

3. 問題点と原因・要因との関連

4章1(2)で示した再生目標(全体目標)を踏まえ、今回の検討では、有明海・八代海等の多様な生物の生息環境の確保を図りつつ、生態系の構成要素又は水産資源として重要と考えられる生物に関して改善すべき具体的な問題点として、「ベントス(底生生物)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項目を取り上げることとした。

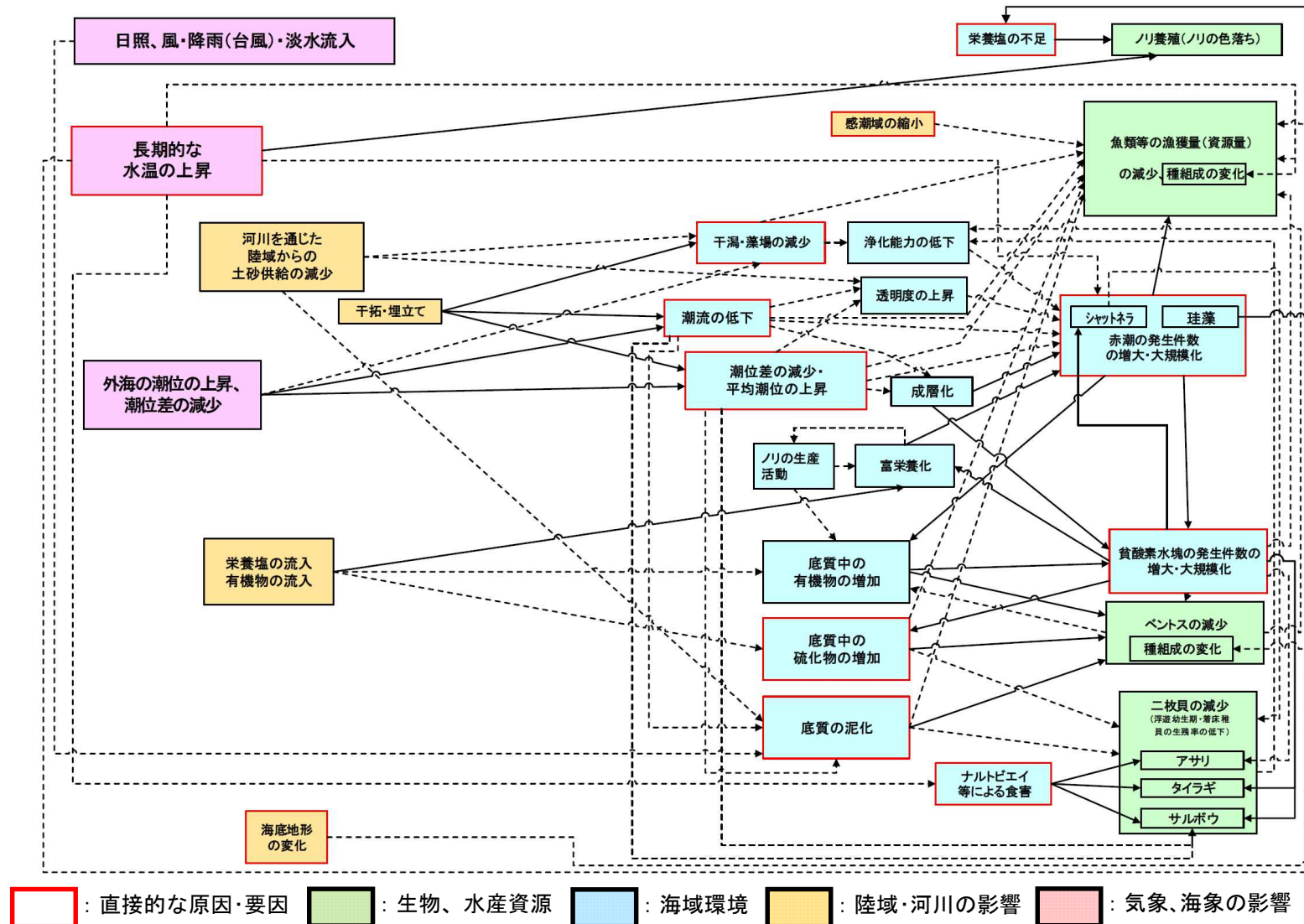
本評価委員会では、上述の問題点とその原因・要因に関する調査研究結果、文献、報告等を整理し、問題点及び問題点に関連する可能性が指摘されている原因・要因を図4.3.1(有明海)及び図4.3.2(八代海)に取りまとめた。このうち、本報告書において関連があることが確認されたものを実線で、その他のものを点線で示した。

ここで、底質の泥化については、生物の生息環境の構成要素としての変化と考えることとする。礫→砂→シルト→粘土の粒径変化の中で、有明海において底質性状が礫の海域は湾口部周辺に限られていることから、礫→砂の変化は環境上の問題となっていないと考えられる。また、シルト→粘土の変化は生息種の大きな変化をもたらす等の影響が考えられないことから今回の検討からは除外する。一方、砂→シルト(粘土)の変化は、特に生息種に大きな変化をもたらすため重要であると考えられる。したがって、生物の生息環境の観点からみた底質の泥化は、砂泥質の含泥率の上昇であり、細粒化と同義と考える。

次に、潮流流速の減少と底質の泥化について、図4.3.3に示す流れの中に存在する粒子の粒径と汚濁限界流速との関係より、汚濁限界流速が低ければ、沈降せずに海底上を浮遊・流動する粒子の粒径も小さくなるため、一般的に海底の底質への粒子の沈降、堆積を考える場合、粒子の粒径と潮流流速の大きさに密接な関係があることに留意する必要がある。また、塚本ら(2002)¹⁾によると、潮汐振幅減少に伴い、有明海のM₂分潮振幅も湾口部で約5%減少し、湾奥西部で成層しやすい海域が拡大したと報告されている。

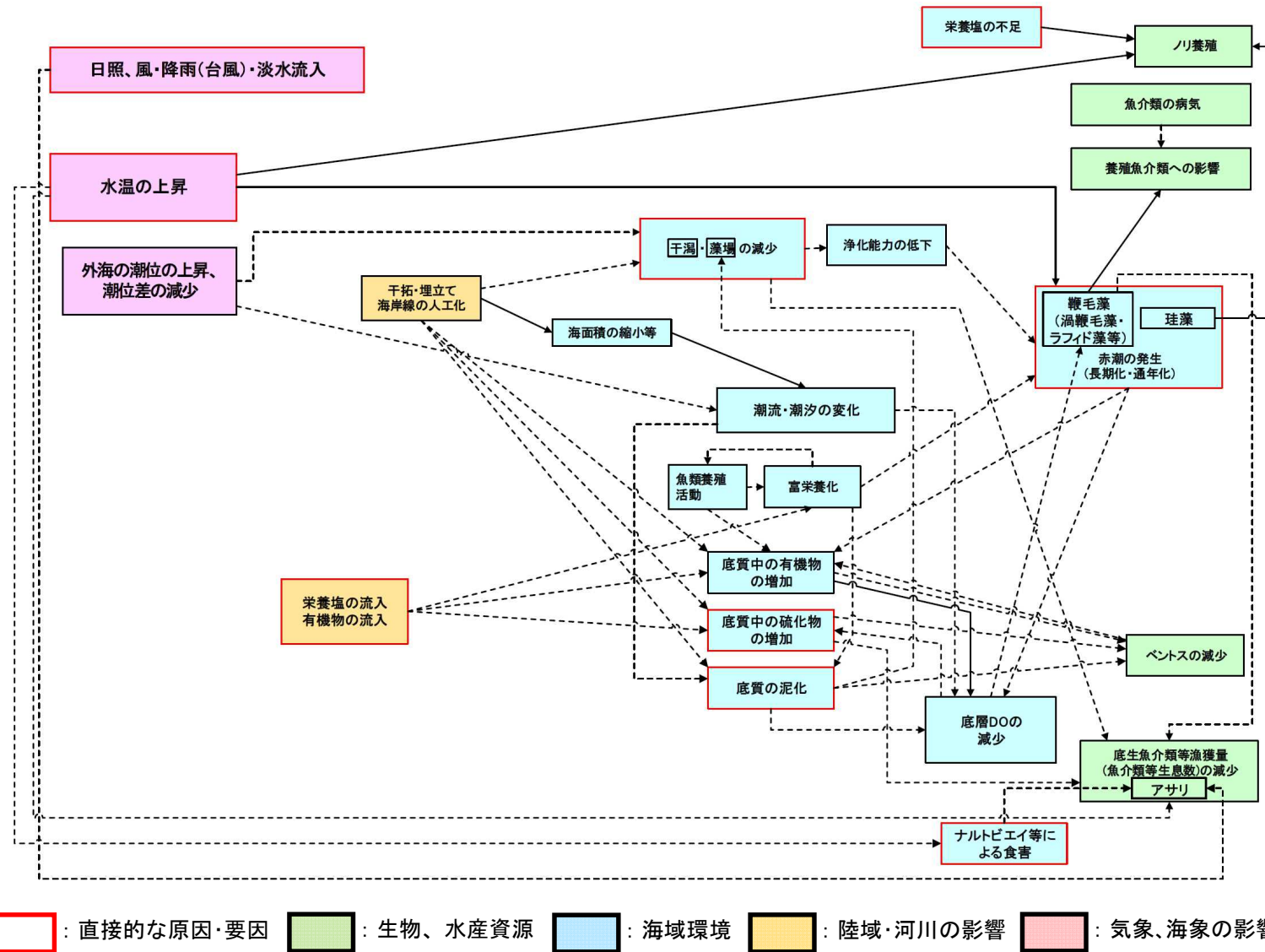
有明海の潮流については、前述したように、諫早湾の湾奥部、湾央部及び湾口部では堤防締切り後に潮流流速が低下する傾向がみられたこと、島原半島沿岸部では潮流流速が約21~27%減少したことが報告されている。一方、シミュレーションより、潮流への諫早湾干拓事業の影響は限られ、有明海湾奥部の流速の変化は月の昇交点運動による潮汐振幅の変動の影響に比べて非常に小さいと報告されている。また、熊本新港及びノリ養殖施設の影響により潮流への影響が報告されている。

以上のことから、潮流流速の減少は底質の泥化や成層化等につながる可能性があるが、潮流流速の変化の程度については明らかとなっていない。



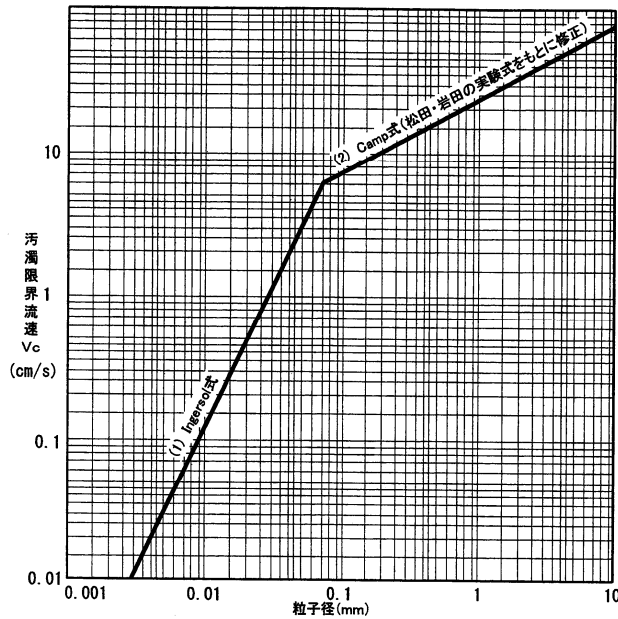
注) 本報告書において関連があることを確認したものを実線で、その他を点線で示した。なお、有明海の中で関連があることを確認した海域区分が一つでもあれば実線で示している。

図 4.3.1 有明海における問題点と原因・要因との関連の可能性



注) 本報告書において関連があることを確認したものを実線で、その他を点線で示した。なお、八代海の中で関連があることを確認した海域区分が一つでもあれば実線で示している。

図 4.3.2 八代海における問題点と原因・要因との関連の可能性



注：1)上図の式は、次のとおりである。

(1) Ingersol 式
$$V_c = \frac{1}{12} V \sqrt{\frac{8}{f}}$$

ここで、 V は Stokes 式より次のとおりである。

Stokes 式
$$V = \frac{1}{18} \frac{g(\rho_s - \rho)}{\mu} \cdot d^2$$

(2) Camp 式 (松田、岩田の実験式をもとに修正)
$$V_c = 1.86 \sqrt{\frac{(\rho_s - \rho)}{\rho}} g d$$

ここで、式中の記号は、次のとおりである。

- | | |
|-------------------------------------|------------------------------------|
| V_c : 汚濁限界流速 (cm/s) | f : 摩擦抵抗係数 (=0.025) |
| g : 重力加速度 (980cm/s ²) | ρ_s : 土粒子の比重 (=2.65) |
| ρ : 水の単位体積重量 (=1.024) | μ : 粘性係数
(15℃=0.01145poise) |
| d : 土粒子直径 (cm) | V : 沈降速度 (cm/s) |

