

# 委員会報告

平成18年12月21日

環境省

有明海・八代海総合調査評価委員会

## 目 次

<u>1章 有明海・八代海総合調査評価委員会</u> .....	1
1. 委員会設立の経緯 .....	1
2. 小委員会の設置 .....	1
3. 評価委員会の開催状況 .....	1
<u>2章 有明海・八代海の概要</u> .....	1
1. 海域の特徴 .....	1
2. 漁業生産の概要 .....	3
<u>3章 有明海・八代海の環境変化</u> .....	5
1. 汚濁負荷 .....	5
2. 河川 .....	9
3. 水質 .....	12
4. 底質環境 .....	14
5. 潮流・潮汐 .....	17
6. 貧酸素水塊 .....	29
7. 藻場・干潟等 .....	31
8. 赤潮 .....	34
<u>4章 問題点とその原因・要因の考察</u> .....	41
1. 基本的な考え方 .....	41
2. 問題点の特定と可能性のある要因 .....	41
3. 問題点と直接的な環境要因との関連に関する考察 .....	44
4. 直接的な環境要因の変化に関する考察 .....	64
5. 環境と生物生産の中長期的な変化（有明海） .....	77
<u>5章 再生への取り組み</u> .....	78
1. 再生の目標 .....	78
2. 再生に当たっての環境管理の考え方 .....	78
3. 具体的な再生方策 .....	78
4. 解明すべき課題（重点化を図るべき研究課題） .....	80
5. 取り組みの体制 .....	81
おわりに .....	82
資料の出典リスト .....	83

## 1章 有明海・八代海総合調査評価委員会

### 1. 委員会設立の経緯

平成12年度の有明海のノリ不作を契機として、国民的資産である有明海及び八代海を豊かな海として再生させることを目的とした「有明海及び八代海を再生するための特別措置に関する法律」（以下「特別措置法」という）が議員立法により制定され、平成14年11月に施行された。

特別措置法により環境省に設置された有明海・八代海総合調査評価委員会（以下「評価委員会」という）は、同法の施行から5年以内の見直しに関し、国及び関係県の調査結果に基づいて有明海及び八代海の再生に係る評価を行うこと及びこれらの事項に関して主務大臣等に意見を述べることを所掌事務としている。評価委員会は、委員長（須藤隆一生態工学研究所代表）と20名の委員により構成されている（委員名簿は別添資料1）。

### 2. 小委員会の設置

評価委員会の所掌事務の効率的遂行に資するため、小委員会が設置されている。小委員会は、各種研究調査に関する情報の収集、両海域の再生に係る評価に有効な調査研究の整理・分析及びこれらの結果の評価委員会への報告を所掌事務としている。小委員会は、委員長（荒牧軍治佐賀大学理工学部教授）と11名の委員（評価委員会委員2名、専門委員9名）により構成されている（委員名簿は別添資料2）。

### 3. 評価委員会の開催状況

評価委員会は、平成15年2月7日に第1回委員会が開かれ、これまでに計26回開催された。評価委員会においては、国・県・大学等による調査結果の報告、各委員による研究成果の発表、関係者からのヒアリング、小委員会による各種調査研究文献の報告、水産資源の減少や海域環境の悪化といった問題点と原因・要因に関する整理、国等が実施している再生事業等に関する報告がなされ、これらの発表や報告に基づいて有明海・八代海の再生にかかる検討を重ねてきた（評価委員会の開催状況は別添資料3）。

## 2章 有明海・八代海の概要

### 1. 海域の特徴

有明海・八代海は、他の閉鎖性海域と比して、閉鎖性が高いこと、大きな潮位差と広大な干潟を有すること、海水は浮泥による強い濁りを有していること、湾奥浅海域において独特の生態系を有することなどの特徴がある。

有明海は、九州西部の天草灘から胃袋型に深く入り込んだ内湾であって、福岡県、佐賀県、長崎県及び熊本県に囲まれた約1,700 km<sup>2</sup>の海域面積を有している。有明海に流入する河川の流域面積は約8,000 km<sup>2</sup>であり、主な河川として北部の六角川から時計回りに、筑後川、矢部川、菊地川、緑川が有明海に流入している。有明海における大潮時の潮位差は湾口の早崎瀬戸で3～4 m、湾奥（住ノ江港）では5 mを超える。有明海の大きな干満差は我が国で最も広大な干潟を生じさせ、熊本県沿岸では砂質、湾奥部では泥質の干潟が形成されている。内

湾性の強い湾奥部においては、汽水性の海域が広範囲に広がる特異な環境を有しており、ムツゴロウ、オオシャミセンガイ、アゲマキ、ワラスボ、エツ、アリアケシラウオ等の固有の生物相を育んでいる。

八代海は、別名「不知火海」とも呼ばれ、天草灘から北東側に入り込んだ内湾であって、熊本県と鹿児島県に囲まれた約 1,200 km<sup>2</sup>の海域面積を有している。八代海に流入する河川の流域面積は約 3,000 km<sup>2</sup> であり、主な河川としては、球磨川、高尾野川、米野津川がある。その中でも球磨川は流域面積 1,880 km<sup>2</sup>を有する一級河川である。八代海における大潮時の潮位差は湾奥の八代港で約 4 mに達する。また、八代海は、北部（球磨川河口部から湾奥部にかけての東岸）に有明海に次ぐ広大な干潟を有しており、湾奥では泥質、球磨川河口周辺では砂質の干潟が分布している。八代海北部の干潟にはムツゴロウ、アゲマキなど有明海と一部同じ生物が分布している。北部海域は内湾性が強いが、中央部以南の南部海域は徐々に外洋性を帯びる。



図 2.1.1 有明海・八代海的位置図

表 2.1.1 有明海、八代海及び他の閉鎖性海域の諸元

項目	有明海	八代海	東京湾	伊勢湾	大阪湾
水域面積 (km <sup>2</sup> )	1,700	1,200	1,380	2,342	1,447
容体積 (km <sup>3</sup> )	34	22	62	39	44
平均水深 (m)	20	22	45	17	30
干潟面積 (ha)	18,841	4,085	1,734	2,901	79
藻場面積 (ha)	1,599	1,141	1,428	2,278	110
平均潮位差 [大潮時] (m)	5.4 (住ノ江港)	3.7 (八代港)	1.9 (東京港)	2.4 (名古屋港)	1.4 (大阪港)
閉鎖度指数	12.9	32.5	1.8	1.5	1.1 (瀬戸内海)
一級河川の流入水量 (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /年)	8,153	3,785	6,369	22,743	9,474
流域面積 (km <sup>2</sup> )	8,420	3,409	7,597	16,191	5,766
流域内人口 (千人)	3,373	504	26,296	10,516	15,335

注) 1. 伊勢湾とは伊勢湾と三河湾を含む。

2. 大阪湾の干潟面積、藻場面積は、「第 5 回自然環境保全基礎調査 海辺調査」の海域区分である大阪湾北と大阪湾南の合計である。

3. 藻場と干潟面積は平成 5 年度～7 年度までの調査結果である。なお、有明海の干潟面積は諫早湾の干拓事業で消失した面積分 (1,550ha) を差し引いている。

4. 流入水量は、各海域に流入する一級河川の年総量である。

5. 閉鎖度指数の値が高いと海水交換が悪く、富栄養化のおそれがあることを示す。

6. 流域内人口について、有明海と八代海は平成 13 年度現在の流域内人口であり、東京湾、伊勢湾及び大阪湾は平成 11 年度現在の総量規制指定地域内の人口である。

## 2. 漁業生産の概要

有明海の漁業生産量（漁獲量とノリ収穫量の合計）は増減を繰り返しながら推移してきている。有明海では漁獲量（海面漁業）に占める貝類の割合が高く、貝類の漁獲量は、昭和 50 年後半から急速に減少して最近 5 年間では 2 万 t を下回っている。他方、有明海のノリ収穫量は、増減を繰り返しつつ増加傾向にあり、有明海の漁業生産量に占めるノリ収穫量の割合は年々高まっている。

八代海の漁業生産量（漁獲量、魚類養殖生産量、ノリ収穫量の合計）は、平成 6 年頃までは増加傾向にあったが、その後減少傾向にある。このうち八代海の漁獲量は減少が続いており、魚類養殖量も平成 6 年までは増加していたが、その後減少傾向にある。八代海のノリ収穫量は平成 14 年までは、やや増加傾向がみられるが、平成 15 年から不作が続いている。八代海においては漁業生産量に占める魚類養殖生産量の割合が年々高くなっている。

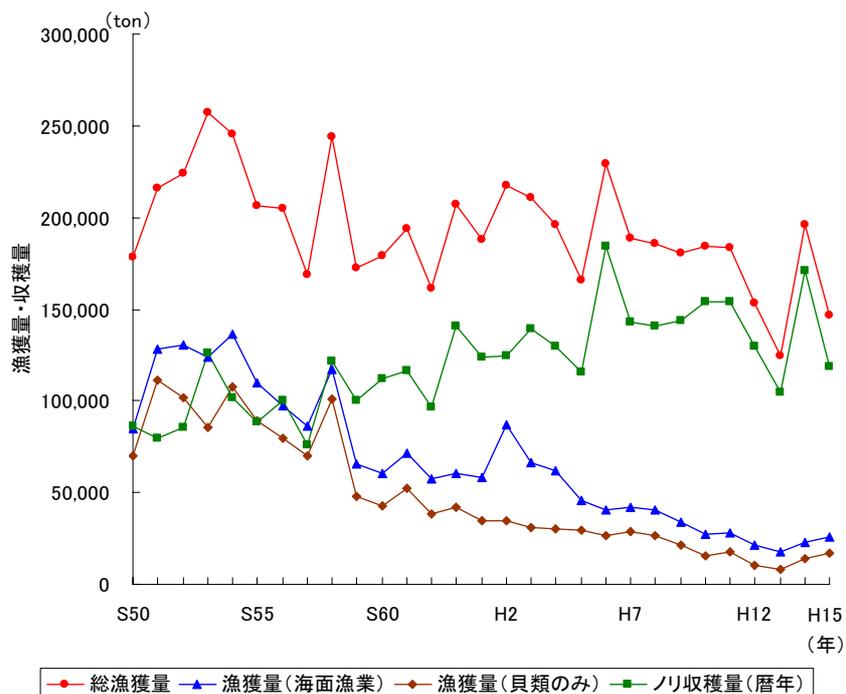


図 2.2.1 有明海の漁業生産量の推移

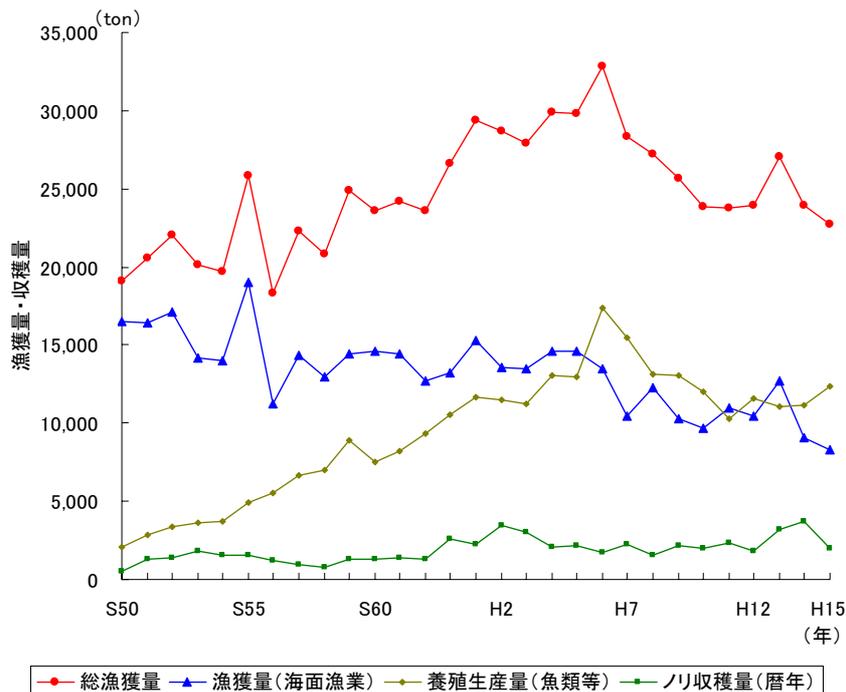


図 2.2.2 八代海の漁業生産量の推移

- 注) 1. 有明海の漁獲量(魚类等)は魚類、えび、かに類等の水産動物類であり、貝類、海藻類は含まない。  
 2. 八代海の養殖収穫量(魚类等)はわかめ、ノリ、真珠及びその他の養殖を除いたものである。  
 3. 八代海の漁業生産量には鹿児島県のデータ(北薩小海区)は含んでいない。

### 3章 有明海・八代海の環境変化

#### 1. 汚濁負荷

##### (1) 陸域からの流入負荷量の算定結果

BOD、COD、T-N 及び T-P は昭和 50 年代に高い傾向にあったが、その後は減少傾向にある。昭和 55 年度、平成 5 年度の高い値は、豊水年によるものと推測される。流域別にみると、有明海では筑後川流域からの流入負荷量が最も大きく、全体の 20～30%を占めている。また、八代海では球磨川流域からの流入負荷量が全体の 10～30%を占めている。

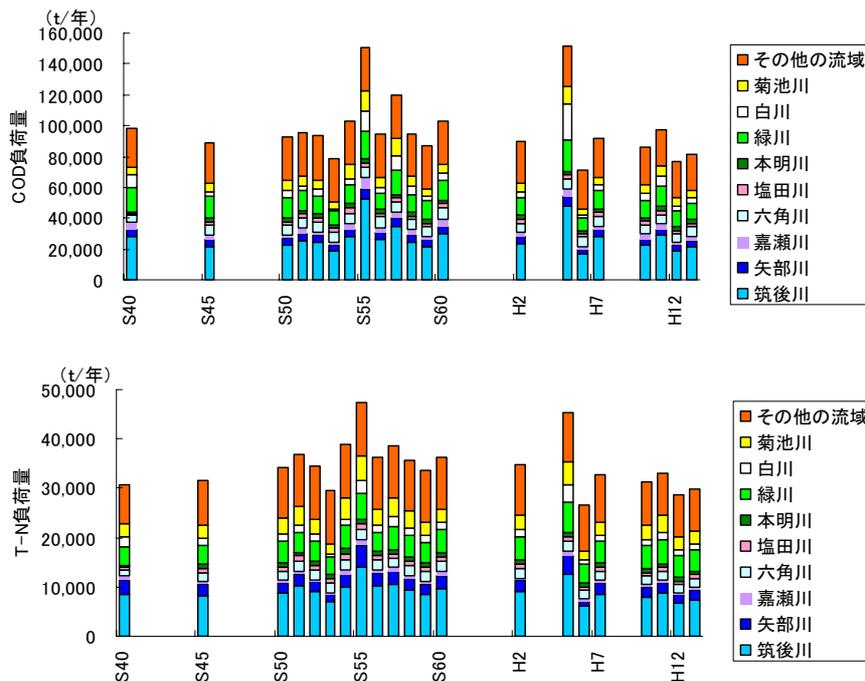


図 3. 1. 1 有明海の流入負荷量 (COD、T-N) の変遷 (BOD、T-P は別添資料 4)

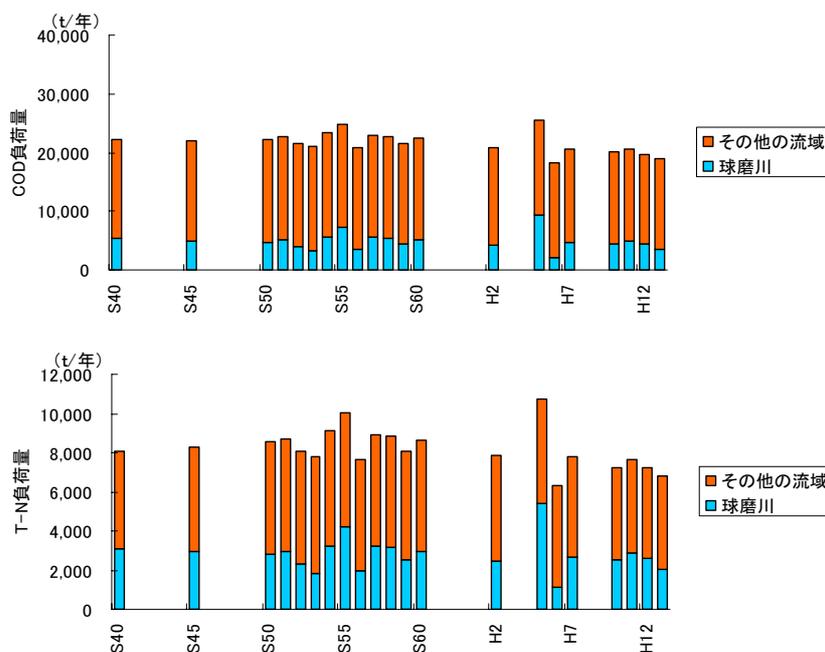


図 3. 1. 2 八代海の流入負荷量 (COD、T-N) の変遷 (BOD、T-P は別添資料 4)

(2) 排出負荷量の算定結果

発生源別にみると、BODは生活系（40～50%）と自然系（30～40%）、CODは自然系（60～70%）の割合が高い。T-Nは産業系の割合が高かったが、平成10年度以降は10%程度と減少傾向にある。他方、畜産系の割合が増加傾向にある（25%程度）。T-Pは畜産系の割合が高く、40～60%を占めている。排出負荷量は、昭和50年代に高い傾向がみられたが、その後、BOD、CODは生活系と産業系、T-N、T-Pは産業系の減少に伴い、減少傾向にある。

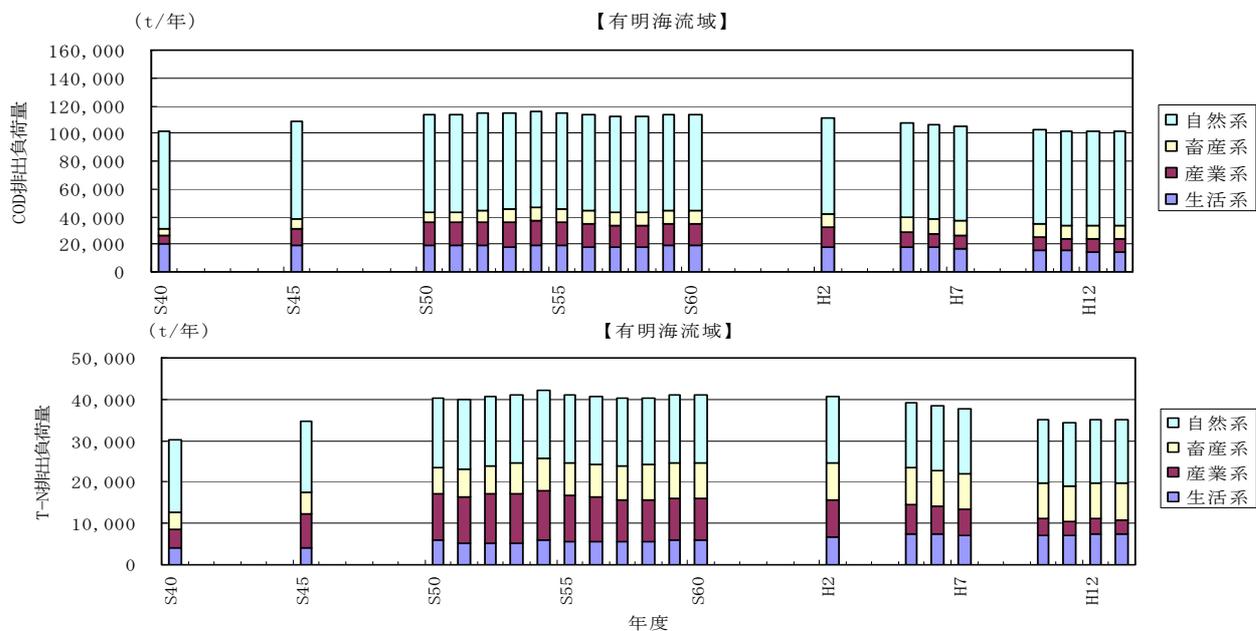


図 3.1.3 有明海の排出負荷量（COD、T-N）の変遷（BOD、T-P は別添資料 4）

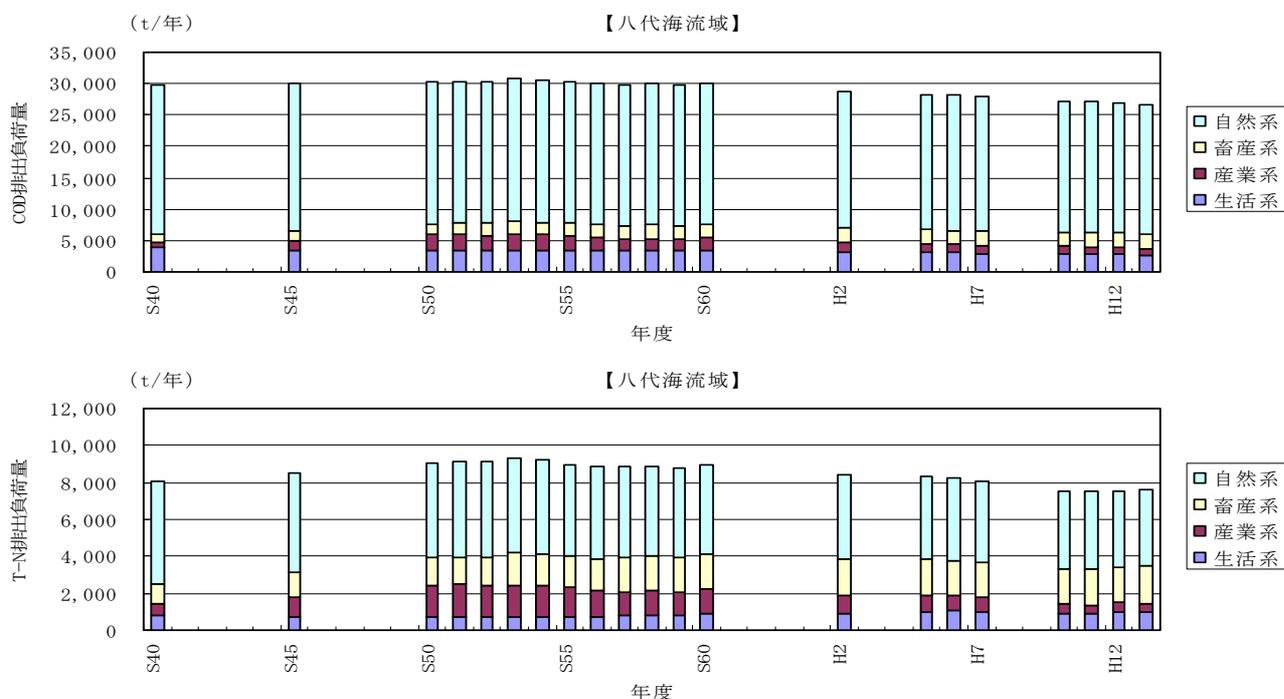


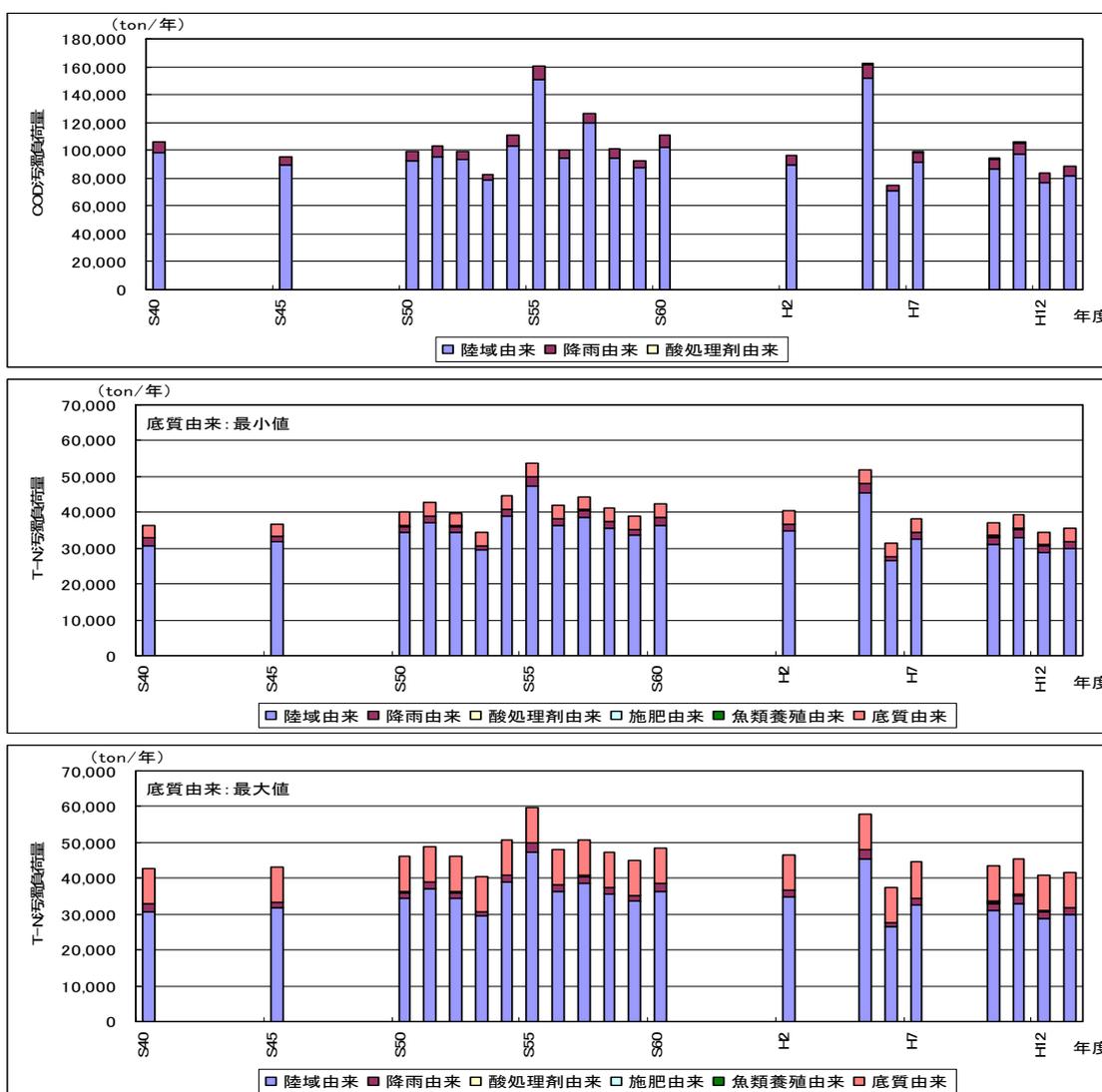
図 3.1.4 八代海の排出負荷量（COD、T-N）の変遷（BOD、T-P は別添資料 4）

(3) 海域への直接負荷を含めた汚濁負荷の算定結果

陸域からの流入負荷に加え、降雨、ノリ養殖、魚類養殖、底質からの溶出を含めた海域への汚濁負荷量を試算した（試算方法は別添資料5）。

【有明海】

- ・ 陸域からの流入負荷がCODとT-Pで全体の9割以上、T-Nでは全体の70～75%を占める。
- ・ 底質からの溶出は、T-Nでは全体の1～2割程度（最小値～最大値）、T-Pでは全体の7～9%である。
- ・ 降雨の負荷は、CODとT-Nで全体の5～8%、T-Pで1～2%を占める。
- ・ ノリ養殖（近年）の負荷は、T-Pでは全体の1～2%、T-Nでは1%未満、魚類養殖の負荷（T-N、T-P）も全体の1%未満である。
- ・ 有明海への直接負荷を含めた汚濁負荷については、陸域からの流入負荷量とほぼ同じ傾向にあり、昭和50年代に高く、その後は減少傾向にある（昭和55年度、平成5年度の高い値は豊水年によるものと推測される）。



注) T-Nは底質からのNの溶出調査結果の最小値と最大値

図 3.1.5(1) 有明海への直接負荷を含めた汚濁負荷量 (COD、T-N)

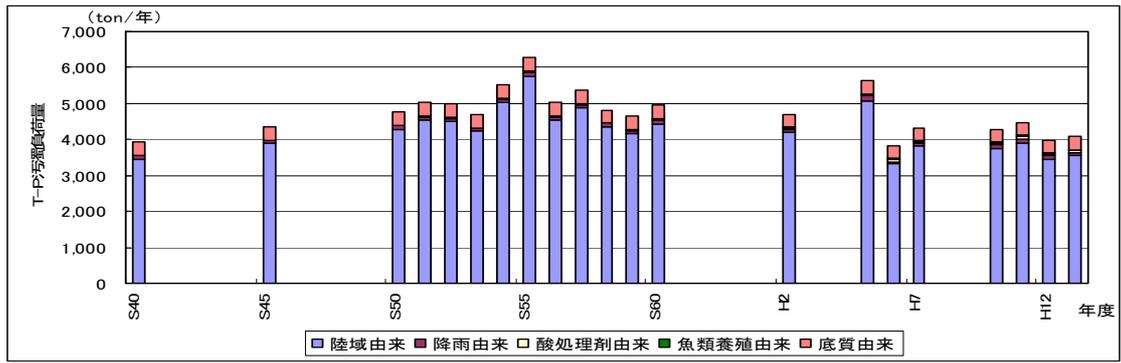
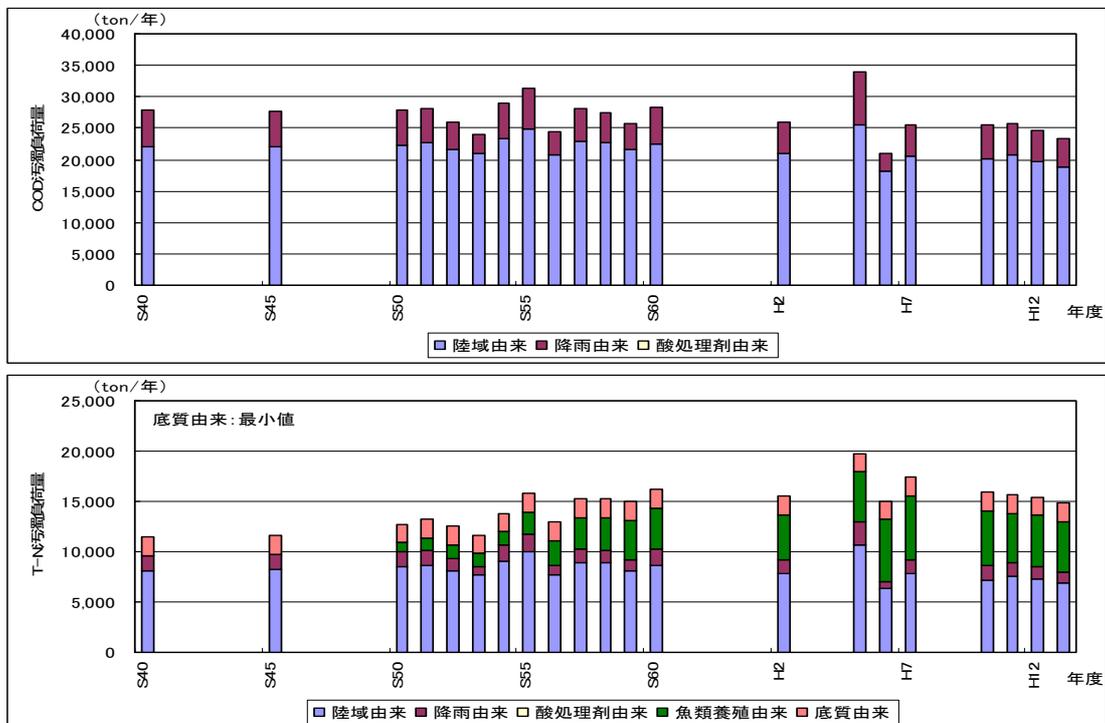


図 3.1.5(2) 有明海への直接負荷を含めた汚濁負荷量 (T-P)

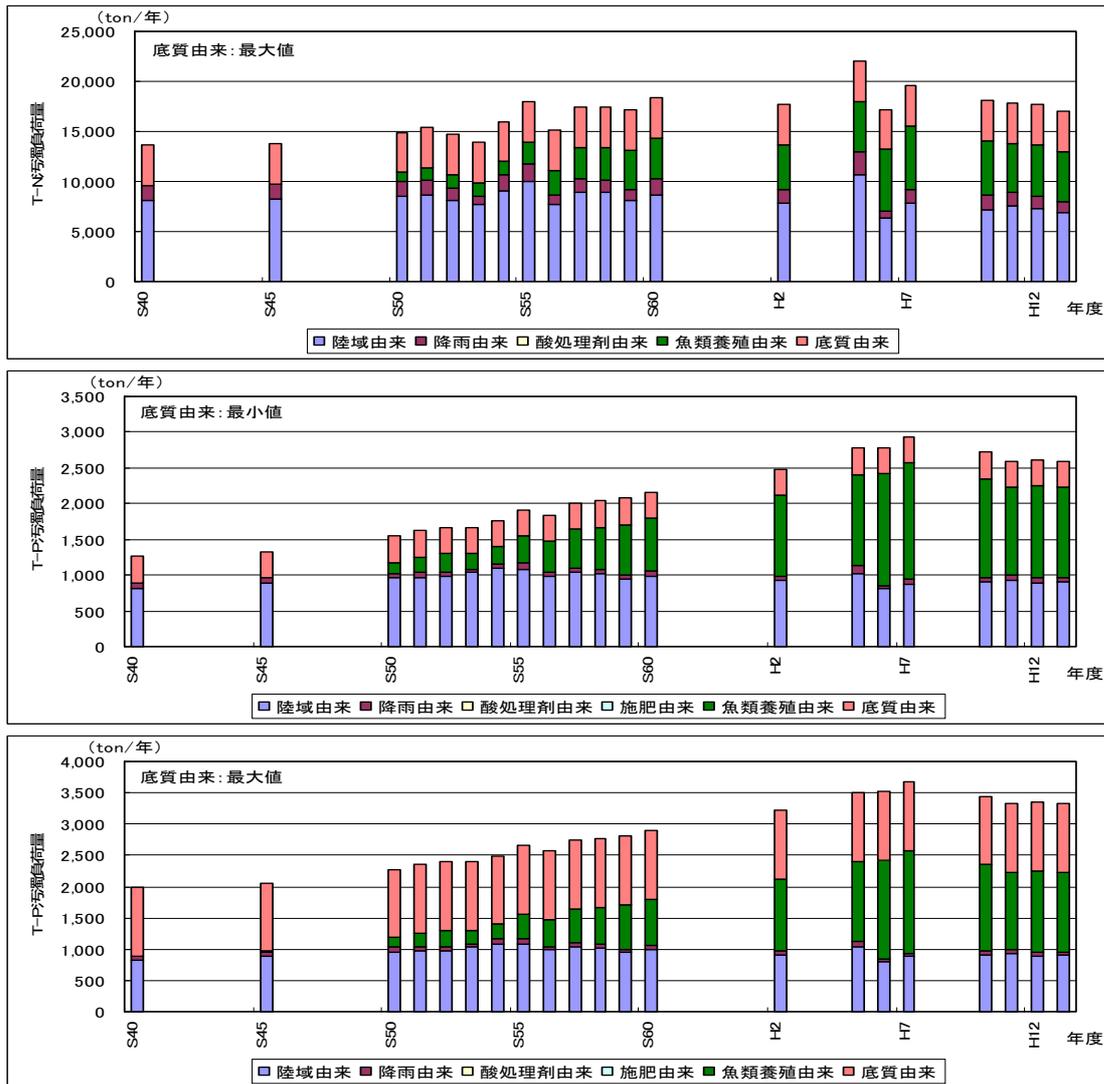
【八代海】

- ・ 陸域からの流入負荷が全体の COD の 8 割前後、T-N の 4 割、T-P の 3 割程度を占めている。
- ・ 魚類養殖の負荷は、昭和 50 年頃 (全体の 6~7%) から増加し、平成 7 年に T-N で全体の 33%、T-P で 45% に達したが、近年は減少傾向にある。
- ・ 底質からの溶出は、T-N で全体の 12~24% (最小値~最大値)、T-P で 14~33% (最小値~最大値) を占める。
- ・ 降雨の負荷 (近年) は、T-N では全体の 7~8%、T-P では約 2% である。
- ・ 八代海への直接負荷を含めた汚濁負荷量は、COD では有明海と同様の傾向 (昭和 50 年代に高い傾向にあったが、その後減少傾向) がみられるが、T-N、T-P では魚類養殖による負荷の増加により昭和 50 年から平成 7 年頃まで増加傾向を示した後、近年は減少傾向にある。



注) T-N は底質からの N の溶出調査結果の最小値

図 3.1.6(1) 八代海への直接負荷を含めた汚濁負荷量 (COD、T-N: 底質由来最小値)



注) T-Nは底質からのNの溶出調査結果の最大値、T-Pは底質からのPの溶出調査結果の最小値と最大値

図 3.1.6(2) 八代海への直接負荷を含めた汚濁負荷量 (T-N: 底質由来最大値、T-P)

## 2. 河川

有明海・八代海に流入する河川は各々112河川、47河川あり(別添資料6)、有明海では筑後川、八代海では球磨川の影響が大きい。

### (1) 筑後川

筑後川の概要は、流域面積2,860km<sup>2</sup>、年間総流出量45億m<sup>3</sup>、低水流量約50 m<sup>3</sup>/s、幹川流路延長143km、流域内人口約107万人(平成2年)である。筑後大堰は、固定堰の撤去と河道掘削により洪水流下能力を6,000m<sup>3</sup>/sから9,000m<sup>3</sup>/sに増大させるとともに、新規利水として0.35m<sup>3</sup>/sを開発。可動堰により洪水時は流下を阻害せず、平常時は塩水の流入を阻止して安定した取水を可能とした。流域外への導水量(水道用水)年間7,000万~9,000万m<sup>3</sup>は、年間総流出量に比して少なく、取水された農業用水(域内導水)も有明海に戻る。筑後大堰の全開回数は年平均3.8回(流入量1,000m<sup>3</sup>/s以上の洪水時に全開)であり、これにより堰上流の堆砂を解消している。

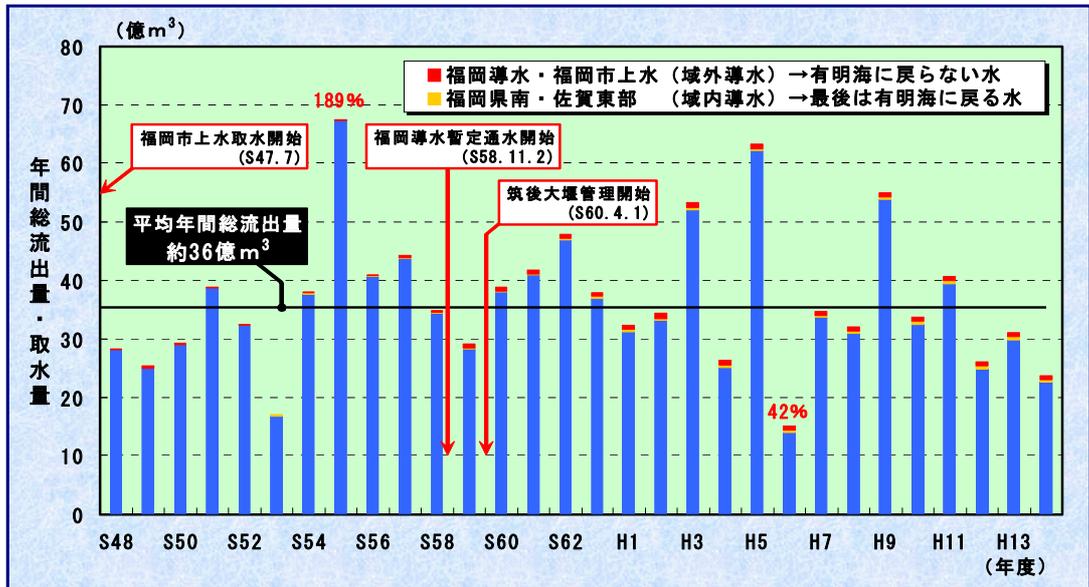


図 3.2.1 筑後川の年間総流出量と取水量の経年変化

筑後川の河床は、昭和 28 年を基準として 50 年間で 3,300 万 m<sup>3</sup> 低下しており、その内訳は、砂利採取（治水効果も有する）2,490 万 m<sup>3</sup>、河川改修 500 万 m<sup>3</sup>、ダム堆砂 260 万 m<sup>3</sup>、干拓利用 160 万 m<sup>3</sup> となっている（別添資料 7）。ダム堆砂量から推算した筑後川流域の土砂生産量はダム流域で 10 万 m<sup>3</sup>/年、全流域がダム流域と同様の生産をすると仮定すると全流域で 32 万 m<sup>3</sup>/年と推定される。

砂利採取により河床材料が変化し、下流（河口から 0～22 km）ではシルト・粘土の増加と細砂・粗砂の減少、上流部では礫分の増加がみられる（図 3.2.2）。長期的な河床変動をみると、砂利採取によって下流側が緩やかな勾配となり（図 3.2.3）、土砂流出が停滞（河川の運搬能力の低下）するとともに、海からガタ土の流入が増大している。

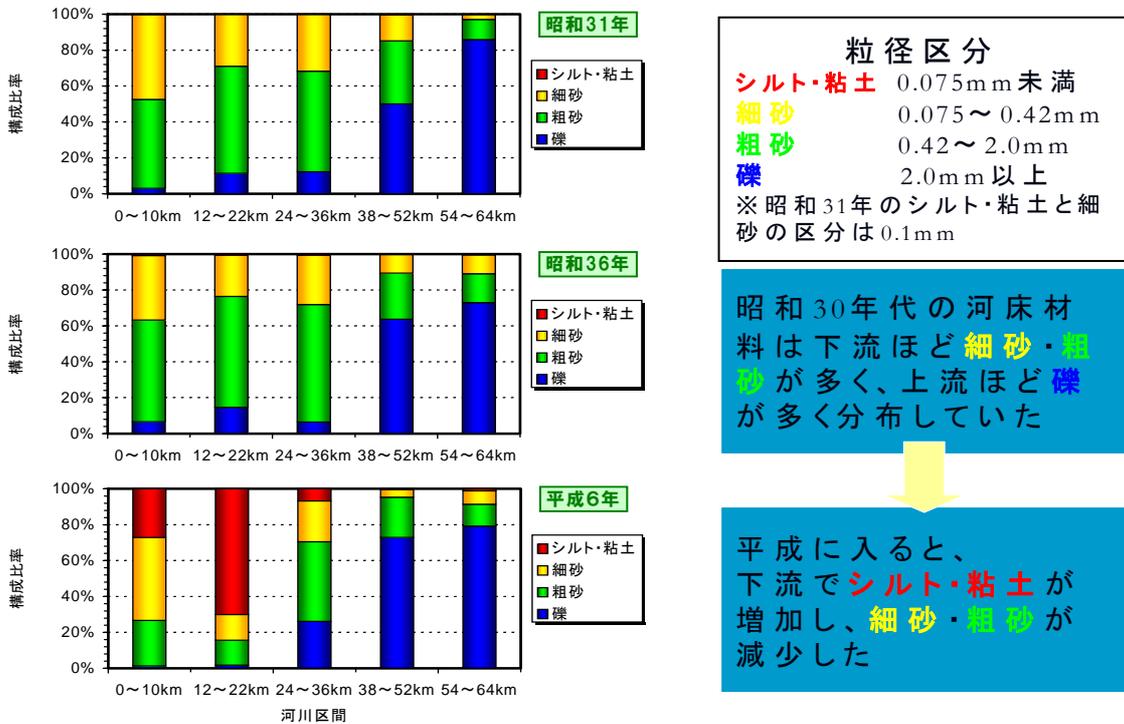


図 3.2.2 筑後川の河床材料の変化

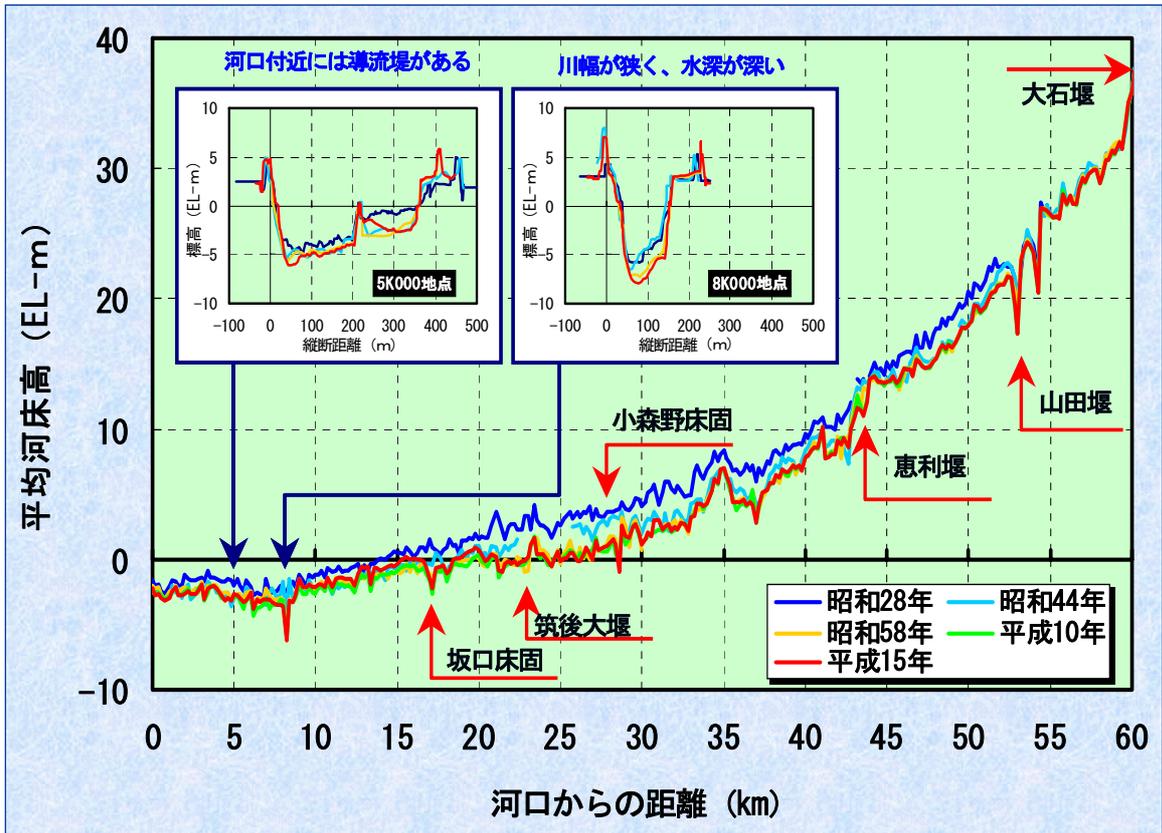


図 3.2.3 筑後川の河床変動の状況

(2) 球磨川

八代海に流入する 47 河川のうち、球磨川は唯一の 1 級河川であって、流域面積 1,880km<sup>2</sup> (全体の 61%)、年間総流出量 39 億m<sup>3</sup>である。八代海周辺の年間降水量は、天草から八代海にかけて少ないが、球磨川流域を中心とする山間部では大きい。球磨川の年間総流量の経年的な変化傾向は認められない (図 3.2.4)。

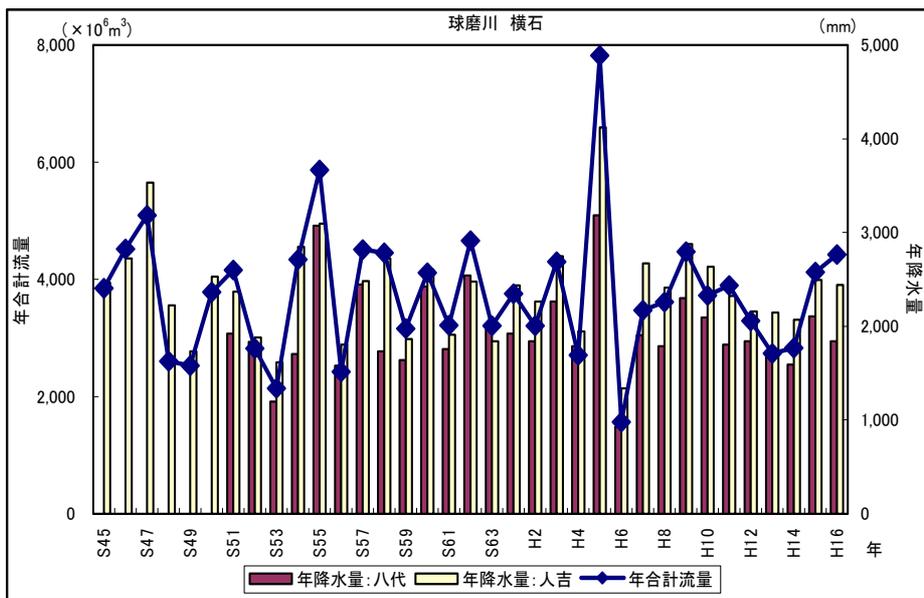


図 3.2.4 球磨川の年間総流量の推移

球磨川の既設ダムの堆砂量は1991年～2000年の間で年間11万m<sup>3</sup>、1996年以降の砂利採取量は年間2～10万m<sup>3</sup>と報告されている（別添資料8）。ダム堆砂量と砂利採取量の累計については、各々480万m<sup>3</sup>、220万m<sup>3</sup>、合計700万m<sup>3</sup>に達するとの報告がある（表3.2.1）。

表3.2.1 2000年までのダム堆砂量及び河川からの採砂量

	建設年	貯水容量 (100万m <sup>3</sup> )	堆砂率(%) (2000年現在)	堆砂量 (100万m <sup>3</sup> )
荒瀬ダム	1954	10.137	0.6	1.075
瀬戸石ダム	1958	9.930	6.6	0.655
市房ダム	1959	40.200	7.7	3.095
			(ダム堆砂計)	4.825
			(砂利採取)	2.200
			合 計	7.025

### 3. 水質

公共用水域水質測定の実績的傾向を表3.1.1に示した（詳細は別添資料9）。また、公共用水域水質測定は測点が沿岸域に限られることから、参考として、沖合に広範な測点を有する浅海定線調査のデータを分析した文献等の概要を整理した。

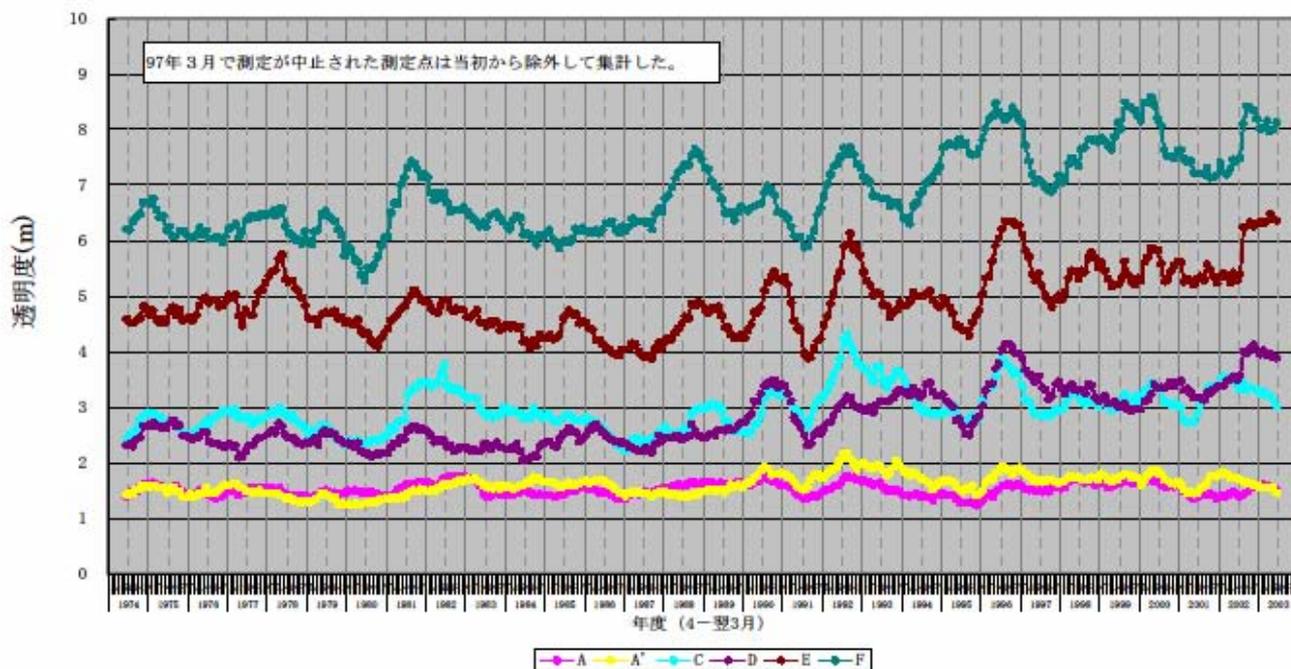
表3.3.1(1) 有明海における水質の変動傾向

#### 【有明海】

	公共用水域水質測定	浅海定線調査を分析した文献等の概要
水温	福岡県、熊本県の一部測点で有意に上昇。他の測点では一定の傾向は認められない。	冬季の水温に上昇傾向が認められる。
塩分	佐賀県の測点で有意に増加。他の測点では一定の傾向は認められず。	一定の傾向は認められず。
COD <sup>注)</sup>	測点により増減の傾向が異なり、一定の傾向は認められず。	佐賀県海域で増加傾向。
T-N(DIN)	T-Nは湾口と島原沖（長崎県）で有意に増加。他の測点は概ね減少。	DINに一定の傾向は認められず。
T-P(DIP)	T-Pは福岡、熊本の一部で有意に減少。他の測点では一定の傾向は認められず。	DIPに一定の傾向は認められず。
SS (透明度)	SSは全測点で有意に減少。透明度（長崎県、熊本県のみ）は一定の傾向は認められず。	透明度は多くの海域で上昇傾向（別図を参照）。なお、熊本市沖や湾奥西部の一部の海域において上昇が顕著との報告あり。

注) CODの測定方法は、定点により測定法（酸性法、アルカリ法）が異なる。

(別図) 透明度の経年変化 (各定点の平均値の経年変化、12ヶ月移動平均)



注) A : 福岡県沖、A' : 佐賀県沖、C : 諫早湾沖～対岸に至る範囲、D : 長洲町～三角に至る熊本県沖、E : 有明町から布津町に至る島原沖、F : 湾口部

表 3.3.1(2) 八代海における水質の変動傾向

【八代海】

	公共用水域水質測定	浅海定線調査を分析した文献等の概要 <sup>注)</sup>
水温	鹿児島県で有意に増加。熊本県も増加傾向がうかがわれる。	全点で上昇傾向。2月より8月、湾奥より南部の上昇傾向が大きい。
塩分	—	一定の傾向は認められず。
COD	熊本県で有意に減少。鹿児島県で有意に増加。	全点で増加傾向が見られ、特に湾奥部の傾きは大きく、有意。
T-N (DIN)	T-Nは有意な傾向は認められず。	DINに一定の傾向は認められず。
T-P (DIP)	T-Pは有意な傾向は認められず。	DIPに一定の傾向は認められず。
透明度	概ね低下傾向が認められる。	湾奥部で上昇傾向が見られる。

注) 2月、8月の湾奥部、中央部、南部、西部の測点を分析したもの。

#### 4. 底質環境

##### (1) 有明海の底質

湾奥部及び中央部の東側の底質は主にシルト及び砂質シルトであって含泥率が高い。中央部の西側から湾口部にかけては砂質及び礫質であり、含泥率は低い（図 3. 4. 1）。有機物（強熱減量）、COD、硫化物、T-N の分布は粒度分布と対応しており、泥分の多い海域で高い値を示す（別添資料 10）。底質の中央粒径値について、1957 年、1997 年、2001 年のデータを比較すると（図 3. 4. 2）、底質の泥化の傾向が認められる（ただし、各々の調査方法に違いがあることには留意が必要である）。

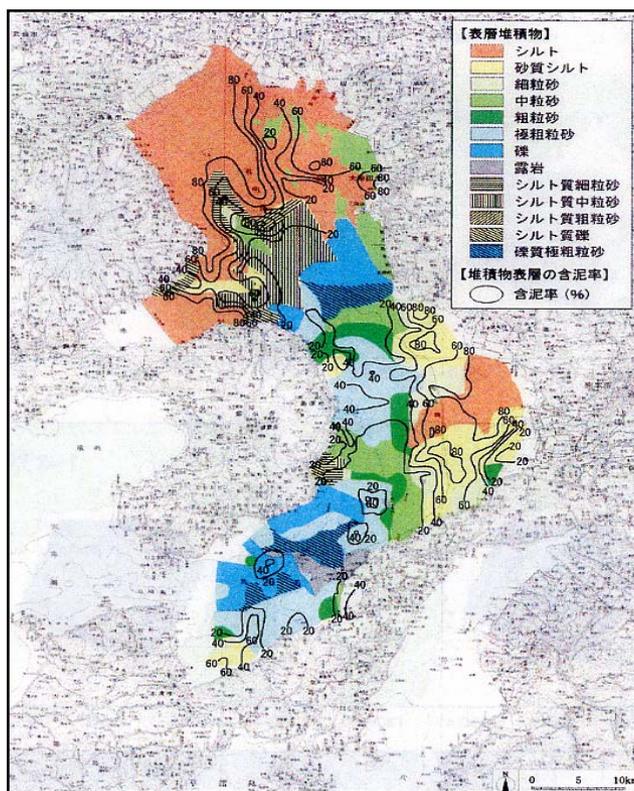


図 3. 4. 1 有明海の底質分布

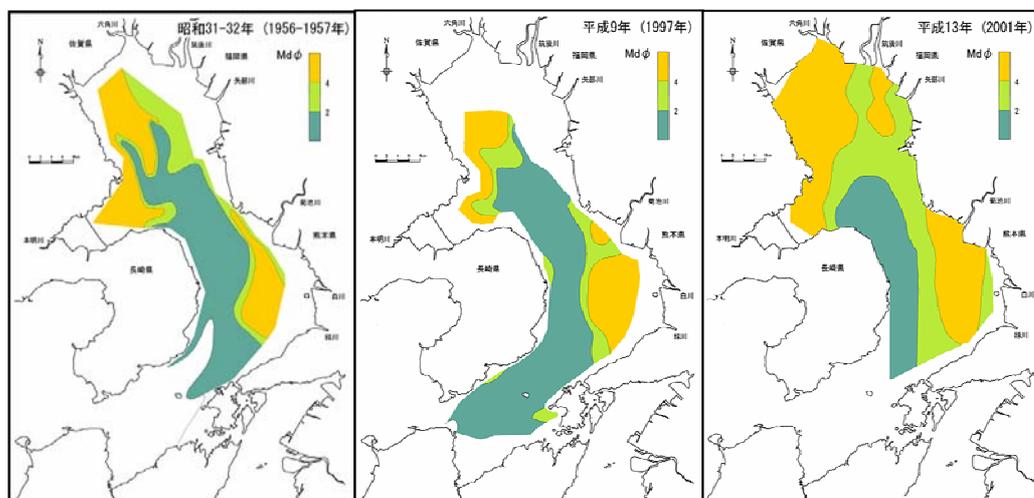


図 3. 4. 2 有明海の底質分布（中央粒径値）の変化

有明海では、水深0m～5mと40m以深の面積が減る一方、水深10m～30mの分布が増え、水深が平均化している（別添資料11）。

また、海底堆積物の珪藻類や赤潮シストの変化等から、有明海の富栄養化は少なくとも40～50年前から進行したと考えられる（図3.4.3）。熊本沖（潮目のところ）では硫化水素臭を伴う泥が20～30mm堆積し（別添資料12）、また、大浦沖・諫早湾口では1～4mのシルト質の底泥が堆積している（別添資料13）。堆積速度（年間約1～5mm）からみて底質の泥化は以前（熊本沖（堆積速度は年間約1mm）では20～30年前）から始まったとみられる。

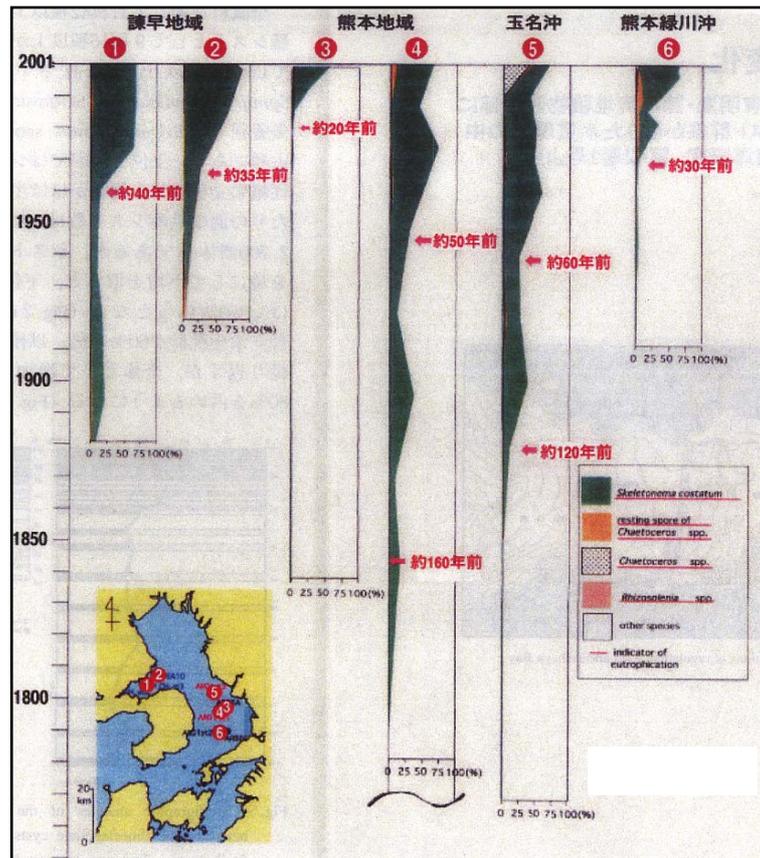


図 3.4.3 海底堆積物中に含まれる富栄養化を示唆する珪藻属・種の出現頻度の変遷（中原 2002MS）

## (2) 八代海の底質

シルト層が湾奥部、日奈久以南の湾東部および天草下島東部に分布する。樋島から御立岬以北では球磨川河口からの極細粒砂が広がるのに対して、以南では細粒砂、南端の瀬戸（黒の瀬戸）付近では中粒砂より荒い砂が分布する（図3.4.4）。八代海においては、北部湾奥域における底質の細粒化、泥化が指摘されている。

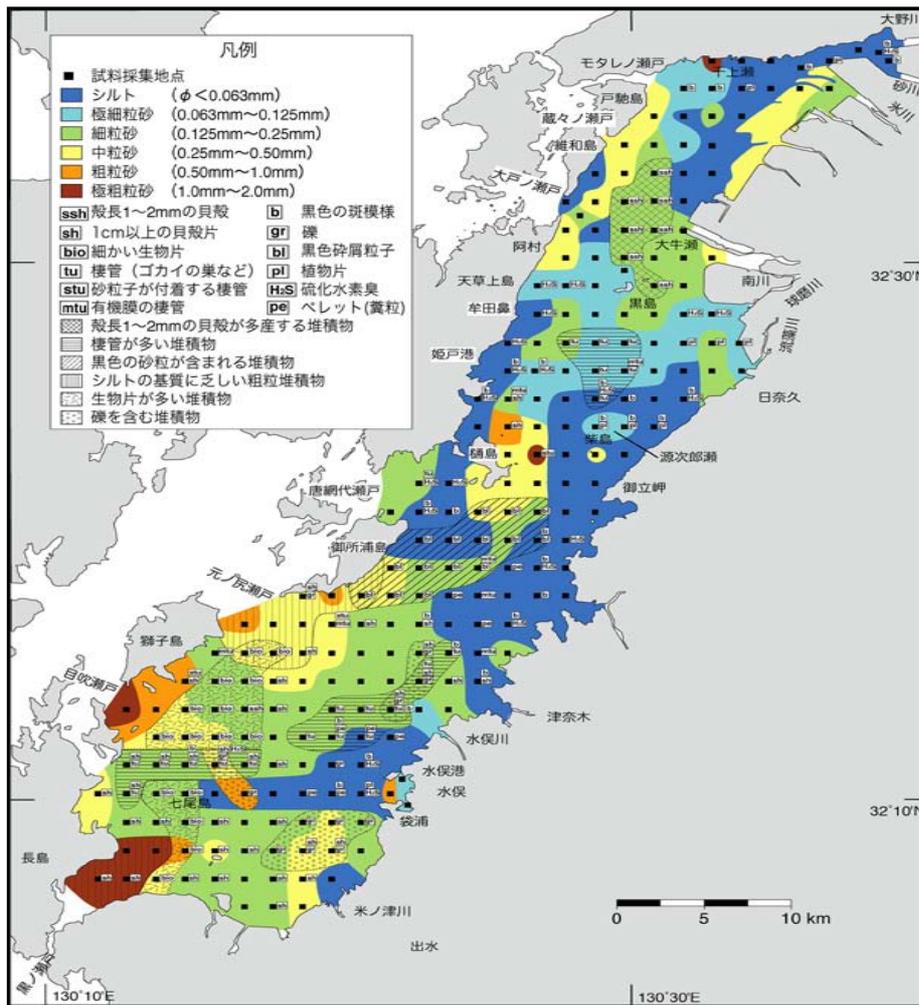


図 3.4.4 八代海の表層堆積物の分布図

### (3) 有明海、八代海における底質中の重金属・有害化学物質

環境省等が実施した調査によると、有明海・八代海の底質中の重金属（総水銀、カドミウム、鉛、亜鉛、砒素）の測定値は、東京湾、大阪湾、三河湾及び伊勢湾の既往値と同等以下であった（別添資料 14）。また、有明海の底質中に含まれるトリブチルスズ化合物、トリフェニルスズ化合物、トリフェニルスズ化合物、ノニルフェノール、4-*t*-オクチルフェノール、フタル酸ジ-2-エチルヘキシル、PCB、17β エストラジオール、農薬（ピリダフェンチオン、ブタクロール、1,2-ジクロロベンゼン）についても東京湾、大阪湾、三河湾及び伊勢湾の既往値と同等以下もしくは不検出であった（別添資料 15）。

5. 潮流・潮汐

【潮位の変動】

(1) 有明海について

ア) 潮位の状況

潮汐は主に月と太陽の引力から生じる異なる周期を持つ分潮で構成され、 $M_2$  分潮（主太陰半日周潮）、 $S_2$  分潮（主太陽半日周潮）、 $O_1$  分潮（主太陰日周期）、 $K_1$  分潮（日月合成日周期）を主要 4 分潮と呼ぶ。月の引力による分潮は月の昇交点の黄経の周期変化（約 18.6 年周期）の影響を受けて振幅や位相が毎年変動する。有明海では湾口から湾奥に向かって潮位差は増大するが（表 3.5.1）、これは有明海の固有振動周期が半日周期に近く、半日周期の外洋潮汐と湾内水が共振現象を起こすためである。有明海の最も大きな成分は  $M_2$  分潮であり、 $S_2$  分潮がこれに次ぐ（表 3.5.2）。湾奥の潮位差の増大には湾の固有振動による半日周潮（ $M_2$  分潮+ $S_2$  分潮）の増幅が大きく関与する。なお、有明海の潮位変動の解析に際しては以下の点に留意する必要がある。

- ① 環境問題との関係を見るには、分潮振幅の変化だけではなく、実際の振幅変化（分潮振幅に 18.6 年周期の変化（係数 f）をかけたもの）を考える必要があること
- ② 実際の潮位には気象・海象等の要因が加わり、潮汐変動以外に特異な変動が含まれること
- ③ 潮汐振幅の減少要因については、1) 海水面積の減少、2) 平均水位の上昇、3) 外洋潮汐振幅の減少の 3 つの要因に整理されて議論されていること

表 3.5.1 有明海各地点の潮位差

地名	潮差	平均潮差 cm	大潮差 cm	小潮差 cm
富岡	同	192	278	106
口之津	同	208	290	126
柳ノ瀬	同	238	338	138
三角	同	250	354	146
三島	同	294	406	182
大浦	同	315	453	178
大竹	同	316	454	178
三池	同	318	456	180
若津	同	322	458	186
住ノ江	同	344	494	194

表 3.5.2 主要分潮の潮汐調和定数(振幅)

地名	分潮	$M_2$		$S_2$		$K_1$		$O_1$	
		Han	K'	Han	K'	Han	K'	Han	K'
富岡	同	96	230	43	252	27	208	20	190
口之津	同	104	254	41	290	28	216	21	192
柳ノ瀬	同	119	252	50	287	28	220	20	197
三角	同	125	254	52	295	26	220	19	201
三島	同	147	258	56	299	25	219	20	204
大浦	同	158	266	69	302	29	222	22	201
大竹	同	158	259	69	299	29	220	22	203
三池	同	159	259	69	299	27	219	21	198
若津	同	161	262	68	301	25	228	20	193
住ノ江	同	172	267	75	306	27	221	22	206

イ) 潮位差の比較

湾奥ほど潮位差の年平均値とその変動幅の経年変化が大きく、大浦の潮位差は 1979 年頃（潮位差約 345cm）頃と 1995 年頃（同 337cm）に極大、1988 年頃（同 325cm）に極小をもつ変動がみられる（図 3.5.1 参照）。

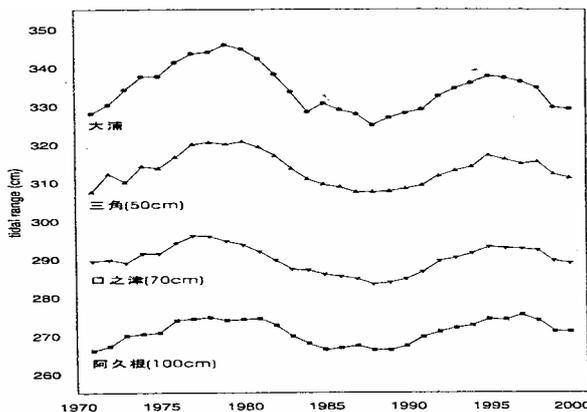


図 3.5.1 有明海内外の観測点における年平均潮位差の経年変化

大浦における年平均潮位差の変動は、 $M_2$ 分潮の  $f$  と振幅自体の変動でほぼ説明でき、1979年の極大と1988年の極小の差(20cm強)は、 $M_2$ 分潮の振幅と係数  $f$  の変化(3.7%)から期待される変化とほぼ一致する。また、1979年の極大と1995年の極大の差(9cm、 $M_2$ 分潮の振幅の2.9%に相当)は、大浦における  $M_2$ 分潮の振幅の減少率でほぼ説明できる。

潮位差減少への諫早湾の潮受堤防の影響については、1970年～2001年の大浦の年平均潮位差、大潮差の経年変化から明らかな変化は読みとれなかったという報告(図3.5.2)があるが、数値シミュレーションでは潮受堤防により潮位差は減少し、その影響は湾奥ほど大きく、最奥の住ノ江では約2.5%の減少となった(図3.5.3)

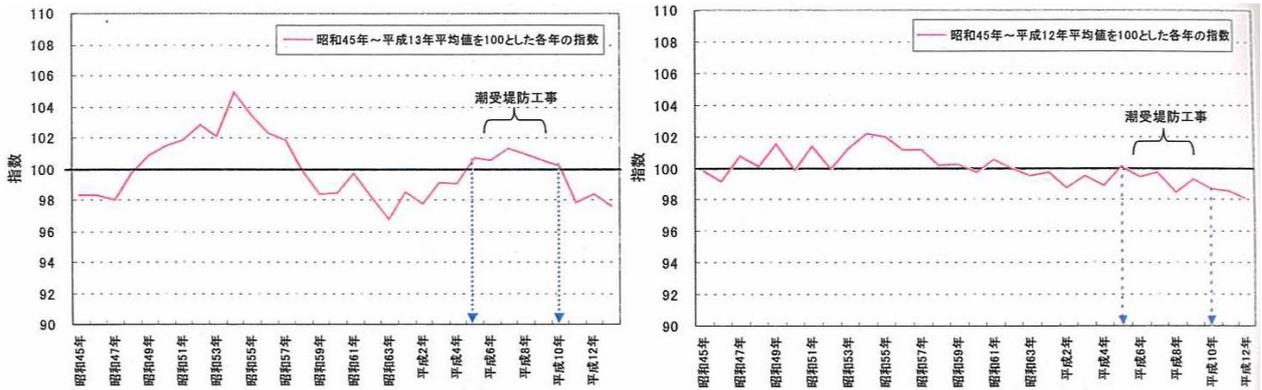


図 3.5.2 大浦検潮所における年平均潮位差と大潮差の推移

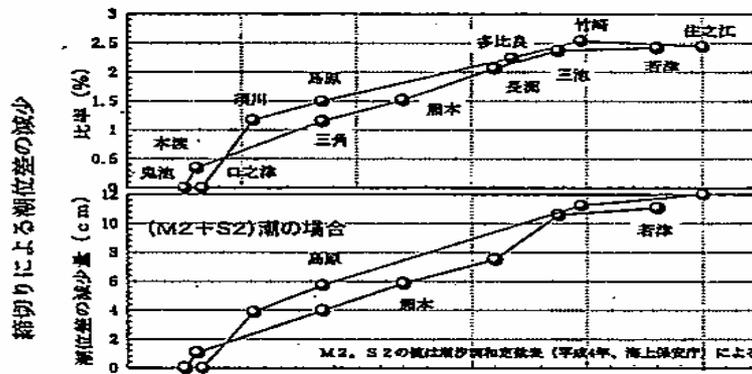


図 3.5.3 諫早湾締め切りの潮位差への影響

#### ウ) $M_2$ 分潮振幅の比較

データ解析から、大浦の  $M_2$ 分潮振幅は1980年～99年の間に約4%減少しているが、この減少は口之津のほか外海でもみられる(図3.5.4)。

諫早干拓事業開始から潮受堤防締め切りまでの間に大浦から口之津に至る  $M_2$ 分潮振幅の増幅率が約1.54から約1.52に減少しており、この減少は干拓事業に伴う地形変化が原因との報告(図3.5.5)がある一方、口之津を1とした場合の大浦の  $M_2$ 分潮の振幅の増幅率に明らかな変化は読みとれなかったとの報告もある(図3.5.6)。

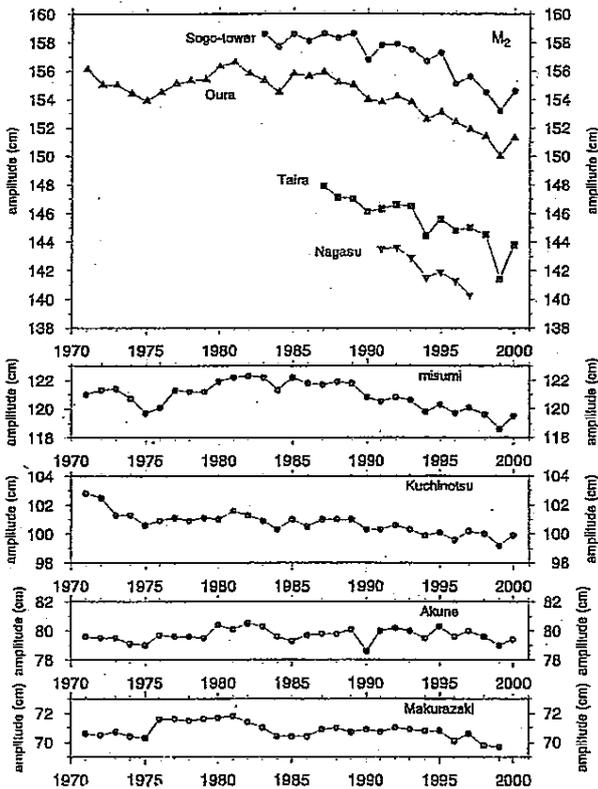
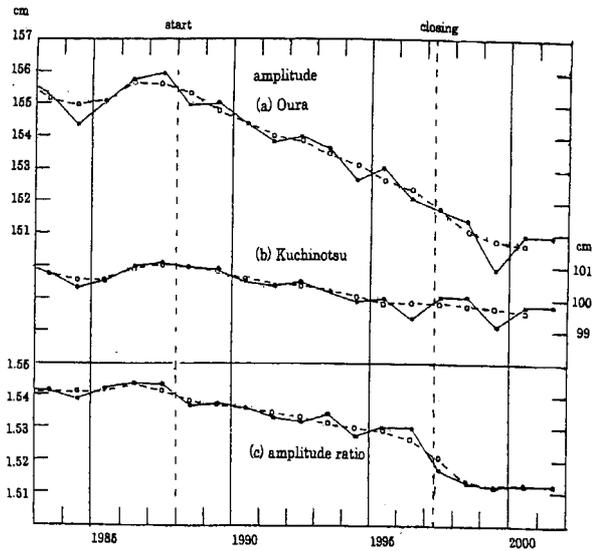


図 3.5.4 M<sub>2</sub>分潮の調和定数（振幅）の経年変化



- 注) 1. (a)は大浦、(b)は口之津の M<sub>2</sub> 分潮振幅を示し、(c)は振幅比、すなわち増幅率を示す。  
 2. 実線は観測値、破線は3年間の移動平均値（短周期ノイズを消すために実施）である。  
 3. 縦の破線は、諫早湾干拓事業の開始と潮受け堤防による締め切り。

