

2001年夏季に諫早湾の浅海域でみられた 貧酸素化について

藤井 明彦, 山本 憲一

Dissolved Oxygen Deficiency in the Shallow Waters of Konagai, in
Isahaya Bay, in the Summer of 2001

Akihiko Fujii, Ken-ichi Yamamoto

To clarify aspects of the summer environment in the aquaculture grounds of the short-neck clam, *Ruditapes philippinarum*, we measured the hourly dissolved oxygen (DO) concentration in the shallow bottom of Isahaya Bay over a 90-day period from early June until the end of August. The DO and water temperature fluctuated sharply from early July to mid August, and a DO deficiency was observed repeatedly owing to the influence of oxygen-depleted waters at the bottom in the coastal zone. From late July to early August, the DO saturation was often below 20% for more than ten hours a day. From July 20 to 22, during a spring tide, there was a red tide caused by *Prorocentrum minimum*, and the fluctuations in DO then followed a cycle in which the DO saturation fell below 20% at high water at midnight, remained low until the next morning, and then rose above 150% during low water, in the afternoon. These fluctuations were probably linked to the tide and the vertical distribution of phytoplankton in the water diurnally and nocturnally. During this time, the maximum fluctuation in the DO was 189% (11.5~220.5%).

長崎県で生産されるアサリは、約70%が諫早湾内の小長井町のアサリ漁場で生産されている。しかし、この漁場では1998年以降毎年夏季にアサリの斃死が発生し、安定した生産を阻害する要因となっている。特に2000年は漁場全域で斃死が発生し、大きな被害となった。この際、漁場での調査と室内実験によってシャットネラ赤潮がアサリを斃死させることを明らかにした¹⁾。しかし、1998、1999年に発生した斃死については、原因を明確に特定できていない。アサリの夏季の斃死は、東京湾や三河湾等で多くの事例²⁻⁵⁾があり、貧酸素や青潮等の環境変化とアサリの生理活性の低下が複合して斃死を引き起こしているものと考えられている。

これまで諫早湾内のアサリ漁場では漁場環境に関

する調査例がなく、今後アサリの斃死原因を究明していく上では、夏季の環境特性を明らかにすることは重要な課題と考えた。本研究では2001年6月から8月にかけてアサリ漁場のごく至近域に自記式水質計を設置し、水温、溶存酸素量(DO)等を経時観測した。短期間の観測結果ではあるが、沖合域が貧酸素化した時期⁶⁾にアサリ漁場のような浅海域も貧酸素化し、特に赤潮が発生した際にはDOが周期的な変動を示すなど特徴的な変化がみられたので、その結果を報告し今後の参考に供したい。

調査方法

調査は Fig. 1 に示す諫早湾の湾奥部に位置する小

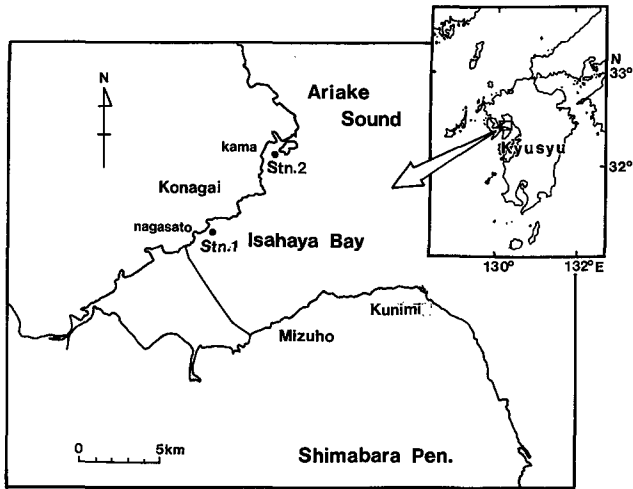


Fig. 1. Map of Isahaya Bay in Ariake Sound showing water monitoring system setting sites.

