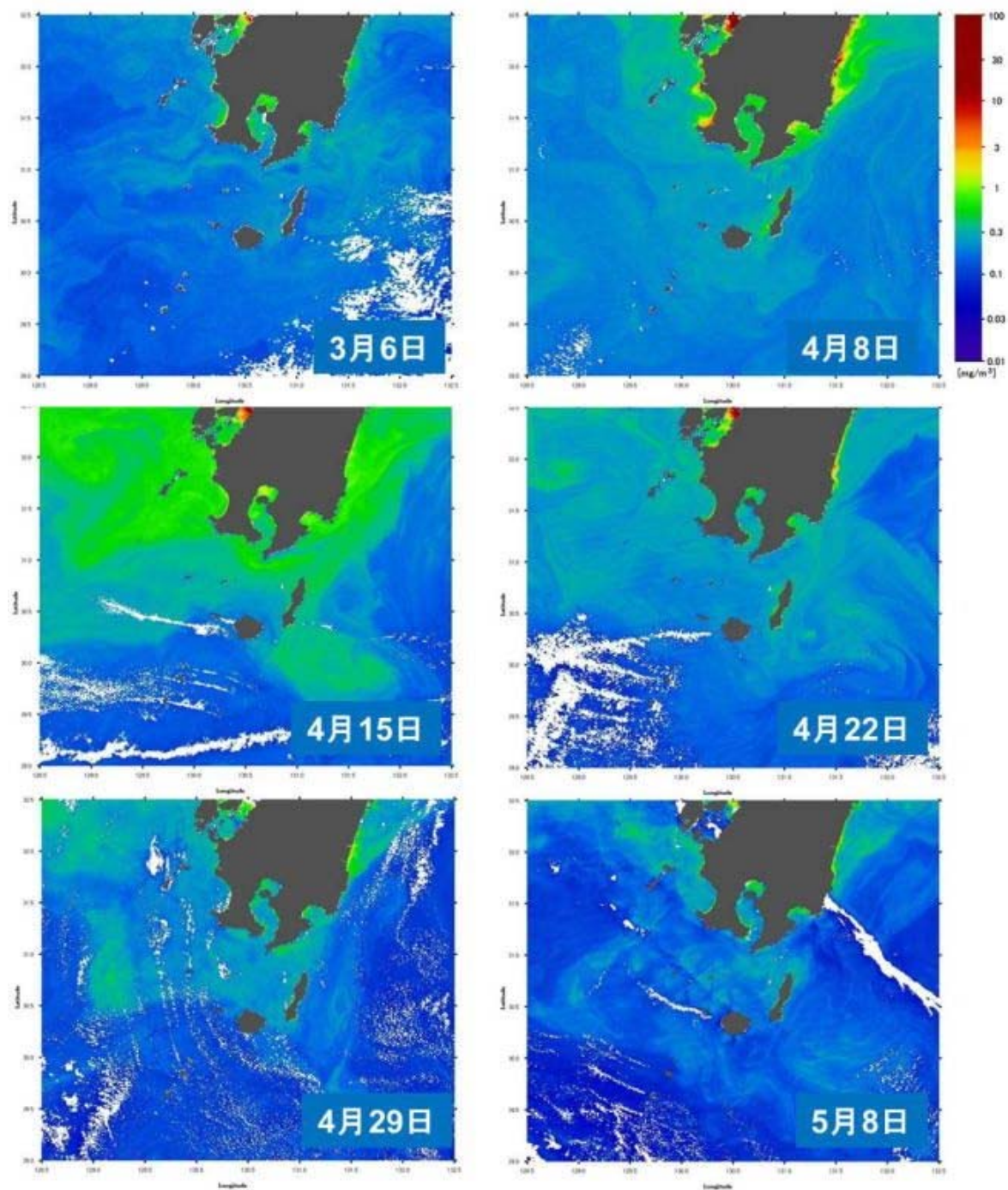


図5 人工衛星画像Chl-a濃度分布の推移

表2 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	平均気温 (°C)	平年差 (°C)	階級	降水量 (mm)	平年比 (%)	階級	日照時間 (hr)	平年比 (%)	階級
2	福江	8.4	0.3	○	227.5	214	++	121.2	117	+
	牛深	9.4	0.2	○	177.0	194	++	132.8	112	+
	枕崎	10.2	0.5	+	265.5	247	++	131.3	112	+
	種子島	12.6	0.6	+	107.5	95	○	134.5	119	+
3	福江	11.9	1.2	++	66.5	36	—	159.5	112	○
	牛深	13.2	1.2	++	81.0	57	—	180.3	120	+
	枕崎	14.0	1.6	++	114.5	63	—	179.5	127	++
	種子島	16.2	1.8	++	116.0	67	—	176.0	139	++

