

2014.3.11 第33回有明海・八代海等総合調査評価委員会

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

- I. 有明海・八代海等における貧酸素水塊の発生状況
- II. 貧酸素水塊の経年変動
- III. 魚介類への影響
- IV. 貧酸素化の軽減のための対策
- V. まとめ

(貧酸素水塊の形成・変動機構については割愛)₂

溶存酸素の単位について

溶存酸素濃度 (Dissolved Oxygen :DO)


mg/L ≒ ppm
 基本的にこの
 単位に統一
 ml/L
 m mol/L = 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。

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

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

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

海域における貧酸素水塊の整理

* 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*

<3mg/L

有明海ではこの
 範囲をベースに
 検討する

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

=2ml/L

底生生物の生存可能な最低濃度*

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)

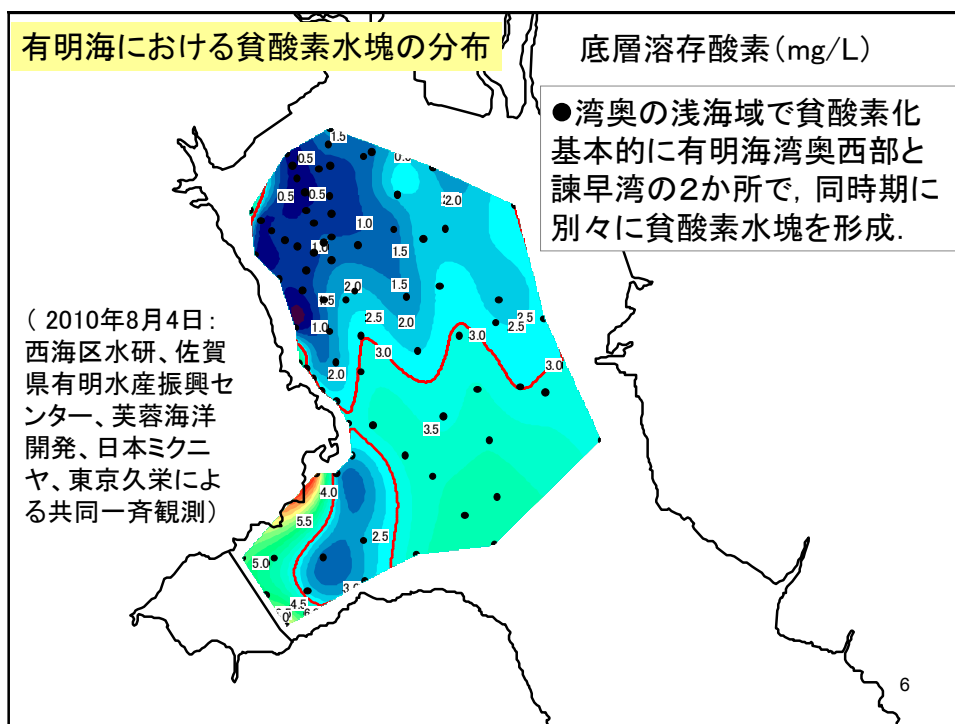
環境基準 (環境保全)

