

## A3 海域（有明海湾奥西部）の問題点と原因・要因の考察（4章関係）

### 1 この海域の特性

A3 海域(有明海湾奥西部)は図1に示すように、住ノ江川沖海底水道と塩田川沖海底水道に挟まれた干潟前面の海域で、南には砂質の野崎の洲を含む。

本海域には、直接流入する河川はなく、園田ら(2008)によると、隣接するA1海域(有明海湾奥奥部)、A2海域(有明海湾奥東部)を通して流入負荷の影響を受けているほか、A1海域からの河川水の流入によってエスチュアリ循環が発達しており、年間を通じて底層の塩分は比較的高いとされている。

速水ら(2006)によると、平水時には、海底水道内ではエスチュアリ循環による湾奥向きの残差流が存在するため、海底水道内の底質は潮汐周期で巻き上げられながら、平均的には湾奥向きに輸送されている。

底質は、砂質の野崎の洲を除くと全般的に粘土・シルト分が多い軟泥質であり、隣接するA2海域と比較して、硫化物や有機物、栄養塩が多い。また、台風によって底泥が巻き上げられて、湾奥から塩田川沖海底水道を経由して湾中央方向へ輸送され、含水比が増加することが園田ら(2012)によって報告されており、気象イベントの影響を受けやすい海域と考えられる。

貧酸素水塊については、強い成層が発達する夏季(6~9月)にA1海域との境界域で発生した貧酸素水塊がしばしば拡大し、広範囲に貧酸素状態になる(徳永・木元 2011)。

赤潮について、本海域は2011~2015年の赤潮発生件数が44件である(資料6-9 図29参照)。赤潮頻発海域であるA1西部海域と接続しており、発生件数が多い。夏季は小型の珪藻類とヘテロシグマ属、シャットネラ属が、冬季は小型珪藻類に加え、アステロプラヌス属とユーカンピア属が赤潮を形成する(松原 2012、吉田 2012)。

底生生物は、園田ら(2012)によると環形動物・軟体動物の群集変動が前述のような底質の変動や底層D0の変動に対応しており、比較的移動力が大きい節足動物は貧酸素水塊から逃避している可能性があることが報告されている。

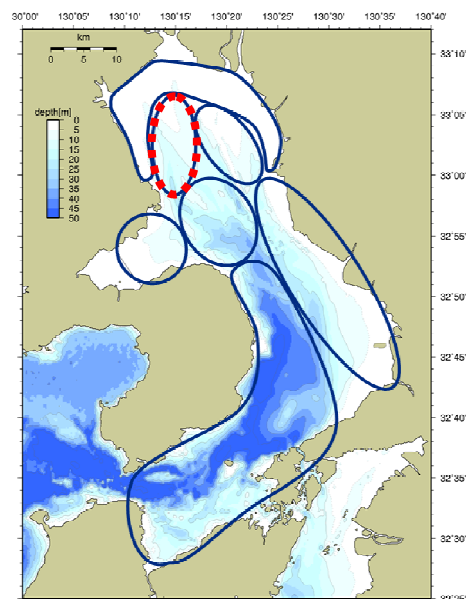


図1 A3 海域位置

## 2 ベントスの変化

### ① 現状と問題点の特定

A3 海域では、1970 年頃のベントスのモニタリング結果が無く、1970 年代と現在の変化の比較はできず不明である。ここでは 1989 年夏季及び 2000 年夏季の調査結果並びに 2005 年以降のモニタリング結果から、以下のとおり傾向の整理を行った。

1989 年夏季と 2000 年夏季の調査によると、全マクロベントス（小型の底生動物）の平均密度は 5,577 個体/m<sup>2</sup>（1989 年）から 1,658 個体/m<sup>2</sup>（2000 年）に減少しており、多毛類、甲殻類、その他の生物は増加し、二枚貝類、クモヒトデ類は減少していた（表 1）。

表 1 A3 海域におけるマクロベントスの個体数地点平均の比較

年	項目	全個体数 (個体/m <sup>2</sup> )	出現率(%)				
			多毛類	二枚貝類	甲殻類	クモヒトデ類	その他
1989年		5,577	22.9	67.2	1.8	3.0	6.3
2000年		1,658	53.0	21.4	9.5	0.2	16.0

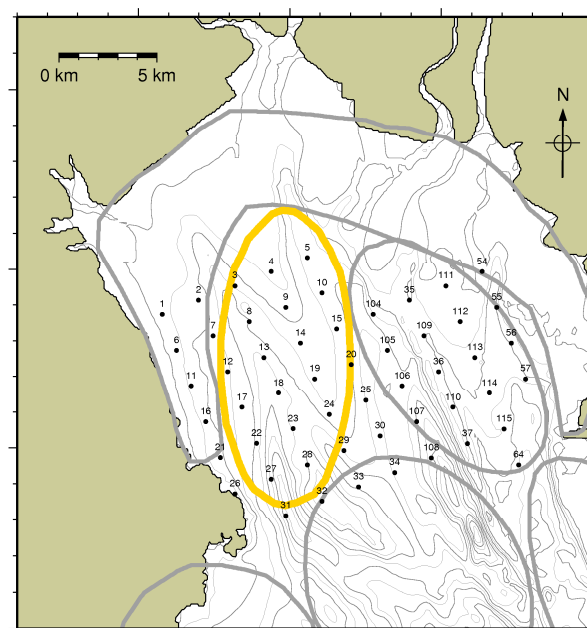


図 2 マクロベントス調査地点

出典：平成 21～27 年度環境省調査結果より取りまとめ

調査採取手法は異なるが、2005 年以降に A3 海域で行われた他調査 (図 3) をみると、種組成はさらに変化し、2007 年頃までは節足動物、それ以降は環形動物が個体数の上で高い割合を占め、二枚貝類が多くみられた。2005 年以降は環形動物門の種類数に増加傾向がみられた。これ以外のベントスでは、種類数、個体数に時系列的に一方向の増加・減少傾向はみられなかった。2005 年以降は総個体数の変動が大きく、最大値は最小値の約 30 倍になっており、特定の優占種 (ダルマガイ等の短命種やホソツツムシ等の有機汚濁耐性種) が爆発的に増加することがあり、群集構造は大きく変動していると考えられる (表 2 に具体的に示す)。

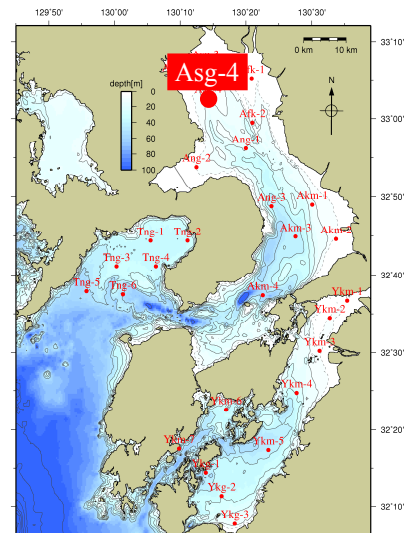
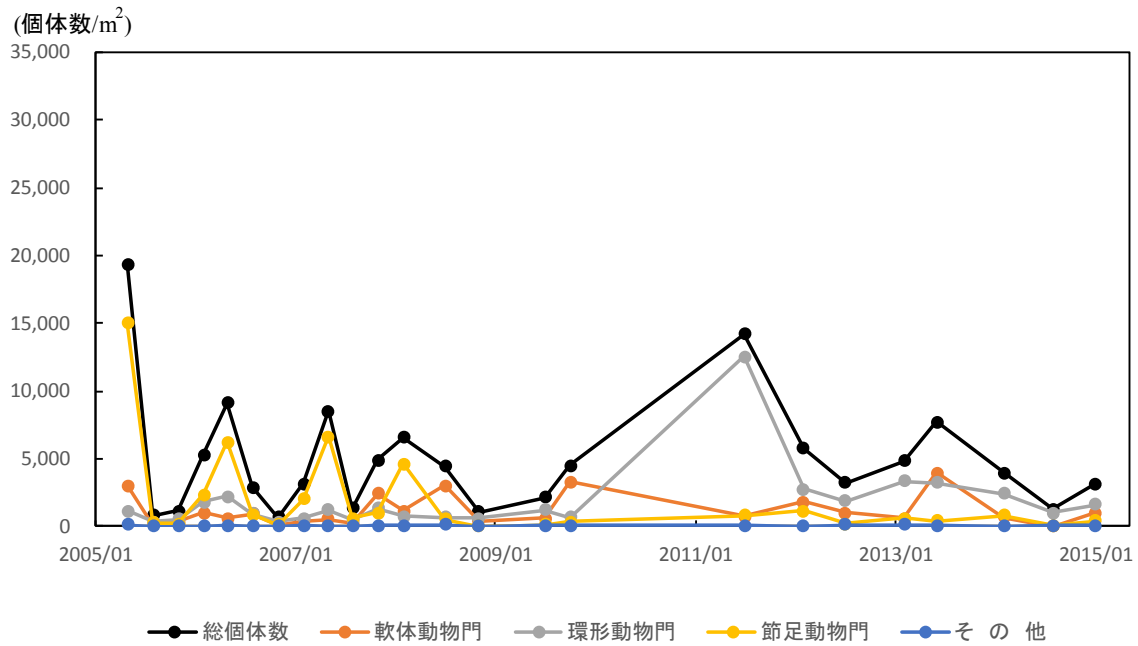
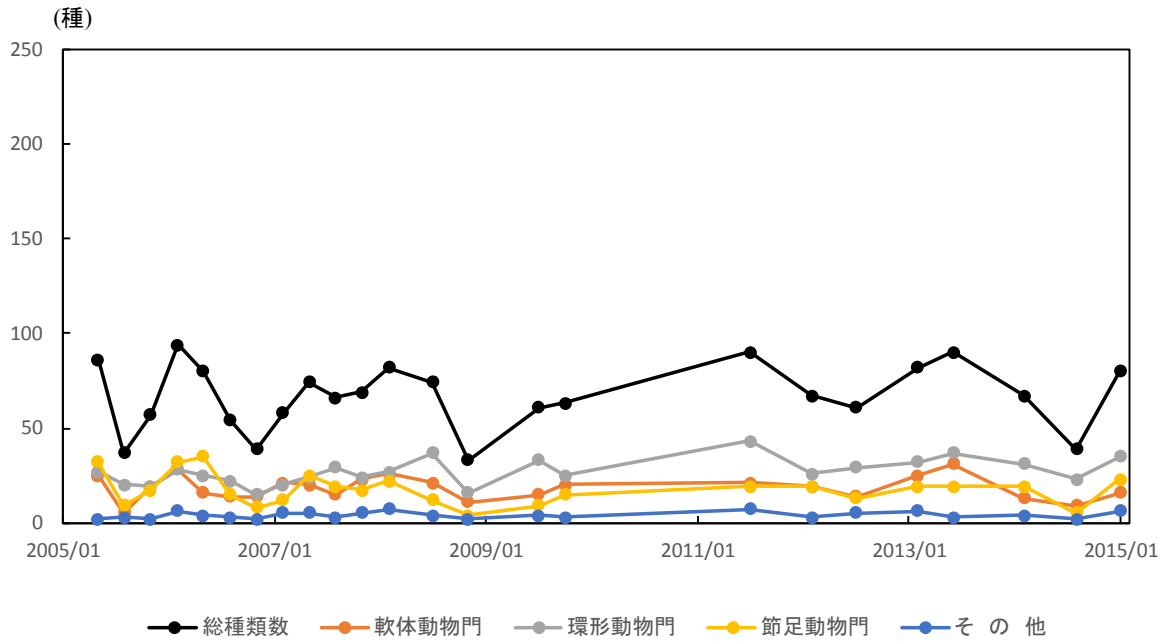


図3 A3海域におけるベントスの推移  
出典：平成17～26年度環境省調査結果

表2 A3海域におけるベントスの出現主要種の推移

年月	A-3		
	門等	種名	個体数割合
2005/05	節足動物門	ホソツツムシ	35.9
	節足動物門	ホドトリア科	15.4
	節足動物門	カムシ目	10.0
2005/08	環形動物門	ダルマゴカイ	19.2
	節足動物門	ホソツツムシ	17.1
	軟体動物門 二枚貝類	シズクガイ	13.3
2005/11	環形動物門	Paraprionospio sp.(B型)	28.4
	軟体動物門	トウカクガイ科	9.0
	節足動物門	ホドトリア科	8.4
2006/02	環形動物門	ダルマゴカイ	22.4
	節足動物門	ホドトリア科	20.4
	節足動物門	カムシ目	6.5
2006/05	節足動物門	Corophium sp.	22.4
	環形動物門	ダルマゴカイ	18.4
	節足動物門	ホソツツムシ	17.6
2006/08	環形動物門	ダルマゴカイ	27.2
	軟体動物門 二枚貝類	シズクガイ	26.1
	節足動物門	カムシ目	19.0
2006/11	環形動物門	Paraprionospio sp.(B型)	18.3
	軟体動物門	リソボ科	10.6
	環形動物門	ダルマゴカイ	9.7
2007/02	節足動物門	ホドトリア科	40.1
	環形動物門	ダルマゴカイ	8.7
	節足動物門	ヒサシソコエビ科	8.5
2007/05	節足動物門	ホソツツムシ	29.1
	節足動物門	ホドトリア科	20.3
	節足動物門	ヒサシソコエビ科	9.0
2007/08	節足動物門	ドヨコエビ	21.2
	環形動物門	Paraprionospio sp.(B型)	10.1
	環形動物門	Sigambra tentaculata	8.2
2007/11	環形動物門	Paraprionospio sp.(B型)	10.5
	軟体動物門 二枚貝類	Fulvia sp.	10.3
	節足動物門	クビナガスガメ	9.2
2008/02	節足動物門	クビナガスガメ	29.0
	節足動物門	ホドトリア科	23.4
	節足動物門	ヒサシソコエビ科	8.2
2008/07	軟体動物門 二枚貝類	シズクガイ	43.9
	軟体動物門	Mitrella sp.	10.3
	節足動物門	ホドトリア科	6.1
2008/11	環形動物門	Paraprionospio sp.(B型)	39.5
	軟体動物門 二枚貝類	ヒメカノアサリ	31.8
	環形動物門	Sigambra tentaculata	8.5
2009/07	環形動物門	ダルマゴカイ	23.6
	軟体動物門 二枚貝類	シズクガイ	15.4
	環形動物門	ダルマゴカイ	9.2
2009/10	軟体動物門 二枚貝類	ヒメカノアサリ	64.8
	環形動物門	Paraprionospio sp.(B型)	4.7
	節足動物門	クビナガスガメ	4.7
2011/07	環形動物門	ダルマゴカイ	80.5
	節足動物門	ドヨコエビ	2.4
	軟体動物門 二枚貝類	シズクガイ	2.2
2012/02	環形動物門	ダルマゴカイ	37.5
	軟体動物門 二枚貝類	ヒメカノアサリ	20.8
	節足動物門	ドヨコエビ	10.5
2012/07	環形動物門	ダルマゴカイ	40.1
	軟体動物門 二枚貝類	シズクガイ	19.7
	環形動物門	Sigambra tentaculata	9.6
2013/02	環形動物門	ダルマゴカイ	48.9
	軟体動物門 二枚貝類	ヒメカノアサリ	6.1
	節足動物門	コンボソコエビ科	4.9
2013/08	刺胞動物門	ウミエラ目	40.7
	環形動物門	Micronephthys sp.	29.0
	軟体動物門 二枚貝類	ハシカイ科	3.2
2014/02	環形動物門	シリス腫科	25.8
	軟体動物門 二枚貝類	ヒメカノアサリ	15.3
	刺胞動物門	ウミエラ目	9.0
2014/08	環形動物門	Glycera sp.	50.2
	節足動物門	Ampithoe sp.	8.5
	軟体動物門 二枚貝類	マツカベガイ属	6.3
2015/01	軟体動物門	イリエツボ	29.2
	環形動物門	ケダウミケムシ科	26.9
	環形動物門	Platynereis sp.	5.3

