

有明海におけるChattonella赤潮の日周鉛直移動がクルマエビに与える影響

誌名	熊本県水産研究センター研究報告
ISSN	09181210
著者名	荒木, 希世 松岡, 貴浩 森下, 貴文 川崎, 信司
発行元	熊本県水産研究センター
巻/号	9号
掲載ページ	p. 13-18
発行年月	2013年4月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



有明海における *Chattonella* 赤潮の日周鉛直移動が クルマエビに与える影響

荒木希世^{*5}, 松岡貴浩, 森下貴文^{*1}, 川崎信司

Impacts of Diel Vertical migration of *Chattonella antiqua* (Raphidophyceae)
on the Benthic Crustacean (*Penaeus japonicus*) in Ariake Bay

Kiyo Araki, Takahiro Matuoka, Takahumi Morishita and Shinji Kawasaki

キーワード：有明海、*Chattonella*、赤潮、日周鉛直移動、クルマエビ

有明海においては、ノリ養殖に被害を与える珪藻類による赤潮発生に加え、近年、*Chattonella antiqua* (Raphidophyceae) などの有害プランクトンによる赤潮が多く発生している¹⁾。*Chattonella* 赤潮による魚類養殖への被害は甚大で、八代海における *Chattonella* 赤潮による 1990～2010 年までの被害累計額は約 46 億円にも及ぶ。^{1,2)}

一方、魚類養殖が行われていない海域や天然資源への *Chattonella* 赤潮の影響については、未だ十分に把握されていないのが現状である。

Chattonella antiqua は、室内実験において、夜間は底層に移動して窒素やリンなどを効率的に取り込む日周鉛直移動という生態特性を持つことが明らかにされている^{7,8)} が、その生態的意義については多く論議されている。^{3,4,5,6)}

そこで、本研究においては、近年 *Chattonella* 赤潮が頻発する有明海において、赤潮発生期における本種の日周鉛直移動を観測するとともに、有明海における重要な漁業種類である底生性甲殻類のクルマエビに着目し、その漁獲や操業状況を把握することで *Chattonella* 赤潮による天然資源への影響の程度を検討することとした。

方法

***Chattonella* の日周鉛直移動** *Chattonella* の日周鉛直移動の調査は、2010 年 6 月 21 日から 8 月 24 日にかけて有明海全域で発生した *Chattonella* 赤潮を対象に、観測地点★(水深 18m) において(図 1)、2010 年 7 月 15 日午後 5 時 40 分(日没前)から翌日 7 月 16 日午前 7 時(日出後)にかけて停泊した船上で 60 分毎に行った。試水の採取は、バンドン型採水器(株式会社離合社製)で表層、水深 2m、5m、10m 及び海底上 1m の 5 水深で採水

し、船上で光学顕微鏡により直ちに *C. antiqua* の細胞数を計数した。また、試水はクーラーボックスで保管し、観測終了後に持ち帰り、Whatman GF/C ガラス繊維ろ紙 1.2 μm (GE ヘルスケア・ジャパン株式会社製) でろ過後、オートアナライザー((株)ビーエルテック株式会社 Traccs2000) で DIN、PO4-P、SiO2-Si の分析を行った。水温及び塩分は、多項目水質計(JFE アドバンテック株式会社製 AAQ1183-H)を用いて、また、潮流は、調査船ひのくにに搭載する潮流計(FURUNO CI-35)により観測を行った。なお、調査期間中は、中潮に相当した。

クルマエビの操業状況 熊本有明海域(熊本県荒尾市～宇土市)においてクルマエビ漁を行う「げんしき網」操業漁船を対象に、クルマエビの漁獲状況を把握するため、年間全ての漁について操業日・漁獲量等の記録を行った。また、大潮を挟む 13～15 日間で 1 漁期とし、調査海域が網羅できるように任意に抽出した標本船ごとに 1～2 回