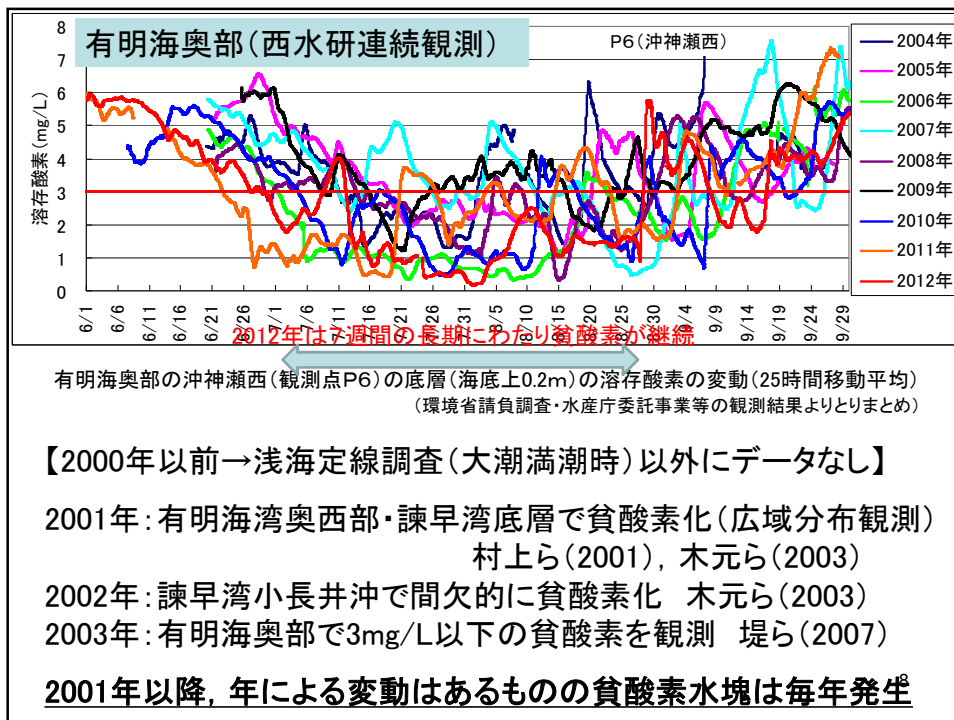
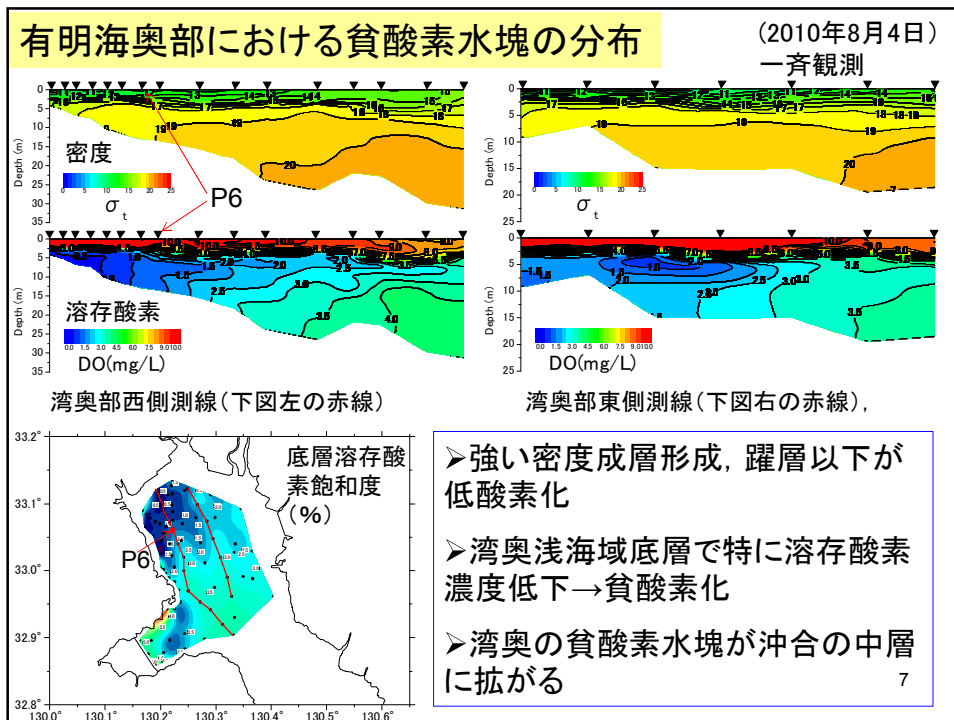
塩分30, 水温25°Cで
 飽和度 40% = 2.78mg/L

