

有明海全体に係る問題点と原因・要因の考察 (4章関係)

有明海における問題点とその原因・要因は海域ごとに異なると考えられたことから、前節までは環境特性により区分した海域ごとに問題点の特定及びその要因の考察を進めてきた。

一方、有明海が抱える諸問題には、ノリ養殖に関する問題点など、環境特性による海域区分で検討しては事象を捉えることができないものや、魚類など、空間として有明海全体で捉えるべきものもある。

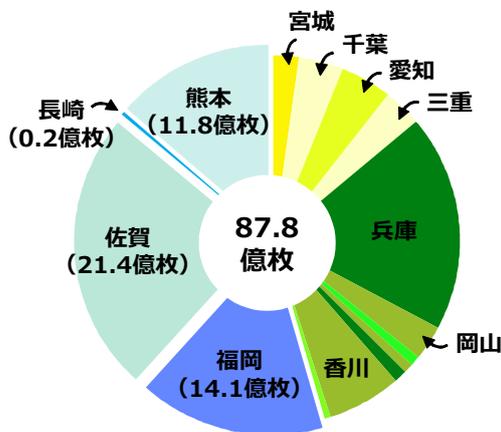
このため、本節では有明海全体に係る問題点として、「ノリ養殖の問題」及び「魚類等の変化」について整理し、その原因・要因について考察を行うこととした。

なお、本節と同様に八代海全体に係る問題点とその原因・要因の考察については、資料7-6にて整理した。

1 ノリ養殖の問題

近年、わが国の養殖ノリ生産枚数および生産額は、それぞれ 80~90 億枚および 800~950 億円程度で推移しているが、そのうち、福岡県、佐賀県、長崎県、熊本県の4県で、生産枚数の 54%、生産額の 55%を占めている(2012年、図1、農林水産省・大臣官房統計部 2013)。このように、有明海は、国内最大の養殖ノリの生産地であることから、有明海におけるノリ養殖の生産は、わが国のノリ養殖やノリの流通などに多大な影響を及ぼすことになる。

(1) 生産枚数



(2) 生産額

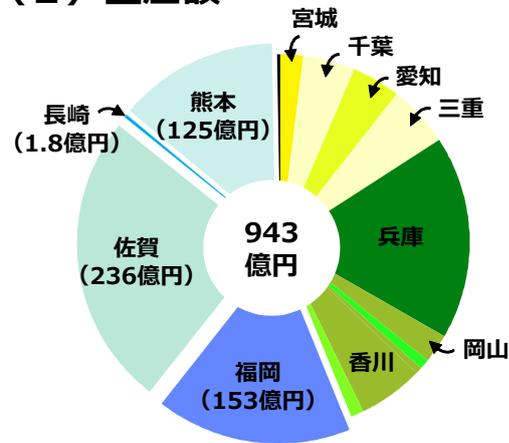


図1 2012年における養殖ノリの産地別生産枚数と生産額

① 現状と問題点の特定

有明海の福岡県、佐賀県、長崎県および熊本県海域における1980年代以降のノリ養殖の生産枚数および生産額の推移を図2に示した。福岡県海域におけるノリ養殖の生産枚数は1980年代に増加し、1990年代以降、概ね15億枚前後で推移している。生産額についても、1980年代に増加し、1991年度には200億円にまで達した。その後、減少し、2000年代以降は概ね150億円前後で推移している。佐賀県海域におけるノリ養殖の生産枚数は、1980年代に10億枚程度であったのが、1990年以降増加し、2000年代中頃以降は、概ね20億枚前後で推移している。生

産額は、年度による変動が大きい、1980年代以降、概ね200億円前後で推移している。熊本県海域におけるノリ養殖の生産枚数および生産額は、ともに1980年代に増加し、1990年代中頃以降、それぞれ10億枚および100億円前後で推移している。一方、長崎県海域におけるノリ養殖の生産枚数および生産額は、1990年前後に減少し、1990年代中頃以降、生産枚数は2千万枚前後、生産額は概ね2億円程度で推移している。

このように、近年、有明海におけるノリ養殖の生産量は、長崎県海域を除くと、高い水準で推移している。しかしながら、毎年、高い生産量が安定して維持されているわけではなく、年度によって、生産量の増減が見られる。

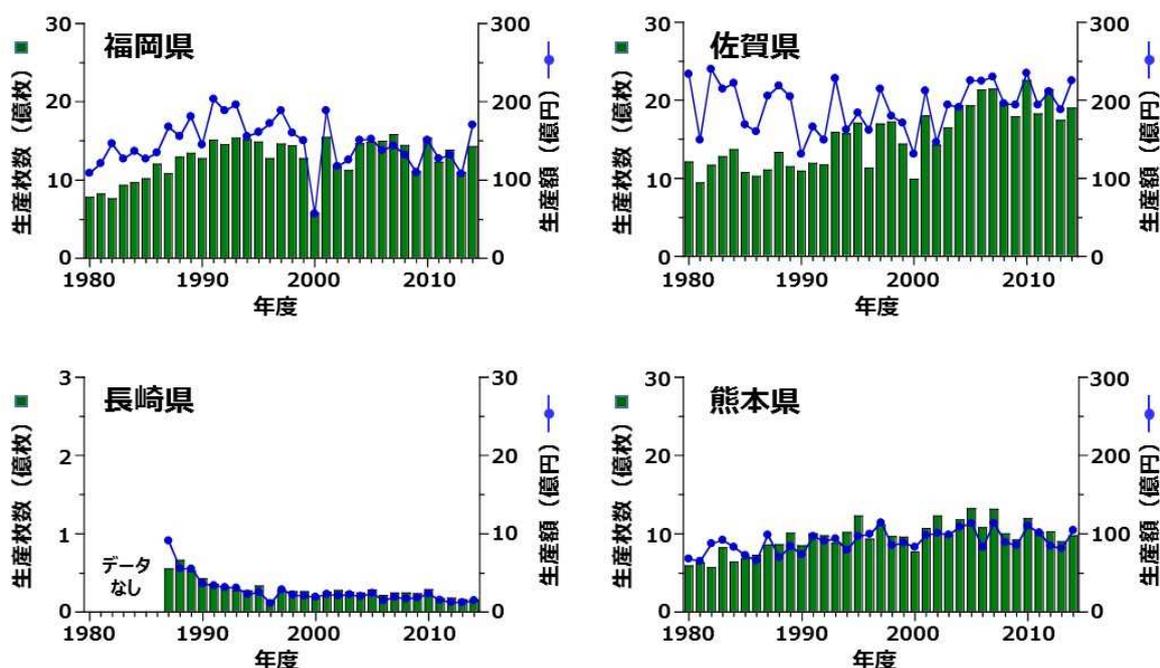


図2 有明海の福岡県、佐賀県、長崎県および熊本県海域における養殖ノリの生産枚数(カラム)及び生産額(折れ線)の推移。

長崎県海域については、1986年度以前のデータが集計されていない。また、1995年度以前の熊本県海域のデータについては、八代海のデータを含む。

## ② 要因の考察

安定したノリ養殖の生産を阻害している要因としては、あかぐされ病、壺状菌病、スミノリ症などに代表される病害、色落ち、水温上昇に伴う漁期の短縮などが挙げられる。これらのなかで、特に「色落ち」は、2000～2001年のノリ漁期に、有明海で大きな問題となったノリの大不作をもたらした要因とされており、現在でも有効な対策を講じるには至っていない。

ノリの「色落ち」とは、ノリ葉体の細胞中における色素(クロロフィル、フィコエリスリンなど)の生成が阻害されることによって、色調が黒色から茶褐色に変化する現象を指す(有賀 1980)。色落ちしたノリは、商品価値が下がるため、生産枚数や生産額の減少につながる。ノリの「色落ち」のメカニズムについて、その全容は明らかとされていないが、海水中の栄養塩濃度の低下が重要な役割を果たしているであろうと考えられている(藤澤ら 2000、白石 2010、村山ら 2015)。

図 3)。秋季から冬季の有明海湾奥部における海水中の栄養塩濃度の低下をもたらす要因のひとつとして、珪藻類による赤潮の発生が挙げられる。有明海における秋季～冬季（10月～翌3月）の珪藻赤潮の発生件数について、データが整理されている1985年度以降の推移を図4に示した。1980年代中頃～1990年代における珪藻赤潮の発生件数は、年間4～5件程度であったが、2000年以降、急増し、2005年前後に減少したものの、2011年以降、再び増加傾向にある。また、有明海における年間の赤潮発生件数のうち、秋季～冬季（10月～翌3月）の珪藻赤潮が占める割合は4分の1程度に過ぎないが、赤潮による被害件数に着目すると、その大部分は秋季～冬季（10月～翌3月）の珪藻赤潮の発生によるノリの色落ち被害である。

ノリの色落ちと珪藻赤潮との関係を検証するため、有明海福岡県海域を例に、1985年度以降のノリの色落ちの発生期間と珪藻赤潮の発生期間とを対比した（図5）。その結果、多くの場合、ノリの色落ちに先行する形で珪藻赤潮が発生しており、珪藻赤潮の発生とノリの色落ち被害とが密接に関係していることが示唆された。すなわち、珪藻類が赤潮を形成することによって、海水中の栄養塩濃度が急激に低下し、養殖ノリに必要なとされる栄養塩が減少する結果、色落ちが生じているものと推察される。

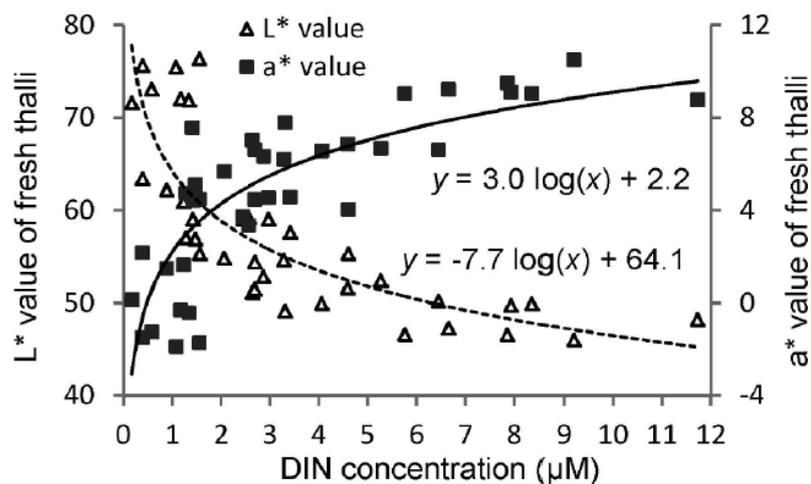


図 3 備讃瀬戸海域における溶存態無機窒素（DIN）濃度とノリの色調（L\*値，a\*値）との関係  
村山ら（2015）より引用。L\*値は明るさ、a\*値は赤みを示す指標で、

