

有明・八代海における貧酸素水塊

速水祐一（佐賀大学）
木元克則・徳永貴久（西水研）

1

トピックス

- 0. 貧酸素水塊とは
- I. 有明海における貧酸素水塊の発生状況
- II. 貧酸素水塊の形成・変動メカニズム
- III. 貧酸素水塊の経年変動
- IV. 魚介類への影響
- V. 八代海における貧酸素水塊

2

0. 貧酸素水塊とは

3

溶存酸素の単位について

溶存酸素濃度 (Dissolved Oxygen :DO)

基本的にはこの
単位に統一

→ $\text{mg/L} = \text{ppm}$
 ml/L
 $\text{m mol/L} = \text{mM (ミリ モラー)}$
→ 飽和度 (%)

漁業者からはこの方が分
かりやすいという意見が
あるため、一部併用する。

$$1 \text{ ml/L} = 1.428 \text{ mg/L}$$

$$1 \text{ m mol/L} = 32 \text{ mg/L}$$

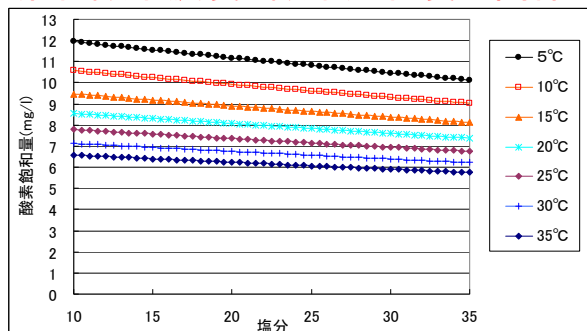
$$\text{飽和度 (\%)} = \frac{\text{試水の溶存酸素量 (mg/L)} \times 100}{\text{試水と同じ水温塩分における飽和酸素量 (mg/L)}}$$

貧酸素水塊の定義1

飽和度で見た場合

<50~60%	城(1989)	大阪湾
<40%	鬼塚(1989)	東京湾
<30%	Fujiwara et al(2002)	伊勢湾
	Rabalais et al(2010)	
<25%	柳(2004)	左記または40~50%以下と記述

溶存酸素濃度と酸素飽和度の関係



塩分30, 水温25°Cで

飽和度

50%	= 3.47mg/L
40%	= 2.78mg/L
30%	= 2.08mg/L
25%	= 1.74mg/L

5

貧酸素水塊の定義2

* 水産用水基準(2005)

<4.3mg/L=3ml/L	水産用水基準 (日本水産資源保護協会, 2005)
<3.57mg/L	甲殻類致死濃度*
=2.5ml/L	貝類に生理的変化を引き起こす臨界濃度*
<u><3mg/L</u>	徳永ら(2009) 有明海
	久野(1996) 伊勢湾
	村上ら(2001) 長良川河口域
	森脇・大北(2003) 中海
<2.86mg/L	底生生物の生存可能な最低濃度*
=2ml/L	Diaz and Rosenberg(2008)
	小林(1993) 東京湾
	鈴木(1998) 三河湾
<2.5mg/L	柳(1989) 正常なベントス分布を保証する限度
<2.14mg/L=1.5ml/L	底性魚類致死濃度*
<2mg/L	Diaz (2001)
	環境基準(環境保全)

飽和度の場合<40%

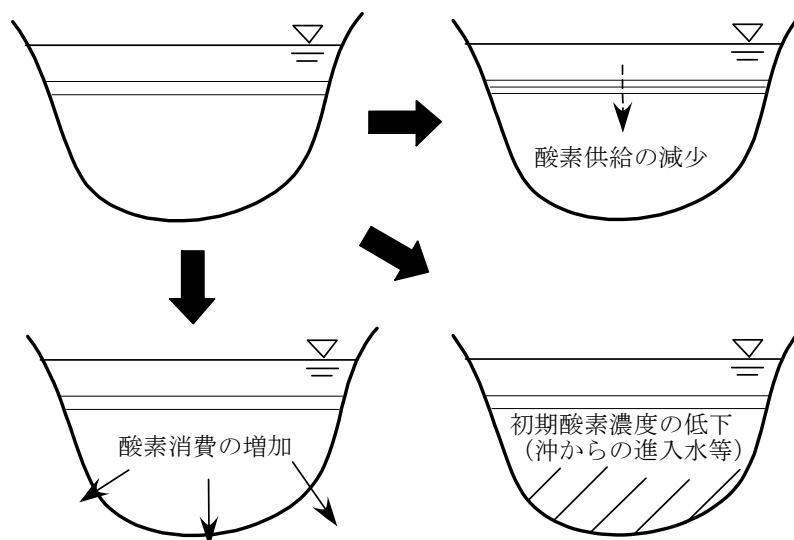
貧酸素水塊の基本的形成機構

◆貧酸素水塊は、水塊への酸素供給速度が酸素消費速度よりも小さい状況が継続すると発生。

◆内湾や湖沼では夏季に成層が強まり、鉛直的な酸素輸送が妨げられると、底層水への酸素供給速度が小さくなり、貧酸素化する。

7

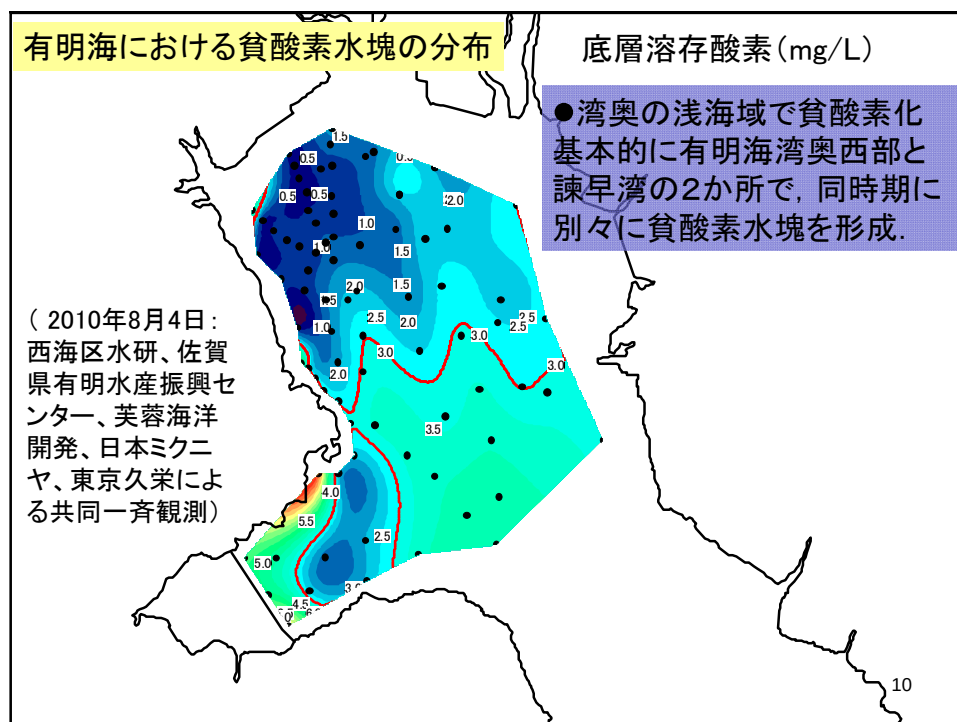
経年的な貧酸素化進行の3つの要因

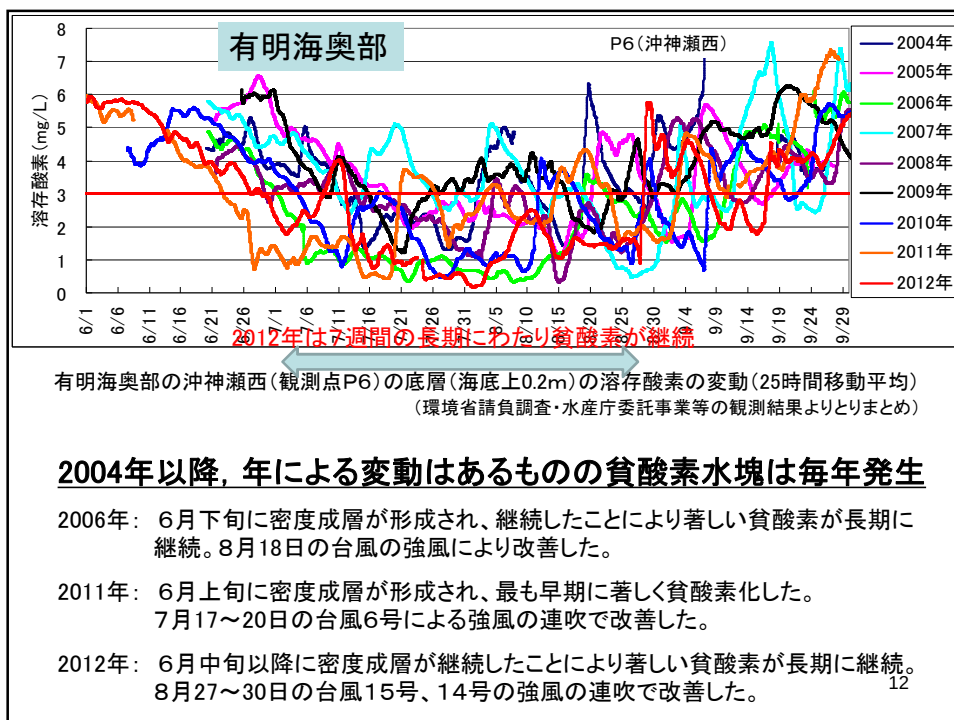
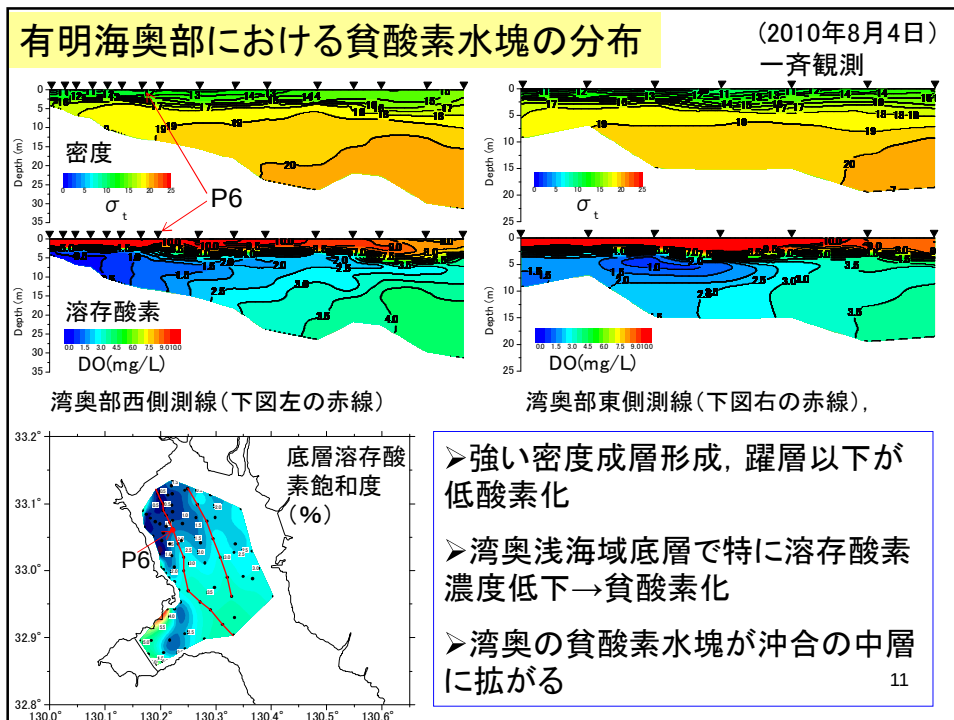


