

# 赤潮被害防止対策について

## －有害植物プランクトンの早期識別と増殖特性－

長崎県総合水産試験場 環境養殖技術開発センター

漁場環境科 主任研究員 山 砥 稔 文

### はじめに

地球表面の約71%を占める海洋では、植物プランクトンは食物連鎖における基礎生産者としての役割を果たす生物であり、われわれ人類の食料資源に関連する極めて重要な存在です。しかし、ある種の植物プランクトンは赤潮を形成し、魚介類を大量斃死させるなどの漁業被害を引き起こすことがしばしばあります。

赤潮は「植物プランクトンの大増殖あるいは集積によって、水が着色する現象」です。日本における赤潮は1960年代からの高度経済成長期に伴う沿岸域の都市化・工業化あるいは養殖漁業の普及・拡大を背景として頻発するようになり、それに伴って漁業被害が発生し、今もなお、時に数十億円規模に達する場合が少なくないことから大きな社会問題となっています。

当センターでは、「赤潮被害防止対策」を目的に、大規模赤潮を形成し養殖魚類等の大量斃死を引き起こす『有害プランクトン』を標的種として、早期に他の種類と識別するための取り組みや増殖の特性を把握するための研究などを行っています。今回は、有害プランクトンの「早期識別」、「増殖特性」などに関する当センターの取り組みを紹介します。

### 1. 有害植物プランクトン

赤潮を形成する植物プランクトンは、世界中で200種類以上あるといわれています。長崎県産業振興財団など地元産学官との共同研究によって、平成14年から現在までの間に、長崎周辺海域でも450種類以上と数多くの植物プランクトンが確認されています。このうち、魚貝類の大量斃死など甚大な漁業被害をもたらす有害種は、渦鞭毛藻の「カレニア（ギムノディニウム）」、「コクロディニウム」、ラフィド藻の「シャットネラ」など（図1）、20種類ほどです。漁業被害防止のためには、数多くのプランクトンの中から、これら有害種を迅速かつ正確に識別することが重要となります。

### 2. 近年の有害赤潮発生状況

長崎県における近年の有害赤潮発生件数の推移（図2）をみると、平成11年以降の増加は顕著です。種類別にみると、コクロディニウムの発生件数の増加が目立ちます。

九州海域における赤潮による年次別被害状況をみると（表1）、数億から数十億円規模の漁業被害が毎年記録されており、平成11年8月に伊万里湾で発生したコクロディニウム赤潮では、長崎県過去最大の約8億円の漁業被害が記録され、地域経済に甚

大な損害を及ぼすなど大きな社会問題となりました(図3)。このような甚大な漁業被害を及ぼす有害種はコクロディニウムが最も多く、その他、シャットネラ、カレニア(ギムノディニウム)、ヘテロシグマなどもあります。従って、赤潮被害防止・軽減のために、まず第一に取り組まなければならないターゲット(標的種)はコクロディニウムであると判断されます。

