

有明海全体に係る問題点と原因・要因の考察

【有用二枚貝の減少】

1 エイ類による食害

ナルトビエイやアカエイなど、一部のエイ類は近年生息数が増加したと考えられている。ナルトビエイはインド洋から太平洋沿岸にかけての暖かい水域に広く分布すると言われている。平均体重が雄で 6 kg、雌で 12 kg と大型のエイである。ナルトビエイは、タイラギ、アサリやサルボウなどの貝類のみを摂食する。このため、貝類資源の多い有明海においては、ナルトビエイをはじめとしたエイ類の捕食圧は資源変動に無視できない影響を与えていると推定されている（山口 2011）。

有明海において、ナルトビエイは水温が 18 度を超える春先から外海側から回遊して摂餌行動を示し、水温が低下する秋から再び越冬のため外海に逸散していく行動を示すことが判明している（図 1）。

近年の調査により、有明海に来遊するナルトビエイの資源量は年変動があるものの十数万～60 万尾と推定されており、胃内容物の精査結果から、少なくとも二枚貝に対する捕食圧は多い時には年間 3 千 t を超えると推定されているが、近年は漁獲量に対する食害量の割合には減少傾向がみられる。（図 2、表 1）。前回委員会報告書にあるように、ナルトビエイの胃内容物からはタイラギ、サルボウ、アサリなどが高頻度に確認されている（川原ら 2004、山口 2011）。実際に多くのアサリ漁場などでは本種による食害痕が多数認められ、これらは被覆網を施すことで生存率の向上が認められることが知られている（山口 2011）。



図 1 有明海におけるナルトビエイの来遊概念図

出典：平成 26 年度二枚貝類生息環境保全調査業務（九州農政局）

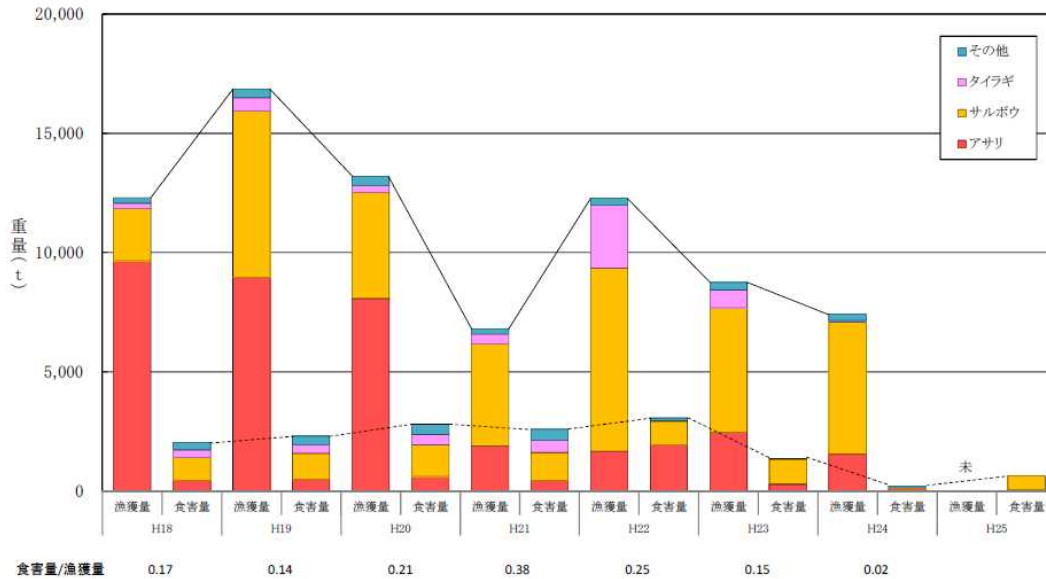


図 2 二枚貝類漁獲量とナルトビエイによる食害量推定値の経年変化
出典： 漁獲量データは『H24 海面漁業・養殖業生産統計(東シナ海区及び九州)H26.6 九州農政局統計部』

図 2 に平成 18 年から 25 年までの、有明海における二枚貝漁獲量と採捕調査結果に基づくナルトビエイによる二枚貝食害量の推定結果を示す。胃内容物組成と量、有明海に飛来するナルトビエイの個体数から推定し、本種による二枚貝等の食害量は数百 t から 3 千 t まで変動している。有明海全域における二枚貝類の漁獲量に対する食害量推定値の割合は、平成 21 年は 4 割弱と最も大きかったが、近年 7 年間の平均では 2 割弱であった。

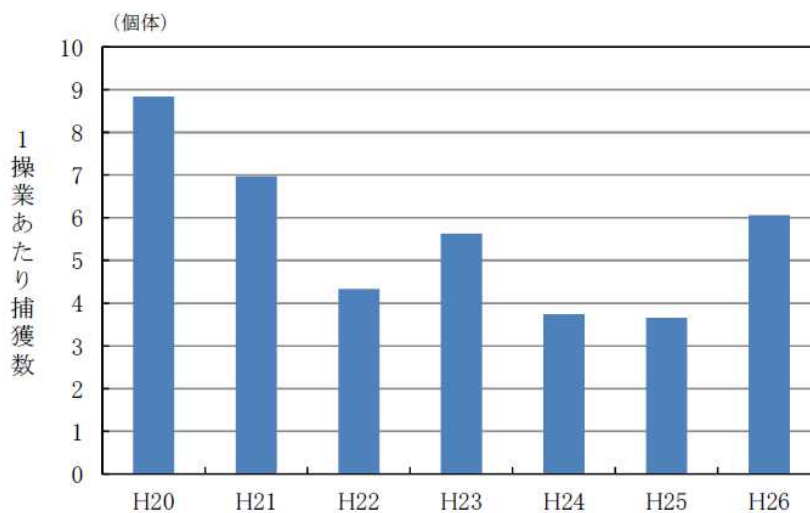


図 3 有明海における標本船調査における 1 操業あたりのナルトビエイ捕獲数 (CPUE) の経年変化
出典： 平成 26 年度二枚貝類生息環境保全調査業務 (九州農政局)

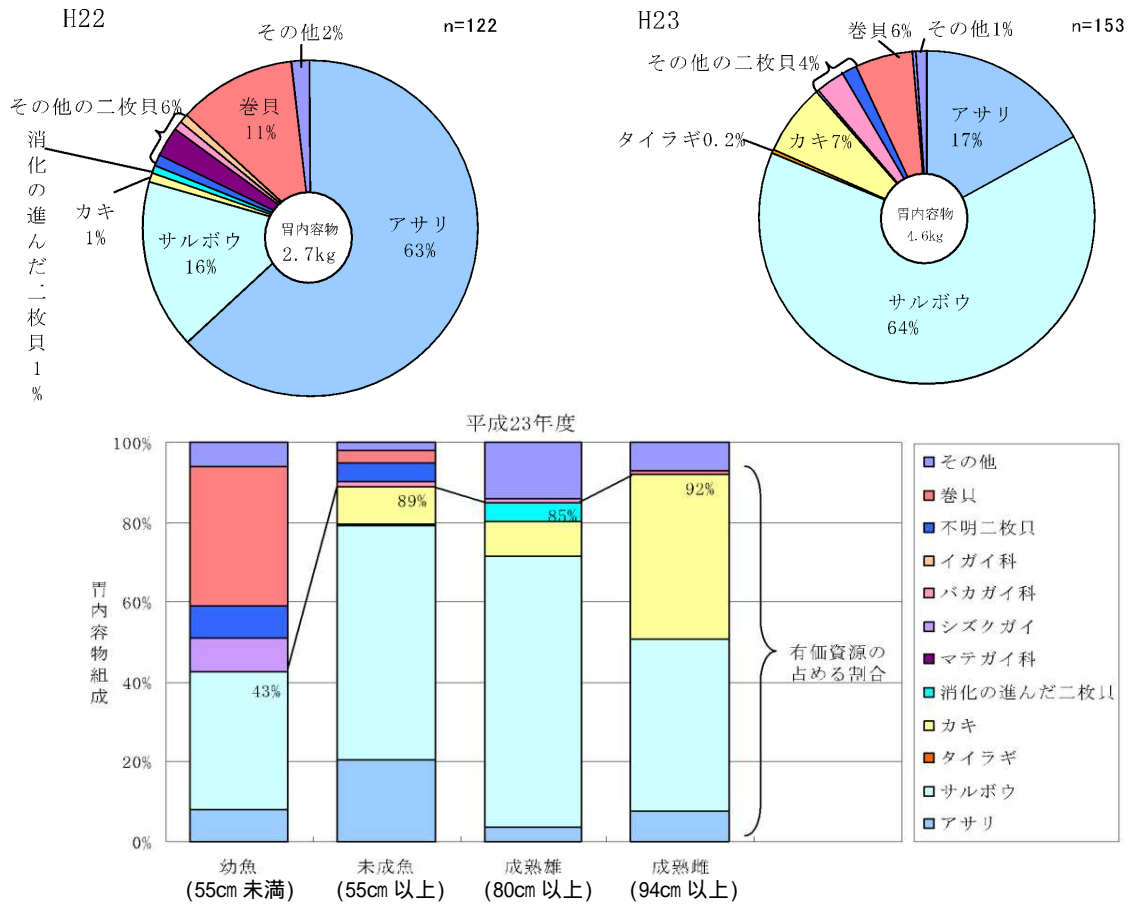


図 4 ナルトビエイの胃の内容物重量の合計値に占める各貝類の重量割合
 出典：平成 23 年度二枚貝類生息環境保全調査業務（九州農政局）

表 1 その他の食害生物の食害量の推定
 出典：平成 26 年度二枚貝類生息環境保全調査業務（九州農政局）

No.	食害生物		食性	現存量	年間二枚貝摂餌量
1	エイ類	ナルトビエイ	二枚貝専食	約16万個体 (1,200t程度)	3,000t程度
2	エイ類	トビエイ	二枚貝(約50%) 巻貝(約30%)	1.7万個体程度	160~370t
3	硬骨魚類	クロダイ コショウダイ ヘダイ ヒゲソリダイ	甲殻類(約60%) 魚類(約20%) 多毛類(約10%)	—	ほとんど影響なし

川原逸郎・伊藤史郎・山口敦子（2004）有明海のタイラギ資源に及ぼすナルトビエイの影響．佐賀県有明水産振興センター研究報告，22，29-33．

山口 敦子（2011）ナルトビエイによる二枚貝の食害実態とそれに対する取り組みについて．日本水産学会誌 77(1)，127．

2 有用二枚貝の出現状況

2010 年夏期に貧酸素を中心とした環境変動によってこの海域におけるタイラギ資源は被害を受けているが、2012 年以降、湾奥全域でタイラギ資源の凋落傾向が顕在化している。この期間の現象として、親貝資源の減少による再生産機構の低下が示唆されている。

