

有用二枚貝に関する 資料の収集・整理・分析状況

～貧酸素水塊の発生状況と予察の取組にかかる整理と検討～

有明海・八代海等総合調査評価委員会
第5回水産資源再生方策検討作業小委員会

水産研究・教育機構提出資料

3. 水産小委における検討の方向性 (第3回水産小委決定事項)

ア) 有用二枚貝

中間報告に向けては、関係省庁等において集中的に調査・研究が実施されている「タイラギ」、「アサリ」を中心に検討を行う。

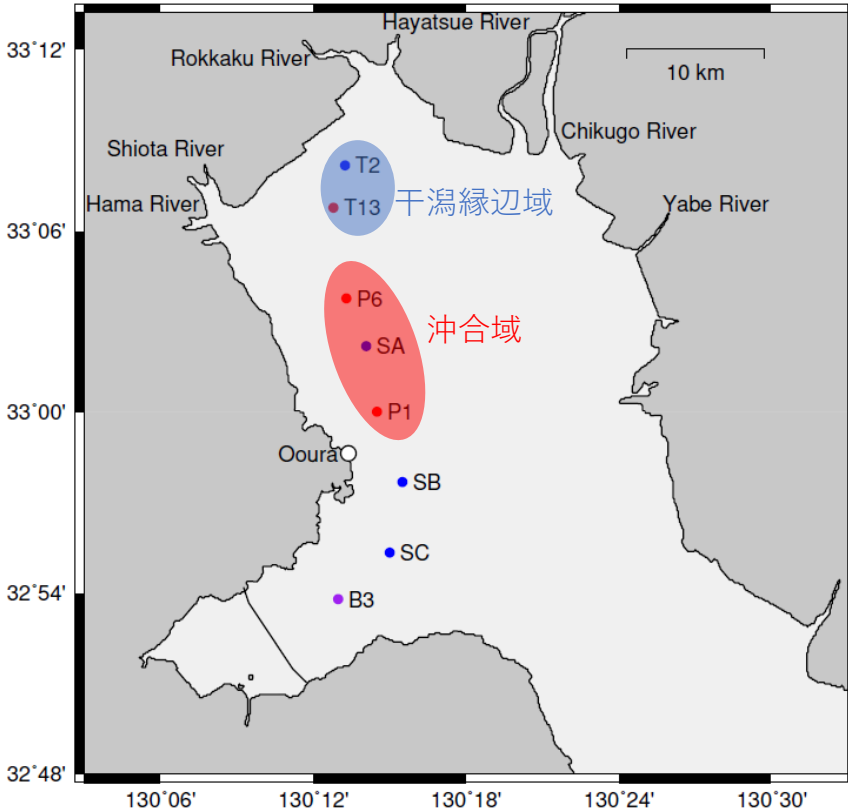
なお、生活史（幼生、稚貝、母貝等）の観点から生息状況（時期・場所（海域）・生息量など）を整理するとともに、環境項目等（底質、浮泥、**貧酸素**、水温、塩分濃度、餌料環境、食害（エイ類や小型捕食者等）等の要因）の影響や、**海域ごとの環境特性等との関連性**等について分析する。

赤字は今回収集できた項目を示す

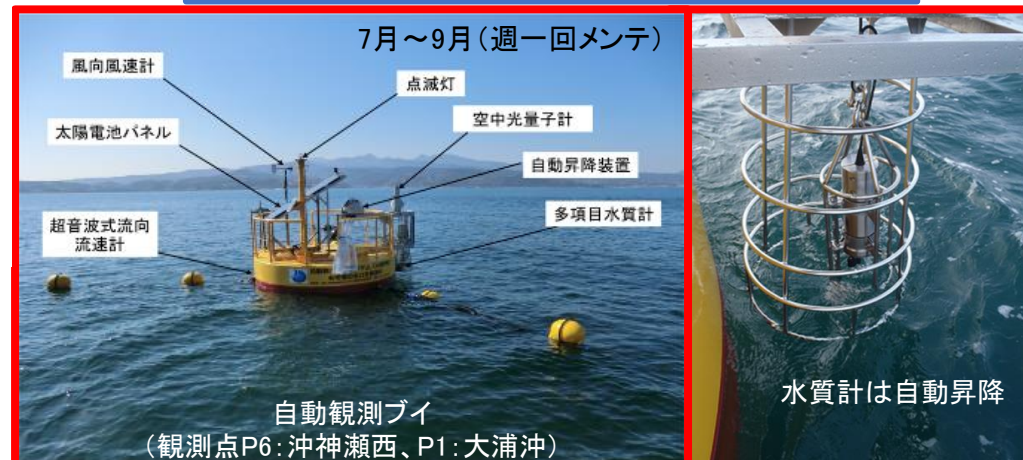
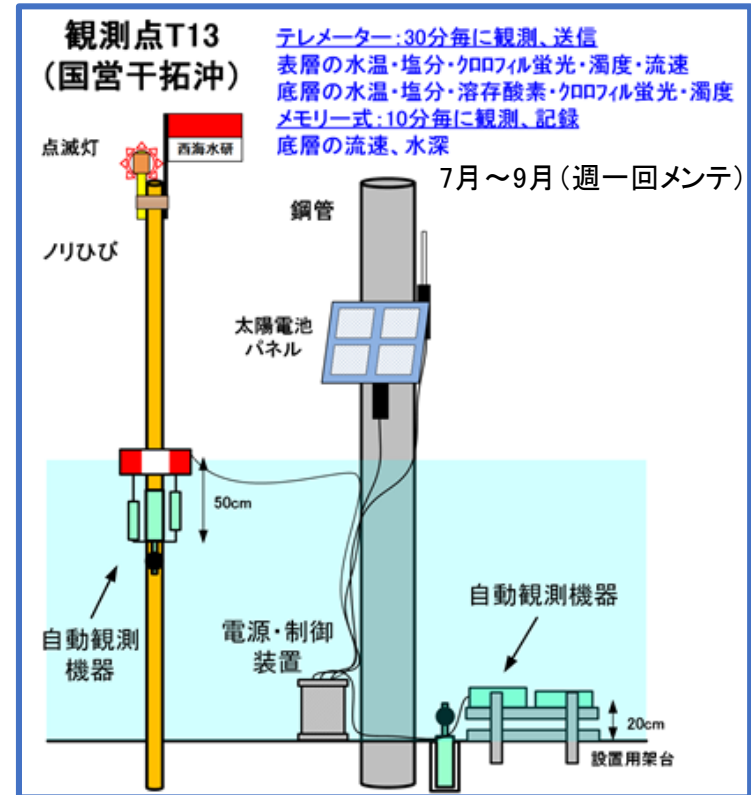
有明海奥部における水質の連続観測

水産庁事業「赤潮・貧酸素水塊対策推進事業」による観測

観測期間：7月～9月（2005年から継続中）



水質の連続観測点 (T13、P6、P1)



とりまとめの方針

有明海における貧酸素の形成機構（速水2007）

- 1) 出水型
大規模な河川出水により、大潮でも密度成層が形成
- 2) 底層貫入型
小潮期に鉛直混合が弱まり、底層水が貫入することで密度成層を強化

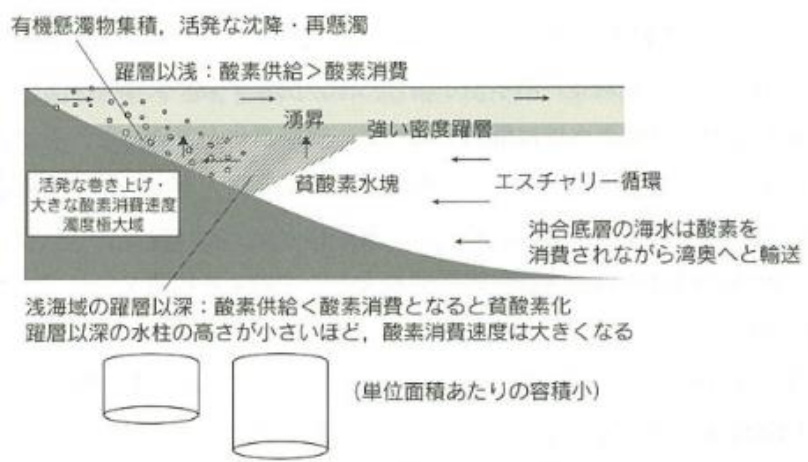


図 2-63 有明海奥部において浅海域が貧酸素化する機構。(佐賀大学有明海総合研究プロジェクト, 2010 を改変)

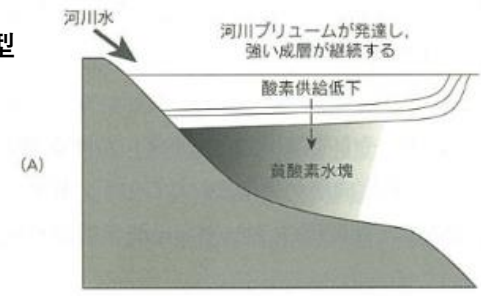
貧酸素の形成特性（徳永ら2009）

- 1) 干潟縁辺域T14（数時間スケールの変動は大きく、大潮—小潮で形成・消滅を繰り返す）
- 2) 沖合域P6（数時間スケールの変動は小さく、ゆっくり貧酸素化、大潮でも消滅しないことがある）