8

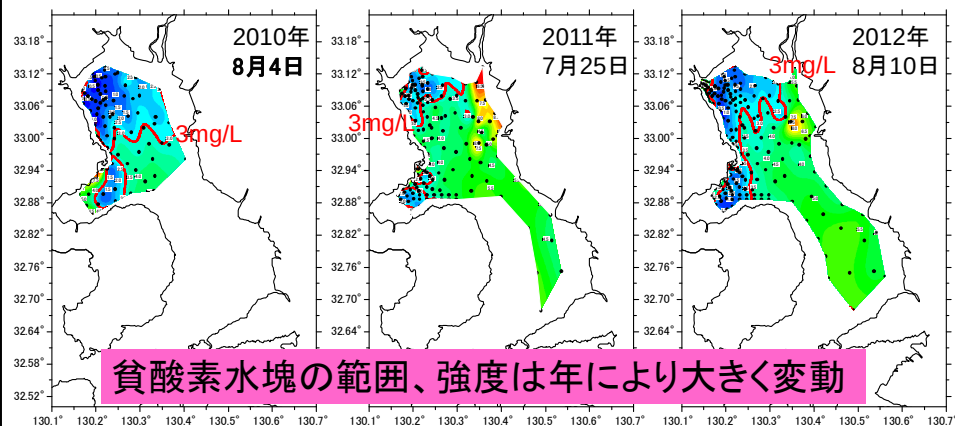
I . 有明海における貧酸素水塊の発生状況

9





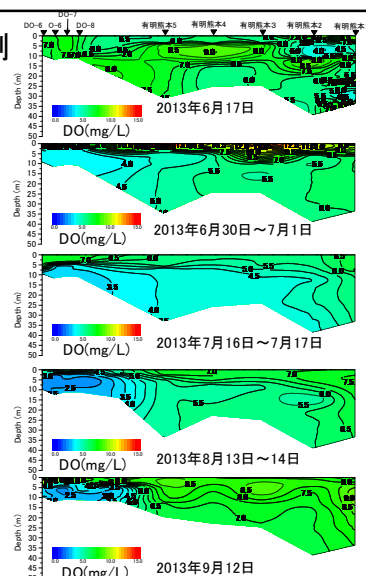
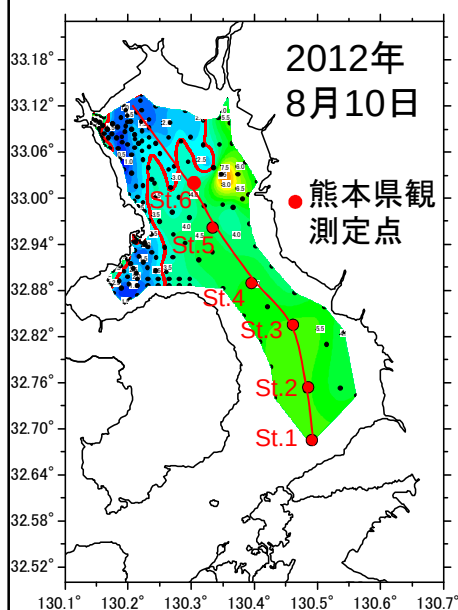
有明海における貧酸素水塊分布の年による違い



(有明海における貧酸素水塊の一斉観測結果. 徳永ら2012)

独立行政法人水産総合研究センター西海区水産研究所、水産庁、環境省、農林水産省九州農政局、国土交通省熊本港湾・空港整備事務所、福岡県水産海洋技術センター、佐賀県有明水産振興センター、長崎県総合水産試験場、長崎県南水産業普及センター、熊本県水産研究センター、九州大学、佐賀大学、熊本大学、日本ミクニヤ(株)、芙蓉海洋開発(株)、東京久栄(株)、(株)西村商会

有明海中央断面における溶存酸素観測

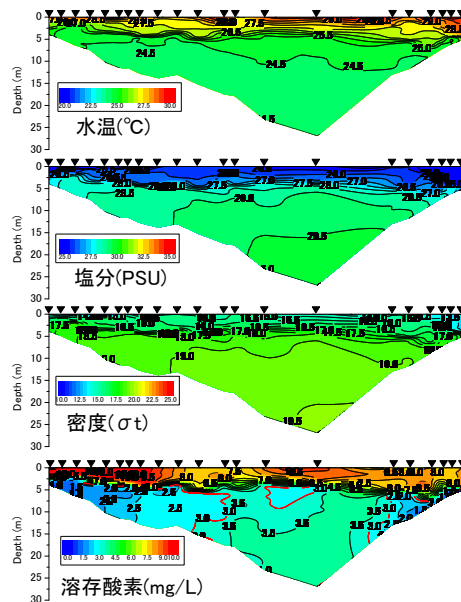


有明海の中央断面における水温、塩分、密度 σ_t 、クロロフィル蛍光値、濁度、溶存酸素(熊本県水産研究センター、西海区水産研究所観測)

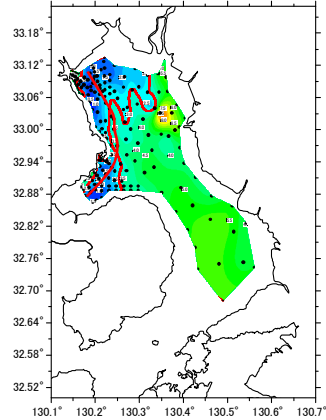
St.6では過去に貧酸素化が観測された例があるが、St.1～5では貧酸素は確認されていない。

有明海奥部～諫早湾の断面構造

2012年8月10日



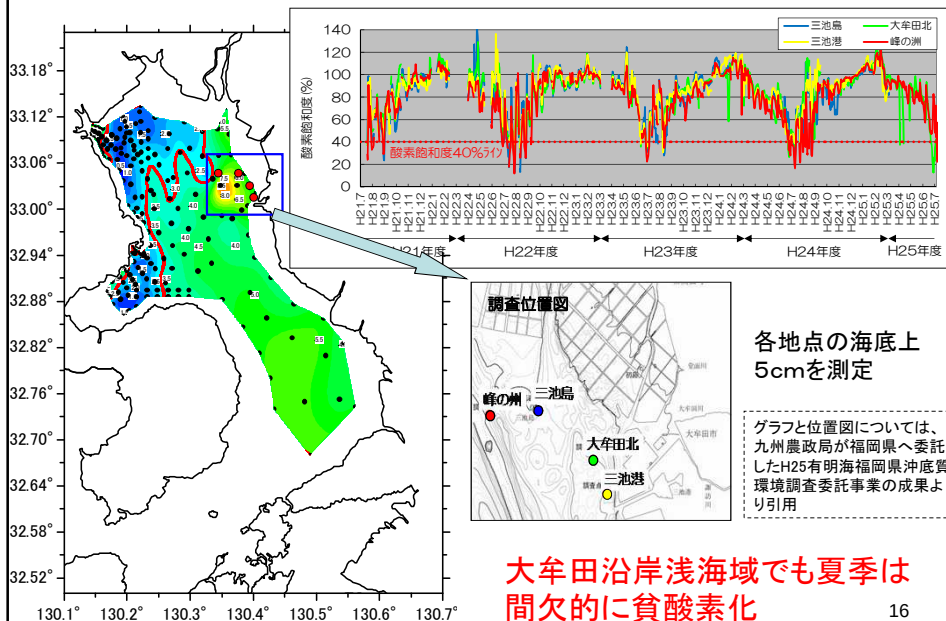
赤線に沿った断面



湾奥の貧酸素は沖合中層に拡がるが、
諫早湾奥の貧酸素はそれとは別に発達している
(貧酸素の規模が大きい場合には両海域の貧酸素水の交換の可能性はある)

