

② 原因・要因の考察

i) 初期減耗・生態系構造の変化

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、その原因・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等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 4.4.141～図 4.4.143 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等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 4.4.144）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及び諫早湾に広く出現し、稚魚も同様に湾奥部及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部に依存する種には、他にコイチ等が挙げられる。

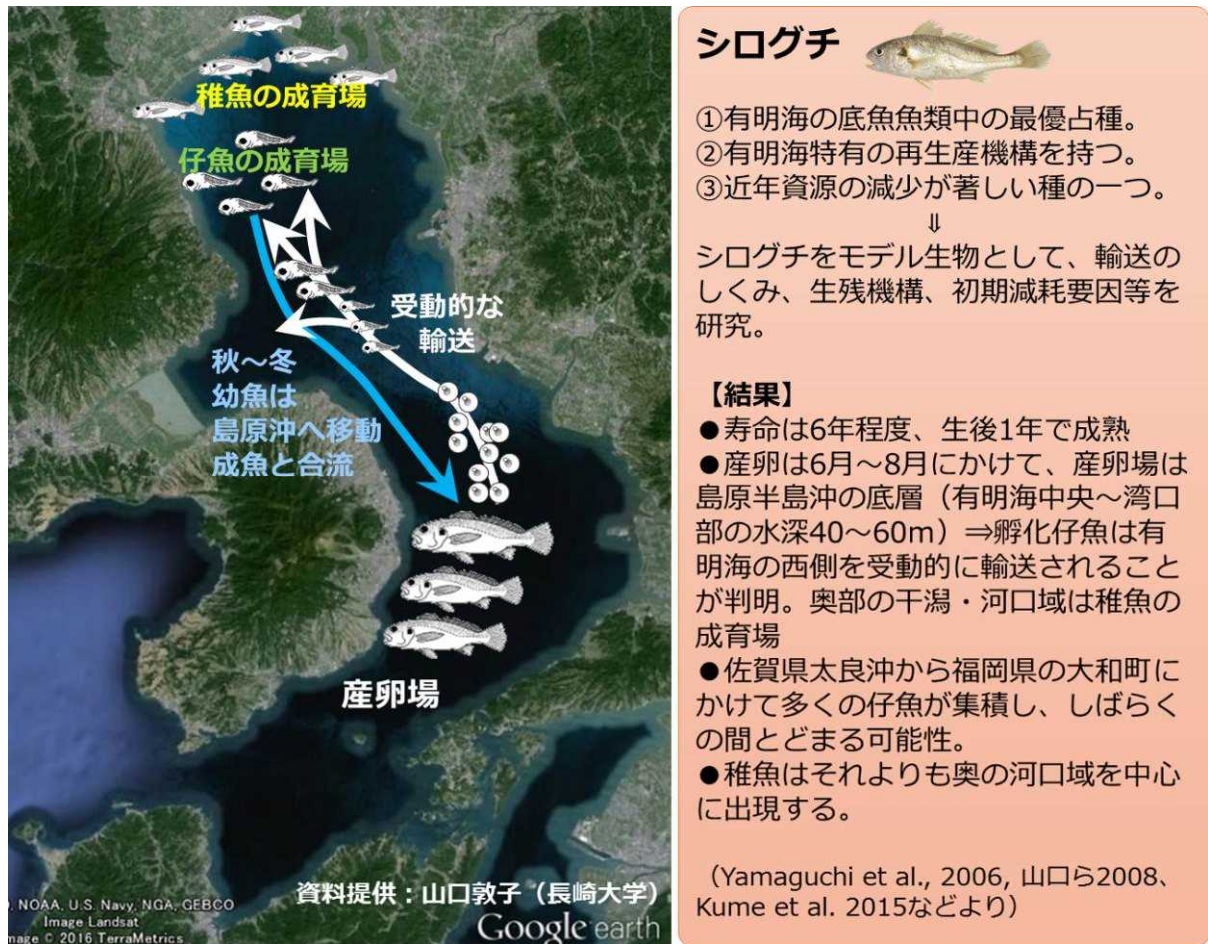


図 4. 4. 141 シログチに代表される再生産機構
 出典：長崎大学・平成 19～21 年度等

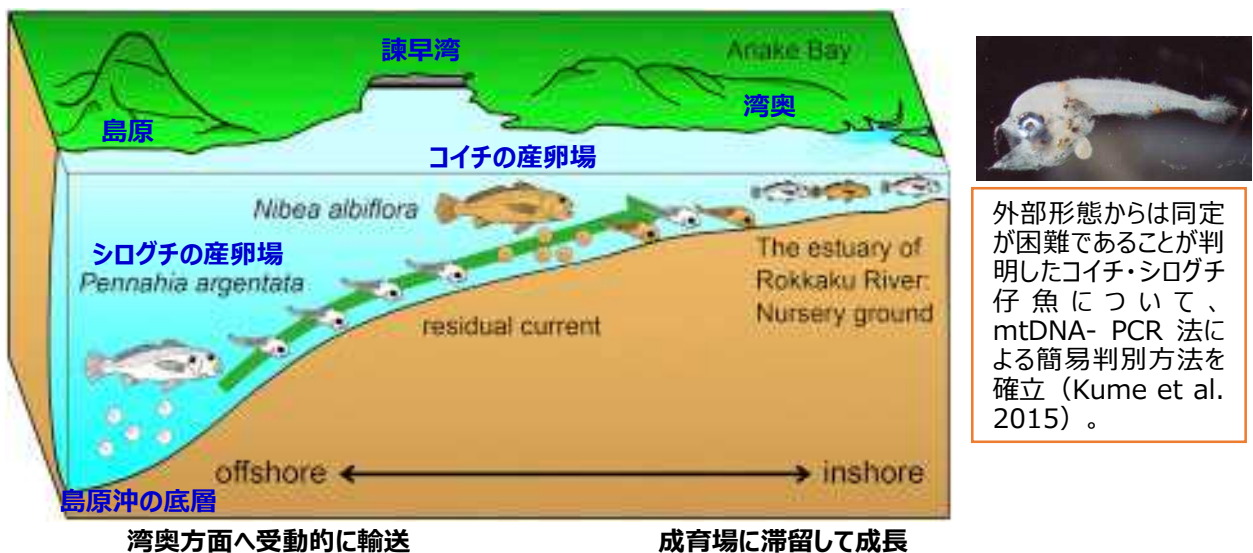


図 4. 4. 142 フィールド調査と DNA 分析等により明らかになったシログチ・コイチの卵・仔魚輸送機構と成育場
 出典：山口・長崎大学提供資料



図 4.4.143 デンベエシタビラメの生産機構
 出典：長崎大学・平成 19～21 年度等

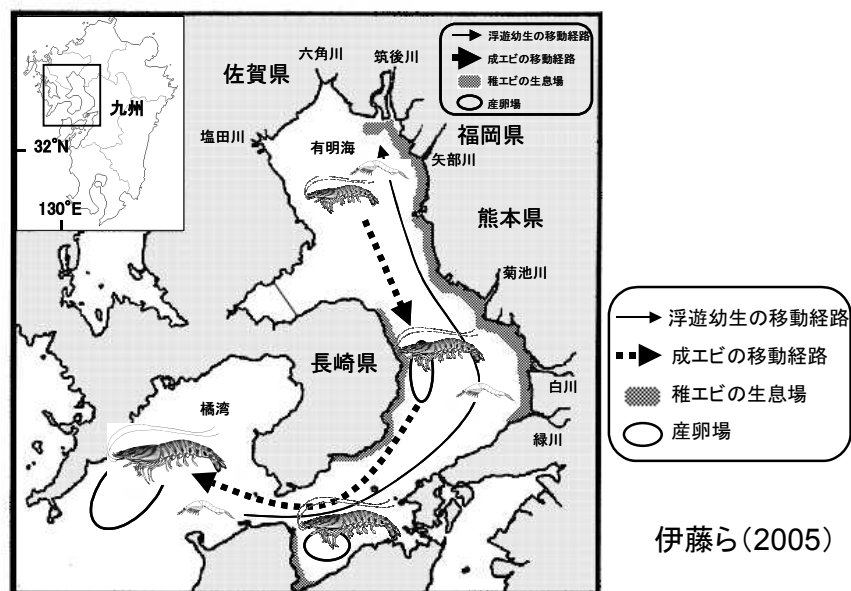


図 4.4.144 クルマエビの産卵場所と稚エビの出現場所

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、産卵場や成育場等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等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等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、採砂等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等は湾奥部(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いる。

このように、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。なお、魚類等の産卵場や成育場となる藻場・干潟の減少については3章7. 藻場・干潟に記載している。

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及び仔稚魚成育場の環境についての調査結果として、ニベ科仔魚及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4.4.145に、餌生物(カイアシ類)に対する選択性について図4.4.146に示す。

仔魚の個体数密度と現場で観測された溶存酸素量との関係からは、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及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部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、仔魚の湾奥部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¹⁷⁾(Kume et al., 2015)。

以上のように、現時点では資源の減少要因の特定には至っていないものの、湾奥部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。