図 5～7 に、2008 年以降のタイラギ浮遊幼生出現状況を示した。

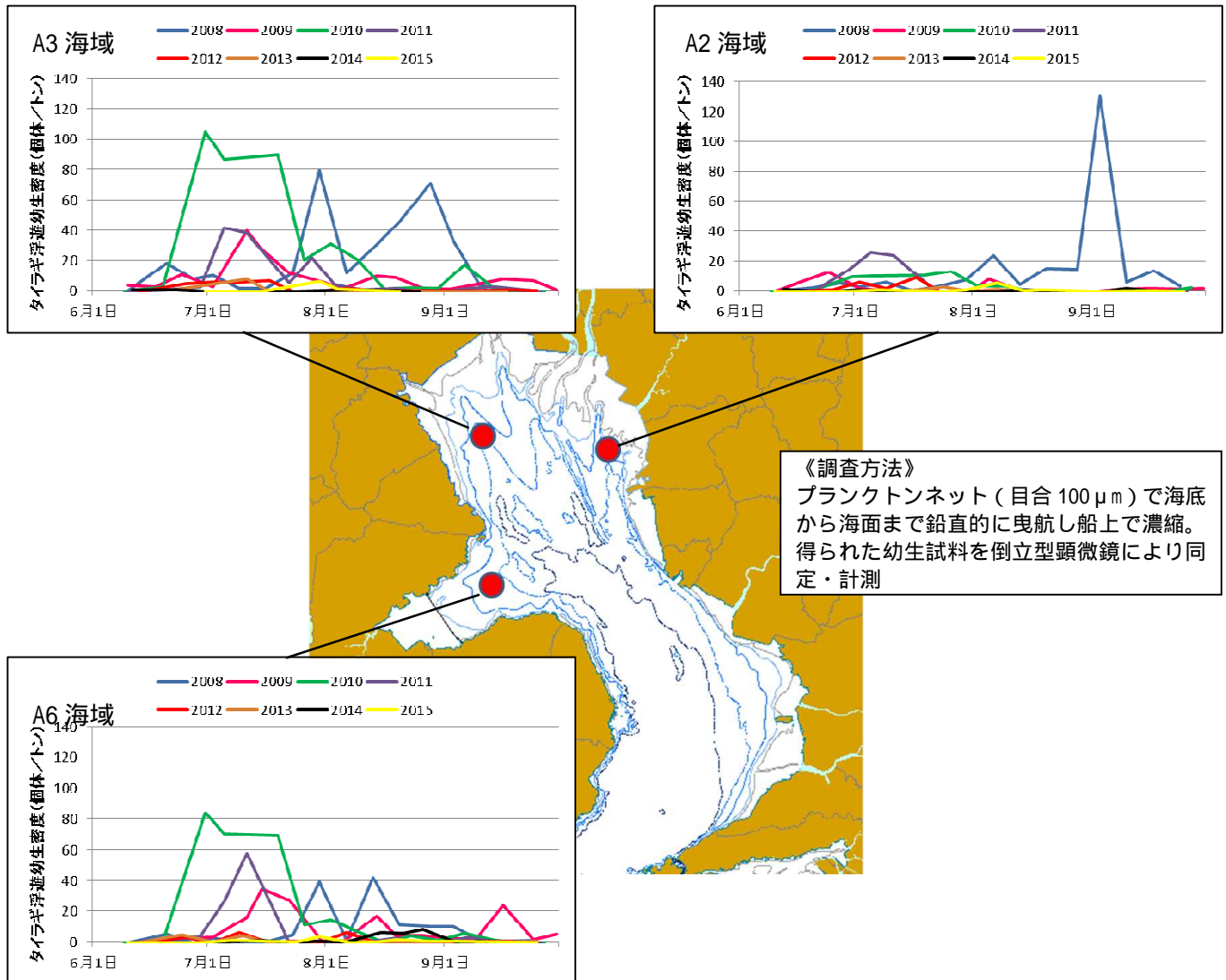


図 5 有明海におけるタイラギ浮遊幼生の出現状況

出典：平成 20～27 年有明海水産基盤整備実証調査（水産庁）及び
平成 25～27 年有明海・八代海等再生評価支援事業（環境省）より

経年変化をみると、A 2 海域では 2008 年に 130 個体/t 程度の出現があったが、2012 年以降は 10 個体/t を超えることがない状況である。また、A 3 および A 6 海域においては、2011 年以前は毎年 40 個体/t を越える出現密度であったものの、2012 年以降は 10 個体/t を越えることがほとんどない状況に至っている。この影響で、湾奥における着底稚貝の出現密度が極端に低下していると推定されていることから、2012 年以降は何らかの要因によって親貝資源が減少し、浮遊幼生の発生量と着底稚貝の減少という、資源の再生産に大きな支障が生じている可能性が示唆されている。

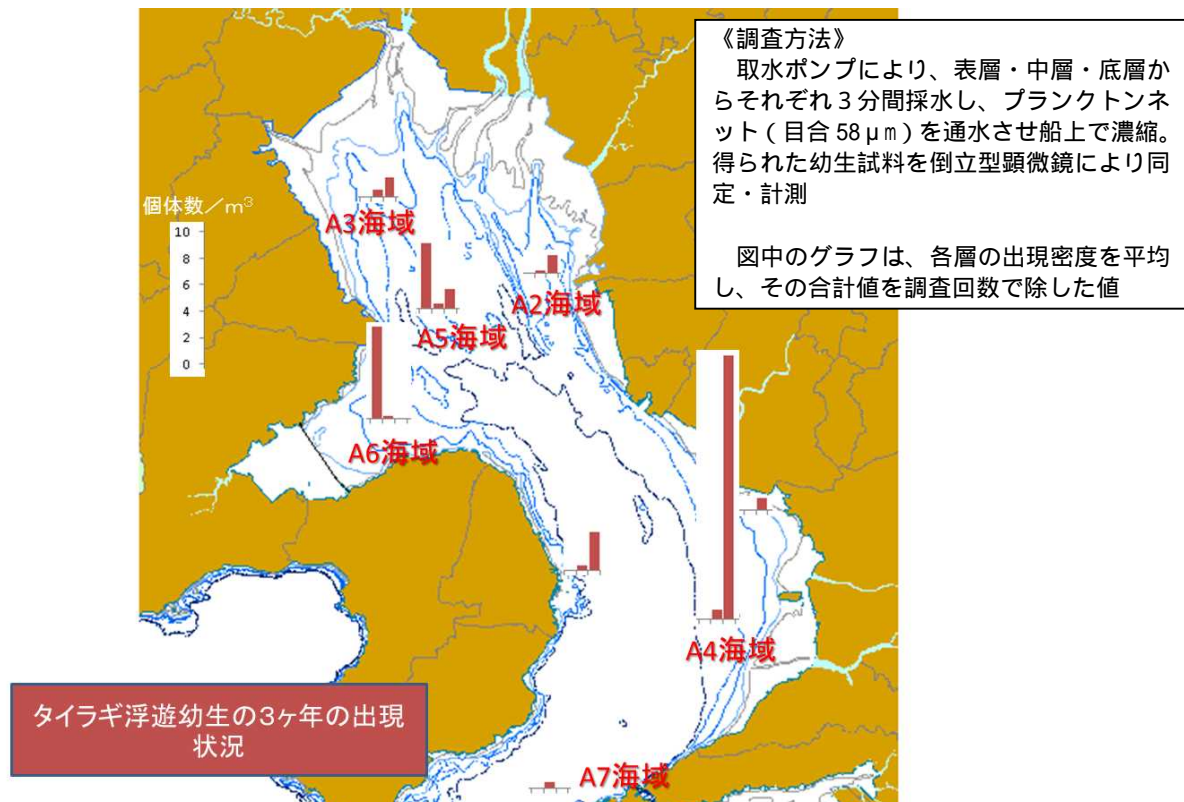


図 6 2013～2015 年にかけてのタイラギ浮遊幼生の水平出現特性
出典：平成 25～27 年有明海・八代海等再生評価支援事業（環境省）
図中棒グラフは左から 2013 年、2014 年、2015 年

図 6 に、タイラギ浮遊幼生の水平出現特性について示した。タイラギ親貝については、これまで主要な漁場が存在する湾奥東部海域（A2 海域）が幼生の供給源であると推定されていた。しかしながら、2013～2015 年にかけて有明海で実施された調査結果を見ると、A2 海域でのタイラギ浮遊幼生の出現はむしろ低調であり、A5 および A6 海域のみならず、A4 海域で高密度に出現していた。

図 7 にサルボウ浮遊幼生の水平出現特性について示した。サルボウの浮遊幼生については、主要な親貝生息域である A1 から A3 海域にかけて高密度に検出され、同生息域から離れるほど浮遊幼生の出現量も低下している。すなわち、親貝生息域と浮遊幼生出現海域が一致している。サルボウの浮遊幼生は浮遊期間がタイラギの半分程度と短く、親貝近傍に幼生が出現するものと推定される。

以上のことから、タイラギについては、主要な漁場である A2 海域以外に、有明海東岸である A4 海域にも潜在的な親貝個体群が存在し、1 か月前後の浮遊期間を経て湾奥漁場へ飛来している可能性が示唆される。

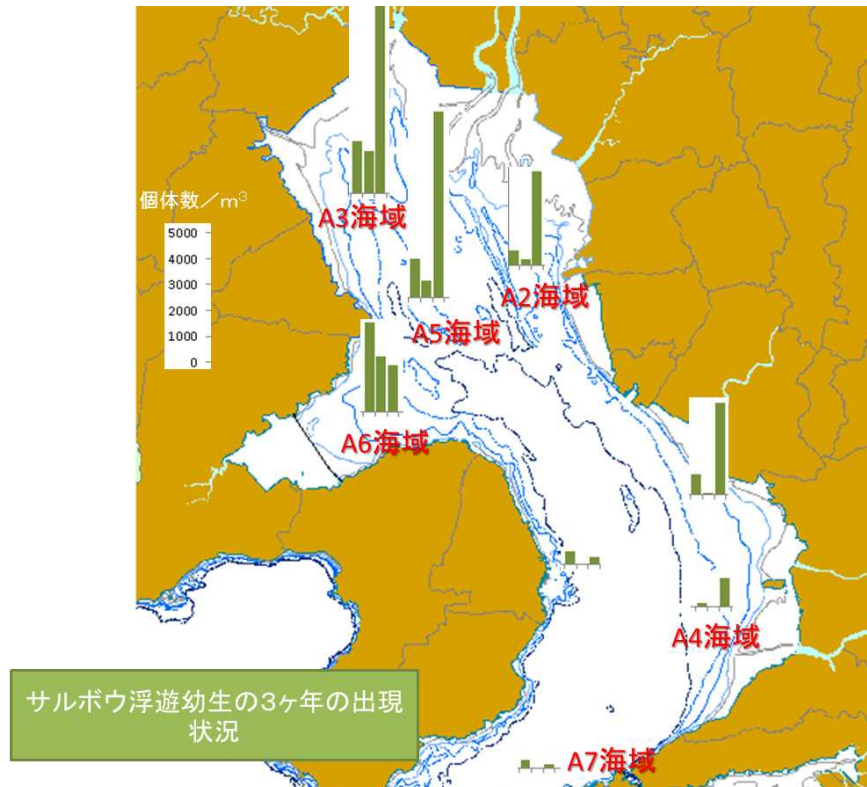
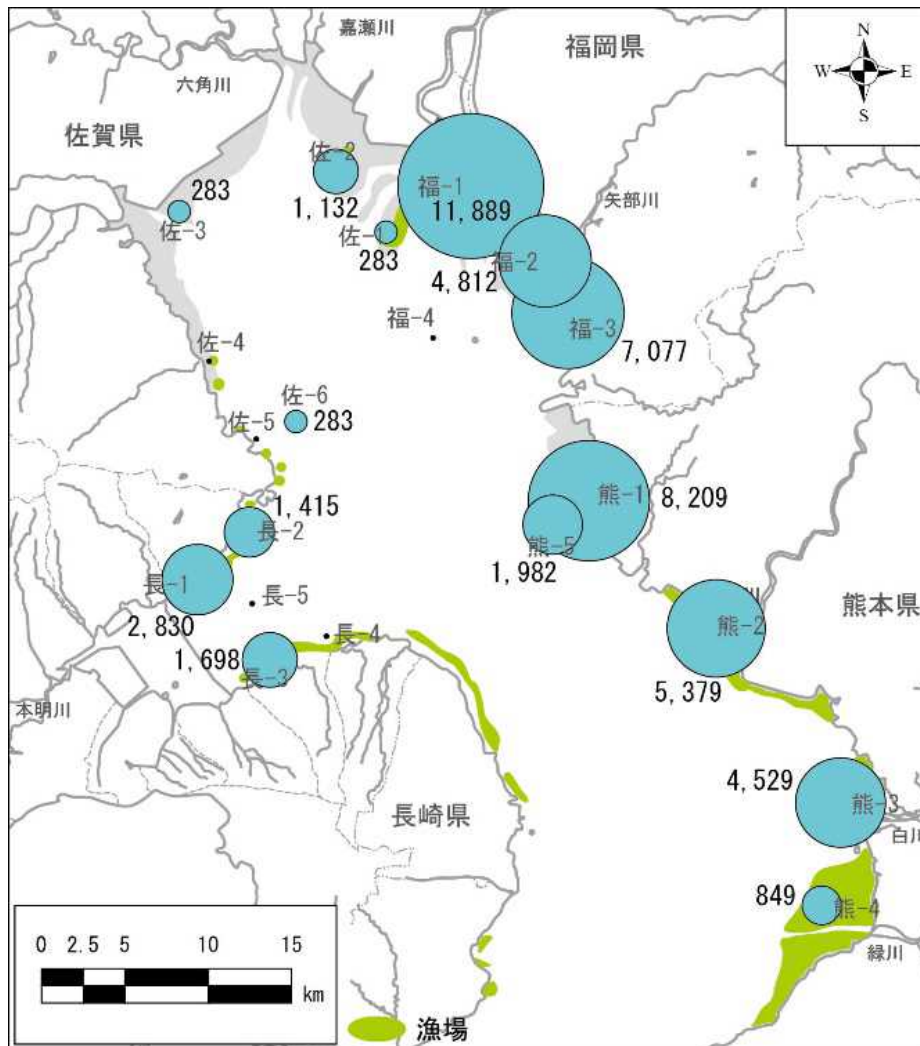


図 7 2013～2015 年にかけてのサルボウ浮遊幼生の水平出現特性
 出典：平成 25～27 年有明海・八代海等再生評価支援事業（環境省）
 図中棒グラフは左から 2013 年、2014 年、2015 年

アサリに関しては、2015年に有明海全域の着底稚貝の調査が実施されている。アサリの着底稚貝は、有明海の多くの地点で確認されている。(図8)



図中に表示されている数値は、調査期間内に確認された着底稚貝の総個体数(個体数/m²)

図8 アサリ着底稚貝の分布状況(平成27年10~12月の累計)

出典:福岡県・佐賀県・長崎県・熊本県・九州農政局(2016)二枚貝類の浮遊幼生及び着底稚貝調査について

図 9 に、2013 年から 2015 年までの 3 ヶ年の緑川河口におけるアサリの生息密度を示した。2015 年に同干潟の広域でアサリの資源量が増加している。

また、佐賀県太良町にある系岐川・多良川河口干潟においては、2000 年以降漁獲がほとんどみられなかったが、2016 年春期から漁獲サイズに達しつつあるアサリが確認されている。

