

## A2 海域（有明海湾奥東部）の問題点と原因・要因の考察（4章関係）

### 1 この海域の特性

A2 海域(有明海湾奥部東部)は図1に示すように、筑後川沖の東西海底水道周辺や峰の洲を含む海域に位置している。

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）委員会報告によると、水平的には反時計回りの平均流が形成され、大串ら(2007)によると鉛直的にはエスチュアリ循環によって表層では湾口向きに、下層では湾奥向きの流れが形成されている。

水質については、園田ら(2008)は筑後川からの影響が大きく、塩分の年間変動からみて、出水時には全層にわたって河川水が流入し、栄養塩類(DIN)が反時計回りに移流・拡散していくことや、塩分が有明海の中では低く、梅雨時期の河川からの淡水流入により低下すると報告している。筑後川から流入したDINがA1海域から流入するため、有明海では濃度が高く、筑後川の影響を大きく受けている。DINは河川流量の増加に伴い高くなる。横山ら(2008)は出水時に筑後川等から流入した分は河口沖に堆積し、その後、感潮河道へ逆流するものを除いてエスチュアリ循環によって干潟前縁部から湾奥へ移流されることを報告している。

底質は、筑後川沖東海底水道付近の泥質から峰の洲の砂質まで変化に富む。粒度の変化傾向は地点によって異なり、Mdφは1~7程度、粘土・シルト含有率は0~100%と幅広い。

貧酸素水塊については、希に海底付近の溶存酸素量が3mg/Lを下回ることがあるが(松井・筑紫 2003)、干満差に由来する速い潮流によって水塊の滞留性が低いため、基本的に顕著な貧酸素水塊は発生しにくい。

赤潮について、本海域は2011~2015年の赤潮発生件数が27件である。

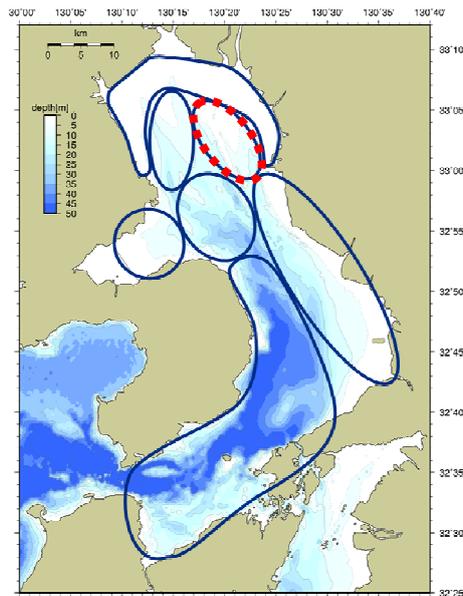


図1 A2海域位置

## 2 ベントスの変化

### ① 現状と問題点の特定

A2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2,595個体/m<sup>2</sup>(1989年)から2,085個体/m<sup>2</sup>(2000年)に減少しており、多毛類、甲殻類、クモヒトデ類は増加し、二枚貝類、その他は減少していた(表1)。

表1 A2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	2,595	44.1	40.8	4.0	1.9	12.3
2000年	2,085	58.8	15.0	16.7	4.6	4.8

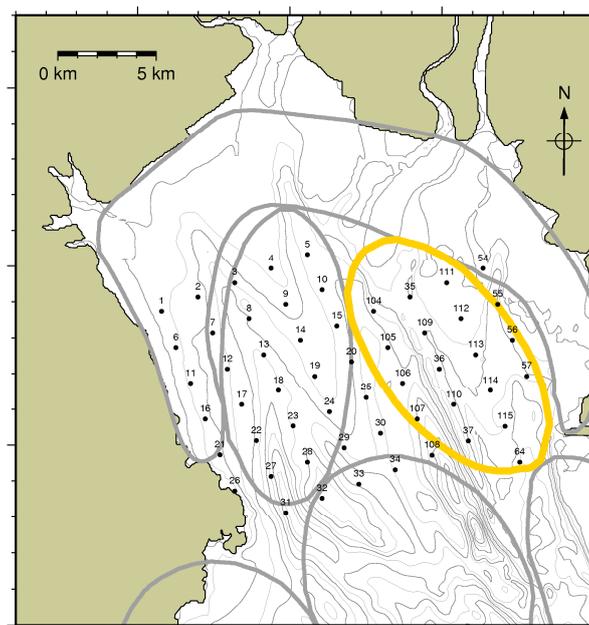


図2 マクロベントス調査地点

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 A2 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、それ以降は軟体動物が個体数の上で高い割合を占め、泥質に生息する二枚貝類が主要種となっていた。2005 年以降は、総種類数、軟体動物門及び節足動物門の種類数に減少傾向がみられ、個体数では節足動物門に減少傾向がみられた。これ以外のベントスでは、種類数、個体数に経年的に単調な増加・減少傾向はみられなかった。2005 年以降は特定の優占種 (日和見的で短命な有機汚濁耐性種) 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 90 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 (表 2 に具体的に示す)。

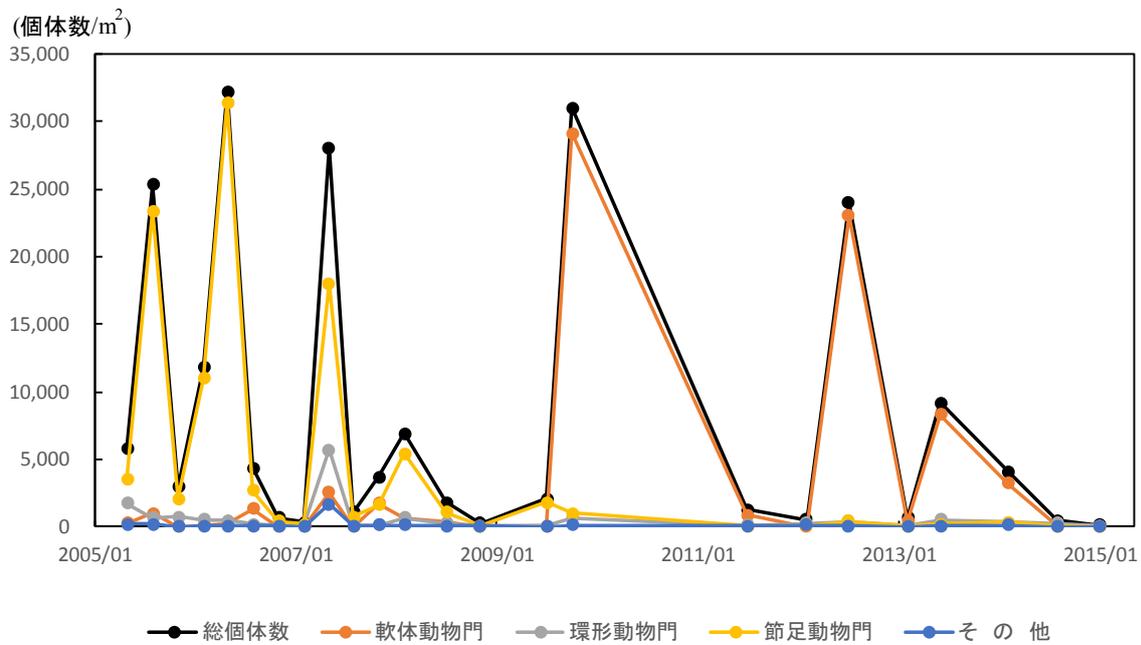
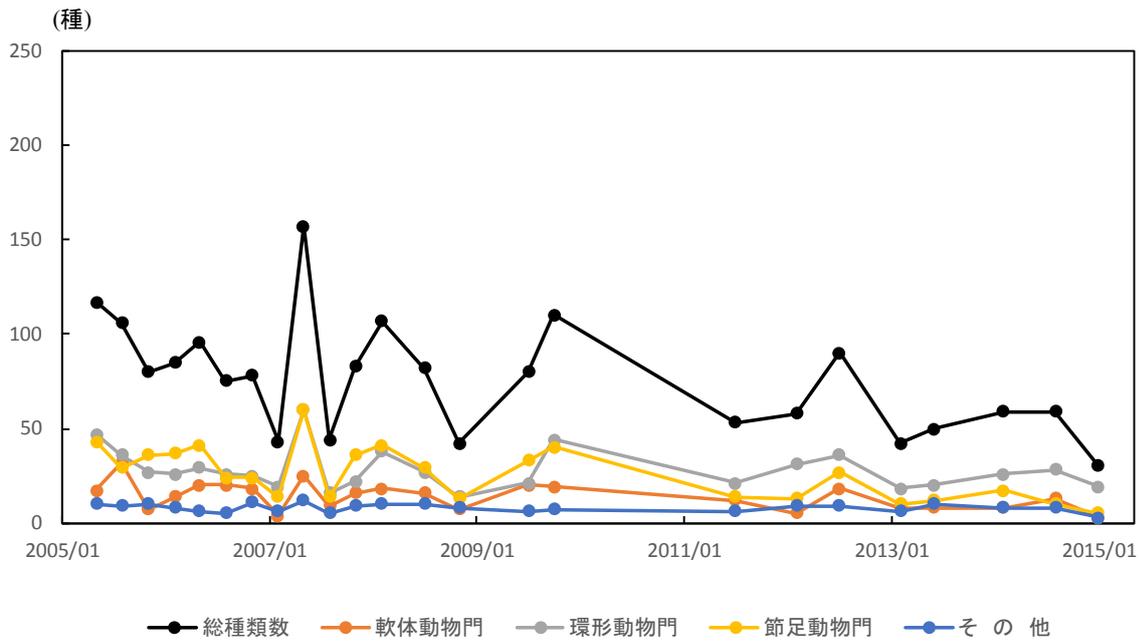


図3 A2海域におけるベントスの推移  
出典：平成17～26年度環境省調査結果

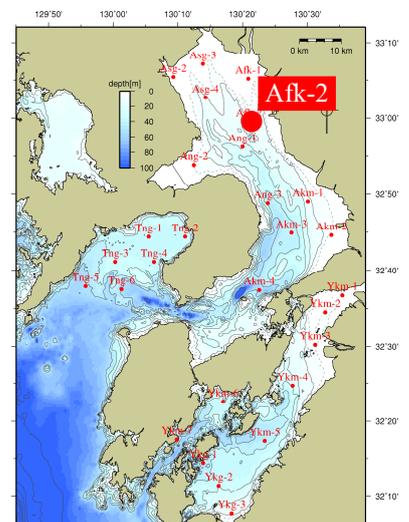


表2 A2海域におけるベントスの出現主要種の推移

A-2			
Afk-2			
年月	門等	種名	個体数割合
2005/05	節足動物門	ユボソコビ科	31.7
	環形動物門	シス亜科	7.6
	環形動物門	カザリコカイ科	6.0
2005/08	節足動物門	Corophium sp.	43.8
	節足動物門	ホソツムシ	31.0
	節足動物門	フヒゲソコビ科	9.7
2005/11	節足動物門	タヌ目	43.4
	環形動物門	ハラオニス科	8.3
	環形動物門	シス亜科	7.7
2006/02	節足動物門	タヌ目	33.1
	節足動物門	レプトケリア科	27.2
	節足動物門	ユボソコビ科	14.1
2006/05	節足動物門	Corophium sp.	72.1
	節足動物門	ホソコビ	7.0
	節足動物門	カガソコビ	5.5
2006/08	節足動物門	ホソツムシ	15.1
	軟体動物門 二枚貝類	ホトギスガイ	12.5
	節足動物門	タヌ目	11.1
2006/11	節足動物門	カハシ目	16.0
	節足動物門	Urothoe sp.	8.5
	節足動物門	Photis sp.	6.6
2007/02	節足動物門	タヌ目	29.8
	節足動物門	Urothoe sp.	7.4
	環形動物門	ハラオニス科	5.9
2007/05	節足動物門	Photis sp.	21.8
	節足動物門	ユボソコビ	8.4
	軟体動物門 二枚貝類	チリキガイ科	6.3
2007/08	節足動物門	タヌ目	45.7
	節足動物門	カハシ目	9.6
	紐形動物門	紐形動物門	7.2
2007/11	軟体動物門 二枚貝類	イガイ科	23.9
	軟体動物門 二枚貝類	ヤマトギスガイ	21.2
	節足動物門	タヌ目	20.1
2008/02	節足動物門	レプトケリア科	25.0
	節足動物門	タヌ目	22.6
	節足動物門	Photis sp.	6.6
2008/07	節足動物門	Urothoe sp.	43.1
	軟体動物門 二枚貝類	ヤマトギスガイ	16.0
	環形動物門	カザリコカイ科	5.9
2008/11	紐形動物門	紐形動物門	16.6
	節足動物門	ハラオニス科	16.6
	節足動物門	ニッポンスガメ	9.9
2009/07	節足動物門	レプトケリア科	32.4
	節足動物門	Urothoe sp.	21.3
	節足動物門	Byblis sp.	4.3
2009/10	軟体動物門 二枚貝類	ホトギスガイ	93.6
	節足動物門	ニッポンスガメ	1.2
	節足動物門	カガソコビ	0.6
2011/07	軟体動物門 二枚貝類	ホトギスガイ	63.8
	棘皮動物門	ケヒトデ綱	7.4
	環形動物門	カザリコカイ科	4.5
2012/02	環形動物門	エウソコネ亜科	21.6
	節足動物門	カガソコビ	11.6
	袋形生物門	線虫綱	11.3
2012/07	軟体動物門 二枚貝類	Musculista sp.	62.8
	軟体動物門 二枚貝類	ホトギスガイ	28.2
	軟体動物門 二枚貝類	イガイ科	4.9
2013/02	軟体動物門 二枚貝類	ヒメカノアサリ	50.1
	節足動物門	レプトケリア科	7.2
	軟体動物門 二枚貝類	キセワタガイ科	6.3
2013/08	環形動物門	Scolecopsis sp.	59.0
	軟体動物門 二枚貝類	ヒロートマクラガイ	20.8
	環形動物門	タマコカイ	10.2
2014/02	刺胞動物門	ヒドロムシ綱	78.1
	環形動物門	モクリオトヒメ	2.9
	星口動物門	星口動物門	2.8
2014/08	環形動物門	ウケムシ	16.5
	軟体動物門 二枚貝類	サクラガイ属	8.1
	軟体動物門 二枚貝類	ヒメカノアサリ	6.2
2015/01	環形動物門	エウソコネ亜科	23.6
	環形動物門	Paralacydonia paradoxa	9.7
	環形動物門	Ophiodromus sp.	5.6
	軟体動物門 二枚貝類	ケトリガイ	5.6