図 3.5.5 大浦と口之津の M<sub>2</sub> 分潮振幅の経年変化

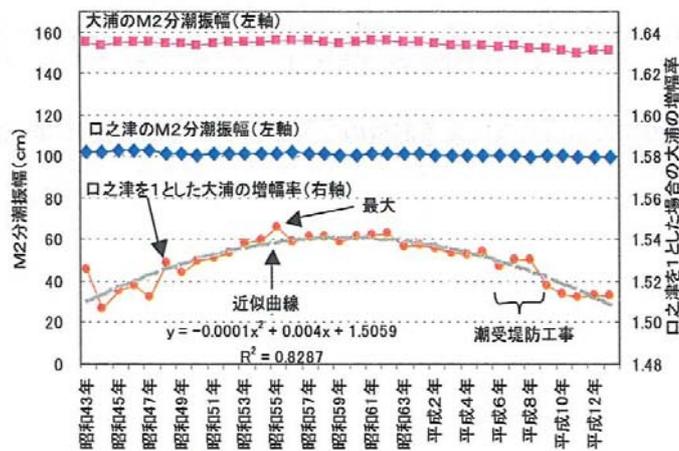


図 3.5.6 口之津検潮所と大浦検潮所の M<sub>2</sub> 分潮増幅率の経年変化

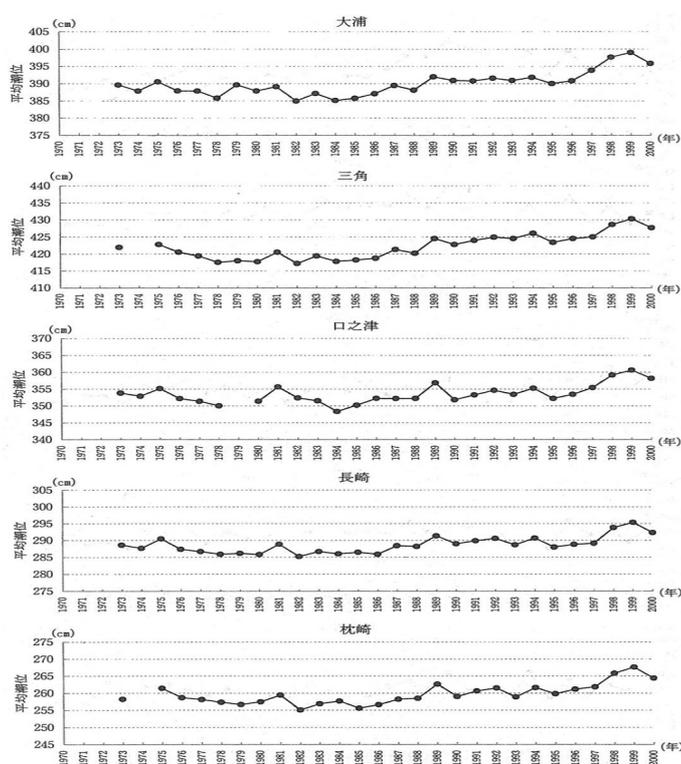
M<sub>2</sub> 分潮振幅減少の要因としては、有明海内の海水面積の減少（内部効果）、平均水位の上昇（外部効果）、外洋潮汐振幅の減少（外部効果）などが挙げられているが、その影響度合いに関する見解は異なる（表 3.5.3）。

表 3.5.3 M<sub>2</sub>分潮振幅減少に関する各要因の寄与率に関する見解

要因 \ 見解	見解 1	見解 2	見解 3	見解 4
有明海内の海水面積の減少	50%	40~50%	潮受堤防の締切 10~20%	諫早堤防：24% 熊本新港：2%
平均水位の上昇	10%	極めて小さい	—	0%
外洋潮汐振幅の減少	40%	50~60%	—	76%

エ) 有明海の潮位の上昇

平均潮位は有明海及び外洋の長崎や枕崎で近年上昇している。



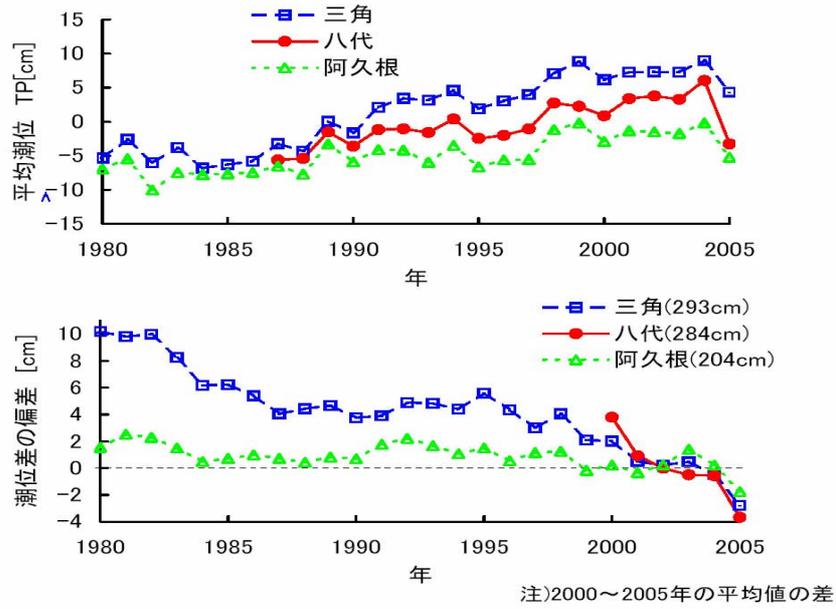
(出典：気象庁、潮汐概況・潮汐観測原簿・気象庁データより)

図 3.5.7 年間の平均潮位の水位

(2) 八代海について

ア) 潮位の変動

八代海の潮位観測点は数少ないが、1980年以降、有明海と同様に平均潮位の上昇と潮位差の減少傾向が観測されている(図 3.5.8)。八代海の潮汐による潮位変動特性(湾振動)にかかる詳細な知見は少ないが、外洋からの入射波周期に対する八代海の各点での振動応答を2次元の数値計算よりに算定した結果によると、八代海の湾振動周期は約3時間であり、八代海の長軸方向の固有振動周期である。また、9時間以上の振動応答は、有明海の固有周期による影響であり、八代海と有明海の潮汐流動の調査に際しては相互の影響についても考慮する必要がある。(図 3.5.9)



[出典]  
三角、阿久根: JODC  
八代: 国土交通省九州地方整備局  
(データは日平均値の年間平均)

図 3.5.8 八代海における平均潮位及び潮位差の年変動

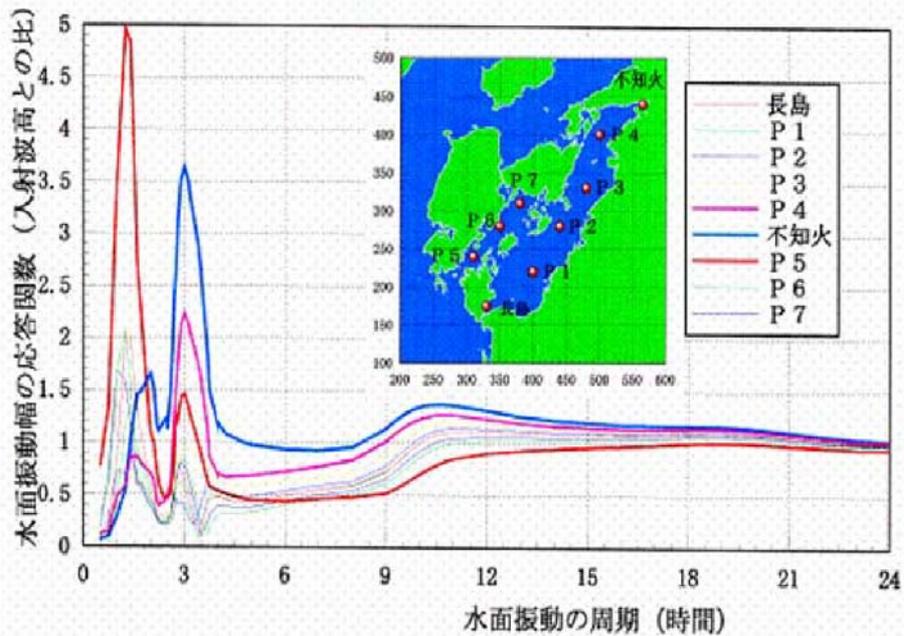


図 3.5.9 八代海における水面振動幅の応答関数

## 【潮流の変動】

潮流は潮汐による海面昇降を起こす海水の水平方向の往復運動であり、潮汐と同様な周期成分で構成される。沿岸では周囲海水が同じ密度であるときには上層から下層まで同じ方向にほぼ同じ潮流となるが、密度成層が発達すると、流れに差が出ることもある。潮流により運ばれる水粒子は、一周期終わっても元の位置に戻らず、実際の湾ではややずれた位置にたどり着く。この流れを潮汐残差流と呼ぶ。長期の物質輸送には潮汐残差流などの一方向流が重要な役割を果たす。内湾での潮汐よりも長周期の流れには、河川流入水による流れ、風による流れ、上下層の密度差による流れ等も寄与し、恒流や平均流と呼ばれる。また、岸近くの干潟部などでは滞筋に沿った流出入が起きるなど地形の影響を強く受ける。

### (1) 有明海の潮流について

#### ア) 潮流の状況

大潮平均流速分布は湾口部の早崎瀬戸で最大7ノットを超え、湾南部で2~3ノット、湾中央部で1.5~2ノット、湾奥部と沿岸部でも1~1.5ノットに達する。湾奥部でも強い流速を有するのは潮汐と同様に湾の共振による振動増幅及び水深減少のためと考えられている。また、浅海部の観測によると、湾奥河口域では滞筋に速い流れが出現している。

有明海では河川流入水の変動が大きく、恒流については不明な点も多いが、海上保安庁が作成した夏の表層での恒流の分布図によると、湾内には、湾南部、湾中央部、湾奥部にそれぞれ独立した流れが形成されている。湾奥部では東部の三池沖に北向きの流れが存在し、湾奥になるにしたがって北西に向きが変わり、全体として反時計回りの環流がみられるとされている。湾中央部では島原市北方と長洲町沿岸には湾奥に向かって0.4ノットの流入がみられる。一方、島原半島の沿岸で0.2~0.6ノット程度の明瞭な南下流が形成されている。この強い南下流は、その後の観測でも見いだされている。湾南部では全般的に湾口に向かう流れとなっている。有明海の流動は大きな潮位差に引き起こされる卓越した潮流が特徴的である。恒流としては島原半島側の南下流が明瞭で、湾全体として反時計回りの恒流が推察される。

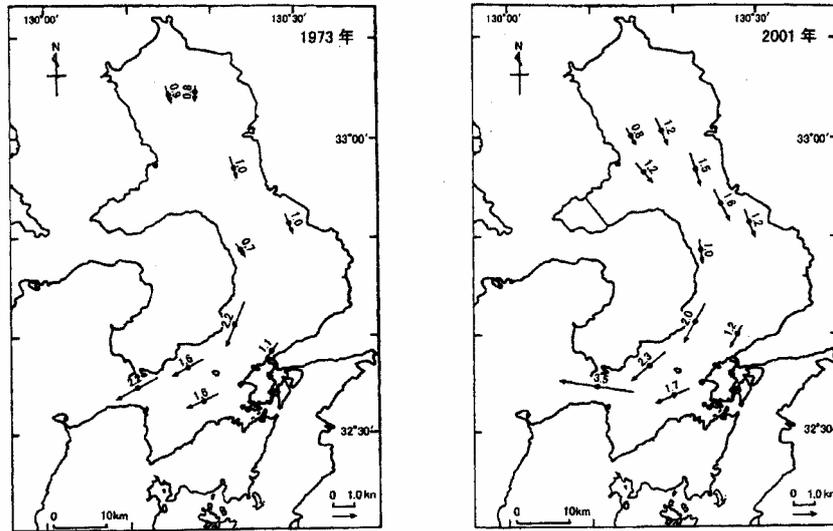
#### イ) 潮流の一斉調査

海上保安庁による1973年と2001年の2回の観測結果に明確な変化傾向は見られなかったが(図3.5.10、図3.5.11)、島原半島を南下する沿岸流の流速<sup>1)</sup>は約1/3となるとともに、各測点の潮流鉛直分布も特徴的な変化<sup>2)</sup>が現れており、これは淡水流入条件による密度流の違いによる可能性が大きいこと等が報告されている。また、平均流については、場所によって15日平均よりも数日程度の短期変動の方が大きく、上下層での違いが顕著になる場合もあり、この変動が何に起因するのか検討する必要があること、場所や水深による違いも大きいと考えられるので3次元的な考察を進める必要があることが指摘されている。この2回の観測結果は、河川流入量や水温などの相違により密度流の効果が異なっていたおそれがあること等から、地形変化のみの効果を取り出して評価するまでに至っていないと考えられる。

1) 流速は15日間の平均流速(恒流)である。

2) 測点7(島原沖)の10m層の潮流は顕著な変化はないものの、3m層では流速が増加するなど、明らかな変化がみられた。測点4(三池沖)の潮流では、昭和48年では下層ほど増大するのに対し、平成13年では下層ほど減少していた。

一方、西海区水産研究所が実施した 2001 年 2 月の観測によると、25 年前の同時期の推定値と比較して、有明海全体(熊本県大矢野島諏訪原と島原半島有家町石田を結ぶ線以北)の流速は約 12%低い値を示したことが報告されているが(図 3.5.12)、両者の測定方法等が異なるので単純に比較はできない。



注) 各地点の潮流は平均流を含まず、平均大潮に換算されている。

図 3.5.10 1973 年と 2001 年の平均大潮時の海面下 3m における下げ潮流の比較

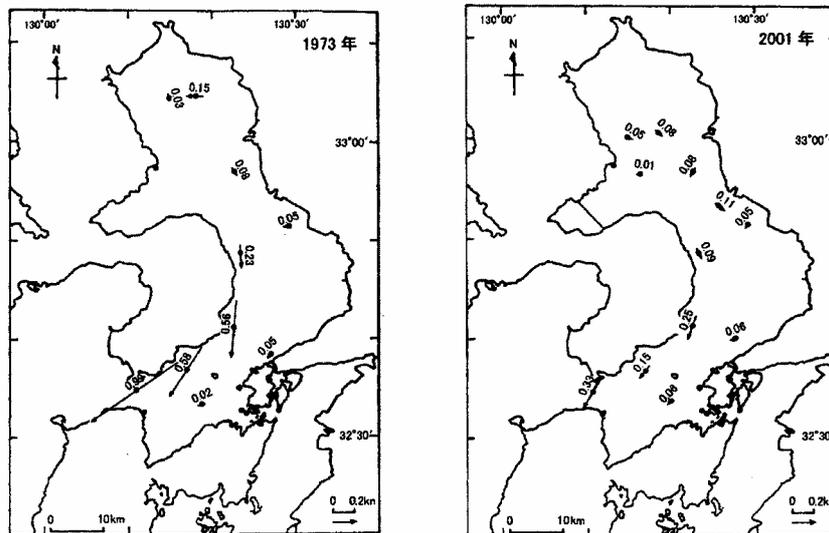


図 3.5.11 1973 年と 2001 年の 15 昼夜観測の平均流の比較

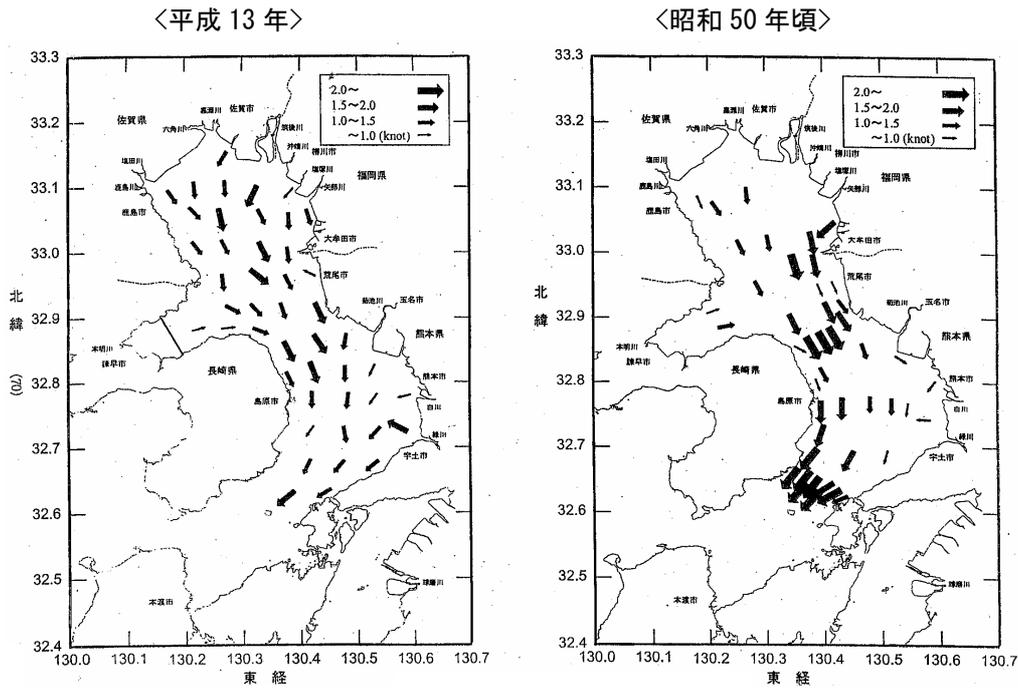


図 3.5.12 平成 13 年と昭和 50 年頃の下げ潮時の流速水平分布図

## ウ) 潮流流速の変化要因とその影響

### ①潮流流速の変化要因

有明海の潮流に全体的な影響を及ぼす要因としては、1)干拓・埋立等による海面の減少、2)東シナ海全体の平均水位の上昇に伴う有明海湾内の平均水位の上昇、3)外海の潮汐振幅の減少があげられる。近年の有明海では、干拓、埋立等による有明海の海表面積の減少、有明海湾内の潮汐振幅（潮位差）の減少等から、流体力学の基本原理である連続条件（体積保存則）を満足するため、平均的にみれば潮流流速は減少する。例えば、諫早湾は締切により海面積が約 33%減少するので、諫早湾の湾口断面において入退潮量が 1 潮汐で 33%程度減少することになる（平均流速として約 6.3cm/s の減少）。有明—長洲ラインより奥部の面積減少率を約 4.9%とすると、入退潮量の変化による潮流流速の減少は、潮汐振幅の増加を考慮して断面平均で 5.0%程度（平均流速として約 2.4 cm/s の減少）の減少と概算される。

### ②潮受堤防による潮流流速への影響

諫早湾内における環境モニタリング結果から、湾奥部と湾央部では堤防締切り後に流速が低下し、湾口部でも湾奥部や湾央部ほど顕著ではないものの、流速が低下する傾向がみられたが、諫早湾外では観測年によるデータのばらつきが大きく、変化の傾向も異なった（図 3.5.13）。また、シミュレーションによると、下げ潮時の流速は潮受堤防設置により諫早湾口北側の一部海域で増加、湾内から島原半島に沿った広い領域では減少するとの結果が得られている（図 3.5.14）。

島原半島沿岸部の観測結果(1993年と2003年)から、潮流流速は大きく減少(約21~27%)

し、この減少率は締切で減少した面積(約 3,667ha)が北部有明海(有明-長洲ライン以北、約 75,435ha)に占める割合(約 5%)と比して大きく、諫早湾への水塊の流出入が島原半島沿岸で集中的に生じることが示唆されるとの報告がある(図 3.5.15)。

他方、シミュレーションによると、潮受堤防による最大潮流速度の変化は、堤防前面で 0.3~0.4m/s の減少、諫早湾外北側の地点で僅かに増速(0.0~0.1m/s)する部分がある以外は、有明海全体で最大潮流速度の変化は非常に小さい(0.0~0.1m/s の減速)とされている(図 3.5.16)。

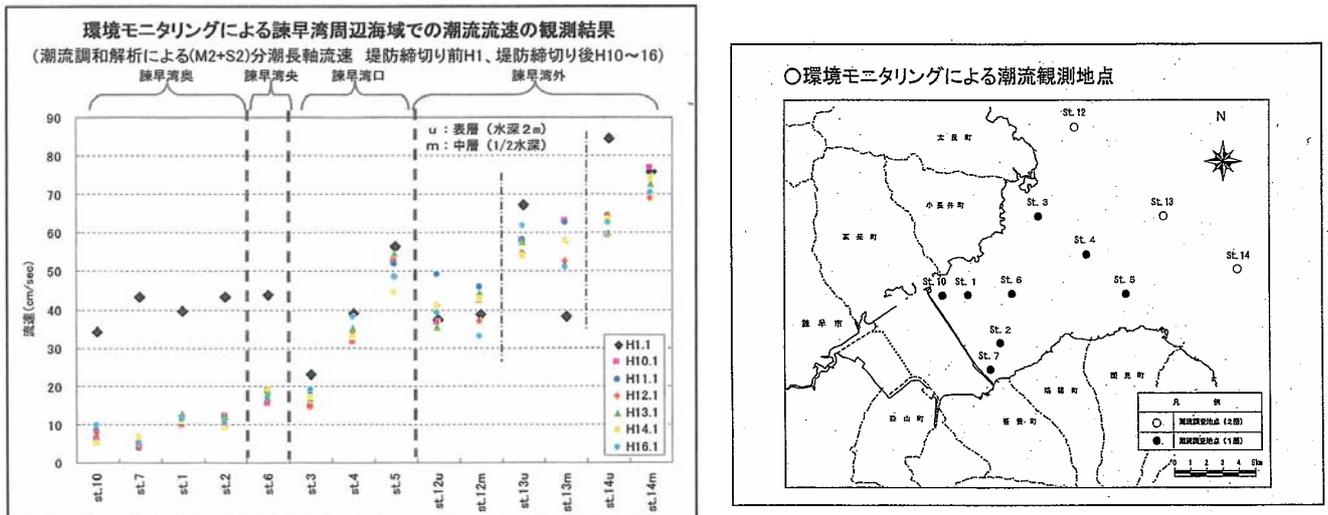


図 3.5.13 環境モニタリングによる諫早湾周辺海域での潮流流速の観測結果

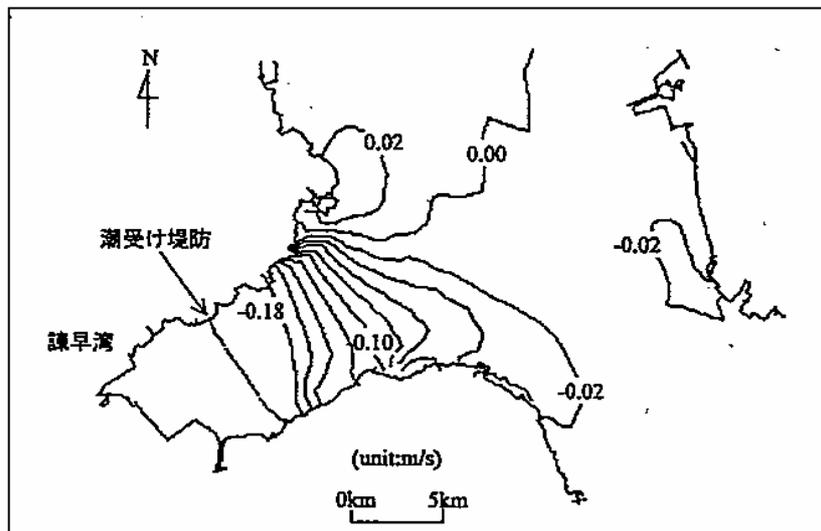
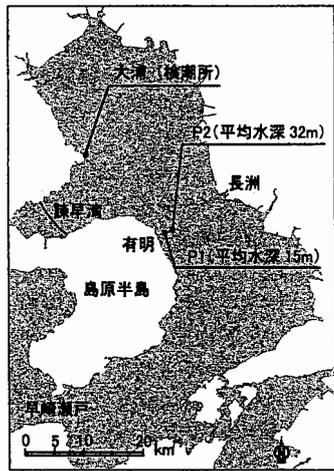
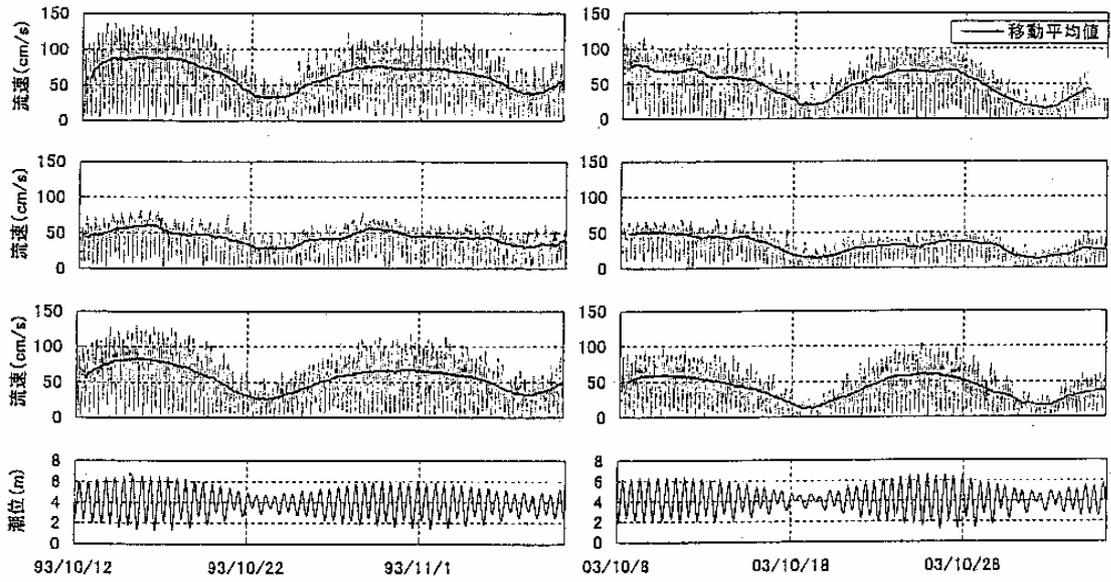


図 3.5.14 下げ潮時の流速強度に関する締切り前後の差



- 注) 1. 左図は1993年10月12日～11月1日、右図は2003年10月9日～11月7日  
 2. 上段より、P1(水深5m)、P2(水深5m)、P2(水深20m)における水平流速の絶対値、潮位

図 3.5.15 観測結果の時系列

[観測実施位置の概略図]

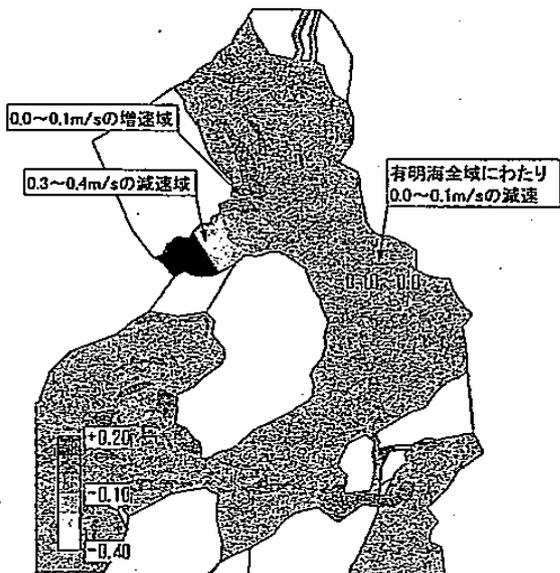


図 3.5.16 最大潮流速度の偏差分布 (潮受堤防の影響)

### ③ノリ養殖施設

ノリ養殖施設の影響については、シミュレーションの結果、湾中央から湾奥にかけての海水の流動が小さくなる傾向にあること（図 3.5.17）、最大潮流速度はノリ網設置地域で 0.3~0.5m/s の減少、湾奥中央部で 0~0.1m/s の増加（別添資料 16）が報告されている。また、有明海湾奥部における潮流と浮泥輸送に関する数値実験結果から、ノリ養殖域やその沖側前面部分ではノリ養殖施設の流体抵抗によって、潮流流速や浮泥濃度が低減、抵抗が小さい船通し部分で上昇し、ノリ養殖施設が潮流や浮泥輸送の空間構造に影響している可能性が示されている。なお、ノリ網の柵数については 1970 年以降は減少傾向にある。

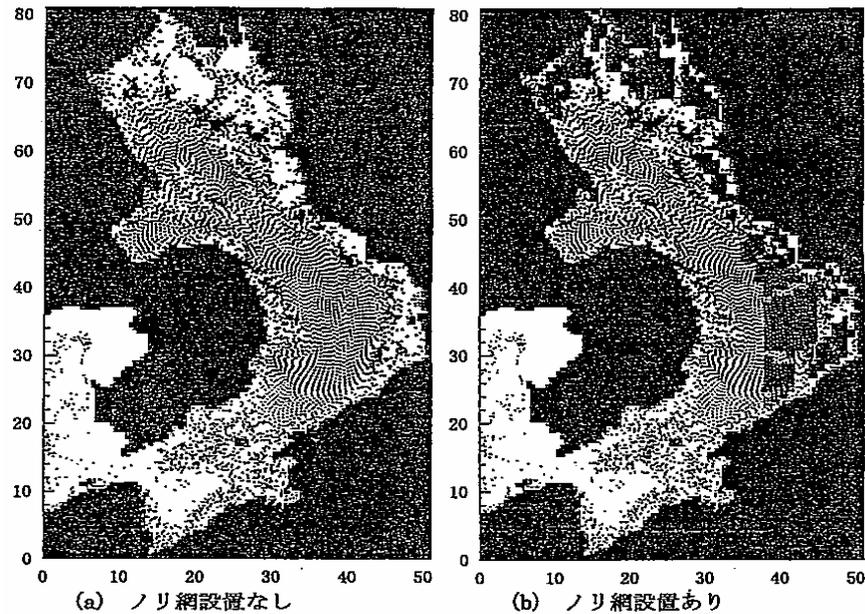


図 3.5.17 ノリ網設置の有無による流況変化（粒子追跡開始3潮汐後）

### ④港湾

熊本港建設による影響については、数値シミュレーションの結果、港の周辺で 20~30cm/s の流速変化があり、潮位差への影響は港の周辺で±2cm 程度との報告がある（別添資料 17）。

#### (2) 八代海の潮流について

八代海は九州本土と天草諸島・長島に囲まれ、本渡瀬戸・三角瀬戸・満越瀬戸を通じて有明海と繋がり、長島瀬戸や黒之瀬戸を通じて東シナ海と繋がっている。外洋水は長島瀬戸と黒之瀬戸から流入し、流入量は黒之瀬戸に比べて長島瀬戸は 4 倍である。有明海と通じる三角瀬戸、満越瀬戸、本渡瀬戸では海水の交流は少ない。干満差は湾奥で 4m 以上となり、このため長島瀬戸での潮汐流速は、大潮時には約 8 ノットにもなる。

東流及び西流時に長島瀬戸等の湾口部で流速が早く、北部海域ではその数分の 1 程度の流速である（別添資料 18）。これらの流況は数値計算によってもある程度再現されており、

特に線流量の残差流は八代海湾中央部の東岸から湾奥部での流量が小さく、潮汐流動に伴う海水流動が停滞する傾向にあることが算定されている。(図 3. 5. 18)

また、これらの流況は、河川流入水の影響によっても変動し、河川流量がある場合、満越瀬戸や長島瀬戸を通じて流出するような残差流となる。

### 潮汐残差流 (線流量)

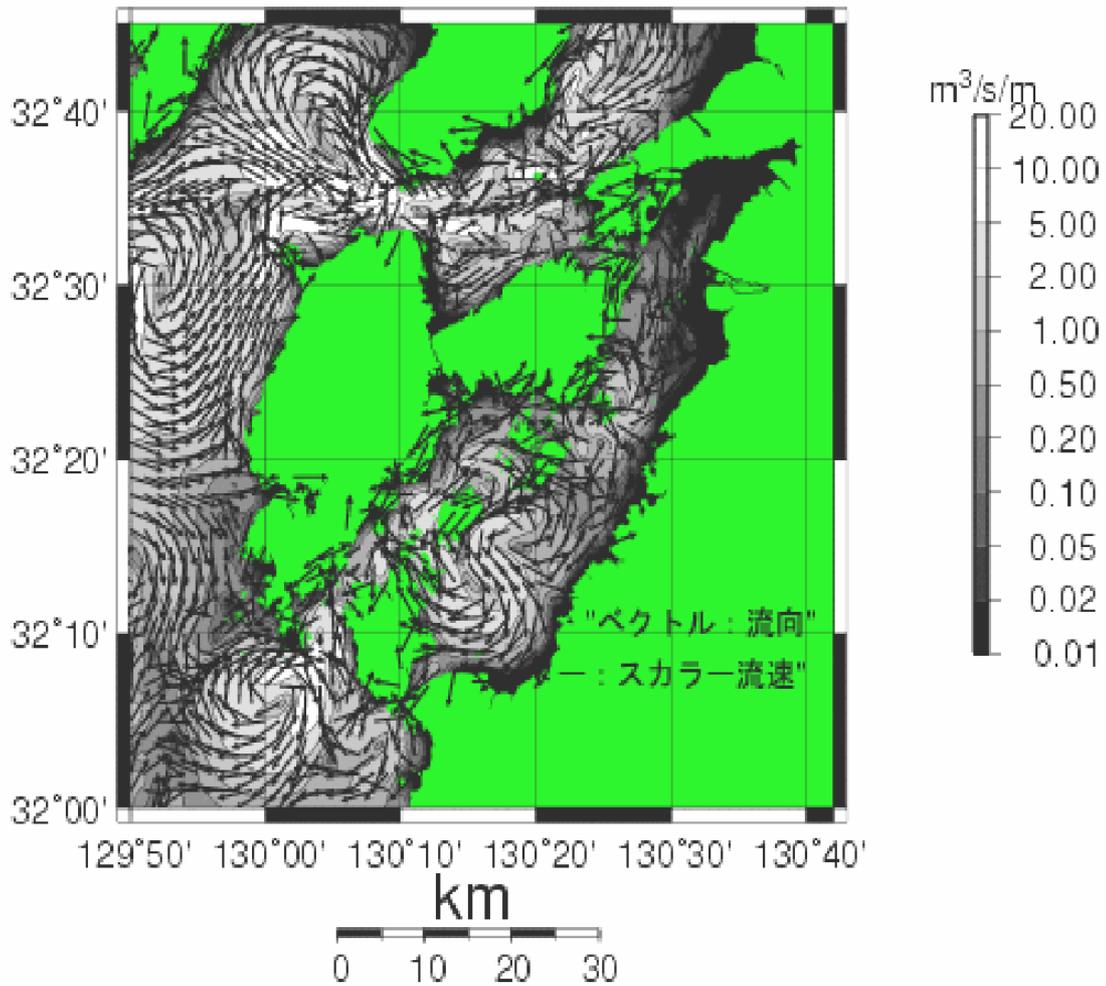


図 3. 5. 18 八代海における潮汐残差流

## 6. 貧酸素水塊

### (1) 有明海

農林水産省（農村振興局・水産庁）と環境省が連携して実施した広域連続観測の結果、有明海の貧酸素水塊は、湾奥西部の干潟縁辺域と諫早湾内において、小潮から中潮期を中心に別々に発生することが判明した（図 3.6.1）。

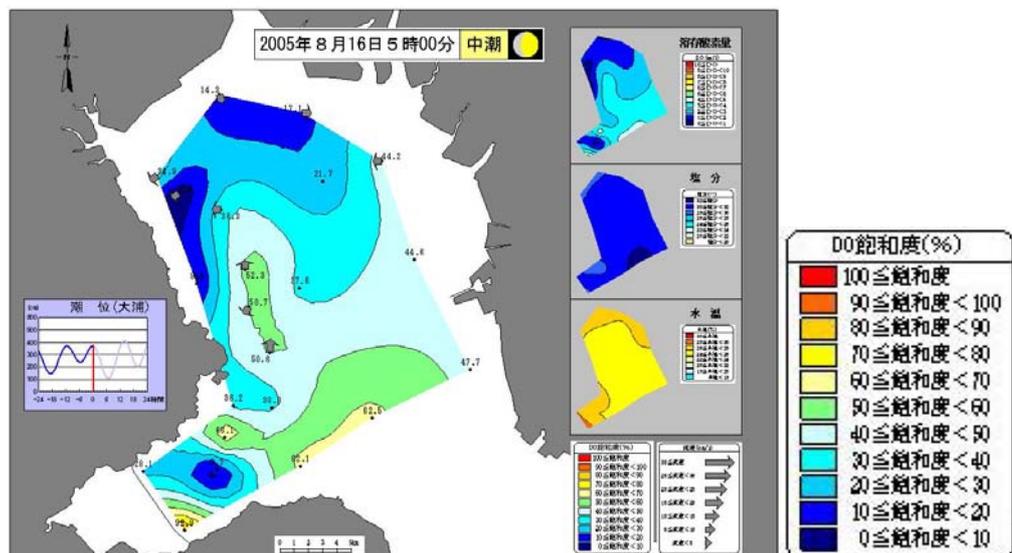


図 3.6.1 貧酸素水塊調査結果：2005年8月16日午前5時

有明海湾奥部の干潟縁辺域において、成層期（夏季）の小潮時に流速が低下して海水の移動・混合が減少すると、躍層の上で赤潮が発達するとともに、躍層の下では貧酸素状態が生じる（別添資料 19）。赤潮が終息して大量の有機物が底質に供給されて還元状態が進行し、底泥・底層水の酸素消費により急速に貧酸素化する。さらに、底生生物の斃死により底質悪化と貧酸素化が進行し、底層水は無酸素状態となる。沖合域（水深 10m 以深）においては、潮汐の影響は浅海域ほど小さくなく、夏季に成層が形成されると底泥・底層水の酸素消費により徐々に貧酸素化し、台風等の攪乱が起きるまで貧酸素化が持続する。沖合域では浅海域に遅れて貧酸素化が起こり（図 3.6.2）、小潮時に浅海域で形成された貧酸素水塊が潮汐により干潟域及び沖合域へ移流・拡散しているものと推察される。有明海湾奥部における貧酸素水塊発生の様式図を図 3.6.3 に示す。

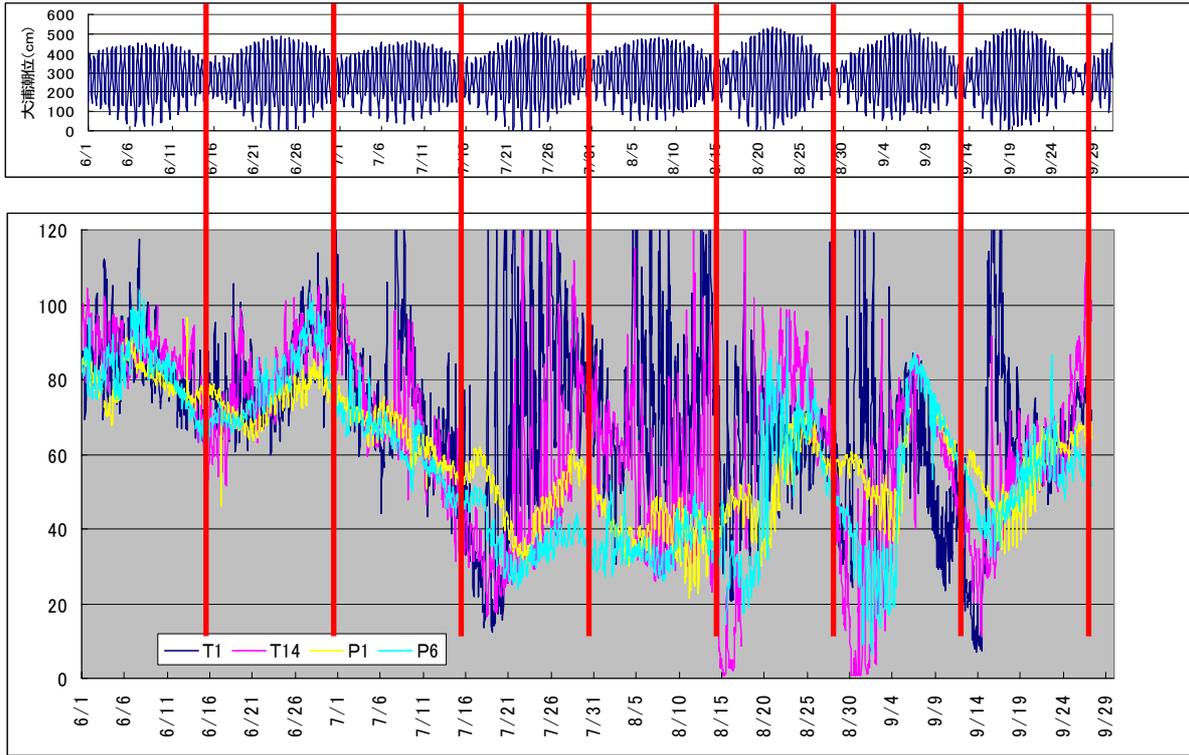


図 3. 6. 2 浅海域 (T1、T14) と沖合域 (P1、P6) の DO 飽和度の推移

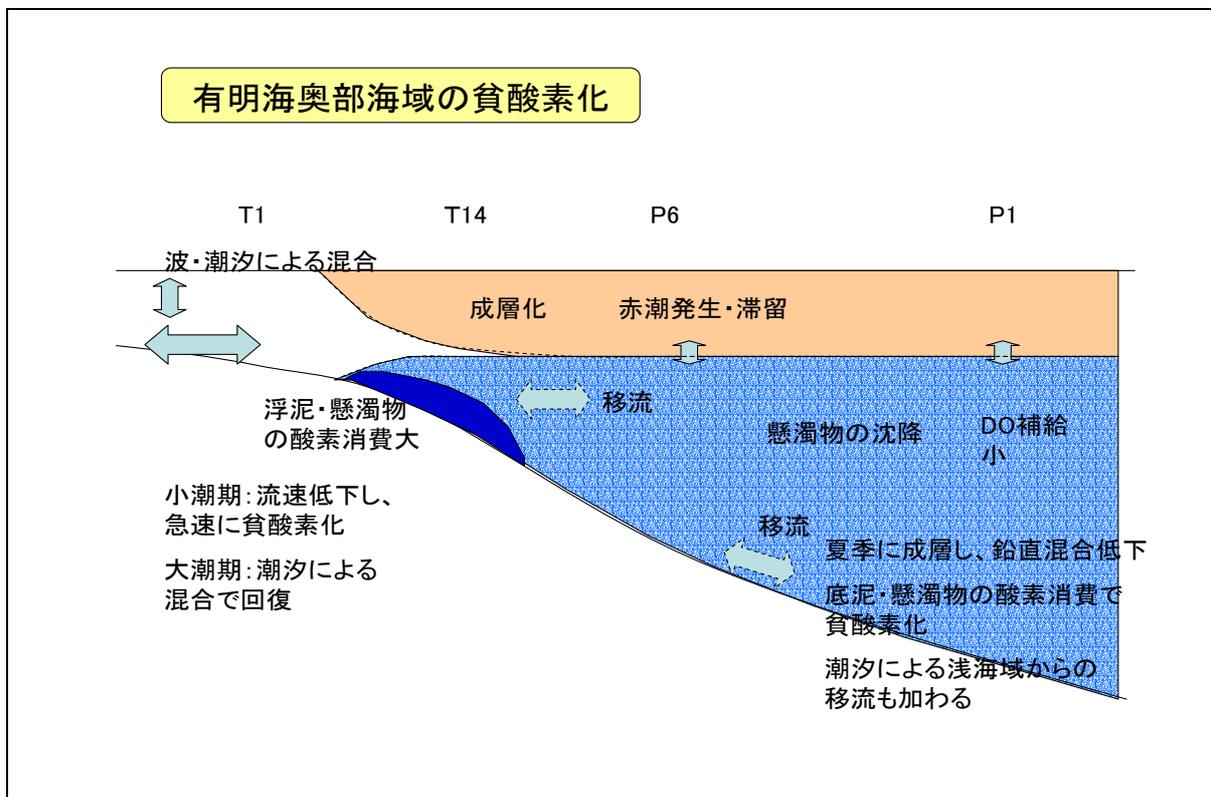


図 3. 6. 3 有明海湾奥部における貧酸素水塊発生の模式図

## (2) 八代海

八代海では貧酸素水塊は確認されていない。熊本県が実施している八代海定線調査において、湾奥部の溶存酸素濃度は2月に増加傾向、8月に減少傾向がみられる(別添資料20)。これらの要因として、冬季の珪藻赤潮の発生、夏季の水温上昇や有機物負荷量の増加傾向が指摘されている。

また、水質断面調査の結果、2003年9月に湾奥部(St.3)の底層を中心に、溶存酸素量が4.0mg/Lを下回る値が確認されている(図3.6.4)

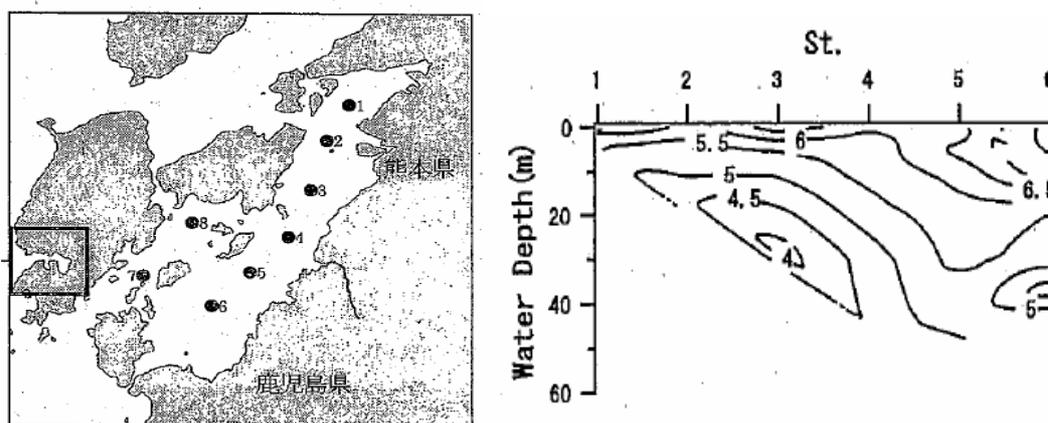


図 3.6.4 水質断面調査定点 (左図)、2003年9月16日のDO (mg/L) 分布 (右図)

## 7. 藻場・干潟等

### (1) 有明海の藻場・干潟

環境省自然環境保全基礎調査(表3.7.1)によると、1978年度調査から1989~1991年度調査の間に、有明海の干潟は22,070haから20,713ha(6.1%減)、藻場は2,066haから1,640ha(20.6%減)に、各々減少している(諫早干拓により消失した干潟(1,550ha)を第5回調査時の干潟面積から減じると、18,841haとなり、14.6%減となる)。

### (2) 八代海の藻場・干潟

同じく自然環境保全基礎調査(表3.7.1)によると、八代海の干潟は4,604haから4,405ha(4.3%減)、藻場は1,358haから1,339ha(1.4%減)に、各々減少している。

上記調査のほか、八代海においては、水産庁・関係県が詳細な調査(環境省調査では対象外となる小規模な藻場・干潟を含む)を1977~1978年度、2003年~2005年度に実施した(図3.7.1)。本調査によると、八代海の干潟は5,430haから4,689ha(14%減)、藻場(アマモ等の海草<sup>(注)</sup>)は295haから191ha(35%減)に大きく減少していた。干潟の主な減少海域は、球磨川河口域を含む東岸北部であり、全体の減少分の約6割を占めた。アマモ場は天草松島海域で減少面積が大きく、また、東岸北部では濃生していたアマモ(ナガモ)が消失し、代わってコアマモが斑状に広く疎生していた(藻場面積は増加)。

球磨川河口域にはアマモ(ナガモ)、アカモク、オゴノリが広い範囲で密生していたとされているが(聞き取り調査)、現在、同海域にはコアマモが疎生しているのみである。

アマモは1970年頃から減り始め、1975年頃に急速に減少したと指摘されていることから、1977年の調査時点ではすでに藻場が大きく減少していたと推測される。

表 3.7.1 自然環境保全基礎調査（海域）結果の概要

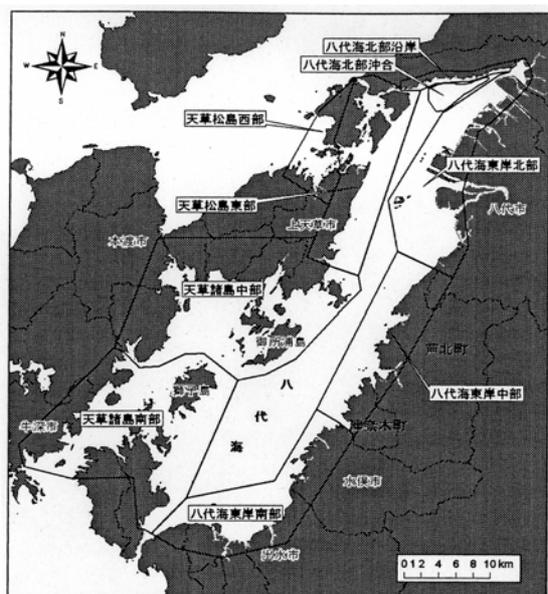
◆現存干潟の面積(ha)

	第4回調査				第5回調査 H8~9
	S53 (A) *1	H1~3 (B)	(A)-(B) *2	減少率	
全国	55,300 (100.0%)	51,443 (100.0%)	3,857	7.0%	49,380 (100.0%)
有明海	22,070 (39.9%)	20,713 (40.3%)	1,357	6.1%	20,391 (41.0%)
福岡県	3,137 (5.7%)	1,956 (3.8%)	1,181	37.6%	
佐賀県	9,612 (17.4%)	9,585 (18.6%)	27	0.3%	
長崎県	2,655 (4.8%)	2,606 (5.1%)	49	1.8%	
熊本県	6,666 (12.1%)	6,566 (12.8%)	100	1.5%	
八代海	4,604 (8.3%)	4,405 (8.6%)	199	4.3%	4,083 (8.3%)
熊本県	4,402 (8.0%)	4,203 (8.2%)	199	4.5%	
鹿児島県	202 (0.4%)	202 (0.4%)	0	0.0%	

◆現存藻場の面積(ha)\*3

	第4回調査				第5回調査 H8~9
	S53 (A) *1	H1~3 (B)	(A)-(B) *2	減少率	
全国	207,615 (100.0%)	201,212 (100.0%)	6,403	3.1%	142,459 (100.0%)
有明海	2,066 (1.0%)	1,640 (0.8%)	426	20.6%	1,599 (1.1%)
長崎県	383 (0.2%)	383 (0.2%)	0	0.0%	
熊本県	1,683 (0.8%)	1,257 (0.6%)	426	25.3%	
八代海	1,358 (0.7%)	1,339 (0.7%)	19	1.4%	1,141 (0.8%)
熊本県	610 (0.3%)	593 (0.3%)	17	2.8%	
鹿児島県	748 (0.4%)	746 (0.4%)	2	0.3%	

[備考]  
 ・( )内は全国面積に占める割合  
 \*1 第4回調査の調査対象に合わせて、第4回調査時に第2回調査結果を取りまとめた値  
 \*2 昭和53年以降、第4回調査時(平成元年~3年)までに1ha以上消滅した面積  
 \*3 第2回、第4回調査は水深20mまで、第5回調査は水深10mまでを対象とした。



海 域	2003-2004年調査		1977年調査	変化量 面積(ha)	比率 2003-2004年/1977年	埋立 面積(ha)	比率 埋立/変化量
	面積(ha)	面積(ha)					
八代海北部沿岸	244.7	294.1	-49.4	83%	-15.5	31%	
八代海北部沖合	180.1	213.8	-33.7	84%	0.0	0%	
八代海東岸北部	2947.8	3379.1	-431.3	87%	-82.8	19%	
八代海東岸中部	122.4	170.0	-47.6	72%	-3.4	7%	
八代海東岸南部	357.9	377.8	-19.9	95%	-22.6	114%	
天草諸島南部	97.2	144.0 *	-46.8	62%	-25.0	53%	
天草諸島中部	204.4	257.6	-53.2	79%	-28.2	53%	
天草松島東部	263.9	273.5	-9.6	96%	-15.1	157%	
天草松島西部	270.9	320.3	-49.4	85%	-14.0	28%	
全 域	4689.2	5430.2	-753.0	86%	-206.6	27%	

海 域	2003~2005年調査		1977~1978年調査	変化量 面積(ha)	比率 2003-2005/1977-1978
	面積(ha)	面積(ha)*			
八代海北部沿岸	0.0	0.0	0.0	0.0	-
八代海北部沖合	0.0	0.0	0.0	0.0	-
八代海東岸北部	132.1	53.7	78.3	246%	
八代海東岸中部	1.3	23.3	-22.1	5%	
八代海東岸南部	0.1	6.0	-5.9	2%	
天草諸島南部**	7.7	4.8	2.9	161%	
天草諸島中部	6.2	24.0	-17.9	26%	
天草松島東部	16.3	88.5	-72.1	18%	
天草松島西部	27.3***	94.2	-66.9	29%	
全 域	190.9	294.5	-103.6	65%	

注) 海草は沿岸部の砂泥地に自生するアマモ、コアマモ等 (なお、岩礁に自生するものは海藻と定義される)

図 3.7.1 調査区分 (左図)、干潟面積 (右上表)、藻場 (海草<sup>(注)</sup>) 面積 (右下表)

### (3) 有明海における干拓の変遷

有明海では、江戸時代以前から干拓が続けられており（図 3.7.2）、これまでに全体で 260km<sup>2</sup>を超える面積の干拓が行われてきたが、その干拓速度は昭和後期に大きく増加した。

- ・ 江戸時代：415ha/10年
- ・ 明治～昭和10年代：435 ha/10年
- ・ 昭和20年～30年代：650 ha/10年
- ・ 昭和40年～50年代：1,950 ha/10年

有明海のうち佐賀平野沖や白石平野沖の干拓面積をみると、江戸時代 5,928ha (220 ha/10年)、明治時代 924ha (231 ha/10年)、大正時代 272ha (181 ha/10年)、昭和前半 (1955年まで) 730ha (243 ha/10年) と、10年当たり 200ha 前後の干拓が行われてきたが、1955年から1980年の間は 3,209ha (1,284ha/10年) と干拓速度が急増した<sup>※</sup>。

また、1997年には諫早干拓事業により 3,550ha の海域が有明海から失われ、1,550ha の干潟が消失した。

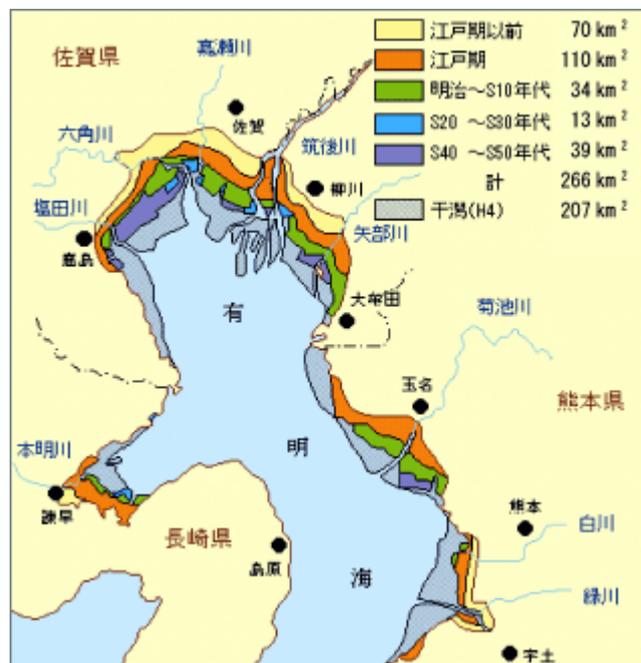


図 3.7.2 有明海における干拓の歴史

※ 研究代表者 中田英昭(2006)「有明海の環境変化が漁業資源に及ぼす影響に関する総合研究」“2. 堆積物から見た中長期的環境変遷:渦鞭毛藻シスト群集に残された有明海湾奥部の中長期的変化” P 79

### 4) 有明海・八代海における自然海岸

有明海、八代海の自然海岸の延長は、1978年度調査時は各々100km、350kmであったが、1996～1997年度調査では89km、316kmに減少している（別添資料 21）。有明海、八代海は人工海岸の比率が各々55%、45%と高く（全国平均 33%）、特に熊本県の人工海岸線は 59%に達し、大規模な港湾、臨海工業地帯を有する福岡県（同 61%）とほぼ同じであり、人工海岸の占める比率の高さが指摘されている（別添資料 22）。

## 8. 赤潮

赤潮生物は、種類によってその生理的・生態的性質は異なり、水産生物への影響も違うことから、各々の特徴を記した上で、赤潮発生の状況、赤潮による漁業被害の概況を以下のとおり整理した。

### (1) 赤潮（種類別）の特徴について

#### ア) 小型珪藻（年中発生）

基礎生産者として重要であり、食物連鎖の根幹をなすので、これらの赤潮はある程度やむを得ないであろう。これらの種は、河川から栄養塩が供給されて塩分が減少し、強い照度を与える晴天が続くと底泥中の休眠期細胞が発芽、繁茂して赤潮となる。（図 3.8.1）。透明度の上昇は発芽機会の増加につながり、赤潮の増加の原因になると考えられる。

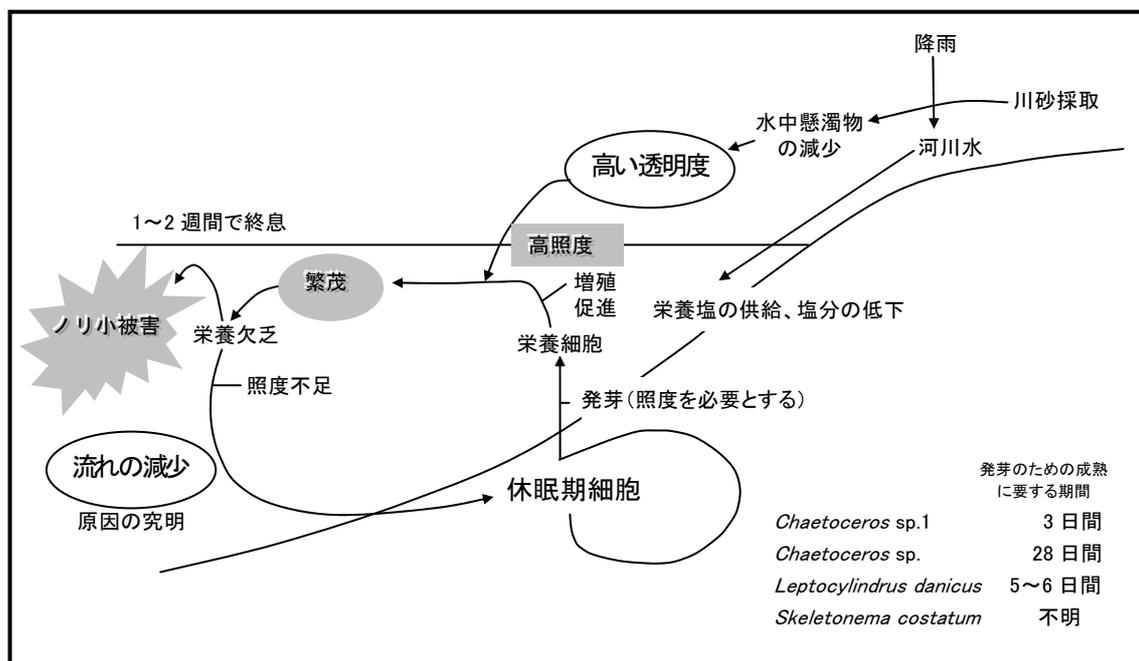


図 3.8.1 小型珪藻類の発生機構

イ) 大型珪藻 (秋季～冬季発生)

大型珪藻の *Rhizosolenia* 属は有明海において 1958 年、1965 年、1980 年、1996 年、2000 年に赤潮を形成してノリに被害を与えた。2000 年に有明海で大発生した *Rhizosolenia imbricata* は毎年観察され、2000 年前にも赤潮レベルに達した。*Rhizosolenia imbricata* は外海に生息し (休眠期細胞が発見されていない)、低塩分の夏季には湾内への進入が阻まれるが、高塩分状態 (30～35) になるときに湾内へ進入して高い日照条件下で大発生する。大型珪藻は特殊な環境条件が整った時に大発生する赤潮である (図 3.8.2)。

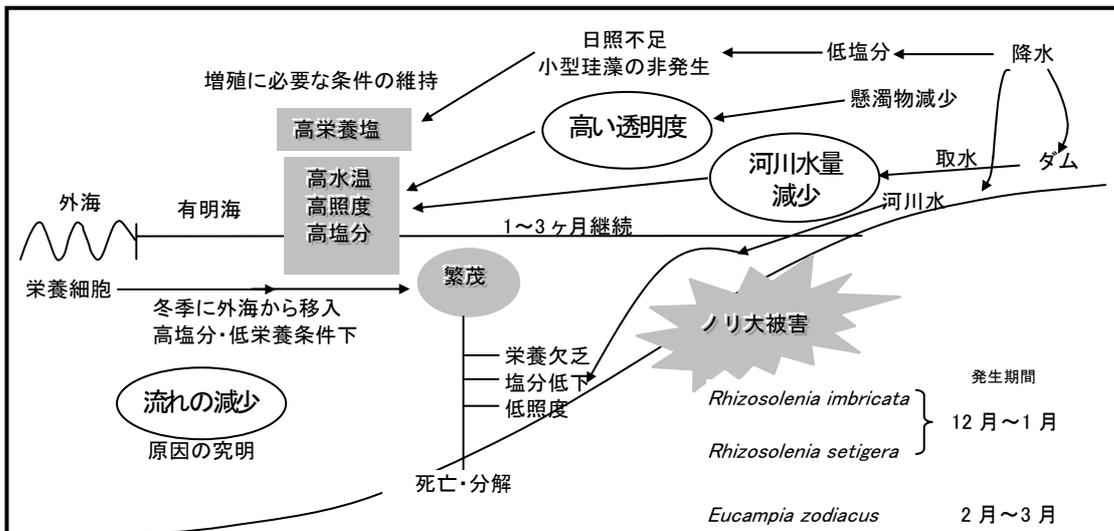


図 3.8.2 大型珪藻類の発生機構

ウ) ラフィド藻 (夏発生)

*Chattonella* 赤潮は、魚類と貝類に被害を与える。*Chattonella* 赤潮は有明海湾奥西部海域や諫早湾での発生が顕著であり、富栄養化や貧酸素水塊と関係している。1989 年に諫早湾で最初の *Chattonella* 赤潮が確認されたが、工事による人為的な底泥の攪拌が関係した可能性がある。貧酸素水塊の形成により底泥から鉄が溶解し、貧酸素水塊の崩壊で窒素やリンと一緒に鉄が供給されると、*Chattonella* 属の増殖が促進される (貧酸素水塊の解消のための底泥の攪拌についてはこの点への配慮が必要である)。*Chattonella* 赤潮による漁業被害を減少させるためには貧酸素水塊の形成を抑えることが重要である。

また、八代海での *Chattonella* 赤潮は 1988 年に初めて記録されたが、この頃は熊本県の宮野河内湾などの底質の COD が水産用水準を超え、養殖場の底質の硫化物濃度と水質の DIN と DIP が最高値を示した時期に当たり (別添資料 23)、富栄養化の進行時期に本属が定着した可能性を示唆している。

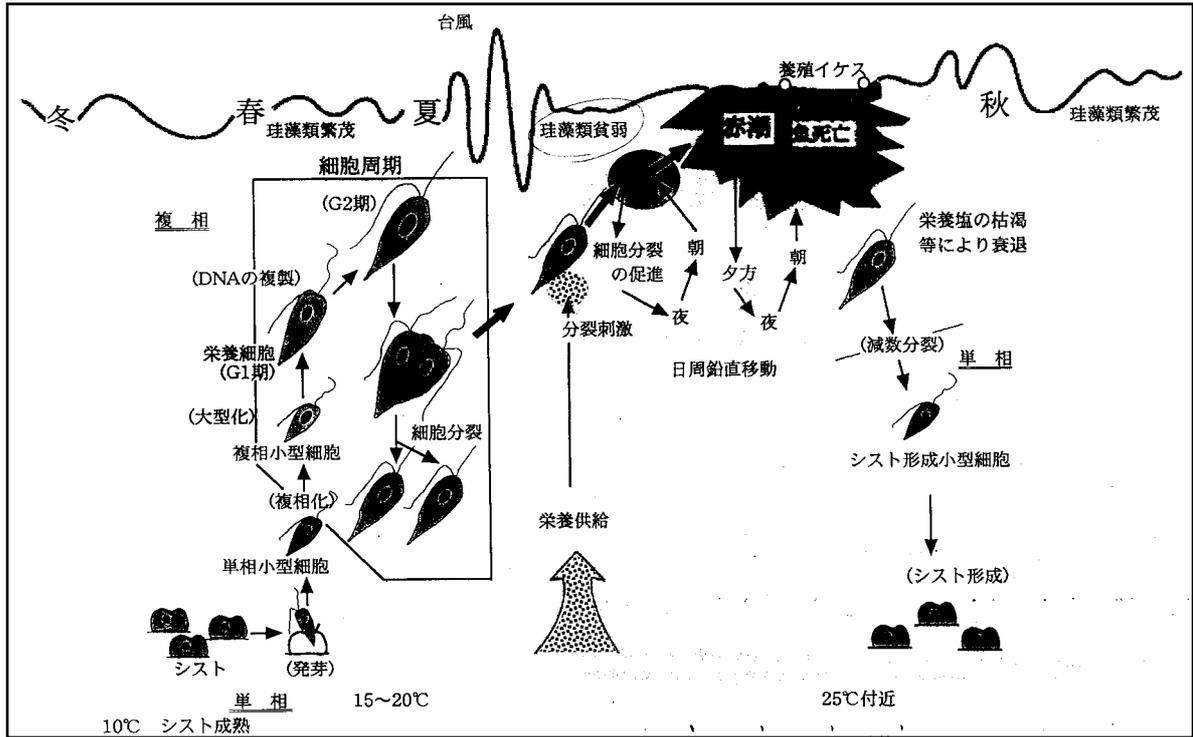


図 3.8.3 シャットネラの生活環と赤潮発生機構

エ) 渦鞭毛藻 (夏発生)

渦鞭毛藻類 *Cochlodinium* 属は八代海で大規模な赤潮となって重大な漁業被害を招き、御所浦や津奈木周辺での発生が多い (別添資料 24)。*C. polykrikoides* のシストは八代海では確認できず、冬期に遊泳細胞 (単細胞) の存在が認められている。本種の seed population は越冬栄養細胞である可能性が高く、栄養細胞は水温と日射量の増加とともに高塩分環境下で増殖して赤潮形成すると、1.4~3.6m/h の速い日周鉛直移動により底層の栄養塩を利用して赤潮を持続すると考えられる。赤潮の消滅後、本種は栄養細胞で越冬すると思われる (図 3.8.4)。

*C. polykrikoides* は、塩分変化に敏感 (狭塩分性種) であり、赤潮は渇水年に発生し、降雨年で非発生であることが示唆される (別添資料 25)。八代海では 2000 年夏期に *C. polykrikoides* の赤潮により約 40 億円の漁業被害が生じたが、このときの水温と塩分は 24.5~26.6°C、32.0~33.0psu、増殖速度は 0.37day<sup>-1</sup> であり、室内実験の最適増殖速度とほぼ一致した (別添資料 26)。赤潮発達期に水深 10m 付近で水温・塩分躍層が形成され、赤潮衰退期以降は崩壊していた。赤潮形成期の底層水には高濃度の栄養塩が分布していたが、これらは底泥から溶出して貯蔵されたと考えられる。このときの *C. polykrikoides* の赤潮は御所浦、津奈木で初期発生し、その後、分布を拡大させた (別添資料 27)。

なお、本種は有明海でも出現海域が拡がり、赤潮を形成するようになっている。

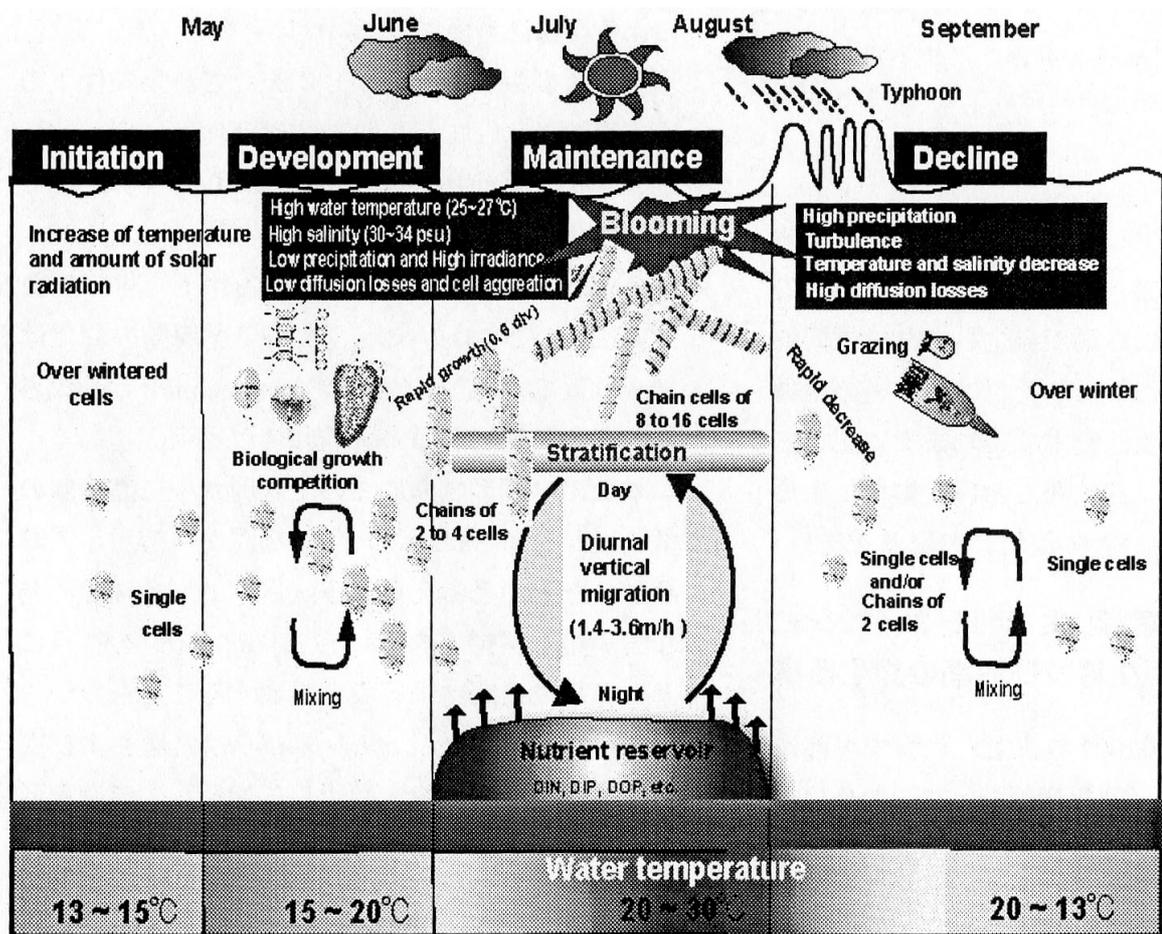


図 3.8.4 八代海における *C. polykrikoides* の赤潮発生機構模式図

(2) 赤潮の発生状況等

ア) 有明海

有明海における赤潮の年間発生件数は福岡県と佐賀県では横ばいであり、長崎県と熊本県では増加傾向である。年間発生期間は各県とも増加傾向である。1件当たりの日数は福岡県、佐賀県では増加傾向である(図3.8.5)。また、分類群別にみると年間発生件数、年間発生期間、1件当たりの日数について珪藻、渦鞭毛藻及びラフィド藻のいずれも増加傾向である(図3.8.6)。

イ) 八代海

八代海における赤潮の年間発生件数はC海域及びD海域では1990年代後半からの増加が顕著である。年間発生期間は全海域とも1990年代後半から増加傾向である。1件当たりの日数は全海域とも増加傾向である(図3.8.7)。また、分類群別にみても、年間発生件数、年間発生期間、1件当たりの日数について珪藻、渦鞭毛藻及びラフィド藻のいずれも増加傾向である(図3.8.8)。

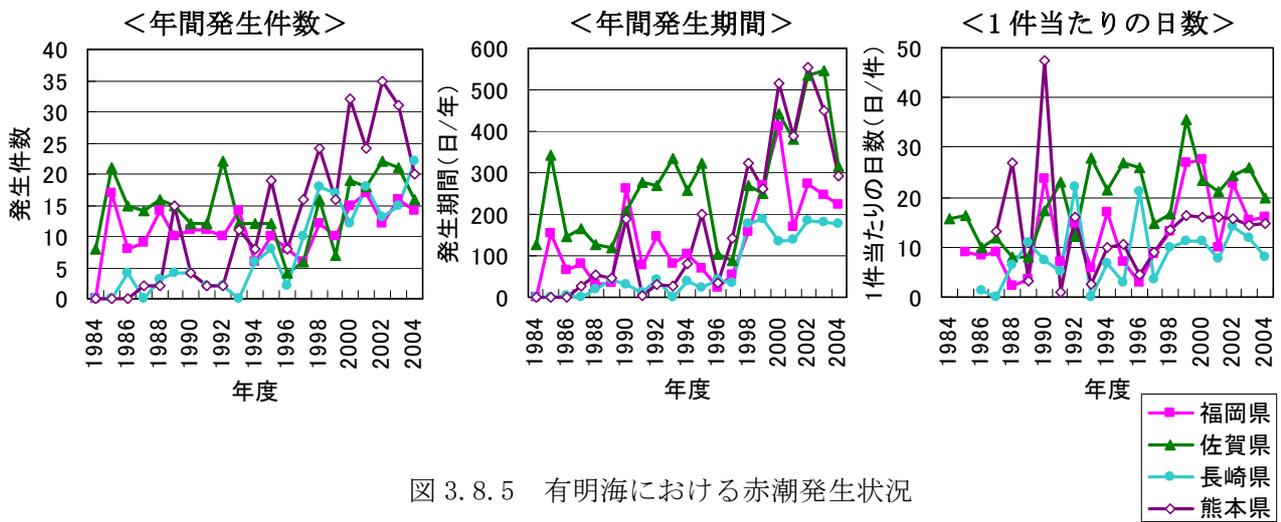


図 3.8.5 有明海における赤潮発生状況

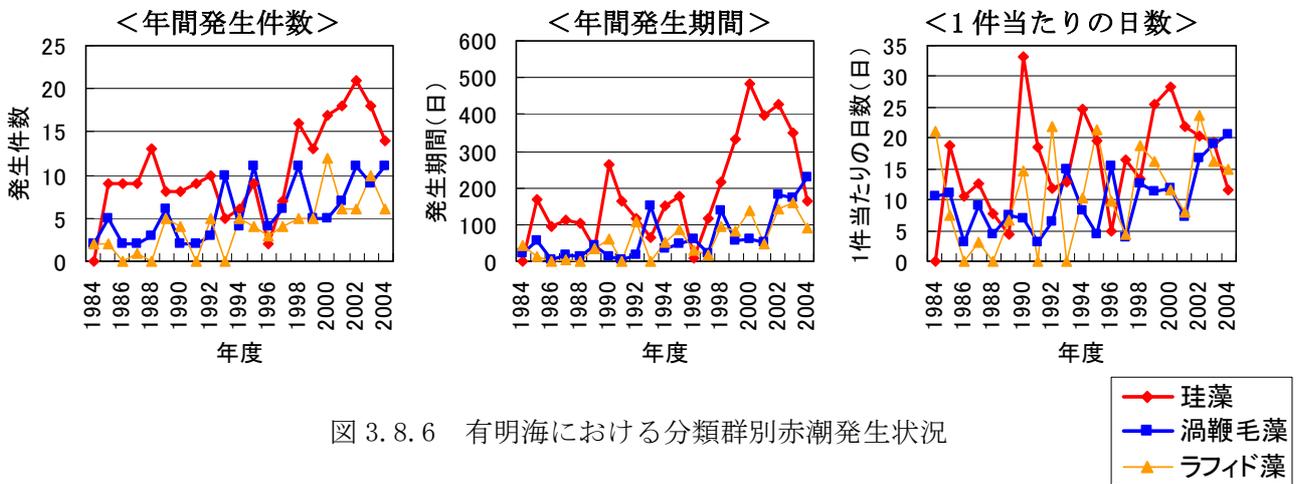


図 3.8.6 有明海における分類群別赤潮発生状況

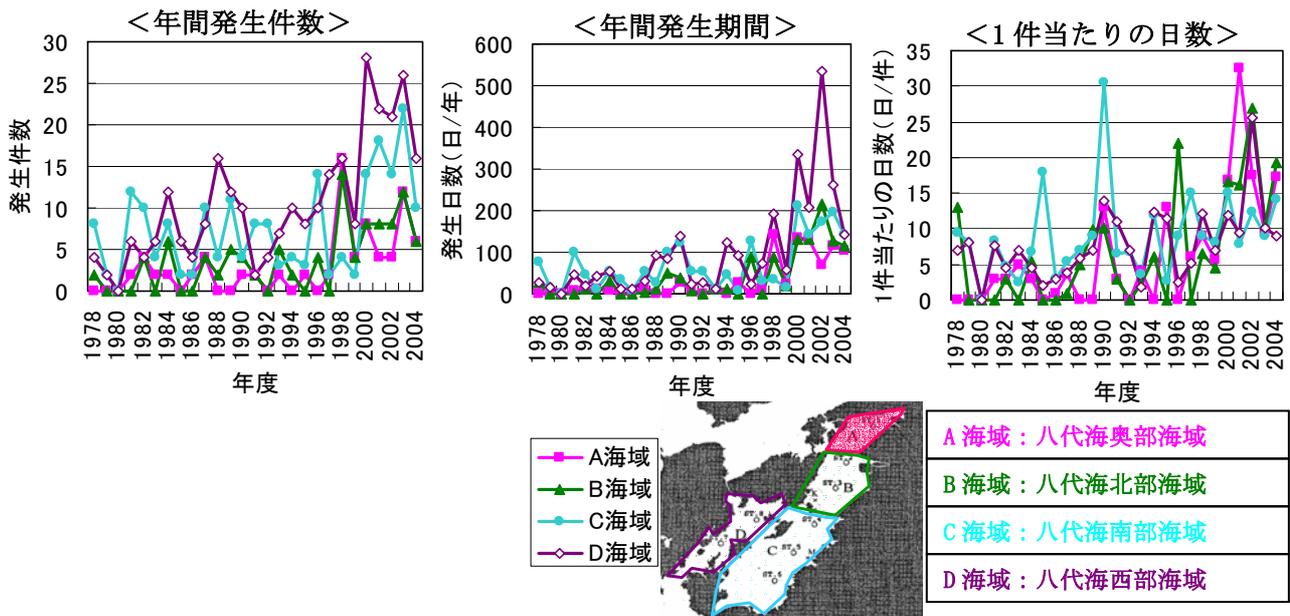


図 3.8.7 八代海における赤潮発生状況

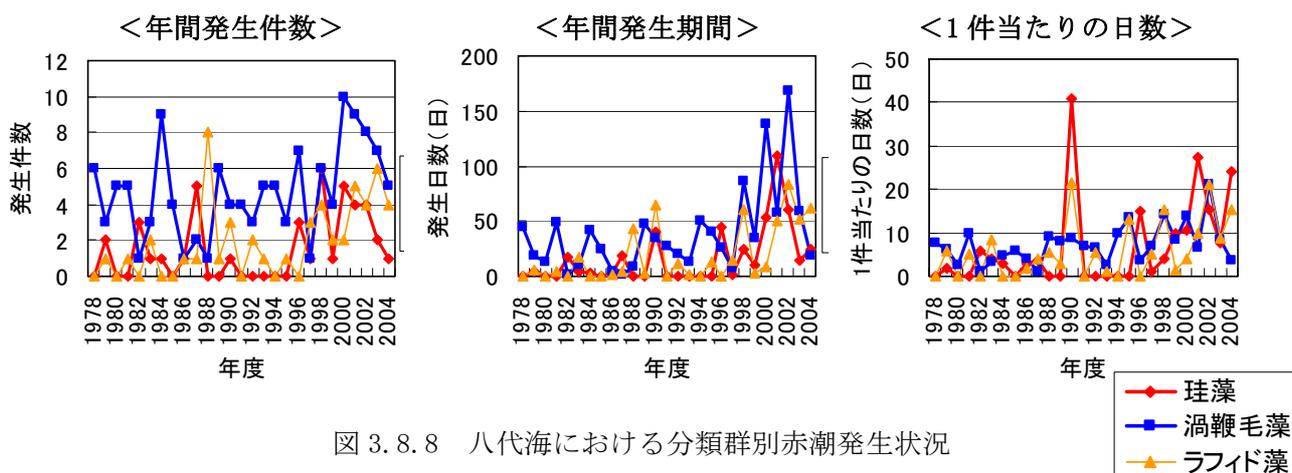


図 3.8.8 八代海における分類群別赤潮発生状況

ウ) 赤潮原因種の休眠期細胞

海底泥表面に存在する休眠期細胞は、赤潮の発生源として重要であり、同細胞の分布調査により赤潮発生履歴に関する情報を得ることも可能である。

有明海における調査結果によると、珧藻類 (*Skeletonema costatum*, *Chaetoceros* spp.、*Thalassiosira* spp. が主要珧藻類) の休眠期細胞が優占し、湾奥部から湾中央部の海域において  $5 \times 10^5$  MPN/cm<sup>3</sup> を越える高密度で存在していたが、湾中央部から湾口部の海域では密度は低かった (別添資料 28)。