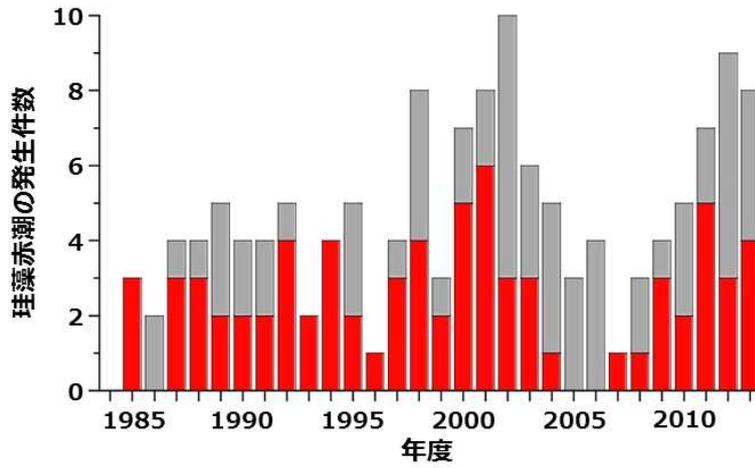


図4 有明海における秋季～冬季（10月～翌3月）の珪藻赤潮の発生件数の推移

赤色のバーは被害件数を示す。

出典：九州海域の赤潮（水産庁九州漁業調整事務所）をもとに作成。

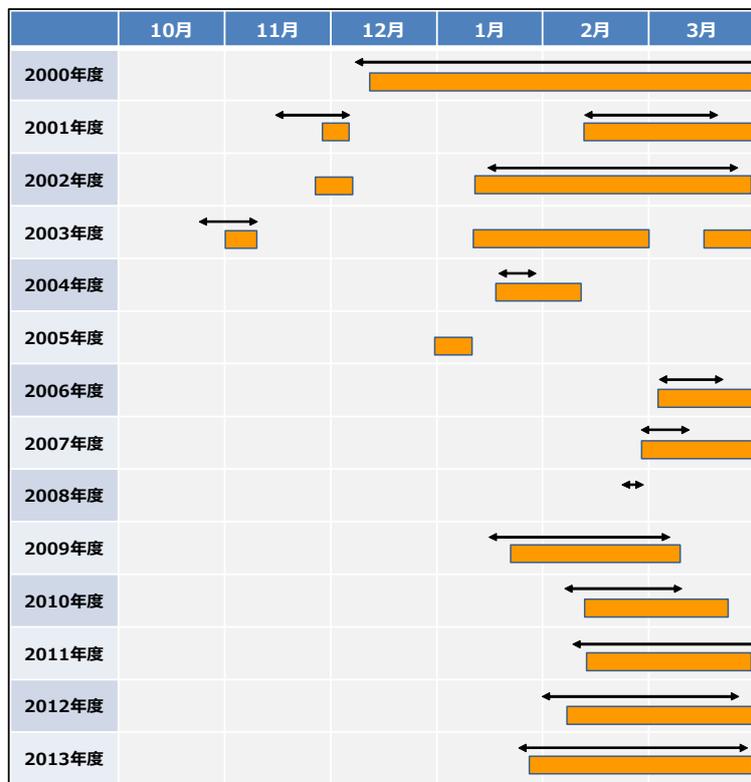
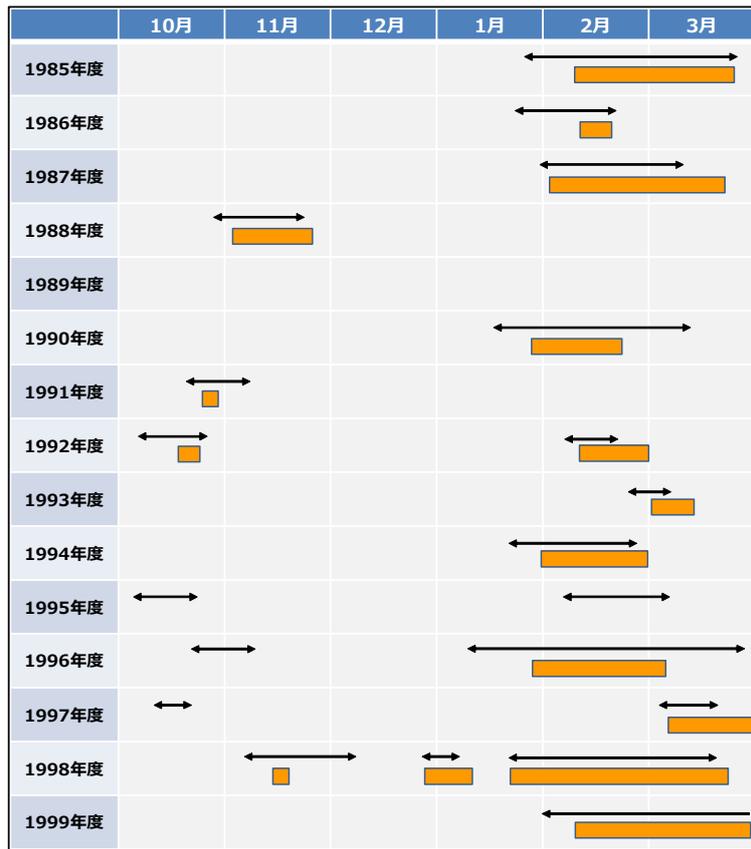


図5 有明海福岡県海域におけるノリの色落ちの発生期間 (■) と珪藻赤潮の発生期間 (矢印)

通常、細胞あたりの栄養塩吸収量が大きい大型の珪藻類、例えば *Eucampia zodiacus* や *Coscinodiscus wailesii*、*Rhizosolenia imbricata* などの種が、ノリの色落ちを引き起こす原因プランクトンとして位置づけられている (図6)。また、世界各地の沿岸・内湾域で普遍的に生息している *Skeletonema* spp.等の小型珪藻類についても、ノリ漁期に赤潮を形成すると、色落ちを引き起こす場合がある。ここでは、これまでに有明海で大規模なノリの色落ち被害を引き起こした3種の珪藻類 (*Rhizosolenia imbricata*、*Eucampia zodiacus* および *Asteroplanus karianus*) に焦点を当て、それぞれの種の有明海における赤潮の発生状況と発生機構について述べる。

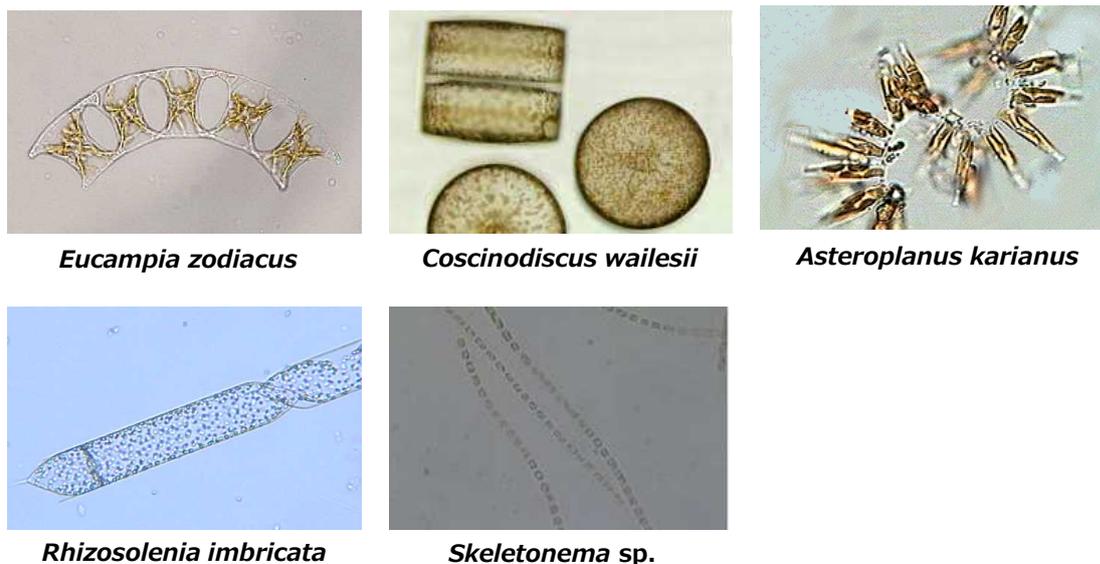


図6 ノリの色落ちの原因となる主な珪藻類

### 1) *Rhizosolenia imbricata*

*Rhizosolenia imbricata* (図6) は、主に暖海の外洋域に分布する大型 (殻径 10~60  $\mu\text{m}$ 、殻長 100~500  $\mu\text{m}$ ) の珪藻類で、増殖可能な水温帯が比較的高く、低塩分への耐性が低いという特徴を持つ (佐々木・鬼頭 2003)。本種は、2000年度に有明海で発生したノリの大不作 (色落ち) の原因種と推定されていることもあり、環境省 有明海・八代海総合調査評価委員会 (2006 (平成18) 年12月) 委員会報告においては、本種を想定した形で、大型珪藻類の発生機構が整理されている (図7)。しかしながら、2000年度のノリの大不作以降、有明海において、*R. imbricata* による赤潮が発生したとの報告はなされていない。

### 2) *Eucampia zodiacus*

*Eucampia zodiacus* (図6) は、極域を除く世界中の沿岸域に広く分布し、頂軸長が 100  $\mu\text{m}$  に達する大型の珪藻類で、ノリの色落ち被害が頻発している東部瀬戸内海においても重要な色落ち原因種として位置づけられていることから、水温や栄養塩に対する増殖特性など、生理・生態学的知見が精力的に収集・整理されている (例えば、西川 2002、西川 2004、Nishikawa et al. 2007、Nishikawa et al. 2009、Nishikawa et al. 2011)。

有明海において、*E. zodiacus* は 1980 年代より出現が確認されており、1980

年代後半や2000年前後に、比較的高密度で出現していた(図8)。2011年度以降も、高密度での出現が連続してみられており、特に2013年度の冬季には、本種による赤潮が有明海のほぼ全域で発生し、多くのノリ漁場で色落ち被害が生じた。

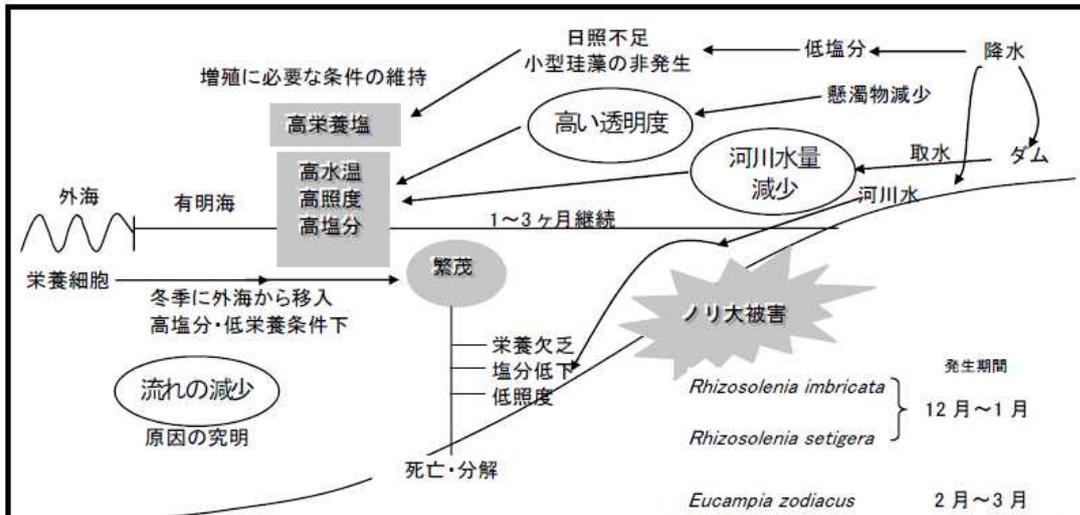


図7 大型珪藻類(主に *Rhizosolenia imbricata*) の発生機構  
 環境省 有明海・八代海総合調査評価委員会(2006(平成18)年12月)委員会報告より抜粋。*R. imbricata*は、塩分が高い冬季に外海から湾内に移入。日照不足等によって、小型珪藻の増殖が抑えられた後に、増殖に必要な条件(高水温、高照度、高栄養塩など)が整うと大発生につながる。

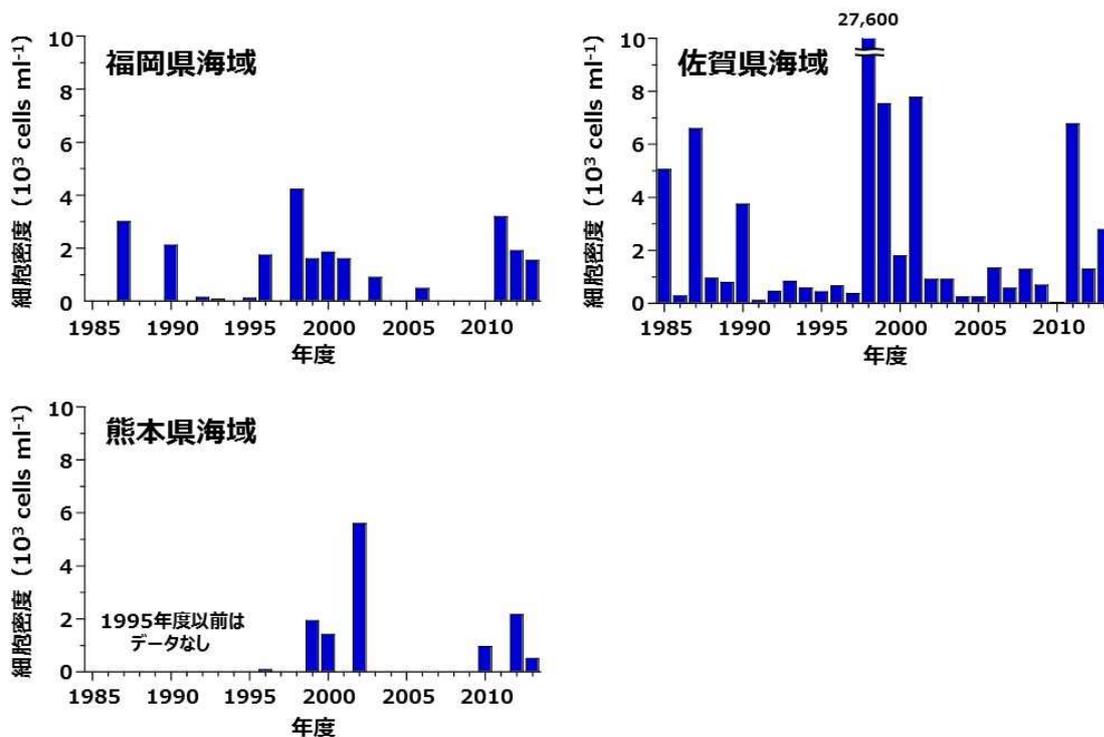


図8 有明海福岡県海域、佐賀県海域および熊本県海域における *Eucampia zodiacus* の最高細胞密度の経年変化

有明海での *E. zodiacus* による赤潮の発生機構については、いまだ充分には解明されておらず、断片的な知見にとどまっている。Ito et al. (2013) は、2011年度冬季の比較的大規模な本種による赤潮発生時に実施した観測結果から、まず *Skeletonema* spp.などの小型珪藻類の増殖が見られ、それらが衰退した2月下旬から *E. zodiacus* の細胞密度が急激に増加したこと、海水中の栄養塩濃度は、小型珪藻類の増殖により減少し、その後の *E. zodiacus* の増殖にともなって急激に低下したことを報告している(図9)。また、観測当初に沖合域の底層に分布していた *E. zodiacus* は、濁度が低下する小潮期の後に、細胞密度が増加する傾向がみられたことから、光環境の改善が海水中で沈降しつつある *E. zodiacus* が赤潮のレベルまで個体群を拡大する要因のひとつであると推察した(図10、図11)。

