

資料：1. 有明海等環境情報・研究ネットワーク（九州海域の赤潮）  
 2. 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 5.1 赤潮発生日数と水温(表層、年平均値)との関係

## 5.2 富栄養化

### 5.2.1 原因・要因として指摘されている事項

諫早湾では潮受堤防を境にして赤潮発生記録が増加している（締め切り前の10数年間で14件、締め切り後の6年間で33件）。諫早湾で発生する赤潮は、潮受堤防内側の調整池や養殖用ノリ活性剤に起因すると考えられる富栄養化海水の流入、さらに諫早湾での海水の流速低下に伴う表層海水の攪拌の減少とともに、貧酸素水塊が出現することにより堆積物表層から栄養塩の溶出がその誘因として作用していることが示唆されている。

『出典：松岡敷充[長崎大水産](2003)：有明海の環境と生物生産 諫早湾における赤潮原因プランクトンの最近の変化，月刊海洋，VOL.35 NO.4，pp.246-251』

諫早湾の底質が悪化（諫早湾調整池と堤防外側の浮泥の堆積、有機炭素含有量や強熱減量を用いて判断）し、また窒素やリン負荷の増加（表2参照）によって赤潮が多発するようになった。

- ・ 図7に示すように、諫早湾中央部 B3 では明らかに1995年（平成7年）からCOD値が上昇して、その値は調整池内のB1とB2の間の値となっており、湾中央部では両方の底質の影響がみられた

『出典：佐々木克之(2003)：調整池による浄化機能の喪失とその影響，沿岸環境関連学会連絡協議会 第10回ジョイントシンポジウム「有明海生態系異変原因解明の到達点」，pp.24-31』

図7

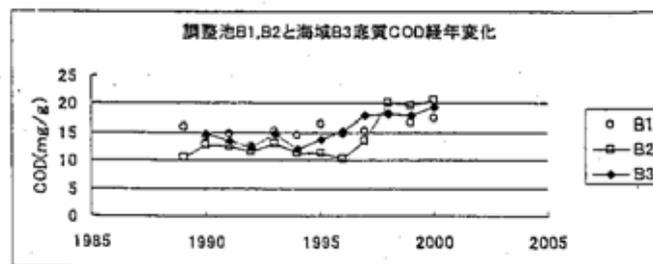


表2.調整池からの汚濁負荷量 (t/y) (90-96は干潟域からの負荷量)

	90-96	97	98	99	00	01	02
SS	(6325)	29419	23302	37252	28514	28382	18396
COD	1046	4840	3058	4277	2330	2187	2073
TN	178	797	684	897	417	358	330
TP	78	123	121	145	67	62	55

大規模な赤潮を発生させ、深刻な漁業被害をもたらす背景としては、海域環境の悪化、特に海水の富栄養化が考えられる。栄養塩濃度がある程度以上に高い場合に、気象・海象条件が整うと植物プランクトンが大繁殖し赤潮が発生する。

諫早湾奥の水質は、締切以前は諫早湾中央部と同程度であったが、現在は諫早湾に流入する本明川河口部の水質と同程度であり、湾奥部が希釈効果を含めて有していた水質浄化機能は現在の調整池内では失われている(図9参照)。

『出典：磯部雅彦[東大大学院新領域創成科学研究科] (2001)：有明海における水環境の現状，水環境学会誌，Vol.24, No.10, pp.659-664』

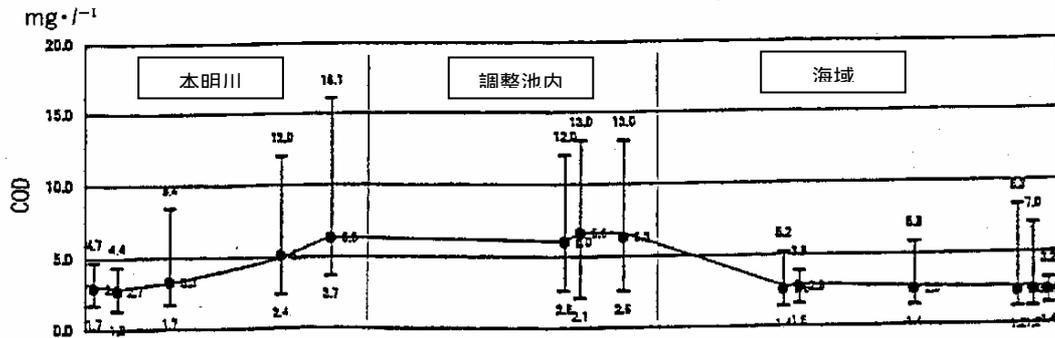
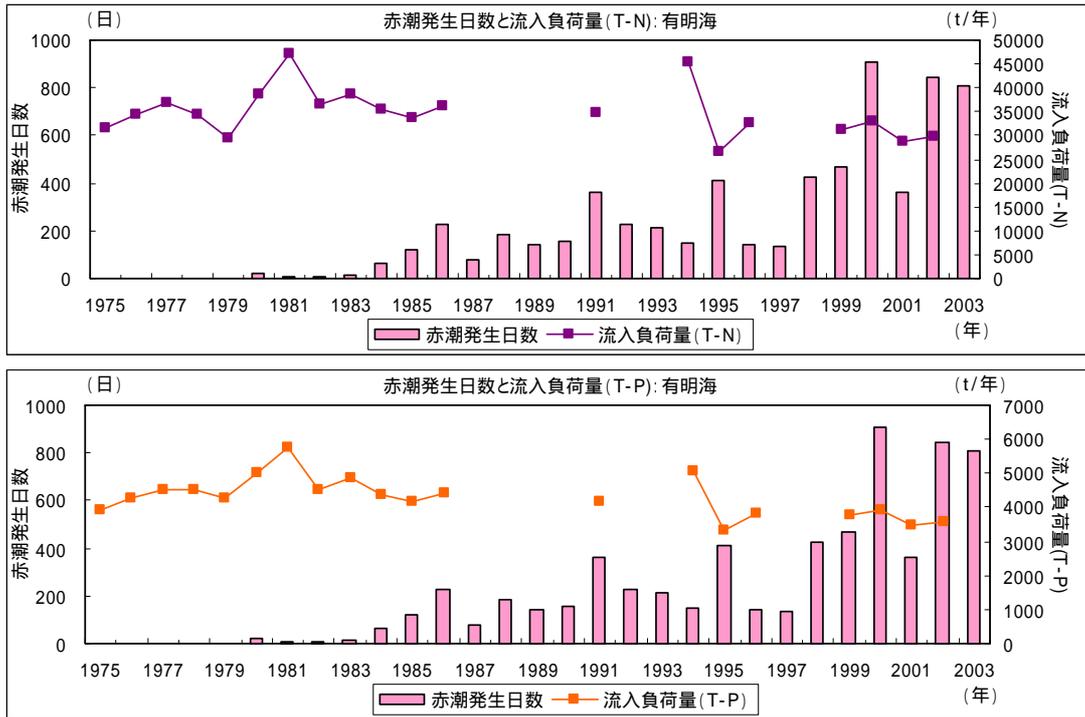


