

有明海・八代海総合調査評価委員会

- 中間取りまとめ（素案） -

- 目 次 -

1. 検討の背景	1
1.1 有明海・八代海の概要	1
1.2 ノリ不作(平成12年)以降の経緯	13
1.3 特別措置法の制定と評価委員会の設置	14
2. 有明海・八代海総合調査評価委員会での検討の経緯	15
2.1 国、県による調査結果の報告	15
2.2 委員等による研究成果の紹介	18
2.3 小委員会による作業の成果	19
2.4 関係者からのヒアリング	22
3. 主な論点に関する議論の整理	23
3.1 問題の概要、原因・要因・論点等の整理結果	23
3.2 水質(水温、塩分、COD、栄養塩、SS及び透明度)の変化	25
3.3 河川の影響	39
3.4 汚濁負荷の変遷	45
3.5 藻場・干潟	51
3.6 潮流・潮汐	54
3.7 赤潮の発生	77
3.8 底質環境	82
3.9 貧酸素水塊の発生	94
3.10 底生生物	99
3.11 水産資源	111
4. 最終取りまとめに向けた検討課題	138

1. 検討の背景

1.1 有明海・八代海の概要

(1) 有明海・八代海の位置

有明海・八代海は九州西岸に位置しており、有明海は福岡県、佐賀県、長崎県及び熊本県、八代海は熊本県、鹿児島県に囲まれている（図 1.1.1参照）。有明海と八代海は、本渡瀬戸、三角瀬戸、満越瀬戸で繋がっており、北と南に位置している。

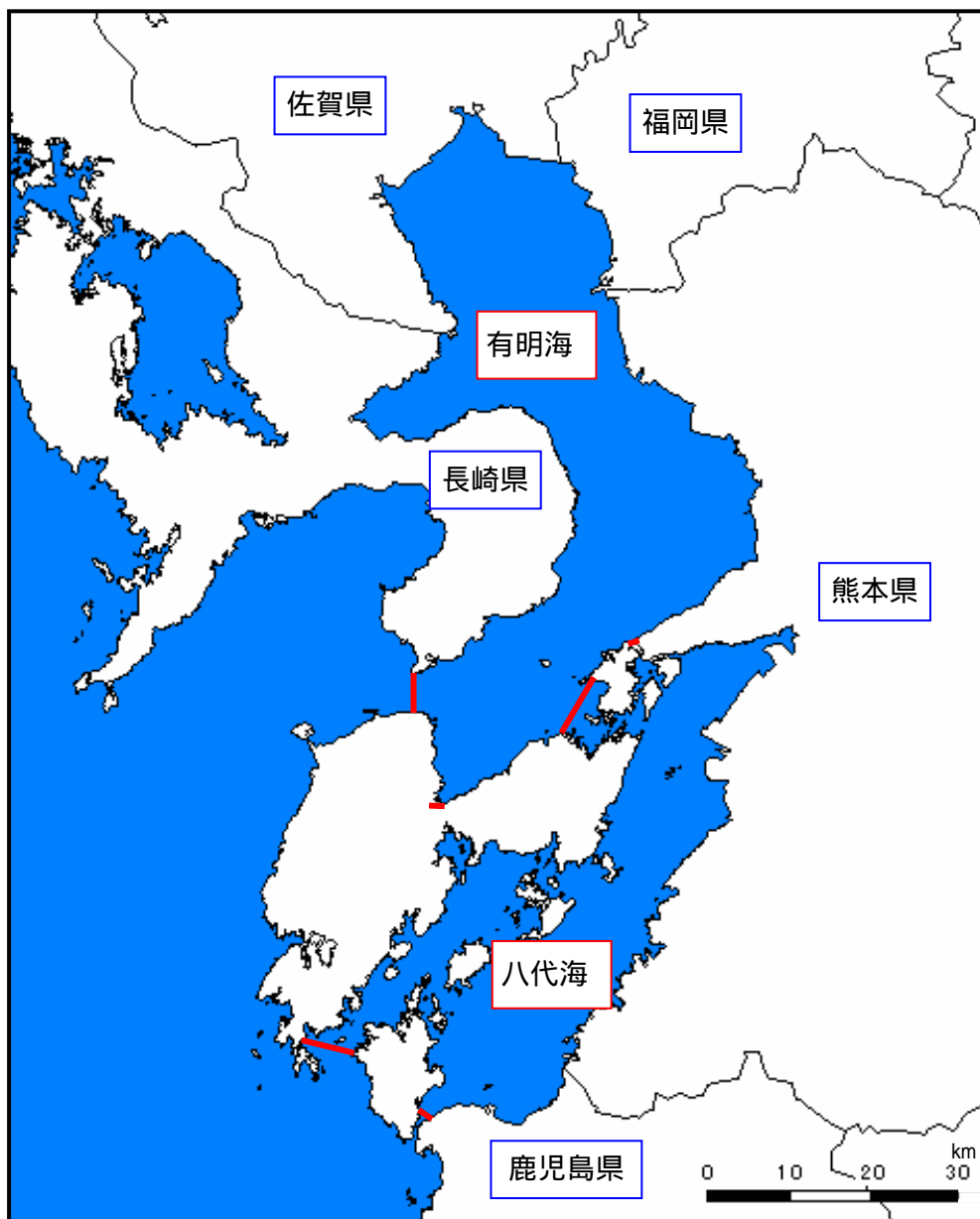


図 1.1.1 有明海・八代海の地形

(2) 有明海・八代海の諸元

有明海、八代海及び他の湾の水域面積、容体積、干潟面積、藻場面積等の諸元は表 1.1.1 に示すとおりである。

有明海は、水域面積 1,700 km² と伊勢湾に次ぐが、干潟面積は 18,840.7ha と他の海域と比べると非常に広い面積を有している。また、藻場面積は 1,599.1ha であり、伊勢湾に次ぐ面積を有している。平均潮位差（大潮時）は住ノ江港で 5.4 m と他の海域よりも大きい。流域面積は東京湾、大阪湾より広いものの、流域内人口は東京湾、大阪湾の総量規制指定地域内の人口と比較すると少ない。

八代海の水水域面積は 1,200 km² であり、東京湾よりやや小さいが、干潟面積 4,082.5ha は有明海に次ぐ面積を有している。平均潮位差（大潮時）は八代港で 3.7m と有明海に次ぐ潮位差である。流域面積は他の海域より狭く、流域内人口も他の海域と比較すると少ない。

表 1.1.1 有明海、八代海及び他の湾の諸元

項目	有明海	八代海	東京湾	伊勢湾	大阪湾
水域面積 (km ²)	1,700 ¹⁾	1,200 ¹⁾	1,380 ³⁾	2,342 ³⁾	1,447 ³⁾
容体積 (km ³)	34.0 ¹⁾	22.3 ¹⁾	62.1 ³⁾	39.4 ³⁾	44 ³⁾
平均水深 (m)	20.0 ¹⁾	22.2 ¹⁾	45 ³⁾	17 ³⁾	30 ³⁾
干潟面積 (ha)	18,840.7 ²⁾	4,082.5 ²⁾	1,733.5 ²⁾	2,900.9 ²⁾	78.9 ²⁾
藻場面積 (ha)	1,599.1 ²⁾	1,141.1 ²⁾	1,427.6 ²⁾	2,278.2 ²⁾	109.5 ²⁾
平均潮位差 [大潮時] (m)	5.4 ⁴⁾ (住ノ江港)	3.7 ⁴⁾ (八代港)	1.9 ⁴⁾ (東京港)	2.4 ⁴⁾ (名古屋港)	1.4 ⁴⁾ (大阪港)
閉鎖度指数	12.89 ⁴⁾	32.49 ⁴⁾	1.78 ⁴⁾	1.52 ⁴⁾	1.13 ⁴⁾ (瀬戸内海)
一級河川の流入 水量 (10 ⁶ m ³ /年)	8,153.26 ⁵⁾	3,784.71 ⁵⁾	6,368.89 ⁵⁾	22,742.75 ⁵⁾	9,474.14 ⁵⁾
流域面積 (km ²)	8,420 ⁴⁾	3,409 ⁴⁾	7,597 ³⁾	16,191 ³⁾	5,766 ³⁾
流域内人口 (千人)	3,373 ⁴⁾	504 ⁴⁾	26,296 ³⁾	10,516 ³⁾	15,335 ³⁾

注) 1. 表中の“番号)”は参考とした資料番号と一致する。

2. 伊勢湾とは伊勢湾と三河湾を含む。

3. 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。

4. 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。

5. 流入水量は、各海域に流入する一級河川の年総量である。

6. 閉鎖度指数について、こ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。

7. 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。

資料：1) 大和田統一(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)

より作成

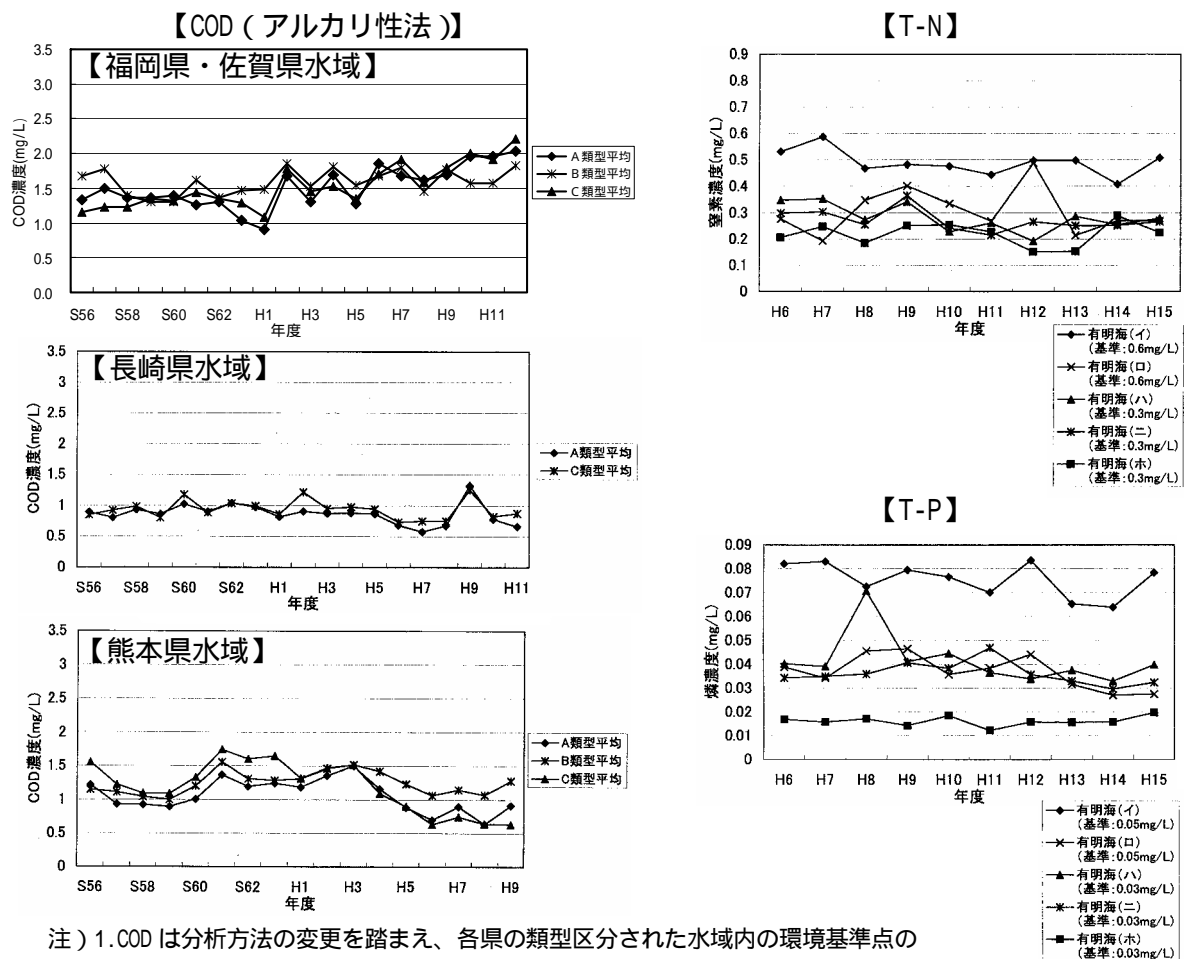
(3) 有明海、八代海の水質、底質及び漁獲量等の変遷

1) 有明海、八代海の水質について

有明海及び八代海の公共用水域水質調査結果のCOD、T-N及びT-Pの経年変化は図1.1.2、図1.1.3に示すとおりである。

有明海におけるCODの地理的特徴についてみると、有明海湾奥部に位置する福岡県・佐賀県水域のCODが、長崎県水域と熊本県水域よりやや高くなっている。CODの経年的な傾向についてみると、ほぼ横ばいで推移している。

有明海におけるT-N及びT-Pの地理的特徴についてみると、CODと同様に、有明海湾奥部に位置する有明海(イ)におけるT-N及びT-Pの濃度が、他の水域(有明海口~ホ)より高くなっている。T-N及びT-Pの経年的な傾向についてみると、ほぼ横ばいで推移している。

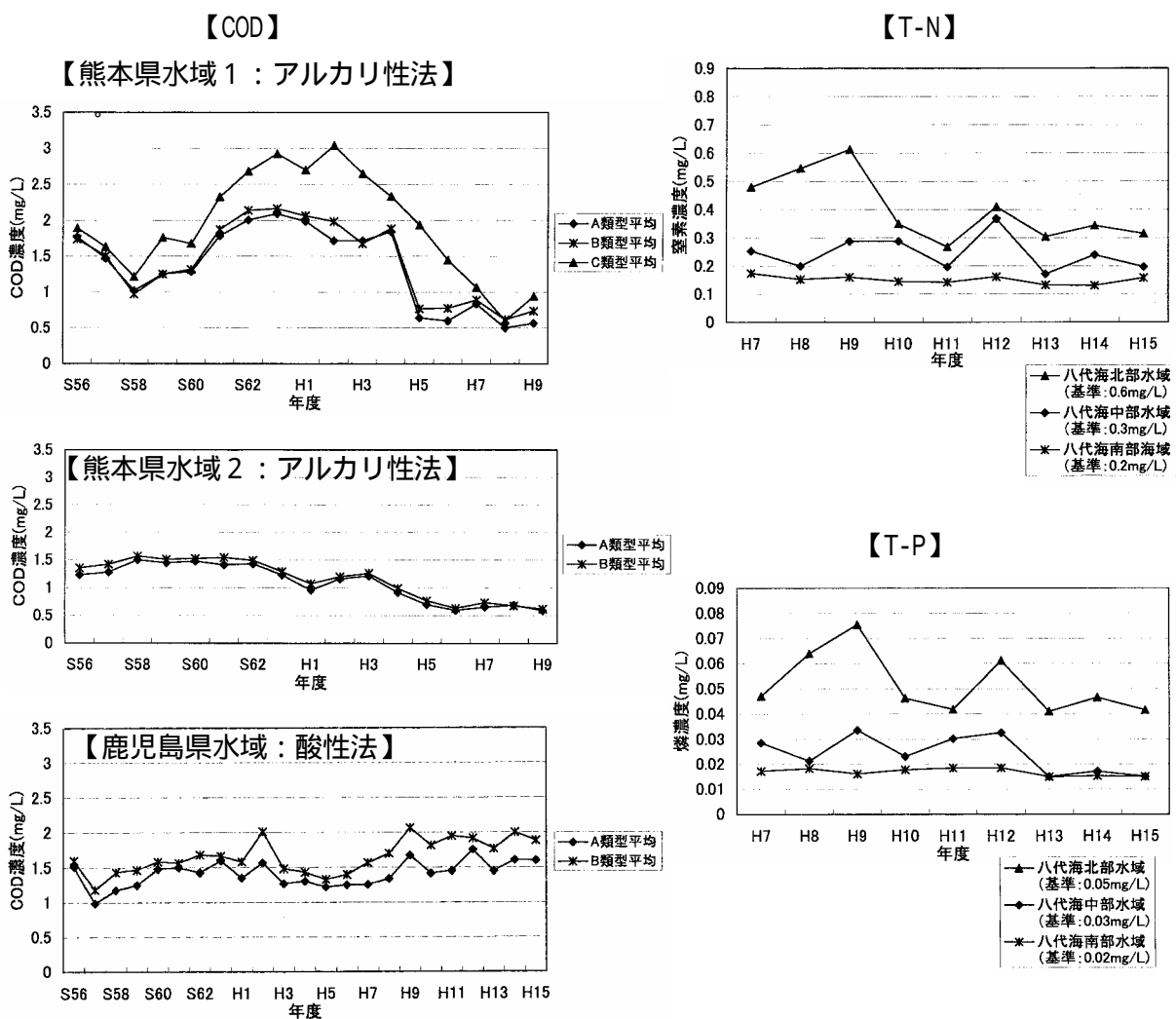


- 注) 1. CODは分析方法の変更を踏まえ、各県の類型区分された水域内の環境基準点の年平均値を示している。
 2. 長崎県水域の2000年(平成12年)以降、熊本県水域の1998年(平成10年)以降は測定方法が酸性法のため、グラフにはデータを掲載していない。

図1.1.2 有明海における水質の経年変化

八代海におけるCODの地理的特徴についてみると、八代海湾奥部に位置する熊本県水域1と八代海湾中部に位置する熊本県水域2は、ほぼ同程度の濃度であることが分かる。CODの経年的な傾向についてみると、熊本県水域1及び2は減少を、鹿児島県水域は微増を示している。

八代海におけるT-N及びT-Pの地理的特徴についてみると、八代海湾奥部に位置する八代海北部水域におけるT-N及びT-P濃度が、八代海中部水域及び八代海南部水域より高いことが分かる。T-N及びT-Pの経年的な傾向についてみると、八代海北部水域は減少を、八代海中部水域及び八代海南部水域はほぼ横ばいを示している。



注) 1. CODについて、「熊本県水域1」のA類型は八代地先海域(丙)、B類型は八代地先海域(乙)、C類型は八代海地先海域(甲)と八代港の各水域内の環境基準点の年平均値を示している。また、「熊本県水域2」のA類型は八代海(7)、B類型は八代海(1)～(6)の各水域内の環境基準点の年平均値を示している。「鹿児島県水域」は鹿児島県の類型区分された水域の環境基準点の年平均値を示している。
 2. 熊本県水域1及び2の1998年(平成10年)以降は測定方法が酸性法のため、グラフにはデータを掲載していない。

図 1.1.3 八代海における水質の経年変化

2) 有明海、八代海の底質について

平成 12 年度より環境省で実施している底質調査結果 (Md (中央粒径値)、強熱減量) の経年変化は図 1.1.4 ~ 図 1.1.5 に示すとおりである。また、Md (中央粒径値) と粒径 (mm) の関係は以下のとおりである。

(参考) Md (中央粒径値) と粒径 (mm) の関係

φ スケール	粒径 (mm)	区分	φ スケール	粒径 (mm)	区分
-1	2	粗砂	4	0.063	シルト
0	1		5	0.031	
1	0.5		6	0.016	
2	0.25	7	0.008		
3	0.125	細砂	8	0.004	粘土

=Log₂D によって算出される。

有明海における Md の地理的特徴について、Md の変動が大きい Afk-1 を除くと、有明海湾奥部 (Asg-2、Asg-3、Asg-4)、諫早湾湾口部 (Ang-2)、菊池川河口部 (Akm-1) はシルトに、大牟田市沖 (Afk-2)、白川河口 (Akm-2) 及び天草沖 (Akm-4) は細砂になっている。

有明海における強熱減量の地理的特徴については、有明海湾奥部 (Asg-2、Asg-3、Asg-4)、諫早湾湾口部 (Ang-2)、菊池川河口部 (Akm-1) は、大牟田市沖 (Afk-2)、白川河口 (Akm-2) 及び天草沖 (Akm-4) より高い値になっている。有明海における Md と強熱減量の関係についてみると、Md が大きい地点では強熱減量が高く、Md が小さい地点では強熱減量が小さくなっている。

八代海における Md の地理的特徴についてみると、八代海湾央部 (Ykm-3、Ykm-4、Ykm-5、Ykm-6) はシルトに、八代海湾奥部 (Ykm-1) 及び八代海湾口部 (Ykm-7、Ykg-1、Ykg-2) は細砂になっている。

八代海における強熱減量の地理的特徴については、八代海湾央部 (Ykm-3、Ykm-4、Ykm-5、Ykm-6) は、八代海湾奥部 (Ykm-1) 及び八代海湾口部 (Ykm-7、Ykg-1、Ykg-2) より高い値になっている。八代海における Md と強熱減量の関係についてみると、有明海と同様に、Md が大きい地点では強熱減量が高く、Md が小さい地点では強熱減量が小さくなっている。

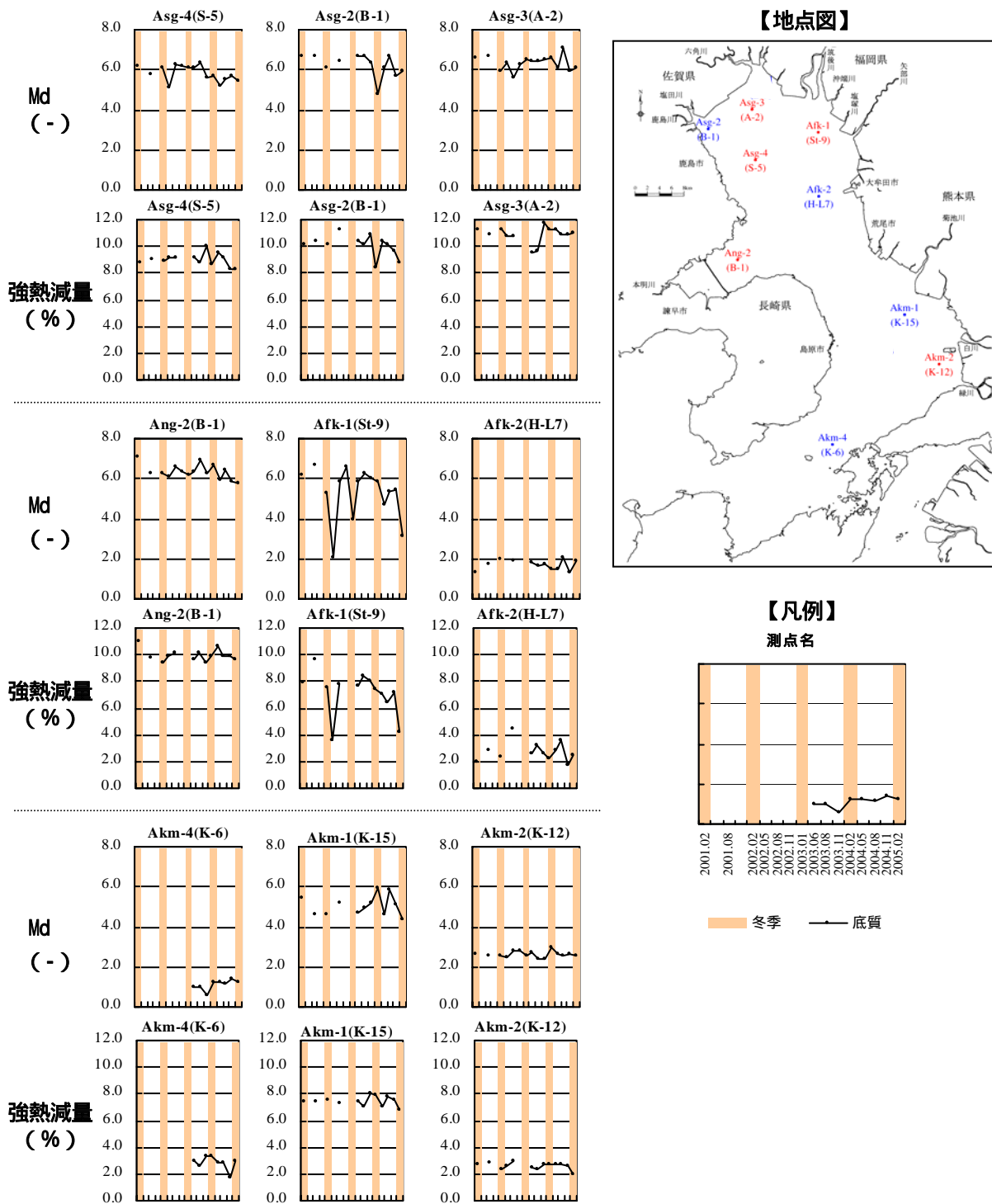


図 1.1.4 底質の経年変化[有明海]

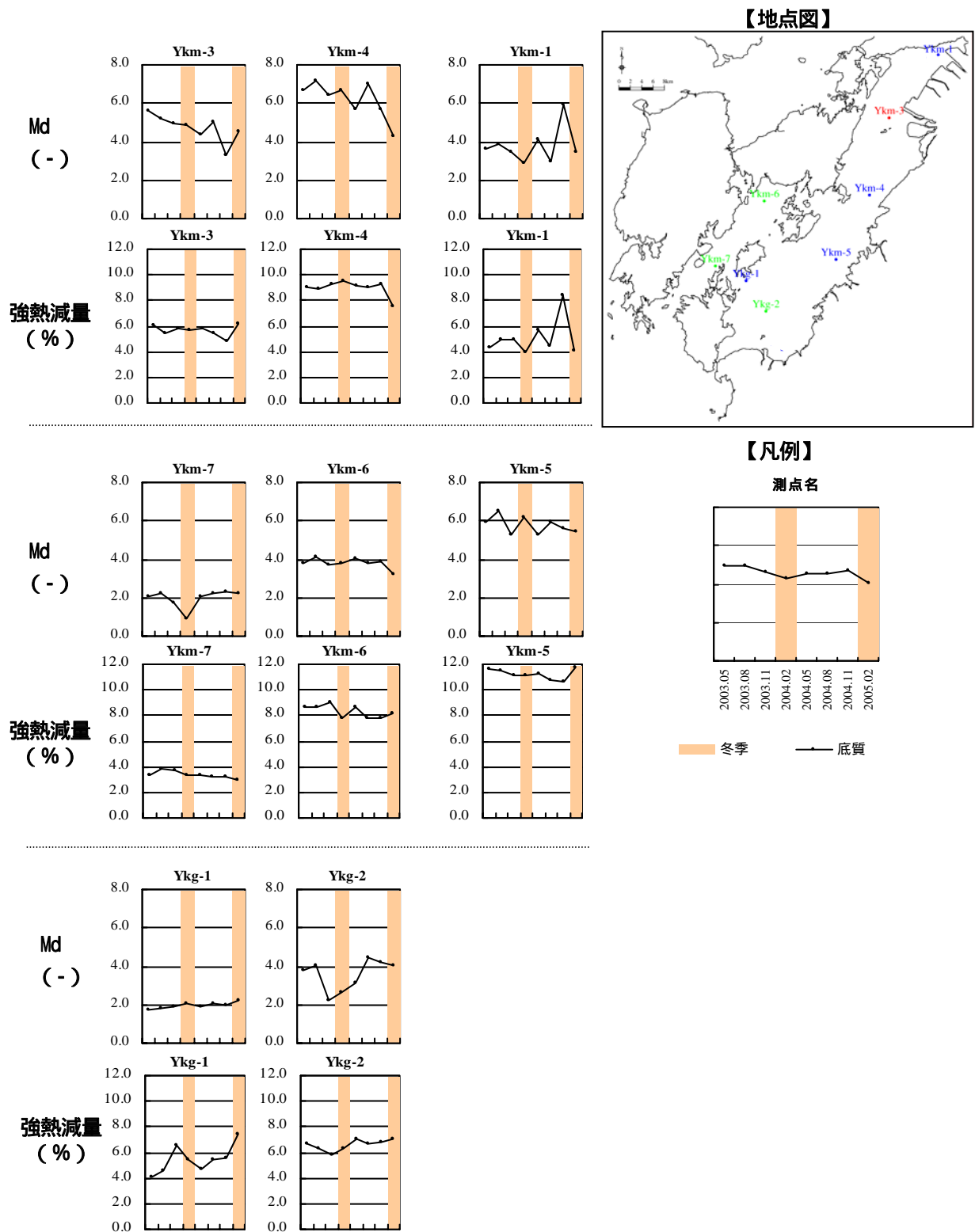


図 1.1.5 底質の経年変化[八代海]

「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)では、有明海の底質中の環境ホルモン物質、重金属の状況を調査した。その結果は表 1.1.2、表 1.1.3に示すとおりである。

トリブチルスズ化合物(TBT0 換算値)は、 $<0.1 \sim 4.4 \mu\text{g}/\text{kg-dry}$ の範囲であり、環境省が全国の海域で行った調査の既往値と比較しても低い濃度範囲にあった。また、アサリの養殖が盛んに行われている三河湾、伊勢湾の既往値と比較しても同等以下であった。トリフェニルスズ化合物(TPTCI 換算値)は、 $<0.1 \sim 0.7 \mu\text{g}/\text{kg-dry}$ の範囲であり、環境省が全国の海域で行った調査の既往値及び三河湾、伊勢湾の既往値と比較しても低い濃度範囲にあった。ノニルフェノールは、 $<1 \sim 2.3 \mu\text{g}/\text{kg-dry}$ の範囲であり、環境省が全国の海域で行った調査の既往値及び三河湾、伊勢湾の既往値と比較しても低い濃度範囲にあった。4-t-オクチルフェノールは、 $0.29 \sim 2.0 \mu\text{g}/\text{kg-dry}$ の範囲であり、環境省が全国の海域で行った調査の既往値及び三河湾、伊勢湾の既往値と比較しても低い濃度範囲にあった。フタル酸ジ-2-エチルヘキシルは、 $<25 \sim 120 \mu\text{g}/\text{kg-dry}$ の範囲であり、環境省が全国の海域で行った調査の既往値及び三河湾、伊勢湾の既往値と比較しても低い濃度範囲にあった。また、PCBは、 $<0.01 \sim 0.02\text{mg}/\text{kg-dry}$ の範囲であり、環境省が全国の海域で行った調査の既往値及び三河湾、伊勢湾の既往値と比較して同程度かやや低めの値であった。さらに、17 エストラジオールは、いずれも不検出であった。

総水銀は、 $0.05 \sim 0.21\text{mg}/\text{kg-dry}$ の範囲であり、東京湾、大阪湾の既往値及びアサリの養殖が盛んに行われている三河湾、伊勢湾の既往値と比較しても同等以下であった。カドミウムは、 $0.04 \sim 0.63\text{mg}/\text{kg-dry}$ の範囲であり、東京湾、大阪湾の既往値及び三河湾、伊勢湾の既往値と比較しても同等以下であった。鉛は、 $5.0 \sim 23.2\text{mg}/\text{kg-dry}$ の範囲であり、東京湾、大阪湾の既往値及び三河湾、伊勢湾の既往値と比較して同程度かやや低めであった。亜鉛は、 $60 \sim 155\text{mg}/\text{kg-dry}$ の範囲であり、大阪湾の既往値及び三河湾、伊勢湾の既往値と比較して同程度かやや低めであった。砒素は、 $6.6 \sim 9.7\text{mg}/\text{kg-dry}$ の範囲であり、東京湾、大阪湾の既往値と比較して同程度であった。

次に、平成 11 年度～15 年度に環境省が実施した化学物質環境汚染実態調査の結果は表 1.1.4に示すとおりである。

農薬としては、最近 5 年間ではピリダフェンチオン、ブタクロール及び 1,2-ジクロロベンゼンが調査されており、ピリダフェンチオン、ブタクロールは有明海では不検出であった。1,2-ジクロロベンゼンは $0.70 \sim 11\text{ng}/\text{g-dry}$ の範囲であり、東京湾、大阪湾、伊勢湾及び三河湾と比較して同等以下であった。

表 1.1.2 有明海の底質における環境ホルモン物質の概要

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 (TBT 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 (TPTC1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
PCB	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	

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 1.1.3 有明海の底質における重金属の概要

項目		測定結果 (有明海)	既往値	地点	出典
総水銀	mg/kg-dry	0.05 ~ 0.21	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	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 ~ 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

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)

表 1.1.4 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

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)

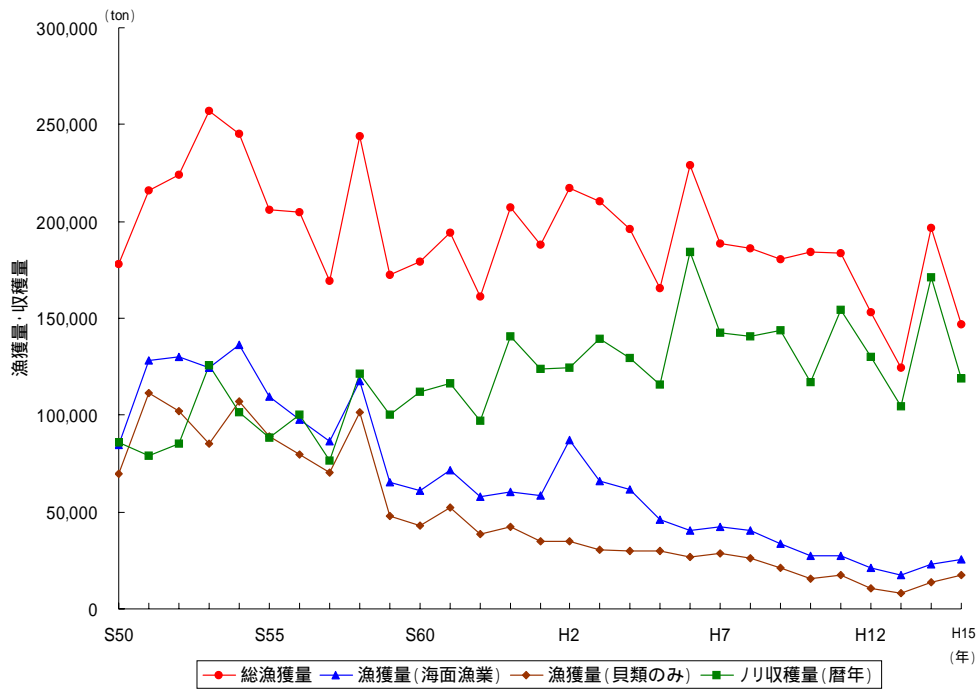
3) 有明海、八代海の漁業生産量について

有明海の漁業生産量（海面漁業＋養殖漁業）は、昭和60年代以降ほぼ横ばい傾向で推移している。

海面漁業の漁獲量は、昭和50年代では多い時に10万t以上であったが、昭和60年以降減少傾向がみられ、最近5年間では3万tを下回っている。

海面漁業の漁獲量の大半を占めている貝類の漁獲量は、昭和50年代には多い年に10万t以上であったが、昭和60年以降減少傾向がみられ、最近5年間では2万tを下回っている。

ノリ収穫量（暦年）は、増減を繰り返しながら増加傾向がみられる。また、有明海の総漁獲量に対するノリ収穫量の占める割合は、平成5年頃から非常に高い状況である。



資料：福岡県、佐賀県、長崎県、熊本県の農林水産統計年報

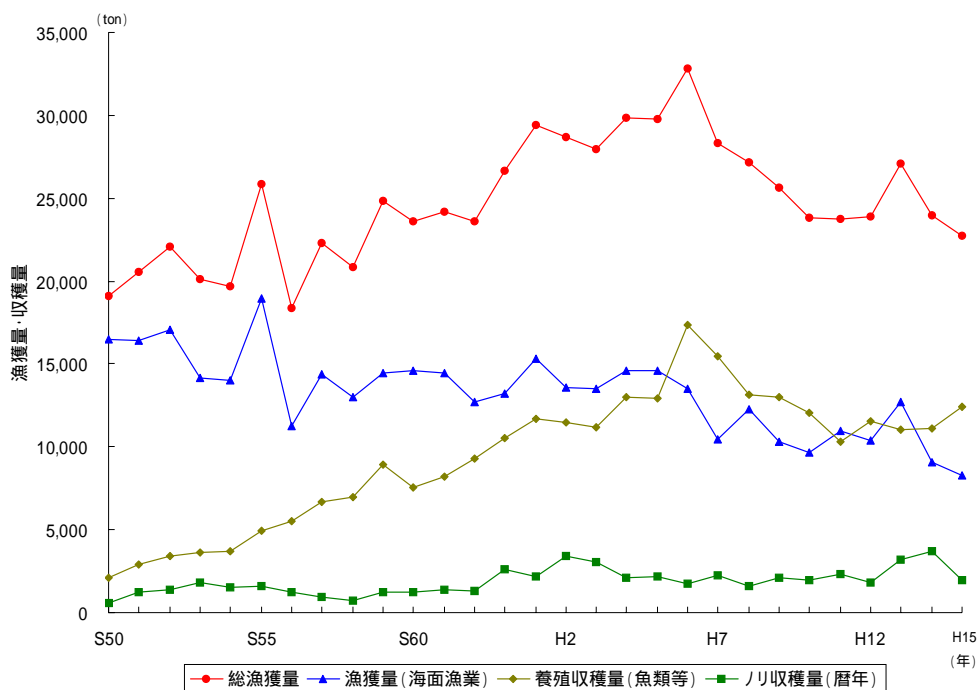
図 1.1.6 有明海の漁獲量(総漁獲量、海面漁業、貝類のみ)及びノリ収穫量の経年変化

八代海の漁業生産量（海面漁業＋養殖漁業）は、昭和50年から平成6年まで増加傾向がみられたが、平成7年以降減少傾向がみられる。

海面漁業の漁獲量は、昭和50年から減少傾向にあり、漁業生産量に占める割合も昭和50年代後半から低下し、平成2年頃からは魚類等の養殖収穫量と同程度となっている。

魚類等の養殖収穫量は、昭和50年（約2千t）から平成6年（約1万7千t）まで増加傾向がみられたが、平成7年以降減少傾向がみられる。また、八代海の漁業生産量に占める魚類等の養殖収穫量の割合は年々高くなってきている。

ノリ収穫量（暦年）はやや増加傾向がみられる。



注) 1. 養殖収穫量（魚類等）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。

2. 上記には鹿児島県のデータ（北薩小海区）は含んでいない。

資料：福岡県、佐賀県、長崎県、熊本県の農林水産統計年報

図 1.1.7 八代海の漁獲量(総漁獲量、海面漁業)、養殖収穫量(魚類等)及びノリ収穫量の経年変化

1.2 ノリ不作（平成 12 年）以降の経緯

近年、有明海における漁業生産は低迷を続けており、2000 年度（平成 12 年度）にはノリの不作問題が生じたことから、農林水産省に有明海ノリ不作等対策関係調査検討委員会（通称：第三者委員会、委員長：清水誠東京大学名誉教授）が設置され、同委員会において、ノリ不作等の状況の把握、原因究明に係る調査、研究計画の樹立とその適切な実施及び研究成果の評価等につき検討するとともに、ノリ不作等対策に係る提言を行うこととされた。有明海ノリ不作等対策関係調査検討委員会は、合計 10 回開催され、2003 年（平成 15 年）3 月に最終報告書が作成された。

また、有明海の漁業養殖業の不振、漁場環境を含む海域環境の悪化が懸念されている状況を踏まえ、有明海の中長期的な海域環境の改善方策及び沿岸域における各種整備の方策を検討することを目的として、2001 年度（平成 13 年度）及び 2002 年度（平成 14 年度）の国土総合開発事業調査費により、有明海海域環境調査（農林水産省、経済産業省、国土交通省、環境省の 4 省共同）が実施された。さらに、2001 年度（平成 13 年度）から 2003 年度（平成 15 年度）までの 3 カ年にわたり、農林水産省の行政対応特別研究「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」（独立法人水産総合研究センター）が実施された。

他方、八代海においても、赤潮の発生による漁業被害の発生、漁業生産の低迷、海域環境の悪化が懸念されたことから、八代海域調査委員会（委員長：弘田禮一郎熊本大学名誉教授）が設置され、2003 年（平成 15 年）1 月、八代海域における環境保全のあり方が提言された（右提言を受けて八代海域モニタリング委員会が設置）。

1.3 特別措置法の制定と評価委員会の設置

2000年度（平成12年度）のノリ不作問題を契機として、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・八代海を再生するための特別措置に関する法律（特別措置法）が議員立法により制定され、2002年（平成14年）11月に施行された。特別措置法に基づいて、有明海・八代海総合調査評価委員会（委員長：須藤隆一生態工学研究所代表）が環境省に設置された。評価委員会は、特別措置法の施行から5年以内の見直しに関し、国及び関係県が行う調査の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とともに、これらのことに関して主務大臣等に意見を述べることを任務としている。2006年（平成18年）2月現在、評価委員会は計19回開催されており、評価委員会の委員名簿は表1.3.1に示すとおりである。

表 1.3.1 有明海・八代海総合調査評価委員会の委員名簿（平成18年2月現在）

（五十音順、敬称略）

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
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
楠田 哲也	九州大学大学院工学研究院教授
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	北九州市環境科学研究所アクア研究センター主査
山本 智子	鹿児島大学水産学部助手

2. 有明海・八代海総合調査評価委員会での検討の経緯

2.1 国、県による調査結果の報告

第1回～第17回有明海・八代海総合調査評価委員会において、国、関係県より報告のあった事項は表 2.1.1に示すとおりである。

表 2.1.1(1) 第1回～第17回有明海・八代海総合調査評価委員会における
国、関係県からの報告内容

評価委員会	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> ・法律、有明海及び八代海の再生に関する基本方針、法律に基づく指定地域の概要説明
	2)有明海及び八代海の水環境の状況について	<環境省> ・有明海及び八代海の平成13年度の水質環境基準の達成状況、昭和47年～平成13年までの水質の変化に関する状況報告
	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> ・昭和48年～平成13年までの有明海及び八代海の漁業・養殖業及び赤潮発生に関する状況報告
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> ・農林水産省有明海ノリ不作等対策関係調査検討委員会によるこれまでの検討の成果についての報告
	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> ・八代海海域調査委員会によるこれまでの検討結果についての報告
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> ・国、関係県、大学等が行う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の説明
	2)自然環境保全基礎調査結果について	<環境省> ・自然環境保全基礎調査結果の河川改変状況、海岸改変状況、干潟面積及び藻場面積の状況報告
第7回 (H16.1.26 開催)	1)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> ・平成13年度、14年度に実施した海域環境予測モデルの構築や環境改善方策に関する検討結果の報告
	2)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> ・平成14年4月～5月に実施した短期開門調査結果、諫早干潟に類似した泥質干潟のサンプルを用いた干潟浄化機能調査結果、諫早湾干拓事業による有明海の海域環境への影響について検討した流動解析等調査結果の報告
	3)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> ・中・長期開門調査の取り扱いを判断するために実施した論点整理の結果の報告
	4)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> ・2001年(平成13年)～2003年(平成15年)の5月上旬[2001年のみ6月上旬]～9月上旬の貧酸素水塊の発生状況を観測した結果の報告

表 2.1.1(2) 第1回～第17回有明海・八代海総合調査評価委員会における
国、関係県からの報告内容

評価委員会	主な報告内容	
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> ・前回委員会の委員からの指摘事項に対する回答(モデルに関する補足説明)
	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> ・前回委員会の委員からの指摘事項に対する回答(国調費モデルを用いた潮受堤防の有り・無しの数値シミュレーションについて等)
	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> ・有明海について、昭和58年～平成14年のノリ生産状況の分析結果、漁場環境等に関する聞き取り調査結果の報告
第9回 (H16.5.19 開催)	1) 中・長期開門調査について	<農林水産省農村振興局> ・潮受堤防の中・長期開門調査を実施しない報告と中・長期開門調査に変わる方策(現地実証及び調整池の水質対策等)の説明
	2) 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> ・漁場の海洋環境(流動、水質等)の変動の研究結果、ノリ養殖・二枚貝の生産阻害要因とその除去及び軽減化に関する研究結果についての報告
	3) 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> ・総合的な調査研究体制を構築するための有明海等環境情報・研究ネットワークの説明
	4) 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> ・平成15年に有明海で発生した粘質状浮遊物の特徴や主体となる物質の推定に関する試験・調査の結果等の報告
	5) 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> ・タイラギ等の資源生物の変動に対する海洋の環境、生態学的環境、人為的な影響などを総合的に検討した研究の報告
	6) 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> ・公共用水域水質測定結果(1978年(昭和53年)～2002年(平成14年))を用いた有明海における水質の経年変化、季節変動に関する調査結果の報告
	7) 有明海水環境調査結果について	<環境省> ・平成12年度～15年度に実施した水塊構造(水温、塩分)、底層D0の調査結果、底質・マクロベントス調査結果の報告
	8) 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> ・福岡地先底泥中の珪藻休眠期細胞の分布と消長の把握した結果(水平分布調査と季節変動調査:2001年(平成13年)に実施)の報告
	9) タイラギ浮遊幼生の飼育と着底について	<佐賀県> ・タイラギの浮遊幼生の飼育実験、着底実験の結果の報告
	10) 諫早湾におけるタイラギ移植試験について	<長崎県> ・2002年度(平成14年度)、2003年度(平成15年度)に実施した生産阻害要因の解明に関する調査結果の報告

表 2.1.1(3) 第1回～第17回有明海・八代海総合調査評価委員会における
国、関係県からの報告内容

評価委員会	主な報告内容	
第9回 (H16.5.19 開催)	11)シャットネラ赤潮予察調査事業について	<長崎県> ・平成15年夏季に実施したシャットネラ赤潮予察の調査結果の報告
	12)アサリの資源管理に関する研究について	<熊本県> ・アサリの漁獲量の変遷結果、平成7年、14年、15年の現存量調査を用いた熊本県におけるアサリ資源管理に関する研究の結果報告
第12回 (H16.12.6 開催)	1)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> ・2004年度(平成16年度)に有明海湾奥部(諫早湾を含む)で実施した貧酸素水塊広域連続観測調査結果の報告
第13回 (H17.4.12 開催)	1)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> ・2004年(平成16年)9月～11月に実施した潮流・潮汐に関する聞き取り調査結果の報告
	2)諫早湾におけるタイラギ移植試験について	<長崎県> ・2004年度(平成16年度)に実施した諫早湾(有明海)におけるタイラギの減耗要因の検討結果、資源回復を目指して親貝集団の造成策の検討結果を報告
	3)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> ・2003年(平成15年)2004年(平成16年)の夏季に実施した小長井町釜地区干潟におけるアサリ養殖漁場の水質環境とアサリの環境応答との関係について調査した結果の報告
	4)新たなアサリ増殖手法への取り組みについて	<熊本県> ・2004年度(平成16年度)に実施したアサリ増殖場造成試験の結果の報告
第14回 (H17.6.16 開催)	1)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> ・2004年度(平成16年度)に実施した貧酸素現象調査(有明海湾奥から諫早湾が対象)潮流調査(冬季の有明海潮流の15昼夜連続観測及び12時間連続一斉観測)赤潮調査(諫早湾及び周辺海域が対象)干潟水質浄化機能調査、底質環境調査(大浦沖、国見沖が対象)二枚貝類等生息環境調査の結果の報告
	2)干潟等沿岸海域再生調査結果について	<熊本県> 干潟等沿岸海域の地域特性に応じた再生方策を検討する「有明海・八代海干潟等沿岸海域再生検討委員会」の設置についての説明と2004年度(平成16年度)に実施した有明海・八代海の現状と変遷の整理結果(聞き取り調査結果)について報告
第15回 (H17.9.12 開催)	1)有明海・八代海への汚濁負荷の変遷について	<環境省> ・2004年度(平成16年度)に環境省で実施した有明海・八代海への陸域からの汚濁負荷の変遷(1965年度(昭和40年度)～2001年度(平成13年度)の期間で21年度分)について報告

2.2 委員等による研究成果の紹介

第1回～第17回有明海・八代海総合調査評価委員会において、評価委員会の委員及び学識者により報告のあった事項は表 2.2.1に示すとおりである。

表 2.2.1(1) 第1回～第17回有明海・八代海総合調査評価委員会における委員等による研究成果の報告内容

評価委員会	報告内容	発表者等
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	磯辺雅彦教授(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
第12回 (H16.12.6 開催)	1)有明海・八代海における赤潮の発生について	本城委員
第13回 (H17.4.12 開催)	1)有明海・八代海における河川の影響について	福岡委員
第14回 (H17.6.16 開催)	1)有明海・八代海における底質環境について	滝川委員
	2)有明海・八代海における底生生物について	菊池臨時委員
第15回 (H17.9.12 開催)	1)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]
第16回 (H17.11.2 開催)	2)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]
	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)

2.3 小委員会による作業の成果

(1) 小委員会の目的、所掌事務

有明海・八代海総合調査評価委員会では、有明海及び八代海の再生に係る評価の効率的な遂行に資するために、有明海・八代海総合調査評価委員会小委員会(荒牧委員長 他有明海・八代海総合調査評価委員会委員2名、専門委員9名)を設置している。委員名簿は表2.3.1に示すとおりである。

有明海・八代海総合調査評価委員会小委員会の所掌事務は以下のとおりである。

- 1) 有明海及び八代海における各種の調査研究に関する情報を収集する。
- 2) 上記の調査研究のうち、地域に即した調査研究(主として関係県、大学等が実施している調査研究)に関し、両海域の再生に係る評価を行う上で有効な調査研究を整理し、結果を分析する。
- 3) 上記の結果に基づき、調査研究の概要、分析結果などをとりまとめ、委員会に報告する。

表 2.3.1 有明海・八代海総合調査評価委員会小委員会 委員名簿

区分	氏名	職名
委員	荒牧軍治(委員長)	佐賀大学理工学部教授
	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副センター長
	川野田實夫	大分大学教育福祉科学部教授
	中村武弘	長崎大学環境科学部教授
	弘田禮一郎	熊本大学名誉教授
	本田清一郎(平成15年度) 内場澄夫(平成16~17年度)	福岡県水産海洋技術センター所長
	白島 勲(平成15年度) 野口敏春(平成16~17年度)	佐賀県有明水産振興センター所長
	小坂安廣(平成15~17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)	熊本県水産研究センター所長
	前田和宏(平成15年度) 古賀吾一(平成16~17年度)	鹿児島県水産技術開発センター(旧鹿児島県水産試験場)所長

注) 関係県の水産関連施設の専門委員氏名欄における()は小委員会の担当期間を示す。

上記2)の地域に則した調査研究を整理、結果分析を行うにあたり、調査研究内容を以下の8項目に分類した。

- 干潟と海域環境との関係
- 潮流、潮汐等と海域の環境との関係
- 海域に流入する水の汚濁負荷量と海域の環境との関係
- 海域に流入する河川の流況と海域の環境との関係
- 土砂の採取と海域の環境との関係
- 赤潮、貧酸素水塊等の発生機構
- 海域の環境と水産資源との関係
- その他

8項目に分類した調査研究は、以下のような基準について区分し、基準1又は2に区分された調査研究について、文献シート(文献の研究結果のまとめ)を作成した。

表 2.3.2 調査研究の区分基準

区分	基準の内容
基準1	【最も参考となるもの】 科学的/合理的な根拠に基づき、有明海及び八代海の環境・水産資源の長期的/短期的な変化の原因を定量的または定性的に明らかにしているもの。
基準2	【基準1に次いで参考となるもの】 科学的/合理的な根拠に基づき、有明海及び八代海の環境・水産資源の長期的/短期的な変化の状況・程度を定量的または定性的に明らかにしているもの。
基準3	【その他参考となるもの】 科学的/合理的な根拠に基づき、有明海及び八代海の環境・水産資源の状況を定量的に明らかにしているもの(モニタリングの結果等)。
基準4	上記基準1~3に該当しないもの。

(2) 小委員会の経過報告

有明海・八代海総合調査評価委員会小委員会の検討結果(経過報告)は、有明海・八代海総合調査評価委員会で報告した。報告の内容は表2.3.3のとおりである。

表 2.3.3(1) 有明海・八代海総合調査評価委員会小委員会の経過報告

評価委員会	主な報告内容
<p>第 8 回 (H16.3.22 開催)</p>	<p>1)対象とした調査研究報告 有明海及び八代海における地域に則した調査研究について 1975 年(昭和 50 年)1 月から 2003 年(平成 15 年)3 月までに発表された調査研究報告。</p> <p>2)報告した項目[文献シート作成数/調査研究報告数:76/358] 干潟と海域環境との関係 潮流、潮汐等と海域の環境との関係 赤潮、貧酸素水塊等の発生機構 海域の環境と水産資源との関係</p> <p>上記内容を踏まえた「有明海及び八代海に係る大学等による調査研究に関する情報の収集・整理」を報告。</p>
<p>第 12 回 (H16.12.6 開催)</p>	<p>1)対象とした調査研究報告 有明海及び八代海における地域に則した調査研究について 1975 年(昭和 50 年)1 月から 2003 年(平成 15 年)3 月までに発表された調査研究報告。</p> <p>2)報告した項目[文献シート作成数/調査研究報告数:20/118] 海域に流入する水の汚濁負荷量と海域の環境との関係 海域に流入する河川の流況と海域の環境との関係 土砂の採取と海域の環境との関係 その他</p>
<p>第 13 回 (H17.4.12 開催)</p>	<p>1)対象とした調査研究報告 有明海及び八代海における地域に則した調査研究について 2003 年(平成 15 年)4 月から 2004 年(平成 15 年)6 月までに発表された調査研究報告。</p> <p>2)報告した項目[文献シート作成数/調査研究報告数:46/151] 干潟と海域環境との関係 潮流、潮汐等と海域の環境との関係 海域に流入する水の汚濁負荷量と海域の環境との関係 海域に流入する河川の流況と海域の環境との関係 土砂の採取と海域の環境との関係 赤潮、貧酸素水塊等の発生機構 海域の環境と水産資源との関係 その他</p>

2.4 関係者からのヒアリング

(1) ヒアリング目的

有明海及び八代海の地元でこれらの海域と直接的な関わりを有する関係者から、両海域の環境、水産業の状況の変化などに関する情報をヒアリングにより収集し、有明海及び八代海の再生に係わる評価を行うに当たっての参考とすることを目的とした。

ヒアリング項目は以下のとおりである。

- 1)有明海及び八代海の環境、水産資源が長年にわたりどのように変化してきたか。
- 2)有明海及び八代海をどのような海に再生すべきか。

(2) ヒアリング概要

ヒアリングは、「第4回有明海・八代海総合調査評価委員会」として実施された。発表者の一覧は表 2.4.1に示すとおりである。発表者の所属はNGOや漁業関係者、大学教授等であり、在住先は福岡県1名、佐賀県2名、長崎県2名(元在住者含む)、熊本県6名である。

表 2.4.1 発表者一覧(発表順)

No.	発表者の所属等	在住先	性別
1	無職	佐賀県	男
2	NGO	熊本県	女
3	漁協組合長	熊本県	男
4	大学教授	京都府(元長崎県)	男
5	NGO	長崎県	男
6	漁業者	佐賀県	男
7	NGO	熊本県	男
8	浄化槽検査員	熊本県	男
9	漁業者	熊本県	男
10	漁協職員	熊本県	男
11	漁業者	福岡県	男

3. 主な論点に関する議論の整理

3.1 問題の概況、原因・要因・論点等の整理結果

第10回～第12回の評価委員会において、これまでの評価委員会での検討結果を踏まえ、有明海及び八代海の問題点と原因・要因として指摘されている事項について整理が行われ、問題の概況、原因・要因・論点等の整理表及び問題点と原因・要因の関連の検討（有明海）（作業中）（図3.1.1参照）が作成された。

上記の整理を踏まえ、評価委員会においては、各論点ごとに、委員からの報告やワーキンググループによる検討結果が示され、更に議論が行われた。以下3.2～3.11において、各論点ごとの検討の結果を示す。

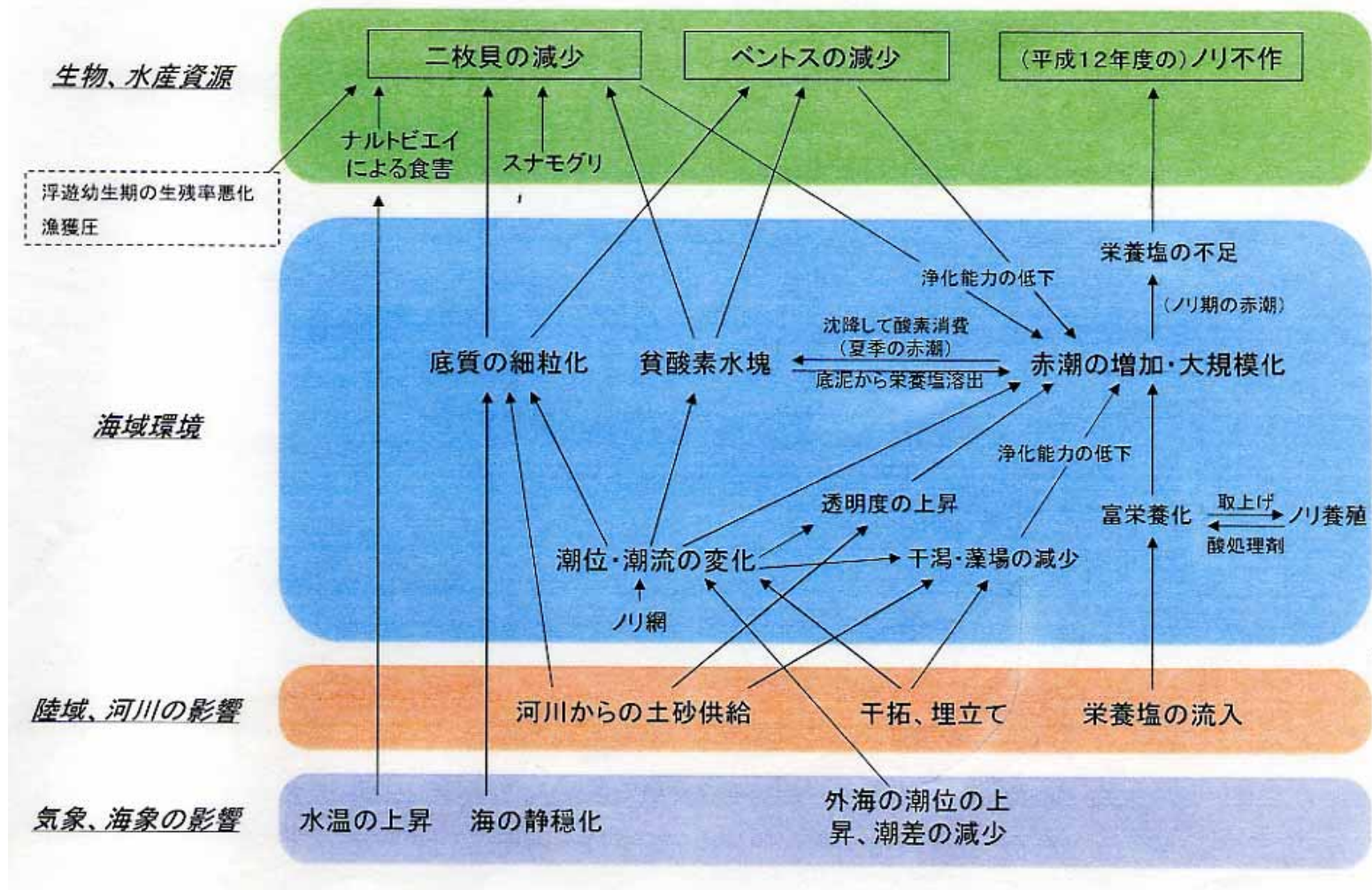


図 3.1.1 問題点と原因・要因の関連の検討 (有明海): 作業中

3. 主な論点に関する議論の整理

3.1 問題点の概況、原因・要因・論点等の整理

3.2 水質（水温、塩分、COD、栄養塩、SS 及び透明度）の変化

（１）使用データと取りまとめ方法

有明海沿岸の４県（福岡県、熊本県、長崎県、佐賀県）八代海沿岸の２県（熊本県、鹿児島県）の公共用水域水質測定結果（公共用水域における水質の常時監視）からみた有明海における水質の経年変化について測定結果をとりまとめた。

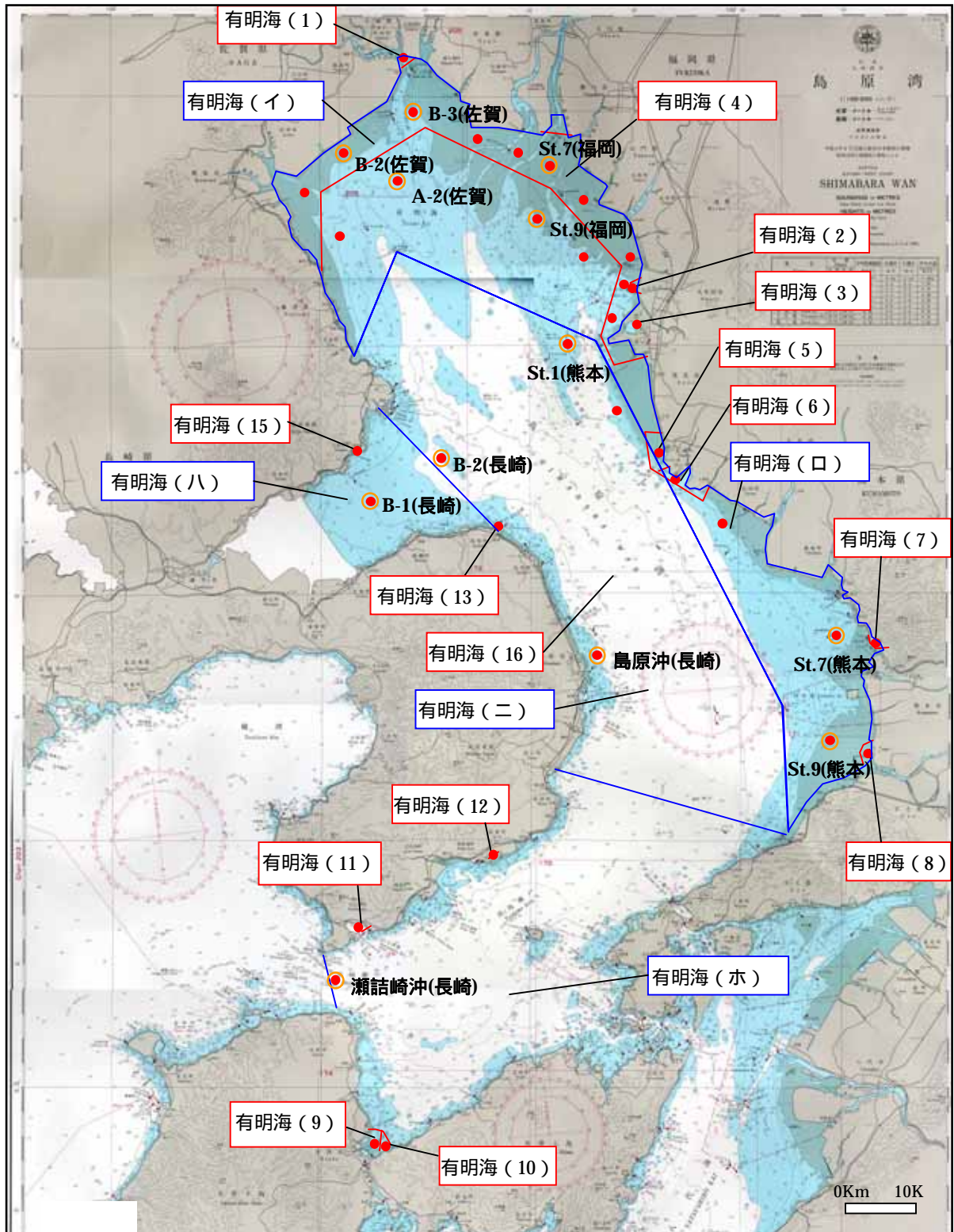
使用データ期間は測点により異なるが、原則として1978年度～2002年度の範囲とした。測定結果のとりまとめは有明海については図 3.2.1に示す12地点、八代海については図 3.2.2に示す4地点において、水温、塩分、COD、栄養塩、SS 及び透明度について行った。なお、各項目の数値は表層の測定結果である。

取りまとめ方法は、長期的な水質の変化傾向をみるため、測点毎に年平均値を求め、その変化傾向について有意水準5%で検定を行った。また、回帰式によりその傾きを整理した。