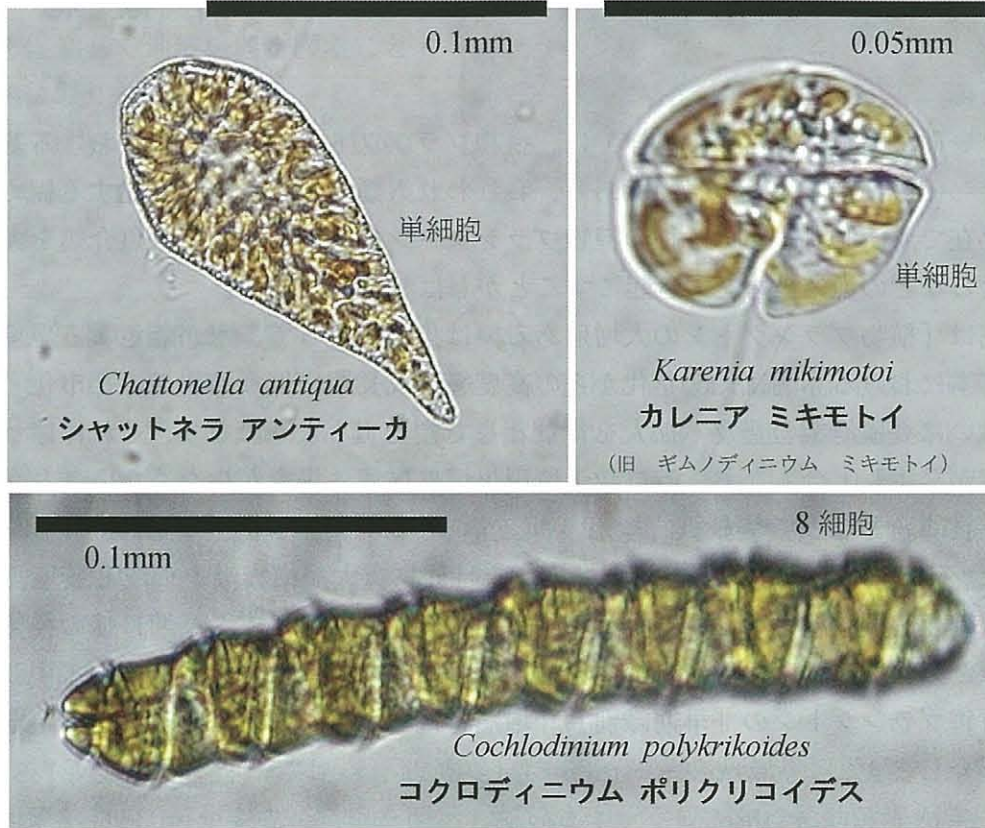


図1. 長崎県で億単位の漁業被害を及ぼしたことがある有害種

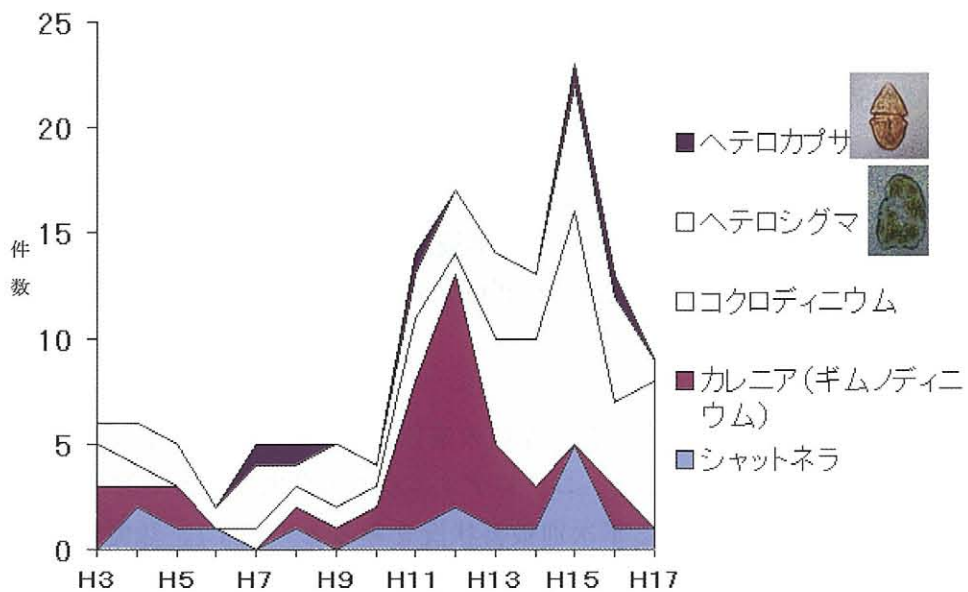


図2 有害赤潮の発生件数の推移



表1 九州海域における赤潮による年次別漁業被害状況 (H11 - 16)