八代海においても有明海と同様に珧藻類の休眠期細胞が優占し (*Skeletonema costatum* が最優占種)、北部から中央部の海域において  $10^5$  MPN/cm<sup>3</sup> を越える高密度で存在していたが、南部海域では密度は低かった。ラフィド藻については、*Chattonella* spp. がほぼ全地点でみられ、特に北部海域での密度が高かった。また、*H. akashiwo* は主に北部海域に分布していた (別添資料 29)。

(3) 赤潮による漁業被害

ア) 有明海

有明海における赤潮被害の年間発生件数は、増加傾向にある (図 3.8.9)。原因プランクトン別にみると、珧藻類による被害件数が多く、ノリの色落ちにより大きな被害が発生している (別添資料 30)。

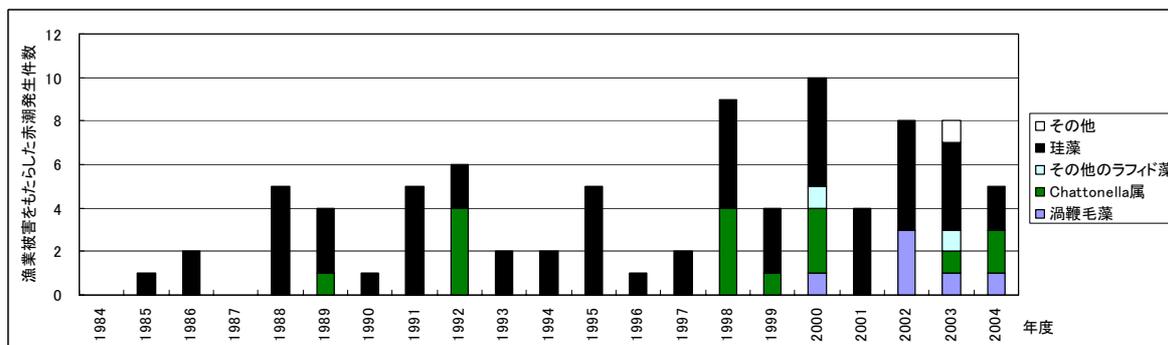


図 3.8.9 有明海において漁業被害をもたらした赤潮発生件数 (年間) の推移

イ) 八代海

八代海における赤潮被害の年間発生件数は、1988～1990年に発生件数が多く、その後、減少傾向が見られたが、近年、再び増加している（図 3.8.10）。原因プランクトン別に見ると、*Cochlodinium polykrikoides* と *Chattonella* 属による被害件数が多く、養殖ブリやトラフグ等の斃死により特に大きな被害が発生している（別添資料 31）。

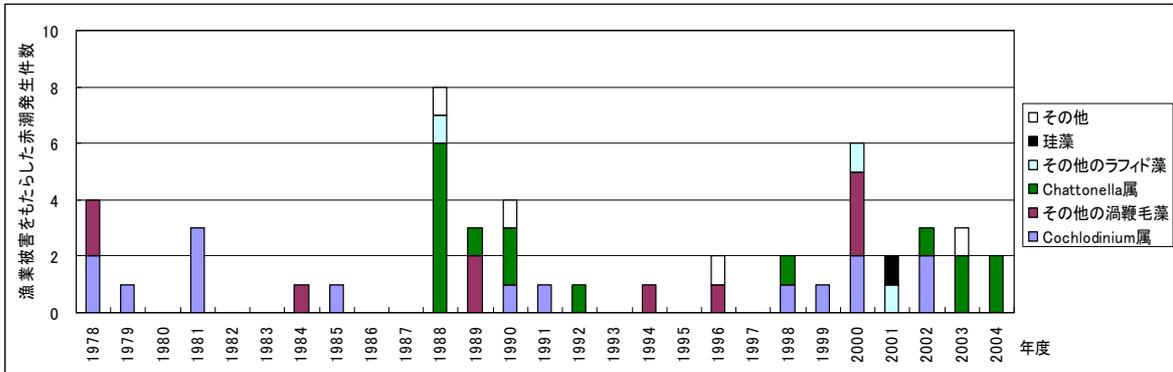


図 3.8.10 八代海において漁業被害をもたらした赤潮発生件数（年間）の推移

## 4章 問題点とその原因・要因の考察

### 1. 基本的な考え方

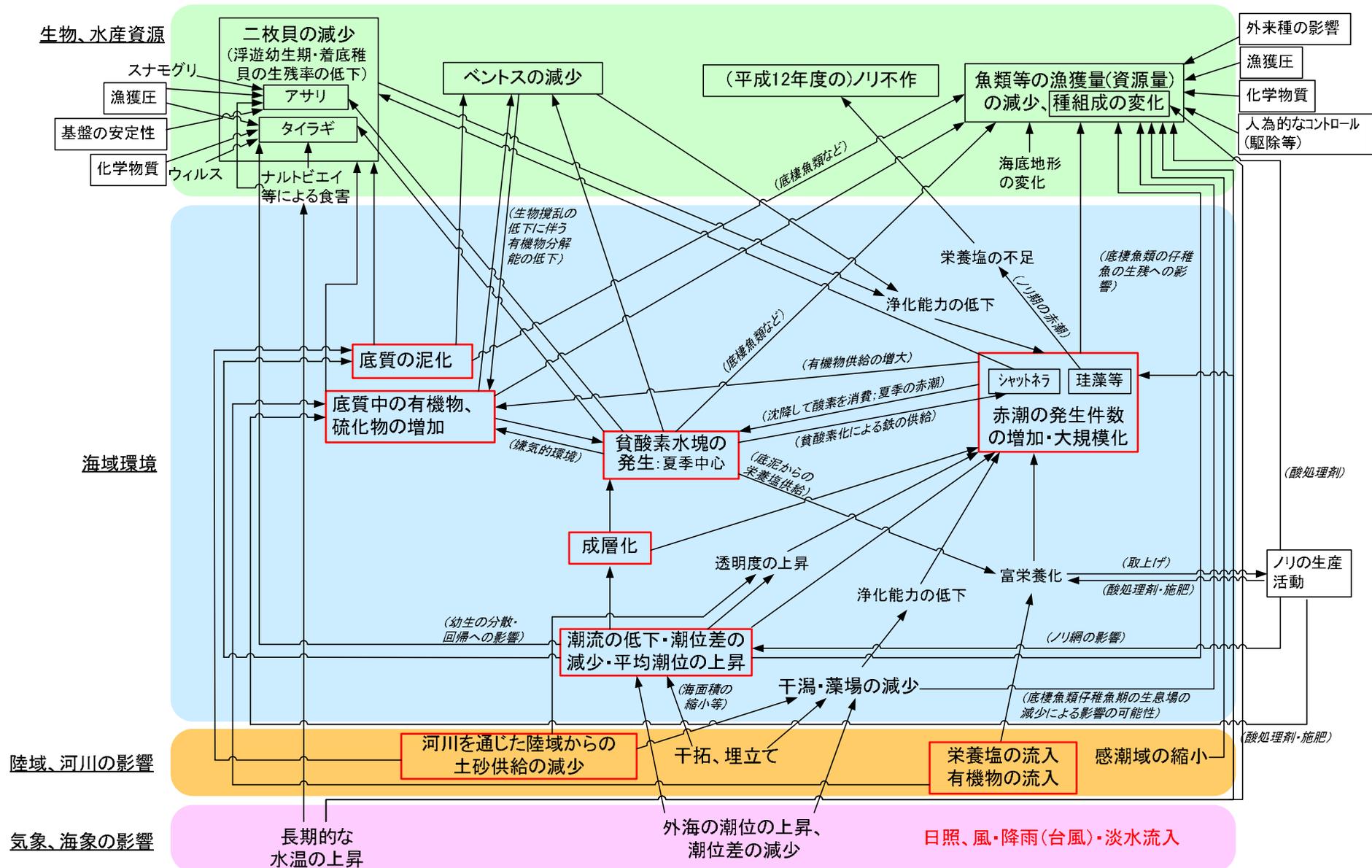
有明海・八代海においては、閉鎖性海域という条件の下、漁業、干拓、防災、海上交通等のための開発が継続的に行われてきたことから、両海域は、自然環境自体の長期的変化とともに、人為的な働きかけを受けつつ、その海域環境や生態系を変遷させて今日に至ったものと考えられる。

両海域が抱える諸問題の原因・要因を可能な限りの確に把握した上で、両海域の再生に取り組むことが望ましく、評価委員会に求められる任務はまさにこの点にある。

こうした原因・要因の考察については、その特定自体は目的ではなく、有明海及び八代海の再生に向けた措置に資するとの観点から、評価委員会としての見解を示すものである。

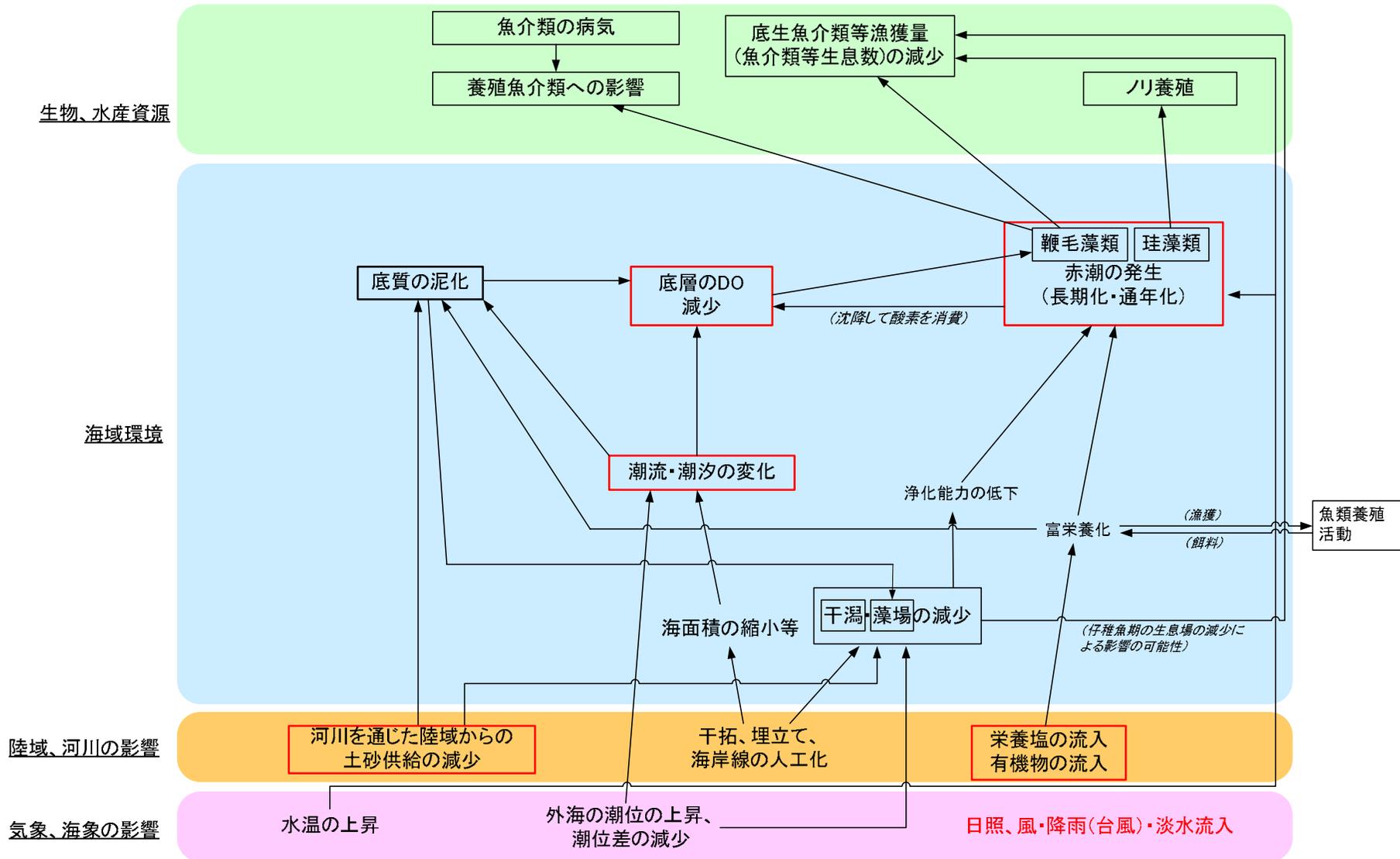
### 2. 問題点の特定と可能性のある要因

- (1) 両海域における生物・水産資源にかかる問題点として、有明海では、有用二枚貝、魚類等及びベントスの減少、ノリ養殖（不作）、八代海では、養殖魚介類への影響、魚類等の減少、ノリ養殖（不作）に整理した。
- (2) 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要因を図4.2.1（有明海）及び図4.2.2（八代海）に取りまとめた。
- (3) 図4.2.1及び図4.2.2で示された相関図には、定量的に明らかなもの、定性的に明らかなもの、可能性は指摘されているものの根拠となるデータ等が明確でないものが混在している。評価委員会においては、上記の相関図を出発点として、収集できた長期的データ、短期的データ、実験や実証調査の結果、他海域における情報等を考慮した上で、3.では上記(1)の問題点と直接関係するとされている諸要因との関連について、4.ではこれらの直接的な環境要因が変化した要因について、各々、考察した。



注) 陸域、河川の影響と海域環境のエリアに記載されている赤四角で囲まれた項目は、気象、海象の影響の「日照、風・降雨(台風)」の影響を受ける項目である。

図 4.2.1 問題点と原因・要因との関連の可能性：有明海



注) 陸域、河川の影響と海域環境のエリアに記載されている赤四角で囲まれた項目は、気象、海象の影響の「日照、風・降雨(台風)」の影響を受ける項目である。

図 4.2.2 問題点と原因・要因との関連の可能性：八代海

### 3. 問題点と直接的な環境要因との関連に関する考察

#### (1) 有明海

##### ア) 有用二枚貝の減少

##### タイラギ

##### (現状と問題点の特定)

タイラギの漁獲は数年おきにピークが生じたが、長崎県では 1990 年代から、佐賀県・福岡県では 2000 年頃からピークがなくなり、殆ど漁獲されなくなった(図 4.3.1)。

主要漁場である有明海北部海域(佐賀県・福岡県海域)において、中・西部の漁場が消失するとともに(図 4.3.2)、残された北東部の漁場では 2000 年以降に成貝の大量斃死の発生が確認された。また、近年ナルトビエイ等による食害がみられる。

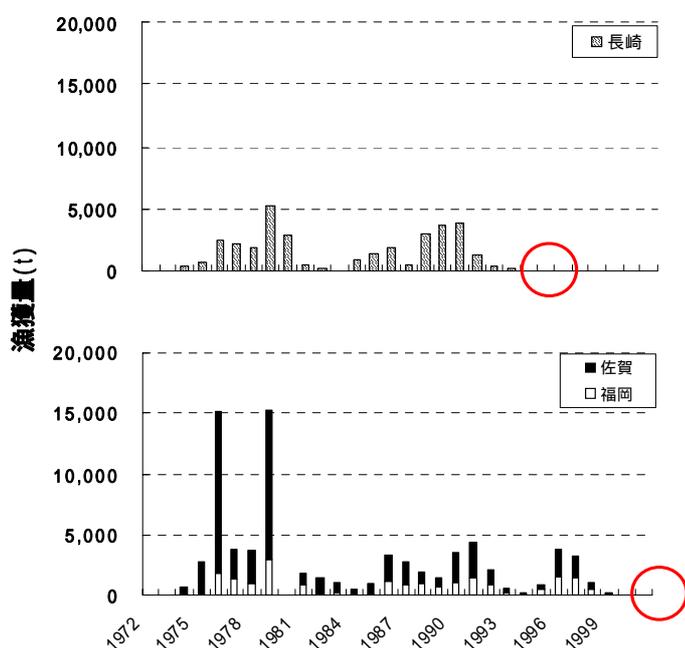


図 4.3.1 有明海の県別のタイラギ漁獲量

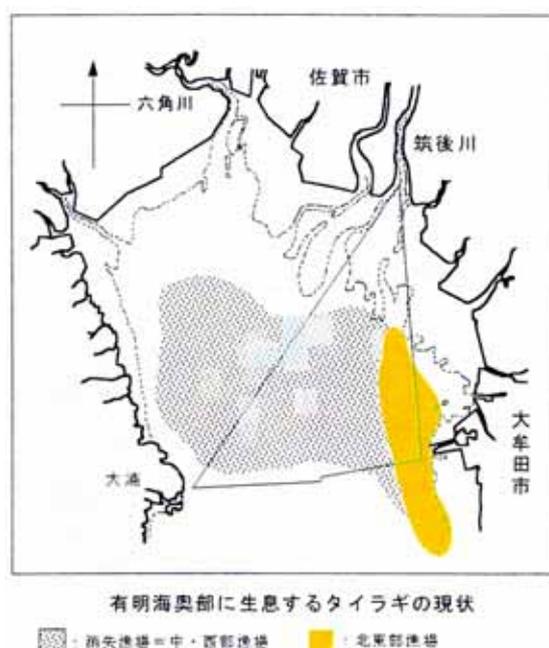


図 4.3.2 有明海北部海域の漁場図

##### (要因の考察)

主要漁場である有明海北部海域(佐賀・福岡県海域)におけるタイラギ資源の減少について、(a) 長期的な減少要因(中・西部漁場の消失)、(b) 近年の減少要因(北東部漁場の大量斃死等)の2つに分けて整理、考察した。

なお、漁獲量が減少して休漁状態となっている長崎県海域におけるタイラギ資源の減少要因については、改めて精査され、今後、検討する必要がある。

##### (a) 長期的な減少要因

タイラギ成貝の生息量調査(1976年~1999年)の結果、1992年以降は東側に分布が偏る傾向がみられ(別添資料 32)、また、1981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見られるが、着底稚貝は東側海域に偏って分布していた(図 4.3.3)。すなわち、中央~西側海域では浮遊幼生がいるものの着底

稚貝が見られなくなっており、こうした着底稚貝の分布傾向はその後の調査（2004年、2005年）でも確認されている（別添資料33）。

浮遊幼生と着底稚貝の分布の違いについては、浮遊幼生が中央～西部の海域に着底しなかったのか、または同海域に着底した後に死亡したのか、という2つの理由が想定されるが、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斃死（砂のある基質では着底後に足系で砂粒に固着して生存）することが実験によって確認されたことから（別添資料34）稚貝が見られない中央～西部海域では浮遊幼生は着底後に斃死したものと考えられる。

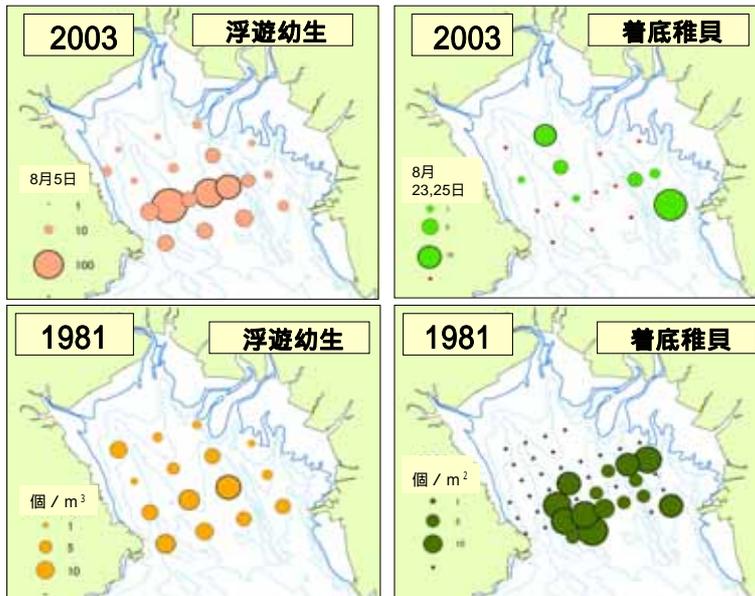


図 4.3.3 タイラギの浮遊幼生、着底稚貝の分布域の比較

タイラギ稚貝と底質との関係については、2003年～2005年の調査結果から、酸揮発性硫化物（AVA-S）強熱減量が少なく、中央粒径値（Md）4付近の底質に稚貝が多く分布することが示されている（図4.3.4）。

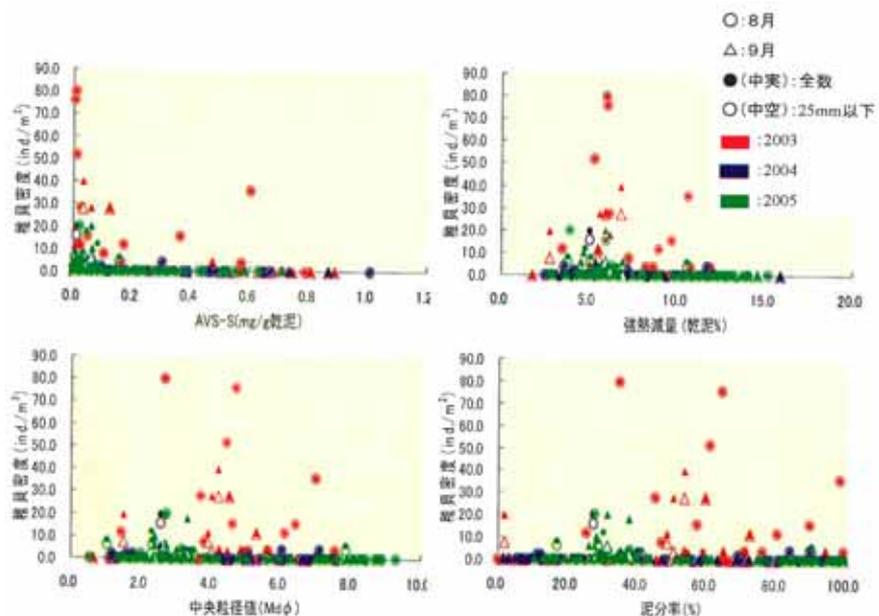


図 4.3.4 底質の酸揮発性硫化物（AVA-S）強熱減量、中央粒径値、泥分率と稚貝密度の関係

このほか、タイラギの覆砂実証調査（佐賀県、福岡県）から、シルトの堆積が見られない福岡県沖の覆砂区ではタイラギ稚貝は生残するが、シルトが多く堆積する佐賀県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見られなくなるとの結果が得られており、底質の泥化がタイラギ稚貝の生息に悪影響を及ぼすことが推測される（別添資料 35）。

底質環境の項（3章4）で述べたとおり、有明海の底質は長期的に泥化傾向にあると考えられる。有明海湾奥部で1989年と2000年に実施された底質調査を比較すると、西側から中央部にかけて分布していた中央粒径値Md<sub>6</sub>の部分がMd<sub>7</sub>に変化しており、こうした海域で泥化が進んだものと思われる（図4.3.5）。このほか、同調査結果によると、底質の強熱減量（IL）、酸揮発性硫化物（AVS-S）も増加している（別添資料 36）。また、有明海湾奥西部においては貧酸素化の進行が示唆される（別添資料 59）。

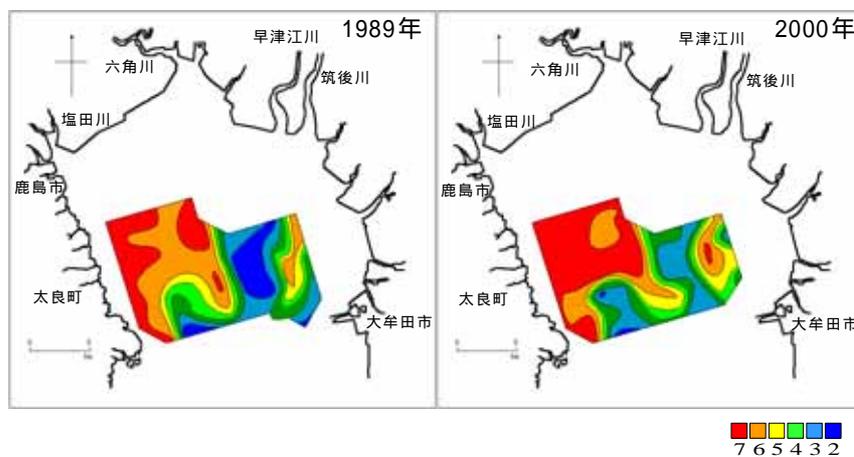


図 4.3.5 有明海湾奥部の底質の中央粒径値の水平分布

以上のことから、有明海北部海域のタイラギ資源の長期的な減少は、同海域の西側～中央海域における底質環境の悪化（泥化の進行、有機物・硫化物の増加、貧酸素化）によってタイラギの着底期以降の生息場が縮小したことが主な要因と考えられる。

その他の要因としては、漁獲圧、ナルトビエイ等の食害、ウィルス、化学物質が想定されるが、漁獲努力量はタイラギの資源量に応じて増減させてきたこと（別添資料 37）、ナルトビエイ等による食害やタイラギの大量斃死は過去には確認されていないこと、中・西部漁場のタイラギのみが化学物質等の影響を大きく受けるとは考えにくいこと等を考慮すれば、これらがタイラギ資源の長期的減少の主たる要因である可能性は低いものと考えられる。

また、有明海の潮流変化がタイラギの浮遊幼生の輸送状況に及ぼす影響については、情報不足により判断ができない。

#### (b) 近年の減少要因

近年のタイラギ資源の減少要因としては、2000年以降に北東部漁場で確認された成貝の大量斃死（立ち枯れ斃死）の発生があげられる。大量斃死は、タイラギ稚貝の着底から1年以降の5月～8月及び秋季にタイラギの大きさに関係なく発生している（図4.3.6）。衰弱個体は軟体部が萎縮し、鰓や腎臓にウィルス様粒子が確認されている。

酸素消費量を指標としてタイラギの活力をみると、着底後3ヶ月後（11月頃）にはすで

に活力の低下（酸素消費量の低下）が確認されている。成貝の活力低下時にウィルス感染の影響が認められるが、この活力低下の原因は明らかにされていない。また、大量斃死の発生が最初に確認された時期（2000年7月10日、2001年6月1日）の水温はそれほど高くなく、底層が貧酸素状態になっていたとは考えにくい。

北東部漁場において近年発生しているタイラギの大量斃死のメカニズムについては現時点では不明である。

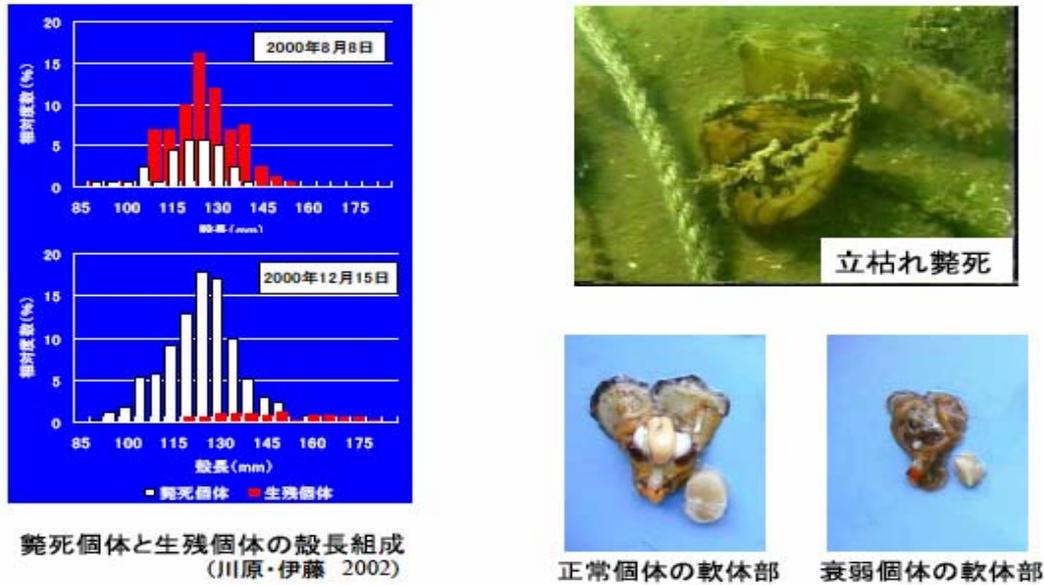


図 4.3.6 有明海北東部漁場におけるタイラギの大量斃死

また、近年、ナルトビエイによる食害が春から初夏に認められる（タイラギの資源量が十分にある場合は秋にも食害が認められる）。ナルトビエイは、平均体重が雄で 6 kg、雌で 12 kg と大型のエイであり、最大で体重の 10% の餌を食べているとの報告もある。ナルトビエイの資源量は明らかにされていないが、漁業者からの聞き取り等によると、近年増えているとの指摘があり、タイラギの造成漁場、天然漁場において、タイラギ生息数の減少にかなりの影響を与えていることが推測される（表 4.3.1）。タイラギ資源の水準が低位にある状況において、近年のナルトビエイによる食害はタイラギ資源の減少要因の 1 つと考えられる。



餌生物	出現頻度(%F)
サルボウ	54.5
タイラギ	28.3
アサリ	24.1
カキ	18.6
マテガイ	3.4
二枚貝類	13.1
腹足類	2.1
貝類(消化)	7.6
胃内容物調査個体数	307
うち空胃個体数	93
空胃率	30.3%

全て貝類

図 4.3.7 ナルトビエイの写真（左）、胃内容物調査結果（右）

表 4.3.1 タイラギの食害の発生状況（佐賀県）

	平成 11 年級群 <sup>(注)</sup>	平成 12 年級群	平成 13 年級群	平成 14 年級群
食害の様子	・バラバラになった殻が海底に散在 ・それまで生息していたタイラギが消失	・バラバラになった殻が海底に散在 ・すり鉢状の窪み発見 ・それまで生息していたタイラギが消失	・バラバラになった殻が海底に散在 ・すり鉢状の窪み確認	・バラバラになった殻が底に散在 ・すり鉢状の窪み確認 ・それまで生息していたタイラギが消失
食害初認時期	平成 12 年 6 月 9 日	平成 13 年 9 月 26 日	平成 14 年 4 月 18 日	平成 15 年 5 月 22 日
食害発生確認場所	佐賀県造成漁場	佐賀県造成漁場	佐賀県造成漁場	佐賀県造成漁場 天然漁場（大牟田沖、ダイナン）
その他 特記事項	原因不明	状況証拠から食害生物がナルトビエイではないかと推察	ナルトビエイの胃内容物にタイラギ確認	ナルトビエイの胃内容物にタイラギ確認

注) 平成 11 年生まれの子タイラギの群集、以下同じ

（まとめ）

以上を整理すると、有明海北部海域のタイラギ資源の減少は、長期的要因として中西部漁場での底質環境の悪化（泥化、有機物・硫化物の増加、貧酸素化）による着底期以降の生息場の縮小、短期的要因として北東部漁場での大量斃死（原因不明）とナルトビエイによる食害が考えられる。長崎県海域におけるタイラギの減少要因、タイラギ幼生の輸送状況に及ぼす潮流変化の影響、大量斃死の発生メカニズムについては明らかにされておらず、今後解明していくべきと考える。

アサリ

（現状と問題点の特定）

アサリは熊本沿岸で 1977 年に 6 万 5 千 t の漁獲を記録したが、その後減少し、1990 年半ばから 2 千 t 前後で推移してきた。最近では回復傾向にあり、2003 年の漁獲量は 7 千 t となった（図 4.3.8）。1980 年代と 2000 年代の漁場を比較すると、漁場が岸に寄り、熊本県荒尾地先などで漁場が縮小した（図 4.3.9）。熊本県の主要漁場（荒尾地先・菊池川河口域・白川河口域・緑川河口域）全体で漁獲量が減少しているが、特に緑川河口域の減少が顕著である（別添資料 38）。ただし、有明海のアサリ漁獲量は、1960 年代は 2 万 t 以下であり、有明海全体で 3 万 t 以上の漁獲量があったのは 1973～1984 年の 12 年間であったことに留意する必要がある。

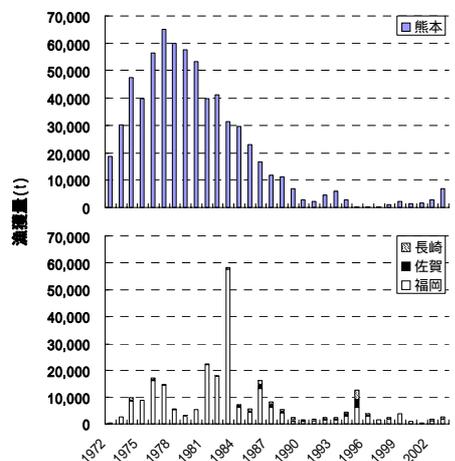


図 4.3.8 有明海のアサリ漁獲量の推移

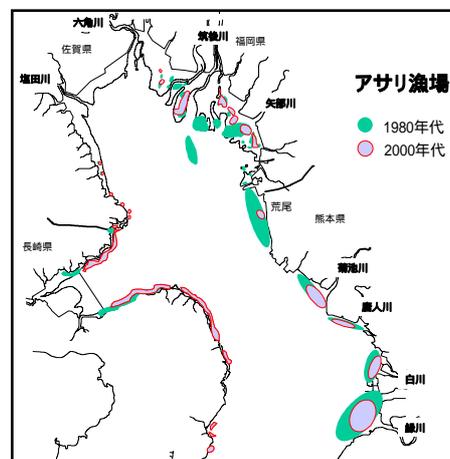


図 4.3.9 有明海のアサリ漁獲量の推移

(要因の考察)

アサリ資源の減少に係る要因としては、過剰な漁獲圧、底質環境の変化、ナルトビエイによる食害、有害赤潮、マンガンの影響があげられる。

漁獲圧に関しては、アサリ漁獲量の減少につれて殻幅 12～13mm の小型のアサリ(おそらく満 1 歳)を 1 回目の繁殖が終わるか終わらないかのうちに漁獲してしまうことが指摘されており、前年加入した稚貝の 98%が 1 年後には漁獲されるとの推計結果(熊本県水産研究センター)も得られている(別添資料 39)。また、資源管理を行っている地域ではアサリの漁獲量が回復傾向にあることから、アサリ資源の減少には漁獲圧が大きく影響していると思われる。

底質環境の変化に関しては、アサリの生産性を失った漁場に覆砂を施すことにより稚貝の生育が認められ(図 4.3.10)、生産が回復することから、漁場の縮小に関しては、底質環境にアサリの成育を阻害する要因の存在が推察される。

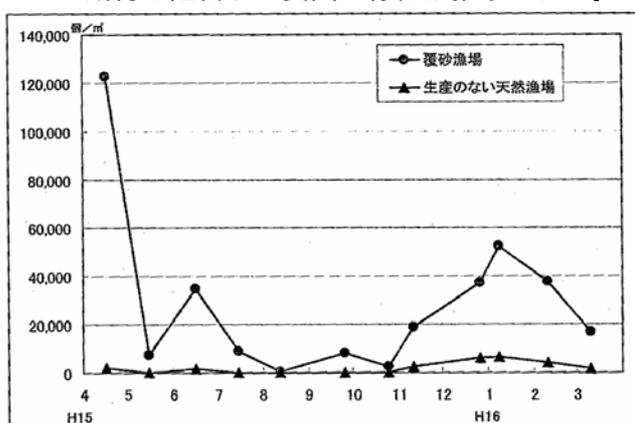


図 4.3.10 緑川河口域のアサリ分布密度の推移(着底稚貝)

ここでは、漁獲量の減少が著しい漁場(1977年:4万2千t 2003年:5千t)である緑川河口域を取り上げた。緑川河口域における底質の長期的データとして入手できたのは、中央粒径のみであることから、底質の粒径について考察を試みた。

緑川河口域における底質の中央粒径は、1981年の調査で0.212mm、1996年～2003年の調査で0.182～0.203mmと、若干ではあるものの底質の細粒化の傾向が推測される(表4.3.2)。

表 4.3.2 熊本県緑川河口のアサリの漁獲量と干潟の中央粒径値

西暦	年号	アサリの漁獲量		中央粒径	
		漁獲量(ton)	変化率(%)	中央粒径値(mm)	変化率(%)
1972	昭和47年	7,152	31.2		
1973	昭和48年				
1974	昭和49年	27,327	119.2		
1975	昭和50年	25,125	109.6		
1976	昭和51年	37,821	165.0		
1977	昭和52年	42,010	183.2		
1978	昭和53年	39,117	170.6		
1979	昭和54年	38,633	168.5		
1980	昭和55年	36,994	161.4		
1981	昭和56年	22,926	100.0	0.212	100.0
1982	昭和57年	21,274	92.8		
1983	昭和58年	19,485	85.0		
1984	昭和59年	20,175	88.0		
1985	昭和60年	12,825	55.9		
1986	昭和61年	11,567	50.5		
1987	昭和62年	10,182	44.4		
1988	昭和63年	8,799	38.4		
1989	平成元年	3,753	16.4		
1990	平成2年	1,513	6.6		
1991	平成3年	1,633	7.1		
1992	平成4年	411	1.8		
1993	平成5年	338	1.5		
1994	平成6年	43	0.2	0.203	95.7
1995	平成7年	20	0.1		
1996	平成8年	22	0.1	0.182	85.8
1997	平成9年	4	0.0	0.191	89.9
1998	平成10年	509	2.2	0.194	91.7
1999	平成11年	1,418	6.2	0.194	91.7
2000	平成12年	1,119	4.9	0.204	96.1
2001	平成13年	840	3.7	0.197	93.0
2002	平成14年	1,532	6.7	0.194	91.7
2003	平成15年	5,038	22.0	0.191	90.3

既存文献によると、アサリ稚貝は、足糸で砂粒子に付着して体を保持するため、底質の粒径選択性があり、粒径 0.5 mm以上の粒子が適当とされている。アサリ着底の適・不適に見るのには、中央粒径のみではなく、アサリの着底に適した粒径の粒子の割合（粒径分布）を見ていく必要があると考える。緑川河口域の底質の粒径分布に関する長期的なデータはなかったが、1996年の緑川河口域の粒径分布をみると、稚貝の着底に適するとされる 0.5 mm以上の粒は 2~3%しかなく、その割合は、アサリの生産性が高い他の地域の漁場と比して著しく低い（図 4.3.11）。また、その分布形状から、細かい均質な粒で構成されていることが分かる。

緑川河口域の粒径分布を考慮すると、アサリ稚貝の着底に適した大きさの粒子の割合が中央粒径の減少の程度よりも大きく減少した可能性が示唆され、底質の細粒化が緑川漁場におけるアサリ資源の減少につながった可能性が推測される。しかしながら、中央粒径の測点数が 1981年と 1996~2003年の調査で異なること、中央粒径の減少が僅かであることから、過去のデータと比較可能な調査の実施とデータの精査が必要と考える（測点は別添資料 40 参照）。

なお、アサリ漁場への覆砂については、海砂採取の規制海域が拡大し、今後、その入手が困難になることが想定されること、また、海砂採取が採取海域の漁場環境に影響を及ぼすおそれがあることに留意する必要がある。

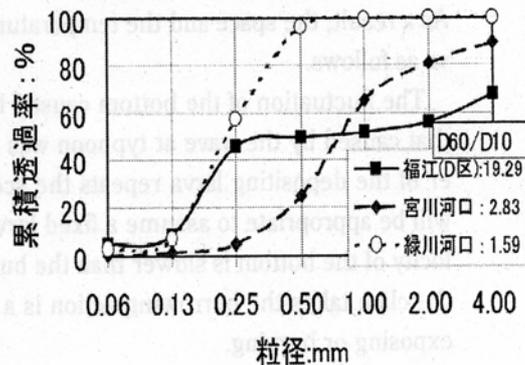


図 4.3.11 アサリ漁場の粒径分布  
（福江、宮川河口、緑川河口）

また、アサリ稚貝の着底には底質の基盤の安定性が重要な要因との指摘がなされている。定置網（熊本県の小型定置は 30 経体余りあったが、6 経体まで減少）やノリの棒杭、覆砂の実施箇所等の周辺にはアサリが多くみられ、こうした構造物等が基盤の安定性に寄与するものと推測される。加えて、アサリの漁獲量が 4 万 t あった頃においては、アサリが層をなしており、アサリ自身（貝殻も含めて）も基盤の安定に寄与していたことが推測できる。

食害については、ナルトビエイ（特に若い個体）が満潮時に干潟のアサリ漁場に出現してアサリを食害することが指摘されている。飼育実験によると体重 2 kg の若いナルトビエイが夏季に毎日 1 kg のアサリを食べたとの報告や、ナルトビエイは群れになって干潟に出現するために 1 日に数トンのアサリを食害されたとの報告もある。ナルトビエイによる食害は、近年のアサリ資源の減少の一因と考えられる。

有害赤潮による影響に関しては、シャットネラ赤潮の発生によってアサリの斃死が確認されている（別添資料 30）。近年、シャットネラ赤潮の発生は増加傾向にあることから、アサリ資源に影響している可能性が推測される。

マンガンのアサリへの影響（別添資料 41）に関しては、以下の問題が指摘されている。

(a) 荒尾と緑川地先で影響が強く、その間にある菊池川地先、白川河口域の漁場で影響は少

ないとしているが、干潟でつながっている各漁場に影響の差が出るのか（火山の影響はむしろ白川、菊池川の方が大きいと思われる）。

- (b) 河川からの砂の流入がマンガンイオンの被害を防ぐ効果があるのか。
- (c) 砕石、竹等の構築物でも覆砂と同じ効果（アサリ生育）が確認されている。
- (d) マンガンイオンの毒性と漁場基質のマンガン含量に関するデータはあるのか。

（まとめ）

以上を整理すると、アサリ資源の減少要因は、過剰な漁獲圧、底質環境の変化、ナルトビエイによる食害、有害赤潮が考えられる。底質環境の変化に関しては、緑川河口域の底質に細粒化の傾向が推測されたが、追加的なデータの収集、精査が必要である。また、他の海域においても底質に関するデータの収集・整理を図り、アサリの初期減耗との関連について検討を進めていくべきと考える。マンガンについては、その影響の有無を判断するためにクリアにすべき点が指摘された。

サルボウ

（現状と問題点の特定）

漁場は佐賀県西部、中部海域の養殖場及び矢部川河口域である（図 4.3.12）。佐賀県沿岸においては、1970 年代初頭に約 1 万 4 千 t の漁獲量があったが、その後、斃死（原因は不明）が発生して漁獲量が激減した。斃死は 1985 年を境に収束し、佐賀県での生産量は 1 万 t 台に回復したが、近年やや減少傾向にあり、変動幅も大きい（図 4.3.13）。

（要因の考察）

近年のサルボウの漁獲量の変動要因としては、シャットネラ赤潮、貧酸素水塊、ナルトビエイの食害が指摘されている。

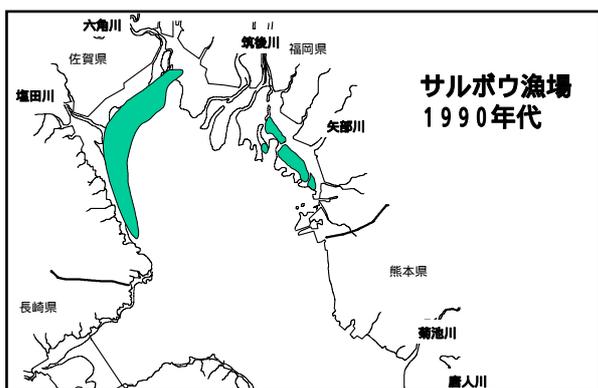


図 4.3.12 サルボウ漁場（1990 年代）

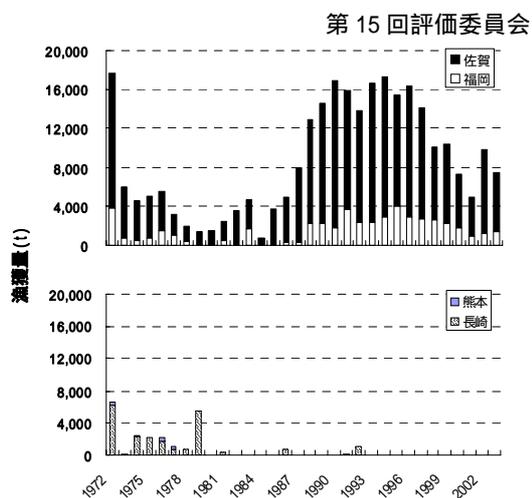


図 4.3.13 県別のサルボウ漁獲量の推移

## アゲマキ

### (現状と問題点の特定)

佐賀県沿岸において、1909年に漁獲量1万4千tを記録したが、1920年後半以降は1千t未満に減少した。近年の漁獲量は、1988年の800tをピークに激減し1992年以降ほとんど漁獲がない(図4.3.14)。漁場は、1980年代には佐賀県西部海域から、筑後川・矢部川・白川河口域にあり、八代海にも生息していた。1988年夏季、湾奥西部及び中部の養殖場で大量斃死が発生し、1ヶ月で漁場全域に約3年で湾東部まで拡大した(図4.3.15)。

### (要因の考察)

斃死個体からビルナウイルスが検出されているが、現在の資源量が皆無のため、斃死原因を特定するのは困難である。

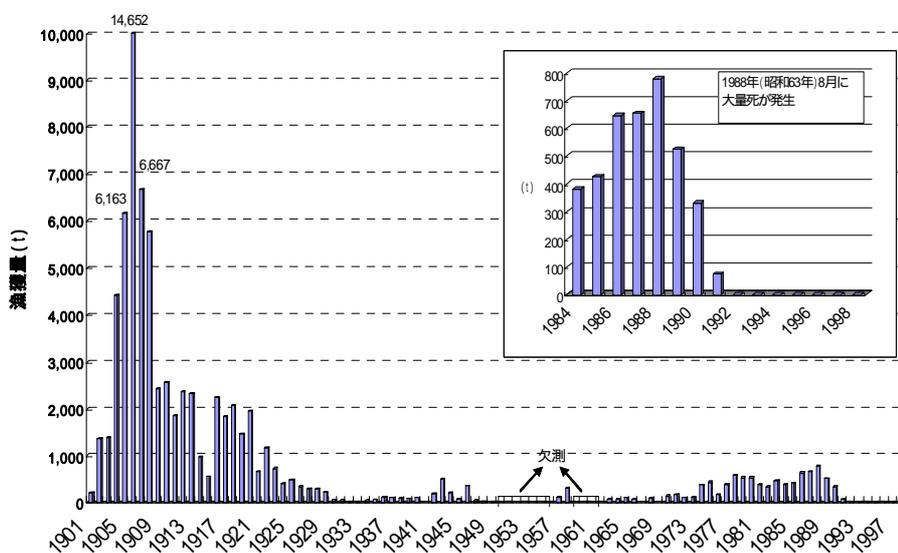


図 4.3.14 佐賀県有明海域におけるアゲマキ漁獲量の推移

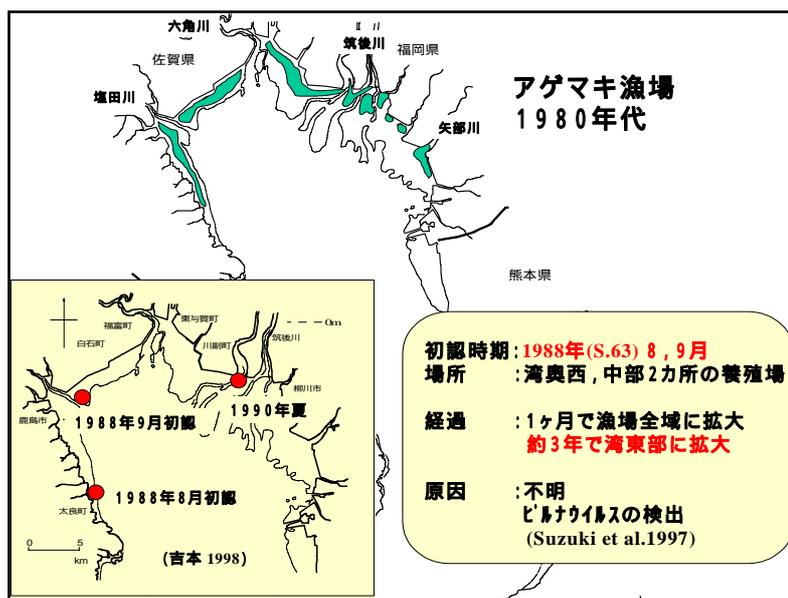


図 4.3.15 アゲマキの漁場図(1980年代) 大量斃死の発生場所

## イ) 魚類等の減少

### (現状と問題点の特定)

有明海においては、漁獲努力量等の資源評価にかかる情報が整備されていないが、漁獲量の動向を資源変動の目安と考えることができよう。検討の基礎とした統計資料の性格上、個別の魚種の増減の詳細を論議することは避け、傾向としての検討を試みた。

魚類の漁獲量は、1987年をピーク(1万3千t台)に減少傾向を示し、1999年には6千tを割り込んだ(図4.3.16)。有明海の主要魚種の大半は底生種であり、そうした種の漁獲量が減少しているが、特にウシノシタ類、ヒラメ、ニベ・グチ類、カレイ類及びクルマエビの漁獲量は、1980年代後半から減少を続け、1990年代後半に過去の漁獲統計値(1976年以降)の最低水準を下回って減少している(図4.3.17)。

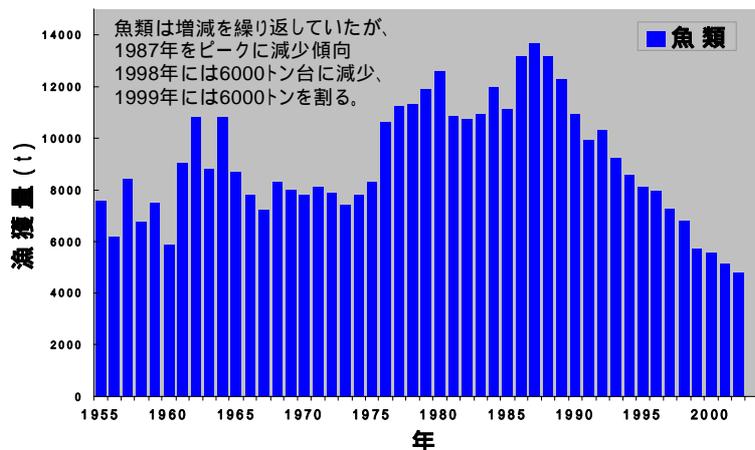


図 4.3.16 有明海における魚類漁獲量の経年変化

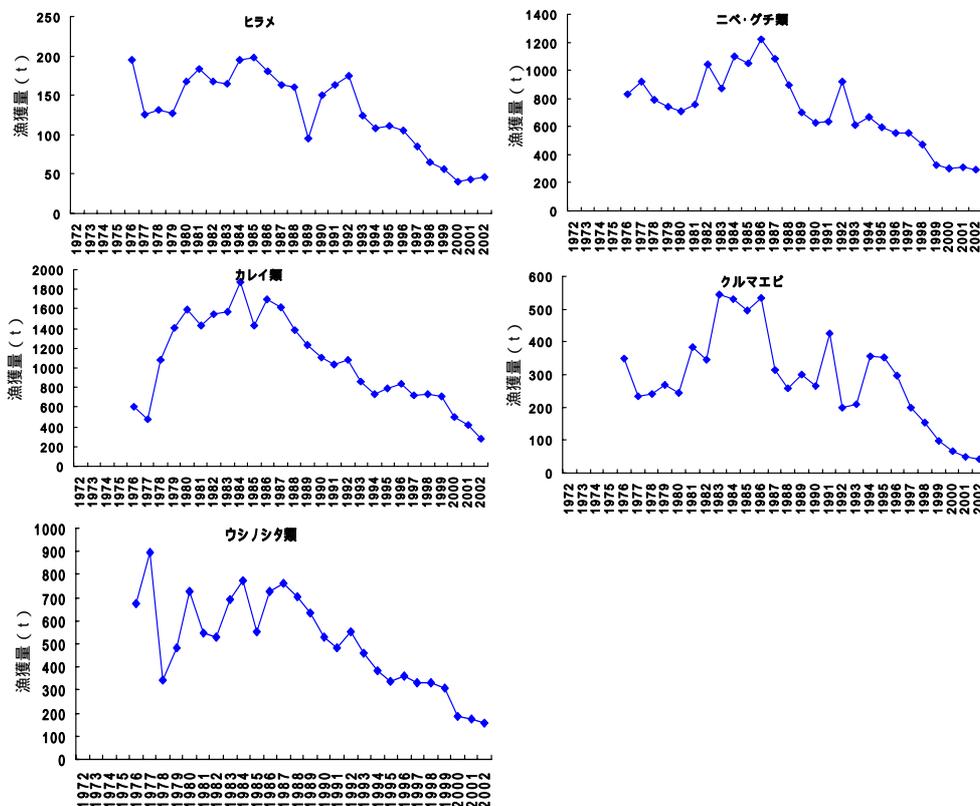


図 4.3.17 ヒラメ、ニベ・グチ類、カレイ類、クルマエビ、ウシノシタ類の漁獲量の経年変化

(要因の考察、まとめ)

魚類等については、現時点において必ずしも十分な情報がない中で、専門的知見を有する委員の考察により、以下のとおり原因・要因が整理された。今後、有明海の魚類等に関するデータについて収集・整理を図っていく必要がある。

シログチは、有明海中央～湾口の底層で産卵し、仔稚魚は湾奥に出現するが(図 4.3.18)近年、他魚種に比べて減少の程度が大きい。漁獲が減少しているクルマエビもシログチと類似した再生産の特性を持つ(別添資料 42)。中央部若しくは奥部の深場で産卵し、仔稚魚が奥部の浅海域で成育する魚種は多く(図 4.3.19) それらの仔稚魚は、流れにより浅海域に運ばれて成育することから、輸送経路に当たる海域の環境悪化(貧酸素化など)、潮流変化、成育場の減少等の影響を受ける可能性がある。魚類資源は初期(卵～仔稚魚)減耗が大きく、その程度によって資源量が決まることから、こうした魚類の資源変動を考える場合、初期減耗にどのような要因が関与しているかという検討が必要である。

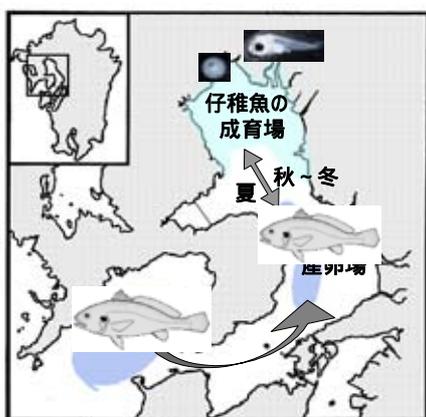


図 4.3.18 シログチの再生産機構



	産卵場	産卵期	稚魚出現場所
クルマエビ	C	5-10月	AB
ヒラメ	C	5-6月	
アカシタピラメ	A	6-8月	A(成魚より浅い)、着床は夏
コウライアカシタピラメ	C	3,4月	AB
メイトガレイ	C	11-12月	
シログチ	C	6-8月	A
アカエイ	A,B	7,8月	AB

図 4.3.19 産卵場所と仔稚魚の成育場所

このほか、エツなどの有明海の特産魚類は、河口域、感潮域を仔稚魚の成育場として利用しており、取水による淡水域の縮小や、護岸構造物の設置、人為的な流量操作、採砂などが複合的に影響する可能性があると考えられる。また、有明海の代表的な魚類であるコイチは、湾奥部と諫早湾で産卵し、その仔稚魚は湾奥部沿岸の浅海域から河口域に多く分布することから(図 4.3.20)、感潮域、河口域、干潟域の減少が影響を及ぼす可能性があると思われる。

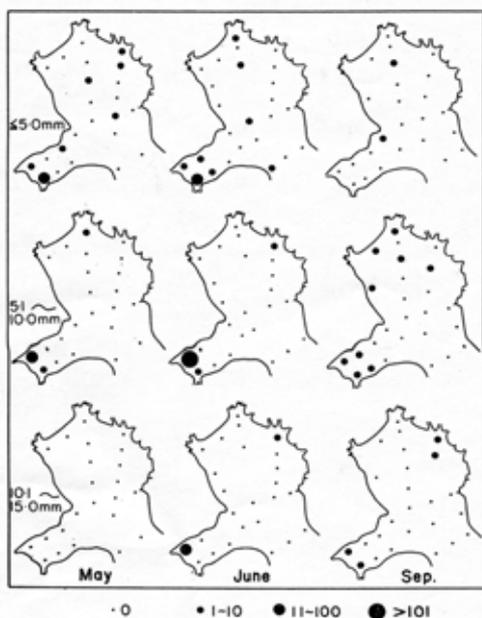


図 4.3.20 コイチ仔稚魚の分布

魚類資源の減少に關与する可能性のある要因については、(a) 生息場（特に仔稚魚の育成場）の消滅・縮小、(b) 生息環境（特に底層環境や仔稚魚の輸送経路）の悪化に整理できる。

生息場の消滅・縮小に關しては、魚類資源の初期減耗がその資源量に大きく關与することを考えれば、仔稚魚の育成場である干潟・藻場や感潮域の消滅・縮小が魚類資源の減少の一因になる可能性があると思われる。

生息環境の悪化については、貧酸素水塊の発生（沈降有機物の増加等による）やベントスの減少（底質の泥化による）があげられる。これらは、底棲魚類が生息する底層環境（餌料環境も含む）を悪化させるとともに、それらの仔稚魚の輸送経路に当たる海域において影響を及ぼすことも推測され、魚類資源の減少の一因になる可能性があるものと思われる。

また、潮流・潮汐の変化による影響については、潮流の変化が仔稚魚の輸送状況を変える可能性があり、また、潮汐の減少は仔稚魚の育成場である干潟の減少につながる。

その他に考えられる魚類資源の減少要因としては、漁獲圧があげられるが、有明海において魚類への漁獲圧が大きく増加したとは考えにくい。また、ノリ酸処理剤については、魚類への影響試験結果（別添資料 43）を考慮すると、酸処理剤が適正に使用されていれば、その影響は少ないと考えられる。このほか、外来種の影響、人為的なコントロール（種苗放流、駆除等）、海底地形の変化、化学物質の影響については、関連情報がないため、判断できない。

魚類の種組成に關しては、有明海の漁獲調査結果によると、ナルトビエイ等の軟骨魚類の占める割合が多くなっている（別添資料 44）。エイ類の増加については、競合する底棲魚類の減少、捕食者であるサメ類の減少（図 4.3.21）、水温上昇の影響の可能性が考えられる。

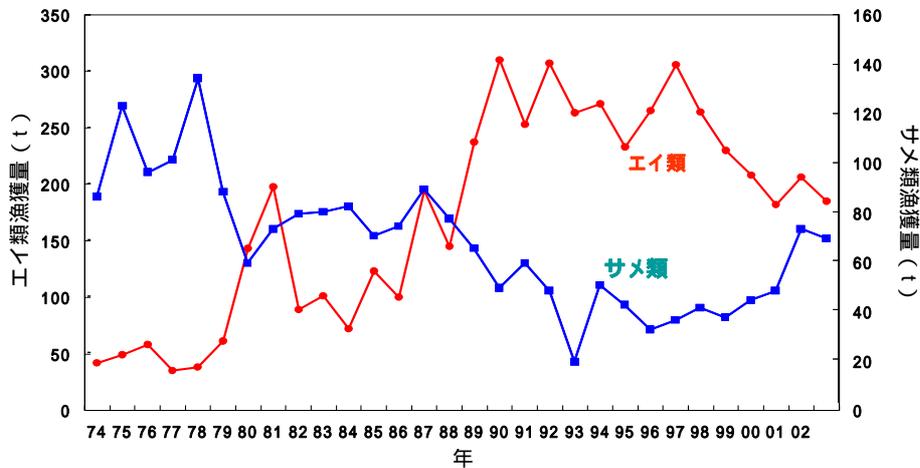
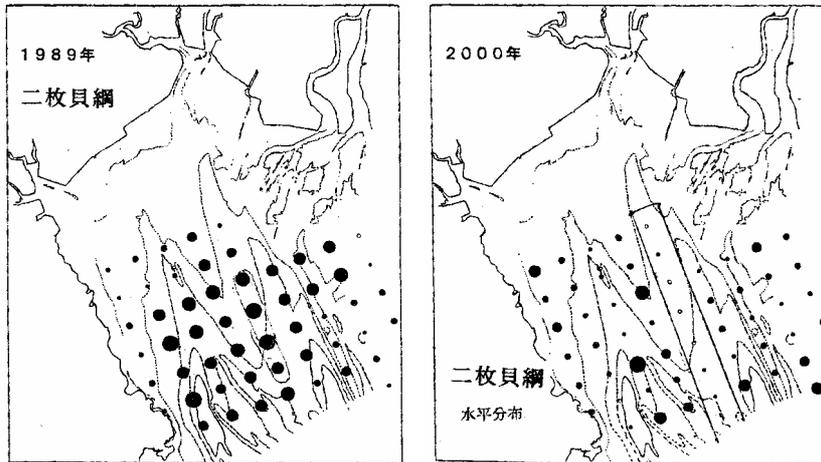


図 4.3.21 エイ類・サメ類の漁獲量の経年変化

ウ) ベントスの減少

(現状と問題点の特定)

有明海北西部における 1989 年夏季と 2000 年夏季の調査 (調査点は別添資料 45) 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 3,947 個体/m<sup>2</sup> (1989 年) から 1,690 個体/m<sup>2</sup> (2000 年) に減少しており、これは主に二枚貝類の減少 (特に住之江川沖海底水道) によるものであった (図 4.3.22) (多毛類、甲殻綱については別添資料 46)。



注) 右図の線で囲まれた部分が住之江川沖海底水道に該当する部分。

図 4.3.22 有明海北西部におけるマクロベントス (うち二枚貝綱) の調査結果

マクロベントスの種類別にみると、シズクガイは 1989 年・2000 年の調査で優占種であったが、1989 年調査時に最優占種であったチヨノハナガイは 2000 年調査時に大きく減少した。2000 年以降に行われた環境省調査 (別添資料 47) でもシズクガイは貝類で最も優占するが、チヨノハナガイは高密度で継続して出現しない (熊本港周辺でも同様)。甲殻類は端脚目のホソツツムシは減少し、ドロクダムシ科の *Corophium* sp. が湾奥で増加した。多毛類はダルマゴカイが減少し、ケンサキスピオ、カタマガリギボシイソメが増加傾向にある (図 4.3.23)。

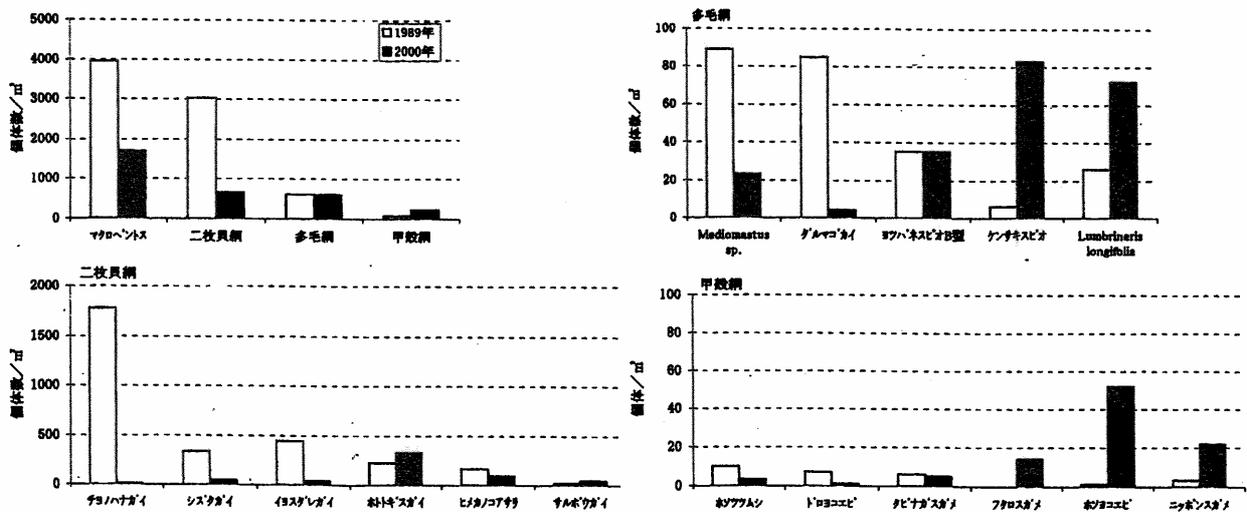


図 4.3.23 マクロベントス個体数地点平均の比較

(要因の考察)

上記の調査結果(1989年、2000年)から、有明海北西部(湾奥部)の底質の泥化と富栄養化の傾向がみられた(表4.3.3)。(中央粒径値の分布については図4.3.5、泥分率、強熱減量及び酸揮発性硫化物の分布については別添資料36を参照)。また、有明海北西部(湾奥部)においては、夏季に貧酸素水塊の発生も報告されている(第3章6参照)。

表4.3.3 底表泥の属性(1989年夏季と2000年夏季)

項目	1989年8~9月	2000年9月
Md 7以上の微細泥地点数	11地点	19地点
泥分率70%以上の地点数	18地点	23地点
焼却減量10%以上地点数	17地点	27地点
総硫化物量0.5mg/g乾泥以上の地点数	9地点	13地点

マクロベントスの総個体数、種数、種多様度指数と、底質の強熱減量(IL)、酸揮発性硫化物、泥分、中央粒径値との関係については、有意な負の相関が認められた(表4.3.4)。

表4.3.4 マクロベントス(個体数、種数、多様性)と底質との相関(2000年調査)

	I.L	AVS	泥分	Md φ
総個体数	-0.400	-0.399	-0.470	-0.450
種数	-0.671	-0.633	-0.712	-0.691
種多様度指数H(s)	-0.600	-0.542	-0.543	-0.527

すべて危険率1%で有意

調査点の表層堆積物の中央粒径値、酸揮発性硫化物と指標生物となりうるマクロベントスの出現範囲を整理すると、中央粒径値については、多くのベントスがMd 1~7に広く分布するが、エラナシスピオ、コノハエビ、ニッポンスガメの生息範囲は狭かった。また、酸揮発性硫化物については、シズクガイ、ミズヒキゴカイの両種は最も耐性が強く、ヨツバナスピオB型、クビナガスガメとチヨノハナガイがこれに次ぐ。エラナシスピオ、コノハエビ、ニッポンスガメ、クシノハクモヒトデは最も耐性が弱い(図4.3.24)。

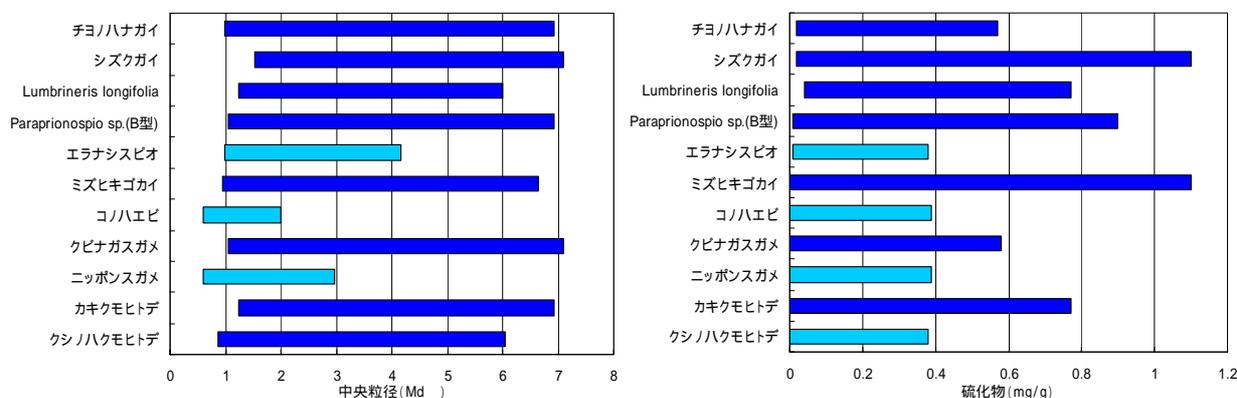


図4.3.24 指標種の生息域における粒度組成(Md)と硫化物の範囲

(まとめ)

以上のことから、有明海北西部(湾奥部)においては、底質の泥化、有機物・硫化物の増加、貧酸素化がマクロベントスの生物量及び種の多様性(生息できるマクロベントスの種類の制限)を減少させる要因となっている可能性があると考える。

エ)ノリ養殖(不作)

(現状と問題点の特定)

有明海におけるノリ生産枚数は増加して推移してきたが、平成12年度漁期において、ノリの色落ち被害が生じ、生産枚数は大きく落ち込んだ。平成13年度以降の生産枚数は概ね以前の水準で推移している(図4.3.25)。

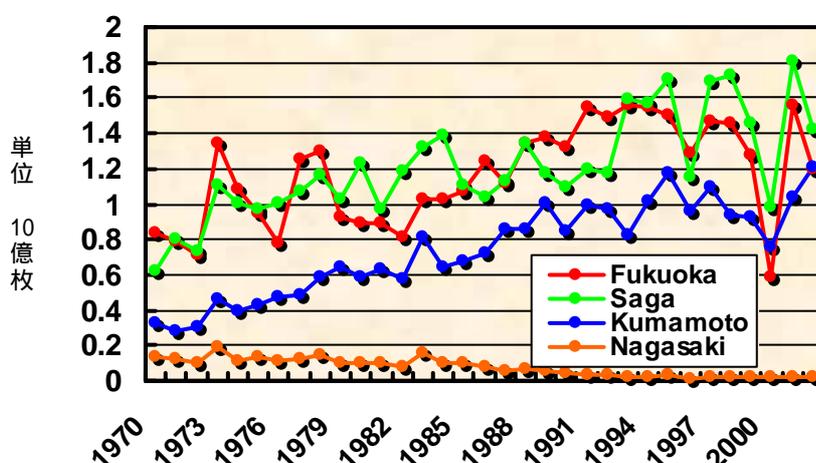


図 4.3.25 有明海のノリ生産枚数の推移

佐賀県のノリ生産量、経営体数、ノリ網の柵数の推移をみると、経営体数、柵数とも横ばいもしくは減少傾向であるが、生産技術の改良により生産量は増加している(ノリ漁期の期間:別添資料76)。病気等(別添資料48)の発生によって生産量の落ち込みが見られる年があり、近年では平成12年度漁期の減少が大きい(図4.3.26)。

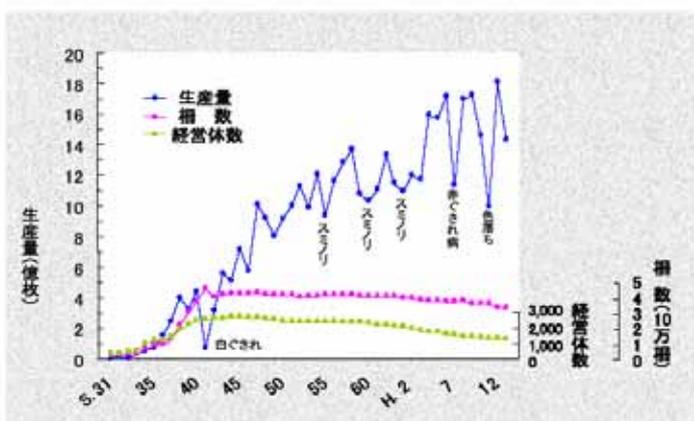


図 4.3.26 佐賀県のノリ生産量、経営体数及び柵数の推移

また、有明海の秋季(10月)の水温はノリの採苗に影響する(水温25以上では殻胞子が出にくい、付着後に異形芽になりやすい等)。佐賀県におけるノリの採苗期日は平成10年までは概ね10月1日~7日(平均3.8日)であったが、平成11年以降は10月4日~12日(平均8.3日)と5日弱遅くなった(図4.3.27)。

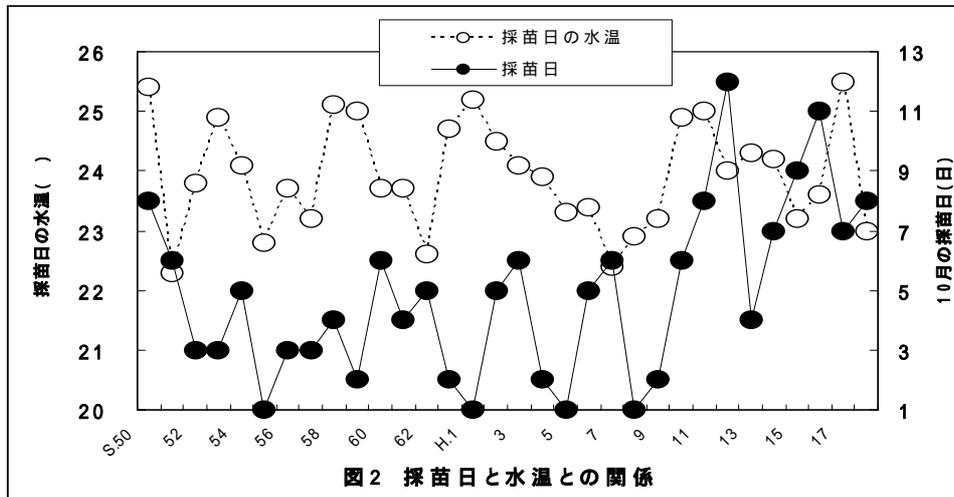


図4.3.27 ノリの採苗日と水温との関係(佐賀県)

(要因の考察、まとめ)

平成12年度のノリ不作については、11月の集中豪雨の後、極端な日照不足で小型珪藻が発生せず、12月初旬に栄養塩を多量に含む高塩分海水が持続する条件下、高い日照条件が重なって、大型珪藻 *Rhizosolenia imbricata* が大発生して赤潮を形成し、栄養塩を吸収してノリの色落ち被害につながったと考えられる。

ノリ採苗時期(佐賀県)については、水温や潮汐(大潮が採苗に適す)などの海況条件を踏まえ、関係者が協議の上で決定される。有明海の水温が平成11年以降に高く推移していることも、採苗時期の決定に際して考慮されていると思われる。(図4.3.28)。また、秋芽網の生産量と水温との関係については、負の相関が示唆されており(図4.3.29)秋~冬季の水温上昇が秋芽網期におけるノリの生産に影響を及ぼす要因の一つである可能性が示唆される。

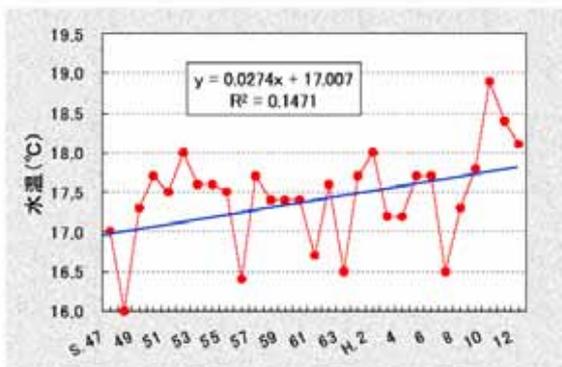


図4.3.28 佐賀県海域の10~12月の平均水温の変動(早津江川観測塔の昼間満潮時)

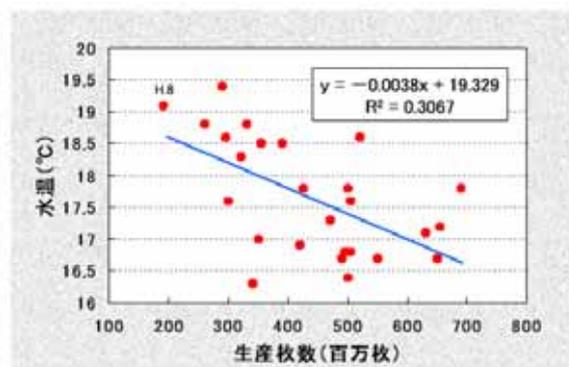


図4.3.29 水温と秋芽網期の生産量(佐賀県)