図9 諫早湾潮受け堤防の締切後 (H. 9-11年の平均) の COD 空間分布<sup>2)</sup>

## 5.2.2 原因・要因の検証

### (1) 栄養塩の流入・有機物の流入

赤潮発生日数と流入負荷量を照合した結果、両者の変動は一致せず、相関関係は認められなかった(図5.2参照)。

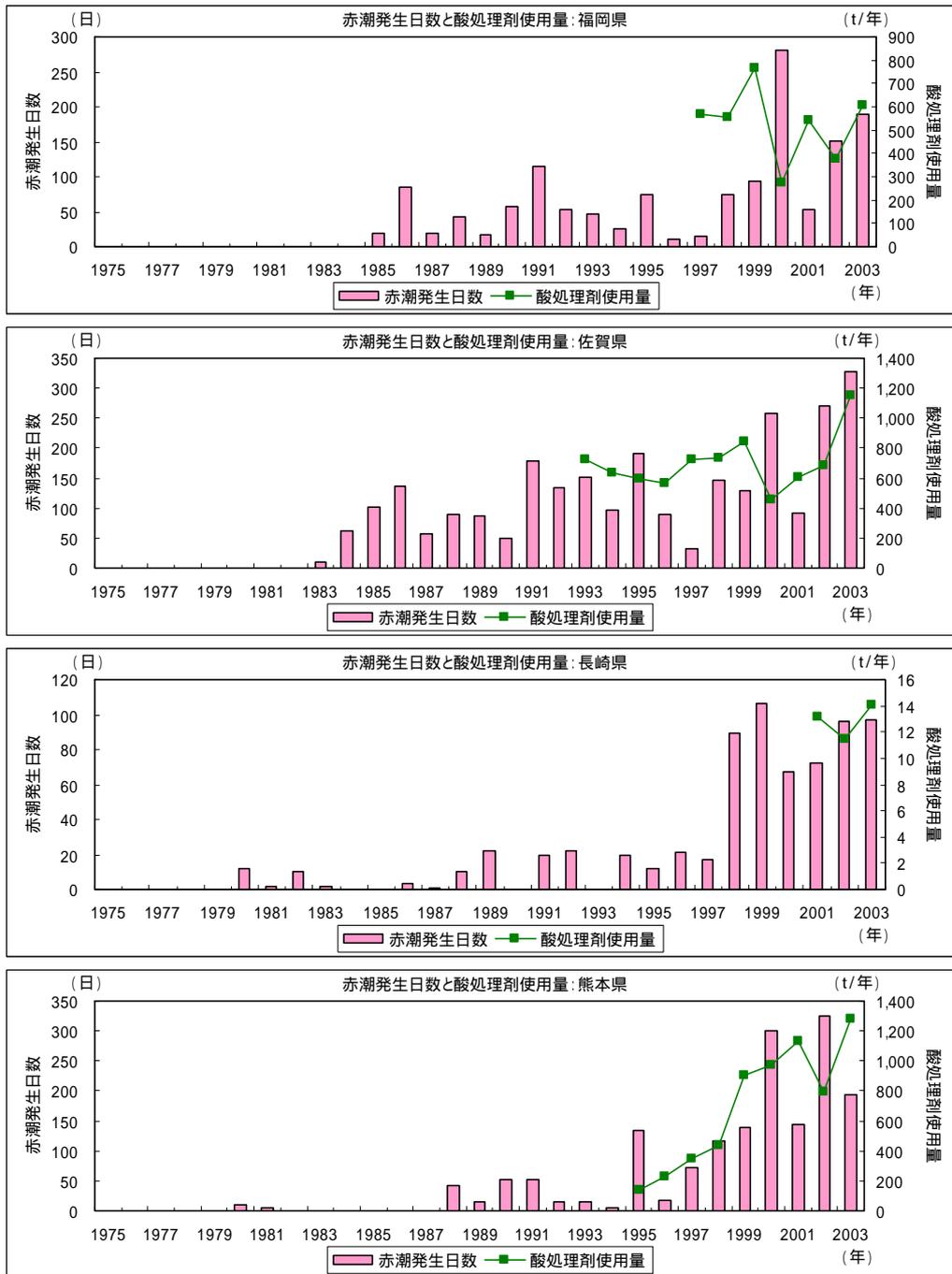


注) 赤潮発生日数は、福岡県、佐賀県、長崎県及び熊本県で発生した赤潮発生日数の合計である。  
 資料：1. 有明海等環境情報・研究ネットワーク（九州海域の赤潮）  
 2. 第15回有明海・八代海総合調査評価委員会「資料-4 有明海・八代海への汚濁負荷の変遷について」(環境省発表資料)

図 5.2 有明海の赤潮発生日数と流入負荷量との関係

(2) 酸処理剤・施肥

赤潮発生日数と酸処理剤使用量を照合した結果、熊本県を除き、両者に明確な相関関係は認められなかった(図 5.3参照)。



資料：1.有明海等環境情報・研究ネットワーク（九州海域の赤潮）  
2.関係県資料

図 5.3 赤潮の発生日数と酸処理剤使用量との関係

(3) 貧酸素水塊（底泥からの栄養塩供給）

浅海定線調査による底層 DO に明らかな傾向がみられず、両者の変動は一致しなかった。

## 5.3 透明度の上昇

### 5.3.1 原因・要因として指摘されている事項

冬季赤潮の発生が増加した要因として、栄養塩類の増加と光環境の良化が考えられるが、後者に関連する成層の発達に対して堰の建設による潮汐の弱化で起る可能性がある。さらに、河川からの土砂流入の減少、干潟の減少に伴う浮遊懸濁物の減少による有光層の深化もその要因と考えられる。また、減少速度の低下は底生生物の減少によって起る可能性もある。しかし、いずれの仮定に関しても、現時点では定性的な議論しかできず、今後の研究が必要であろう。

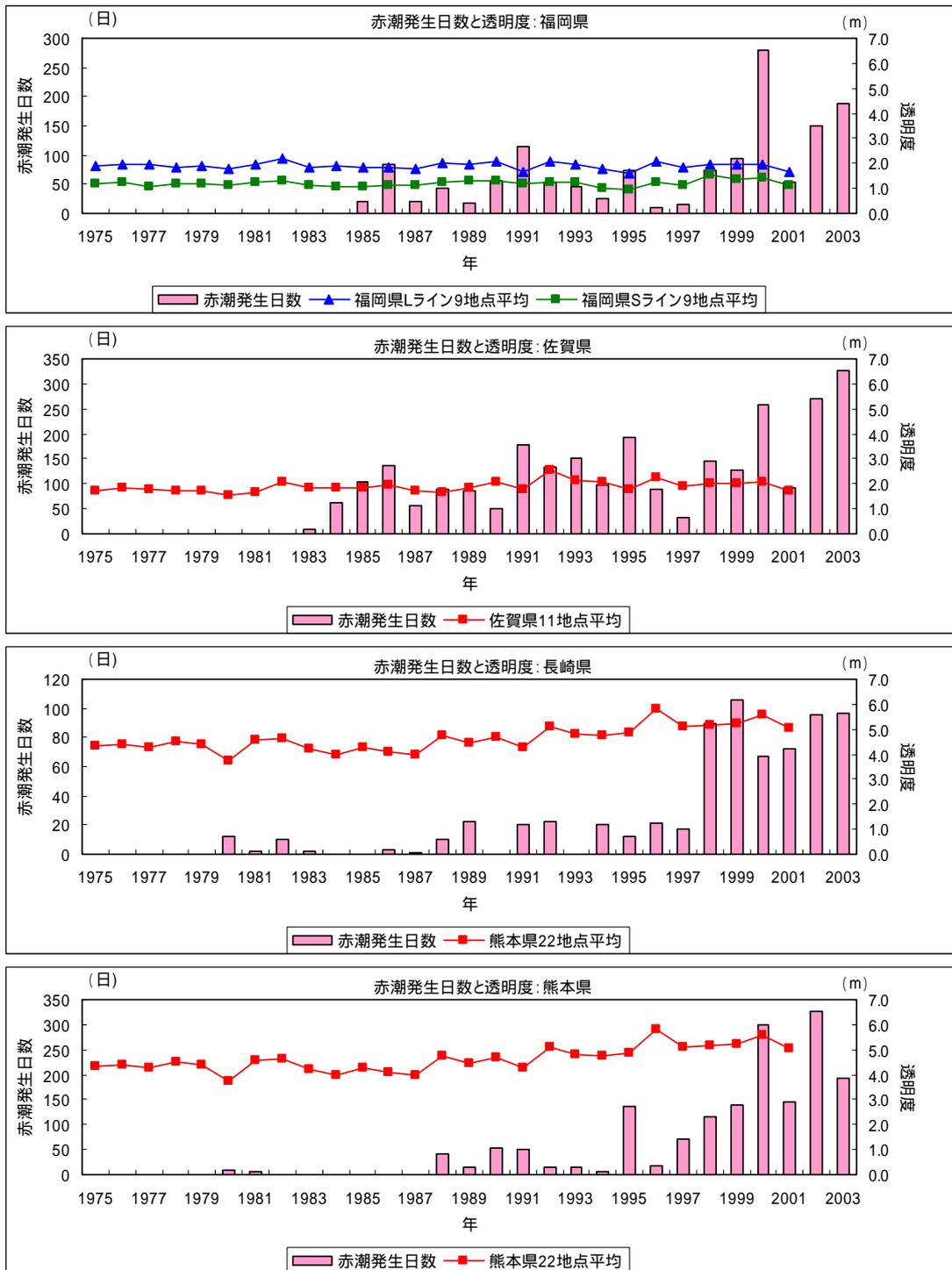
『出典：石坂丞二[長崎大水産] (2003)：有明海の環境と生物生産 宇宙から見た有明海の赤潮，月刊海洋，Vol.35, No.4, pp.271-275』

最近の赤潮・貧酸素水塊の頻発、ベントスの減少、ノリの色落ち現象等は、潮流の流速低下による浮泥濃度の低下と透明度の上昇により植物相の卓越種が付着珪藻から浮遊性の珪藻にシフトされたことによると考えられた。

『出典：杉本隆成[東京大学海洋研究所]，田中勝久[(独)水産総合研究センター中央水産研究所]，佐藤英夫[(株)ファイ・ラムダ](2004)：有明海奥部における浮泥の挙動と低次生産への影響，沿岸海洋研究，VOL.42,NO.1, pp.19-25』

### 5.3.2 原因・要因の検証

赤潮発生件数と透明度（福岡県、佐賀県、熊本県）を照合した結果、両者の一定の相関関係がみられた（図 5.4参照）。



注) 長崎県については、調査地点が熊本県とほぼ同じ海域で実施していることから、透明度は熊本県のデータを示している。

資料：1. 有明海等環境情報・研究ネットワーク（九州海域の赤潮）

2. 浅海定線調査結果

図 5.4 赤潮の発生日数と透明度との関係

## 5.4 干潟・藻場の減少

### 5.4.1 原因・要因として指摘されている事項

有明海の環境変化としては、水質浄化機能（生物の生息場である干潟としている）の喪失と負荷の増大、流動（潮位・流速・流向）の変化、赤潮の増加、貧酸素水塊の発生、タイラギ・アサリ等の減少、成育不良及び稚貝の斃死、諫早湾の底質の変化と底生生物の減少、が指摘されている。このうち主要な変化はとで、これらが引き金となり残りの4項目が変化し、全体として有明海生態系が変化したと想定される。上記の有明海生態系の構造的変化に諫早湾干拓が追い討ちをかけた疑いが濃厚である。