※階級 ++:かなり高い(多い) ++:高い(多い) ○:平年並 —:低い(少ない) —:かなり低い(少ない)

表3 鹿児島県沿海漁協における粘質状浮遊物の出現状況と漁業への影響

地区 漁協	4月15～17日	4月26日	5月1日	5月9日
北薩				
北さつま	4/12頃から吾智網, アラカブ延縄に付いてくる。	-	-	-
甌島				
甌島	エビ網に付いた。4/15頃がひどく、海が緑色になっていた。	4月初旬から見られている。4/22から少なくなった。	甌島の西側に多い。	-
西薩				
江口	吾智網等に付いてくる。	吾智網に付いてくるが、パッチ網には入らない。	情報なし。	情報なし。
市来町	-	網に少し絡み付く。	-	-
川内市	4/13頃からひどい。吾智網, 刺網, 釣りのテグスに絡み付く。	先週と同じような状況。	情報なし。	刺網に少し絡んでくる。完全にはなくなっていない模様。
南薩				
加世田	先週からノリみたいなのが付く。昨年並み。	減ってきた。	情報なし。	情報なし。
南さつま	先週ぐらいから、エビ網, キビナゴ刺網に多く絡み付く。	4/22からなくなった。	情報なし。	情報なし。
笠沙町	聞かない。	つぼ網に少し付く。	情報なし。	情報なし。
鹿児島湾				
かいゑい	情報なし。	情報なし。	情報なし。	情報なし。
大隅				
おおすみ岬	情報なし。	情報なし。	情報なし。	-
志布志	情報なし。	情報なし。	粘質状浮遊物かわからないが、藻のようなものが絡む。	-
熊毛				
種子島	モジャコ, ロープ曳き, 釣り糸に絡み付く。	-	情報なし。	定置網に絡んでくる。少しはあるようだ。
屋久島	ロープ曳き等で絡み付く。	4/22から少なくなった。	情報なし。	情報なし。

図6 粘質状浮遊物が絡んだ漁網
(吾智網, 北さつま漁協提供)

月中旬から4月にかけて増殖し粘質状浮遊物を形成したものと考えられる。5月の調査では北薩から甌島周辺海域を除きコロニーが採取された定点は減少していることから、この時期以降に衰退し消滅したと考えられる。

また、CTDによるChl-*a*濃度の鉛直プロファイルパターンは、3～5月まで不連続パターンを示す定点が確認されたが、4月に最も適合定点が多く、それらの分布はノルパックネットの採取サンプルから*T. partheneia*が確認された定点と良く一致した。人工衛星のChl-*a*濃度分布画像も4月に広い範囲で高く、その前後の3月や5月の画像はChl-*a*濃度が低く、原因プランクトンの増減とChl-*a*濃度分布画像の動向は良く一致していると思われる。さらに、沿海漁協からの粘質状浮遊物の出現情報が4月15日に最も広範囲だったことを踏まえると、2013年の粘質状浮遊物は3月中旬から形成が始まり、4月中旬が分布のピークとなり、5月上旬には一部を残し

て消滅したと推測される。2012 年の出現は、3 月中旬～4 月中旬と考えられ、人工衛星の 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。¹⁾ このことから、2013 年の粘質状浮遊物の出現は、2012 年と比較してピークの時期は約 15 日遅かったと推定される。

粘質状浮遊物が出現する水温・塩分は、2012 年の不連続パターンを示した定点の平均水温が連続パターンを示した定点の平均水温よりも約 1.5 °C 低く、約 18 °C 以下が *T. partheneia* の増殖に適する水温と考えられた。¹⁾ 2013 年の場合も 2012 年と同様に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水温よりも低かったが、0 m で 4 月が平均 19.5 °C、5 月が平均 20.1 °C、50 m で 4 月が平均 18.7 °C、5 月が平均 18.1 °C であり 2012 年に推定された増殖に適する水温 18 °C¹⁾ よりも高かった。しかしながら、不連続パターンを示した定点は連続パターンを示した定点よりも平均水温が低い点では共通していることから、水温のより低い海域で増殖しやすいと考えられ、5 月に北薩から甕島周辺海域で粘質状浮遊物が残留した一つの原因と考えられる。