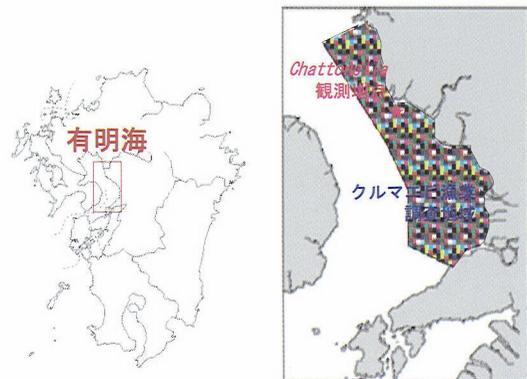


図 1 観測地点

標本船／漁期の頻度で総漁獲尾数を計数し、個体ごとの体長・体重を測定した。また、調査期間中の漁期ごとの操業隻数を把握し、漁期ごとの漁獲量やCPUE (kg/day/隻) を算出した。

なお、*Chattonella* 赤潮期間中に通常の漁を停止したため、熊本市地区の漁業者に別途試験操業を依頼することでデータの補完を行った。

調査結果

Chattonella の日周鉛直移動

1. *Chattonella* の鉛直分布

調査期間中に観測された赤潮プランクトンは *C. antiqua* で、ほぼ単一種から構成されていた。

調査開始時（日没前）に水深2m層（627cells/ml）にあった最高細胞数の層は、日没以降は水深5m付近へと移動し、午前4時には5m層で観測期間中最大細胞数1,178cells/mlが確認された。また、午前2時から4時にかけては、海底直上層（水深19m）においても赤潮警報レベルに相当する15cells/mlを確認した。一方、日出後は、海面

2. 海洋環境

水温は、0m層 24.4～25.5℃、5m層 22.9～24.6℃、15m層 22.5～22.8℃の範囲を推移し、各層における水温の大きな変化は認められなかった（図3）。