## 【採取方法】

船上からスミス・マッキンタイヤ型採泥器(採泥面積0.05m<sup>2</sup>)を用いて表層泥を採取した。採泥回数は10回とした。

## 【主要種の選定方法】

年ごとに、Asg-4において個体数が多い順に3種抽出した。同数の場合は併記した。

## 【出典】

平成17～26年度環境省調査結果より取りまとめ

A3海域における出現主要種の変遷を詳細にみると、2005年から2008年までは主要種のなかでは、節足動物が多くみられたが、2008年以降はその他の動物、環形動物や軟体動物(二枚貝類)が多くみられる。

総個体数が多かった2005年5月にはホソツツムシ、2011年7月にはダルマゴカイが多くみられた。

なお、有機汚濁耐性種で強・中内湾性の海域に生息できるとされているParaprionospio sp.(B型)や、有機汚濁耐性種で強内湾性の海域に生息できるとされているシズクガイが2005年から断続的に主要種となっている。一方、富栄養でない海域に生息しているとされるクビナガスガメが2007年～2009年に主要種となっている。

## ② 要因の考察

底質の泥化については、細粒化の観点から整理を行うこととした。1970 年ころからの底質のモニタリング結果がないため、ここでは 1989 年から 2009 年の調査結果を中心に要因の考察を行うこととした。

考察にあたって、泥化の判定は、

- ア. 経年変化において変動が大きい中央粒径 ( $Md \phi = 7$ ) の等値線の動き
- イ. 中央粒径が小さくなること ( $Md \phi$  の変化) ・粘土・シルト分の増加
- ウ. 底質中の粒度全体が小さくなること (粒径加積曲線の変化)
- エ. 海底上に小さい粒子が堆積すること ( $7.8 \mu m$  以下の粒子 ( $Md \phi = 7$  に相当) の含有率の増加)

の 4 つの観点から行った。

底質の泥化については、表 3 に示すとおり 2005 年以降については海域全体で増加・減少傾向はみられなかった。

表 3 A3 海域の底表泥の属性 (1989 年～2009 年)

	Md $\phi$ 7 以上の 微細泥地点数 ※1	泥分率 70% 以 上の地点数※1
1989 年 8～9 月	6 地点	12 地点
2000 年 9 月	13 地点	15 地点
2005 年 10 月	4 地点	14 地点
2009 年 5 月	0 地点	14 地点
2010 年 10 月	0 地点	15 地点

※1 各年共通地点 17 地点中の数字

出典：平成 21～27 年度環境省調査結果より取りまとめ

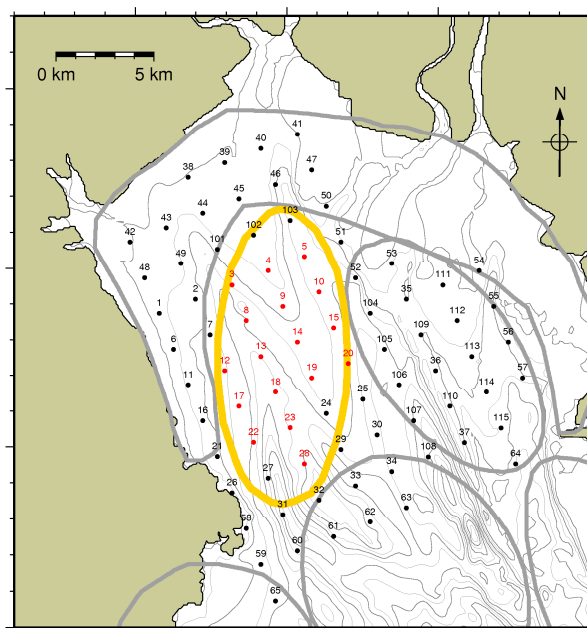
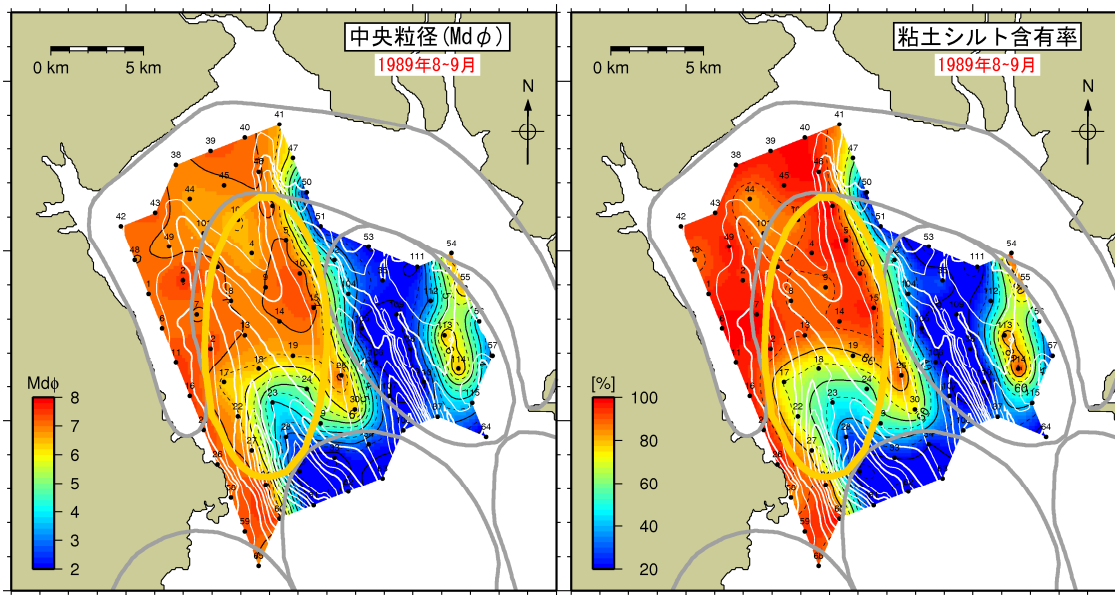


図 4 底質調査地点

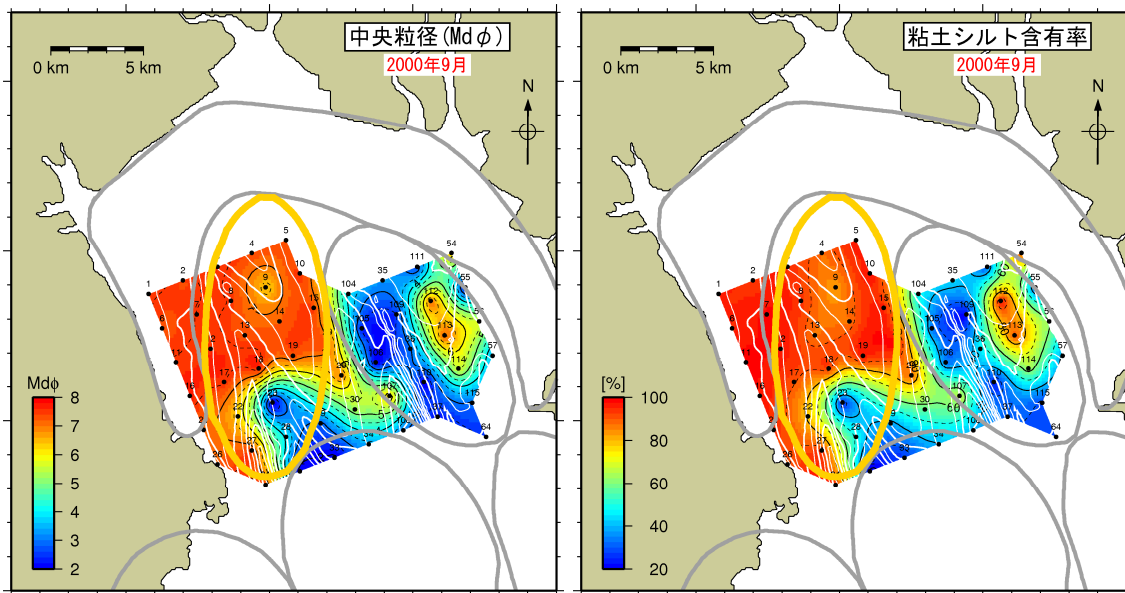
(図 2 マクロベントス調査地点と同一地点)

図5に、1989年から2010年の底質分布を示す。



(中央粒径) (粘土・シルト含有率)  
 ※古賀(1991)の数値データを基にカラーコンター図に改変

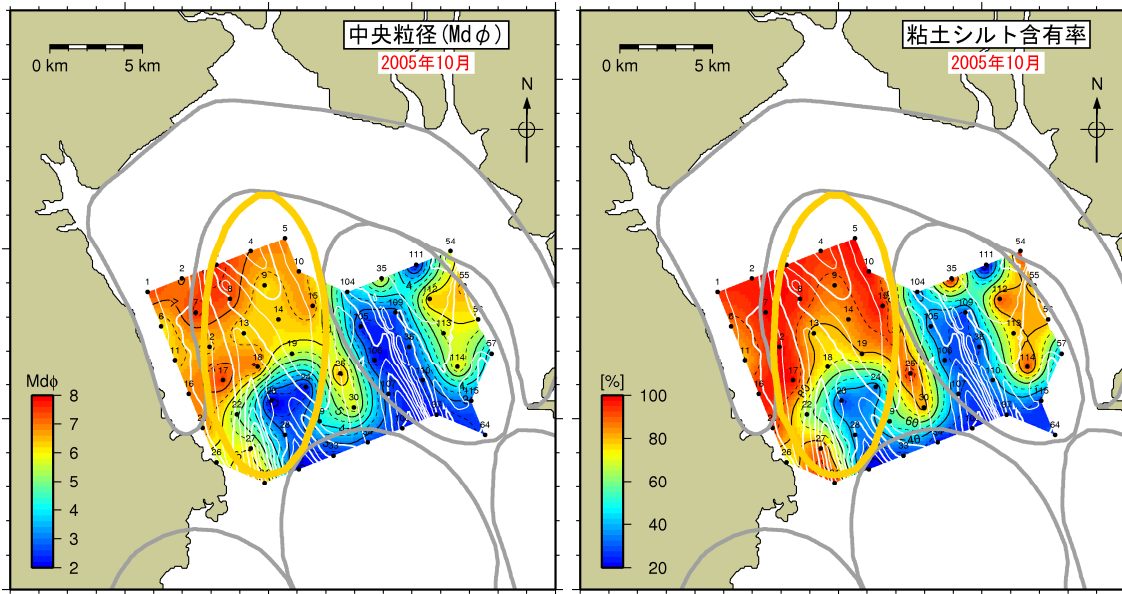
(1) 中央粒径(Mdφ)と粘土・シルト含有率のコンター (採取年：1989年)



(中央粒径) (粘土・シルト含有率)  
 ※大隈ら(2001)の数値データを基にカラーコンター図に改変

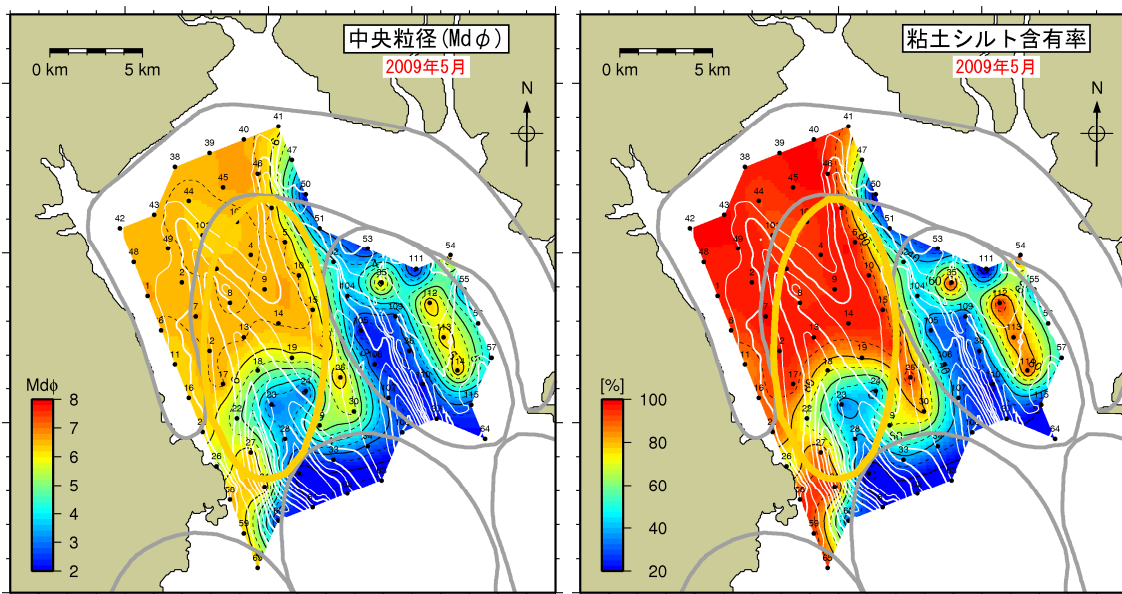
(2) 中央粒径(Mdφ)と粘土・シルト含有率のコンター (採取年：2000年)

図5(1) A3海域の底質分布 (1989～2000年)



(中央粒径) (粘土・シルト含有率)  
 ※藤崎ら(2007)の数値データを基にカラーコンター図に改変

(3) 中央粒径(Mdφ)と粘土・シルト含有率のコンター (採取年:2005年)