2) 上図の関係は、取扱い土砂の性状によっても変化するので、現地底質の存在状態、土質を把握しておく必要がある。

3) Ingersol 式の摩擦抵抗係数 f の値は、濁りを構成する微細土粒子が主対象となることから、 $f=0.025$ とした。

4) 上図の関係は、沈殿堆積した粒子が再浮上する流速下では浮遊粒子の正味の沈降はないとの考え方に基いて作成したものである。

図 4.3.3 粒子径と汚濁限界流速との関係

出典：国土交通省港湾局(2004)：港湾工事における濁り影響予測の手引き

参考資料

- 1) 塚本秀史、柳哲雄 (2002)：有明海の潮汐・潮流，海と空，第78巻，第1号，pp.31-38

4. 問題点と原因・要因の考察（海域区分毎）

本節における「問題点と原因・要因の考察」の構成イメージを図 4.4.1 に示す。4 章 2. 海域区分に示した海域区分毎に、前節で示した問題点の確認とその原因・要因の考察を整理するとの基本方針に従って、まず、有明海の A 1 海域から A 7 海域、八代海の Y 1 海域から Y 5 海域の海域区分毎に整理することとし、このなかで基本的に移動が少ないため特定の海域特性の影響を受けやすいと考えられる「ベントスの変化」と「有用二枚貝の減少」の問題について考察した（4 章 4(1)～(7)、(10)～(14)）。

一方、有明海・八代海等が抱える諸問題には、環境特性による海域区分で検討しては事象を捉えることができないもの、空間として海域全体で捉えるべきものがある。これらに該当する「ノリ養殖の問題」及び「魚類等の変化（魚類養殖業の問題を含む。）」に関する原因・要因の考察や、「有用二枚貝の減少」の問題のうちエイによる食害等に関する原因・要因の考察については、有明海全体又は八代海全体でそれぞれまとめて整理を行うこととした（4 章 4(8)、(9)、(15)）。

また、橘湾又は熊本県天草市牛深町周辺の海面については、隣接する有明海又は八代海で発生した赤潮が流入して養殖魚に被害が生じることが問題となっているため、それぞれ有明海全体又は八代海全体の中で示すこととした（4 章 4(9)、(15)）。

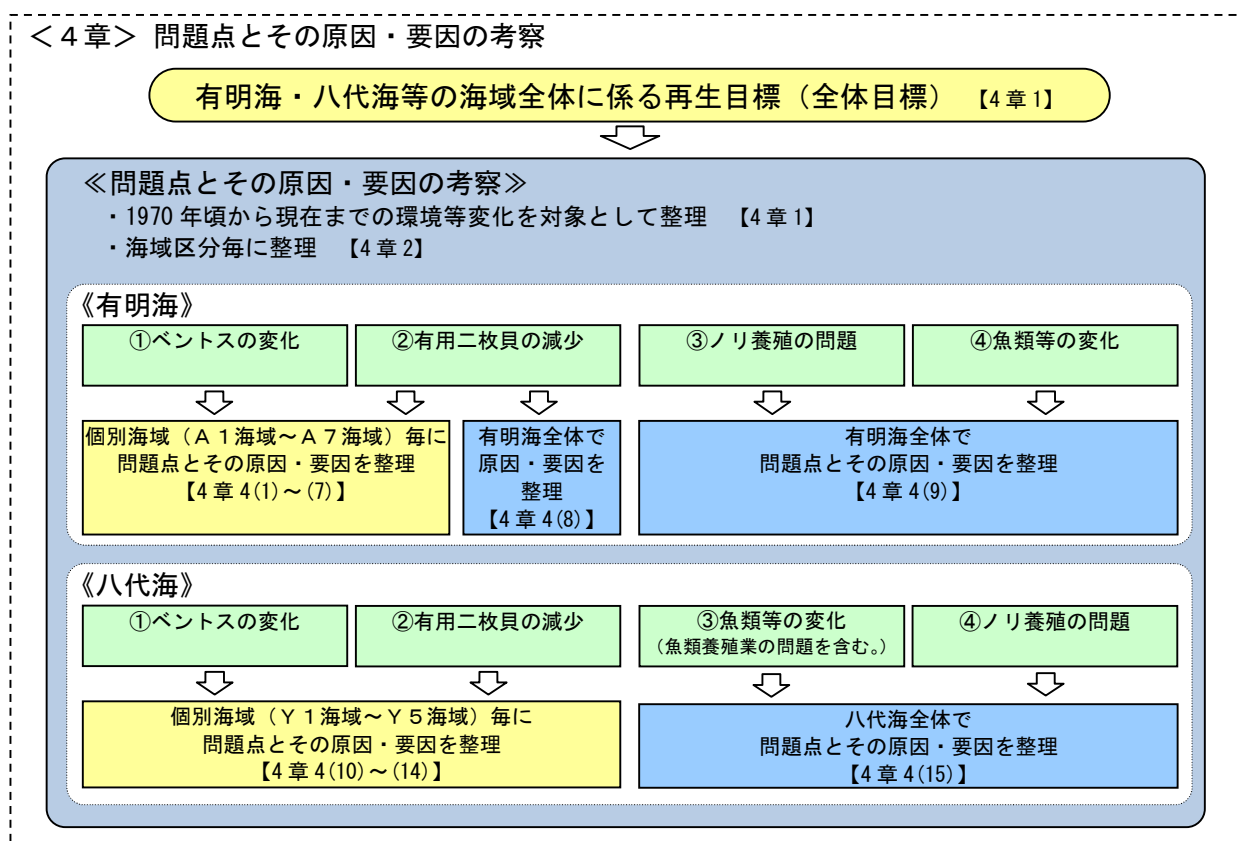


図 4.4.2 4 章の構成イメージ

(1) A 1 海域 (有明海湾奥奥部)

ア) この海域の特性

A 1 海域(有明海湾奥奥部)は図 4.4.2 に示すように、有明海の奥部に位置しており、水深の浅い広大な干潟域が広がっている。

本海域は、筑後川をはじめとした大小多数の河川が流入している。園田ら(2008)は、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することを報告しており、河川からの影響を大きく受けていると考えられる¹⁾。

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、平均流は反時計回りであり²⁾、横山ら(2008)によるとエスチュアリ循環流が形成されている³⁾。

水質については、園田ら(2008)は、筑後川からの影響が大きく、筑後川から流入した栄養塩類(DIN)が反時計回りに有明海湾

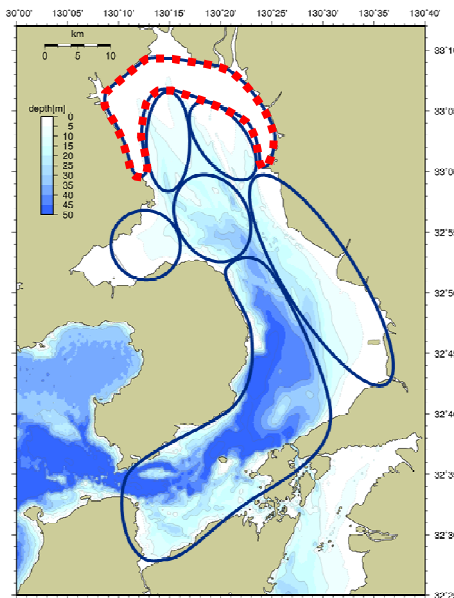


図 4.4.2 A 1 海域位置

口に向かって移流・拡散していくことや、DIN は河川流量の増加に伴い高くなること、 PO_4-P も高く富栄養化が顕著な海域であること、塩分が有明海では最も低く、梅雨時期の河川からの淡水流入により低下しており、1996年から2004年の7月には底層も著しい低下がみられたと報告している¹⁾。

底質は、西側では泥質干潟、東側は砂泥質干潟が形成されており、浅海域で調査した結果によると、2001年以降は粘土・シルト分に増加傾向はみられなかった^{4)、5)}。横山ら(2008)は出水時に筑後川・早津江川から流入した粘土・シルト分は一部が感潮河道に戻り、残りがA2・A3海域に流出すること、A2・A3海域からはエスチュアリ循環によって本海域に移流されることを報告している³⁾。

貧酸素水塊は東部及び西部干潟域では問題とならないが、西部干潟沖合域(A3海域との境界域)では出水期後の小潮時を中心に成層が形成されて貧酸素水塊が発生し、魚介類のへい死を引き起こしている^{6)、7)、8)}(岡村ら 2010、中牟田ら 2013、徳永ら 2016)。

赤潮について、本海域は2011~2015年の赤潮発生件数が94件であり、有明海の中で最も多い(図 4.4.150)。本海域では、低塩分と河口から供給される粘土・シルト分による高濁度水が発生するため、光合成が阻害される⁹⁾(代田・近藤 1985)。このため、赤潮の発生件数は河口より離れた西側海域で多い。この海域では珪藻類は周年、夏期は出水後にラフィド藻が卓越する。冬期に塩田川河口域で珪藻 *Asteroplanus* 属が優占する^{10)、11)}(片野ら 2013、松原ら 2014)。

本海域ではノリ養殖が行われている。

イ) ベントスの変化

a) 現状と問題点の特定

A1 海域では、2004 年以前のベントスのモニタリング結果がなく、1970 年頃と現在の変化は不明である。2005 年以降の約 10 年間のデータしか得られなかったため、問題点を特定することは困難であるが、以下のとおり傾向の整理を行った。

図 4.4.4 に示すように、2005 年以降は全 3 調査地点のうち A_{sg}-2 及び A_{fk}-1 では種類数に一定の変化傾向はみられず、A_{sg}-3 では節足動物門の種類数は減少傾向であった。個体数については、3 地点とも調査毎に変動が大きく、10 年間継続した一定方向の変化を見いだすことは難しいが、A_{sg}-3 では環形動物門の個体数に増加傾向がみられた。これ以外の分類群では個体数に単調な増加・減少傾向はみられなかった。全体の主要種に大きな変化はみられなかった。調査毎に大きく変動する要因は、特定の優占種（ドロクダムシ類やシズクガイ等の日和見的で短命な有機汚濁耐性種）の増減であると考えられ、総個体数が前年の 5 倍から 10 倍になる年があり、群集構造は大きく変動していると考えられる（表 4.4.1(1)から(3)に具体的に示す）。