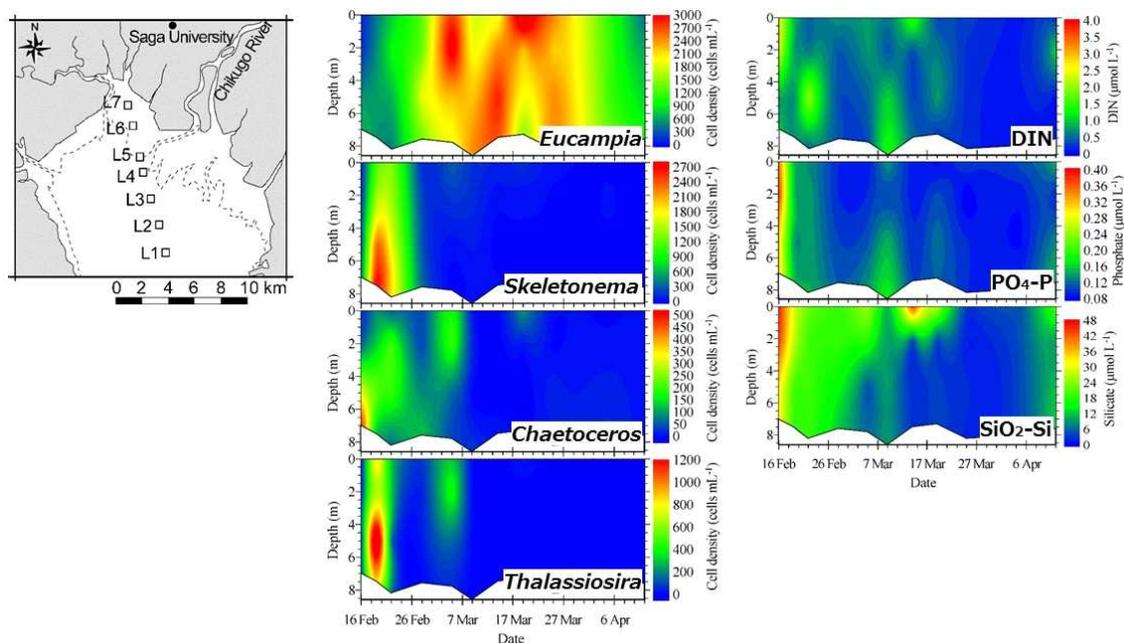


図9 有明海湾奥部の観測定点(L4)における植物プランクトン(*Eucampia zodiacus*、*Skeletonema* spp.、*Chaetoceros* spp.、*Thalassiosira* spp.)の細胞密度および栄養塩濃度(溶存態無機窒素DIN、リン酸態リンPO<sub>4</sub>-P、ケイ酸態ケイ素SiO<sub>2</sub>-Si)の経時変化(2012年2月~4月)。Ito et al. (2013) より引用。

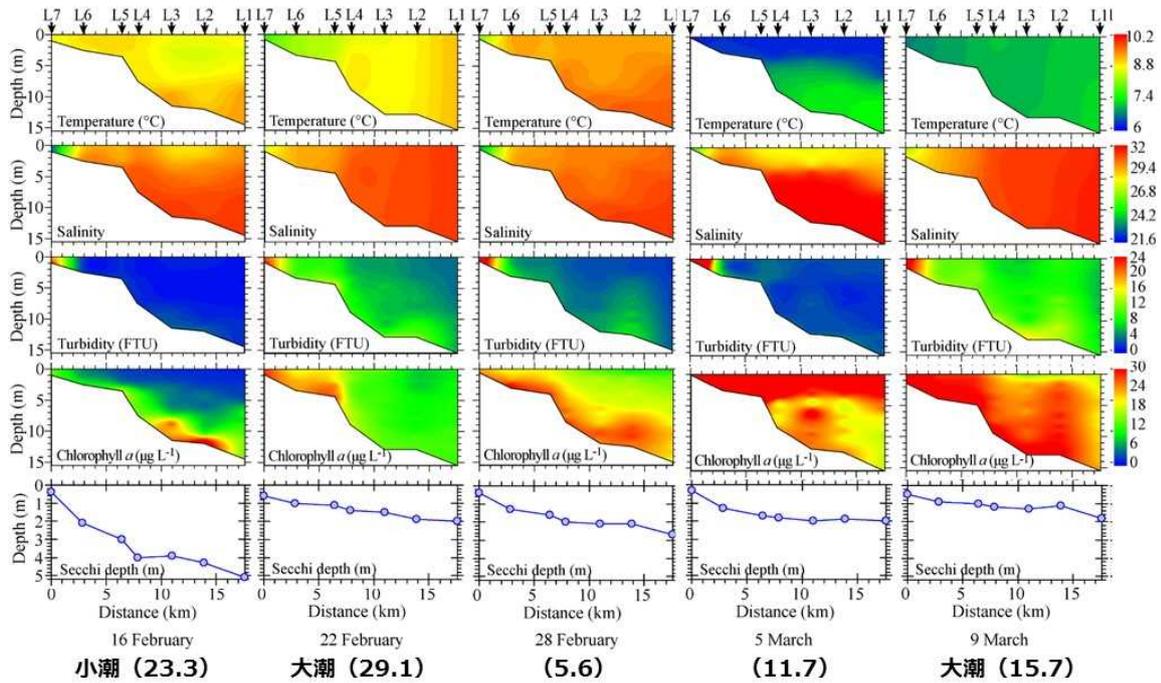


図 10 有明海湾奥部の観測定線における水温、塩分、濁度、クロロフィル a 濃度の鉛直分布及び透明度の経時変化 (2012 年 2 月~4 月)。Ito et al. (2013) より引用。

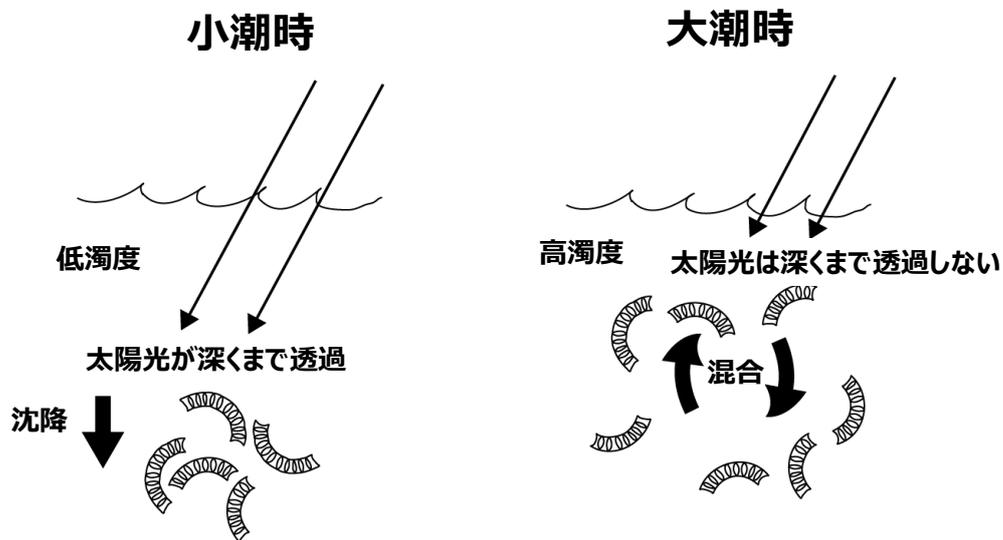


図 11 有明海における *Eucampia zodiacus* による赤潮の発生機構 (概念図) Ito et al. (2013) をもとに作成。

3) *Asteroplanus karianus*

*Asteroplanus karianus* は、有明海や噴火湾などの海域で分布が確認されている中型（細胞長 16~68  $\mu\text{m}$ ）の珪藻類で、近年の研究から、休眠期細胞の復活とその後の増殖は、高水温よりも低水温の方が至適であること、効率的に増殖するには窒素源が豊富に存在する環境が必要であることなどが明らかにされている（松原ら 2014、Yamaguchi et al. 2014）。

有明海佐賀県海域における *A. karianus* による赤潮の発生状況を見ると、1980~2000 年代前半においても出現が認められていたが、2007 年度以降、単独で、かつ高密度の赤潮を形成する傾向が見られる（図 12）。また、本種による赤潮の形成とノリの色落ち被害との関係を比較してみると、赤潮の発生海域の拡大にともない、ノリの色落ち被害も拡大していく様子が明瞭に認められる（図 13）。一方で、本種は、有明海において、これまで佐賀県海域以外の海域で赤潮を形成した報告はなく、きわめて赤潮の発生海域が限定されていることも本種による赤潮の特徴である。

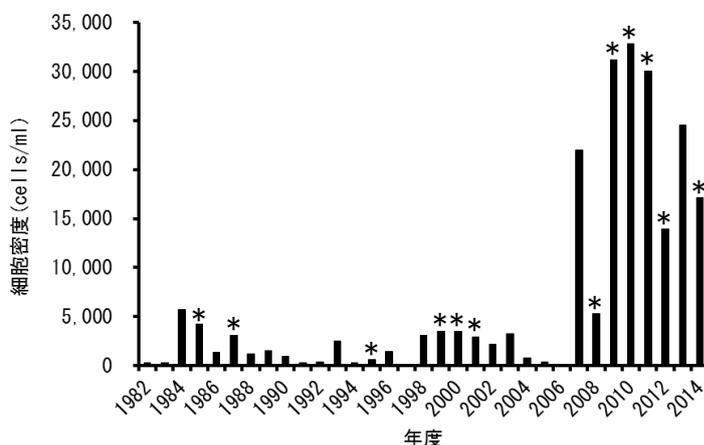


図 12 有明海佐賀県海域における *Asteroplanus karianus* の最高細胞密度の変動。  
\*は、本種を構成種に含む赤潮により色落ち被害が発生した年度を示す。

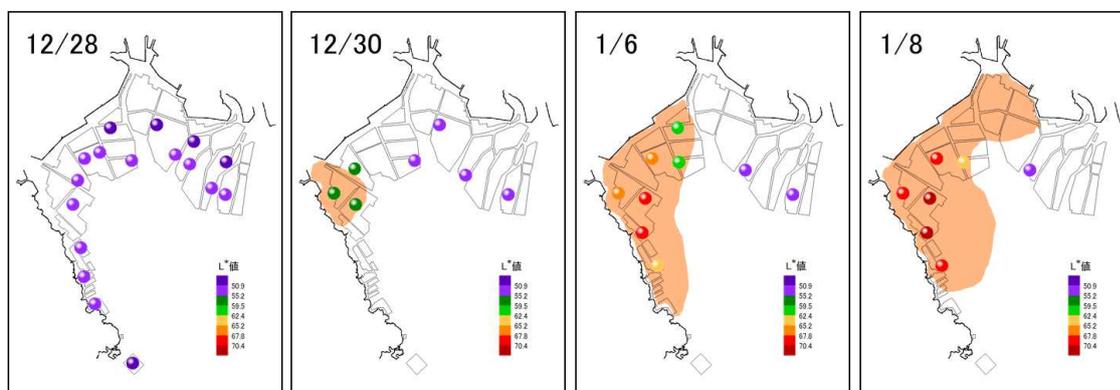


図 13 有明海佐賀県海域における *Asteroplanus karianus* による赤潮の発生海域とノリの色落ち状況の推移（2011 年度）

現在のところ、*A. karianus* による赤潮の発生が、有明海の佐賀県海域において、2007 年度以降、単独で高密度の赤潮を形成するようになった要因は不明である。ただし、これまでの研究から、本種は水温および全天日射量が年間で最低となる時期に赤潮を形成する傾向にあること (図 14)、鉛直混合期に細胞密度が増加する傾向にあること (図 15) などが明らかとなっており、本種による赤潮の発生には、水塊の鉛直混合や低水温、高栄養塩濃度などの環境条件が寄与している可能性が示唆される。