粘質状浮遊物による漁業への影響は、2012 年は北薩から甕島、薩摩半島、大隅半島、熊毛海域の広い範囲で出現し、沿岸から沖合で営まれるほとんどの漁業種類で報告され、操業に支障を生じるほどその影響は大きかった。²⁾ 2013 年は北薩から甕島、西薩、南薩及び熊毛海域で漁業への影響が報告されたが 2012 年に比べて操業に支障を生じるほどではなく、鹿児島湾から大隅半島にかけては影響は聞かれなかった。このように 2012 年に比べて出現範囲が狭く、影響を与えた漁業種類の数や影響の程度も小さかったと推定される。これは、前述した *T. partheneia* のコロニー出現時の水温が、2012 年よりも高かったことが影響していると考えられる。

さらに *T. partheneia* のコロニーの大量発生は、出現環境から低い光環境と強まった乱流、これに伴う富栄養化で成長が促されると考えられている。⁴⁾ 九州西岸域における 2012 年 2 月の日照時間はかなり少なく、これが低い光環境でも適応できる本種が優占した一要因と考えられた。¹⁾ 一方、2013 年の九州西岸域の気象環境は、2 月の日照時間は平年よりも多く、3 月に採取されたプランクトン組成も *Chaetoceros* 属などが優占しており、*T. partheneia* 以外の植物プランクトンも増殖したためこれらのプラ

ンクトンと競合したことが、2012 年ほどには本種が優占してコロニーが成長しなかった要因の一つと考えられる。

以上のように、2013 年春季も 2012 年に引き続き *T. partheneia* を原因プランクトンとする粘質状浮遊物が本県本土周辺海域で出現し、大隅半島を除く主に西岸沖合で 2012 年ほどではないが漁業への影響が見られた。本種の季節的消長や九州西岸域で出現するまでの経路等明らかにされていないが、2 年連続して出現したことで今後も 4 月を中心に出現し、漁業へ影響することが予想される。関係漁協や九州西岸域に面している他県と情報を共有し、早期の情報提供に努める必要がある。

謝 辞

今般の粘質状浮遊物出現状況調査にあたり、聞き取り調査への協力や写真提供していただいた関係漁業協同組合の職員の方々に感謝申し上げる。また、沖合定線調査に合わせて分布確認調査を実施いただいた漁業調査船「くろしお」の乗組員の方々及び当所資源管理部各研究員に感謝申し上げます。

文 献

- 1) 折田和三, 富安正蔵, 鈴木秀和, 南雲 保. 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. 鹿水技セ研報 2012; 4: 1-16.
- 2) 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の記録. 鹿水技セ研報 2012; 4: 40-44.
- 3) (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.
- 4) Gould Jr R W, Wiesenburg D A. Single-species dominance in a subsurface phytoplankton concentration at a Mediterranean Sea front. *Limnol. oceanogr.* 1990; 35(1): 211-220.

試 験 研 究 業 績

外 部 へ の 発 表
(平成 25 年度)

【学会誌】

Abe H, Komatsu T, Kokubu Y, Natheer A, Rothäusler EA, Shishidou H, Yoshizawa S, Ajisaka T (2013). Invertebrate fauna associated with floating *Sargassum horneri* (Fucales: Sargassaceae) in the East China Sea. *Species Diversity*, **18**, 75-85.

六道弘敏 (2013). 鹿児島湾マダイ資源の増殖管理技術の開発. 日水誌 **79** (5), 774-777.

六道弘敏, 水野紫津葉, 小松輝久 (2013). モジャコと流れ藻の来遊予測を目指して (要旨). 水産海洋研究 **77**(2), 109-110.

中島広樹・田中敏博・吉満 敏・寺田竜太(2013). 鹿児島県笠沙におけるにおけるホンダワラ属藻類3種の季節変化と藻場垂直分布の長期変化. 藻類 **61** (2): 97-105.

川俣茂, 吉満敏, 徳永成光, 久保 満, 田中敏博(2013). 鹿児島県笠沙町崎ノ山の造成藻場の維持・拡大における砂の薄層被覆の役割. 水産工学 **50** (2), 93-102.

古下 学, 福田 翼, 福田 稯, 山下亜純, 柳 宗悦, 前野幸二, 田中真二, 杉原志貴, 阿部昌明, 長野泰三, 芝 恒男(2013). 2003 ~ 2009 年にブリ類から分離された類結節症原因菌 *Photobacterium damsela* subsp. *piscicida* の薬剤感受性および RAPD 解析による分類. 水産増殖 **61**(2), 163-169.