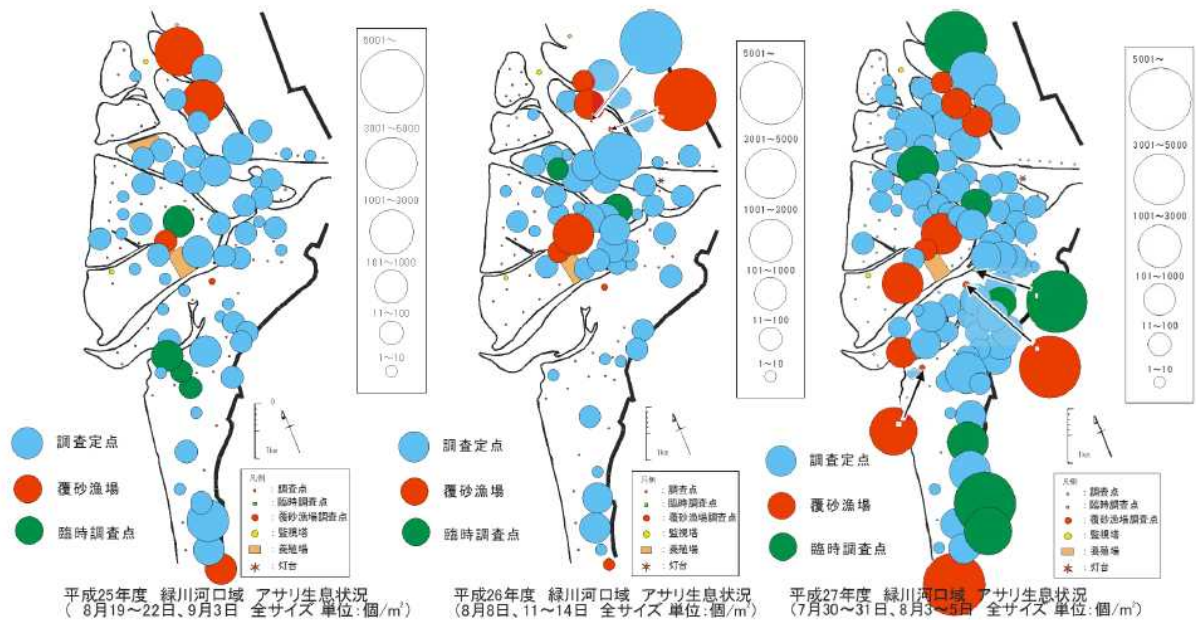
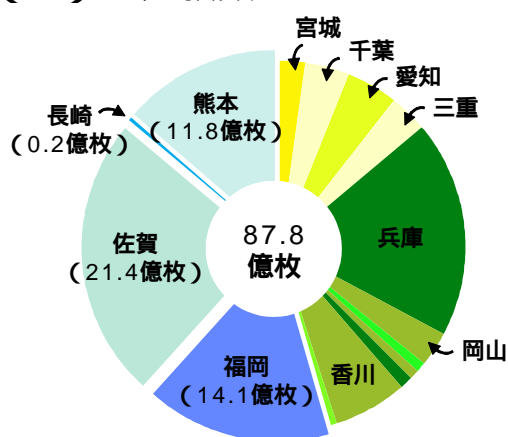


図 9 熊本県緑川河口におけるアサリ生息密度 (2013 年から 2015 年)
出典：熊本県の調査結果による

【ノリの色落ち】

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 10、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

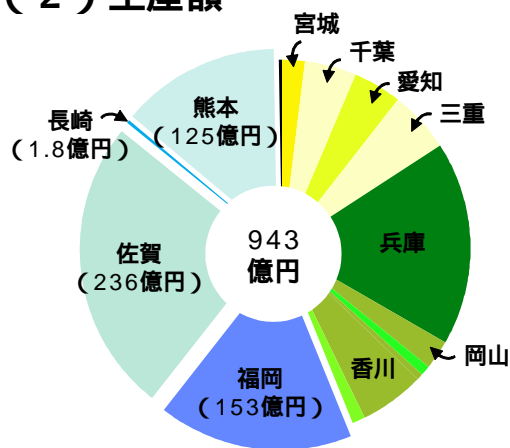


図 10 2012 年における養殖ノリの産地別生産枚数と生産額

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 11 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 年代以降増加し、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ですが、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、有明海湾奥部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。

ノリ養殖の減産要因については、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、色落ちなどが挙げられる。これらのなかで、病害は干出や活性

処理等に対応可能であるものの、「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。

以上のことから、有明海で実施されているノリ養殖は、近年、概ね好調ではあるが、安定した生産を維持するには至っておらず、特に養殖ノリの「色落ち」が、安定したノリ養殖の生産を阻害している重要な要因のひとつとして位置づけられる。

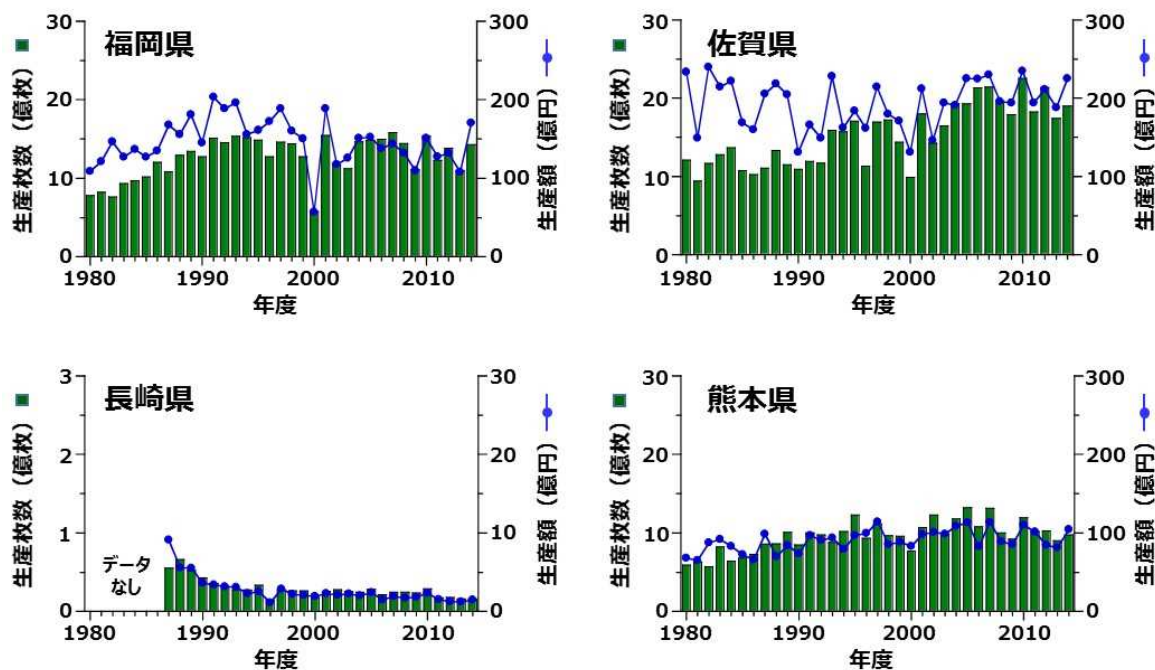


図 11 有明海の福岡県、佐賀県、長崎県および熊本県海域における養殖ノリの生産枚数（カラム）及び生産額（折れ線）の推移。
長崎県海域については、1986年度以前のデータが集計されていない。また、1995年度以前の熊本県海域のデータについては、八代海のデータを含む。

要因の考察

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 12）。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13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14)。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。

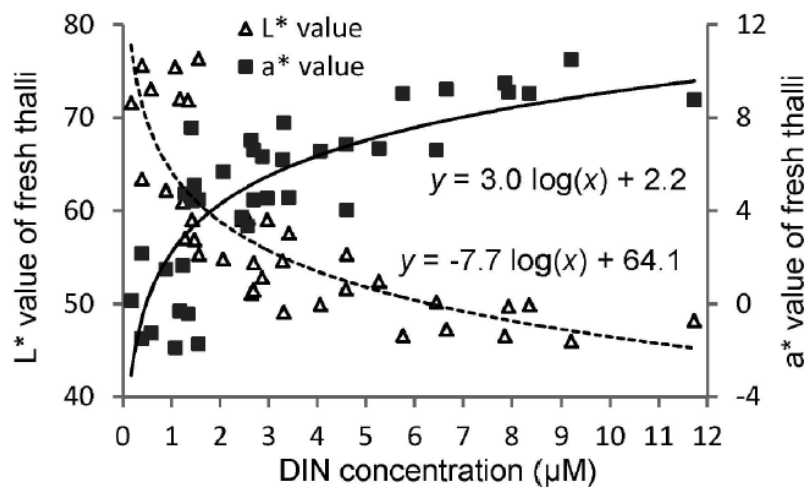


図 12 備讃瀬戸海域における溶存態無機窒素 (DIN) 濃度とノリの色調 (L*値, a*値) との関係
村山ら (2015) より引用。L*値は明るさ、a*値は赤みを示す指標で、ともに色彩色素計などで測定される。

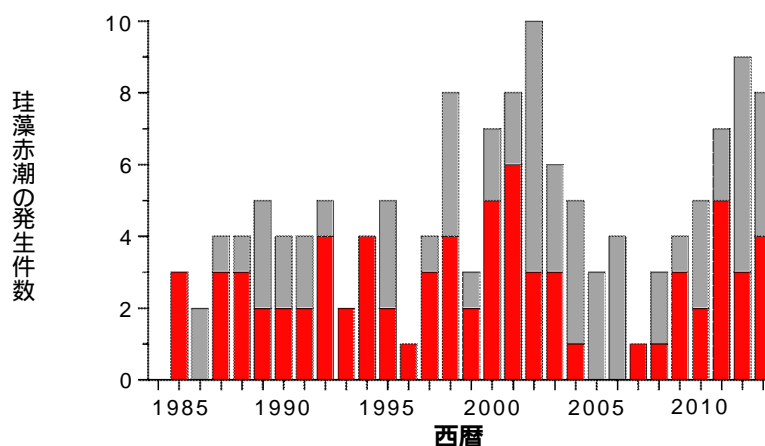


図 13 有明海における秋季～冬季(10月～翌3月)の珪藻赤潮の発生件数の推移

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。

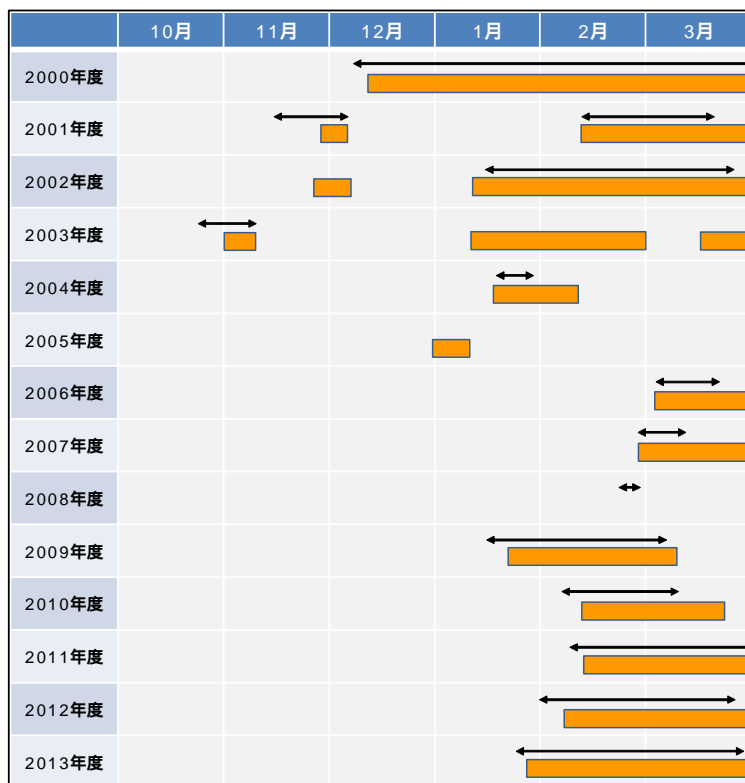
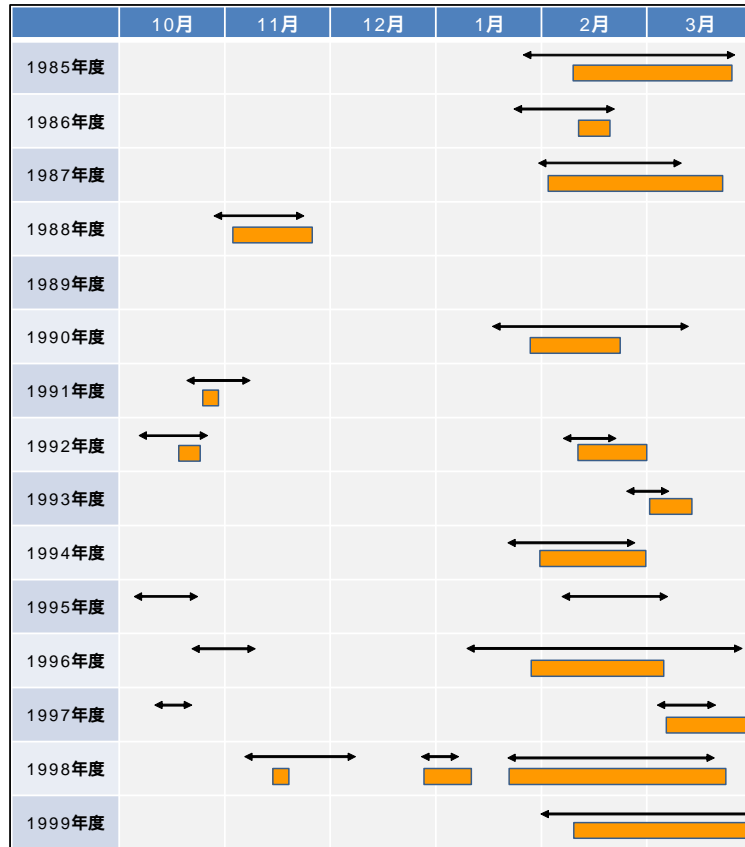