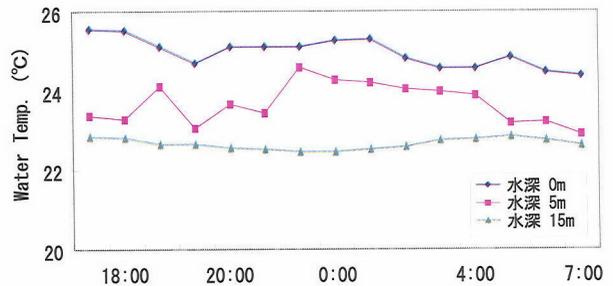


図3 水温の推移

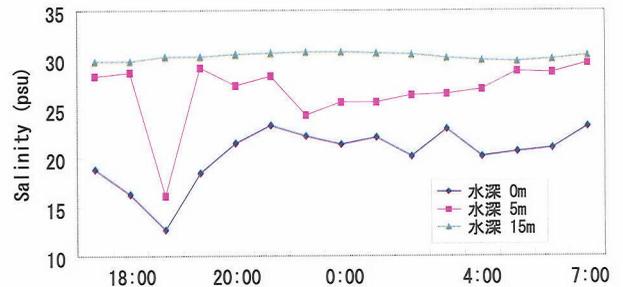


図4 塩分の推移

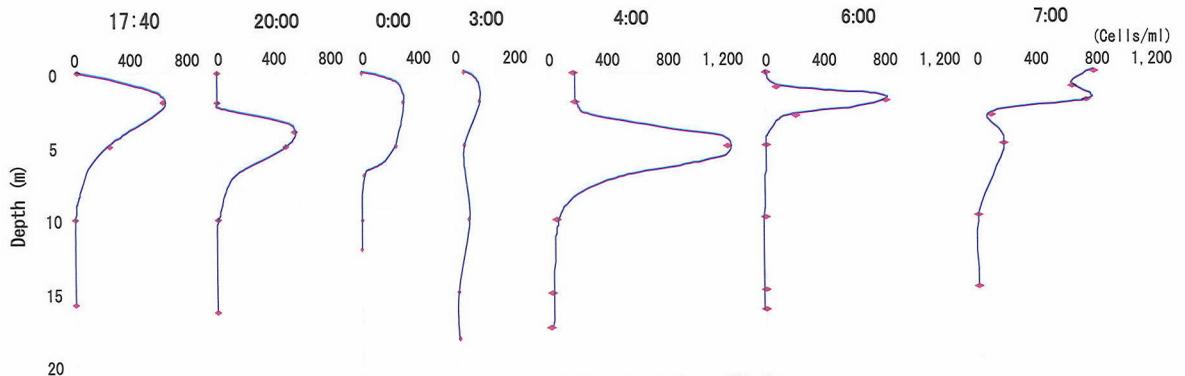


図2 *C. antiqua* の鉛直分布の推移

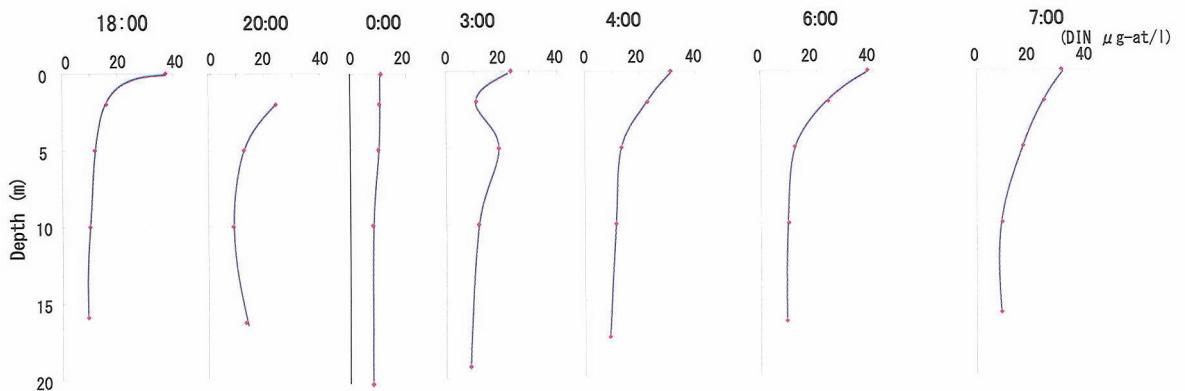


図5 DINの鉛直分布の推移

付近に最大細胞数の層は上昇し、午前7時には、表層0mで最大細胞数770cells/mlであった（図2）。

塩分は、17時40分から21時にかけて塩分の低

下がみられ、19時には0m層で12.6psu、5m層で16.2にまで低下した。その後の各水深毎の塩分の急激な変化はなく、0m層は21～23psu、5m層は

26~29psu、15m層は30~31psuの範囲を変動した(図4)。

DINは、調査時間を通して表層から底層まで8 $\mu\text{g-at/L}$ 以上であった。特に表層では、18時及び4時から8時にかけて30 $\mu\text{g-at/L}$ 以上の高い値が確認された(図5)。

潮流は、上げ潮時には水深2m層において北西から北北西方向に最大1.5kt、10m層においては23時に南東から北西方向に転じ、最大流速1.1ktであった。満潮時刻にあたる午前0時には流速は2m層、10m層ともに最小の0.3ktとなった。満潮時刻を過ぎると水深2m層と10m層ともに南東から南南東方向の下げ潮に転じ、2m層と10m層ともに4時に最大となり、それぞれ1.7kt、1.6ktであった。調査期間中の潮流は、水深2m層で、上げ潮時に最大約77cm/s、下げ潮時に最大約93cm/sであった。

クルマエビの操業状況

1. クルマエビの旬別の漁獲量とCPUEの推移

熊本県有明海域(荒尾~宇土市地先)における旬別の漁獲量及びCPUEの推移を図7に示した。5月前期から漁獲が始まり、6月後期にかけて漁獲量・CPUEともに上昇したもののその後減少に転じた。8月以降は、漁獲量も約0.6t/潮以上、CPUEも2.6kg/day/隻以上の水準となり、11月後期に漁期は終了した。