長井町長里地先 Stn.1 (N32° 12.680' E130° 10.359') と湾口部の釜地先 Stn. 2 (N32° 56.880' E130° 12.680') の2地点で行った。自記式水質計 (Hydorolab社製, Model:DS 4) は、干潮時にセンサー部分が干出するのを避けるため、いずれの地点もアサリ漁場のやや沖合の潮位 (地盤高) -0.9mの場所に設置した。設置にあつたては、設置場所にグラスファイバー製の棒 (7m) 2本を平行に立て、これらの棒には海底面と干潮時水面上部 (干出する部分) に上下2本の棒を水平に渡して、この間に水質計を垂下した。なお、水質計のセンサー部分は海底面上部約50cmとした。また機器を設置した場所に近いアサリ漁場の沖合尖端部分は地盤高0.3~0.4mである。観測期間は、Stn. 1が2001年6月1日から8月31日までの92日間、機器を遅れて設置した Stn. 2が7月9日から8月31日までの53日間とし、この間、水温、塩分 (psu)、DO (mg/L, %), 水深について1時間間隔で観測した。観測期間中の機器の校正および付着物除去は10~14日間隔で行った。

結 果

水温、塩分、DOの観測結果 Stn. 1とStn. 2の水

温、塩分、DO (%) の観測結果 (実測値) をそれぞれ Fig. 2 と Fig. 3 に示す。Stn. 1 と Stn. 2 はともにいずれの観測項目もよく類似した推移を示した。水温は7月上旬から8月上旬に、塩分は6月下旬から7月下旬に、さらに DO は7月上旬から8月上旬にかけていずれも短い時間スケールで大きな変動を繰り返した。特に DO はこの間貧酸素状態となる時間帯が頻繁に観測された。以下に Stn. 1 と Stn. 2 の水温、塩分、DO の結果をまとめて述べる。なお、8月中旬以降は短い期間で機器にフジツボ類等が付着し、欠測並びに測定結果を利用できない期間があつた。

1. 水温 旬平均値で見ると6月は上旬で22.4℃、下旬で23.6℃と緩やかに上昇し、1日の変動幅 (平均値) は1.3℃と比較的安定した推移を示した。その後7月上旬から8月中旬にかけて上昇し、8月中旬には Stn. 1 で29.4℃、Stn. 2 で28.4℃と最高値を示した。特に7月上旬から8月上旬の間は1日の変動幅 (平均値) が Stn. 1 で3.2℃、Stn. 2 で3.8℃と大きく変動し、いずれの調査点でも6℃ (Stn. 1, 6.4℃; Stn. 2, 6.8℃) を超える場合 (Stn. 1, 7月22日; Stn. 2, 7月20日) があつた。その後、8月下旬にはいずれも27℃台に下がり、1日の変動幅は1.0℃前後と安定した。

2. 塩分 6月上旬から中旬の間は30.1~32.0psuで安定した推移を示したが、6月下旬から7月中旬の間に降った合計約600mmの降雨 (長崎県島原測候所) に伴い、6月下旬から7月下旬にかけて低い値を示し、旬平均値では7月中旬に Stn. 1 で22.5psu、Stn. 2 で23.6psuと最低値を示した。特に7月上旬から中旬にかけては、1日の変動幅が Stn. 1 と Stn. 2 の両者の平均値で9.3psuと大きく変動し、Stn. 1 では最低値8.23psuを示す場合 (7月8日) があつた。その後、塩分は安定し、徐々に回復して8月下旬には Stn. 1 で28.7psu、Stn. 2 で27.6psuとなった。