## 【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、Afk-2 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

A2 海域における出現主要種の変遷を詳細にみると、主要種のなかで、2005 年から 2010 年までは節足動物が多くみられたが、2011 年以降は棘皮動物、袋形動物及び環形動物が多くみられるようになり、2012 年は軟体動物（二枚貝類）が主要種となっている。

総個体数が多かった 2005 年 8 月には *Corophium* sp.（ドロクダムシ類）やホソツムシ、2006 年 5 月には *Corophium* sp.（ドロクダムシ類）、2007 年 5 月には *Photis* sp.、2009 年 10 月にはホトトギスガイ、2012 年 7 月には *Musculista* sp.（ホトトギスガイ属）が多くみられた。

なお、2009 年以降、軟体動物の個体数が多く、個体数の推移と出現主要種の推移のデータを勘案すると、個体数の多い年はホトトギスガイが占有していると推察される。ホトトギスマットの形成は、二枚貝類が貧酸素や硫化物の影響を受けていないことを示唆する。

## 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、泥化の判定を、

- 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。

なお、A2海域には覆砂域が一部でみられており、出水時等に砂→シルト(粘土)の変化がみられるが、短期的な変動なので生物の生息環境の観点から大きな影響はないと考える。

底質の泥化については、表3に示すとおり海域全体で単調な粒径変化(単調増加・単調減少)はみられなかった。

表3 A2海域の底表泥の属性 (1989年～2010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	0地点	3地点
2000年9月	2地点	2地点
2005年10月	0地点	6地点
2009年5月	1地点	4地点
2010年10月	0地点	5地点

※1 各年共通地点 18 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

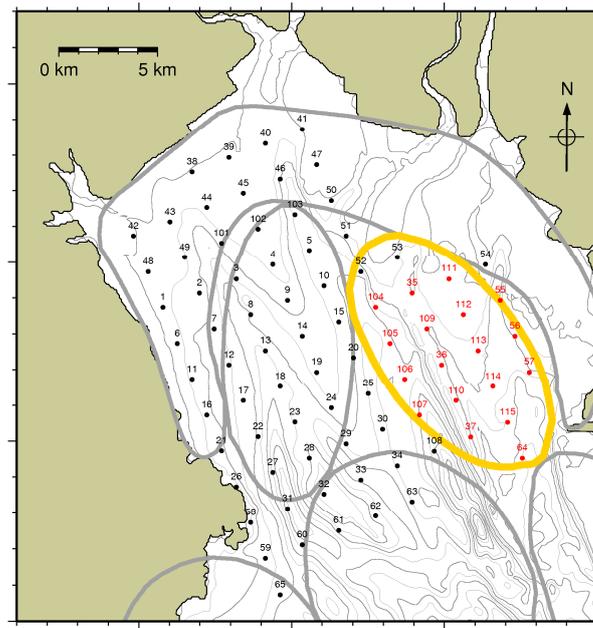
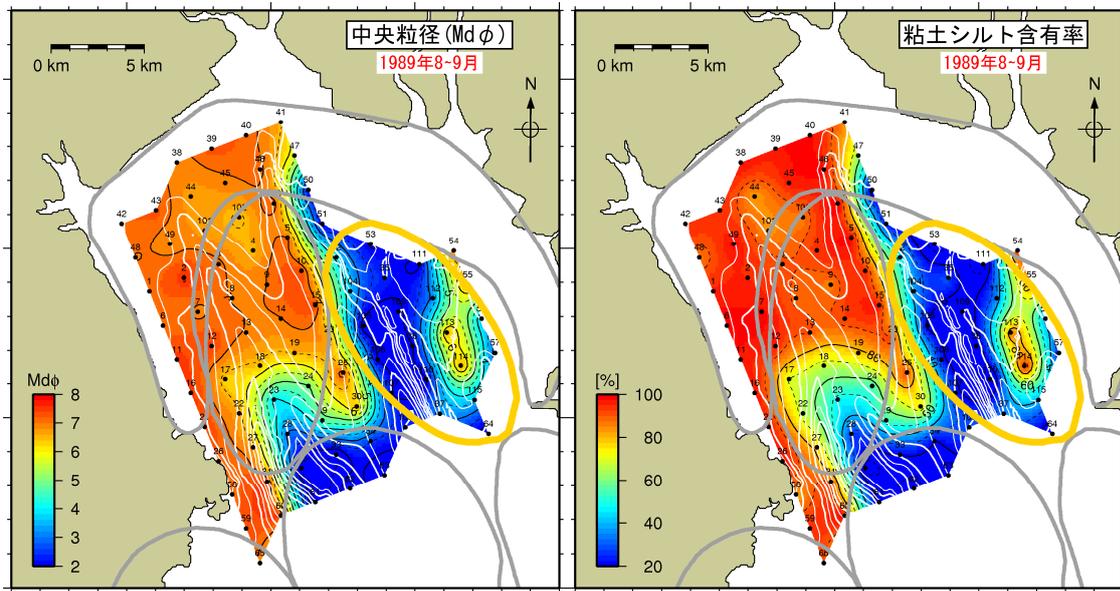


図4 底質調査地点

(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。

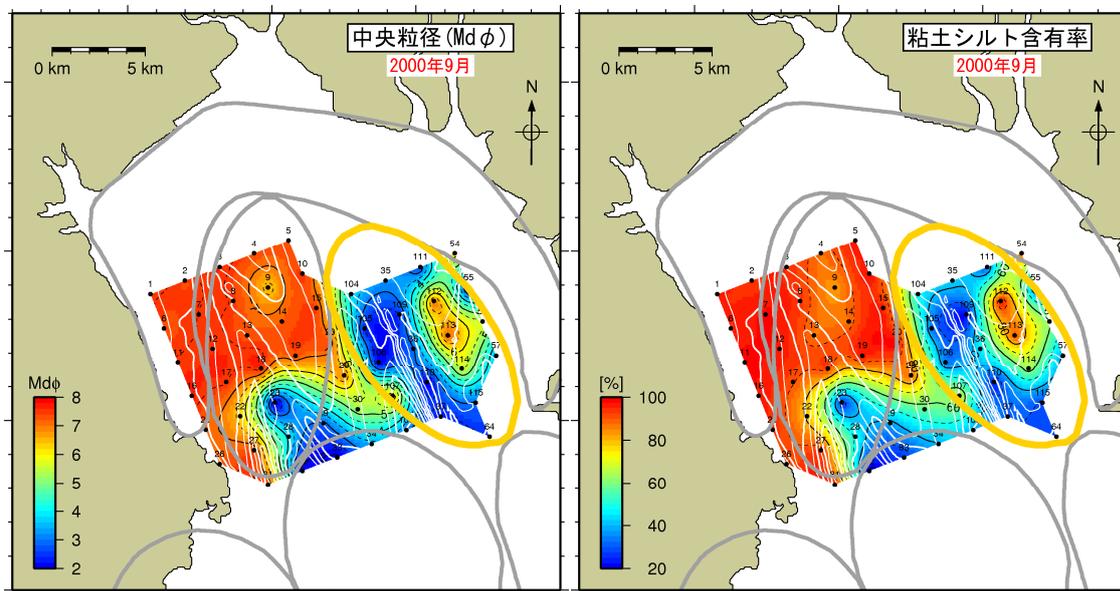


(中央粒径)

(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)



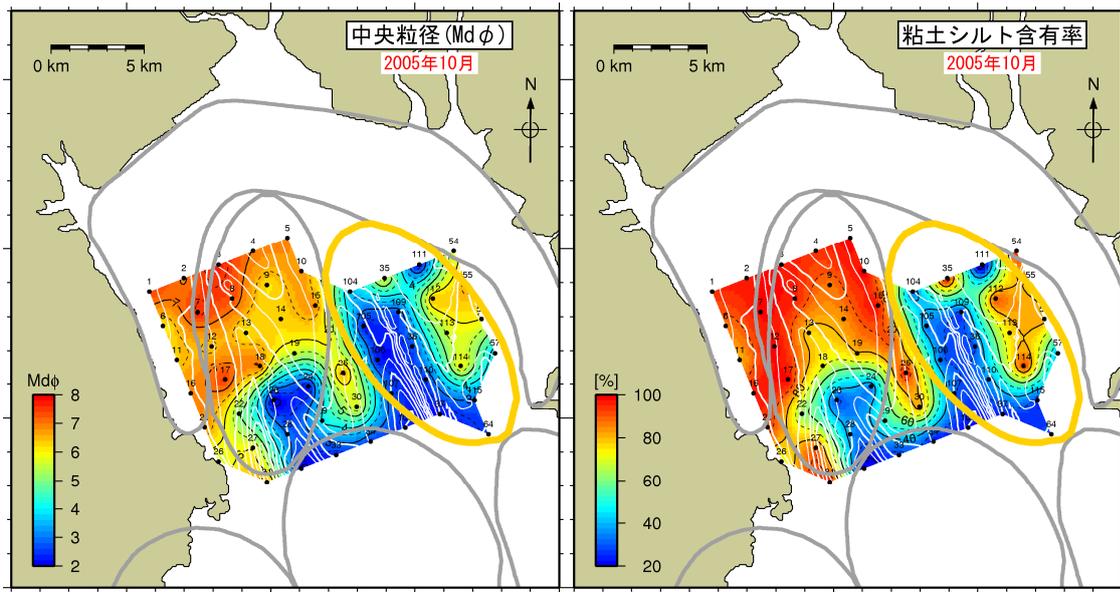
(中央粒径)

(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

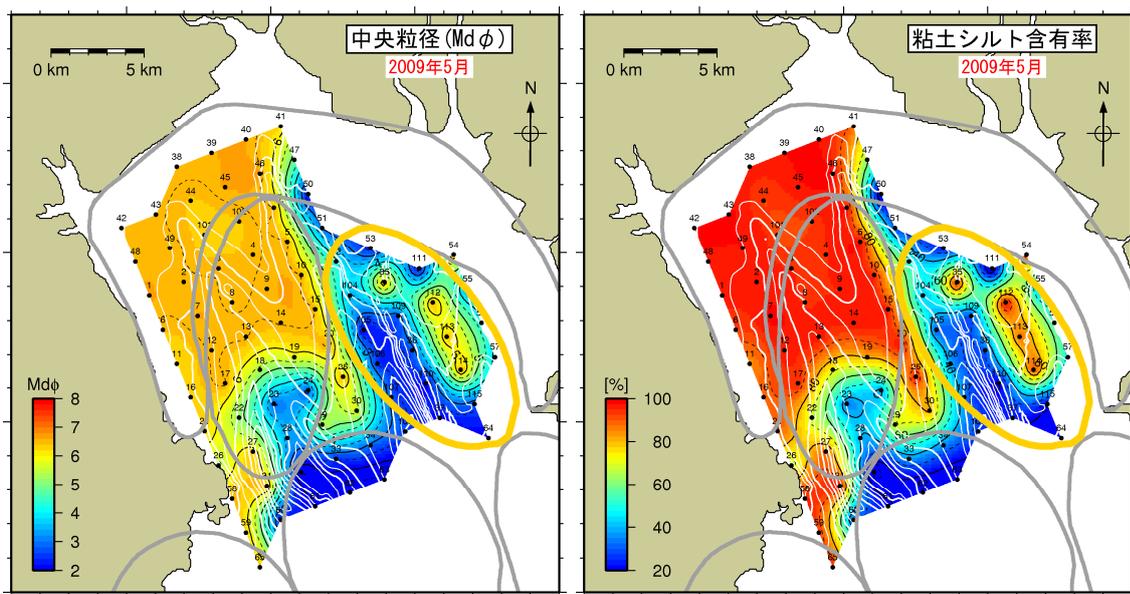
(2) 中央粒径(Mdφ)と粘土・シルト含有率のコンター (採取年：2000年)