(2) 八代海

ア) 魚介類養殖

(現状と問題点の特定)

ブリ類の近年の養殖生産量は、熊本県では5千t～7千t、鹿児島県では1万2千t～1万6千t程度(図4.3.30)で安定的に推移している。

トラフグ養殖(熊本県)の生産量は、平成9年の1,851tをピークに減少(平成15年は688t)した(図4.3.31)。この理由としては、平成11年の台風による養殖生け簀の損壊や平成12年のクロコディニウム赤潮による被害により体力の落ちた養殖漁家が魚価安に陥ったトラフグから他魚種へ転換したことがあげられる。



図 4.3.30 ブリ類養殖生産量の推移 (鹿児島県)

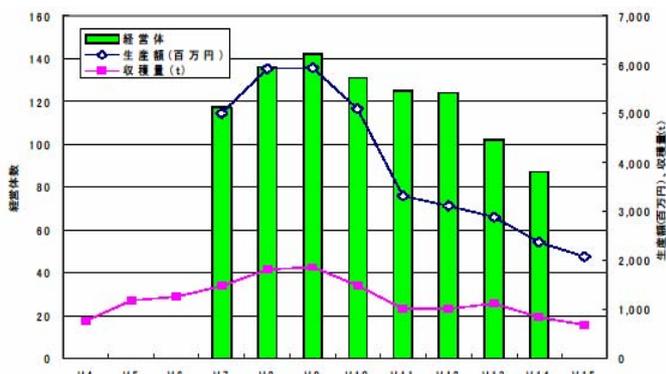


図 4.3.31 トラフグ養殖生産量、生産額、経営体の推移 (熊本県)

クルマエビ養殖(熊本県)の生産量は、250t～500t程度で推移してきたが、平成5年に中国産クルマエビ種苗とともに持ち込まれたウィルス感染症により150tまで減少した。平成8年には収穫量は回復したが、ウィルス感染症については現在も小規模に発生している(図4.3.32)。

真珠養殖の生産量は、平成5年の6.9tをピークに1.9t(平成11年)まで減少し、その後、やや増加傾向で推移している。減少の要因は平成9年に発生したアコヤガイ赤変病であり、耐病性アコヤガイの導入、冬季に低水温地域に移動するなどの対策の結果、生産はやや持ち直している(図4.3.33)。

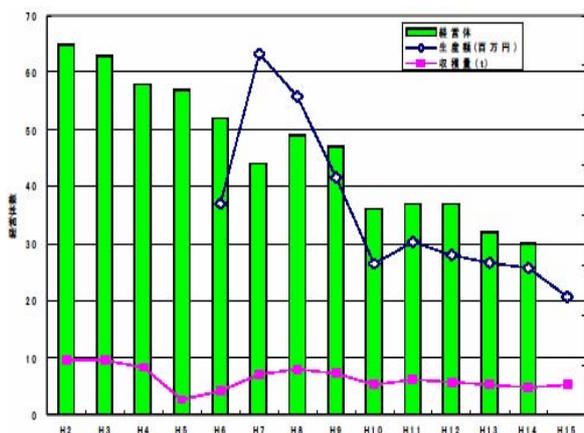


図 4.3.32 クルマエビ養殖生産量、生産額、経営体の推移 (熊本県)

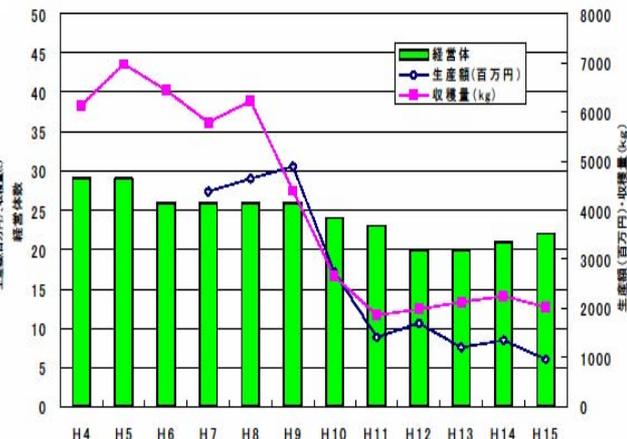


図 4.3.33 真珠養殖生産量、生産額、経営体の推移 (熊本県)

(要因の考察、まとめ)

八代海の魚介類養殖の生産量は、平成6年頃まで増加傾向であったが、その後、減少傾向にある(図2.2.2参照)。生産量の減少要因としては、魚病の発生、有害赤潮の発生、台風による災害等があげられるが、魚価安などの経済的な要因もあると考える。

イ) ノリ養殖(不作)

(現状と問題点の特定)

八代海のノリ養殖生産量は、平成14年頃まで増加傾向にあったが、平成15年以後生産量が減少している(図2.2.2参照)。過去5年間の概況をみると、平成13年、14年の2年間は一部の地域を除いて平年を上回り、豊作感が強かったものの、平成15~16年度の漁期は、ほとんど全ての漁場で平年を大きく下回った。平成17年度漁期も過去2カ年に比べやや増加したが、全ての漁場で平年を下回った(表4.3.5)。

表4.3.5 平成13~17年度漁期のノリ生産量の推移

部会	漁協名	平成13年度 (千枚)	平成14年度 (千枚)	平成15年度 (千枚)	平成16年度 (千枚)	平成17年度 (千枚)	平年値(千枚)
有明海計		1,066,382	1,227,911	986,116	1,181,252	1,323,587	1,050,544
3部会	三角	17,063	16,751	9,873	11,752	10,165	13,798
	松合	6,144	5,544	1,551	1,873	3,106	5,432
	鏡町	28,031	28,391	10,585	11,804	20,430	26,021
	昭和	3,429	3,794	1,410	1,443	2,075	2,600
	八代	1,093	1,230	371	699	907	1,201
	戸北	0	361	0	0	382	464
不知火海計		55,760	56,071	23,790	27,561	37,064	49,516

※平年値は、H7~11年度漁期の平均値。

部会	漁協名	平年比 H13/(千)	平年比 H14/(千)	平年比 H15/(千)	平年比 H16/(千)	平年比 H17/(千)
有明海計		101.5	116.9	93.9	112.4	126.0
3部会	三角	123.7	121.4	71.6	85.2	73.7
	松合	113.1	102.1	28.6	34.5	57.2
	鏡町	107.7	109.1	40.7	45.4	78.5
	昭和	131.9	145.9	54.2	55.5	79.8
	八代	91.0	102.4	30.9	57.4	75.5
	戸北	0.0	77.8	0.0	0.0	82.3
不知火海計		112.6	113.2	48.0	55.7	74.9

ウ) 魚類等の減少

(現状と問題点の特定)

八代海の魚類等の漁獲量は1980年代初めに2万t近くを記録したが、1990年代初めまでは概ね1万5千t前後で推移してきた。その後、1994年頃から減少傾向にあり、2001年にやや増加が見られたものの、2003年は1万tを切り、過去最低を記録した(図4.3.34)。

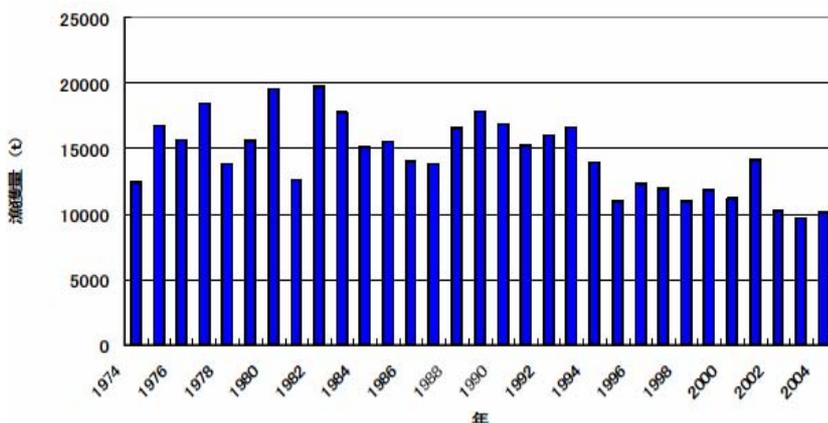


図4.3.34 八代海における魚類等の漁獲量の推移

熊本県における漁獲の傾向、問題点等について、以下のとおり整理した。

近年の漁獲状況をみると、カタクチイワシ（1,000～2,000 t）、シラス（1,000～2,500 t）、タチウオ（400 t）、マアジ（200～600 t）などの漁獲量が大きい。2001年にまき網によるコノシロの漁獲量が増加（7,000 t）したが、聞き取り等から、養殖魚の餌料として需要が増え、漁獲努力量が増加したためと思われる。コノシロの漁獲量は翌年以降に減少した。

魚種別の漁獲状況をみると、タチウオ、マダイ、クルマエビ、その他のカレイ類は、1990年代後半から減少している（図 4.3.35）。マダイについては、浮游期仔稚魚の分布密度が減少傾向にあり、漁獲量の一層の減少が予測される。

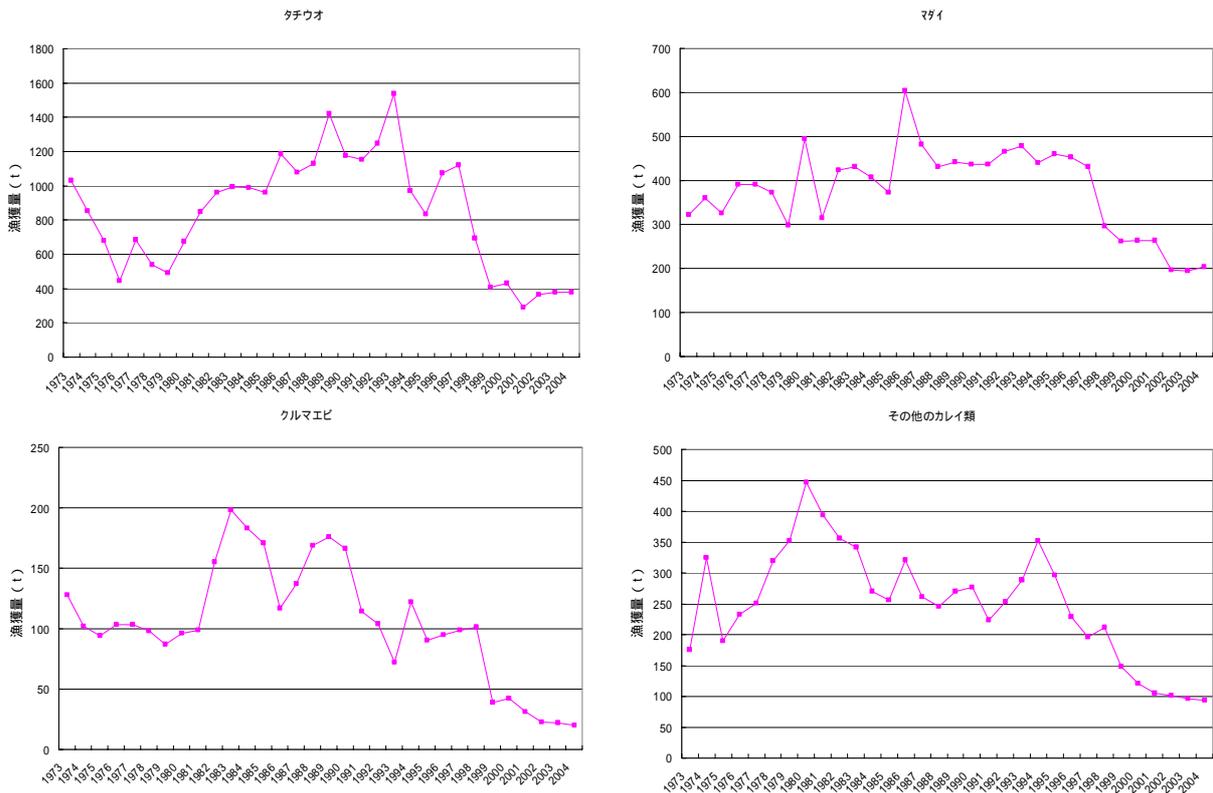


図 4.3.35 タチウオ、マダイ、クルマエビ、その他カレイの漁獲量の推移

カタクチイワシ、クロダイ・ヘダイ、スズキは、1990年代前半から減少傾向にあり、また、ガザミは1980年代半ばのピーク後減少し、近年はピーク時の1/5程度で推移している（図 4.3.36）。

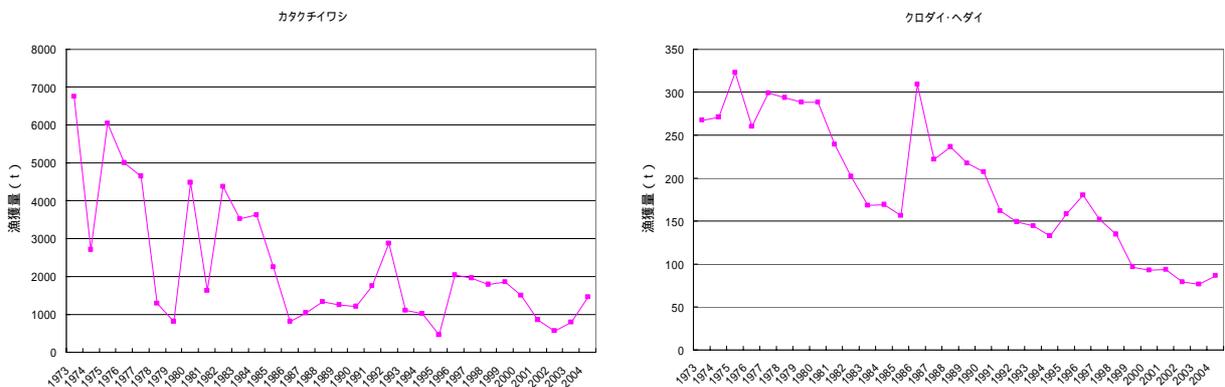


図 4.3.36(1) カタクチイワシ、クロダイ・ヘダイの漁獲量の推移

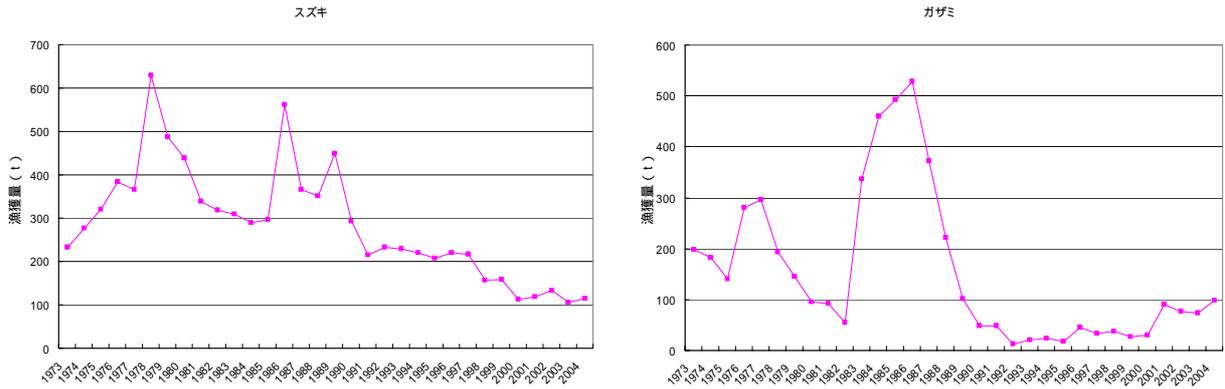


図 4.3.36(2) スズキ、ガザミの漁獲量の推移

多くの魚種が減少傾向にある中でシラスの漁獲は増加傾向にある（図 4.3.37）。シラスは、他魚種の餌料ともなるため、八代海の漁業生産と生態的地位（高次捕食者への餌料としての）の両面において重要である。シラス漁業は、八代海の漁業生産の 1/4 から 1/6 を占める重要な産業であることから、シラスの資源生態の把握と、漁業の適切な管理が必要である。

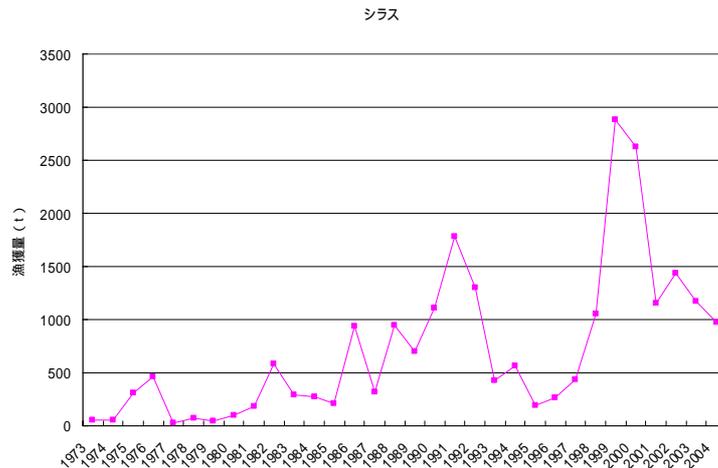


図 4.3.37 シラスの漁獲量の推移

（要因の考察、まとめ）

有明海の項で述べたとおり、魚類資源等の初期減耗はその資源量に大きく関与するため、仔稚魚の育成場である干潟・藻場の消滅・縮小が資源の減少の一因となる可能性がある。

八代海においては、藻場及び干潟の面積が減少するとともに、藻場の質（植生の密度等）が低下していると思われるため（別添資料 49）、こうした海域を初期生育の場としている種（クルマエビ等）の減少要因の1つであると推察される。

また、コノシロの漁獲減少については、漁獲圧の増加による資源の減少の可能性も推察される（漁獲努力量との資源評価に必要な情報はない）。

#### 4 . 直接的な環境要因の変化に関する考察

##### ( 1 ) 有明海

直接的な環境要因として、潮流速の減少、底質の泥化、底質中の有機物・硫化物の増加と貧酸素水塊、赤潮の発生を取り上げ、これらの要因の変化に何が影響しているのかを考察した。

これらの環境要因は相互に影響を及ぼしており、特に潮流速の減少は他の多くの要因の変化に関係することから、始めに潮流速の減少を取り上げ、その後、他の要因を考察した。最後に赤潮の発生に関係する要因として透明度の上昇の考察結果を記した。

##### ア) 潮流速の減少について

有明海では、干拓・埋立て、海岸線の人工化（護岸化）、港湾等の人工構造物の構築、ノリ網の敷設（柵数は 1950 年代後半から急増、1970 年頃をピークに減少）がなされてきた。さらに外海の潮位上昇に伴って潮位上昇が見られている。有明海において長期間にわたって生じてきた海面積の減少や潮位上昇等の事象は、物理的条件として、有明海の潮流を減少させる方向へ働くものとする。

また、長期的、短期的な地形変化に伴う潮流速の変化にかかるシミュレーションから、

(a) 有明海湾奥部の干拓（1970 年以前）に伴う地形変化により、湾奥部を中心に潮流速は 10 ~ 30% 減少する、

(b) 諫早湾干拓に伴う地形変化により、諫早湾内で潮流速は 20 ~ 60% 減少し、有明海中央部で潮流速は 5% 減少する、

との結果が得られている（図 4.4.1）。

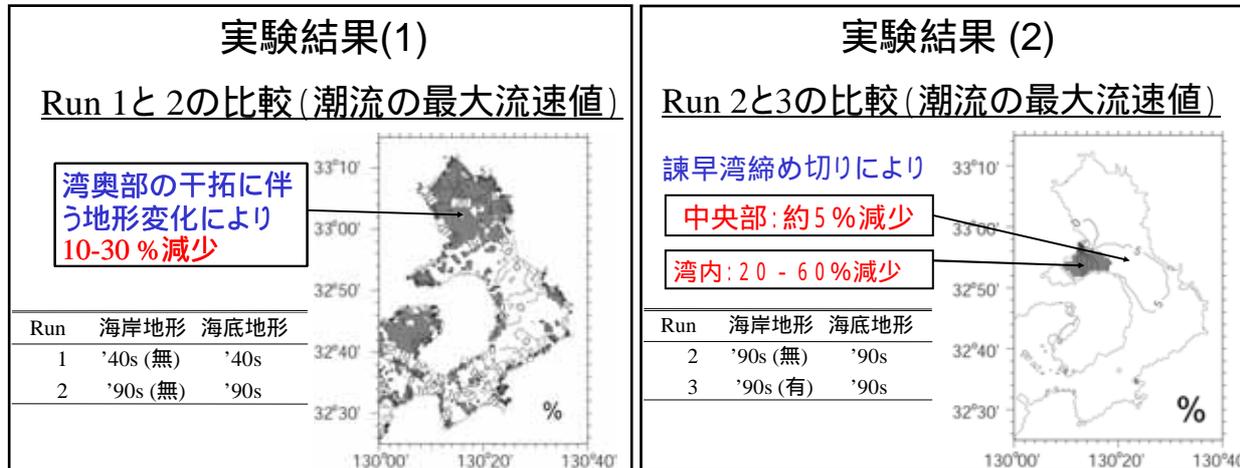


図 4.4.1 潮流速のシミュレーション結果

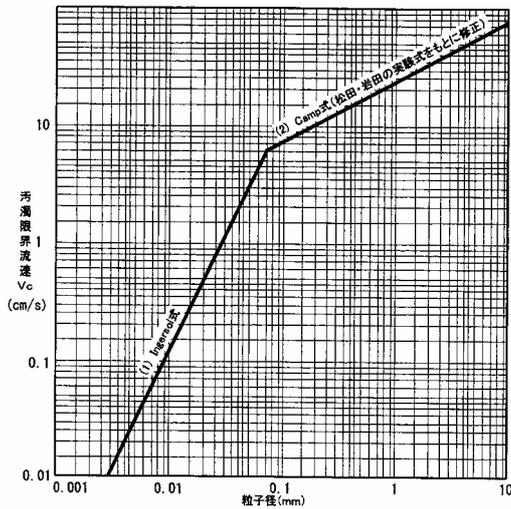
なお、上記のほかに、海面積の減少や潮位上昇等の潮流速への影響については、シミュレーションや観測が行われている（図 3.5.13 ~ 図 3.5.17）。

有明海の潮流速にかかる実測データの不足等から、その程度、各要因の寄与度等は判断できないが、上述のような潮流速を減少させる事象が有明海で生じ、また、シミュレーションの結果をも考察すれば、有明海の潮流は、干拓・埋め立て、潮位上昇、人工構造物、ノリ網の設置等の要因に応じて、全体としてみれば、長期的かつ段階的に減少した可能性が高いと考えられる。

イ) 底質の泥化について

潮流の減少

潮流と底質の関係の検討にあたって、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を図 4.4.2 に示した。ある粒子の粒径に対応する汚濁限界流速よりも大きい流れのもとでは、その粒子は沈降することなく浮遊し続ける。汚濁限界流速が低くなれば、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。



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

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

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 (980 cm/s<sup>2</sup>)
- $\rho_s$  : 土粒子の比重 (=2.65)
- $\rho$  : 水の単位体積重量 (=1.024)
- $\mu$  : 粘性係数 (15°C=0.01145 poise)
- $d$  : 土粒子直径 (cm)
- $V$  : 沈降速度 (cm/s)

- 2) 上図の関係は、既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、沈降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に基づいて作成したものである。

図 4.4.2 粒子径と汚濁限界流速の関係 (注: 粒子の凝集性は考慮していない)

有明海における連続観測調査(図 4.4.3)によると、大潮期を中心に SS(10~100 $\mu$  のシルト・粘土分が主成分)の濃度が上昇し、湾奥部 (St.1、St.2) において、その傾向が顕著であった (別添資料 50)。

大潮期の水位、流速、SS 濃度及び塩分の変化をみると、St.1 の底層の SS 濃度は、流速に対応しており、上げ潮と下げ潮時の流速の増大による底泥の巻き上げが、SS 濃度の増大の主要な要因と考えられる。他方、St.2 の SS 濃度は、鉛直的に一様化し、流速よりも潮位に対応しており (SS 濃度は干潮時で最大となり、満潮時に低下) これは St.2 の北部の筑後川の高濁度水塊の移流の影響が想定される (図 4.4.4)。



注) ( ) 内は平均水深

図 4.4.3 測定地点

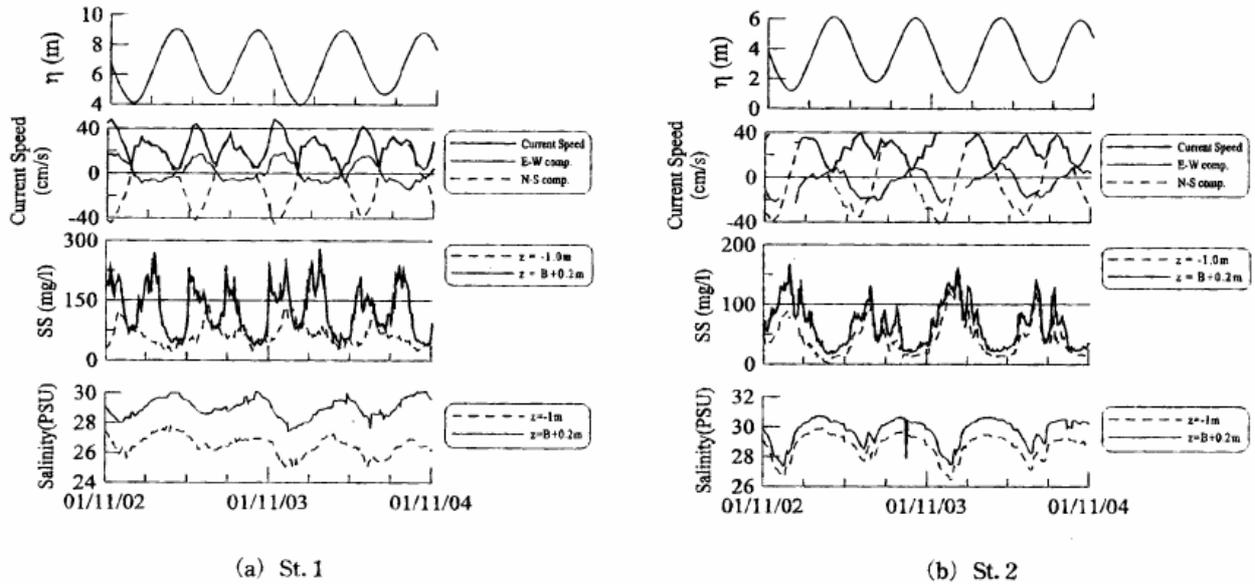


図 4.4.4 St.1 と St.2 における大潮期の水位、流速、SS 濃度、塩分の変化

St.1 では底層の流速が 20cm/s を超えると顕著な SS 濃度増大がみられ(図 4.4.5)、この流速値が底泥の移動限界に対応しているものと思われる。このような潮汐流に対応した SS 濃度の変動パターンは、熊本港沖の St.4 においても同様に見られると報告されている。

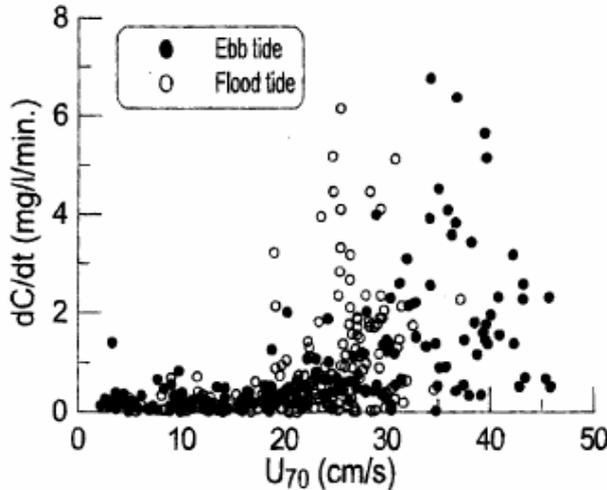


図 4.4.5 St.1 における底面付近での SS 濃度上昇率と流速の関係

タイラギの薄まき覆砂実証調査の結果から、福岡県大牟田地先と佐賀県太良沖では底質への浮泥の堆積状況が異なり、25cm/s の流速の出現頻度の違いが要因の 1 つと推測されているが(別添資料 51)、この流速は St.1 における底泥の移動限界(流速 20cm/s)と調和するものと考えられる。ただし、この流速値は絶対値ではなく、底質の質、海域の水深(波による巻き上げ効果)等により変化することに留意する必要がある。

また、有明海全体の潮流の状況と底質の状況を比較すると、概ね相対的に潮流の遅い海域(湾奥部の沿岸よりの海域、諫早湾内、熊本市沖等)において底質の含泥率が高い傾向がみられる(別添資料 52)。

有明海の潮流は、前述のとおり多くの要因により長期的に減少した可能性が高いと考えられるため、潮流速低下に伴って、浮泥の移動限界に対応した流速値を下回る海域が拡大し、当該海域において底泥の移動量の減少、堆積量の増加を生じさせ、底質の泥化を進めたものと推測される。

具体的には、1956～1957年、1997年及び2001年の底質の比較（図3.4.2）（各々の調査方法の違いには留意が必要）1989年と2000年の調査結果（図4.3.5）から、有明海湾奥部において底質が泥化傾向にあると思われるが、その要因の1つとして、上述のア）で可能性を指摘した潮流速の減少が考えられる。

#### 河川を通じた陸域からの土砂供給の減少

河川からの粗粒の海域への流入が特に減少したとすれば底質の細粒化の一因となる可能性が指摘されている（農林水産省有明海ノリ不作等対策関係調査検討委員会最終報告書）。

河川流域から海への土砂の流出過程には、土砂の生産、流出、流送、堆積・沈降など多くの場がシステムとして係わっている。流域から海への土砂流出には、河川だけを考えるのではなく、流域の視点、即ち、流域・河川を一体として考える必要があるが、現在、土砂供給に関する情報が河川内のものに偏っている状況にあることから、今後は流域における土地利用の変化や土地利用と土砂流出量の関係等についても情報の収集・評価を行っていく必要がある。

以下、筑後川と緑川について得られている情報の範囲内で考察する。

筑後川は有明海へ流入する河川の流域面積の約35%を占め、有明海への影響が最も大きく、ダム堆砂量から推算した筑後川流域の土砂生産量はダム流域で10万 $m^3$ /年、全流域がダム流域と同様の土砂を生産すると仮定すると全流域で32万 $m^3$ /年と推定されている。

筑後川では1953年から50年間に各種事業により土砂が持ち出され、3,300万 $m^3$ の河床変動が生じたと推定される（別添資料53）。特に、砂利採取は最盛期に年間200～300万 $m^3$ /年と言われ、近年の土砂生産推定量32万 $m^3$ /年を大きく上まわる。筑後川の下流域においては、砂利採取や、土砂流出の停滞、海からのガタ土の流入増加等により、河床材中の砂の割合が大きく減少し、シルト・粘土が増加したと考えられる（図3.2.2参照）。

掃流砂量については、ばらつきがあるものの減少傾向が認められ（図4.4.6）砂の現存量の減少、河床の緩勾配化（図3.2.3）が原因として指摘されている。なお、この掃流砂量は推定式（芦田・道上式）により算出された推測値であることに留意する必要がある。

また、短期的なイベントとして、筑後川の感潮域に堆積したシルト・粘土が出水時に浸食されて河口沖合域に堆積する事例が報告されている（別添資料54）が、大規模な洪水時には、感潮域河床を構成する砂分が河口外へ流出することも考えられる。今後、規模の異なる洪水について、同様の調査・検討を行い、感潮域及び河口沖合域に流出する土砂の質と量を、短期的、長期的観点から明らかにする必要がある。

1950～60年代の砂利採取等により筑後川から海域へ砂の供給量が減少したと思われることから、筑後川における人為的な砂の持ち出しが底質の細粒化の一因となる可能性がある。

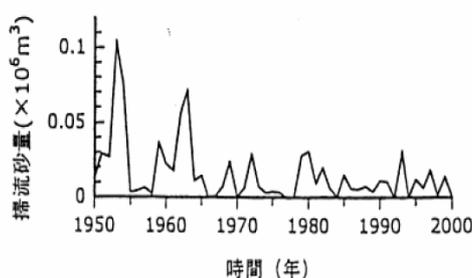


図 4.4.6 掃流砂量（芦田・道上式による推測値）の経年変化（25.5km地点）

第4章3のアサリの項において、緑川河口域における底質の細粒化について考察したことから、緑川における人為的な砂の持ち出し等に関するデータを整理した（緑川の河床材や掃流砂量の推移、シルト・粘土の挙動に関するデータはなかった）。

1966年～2003年の間の緑川における砂利採取量は335万 $m^3$ 、ダム堆砂量は447万 $m^3$ であり（別添資料55）、過去においては河床の低下もみられ、昭和43年、昭和53年と比べると近年の河床高は一部区間で低い状態にある（図4.4.7）。

砂利採取が規制されたため、現在、緑川の河床低下は生じておらず、今後も、安定した河床が続くものと予想されるが、モニタリングを行なうことは必要である。

また、緑川ダムの堆砂については、計画されている堆砂量内にあり、ダム管理上の問題は生じていないが、堆砂速度は、計画よりもやや速いことから、堆砂量のモニタリングを続けながら、堆砂の除去、還元を検討していくことが必要である。

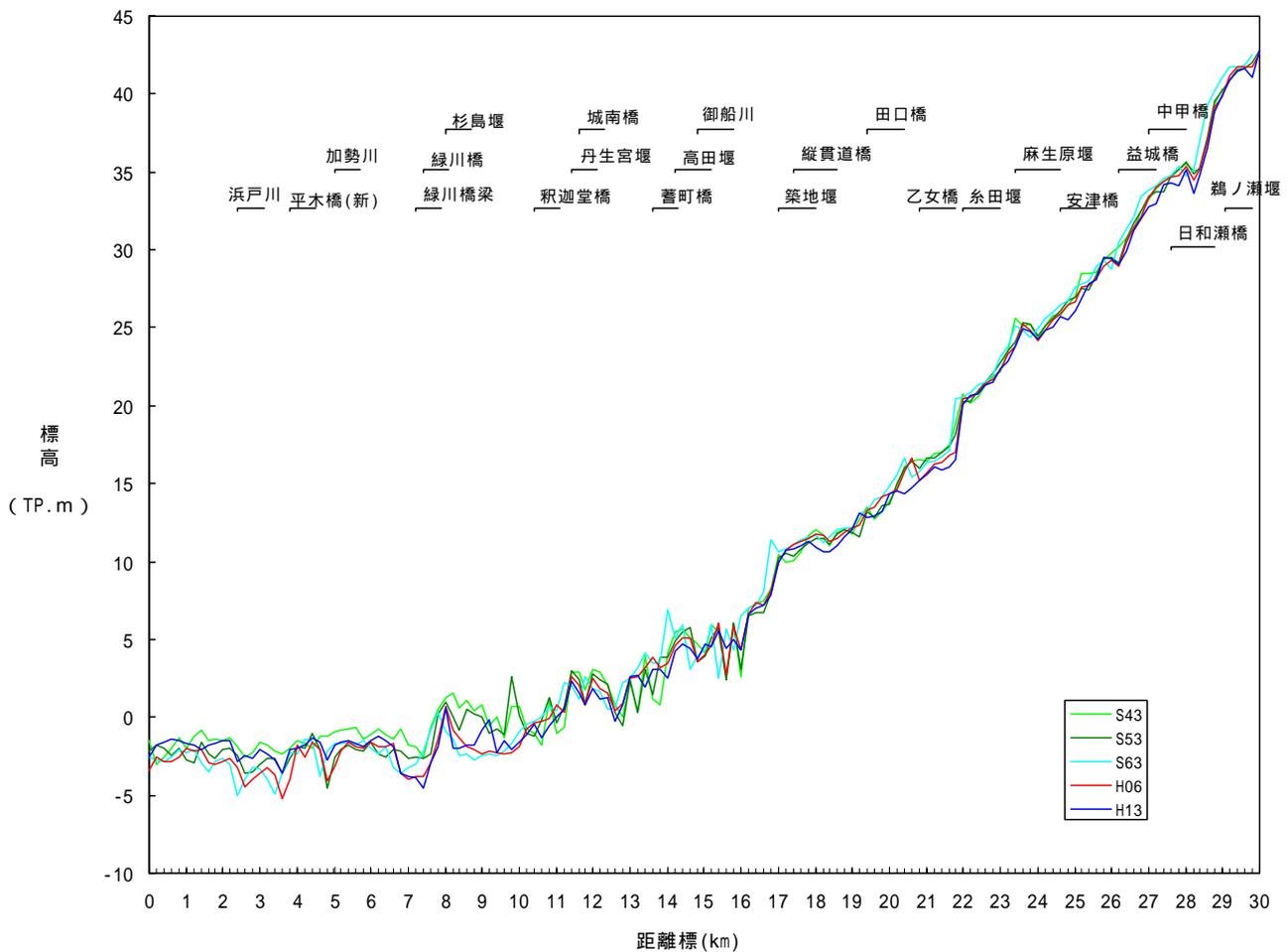


図 4.4.7 緑川本川の平均河床高縦断の経年変化

ウ) 底質中の有機物、硫化物の増加及び貧酸素水塊について

有明海奥部の底質調査（1989年、2000年）の結果、同海域の西側において底質の泥化と強熱減量の増加傾向がみられ（別添資料36）また、諫早湾の湾奥部～湾中央部の測点では底質のCODが増加傾向を示している（別添資料56）

有明海湾奥部～諫早湾における調査からは、表層堆積物中の有機炭素量が湾奥部西部や諫早湾で高い値を示し、これらの海域ではクロロフィル色素量の値も大きい（図4.4.8）。また、有機炭素安定同位体比（ $^{13}C$ ）から、表層堆積物中の有機炭素量は植物プランクトン起源の有機物の影響を強く受けていると推測される（別添資料57）。

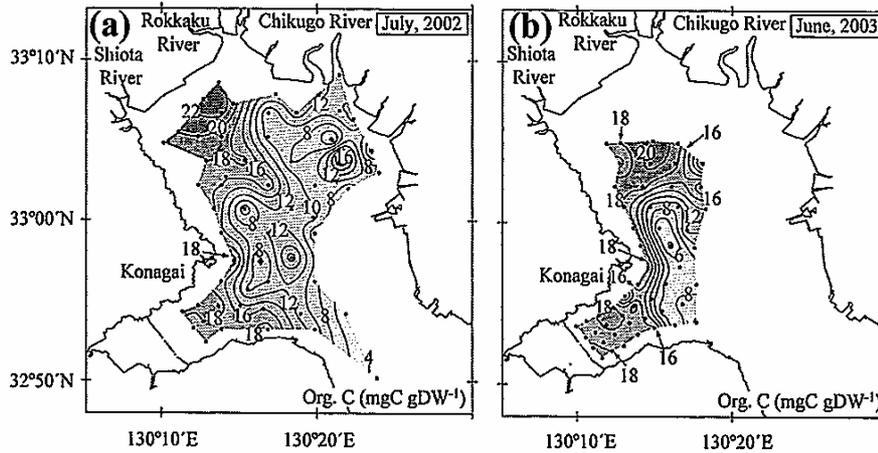


Fig. 3. Horizontal distributions of organic carbon in the surface sediments of the inner part of Ariake Bay and Isahaya Bay in July 2002 (a) and June 2003 (b).

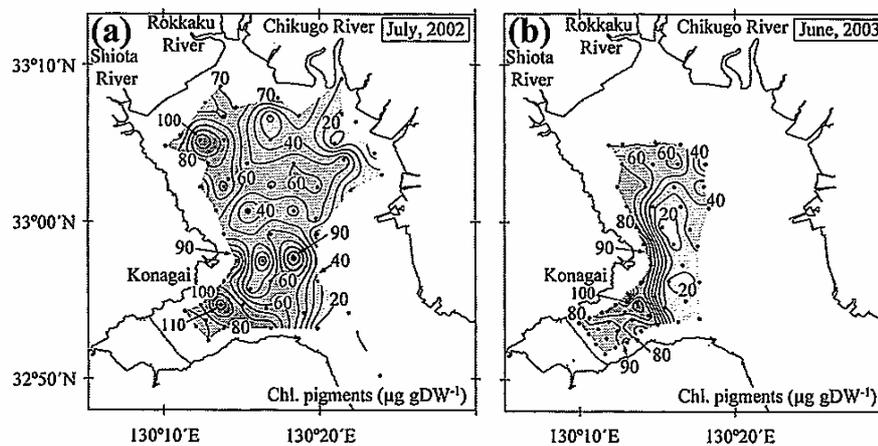


Fig. 4. Horizontal distributions of chlorophyll pigments (chlorophyll *a* + phaeopigments) in the surface sediments of the inner part of Ariake Bay and Isahaya Bay in July 2002 (a) and June 2003 (b).

図 4.4.8 表層堆積物中の有機炭素の分布（上図）とクロロフィル色素量の分布（下図）

佐賀県、諫早湾において赤潮が増加していることから（図4.4.13）、赤潮の増加により植物プランクトン由来の有機物の沈降・堆積が増えて、湾奥西部（鹿島沖）及び諫早湾の底質中の有機物の増加につながった可能性がある。また、諫早湾調整池の排水拡散に伴う浮泥量の調査結果によると、浮泥は諫早湾奥部で沈降し、湾中央～湾口での沈降は殆ど見られなかった。淡水

由来の珪藻類の殻が諫早湾奥部（特に排水門付近）に沈降しているが、湾中央にかけて減少し、湾口部では殆どみられない（別添資料 58）。排出される淡水産植物プランクトンやその他陸起源有機物は、諫早湾奥部の底質中の有機物となっている可能性がある。

有明海奥部の干拓やその他の要因（潮位上昇、海岸線の人工化（護岸化）、港湾等の人工構造物、ノリ網等）により湾奥部を中心に潮流低下が生じたと推測され、また、諫早干拓により諫早湾内で流速低下が生じている（図 3.5.13）ことから、こうした流速の低下が推測若しくは認められる海域において、有機物を含むより微細な粒子が沈降・堆積しやすい状態が生じたことが推察される（図 4.4.2）。

湾奥西部（鹿島沖）では、貧酸素水塊の発生が報告され（第 3 章 6 参照）、夏季の底層 DO 濃度（別添資料 59）も長期的な低下傾向にあることが示唆されるとともに、底質中の硫化物が増加傾向を示している（別添資料 36 及び別添資料 60）。諫早湾においても、貧酸素水塊の発生が報告されるとともに（第 3 章 6 参照）、諫早湾の奥部では底質中の硫化物の増加傾向が認められている（図 4.4.9）。

これらのことから、両海域においては、植物プランクトン由来の有機物の沈降が増加し、有機物分解に伴う底層の貧酸素化、嫌気的環境下での硫化物の増加といった底層環境の悪化が生じている可能性が窺われる。

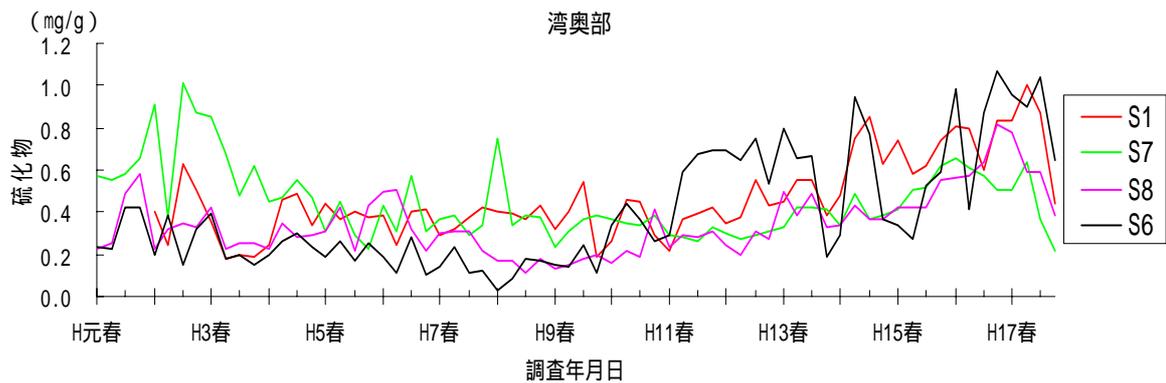


図 4.4.9 諫早湾奥部の測点（S1, S7, S8, S6）の底質中の硫化物（mg/g）の推移

また、有明海湾奥部においてマクロベントスが減少傾向にあると考えられており（図 4.3.23）これが底質中の有機物の増加要因の一つとなる可能性があると思われるが、その程度を把握するためには、ベントスの種とその生態、生息環境の状況を踏まえた有機物の分解に関する知見の蓄積が必要であろう。

ノリ酸処理剤・施肥の影響については、これらによる負荷よりも養殖ノリによる炭素、窒素及び燐の取り上げ量が多いこと、有明海の流入負荷量（COD、T-N、T-P）に占める酸処理剤・施肥の負荷の割合は僅かであること、酸処理剤の底質への移行に関する調査結果（別添資料 61）等を考えると、酸処理剤・施肥の適正な使用がなされれば、有機物・硫化物の増加の要因になる可能性は少ないと思われる。

## エ) 赤潮の発生

赤潮については、水産生物への直接的な環境要因となる場合（シャットネラ赤潮）と、底質中の有機物の増加といった直接的な環境要因の変化に係わる場合とがある。ここでは、両者を含めた赤潮全般に関する問題として、水温上昇、透明度上昇、富栄養化、浄化能力（二枚貝類による海水濾過の低下）潮流の低下・潮位差の減少を取り上げるとともに、シャットネラのみに関しては貧酸素水塊を取り上げて、以下のとおり検討した。

### 水温の上昇

一般的に水温の上昇により植物プランクトンの増殖速度は増加することが知られている。水温上昇の影響は種類毎に異なり、主要な赤潮プランクトンに関し、水温と成長速度のモデル式が作成されている。有明海の水温の長期的変化（1984～1989年の平均水温と1997～2003年の平均水温の差）をこのモデル式を入れて計算すると、増殖速度は季節によって一定程度増加する結果となった（別添資料62）。珪藻赤潮の代表種である *Skeletonema costatum* の増殖速度の計算結果は、冬季において福岡県・佐賀県水域で11～15%、長崎県・熊本県水域で2～3%の増加、冬季以外は1～7%の減少となった。

実際に冬季の珪藻赤潮の発生日数をみると、モデル式では佐賀県・福岡県海域より増殖速度が低い熊本県海域で赤潮発生日数が大きく増加しており（図4.4.10）また、冬季以外の季節においても珪藻赤潮の発生日数に増加傾向が見られた（別添資料63）。

水温上昇は、赤潮の増加の要因の一つである可能性があるとは考えられるが、水温上昇以外の要因も大きく影響している可能性があるものとする。

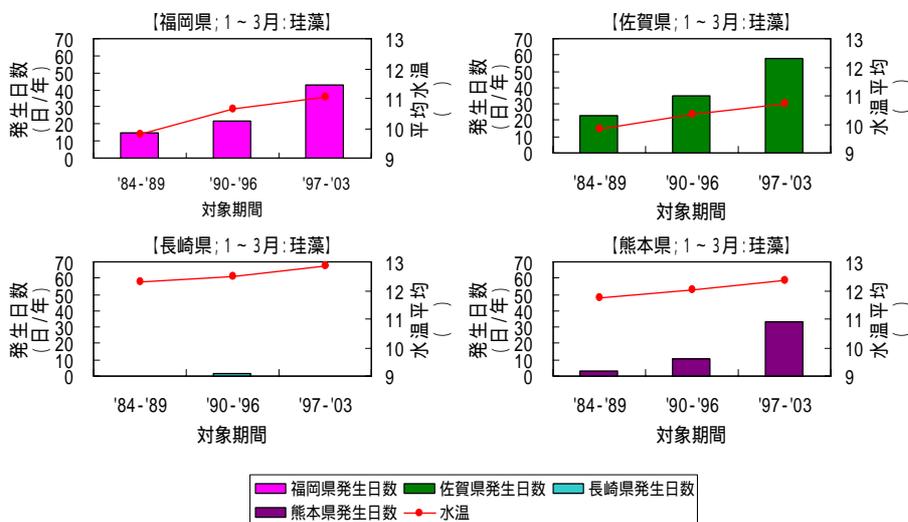


図4.4.10 有明海の冬季（1～3月）の平均水温と珪藻赤潮の発生日数

### 透明度の上昇

透明度上昇は、光制限を緩和し、植物プランクトンの増殖に有利に働くと一般的には考えられ、透明度と植物プランクトンの増殖については表4.4.1の関係が示されている。

有明海の平均透明度は、ほとんどの海域で上昇が認められ、特に海域では熊本県海域、季節では冬季における上昇率が高い（別添資料64）。例えば、熊本県海域の夏季の透明度は、3.6m

(1984~1989年)から4.7m(1997~2003年)に上昇しており、これを上記の表4.4.1に照合すると増加率は3割程度の増大となった。

【熊本県海域の夏季の透明度】 【表4.4.1の透明度と1週間後のプランクトン増加率(減耗率30%)】

3.6m(1984~1989) 透明度3.63m プランクトン増加率1045(%)  
 4.7m(1997~2003) " 4.83m " 1397(%)

表4.4.1 植物プランクトンの光による成長制限及び1週間後の増加率と透明度、混合層水深、捕食や移流拡散による減耗との関係(水温は27、昼の長さは14時間、栄養塩制限は考慮しない)

混合層水深(m)	3	4	5	7	10	3	4	5	7	10	3	4	5	7	10	3	4	5	7	10	
透明度(m)	消滅係数(m <sup>-1</sup> )	光による成長制限					1週間後の増加率(減耗なし)					1週間後の増加率(減耗率1日あたり20%)					1週間後の増加率(減耗率1日あたり30%)				
14.50	0.10	0.49	0.44	0.47	0.46	0.43	15283	14289	12980	9959	5860	6002	5611	5087	3811	2301	2040	1907	1733	1329	782
9.67	0.15	0.48	0.47	0.45	0.44	0.39	14335	12439	10221	6122	2417	5629	4885	4014	2404	949	1913	1660	1364	817	323
7.25	0.20	0.48	0.46	0.45	0.41	0.35	13153	10397	7591	3502	983	5165	4083	2981	1375	386	1753	1388	1013	467	131
5.80	0.25	0.47	0.45	0.43	0.39	0.32	11834	8414	5420	1957	428	4647	3304	2128	766	168	1580	1123	723	261	57
4.83	0.30	0.47	0.44	0.42	0.38	0.29	10463	6643	3780	1103	206	4109	2909	1484	433	81	1397	887	505	147	27
3.63	0.40	0.45	0.42	0.38	0.32	0.24	7828	3948	1796	386	64	3074	1850	705	152	25	1045	527	240	52	9
2.90	0.50	0.44	0.40	0.35	0.28	0.20	5598	2276	871	159	27	2198	894	342	63	11	747	394	116	21	4
2.42	0.60	0.42	0.37	0.33	0.25	0.18	3875	1311	446	77	15	1522	515	175	30	6	517	175	59	10	2
2.07	0.70	0.41	0.35	0.30	0.23	0.16	2628	768	243	43	9	1032	301	95	17	4	351	102	32	6	1
1.93	0.75	0.40	0.34	0.29	0.21	0.15	2154	593	184	33	8	846	233	72	13	3	288	79	25	4	1
1.81	0.80	0.39	0.33	0.28	0.21	0.14	1762	461	141	25	6	692	181	56	10	2	235	62	19	3	1
1.61	0.90	0.37	0.31	0.26	0.19	0.13	1177	286	87	17	5	462	112	34	7	2	157	38	12	2	1
1.45	1.00	0.36	0.29	0.24	0.17	0.12	780	160	56	12	4	308	71	22	5	1	104	24	7	2	0
1.32	1.10	0.34	0.27	0.22	0.16	0.11	491	108	35	8	3	193	43	14	3	1	66	14	5	1	0
1.21	1.20	0.32	0.25	0.21	0.15	0.10	314	69	23	6	2	123	27	9	2	1	42	9	3	1	0
1.12	1.30	0.30	0.24	0.19	0.14	0.10	206	46	16	5	2	81	18	6	2	1	27	6	2	1	0
1.04	1.40	0.28	0.22	0.18	0.13	0.09	139	32	12	4	2	54	13	5	2	1	19	4	2	1	0
0.97	1.50	0.27	0.21	0.17	0.12	0.08	96	23	9	3	1	38	9	4	1	1	13	3	1	0	0

また、有明海では透明度の上昇率の大きい海域(佐賀県沖や熊本市沖)において、赤潮の発生日数が増加していることから(図4.4.11、図4.4.12)透明度の上昇は赤潮の発生の増加の要因の一つと考えられる。

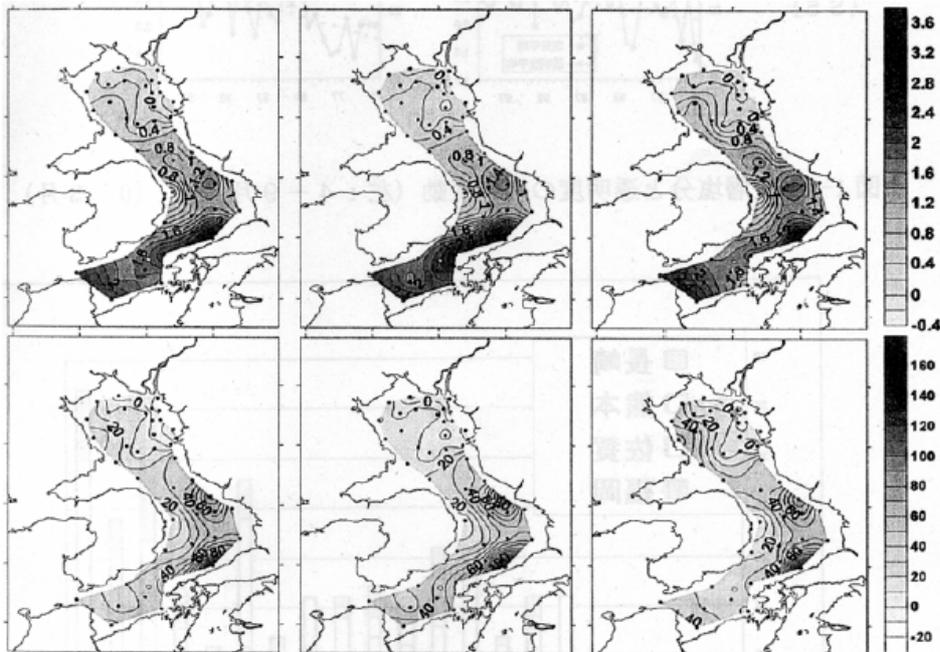


図4.4.11 有明海における透明度の上昇幅(上段)と上昇率(下段)の水平分布  
 左:年間平均値(1976年~2004年)、中央:4~9月、右:10~3月

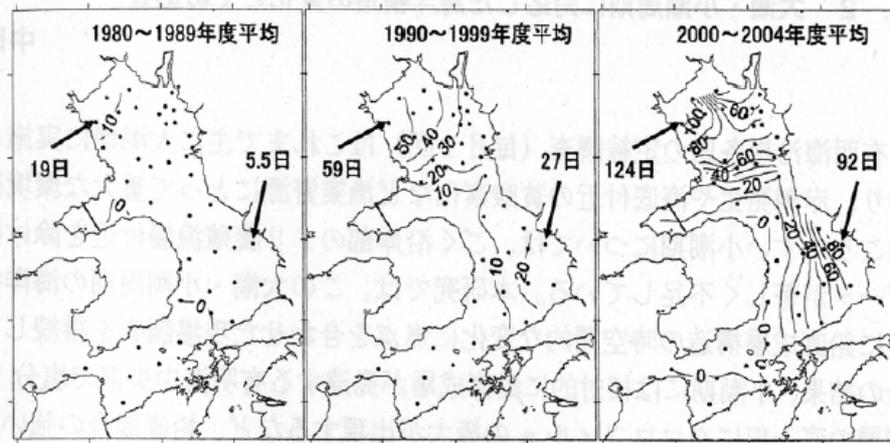


図 4.4.12 有明海における年代別の 10～3 月の平均赤潮発生日数（日/半年）

### 富栄養化、貧酸素水塊

降雨等による淡水及び栄養塩類の流入が珧藻赤潮の発生につながるとされているが、有明海に流入する主要河川の流量に明確な傾向は認められず（別添資料 65）、負荷量も昭和 50 年代に高い傾向が見られたが、その後は減少傾向にある（第 3 章 1 参照）。また、水質の栄養塩濃度（DIN、DIP）についても近年増加傾向はみられない（第 3 章 3 参照）。淡水や栄養塩の流入と珧藻赤潮の長期的な増加との関係については、現在ある情報では判断ができず、陸域からの影響を大きくする他の要因（成層化など）を含めた検討が必要と思われる。

また、*Chattonella* 属（ラフィド藻）の赤潮は、富栄養化した流速の低い海域における貧酸素水塊の形成、底泥からの栄養塩の供給と関係すると考えられ、また、鉄が *Chattonella* 属の増殖を促進することが知られている（別添資料 66）。前述のとおり、有明海の湾奥西部海域や諫早湾奥では底層環境の悪化が推測されているが、こうした海域においては、貧酸素水塊の形成によって底泥から鉄や栄養塩類が溶解し、貧酸素水塊の崩壊の際に窒素や燐と一緒に鉄が供給されて *Chattonella* 属の増殖を促進していると考えられ、貧酸素水塊の発生が *Chattonella* 属の赤潮の増加の一因となっているものと思われる（図 4.4.13）。

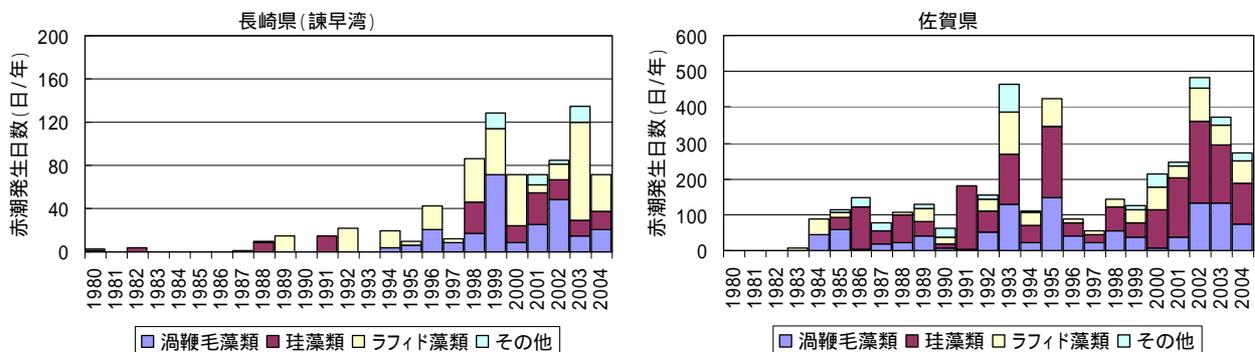


図 4.4.13(1) 有明海における赤潮発生日数の推移：長崎県（諫早湾）水域、佐賀県水域

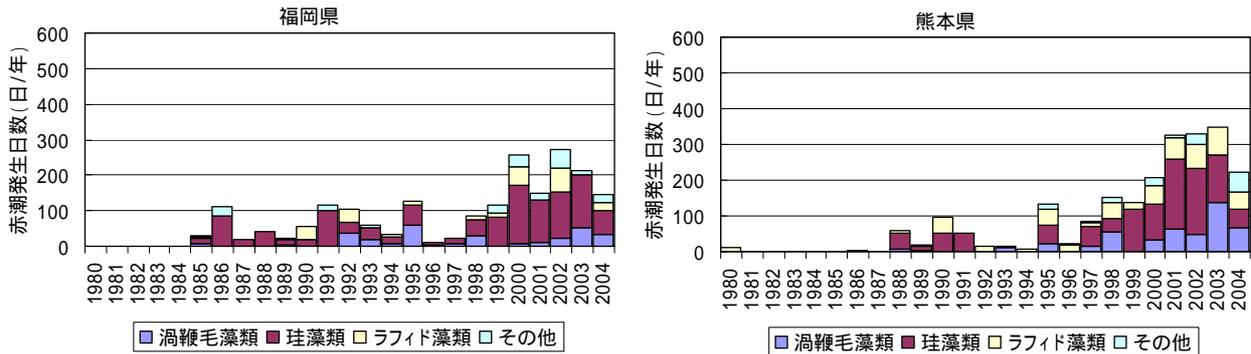


図 4.4.13(2) 有明海における赤潮発生日数の推移：福岡県水域、熊本県水域

### 浄化能力の低下

1990年以前の二枚貝による一日当たりの濾水量（夏季）は、4-10億 $m^3$ であり、大潮時の干潟への海水交流量に匹敵し、アサリの最盛期における濾水量は4-6億 $m^3$ に達するとの推定がなされている（表4.4.2）。アサリ等の二枚貝の減少は、懸濁物の除去能力を低下させ、海域の浄化能力の低下を招き、赤潮を増大させる要因の一つと考えられる。

また、二枚貝の赤潮原因種の植物プランクトンの摂餌による直接的な赤潮発生の抑止について評価するにはアサリ等の二枚貝の主要食物について更なる調査が必要であろう。

表 4.4.2 有明海の水容量、海水交換量、河川流量及び二枚貝による1日当たり濾水量の比較（単位： $\times 10^6 kL$ ）

有明海容量	34,000	
	大潮	小潮
外海との海水交流量	1潮汐 6,300	2,700
干潟への海水交流量/日	約50年前 1,015	189
	現在 761	142
河川流量の合計/日	年平均 21.9	
	24°C	10°C
アサリによる濾水量/日	最盛期 400-600	100-200
	1996-2000 23-51	6-14
二枚貝全体の濾水量/日	1990年以前 400-1,000	100-370
	1996-2000 61-177	21-63

### 潮流の低下・潮位差の減少

一般的に、流動が弱まり、海水が滞留しやすくなると、植物プランクトンの集積が促され、赤潮が発生しやすくなる。有明海においても、小潮時にシャットネラ赤潮の発生が多いことやクロロフィルの増加が見られることが報告されている（別添資料67）。

前述4の（1）のア）で考察したように、有明海では長期的に潮流の低下や潮位差の減少が生じている可能性が高く、赤潮発生を増加させる要因の一つと考えられる。

#### オ) 透明度の上昇

有明海では経年的に透明度の上昇が認められ、特に湾奥西部、熊本市沖合海域での透明度の上昇が大きい(図 4.4.11)。また、1990 年代(特に後半)に顕著な透明度の上昇がみられるとの報告がある。

透明度の上昇について、潮流速の減少による浮泥のまき上がりの減少、河川からの懸濁物流入の減少、透明度の高い外海水の流入が要因として想定される。

有明海湾奥部では、潮流速の増加と底層の SS 濃度の上昇が一致するため(図 4.4.4)、潮流による底泥のまき上げが SS 濃度の増加の主因と推測され、また、有明海の潮流速は、前述ア)のとおり長期的に減少した可能性が高いと考えられることから、潮流速の減少による底泥の巻き上げの減少が SS 濃度の低下につながり、透明度の上昇の一因となって顕れた可能性が推測される。ただし、短期的イベントとしては、SS 濃度は、潮流速だけではなく、河川の高濁度水塊の移流等の影響も受けるため、その変動傾向は海域により異なることに留意する必要がある(図 4.4.4 参照)。

懸濁物流入、外海水の流入に関しては、筑後川からの SS 負荷量(LQ 曲線からの推定)及び有明海湾口部の塩分に明確な増減傾向は認められない(別添資料 68)。

このほか、ノリ網の影響については、佐賀県側の筑後川河口域のノリ漁場(支柱漁場)の近傍の調査点において、ノリ網による流速の減少が認められるとともに、SS 濃度と潮位差の関係はノリ漁期の最盛期と終期で傾向が異なる(図 4.4.14)。ノリ網の抵抗による潮流速の減少がノリ漁期の周辺海域における SS 濃度の低下(透明度の上昇)の要因の一つになっていると推測される。

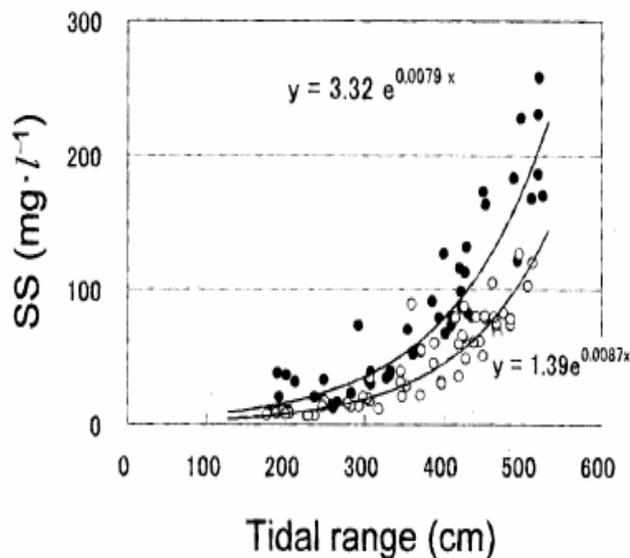


図 4.4.14 2002 年度ノリ漁期の潮位差(三池港)と定点 2 における表層(水深約 1m)の日平均 SS 濃度の関係(ノリ漁期盛期、前期および終期)

(2) 八代海

ア) 赤潮の発生

水温、透明度の上昇

有明海の赤潮の項(P64)と同様にモデル式で計算を行ったところ、*Skeletonema costatum*(珪藻)の増殖速度の冬季において2~4%の増加となった(別添資料69)。

また、有明海と同様に八代海でも平均透明度の上昇が認められ(別添資料70)湾奥部と北部海域で上昇率が高い。例えば、北部海域の夏季の透明度は、2.5m(1984~1989年)から3.5m(1997~2003年)に上昇しており、これを上記の表4.4.1と照合すると増加率は約2倍となる。

【北部海域の透明度】	【表4.4.1の透明度と1週間後の増加率(減耗率1日30%)】	
2.5m(1984~1989)	透明度 2.42m	増加率 517(%)
3.5m(1997~2003)	" 3.63m	" 1045(%)

水温及び透明度の上昇は、八代海における赤潮増加の要因の可能性があるとと思われるが、水温及び透明度の上昇と赤潮発生日数の推移との間に一致しない部分もみられることから、その他の要因も大きく影響していると考えられる(冬季の珪藻赤潮の平均発生日数と平均水温の推移は別添資料71、平均赤潮発生日数と平均透明度の推移は別添資料72参照)。

富栄養化

降雨等による淡水及び栄養塩類の流入が珪藻赤潮の発生につながるとされているが、球磨川の流量に経年的な傾向は認められない(図3.2.4)。負荷量は、魚類養殖の負荷により平成5年(1993年)頃まで増加したが、その後は減少傾向にあり(第3章1参照)水質の栄養塩濃度(DIN、DIP)についても近年増加傾向はみられない(第3章3参照)。

八代海では、1990年代後半から赤潮発生日数が急増しており、淡水や栄養塩の流入と珪藻赤潮の長期的な増加との関係は、現在ある情報では判断ができず、陸域からの影響を大きくする他の要因(成層化など)を含めた検討が必要と思われる。

なお、コックロディニウム赤潮については、魚類養殖が盛んな海域で発生頻度が高く(別添資料24)魚類養殖に伴う負荷との関連が示唆される。魚類養殖場付近の底質(YT7)からの窒素、燐の溶出速度は他の調査点と比して高い値を示した(図4.4.15)。

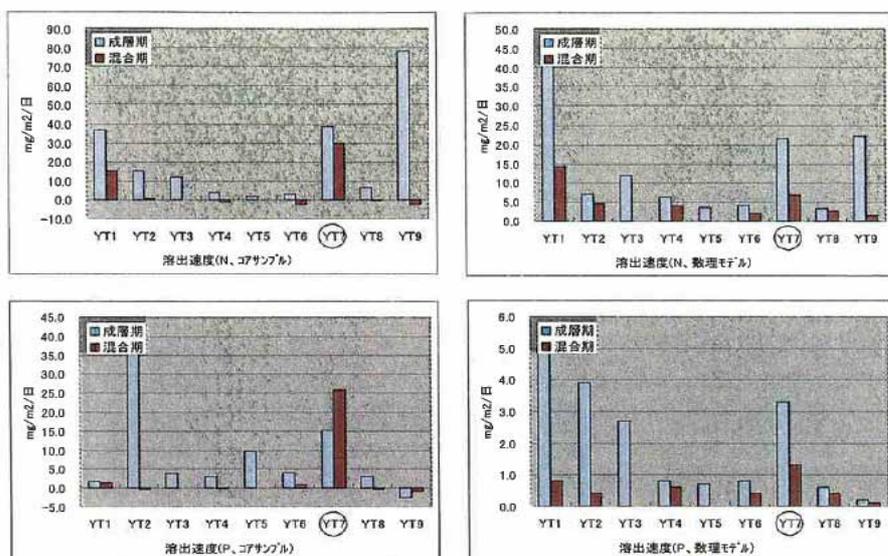


図4.4.15  
窒素・燐の溶出速度  
(YT7が養殖場付近)

## 5．環境と生物生産の中長期的な変化（有明海）

有明海においては、1955年～1975年間の急速な干拓・埋め立て、海岸線の人工化（護岸化）、港湾等の人工構造物の構築、ノリ網の敷設、潮位の上昇等の要因に応じて、長期的に潮流速が減少した可能性が高く、干潟の消失による浄化能力の低下と相まって、1970年代からの富栄養化に關与した可能性がある（図3.4.3及び別添資料73）。

また、近年、諫早干拓によって3,550haの海域と1,550haの干潟が消失し、浄化能力の低下及び諫早湾周辺海域での潮流速の減少が生じた。

有明海における長期的な流動の減少（可能性として指摘）、透明度の上昇（湾奥部では潮流の低下がその一因と推測）、水温上昇等が赤潮の発生を助長しているものと考えられ、流動が低下したと考えられる海域では底質の泥化、有機物（植物プランクトン由来）の沈降が進んだものと推測される。また、河川からの人為的な砂の持ち出し、流域における土地利用の変化も底質の泥化に影響してきたものとする。

底質の泥化、底質中の有機物の増加は、底層の貧酸素化及び嫌気的環境下での硫化物の増加を招き、底質もしくは底層に生息する水産生物のバイオマスの減少、多様性の喪失につながったと推測される。二枚貝を代表とする底生生物の減少は、浄化能力（海水の濾過、有機物の分解等）の低下を招いており、赤潮発生を抑止する機能が低下していることが示唆される。

1960年代までの有明海は、潮流による浮泥の巻き上げや流動が赤潮の発生を制限し、植物プランクトンを中心とした浮遊生態系と干潟生態系を主とする底棲生態系が適度なバランスを取っていたが、近年の有明海は、干潟の減少、底層環境の悪化により干潟生態系を主とする底棲生態系が衰える一方で、流動の低下、透明度の上昇等によって植物プランクトンに有利な要件が生じ、浮遊生態系主体の物質循環に移行してきた可能性が推察される。特に、底層の貧酸素化によって底質からの栄養塩類や鉄などが溶出して、ラフィド藻といった有害赤潮の発生が増加し、水産生物に悪影響を及ぼしていると思われる。以前は有明海でほとんど見られなかった有害赤潮は有明海における適切な物質循環を阻害すると懸念される。

## 5章 再生への取り組み

### 1. 再生の目標

#### (1) 希少な生態系、生物多様性及び生物浄化機能の保全、回復

有明海、八代海は、他の海域では見られない特異な生態系を有しており、両海域のみに見られる特産種も多く生息している。また、両海域の広大な干潟域、浅海域は多様な生物を育むとともに、生物浄化機能を果たしている。こうした生態系、生物多様性及び生物浄化機能は、次世代に引き継ぐべき自然環境として、保全・回復すべきであり、再生の目標の1つと考える。

#### (2) 二枚貝等の持続的な生息環境の保全・回復とバランスの取れた水産資源の回復

有明海・八代海を水産資源の宝庫として次世代に引き継ぐためには、海域環境の特性を踏まえた上で、特に、底棲生態系の復活に資する持続的な生息環境を保全・回復し、二枚貝等の生産性の回復を図り、ノリ養殖生産と二枚貝等の安定的な生産を確保すべきであろう。例えば、有明海で資源量が大きく減少している特定の二枚貝を再生させることは、底質環境の改善の目安ともなり得ることから、このような具体的な目標を定めることも意義があるものと考えられる。

### 2. 再生に当たっての環境管理の考え方

有明海・八代海は、国内に例の少ない特異な海域環境と生態系を有しており、両海域における環境管理に際しては、この点に特に留意して十分な知見の蓄積を確保する必要がある。

しかしながら、関連する情報（例えば有明海・八代海における希少種の生態に関する情報等）を全て得ることは難しく、また、そもそも自然現象は常に不確実性を有している。加えて、有明海・八代海は、大きな潮汐差、速い潮流及び広大な干潟域を有し、陸域と海域の境界が絶えず変動する非定常的な系であることから、事象の正確な把握を困難なものとしている。

このため、環境管理に当たっては、必要な調査・研究を適切に行い、得られた情報をフィードバックさせるとともに、予測外の事態が起こり得ることを予め環境管理のシステムに組み込み、常にモニタリングを行いながら、その結果に基づいて対応を変化させる順応的な方法により、諸施策を進めていく必要がある。

また、有明海・八代海の海域環境、生態系は、長期間にわたって変化してきたと考えられる。両海域の海域環境、生態系の保全・回復を図り、その再生に繋げていくためには、自然環境や生態系のメカニズムを理解した上で、土木工学的な手法に加えて、二枚貝の浄化能力などの生態系の機能の活用や持続的な漁業生産の観点を取り入れつつ、その環境改善手法について長期的な視点から検討していく必要があると考える。

### 3. 具体的な再生方策

第4章の考察結果を踏まえ、具体的な再生方策（関連する技術開発、調査等を含む）を検討して以下に記した。再生方策については、過去に問題を生じさせた原因・要因への対策を中心に記しているが、それ以外にも、両海域の現状に鑑み、今後、問題の解決や両海域の再生に資すると認められるものも含んでいる（再生方策の列挙の順番は、問題点と原因・要因との関連の可能性（図4.2.1、図4.2.2）に沿って整理した）。

なお、具体的な再生方策の実施にあたっては、その方策が両海域の再生に果たす効果を可能な限り定量的に比較・検討した上で、効率的に実施していく必要がある。

### ( 1 ) 底層環境の改善

- ・ 流域の土地利用と流出土砂対策
- ・ 河川における適切な土砂管理（砂利採取の制限等）
- ・ 効果の持続性を考慮した底質改善（覆砂等）の実施
- ・ 覆砂代替材等の新技術の開発及び実証調査の推進
- ・ 持続性の高い二枚貝の漁場の造成・改善に資する底層の流況、浮泥の巻き上げ等に関する調査の実施
- ・ 泥化して有機物や硫化物の蓄積した底質の改善のため、好気微生物の活性の促進等を目的とした諸施策（浚渫、耕耘、覆砂、海水交流の改善等）の実施及び関連技術の開発
- ・ 浮泥の沈降・堆積防止（流れの制御等）、沈降物の除去・固化に関する研究調査の推進
- ・ ダム堆砂の除去、還元等の検討

### ( 2 ) 沿岸域の環境保全、回復

- ・ 予防的措置の観点から海域の潮流速の低下を招くおそれのある開発を実施する場合、これに対して適切に配慮
- ・ 汚濁負荷の削減（生活排水対策、土地利用に伴う負荷対策等）、流入・浮遊・漂着ゴミの除去、必要に応じた河川の流況調整
- ・ 干潟、藻場及び感潮域の保全（稚仔魚の育成場の確保、浄化能力の維持）
- ・ 干潟の造成、持続性のある藻場・干潟の造成技術の開発
- ・ なぎさ線（海岸線における生態系・地形の連続性）の回復による生物生息環境の創出に向けた現地実証の推進
- ・ アサリ、カキ等の二枚貝の資源回復、増殖等による水質浄化の向上

### ( 3 ) 貧酸素水塊等への対策

- ・ 有明海における貧酸素水塊発生モデルの構築
- ・ 貧酸素水塊の発生防止オプションの検討
- ・ 有明海における貧酸素水塊による漁業被害防止策の検討、関連技術の開発及び効果の検証
- ・ 対策の効果的実施のための有明海における貧酸素水塊、赤潮のモニタリング、貧酸素水塊の発生予察
- ・ 八代海（貧酸素水塊は確認されていない）における底層の溶存酸素のモニタリング

### ( 4 ) 貝類、魚類等の資源管理及び増養殖

- ・ 漁業者が主体となった資源管理の推進、漁業者等への啓蒙普及、種苗放流の推進
- ・ 二枚貝の食害生物の防除（食害生物の捕獲に関するデータの収集・整備、混獲される稀少種の放流に留意して実施）
- ・ タイラギ等の二枚貝の増養殖技術の開発とその基礎となる生理・生態の解明
- ・ 魚類資源の動向の把握と資源管理の基礎となる漁獲統計の整備（必要な漁獲データの提出を確保する制度の検討）

(5) 持続的なノリ養殖のための施策の推進

- ・ 漁業者の協力を得た適切な漁場利用（減柵を含む）による漁場環境の改善と高品質・高付加価値のノリ生産の推進
- ・ 酸処理剤と施肥の適正使用の継続、環境負荷の軽減に配慮したノリ養殖技術の確立
- ・ 水温上昇等に対応したノリ養殖技術の開発（高水温耐性品種、広水温耐性品種、耐病性品種、低栄養塩耐性品種の開発等）

(6) 八代海における持続的な養殖のための施策の推進

- ・ 環境収容力、歩留まり率を考慮した生産の検討、ブランド化の推進（質への転換）
- ・ 給餌等に伴う負荷発生の抑制対策の推進
- ・ 赤潮モニタリング体制の強化、赤潮被害軽減のための情報網の整備、有害赤潮の発生予察や防除技術に関する研究の推進

4. 解明すべき課題（重点化を図るべき研究課題）

第4章における原因・要因の考察において、解明すべきと思われる重要な課題について、以下のとおり整理した。

(1) 二枚貝

- ・ タイラギ大量斃死（北東部漁場）の発生機構及び長崎県海域のタイラギ不漁の原因の解明
- ・ タイラギ浮遊幼生の移動状況に及ぼす潮流変化の影響
- ・ アサリ漁場における底質データの収集と分析、底質環境とアサリの成育初期（着底稚貝以降）の減耗との関係の解明