図 14 有明海福岡県海域におけるノリの色落ちの発生期間()と珪藻赤潮の発生期間(矢印)

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 15）。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。

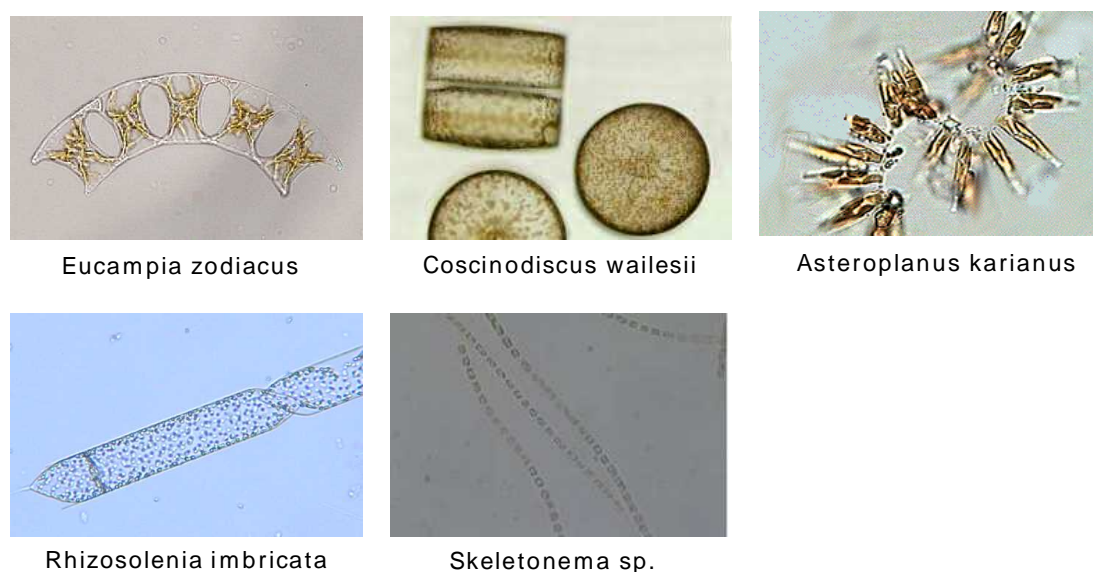


図 15 ノリの色落ちの原因となる主な珪藻類

1) *Rhizosolenia imbricata*

Rhizosolenia imbricata（図 15）は、主に暖海の外洋域に分布する大型（殻径 10～60 μm 、殻長 100～500 μm ）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、平成 18 年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 16）。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 15）は、極域を除く世界中の沿岸域に広く分布し、頂軸長が 100 μm 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 17）。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。

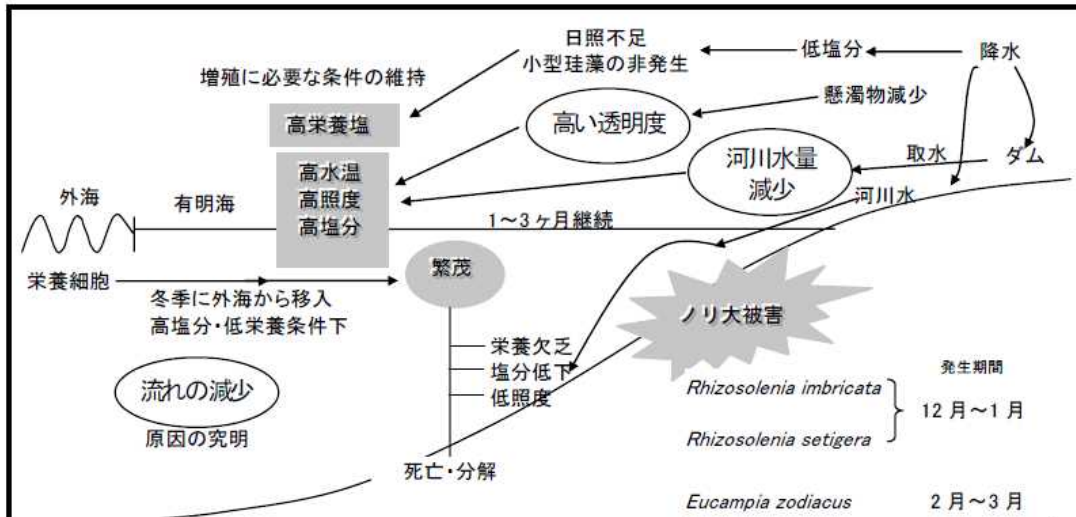


図 16 大型珪藻類（主に *Rhizosolenia imbricata*）の発生機構
平成 18 年委員会報告より抜粋。*R. imbricata* は、塩分が高い冬季に外海から湾内に移入。日照不足等によって、小型珪藻の増殖が抑えられた後に、増殖に必要な条件（高水温、高照度、高栄養塩など）が整うと大発生につながる。

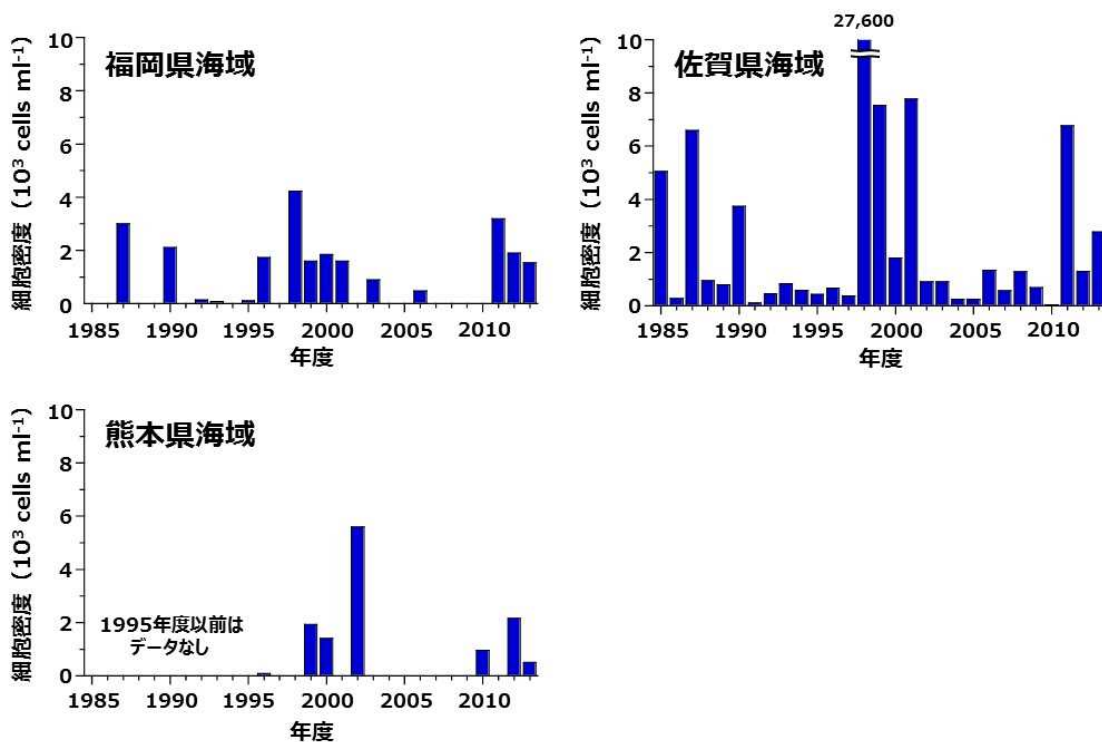


図 17 有明海福岡県海域、佐賀県海域および熊本県海域における *Eucampia zodiacus* の最高細胞密度の経年変化

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 18)。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、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ためには、光環境が改善されることが重要であると推察した (図 19、図 20)。

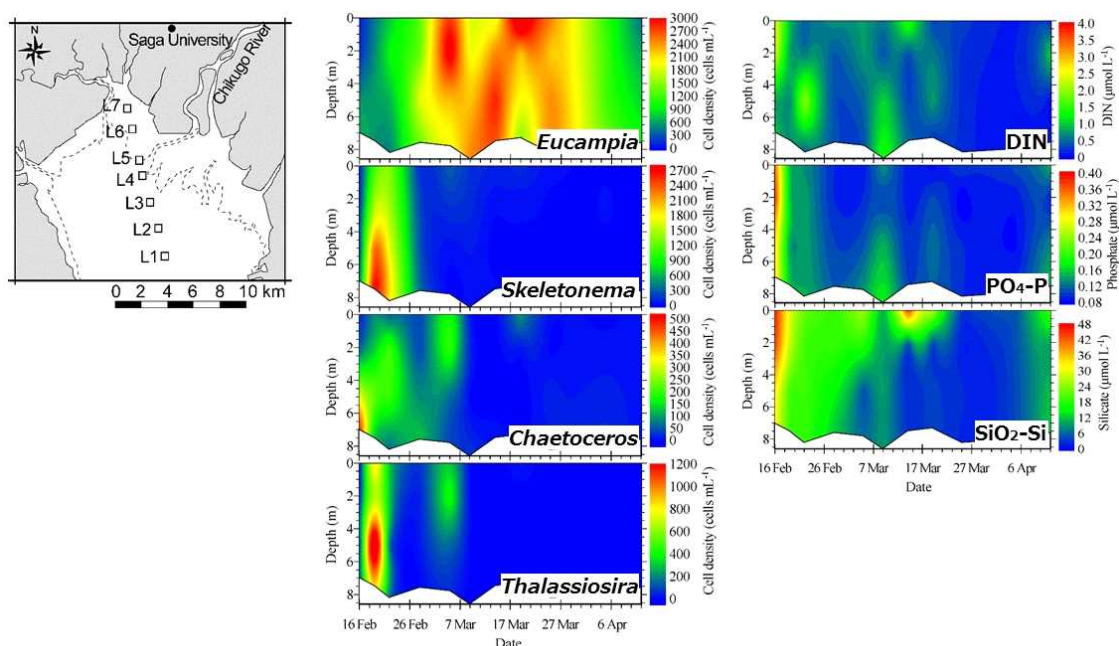


図 18 有明海湾奥部の観測定点 (L4) における植物プランクトン (*Eucampia zodiacus*、*Skeletonema* spp.、*Chaetoceros* spp.、*Thalassiosira* spp.) の細胞密度および栄養塩濃度 (溶存態無機窒素 DIN、リン酸態リン P₀₄-P、ケイ酸態ケイ素 SiO₂-Si) の経時変化 (2012 年 2 月 ~ 4 月)。Ito et al. (2013) より引用。