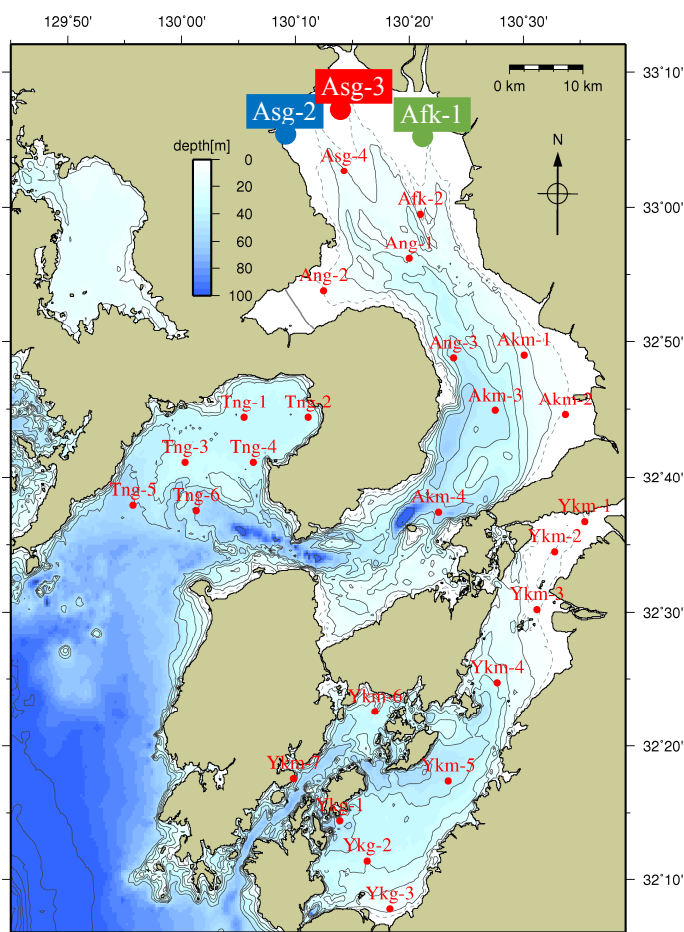


図 4.4.3 A1 海域におけるベントス調査地点

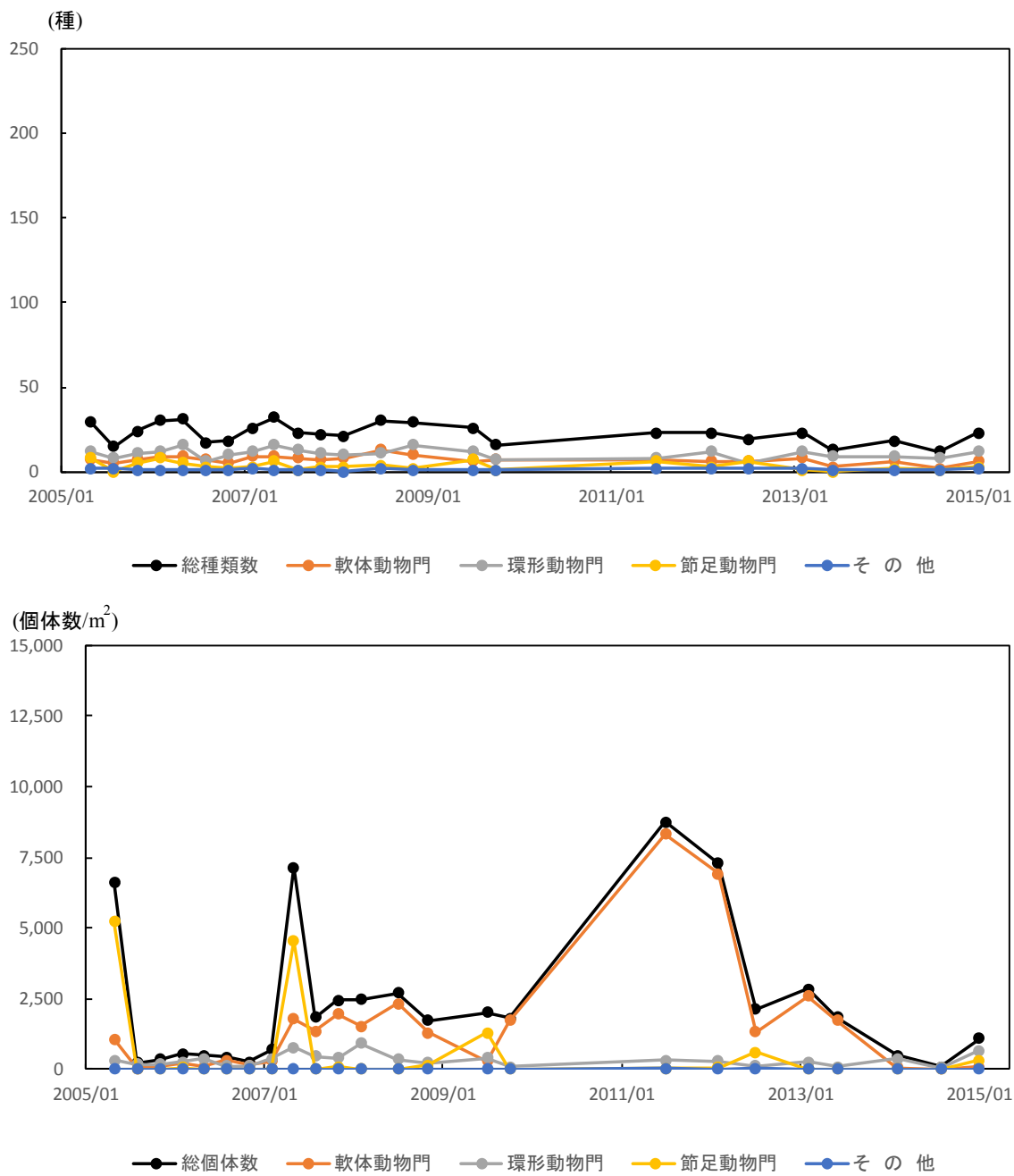


図 4.4.4(1) A1 海域におけるベントスの推移 (Asg-2)

出典：環境省 有明海・八代海再生フォローアップ調査結果
有明海・八代海再生重点課題対策調査結果 等

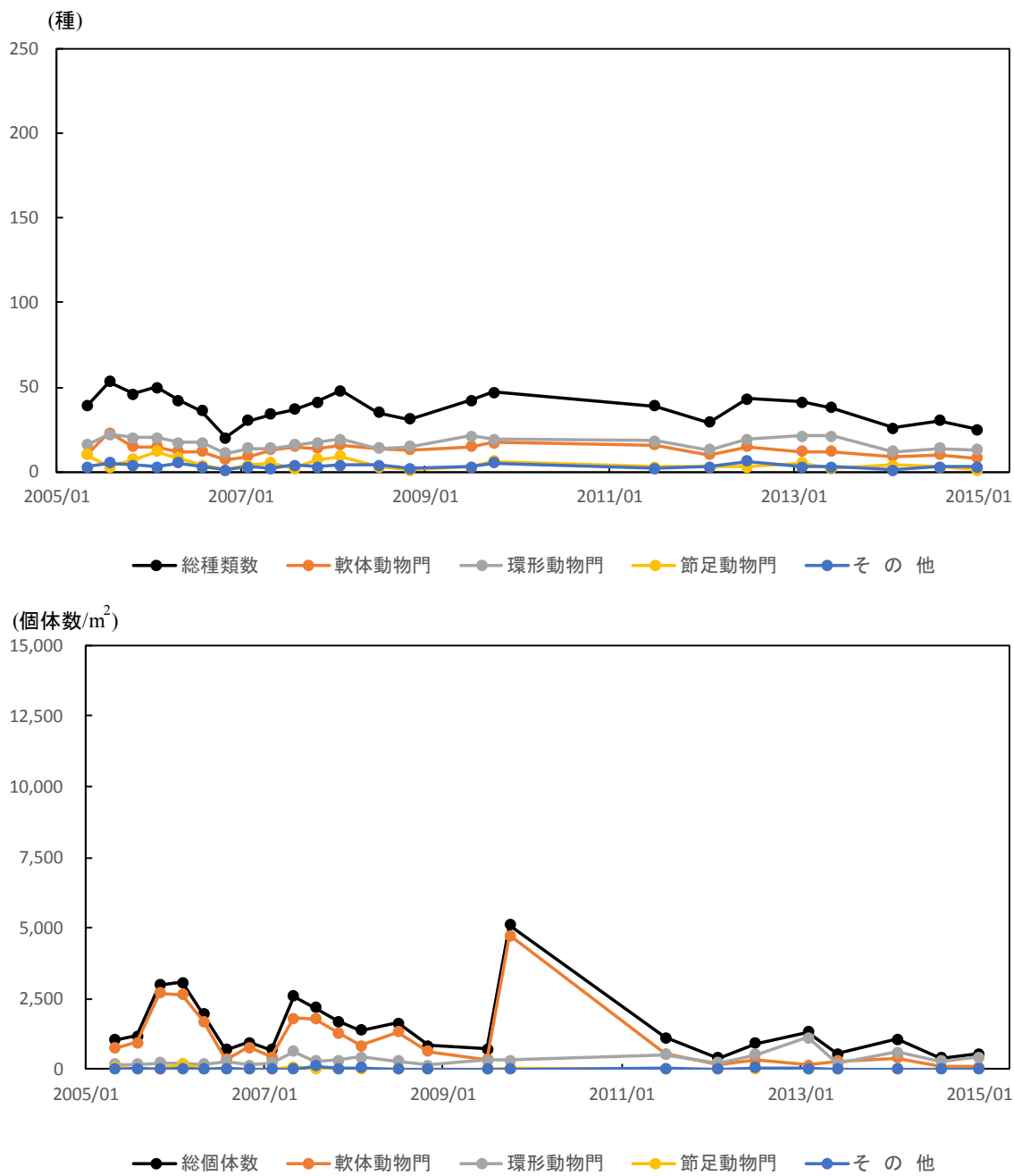


図 4.4.4(2) A1 海域におけるベントスの推移 (Asg-3)

出典：環境省 有明海・八代海再生フォローアップ調査結果
有明海・八代海再生重点課題対策調査結果 等

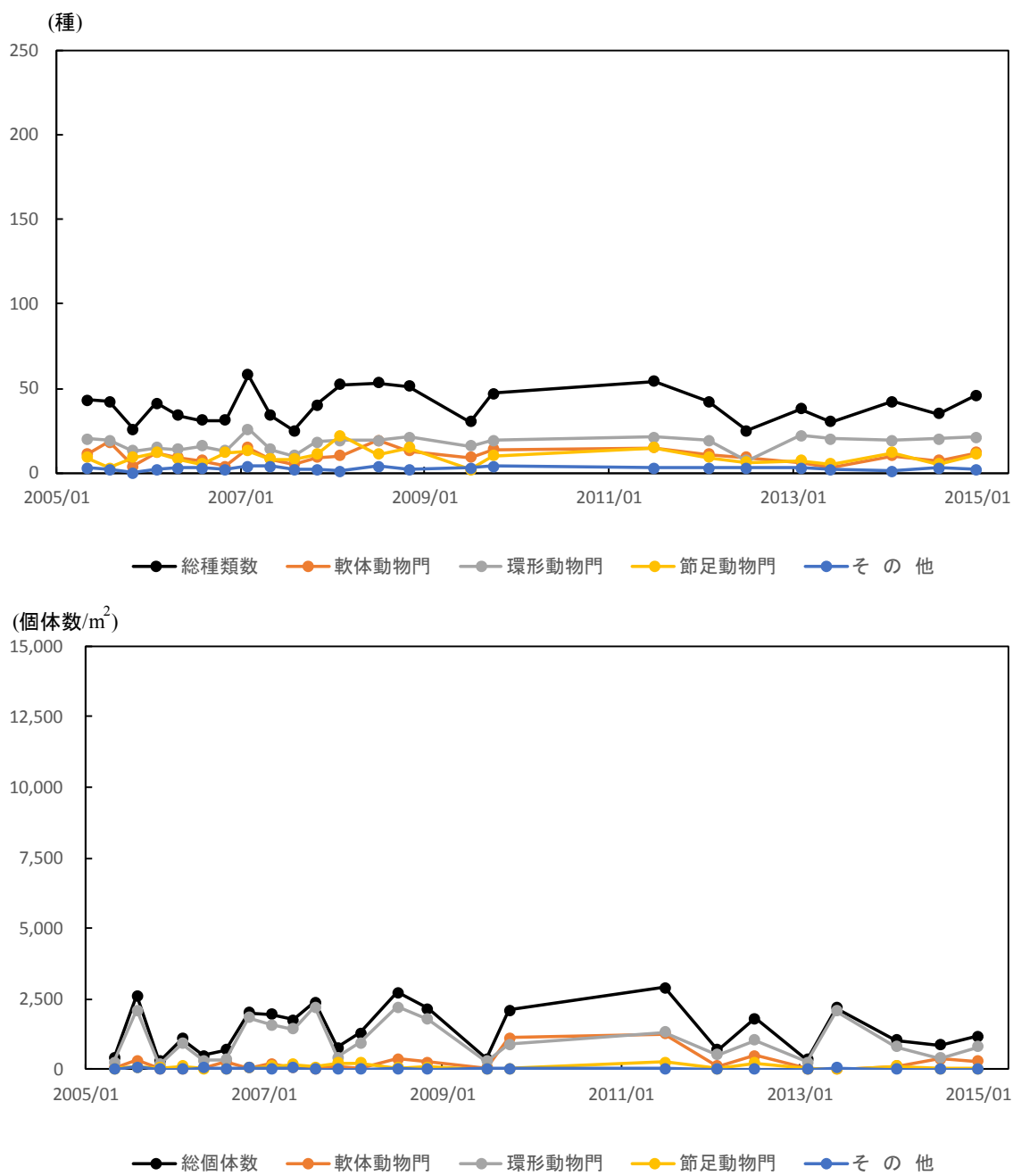


図 4.4.4(3) A1 海域におけるベントスの推移 (Afk-1)

出典：環境省 有明海・八代海再生フォローアップ調査結果
有明海・八代海再生重点課題対策調査結果 等

表 4.4.1(1) A1 海域におけるベントスの出現主要種の推移 (Asg-2)