なお COD は分析法がアルカリ性法から酸性法に変わった測点がある（表 3.2.1 参照）。これらの測点の整理では、アルカリ性法のデータのみを使用した。

表 3.2.1 各地点における COD 分析法

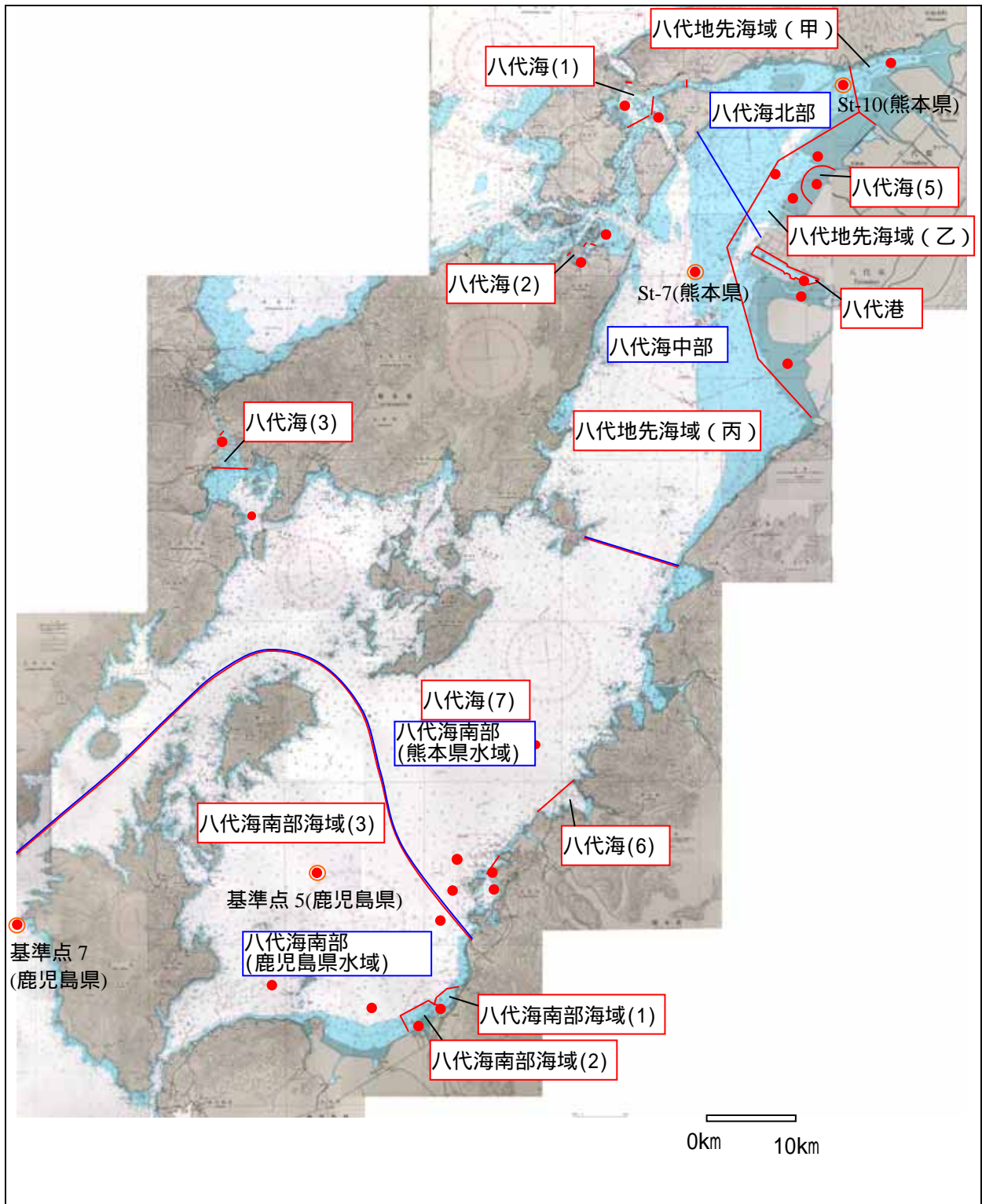
県名	地点名	COD 分析法
福岡	St.7, St.9	アルカリ性法
熊本	(有明海) St.1, St.7, St.9 (八代海) St.7, St.10	1997 年度までアルカリ性法、以後は酸性法
長崎	B-1, B-2	酸性法
	瀬詰崎沖, 島原沖	1999 年度までアルカリ性法、以後は酸性法
佐賀	A-2	酸性法
	B-2, B-3	アルカリ性法
鹿児島	基準点 5, 基準点 7	酸性法



< 凡例 >

- 公共用水域水質調査点 (環境基準点) 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 (島原湾 No.206 : 2001 年 2 月 22 日 刊行) より作成

図 3.2.1 有明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 12 地点)



< 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 3.2.2 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)

(2) 取りまとめ結果

1) 有明海について

1980 年前後からデータがそろっている測点について、その回帰分析の結果は表 3.2.2 に示すとおりである。また、データが 1990 年前後からしかない測点については、参考として表 3.2.3 に示す。年平均値により求めた回帰式の傾きがプラスの場合は +、マイナスの場合は - として、測点、項目毎に整理した。水温、COD 及び SS の経年変化は図 3.2.3 ~ 図 3.2.5 に示すとおりであり、他の項目の経年変化は資料編に示す。

- ・ 水温は福岡県の 2 測点、熊本県の 1 測点で変化傾向が認められ、一次回帰直線の傾きでは増加傾向がみられた。他の測点では有意な変化傾向は認められなかった。
- ・ 塩分は佐賀県の 3 測点で変化傾向が認められ、一次回帰直線の傾きでは増加傾向がみられた。他の測点では有意な変化傾向は認められなかった。
- ・ COD は福岡県の 1 測点、熊本県の 1 測点及び佐賀県の 1 測点で変化傾向が認められ、一次回帰直線の傾きでは福岡県の 1 測点では増加傾向、他の 2 測点では減少傾向がみられた。他の測点では有意な変化傾向は認められなかった。
- ・ T-N は福岡県の 2 測点で変化傾向が認められ、一次回帰直線の傾きでは減少傾向がみられた。他の測点では有意な変化傾向は認められなかった。
- ・ T-P は福岡県の 1 測点で変化傾向が認められ、一次回帰直線の傾きでは減少傾向がみられた。他の測点では有意な変化傾向は認められなかった。
- ・ SS は全ての測点で変化傾向が認められ、一次回帰直線の傾きでは減少傾向がみられた。
- ・ 透明度は、湾奥部の福岡県、佐賀県では公共用水域水質調査では実施されていなかった。「最終報告書-有明海の漁業と環境の再生を願って-」(平成 15 年 3 月、農林水産省・有明海ノリ不作等対策関係調査検討委員会)の記載によると、1970 年から 2002 年の期間では佐賀沖の透明度は上昇傾向がみられる。長崎県、熊本県の測点では有意な変化傾向は認められなかった。

表 3.2.2 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)	/	+	-	-	+	-	/

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：「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” [環境省発表資料]

表 3.2.3 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

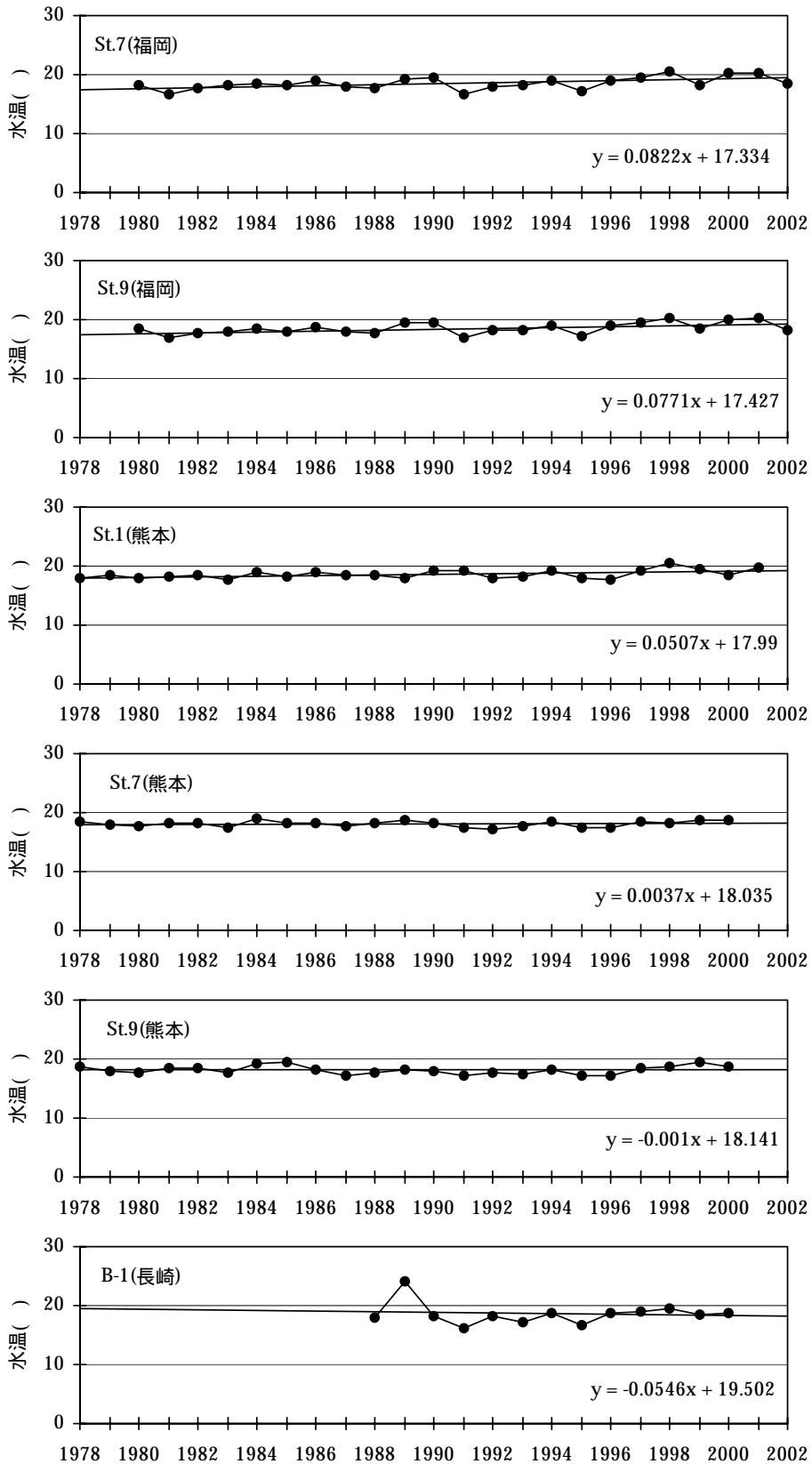
	水温	塩分	COD	T-N	T-P	SS	透明度
St.1(熊本)	/	/	/	-	-	/	/
St.7(熊本)	/	/	/	-	-	/	/
St.9(熊本)	/	/	/	-	-	/	/
B-1(長崎)	-	+	-	-	-	/	/
B-2(長崎)	-	+	-	-	-	/	/
瀬詰崎沖(長崎)	/	/	/	+	/	/	/
島原沖(長崎)	/	/	/	+	/	/	/
A-2(佐賀)	+	/	/	/	/	/	/
B-2(佐賀)	+	/	/	/	/	/	/
B-3(佐賀)	+	/	/	/	/	/	/

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。

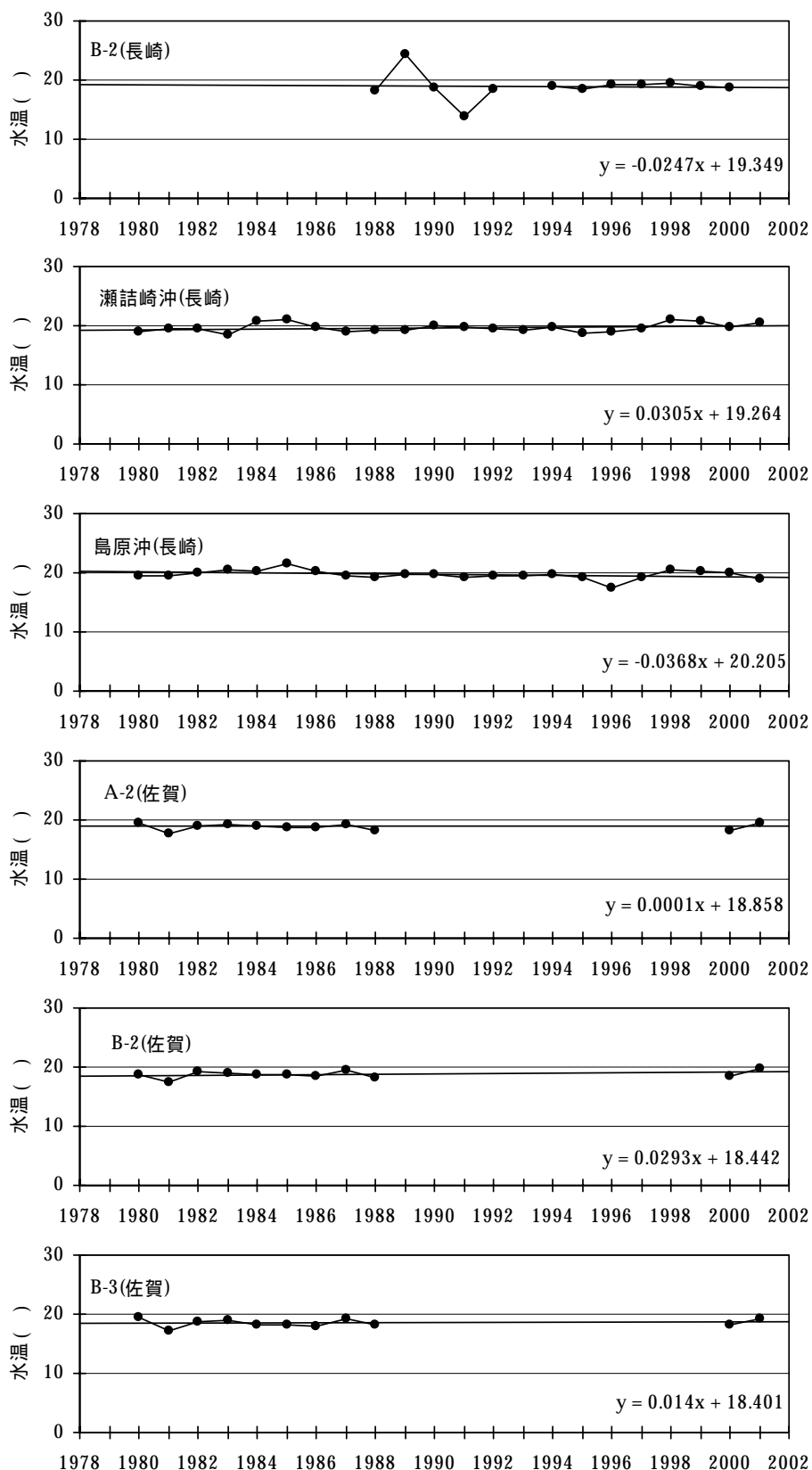
2. 回帰直線の傾きがプラスの場合"+”、マイナスの場合"-”とする。

資料：「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” [環境省発表資料]



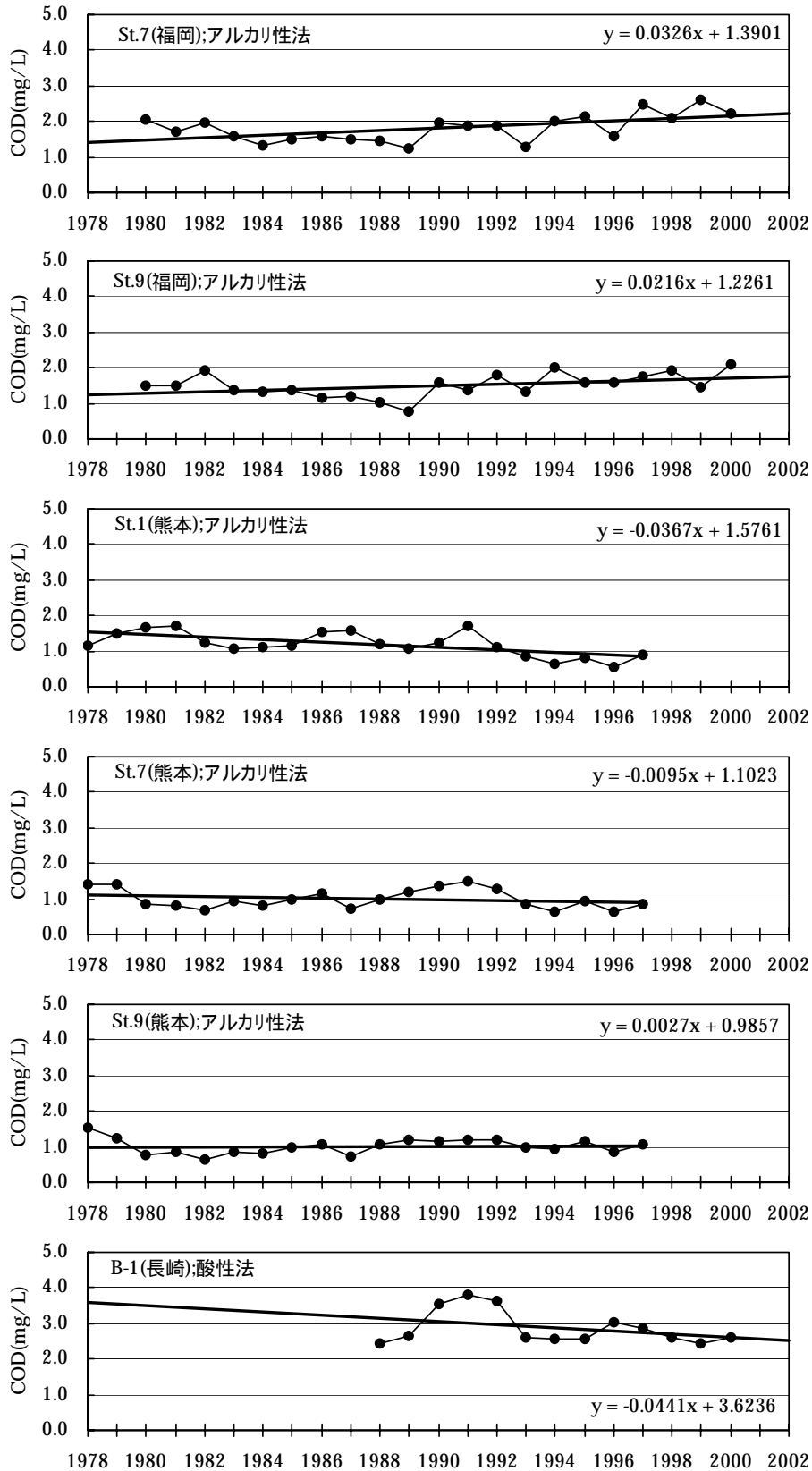
資料：「第9回有明海・八代海総合調査評価委員会」資料6-1 有明海における公共用水域水質測定結果 [環境省発表資料]

図 3.2.3(1) 水質の経年変化[有明海]：水温(年平均値)



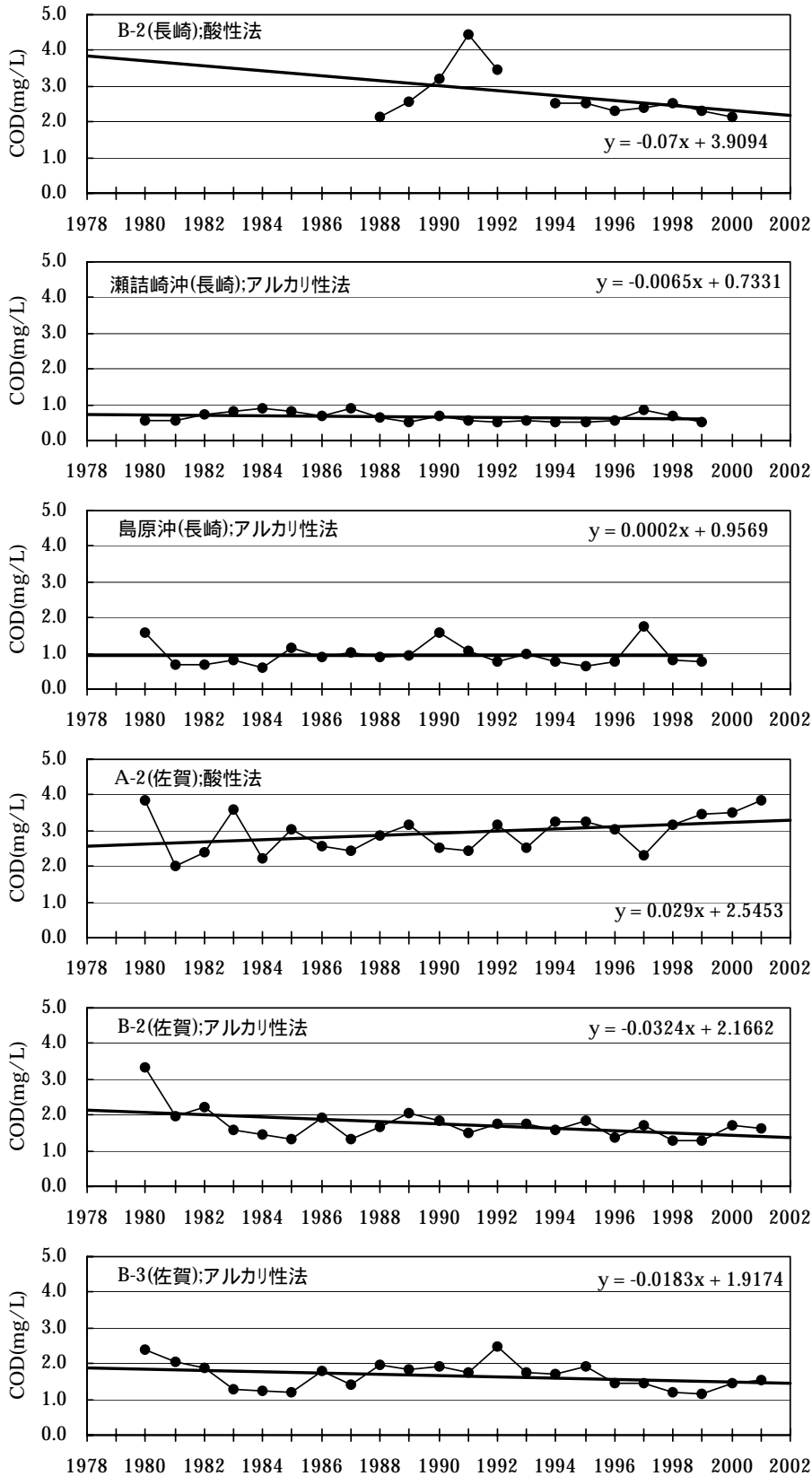
資料：「第9回有明海・八代海総合調査評価委員会」資料6-1 有明海における公共用水域水質測定結果 [環境省発表資料]

図 3.2.3(2) 水質の経年変化[有明海]：水温(年平均値)



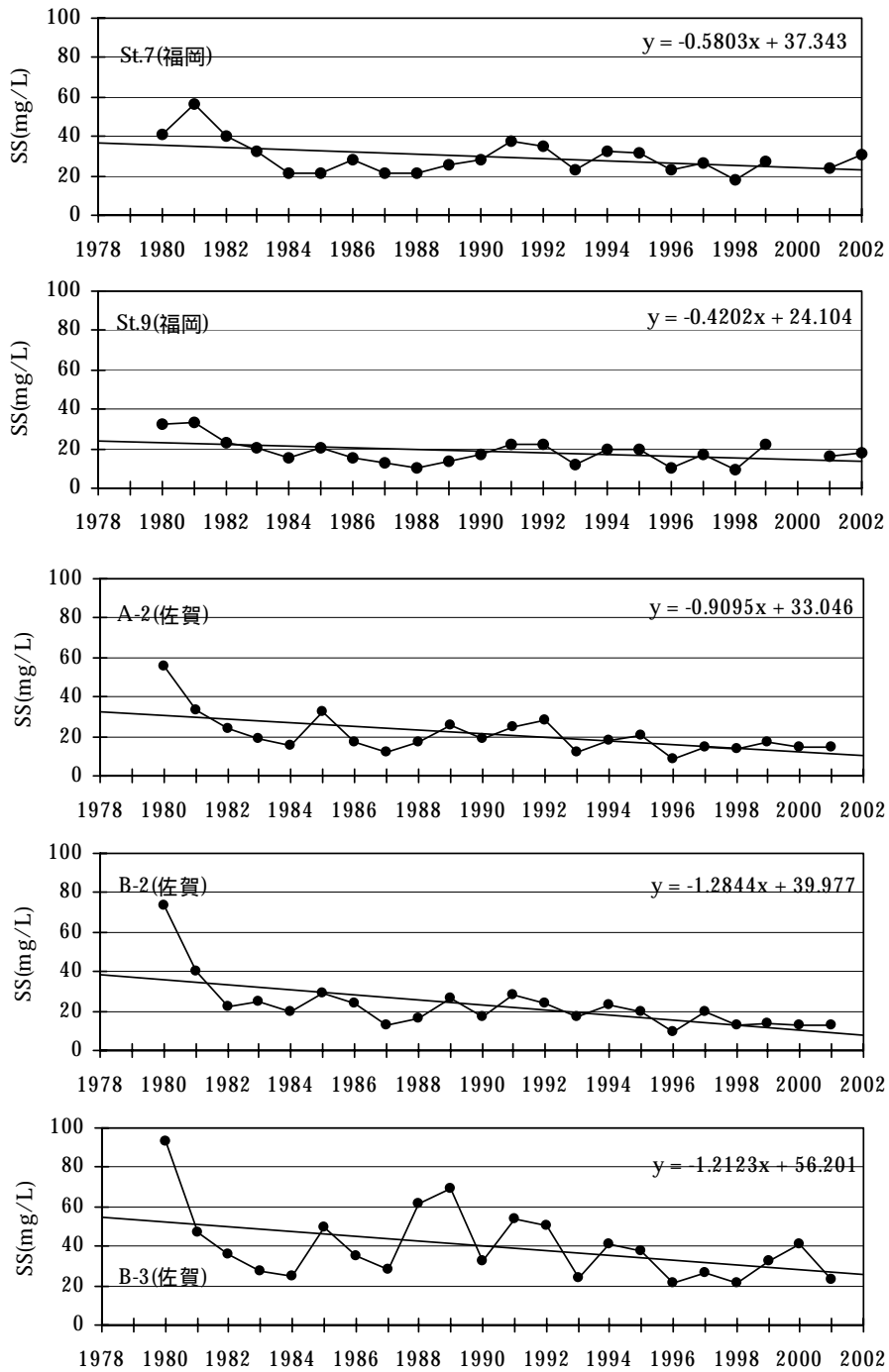
資料：「第9回有明海・八代海総合調査評価委員会」資料6-1 有明海における公共用水域水質測定結果 [環境省発表資料]

図 3.2.4(1) 水質の経年変化[有明海]：COD（年平均値）



資料：「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 [環境省発表資料]

図 3.2.4(2) 水質の経年変化[有明海]：COD（年平均値）



資料:「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」[環境省発表資料]

図 3.2.5 水質の経年変化[有明海]: SS (年平均値)

2) 八代海について

各測点の回帰分析の結果は表 3.2.4に示すとおりである。水温、COD 及び透明度の経年変化は図 3.2.6～図 3.2.8に示すとおりであり、他の項目の経年変化は資料編に示す。

- ・水温は鹿児島県の 2 測点で変化傾向が認められ、一次回帰直線の傾きでは増加傾向がみられた。熊本県の 2 測点では有意な変化傾向は認められなかった。
- ・COD は全ての測点で変化傾向が認められ、一次回帰直線の傾きでは熊本県の 2 測点で減少傾向、鹿児島県の 2 測点で増加傾向がみられた。
- ・T-N、T-P は有意な変化傾向は認められなかった。
- ・透明度は 3 測点で変化傾向が認められ、一次回帰直線の傾きでは減少傾向がみられた。熊本県の St.10 では有意な変化傾向は認められなかった。

表 3.2.4(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。

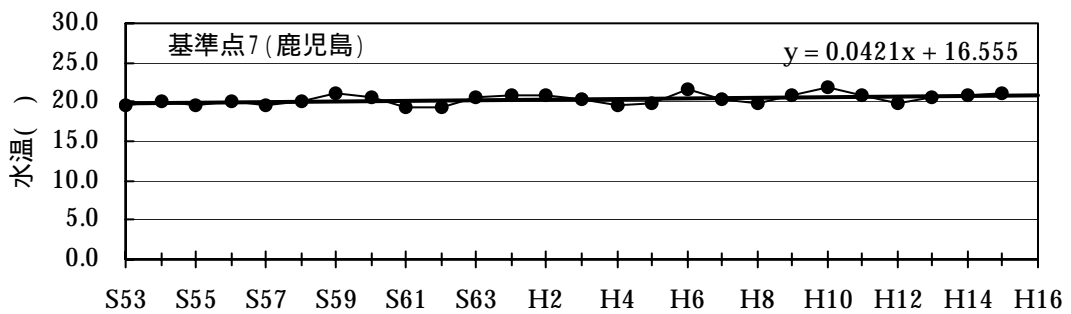
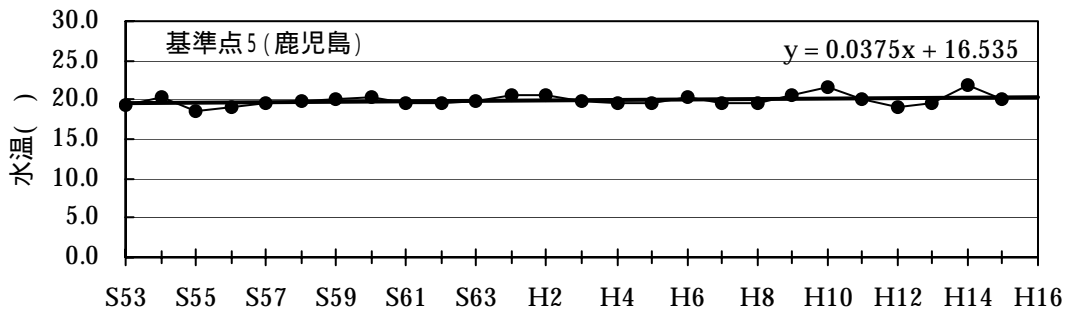
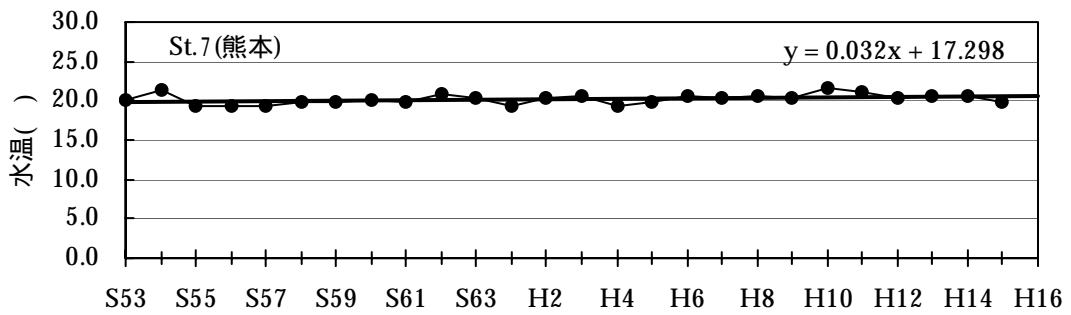
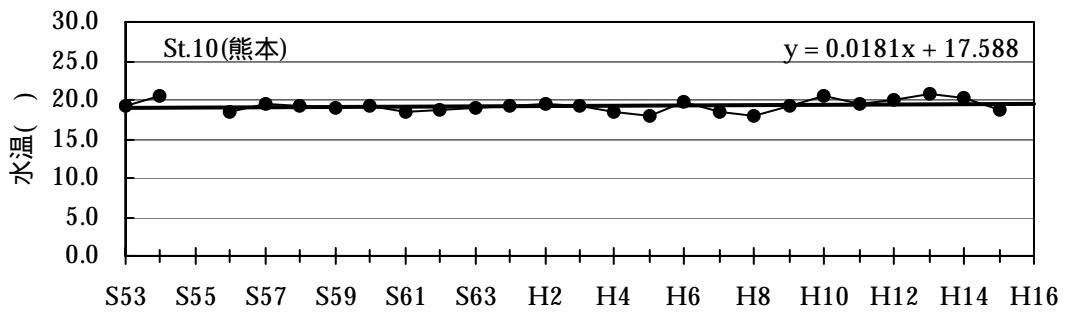


図 3.2.6 水質の経年変化[八代海]：水温(年平均値)

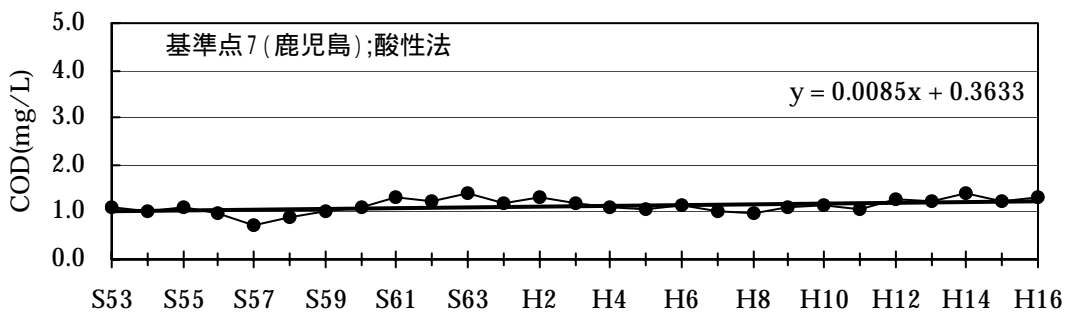
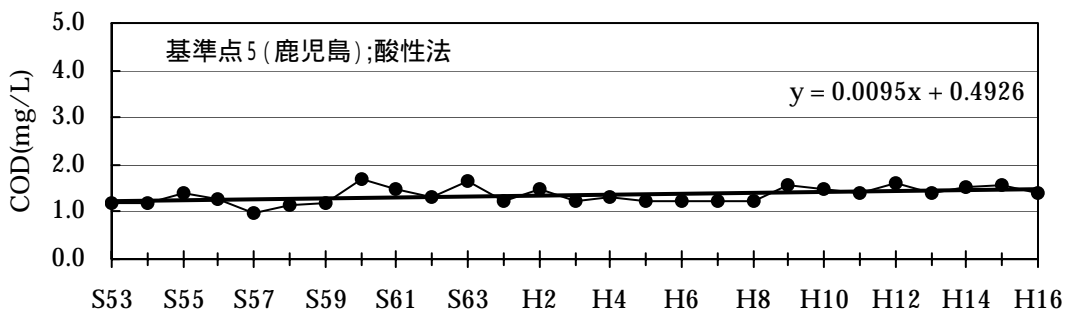
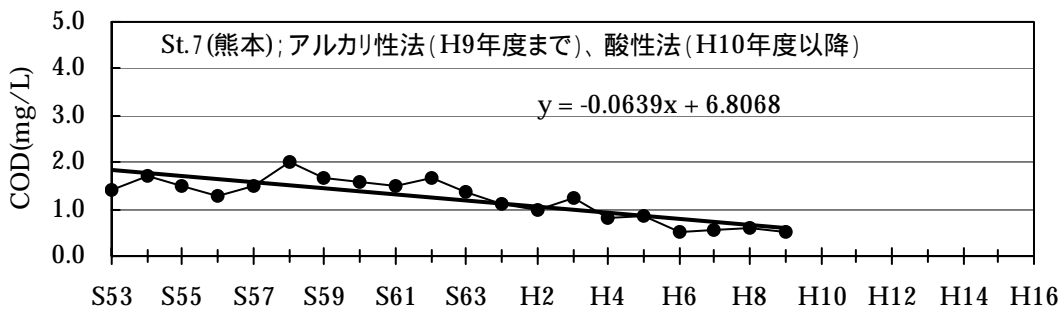
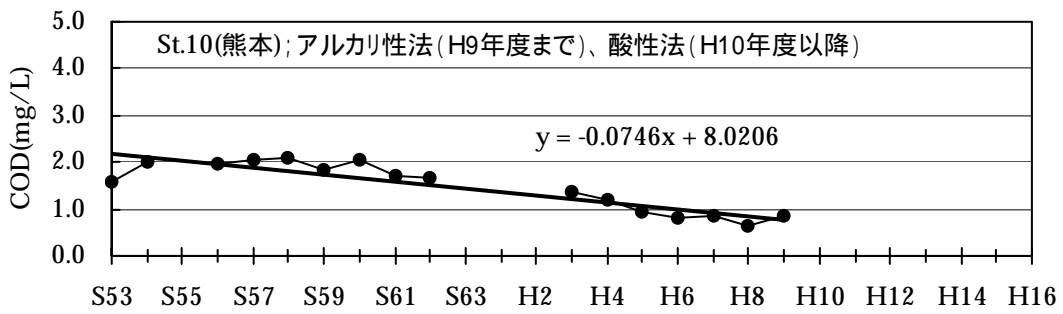


図 3.2.7 水質の経年変化[八代海]: COD(年平均値)

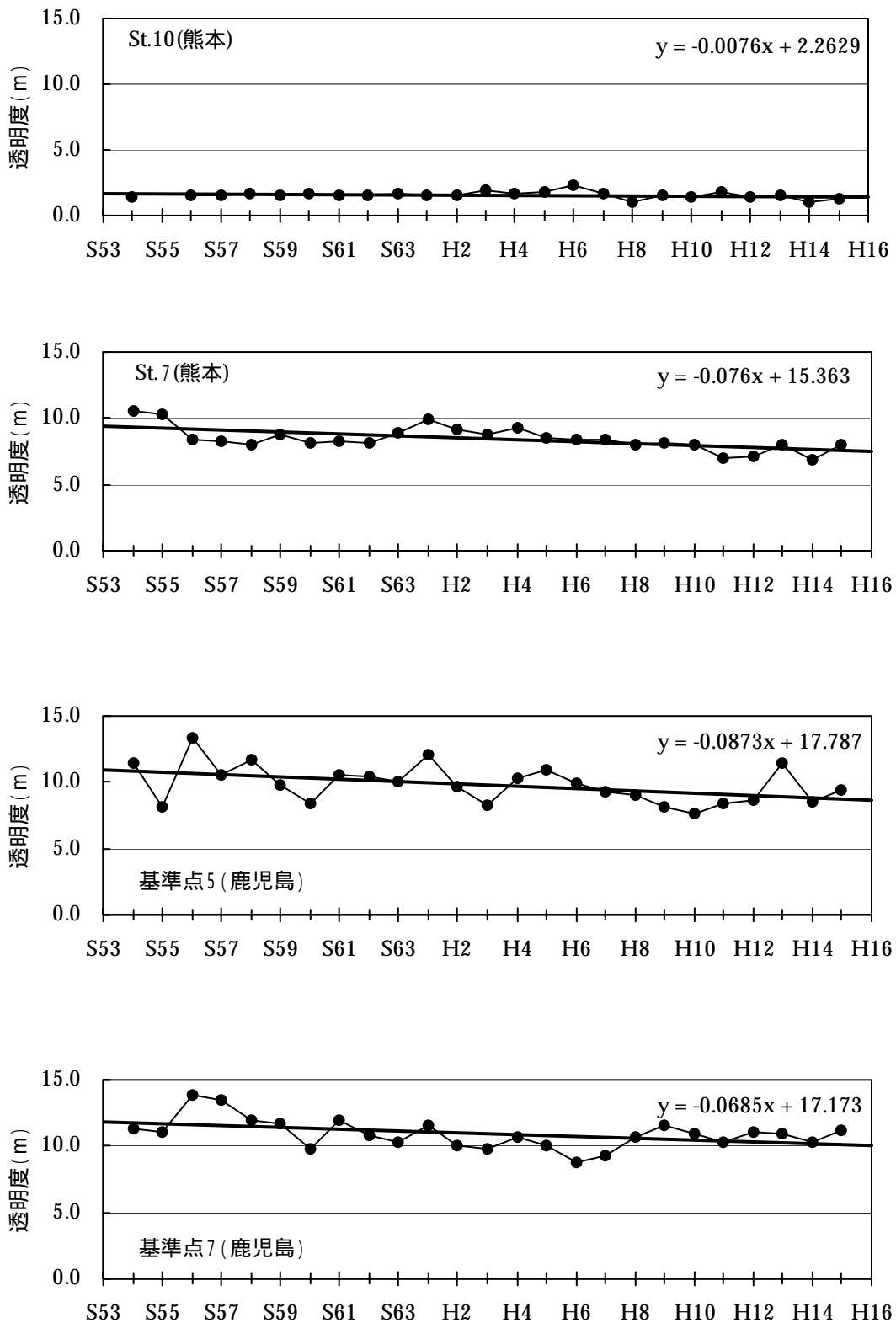


図 3.2.8 水質の経年変化[八代海]：透明度(年平均値)

3. 主な論点に関する議論の整理

3.1 問題点の概況、原因・要因・論点等の整理

3.2 水質（水温、塩分、COD、栄養塩、SS 及び透明度）の変化

3.3 河川の影響

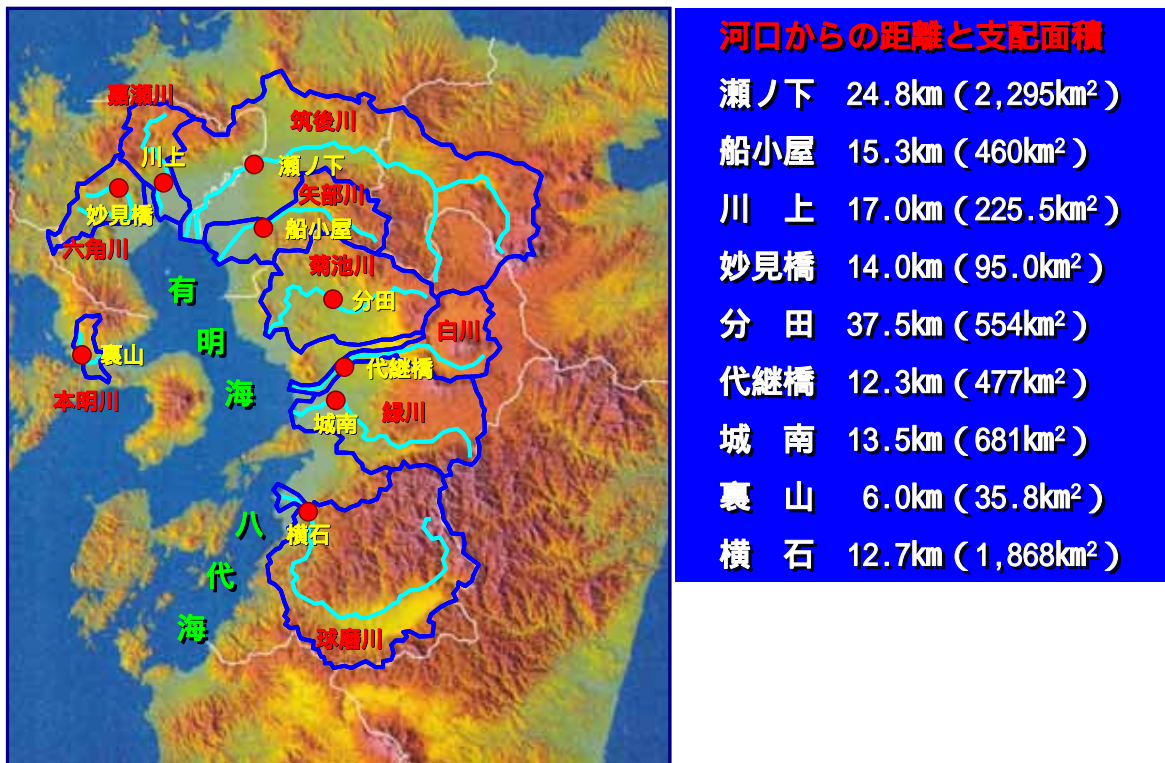
(1) 河川の影響について

1) 有明海に流入する河川について

有明海に關係する河川としては筑後川が大きな影響力を持つ(図 3.3.1~図 3.3.4参照)。

< 筑後川の概要 >

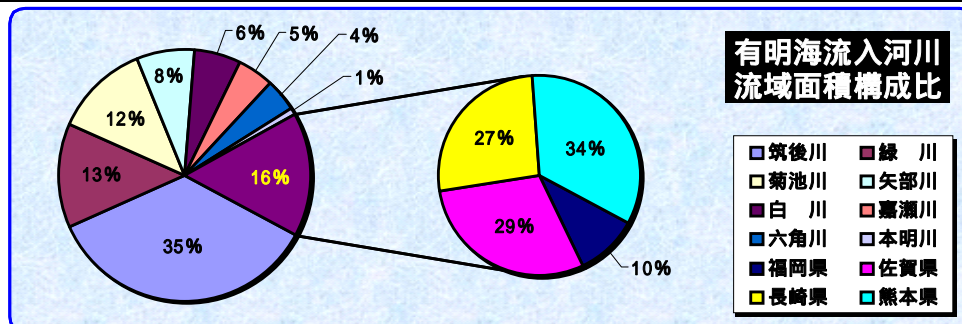
- ・流域面積：2,860km² (流入河川全体の 35%)
- ・年間総流出量：観測地点の瀬ノ下で 36 億m³、流域全体で 45 億m³。
- ・低水流量 (1年間を通じて 275 日はこれを下回らない流量)
：約 50m³/s
生物への影響や環境問題を議論する際に大切な指標となる。
- ・幹川流路延長：143km
- ・流域内人口：約 107 万人 (平成 2 年)



出典：「第 13 回有明海・八代海総合調査評価委員会」“有明海・八代海における河川の影響について”
[福岡委員発表資料]

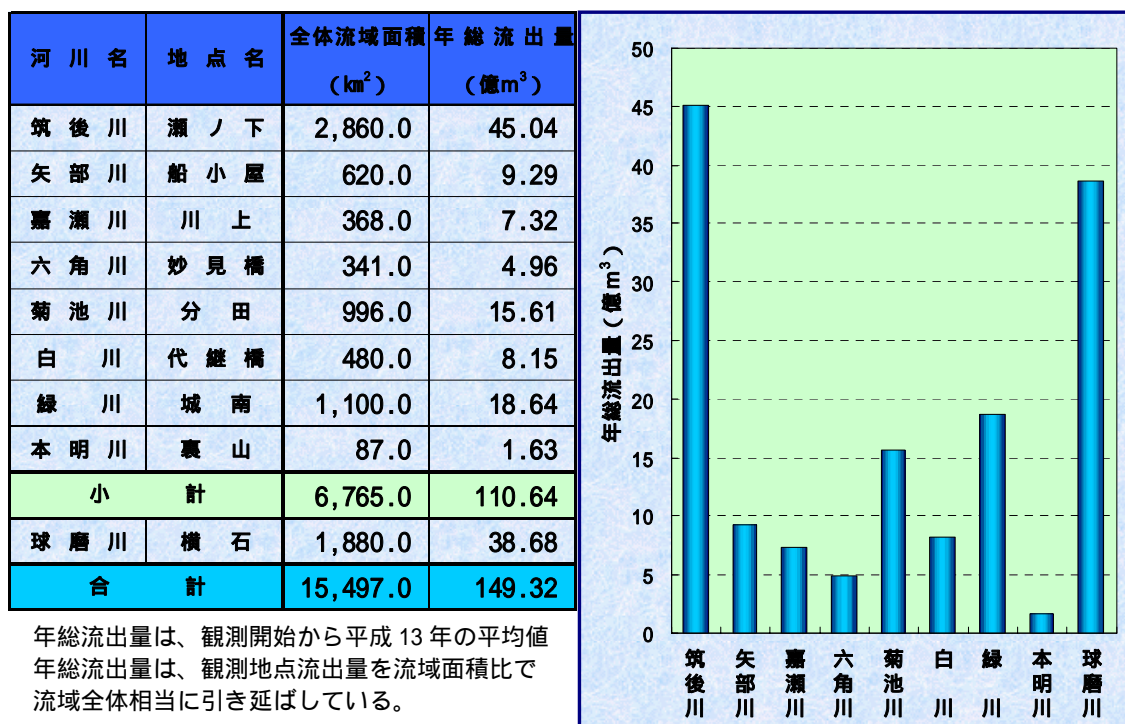
図 3.3.1 有明海、八代海の流域図

種別	名称等	流域面積 (km ²)	種別	名称等	流域面積 (km ²)		
一級河川	有明海流入 8河川	筑後川	2,860	二級河川	有明海流入 104河川	福岡県(4河川)	1,303.91
		緑川	1,100			佐賀県(28河川)	
		菊池川	996			長崎県(48河川)	
		矢部川	620			熊本県(24河川)	
		白川	480	八代海流入 46河川	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	



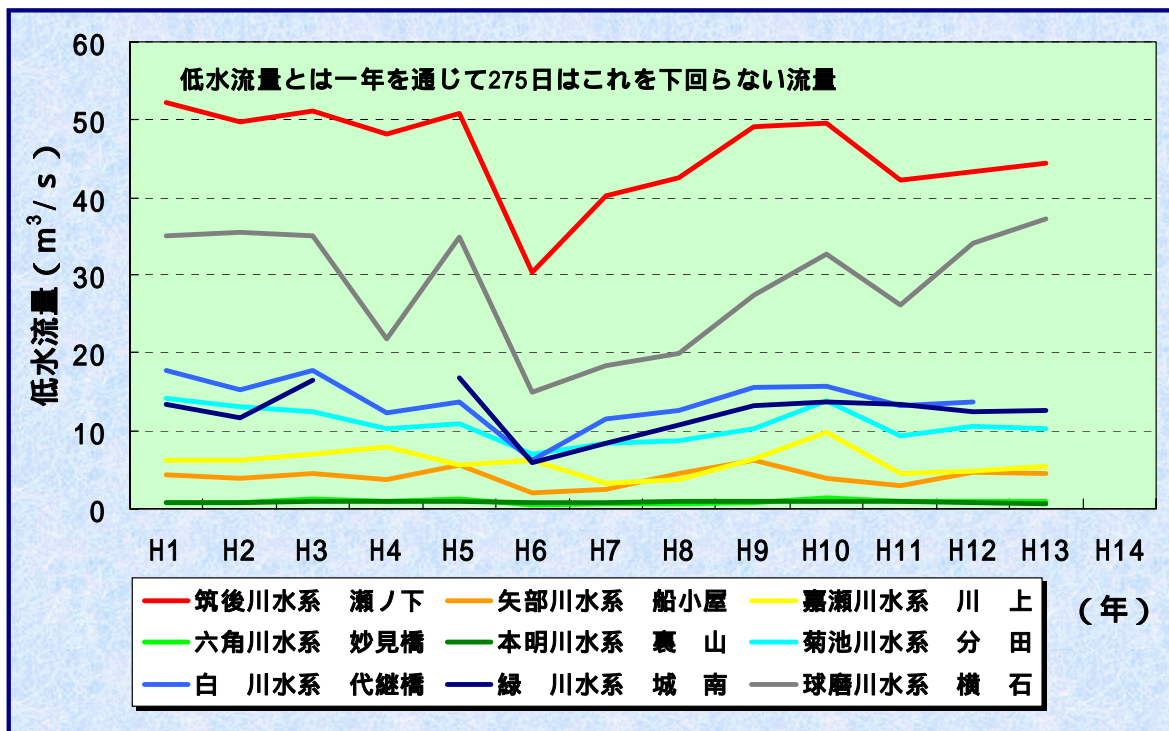
出典：「第13回有明海・八代海総合調査評価委員会」“有明海・八代海における河川の影響について”
[福岡委員発表資料]

図 3.3.2 有明海、八代海の流入河川の流域面積等



出典：「第13回有明海・八代海総合調査評価委員会」“有明海・八代海における河川の影響について”
[福岡委員発表資料]

図 3.3.3 有明海、八代海に流入する一級河川の年総流出量

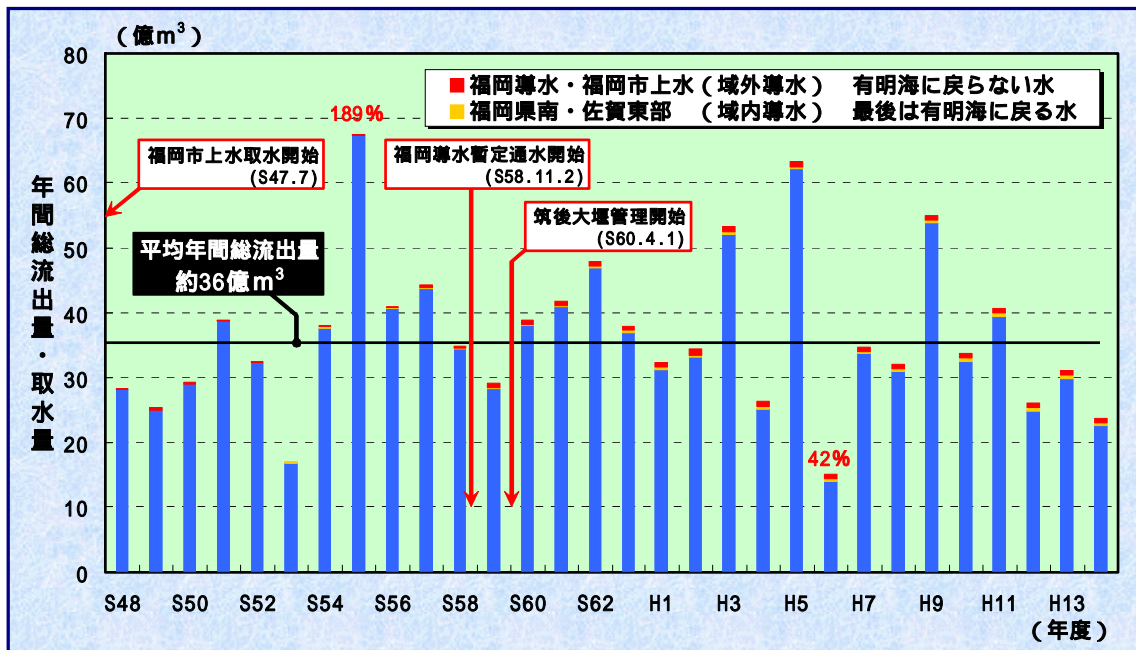


出典：「第13回有明海・八代海総合調査評価委員会」“有明海・八代海における河川の影響について”
[福岡委員発表資料]

図 3.3.4 有明海、八代海に流入する一級河川の低水流量の経年変化

2) 筑後大堰の機能と役割及び有明海に対する影響（図 3.3.5参照）

- ・昭和 58 年完成、昭和 60 年から管理開始。
- ・固定堰の撤去と河道掘削により、洪水流下能力を $6,000\text{m}^3/\text{s}$ から $9,000\text{m}^3/\text{s}$ に増大。
- ・可動堰にすることにより、洪水時は流下を阻害せず、平常時は塩水の流入を阻止し安定した取水が可能。また、新規水道用水として $0.35\text{m}^3/\text{s}$ を開発。
- ・流域外への導水量（水道用水）は年間 7,000 万～9,000 万 m^3 であり、平均年間総流出量 36 億 m^3 に比較して少ない。取水された農業用水（域内導水）は有明海に戻る。
- ・筑後大堰管理開始（昭和 60 年）後の全開回数は年平均 3.8 回（流入量 $1,000\text{m}^3/\text{s}$ 以上の洪水時に全開）であり、これによって堰上流の堆砂は解消。
堰による下流に対する悪影響はほとんどない。



注) 1. 筑後川の年間総流出量は「瀬ノ下」(出典：流量年表)
 2. 福岡市上水取水は女男石頭首工からのもの
 3. 都市用水取水量は、取水量報告値
 出典：「第13回有明海・八代海総合調査評価委員会」“有明海・八代海における河川の影響について”
 [福岡委員発表資料]

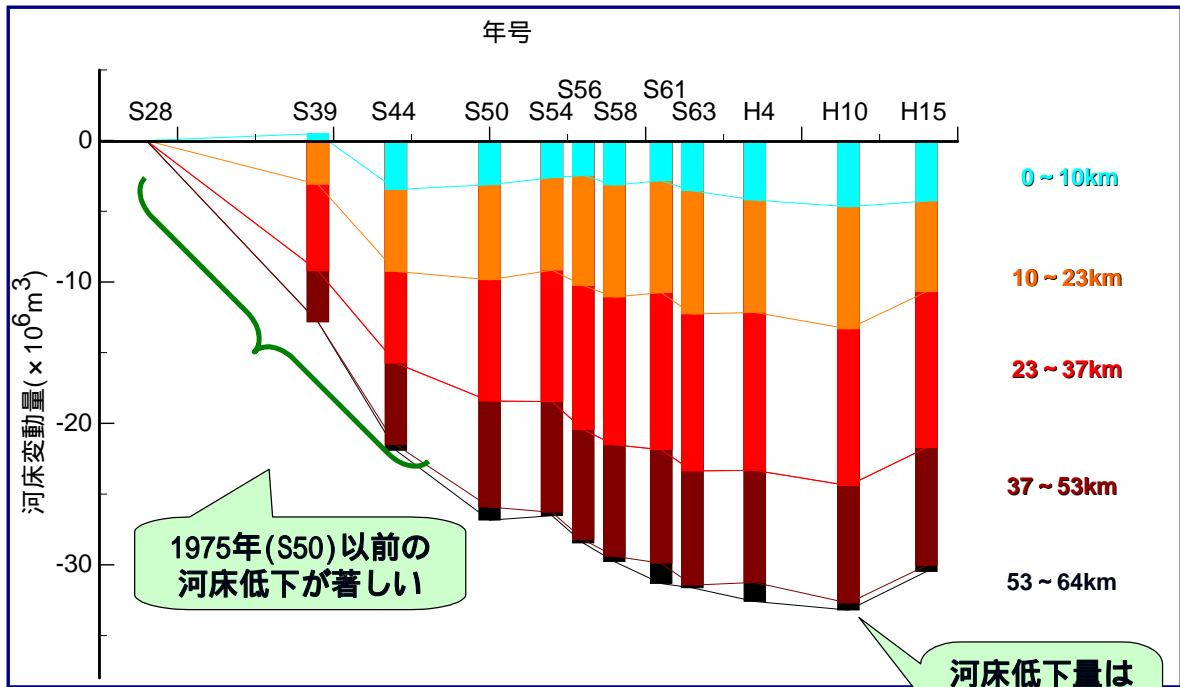
図 3.3.5 筑後川の年間総流出量と取水量の経年変化

3) 河床変動の状況とその影響

- ・昭和28年を基準として50年間で3,300万m³の河床低下。その内訳は、干拓への利用(160万m³)、ダム堆砂(260万m³)、河川改修による掘削(500万m³)、建設用材としての砂利採取(治水効果も有する。)(2,490万m³)(図3.3.6、図3.3.7参照)
- ・砂利採取により河床材料が変化し、特に下流(河口から0~22km)でシルト・粘土が増加し、細砂・粗砂が減少。上流部は礫分が増加(図3.3.8参照)
- ・長期的な河床変動をみると、砂利の採取によって下流側が緩やかな勾配となり、土砂の流出が停滞(河川自体の運搬能力の低下)するとともに、海からのガタ土の流入が増大(図3.3.9参照)

4) 筑後川流域の総合的な土砂管理(今後の課題)

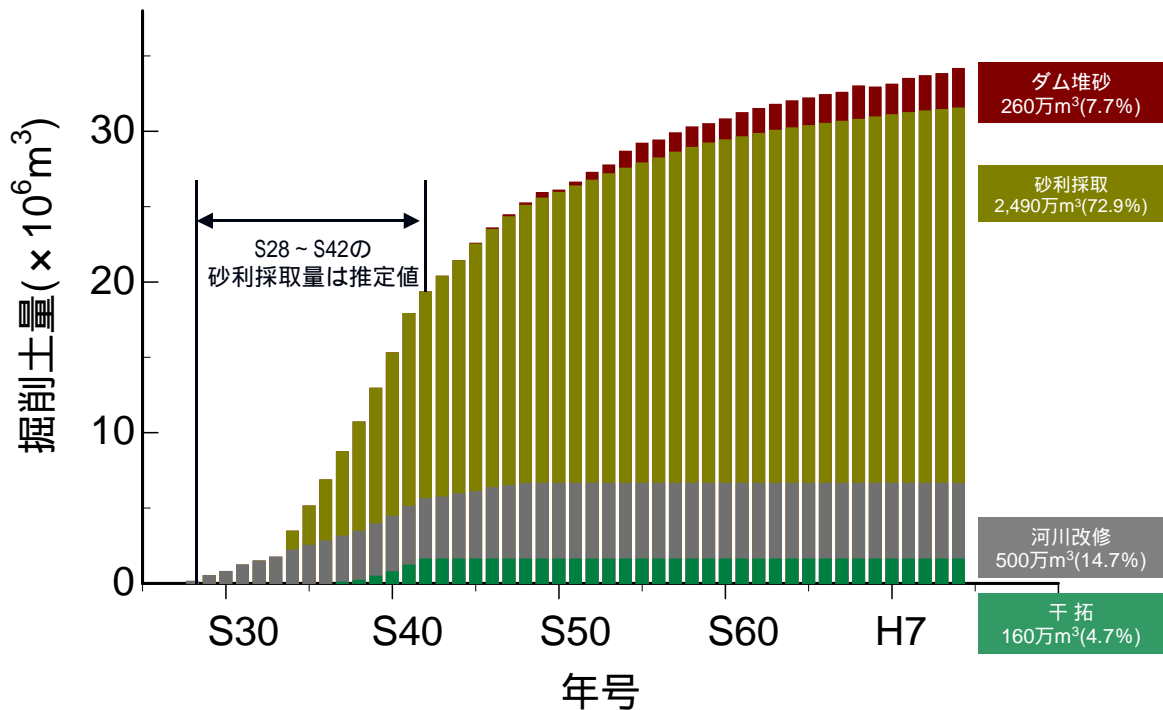
- ・ダム堆砂量から推算した流域の土砂生産量は、ダム流域(623km²)で10万m³/年、全流域(2,080km²)で32万m³/年。
- ・土砂を上手に出していくための土砂管理も重要。
- ・河川に堆積する土砂の量と質の把握も重要であるが、土砂の海域への流入経路や海域内での挙動の把握がさらに重要。



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。

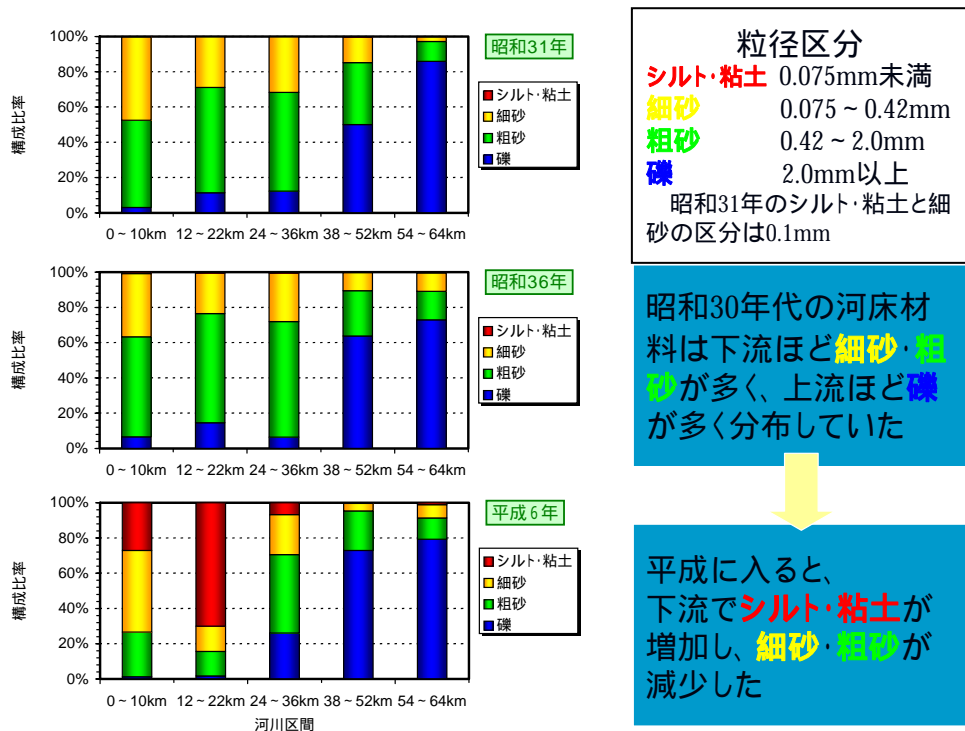
出典：「第 13 回有明海・八代海総合調査評価委員会」“有明海・八代海における河川の影響について”
[福岡委員発表資料]