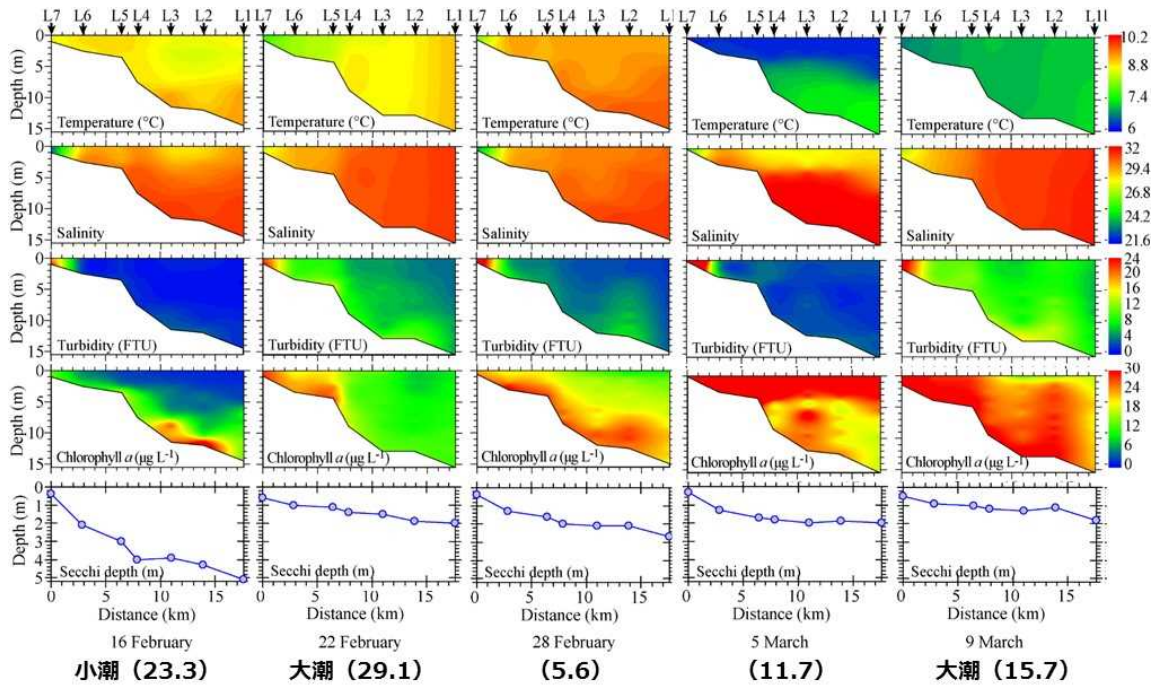


図 19 有明海湾奥部の観測定線における水温、塩分、濁度、クロロフィル a 濃度の鉛直分布及び透明度の経時変化 (2012 年 2 月 ~ 4 月)。Ito et al. (2013) より引用。

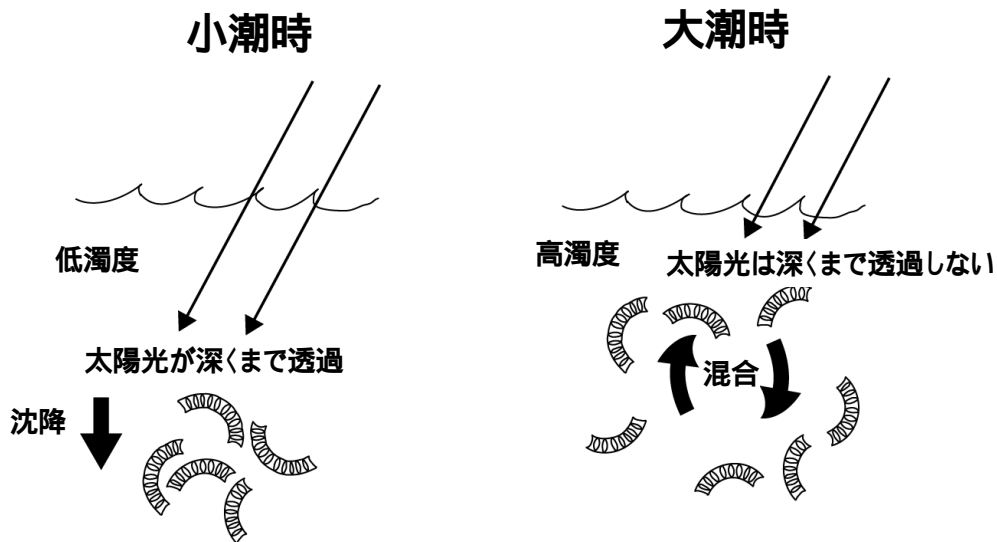


図 20 有明海における *Eucampia zodiacus* による赤潮の発生機構 (概念図) Ito et al. (2013) をもとに作成。

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 μm ）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 21）。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と比較してみると、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 22）。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。

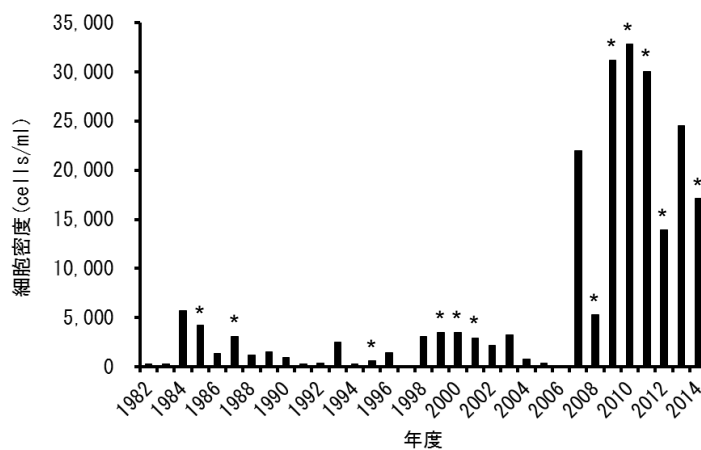


図 21 有明海佐賀県海域における *Asteroplanus karianus* の最高細胞密度の変動。

*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。

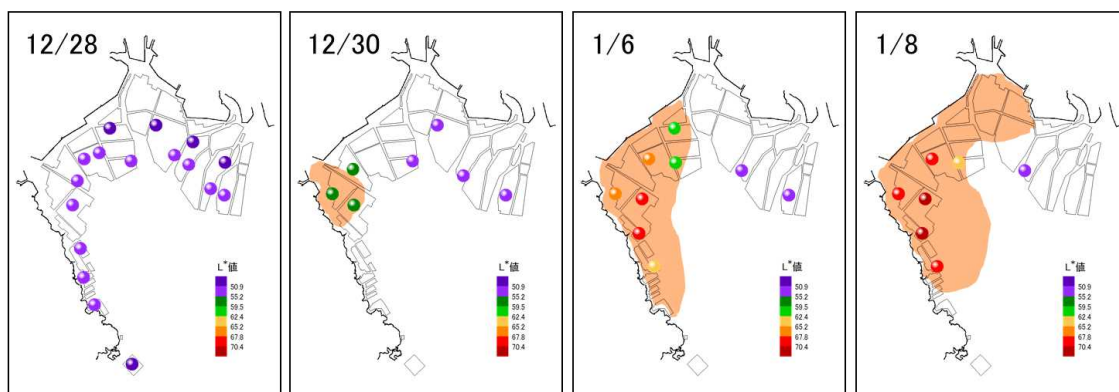


図 22 有明海佐賀県海域における *Asteroplanus karianus* による赤潮の発生海域とノリの色落ち状況の推移（2011 年度）

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 23）、鉛直混合期に細胞密度が増加する傾向にあること（図 24）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。

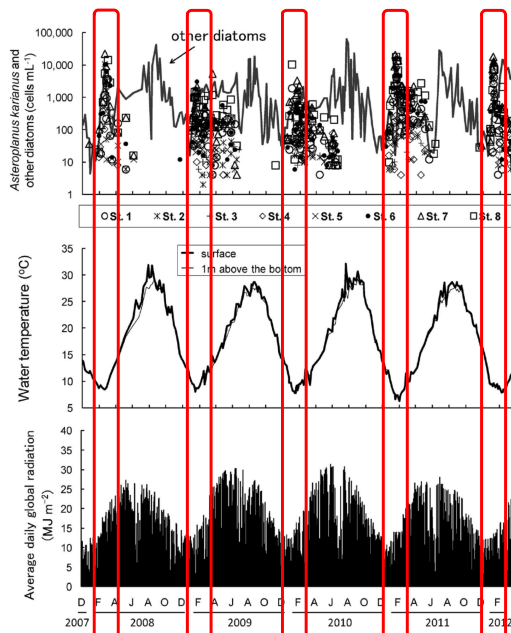


図 23 有明海佐賀県海域表層における珪藻類の細胞密度，水温および全天日射量の推移（2007 年 12 月～2012 年 3 月）。松原ら（2014）をもとに作成。

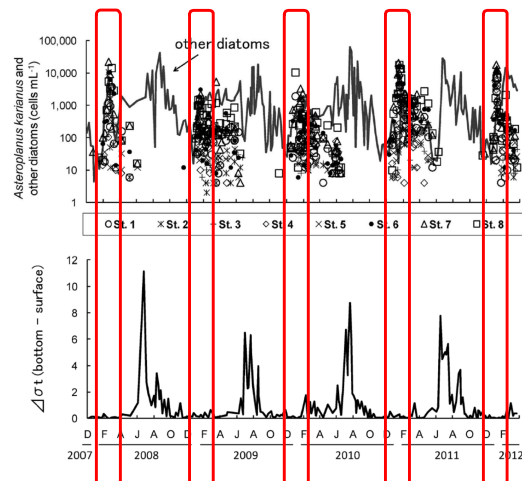


図 24 有明海佐賀県海域表層における珪藻類の細胞密度と鉛直安定度の推移（2007 年 12 月～2012 年 3 月）。松原ら（2014）をもとに作成。

まとめ

ノリの色落ちは、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、養殖ノリに必要な栄養塩が減少する結果、生じているものと推察される。

また、珪藻類の種類により、それぞれ増殖に必要な条件を有していると考えられる。

【魚類等の減少】

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、漁獲努力量等の資源評価にかかる情報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（1万3千t台）に減少傾向を示し、1999年には6千tを割り込んだ（図25）。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、カレイ類及びクルマエビの漁獲量は、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）の最低水準を下回って減少している（図26、図27）。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。

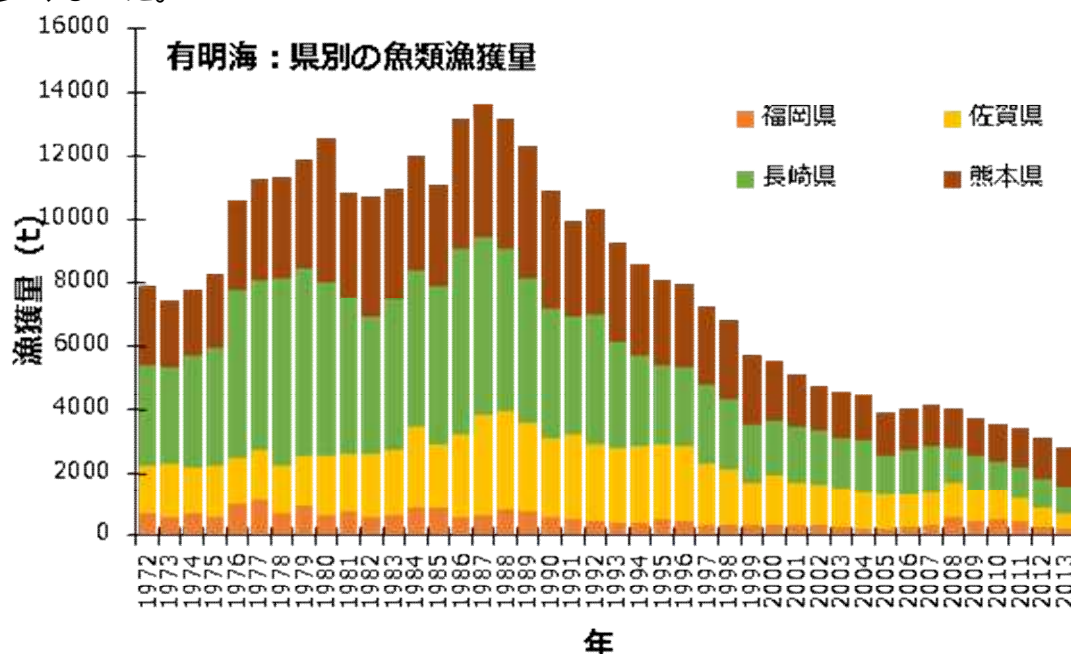


図 25 有明海の県別魚類漁獲量

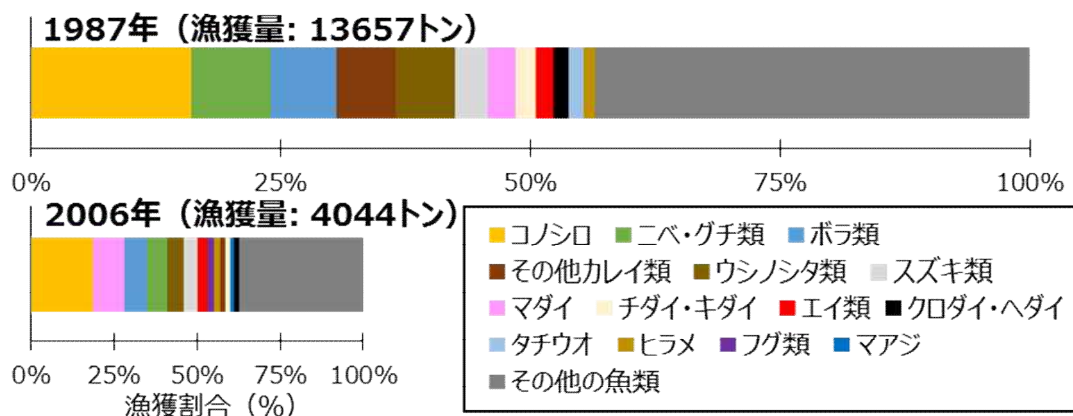


図 26 有明海の魚類漁獲割合(1987年と2006年の比較)