年月	A-1		種名	個体数割合
	Asg-2			
年月	門等		種名	個体数割合
2005/05	節足動物門		Corophium sp.	77.8%
	軟体動物門	二枚貝類	ヒタスマコダキガイ	14.1%
	軟体動物門	二枚貝類	シズクガイ	1.7%
2005/08	環形動物門		Sigambra tentaculata	69.7%
	軟体動物門	二枚貝類	シズクガイ	9.2%
	環形動物門		Glycinde sp.	4.2%
2005/11	軟体動物門		カワグチツボ	22.7%
	環形動物門		Mediomastus sp.	18.2%
	環形動物門		Sigambra tentaculata	11.9%
2006/02	節足動物門		ウミイコムシ	20.1%
	軟体動物門	二枚貝類	シズクガイ	16.1%
	軟体動物門		トライミスゴマツボ	13.5%
2006/05	環形動物門		Mediomastus sp.	26.4%
	環形動物門		Sigambra tentaculata	22.0%
	軟体動物門	二枚貝類	シズクガイ	11.8%
2006/08	軟体動物門		カワグチツボ	33.0%
	環形動物門		Sigambra tentaculata	15.4%
	軟体動物門	二枚貝類	シズクガイ	15.0%
2006/11	軟体動物門		トライミスゴマツボ	40.1%
	環形動物門		Prionospio sp.	11.7%
	環形動物門		Sigambra tentaculata	10.2%
2007/02	環形動物門		Mediomastus sp.	17.5%
	軟体動物門	二枚貝類	シズクガイ	16.4%
	環形動物門		イトコガイ科	15.8%
2007/05	節足動物門		Corophium sp.	63.1%
	軟体動物門	二枚貝類	ヒタスマコダキガイ	14.2%
	軟体動物門	二枚貝類	シズクガイ	9.2%
2007/08	軟体動物門		カワグチツボ	40.4%
	軟体動物門		トライミスゴマツボ	24.6%
	環形動物門		Glycinde sp.	11.7%
2007/11	軟体動物門		カワグチツボ	51.0%
	軟体動物門		トライミスゴマツボ	25.9%
	環形動物門		Mediomastus sp.	3.9%
2008/02	軟体動物門		トライミスゴマツボ	28.9%
	軟体動物門		カワグチツボ	27.5%
	環形動物門		Mediomastus sp.	14.8%
2008/07	軟体動物門		カワグチツボ	61.1%
	軟体動物門		トライミスゴマツボ	20.6%
	環形動物門		ウチワコガイ	5.9%
2008/11	軟体動物門		カワグチツボ	30.7%
	軟体動物門	二枚貝類	ヒメカノアザリ	26.1%
	軟体動物門	二枚貝類	シズクガイ	14.0%
2009/07	節足動物門		Corophium sp.	63.4%
	環形動物門		Sigambra tentaculata	10.9%
	軟体動物門		カワグチツボ	6.1%
2009/10	軟体動物門		カワグチツボ	80.1%
	軟体動物門		トライミスゴマツボ	12.7%
	環形動物門		Sigambra tentaculata	2.2%
2011/07	軟体動物門		カワグチツボ	80.2%
	軟体動物門		ミスゴマツボ科	11.3%
	環形動物門		Sigambra tentaculata	3.2%
2012/02	軟体動物門		カワグチツボ	86.5%
	軟体動物門		トライミスゴマツボ	7.9%
	環形動物門		Mediomastus sp.	1.6%
2012/07	節足動物門		Corophium sp.	26.1%
	軟体動物門		ミスゴマツボ科	21.1%
	軟体動物門		カワグチツボ	18.9%
2013/02	軟体動物門	二枚貝類	ヒタスマコダキガイ	48.7%
	軟体動物門		カワグチツボ	19.4%
	軟体動物門		トライミスゴマツボ	11.0%
2013/08	軟体動物門	二枚貝類	ヒタスマコダキガイ	93.2%
	環形動物門		ウチワコガイ	4.0%
	軟体動物門		トライミスゴマツボ	0.8%
2014/02	環形動物門		Sigambra tentaculata	0.8%
	環形動物門		Mediomastus sp.	63.1%
	環形動物門		Sigambra tentaculata	6.1%
2014/08	環形動物門		Pseudopolydora sp.	4.5%
	環形動物門		Sigambra tentaculata	69.0%
	軟体動物門	二枚貝類	シズクガイ	4.8%
2015/01	環形動物門		Glycinde sp.	4.8%
	環形動物門		Mediomastus sp.	39.7%
	節足動物門		レウコン科	28.7%
	環形動物門		Sigambra tentaculata	6.1%

【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 0.05m²）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-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】

環境省 有明海・八代海再生フォローアップ調査結果等より取りまとめ

A1 海域における出現主要種の変遷を詳細にみると、Asg-2 では、主要種のなかでは軟体動物が多くみられ、2009 年以降は二枚貝類があまりみられなくなっている。総個体数が多かった 2005 年 5 月及び 2007 年 5 月には *Corophium* sp. (ドロクダムシ類)、同じく 2011 年 7 月及び 2012 年 2 月にはカワグチツボが多くみられた。

なお、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 2008 年までは主要種となっていた。

表 4.4.1(2) A1 海域におけるベントスの出現主要種の推移 (Asg-3)

		A-1	
		Asg-3	
年月	門等	種名	個体数割合
2005/05	軟体動物門 二枚貝類	サルボウガイ	41.7%
	軟体動物門 二枚貝類	シズクガイ	23.9%
	環形動物門	Sigambra tentaculata	4.2%
2005/08	軟体動物門 二枚貝類	サルボウガイ	22.1%
	軟体動物門 二枚貝類	ヒバリガイ属	18.1%
	軟体動物門 二枚貝類	フネガイ科	12.6%
2005/11	軟体動物門 二枚貝類	サルボウガイ	55.5%
	軟体動物門 二枚貝類	シズクガイ	22.0%
	軟体動物門 二枚貝類	ヒメカノアサリ	3.5%
2006/02	軟体動物門 二枚貝類	サルボウガイ	64.2%
	軟体動物門 二枚貝類	ヒメカノアサリ	4.7%
	節足動物門	Corophium sp.	4.2%
2006/05	軟体動物門 二枚貝類	サルボウガイ	52.6%
	軟体動物門 二枚貝類	シズクガイ	20.3%
	軟体動物門 二枚貝類	ヒメカノアサリ	6.2%
2006/08	軟体動物門 二枚貝類	サルボウガイ	40.0%
	環形動物門	Sigambra tentaculata	23.8%
2006/11	環形動物門	Glycinde sp.	7.2%
	軟体動物門 二枚貝類	サルボウガイ	81.0%
	環形動物門	Sigambra tentaculata	9.1%
2007/02	環形動物門	Mediomastus sp.	3.8%
	軟体動物門 二枚貝類	サルボウガイ	58.2%
	環形動物門	Sigambra tentaculata	15.1%
2007/05	環形動物門	イトコカイ科	11.1%
	軟体動物門 二枚貝類	サルボウガイ	57.8%
	軟体動物門 二枚貝類	シズクガイ	9.5%
2007/08	環形動物門	タノコガイ	9.0%
	軟体動物門 二枚貝類	サルボウガイ	54.6%
	軟体動物門	トウカクガイ科	18.7%
2007/11	環形動物門	タノコガイ	4.4%
	軟体動物門 二枚貝類	サルボウガイ	59.4%
	環形動物門	Sigambra tentaculata	4.8%
2008/02	軟体動物門 二枚貝類	Scapharca sp.	4.5%
	軟体動物門 二枚貝類	サルボウガイ	38.2%
	環形動物門	Prionospio sp.	9.6%
2008/07	軟体動物門 二枚貝類	ヒメカノアサリ	6.7%
	軟体動物門 二枚貝類	サルボウガイ	76.6%
	環形動物門	タノコガイ	7.8%
2008/11	環形動物門	Sigambra tentaculata	4.5%
	軟体動物門 二枚貝類	サルボウガイ	45.7%
	軟体動物門 二枚貝類	ヒメカノアサリ	15.6%
2009/07	環形動物門	Sigambra tentaculata	7.5%
	軟体動物門 二枚貝類	サルボウガイ	27.1%
	軟体動物門 二枚貝類	シズクガイ	13.3%
2009/10	環形動物門	タノコガイ	11.3%
	軟体動物門 二枚貝類	ヒメカノアサリ	43.6%
	軟体動物門 二枚貝類	サルボウガイ	28.8%
2011/07	軟体動物門 二枚貝類	シズクガイ	13.8%
	軟体動物門 二枚貝類	サルボウガイ	32.9%
	環形動物門	タノコガイ	22.1%
2012/02	環形動物門	Sigambra tentaculata	9.4%
	環形動物門	Sigambra tentaculata	38.8%
	軟体動物門	トウカクガイ科	9.6%
2012/07	軟体動物門 二枚貝類	サルボウガイ	9.1%
	環形動物門	Sigambra tentaculata	32.0%
	軟体動物門 二枚貝類	シズクガイ	19.0%
2013/02	環形動物門	Glycinde sp.	5.0%
	環形動物門	Mediomastus sp.	66.9%
	環形動物門	Sigambra tentaculata	7.5%
2013/08	軟体動物門 二枚貝類	シズクガイ	4.0%
	軟体動物門 二枚貝類	Veremolpa sp.	36.7%
	軟体動物門 二枚貝類	シズクガイ	12.4%
2014/02	環形動物門	Glycinde sp.	10.2%
	軟体動物門 二枚貝類	シロハトガイ	35.5%
	環形動物門	リコイソム科	24.0%
2014/08	環形動物門	Naineris sp.	16.0%
	環形動物門	Phyllodoce sp.	35.8%
	環形動物門	Malacoceros sp.	8.5%
2015/01	軟体動物門 二枚貝類	ハツヒサクラガイ	7.1%
	環形動物門	Naineris sp.	24.9%
	環形動物門	Schistomeringos sp.	16.8%
	環形動物門	Pocillochaetus sp.	15.8%

【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 0.05m²)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-3 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】

環境省 有明海・八代海再生フォローアップ調査結果等より取りまとめ

A1 海域における出現主要種の変遷を詳細にみると、Asg-3 では、主要種のなかでは二枚貝類が多くみられ、2006 年からは環形動物も多くみられるようになってきている。

総個体数が多かった 2009 年 10 月にはヒメカノアサリ及びサルボウガイが多くみられた。

なお、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 年から継続して主要種となっている。

表 4.4.1(3) A1 海域におけるベントスの出現主要種の推移 (Afk-1)

年月	A-1		
	門等	種名	個体数割合
2005/05	環形動物門	Sigambra tentaculata	12.7%
	環形動物門	Glycinde sp.	10.3%
	環形動物門	Parapriospio sp.(B型)	9.3%
2005/08	環形動物門	Heteromastus sp.	51.0%
	環形動物門	イトコカイ科	16.6%
	軟体動物門	コハクツユガイ	5.7%
2005/11	環形動物門	Parapriospio sp.(B型)	17.2%
	軟体動物門	ムシロカイ科	13.2%
	節足動物門	テッポウエビ属	8.6%
2006/02	環形動物門	Heteromastus sp.	50.1%
	環形動物門	Sigambra tentaculata	11.4%
	環形動物門	Glycinde sp.	7.6%
2006/05	環形動物門	Mediomastus sp.	19.0%
	環形動物門	Sigambra tentaculata	11.7%
	環形動物門	Heteromastus sp.	11.3%
2006/08	軟体動物門 二枚貝類	シズクガイ	34.4%
	環形動物門	Heteromastus sp.	17.2%
	環形動物門	Glycinde sp.	13.8%
2006/11	環形動物門	Heteromastus sp.	65.1%
	環形動物門	イトコカイ科	19.9%
	棘皮動物門	トゲイカリナマコ	2.9%
2007/02	環形動物門	Heteromastus sp.	53.6%
	環形動物門	Sigambra tentaculata	8.3%
	軟体動物門 二枚貝類	サルボウガイ	6.7%
2007/05	環形動物門	Heteromastus sp.	53.9%
	環形動物門	Sigambra tentaculata	15.4%
	節足動物門	Melita sp.	3.9%
2007/08	環形動物門	Heteromastus sp.	73.3%
	環形動物門	Sigambra tentaculata	12.7%
	環形動物門	Glycinde sp.	5.8%
2007/11	節足動物門	モヨウツノエビ	22.2%
	環形動物門	タノムコガイ	13.4%
	環形動物門	Prionospio sp.	8.6%
2008/02	環形動物門	タノムコガイ	30.9%
	環形動物門	Prionospio sp.	7.5%
	環形動物門	Heteromastus sp.	6.3%
2008/07	環形動物門	Glycinde sp.	22.6%
	環形動物門	タノムコガイ	19.7%
	環形動物門	Heteromastus sp.	16.0%
2008/11	環形動物門	Heteromastus sp.	33.3%
	環形動物門	Sigambra tentaculata	15.2%
	環形動物門	Parapriospio sp.(B型)	8.6%
2009/07	環形動物門	タノムコガイ	26.8%
	環形動物門	Sigambra tentaculata	12.1%
	環形動物門	アジビキツバサコガイ	10.6%
2009/10	軟体動物門 二枚貝類	シズクガイ	30.2%
	環形動物門	Heteromastus sp.	19.8%
	軟体動物門 二枚貝類	ヒメカノコサリ	18.8%
2011/07	軟体動物門 二枚貝類	ニマガイ綱	38.0%
	環形動物門	Sigambra tentaculata	10.3%
	環形動物門	Glycinde sp.	9.1%
2012/02	環形動物門	Heteromastus sp.	41.2%
	環形動物門	Sigambra tentaculata	10.2%
	環形動物門	Glycinde sp.	7.1%
2012/07	環形動物門	Heteromastus sp.	32.4%
	軟体動物門 二枚貝類	シズクガイ	15.7%
	環形動物門	Pseudopolydora sp.	13.0%
2013/02	環形動物門	Heteromastus sp.	23.4%
	環形動物門	Sigambra tentaculata	10.5%
	環形動物門	Mediomastus sp.	7.0%
2013/08	環形動物門	Tharyx sp.	59.5%
	環形動物門	Brada sp.	16.6%
	環形動物門	Ophiodromus sp.	5.4%
2014/02	環形動物門	ミスヒキコガイ	40.2%
	環形動物門	Phyllodoce sp.	8.1%
	環形動物門	イソメ科	7.2%
2014/08	軟体動物門 二枚貝類	Cycladicama sp.	20.0%
	軟体動物門 二枚貝類	ハナシカイ科	17.2%
	環形動物門	Eteone sp.	16.7%
2015/01	環形動物門	ハラオス科	27.5%
	軟体動物門 二枚貝類	Cycladicama sp.	15.6%
	環形動物門	Gyptis sp.	11.7%

【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 0.05m²)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-1 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】

環境省 有明海・八代海再生フォローアップ調査結果等より取りまとめ

A1 海域における出現主要種の変遷を詳細にみると、Afk-1 では、主要種として環形動物が多くみられ、2009 年以降は二枚貝類が多くみられるようになってきている。

総個体数が多かった2005年8月、2006年11月、2007年8月には *Heteromastus* sp. が多くみられた。

なお、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。

b) 要因の考察

ベントスの生息と密接な関係があるといわれる底質については、2000年以前のモニタリング結果がなく、1970年頃と現在の変化は不明である。ここでは2001年以降の調査結果から要因の考察を行うこととした。