図 3.3.6 筑後川の河床変動量の経年変化



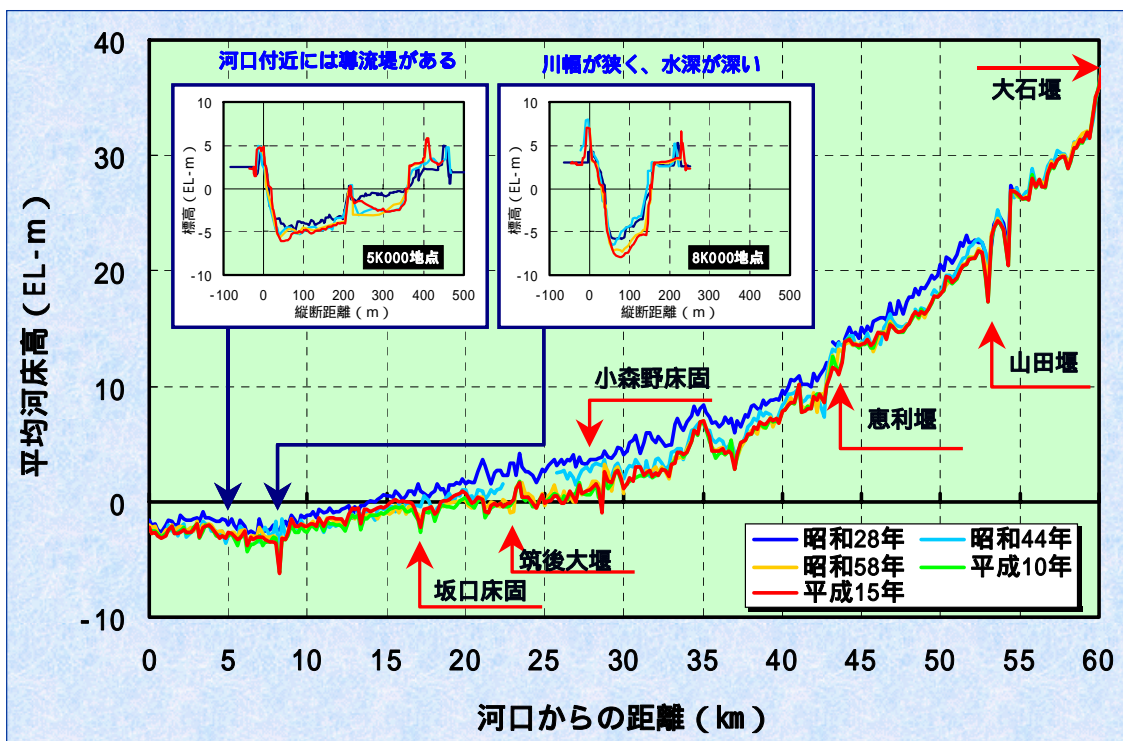
出典：「第 13 回有明海・八代海総合調査評価委員会」“有明海・八代海における河川の影響について”
[福岡委員発表資料]

図 3.3.7 筑後川の掘削土量の経年変化



出典：「第13回有明海・八代海総合調査評価委員会」“有明海・八代海における河川の影響について”
[福岡委員発表資料]

図 3.3.8 筑後川の河床材料の変化



出典：「第13回有明海・八代海総合調査評価委員会」“有明海・八代海における河川の影響について”
[福岡委員発表資料]

図 3.3.9 筑後川の河床変動の状況

3. 主な論点に関する議論の整理

3.1 問題点の概況、原因・要因・論点等の整理

3.2 水質（水温、塩分、COD、栄養塩、SS 及び透明度）の変化

3.3 河川の影響

3.4 汚濁負荷の変遷

有明海、八代海への陸域からの流入負荷量等の変遷を把握するにあたり、算定方法は以下のように行った。

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

排出負荷量：原単位法で算出

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。

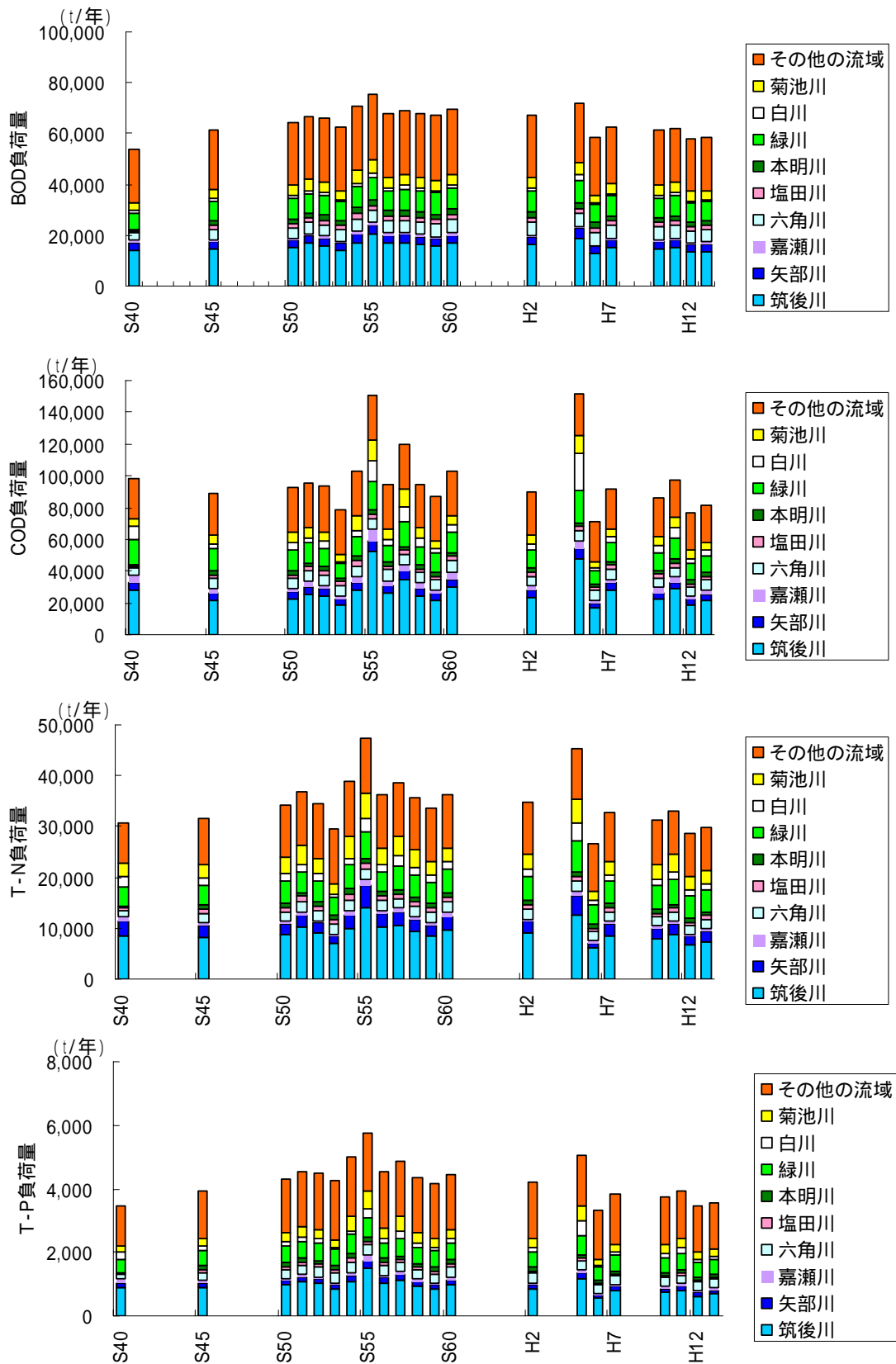
(1) 流入負荷量の算定結果

1) 有明海(図 3.4.1 参照)

- ・BOD、COD、T-N 及び T-P の流入負荷量は昭和 50 年代に高い傾向が見られるが、その後は減少傾向にある。
- ・昭和 55 年度、平成 5 年度に高い値を示しているが、これらの年度は豊水年であり、そのために流入負荷量が高くなったものと推測される。
- ・流域別にみると、筑後川流域からの流入負荷量が最も大きく、概ね全体の 20～30%を占めている。

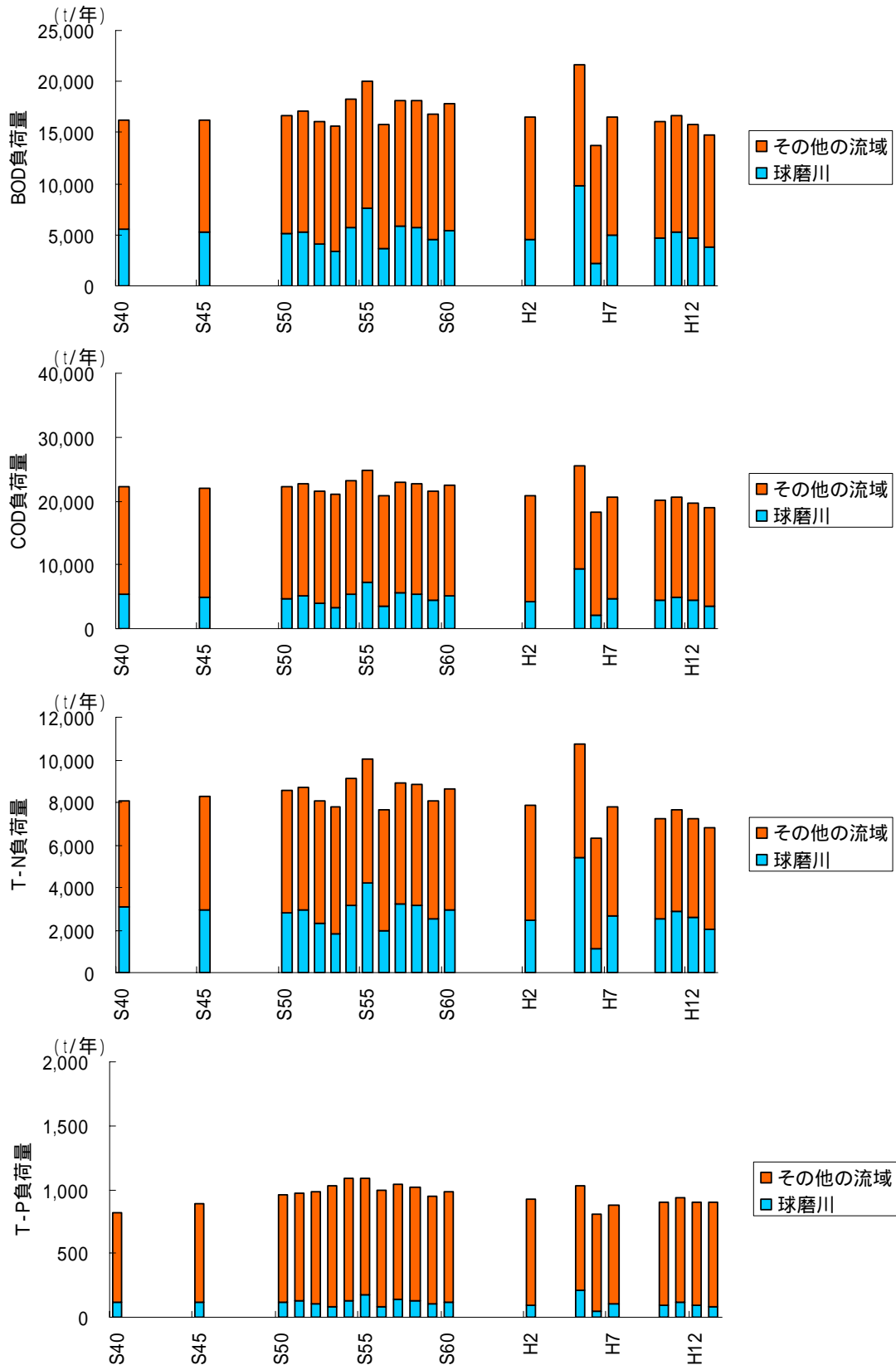
2) 八代海(図 3.4.2 参照)

- ・流入負荷量の推移は、有明海とほぼ同じ傾向を示している。
- ・流域別にみると、球磨川流域からの流入負荷量は概ね全体の 10～30% (残りその他の河川) となっている。



出典：「第16回有明海・八代海総合調査評価委員会」“有明海・八代海への汚濁負荷の変遷について”
[環境省発表資料]

図 3.4.1 有明海流域の流入負荷量の変遷



出典：「第16回有明海・八代海総合調査評価委員会」“有明海・八代海への汚濁負荷の変遷について”
 [環境省発表資料]

図 3.4.2 八代海流域の流入負荷量の変遷

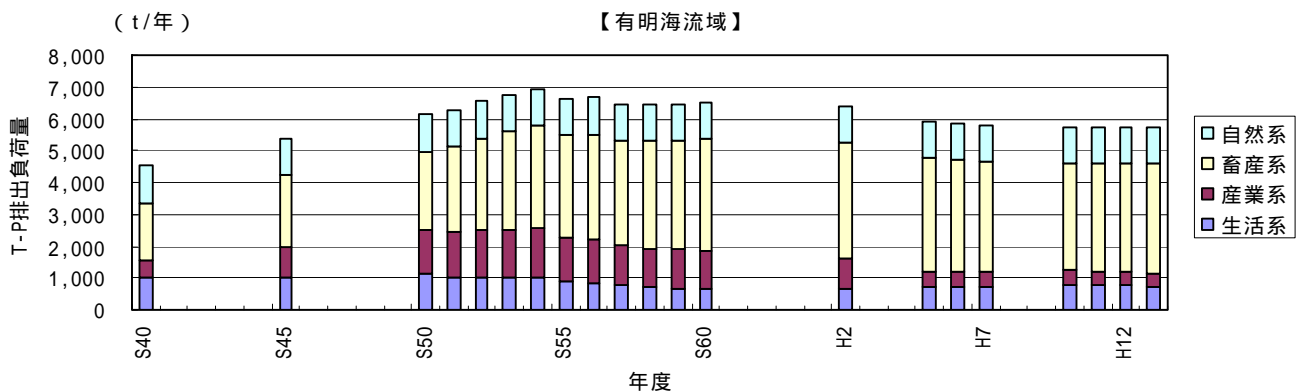
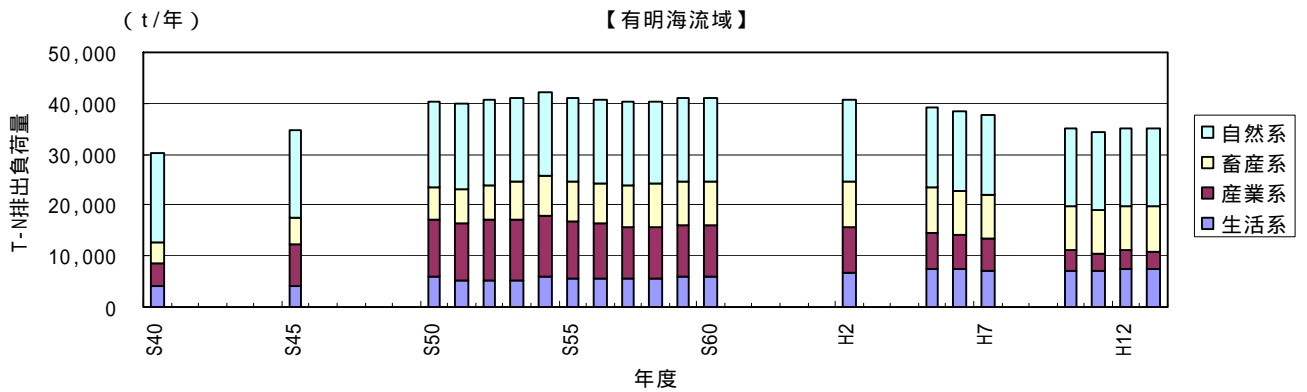
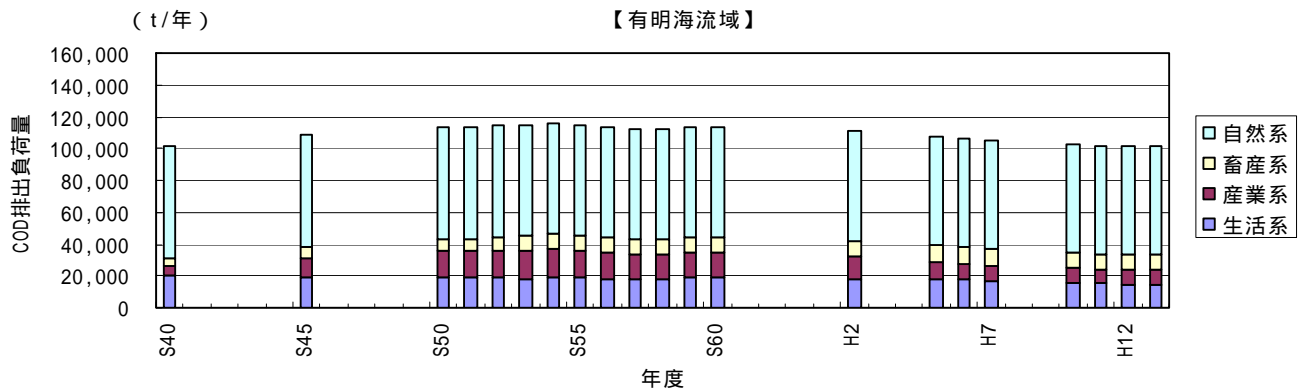
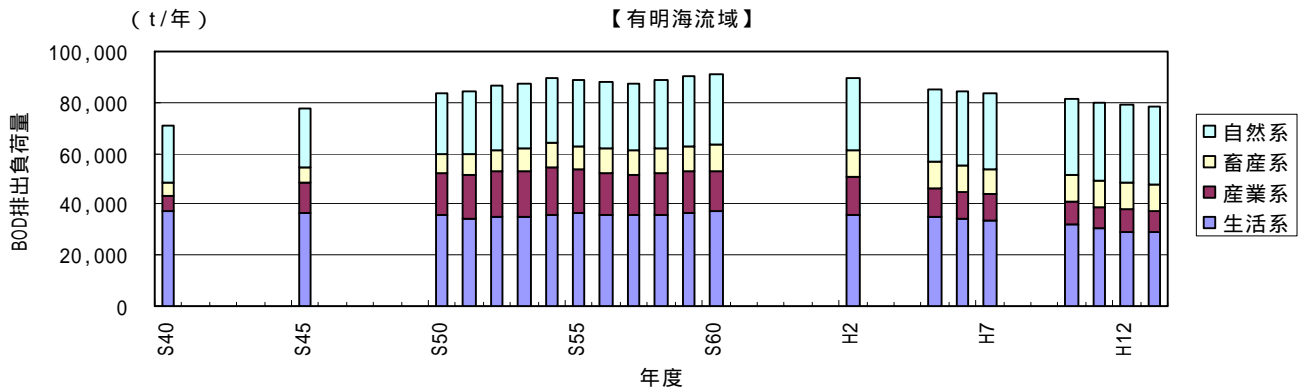
(2) 排出負荷量の算定結果

1) 有明海 (図 3.4.3 参照)

- ・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 (昭和 50 年代は 30% 程度)、平成 10 年度以降は 10% 程度と減少傾向にある。その一方で畜産系の割合が増加 (25% 程度) 傾向にある。
- ・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。

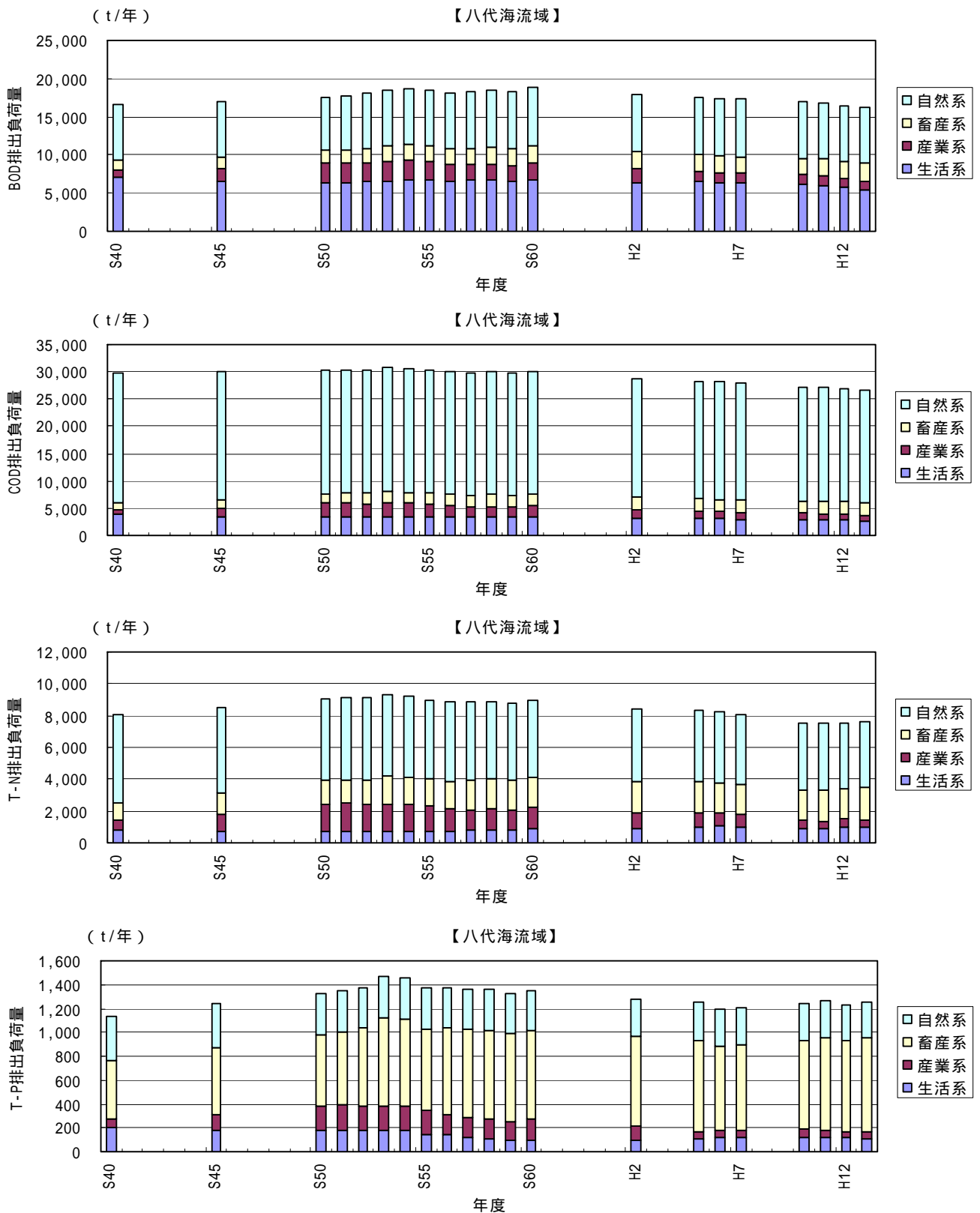
2) 八代海 (図 3.4.4 参照)

- ・発生源別の状況、全体的な排出負荷量の推移については、有明海とほぼ同じ傾向がみられる。



出典：「第16回有明海・八代海総合調査評価委員会」“有明海・八代海への汚濁負荷の変遷について”
[環境省発表資料]

図 3.4.3 有明海流域の排出負荷量の変遷



出典：「第16回有明海・八代海総合調査評価委員会」“有明海・八代海への汚濁負荷の変遷について”
 [環境省発表資料]

図 3.4.4 八代海流域の排出負荷量の変遷

3. 主な論点に関する議論の整理(各論点の解明・未解明な内容の整理)

3.1 問題点の概況、原因・要因・論点等の整理

3.2 水質(水温、塩分、COD、栄養塩、SS及び透明度)の変化

3.3 河川の影響

3.4 汚濁負荷の変遷

3.5 藻場・干潟

(1) 藻場・干潟の状況

- ・第2回(1978年度(昭和53年度))と第4回(1989年度(平成元年度))~1991年度(平成3年度)自然環境保全基礎調査を比較すると、干潟について有明海では6.1%、八代海では4.3%減少している。藻場については有明海では20.6%、八代海では1.4%減少している。(表3.5.1参照)

表 3.5.1 自然環境保全基礎調査(海域)結果の概要:干潟、藻場の面積

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。

出典:「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)[環境省発表資料]

- ・第2回(1978年度(昭和53年度))、第3回(1984年度(昭和59年度))、第4回(1993年度(平成5年度))及び第5回(1996年度(平成8年度)～1997年度(平成9年度))の自然環境保全基礎調査を比較すると、有明海、八代海ともに自然海岸の延長は減少している。有明海、八代海の自然海岸の延長は、第2回調査においてそれぞれ100.41km、350.11kmであったが、第5回調査ではそれぞれ88.65km、315.94kmとなっている。(表3.5.2参照)

表 3.5.2 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、テト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:「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)[環境省発表資料]

(2) 問題の概況、原因・要因・論点等の整理

藻場・干潟に関する問題の概況、原因 / 要因・論点等の整理結果は表 3.5.3 に示すとおりである。

表 3.5.3 問題の概況、原因・要因、論点等の整理：藻場・干潟

問題の概況	原因・要因として指摘されている事項	論点、課題
<有明海> 干潟面積が減少。 藻場が減少。 自然海岸が減少。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 海岸線の人工化（なぎさ線の減少） ・ 平均潮位の上昇 ・ 潮位差の減少（潮汐の長周期的変動に伴う変動） ・ 干拓、埋立て ・ 河川からの土砂供給の減少 	干潟、藻場、自然海岸の減少が環境や生物に対してどのような影響を与えているか。
<八代海> 干潟面積が減少。 自然海岸が減少。		

3. 主な論点に関する議論の整理

3.1 問題点の概況、原因・要因・論点等の整理

3.2 水質（水温、塩分、COD、栄養塩、SS 及び透明度）の変化

3.3 河川の影響

3.4 汚濁負荷の変遷

3.5 藻場・干潟

3.6 潮流・潮汐

(1) 潮位の変動について

1) 有明海の潮位の状況

- ・潮汐は月と太陽の引力を主要な力（起潮力）として生じ、月・太陽の運行による異なる周期の規則的な昇降の和として表すことができる。
- ・これらの特定の周期を持った構成成分を分潮といい、起潮力が大きい 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（主太陽日周期）を主要 4 分潮と呼ぶ。 M_2 分潮などの月の引力に起因する分潮は、月の昇交点の黄経の長周期変動（約 18.6 年周期）の影響を受け毎年振幅や位相が変動している。
- ・湾外の富岡と湾口の口之津から湾奥に向かう各地点の潮位差（満潮時と干潮時の水位の差）を表 3.6.1 に示す。湾奥に向かって潮位差の増大がみられるのは、東シナ海から進入した潮汐の潮位差が湾口で既に大きい上に、有明海の固有振動周期が、わが国においては最も長く、半日周期の外洋潮汐が湾内に入ってきたときに湾内水がこれに共鳴現象を起こすためであり、その結果、有明海はわが国の内湾の中でも潮汐が最も大きい湾となっている。

表 3.6.1 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	岡	192	278	106
口之津	津	208	290	126
柳ノ瀬戸	戸	238	338	138
三島	角	250	354	146
大竹	原	294	406	182
三竹	浦	315	453	178
三若	崎	316	454	178
住	池	318	456	180
	津	322	458	186
	ノ江	344	494	194

出典：気象庁(1974)：有明海・八代海海象調査報告書

- ・有明海の各地点の潮汐調和定数（各分潮の振幅）は表 3.6.2 に示すとおりであり、潮汐の最も大きな成分は M_2 分潮であり、 S_2 分潮がこれに次いでいる。湾奥の潮位差の増大には、卓越潮である半日周潮（ M_2 分潮 + S_2 分潮）の増大が大きく寄与しており、この半日周潮の増大には湾の固有振動が大きく関与している。

表 3.6.2 各地点における主要分潮の潮汐調和定数

地名	分潮	M_2		S_2		K_1		O_1	
		Hcm	K'	Hcm	K'	Hcm	K'	Hcm	K'
富	岡	96	230	43	252	27	208	20	190
口	之津	104	254	41	290	28	216	21	192
柳ノ	瀬戸	119	252	50	287	28	220	20	197
三	角	125	254	52	295	26	220	19	201
島	原	147	258	56	299	25	219	20	204
大	浦	158	266	69	302	29	222	22	201
竹	崎	158	259	69	299	29	220	22	203
三	池	159	259	69	299	27	219	21	198
若	津	161	262	68	301	25	228	20	193
住	ノ江	172	267	75	306	27	221	22	206

出典：気象庁(1974)：有明海・八代海海象調査報告書

- ・有明海の特性を踏まえた潮位の変動を解析するためには、以下の要因を踏まえる必要がある。

月に関する分潮の振幅は、18.6年周期の変動部分を除いたもので定義され、地形変化や外海の潮汐変化、海水密度の変化等がない限り変化しない観測点に固有の値となる。一方、実際の潮位の変動は、係数 f という18.6年周期の変化分の掛かった振幅で起こっているはずなので、環境問題との関係を考えるには f を含んだ振幅を考える必要がある¹⁾。

実際の潮位の状況は、風や気圧等の気象要因が加わり、さらに特異な変動を示すことに留意する必要がある。

有明海の潮汐振幅減少に関する議論について、その要因の設定の仕方（議論の仕方）に混乱があることから、以下のような整理がなされている²⁾。

要因<1>：有明海内の海水面積の減少

要因<2>：平均水位の上昇

要因<3>：外洋潮汐振幅の減少

【参考資料】

- 1) 武岡英隆(2003)「有明海における M_2 潮汐の変化に関する議論へのコメント」沿岸海洋研究 第41巻 第1号、pp.61-64)
- 2) 灘岡和夫(2002)：有明海の潮汐・流動・水質変化と諫早湾締切の影響，理論応用力学講演会講演論文集，Vol.51st，pp.27-30

2) 潮位差の比較

- ・有明海の潮位差は極小、極大を繰り返しながら変動している（図 3.6.1、図 3.6.2 参照）

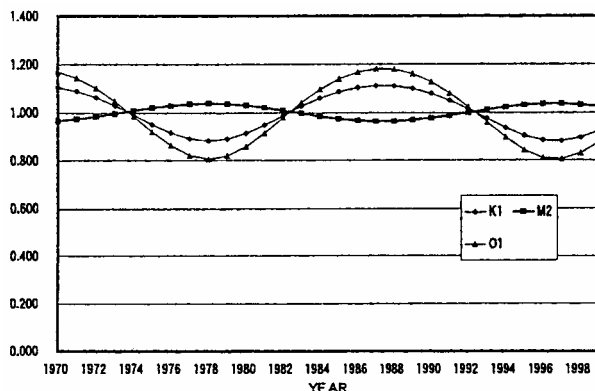
有明海の潮位差の経年変化をみると、湾奥ほど潮位差の年平均値とその変動幅は大きく、大浦の潮位差は 1979 年(昭和 54 年、潮位差約 345cm)頃と 1995 年(平成 7 年、潮位差約 337cm)頃に極大、1988 年(昭和 63 年、潮位差約 325cm)頃に極小をもつ変動がみられる。

大浦の年平均潮位差の変動は M_2 の f の変動と M_2 潮汐振幅自体の変動でほぼ説明できる。すなわち、1979 年(昭和 54 年)の極大と 1988 年(昭和 63 年)の極小の差(20cm 強)は、 M_2 潮汐の振幅と係数 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(昭和 54 年)の極大と 1995 年(平成 7 年)の極大の差(9cm、 M_2 潮汐振幅 2.9%に相当)は、大浦における M_2 潮汐振幅の減少率でほぼ説明できる。

- ・潮位差の減少に関する潮受堤防の影響については、観測結果から明らかな変化は読みとれなかったという報告がある。また、数値シミュレーションでは堤防の存在により潮位差は減少し、その影響は湾奥に行くほど大きいという報告もある。

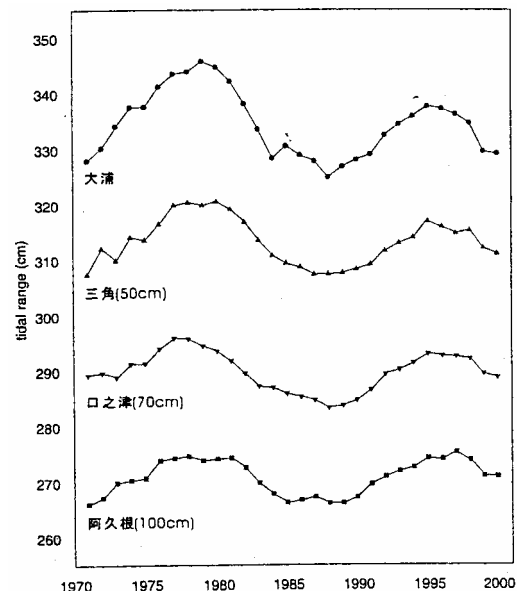
1970 年(昭和 45 年)～2001 年(平成 13 年)の大浦地点の潮位観測データから得られた年平均潮位差、大潮差の経年変化からは、潮受堤防の工事期間及び最終締切時の前後で明らかな変化は読みとれなかった（図 3.6.3 参照）。

数値シミュレーションにより、潮受堤防締切による潮位差の減少割合は、湾奥に行くほど大きく、最奥の住ノ江では約 2.5%の減少である。また、平均水位の上昇を 20cm として計算すると、潮位差の減少は住ノ江で約 1.2%である（図 3.6.4 参照）。



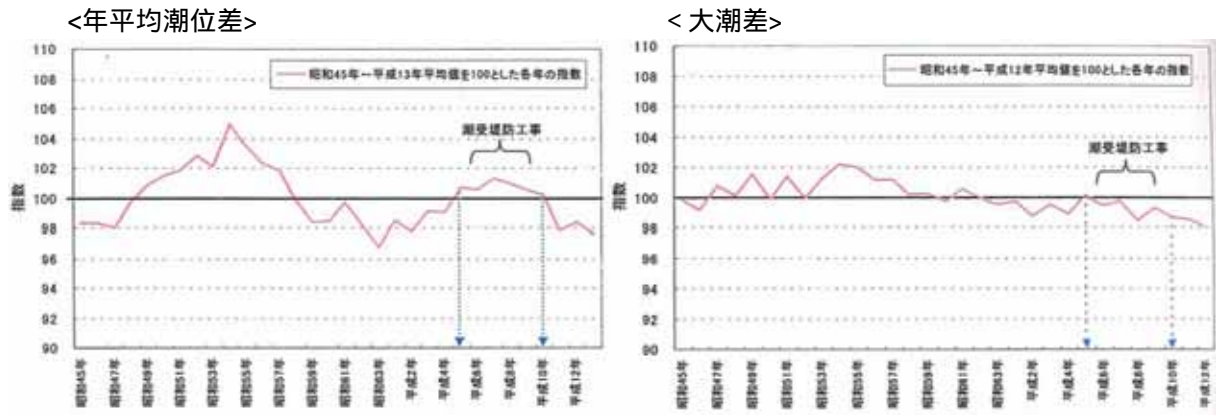
出典：武岡英隆[愛媛大 沿岸環境科研セ](2003)：有明海における M_2 潮汐の変化に関する論議へのコメント，沿岸海洋研究，VOL. 41，NO. 1，pp.61-64

図 3.6.1 M_2 、 K_1 、 O_1 の各分潮の f の値の経年変化



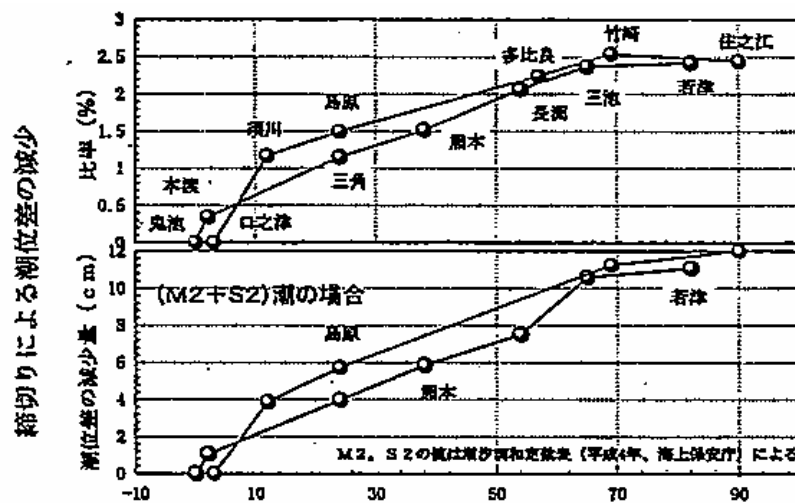
出典：武岡英隆[愛媛大 沿岸環境科研セ](2003)：有明海における M_2 潮汐の変化に関する論議へのコメント，沿岸海洋研究，VOL. 41，NO. 1，pp.61-64

図 3.6.2 有明海内外の観測点における年平均潮位差の経年変化



出典：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 3.6.3 大浦検潮所における年平均潮位差と大潮差の推移



出典：滝川清[熊本大沿岸環境科学教研セ], 田淵幹修[熊本大工](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 3.6.4 諫早湾締め切りの潮位差への影響

3) M₂分潮振幅の比較

- ・月軌道の昇交点の18.6年周期を考慮したM₂分潮の振幅は増減を繰り返しているが、調和定数は1980年代後半以降それまでに比べ減少傾向にある。M₂分潮振幅が1980年代後半以降減少した原因の1つとして諫早湾の干拓や潮受堤防の締め切りを挙げている報告がある一方で、データ解析結果、数値シミュレーションからは工事前後における変化傾向は明らかではないという報告もある。

データ解析からは、大浦におけるM₂分潮の調和定数が1980年(昭和55年)～1999年(平成11年)の間に約4%減少している。1980年(昭和55年)以降のM₂分潮振幅の減少は口之津の他外海でもみられる(図3.6.5参照)。

有明海におけるM₂分潮の増幅率の経年変化をみると、干拓事業開始(1988年(昭和63年))と堤防締め切り(1997年(平成9年))の間に大浦と口之津におけるM₂分潮振幅の増幅率は約1.54から約1.52へ減少しており、締め切りの際に急激に減少していることから、干拓事業に伴う地形変化が潮汐に及ぼす効果は極めて明瞭である(図3.6.6参照)。

口之津を1とした場合の大浦のM₂分潮の振幅の増幅率の経年変化から、潮受堤防の工事期間及び最終締め切りの前後の比較を行ったが、観測データからは明らかな変化は読みとれなかった(図3.6.7参照)。

- ・M₂分潮振幅減少の要因としては、<1>有明海内の海水面積の減少(内部効果)、<2>平均水位の上昇(外部効果)、<3>外洋潮汐振幅の減少(外部効果)などが挙げられているが、その影響度合いの評価は様々である。また、検討方法がデータ解析であるか、シミュレーションであるか等によってもその影響度合いは異なっている(表3.6.3参照)。

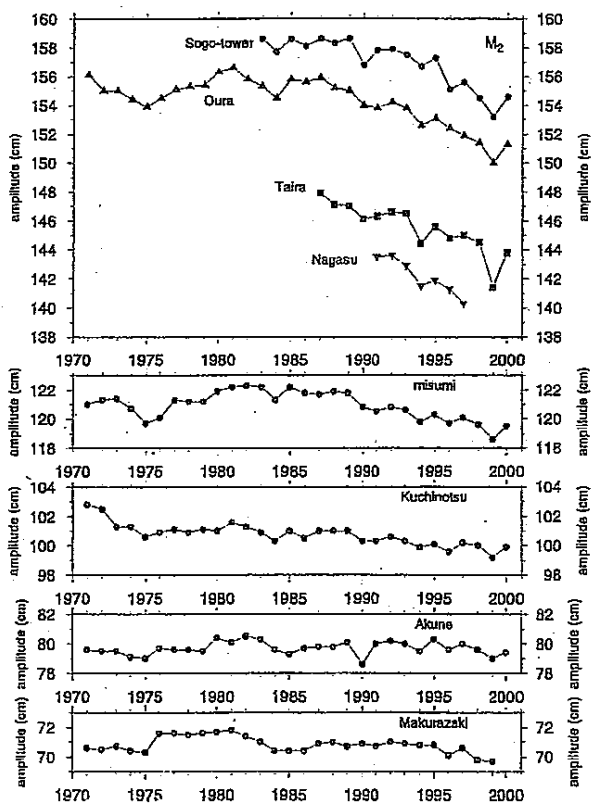
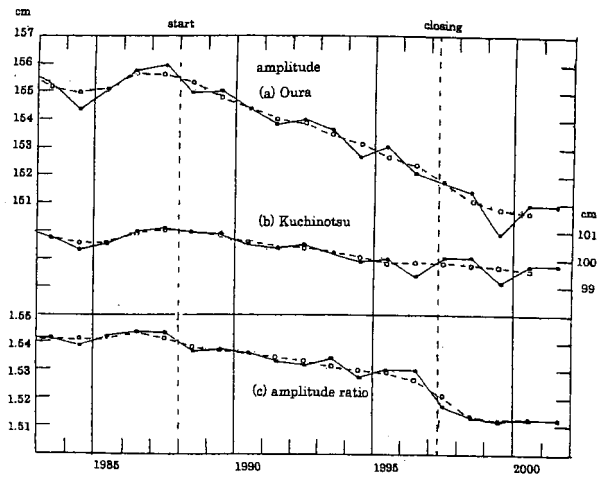


図 3.6.5 M₂分潮の調和定数(振幅)の経年変動

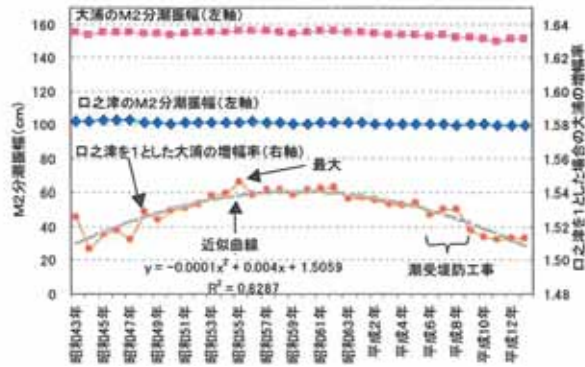
出典：種子田雄、森永健司、中川倫寿[西海区水産研究所]：海水流動、潮位、水温、塩分等の海洋環境変動過程の把握、平成13年度行政対応特別研究



- 注) 1. (a)は大浦、(b)は口之津のM₂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、諫早湾干拓事業の始まりと終わり(堤防による締め切り)である。

出典: 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, VOL.42, NO.1, pp.85-94

図 3.6.6 大浦と口之津のM₂分潮振幅の経年変化



出典: 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 3.6.7 口之津検潮所と大浦検潮所のM₂分潮振幅と増幅率の経年変化

表 3.6.3 M₂分潮振幅減少に関する各要因の寄与率

見解 要因	見解 1	見解 2	見解 3	見解 4
<1>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%
<2>平均水位の上昇	10%	極めて小さい	-	0%
<3>外洋潮汐振幅の減少	40%	50～60%	-	76%

【参考資料】

見解 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3号，pp.307-312

<結果の概要>

データ解析(M₂分潮の振幅差に対する2000年(平成12年)の寄与率)によると、M₂分潮の振幅減少の寄与率は、内部効果(要因<1>)約50%、水深効果(要因<2>)10%、外部効果(要因<3>)40%である。」

見解 2：灘岡和夫[東京工大]，花田岳[野村総合研究所](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，Vol.49，pp.401-405

<結果の概要>

シミュレーション(1991年と1997年、1991年と1999年との比較)によると、M₂分潮の振幅減少の寄与率は、有明海内の海水面積の減少(要因<1>)が40～50%、外洋潮汐振幅の減少(要因<3>)が50～60%であり、平均水位の上昇の寄与(要因<2>)は極めて小さい。

見解 3：塚本秀史[弓削商船高等専門学校]，柳哲雄[九州大学](2002)：有明海の潮汐・潮流，海と空，第78巻，第1号，pp.31-38

<結果の概要>

シミュレーション(1985年と1999年との比較)によると、潮受堤防の締め切り(要因<1>の一部)によるM₂分潮の振幅減少の寄与率は10%～20%程度(M₂潮汐振幅減少4.3cmに対して)である。

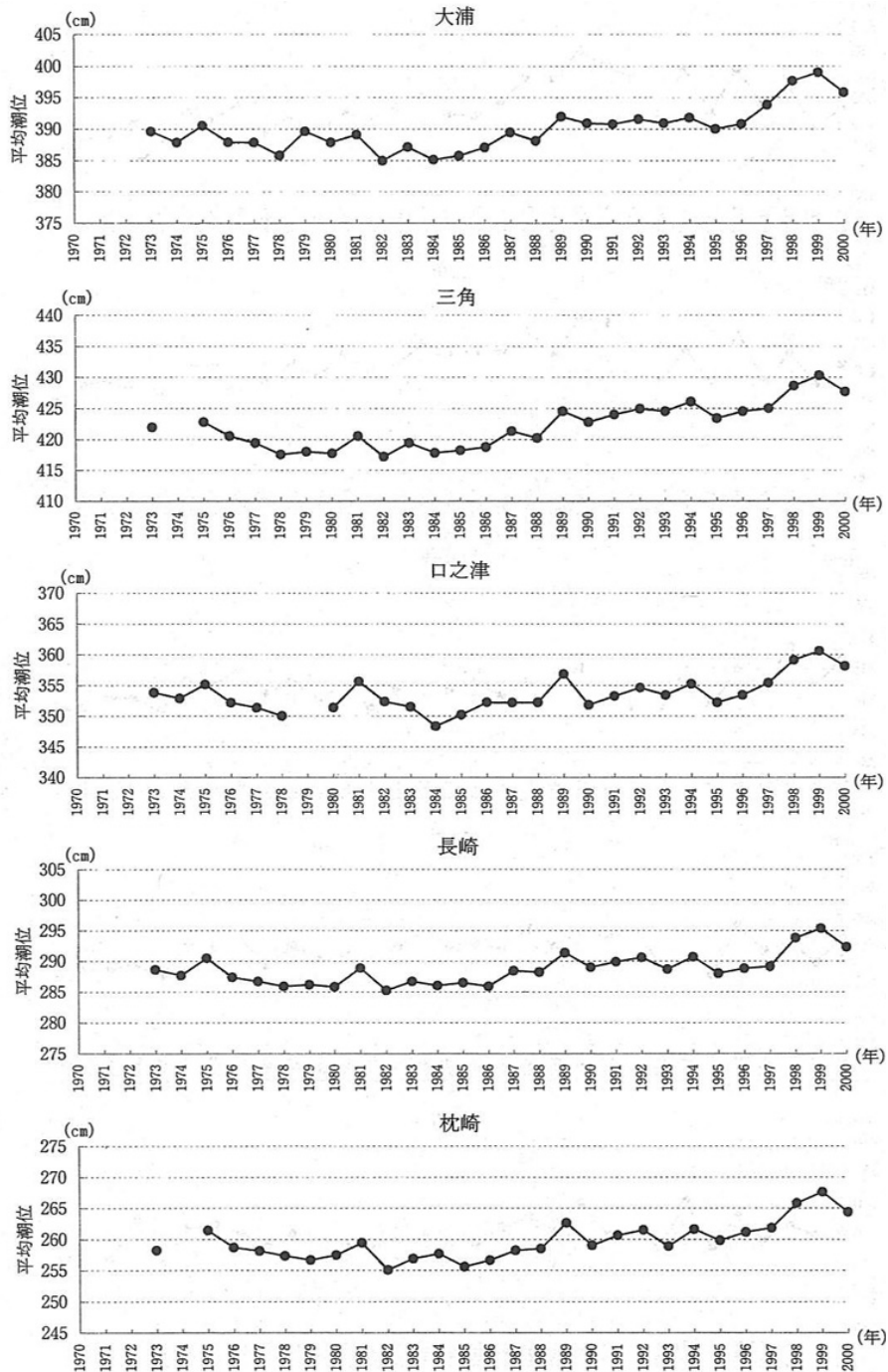
見解 4：藤原孝道，経塚雄策，濱田孝治[九州大学大学院](2004)：有明海における潮汐・潮流減少の原因について海の研究，VOL.13，NO.4，pp.403-411

<結果の概要>

計算により得られた大浦におけるM₂分潮の減少(5.1cm)に対する寄与率は、諫早堤防(要因<1>の一部)24%、熊本新港(要因<1>の一部)2%、平均水位上昇(要因<2>)0%、外海要因(要因<3>)76%となり、この結果は潮汐観測値から求めた結果とほぼ完全に一致した。有明海のM₂分潮は、干拓事業(諫早湾内25%以上、湾中央5%程度、湾奥変化無し)と外洋の潮汐振幅の減少(湾内全域2.9%)の影響によってほぼ全域で減少したが、諫早湾から有明海中央部ではfによる変動幅以上の影響を受けている。

4) 潮位の上昇

- ・有明海及び外洋の広い海域において、1985年(昭和60年)以降、平均海面が上昇している。平均潮位は、有明海及び外洋の長崎や枕崎(鹿児島県)でも近年上昇している。(図3.6.8参照)



(出典：気象庁、潮汐概況・潮汐観測原簿・気象庁データより)

出典：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整費 有明海海洋環境調査報告書(概要版)

図 3.6.8 年間の平均潮位の水位

5) 潮位に関する提言

- 1) 口之津を基準とした潮位変動について議論をする場合、外海である橘湾の振幅等を考慮する必要がある。このため、有明海へ影響を及ぼす外海の潮位データ等の状況が取得できる観測地点の設置が必要である。

これに加え、外海の影響以外の要因の状況を検知するために重要（必要）な観測地点で連続的な潮位データが取得できるよう、国、関係県、大学等を含めた組織的な観測体制の充実が求められる。また、長期的な変動をみるためには、観測体制の適切な管理運営や周辺海域を含めた地盤沈下、海底地形の変化等の観測も行う必要がある。

- 2) 現実の潮位差は、18.6年周期変動や気象等のノイズ等により大きく変動しており、環境と潮位差との関係の評価するためには、分潮やノイズの大きさ及び変動幅を踏まえた議論を行う必要がある。

- 3) 干拓事業以外の、ノリ網の影響、熊本新港等の内部要因の影響について定量的な検討が必要である。

- 4) 現状を適切に反映した海底地形等を把握し、シミュレーションの精度の向上、数値モデルの高度化を図る必要がある。この海域で、非線形性が強く出る現象を扱う場合には、境界条件、初期条件の与え方及び結果の評価の仕方について配慮する必要がある。

なお、潮位変動をシミュレーションで再現する際の前提条件として、実海域で見られる現象がシミュレーションでは省略される場合があり、再現性に限界があることを考慮する必要がある。

(2) 潮流の変動について

1) 有明海の潮流の状況

- ・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が流れるが、密度成層が発達していると、上層と下層で異なる流れとなる。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が、この一周期後にずれた位置にまで運ぶ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。内湾の一方向流は、河川からの流入水による流れ、湾内を吹き渡る風による流れ、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、みお筋に沿った流入が起きるなど、地形の影響を強く受ける。
- ・海上保安庁の資料²⁾によると大潮平均流速分布は湾口部の早崎瀬戸で最大7ノット(1ノット=51.4cm/s)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ノットに達している。湾奥部に至っても強い流速を伴っているのは、潮汐の場合と同様に定常波と固有振動の共鳴による振動増幅ならびに水深減少のためと考えられている³⁾。また、浅海部の観測¹⁾によると、湾奥河口域ではみお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²⁾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⁴⁾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伴う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。

【参考資料】

- 1) 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、日本海洋学会沿岸海洋研究部会、p.838-843
- 2) 海上保安庁(1978)：有明海・八代海の潮流図(第6217号)、もしくは、上記文献1)のpp.840-843を引用
- 3) 海上保安庁(1974)：有明海・八代海海象調査報告書、39p.+別冊15p.を引用
- 4) 例えば、小田巻実ら(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、33-61

2) 潮流の比較

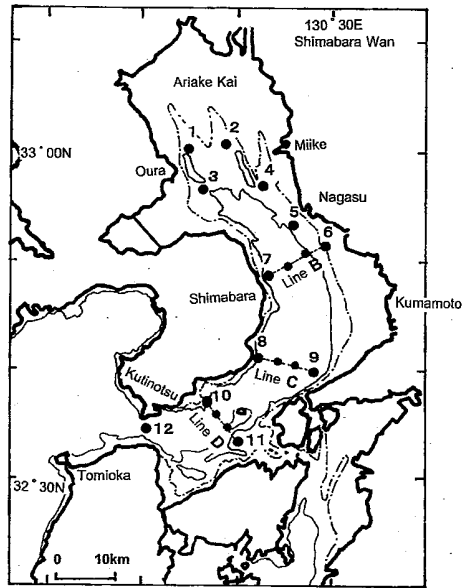
- ・1973年(昭和48年)と2001年(平成13年)の潮流観測結果の比較から、場所によって若干流速値が大きい傾向にあるが、ほぼ同等の潮流を示しているとの報告がある。一方では、有明海全体(熊本県大矢野島諏訪原と島原半島有家町石田を結ぶ線以北)の潮流流速は減少傾向であるとの報告もある。

平成13年5月の潮流観測結果と昭和48年8,9月の結果を比較したところ、潮汐について指摘されているような一方的な減衰傾向は見られず、場所によって強くなっているところもあり、明確な変化傾向は得られなかった。しかしながら、島原半島に沿って南下する沿岸流の流速¹⁾は約1/3となっており、各測点の潮流鉛直分布についても特徴的な変化(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)が現れていた。

今回の新旧潮流観測結果の違いは、淡水流入条件による重力循環(密度流)の違いによる可能性が大きいですが、淡水流入は季節や日々の気象によって大きく変化し、毎年の違いも大きいので、この違いが経年的な長期変化かどうかは、今のところ判断できない。また、平均流についても、場所によっては15日平均よりも数日程度の短期変動の方が大きく、また上下層での違いが顕著になる場合もあり、このような変動が、風などの気象条件によるものか、密度流の変化に起因するものか、今後、さらに検討する必要がある。また、場所や水深による違いも大きいと考えられるので、今回のような鉛直2次元の考察ではなく、3次元的な考察を進める必要がある。(図3.6.9~図3.6.12参照)

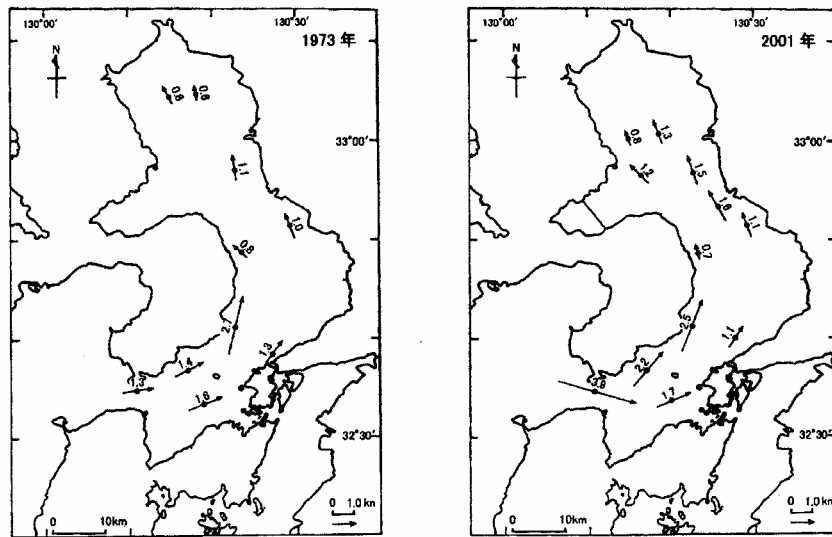
2001年(平成13年)2月の観測によると25年前の同時期の推定値と比較して、有明海全体(熊本県大矢野島諏訪原と島原半島有家町石田を結ぶ線以北)の流れは約12%低い値を示した。但し、両者の測定方法等が異なるので、単純に比較はできない。(図3.6.13参照)

¹⁾流速は15日間の平均流速(恒流)である。



出典：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

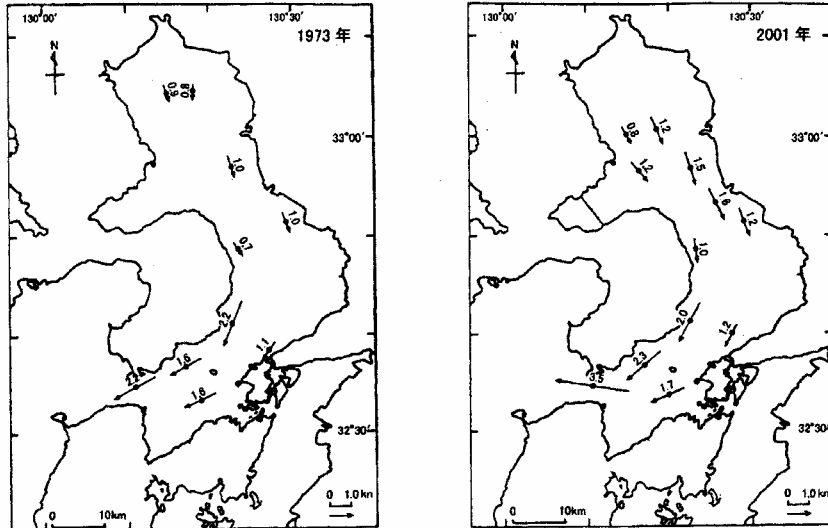
図 3.6.9 2001年5月における潮流観測地点とCTD観測ライン



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。

出典：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

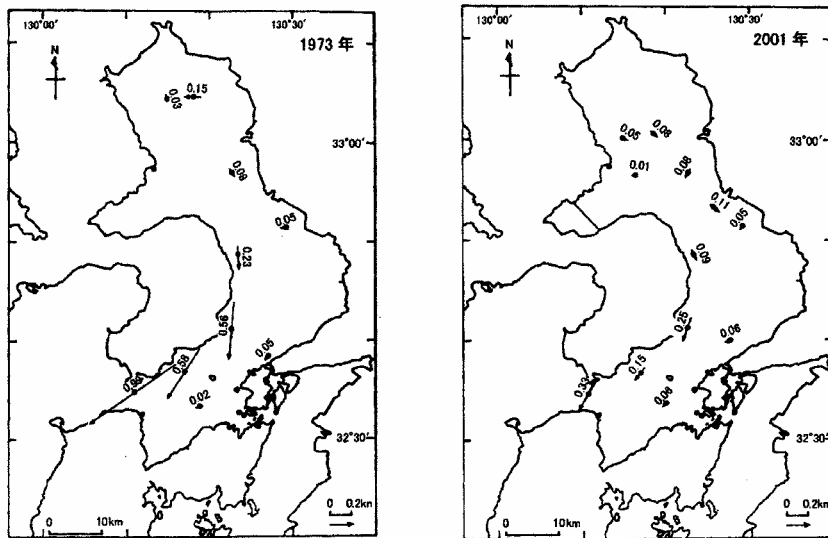
図 3.6.10 1973年と2001年の平均大潮時の海面下3mにおける上げ潮流の比較



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。

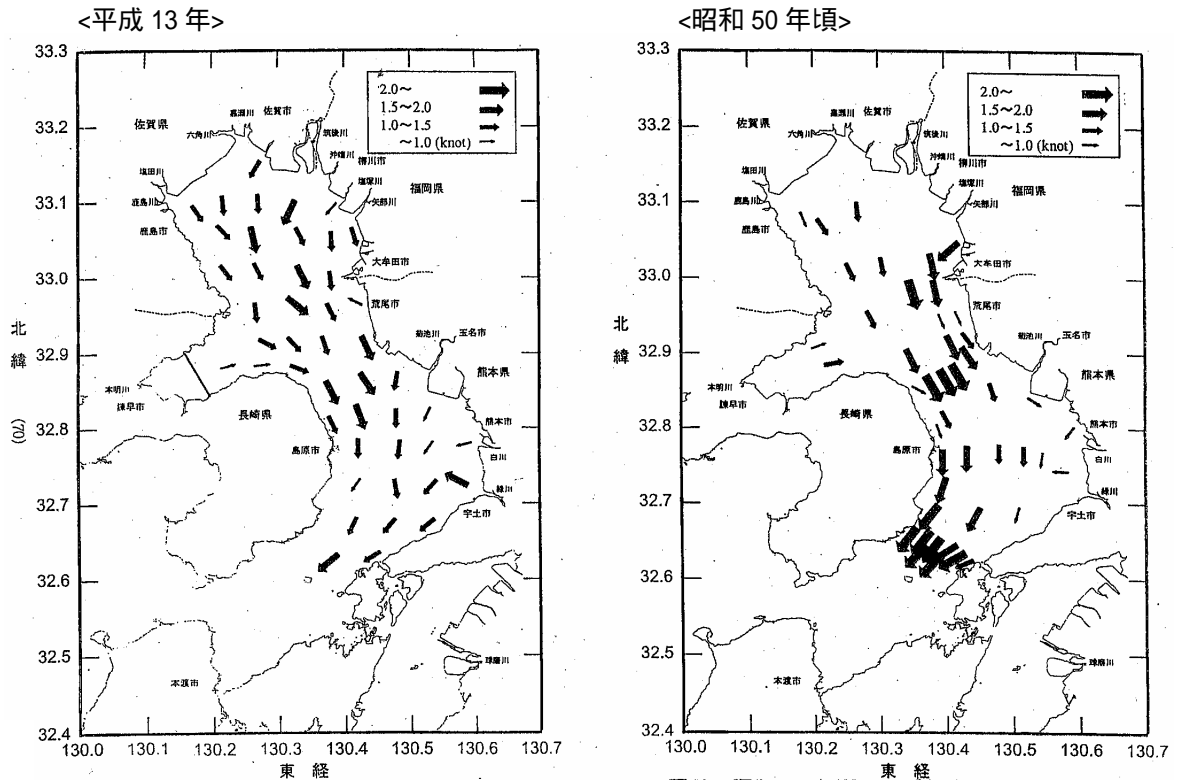
出典：小田巻実、大庭幸広、柴田宣昭（2003）：有明海の潮流新旧比較観測結果について，海洋情報部研究報告，第39号，pp.33-61

図 3.6.11 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



出典：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 3.6.12 1973年と2001年の15昼夜観測の平均流の比較



- 出典：1. 「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” [独立行政法人水産総合研究センター 西海区水産研究所発表資料]
2. 第10回有明海・八代海総合調査評価委員会“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” [独立行政法人水産総合研究センター 西海区水産研究所発表資料]

図 3.6.13 平成 13 年と昭和 50 年頃の下げ潮時の流速水平分布図

3) 潮流流速の変化要因とその影響

ア) 潮流流速の変化要因とその影響の概況

- ・有明海の潮流に関して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。
- ・近年の有明海においては、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、有明海における潮流流速は平均的に減少しなければならない。例えば、諫早湾は締切により海面面積が約33%減少するので、諫早湾の湾口断面において諫早湾への入退潮量が1潮汐で33%程度(時間・断面平均的な流速として約6.3cm/sの減少)減少することになる。諫早湾の外部である有明海についても、湾軸に対して横断方向に断面を取った場合に、同じことが成り立つ。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、これらの各断面における入退潮量の変化による潮流流速の減少は、湾奥に行くに従い潮汐振幅が増加することを考慮して断面平均でそれぞれ5.0%程度(時間・断面平均的な流速として約2.4 cm/sの減少)程度の減少と概算される。

イ) 潮受堤防による潮流流速への影響

- ・潮受堤防による潮流流速への影響についてみると、諫早湾内では観測結果及び数値シミュレーションより潮流流速が減少している。諫早湾外では観測結果及び数値シミュレーションから、諫早湾口北側の潮流流速は増加する一方で、島原半島沖の潮流流速は減少している、また、有明海全体では潮流流速の変化は非常に小さいとの報告がある。