飽和度の場合 <40%

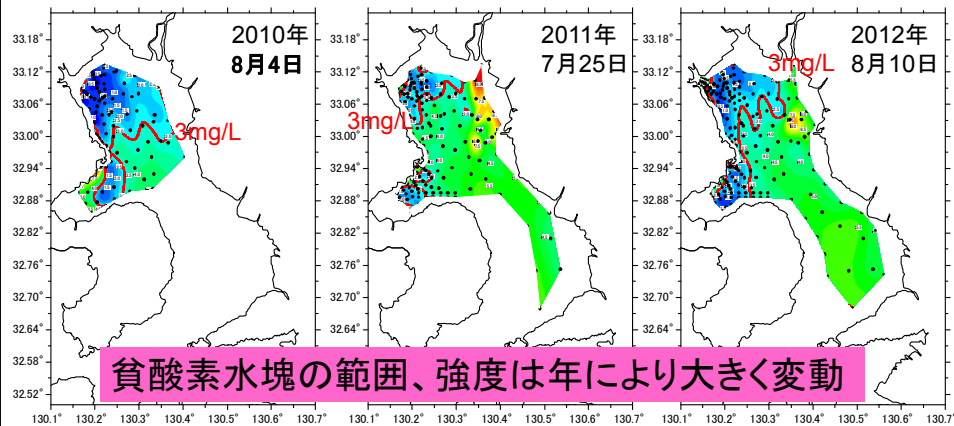
I. 有明海・八代海等における貧酸素水塊の発生状況

5





有明海における貧酸素水塊分布の年による違い

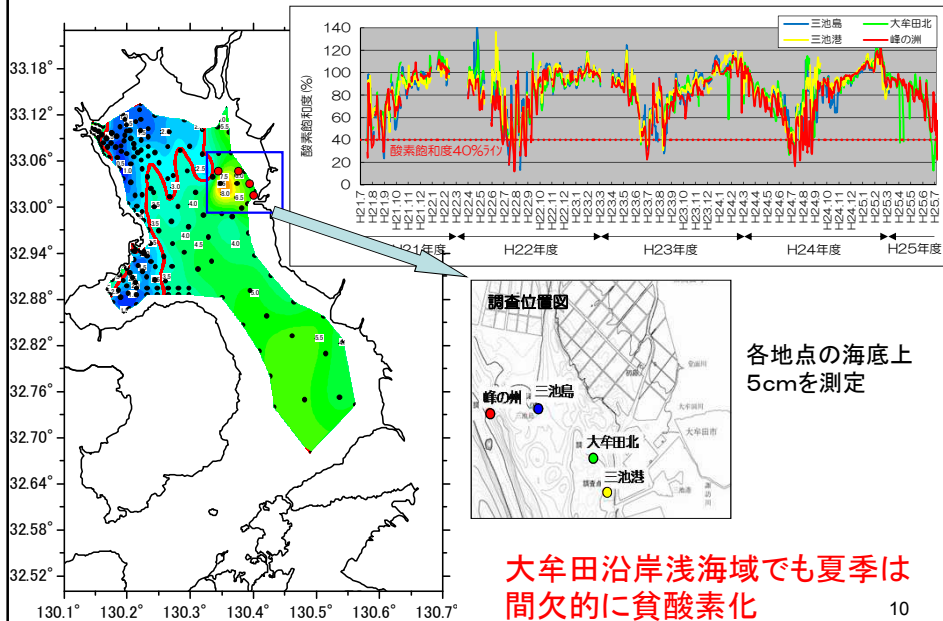


貧酸素水塊の範囲、強度は年により大きく変動

(有明海における貧酸素水塊の一斉観測結果. 徳永ら2012)

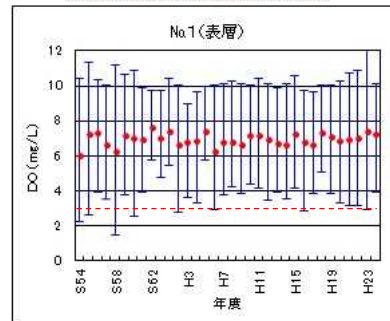
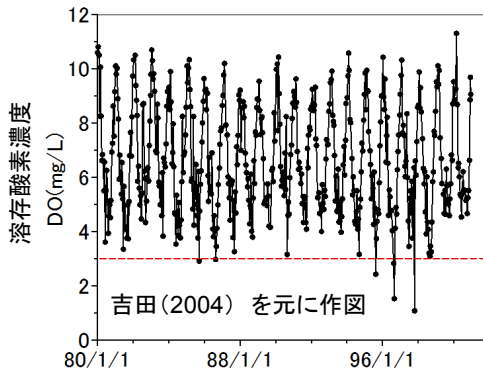
独立行政法人水産総合研究センター西海区水産研究所、水産庁、環境省、農林水産省九州農政局、国土交通省熊本港湾・空港整備事務所、福岡県水産海洋技術センター、佐賀県有明水産振興センター、長崎県総合水産試験場、長崎県県南水産業普及センター、熊本県水産研究センター、九州大学、佐賀大学、熊本大学、日本ミクニヤ(株)、芙蓉海洋開発(株)、東京久栄(株)、(株)西村商会

