No. 3

MARCH. 2012

# 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3号



平成24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3号

# 目 次

報文
たこかご漁業におけるマダコ脱出試験
立石章治・江幡恵吾・廣田竜馬・植草亮人・福留隆博・・・・・・ 1
2009年及び2010年に八代海で発生した Chattonella antiqua 赤潮
- 発生期の環境特性と養殖ブリへの影響-
西広海・田原義雄・徳永成光・久保満・吉満敏・中村章彦・・・・・ 5
合成タウリンを添加した魚粉低減飼料給餌によるカンパチの成長
前野幸二・村瀬拓也・平江多績・柳宗悦・佐藤秀一・・・・・・・2
短報
Chattonella antiqua 赤潮の養殖ブリに対する影響
- 養殖ブリに対する暴露試験 -
西広海・田原義雄・徳永成光・久保満・吉満敏・中村章彦・・・・・3
<i>ሃ/</i> ሚ <u>ነ</u> ይ
資料 2009年及び2010年に八代海で発生した Chattonella antiqua 赤潮
西広海・田原義雄・徳永成光・久保満・吉満敏・中村章彦・・・・・・3
鹿児島県のカンパチ養殖における魚病発生の変遷
柳宗悦・平江多績・村瀬拓也・仁部玄通・加塩信広・竹丸巌・・・・・45
試験研究業績
- ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・- 5′ - 外部への発表・・・・・・・・・・・・・・・・・・・5′

## たこかご漁業におけるマダコ脱出試験

立石章治1)・江幡恵吾2)・廣田竜馬2)・植草亮人2)・福留隆博2) 1) 鹿児島県水産技術開発センター, 2) 鹿児島大学水産学部

#### 要約

マダコ(Octopus vulgaris)は鹿児島県で漁獲されるタコ類の中で最も多く漁獲されており、県内各地でタコかごやタコつぼによるマダコ漁業が盛んであるが、たこかご漁業では商品サイズに至らない小ダコが入ることがあり、現在、各漁協が取り組んでいるマダコ資源管理の方策は検討の余地が残されている。そこで本研究では、タコかごに脱出口を取り付けて脱出口の最小周長と体重の関係を明らかにし、さらに脱出口を取り付けたタコかご(改良かご)を用いて試験操業を行い、従来のタコかご(従来かご)と比較試験を行った。水槽実験の結果、300gサイズが脱出できる脱出口の直径は約2.7cmと算出された。直径3.0cmの脱出口を付けた改良かごを用いた試験操業では、漁獲された33個体のうち300g以下が14個体であった従来かごに対し、改良かごでは漁獲された17個体のうち300g以下はわずか1個体であったことから、脱出口から小ダコが脱出しているものと考えられた。

鹿児島県におけるタコ類の漁獲量は、農林水産統計年報によると1980年以降150~400トンで推移しており、北薩でイイダコや奄美でワモンダコ、シマダコ、テナガダコが若干漁獲されるが、県内で漁獲されるタコ類のほとんどはマダコである。また、1994年に「かごしま旬の魚」18種の「夏の魚」の一つに選定されており、主にたこかご漁業やたこつぼ漁業で漁獲され、鹿児島県の沿岸漁業にとって重要な魚種の1つである。

鹿児島県では東町漁協<sup>1)</sup>,東桜島漁協,鹿児島市 漁協,指宿漁協岩本支所などで盛んにマダコが漁獲 されており,主な漁期は4~7月である。また,漁協 によっては体重300g以下の再放流や,主な産卵期で ある秋期に自主禁漁期を設け,自主禁漁期に産卵用 タコつぼを投入するなど,各地で独自に資源管理に 取組んでいる。しかしながら,たこかご漁業では商 品サイズに至らない小ダコが入網することから,各 地で行われている資源管理手法は十分ではなく,改 善の余地が残されている。

これまで、かご漁業における漁具選択性については、ヒメエゾボラ<sup>2)</sup>、ベニズワイガニ<sup>3)</sup>、ケガニ<sup>4)</sup>、サバフグ類<sup>5)</sup> などを対象とした研究が報告されているが、軟体類についてはほとんど報告例がない。そこで本研究は、現在使用されているタコかごに小ダコが脱出できるよう改良を加え、小ダコの漁獲の抑制や将来の親ダコの確保を図ることによる新たな資源管理手法の可能性を探ることを目的として、マダコが脱出可能な脱出口の直径とマダコのサイズとの

関係を水槽実験により明らかにし、その結果に基づき、脱出口を取り付けたかご(以下、「改良かご」という)と、現在使用されているかご(以下、「従来かご」という)を用いて試験操業を実施し、改良かごの有効性を検討したので報告する。

#### 材料及び方法

#### 1 水槽実験

たこかご漁業で一般的に使用されている折り畳み式の籠( $60\text{cm} \times 45\text{cm} \times 22\text{cm}$ )の側面に厚さ3mmの塩化ビニール板を穿孔して作成した脱出口を4個取り付けた。脱出口の内円の直径は、2.5cm、3.0cm、3.5cmとした(図1)。



図1 脱出口を取り付けた改良かご

水槽実験は、2009年8月5日~9月27日に鹿児島大学 水産学部の東町ステーション内にあるコンクリート 水槽(2.7m×1.8m×1.5m)で行い、水深は約50cmとし た。実験に使用したマダコは、東町漁協に水揚げされた17個体と筆者らが捕獲した2個体の計19個体でNo 1~19と個体識別し、体重の範囲は105g~760gであった。水槽実験は1個体のみを改良かごに入れ、水槽内に設置して目視観察及びビデオによる撮影を行い、マダコの行動を記録した。

実験は、はじめに直径2.5cmの脱出口を取り付けた改良かごで実験を行い、脱出できなかった場合は引き続き直径3.0cm、3.5cmの順に実験を行った。脱出した場合は、次の大きさの実験は行わないこととした。なお、No3、No9、No10の個体については、次の大きさの脱出口を脱出できるか確認するため、すべての直径において実験を行った。また、一般にたこかご漁業の海中での浸漬時間は一昼夜のため、水槽実験で24時間経過してもマダコが脱出しない場合は脱出不可能と判断し、実験終了後にはマダコの体重Wを測定した。

さらに、マダコを外套部で吊した状態にして外套部、腕部付け根、腕部の周長を測定したところ、腕部付け根が最も太いことから $^{6)}$ 、この部位を腕部最大周長 $^{C}$ とした。

また、脱出口を通過する際、どれくらい体を収縮 するかを調べるために、マダコが脱出できた最も小 さい脱出口の周長をRとし、RとCの比を算出した。

#### 2 試験操業

2010年6月17日~7月16日の期間に,指宿市岩本地 先において,従来かごと内径3cmの脱出口を4カ所に 取り付けた改良かごそれぞれ10個ずつ用いて,10m間 隔で交互に延縄式に連結して漁具を作成し,餌料に は冷凍ムロアジを使用し,合計10回の試験操業を行 った(図2)。投籠,揚籠作業は指宿漁協所属の船外機 で行い,漁獲したマダコは体重を測定した。



図2 水槽実験と試験操業場所

#### 結 果

#### 1 水槽実験

マダコは籠の中に入れられると,籠の中を動き回り,脱出口を見つけると,はじめに腕部を外に出して,次に頭部,腹部の順に収縮させながら脱出した。 実験を開始してからマダコが脱出するまでに要した時間は多くの場合は1~11分間で,最も長い場合で約16時間であった。実験結果を表1に示す。

表 1 水槽実験結果

N -	体重W	胸部最大	脱出口	直径サイ	′ズ(cm)	5/0
No	(g)	周長C(cm)	2. 5	3. 0	3. 5	R/C
1	105	6. 4	0	_	-	1. 23
2	140	6. 1	0	_	-	1. 29
3	300	13. 3	0	0	0	0. 59
4	350	13. 0	×	0	-	0. 72
5	360	11.8	×	0	_	0.80
6	445	11. 7	×	0	-	0. 81
7	450	14. 0	×	0	_	0. 67
8	450	12. 6	×	0	-	0. 75
9	465	11. 2	×	0	0	0.84
10	520	14. 5	×	0	0	0. 65
11	500	12. 5	_	×	0	0.88
12	595	14. 5	_	×	0	0. 76
13	600	13. 3	_	×	0	0.83
14	615	15. 1	_	×	0	0. 73
15	630	13. 5	_	×	0	0. 81
16	640	16. 1	_	×	0	0. 68
17	565	14. 9	_	_	×	_
18	710	15. 6	_	_	×	_
19	760	19. 2	_	-	×	-

※ -:試験せず, O:脱出可, ×:脱出不可

No.1  $\sim$  3 の個体は直径 2.5cm の脱出口で脱出し、また、No.17  $\sim$  19 の個体は直径 3.5cm の脱出口でも脱出できなかったため、本実験の条件下では最小脱出口の直径を測定することはできなかった。一方、No.4  $\sim$  No.16 の個体は直径 2.5  $\sim$  3.5cm の範囲内で脱出することができた。 $W \geq C \geq 0$  関係を回帰分析した結果(図 3)、両者の関係は(1)式で表すことができ、統計的に有意 (P < 0.05) な結果が得られた。

$$C = 0.56W^{0.52} \tag{1}$$

(1) 式と No.4  $\sim$  No.16 の R/Cの平均値 0.76 からマダコが脱出可能な脱出口の最小周長 Rとマダコの体重 Wの関係を求めると(2)式が得られた。

$$R = 0.43W^{0.52} \tag{2}$$

(2)式を用いて、東町漁協の水揚げ規制サイズである体重300g以下の個体が脱出できる脱出口の最小直径は約2.7cmと算出された。

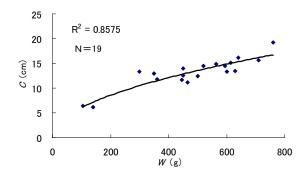


図3 マダコの体重(W)と腕部最大周長(C)の関係

#### 2 試験操業

合計 10 回の試験操業の結果,9 回の操業でマダコ の漁獲があり,従来かごで計33 個体,改良かごで計 17 個体が漁獲された。試験操業により漁獲されたマ ダコの体重組成を図4に示す。

従来かごで漁獲されたマダコの体重範囲は  $20 \sim 2,300g$ , 平均 398g であり、33 個体のうち体重 300g 以下は 14 個体で 42.4 %を占めた。一方、改良かごで漁獲されたマダコの体重範囲は  $295 \sim 1,290g$ , 平均 536g であり、17 個体のうち体重 300g 以下は 1 個体のみで 5.9 %であった (表 2)。

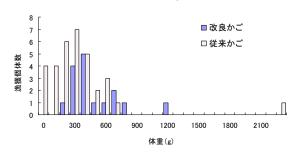


図4 試験操業により漁獲されたマダコの体重組成

表2 従来かごと改良かごの操業結果比較

	漁獲した 個体数	漁獲個体の 平均体重(範囲)(g)	300g以下 の個体数	300g以下 の割合(%)
従来かご	33	398( 20~2,300)	14	42.4
改良かご	17	536(295~1,290)	1	5.9

#### 考察

かご漁業の選択漁獲については、ヒメエゾボラ<sup>7)</sup> やベニズワイガニ<sup>3)</sup> の場合、網目合を拡大すること により、制限殼長や制限甲幅長以下の小型サイズが逃げやすくなり、手作業による再放流といった漁撈作業の軽減や小型資源の保護に有効であるとの報告がある。これまでマダコの選択漁業に関する知見は少ないものの、兵庫県®)では小型底曳網の網目合を通常の16節から10節に拡大することで、200g以下の小ダコが網目から脱出できることや船上からの再放流よりも海中での脱出がマダコの保護には有効であると報告されている。漁法は異なるものの、たこかご漁業においても脱出口を取り付けるなどの改良を加えて小ダコの脱出を図ることで小ダコが傷付くことなく脱出できれば、漁撈作業が軽減され、また生残率の向上と将来の親タコの確保が期待され、マダコ資源の有効活用が図られると考えられる。

今回の水槽実験で、マダコの体重と通過できる脱出口の最小直径との関係を明らかにすることができ、東町漁協が取り組んでいる水揚げ規制の300gサイズが脱出できる脱出口の直径は約2.7cmと推定できた。

この結果を基に直径 3.0cm の脱出口を取り付けて 試験操業したところ,改良かごで漁獲された17個体 のうち体重300g以下の個体は1個体のみで,その個 体も295gであったことから,タコかごに脱出口を取 り付けることで,小ダコが脱出可能であると考えら れる。

しかしながら、本研究では実際の操業において小ダコが改良かごの中に入って、脱出口を通過して脱出したかどうかについては目視確認しておらず、今後、カバーネット<sup>9)</sup>を取り付けるなど、さらに詳しく検証していく必要がある。

現在、マダコ漁業は全国の各沿岸域で盛んに行われており、地区によっては水揚げサイズの規制を行い、小ダコの保護に取り組んでいるが、地域によってそのサイズが異なっている(表 3)。

これまで、マダコを対象としたかご漁業において、 脱出口を取り付けて改良したかごを用いた選択的漁 獲に関する知見が無いため、各地区で取り組んでい る漁獲規制に伴う再放流は、船上での手作業に頼ら ざるを得ないと考えられる。本研究では、マダコの 体重と脱出口の最小周長の関係式を得ることができ たため、各地域の取り組みに応じた脱出口の最小周 長を推定でき、規制サイズに合わせた脱出口を取り 付けることで有効な資源管理方策の一助となると考 えられる。

また, 兵庫県, 香川県, 岡山県の規制サイズ(表 3) である 100g 以下, あるいは 200g 以下のマダコを脱

出させるための最小脱出口の最小周長を推定するには、今回用いた最小脱出口直径  $2.5 \,\mathrm{cm}$  よりもさらに小さな脱出口を取り付けた改良かごを用いた実験を行い、より幅広いサイズに適応し得るR-W関係式を求める必要がある。

表3 他県の規制サイズの例

箇 所	規制サイズの取組み	備考
兵庫県全域	100g以下の再放流	兵庫県漁業調整規則
香川県全域	200g以下の再放流	漁業者による自主規制
岡山県全域	150g以下の再放流	岡山県漁業調整規則
福岡県関門海峡	400g以下の再放流	福岡県漁業調整規則

#### 謝辞

本研究を行うにあたり、多大なご協力をいただいた た に 見島大学水産学部東町ステーションの皆様、指宿漁協代表理事組合長川畑三郎氏、同漁協理事の常松満夫氏及び精密測定に協力を頂いた当センター資源管理部関係者に心からお礼申し上げる。

#### 汝 献

- 1) 立石章治. 資源管理型漁業定着化事業. 平成19年 度鹿児島県水産技術開発センター事業報告書 20 07; 22.
- 2) 平石智徳. ツブかご. 月刊海洋 1999; **31-2**: 96-99
- 3) 渡部俊広. ベニズワイかご漁具の選択漁獲. 月刊 海洋 1999; **31-2**: 100-104.
- 4) 西内修一. ケガニかご. 月刊海洋 1999; **31-2**: 10 5-110.
- 5) 不破茂, 石崎宗周, 山口健介, 今井健彦. フグかご の体長選択性. 日水誌 1996; **62**(5): 727-732.
- 6) 井上喜平治. タコの増殖. 水産増養殖叢書20 日本水産資源保護協会 1969; 12-13.
- 7) 梨本勝昭,鈴木健吾,高木力,本松敬一郎,平石智 徳. ヒメエゾボラかごの漁獲選択性について. 日水 誌 1995; **61**(4): 525-530.
- 8) 五利江重昭,安信秀樹. マダコ資源の有効利用に 関する研究. 兵庫県立農林水産技術総合センター 年報(水産編) 2009; 61.
- 9) 内田圭一, 東海正, 胡夫祥. カバーネット法による マアナゴに対するかご網の網目選択性. 日水誌 19 98; **61**: 815-821.

# 2009年及び2010年に八代海で発生した Chattonella antiqua 赤潮 - 発生期の環境特性と養殖ブリへの影響-

西広海・田原義雄・徳永成光・久保満・吉満敏<sup>1)</sup>・中村章彦 1) 鹿児島県商工労働水産部水産振興課

#### 要約

鹿児島県における Chattonella antiqua(以下、「C.antiqua」と記載)による赤潮は、2009年と2010年には八代海で大規模赤潮が発生し、2年連続で大被害を与えるなど、魚類養殖業に深刻な影響を与えている。本稿では、両年に発生した C.antiqua 赤潮の発生環境、そして対策等について考察した。

2009 年は、赤潮発生時は低水温・低塩分で、C.antiqua 赤潮の増殖に適した環境であった。また、発生後に北西〜北風の割合が高く、八代海中北部の着色域が、本県海域へ南下・集積するのを促進したものと考えられた。赤潮終息には、特に DIP の枯渇が制限要因となったものと考えられた。

2010 年の *C.antiqua* 赤潮の特徴は、①各養殖漁場での同時発生、②早期発生、③長期間継続であった。前年の赤潮後に大量のシストが供給され、各養殖漁場で同時多発的に発生したものと考えられた。2 月から 5 月の底層水温の上昇が平年より早くシストの発芽が早かったことにより、前年より約1ヶ月早く発生したものと考えられた。また、降雨による栄養塩の供給や大潮時の鉛直循環と、その後日射量の増加により、*C.antiqua* 赤潮の増殖が 2 回繰り返されたことが、赤潮が長期間続いた要因になったものと考えられた。赤潮終息には、2009 年と同様に、DIP の枯渇が制限要因となったものと考えられた。

C.antiqua の日周鉛直分布は、赤潮前半では水深  $0 \sim 15m$  まで高密度で分布し、後半は多くの時間帯で中底層に高密度で存在していた。

2009 年, 2010 年に発生した *C.antiqua* 赤潮は、これまでにない大規模なもので、従来の赤潮対策の効果がみられない場合もあった。その際は、生簀を避難させることが最善の対策である。今後は、赤潮の発生をこれまでより早く予察するためのデータを蓄積し、赤潮予察技術を確立することが重要である。

鹿児島県における C.antiqua による赤潮は、1988年 以降、八代海において確認され、しばしば本県の魚 類養殖業に対して被害をもたらしてきた <sup>1)</sup>。なかで も、2009年と2010年には同種による赤潮が八代海だ けでなく、有明海、橘湾の広い範囲で大規模に発生 し、本県では2009年に約20億3千万円、2010年には約 36億8千万円と、2年連続で被害が発生するなど、本 県のみならず、熊本県、長崎県における魚類養殖業 の存続に深刻な影響を与えている。

本稿では、2009年と2010年に発生した C.antiqua 赤 潮の発生環境、そして本県が取り組んできた対策等について考察することにより、今後の C.antiqua 赤潮発生に対して、漁業被害の軽減を図る一助とする。

なお,各調査・試験については,水産庁委託事業(漁 場環境・生物多様性保全総合対策委託事業のうち赤 潮・貧酸素水塊漁業被害防止対策事業「八代海・鹿 児島湾における有害赤潮等分布拡大防止」)で実施し た。

#### 材料及び方法

#### 1 C.antiqua 赤潮発生前後の環境

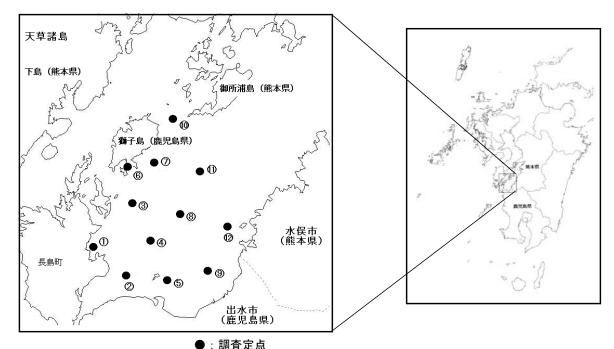
#### a 気象

熊本地方気象台の八代地域気象観測所 (アメダス) が観測した降水量,気温,日照時間,風向,風速のデータを使用し,経過を把握するとともに,降水量,気温については平年値との比較を行った。平年値は1971~2000年の30年間の平均とした。

#### b. 海象

図1に赤潮調査定点を示す。

八代海南部海域に St.①~⑫の 12 点に調査定点を設定した。採水は、採水器 (株式会社離合社製リゴーB号採水器) を用いて 2009 年 4 月から 2010 年 3



~~ ///

図1 赤潮調査定点

月に 0m, 5m, 10m層 (加えて St ①, ⑫は 2009 年 4 月から 2010 年 3 月, St ⑩, ⑪は 2009 年 6 ~ 8 月に 20m, 30m, B-1 (海底から 1m 上)層)で行い,プ ランクトン計数や,DIN (溶存態無機態窒素),DIP (溶存態無機態リン)の栄養塩の分析に供した。

また、水温、塩分、DO (溶存酸素量) は、多項目 水質計 (HYDROLAB社製 DataSonde5) を用いて測 定した。するとともに、透明度と水色を測定した。

なお、12 定点の水深 0m における水温、塩分については平均値を求め、平年値と比較した。2009 年の平年値は、 $4 \sim 5$  月のデータは  $2003 \sim 2008$  年の、6 月のデータは  $2001 \sim 2008$  年の、 $7 \sim 8$  月のデータは  $1989 \sim 2008$  年の平均とした。2010 年の平年値は、 $4 \sim 5$  月のデータは  $2003 \sim 2009$  年の、6 月のデータは  $2001 \sim 2009$  年の、 $7 \sim 8$  月のデータは  $1989 \sim 2009$  年の平均とした。

#### c. 栄養塩

八代海の赤潮調査時に採取したサンプルを当場に 持ち帰った後に、オートアナライザー(BL-TEC 社製 AACS-4)で DIN および DIP を測定した。

#### d. プランクトン組成

赤潮調査定点のうち、St.①、St.⑩、St.⑫の3 定点は、0m、5m、10m 層の海水毎に 1ml あたりのプランクトン組成を検鏡により把握した。

#### 2 日周鉛直分布調査

C.antiqua の日周鉛直分布を把握するために,24 時間の日周鉛直分布調査を実施した。

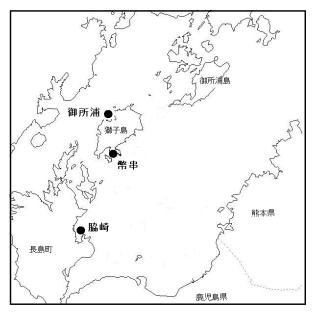
図 2 に調査地点を示す。長島町の獅子島幣串地先, 御所浦地先及び長島町脇崎地先の 3 点に調査地点を 設定した。3 点とも,各地先の魚類養殖漁場の生簀 から 50 ~ 200m 以内の近隣に設定した。

第1回調査は、2010年7月6~7日に、長島町獅子島の幣串地先(水深36m)及び御所浦地先(水深27~29m)で、0m、5m、10m、15m、20m、30m、B-1層の海水を、採水器(株式会社離合社製 リゴーB号採水器)で6時間毎に各2回採水し、採水後、顕微鏡で速やかにそれぞれのC.antiquaの細胞密度を計数し、平均細胞密度を算出した。

第 2 回調査は、2010 年 7 月 24  $\sim$  25 日に、長島町脇崎地先(水深 29m) で、0m、5m、10m、15m、20m、25m、27m 層の海水を、採水器で 2 時間毎に採水し、採水後、顕微鏡で速やかに *C.antiqua* の細胞密度を計数した。

両調査とも併せて,多項目水質計を用いて水温, 塩分,DO,DO%を測定した。

なお第 1 回調査は、東町漁業協同組合所属の漁業者の漁船を借り上げ、第 2 回調査は、鹿児島県漁業指導取締兼調査船「おおすみ」を試験地に停泊させ、同船上で実施した。



●:調査地点

図2 日周鉛直分布調査地点

#### 結 果

#### 1 C.antiqua 赤潮発生前後の環境

(1) 2009年

#### a. 気象

図 3 に 2009 年 3 ~ 8 月の旬毎の降水量と平年偏差 を示す。

3 月から 7 月初旬までは平年値と比較して-4.1 ~ -154.8mm となる小雨であったが、7 月中旬には約 260mm、下旬には約 191mm と、平年値を上回るまとまった降雨があった。

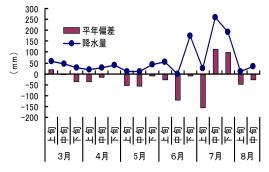


図3 旬毎の降水量と平年偏差(2009年3~8月)

図 4 に 2009 年 3 ~ 8 月の旬毎の気温と平年偏差を示す。

3月から7月中旬にかけて,平年値と比べ,+0.1

 $\sim$ +3.3  $^{\circ}$ Cと,気温は全体的に高めで推移した。その後は,ほぼ平年値と同様の推移を示した。

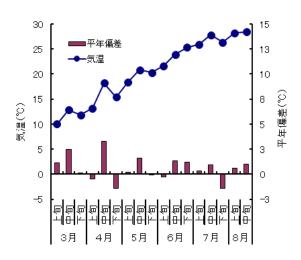


図4 旬毎の気温と平年偏差(2009年3~8月)

図5に,赤潮発生期間中の風向,風速を示す。

赤潮発生直後の7月28日から7月29日までは,南~南東風の割合が79.4%と多く,その風速は最大3.5m/sであった。着色域が拡大しはじめる7月30日から,着色域が減少傾向となる8月5日までは,北西~北風の割合が54.1%とやや多く,その風速は最大4.4m/sであった。

図 6 に赤潮発生前後の降水量,日照時間,潮汐の 状況を示す。*C.antiqua* が赤潮化した7月28日から30

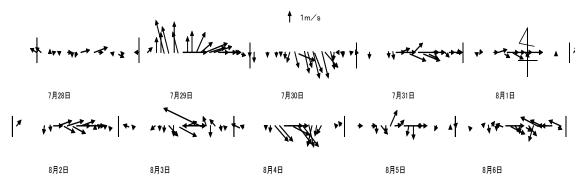


図5 赤潮発生期間中の風向, 風速 (2009年)

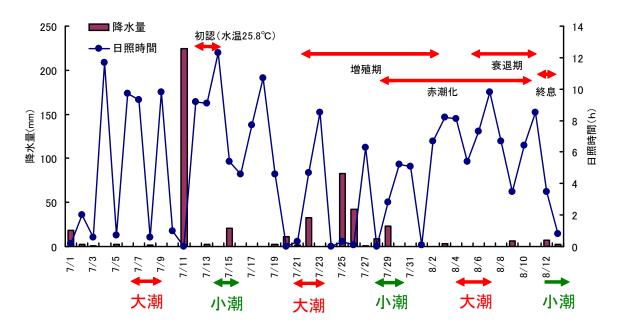


図6 赤潮発生前後の降水量, 日照時間, 潮汐の状況 (2009年)

日までは小潮であり、終息に向かった8月4日から7日は大潮であった。

C.antiqua が初認された 7月 14 日の前に 200mm を超えるまとまった降雨があったほか、赤潮直前の 7月 22  $\sim$  26 日にもややまとまった降雨があった。 C.antiqua 赤潮発生期にはほとんど降雨はなく、日照時間が 5 時間/日以上の日が 14 日中 10 日と多かった。

#### b. 海象

図 7 に St.①~⑫の 12 定点の 0m 層における水温 の平均値と平年偏差を示す。

*C.antiqua* が初認された 7月 14 日から 7月 27日にかけては平年より低かったが、着色後、終息傾向に向かう 8月 4日まで 28 $\,$ C台まで上昇した。

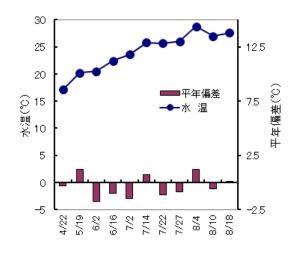


図7 0m層水温と平年偏差 (2009年4~8月)

図 8 に 0m 層における塩分の全調査点の平均値と 平年偏差を示す。

春先から 7 月 22 日まで塩分は 33psu 前後と高い濃度で推移した。その後, 7 月 27 日から 8 月 4 日まで最低は平年を下回る 28.7psu と, *C.antiqua* の至適塩分 (30psu 以下) <sup>5,6)</sup> に低下した。終息を確認した 8 月 10 日には再び 31.6psu まで上昇した。

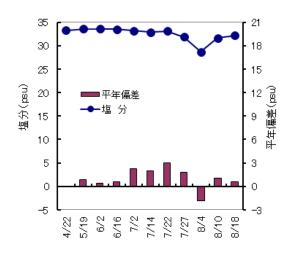


図8 0m層塩分と平年偏差 (2009年4~8月)

#### c. 栄養塩

図 9 に 0m 層における DIN の 12 定点の平均値と平 年偏差を示す。

DIN は *C.antiqua* 赤潮発生前の 7月2日に急上昇したがその後減少し、*C.antiqua* が初認された 7月14日以降,DIN は  $0.6 \sim 1 \mu mol/L$  で,平年値の $-1 \mu mol/L$  以下であったが,7月27日には DIN が  $2.7 \mu mol/L$  に急上昇した。赤潮終息傾向に入った8月4日は,再び濃度が $1 \mu mol/L$  以下に低下した。

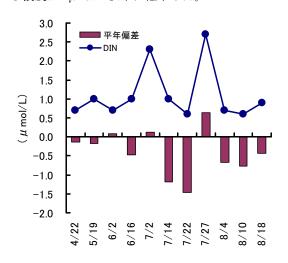


図9 Om層DINと平年偏差 (2009年4~8月)

図 10 に 0m 層における DIP の 12 定点の平均値と 平年偏差を示す。

DIP は DIN と同様に、C.antiqua 赤潮発生前の 7月2日に急上昇したがその後減少した。シャトネラが初認された7月14日以降、DIN と比べると顕著ではないが、DIP が  $0.11\mu mol/L$  に上昇し、終息傾向に入った8月4日は、 $0.01\mu mol/L$  と非常に低い濃度まで低下した。

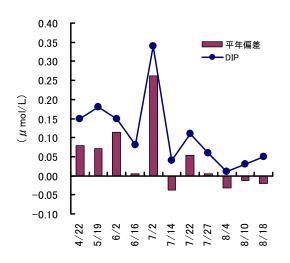


図10 DIPと平年偏差 (2009年4~8月)

図 11 に、St.①の脇崎地先における DIN/DIP 比の 鉛直分布を示す。7 月 22 日までは 0m 層から底層の DIN/DIP 比はほぼ  $10\sim 20$  であったが、赤潮が終息 傾向に入った 8 月 4 日の DIN/DIP 比は、0m 層から 10m 層にかけて 82 以上の高い値を示した。

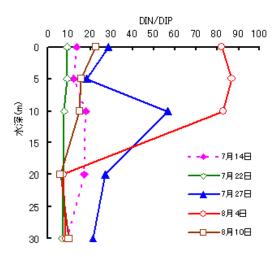


図11 St. ①におけるDIN/DIP比の鉛直分布 (2009年)

d. プランクトン種別密度の推移図 12 に、赤潮調査定点のうち、St.①、St.⑩、St.