\*被害金額が1億円を超えたものを抜粋

| 年次  | 発生期間      | 発生海域 | 漁業種類     | 被害の内容                                     | 被害量                  | 被害額(億円) | 原因プランクトン        |
|-----|-----------|------|----------|-------------------------------------------|----------------------|---------|-----------------|
| H11 | 8.7-8.12  | 伊万里湾 | 養殖       | マダイ、ハマチ、トラフグ等へい死                          | 73万尾                 | 7.6     | コクロディニウム        |
| H12 | 7.14-7.31 | 八代海  | 養殖       | カンパチ、ヒラメ、トラフグ等へい死                         | 290万尾                | 39.8    | コクロディニウム        |
|     | 8.10-8.22 | 有明海  | 養殖       | アサリ                                       | 1028トン               | 2.6     | シャットネラ          |
| H13 | 4.6-4.12  | 鹿児島湾 | 養殖       | カンパチ、シマアジ等へい死                             | 7.8万尾                | 1.4     | ヘテロシグマ          |
|     | 7/29-8/13 | 白舂湾  | 養殖<br>畜養 | ブリ、ヒラマサ、カンパチ、マサバ・アワビ<br>アワビ、サザエ、ウニ、ケンサキイカ | 5.3万尾・2.7万個<br>0.7トン | 1.7     | カレニア(ギムノディニウム)  |
| H14 | 8.23      | 八代海  | 養殖       | カンパチ等                                     | 65万尾                 | 5.9     | コクロディニウム        |
| H15 | 6.26      | 鹿児島湾 | 養殖       | カンパチ等                                     | 1.3万尾                | 1.7     | シャットネラ          |
|     | 7.10-7.22 | 八代海  | 養殖       | トラフグ、カワハギ等                                | 31.8万尾               | 3.3     | シャットネラ          |
|     | 9.11-9.19 | 八代海  | 養殖       | ハマチ、トラフグ等へい死                              | 93万尾                 | 2.9     | シャットネラ、コクロディニウム |
| H16 | 7.30-8.23 | 八代海  | 養殖       | ブリ、マダイ、カンパチ、シマアジ等                         | 16万尾                 | 2.0     | シャットネラ          |

出典:「九州海域の赤潮」水産庁九州漁業調整事務所

### 3. 赤潮被害防止対策

有害赤潮による漁業被害は、有害種が『一定の細胞密度』以上に増殖・集積することが前提条件となります。細胞密度が低い時期に、有効な対策とされる「餌止め」や「赤潮からの回避（生簀の移動等）」を行うことで、漁業被害を防ぐ可能性は高くなります。そこで、当センターでは、赤潮被害対策（餌止め、生簀移動）実施の目安となる細胞密度の基準値を平成17年に設定しています（図4）。

ここで重要になるのは、現場海域において有害種が『一定の細胞密度に達する前』、つまり、『赤潮を形成する前』にその存在を確実に捕捉しておくことです。それがなければ、有効な対策をとるタイミングを逃すことになり、結果として漁業被害を招くことになりかねません。

### 4. 赤潮被害防止対策のための3本柱

有害種が『赤潮を形成する前』にその存在を現場で確実に捕捉するためには、大きく分けて3つの取り組みが必要であると考えられます。それは、①有害種の性質（増殖特性：増殖が活発となる環境）を知ること、②増殖が活発となる時期に漁場監視体制を強化すること、③有害種を現場段階で、いち早く識別することです。

#### ①有害種の性質

第1位標的種のコクロディニウムについて、当センターで実施した室内培養実験の結果について、図5、6に示します。



図3 平成11年8月伊万里湾で発生したコクロディニウム赤潮(長崎新聞)

赤潮情報の発信基準[目安]

長崎県総合水産試験場 漁場環境科  
平成17年4月6日

- 警戒** 餌止めの励行、生質移動  
**注意** ①プランクトンの動向に注意し、餌止めあるいは生質移動の実効および準備  
②淡水浴、薬浴、喰わせ込みを控える