福岡県による溶存酸素観測 (九州農政局委託調査の結果による)



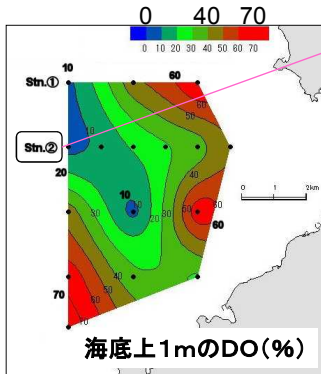
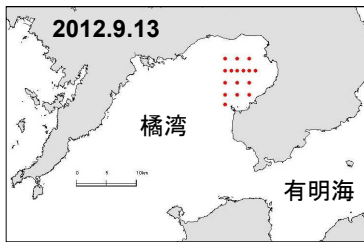
感潮河道における貧酸素化

佐賀県有明水産振興センター観測

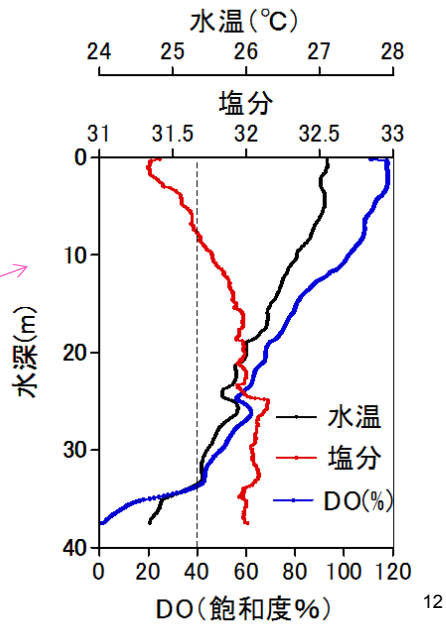


水資源機構筑後大堰管理室
<http://www.water.go.jp/chikugo/coozeki/>

橘湾における貧酸素水塊



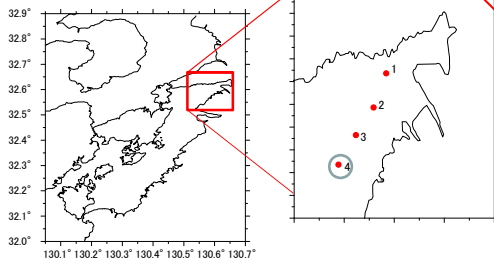
長崎県総合水産試験場提供



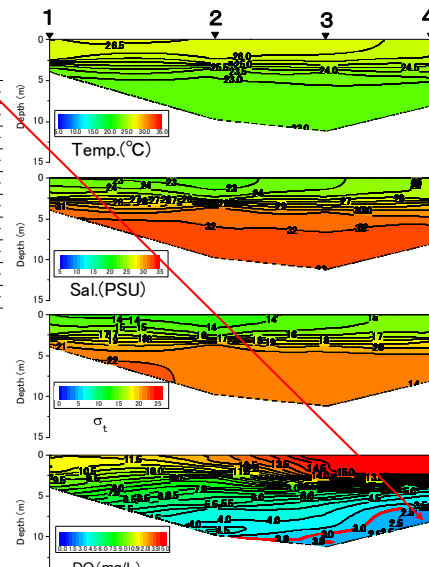
八代海における貧酸素水塊

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。



鹿児島県海域でも、1989年以降
 DO<3mg/Lは5回観測
 最低値は2mg/L (27.8%)
 いずれも小潮ないし小潮から大潮
 に向かう時期
 (鹿児島県水産技術開発センター観測)



Stn. 1~4の水温(°C)・塩分(PSU)・クロロフィル蛍光強度、溶存酸素(mg/L)の鉛直面図

(熊本県水産研究センター)

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	(西水研測定)
志津川湾:	0.93mg/L/day	(柳, 2004)
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	(西水研測定)
英虞湾(採集直後):	0.91~1.18g/m ² /day	(丸茂・横田, 2012)
広島湾:	0.7~1.5g/m ² /day	
豊前海:	0.12~0.39g/m ² /day	

14

貧酸素水塊の発生状況まとめ1

- ・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.
- ・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2001年以降、毎年発生.
- ・大牟田沿岸浅海域でも間欠的に貧酸素化発生、六角川・筑後川等の河川感潮域が貧酸素化する場合もある.
- ・八代海、橘湾の底層においても貧酸素水塊が観測された.
- ・有明海奥部の酸素消費速度は大きく、東京湾に匹敵する.