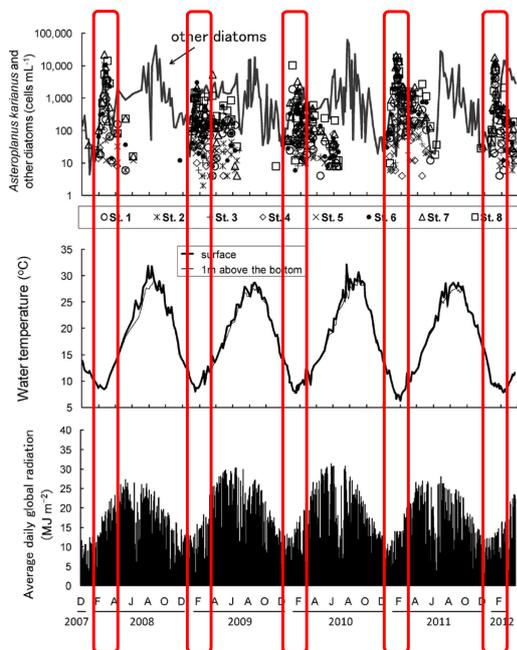


図 14 有明海佐賀県海域表層における珪藻類の細胞密度、水温および全天日射量の推移 (2007 年 12 月～2012 年 3 月)。松原ら (2014) をもとに作成。

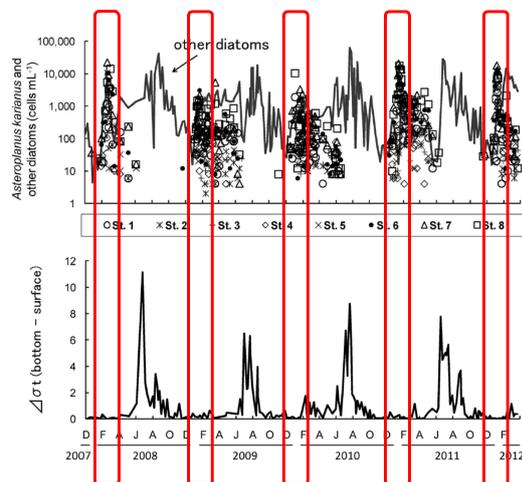


図 15 有明海佐賀県海域表層における珪藻類の細胞密度と鉛直安定度  $\Delta\sigma_t$  の推移 (2007 年 12 月～2012 年 3 月)。松原ら (2014) をもとに作成。

また、有明海では、近年、ノリの採苗時期が遅れる傾向にある。有明海の福岡県、佐賀県及び熊本県海域における 1981 年度以降のノリの採苗日と 10 月の表層水温の推移を図 16 に示した。福岡県海域における 1997 年度までのノリの採苗日は、10 月 1 日～5 日 (平均 10 月 2 日) の範囲にあったが、1998 年度以降 2006 年度までは 10 月 4 日～13 日 (平均 10 月 8 日)、2007 年度以降は 10 月 14 日～27 日 (平均 10 月 18 日) と 15 日程度も遅くなっている。同様の傾向は、佐賀県および熊本県海域においても認められる。ノリの採苗時期は、水温や潮汐などの海況条件を踏まえ、関係者が協議のうえ決定される。特に、ノリは、採苗直後の幼芽の段階で水温 25℃以上の高水温にさらされると、様々な生育障害が生じることから (山内 1974、三根ら 2014、西海区水産研究所 2014)、秋季水温の上昇は、ノリの採苗に多大な影響を及ぼす。実際、有明海のノリ漁場周辺海域における秋季 (10 月) 水温は、1990 年代後半以降、高めで推移している (図 16)。したがって、近年の秋季水温の上昇が採苗時期の遅れやそれに伴う冷凍網期の開始 (冷凍網出庫) の遅れなどにつながっており、ひいてはノリ養殖の生産にも影響を及ぼしていることが示唆される。

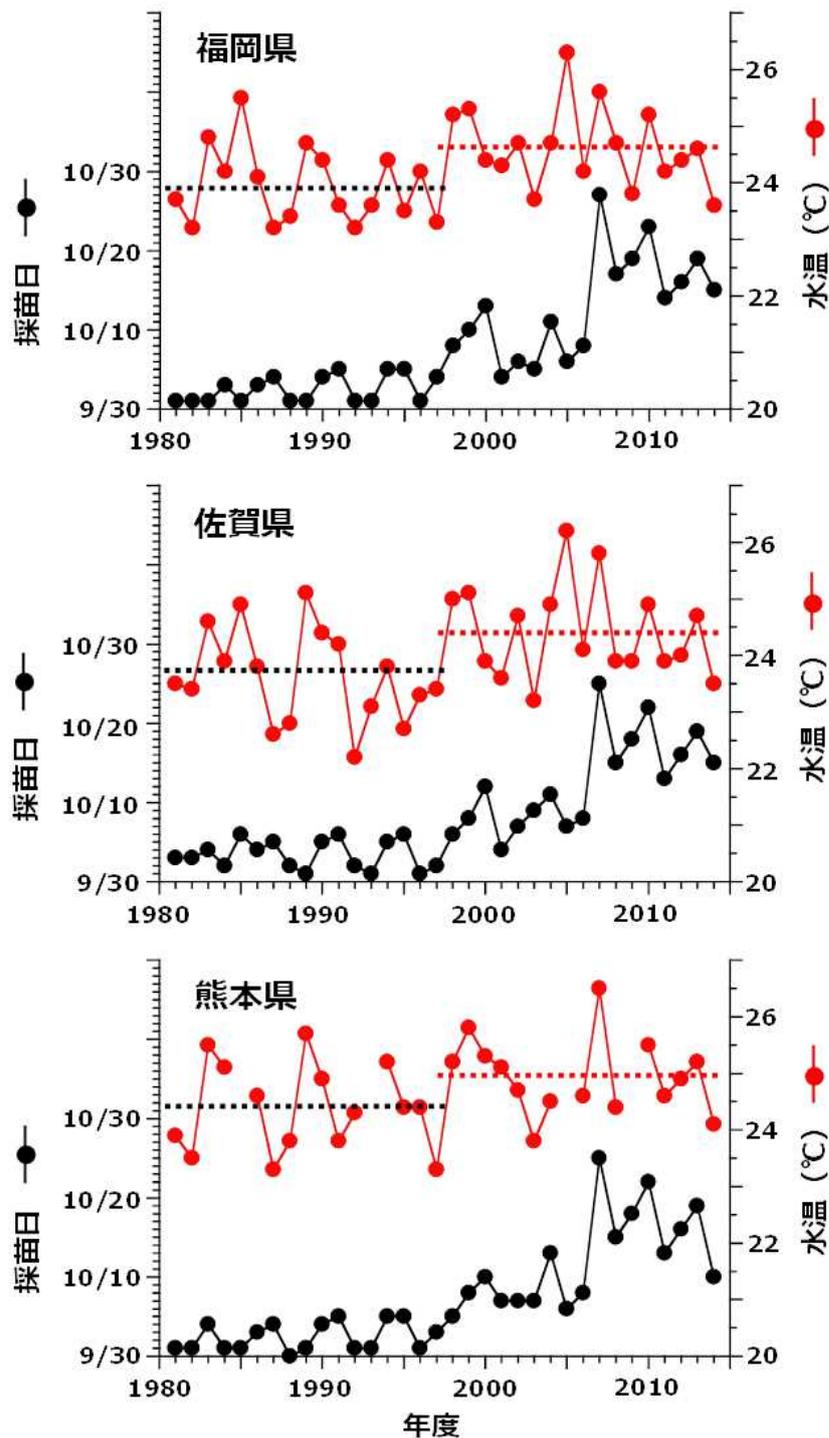


図 16 有明海の福岡県、佐賀県及び熊本県海域におけるノリの採苗日と10月の表層水温の推移。黒色及び赤色の破線は、それぞれ1981～1997年度及び1998～2014年度の表層水温の平均値を示す。ノリの採苗日は各県機関から提供されたデータを使用した。10月の表層水温については、各県機関で実施されている浅海定線調査で得られた水温データ（福岡県：定点S4、佐賀県：定点10、熊本県：定点12）を使用した。

## ③ まとめ

近年、有明海におけるノリ養殖の生産量は、比較的高い水準で推移しているが、毎年、高い生産量が安定して維持されているわけではなく、年度によって、生産量の増減がみられる。安定したノリ養殖の生産を阻害している要因として、あかぐされ病、壺状菌病、スミノリ症などに代表される病害、色落ち、水温上昇に伴う漁期の短縮などが挙げられる。ノリの色落ちは、珪藻類が赤潮を形成することなどによって、海水中の栄養塩濃度が急激に低下し、養殖ノリに必要な栄養塩が減少する結果、生じているものと推察される。

## 2 魚類等の変化

### ① 現状と問題点の特定

有明海では魚類資源に関する研究が少なく、漁獲努力量など資源評価を行うための基礎資料が整備されていないため、ここでは漁獲量の動向を資源変動の目安と考える。

魚類の漁獲量は、1987年をピーク（13,000 t 台）に減少傾向を示し、1999年には6,000 t を割り込んだ（図17）。有明海の主要魚種の大半は底生種であり、そうした種の漁獲量が減少しているが、特にウシノシタ類、ヒラメ、ニベ・グチ類、及びカレイ類の漁獲量は、1980年代後半から減少を続け、1990年代後半に過去の漁獲統計値（1976年以降）の最低を下回っている（図18、図19）。また、クルマエビも同様の傾向を示している（図19）。その後も減少傾向が続いているが、魚類の漁獲量が最も多かった長崎県の漁獲量の減少程度が大きく、2005年以降は熊本県が長崎県を上回ることが多くなった。