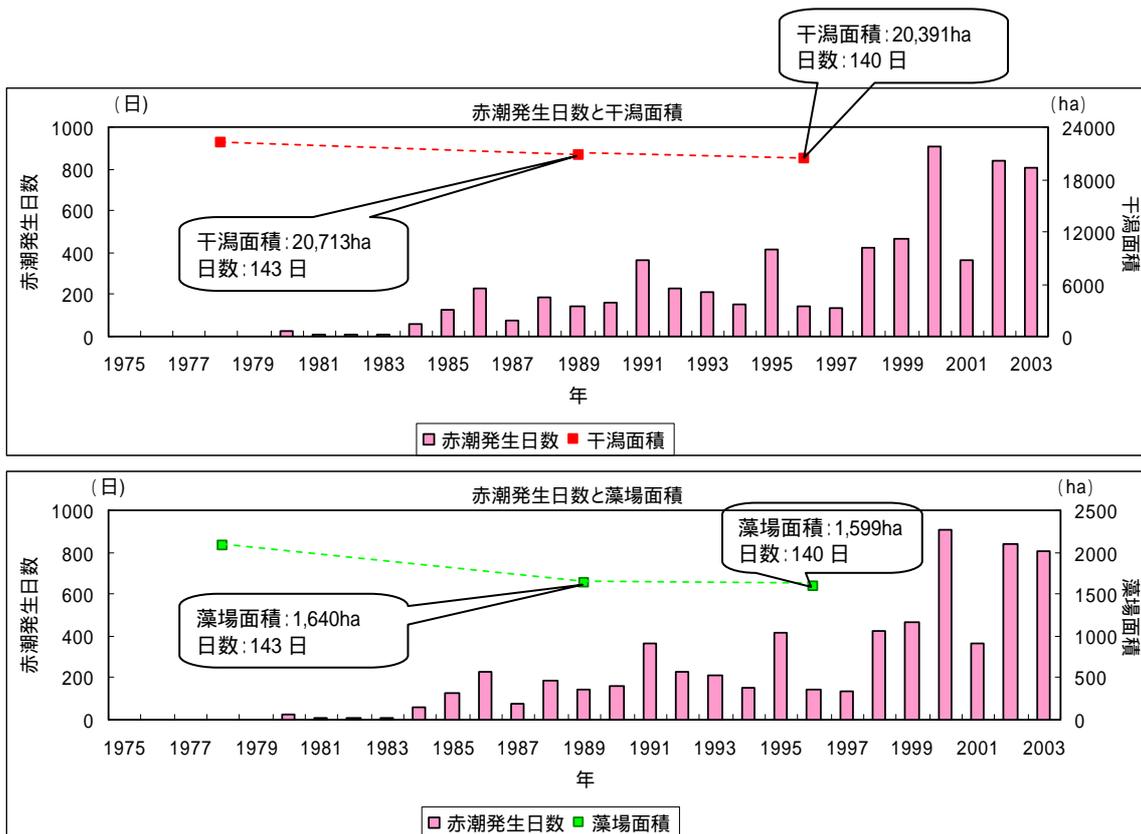
『出典：東幹夫[長崎大教育] (2002)：環境保全の現状 29 有明海異変と諫早干拓主因仮説，生物の化学遺伝，Vol.56，No.6，pp.80-85』

冬季赤潮の発生が増加した要因として、栄養塩類の増加と光環境の良化が考えられるが、後者に関連する成層の発達に対して堰の建設による潮汐の弱化で起る可能性がある。さらに、河川からの土砂流入の減少、干潟の減少に伴う浮遊懸濁物の減少による有光層の深化もその要因と考えられる。また、減少速度の低下は底生生物の減少によって起る可能性もある。しかし、いずれの仮定に関しても、現時点では定性的な議論しかできず、今後の研究が必要であろう。

『出典：石坂丞二[長崎大水産] (2003)：有明海の環境と生物生産 宇宙から見た有明海の赤潮，月刊海洋，Vol.35，No.4，pp.271-275』

### 5.4.2 原因・要因の検証

1989年と1996年の赤潮の発生日数と干潟、藻場の面積の変化を照合した結果、両者に一定の相関関係が認められた（図 5.5参照）。



資料：1 有明海等環境情報・研究ネットワーク（九州海域の赤潮）  
 2. 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]

図 5.5 赤潮の発生日数と干潟、藻場の面積との関係

## 5.5 潮流・潮汐

### 5.5.1 原因・要因として指摘されている事項

諫早湾では潮受堤防を境にして赤潮発生記録が増加している（締め切り前の10数年間で14件、締め切り後の6年間で33件）。諫早湾で発生する赤潮は、潮受堤防内側の調整池や養殖用ノリ活性剤に起因すると考えられる富栄養化海水の流入、さらに諫早湾での海水の流速低下に伴う表層海水の攪拌の減少とともに、貧酸素水塊が出現することにより堆積物表層から栄養塩の溶出がその誘因として作用していることが示唆されている。

『出典：松岡敷充[長崎大水産](2003)：有明海の環境と生物生産 諫早湾における赤潮原因プランクトンの最近の変化，月刊海洋，VOL.35 NO.4，pp.246-251』

有明海の環境変化としては、水質浄化機能（生物の生息場である干潟としている）の喪失と負荷の増大、流動（潮位・流速・流向）の変化、赤潮の増加、貧酸素水塊の発生、タイラギ・アサリ等の減少、成育不良及び稚貝の斃死、諫早湾の底質の変化と底生生物の減少、が指摘されている。このうち主要な変化はとで、これらが引き金となり残りの4項目が変化し、全体として有明海生態系が変化したと想定される。上記の有明海生態系の構造的変化に諫早湾干拓が追い討ちをかけた疑いが濃厚である。

『出典：東幹夫[長崎大教育]（2002）：環境保全の現状 29 有明海異変と諫早干拓主因仮説，生物の化学遺伝，Vol.56，No.6，pp.80-85』

1998年（平成10年）以降、秋季の赤潮は大規模化する傾向が認められる（Fig.10.参照）。有明海湾奥部海域では、塩分や水温による成層構造が発達したときに、海水交換に大きな変化が生じ、湾奥部の海水が滞留しがちになることで赤潮が発生している可能性が指摘されている。

補足：この可能性は、赤潮発生前約1ヶ月の湾奥部沿岸域の降水量、河川からの総窒素、総リンの負荷量からは赤潮の大規模化は説明できないと述べており、潮汐振動の振幅の減少（既往文献）潮流の最大流速の減少（既往文献）海水流動（既往文献）から推測している。

『出典：堤裕昭，岡村絵美子，小川満代[熊本県大 環境共生]，高橋徹[みなまた環境テクノセ]，山口一岩，門谷茂[北大 大学院水産科学研究科]，小橋乃子，安達貴浩，小松利光[九大 大学院工学研究院]（2003）：有明海奥部海域における近年の貧酸素水塊および赤潮発生と海洋構造の関係，海の研究，VOL.12，NO.3，pp. 291-305』

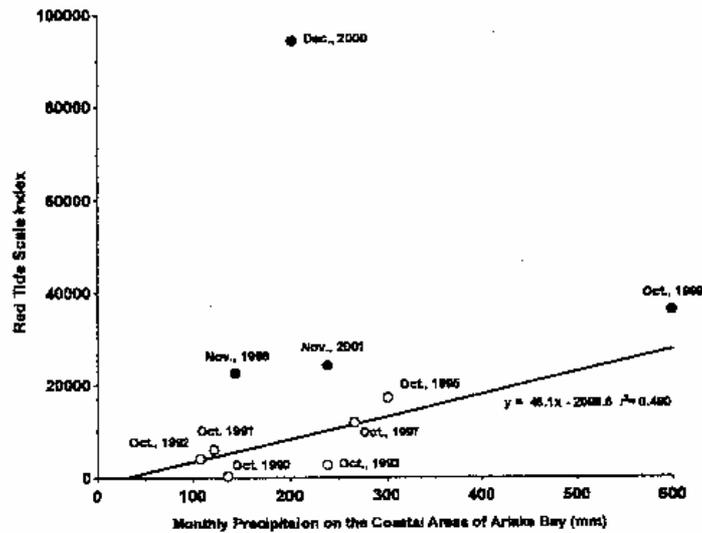


Fig. 10. The relationship between mean precipitation within thirty days before red tide blooming at four different places in the coast of the innermost areas of Ariake Bay and red tide scale index.