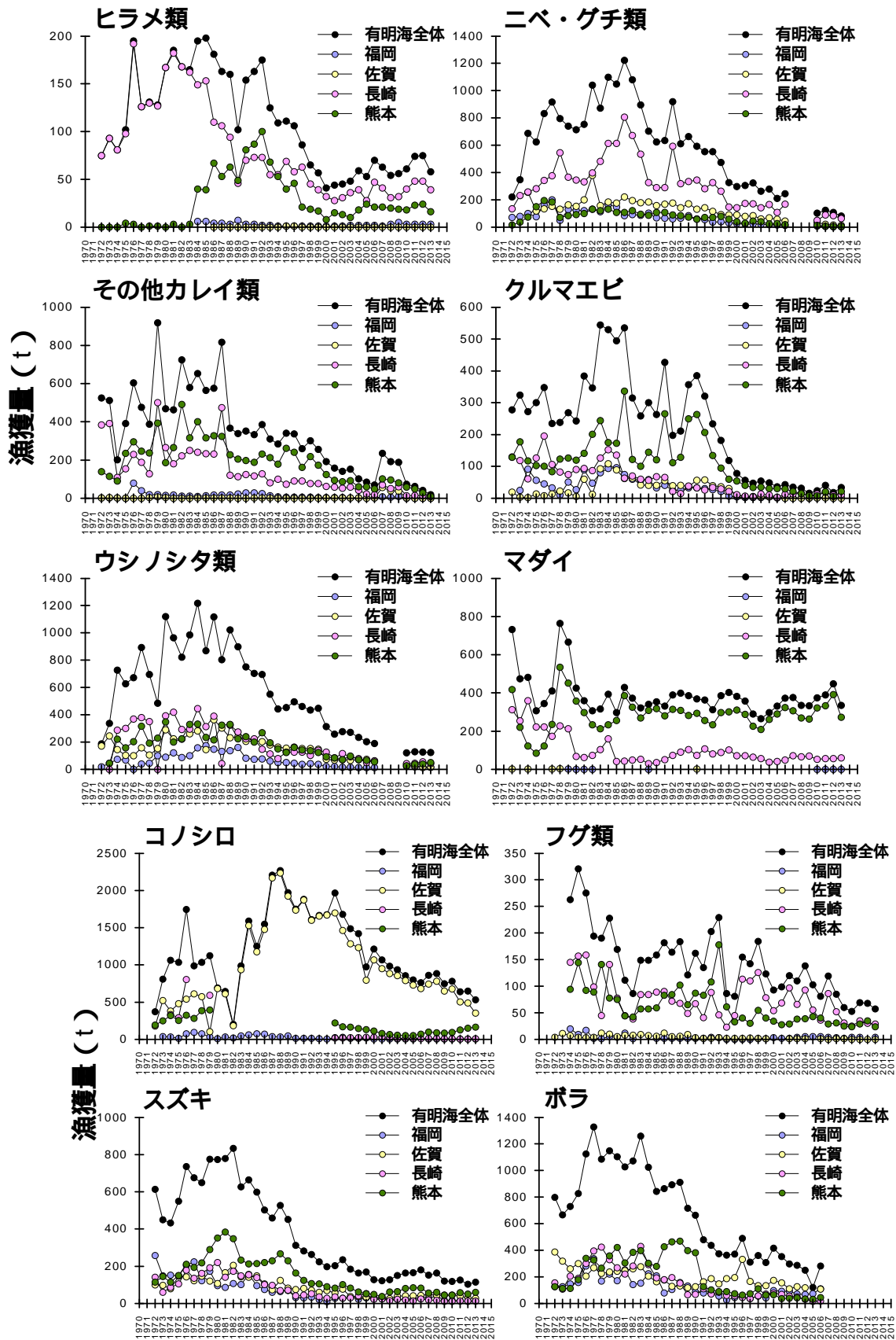


図 27 有明海における主要な魚類漁獲量の経年推移

要因の考察

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 28～図 30 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、卵や仔魚が輸送される再生産の仕組みを持っている。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。

↓

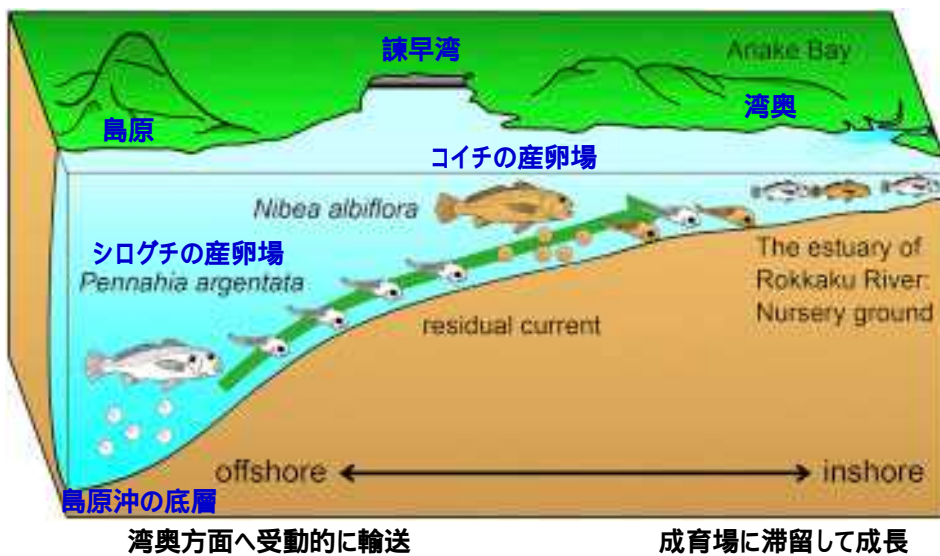
シログチをモデル生物として、輸送のしくみ、生残機構、初期減耗要因等を研究。

【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 28 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 29 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 30 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

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 31 に、餌生物（カイアシ類）に対する選択性について図 32 に示す。

仔魚の個体数密度と現場で観測された DO 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。

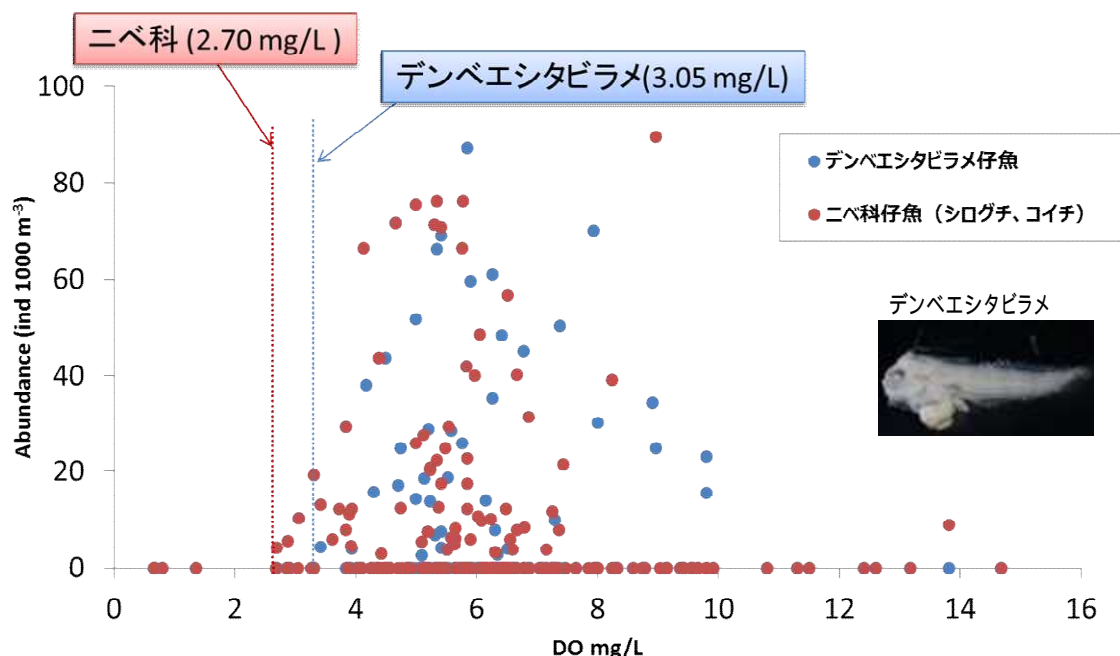


図 31 ニベ科仔魚（シログチ、コイチ）およびデンベエシタビラメ仔魚の個体数密度と採集地点における溶存酸素量との関係

出典：長崎大学・平成 19～21 年度などより

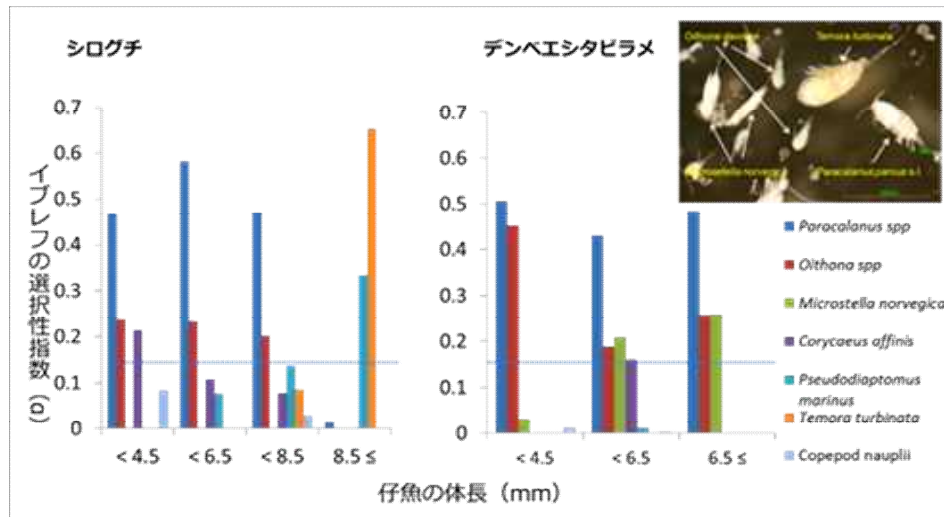


図 32 同所に生息する仔魚の餌生物（カイアシ類）に対する選択性
出典：長崎大学・平成 19～21 年度などより

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33)。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34)。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DO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。

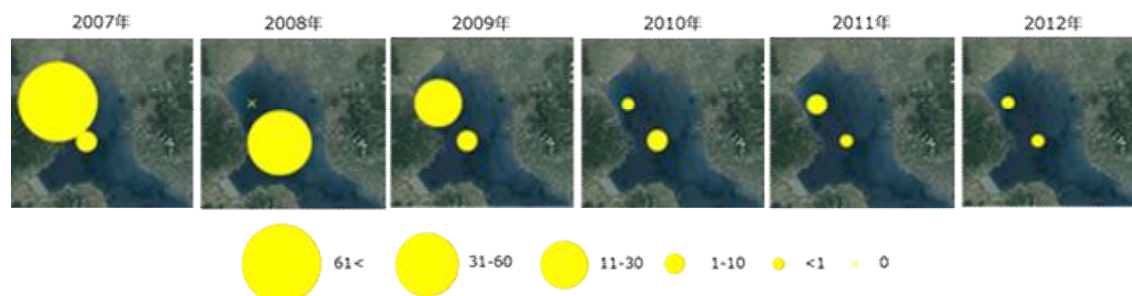


図 33 ニベ科仔魚の分布密度 (/1000 m³) の経年変化
出典：長崎大学・平成 19～21 年度などより

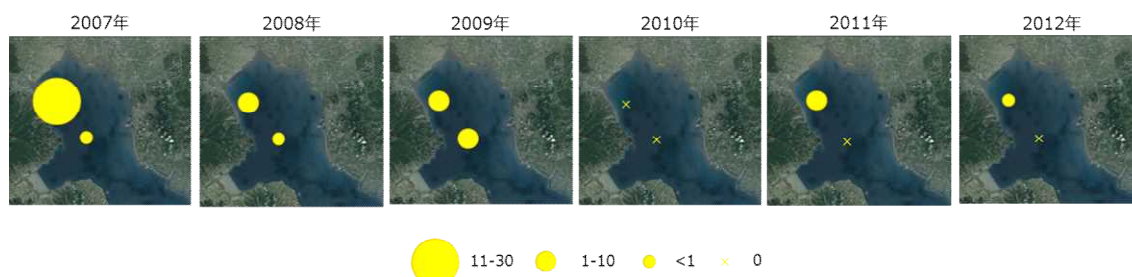


図 34 デンベエシタビラメの分布密度 (/1000 m³) の経年変化
出典：長崎大学・平成 19～21 年度などより

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 35)。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。

ただし、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、ワラスポ、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、ワラスポ、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は、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が予測される。