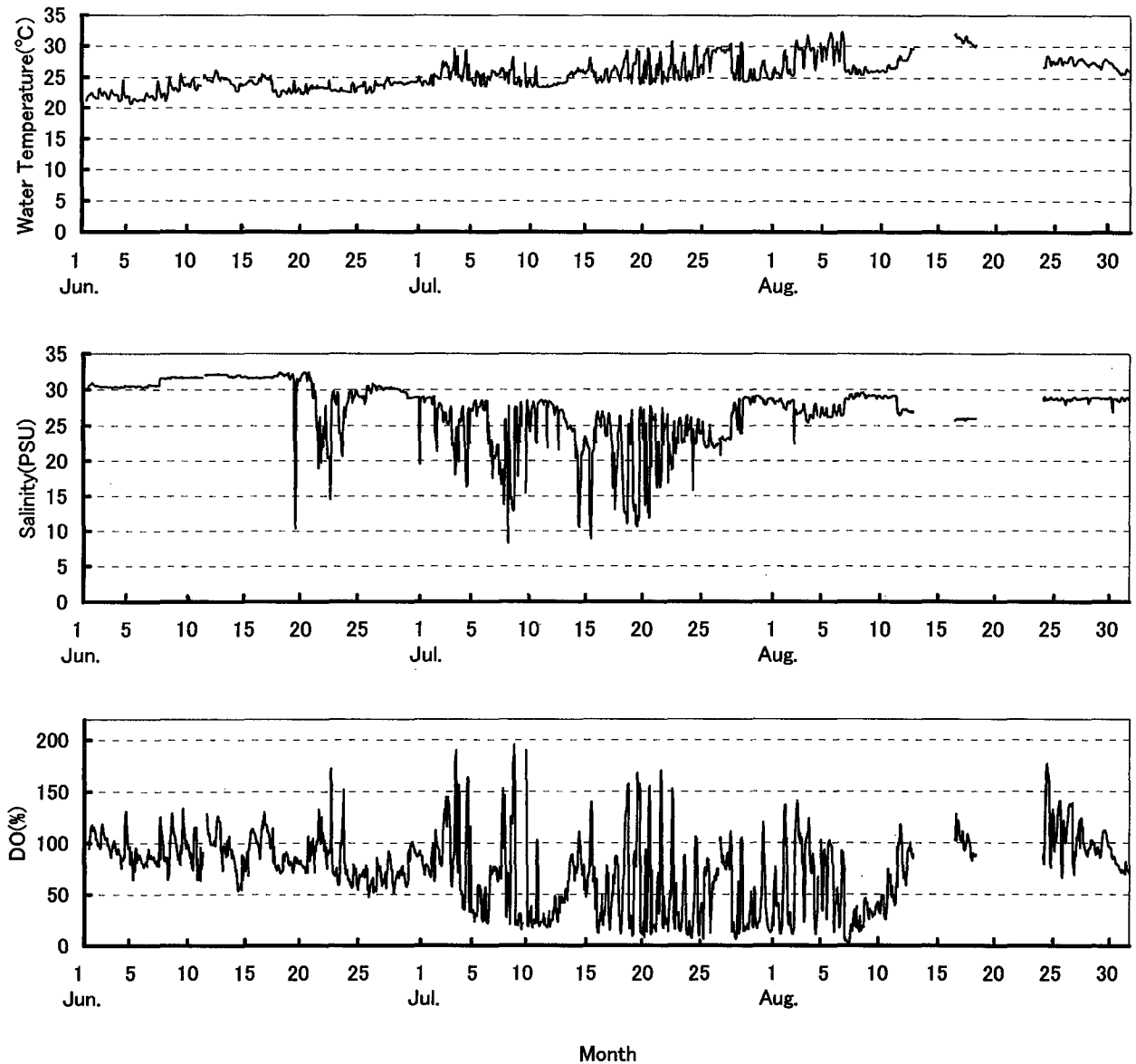


Fig. 2. Changes in water temperature, salinity and dissolved oxygen saturation at Stn. 1. Observation period was June 1 to August 31, 2001. There are lacks of data caused by attached organism from mid to late August.

3. DO 6月上旬と中旬は旬平均値が90%以上を示したが、6月下旬には78.0%に低下した。その後、7月上旬から8月上旬の間は大きな変動を示すようになり、Stn. 1では7月4日から8月10日まで、Stn. 2では機器を設置した7月9日から8月17日まで、40%以下の貧酸素状態が観測された。特に7月中旬から8月上旬にかけては20%以下の低い値を示すことがあり、この状態が10時間継続する場合（7月20, 23日）があった。このような貧酸素状態は8

月下旬には認められなくなった。

なお、ここでいう貧酸素は、水産用水基準（2000年版）⁷⁾で示された底生生物の生存可能な最低濃度2.0ml/Lを参考に、DOが低い値を示した7月上旬から8月上旬の間のStn. 1, 2両点の水温、塩分の平均値26.2°C, 24.9psuから、Weissの式によって求めた酸素飽和量4.9ml/Lで2.0ml/Lを除いた値、酸素飽和度約40%を下回る状態として取り扱った。