(2) 魚類等の資源生態

- ・ 魚類等の資源回復策に資する再生産機構（減少要因）の解明（流れによる仔稚魚の産卵場から育成場への輸送状況、育成場の環境、仔稚魚の生残状況等に関する調査）
- ・ 底棲魚類の生態と群集構造（食物網の構造、非漁獲対象種を含む群集構造）の解明
- ・ 近年増加傾向が示唆されるエイ類の生態解明

(3) 潮流・潮汐

- ・ 有明海、八代海の環境に影響する外海及び内海の潮位・潮流観測
- ・ シミュレーションの精度向上（潮流速・パターンの変化、物質輸送の変化等）
- ・ 潮流・潮汐の変化による底質環境等への影響の検討

(4) 土砂に関する知見の蓄積

- ・ 河川流域、農地からの土砂流出量の把握及び土地利用の変化による影響の把握
- ・ 河川に堆積する土砂の量と質の把握
- ・ 海域に流入する土砂の質と量、海域への土砂の流入経路の把握
- ・ 海域での土砂の挙動の把握

(5) 汚濁メカニズムの解明とモデルの構築

- ・ 赤潮発生の増加、植物プランクトンの増殖に関するメカニズム（水温、透明度、負荷流入、成層化等）の更なる解明
- ・ 物質収支に関する知見の蓄積及び適切な負荷管理の検討
- ・ 流動、水質、生態系等の総合的な評価モデルの構築

## 5. 取り組みの体制

### (1) 調査研究の総合的推進

効率的な調査研究の推進のため、これまで行われた各分野の調査研究の体系的な整理、調査のマスタープランの作成、調査関係機関間の調整能力の強化及び関連する情報の共有を進めるべきと考える。調査のマスタープランの作成に当たっては、関係する国・県の機関が積極的に参画するとともに、現場での調査に精通した専門家の参加・助言を確保することが望ましい。

さらに、物質循環を含めて、有明海・八代海の流域及び海域全体を把握・評価するための総合的なモデルの構築に向けた協同作業を関係者が推進していくことも重要であろう。

また、これまで評価委員会において、有明海・八代海で国・県等が実施してきた調査研究の結果を集約して審議してきたところであるが、今後とも、第三者的な機関により、こうした調査研究の結果を総合的に評価する仕組みが必要と考える。

### (2) 海域環境モニタリングの継続・強化

有明海・八代海における海域環境の変化を把握するため、両海域におけるモニタリングを引き続き実施していく体制を確保するとともに、その技術の高度化及びシステム化に関する技術開発を進めるべきである。また、これまでモニタリングが十分に実施されていない項目（例えば非漁業資源生物、底質環境等）についても、その必要性を検討した上で、継続的な実施体制の整備を進めていくべきと考える。特に底層環境については、今後、モニタリング体制を整備していくことが必要と考える。

海域環境に変化が生じてきたと思われる有明海奥部や諫早湾については、モニタリングの継続が重要であると考えられる。有明海奥部、諫早湾には仔魚が多く分布するとの報告（別添資料74）があるが、これらの海域においては貧酸素水塊が形成され、底層環境の悪化が推測されることから、仔魚の分布、海域環境についてモニタリングしていくことが必要である。また、調整池の排水が諫早湾に流れ込むことによる、海域環境への影響（別添資料75）についても、引き続きモニタリングを実施していくべきである。

### (3) 八代海における調査研究の強化

有明海と比べると八代海において実施されている調査・研究は極めて少なく、評価委員会においても、八代海の問題に関して十分な考察を行うことはできなかった。八代海では、魚類等の漁獲の長期的な減少、ノリ養殖生産量の低迷、赤潮の増加等の問題が発生しており、今後、八代海における調査研究の充実・強化が必要である。

おわりに

有明海・八代海総合調査評価委員会は、有明海のノリ不作等を契機として制定された「有明海及び八代海を再生するための特別措置に関する法律」に基づいて平成15年2月に環境省に設置され、両海域で実施されてきた各種調査の結果等を踏まえて、累次の検討を重ねてきたところである。

この間、有明海におけるノリ養殖生産は、平成12年度のノリ不作後に大きな生産条件の悪化がなかったことや関係者の努力もあり、回復したものの、貝類、魚類の生産は長期的な減少傾向が続き、また、八代海においても魚類等の生産量の長期的な減少、ノリ養殖生産量の低迷といった深刻な問題が生じている。

本委員会報告においては、有明海・八代海が抱える諸問題に関し、得られたデータを元に可能な限りの科学的な考察を行い、一定の整理はできたものとするが、未だに多くの検討課題が残されており、今後、更なる調査研究の継続が望まれる。

また、我が国の多くの閉鎖性海域において、有明海・八代海でみられる海域環境の悪化や水産資源の減少といった問題が顕在化していることから、今後、他の閉鎖性海域における現状、対策の進捗状況をも睨みながら、有明海・八代海の再生に向けた諸施策の検討、実施を進めていくことが有効と考える。

最後に、本委員会に貴重なデータを提供して頂いた関係省庁、関係県及び大学等の関係各位に感謝するとともに、有明海・八代海の再生を心から切望して、本報告書の結びとしたい。

(以上)

## 資料の出典リスト

図表番号	資料
表 2.1.1	1)大和田紘一(2005):八代海の環境と生物の動態-序論-,月刊海洋,Vol.37,No.1,pp.3-7 2)環境庁自然保護局(1998):第5回自然環境保全基礎調査 海辺調査 3)中央環境審議会水環境部会 総量規制専門委員会(第5回 平成16年11月2日開催):資料8 水質総量規制の指定水域における湾灘別水域環境基礎データ集 4)環境省資料 5)国土交通省河川局編(2005):流量年表(平成14年)
図 2.2.1	農林水産統計年報(福岡県、佐賀県、長崎県、熊本県)
図 2.2.2	熊本県農林水産統計年報
図 3.1.1~ 図 3.1.4	環境省(2005年)「第15回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料-4 有明海・八代海への汚濁負荷の変遷について」
図 3.1.5~ 図 3.1.6	環境省(2006年)「第24回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料2-3 汚濁負荷の検討結果」
図 3.2.1~ 図 3.2.3	福岡捷二(2005)「第13回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料-3 有明海・八代海における河川の影響について」
図 3.2.4	大和田紘一,本城凡夫[八代海検討グループ](2006)「第23回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料-2-3 八代海に関する検討」 国土交通省河川局「流量年表」,気象庁ホームページを利用
表 3.2.1	宇野木早苗(2002):河川事業が沿岸環境へ与える影響を物理面から考える:海の研究 第11巻 第6号, pp.637-650
表 3.3.1	1)公共用水域水質調査(福岡県、佐賀県、長崎県、熊本県) 2)農林水産省農林水産技術会議事務局(2005)「研究成果432 有明海の海洋環境の変化が生物生産に及ぼす影響の解明」pp.19-20,47 3)山田真知子(2006)「第23回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料2-2-1 赤潮発生状況と水質の推移(有明海・八代海)」 4)研究代表者中田英昭(2006):有明海の環境変化が漁業資源に及ぼす影響に関する総合研究、p.30,78 5)農林水産省有明海ノリ不作等対策関係調査検討委員会(2003)「最終報告書-有明海の漁業と環境の再生を願って-」p.44 6)「有明海における干拓事業漁業被害原因裁定申請事件 専門委員報告書」(平成16年12月),p.76 7)平山泉(2005):八代海の環境の長期変動、月刊海洋、Vol37、No.1、pp.8-11
図 3.4.1	滝川清(2005)「第14回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料-3 有明海・八代海の底質環境について」
図 3.4.2	1)滝川清(2005)「第14回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料-3 有明海・八代海の底質環境について」 2)鎌田泰彦(1967):有明海の海底堆積物,長崎大学教育学部自然科学研究報告,第18号,pp.71-83 3)近藤寛,広瀬直子,樋口一成(2002):諫早湾調整池の淡水化と柱状堆積物の脂質組成(予報),長崎大学教育学部紀要 自然科学,第67号,pp.27-38 4)環境省(2005)「平成16年度有明海・八代海水環境調査報告書」 5)農林水産省農林水産技術会議事務局(2005)「研究成果432 有明海の海洋環境の変化が生物生産に及ぼす影響の解明」p.116
図 3.4.3	滝川清(2005)「第14回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料-3 有明海・八代海の底質環境について」
図 3.4.4	NPO みらい有明・不知火(2004)「くちぞこが観た八代海の風景」
表 3.5.1~ 表 3.5.2	気象庁(1974)「有明海・八代海海象調査報告書」
図 3.5.1	武岡英隆(2003):有明海におけるM <sub>2</sub> 潮汐の変化に関する論議へのコメント,沿岸海洋研究,第41巻,第1号,pp.61-64
図 3.5.2	農林水産省九州農政局(2003)「諫早湾干拓事業開門総合調査報告書」
図 3.5.3	滝川清,田淵幹修(2002):有明海の潮汐変動特性と沿岸構造物の影響,海岸工学論文集,第49巻,pp.1061-1065
図 3.5.4	農林水産省農林水産技術会議事務局(2005)「研究成果432 有明海の海洋環境の変化が生物生産に及ぼす影響の解明」,pp.13-16
図 3.5.5	宇野木早苗(2004):有明海の潮汐・潮流の変化に関わる科学的問題と社会的問題,沿岸海洋研究,第42巻,第1号,pp.85-94
図 3.5.6	農林水産省九州農政局(2003)「諫早湾干拓事業開門総合調査報告書」

図表番号	資料
表 3.5.3	1)宇野木早苗(2003):有明海の潮汐減少の原因に関する観測データの再解析結果,海の研究,第12巻,第3号,pp.307-312 2)灘岡和夫、花田岳(2002):有明海の潮汐振幅減少要因の解明と諫早堤防締め切りの影響,海岸工学論文集,第49巻,pp.401-405 3)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)藤原孝道、経塚雄策、濱田考治(2004):有明海における潮汐・潮流減少の原因について,海の研究,第13巻,第4号,pp.403-411
図 3.5.7	1)農林水産省水産庁、農林水産省農村振興局、経済産業省資源エネルギー庁、国土交通省河川局、国土交通省港湾局、環境省環境管理局(2003)「平成14年度国土総合開発事業調査費 有明海海洋環境調査報告書(概要版)」 2)気象庁「潮汐概況・潮汐観測原簿」
図 3.5.8～ 図 3.5.9	大和田紘一、本城凡夫[八代海検討グループ](2006)「第23回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料-2-3 八代海に関する検討」
図 3.5.10～ 図 3.5.11	小田巻実、大庭幸広、柴田宣昭(2003):有明海の潮流新旧比較観測結果について,海洋情報部研究報告,第39号,pp.33-61
図 3.5.12	1)独立行政法人水産総合研究センター 西海区水産研究所(2004)「第9回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料-2 行政特別研究 有明海の海洋環境の変化が生物生産に及ぼす影響の解明について」 2)独立行政法人水産総合研究センター 西海区水産研究所(2004)「第10回有明海・八代海総合調査評価委員会資料 参考 第9回有明海・八代海総合調査評価委員会」における行政特研報告への滝川委員の質問への回答」
図 3.5.13	農林水産省農村振興局(2004)「第8回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料-3 諫早湾干拓事業開門総合調査に係る補足説明」
図 3.5.14	灘岡和夫、花田岳(2002)「有明海の潮汐振幅減少要因の解明と諫早堤防締め切りの影響,海岸工学論文集,第49巻,pp.401-405」
図 3.5.15	西ノ首英之、小松利光、矢野真一郎、斎田倫範(2004)「諫早湾干拓事業が有明海の流動構造へ及ぼす影響の評価,海岸工学論文集,第51巻,第1号,pp.336-340」
図 3.5.16	千葉賢、武本行正(2002)「諫早湾潮受け堤防の影響評価のための潮位観測値の分析と流況数値解析,四日市大学環境情報論文,第5巻,第1・2号合併号,pp.39-70」
図 3.5.17	滝川清、田淵幹修(2002)「有明海の潮汐変動特性と沿岸構造物の影響,海岸工学論文集,第49巻,pp.1061-1065」
図 3.5.18	大和田紘一、本城凡夫[八代海検討グループ](2006)「第23回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料-2-3 八代海に関する検討」
図 3.6.1	水産庁(2004)「平成16年度 有明海貧酸素水塊広域連続観測調査について」貧酸素水塊ワーキング資料6
図 3.6.2～ 図 3.6.3	環境省、水産庁、九州農政局、(独)水産総合研究センター(2006)「第20回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料-4 17年度有明海貧酸素水塊広域連続観測結果概要及び18年度計画の概要」
図 3.6.4	平成15年度熊本県水産研究センター事業報告書(八代海漁場環境調査)
表 3.7.1	環境省(2003)「第3回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料-10 自然環境保全基礎調査結果の概要(有明海・八代海)」
図 3.7.1	大和田紘一、本城凡夫[八代海検討グループ](2006)「第23回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料-2-3 八代海に関する検討」
図 3.7.2	農林水産省九州農政局ホームページ「有明海と諫早湾の干拓の歴史」( <a href="http://www.kyushu.maff.go.jp/isahaya/outline/history.html">http://www.kyushu.maff.go.jp/isahaya/outline/history.html</a> )
図 3.8.1～ 図 3.8.3	本城凡夫(2004)「第12回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料-4 有明海・八代海における赤潮の発生について」
図 3.8.4	金大一、本城凡夫(2005):八代海における <i>Cochlodinium polykrikoides</i> の赤潮,月刊海洋,Vol137, No.1, pp.40-47
図 3.8.5～ 図 3.8.10	水産庁 九州漁業調整事務所「九州海域の赤潮」
図 4.2.1～ 図 4.2.2	環境省(2006年)「第24回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料3-2 有明海・八代海総合調査評価委員会 委員会報告骨子案(4、5章)」
図 4.3.1～ 図 4.3.3	伊藤史郎(2005)「第15回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料-3 有明海における二枚貝について」
図 4.3.4	独立行政法人水産総合研究センター 西海区水産研究所資料
図 4.3.5～ 図 4.3.6	伊藤史郎(2005)「第15回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料-3 有明海における二枚貝について」

図表番号	資料
図 4.3.7	山口敦子(2005)「第 17 回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料-3 有明海の魚類に関する最近の調査結果」
表 4.3.1	山口敦子(2004)「第 7 回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料-4 トビエイ類による二枚貝類の食害について」
図 4.3.8 ~ 図 4.3.9	伊藤史郎(2005)「第 15 回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料-3 有明海における二枚貝について」
図 4.3.10	農林水産省農林水産技術会議事務局(2005)「研究成果 432 有明海の海洋環境の変化が生物生産に及ぼす影響の解明」pp.103-107
表 4.3.2	熊本県作成資料
図 4.3.11	山本正昭(2005):アサリ漁場内の底質環境とその特性、水産総合研究センター研究報告、別冊第 3 号、pp.17-25
図 4.3.12 ~ 図 4.3.15	伊藤史郎(2005)「第 15 回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料-3 有明海における二枚貝について」
図 4.3.16 ~ 図 4.3.21	中田英昭[水産資源検討グループ](2005)「第 17 回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料-2 水産資源に関するとりまとめ(2) 主に魚類資源について」
図 4.3.22 ~ 図 4.3.23、 表 4.3.3	1) 古賀秀昭(1991):有明海北西海域の底質及び底生生物、佐賀県有明水産試験場研究報告、13 号、pp.57-79 2) 大隈斉, 江口泰蔵, 川原逸朗, 伊藤史郎(2001):有明海湾奥部の底質及びマクロベントス, 佐賀県有明水産振興センター研究報告、20 号, pp.55-62
表 4.3.4	大隈斉, 江口泰蔵, 川原逸朗, 伊藤史郎(2001):有明海湾奥部の底質及びマクロベントス, 佐賀県有明水産振興センター研究報告、20 号, pp.55-62
図 4.3.24	環境省(2005)「平成 16 年度有明海・八代海水環境調査報告書」
図 4.3.25 ~ 図 4.3.26	鬼頭鈞(2003)「第 6 回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料-2 有明海の海苔養殖」
図 4.3.27	佐賀県作成資料
図 4.3.28 ~ 図 4.3.29	鬼頭鈞(2003)「第 6 回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料-2 有明海の海苔養殖」
図 4.3.30 ~ 図 4.3.34、 表 4.3.5	大和田紘一, 本城凡夫[八代海検討グループ](2006)「第 23 回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料-2-3 八代海に関する検討」
図 4.3.35 ~ 図 4.3.37	熊本県作成資料
図 4.4.1	中田英昭(2006)「第 22 回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料-3 有明海の環境変化が漁業資源に及ぼす影響に関する総合研究の成果」
図 4.4.2	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」p18
図 4.4.3 ~ 図 4.4.5	中川康之(2003):有明海における底質輸送現象のモデル化、港湾空港技術研究所報告、第 42 巻、第 4 号、pp.25-42
図 4.4.6	横山勝英(2004):陸域からの土砂流出 - 筑後川における流砂環境の変容-、有明海・八代海研究者会議(公開シンポジウム)資料、PAGE.11-14
図 4.4.7	国土交通省作成資料
図 4.4.8	岡村和磨, 田中勝久, 木元克則, 清本容子(2005):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対比、海の研究、VOL.15、NO.2、PAGE.191-200
図 4.4.9	農林水産省九州農政局「環境モニタリング」
図 4.4.10	1)水産庁九州漁業調整事務所「九州海域の赤潮」 2)浅海定線調査(福岡県、佐賀県、熊本県)
表 4.4.1	「有明海における干拓事業漁業被害原因裁定申請事件 専門委員報告書」(平成 16 年 12 月)p.126
図 4.4.11 ~ 図 4.4.12	研究代表者中田英昭(2006):有明海の環境変化が漁業資源に及ぼす影響に関する総合研究、pp.27-31
図 4.4.13	水産庁九州漁業調整事務所「九州海域の赤潮」
表 4.4.2	農林水産省農林水産技術会議事務局(2005)「研究成果 432 有明海の海洋環境の変化が生物生産に及ぼす影響の解明」pp.76-83
図 4.4.14	農林水産省農林水産技術会議事務局(2005)「研究成果 432 有明海の海洋環境の変化が生物生産に及ぼす影響の解明」pp.37-42
図 4.4.15	環境省作成資料

# 有明海・八代海総合調査評価委員会 委員会報告書 別添資料

## - 目 次 -

別添資料 1	：有明海・八代海総合調査評価委員会 委員名簿	1
別添資料 2	：有明海・八代海総合調査評価委員会小委員会 委員名簿	2
別添資料 3	：有明海・八代海総合調査評価委員会及び小委員会の開催状況	3
別添資料 4	：有明海・八代海の流入負荷量及び排出負荷量（BOD、T-P）	7
別添資料 5	：汚濁負荷算定方法	9
別添資料 6	：有明海・八代海に流入する河川	11
別添資料 7	：河川（筑後川）からの土砂の持出し等	12
別添資料 8	：球磨川の砂利採取量	12
別添資料 9	：公共用水域水質測定 of 経年的傾向	13
別添資料 10	：有明海の底質の水平分布	19
別添資料 11	：有明海の水深分布	20
別添資料 12	：熊本沖の底質	21
別添資料 13	：大浦沖・諫早湾口の底質	22
別添資料 14	：有明海及び八代海の底質中の重金属の測定結果	23
別添資料 15	：有明海の底質中の有害化学物質・農薬の測定結果	24
別添資料 16	：ノリ養殖施設の影響	25
別添資料 17	：熊本港建設の影響	26
別添資料 18	：八代海の潮流	27
別添資料 19	：有明海湾奥部の干潟縁辺域における貧酸素水塊	29
別添資料 20	：八代海における溶存酸素の経年変化	30
別添資料 21	：有明海・八代海の海岸改変状況	31
別添資料 22	：熊本県の区分別海岸線延長と比率	31
別添資料 23	：八代海の内湾・浦湾、魚類養殖場の水質及び底質	32
別添資料 24	： <i>Cochlodinium polykrikoides</i> の赤潮発生頻度	34
別添資料 25	： <i>Cochlodinium polykrikoides</i> の赤潮発生状況	34
別添資料 26	： <i>Cochlodinium polykrikoides</i> の増殖応答	35
別添資料 27	： <i>Cochlodinium polykrikoides</i> 分布拡大図（2000年 八代海）	35
別添資料 28	：有明海の赤潮原因種の休眠期細胞分布	36
別添資料 29	：八代海における赤潮原因種の休眠期細胞分布	37
別添資料 30	：有明海における赤潮原因プランクトン別漁業被害	38
別添資料 31	：八代海における赤潮原因プランクトン別漁業被害	43
別添資料 32	：タイラギ成貝の生息量調査結果	45
別添資料 33	：タイラギ稚貝の密度	45
別添資料 34	：基質の違いによるタイラギ浮遊幼生の着底	46
別添資料 35	：覆砂効果実証試験結果	47
別添資料 36	：有明海北西部の底質調査結果	48
別添資料 37	：タイラギの漁獲努力量（大浦漁協）	49
別添資料 38	：熊本県のアサリ漁獲量	49

別添資料 39	：アサリ資源と漁獲との関係について	50
別添資料 40	：熊本県緑川河口の干潟調査地点	51
別添資料 41	：干潟のマンガン濃度とアサリの生物量の関係	52
別添資料 42	：クルマエビの産卵場所と稚エビの出現場所	52
別添資料 43	：ノリ酸処理剤の魚類への影響試験結果	53
別添資料 44	：硬骨魚類、軟骨魚類の季節別漁獲量割合	54
別添資料 45	：有明海北西部の底質環境と底生動物の調査地点	55
別添資料 46	：有明海北西部における多毛類、甲殻類の調査結果	55
別添資料 47	：2000 年以降の有明海の底生生物調査結果	56
別添資料 48	：ノリの主な病気	59
別添資料 49	：潜水坪刈調査による海域別平均湿重量の比較	59
別添資料 50	：底面付近の SS 濃度と潮汐の関係	60
別添資料 51	：流速出現頻度と浮泥の堆積状況	60
別添資料 52	：潮流と底質の関係	61
別添資料 53	：筑後川流域の土砂動態	62
別添資料 54	：筑後川感潮域における土砂動態	62
別添資料 55	：緑川における砂利採取量、ダム堆砂量	63
別添資料 56	：諫早湾内の底質 (COD) の状況	64
別添資料 57	：表層堆積物中の有機炭素安定同位対比 ( $\delta^{13}C$ ) の分布	65
別添資料 58	：諫早湾における浮泥量調査結果	65
別添資料 59	：佐賀県海域の夏季 DO 濃度の経年変化	66
別添資料 60	：有明海湾奥部の底質の経年変動	67
別添資料 61	：ノリ酸処理剤の底質への移行	68
別添資料 62	：有明海の植物プランクトンの増殖速度	69
別添資料 63	：有明海における珪藻赤潮の発生日数	70
別添資料 64	：有明海の平均透明度の状況	71
別添資料 65	：主要河川の平均流量の経年変化	72
別添資料 66	：Chattonella 属と鉄との関係	73
別添資料 67	：潮汐と Chattonella 赤潮等との関係	74
別添資料 68	：筑後川からの SS の負荷量と有明海湾口部の塩分	75
別添資料 69	：八代海における Skeletonema costatum (珪藻) の増殖速度	76
別添資料 70	：八代海における平均透明度の状況	77
別添資料 71	：冬季の珪藻赤潮の平均赤潮確認日数と平均水温の推移	77
別添資料 72	：八代海における平均赤潮確認日数と平均透明度の推移	78
別添資料 73	：有明海における富栄養度指数の経年変化	79
別添資料 74	：有明海における仔魚分布	79
別添資料 75	：諫早干拓調整池からの負荷量	80
別添資料 76	：佐賀県におけるノリ養殖生産期間について	80

別添資料1：有明海・八代海総合調査評価委員会 委員名簿

表 1 有明海・八代海総合調査評価委員会 委員名簿

(平成18年4月1日現在、五十音順)

氏名	職名
相生 啓子	元東京大学海洋研究所助手
荒牧 軍治(委員長代理)	佐賀大学理工学部教授
伊藤 史郎	佐賀県生産振興部水産課副課長
大和田 紘一	熊本県立大学環境共生学部長
岡田 光正	広島大学理事・副学長
楠田 哲也	公立大学法人北九州市立大学大学院国際環境工学研究科教授
小松 利光	九州大学大学院工学研究院教授
三本菅善昭	前独立行政法人水産大学校理事長
須藤 隆一(委員長)	生態工学研究所代表
清野 聡子	東京大学大学院総合文化研究科助手
滝川 清	熊本大学沿岸域環境科学教育研究センター教授
中田 英昭	長崎大学水産学部長
原 武史	社団法人日本水産資源保護協会総括参与
福岡 捷二	中央大学研究開発機構教授
細川 恭史	独立行政法人港湾空港技術研究所理事
本城 凡夫	九州大学大学院農学研究院教授
森下 郁子	社団法人淡水生物研究所所長
山口 敦子	長崎大学水産学部助教授
山田真知子	公立大学法人福岡女子大学人間環境学部環境理学科教授
山本 智子	鹿児島大学水産学部助手
菊池 泰二(臨時委員)	元九州ルーテル学院大学人文学部教授

別添資料2：有明海・八代海総合調査評価委員会小委員会 委員名簿

表 2 有明海・八代海総合調査評価委員会小委員会 委員名簿

(五十音順)

区分	氏名	職名
委員	荒牧 軍治(委員長)	佐賀大学工学部教授
	須藤 隆一	生態工学研究所代表
	本城 凡夫	九州大学大学院農学研究院教授
専門委員	荒木 宏之	佐賀大学低平地研究センター長
	本田 清一郎(平成 15 年度) 内場 澄夫(平成 16～17 年度) 小林 信(平成 18 年度)	福岡県水産海洋技術センター所長
	川野 田寛夫	大分大学教育福祉科学部教授
	前田 和宏(平成 15 年度) 古賀 吾一(平成 16～18 年度)	鹿児島県水産技術開発センター所長 (旧鹿児島県水産試験場)
	小坂 安廣(平成 15～17 年度) 濱口 博彦(平成 18 年度)	長崎県総合水産試験場場長
	伊勢田 弘志(平成 15 年度) 堤 泰博(平成 16～17 年度) 岩下 徹(平成 18 年度)	熊本県水産研究センター所長
	中村 武弘	長崎大学環境科学部教授
	白島 勲(平成 15 年度) 野口 敏春(平成 16～18 年度)	佐賀県有明水産振興センター所長
	弘田 禮一郎	熊本大学名誉教授

別添資料3：有明海・八代海総合調査評価委員会及び小委員会の開催状況

表 3(1) 有明海・八代海総合調査評価委員会開催状況

	主な報告内容
第1回 (H15.2.7 開催)	1)「有明海及び八代海を再生するための特別措置に関する法律」等について <環境省> 2)有明海及び八代海の水環境の状況について<環境省> 3)有明海及び八代海の漁業・養殖業等の状況について<農林水産省水産庁>
第2回 (H15.3.24 開催)	1)有明海の現状について - 13年度調査と過去の資料の解析を踏まえて<農林水産省水産庁> 2)八代海域における環境保全のあり方について<国土交通省九州地方整備局、弘田禮一郎熊本大学名誉教授>
第3回 (H15.6.9 開催)	1)有明海及び八代海の再生に係る評価に必要な調査について<環境省> 2)自然環境保全基礎調査結果について<環境省>
第4回 (H15.9.25 開催)	1)有明海及び八代海に係るヒアリング
第5回 (H15.10.27 開催)	1)八代海における環境と生物の動態について<大和田委員、菊池委員(当時)、本城委員、弘田専門委員> 2)有明海において諫早湾の果たす水理学的役割について<小松委員> 3)有明海の海域環境の変動特性について<滝川委員> 4)有明海的环境変化が漁業資源に及ぼす影響に関する総合研究について<中田英昭教授(長崎大学水産学部)>
第6回 (H15.11.10 開催)	1)有明海におけるノリ養殖について<鬼頭委員(当時)> 2)富栄養化の進行していない有明海奥部海域で大規模な赤潮が起きるメカニズムについて<堤裕昭教授(熊本県立大学環境共生学部教授)> 3)有明海における水質変動の支配要因について<磯部雅彦教授(東京大学大学院)>
第7回 (H16.1.26 開催)	1)有明海島原半島沿岸部における流況の定点観測について<小松委員> 2)有明海北部海域のタイラギ資源の減少とアゲマキの大量死について<伊藤委員> 3)トビエイ類による二枚貝類の食害について<山口委員> 4)有明海海域環境調査(国土総合開発事業調整費調査)について<農林水産省水産庁> 5)諫早湾干拓事業開門調査報告書について<農林水産省農村振興局> 6)中・長期開門調査検討会議報告書について<農林水産省農村振興局> 7)有明海北東部漁場における貧酸素水塊の発生について<福岡県> 8)基礎的データ集について<環境省>
第8回 (H16.3.22 開催)	1)有明海海域環境調査について(質問等への回答)<農林水産省水産庁> 2)諫早湾干拓事業開門総合調査について(補足説明)<農林水産省農村振興局> 3)有明海の漁業生産及び漁場環境に関する調査の結果について<農林水産省水産庁> 4)小委員会の作業結果の報告等<荒牧小委員会委員長> 5)有明海貧酸素水塊広域連続観測調査について<農林水産省、環境省> 6)有明海・八代海再生方策検討調査について<環境省> 7)有害赤潮動向調査について<長崎県> 8)環境適応型ノリ養殖対策試験について<熊本県>
第9回 (H16.5.19 開催)	1)行政対応特別研究「有明海の海洋環境の変化が生物生産に及ぼす影響の解明」について<独立行政法人水産総合研究センター西海区水産研究所> 2)有明海等環境情報・研究ネットワークについて<農林水産省水産庁> 3)平成15年に有明海で発生した粘質状浮遊物について<独立行政法人水産総合研究センター西海区水産研究所> 4)有明海における資源生物生産と環境に関する調査について<農林水産省水産庁> 5)有明海における公共用水域水質測定結果について<環境省>

表 3(2) 有明海・八代海総合調査評価委員会開催状況

	主な報告内容
	6) 有明海水環境調査結果について<環境省> 7) 福岡県有明海地先底泥中における珪藻休眠期細胞の分布と消長について<福岡県> 8) タイラギ浮遊幼生の飼育と着底について<佐賀県> 9) 諫早湾におけるタイラギ移植試験について<長崎県> 10) シャットネラ赤潮予察調査事業について<長崎県> 11) アサリの資源管理に関する研究について<熊本県>
第 10 回 (H16.6.23 開催)	1) 有明海・八代海の環境等に関する問題点とその原因・要因として指摘されている事項について<岡田委員> 2) 中・長期開門調査検討会議について<農林水産省農村振興局> 3) 第 9 回有明海・八代海総合調査評価委員会における行政特研報告への滝川委員の質問への回答<独立行政法人水産総合研究センター西海区水産研究所> 4) マクロベントスのデータ整理(第 9 回評価委員会において指摘された事項への対応)<環境省>
第 11 回 (H16.8.23 開催)	1) 有明海・八代海の環境等に関する問題点とその原因・要因として指摘されている事項について<岡田委員> 2) 小委員会における作業の状況<荒牧小委員会委員長> 3) 有明海の環境変化の仕組みの更なる解明のための調査について<農林水産省農村振興局> 4) 有明海・八代海研究者会議の取り組みの紹介<楠田委員>
第 12 回 (H16.12.6 開催)	1) 有明海・八代海の環境等に関する問題点とその原因・要因として指摘されている事項について<岡田委員> 2) 有明海・八代海における赤潮の発生について<本城委員> 3) 有明海・八代海に関する情報項目一覧表(案)について<環境省> 4) 小委員会における作業について<荒牧小委員会委員長> 5) 平成 16 年度・有明海貧酸素水塊広域連続観測調査について<独立行政法人水産総合研究センター西海区水産研究所>
第 13 回 (H17.4.12 開催)	1) 有明海・八代海における赤潮の発生について<環境省> 2) 有明海・八代海における河川の影響について<福岡委員> 3) 小委員会における作業について<荒牧小委員会委員長> 4) 有明海の漁業生産及び漁場環境に関する補完調査について<農林水産省水産庁> 5) 諫早湾におけるタイラギ移植試験について<長崎県> 6) 諫早湾内の小長井町釜地区干潟の貧酸素化について<長崎県> 7) 新たなアサリ増殖手法への取り組みについて<熊本県>
第 14 回 (H17.6.16 開催)	1) 有明海・八代海における河川の影響に対する指摘事項への回答<福岡委員> 2) 有明海・八代海における河川の影響について<環境省> 3) 有明海・八代海における底質環境について<滝川委員> 4) 有明海・八代海における底生生物について<菊池臨時委員> 5) 有明海の再生に向けての調査(平成 16 年度の結果の概要)について<農林水産省農村振興局> 6) 干潟等沿岸海域再生調査結果について<熊本県>
第 15 回 (H17.9.12 開催)	1) 有明海・八代海における底質環境について<環境省> 2) 有明海・八代海における底生生物について<環境省> 3) 有明海・八代海における貧酸素水塊について<環境省> 4) 有明海における二枚貝について<伊藤委員[水産資源検討グループ]> 5) 有明海・八代海への汚濁負荷の変遷について<環境省>
第 16 回 (H17.11.2 開催)	1) 有明海における二枚貝について<環境省> 2) 有明海・八代海への汚濁負荷の変遷について<環境省> 3) 有明海における潮位・潮流について<細川委員[潮流・潮汐ワーキング]>
第 17 回 (H17.12.12 開催)	1) 水産資源に関するとりまとめ(2)主に漁業資源について<中田委員[水産資源検討グループ]>

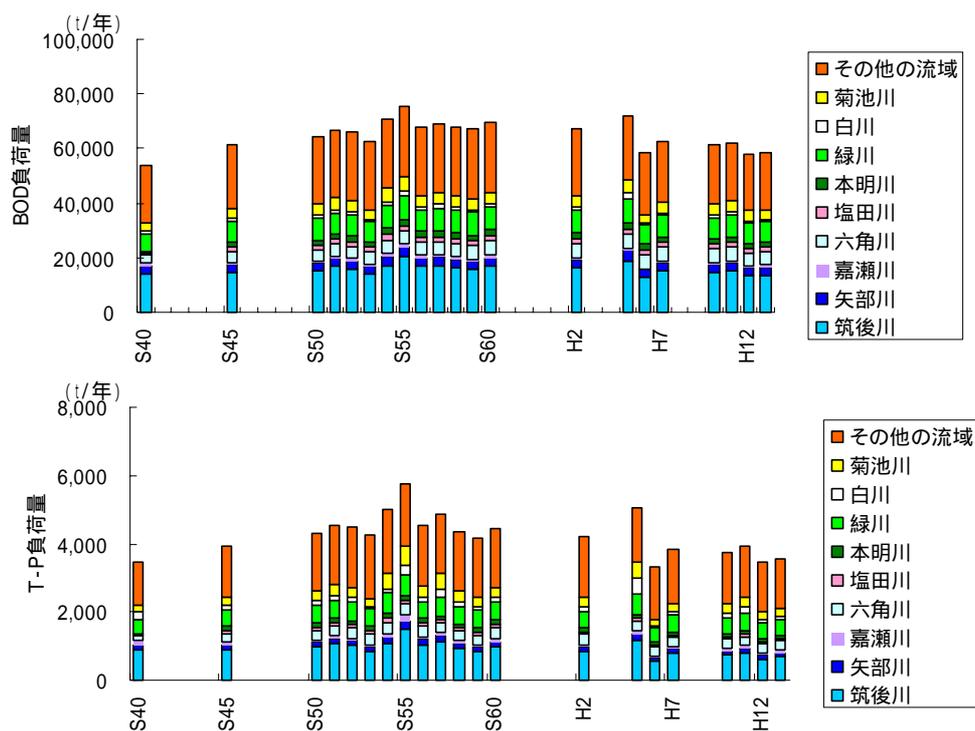
表 3(3) 有明海・八代海総合調査評価委員会開催状況

	主な報告内容
	2) 有明海の魚類に関する最近の調査報告 < 山口委員 [水産資源検討グループ] > 3) 有明海潮流に関する最近の成果 < 小松委員 > 4) 「有明海の生態系再生をめざして」(日本海洋学会・海洋環境問題委員会編)の紹介 < 佐々木克之氏 (元中央水産研究所海洋生産部) >
第 18 回 (H18.1.30 開催)	1) 小委員会における作業について < 荒牧小委員会委員長 > 2) 中間取りまとめ(素案)について < 環境省 > 3) 国内外の他の閉鎖性海域における取り組みについて < 細川委員 >
第 19 回 (H18.2.23 開催)	1) 中間取りまとめ(案)について < 環境省 > 2) 問題点と原因・要因との関連に関する今後の作業の方向性(試案)について < 岡田委員 >
第 20 回 (H18.4.28 開催)	1) 問題点と原因・要因の検証(試案)について < 岡田委員 > 2) 中間取りまとめに対するパブリック・コメント < 環境省 > 3) 平成 17 年度有明海貧酸素水塊広域連続観測結果概要及び平成 18 年度計画の概要 < 独立行政法人水産総合研究センター西海区水産研究所 > 4) 有明海改善のための実証試験について < 農林水産省水産庁 >
第 21 回 (H18.6.29 開催)	1) 問題点と原因・要因の検証(試案・修正中)について < 岡田委員 > 2) 小委員会の作業について < 荒牧小委員会委員長 > 3) 環境変化の仕組の更なる解明のための調査-平成 17 年度調査結果の概要-< 農林水産省農村振興局 > 4) 熊本県: 有明海・八代海干潟等沿岸海域再生検討委員会 ~ 有明海・八代海干潟等沿岸海域の再生に向けて ~ < 滝川委員 >
第 22 回 (H18.8.24 開催)	1) 問題点と原因・要因の検証(試案)について < 岡田委員 > 2) 底質の泥化、有機物・硫化物増加に関する知見の整理(作業中)について < 環境省 > 3) 有明海の環境変化が漁業資源に及ぼす影響に関する総合研究の成果 < 中田委員 > 4) 佐賀大学有明海総合研究プロジェクト < 荒牧委員、佐賀大学速水助教授 >
第 23 回 (H18.9.27 開催)	1) 水産資源グループによる検討内容 < 中田委員 [水産資源検討グループ] > 2) 赤潮発生状況と水質の推移 < 山田委員 [赤潮検討グループ] > 3) 赤潮の発生件数の増加・大規模化に関する知見の整理、検討 < 本城委員、環境省 [赤潮検討グループ] > 4) 八代海に関する検討 < 大和田委員 [八代海グループ] > 5) 再生への取り組み ~ 現地試験と再生策の検討 ~ < 滝川委員 > 6) 有明海生物生息環境の俯瞰型再生と実証試験 < 楠田委員 > 7) 委員会報告目次案 < 環境省 >
第 24 回 (H18.10.25 開催)	1) 潮流潮汐 WG の検討結果 < 細川委員 [潮流潮汐ワーキンググループ] > 2) 問題点と原因・要因の検証について(アサリ) < 菊池臨時委員 > 3) 汚濁負荷の検討結果 < 環境省 > 4) 諫早湾の状況整理 < 環境省 > 5) 委員会報告書骨子案について < 環境省 >
第 25 回 (H18.11.29 開催)	1) 委員会報告案について < 環境省 > 2) 有明海の潮流パターンならびに物質輸送の変化 < 小松委員 >
第 26 回 (H18.12.20 開催)	1) 委員会報告案について < 環境省 > 2) 委員会報告案に対するパブリック・コメント < 環境省 >

表 3(4) 有明海・八代海総合調査評価委員会小委員会開催状況

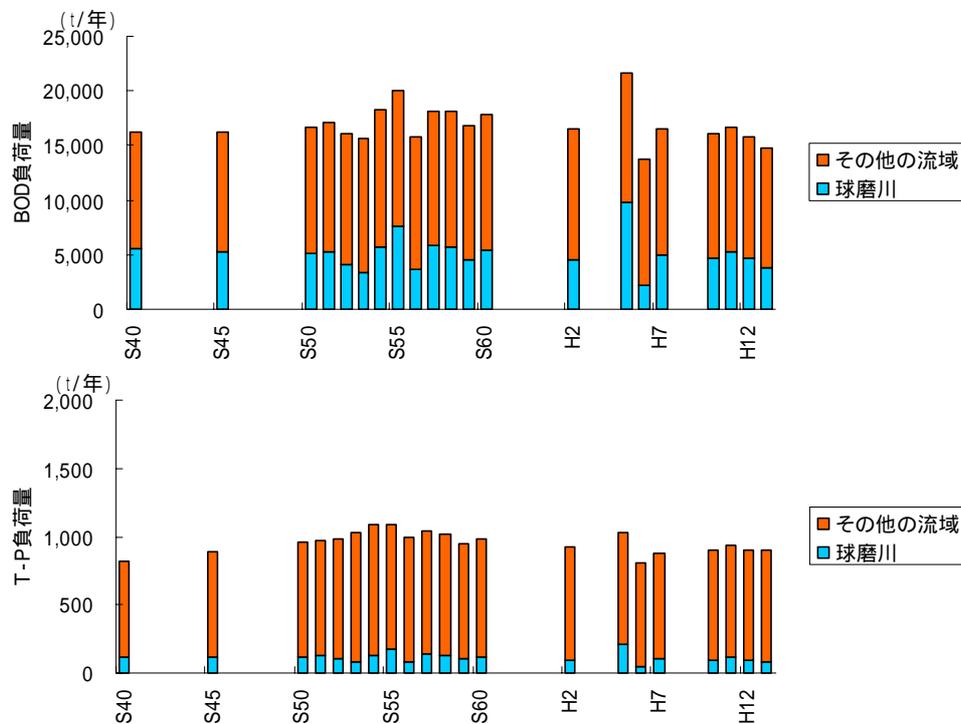
	主な報告内容
第 1 回 (H15.5.14 開催)	1) 小委員会の設置について 2) 小委員会の作業について
第 2 回 (H16.2.10 開催)	1) 調査研究に関する文献概要リスト(案)について 2) 今後の作業について
第 3 回 (H16.3.11 開催)	1) 調査研究に関する文献概要リスト一覧表について 2) 調査研究に関する文献シート(案)について 3) 大学等による調査研究に関する情報の収集・整理(案)
第 4 回 (H16.7.13 開催)	小委員会の今後の作業の進め方について
第 5 回 (H16.11.15 開催)	1) 昨年度からの継続作業について 2) 新たに追加された文献について
第 6 回 (H17.6.24 開催)	1) 平成 16 年度の作業の評価委員会への反映について 2) 平成 17 年度の作業の進め方について
第 7 回 (H17.12.22 開催)	1) 平成 16 年 7 月～平成 17 年 5 月までの発表文献について 2) 小委員会の今後の作業の進め方について
第 8 回 (H18.5.18 開催)	1) 平成 17 年 6 月～平成 17 年 12 月までの発表文献について 2) 問題点と原因・要因の検証について
第 9 回 (H18.9.11 開催)	1) 問題点と原因・要因との関連に関する検討 2) アサリ、タイラギに関する検討 3) 底質の泥化、有機物・硫化物増加に関する検討

別添資料4：有明海・八代海の流入負荷量及び排出負荷量（BOD、T-P）



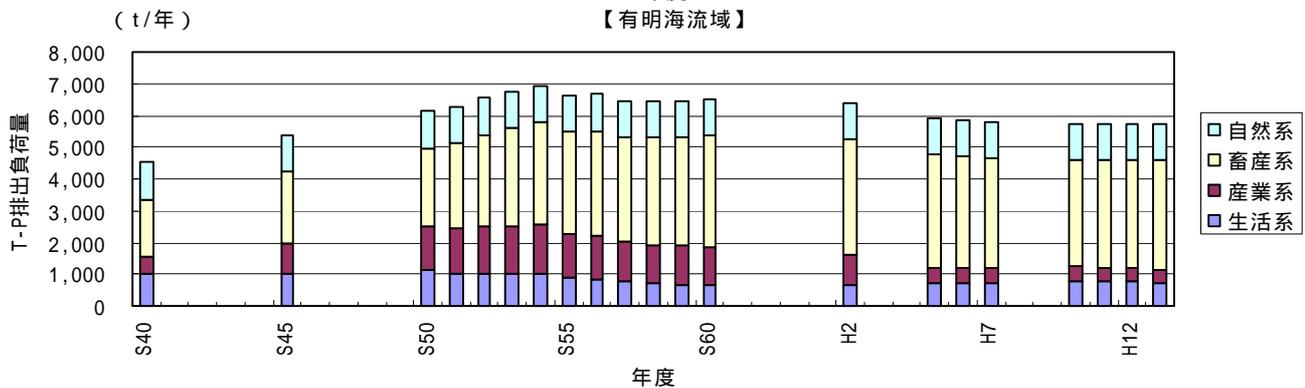
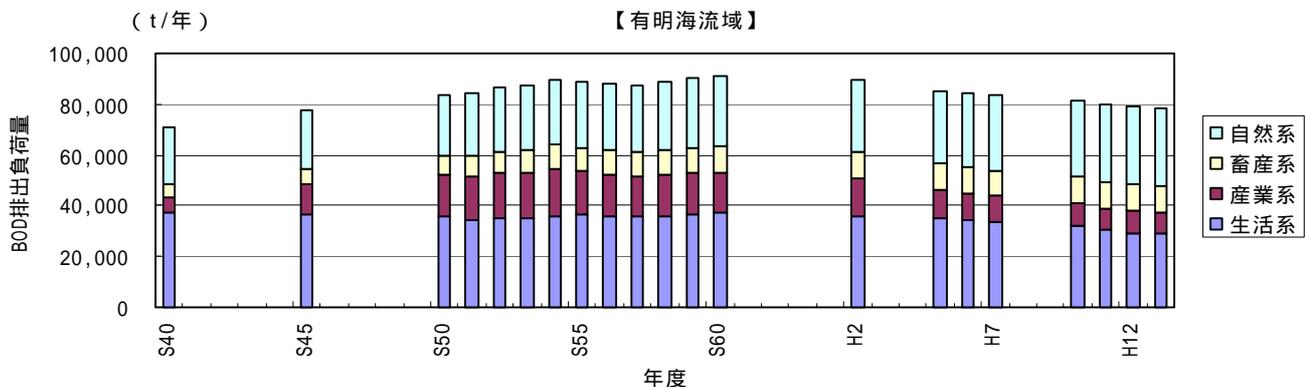
出典：環境省（2005年）「第15回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料-4 有明海・八代海への汚濁負荷の変遷について」

図1 有明海流域の流入負荷量の変遷：BOD、T-P



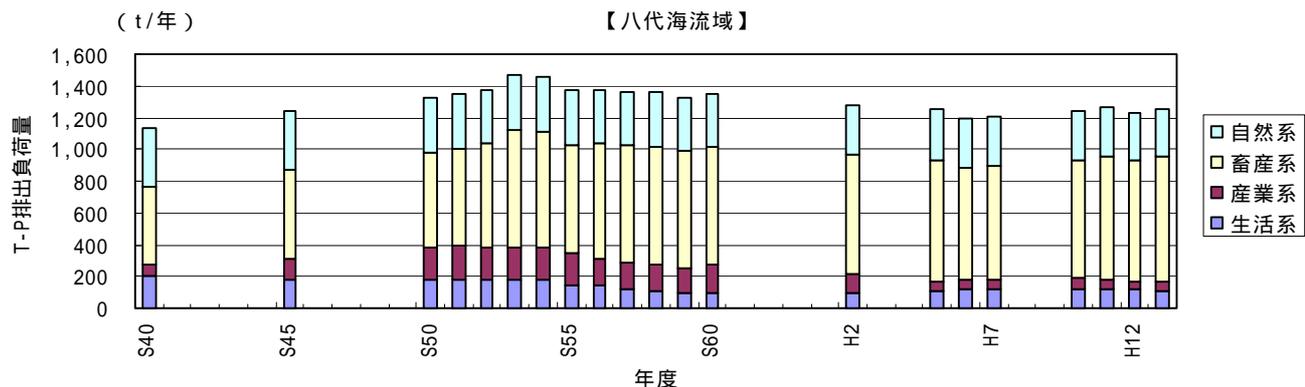
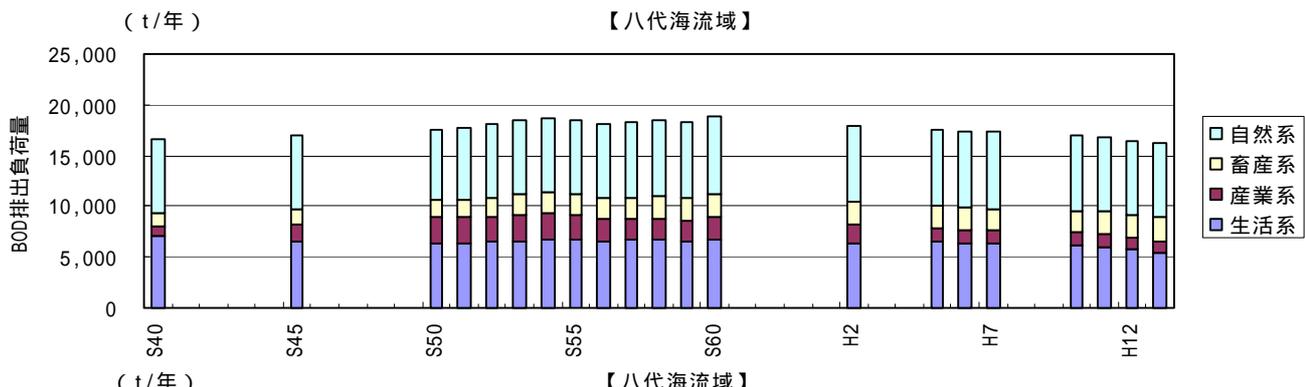
出典：環境省（2005年）「第15回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料-4 有明海・八代海への汚濁負荷の変遷について」

図2 八代海流域の流入負荷量の変遷：BOD、T-P



出典：環境省（2005年）「第15回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料-4 有明海・八代海への汚濁負荷の変遷について」

図3 有明海流域の排出負荷量の変遷：BOD、T-P



出典：環境省（2005年）「第15回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料-4 有明海・八代海への汚濁負荷の変遷について」

図4 八代海流域の排出負荷量の変遷：BOD、T-P

## 別添資料5：汚濁負荷算定方法

### 1．汚濁負荷量の算定項目

海域への汚濁負荷量の算定項目は、COD、T-N 及び T-P とした。

### 2．汚濁負荷量の算定年度

海域への汚濁負荷量の算定年度は、「第 15 回有明海・八代海総合調査評価委員会（平成 17 年 9 月 2 日開催）」で報告した陸域からの流入負荷量の算定年度と同様とした。算定年度は表 4 に示すとおりであり、21 カ年とした。

表 4 海域への汚濁負荷量の算定年度

年度	算定年度	年度	算定年度	年度	算定年度	年度	算定年度
昭和 40		昭和 50		昭和 60		平成 7	
昭和 41		昭和 51		昭和 61		平成 8	
昭和 42		昭和 52		昭和 62		平成 9	
昭和 43		昭和 53		昭和 63		平成 10	
昭和 44		昭和 54		平成元		平成 11	
昭和 45		昭和 55		平成 2		平成 12	
昭和 46		昭和 56		平成 3		平成 13	
昭和 47		昭和 57		平成 4		/	
昭和 48		昭和 58		平成 5			
昭和 49		昭和 59		平成 6			

### 3．海域への汚濁負荷量の算定方法

#### 3.1 陸域からの流入負荷量

一級河川と塩田川の水質基準点より上流域については L-Q 式、その他の流域については原単位法で算定した。

注) 算定で用いた原単位は、平成 13 年度と平成 14 年度に実施した「国土総合開発事業調整費 有明海海域環境調査」(農林水産省 水産庁、農林水産省 農村振興局、経済産業省 資源エネルギー庁、国土交通省 河川局、国土交通省 港湾局、環境省 環境管理局)で用いられた原単位をベースにしている。

#### 3.2 海域への直接汚濁負荷量

##### 3.2.1 海域への直接汚濁負荷源の分類

降雨による負荷

ノリ養殖で使用する酸処理剤による負荷

ノリ養殖で使用する施肥による負荷

魚類養殖の飼料による負荷

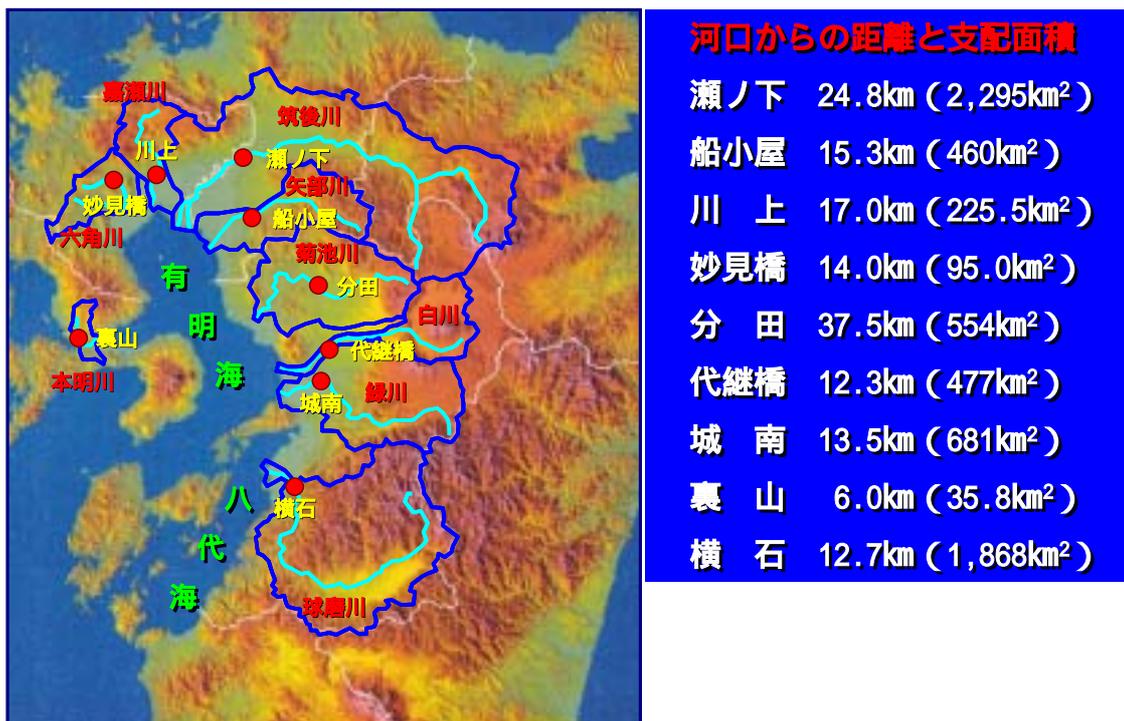
底質からの溶出による負荷

### 3.2.2 海域への直接汚濁負荷量の算定方法

表 5 海域への直接汚濁負荷量の算定方法

汚濁負荷源	算定方法
降雨	<p>負荷量=年間平均降水量×海面面積×単位体積当たりの負荷量            年間平均降水量：有明海、八代海の各沿岸域の気象観測所の各年の降水量の平均。            海面面積：有明海 1,700km<sup>2</sup>、八代海 1,200km<sup>2</sup>            単位体積当たりの負荷原単位：「流域別下水道整備総合計画調査指針と解説（平成 11 年版）」の降雨の原単位と有明海、八代海の各沿岸域の気象観測所の平年値から導いた負荷量</p>
ノリ養殖（酸処理剤）	<p>負荷量=酸処理剤の使用量（ton/年）×COD、T-N 及び T-P の含有率            酸処理剤の使用量：            関係県より入手（使用量が不明な年度については、酸処理剤の使用量がノリ収穫量に依存すると仮定して試算）            酸処理剤の COD、T-N 及び T-P の含有率：            関係県から入手した情報、有明海ノリ不作等対策関係調査検討委員会及び既存資料をもとに設定</p>
ノリ養殖（施肥）	<p>【佐賀県で平成 10 年度より実施：T-N のみ】            佐賀県資料を基に設定。但し、使用量が不明な平成 10 年度はノリの収穫量より推定</p>
魚類養殖の飼料	<p>【T-N、T-P のみ】            負荷量 = 配合飼料投餌量 × (配合飼料の窒素、燐含有量) + 生餌投餌量 × (生餌の窒素、燐含有量) - 魚類収穫量 × (魚体中の窒素、燐含有量)</p> <p>魚類収穫量：農林水産統計年報（ブリ、たい類、その他魚類）            配合飼料投餌量、生餌投餌量：            みかけの増肉係数、配合飼料と生餌の比率（平成 14 年データ）及び魚類収穫量から試算。なお、昭和 40 年～60 年は全て生餌給餌と仮定して試算（生餌 = 配合飼料 × 4 で試算）。            みかけの増肉係数：環境省資料、既存資料をもとに設定            生餌、配合飼料の窒素・燐の含有率：環境省資料            魚類の窒素・燐の含有率：環境省資料</p>
底質からの溶出	<p>【T-N、T-P のみ】            環境省調査（有明海、八代海での底質からの溶出調査）から算出</p>

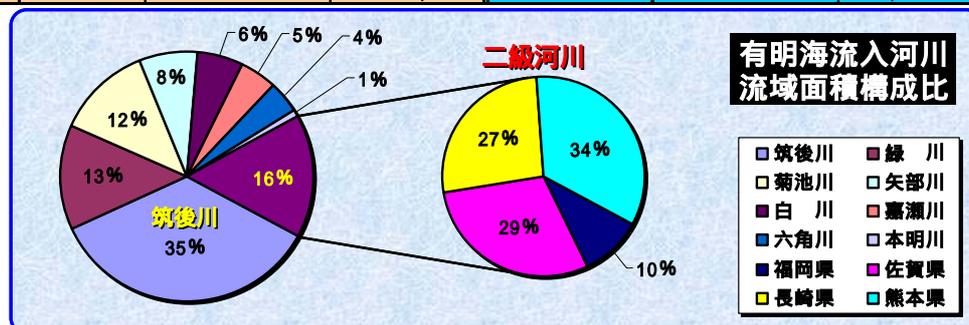
別添資料6：有明海・八代海に流入する河川



出典：福岡捷二（2005）「第13回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料-3 有明海・八代海における河川の影響について」

図5 有明海、八代海の流域図

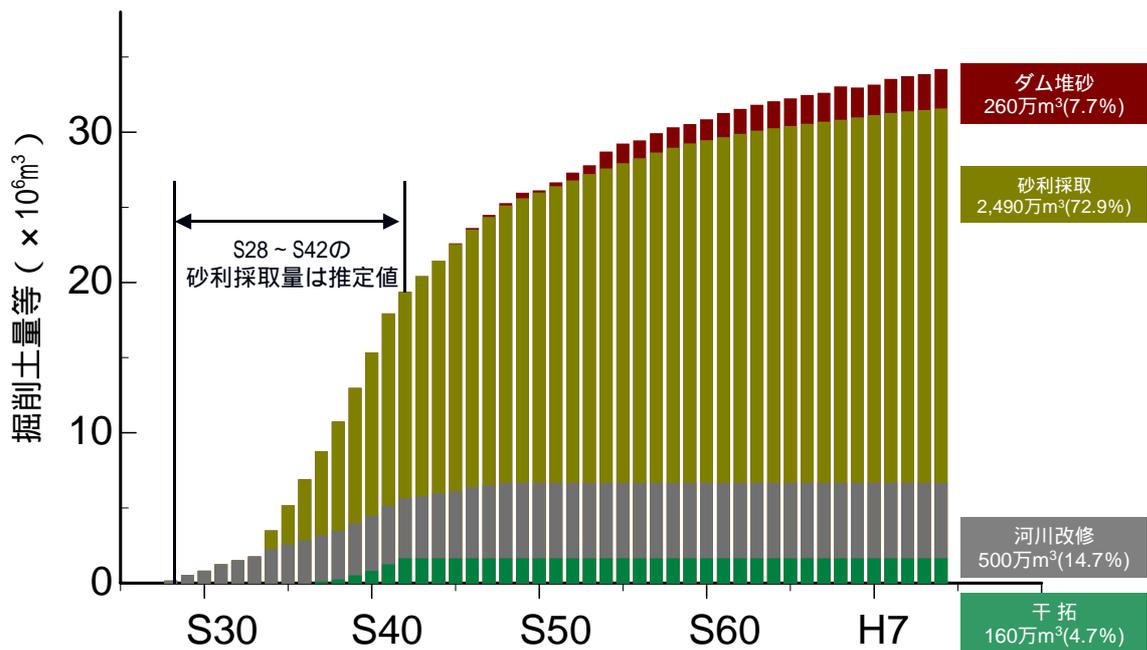
種別	名称等	流域面積 (km <sup>2</sup> )	種別	名称等	流域面積 (km <sup>2</sup> )
一級河川	筑後川	2,860	二級河川	福岡県(4河川)	1,303.91
	緑川	1,100		有明海流入104河川	
	菊池川	996		八代海流入46河川	
	矢部川	620		熊本県(24河川)	
	白川	480	熊本県(42河川)	1,091.08	
	嘉瀬川	368	鹿児島県(4河川)		
	六角川	341	有明海	112河川	8,155.91
	本明川	87	八代海	47河川	2,971.08
八代海流入	球磨川	1,880	合計	159河川	11,126.99



出典：福岡捷二（2005）「第13回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料-3 有明海・八代海における河川の影響について」

図6 有明海、八代海の流入河川の流域面積等

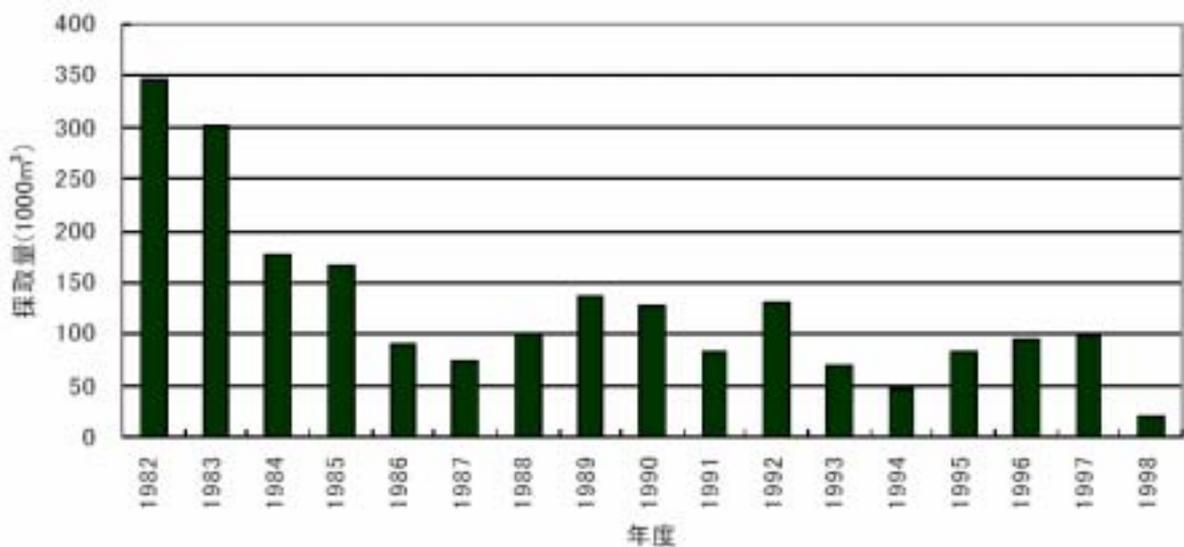
別添資料7：河川（筑後川）からの土砂の持出し等



出典：福岡捷二（2005）「第13回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料-3 有明海・八代海における河川の影響について」

図7 河川（筑後川）からの土砂の持出し等

別添資料8：球磨川の砂利採取量



出典：八代海域調査委員会（2003）「八代海域における環境保全のあり方について（資料）」p.58

図8 球磨川における砂利採取量の推移

別添資料9：公共用水域水質測定 of 経年的傾向

表 6 回帰分析結果：有明海

	水温	塩分	COD	T-N	T-P	SS	透明度
St.7(福岡)	+	+	+	-	-	-	
St.9(福岡)	+	+	+	-	-	-	
St.1(熊本)	+		-				+
St.7(熊本)	+		-				+
St.9(熊本)	-		+				-
瀬詰崎沖(長崎)	+	+	-		+		+
島原沖(長崎)	-	+	+		-		-
A-2(佐賀)		+	+	-	+	-	
B-2(佐賀)		+	-	-	+	-	
B-3(佐賀)		+	-	-	+	-	

表 7 回帰分析結果 (データが 1990 年前後からしかないもの): 有明海

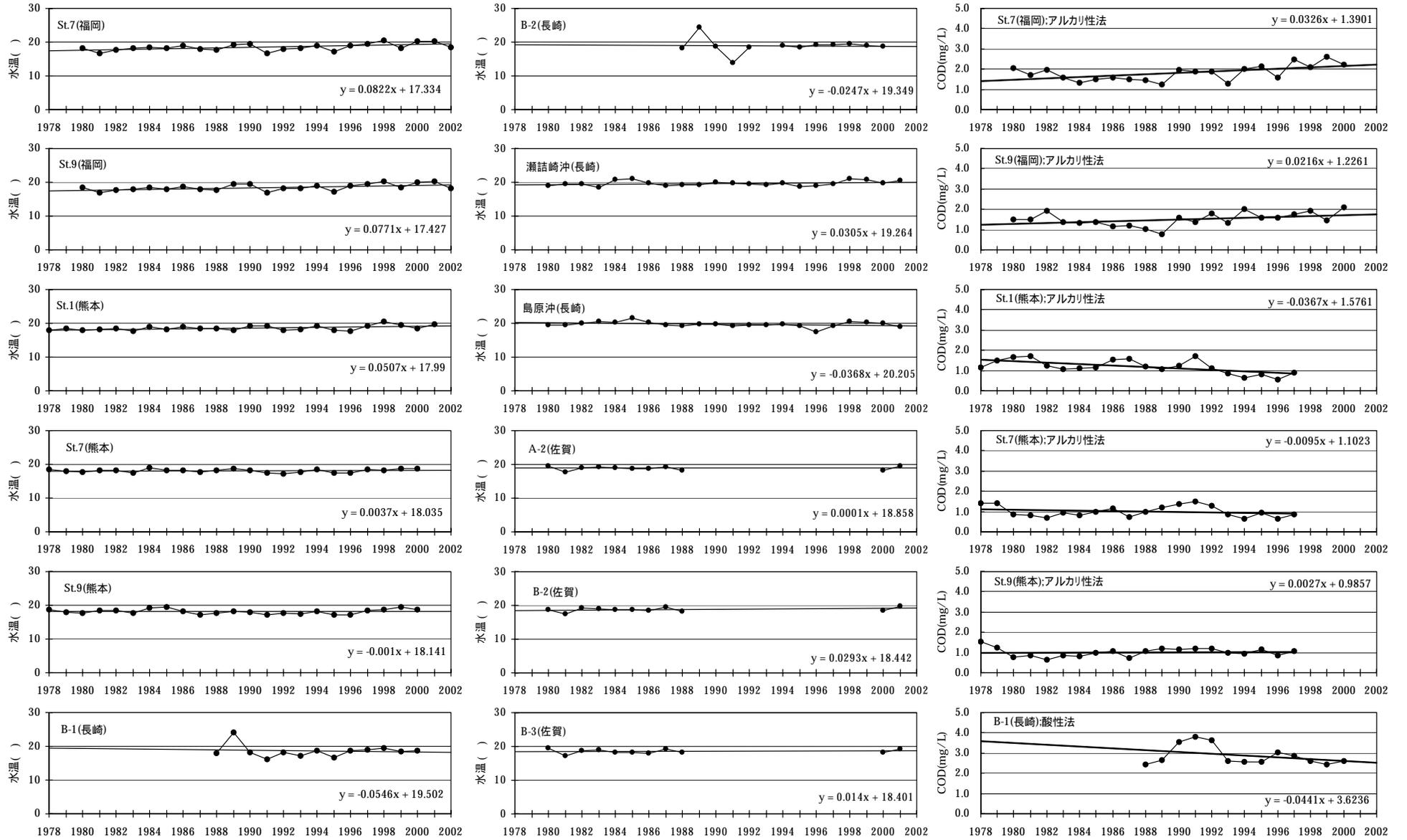
	水温	塩分	COD	T-N	T-P	SS	透明度
St.1(熊本)				-	-		
St.7(熊本)				-	-		
St.9(熊本)				-	-		
B-1(長崎)	-	+	-	-	-		
B-2(長崎)	-	+	-	-	-		
瀬詰崎沖(長崎)				+			
島原沖(長崎)				+			
A-2(佐賀)	+						
B-2(佐賀)	+						
B-3(佐賀)	+						

注) 1. 、 で網掛けしている項目は、有意水準 5%で有意な変化傾向が認められたことを示す。 / はデータがないものを示す。

2. 回帰直線の傾きがプラスの場合”+”、マイナスの場合”-”とする。

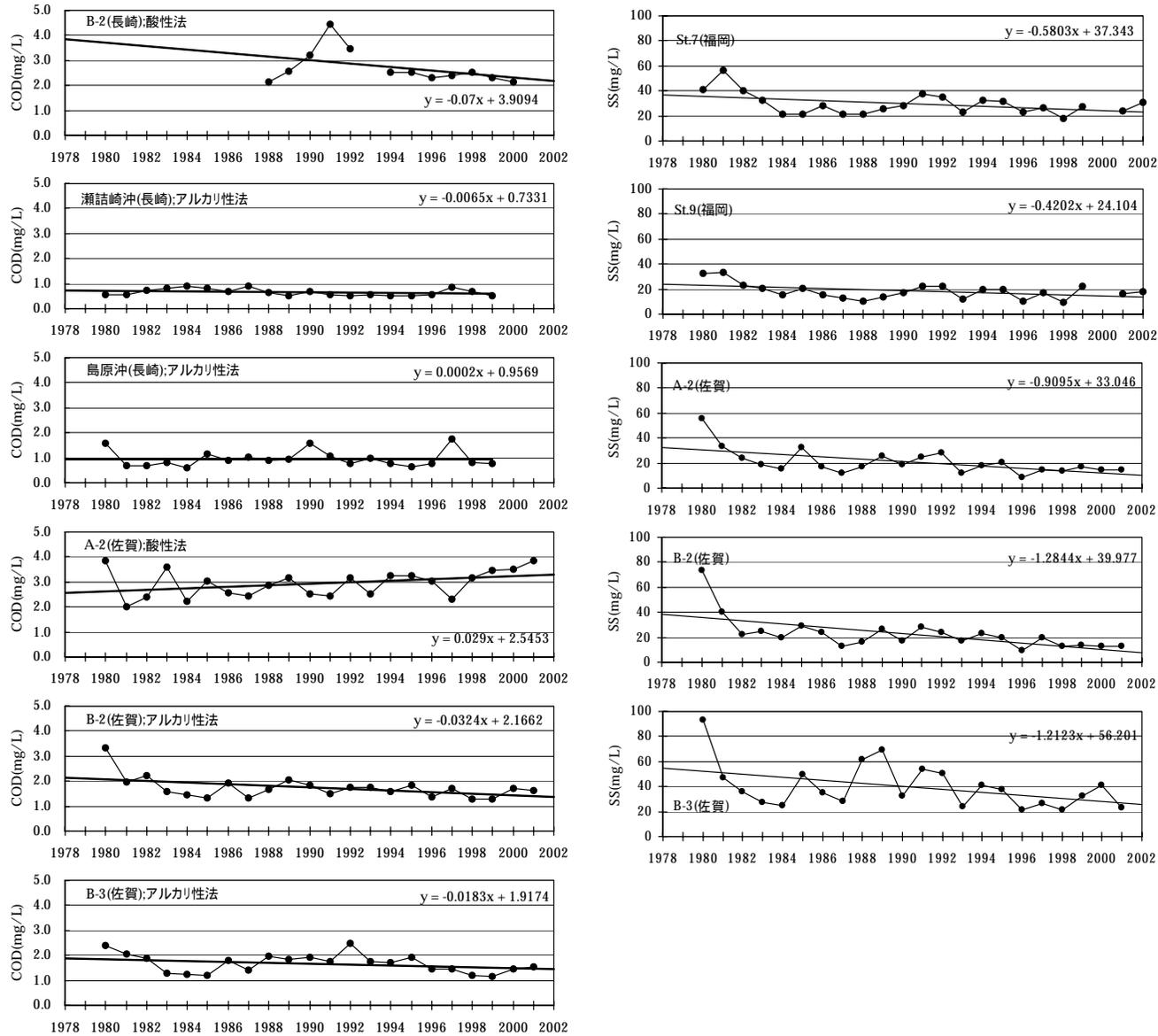
資料：環境省（2004 年）「第 9 回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料-6-1 有明海における公共用水域水質測定結果」





資料：環境省（2004年）「第9回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料-6-1 有明海における公共用水域水質測定結果」

図 10(1) 水質の経年変化[有明海]：水温、COD(年平均値)



資料：環境省（2004年）「第9回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料-6-1 有明海における公共用水域水質測定結果」

図 10(2) 水質の経年変化[有明海]：COD、SS（年平均値）

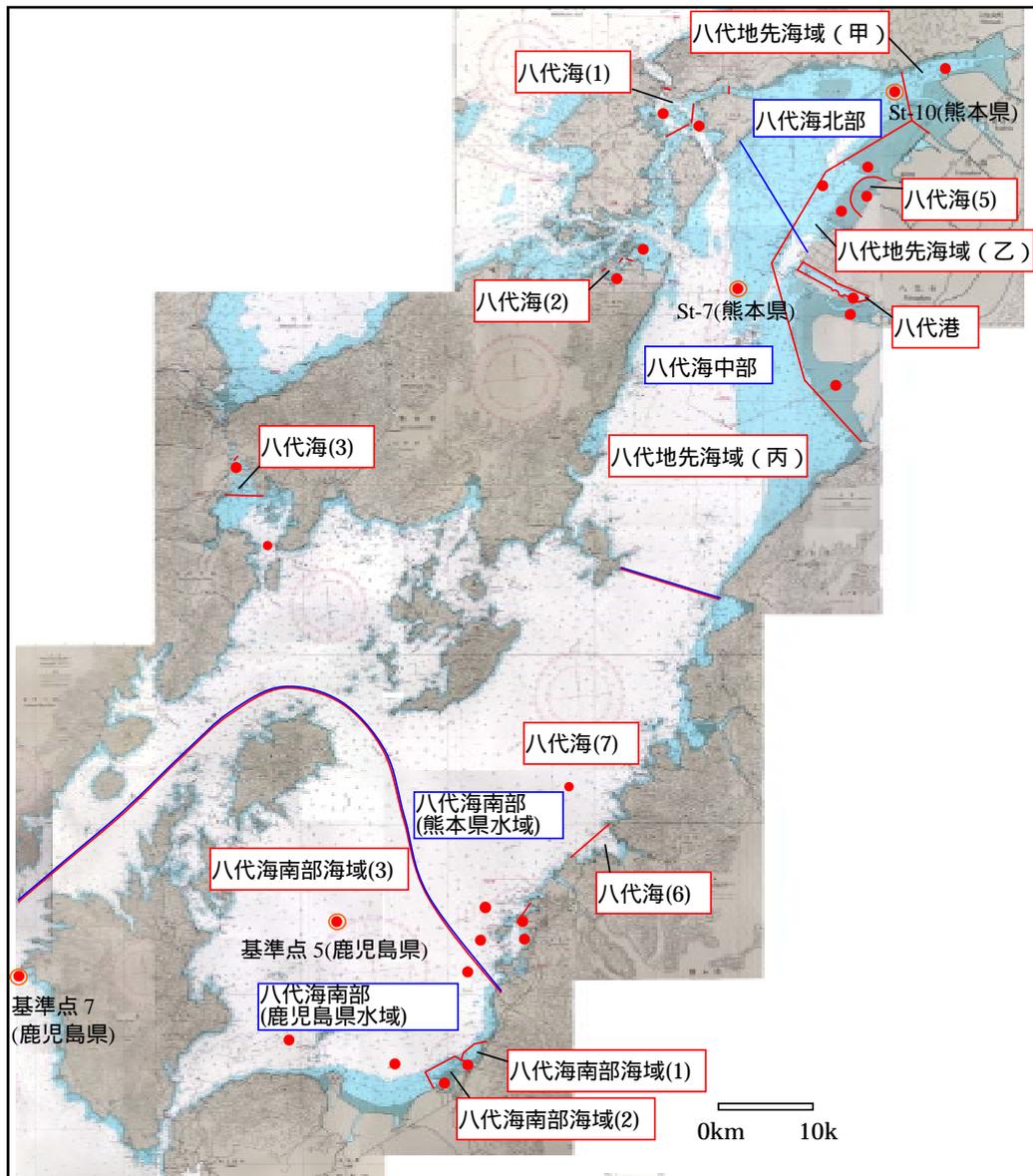
表 8(1) 回帰分析結果：八代海

	水温	塩分	COD	T-N	T-P	SS	透明度
St.10(熊本)	+		-	-	-		-
St.7(熊本)	+		-	+	-		-
基準点 5(鹿児島)	+		+	-	-		-
基準点 7(鹿児島)	+		+	-	-		-