15

貧酸素水塊の発生状況まとめ2

- 調査・研究の進展で、貧酸素化が生じていることが明らかになった海域が増えたため、今後も観測・モニタリングを継続する必要がある.
- 漁業生産への影響の大きい有明海奥部・諫早湾については、優先的に対策等を検討する必要があると考えられる.

16

II. 貧酸素水塊の経年変動

17

浅海定線調査データの解析1

- 2000年以前の貴重な有明海の溶存酸素データセット
沿岸各県水試により基本的に大潮満潮時に毎月観測

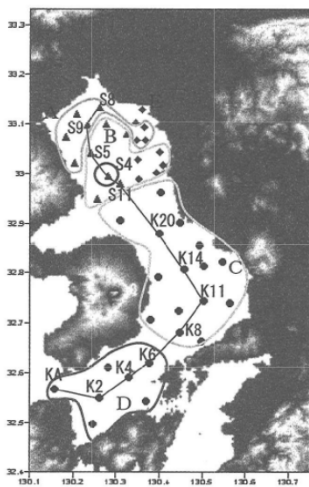


図-1 浅海定線調査地点 (クラスター分類と縦断線)

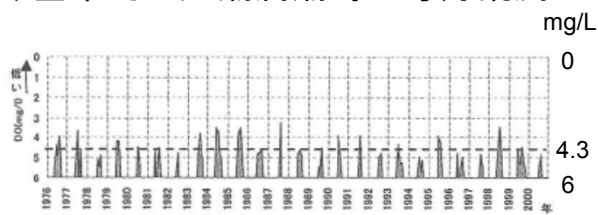


図-7 底層における DO の経年変化 (S4 地点)

- 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～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)

浅海定線調査データの解析2

●夏季の有明海奥部では、成層強度が強いほど底層の溶存酸素濃度は低く、降水量が多いほど（河川流量が多いほど）成層は強い。（石谷ら, 2007）

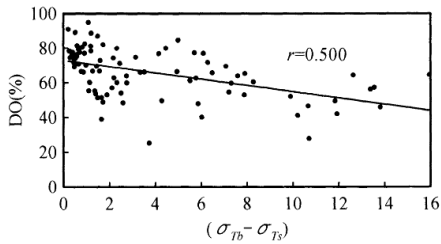


Fig.13 1972年～2000年夏季における底層のDOと $(\sigma_{tb}-\sigma_{ts})$ の関係

Relation between DO near bottom and $(\sigma_{tb}-\sigma_{ts})$ in summer during 1972～2000

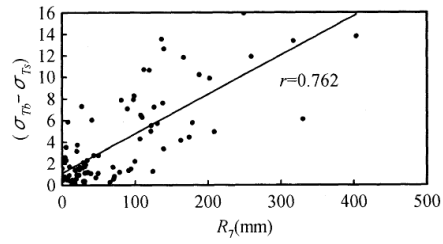


Fig.14 1972年～2000年夏季における $(\sigma_{tb}-\sigma_{ts})$ と R_7 の関係

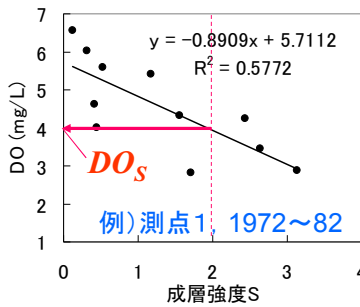
Relation between $(\sigma_{tb}-\sigma_{ts})$ and R_7 in summer during 1972～2000