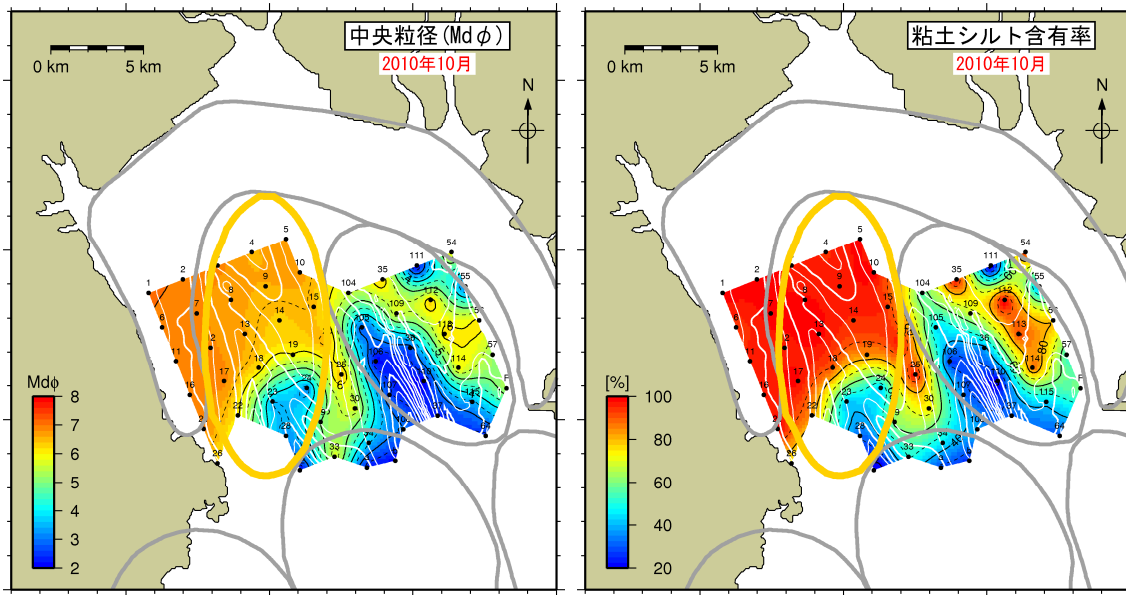
(中央粒径) (粘土・シルト含有率)

※平成 21 年度 有明海・八代海再生フォローアップ調査(懸濁物調査)報告書より

(4) 中央粒径(Mdφ)と粘土・シルト含有率のコンター (採取年:2009年)

図 5(2) A3 海域の底質分布 (2005~2009 年)





(中央粒径)

(粘土・シルト含有率)

※(5) 平成 21 年度 有明海・八代海生態系回復方策検討調査報告書のデータを基にカラーコンター図に改変

(5) 中央粒径 (Mdφ) と粘土・シルト含有率のコンター (採取年: 2010 年)

図 5(3) A3 海域の底質分布 (2010 年)

図 6 によると、1989 年から 2000 年では中央粒径 (Mdφ) は小さく、粘土・シルト含有率 ( $63\mu\text{m}$  以下) は増加しており泥化 (細粒化) していると考えられていた。しかしながら、2000 年から 2009 年では前者に比べて中央粒径、粘土・シルト含有率ともに小さくなっていない (図 7)。調査地点ごとに中央粒径及び粘土・シルト含有率に加えて粒径加積曲線の変化を確認し、さらに、底質表層の中央粒径の分布状況の変化からみて、変動が最も大きい粒径である  $7.8\mu\text{m}$  以下 (この粒径より細かい粒径が 50% を占める底質が  $\text{Md}\phi=7$  に相当する) の粒子の変化を確認したところ、多くの地点で 10% 以下の減少率となっており、2000 年以降は泥化 (細粒化) 傾向がみられなかった (図 8)。

なお、A3 海域では、二枚貝資源の増大等を目的として覆砂が実施されており、図 13 に示すように地点 24 は覆砂の影響が含まれる可能性が考えられることから、底質の泥化 (細粒化) の評価の対象外とすることとし、それ以外の地点でのみ評価した。

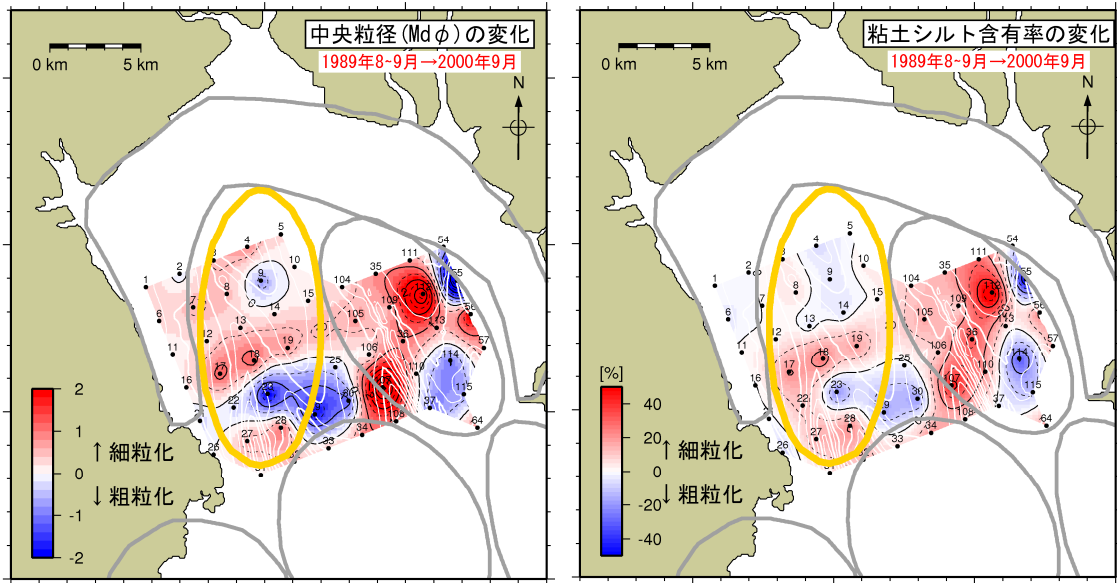


図6 中央粒径と粘土シルト含有率の分布の変化 (1989~2000年の差)

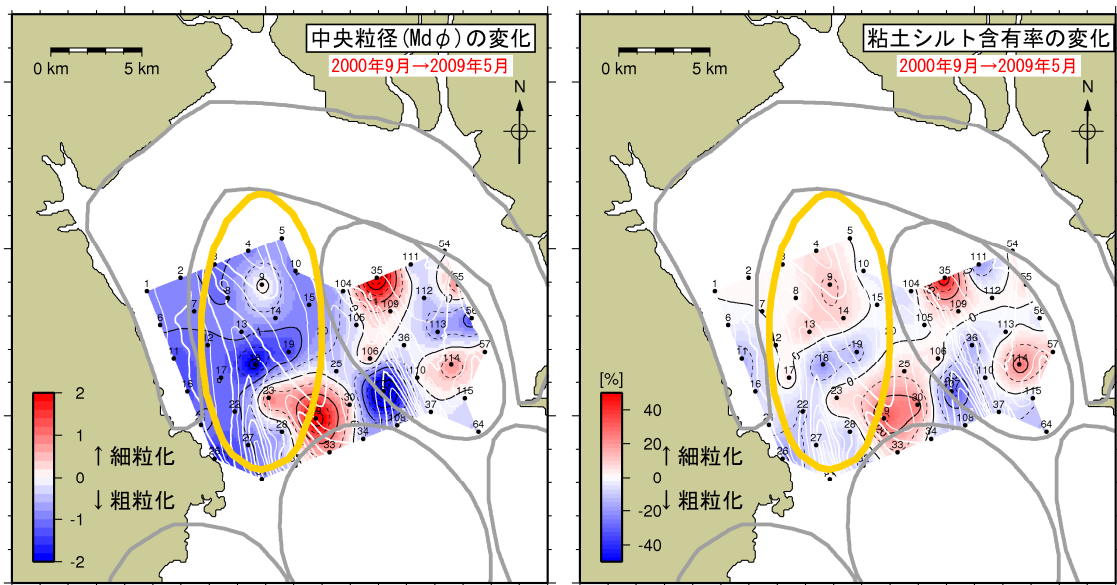


図7 中央粒径と粘土シルト含有率の分布の変化 (2000~2009年の差)

中央粒径、粘土・シルト分、粒径加積曲線  
による細粒化・粗粒化判別

- 細粒化   ● 粗粒化   ● データ無
- 覆砂エリアのため解析対象外
- ▶ どちらでもない(Mdφは細粒化)
- ▶ どちらでもない(Mdφは粗粒化)

7.8 μm以下の粒子の含有率の変化

- : +10%以上   ● : +10~0%
- : -10%以下   ● : -10~0%
- : 分析値なし
- : 覆砂エリアのため解析対象外
- 数字 : 含有率の差分(%)

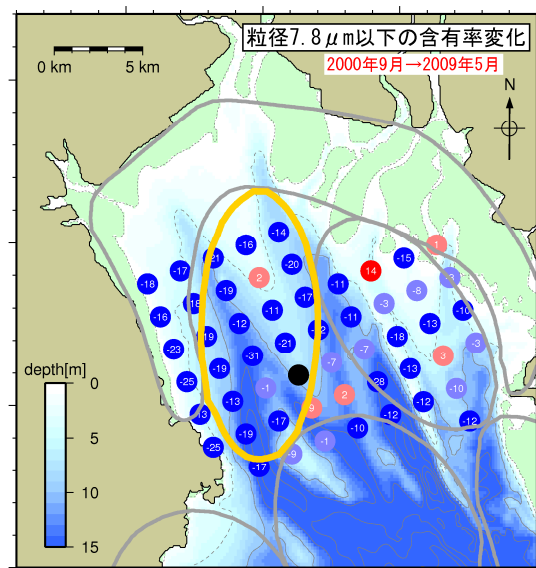
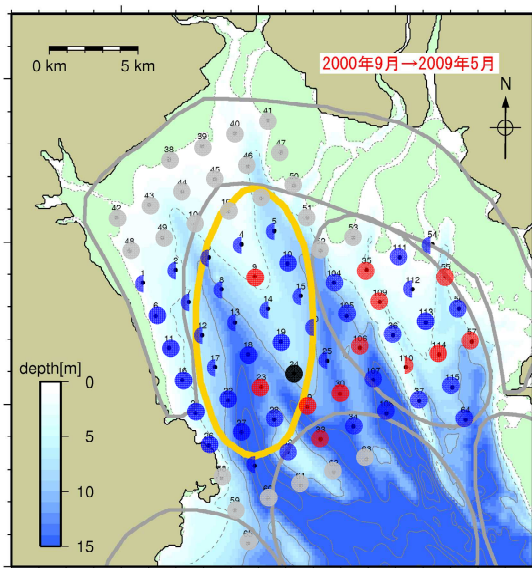
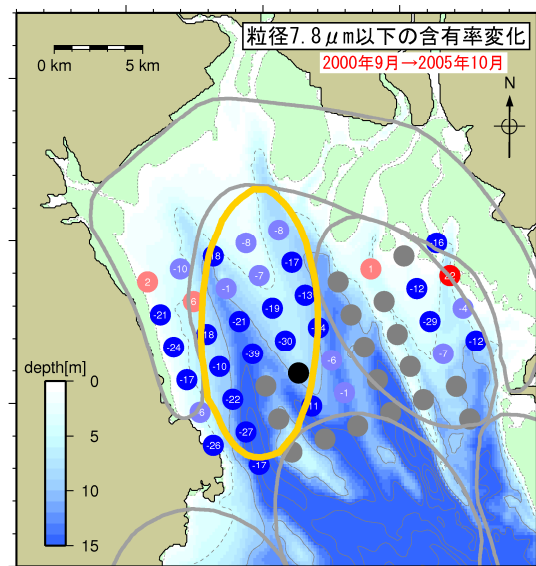
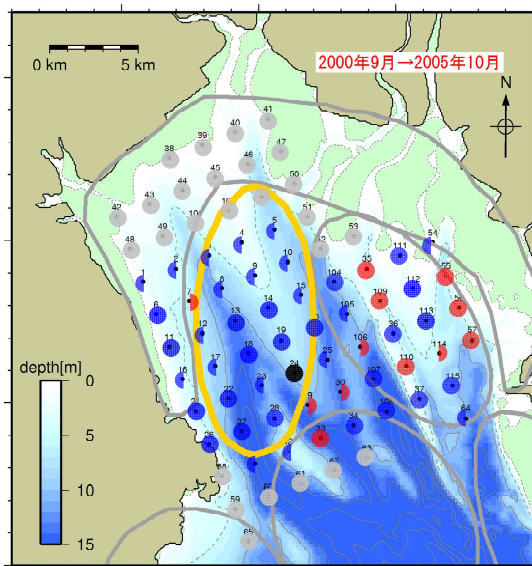
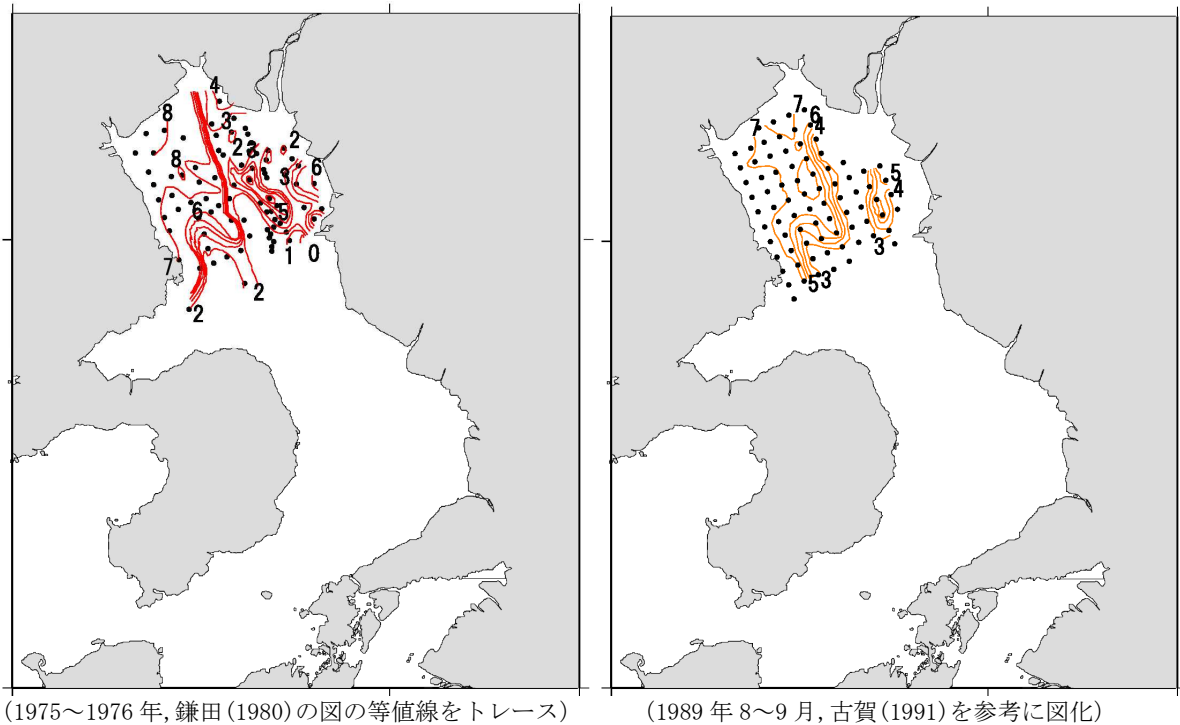


図8 細粒化・粗粒化判別結果と7.8 μm以下の粒子の含有率の変化

注) 図中、「● : データ無」は調査が行われていないことを示し、「● : 分析値なし」は底質の粒度組成において74 μm以下の粒子が少なく分析が行われていないことを示す。また、「● : 覆砂対象エリアのため解析対象外」は図13に示すように覆砂事業位置と重なることから評価から外したことを示す。

1989年以前の底質に関する知見が少ないため、1975～1976年頃に実施された鎌田(1980)に掲載されている中央粒径 ( $Md\phi$ ) の等値線 (図9左) を参考にして底質変化を考察した。図10に示すとおり、 $Md\phi = 7$  の等値線が1970年代から1989年にかけて湾奥側へやや後退、すなわち粗粒化傾向にあったと推定される。