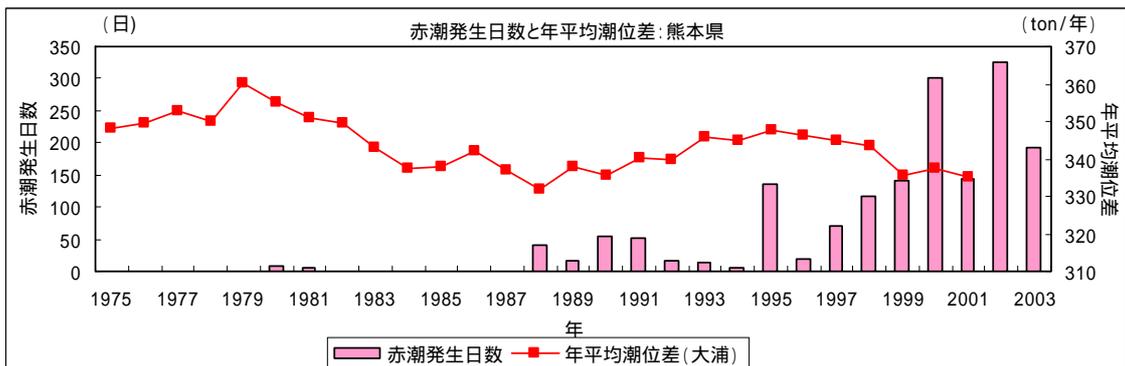
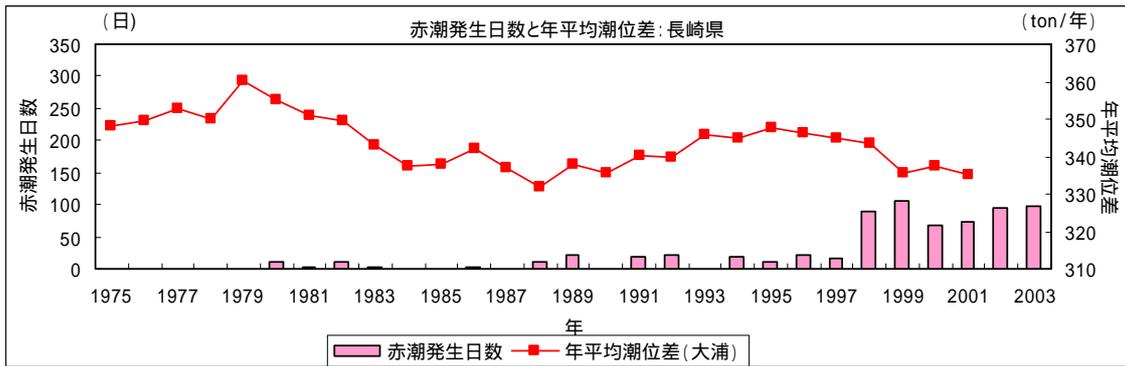
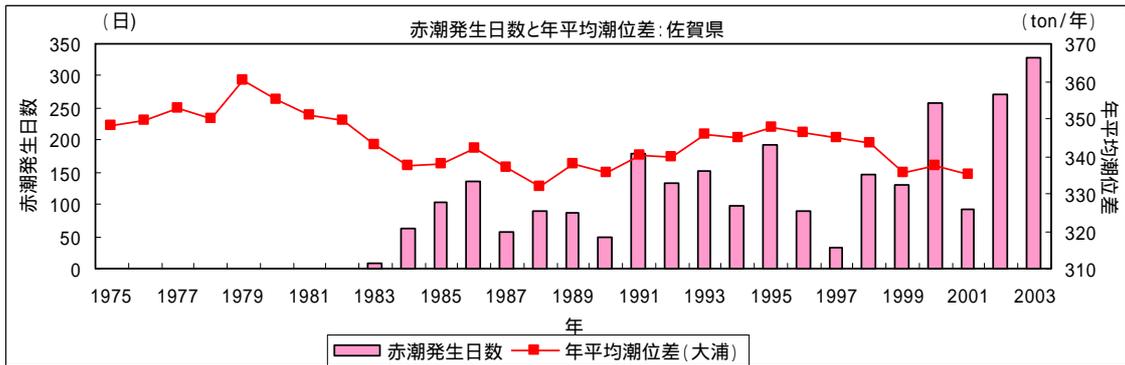
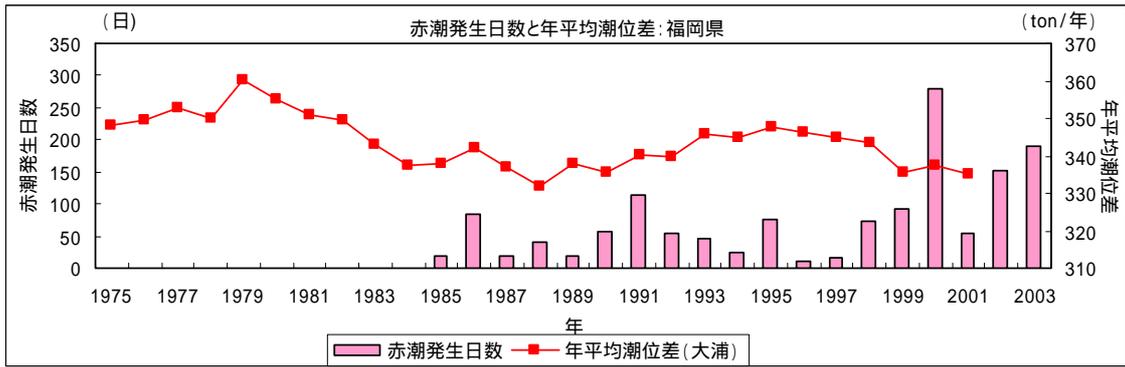
#### 5.5.2 原因・要因の検証

##### 1) 潮汐

赤潮の大規模を示す長期的なデータが得られていない。有明海の赤潮発生日数と大浦の年平均潮位差を照合した結果、両者の変動は一致しなかった（図 5.6参照）。

##### 2) 潮流

潮流の長期的な変動のデータはない。



資料：1 有明海等環境情報・研究ネットワーク（九州海域の赤潮）  
 2. 潮流・潮汐ワーキング資料

図 5.6 赤潮の発生日数と年平均潮位差との関係

## 5.6 二枚貝の減少

### 5.6.1 原因・要因として指摘されている事項

アサリの濾水に伴う窒素収支を試算した結果、資源量 100,000 トンでは、1日に 36 t の窒素を除去し、Chl.a が 11  $\mu\text{g/L}$  以下では資源量の如何に関わらず窒素添加となる（図 1-87 参照）。アサリの資源量の減少によりプランクトン現存量調節に対する寄与率が減少し、赤潮抑止の観点から見ると二枚貝資源量が多ければ植物プランクトン現存量の密度調節を速やかに行うことができるが、資源量が少ないと同現存量変化の振れ巾が大きくなることにより、赤潮の出現頻度を上昇させる可能性が考えられる。

『出典：研究成果第 432 集「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」（平成 17 年 3 月 25 日）, pp.76-83』

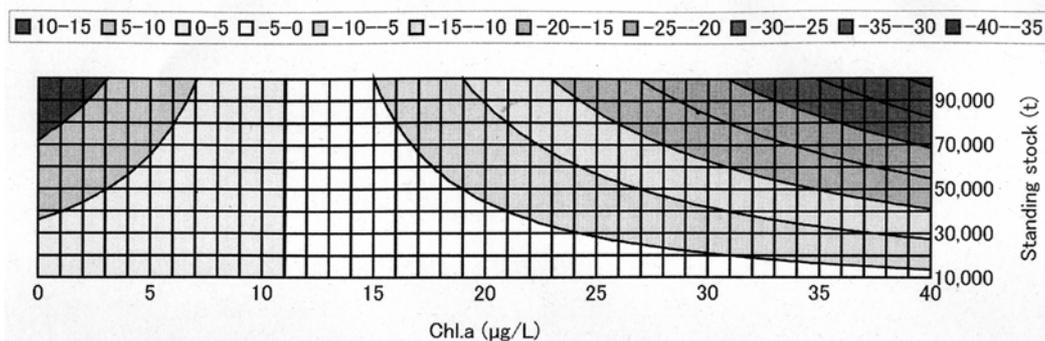
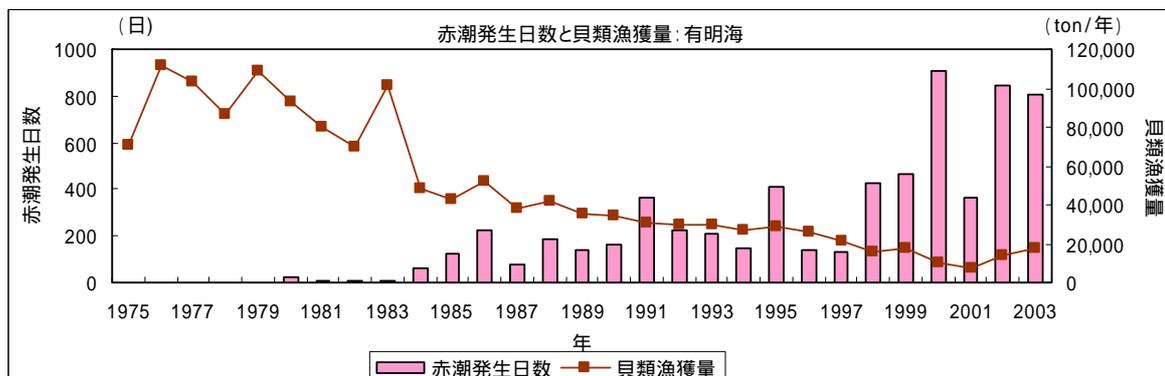


図 1-87 アサリによる植物プランクトンの濾過による海中からの窒素の除去量と無機態窒素排泄による添加量のバランス。図の凡例中の数字は 1 日あたりの有明海への窒素添加または除去量 (t/day)。正值は添加、負値は除去を表す。海水中の Chl.a が 11  $\mu\text{g/L}$  以下の時はアサリの濾水が常に無機態窒素添加として働く。