なお、漁獲が落ち込んだ6月後期から8月前期にかけては、熊本有明海の全域において*Chattonella*赤潮の警報が発令された期間に相当し、クルマエビの操業場所及び水深帯(主漁場は水深2~8m)は、赤潮発生海域と一致していた。

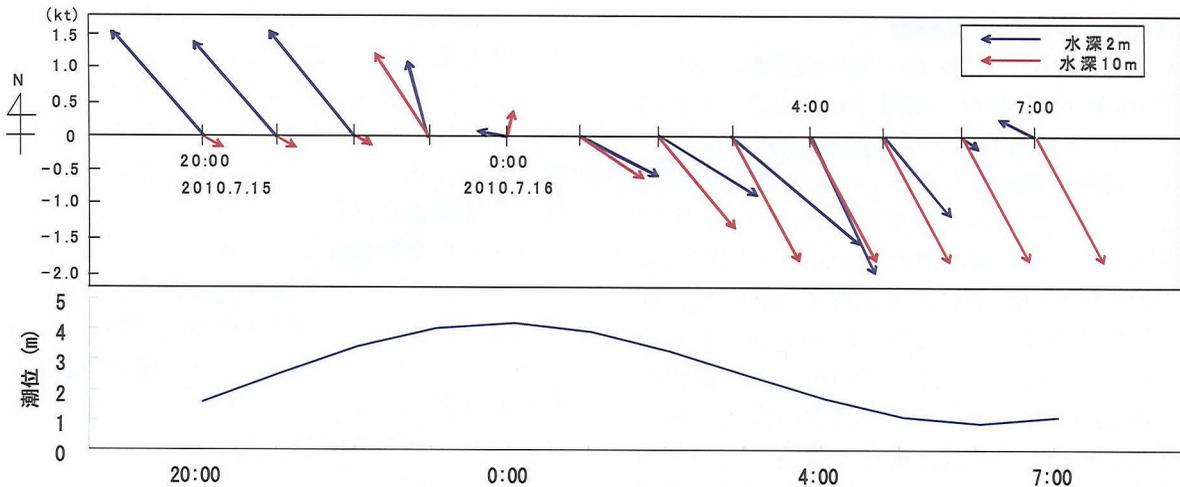


図6 潮流と潮汐の推移

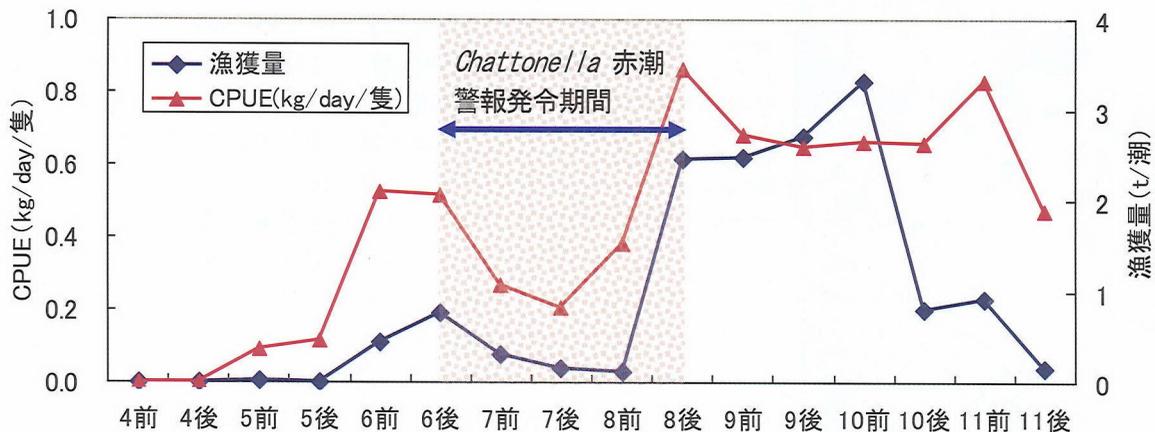


図7 熊本県有明海域における旬別の漁獲量とCPUEの推移

2. クルマエビの日別漁獲量の推移

赤潮発生期間中は、網汚れを避けるために出漁を控える漁船も多いため、漁獲量の減少が出漁隻数の減少によるものかどうか確認するため、標本船が出漁しない日に操業を依頼して通常通りの操業を行う試験操業を実施した(図8)。その結果、漁獲量はほぼゼロの状態が続き、図7と同様の結果であった。

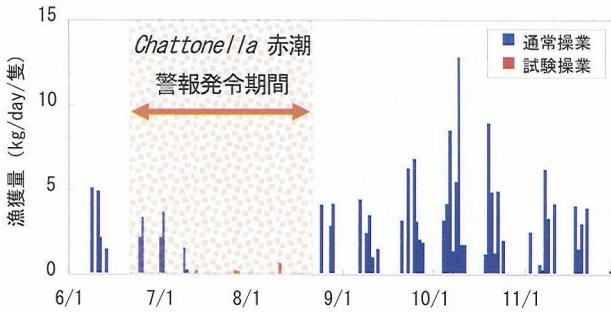