(1975～1976年, 鎌田(1980)の図の等値線をトレース)

(1989年8～9月, 古賀(1991)を参考に図化)

図9 中央粒径 ( $Md\phi$ ) の分布

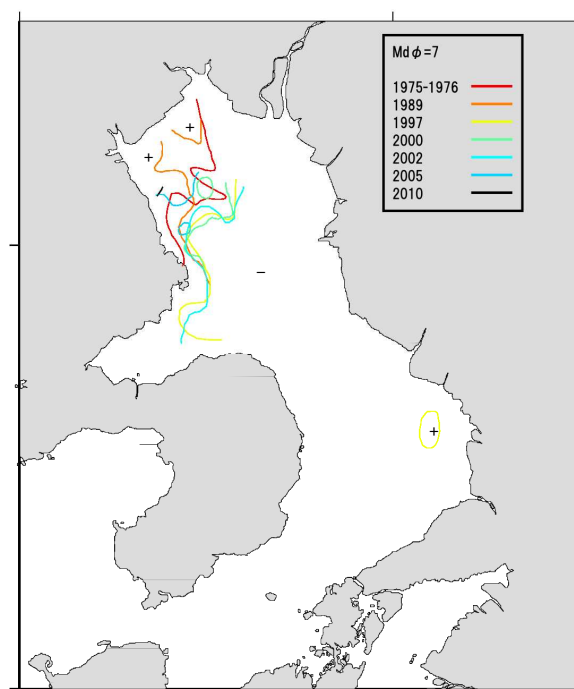
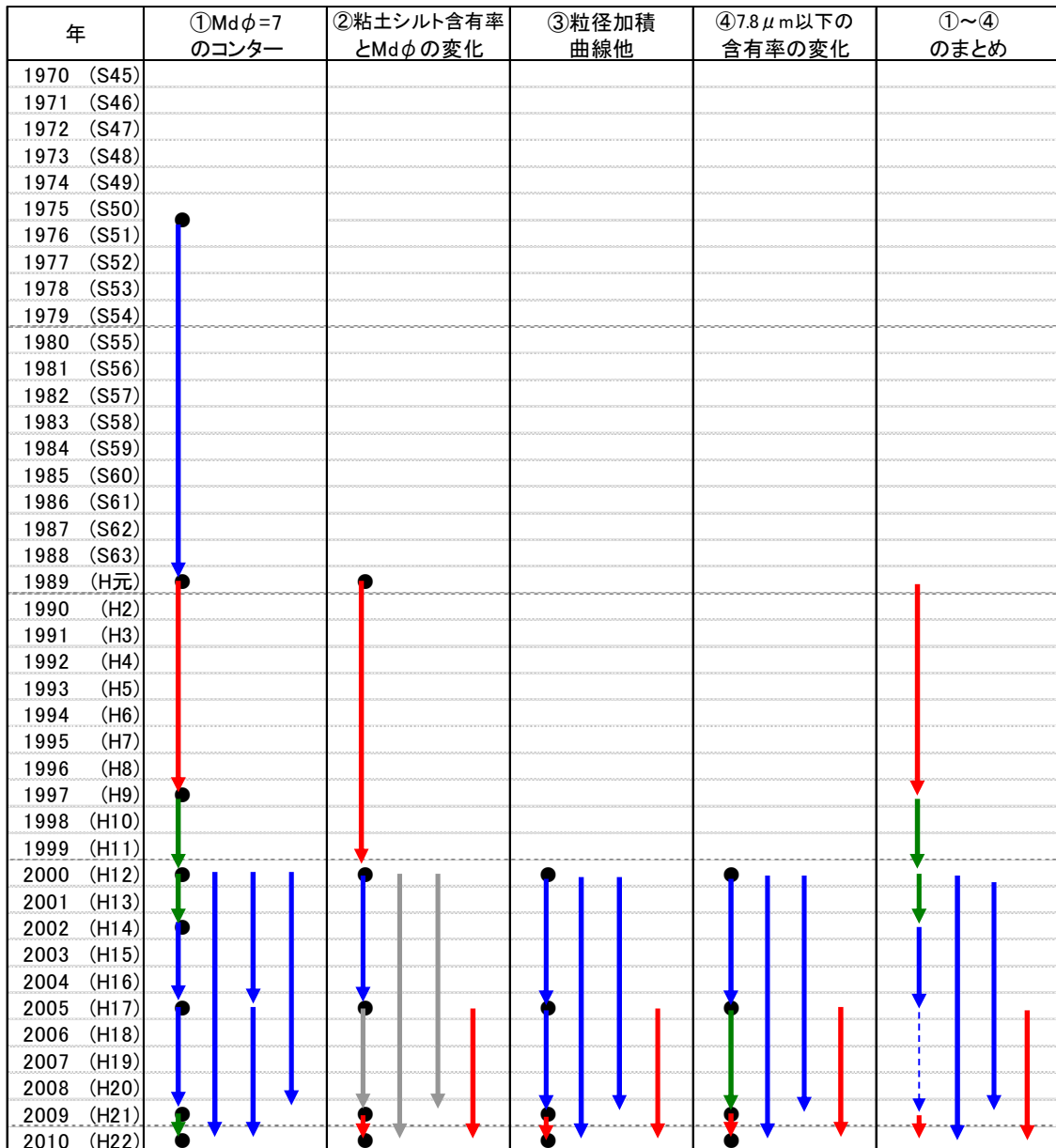


図10  $Md\phi = 7$  の等値線の比較

これらの結果と過去の調査結果を取りまとめると、1970年代から1989年にかけては、粗粒化傾向であった(図11)。これまでの検討では、1989年から2000年にかけて細粒化が進んだことが示されていたが、Md $\phi$ =7のコンターによると、1997年には既にある程度の細粒化は進んでいたと考えられる。

1997年から2002年までは変化は小さく、その後2005年にかけて粗粒化が進んだと考えられる。2005年から2009年にかけては変化傾向が明瞭ではないが、2005年から2010年の間でみると、細粒化が進んできていることが分かる。しかし、2000年から2010年の間でみると、粗粒化の傾向となる。これらの結果から、A3海域全体では長期間にわたる単調な変化(細粒化・粗粒化傾向)を呈していないと考えられる。



※ 粗粒化・細粒化の判別は、基本的には③で行う

※ ③のデータが無い部分については、①②④を参考にする

※ 矢印の凡例

→ 粗粒化傾向

→ 細粒化傾向

→ どちらでもない(細粒化と粗粒化の地点が同数)

→ 判別不能(②において粘土シルト含有率の変化とMdφの変化傾向が異なる)

→ 粗粒化傾向(明瞭でない)

図 11 有明海湾奥西部海域 (A3海域) の底質の細粒化・粗粒化傾向

A3海域内18地点（覆砂の実施エリアに該当する地点24は除く）の中央粒径、粘土・シルト含有率（ $63\mu\text{m}$ 以下）および微細粒子 $7.8\mu\text{m}$ 以下の含有率の海域内平均値の推移を図12に示す。

Md $\phi$ については、1989年から2000年にかけては細粒化、2000年から2005年にかけては粗粒化、2005年から2009年にかけては粗粒化、2009年から2010年にかけては細粒化の傾向がみられた。

粘土・シルト含有率については、1989年から2000年にかけては増加、2000年から2005年にかけては減少、2005年から2010年にかけては増加傾向がみられた。

微細粒子含有率については、2000年から2005年にかけては減少、2005年から2009年にかけては増加、2009年から2010年にかけては横ばいの傾向がみられた。

なお、これらの傾向は地点によってさまざまである。多くの地点においてMd $\phi$ は5~8程度、粘土・シルト含有率は60~100%であり、基本的に泥質で推移している。

この結果から、1989年から2011年にかけては、海域全体では長期間にわたる単調な変化（細粒化・粗粒化傾向）を呈していないと考えられる。

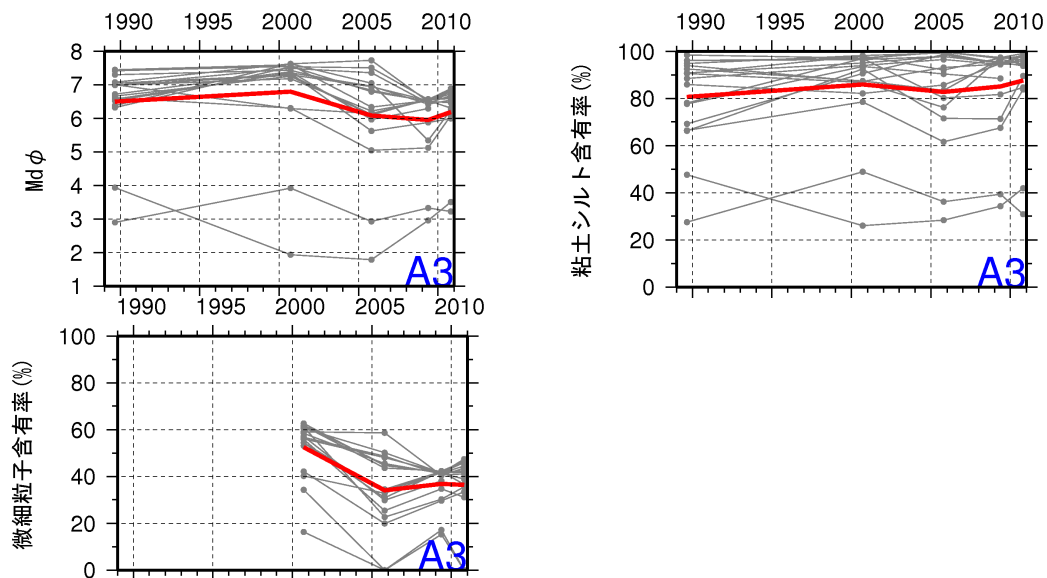


図12 有明海湾奥西部海域（A3海域）の底質粒径の推移

（図中の赤線は海域内平均値を表す）

また、A3海域では、二枚貝資源の増大等を目的として覆砂が実施されていることに留意する必要がある(図13)。

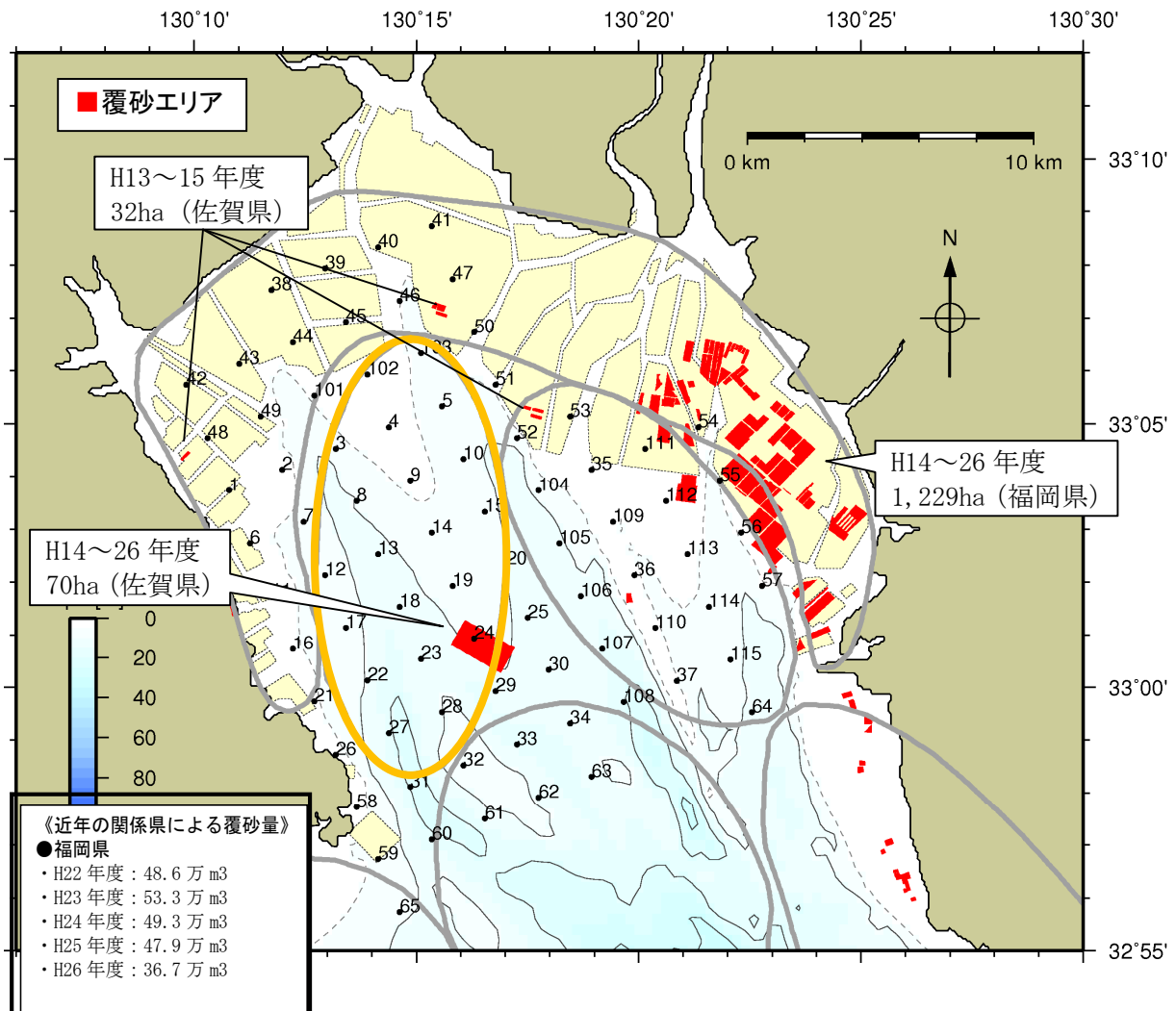
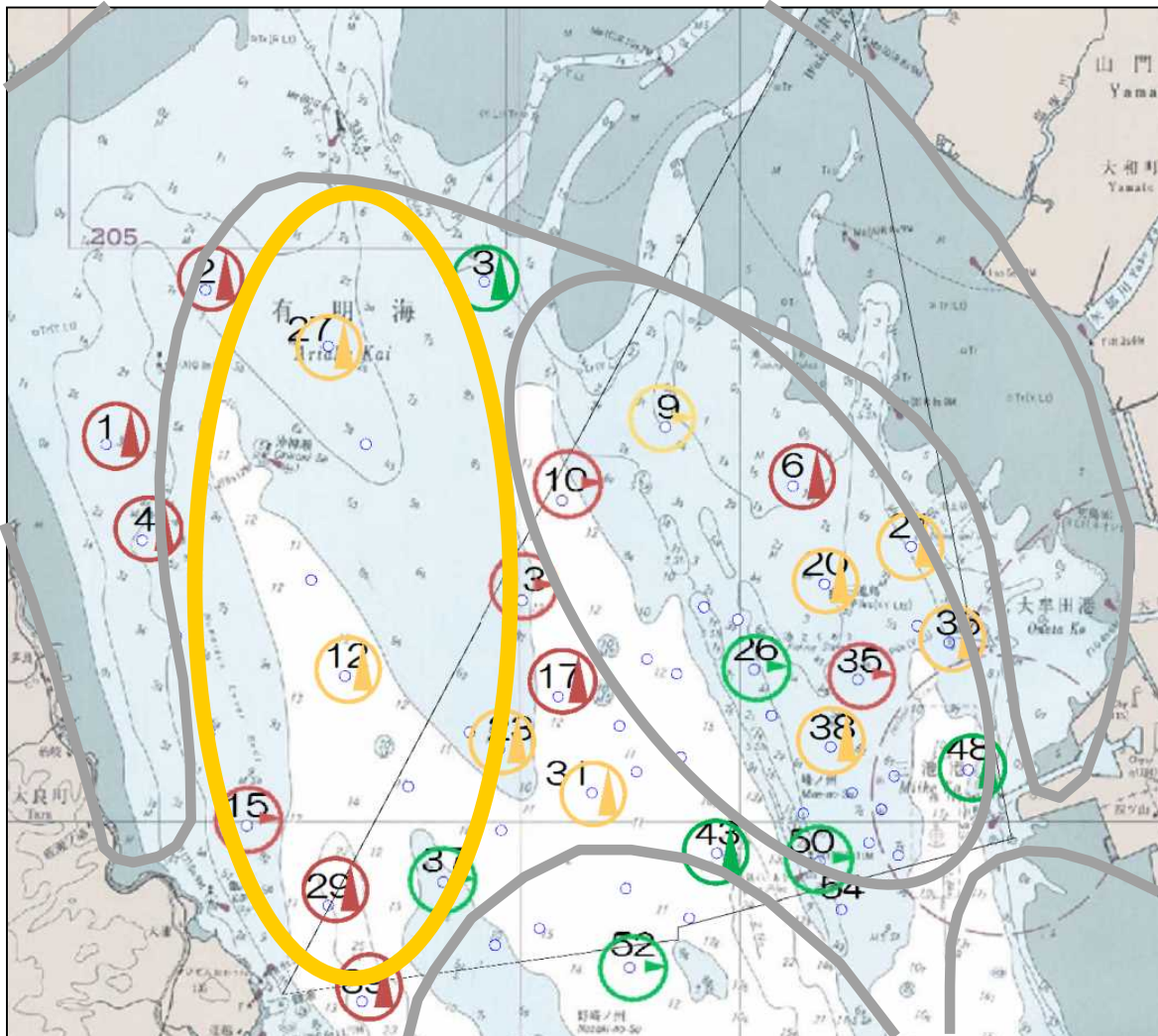