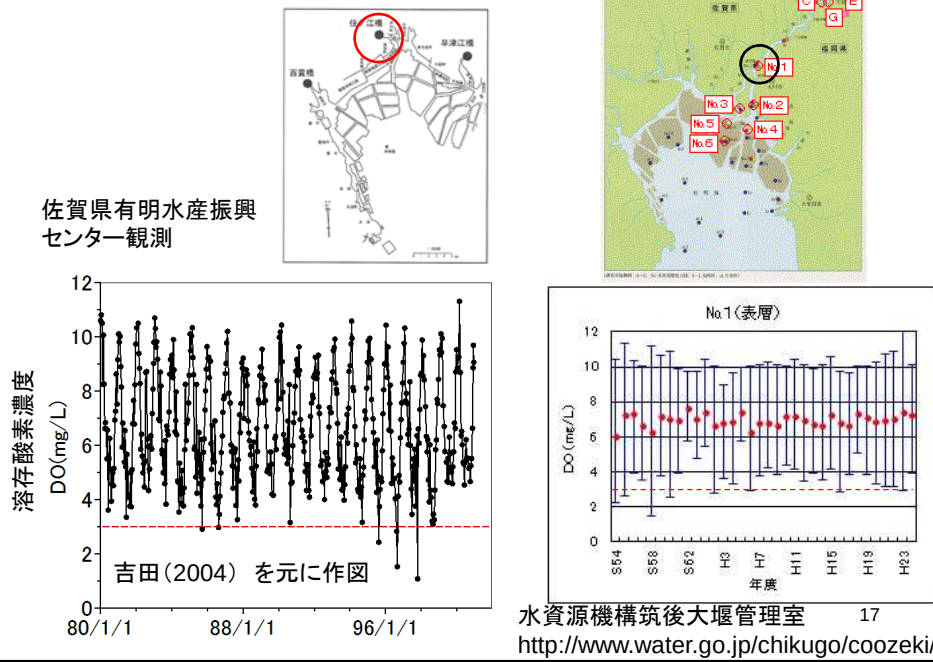
西海区水産研究所提供

福岡県による溶存酸素観測

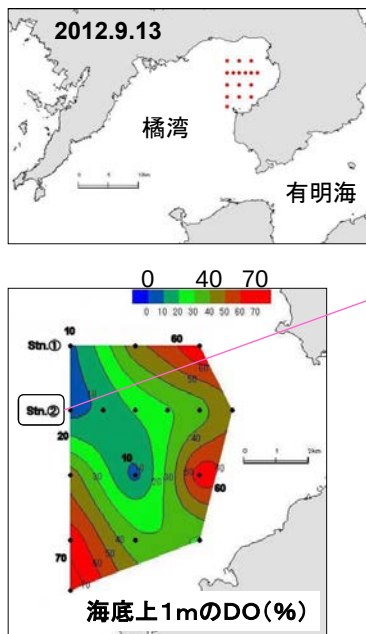


16

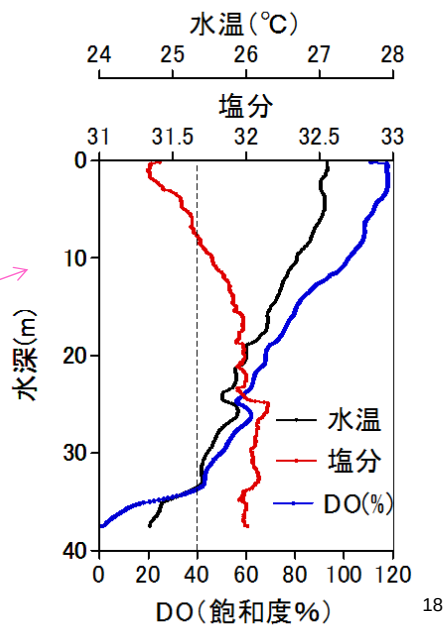
感潮河道における貧酸素化



橘湾における貧酸素水塊



長崎県総合水産試験場提供



有明海・橘湾における貧酸素水塊の分布特性まとめ

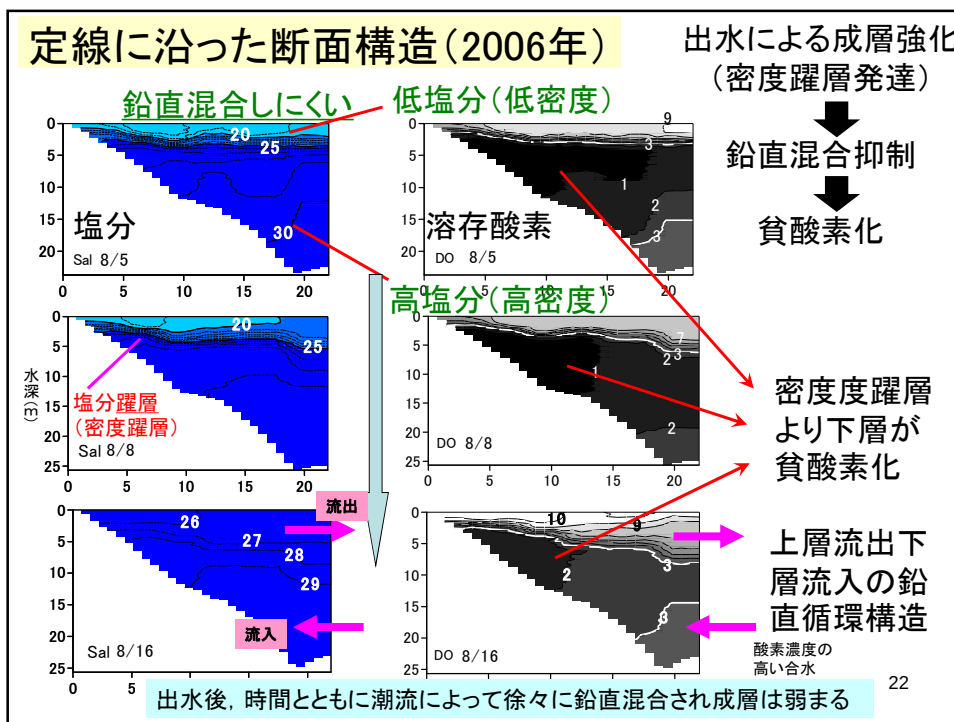
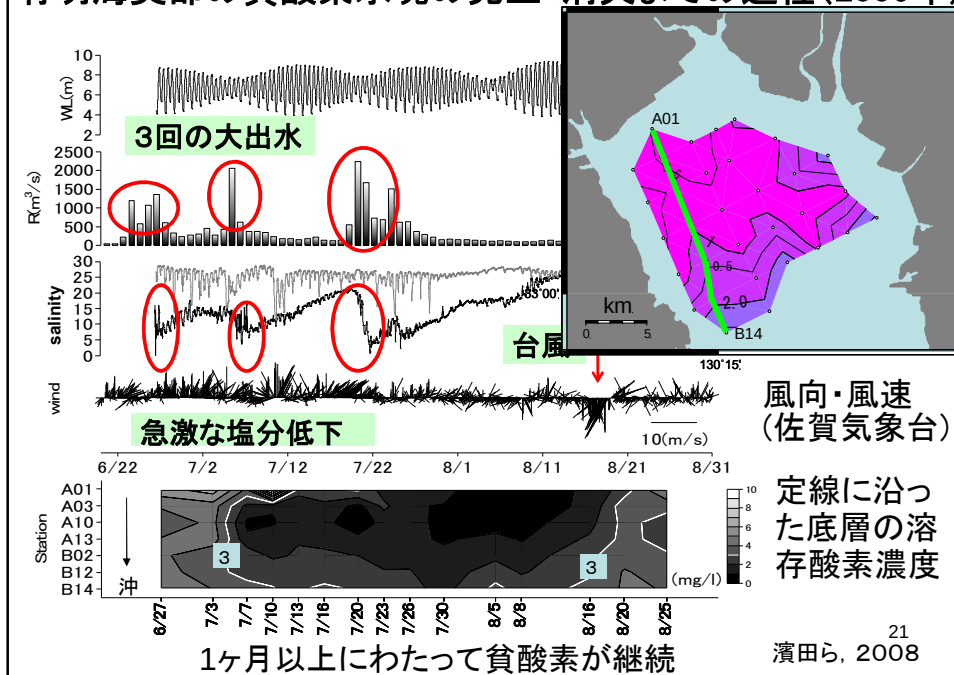
- ・有明海の貧酸素水塊は、基本的に有明海湾奥部と諫早湾の2カ所で発生.
- ・大牟田沿岸浅海域でも間欠的に貧酸素化発生.
- ・密度成層の形成に伴い、密度躍層より下層が貧酸素化. 干潟縁辺に近い浅海域で貧酸素が発達することが特徴.
- ・貧酸素水塊の範囲、強度は年により大きく変動. ただし、有明海奥部の貧酸素水塊は2004年以降、毎年発生.
- ・六角川・筑後川等の河川感潮域が貧酸素化する場合も.
- ・橘湾の底層においても貧酸素水塊が観測された.

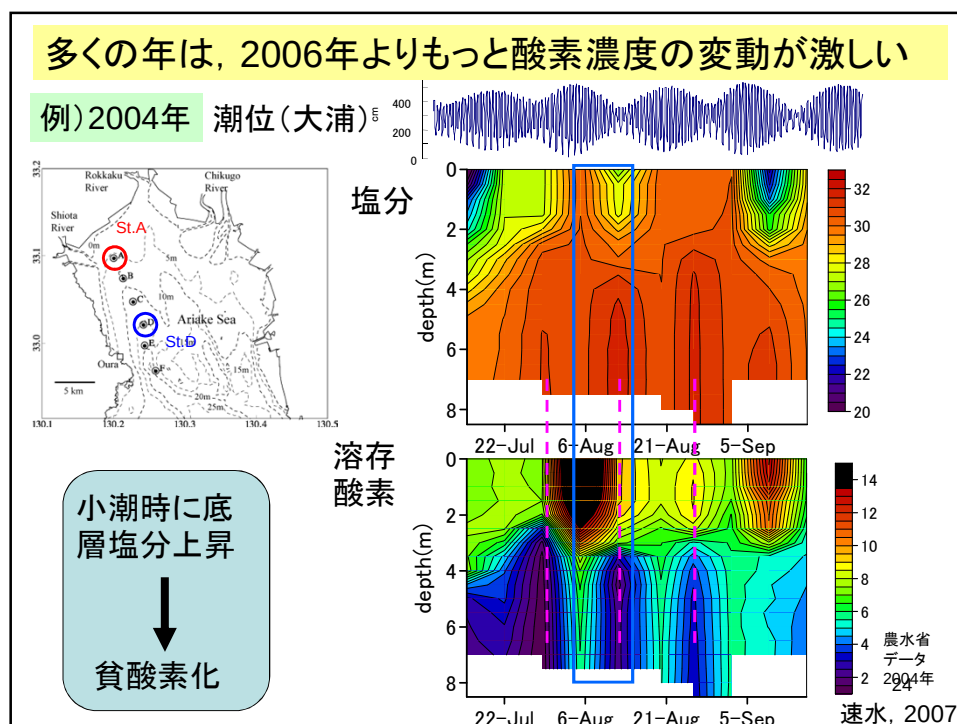
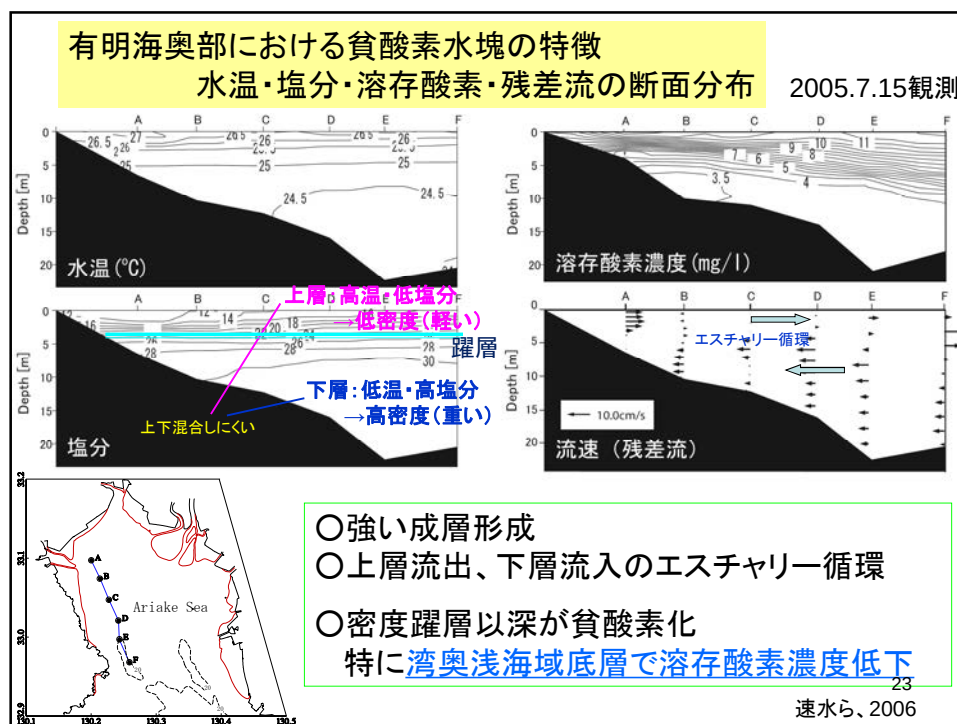
19

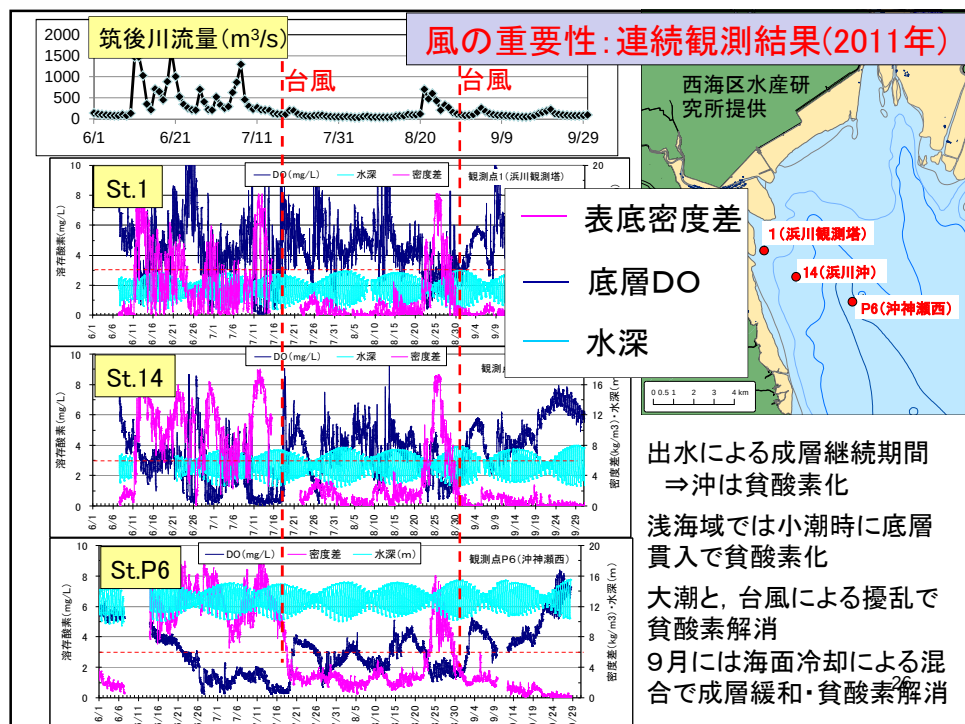
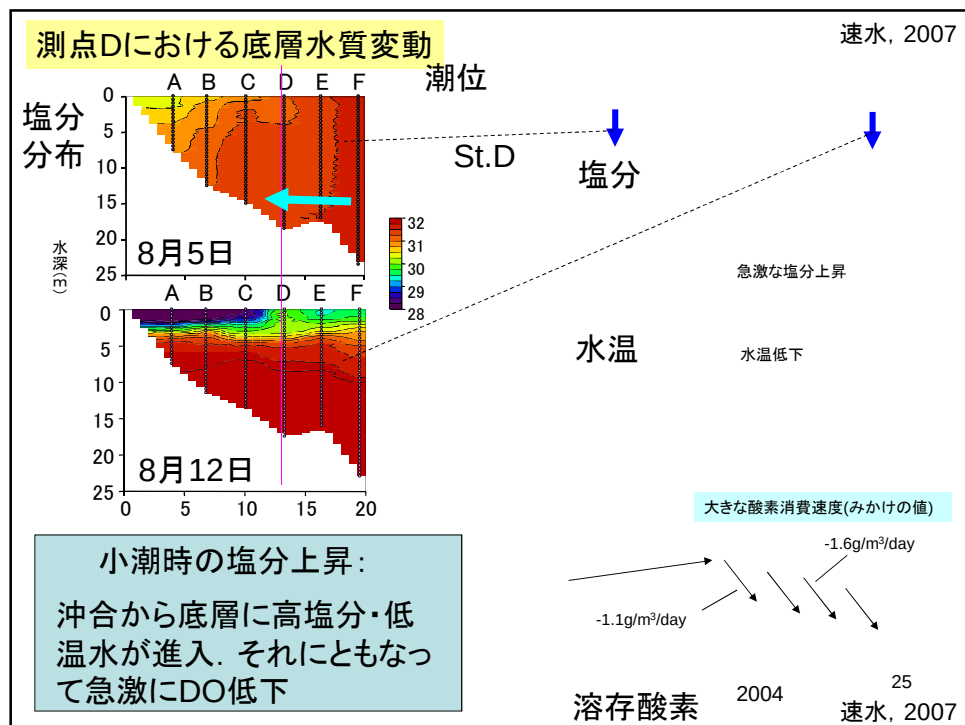
Ⅱ. 貧酸素水塊の形成・変動メカニズム

20

有明海奥部の貧酸素水塊の発生・消失までの過程(2006年)

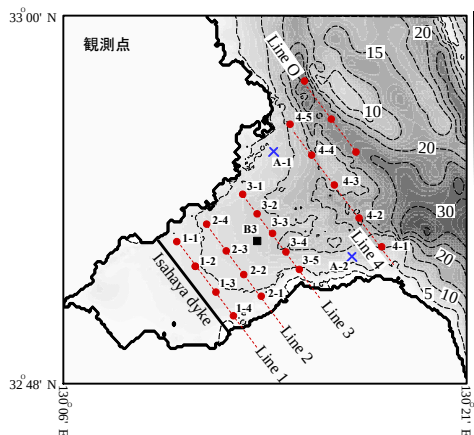






諫早湾ではどうか？

山口・経塚(2006)