底層の酸素飽和度と成層強度（表底密度差）の関係

降水量と成層強度の関係

浅海定線調査データの解析3

成層強度の影響を除いた底層DO変動

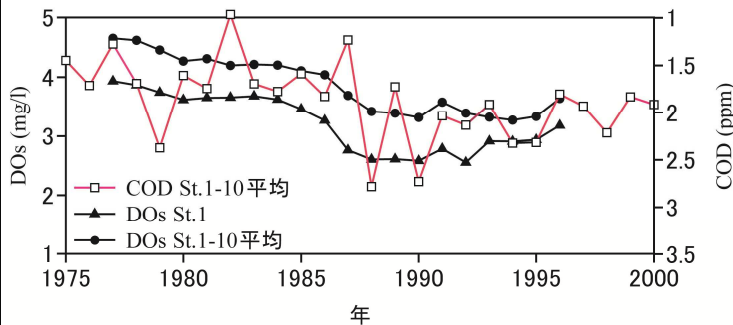


成層強度の影響を除外すると、過去30年間で有明海奥部の7月の底層DOは低下傾向にある。

成層強度に関係なくDO低下

酸素消費速度の上昇を示唆

過去30年で底層の有機懸濁物質増加？

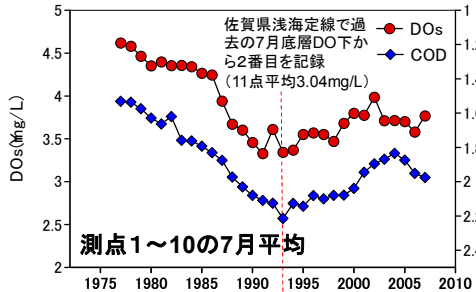


(速水ら, 2006; 速水, 2007)

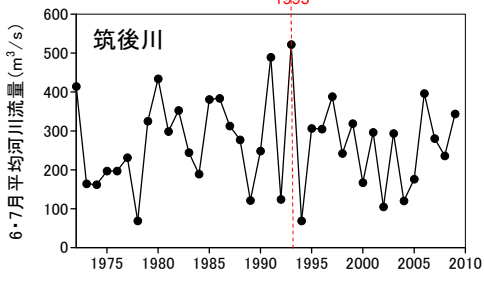
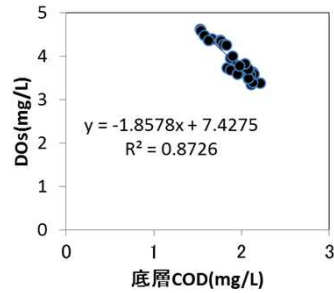
20

浅海定線調査データの解析3 (2012年度までのデータ解析)

佐賀県有明水産振興センターデータ提供

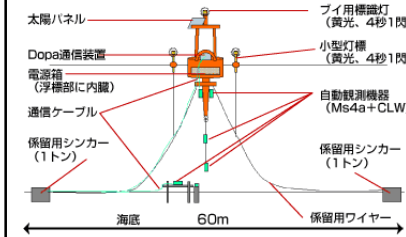
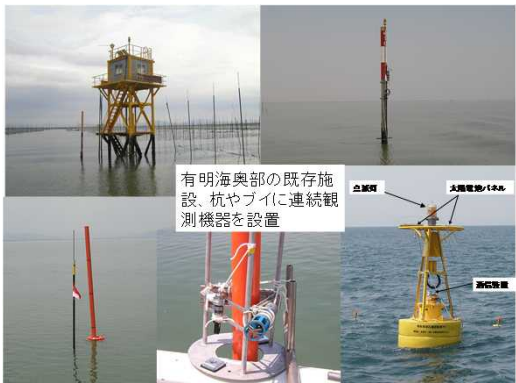
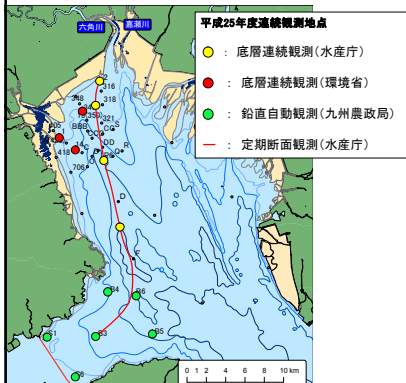


DOs vs COD
(底層 11年移動平均)



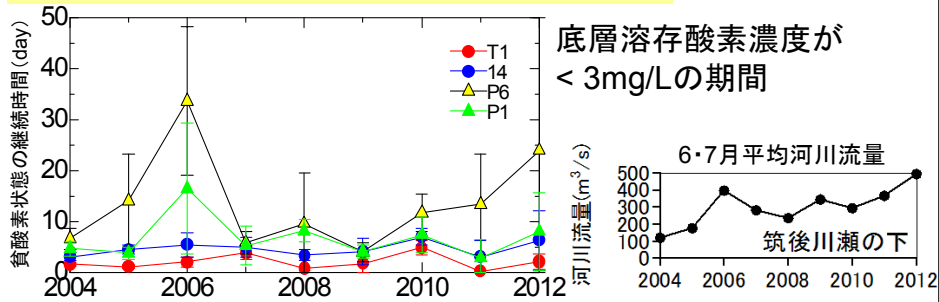
1990年代以降は横ばいからやや回復。ただし、1970年代～80年代前半に比べるとDOsは低い。
やや回復しても河川流量が多いと深刻な貧酸素発生²¹