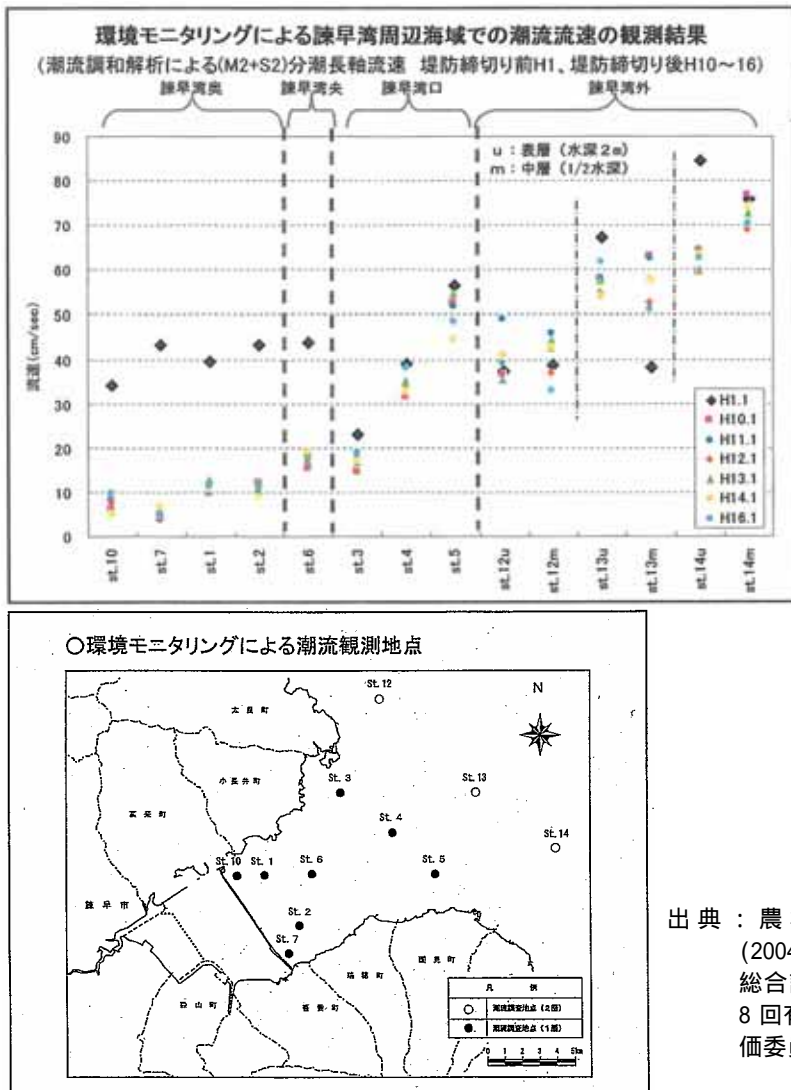
諫早湾における環境モニタリング結果から、諫早湾内の湾奥部と湾中央部では、堤防締切り前の1989年(平成元年)の流速に対して、1998年(平成10年)以降は明らかに流速が低下している。湾口では、湾奥部や湾中央部ほど顕著ではないが、流速が低下する傾向がみられる。また、諫早湾外では観測年によるデータのばらつきが大きくなる傾向が認められ、(流速の低下又は増加という)変化の傾向も異なっている(図3.6.14参照)。

数値シミュレーションにより、下げ潮時の流速は潮受堤防設置により諫早湾口北側で増加、湾内から島原半島に沿った広い領域では減少している(図3.6.15参照)。

潮受堤防建設前後(1993年(平成5年)と2003年(平成15年))の島原半島沿岸部の潮流観測結果より、潮流流速の減少率(約21~27%)は、締切により減少した面積(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%)と比較して非常に大きいことから、諫早湾への水塊の流

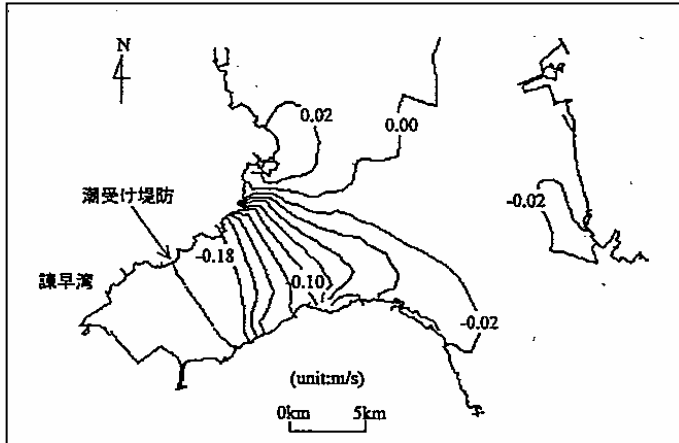
出入が島原半島沿岸において集中的に生じていることが示唆された（図 3.6.16 参照）。

潮受堤防による最大潮流速度の変化を調べたが、堤防前面で 0.3~0.4m/s の減少があり、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こと（0.0~0.1m/s の減速）が分かる（図 3.6.17 参照）。



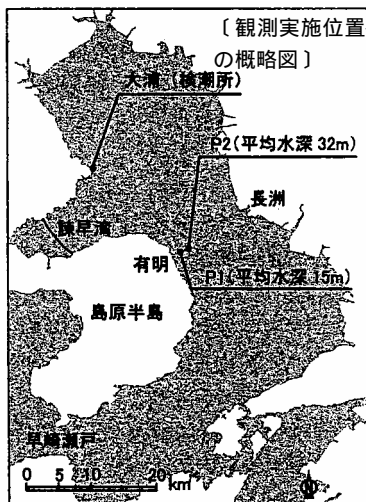
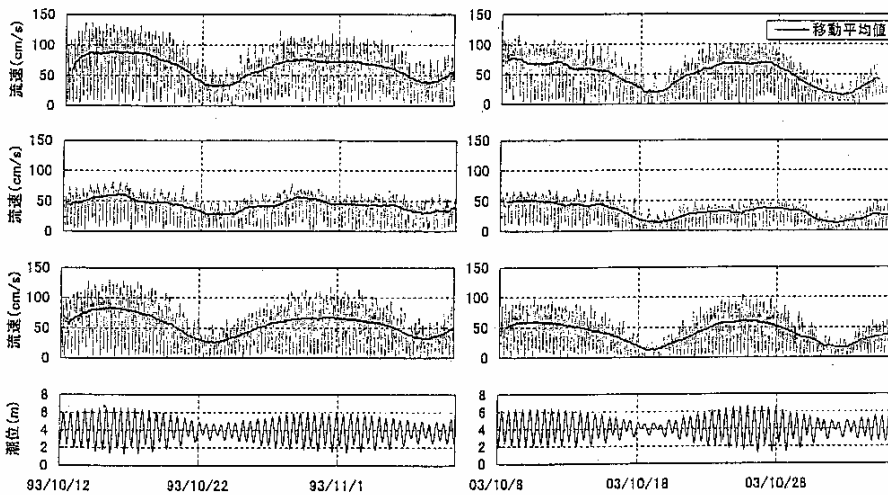
出典：農林水産省農村振興局 (2004)：諫早湾干拓事業 開門総合調査に係る補足説明，第8回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料3

図 3.6.14 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



出典：灘岡和夫[東京工大], 花田岳[野村総合研究所](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，Vol.49, pp.401-405

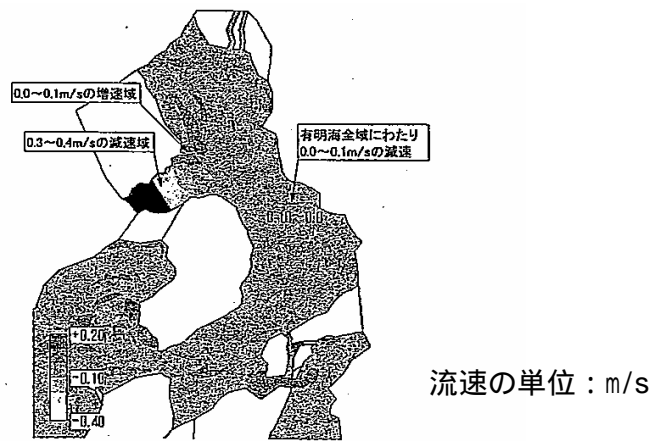
図 3.6.15 下げ潮時の流速強度に関する締め切り前後の差



注) 1. 左図は 1993 年(平成 5 年)10 月 12 日～11 月 10 日、右図は 2003 年(平成 15 年)10 月 9 日～11 月 7 日である。
 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、潮位である。

出典：西ノ首英之[長崎大 水産], 小松利光, 矢野真一郎[九大 大学院工学研究院], 斎田倫範[九大 大学院工学府](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，Vol.51, No.1, pp.336-340

図 3.6.16 観測結果の時系列



出典：千葉賢,武本行正[四日市大環境情報]：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 3.6.17 最大潮流速度の偏差分布（潮受堤防の影響）

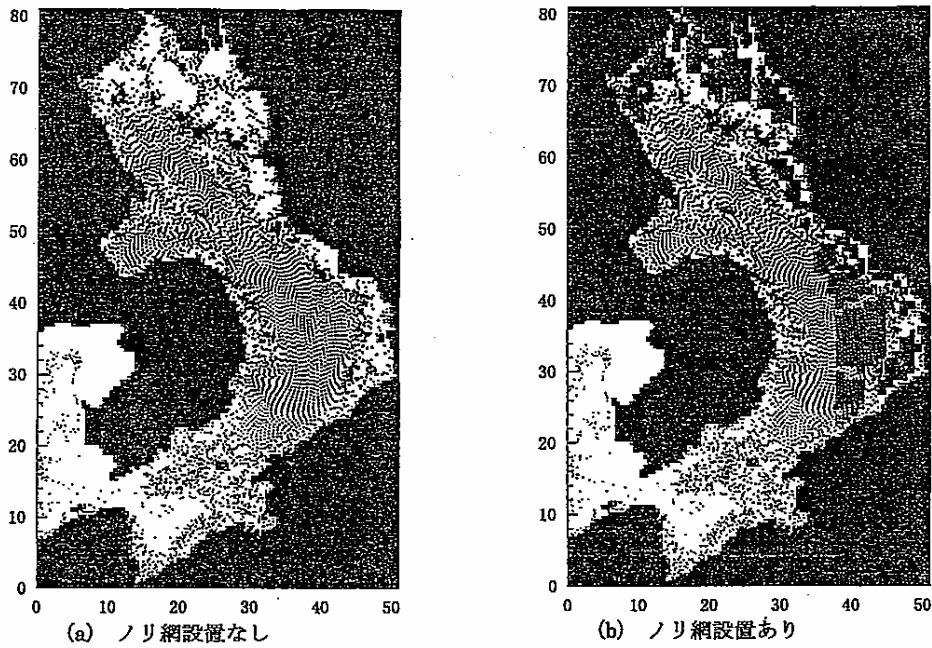
ウ) ノリ養殖施設による潮流流速への影響

- ・ ノリ養殖施設による潮流流速への影響についてみると、数値シミュレーションでは湾奥ではノリ養殖域やその沖側前面部分で潮流流速が減少、ノリ漁場間にある船通し部分や湾奥中央部（ノリ養殖域ではない）では潮流流速が増加するとの報告もある。また、湾中央部においても潮流流速が減少するとの報告もある。

ノリ網の影響も無視できず、特に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（図 3.6.18 参照）。

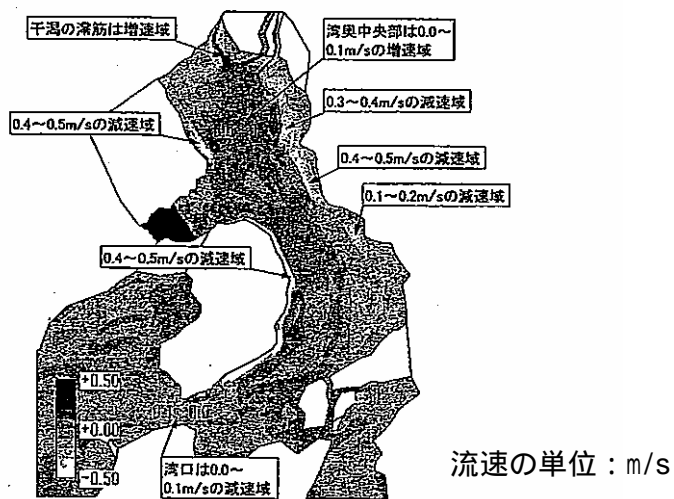
ノリ網の潮汐流へ及ぼす影響は大きく、最大潮流速度はノリ網設置地域で 0.3~0.5m/s の減少、湾奥中央部で 0~0.1m/s の増加という結果になった（図 3.6.19 参照）。

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を示した（図 3.6.20 参照）。



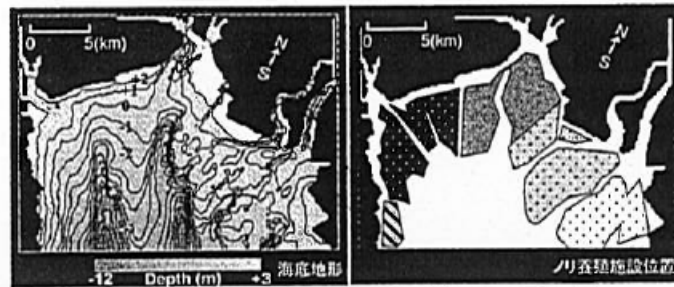
出典：滝川清[熊本大沿岸環境科学教研セ], 田淵幹修[熊本大工](2002)：有明海の潮汐変動特性と沿岸構造物の影響，海岸工学論文集，第49巻，pp.1061-1065

図 3.6.18 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）

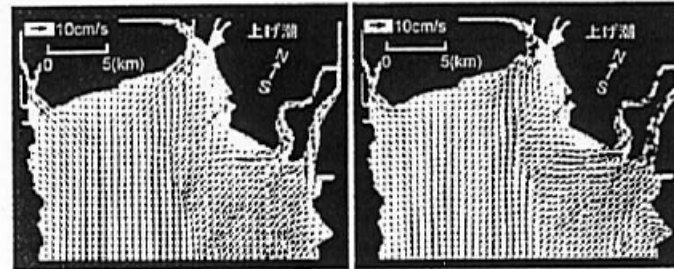


出典：千葉賢, 武本行正[四日市大環境情報]：諫早湾潮受け堤防の影響評価のための潮位観測値の分析と流況数値解析，四日市大学環境情報論文，第5巻，第1・2号合併号，pp39-70

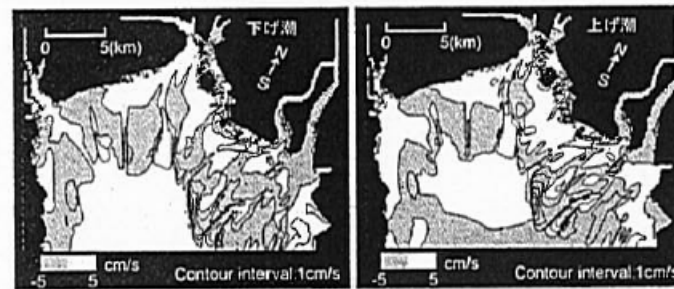
図 3.6.19 最大潮流速度の偏差分布（ノリ網の影響）



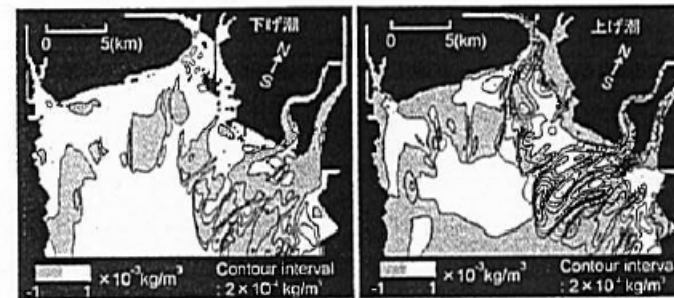
(a) 海底地形およびノリ養殖施設設置領域



(b) 流速ベクトル



(c) ノリ養殖施設の存在による流速差の空間分布



(d) ノリ養殖施設の存在による浮泥濃度差の空間分布

注) 左図は下げ潮時 (満潮後 2.1 時間) 右図は上げ潮時 (満潮後 11.5 時間) である。

また、図中のハッチ部は流速・浮泥濃度が減少した領域である。

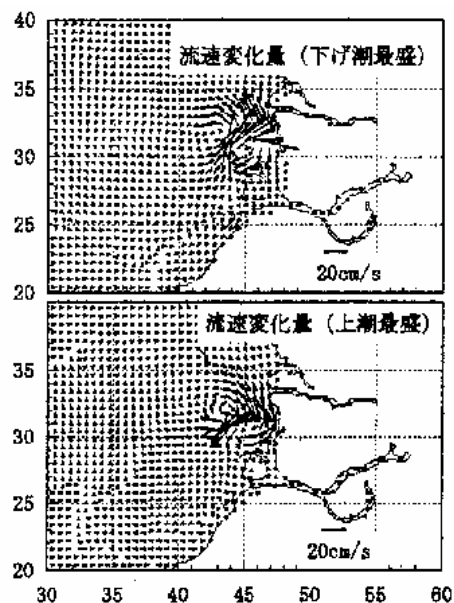
出典：八木宏，瀬岡和夫[東京工大 大学院情報理工学研究科]，石田大暁[東京工大 大学院理工学研究科]，高橋亜依[国際航業]，田村仁[日本学術振興会]，小谷正幸[福岡県水産海洋技セ 有明海研](2004)：ノリ養殖施設の流体抵抗と潮流・浮泥輸送への影響，海岸工学論文集 VOL. 51, pp.1026-1030

図 3.6.20 ノリ養殖施設の存在による流速差・浮泥濃度差の空間分布

I) 熊本港建設による潮流流速への影響

- ・熊本港建設による潮流流速への影響についてみると、熊本港の周辺では流速変化があるとの報告がある。

熊本港建設による港近傍の流況に対する影響は、港の周辺で 20～30cm/s の流速変化があり、潮位差への影響は±2cm 程度である（図 3.6.21 参照）。



出典：滝川清[熊本大沿岸環境科学教研セ]，田淵幹修[熊本大工](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 3.6.21 熊本新港設置前後の流速変化量

4) 潮流に関する提言

- 1) 物質輸送・海水交換の機能を有する潮流は、諫早湾・ノリ漁場・熊本新港等の地形変化や構造物等により変化し、その変化は局所的な環境に影響を及ぼすとともに、場合によっては有明海全体に影響を及ぼす可能性がある。

このため、潮流の構造の変化を正確に捉えるためにも、過去に実施された有用な観測データを活かした比較用現地観測や、面的あるいは線的な潮流の連続観測が必要である。このような観測結果を取得できるよう、国、関係県、大学等を含めた組織的な観測体制の充実が求められる。

- 2) 1) の観測結果を活用することも踏まえ、現状を適切に反映した海底地形等の水深データ、潮流の局所的变化状況や密度成層等の水塊構造を再現できる空間分解能の高い流れのシミュレーションを実施できる計算機環境の整備が

必要である。また、干拓事業や熊本新港等の地形変化、ノリ網の影響等の要因の影響について定量的な検討が必要である。

- 3) 潮流と有明海の環境（水質、底質、水産資源、底生生物等）との関係については、様々な時空間的スケールとの結びつきを考慮した詳細な検討が必要である。例えば、透明度、SS等と潮流の関係、シルト・粘土のような細かい粒子の挙動等が挙げられる。さらに、潮流は生物の生活史に深く関係しているため、潮流と生物との関係についても検討することが必要である。その際、底質・生物の応答性を考慮した蓄積的な影響にも注目することが必要である。以上のような検討は、有明海・八代海の再生のための施策の改善点や評価において重要である。

(3) 問題の概況、原因・要因・論点等の整理

上記内容を踏まえ、潮流・潮汐に関する問題の概況、原因/要因・論点等の整理結果は表 3.6.4 に示すとおりである。

表 3.6.4 問題の概況、原因・要因、論点等の整理：潮流・潮汐

問題の概況	原因・要因として指摘されている事項	論点、課題
<p><有明海></p> <ul style="list-style-type: none"> ・有明海では M_2 分潮が卓越し、その振幅は f 値(18.6年周期、$\pm 3.7\%$程度)により変化。 ・f 値の変動を除いた M_2 分潮振幅はこの20年間減少傾向。 ・湾口の口之津と大浦の M_2 分潮振幅の減少率を比較すると、1997年を境に大浦の振幅が急減しているとの解釈と変化傾向は明らかでないとの解釈が存在。 <p>・潮流の一斉調査を海上保安庁が1973年と2001年に実施したが、変化傾向は得られなかった。</p> <p>・水産総合研究センターが2001年に実施した観測結果では、1973年の海上保安庁の観測結果より流速は約12%低い値となった。</p> <p>・干拓事業により、諫早湾内、特に湾奥での潮流は減少。また、諫早湾口においては、南北で、上げ潮・下げ潮で潮流の変化が異なるとの報告がある。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・有明海の潮汐振幅の減少要因に関する議論は、以下の3つに整理できる。 <ol style="list-style-type: none"> (1)有明海の海水面積の減少(干潟・埋立など) (2)有明海の平均水位の上昇 (3)外洋潮汐振幅の減少 ・M_2 分潮振幅の減少への上記(1)の寄与は1～5割とする報告があり、その程度について見解が異なる。 ・平均水面は上昇(1985年から2000年までに10cm上昇) <p>・1973年と2001年の海上保安庁の観測結果は、河川流入量の相違から、重力循環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評価するに至っていないと推測。</p> <p>・水産総合研究センターと海上保安庁の観測方法等が異なり、単純比較できない</p> <p>・平均入退潮量は干潟等による海面減少に応じて減り、平均的に潮流は減少するが、実際の流れは観測点により異なっている。</p> <p>・ノリ網等の地形変化の効果の可能性が指摘されている</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・有明海に影響する外海の潮位観測。 ・f 値の周期性、気象等のノイズを分離した潮位差の議論。 ・検討が不十分な干拓以外の内部要因(ノリ網等)の定量的な検討。 ・シミュレーションの精度向上、数値モデルの高度化。 <p>・流れの構造変化を正確に把握するため、面的、線的な連続観測が必要。</p> <p>・潮流の局所的変化、密度成層等の構造を再現できる空間分解能の高いシミュレーションの実施。</p> <p>・底質、水産資源等と潮流との時空間的な結びつき、底質・生物の応答性を考慮した蓄積的な影響の検討。</p>

3. 主な論点に関する議論の整理

3.1 問題点の概況、原因・要因・論点等の整理

3.2 水質（水温、塩分、COD、栄養塩、SS 及び透明度）の変化

3.3 河川の影響

3.4 汚濁負荷の変遷

3.5 藻場・干潟

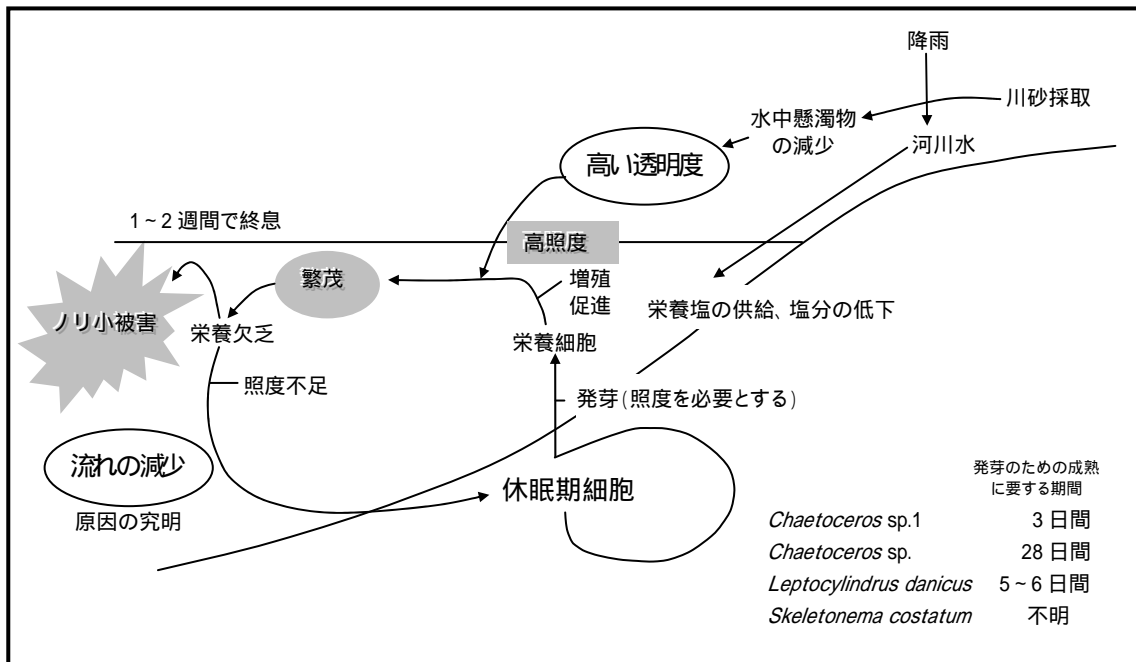
3.6 潮流・潮汐

3.7 赤潮の発生

(1) 赤潮の発生について

1) 小型珪藻 (スケルトネマ、キートセロス): 年中発生

- ・ 小型珪藻類の想定される発生機構は図 3.7.1 に示すとおりである。
- ・ 小型珪藻は、有明海の基礎生産者として重要な生物であり、有明海の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。赤潮は短期間に終息する。
- ・ これらの種は、河川から栄養塩が供給され、ある程度塩分が減少し、強い照度を与える晴天が継続した場合に底泥中の休眠期細胞が発芽し、繁茂して赤潮となる。
- ・ 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。

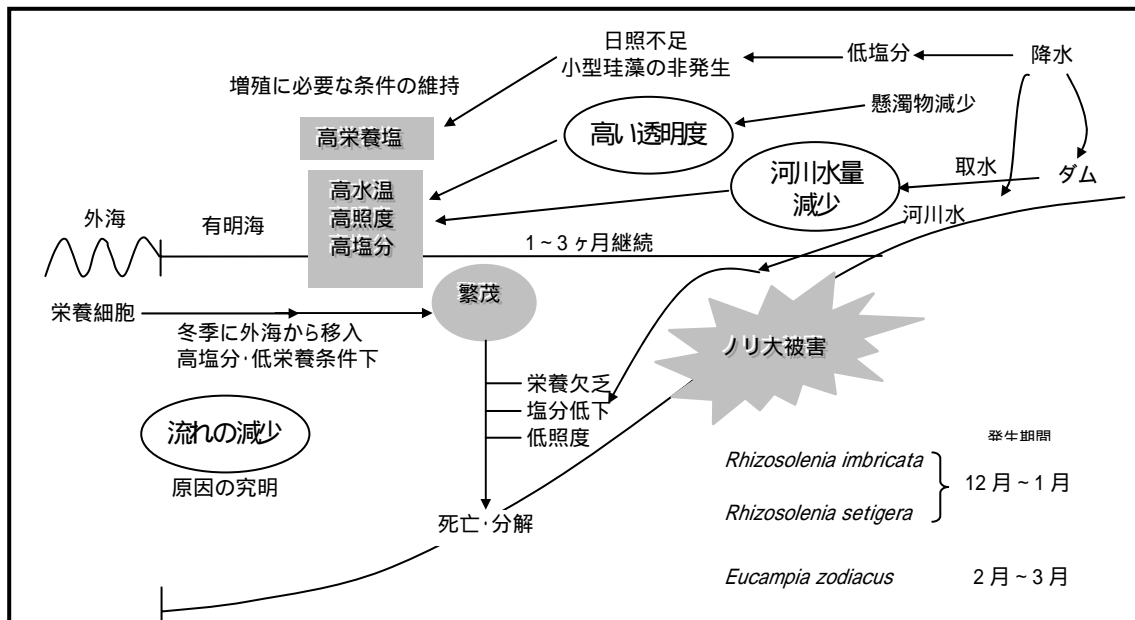


注) 本城委員作成資料

図 3.7.1 小型珪藻類の発生機構

2) 大型珪藻(リゾソレニア属[リゾソレニア インブリカータ等])：秋季～冬季発生

- ・大型珪藻類の想定される発生機構は図 3.7.2に示すとおりである。
- ・リゾソレニア属は 1958 年(昭和 33 年)、1965 年(昭和 40 年)、1980 年(昭和 55 年)、1996 年(平成 8 年)、2000 年(平成 12 年)に赤潮を形成してノリに被害を与えてきている。また、2000 年(平成 12 年)に発生したリゾソレニア・インブリカータは毎年観察され、1967 年(昭和 42 年)～1991 年(平成 3 年)の間に 2 回ほど赤潮レベルに達しているため、2000 年(平成 12 年)の赤潮そのものは特別なものではない。
- ・大型珪藻の赤潮は、環境条件が整った時に大発生する天災系の赤潮である。有明海で流れが減少した海域においてリゾソレニア属の増殖は助長される。
- ・2000 年(平成 12 年)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しなかった。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で、高い日照条件が重なり大発生を引き起こし、栄養塩を吸収したため、ノリの色落ち被害につながった。その後、2001 年(平成 13 年)1～2 月の小雨(照度と塩分の低下)により終息に向かった。
- ・リゾソレニア・インブリカータは湾口部から外海域で生息している(リゾソレニア属は小型珪藻のような休眠期細胞が発見されていない)。夏場の有明海は、低塩分なので湾内への進入が阻まれ、集中豪雨による低塩分状態が回復して、高塩分状態(30～35)になる時に湾内へ進入して、高い日照条件の下で大発生し、深刻な被害を与える。

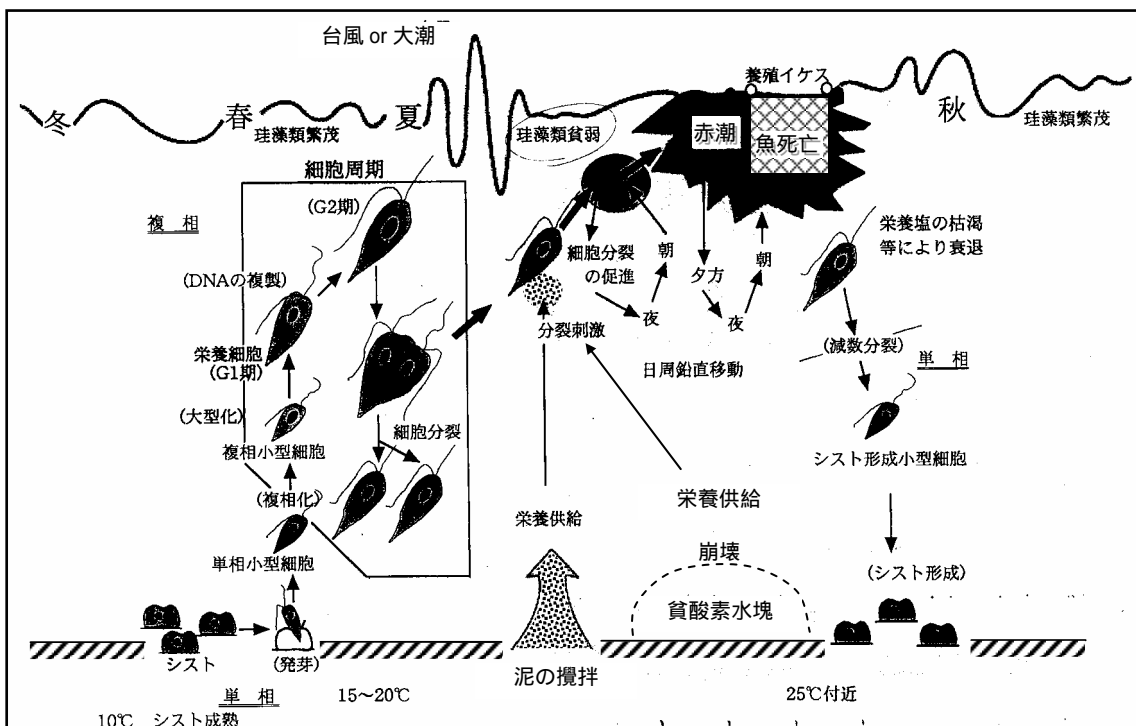


注) 本城委員作成資料

図 3.7.2 大型珪藻類の発生機構

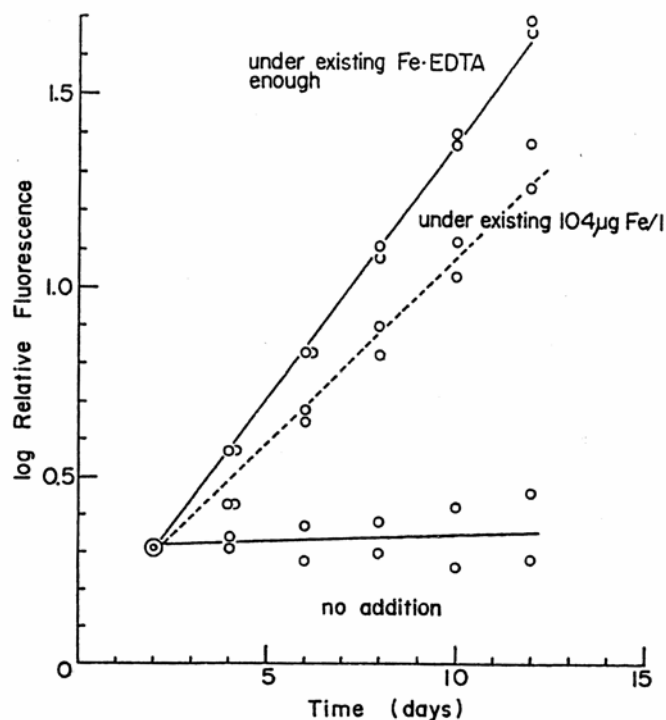
3) シャットネラ属：夏発生

- ・シャットネラ・アンティカの生活環と想定される赤潮発生機構は図 3.7.3に示すとおりである。シャットネラ赤潮は、魚類と貝類に被害を与える。
- ・有明海湾奥部西部水域や諫早湾での発生が顕著となり、富栄養化の進行や貧酸素水塊の形成とシャットネラ赤潮の発生とは大きく関係している。
- ・諫早湾の貧酸素水塊の形成には、潮流の減速を起こした干拓事業が関係している可能性が高い。また、有明海湾奥部西部水域における貧酸素水塊の形成原因は河川流量、泥化現象などに注目して、今後明らかにしていく必要がある。
- ・1989年（平成元年）に諫早湾で最初のシャットネラ赤潮が確認されたが、本格着工の事前工事による人為的な底泥の攪拌が赤潮の発生に関係した可能性がある。
- ・鉄が本種の増殖を促進することが証明されている。貧酸素水塊の形成により底泥から鉄が溶解し、貧酸素水塊が崩壊で窒素やリンと一緒に鉄が供給され、シャットネラの増殖が促進される（貧酸素水塊を解消するための安易な底泥の攪拌は危険である）。（図 3.7.4参照）
- ・貧酸素水塊は以前から形成されていたが、近年進行している（特に7月）。シャットネラ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。
- ・八代海では、1988年（昭和63年）にシャットネラ・アンティクアによる赤潮が初めて観測され、その後、度々シャットネラ赤潮による漁業被害が報告されている。



注) 本城委員作成資料

図 3.7.3 シャットネラの生活環と赤潮発生機構



出典：「第12回有明海・八代海総合調査評価委員会」“有明海・八代海における赤潮の発生について”
[本城委員発表資料]

図 3.7.4 基本培地へ $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ の形で $104 \mu\text{g Fe/L}$ 添加した時の *Chattonella* sp.の増殖

4) 渦鞭毛藻 (コックロディニウム): 夏発生

- ・コックロディニウム赤潮は、主に八代海において養殖魚類に被害を与える。
- ・八代海のコックロディニウムは高塩分海水を好み、有機態リンを要求するが、その有機態リンは魚類養殖からも負荷されていると思われる。
- ・コックロディニウム赤潮の発生を減少させるためには、河川流量の増加や陸上からの負荷を抑えるのと同時に、魚類養殖の給餌形態を変えて有機態リンを始めとする栄養物質の負荷を減らしていく必要がある。
- ・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きている。

(2) 問題の概況、原因・要因・論点等の整理

上記内容を踏まえ、赤潮の発生に関する問題の概況、原因/要因・論点等の再整理結果は表 3.7.1に示すとおりである。

表 3.7.1 問題の概況、原因・要因、論点等の整理：水質の変化（赤潮）

	問題の概況	原因・要因として指摘されている事項	論点・課題
赤潮	<p><有明海> 赤潮の発生件数が増加してきている。 近年、魚介類に被害を与えるシャットゥ赤潮が発生するようになってきている。 コクロデニウムが出現し、赤潮を形成するようになった。</p>	<p>(1)小型珪藻(スクレナ、キトセロ) ・気象条件(河川からの栄養塩類の供給、塩分の低下、晴天の継続) ・透明度の上昇 (2)大型珪藻(リッルコア) ・気象条件(高塩分、晴天の継続) (3)シャットゥ属 ・海域の富栄養化、底層の貧酸素化に伴う底泥からの鉄等の溶出が原因となっている可能性がある。</p>	<p>富栄養化が進んできているか否か。 底層の貧酸素化が進んでいるか否か。</p>
	<p><八代海> コクロデニウム赤潮が魚類養殖に被害を与える。 なお、過去20数年のデータを整理すると、コクロデニウム赤潮の発生年と非発生年が数年ごとに交互に見られている。 赤潮の発生件数は横ばいであるが、1990年代から継続日数が長期化する傾向にある。 最近シャットゥ赤潮の発生による漁業被害が発生している。</p>	<p>(1)渦鞭毛藻(コクロデニウム) ・栄養塩類の負荷(陸域からの負荷、魚類養殖による負荷) ・気象条件(小雨、高塩分)</p>	

3. 主な論点に関する議論の整理

3.1 問題点の概況、原因・要因・論点等の整理

3.2 水質（水温、塩分、COD、栄養塩、SS 及び透明度）の変化

3.3 河川の影響

3.4 汚濁負荷の変遷

3.5 藻場・干潟

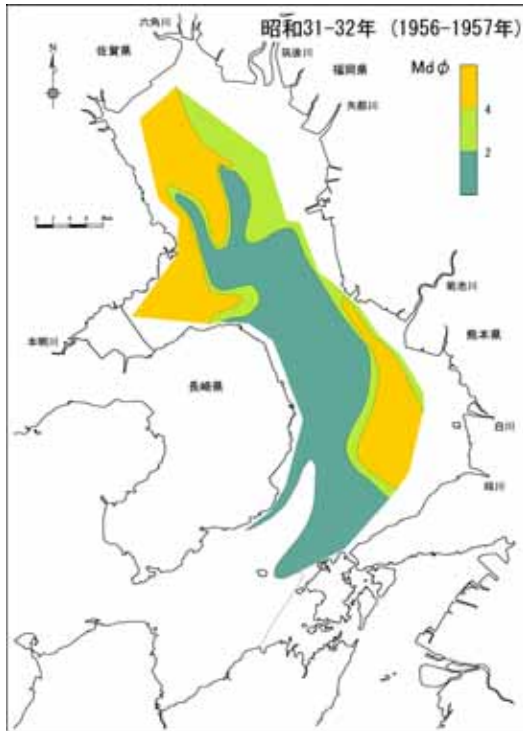
3.6 潮流・潮汐

3.7 赤潮の発生

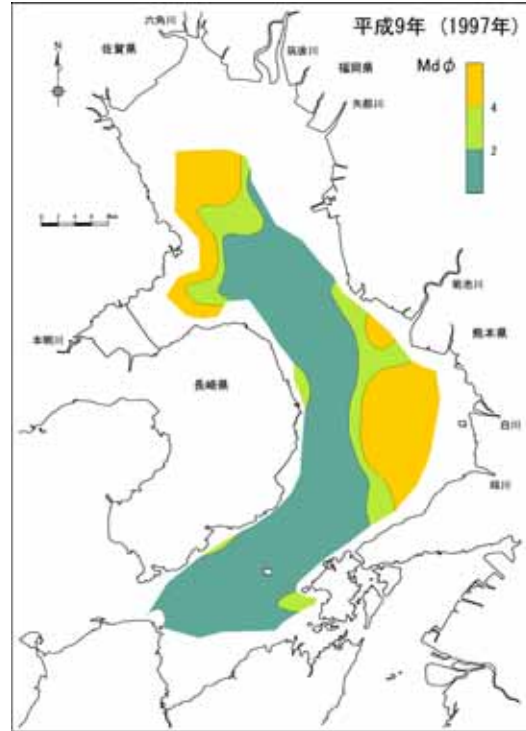
3.8 底質環境

(1) 有明海の底質環境について

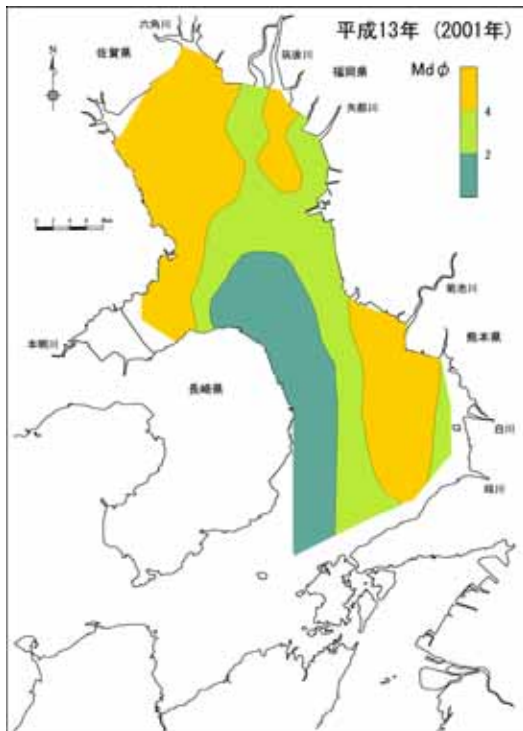
- ・1957年、1997年、2001年のデータ(中央粒径(Md))を比較すると底質の泥化が進んでいる(図3.8.1、図3.8.2参照)。
- ・底質の泥化傾向が高い島原沖、熊本沖、諫早湾口を含めた湾奥の部分は、有機物(強熱減量)、硫化物、COD、懸濁物、重金属といった指標の値が高い(図3.8.3、図3.8.4、図3.8.5参照)。
- ・水深ごとの海底面積の変化(大正12年~平成5年)は、全体的には海岸線の人工化、干拓、土砂堆積などの影響で、水深0m~5mの分布面積が減少し、水深10m~30mの分布が増え、40mよりも深い部分が減っており、水深が平均化してきている(図3.8.6、図3.8.7、表3.8.1参照)。
- ・海底堆積物の珪藻類や赤潮シストの変化等より、有明海の富栄養化は少なくとも40~50年前から進行してきており、堆積進行速度(年間約1~5mm)から見ても底質の泥化は以前から始まっている(図3.8.8参照)。



注) 長崎大教育研報 鎌田(1967)より作成



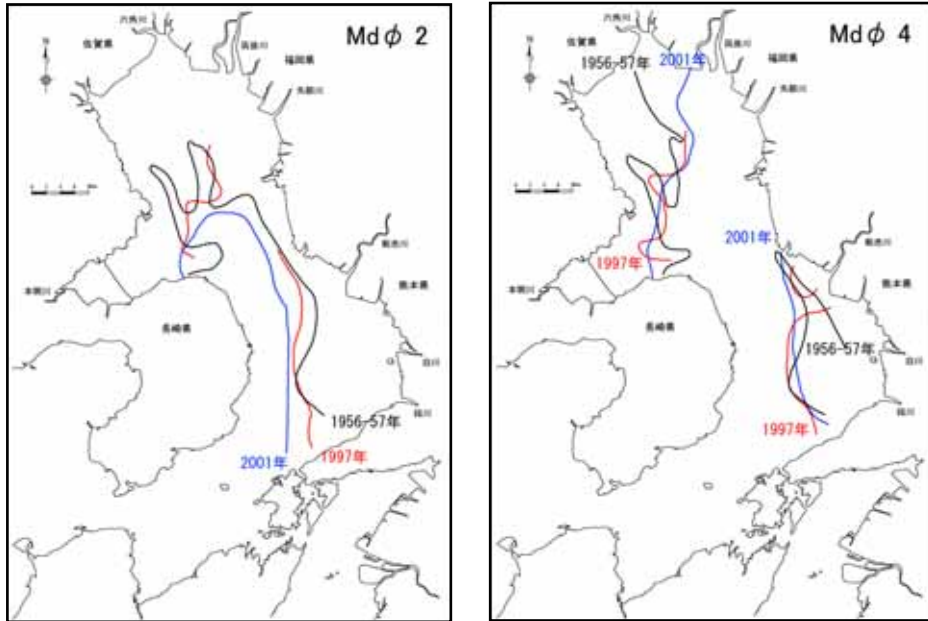
注) 長崎大教育研報 近藤ら(2002)より作成



注) 環境省調査及び行政対応特別研究(2002)より作成

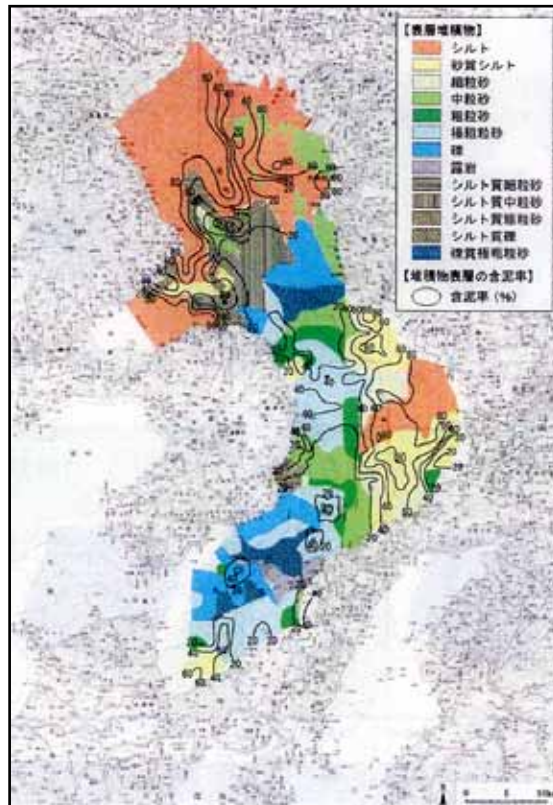
出典:「第14回有明海・八代海総合調査評価委員会」“有明海・八代海の底質環境について”
[滝川委員発表資料]

図 3.8.1 有明海の底質分布(中央粒径(Md φ))の変化



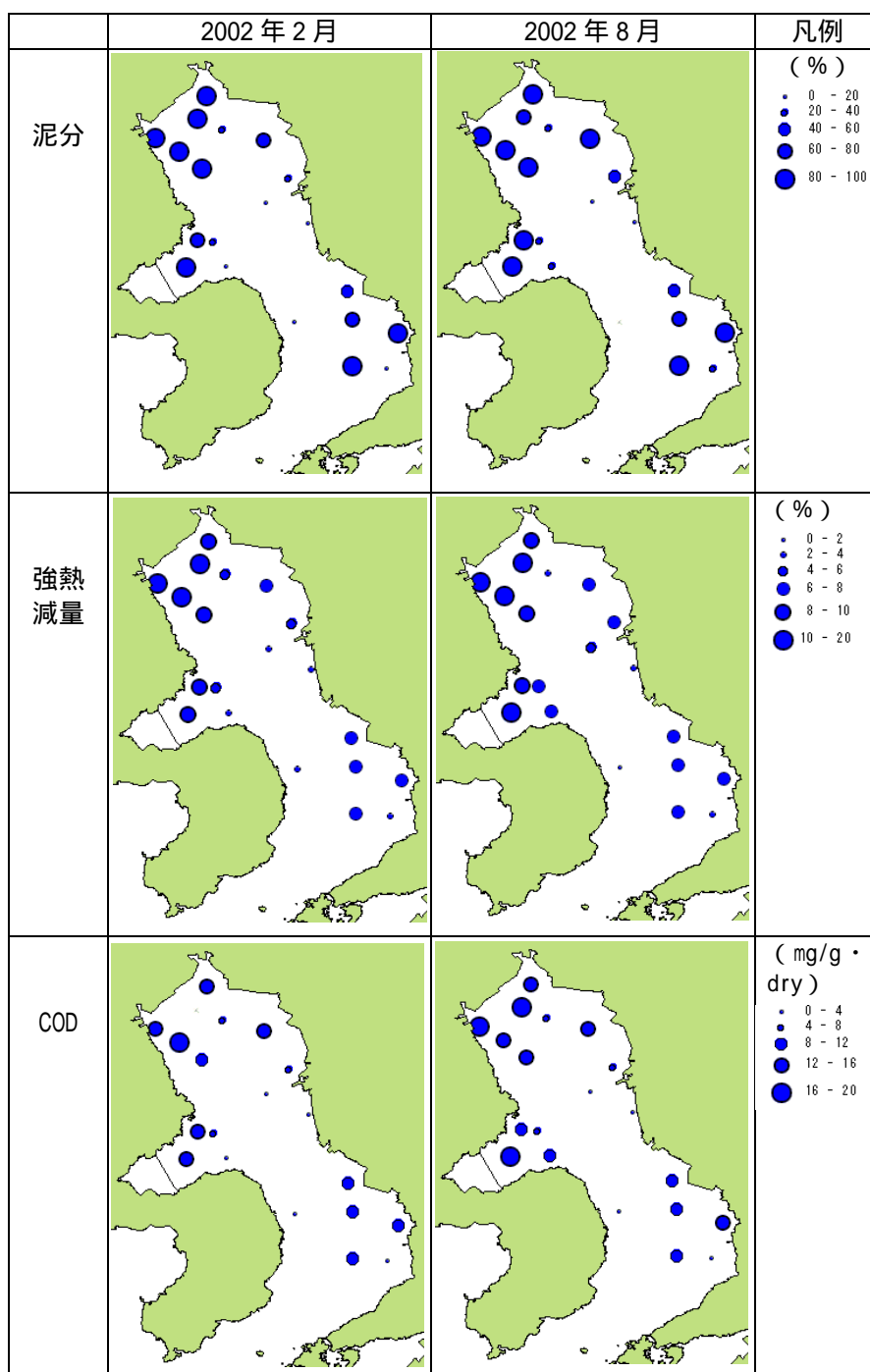
注)3 調査では調査範囲が異なるため、等値線は調査範囲が明らかに異なる範囲を除いて図示した。
 出典：「第14回有明海・八代海総合調査評価委員会」“有明海・八代海の底質環境について”
 [滝川委員発表資料]

図 3.8.2 有明海の底質の中央粒径(Md)等値線の変化



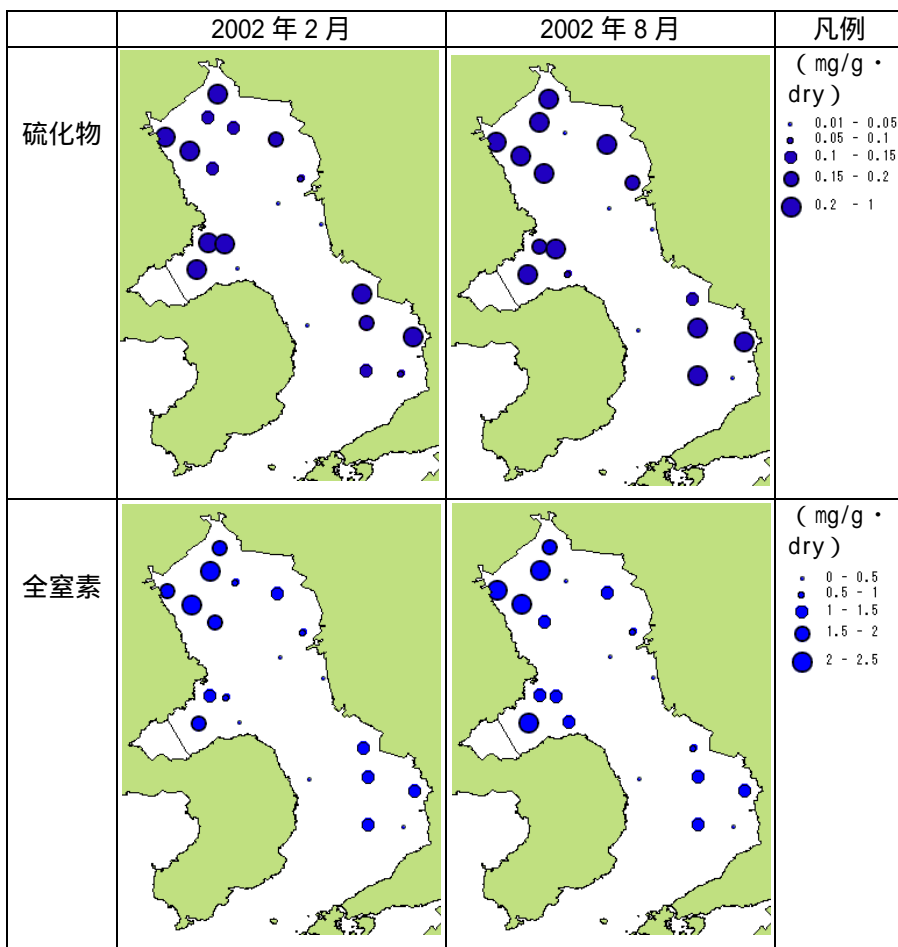
出典：「第14回有明海・八代海総合調査評価委員会」“有明海・八代海の底質環境について” [滝川委員発表資料]

図 3.8.3 表層堆積物の分布



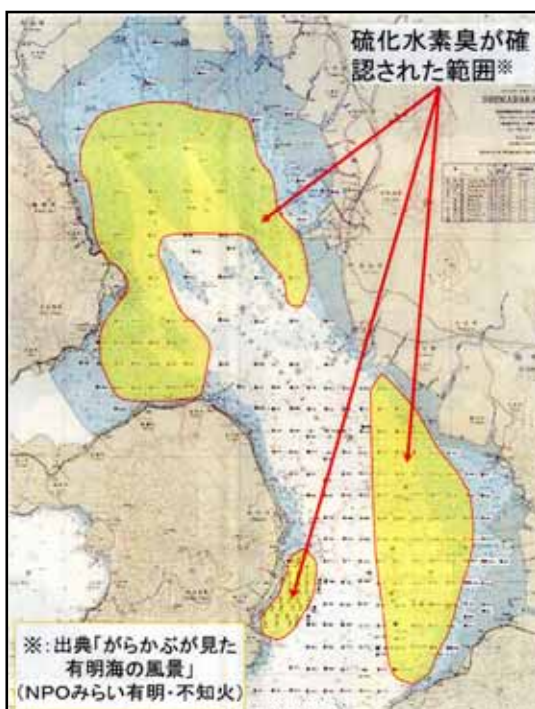
出典：「有明海等環境情報・研究ネットワーク」((社) 日本水産資源保護協会 環境情報センター) のホームページ；「有明海海域環境調査」(環境省)

図 3.8.4(1) 底質の水平分布



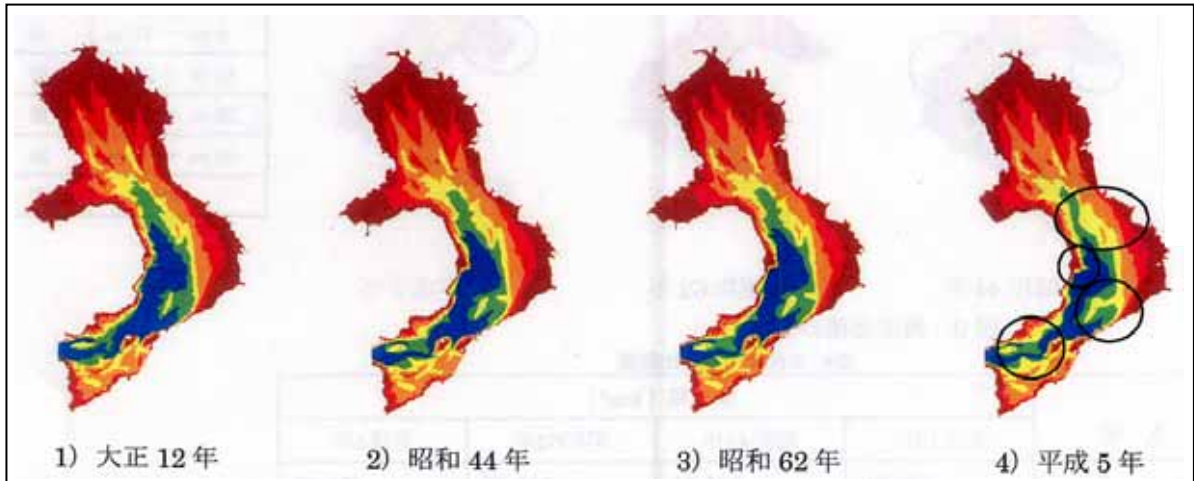
出典：「有明海等環境情報・研究ネットワーク」((社)日本水産資源保護協会 環境情報センター) のホームページ；「有明海海域環境調査」(環境省)

図 3.8.4(2) 底質の水平分布



出典：「第14回有明海・八代海総合調査評価委員会」
 “有明海・八代海の底質環境について” [滝川委員発表資料]

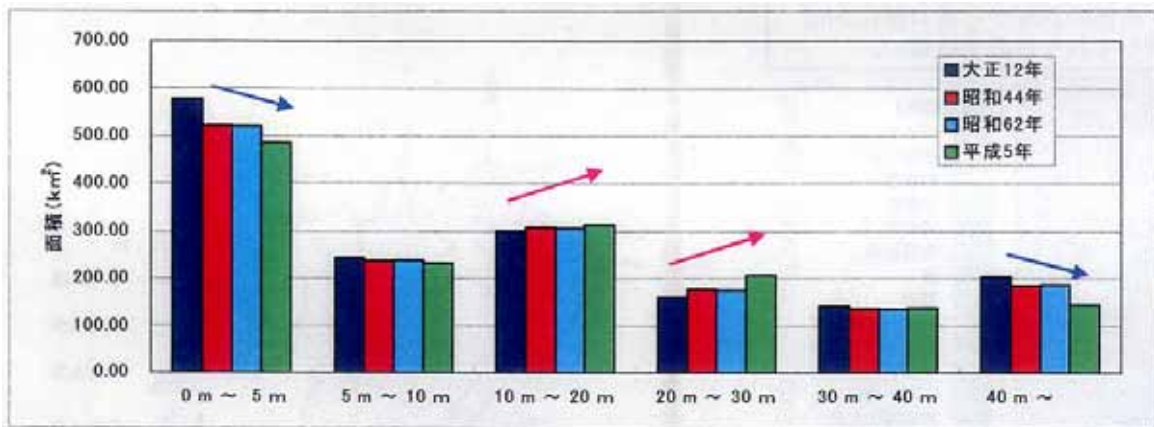
図 3.8.5 底質から硫化水素臭が確認された範囲



出典：「第 14 回有明海・八代海総合調査評価委員会」
 “有明海・八代海の底質環境について” [滝川委員発表資料]

水深	表示色
0m ~ 5m	茶
5m ~ 10m	赤
10m ~ 20m	橙
20m ~ 30m	黄
30m ~ 40m	緑
40m ~	青

図 3.8.6 水深分布の変化



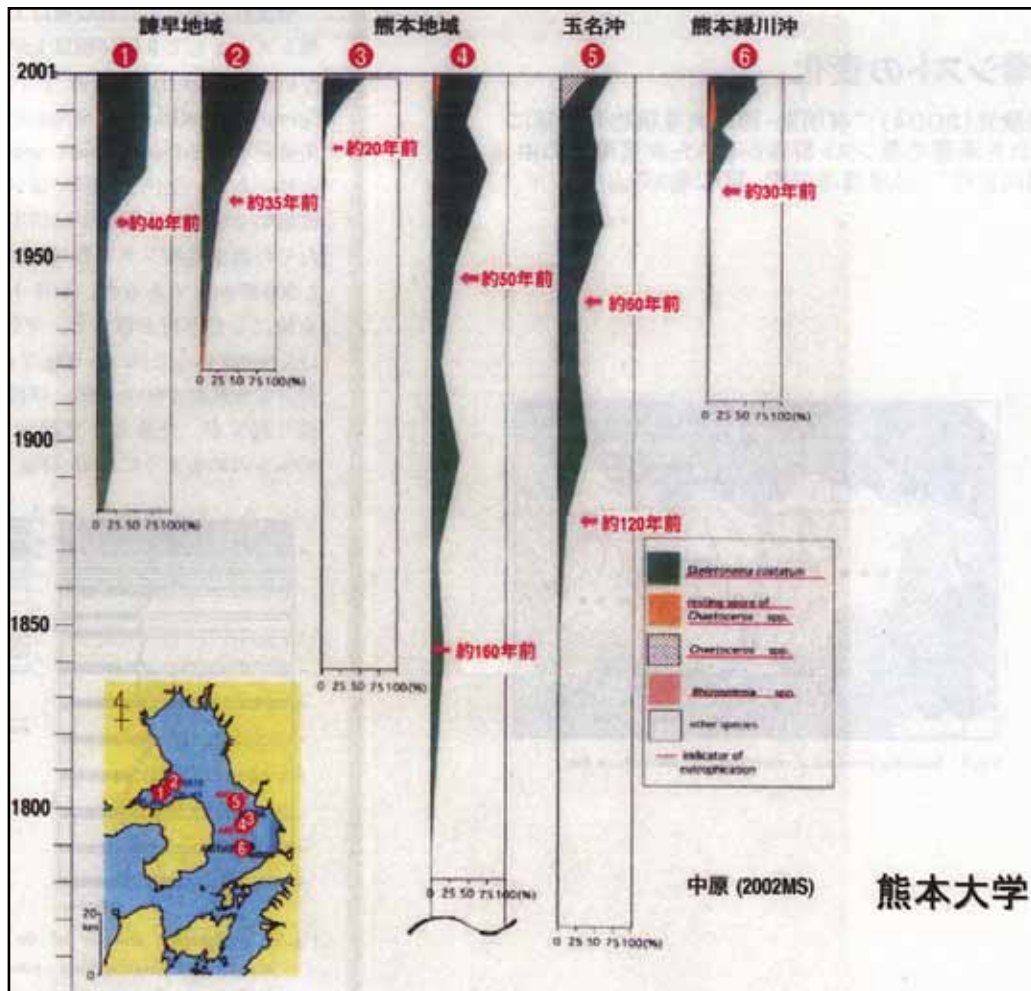
出典：「第 14 回有明海・八代海総合調査評価委員会」“有明海・八代海の底質環境について”
 [滝川委員発表資料]

図 3.8.7 水深分布面積比較図

表 3.8.1 水深分布面積の変化率

水深	変化率				
	昭和 44 年	昭和 62 年		平成 5 年	
	大正 12 年比	昭和 44 年比	大正 12 年比	昭和 62 年比	大正 12 年比
0m ~ 5m	-9.8%	-0.2%	-10.0%	-6.6%	-16.0%
5m ~ 10m	-2.9%	1.0%	-1.9%	-2.8%	-4.7%
10m ~ 20m	2.6%	-1.1%	1.5%	2.6%	4.1%
20m ~ 30m	10.0%	-0.6%	9.3%	17.7%	28.7%
30m ~ 40m	-3.7%	-0.7%	-4.4%	1.6%	-2.8%
40m ~	-8.9%	0.2%	-8.7%	-22.4%	-29.2%
有明海面積	-3.9%	-0.3%	-4.1%	-2.7%	-6.7%
経過年数	46 年	18 年	64 年	6 年	70 年

出典：「第 14 回有明海・八代海総合調査評価委員会」“有明海・八代海の底質環境について”
[滝川委員発表資料]