浅海域で調査した結果によると、底質の泥化については、全3調査地点のうち1地点(Asg-3)は粘土・シルト分が100%に近い値で推移し、他の2地点は80~100%程度であり、単調な変化傾向(細粒化・粗粒化傾向)はみられなかった。底質の硫化物については、全3地点で0.1~0.6mg/g程度であり、単調な増加・減少傾向はみられなかった。底質の有機物に関して、強熱減量は全3地点で7~11%程度であり、単調な増加・減少傾向はみられなかった。CODは全3地点で7~20mg/g程度であり、1地点(Asg-2)で増加傾向がみられたが、他の2地点では単調な増加・減少傾向はみられなかった。(図4.4.5)。なお、この3地点は、底質の有機物含量が高いとの知見¹²⁾(岡村ら2006)があるA3海域との境界域には含まれない。

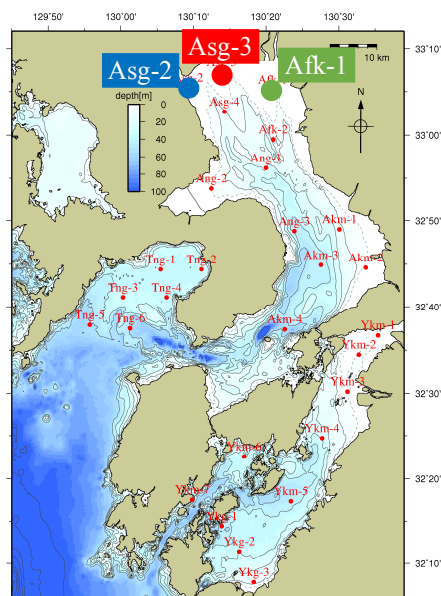
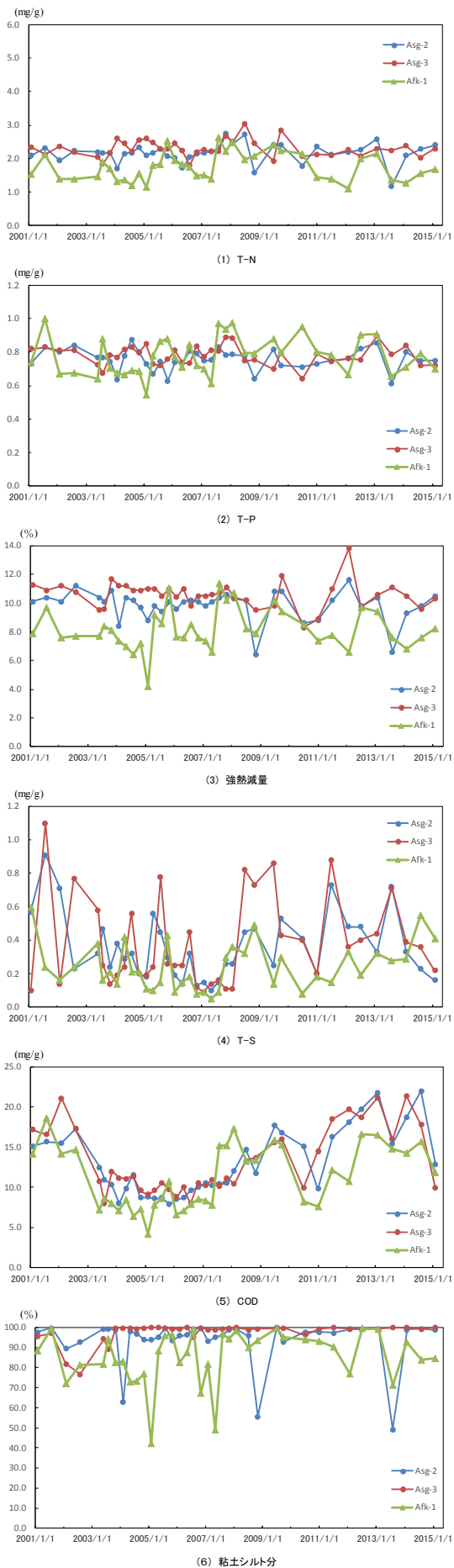


図 4.4.5 A1 海域における底質の推移

(図 4.4.3 A1 海域におけるベントス調査地点と同一地点)
 出典：環境省 有明海・八代海再生フォローアップ調査結果等より取りまとめ

有明海湾奥部の16調査地点に海底上の泥（浮泥¹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4.4.6、図4.4.7）、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地点で開始され、2009年、2010年および2013年に地点が追加されている。

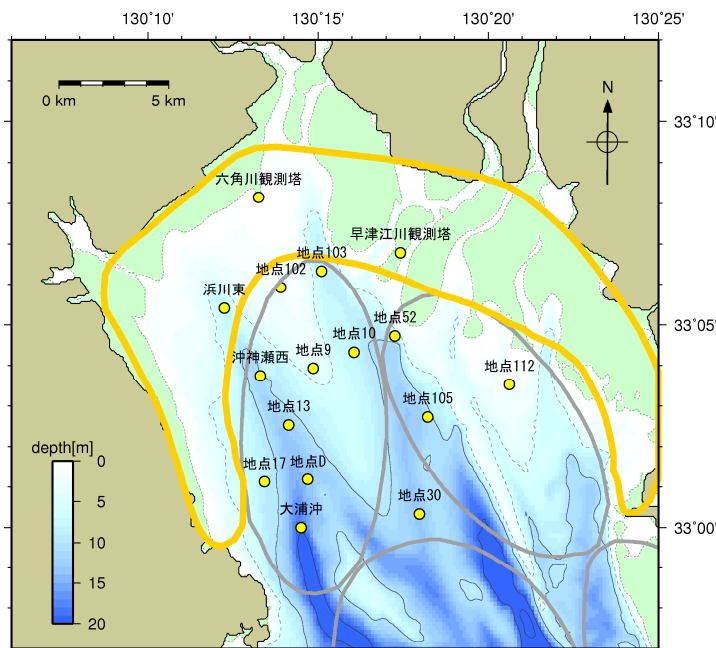


図 4.4.6 埋没測定板の設置地点

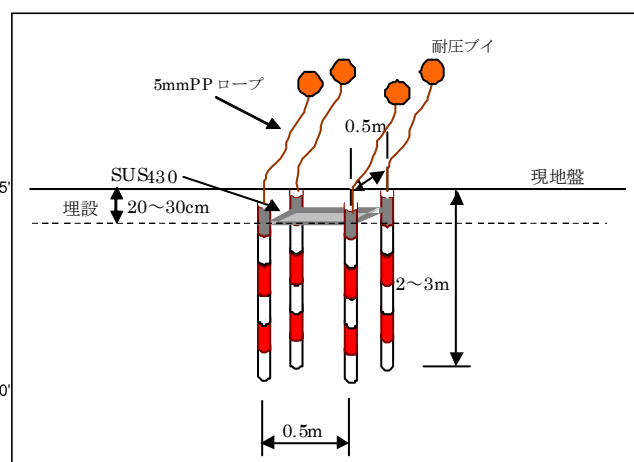


図 4.4.7 埋没測定板の装置の概要

調査開始年からの各調査地点の海底面高の経時変化を図4.4.8に示す。A1海域の地点は六角川観測塔、早津江川観測塔および浜川東の全3地点である。

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

¹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/cm³未満の粒子によって構成される層厚である。

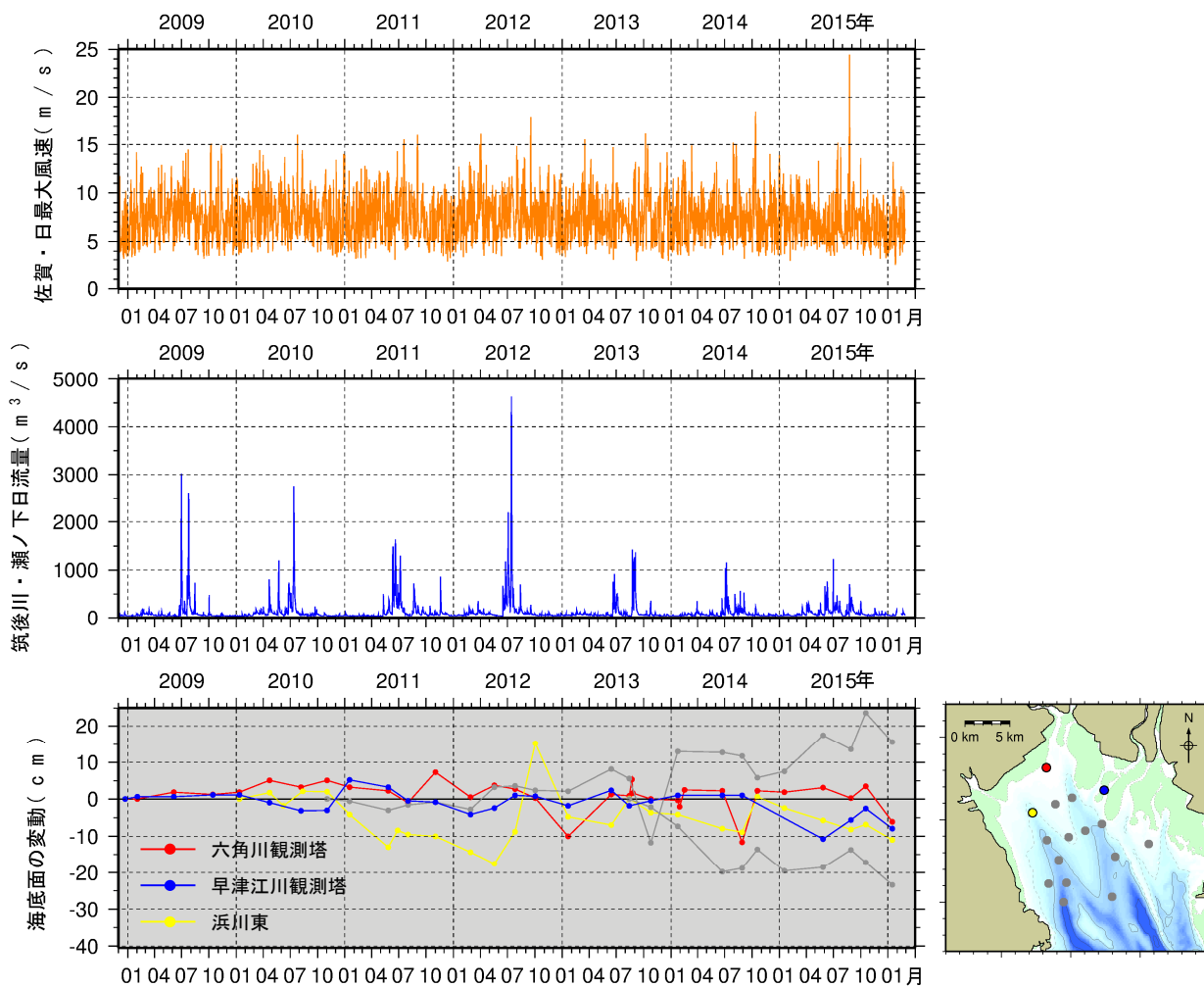


図 4.4.8 埋没測定板による海底面の変動の時系列

出典：環境省 有明海・八代海再生フォローアップ調査結果等より取りまとめ

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 4.4.9 に示す。

A1 海域においては浜川東と六角川観測塔では $Md\phi$ 6 以上、粘土・シルト含有率は 90% 程度であり、泥の堆積がみられる地点である。早津江川観測塔では細砂となっている。

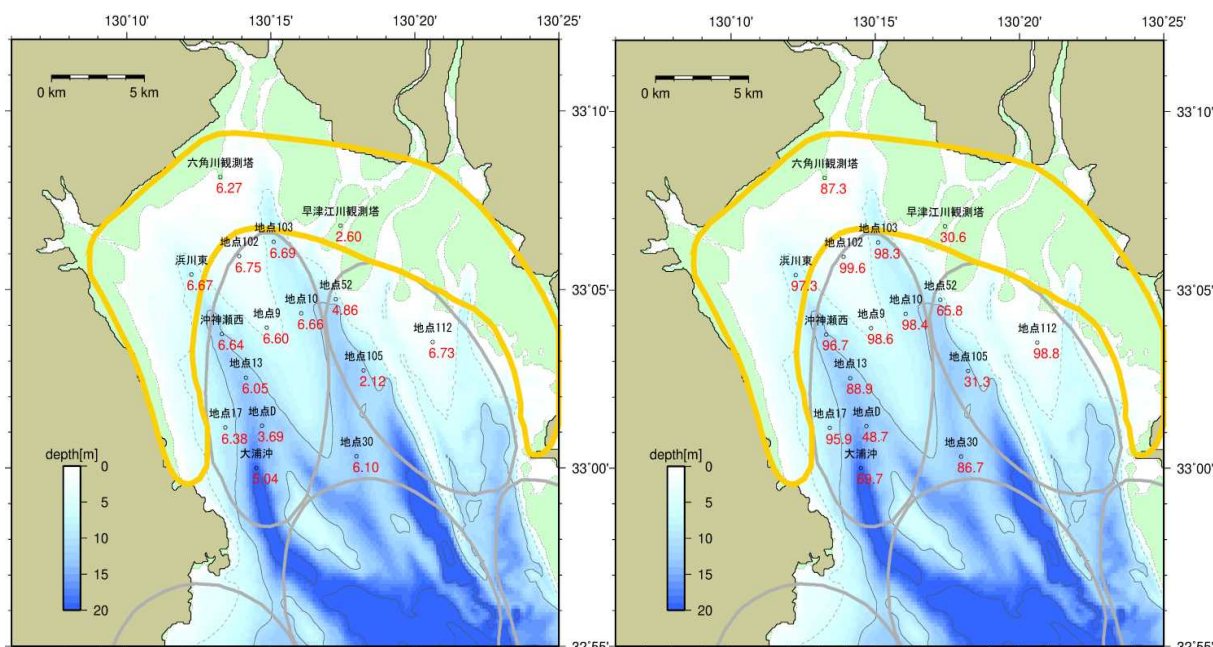


図 4.4.9 埋没測定板の粒度組成 (左図: $Md\phi$ 、右図: 粘土・シルト含有率(%))