【書籍・雑誌等】

六道弘敏 (2013). 鹿児島県海域におけるブリ類漁獲量変動 (要旨). 黒潮の資源海洋研究 **14**, 124.

六道弘敏 (2013). 鹿児島湾マダイ資源の増殖管理技術の開発. 豊かな海 **30**, 51-54.

外園博人 (2014). 鹿児島におけるカンパチの種苗生産技術開発と事業化. よくわかる! 種苗生産と育種. 養殖ビジネス臨時増刊号, 60-62.

保 聖子(2013). ちりめん・シラス加工における通電加熱の効果的な利用. 通電加熱による水産食品の加熱と殺菌. (福田裕・今野久仁彦, 岡崎恵美子編) 恒星社厚生閣, 113-123

柳 宗悦(2013). 養殖技術講座 ―カンパチの魚病対策― (新たな疾病か? カンパチの目潰れ症(仮称)を調べる). 養殖ビジネス **630**, 12-14.

柳 宗悦(2013). 魚病 NOW (カンパチのヒルディネラ類吸虫による幼虫移行症). 養殖ビジネス **636**, 26.

【学会発表】

(口 頭)

芦田拓士・堀江昌弘. 鹿児島県奄美大島周辺におけるカツオの産卵. 平成 25 年度日本水産学会秋季大会.

穴道弘敏, 水野紫津葉, 小松輝久. 東シナ海南部海域における近年の冬季波浪動向. 2013 年度水産海洋学会研究発表大会.

森 一樹, 田代康介, 久原 哲, 南雲吉代, 石野園子, 石野良純, 吉村直晃, 多治見誠亮, 西 広海, 藤原篤志, 長井 敏, 佐野元彦. 赤潮予測に向けた漁場環境メタゲノム解析. 第 8 回日本ゲノム微生物学会年会.

庄野 宏, 西 広海, 折田和三. 気象データを利用した八代海の赤潮発生予測とブリ養殖業への被害影響評価. 平成 25 年度日本水産学会秋季大会.

山本敏博, 岡崎 誠, 渡辺一俊, 張 成年, 黒木洋明, 渡邊朝生, 山本伸一, 藍 憲一郎, 望岡典隆. ピンガー追跡で捉えた日本沿岸域における降りウナギの遊泳行動. 平成 25 年度日本水産学会春季大会.

下野友未, 荒木亨介, 山崎雅俊, 柳 宗悦, 前野幸二, 山本 淳. ブリのコモバクテリウム症不活化ワクチンの効果. 2013 年日本水産学会九州支部大会.

(ポスター)

K. Araki, Y. Shimono, M. Yamasaki, M. Matsumoto, S. Yanagi, K. Maeno, A. Yamamoto. Adaptive immune response in yellowtail *Seriola quinqueradiata*. 第 16 回国際魚病学会.

【シンポジウム等発表】

穴道弘敏, 水野紫津葉, 小松輝久, 梶達也, 田井野清也. 鹿児島県及び高知県海域における近年のアカモク流れ藻来遊動向. H25 中央ブロック資源海洋調査研究会.

富安正蔵. 鹿児島県周辺海域水温の長期変動. H25 中央ブロック資源海洋調査研究会.

穴道弘敏. 鹿児島県海域の海洋環境と漁業の概要. 第 1 回南九州水産海洋研究集会「南九州の海洋環境と漁業」.

庄野 宏・堀江昌弘・東 剛志. 統計的機械学習に基づくクロマグロ幼魚の漁獲量予測. 第 1 回南九州水産海洋研究集会「南九州の海洋環境と漁業」.

冨安正蔵．鹿児島県のシラス予報．H25 九州・山口ブロック漁業・資源分科会．

宏道弘敏・水野紫津葉・小松輝久．鹿児島県海域における流れ藻とモジャコの来遊量変動．2013 年度東京大学大気海洋研究所共同利用シンポジウム「流れ藻の起源と fate：その生態，分布，輸送」．

西 広海．今年度発生した *Chattonella marina* 赤潮の概要について．平成 25 年度九州・山口ブロック漁場環境分科会．

田辺晶史，長井 敏，安池元重，中村洋路，藤原篤志，安東秀徳，西 広海，佐野元彦．メタバーコーディングによる微生物相の網羅的把握 八代海の夏期プランクトン相を例に．第 11 回環境研究シンポジウム「水圏・海洋を巡る環境研究の最前線」．