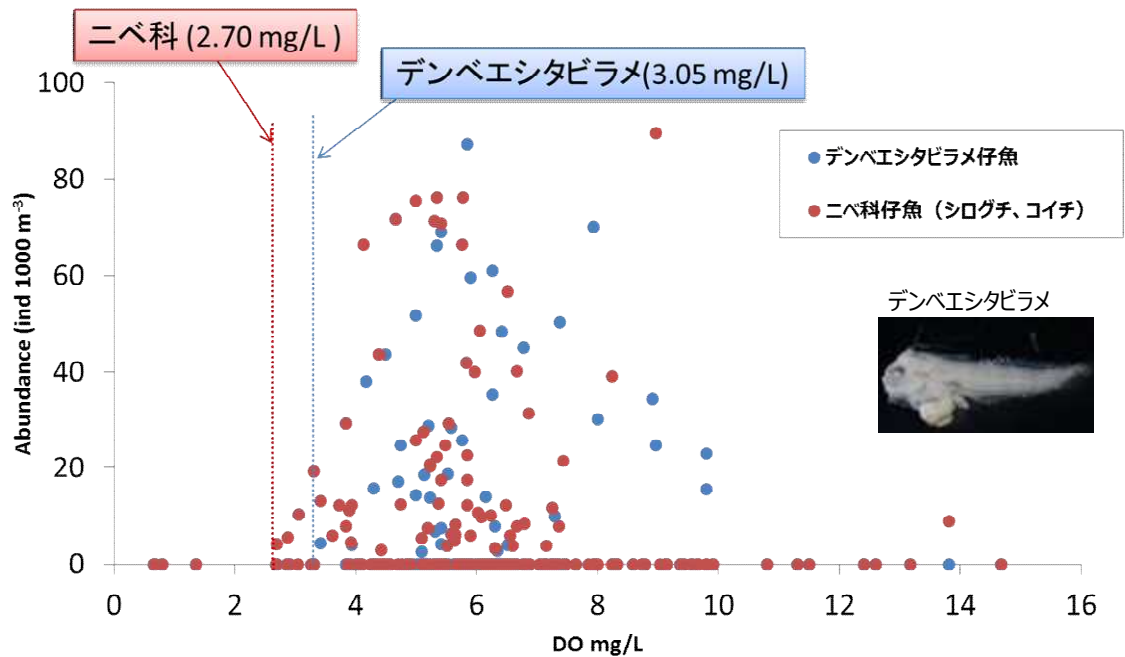


図 4. 4. 145 ニベ科仔魚（シログチ、コイチ）及びデンベエシタビラメ仔魚の個体数密度と採集地点における溶存酸素量との関係
出典：長崎大学・平成 19～21 年度等

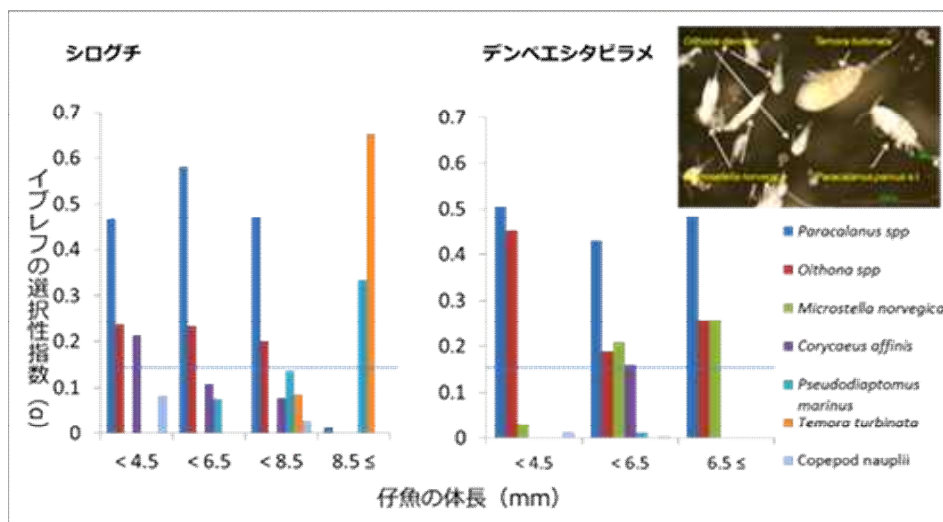


図 4. 4. 146 同所に生息する仔魚の餌生物（カイアシ類）に対する選択性
出典：長崎大学・平成 19～21 年度等

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 4. 4. 147）。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等、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 4.4.148)。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溶存酸素量の閾値(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の環境が極めて重要である。