観測期間

7月15日から9月19日

観測頻度

原則として週二回の

小潮・中潮・大潮時

観測時間

満潮時3時間以内

觀測項目

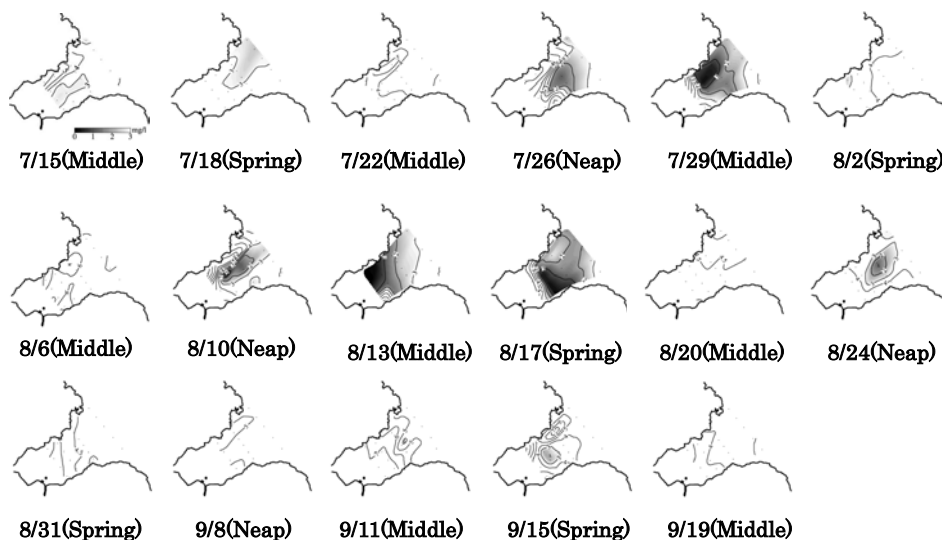
- CTDで水温(T), 塩分(S), 溶存酸素(DO)

- × 超音波流向流速計(ADCP)
Compact DOW(Sta.A-1のみ)

- 九州農政局(T,S,DO,Chl-a,Turbidity, pH²⁷)

2004年夏季

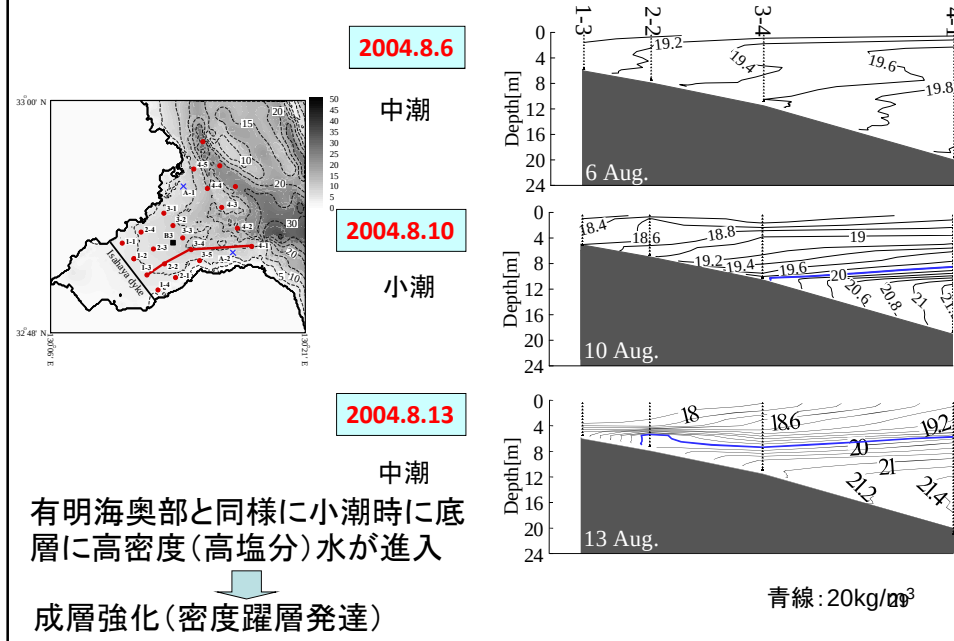
海底直上溶存酸素分布[mg/L] in 2004



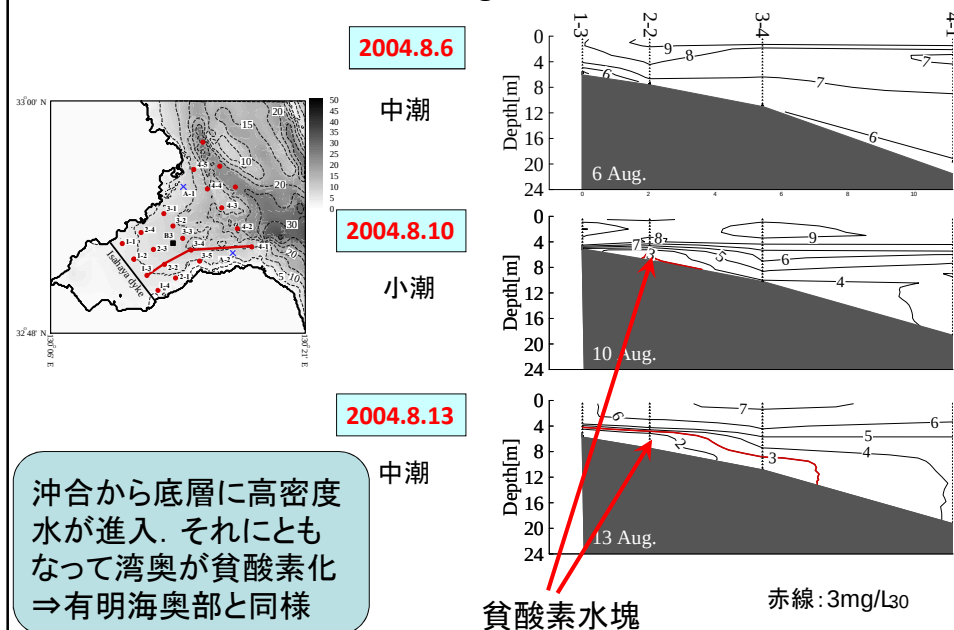
- 短いタイムスケール(2~3日以内)で発生・消滅を繰り返す
- 湾中央で形成され北部へ移動
- 最低は1.0mg/Lを下回る

28

密度(σ_t)鉛直断面分布



溶存酸素濃度(mg/L)鉛直断面分布



風と貧酸素水塊 その2 青潮の発生

底層で形成された貧酸素水が表層へ湧昇し、水中のイオウがコロイド化することによって白濁し、海面が青白色に着色する現象。青潮が発生すると、魚介類の大量斃死が引き起こされる場合がある。

2008.8.19読売新聞

諫早湾に「青潮」 貧酸素原因

長崎県の諫早湾で15日、海面が青白く変色する「青潮」とみられる現象が起きた。海中の酸素欠乏が原因とされる。同湾沿岸などでは12、13日に魚介類の大量死が見つかっており、専門家「貧酸素が一因だった可能性を示している」と指摘している。

写真撮影した諫早市の坂田輝行さん(60)によると、15日午後3時ごろ、国営諫早湾干拓事業

で造られた潮受け堤防外側の海面が、南北方向に約7m、東西方向に数百mにわたり青白くなっていた＝写真＝。

独立行政法人・水産総合研究センター中央水産研究所の元所員で、海洋化学が専門の佐々木克之さんによると、海底近くの水が酸欠状態になると硫化水素が発生する。硫化水素が大気に触れて酸化され、硫黄の粒子が生じ、光を反射することなどか

2008年(平成20年)8月1



ら、海が青白く見えると考えられている。

佐々木さんによると、海中酸素濃度が30%を下回ると魚類の生息は困難という。農林水産省

2008.8.20朝日新聞

2008年(平成20年)8月20日 朝日新聞 27 長崎

諫早湾に青潮

潮受け堤防近く

諫早湾干拓事業の潮受け堤防付近の海域で青潮とみられる現象を、諫早市小川町の坂田輝行さん(61)が15日に撮影した写真。青潮は、海中の酸素量が少なく、海流がほとんどない状態の時に、海面に強い風が吹くことで海水が吹き寄せられて発生する。坂田さんは、15日午後3時ごろ、潮受け堤防の堤防道路から海が青く見えることに気づいた。