### 5.6.2 原因・要因の検証

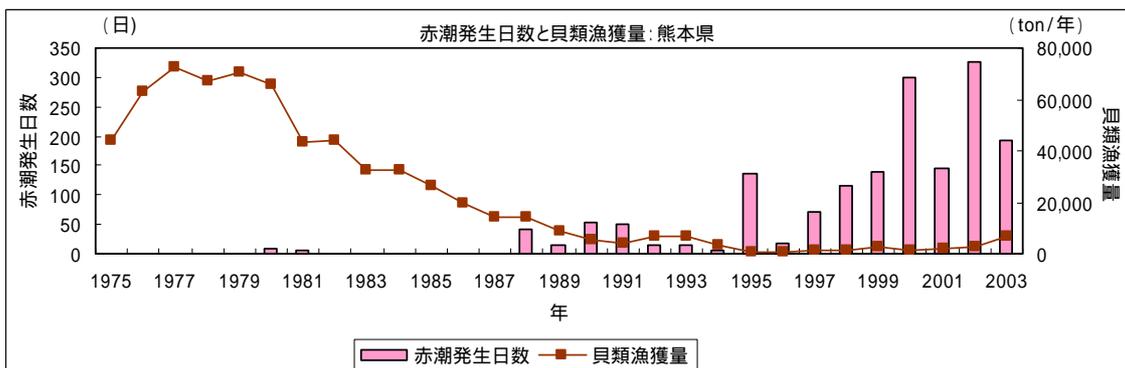
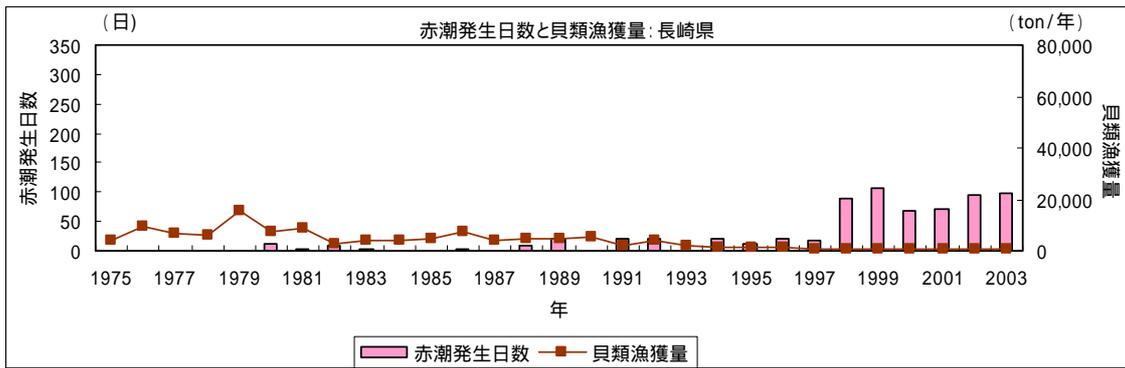
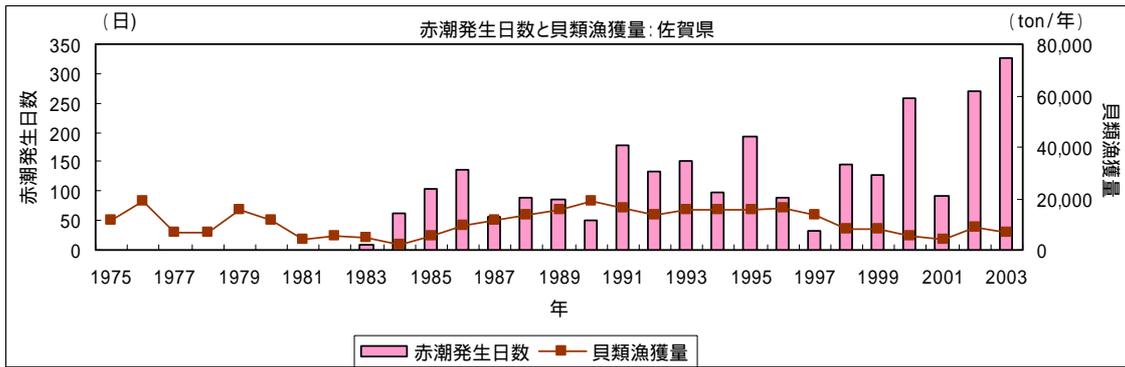
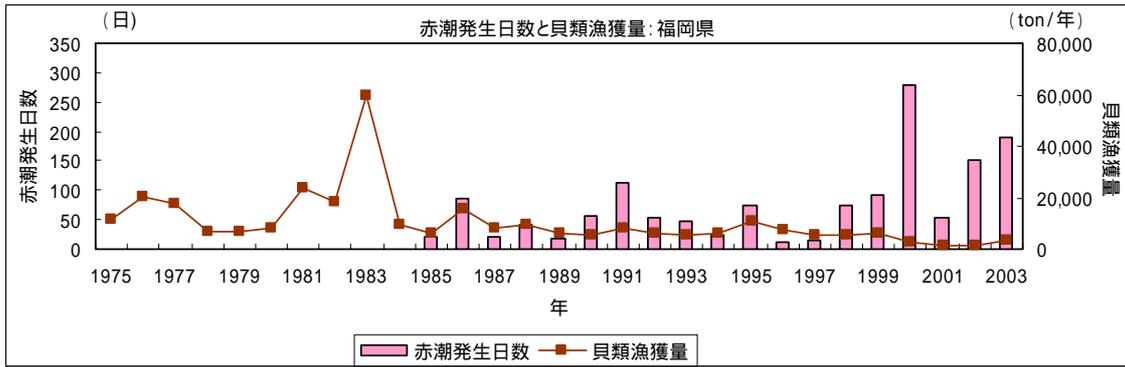
赤潮発生日数と貝類漁獲量を照合した結果、佐賀県を除き、一定の相関関係がみられた。（図 5.7 参照）。



資料：1. 有明海等環境情報・研究ネットワーク（九州海域の赤潮）

2. 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 5.7 赤潮の発生日数と貝類漁獲量との関係



資料：1. 有明海等環境情報・研究ネットワーク（九州海域の赤潮）  
 2. 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)

## 5.7 ベントスの減少

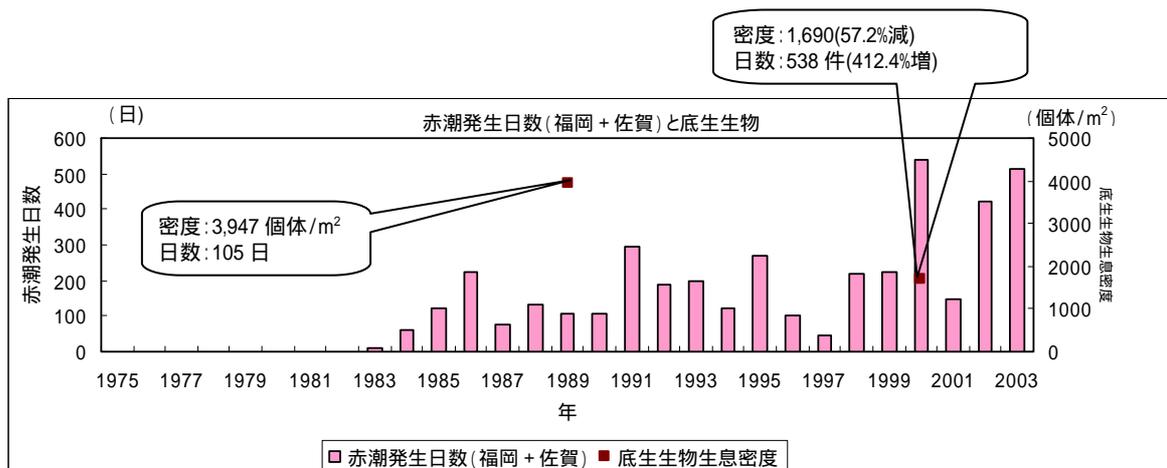
### 5.7.1 原因・要因として指摘されている事項

冬季赤潮の発生が増加した要因として、栄養塩類の増加と光環境の良化が考えられるが、後者に関連する成層の発達に対して堰の建設による潮汐の弱化で起る可能性がある。さらに、河川からの土砂流入の減少、干潟の減少に伴う浮遊懸濁物の減少による有光層の深化もその要因と考えられる。また、減少速度の低下は底生生物の減少によって起る可能性もある。しかし、いずれの仮定に関しても、現時点では定性的な議論しかできず、今後の研究が必要であろう。

『出典：石坂丞二[長崎大水産] (2003)：有明海の環境と生物生産 宇宙から見た有明海の赤潮，月刊海洋，Vol.35, No.4, pp.271-275』

### 5.7.2 原因・要因の検証

1989年と2000年の有明海北西部海域（福岡県、佐賀県の海域）の赤潮の発生日数と底生生物の生息密度の変化を照合した結果、両者に相関関係が認められた（図5.8参照）。



資料：1. 有明海等環境情報・研究ネットワーク（九州海域の赤潮）

2. 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 5.8 赤潮の発生件数、規模と貝類漁獲量との関係