図5(1) A2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

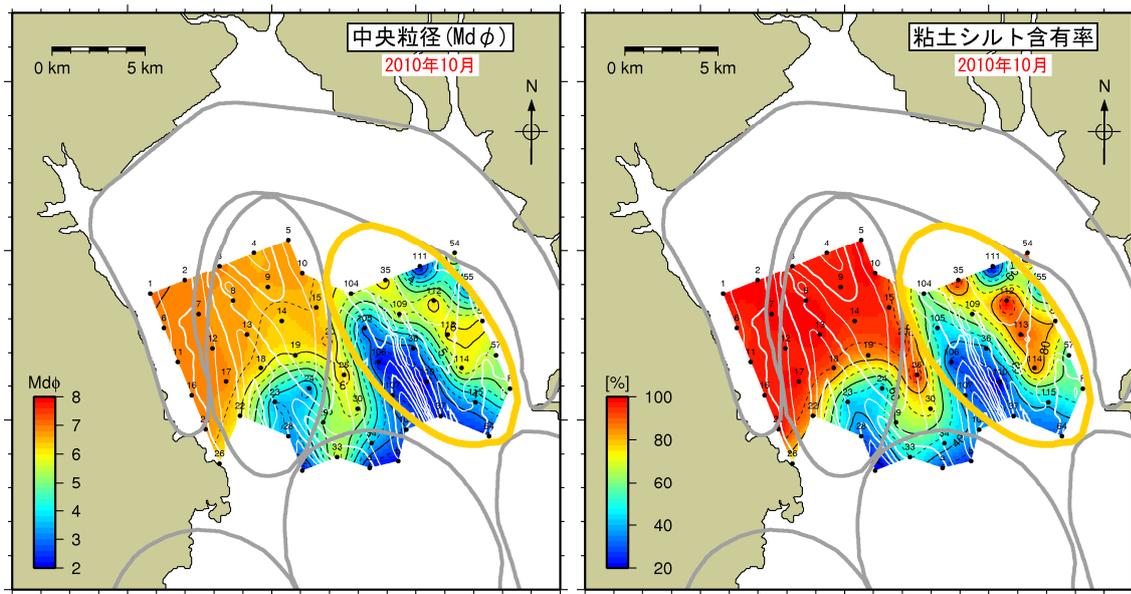
(3) 中央粒径(Mdφ)と粘土・シルト含有率のコンター (採取年: 2005年)



(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) A2海域の底質分布 (2005~2009年)



(中央粒径)

(粘土・シルト含有率)

※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) A2 海域の底質分布 (2010 年)

図 5 を基に、各調査間における底質の変動を整理し、図 6 及び図 7 に示す。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) 傾向の値を示しているが (図 6)、2000 年から 2009 年では場所によって傾向は異なっている (図 7)。

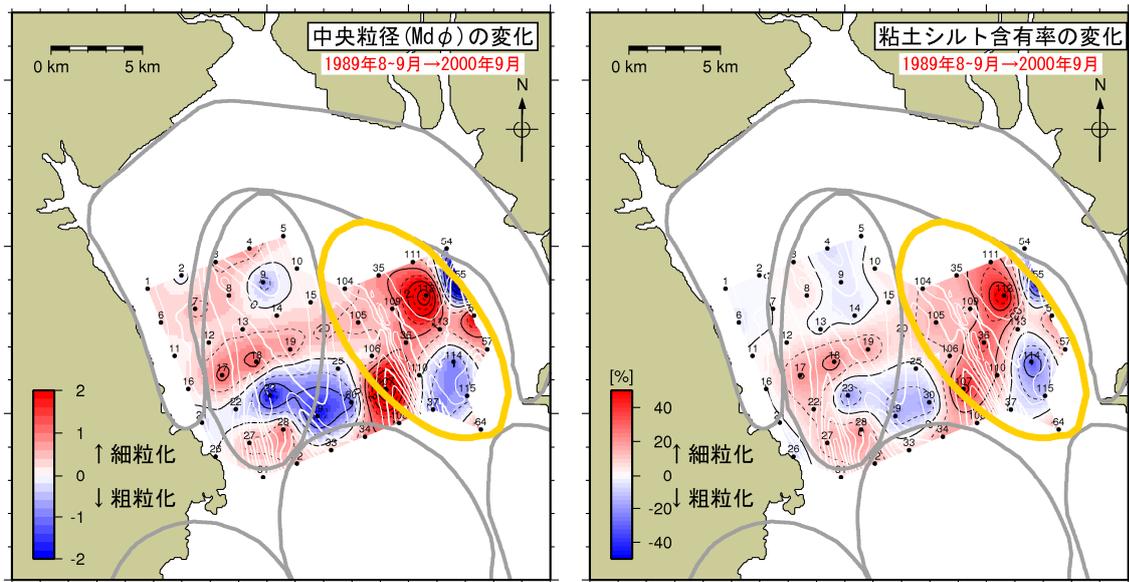


図6 中央粒径と粘土・シルト含有率の分布の変化 (1989～2000年の差)

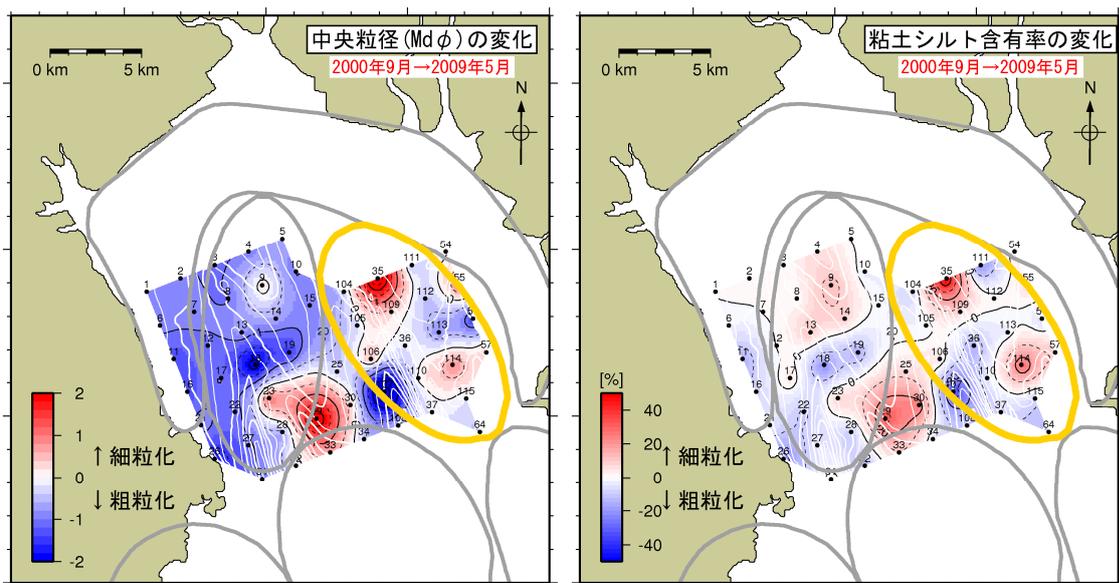


図7 中央粒径と粘土・シルト含有率の分布の変化 (2000～2009年の差)

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
- :覆砂対象エリアのため解析対象外
- 数字: 含有率の差分(%)

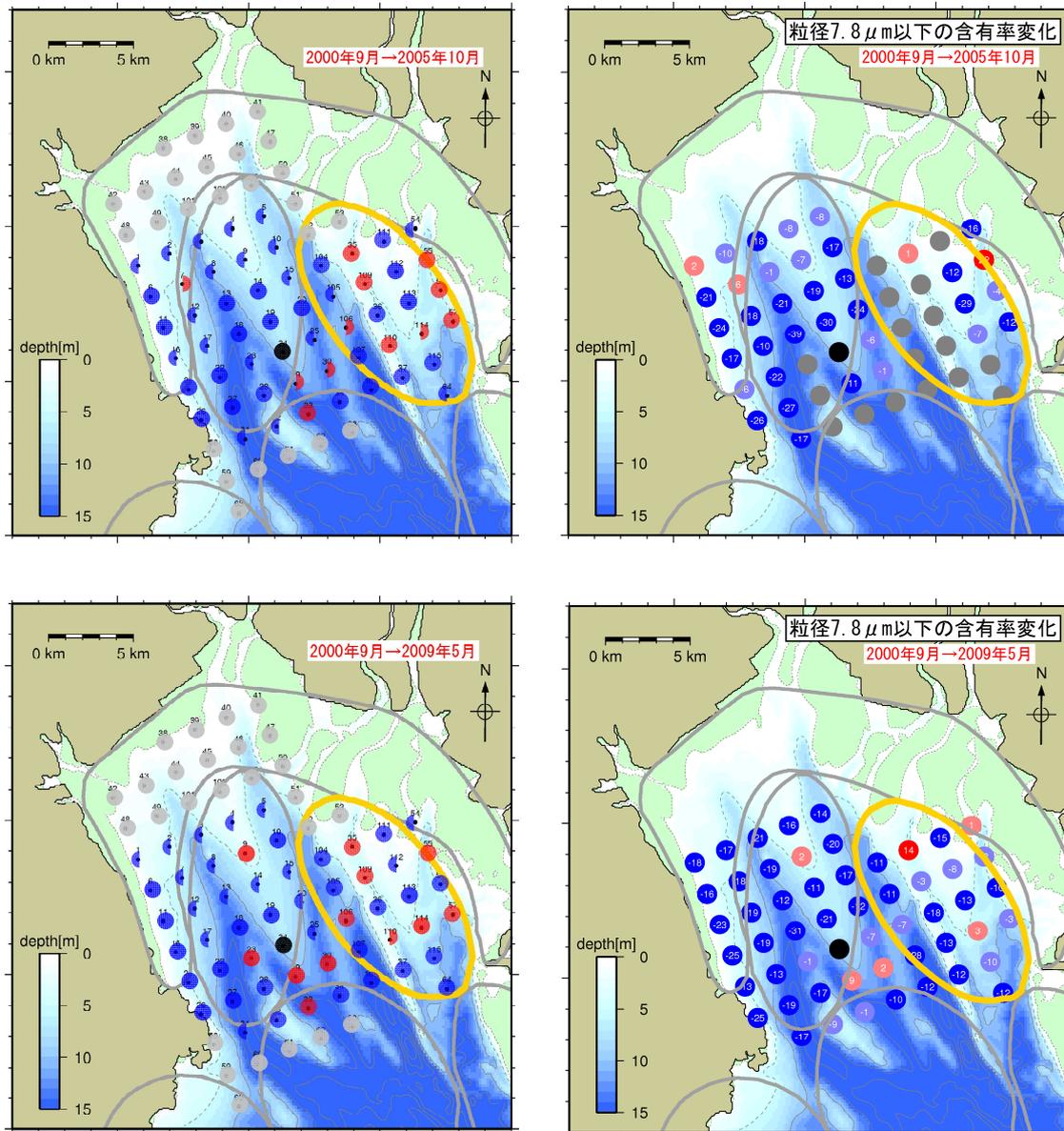


図8 細粒化・粗粒化判別結果と7.8 μm以下の粒子の含有率の変化

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11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。

これらの結果と過去の調査結果を取りまとめると、1989年から2000年にかけては、細粒化傾向であった(図9)。その後、2000年から2005年にかけて粗粒化が進んだと考えられる。2006年以降は、細粒化傾向を示す地点が多く、これらの結果から、A2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。

年	①Mdφ=7 のコンター	②粘土シルト含有率 とMdφの変化	③粒径加積 曲線他	④7.8μm以下の 含有率の変化	②~④ のまとめ
1970 (S45)					
1971 (S46)					
1972 (S47)					
1973 (S48)					
1974 (S49)					
1975 (S50)					
1976 (S51)					
1977 (S52)					
1978 (S53)					
1979 (S54)					
1980 (S55)					
1981 (S56)					
1982 (S57)					
1983 (S58)					
1984 (S59)					
1985 (S60)					
1986 (S61)					
1987 (S62)					
1988 (S63)					
1989 (H元)		●			
1990 (H2)		↓			↓
1991 (H3)		↓			↓
1992 (H4)		↓			↓
1993 (H5)		↓			↓
1994 (H6)		↓			↓
1995 (H7)		↓			↓
1996 (H8)		↓			↓
1997 (H9)		↓			↓
1998 (H10)		↓			↓
1999 (H11)		↓			↓
2000 (H12)		●	●	●	↓
2001 (H13)		↓	↓	↓	↓
2002 (H14)		↓	↓	↓	↓
2003 (H15)		↓	↓	↓	↓
2004 (H16)		↓	↓	↓	↓
2005 (H17)		●	●	●	↓
2006 (H18)		↓	↓	↓	↓
2007 (H19)		↓	↓	↓	↓
2008 (H20)		↓	↓	↓	↓
2009 (H21)		●	●	●	↓
2010 (H22)		●	●	●	↓

※ 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)

→ 細粒化傾向(明瞭でない)

図9 有明海湾奥東部(A2海域)の底質の細粒化・粗粒化傾向

A2海域内18地点の中央粒径、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10に示す。

Md $\phi$ については、1989年から2005年にかけては細粒化、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2005年にかけては増加、2005年から2009年にかけては減少、2009年から2010年にかけては増加の傾向がみられた。

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年にかけては減少の傾向がみられた。

なお、これらの傾向は地点によってさまざまであり、その値の範囲もMd $\phi$ は1~7程度、粘土・シルト含有率は0~100%と幅広いことにも留意が必要である。