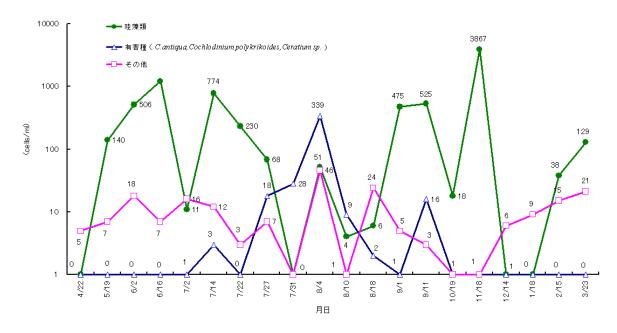


図12 プランクトン種別密度の推移(2009年, St. ①, St. ⑩表層の合計)

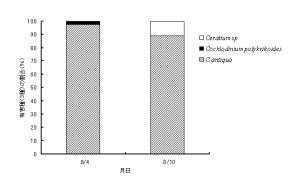


図13 有害種 (3種) の割合 (2009年8/4, 8/10)

⑩の 0m 層のプランクトン種別密度の推移を,図 13 に有害種(3種)の割合を示す。

春先はプランクトンの少ない状況であったが、5 月以降は珪藻類が徐々に増加し、6 月中旬まで続いた。その後、7 月上旬には珪藻類の数が激減したものの、中旬には珪藻類が回復した。7 月下旬には C.antiqua を主とする有害種が増殖するに従い珪藻類が減少し、8 月上旬~中旬に C.antiqua が優占種となった(図13)。9 月上旬には珪藻類の増殖がみられ、11 月中旬まで継続した。12 月中旬にはプランクトンのほとんど見られない状況となったが、その後は徐々に珪藻類等が増加する傾向が見られた。

#### (2) 2010年

#### a. 気象

図 14 に 2010 年 3 ~ 8 月の旬毎の降水量と平年偏差を示す。

2010 年の梅雨入りは、熊本を含む九州北部では平年より7日、九州南部では14日遅く、特に九州南部では観測史上、過去40年で最も遅い梅雨入りであった。6月下旬に370.5mm、7月中旬には227mmと、平年値を大きく上回る降雨があった。

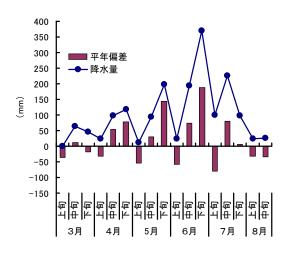


図14 旬毎の降水量と平年偏差(2010年3~8月)

図 15 に 2010 年 3 ~ 8 月の旬毎の気温と平年偏差を示す。

気温は 3 月中旬が平年より高かったものの, その 後は全体的に平年並みで推移した。

図 16 に赤潮発生前後の降水量, 日照時間, 潮汐の状況を示す。

6月28日~30日と7月10日~14日の大潮時に

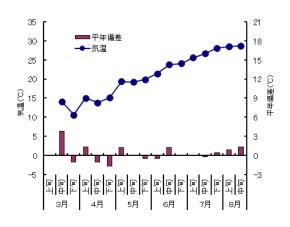


図15 旬毎の気温と平年偏差 (2010年3~8月)

まとまった降雨があり、それぞれ以降の小潮時にはほとんど降雨がみられず、晴天で日照時間が長く、この時期に C.antiqua 細胞の増殖により赤潮が確認された。また C.antiqua 赤潮が衰退に向かった 7 月 26 日以降は大潮であった。

#### b. 海象

図 17 に 0m, 10m, B-1 層における水温の全調査点の平均の推移を示す。6 月下旬の大潮時以降, 0m 層と 10m 層以深の水温差が次第に大きくなり,B-1 層とは約 3  $^{\circ}$   $^{\circ}$  の水温差があったが,7 月 12 日頃に 0m 層は 25.8  $^{\circ}$  こまで上昇していた水温が 22.6  $^{\circ}$  こまで低下し,B-1 層との水温差は 0.8  $^{\circ}$   $^{\circ}$  とんど差がなくなった。その後は再び 0m 層と B-1 層との水温差は大きくなり,0m 層水温が上昇して 27.1  $^{\circ}$   $^{\circ}$  ととなり,

水温差 4.8  $\mathbb{C}$  まで達したが、7月下旬の大潮時には、0m 層水温はやや低下したものの、0m 層と B-1 層との水温差は 2.45  $\mathbb{C}$  あった。

図 18 に、0m, 10m, B-1 層における塩分の全調査点の平均の推移を示す。6 月下旬の大潮時以降,0m 層塩分は 31.6psu から徐々に低下し,7 月 9 日には21.2psu となって成層が発達したが,7 月 12 日頃に0m 層塩分は急上昇し,31.9psu まで回復した。その後も再び成層が発達し,0m 層塩分が 17.7psu まで低下したが,その後,7月下旬の大潮時まで,次第に0m 層塩分は上昇した。

#### c. 栄養塩

図 19 に、St.① (脇崎) における 0m, 10m, B-1 層の DIN の推移を、図 20 に 0m 層における DIN の全調査点の平均値の平年偏差を示す。6 月下旬から特に 0m 層の DIN が低下したが、7月 12 日頃に 20m 以深と同じ 4.8μmol/L にまで上昇した。7月中旬頃は、0m 層の DIN は全調査点の平均で平年より 6μmol/L 以上高かったが、その後、St.①では 0m 層だけでなく全層の DIN が 1μmol/L 以下まで低下し、7月下旬には 0.65μmol/L にまでになった。

図 21 に, St.① (脇崎) における 0m, 10m, B-1 層の DIP の推移を, 図 22 に表層 DIP の全調査点の 平均値の平年偏差を示す。

DIN と同様, 6 月下旬から特に表層の DIP が低下 したが, 7 月 12 日頃に, 20m 以深と同じ 0.38μmol/L にまで上昇した。

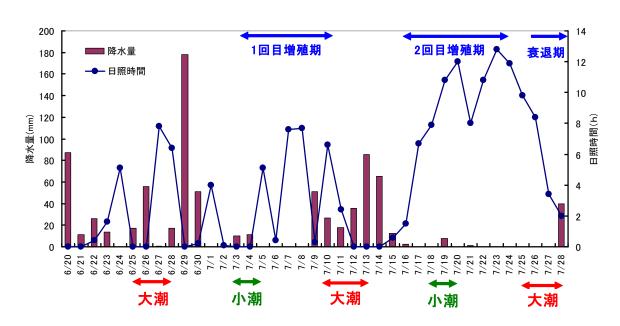


図16 赤潮発生前後の降水量, 日照時間, 潮汐の状況 (2010年)

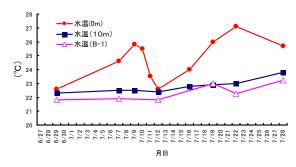


図17 水温の推移 (2010年)

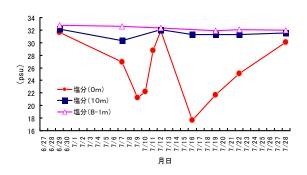


図18 塩分の推移 (2010年)

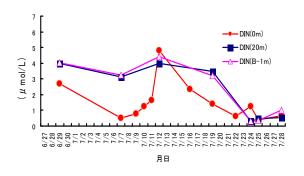


図19 DINの推移(2010年, St.① 脇崎)

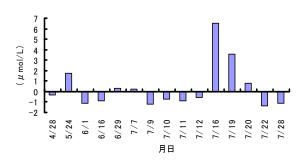


図20 Om層DIN (12定点平均) の平年偏差 (2010年)

7 月中旬頃は、表層の DIP は全調査点の平均で平年より 0.35μmol/L 以上高かった(図 21)が、その後 St. ①では表層だけでなく全層の DIP が低下し、*C.antiqua* 赤潮が衰退する 7 月下旬には DIP が 0.002μmol/L と

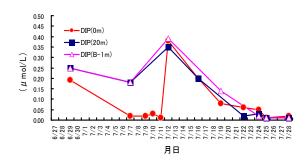


図21 DIPの推移(2010年, St.① 脇崎)

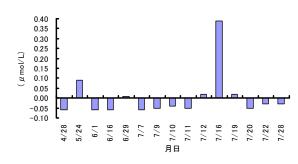


図22 Om層DIP (12定点平均)の平年偏差 (2010年)

なった。

図 23 に、St.①における DIN/DIP 比の鉛直分布を示す。7月 19 日までは 0m 層から底層の DIN/DIP 比は6月 16日を除きほぼ  $10\sim 20$  であったが、赤潮が終息傾向に入った7月 28日の DIN/DIP 比は全層で30以上となり、特に10m 層では144 と高い値を示していた。

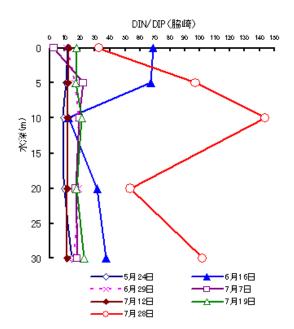


図23 St. ①におけるDIN/DIP比の鉛直分布 (2010年)

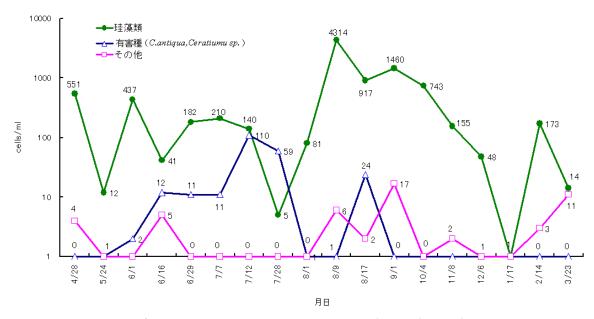


図24 プランクトン種別密度の推移(2010年, St. ①, St. ⑩, St. ⑫表層の合計)

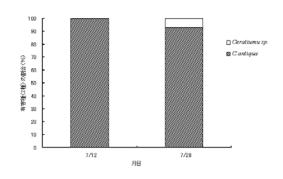


図25 有害種(2種)の割合(2010年7/12, 7/28)

#### d. プランクトン種別密度の推移

図 24 に, 赤潮調査定点のうち, St.①, St.⑩, St. ⑫の 0m 層のプランクトン種別密度の推移を,図 25 に有害種(2種)の割合を示す。

4月下旬には珪藻類が多い状況であったが、5月下旬にはプランクトンのほとんどみられない状況となった。6月に入ると珪藻類が増殖したが、6月下旬から C.antiqua の増殖がみられ、7月上旬までは珪藻類が100cells/ml 以上みられたがその後減少し、C.antiqua の2回目の増殖のピーク時である7月下旬には、ほとんど C.antiqua しか見られなくなった。8月以降は珪藻類が増殖し、10月上旬まで継続した(図 25)。冬場は珪藻類が徐々に減少し、プランクトン数が少なくなった。

#### 2 日周鉛直分布調査

表 1 に獅子島幣串地先,表 2 に獅子島御所浦地先での C.antiqua の日周鉛直分布調査時における水質測定結果を示す。両地先の水温は、0m 層が  $23.8 \sim 25.6$   $\mathbb C$  であったのに対し、底層は 21  $\mathbb C$  台と低かった。両地先の塩分は、0m 層が  $27.8 \sim 30.4$  psu と低く、5m 層以深は徐々に高くなり、底層は  $32 \sim 33$  psu であった。両地先の DO は、0m 層が  $8.52 \sim 10.43$  mg/L(溶存酸素飽和度  $120.4 \sim 146.5$ %)と高かったが、5m 層以深は徐々に低くなる傾向を示した。

図 26 に 2010 年 7 月 6 日~ 7 日の獅子島幣串地先,図 27 に獅子島御所浦地先における *C.antiqua* の各観測水深別細胞密度を示す。*C.antiqua* の最高平均細胞密度は,獅子島幣串地先で 7 月 7 日 0:00 の水深 0m層で 147.5cells/ml,獅子島御所浦地先で 7 月 7 日 6:00の水深 0m層で 246.5cells/ml であった。7 月 6 日 18:30 における *C.antiqua* 細胞の鉛直分布をみると,幣串地先では水深 10mに多いのに対し,御所浦地先では水深 0~5mに多い傾向がみられた。また 7 月 7 日 0:00 には,幣串地先では水深 0~10mに多くなり,御所浦地先では水深 10mが多くなった。このように *C.antiqua* の分布状況は,同じ時間帯でも場所によって異なった。また両地先とも,*C.antiqua* は水深 0~15mに高密度層がみられ,15m以深では細胞密度が少ない傾向がみられた。

表 3 に長島町脇崎地先での C.antiqua の日周鉛直分 布調査時における水質測定結果を示す。水温は、0m層が  $26.0 \sim 27.4$   $^{\circ}$   $^{\circ}$   $^{\circ}$  であったのに対し、 $^{\circ}$   $^$  ℃と低く、 $3.1 \sim 4.5$  ℃の温度差があった。塩分は、0m 層が  $29.6 \sim 30.3$  psu と低かったが、5m 層以深は、ほとんど  $31 \sim 32$  psu で推移した。DO は、0m 層が  $10.4 \sim 14.8$  mg/L(溶存酸素飽和度  $164.2 \sim 220.9$ %)と非常に高い数値を示し、5m 層も 9 mg/L 以上(溶存酸素飽和度 100%以上)であったが、10m 層以深は徐々に低下し、B-1m 層では  $4.8 \sim 5.0$  mg/L(溶存酸素飽和度  $67.8 \sim 70.1$ %)であった。

図 28 に、長島町脇崎地先における C.antiqua の日周

鉛直分布を示す。*C.antiqua* の最高細胞密度は,7月24日 15:00 の水深25m層で554cells/mlであった。

期間中、脇崎漁場では、C.antiqua の細胞が、1 日のうち多くの時間帯で中底層に高密度で分布し、20m以深では、全調査期間中 C.antiqua の細胞が100cells/ml以上分布した。また、時間帯によっては底層に分布することもあり、25m以深では、300cells/ml以上分布することが多かった。なお早朝には、表層に分布する傾向が見られた。

表1 獅子島幣串地先での水質の測定結果

水深(m)	水温(℃)	塩分(psu)	DO (mg/L)	D O (%)
0	23. 9~25. 6	27.8~30.2	9.7 <b>~</b> 8.5	120. 6~136. 7
5	23. 1~23. 9	30. 3 <b>~</b> 31. 5	6.8 <b>~</b> 8.7	95. 3 <b>~</b> 123. 0
10	22.7~22.8	31.9~31.9	6.7 <b>~</b> 6.8	93. 5 <b>~</b> 94. 6
15	22.0~22.3	32. 2 <b>~</b> 32. 5	5.8 <b>~</b> 6.2	80. 2 <b>~</b> 85. 5
20	21.8~21.9	32. 6 <b>~</b> 32. 7	5. 5~ 5. 7	75.0 <b>~</b> 78.1
30	21.7~21.8	32. 7 <b>~</b> 32. 8	5. 4~ 5. 5	74. 2 <b>~</b> 75. 3
35	21.7~21.8	32. 7 <b>~</b> 32. 8	5. 2 <b>~</b> 5. 4	71.9~ 74.3

※測定時刻:7/6 18:30,7/7 0:00,6:00,11:00

表2 獅子島御所浦地先での水質の測定結果

水深(m)	水温(℃)	塩分(psu)	DO (mg/L)	D O (%)
0	23.8~24.4	29. 3~30. 4	8.6~10.4	120. 4 <b>~</b> 146. 5
5	22. 4~23. 7	30. 3 <b>~</b> 31. 9	6.6~ 8.5	91. 1 <b>~</b> 120. 5
10	21.9~22.5	31.8~32.8	6.1~ 6.9	85. 1 <b>~</b> 96. 5
15	21.7~22.4	31. 9 <b>~</b> 32. 7	5.9 <b>~</b> 6.5	80.7~ 90.4
20	21.6~22.3	32. 1 <b>~</b> 32. 8	5.8 <b>~</b> 6.2	79.8 <b>~</b> 85.7
25	21. 2~22. 0	32. 4 <b>~</b> 33. 1	5.7 <b>~</b> 5.8	78.3 <b>~</b> 79.2

※測定時刻: 7/6 18:30, 7/7 0:00,6:00,11:00

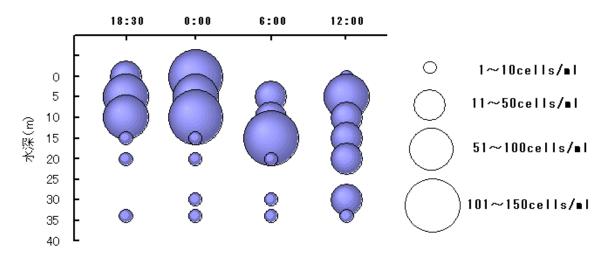


図26 C.antiqua の日周鉛直分布 (獅子島幣串地先: 7/6~7)

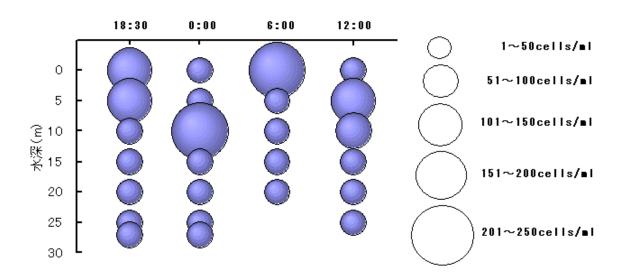


図27 C.antiqua の日周鉛直分布 (獅子島御所浦地先:7/6~7)

表3 長島町脇崎地先での水質の測定結果

水深(m)	水温(℃)	塩分(psu)	D O (mg/L)	DO(%)
0	26.0~27.4	29.6~30.3	10. 4~14. 8	164. 2~220. 9
5	23.9~24.8	30.7~31.4	9.0 <b>~</b> 11.7	122. 6 <b>~</b> 166. 5
10	23.6~23.9	31.1~31.7	6.9 <b>~</b> 7.5	97. 6 <b>~</b> 103. 8
15	23. 1~23. 7	31.5 <b>~</b> 31.7	5.1 <b>~</b> 6.0	71.9~ 84.0
20	22.9~23.0	31.7~31.7	5.1 <b>~</b> 5.5	70.4 <b>~</b> 76.1
25	22.9~23.0	31.8~31.9	4.8~ 5.1	67.5~ 72.6
B-1	22. 9~22. 9	31.9~32.0	4.8~ 5.0	67.8 <b>~</b> 70.1

※測定時刻: 7/24 13:05,19:00,7/25 1:00,8:00

※ B-1 層:水深 27m

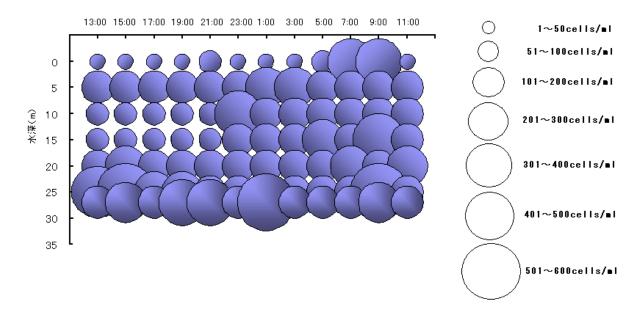


図28 C.antiqua の日周鉛直分布(長島町脇崎地先: 7/24~25)

#### 考 察

#### 1 C.antiqua 赤潮の発生状況と対応

#### (1) 2009年

2009 年の *C.antiqua* による赤潮の発生要因を,赤潮発生前後のプランクトン組成,気象,海象,水質等により考察する。

伊藤ら 2)により播磨灘南部を対象として 1979 ~ 1987 年の期間、シャットネラ赤潮の発生年と非発生 年における環境要因(水塊の鉛直安定性,表層部の 栄養塩濃度,シストの発芽に影響する底層水温,珪 藻類の変動) が整理されているが、その結果から今 井 3 は、シャットネラ赤潮が発生するためには、珪 藻類が増殖しないことが必要条件であり, 逆に珪藻 類が増殖した夏季にはシャットネラ赤潮は発生して いない傾向が明らかであるとしている。このように 珪藻類は、C.antiqua と競合関係にあるが、C.antiqua が初認された7月14日から7月27日にかけての赤 潮発生前における, 八代海のプランクトン種別密度 の推移をみると (図12), 7月 14 日頃には珪藻類が 多かったが、7月27日にかけて珪藻類が徐々に少な くなっており、C.antiqua が増殖するのに適した状況 にあったものと考えられる。

山口ら  $^{9}$  によると、C.antiqua の最適増殖水温は 25  $^{\circ}$  で付近にあると報告されている。本県における

C.antiqua の最適増殖水温は、これまでの増殖傾向から  $23 \sim 26$   $^{\circ}$   $^{\circ}$ 

また、この降雨の影響では、表層の塩分濃度が低下した(図 8)。岩崎  $^5$ は Eutreptiella sp. (= C.antiqua) が塩分 18.1 ‰ (=psu) 付近で最も良く増殖し、好適塩分範囲は  $14.4 \sim 30.7$  ‰ (=psu) と述べている。また当所で実施した,C.antiqua の増殖に及ぼす水温・塩分の影響について把握するための室内試験では,C.antiqua は,比増殖速度から, $20 \sim 30$   $^{\circ}$  で低塩分を好む傾向が見られた  $^{\circ}$ 。また海域においても,C.antiqua 赤潮は降雨による塩分低下時に多く発生することが経験的に知られている。

2009 年は、C.antiqua 赤潮が発生する直前、八代海では、熊本県水産研究センターの調査で、7月 16日から熊本県芦北郡津奈木町沖や上天草市姫戸沖を中心に Cochlodinium SP.による着色域が確認され、熊本県は16日に赤潮警報を発令している¹¹。7月 21日の東町漁協による調査によると、御所浦島南端~芦北郡津奈木町沖以北のほぼ全域において、Cochlodinium polykrikoides による着色域が確認され、細胞密度は 200~800cells/ml であったが、翌 22 日の当所による調査では着色域は確認されず、23 日に

は細胞密度も減少している $^{1)}$ 。村田ら $^{7)}$ は, Cochlodinium polykrikoides による赤潮発生時の環境 は,水温  $^{24.1}$  ~  $^{29.3}$  ℃,塩分  $^{29.2}$  ~  $^{33.4}$ psu であり, 特に水温  $^{27}$  ℃前後,塩分  $^{31}$ psu 以上において赤潮発 生が多く,高水温・高塩分の盛夏に赤潮発生が多い と報告しているが, $^{2009}$  年の  $^{60}$  C. antiqua 赤潮発生時 の環境は低水温・低塩分の状況であった(図7,8) ことから, $^{7}$  月下旬からの  $^{60}$  C. antiqua 赤潮の発生時は, Cochlodinium polykrikoides より  $^{60}$  C. antiqua が増殖する 環境にあったと考えられる。

風の状況をみると、赤潮発生前は、南~南東風の割合が多かったが、発生後の7月30日から8月5日までが、北西~北風の割合が多く(図5)、八代海中部~北部で増殖した C.antiqua 赤潮の着色域が本県海域へ南下・集積するのを促進し、高密度で沿岸部に滞留したものと考えられる。

C.antiqua 赤潮の終息した要因について、栄養塩の動向により考察した。表層の DIN と DIP は、いずれも C.antiqua が初認された 7月 14 日以降 7月 22~27 日にかけて、大雨(図3、6)による河川水の影響で濃度が上昇し、終息傾向に入った 8月 4日には、プランクトンによる消費により再び濃度が低下したと考えられる(図9、10)。特に DIN/DIP 比が 0m 層で 82 と高い値を示したように(図11)、DIN より DIP 濃度の低下が顕著であり、DIP の枯渇が制限要因となり、C.antiqua 赤潮の終息に影響したと考えられる。