## 6. 透明度の上昇

### 6.1 河川からの土砂供給の減少

#### 6.1.1 原因・要因として指摘されている事項

底質の細粒化が進行している原因としては、流入と底泥の動きの2つの変化が考えられる。流入河川から懸濁物質の粒度組成の変化については明らかでないが、何らかの原因で粗粒の流入が特に減少したとすれば底質の細粒化の一因となろう。また、近年台風の来襲が減少し、年最大有義波高の低下傾向が認められる。海の静穏化は細粒の堆積を促進すると考えられる。ただ、いずれも確証がなく、今後詳細な調査検討が必要であろう。

透明度の変化は懸濁物質の消長と関係し、海域の流動の変化に伴う底質の巻き上げの変化、プランクトンの長期的変動等を検討する必要がある。なお、観測が平常時に限られているが、筑後川を始め流入諸河川で水中の懸濁物質質量(SS)は長期的に減少傾向である。ただし、河川によって多少異なるが、最近20年程度は安定していると思われる(図10参照)。

『出典：「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)』

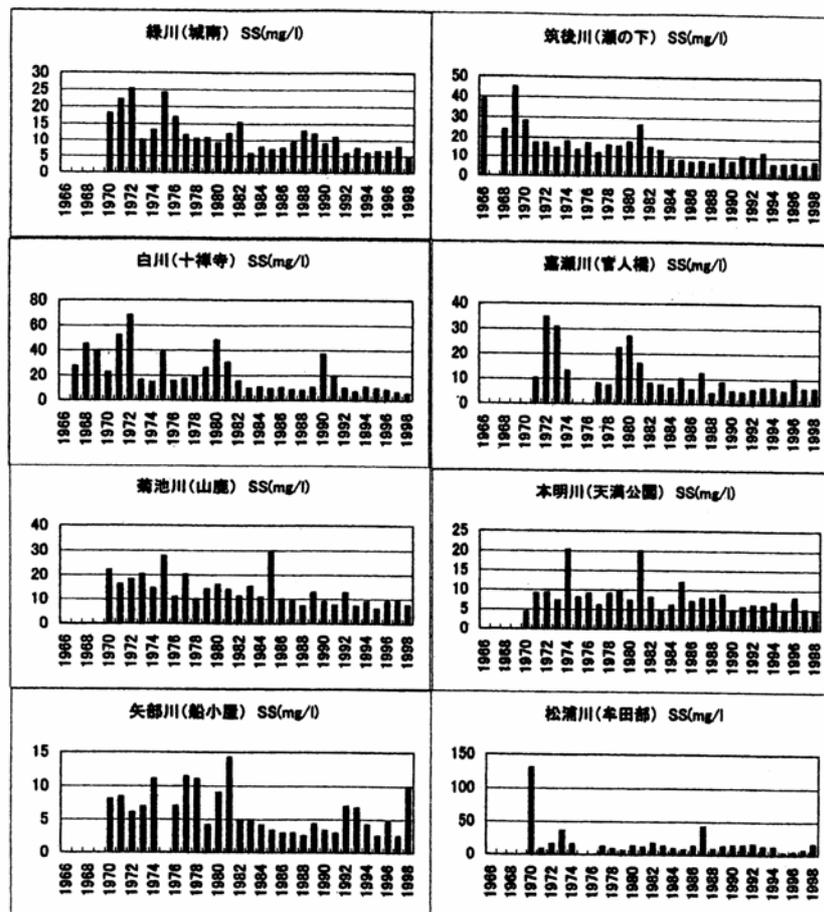


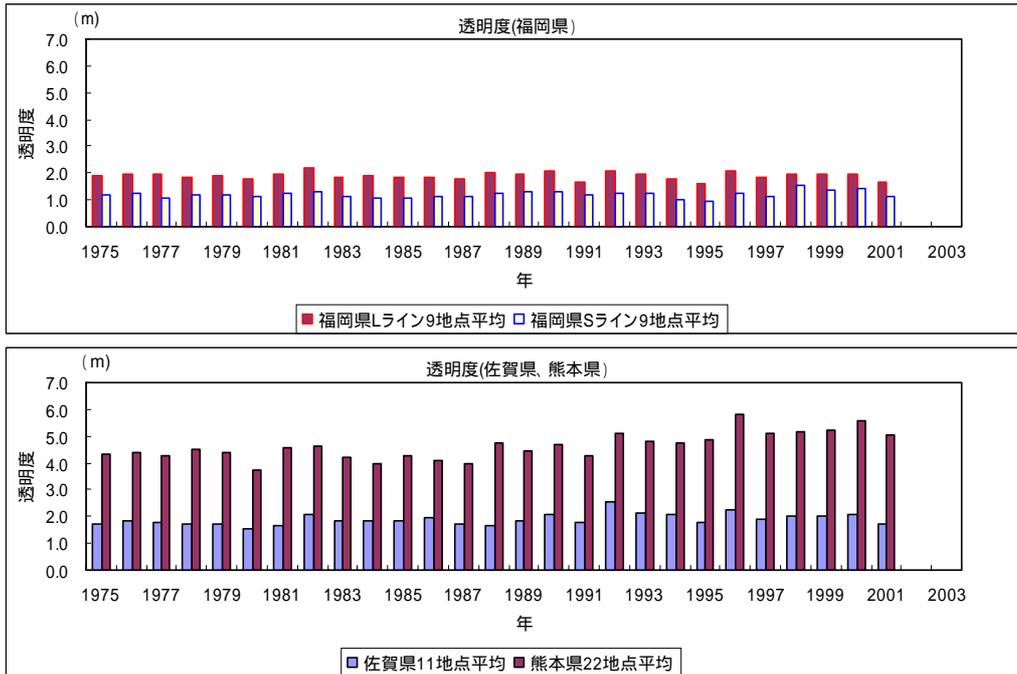
図10 有明海に注ぐ主な河川のSS(年平均値)の経年変化(水質年表による)。

底層における高塩分水の分布や淡水収支から見積もった外海水との海水交換にはそれに対応する変化が認められないことから、この透明度の上昇は潮汐・潮流の減少や河川経由の懸濁物質供給量の減少など有明海内部の環境変化に起因するものと推定された。

『出典：第5回有明海・八代海総合調査評価委員会「資料5 有明海の環境変化が漁業資源に及ぼす影響に関する総合研究 これまでの研究成果（要旨）」（中田先生）及び第5回評価委員会会議録（中田先生）』

#### 6.1.2 原因・要因の検証

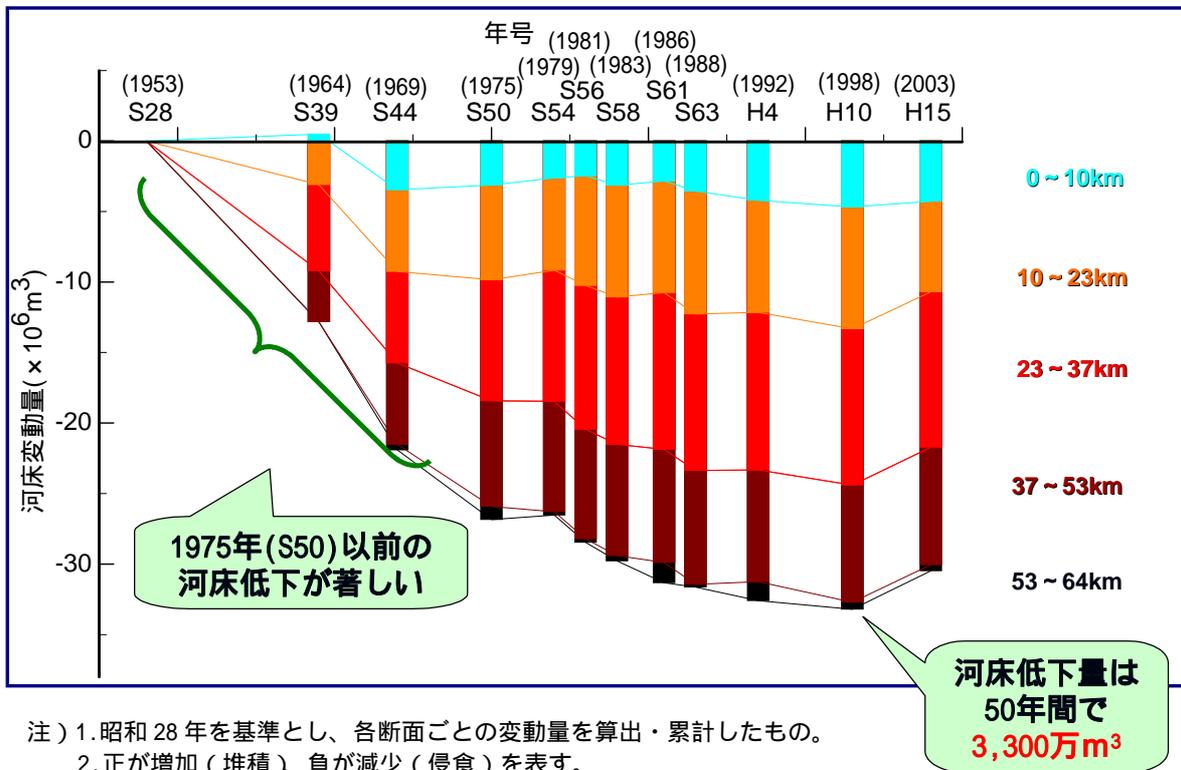
各河川の年平均SS濃度は1975年から横ばいもしくは減少傾向にある（前頁、図10参照）。佐賀県、熊本県では、透明度の上昇傾向が認められ、両者に一定の相関関係が認められる。