出典: 平成 27 年度有明海・八代海等再生対策検討作業支援業務

これらの結果から、底質については、本海域では 2001 年以降におけるデータから単調な変化傾向はみられず、全域的に泥化傾向は進行していないと考えられた。底質の動向とベントスの生息に明確な関係は確認されなかった。

次に、ベントスの生息と密接な関係があるといわれる貧酸素水塊の出現状況について考察した。なお、3章 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。

貧酸素水塊は東部及び西部干潟域では問題とならないが、西部干潟沖合域 (A3 海域との境界域) では出水後の小潮時を中心に成層が形成されて貧酸素水塊が発生している。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 3 調査地点で 2~5mg/L 程度であり、有意な変化はみられなかった。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、2004 年以降におけるデータでは全 2 調査地点で毎年 2.0mg/L を下回っている。

ウ) 有用二枚貝の減少

本海域では、タイラギの「徒取り」漁業が主に東側で営まれているものの、漁獲量や資源量の統計データがとられておらず、推定することも困難である¹³⁾ (古賀・荒巻 2013)。西側の海域はサルボウの主漁場であり、粗放的な採苗と着底稚貝の移植技術を組み合わせた漁業が行われている¹⁴⁾ (真崎・小野原 2003)。アサリの主要生息域は、本海域では東部(早津江川右岸から福岡県大牟田市先まで)に限られている。本海域の干潟は覆砂を施すことによりアサリ、サルボウ、タイラギの着底促進が認められる¹⁵⁾ (内藤・筑紫 2004)。

a) タイラギ

① 現状と問題点の特定

A1 海域は沿岸域が水深の浅い干潟域であり、冬期はノリ漁場として利用されているため、潜水器漁業によるタイラギの漁獲はほとんど認められない。A1 海域の東部は砂質干潟で干潮時に広大な干潟が現われ、かつ人が歩けるため、採貝漁業者による「徒(かち)取り」漁業が主に東側で営まれているが、長期的な統計的データがほとんど収集されておらず、漁獲量や資源量を正確に推定することは困難である。

A1 海域の干潟域については 1970 年頃からの長期的データがなく、過去にもほとんど資源調査がなされておらず、変動要因について整理することは困難である。ここでは 2014 年に図 4.4.10 に示した A1 海域東部で行われたタイラギ資源調査結果¹⁶⁾ を示す。

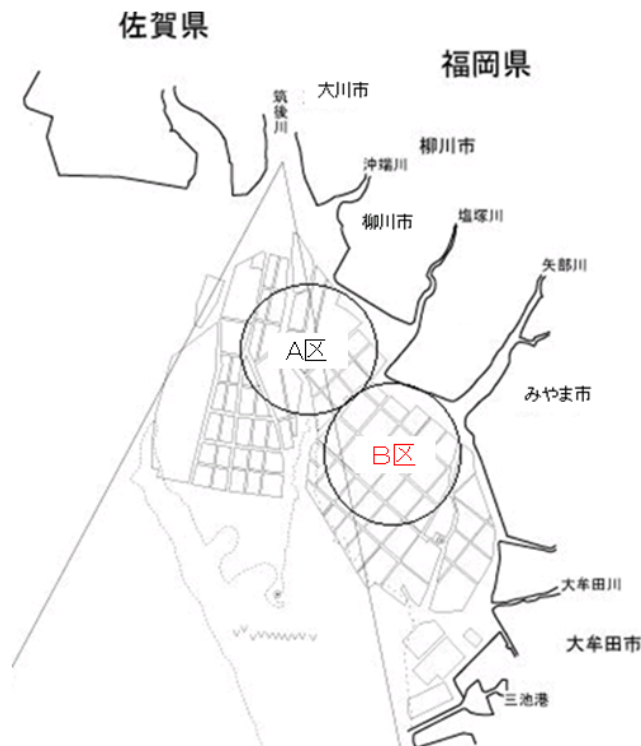


図 4.4.10 A1 海域東部におけるタイラギ資源調査地点

出典：福岡県、佐賀県、長崎県、水産総合研究センター (2014) 「平成 26 年度二枚貝資源緊急増殖対策事業成果報告書」

まとまった調査データはないものの、この海域の干潟域はかつてより天然タイラギが比較的生息している海域として知られている。現在においても、徒取り漁業が営まれている唯一の海域である。

2014年4月～12月の間に実施した計6回の干潟調査の結果を図4.4.11に示した。なお、徒取りでは漁獲サイズが殻長15cm以上のため、それ以下の稚貝サイズの分布については不明である。A区については、10～33個/30分の採捕数が得られた。B区では、30～57個/30分とA区より多くの親貝が採捕された¹⁶⁾。

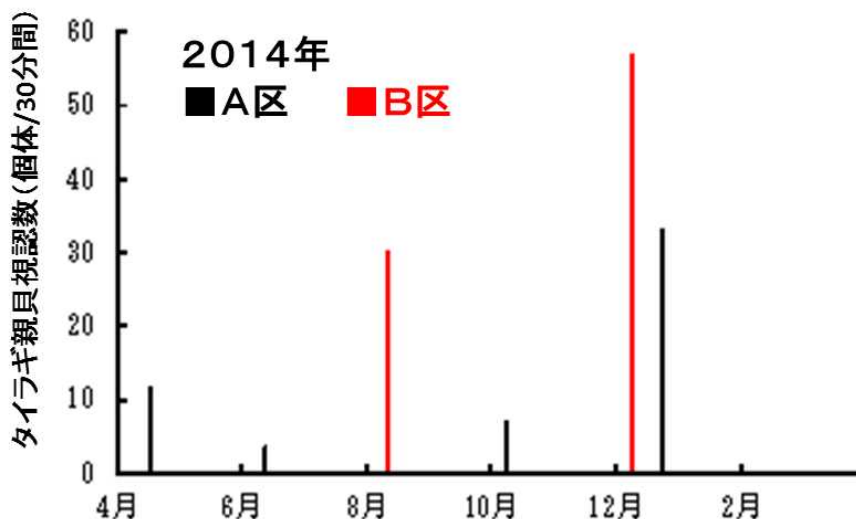


図 4.4.11 A1海域東部における徒取り漁法によるタイラギ親貝

採捕数 (2014年調査) (殻長 150 mm以上)

出典：福岡県，佐賀県，長崎県，水産総合研究センター (2014) 「平成 26 年度二枚貝資源緊急増殖対策事業成果報告書」

2014年12月8日にB区で採捕されたタイラギの殻長組成を図4.4.12に示した。平均殻長は 202 ± 16.5 mm、195 mm、220 mmにモードがみられ、1～3歳貝中心の組成であると推定された¹⁶⁾。後述するように、1990年代以降A3およびA4海域のタイラギはほとんどが1歳貝のみの分布である。A1海域のタイラギは資源量こそ少ないものの、大型の個体が多く生息していることが分かる。

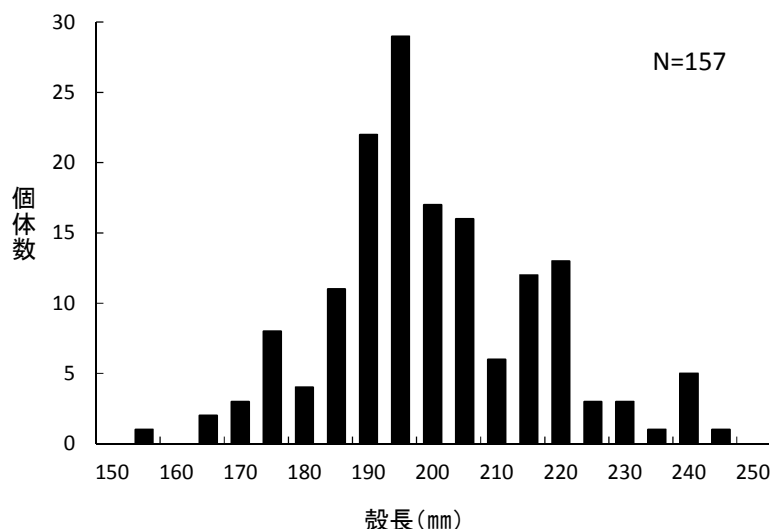


図 4.4.12 干潟で採捕されたタイラギの殻長組成 (2014 年調査)

出典： 福岡県，佐賀県，長崎県，水産総合研究センター (2014)
「平成 26 年度二枚貝資源緊急増殖対策事業成果報告書」

② 要因の考察

漁獲量や資源量の長期的な推移が不明であるため、問題の特定に至らなかった。

b) サルボウ

① 現状と問題点の特定

A1 海域はサルボウ資源の生息域であるとともに、粗放的な採苗（海底に採苗器を設置して稚貝の着生を促進）と着生稚貝の移植技術を組み合わせた漁業が行われている。A1 沿岸においては、1970 年代初頭に約 14,000 t の漁獲量があったが、その後、1981 年～1984 年にかけて夏期にへい死¹⁷⁾（原因は不明、岡山水試ほか 1988）が発生して漁獲量が激減した。へい死は 1985 年を境に収束し、佐賀県での生産量は 10,000 t 台に回復した。しかしながら、近年の生産量は減少傾向にあり、変動幅も大きい。2001 年¹⁴⁾（真崎・小野原 2003）、2004 年⁶⁾（岡村ら 2010）、2006 年¹⁸⁾（吉田・中牟田 2014）、2011 年⁷⁾（中牟田ら 2013）及び 2012 年¹⁸⁾（吉田・中牟田 2014）には大量へい死がみられた。

② 要因の考察

A1 海域西部はサルボウ漁場として利用されている。水深がやや深い干潟沖合域において大量死などによる資源変動が大きいことから、ここでは、干潟沖合域におけるサルボウ資源量の変動要因について考察する。この海域の資源変動要因としては、貧酸素水塊、ナルトビエイの食害などが挙げられる。

A1 海域の西部干潟沖合域では、2001 年以降の毎年、夏期に貧酸素水塊が発生している。2012 年の本海域の浜川沖（定点 T14）では、貧酸素の継続（7 月 21 日から 8 月 3 日までの 2 週間の平均底層溶存酸素量は 0.8mg/L）と共にサルボウのへい

死が生じている⁸⁾ (図 4.4.13 及び徳永ら 2016)。サルボウは二枚貝の中でもヘモグロビン系の体液を保有するなど、低酸素環境下でも生残できる特性を有した二枚貝のひとつであり、貧酸素が頻発する海域にある程度適応した生物でもある。サルボウは無酸素水中で7日間生残するという知見¹⁹⁾ (中村ら 1997)がある。一方、実際の有明海では1mg/L未満の無酸素状態は小潮期の数日程度しか継続しないことから、へい死の要因として貧酸素に加えて他の要因も影響を与えていることが考えられ、夏期の底層溶存酸素量が1mg/L未満となる場合に底質中の硫化水素が増加してへい死を引き起こしている可能性があるとの報告がある^{6)、20)、8)} (岡村ら 2010、徳永ら 2012、徳永ら 2016)。実際に、貧酸素化(底層溶存酸素飽和度10%以下、0.24~0.7mg/L相当)後の底質の間隙水中で硫化水素(>10 mgS/L)の存在を確認し、その後にサルボウの生残率が低下したとの報告がある²⁰⁾ (徳永ら 2012)。さらに2008年の貧酸素発生とサルボウへい死時には、海底直上水に4.2mg/Lの硫化水素が直接検出されている²¹⁾ (木元・児玉 2008)。貧酸素化に加えた硫化水素の発生がサルボウの生残をより低下させることは、室内実験によっても確認されており、貧酸素単独曝露の場合よりも死亡期間が35%程短縮している^{22)、19)、23)} (図 4.4.14 および中村ら 1997、de Zwaan et al. 2001)。こうしたことから、夏期の底層における著しい貧酸素化(溶存酸素量1mg/L未満)と貧酸素化に伴う底泥及び海底直上水中の硫化水素の増加により、へい死を引き起こしている可能性が高いと推測される。