4. 赤潮発生時の観測結果 7月20~22日（大潮期）

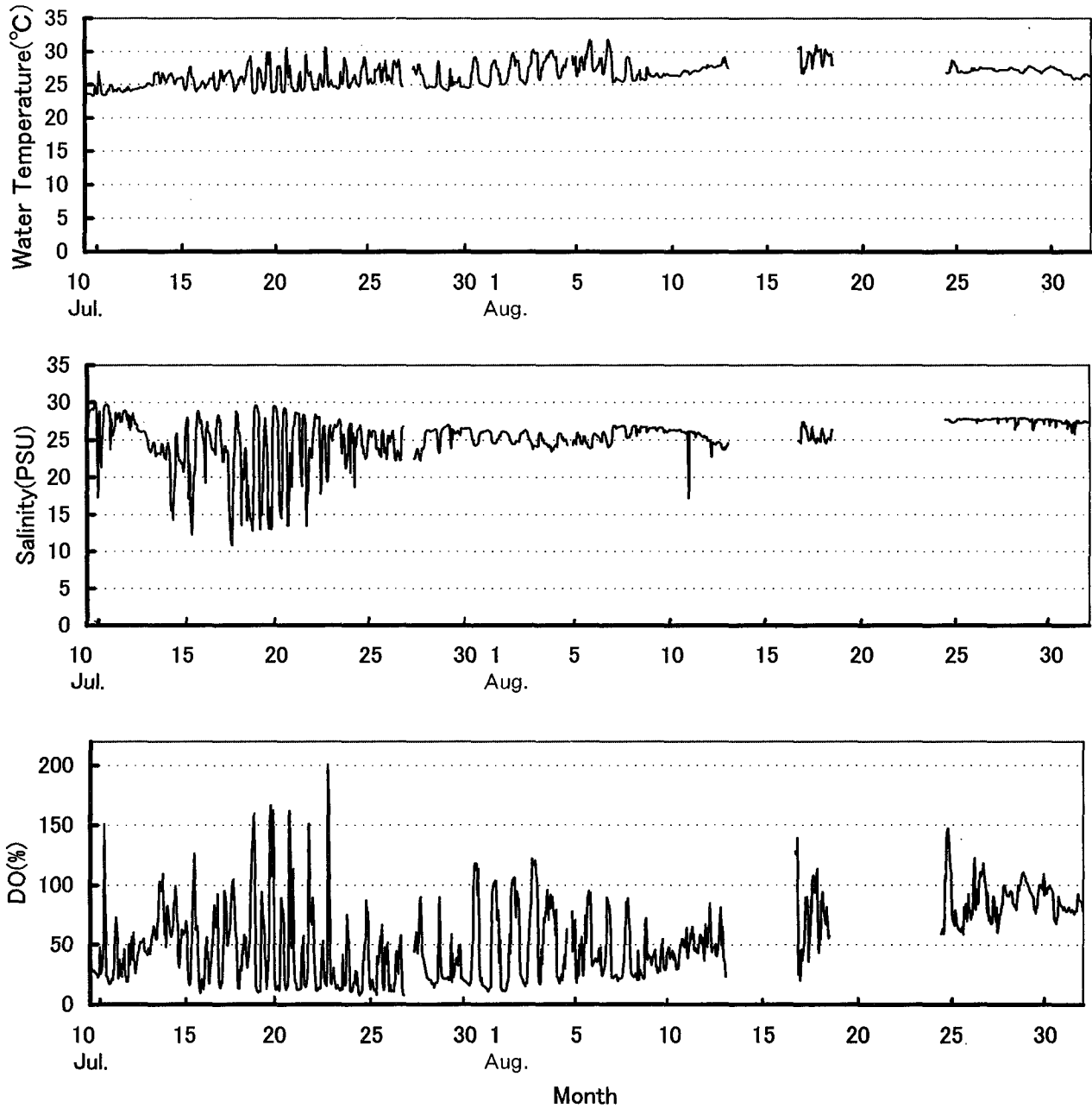


Fig. 3. Changes in water temperature, salinity and dissolved oxygen saturation at Stn. 2. Observation period was July 9 to August 31, 2001. There are lacks of data caused by attached organism from mid to late August.

の間の Stn. 1 における DO, 水温, 水深の観測結果を例として Fig. 4 に示す。この間は小長井町沿岸域で *Prorocentrum minimum* による赤潮⁸⁾ (最高細胞数 196,000 cells/ml) が発生し, DO と水温は昼夜で周期的かつ大きな変動を示した。DO は夜間の満

潮時に貧酸素化し, 翌朝にかけて低い値を示した後, 午後の干潮時に 150% を超す過飽和状態になるパターンが認められた。この間貧酸素状態は 10 時間を超し, 1 日の変動幅は最高で DO が 189% (11.5~200.5%), 水温が 6.8°C (23.8~30.6°C) であった。