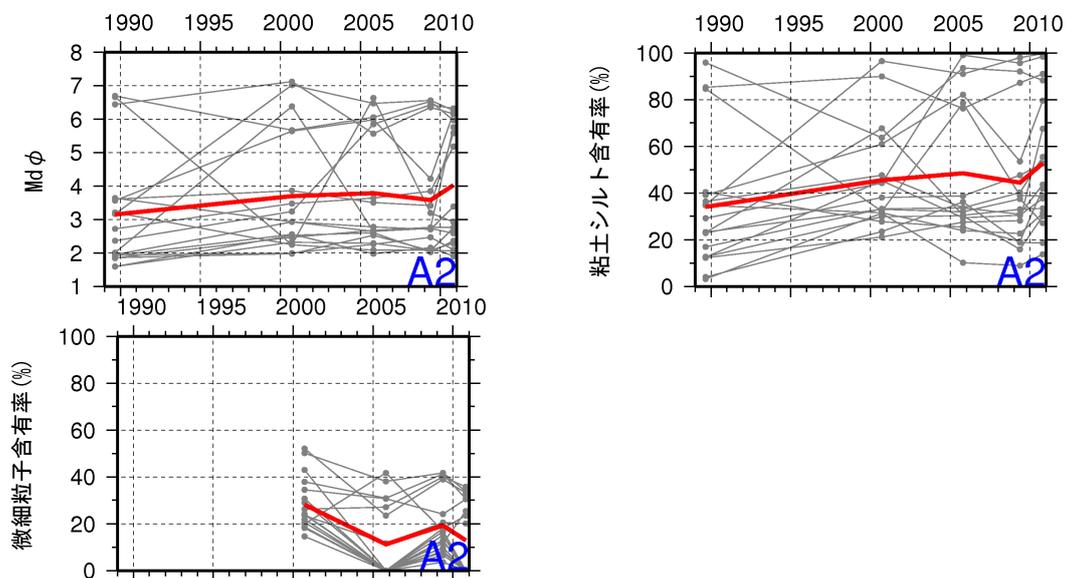


図10 有明海湾奥東部(A2海域)の底質粒径の推移  
(図中の赤線は海域内平均値を表す)

また、A2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11)。

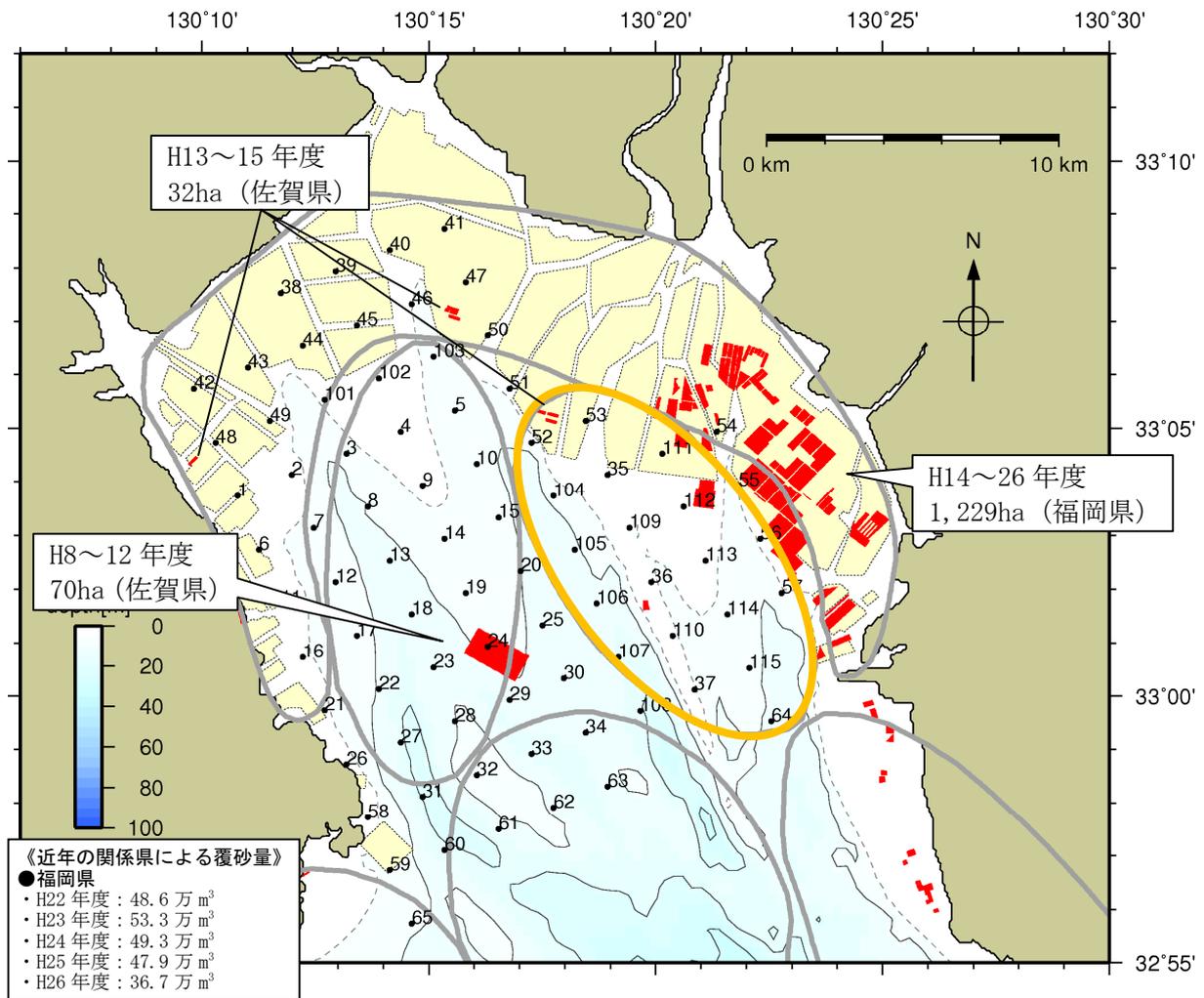


図11 A2海域における覆砂実施エリア

※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 12 は有明海湾奥東部海域 (A2 海域) の 2008 年から 2013 年の含泥率の調査結果である。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。

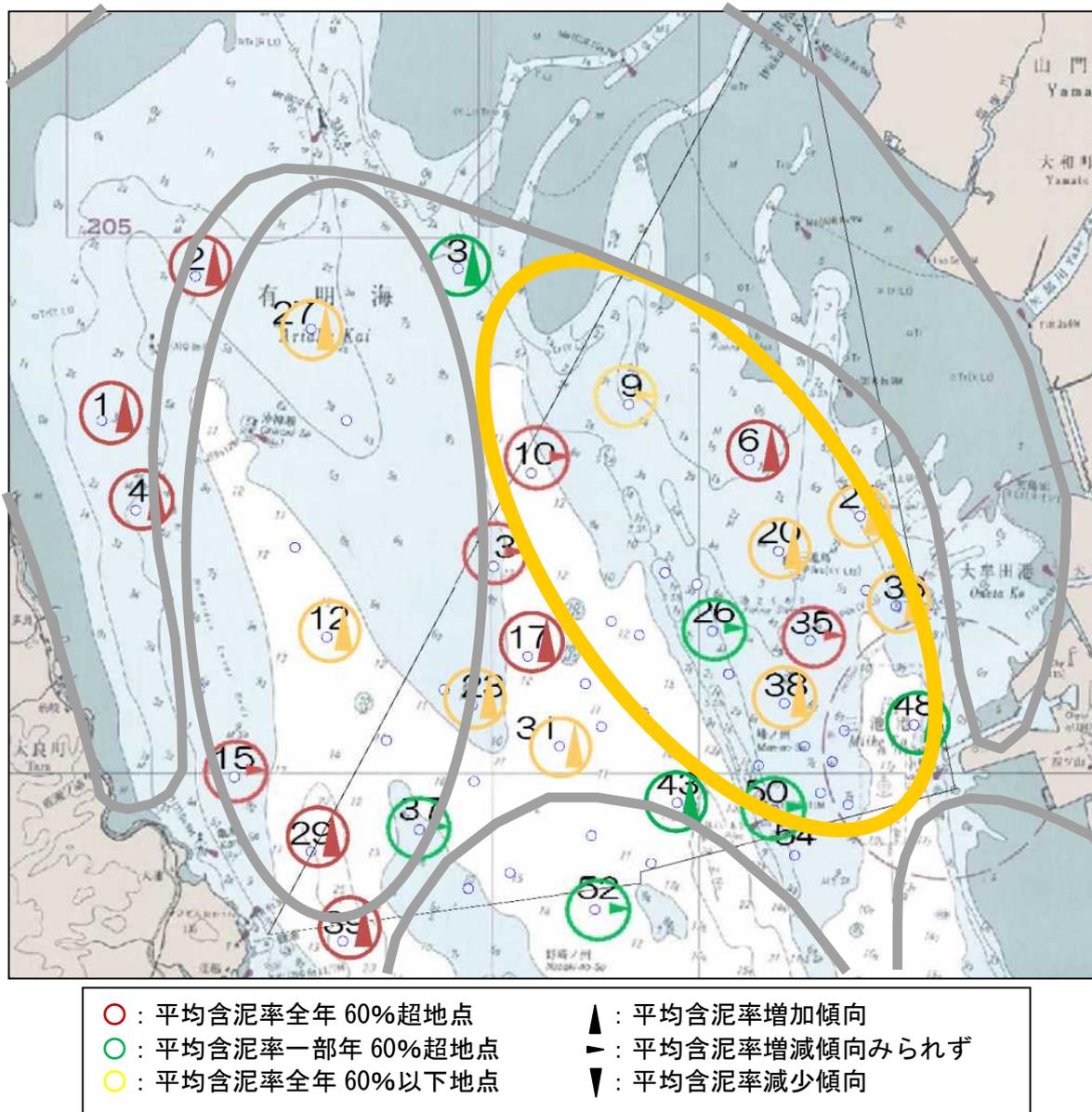


図 12 有明海湾奥部の底質の含泥率の変化傾向(2008～2013 年)

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、A2 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 A2 海域についてみると 1989 年から 2010 年において海域全体で単調な変化（単調増加・単調減少傾向）はみられていない。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 A3 海域より少ない。

表 4 A2 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	3 地点	0 地点
2000 年 9 月	2 地点	0 地点 <sup>※2</sup>
2005 年 10 月	5 地点	0 地点 <sup>※2</sup>
2009 年 5 月	—	—
2010 年 10 月	6 地点	0 地点 <sup>※2</sup>

※1 各年共通地点 18 地点中の数字

※2 酸揮発性硫化物 (AVS)

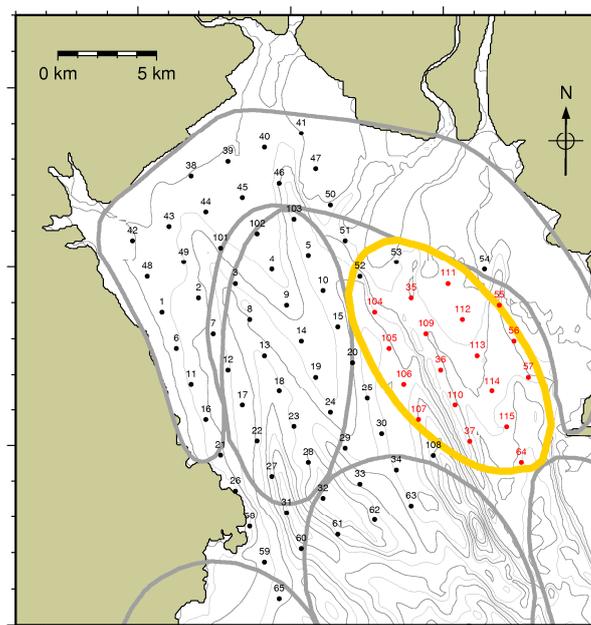


図 13 底質調査地点

(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 14 に整理した。2001 年から 2013 年において、COD (1～3mg/g 程度)、強熱減量、硫化物について経年的に単調な増加・減少傾向はみられなかった。

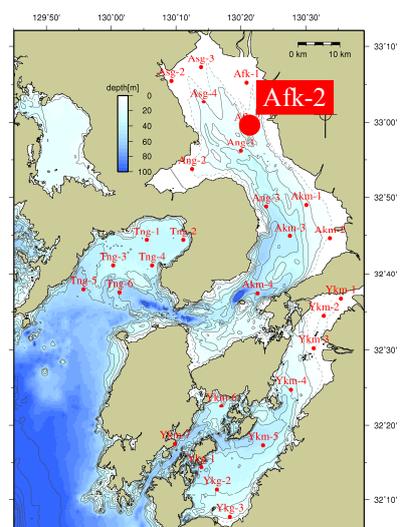
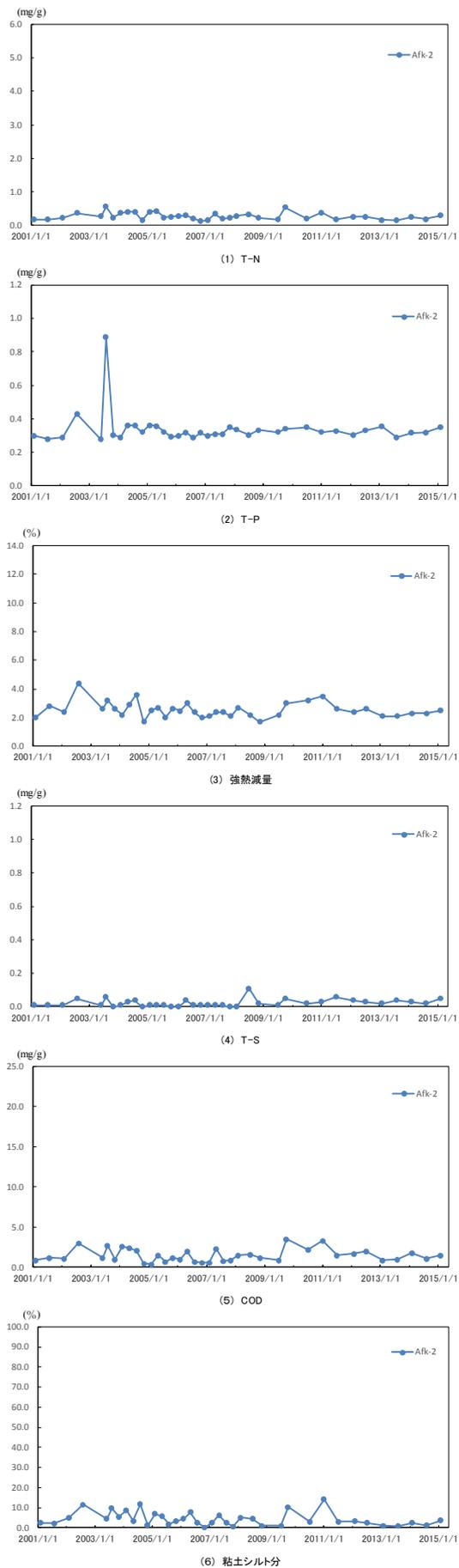