図8 クルマエビ標本船の日別漁獲量の推移

考察

Chattonellaの日周鉛直移動

これまで、*Chattonella* の日周鉛直移動に関しては、*Chattonella* 自身が、水深7m付近まで能動的に移動することが可能であり、有明海湾奥部において、夜間に底層で濃密域を形成したとの報告もある。^{10,11)} また、メゾコズム実験では、水深7.5mまで鉛直移動することが確認されている。⁸⁾ 現場海域では、潮流などの影響もあると考えられるが、有明海の熊本県海域においては、*C. antiqua* が水深19mの海底直上層まで到達していることが確認された。また、降雨と河川からの淡水の流入とみられる期間を除いては、調査地点の流速は速いものの(図6)、水温、塩分とも表層と下層では差があり(図3、4)、表層域の海水が潮流や攪拌等

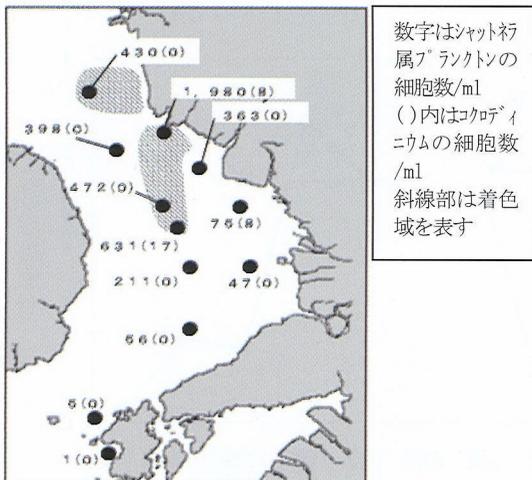


図9 日中の*Chattonella*赤潮の分布状況⁹⁾
(2010年7月16日 午前中観測)