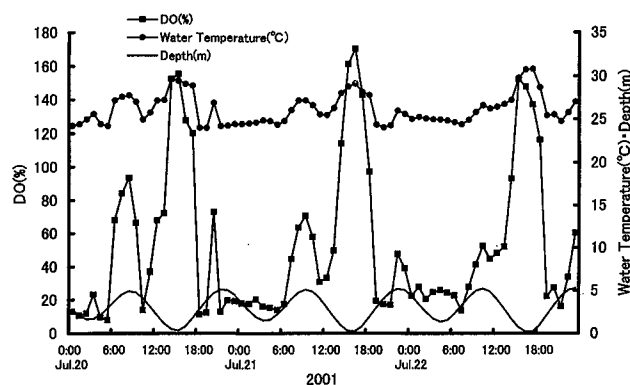


Fig. 4. Changes of dissolved oxygen saturation and water temperature during July 20 to 22 occurring red tide of *Prorocentrum minimum* at Stn. 1.

考 察

アサリの夏季の斃死原因を調べる一環として、アサリ漁場の至近域において水温、DO等の経時観測を行ったところ、これらの値は短い時間スケールで大きく変動した。特に7月上旬から8月中旬にかけてDOは低い値を示し、貧酸素化する時間帯があった。これまでも浅海域のDOは短い時間スケールで変動し、満潮時には貧酸素化した沖合底層水の影響を強く受け、干潮時にはDOの豊富な表層水の影響を強く受けることが知られている⁹⁾。そこで、アサリ漁場が貧酸素化するパターンを知るため、貧酸素が観測された期間のDOと水温、DOと塩分の相関関係を検討した。その結果をStn. 1を例としてFig. 5に示す。DOは水温と正(Stn. 1, $r=0.682$; Stn. 2, $r=0.723$)、塩分と負(Stn. 1, $r=0.664$; Stn. 2, $r=0.683$)の相関(危険率1%で有意)が認められ、水温が相対的に高く、塩分が低い場合にDOが高く、その逆の場合はDOが低い傾向を示した。なお、DOと水深、水温と塩分についても検討を行ったが、いずれの間にも相関関係は認められなかった。本研究でも、水温と正、塩分と負の相関関係が認められ、沖合域の貧酸素水塊の発生⁶⁾とほぼ同時期に貧酸素化が観測されたことから、これは沖合域の貧

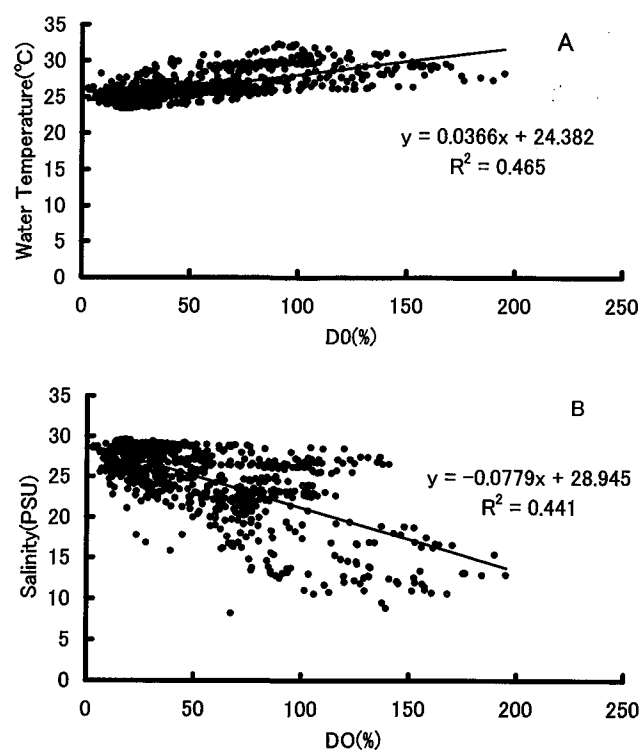


Fig. 5. The relationship between dissolved oxygen saturation and water temperature (A) or salinity (B) at Stn. 1 in July 4 to August 10, 2001.