図13 底質調査地点と覆砂実施エリア

※関係県が実施した主な覆砂事業(水産庁補助事業)をプロット  
出典:関係県の整備実績をもとに環境省において作成



図 14 に示すように A3 海域の 2008 年から 2013 年の含泥率の調査結果をみると、地点によって変化傾向は異なっており、場所によっては増加傾向を示す地点もみられることに注意が必要である。



○ : 平均含泥率全年 60%超地点	▲ : 平均含泥率増加傾向
○ : 平均含泥率一部年 60%超地点	▶ : 平均含泥率増減傾向みられず
○ : 平均含泥率全年 60%以下地点	▼ : 平均含泥率減少傾向

図 14 有明海湾奥部の底質の含泥率の変化傾向(2008～2013 年)

出典：「平成 26 年度有明海底質環境調査業務」環境調査経年変化検討とりまとめ資料をもとに作成

これらの結果から、A3 海域全体では長期間にわたる単調な変化（細粒化・粗粒化傾向）を呈していないと考えられる。

次に、底質中の有機物・硫化物の増加について確認した。底質中の有機物・硫化物の増加については表 4 に示すとおり 2005 年以降については海域全体で単調な増加・減少傾向はみられなかった。強熱減量 10%以上の地点数や総硫化物量 0.5mg/g 以上乾泥以上の地点数は、隣接する A2 海域より多い。

表 4 A3 海域の底表泥の属性 (1989 年～2010 年)

	強熱減量 10% 以上地点数 <sup>※1</sup>	総硫化物量 0.5mg/g 乾泥以上 の地点数 <sup>※1</sup>
1989 年 8～9 月	14 地点	2 地点
2000 年 9 月	15 地点	5 地点 <sup>※2</sup>
2005 年 10 月	12 地点	5 地点 <sup>※2</sup>
2009 年 5 月	—	—
2010 年 10 月	15 地点	3 地点 <sup>※2</sup>

※1 各年共通地点 17 地点中の数字

※2 酸揮発性硫化物 (AVS)

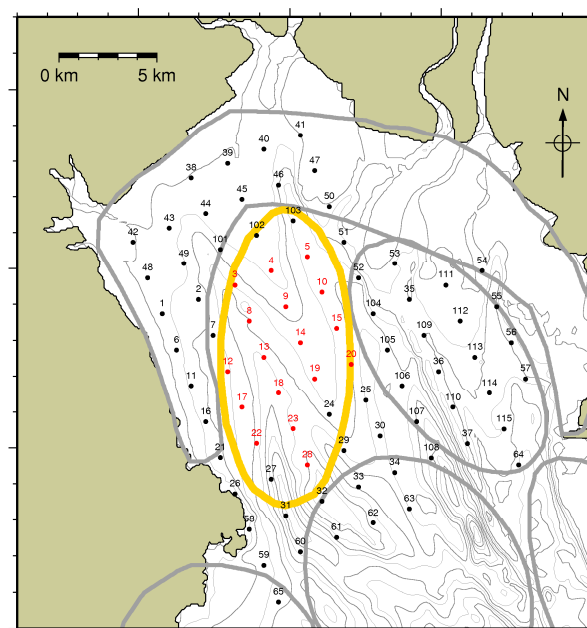


図 15 底質調査地点

(図 2 マクロベントス調査地点と同一地点)

また、2001 年以降の底質のモニタリング結果を図 16 に整理した。粘土・シルト分に単調な増加・減少傾向はみられず、2001 年以降、底質の泥化傾向はみられなかったと考えられる。COD については、全 1 地点で 8～15mg/g 程度であり、増加傾向がみられた。強熱減量、硫化物については単調な増加・減少傾向はみられなかった。

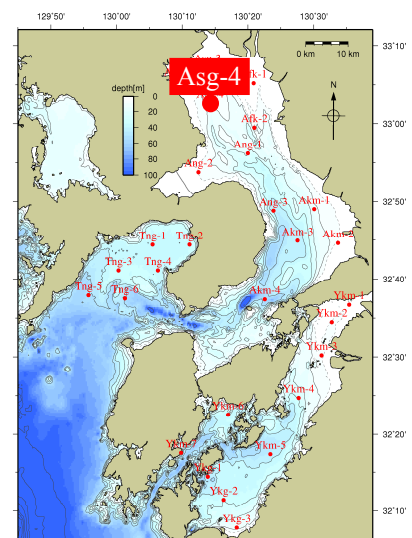
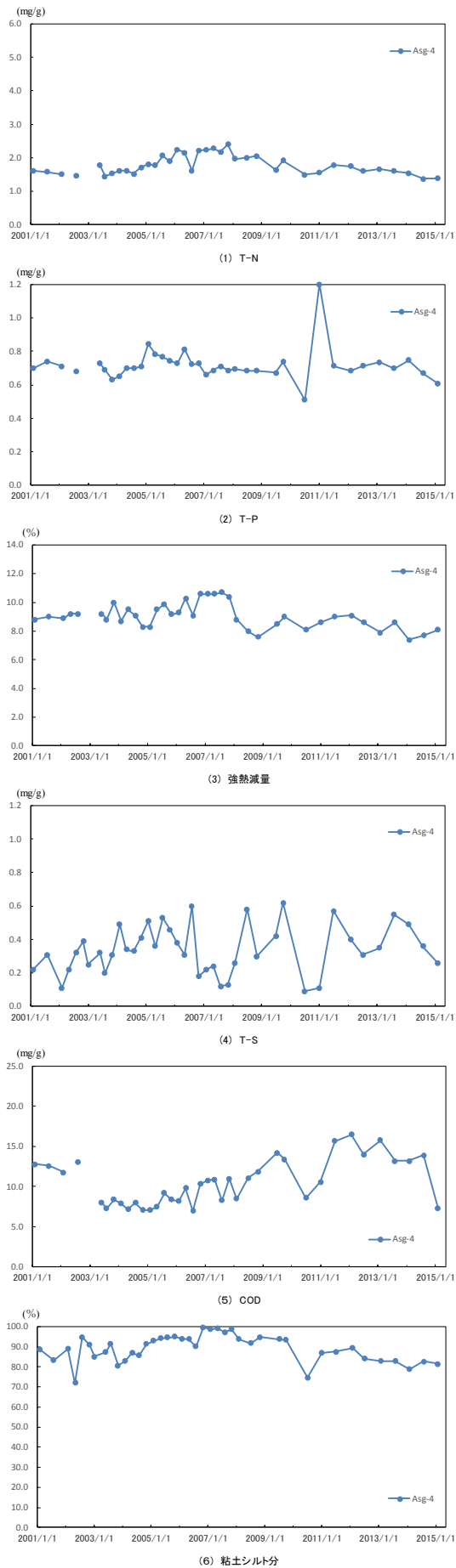


図16 A3海域における底質の推移  
 (図3 A3海域におけるベントスの推移と同一地点)  
 出典：環境省調査結果より取りまとめ

有明海湾奥部の16箇所に海底上の泥（浮泥<sup>1</sup>を含む。）の堆積厚を測定するための50cm×50cm四方の板（以下、埋没測定板）が埋設されており（図17、18）、年4回程度の堆積厚測定が行われている。これは音響探査による水深測定精度では捉えることのできない水深変化を把握することが可能である。

なお、この調査は2008年に5箇所で開始され、2009年、2010年および2013年に地点が追加されている。

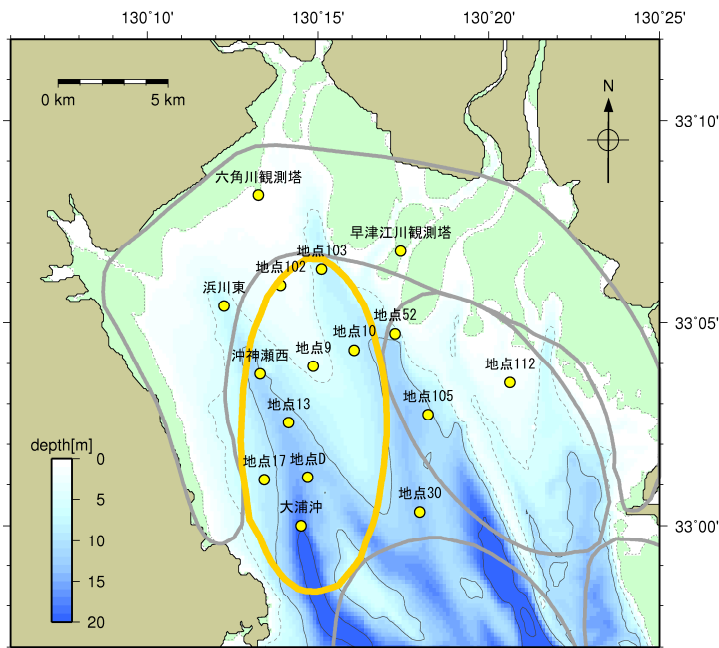


図17 埋没測定板の設置箇所

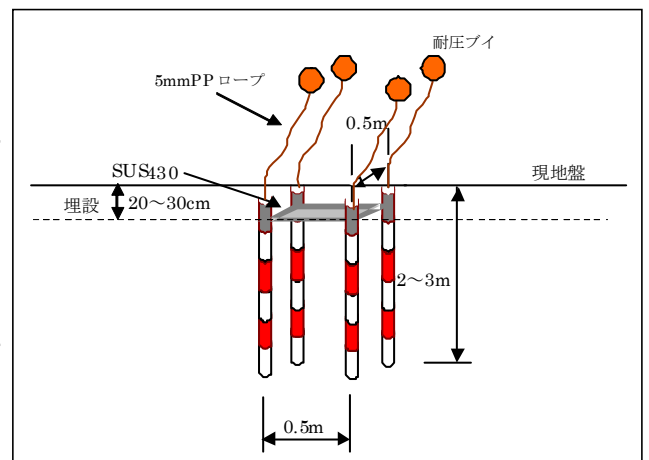


図18 埋没測定板の装置の概要

調査開始年からの各地点の海底面高の経時変化を図19に示す。A3海域の地点は地点102、地点103、沖神瀬西、地点9、地点10、地点13、地点17、地点Dおよび大浦沖の9地点である。

調査を行った2009年から2015年においては、浮泥を含む堆積物に全9地点で単調な増加傾向はみられず、地点によっては減少傾向がみられた。

<sup>1</sup>粘土・シルト分のうち、有機物と複合体を形成するなど含水率が高く、かつ潮流・波浪等によって再懸濁・堆積を活発に繰り返している成分。密度法によって測定される浮泥層厚は、上記のうち、密度が約1.4 g/cm<sup>3</sup>未満の粒子によって構成される層厚である。