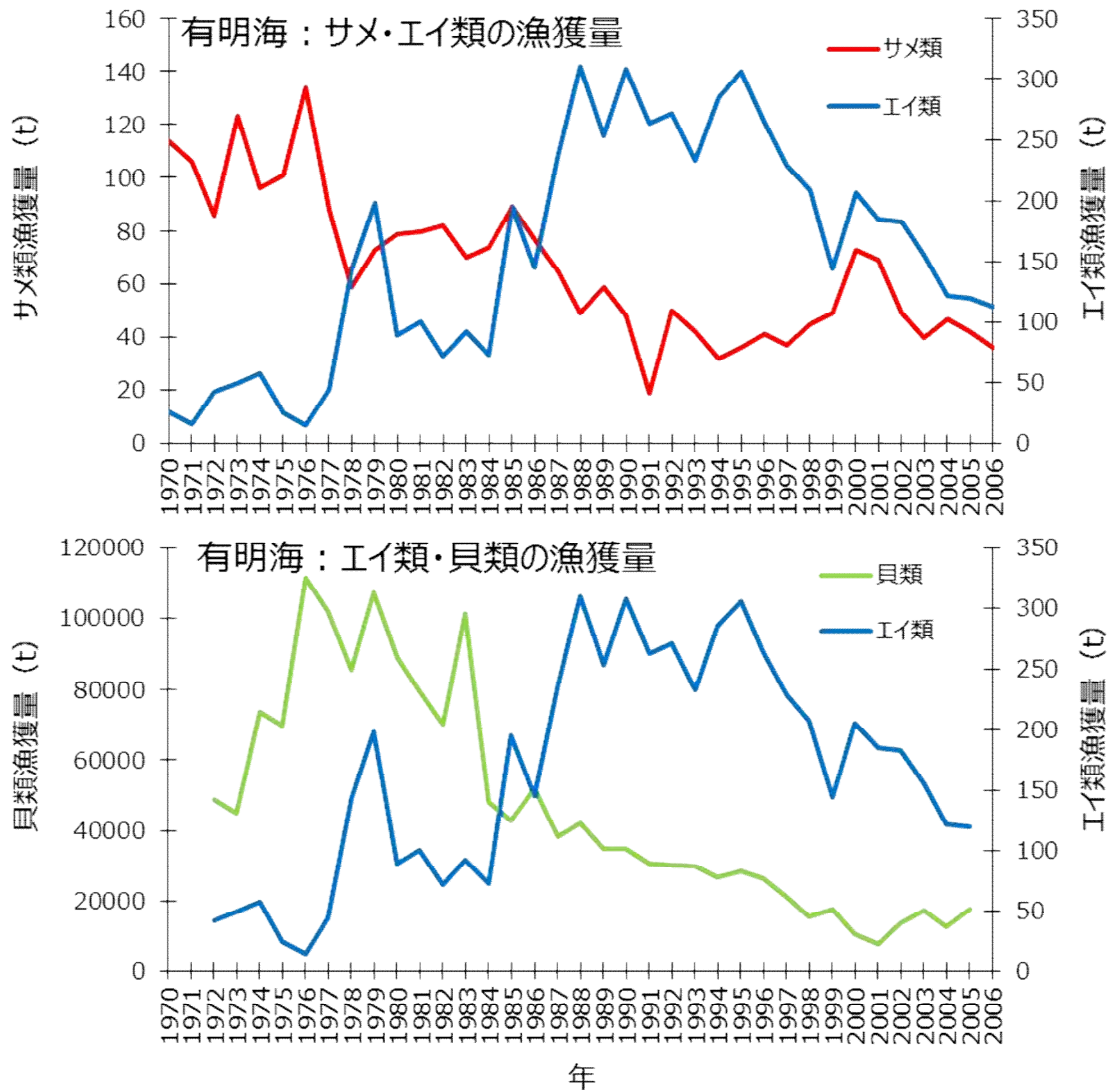


図 35 有明海におけるサメ・エイの漁獲量とエイ・貝類漁獲量

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・八代海等の環境等の変化（赤潮）」図 7 参照）。2011 年から 2015 年までのデータを整理すると、赤潮は A 1 海域で最も多く発生し、A 1 海域に隣接する A 3 海域、および熊本県沿岸である A 4 でも発生件数が多い（図 36）。干潟域である A 1 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、夏期は珪藻類のみならず、渦鞭毛藻及びラフィド藻による赤潮発生が多い（図 37）。

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* 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 37）。

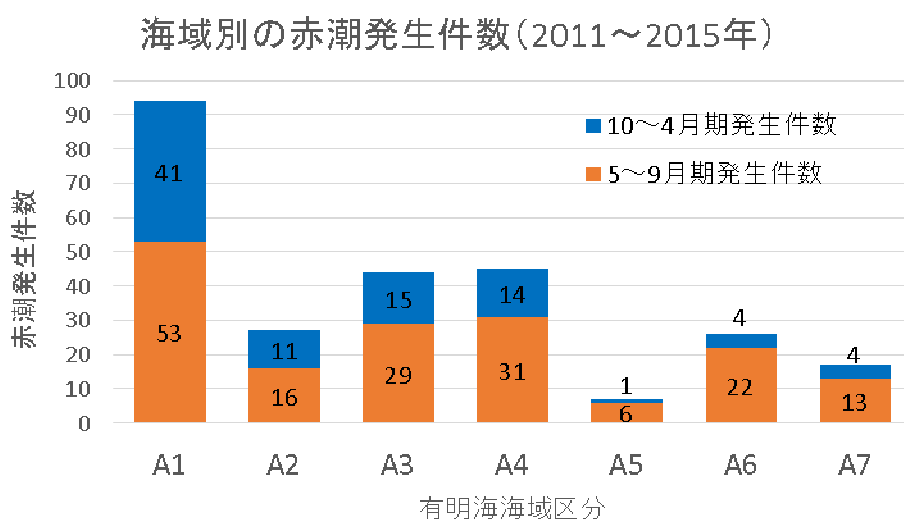
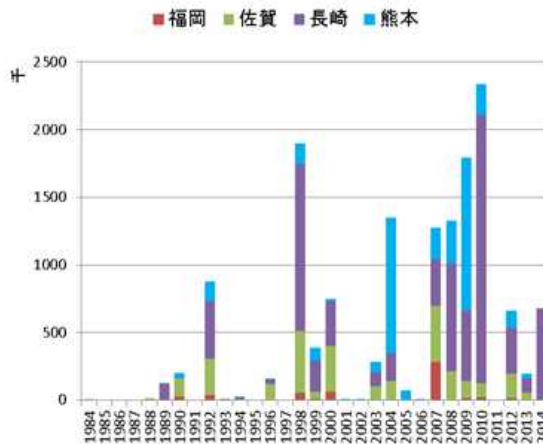


図 36 有明海における海域別赤潮発生件数

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 年度）」をもとに環境省が作成

Chattonella



Heterosigma akashiwo

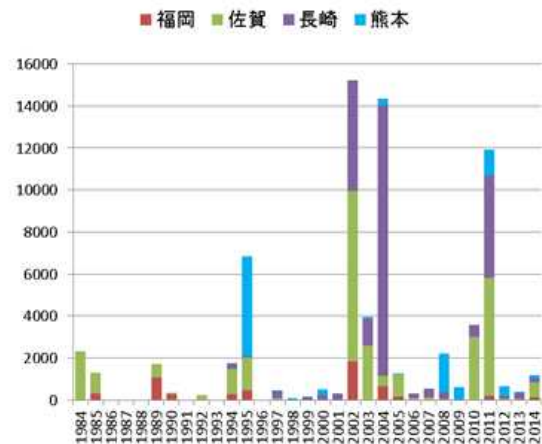


図 37 有明海における 2 種有害赤潮生物の赤潮発生規模の推移

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 26 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

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

夏期に発生する鞭毛藻赤潮のうち、特にシャットネラの赤潮は A 1～A 3 海域及び A 6 海域では夏期に高密度となり、赤潮発生海域では天然魚類の大量へい死（図 38）や赤潮海域からの逃避行動などが発生している。



図 38 シャットネラ赤潮発生時に死亡した天然コノシロやボラ類
（2009 年 7 月 24 日、諫早市小長井町地先）

出典：水産研究・教育機構提供資料

ラフィド藻であるシャットネラ属やヘテロシグマ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、シャットネラ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・流出し、橘湾で4億円を超える漁業被害が発生した（図39）。

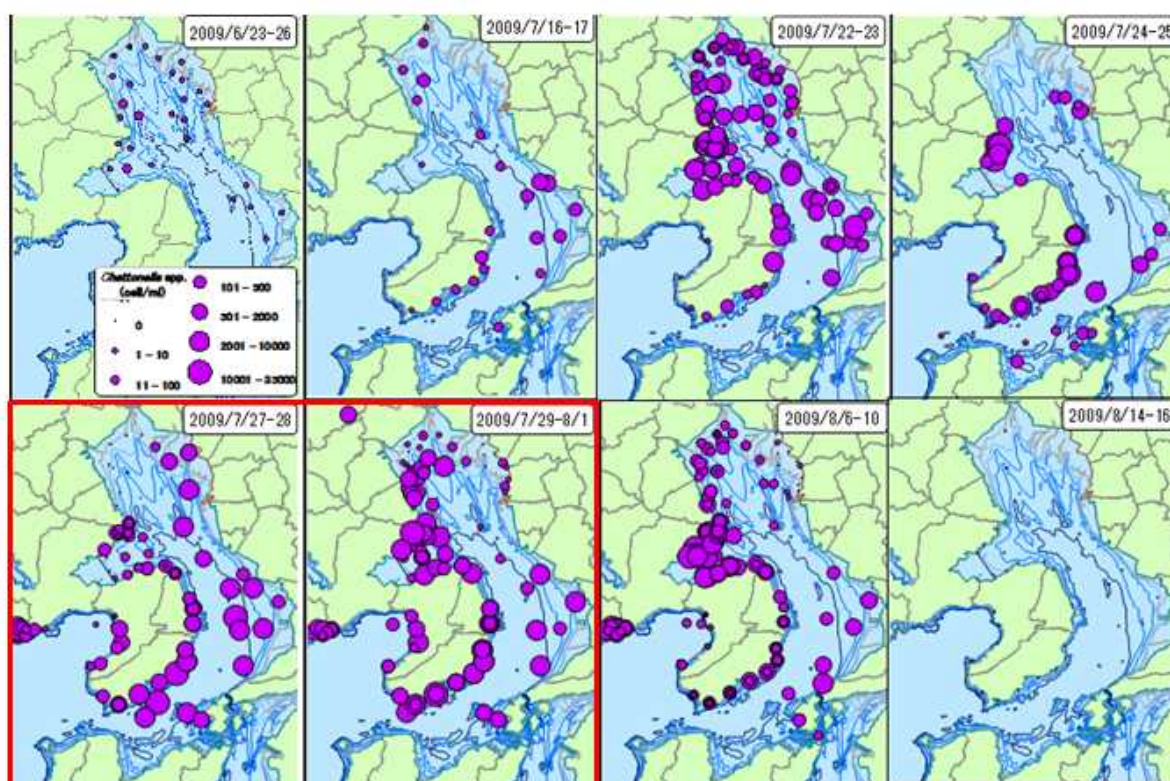


図 39 有明海・橘湾海域におけるシャットネラ栄養細胞分布の経時変化
出典：有明海沿岸4県による調査結果を水産研究・教育機構が整理した

佐賀川副の風向・風速(2009 (H21)年7月23~31日)