柳 宗悦，今岡慶明．カンパチ目潰れ症(仮称)の発生傾向と生け簀内の潜水調査について．H 25 九州・山口ブロック魚病分科会．

柳 宗悦，今岡慶明．べこ病の大量斃死の症例について．H 25 九州・山口ブロック魚病分科会．

柳 宗悦．カンパチ目潰れ症(仮称)について．H25 第 2 回養殖用人工種苗導入推進事業検討委員会．

柳 宗悦．べこ病の大量斃死の症例について．H25 魚病症例研究会．

柳 宗悦．カンパチ目潰れ症(仮称)の発生傾向と生け簀内の潜水調査について．H25 魚病症例研究会．

柳 宗悦，今岡慶明．ブリ類のノカルジア症に対する既承認抗菌性薬剤の有効性の検証．H25 南中九州・西四国水族防疫会議．

今岡慶明，柳 宗悦．鹿児島県におけるウナギの診断状況と課題．H25 南中九州・西四国水族防疫会議．

柳 宗悦．カンパチ眼球炎の発生傾向について．H25 眼球炎連絡協議会．

柳 宗悦．カンパチ眼球炎の発生傾向について．H25 第 2 回全国養殖衛生推進会議．

柳 宗悦，今岡慶明．異種ウナギの症例について．H25 九州・山口ブロック内水面分科会．

今岡慶明，柳 宗悦．鹿児島県におけるウナギの診断状況と課題．H25 九州・山口ブロック内水面分科会．

保 聖子, 加治屋大, 稲盛重弘. 凍結前の品質が生食用冷凍魚の品質に与える影響について. H25 九州・山口ブロック利用加工分科会

保 聖子, 加治屋大, 稲盛重弘. 凍結前の品質が生食用冷凍魚の品質に与える影響について. H25 水産利用関係開発推進会議利用加工技術部会研究会

今村昭則. 鹿児島県の養殖業. 市場価値の高い養殖魚に関するシンポジウム.

神野公広. 鹿児島県における種苗生産の取組み. H25 第4回かごしま産学官交流会.

今吉雄二. 鹿児島県におけるカンパチ種苗生産について. H25 九州・山口ブロック水産試験場長会海面増殖分科会.

【受 賞】

日本水産学会平成24年度水産学技術賞

穴道弘敏「鹿児島湾マダイ資源の増殖管理技術の開発」

研修会・講習会等開催状況（水産技術開発センター実施分）

開催年月日	受講者	参加者数	研修内容	発表者
25. 4.18	(株)下園薩男商店	8	ヒスタミン分析研修	水産食品部 稲盛重弘 保 聖子
25. 4.30	内之浦漁協養殖業者	7	魚病発生状況，ワクチン使用状況，餌料試験について	水産食品部 柳 宗悦 今岡慶明
25. 7.10	与論町	4	魚醤油について	水産食品部 加治屋大
			シラヒゲウニ及びヤコウガイの種苗生産	企画・栽培養殖部 眞鍋美幸
25. 7.19	(株)マルモ	4	鯉節の旨味向上について	水産食品部 保 聖子 加治屋大
25. 8. 8	牛根漁業協同組合	9	赤潮に関する調査，研究	漁場環境部 西 広海
			魚病発生状況及び餌料試験について	水産食品部 柳 宗悦 今岡慶明
			ブリの高水温期における効率的な給餌について	企画・栽培養殖部 眞鍋美幸
25. 8.27	(株)タカスイ	18	鮮度・品質管理について	水産食品部 保 聖子
25. 9.25	南種子漁協	15	冷凍技術について	水産食品部 保 聖子
25.11.25	(公)かごしま豊かな海づくり協会	8	魚病発生状況，ワクチン使用状況他について	水産食品部 柳 宗悦 今岡慶明
25.12. 5	ヒジキ養殖業者	30	ヒジキ種苗生産等について	漁場環境部 猪狩忠光
26. 2.26	鹿屋市，おおすみ岬，ねじめ各漁協養殖業者他	37	魚病発生状況，ワクチン使用状況，餌料試験について	水産食品部 柳 宗悦 今岡慶明