| 赤潮プランクトン                                                | 情報発信基準値(cells/mL) |                 | 増殖適水温(°C)<br>(最適水温) | 発生<br>件数 | 被害<br>件数 | 被害内容               |
|---------------------------------------------------------|-------------------|-----------------|---------------------|----------|----------|--------------------|
| シャットネラ アンディーカ<br><i>Chattonella antiqua</i>             | 警戒を要する<br>10      | 注意を要する<br>1     | 20~32.5(25)         | 17       | 8        | ハマチ、トラフグ、シマアジ、アサリ等 |
| シャットネラ マリーナ<br><i>Chattonella marina</i>                | 警戒を要する<br>10      | 注意を要する<br>1     | 20~32.5(25)         | 5        | 2        | スズキ、アサリ等           |
| シャットネラ グロボサ<br><i>Chattonella globosa</i>               | 警戒を要する<br>100     | 注意を要する<br>10    | 12~26(22)           | 2        | 0        | カンパチ               |
| シャットネラ オバータ<br><i>Chattonella ovata</i>                 | 警戒を要する<br>100     | 注意を要する<br>10    | 15~32.5(25~30)      | 0        | 0        | ハマチ、マダイ、シマアジ、ヒラメ   |
| ギムノディニウム ミキモトイ<br><i>Gymnodinium mikimotoi</i>          | 警戒を要する<br>500     | 注意を要する<br>100   | 12.5~30(25)         | 76       | 26       | 魚介類                |
| コクロディニウム ポリクリコイデス<br><i>Cochlodinium polykrikoides</i>  | 警戒を要する<br>500     | 注意を要する<br>50    | 17~30(25~27.5)      | 50       | 16       | ハマチ、マダイ、トラフグ、シマアジ等 |
| ヘテロシグマ アカシホ<br><i>Heterosigma akashiwo</i>              | 警戒を要する<br>10,000  | 注意を要する<br>1,000 | 15~30(15~25)        | 59       | 4        | ヒラマサ、クエ等           |
| ヘテロカプサ サーキュラーリスカマ<br><i>Heterocapsa circularisquama</i> | 警戒を要する<br>50      | 注意を要する<br>10    | 15~30(30)           | 5        | 0        | 貝類(主に二枚貝)          |

\* 赤潮発生件数および被害件数・内容: 昭和53年~平成16年のデータ(長崎県)  
\* *C. antiqua*, *C. marina*の情報発信基準は、魚類対象  
\* ただし、被害履歴のない *C. globosa*, *C. ovata*, *H. circularisquama*: 他県データ  
<根拠資料> 月刊養殖2000年5月号「夏場前の赤潮診断と対処法」、香川県の赤潮生物(平成5年11月)、長崎県における赤潮発生状況  
赤潮セミナー「赤潮発生とその対策」講演要旨集(平成9年6月:香川県)、有害・有毒赤潮の発生と予知・予防、水産研究叢書48  
沿岸環境保全の科学「赤潮」: 長崎県漁業試験場および長崎県総合水産試験場 日本プランクトン学会誌 59:4-10 頁

図4 赤潮被害対策実施の目安となる有害種の細胞密度

コクロディニウムは、10℃から30℃の範囲で増殖することが可能であり、12.5℃~30℃では増殖量が現場では赤潮と視認され、魚類が斃死するおそれがある500細胞/mL以上の密度を示すことから、水温条件からみると1年中赤潮を形成することが可能な潜在能力をもっていることが分かりました(図5)。