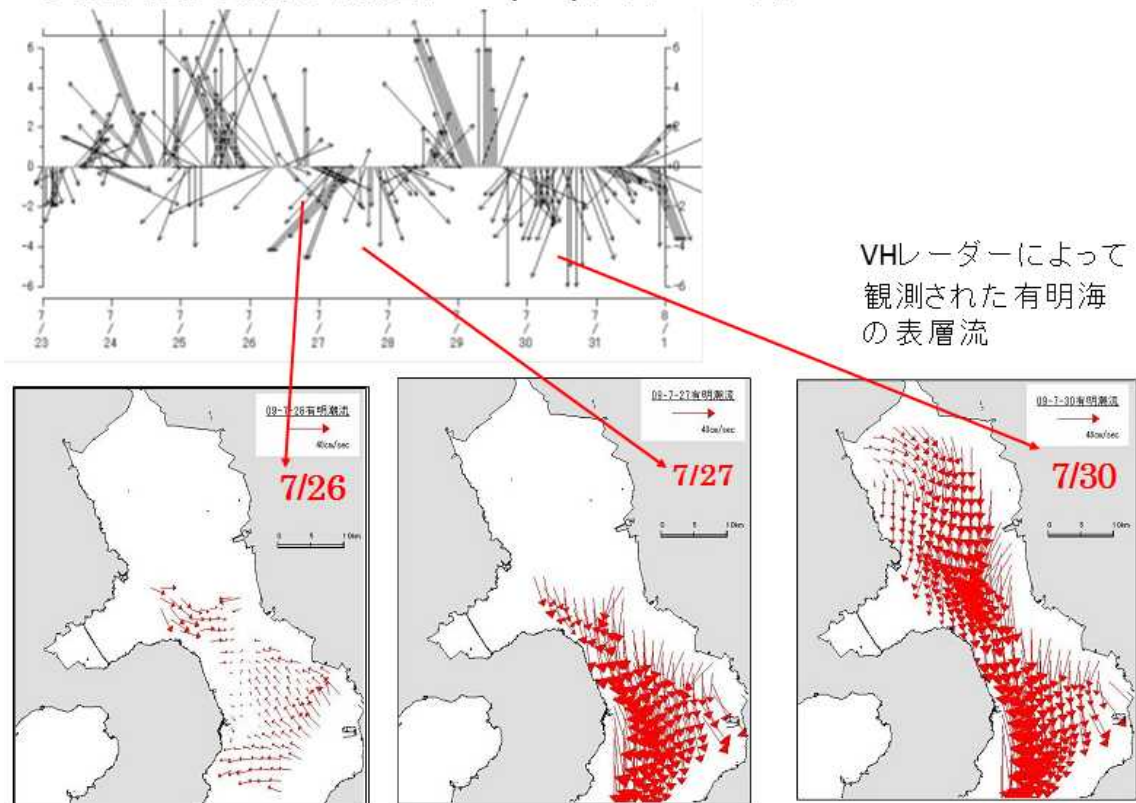


図 40 2009 年 7 月下旬に観測された有明海表層水の南下減少

出典：長崎県提供資料

図 40 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)。

ノリ酸処理剤については、魚類への影響試験結果（表 2）を考慮すると、酸処理剤が適正に使用されていれば、魚類資源への影響は少ないと考えられる。

表 2 ノリ酸処理剤の魚類への影響について

生物の種類	成長段階	酸の種類	影響の内容	濃度(%)	pH	備考
マコガレイ	卵	処理剤 (4種類)	生存濃度(48時間)	-	7.83~7.95	高い pH でも影響が出たことを処理剤中の添加物の影響と推定
マコガレイ	孵化稚魚	処理剤 (4種類)	生存濃度(48時間) 致死濃度(48時間)	- -	7.28 7.53	処理剤の種類によって生存濃度が大きく異なっている。
イツ	受精卵	クエン酸	半数致死(24時間)	0.0038	5.0	
クダイ	稚魚	クエン酸とその不完全中和剤	正常濃度(24時間) 生存濃度(24時間) 斃死濃度(24時間)	0.008 0.04	6.8以上 6.2以上 5.0以下	両区とも pH で影響が出現した。 0.04%区では狂奔した後斃死した。 0.0032~0.2%まで5区。
ハセ	稚魚	クエン酸の中和物	半数致死濃度(72時間) 影響のない濃度	0.2 0.05		
ウギ	シラス	処理剤 (2種類)	半数致死濃度(24時間)	0.052~0.056		
ウギ	シラス	クエン酸	半数致死(24時間)	0.11		
クダイ	稚魚	処理剤 (2種類)	半数致死濃度(24時間)	0.080~0.111	4.54~4.65	処理剤の1種類は低濃度でも生残が悪く、pH以外の要因も推察された。
ヒラメ	稚魚	処理剤	半数致死(48時間)	0.067	5.5	
エビシヤコ	稚魚	クエン酸	半数致死(48時間)	0.0640	5.5	
ヒメカ	成魚	処理剤	半数致死(96時間)	0.03~0.05		
イガレイ	成魚	クエン酸	嫌忌濃度	0.0175	3.1	0.0175%、0.07%の2試験区。
		処理剤	嫌忌しない濃度	0.1	4.1	0.1試験区のみ。
マダイ	成魚	クエン酸	嫌忌濃度 嫌忌しない濃度	0.0035 0.0025	7.35 7.72	
		塩素	嫌忌濃度 嫌忌しない濃度	$0.35 \times 10^{-3}N$ $0.25 \times 10^{-3}N$	7.51 7.76	

【概要】

- ・魚類の卵の半数致死濃度(24時間)は pH5.0、稚魚~成魚期では pH5.0 前後になる。
- ・水生生物での試験結果より、24時間以上の酸処理剤への浸漬試験では pH7 以下、短時間の酸処理剤への生物の浸漬試験では時間が短いほど更に低い pH でも影響が出現しなくなってくるので、現状の使用濃度(概略1%以内)と使用量であれば、海域での酸処理剤の拡散・希釈を考慮すると生物に大きな影響が出るとは考えにくい。

資料：農林水産省水産庁(1995)「のり酸処理試験研究成果の概要」

有明海や八代海には、国内でこの海域にしか生息しない動植物が多数生息している。このうち、ここでは漁獲統計が記録されているムツゴロウについて述べる。

(a) ムツゴロウ

佐賀県内のムツゴロウの漁獲量は 1960 年代後半には 150～200 t 認められた。1970～1975 年までに 77～104 t を記録したが、1976～1980 年にかけて 24～38 t と徐々に減少し、1981 年には 16 t、1982 年には 8 t と急減し、1983～1990 年にかけては 2～5 t へと減少した。1991 年以降回復傾向を示し、2000 年に 25 t、統計として記録がある 2006 年の漁獲量は 11 t であった（図 41）。

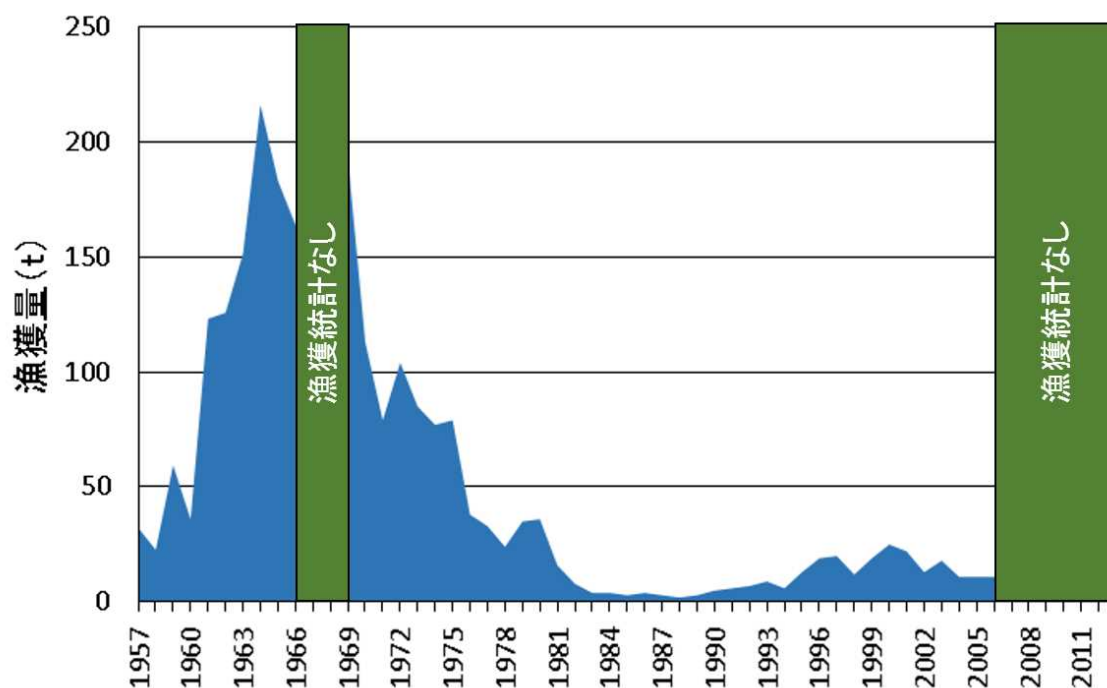


図 41 有明海佐賀県海域におけるムツゴロウの漁獲量
（出典： 佐賀県農林水産統計をもとに整理）

有明海全域におけるムツゴロウの生息密度と経年出現特性について、1972 年、1986 年、1991 年、2003 年に行われた以下の資料がある（図 42）。

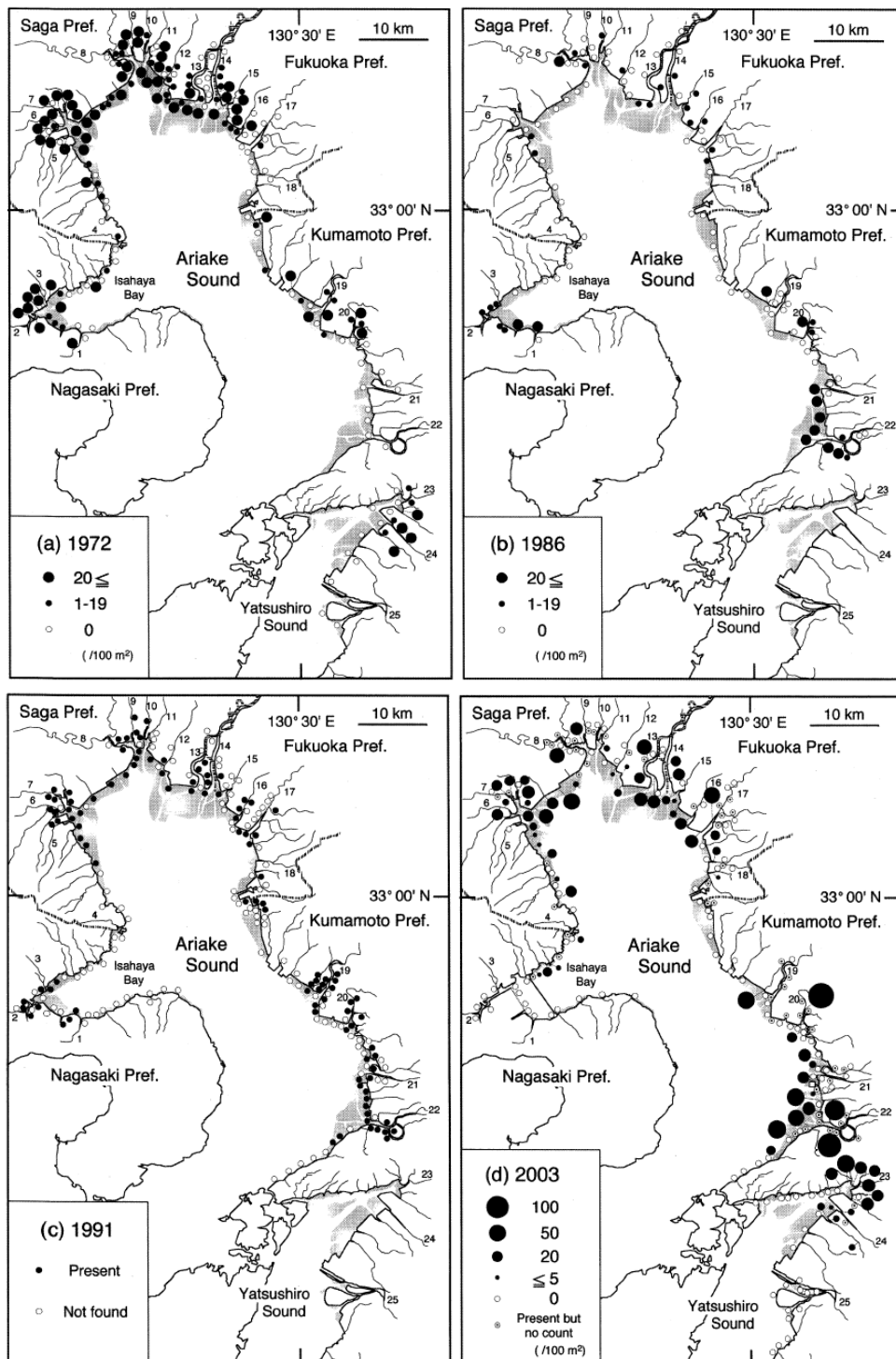


図 42 有明海・八代海におけるムツゴロウの出現状況
 (出典：竹垣 毅・和田年史・兼森雄一・夏苺 豊 (2005)
 有明海・八代海沿岸の河口干潟におけるムツゴロウの分布と生息密度。
 魚類学雑誌, 52: 9-16)

本資料によれば、1972年には湾奥河口干潟を中心に20尾/100 m²を超える高い出現密度であったが、1986年には広範囲で急減し、漁獲が低迷していた1983～1990年の状況と一致する。

同様の調査は佐賀県においても実施されており、1988年の調査時に六角川河口

から太良町沿岸にかけて、ムツゴロウがほとんど生息しない状況(0~1尾/100m²)であった。その後、佐賀県海域では1991~1996年にかけて出現密度の緩やかな回復が見られ、2012年の調査においては、ほぼ全域で10尾/100m²を超えるなど、資源が回復している。

《まとめ》

有明海の奥部の干潟・河口・浅海域は、多くの魚類の産卵・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への漁獲圧が大きく増加したとは考えにくい。

有明海のシャットネラ赤潮については、1998年、2004年、2007~2010年にかけて発生規模が大きくなっている。

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ている。

ムツゴロウは、1972年には20尾/100m²を超える高い出現頻度であったが、1980年代に急減した。1990年代に出現密度の緩やかな回復が見られ、2012年の調査においては、10尾/100m²を超えるなど回復している。