貧酸素水塊連続自動観測(2004年～)

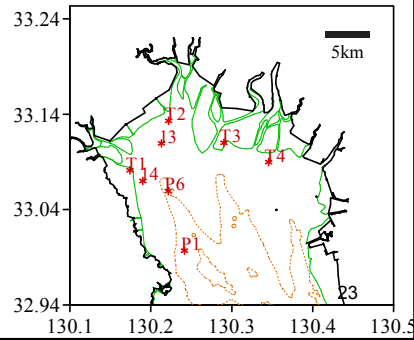


海底上0.2m: 水深、水温、塩分、溶存酸素、クロロフィル、濁度、流向流速を10分間隔で計測(九州農政局は1時間に1回)
主要な観測地点のデータはメールにより西海区水産研究所へ送信、リアルタイム公表。
各観測点では1週間に1回以上の頻度で各項目の鉛直観測を実施

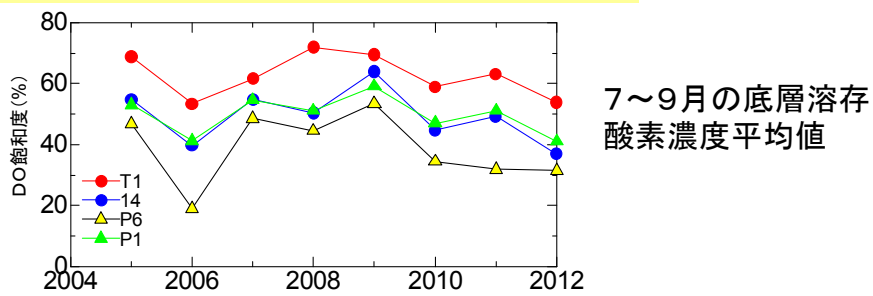
貧酸素状態の継続時間の経年変化



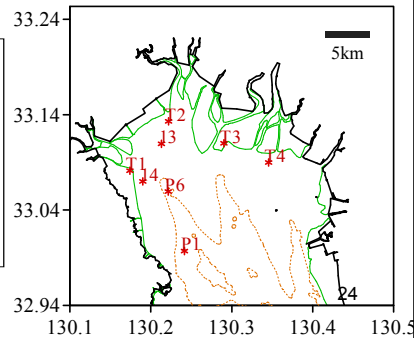
2006年が最も貧酸素継続時間が長い。
2012年は2006年に次いで継続時間が長い。
これは出水による密度成層の長期継続による。



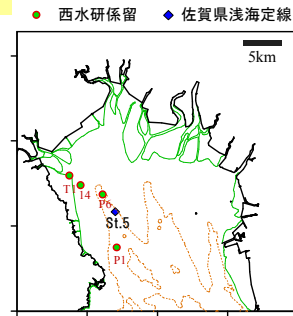
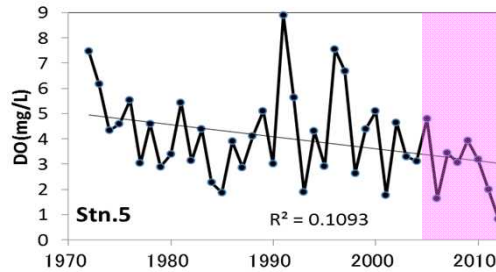
平均溶存酸素飽和度の経年変化



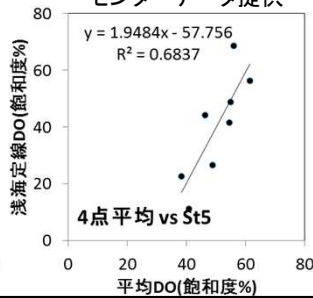
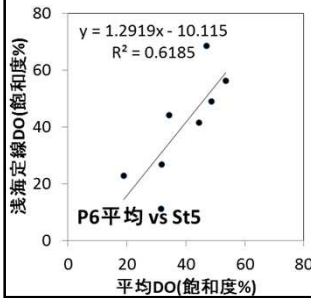
平均溶存酸素濃度はP6で低い。
2006・2012年は特に平均飽和度が低い→密度成層の長期継続により、貧酸素の継続時間が長く、貧酸素化が進行したことによる。