図14 A2海域における底質の推移  
 (図3 A2海域におけるベントスの推移と同一地点)  
 出典：環境省調査結果より取りまとめ

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15、16）、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。

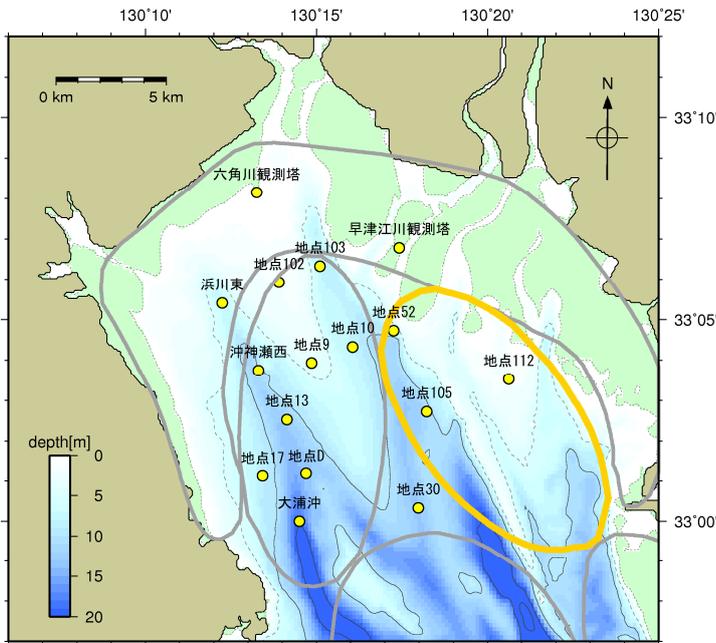


図15 埋没測定板の設置箇所

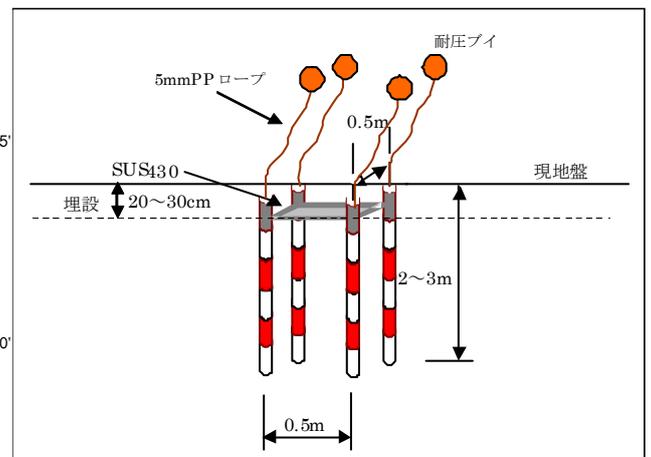


図16 埋没測定板の装置の概要

調査開始年からの各地点の海底面高の経時変化を図17に示す。A2海域の地点は地点52、地点105および地点112の3地点である。

調査を行った2009年から2015年においては、浮泥を含む堆積物が全3地点で顕著な増加・減少傾向はみられなかった。

<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。

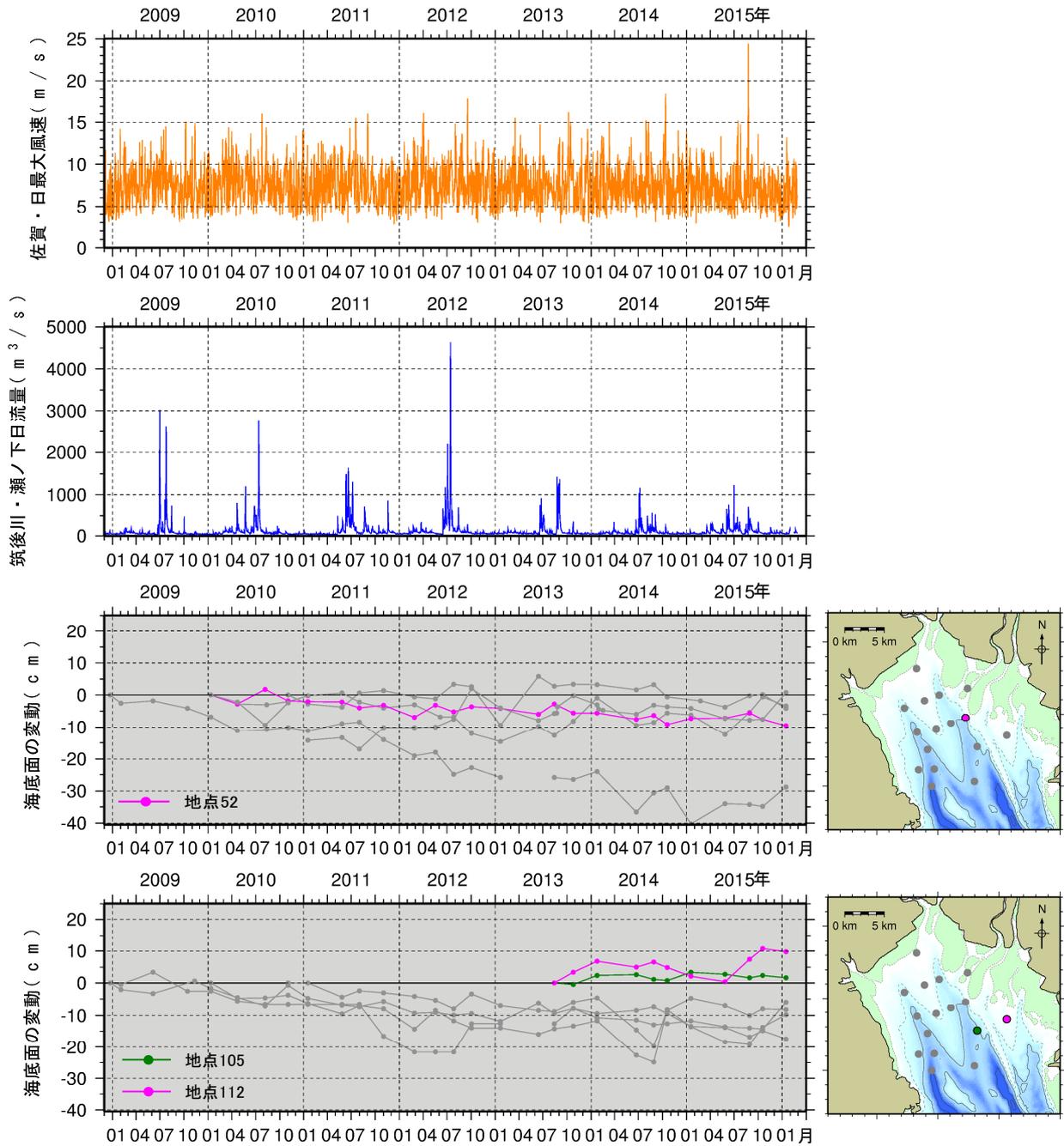


図17 埋没測定板による海底面の変動の時系列  
 出典：平成21～27年度環境省調査結果より取りまとめ

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18に示す。

A2海域においては地点52が砂泥、地点112が泥、地点105では砂の堆積がみられる。

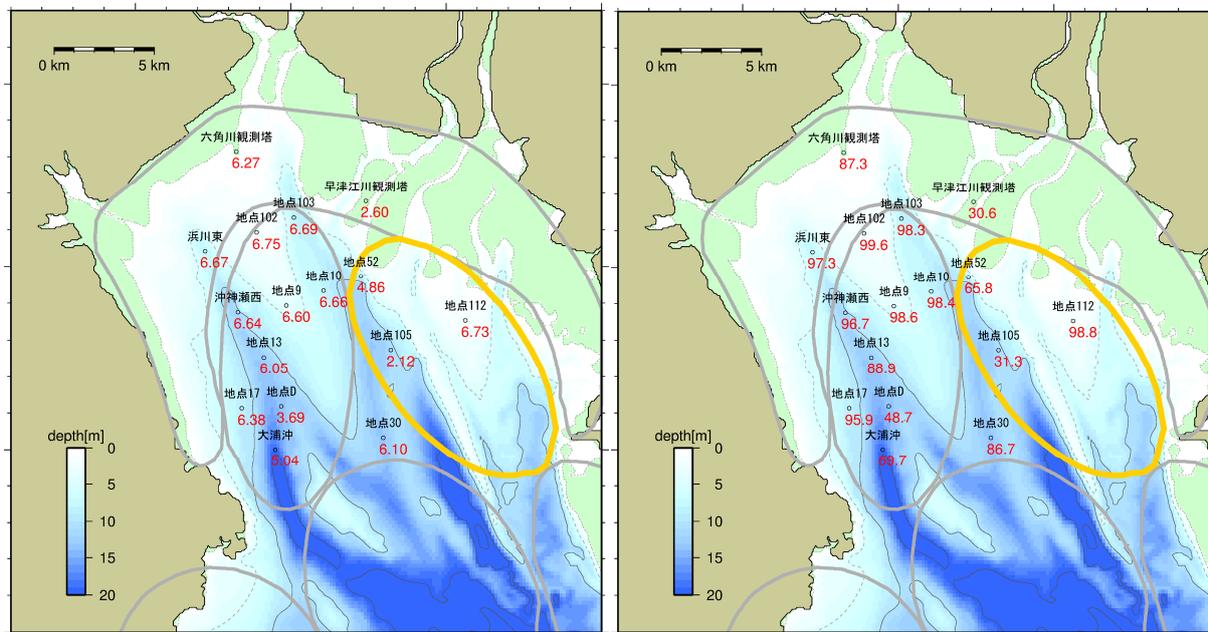


図18 埋没測定板の粒度組成 (左図: Md $\phi$ 、右図: 粘土・シルト含有率(%))

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。)

希に海底付近の溶存酸素量が3mg/Lを下回ることがあるが、速い潮流によって水塊の滞留性が低く、かつ海底地形が複雑なため、基本的に貧酸素水塊は発生しない。底層溶存酸素量の年間最低値は、1972年以降、全1測点で3~4mg/L程度であり、有意な変化はみられなかった。

<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。

表層のCODについては、全1測点が環境基準A類型に指定された水域にあり、直近5年間は1.5~1.7mg/L(75%値)であり、基準値(2mg/L)を下回っている。データがある1975年から現在まで、全1測点で有意な変化はみられなかった。

表層のT-Nについては、全1測点が環境基準Ⅲ類型に指定された水域にあり、直近5年間は0.36~0.42mg/Lであり、基準値(0.6mg/L)を下回っている。データがある1981年から現在まで、全1測点で減少した。

表層のT-Pについては、全1測点が環境基準Ⅲ類型に指定された水域にあり、直近5年間は0.056~0.071mg/Lであり、基準値(0.05mg/L)を上回っている。データがある1980年から現在まで、全1測点で減少した。

表層の水温は、全1測点で直近5年間は18.3℃程度であり、A1海域と同程度で、A7海域と比較して1℃程度低い。データがある1980年から現在まで、全1測点で有意な変化はみられなかった。

表層の塩分は、全1測点で直近5年間は27‰程度であり、A1海域と同程度で、A7海域と比較して4‰程度低い。データがある1980年から現在まで、全1測点で有意な変化はみられなかった。

表層のSSは、全1測点(福岡St.9)で直近5年間は10~20mg/L程度であり、A1海域と比較してやや小さく、A7海域と比較して1桁程度大きい。データがある1980年から現在まで、全1測点で減少した。

透明度は、全1測点(福岡L5)で直近5年間は1.9m程度であり、A1海域と比較してやや大きく、A7海域と比較して1~7m程度小さい。データがある1966年から現在まで、全1測点で有意な変化はみられなかった。