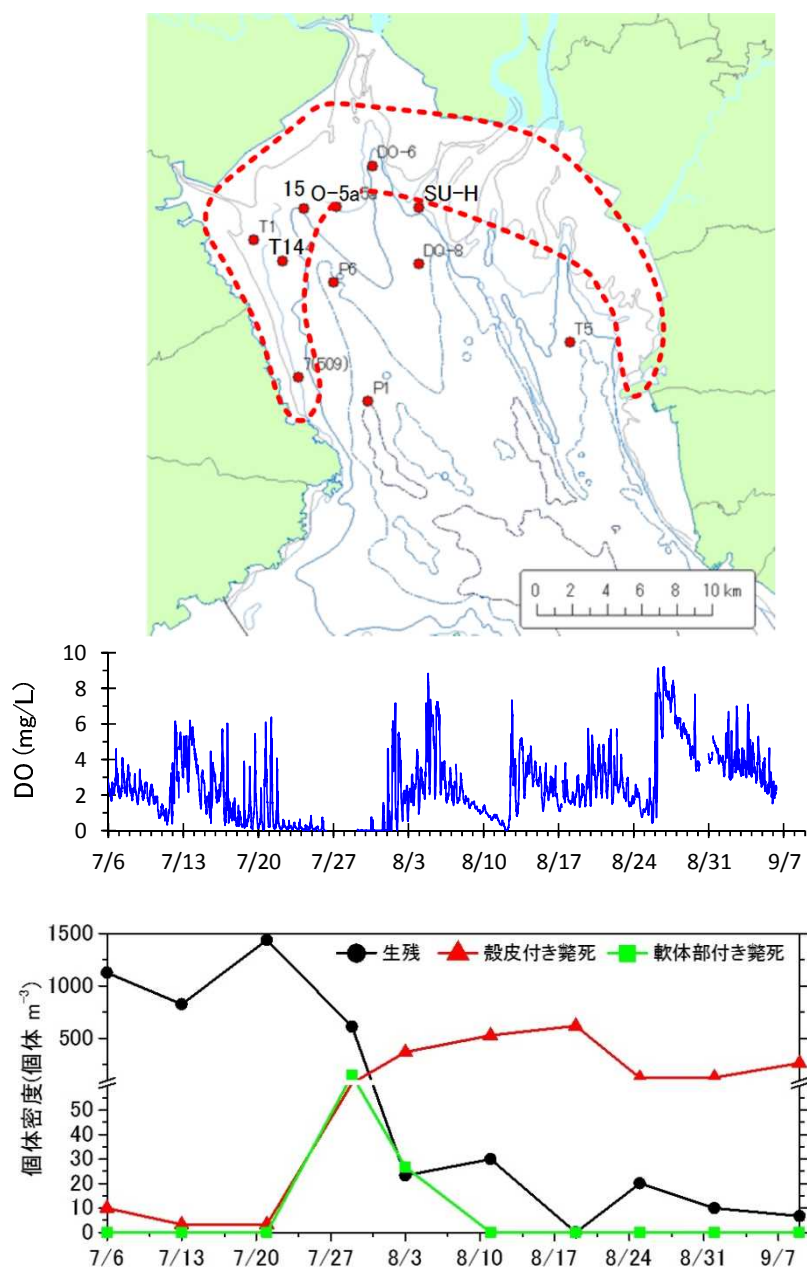


図 4.4.13 A1 海域浜川沖 (T14) における海底直上 20cm の溶存酸素量とサルボウ生息状況の変動 (2012 年)

出典：徳永ら (2016) 土木学会論文集 B2 (海岸工学), 第 72 巻 1 号, 12-21 の図を改変

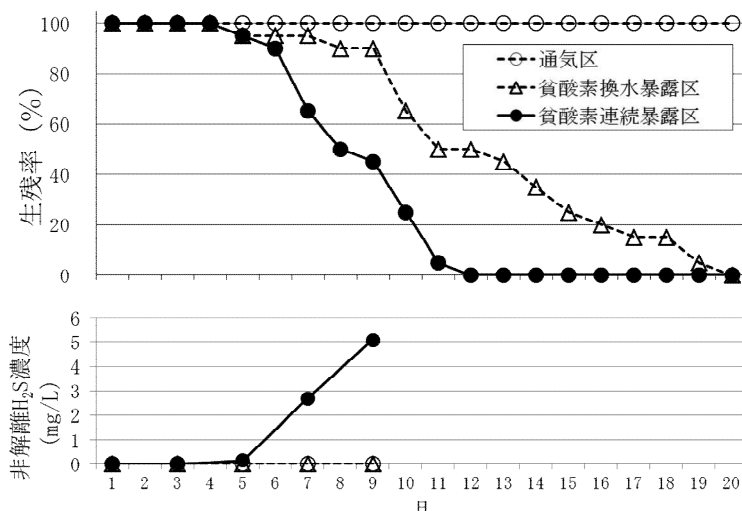


図 4.4.14 サルボウの貧酸素曝露実験結果 (佐賀県有明水産振興センター提供資料)

通気区は溶存酸素量 5mg/L 以上、貧酸素水暴露区は毎日 1 回、溶存酸素量 1mg/L 未満の貧酸素海水で飼育水を全交換した。

出典：中牟田・吉田 (2014) 佐賀県有明水産振興センター研究報告第 27 号, p. 27-33

A1 海域のサルボウ資源に対しても、ナルトビエイによる食害が発生していると推定され ((8) 有明海全体—有用二枚貝の減少 参照)、資源減少の要因になっていると考えられる。ただし、ナルトビエイの胃内容物は海域毎に精査されていないため、その捕食圧を海域毎に推定することは困難である。

なお、2011 年 10 月中旬から 12 月中旬にかけて、サルボウの大量へい死が確認された。この大量死によって、資源量が一時的に 1 / 3 まで減少⁷⁾ (中牟田ら 2013) したものの、その後大量死は発生しておらず、この海域における長期的な資源減少要因とは特定できなかった。

c) アサリ

A1 海域は東部と西部で底質環境が異なっており、六角川筋を境に西側が泥質干潟、東側が砂泥質干潟に区分される。アサリは泥質干潟にはほとんど生息できないため、A1 海域におけるアサリの主要生息域は、東部 (六角川筋から福岡県大牟田地先まで) に限られている。西部の泥質干潟でも地盤高が高く底質が固い場所 (鹿島市沖や糸岐川河口) にごく小規模なアサリ漁場が形成されているが、ここでは主に A1 海域東部のアサリ資源状態について詳述する。

なお、A1 海域では、覆砂が実施されて人為的に底質が変化していることに留意する必要がある (図 4.4.15)。

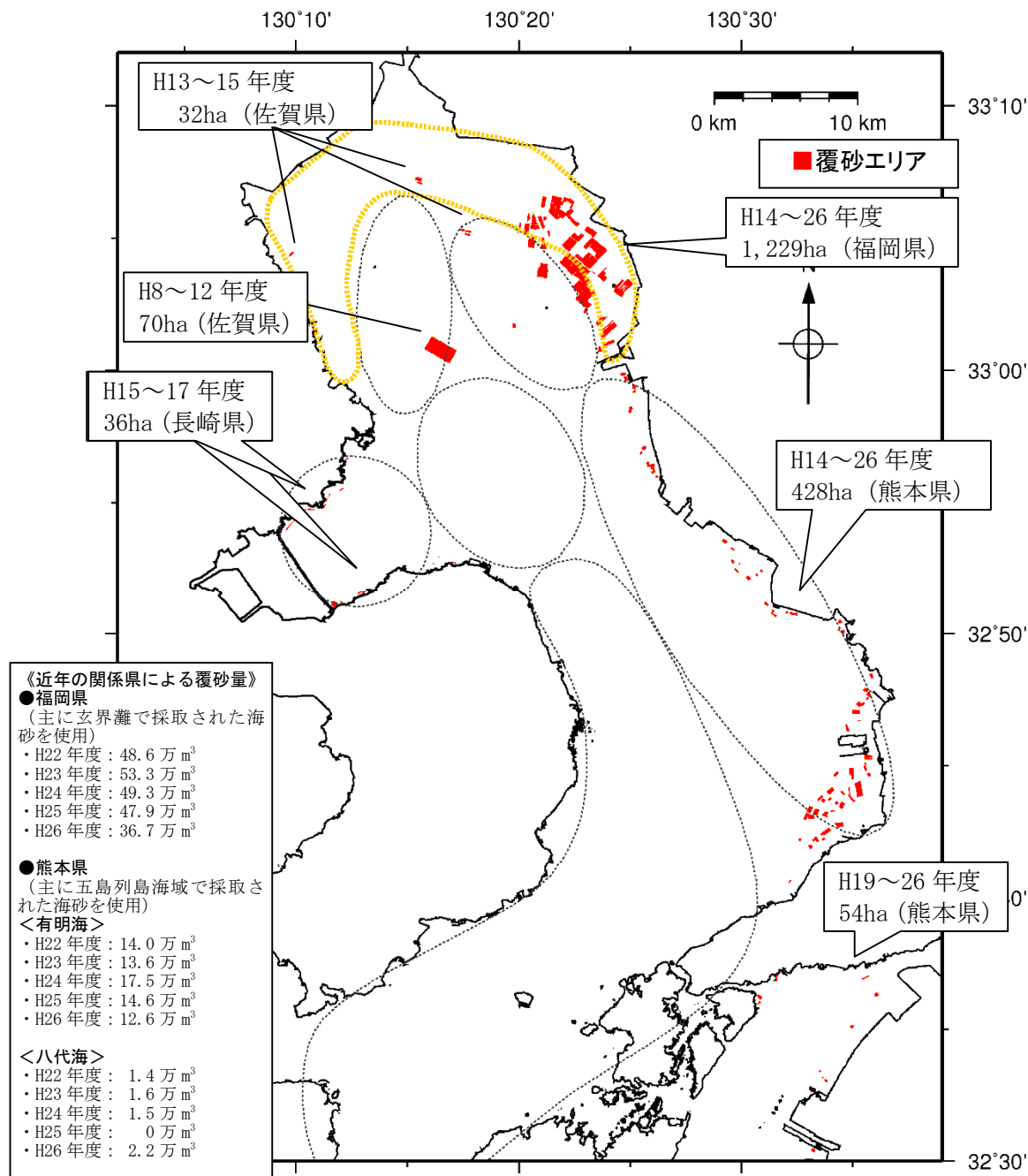


図 4.4.15 A 1 海域における覆砂実施エリア

※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

① 現状と問題点の特定

アサリはA1海域で1970年代半ばから10年間ほど、年に10,000tを越える漁獲を記録した。特に1983年には58,000tもの漁獲がみられた。その後減少し、2000年から2005年までは数1,000t以下と低迷した。2006年から2008年にかけて資源が一時的に回復し、2006年の漁獲量は6,000tに達した(図4.4.16)。しかしながら、2009年以降資源の減少傾向が明瞭となり、現在は過去最低レベルの漁獲量に留まっている。

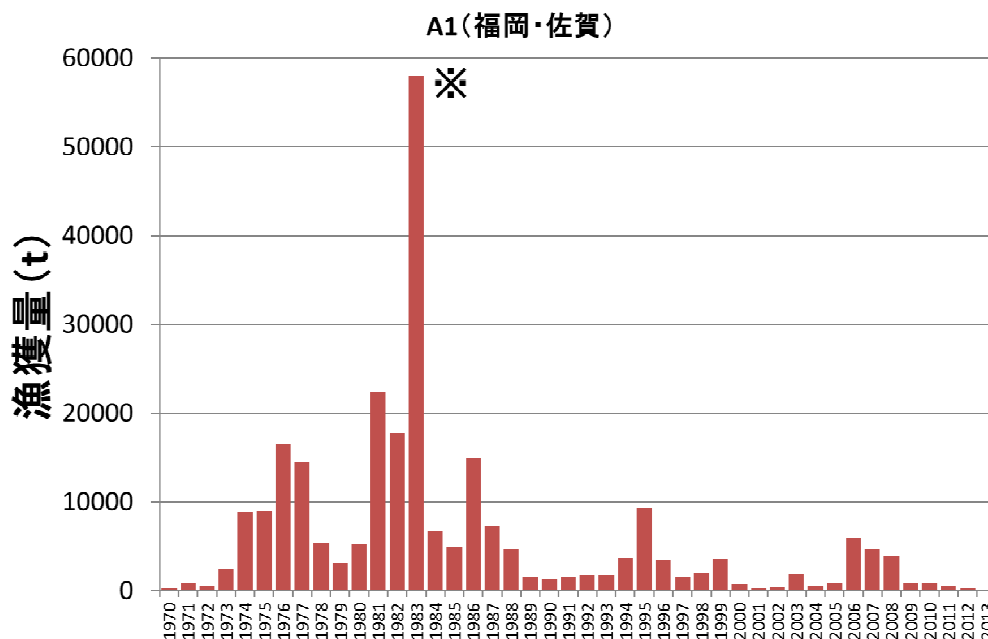


図 4.4.16 A1 海域のアサリ漁獲量の推移

(昭和45～平成25年農林水産統計より環境省が作図した)

※ 本データは属人統計であるため、A1海域以外の漁獲も一部計上されている。1982年から1984年にかけての漁獲量の大幅な増大については、例年では漁獲があまりみられない「峰の洲」(A2海域に該当)と呼ばれる海域で漁獲がみられたためである。