酸素消費速度（児玉ら2009）

- 1) 干潟縁辺域が沖合域より酸素消費が大きい
- 2) 基本的に有機懸濁物質濃度と対応

1) 出水型



2) 底層貫入型

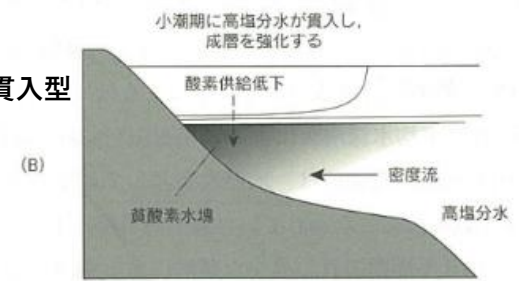
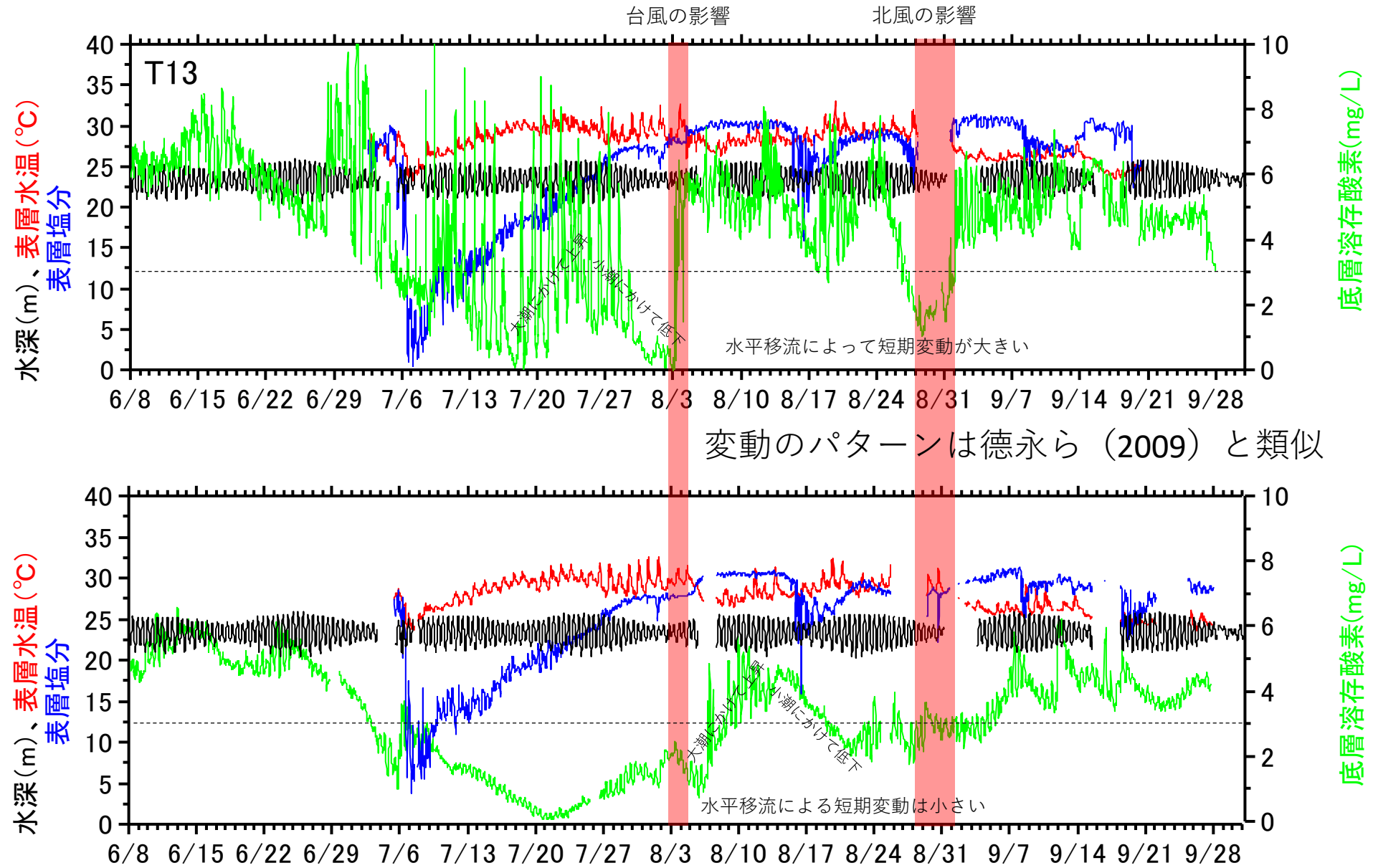


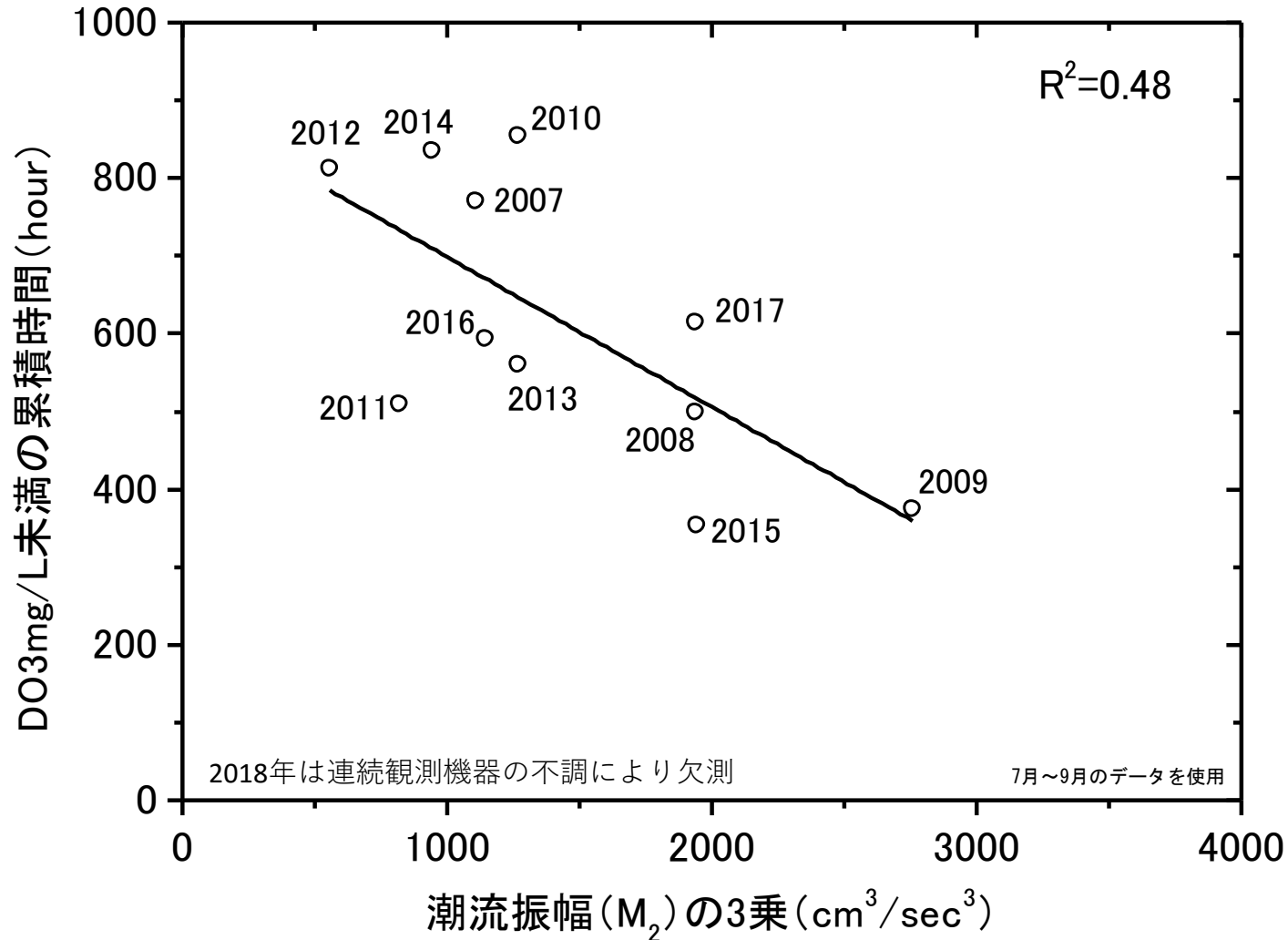
図 2-64 有明海奥部における 2 種類の貧酸素水塊形成機構。(速水, 2007 より)