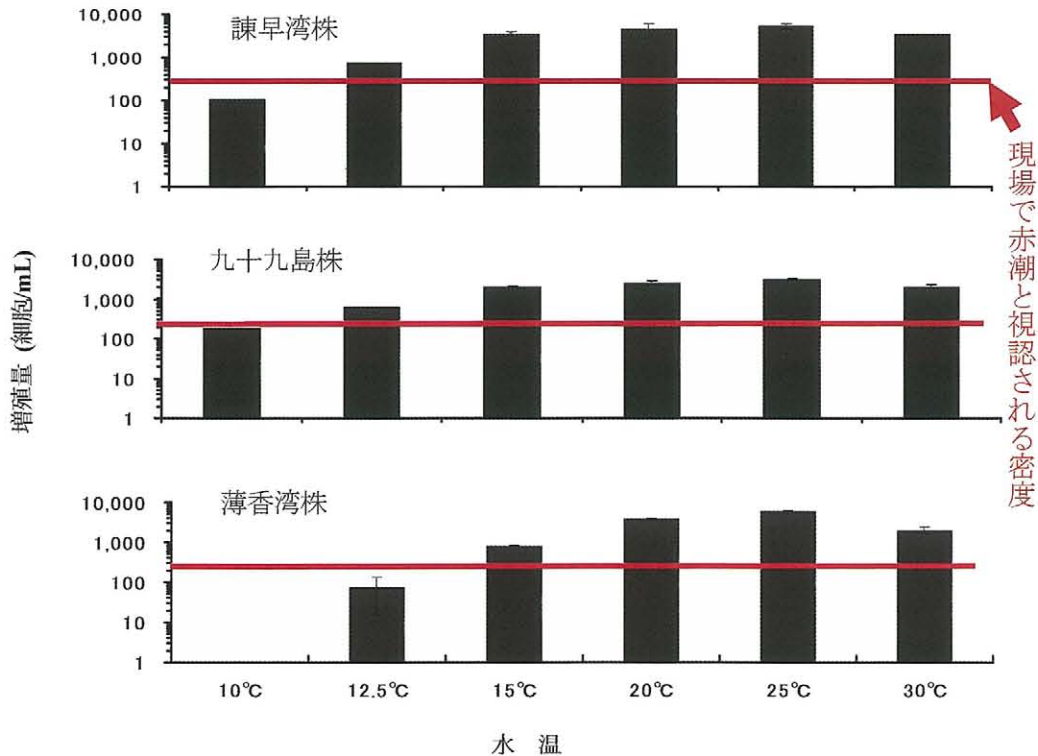


図5 コクロディニウム ポリクリコイデスの増殖に及ぼす水温の影響



また、コクロディニウムは、高水温、高塩分で活発に増殖（増殖速度が速い）し、水温27.5℃、塩分30psu前後の条件で最適増殖（増殖速度0.55day<sup>-1</sup>以上；この数値は10細胞/mLが1週間で500細胞/mLに増える速度に相当します）する特性をもっていることが分かりました。さらに、コクロディニウムは、この最適増殖条件の時に、1,000細胞/mL以上と、多く発生していることが現場調査で確認されています（図6）。

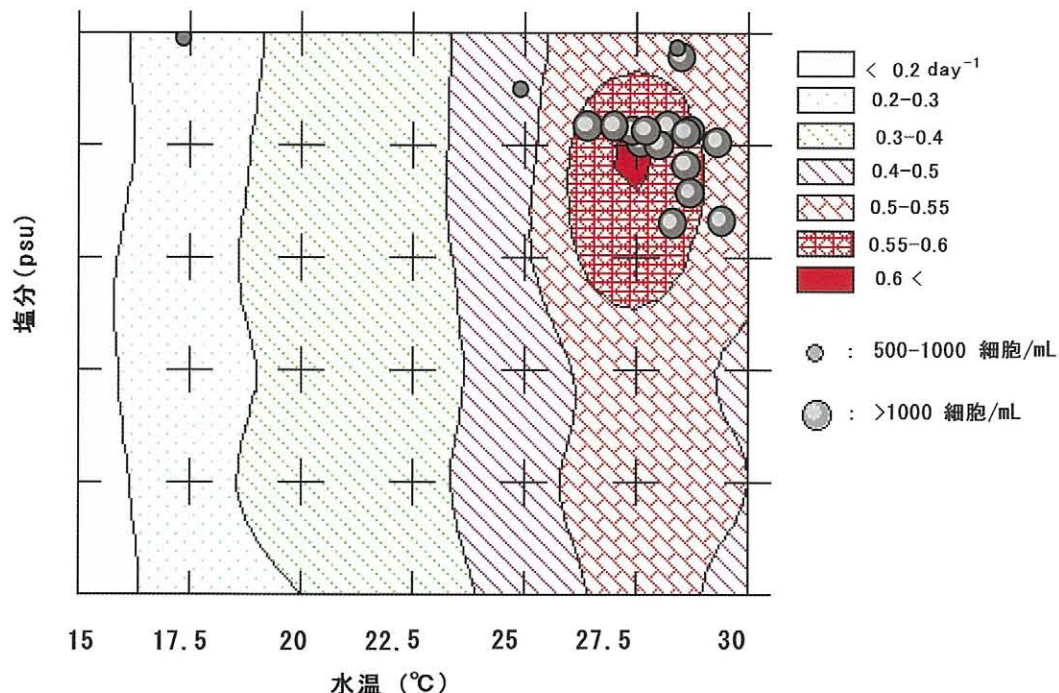


図6 コクロディニウム ポリクリコイデスの増殖速度 (day<sup>-1</sup>) に及ぼす水温、塩分の影響と現場におけるコクロディニウム ポリクリコイデス発生量と水温、塩分の関係