研修会・講習会等における報告状況（他機関開催分）

開催 年月日	会議名（主催者）	参加 者数	報 告 内 容	発表者
25. 5.26	鹿児島県の海をきれいにしよう釣り大会 （鹿児島本港一本釣り協業組合）	30	マダイ放流について	資源管理部 野元 聡
25. 5.28	指宿地区水産業改良普及協議会研修会 （指宿地区水産業改良普及協議会）	28	マダイの栽培漁業と資源 管理について	資源管理部 穴道弘敏
25. 5.30	林務水産課担当者会議 （南薩地域振興局）	20	ヒジキ種苗生産について	漁場環境部 猪狩忠光
25. 6.13	アマモ場造成講習会 （江口漁協，羽島漁協）	12	アマモ育成について	漁場環境部 猪狩忠光
25. 6.22	県旋網漁業協同組合総会 （県旋網漁業協同組合）	25	浮魚類の漁況について	資源管理部 富安正藏
25. 6.22	熊毛地区資源回復計画漁業者協議会 （鹿児島県漁連）	25	マチ類生態等に関する調 査結果について	資源管理部 穴道弘敏
25. 6.27	鹿児島湾水産業改良協議会総会 （鹿児島湾水産業改良協議会）	40	最近の水産加工のトピッ ク	水産食品部 保 聖子
25. 7.16	豊かな海づくり放流祭 （錦江漁業協同組合）	100	栽培漁業の概要について	資源管理部 野元 聡
25. 8.22	敷網漁業漁協協議会総会 （敷網漁業漁協協議会）	25	敷網の漁況について	資源管理部 野元 聡
25. 8.22	藻場造成研修会 （瀬戸内漁協）	22	藻場造成について	漁場環境部 久保 満
25. 8.29	垂水・鹿屋地区水産業改良協議会	55	カンパチ等人工種苗生産 の技術開発について	企画・栽培養殖部 神野公広
25. 9.20	県定置漁業者・漁協協議会総会 （県定置漁業者・漁協協議会）	30	海水温の状況について	資源管理部 富安正藏
25. 9.26	養殖共済に係る地区調査員会議 （鹿児島県漁業共済組合）	31	赤潮に関する調査，研究 について	漁場環境部 西 広海
			魚病発生状況と治療対策	水産食品部 今岡慶明
25.10.19	「しらす・ちりめんの日」研修会 （県機船々曳網漁業者協議会）	41	チリメンの漁況について	資源管理部 富安正藏
25.10.29	愛媛県愛南町水産セミナー （愛南町，宇和海水産構想推進協議会）	120	赤潮による魚介類被害防 止軽減対策	漁場環境部 折田和三
25.11.19	鹿児島地区水産業改良普及協議会研修会 （鹿児島地区水産業改良普及協議会）	50	マダイとブリの資源研究 について	資源管理部 穴道弘敏

研修会・講習会等における報告状況（他機関開催分）

開催 年月日	会議名（主催者）	参加 者数	報 告 内 容	発表者
25.11.29	南薩地区内水産振興会グループ交換会 （南薩地区内水産振興会）	25	浮魚類の動向について	資源管理部 野元 聡
25.12. 3	かごしま豊かな海づくり協会	8	スジアラ種苗生産について	企画・栽培養殖部 神野公広
26. 1. 8	北薩地区小型機船底曳網協議会総会 （北薩地区小型機船底曳網協議会）	22	ヒゲナガエビ資源の動向 について	資源管理部 野元 聡
26. 2. 7	鹿児島県資源回復計画漁業者協議会 （鹿児島県漁連）	20	マチ類生態等に関する調 査結果について	資源管理部 穴道弘敏
26. 2.13	西薩地区漁村青壮年研修会 （西薩地区水産業改良普及事業推進協議会）	39	西薩海域におけるシラス の動向について	資源管理部 富安正藏
26. 2.14	魚類養殖協議会 （水産振興課）	23	魚病発生状況について	水産食品部 柳 宗悦

編集委員

今村昭則，折田和三，久保 満，宍道弘敏，眞鍋美幸，堀江昌弘，今岡慶明，山本伸一

平成 2 6 年 3 月 3 1 日発行

鹿児島県水産技術開発センター研究報告 第 5 号 (2 0 1 4)

<http://kagoshima.suigi.jp/KenkyuHoukoku/kenpou-no5.html>

発行所 鹿児島県水産技術開発センター

〒 891-0315 鹿児島県指宿市岩本字高田上 1 6 0 番 1 0 号

電話 0993-27-9200

発行者 所長 福 留 己 樹 夫

印刷所 有限会社 指宿新生社印刷

〒 891-0404 鹿児島県指宿市東方 8 0 6 8 番 3 号

電話 0993-24-2002