T13、P6における表層水温、塩分、底層溶存酸素の時系列変化（2017年）

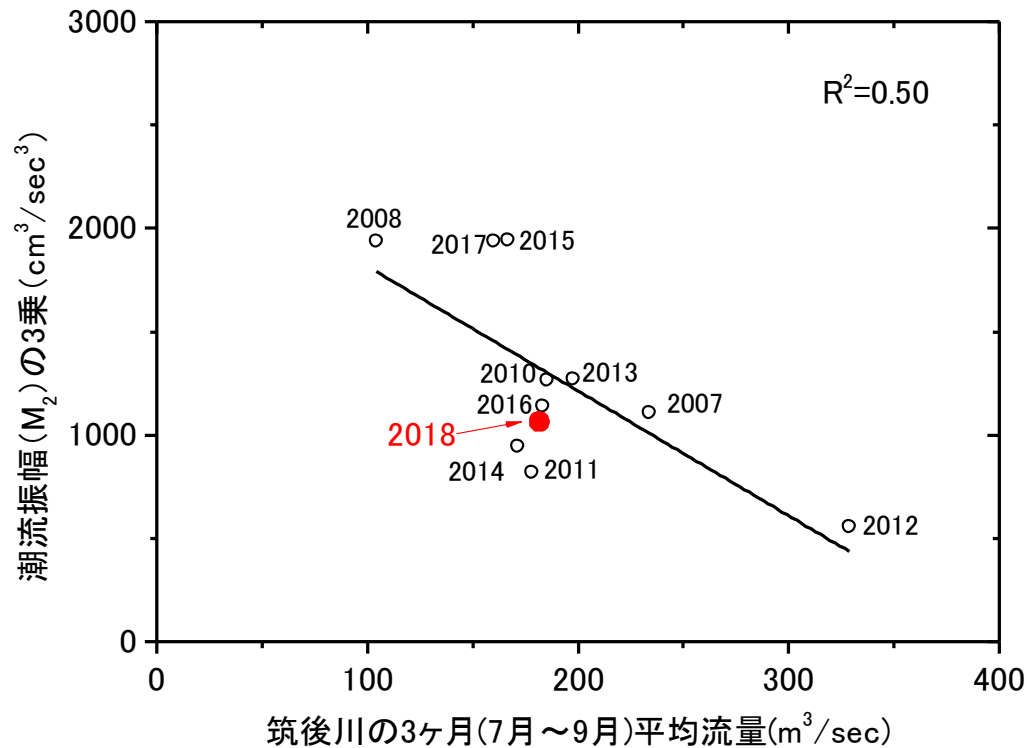


干潟縁辺域(T13)の底層におけるM₂潮流振幅の3乗とDO 3mg/L未満の累積時間との関係

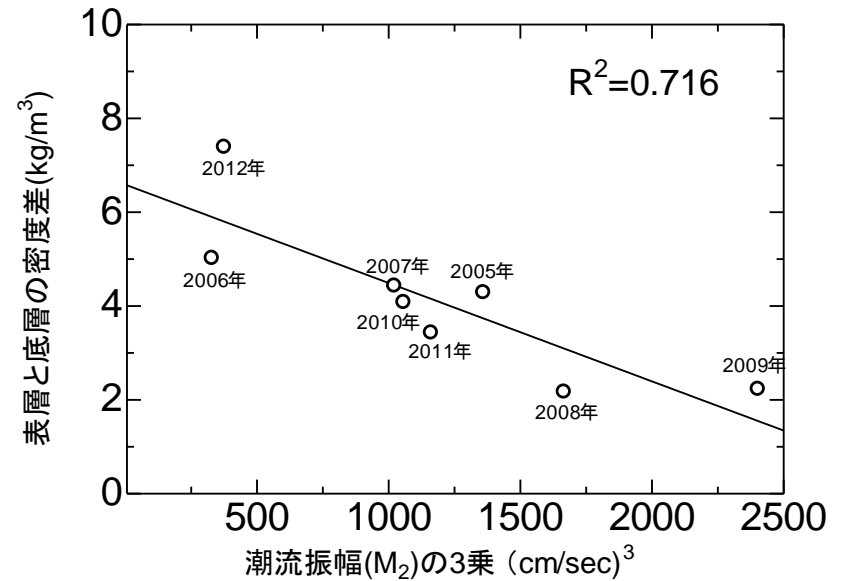
ここでは物理的要因に着目して解析



筑後川流量と干潟縁辺域の底層潮流振幅との関係



平成29年度水産庁委託「赤潮・貧酸素水塊対策推進事業」報告書を改編



干潟縁辺域 (T14) における潮流振幅と表層と底層の密度差との関係

徳永貴久、田井明、木元克則：有明海湾奥西部の干潟縁辺域におけるDO経年変動特性、海洋開発論文集、Vol.29、69巻2号 p. I_1018-I_1023、2013.