注) 1. 、 で網掛けしている項目は、有意水準 5%で有意な変化傾向が認められたことを示す。 / はデータがないものことを示す。

2. 回帰直線の傾きがプラスの場合“+”、マイナスの場合“-”とする。

資料：公共用水域水質調査（熊本県、鹿児島県）



< 凡例 >

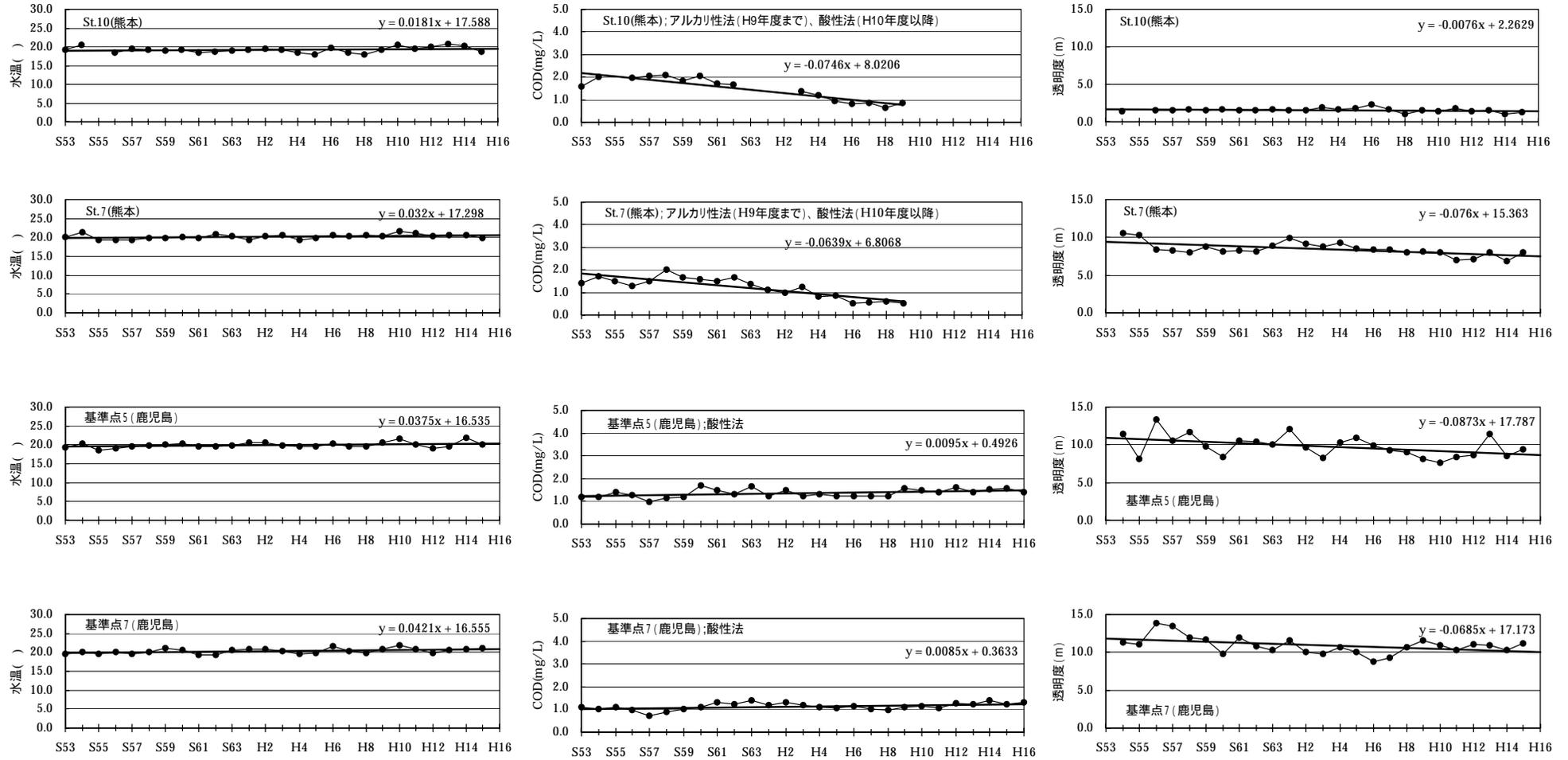
公共用水域水質調査点    COD の水域名    T-N, T-P の水域名

- COD 水域区分    - T-N, T-P 水域区分

) 海図（天草諸島及八代海 No.206：2004 年 4 月 刊行）より作成

図 11 八代海において公共用水域水質測定結果の整理を行った地点

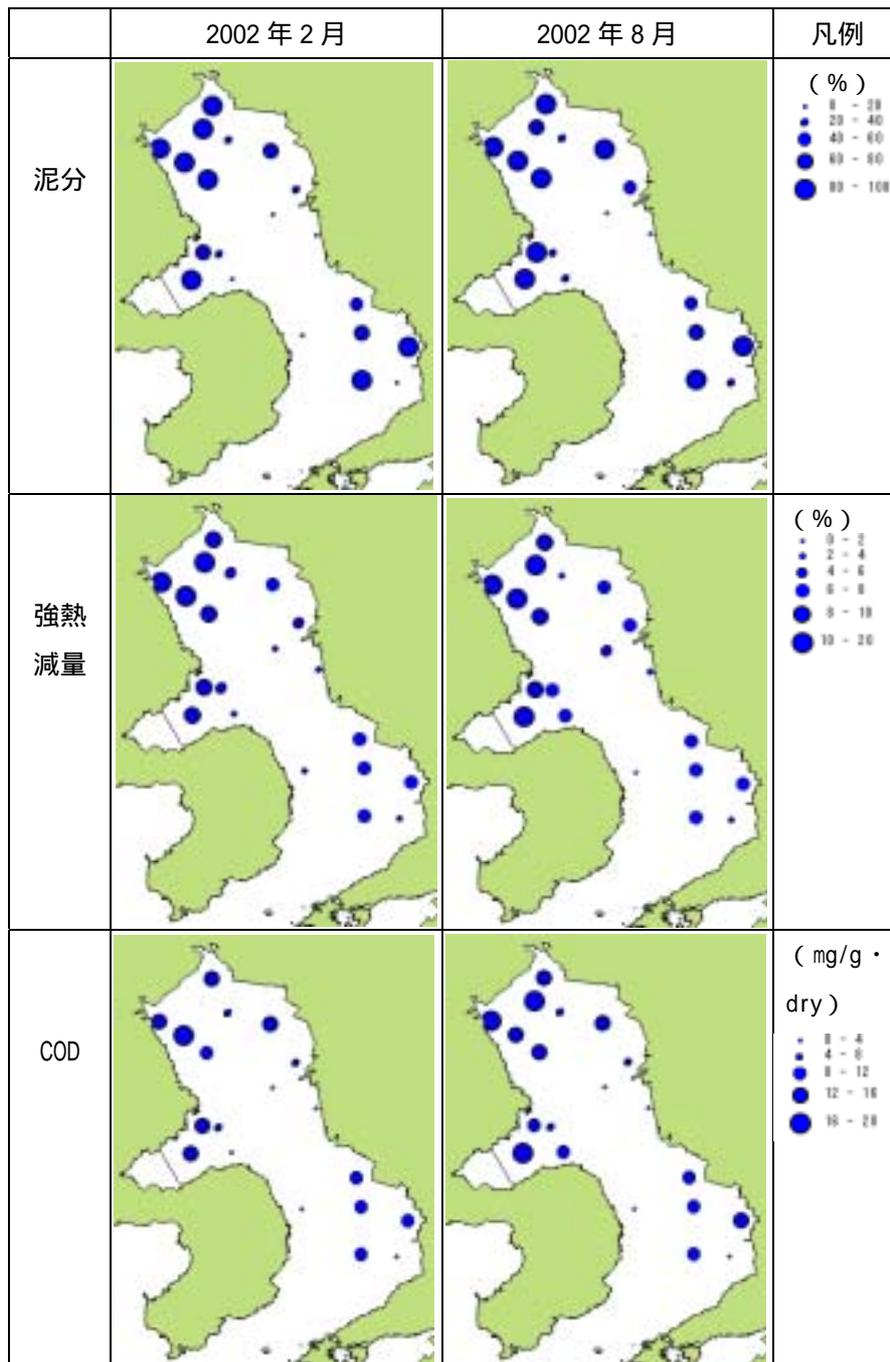
(図中、 を付した 4 地点)



資料：公共用水域水質調査（熊本県、鹿児島県）

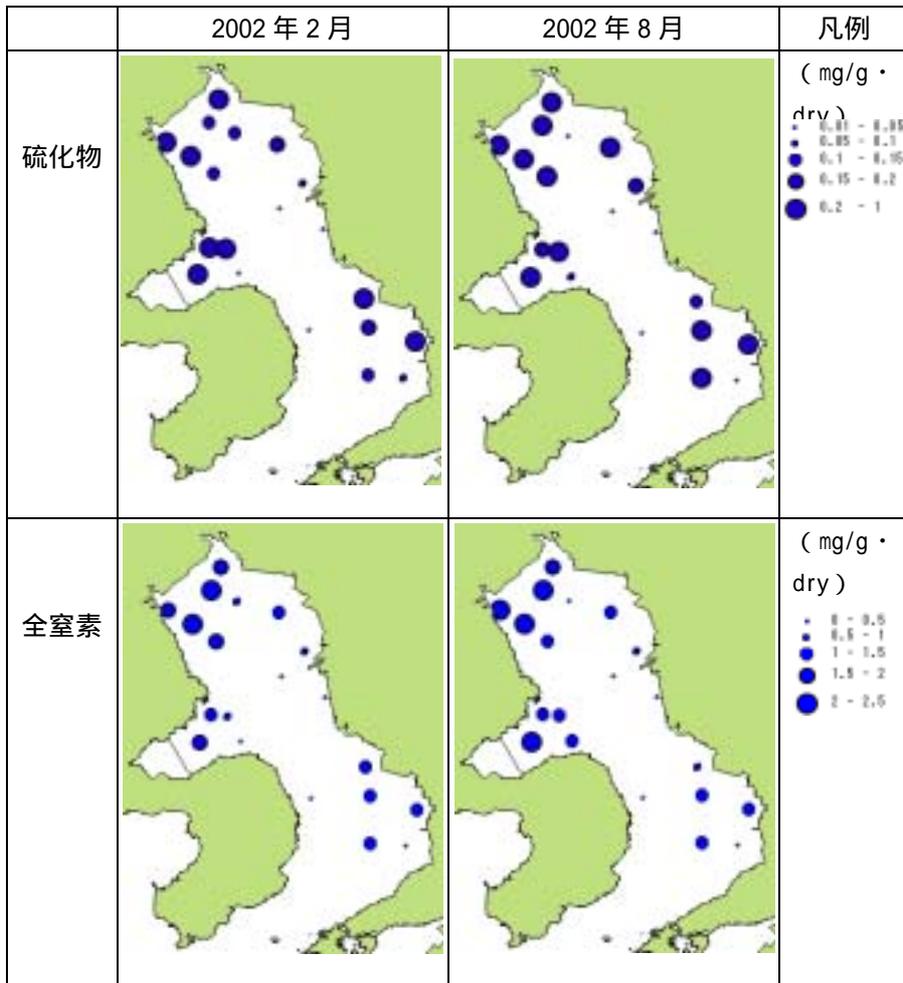
図 12 水質の経年変化[八代海]：水温、COD、透明度(年平均値)

別添資料10：有明海の底質の水平分布



出典：「有明海等環境情報・研究ネットワーク」((社)日本水産資源保護協会 環境情報センター)のホームページ；「有明海海域環境調査」(環境省)

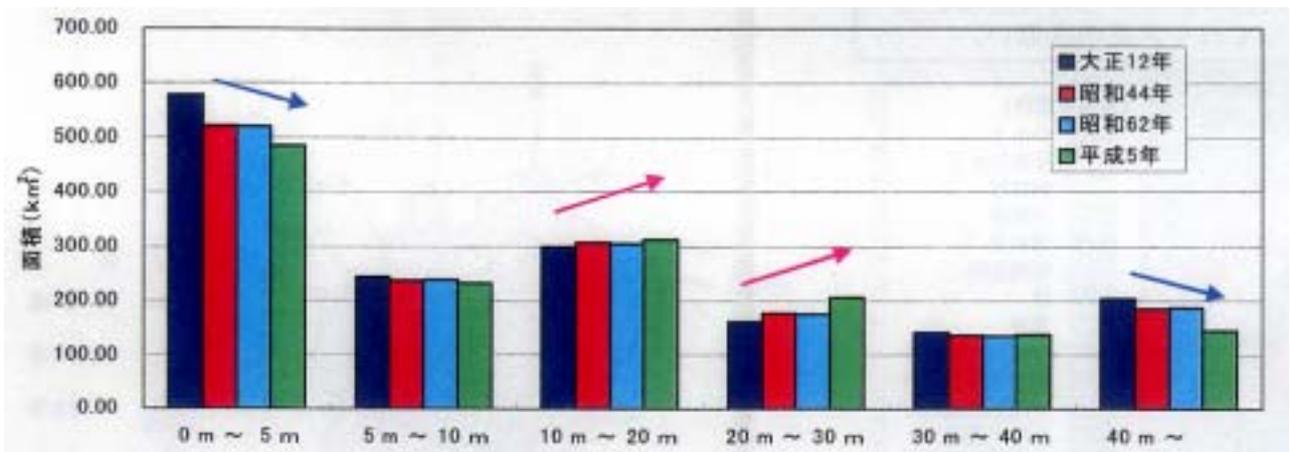
図 13(1) 有明海の底質の水平分布



出典：「有明海等環境情報・研究ネットワーク」((社)日本水産資源保護協会 環境情報センター)のホームページ；「有明海海域環境調査」(環境省)

図 13(2) 底質の水平分布

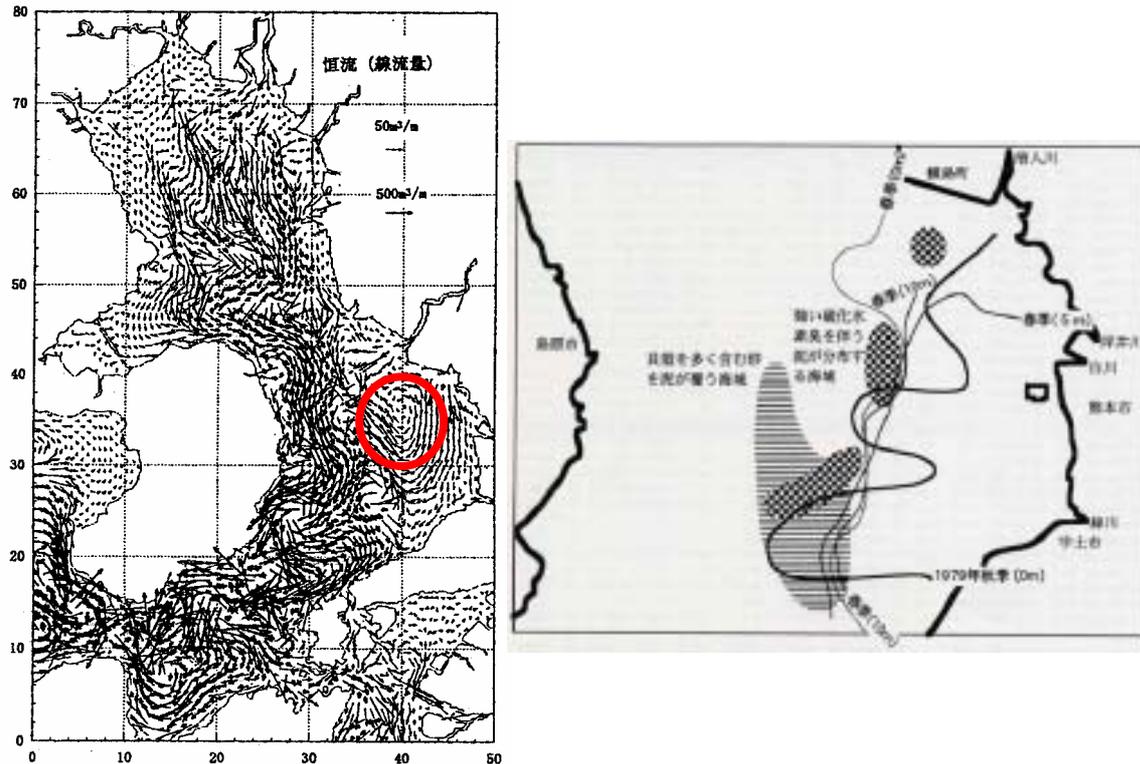
別添資料11：有明海の水深分布



出典：滝川清 (2005)「第 14 回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料-3 有明海・八代海の底質環境について」

図 14 有明海の水深分布面積比較図

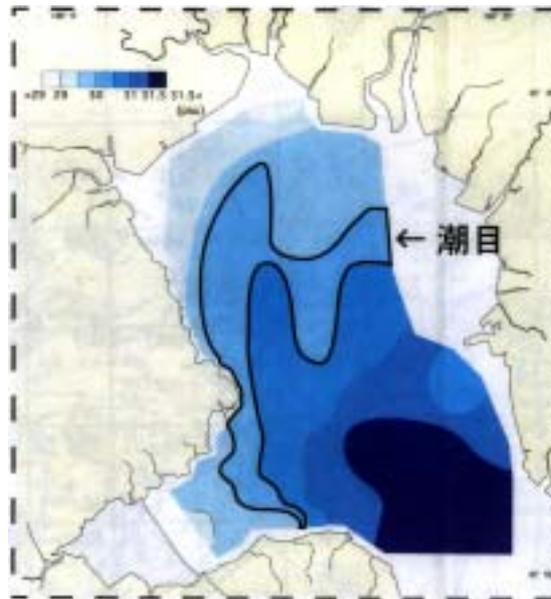
別添資料12：熊本沖の底質



注) 右図の秋季、春季のラインは、各水深で観測された潮目(海水と淡水の境界)である。  
 出典：滝川清(2005)「第14回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料-3 有明海・八代海の底質環境について」

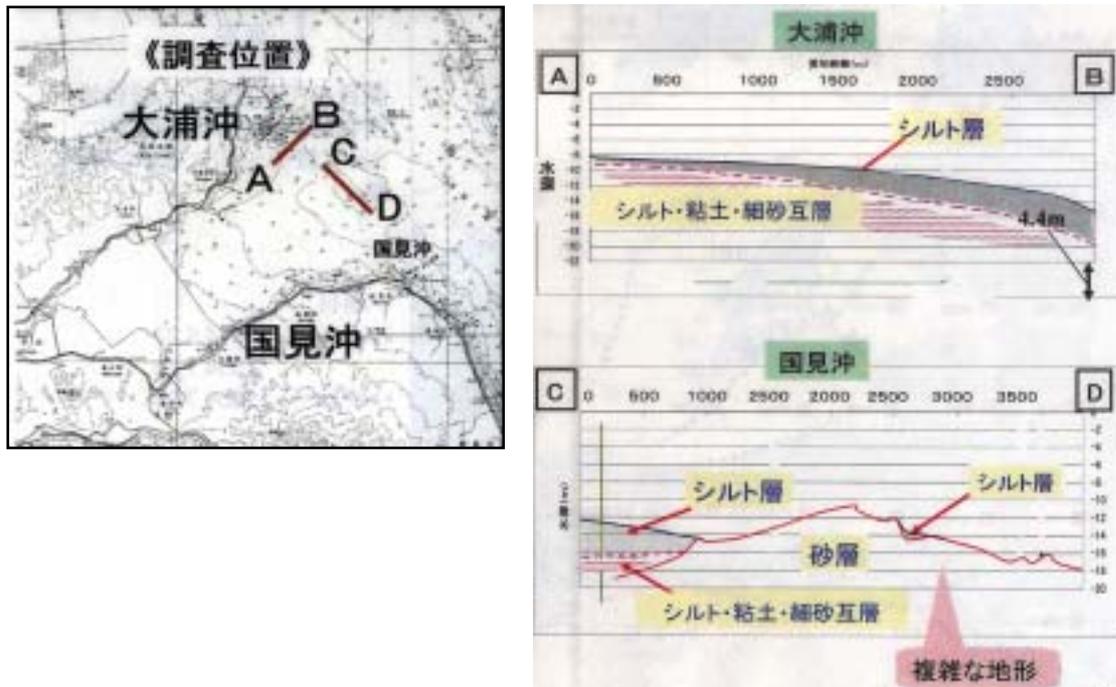
図 15 熊本沖における渦流と硫化水素臭を伴う泥の分布

別添資料13：大浦沖・諫早湾口の底質



注) 長崎大学教育学部 東幹夫教授の資料より作成  
 出典：滝川清 (2005)「第 14 回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料-3 有明海・八代海の底質環境について」

図 16 底層における塩分と水塊の分布



出典：滝川清 (2005)「第 14 回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料-3 有明海・八代海の底質環境について」

図 17 海底地形（シルト層）の調査位置と調査結果

別添資料14：有明海及び八代海の底質中の重金属の測定結果

表 9 有明海及び八代海の底質中の重金属の測定結果

項目		測定結果 (有明海)	測定結果 (八代海)	既往値	地点	資料
総水銀	mg/kg-dry	0.05 ~ 0.21	0.02 ~ 0.31	0.04 ~ 1.0	東京湾・大阪湾	1、2
				<0.001 ~ 0.16	伊勢湾	3
				0.009 ~ 0.16		4
				0.004 ~ 0.39		5
カドミウム	mg/kg-dry	0.04 ~ 0.63	-	0.02 ~ 1.6	東京湾・大阪湾	1、2
				0.041 ~ 0.36	伊勢湾	3
				0.01 ~ 0.32		4
				0.007 ~ 0.42		5
鉛	mg/kg-dry	5.0 ~ 23.2	ND ~ 56	5.2 ~ 77	東京湾・大阪湾	1、2
				9 ~ 44	伊勢湾	3
				12 ~ 41		4
				39 ~ 72		5
亜鉛	mg/kg-dry	60 ~ 155	26 ~ 155	26 ~ 566	大阪湾	6
				14 ~ 230	伊勢湾	3
				7 ~ 220		4
				21 ~ 230		5
砒素	mg/kg-dry	6.6 ~ 9.7	-	0.6 ~ 15.6	東京湾・大阪湾	1、2

注) 1. 有明海の測定結果は「平成13年度 有明海水質等状況補足調査 報告書」(平成14年3月、環境省水環境部)の調査結果を用いた。

2. 八代海の測定結果は「中田晴彦, 島田英昭, 安武章, 秋元和實, 滝川清(2006): 八代海における化学汚染の現状分析, 月刊海洋, Vol.38, No.2, pp.131-136」の結果を用いた。

資料: 1. 平成7年度 公共用水域及び地下水の水質測定結果 東京都環境保全局

2. 平成11年度 大阪府域河川等水質調査結果報告書 大阪府

3. 海洋汚染調査報告 第20号 平成4年調査結果 海上保安庁水路部

4. 海洋汚染調査報告 第21号 平成5年調査結果 海上保安庁水路部

5. 海洋汚染調査報告 第22号 平成6年調査結果 海上保安庁水路部

6. 大阪府公害監視センター所報調査研究編第12号(1990)

別添資料15：有明海の底質中の有害化学物質・農薬の測定結果

表 10 有明海の底質中の有害化学物質・農薬の測定結果

項目		測定結果 (有明海)	既往値	地点	資料
トリブチルスズ化合物 (T B T O換算値)	μg/kg-dry	<0.1 ~ 4.4	0.4 ~ 270	全国海域	1、2
			10	三河湾	
			6.9 ~ 13	伊勢湾	
			3.4	伊勢湾	5
トリフェニルスズ化合物 (T P T C l換算値)	μg/kg-dry	<0.1 ~ 0.7	<0.1 ~ 62	全国海域	1、2
			1.3	三河湾	
			0.5 ~ 1.3	伊勢湾	
			0.1	伊勢湾	5
ノニルフェノール	μg/kg-dry	<1 ~ 2.3	<50 ~ 390	全国海域	1、2
			<50	三河湾	
			<50 ~ 120	伊勢湾	
			ND	伊勢湾	5
4-t-オクチルフェノール	μg/kg-dry	0.29 ~ 2.0	<5 ~ 10	全国海域	1、2
			<5	三河湾	
			<5	伊勢湾	
フタル酸ジ-2-エチルヘキシル	μg/kg-dry	<25 ~ 120	35 ~ 820	全国海域	1、2
			71	三河湾	
			100 ~ 560	伊勢湾	
			78	伊勢湾	5
P C B	mg/kg-dry	<0.01 ~ 0.02	<0.001 ~ 0.10	全国海域	1、2
			0.0033	三河湾	
			0.018 ~ 0.025	伊勢湾	
			0.0035	伊勢湾	5
			<0.01 ~ 0.08	東京湾・ 大阪湾	3、4
17 エストラジオール	μg/kg-dry	<0.01	0.06 ~ 16	全国海域	1、2
			5.2	三河湾	
			0.06 ~ 3.1	伊勢湾	

注) 有明海の測定結果は「平成13年度 有明海水質等状況補足調査 報告書」(平成14年3月、環境省水環境部)の調査結果を用いた。

- 資料：1. 「平成10年度水環境中の内分泌攪乱化学物質実態調査」 環境庁水質管理課 (海域19地点)  
「平成11年度水環境中の内分泌攪乱化学物質実態調査」 環境庁水質管理課 (海域11地点)  
2. 平成12年版「化学物質と環境」「有機スズ化合物に関する環境測定結果」(平成11年度海域結果)  
3. 平成7年度 公共用水域及び地下水の水質測定結果 東京都環境保全局  
4. 平成11年度 大阪府域河川等水質調査結果報告書 大阪府  
5. 平成11年度内分泌攪乱化学物質環境調査結果 愛知県

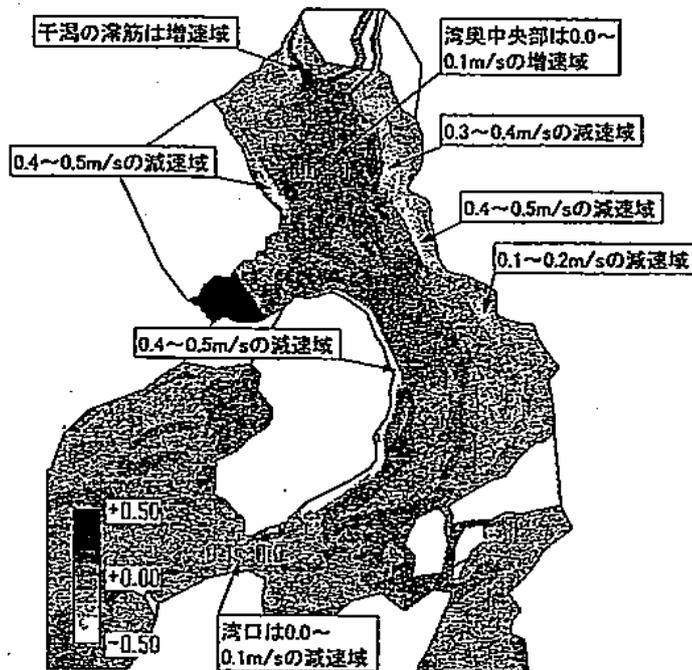
表 11 有明海の底質における農薬の概要

項目		既往値 (有明海)	既往値	地点	出典
ピリダフェンチオン (殺虫剤:国内では水稲用)	ng/g-dry	不検出	不検出	東京湾	1
			不検出	伊勢湾・三河湾	1
			不検出	大阪湾	1
ブタクロール (農業用除草剤)	ng/g-dry	不検出	不検出	東京湾	1
			不検出	伊勢湾・三河湾	1
			不検出	大阪湾	1
1,2-ジクロロベンゼン (殺虫剤)	ng/g-dry	0.70~11	0.74~28	東京湾	2
			0.52~29	伊勢湾・三河湾	2
			0.65~38	大阪湾	2

注) 有明海の測定結果は「平成13年度 有明海水質等状況補足調査 報告書」(平成14年3月、環境省水環境部)の調査結果を用いた。

資料: 1. 「平成14年度版 化学物質と環境」(平成15年3月 環境省 総合環境政策局 環境保健部 環境安全課)  
 2. 「平成15年度版 化学物質と環境」(平成16年3月 環境省 総合環境政策局 環境保健部 環境安全課)

別添資料16: ノリ養殖施設の影響



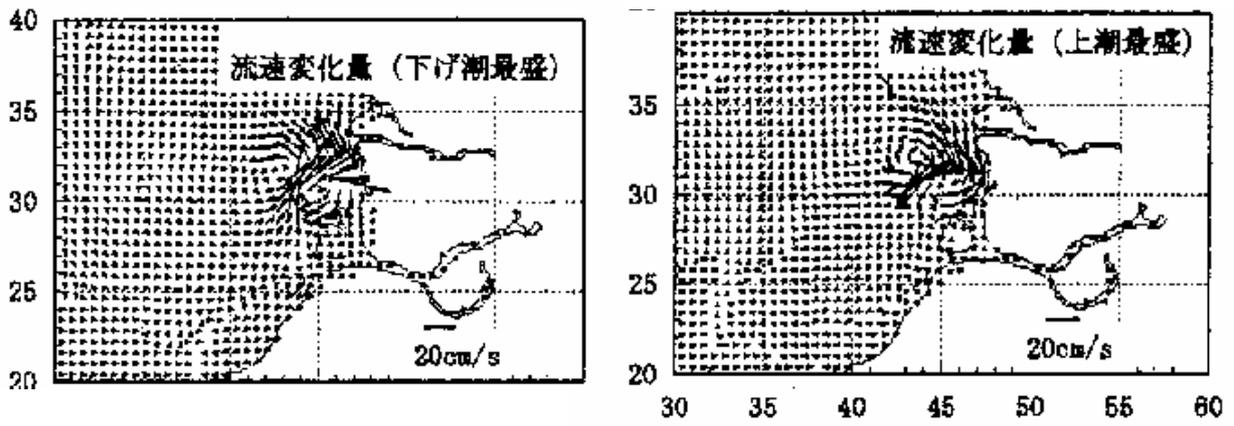
(b) ノリ網の影響 (ケース6Bとケース3Bの差)

注) 流速の単位は m/s

出典: 千葉賢, 武本行正 (2002年): 諫早湾潮受け堤防の影響評価のための潮位観測値の分析と流況数値解析, 四日市大学環境情報論文, 第5巻, 第1・2号合併号, pp39-70

図 18 最大潮流速度の偏差分布

別添資料17：熊本港建設の影響



出典：滝川清, 田淵幹修 (2002 年): 有明海の潮汐変動特性と沿岸構造物の影響, 海岸工学論文集, 第 49 巻, pp.1061-1065

図 19 熊本港建設前後の流速変化量

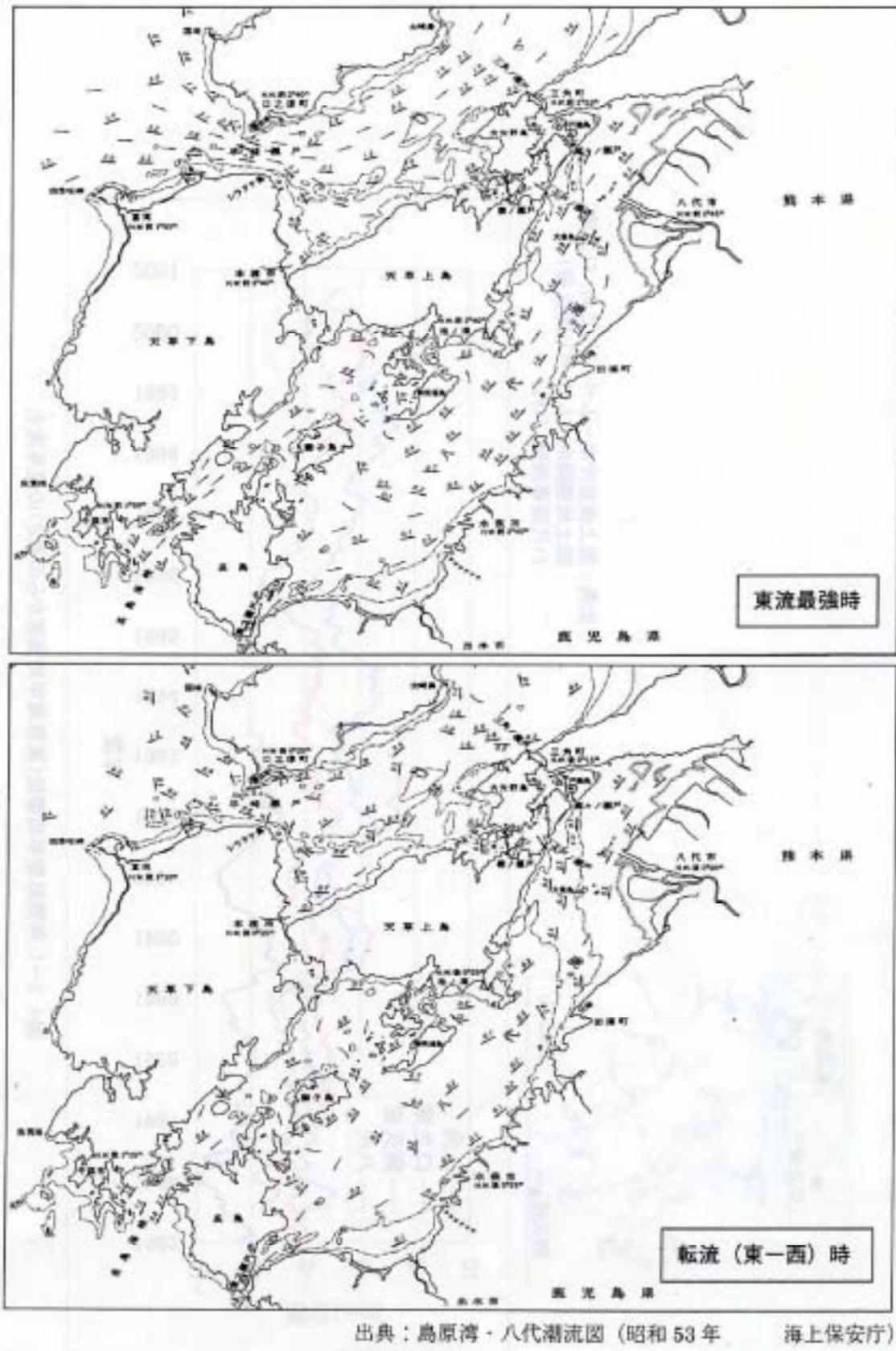
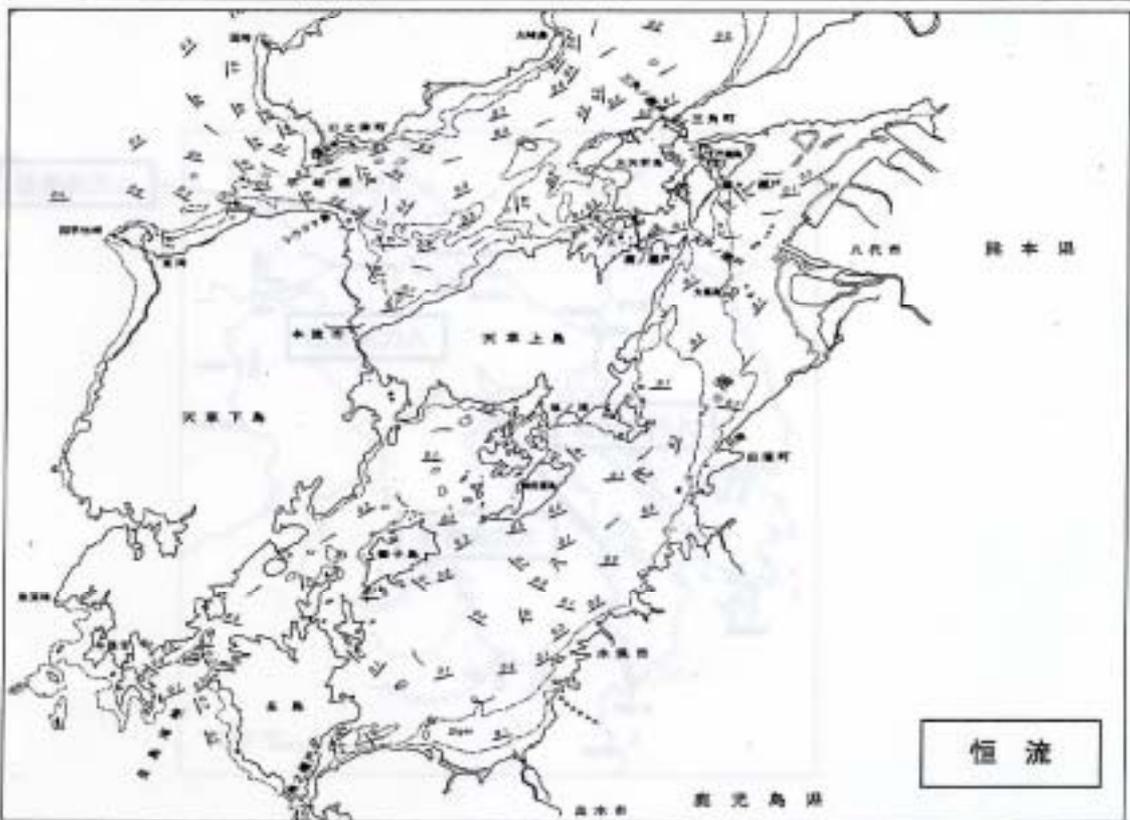
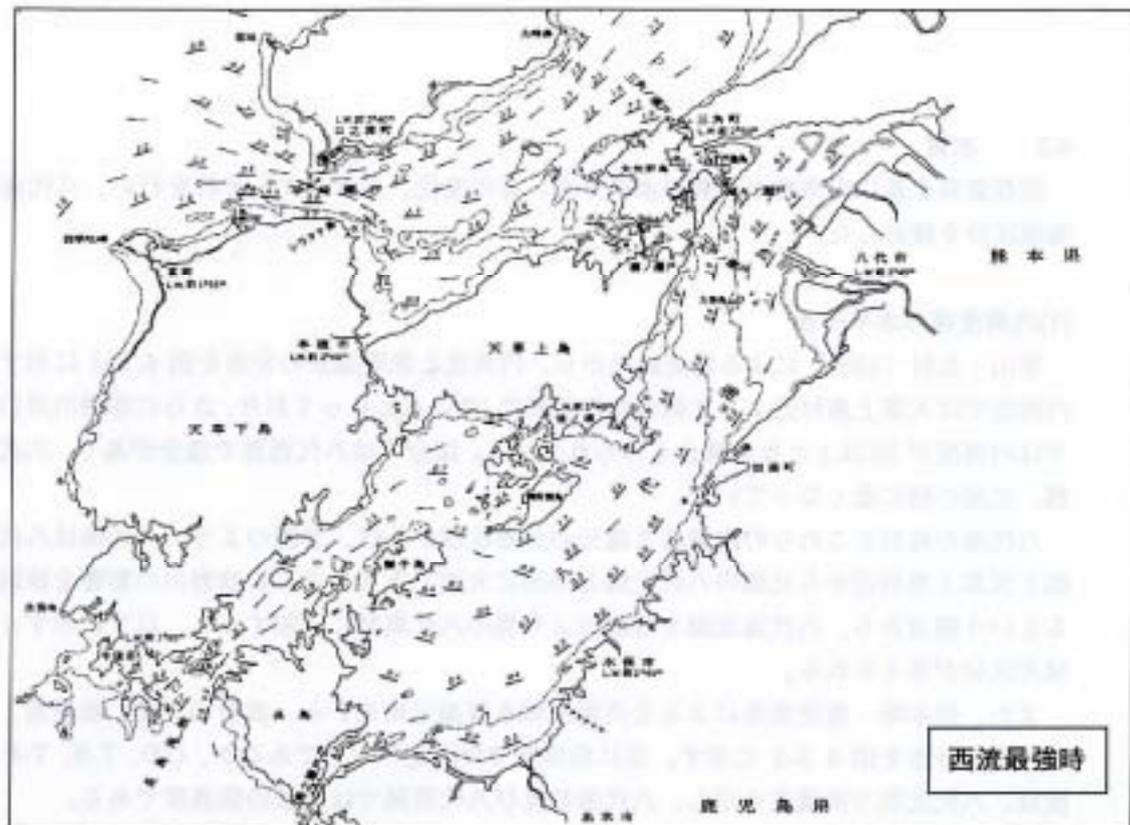


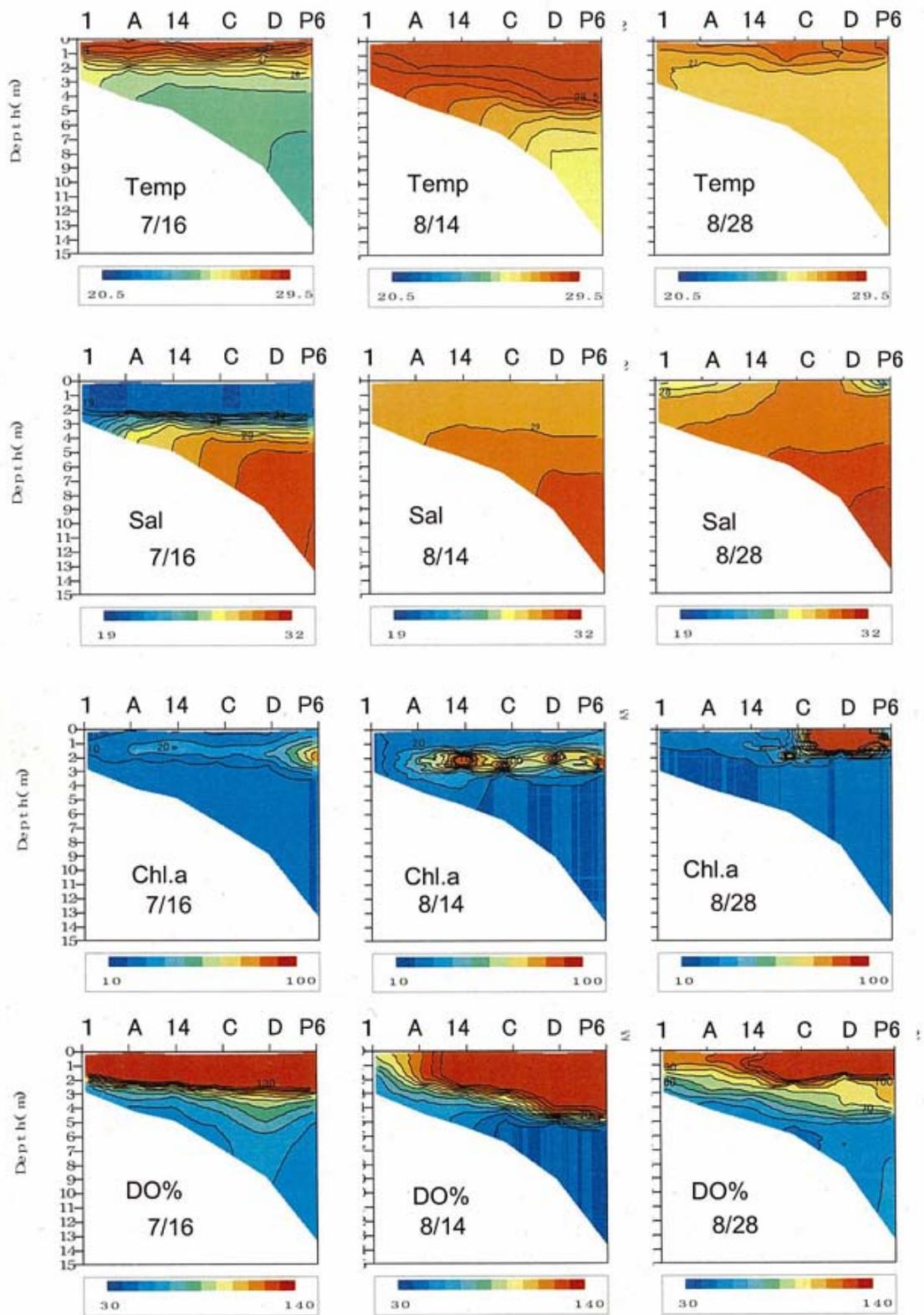
図 20 八代海における東流最強時及び転流時の潮流



出典：島原湾・八代潮流図（昭和53年 海上保安庁）

図 21 八代海における西流最強時及び恒流の潮流

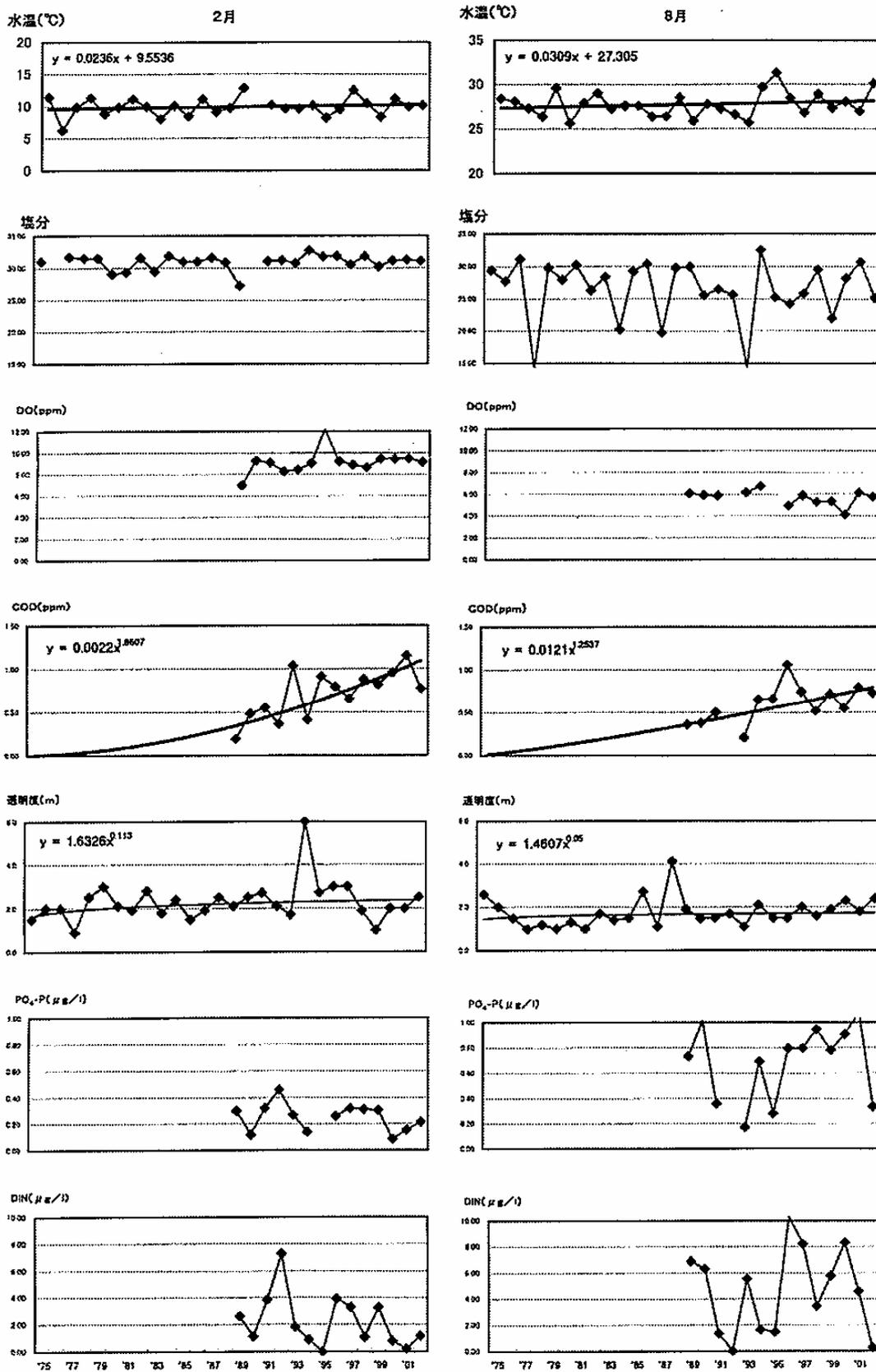
別添資料19： 有明海湾奥部の干潟縁辺域における貧酸素水塊



出典：独立行政法人 水産総合研究センター（2006）「平成 17 年度環境省請負業務調査報告書 有明海貧酸素水塊発生機構解明調査」p.98

図 22 鹿島市地先観測点における水温、塩分、クロロフィル a、溶存酸素飽和度の鉛直断面の分布

別添資料20：八代海における溶存酸素の経年変化



出典：平山泉（2005年）：八代海の環境の長期変動、月刊海洋 Vol.37、No.1、pp.8-11

図 23 定点 40 における水質等の経年変化

別添資料21：有明海・八代海の海岸改変状況

表 12 自然環境保全基礎調査（海域）結果の概要：海岸改変状況

海岸改変状況		(km)			
		第2回調査	第3回調査	第4回調査	第5回調査
		S53	S59	H5	H8～9
有明海		498.54 (100.0%)	504.81 (100.0%)	506.01 (100.0%)	514.19 (100.0%)
	自然海岸	100.41 (20.1%)	98.72 (19.6%)	95.82 (18.9%)	88.65 (17.2%)
	半自然海岸	133.37 (26.8%)	130.51 (25.9%)	128.22 (25.3%)	126.46 (24.6%)
	人工海岸	256.00 (51.3%)	266.82 (52.9%)	273.21 (54.0%)	284.81 (55.4%)

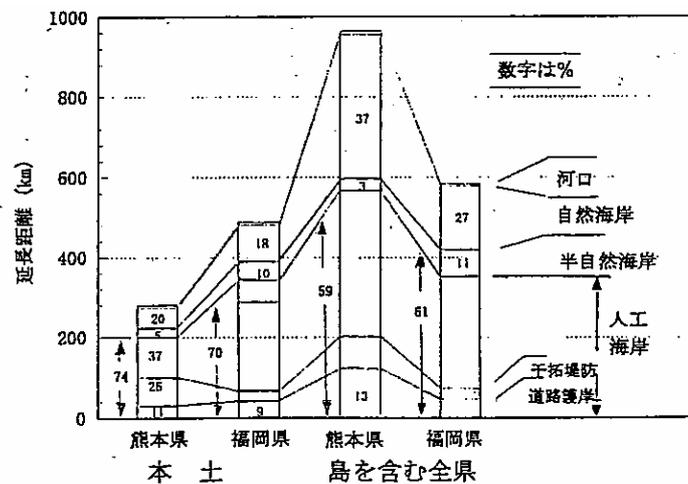
		第2回調査	第3回調査	第4回調査	第5回調査
		S53	S59	H5	H8～9
八代海		752.25 (100.0%)	722.90 (100.0%)	724.14 (100.0%)	739.46 (100.0%)
	自然海岸	350.11 (46.5%)	334.13 (46.2%)	331.02 (45.7%)	315.94 (42.7%)
	半自然海岸	78.53 (10.4%)	75.60 (10.5%)	74.87 (10.3%)	82.57 (11.2%)
	人工海岸	319.77 (42.5%)	309.33 (42.8%)	314.41 (43.4%)	333.08 (45.0%)

〔備考〕

- ・河口部延長は含まれていない
- ・（ ）内はそれぞれの海域に占める割合
- ・自然海岸：海岸（汀線）が人工によって改変されていないで自然の状態を保持している海岸
- ・半自然海岸：道路、護岸、テラポット等の人工構築物で海岸（汀線）の一部に人工が加えられているが、潮間帯においては自然の状態を保持している海岸
- ・人工海岸：港湾・埋立・干拓等により著しく人工的に作られた海岸等、潮間帯に人工構築物がある海岸

出典：環境省（2003年）「第3回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料-10 自然環境保全基礎調査結果の概要（有明海・八代海）」

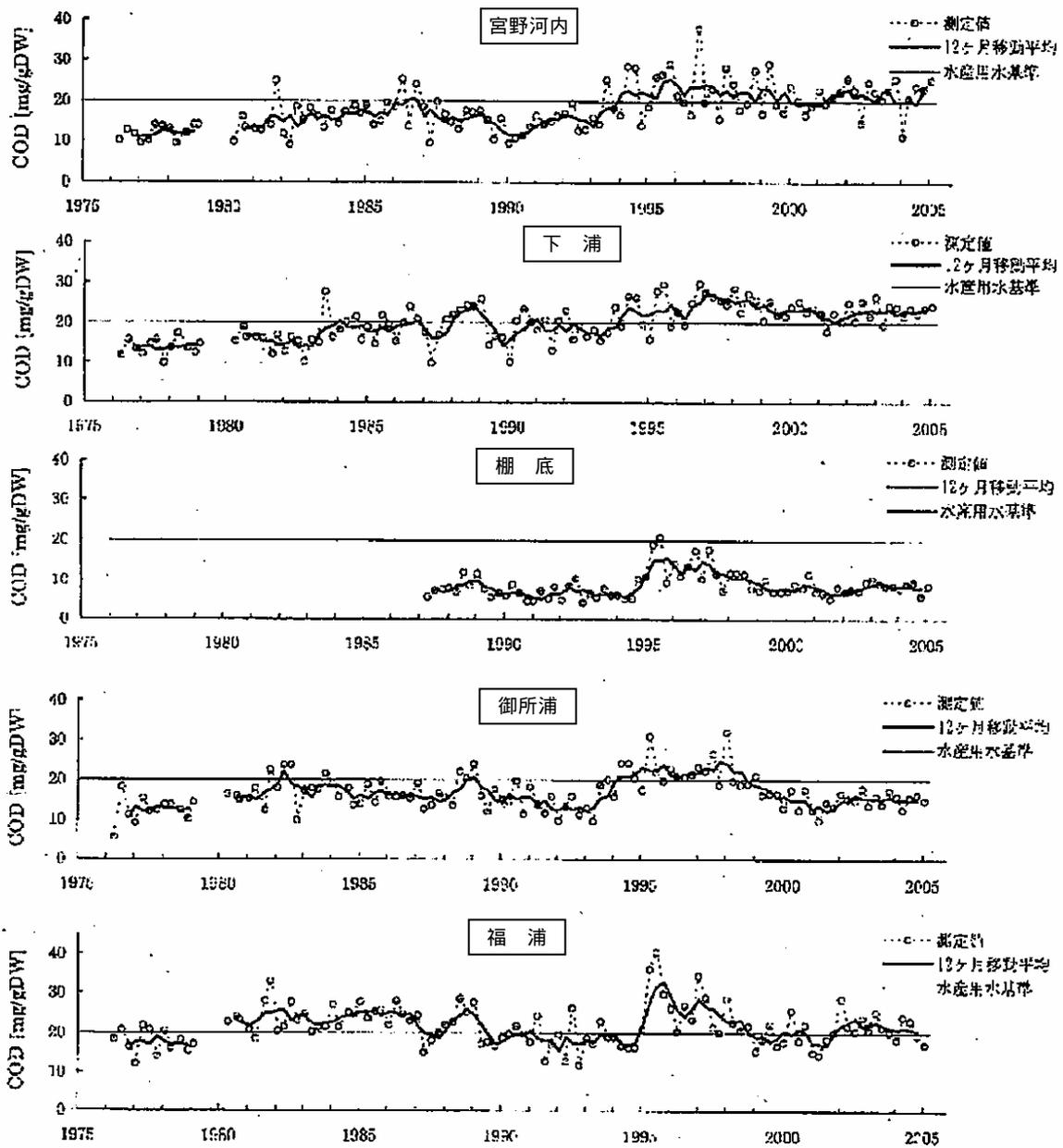
別添資料22：熊本県の区分別海岸線延長と比率



出典：田淵幹修, 滝川清, 外村隆臣, 井手俊範 (2001): 熊本県の海浜植物分布と海岸環境、地球環境シンポジウム講演集、VOL.9th, pp.243-250

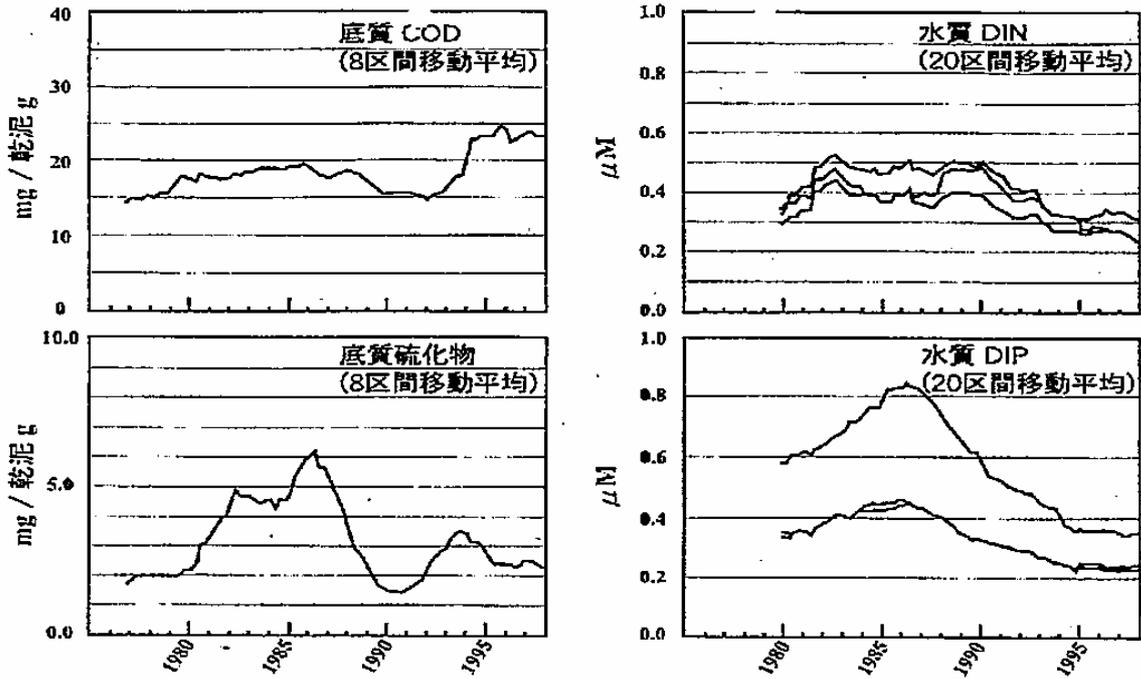
図 24 区分別海岸線延長と比率

別添資料23：八代海の内湾・浦湾、魚類養殖場の水質及び底質



出典：大和田紘一, 本城凡夫[八代海検討グループ](2006)「第23回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料-2-3 八代海に関する検討」

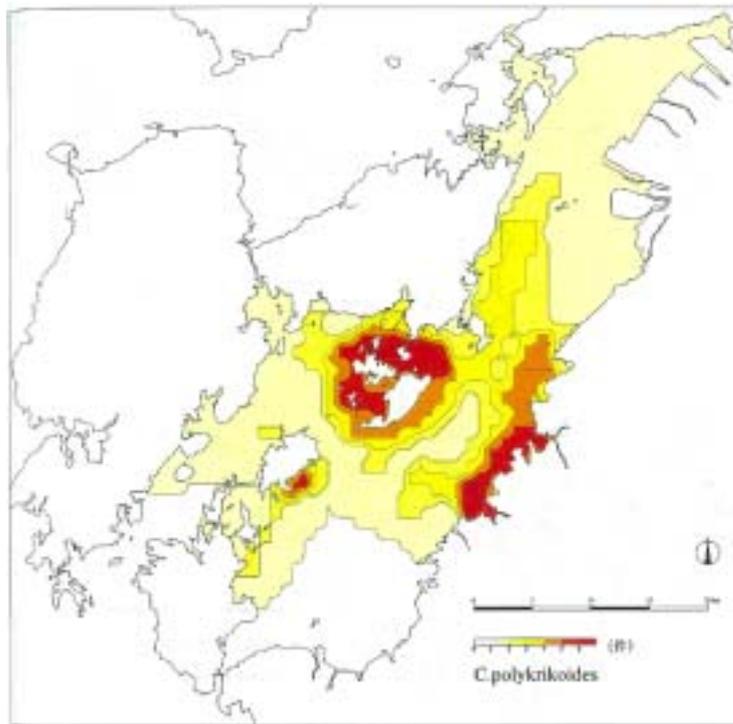
図 25 八代海の底質の経年変化 (COD)



出典：大和田紘一, 本城凡夫[八代海検討グループ](2006)「第23回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料 -2-3 八代海に関する検討」

図 26 熊本県内の養殖場平均値 (水質・底質)

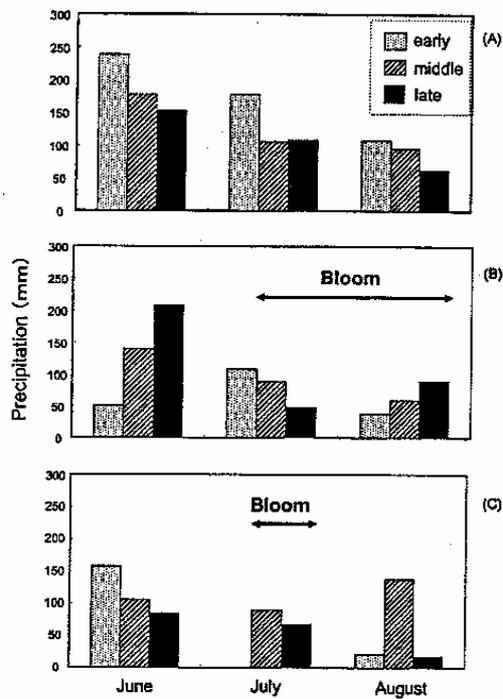
別添資料24 : *Cochlodinium polykrikoides* の赤潮発生頻度



出典：八代海域調査委員会資料

図 27 *Cochlodinium polykrikoides* の赤潮発生頻度(1978 - 2000 年度の 6-8 月)

別添資料25 : *Cochlodinium polykrikoides* の赤潮発生状況

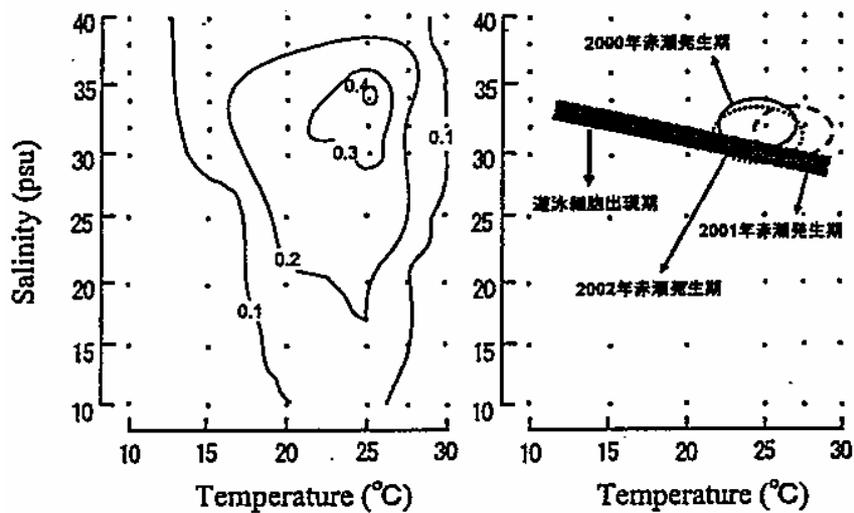


注) (A) 赤潮ブルーム非発生年、(B) 赤潮ブルーム発生年、(C) 2000 年

出典：金大一、本城凡夫 (2005) : 八代海における *Cochlodinium polykrikoides* の赤潮、月刊海洋 VOL. 37 NO. 1、p.40-47

図 28 八代海における *C. polykrikoides* 赤潮発生と降水量 (1978 年 ~ 2000 年) の関係

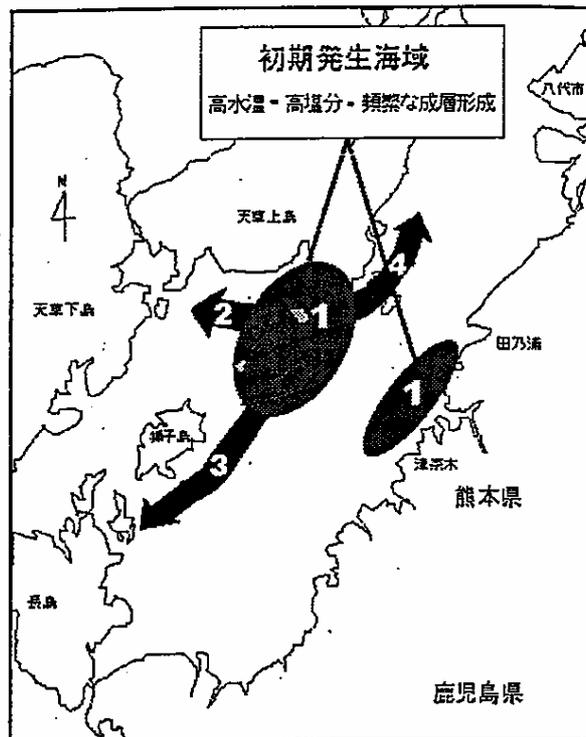
別添資料26 : *Cochlodinium polykrikoides* の増殖応答



出典：金大一,本城凡夫(2005): 八代海における *Cochlodinium polykrikoides* の赤潮,月刊海洋 VOL. 37 NO. 1, PAGE. 40-47

図 29 *C. polykrikoides* の水温と塩分に対する増殖応答(左)と現場における赤潮発定期および遊泳細胞出現期の水温と塩分(右)

別添資料27 : *Cochlodinium polykrikoides* 分布拡大図(2000年 八代海)



出典：金大一,本城凡夫(2005): 八代海における *Cochlodinium polykrikoides* の赤潮,月刊海洋 VOL. 37 NO. 1, PAGE. 40-47

図 30 八代海における *C. polykrikoides* 赤潮の分布拡大経過図

別添資料28：有明海の赤潮原因種の休眠期細胞分布

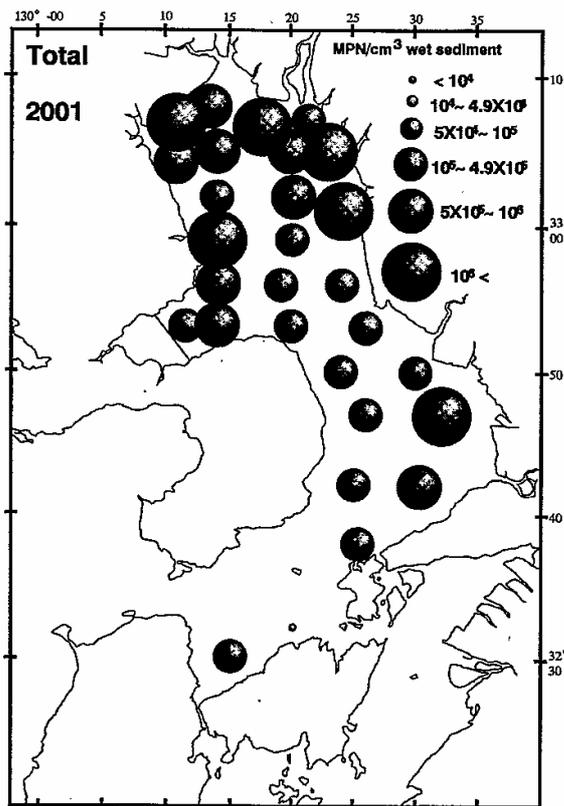


図1-66 2001年の有明海における主要な珪藻類休眠期細胞の存在密度（泥1cm当たり）と水平分布

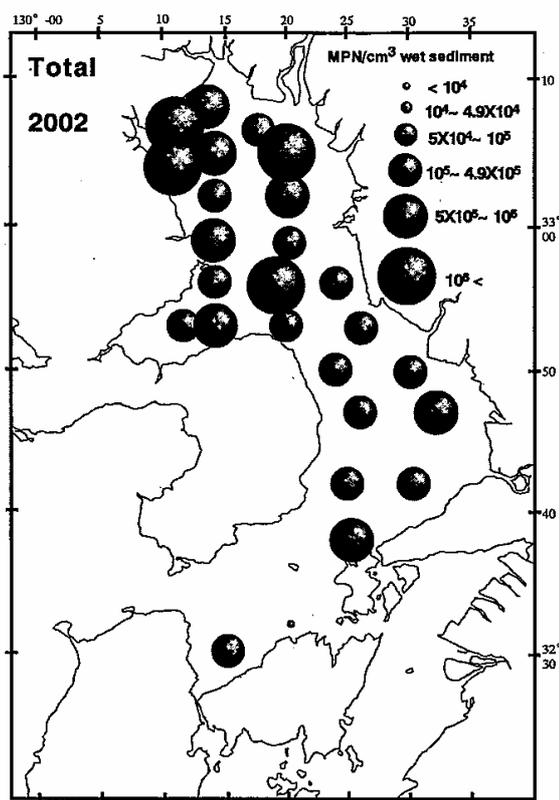


図1-67 2002年の有明海における主要な珪藻類休眠期細胞の存在密度（泥1cm当たり）と水平分布

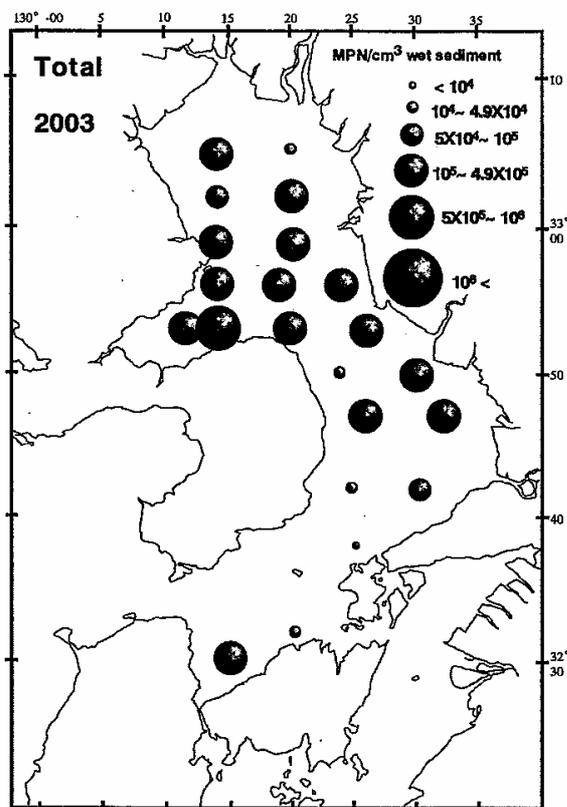


図1-68 2003年の有明海における主要な珪藻類休眠期細胞の存在密度（泥1cm当たり）と水平分布

出典：農林水産省農林水産技術会議事務局（2005）「研究成果432 有明海の海洋環境の変化が生物生産に及ぼす影響の解明」, pp.67-71

図31 有明海における赤潮原因種の休眠期細胞の分布

別添資料29：八代海における赤潮原因種の休眠期細胞分布

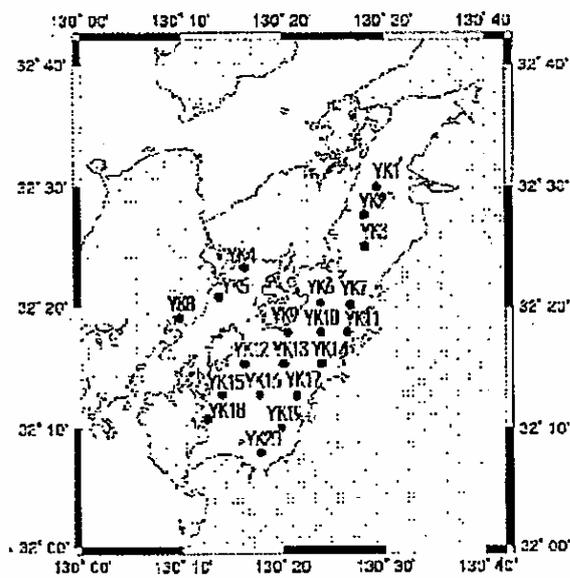


図 2.1. 調査定点

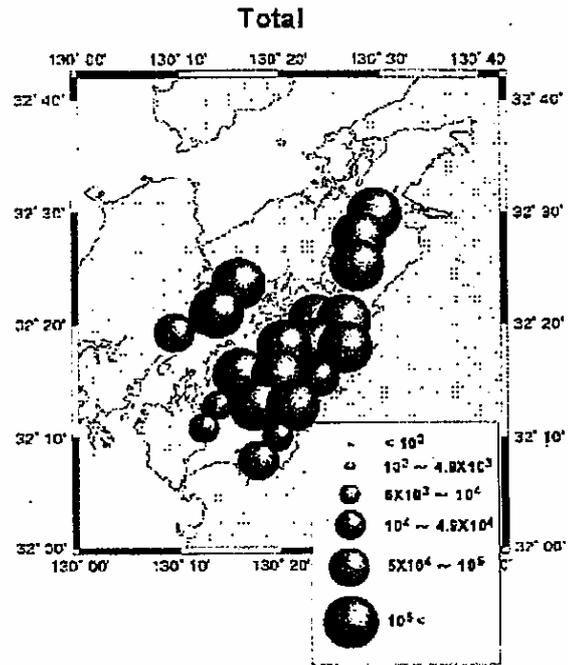


図 2.2. 珪藻類休眠期細胞の分布密度：  
3 群合計 (MPN/cm<sup>2</sup> wet sediment)

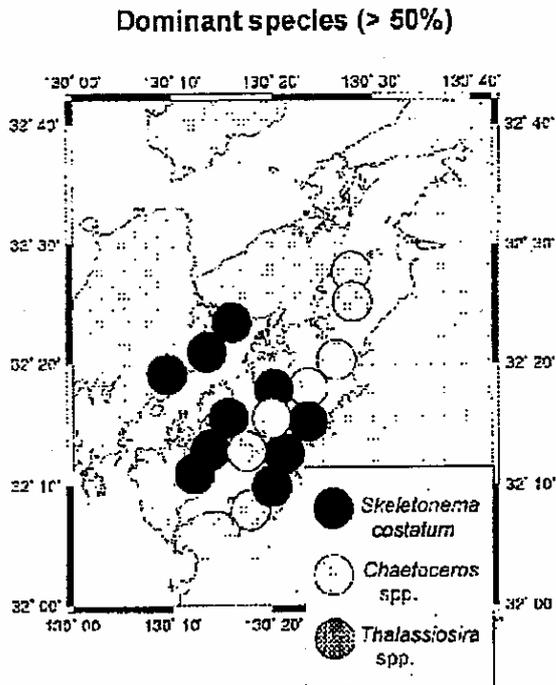


図 2.3. 八代海の各定点における珪藻類休眠期細胞の優占度 (> 50%)

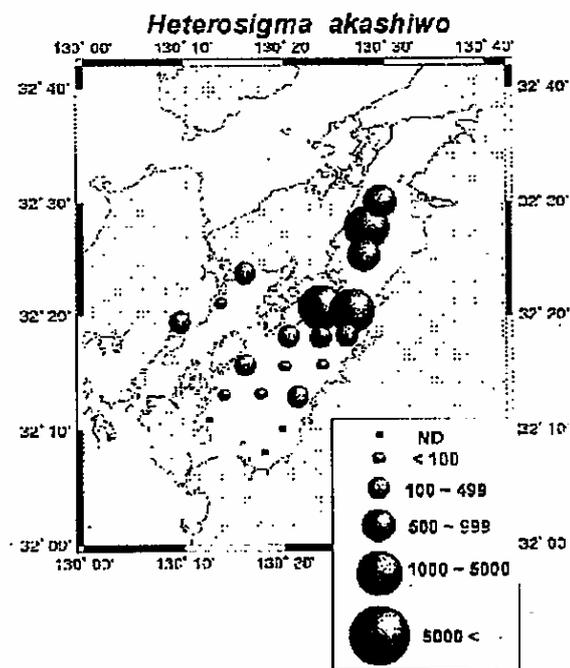


図 2.4. *Heterosigma akashiwo* シストの  
分布密度 (Cysts/cm<sup>2</sup> wet sediment)

出典：大和田紘一, 本城凡夫 [八代海検討グループ] (2006) 「第 23 回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料 -2-3 八代海に関する検討」

図 32 八代海における赤潮原因種の休眠期細胞の分布

別添資料30：有明海における赤潮原因プランクトン別漁業被害

表 13(1) 有明海における赤潮による漁業被害の状況

No.	発生時期		都道府県名	発生海域(詳細)	赤潮プランクトン構成種	漁業被害金額(千円)	漁業被害の内容
1	1985/11/5	1985/11/14	佐賀県	有明海北西部	<i>Cerataulina</i> sp.	不明	ノリ養殖(ノリの色落ち)
2	1986/1/21	1986/4/7	佐賀県	有明海北西部	<i>Skeletonema costatum</i> <i>Asterionella kariana</i> <i>Chaetoceros curvisetum</i>	不明	ノリ養殖(ノリの色落ち)
3	1986/2/4	1986/3/31	福岡県	有明海北東部	<i>Chaetoceros</i> sp. <i>Eucampia zoodiacus</i>	不明	ノリ養殖(ノリの色落ち)
4	1988/1/29	1988/2/10	熊本県	熊本県北部	<i>Skeletonema costatum</i> <i>Eucampia zoodiacus</i>	不明	ノリ養殖(ノリの色落ち)
5	1988/10/25	1988/11/21	熊本県	長州町・宇土市地先	<i>Chaetoceros curvisetum</i> <i>Chaetoceros sociale</i> <i>Rhizosolenia delicatula</i>	不明	ノリ養殖(ノリの色落ち)
6	1988/2/2	1988/3/1	佐賀県	佐賀県全域	<i>Eucampia zoodiacus</i> <i>Skeletonema costatum</i> <i>Asterionella kariana</i>	不明	ノリ養殖(ノリの色落ち)
7	1988/11/9	1988/11/25	佐賀県	佐賀県全域	<i>Chaetoceros sociale</i> <i>Skeletonema costatum</i>	不明	ノリ養殖(ノリの色落ち)
8	1988/1/30	1988/2/24	福岡県	福岡県全域	<i>Eucampia zoodiacus</i>	不明	ノリ養殖(ノリの色落ち)
9	1989/12/11	1989/12/13	熊本県	長洲町～三角町	<i>Skeletonema costatum</i> <i>Prorocentrum</i> sp.	不明	ノリ養殖(ノリの色落ち)
10	1989/12/20	1989/12/22	熊本県	菊池川尻～飽田町沿岸	<i>Skeletonema costatum</i>	不明	ノリ養殖(ノリの色落ち)
11	1989/8/17	1989/8/21	佐賀県	佐賀県西部海域	<i>Chattonella antiqua</i> <i>Gyrodinium fissum</i>	不明	天然魚介類(斃死)
12	1988/12/21	1989/1/13	佐賀県	佐賀県西部海域	<i>Skeletonema costatum</i> <i>Thalassiosira</i> sp. <i>Asterionella kariana</i>	不明	ノリ養殖(ノリの色落ち)
13	1990/7/4	1990/8/17	熊本県	熊本県ほぼ全域	<i>Chattonella antiqua</i> <i>Skeletonema costatum</i>	51,585	魚類養殖(斃死：,ブリ)
14	1991/1/30	1991/3/20	熊本県	熊本県全域	<i>Eucampia zoodiacus</i> <i>Chaetoceros</i> sp. <i>Rhizosolenia stolterfothii</i>	不明	ノリ養殖(ノリの色落ち)
15	1991/1/29	1991/3/29	佐賀県	佐賀県全域	<i>Chaetoceros</i> sp. <i>Rhizosolenia setigera</i> <i>Eucampia zoodiacus</i>	不明	ノリ養殖(ノリの色落ち)
16	1991/10/5	1991/10/31	佐賀県	佐賀県地先全域	<i>Skeletonema costatum</i> <i>Chaetoceros curvisetum</i> <i>Skeletonema costatum</i>	不明	ノリ養殖(ノリの色落ち)
17	1991/12/21	1991/12/24	佐賀県	佐賀県有明海西部海域	<i>Skeletonema costatum</i>	不明	ノリ養殖(ノリの色落ち)
18	1991/1/16	1991/3/30	福岡県	福岡県全域	<i>Eucampia zoodiacus</i> <i>Rhizosolenia</i> sp.	不明	ノリ養殖(ノリの色落ち)