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)

2. 浅海定線調査結果

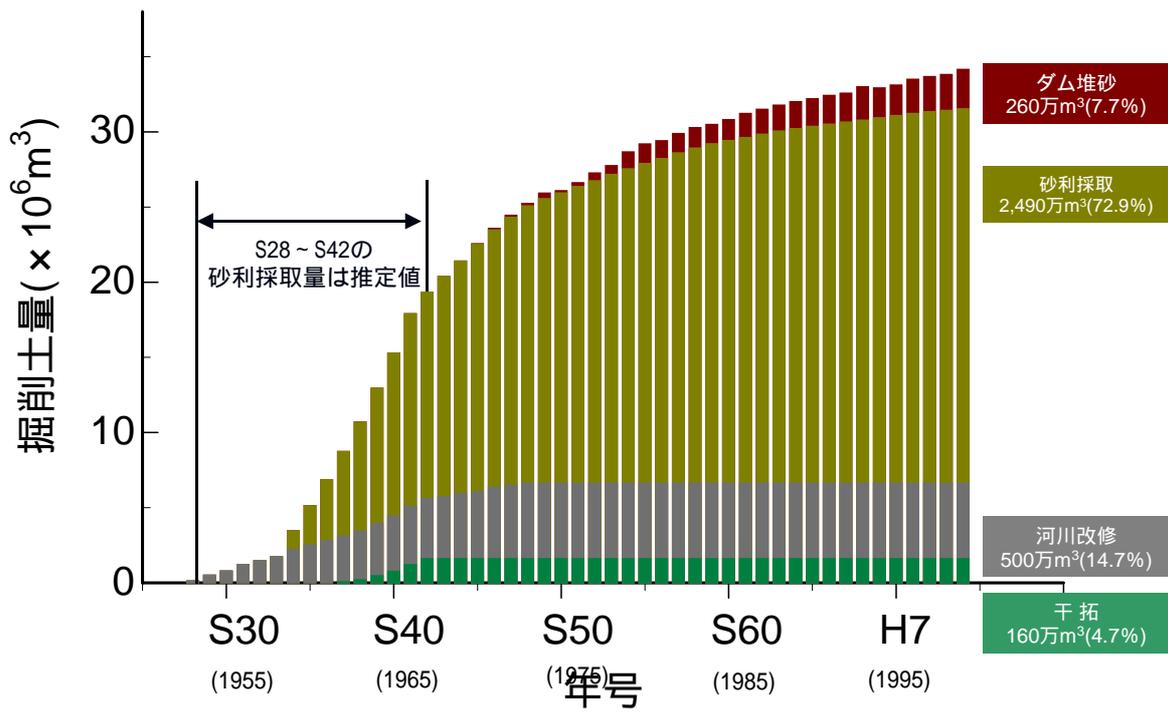
図 6.1 有明海の透明度の経年変化



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 6.2 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 6.3 筑後川の掘削土量の経年変化

## 6.2 潮流・潮汐

### 6.2.1 原因・要因として指摘されている事項

諫早湾の底質の泥質化、細粒子化は工事の影響、潮受け防波堤締め切りによる流動の低下等が考えられるが、どの程度影響したのかは今後更に検討を要する。

『出典：「諫早湾干拓地潮受け堤防排水門の開門調査について」(平成 13 年 12 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)』

潮流の減少によって、浮泥の巻き上がりが減少し、透明度が増加することによって太陽光の透過が増し植物プランクトンが増加する傾向。

『出典：第 9 回有明海・八代海総合調査評価委員会「資料 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)』

有明海における最近の透明度の増加は、浮泥の巻き上がりの低下の影響が大きく、その原因として潮差の減少による潮流流速の減少や平均潮差の増加が考えられる。

『出典：杉本隆成[東京大学海洋研究所]，田中勝久[(独)水産総合研究センター中央水産研究所]，佐藤英夫[(株)ファイ・ラムダ](2004)：有明海奥部における浮泥の挙動と低次生産への影響，沿岸海洋研究，VOL.42,NO.1，pp.19-25』

有明海の潮汐流の減少はノリ漁期のノリひびの抵抗による透明度の上昇(濁度の低下)を以前より促進している。

『出典：「平成 15 年度行政対応特別研究 有明海の海洋環境の変化が生物生産に及ぼす環境の解明 平成 15 年度研究報告」(課題 117、独立行政法人水産総合研究センター)』

底層における高塩分水の分布や淡水収支から見積もった外海水との海水交換にはそれに対応する変化が認められないことから、この透明度の上昇は潮汐・潮流の減少や河川経由の懸濁物質供給量の減少など有明海内部の環境変化に起因するものと推定された。

『出典：第 5 回有明海・八代海総合調査評価委員会「資料 5 有明海の環境変化が漁業資源に及ぼす影響に関する総合研究 これまでの研究成果(要旨)」(中田先生)及び第 5 回評価委員会会議録(中田先生)』

### 6.2.2 原因・要因の検証

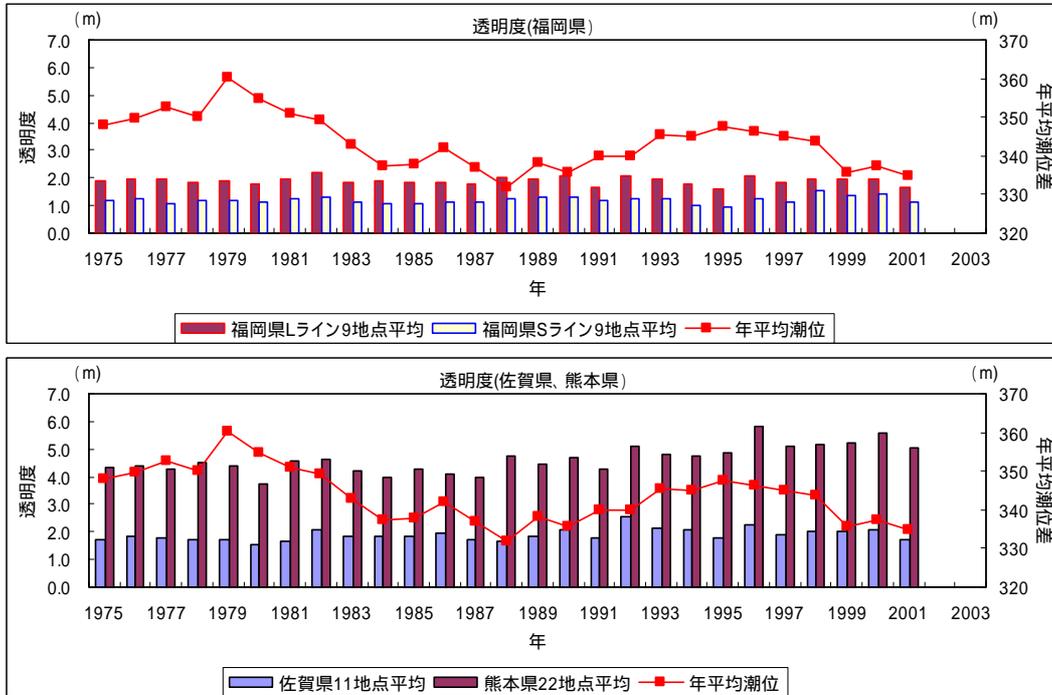
#### (1) 潮汐

福岡県、佐賀県及び熊本県の浅海定線調査の透明度と大浦の年平均潮位差を照合した結果、両者に明確な相関関係は認められなかった(図 6.4 参照)。

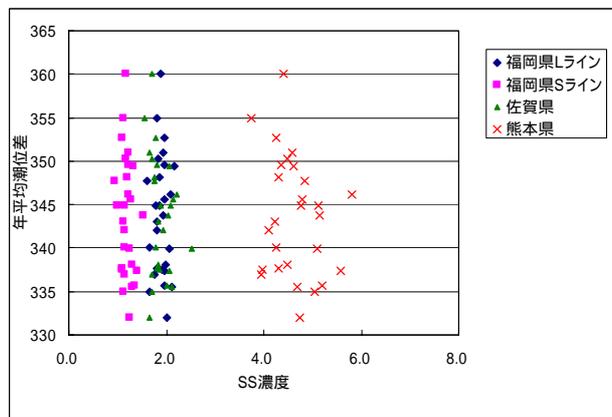
( 2 ) 潮流

潮流の長期的な変動データがない。

(経年変化)



( 相関図 )



- 資料：1. 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)  
 2. 潮流・潮汐ワーキング資料  
 3. 浅海定線調査