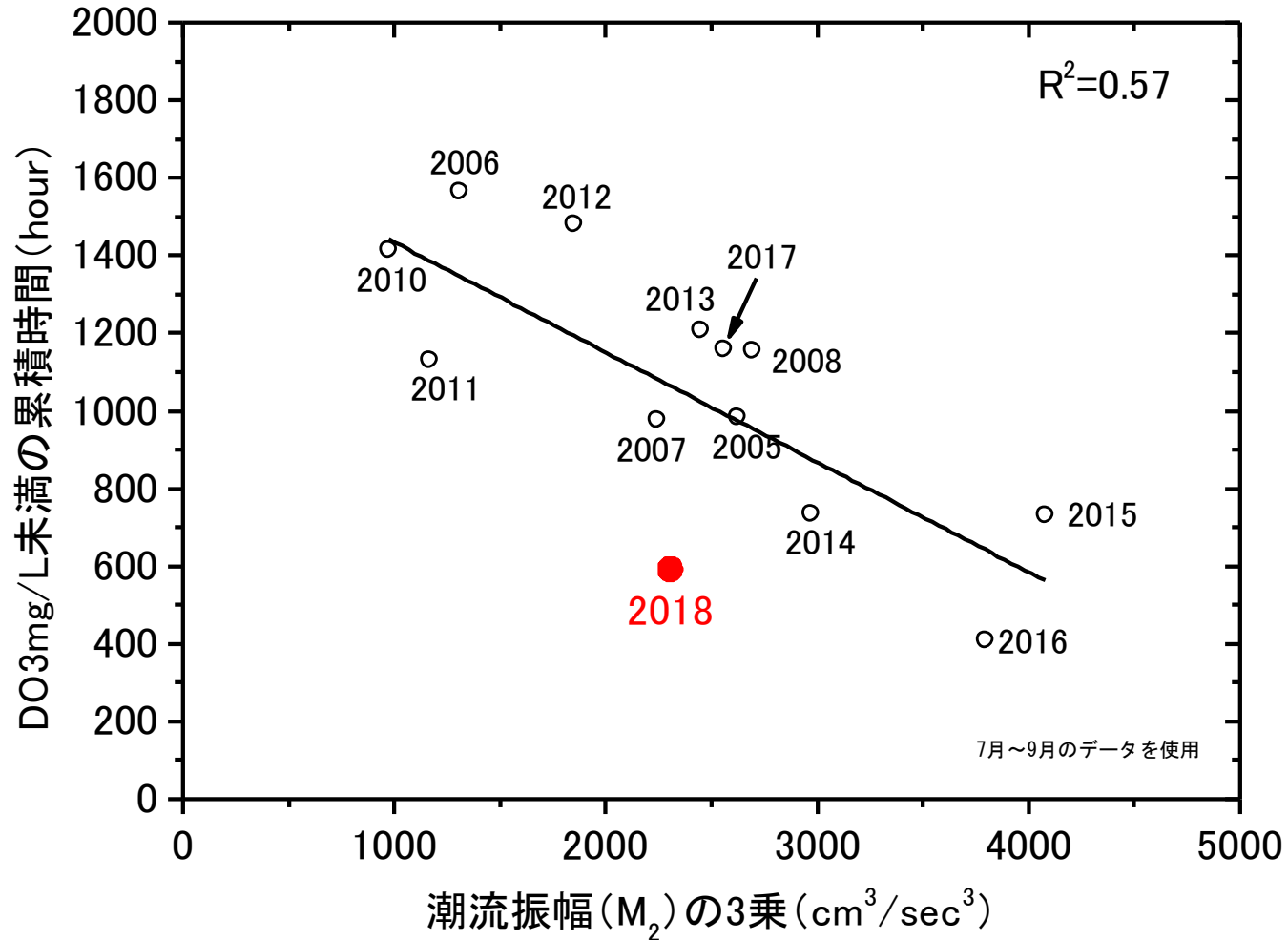
筑後川平均流量と底層潮流振幅とは負の相関

密度成層によって潮流振幅が変化する知見 (Souza and Simpson 1996) と矛盾しない

f × 大浦のM₂潮汐振幅と累積時間には相関はなかった

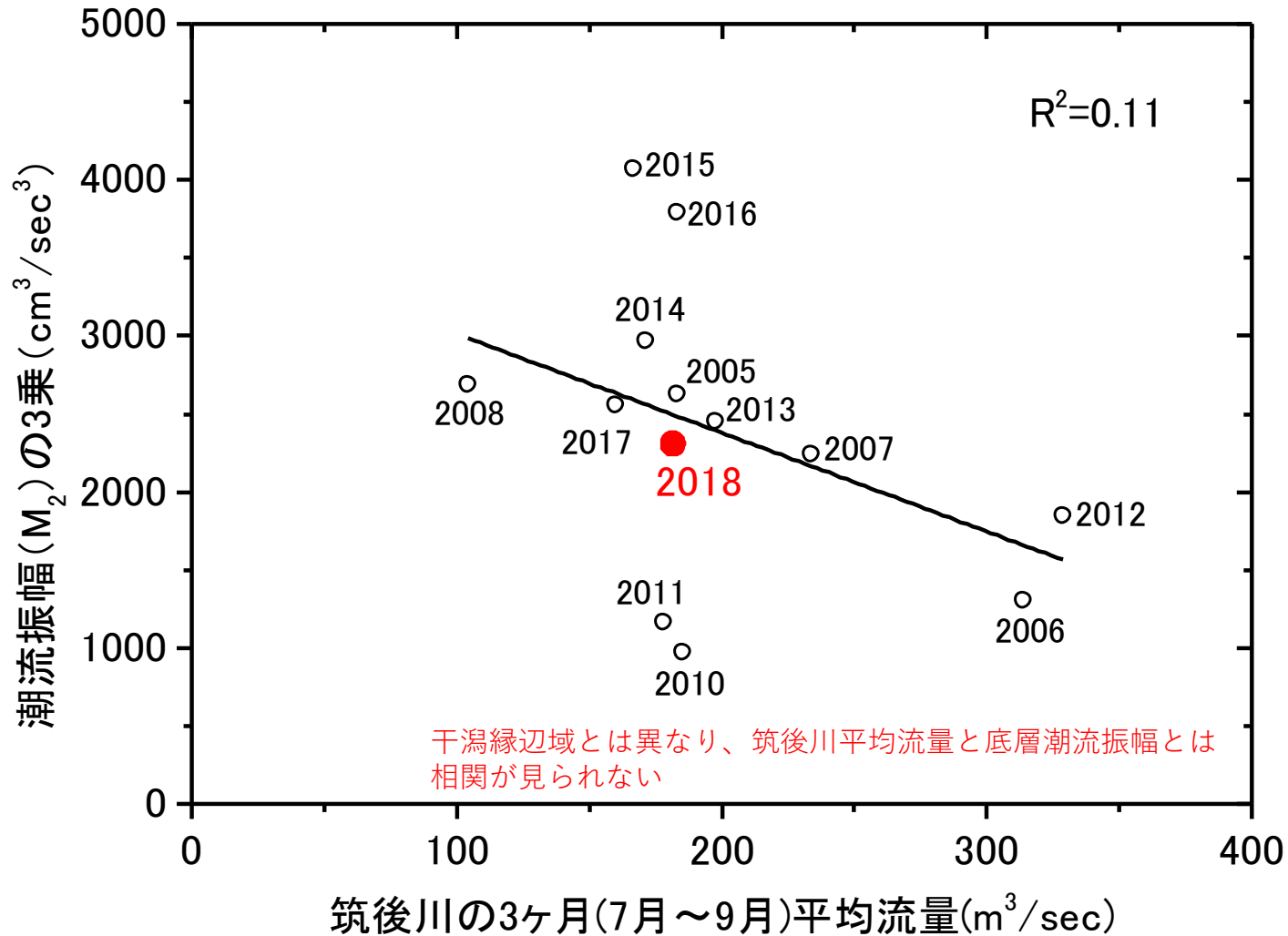
※河川流量大→密度成層→底層潮流振幅の減少→鉛直混合力の減少→貧酸素の頻度上昇
干潟縁辺部では、淡水流入による底層潮流振幅の変化で貧酸素の経年変動を説明可能かもしれない

沖合域(P6)の底層におけるM₂潮流振幅の3乗とDO3mg/L未満の累積時間との関係



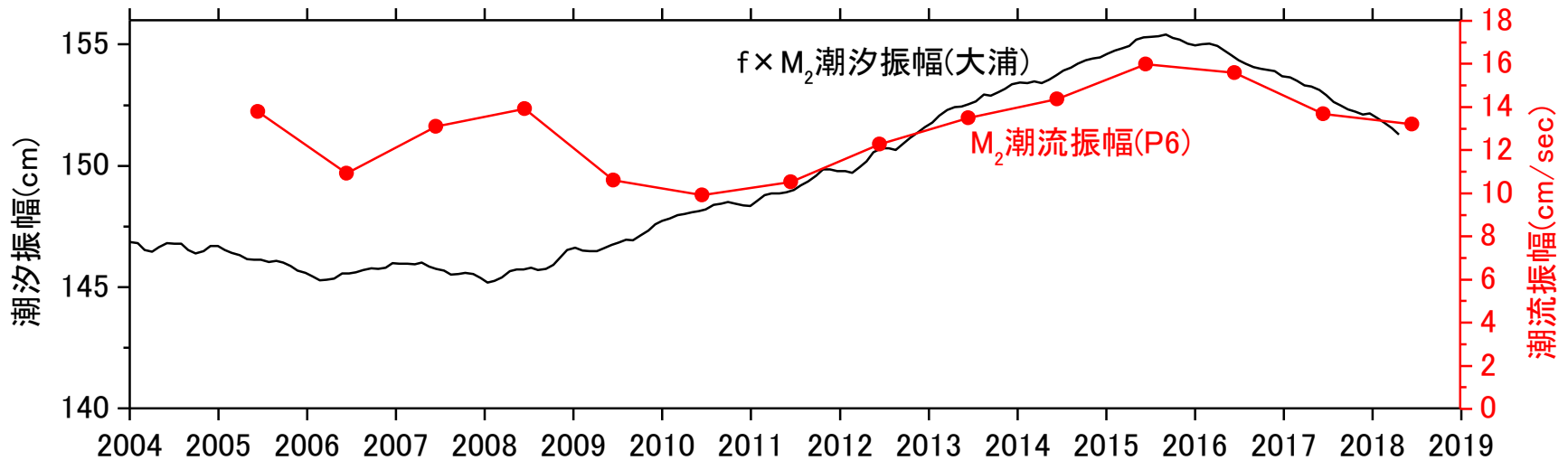
平成29年度水産庁委託「赤潮・貧酸素水塊対策推進事業」報告書を改編

筑後川流量とP6の底層潮流振幅との関係



平成29年度水産庁委託「赤潮・貧酸素水塊対策推進事業」報告書を改編

潮汐振幅（大浦）と底層潮流振幅（P6）の経年変化



平成29年度水産庁委託「赤潮・貧酸素水塊対策推進事業」報告書を改編

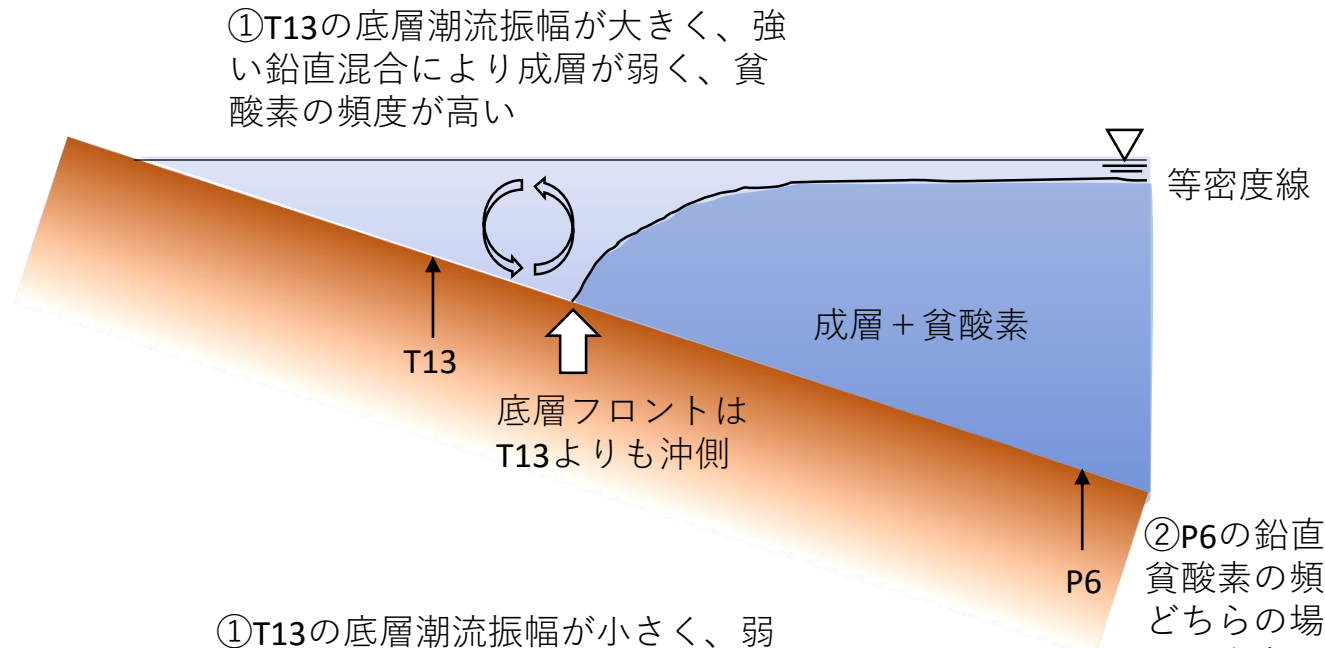
沖合域（P6）では、干潟縁辺域（T13）とは異なり、
淡水供給による密度成層化とそれに伴う潮流振幅の変化よりも
長期的な潮汐変動によって貧酸素の経年変化を説明可能かもしれない