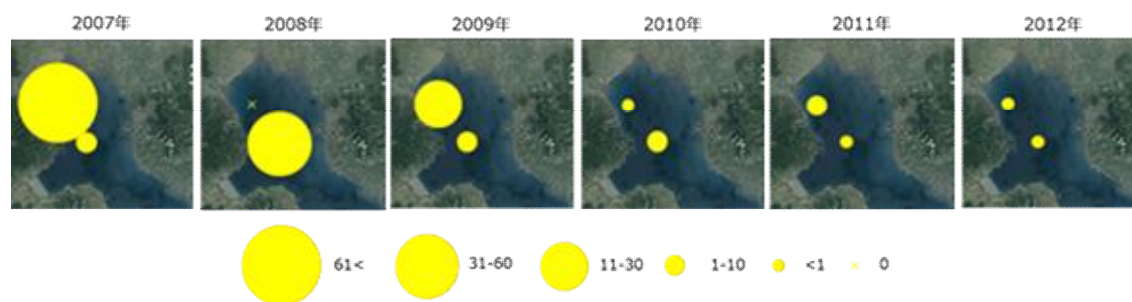


図 4.4.147 ニベ科仔魚の分布密度 (/1000 m³) の経年変化
出典：長崎大学・平成 19～21 年度等

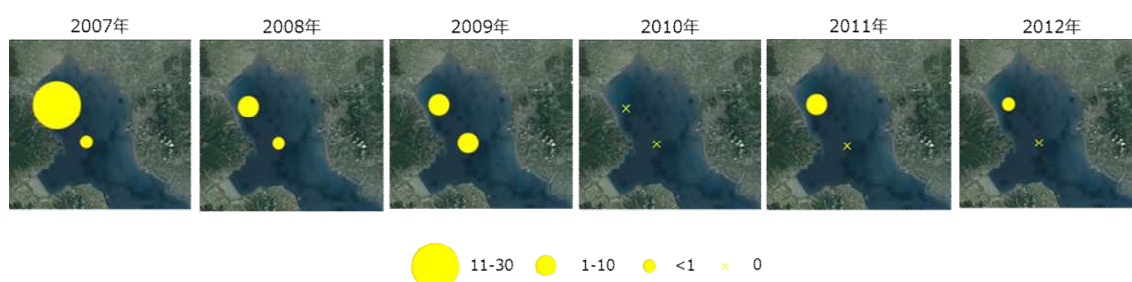


図 4.4.148 デンベエシタビラメの分布密度 (/1000 m³) の経年変化
出典：長崎大学・平成 19～21 年度等

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¹⁸⁾(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 4.4.149)。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¹⁹⁾(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、ヤジリエイ等のアカエイ類やスミツキザメ等が混獲されている。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、フグ類等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等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等が考えられている¹⁸⁾ (山口, 2013)。