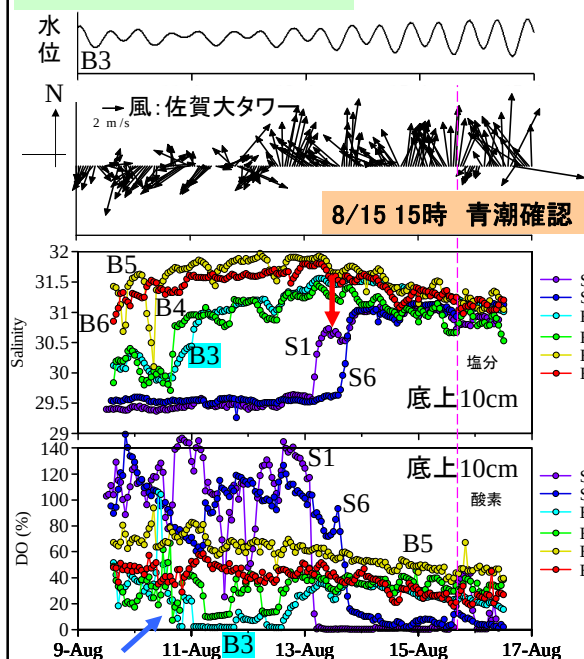
た。当時は帽子が飛びそう

なほど風が強かったという。

によると、潮受け堤防の北部排水門近くでは、13日午前5時～15日午後3時の海中酸素濃度は3%以下、坂田さんが撮影した時間帯は1.8%だった。

31

青潮時の気象・海況 九州農政局データ使用

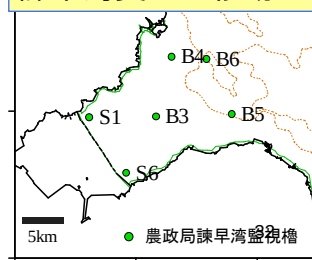


小潮から大潮に向かう時期、南よりの風が連吹

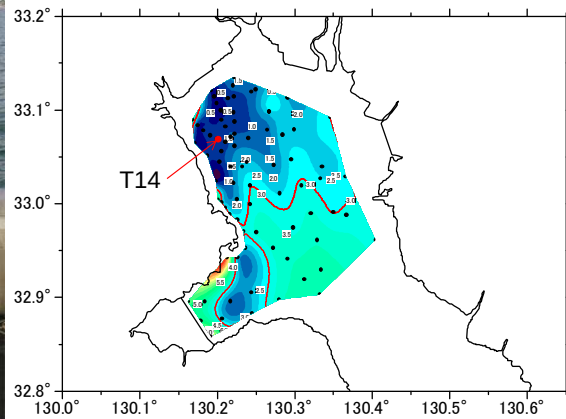
B3: 8/11に貧酸素化
8/12-13にDO上昇

8/13: 諫早湾奥底層で急激な水温低下・塩分上昇・DO低下

諫早湾中央部で形成された貧酸素水塊の諫早湾奥への移動



有明海における酸素消費速度

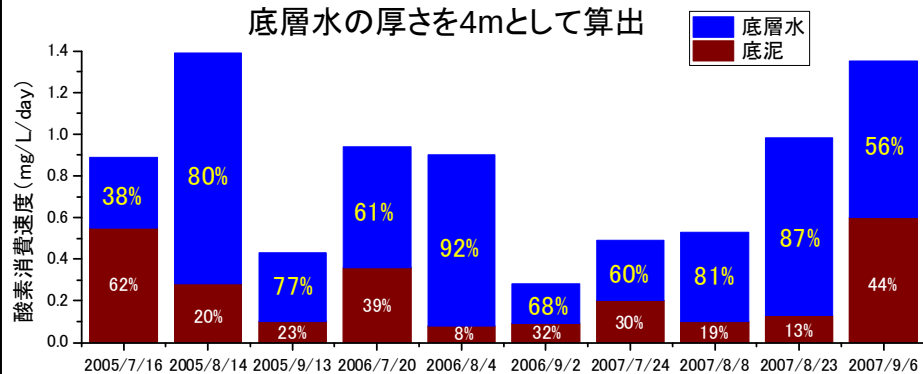


底泥と底層水の酸素消費速度測定のために海底に設置したベルジャー（木元ら2003）

33

有明海における酸素消費速度測定結果

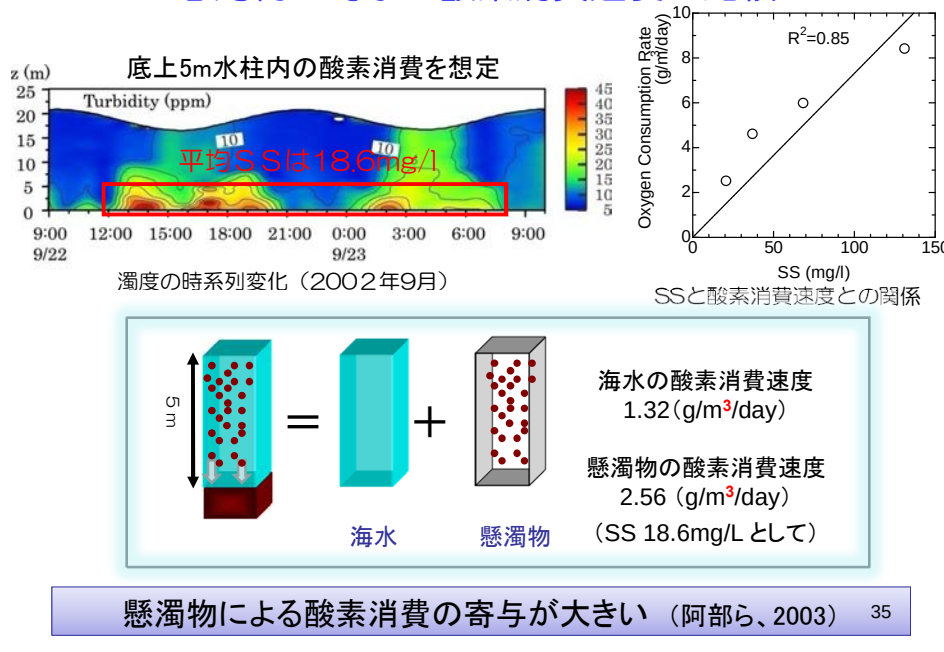
底層水の厚さを4mとして算出



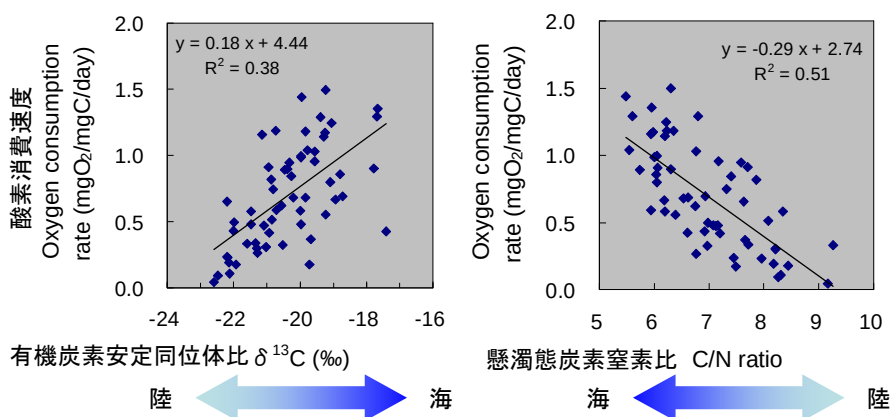
- ・全酸素消費速度: 0.28~1.39mg/L/day
- ・有明海では、酸素消費速度が大きく、酸素消費には底層水の寄与が大きい

34

懸濁物と海水の酸素消費速度の比較



懸濁物中の有機炭素当たりの酸素消費速度(組成による違い)

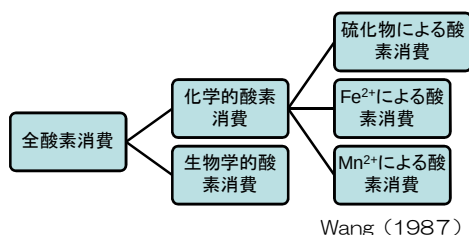


海で生産された有機物の方が
炭素当たりの消費速度が大

36
(児玉ら、2009)

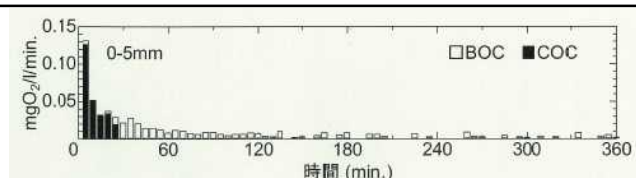
化学的酸素消費とは

酸素消費過程では有機懸濁物の影響（生物学的酸素消費）のみが検討されてきたがその寄与率についてはほとんど明らかにされていない。



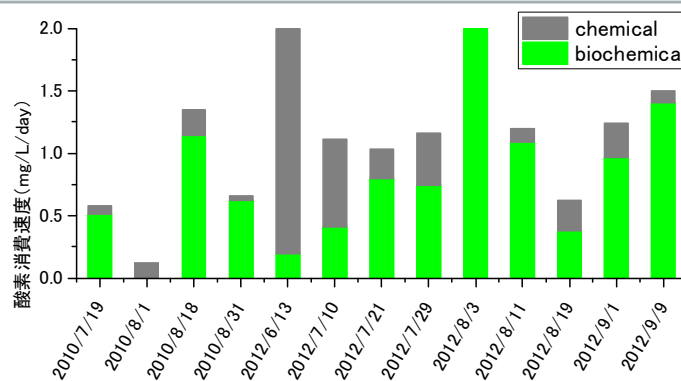
ホルムアルデヒドを使用して生物学的酸素消費と化学的酸素消費を分画

37



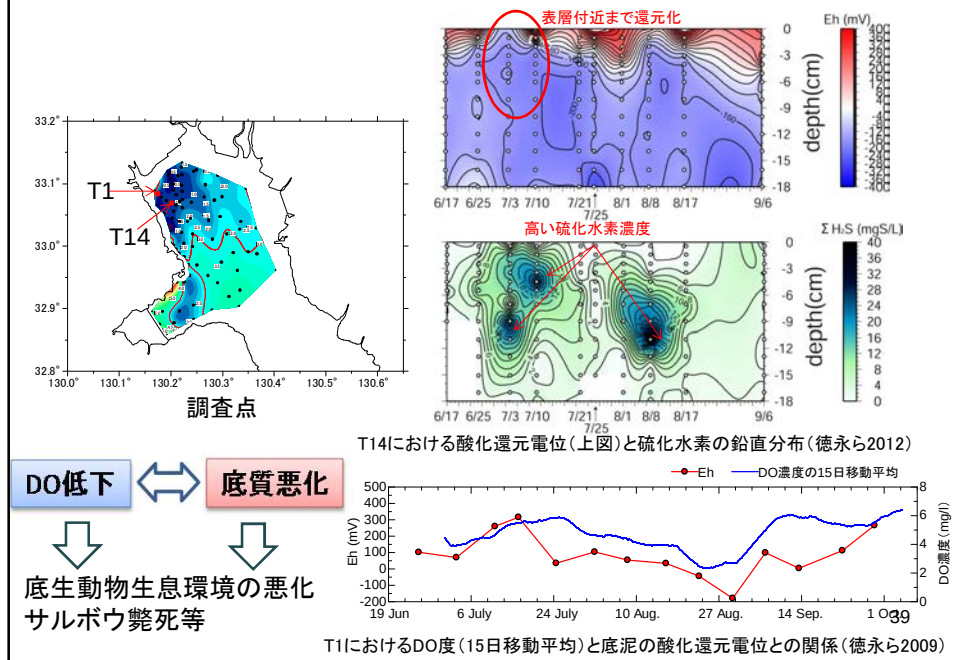
化学的酸素消費（COC）と生物化学的酸素消費（BOC）の速度の時間変化
（徳永ら2009）

表層底泥による酸素消費：化学的酸素消費がはじめに起き、その後生物学的酸素消費が寄与

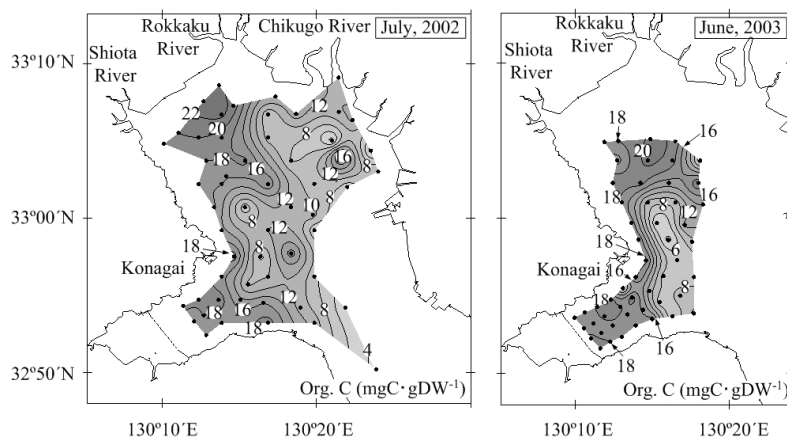


現場での生物学的酸素消費（寄与率60%） 環境省2013より³⁸

底質悪化(酸化還元電位、硫化水素)と貧酸素との関係



有明海の表層堆積物(0-1 cm)中の有機炭素濃度



浅い場所では有機物含量が多い → 高い酸素消費能力

40

培養実験で得られた全酸素消費速度の比較

有明海:	0.28~1.39mg/L/day	} (柳, 2004)
志津川湾:	0.93mg/L/day	
東京湾:	0.19~1.48mg/L/day	
燧灘:	0.20mg/L/day	
周防灘:	0.10~0.89mg/L/day	
大村湾:	0.21~0.28mg/L/day	

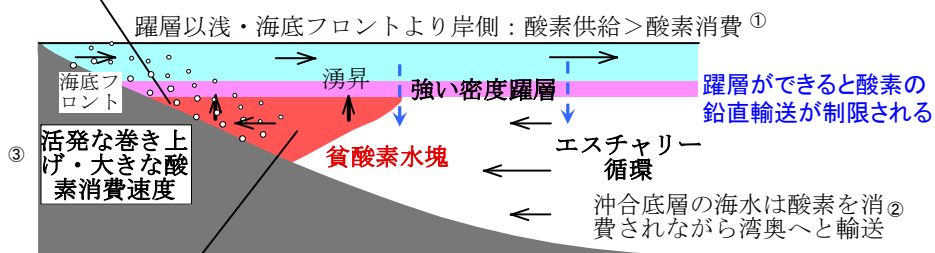
底泥のみ

有明海:	0.29~2.38g/m ² /day	} (丸茂・横田, 2012)
英虞湾(採集直後):	0.91~1.18g/m ² /day	
広島湾:	0.7~1.5g/m ² /day	
豊前海:	0.12~0.39 g/m ² /day	

41

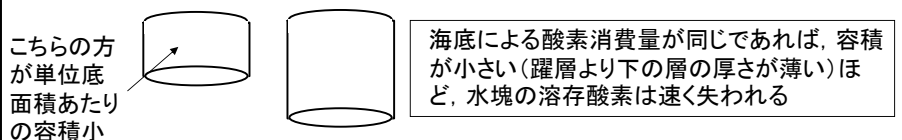
まとめ1 なぜ浅海域が貧酸素化するのか？

- ③ 海域起源有機懸濁物による酸素消費ポテンシャルが高い(児玉ら, 2009)
有機懸濁物集積, 活発な沈降・再懸濁 (速水ら, 2006)