その他の有害種についても同様の実験を行い、シャットネラ、ヘテロカプサは30℃、ヘテロシグマ、カレニア（ギムノディニウム）は25℃で最適増殖することが判明しています。従って、これらの有害種は高水温時期（水温25～30℃）に赤潮を形成する可能性が高いことを指摘できます。

## ②漁場監視体制の整備・強化

①で、コクロディニウム等有害種の増殖が活発となる時期が特定（高水温期）されました。このような研究成果が現場でどのように利用されているかなどについて、伊万里湾、大村湾における漁場監視体制の整備・強化の事例を中心に説明します。

**伊万里湾** 平成11年8月に本種赤潮により約8億円の被害があった伊万里湾（前述）では、赤潮被害防止対策の重要性を痛感した地域関係者（漁業者、漁協、市町、県）が協議を重ね、図7に示す『赤潮調査マニュアル』を作成、そのマニュアルを基に、漁業者主導型の自主監視体制を整備し、各機関がサンプルの採取、集約、運搬、顕微鏡観察、結果の伝達など調査の役割を分担したり、高水温期（6～10月）に調査を集中させるなどの効率的な調査を実施することにより、漁業被害を防止・軽減する成果を上げています（図8）。

<伊万里湾の事例>

- 現場関係者（県普及センター、市町、漁協、養殖業者が連携）が作成した『赤潮調査マニュアル』を基に、漁業者が主体となった有害プランクトンのモニタリング体制を整備
- モニタリングは周年実施（1回/月）  
高水温時は、調査回数を増加（1～2回以上/週）



図7 伊万里湾赤潮自主監視体制

**県総合水試と4漁協**

赤潮被害を防ぎ、漁業の回復を促す。九八年八月北松島町近海に発生した赤潮は、約七千六百平方メートルの海域に広がった。県総合水試と四漁協が連携して、赤潮の発生状況を把握し、被害の拡大を防ぐための対策を講じた。赤潮は、赤潮を引き起こし、魚介類に有害なプランクトンが増える。赤潮が発生すると、魚介類の死傷や産卵障害、漁獲量の減少などが発生する。赤潮は、赤潮を引き起こし、魚介類に有害なプランクトンが増える。赤潮が発生すると、魚介類の死傷や産卵障害、漁獲量の減少などが発生する。

**赤潮対策で官民連携**

監視体制整備 被害5分の1に

伊万里湾

図8 伊万里湾における赤潮対策（長崎新聞 H17.6.26）



**大村湾** 平成7年9月、真珠養殖が盛んな大村湾形上湾で、二枚貝等貝類を特異的にへい死させる有害種ヘテロカプサによる赤潮が大規模発生しましたが、真珠養殖業者、長崎水試の連携によって、赤潮の初期段階で種類を早期に識別し、有害性を即座に知り、主要な養殖貝を湾外に移動したことで、被害を未然に食い止めることができました。本種赤潮の発生は、長崎県で初めてのことでしたが、当時、本種識別の決め手であった本種の『キツキに似た動き』が分かる動画（ビデオ）が長崎水試にあったため、いち早く種類を識別できました。本種赤潮が大規模発生した事例は全国で10数例（漁業被害総額約100億円）ありますが、被害の報告がないのは、大村湾のみです（移動しなかった蓄養中のサザエ200個体は全滅していたことが後日判明）。この後、大村湾では、真珠養殖の若手経営者でつくる「形上湾真珠研究グループ」による赤潮監視作戦がスタートし、春から秋にかけて10日に1度の海水調査が実施されるようになっていきます（図9）。同湾では平成12年にも本種赤潮が発生していますが、この時も漁業被害の報告はありませんでした。



図9 大村湾形上湾における赤潮監視

**その他** 平成11年の伊万里湾での甚大な被害の後、伊万里湾、大村湾などで実施されているような自主監視体制が近年、九十九島、佐世保、上五島などの地区にも徐々に波及しています。

図10に、長崎県におけるコクロディニウム赤潮の発生とそれに伴う被害件数の推移を示します。本種赤潮は平成13年以降急増していること、平成13年以前は本種赤潮の発生に対する被害の割合が高いこと、平成14以降は本種赤潮の発生件数が多いにもかかわらず、被害件数は毎年1件ずつと低位にとどまっていることが特徴的です。この平成14年頃は長崎県内の有害赤潮に対する自主監視体制が普及・拡大する時期とほぼ一致することから、赤潮自主監視体制整備の成果のあらわれと推察されます。当然、今後の有害赤潮発生状況推移を注意深く追跡していく必要があります。なお、長崎県