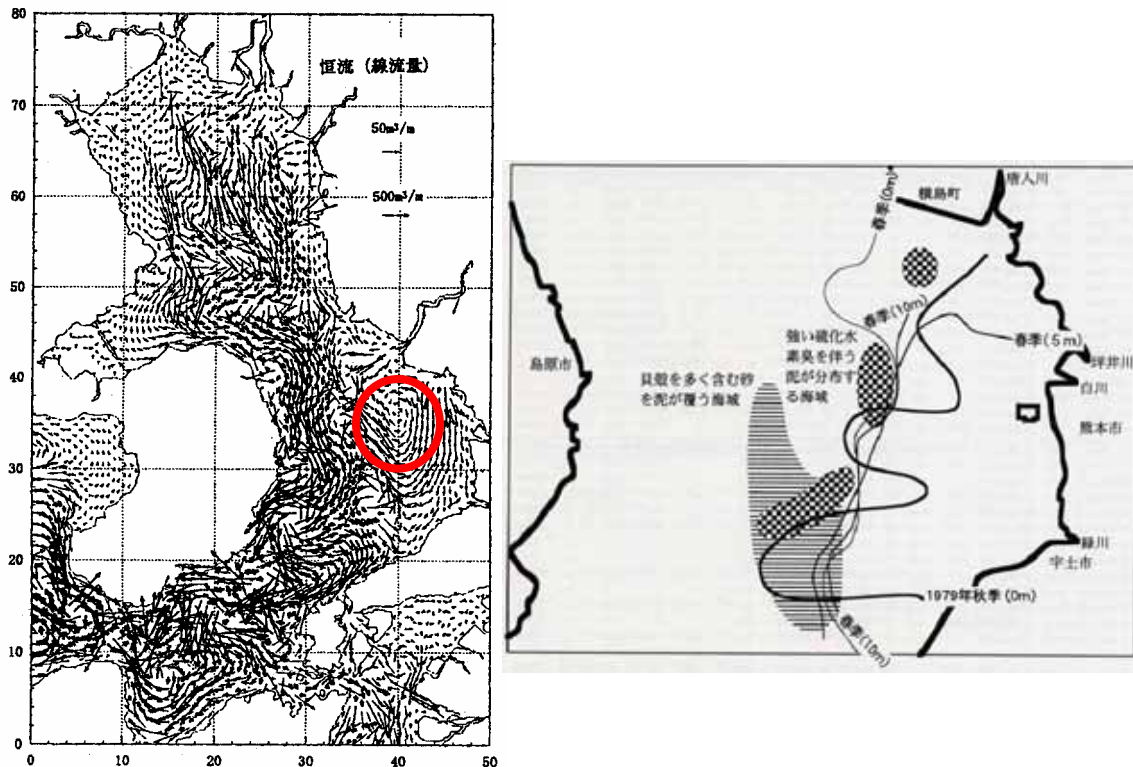


出典：「第 14 回有明海・八代海総合調査評価委員会」“有明海・八代海の底質環境について”
[滝川委員発表資料]

図 3.8.8 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

1) 熊本沖の底質環境

- ・白川や坪井川からの陸域起源の有機物が河川からの出水や潮汐によって、沖または北へ運ばれ、潮目の所で沈降し、熊本沖 10 km ぐらいの所で硫化水素臭を伴う泥が帯状に分布する。堆積層厚は 20mm ~ 30mm あり、ここの堆積速度が約 1mm/年程度といわれていることから、泥化は 20 ~ 30 年以前から進行していたことになる(図 3.8.9 参照)。

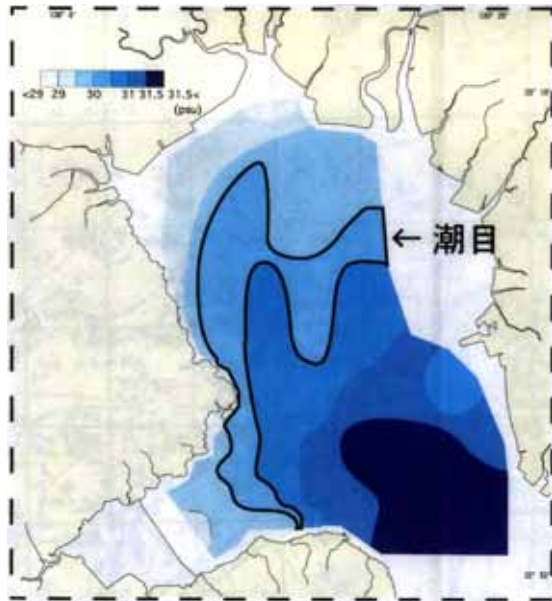


注) 右図の秋季、春季のラインは、各水深で観測された潮目(海水と淡水の境界)である。
 出典:「第14回有明海・八代海総合調査評価委員会」“有明海・八代海の底質環境について”
 [滝川委員発表資料]

図 3.8.9 熊本沖における渦流と硫化水素臭を伴う泥の分布

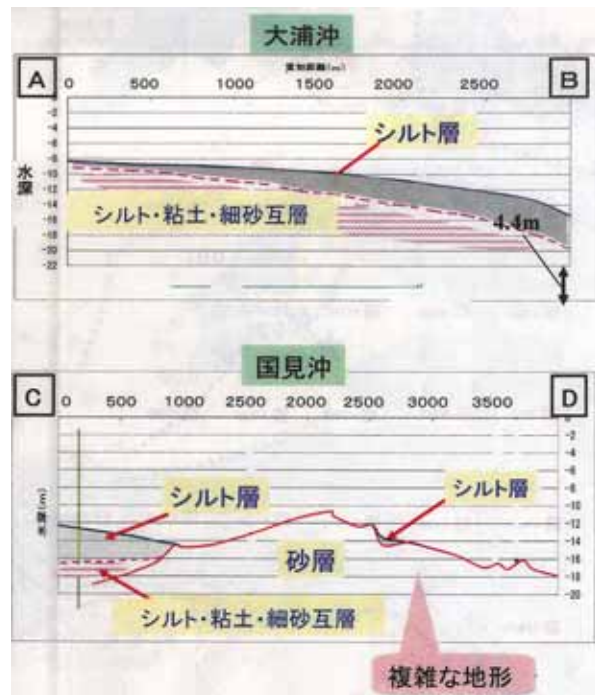
2) 大浦沖・諫早湾口の底質環境

- ・筑後川水系の表層懸濁物質(SS)が湾奥の方から流れ込んできて、大浦沖(諫早湾口の北側)の潮目が形成される場所を中心に沈降し、シルト層の底質を形成する。大浦沖には 1m ~ 4m にもなるシルト質の底泥が堆積している(図 3.8.10、図 3.8.11 参照)。



注) 長崎大学教育学部 東幹夫教授の資料より作成
 出典: 「第 14 回有明海・八代海総合調査評価委員会」
 “有明海・八代海の底質環境について” [滝川委員発表資料]

図 3.8.10 底層における塩分と水塊の分布

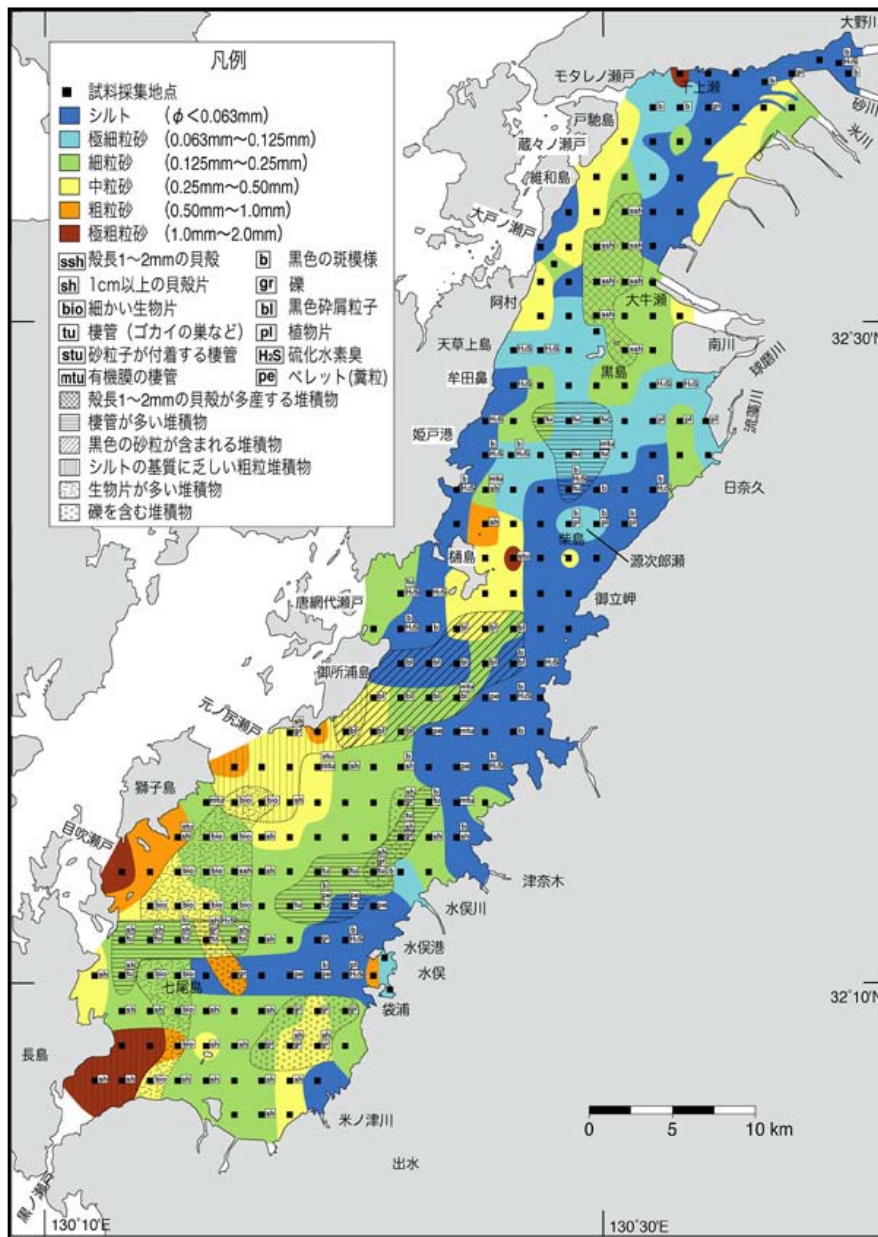


出典: 「第 14 回有明海・八代海総合調査評価委員会」“有明海・八代海の底質環境について”
 [滝川委員発表資料]

図 3.8.11 海底地形 (シルト層) の調査位置と調査結果

(2) 八代海の底質環境

- ・1980年代後半から湾奥でも赤潮が発生するようになり、その発生は季節を問わず、長期化する傾向にある。また、そのような湾奥は、貧酸素状態になりやすく、流れがよどみやすく、海底にシルト状の堆積物が分布する。
- ・八代海の海底表層での堆積物は、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 3.8.12参照）。

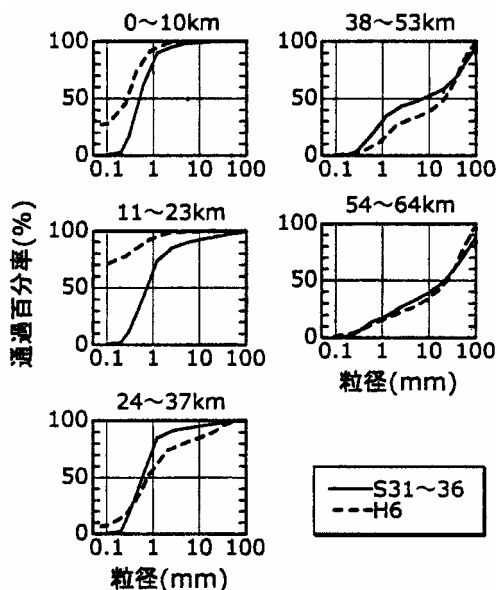


出典：「くちごこ」が観た八代海の風景」(NPO みらい有明・不知火)

図 3.8.12 八代海の表層堆積物の分布図

(3) 有明海の底質環境の変化要因

- ・1980年代以降泥化が進んだ原因の1つとして、筑後川水系等からの細砂、粗砂の流入が減少したことがあげられる(図3.8.13参照)。
- ・有明海全体を考えると、泥化は以前(熊本沖では、少なくとも20~30年前)より進行してきており、近年(1996年頃以降)の潮汐振幅の減少が底質の泥化に大きな影響を与えているとは考えにくい。
- ・赤潮の増大・大規模化あるいは貧酸素水塊の発生に伴い、底質の有機物・硫化物が増加している。
- ・赤潮によって増殖した植物プランクトン等が海底に沈降・堆積し、海底での分解過程で酸素を消費し、そこで貧酸素水塊が発生し、底質が嫌気的環境になるという悪循環に陥っている。
- ・底生生物の減少に伴い、底質の生物攪乱(バイオターベーション)が低下し、有機物の分解能力が低下してきている。
- ・河川流入水が河口や潮目で凝集・沈降し、潮流と浮泥との相互作用で泥化が進行する。
- ・底質の泥化・堆積により、流速・流量そのものが低下し、潮流の弱いところさらによどむ。
- ・海岸線の人工化によって、なぎさ線・干潟が喪失し、海岸線からの地下水や雨水など淡水浸透量が減少して、底質や生態系環境が変化している。
- ・内陸部の都市化・農薬使用等に伴い河川流入負荷の質と量が変化したことにより、底質が悪化(泥質化、汚泥化)してきている。
- ・ノリ養殖における酸処理剤の使用や施肥による海域への直接の負荷が水質・底質へ悪影響を及ぼしている。
- ・海砂利採取等により海底地形が変化してきている。



出典:「第14回有明海・八代海総合調査評価委員会」“有明海・八代海の底質環境について”[滝川委員発表資料]

図 3.8.13 セグメント別の平均粒度分布 (筑後川)

(4) 底質の改善 (持続的改善策)

定期的な維持管理を念頭におき、様々な改善工法を複合して実施することにより、目的に応じて海域環境を改善させ、その効果を持続させる。

具体的な持続的改善策

- ・ 栄養塩等の負荷の削減とそれらが沈降しないようにするための流況の改善、さらには沈降物の除去。
- ・ 好氣的な環境を創出するために好気微生物の活性、バイオターベーションの促進を図ることを目的とした対策の実施。
- ・ 浚渫、耕耘、作漥、覆砂、海底攪拌、海水交流等をその場の特性に応じて複合的に実施。
- ・ 海岸線の人工化や干潟の減少と底質の悪化が著しい干潟環境を対象になぎさ線を回復し、連続した地形、生態系を創生。

(5) 問題の概況、原因・要因・論点等の整理

上記の内容を踏まえ、底質環境に関する問題の概況、原因 / 要因・論点等の整理結果は表 3.8.2 に示すとおりである。

表 3.8.2 問題の概況、原因・要因、論点等の整理：底質環境

問題の概況	原因・要因として指摘されている事項	論点・課題
<p>< 有明海 > 底質が泥化の傾向にある。(湾奥部、湾中央部、筑後川沖、熊本沖(横島沖～白川・緑川沖)、諫早湾等) 底質の泥化傾向が高い湾奥西側、熊本沖等では、底質のCOD、硫化水素、有機物(強熱減量)等の値が増加している。 < 「底質の細粒化」には粒径が小さくなっている場合と有機物が増加している場合がある。 > 水深の海底面積の変化(大正12年～平成5年)をみると、水深0～5mの浅い部分と水深40m以上の深い部分が減少し、水深10～30mの部分が増え、全体的に平均化してきている。 海底堆積物の変化等から、有明海の富栄養化は40～50年前から始まっており、それに伴い底質の泥化も以前から進行してきている。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 河川の影響(筑後川水系等からの細砂、粗砂の流入の減少) ・ 潮流の減少 ・ 貧酸素水塊・赤潮の発生に伴う底質の有機物・硫化物の増加 ・ 底生生物の減少に伴う生物攪乱の低下による有機物分解能力の低下 ・ 河川流入水と潮流と浮泥との相互作用による陸域起源の有機物の凝集・沈降 ・ 海岸線の人工化によるなぎさ線・干潟の喪失 ・ 河川流入負荷の質・量の変化と海域への直接負荷 ・ 海砂採取等による海底地形の変化 	<p>底質の変化に大きな影響を与えているのは何か。(土砂の海域への流入経路や海域内での挙動の把握が重要) 河川からの土砂の流入はどのように変化してきているか。 泥化は以前(熊本沖では少なくとも20～30年前)から進行してきており、近年(1996年(平成8年以降)の潮汐振幅の減少が底質の泥化に大きな影響を与えているとは考えにくい。 定期的な維持管理を念頭におき、様々な具体的改善策を複合して実施することにより、目的に応じて海域環境を改善させ、その効果を持続させることが必要。</p>

3. 主な論点に関する議論の整理

3.1 問題点の概況、原因・要因・論点等の整理

3.2 水質（水温、塩分、COD、栄養塩、SS 及び透明度）の変化

3.3 河川の影響

3.4 汚濁負荷の変遷

3.5 藻場・干潟

3.6 潮流・潮汐

3.7 赤潮の発生

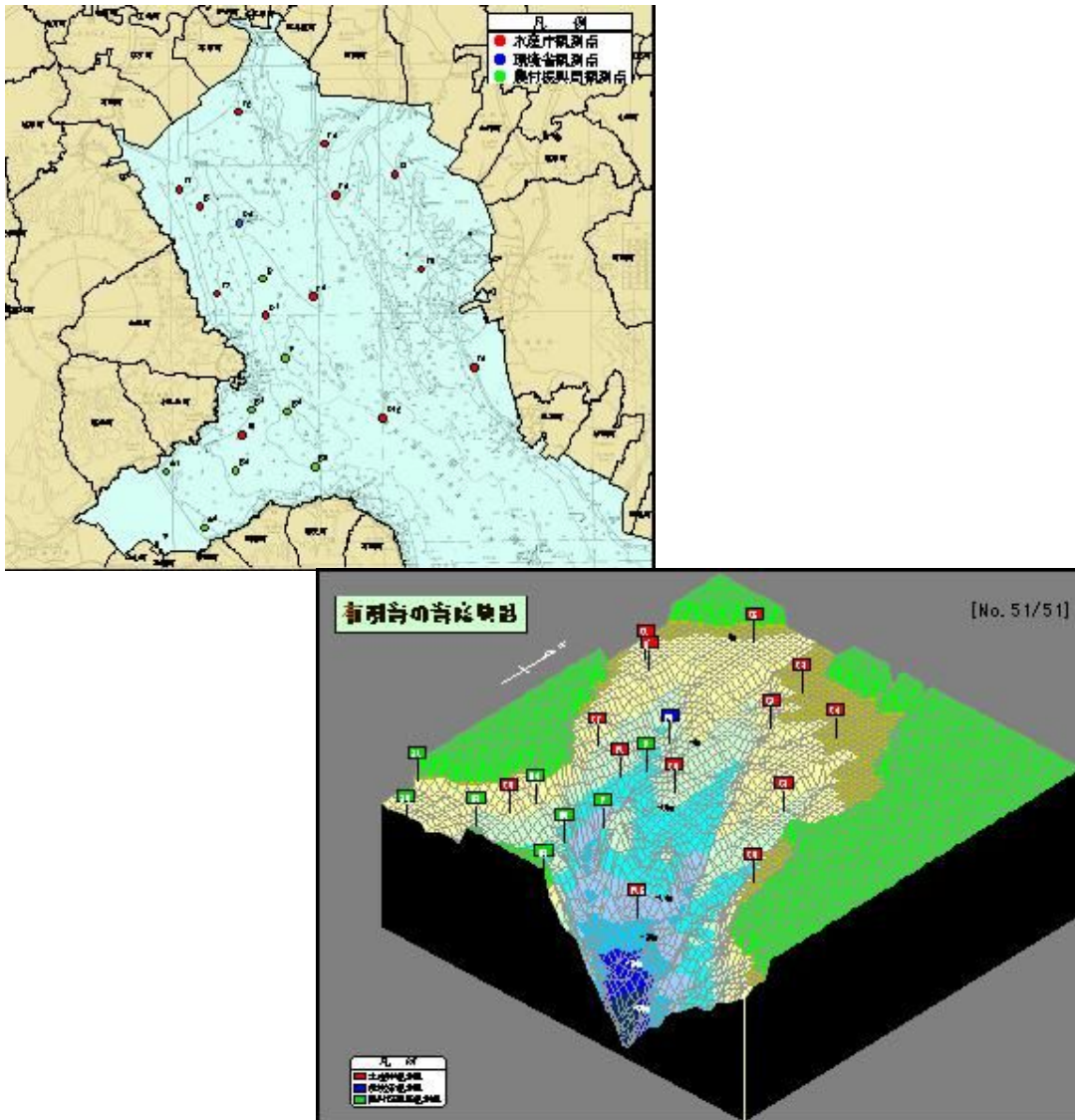
3.8 底質環境

3.9 貧酸素水塊の発生

(1) 貧酸素水塊の発生について

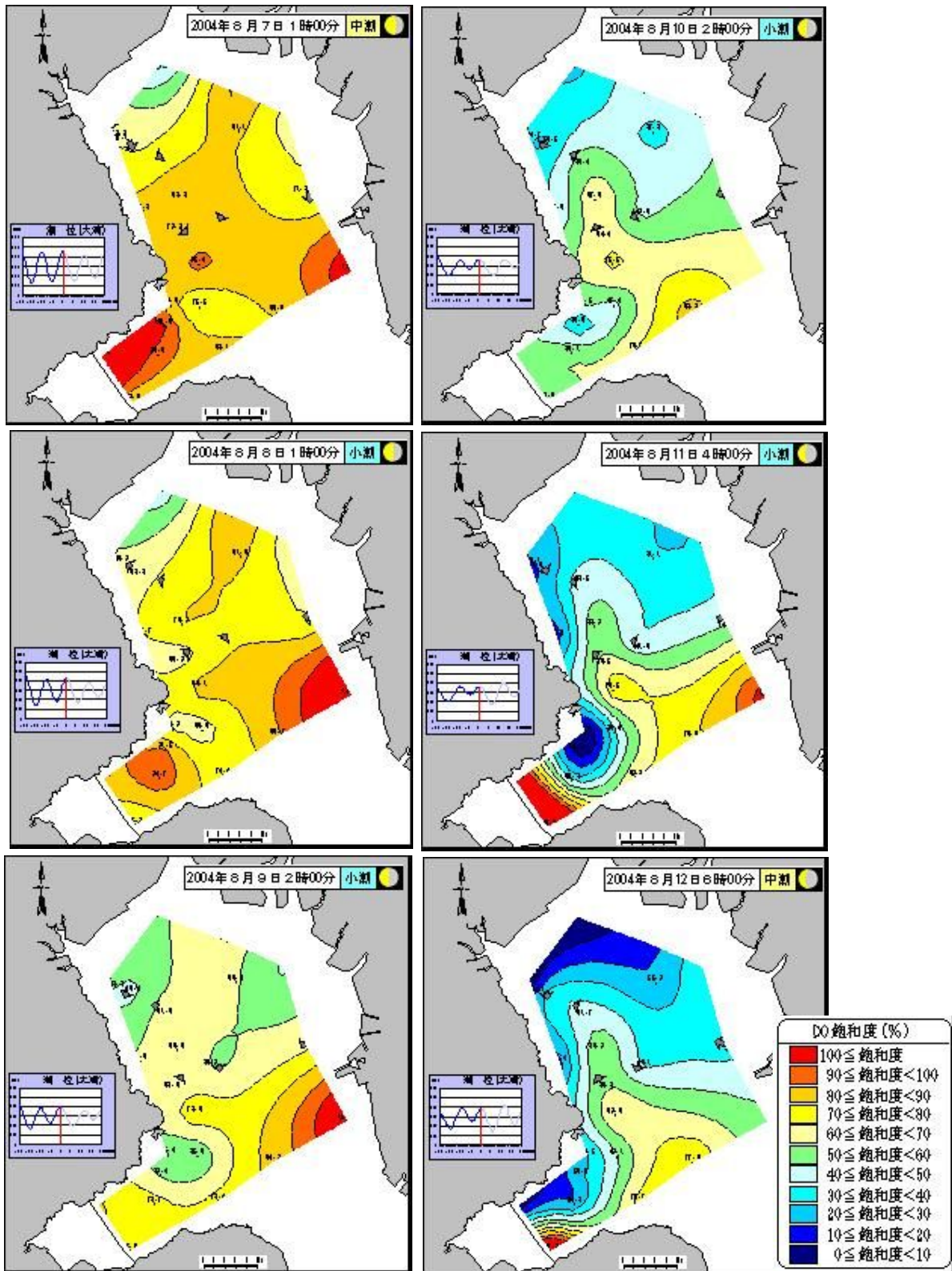
1) 平成 16 年度 有明海・八代海貧酸素水塊広域連続調査

平成 16 年度に農林水産省農村振興局・水産庁・環境省が連携して実施した広域連続観測の結果、有明海における貧酸素水塊は、湾奥西部の干潟縁辺域と諫早湾内で小潮時から中潮期間を中心に別々に発生し、潮汐により移動することがうかがえた（本結果は平成 15 年度も同様。）



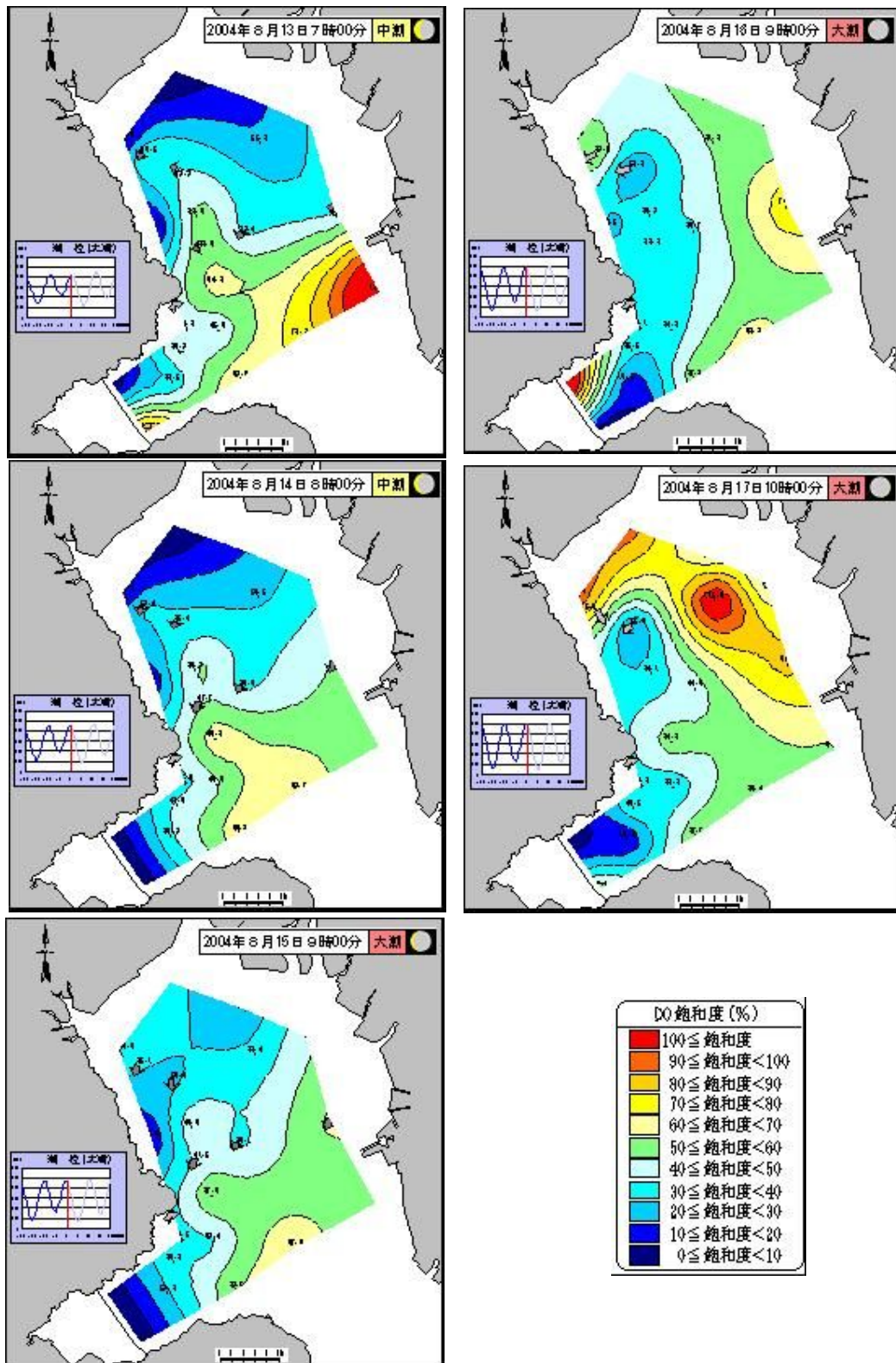
出典：「貧酸素水塊ワーキング」資料 - 6 平成 16 年度 有明海貧酸素水塊広域連続観測調査について”
[水産庁]

図 3.9.1 調査地点図：平成 16 年度 有明海・八代海貧酸素水塊広域連続調査



出典：「貧酸素水塊ワーキング」資料 - 6 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”
[水産庁]

図 3.9.2(1) 調査結果：2004 年(平成 16 年)8 月 7 日～12 日



出典：「貧酸素水塊ワーキング」資料 - 6 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”
[水産庁]

図 3.9.2(2) 調査結果：2004 年(平成 16 年)8 月 13 日～17 日

2) 貧酸素水塊の発生機構

ア) 湾奥部の干潟縁辺域（水深が浅い）

- ・潮汐による混合が大きい（気象の影響を受けやすい）。
- ・夏季に成層化した際の小潮時に流速が低下し、海水の移動・混合が減少すると、それに伴って赤潮の発生、底層の貧酸素状態が生じ、赤潮の終息で大量の有機物が底質に供給され、底質の還元状態が進行して、底泥・底層水の大きな酸素消費により急速に貧酸素化。さらに底生生物の斃死により一層の底質悪化と貧酸素化が進行し、ついには底層水が無酸素状態となる。

イ) 沖合域（水深 10m以深）

- ・潮汐の影響は浅海域ほど大きくない。
- ・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溶存酸素が低下して貧酸素化。
- ・台風などによる攪乱が起きるまで貧酸素化が持続。

ウ) 移流・拡散

- ・小潮時に浅海域で形成された貧酸素水塊は、潮汐の増大（小潮 中潮 大潮）に伴い、浅海域の底層水が干潟域に移流・混合し（満ち潮）その後の潮汐の移動に伴って沖合へ移流・拡散（引き潮）しているものと推察される。

I) 過去からの経年的な変化傾向

- ・1972年（昭和47年）から2002年（平成14年）までの佐賀県の浅海定線調査（大潮満潮時）による底層（海底上1m）の結果より、地点によっては7月のDO濃度が減少傾向にあるところもあるが、全体としては明確な増減傾向は見られなかった。これは、浅海定線調査が貧酸素水塊が発生しやすい小潮時ではなく、大潮時に行われていることも影響していると思われる。（資料編参照）
- ・過去からの継続的なデータは浅海定線調査の結果以外に他にないことから、別の視点から更なる検討を行うことは困難である。しかし、サルボウ貝の斃死など貝類漁獲量の減少傾向および有機物を底質に供給する赤潮の頻度・規模拡大傾向から見ると夏季の底質の還元状態が悪化傾向にあることが推察される。

（2）問題の概況、原因・要因・論点等の整理

上記内容を踏まえ、貧酸素水塊に関する問題の概況、原因／要因・論点等の整理結果は表 3.9.1に示すとおりである。

表 3.9.1 問題の概況、原因・要因、論点等の整理：水質の変化（貧酸素水塊）

	問題の概況	原因・要因として指摘されている事項	論点・課題
貧酸素水塊	<p><有明海> 近年、夏季の貧酸素水塊の発生について多くの報告がある。 一方、1970年代から貧酸素化減少が起こっていたとの報告もある。 平成16年度に実施した広域連続観測の結果、湾奥西部の干潟縁辺域と諫早湾内で小潮期から中潮期を中心に、貧酸素水塊が別々に発生し、潮汐によって移動することが伺えた。</p>	<p><湾奥部の干潟縁辺部> ・夏季に成層化した際の小潮時に流速が低下し、海水の移動・混合が減少すると赤潮の発生による大量の有機物の底質への供給により、底質の還元状態が進行。 ・底泥・底層水の大きな酸素消費により急速に貧酸素化。 ・さらに底生生物の瀕死により一層の底質悪化と貧酸素化が進行し、底層水が無酸素化状態となる。</p> <p><沖合(水深10m以深)> ・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溶存酸素が低下して貧酸素化。 ・台風などの気象の擾乱による海水の攪乱が起きるまで貧酸素状態が持続。</p>	<p>赤潮の増加に大きく寄与している原因は何か？ 富栄養化が進んできているか否か。（栄養塩の欄を参照） 赤潮の原因種により与える影響に差異があることを考慮し、区分した上での議論が必要。 過去に比べて貧酸素水塊が発生しやすくなっているか否かについて、昭和47年(1972年)から平成14年(2002年)の佐賀県の浅海定線調査の溶存酸素量の経年変化を検討したところ、全体としては明瞭な増加傾向は見られなかった。</p>

- 3. 主な論点に関する議論の整理
 - 3.1 問題点の概況、原因・要因・論点等の整理
 - 3.2 水質（水温、塩分、COD、栄養塩、SS 及び透明度）の変化
 - 3.3 河川の影響
 - 3.4 汚濁負荷の変遷
 - 3.5 藻場・干潟
 - 3.6 潮流・潮汐
 - 3.7 赤潮の発生
 - 3.8 底質環境
 - 3.9 貧酸素水塊の発生

3.10 底生生物

(1) 有明海の底生生物

- ・有明海の中部、南部までを調査した結果によると、諫早湾口から多以良 長洲フェリー航路沿いの横断線は、東岸寄りと西部の諫早湾口は泥底で、二枚貝シズクガイ、チヨノハナガイ、端脚類ではドロクダムシ科が多いが、中央部は細砂底、貝砂底で小型二枚貝類、スガメソコエビ科・クダオソコエビ科、メリタヨコエビ科、フトヒゲヨコエビ科、クチバシソコエビ科など、あるいは小型の十脚目のエビ、カニ、ヤドカリなど多様な中小甲殻類が出現する。
- ・島原半島南部と湯島、大矢野島を連ねる線以南は水深が深く、外海水が流入するため海水の流動が烈しく、海底は岩礁底、転石底、砂礫底、貝砂底になり、殻の重厚な大型、中型の貝類、オウギガニ科、コブシガニ科の中・小型カニ類や、クモガニ科、ワタリガニ科、ヒシガニ科の中・大型カニ類が出現する。

1) 有明海奥部の底質環境、底生生物の組成、個体数分布の10年間の変化

ア) 底表泥の属性

表 3.10.1に示すように、いずれの項目も2000年(平成12年)の調査時の方が微細泥化、富栄養化が進行していた。

表 3.10.1 底表泥の属性

項目	1989年(平成元年) 8~9月	2000年(平成12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

資料：1.古賀秀昭(1991):有明海北西海域の底質及び底生生物,佐賀有明水試験研報,13号, pp.57-79

2.大隈斉,江口泰蔵,河原逸朗,伊東史郎(2001):有明海湾奥部の底質及びマクロベントス,佐賀有明水試験研報,20号, pp.55-62

イ) マクロベントスの平均密度の変化

有明海北西部の底質環境と底生生物に関する調査地点は図 3.10.1、底層環境（中央粒径値 Md、泥分率、IL（強熱減量）、AVS（酸揮発性硫化物））の調査結果は図 3.10.2に示すとおりである。

底生生物の調査結果は図 3.10.3、図 3.10.4に示すとおりであり、マクロベントスの状況は以下のとおりである。

総マクロベントス

- ・平均密度の変化について、1989年（平成元年）夏季は3,947 個体/m²であったが、2000年（平成12年）夏季では1,690 個体/m²に減少した。全マクロベントス密度が5,000 個体/m²を越える地点数は、1989年（平成元年）夏季の15地点から2000年（平成12年）夏季には5地点に減少した。

二枚貝類

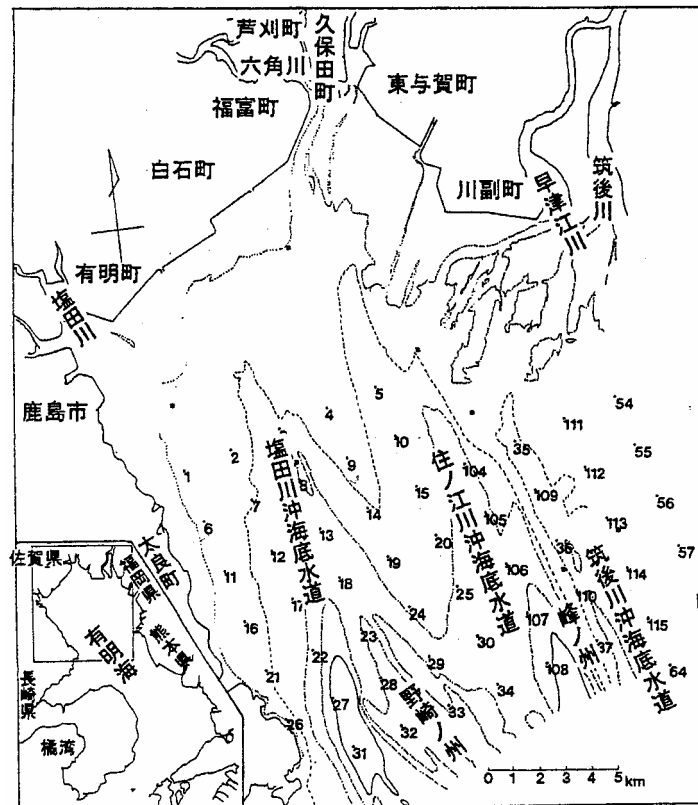
- ・全体的に減少しているが、特に住之江川沖海底水道で激減した。シズクガイは両年（1989年（平成元年）、2000年（平成12年））とも優占種のうちに含まれる。
- ・1989年（平成元年）夏季に最優占種であったチヨノハナガイは、2000年（平成12年）夏季にははるかに少なかった。
- ・2000年（平成12年）以降の環境省調査でも、シズクガイは貝類のうちもっとも優占するが、チヨノハナガイは有明海奥部でも熊本港周辺の泥底でも高密度で継続して出現することはなかった。

甲殻類

- ・種類数は少ない。
- ・1989年（平成元年）夏季に高密度だった端脚目のホソツツムシはそれ以降の調査時には少数で、ドロクダムシ科の *Corophium* sp. は湾奥の泥底で増加している。
- ・有明海湾奥部西寄りの地点では2001年（平成13年）夏季、単一種で12,000/m²を越える高密度を示したが（行政特別研究）、その後数年の調査ではそれほどの高密度には達していない。

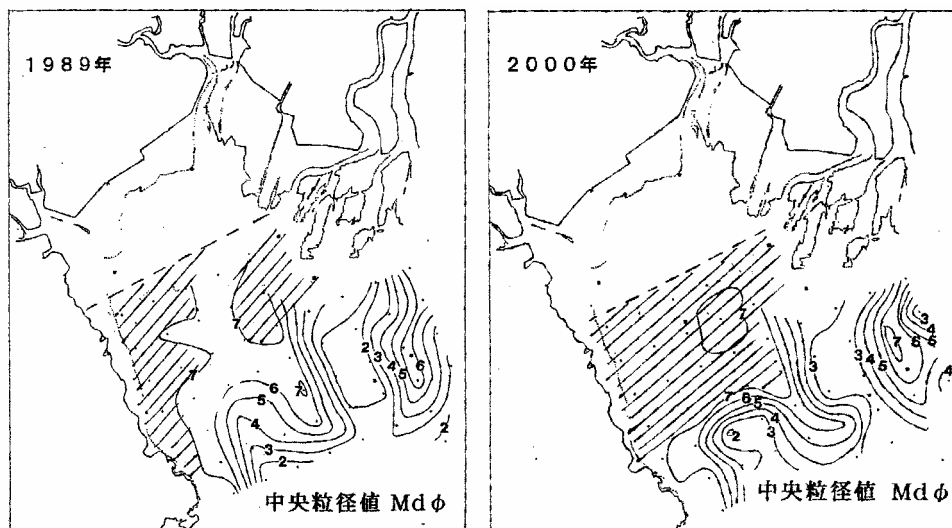
多毛類

- ・ダルマゴカイ、*Notomastus* sp. は減少し、ケンサキスピオ、カタマガリギボシイソメ *Scoletoma longifolia*（旧名 *Lumbrineris longifolia*）が増加傾向にある。



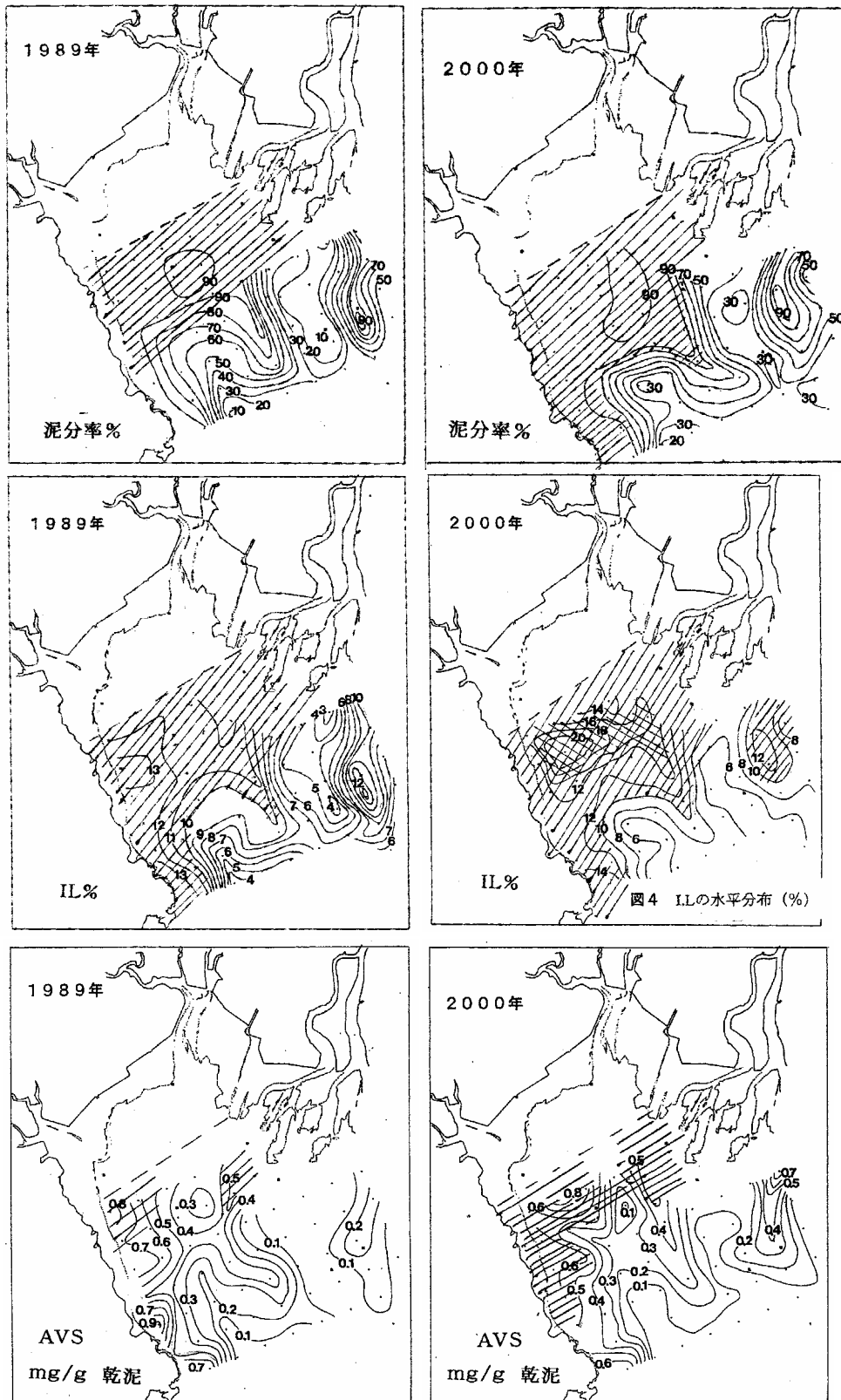
資料：1. 古賀秀昭(1991):有明海北西海域の底質及び底生生物, 佐賀有明水試験研報, 13号, pp.57-79
 2. 大隈斉, 江口泰蔵, 河原逸朗, 伊東史郎(2001):有明海湾奥部の底質及びマクロベントス, 佐賀有明水試験研報, 20号, pp.55-62

図 3.10.1 調査地点：有明海北西部の底質環境と底生動物



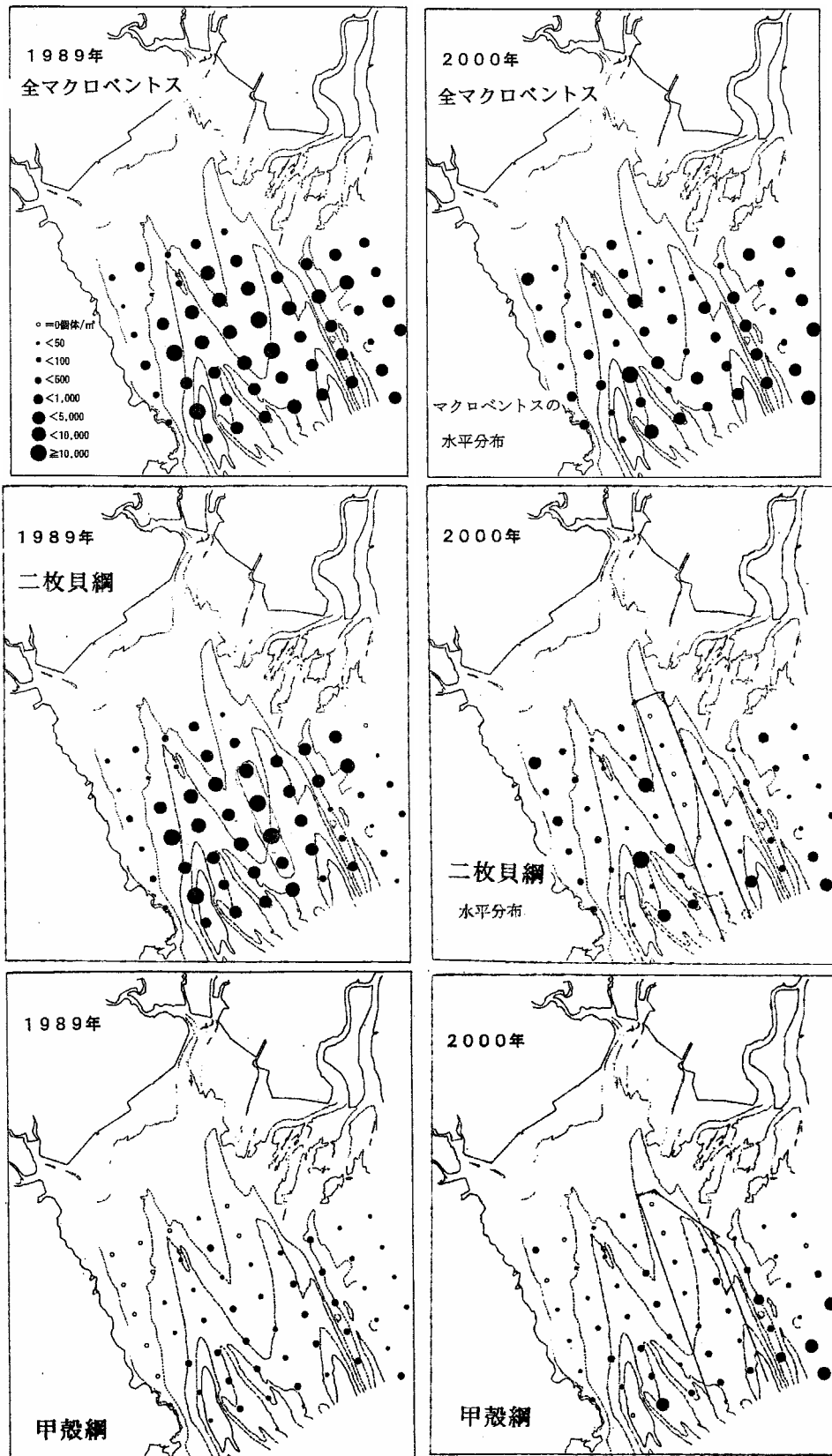
資料：1. 古賀秀昭(1991):有明海北西海域の底質及び底生生物, 佐賀有明水試験研報, 13号, pp.57-79
 2. 大隈斉, 江口泰蔵, 河原逸朗, 伊東史郎(2001):有明海湾奥部の底質及びマクロベントス, 佐賀有明水試験研報, 20号, pp.55-62

図 3.10.2(1) 有明海北西部の底質環境調査結果 (中央粒径値 $Md\phi$)



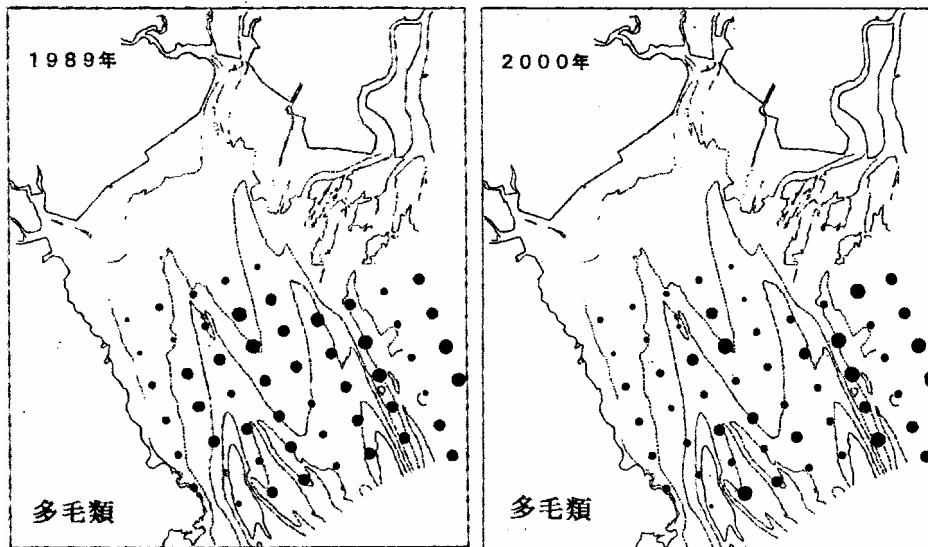
資料：1. 古賀秀昭(1991)：有明海北西海域の底質及び底生生物，佐賀有明水試験研報，13号，pp.57-79
 2. 大隈斉，江口泰蔵，河原逸朗，伊東史郎(2001)：有明海湾奥部の底質及びマクロベントス，佐賀有明水試験研報，20号，pp.55-62

図 3.10.2(2) 有明海北西部の底質環境調査結果 (泥分率、IL、AVS)



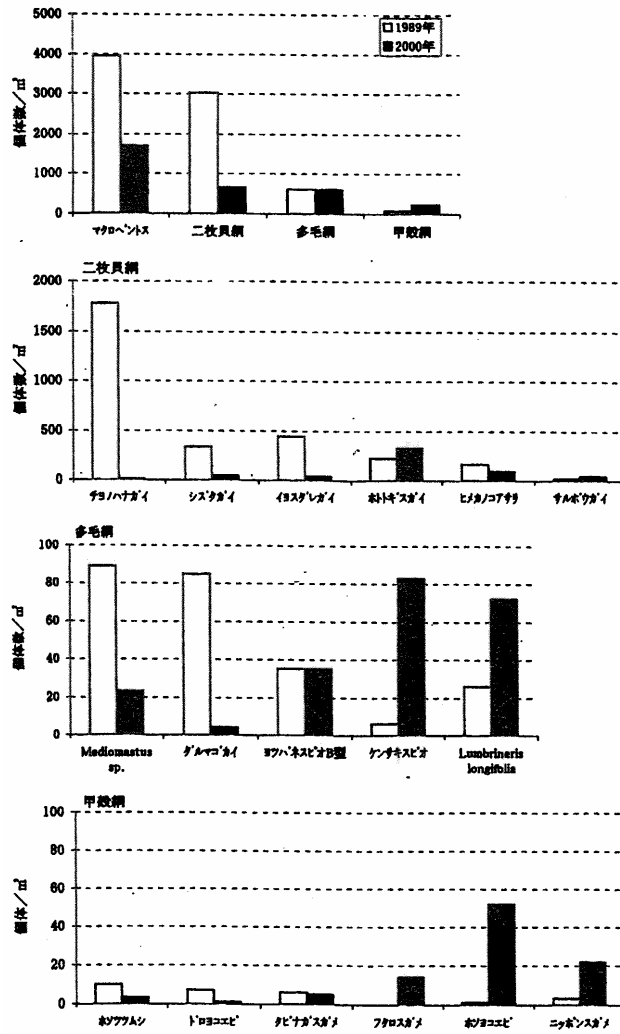
資料：1. 古賀秀昭(1991)：有明海北西海域の底質及び底生生物，佐賀有明水試験研報，13号，pp.57-79
 2. 大隈斉，江口泰蔵，河原逸朗，伊東史郎(2001)：有明海湾奥部の底質及びマクロベントス，佐賀有明水試験研報，20号，pp.55-62

図 3.10.3(1) 有明海北西部の底生動物調査結果(マクロベントス、二枚貝綱、甲殻綱)



資料：1. 古賀秀昭(1991):有明海北西海域の底質及び底生生物, 佐賀有明水試験研報, 13号, pp.57-79
 2. 大隈斉, 江口泰蔵, 河原逸朗, 伊東史郎(2001):有明海湾奥部の底質及びマクロベントス, 佐賀有明水試験研報, 20号, pp.55-62

図 3.10.3(2) 有明海北西部の底生動物調査結果(多毛類)

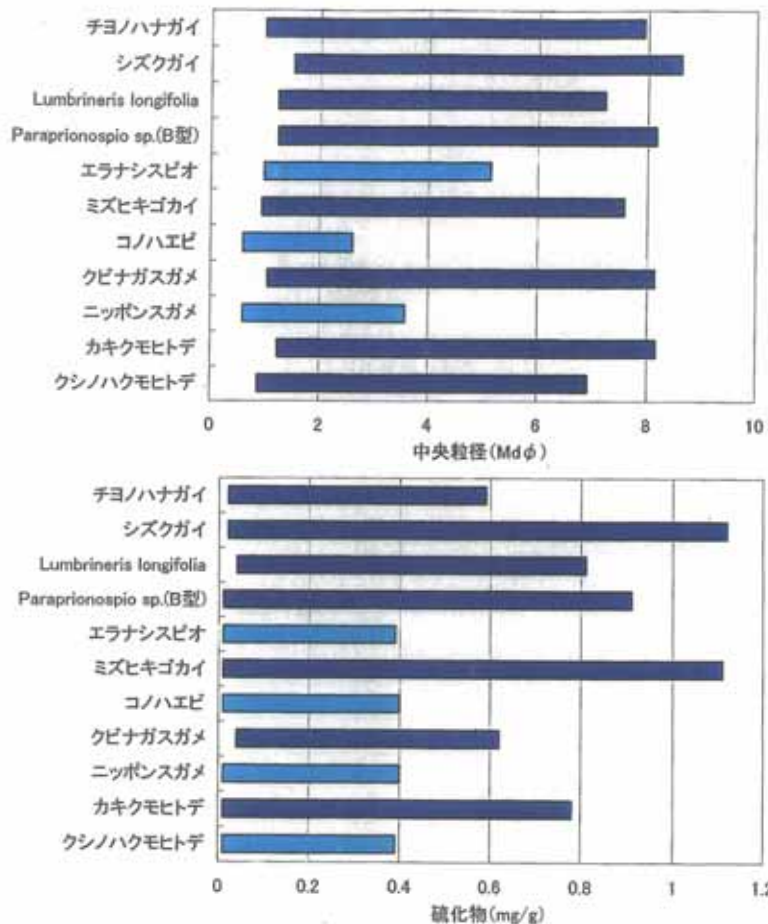


- 資料：1. 古賀秀昭(1991):有明海北西海域の底質及び底生生物, 佐賀有明水試験研報, 13号, pp.57-79
 2. 大隈斉, 江口泰蔵, 河原逸朗, 伊東史郎(2001):有明海湾奥部の底質及びマクロベントス, 佐賀有明水試験研報, 20号, pp.55-62

図 3.10.4 マクロベントス個体数地点平均の比較

2) 堆積物底の底生生物の環境指標性

- ・泥底、砂泥底に棲む底生生物の環境適合性について、調査各地点の表層堆積物の中央粒径値 Md と、AVS 法により測定した硫化物量 (mg/g 乾泥) を指標生物となりそうな二枚貝 (チヨノハナガイ、シズクガイ)、多毛類 (カタマガリギボシイソメ、ヨツバネスピオ B 型、エラナシスピオ、ミズヒキゴカイ)、甲殻類 (コノハエビ、クビナガスガメ、ニッポンスガメ)、棘皮動物クモヒトデ綱 (カキクモヒトデ、クシノハクモヒトデ) について、有明海における上記種の出現範囲を各環境軸に対する出現数をプロットして検討した。中央粒径値 Md は大部分の種が 1~7 に分布するのに対し、エラナシスピオ (1~5)、コノハエビ (0.5~2.5)、ニッポンスガメ (0.5~3.5) は生息域をより狭く制限されていた (図 3.10.5 参照)。
- ・硫化物濃度範囲については、シズクガイ、ミズヒキゴカイの両種は (0~1.1mg/g 乾泥) ともっとも対 AVS 耐性が強く次いで耐性が強いのはヨツバネスピオ B 型 (0~0.9mg/g 乾泥) クビナガスガメとチヨノハナガイはそれより弱く (0~0.6mg/g 乾泥)、もっとも耐性が弱いのは、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の 4 種でいずれも (0~0.4mg/g 乾泥) にしか分布していなかった (図 3.10.5 参照)。

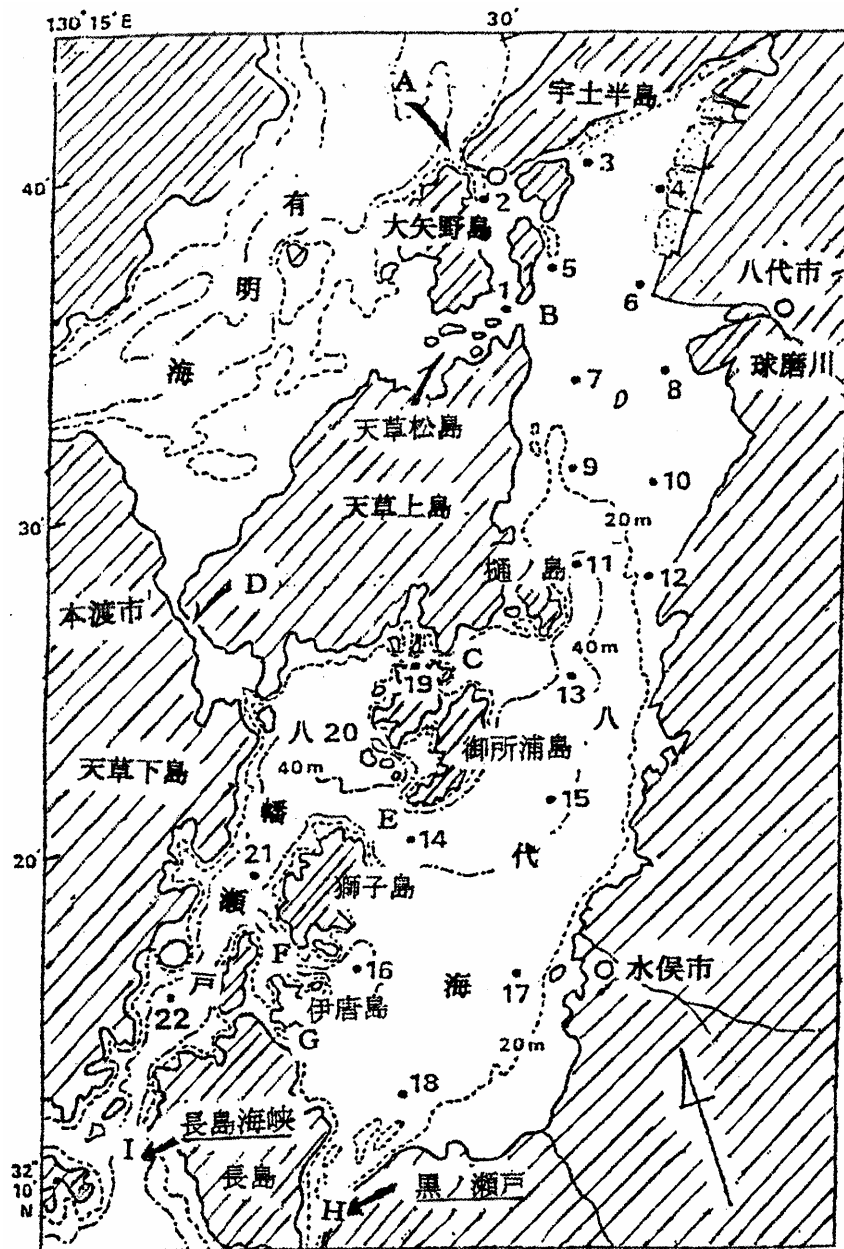


出典：「第14回有明海・八代海総合調査評価委員会」“有明海・八代海における底生生物について”
[菊池臨時委員発表資料]

図 3.10.5 指標種の生息域における粒度組成(Mdφ)と硫化物の範囲

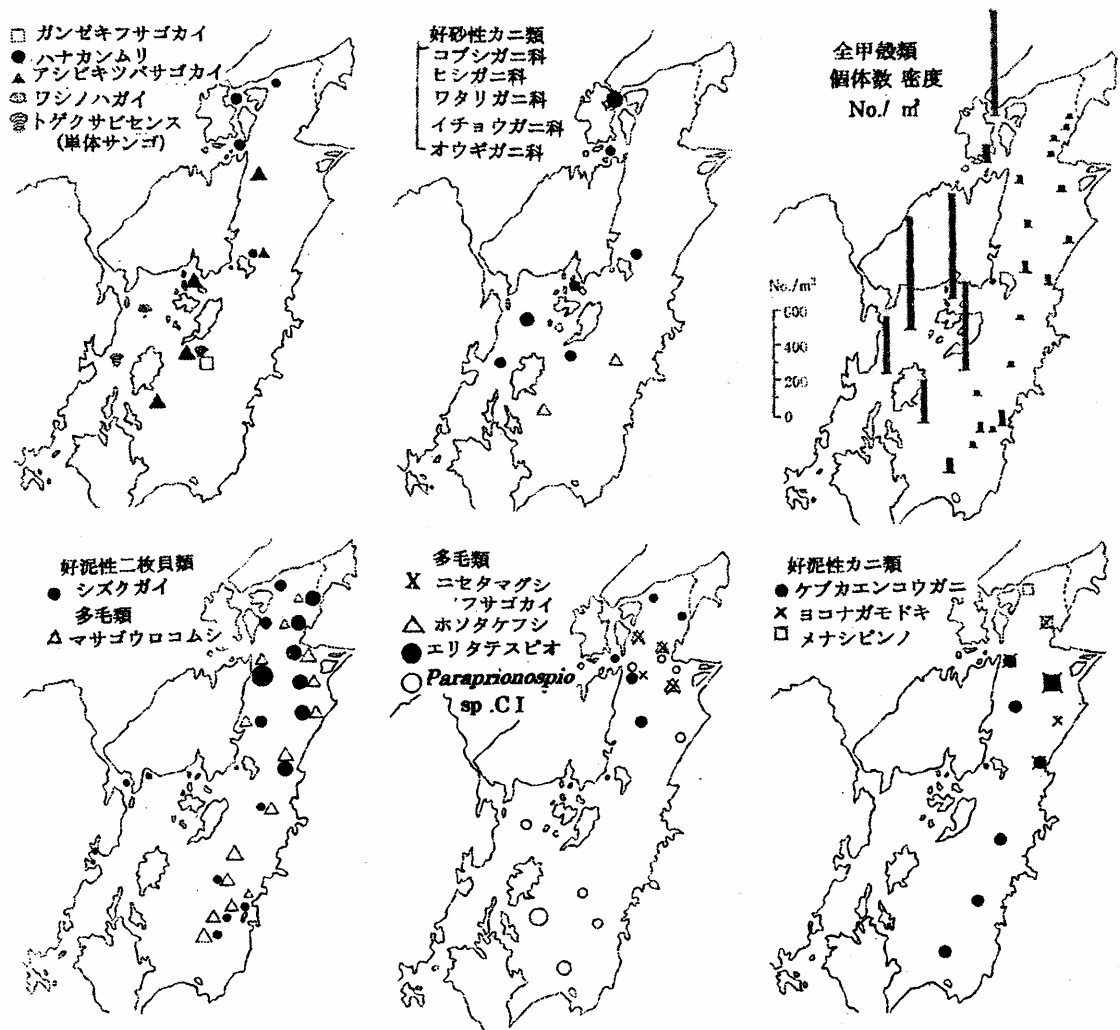
(2) 八代海の底生動物

- ・八代海の特徴は有明海との間は極狭い水道（瀬戸）でつながるが水の交流は少なく、外海との交流は南方の長島海峡と黒ノ瀬戸の二つの海峡を通じて行われる（図 3.10.6参照）。
- ・海域の中央を南北に島嶼群が並び、長島海峡を通り天草下島と島嶼群の間は海水の流動が烈しく、海底は砂底あるいは岩礫底で、ワシノハガイ、スダレモシオガイなどの重厚な殻の二枚貝、カニ類やヨコエビ類などの甲殻類が多い（図 3.10.7参照）。
- ・外海水は島嶼群の間の瀬戸を通過して九州本土との間の八代海主部に流入流出する。主部のうち宇土半島と八代干拓、天草上島に囲われた奥部は水深 20m 以浅の浅い軟泥底で、シズクガイ、ニセタマグシフサゴカイ、ホソタケフシゴカイ、エリタテスピオ、ケブカエンコウガニなどが普通で、南部は水深 30～50m の泥底で、ヨツバナスピオ C 型、マサゴウロコムシ、ケブカエンコウガニなどが分布するが個体数、生物量とも低い（図 3.10.7参照）。