浅海域の躍層以深: 酸素供給<酸素消費となると貧酸素化 ①

躍層以深の水柱高さが小さいほど, 酸素消費速度は大きくなる. ④



海底からの巻き上げ量が同じであれば, 容積が小さいほど, 懸濁物濃度は高くなる⇒懸濁物による酸素消費速度も高まる ②

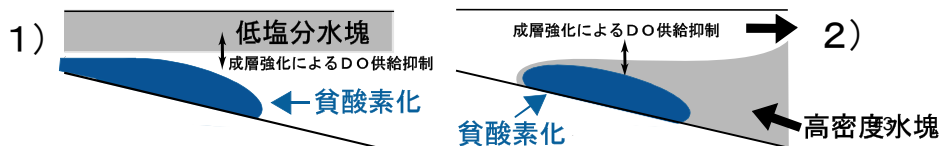
まとめ2

○有明海奥部・諫早湾では、成層強化によって貧酸素水塊形成。大潮・強風時の鉛直混合によって解消する。

○成層強化の機構は2種類ある

- 1) 出水型---大潮時でも強い成層を維持, 貧酸素長期化
- 2) 底層貫入型---小潮時に沖合から底層に高密度水進入
大潮小潮周期・風の影響で変動激しい

○両機構が共存し、沖合域は出水型で貧酸素が持続, その水が浅海域に貫入してより低酸素化する場合がある。



まとめ3

○有明海奥部における酸素消費速度は国内の他の内湾に比べて大きく、東京湾に匹敵。

○酸素消費に対しては底泥よりも底層水の寄与が大きく、特に底層水中の懸濁物の寄与が大きい。

○懸濁物の質的には、海域で生産された植物プランクトン起源の有機懸濁物の酸素消費が大きい。

○生物学的な酸素消費以外に、化学的酸素消費(表層底泥中の硫化水素等)の寄与も大きい(特に再懸濁時)。

○有明海では浅い場所で底質中の有機物含量が多く、浅海域における高い酸素消費能力につながっている。

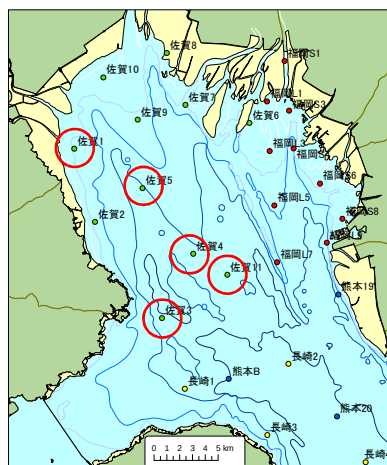
Ⅲ. 貧酸素水塊の経年変動

45

長期的なDOの経年変動に関する既存知見

基礎データ: 有明海奥部における浅海定線調査

(新月(朔)の大潮満潮時に観測、底層は海底上1m層の採水)

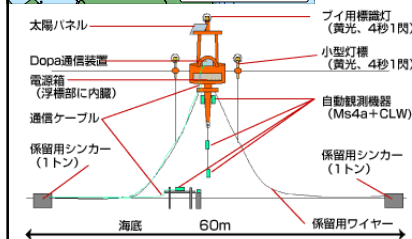
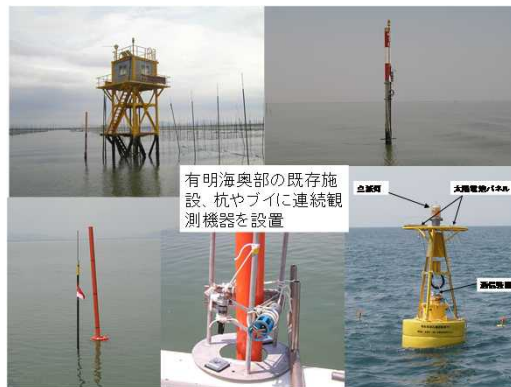
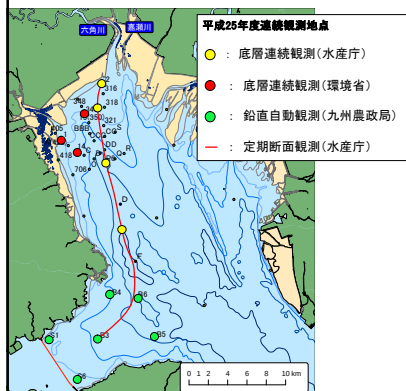


有明海奥部の浅海定線調査地点

- 1976年～2000年の観測点4では4.3mg/L以下の出現に大きな違いはなし(滝川ら, 2003)
- 1972年～2001年7月のデータから、同じ成層強度ではDOは低下傾向(観測点1で最も有意)(速水ら, 2006)
- 1972年～2012年のデータから、佐賀県海域では、7～9月の表底層の差が年によって顕著で、Stn3～5、11では、7、8月の値が低下する傾向(佐賀県有明水産振興センター, 2013)
- 湾奥東部の福岡県海域では特段の傾向はない。

46

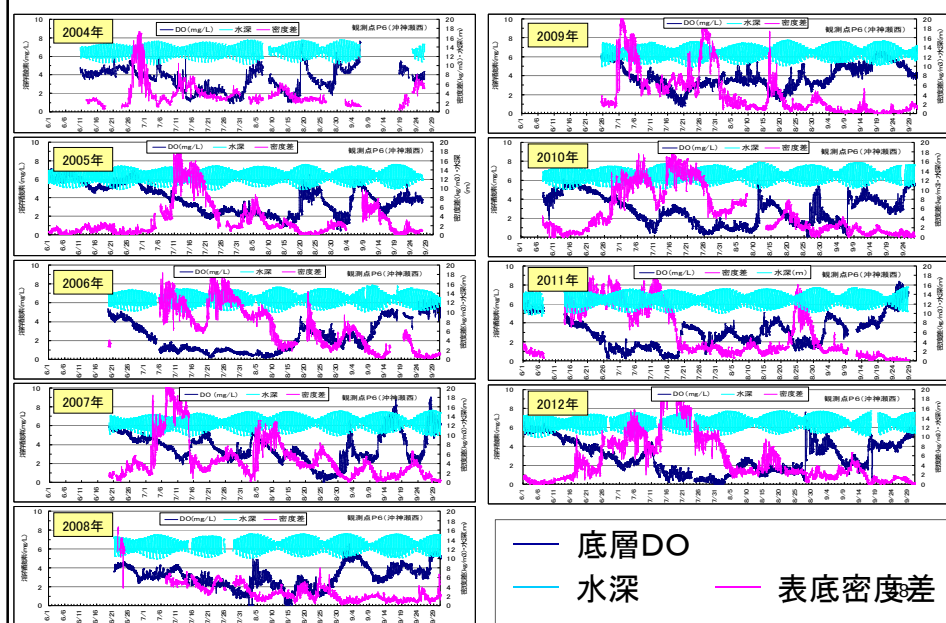
貧酸素水塊連続自動観測(2004年～)



海底上0.2m:水深、水温、塩分、溶存酸素、クロロフィル、濁度、流向流速を10分間隔で計測(九州農政局は1時間に1回)
 主要な観測地点のデータはメールにより西海区水産研究所へ送信, リアルタイム公表.
 各観測点では1週間に1回以上の頻度で各項目の鉛直観測を実施

観測点P6(沖神瀬西)の表層(1m)と底層(海底上0.2m)の密度差および底層の溶存酸素濃度

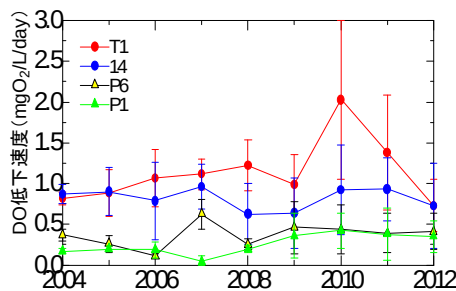
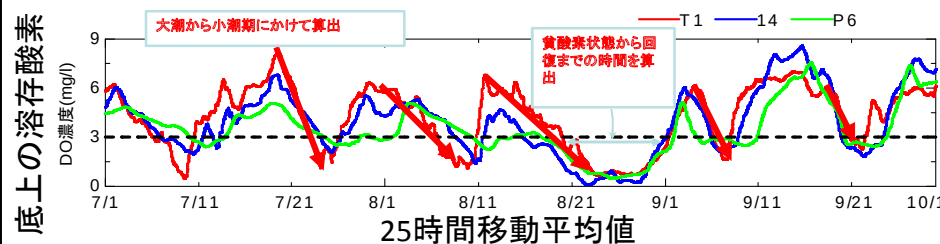
(環境省請負業務・水産庁委託事業の観測結果)



有明海奥部における貧酸素水塊の発生状況と、（環境省請負調査・水産
気象・海象・水塊構造等の特徴（2004～2012年）庁委託事業等の観測結
果よるとりまとめ）

	貧酸素水塊の発生状況	気象・海象・水塊構造等の特徴
2004年(平成16年)	湾奥の干潟縁辺域では、小潮期に溶存酸素が低下し、大潮期に上昇する変動を繰り返した。	度々九州に接近・上陸した台風の強風により密度成層が計測しなかった。
2005年(平成17年)	湾奥の干潟縁辺域では、小潮期に溶存酸素が低下し、大潮期に上昇する変動を繰り返した。8月中旬と下旬に干潟縁辺域で著しい貧酸素化した。	7月上旬の降雨に伴う出水により密度成層が形成されたが、7月中旬に南西の強風、8月中旬に西寄りの風、8月下旬に北寄りの風が連吹し、水塊が混合した。9月6日の台風14号(有明海を北上)の強風により湾全域で混合。
2006年(平成18年)	7月上旬より沖合域で急速に溶存酸素が低下し、その後湾奥の広範囲で貧酸素化した。沖合域の貧酸素化は8月18日まで約7週間継続した。	6月下旬の降雨に伴う出水により密度成層が形成され、8月18日の台風10号(九州縦断)の北寄りの強風で成層が解消。
2007年(平成19年)	湾奥の干潟縁辺域では、小潮期に溶存酸素が低下し、大潮期に上昇する変動を繰り返した。8月下旬に湾奥全域で貧酸素化した。	7月14日の台風4号(九州南部を横断)の強風で成層が解消。8月2日の台風5号(九州東岸を北上)による出水で密度成層が形成され、8月下旬まで継続。
2008年(平成20年)	湾奥の干潟縁辺域では、小潮期に溶存酸素が低下し、大潮期に上昇する変動を繰り返した。沖合域では底層の溶存酸素が徐々に低下し、8月中旬に著しく貧酸素化した。	梅雨明け後の7～8月は晴天の暑い天気が続く。台風が九州に接近・上陸しなかったことにより、密度成層が8月末まで継続。
2009年(平成21年)	湾奥の干潟縁辺域で7月下旬に著しく貧酸素したが、7月下旬から8月上旬の北寄りの強風で貧酸素は解消。8月末にも貧酸素化するが継続しなかった。	7月上旬および下旬の降雨に伴う出水で密度成層が形成された。台風が九州に接近・上陸しなかったが、7月下旬から8月上旬に北寄りの強風が連吹し、密度成層が長期に継続しなかった。
2010年(平成22年)	7月上旬に貧酸素化した。7月中旬に改善。その後、再び急速に溶存酸素が低下し貧酸素化した。沖合域の貧酸素化は8月11日まで約3週間継続した。	6月下旬と7月上旬の降雨に伴う出水により密度成層が形成され、8月11日の台風4号(対馬海峡を北上)の南寄りの強風で密度成層が解消。
2011年(平成23年)	沖合域では最も早期に溶存酸素が低下し、7月上旬に著しい貧酸素となった。7月下旬以降は著しい貧酸素化は発生しなかった。	6月に降雨により強い密度成層が形成され、7月19日の台風6号(四国に上陸)の北寄りの強風で密度成層が解消。
2012年(平成24年)	6月中旬以降貧酸素化し、著しい貧酸素が最も長期に継続。9月上旬のChatttonella赤潮後に浅海域で貧酸素化	6月下旬からの梅雨と、7月の北部九州豪雨により強い密度成層が形成され、継続した。8月27～30日の台風15号、14号の強風の連吹で密度成層が解消した。