におけるコクロディニウム以外の有害種の赤潮発生件数に対する被害件数の割合は、コクロディニウムと同様、近年減少する傾向にあります。また、長崎県以外の九州海域における平成14年以降のコクロディニウム赤潮発生件数に対する被害件数の割合は、それ以前の割合に比べ、長崎県とは反対に増加する傾向にあります。

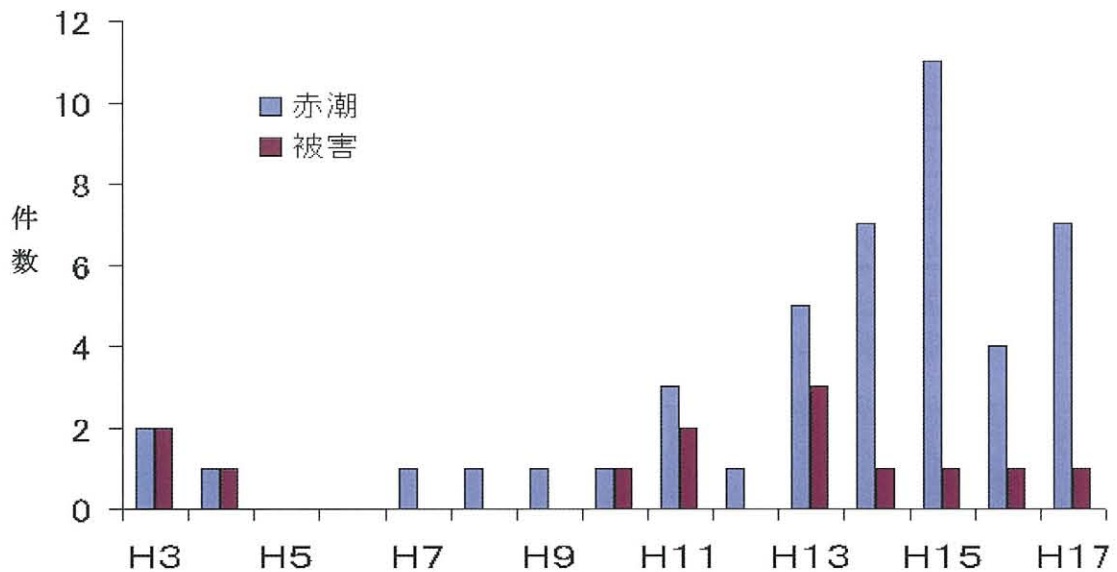


図10 長崎県におけるコクロディニウム赤潮発生状況

### ③有害種の早期識別

①で、コクロディニウムの増殖特性を知り、②で、監視体制の効率化を図っても、現場段階で有害種の識別が遅れることになれば、赤潮被害対策でもっとも重要となる「早期発見」、「早期対策」(②の大村湾の事例でも明らか)に大きな支障が生じることになります。



図11 有害赤潮による被害防止を目的に発刊された図説「長崎周辺海域の有害植物プランクトン」



現場段階で、実際に顕微鏡でプランクトンを観察している方々からは、浦々で発生している赤潮について、有害か無害かを現場で簡便・迅速に識別できるようなテキストが求められてきたことから、長崎県産業振興財団、長崎大学、総合水産試験場などが研究チームを組み、写真だけでなく、②の大村湾の事例を参考に、動きをみることができる動画入りCDを添付した図説「長崎周辺海域の有害植物プランクトン」(図11)を作製し、現場で広く活用がなされるよう県内の漁業協同組合等に無償配布しています。国内初となる動画を使ったプランクトン図説は、深刻な漁業被害の防止・軽減に結びつくと期待されます。

当センターでは、漁業協同組合からの要望によって、赤潮自主監視体制の整備・強化の観点から、本図説を使った赤潮研修会(今年6月対馬)を実施しています。今後も、各地域に出向く予定にしており、このような赤潮被害防止のため有効と考えられる取り組みを優先的に実施し、最終的には長崎県から赤潮による漁業被害を根絶したいと強く感じています。