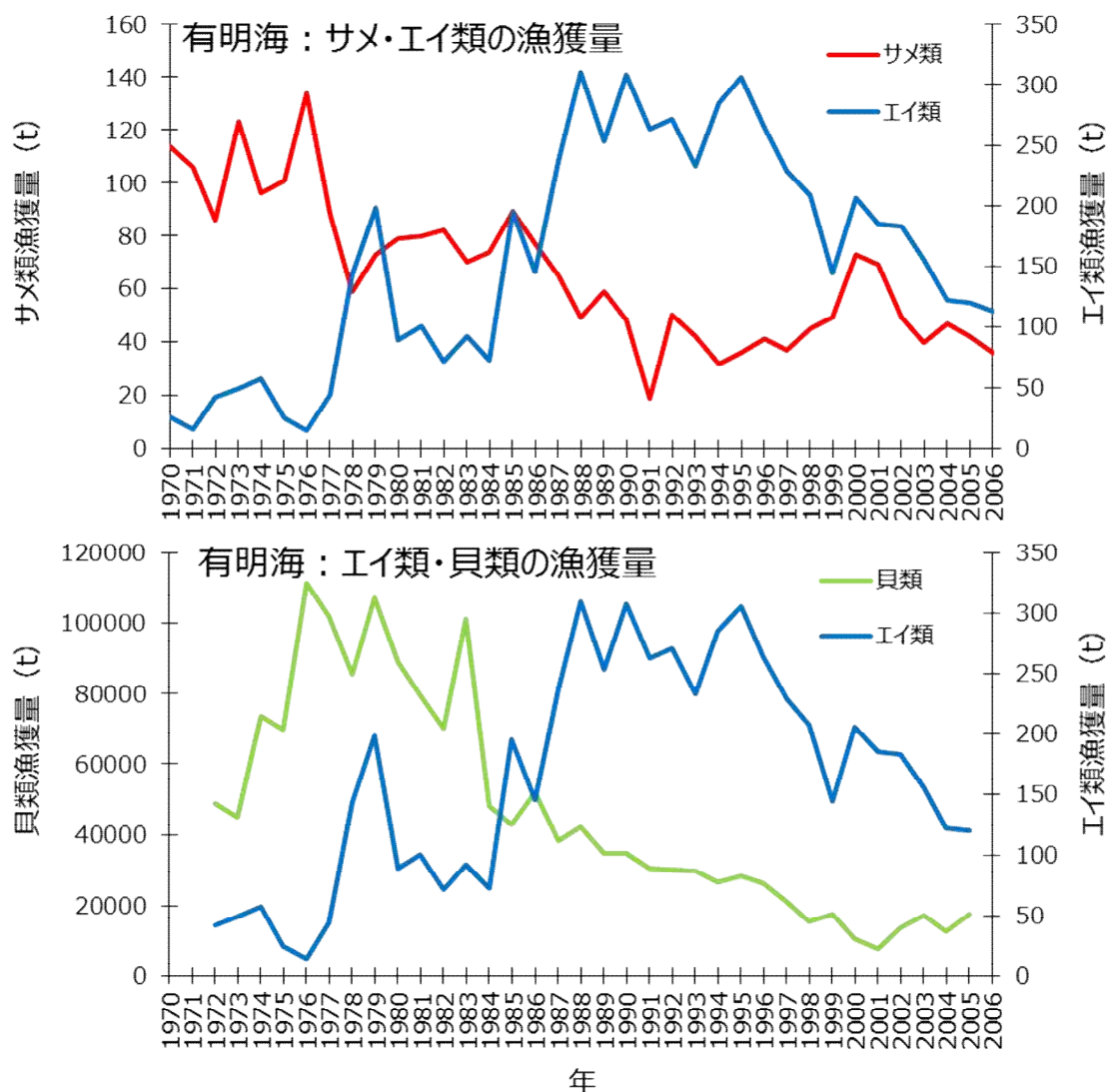


図 4.4.149 有明海におけるサメ・エイの漁獲量とエイ・貝類漁獲量

ii) 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年まではそれ以外の期間の約2倍の件数と高い傾向であったが、2005年以降は横ばいである(図3.8.9参照)。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海域及び熊本県沿岸であるA4でも発生件数が多い(図4.4.150)。