### 3 有用二枚貝の減少

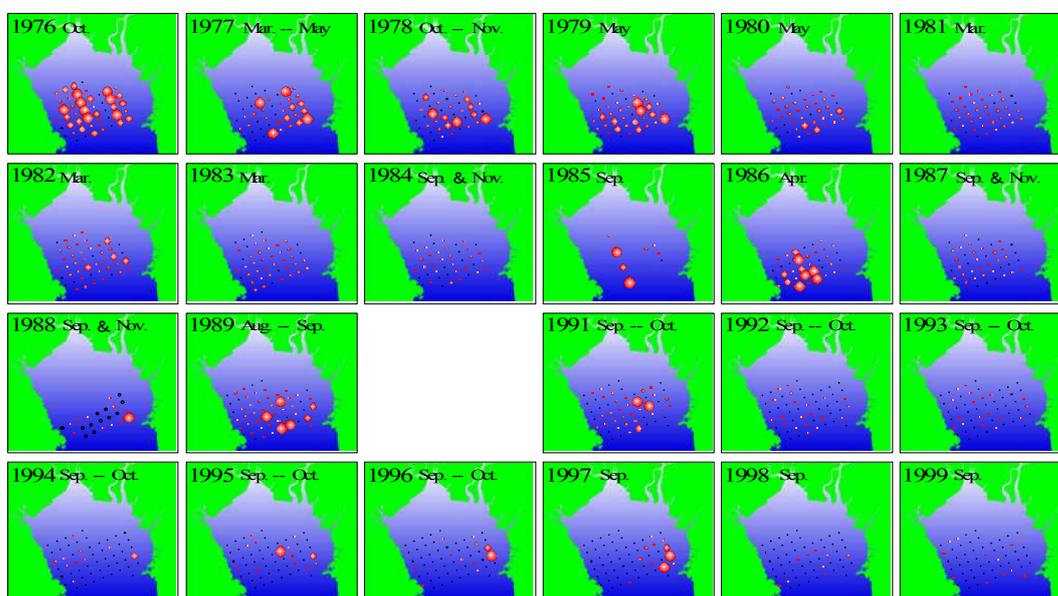
本海域は砂泥で覆われた浅海域であり、タイラギの重要な生息域である(山下・小野原 1980、古賀・荒巻 2013)。潜水器漁業によるタイラギ採捕が行われてきたが、近年、「立ち枯れへい死」と呼ばれる原因不明の減耗が問題となっている(松井 2002、川原ら 2003、川原ら 2004、伊藤ら 2006、杉野ら 2009、荒巻ら 2013)。本海域は非干出海域であるため、アサリの生息密度は小さい。A1海域との境界領域において、サルボウの操業時に混獲されるが、数は少ない。

#### (1) タイラギ

##### ① 現状と問題点の特定

A2海域は有明海北東部海域と呼ばれていた海域である。水深の浅い浅海域であり、海域の北東側の一部は秋季～春季までノリ漁場として利用されている。この海域はタイラギの重要な生息域であり、過去において漁場として盛んに利用されてきた。後述するA3海域では1990年代以降タイラギ資源が極めて減少したものの(図19、図20)、A2海域では2011年まで潜水器漁業によるタイラギ採捕が行われてきた。

この海域では、1999年以降、着底稚貝は認められるものの、着底後の初夏から晩秋にかけて「立ち枯れへい死」と呼ばれる原因不明の減耗(大量死)が問題となっている。また2011年以降は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。



○  $\geq 100$  ind.   ◦  $< 100$    ◦  $< 50$    ◦  $< 10$    • = 0   /  $100\text{m}^2$

図19 タイラギ成員の分布の推移(1976～1999年)

(出典：海洋と生物 167 vol. 28, no. 6, 625-635. 「有明海異変」伊藤 2006)  
凡例において、nd (1個体以下/ $100\text{m}^2$ ) は0と表示した。

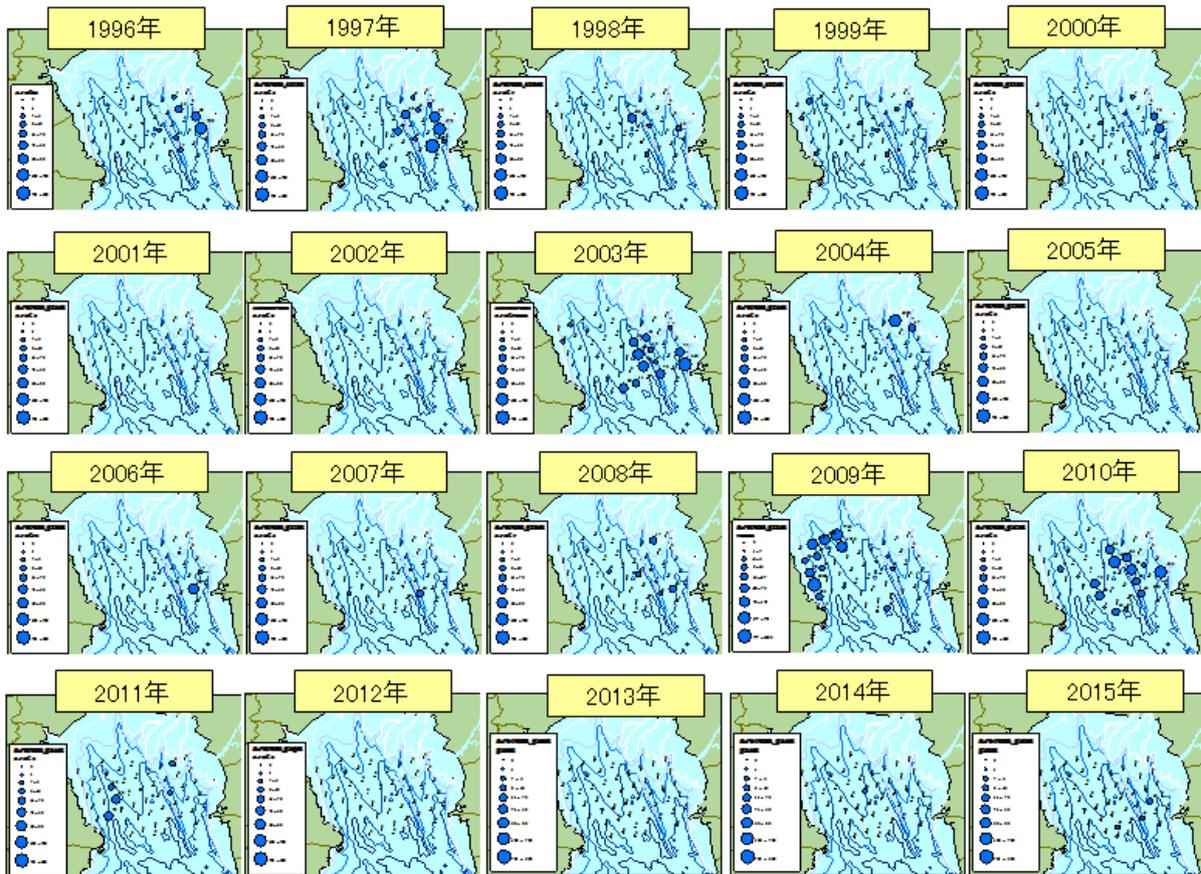


図 20 タイラギ成員の分布域の経年変化 (1996～2015 年)

(出典：佐賀県調査結果をもとに環境省が作成した)

凡例において、nd (1 個体以下/100m<sup>2</sup>) は 0 と表示した。

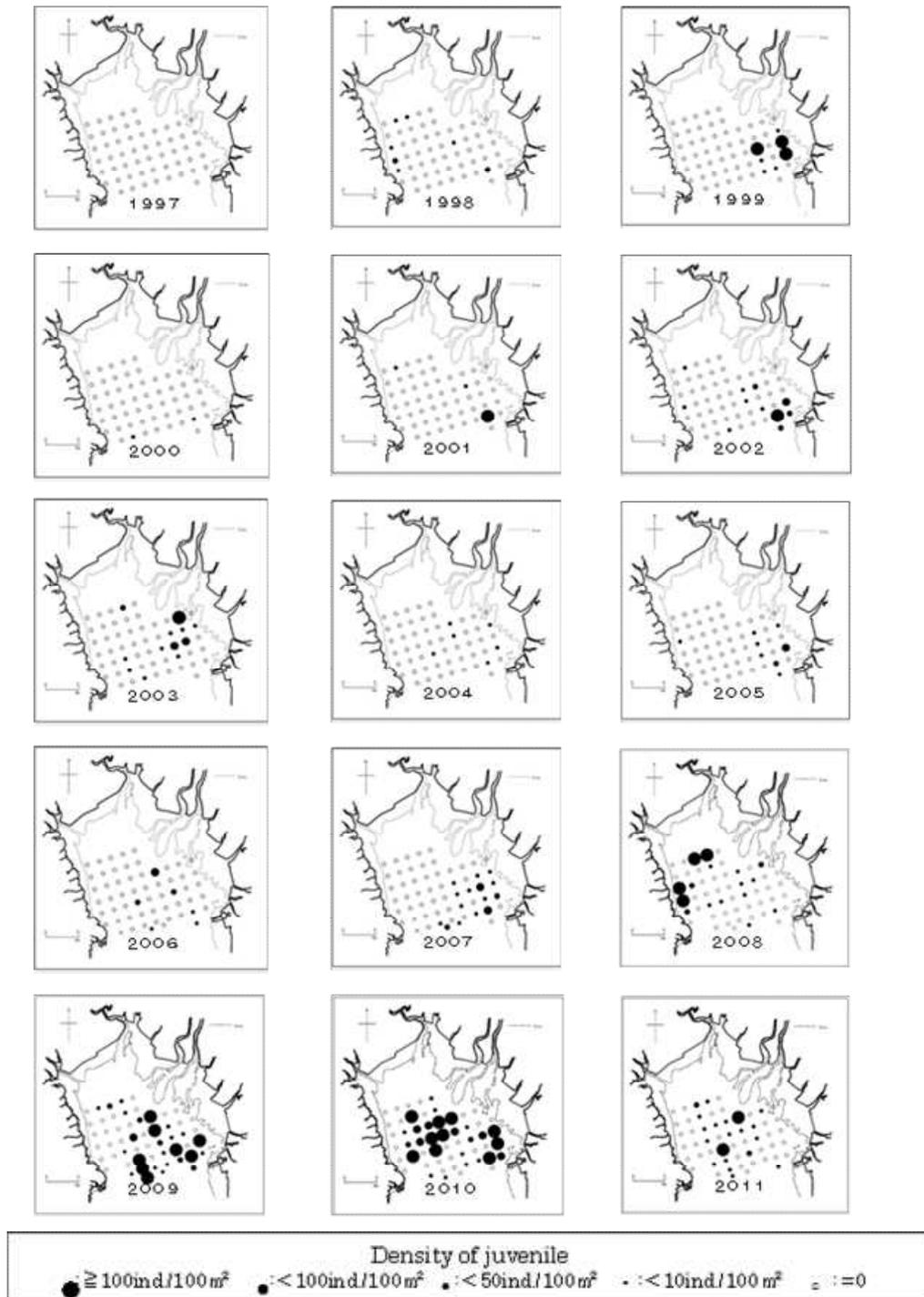


図 21(1) タイラギ稚貝の分布の推移 (1977~2011 年)

(出典：「佐賀県有明海におけるタイラギ漁業の歴史と漁場形成要因」古賀秀昭・荒巻 裕 2013 有明水産振興センター研究報告第 26 号, 13-24)

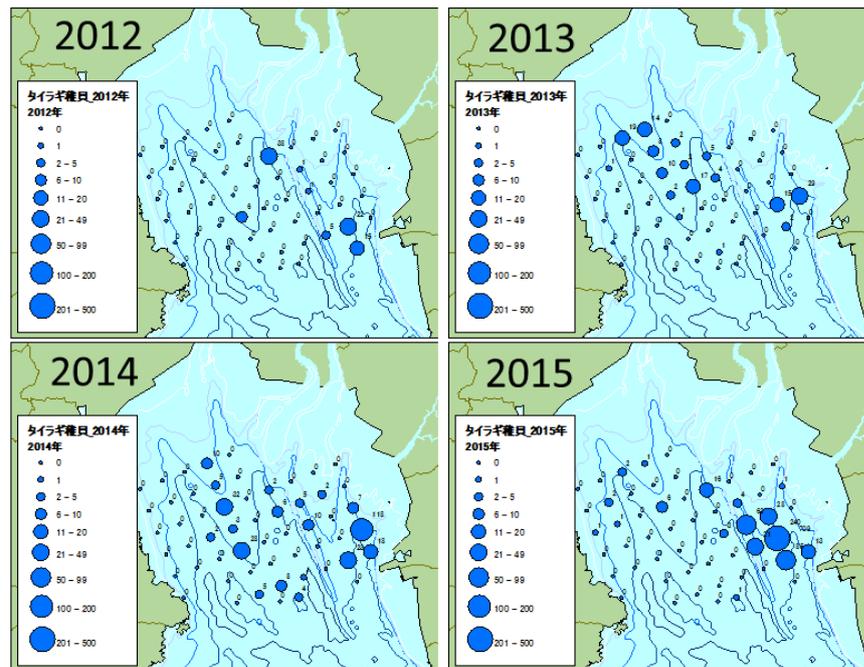


図 21(2) タイラギ稚貝の分布の推移 (2012～2015 年)

(出典：佐賀県調査データをもとに環境省が作成した)  
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

### (a) タイラギ成貝・稚貝の生息状況

タイラギ成貝・稚貝の生息量調査 (1976 年～2015 年、図 19～21) の結果、1992 年以降タイラギ生息域は A 2 海域に分布が偏る傾向がみられる。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、この海域では着底稚貝の資源への加入が極めて少なく、局所的に発生した稚貝も春期から夏期にかけて立ち枯れへい死等によって大量減耗し、成貝まで到達していない。このようなことから、長期的に卓越年級群の出現が低調となって、1990 年代以降は小型の当歳貝のみがタイラギ資源の中心となるなど、資源の再生産が縮小していることがうかがえる。

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、非検出 (nd) の定点は 0 として計算) の変化によれば、データのある 1976 年には成貝が 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～71 個体 (全平均 11 個体) /100m<sup>2</sup>、2012 年以降は nd～0.7 個体 (全平均 0.2 個体) /100m<sup>2</sup> となっており、2012 年以降に資源の凋落傾向が顕著になっている (図 19、図 20)。