図 6.4 透明度と年平均潮位差との関係

## 7. 底質の泥化

### 7.1 河川からの土砂供給の減少

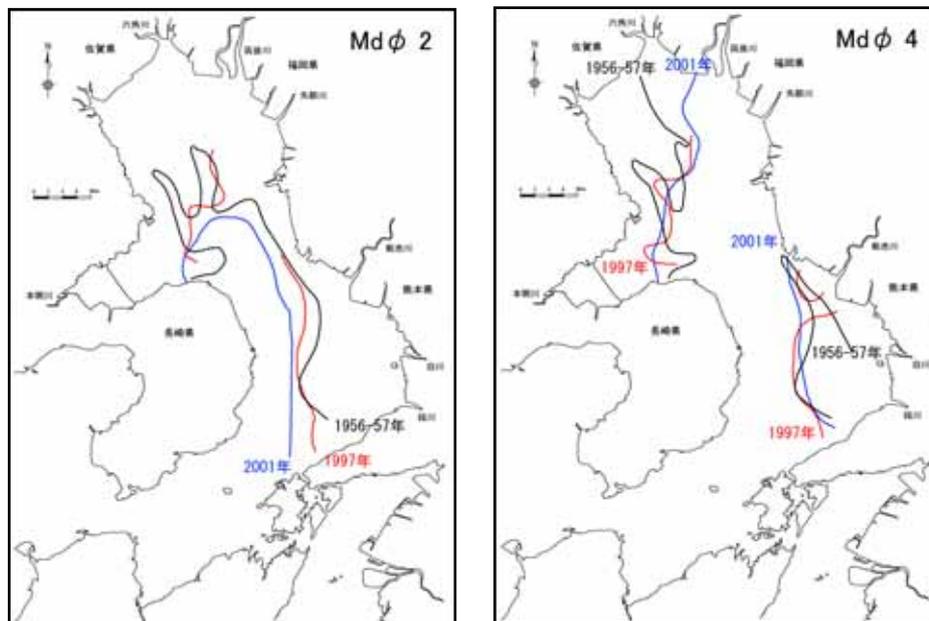
#### 7.1.1 原因・要因として指摘されている事項

底質の細粒化が進行している原因としては、流入と底泥の動きの2つの変化が考えられる。流入河川から懸濁物質の粒度組成の変化については明らかでないが、何らかの原因で粗粒の流入が特に減少したとすれば底質の細粒化の一因となろう。また、近年台風の来襲が減少し、年最大有義波高の低下傾向が認められる。海の静穏化は細粒の堆積を促進すると考えられる。ただ、いずれも確証がなく、今後詳細な調査検討が必要であろう。

『出典：「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)』

#### 7.1.2 原因・要因の検証

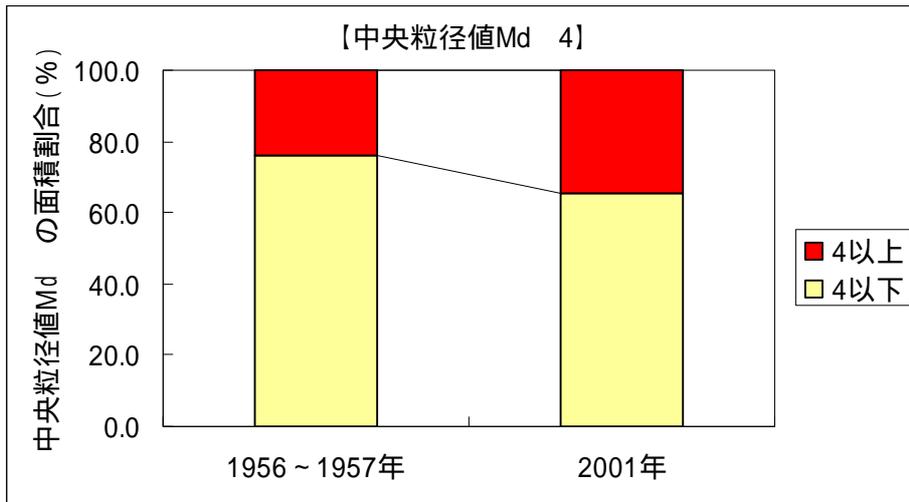
河川からの流入土砂の粒径組成がデータがない。有明海の中央粒径値  $Md \phi 4$  以上の面積割合は、1956 年～1957 年と 2001 年を比較すると増加している(図 7.1、図 7.2 参照)。しかし、



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 7.1 有明海の底質の中央粒径( $Md$ )等値線の変化



注) 図 7.1 を用いて面積割合を算出した。

図 7.2 有明海の底質の中央粒径値 Md 4 の面積割合の変化

## 7.2 潮流・潮汐

### 7.2.1 原因・要因として指摘されている事項

諫早湾の底質の泥質化、細粒子化は工事の影響、潮受け防波堤締め切りによる流動の低下等が考えられるが、どの程度影響したのかは今後更に検討を要する。

『出典：「諫早湾干拓地潮受け堤防排水門の開門調査について」(平成 13 年 12 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)』

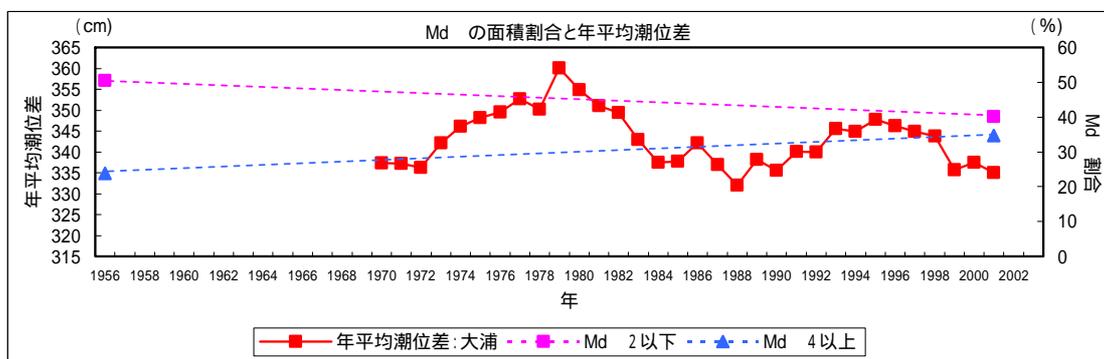
### 7.2.2 原因・要因の検証

#### (1) 潮汐

有明海の底質の Md データと大浦の年平均潮位差を照合した結果、有明海の底質のデータが少ないため、両者に明確な相関関係は認められなかった(図 7.3 参照)。

#### (2) 潮流

潮流の長期的な変動データがない。



資料：1. 第 14 回有明海・八代海総合調査評価委員会「資料-3 有明海・八代海の底質環境について」(滝川委員発表資料)

2. 潮流・潮汐ワーキング資料

図 7.3 有明海の中央粒径値 Md (2 以下, 4 以上)の面積割合と年平均潮位差との関係

## 8. 干潟・藻場

### 8.1 潮流・潮汐の変化

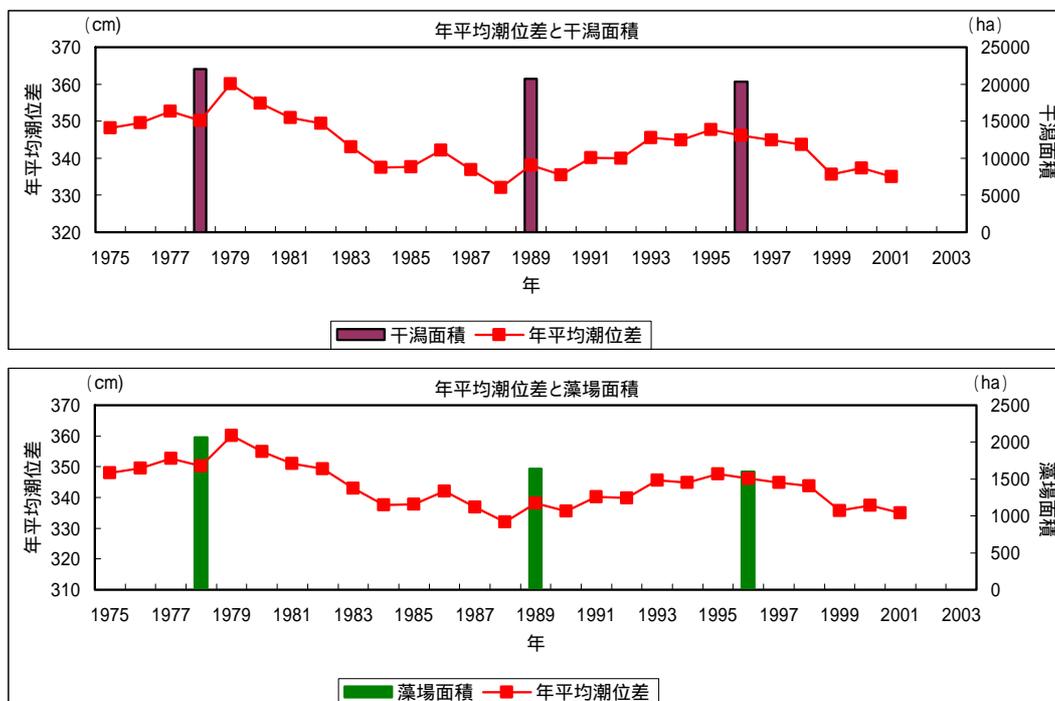
#### 8.1.1 原因・要因として指摘されている事項

近年の潮位の上昇、潮位差の減少に伴って、湾奥部を中心として干潟が減少している可能性がある。

『出典：「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)』

#### 8.1.2 原因・要因の検証

干潟・藻場の面積と大浦の年平均潮位差を照合した結果、両者に明確な相関関係は認められなかった(図 8.1参照)。



資料：1. 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. 潮流・潮汐ワーキング資料

図 8.1 干潟・藻場の面積と年平均潮位差との関係