なお, 2009 年の C.antiqua による赤潮では, それ 以前の八代海における赤潮被害額の合計を単年度で 上回る漁業被害が発生しており,漁業被害が拡大し た要因については、これまで発生した C.antiqua 赤潮 と同様に,八代海中央部(獅子島東側)から南下し て本県海域に流入しただけでなく, 天草下島方向(獅 子島西側) からも赤潮が流入し, C.antiqua 赤潮が広 範囲かつ高密度に発生してそれが長期間継続したこ と,獅子島西側の避難漁場にも広範囲かつ高濃度で 流入したこと, 最終的には八代海全域で赤潮が発生 したため, 赤潮防除対策の粘土等の散布も効果的に 行えず, 漁業被害が拡大したものと考えられている 1)。熊本県海域での C.antiqua 赤潮の拡大状況につい て櫻田8)は、2009年は八代海北部と楠浦湾の2ヶ所 の海域で形成された C.antiqua 赤潮が拡大したこと で,大規模な赤潮形成に至ったと述べており,この ことを裏付けている。

#### (2) 2010年

2010 年の *C.antiqua* 赤潮は, 2009 年やそれ以前に発生した *C.antiqua* 赤潮と異なり, ①各養殖漁場での同時発生, ②早期発生, ③長期間継続, といった特徴があった<sup>1)</sup>。2010 年の *C.antiqua* 赤潮が, これらの特徴を持った要因を, 赤潮発生前後のプランクトン種別密度, 気象, 海象, 水質等により考察した。

2009 年の大規模な赤潮で、各地の海底に大量の C.antiqua のシスト (休眠細胞) が供給されたと考えられ、瀬戸内海区水産研究所の八代海におけるシャトネラ属シスト分布調査によると、C.antiqua 赤潮発生前の 2009 年 5 月の八代海全域における底泥 1 cm²中のシャトネラ属シスト平均分布密度は 15 個/cm²であったが、2009 年 9 月の C.antiqua 赤潮終息後には 684 個/cm²に増加していた。また 2009 年 10 月の八代海南部の平均分布密度は 137 個/cm²と、赤潮発生前の約 10 倍の密度であった %。今井は、シストは赤潮発生の直接原因になっているわけではなく、赤潮の "Seed

Popuration"として機能し、種の分布拡大にも重要な役割を持つと述べている <sup>10</sup>。 2010 年の *C. antiqua* 赤潮発生前に、シストが八代海の沿岸域を含めた広範囲に供給されており、これが発生源となって発芽して、その後の環境が増殖至適条件となって増殖し、各養殖漁場で同時多発的に発生したものと考えられる。

また、2010年2月から5月の底層水温の上昇が平年より早く(西ら未発表)、シストの発芽が例年より早かったものと思われ、これにより2009年より約1ヶ月早く赤潮が発生した可能性が考えられる。

6月28~30日の大潮時にまとまった降雨があり、 それ以降の小潮時にはほとんど降雨がみられず, 晴 天で日照時間が長い日が続き (図16), この時期に C.antiqua 赤潮の増殖が確認された。また 6 月下旬の 大潮時以降, 0m 層と 10m 層以深の水温差が顕著と なる成層が発達したが (図17), 7月12日頃の大潮 時には 0m 層は約 26 ℃まで上昇していた水温が 22 ℃台まで低下し, 10m 層以深との水温差がほとんど なくなった (図17)。0m 層の塩分も 6 月末の降雨の 影響で低下していたが7月12日頃に増加し,10m層 との塩分差がほとんどなくなった(図18)。さらに栄 養塩も, C.antiqua 赤潮が増殖して消費したことによ り、7月7日頃には0m層の栄養塩は低下していた が,7月12日頃に20m層以深と同レベルまで上昇し た (図19, 21)。この水温,塩分,栄養塩の状況から みて,この大潮時に海域で,鉛直循環が起こったも のと考えられた。このように、大潮時に発生した鉛 直循環の影響により、表層水温が低下して *C.antiqua* の増殖適水温(夏としては低い  $23 \sim 26$  °C)となったこと、栄養塩は底層から 0m 層への供給に加え、同時期のまとまった降雨による供給があったこと、その降雨の影響で増殖適塩分(低塩分)となったこと、さらにその後の天候回復による日射量の増加により、*C.antiqua* 赤潮が増殖するパターンが再度発生した。これらの気象や水質の状況が、*C.antiqua* 赤潮としては異例の、1 ヶ月以上の長期間続いた要因になったものと考えられる。また、*C.antiqua* の増殖のピークが期間中に 2 回あり、漁業被害が拡大した要因になったと考えられる。

7月中旬頃は、0m層の DIN と DIP は平年より高いレベルであったが(図20,22)、その後 C.antiqua 赤潮が再度大増殖し、0m層だけでなく全層の DIN と DIP が消費されて低下し、C.antiqua 赤潮が衰退する7月下旬には DIN がほぼ枯渇した状態となった。 DIP は DIN よりそれは顕著であった(図23)。このように7月25日以降には、栄養塩となる窒素やリンの濃度が減少しており、このことが、赤潮が衰退した要因と考えられた。特に DIP の枯渇が DIN より顕著であり、2009年と同様に DIP の枯渇が制限要因となり、C.antiqua 赤潮の終息に影響したと考えられる。

#### 2 日周鉛直分布調査

C.antiqua は、日中は 0m 層に、夜間は底層に日周鉛直移動することが、現場海域の調査結果や室内培養試験から知られている <sup>11,12</sup>。そして、この鉛直移動により夜間に下層の栄養塩を利用することができ、他の植物プランクトンに対する Chattonella の増殖優位性に関わっていると考えられている。 <sup>13,14</sup>。

2010年7月6~7日の獅子島幣串地先と獅子島御所浦地先における C.antiqua の日周鉛直分布をみると、幣串地先では、夜中の0:00には0m層に最も多く分布し、明け方の6:00に15 m層で極大となり、日中の12:00と18:30は10~15 mに多かった(図26)。一方、御所浦地先では、夜中の0:00に10m層で極大となり、明け方の6:00には0m層に最も多く分布し、日中は5 mを中心に多かった(図27)。このように、両地先とも日中は0~10 m層が高密度となり、15 m以深では細胞密度が少ない傾向が見られたが、日没から夜中を経て明け方までの細胞密度は、全く逆の動きを示した。すなわち、御所浦地先の鉛直移動はこれまでの知見と一致するものの、幣串地先の移動のパターンは異なるもので、他の要因が関

与していることも考えられる。

調査期間中の水質をみると、獅子島幣串地先と獅子島御所浦地先とも $0\sim5$ m層のDOが8mg/L以上、溶存酸素飽和度が100%以上といった高い数値を示したが(表1, 2)、これは増殖したC.antiquaによる光合成の影響によるものと考えられる。

2010 年 7 月 24 ~ 25 日の脇崎地先では, C.antiqua の細胞が、1日のうち多くの時間帯で中底層に高密 度で存在し、20m 以深では、全調査期間中 C.antiqua の細胞が 100cells/ml 以上存在し, 25m 以深では, 300cells/ml 以上存在することが多かった(図28)。調 査期間中の DO は, 0m 層が 10.4 ~ 14.8mg/L (溶存 酸素飽和度 164.2 ~ 220.9%) と非常に高い数値を示 したが (表3),獅子島での調査時と同様に、大増殖 した C.antiqua の影響によるものと考えられる。なお、 25m 以深では C.antiqua の細胞が高密度で存在したも のの, DO は 4.8 ~ 5.1mg/L (溶存酸素飽和度 67.5 ~ 72.6%) と低かった。調査期間中における海中の照 度を測定したところ, 日中の表層では 6,500 ~ 8,000lx を示したものの、水深 5 m層では表層の 15 %以下に 低下し、水深 10m 層以深では 200lx 以下と非常に照 度が低い状態であり (西ら未発表), 増殖した C.antiqua による光合成はほとんど行われずに酸素消 費が多かったと推察され、そのために DO が低かっ たものと考えられた。

獅子島での調査時は C.antiqua 赤潮の最初の増殖の ピーク中であったが、この時は 15m 以深では細胞密 度が少ない傾向であったのに対し, 脇崎漁場での調 査時は、C.antiqua 赤潮の 2 回目の増殖のピークにあ たり, 多くの時間帯で中底層に高密度で存在してい た。Chattonella 赤潮の後期には小型細胞が出現し、 出現の分布が底層に移行することが知られており 15), 1992 年に東町周辺で Chattonella 赤潮が発生した際に も,同様の細胞が観察されている 160。今回,底層付 近で採取された細胞は, 通常の栄養細胞の大きさや 色調を維持しており、2回目の増殖ピーク時のよう に八代海全体が C.antiqua 赤潮に覆われている状況で は、場所によっては C.antiqua が底層まで高密度で存 在し得ることを示している。2010年の C.antiqua 赤 潮では,赤潮対策として生簀に天井網を装着し,生 簀網自体を一定の水深に沈めたり, 生簀網に網を継 ぎ足して網底を底層まで沈め, 養殖魚が底層に避難 できるようにするなど、底層には C.antiqua がいない 前提で対策が実施された。赤潮前半である 2010 年 7 月6~7日には、15m以深では細胞密度が少ない傾

向がみられ、生簀の沈下等の対策が有効であったが、赤潮後半である 2010 年 7 月 24  $\sim$  25 日には、 C.antiqua が底層まで高密度で存在する状況となり、 生簀沈下の効果がみられなかった漁場もあったこと から、今後は漁場毎に C.antiqua の日周鉛直分布状況を把握する必要があるものと考えられる。

#### 今後の課題

2009, 2010 年に発生した *C.antiqua* 赤潮は,これまでにない大規模なもので,八代海の広範囲で着色し,特に 2010 年の最も増殖した時は,表層から底層まで *C.antiqua* が高密度で存在する状況となり,粘土等赤潮防除剤の散布や生簀の沈下等の避難では効果がみられない場合もあった。当所が,2010 年の *C.antiqua* 赤潮被害を検証したところ,東町漁協管内での漁場毎の被害率をみると,長島の東岸より西岸のほうが被害率が低い傾向が見られ,沈下しなかった生簀と比較して,沈下により被害の軽減効果がみられた漁場がある一方,沈下しても被害率の高い漁場もあった「<sup>17</sup>)。

2010 年の赤潮終息後,東町漁協では今後大規模赤潮が発生した場合,赤潮防除剤の散布や生簀の沈下による避難といった赤潮対策の効果が低いと思われる漁場のために,赤潮被害の比較的少なかった長島の西岸側で,生簀をより深く沈下できる水深の海域に生簀の避難漁場を新たに整備するとともに,沈下生簀を導入した。大規模な赤潮が発生した場合,従来の赤潮対策では効果が低い場合があることが考えられ,その様な時は,生簀を避難させることが最善の対策であり,これまで一部にしかなかった避難漁場や,沈下生簀が新たに整備されたことは,赤潮対策の選択肢が増えることになり,今後の赤潮発生時に漁業被害を回避する確率が高まることになろう。

本稿では 2009, 2010 年の 2 ヶ年に発生した C.antiqua 赤潮について考察したが、今後は、過去に 発生した C.antiqua 赤潮について同様の検証を進める と共に、今後もより詳細な調査を実施して赤潮の発生をこれまで以上に早く予察するためのデータを蓄積し、赤潮予察技術を確立することが重要である。

#### 謝辞

赤潮調査にご協力いただいた東町漁業協同組合職 員の方々,漁船を提供していただいた東町漁業協同 組合所属の中橋義行氏,割地一人氏,長友真一氏に 感謝申し上げる。2010年に臨時赤潮調査にご協力い ただいた,鹿児島県水産技術開発センターの職員の 方々に感謝申し上げる。日周鉛直分布調査にご協力 いただいた,鹿児島県漁業指導取締兼調査船「おお すみ」の乗組員の方々に感謝申し上げる。また,2009, 2010年の大規模赤潮発生にあたり,地元養殖業者に 対する支援事業やシャトネラ赤潮の発生機構解明, 被害防止・防除対策等に関する新たな調査・研究の 計画策定や実施にご尽力いただき,さらに本県の赤 潮調査や本研究に御協力,御助言をいただいた,水 産庁及び独立行政法人水産総合研究センターの皆様 に感謝申し上げる。

#### 1 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, **3**, 2011, 37-44.
- 2) 伊藤克彦, 今井一郎, 板倉茂, 山口峰生, 松尾豊, 寺田和夫, 神薗真人, 池内仁. Chattonella および Gymnodinium 赤潮の発生予知要素の選定と評価. In:赤潮の発生予知技術の開発に関する研究, 5か 年の研究報告, 南西海区水産研究所, pp. 171-179, 1990.
- 3) 今井一郎. 有害有毒赤潮の生物学(8)シャットネラ赤潮の発生環境:播磨灘を例として. 「海洋と生物」生物研究社,2010;32:175-180.
- 4) 山口峰生,今井一郎,本城凡人.有害赤潮ラフィ ド藻 Chattonela antiqua と Chattonela marina の増殖速度に及ぼす水温,塩分及び光強度の影響. 日水誌 1991;57(7):1277-1284.
- 5) 岩崎英雄. 赤潮鞭毛藻に関する研究-IV. 日本海 洋学会誌 1971; **27**: 152-157.
- 6) 西広海,田原義雄.赤潮総合対策調査事業─Ⅱ(有 害赤潮発生に関する生態学的研究). 平成21年度 鹿水技セ事報:103-106.
- 村田圭助, 櫻田清成. 八代海における Cochlodinium polykrikoides 赤潮の発生環境と対応. 日本プラン クトン学会報 2009; 56(1): 52-55.
- 8) 櫻田清成. 八代海における近年のシャットネラ赤潮. 長島町地域人材育成事業 シャトネラ赤潮対 策研修会講演要旨集2010.

- 9) 山口峰生, 坂本節子, 櫻田清成, 西広海, 田原義雄. 八代海における有害ラフィド藻 Chattone la属シストの分布と休眠・発芽特性. 日本ベントス学会・日本プランクトン学会合同大会講演要旨集2010, ROMBUN NO. 229.
- 10) 今井一郎. ラフィド藻赤潮の発生機構と予知. 水産研究叢書48, 有害・有毒赤潮の発生と予知・防除(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, 2000: 29-70.
- 11) 浜本俊作,吉松定昭,山田達夫.夜間連続調査. 昭和 53 年 6 月発生ホルネリア赤潮に関する調査 報告書 1979,香川県,33-47.
- 12) 中村泰男, 渡辺信. *Chattonella antiqua* の 日周垂 直移動-特にその生態的意味について. 国立公 害研究所研究報告 1984, **63**: 97-102.

- 13) 今井一郎. 有害赤潮ラフィド藻 *Chattonella のシ*ストに関する生理生態学的研究. 南西海区水産研究所研究報告 1990, **23**: 103-109.
- 14) 松本紀男,吉松定昭.シャットネラ赤潮被害防止技術開発試験 現場海水による増殖能獲得試験,平成元年度赤潮対策技術開発試験報告書 1989;香川県赤潮研究所,1-8.
- 15) 今井一郎. 有害有毒赤潮の生物学(5) シャットネラのシストの生理学. 「海洋と生物」生物研究社, 2009; **31**:551-559.
- 16) 平成 4 年度九州西岸域シャットネラ赤潮広域共同調査報告書,水産庁,1993.
- 17) 西広海,田原義雄,吉満敏,徳永成光,久保満,中村章彦.赤潮総合対策調査事業-V(平成22年に発生したシャトネラ赤潮被害の検証),平成22年度鹿水技セ事報,116-121.

## 合成タウリンを添加した魚粉低減飼料給餌によるカンパチの成長

前野幸二・村瀬拓也・平江多績<sup>11</sup>・柳宗悦・佐藤秀一<sup>21</sup> 1)商工労働水産部水産振興課, 2)東京海洋大学

#### 要約

従来の魚粉割合と同等の飼料及び段階的に魚粉割合を低減し、異なる割合で合成タウリンを添加した EP 飼料を用い、カンパチ当歳魚(試験 1)及び 1歳魚(試験 2,3)を供試魚とした飼育試験を実施し、尾叉長や魚体重、肥満度等の成長指標や窒素、リンを環境負荷指標として魚粉割合の低減化及び合成タウリン添加による成長等改善効果について検証した。その結果、カンパチ当歳魚においては魚粉割合を 40%に低減した飼料には、従来飼料とタウリン量が同程度になるよう合成タウリンを添加すること、1歳魚においては合成タウリン無添加の飼料では成長が劣るため、当歳魚と同様、魚粉割合を 20%程度に低減した飼料にも従来飼料とタウリン量が同程度になるように合成タウリンを添加することで、魚粉量の低減化と飼料由来の環境負荷量の抑制が可能であると判断された。

海面養殖業は、水産物の安定供給を図る上で重要な役割を担っている。近年、養魚用配合飼料の大部分を占める輸入魚粉の価格は不安定に変動しており養殖経営に影響が出ている <sup>1,2</sup>。そのため、養殖生産コストの大部分を占める餌飼料について改善が求められており、特に、配合飼料中の多くを占める魚粉の配合割合を低減し、かつ漁場環境に配慮した養魚飼料に対する関心が高まっている。しかし、魚粉割合を低減し、魚粉代替蛋白質源の比率を高めた低魚粉飼料や無魚粉飼料では、摂餌状態の悪化や成長停滞、緑肝症の発症等が認められることが報告されている <sup>3,5</sup>0。

一方、これら低・無魚粉飼料の魚粉代替源として使用される植物性原料にはタウリンが含まれていないこと。,無魚粉飼料で飼育したブリの飼育成績は劣り、貧血と緑肝が高率に見られるが、タウリンを添加することで症状が改善されることも報告されている。そこで、合成タウリンを無添加あるいは異なる量で添加した魚粉低減飼料を製造し、カンパチを対象に給餌飼育試験を行い、魚粉割合の低減化及び合成タウリン添加による成長の改善効果について検証した。

なお,本研究は,水産庁委託事業である低コスト飼料・効率的生産手法開発事業 (H20 ~ 22)により実施した。

#### 材料及び方法

#### 試験1

カンパチ当歳魚を対象とした魚粉低減飼料の検討

#### 1 飼料

試験飼料の飼料組成及び一般成分を表 1 に示す。試験飼料は 4 種類の EP 飼料で、魚粉割合が従来の飼料と同等程度の飼料 1-1 (魚粉 60 %)、魚粉割合を 40 %に低減した飼料 1-2、飼料 1-2 に合成タウリンを 0.15%添加した飼料 1-3、飼料 1-2 に合成タウリンを 0.7%添加した飼料 1-4 とした。魚粉代替源には、植物性タンパク質原料である大豆油粕、コーングルテンミールを使用した。飼料の一般成分は、常法により分析した。

表 1 試験飼料の飼料組成及び一般成分

z. z.banieran				
試験飼料	1-1	1-2	1-3	1-4
配合割合(%)				
アンチョビミール	60.0	40.0	40.00	40.0
大豆油粕		6.5	6.50	6.5
コーングルテンミール		17.5	17.50	17.5
小麦粉	12.0	7.1	6.95	6.4
タピオカデンプン	10.0	10.0	10.00	10.0
魚油	10.0	10.4	10.40	10.4
外添油(魚油)	5.0	5.0	5.00	5.0
ビタミン混合物	2.0	2.0	2.00	2.0
無機質混合物	1.0	1.0	1.00	1.0
リン酸カルシウム		0.5	0.50	0.5
タウリン(合成)			0.15	0.7
合計	100.0	100.0	100.00	100.0
音計	100.0	100.0	100.00	100.0
一般成分(%)	100.0	100.0	100.00	100.0
	100.0	100.0	100.00	100.0
一般成分(%)	2.9	2.7	3.1	4.7
一般成分(%) 飼料粒径(5mm)				
一般成分(%) 飼料粒径(5mm) 水分	2.9	2.7	3.1	4.7
一般成分(%) 飼料粒径(5mm) 水分 粗タンパク質	2.9 43.5	2.7 46.0	3.1 44.8	4.7 45.3
一般成分(%) 飼料粒径(5mm) 水分 粗タンパク質 粗脂肪	2.9 43.5 19.1	2.7 46.0 19.3	3.1 44.8 19.5	4.7 45.3 18.5
一般成分(%) 飼料粒径(5mm) 水分 粗タンパク質 粗脂肪 灰分	2.9 43.5 19.1	2.7 46.0 19.3	3.1 44.8 19.5	4.7 45.3 18.5
一般成分(%) 飼料粒径(5mm) 水分 粗タンパク質 粗脂肪 灰分 飼料粒径(8mm)	2.9 43.5 19.1 10.5	2.7 46.0 19.3 8.4	3.1 44.8 19.5 8.2	4.7 45.3 18.5 8.0
一般成分(%) 飼料粒径(5mm) 水分 粗タンパク質 粗脂肪 灰分 飼料粒径(8mm)	2.9 43.5 19.1 10.5	2.7 46.0 19.3 8.4	3.1 44.8 19.5 8.2	4.7 45.3 18.5 8.0
一般成分(%) 飼料粒径(5mm) 水分 粗タンパク質 粗脂肪 灰分 飼料粒径(8mm) 水分 粗タンパク質	2.9 43.5 19.1 10.5	2.7 46.0 19.3 8.4 4.5 46.0	3.1 44.8 19.5 8.2 4.3 43.8	4.7 45.3 18.5 8.0 5.1 45.6
一般成分(%) 飼料粒径(5mm) 水分 粗タンパク質 粗脂肪 灰分 飼料粒径(8mm) 水分 粗タンパク質 粗脂肪	2.9 43.5 19.1 10.5 4.1 44.2 18.1	2.7 46.0 19.3 8.4 4.5 46.0 16.4	3.1 44.8 19.5 8.2 4.3 43.8 18.3	4.7 45.3 18.5 8.0 5.1 45.6 17.1

#### 2 飼育

鹿児島湾内で飼育養成されたカンパチ当歳魚を試験に供し、飼育は鹿児島県指宿市岩本地先(鹿児島県水産技術開発センター)の海面小割生簀 (3.6m × 3.6m × 3.0m) で行った。飼料 1-1 で 20 日間予備飼育した平均体重 200g のカンパチ当歳魚を 80 尾ずつ 8 生簀に収容し、平成 20 年 8 月 19 日から 12 月 9 日までの 112 日間飼育した。各飼料区ともに反復区を設け、土・日・祝日を除く 1 日 1 回午前中に飽食まで給餌した。全期間を魚体測定を行った 4 週間毎に区切り、 I 期、 II 期、 III期、 IV期とした。

#### 3 測定及び分析

開始時 (8/19) と終了時 (12/9) に全尾数の尾叉長及び体重を測定した。また、4週間毎 (9/16、10/14、11/11) に一生簀当たり 30 尾の尾叉長及び体重を測定した。得られた結果を基に、肥満度を算出するとともに増重量と給餌量から日間増重率、日間給餌率、増肉係数を算出した。また、飼育開始時に 5 尾、飼育終了時に一生簀当たり 5 尾を取り上げ、それぞれの一般成分を常法により、全リン量を比色分析法により測定し、飼料中のリン及び窒素について魚体への蓄積率 (以下、リン蓄積率及び窒素蓄積率とする)及び環境への負荷量(以下、リン負荷量及び窒素負荷量とする)を次の(1)~(4) 式を用いて推定した。これとは別に飼育開始時に 5 尾、飼育終了時に一生簀当たり 5 尾を取り上げ、これらを肝臓とそれ以外の魚体とに分け、それぞれのタウリン含有量を分析した。

#### 4 統計検定

尾叉長, 魚体重等の各測定値について, Tukey の多重比較検定法により有意差 (p<0.05)の検定を行った。

#### 試験2

#### カンパチ1歳魚を対象とした魚粉低減飼料の検討1

#### 1 飼料

試験飼料の飼料組成及び一般成分を表 2 に示す。試験飼料は 4 種類の EP 飼料で、魚粉割合が従来の飼料と同等程度の飼料 2-1 (魚粉 60 %)、魚粉割合を 32 %に低減し合成タウリンを 0.2 %添加した飼料 2-2、魚粉量を 21 %に低減し合成タウリン無添加の飼料 2-3、飼料 2-3 に合成タウリンを 0.28 %添加した飼料 2-4 とした。魚粉代替源には、濃縮大豆タンパク質、大豆油粕、コーングルテンミールを使用し、摂餌促進物質としてペプタイドミールを添加した。飼料の一般成分は、常法により分析した。

#### 2 飼育

試験地及び生簀規模は試験 1 と同じとし、試験には 鹿児島湾内で飼育養成されたカンパチ 1 歳魚を用い た。飼料 2-1 で 21 日間予備飼育した平均体重 1.4kg の カンパチ 1 歳魚を 50 尾ずつ 8 生簀に収容し、平成 21 年 8 月 11 日から 12 月 1 日までの 113 日間飼育した。 試験 1 同様、各飼料区ともに反復区を設け、土・日・ 祝日を除く 1 日 1 回午前中に飽食まで給餌した。全期 間を魚体測定を行った 4 週間毎に区切り、 I 期、 II 期、 III期, IV期とした。

リン蓄積率(%)=
$$\frac{(Bf \cdot Pbf - Bi \cdot Pbi)}{F \cdot Pf} \times 100 \cdot \cdot \cdot (1)$$
 窒素蓄積率(%)=
$$\frac{(Bf \cdot Nbf - Bi \cdot Nbi)}{F \cdot Nf} \times 100 \cdot \cdot \cdot (2)$$
 リン負荷量( $kg$ /生産量 $t$ )=
$$\left[C \cdot Pf - \frac{(Bf \cdot Pbf - Bi \cdot Pbi)}{(Bf - Bi)}\right] \times 10 \cdot \cdot \cdot (3)$$
 窒素負荷量( $kg$ /生産量 $t$ )=
$$\left[C \cdot Nf - \frac{(Bf \cdot Nbf - Bi \cdot Nbi)}{(Bf - Bi)}\right] \times 10 \cdot \cdot \cdot (4)$$

Bf :試験終了時の体重(g)

Pbf :試験終了時の魚体リン含有量(%)

Bi :試験開始時の体重(g)

Pbi :試験開始時の魚体リン含有量(%)

F :1尾当たりの給餌量(g)
Pf :飼料中のリン含有量(%)

Nbf :試験終了時の魚体窒素含有量(%)

Nbi :試験開始時の魚体窒素含有量(%)

Nf :飼料中の窒素含有量(%)

C:增肉係数

鹿水技研報.3.21-33.2012

表2 試験飼料の飼料組成及び一般成分

試験飼料	2-1	2-2	2-3	2-4
配合割合(%)				
アンチョビミール	60.0	32.0	21.0	21.00
濃縮大豆タンパク質		3.0	5.0	5.00
大豆油粕		15.0	19.0	19.00
コーングルテンミール		13.0	20.0	20.00
ペプタイドミール		3.0	3.0	3.00
小麦粉	13.0	11.8	9.8	9.52
脱脂米糠	7.0			
タピオカデンプン	7.0	7.0	7.0	7.00
魚油	10.0	11.0	11.2	11.20
ビタミン混合物	2.0	2.0	2.0	2.00
無機質混合物	1.0	1.0	1.0	1.00
リン酸カルシウム		1.0	1.0	1.00
タウリン(合成)		0.2		0.28
合計	100.0	100.0	100.0	100.00
一般成分(%)				
水分	6.4	4.0	8.0	6.5
粗タンパク質	43.0	44.0	41.1	40.4
粗脂肪	17.1	19.8	16.7	17.0
灰分	10.5	7.9	8.0	6.3
タウリン(%)	0.31	0.32	0.25	0.30