浅海定線データと連続観測の比較



浅海定線底層DO(7月)との比較 佐賀県有明水産振興センターデータ提供



浅海定線データは大潮時のデータのために、浅海域は鉛直混合しており比較できない。

湾奥中央部(st.5)では、出水によって成層強化される7月には、成層が維持される。

出水による成層で貧酸素化する7月のSt.5については、その年の平均的な貧酸素強度をある程度反映している可能性。

数値シミュレーションによる検討 (永尾ら, 2010)

●3次元数値生態系モデルによる長期的な環境変化と貧酸素水塊の発生の関係性に関する検討。

計算ケース

- 1930年代
- 1977年
- 1983年
- 1990年
- 2001年

地形改変、外海潮汐、平均水位
流入負荷量、二枚貝漁獲量の変
化を考慮

2001年の再現計算を基本として
計算を実施。

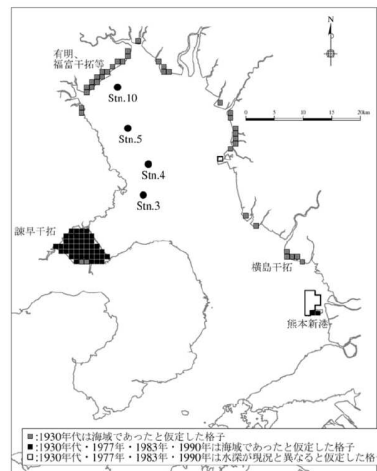


図-2 各年代の地形条件の設定方法

検討結果1(貧酸素水塊の規模)

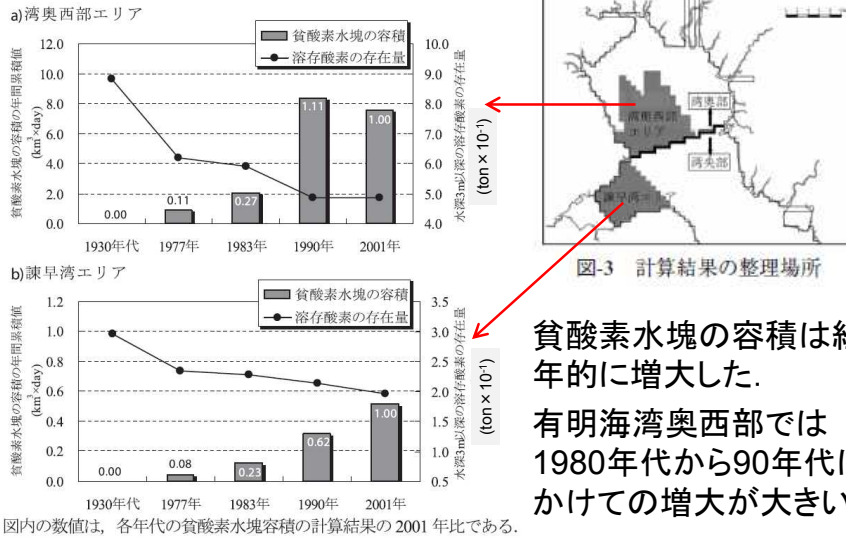


図-4 貧酸素水塊の容積の年間累積値と溶存酸素の存在量(8月平均値)の変化

27

検討結果2(貧酸素の経年変化の要因)



図-5 水柱で平均した鉛直拡散係数の変化(8月平均)

潮汐振幅の変動・地形の改変にともなって鉛直拡散係数は変化。(鉛直混合強度の変化)

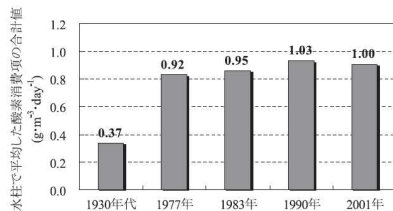


図-8 湾奥西部エリアにおける水柱での全酸素消費量の比較(8月平均値)

1930年代の酸素消費量は現状の半分以下。
1977年以降では、1990年代にかけて水柱での酸素消費量は増大した。

28