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4.4.151)。

赤潮による漁業被害については3章8.赤潮に示した。有明海では、夏期にラフィド藻等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、2007~2010年にかけて、赤潮発生規模が大きくなっている(図4.4.151)。

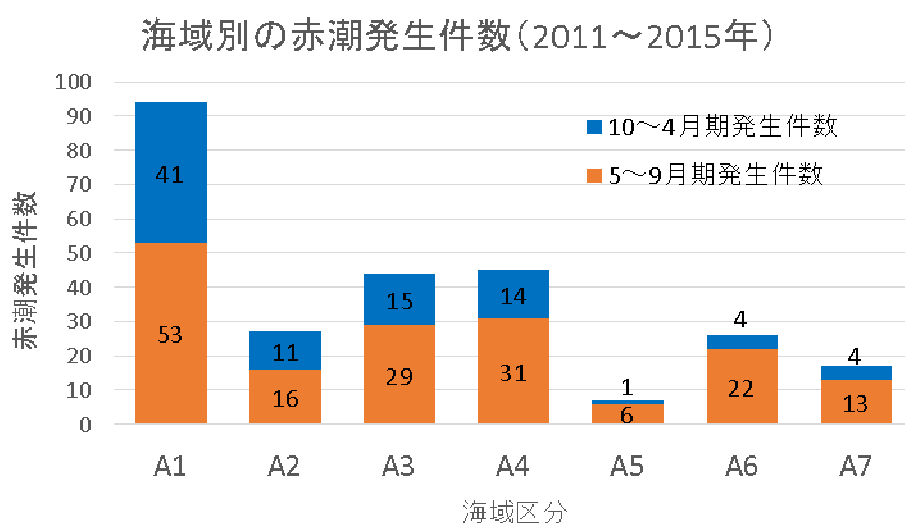
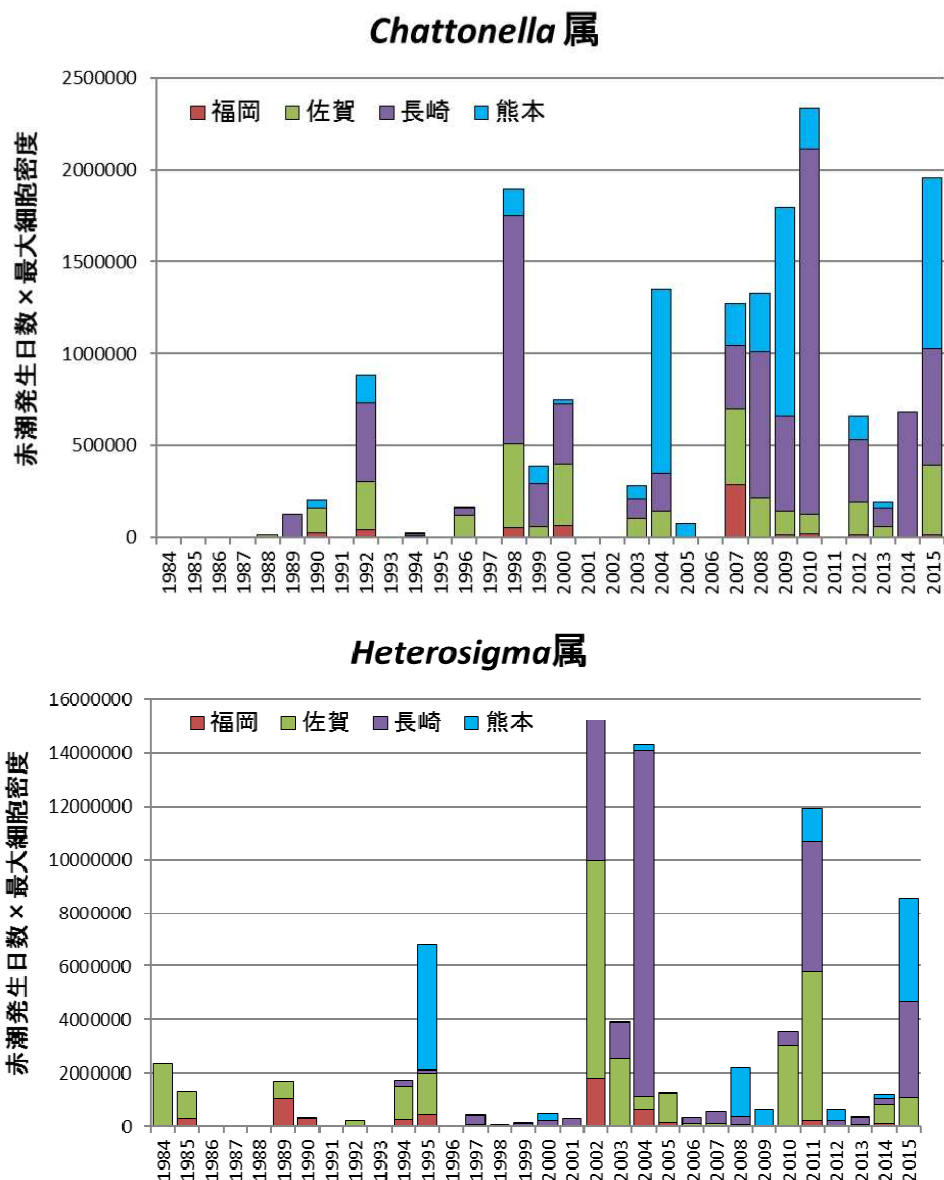