#### 3 測定及び分析

開始時 (8/11), 中間時 (9/8, 10/6, 11/4) 及び終了 時(12/1)に全尾数の尾叉長及び体重を測定し、肥満 度を算出するとともに増重量と給餌量から日間増重 率,日間給餌率,増肉係数を算出した。また,飼育開 始時に5尾、飼育終了時に一生簀当たり5尾を取り上 げ、試験 1 と同様の方法で一般成分及び全リン量を測 定した。また、商品としての品質を確認するため、飼 育終了時に一生簀当たり 2 尾を取り上げ、体表及び切 り身の色調並びに切り身からのドリップ量を測定し た。すなわち、生簀から飼育魚を取り上げ、直ちに活 き締めし、30分間冷海水中で脱血処理した魚体を各種 測定に用いることとした。体表の色調は, 頭部及び胸 鰭後端の黄帯上の2カ所を測定箇所とし、切り身は魚 体を三枚に卸した後,片側背部から幅 1cm で切り出し, 表皮を取り除いた状態の精肉部と血合肉部の色調を測 定した。体表は脱血処理後に1回, 切り身は0, 24, 48 及び 72 時間後に色彩色差計 CR-2000 (ミノルタ製) を用いて L 値, a 値及び b 値を測定した。また、上岡 ら®の方法により b/a を指標として血合肉部の経時的 な変色度を評価した。なお, L 値は明度, a 値は赤色 度, b 値は黄色度を示す指標である。ドリップ量は, 色調と同様に処理した切り身をシャーレ内の濾紙に載 せ, 食品包装用フィルムで覆い, 5℃にて 24, 48 及び 72 時間保管した後、切り身重量を測定し、保管開始時か らの差し引き減量をドリップ量とした。

#### 4 統計検定

各測定値について Tukey の多重比較検定法により有意差 (p < 0.05) の検定を行った。

#### 試験3

#### カンパチ1歳魚を対象とした魚粉低減飼料の検討2

#### 1 飼料

試験飼料の飼料組成及び一般成分を表 3 に示す。試験飼料の飼料組成及び一般成分を表 3 に示す。試験飼料は 4 種類の EP 飼料料で,魚粉割合が従来の飼料と同等程度の飼料 3-1 (魚粉 50 %),魚粉割合を 30 %に低減し,合成タウリンを 0.2 %添加した飼料 3-2,魚粉割合を 20 %に低減し,アミノ酸を 1.1 %,合成タウリンを 0.3 %添加した飼料 3-3,魚粉割合を 10 %に低減し,アミノ酸を 2.2 %,合成タウリンを 0.4 %添加した飼料 3-4 とした。魚粉代替源には,濃縮大豆タンパク質,大豆油粕,コーングルテンミールを使用し,摂餌促進物質としてオキアミミールを添加した。飼料の一般成分は,常法により分析した。

表3 試験飼料の飼料組成及び一般成分

20 0-0000001111000111	111111111111111111111111111111111111111	1327773		
試験飼料	3-1	3-2	3-3	3-4
配合割合(%)				
アンチョビミール	50.0	30.0	20.0	10.0
濃縮大豆タンパク質		3.0	5.0	7.0
大豆油粕	9.0	15.0	20.0	25.0
コーングルテンミール		13.0	19.0	24.0
オキアミミール		2.0	2.0	3.0
小麦粉	12.5	12.2	8.2	5.2
脱脂米糠	8.3	3.0	2.0	
タピオカデンプン	7.0	7.0	7.0	7.0
魚油	10.2	10.6	10.9	11.2
ビタミン混合物	2.0	2.0	2.0	2.0
無機質混合物	1.0	1.0	1.0	1.0
リン酸カルシウム		1.0	1.5	2.0
アミノ酸*			1.1	2.2
タウリン(合成)		0.2	0.3	0.4
合計	100.0	100.0	100.0	100.0
一般成分(%)				
水分	7.3	7.1	8.1	7.4
粗タンパク質	43.2	42.4	43.0	43.9
粗脂肪	8.6	9.0	8.8	8.9
灰分	9.7	6.9	7.1	7.1
タウリン(%)	0.28	0.33	0.36	0.41

\*リジン(1):メチオニン(0.5):スレオニン(0.5):トリプトファン(0.2)

#### 2 飼育

鹿児島湾内で飼育養成されたカンパチ 1 歳魚を試験に供した。試験地及び生簀規模は試験 1,2 と同じとした。飼料 3-1 で 24 日間予備飼育した平均体重 1.5kgのカンパチ 1 歳魚を 70 尾ずつ 8 生簀に収容し,平成 22年 7月 29 日から 11月 19 日までの 114 日間飼育した。

試験 1, 2 同様, 各飼料区ともに反復区を設け, 土・日・祝日を除く 1 日 1 回午前中に飽食まで給餌した。 全期間を魚体測定を行った 4 週間毎に区切り, Ⅰ期, Ⅲ期, Ⅲ期, Ⅳ期とした。

#### 3 測定及び分析

開始時 (7/29), 中間時 (8/26, 9/22, 10/21) 及び終了時 (11/24) に全尾数の尾叉長及び体重を測定し,肥満度を算出するとともに増重量と給餌量から日間増重率,日間給餌率,増肉係数を算出した。また,飼育開始時に5尾,飼育終了時に一生簣当たり5尾を取り上げ,試験1,2と同様の方法で一般成分及び全リン量を測定した。得られた結果から試験1(1)~(4)式を用い,リン及び窒素の蓄積率及び負荷量を推定した。これとは別に飼育開始時に5尾,飼育終了時に一生簣当たり5尾を取り上げ,肝臓とそれ以外の魚体及び飼料中のタウリン含有量を測定した。得られた結果から飼料中のタウリンの魚体への蓄積率を次の(5)式を用いて推定した。

タウリン蓄積率 (%) 
$$=\frac{(Bf \cdot Tbf - Bi \cdot Tbi)}{F \cdot Tf} \times 100 \cdot \cdot \cdot (5)$$

Bf :試験終了時の体重(g)

Tbf:試験終了時の魚体タウリン含有量(%)

Bi :試験開始時の体重(g)

Tbi:試験開始時の魚体タウリン含有量(%)

F :1尾当たりの給餌量(g)
Tf :飼料中のタウリン含有量(%)

さらに、飼育開始時に 5 尾、飼育終了時に一生簀当 たり 5 尾の尾部血管から 22G ステンレス針を付したへ パリン処理済みの注射器を用いて採血を行い、ヘマト クリット値を測定するとともに、ドライケム FDC3500i (富士フイルム社製)を用いて血漿成分を測定した。 また, 商品としての品質を確認するため, 体表の色調 を試験 2 と同様の方法で測定したほか、切り身の圧縮 強度を測定した。圧縮強度は、色調の測定同様、幅 1cm に切り出し, さらに腹骨を除去し, かつ血合肉を含ま ないよう表皮まで切除した背側の精肉部を試料とした。 これを RHEO METER CR-500 DX (株式会社サン科学 製) に装着した直径 5mm 円盤形プランジャーを 1mm/sec の速度で進入させて測定した。加えて試験終 了時に食味調査を実施した。食味調査に当たっては, 調査前日に各飼料区から 3 尾ずつ取り上げ, 直ちに活 け締めし 60 分間冷海水中で脱血処理した後、翌日ま で 5 ℃の冷蔵庫内に保管した。調査当日、背側を刺身 に調理し  $20 \sim 60$  歳代の当センター職員ら 37 名に提供し、色やにおいの外観、歯ごたえ、脂ののり、うまみ及び総合評価の 5 項目を「非常に良い」、「良い」、「普通」、「やや悪い」、「悪い」の 5 段階で評価してもらった。評価点は、非常に良いが+2 点、良いが+1 点、普通が 0 点、やや悪いが-1 点、悪いが-2 点とし、合計点を算出し各項目を評価した。

#### 4 統計検定

各測定値について、Tukey の多重比較検定法により 有意差 (p<0.05) の検定を行った。

#### 結 果

#### 試験 1

#### カンパチ当歳魚を対象とした魚粉低減飼料の検討

#### 1 飼育成績

試験開始後  $2 \sim 4$  週にかけてイリドウイルス感染症やハダムシ寄生により、各区でへい死が発生した。終了時の生残率は、飼料 1-1 で 63 %、飼料 1-2 で 79 %、飼料 1-3 で 69 %、飼料 1-4 で 67 %となったが、統計的な有意差は認められなかった。

飼育期間中の水温と期間毎の日間給餌率の推移を図 1 に示す。期間中の水温は, $15.8 \sim 29.7 \,^{\circ}\mathbb{C}$ (平均 24.2  $^{\circ}\mathbb{C}$ )であった。各期の日間給餌率は, $\mathbb{I}$  期は 2 %前後であったが, $\mathbb{I}$  期になると  $1.5 \sim 1.8$  %に低下した。  $\mathbb{I}$  期には, $1.9 \sim 2.2$  %に改善したが,水温低下に伴い  $\mathbb{I}$  収期には再び  $1.1 \sim 1.3$  %に低下した。通算の日間給 餌率は,全区で 1.3 %台であった。

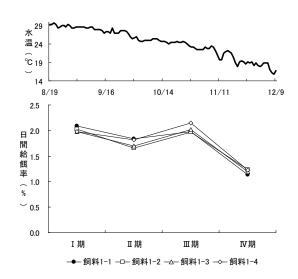


図1 水温と日間給餌率(乾物換算)の推移

Bull. Kagoshima Pref. Fish. Tech. Dev. Cen.,  $\ensuremath{\text{No.3}}\,\text{,}21\text{-}33\text{,}2012$ 

図 2 に平均体重の推移を示す。試験終了時の平均体重は、飼料 1-4>飼料 1-1>飼料 1-3>飼料 1-2 となったが、飼料間で有意な差は見られなかった。

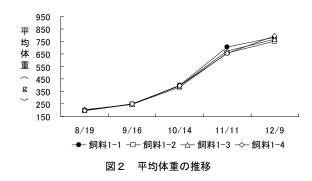


表 4 に飼育成績を示す。尾叉長は、飼料 1-4>飼料 1-3 >飼料 1-1>飼料 1-2 の順となったが、大きな差異ではなかった。通算の増肉係数は、飼料 1-2>飼料 1-3>飼料 1-1 >飼料 1-4 となり、全て 1.3 前後であった。

表 4 飼育成績

貝				
	飼料1-1	飼料1−2	飼料1−3	飼料1−4
	112	112	112	112
	70	70	70	70
開始時	80	80	80	80
終了時	51	63	56	54
開始時	199.2	197.9	203.1	198.7
終了時	783.3	752.4	765.6	793.5
開始時	23.5	23.4	23.6	23.4
終了時	33.8	33.7	33.8	34.1
開始時	15.3	15.3	15.4	15.3
終了時	20.1	19.5	19.6	19.9
	63.1	78.8	69.4	66.9
	293.2	280.2	277.0	299.3
	1.22	1.19	1.18	1.24
	1.31	1.38	1.32	1.32
	1.24	1.32	1.27	1.23
	開終開終開終開終開終開始了始了始了始了始了的時時時時時時時時	飼料1-1 112 70 開始時 80 終了時 51 開始時 199.2 終了時 783.3 開始時 23.5 終了時 33.8 開始時 15.3 終了時 20.1 63.1 293.2 1.22	飼料1-1     飼料1-2       112     112       70     70       開始時     80       終了時     51     63       開始時     199.2     197.9       終了時     783.3     752.4       開始時     23.5     23.4       終了時     33.8     33.7       開始時     15.3     15.3       終了時     20.1     19.5       63.1     78.8       293.2     280.2       1.22     1.19       1.31     1.38	飼料1-1     飼料1-2     飼料1-3       112     112     112       70     70     70       開始時     80     80       終了時     51     63     56       開始時     199.2     197.9     203.1       終了時     783.3     752.4     765.6       開始時     23.5     23.4     23.6       終了時     33.8     33.7     33.8       開始時     15.3     15.3     15.4       終了時     20.1     19.5     19.6       63.1     78.8     69.4       293.2     280.2     277.0       1.22     1.19     1.18       1.31     1.38     1.32

<sup>\*</sup>乾物換算

各期の増肉係数と平均水温を図 3 に示す。 I 期で若干の差が見られたが、II 期では全区で 1.1 前後を示し、III 期もほぼ同等であった。しかし、水温が 20  $\mathbb{C}$  を下回ったIV期は、飼料 1-1 が 3.0 と最も高く、次いで飼料 1-2、飼料 1-3 の 2.6 で飼料 1-4 は 1.8 と最も優れた。

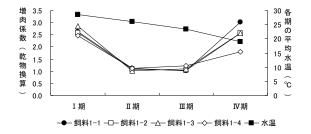


図3 各期の増肉係数と平均水温

#### 2 魚体成分

魚体の一般成分を表 5 に示す。水分,粗タンパク質,粗脂肪は全ての試験区間で近似していた。粗灰分は,飼料 1-1 と飼料  $1-3\cdot 1-4$  の間で有意な差が認められ(p <0.05),魚粉 40 %飼料区の方が多かった。

表5 魚体の一般成分

試験区	飼料1-1	飼料1-2	飼料1-3	飼料1-4
水分(%)	65.6 a	64.9 a	64.8 a	64.7 a
粗タンパク質(%)	19.5 a	18.8 a	19.4 a	19.4 a
粗脂肪(%)	12.7 a	13.2 a	13.3 a	13.2 a
粗灰分(%)	2.7 a	2.8 ab	2.8 bc	2.9 с
リン(%)	0.60 a	0.64 a	0.68 a	0.74 a
分析魚体の性状	(平均)			
体重(g)	2,355	2,326	2,260	2,344
尾叉長(cm)	51.2	50.6	50.5	51
肥満度	17.5	17.9	17.4	17.7

1検体は5尾/生簀で一飼料区当たり2検体の平均値とした 各項目末尾の異なる文字間で有意差があることを示す(p<0.05)

#### 3 リン及び窒素の蓄積率と負荷量の推定

飼料中のリン及び窒素の魚体への蓄積率と環境への 負荷量を分析値と給餌量から推定し表 6 に示した。リ ン蓄積率は飼料間で有意な差はなかったが、飼料 1-4> 飼料 1-3>飼料 1-2>飼料 1-1 となり、魚粉 60 %飼料よ り魚粉 40 %飼料で高く、また、合成タウリンの添加 量が多い飼料区ほど高い傾向にあった。リン負荷量は、 魚粉 60 %飼料と魚粉 40 %飼料の間で有意差が認められ (p<0.05)、魚粉低減飼料区の方が少なかった。窒素 蓄積率は、各飼料間で有意な差は認められなかった。 窒素負荷量は、飼料 1-1>飼料 1-4>飼料 1-2>飼料 1-3 と なり、魚粉量 60 %飼料と魚粉量 40 %飼料の間で有意 差が認められた (p<0.05)。

表6 リン及び窒素の蓄積率と負荷量の推定

試験区	蓄積	[率(%)	負荷量(kg/生産量t)				
武炭丘	リン	窒素	リン	窒素			
飼料1-1	18.6±4.3 a	28.9±0.0 a	22.8±1.5 a	77.6± 1.0 a			
飼料1-2	30.8±7.1 a	28.5±4.6 a	13.5±2.6 b	76.4±12.0 b			
飼料1−3	32.7±3.8 a	33.7±1.9 a	13.3±0.2 b	61.5± 4.1 b			
飼料1-4	35.2±5.6 a	29.1 ± 1.2 a	13.4±0.7 ь	76.4± 3.7 b			
77.14 . 120.2	*						

平均士標準偏差

各項目末尾の異なる文字間で有意差があることを示す(p<0.05)

#### 4 タウリン量

魚体及び肝臓のタウリン量を表 7 に示した。試験終了時の魚体タウリン含有量は、飼料 1-1 では開始時と同程度、飼料 1-3、1-4 は増加したが、飼料 1-2 は減少した。飼料 1-1 と飼料 1-4、飼料 1-2 と飼料 1-3・1-4 の間で有意差が認められた(p<0.05)。また、終了時の肝臓タウリン含有量も魚体と同じ傾向を示し、飼料 1-1 は開始時と同程度、飼料 1-3、1-4 は増加したが、飼料 1-2

だけは減少し飼料 1-1 と飼料 1-4, 飼料 1-2 と飼料 1-3・1-4 の間で有意差が認められた (p<0.05)。

表7 魚体及び肝臓のタウリン量

		魚体(mg/100g)	肝臓(mg/100g)
開始時		171.8	108.6
	飼料1-1	178.5±16.1 ab	111.5±7.2 ab
終了時	飼料1−2	161.8± 0.6 a	102.5±1.5 a
फंट, 1 मन्	飼料1-3	$225.5 \pm 17.9 \text{ bc}$	129.8±6.1 bc
	飼料1-4	249.6± 9.8 c	139.1±3.1 c

平均土標準偏差

各項目末尾の異なる文字間で有意差があることを示す( $\rho$ <0.05)

#### 試験2

#### カンパチ1歳魚を対象とした魚粉低減飼料の検討1

#### 1 飼育成績

高水温期(I期)初期は、レンサ球菌症等により魚 粉低減飼料区でへい死が多数発生したが、II期に入る と飼料 2-1 でもへい死数が増加し、終了時の生残率は、飼料 2-1 で 56 %、飼料 2-2 で 47 %、飼料 2-3 で 42 %、飼料 2-4 で 65 %となった。飼料間では有意差はなかったものの、飼料 2-3 の生残率が最も悪かった。

飼育期間中の水温と期間毎の日間給餌率の推移を図4に示す。期間中の水温は、17.1 ~ 29.0 ℃ (平均 24.0 ℃) であった。期間毎の日間給餌率は、 I 期の 1.20 ~ 1.40 %から II 期には 1.34 ~ 1.69 %に上昇したが、水温低下とともにIII 期は 1.29 ~ 1.58 %、IV期には 0.99 ~ 1.33 %へ低下した。通算の日間給餌率は 1.0 ~ 1.2 %の間で飼料 2-1>飼料 2-4>飼料 2-2>飼料 2-3 の順となったが、飼料間で有意な差は見られなかった。

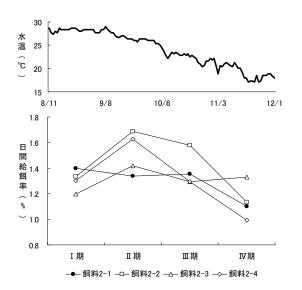


図4 水温と日間給餌率(乾物換算)の推移

各区の平均体重の推移を図 5 に示す。飼料 2-2 と飼料 2-4 が同等の成長を示し、次いで飼料 2-1 であった。合成タウリン無添加の飼料 2-3 は他区より劣り、有意な差が見られた (p<0.05)。また、飼料 2-3 は魚体重だけでなく尾叉長及び肥満度も劣った。

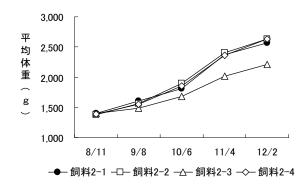


図5 平均体重の推移

表 8 に飼育成績を示す。増肉係数は、成長の劣った 飼料 2-3 が最も高く、飼料 2-3 飼料 2-1 分飼料 2-4 分飼料 2-2 の順となった。

表 8 飼育成績

試験区		飼料2−1	飼料2−2	飼料2−3	飼料2−4
飼育日数		113	113	113	113
給餌回数		68	68	68	68
尾数	開始時	50	50	50	50
	終了時	28	24	21	33
平均体重(g)	開始時	1,401	1,381	1,399	1,384
	終了時	2,566	2,633	2,213	2,637
平均尾叉長(cm)	開始時	45.6	45.3	45.6	45.4
	終了時	51.8	52.1	50.4	52.4
平均肥満度	開始時	14.7	14.8	14.7	14.8
	終了時	18.4	18.4	17.2	18.3
生残率(%)		56.0	47.0	42.0	65.0
増重率(%)		83.1	90.7	58.2	90.5
日間増重率(%)		0.54	0.57	0.41	0.57
日間給餌率(%)*		1.18	1.06	1.04	1.10
增肉係数*		2.27	1.91	2.62	1.99
→ 計 <b>物</b> 協質					

\* 乾物換算

各期の増肉係数と平均水温を図 6 に示す。期間毎で見ると開始時から水温が 20  $^{\circ}$  C以上で推移したIII期までは,水温の低下とともに増肉係数の改善が見られたが,水温が 20  $^{\circ}$  を下回ったIV期は成長が鈍化したため増肉係数は上昇した。水温が 20  $^{\circ}$  を下回ったIV期においては,飼料 2-3 が最も高い 4.1,次いで飼料 2-1 の 4.0,飼料 2-2 の 3.5 の順となり,飼料 2-4 は 2.6 と最も優れた。

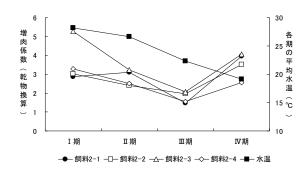


図6 各期の増肉係数と平均水温

#### 2 魚体成分

魚体の一般成分を表 9 に示す。飼料 2-2 及び飼料 2-4 に対して飼料 2-3 の魚体成分は、水分が多く粗脂肪は少くなっており有意差が認められた(p<0.05)。

表9 魚体の一般成分

女 一 黒 件 の	川又パペノ」			
試験区	飼料2−1	飼料2−2	飼料2−3	飼料2−4
水分(%)	63.2 ab	62.0 a	65.4 b	62.0 a
粗タンパク質(%)	19.0 a	19.0 a	19.5 a	19.5 a
粗脂肪(%)	14.9 ab	16.5 a	12.6 b	16.0 a
粗灰分(%)	2.9 a	3.1 a	3.0 a	3.0 a
リン(%)	0.33 a	0.26 a	0.39 a	0.28 a
分析魚体の性物	犬(平均)			
体重(g)	2,651	2,697	2,289	2,603
尾叉長(cm)	52.2	52.4	50.9	51.9
肥満度	18.6	18.8	17.2	18.6

1検体は5尾/生簀で一飼料区当たり2検体の平均値とした 各項目末尾の異なる文字間で有意差があることを示す(p<0.05)

#### 3 色調

体表部位別の b 値を表 10 に示す。全ての飼料区で 頭部の方が高値を示す傾向が見られた。また、測定値 に有意差は認められなかったが、測定箇所のいずれも 飼料 2-2, 2-3, 2-4 の b 値は飼料 2-1 の値より高かった。 この色調の違いは肉眼でも確認でき、植物性原料の多 い飼料区の方が濃い黄色を帯びていた。

表10 体表部位別のb値

部	位	飼料2-1	飼料2-2	飼料2−3	飼料2-4
頭	部	25.5±3.3	35.5±7.3	29.6±10.3	41.4±6.8
胸鰭	後端	17.7±7.2	29.5±1.9	28.7± 3.8	31.7±3.8

平均±標準偏差

次に、切り身の精肉部及び血合肉の色調を表 11 に示す。精肉部の L 値は、飼料間で大きな差異はなかったが、経時的に上昇した。血合肉部の L、a、b 値に大きな差異は見られなかった。また、褐変度を表す b/a は経時的に上昇し、72 時間後で明らかな褐変の度合いとされる  $0.8^{8}$  前後となったが、飼料間で大きな差異は見られなかった。

#### 4 ドリップ量

切り身を冷蔵保管してから 24, 48 及び 72 時間後の 総ドリップ量を図 7 に示した。24 時間後では 3.4 %前 後, 48 時間後では 5.0 %前後, 72 時間後では 6.2 %前 後となり, 飼料間で有意差は認められなかった。

表11 精肉部及び血合肉の色調

部 位	項目	経過時間	飼料2	-1	飼	料2	-2	飼	]料2	!-3	飼	]料2	:-4
		0h	32.4 ±	3.7	28.8	±	1.1	31.6	±	1.1	30.1	±	0.4
精肉	L	24h	34.5 ±	0.7	32.2	±	0.7	33.4	±	0.7	32.5	±	0.8
作 闪	_	48h	35.8 ±	1.4	33.9	±	8.0	35.0	±	0.7	34.2	±	0.7
		72h	36.6 ±	1.1	34.8	±	8.0	36.4	±	1.2	35.4	±	0.5
		0h	45.2 ±	1.7	45.9	±	1.6	44.1	±	1.9	46.1	±	1.6
	L	24h	46.6 ±	1.4	46.9	±	2.0	46.7	$\pm$	1.9	47.0	$\pm$	1.3
	_	48h	48.1 ±	1.6	48.4	±	2.4	46.9	±	1.7	48.4	±	1.5
		72h	47.3 ±	3.5	48.4	±	1.9	47.5	±	1.6	49.5	±	1.6
		0h	18.5 ±	1.1	19.2	±	1.5	17.6	±	2.6	17.9	±	2.3
		24h	19.8 ±	1.1	19.5	±	1.2	19.3	$\pm$	1.1	19.9	$\pm$	1.1
	а	48h	19.1 ±	1.6	19.3	±	1.4	19.0	±	1.3	19.6	±	0.8
血合肉		72h	18.1 ±	3.2	18.1	±	3.1	17.3	±	2.6	17.7	±	1.3
皿口內		0h	7.6 ±	0.7	8.2	±	0.7	6.8	±	1.2	7.2	±	0.9
	b	24h	11.4 ±	8.0	10.7	$\pm$	0.6	10.9	$\pm$	8.0	11.1	$\pm$	0.5
	ь	48h	12.6 ±	1.3	12.3	±	1.2	11.8	$\pm$	1.2	11.8	$\pm$	0.7
		72h	14.2 ±	1.2	13.6	±	1.2	13.6	±	0.7	13.6	±	0.7
		0h	0.41 ±	0.04	0.43	±	0.04	0.39	±	0.08	0.39	±	0.04
	b/a	24h	0.58 ±	0.05	0.55	±	80.0	0.57	$\pm$	0.07	0.56	$\pm$	0.05
	D/ a	48h	0.66 ±	0.06	0.65	±	0.12	0.62	$\pm$	0.08	0.60	$\pm$	0.07
		72h	0.81 ±	0.20	0.79	±	0.27	0.81	$\pm$	0.17	0.77	$\pm$	0.13

平均±標準偏差

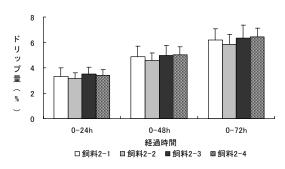


図7 ドリップ量(平均±標準偏差)

#### 試験3 カンパチ1歳魚を対象とした魚粉低減飼料の検討2

#### 1 飼育成績

試験開始から 2 週間後である 8/10 から 8/11 にかけ て, 飼料 3-2 と飼料 3-3 で各 28 尾がへい死したため, 病理学的検査を行ったが、疾病と判断する原因は確認 できなかった。しかしながら、口蓋及び鰓蓋が大きく 開いた状態の魚体が多かったため、酸欠でへい死した ものと推察した。このへい死のため、終了時の生残率 は,飼料3-1で80%,飼料3-2で47%,飼料3-3で68 %, 飼料 3-4 で 86 %となった。