酸素濃度低下速度の経年変化

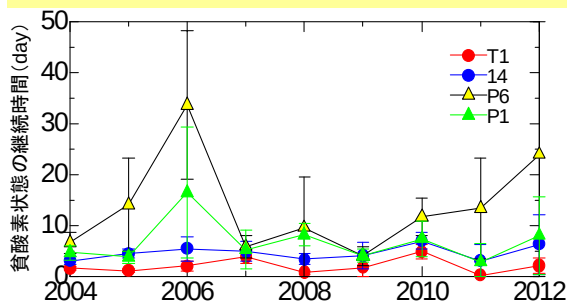


酸素濃度低下速度の経年変化

● 沖側よりも、岸に近い干潟縁辺域で溶存酸素の低下速度が大きい

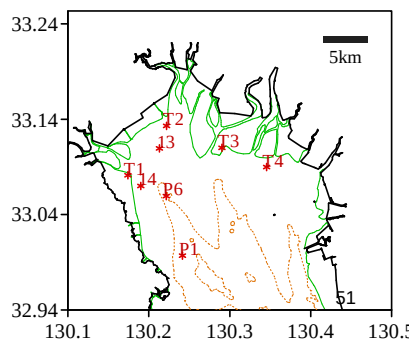
● 酸素濃度低下速度の経年変化には年による変化があるが、トレンドはない。

貧酸素状態の継続時間の経年変化

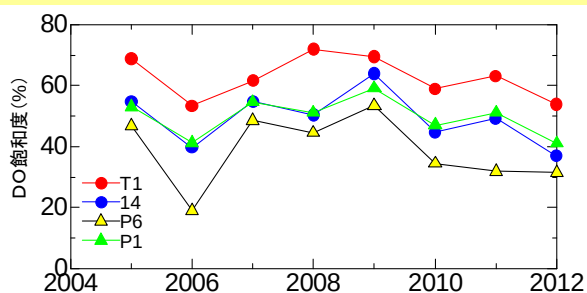


底層溶存酸素濃度が
< 3mg/Lの期間を貧酸素
状態と定義

2006年が最も貧酸素継続時
間が長い。
2012年は2006年に次いで継
続時間が長い。
これは出水による密度成層の
長期継続による。

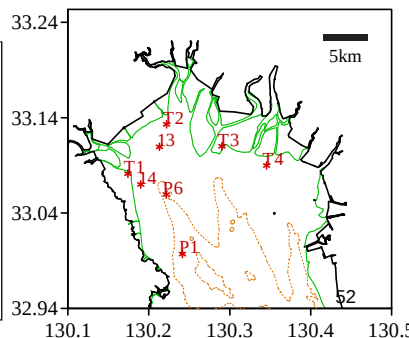


平均溶存酸素飽和度の経年変化

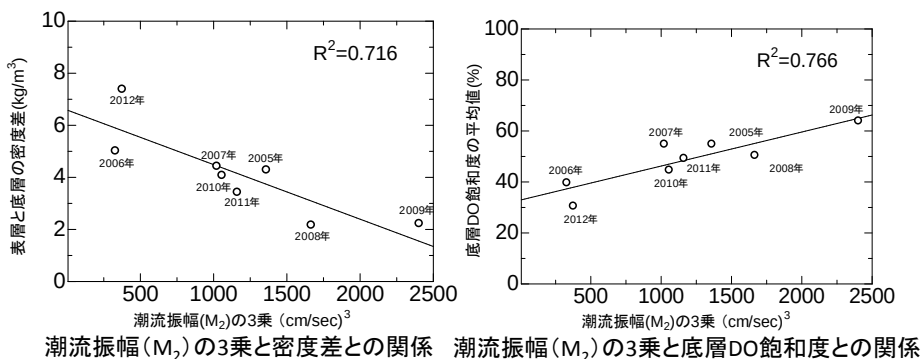


7～9月の底層溶存
酸素濃度平均値

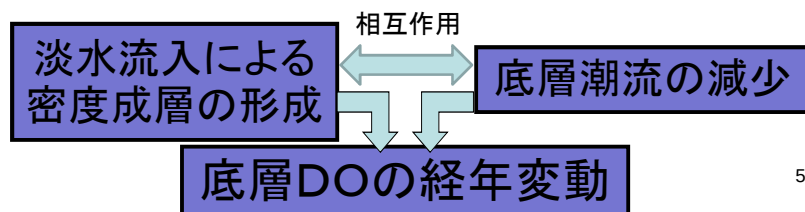
平均溶存酸素濃度はP6で低い。
2006・2012年は特に平均飽和度が
低い。
これは密度成層の長期継続により、
貧酸素の継続時間が長く、貧酸素
化が進行したことによる。



底層潮流とDO飽和度、密度差との関係(徳永ら、2013)



底層潮流振幅(大きさ)が重要(※潮汐の大きさ ≠ 潮流の大きさ)



53

有明海の貧酸素水塊経年変動に関するまとめ

- ・底層の平均溶存酸素濃度・貧酸素の継続時間は河川からの淡水供給量によって大きく変動する。
- ・淡水供給が多い年には、成層が長期間続き、貧酸素の継続時間は長く、貧酸素化も深刻化する。
- ・少なくとも2004年以降は、貧酸素化について一定の経年トレンド(全体として増加ないし減少)はみられない。
- ・経年的に見ると、淡水流入による成層強化と、成層強化にともなった底層での潮流減少が、貧酸素の深刻化をもたらしている。

54



貧酸素化が魚介類・生物に与える 直接影響と間接影響

○直接影響

- 遊泳可能な魚介類の逃避(漁場形成への影響)
- 魚介類の生理的变化(衰弱)
- 魚介類の斃死
- 底生生物の生理・生態的变化, 斃死

○間接影響

- 栄養塩(アンモニア・リン)の溶出
 - 水域の富栄養化を助長
- 硫酸還元・硫化水素の発生
 - 魚介類・底生生物の衰弱・斃死
- 生物の斃死
 - 貧酸素化の助長, 水域の生物多様性・浄化機能喪失

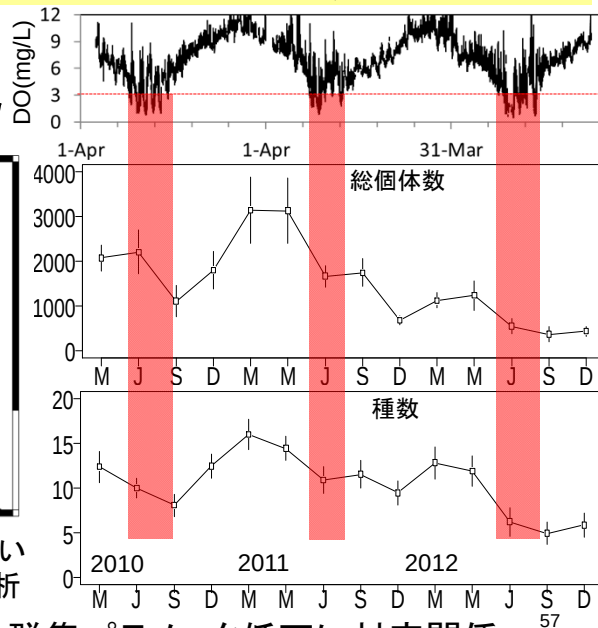
有明海奥部のマクロベントス群集と貧酸素の関係

Yoshino et al (投稿中)

佐賀大学調査地点



採泥器で採取, 1 mm目合いの篩でふるってベントス分析



貧酸素期と群集パラメータ低下に対応関係

アサリへの影響

長崎県総合水産試験場提供

長崎県諫早湾小長井地先干潟における貧酸素の状況とアサリ被害

年	貧酸素持続時間* (漁場別最長)	被害額(億円)
2004年	44時間(釜)	2.5億円
2007年	72時間(長戸)	3.0億円

* 酸素飽和度10%以下となった時間

58

夏季高水温時(<30°C)

松田(2008)

約14 時間継続した貧酸素でアサリは大量へい死.

嫌気代謝継続の限界点近くにあったと推察.

⇒2004 年8月の大量へい死は, 高水温・貧酸素によるものと示唆された.(貧酸素発生時に生成される硫化水素の影響の可能性も.)

・底層溶存酸素の現地改善実験

試験区 ▲
(改善試験実施)

対照区 ■

平野ら(2010)

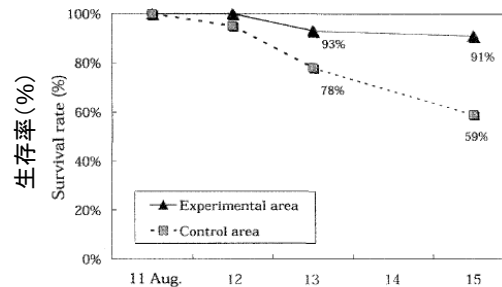


Fig.6 Comparison of the survival rate of short-neck clams between the experimental (▲) and control (■) areas from 11 to 15 August 2008. See the text for the survival rate estimation on 15 August.

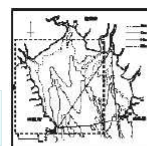
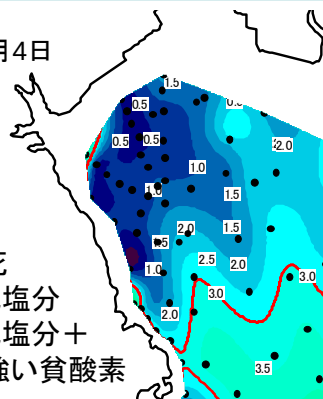
タイラギへの影響

荒巻・大隈
(2011)

2010年夏季の1歳貝の大量斃死

2010年8月4日
底上DO

2段階の斃死
7月上旬:低塩分
8月上旬:低塩分+
強い貧酸素



タイラギ
高密度分布域

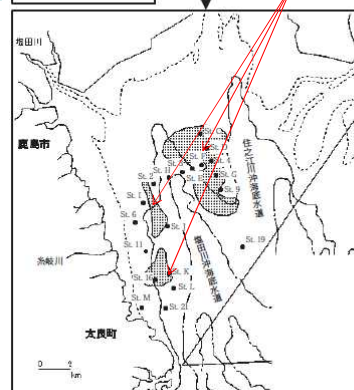


図1 生息状況調査地点
■: 2008年級群の高密度分布域
●: 調査地点

タイラギ成貝は比較的貧酸素耐性は高い. 10日間無酸素に近い状況が続いたために大量斃死したと考えられる.

60

低酸素水に対するリシケタイラギの反復暴露実験

郡司掛ら(2009)

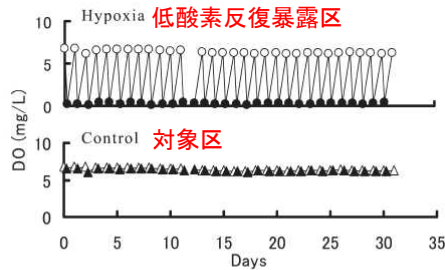


Fig. 1. The level of dissolved oxygen (DO) concentrations in seawater before (○) and after (●) exposure in hypoxia, and before (△) and after (▲) exposure in control.

- 暴露日数増加とともにタイラギが砂から露出する程度が大きくなった。
- その後、衰弱した個体増加、最後に斃死に至った。
- 海底直上水のDOの重要性を指摘

DOを0.5mg/L以下に下げ、低酸素状態で6h、通気・濾過海水導入により貧酸素解消を31日間繰り返した

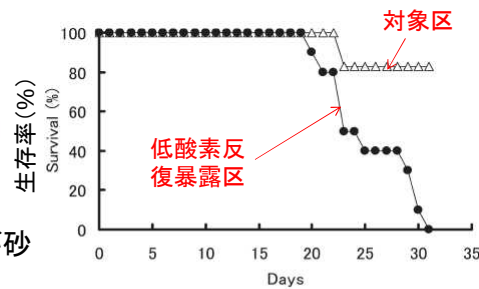
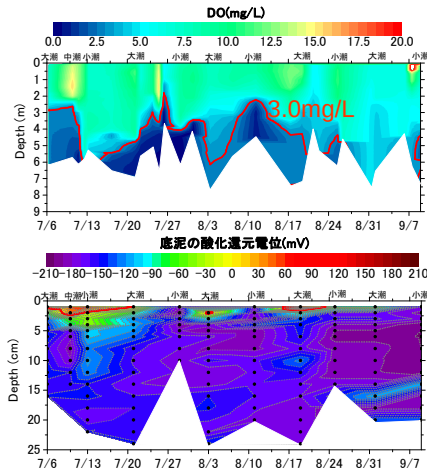


Fig. 3. The percentages of survival in pen shell *Atrina lischkeana*, treated with repeated hypoxia (●), and control (△).