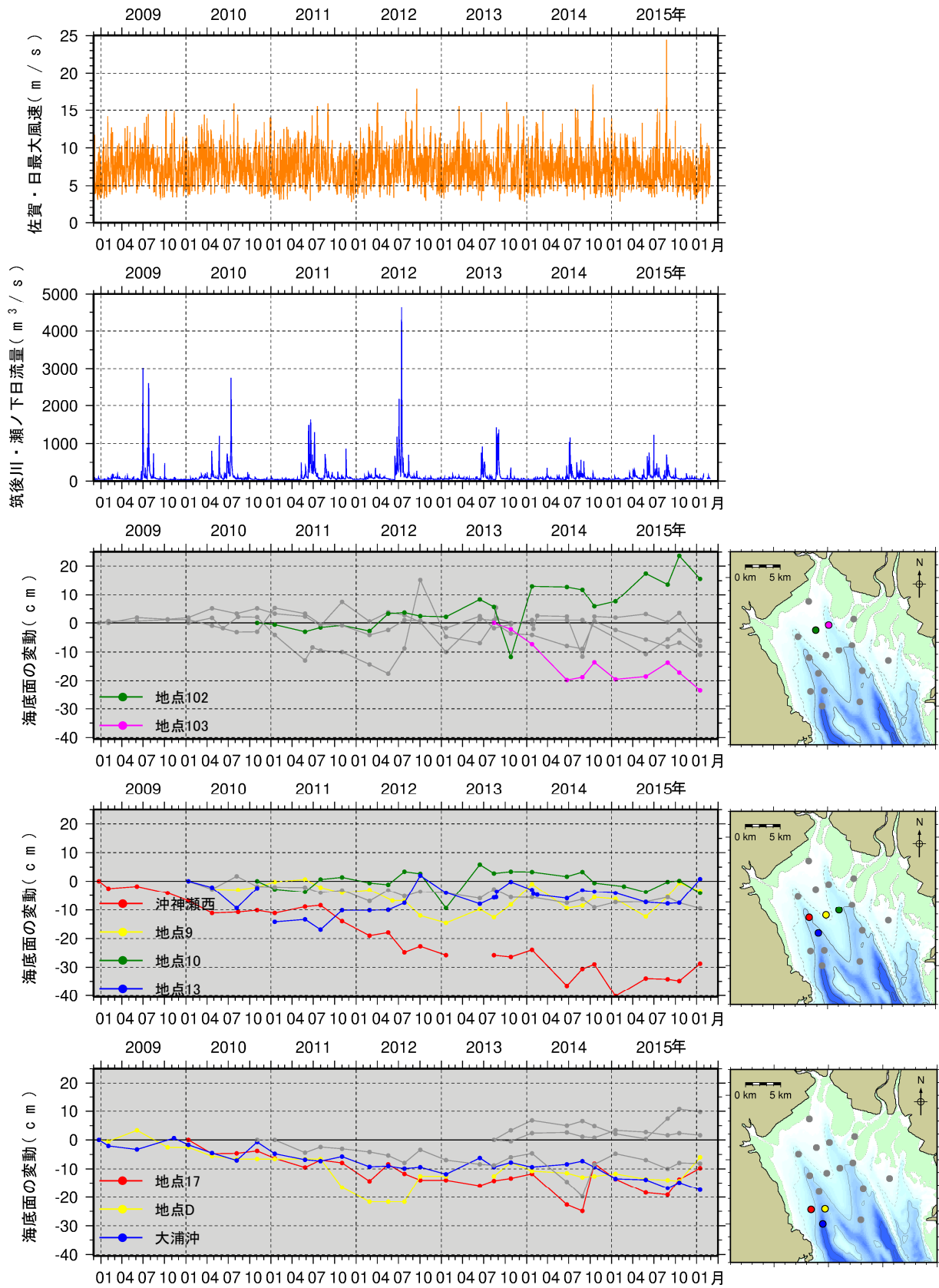


図 19 埋没測定板による海底面の変動の時系列

出典：平成 21～27 年度環境省調査結果より取りまとめ

2016年1月に採取された埋没測定板上の堆積物の中央粒径(Md $\phi$ )と粘土・シルト含有率の分布を図20に示す。

A3海域においては地点Dと大浦沖は砂泥、その他の地点は泥の堆積がみられている。前述のとおり、A3海域では気象イベントの影響を受けると堆積傾向の地点が多くみられており、その堆積する土砂の粒径は粘土・シルト分を多く含んでいると考えられる。

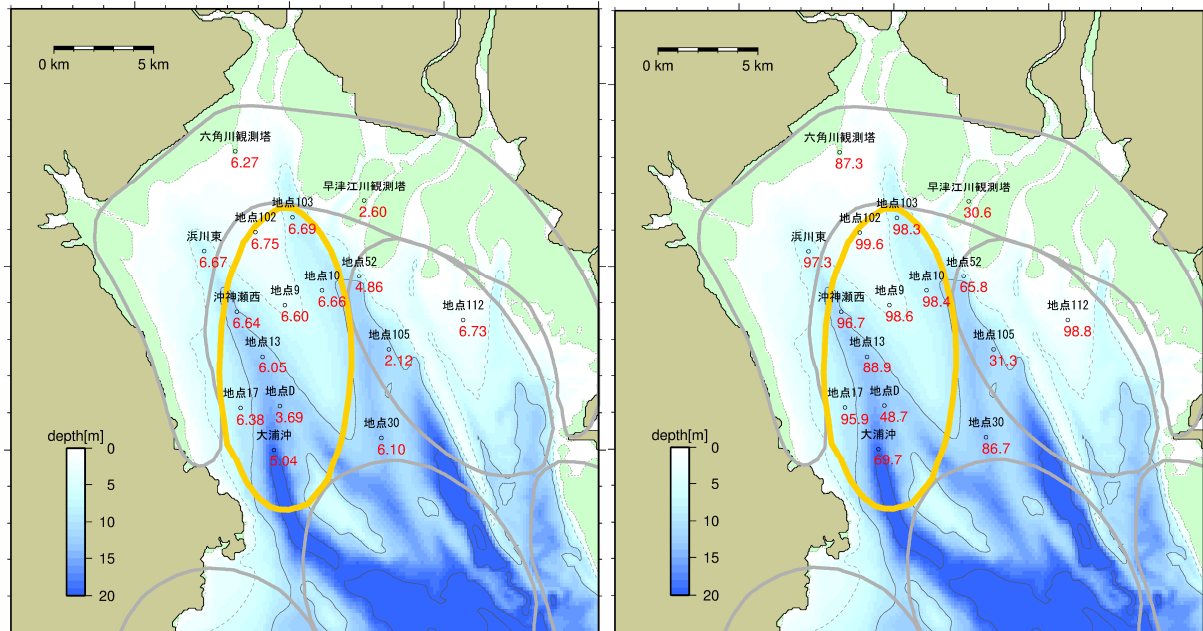


図20 埋没測定板の粒度組成 (左図: Md $\phi$ 、右図: 粘土シルト含有率(%))

出典: 平成27年度環境省調査結果

これらの結果から、底質については、本海域ではデータがある1989年以降において、単調な変化傾向はみられなかった。底質の動向とベントスの生息に明確な関係の有無は確認されなかった。

水質の現状と変化<sup>2</sup>については、次のとおりである。なお、資料4-6(貧酸素水塊)に記載したとおり、貧酸素水塊が有明海奥部で発生することが示されていることから、底層溶存酸素量についても整理した(詳細は、資料4-4(水質)及び資料4-6(貧酸素水塊)に記載している。)

強い成層が発達する夏季(6~9月)にA1海域との境界域で発生した貧酸素水塊がしばしば拡大し、広範囲に貧酸素状態になる。月1回の調査による底層溶存酸素量の年間最低値は、1972年以降、全1測点で1~5mg/L程度であり、減少した。連続観測調査による底層溶存酸素量の日間平均値の年間最低値は、データがある2004年以降、全2測点のうち1測点(P6)で毎年2mg/Lを下回っている。他の1測点(P1)は

<sup>2</sup>統計的に有意かつ10年間で10%(水温については0.25℃)以上の変化について、「増加」、「減少」と記載した(有意水準5%)。また、統計的に有意かつ10年間で10%(水温については0.25℃)未満の変化について、「やや増加」、「やや減少」と記載した。

1～3mg/L 程度である。

透明度は、全1測点で直近5年間は2.6m程度であり、A1海域と比較して1m程度大きく、A7海域と比較して1～6m程度小さい。1972年から現在まで、全1測点でやや上昇した。

### 3 有用二枚貝の減少

本海域では、タイラギは、近年、着底稚貝の発生がほとんど認められないものの、2009～2010 年漁期には成貝の大量成育が認められ、漁獲量の回復がみられた。しかし、2010 年夏季には大量へい死が生じ、以降は再び低迷している(古賀・荒巻 2013)。また、本海域は非干出域でかつアサリの生息に適していない泥分が多い底質であるため、アサリの生息はほとんど認められない。A 1 海域との境界付近はサルボウの生息域であり、漁業が行われている(真崎・小野原 2003)。

#### (1) タイラギ

##### ① 現状と問題点の特定

2009～2010 年漁期には A 3 海域で成貝の大量成育が認められ、漁獲量の回復がみられたが、2010 年夏季には大量へい死が生じ、以降は再び低迷している(図 21)。

なお、タイラギ成貝及び稚貝の分布の推移を資料 6-2 (A 2 海域) の図 19～21 に示す。

漁獲量については海域毎に示せないが、成貝の分布状況(各年度の定点間平均密度、非検出(nd)の定点については 0 とみなして計算)の変化によれば、データのある 1976 年には成貝が少なくとも 100 個体/100m<sup>2</sup>以上存在した地点もあったが、その後減少し、1996 年から 2011 年までは nd～22 個体(平均 2 個体)/100m<sup>2</sup>、2012 年以降は nd～0.1 個体(全平均 0.06 個体)/100m<sup>2</sup>となっており、2012 年以降に資源の低下傾向が顕著になっている(資料 6-2 図 19、図 20)。

また、1997 年以降の稚貝の分布状況(各年度の定点間平均密度)の変化によれば、1997 年から 2011 年まで、タイラギ稚貝が nd～33 個体(平均 5 個体)/100m<sup>2</sup>存在したが、2012 年以降は 0.2～3.4 個体(全平均 1.7 個体)/100m<sup>2</sup>となっており、浮遊幼生の出現低下によると思われる稚貝の出現密度の低下が顕著になっている(資料 6-2 図 21)。



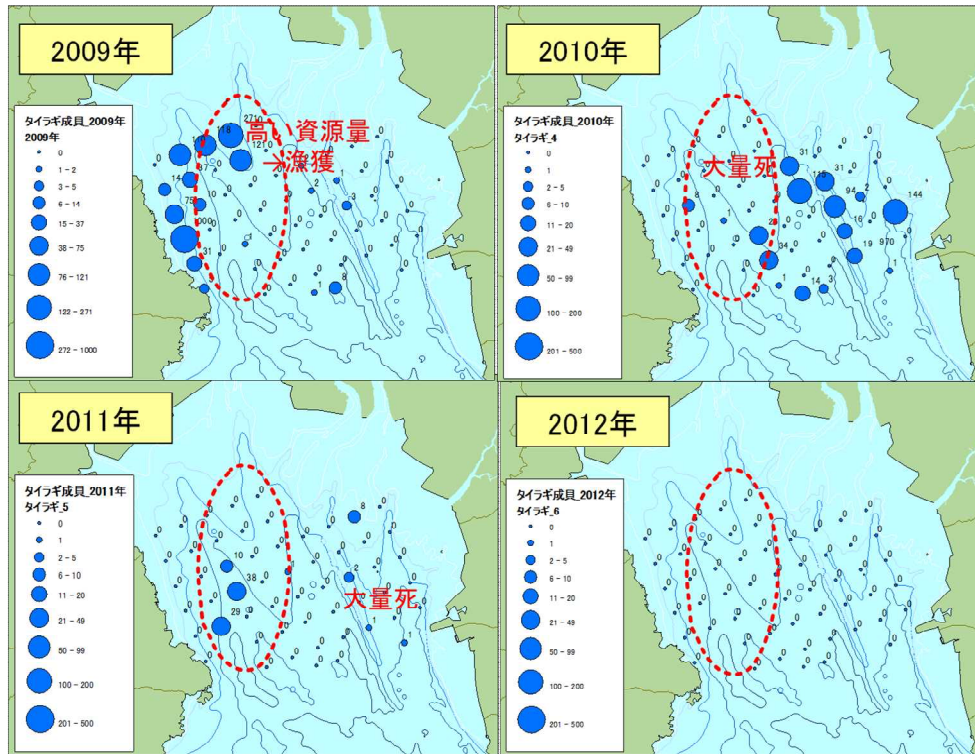


図 21 タイラギ成員生息密度の水平分布  
 (出典：2009～2012年、佐賀県調査結果)  
 凡例において、nd (1個体以下/100m<sup>2</sup>) は0と表示した。

## ② 要因の考察

2009～2010年漁期の成員の大量成育と、2010年夏季の大量へい死の要因を中心に整理・考察した。

## (a) 貧酸素水塊による影響

A3海域では、貧酸素に着目した調査が始まった2001年以降、毎年貧酸素水塊の発生が確認されている。本海域における貧酸素水塊については、夏季の成層の発達(図22)と国内の他の内湾と比較しても大きな酸素消費によってもたらされている。A3海域で実測された底層の酸素消費速度は、測点P6(図23、沖神瀬西)において0.27mg/L/day(児玉ら2009)で、これは柳(2004)の報告による国内の主要内湾(静岡湾、東京湾、三河湾、燧灘、周防灘、洞海湾、大村湾)中で最も高い東京湾の値(0.19～1.48mg/L)に比べて低い値を示す。A3海域では、2008年夏期から秋期にかけて徐々にまとまった量の稚貝が発生し、翌2009年に2008年発生群による成員がA3海域に分布しており、翌年の漁期(2009年12月から2010年4月)にかけて豊漁となった。A3海域では毎年のように貧酸素が発生するものの、2009年夏季の本海域における貧酸素化は比較的軽微であり(図23)、立ち枯れへい死等もみられなかったことから、これが稚貝から成員に成長する期間における高い生存率につながったと考えられる。一方、漁期後も同海域に残存していた2008年級群は、翌2010年の夏季には、継続時間の長い貧酸素水塊の発達(図23)にともなって大量へい死が発生し、その結果この年の漁期の漁獲減少につながった。図24にA3海域の沖神瀬西(P6)付近での詳細調査を示した。貧酸素水塊の発生にともない7月6日から8月10日の間に海域に生息しているタイラギ成員が100%死滅した(図24、荒巻・大隈2011)。A3海域ではA1海域に比べ底層水の酸素消費速度が低いにもかかわらず、A3海域の貧酸素水塊の累積日数はA1海域より多い。これはA1海域で小潮期に発生した貧酸素水塊が、大潮期に向かう過程で沖合のA3海域まで拡大し、それらが水深が深く鉛直混合を受けにくい海域で維持・強化されるためである(徳永ほか2009)。

このことから、この海域では貧酸素水塊がタイラギ資源変動に影響を与えていることが推定される。貧酸素水への曝露によってタイラギのへい死が生じることは、室内実験によっても確認されている(郡司掛ら2009)。

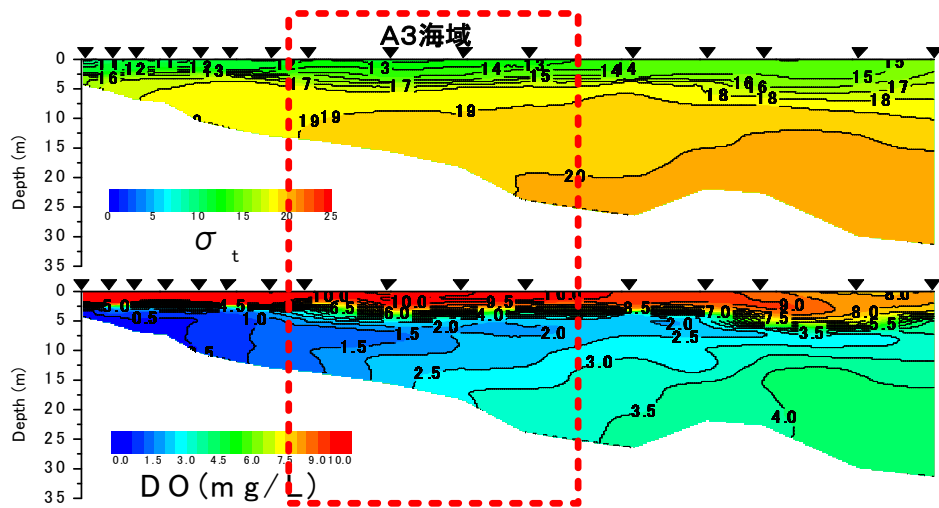


図22 有明海湾奥部における密度構造と溶存酸素量分布 (2010年8月4日)