飼育期間中の水温と期間毎の日間給餌率の推移を図 8 に示す。期間中の水温は、20.0 ~ 31.2 ℃ (平均 26.7 ℃) であったが、試験開始から 29 ℃前後の高水温の 状態が約2ヶ月継続した。各期の日間給餌率は、Ⅰ期 が  $0.62 \sim 0.72$  %, II 期が  $0.80 \sim 0.95$  %, III 期が 1.25 $\sim 1.49$  %, IV期が  $1.10 \sim 1.17$  %であった。通算の日 間給餌率は、飼料 3-1 が 0.99 %、飼料 3-2 が 0.78 %、 飼料 3-3 が 0.89 %, 飼料 3-4 が 0.94 %となり, 飼料 3-2 は, 飼料 3-1, 飼料 3-4 と比較して有意に低かった (p <0.05)

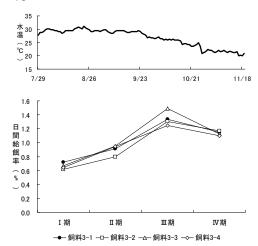


図8 水温と日間給餌率(乾物換算)の推移

各区の平均体重の推移を図9に示す。常にカンパチ の摂餌は確認できていたが, 高水温が継続していた試 験開始からの2ヶ月間は、ほとんど魚体重が増加しな かった。しかし、Ⅲ期以降は、各区ともに魚体重が増 加し飼料 3-1 飼料 3-3 及び飼料 3-4 は、ほぼ同等の成 長を示したものの、飼料 3-2 の魚体重は、他区より有 意に劣った(p<0.05)。

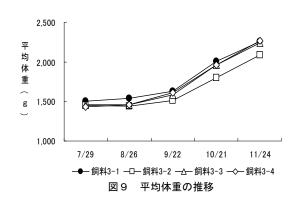


表 12 に飼育成績を示す。増肉係数は、飼料 3-1 が 2.78, 飼料 3-2 が 2.46, 飼料 3-3 が 2.41, 飼料 3-4 が 2.39 となり, 魚粉低減飼料区が優れる傾向であった。

表12 飼育成績

試験区		飼料3-1	飼料3-2	飼料3-3	飼料3−4
飼育日数		114	114	114	114
給餌回数		66	66	66	66
尾数	開始時	70	70	70	70
	終了時	56	33	48	60
平均体重(g)	開始時	1,499	1,449	1,460	1,434
	終了時	2,257	2,084	2,236	2,264
平均尾叉長(cm)	開始時	45.0	44.7	44.8	44.6
	終了時	50.6	49.6	50.3	50.5
平均肥満度	開始時	16.3	16.2	16.1	16.1
	終了時	17.3	16.9	17.5	17.4
生残率(%)		80.0	47.1	67.9	85.7
増重率(%)		50.6	43.9	53.1	57.9
日間増重率(%)		0.36	0.32	0.37	0.40
日間給餌率(%)*		0.99	0.78	0.89	0.94
増肉係数*		2.78	2.46	2.41	2.39

#### 2 魚体成分

魚体の一般成分を表 13 に示す。水分 65 %前後, 粗 タンパク質 20 %前後, 粗脂肪 11 %前後で近似してい た。

表13 魚体の一般成分

試験区	飼料3−1	飼料3−2	飼料3−3	飼料3-4
水分(%)	66.2 a	65.9 a	65.8 a	64.6 a
粗タンパク質(%)	19.6 a	19.7 a	19.8 a	20.0 a
粗脂肪(%)	11.3 a	11.2 a	11.8 a	12.0 a
粗灰分(%)	3.2 a	3.4 a	2.9 a	3.1 a
リン(%)	0.64 a	0.67 a	0.49 a	0.49 a
分析魚体の性状(平	均)			
体重(g)	2,355	2,326	2,260	2,344
尾叉長(cm)	51.2	50.6	50.5	51.0
肥満度	17.5	17.9	17.4	17.7

<sup>1</sup>検体は5尾/生簀で一飼料区当たり2検体の平均値とした

#### 3 リン及び窒素の蓄積率と負荷量

リン及び窒素の蓄積率と負荷量の推定を表 14 に示す。リン蓄積率は、飼料 3-2 が高かったが有意な差ではなかった。リン負荷量は、魚粉量が低い飼料区の方が少ない傾向にあり、特に飼料 3-4 は飼料 3-1 に比べて有意に低かった(p<0.05)。窒素蓄積率は、飼料 3-4 でやや高かった。また、窒素負荷量は魚粉低減飼料区でやや低い傾向であったが、いずれも有意な差ではなかった。

表14 リン、窒素の蓄積率及び負荷量の推定

試験区	蓄積	[率(%)	負荷量(kg/生産量t)					
1八分火 1二	リン	窒素	リン	窒素				
飼料3-1	22.2±1.7 a	15.7±2.3 a	37.7±0.9 a	178.1± 5.9 a				
飼料3-2	24.8±5.8 a	15.4±2.0 a	30.4±4.3 ab	153.9±38.1 a				
飼料3-3	15.0±2.6 a	15.0±0.9 a	31.0±1.1 ac	162.5± 9.5 a				
飼料3-4	18.5±3.4 a	17.8±0.1 a	28.0±1.1 bc	162.5± 0.7 a				
平均土標準偏差								

各項目末尾の異なる文字間で有意差があることを示す(p<0.05)

#### 4 タウリン量及び蓄積率

魚体及び肝臓のタウリン含有量と蓄積率を表 15 に示す。開始時における魚体のタウリン含有量は,163.5 mg/100g であった。終了時では,飼料 3.1 のみが144.3 mg/100g と開始時を下回ったが,魚粉低減飼料区では $170.9 \sim 201.4 mg/100g$  に増加しており,飼料 3.1 より有意に高かった(p<0.05)。開始時における肝臓のタウリン含有量は,371.0 mg/100g であった。終了時では飼料 3.1 が 365.9 mg/100g と開始時を下回ったが,魚粉低減飼料区では $440.3 \sim 480.5 mg/100g$  で魚体と同様に飼料 3.1 より有意に高い値を示した(p<0.05)。また,魚粉低減飼料区のタウリン蓄積率( $16.6 \sim 23.2$  %)は高くなる傾向が見られ,特に,飼料 3.4 は飼料 3.1 より有意に高かった(p<0.05)。

表15 魚体及び肝臓のタウリン量と蓄積率

	試験区	魚体(mg/100g)	肝臓(mg/100g)	蓄積率(%)
開始時		163.5	371.0	-
	飼料3−1	144.3±3.2 <sup>a</sup>	$365.9 \pm 17.7$ a	12.2±1.4 a
タマヰ しょうしょう かんしょう かんしょう かんしょう かんしょう かんしょう かんしょう かんしゅう かんしゅう かんしゅう しゅうしゅう しゅう	飼料3−2	170.9±4.5 <sup>b</sup> 176.0±4.1 <sup>b</sup>	$440.3 \pm 9.6$ b	17.4±2.6 ab
业≲ 】 n-4	飼料3−3	176.0±4.1 b	471.4± 3.5 <sup>b</sup>	16.6±3.0 ab
	飼料3−4	201.4±8.7 °	$480.5 \pm 21.7^{b}$	23.2±2.1 b

平均土標準偏差

#### 5 血液性状

血液性状を表 16 に示す。ヘマトクリット値は,魚 粉割合の低い飼料区ほど低い値を示した。GOT,GPT は開始時より低下した。飼料 3-2,3-4 の総コレステロールは,飼料 3-1 と比較して有意に低かった(p<0.05)。飼料 3-4 の無機リンは,他区より有意に低かった(p<0.05)。トリグリセリド,総ビリルビン,総蛋白は,有意差は認められなかった。

表16 血液性状

		単位	開始	終了時												
項    目		早世	用炉	叶		飼料	3-1		飼料3−2		飼料3−3		飼料3-4			
ヘマトクリット(Ht)		%	43.6 ±	6.1	54.	5 ±	2.2	а	47.6 ±	5.5	b	43.0	± :	5.0 bc	38.9 ±	6.2 c
アスパラキ゛ン酸アミノトランスフェラーも	g*(GOT/AST)	U/L	83.6 ±	31.8	36.	0 ±	26.5		49.9 ±	49.4		51.1	± 4	4.0	36.1 ±	32.2
アラニンアミノトランスフェラーセ <sup>*</sup> (GPT	/ALT)	U/L	17.8 ±	4.4	11.	0 ±	2.2		12.3 ±	8.9		11.2	± 4	4.0	9.0 ±	3.0
総コレステロール(TCHO)		mb/dl	257 ±	17	30	0 ±	40	а	250 ±	44	b	265	±	27 ab	251 ±	<b>41</b> b
トリグリセリド(TG)		mb/dl	63.0 ±	9.5	99.	2 ±	51.3		120 ±	59		86.6	± 3	2.7	73.4 ±	36.1
総ビリルビン(TBIL)		mb/dl	0.54 ±	0.13	0.3	8 ±	0.11		0.37 ±	0.12		0.32	± 0.	.06	0.32 ±	0.06
無機リン(IP)		mb/dl	9.9 ±	2.7	7.	4 ±	0.5	а	7.7 ±	0.9	а	7.3	± (	0.4 a	6.4 ±	0.7 b
総蛋白(TP)		g/dl	4.4 ±	0.3	5.	1 ±	0.6		5.0 ±	0.9		5.1	± (	0.4	4.6 ±	0.5

開始時n=5,終了時n=10/飼料

平均土標準偏差

各項目末尾の異なる文字間で有意な差があることを示す(p<0.05)

各項目末尾の同じ文字間で有意差がないことを示す(p>0.05)

各項目末尾の異なる文字間で有意差があることを示す(p < 0.05)

#### 6 色調

体表部位別の b 値を表 17 に示す。頭部と胸鰭後端では,頭部の方が高い値を示す傾向にあり,これは試験 2 と同じ結果であった。部位毎の頭部では,飼料 3-3,飼料 3-4 の値が高い傾向にあり,胸鰭後端では,飼料 3-1 に対して飼料 3-4 が有意に高かった (p<0.05)。

表17 体表部位別の b 値

部	位	飼料3−1	飼料3−2	飼料3−3	飼料3−4
頭	部	23.0±8.8 a	21.9±3.5 a	31.2±4.3 a	31.0±7.8 a
胸鰭	後端	17.4±3.5 a	18.5±4.0 ab	$19.6 \pm 5.5$ ab	25.6±4.1 b
π#-	- 十西 - 往	后学			

各項目末尾の異なる文字間で有意差があることを示す(p<0.05)

#### 7 圧縮強度

図 10 に切り身精肉の圧縮強度を示す。飼料 3-2 は有意に高い値であった (p<0.05) が,飼料 3-3 及び飼料 3-4 の値は,僅かながら飼料 3-1 の値より高かった。

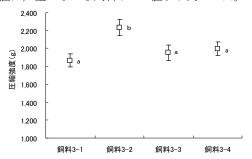
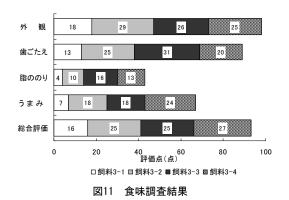


図10 切り身精肉の圧縮強度

異なる文字間で有意な差があることを示す (女0.05)

#### 8 食味調査

食味調査の結果を図 11 に示す。外観では飼料 3-2, 歯ごたえ及び脂ののりは飼料 3-3, うまみでは飼料 3-4 が他よりも高い評価であった。また,総合評価では, 飼料 3-4 が最も評価が高く,飼料 3-2 と飼料 3-3 が次 点で続いた。脂ののりについては,外観,歯ごたえに 比べて評価が低かった。



#### 考察

#### 試験 1

#### カンパチ当歳魚を対象とした魚粉低減飼料の検討

試験 1 では, 魚粉割合を 40 %に低減した場合の合成タウリン添加量について検討した。

Ⅱ期において低下した日間給餌率はⅢ期で上昇した (図1)が、この要因としては、魚体の成長に伴い飼 料粒径を 5mm から 8mm に切り替えたことで、全体的 に給餌量が増加したためと思われる。試験期間中の日 間給餌率は、いずれも 1.3 %台で飼料間に大きな差異 はなかった(表 4)ことから、今回の魚粉量や合成タ ウリン添加量の多寡は、カンパチ当歳魚の餌食いには 影響しなかったと判断される。 魚粉量 40 %飼料にお ける魚体性状の比較では、尾叉長、体重ともに飼料 1-3、 1-4 が飼料 1-2 を上回った (図 2, 表 4)。また, 飼料 1-3 と飼料 1-4 の比較では、尾叉長、体重ともに飼料 1-4 が優れ、その増重率は飼料 1-1 をも上回る結果であっ た (表 4)。これらのことから、魚粉量を 40 %に低減 した場合, 合成タウリンを添加することで成長の改善 効果が得られるが、その添加量の多寡が成長改善の程 度に影響するものと考えられる。増肉係数についても 僅かではあるが、 合成タウリンの添加量が多い区の方 が低く,優れていた(表 4)。IV期における増重率や増 肉係数は、飼料 1-1 に比べ、魚粉量を 40 %に低減した 飼料区が優れる傾向を示していた。中でも合成タウリ ンをより多く添加した飼料 1-4 の増肉係数は優れてい た (図 3)。このことから、水温が 20 ℃を下回るよう な低水温期においては, 合成タウリンの添加量を増や すことにより成長を改善できる可能性が示唆される。

魚体の一般成分は、飼料間でその値は近似していた (表 5) ことから、魚粉量を 40 %に低減しても魚体成 分には影響を及ぼさないものと判断される。

リン及び窒素負荷量については、いずれも飼料 1-1 とそれ以外の魚粉量 40 %飼料との間で有意差が認められ(表 6),魚粉低減飼料区の負荷量が少なかった。特に,魚粉低減飼料区のリン負荷量は,飼料 1-1 の約 60 %と推定された。このことから、リン及び窒素の負荷量は、飼料中の魚粉量を低減することで抑制できることが示唆される。

飼料 1-2 の魚体及び肝臓のタウリン量は、試験開始 時や飼料 1-1 と比較していずれも低い値を示した(表 7)ことから、飼料 1-2 はタウリン量不足が推察される。

#### 試験2

#### カンパチ1歳魚を対象とした魚粉低減飼料の検討1

試験 2 では、より多くの給餌量を必要とする 1 歳魚を対象とし、魚粉低減化と合成タウリンの添加効果について検討した。

試験期間中の日間給餌率は、1.0~1.2%の間で飼料2-1>飼料2-4>飼料2-2>飼料2-3となり、飼料間で有意な差は認められなかった(表8)。尾叉長、体重、肥満度といった成長指標は、魚粉量を21%に低減し合成タウリン無添加の飼料2-3はいずれも劣った(図5、表8)。飼料2-2は、飼料2-1と同等以上の成長を示し、また、成長の劣った飼料2-3に合成タウリンを添加した飼料2-4は、飼料2-1と同等以上の成長を示した(表8)ことから、合成タウリン添加によって成長改善の効果が得られたものと考えられる。このことから、魚粉量を21%に低減した場合、合成タウリン添加の必要性は高いと判断される。

一方,高水温期初期(I期)においてレンサ球菌症等によるへい死が魚粉低減飼料区で発生したが,Ⅲ期に入ると飼料 2-1 でもへい死数が増加した。このへい死発生時期のずれが魚粉量を低減した影響かは当飼育試験では明らかにはできなかった。

通算の増肉係数は、飼料 2-2 が 1.9、飼料 2-4 が 2.0、飼料 2-1 が 2.3、飼料 2-3 が 2.6 となった (表 8) が、水温が 20 ℃を下回ったIV期においては、飼料 2-1 に比べ、魚粉低減飼料が優れる傾向を示していた (図 6)。この傾向は、当歳魚を供試魚として実施した試験 1 でも同様に確認しており (図 3)、水温が 20 ℃を下回るような低水温期においては、合成タウリンを添加した魚粉低減飼料を給餌することで増肉係数を改善できる可能性が示唆される。

魚体中の粗脂肪量については、飼料 2-1, 2-2, 2-4 (14.9 ~ 16.5 %) と比較し、魚粉量を 21 %に低減し合成タウリン無添加の飼料 2-3 (12.6 %) は有意に低かった (表 9)。低魚粉・無魚粉飼料によりブリを飼育すると、飼料中の魚粉量低減とともに筋肉中の粗脂肪量が低下することが報告されている <sup>4</sup> ことから、同様の結果となったと考えられる。

色調については、魚粉低減飼料区の体表の黄帯色が 強まることが色彩色差計による測定結果(表 10)に加 え、肉眼でも確認できた。魚粉代替タンパク質源とし てコーングルテンミールを添加することにより、ブリ の特徴である側線の黄色色素が明瞭になると報告され ている<sup>9,10)</sup>ことから、今回のカンパチにおいても同様 のことが発現したものと考えられる。一方,筋肉への着色が懸念されたが,精肉及び血合肉の L 値, a 値, b 値, b/a 値はいずれの飼料区でも近似した値を示すとともに経時的な変化も類似していた(表 11)。また,切り身からのドリップの発生量についても大きな差異は見られなかった(図 7)ことから,魚粉量を32%あるいは21%に低減しても体表の黄帯色が強まる以外に影響は少ないものと判断される。

#### 試験3

#### カンパチ1歳魚を対象とした魚粉低減飼料の検討2

試験 2 の結果より魚粉量 21 %でも合成タウリンを 添加することで対照飼料と同等の成長が得られたこと から, 試験 3 では魚粉割合の低減化とともに不足が懸 念される必須アミノ酸と合成タウリン添加による, よ り実用的な魚粉低減飼料の検討を行った。

飼料 3-1, 3-3, 3-4 はほぼ同等の成長を示したが, 飼料 3-2 は目間給餌率が低く、尾叉長、体重等の成長 指標でも劣った (図 9,表 12)。試験前半(Ⅰ,Ⅱ期) の海水温は、例年より1~2℃高く推移しており、各 区ともに餌食いが低調であった。しかし、魚粉量のよ り少ない飼料 3-3 や飼料 3-4 では, 高水温が継続して いる期間でも飼料 3-2 以上の日間給餌率を維持してお り,このことが飼料 3-1 と同等の成長を示す結果に繋 がったものと考えられる。一方、飼料 3-2 は他区と比 較してこの時期の餌食いがより低調であった(図 8) ことが,水温下降期における成長にも悪影響を及ぼし, 成長が劣ったものと考えられる。ほぼ同じ時期及び供 試魚サイズで実施した試験 2 で用いた飼料 2-2 (魚粉 量 32%, 合成タウリン 0.2 %添加) の成長や日間給餌 率は、対照飼料(飼料 2-1)と同等以上を示していた (図 4, 5, 表 8) ことから、従来の飼料と遜色のない 成長を得るためには、餌食いの維持が重要であると考 えられる。

魚体の一般成分の分析値は、飼料間で近似していた (表 13)。分析に供するため任意に抽出した魚体は、一生簀当たりで 5 尾、一飼料当たり 2 生簀設定したため計 10 尾であった (5 尾を 1 検体として一飼料区当たり 2 検体)。全尾数測定による飼料 3-2 の平均体重は他区より有意に劣っていた (図 9、表 12) が、一般成分分析に供した各区の平均体重は 2.3kg 前後であった (表 13)。このことから、飼料 3-1 と同等の成長を示した飼料 3-3、3-4 はもとより、成長の劣った飼料 3-2 でも他区と遜色なく成長した魚体については、魚粉低減飼料

は魚体成分には影響を及ぼさないものと考えられる。 また、今回分析に供した飼料 3-2 の魚体は、同区全尾数の平均体重(約2.1kg)を上回っており(表12,13)、同区平均魚体サイズの一般成分値と異なる可能性もあることから、さらなる検討が必要と考えられる。

窒素負荷量については、飼料 3-1 より魚粉低減飼料 区でやや低い結果となったが、飼料間で有意差は認められなかった (表 14)。しかし、リン負荷量については、飼料 3-1 より魚粉低減飼料区で少なく、特に飼料 3-4 は飼料 3-1 に比べて有意に低く (表 14)、魚粉低減飼料区のリン負荷量は、飼料 3-1 の 75 %~ 83 %と推定された。このことから、魚粉低減飼料による窒素負荷量低減化の効果は小さいが、リン負荷量については、飼料中の魚粉量を低減することで抑制できることが示唆される。

魚体及び肝臓のタウリン含有量は、いずれも魚粉低減飼料区で多く(表 15)、これは飼料中のタウリン量を反映したものであると考えられる。

魚粉低減飼料区の魚体表等の色調や物性等の各種測定値は、飼料 3-1 と同等以上の値が得られ(表 17,図 10),また食味調査での歯ごたえや総合的な評価でも魚粉低減飼料に優位性が見られたが、脂ののりやうまみ等については全体的に評価が伸びなかった(図 11)ことから、これらの食味については消費者の嗜好を考慮した上で飼料組成を含めた改善の余地が残されている。

#### 総合考察

以上の結果より、カンパチ当歳魚においては魚粉量を 40 %に低減した飼料には、従来の飼料(魚粉量 60 %)よりタウリン量が少なければ、同程度になるよう合成タウリンを添加する必要があると判断される。カンパチ 1 歳魚においては、魚粉量を 21 %に低減し合成タウリン無添加の飼料では成長が劣るため、当歳魚と同様、従来の飼料(魚粉量 60 %)とタウリン量が同程度になるように合成タウリンの添加が必要で、さらに魚粉量を 10 %まで低減した場合、従来の飼料(試験3では魚粉量 50 %)以上のタウリン量になるよう合成タウリンを添加し、かつアミノ酸を添加することで、従来の飼料と同等の成長が得られるものと考えられる。また、魚粉低減飼料は、特に、漁場環境へのリン負荷量の低減化に繋がることが示唆される。

品質面においては,従来飼料と同等の成長が得られ た魚粉低減飼料区の魚体であれば,外観や歯ごたえ等

でも遜色のない評価が得られるものと判断される。試 験 2 の魚粉低減飼料区ではレンサ球菌症等によるへい 死が高水温期初期(Ⅰ期)に発生し、Ⅱ期に入ると飼 料 2-1 でもへい死数が増加したが、この発生時期のず れが魚粉量を低減した影響かは当飼育試験では明らか にはできなかったため、魚粉量と抗病性との関係の解 明が必要である。また、試験 3 の前半で経験した長期 間継続する高水温期(30℃以上)においては、給餌し てもほとんど成長しなかった(図9)ことから、この ような高水温期に対処できる飼料組成や給餌方法の検 討も必要である。魚体の脂ののり具合や旨みの増強な どは,消費者の嗜好を考慮した上での検討課題である。 その一方で, 試験 1, 2 の水温が 20 ℃を下回る時期に おいて、魚粉低減飼料区の増肉係数が対照飼料より低 く,優れる傾向が見られた(図3,6)。このような低 水温期では餌食いが落ち,配合飼料中の魚粉量低減に よる養殖生産コストの抑制効果は、給餌量が多い適水 温期より小さくなるが、通年での養殖生産コスト低減 のためには低水温期における魚粉低減飼料の検証も必 要である。

#### 謝辞

カンパチの飼育管理及び魚体測定に協力して頂いた 新町静男氏はじめ当センター安全食品部の方々及び食 味調査に協力して頂いた当センター職員の方々,並び にご協力頂いた鹿児島大学水産学部関係各位に心から 感謝申し上げる。

#### 文 献

- 渡邉武. 「改訂魚類の栄養と飼料」(渡邉武編) 恒星社恒星閣,東京. 2009;4-8.
- 2)「平成 21 年版漁業白書」(水産庁編), 2009. http://www.jfa.maff.go.jp/j/kikaku/wpaper/h21/index .html: 63
- 3) 舞田正志,青木秀夫,山形陽一,渡邉哉子,佐藤 秀一,渡邉武.無魚粉飼料を給餌したブリに見ら れた緑肝症について.日本水産学会誌 1997; **63**(3):400-401.
- 4) Aoki H, Sanada Y, Furuichi M, Kimoto R, Maita M, Akimoto A, Yamagata Y, Watanabe T. Partial or complete replacement of fish meal by alternate protein sources in diets for yellowtail and red sea bream. *Suisanzoshoku* 2000; **48**(1): 53-63.

- 5) Aoki H, Watanabe K, Satoh S, Yamagata Y, Watanabe T. Use of non-fish meal diets for yellowtail:second trial. Suisanzoshoku 2000; **48**(1): 73-79.
- 6) 青木秀夫.「改訂魚類の栄養と飼料」(渡邉武編) 恒星社恒星閣,東京. 2009;387.
- 7) Takagi S, Murata H, Goto T, Ichiki T, D M Munasinghe, Endo M, Matsumoto T, Sakurai A, Hatate H, Yoshida T, Sakai T, Yamashita H, Ukawa M, Kuramoto T. The green liver syndrome is caused by taurine deficiency in yellowtail, seriola quinqueradiata fed diets without fishmeal. Aqua-

- culture Science 2005; 53(3): 279-290.
- 8) 上岡康達,西川清文,岡弘康.ガス制御包装による水産物の品質保持に関する研究(Ⅱ).愛媛工 試報告 1980; 18:42-50.
- Watanabe T, V Viyakarn, Aoki H, Tuda H, Sakamoto H, Maita M, Satoh S, Takeuchi T. Utilization of alternative protein sources as substitute for fish meal in a newly developed soft-dry pellet for yellowtail. Suisanzoshoku 1994; 42(3): 499-506.
- 10) 栩野元秀,長野泰三,佐藤秀一,白鳥勝,植田豊. ブリ養殖現場で確認した低魚粉飼料へのタウ リン添加効果.水産増殖 2009;57(4):595-600.