つまり、潮汐混合力の変動が強く影響した鉛直1次元プロセスが
貧酸素の経年変化に重要な役割を果たす可能性（kim et al. 2018も同様な結果）

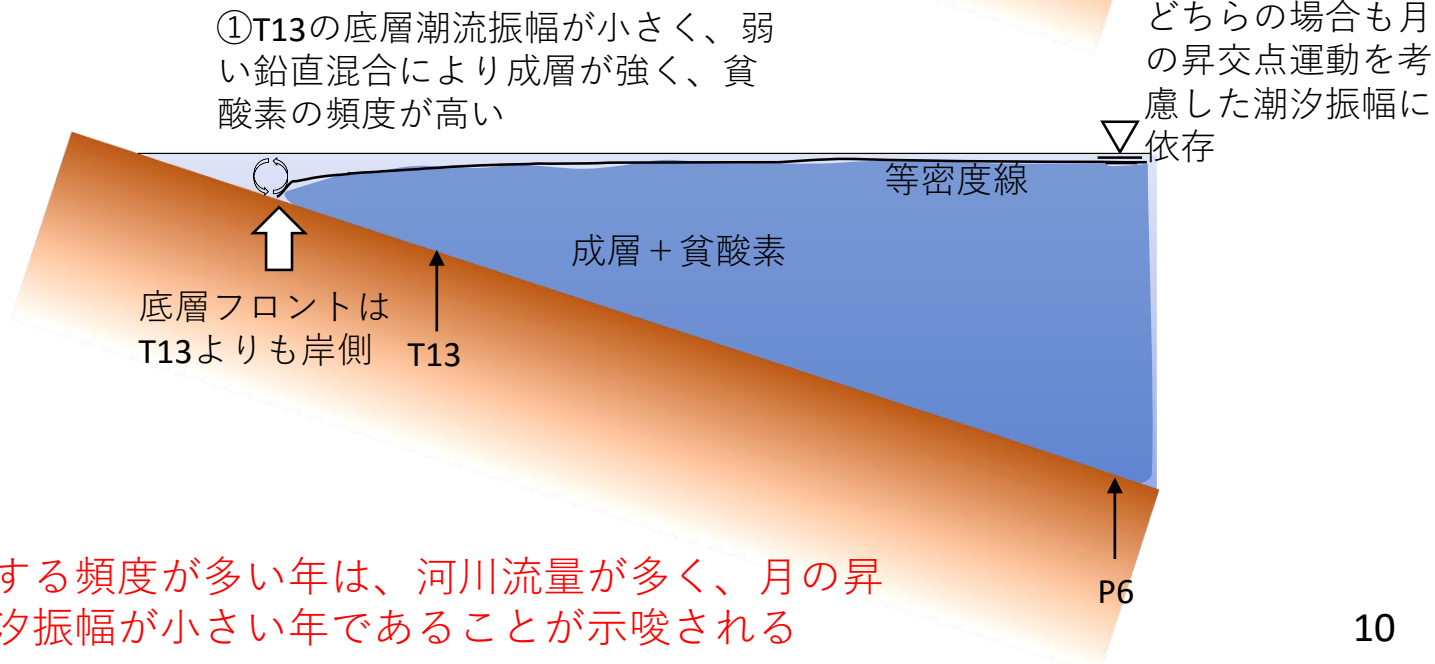
Sangyeob Kim, Yuichi Hayami, Akira Tai, Akihida Tada: The mechanism of bottom water DO variation in summer at the northern mouth of Isahaya Bay, Japan, Journal of Oceanography, vol. 74, pp. 595-605, 2018.

底層潮流振幅と密度成層・貧酸素との関係のまとめ

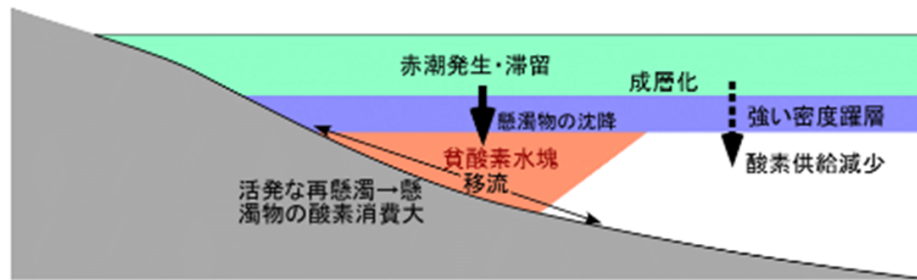
河川流量が小さい年



河川流量が大きい年



貧酸素水塊が大規模化する頻度が多い年は、河川流量が多く、月の昇交点運動を考慮した潮汐振幅が小さい年であることが示唆される



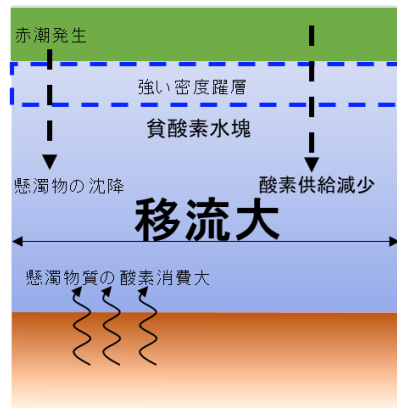
小潮期:潮流速低下し、成層強化
→急激に貧酸素化

大潮期:潮汐混合活発化→貧酸素
緩和

- ① 夏季の出水・沖から沿岸向きの高密度水進入
によって成層発達
- ② 密度躍層が発達し、表層から躍層以深への酸
素供給減少
- ③ 底泥・懸濁物の酸素消費で貧酸素化
- ④ 潮汐によって移動

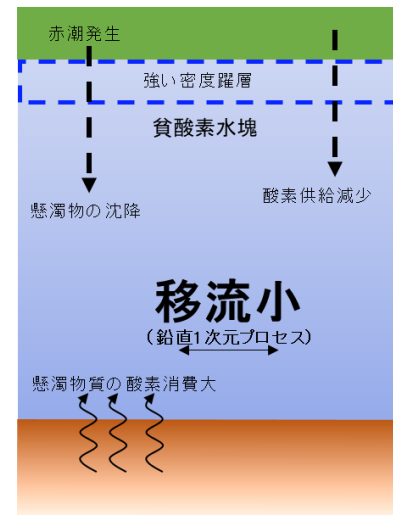
H29年度報告書

干潟縁辺域(水深5m程度)
A1海域



経年変動要因(淡水流入>潮汐)

沖合域(水深15m程度)
A3海域

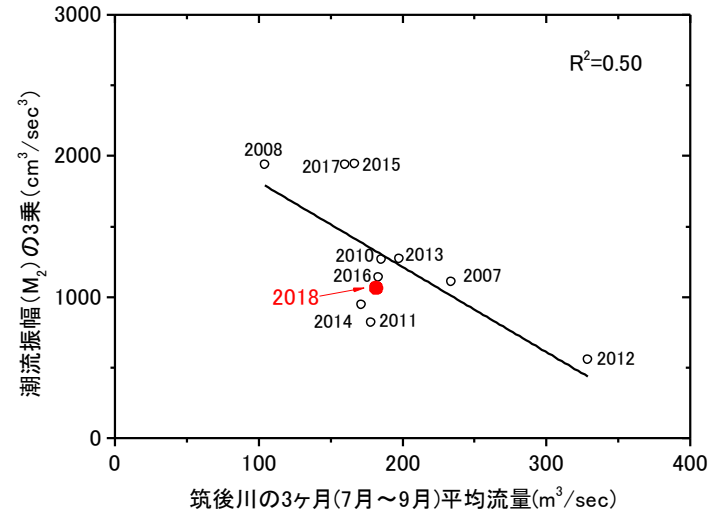
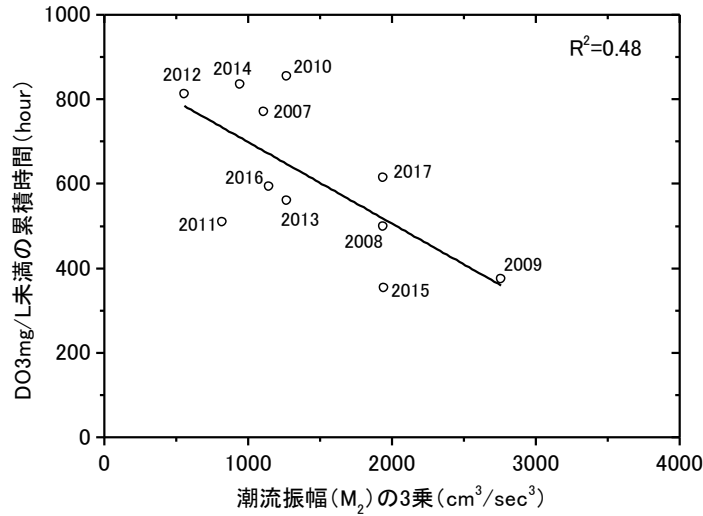


経年変動要因(淡水流入<潮汐)