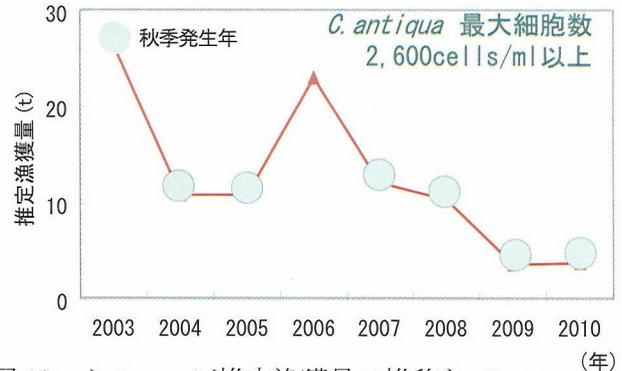


図10 クルマエビ推定漁獲量の推移と*Chattonella*赤潮発生との関係

により底層へ入り込んでいたとは考えられない。したがって、今回確認された*Chattonella*の鉛直移動は、本種の能動的移動により沈降・浮上したと推察される。

室内実験においては、日周鉛直移動を行い、夜間は底層に移動して窒素やリンなどを効率的に取り込む生態特性を持つことが知られているが⁹⁾、今回の観測においては、降雨(7月9日~19日)の影響を受けて、当該海域には*Chattonella*の増殖に必要な栄養塩が表層から底層まで十分に供給されていた状況でありながらも(図5)、夜間における*Chattonella*の底層への能動的移動が確認された。日周鉛直移動は、微細藻類の生態を考える上で重要な生物現象であるが、近年、室内実験により日周鉛直移動リズムが光環境との関係、つまり、鉛直移動が明暗周期に同調して特定の波長の光下のみで起こる波長依存的な減少であることも解明されつつあり、¹²⁾ 本種の特異的な生態については、更なる研究が期待される。

Chattonella赤潮の発生とクルマエビ漁獲との関連性

2010年7月5日から7月21日にかけて、熊本有明海全域において*Chattonella*が増殖して赤潮化し、最高細胞数は13,800cells/mlに達した(図9)。この赤潮発生期間と、クルマエビの漁獲量及びCPUEの減少時期とは一致していた(図7、8)。また、併せて実施した試験操業の結果からも、6月後半から8月後半にかけての漁獲量の減少は、単なる出漁隻数の減少によるものでなく、漁獲対象となるクルマエビの漁場内での生息量が低いことに起因していたものと推察された。

日没以降に底層へと移動した*C. antiqua*の濃密域は、水深19mにおいても15cells/mlに達しており、夜間に形成された最大細胞数の層は水深5m付近で、クルマエビの主漁場水深である2~7m

と一致していた。

クルマエビ漁業と2010年に発生した*Chattonella*赤潮との関係をみると、6月後半から8月後半にかけて漁獲量の落ち込みが見られ、CPUEは0.2~0.9kg/day/隻にまで減少した。クルマエビの操業場所及び水深帯は、赤潮発生海域と一致していた。また、赤潮と同調した漁獲量の減少傾向は、他の赤潮発生年でも認められており(図10)、*Chattonella*赤潮の発生が、クルマエビの漁獲量に影響を与えていたと考えられる。また赤潮が終了した後に、漁獲が回復することは、赤潮により、漁場からクルマエビが逸散し、その後再び漁場に蛸集することが考えられる。

他方、*C. antiqua*の毒性に関しては、体長5cmのクルマエビを用いた*C. antiqua*の室内暴露試験において、2,000cells/mlで24時間で80%の個体が死亡したことが確認されている。¹³⁾*C. antiqua*の毒性に関しては、暴露試験に用いるクルマエビの活力や*C. antiqua*の活性等も影響することから、単に細胞数のみで評価することは難しく、今後、毒性の評価方法の検討が必要ではあるが、夜行性で底層に生息するクルマエビにとって、また、特に深場への移動能力に乏しく干潟域に生息する小型の当歳エビにとっては、*C. antiqua*の影響は大きいことが予想される。

漁獲量の減少傾向に歯止めがかからず、また、放流効果の低迷が続く有明海のクルマエビ漁業^{14, 15, 16, 17)}について、さらには、クルマエビ以外の底生性の甲殻類や干潟を利用する様々な底生生物への影響など、近年の有明海の漁業生産力の低下との関連性も含め、*Chattonella*赤潮が与える影響について、更なる研究が必要であると考えられる。

要 約

近年、有明海において頻発する*Chattonella*赤潮は、赤潮の発生とクルマエビ漁獲量及び漁獲努力量の減少との関連性から、底生性甲殻類であるクルマエビの漁獲量の減少に影響を与えていることが示唆された。