② 要因の考察

A1海域の漁獲圧に関しては、データは存在しない。2003年以降は資源が回復基調に入り、2006年には比較的高い生産状況に至った。実際に資源量を推定した結果によっても、2005年から2007年にかけてA1海域のアサリ資源が急速に回復していた(図4.4.17)。この理由については不明であるが、資源の動向が後述するA4海域と類似の傾向を示している。

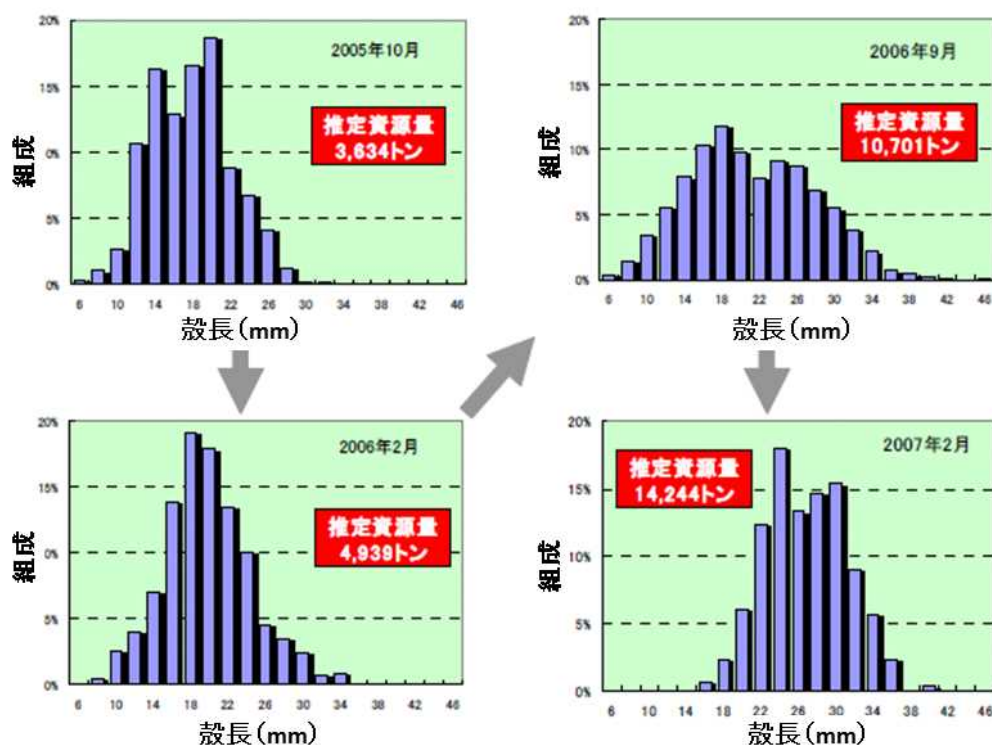


図 4.4.17 A1 海域のうち福岡県海域における 2005 年～2007 年にかけての

アサリ推定資源量の推移

出典：有明海・八代海総合調査評価委員会（第 27 回）

資料 4-3 福岡県有明海地先における覆砂事業の効果

本海域における浮遊幼生の発生量に関する経年変化データは存在しないものの、本海域と海水の交流があり、隣接する A4 海域での調査結果から、近年相当低位で推移していると類推される。

食害について、A1 海域においてもナルトビエイは度々出現していることから、これらによる食害は、近年のアサリ資源の減少の一因と考えられる（(8) 有明海全体—有用二枚貝の減少参照）。

アサリの浮遊幼生や着底稚貝の量が過去と比較して近年低位で推移していると類推される。このような状況の中で、資源の回復へ寄与する規模の浮遊幼生発生量を確保するために、保護すべき親貝資源量の把握など、資源の持続的な利用に向けた知見が得られていないことが課題の一つとして挙げられる。

覆砂事業により、アサリ等の有用二枚貝が増大するとの報告がある²⁴⁾。有用二枚貝等の水生生物の保全・再生のため重要な地点について、底質の改善などの対策が必要な場合もあると考えられる。有害赤潮による影響に関しては、アサリ漁場が分布する A1 海域の東部においては、*Chattonella* 赤潮の発生頻度が低く、かつ細胞密度も高くない。*Chattonella* はアサリのろ水活動を顕著に阻害するものの、赤潮密度でのへい死等は室内試験によっても確認されていない。よって、*Chattonella* 赤潮の増大が直接アサリ資源に影響している可能性は考えにくい（(6) A6 海域（有明海諫早湾）参照）。

エ) まとめ

A1 海域（有明海湾奥奥部）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。ベントス（底生生物）について 2005 年以降の約 10 年間のデータしか得られなかったため、問題点の明確な特定には至らなかった。

なお、「ノリ養殖の問題」及び「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（(8) 有明海全体－有用二枚貝の減少、(9) 有明海全体－ノリ養殖、魚類等参照）。

ベントスについては、1970 年頃のデータがなく、1970 年頃と現在の変化は不明であるが、近年の約 10 年間のデータから傾向の整理を行った。

具体的には、2005 年以降の全 3 調査地点におけるデータから、全 3 地点のうち 1 地点（Asg-3）で節足動物門の種類数に減少傾向がみられた。個体数については、3 地点とも調査毎に変動が大きく、10 年間継続した一定方向の変化を見いだすことは難しいが、1 地点（Asg-3）で環形動物門の個体数に増加傾向がみられた。他の 2 地点では、種類数、個体数ともに単調な増加・減少傾向はみられなかった。全体の出現主要種に大きな変化はみられなかった。調査毎に大きく変動する要因は、特定の優占種（ドロクダムシ類やシズクガイ等の日和見的で短命な有機汚濁耐性種）の増減であると考えられ、総個体数が前年の 5 倍から 10 倍になる年があり、群集構造の年変動が大きいと考えられる。

ベントスの生息と密接な関係があるといわれる底質については、2001 年以降におけるデータから、単調な変化傾向はみられなかった。また、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、全 3 調査地点のうち 1 地点（Asg-3）は粘土・シルト分が 100%に近い値で推移し、他の 2 地点は 80～100%程度であり、単調な泥化傾向はみられなかった。
- 底質の硫化物については、全 3 地点で 0.1～0.6mg/g 程度であり、単調な増加・減少傾向はみられなかった。
- 底質の有機物に関して、強熱減量は全 3 地点で 7～11%程度であり、単調な増加・減少傾向はみられなかった。COD は全 3 地点で 7～20mg/g 程度であり、1 地点（Asg-2）で増加傾向がみられたが、他の 2 地点では単調な増加・減少傾向はみられなかった。なお、この 3 地点は、底質の有機物含量が高いとの知見がある A3 海域との境界域には含まれない。
- 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 年かけて、全 3 調査地点で顕著な増加・減少傾向はみられなかった。

次に、ベントスの生息と密接な関係があるといわれる貧酸素水塊の出現状況について考察した。なお、3 章 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。

貧酸素水塊は東部及び西部干潟域では問題とならないが、西部干潟沖合域（A3 海域との境界域）では出水期後の小潮時を中心に成層が形成されて貧酸素水塊が発生している。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

3 調査地点で 2~5mg/L 程度であり、有意な変化はみられなかった。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、2004 年以降におけるデータでは全 2 調査地点で毎年 2mg/L を下回っている。

有用二枚貝のうちタイラギについては、資源量は少ないものの大型の個体が多く生息しているが、漁獲量や資源量の長期的な推移が不明である。

サルボウについては、問題点として夏期にへい死が生じている。2001 年、2004 年、2006 年、2011 年及び 2012 年には大量へい死がみられた。

その要因として、夏期の底層における著しい貧酸素化（溶存酸素量 1mg/L 未満）と貧酸素化に伴う底泥及び海底直上水中の硫化水素の増加により、へい死を引き起こしている可能性が高いと推測される。

アサリについては、問題点として 2009 年以降資源の減少傾向が明瞭となる等、現在は過去最低レベルの漁獲量に留まっている。また、浮遊幼生の発生量は、過去と比較して近年は相当低位で推移していると類推される。このような状況の中で、保護すべき親貝資源量の把握など、資源の持続的な利用に向けた知見が得られていないことが課題の一つとして挙げられる。

覆砂によってアサリ等の有用二枚貝が増大するとの報告がある。有用二枚貝等の水生生物の保全・再生のため重要な地点について、底質の改善などの対策が必要な場合もあると考えられる。

Chattonella 赤潮の増大が直接アサリ資源に影響している可能性は考えにくい。詳細は（6）A 6 海域（有明海諫早湾）に記載した。

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（8）有明海全体－有用二枚貝の減少に記載した。

参考文献

- 1) 園田吉弘、滝川清、床次武富、早田功、齋藤孝（2008）：有明海における水質・底質の実測データに基づく海域環境の変動特性，土木学会海岸工学論文集，第 55 巻，p. 1021-1025.
- 2) 環境省・有明海・八代海総合調査評価委員会，委員会報告，平成 18 年 12 月，3 章 5 潮流・潮汐，p. 22.
- 3) 横山勝英、山本浩一、河野史郎（2008）：有明海北東部及び筑後川感潮河道における地形・底質・形態別リンの季節変動と土砂移動経路に関する考察，土木学会論文集 B, Vol. 64 No. 2, p. 83-98.
- 4) 環境省 有明海・八代海再生フォローアップ調査
- 5) 環境省 有明海・八代海再生重点課題対策調査
- 6) 岡村和麿、田中勝久、木元克則、藤田孝康、森勇一郎、清本容子（2010）：有明海北西部における貧酸素水塊と底質がサルボウの大量斃死に与える影響．水産海洋研究．第 74 巻 第 4 号，197-207
- 7) 中牟田弘典、藤崎博、吉田賢二（2013）：2011 年秋季から冬季に発生したサルボウの異状

- 斃死. 佐賀県有明水産振興センター研究報告, 第 26 号, pp. 33-48.
- 8) 徳永貴久、速水祐一、木元克則 (2016): 有明海奥部の 2 定点における底層水の生物学的酸素消費と化学的酸素消費. 土木学会論文集 B2 (海岸工学), 第 72 卷 第 1 号, pp. 12-21.
- 9) 代田昭彦・近藤正人 (1985): 日本全国沿岸海洋誌, 日本海洋学会沿岸海洋研究部会編. 東海大学出版会, pp. 846-862.
- 10) 片野俊也、吉野健児、伊藤祐二、速水祐一 (2013): 有明海奥部の植物プランクトンの季節変化: 特に夏季, 冬季の有害赤潮と環境要因の関連について. 沿岸海洋研究, 第 51 卷 1 号, pp. 53-64.
- 11) 松原賢、横尾一成、川村嘉応 (2014): 有害珪藻 *Asteroplanus karianus* の有明海佐賀県海域における出現動態と各種環境要因との関係. 日本水産学会誌, 第 80 卷 第 2 号, pp. 222-232.
- 12) 岡村和麿、田中勝久、木元克則、清本容子 (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
- 13) 古賀秀昭・荒巻裕 (2013): 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. 佐賀県有明水産振興センター研究報告. 第 26 号, p. 13-24.
- 14) 真崎邦彦・小野原隆幸 (2003): 有明海湾奥部におけるサルボウの漁業実態と分布状況. 佐賀県有明水産振興センター研究報告. 第 21 号, pp. 29-36.
- 15) 内藤剛・筑紫康博 (2004): 有明海浅海域における覆砂効果. 福岡県水産海洋技術センター研究報告. 第 14 号, pp. 125-130.
- 16) 福岡県、佐賀県、長崎県、水産総合研究センター (2014) 「平成 26 年度二枚貝資源緊急増殖対策事業成果報告書」. 41pp.
- 17) 岡山県水産試験場、山口県内海水産試験場、佐賀県有明水産試験場、南西海区水産研究所 (1988): サルボウの斃死要因解明のための養殖試験 (VI). 南西海区水産研究所, 82pp.
- 18) 吉田賢二・中牟田弘典 (2014): 標識放流サルボウの追跡調査. 佐賀県有明水産振興センター研究報告, 第 27 号, pp. 19-25.
- 19) 中村幹雄、品川 明、戸田顕史、中尾 繁 (1997): 宍道湖および中海産二枚貝 4 種の環境耐性. 水産増殖, 第 45 号, pp. 179-185.
- 20) 徳永貴久、岡村和麿、木元克則、柴原芳一 (2012): 有明海湾奥西部海域の底質変動特性. 土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol. 68, No. 2, p. I_1139-I_1144
- 21) 木元克則・児玉真史 (2008): 有明海奥部における貧酸素水塊の動態と影響要因に関する検討. 九州沿岸域における漁場環境保全の現状と展望. 日本水産学会九州支部例会シンポジウム講演要旨, 2pp.
- 22) 中牟田弘典・吉田賢二 (2014): 貧酸素環境がサルボウの鰓・腎臓組織に及ぼす影響. 佐賀県有明水産振興センター研究報告. 第 27 号, pp. 27-33
- 23) de Zwaan A, Cattani O, Vitali G, Cortesi P (2001): Influence of incubation conditions on the anoxic survival of marine bivalves. Static and semi-static incubations. Marine Ecology-Progress Series, Vol. 211, pp. 169-179.
- 24) 福岡県水産海洋技術センター (2007) 「第 27 回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料 4-3 福岡県有明海地先における覆砂事業の効果 (福岡県水産海洋技術センター)」