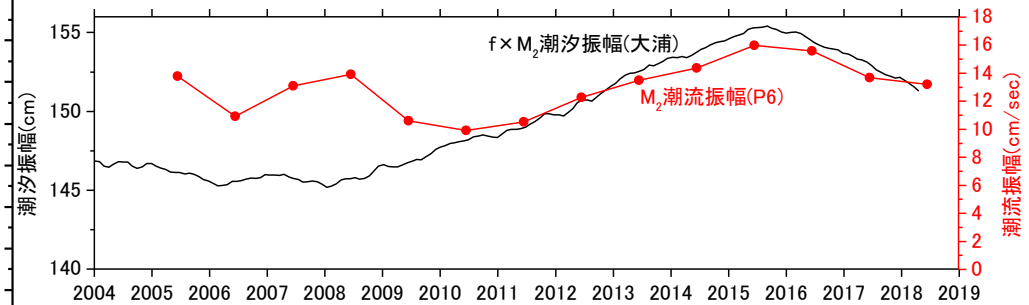
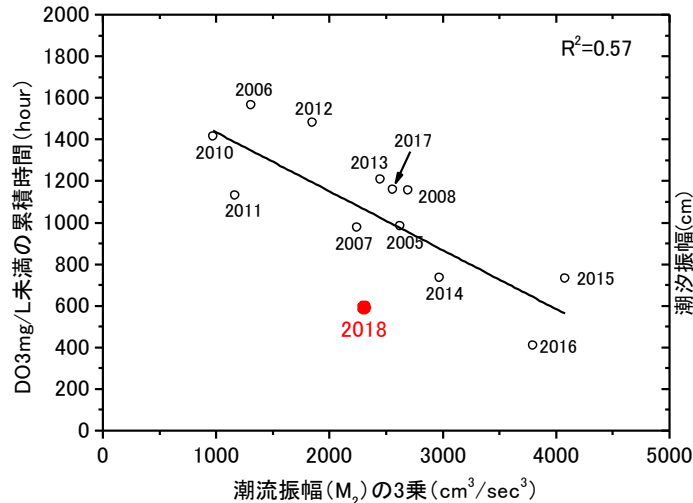
← 残差流により影響

※H29年度報告書から変更した事項は太字

今後の予定



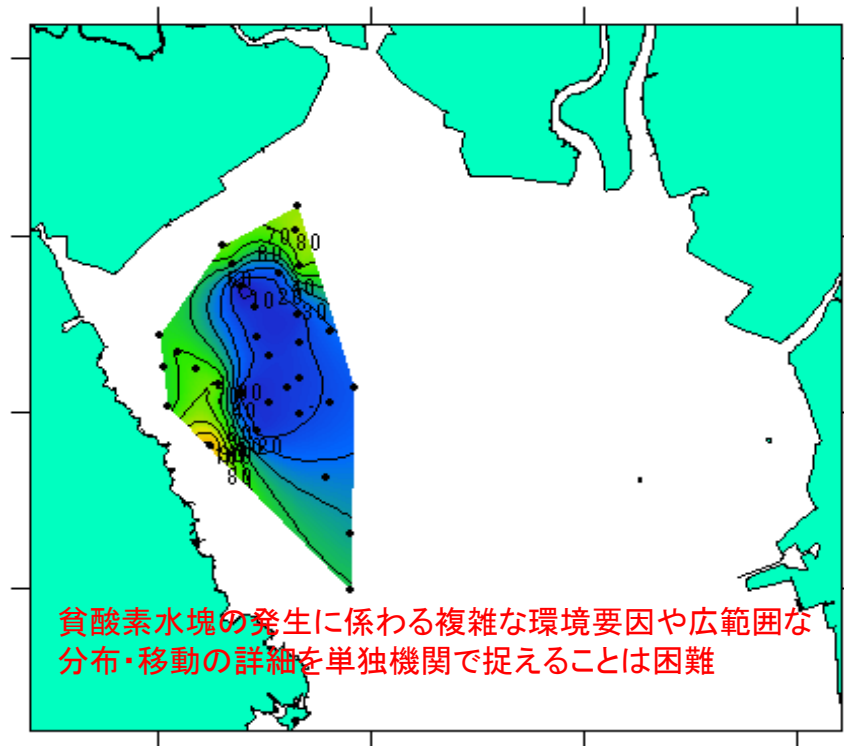
干潟縁辺域 (T13) では、河川出水とそれに伴う密度成層の形成による底層潮流振幅の変化で貧酸素の経年変化を説明可能かをモニタリングを継続することによって検証する



沖合域 (P6) では長期的な潮汐変動によって貧酸素の経年変化を説明可能かをモニタリングを継続することによって検証する (あと4年で18.6年を超える)

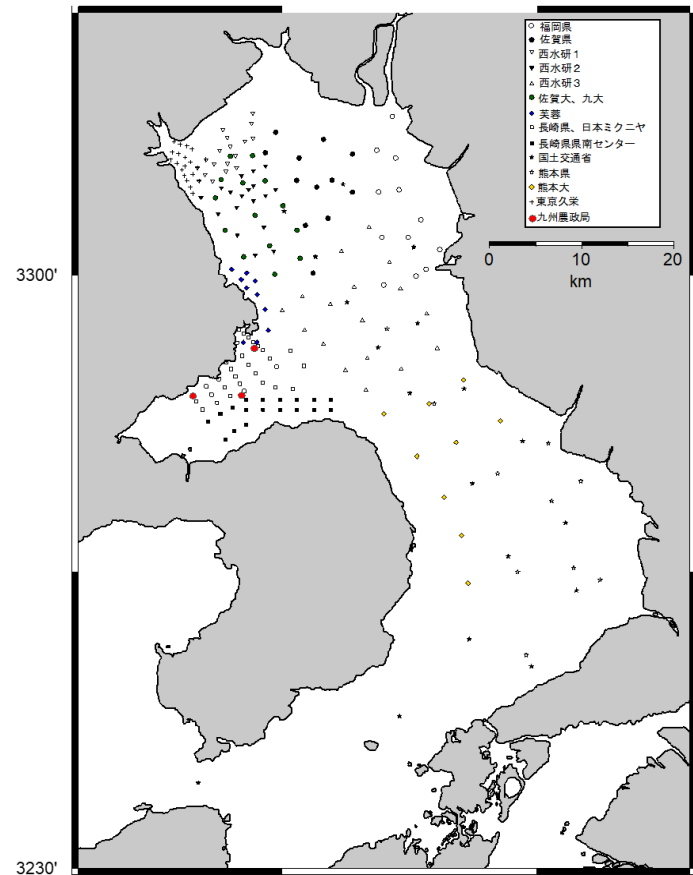
底層における貧酸素水塊の空間分布

(有明海・八代海における貧酸素水塊の形成に関する一斉観測)



環境省請負調査「有明海生態系回復方策検討調査(二枚貝類の環境浄化機能解明調査)」

有明海の研究・調査に係わる機関が連携・協力することにより、貧酸素水塊の状況把握や有明海全域の海洋環境を公表することを目的に、2010年から西海区水産研究所を中心に、最大17機関で夏季の小潮満潮時に多項目水質計による水質の鉛直観測を実施