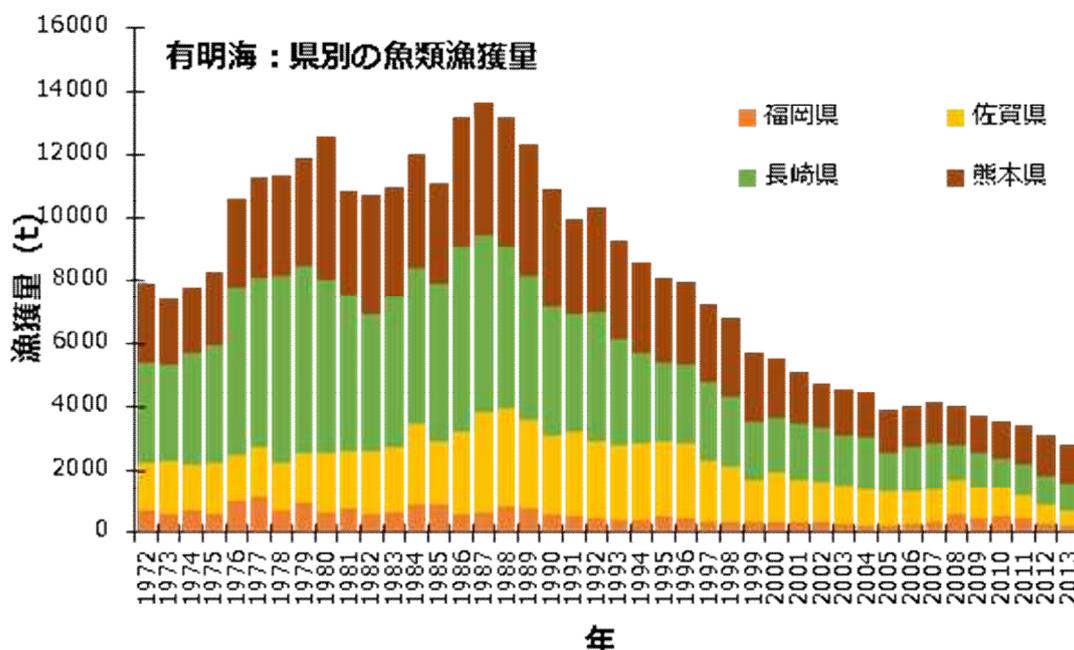


図17 有明海の県別魚類漁獲量

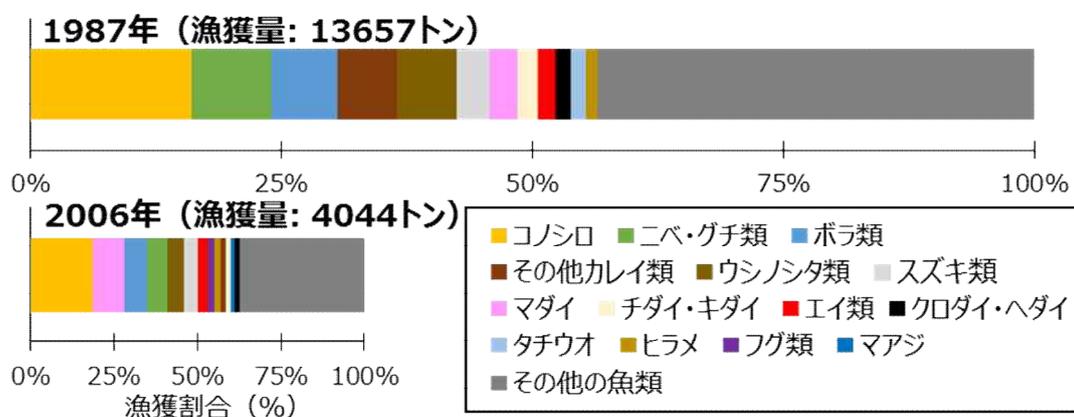


図18 有明海の魚類漁獲割合（1987年と2006年の比較）

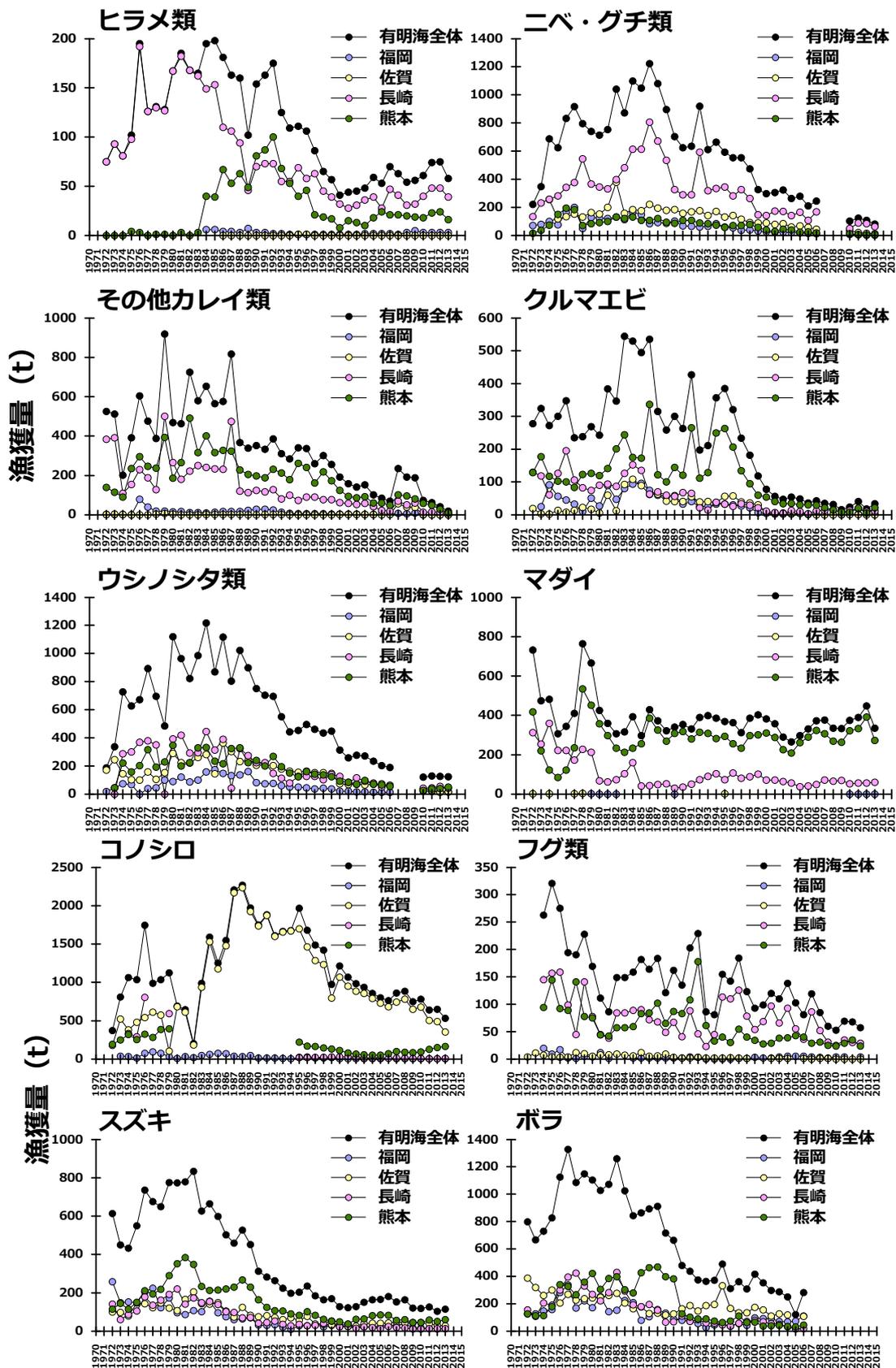


図 19 有明海における主要な魚類漁獲量の経年推移

## ② 要因の考察

## (a) 魚類等の再生産機構

ここでは、他魚種に比べて減少が著しいとみられる魚類について、その要因の考察を行う。資源の減少が著しい種や有明海を代表する種について、卵や仔魚の輸送機構、輸送経路、初期生態、産卵場や成育場の特定などを行った結果として、かつて漁獲量が最も多く、近年資源量の減少が著しいシログチ、デンベエシタビラメ等を例に、有明海の底魚魚類の再生産機構を図 20～図 22 に示す。

シログチは、有明海中央部で最も優占する魚種であり、有明海では鮮魚や練り製品の原料などに利用されている漁業資源である。漁業者への聞き取りでは、近年最も資源が減少した種の一つとして挙げられている。シログチは日本の沿岸域に普通に生息する種で、有明海周辺でも、橘湾から外海へと連続して分布しているが、有明海・橘湾系群は、外海のものとは異なる系群であることが明らかになっている。有明海のシログチは産卵場と成育場がかなり離れており、卵や仔魚が成育場まで輸送される有明海に特徴的な再生産の仕組みを持つ。このような再生産の仕組みは、他の海域に生息するシログチとは異なることが分かっており、有明海を代表する生活史のパターンである。このような再生産の仕組みを持つ種には、コウライアカシタビラメやクルマエビ(図 23)が挙げられる。

有明海のシタビラメ類は、“クチゾコ”や“クツゾコ”と呼ばれ、重要な漁業資源となっている。有明海ではこれまでに、イヌノシタ、コウライアカシタビラメ、デンベエシタビラメ、ゲンコ、及びオキゲンコの少なくとも5種を確認している。デンベエシタビラメは有明海特産種、コウライアカシタビラメは準特産種に分類されている。デンベエシタビラメの仔魚は、コウライアカシタビラメやシログチの場合と異なり、産卵場である湾奥部および諫早湾に広く出現し、稚魚も同様に湾奥部および諫早湾の浅海域に広く分布する。変態直前の仔魚から着底後の稚魚は、潮間帯から河口域にも出現することが分かっている。このように全生活史を湾奥に依存する種には、他にコイチなどが挙げられる。



### シログチ



- ①有明海の底魚魚類中の最優占種。
- ②有明海特有の再生産機構を持つ。
- ③近年資源の減少が著しい種の一つ。

↓

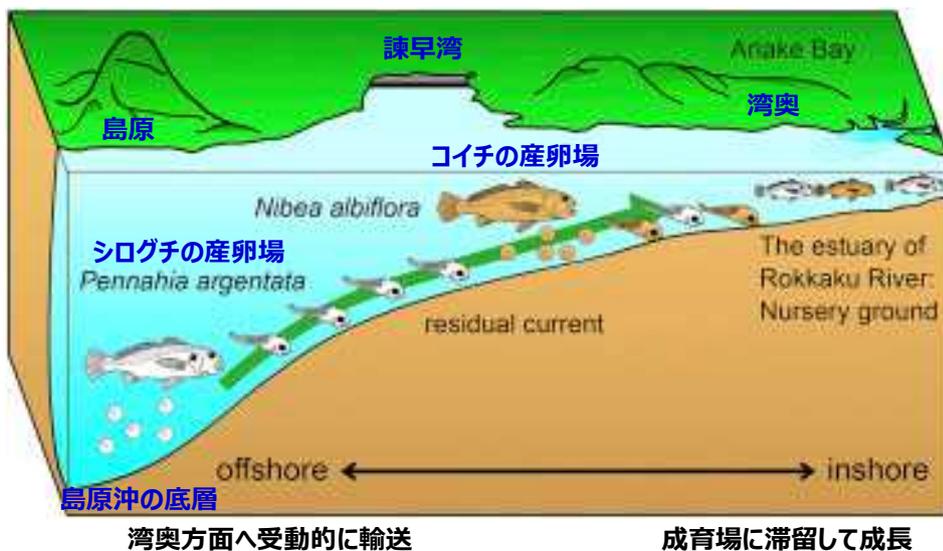
シログチをモデル生物として、輸送のしくみ、生残機構、初期減耗要因等を研究。

#### 【結果】

- 寿命は6年程度、生後1年で成熟
- 産卵は6月～8月にかけて、産卵場は島原半島沖の底層（有明海中央～湾口部の水深40～60m）⇒孵化仔魚は有明海の西側を受動的に輸送されることが判明。奥部の干潟・河口域は稚魚の成育場
- 佐賀県太良沖から福岡県の大和町にかけて多くの仔魚が集積し、しばらくの間とどまる可能性。
- 稚魚はそれよりも奥の河口域を中心に出現する。

(Yamaguchi et al., 2006, 山口ら2008, Kume et al. 2015などより)

図20 シログチに代表される再生産機構  
出典：長崎大学・平成19～21年度などより



外部形態からは同定が困難であることが判明したコイチ・シログチ仔魚について、mtDNA-PCR法による簡易判別方法を確立 (Kume et al. 2015)。

図21 フィールド調査とDNA分析等により明らかになったシログチ・コイチの卵・仔魚輸送機構と成育場 (資料提供：山口・長崎大学)