# 短報 Chattonella antiqua 赤潮の養殖ブリに対する影響 -養殖ブリに対する暴露試験-

西広海・田原義雄・徳永成光・久保満・吉満敏<sup>1)</sup>・中村章彦 1) 鹿児島県商工労働水産部水産振興課

#### 要約

鹿児島県における Chattonella antiqua(以下,「C.antiqua」と記載) による赤潮は、2009年と2010年には八代海で大規模赤潮が発生し、2年連続で大被害を与えるなど、魚類養殖業に深刻な影響を与えている。本稿では、2010年に発生した C.antiqua 赤潮の養殖ブリに対する影響を暴露試験により把握し、考察した。

ブリを *C.antiqua* 赤潮に暴露したところ, 細胞密度が 150cells/ml 程度からブリのへい死がみられ, 赤潮が発生している現場海域では, 細胞密度がこれ以上になると, ブリがへい死すると推察された。また *C.antiqua* の存在する水深, 時間帯にかかわらず, 一定以上の細胞密度であれば養殖魚をへい死させると推察された。

鹿児島県における C.antiqua による赤潮は、1988年 以降、八代海において確認され、しばしば本県の魚 類養殖業に対して被害をもたらしてきた10。 C.antiqua 赤潮はこれまでの発生事例によると、100cells/ml以 下といった着色を伴わない低密度でも養殖ブリをへ い死させた事例があり、他の有害プランクトンによ る赤潮より、いわゆる毒性が高い種であると、地元 漁業者には広く認識されている。C.antiqua 赤潮の毒 性を把握するには、C.antiqua が増殖した海水にブリ 等の供試魚を暴露し、そのへい死状況を観察する必 要があるが、自然界で発生した C.antiqua についての 細胞密度別,発生時間帯別,水深別の毒性について の知見は少ない。本稿では、2010年に発生した C.antiqua 赤潮の養殖ブリに対する影響を暴露試験に より把握し、考察することにより、今後の C.antiqua 赤潮発生に対して,漁業被害の軽減を図る一助とす

なお,各調査・試験については,水産庁委託事業(漁場環境・生物多様性保全総合対策委託事業のうち赤潮・貧酸素水塊漁業被害防止対策事業「八代海・鹿児島湾における有害赤潮等分布拡大防止」)で実施した。

#### 材料及び方法

ブリが *C.antiqua* に暴露された時の耐性を把握するため,長島町脇崎地先(図1) で細胞密度別,時間帯別,水深別に暴露試験を実施した。

当所で飼育し、5日間餌止めしたブリ (魚体重 439 ~ 706g) を,漁業指導取締兼調査船「おおすみ」で 試験地まで輸送し, 供試魚として使用した。暴露試 験は試験地に停泊した「おおすみ」船上で行った。 直前に目的の水深の C.antiqua の細胞密度を確認し, 採水器 (株式会社離合社製 リゴーB号採水器)で 海水を採取して小型水槽(90L)に収容し,通気で 水槽内の DO (溶存酸素量) を維持した状態でブリ2 尾を入れて C.antiqua に暴露し、ブリのへい死状況等 を観察した。なお、C.antiqua の属するラフィド藻綱 の細胞は、細胞壁等の外皮構造を持たないため壊れ やすく<sup>2)</sup>, 通気による気泡の物理的刺激で, C.antiqua の細胞の変形、破裂等が発生する可能性が考えられ るので、通気量は飼育海水中のDOが 4mg/L 以上と なる必要最低限とした。試験中の DO は、多項目水 質計 (HYDROLAB社製 DataSonde5) を用いて定期 的に確認した。試験期間中 $(7/24 \sim 25)$  に、細胞密 度, 採水層, 採水時刻などを違えて採水し, 合計 5 回の暴露試験を実施した。

#### 結 果

表 1 にブリに対する *C.antiqua* の暴露試験結果を示す。

合計 5 回の暴露試験の結果, *C.antiqua* の密度が 150cells/ml 程度からブリのへい死がみられた。

*C.antiqua* を採集した水深別のブリのへい死状況は, 5m 層の *C.antiqua* は, 143cells/ml ではへい死さ

せたが、底層の *C.antiqua* は、134cells/ml ではへい死がなく、313cells/ml ではへい死させた。

時間帯別のへい死状況は、深夜における C.antiquaは、254cells/ml ではブリをへい死させた。また、早朝の C.antiquaは、177cells/ml で、供試したブリ 2 尾のうち 1 尾は今回の暴露試験の中で最短の 45 分後にへい死させ、もう 1 尾も 3 時間以内にへい死させた。

表 2 に、暴露試験時の水質の測定結果を示す。水温をみると、長時間かかった試験③や、朝の気温上昇時に実施した試験⑤では水温が上昇したが、他の試験では変動は小さかった。DO の最低値は試験③における 3.34mg/L(溶存酸素飽和度 47.80%)であったが一時的であり、おおむねDOは 4.0mg/L 以上を維持した。

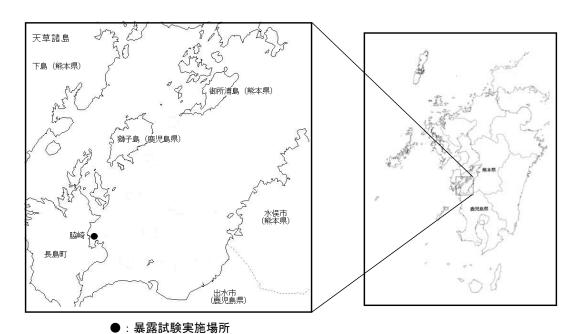


図1 暴露試験実施場所

表1 ブリに対するC.antiquaの暴露試験結果

試験 No.	試験の目的	試験開始 日時	採水した 水深(m)	暴露密度 (cells/ml)	結果(へい死状況)
1	ブリに対するへい死 密度の把握	7月24日 16:00	5	143	2時間30分後に1尾 (615g) へい死 9時間45分後に1尾 (620g) へい死
2	底層の <i>C.antiqua</i> の ブリに対する毒性	7月24日 16:00	25	313	50分後に1尾(683g)へい死 3時間14分後に1尾(439g)へい死
3	底層の <i>C.antiqua</i> の ブリに対する毒性	7月24日 19:30	25	134	14時間30分後までへい死せず ※供試ブリはほとんど遊泳せず。
4	深夜の <i>C.antiqua</i> の ブリに対する毒性	7月25日 1:20	5	254	2時間16分後に1尾 (482g) へい死 3時間30分後に1尾 (706g) へい死
(5)	早朝の <i>C.antiqua</i> の ブリに対する毒性	7月25日 8:00	0	177	45分後に1尾 (663g) へい死 2時間40分後に1尾 (637g) へい死

表2 暴露試験時の水質の測定結果

試験 No	水温(℃)	塩分(psu)	D O (mg/L)	D O (%)
1	26. 2~27. 2	30.8~30.9	3. 7~ 5. 8	54.6 <b>~</b> 86.4
2	24. 4~25. 8	31.9~32.0	3.7 <b>~</b> 6.2	52.0 <b>~</b> 87.5
3	24. 6~27. 2	32. 0	3. 3~ 4. 6	47.8 <b>~</b> 64.8
4	24. 9~25. 0	30. 9	4.6~ 7.9	67. 7 <b>~</b> 113. 4
(5)	26. 5~29. 2	_	5.3 <b>~</b> 5.5	_

#### 考察

C.antiqua による赤潮では、1988 年に東町幣串地先で発生した際には 41cells/ml で、1989 年に同じく東町脇崎地先で発生した際には 100cells/ml でブリがへい死しており、赤潮による着色を伴わない低い細胞密度でもへい死が起きている<sup>3,4</sup>。このため、最低致死細胞密度を把握しておく必要がある。

今回,試験に供したサイズのブリ (魚体重 439 ~ 706g) では, *C.antiqua* の細胞密度が 150cells/ml 程度 からブリのへい死がみられたことから,赤潮が発生している現場海域で細胞密度がこれ以上になると,ブリがへい死すると推察される。岡市ら <sup>51</sup> は,当時 *Hornellia* sp.と呼ばれていた *C.antiqua* (のちに香川県の赤潮発生記録では本種として記載)を用いて,赤潮発生時の赤潮海水を適宜希釈してハマチに対して暴露試験を行い,110cells/ml で平均 130 分で死亡したと報告しており,今回の結果とも一致する。

地元の漁業者の間では、これまで発生した C.antiqua 赤潮の経験から、「底層の C.antiqua は毒性を持たない」、「夜間の C.antiqua は魚をへい死させない」のではと考えられていたが、試験の結果、底層の C.antiqua は低密度 (134cells/ml) ではへい死がみられなかったが、高密度 (313cels/ml) ではへい死させた (表1)。また、深夜における C.antiqua は、高密度 (254cels/ml) ではブリはへい死し、また早朝の C.antiqua を顕微鏡で観察すると、細胞は大型で活発に遊泳している個体が多く、ブリに暴露すると短時間でへい死させるなど (表1)、強力な毒性を示した。このように C.antiqua は、存在する水深、時間帯にかかわらず、一定以上の密度であればブリをへい死させると推察される。

なお, 試験中の水槽内の DO は, 最低で 3.34mg/L (溶存酸素飽和度 47.8%) を示したが一時的であり, おおむねDOは 4.0mg/L 以上を維持しており (表2),

試験中のブリのへい死は酸欠によるものとは考えられなかった。

今回試験に供したブリの魚体重は 439 ~ 706g と 1 年魚サイズであったが、今後は同様のサイズのブリについて、さらにサンプル数や試験回数を増やしてブリが C.antiqua に暴露された時の耐性について検証するとともに、最低致死細胞密度を把握する必要がある。また魚体重 3kg 程度の 2 年魚サイズのブリについての C.antiqua に対する耐性を把握する必要がある。

#### 謝辞

赤潮調査にご協力いただいた東町漁業協同組合職員の方々,ブリに対する暴露試験にご協力いただいた,鹿児島県漁業指導取締兼調査船「おおすみ」の乗組員の方々に感謝申し上げる。

#### 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, 3, 2011, 37-44
- 2) 今井一郎. ラフィド藻類における分類と同定の問題点-生態研究の立場から-. 日本プランクトン 学会報 2000; **47**(1): 55-64.
- 3) 昭和 63 年九州の赤潮. 水産庁九州漁業調整事務所, 1989, 28-29.
- 4) 平成元年九州の赤潮. 水産庁九州漁業調整事務所, 1990, 26-27.
- 5) 岡市友利, 西尾幸廊. プランクトンの毒性に関する研究. 昭和53年度農林水産業特別試験研究費補助金による研究報告書1978, 香川大学農学部, 18-27.

# 資料2009年及び2010年に八代海で発生した Chattonella antiqua 赤潮

西広海・田原義雄・徳永成光・久保満・吉満敏<sup>1)</sup>・中村章彦 1) 鹿児島県商工労働水産部水産振興課

## 要約

鹿児島県における Chattonella antiqua(以下、「C.antiqua」と記載)による赤潮は、2009年と2010年には八代海で大規模に発生し、2年連続で大被害を与えるなど、魚類養殖業に深刻な影響を与えている。本稿では、両年に発生した C.antiqua 赤潮の発生状況、被害状況について取りまとめた。

2009 年の C.antiqua 赤潮は、最終的に八代海のほぼ全域に拡大し、本県での C.antiqua の最高細胞密度は 3,000cells/ml に達した。C.antiqua 赤潮の拡大状況をみると、八代海中央部(獅子島東側)から南下して本県海域に流入しただけでなく、天草下島方向(獅子島西側)からも赤潮が流入し、それが長期間継続したため、過去の事例を大幅に上回る甚大な被害が発生したものと考えられる。2010 年の C.antiqua 赤潮は、2009 年と同様に、最終的に八代海のほぼ全域に拡大し、本県での C.antiqua の最高細胞密度は 2,260cells/ml に達した。この赤潮は、①発生初期が各養殖漁場で同時多発的、② 2009 年より約1ヶ月早い発生、③ C.antiqua 赤潮としては異例の1ヶ月以上の長期間継続、といった特徴があり、2009 年をさらに上回る甚大な被害が発生した。被害金額は、本県でこれまで発生した全ての有害プランクトンによる赤潮のなかで、過去最高額の約36億8千万円となった。

鹿児島県における C.antiqua による赤潮は、1988年 以降、八代海において確認され、しばしば本県の魚 類養殖業に対して被害をもたらしてきた。本県で過 去に発生した C.antiqua 赤潮の発生状況を表 1 に示 す。C.antiqua による赤潮は、1988 年に東町幣串地先 で発生して以来, 2010年までに12件発生し, うち10 件で漁業被害が出ている。特に2002年以降は、2007 年を除き、毎年発生している。なかでも、2009年と2 010年には同種による赤潮が八代海だけでなく、有明 海, 橘湾の広い範囲で大規模に発生し, 本県では200 9年に約20億3千万円, 2010年には約36億8千万円と, 2年連続で大きな被害が発生するなど、本県のみなら ず,熊本県,長崎県における魚類養殖業の存続に深 刻な影響を与えている。水産庁が取りまとめた全国 の2009年及び2010年における C.antiqua 赤潮発生状況 (被害有り) を表 2 に示す1,2)。2009 年は 4 県の 6 海域で発生が確認され,漁業被害が出ている。特に 八代海, 有明海, 橘湾での漁業被害が多く, 被害金 額はあわせて約33億円に達した。2010年も6県の8 海域で発生が確認され,漁業被害が出ている。特に 八代海, 橘湾, 大村湾での漁業被害が多く, 被害金 額はあわせて約54億円に達した。

本稿では、2009年と2010年に発生し、本県養殖業に甚大な被害をもたらした *C.antiqua* 赤潮の発生状況 及び被害の状況について取りまとめることにより、 今後の C.antiqua 赤潮発生に対して、漁業被害の軽減を図る一助とする。

## 材料及び方法

## 1 細胞密度の推移

当所及び東町漁業協同組合,熊本県水産研究センター等の関係機関が実施した八代海赤潮調査で得て公表された着色情報, C.antiqua の細胞密度の情報等をもとに取りまとめた。

## 2 漁業被害状況

林務水産部水産振興課(現「商工労働水産部水産 振興課」)が取りまとめた *C.antiqua* 赤潮発生による 漁業被害に関する資料を参考にした。

#### 結 果

#### [2009年]

## 1 細胞密度の推移

C.antiqua 赤潮の発生期間,場所,最高細胞密度,発生状況を表 3 に示す。図 1,図 2 に八代海における C.antiqua の分布及び各調査点の最高細胞密度を平均した平均最高細胞密度の推移を示す。

表1 鹿児島県内における過去のC.antiqua 赤潮発生状況

1988 東町幣串地先 9/9~9/11 ブリ 6,843 1989 脇崎地先 7/31~8/2 ブリ 62,560 1990 東町沿岸一円 7/19~8/7 ブリ 107,000 1992 東町地先 7/25~8/3 ブリ 9,482 2002 脇崎地先 7/28 2003 東町沿岸 7/15~7/22 ブリ 32,000 2004 八代海南部 8/9~8/14 ブリ 2,500 2005 八代海南部 8/1~8/26 ブリ 30,000 2006 長島町伊唐 6/28~6/29 2008 八代海 8/25~8/26 ブリ 1,260 2009 八代海南部 7/28~8/10 ブリ 2,032,000 2010 八代海南部 7/28~8/10 ブリ 2,032,000	発生年	海域	発生時期	被害魚種	被害金額(千円)
1990 東町沿岸一円 7/19~8/7 ブリ 107,000 1992 東町地先 7/25~8/3 ブリ 9,482 2002 脇崎地先 7/28 2003 東町沿岸 7/15~7/22 ブリ 32,000 2004 八代海南部 8/9~8/14 ブリ 2,500 2005 八代海南部 8/1~8/26 ブリ 30,000 2006 長島町伊唐 6/28~6/29 2008 八代海 8/25~8/26 ブリ 1,260 2009 八代海南部 7/28~8/10 ブリ 2,032,000	1988	東町幣串地先	9/ 9~9/11	ブリ	6, 843
1992 東町地先 7/25~8/3 ブリ 9,482 2002 脇崎地先 7/28 2003 東町沿岸 7/15~7/22 ブリ 32,000 2004 八代海南部 8/9~8/14 ブリ 2,500 2005 八代海南部 8/1~8/26 ブリ 30,000 2006 長島町伊唐 6/28~6/29 2008 八代海 8/25~8/26 ブリ 1,260 2009 八代海南部 7/28~8/10 ブリ 2,032,000	1989	脇崎地先	7/31~8/ 2	ブリ	62, 560
2002 脇崎地先       7/28       -       -         2003 東町沿岸       7/15~7/22       ブリ       32,000         2004 八代海南部       8/9~8/14       ブリ       2,500         2005 八代海南部       8/1~8/26       ブリ       30,000         2006 長島町伊唐       6/28~6/29       -       -         2008 八代海       8/25~8/26       ブリ       1,260         2009 八代海南部       7/28~8/10       ブリ       2,032,000	1990	東町沿岸一円	7/19~8/ 7	ブリ	107, 000
2003       東町沿岸       7/15~7/22       ブリ       32,000         2004       八代海南部       8/9~8/14       ブリ       2,500         2005       八代海南部       8/1~8/26       ブリ       30,000         2006       長島町伊唐       6/28~6/29       -       -         2008       八代海       8/25~8/26       ブリ       1,260         2009       八代海南部       7/28~8/10       ブリ       2,032,000	1992	東町地先	7/25~8/ 3	ブリ	9, 482
2004       八代海南部       8/9~8/14       ブリ       2,500         2005       八代海南部       8/1~8/26       ブリ       30,000         2006       長島町伊唐       6/28~6/29       -       -         2008       八代海       8/25~8/26       ブリ       1,260         2009       八代海南部       7/28~8/10       ブリ       2,032,000	2002	脇崎地先	7/28	_	_
2005     八代海南部     8/1~8/26     ブリ     30,000       2006     長島町伊唐     6/28~6/29     -     -       2008     八代海     8/25~8/26     ブリ     1,260       2009     八代海南部     7/28~8/10     ブリ     2,032,000	2003	東町沿岸	7/15~7/22	ブリ	32, 000
2006     長島町伊唐     6/28~6/29     -     -       2008     八代海     8/25~8/26     ブリ     1,260       2009     八代海南部     7/28~8/10     ブリ     2,032,000	2004	八代海南部	8/ 9~8/14	ブリ	2, 500
2008八代海8/25~8/26ブリ1,2602009八代海南部7/28~8/10ブリ2,032,000	2005	八代海南部	8/ 1~8/26	ブリ	30, 000
2009 八代海南部 7/28~8/10 ブリ 2,032,000	2006	長島町伊唐	6/28~6/29	_	_
, , ,	2008	八代海	8/25~8/26	ブリ	1, 260
2010 八代海南部 6/30~8/2 ブリ, カンパチ 3,680,000	2009	八代海南部	7/28~8/10	ブリ	2, 032, 000
	2010	八代海南部	6/30~8/ 2	ブリ, カンパチ	3, 680, 000

表2 全国におけるC.antiqua 赤潮発生状況

発生年	県名	海域	発生時期	被害魚種	備 考 (被害金額等)
2009	高知	土佐湾	7/6~8/17	カンパチ	不明
	長崎	有明海	7/22~8/14	ブリ, ヒラマサ, マダイ, トラフグ	426,050千円
		橘湾	7/26 <b>~</b> 8/13	シマアジ、トラフグ	3,915千円
	熊本	八代海全域	6/30~8/18	ブリ, シマアジ, カンパチ, ヒラマ サ, マダイ, トラフグ	869, 996千円
		有明海全域	7/3 <b>~</b> 8/17	ブリ, シマアジ, アイゴ	不明
	鹿児島	八代海南部	7/28 <b>~</b> 8/10		2,032,000千円
2010	高知	土佐湾	6/17~7/22	ブリ	不明
	山口	周防灘	7/30 <b>~</b> 8/10	蓄養魚介類	不明
	福岡	周防灘	7/28~8/8	蓄養魚介類	数千円程度
	長崎	大村湾	7/26~8/24	ハマチ,ヒラマサ	72, 175千円
		橘湾東部	7/3 <b>~</b> 8/16	ハマチ, ヒラマサ, シマアジ, マダイ	86, 426千円
		橘湾	7/6 <b>~</b> 8/20	ハマチ, シマアジ, トラフグ	529千円
	熊本	八代海中南部	6/30 <b>~</b> 7/28	ブリ, シマアジ, カンパチ, ヒラマサ, マダイ, ヒラメ, トラフグ	1,594,909千円
	鹿児島	八代海南部	6/30~8/2	ブリ, カンパチ	3, 680, 000千円

※水産庁とりまとめ

表3 C.antiqua 赤潮の	発生期間,場所,最高細胞密度,発生状況(2009年)
a 発生期間	2009年7月28日~8月10日(14日間)
b 発生場所	八代海南部
c 最高細胞密度	3,000cells/ml (8/1AM 東町漁協調査, ロ之福浦)
d 発生状況	
7月14日	熊本県天草市下浦町地先で <i>C.antiqua</i> が確認され,熊本県は赤潮警報を発 令。細胞密度は48cells/ml。
7月21日	熊本県海域では一時細胞密度が減少していたが,21日に天草市下浦町地先 で着色が確認された。
7月27日	当所が赤潮調査を実施し,獅子島東岸で14cells/mlを確認。
7月28日	午前にC.antiquaに関する赤潮注意報を発令。
	午前の東町漁協調査で,伊唐島東部で49cells/mlを確認。
	午後にC.antiquaに関する赤潮警報を発令。
	午後の東町漁協調査で,本県海域で着色域を確認。
	細胞密度は最高1,335cells/ml。
7月31日	当所が赤潮調査を実施し,着色域の南限が獅子島柏栗から水俣にかけての ラインに南下しているのを確認。
8月2日	着色域の南限が小伊唐島から出水にかけてのラインへさらに南下。
	沿岸部でも濃い着色域を確認。
8月3日	北よりの風の影響もあり,獅子島周辺,諸浦島北部,伊唐島東岸で着色 し,沿岸部全体で細胞密度が増加傾向。
	細胞密度は獅子島幣串で最高2,150cells/ml。
	長島西岸漁場でも養殖魚のへい死が発生。
8月4日	当所が赤潮調査を実施し,幣串沖~獅子島東岸,宮ノ浦に濃い着色域を確 認。ほか水俣~出水沖以外は広範囲に着色しているのを確認。
8月5日~	着色域が減少傾向となる。(6日朝 漁業被害の拡大を確認)
8月10日	当所が赤潮調査を実施し、本県海域で着色域はみられず、細胞密度は最高7cells/mlまで減少したため、 <i>C.antiqua</i> による赤潮の終息を確認。(なお <i>Cochlodinium polykrikoides</i> が警報レベルまで増加したため、 <i>C.antiqua</i> に対する赤潮警報は、同種に対象を転換して継続し、8月13日に解除した。)
9月1日	当所の調査で, <i>C.antiqua</i> を再確認(1~2cells/ml)した。その後,本県 沿岸で数cells/ml確認。
9月10日	熊本県調査で、同種を45cells/ml確認したため、 <i>C.antiqua</i> に関する赤潮 注意報を発令。
9月11日	当所の赤潮調査で、同種を14cells/ml確認。
9月25日	24日の熊本県調査で、本県に近い樋島以南の海域ではC.antiqua が確認されていないこと、観察される同種の細胞は小型のものが含まれ、増殖のピークは過ぎたものと思われることから、C.antiqua 赤潮の終息を確認。

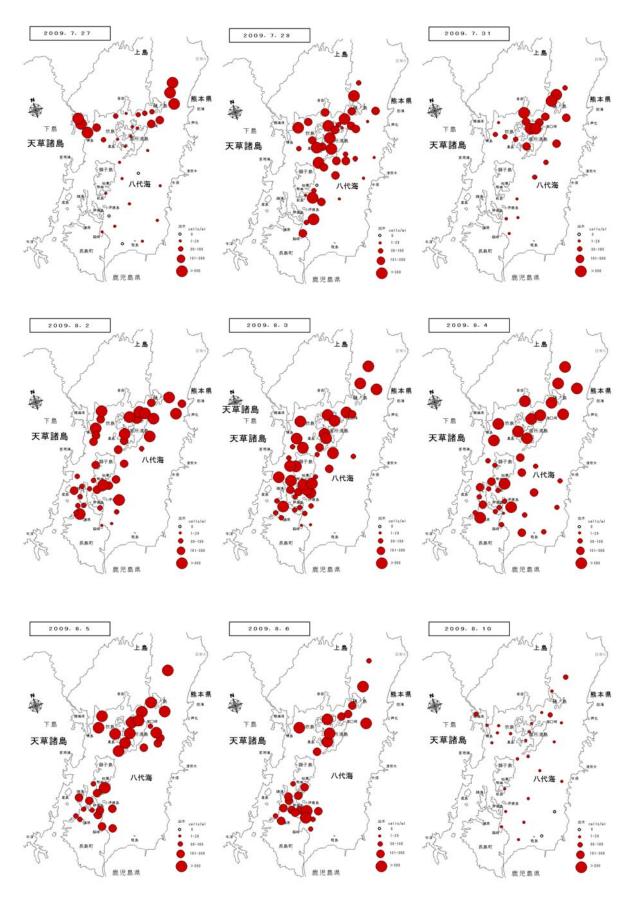


図1 八代海における C.antiqua (最高細胞密度) の分布の推移 (2009年)

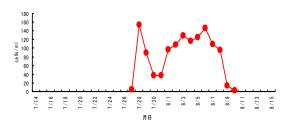


図2 八代海における *C.antiqua* の平均最高細胞 密度の推移 (2009年)

## 2 漁業被害状況

2009 年の C.antiqua 赤潮は、最終的に八代海のほぼ全域に拡大し、本県での C.antiqua の最高細胞密度は 3,000cells/ml に達した。そのため、過去の事例を大幅に上回る甚大な被害が発生した(表1)。被害状況の詳細を表 4 に示す。

表4 C.antiqua 赤潮による被害状況 (2009年)

対象	被害尾数(尾)
ブリ3年魚 (5~6kg)	175, 000
ブリ2年魚(2~3kg)	977, 000
ブリ当年魚(250~300g)	62,000
推定被害額	2, 032, 000千円

(水産振興課調べ)

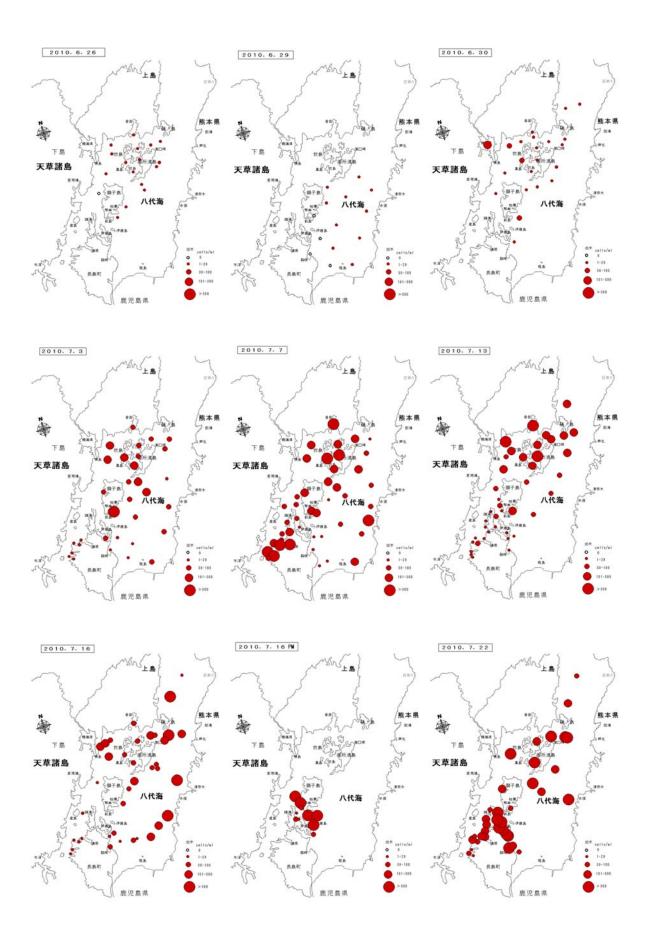
## 〔2010年〕

## 1 細胞密度の推移

C.antiqua 赤潮の発生期間,場所,最高細胞密度,発生状況を表 5 に示す。図 3,図 4 に八代海における C.antiqua の分布及び各調査点の最高細胞密度を平均した平均最高細胞密度の推移を示す。