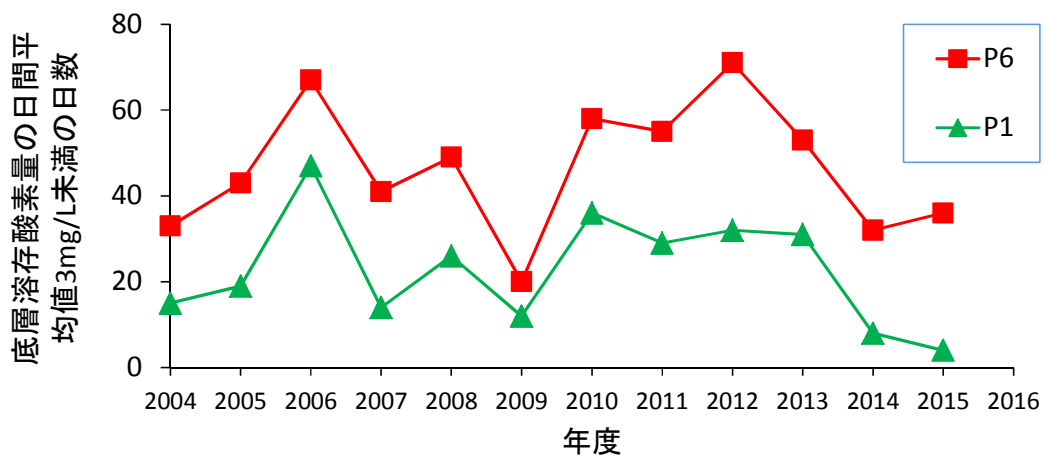
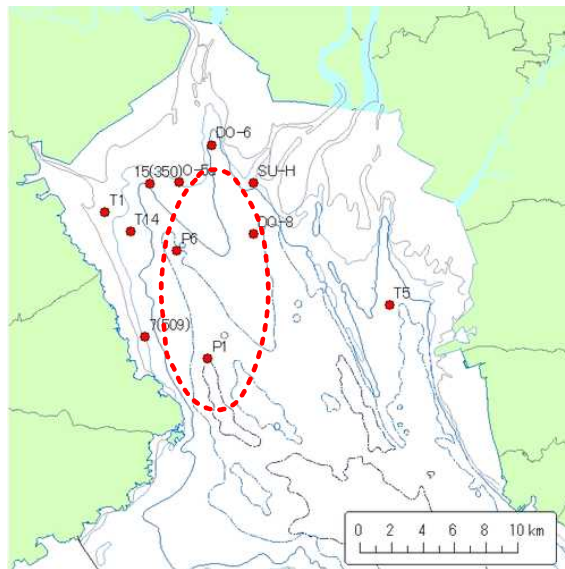


図23 A3海域における溶存酸素観測地点(上図)と底層溶存酸素量の日間平均値3mg/L未満の日数の経年変化(下図)

出典：水産研究・教育機構の調査結果

注) 各年度、各地点の底層溶存酸素量の日間平均値が3mg/L未満となった日数を記載している。

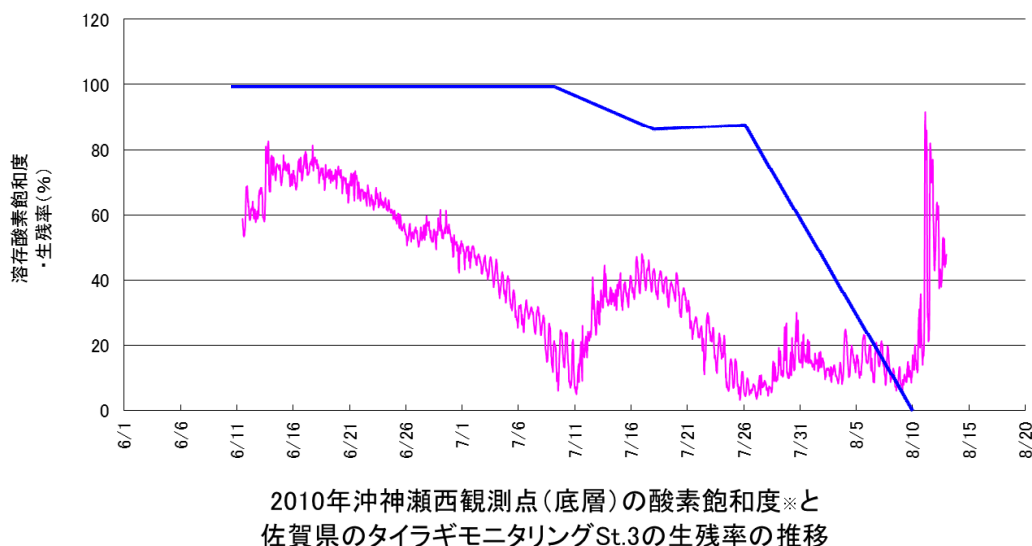


図 24 2010 年沖神瀬西 (P 6) 観測点 (底層) の溶存酸素飽和度とタイラギ生残率の推移

出典：水産総合研究センターの調査結果

本海域における長期的なタイラギ資源の減少には、貧酸素化の長期的進行も影響したと考えられる。A 3 海域では、1970 年代から 1980 年代にかけて貧酸素化の進行が確認されており、それは底層の COD の増加と同期している (図 25)。A 3 海域における溶存酸素量とタイラギ大量死との関係について図 26 に示した。この海域においては、夏季のタイラギ生息調査を開始した 1999 年以降の結果においては、着底稚貝の出現さえほとんど確認できない状況である。そうした中、2008 年にまとまった密度で着底稚貝が観察され、2009 年の漁獲に繋がっている。しかし、この唯一の高密度出現個体群についても、2010 年夏季の貧酸素によって全滅する被害が発生している。稚貝の発生頻度が低いため、貧酸素との因果関係を見いだし難い状況ではあるものの、この海域においては、夏季の貧酸素水塊の発生にともなってタイラギの大量へい死が生じるリスクは高いと言える。A 3 海域がタイラギ生息域として機能していた 1980 年代以前は、底層溶存酸素量は現在より高く推移していた可能性が高く、長期的な貧酸素化傾向がこの海域におけるタイラギ資源の減少要因に大きな影響を与えている可能性が想定される。

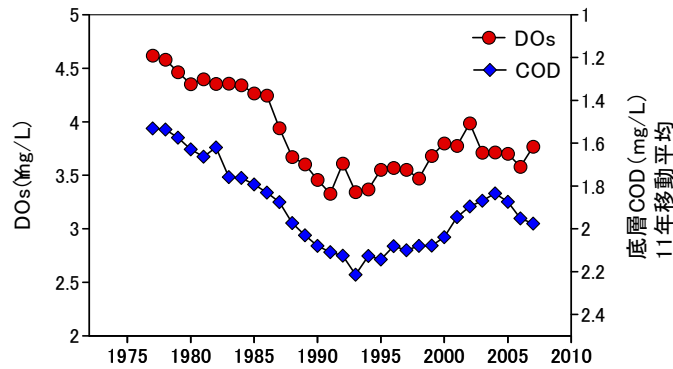


図 25 有明海湾奥部底層における 11 年間で年々の成層強度変動を除いた溶存酸素量 (DO<sub>s</sub>) と 11 年移動平均した COD の経年変化 (速水 2007 を改変)

1970 年代から 2000 年代までの 7 月の浅海定線調査結果について、底層 DO と成層強度をあわせて解析することで、大規模な出水による短期的な成層強度の変動の影響を除き、貧酸素化の長期的な変化を検討し図示したもので、1990 年代前半を谷とした貧酸素の進行が認められる。(出典：速水 (2007) 海洋と生物 173, 577-584)

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	引用文献
1999						3							
2000													
2001				3									
2002													
2003				3	3								
2004					3	3							
2005					3	3	3						
2006				3	3	1	1	3	3	3			
2007					3	3	3	3	1	3			
2008					3	3	3	1	3				古賀・荒巻 (2013)
2009						3							古賀・荒巻 (2013)
2010					3	3	3	3	3				荒巻・大隈 (2011) 荒巻・大隈 (2011)
2011					3	3	1	3	3	3			冬期に徐々に減耗
2012					3	3	3	1	1	3	3	3	
2013					3	3	3	3	1	1	3		
2014					3	3	3	3	3	3			

タイラギ大量死
  3 溶存酸素1~3 mg/L
  1 溶存酸素1 mg/L以下

図 26 A3 海域のタイラギ生息域における溶存酸素とタイラギ大量死との関係  
既往文献および水産総合研究センターによる観測結果から整理した

## (b) 浮遊幼生の供給量減少による影響

2010 年以降のタイラギ資源量低迷の減少として考えられるのが、浮遊幼生の供給量減少である。これについて、2008 年からの調査結果において、A 3 海域におけるタイラギ浮遊幼生量は 2012 年以降はそれ以前に比べて低位で推移している。

本海域におけるタイラギ生息量は、年による変動はあるものの 1990 年代前半までは A 2 海域と同程度あるいはそれ以上の分布がみられた。しかし、1990 年代後半以降は、2009 年を除いてまとまった量の成育がみられなくなった。漁獲量の減少が顕在化しはじめた 1990 年代以降の調査結果によれば、この海域では着底時期の稚貝の量が極めて少ない。これが漁獲量低迷につながっている。稚貝量の変動には、浮遊幼生の供給量と、着底後の死亡率が影響する。2003 年の浮遊幼生量の分布を見ると、1980 年代と大きく変わらない密度で出現しているものの、着底稚貝（及び成貝）がみられなくなっている（図 27）。この状態は、2008～2010 年を除き、2003 年から 2011 年まで確認されている。したがって、この期間については、2008～2010 年を除いて、着底後の死亡率の上昇が起きたと考えられる。2012 年以降については、後述するように、A 3 海域で浮遊幼生発生量が極めて低位で推移しており、浮遊幼生供給量の減少も影響していると考えられる。

なお、1980 年代には、有明海湾奥部（A 2・A 3 海域を合わせたもの）のタイラギ成貝は 2～3 世代で構成されていたが、1999 年には 1 歳のみになっていた（図 28）。このことから、漁獲量の低迷が続く 1990 年代後半以降には、複数の世代で資源が構成されることがなくなり、タイラギ資源の再生産が縮小、不安定化していることがうかがえる。

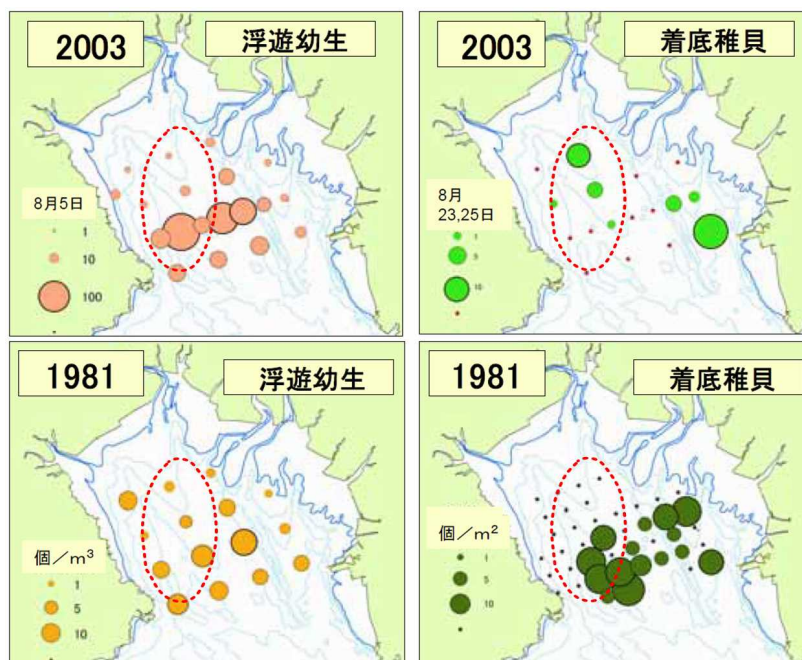
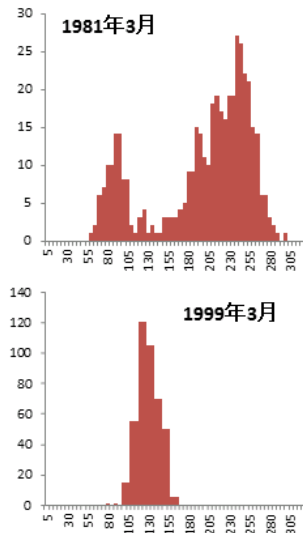


図 27 1981 年と 2003 年のタイラギの浮遊幼生、着底稚貝の分布域の比較  
出典：平成 18 年委員会報告書



1981年までの期間、常に2~3世代群が加入を担っていたが、1999年は1世代群だけが再生産を担っていた。

⇒大型個体の消失で群として小型化。近年は1世代のみの群で構成されることが多くなり、個体数も減少していることから、再生産サイクルに支障が出やすい。

図 28 1981年と1999年のタイラギ殻長組成の比較

出典：

1981年のコホート：タイラギ漁場の形成条件・特に付着器質に関する研究（島崎ら 1985 佐賀県有明水試昭和 58 年度指定調査）

1999年のコホート：有明海北東部漁場におけるタイラギの資源変動

（松井 繁明 2002 福岡県水産海洋技術センター研究報告第12号 29-35）

### (c) 浮泥による影響

着底後の死亡については、浮泥が影響しているとの報告がみられる。浮遊幼生には着底時の底質選択性はなく、砂のない泥の基質ではへい死（砂のある基質では着底後に足糸で砂粒や貝殻に固着して生存）することが実験によって既に確認されている（川原ら 2004）。そのため、海底上の砂粒や貝殻など、タイラギ稚貝が固着する基盤が浮泥（シルト・粘土分）によって覆われてしまうと、タイラギ稚貝の生残に悪影響を及ぼすと推定される（図 29、図 30）。タイラギの覆砂実証調査（福岡県・佐賀県）からは、浮泥の堆積がみられないA2海域の覆砂区ではタイラギ稚貝は生残するが、浮泥が多いA3海域の覆砂区域ではタイラギ稚貝の生息密度が低下してほとんどみられなくなるとの結果が得られている（環境省 有明海・八代海総合調査評価委員会（2006（平成18）年12月）委員会報告）。タイラギの着底稚貝は足糸で底質に殻体を固定して直立し、ろ水活動によって摂餌と呼吸を行うが、海底面を覆う浮泥層厚が着底稚貝の体サイズを越えてしまうと浮泥中に埋没してしまい、着底のみならず、その後のろ水活動にも悪影響を受けて成長阻害や死亡などの影響を受けている恐れがある。ただし、A3海域は、その大半は中央粒径値が7を越える軟泥域であり、底質の泥化（底質の細粒化）について1975年から現在にかけて単調な変化（単調増加、単調減少傾向）はみられていないことに留意する必要がある。