図 4.4.150 有明海における海域区分別赤潮発生件数

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した。



注) 1. 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

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

2. 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

図 4. 4. 151 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~平成 27 年)」をもとに環境省が作成した。

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 4. 4. 151 に両属の赤潮発生規模 (総出現細胞数 = 赤潮発生期間 (日) × 最高出現密度 (cells/mL)) 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、どの程度漁獲量の減少に影響を与えたのか不明であるが、赤潮発生海域では天然魚類のへい死 (図 4. 4. 152) 等が発生している。*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 4. 4. 152 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（島原半島南部及び天草海域）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 4. 4. 153)。

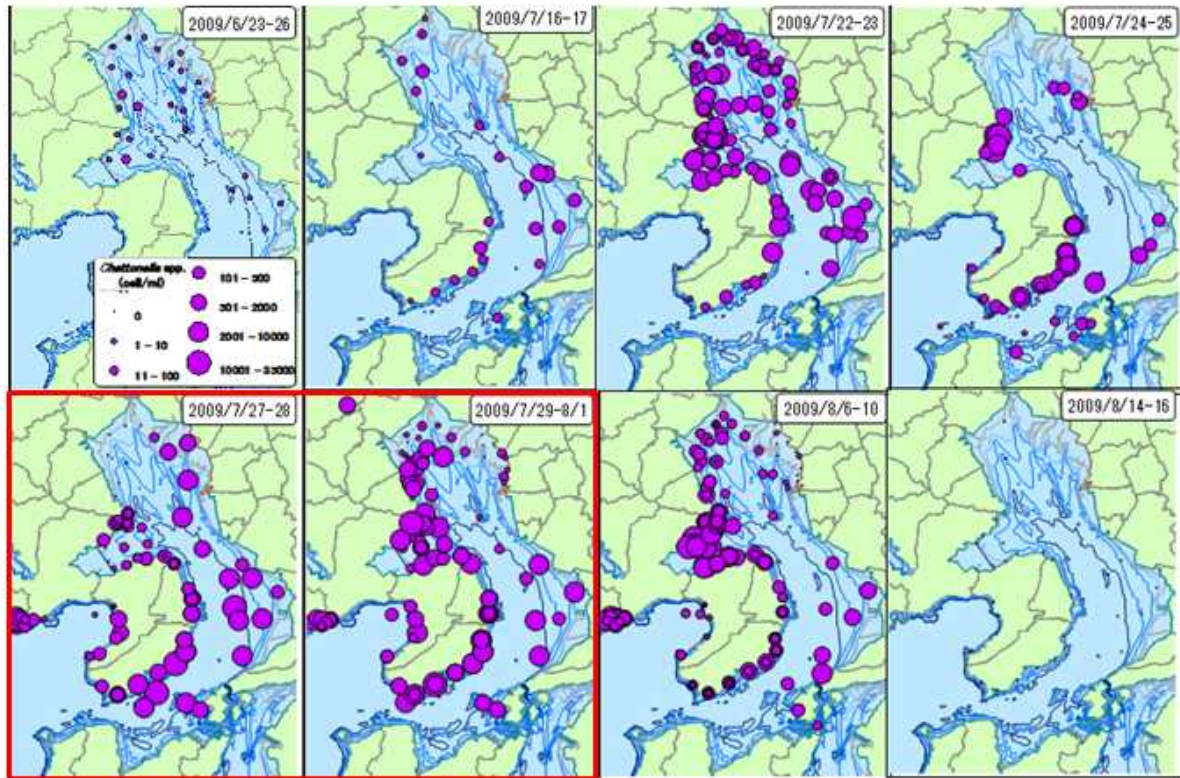


図 4.4.153 有明海・橘湾海域における *Chattonella* 属栄養細胞分布の経時変化

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。

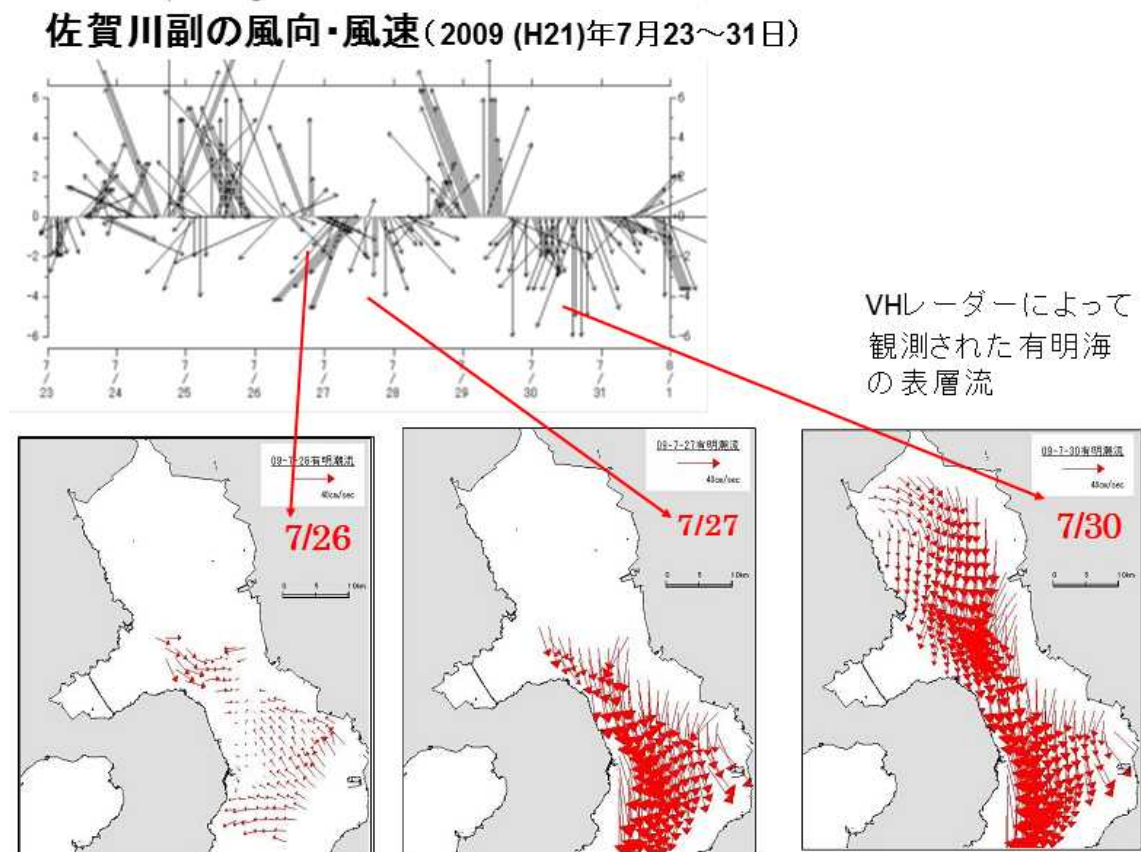


図 4.4.154 2009年7月下旬に観測された有明海表層水の南下減少

出典：長崎県提供資料

図 4.4.154 に示したように、2009年7月下旬に橘湾で赤潮が発生した際に、北風によって有明海湾奥部の表層海水（赤潮水塊を多く含んでいた）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²⁰⁾ (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。

i) 初期減耗・生態系構造の変化

有明海の魚類の中には、産卵場から成育場まで有明海内を広域に輸送される複数の種がいる。このような中、有明海の干潟・河口・浅海域は、多くの魚類等の産卵・成育の場となる等、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)の縮小等の可能性が挙げられる。

また、生態系構造(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、漁獲圧が挙げられるが、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。

ii) 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年に赤潮発生規模(総出現細胞数=赤潮発生期間×最高出現密度)が大きくなっている。赤潮発生地域ではどの程度漁獲量の減少に影響を与えたのか不明であるが、天然魚類のへい死等が発生している。2009年夏期においては、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。