出典：「第14回有明海・八代海総合調査評価委員会」“有明海・八代海における底生生物について”
 [菊池臨時委員発表資料]

図 3.10.6 八代海の地名、水深、調査測点図



出典：「第14回有明海・八代海総合調査評価委員会」“有明海・八代海における底生生物について”
 [菊池臨時委員発表資料]

図 3.10.7 砂礫底を好んで生育する多毛類、二枚貝ワシノハガイ、全甲殻類の密度分布 (菊池, 1983)

< 八代海における稀少種の新分布確認 >

- ・最近の調査によって、有明海特産種または大陸沿岸性遺存種とされていた底生生物の多くが八代海最奥部の河口干潟にも生息していることが確認された。有明海特産として数年前に新種であることが確認されたシカメガキも八代海最奥部河口域で発見された。
- ・諫早湾干潟を基産地として三十数年前にトゲイカリナマコの巣穴に共生する種として記載され、諫早湾外で近年 2 例だけ確認されたアリアケヤワラガニ、75 年前天草下島の干潟でトゲイカリナマコと共生する新種として報告されながら、数十年正式の採捕記録がなく基産地はすでに埋め立てられているため絶滅が危惧されていたヒナノズキン（二枚貝、ウロコガイ科）が、共に八代干潟でトゲイカリナマコの坑道内で宿主の体表に付着しているのが複数例発見されている。

(3) 問題の概況、原因・要因・論点等の整理

上記の内容を踏まえ、底生動物に関する問題の概況、原因 / 要因・論点等の整理結果は表 3.10.2 に示すとおりである。

表 3.10.2 問題の概況、原因・要因、論点等の整理：底生生物

問題の概況	原因・要因として指摘されている事項	論点・課題
<p>< 有明海 > 1989 年 8 ~ 9 月の調査と 2000 年 9 月の調査結果を比較したところ、以下のような変化が明らかとなった。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・総マクロベントスの平均密度が減少した。 ・二枚貝類：全体的に減少したが、特に住之江川沖海底水道で激減した。 ・甲殻類：トコガムシ科の <i>Corophium</i> sp. が増加した。 ・多毛類：種の入れ代わりがみられた。 ・環境指標性生物：生息域がより狭く制限された。 	<ul style="list-style-type: none"> ・底質の微細泥化 ・底質の富栄養化 ・貧酸素の影響 	<p>減少の原因をさらに検討するためには、ベントスの数、種の経年的な変化をより明らかにすることが必要。</p> <p>指標生物、希少種等についても考慮し、生物多様性の減少に関する検討も必要。</p>
<p>< 八代海 > ・有明海特産とされていた希少種の分布が新たに確認された。</p>		

3. 主な論点に関する議論の整理(各論点の解明・未解明な内容の整理)

3.1 問題点の概況、原因・要因・論点等の整理

3.2 水質(水温、塩分、COD、栄養塩、SS及び透明度)の変化

3.3 河川の影響

3.4 汚濁負荷の変遷

3.5 藻場・干潟

3.6 潮流・潮汐

3.7 赤潮の発生

3.8 底質環境

3.9 貧酸素水塊の発生

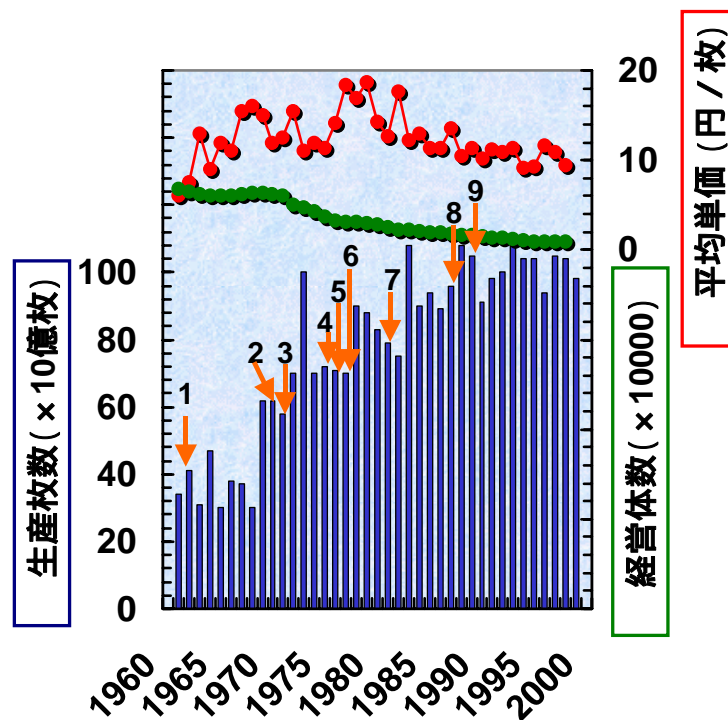
3.10 底生生物

3.11 水産資源

(1) ノリ養殖

- ・人工採苗技術を始めとするノリ養殖技術の進歩により、ノリ養殖生産量は1960年代と比較すると現在では2~3倍多くなっている。(図 3.11.1参照)
- ・養殖漁場におけるノリの生長要因は以下のとおりである。
 - 流れ：20cm/sec 程度
 - 波浪：風波浪階級2以下(波高0.1~0.5m)で養殖継続限界
 - 光：採苗・育苗期で3,000~8,000lux、育成期で7,000~12,000lux
 - 濁り：SS 10mg/L以下が良
 - COD：2mg/L以下が望ましい
 - 栄養塩：平均流速10~30cm/secでDIN 5~7 μ g-at/L(全窒素70~100 μ g/L) リン7~14.3 μ g/L
 - 塩分：採苗期28~34(最低20)、育苗期25~35(最低18)、育成期22~33(最低18)
- ・東京湾におけるノリの不成立経過は表 3.11.1に示すとおりである。質・量が最高になるのはNH₄-Nが50~100 μ g/L、CODが1.5~2mg/Lの時であり、病害の兆しが現れるのはNH₄-Nが300~600 μ g/L、CODが2mg/Lの時である。
- ・ノリの主な病気は表 3.11.2に示すとおりである。ノリの主な病気としては、赤ぐされ病、壺状菌病、スミノリ、色落ち等がある。
- ・有明海でのノリ柵数は、昭和40年代後半にピークがあり、以後減少している。(図 3.11.2参照)
- ・佐賀県のノリ生産量及び柵数等の推移(図 3.11.3参照)をみると、経営体数、柵数ともほとんど伸びていないが、生産技術の改良により生産量は伸びている。最近の不作の年度をみると、平成8年度は赤ぐされ病、平成12年度は色落ち(大型珪藻 *Rhizosolenia imbricata*の赤潮が原因)によるものがある。
- ・佐賀県海域の10~12月、1月~3月の水温の年変動をみると、水温は上昇傾向であり、秋芽網期生産と水温、塩分との関係をみると、水温が低く、塩分が高い方が生産量が多くなる。(図 3.11.4参照)
- ・酸処理剤は、アオノリ、珪藻、赤ぐされ病菌、付着細菌などの駆除に用いられ、pHは最近では2.1~3となっている。酸としては有機酸(クエン酸、りんご酸、乳酸、酢酸等)が主成分であり、添加剤としてノリの栄養物質であるアミノ酸、リン酸塩等が含まれている。酸処理剤の散布等の方法は支柱式では4~5分の浸漬、べた流しでは船で連続的に散布する。
- ・酸処理剤による負荷量(平成13年)について、使用量は2,358トンであり、COD、T-N及びT-Pの負荷量はそれぞれ、708トン、30トン及び82トンである。陸域からの負荷量は国調費グループの試算した結果によると、COD、T-N及びT-Pの

- 負荷量はそれぞれ、104,894 トン、28,624 トン及び3,841 トンである。
- ・養殖ノリによる有明海からの炭素、窒素及び燐の取り上げ量（平成 13 年）はそれぞれ、5,947 トン、937 トン及び 103 トンである。
 - ・酸処理剤の分解について、1 万倍の希釈液で 2～10 日で分解される。処理網の海域への展開で、3～5 分後には pH8 に回復する。予測計算値として 25ppm（4 万倍希釈）範囲は表層のみで、3 分 31 秒後には消滅。5ppm（20 万倍希釈）範囲は 5 分 40 秒後に消滅する。
 - ・酸処理剤の海底泥への移行について、5 万倍希釈液（20ppm）を 30 分、6 時間接触させた場合は検出不可であった。2 万倍希釈液（50ppm）より高い濃度で 6 時間接触させた場合は微量のクエン酸が検出された。4 千倍希釈液（250ppm）より高い濃度で 6 時間接触させた場合、乳酸が検出された。
 - ・酸処理剤と生物の関係について、アサリは 5 万倍希釈液（20ppm）に 6 時間でも影響はなく、アサリの浮遊幼生半数致死量は 200～400ppm（24 時間）である。



注) グラフ上の矢印の番号は以下の事象と対応する。
 1.人工採苗技術、2.海苔網冷凍保存技術、3.べた（浮き）流し式養殖、4.網ヒビ養殖技術、
 5.多収性品種、6.計画生産、7.大型全自動海苔製造器、8.協業経営、9.酸処理技術
 出典：「第6回有明海・八代海総合調査評価委員会」資料-2 有明海の家苔養殖 [鬼頭委員(当時)発表資料]

図 3.11.1 ノリ養殖生産の推移

表 3.11.1 東京湾におけるノリの不成立経過

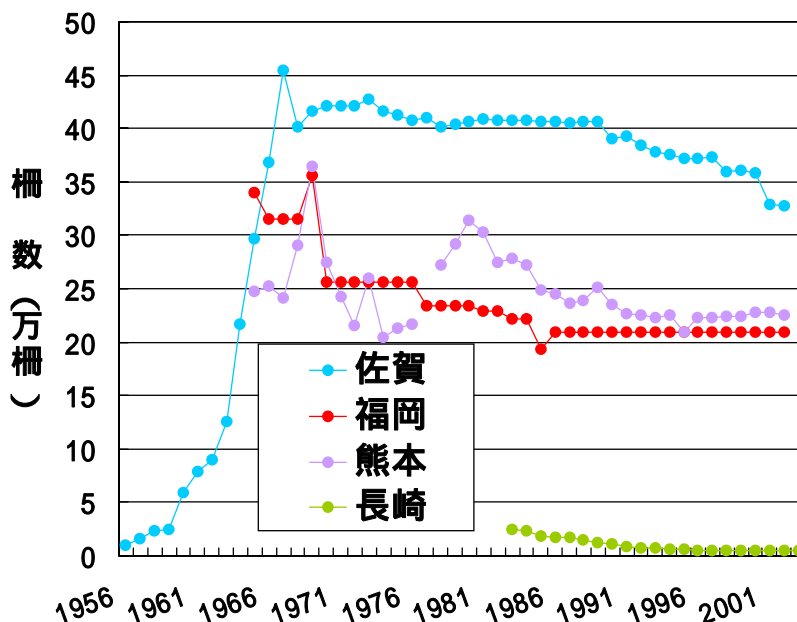
項目	NH ₄ -N (μg/L)	COD (ppm)
養殖成立	trace	<1
質・量最高	50 ~ 100	1.5 ~ 2
病害の兆し 質・量低下	300 ~ 600	2
養殖中止	>1000	3

出典：「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”
[鬼頭委員(当時)発表資料]

表 3.11.2 ノリの主な病気

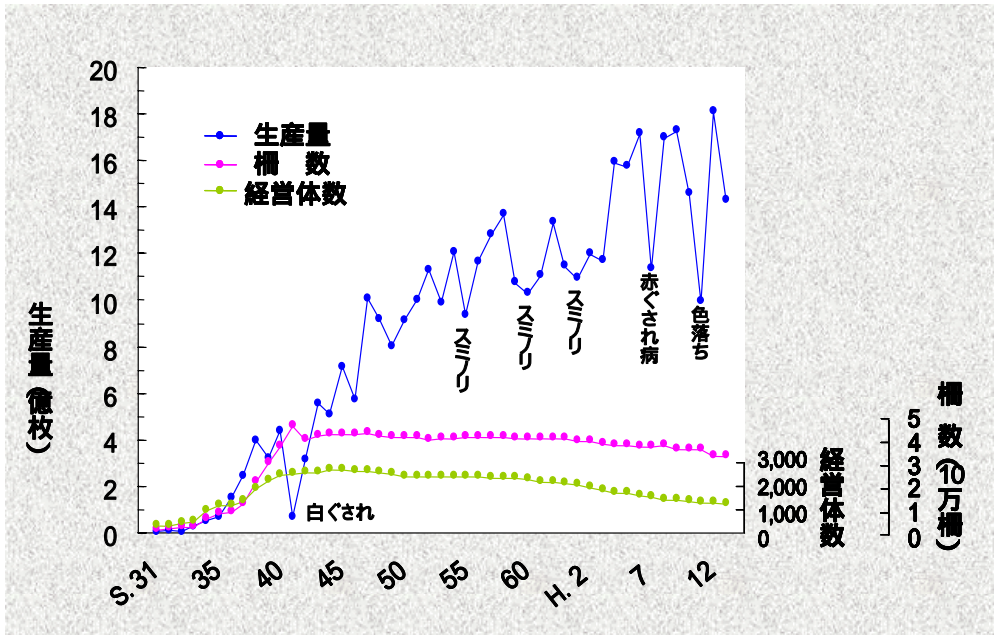
病名	原因	対処
赤ぐされ病	菌類の1種	摘み取り、高吊り
壺状菌病	菌類の1種	(酸処理) 入庫
スミノリ	針状細菌	酸処理
色落ち	植物プランクトン	
バリカン	淡水その他海洋条件	
アオノリ	緑藻の混生	酸処理

出典：「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”
[鬼頭委員(当時)発表資料]



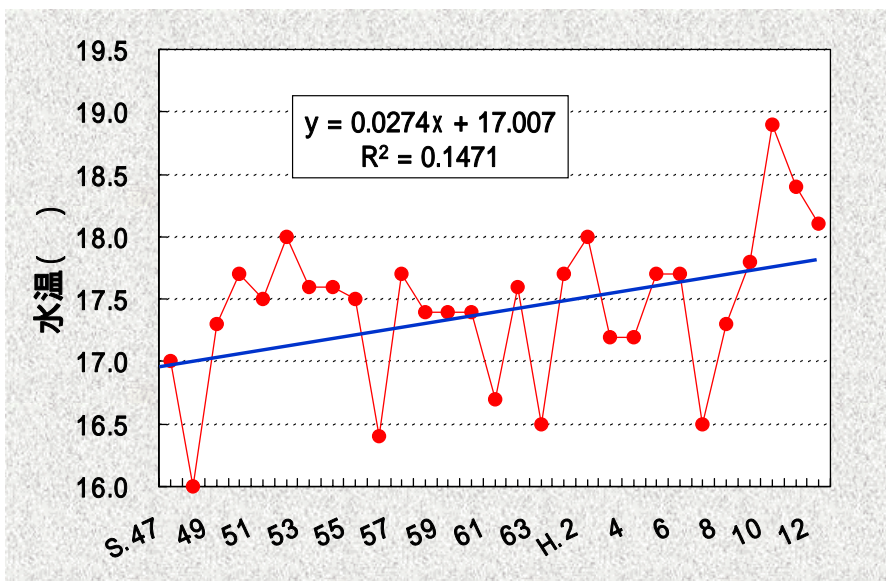
出典：「第6回有明海・八代海総合調査評価委員会」“資料-2 有明海の海苔養殖”
[鬼頭委員(当時)発表資料]

図 3.11.2 有明海のノリ柵数



出典：「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”
[鬼頭委員(当時)発表資料]

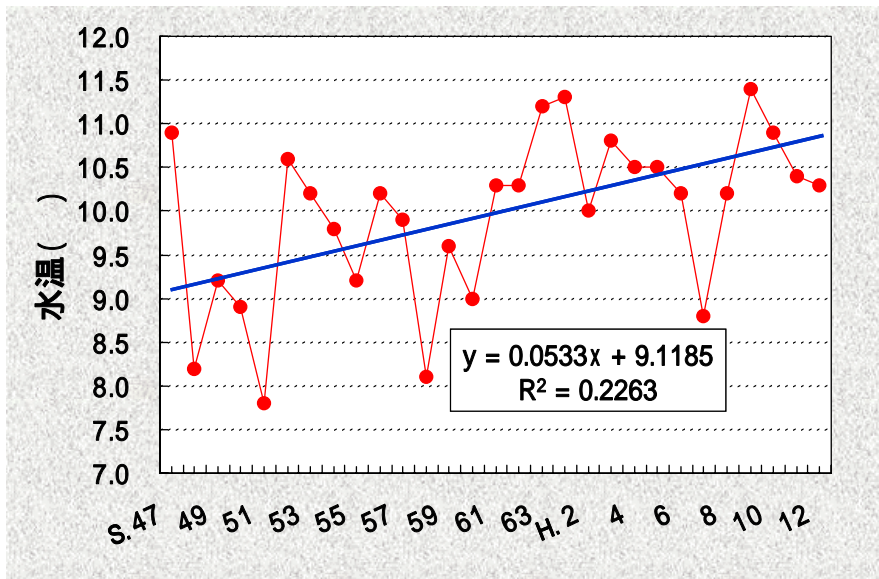
図 3.11.3 佐賀県のノリ生産量及び柵数等の推移（養殖年度）



注) 早津江川観測塔における昼間満潮時の平均水温である。

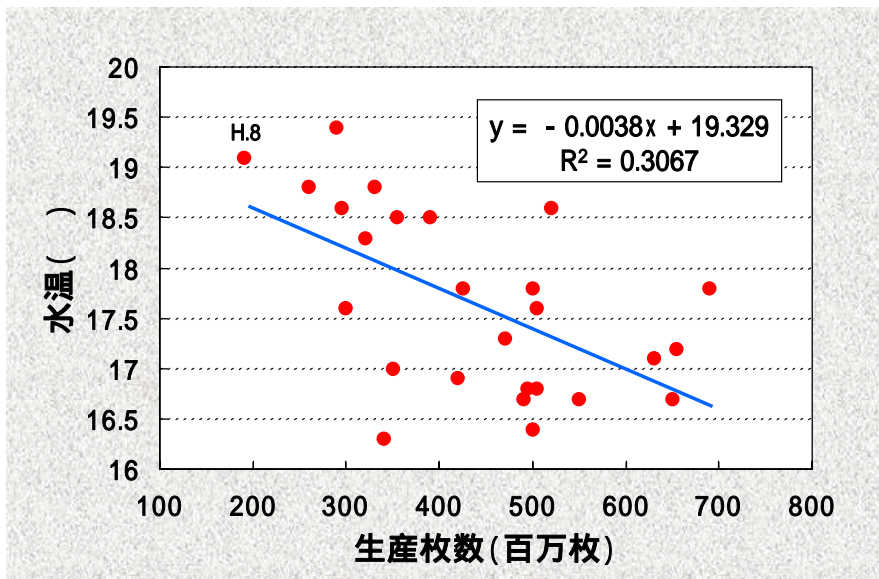
出典：「第6回有明海・八代海総合調査評価委員会」“資料-2 有明海の高苔養殖”
[鬼頭委員(当時)発表資料]

図 3.11.4(1) 佐賀県海域における水温の年変動：10～12月



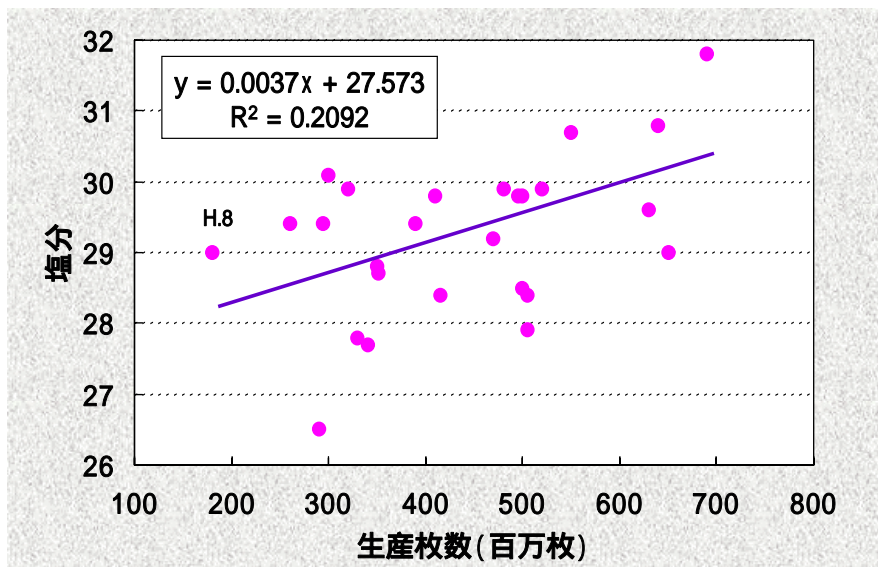
注) 早津江川観測塔における昼間満潮時の平均水温である。
 出典:「第6回有明海・八代海総合調査評価委員会」“資料-2 有明海の海苔養殖”
 [鬼頭委員(当時)発表資料]

図 3.11.4(2) 佐賀県海域における水温の年変動：1～3月



出典:「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”
 [鬼頭委員(当時)発表資料]

図 3.11.4(3) 佐賀県海域における秋芽網期生産と水温との関係



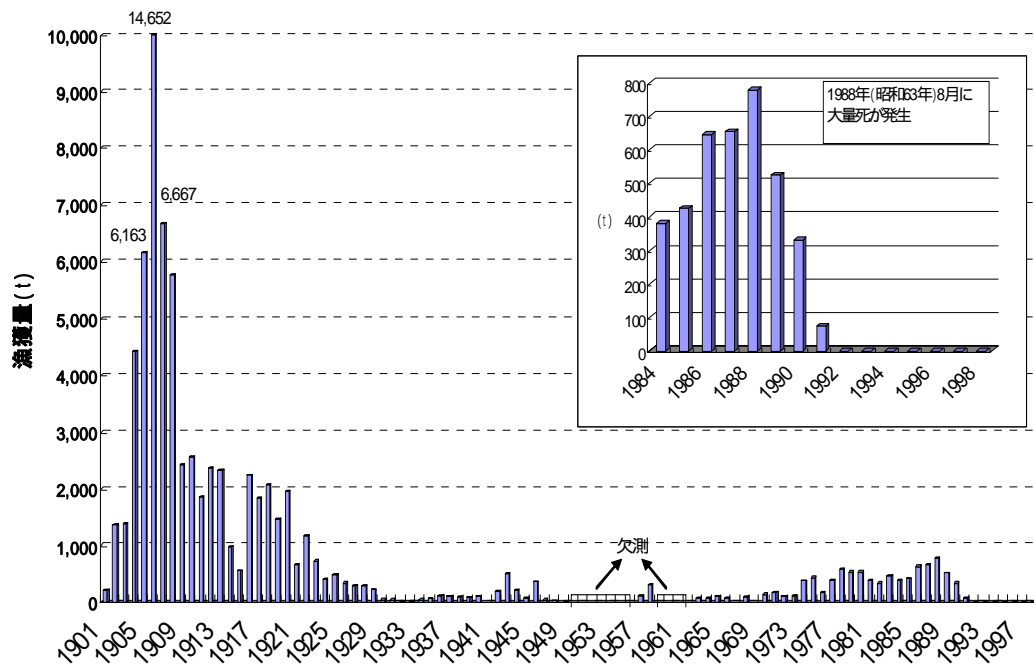
出典：「第6回有明海・八代海総合調査評価委員会」“資料-2 有明海の海苔養殖”
[鬼頭委員(当時)発表資料]

図 3.11.4(4) 佐賀県海域における秋芽網期生産と塩分との関係

(2) 二枚貝

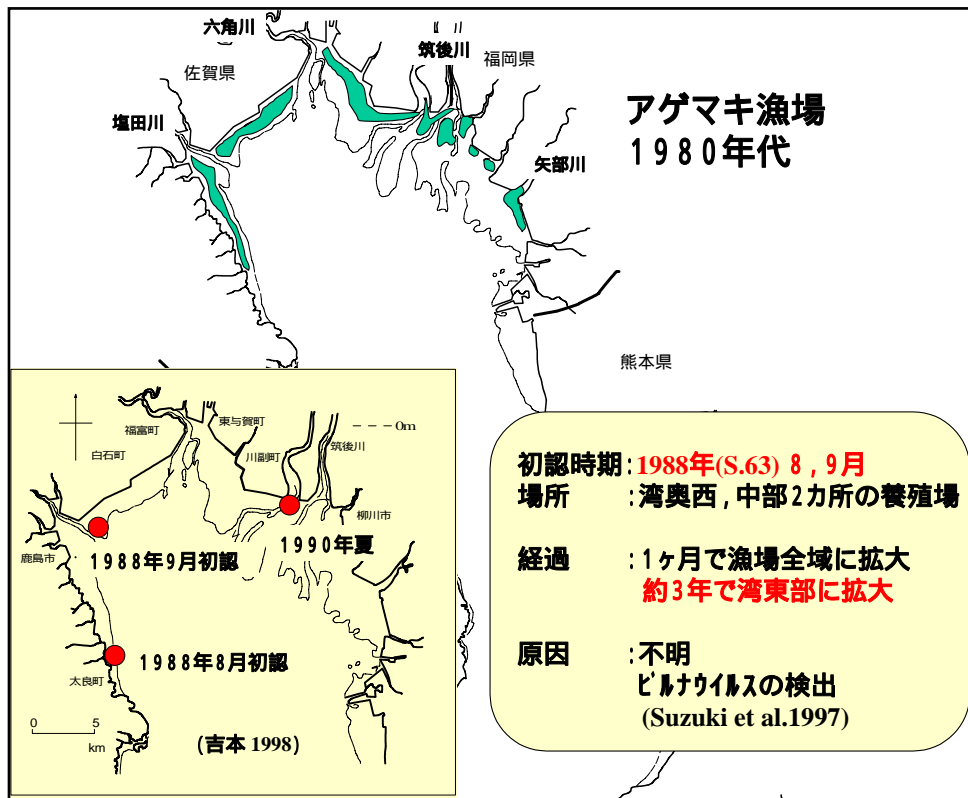
1) 有明海のアゲマキ

- ・佐賀県沿岸において1909年(明治42年)に漁獲量14,652tを記録したが、その後は2,000t前後となり、1920年後半以降は1,000t未満に留まっている。近年は1988年(昭和63年)の約800tのピークを最後に激減し、1992年(平成4年)以降はほとんど漁獲がない。(図3.11.5参照)
- ・1980年代は佐賀県西部海域から、筑後川・矢部川・白川河口域に漁場があり、八代海にも生息していた。1988年(昭和63年)夏季に、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3.11.6参照)
- ・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、斃死原因として特定するのは困難である。



出典：「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
[伊藤委員発表資料]

図 3.11.5 佐賀県有明海域におけるアゲマキ漁獲量の推移

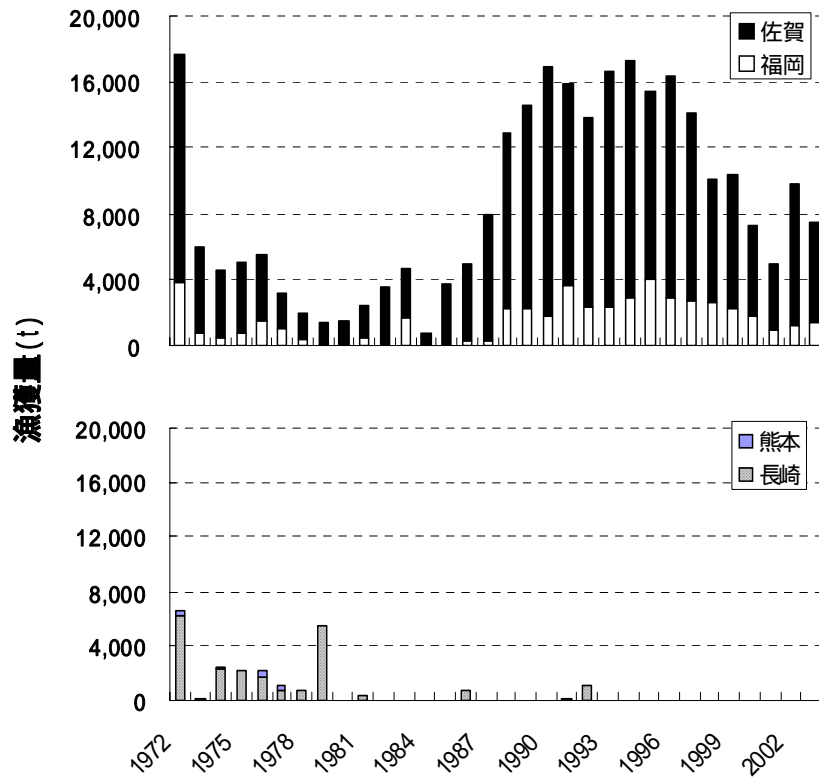


出典:「第15回有明海・八代海総合調査評価委員会」資料-3 有明海における二枚貝について”
[伊藤委員発表資料]

図 3.11.6 アゲマキの漁場：1980年代

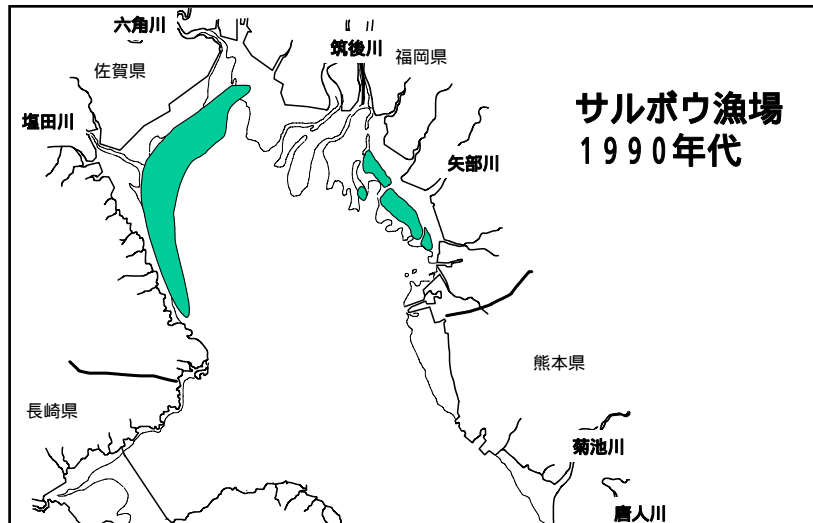
2) 有明海のサルボウ

- ・佐賀県沿岸において、1970年代初頭には約14,000tの漁獲量があったが、その後、斃死が発生し漁獲量が激減した。斃死は1985年（昭和60年）を境に収束し、佐賀県では10,000t台の漁獲を回復したが、近年、やや減少傾向にあり変動幅も大きくなっている。（図3.11.7参照）
- ・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3.11.8参照）
- ・昭和40年代後半から夏季に斃死が発生。斃死は岡山県、山口県でも同様にみられたが、斃死貝は有明海から持ち込まれたものであった。1985年（昭和60年）を境に斃死は収束し、岡山県、山口県でも同様な傾向を示した。このことから、有明海産種苗の活力低下が斃死に繋がった可能性が指摘されているが、活力低下の原因は不明。
- ・近年の漁獲での変動要因としては、シャットネラ赤潮、貧酸素水塊、採苗時期の気象環境要因、ナルトビエイの食害等が指摘されている。



出典：「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”
[伊藤委員発表資料]

図 3.11.7 有明海における県別のサルボウ漁獲量の推移

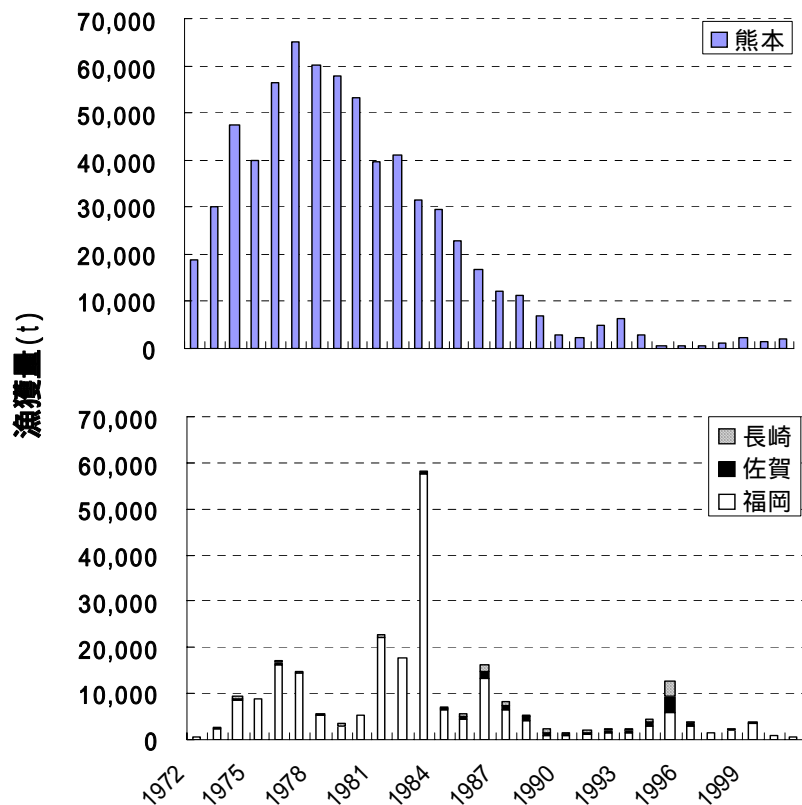


出典：「第15回有明海・八代海総合調査評価委員会」“資料-3 有明海における二枚貝について”
[伊藤委員発表資料]

図 3.11.8 サルボウの漁場：1990年代

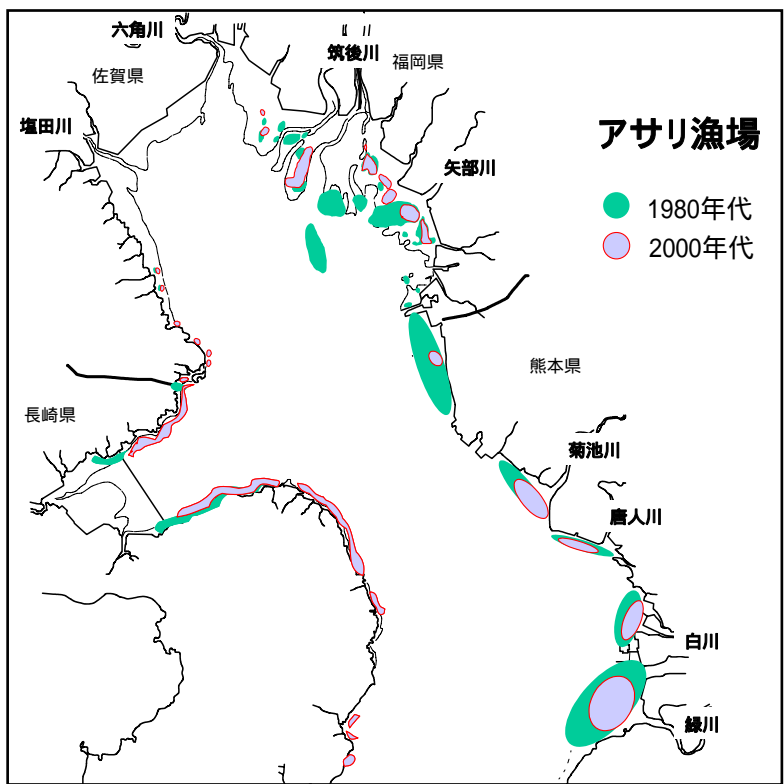
3) 有明海のアサリ

- ・熊本沿岸において、1977年（昭和52年）に約65,000tの漁獲があったが、その後は2,000t前後で推移している（2003年（平成15年）は約8,000t）（図3.11.9参照）
- ・1980年代と2000年代で比較すると、漁場が岸に寄っており、また、筑後川河口域では漁場が縮小している。また、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）においては、緑川河口域の漁獲量の激減が見られる。（図3.11.10～図3.11.12参照）
- ・アサリの減少要因としては、漁場の縮小、大雨や猛暑等の環境要因による大量斃死、過剰漁獲、食害等が考えられる。



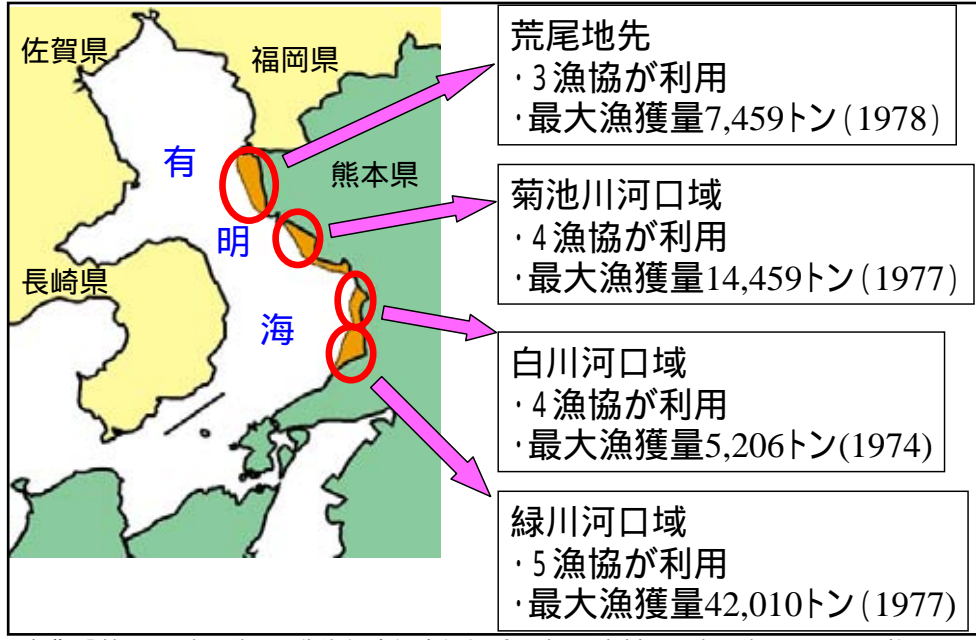
出典：「第15回有明海・八代海総合調査評価委員会」“資料-3 有明海における二枚貝について”
[伊藤委員発表資料]

図 3.11.9 有明海における県別のアサリ漁獲量の推移



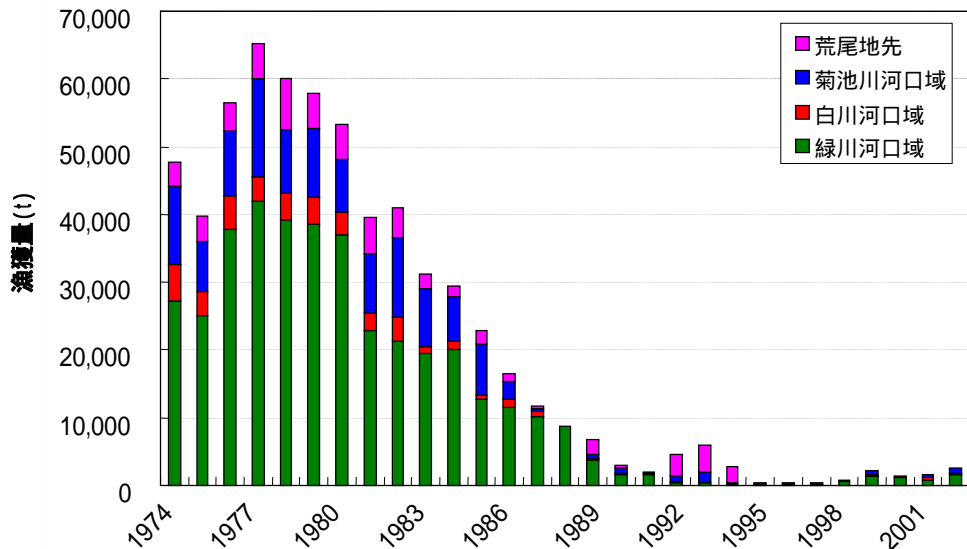
出典：「第15回有明海・八代海総合調査評価委員会」資料-3 有明海における二枚貝について
[伊藤委員発表資料]

図 3.11.10 アサリの漁場：1980年代、2000年代



出典：「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
[伊藤委員発表資料]

図 3.11.11 有明海熊本県沿岸の主要漁場



出典:「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”
[伊藤委員発表資料]

図 3.11.12 熊本のアサリ漁獲量の推移

4) 有明海のタイラギ

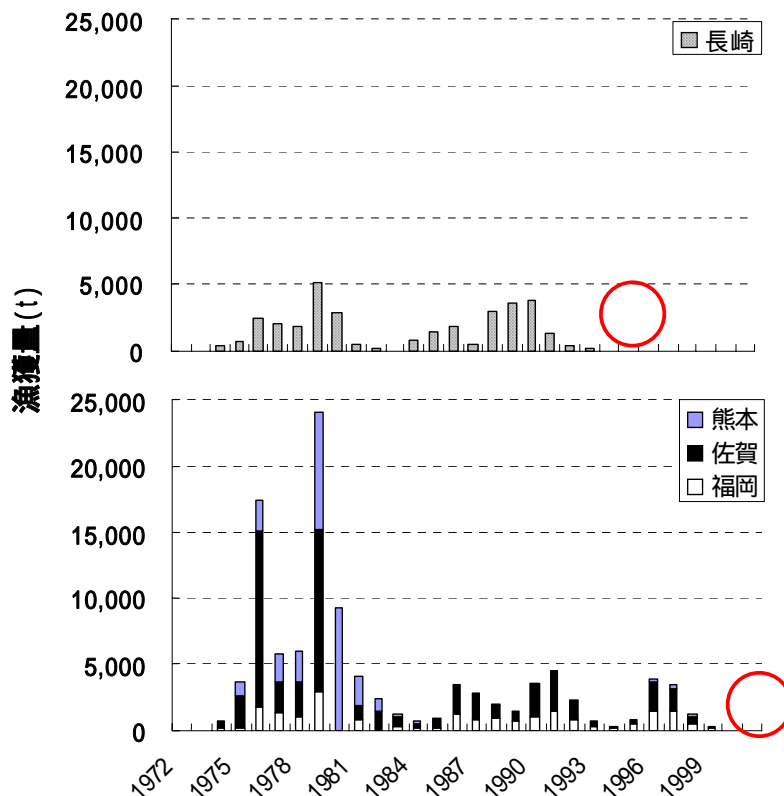
北東部海域(大浦漁協と大牟田を結んだライン以北の漁場)における長期的な資源の減少と近年得られている知見について以下にまとめる。

<長期的な資源の減少について>

- ・福岡県、佐賀県、長崎県及び熊本県のタイラギの漁獲量の推移より、タイラギの特徴としては、漁獲のピークが数年おきに起こっていたが、長崎県では1990年代にピークが見られなくなり、ほとんど漁獲されなくなった。福岡県、佐賀県を中心とした湾奥部では、2000年(平成12年)頃からピークが見られなくなり、ほとんど漁獲されなくなった。(図3.11.13、図3.11.14参照)
- ・大浦漁協資料によると、1970年代は貝柱漁獲量が1,500tを超えていたが、その後、300~400t前後で推移している。(図3.11.15参照)
- ・1976年(昭和51年)から1999年(平成11年)まで、佐賀県海域のタイラギ成貝の生息量を調査したところ、1990年(平成2年)前後を境に漁場が東側に偏ってきている。(図3.11.16参照)
- ・1989年(平成元年)と2000年(平成12年)の底質の調査結果によると、2000年(平成12年)にはMd7の部分で湾中央までに広がっており、底質の細粒化・泥化が進行していることが予測される。このような底質の変化が、漁場の縮小の原因になっていることが推測される。(図3.11.17参照)

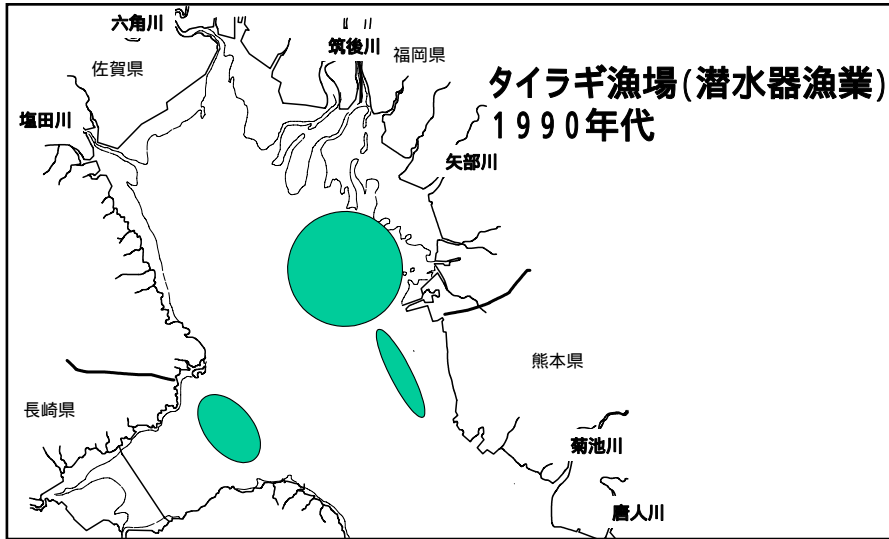
< 近年の知見 >

- ・ 2003 年（平成 15 年）から浮遊幼生と着底稚貝の分布域を調査し、1981 年（昭和 56 年）と比較したところ、浮遊幼生はこの間中西部に広く分布しているが、着底稚貝の漁場は東側に偏っている。このため、着底後に斃死した可能性が高く、底質が生残に關与しているものと思われる。（図 3.11.18 参照）
- ・ 成貝の大量瀕死は、着底から約 1 年後の 5 月頃から大きさに関係なく発生する。着底 3 ヶ月後には活力が低下する、干潟域では大量斃死は発生しない、鰓や腎臓にウィルス様粒子が確認されるなどの知見が得られているが、原因は不明である（貧酸素は主因ではない）。
- ・ 成貝の消失について、4～11 月に成貝が突然消失し、海底にバラバラの殻と窪みが散在する。ナルトビエイによる食害が主な原因とされている。



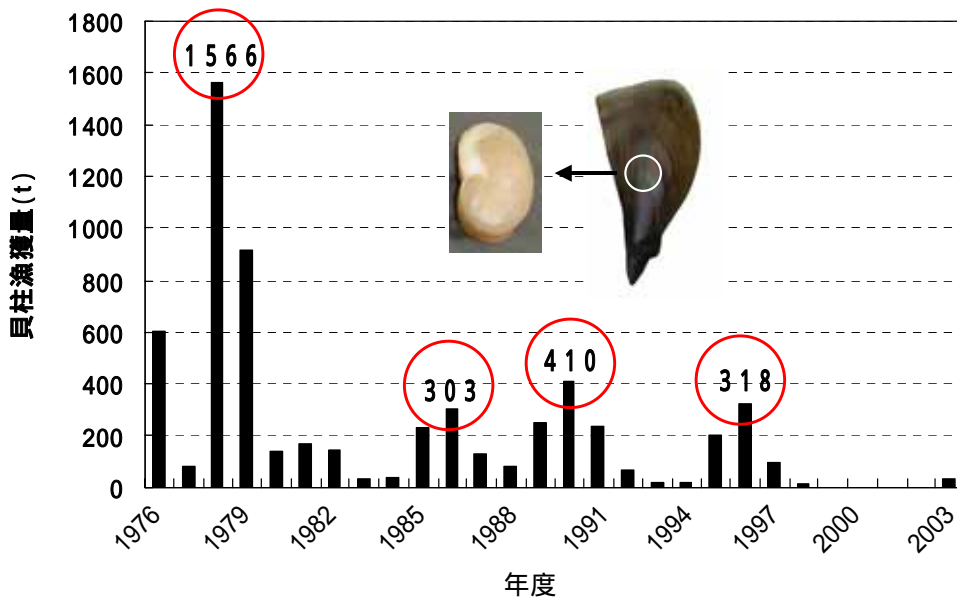
出典：「第 15 回有明海・八代海総合調査評価委員会」資料-3 有明海における二枚貝について
[伊藤委員発表資料]

図 3.11.13 有明海における県別のタイラギ漁獲量の推移



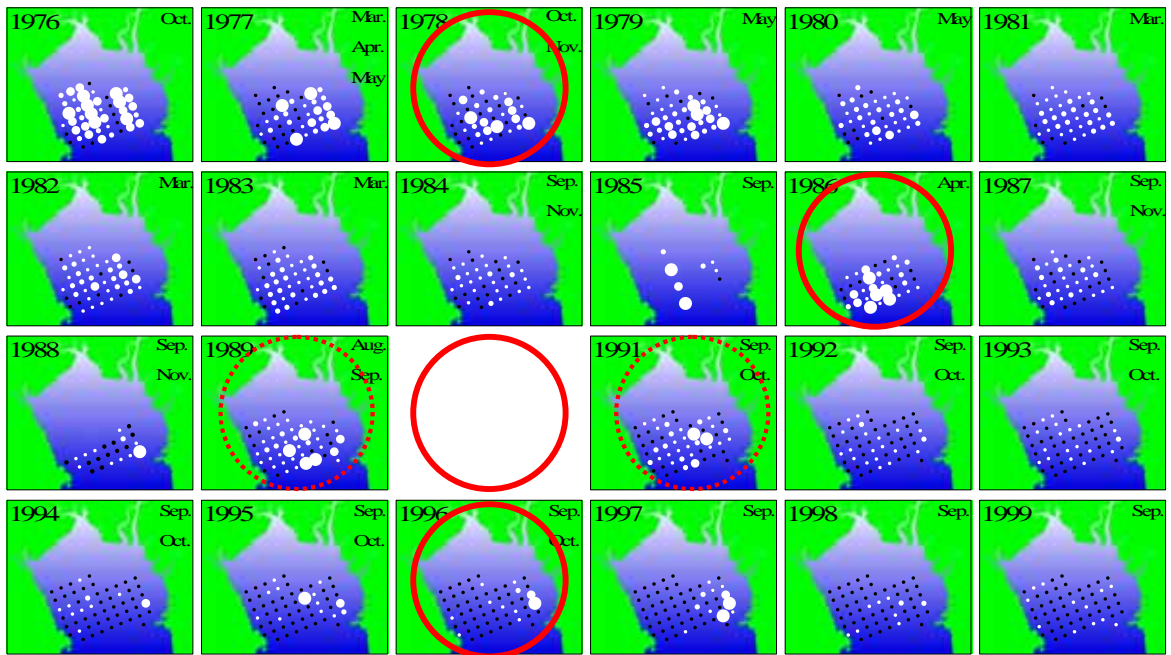
出典:「第15回有明海・八代海総合調査評価委員会」資料-3 有明海における二枚貝について
[伊藤委員発表資料]

図 3.11.14 タイラギの漁場：1990年代



出典:「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
[伊藤委員発表資料]

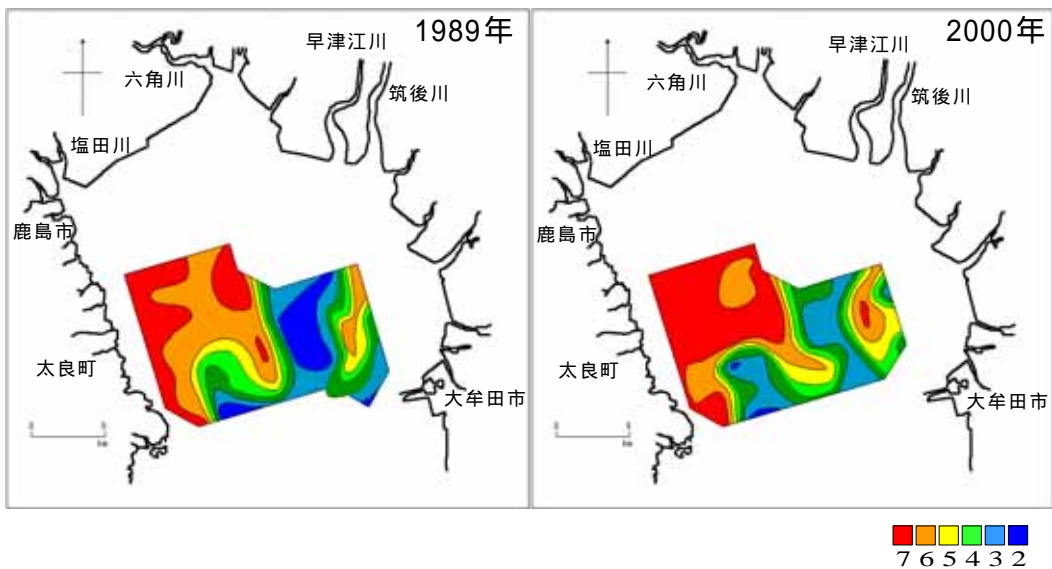
図 3.11.15 佐賀県大浦漁協のタイラギ貝柱漁獲の推移



○ 100ind / 100m² ◦ < 100 ◦ < 50 ◦ < 10 • = 0

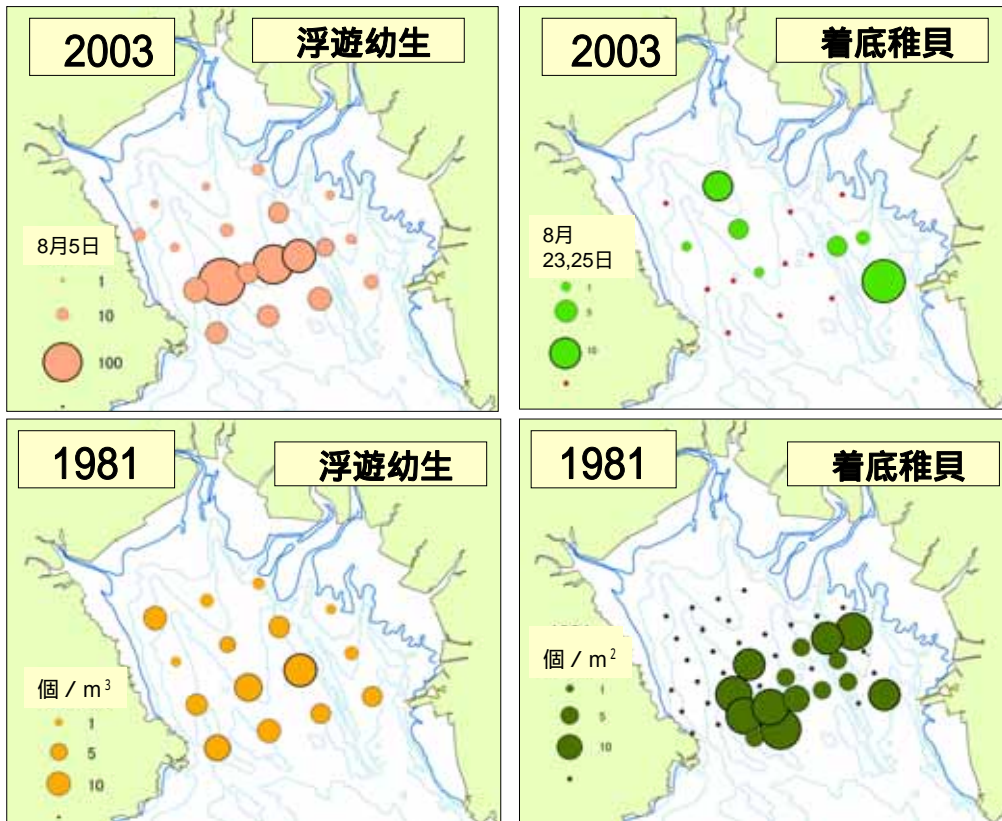
出典：「第15回有明海・八代海総合調査評価委員会」“資料-3 有明海における二枚貝について”
[伊藤委員発表資料]

図 3.11.16 タイラギ生息量（成員）の経年変化



出典：「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”
[伊藤委員発表資料]

図 3.11.17 有明海北西部海域の中央粒径値（Md）の水平分布



出典：「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
 [伊藤委員発表資料]

図 3.11.18 浮遊幼生の着底稚貝の分布域の比較

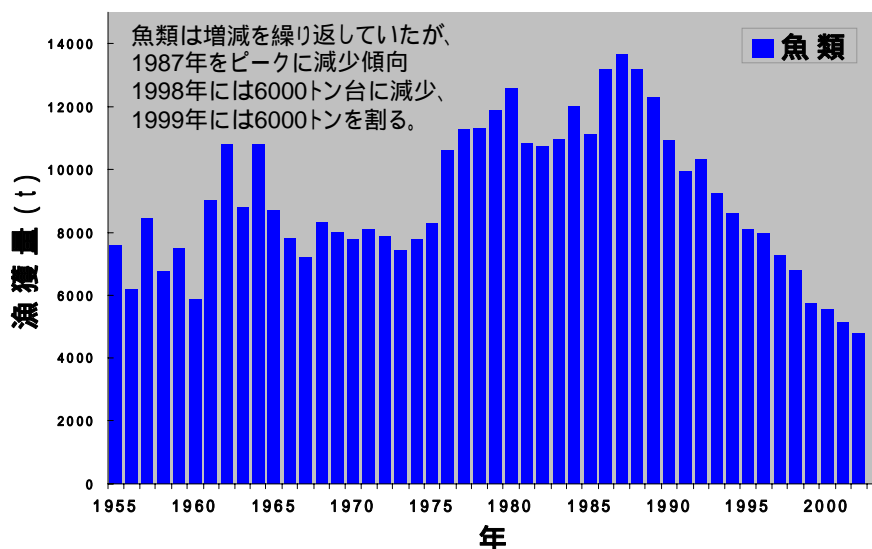
(3) 魚類

1) 有明海の特徴

- ・浅い水深、多くの流入河川と広大な干潟、高い生物生産性を有しており、干潟・河口域は稚仔魚の生育場所や特産種（魚類7種、浮遊性カイアシ類2種、ベントス14種、計23種）の生息場として重要である。
- ・有明海は生産性が高いだけでなく多様性も大きく、また、漁獲対象以外の種が多くを占める。
 - 内田・塚原（1955年）：全域74科147種
 - 鷺尾ら（1996年）：湾奥部56科119種
 - 山口ら（未発表）：中央部124種
 - 東京湾では干潟域で60種（加納ら,2000年）、南部海域で83種（奥井・清水,2002）

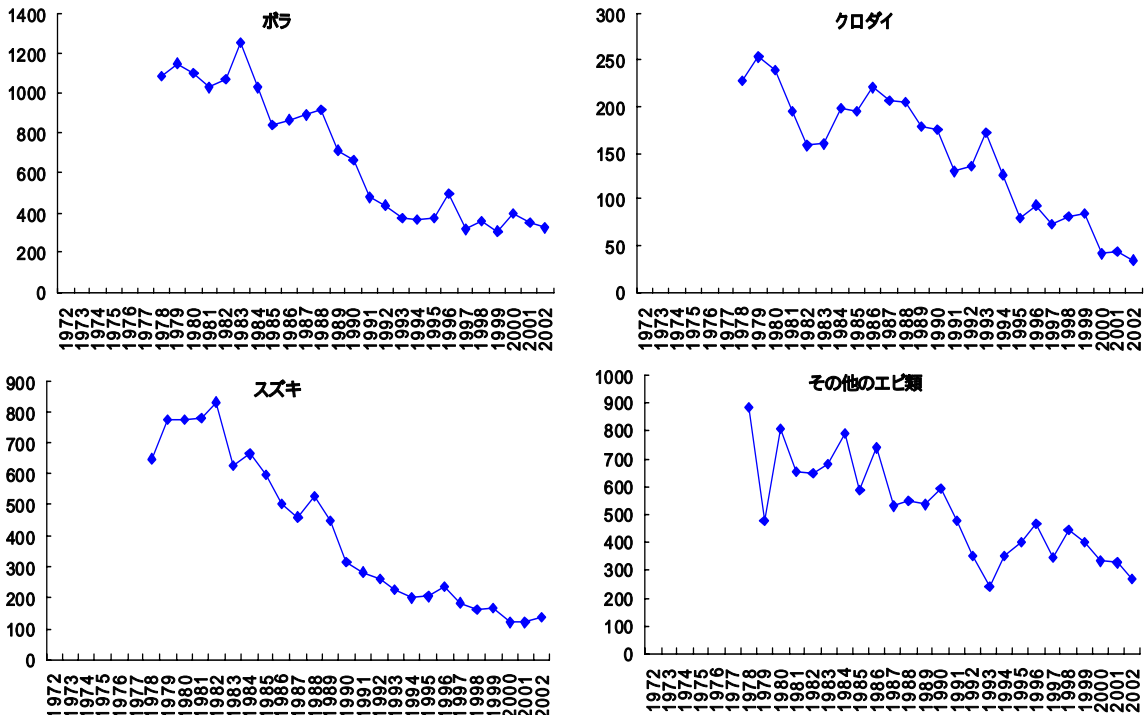
2) 有明海の魚類漁獲量等について

- ・有明海については、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る。
- ・魚類の漁獲量は、1987年(昭和62年)をピーク(1万3千トン台)に減少傾向を示し、1999年(平成11年)には6千トンを割り込んでいる。(図3.11.19参照)
- ・有明海における主要魚種の大半は底生種であり、そうした魚種の漁獲量の減少が続いている。
- ・ボラ、クロダイ、スズキ及びその他のエビ類は1985年(昭和60年)頃から徐々に減少傾向を示している。(図3.11.20(1)参照)
- ・ウシノシタ類、タチウオ類、コウイカ及びガザミ類も減少傾向を示し、タチウオは1995年(平成7年)以降に著しく減少している。(図3.11.20(2)参照)
- ・ヒラメ、ニベ・グチ類、カレイ類及びクルマエビについては、1990年代後半、これまでの減少傾向よりさらに急激に漁獲量が減少している。(図3.11.20(3)参照)