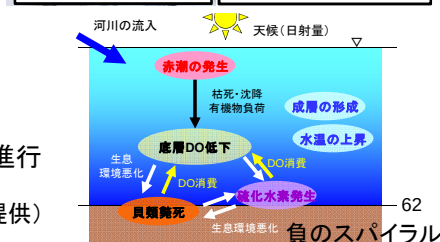
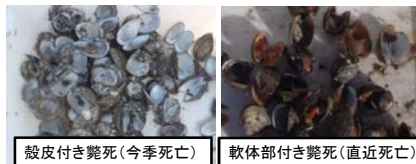
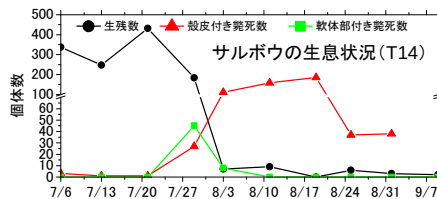
サルボウへの影響



貧酸素化が継続すると底泥中の還元化進行

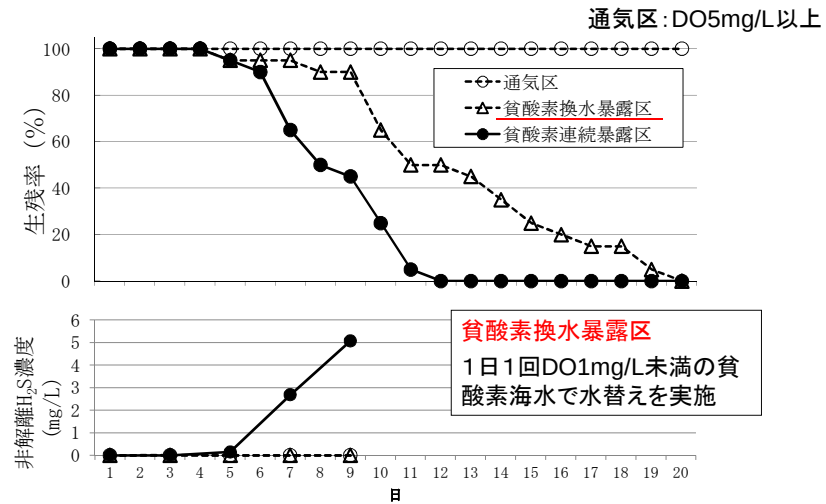
(西海区水産研究所提供)

観測点14(浜川沖)(干潟縁辺域)における底質の鉛直分布とサルボウ生息状況(2012年)



サルボウへの貧酸素暴露実験

佐賀県有明水産振興
センター提供



貧酸素区ではいずれもサルボウの斃死発生

貧酸素連続暴露区では硫化水素が発生, 同時に生残率急落

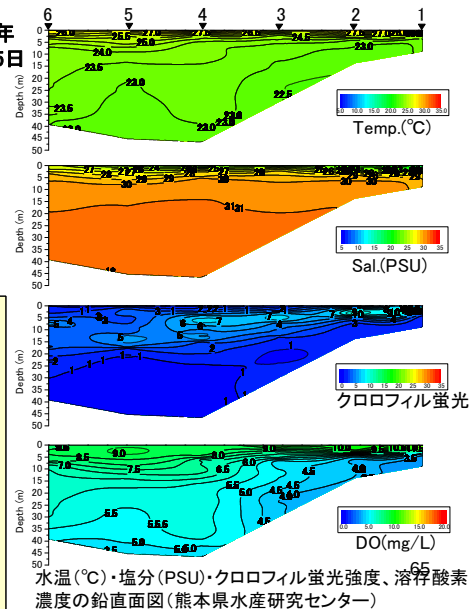
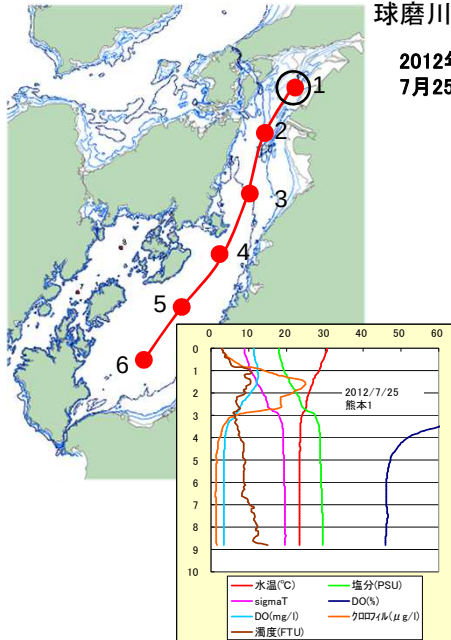
V 八代海における貧酸素水塊

八代海の熊本県海域1

熊本県水産研究センター定期観測結果

球磨川が流入する北部海域底層で低酸素化傾向

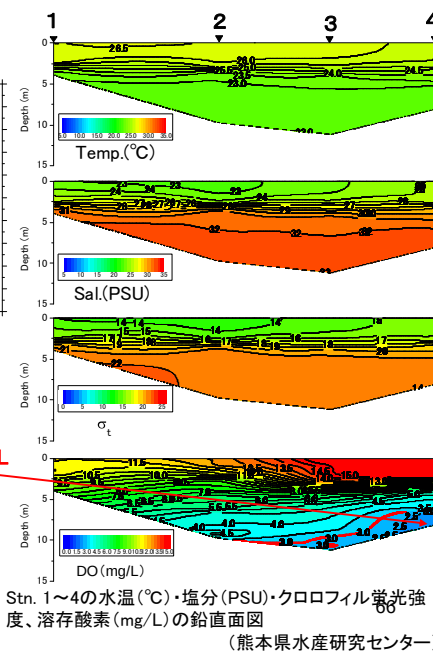
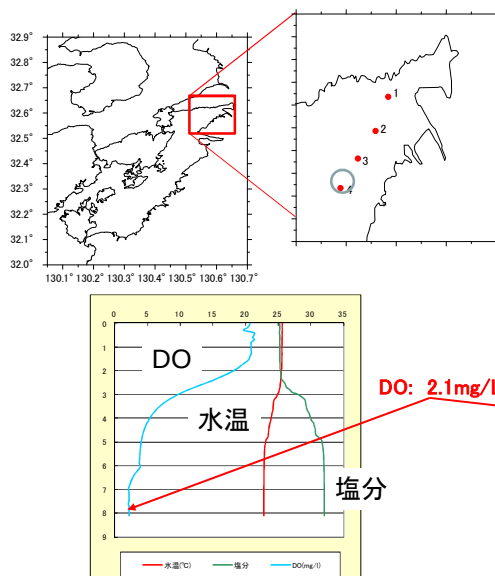
2012年
7月25日

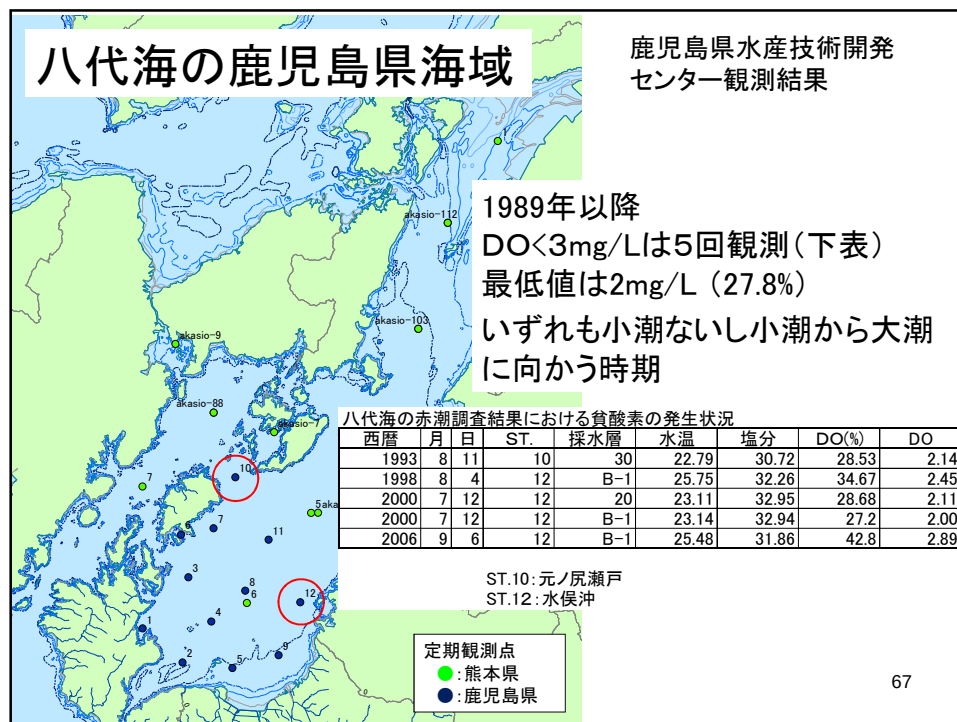


八代海の熊本県海域2

熊本県水産研究センター定期観測結果

2013年7月2日(長潮)に湾奥部底層で
溶存酸素2.1mg/Lの貧酸素水を観測。





八代海における貧酸素水塊のまとめ

- ・平成18年の委員会報告では「八代海では貧酸素水塊は確認されていない」とされていた。
- ・その後の調査で、北部湾奥部底層(熊本県海域)、南部深水域(鹿児島県海域)で貧酸素水塊が発生したケースが認められた。
- ・有明海と同様の機構で貧酸素化が起きているとすると、小潮時の調査が重要である。

今後の課題

- 重要海域のしほりこみ 有明海奥部・諫早湾
- 貧酸素が物質循環に及ぼす影響の定量化
- 幼生期, 稚貝, 仔稚魚期の貧酸素耐性の解明
⇒貧酸素が資源動態に及ぼす影響の解明
- 貧酸素が漁場形成に与える影響の解明
- モニタリングの重要性
間欠性: 有明海・八代海の貧酸素の特性
広域連続モニタリングが重要
- 根本的対策の検討 ⇔ (各種対症療法的対策)

69

文献1

- 城久(1989): 大阪湾の貧酸素水塊. 沿岸海洋研究ノート, 26, 87-98.
- 鬼塚正光(1989): 東京湾の貧酸素水塊. 沿岸海洋研究ノート, 26, 99-100.
- Fujiwara, T. et al.(2002): The role of circulation in the development of hypoxia in Ise Bay, Japan. ECSS, 54, 19-31.
- Rabalais, N. N. et al.(2010): Dynamics and distribution of natural and human-caused hypoxia. Biogeosciences, 7, 585-619.
- 柳哲雄(2004): 貧酸素水塊の生成・維持・変動・消滅機構と化学・生物的影響. 海の研究, 13, 451-460.
- 徳永貴久ほか(2009): 有明海湾奥西部海域における貧酸素水塊の形成特性. 土木学会論文集B2(海岸工学), 65, 1011-1015.
- 久野正博(1996): 伊勢湾における海況の季節変化. 三重水技研報, 6, 27-46.
- 村上哲生ほか(2001): 夏季の長良川河口堰下流部の貧酸素水塊の発達と解消. 応用生態工学, 4, 73-80.
- 森脇晋平・大北晋也(2003) 中海に出現する貧酸素水塊の海況学的特性と海洋構造. LAGUNA(汽水域研究)10, 27-34.
- Diaz, R. J. and R. Rosenberg(2008): Spreading dead zones and consequences for marine ecosystems. Science, 321, 926-929.
- 小林良則(1993): 東京湾における低酸素水域の分布と小型底びき網の漁獲量の関係. 神奈川水試研報, 14, 27-39.

70

文献2

- 鈴木輝明(1998):貧酸素化. in 平野敏行(編)「沿岸の環境圏」. pp.475-479.
- 柳哲雄(1998):シンポジウム「貧酸素水塊」のまとめ. 沿岸海洋研究ノート, 26, 141-145.
- Diaz, R. J. (2001): Overview of hypoxia around the world. Journal of Environmental Quality, 30, 275-281.
- 徳永ほか(2012):有明海湾奥西部海域の底質変動特性. 土木学会論文集B2(海洋開発), 68, 1139-1144.
- 吉田賢二(2004):有明海佐賀県海域に流入する主要河川感潮域における水質環境の長期変動. 佐賀県有明水産振興センター研報, 22, 81-89.
- 濱田孝治ほか(2008):2006年夏季の有明海奥部における大規模貧酸素化. 海の研究, 17, 371-377.
- 速水祐一ほか(2006):夏季の有明海奥部における懸濁物質輸送とその水質への影響. 海岸工学論文集, 53, 956-960.
- 速水祐一(2007):有明海奥部の貧酸素水塊. 海洋と生物, 173, 577-583.
- 山口創一・経塚雄策(2006):諫早湾における貧酸素水塊形成機構. 海の研究, 15, 37-51.
- 木元克則ほか(2003):有明海における溶存酸素分布. 月刊海洋, 394, 261-265.
- 阿部淳ほか(2003):有明海西部海域における高濁度層の形成と酸素消費過程. 海岸工学論文集, 50, 966-970.
- 児玉真史ほか(2009):夏季の有明海奥部における基礎生産速度と有機懸濁物質の分解特性. 土木学会論文集B2(海岸工学), 65, 1006-1010.

文献3

- 岡村和麿ほか(2006):有明海奥部と諫早湾における表層堆積物中の有機物の分布と有機炭素安定同位体比. 15, 191-200.
- 丸茂恵右・横田瑞郎(2012):貧酸素水塊の形成および貧酸素の生物影響に関する文献調査. 海生研研報, 15, 1-21.
- 滝川清ほか(2003):有明海の過去25年における海域環境の変動特性. 海岸工学論文集, 50, 1001-1005.
- 徳永貴久ほか(2013):有明海西部の干潟縁辺域におけるDO経年変動特性. 土木学会論文集B3(海洋開発), 69, 1018-1023.
- 松田正彦(2008):アサリ養殖漁場における夏季大量斃死要因の検討. 長崎大学博士論文
- 平野慶二ほか(2010):諫早湾のアサリ養殖場における夏季大量斃死対策一底層溶存酸素の改善試験一. 水産工学, 47, No. 1, 53-62.
- 荒巻裕・大隈斉(2011):有明海佐賀県海域で2010年夏季に発生したタイラギ1歳貝の大量斃死について. 佐有水研報, 25, 1-7.
- 郡司掛博昭ほか(2009):低酸素海水に反復暴露したリシケタイラギ(*Atrina lischkeana*)の浮上行動とへい死. 九大農芸誌, 64, 19-22.