表 13(2) 有明海における赤潮による漁業被害の状況

No.	発生時期		都道府県名	発生海域(詳細)	赤潮プランクトン構成種	漁業被害金額(千円)	漁業被害の内容
19	1992/8/19	1992/9/3	熊本県	熊本県有明海西部ほぼ全域	<i>Chattonella antiqua</i>	300,990	魚類養殖(斃死:ブリ)
20	1992/8/10	1992/9/12	佐賀県	佐賀県有明海全域	<i>Chattonella antiqua</i> <i>Gymnodinium sanguineum</i>	不明	天然魚介類(斃死:コノシロ,グチ,エツ,ワラスボ)
21	1992/10/12	1992/10/27	佐賀県	佐賀県有明海全域	<i>Chaetoceros</i> spp. <i>Skeletonema costatum</i> <i>Lauderia</i> sp.	不明	ノリ養殖(ノリの色落ち)
22	1992/8/17	1992/9/7	長崎県	口之津町口之津港島原市前浜	<i>Chattonella antiqua</i>	65,165	魚類養殖(斃死:ハマチ)
23	1992/8/17	1992/9/8	福岡県	福岡県有明海大牟田沖海域	<i>Chattonella antiqua</i> <i>Gymnodinium sanguineum</i>	不明	天然魚介類(斃死:エツ,コノシロ,グチ,スズキ,イシダイ,ワラスボ)
24	1992/10/7	1992/10/25	福岡県	福岡県有明海全域	<i>Chaetoceros curvisetum</i> <i>Eucampia zoodiacus</i> <i>Lauderia</i> sp.	不明	ノリ養殖(ノリの色落ち)
25	1993/2/5	1993/2/25	佐賀県	佐賀県有明海全域	<i>Rhizosolenia fragilissima</i> <i>Skeletonema costatum</i>	不明	ノリ養殖(ノリの色落ち)
26	1993/2/4	1993/2/24	福岡県	福岡県有明海全域	<i>Rhizosolenia</i> sp. <i>Skeletonema costatum</i> <i>Rhizosolenia setigera</i>	不明	ノリ養殖(ノリの色落ち)
27	1994/2/22	1994/4/11	佐賀県	佐賀地先	<i>Skeletonema costatum</i> <i>Thalassiosira rotula</i> <i>Rhizosolenia setigera</i>	不明	ノリ養殖(ノリの色落ち)
28	1994/2/25	1994/3/10	福岡県	福岡地先	<i>Chaetoceros sociale</i> <i>Skeletonema costatum</i> <i>Asterionella glacialis</i>	不明	ノリ養殖(ノリの色落ち)
29	1995/2/7	1995/2/19	熊本県	網田~横島地先	<i>Chaetoceros</i> sp. <i>Asterionella glacialis</i>	不明	ノリ養殖(ノリの色落ち)
30	1995/2/7	1995/2/19	熊本県	長洲~荒尾地先	<i>Chaetoceros</i> spp. <i>Asterionella glacialis</i> <i>Eucampia zoodiacus</i>	不明	ノリ養殖(ノリの色落ち)
31	1995/1/23	1995/3/31	佐賀県	佐賀県地先	<i>Rhizosolenia setigera</i> <i>Skeletonema costatum</i> <i>Thalassiosira rotula</i> <i>Rhizosolenia fragilissima</i> <i>Chaetoceros</i> sp.	不明	ノリ養殖(ノリの色落ち)
32	1995/10/9	1995/12/28	佐賀県	佐賀県全域	<i>Skeletonema costatum</i> <i>Eucampia zoodiacus</i> <i>Gymnodinium sanguineum</i>	不明	ノリ養殖(ノリの色落ち)
33	1995/1/26	1995/3/6	福岡県	福岡県地先	<i>Chaetoceros</i> sp. <i>Rhizosolenia</i> sp. <i>Gymnodinium</i> sp.	不明	ノリ養殖(ノリの色落ち)
34	1996/2/5	1996/3/13	佐賀県	佐賀県全域	<i>Skeletonema costatum</i> <i>Asterionella kariana</i> <i>Asterionella glacialis</i>	不明	ノリ色落ち

表 13(3) 有明海における赤潮による漁業被害の状況

No.	発生時期		都道府県名	発生海域(詳細)	赤潮プランクトン構成種	漁業被害金額(千円)	漁業被害の内容
35	1997/10/1	1997/10/23	佐賀県	南～西～中部	Skeletonema costatum Chaetoceros sp. Nitzschia pungens	不明	ノリ養殖(生長阻害、ノリの色落ち)
36	1997/2/17	1997/2/17	福岡県	大牟田地先	Nitzschia seriata Eucampia zoodiacus	不明	ノリ養殖(ノリの色落ち)
37	1998/7/17	1998/8/6	熊本県		Chattonella antiqua Ceratum furca	128	魚類養殖(斃死:ブリ)
38	1998/3/11	1998/3/22	佐賀県	佐賀県全域	Chaetoceros sociale Leptocylindrus sp. Eucampia zoodiacus	不明	ノリ養殖(ノリの色落ち)
39	1998/7/16	1998/8/6	佐賀県	佐賀県海域全域	Chattonella antiqua	300	天然魚介類(斃死:コノシロ、アカエイ)
40	1998/11/6	1998/12/3	佐賀県	佐賀県西部～南部沿岸域	Chaetoceros sociale	不明	ノリ養殖(ノリの色落ち)
41	1998/12/15	1999/1/3	佐賀県	佐賀県西部～南部沿岸域	Skeletonema costatum Thalassiosira sp. Asterionella kariana	不明	ノリ養殖(ノリの色落ち)
42	1998/7/15	1998/8/7	長崎県	小長井町～口之津町	Chattonella antiqua	12,118	魚類養殖(斃死:ブリ、メジナ)、畜養(斃死:ブリ)、天然(斃死:ボラ、スズキ、コチエイ、タコ、カニ、グチシタピラメ類)
43	1998/3/11	1998/3/22	福岡県	福岡県地先海域	Chaetoceros sociale Leptocylindrus sp.	不明	ノリ養殖(ノリの色落ち)
44	1998/7/27	1998/8/6	福岡県	福岡県海域南部	Chattonella antiqua Skeletonema costatum	不明	天然(クルマエビ)衰弱
45	1998/11/12	1998/12/4	福岡県	福岡県地先全域(河口域を除く)	Chaetoceros sociale Chaetoceros spp.	不明	ノリ養殖(ノリの色落ち)
46	1999/2/12	1999/3/29	熊本県	長洲～宇土市長浜地先	Eucampia zoodiacus	不明	ノリ養殖(ノリの色落ち)
47	1999/8/20	1999/9/24	佐賀県	佐賀県全域	Chattonella antiqua Gymnodinium sanguineum Skeletonema costatum	不明	天然(衰弱:エビ類,カニ類)
48	1999/12/28	2000/3/20	佐賀県	佐賀県全域	Skeletonema costatum Asterionella kariana Eucampia zoodiacus	不明	ノリ養殖(ノリの色落ち)
49	1999/3/1	1999/3/17	福岡県	福岡県地先全域	Eucampia zoodiacus	不明	ノリ養殖(ノリの色落ち)
50	2000/6/25	2000/7/3	熊本県	大矢野町野釜島周辺	Chattonella antiqua	500	魚類養殖(斃死:シマアジ)
51	2000/7/26	2000/8/28	熊本県	熊本県沿岸全域	Gymnodinium mikimotoi Chattonella antiqua	1,931	天然(斃死:スズキ,ボラ,ハモ,コチ,ウシノシタ類,ネズミゴチ,サッパ等) 被害金額不明 魚類養殖?(斃死:ブリ)
52	2000/12/6	2001/4/10	熊本県	長洲町(荒尾市)地先～大矢野	Skeletonema costatum Chaetoceros sociale Chaetoceros debile	不明	ノリ養殖(ノリの色落ち)
53	2000/8/7	2000/8/29	佐賀県	佐賀県全域	Chattonella antiqua Heterosigma akashiwo	不明	天然(斃死及び衰弱:エツ,サッパ,グチ,ウナギ,クチゾコ,ワラスボ,イシガニ,シャコ,芝エビ等)、養殖(斃死:アサリ)

表 13(4) 有明海における赤潮による漁業被害の状況

No.	発生時期		都道府県名	発生海域(詳細)	赤潮プランクトン構成種	漁業被害金額(千円)	漁業被害の内容
54	2000/10/5	2000/11/13	佐賀県	佐賀県東部～西部	<i>Fibrocapsa japonica</i>	不明	ノリ養殖(ノリの色落ち, 生育不良)
55	2000/11/7	2000/11/9	佐賀県	佐賀県南部～沖合海域	<i>Skeletonema costatum</i>	不明	ノリ養殖(ノリの色落ち, 生育不良)
56	2000/12/8	2001/4/8	佐賀県	佐賀県海域全域	<i>Skeletonema costatum</i> <i>Thalassiosira</i> sp. <i>Chaetoceros</i> sp.	不明	ノリ養殖(ノリの色落ち)
57	2000/8/4	2000/8/28	長崎県	小長井町～口之津町	<i>Chattonella antiqua</i>	264,070	天然(斃死: コノシロ, スズキハゼ類, エビカニ類等)、養殖(斃死: アサリ)
58	2000/2/3	2000/4/5	福岡県	福岡県地先全域	<i>Eucampia zoodiacus</i>	不明	ノリ養殖(ノリの色落ち)
59	2000/12/6	2001/3/25	福岡県	福岡県地先全域	<i>Rhizosolenia imbricata</i> <i>Eucampia zoodiacus</i> <i>Skeletonema costatum</i>	不明	ノリ養殖(ノリの色落ち)
60	2001/10/30	2001/12/7	熊本県	長洲町南西沖～大矢野町地先	<i>Chaetoceros sociale</i> <i>Chaetoceros curvisetum</i> <i>Chaetoceros debile</i>	不明	ノリ養殖(ノリの色落ち)
61	2001/11/15	2001/12/6	佐賀県	六角川河口域を除く佐賀県ほぼ全域	<i>Chaetoceros</i> spp. <i>Asterionella glacialis</i> <i>Skeletonema costatum</i>	不明	ノリ養殖(ノリの色落ち, 生育不良)
62	2001/4/2	2001/4/5	福岡県	福岡県地先沿岸域	<i>Skeletonema costatum</i>	不明	ノリ養殖(ノリの色落ち)
63	2001/11/16	2001/12/4	福岡県	福岡県地先全域	<i>Chaetoceros debile</i> <i>Chaetoceros sociale</i> <i>Asterionella glacialis</i>	不明	ノリ養殖(ノリの色落ち)
64	2002/2/12	2002/4/1	熊本県	荒尾市沖～大矢野町沖	<i>Eucampia zoodiacus</i> <i>Skeletonema costatum</i> <i>Chaetoceros</i> spp.	不明	ノリ養殖(ノリの色落ち)
65	2002/11/25	2002/12/5	熊本県	宇土市長浜町沖～熊本市沖	<i>Chaetoceros</i> spp.	不明	ノリ養殖(ノリの色落ち)
66	2002/12/6	2003/1/21	熊本県	玉名市沖～緑川河口沖	<i>Gymnodinium sanguineum</i> <i>Katodinium glaucum</i>	不明	ノリ養殖(ノリの色落ち)
67	2002/1/1	2002/4/5	佐賀県	六角川河口を除く佐賀県ほぼ全域	<i>Skeletonema costatum</i> <i>Asterionella glacialis</i> <i>Asterionella kariana</i> <i>Chaetoceros</i> spp. <i>Eucampia zoodiacus</i>	不明	ノリ養殖(ノリの色落ち, 生育不良)
68	2002/7/30	2002/8/21	佐賀県	佐賀県中・南・西部海域	<i>Ceratium furca</i> <i>Gymnodinium sanguineum</i> <i>Chaetoceros</i> sp.	不明	刺網(斃死: ガザミ) アナゴ籠(斃死: アナゴ) 天然(斃死: スズキ, ヒラメ, アイナメ, メバル, コチ)
69	2002/10/15	2002/11/19	佐賀県	佐賀県海域全域	<i>Skeletonema costatum</i> <i>Fibrocapsa japonica</i> <i>Gymnodinium sanguineum</i>	不明	ノリ養殖(ノリの色落ち, 生育不良)
70	2002/12/5	2002/12/27	佐賀県	佐賀県海域全域	<i>Gymnodinium sanguineum</i>	不明	ノリ養殖(ノリの色落ち, 生育不良)

表 13(5) 有明海における赤潮による漁業被害の状況

No.	発生時期		都道府県名	発生海域(詳細)	赤潮プランクトン構成種	漁業被害金額(千円)	漁業被害の内容
71	2002/2/10	2002/3/21	福岡県	福岡県地先全域	<i>Asterionella glacialis</i> <i>Eucampia zodiacus</i> <i>Chaetoceros</i> spp.	不明	ノリ養殖(ノリの色落ち)
72	2003/6/30	2003/7/28	熊本県	三角町、大矢野町、有明町周辺海域	<i>Chattonella antiqua</i>	280	魚類養殖(斃死:ブリ)
73	2003/10/20	2003/11/25	熊本県	熊本市河内沖~熊本港沖	<i>Skeletonema costatum</i> <i>Chaetoceros</i> spp. <i>Gymnodinium sanguineum</i>	不明	ノリ養殖(ノリの色落ち)
74	2003/1/3	2003/3/31	佐賀県	有明海佐賀県海域全域	<i>Skeletonema costatum</i> <i>Thalassiosira</i> spp. <i>Chaetoceros</i> spp. <i>Rhizosolenia setigera</i>	不明	ノリ養殖(ノリの色落ち,生育不良)
75	2003/10/6	2003/12/30	佐賀県	佐賀県海域中部、西南、東部の一部	<i>Gymnodinium sanguineum</i>	不明	ノリ養殖(ノリの色落ち,生育不良)
76	2003/5/20	2003/7/18	長崎県	諫早湾	<i>Heterosigma akashiwo</i>	不明	定置網(斃死:ボラ,チヌ,コノシロ等)
77	2003/9/2	2003/9/16	長崎県	諫早湾	微細藻類(クリプト藻) <i>Skeletonema costatum</i> <i>Chattonella antiqua</i>	不明	養殖(斃死:アサリ)
78	2003/1/14	2003/4/1	福岡県	福岡県地先全域	<i>Skeletonema costatum</i> <i>Chaetoceros</i> spp. <i>Thalassiosira</i> spp.	不明	ノリ養殖(ノリの色落ち)
79	2003/10/19	2003/11/4	福岡県	福岡県地先全域	<i>Gymnodinium sanguineum</i> <i>Skeletonema costatum</i> <i>Chaetoceros sociale</i>	不明	ノリ養殖(ノリの色落ち)
80	2004/8/3	2004/8/26	熊本県	荒尾市沖~熊本市沖	<i>Chattonella antiqua</i> <i>Chattonella marina</i>	不明	天然魚介類(漂着等:アカエイ,コチ,ボラ,シバエビ)
81	2004/8/9	2004/8/24	佐賀県	佐賀県南西部海域	<i>Skeletonema costatum</i> <i>Chattonella</i> spp.	不明	養殖(斃死:アサリ)、刺網・カゴ(斃死:ガザミ)、天然魚介類(斃死:ボラ,スズキ,アカエイ)
82	2004/10/24	2004/12/29	佐賀県	佐賀県全域	<i>Gymnodinium sanguineum</i>	不明	ノリ養殖(ノリの色落ち)
83	2004/8/5	2004/8/20	長崎県	諫早湾	<i>Chattonella antiqua</i> <i>Chattonella marina</i>	不明	養殖(斃死:アサリ)、定置網(斃死:グチ,チヌ等)
84	2004/3/11	2004/3/21	福岡県	大牟田地先 全域	<i>Skeletonema costatum</i> <i>Thalassiosira</i> spp. <i>Chaetoceros</i> spp. <i>Asterionella glacialis</i>	不明	ノリ養殖(ノリの色落ち)

出典:水産庁 九州漁業調整事務所「九州海域の赤潮」

別添資料31：八代海における赤潮原因プランクトン別漁業被害

表 14(1) 八代海における赤潮による漁業被害の状況

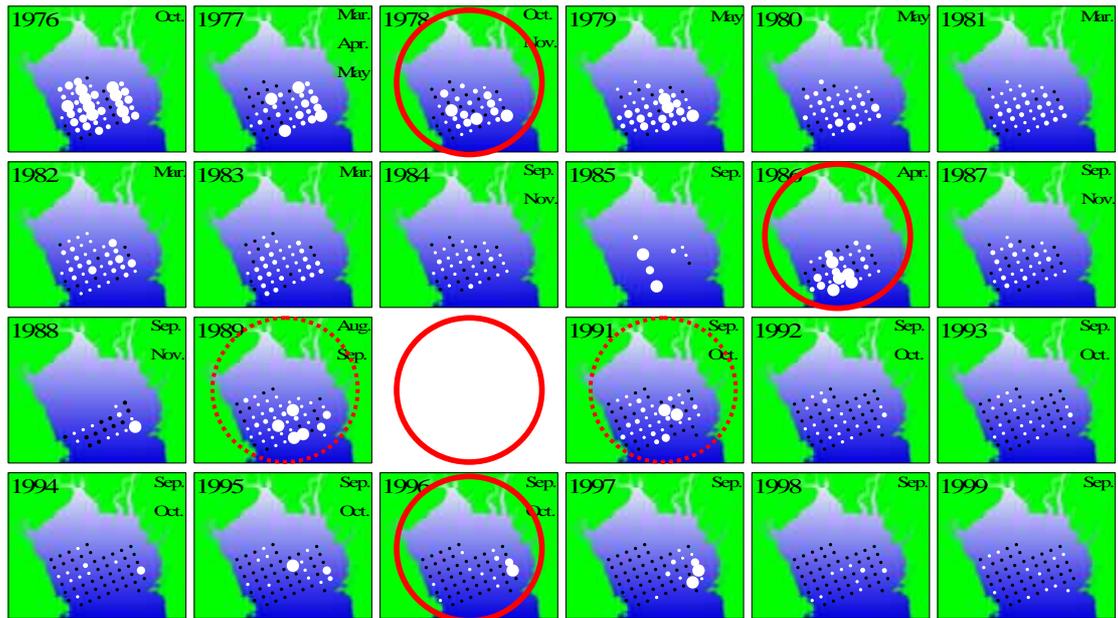
No.	発生時期		都道府県名	発生海域(詳細)	赤潮プランクトン構成種	漁業被害金額(千円)	漁業被害の内容
1	1978/7/24	1978/8/3	熊本県	竜ヶ岳町,御所浦町,津奈木町	Gymnodinium	30,220	養殖(タイ、ブリ)
2	1978/7/29	1978/8/2	鹿児島県	東町獅子島	Cochlodinium	6,047	養殖(ブリ)
3	1978/8/23	1978/8/31	鹿児島県	東町獅子島	Cochlodinium	38,490	養殖(ブリ)、雑魚
4	1978/8/21	1978/9/2	熊本県	竜ヶ岳町,姫戸町,御所浦町	Gymnodinium	26,990	養殖(ブリ)、畜養(ボラ)
5	1979/9/7	1979/9/14	鹿児島県	東町伊唐島新地浦,東町獅子島 柏栗,東町脇崎	Cochlodinium'78 八代 type	510	養殖(ハマチ)
6	1981/8/3	1981/8/19	熊本県	御所浦周辺,水俣沖	Cochlodinium'78 八代 type	13,200	養殖(斃死:ハマチ)
7	1981/8/7	1981/8/8	鹿児島県	出水地先	Cochlodinium'78 八代 type	3,000	養殖(斃死:マダイ,チダイ,マアジ)
8	1981/9/6	1981/9/14	鹿児島県	東町地先	Cochlodinium'78 八代 type	16,396	養殖(斃死:ハマチ,マダイ,チダイ)
9	1984/9/2	1984/9/8	熊本県	田浦町,津奈木町沿岸	Gymnodinium breve	284	吾智網(斃死:ハモ)、かご(斃死:メバル,カサゴ,カワハギ)
10	1985/8/31	1985/9/17	熊本県	芦北町~津奈木町沖合	Cochlodinium sp.('78年八代海型)	59,322	養殖(斃死:マダイ,イシダイ,クロダイ,アジ,その他)
11	1988/8/20	1988/8/28	熊本県	御所浦町元浦	Heterosigma akashiwo Prorocentrum sp.	245	養殖(斃死:マアジ)
12	1988/8/22	1988/8/28	熊本県	本渡市楠浦湾	Chattonella antiqua	12,250	養殖(斃死:ハマチ,ブリ,アジ)
13	1988/8/24	1988/8/28	熊本県	竜ヶ岳町地先	Chattonella antiqua	14,218	養殖(斃死:ハマチ,ブリ)
14	1988/8/24	1988/8/28	熊本県	河浦町宮野河内地先	Chattonella antiqua	4,005	養殖(斃死:ハマチ,ブリ)
15	1988/9/4	1988/9/8	熊本県	姫戸町姫浦地先	Chattonella antiqua	1,350	漁獲物(斃死:ボラ)
16	1988/9/10	1988/9/14	熊本県	本渡市楠浦湾	Chattonella antiqua	2,100	養殖物(斃死:ブリ)
17	1988/9/26	1988/9/29	熊本県	河浦町宮野河内地先	Heterosigma akashiwo	3,208	養殖物(斃死:ハマチ,ブリ,アジ)
18	1988/9/9	1988/9/11	鹿児島県	出水郡東町幣串地先	Chattonella antiqua	6,843	養殖物(斃死:ハマチ,ブリ)
19	1989/8/8	1989/8/21	熊本県	八代海中部全域	Gymnodinium nagasakiense	158,594	養殖(斃死:マダイ,ブリ,トラフグ,マアジ)、天然魚:斃死
20	1989/7/31	1989/8/2	鹿児島県	東町脇崎・宮ノ浦・伊唐地先	Chattonella antiqua	62,560	養殖(斃死:ブリ)
21	1989/7/31	1989/8/19	鹿児島県	八代海全域	Gymnodinium nagasakiense	97,160	養殖(斃死:ブリ)、タコつぼ(斃死:マダコ)、延縄(斃死:ハモ)、天然魚介類(浮上) 被害金額は養殖のみである。
22	1990/7/17	1990/8/17	熊本県	熊本県ほぼ全域	Chattonella antiqua	992,673	養殖(斃死:ブリ,マダイ,イシダイ,アジ,フグ)
23	1990/8/1	1990/9/10	熊本県	水俣、芦北地域沿岸	Cochlodinium sp.('78年八代海型) Chaetoceros sp.	10,080	養殖(斃死:トラフグ,チヌ,ブリ,マダイ)
24	1990/7/19	1990/8/7	鹿児島県	東町沿岸一円	Chattonella antiqua	107,000	養殖(斃死:ブリ)
25	1990/8/30	1990/9/6	鹿児島県	東町伊唐、諸浦、弊串	Cochlodinium sp.('78年八代海型)	30,300	養殖(斃死:ブリ)
26	1991/8/5	1991/8/14	熊本県	田浦町~津奈木町地先・御所浦	Cochlodinium sp.('78年八代海型)	13,090	養殖(斃死:マダイ,クロダイ,マアジ,トラフグ,ブリ)
27	1992/7/25	1992/8/3	鹿児島県	八代町東町周辺海域	Chattonella antiqua	9,482	養殖(斃死:ハマチ)

表 14(2) 八代海における赤潮による漁業被害の状況

No.	発生時期		都道府県名	発生海域(詳細)	赤潮プランクトン構成種	漁業被害金額(千円)	漁業被害の内容
28	1994/9/6	1994/10/12	熊本県	楠浦湾一帯	Heterocapsa sp.	225,000	斃死,衰弱:アコヤ貝、斃死:アサリ
29	1996/6/10	1996/6/12	熊本県	本渡市楠浦湾~芦北郡、津奈木町	Gymnodinium sp. Gyrodinium sp.	不明	養殖(斃死,異常遊泳:トラフグ、斃死:ハモ)
30	1996/6/12	1996/6/12	鹿児島県	東町脇崎	Gymnodinium sp.	54	養殖(斃死:マダイ)
31	1998/7/29	1998/8/10	熊本県	大矢野島・維和島周辺~御所浦	Chattonella antiqua	493	養殖(斃死:ブリ,ハマチ)
32	1998/8/6	1998/8/18	熊本県	九州西部(八代海)	Cochlodinium'78 八代型	57	養殖(斃死:ブリ)
33	1999/8/19	1999/8/26	熊本県	牟田地先~津奈木地先	Cochlodinium polykrikoides	57,907	養殖(斃死:トラフグ)
34	2000/6/24	2000/7/7	熊本県	楠浦湾	Gymnodinium mikimotoi	162	養殖(斃死:カンパチ)
35	2000/7/7	2000/8/1	熊本県	熊本県沿岸全域	Cochlodinium polykrikoides	3,982,839	養殖(斃死:トラフグ,マダイ,ブリ,カンパチ,シマアジ,マアジ,アジ等,マサバ,ヒラマサ,クロダイ,イシダイ,カサゴ,イサキ,ヒラメ) 蓄養(斃死:カンパチ,シマアジ,マアジ,ヒラマサ)
36	2000/8/13	2000/9/4	熊本県	熊本県沿岸全域	Gymnodinium mikimotoi	28,270	養殖(斃死:エゾアワビ,メガイアワビ,トラフグ)
37	2000/5/18	2000/5/24	鹿児島県	東町浦底湾	Heterosigma akashiwo	不明	養殖(斃死:ブリ)
38	2000/7/9	2000/7/24	鹿児島県	東町沿岸全域	Cochlodinium polykrikoides	1,225	養殖(斃死:ブリ)
39	2000/8/18	2000/9/1	鹿児島県	南部東町沿岸全域	Gymnodinium mikimotoi	945	養殖(斃死:ブリ) 蓄養(斃死:ヒラアジ) 斃死:タコ・ハモ,クルマエビ 被害金額は養殖のみである。
40	2001/5/14	2001/6/1	熊本県	三角町郡浦地先	Heterosigma akashiwo	300	蓄養(斃死:ボラ,セイゴ等)
41	2002/2/14	2002/4/9	熊本県	鏡町、八代市沖~大矢野町沖	Skeletonema costatum	不明	ノリ養殖(ノリの色落ち)
42	2002/7/16	2002/8/20	熊本県	姫戸町沖~御所浦町沖、楠浦湾、浅海湾、深海湾、宮野河内湾、久玉湾	Chattonella antiqua	698	養殖(斃死:シマアジ)
43	2002/8/17	2002/8/27	熊本県	津奈木町沖~水俣沖	Cochlodinium polykrikoides	不明	魚類養殖(斃死:ヒラメ)
44	2002/8/20	2002/8/24	鹿児島県	八代海南部 獅子島沖	Cochlodinium polykrikoides	587,808	養殖(斃死:ブリ,カンパチ,その他)
45	2003/6/30	2003/7/28	熊本県	八代市、津奈木町、大矢野町、松島町、姫戸町、龍ヶ岳町、倉岳町、栖本町、本渡市、御所浦町、新和町、河浦町、牛深市周辺海域	Chattonella antiqua	331,666	養殖(斃死:ブリ,トラフグ,カワハギ,カンパチ,シマアジ,マダイ,ヒラマサ)
46	2003/9/11	2003/9/19	熊本県	姫戸町沖~牛深市沖	Chattonella antiqua Cochlodinium polykrikoides	287,382	養殖(斃死:ブリ,トラフグ,,カンパチ,シマアジ,ヒラス)
47	2003/7/15	2003/7/22	鹿児島県	八代海東町沿岸	Chattonella antiqua	32,000	養殖(斃死:ブリ)
48	2004/7/30	2004/8/23	熊本県	上天草市沖~新和町沖	Chattonella spp.	224,343	養殖(斃死:ブリ,カンパチ,シマアジ,マアジ,マダイ,トラフグ,カワハギ)、延縄(斃死又は衰弱:クロダイ,スズキ)、カニ籠(斃死又は衰弱:ガザミ)、小型定置網(斃死又は衰弱:クロダイ等)、採貝斃死又は衰弱:(アサリ)
49	2004/8/6	2004/8/14	鹿児島県	南部長島沿岸	Chattonella spp.	2,500	養殖(斃死:ブリ)

出典:水産庁 九州漁業調整事務所「九州海域の赤潮」

別添資料32：タイラギ成貝の生息量調査結果

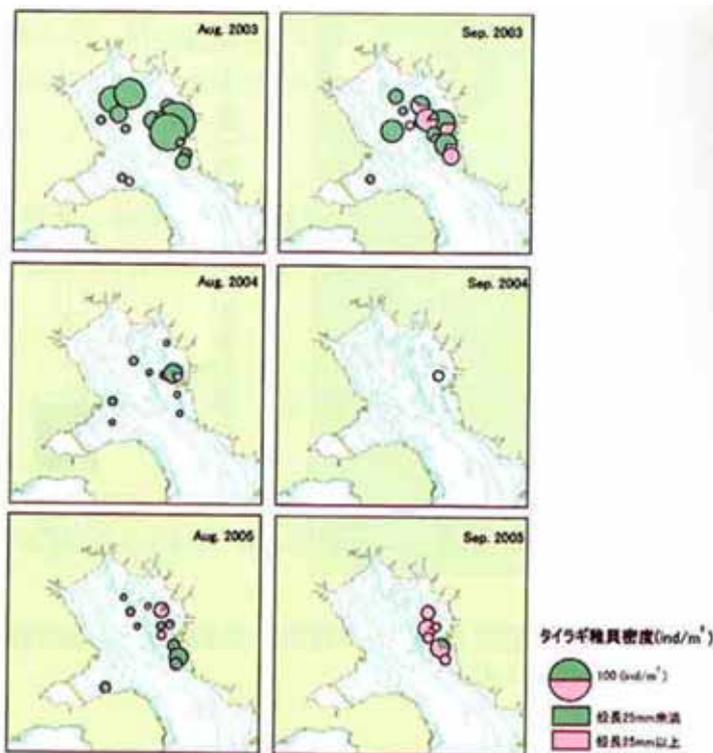


○ 100ind / 100m<sup>2</sup> ◦ < 100 ◦ < 50 ◦ < 10 • = 0

資料：伊藤史郎(2005)「第15回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料-3 有明海における二枚貝について」

図 35 タイラギの生息量

別添資料33：タイラギ稚貝の密度



注) 上から順に 2003、2004、2005 年、8 月 (左) 9 月 (右)

資料：独立行政法人水産総合研究センター 西海区水産研究所資料

図 36 タイラギ稚貝密度の分布

別添資料34：基質の違いによるタイラギ浮遊幼生の着底

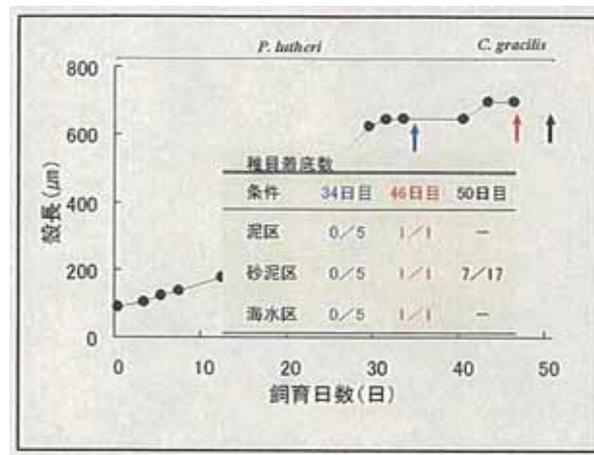
- ・ ガラスシャーレに泥のみを塗った泥区、砂の混じった泥を塗った砂泥区、何も塗らない海水区の3区へのタイラギ幼生の着底状況を観察。
- ・ ふ化後34日目の幼生（各5個体）では泥区・砂泥区・海水区のいずれにも着底せずに斃死（餌はパプロバ・セルリ）。
- ・ 餌を途中からキートセロスに変更したところ、46日目に足を出して泳ぐ3個体を確認し（写真1）試験に用いたところ、泥区・砂泥区・海水区において着底を確認。
- ・ その後、砂泥区の着底稚貝は足糸で砂粒に体を固着して成長するが、泥区の着底稚貝は足糸を出し、泥の上で匍匐を続けて斃死（写真2）。
- ・ 生残が認められた砂泥区に50日目の幼生を入れて再試験した結果、17個体中7個体が稚貝となって成長（図37）。



写真1 46日目（670μm）



写真2 衰弱個体



資料：佐賀県(2004)「第9回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料-8 タイラギ浮遊幼生の飼育と着底」

図37 基質の違いによるタイラギ浮遊幼生の着底数の差

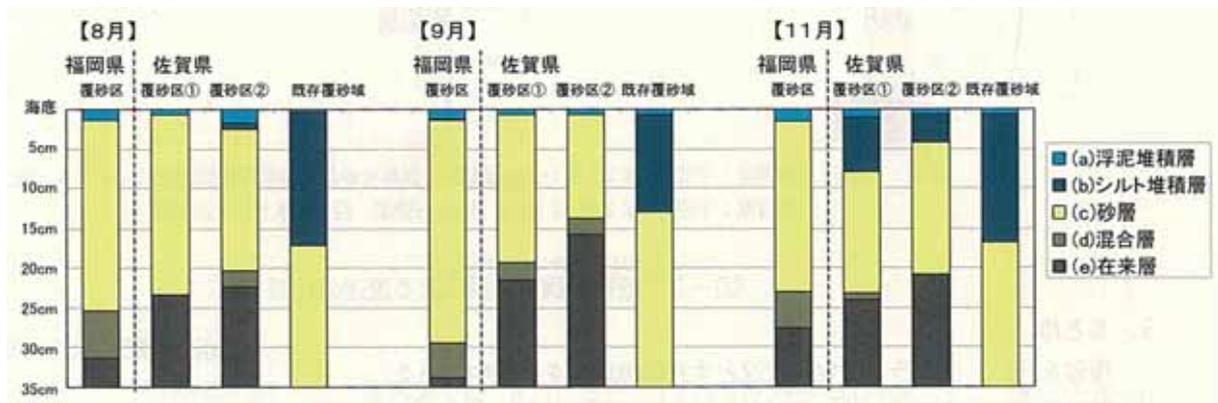
別添資料35：覆砂効果実証試験結果

表 13 タイラギの生息密度

項目	海域 区域	福岡県		佐賀県			
		覆砂区 (砂)	対照区 (覆砂なし)	覆砂区① (砂)	覆砂区② (貝殻混合砂)	対照区① (覆砂なし)	対照区② (既存覆砂域)
調査測点数		12	3	6	6	3	3
タイラギ 個体数 (/0.5 m <sup>2</sup> )	8月	1~29 (16)	0	9~46 (24)	21~55 (36)	0	0~1 (<1)
	9月	2~19 (9)	2~4 (3)	0~4 (1)	1~5 (3)	0	0
	11月	2~13 (8)	2 (2)	0	0~1 (<1)	0	0

注) ( ) 内は区域別平均値。

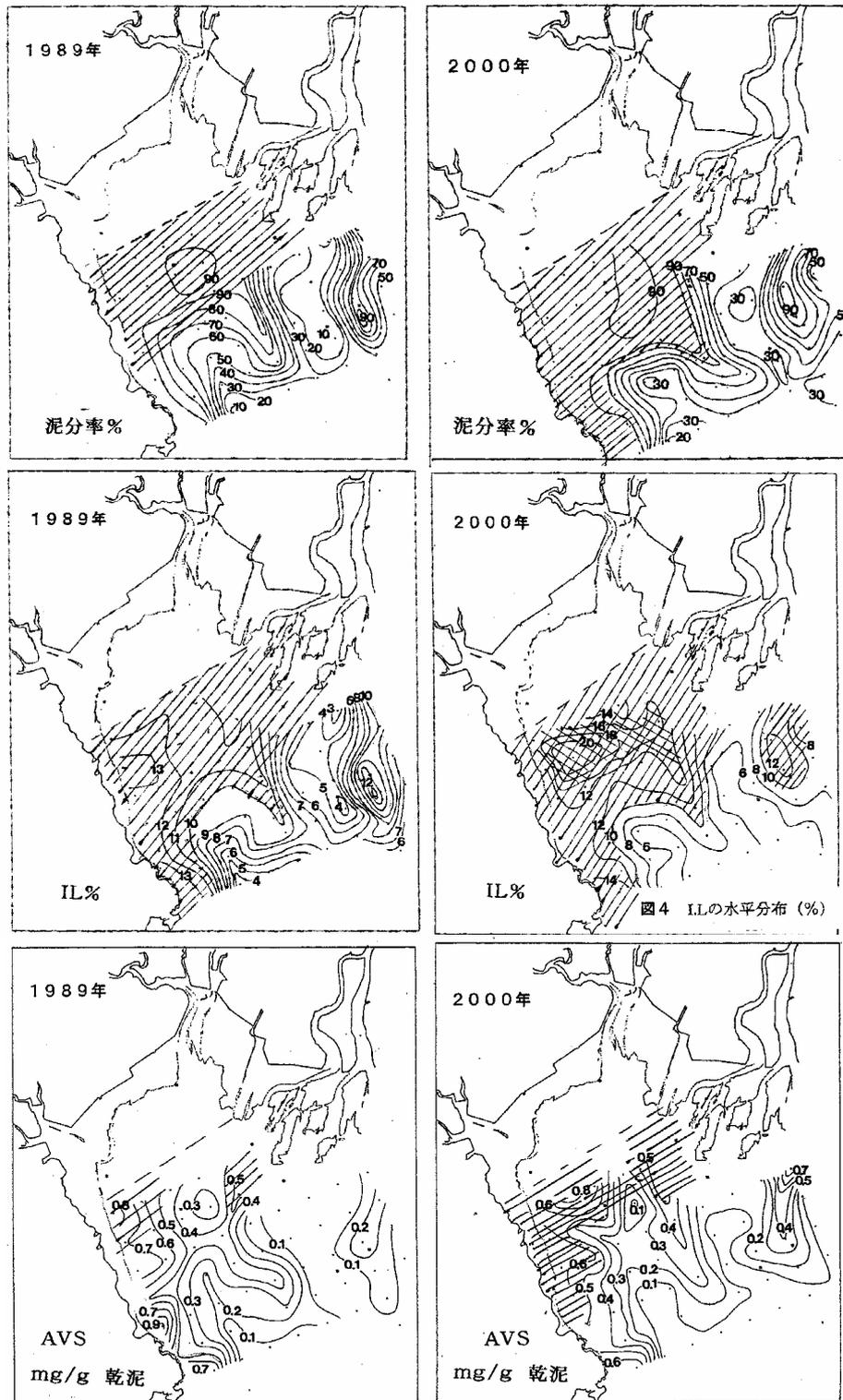
資料：水産庁（2006年）「第20回評価委員会 資料-5 有明海改善のための実証試験について」



資料：水産庁（2006年）「第20回評価委員会 資料-5 有明海改善のための実証試験について」

図 38 覆砂域における底質の層厚（区域別平均）

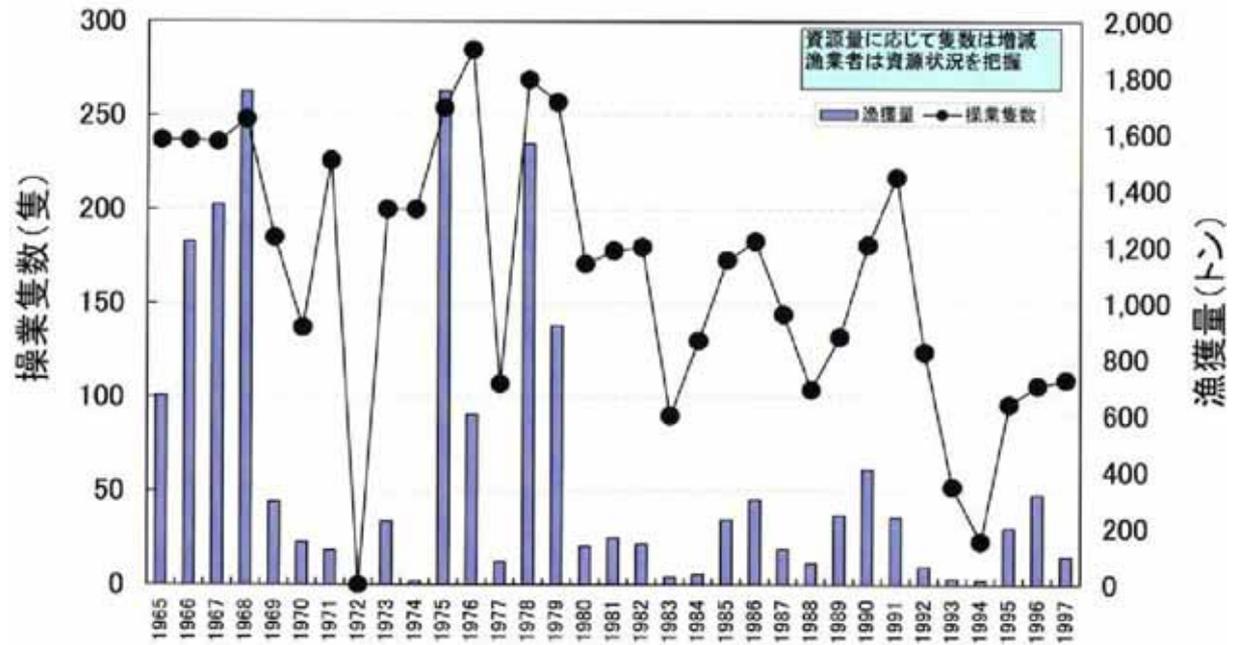
別添資料36：有明海北西部の底質調査結果



資料：1. 古賀秀昭(1991)：有明海北西海域の底質及び底生生物，佐賀県有明水産試験場研究報告，13号，pp.57-79  
 2. 大隈育，江口泰蔵，川原逸朗，伊藤史郎(2001)：有明海湾奥部の底質及びマクロベントス，佐賀県有明水産振興センター研究報告，20号，pp.55-62

図 39 有明海北西部の底質環境調査結果：泥分率，強熱減量(IL)，酸揮発性硫化物(AVS)

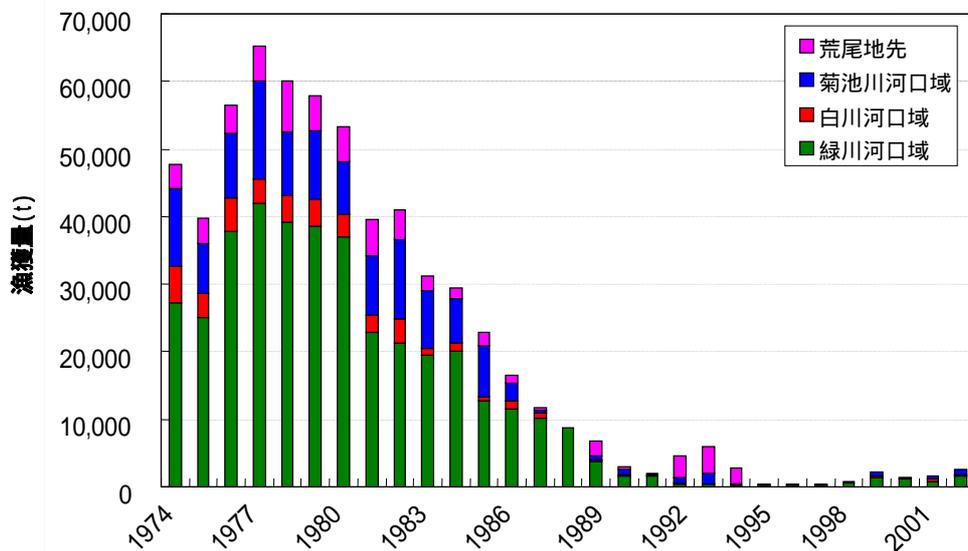
別添資料37：タイラギの漁獲努力量（大浦漁協）



資料：中田英昭 [水産資源グループ] (2006) 「第 23 回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料 2-1 水産資源グループによる検討内容」

図 40 大浦漁協におけるタイラギ潜水器漁業隻数と貝柱漁獲量

別添資料38：熊本県のアサリ漁獲量

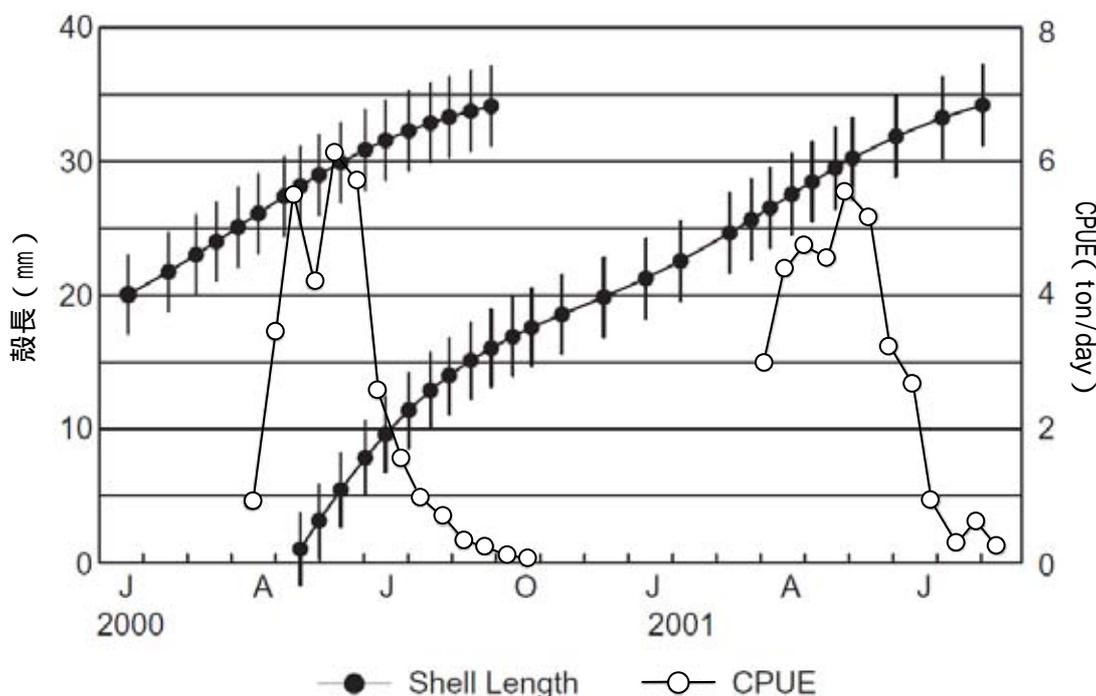


資料：伊藤史郎(2005) 「第 15 回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料-3 有明海における二枚貝について」

図 41 熊本県のアサリ漁獲量の推移

別添資料39：アサリ資源と漁獲との関係について

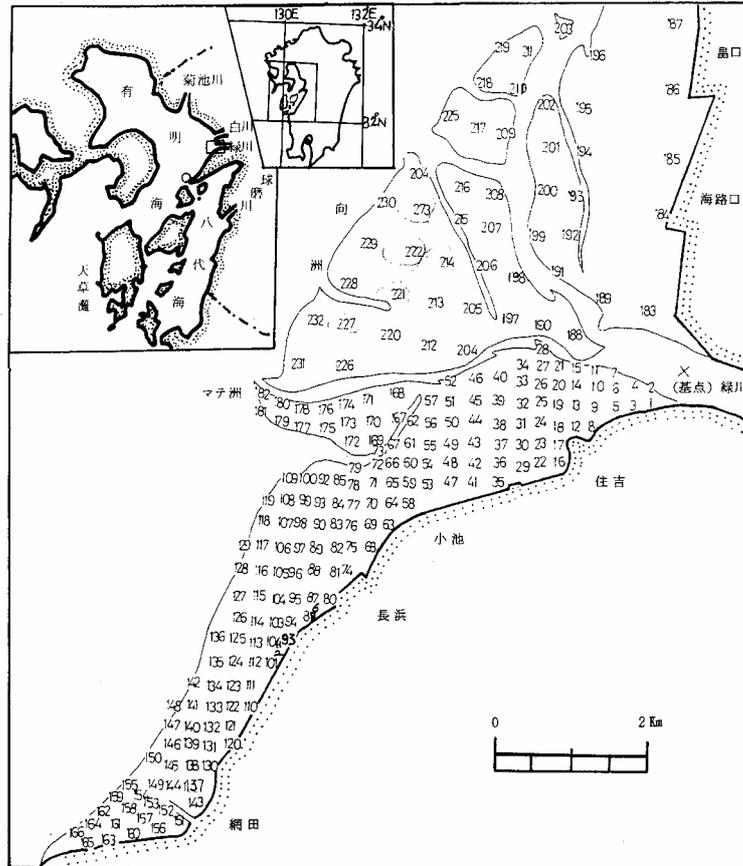
- ・ 緑川河口域（A 漁協）では、殻幅 13mm 以上のアサリを 4 月から漁獲している。
- ・ 近年の緑川河口域において、春発生群は約 1 年後には殻長 28mm、殻幅 12mm 前後までに成長することから、漁場加入後約 1 年で漁獲可能サイズとなる（図 42）。
- ・ 漁期スタートの 4 月には、前年春生まれ群の成長の早いものから順次漁獲し始め、アサリの多くが漁獲対象サイズとなる 5 月に漁獲がピークとなる。その後、7 月以降漁獲量は急激に減少し、ノリ漁期が始まる 10 月には漁期が終了している（図 42）。
- ・ A 漁協における 2000 年の 1 日あたり漁獲量の推移をもとに初期資源量を推定した結果、資源量の 98% 以上を漁獲していたとの結果が得られた（未発表）。このことは、毎年、前年の春発生群を 1 歳の春から秋までの間にほぼ取り尽くしてその年の漁期を終了していることを示している。
- ・ なお、1970 年代から 1980 年代にかけて、熊本県においてはアサリ稚貝（殻長 21mm、殻幅 9mm）が漁獲され、全国に出荷されていたことから、当時、多くのアサリが再生産に寄与できなかったことが示唆される。



資料：中原康智、那須博史（2002）：主要アサリ産地からの報告 - 有明海熊本県沿岸, 日本ベントス学会誌, Vol. 57 No. 1, pp. 139-144)

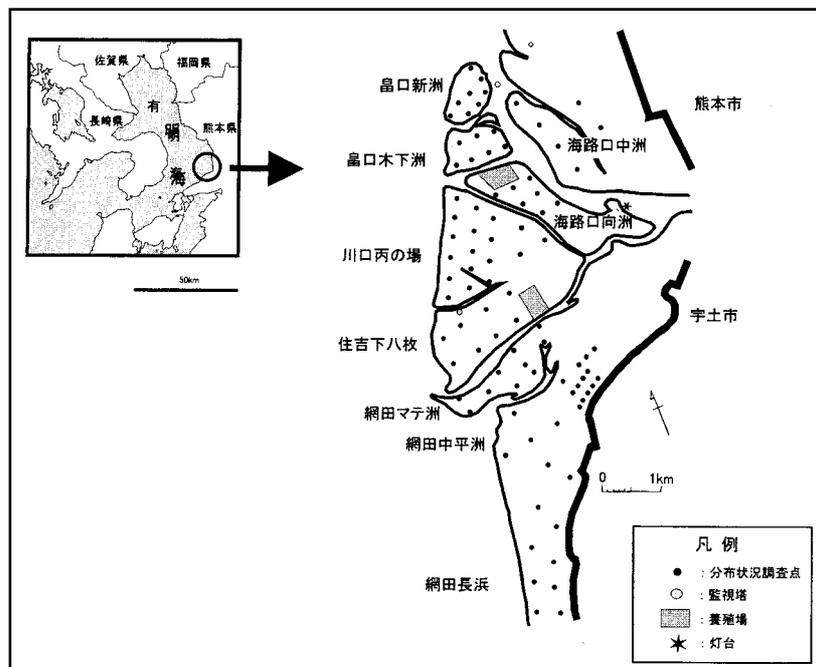
図 42 アサリの殻長と CPUE(1 日当たりの平均漁獲量)の推移

別添資料40：熊本県緑川河口の干潟調査地点



資料：熊本県資料

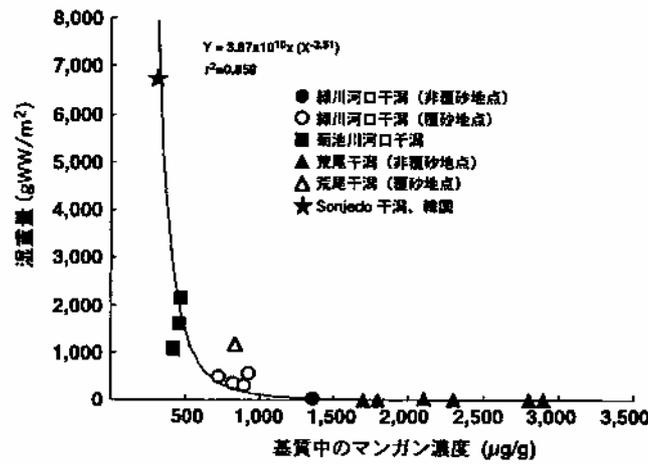
図 43 熊本県緑川河口の干潟調査地点：1981年（昭和56年）



資料：熊本県資料

図 44 熊本県緑川河口の干潟調査地点：1994年（平成6年）以降

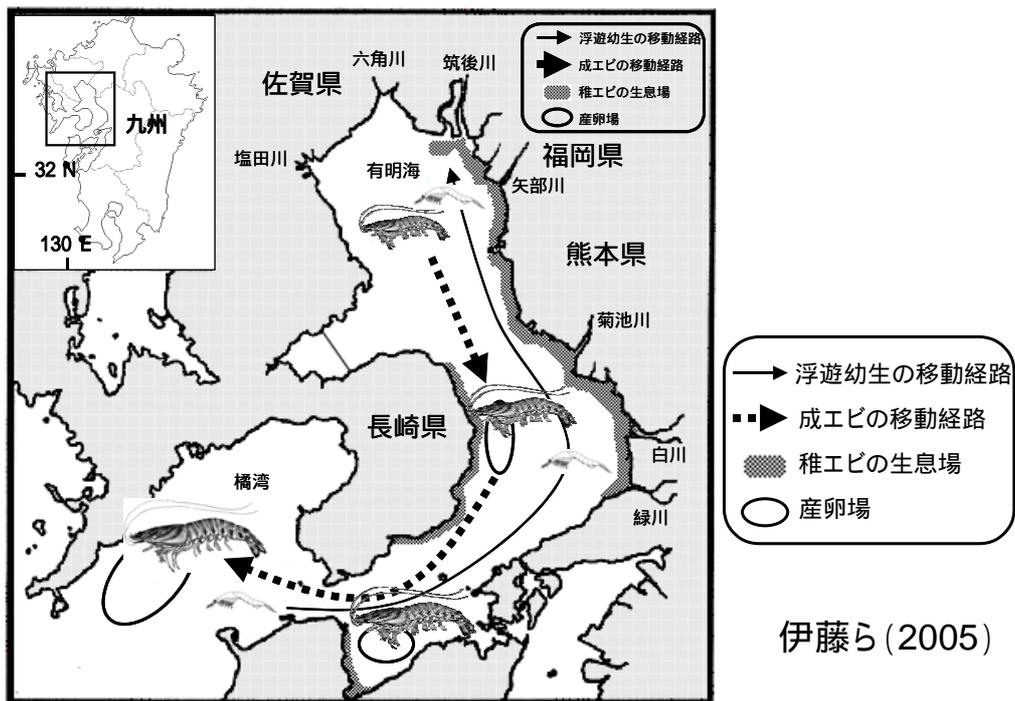
別添資料41：干潟のマンガン濃度とアサリの生物量の関係



資料：堤裕昭(2005)：干潟の底質環境の変化とベントス群集への影響-有明海の砂質干潟を例として-, 月刊海洋, Vol.13, No.2, pp.107-115

図 45 干潟の基質のマンガン濃度と棲息するアサリの生物量の関係

別添資料42：クルマエビの産卵場所と稚エビの出現場所



出典：中田英昭(2005)「第17回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料-2 水産資源に関するとりまとめ(2) 主に魚類資源について」

図 46 クルマエビの産卵場所と稚エビの出現場所

別添資料43：ノリ酸処理剤の魚類への影響試験結果

表 14 ノリ酸処理剤の魚類への影響について

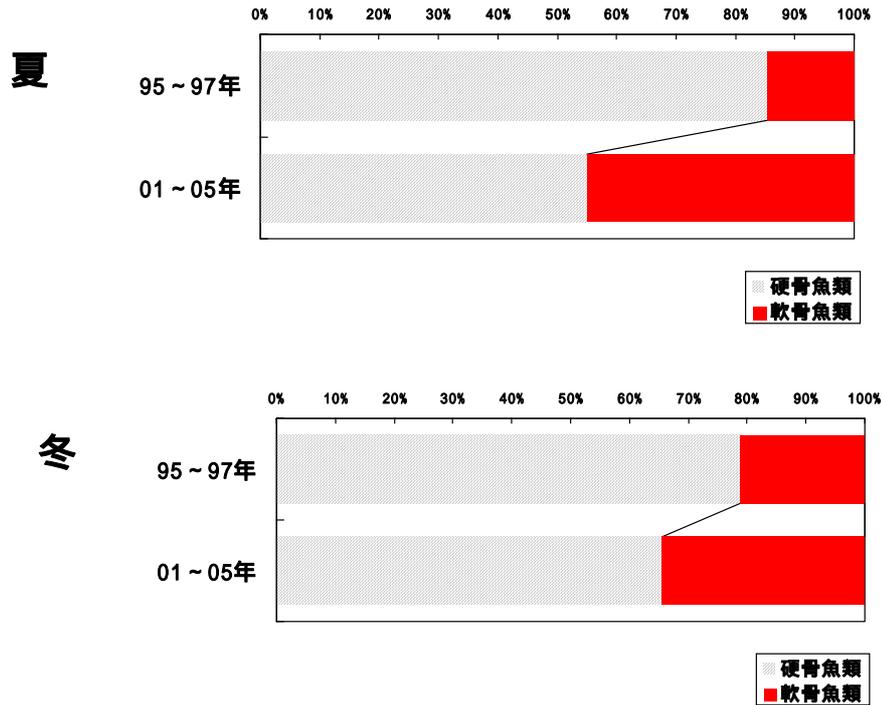
生物の種類	成長段階	酸の種類	影響の内容	濃度(%)	pH	備考
マコガイ	卵	処理剤 (4種類)	生存濃度(48時間)	-	7.83~7.95	高い pH でも影響が出たことを処理剤中の添加物の影響と推定
マコガイ	孵化稚魚	処理剤 (4種類)	生存濃度(48時間) 致死濃度(48時間)	- -	7.28 7.53	処理剤の種類によって生存濃度が大きく異なっている。
イツ	受精卵	クエン酸	半数致死(24時間)	0.0038	5.0	
クダイ	稚魚	クエン酸とその不完全中和剤	正常濃度(24時間) 生存濃度(24時間) 斃死濃度(24時間)	0.008 0.04	6.8以上 6.2以上 5.0以上	両区とも pH で影響が出現した。 0.04%区では狂奔した後斃死した。 0.0032~0.2%まで5区。
ハセ	稚魚	クエン酸の中和物	半数致死濃度(72時間) 影響のない濃度	0.2 0.05		
ウギ	シラス	処理剤 (2種類)	半数致死濃度(24時間)	0.052~0.056		
ウギ	シラス	クエン酸	半数致死(24時間)	0.11		
クダイ	稚魚	処理剤 (2種類)	半数致死濃度(24時間)	0.080~0.111	4.54~4.65	処理剤の1種類は低濃度でも生残が悪く、pH以外の要因も推察された。
ヒラメ	稚魚	処理剤	半数致死(48時間)	0.067	5.5	
エビシヤコ	稚魚	クエン酸	半数致死(48時間)	0.0640	5.5	
ヒメダカ	成魚	処理剤	半数致死(96時間)	0.03~0.05		
イガレイ	成魚	クエン酸	嫌忌濃度	0.0175	3.1	0.0175%、0.07%の2試験区。
		処理剤	嫌忌しない濃度	0.1	4.1	0.1試験区のみ。
マダイ	成魚	クエン酸	嫌忌濃度 嫌忌しない濃度	0.0035 0.0025	7.35 7.72	
		塩素	嫌忌濃度 嫌忌しない濃度	$0.35 \times 10^{-3}N$ $0.25 \times 10^{-3}N$	7.51 7.76	

【概要】

- ・魚類への影響を成長段階毎にみると、卵・幼生期の方が酸処理剤への耐性が低い。
- ・卵・幼生期の半数致死濃度(24時間)は pH5.0~5.4 の範囲、稚魚~成魚期になるとさらに顕著となり pH は 5.0 前後になる。
- ・試験結果より、24時間以上の酸処理剤への浸漬試験では pH7 以下、短時間の酸処理剤への生物の浸漬試験では時間が短いほど更に低い pH でも影響が出現しなくなってくるので、現状の使用濃度(概略 1%以内)と使用量であれば、海域での酸処理剤の拡散・希釈を考慮すると生物に大きな影響が出るとは考えにくい。

資料：農林水産省水産庁(1995)「のり酸処理試験研究成果の概要」

別添資料44：硬骨魚類、軟骨魚類の季節別漁獲量割合



注) 1995~1997年のデータは長崎県水産開発協会の調査結果を用いた。  
 資料：山口敦子(2005)「第17回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料-3 有明海の魚類に関する最近の調査結果」

図 47 硬骨魚類、軟骨魚類の季節別漁獲量割合

別添資料45：有明海北西部の底質環境と底生動物の調査地点

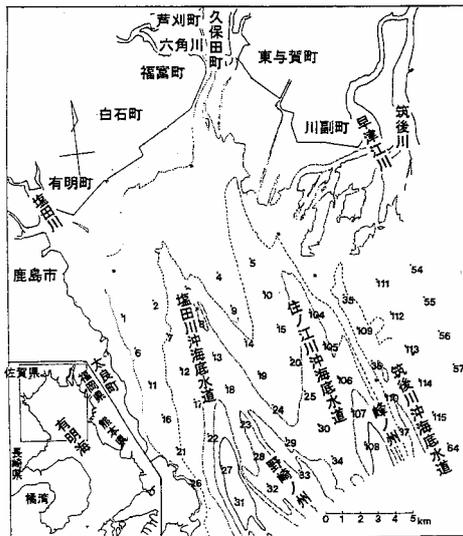
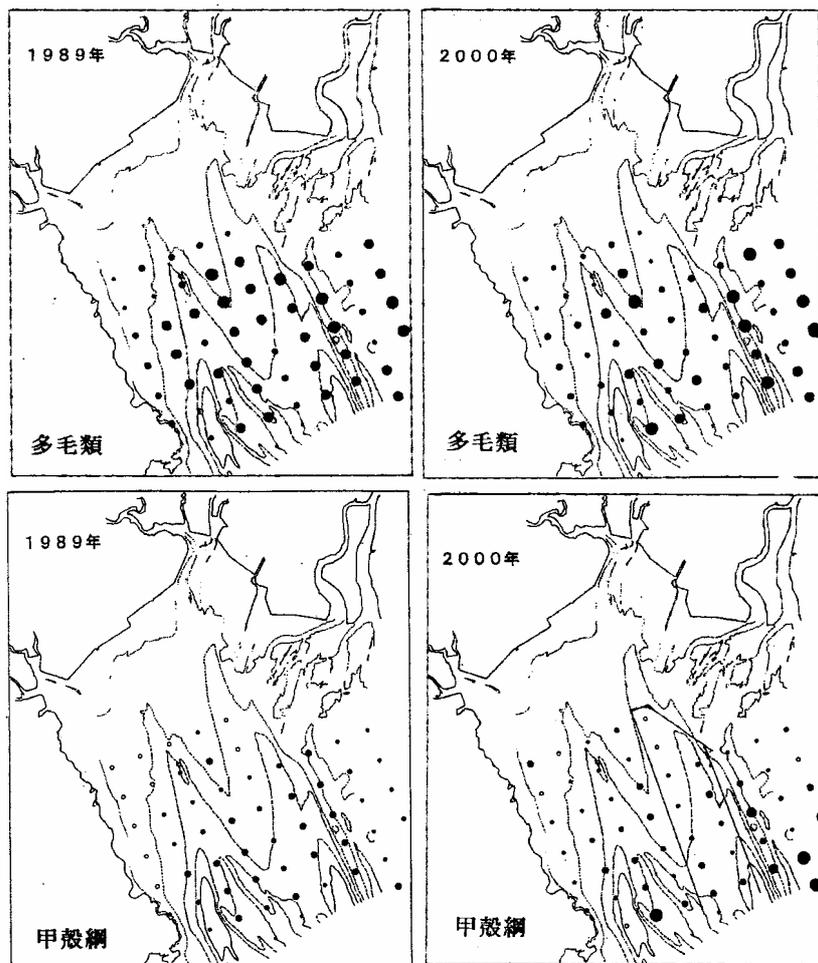


図 48 調査地点：有明海北西部の底質環境と底生動物

別添資料46：有明海北西部における多毛類、甲殻類の調査結果

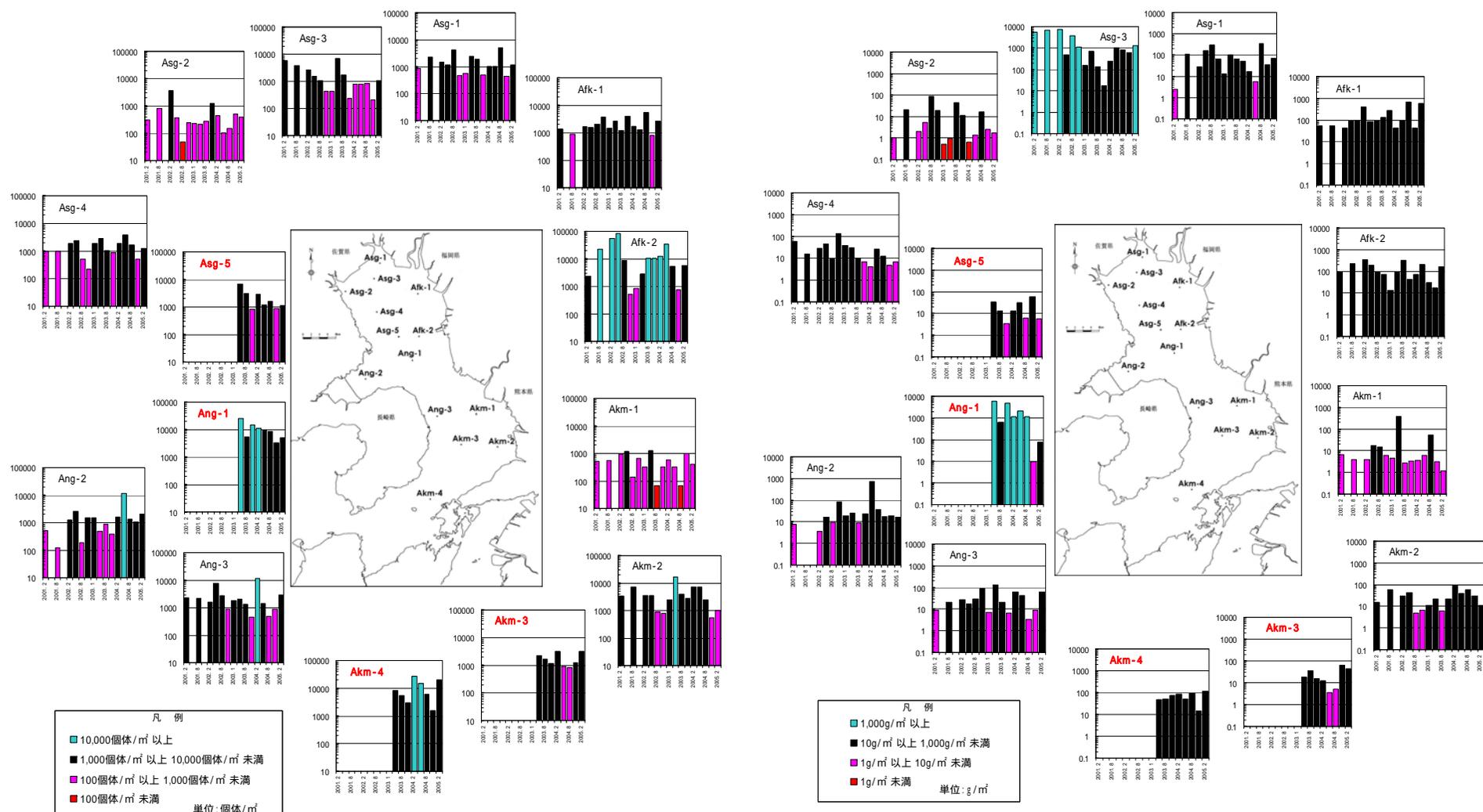


資料：1. 古賀秀昭(1991):有明海北西海域の底質及び底生生物, 佐賀県有明水産試験場研究報告, 13号, pp.57-79  
 2. 大隈育, 江口泰蔵, 川原逸朗, 伊藤史郎(2001):有明海湾奥部の底質及びマクロベントス, 佐賀県有明水産振興センター研究報告, 20号, pp.55-62

図 49 有明海北西部の底生動物調査結果(多毛類、甲殻綱)

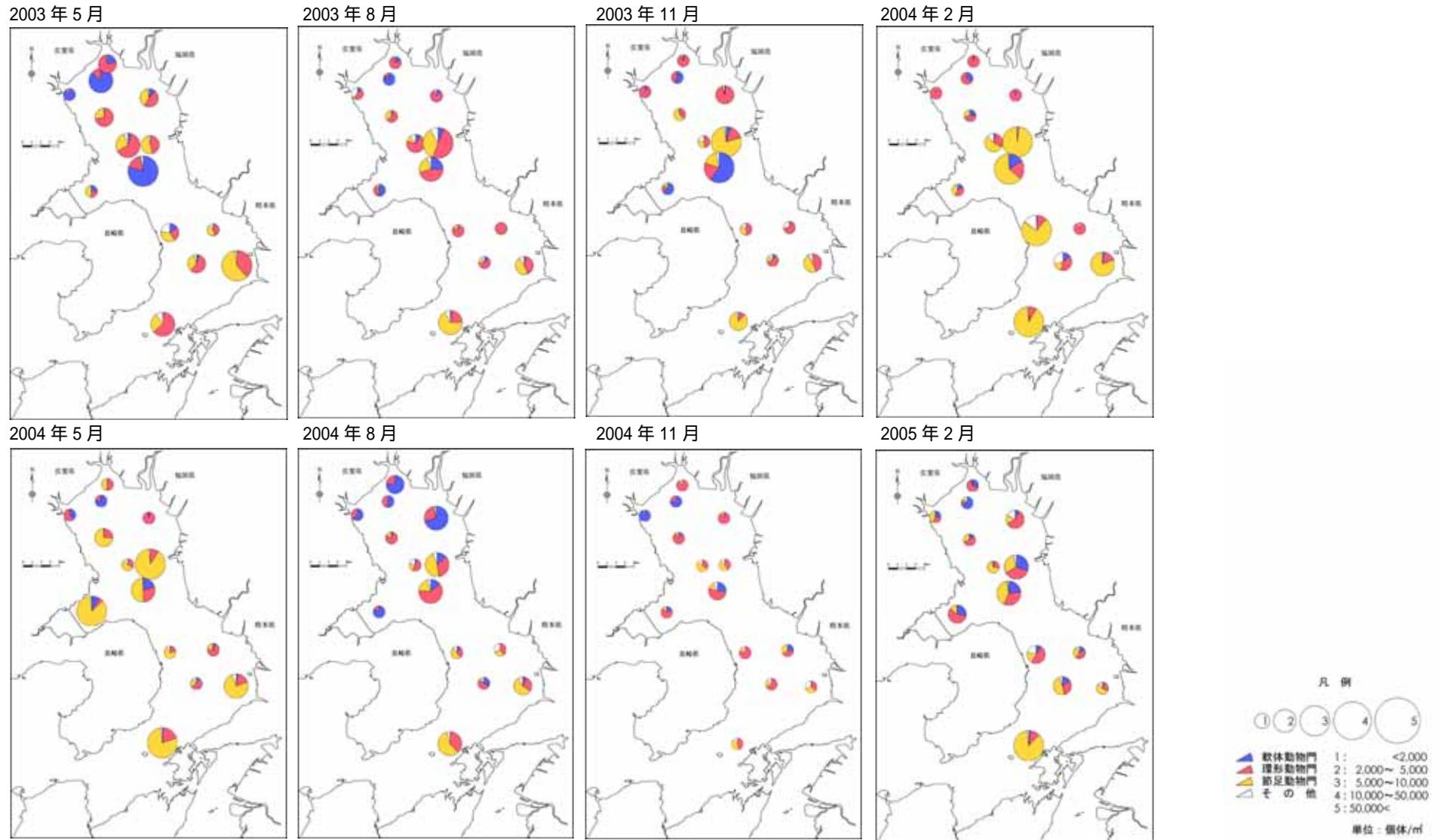
別添資料47：2000年以降の有明海の底生物調査結果

(56)



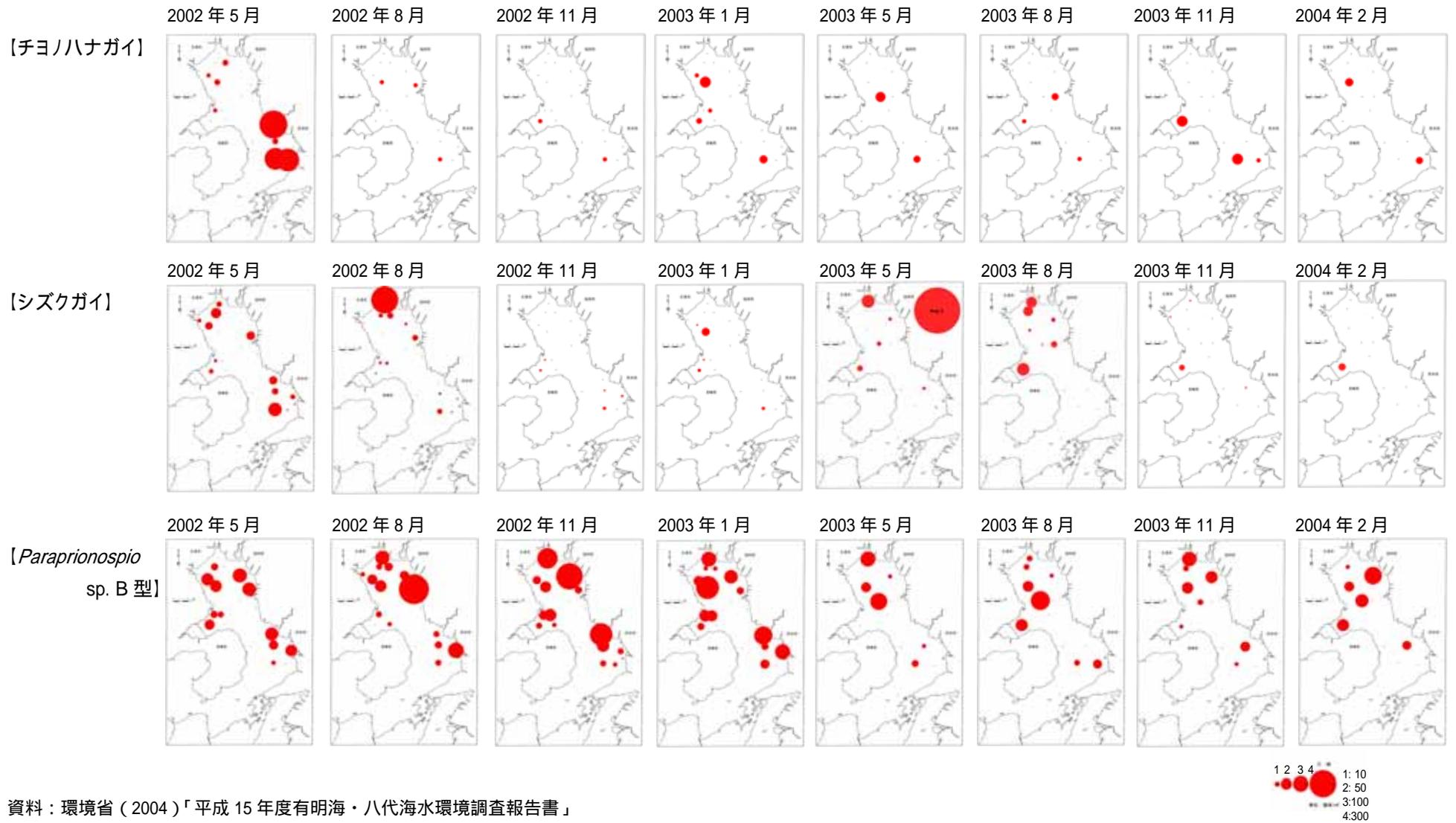
注) グラフ中の赤字の調査点は、2003年5月以降に調査が行われた調査点を示す。  
 資料：環境省(2005)「平成16年度有明海・八代海水環境調査報告書」

図 50 有明海におけるマクロベントスの経年変化(左：合計個体数、右：合計質量)



資料：1.環境省（2004）「平成15年度有明海・八代海水環境調査報告書」  
2.環境省（2005）「平成16年度有明海・八代海水環境調査報告書」

図 51 有明海におけるマクロベントスの分類群別個体数分布(上段：2003年度、下段：2004年度)



資料：環境省（2004）「平成15年度有明海・八代海水環境調査報告書」

図 52 富栄養、低酸素環境指標種の出現状況(上段：チヨノハナガイ、中段：シズクガイ、下段：*Paraprionospio* sp. B 型)