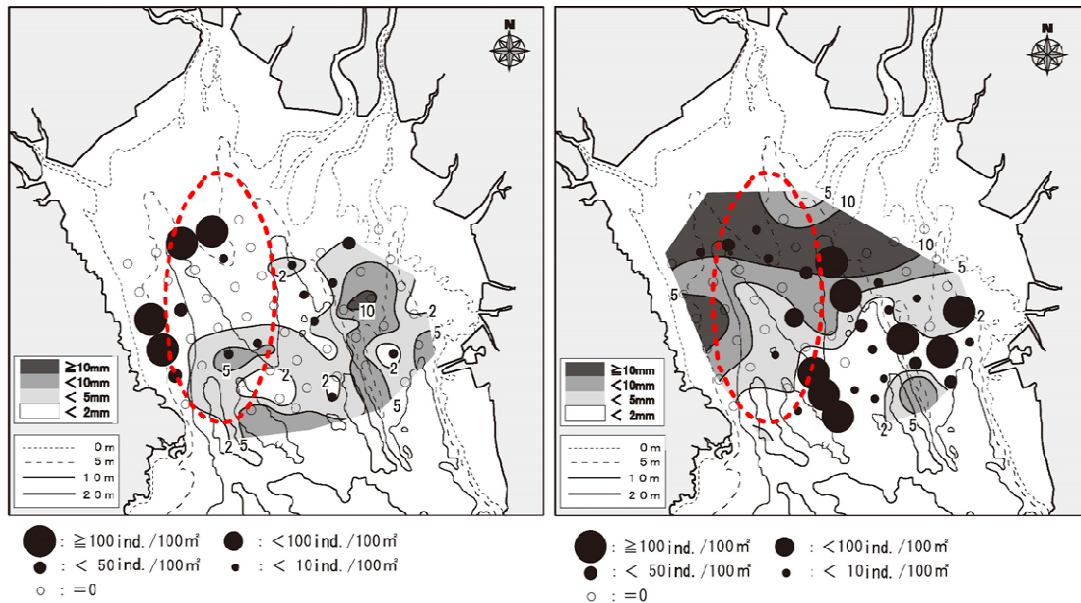


図29 2008年(左)と2009年(右)のタイラギ着底稚貝出現密度と浮泥層厚の水平分布

(出典:古賀・荒巻 2013 一部改変)

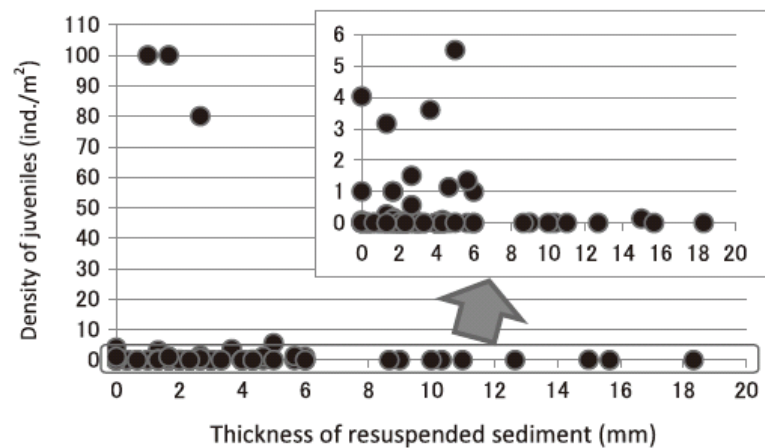


図30 2008～2010年の8月に観測された浮泥層厚とタイラギ着底稚貝の出現密度との関係(古賀・荒巻 2013 一部改変)

出典:古賀・荒巻(2013)佐賀県有明水産振興センター研究報告26号, p13-24.

ここでA3海域の浮泥の挙動について述べる(浮泥の再懸濁画分(SS)が移植タイラギ稚貝に与える影響について調べられた結果については、資料6-2(A2海域)p.30参照)。図31に示した測点P6における調査結果によれば、密度法による浮泥層厚の経時変化は少なく、2015年の8月上旬に10mmを超えた以外は7mm前後で推移しており(図32)、先に示したA2海域よりも大きな値を示した。



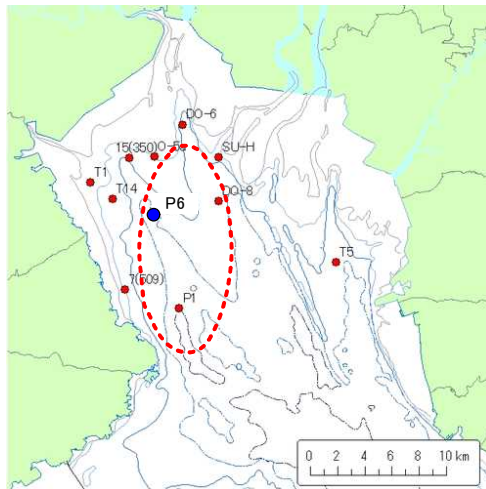


図31 A3海域における浮泥モニタリング測点

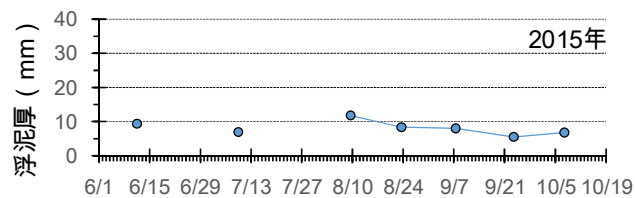


図32 A3海域における浮泥層厚の経時的変化

出典：平成27年有明海二枚貝類の減少要因解明等調査より

A3海域（測点P6）の浮泥分画の物理化学的性状については、中央粒径（Mdφ）でA2海域（測点T5）よりも大きな値を示し、有機炭素含量でもやや大きな値を示した。クロロフィル色素量は中央値で他海域と同程度であるものの変動が大きい（図33）。

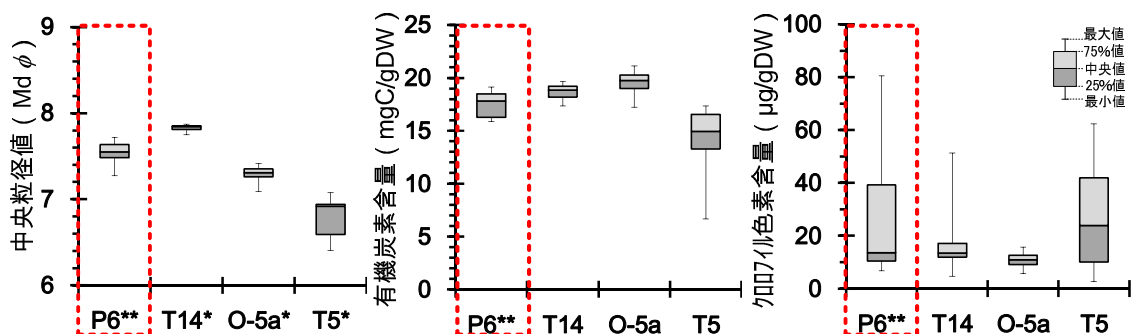


図33 A3海域の夏季(2015年)における浮泥の中央粒径値、有機炭素含量、クロロフィル色素含量

\*は2014年、\*\*は2015年のデータ、それ以外は兩年のデータを使用。

出典：平成27年有明海二枚貝類の減少要因解明等調査より

## (d) その他の原因・要因

タイラギ資源の減少要因の1つとして、ナルトビエイによる食害がある。詳細は資料6-8に記載した。

その他の減耗要因としては、前回委員会報告書でも漁獲圧、ウィルス、化学物質について考察されている。

タイラギの資源管理策については、漁場における資源調査結果に基づき、漁期や操業時間を漁業者や試験研究機関も交えた協議会において調整が行われている。一方で、近年、浮遊幼生や着底稚貝の量が過去と比較して非常に低位で推移している中で、保護すべき資源量の把握など資源の持続的な活用に向けた情報が整理されていない。

## (2) サルボウ

A3海域周辺のサルボウについては、A1海域との境界付近に生息しているため、漁獲量が多いA1海域にまとめて記載した。

#### 4 まとめ

有明海における生物・水産資源に係る問題点として、「ベントスの変化」、「有用二枚貝の減少」、「ノリ養殖の問題」及び「魚類等の変化」の4項目を取り上げ、問題点の有無の確認を行い、これらの問題点の原因・要因の考察や海域の物理環境等の現状・変化について整理した。

A 3 海域(有明海湾奥西部)では、問題点として「有用二枚貝の減少」がみられ、その原因・要因の考察を行った。なお、問題点の明確な特定には至らなかったが、ベントス(底生生物)については種組成や個体数の変化が確認されたことに留意する必要がある。

なお、「魚類等の変化」に関する原因・要因の考察や、「有用二枚貝の減少」の要因のうちエイ類による食害等に関する考察については、有明海全体でまとめて別に記載した(資料 6-9 参照)。

ベントスについては、1970 年頃のデータが無く、1970 年代と現在の変化は比較できず不明である。1989 年夏季及び 2000 年夏季のデータ並びに 2005 年から約 10 年間のデータにより、傾向の整理を行った。

具体的には、1989 年夏季と 2000 年夏季の調査を比較すると、全マクロベントスの平均密度が 5,577 個体/m<sup>2</sup>(1989 年)から 1,658 個体/m<sup>2</sup>(2000 年)へと約 1/3 に減少しており、多毛類、甲殻類等は増加し、二枚貝類、クモヒトデ類は減少していた。また、調査手法は異なるが、2005 年以降のモニタリング結果では、種組成はさらに変化し、2007 年頃までは節足動物、それ以降は環形動物が個体数の上で高い割合を占め、二枚貝類が多くみられた。全 1 地点(Asg-4)で環形動物門の種類数に増加傾向がみられたが、これ以外のベントスでは、種類数、個体数に単調な増加・減少傾向はみられなかった。データがある 2005 年以降は、特定の優占種(ホソツツムシ等の短命種やダルマゴカイ等の有機汚濁耐性種)により、総個体数が大きく変動している。最大値は最小値の約 30 倍になっており、群集構造は大きく変動していると考えられる。

底質については、データがある 1989 年以降において、単調な変化傾向はみられなかった。本海域では底質の動向とベントスの生息に明確な関係の有無は確認されなかった。

- ・ 底質の泥化(細粒化)については、データがある 1975 年から 2010 年にかけても、ベントスとの比較ができる 1989 年から 2010 年にかけても、海域全体で単調な変化(細粒化・粗粒化傾向)はみられなかった。なお、含泥率について、場所によっては増加傾向を示す地点がみられることに留意が必要である(2008 年から 2013 年にかけてのデータより)。
- ・ 底質の硫化物については、データがある 1989 年から 2010 年にかけて、海域全体で単調な増加・減少傾向はみられなかった。総硫化物量が 0.5mg/g 以上の地点は全 17 地点のうち 2~5 地点であり、隣接する A 2 海域より多い。
- ・ 底質の有機物に関して、強熱減量はデータがある 1989 年から 2010 年にかけて、海域全体で単調な増加・減少傾向はみられなかった。強熱減量が 10%以上の地点は全 17 地点のうち 12~15 地点であり、隣接する A 2 海域より多い。また、COD はデータがある 2001 年以降の期間において、全 1 地点で 8~15mg/g 程度であり、増加傾向がみられた。

- ・ 浮泥を含む堆積物については、埋没測定板を用いた堆積厚の調査を行った 2009 年から 2015 年にかけて全 9 地点で単調な増加傾向はみられず、地点によっては減少傾向がみられた。

水質の現状と変化<sup>3</sup>については、次のとおりである。なお、資料 4-6 (貧酸素水塊) に記載したとおり、貧酸素水塊が有明海奥部で発生することが示されていることから、底層溶存酸素量について整理した(詳細は、資料 4-4 (水質) 及び資料 4-6 (貧酸素水塊) に記載している。)

- ・ 強い成層が発達する夏季(6~9月)に A 1 海域との境界域で発生した貧酸素水塊がしばしば拡大し、広範囲に貧酸素状態になる。月 1 回の調査による底層溶存酸素量の年間最低値は、1972 年以降、全 1 測点で 1~5mg/L 程度であり、減少した。また、連続観測調査による底層溶存酸素量の日間平均値の年間最低値は、データがある 2004 年以降、全 2 測点のうち 1 測点(P6)で毎年 2mg/L を下回っている。他の 1 測点(P1)は 1~3mg/L 程度である。
- ・ 透明度は、全 1 測点で直近 5 年間は 2.6m 程度であり、A 1 海域と比較して 1m 程度大きく、A 7 海域と比較して 1~6m 程度小さい。1972 年から現在まで、全 1 測点でやや上昇した。

有用二枚貝のうちタイラギについては、2009~2010 年漁期には A 3 海域で成貝の大量成育が認められ、漁獲量の回復がみられたが、2010 年夏季には大量へい死が生じ、以降は再び低迷している。

漁獲量については海域毎に示せないが、成貝の分布状況(各年度の定点間平均密度)の変化によれば、データのある 1976 年にはタイラギ成貝が 100 個体/100m<sup>2</sup>以上存在した地点もあったが、その後減少し、1996 年から 2011 年までは nd~22.1 個体(全平均 1.9 個体)/100m<sup>2</sup>、2012 年以降は nd~0.1 個体(全平均 0.06 個体)/100m<sup>2</sup> となっており、2012 年以降に資源の低下傾向が顕著になっている。また、1997 年以降の稚貝の分布状況(各年度の定点間平均密度)の変化によれば、1997 年から 2011 年まで、タイラギ稚貝が nd~33 個体(全平均 5 個体)/100m<sup>2</sup> 存在したが、2012 年以降は 0.2~3 個体(全平均 1.7 個体)/100m<sup>2</sup> となっており、稚貝の出現密度の低下が顕著になっている。タイラギ浮遊幼生の供給量は 2012 年以降、それ以前に比べて 1/4~1 桁程度低位で推移している。こうした資源量の急減により、2012 年から 2015 年にかけて 4 年連続の休漁に追い込まれている。

A 3 海域では、貧酸素水塊がタイラギの資源減少の要因の 1 つと推定される。前述のように、底層溶存酸素量の年間最低値は 1972 年以降減少している。夏季のタイラギ生息調査データのある 1999 年以降において、2008 年に徐々にまとまった量の稚貝が発生し、2009 年の漁期にかけて豊漁となった。2009 年夏季は貧酸素累積日数が小さく、貧酸素化は比較的軽微であった。2010 年夏季には、貧酸素水塊の発達に伴ってタイラギ成貝の大量へい死が発生した。

また、タイラギの浮遊幼生や着底稚貝の量が非常に低位で推移している中で、課題の 1 つとして、保護すべき資源量の把握など資源の持続的な活用に向けた情報が

<sup>3</sup>統計的に有意かつ 10 年間で 10% (水温については 0.25℃) 以上の変化について、「増加」、「減少」と記載した(有意水準 5%)。また、統計的に有意かつ 10 年間で 10% (水温については 0.25℃) 未満の変化について、「やや増加」、「やや減少」と記載した。

整理されていないことが挙げられる。

タイラギ稚貝が浮泥の堆積によって覆われるとその生存に悪影響を及ぼすと推定される旨の報告や、底層付近の SS 濃度が大きいとタイラギの生残率が低いというデータがある。一方、本海域において、浮泥を含む堆積物について、データのあ  
る 2009 年以降において全 9 地点で単調な増加傾向はみられなかった。このため、  
浮泥がタイラギ資源の長期的な減少に影響したかどうかは不明である。

サルボウについて、夏季にへい死が生じている。

そのへい死の要因として、夏季の貧酸素化に伴った底質中の硫化水素の増加等が  
へい死を引き起こしている可能性が高いという報告がある。

その他、有用二枚貝の減少を引き起こすおそれがある共通の要因の 1 つとして、  
エイ類による食害がある。詳細は資料 6-8 に記載した。