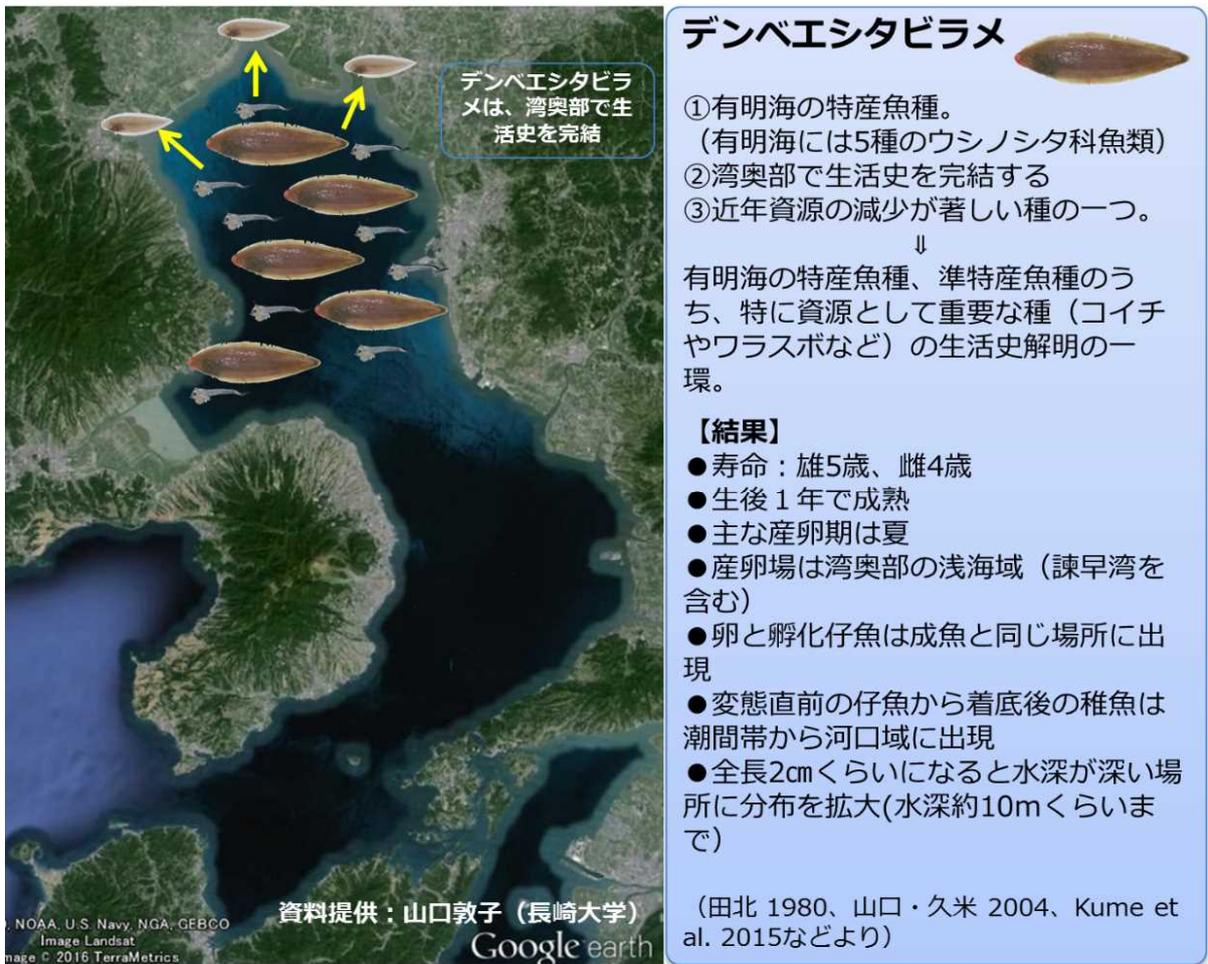


図 22 デンベエシタビラメの生産機構  
出典：長崎大学・平成 19～21 年度などより

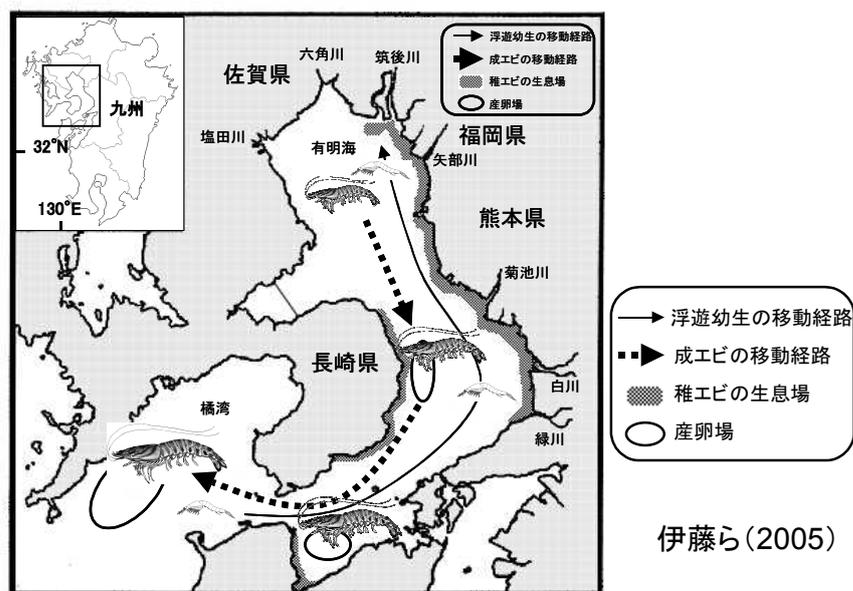


図 23 クルマエビの産卵場所と稚エビの出現場所

出典：中田英昭 (2005) 「第 17 回有明海・八代海総合調査評価委員会  
資料-2 水産資源に関するとりまとめ (2) 主に魚類資源について」

これまでに明らかになった成果に基づき、産卵場や成育場など各種の生活史ステージにおける海域利用について、海域区分に従って記すと、産卵場はA7海域、仔魚の輸送経路はA3・A5海域、仔魚の成育場はA2・A3海域、稚魚の成育場はA1海域であることが分かった。コウライアカシタビラメなどが同様の海域利用を示すことが判明している。

これらの生活史を持つ底生魚類の減少要因を考察すると、底質や底層環境の変化等に加え、卵から仔稚魚期までを過ごす成育場の環境変化や卵仔魚の輸送に関わる流れの変化などが初期減耗を高めている可能性もある。

有明海の特産魚類は河口域、感潮域を仔稚魚の成育場として利用しており、護岸構造物の設置、人為的な流量操作、採砂などが複合的に影響する可能性があると考えられる。

また、有明海の準特産魚種であるコイチやデンベエシタビラメなどは湾奥部(A2、A3海域)で産卵し、その仔魚は湾奥部沿岸の浅海域(A1海域)を成育場とすること、さらに河口域が稚魚の成育場となっていることが明らかとなっており、感潮域、河口域、干潟・浅海域の減少や環境悪化が初期減耗を高め、資源減少を引き起こしている可能性がある。

初期減耗要因の解明に関連して、仔稚魚の生残に関わる産卵場から成育場への輸送経路および仔稚魚成育場の環境についての調査結果として、ニベ科仔魚およびデンベエシタビラメ仔魚の個体数密度と採集地点における溶存酸素量との関係を図24に、餌生物(カイアシ類)に対する選択性について図25に示す。

仔魚の個体数密度と現場で観測されたD0との関係からは、ニベ科仔魚(コイチ、シログチ)では2.7mg/l、デンベエシタビラメでは、3.05mg/l以下では仔魚は出現していないことがわかった。これらの値をもってただちに仔魚の分布を制限する閾値であると断定することはできないが、一つの目安と考えることは出来る。初期減耗を低減し、環境再生の目標を設定するうえでも、仔魚が生息可能な溶存酸素量を明らかにしておくことが重要である。また、餌環境も初期発達段階の仔魚の生残に関わる重要事項である。同所で採集されたニベ科およびシタビラメにとっては小型のカイアシ類が重要な餌生物となっていたが、ニベ科では*Pseudodiaptomus marinus*が、デンベエシタビラメでは*Microsetella norvegica*が種特異的に重要な餌生物として利用されていたことから、同所に生息するものでも種によって餌の選択性には違いがあることがわかった。

有明海には河川循環流が卓越し、遊泳力の乏しいシログチの卵や仔魚は常に中底層に分布し、中底層の湾奥向きの残差流により受動的に湾奥へと輸送されていると考えられる。年による中底層の残差流の強度の違いが、仔魚の湾奥への輸送の可否を決定する重要な要因、つまりその年の加入量を決定する主要因の一つとなっていると考えられる(Kume et al., 2015)。

以上のように、現時点では資源減少要因の特定には至っていないものの、湾奥における貧酸素水塊の発生状況に加え、成育場の餌環境、成育場である湾奥部への仔魚の輸送の成功の可否は、初期の生残や成長を規定し、資源の増減に大きな影響を及ぼすものと推定される。

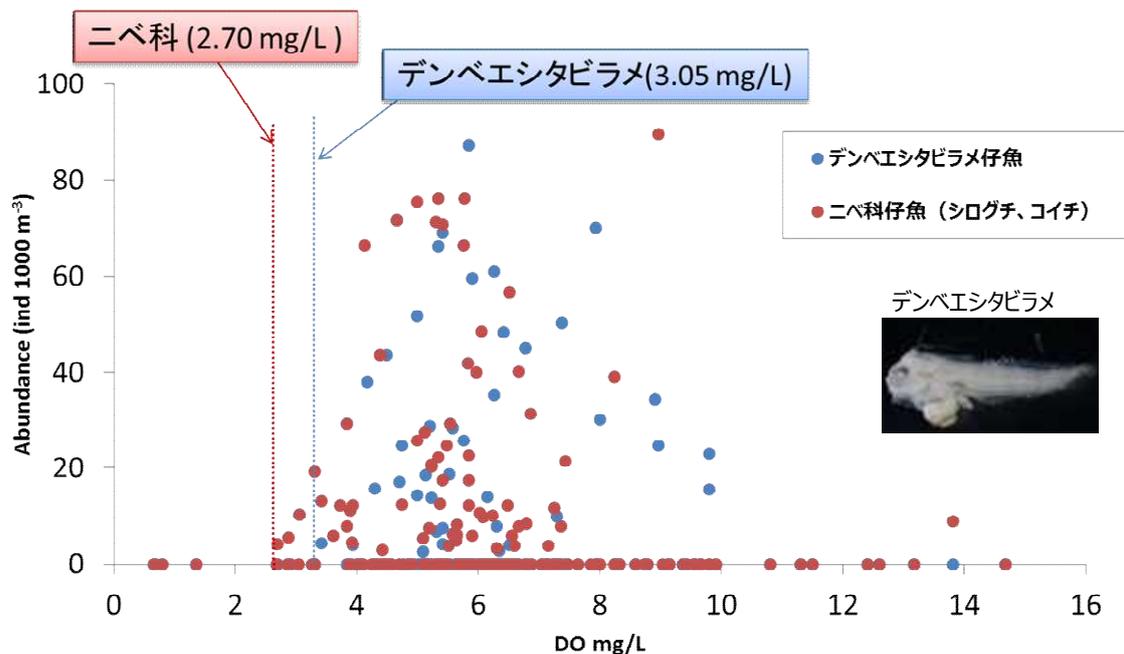


図 24 ニベ科仔魚（シログチ、コイチ）およびデンベエシタビラメ仔魚の個体数密度と採集地点における溶存酸素量との関係  
 出典：長崎大学・平成 19～21 年度などより

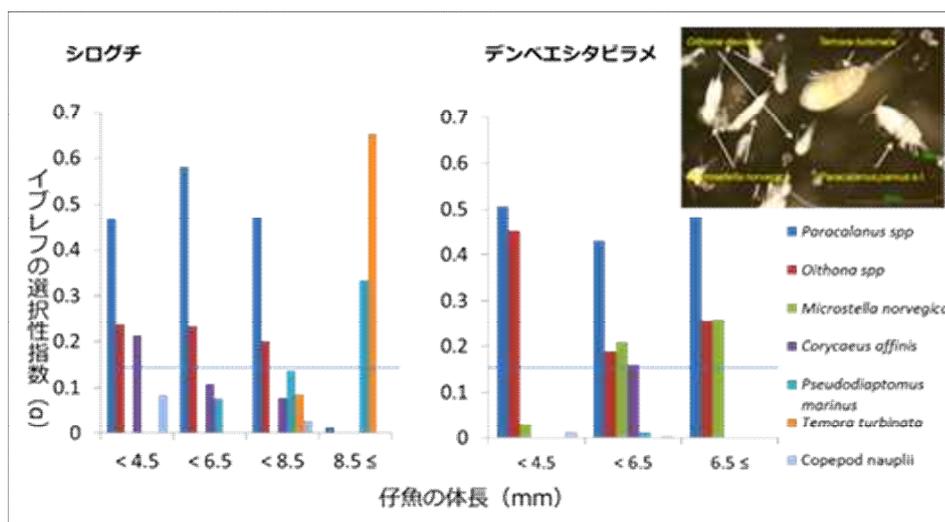


図 25 同所に生息する仔魚の餌生物（カイアシ類）に対する選択性  
 出典：長崎大学・平成 19～21 年度などより

ニベ科仔魚の2007年～2012年までの分布密度の推移をみると年々減少傾向にあり、特に近年初期減耗が高まっていることがわかる(図26)。シログチ成魚の漁獲量も緩やかな減少傾向を示していたことから、シログチ資源が減少傾向にある可能性が高い。仔魚の輸送経路上に形成される貧酸素水が及ぼす影響、捕食による死亡率の増加、利用可能な餌が不足することによる餓死など、何らかの要因による初期減耗の増大が資源の減少を招いている可能性がある。あるいは成魚の資源量減少や小型化に伴う産卵量の減少により、仔魚が減少している可能性がある。