また、有明海において*C. antiqua*の日周鉛直移動が確認され、本種が、栄養塩が十分に供給される状況下にあっても、能動的な輸送により夜間には海底直上層(水深19m)まで到達していることが明らかとなった。

謝 辞

本調査を行うにあたり、調査の趣旨にご理解

とご協力をいただいたクルマエビ漁業者の方々に厚くお礼申し上げる。

文 献

- 1) 昭和61年~平成17年九州海域の赤潮. 水産庁九州漁業調整事務所. 1986~2005.
- 2) 昭和61年度~平成17年度熊本県水産研究センター事業報告書. 熊本県水産研究センター. 1986~2005.
- 3) Eppley R. W., O. Holm-Hansen and J. D. H. Strickland: Some observations on the vertical migration of dinoflagellates. *J. Phycol.* 4, 1968, 330-340.
- 4) Kamikowski D. and S. J. Zentara: The diurnal vertical migration of motile phytoplankton through temperature gradients. *Limnol. Oceanogr.* 22, 1977, 148-151
- 5) Cullen J. J. and S. G. Horrigan: Effects of nitrate on the diurnal vertical migration, carbon to nitrogen ratio, and the dinoflagellate *Gymnodinium splendens*, *Mar. Biol.* 62, 1981, 81-89
- 6) Salonen K., R. I. Jones and L. Arvola: Hypolimnetic phosphorus retrieval by diel vertical migrations of lake phytoplankton. *Freshwater Biol.*, 14, 1984, 431-438
- 7) Watanabe M., Kohama K. and Kimura T.: Diel vertical migration and nocturnal uptake of nutrients by *Chattonella antiqua* under stable stratification. *Limnol. Oceanogr.* 36, 1991, 593-602
- 8) 渡辺正孝: メゾコスム内の環境制御による藻類種の変遷と*Chattonella*赤潮発生. 月刊海洋, 27, 1995, 597-602
- 9) 熊本県水産研究センター赤潮情報: 赤潮警報, 2010
- 10) 中野拓治, 山田耕土, 金子俊幸, 中嶋雅孝, 本城凡夫: 有明海における*Ceratium furca*と*Chattonella*属の日周鉛直運動の特徴および躍層との関係. 水環境学会誌, 29(8), 2006, 489-494
- 11) 片野俊也, 吉田誠, 山口創一, 李周妍, 韓明

- 洙, 速水祐一: 有明海の赤潮原因藻類*Chattonella*の固定方法の開発およびそれを利用した*Chattonella*個体群の日周鉛直移動調査. 佐賀大学有明海総合研究プロジェクト成果報告集, 5, 2009, 85-94
- 12) 紫加田知幸, 松永茂, 山口峰雄: ラフィド藻 *Chattonella antiqua*における日周鉛直移動の光位相制御. 2011年日本ベントス学会・日本プランクトン学会合同大会講演要旨集. 2011, 58p
- 13) 黒木善之, 吉村直晃, 吉田雄一, 小山長久, 木村武志: 2003年に八代海で発生した*Chattonella antiqua*の有害性の検討. 熊本県水産研究センター研究報告6, 2004, 69-73
- 14) 荒木希世, 木村修, 増田雄二: クルマエビ共同放流推進事業ー有明四県クルマエビ共同放流推進事業ー. 熊本県水産研究センター事業報告書. 2007, 60-61
- 15) 荒木希世, 木村修: クルマエビ共同放流推進事業ー有明四県クルマエビ共同放流推進事業ー. 熊本県水産研究センター事業報告書. 2008, 68-70
- 16) 荒木希世, 栗元美代子, 木村修: 有明海再生拡充事業: クルマエビ 有明四県クルマエビ共同放流推進事業ー. 熊本県水産研究センター事業報告書. 2009, 60-65
- 17) 荒木希世, 栗元美代子, 川崎信司: 有明四県クルマエビ共同放流推進事業 有明海再生拡充事業. 熊本県水産研究センター事業報告書. 2010, 58-63