表5 C.antiqua 赤潮の発生期間,場所,最高細胞密度,発生状況 (2010年)

表5	C.antiqua 赤潮の多	是生期間,場所,最高細胞密度,発生状況(2010年)
а	発生期間	2010年6月30日~8月2日 (34日間)
b	発生場所	八代海南部
С	最高細胞密度	2,260cells/ml (7/22 東町漁協調査;脇崎)
d	発生状況	
	6月26日	獅子島沿岸で <i>C.antiqua</i> 3~4cells/mlを確認。
	6月29日	当所が赤潮調査を実施し,シャトネラ属を1~8cells/ml確認。
		(本県内の最高細胞密度は,7cells/ml)
	6月30日	最高39cells/mlの <i>C.antiqua</i> を確認したため, <i>C.antiqua</i> に関する赤潮注 意報を発令。
	7月2日	最高37cells/mlのC.antiquaを確認し、本県全域で増加傾向にあることから、C.antiquaに関する赤潮警報を発令。
	7月3日	当所が赤潮調査を実施し,獅子島の幣串から柏栗にかけてC.antiquaによる着色を確認。
	7月4日~10日	長島の北西海域に着色域が見られ、また他の海域でも細胞密度が増加。
		長島沿岸各地でC.antiquaが同時多発的に発生している状況。
		主に長島西側の漁場で被害が発生。
	7月8日	養殖ブリの被害を発表(2年~3年物ブリが2万尾)。
		鹿児島県赤潮緊急対策本部を設置。
	7月11日~	細胞密度は減少し、小康状態が続く。
	7月15日	鹿児島県は、14日までに、長島の西側の漁場を中心に38万9千尾がへい 死したと発表。
	7月16日~	午後から、八代海中部海域からの濃密な着色域が、獅子島〜伊唐間に流入。その後も、着色域が長島〜伊唐〜獅子島間の漁場に流入することを繰り返す。
	7月20日~24日	長島沿岸や八代海に着色域が拡がり、長島〜伊唐〜薄井に赤潮が滞留し 細胞密度が増加。被害が拡大。
	7月26日	鹿児島県は、25日までに養殖ブリ、カンパチが約144万4千尾へい死した と発表。
	7月28日~	細胞密度はほとんど $2$ 桁台まで減少し、その後、 $7$ 月 $31$ 日の東町漁協の調査で県内では $C$ .antiqua は観測されず。
	8月2日	8月1日に当所が調査を行い,本県海域内では <i>C.antiqua</i> 細胞は確認されず,熊本県側でも1桁台まで減少しており,赤潮警報を解除。 (8月9日に県赤潮緊急対策本部を解散)。



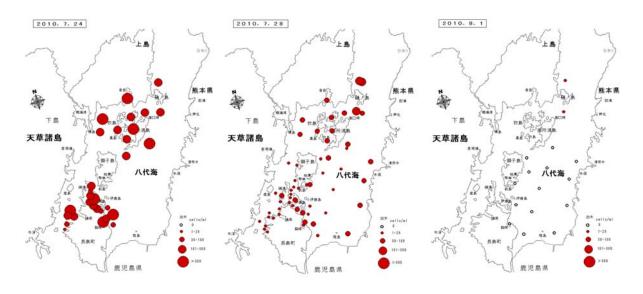


図3 八代海における C.antiqua (最高細胞密度) の分布の推移 (2010年)

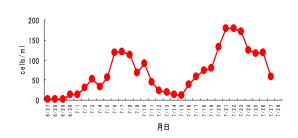


図4 八代海における *C.antiqua* の平均最高 細胞密度の推移 (2010年)

## 2 漁業被害状況

2010 年の C.antiqua 赤潮は,2009 年と同様に,最終的に八代海のほぼ全域に拡大し,本県での C.antiqua の最高細胞密度は 2,260cells/ml に達した。また発生期間は 1 ヶ月以上と長期になり,2009 年をさらに上回る甚大な被害が発生した。被害額は,本県でこれまで発生した全ての有害プランクトンによる赤潮のなかで過去最高額となった (表1)。被害状況の詳細を表 6 に示す。

表6 C.antiqua 赤潮による被害状況 (2010年)

対象	被害尾数(尾)			
ブリ3年魚(5~6kg)	77, 000			
ブリ2年魚(2.5~3kg)	1, 472, 000			
ブリ当年魚 (100~200g)	142, 000			
カンパチ2・3年魚(2.2~4kg)	12, 000			
推定被害額	3, 680, 000千円			

(水産振興課調べ)

## 考 察

#### [2009年]

2009 年の *C.antiqua* による赤潮では、それ以前の八代海における赤潮被害額の合計を単年度で上回る漁業被害が発生した(表1)。漁業被害が拡大した要因について考察する。

C.antiqua 赤潮の拡大状況をみると、これまで発生した C.antiqua 赤潮と同様に、八代海中央部(獅子島東側)から南下して本県海域に流入しただけでなく、8月3日には長島西岸の漁場で養殖魚のへい死が発生したように、天草下島方向(獅子島西側)からも赤潮が流入した(表3、図1)。このように C.antiqua 赤潮が広範囲かつ高密度に発生し、それが長期間継続した。東町漁協では、赤潮対策として獅子島の漁場の生簀を、西側の避難漁場に移動していたが、避難漁場にも広範囲かつ高密度で流入した。最終的には八代海全域(有明海を含め)で赤潮が発生したため、赤潮防除対策として実施した粘土等の散布も効果的に行えず、漁業被害が拡大したものと考えられる。

#### [2010年]

2010 年の *C.antiqua* 赤潮は, 2009 年やそれ以前に 発生した *C.antiqua* 赤潮と異なる以下に示す特徴があった。

## (1) 各養殖漁場での同時発生

これまで発生した C.antiqua 赤潮の多くは、八代海中部~北部で増殖した着色域が、本県海域へ南

下・集積していたが,今回の赤潮は発生初期に本 県沿岸において増殖し,赤潮化した。

## (2)早期発生

2009 年の C.antiqua 赤潮は、7月下旬に赤潮化したが、2010 年は6月下旬からと、前年より約1ヶ月早く発生した。なお、これまで本県の C.antiqua 赤潮は7月中旬以降に発生することがほとんどであり、それと比較しても2010年は約2週間早く発生した。

# (3)長期間継続

これまで発生した *C.antiqua* 赤潮は、例外はある ものの、発生から約2週間以内で終息しているが、 2010年は1ヶ月以上の長期間継続した。

最終的には 2009 年と同様に、八代海全域(有明海を含め)で赤潮が発生したため、漁業被害が拡大したものと考えられる。

## 謝辞

赤潮調査にご協力いただいた東町漁業協同組合職員の方々,漁船を提供していただいた東町漁業協同組合所属の中橋義行氏,割地一人氏,長友真一氏に感謝申し上げる。2010年に臨時赤潮調査にご協力いただいた,鹿児島県水産技術開発センターの職員の方々に感謝申し上げる。

#### 油 文

- 1) 平成 21 年度 独立行政法人水産総合研究センター 水産業関係研究開発推進会議 漁場環境保全関係研 究開発推進特別部会 赤潮・貝毒部会資料, 2009.
- 2) 平成 22 年度 独立行政法人水産総合研究センター 水産業関係研究開発推進会議 漁場環境保全関係研 究開発推進特別部会 赤潮・貝毒部会資料, 2010.

# 資料 鹿児島県のカンパチ養殖における魚病発生の変遷

柳宗悦·平江多績<sup>1)</sup>·村瀬拓也·仁部玄通<sup>2)</sup>·加塩信広<sup>1)</sup>·竹丸巖<sup>3)</sup> 1)商工労働水産部水産振興課, 2)大隅地域振興局林務水産課, 3)元水産試験場

## 要約

カンパチ養殖現場における様々な疾病の発生傾向を知り、その対策を講じ、もってカンパチ養殖の持続的生産 を確保するため、鹿児島県水産技術開発センターで実施した過去 11 年間(2000 ~ 2010 年)の魚病診断結果を基 に、本県におけるカンパチ養殖魚病発生の変遷及び月別発生傾向を整理した。

その結果,カンパチの魚病診断件数は,全魚種を対象とした年間  $400 \sim 500$  件の約半数 (54%) を占め,その主な原因別診断件数は,細菌性疾病 (42.9%),寄生虫性疾病 (13.1%),ウイルス性疾病 (10.2%),その他疾病 (4.2%) の順で多かった。

細菌性疾病では、類結節症、ノカルジア症、新型レンサ球菌症、従来型レンサ球菌症、ビブリオ病の順に多く、ほとんどの疾病で減少傾向にあった。その中でもレンサ球菌症ではワクチンの普及によるものと推察される診断件数の減少傾向がみられ、類結節症では薬剤耐性菌の出現率の増減によるものと推察される診断件数の増減傾向が見られた。

ウイルス性疾病では、マダイイリドウイルス病とビルナウイルス感染症の2つが確認されたが、前者では、レンサ球菌症と同様にワクチンの普及によるものと推察される診断件数の減少が見られた。

寄生虫性疾病では、ゼウクサプタ症、住血吸虫症、脳粘液胞子虫症、脳脊髄炎症(通称:キリキリ舞)、囲心腔 クドア症、ハダムシ症の順に発生が多く見られた。

また、以上の結果を、「魚病発生カレンダー」、「簡易魚病診断表」としてまとめた。

カンパチ Seriola dumerili は全世界の熱帯から温帯海域に広く分布している魚で、成長に適した水温は20~30℃とされ<sup>1)</sup>、その水温特性から西日本地域の重要な養殖対象魚種となっている<sup>2)</sup>。特に鹿児島県は、黒潮の恩恵と温暖な気候の影響でカンパチ養殖の適地となっており、2009年の農林水産統計によると全国生産量の55%を占め全国第一位である。しかし、その歴史は約20年と比較的新しく、1990年代、鹿児島湾内を中心に始まったブリ Seriola quinqueradiata からカンパチへの魚種転換を契機として、現在では鹿屋、垂水、桜島、根占などの鹿児島湾内と奄美大島を中心としたブリ養殖と並び、本県の主要な養殖対象種となっている。

一方、養殖生産量の増加に伴い、カンパチ養殖の 現場でもブリ同様に細菌、ウイルス、寄生虫等を原 因とした様々な疾病の発生が見られてきている。

平江ら<sup>3)</sup> は、南日本において 2002 年の夏季以降発生した新型レンサ球菌症 Streptococcicosis に関して、疫学調査、簡易判別法、分離菌株の薬剤感受性試験及び遺伝子型の特性について報告した。また、村瀬

ら<sup>4)</sup> は、カンパチ養殖における工学的手法を用いた 新たなハダムシ防除方法について報告した。

カンパチ養殖の持続的・安定的な生産を確保する ためには、これら疾病の発生傾向を知り的確な予防 ・治療対策を講ずる必要があることは言うまでもな い。

本報では、2000 年度から 2010 年度にかけて水産 技術開発センターに持ち込まれた魚病診断結果を基 に、カンパチ魚病発生の変遷を整理し、養殖現場に おける魚病発生予測と簡易診断の一助とするため、

「魚病発生カレンダー」と「簡易魚病診断表」を作成した。

## 材料及び方法

## 1 魚病診断データ

2000~2010年度にかけて, 鹿児島県水産技術開発センター(旧鹿児島県水産試験場を含む)に持ち込まれたカンパチ病魚の診断結果を使用した。

なお,診断件数として示す"件"は,1回の検査依頼につき通常,複数の検体(複数の生簀を含む)が持ち込ま

れるが、その診断結果が全て同一の疾病だった場合は1件として、複数の疾病が確認された場合は複数件として 集計した。

## 2 魚病診断方法

## ①外観症状の観察

肉眼観察により、眼球については白濁、突出、出血の有無、体表及び鰭についてはスレ、発赤、出血、潰瘍及び寄生虫の寄生の有無、鰓については結節の有無、貧血、鰓腐れの有無等について観察した。

#### ②生標本の観察

肉眼及び顕微鏡観察により、体表や鰓に付着しているハダムシ Benedenia eliolae、Neobenedenia girellae や エ ラ ム シ Zeuxapta japonica、 住 血 吸 虫 Paradeontacylix grandispinus 又 は Paradeontacylix kampachi の虫卵等の寄生虫の有無と鰓の褐色点(黒点)の有無について確認した。

#### ③内部症状の観察

肉眼観察により,腹水,心外膜炎,腎臓結節,脾臓結節,その他臓器の異常の有無を観察した。

#### 4 染色塗抹標本の観察

外部症状、内部症状において、結節や心外膜炎、シスト、潰瘍等の病徴が確認された部位から組織の一部をスライドガラスに塗抹し、火炎固定を行った後、メチレンブルー染色、抗酸菌染色により作成したプレパラートを検鏡(1,000 倍)し、病原体(細菌、寄生虫)の確認を行った。

## ⑤細菌の分離培養

細菌による疾病の場合,病徴が確認された検体の臓器片(脳,腎臓,病変部の組織)を,1.25 % NaCl 加ハートインフュージョン寒天培地又は 7H11(又は小川)寒天培地へ塗抹し,ニクロム耳で画線,又は滅菌生理食塩水を滴下しコンラージ棒で全面に拡げ,25 又は37℃で18~24時間培養し,発育状況を確認した。

#### ⑥分離菌の同定

分離された菌については、各種抗血清による凝集 反応試験を実施し、分離菌の同定を行った。また、 レンサ球菌症の場合は、バイオラッド社 PASTOREX STREPを用い、ランスフィールド血清型で C型の凝 集反応がみられたものを新型レンサ球菌症とし、C 型の凝集がみられず Lactococcus garvieae 抗血清に凝 集したものを、従来型レンサ球菌症と確定した。

## ⑦薬剤感受性の判定

⑤により細菌を分離培養する際に,寒天培地上に

薬剤感受性試験用のディスクを乗せ,薬剤ディスク の外縁に形成された阻止円の大きさにより,薬剤感 受性の度合を判定した。

## ⑧ウイルス性疾病の確定診断

生標本観察で鰓に褐色点(黒点)が確認され、内部症状の観察で脾臓の肥大、褪色等が確認された場合は、簡易診断としてマダイイリドウイルス病と診断した。同様に、鰓に褐色点(黒点)が確認され、胃の反転が確認された場合はビルナウイルス感染症と診断した。

なお、当該疾病の確定診断法として、必要に応じPCR (polymerase chain reaction) 検査を実施した。マダイイリドウイルス病は Kurita ら 5 の方法により、脾臓組織から Puregene Core Kit A (Qiagen Inc.)を用いて核酸を抽出した。プライマーは 2-F (塩基配列:5'-TAC AAC ATG CTC CGC CAA GA-3') 及び1-R (塩基配列:5'-GCA CCA ACA CAT CTC CTA TC-3')を、反応液の調整には Takara Ex Taq Hot Start Versionを使用し、248bp 領域を MJ Research 社リアルタイムPCR システムにより増幅した後、1.5 %アガロースゲルによる電気泳動 (100V、20~30分)にかけ、SYBR Green で染色 (20~30分間) した後、遺伝子領域の増幅を確認した。

ビルナウイルス感染症は Hosono ら<sup>6)</sup> の方法により、腎臓組織から ISOGEN((株)ニッポンジーン)を用いて核酸を抽出した。プライマーは YAV-P9(下流)(塩基配列:5'-AGA ACC TCC CAG TGT CT-3')及び YAV-P8(上流)(塩基配列:5'-AGA GAT CAC TGA CTT CAC AAG TGA-3')を、反応液の調整には Takara La Taq を使用し、359bp 領域を増幅した後、電気泳動にかけ、SYBR Green で染色した後、遺伝子領域の増幅を確認した。

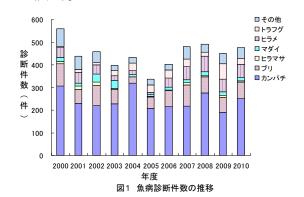
#### ⑨寄生虫性疾病の最終診断

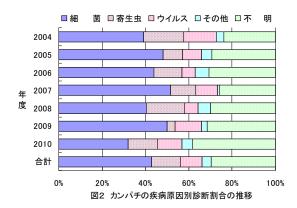
寄生虫性疾病は、細菌やウイルスに比べ養殖魚への直接的なダメージが少ないため、斃死原因としての集計が非常に困難な疾病であり、斃死の主原因が寄生虫によるものと明かな場合もあるが、多数の寄生虫が確認されてもそれ自体が直接の斃死原因とは考えにくい場合も多数存在する。このため、養殖業者からの聞き取りにより実害の度合いを勘案して最終診断結果とした。

## 結 果

## 1 カンパチの魚病発生状況

魚病診断件数の推移を図1に示す。診断件数は年 間 400 ~ 500 件で推移し、そのうちカンパチの診断 割合は約半数 (54 %) であった。2004 ~ 2010 年度 のカンパチ診断件数の内容を疾病原因別に分類して, その割合の推移をみると、細菌性疾病が 42.9 %と最 も多く、次いで寄生虫性疾病が 13.1 %、ウイルス性 疾病が10.2%, その他疾病が4.2%の順であった(図 2)。また、近年では、現診断方法でどの疾病にも該 当しない「不明」という診断結果が増加傾向にあっ た (図2)。





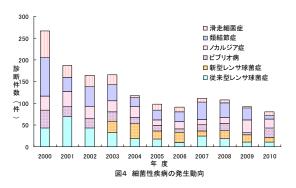
## 2 細菌性疾病の発生傾向

カンパチの疾病の中で最も発生割合の大きい細菌 性疾病について,原因菌別に集計し,図3に示す。 その結果、主な疾病の種類は類結節症 Pseudotuberculosis (24.0 %), ノカルジア症 Nocardiosis (18.4 %), 新型レンサ球菌症 Streptococcicosis (18.3 %), 従来型レンサ球菌症 Lactococcicosis (15.8 %), ビブリオ病 Vibriosis (13.1 %) の 5 つであった (以下 「病名」のみ記載)。

これら疾病の 2000 ~ 2010 年度までの診断件数の 推移を分析すると, ほとんどの疾病が減少傾向を示 しているが、その中でも従来型レンサ球菌症は急激 な減少傾向を示している。逆に、 ノカルジア症は近 年, やや増加の傾向にある(図4)。



図3 診断された細菌性疾病の内訳(2004~2010年度)



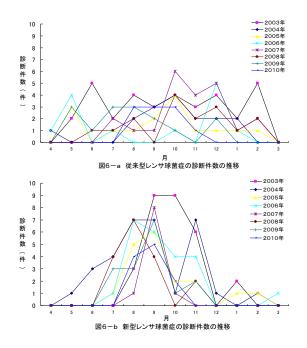
## ①従来型及び新型レンサ球菌症の発生傾向

従来型レンサ球菌症は、2001 年度に年間 70 件の 診断件数があったが、2002 年度からのワクチン接種 を契機に急激に減少し, 2004年度以降は年間 10~20 件の低い水準で推移している(図4)。しかし、2002 年の夏, 従来のワクチンが効かない新型レンサ球菌 症が新たに発生でし、本県においても2003年度以降、 同症が発生3,8,9)したため、従来型と新型を合わせ たレンサ球菌症全体では、2003年度に一度増加に転 じ,その後,穏やかな減少傾向を示している(図5)。 なお, 両者の月別の発生傾向としては, 従来型レン サ球菌症がほぼ周年見られる(図

6-a) のに対して, 新型レンサ球菌症は高水温期の 夏場に集中して発生する傾向にある(図6-b)。



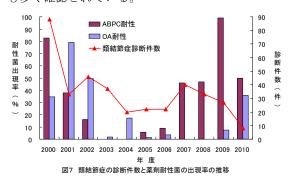
図5 県内におけるワクチン投与尾数とレンサ球菌症診断件数の推移



#### ②類結節症の発生傾向

類結節症の診断件数の推移は、2000 年度以降増減を繰り返しながら減少傾向となっている(図4)。また、本症の診断件数とアンピシリン(ABPC)、オキソリン酸(OA)の薬剤耐性菌の出現率の関係を調べるため、図7に両者の推移を示した。

診断件数の多かった  $2000 \sim 2002$  年度は、ABPC や OA の薬剤耐性菌の出現率がそれぞれ  $82.7 \sim 16.0$ %、 $79.0 \sim 34.7$ %と多く確認され、診断件数が比較的低水準で推移した  $2004 \sim 2006$ 年度は、両薬剤耐性菌はほとんど確認されておらず、診断件数が増加に転じた 2007年度から、再び ABPC の薬剤耐性菌も多く確認されている。



#### ③ノカルジア症の発生傾向

ノカルジア症については、 $2000 \sim 2007$  年度は減少傾向にあったが、 $2008 \sim 2010$  年度は増加傾向にある(図 4)。本症は水温の高い夏季から水温が徐々に低下し始める秋季(8月下旬 $\sim 11$ 月)に多発する

疾病であるが、近年では春先から発症が確認され、  $2009 \sim 2010$  年度にかけては、ほぼ周年発生する傾向にあった(表 1)。

表1 ノカ	1 ノカルジア症の年度別・月別診断件数の推移											(単	位:件)
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	合計
2000年			1		6	6	13	5	1	- 1			33
2001年		1		4	3	- 11	12		2	- 1	- 1		35
2002年		1	3	3	3	5	9		2				26
2003年				2	1	5	9	8			- 1		26
2004年		1		3	4	10	6	1					25
2005年					3	3	4	2		1			13
2006年			1	1		5	5	4		1			17
2007年		1	1	1	2	4	2	1					12
2008年			1	2		2	5	3	1				14
2009年				4	6	6	7		4	1		2	30
2010年	4		1	3	3	4	2	4					21
合 計	4	4	8	23	31	61	74	28	10	5	2	2	252

## 3 ウイルス性疾病の発生傾向

鹿児島県で発生が確認されているウイルス性疾病は、マダイイリドウイルス病 Red sea bream iridovirus とビルナウイルス感染症 Marine Birnavirus の 2 つである(以下「病名」のみ記載)。

## ①マダイイリドウイルス病の発生傾向

マダイイリドウイルス病は 2000 ~ 2001 年度に年間の診断件数が 70 件を超え、本県の重要な疾病となっていたが、2003 年度からマダイイリドウイルス病用のワクチンが本県で普及して以降、診断件数が急激に減少し、近年ではピーク時の 3 分の 1 以下で推移している(図8)。

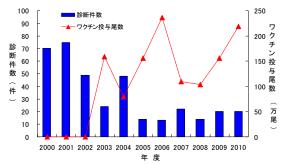


図8 県内におけるマダイイリドウイルス病の診断件数の推移

## ②ビルナウイルス感染症の発生傾向

ビルナウイルス感染症は、本県では 1999 年にカンパチで発生が確認 <sup>10</sup> されて以降、年間 0~数件程度の散発的な発生で推移している(図 9)。

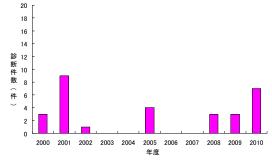


図9 ビルナウイルス感染症の診断件数の推移

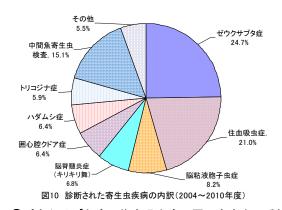
#### 4 寄生虫性疾病の傾向

寄生虫性疾病の種類別の集計結果を図 10 に示す。 その結果,主な種類はゼウクサプタ症 Zeuxapta japonica (24.7 %), 住血吸虫症 Paradeontacylix grandispinus,又は Paradeontacylix kampachi の虫卵 (21.0 %),脳粘液胞子虫症 Kudoa yasunagai (8.2 %), 脳脊髄炎症(通称:キリキリ舞)<sup>11)</sup> (6.8 %), 囲心腔ク ドア症 Kudoa shiomitsui (6.4 %), ハダムシ症 Benedenia seliolae, Neobenedenia girellae (6.4 %)の6 つであった(以下「病名」のみ記載。寄生虫の学名 については、Benedenia seliolae を「B」, Neobenedenia girellae を「NB」と記載)。

一方,診断結果としてのハダムシ症は,寄生虫性疾病の内では 6.4 %とごくわずかな割合となっているが,前述した通り,ハダムシ(B,NB)自体は,診断結果にかかわらず(例えば,最終的な斃死原因がレンサ球菌症と診断された場合であっても),最も頻繁に寄生が見られる寄生虫である。

養殖現場においては、これら寄生虫の寄生が細菌やウイルスの感染門戸となり、二次的に大きな魚病被害につながることは広く知られており<sup>12,13</sup>、寄生虫の寄生実態を把握することは、魚病被害拡大を防止する上で重要である。このため、以下、最終的な魚病診断結果である"魚病診断件数"とは別に、個々の診断データから寄生虫

の寄生の有無に関するデータを抽出し(以下,「寄生 検査件数」と表現),寄生虫自体の季節的な寄生変動 傾向等を整理した。



# ①ゼウクサプタ症, 住血吸虫症の原因寄生虫の季節的 寄生変動傾向

図 11 にゼウクサプタ症,図 12 に住血吸虫症の原因寄生虫の寄生の年度別・月別の検査結果を示した。ゼウクサプタ症,住血吸虫症ともほぼ周年寄生が確認されたが、春から初夏に多く確認される傾向にあった。

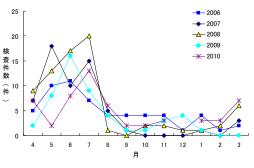


図11 ゼウクサプタ症の原因寄生虫の寄生の月別検査件数の推移

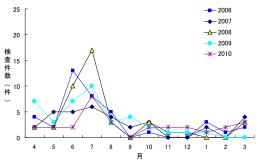
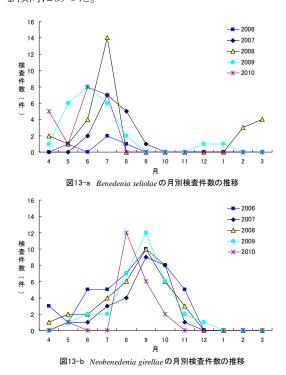


図12 住血吸虫症の原因寄生虫の寄生の月別検査件数の推移

#### ②ハダムシ症の原因寄生虫の寄生の季節的変動

図13-aにB,図13-bにNBの年度別・月別の検査結果を示した。B,NBとも寄生の多くは夏場に確認され,冬場にはほとんど確認されず,月別推移では春先から水温が28<sup> $\mathbb{C}$ </sup>以内である7月頃まではBが,水温が28<sup> $\mathbb{C}$ </sup>以上となる高水温期の8月から水温が低下し始める11月頃まではNBが優占種として寄生する傾向にあった。



#### ③脳脊髄炎症(通称:キリキリ舞)の発生傾向

本症は、 $2008 \sim 2009$  年度に、中国海南島から国内の養殖場へカンパチ稚魚が導入された直後( $3 \sim 6$ 月)に、旋回遊泳しながら死亡する事例で、2008年5月に13件、2009年6月と2010年3月に61件の、計15件の発症が確認された。

#### 考 察

#### 1 カンパチの魚病発生状況

2000 ~ 2001 年度に猛威を振るっていた従来型レンサ球菌症やビブリオ病等の細菌性疾病が近年減少傾向にある(図4)のは、2002 年度からカンパチに対してワクチン接種が開始され、当該ワクチンの普及による効果と推察される(図5)。しかしながら、疾病原因別の診断割合では常に最も高く、毎年、全診断件数の3~5割を占める(図2)ことから、細菌性疾病の発生動向については引き続き注意が必要である。