同様にデンベエシタビラメの分布密度についても減少傾向が認められ、ニベ科に比べて著しい(図27)。デンベエシタビラメは、仔魚期にはまだ扁平な体型ではなく、浮遊生活を送っている。デンベエシタビラメはシログチとは異なり、成魚も湾奥部に生息する生活史型である。デンベエシタビラメ仔魚の生息可能なD0の閾値(3.05mg/L)がニベ科(2.7mg/L)よりも高いと予想されたことから、ニベ科よりも貧酸素の影響を強く受けやすいことが予想される。さらに、デンベエシタビラメについては生涯、湾奥部に生息することが判明した。そのため、着底後の稚魚期以降は、湾奥部の底質を含めた底層環境が極めて重要である。

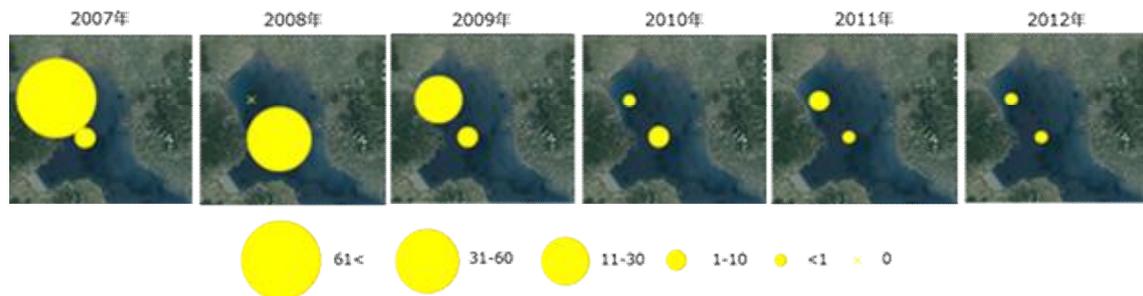


図 26 ニベ科仔魚の分布密度 (/1000 m<sup>3</sup>) の経年変化  
出典：長崎大学・平成 19～21 年度などより

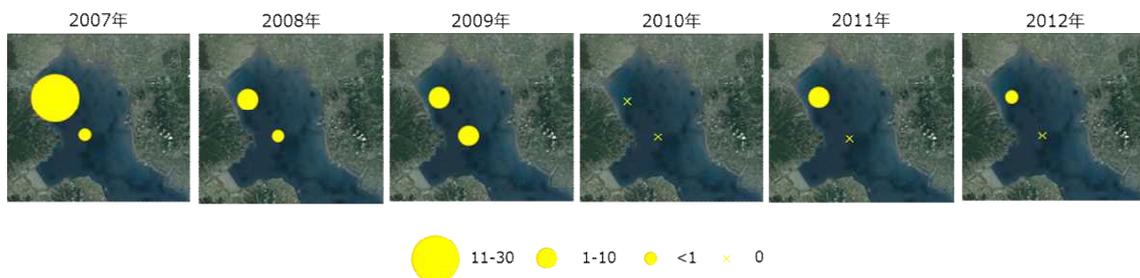


図 27 デンベエシタビラメの分布密度 (/1000 m<sup>3</sup>) の経年変化  
出典：長崎大学・平成 19～21 年度などより

水産資源の減少要因の一つに有明海生態系構造の変化、すなわち種組成の変化が挙げられる(山口 2013)。有明海ではサメ類が減少し、エイ類が増加した。その後、有用な貝類への捕食圧が増加した可能性が高い(図 28)。しかし、2000 年以降、エイ駆除によりサメ・エイ類への漁獲圧が高まったことから、ともに減少傾向を示している。貝類への食害が指摘されるナルトビエイは、2013 年に新種であったことが報告され(White et al. 2013)、これまでに考えられていたような熱帯を起源とするエイではなく、日本からベトナム沿岸にかけての狭い範囲に生息する東アジアの特産種であることが明らかにされたばかりである。エイ駆除ではナルトビエイに加え、稀少なシロエイ、ヤジリエイなどのアカエイ類やスミツキザメなどが混獲されている。今後はナルトビエイや希少種に関する科学的知見を蓄積した上で、各種生物や生態系に配慮した取組が必要となる。

一方、貝類（二枚貝）を摂食する魚類として、ナルトビエイのほかにアカエイ、トビエイ等その他のエイ類、ワラスボ、シタビラメ類、クロダイ、コショウダイ、フグ類などが存在することも明らかになっている。さらに、ワラスボ、シタビラメ類等の魚類は栄養段階最上位のサメ・エイ類等に重要な餌として利用されていることから、貝類の動態には当初予想されていたよりも多くの種が直接的かつ間接的に関与しているものと推察される。また、ナルトビエイの増加要因としては、貝類の減少に伴う摂餌場所の変化や海水温の上昇に加え、ナルトビエイの捕食者となりうるシュモクザメなどのサメ類の動向により間接的にもたらされたトップダウン効果の影響であったことなどが考えられている（山口 2013）。

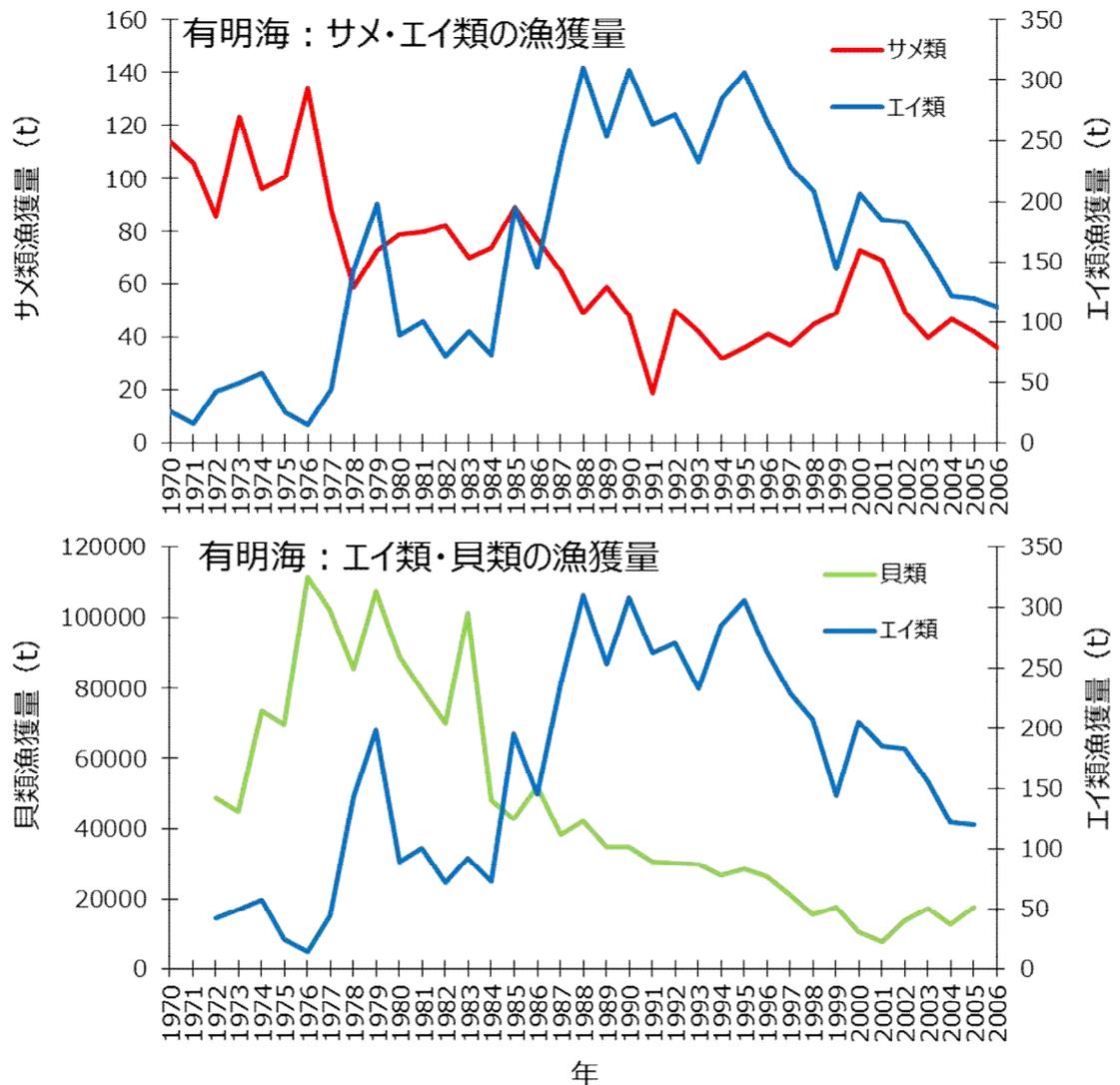


図 28 有明海におけるサメ・エイの漁獲量とエイ・貝類漁獲量

## (b) 夏期の赤潮

有明海における赤潮被害発生件数は1998年から2003年までは高い傾向であったが、2005年以降は横ばいである(資料4-8「有明海・八代海等の環境等変化(赤潮)」図9参照)。2011年から2015年まで海域毎のデータを整理すると、赤潮はA1海域で最も多く発生し、A1海域に隣接するA3海域、および熊本県沿岸であるA4でも発生件数が多い(図29)。干潟域であるA1海域を除くと、いずれの海域でも5~9月の夏期の赤潮発生件数が多く、夏期は珪藻のみならず、渦鞭毛藻及びラフィド藻による赤潮発生が多い(図30)。

赤潮による漁業被害については資料4-8に示した。有明海では、夏期にラフィド藻などの有害赤潮が頻発している。特に有害な*Chattonella*属については、1998年、2004年、2007年~2010年にかけて、赤潮発生規模が大きくなっている(図30)。