別添資料48：ノリの主な病気

表 15 ノリの主な病気

病名	原因	対処
赤ぐされ病	菌類の1種	摘み取り、高吊り
壺状菌病	菌類の1種	(酸処理) 入庫
スミノリ	針状細菌	酸処理
色落ち	植物プランクトン	
バリカン	淡水その他海洋条件	
アオノリ	緑藻の混生	酸処理

資料：鬼頭鈞(2003)「第6回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料-2 有明海の高苔養殖」

別添資料49：潜水坪刈調査による海域別平均湿重量の比較

表 16 潜水坪刈調査による海域別平均湿重量の比較

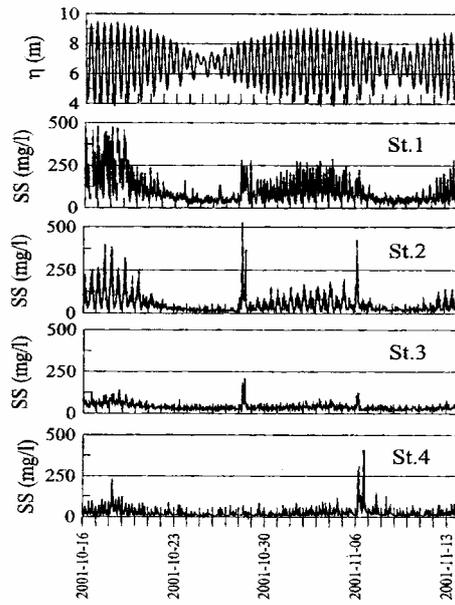
	熊本有明 (1, 2)	天草有明 (3~7)	天草西		八代湾奥 (18~20)	熊本八代 (21, 22)	天草八代		全海域
			北(8, 9)	南(10~12)			北(14~17)	南(13)	
1978年5月 (繁茂期)	113.3	599.2	787.0	245.2	171.4	481.3	471.7	320.0	418.7
1978年8月 (衰退期)	18.0	335.1	716.2	435.2	32.4	429.8	47.0	61.8	257.1
2000年1月 (伸長期)	2.0	86.4	140.1	98.7	72.5	41.3	86.8	1.0	75.5

注) 表中( )内は右図に示す測線番号を表す。



資料：大和田紘一, 本城凡夫[八代海検討グループ](2006)「第23回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料-2-3 八代海に関する検討」

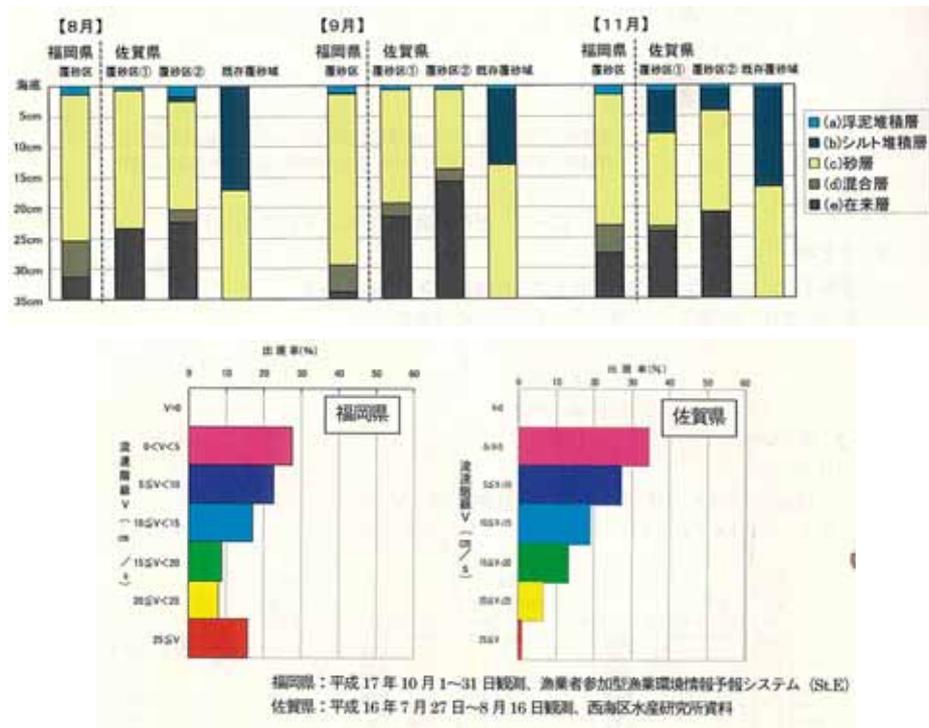
別添資料50：底面付近の SS 濃度と潮汐の関係



資料：中川康之(2003)：有明海における底質輸送現象のモデル化, 港湾空港技術研究所報告, 第 42 巻, 第 4 号, pp.25-42

図 53 各観測点での底面付近の SS 濃度と潮汐の関係

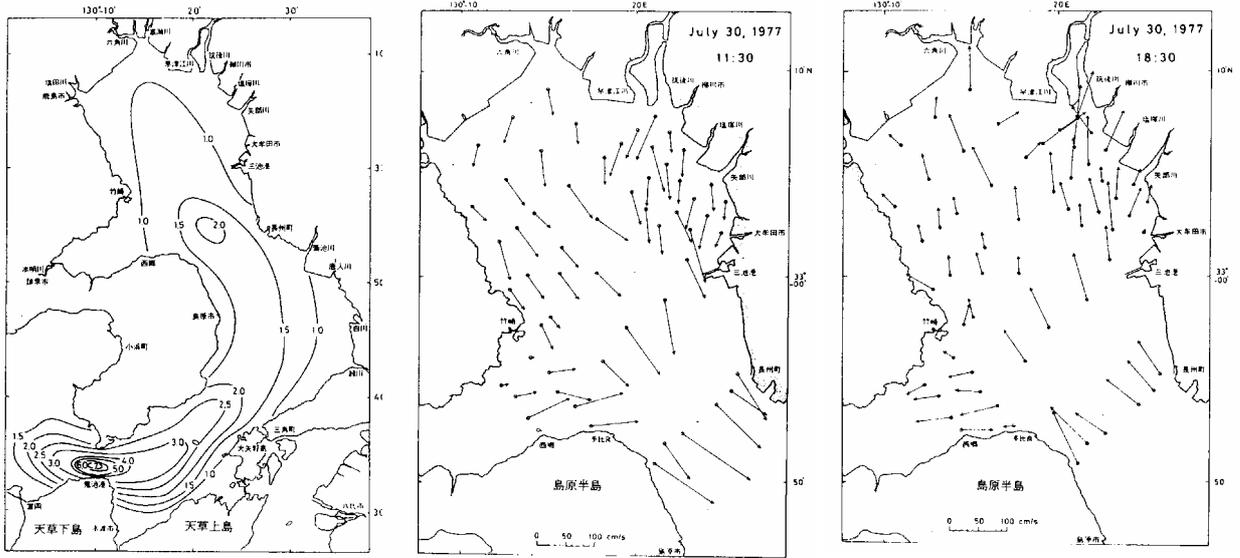
別添資料51：流速出現頻度と浮泥の堆積状況



注) 上図は覆砂域における底質の層厚、下図は既往の調査結果による流速の比較を示す。  
資料：水産庁(2006年)「第20回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料-5 有明海改善のための実証試験について」

図 54 流速出現頻度と浮泥の堆積状況

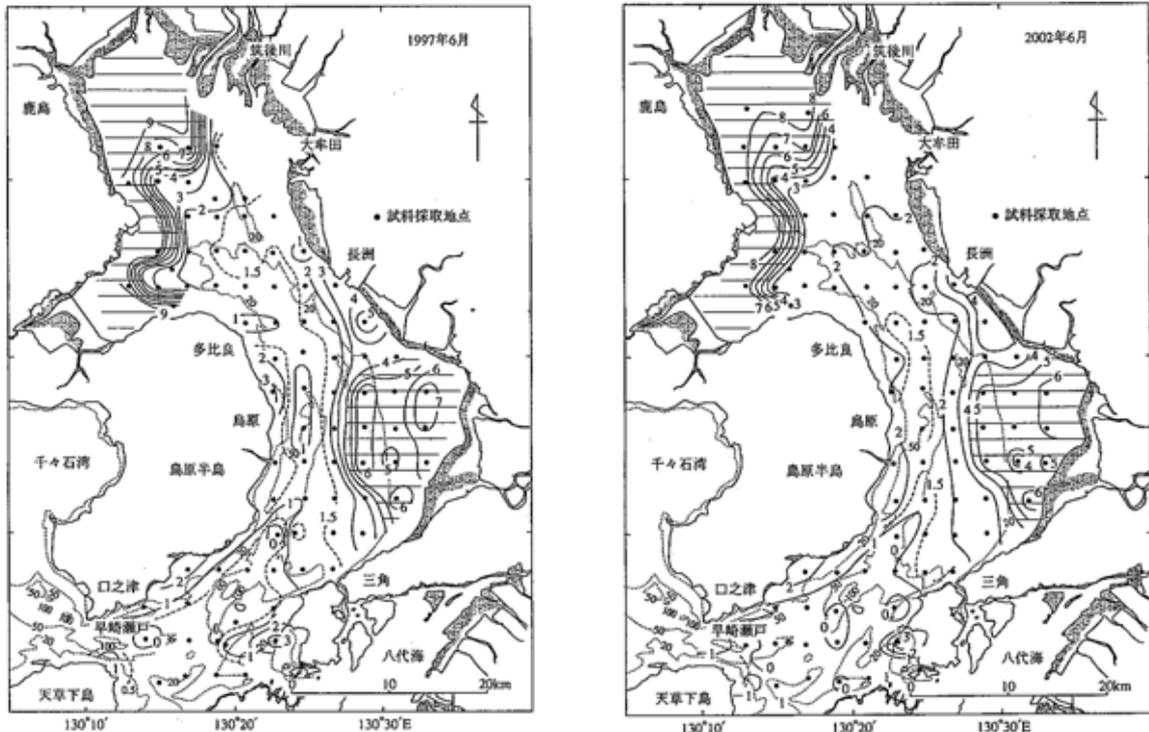
別添資料52：潮流と底質の関係



注) 左図は大潮期平均流速分布を、中図は61隻の定置船による一斉同時観測から得られた下げ潮最強流速の分布(1977年7月30日)を、右図は61隻の定置船による一斉同時観測から得られた上げ潮最強流速の分布(1977年7月30日)を示す。

資料：日本海洋学会沿岸海洋研究部会編(1985)「日本全国沿岸海洋誌」, p.838-843

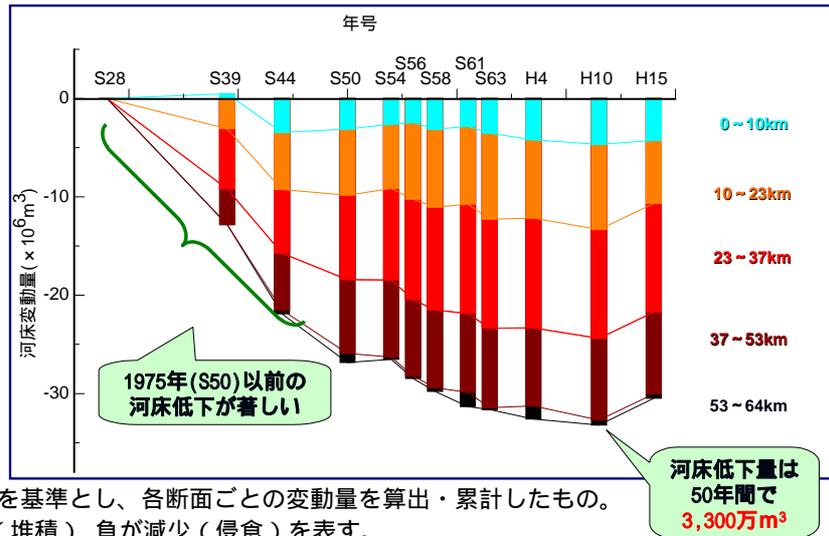
図 55 有明海の流速分布



資料：東幹夫(2006)：諫早湾干拓事業に伴う有明海異変に関する保全生態学的研究，有明海異変と諫早湾干拓の関連解明に向けて、pp.131-147

図 56 有明海全域海底堆積物の中央粒径値 Md 等値線図の1977年6月と2002年6月の比較(0~9は、破線・点線の数字は水深m)

別添資料53：筑後川流域の土砂動態



注) 1. 昭和 28 年を基準とし、各断面ごとの変動量を算出・累計したもの。  
 2. 正が増加（堆積） 負が減少（侵食）を表す。  
 3. 河床変動量の内訳には、河床の低下量のみでなく、河道拡幅量も含まれている。

資料：福岡捷二（2005）「第 13 回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料-3 有明海・八代海における河川の影響について」

図 57 筑後川の河床変動量の経年変化

別添資料54：筑後川感潮域における土砂動態

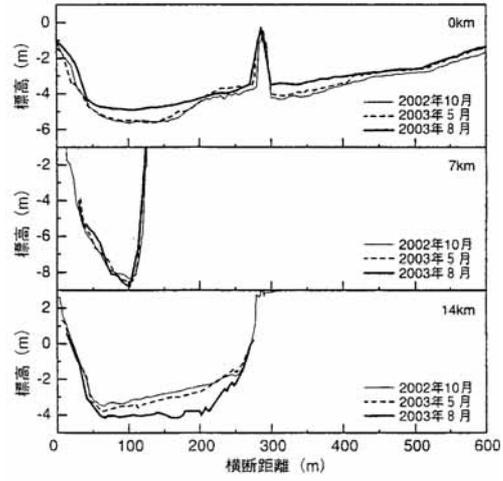


図-7 河床横断面図 (0km, 7km, 14km)

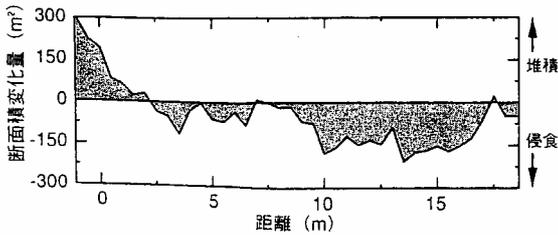


図-8 筑後川感潮域における出水前後の断面積変化

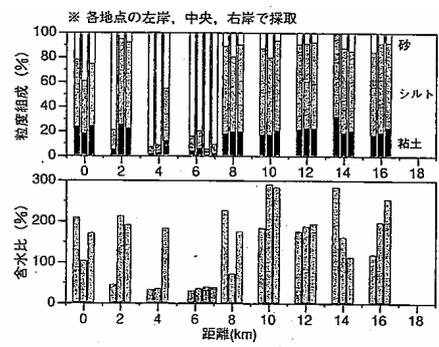


図-3 筑後川感潮域の粒度組成と含水比 (出水前)

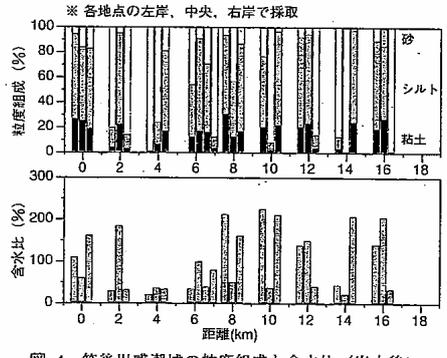


図-4 筑後川感潮域の粒度組成と含水比 (出水後)

注) 左上図は河床横断 (0km, 7km, 14km)、右上図は筑後川感潮域における出水前後の断面積変化、左下図は筑後川感潮域の粒度組成と含水比 (出水前)、右下図は筑後川感潮域の粒度組成と含水比 (出水後) を示す。

資料：横山勝英, 河野史郎, 山本浩一 (2005): 有明海湾奥部の地形・底質分布に関する現地調査, 海岸工学論文集 VOL. 52 NO. 2; PAGE. 936-940

図 58 筑後川感潮域における土砂動態

別添資料55：緑川における砂利採取量、ダム堆砂量

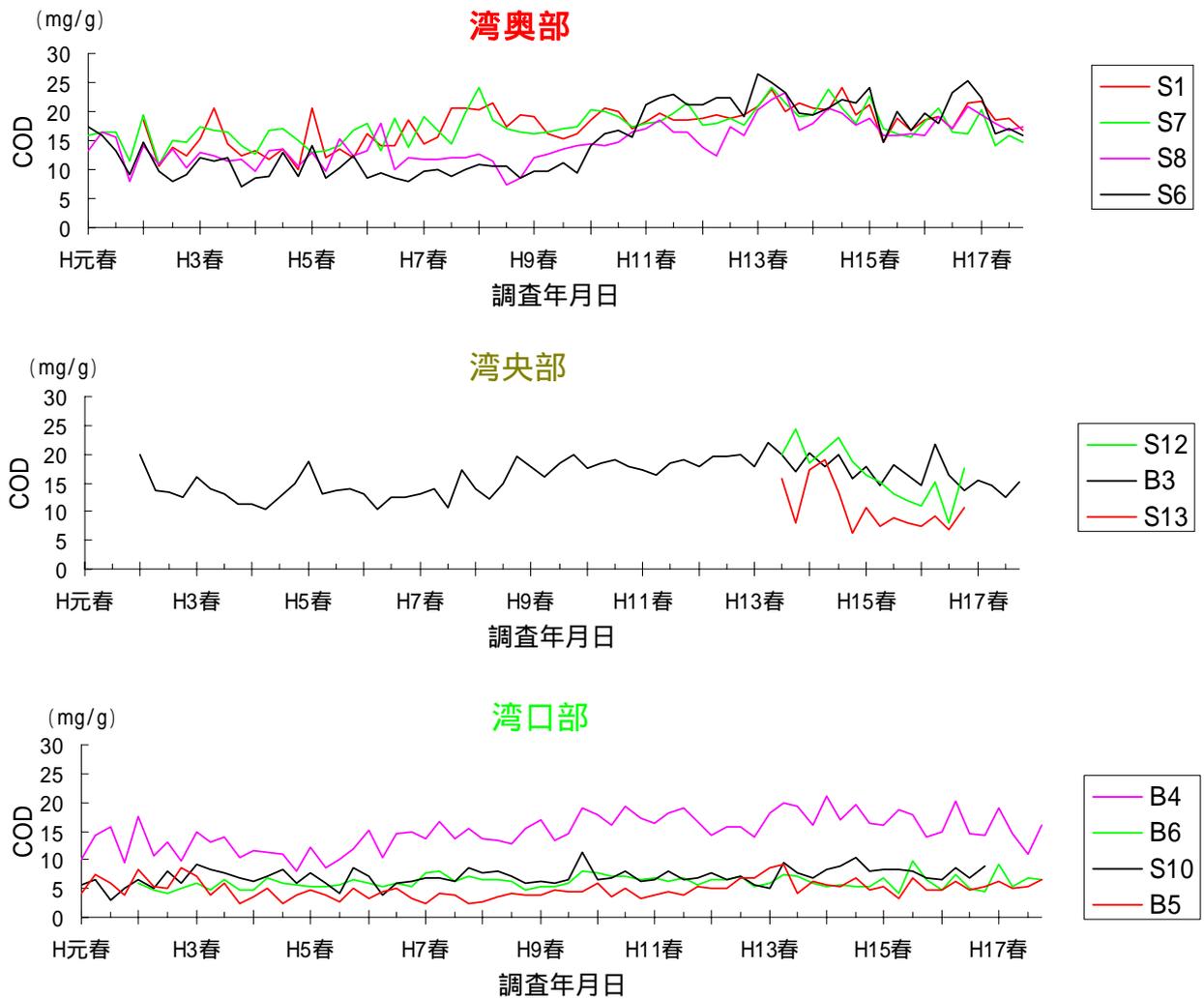
表 17 緑川における砂利採取量、ダム堆砂量の推移

年号	西暦	砂利採取量(千m <sup>3</sup> )	緑川ダム堆砂量(千m <sup>3</sup> )		砂利採取量+年間堆砂量*
S41	1966	332	1964 緑川ダム工事着手		332
S42	1967	221			221
S43	1968	129			129
S44	1969	146			146
S45	1970	100	緑川ダム完成		226
S46	1971	104			230
S47	1972	124			250
S48	1973	143			269
S49	1974	148	(堆砂量)	(年間堆砂量)	274
S50	1975	118	758		244
S51	1976	131	1191	433	564
S52	1977	119	1383	192	311
S53	1978	149	1464	81	230
S54	1979	126	1611	147	273
S55	1980	104	1728	117	221
S56	1981	123	1852	124	247
S57	1982	113	2233	381	494
S58	1983	143	2267	34	177
S59	1984	78	2438	171	249
S60	1985	91	2505	67	158
S61	1986	77	2607	102	179
S62	1987	134	2628	21	155
S63	1988	95	2856	228	323
H1	1989	59	3009	153	212
H2	1990	22	3176	167	189
H3	1991	20	3265	89	109
H4	1992	16	3397	132	148
H5	1993	51	3800	403	454
H6	1994	39	3812	12	51
H7	1995	43	3943	131	174
H8	1996	9	4065	122	131
H9	1997	20	4278	213	233
H10	1998	0	4303	25	25
H11	1999	7	4324	21	28
H12	2000	3	4359	35	38
H13	2001	13	4403	44	57
H14	2002	3	4466	63	66
H15	2003	2	4477	11	13
砂利採取計		3355	砂利採取+堆砂(累計値)		7830

\* 1970年～1975年の6年間は年平均の堆砂量を126千m<sup>3</sup>(758千t÷6年間)と推計して算出

資料：国土交通省資料

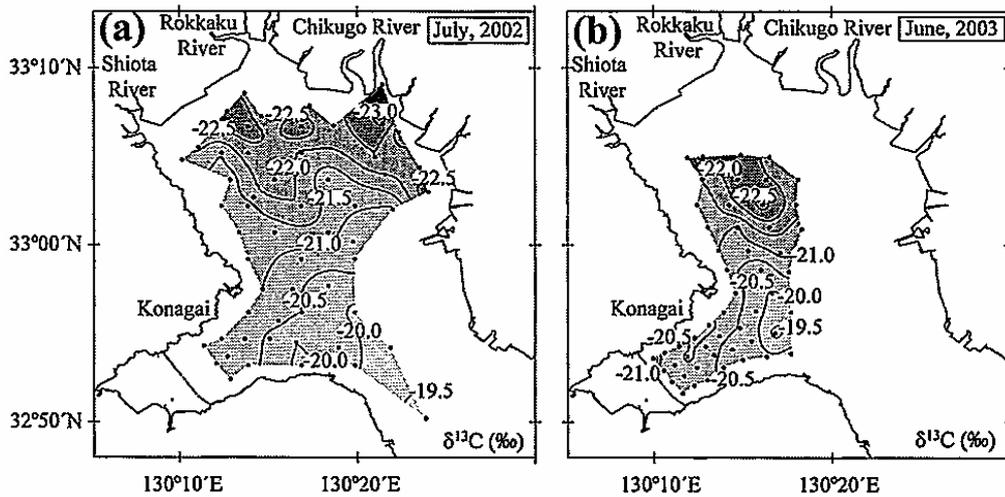
別添資料56：諫早湾内の底質（COD）の状況



資料：農林水産省九州農政局「環境モニタリング」

図 59 諫早湾内の底質（COD）の経年変化

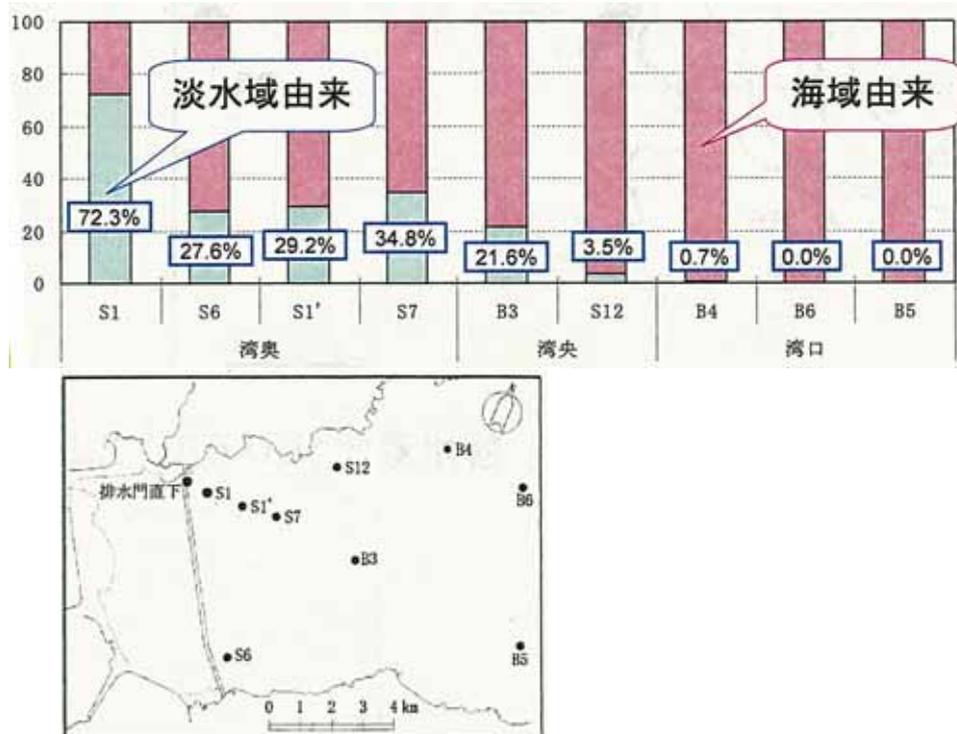
別添資料57：表層堆積物中の有機炭素安定同位対比 ( $^{13}\text{C}$ ) の分布



資料：岡村和麿, 田中勝久, 木元克則, 清本容子 (2005)：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対比、海の研究、VOL.15、NO.2、PAGE.191-200

図 60 有明海奥部と諫早湾の表層堆積物中の  $^{13}\text{C}$  の分布：2002年7月と2003年6月

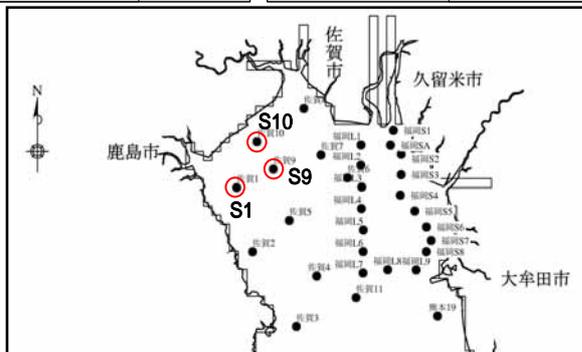
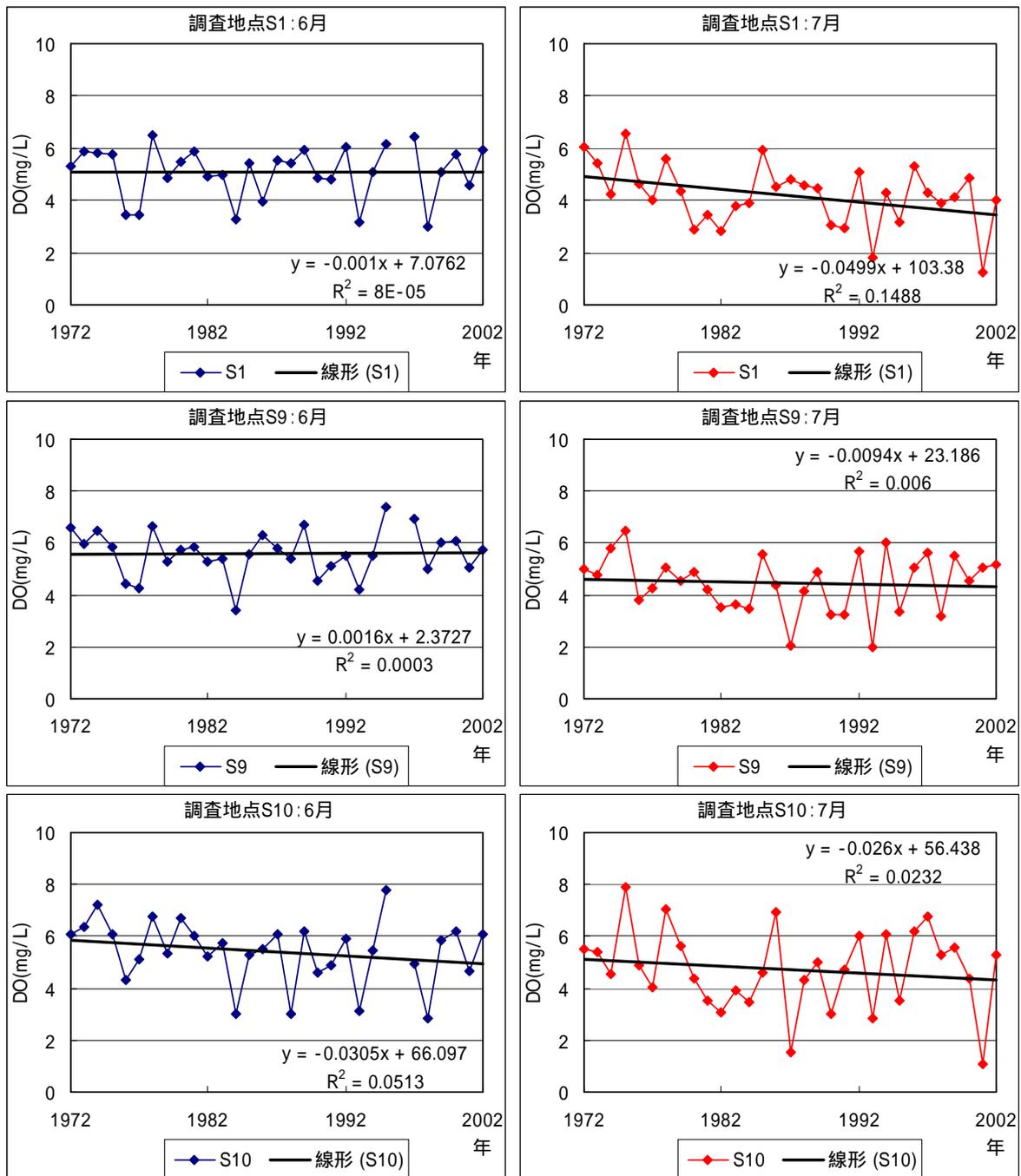
別添資料58：諫早湾における浮泥量調査結果



注) 淡水域由来については、調整池以外からの淡水流入による影響の可能性もある。  
資料：農林水産省農村振興局 (2006)「第 21 回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料-4-1 環境変化の仕組の更なる解明のための調査-平成 17 年度調査結果の概要-」

図 61 諫早湾における浮泥量調査結果 (平成 17 年 7 月 4 日~7 月 6 日)

別添資料59：佐賀県海域の夏季 D0 濃度の経年変化



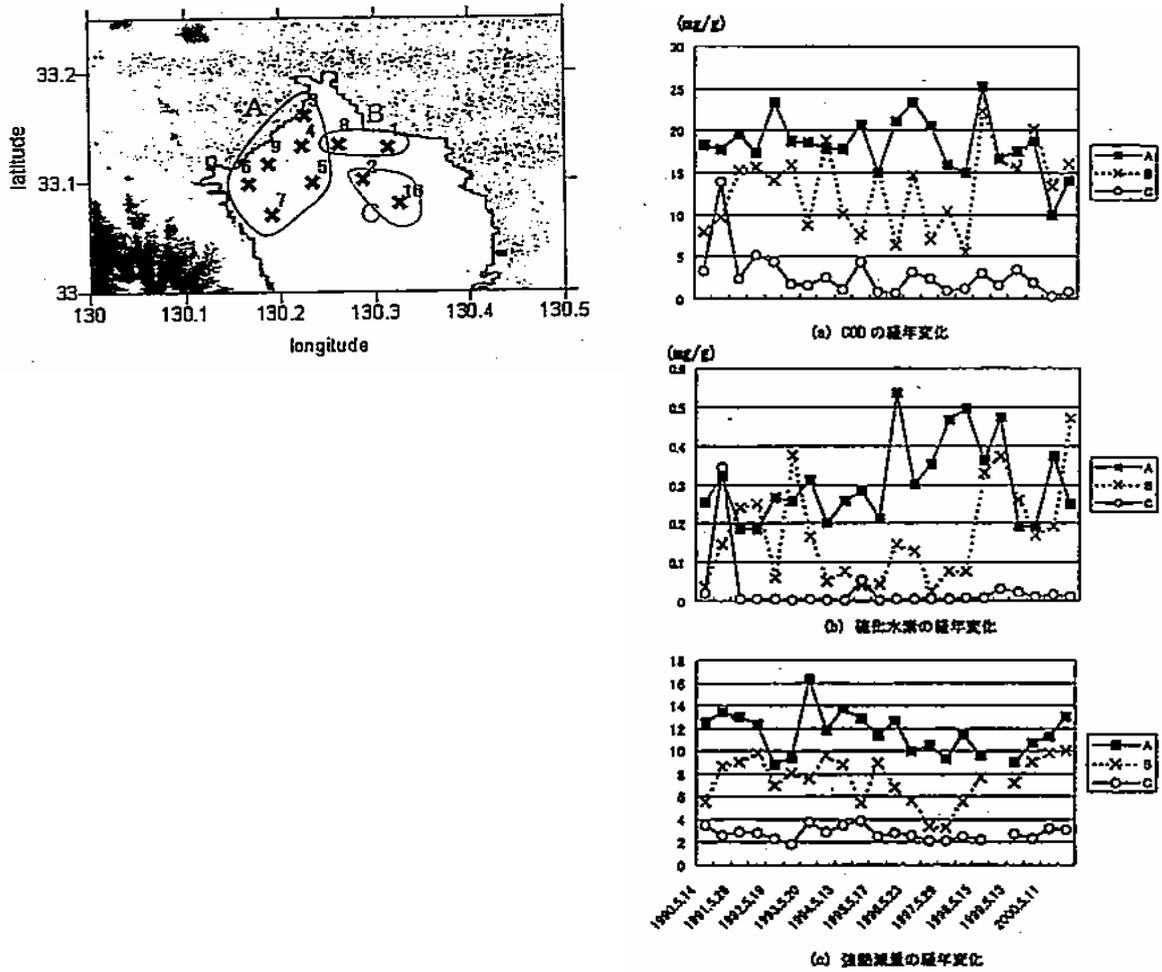
【調査地点図】

: D0 海底上 1m 層の  
整理対象地点

資料：浅海定線調査（佐賀県）

図 62 海底上 1m 層の D0 濃度の経年変化：調査地点 S1, S9, S10（6月、7月）

別添資料60：有明海湾奥部の底質の経年変動



資料：滝川清, 田中建路, 外村隆臣, 西岡律恵, 青山千春 (2003): 有明海の過去 25 年間における海域環境の変動特性, 海岸工学論文集, 第 50 巻, pp1001-1005

図 63 有明海湾奥底質の経年変動特性

#### 別添資料61：ノリ酸処理剤の底質への移行

- ・ノリ酸処理剤の希釈は、通常（2～5m水深の漁場）では20万～90万倍である。底質への移行については、5万倍希釈（20ppm）で6時間接触させた場合は検出不可、2万倍希釈（50ppm）より高い濃度の場合は微量のクエン酸が検出された<sup>1)</sup>。
- ・有機酸のモニタリング調査としてはクエン酸、リンゴ酸およびグルコン酸濃度を測定した事例がある。総数 256 検体の測定結果はすべて検出限界値（0.01ppm > または 0.1ppm）を下回った<sup>2)</sup>。
- ・農林水産省水産庁（1995年）「のり酸処理試験研究成果の概要」のまとめ  
『海域に負荷される酸処理剤の成分としては、水素イオン及び有機酸、さらに栄養効果とpHを下げるための補助剤として添加されているリン酸等があげられる。海域のpHをモニタリングしているが、pH7.4以下は酸処理剤使用前も使用後も検出されていない。クエン酸やリンゴ酸等の有機酸のモニタリング例をみても測定結果はすべて測定限界値以下であった。このように、酸処理剤の影響は海域のモニタリングでは検出されていないが、酸処理剤が海水で希釈された場合にはその有機成分は2～10日で分解されるという結果からも頷ける。』

資料：1. 鬼頭約（2003）「第6回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料-2 有明海におけるノリ養殖について」

2. 資料：農林水産省水産庁（1995）「のり酸処理試験研究成果の概要」

別添資料62：有明海の植物プランクトンの増殖速度

表 18 有明海における 1984～1989 年と 1997～2003 年の植物プランクトンの増殖速度

水域	対象期間	月	表層平均水温 (T: )	表層平均塩分 (S: -)	<i>Skeletonema costatum</i>		<i>Chattonella antiqua</i>		<i>Gymnodinium mikimotoi</i>	
					増殖速度 (day <sup>-1</sup> )	比率	増殖速度 (day <sup>-1</sup> )	比率	増殖速度 (day <sup>-1</sup> )	比率
福岡県	'84-'89	4-6月	18.4	28.58	0.687	-	0.517	-	0.536	-
		7-9月	26.0	26.39	0.505	-	1.085	-	0.783	-
		10-12月	17.1	29.82	0.693	-	0.432	-	0.442	-
		1-3月	9.8	29.88	0.473	-	1.161	-	0.106	-
	'97-'03	4-6月	19.1	28.90	0.678	0.99	0.585	1.13	0.578	1.08
		7-9月	27.1	27.22	0.472	0.93	1.082	1.00	0.743	0.95
		10-12月	18.1	29.51	0.688	0.99	0.503	1.16	0.511	1.16
		1-3月	11.0	30.20	0.543	1.15	0.819	0.71	0.126	1.19
佐賀県	'84-'89	4-6月	18.3	28.85	0.687	-	0.513	-	0.530	-
		7-9月	26.3	25.93	0.498	-	1.076	-	0.779	-
		10-12月	17.1	30.30	0.693	-	0.430	-	0.433	-
		1-3月	9.9	30.76	0.476	-	1.135	-	0.099	-
	'97-'03	4-6月	19.0	28.61	0.680	0.99	0.568	1.11	0.571	1.08
		7-9月	26.9	26.27	0.479	0.96	1.072	1.00	0.758	0.97
		10-12月	18.1	29.79	0.689	0.99	0.496	1.15	0.502	1.16
		1-3月	10.7	30.37	0.527	1.11	0.891	0.78	0.117	1.18
長崎県	'84-'89	4-6月	18.2	34.18	0.688	-	0.488	-	0.412	-
		7-9月	25.2	33.37	0.531	-	1.117	-	0.650	-
		10-12月	19.4	33.99	0.674	-	0.605	-	0.484	-
		1-3月	12.3	34.43	0.602	-	0.534	-	0.101	-
	'97-'03	4-6月	18.8	34.09	0.682	0.99	0.540	1.11	0.446	1.08
		7-9月	26.0	33.30	0.507	0.96	1.136	1.02	0.638	0.98
		10-12月	20.2	33.87	0.661	0.98	0.685	1.13	0.525	1.09
		1-3月	12.8	34.18	0.622	1.03	0.470	0.88	0.126	1.25
熊本県	'84-'89	4-6月	18.4	31.46	0.686	-	0.526	-	0.495	-
		7-9月	25.6	29.01	0.517	-	1.118	-	0.765	-
		10-12月	19.1	32.13	0.679	-	0.581	-	0.516	-
		1-3月	12.1	32.53	0.592	-	0.598	-	0.128	-
	'97-'03	4-6月	19.0	31.11	0.680	0.99	0.574	1.09	0.533	1.08
		7-9月	26.4	30.09	0.494	0.95	1.132	1.01	0.725	0.95
		10-12月	19.9	31.75	0.667	0.98	0.662	1.14	0.569	1.10
		1-3月	12.4	31.80	0.604	1.02	0.562	0.94	0.150	1.18

注) 1. 表層平均水温、平均透明度は各県の浅海定線調査を用いて算出した。

2. *Skeletonema costatum* の成長速度は以下の式に基づき算出した。

$$\mu = \mu_{\max} \cdot f(T) \cdot f(I) \cdot f(N,P)$$

$\mu$  : 増殖速度(day<sup>-1</sup>)     $\mu_{\max}$  : 最大増殖速度(day<sup>-1</sup>)     $f(T)$  : 水温依存項     $f(I)$  : 照度依存項

$f(N,P)$  : 栄養塩依存項

なお、上表では  $f(I)$  と  $f(N,P)$  を 1 とし、 $f(T)$  を以下の式より算出した。

$$f(T) = (T / T_{opt} \cdot \exp(1 - T / T_{opt}))^3$$

3. *Chattonella antiqua* と *Gymnodinium mikimotoi* は以下の式に基づき算出した。

[*Chattonella antiqua*]

$$\mu = 9.34751 - 1.49979 \cdot T + 0.07380 \cdot T^2 - 0.00117 \cdot T^3 - 0.00001 \cdot S^3 + 0.00389 \cdot T \cdot S - 0.00003 \cdot T \cdot S^2 - 0.00003 \cdot T^2 \cdot S$$

[*Gymnodinium mikimotoi*]

$$\mu = 1.05753 - 0.30220 \cdot T + 0.01777 \cdot T^2 - 0.00035 \cdot T^3 + 0.00515 \cdot T \cdot S - 0.00010 \cdot T \cdot S^2$$

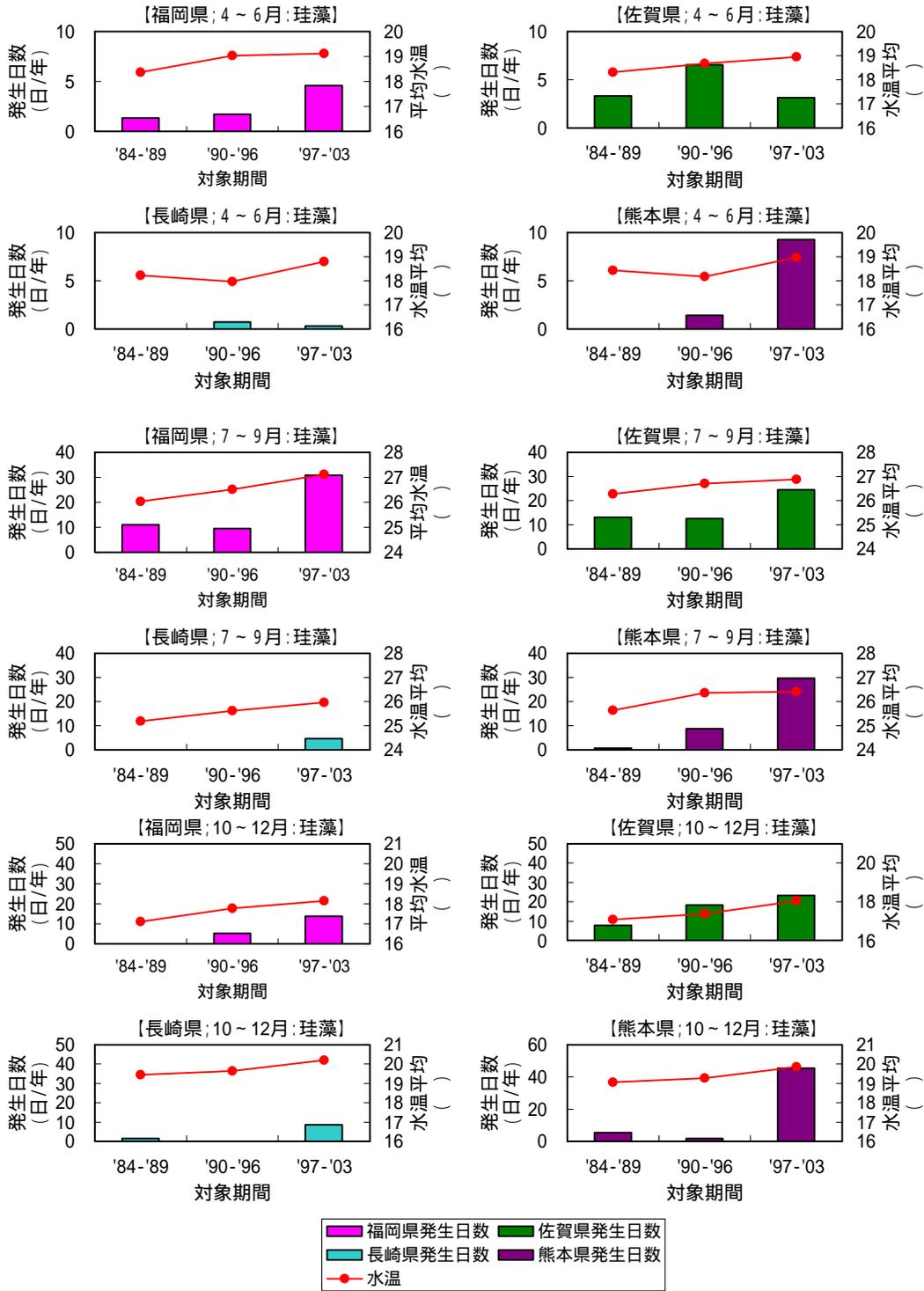
4. 比率 = ( '97-'03 の最大成長速度[増加率] ) / ( '84-'89 の最大成長率[増加率] ) である。

資料：1. 中嶋雅孝, 横山佳裕, 内田唯史, 中野拓治, 中西弘(2005)：有明海における冬季のノリ及び赤潮プランクトンの増殖特性，水環境学会誌，Vol.28, No.5, pp.339-345

2. 山口峰生, 今井一郎, 本城凡夫(1991)：有害赤潮ラフィド藻 *Chattonella antiqua* と *C.marina* の増殖速度に及ぼす水温、塩分及び光強度の影響，日本水産学会誌，Vol.57, No.7, pp.1277-1284

3. 山口峰生, 本城凡夫(1989)：有害赤潮鞭毛藻 *Gymnodinium nagasakiense* の増殖に及ぼす水温、塩分及び光強度の影響，日本水産学会誌，Vol.55, No.11, pp.2029-2036

別添資料63：有明海における珪藻赤潮の発生日数



資料：1.水産庁九州漁業調整事務所「九州海域の赤潮」  
 2.浅海定線調査（福岡県、佐賀県、熊本県）

図 64 有明海の春季、秋季及び冬季の平均水温と珪藻赤潮の発生日数

別添資料64：有明海の平均透明度の状況

表 19 有明海における 1984～1989 年と 1997～2003 年の平均透明度の状況

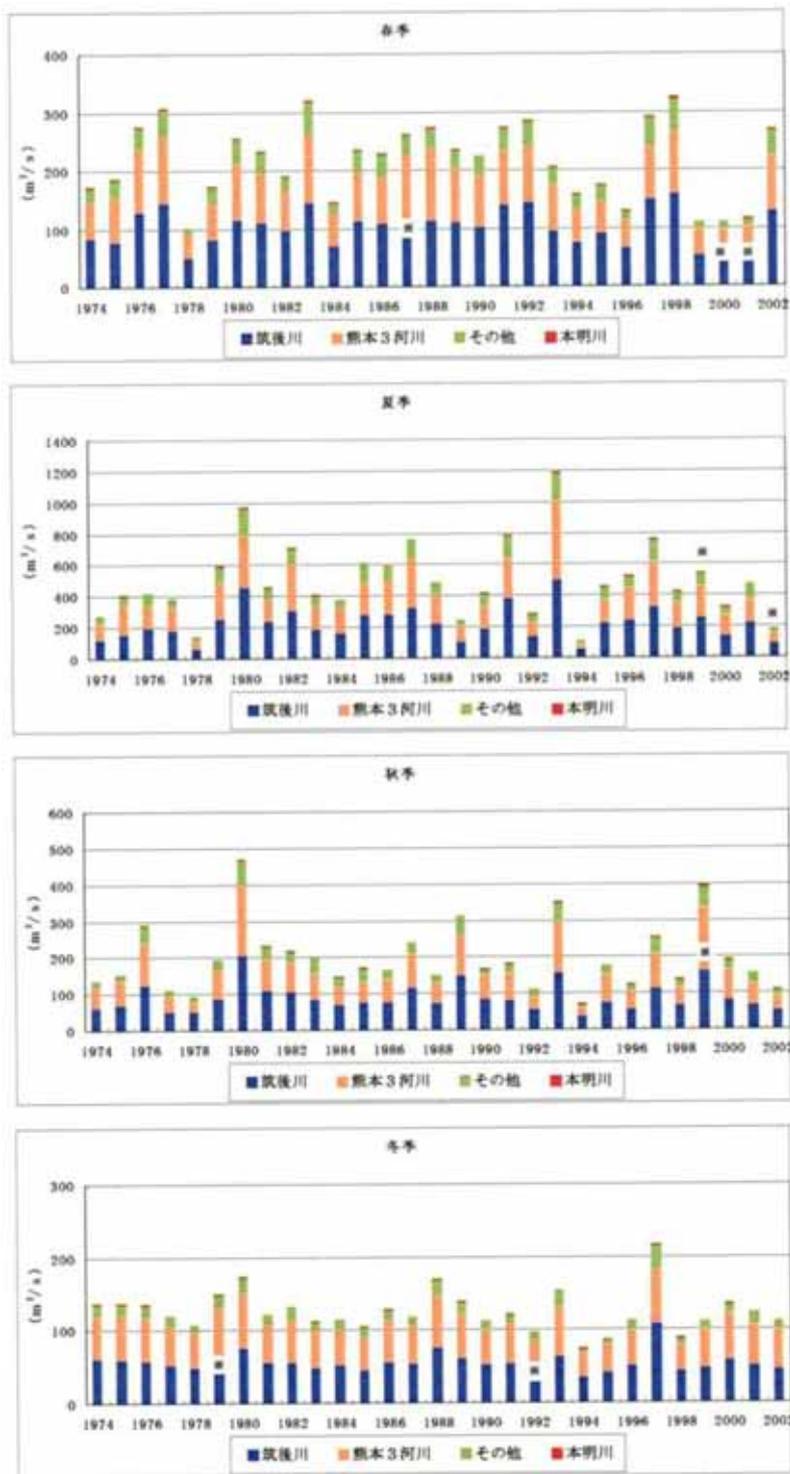
水域	対象期間	月	平均透明度 (m)	比率
福岡県	'84-'89	4-6月	1.52	-
		7-9月	1.49	-
		10-12月	1.50	-
		1-3月	1.56	-
	'97-'03	4-6月	1.44	0.95
		7-9月	1.50	1.00
		10-12月	1.52	1.01
		1-3月	1.78	1.14
佐賀県	'84-'89	4-6月	1.87	-
		7-9月	1.87	-
		10-12月	1.70	-
		1-3月	1.78	-
	'97-'03	4-6月	1.95	1.04
		7-9月	1.83	0.98
		10-12月	1.91	1.12
		1-3月	2.19	1.23
長崎県	'84-'89	4-6月	5.71	-
		7-9月	4.65	-
		10-12月	5.37	-
		1-3月	6.44	-
	'97-'03	4-6月	6.55	1.15
		7-9月	5.94	1.28
		10-12月	5.88	1.09
		1-3月	7.85	1.22
熊本県	'84-'89	4-6月	4.28	-
		7-9月	3.59	-
		10-12月	4.15	-
		1-3月	4.87	-
	'97-'03	4-6月	5.13	1.20
		7-9月	4.69	1.31
		10-12月	4.64	1.12
		1-3月	6.36	1.31

注) 1. 表層平均水温、平均透明度は各県の浅海定線調査を用いて算出した。

2. 比率 = ( '97-'03 の平均透明度 ) / ( '84-'89 の平均透明度 ) である。

資料：浅海定線調査（福岡県、佐賀県、熊本県）

別添資料65：主要河川の平均流量の経年変化

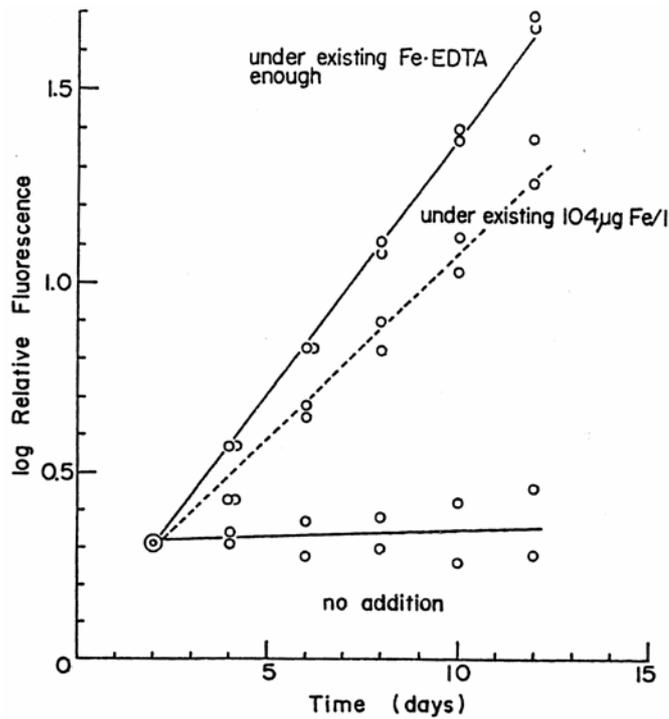


注) 対象期間中に欠測がある場合は、該当年に「r」を付した。

資料：「有明海における干拓事業漁業被害原因裁定申請事件 専門委員報告書」(平成 16 年 12 月)

図 65 主要 8 河川における季節別平均流量の経年変化

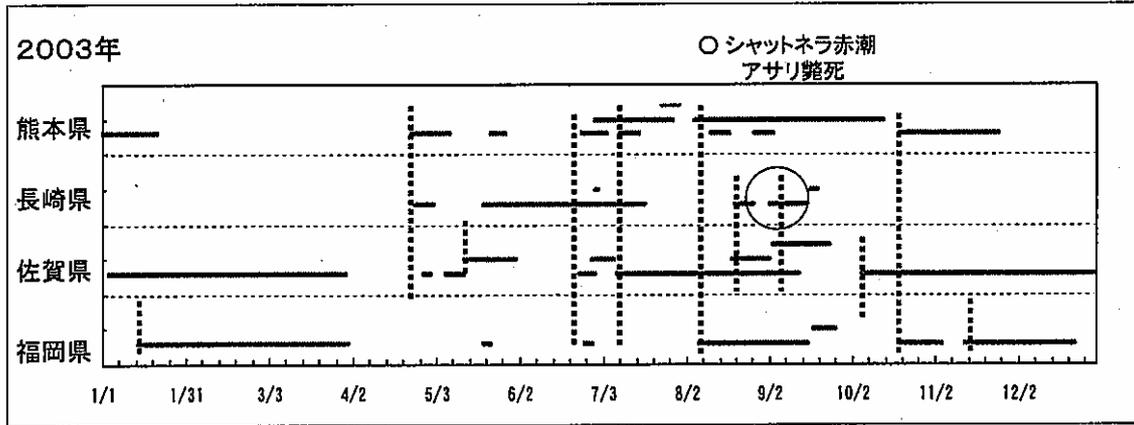
別添資料66 : *Chattonella* 属と鉄との関係



資料：本城凡夫(2004)「第12回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料-4 有明海・八代海における赤潮の発生について」

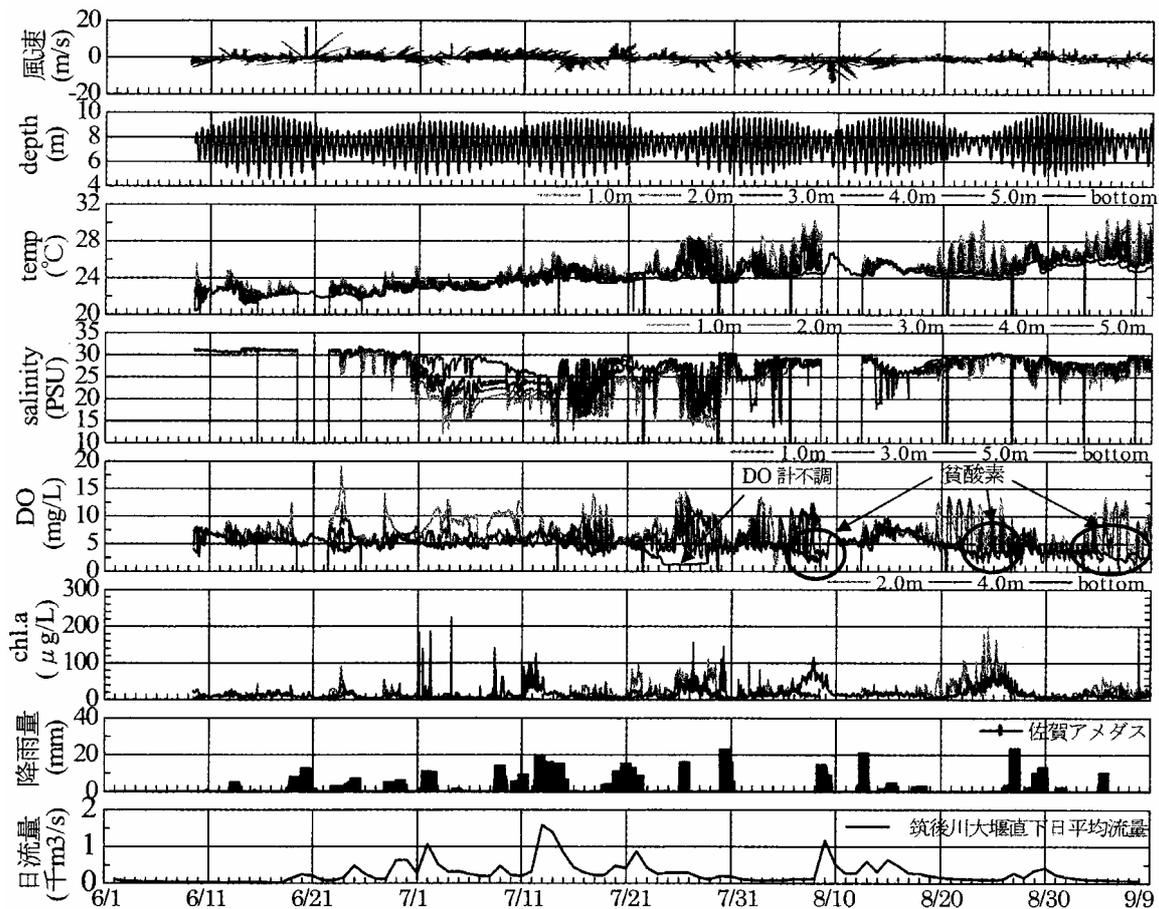
図 66 基本培地へ  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  の形で  $104 \mu\text{g Fe/l}$  添加したときの *Chattonella* sp. (三河湾産ホルネリア) の増殖

別添資料67：潮汐と *Chattonella* 赤潮等との関係



注) 図の 印は長崎県小長井地先でシャットネラ赤潮が発生し、アサリが斃死していた時期を示す。破線は小潮時を示し、この時期に赤潮の発生が多く見られる。  
 資料：渡辺康憲，前野幸男，藤吉栄次，垠本達也（2004）：有明海の赤潮発生状況の把握，平成 15 年度閉鎖性海域赤潮被害防止対策事業報告書（有明海），pp.5-9

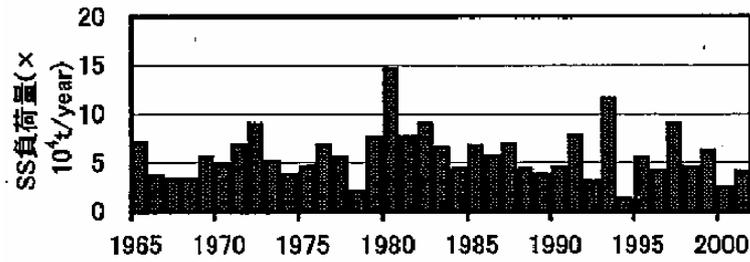
図 67 平成 15 年の有明海の赤潮発生状況



資料：中山哲巖，佐伯信哉，木元克則（2004）：諫早湾での夏季における流動、成層安定性と底層の溶存酸素の関係，海岸工学論文集，第 50 巻，第 1 号，pp.906-910

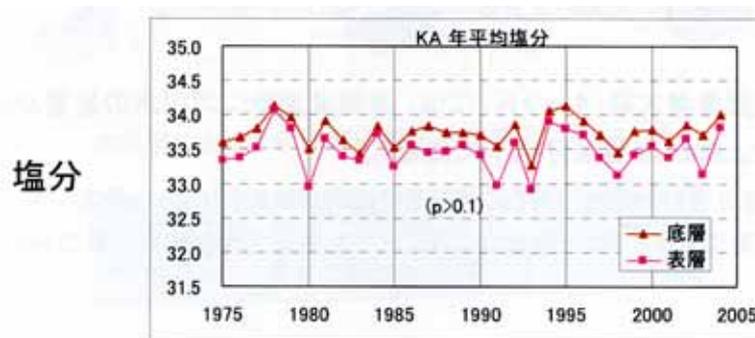
図 68 2003 年夏季における水質・気象の時系列図

別添資料68：筑後川からの SS の負荷量と有明海湾口部の塩分



資料：清本容子, 山田一來, 中田英昭, 田中勝久 (2005): 筑後川からの懸濁粒子負荷量と有明海奥部における透明度の長期変動, 2005 年度日本海洋学会春季大会講演要旨集, pp198

図 69 筑後川からの SS 負荷量の経年変動 (1965 ~ 2001 年)



資料：中田英昭(2006)「第 22 回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料-3 有明海の環境変化が漁業資源に及ぼす影響に関する総合研究の成果」

図 70 湾口部定点 KA における表層・底層塩分の年平均値の経年変化

別添資料69：八代海における *Skeletonema costatum* (珪藻) の増殖速度

表 20 八代海における 1984～1989年と 1997～2003年の *Skeletonema costatum* (珪藻) の増殖速度

水域	対象期間	月	表層平均水温 (T: )	表層平均塩分 (S: - )	<i>Skeletonema costatum</i>	
					増殖速度 (day <sup>-1</sup> )	比率
A海域	'84-'89	4-6月	19.4	29.51	0.675	-
		7-9月	26.4	28.03	0.494	-
		10-12月	17.4	31.56	0.692	-
		1-3月	11.2	31.76	0.550	-
	'97-'03	4-6月	19.6	29.61	0.671	0.99
		7-9月	26.7	28.13	0.483	0.98
		10-12月	18.6	31.03	0.684	0.99
		1-3月	11.6	31.87	0.571	1.04
B海域	'84-'89	4-6月	19.2	29.08	0.677	-
		7-9月	26.3	28.74	0.496	-
		10-12月	18.5	32.06	0.686	-
		1-3月	11.5	32.22	0.565	-
	'97-'03	4-6月	19.5	29.55	0.674	0.99
		7-9月	26.9	28.86	0.479	0.97
		10-12月	19.5	31.60	0.673	0.98
		1-3月	12.0	32.38	0.589	1.04
C海域	'84-'89	4-6月	19.1	32.55	0.679	-
		7-9月	26.3	30.95	0.498	-
		10-12月	20.0	33.27	0.664	-
		1-3月	12.9	33.52	0.623	-
	'97-'03	4-6月	19.3	32.38	0.675	0.99
		7-9月	26.7	31.06	0.484	0.97
		10-12月	21.1	32.93	0.643	0.97
		1-3月	13.4	33.42	0.641	1.03
D海域	'84-'89	4-6月	19.1	33.12	0.679	-
		7-9月	25.6	32.00	0.520	-
		10-12月	20.4	33.69	0.656	-
		1-3月	14.0	34.02	0.657	-
	'97-'03	4-6月	19.0	33.35	0.680	1.00
		7-9月	25.9	31.94	0.510	0.98
		10-12月	21.3	33.37	0.639	0.97
		1-3月	14.6	34.04	0.671	1.02

注) 1. 表層平均水温、平均透明度は各県の浅海定線調査を用いて算出した。

2. *Skeletonema costatum* の成長速度は以下の式に基づき算出した。

$$\mu = \mu_{\max} \cdot f(T) \cdot f(I) \cdot f(N,P)$$

$\mu$  : 増殖速度(day<sup>-1</sup>)     $\mu_{\max}$  : 最大増殖速度(day<sup>-1</sup>)     $f(T)$  : 水温依存項     $f(I)$  : 照度依存項

$f(N,P)$  : 栄養塩依存項

なお、上表では  $f(I)$  と  $f(N,P)$  を 1 とし、 $f(T)$  を以下の式より算出した。

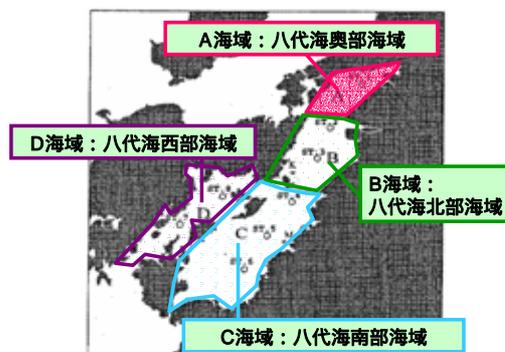
$$f(T) = (T/T_{opt} \cdot \exp(1 - T/T_{opt}))^3$$

資料：中嶋雅孝, 横山佳裕, 内田唯史, 中野拓治, 中西弘(2005)：有明海における冬季のノリ及び赤潮プランクトンの増殖特性，水環境学会誌，Vol.28, No.5, pp.339-345

別添資料70：八代海における平均透明度の状況

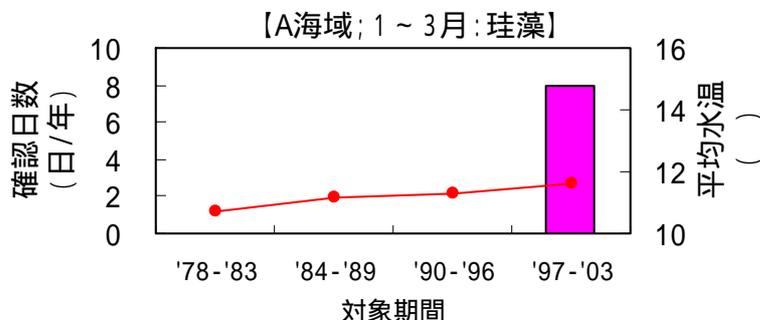
表 21 八代海における 1984～1989 年と 1997～2003 年の平均透明度の状況

水域	対象期間	月	平均透明度 (m)	比率
A海域	'84-'89	4-6月	1.98	-
		7-9月	1.95	-
		10-12月	2.14	-
		1-3月	2.77	-
	'97-'03	4-6月	2.52	1.27
		7-9月	2.38	1.22
		10-12月	2.72	1.27
		1-3月	3.31	1.19
B海域	'84-'89	4-6月	2.62	-
		7-9月	2.54	-
		10-12月	2.71	-
		1-3月	2.91	-
	'97-'03	4-6月	3.04	1.16
		7-9月	3.47	1.37
		10-12月	3.56	1.31
		1-3月	3.86	1.33
C海域	'84-'89	4-6月	7.38	-
		7-9月	5.75	-
		10-12月	6.42	-
		1-3月	7.44	-
	'97-'03	4-6月	7.24	0.98
		7-9月	6.83	1.19
		10-12月	7.15	1.11
		1-3月	8.50	1.14
D海域	'84-'89	4-6月	8.70	-
		7-9月	6.35	-
		10-12月	8.68	-
		1-3月	10.40	-
	'97-'03	4-6月	9.44	1.09
		7-9月	7.58	1.19
		10-12月	9.12	1.05
		1-3月	11.51	1.11



注) 1. 表層平均水温、平均透明度は各県の浅海定線調査を用いて算出した。  
 2. 比率 = ('97-'03の平均透明度) / ('84-'89の平均透明度)である。  
 資料：浅海定線調査（熊本県）

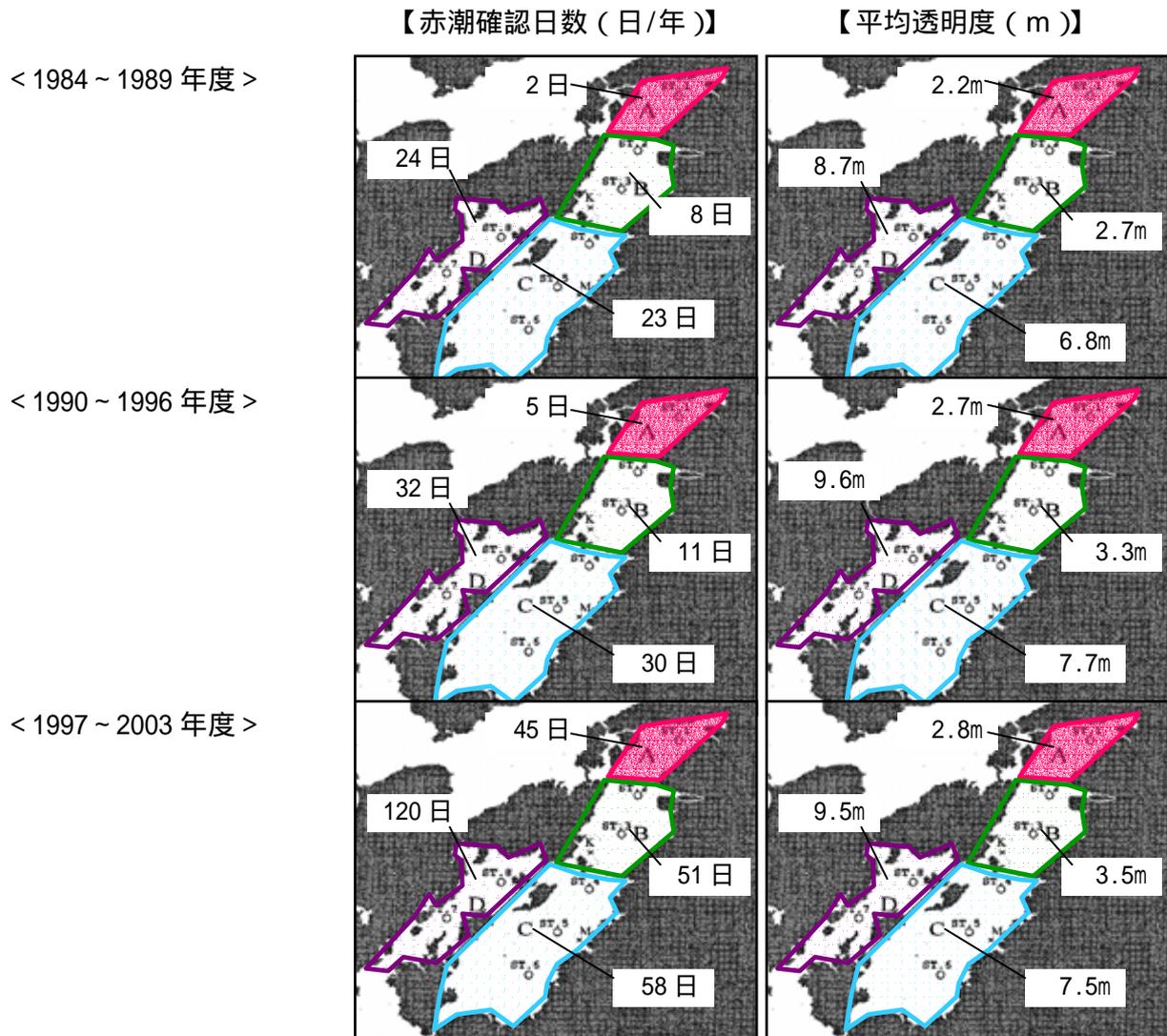
別添資料71：冬季の珪藻赤潮の平均赤潮確認日数と平均水温の推移



注) 冬季に珪藻赤潮が確認された海域はA海域のみである。  
 資料：1. 水産庁 九州漁業調整事務所「九州海域の赤潮」  
 2. 浅海定線調査（福岡県、佐賀県、熊本県）

図 71 有明海の春季、秋季及び冬季の平均水温と珪藻赤潮の発生日数

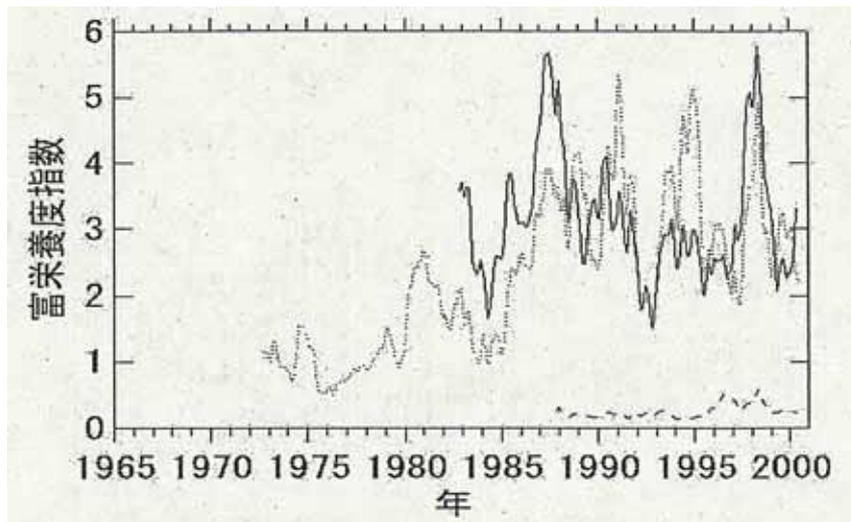
別添資料72：八代海における平均赤潮確認日数と平均透明度の推移



資料：1.水産庁 九州漁業調整事務所「九州海域の赤潮」  
 2.浅海定線調査（熊本県）

図 72 八代海における年代別の平均赤潮確認日数（日/年）と平均透明度（m）の推移

別添資料73：有明海における富栄養度指数の経年変化



注) 1. 富栄養度指数とは、一般海域での富栄養化の進行程度を示す一つの尺度であり、次式より算出される。この値が1以上では富栄養化状態であるとされている。

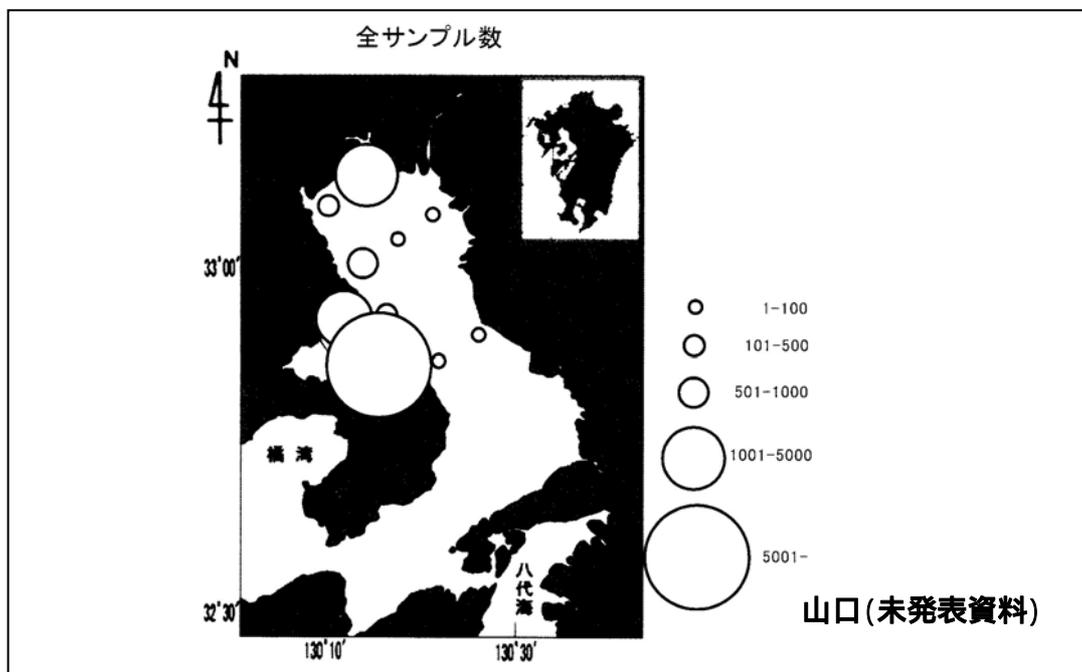
$$\text{富栄養度指数} = \text{COD}(\text{ppm}) \times \text{無機態窒素}(\mu\text{g-N/L}) \times \text{無機態リン}(\mu\text{g-P/L}) / 1500$$

2. 実線：福岡県、点線：佐賀県、破線：熊本県

資料：農林水産省農林水産技術会議事務局（2005）「研究成果 432 有明海の海洋環境の変化が生物生産に及ぼす影響の解明」pp.57

図 73 DIN,P04-P 及び COD から算出した富栄養度指数の経年変化

別添資料74：有明海における仔魚分布



資料：中田英昭(2006)「第22回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料3 「有明海の環境変化が漁業資源に及ぼす影響に関する総合研究」の成果から」

図 74 有明海における仔魚の分布（2005年6月初旬の採集結果）

別添資料75：諫早干拓調整池からの負荷量

表 22 潮受堤防排水門の負荷量が有明海への流入負荷量に占める割合

年	排水門	COD (ton/年)	割合 (%)	T - N (ton/年)	割合 (%)	T - P (ton/年)	割合 (%)
2000	北部	1365.6	1.7	252.2	1.0	47.5	1.5
	南部	680.8	0.8	126.1	0.5	24.7	0.7
2001	北部	1282.6	1.2	183.8	0.6	35.0	0.9
	南部	915.3	0.9	132.6	0.5	24.7	0.7

資料：農林水産省 水産庁、農林水産省 農村振興局、経済産業省 資源エネルギー庁、国土交通省 河川局、国土交通省 港湾局、環境省 環境管理局（平成 15 年 3 月）「平成 14 年度国土総合開発事業調整費 有明海海域環境調査報告書」を基に割合を計算した。

別添資料76：佐賀県におけるノリ養殖生産期間について

- ・佐賀県の昭和 56 年度からのノリ養殖生産期間について、図 1 に示した。
- ・ノリ養殖は、秋芽期（1 期作）及び冷凍網期（2 期作）、その後 3 期作が行われる。なお、3 期作は一部の漁場で行われるが、秋芽網及び冷凍網期の生産状況をみて行われるため、毎年は行われていない。3 期作は昭和 56 年度から平成 17 年度までの 25 年間うちで 12 年間が行われている。
- ・昭和 56 年度以降の 3 期作を含めた養殖生産期間は、期間の長短あるものの、明確な増減の傾向はみられない。しかし、3 期作までした年度を除き 2 期作までの年度だけで見ると、養殖期間は平成 9 年度頃より若干、長くなった傾向がみられる。

図 1 佐賀県におけるノリ養殖生産期間（採苗から網撤去までの期間）