1981 年、1982 年および 1984 年の調査では浮遊幼生・稚貝ともに広範囲に分布していたのに対し、2003 年の調査では浮遊幼生は広範囲にみられるが、着底稚貝は A 2 海域に偏って分布していた (図 22)。この状態は 2003 年から 2011 年まで確認されており (鈴木ら 2013、平成 19～25 年度有明海水産基盤整備実

証調査（有明海）報告書）、すなわち、A2 海域ではタイラギ資源が低下し始めた 1999 年以降浮遊幼生は高い資源状態であった 1980 年代と大きく変わらない密度で出現し、着底稚貝も多かった。2008 年以降の浮遊幼生調査結果によると、2008 年に高密度の出現があったが、2012 年以降は 10 個体/トンを超えることがない状況である（資料 6-9 参照）。

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~1190 個体（全平均 92 個体）/100m<sup>2</sup> 存在したが、2012 年以降は 3~59 個体（全平均 19 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。（図 21）

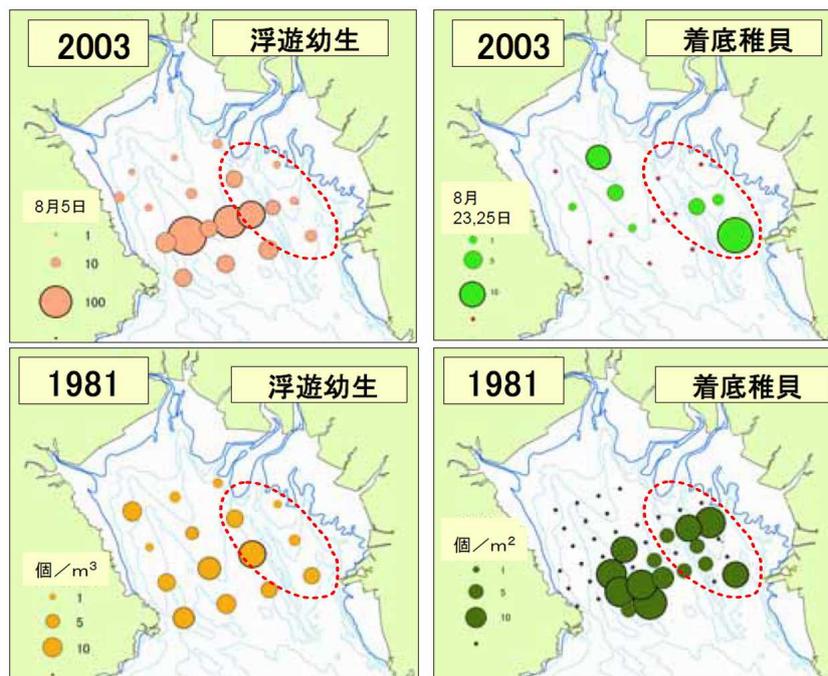


図 22 タイラギの浮遊幼生、着底稚貝の分布域の比較  
（出典：平成 18 年委員会報告書を改変）

(b) 立ち枯れへい死

立ち枯れへい死はタイラギの大きさに関係なく発生し、酸素消費量を指標とした活力低下、衰弱個体は軟体部が萎縮し、鰓や腎臓にウイルス様粒子が確認されているものの（水産総合研究センター 2010）、大量へい死のメカニズムについては不明であると指摘されている（平成 18 年委員会報告書）。



図 23 A2 海域におけるタイラギ立ち枯れへい死の状況  
(出典：福岡県提供資料)

立ち枯れへい死の定義については不明確であったため、本報告書においては、次の 2 点を満たすものを立ち枯れへい死と定義した。

- イ．稚貝から成貝にかけての短期大量へい死現象（食害や淡水ショックによるへい死を除く）
- ロ．海底から殻体を突出させたままへい死する現象。

近年では 2011 年に比較的規模の大きな立ち枯れへい死現象が発生している(図 24) が、その後は母貝の資源量が極めて低い水準で推移しており、稚貝が分布していない状況となっている。

タイラギの立ち枯れへい死については、2000～2003 年に実施された調査結果において、当該海域において立ち枯れへい死が発生する時期は、性成熟に伴うと推定される閉殻筋のグリコーゲン含量の減少時期と一致する。しかし、立ち枯れへい死海域とそれ以外の海域のタイラギ個体群間にグリコーゲン含量の差異が認められないため、グリコーゲン含量の推移のみから立ち枯れへい死を推定することはできなかった(川原ら 2004)。

その他、貧酸素水塊、基礎生産力(特に浮遊珪藻)の低下による冬季から春季にかけての餌不足(松井 2002)、濁りによる摂食障害(坂本ら 2008)、硫化水素など底質中の有害物質(坂本 2009, 荒巻・大隈 2013)、ウイルスの影響(Maeno et al. 2006) など懸念が示され、調査結果に基づいて議論された。しかしながら、原因の特定には至っていない。

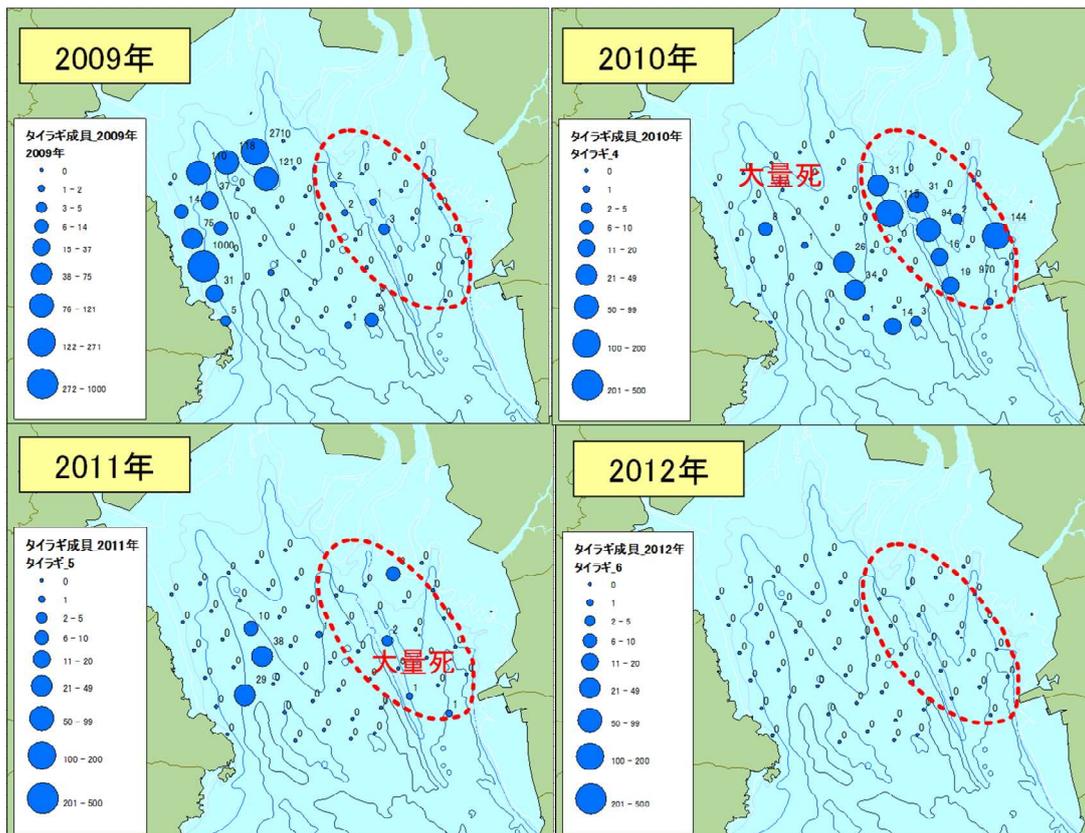


図 24 2009 年から 2012 年にかけて発生したタイラギ大量死現象

(出典：2009～2012 年、佐賀県調査結果をもとに環境省が作成)  
凡例において、nd (1 個体以下/100m<sup>2</sup>) は 0 と表示した。

### (c) 貧酸素水塊による影響

図 25 に A 2 海域におけるタイラギ大量へい死と貧酸素水塊の発生状況について示した。この海域における貧酸素水塊は、溶存酸素量が 3mg/L を下回る期間が散発的に観察されるが、後述する A 3 海域と比較すると、その規模が小さく頻度も少ない。この溶存酸素量の低下時期とタイラギ大量死（いわゆる立ち枯れへい死と呼ばれるもの）の発生時期とを重ね合わせたところ、2001 年や 2003 年は貧酸素発生時期と大量死との期間が一致した。継続的な貧酸素でなくとも、単発的・長期的（30 日間以上）な貧酸素反復曝露がタイラギの突出死を引き起こすことが室内試験でも確認されている（郡司掛ら 2009）。2001 年の貧酸素はこの海域では比較的長期に継続したものであり、貧酸素の影響も疑われる。しかしながら、図 25 に示したように、現場観測では貧酸素の発生時期と大量死の時期がほとんどの年で一致せず、かつ発生期間も短い。このため、A 2 海域では貧酸素水塊がタイラギ資源変動に強く影響しているとは判断されなかった。

	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													
2000													松井ら(2002)
2001													川原ら(2003) 松井ら(2003)
2002													松井ら(2003)
2003													吉田(2005)
2004													杉野ら(2009) 杉野ら(2009)
2005													
2006													
2007													
2008													杉野ら(2010)
2009													
2010													杉野ら(2010)
2011													
2012													
2013													
2014													

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

図 25 A2 海域におけるタイラギ大量へい死と溶存酸素量との関係

出典：既往文献と福岡県提供資料を基に整理した

#### (d) 浮泥による影響

A2 海域における底質の長期データをみると、元々砂泥質の海域である。タイラギの覆砂実証調査から、A2 海域におけるタイラギ着底稚貝の減少要因として、いわゆる「浮泥」と呼ばれるシルト・粘土を中心とした堆積物の増加が影響しているとの報告がみられる（杉野 2010）。浮泥の堆積は海底堆積物表層における付着基盤の減少を引き起こしてタイラギ稚貝の着底に悪影響を及ぼすこと、また浮泥の存在がタイラギの摂餌活性や生残に悪影響を及ぼすとの結果もある。ただし、2001 年から 2013 年においては、底質の泥化（細粒化）について経年的に単調な変化（単調増加、単調減少傾向）がみられていないことに留意する必要がある。

次に、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を以下に示す。なお、この調査においては、潮流・波浪等によって活発に再懸濁・堆積を繰り返している流動性の高い表層堆積物を浮泥として測定した。

A2 海域の 1 定点（図 26、定点 T5）において 2015 年 10 月中旬に測定した浮泥の再懸濁画分（SS）の濃度は、A1 および A3 海域に含まれる他定点での濃度よりも高く推移していた（図 27）。

このとき同時に測定した浮泥の再懸濁画分（SS）濃度と海底上 20cm および海底付近に移植した稚貝の生残率について、SS 濃度が高いほど稚貝の生残率が低くなるという負の相関を示した（図 28）。

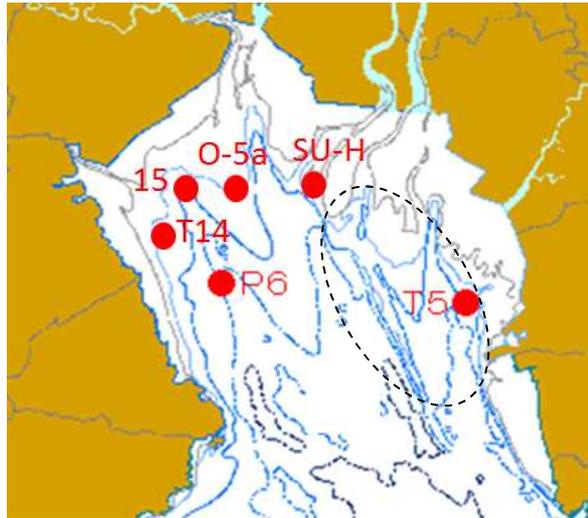


図26 環境測定とタイラギ稚貝移植試験 (T5, 点線: A2海域)  
出典: 平成27年度有明海二枚貝類の減少要因解明等調査より

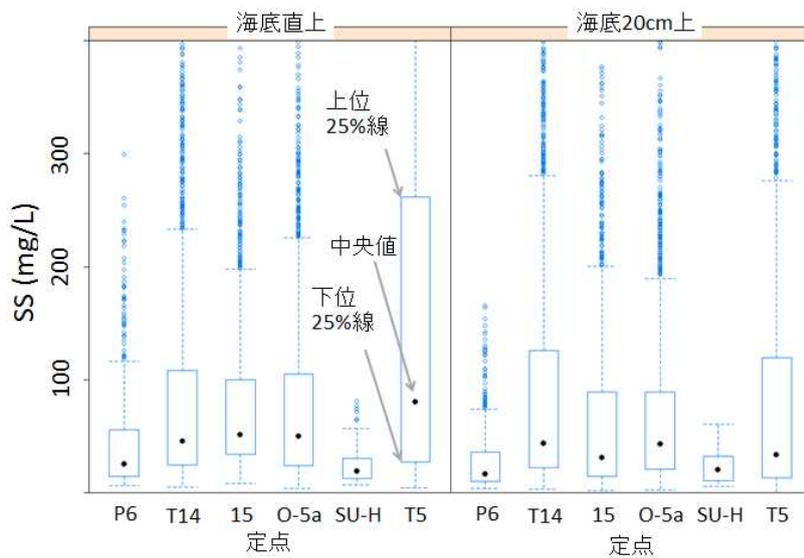


図27 浮泥の再懸濁画分 (SS) の濃度 (mg/L) の定点・高度間変動  
出典: 平成27年度有明海二枚貝類の減少要因解明等調査より  
※図26に示す6地点の調査結果