また,ウイルス性疾病が寄生虫性疾病に次いで全体の1割程度に診断割合が留まっている(図2)のは,2003年度からのマダイイリドウイルス病用のワクチン普及による効果と推察される(図8)。

## 2 細菌性疾病の発生傾向

## ①従来型及び新型レンサ球菌症の発生傾向

従来型レンサ球菌症の急激な減少傾向については, 2002 年度以降に県内で急速に普及したワクチン接種の影響が大きいものと推察される(図5)。一方,新たに発生が認された新型レンサ球菌症に対しては, 2011 年度からワクチンが新たに市販化され,その普及と予防効果が期待される。

なお,両者の外観症状においては,従来型が眼球(突出・白濁・出血)と脳への病変の出現率が高いのに対し,新型は尾柄部の病変の出現率が非常に高いのが特徴<sup>3,9)</sup>として挙げられた。

## ②類結節症の発生傾向

類結節症の診断件数とアンピシリン(ABPC), オキソリン酸(OA)の薬剤耐性菌の出現率の推移から(図7),診断件数の推移は薬剤耐性菌の発生動向をよく表しているものと推察された。すなわち,薬剤感受性を調べるために感染魚の持ち込み件数が増加した可能性が示唆された。

なお、本性は一般的に、海水温が20℃を超え、雨

の多い梅雨の時期  $(5 \sim 6 \, \mathrm{f})$  に多く発生し、水温が  $25 \, \mathrm{C}$  を超えると終息する傾向にある  $^{14}$  が、近年では夏場  $(7 \sim 8 \, \mathrm{f})$  の高水温期においても発生が確認されており  $(\mathbf{表} \, 2)$ 、水温との関連性について詳細は不明である。

## ③ノカルジア症の発生傾向

ノカルジア症はこれまで水温の高い夏季から水温 が徐々に低下し始める秋季(8月下旬~11月)に多 発する疾病であったが, 近年, カンパチで春先から 発症する傾向があることから、その発生動向には注 意が必要である。山本ら 15 は4月のカンパチ当歳魚 において、血清中の抗 N.seriolae 抗体価が確認され たことを受けて,種苗導入時にすでに感染している 可能性があると報告しており、図4、表1に示す近 年の本県の発症傾向等については、国外からの種苗 導入時の保菌の可能性を示唆しているものと推察さ れる。さらに、嶋原 <sup>16)</sup> は N.seriolae 菌株を表現型 (酵 素活性,API ZYM 市販キット使用)及び遺伝型(パ ルスフィールド電気泳動)により型別を行い、2000 ~ 2005 年に分離された菌株の多くは、1970 ~ 1990 年の菌株とは異なる表現型を示し (1970 ~ 1990 年 は全て $\alpha$ -グルコシダーゼ陽性株, 2000  $\sim$  2005 年 はカンパチ由来菌株の一部を除き, α-グルコシダ ーゼ陰性株),遺伝的な相関性も低く,近年流行して いる菌株の多くは、過去に流行していた菌株の再現 ではなく異なるタイプの菌株によるものであると推 察している。

これらのことから、今後、春先から発症が確認されている菌株と従来の秋季に発生する菌株との間には、遺伝タイプが異なる可能性も推察されることから、今後、両者についての表現型(αーグルコシダーゼ活性)や遺伝子型を調査する必要があると考えられる。

#### 3 ウイルス性疾病の発生傾向

## ①マダイイリドウイルス病の発生傾向

マダイイリドウイルス病の近年の急激な減少傾向 については、従来型レンサ球菌症と同様、ワクチン 接種の効果発現によるものと考えられる(図8)。

## ②ビルナウイルス感染症の発生傾向

ビルナウイルス感染症は、発生当初は種苗導入直後の稚魚期(150g以下)に多く確認されていたが、近年では1kgを超えるサイズでも発症が確認され、

特に冬場から春先にかけて、比較的低水温期に発症が多く確認される傾向にある(表3)。発症は極めて散発的であるが(図9)、本症による斃死は長期間継続する傾向にあるため、その発生動向には注意が必要である。

## 4 寄生虫性疾病の傾向

# ①ゼウクサプタ症, 住血吸虫症の原因寄生虫の季節 的寄生変動傾向

ゼウクサプタ症,住血吸虫が多く確認される傾向にあった春から初夏( $3\sim7$ 月,ピークは $5\sim7$ 月)(図 11, 12)の時期は,既に述べた細菌性疾病やウイルス性疾病の発症も多いことから,合併症による被害の拡大に注意を要する。

#### ②ハダムシ症の原因寄生虫の寄生の季節的変動

 $B \geq N B$ の寄生の月別変動の傾向(図 13-a, b)については、笠原らのN Bの高温限界が 29  $\mathbb{C}$  と推定されるとの報告  $\mathbb{C}^{(n)}$  や、 $\mathbb{C}^{(n)}$  や、 $\mathbb{C}^{(n)}$  ものの報告  $\mathbb{C}^{(n)}$  とほぼ一致した。

一方,夏季の高水温期における頻繁なハダムシ駆除作業(10~14日間隔での薬浴又は淡水浴。同時に網替えも実施。)は,魚体に対してストレスとなるばかりでなく,養殖業者にとっても肉体的,経済的に大きな負担となっている。ハダムシふ化幼生の過去の知見では,明るい場所ほどハダムシの感染を受けやすく寄生数が多いとの報告もあり「5),養殖現場では浮沈式の生簀を利用し,給餌後に生簀を3~5m沈めることで,ハダムシ寄生が軽減されたとの生産者からの情報もある。また,円形毛ブラシ状の甲殻類卵採集器等のハダムシ卵付着材によりハダムシの卵を養殖場から除去する工学的手法も検討されており⁴),今後,これらのハダムシの生態に着目した効果的で抜本的な駆除(防除)方法を開発していく必要がある。

## ③脳脊髄炎症(通称:キリキリ舞)の発生傾向

本症は、県内の養殖現場において以前から知られていた原因不明の疾病で、導入後しばらくすると自然に終息していたことから、これまで原因の究明がなされていなかったが、2008年度に独立行政法人水産総合研究センター養殖研究所の診断により、Spraguea属に比較的近い微胞子虫が脳や脊髄に寄生することで起こる疾病であることが解明された<sup>11)</sup>。

本症は疫学調査により、池入れ前の中国の育成場において、水深の浅い海域に移動したカンパチ群に確認された事例であることが判明した <sup>11)</sup> ことから、種苗を導入する際は、当該事例の海域で育成された魚については十分注意する必要があると考えられる。

## 5 魚病発生カレンダー, 簡易魚病診断表

2004~2010年度の魚病診断結果のデータを基に, 魚病診断結果を,疾病原因別・月別に集計し,「魚病 発生カレンダー」として整理した(表2)。このカレ ンダーから,カンパチの主な疾病の発生のピークが 容易に把握できると思われる。また,養殖現場にお ける「簡易診断方法」の目安として,魚の摂餌状況, 泳ぎ方(行動),外観症状から「簡易魚病診断表①」 として表3に,解剖所見で各臓器にお

いて確認される特徴的な症状から「簡易魚病診断表②」として表4に整理した。併せて、写真1、2に外観症状及び解剖所見の特徴的症例写真を整理した。表3、4及び写真1、2を相互に照らし合わせながら観察することで、養殖現場における疾病の簡易診断の精度を高めることができるものと思われる。

## 表2 カンパチの魚病発生カレンダー

(単位:件)

		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合 計
	類結節症	2	1	0	15	34	56	52	8	0	0	0	4	172
<b>∠</b> m	ノカルジア症	3	0	2	4	2	4	14	18	34	31	15	5	132
細	新型レンサ球菌症	1	2	1	0	1	3	15	33	43	13	17	2	131
	従来型レンサ球菌症	3	11	4	9	13	10	23	9	19	7	5	0	113
菌	ビブリオ病	3	4	9	21	24	24	6	1	1	1	0	0	94
_	滑走細菌症	1	2	1	19	19	10	1	1	0	0	1	2	57
	ミコバクテリア症	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	2	0	7
ルウ	マダイイリドウイルス病	0	0	0	3	9	17	23	24	52	20	3	0	151
スイ	ビルナウイルス感染症	2	2	6	3	4	0	0	0	0	0	0	0	17
	ゼウクサプタ症	18	15	20	35	72	82	84	25	13	12	15	6	397
寄	住血吸虫症	7	4	12	18	17	42	51	18	6	11	4	4	194
   <u>生</u>	ハダムシ症	2	4	4	16	23	41	55	50	52	32	13	2	294
-	脳脊髄炎症(キリキリ舞)	0	0	1	0	13	1	0	0	0	0	0	0	15
虫	脳粘液胞子虫症	0	0	0	4	3	2	3	5	1	0	0	0	18
	囲心腔クドア症	0	0	0	4	3	1	3	1	2	0	0	0	14
他	腎腫大症	0	0	0	2	7	19	17	1	0	0	0	0	46

平均水温(04~10) | 17.1 | 16.4 | 16.7 | 18.4 | 20.9 | 23.5 | 27.1 | 28.8 | 27.7 | 25.0 | 22.1 | 19.3 | (注)①平均水温は鹿児島湾内、フェリー観測データによる(水産技術開発センター調べ)。

- ②魚病診断結果の集計範囲は2004~2010年度の7年間とした。
- ③ゼウクサプタ症, 住血吸虫症, ハダムシ症の数値は魚病診断件数ではなく, 原因寄生虫の寄生の検査件数。
- ④色つきの部分は発生のピークと思われる月。

表3 簡易魚病診断表①(摂餌状況, 行動, 外観症状から推定される疾病)

摂餌の状況	泳ぎ方(行動)	無の外観症状 (眼球,体表,鰭)	鰓の観察	斃死状況	左記の症状から予想される疾病
不良(急激に 低下)	生け簀の底に魚が沈むように大人しく静止した状態	ほとんど特徴はなし (脱鱗, 体色の青白化など)		大量斃死	類結節症
		尾鰭発赤,尾柄部の膿瘍・潰瘍		長期に渡っ て斃死が続く	新型レンサ球菌症
		①体表や各鰭にスレ症状, 浅い潰瘍 ②口辺発赤	①鰓腐れ ②鰓変色	少ない	滑走細菌症
	緩慢	体色黒化	①貧血 ②寄生体の確認	少ない	ゼウクサプタ症(エラムシ症)
		①体色黒化 ②口や鰓蓋を開けたままの状態で斃死	貧血	少ない(大量 斃死が起こる 場合もある)	住血吸虫症
不良(低下)	緩慢(衰弱遊泳)	①体表に凹凸ができる(小突起) ②体表の潰瘍	結節(小~大白 点)	少量ずつダ ラダラ斃死	ノカルジア症
	①緩慢 ②狂奔遊泳	①眼球異常(白濁・突出・出血) ②尾鰭等発赤, 尾柄部の膿瘍・潰瘍	鰓蓋内側の発 赤・出血・膿瘍	長期に渡っ て斃死が続く	従来型レンサ球菌症
	①緩慢 ②水面遊泳 ③狂奔遊泳	①体色の黒化、青白化 ②体表のスレ、潰瘍 ③眼球異常(出血・突出・脱落)		多い	ビブリオ病
	生簀の側面に体を擦り付ける行動	①ハダムシ(成虫)の寄生 ②体表や各鰭にスレ症状, 発赤・出血 ③尾鰭欠損(重篤な場合)		少ない	ハダムシ症
	①緩慢(衰弱遊泳) ②生簣の角で停滞	①体色黒化 ②眼球白濁(希に)	貧血	大量斃死	マダイイリドウイルス病

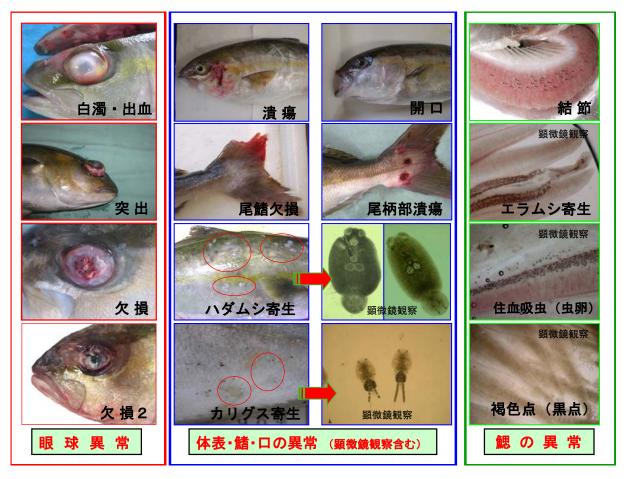


写真1 外観症状の症例写真(眼球異常,体表・鰭・口の異常,鰓の異常)

表4 簡易魚病診断表②(解剖所見(内臓の症状)から推定される疾病)

心臓	腎臓	脾臓	肝臓	胃	その他	左記の症状から予想される疾病
	結節	結節, 肥大				類結節症、ノカルジア症、ミコバクテリア症
心膜炎		肥大			腸管炎症	従来型レンサ球菌症, ビブリオ病
		肥大, 褪色 (貧血)				マダイイリドウイルス病
			出血		腹水	ウイルス性腹水症
				反転胃		ビルナウイルス感染症
シスト						囲心腔クドア症
					脳(シスト)	脳粘液胞子虫症
	腫大					腎腫大症
	肥大		出血, 緑色		腹水	黄疸
				胃内残餌		酸欠死(突発性の斃死)

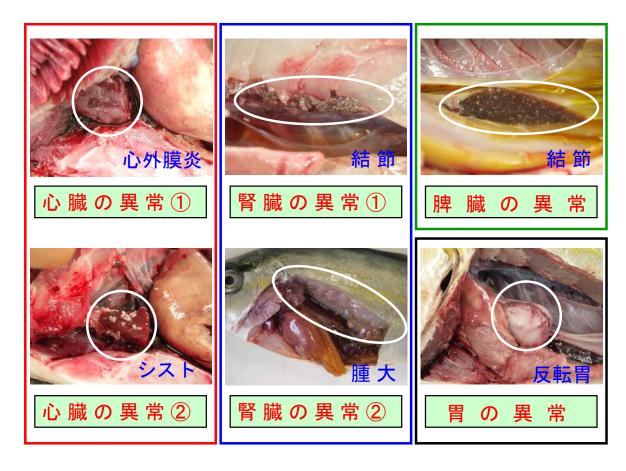


写真2 心臓(左列), 腎臓(中央列), 脾臓(右上), 胃(右下)の異常

#### 文 献

- 1) 落合明,田中克.カンパチ「魚類学(下)」.恒 星社厚生閣,東京.1986;814-815.
- 2) 虫明敬一. カンパチ人工種苗の大量生産と養殖 技術の高度化への挑戦. 日水誌 2006; **72**(6): 1158-1160.
- 平江多績,村瀬拓也,仁部玄通,吉田照豊.養殖ブリ・カンパチの新型レンサ球菌症(Streptococcus dysgalactiae 感染症). 鹿水技セ研報 2010; 1:7-12.
- 4) 村瀬拓也,平江多績,折田和三. 工学的手法を 用いたハダムシ症防除に関する研究. 鹿水技セ 研報 2011; 2:11-14.
- 5) Kurita J, Nakajima K, Hirono I, Aoki T. Polymerase Chain Reaction (PCR) Amplification of DNA of Red Sea Bream Iridovirus (RSIV). Fish Pathol. 1998; 33(1): 17-23.
- 6) Hosono N, Suzuki S, Kusuda R. Genogrouping of birnaviruses isolated from marine fish: a comparison of VP2/NS junction regions on genome segment A. *J.Fish Dis.* 1996; **19**: 296-302.
- 7) 宮崎大学農学部.養殖カンパチの新興感染症 (仮称:新型レンサ球菌症)に関する研究.平成 16 年度養殖衛生管理技術開発研究成果報告書. 社団法人日本水産資源保護協会,東京. 2004; 169-185.
- 8) 鹿児島県水産技術開発センター.養殖カンパチ の新興感染症(仮称:新型レンサ球菌症)に関す る研究. 平成 16 年度養殖衛生管理技術開発研 究成果報告書. 社団法人日本水産資源保護協会, 東京. 2004; 189-198.
- 9) 鹿児島県水産技術開発センター.養殖カンパチ の新興感染症(仮称:新型レンサ球菌症)に関す る研究. 平成17年度養殖衛生管理技術開発研 究成果報告書.社団法人日本水産資源保護協会,

- 東京. 2005; 145-154.
- 10) 平江多績. 魚病 NOW「カンパチのビルナウイルス感染症」. 月刊養殖. 緑書房, 東京. 2003; 9:41.
- 平江多績. 魚病 NOW「養殖カンパチの脳脊髄 炎」. 月刊養殖. 緑書房, 東京. 2010; 3:86.
- 12) Hoshina, T. On the monogenetic trematode, Benedenia seriolae, parasitic on yellow-tail, Seriola quinqueradiata. Bull. Off. Int. Epiz 1968; 69: 1179-1191
- 13) 江草周三. 魚の感染症. 恒星社厚生閣, 東京. 1978 ; 124-126.
- 14) 畑井喜司雄. 類結節症. 新魚病図鑑(畑井喜司雄・小川和夫編). 緑書房,東京. 2006;143.
- 15) 鹿児島大学水産学部. 養殖ブリの再興疾病(ノカルジア症)に関する研究. 平成 16 年度養殖衛生管理技術開発研究成果報告書. 社団法人日本水産資源保護協会,東京. 2005;131-146.
- 16) 嶋原佳子. 防疫 ノカルジア症の研究成果と今後の展望~感染時期,病原菌の由来,ワクチン開発への課題など~. 月刊アクアネット 2009;1:54-57.
- 17) 笠原正五郎. ハマチの外部寄生虫 Benedenia seriolae の生態に関する研究-I. 夏季における成長, 産卵などについて. 広島大学水畜産学部紀要 1967; **7**:97-104.
- 18) Bondad-Reantaso, M. G., Ogawa K, Fukudome M, Wakabayashi H. Reproduction and growth of Neobenedenia girellae (Monogenea: Capsalidae), a skin parasite of Japanese cultured marine fish. Fish Pathol. 1995; 30: 227-231.
- 19) Ishida M, Kawano F, Umeda N, Hirazawa N. Response of *Neobenedenia girellae* (*Monogenea*) oncomiracidia to brightness and black-and-white contrast. *Parasitology* 2007; **134**: 1823-1830.

試 験 研 究 業 績

外部への発表

## 【学 会 誌】

- <u>宍道弘敏</u>・滝本鮎子・小畑泰弘・浜崎活幸・北田修一 (2012). 鹿児島湾におけるマダイの資源評価と 放流計画. 日水誌 78 (2), 161-170.
- Kitada S., <u>H. Shishidou</u>, T. Sugaya, T. Kitakado, K. Hamasaki, H. Kishino (2009). Genetic effects of the long-term stock enhancement programs. *Aquaculture*, 290, 69-79.
- Hamasaki, K., S. Kitada, <u>H. Shishidou</u>, S. Toriya, T. Sugaya and H. Kishino (2010). Genetic impacts of hatchery fish on wild populations in red sea bream *Pagrus major* (Perciformes, Sparidae) inferred from partial sequence of the control region in mitochondrial DNA. *Journal of Fish Biology*, 77, 2123-2136.
- 鬼塚剛,青木一弘,清水学,松山幸彦,木元克則,松尾斉,耒代勇樹,<u>西広海,田原義雄</u>,櫻田清成(2011). 2010 年夏季に八代海で発生した *Chattonella antiqua* 赤潮の短期動態—南部海域における出現特性—.水産海洋研究 75(3),143-153.
- 島袋寛盛・堀正和・<u>吉満敏</u>・<u>徳永成光</u>・<u>猪狩忠光</u>・<u>佐々木謙介</u>・仲岡雅裕・川根昌子・吉田吾郎・浜口昌己 (2012). 鹿児島湾に生育する一年生アマモ局所個体群間の遺伝的分化,日水誌 78(2),204-211.
- Kawamata S., Yoshimitsu S., Tanaka T., Igari T., Tokunaga S. (2011). Importance of sedimentation for survival of canopy-forming fucoid algae in urchin barrens. *Journal of Sea Research*, 66, 76–86.
- Kawamata S., <u>Yoshimitsu S.</u>, <u>Tokunaga S.</u>, <u>Kubo M.</u>, <u>Tanaka T.</u> (2012) Sediment tolerance of Sargassum algae inhabiting sediment-covered rocky reefs. *Marine Biology*, 159, 723-733.
- <u>保聖子</u>・永友聖代・南隆之 (2012). アジ・サバ類の刺身商材化のための短期畜養及び流通技術,日水 誌 78 (1),74.
- S. miwa, T. kamaishi, T. hirae, T. murase and T. nishioka (2011). Encephalomyelitis associated with microsporidian infection in farmed greater amberjack, *seriola dumerili* (RFSSO). *Journal of Fish Diseases* 34. 901-910.

## 【書籍·雑誌等】

- <u>石田博文</u> (2012). 鹿児島県海域で 2007 年に漁獲されたマイワシの来遊過程. 西海ブロック漁海況調査 研究報告 19, 23-29.
- 保聖子・永友聖代・南隆之(2012). アジ・サバ類の刺身商材化. 「沿岸漁獲物の高品質化」, 恒星社厚生閣, 東京. 福田裕・渡部終五 編著. 46-63.
- 前野幸二(2011). ブリ,カンパチを対象とした魚粉低減飼料の開発試験.月刊かん水 562:5-14.
- <u>柳宗悦</u>(2011). 養殖カンパチの魚病診断と対策 (第1回, カンパチ養殖における魚病発生の変遷). 月 刊養殖 No607:36-39.

- <u>柳宗悦(2011)</u>. 養殖カンパチの魚病診断と対策 (第2回,カンパチの魚病の種類と対処(前編)). 月刊 養殖 No608:52-55.
- <u>柳宗悦(2011)</u>. 養殖カンパチの魚病診断と対策(第3回,カンパチの魚病の種類と対処②). 月刊養殖 No609:58-60.
- <u>柳宗悦(2011)</u>. 養殖カンパチの魚病診断と対策(第4回,カンパチの魚病の種類と対処③). 月刊養殖 No610:51-53.
- 柳宗悦(2011). 養殖カンパチの魚病診断と対策(第5回,予防(技術)と魚病診断・治療対策①). 月 刊養殖 No611:38-42.
- 柳宗悦(2012). 養殖カンパチの魚病診断と対策(第6回,予防(技術)と魚病診断・治療対策②). 月 刊養殖 No612:64-68.

# 【学会発表】

## 口頭発表

- <u>保聖子</u>・永友聖代・南隆之. アジ・サバ類の刺身商材化のための蓄養と流通技術. 平成 23 年度日本水産学会秋季大会.
- 保聖子・前野幸二. 通電加熱によるシラスの旨味向上. 平成23年度日本水産学会春季大会.
- 鬼塚剛,青木一弘,児玉真史,清水学,櫻田清成,安東秀徳,<u>西広海</u>,<u>田原義雄</u>,松尾斉,耒代勇樹, 山本剛,落合宏紀,松山幸彦,吉田誠,木元克則.八代海における *Chattonella* 赤潮発生状況の年によ る違い.九州大学応用力学研究所研究集会(H23).

## ポスター発表

- 青木一弘, 鬼塚剛,清水学,松山幸彦,木本克則,松尾斉,耒代勇樹,<u>西広海</u>,<u>田原義雄</u>,櫻田清成. 八代海における有害赤潮の分布変動と物理過程.第9回環境研究シンポジウム(H23).
- 川俣茂・<u>吉満敏</u>・<u>徳永成光</u>・<u>久保満</u>. 鹿児島県南さつま市笠沙町産フタエモクの着生と初期生残に及ぼす堆砂の影響. 日本藻類学会第 35 大会 (H23).
- 村田卓也・ジェフリーフレドリックモコレンサン・<u>前野幸二</u>・横山佐一郎・石川学・越塩俊介. ブリにおける低コスト飼料効率的生産手法開発. 平成 21 年度日本水産学会春季大会.

## 【シンポジウム等発表】

<u>宍道弘敏</u>. 標識放流再捕記録からみた鹿児島湾産ブリの移動と成長. H23 九州・山口ブロック漁業分科会.

冨安正蔵. 大隅半島東部海域の海況について. H23 西海ブロック研究発表会.

<u> 久保満</u>. 奄美大島におけるリーフ性藻場について. H23 九州・山口ブロック磯焼け・藻場造成分科会.

徳永成光. 笠沙における冬季水温と藻場形成について. 平成 23 年度水温変動沿岸資源影響研究会.

徳永成光. ヒジキ種苗量産試験について. 長島町第9回水産業振興シンポジウム (H23).

<u>田原義雄</u>. 本年度シャトネラ赤潮が発生しなかった要因について. H23 九州・山口ブロック漁場環境分 科会.

<u>保聖子</u>・<u>前野幸二</u>. 通電加熱によるちりめん,シラス加工工程の改良. H23 九州・山口ブロック利用加工分科会.

<u>保聖子</u>・<u>前野幸二</u>. 瞬間通電加熱におけるちりめん,シラスの品質. 平成 23 年度水産利用加工関係試験研究推進会議利用加工技術部会研究会.

<u>保聖子</u>. 通電加熱によるシラスの旨味向上. シンポジウム『通電加熱による食品の加熱と殺菌技術の高度化』(H24).

<u>前野幸二</u>. ブリ・カンパチを対象とした魚粉低減飼料の開発試験. 第 36 回全国海水養殖シンポジウム (H22) .

<u>村瀬拓也</u>・<u>柳宗悦</u>. 異常遊泳を伴うブリのへい死について. 平成 22 年度南中九州・西四国水族防疫会 議地域魚類防疫対策検討会.

<u>柳宗悦</u>・<u>村瀬拓也</u>. カンパチの不明診断に占める特徴的症例について. 平成 22 年度南中九州・西四国 水族防疫会議地域魚類防疫対策検討会.

柳宗悦. 平成以降の本県内水面研究の動向について. H22 九州・山口ブロック内水面分科会.

村瀬拓也・柳宗悦. ゲンゴロウブナにおけるチョウ症. H22 九州・山口ブロック内水面分科会.

<u>柳宗悦</u>・<u>村瀬拓也</u>. 魚類養殖における近年のノカルジア症の発症傾向. H23 九州・山口ブロック魚病分 科会.

<u>柳宗悦</u>・<u>村瀬拓也</u>. 養殖ブリ類の再興感染症 (ノカルジア症) に関する研究. 平成 23 年度養殖衛生管理問題への調査・研究成果報告会.

村瀬拓也・柳宗悦. 最近の内水面魚病診断におけるトピックス. H23 九州・山口ブロック内水面分科会.

今吉雄二. サバヒーの種苗生産について. H23 九州・山口ブロック海面増殖分科会.

# 編集委員

福留己樹夫,折田和三,和田和彦,神野公広,宍道弘敏,田原義雄,山本伸一

平成24年3月31日発行

鹿児島県水産技術開発センター研究報告 第3号 (2012)

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160番10号 電話 0993-27-9200

発行者 所長 佐野悦郎

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8068番3号 電話 0993-24-2002