参考文献

- 1) 有賀祐勝 (1980) : スサビノリの色彩と色素, 遺伝, 第 34 号, pp. 8-13
- 2) 藤澤邦康, 小橋啓介, 林浩志 (2000) : ノリ養殖漁場における溶存態無機窒素とノリの色素量の関係について, 岡山県水産試験場報告, 第 15 号, pp. 1-3
- 3) 白石日出人 (2010) : ノリ葉体の色調変化に関する研究, 福岡県水産海洋技術センター研究報告, 第 20 号, pp. 131-134
- 4) 村山史康, 清水泰子, 高木秀蔵 (2015) : 岡山県ノリ漁場における栄養塩濃度とノリの色調および乾海苔単価との関係, 日本水産学会誌, 第 81 巻, 第 1 号, pp. 107-114
- 5) 佐々木和之, 鬼頭 鈞 (2003) : 有明海で発生した珪藻 *Rhizosolenia imbricata* Brightwell の増殖特性, 日本プランクトン学会報, 第 50 号, 第 2 号, pp. 79-87
- 6) 西川哲也 (2002) : ノリの色落ち原因藻 *Eucampia zodiacus* の増殖に及ぼす水温, 塩分および光強度の影響. 日本水産学会誌, 第 68 巻, 第 3 号, pp. 356-361
- 7) 西川哲也, 堀 豊 (2004) : ノリの色落ち原因藻 *Eucampia zodiacus* の増殖に及ぼす窒素, リンおよび珪素の影響, 日本水産学会誌, 第 70 巻, 第 1 号, pp. 31-38
- 8) Nishikawa, T., Hori, Y., Tanida, K., Imai, I. (2007) : Population dynamics of the harmful diatom *Eucampia zodiacus* Ehrenberg causing bleachings of *Porphyra thalli* in aquaculture in Harima-Nada, the Seto Inland Sea, Japan., Harmful Algae, Vol.6, pp. 763-773
- 9) Nishikawa, T., Tarutani, K., Yamamoto, T. (2009) : Nitrate and phosphate uptake kinetics of the harmful diatom *Eucampia zodiacus* Ehrenberg, a causative organism in the bleaching of aquacultured *Porphyra thalli*., Harmful Algae, Vol.8, pp. 513-517
- 10) Nishikawa, T., Hori, Y., Nagai, S., Miyahara, K., Nakamura, Y., Harada, K., Tada, K., et al. (2011) : Long time-series observations in population dynamics of the harmful diatom *Eucampia zodiacus* and environmental factors in Harima-Nada, eastern Seto Inland Sea, Japan during 1974 - 2008., Plankton & Benthos Research, Vol. 6, pp. 26-34
- 11) Ito, Y., Katano, T., Fujii, N., Koriyama, M., Yoshino, K., Hayami, Y (2013) : Decreases in turbidity during neap tides initiate late winter blooms of *Eucampia zodiacus* in a macrotidal embayment., Journal of Oceanography, Vol.69, pp. 467-479.
- 12) 松原 賢, 横尾一成, 川村嘉応 (2014) : 有害珪藻 *Asteroplanus karianus* の有明海佐賀県海域における出現動態と各種環境要因との関係, 日本水産学会誌, 第 80 巻, 第 2 号, pp. 222-232
- 13) Yamaguchi, H., Minamida, M., Matsubara, T., Okamura, K. (2014) : Novel blooms of the diatom *Asteroplanus karianus* deplete nutrients from Ariake Sea coastal waters., Marine Ecology Progress Series, Vol.517, pp. 51-60
- 14) 山内幸児 (1974) : ノリ幼芽の生長に及ぼす温度の影響—□ 温度条件とノリ幼芽の初期生長および形態について, 日本水産学会誌, 第 40 号, 第 5 号, pp. 439-446
- 15) 三根崇幸, 横尾一成, 川村嘉応 (2013) : 高水温がノリ幼芽の生育に及ぼす影響, 佐賀県有明水産振興センター研究報告, 第 26 号, pp. 83-88
- 16) 島田裕至 (2014) : アマノリ養殖品種の特性 (藤吉栄次, 玉城泉也, 小林正裕, 有瀧真人編) 3-6 高温耐性, 水産総合研究センター西海区水産研究所, pp. 51-56
- 17) Gen Kume, Naoki Yagishita, Keisuke Furumitsu, Hideaki Nakata, Toshikazu Suzuki, Misako Handa, Atsuko Yamaguchi (2015) : The role of molecular methods to comparison of distribution and feeding habits in larvae and juveniles of two co-occurring sciaenid species *Nibea albiflora* and *Pennahia argentata*, Estuarine, Coastal and Shelf Science, Vol.167, pp. 516-525

-
- 18) 山口敦子 (2013) : 高次捕食者から捉える有明海生態系の構造と機能の解明に向けて, 水産海洋研究, 第77巻, 第4号, pp. 331-332
- 19) White, W. T., Furumitsu, K. Yamaguchi, A. (2013) : A new species of eagle ray *Aetobatus narutobiei* from the northwest Pacific: An example of the critical role taxonomy plays in fisheries and ecological sciences., PLOS ONE, Vol.8 Iss.12, e83785.
- 20) Aoki, K., Onitsuka, G., Shimizu, M., Yamatogi, T., Ishidate, N., Kitahara, S., Hirano, K. (2015) : *Chattonella* (Raphidophyceae) bloom spatio-temporal variations in Tachibana Bay and the southern area of Ariake Sea, Japan: Interregional displacement patterns with *Skeletonema* (Bacillariophyceae) ., Marine Pollution Bulletin, Vol. 99, Iss. 1-2, pp. 54-60