酸素水塊の影響を受けたものと考えられた。ただ、DOと水深(潮位)の関係には相関関係が認められなかったことから、沖合底層水の浅海域への移入は潮汐流だけでなく、その時、その場所の吹送流などの影響を受けて複雑な動きをしているものと考えられた。また、7月20~22日の大潮時にはDOが周期的かつ大きな変動を示した。このDOの変動は、調査点における赤潮プランクトン(*Prorocentrum minimum*)の鉛直移動などの詳細は不明であるが、プランクトンの昼夜の深淺移動と光合成および呼吸作用が潮汐と同調して引き起こされた可能性が高いと推察される。この際、DOは過飽和から貧酸素へ急激な変化を示し、貧酸素状態が長時間継続した。これまで、アサリの水温、塩分、DOに対する耐性は、実験室内で一定の条件下で曝露されて評価されてきた¹⁰⁻¹⁴⁾。しかし、これら結果はアサリの生理状態によって結果がばらつき、実海域の環境条件を反

映したものでないことが問題点とされている^{4, 5, 14)}。
本研究で観測されたDO等の変動が、アサリにどのような影響を与えるかは、今後も実海域における詳細な環境モニタリングとその場のアサリの生理状態を関連させて調べる必要がある。

謝 辞

本研究の一部は農林水産技術会議の行政対応特別研究「有明海の海洋環境の変化が生物生産に及ぼす影響の解明」(委託)によったことを記すと共に、調査へのご指導とご協力を頂いた同研究主査の独立行政法人水産総合研究センター西海区水産研究所嶋津靖彦所長および職員各位に深謝する。また、本稿をまとめるにあたり御校閲の労をお取り頂いた同研究所海区水産業研究部海区産業研究室渡辺康憲室長に厚くお礼申し上げます。

文 献

- 1) 藤井明彦, 熊本 修, 石松 惇, 塚島康生. 長崎県小長井町地先で発生したシャットネラ赤潮に伴うアサリの大量斃死. 平成13年度日本水産学会春季大会講演要旨集2001 ; 852.
- 2) 柿野 純, 竹脇 博, 鈴木和良. 最近の東京湾におけるアサリへい死現象とへい死調査に関する考察. 千葉県水産試験場研究報告1984. 42 ; 23-28.
- 3) 柿野 純. 東京湾奥部における貝類へい死事例, 特に貧酸素水の影響について. 水産土木1986. 23 (1) ; 41-47.
- 4) 鈴木輝明, 青山裕晃, 甲斐正信. 三河湾における貧酸素化によるアサリ(*Ruditapes philippinarum*)の死亡率の定式化. J. Adv. Mar. Soci. 1998. 4 (1) ; 35-40.
- 5) 青山裕晃, 甲斐正信, 鈴木輝明, 中尾 徹, 今尾和正. 三河湾における貧酸素化によるアサリ(*Ruditapes philippinarum*)の死亡率の定式化 II. J. Adv. Mar. Soci. 1999. 5(1,2) ; 31-36.
- 6) 山本憲一, 藤井明彦, 前迫信彦, 池田義弘, 大橋智志, 桐山隆哉, 水田浩二, 西村大介. 2001年夏季に長崎県諫早湾においてみられた貧酸素水塊について. 2002 (平成14) 年度日本水産学会大会講演要旨集2002 ; 553.
- 7) 日本水産資源保護協会. 水産用水基準 (2000年版) 2000 ; 21-23.
- 8) 長崎県総合水産試験場. 平成13年度赤潮プランクトン等監視調査事業報告書-I-長崎県下における赤潮の発生状況-I. 長崎水試登録第624号2002 ; 26-27.
- 9) 鈴木輝明, 青山裕晃, 甲斐正信, 今尾和正. 底層の貧酸素化が内湾浅海底生生物群集の変化に及ぼす影響. 海の研究1998. 7(4) ; 223-236.
- 10) 倉茂英次郎. アサリの生態研究 特に環境要因について (松本文夫編). 水産学集成, 東京大学出版会, 東京1957 ; 611-655.
- 11) 池永 弥, 松本 直. アサリの生態研究-I. 沈着初期アサリの低比重並びに高温に対する抵抗力. 有明海研究報告1956, 3 ; 6-23.
- 12) 倉茂英次郎. 海水塩分の変化に対するアサリの抵抗力. 日本海洋学会誌1942, 1(1,2) ; 29-43.
- 13) 倉茂英次郎. 常温における朝鮮産アサリの致死酸素量. 日本海洋学会誌1942, 1(1,2) ; 123-132.
- 14) 柿野 純. 青潮によるアサリへい死原因について 貧酸素水および硫化物の影響. 千葉水試研報1982. 40 ; 1-6.