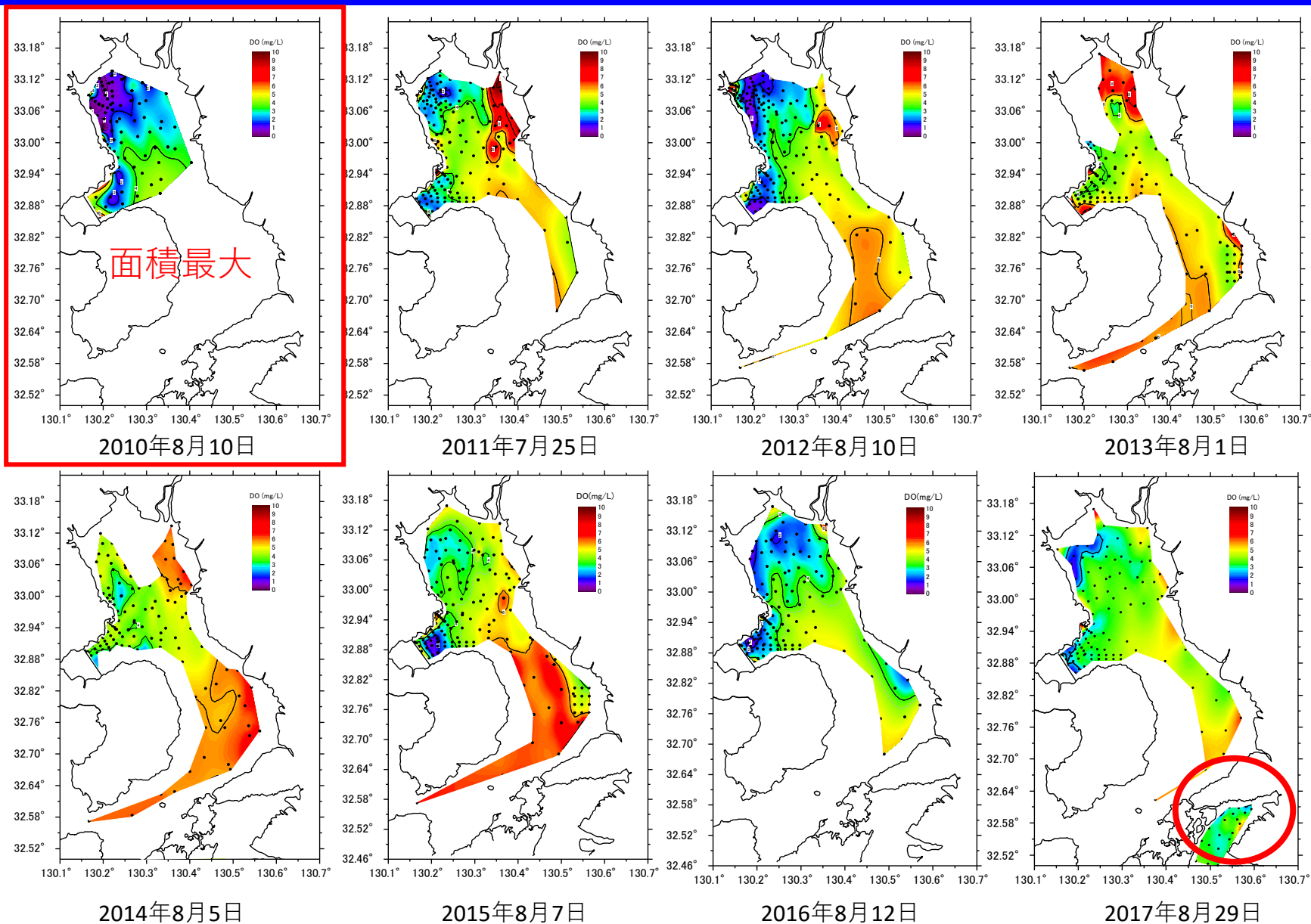


2012年観測定点(200定点)

有明海・八代海における貧酸素水塊に関する一斉観測(過去に参加・協力した機関含む)

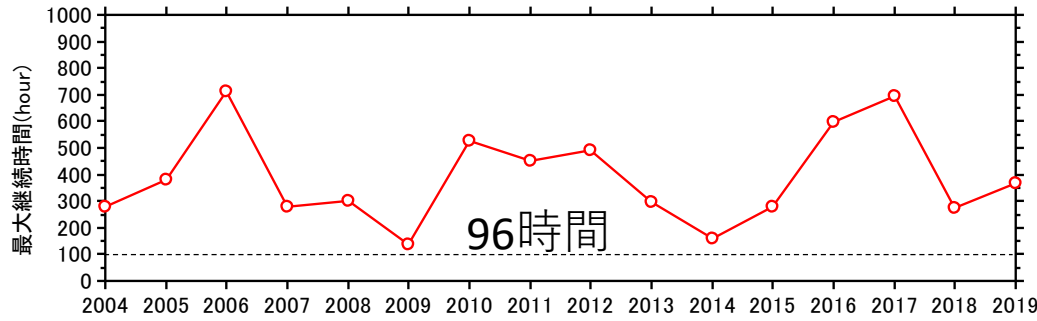
西海区水産研究所、水産庁、環境省、農林水産省九州農政局、国土交通省熊本港湾・空港整備事務所、福岡県水産海洋技術センター有明海研究所、佐賀県有明水産振興センター、長崎県総合水産試験場、長崎県県南水産業普及センター、熊本県水産研究センター、九州大学、佐賀大学、熊本大学、日本ミクニヤ(株)、海洋エンジニアリング株式会社、東京久栄(株)、(株)西村商会

底層における貧酸素水塊の分布 (有明海・八代海における貧酸素水塊の形成に関する一斉観測)



有明海奥部西部海域、諫早湾、八代海奥部を中心に形成

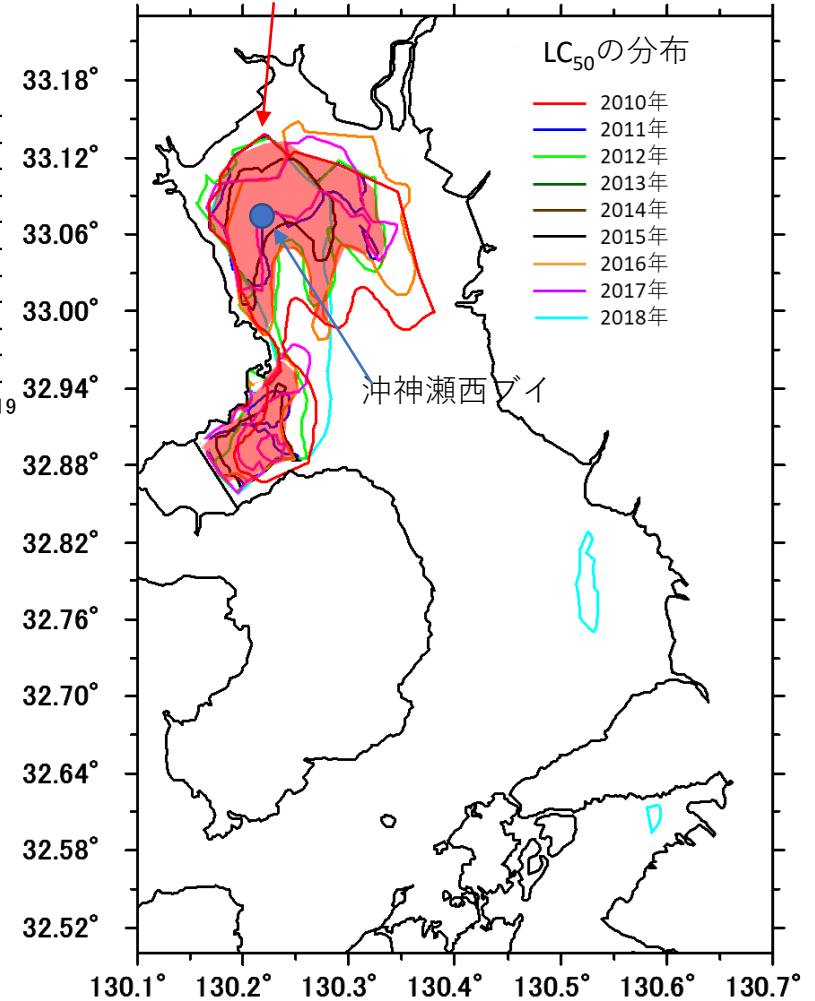
タイラギ稚貝の96時間半致死DO濃度の空間分布



沖神瀬西ブイにおける貧酸素水塊の最大継続時間

- 平成30年度環境省請負業務結果報告書より、96時間の半致死DO濃度 $LC_{50}=3.1\text{mg/L}$ (暫定値) と仮定
- 貧酸素水塊の分布が96時間継続すると仮定

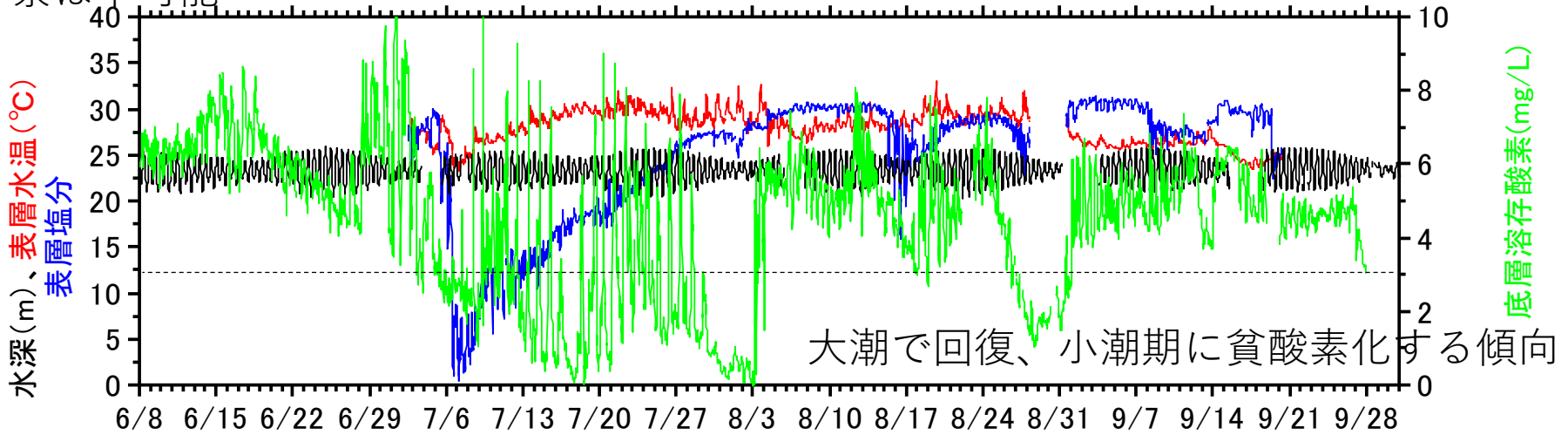
LC_{50} 以下のDO濃度が高頻度で観測されるエリア



貧酸素水塊の予察技術

予察技術の開発(干潟縁辺域7日程度先)