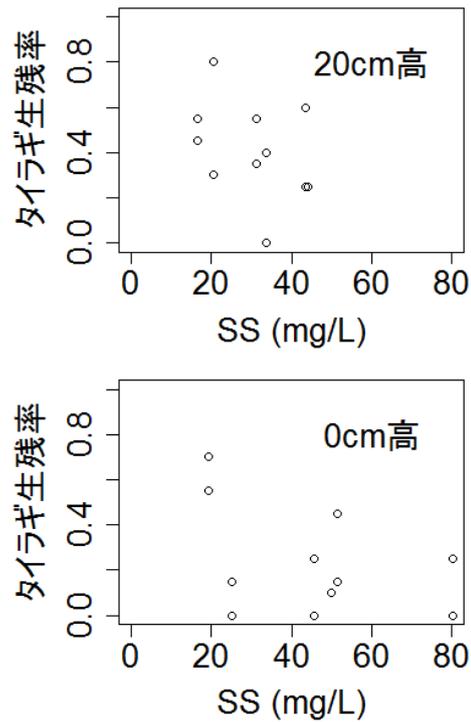


図 28 移植されたタイラギ稚貝の生残率と浮泥の再懸濁画分の濃度 (SS; mg/L) の中央値との関係。移植用トレーの海底からの設置高度の別に図示。

出典：平成 27 年度有明海二枚貝類の減少要因解明等調査より

※図 26 に示す 6 地点の調査結果

※調査に用いた稚貝の殻長サイズは約 10mm

A2 海域の測点 T5 (図 29) の浮泥層厚の短期的な変化は、その変動は少なく、2015 年の 6 月中旬に 10mm を超えた以外は 5mm 前後と安定している (図 30)。

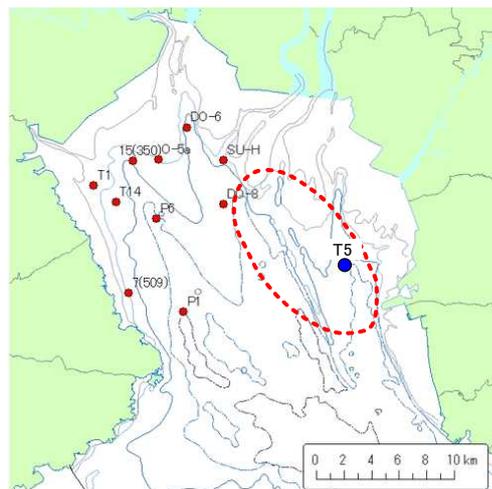


図 29 A2 海域における浮泥モニタリング測点

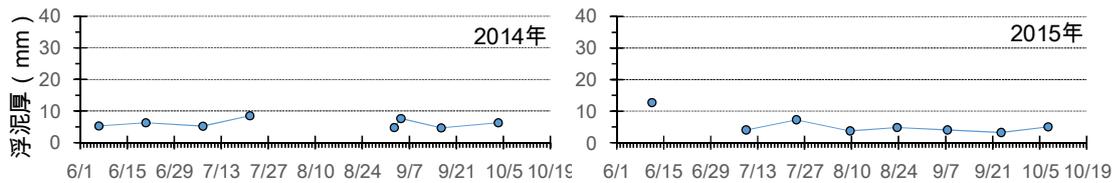


図30 A2海域の測点T5における浮泥層厚の経時的変化  
出典：平成27年度有明海二枚貝類の減少要因説明等調査より

A2海域の測点T5における浮泥はA3海域（測点P6）に比べて粗粒子の割合が多く、有機炭素含量が低く（図31）、浮泥層厚がA3海域に比べて薄い。一方で、クロロフィル色素含量は75%値ではA3海域に比べ高い傾向があるが、浮泥層厚が薄いことから、クロロフィル色素の絶対量は少ない。

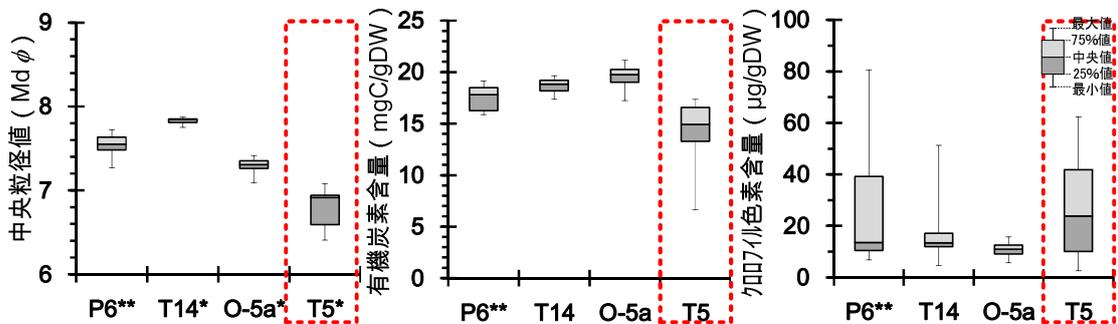


図31 A2海域の2014年及び2015年夏季における浮泥の中央粒径値、有機炭素含量、クロロフィル色素含量

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

出典：平成27年度有明海二枚貝類の減少要因説明等調査より

底質環境と生息密度については、A2 海域の底質とタイラギ分布の関係について、以下のデータがある (図 32)。

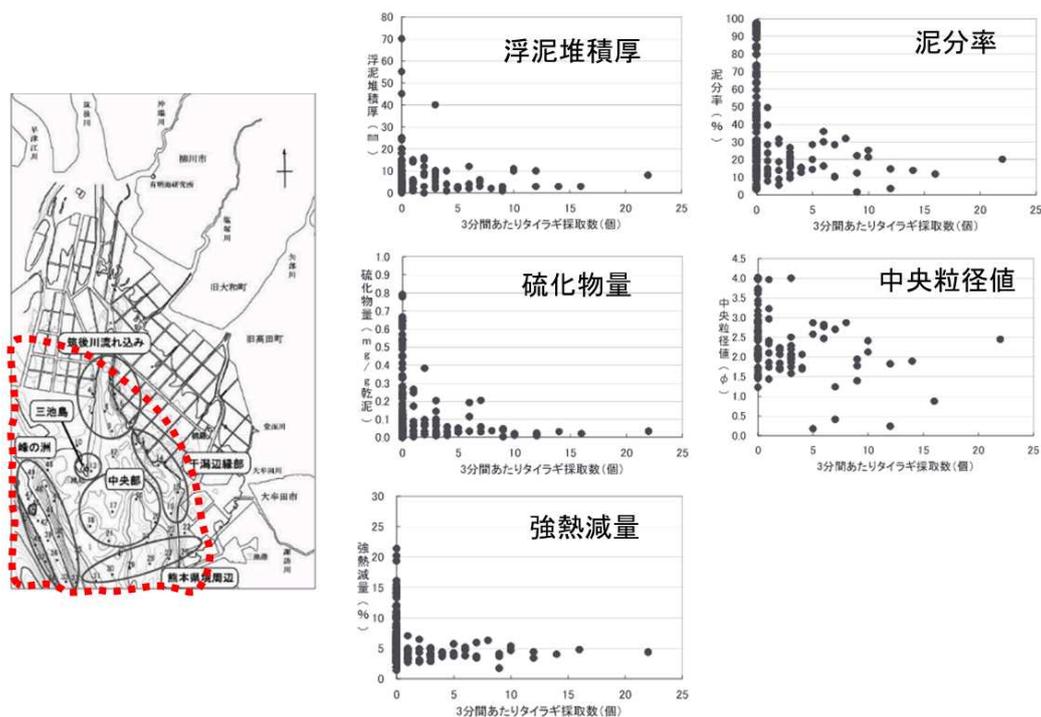


図 32 A2 海域におけるタイラギ生息密度と底質環境との関係  
(出典：杉野ら 2010 改変)

#### (e) その他の原因・要因

タイラギを食害する生物としては、ナルトビエイをはじめとしたエイ類、イシガニやガザミなどの大型の甲殻類、イイダコなど頭足類が知られている。ナルトビエイによる食害について、詳細は資料 6-8 に記載した。タイラギ資源の水準が低位にある状況において、わずかに残された生息域を探索しながら捕食行動を行うナルトビエイについては、引き続き無視できないタイラギ資源の減少要因の 1 つと考えられる。

タイラギの資源管理策については、エリアによっては海区漁業調整委員会指示による採捕禁止措置が執られているほか、潜水器漁業を実施する場合については、漁場における資源調査結果に基づき、漁期や作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。

ウイルスや化学物質については、前回委員会報告書以降、大量死との関連が示唆される新たなデータの提示はなく、現時点でタイラギ資源減耗要因としては考察できない。

#### 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。

A2 海域(有明海湾奥東部)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2,595個体/m<sup>2</sup>(1989年)から2,085個体/m<sup>2</sup>(2000年)へと約2割減少しており、多毛類、甲殻類、クモヒトデ類は増加し、二枚貝類等は減少していた。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、それ以降は軟体動物が個体数の上で高い割合を占め、泥質に生息する二枚貝類が主要種となっていた。全1地点(Afk-2)でベントスの総種類数、軟体動物門及び節足動物門の種類数に減少傾向がみられ、節足動物門の個体数にも減少傾向がみられたが、これ以外のベントスでは、種類数、個体数に経年的に単調な増加・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(*Corophium* sp. やホトトギスガイ等の日和見的で短命な有機汚濁耐性種)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90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、データがある1989年から2010年にかけて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。また、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する必要がある(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18地点の中にはなく、隣接するA3海域よりも少ない。
- ・ 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18地点のうち2~6地点であり、隣接するA3海域よりも少ない。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1~3mg/g程度であり、単調な増加・減少傾向はみられなかった。

- ・ 浮泥を含む堆積物については、埋没測定板を用いて堆積厚の調査を行った2009年から2015年にかけて全3地点で増加・減少している傾向はみられなかった。

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。)

- ・ 希に海底付近の溶存酸素量が3mg/Lを下回ることがあるが、速い潮流によって水塊の滞留性が低く、かつ海底地形が複雑なため、基本的に貧酸素水塊は発生しない。底層溶存酸素量の年間最低値は、1972年以降、全1測点で3~4mg/L程度であり、有意な変化はみられなかった。
- ・ 表層のCODについては、全1測点が環境基準A類型に指定された水域にあり、直近5年間は1.5~1.7mg/L(75%値)であり、基準値(2mg/L)を下回っている。データがある1975年から現在まで、全1測点で有意な変化はみられなかった。
- ・ 表層のT-Nについては、全1測点が環境基準Ⅲ類型に指定された水域にあり、直近5年間は0.36~0.42mg/Lであり、基準値(0.6mg/L)を下回っている。データがある1981年から現在まで、全1測点で減少した。
- ・ 表層のT-Pについては、全1測点が環境基準Ⅲ類型に指定された水域にあり、直近5年間は0.056~0.071mg/Lであり、基準値(0.05mg/L)を上回っている。データがある1980年から現在まで、全1測点で減少した。
- ・ 表層の水温は、全1測点で直近5年間は18.3℃程度であり、A1海域と同程度で、A7海域と比較して1℃程度低い。データがある1980年から現在まで、全1測点で有意な変化はみられなかった。
- ・ 表層の塩分は、全1測点で直近5年間は27‰程度であり、A1海域と同程度で、A7海域と比較して4‰程度低い。データがある1980年から現在まで、全1測点で有意な変化はみられなかった。
- ・ 表層のSSは、全1測点(福岡St.9)で直近5年間は10~20mg/L程度であり、A1海域と比較してやや小さく、A7海域と比較して1桁程度大きい。データがある1980年から現在まで、全1測点で減少した。
- ・ 透明度は、全1測点(福岡L5)で直近5年間は1.9m程度であり、A1海域と比較してやや大きく、A7海域と比較して1~7m程度小さい。データがある1966年から現在まで、全1測点で有意な変化はみられなかった。

A2海域はタイラギの重要な生息地であり、漁場として盛んに利用されてきた。漁獲量については海域毎に示せないが、成員の分布状況(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年にはタイラギ成員が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~71個体(全平均11個体)/100m<sup>2</sup>、2012年以降はnd~0.7個体(全平均0.2個体)/100m<sup>2</sup>

<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。

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  $nd \sim 1190$  個体（全平均 92 個体）/100m<sup>2</sup> 存在したが、2012 年以降は 3~59 個体（全平均 19 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。

1999 年以降、タイラギの着底稚貝は認められるものの、着底後の初夏から晩秋にかけて「立ち枯れへい死」と呼ばれる原因不明の大量死が問題となっている。

タイラギの立ち枯れへい死については、貧酸素水塊、餌不足、濁り（浮泥の再懸濁画分（SS））による摂食障害、底質中の有害物質等の影響について調査研究がなされたものの、原因の特定には至っていない。

また、タイラギの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、課題の一つとして、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整理されていないことが挙げられる。

なお、A2 海域では底層溶存酸素量が 3mg/L を下回る期間が散発的に観察されるが、現場観測では貧酸素の発生時期と大量死の時期がほとんどの年で一致せず、タイラギ資源変動に強く影響しているとは判断されない。

その他、タイラギの減少を引き起こすおそれがある要因の 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。