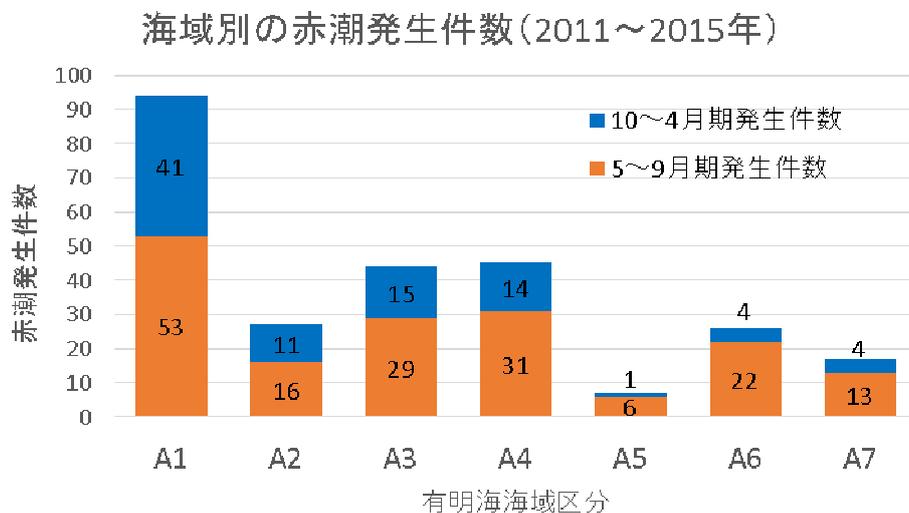


図29 有明海における海域別赤潮発生件数

出典：水産庁九州漁業調整事務所「九州海域の赤潮(平成23~27年)」をもとに環境省が作成

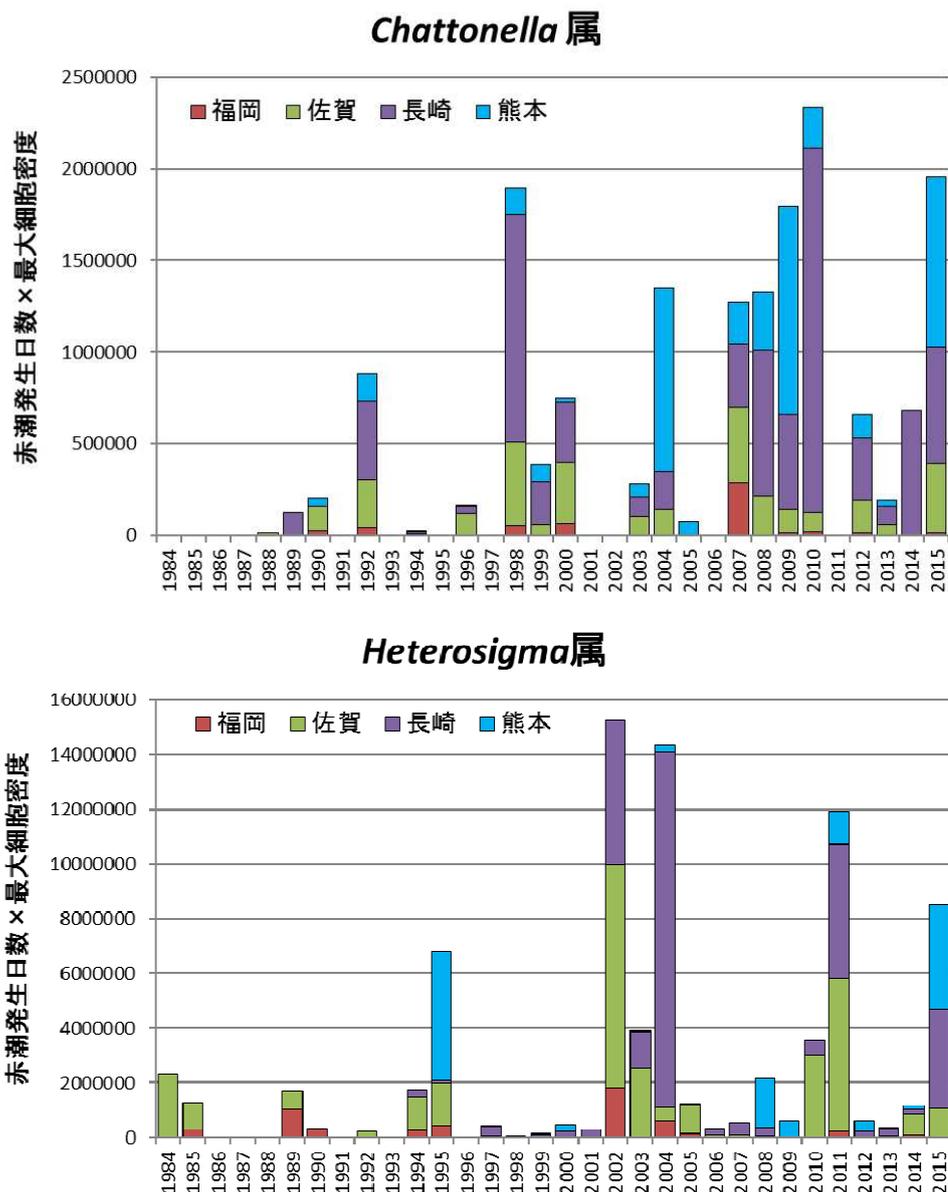


図 30 有明海における 2 種有害赤潮生物の赤潮発生規模の推移

出典：水産庁九州漁業調整事務所「九州海域の赤潮（昭和 53 年～平成 27 年）」  
をもとに環境省が整理

赤潮の発生規模（出現密度と発生期間）を反映するため、以下のように総出現細胞数を算出した

$$\text{総出現細胞数} = \text{赤潮発生期間（日）} \times \text{最高出現密度（cells/mL）}$$

当該年に複数回赤潮が発生した場合、発生毎に上記の計算を行って合計した

夏期に発生する鞭毛藻赤潮のうち、*Chattonella* 属や *Heterosigma* 属の赤潮は A 1～A 3 海域及び A 6 海域では夏期に高密度となる。図 30 に両属の赤潮発生規模の経年変化を示した。*Chattonella* 属による赤潮の発生規模は、1998 年、2004 年、2007～2010 年及び 2015 年に大きくなっており、赤潮発生海域では天然魚類のへい死（図 31）などが発生している。*Heterosigma* 属の発生規模は 1995 年、2002 年、2004 年、2011 年及び 2015 年に大きくなっている。



図 31 有明海において *Chattonella* 属赤潮発生時に死亡した天然コノシロやボラ類  
出典：水産研究・教育機構提供資料

ラフィド藻である *Chattonella* 属や *Heterosigma* 属は魚類等へ幅広く毒性を示すことが既に知られており、天然魚類のへい死はこれら赤潮生物が有する魚毒性によって引き起こされている。また天然魚介類はこうした毒性の高い赤潮に遭遇すると逃避行動をとることが知られている。

有明海ではA7海域（島原半島南部および天草海域）において魚類養殖が行われており、*Chattonella* 属による赤潮発生時は養殖魚のへい死が認められている。2009年7月下旬には赤潮発生時に北風が卓越したため、有明海奥部で発生していた赤潮が短時間で南下、橘湾へと流出し、4億円を越える漁業被害が発生した（図 32）。

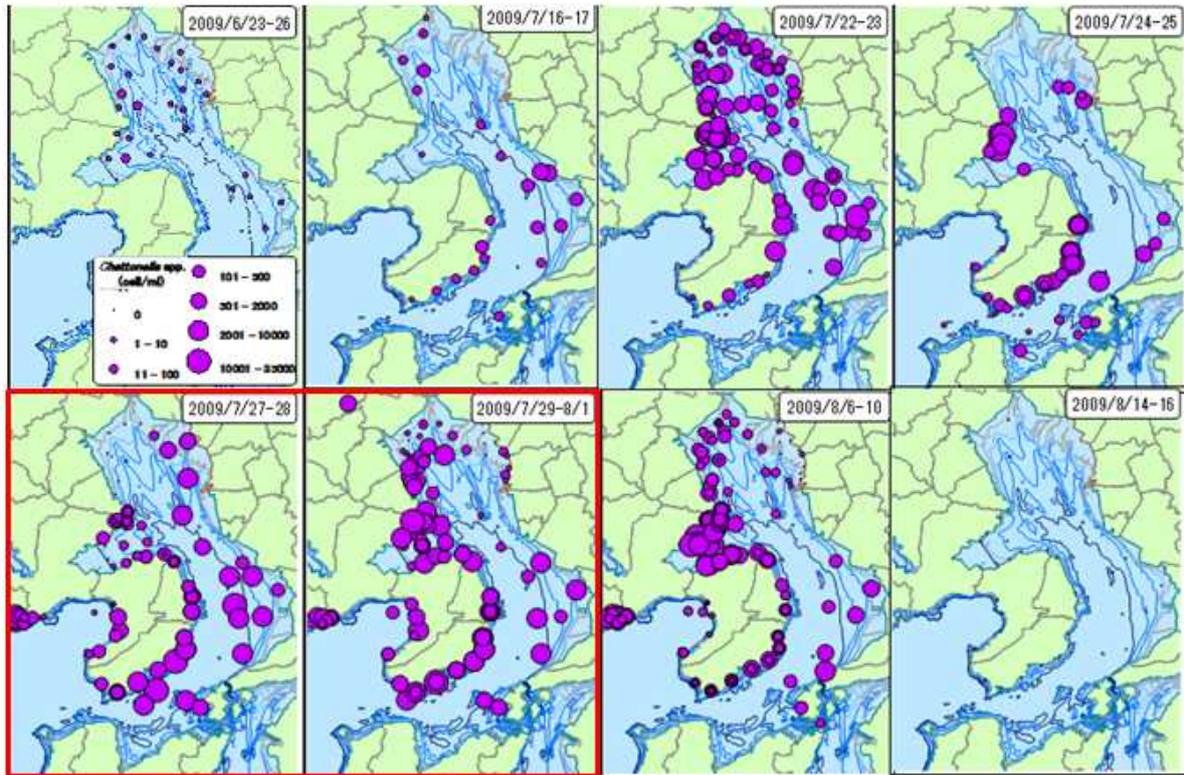


図 32 有明海・橘湾海域における *Chattonella* 属栄養細胞分布の経時変化  
出典：有明海沿岸 4 県による調査結果を水産研究・教育機構が整理した

## 佐賀川副の風向・風速(2009(H21)年7月23~31日)

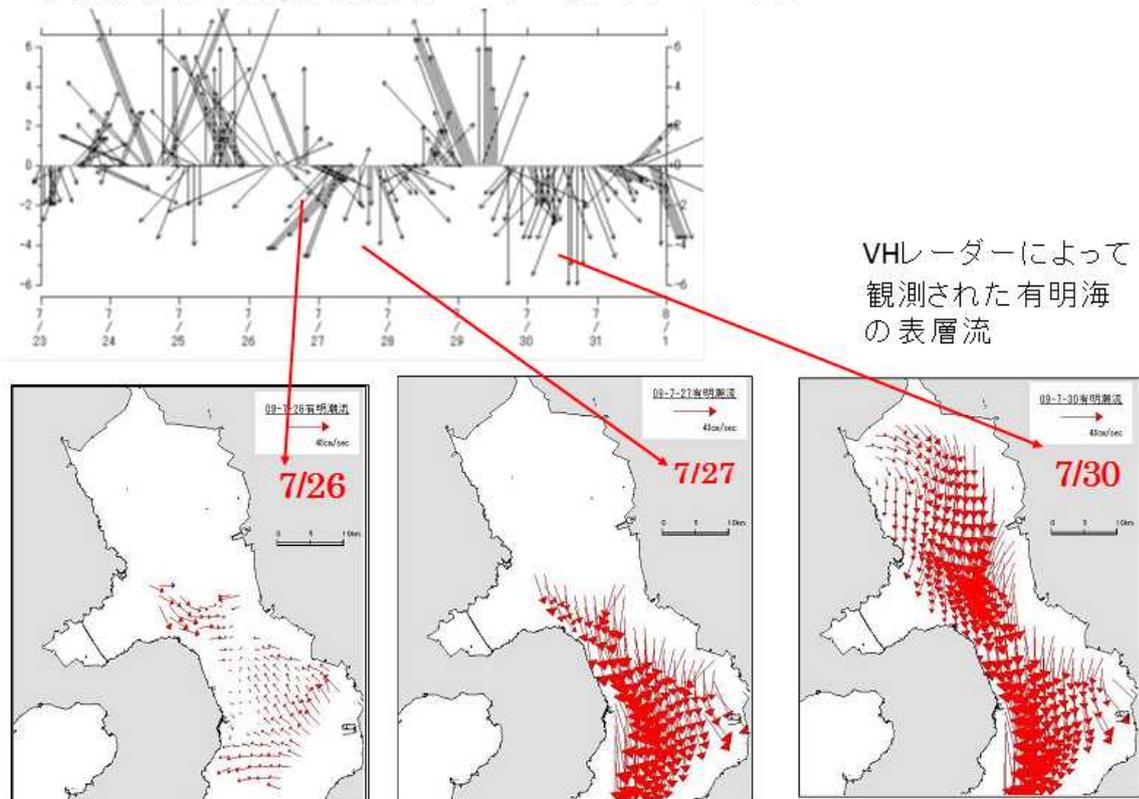


図33 2009年7月下旬に観測された有明海表層水の南下減少  
出典：長崎県提供資料

図33に示したように、2009年に橘湾で赤潮が発生した際に、北風によって有明海湾奥海水は急速に有明海南部に移送されていたことが判明し、有明海側の赤潮が橘湾に輸送されたことがほぼ解明された(Aoki et al. 2015)。

## ③ まとめ

有明海の魚類の漁獲量は1987年をピーク(13,000t台)に減少傾向を示し、1999年には6,000tを割り込んでいる。有明海の主要魚種の大半は底生種であり、そうした種の漁獲量が減少しているが、特にウシノシタ類、ヒラメ、ニベ・グチ類及びカレイ類の漁獲量は、1980年代後半から減少を続け、1990年代後半に過去(1976年以降)の漁獲統計値の最低を下回っている。

## (a) 魚類等の再生産機構

有明海の奥部の干潟・河口・浅海域は、多くの魚類等の産卵・成育の場となるなど、重要な機能を果たしている。

有明海の主要な魚類等の減少要因として、貧酸素水塊の発生等の生息環境(底層環境や仔稚魚の輸送経路、仔稚魚の成育場)の変化と、生息場(特に仔稚魚の成育場)の縮小などの可能性が挙げられる。

また、生態系構造の変化により魚類の種組成に変化が生じ、資源として利用されている魚類が減少した可能性もある。特に、エイ類については1990年代後半から増加が指摘されており、捕食者であるサメ類の減少や水温上昇の影響がその要因として考えられるほか、餌生物を同じくする底生魚類(競合種)の減少を引き起こした可能性も考えられる。しかし、2001年以降エイ類は概ね減少傾向にある。

その他に考えられる魚類資源の減少要因としては、漁獲圧があげられるが、有明海において魚類等への漁獲圧が大きく増加したとは考えにくい。

## (b) 夏期の赤潮

有明海の *Chattonella* 属赤潮(ラフィド藻の一種)については、1998年、2004年、2007~2010年及び2015年に発生規模が大きくなっている。赤潮発生地域では天然魚類のへい死などが発生している。2009年夏においては、有明海湾奥部で発生した赤潮が、橘湾へと流入する現象が認められ、養殖魚のへい死を生じさせた。