干潟縁辺域では長期的な降雨・出水を予察不可能であるため、貧酸素水塊の長期予察は不可能

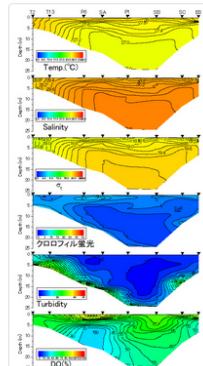


22 : 水産研究・教育機構 西海区水産研究所所有明センター 2017/08/24 08:58

2017年8月23日(大潮期)の有明海奥部から諫早湾にかけての水質断面図です。解像度を上げた同じ図は、以下のHPIに掲載予定です。
http://ariake-yatsushiro.jp/ariake/danmen/danmen_hiduke/danmen_top.htm
 大潮期なので、基本的に底層では塩分や密度は立っており、潮流により鉛直混合していると考えられますが、P6やP1では海面までは鉛直混合していないと考えられます。したがって、P6やP1では、鉛直混合が影響する範囲(海底からの高さ)まで貧酸素状態になっていると思われます。

時化や海水交換等により密度成層の解消がなげれば、29日(小潮期)の第2回有明海一斉観測時は大規模な貧酸素水塊が形成する可能性があります。

西海区水産研究所 徳永貴久



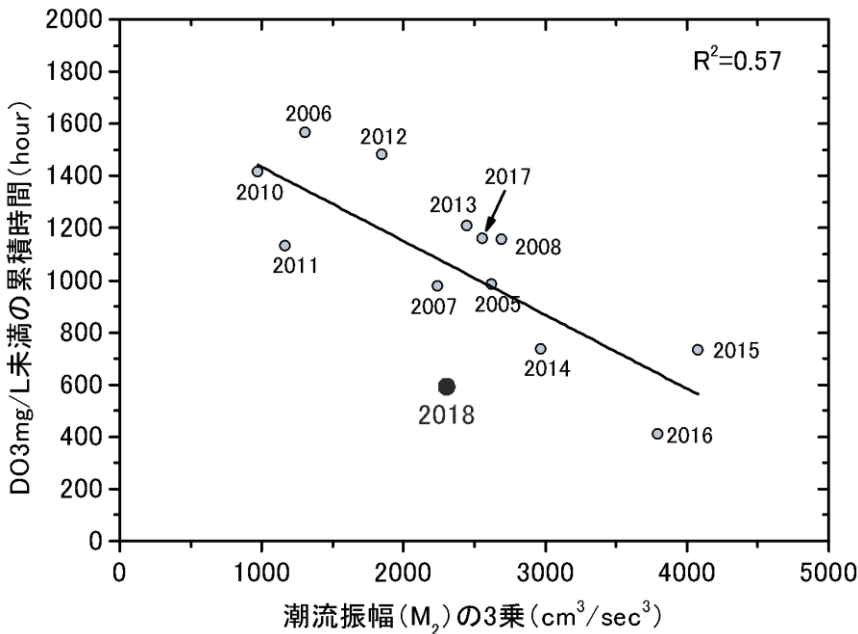
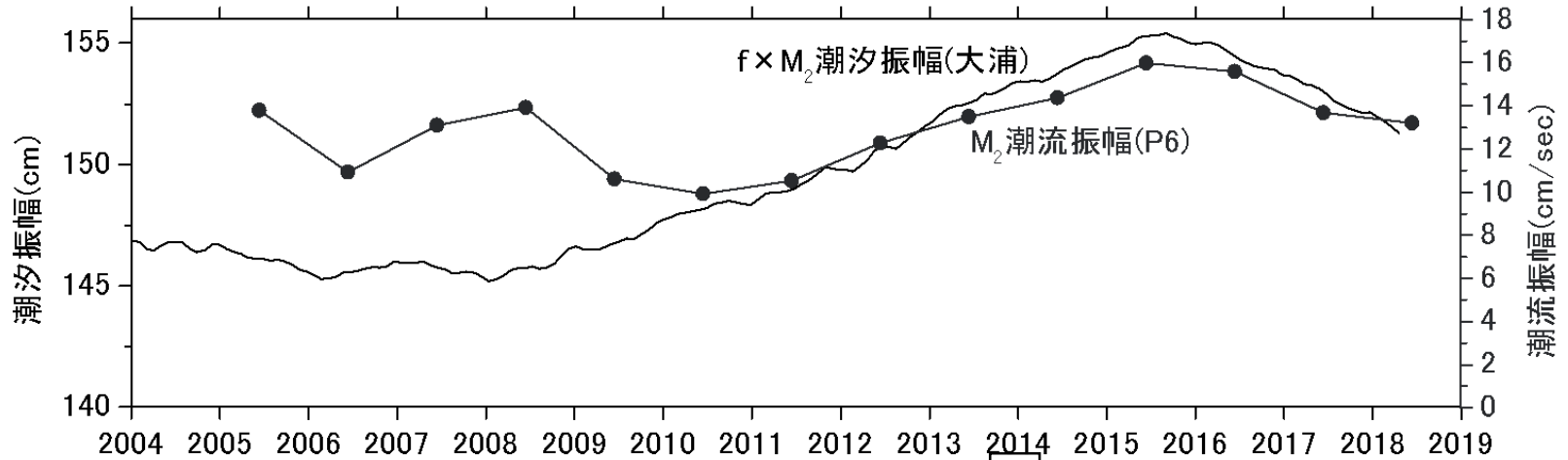
潮汐、気象(強風・台風を含む)、河川からの淡水流入・密度成層、酸素消費速度等を考慮し、大潮期及び小潮期に7日先を予察し、関係機関と共有

定性的な検証結果

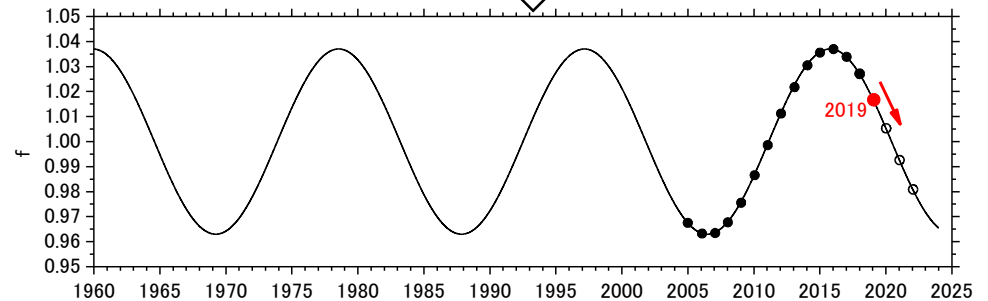
予察日(7日後を予察)	予察内容	検証結果
2017年7月2日(小潮期)	大雨による出水と底層水の貫入で、湾奥の密度成層が強化され、湾奥部の貧酸素化が急速に進む。	○
2017年7月9日(大潮期)	P1やP6の貧酸素状態は、大きな時化が無い限り継続。	○
2017年7月17日(小潮期)	P1やP6の貧酸素状態は、大きな時化が無い限り継続。一部の定点では今後無酸素化(溶存酸素飽和度0.5%未満)する。	○
2017年7月24日(大潮期)	T2やT13は再び貧酸素化。	○
2017年8月1日(小潮期)	台風の影響により、底層溶存酸素は上昇する。	○
2017年8月9日(大潮期)	T2やT13の底層は貧酸素化する。P6やP1はT2やT13よりもゆっくり溶存酸素は低下する	×

予察が外れる原因は台風等の時化

予察技術の開発(有明海奥部沖合域(P6)、年スケール)



沖合域(P6)では長期的な潮汐変動によって貧酸素の経年変化を説明可能かをモニタリングを継続することによって検証する



これから貧酸素の累積時間が増加していくかを検証→**沖合域の長期予察技術の確立**

まとめ

- 干潟縁辺域(T13)の貧酸素の経年変動は、河川出水とそれに伴う密度成層の形成による底層潮流振幅の変化に依存する可能性がある。
- 沖合域(P6)の貧酸素の経年変動は、月の昇交点運動を考慮した潮汐振幅の変動で説明できる可能性がある。
- タイラギ稚貝が分布するのは湾奥中央から東部であり、西部にはほとんど見られない傾向があり、着底しても貧酸素水塊によって斃死している可能性がある。
- 貧酸素水塊の予察は、干潟縁辺域では短期変動、沖合域では長期変動を予察できる可能性があり、特に月の昇交点運動(18.6年周期)を沖合域の長期変動※に考慮できるように今後も貧酸素水塊のモニタリングを継続して予察技術を確立する。

※Hayami and Fujii (2018)では内部生産による底層への有機物負荷量の変化も貧酸素の長期変動へ影響しているとの知見もあることから留意が必要

継続的な貧酸素モニタリング結果を用いて貧酸素の経年変化要因を物理的な観点から解析し、干潟縁辺域と沖合域のそれぞれについて貧酸素と流動との関係を明らかにした。

- 干潟縁辺域の貧酸素の経年変動は、河川出水とそれに伴う密度成層の形成による底層潮流振幅の変化に依存する可能性がある。
- 沖合域の貧酸素の経年変動は、月の昇交点運動を考慮した潮汐振幅の変動で説明できる可能性がある。