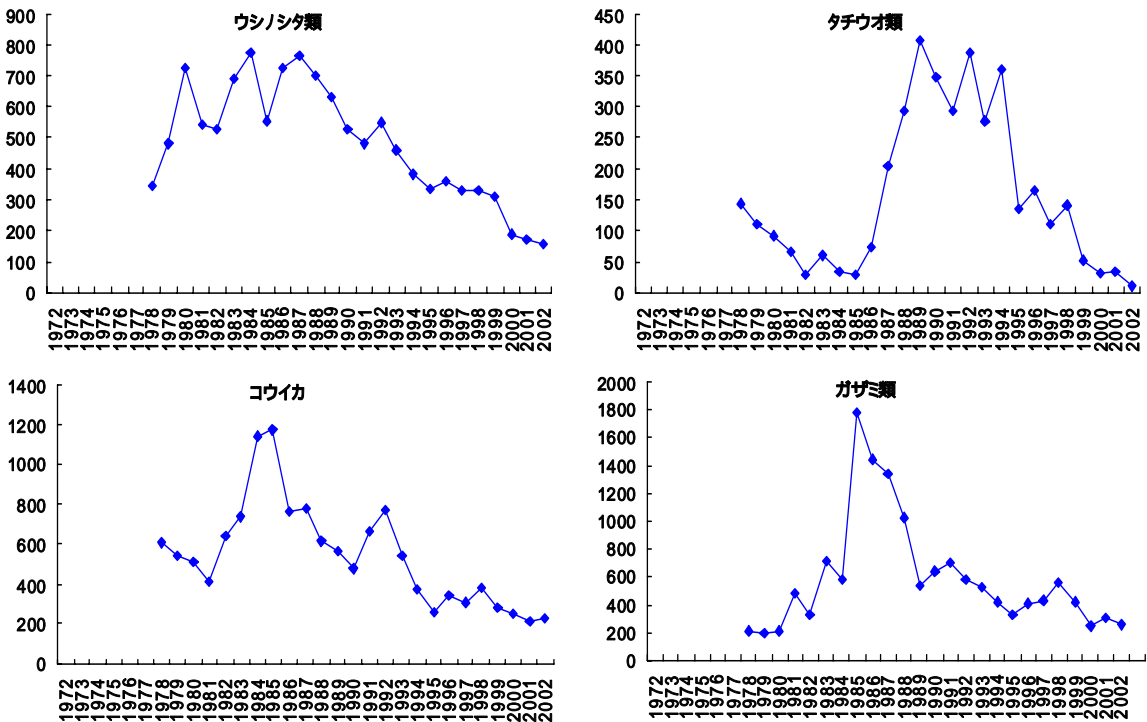
出典:「第17回有明海・八代海総合調査評価委員会」資料-2 水産資源に関するとりまとめ(2) 主に魚類資源について [中田委員発表資料]

図 3.11.19 有明海における魚類漁獲量の経年変化



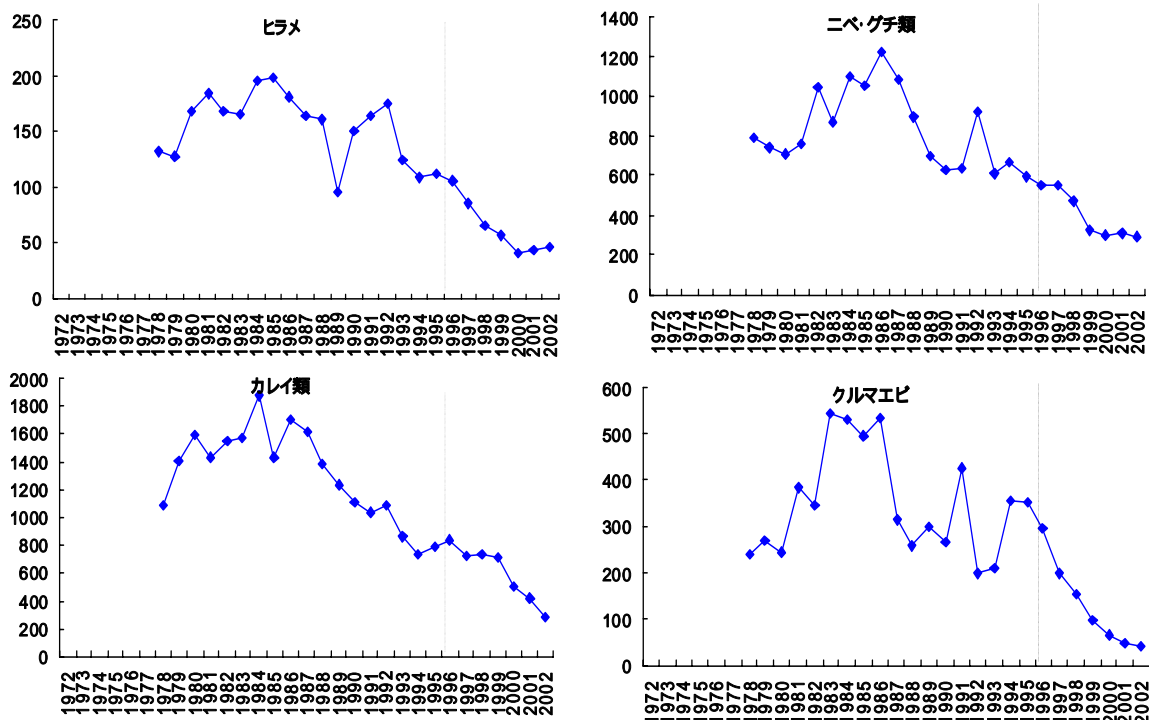
出典：「第17回有明海・八代海総合調査評価委員会」“資料-2 水産資源に関するとりまとめ(2) 主に魚類資源について” [中田委員発表資料]

図 3.11.20(1) 特定魚介類の漁獲量の経年変化：
ボラ、クロダイ、スズキ、その他のエビ類



出典：「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” [中田委員発表資料]

図 3.11.20(2) 特定魚介類の漁獲量の経年変化：
ウシノシタ類、タチウオ類、コウイカ、ガザミ類

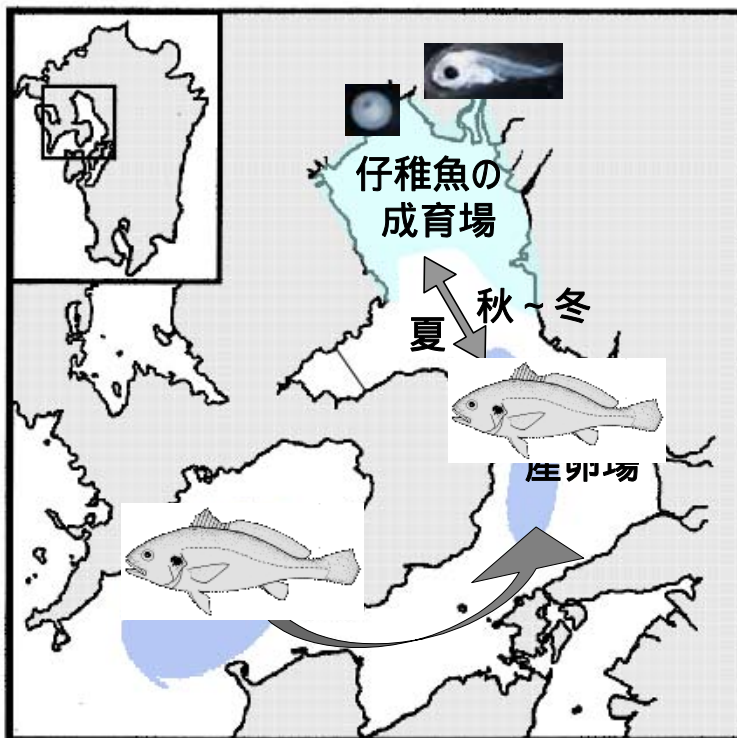


出典：「第17回有明海・八代海総合調査評価委員会」資料-2 水産資源に関するとりまとめ(2)
主に魚類資源について [中田委員発表資料]

図 3.11.20(3) 特定魚介類の漁獲量の経年変化：
ヒラメ、ニベ・グチ類、カレイ類、クルマエビ

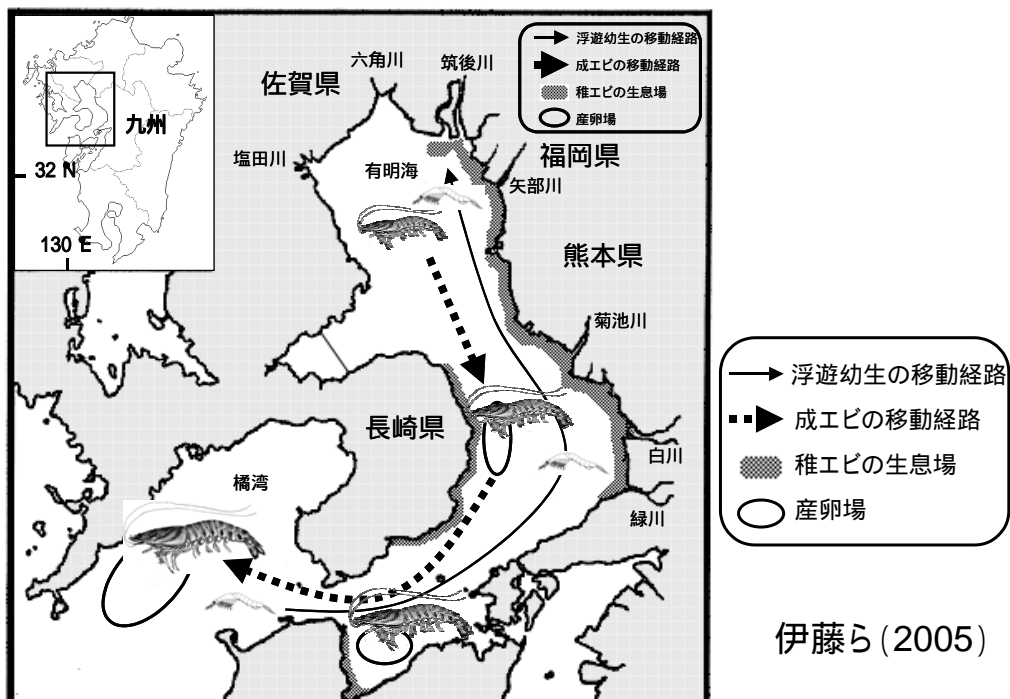
3) 1990年代後半に減少が著しい魚類に関する検討

- ・シログチは、有明海中央～湾口の底層（水深40～60m前後）で産卵し、仔稚魚は湾奥部に出現するが、近年、他魚種に比べて減少程度が大きい。クルマエビもシログチと類似した再生産の特性を持つ（図3.11.21、図3.11.22参照）。
- ・これら魚種の共通の特徴は、底生種であること、中央部若しくは奥部の深場で産卵し、仔稚魚は奥部の浅海域で成育することがあげられる（図3.11.23参照）。
- ・これらの魚種は、流れを利用して卵、仔稚魚を湾奥の生育場に輸送しており、輸送経路の貧酸素化、潮流の変化、成育場の減少等の影響を受ける可能性がある。
- ・魚類は初期（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、有明海の資源変動を考える場合、初期減耗がどうコントロールされているか、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。



出典：「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 [中田委員発表資料]

図 3.11.21 シログチの再生産機構



出典：「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 [中田委員発表資料]

図 3.11.22 クルマエビの産卵場所と稚エビの出現場所



	産卵場	産卵期	稚魚出現場所
クルマエビ	C	5-10月	A,B
ヒラメ	C	5-6月	
アカシタビラメ	A	6 - 8月	A(成魚より浅い)、着底は夏
コウライアカシタビラメ	C	3,4月	A,B
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	A,B

出典：「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」[中田委員発表資料]

図 3.11.23 産卵場所と仔稚魚の成育場所

4) その他の魚類

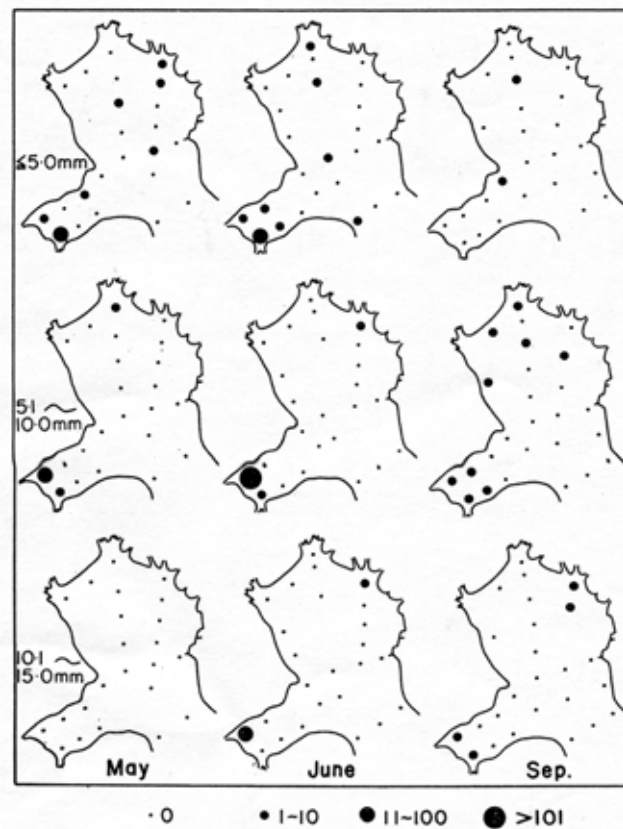
ア) 有明海の特産魚類、代表的な魚類

- ・特産魚類は、河口域、流入河川の感潮域を仔稚魚の成育場として利用している。特産魚類であるエツの漁獲量は、1983年(昭和58年)までは100t前後で推移していたが、1994年(平成6年)に36tに減少した。減少要因は堰の建設等による淡水域の縮小と考えられている。
- ・有明海を代表する魚類であるコイチの産卵場所は湾奥部と諫早湾であり、体長15mm以下の仔稚魚は湾奥部沿岸の浅海域から河口域に多く分布し、稚魚は成長に伴い沖合に移動する(図3.11.24参照)。コイチの減少要因は、主に感潮域、河口域、干潟域の減少及び環境変化であると考えられる。

イ) エイ類など

- ・1995年(平成7年)~1997年(平成9年)と2001年(平成13年)~2005(平成17年)の有明海での漁獲調査結果を比較すると、夏季、冬季とも、ナルトビエイ、ウチワザメ等の軟骨魚類の占める割合が多くなっている(図3.11.25参照)。
- ・エイの増加要因としては、捕食者(サメ類)の減少、競合する種(底生魚類)の減少、水温上昇による生物相の変化が考えられる。(図3.11.26参照)

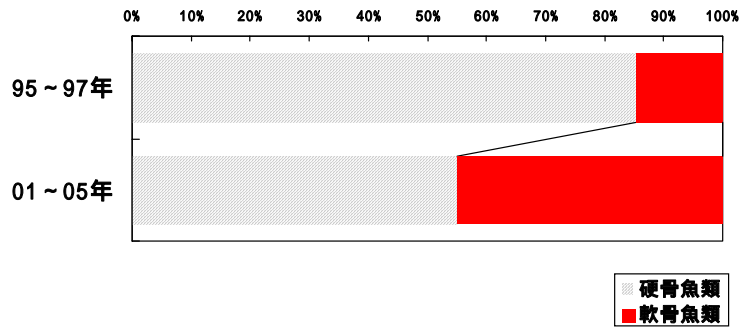
- ・特にナルトビエイの増加要因としては、有明海に流入河川が多いこと（ナルトビエイは河口域で繁殖を行う）二枚貝が豊富であった沖合域の貝が著しく減少したことにより沿岸域でのエイの食害が目立つようになったことが考えられる。
- ・エイ類の増加の影響としては、二枚貝の食害（特にナルトビエイ）、底層の餌を巡る競合関係の強化（他の魚類の環境収容力の減少）があげられる。



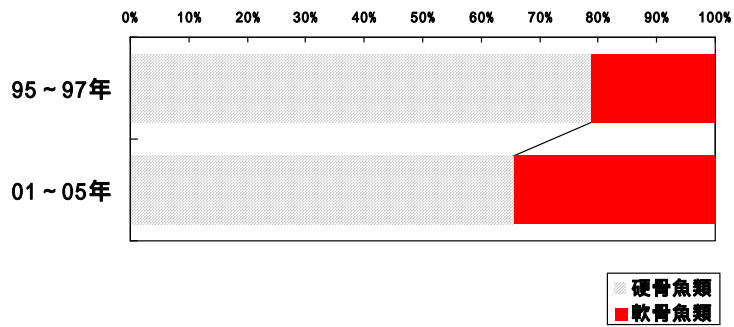
出典：「第17回有明海・八代海総合調査評価委員会」資料-2 水産資源に関するとりまとめ(2) 主に魚類資源について [中田委員発表資料]

図 3.11.24 コイチ仔稚魚の分布

夏



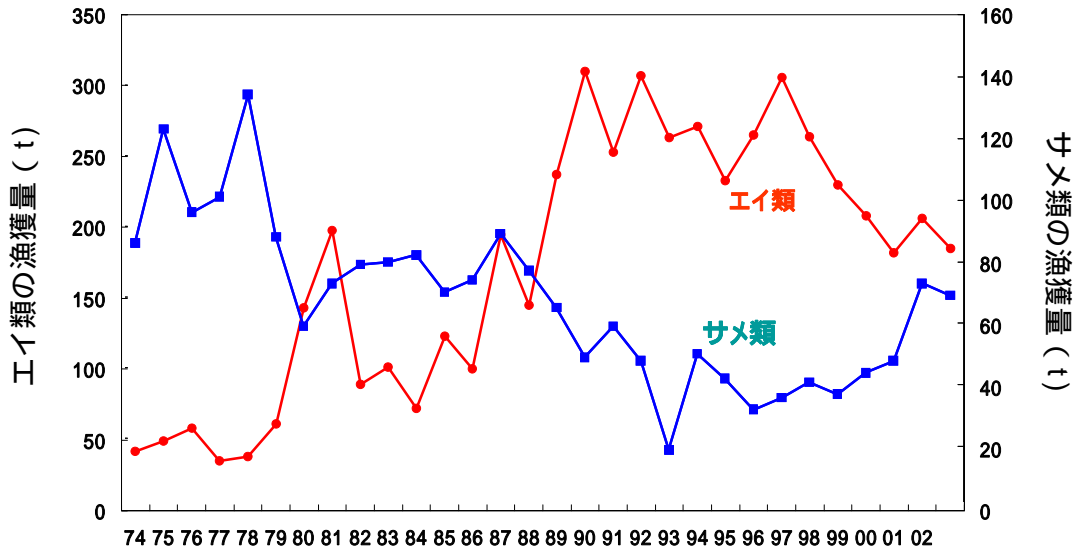
冬



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。

出典:「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 [山口委員発表資料]

図 3.11.25 硬骨魚類、軟骨魚類の季節別漁獲量割合



出典:「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 [中田委員発表資料]

図 3.11.26 エイ類・サメ類の漁獲量の経年変化

5) 資源変動に關与する可能性のある要因の整理

- ・資源変動に關与する可能性のある要因としては、干潟面積の減少、感潮域等の生息場の消滅・縮小、海底地形の変化、底質の変化による生息場（特に仔稚魚期の）の消滅・縮小が挙げられる。
- ・また、潮流速の減少や潮流の向きの変化、貧酸素域の拡大、河川からの砂泥流入量の減少（濁りの減少）、赤潮発生頻度の増加、水温の上昇、ノリの酸処理剤等の影響による生息環境の悪化が挙げられる。
- ・その他の要因としては、種苗放流やエイの駆除など人為的なコントロールの影響、外来種の影響、産卵親魚や稚魚への漁獲圧があげられる。

6) 今後の課題

- ・資源動向の正確な把握と適正管理
（漁獲統計の整備、漁獲対象以外の種（エイ等）を含めた生態系を基礎とする管理、漁業者も含めた学習会の推進）
- ・資源生態に関する調査研究の推進
（底生魚類の生態と群集構造の解明、エイの生態解明、シログチ等の主要魚種の再生産構造の解明）
- ・発育初期の生育場（感潮域、干潟等）の保全と回復
- ・その他（放流種苗も含む外来種の影響評価など）

(4) 問題の概況、原因・要因・論点等の整理

上記内容を踏まえ、水産資源に関する問題の概況、原因/要因・論点等の再整理結果は以下に示すとおりである。

表 3.11.3(1) 問題の概況、原因・要因・論点等の整理：水産資源

<ノリの不作>

問題の概況	原因・要因として指摘されている事項	論点、課題
<p><有明海> 平成 12 年度にノリが不作となった。 平成 14 年度もノリ漁獲量が平年を下回った。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・大型珪藻 (Rhizosolenia imbricata) の赤潮により栄養塩が減少したため、ノリが不作となった。 その原因は、11 月の大量降雨、それに続く長い日照時間等の気象条件とされている。 ・14 年度の不作については、湧水により河川からの栄養塩供給量が少なかったためとされている。 ・水温上昇の影響 	<p>ノリに影響を及ぼす赤潮の発生原因と、望ましい栄養塩濃度レベル (望ましい栄養塩レベルについては、ノリだけではなく、他の生物への影響を含めた検討が必要。)</p> <p>有明海におけるノリの生産目標のあり方 (第三者委員会の報告書で指摘)</p>

<二枚貝の減少>

問題の概況	原因・要因として指摘されている事項	論点、課題
<p>アサリ <有明海> アサリの漁獲量が減少した。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・底質がアサリの生息に適していない。 ・浮遊幼生期の生残率の低下 ・着底稚貝の生残率の低下 ・ナルトビエイによる食害 ・スナモグリによる影響 (スナモグリの復活) ・貧酸素水塊の影響 (貧酸素が直接的な斃死要因とはならないとの報告もある) ・資源管理の必要性 	<p>原因・要因として指摘されている事項のうち、重要と考えられるものはどれか。 (場所によって異なる可能性もある。)</p> <p>貧酸素は、どの程度影響しているか。</p> <p>資源管理のあり方の検討も必要。</p>
<p><八代海> アサリの漁獲量が減少した。</p>		

表 3.11.3(2) 問題の概況、原因・要因、論点等の整理：水産資源

<二枚貝の減少(つづき)>

	問題の概況	原因・要因として指摘されている事項	論点、課題
タイラギ	<p><有明海> タイラギの漁獲量が減少した。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・長期的な資源の減少 餌料等の環境が生息に適さないものになってきている。 底質の泥化(湾中央部まで拡大) 幼生の分散・回帰に対する流れの影響 過剰な漁獲圧 ・近年の不漁(大量死(立ち枯れ斃死)) 貧酸素水塊の影響が要因の一つとして示唆(有明海北東部漁場では貧酸素発生とタイラギ斃死の時期は一致しなかった。諫早湾では貧酸素発生とタイラギ斃死の時期は一致する年としない年が認められた。) ・近年の不漁 ナルトビエイ、カニ等による食害 	<p>原因・要因として指摘されている事項のうち、重要と考えられるものはどれか。(場所によって異なる可能性もある。) 資源管理のあり方の検討も必要</p>
その他の二枚貝	<p><有明海> アゲマキの漁獲量が減少した。 サルボウの漁獲量が減少傾向にある。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・斃死個体からビルナウィルスが検出されているが、斃死原因としての特定は困難。 ・過去の大量斃死の原因として稚貝の活力低下が指摘されていたが、活力低下の理由は不明。 ・近年の変動要因としては赤潮、貧酸素水塊、採苗期の環境要因、食害等 	<p>アサリ、タイラギと異なる原因があるのか?</p>

表 3.11.3(3) 問題の概況、原因・要因、論点等の整理：水産資源

< その他の水産資源の減少 >

問題の概況	原因・要因として指摘されている事項	論点、課題
<p>< 有明海 > 主要な魚類の漁獲量は昭和 60 年代以降、総じて減少傾向。特に、1990 年代後半、ニベ・グチ類、クルマエビ等の海底に依存性が強い種の減少が著しい。有明海の特産種のエツ、有明海の代表種であるコイチも減少。エイ等の軟骨魚類の漁獲は増加。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 干潟、感潮域の減少 ・ 海底地形の変化 ・ 底質の変化 ・ 潮流の流速・流向の変化 ・ 貧酸素水塊の拡大 ・ 河川からの砂泥流入の減少 ・ 赤潮発生頻度の増加 ・ 水温上昇の影響 ・ ノリの酸処理剤 ・ 人的コントロールの影響等 	<p>干潟や感潮域の減少、地形変化、底質の変化、潮流の変化等の環境変化が水産資源にどのような影響を与えているか。 魚種による減少パターンの違いも考慮する必要がある</p>
<p>< 八代海 > 主要魚種別漁獲量（コノシロ、カタクチイワシ、シラス等）が昭和 60 年代以降、総じて減少傾向。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 産卵場や保育場として重要な藻場、干潟の減少、浅海域の環境劣化等 	

4. 最終取りまとめに向けた検討課題

4.1 要因相互の関連及び重要性の分析

- 有明海及び八代海において生じている生物・水産資源に係る問題点、これらの問題点に関係すると思われる海域環境の変化、これらの海域環境の変化を生じさせている可能性のある各種の要因の現時点での整理（図 4.1.1）。

- 今後、最終まとめに向けて、図 4.1.1の整理をベースに、再生方策の検討に向けて、各種要因の精査と重要性（プライオリティ）の評価が必要。

（評価の留意点の例）

- 確実性（不確実性）の評価

図 4.1.1に示された問題点、変化、要因相互の関係については、これまでの知見によって、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が根拠となるデータ等が明確でないもの等を含む。各種要素の時間的、空間的な対応に留意しつつ、これらの確実性（不確実性）の評価を踏まえた、要因の重要性（プライオリティ）の評価が必要ではないか。

- 要因の性格に応じた分類

各種の要因は、生物・水産資源の問題点に直接影響を与える要因（底質の泥化、貧酸素水塊の発生、赤潮発生件数の増加・大規模化、干潟・藻場の減少）前記を通して、間接的に影響を及ぼす要因（河川からの土砂供給の減少、潮流・潮汐の変化、栄養塩等の流入、自然の変動に起因するために人為的な制御が困難な要因（水温の上昇、外海の潮位上昇、潮位差の減少、日照・風・降雨等の気象条件）に分類される。この様な分類に応じた評価も有効ではないか。

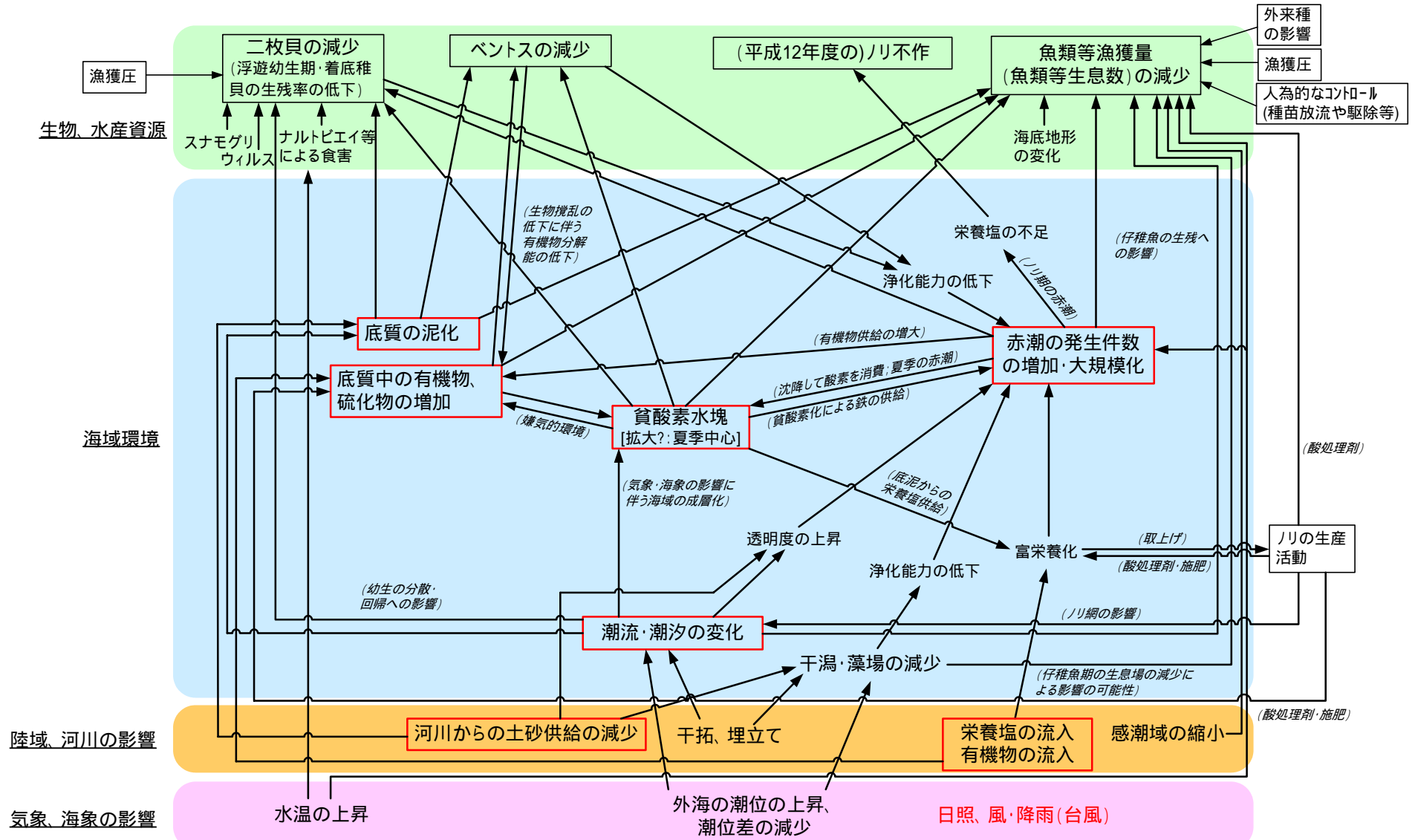
- 社会経済的な要因への配慮

水産資源の動向に対しては、環境要因だけではなく、漁獲努力の程度や、稚魚放流等の人為的な活動が正負の影響を及ぼす。また、漁獲努力は水産物の価格や海外資源の動向など社会経済的な要因も影響する。これらの特定は困難な面もあるが、要因の評価において留意することが必要ではないか。

（今後更に分析すべき事項の例）

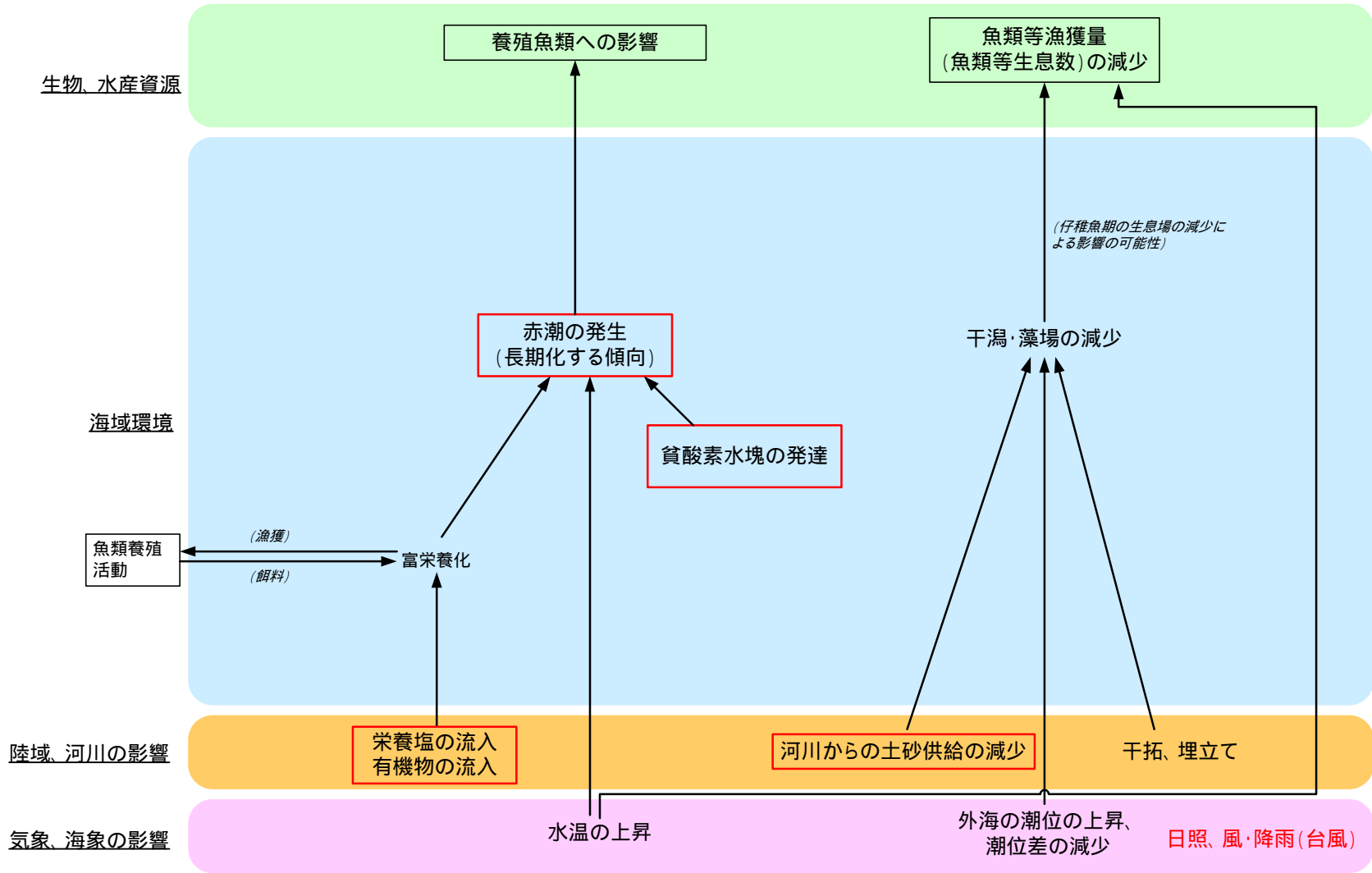
- 有明海における二枚貝衰退の主要な要因の一つと考えられる、1980年代以降の底質の変化（泥化）のメカニズム。

- 水産資源に悪影響を及ぼしていると考えられる貧酸素水塊の発生の機構・要因。
- 近年増加が指摘されている赤潮発生の機構・要因。
- 潮流・潮汐の変化が、海域環境・生物に及ぼす影響とそのメカニズム。



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 4.1.1(1) 問題点と原因・要因との関連の検討結果(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 4.1.1(2) 問題点と原因・要因との関連の検討結果(八代海)

4.2 再生に向けた対策オプションとその評価

- 4.1 に述べた要因の評価検討を踏まえつつ、有明海及び八代海の再生に向けた、再生方策の評価、提言のとりまとめが必要。

(評価の留意点の例)

- 既存の取組の評価

関係省庁、関係県及び地元の大学等においては、既に、両海域の海域環境の改善や水産資源の確保・回復のための具体的な対策の実施、新たな対策に係る実証研究等が活発に行われている。これらの取組の成果や課題等を十分踏まえることが重要ではないか。

- 再生の目標の在り方

両海域の再生に向けた取組の実施においては、両海域の将来のあるべき姿についての目標を設定し、取組の進捗状況を評価していくことが必要となる。そのため目標、指標の在り方についても、議論を深めることが必要ではないか。

- 不確実性への対応

複雑な自然環境系において、問題点と要因との関係には、不確実性が常に存在する。不確実性がある中での環境管理の考え方について、議論が必要ではないか。

4.3 調査研究・監視の総合的推進

- 関係省庁、自治体の連携、情報の共有

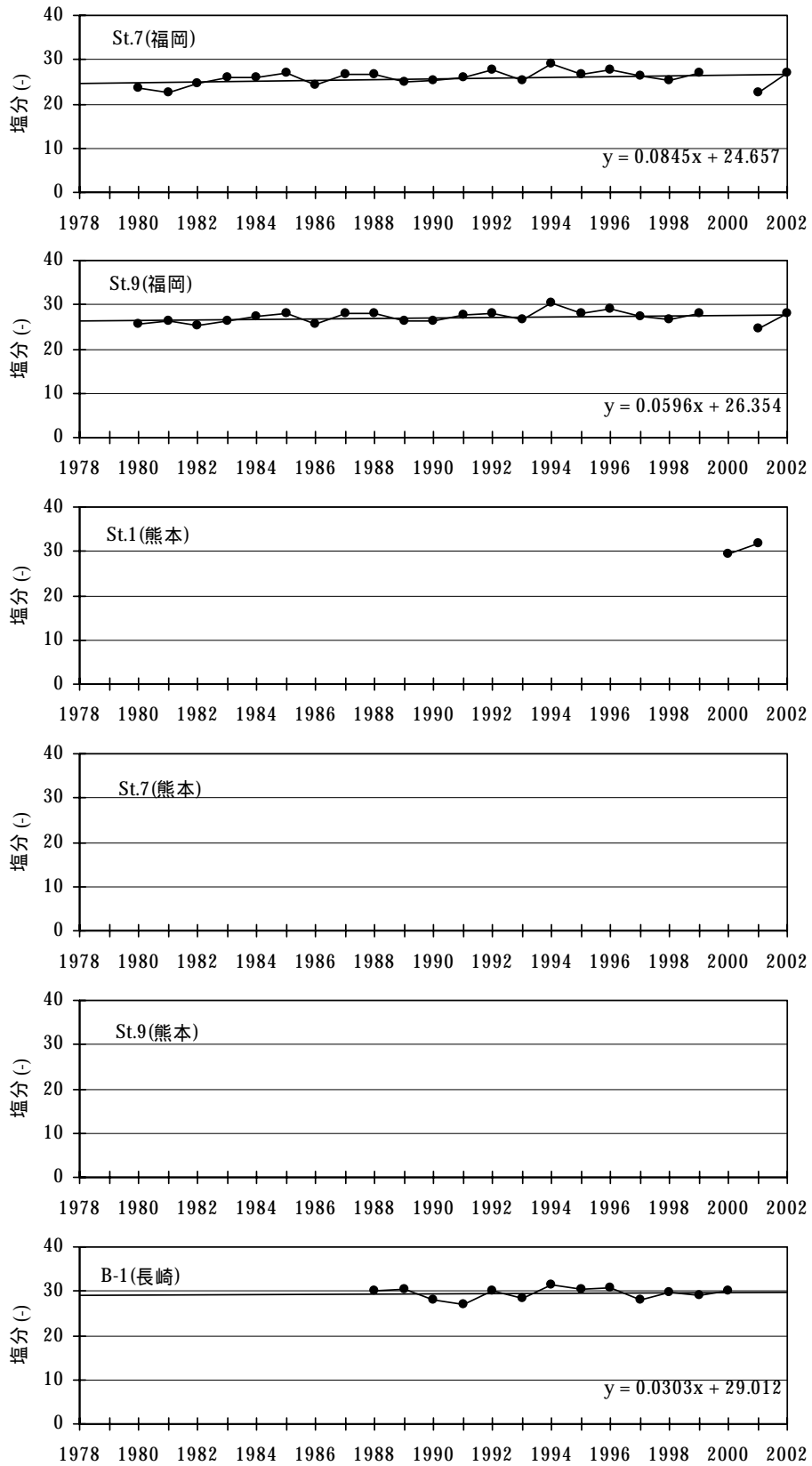
- 再生方策の推進のための、効果的な調査研究・監視の在り方

<資料編>

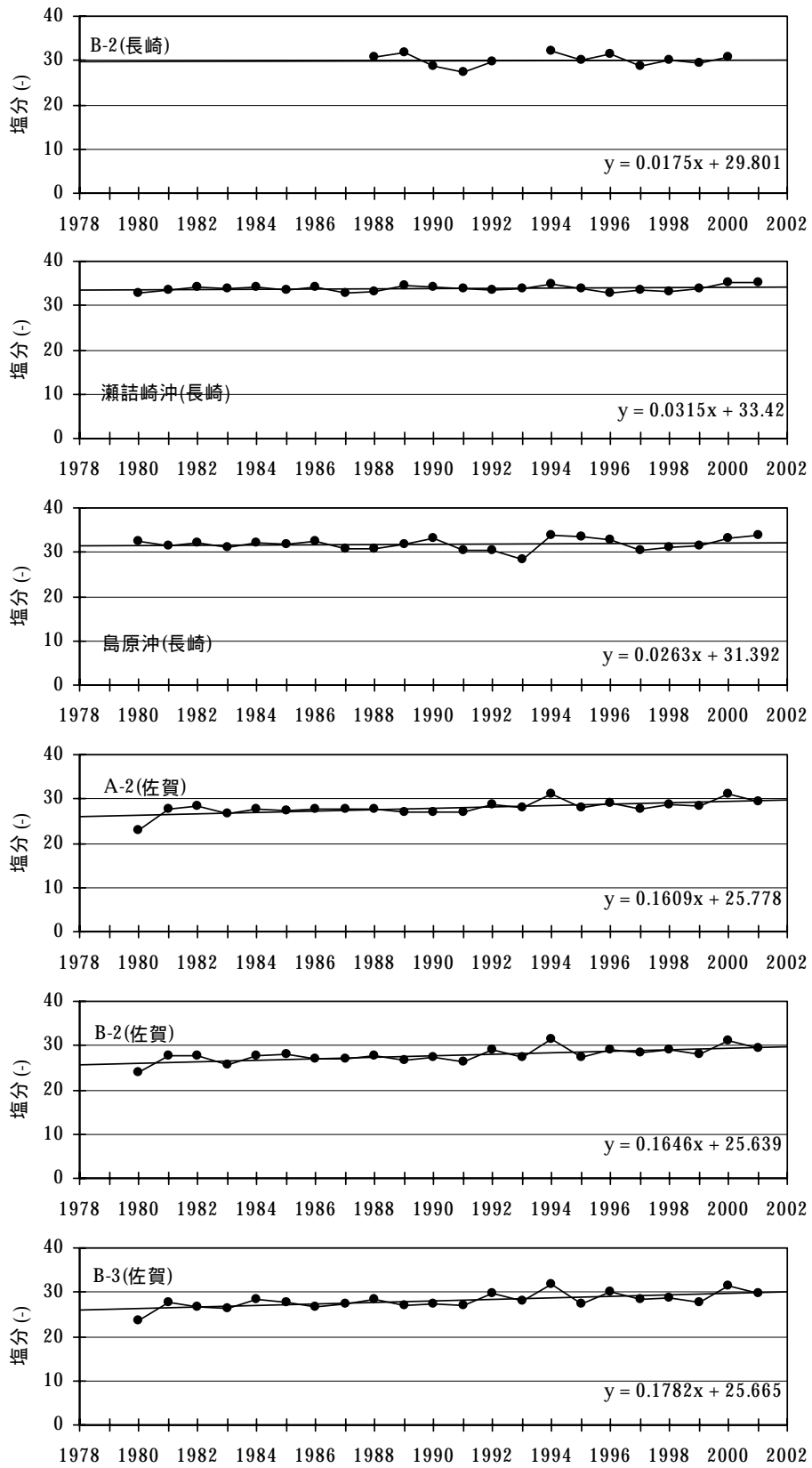
- 目 次 -

1. 水質（水温、塩分、COD、栄養塩、SS及び透明度）の変化	1
2. 貧酸素水塊の発生	11

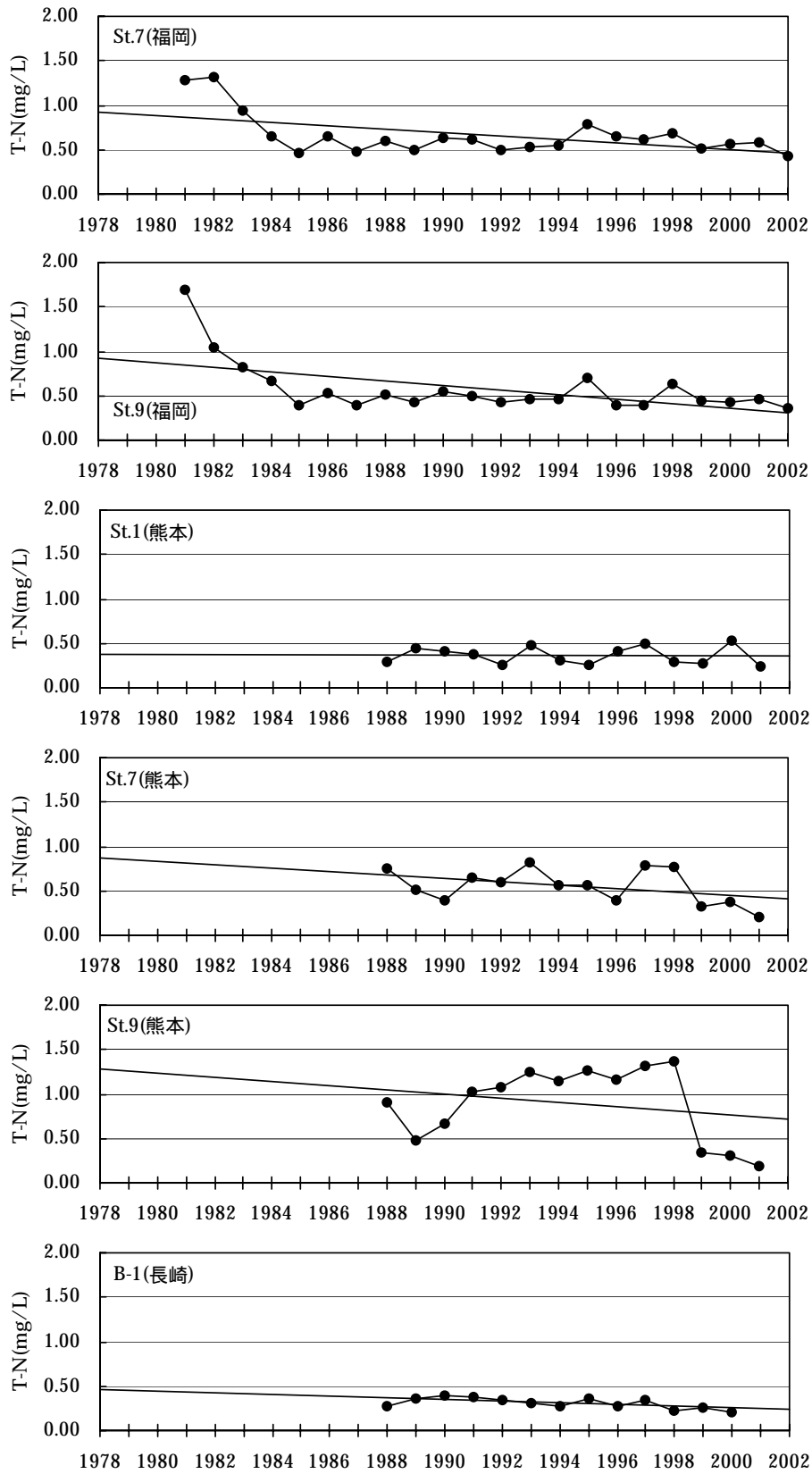
1. 水質（水温、塩分、COD、栄養塩、SS 及び透明度）の変化



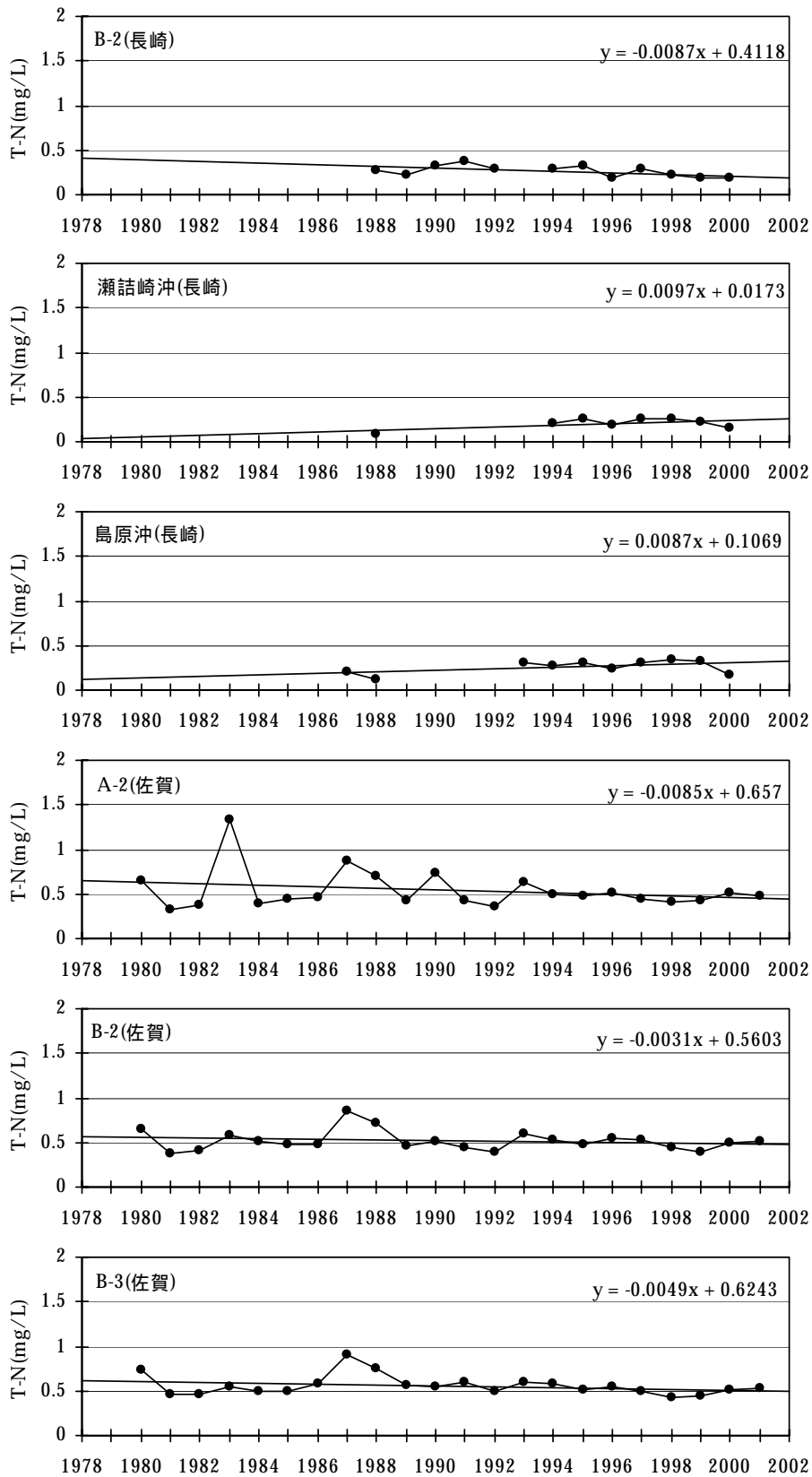
付図 1.1(1) 水質の経年変化[有明海]：塩分(年平均値)



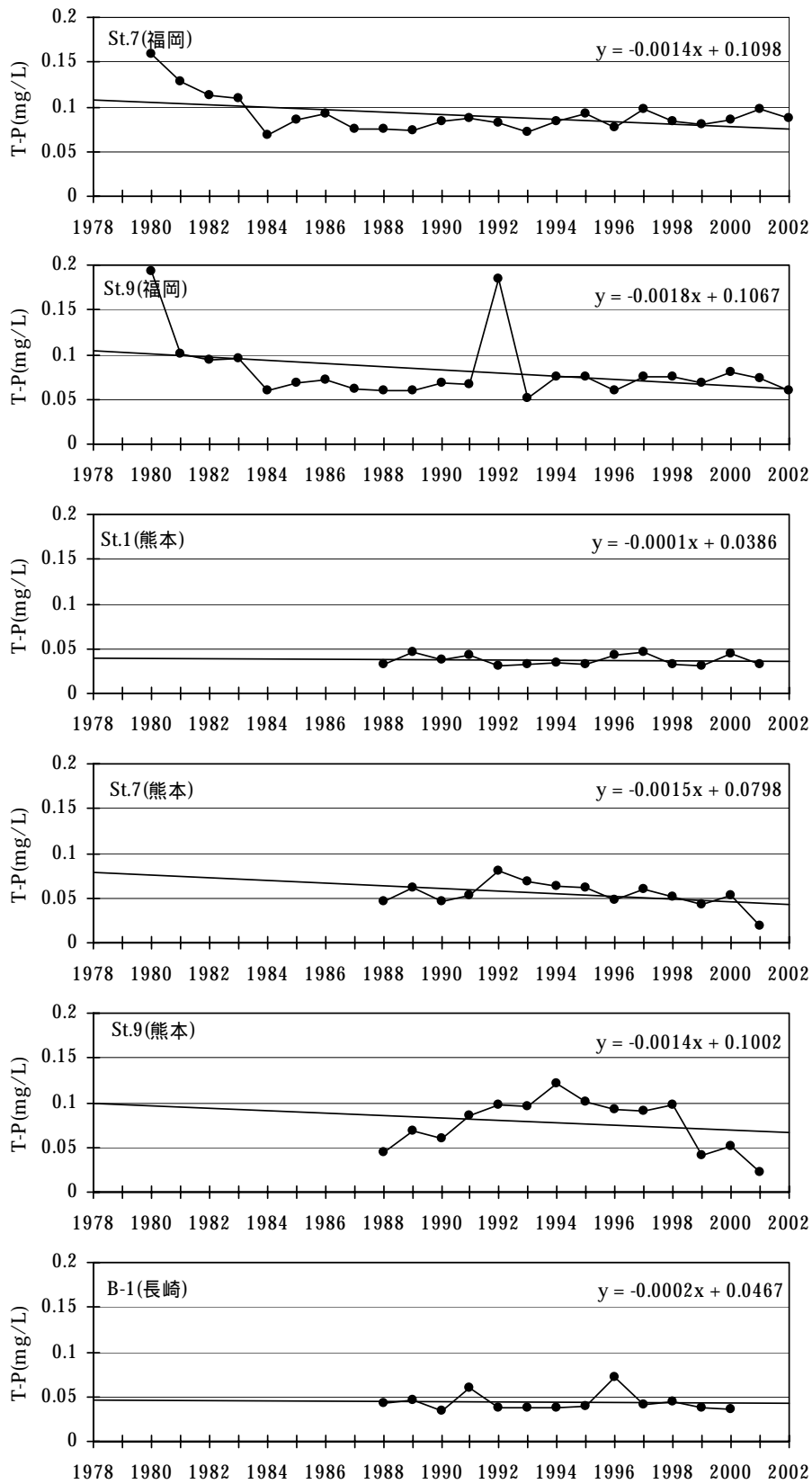
付図 1.1(2) 水質の経年変化[有明海]：塩分（年平均値）



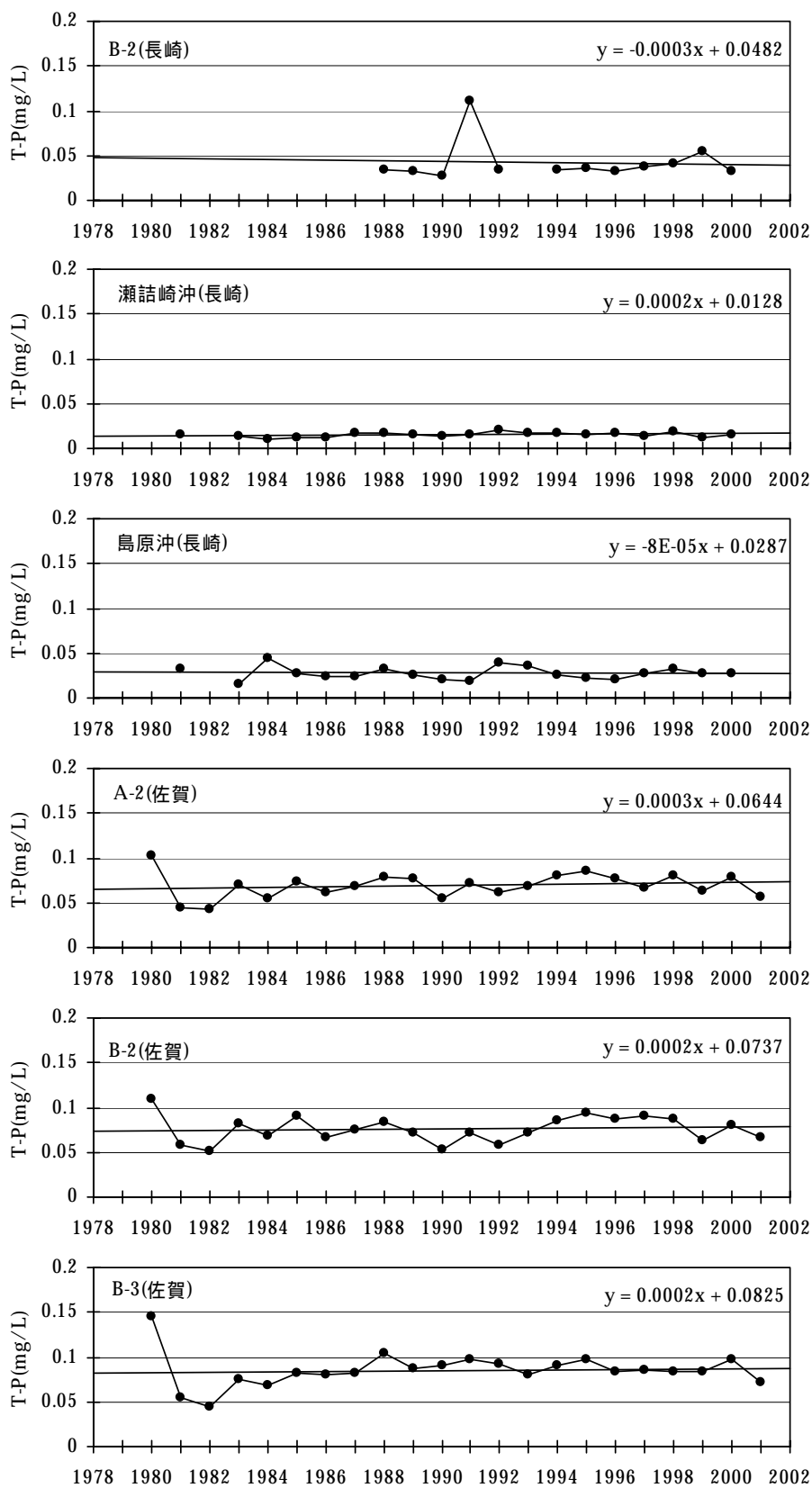
付図 1.2(1) 水質の経年変化[有明海] : T-N (年平均値)



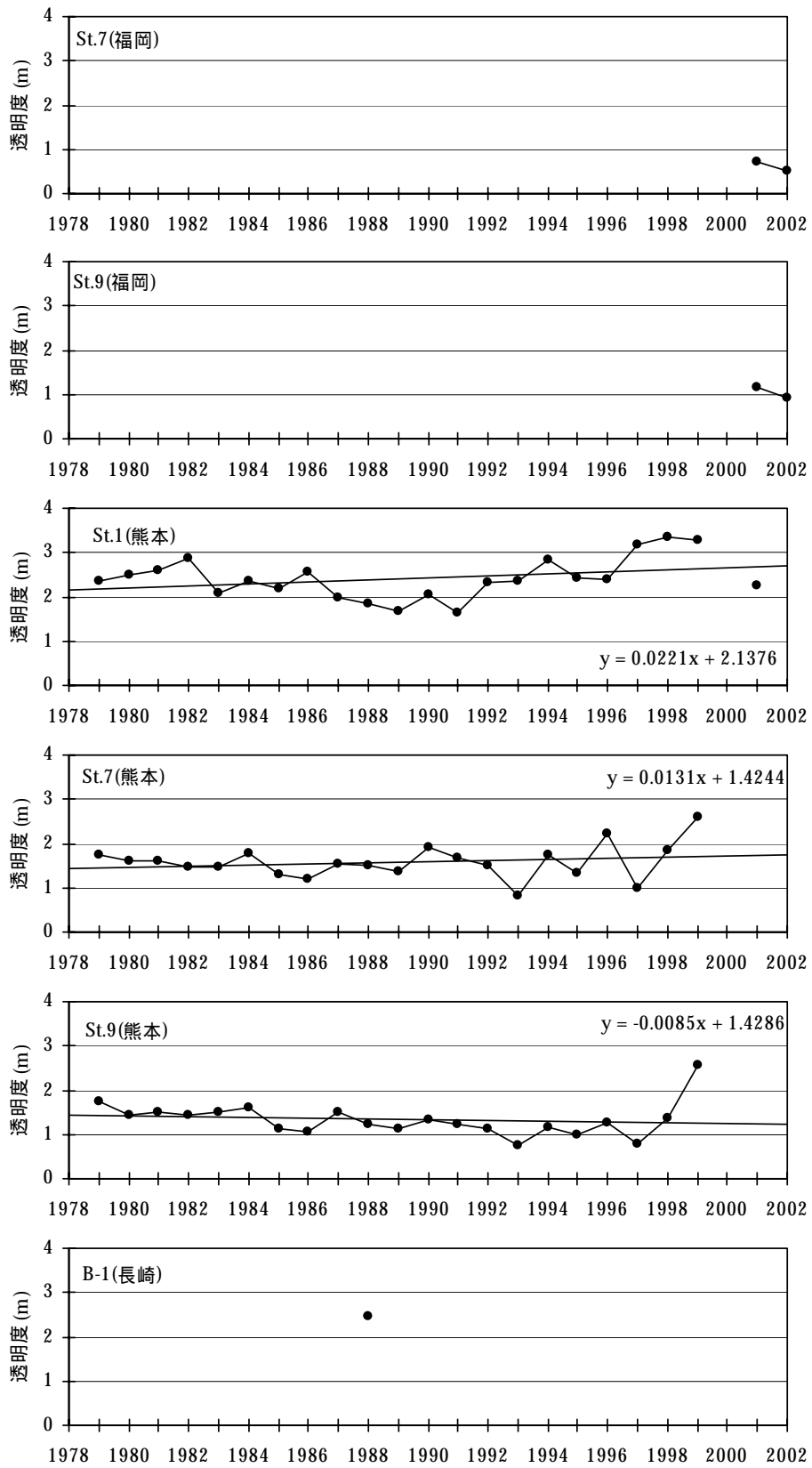
付図 1.2(2) 水質の経年変化[有明海]: T-N (年平均値)



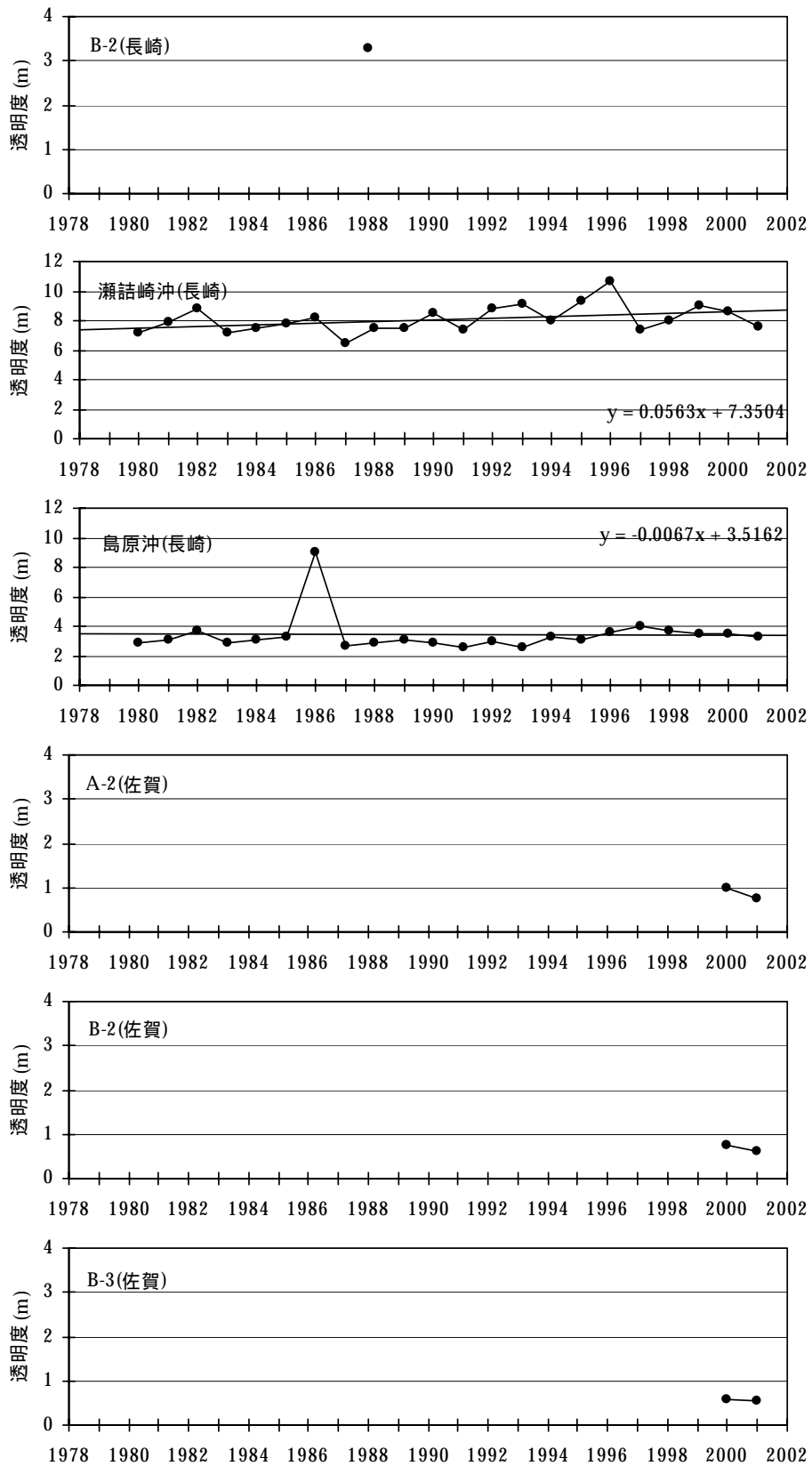
付図 1.3(1) 水質の経年変化[有明海] : T-P (年平均値)



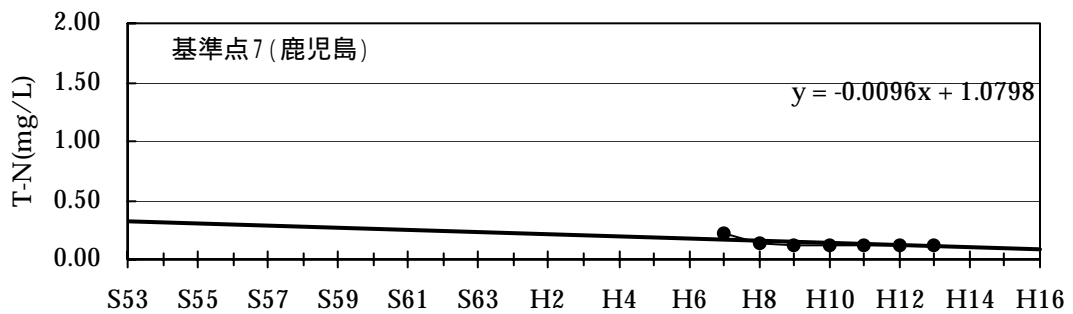
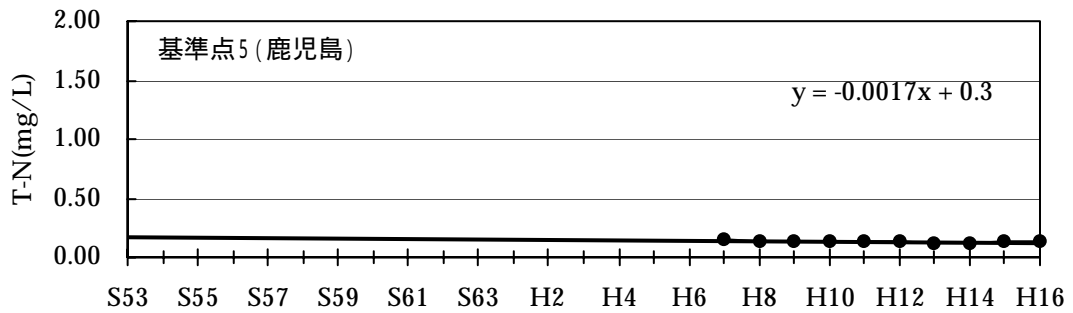
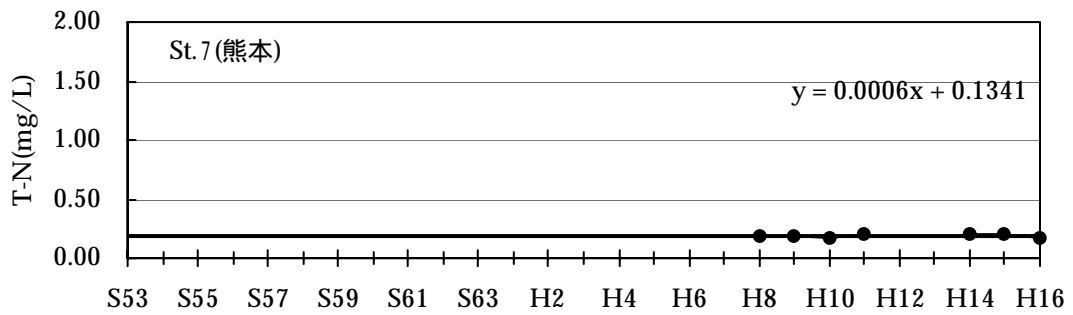
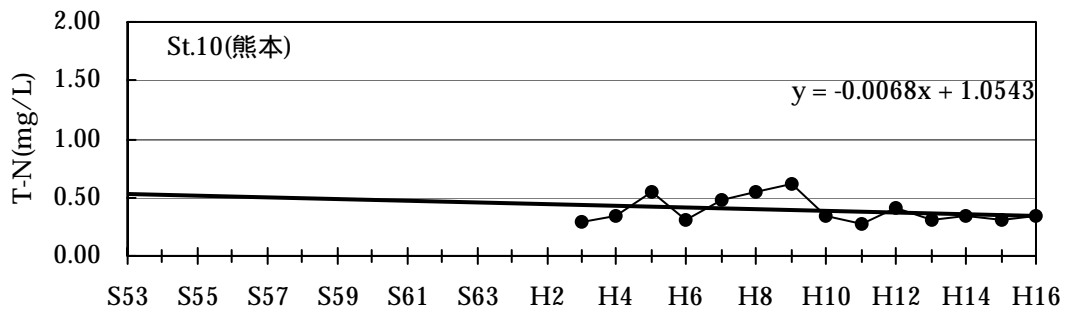
付図 1.3(2) 水質の経年変化[有明海] : T-P (年平均値)



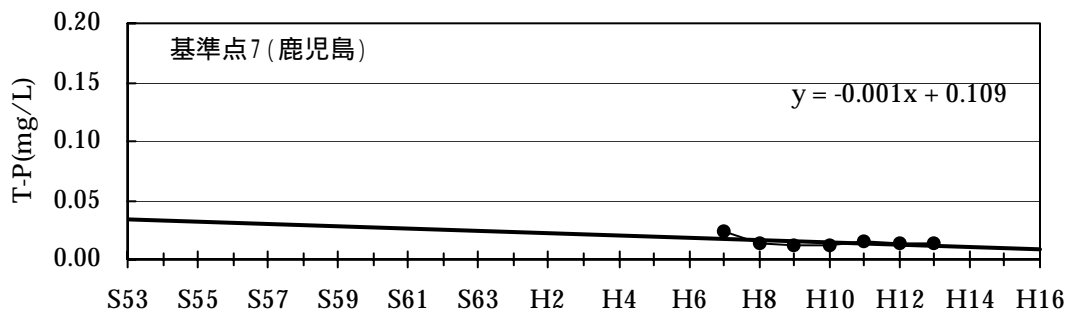
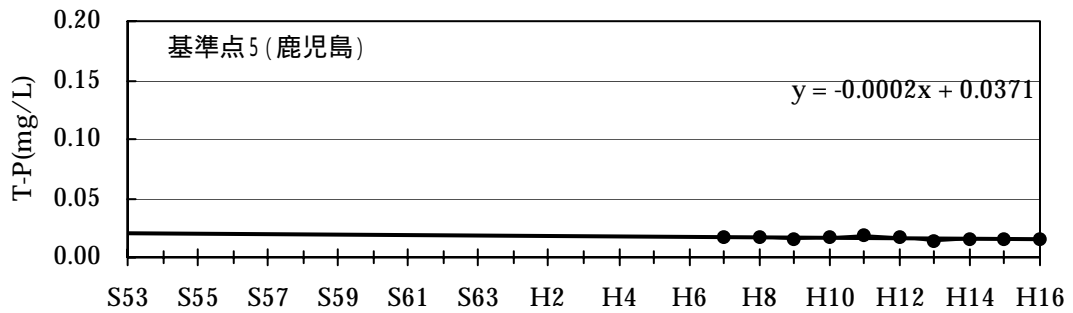
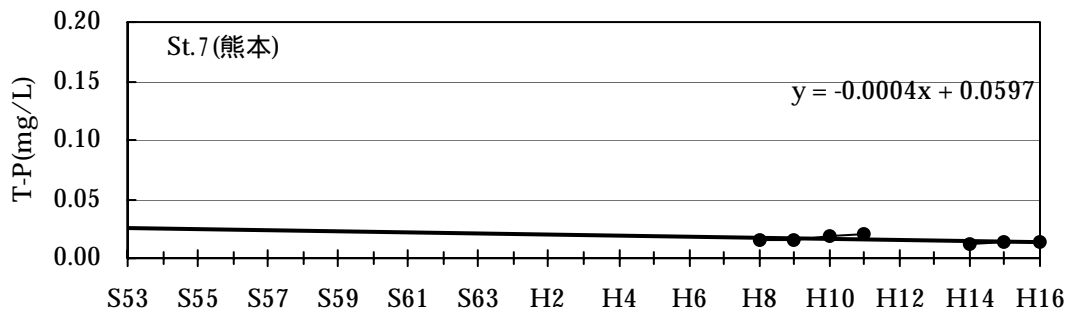
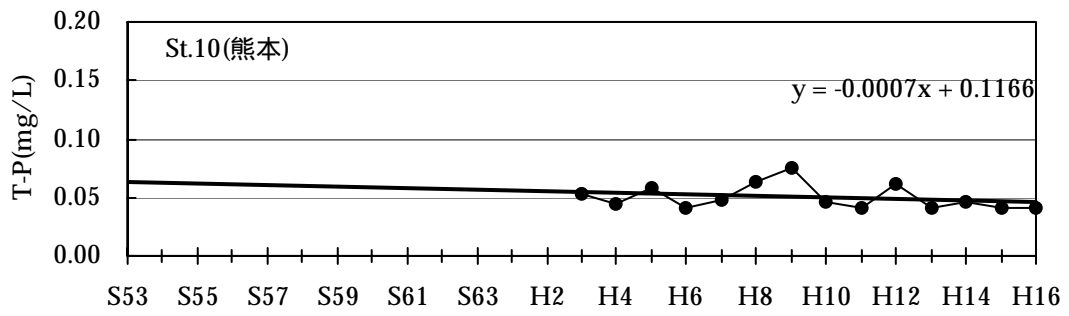
付図 1.4(1) 水質の経年変化[有明海]：透明度（年平均値）



付図 1.4(2) 水質の経年変化[有明海]：透明度（年平均値）

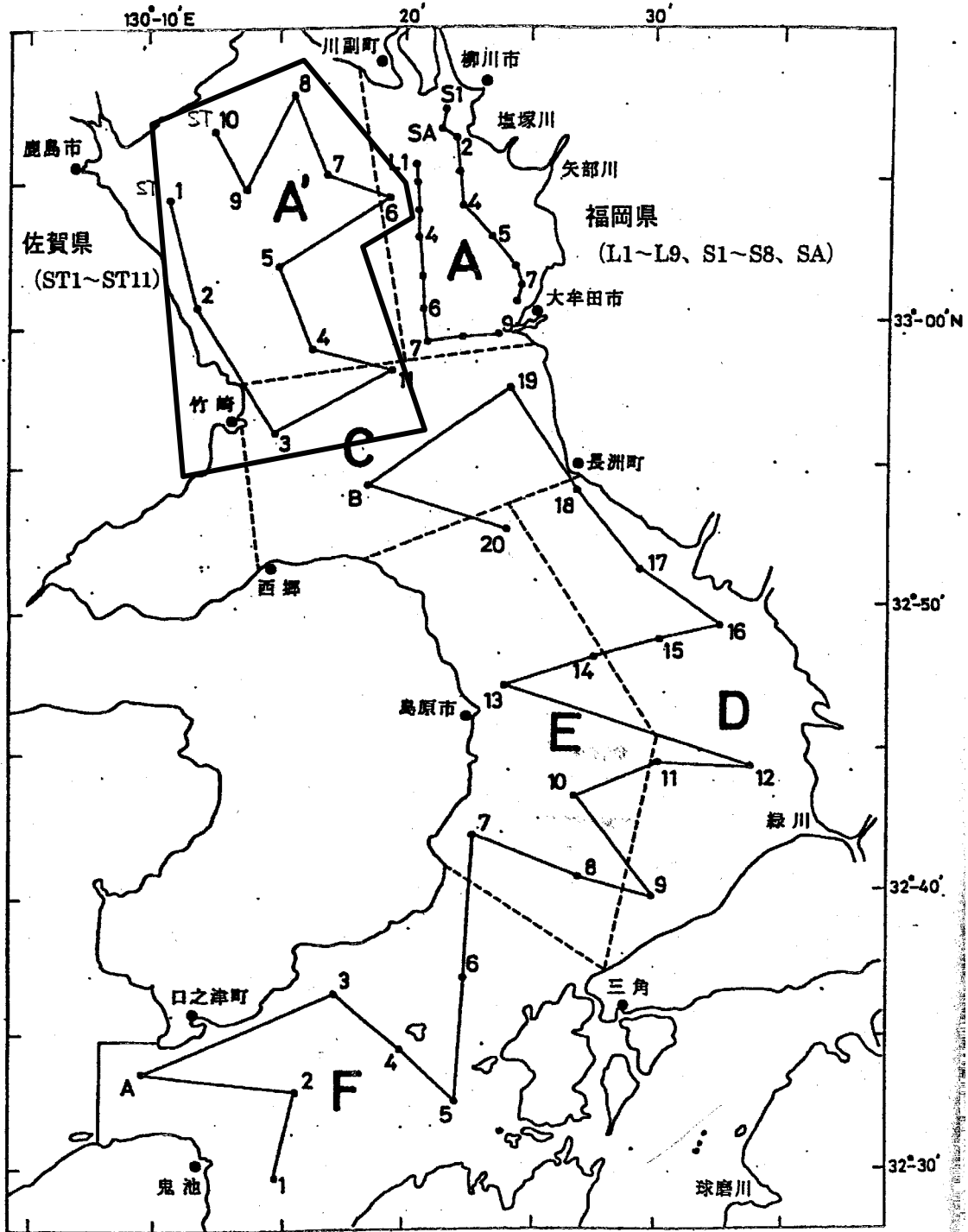


付図 1.5 水質の経年変化[八代海] : T-N(年平均値)



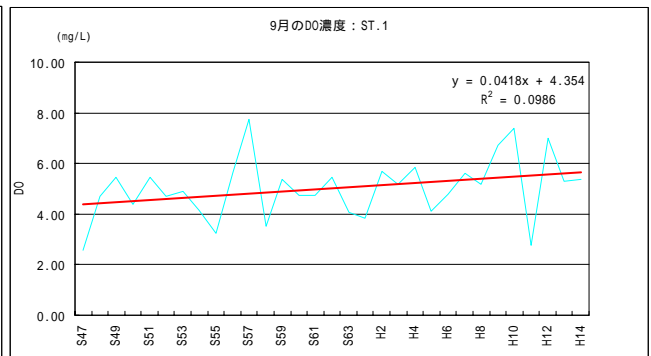
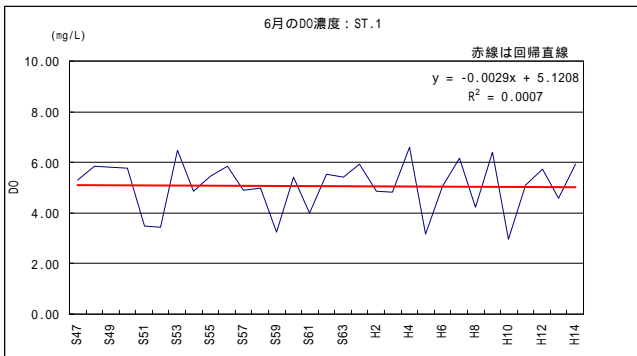
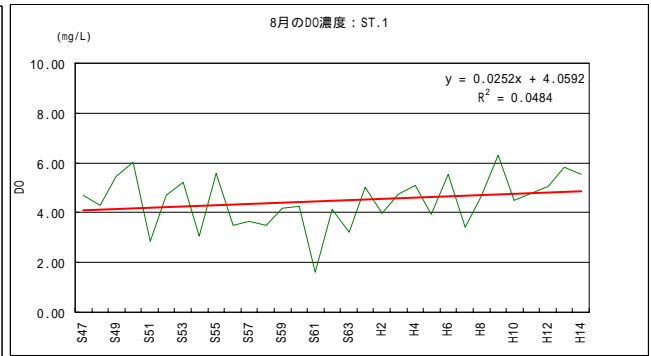
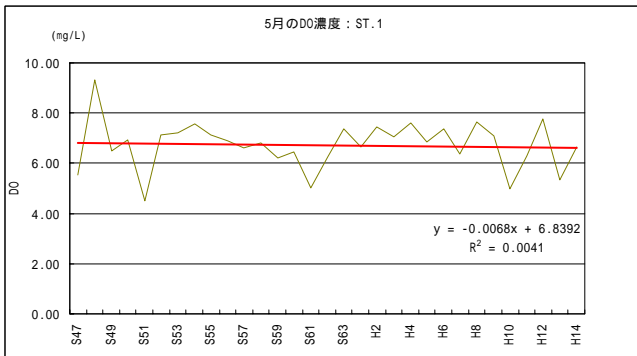
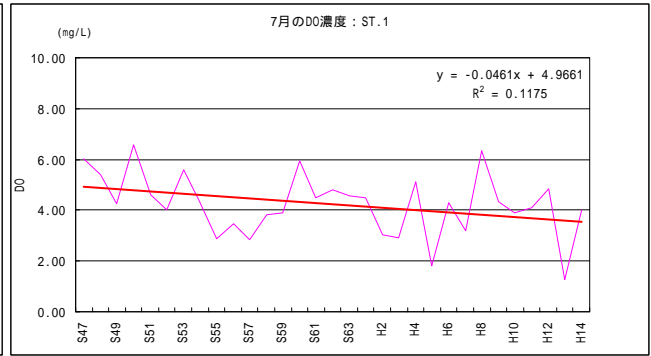
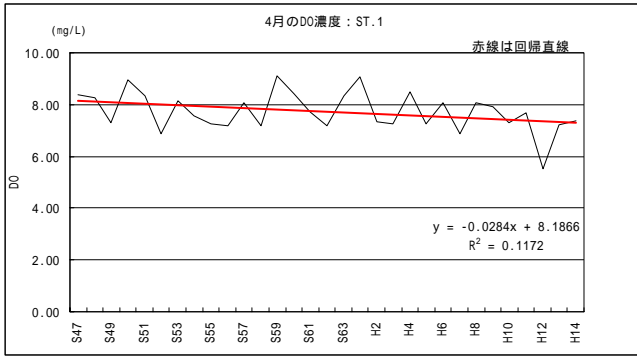
付図 1.6 水質の経年変化[八代海] : T-P(年平均値)

2. 貧酸素水塊の発生

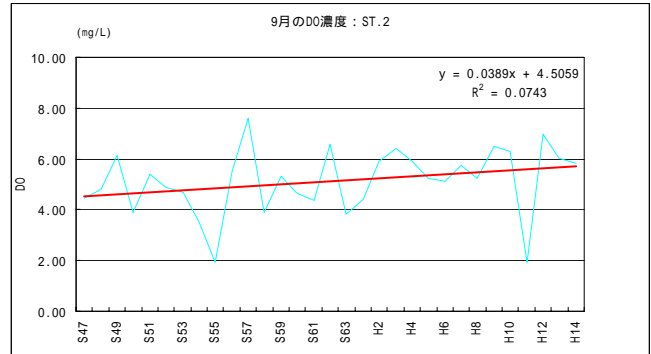
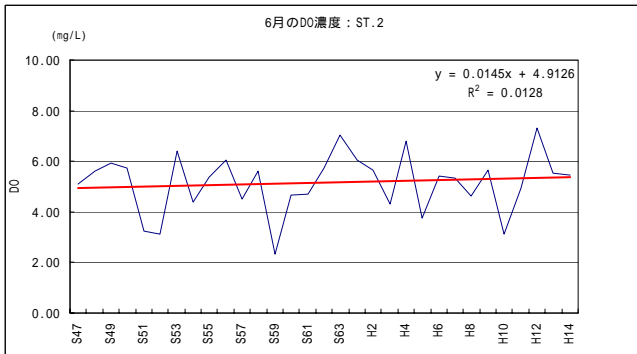
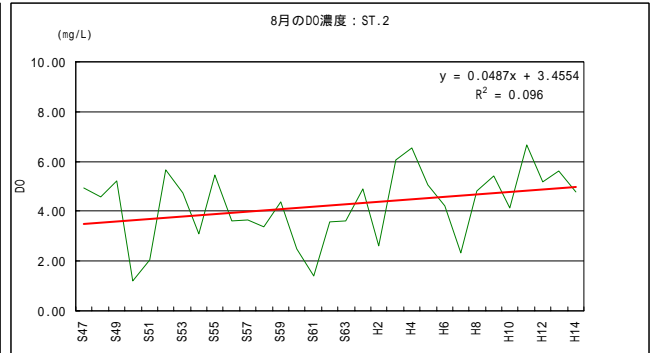
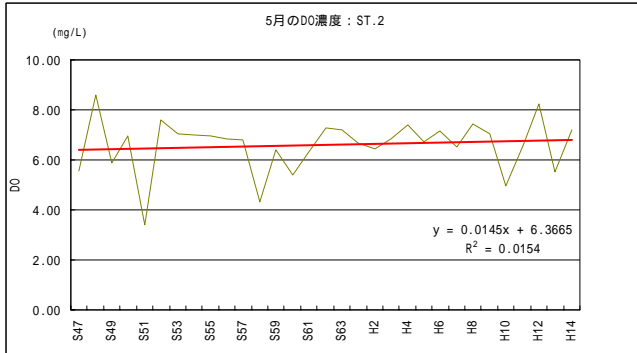
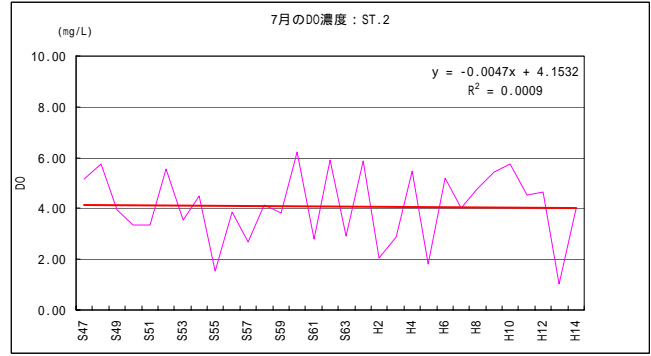
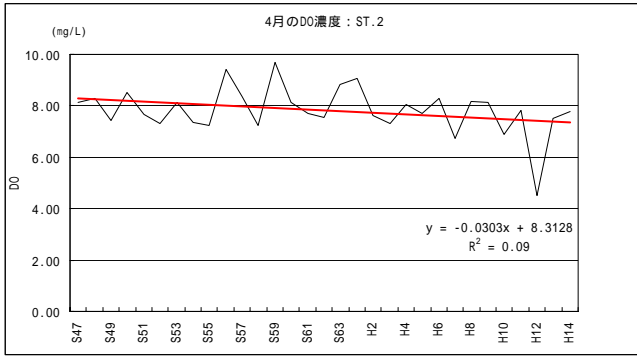


注) 太線で囲んだところが佐賀県の浅海定線調査の地点 (ST.1~ST.11) である。

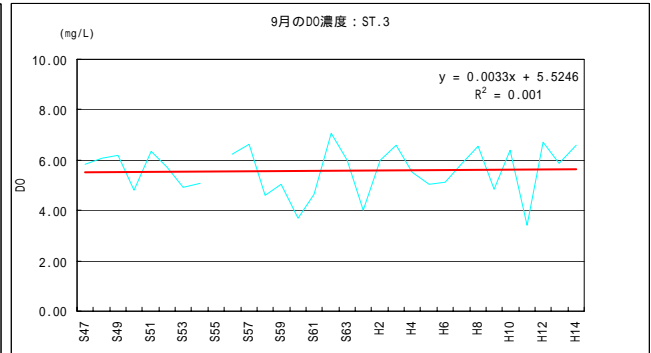
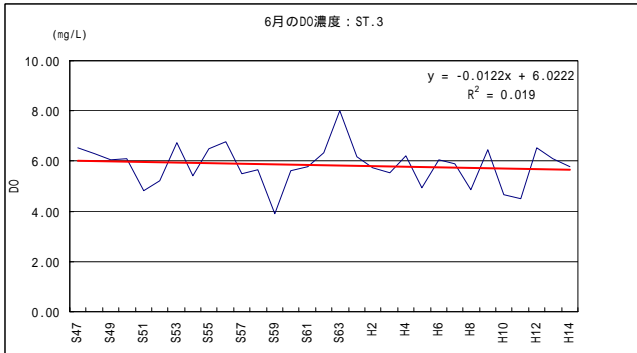
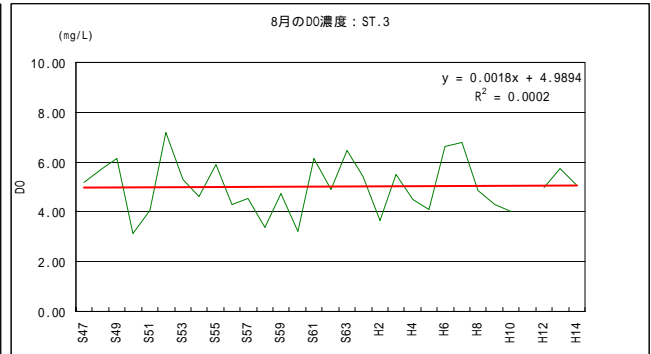
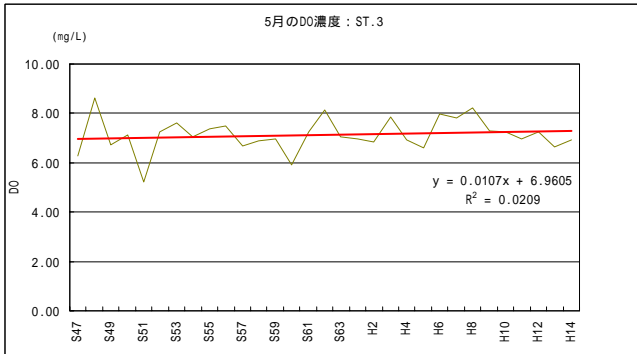
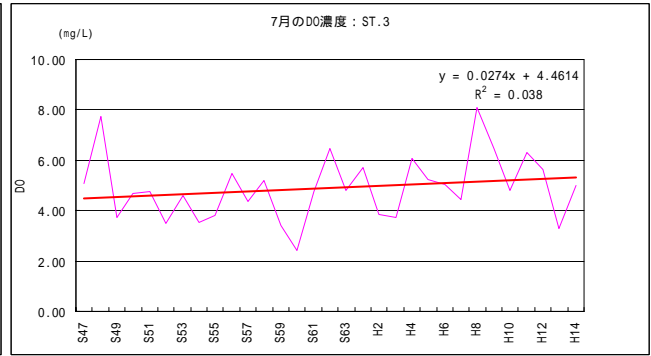
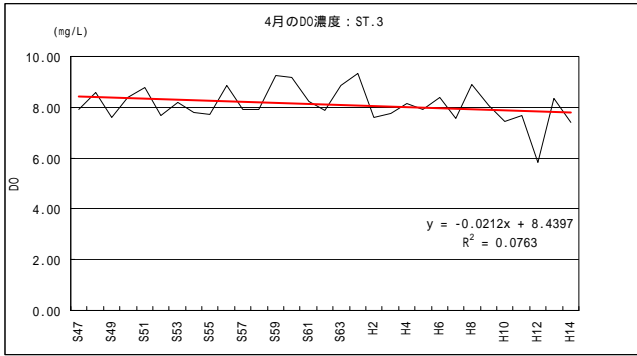
付図 2.1 調査地点図：浅海定線調査



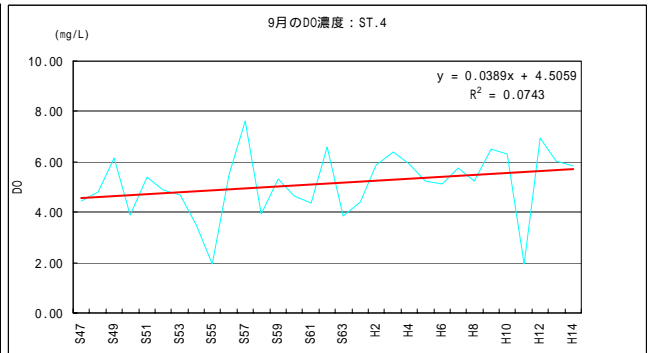
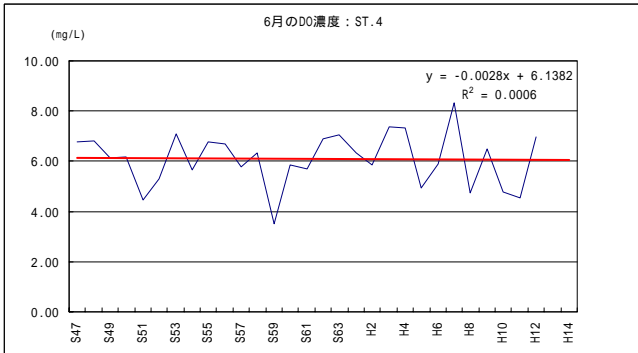
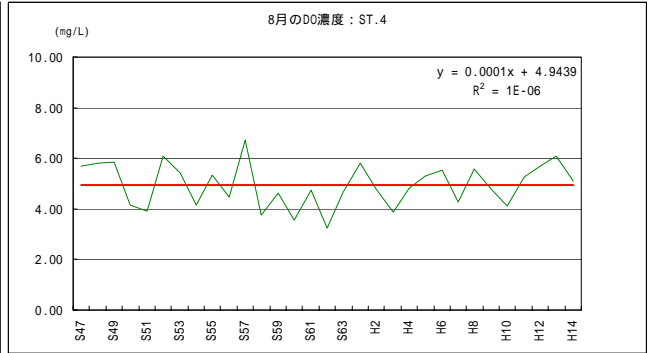
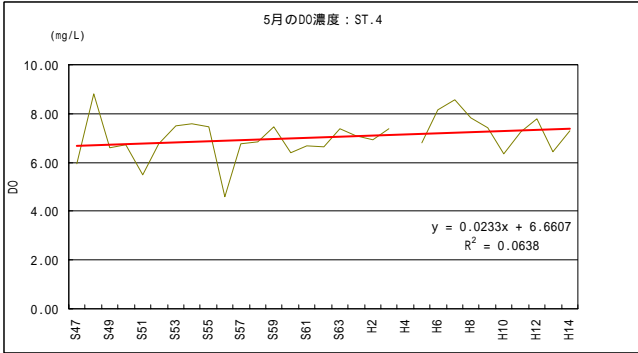
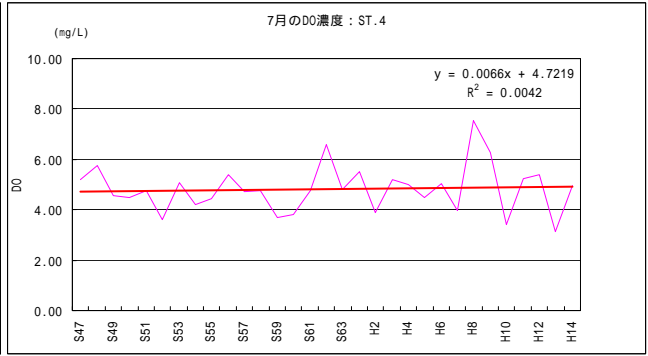
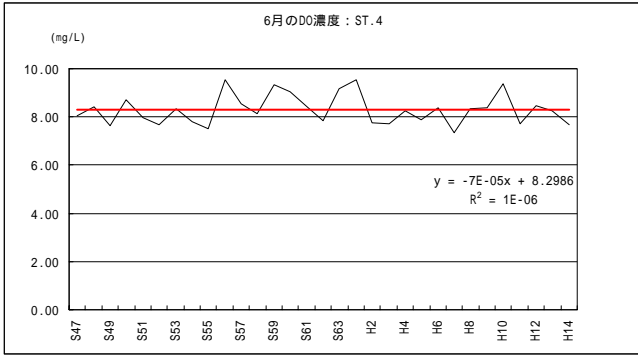
付図 2.2 ST.1 における D0 推移



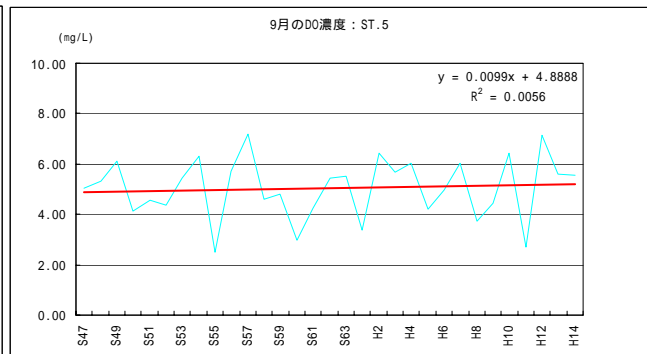
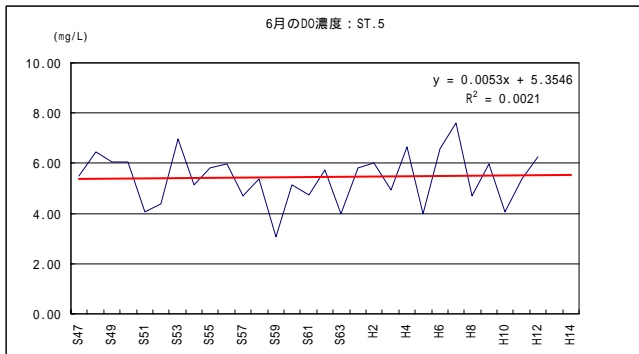
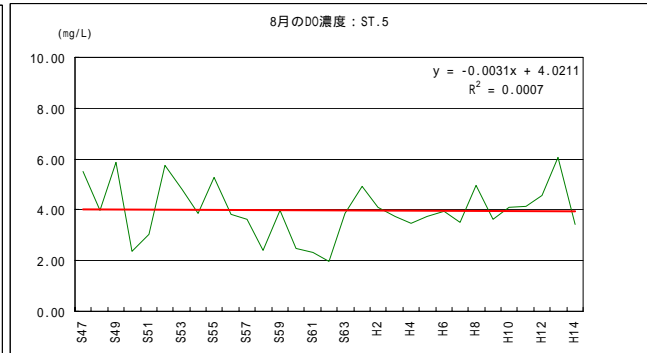
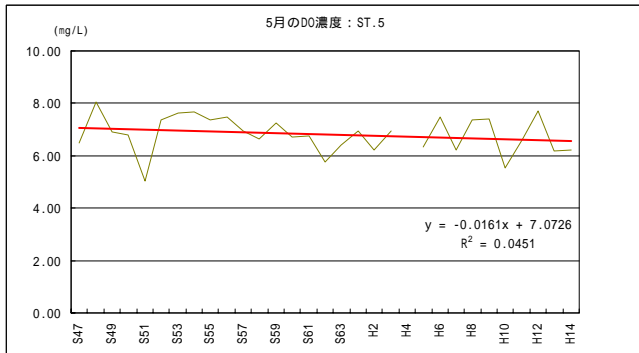
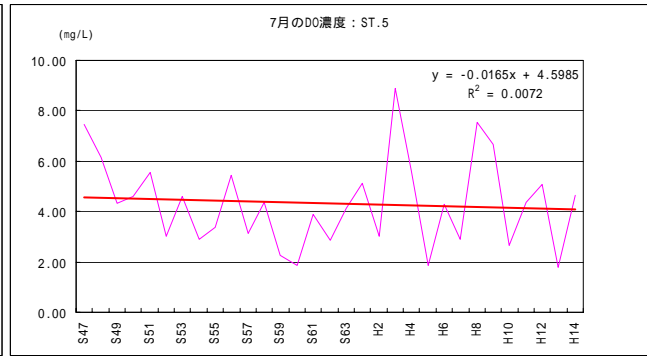
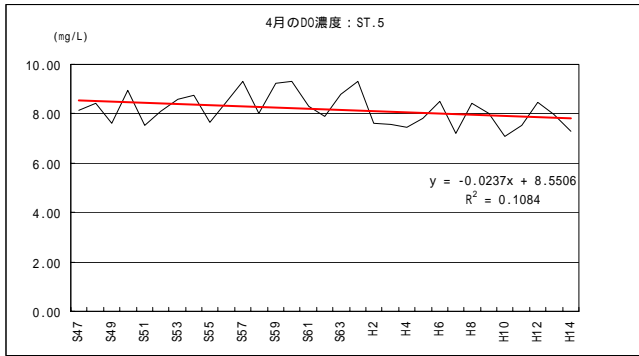
付図 2.3 ST.2 における D0 推移



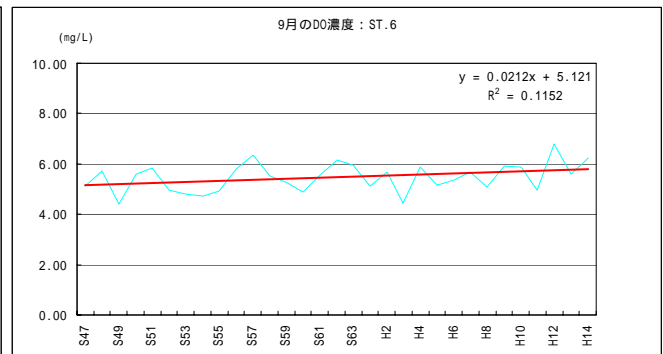
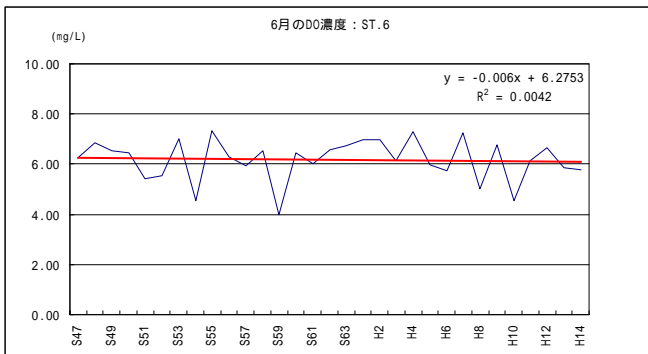
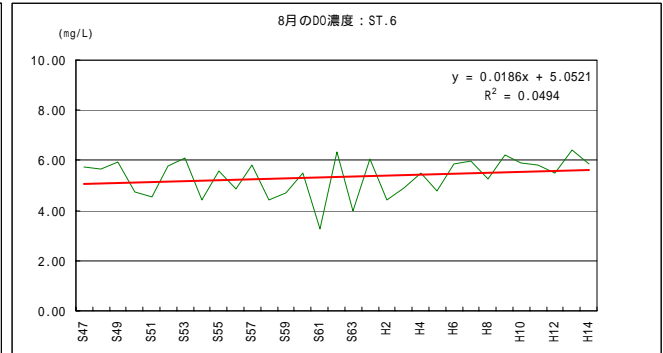
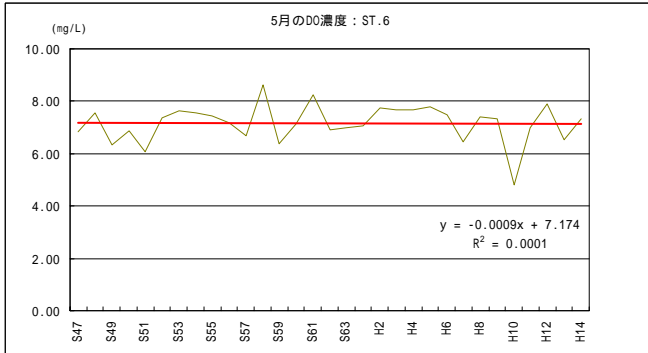
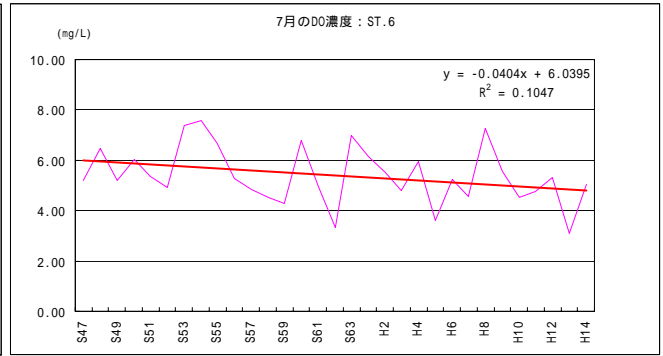
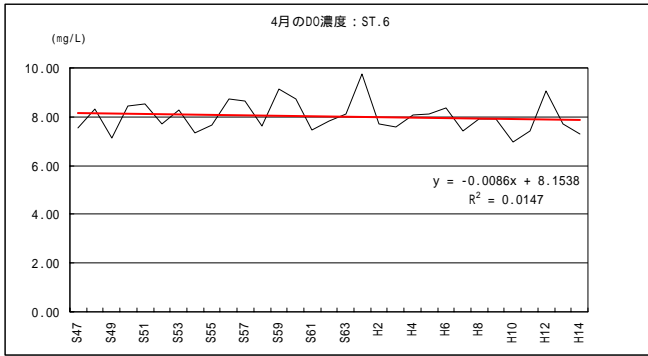
付図 2.4 ST.3におけるD0推移



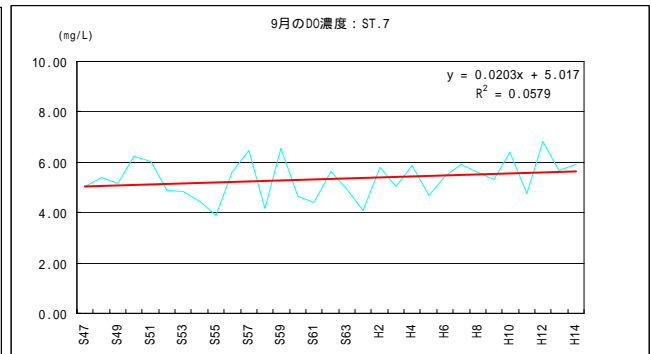
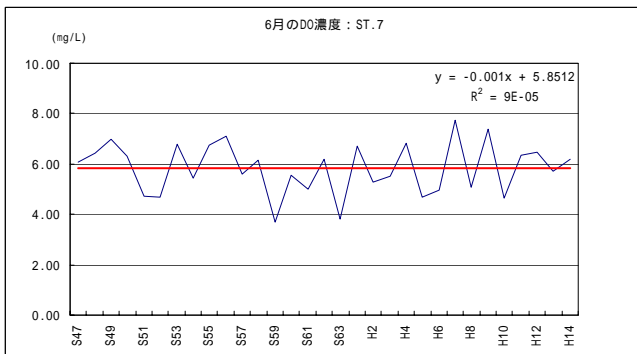
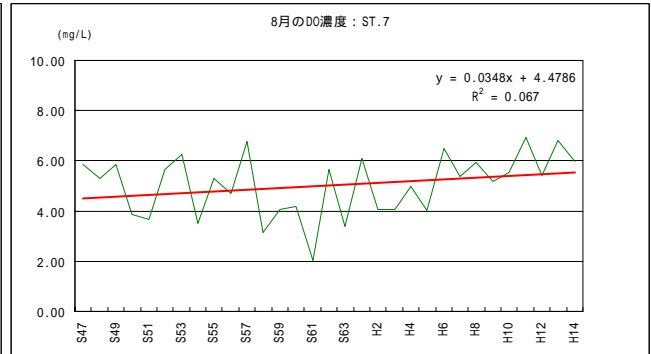
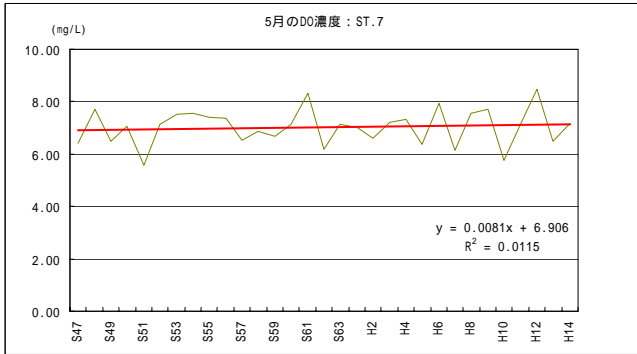
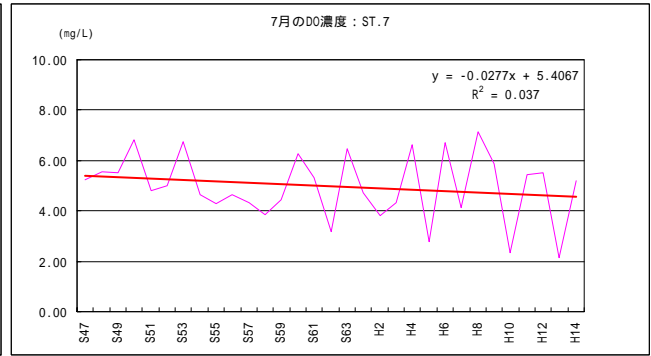
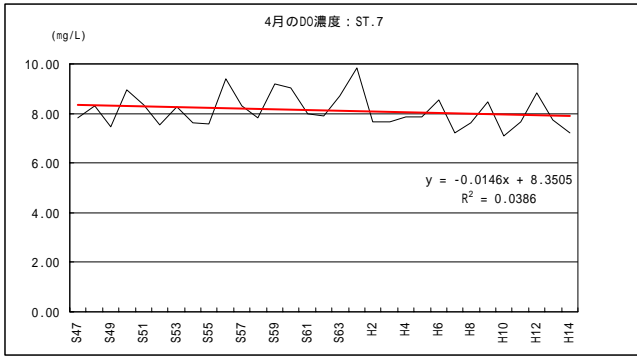
付図 2.5 ST.4 における D0 推移



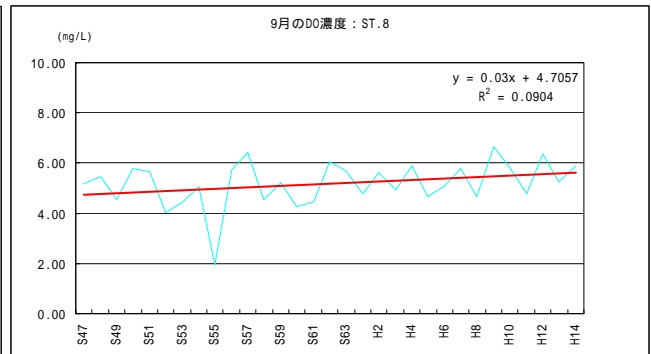
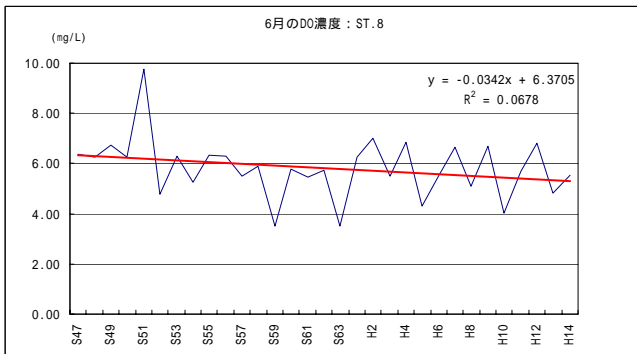
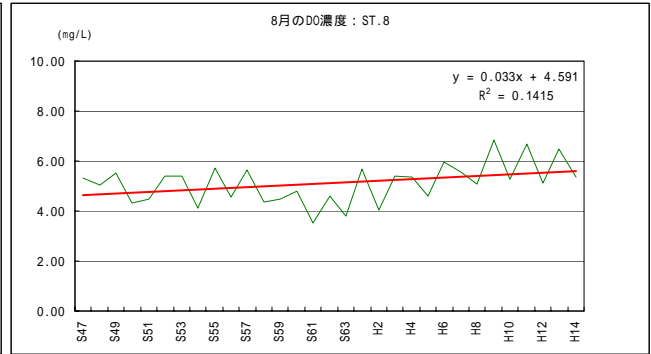
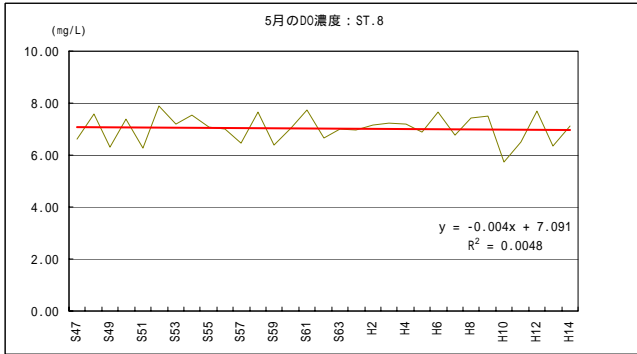
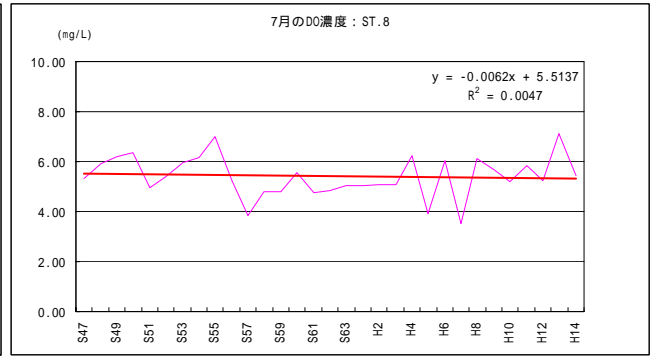
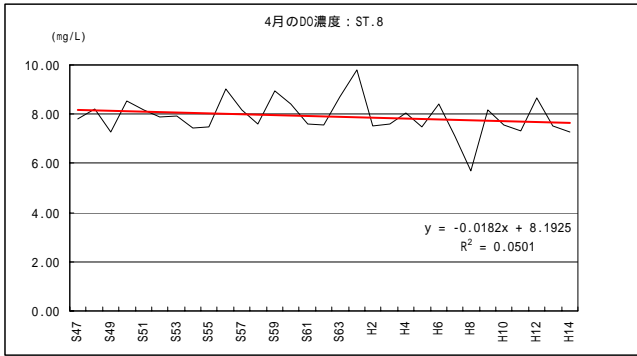
付図 2.6 ST.5 における D0 推移



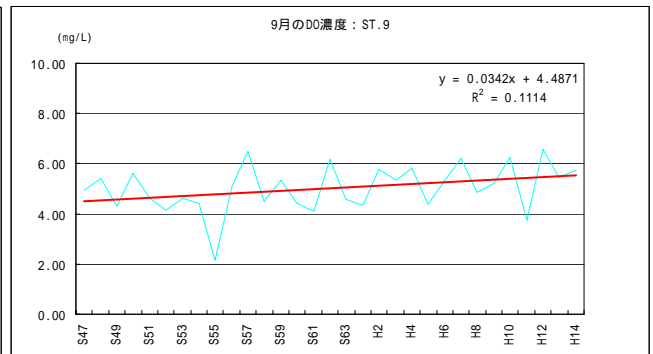
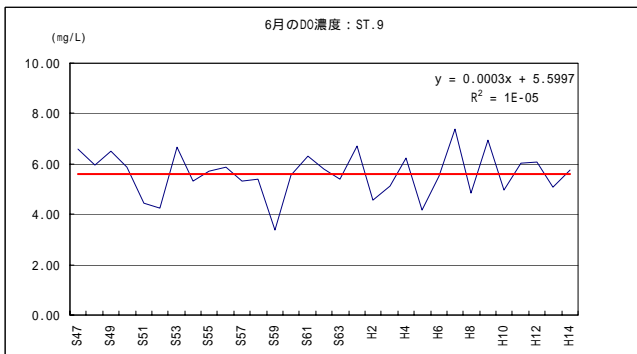
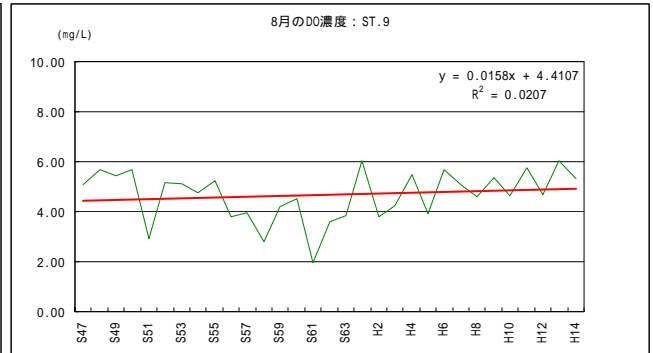
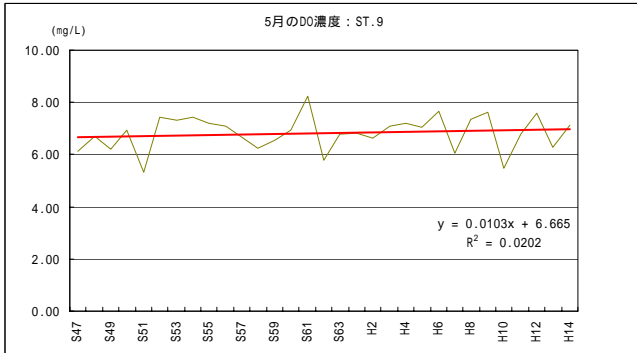
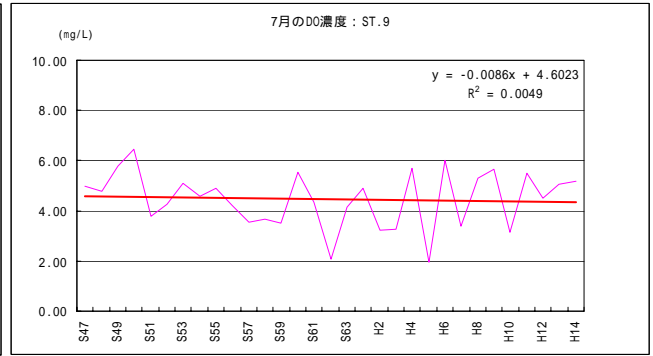
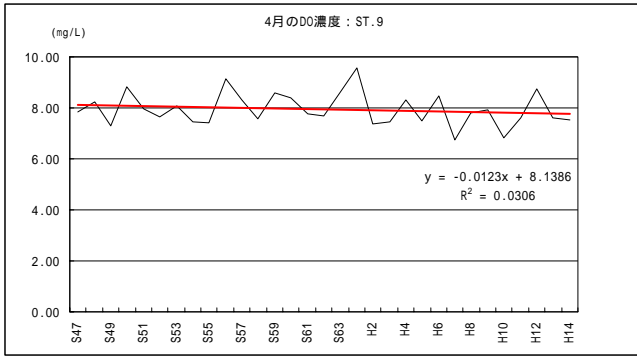
付図 2.7 ST.6 における D0 推移



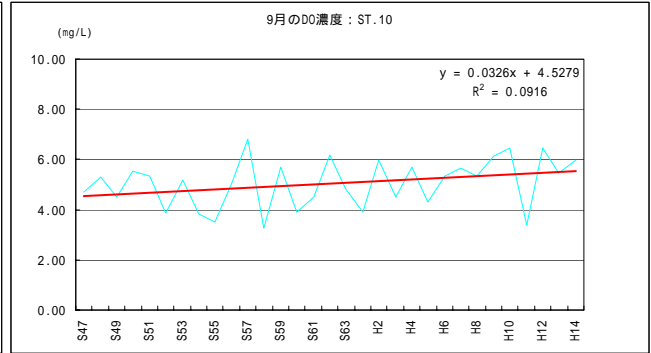
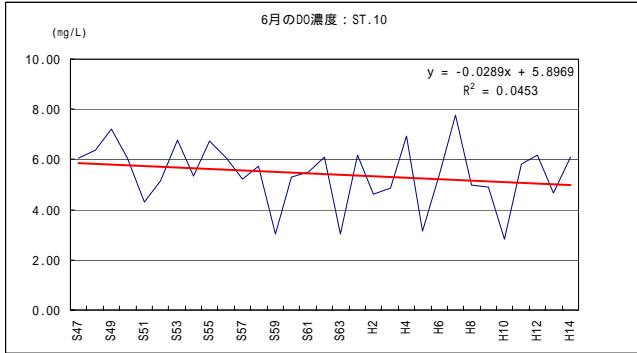
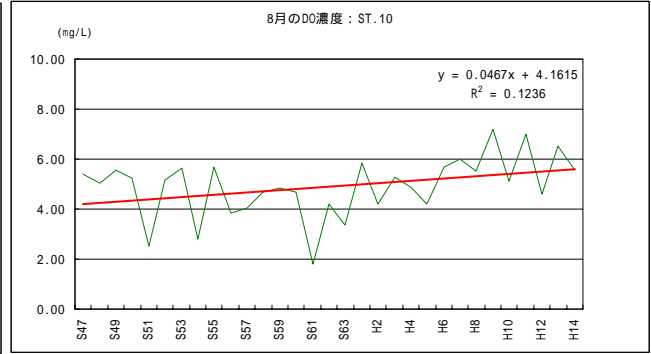
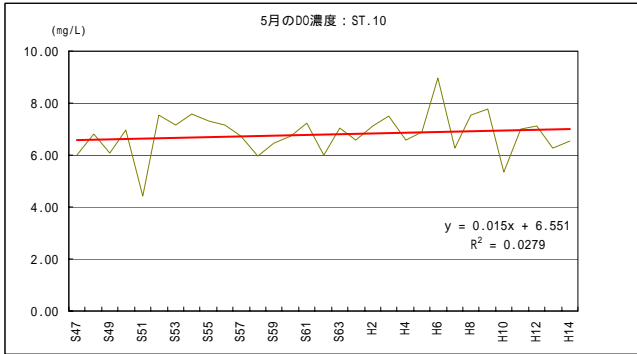
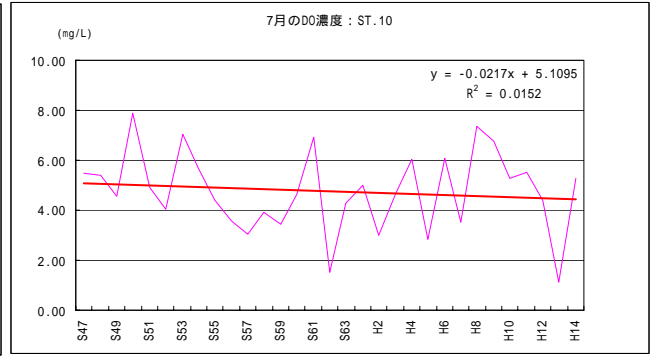
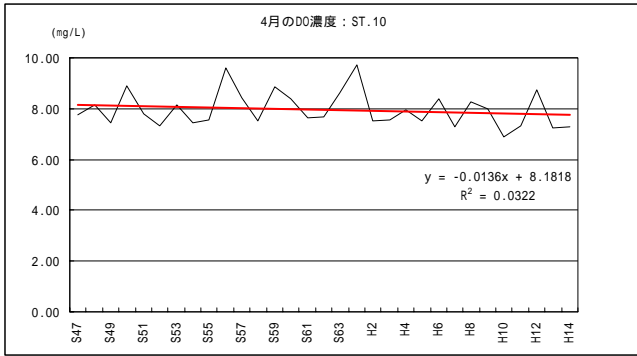
付図 2.8 ST.7 における D0 推移



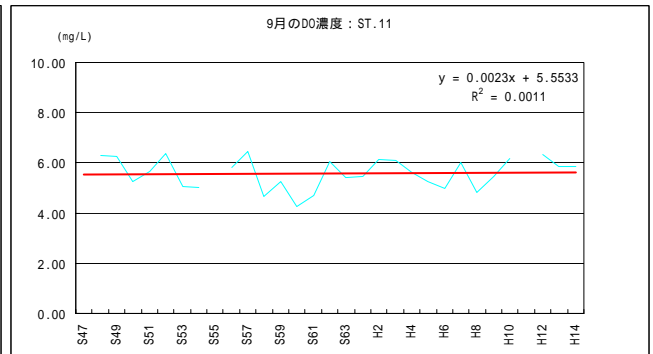
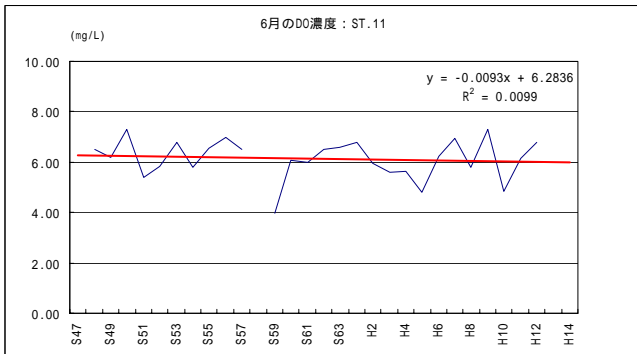
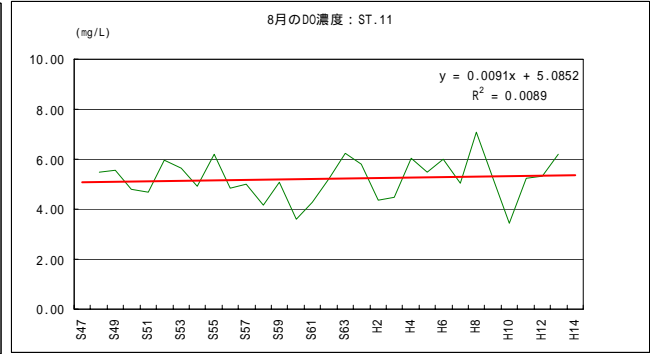
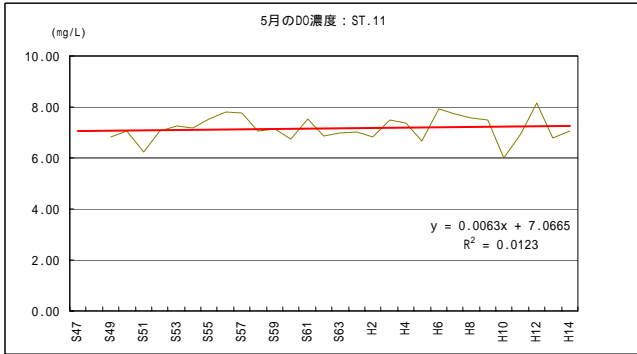
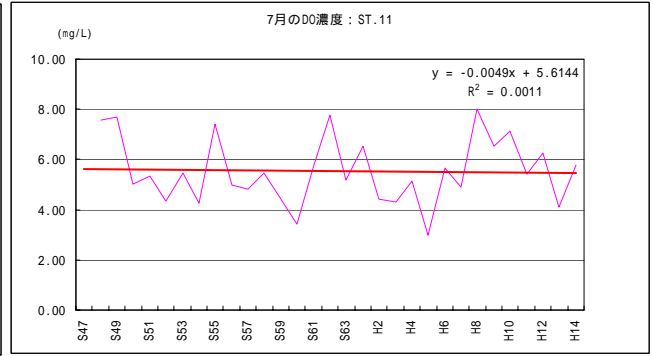
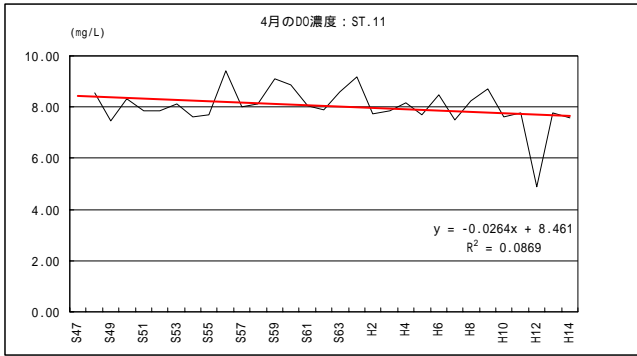
付図 2.9 ST.8 における D0 推移



付図 2.10 ST.9 における D0 推移



付図 2.11 ST.10 における D0 推移



付図 2.12 ST.11 における D0 推移