

有明海の海域環境の変動特性

熊本大学沿岸域環境科学教育研究センター
教授 滝川 清



閉鎖度指数＝

$$(\sqrt{S \times D1}) / (W \times D2)$$

但し：S＝海域面積

W＝湾口幅

D1＝湾内の最深深さ

D2＝湾口の最深深さ

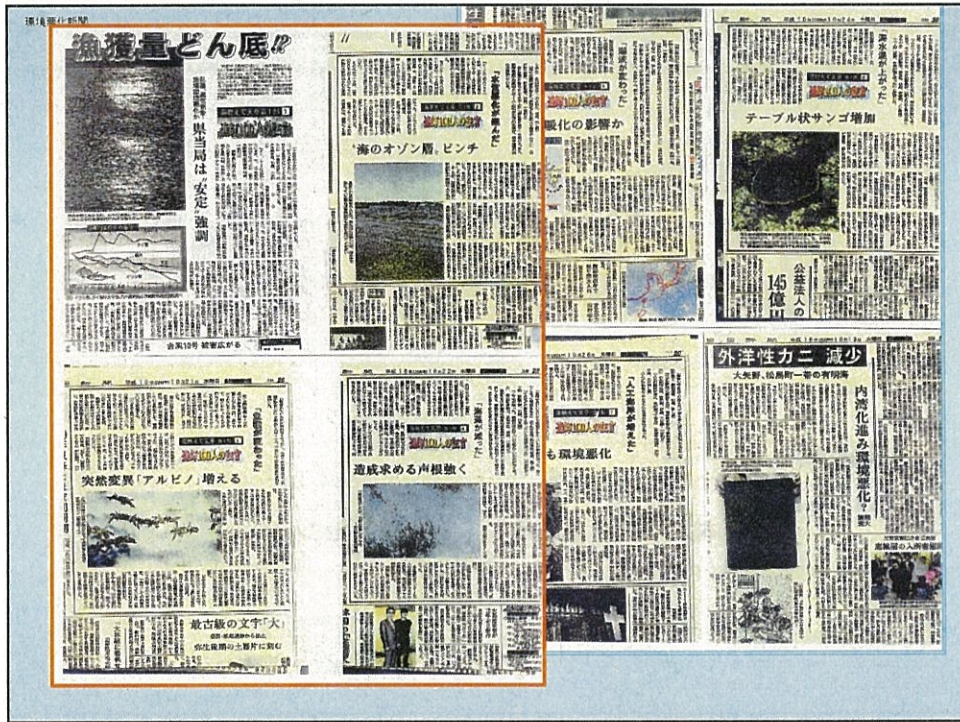
八代海＝32.5 (A=1200km²)

有明海＝12.9 (A=1700km²)

東京湾＝1.8 (A=1380km²)

伊勢湾＝1.5 (A=2100km²)

陸奥湾＝2.9 (A=1670km²)



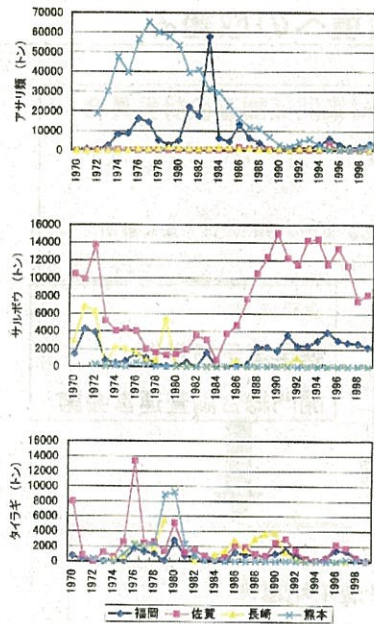


図1-3. 有明海における主要二枚貝類の県別漁獲量の変化。

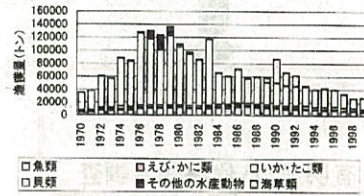
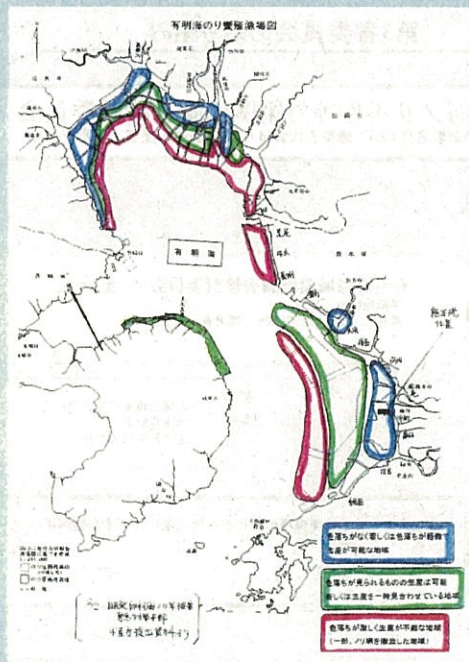


図1-1. 有明海における魚種別漁獲量の経年変化。



有明海・八代海環境への取組み

第3者委員会: 有明海ノリ不作等対策関係調査検討委員会

- = 有明海海域環境調査検討委員会 = (国庁費調査)
- = 海域環境モデル専門部会 =
- = 有明海における海洋環境の変化が生物生産に及ぼす影響解明 =
(行政特研費調査)

環境省(国の諮問委員会):

有明海・八代海総合調査
評価委員会

熊本県: 環境政策課
有明海・八代海再生推進室

農林水産省

諫早湾干拓事業

開門総合調査運営会議

農林水産省

諫早湾干拓事業

中・長期開門調査検討会議

第3者委員会の取り組み

有明海ノリ不作等対策関係調査検討委員会

・学識経験者(11人)+漁業者代表(4人) ; 農林水産省, 各省庁、県

= 有明海海域環境調査検討委員会 = 国庁費調査
学識経験者(13名);
農林水産省, 国土交通省, 環境省, 経済産業省

= 海域環境モデル専門部会 =
学識経験者,
国立研究所専門家

= 有明海における海洋環境の変化が生物生産に及ぼす影響解明 =
行政特研費調査
学識経験者:
水産庁, 各県

悪化する有明海の環境

有明海の環境変化が
生物生産に及ぼす影響
の調査

水産庁、大学、各県

漁獲高の減少

平成12年度のソリ不作

二枚貝の減少

富栄養化の進行

赤潮の発生

有明海海域環境調査

農林水産省、国土交通
省、
環境省、経済産業省

開門総合調査

農林水産省

○疎早高干拓事業による
有明海への影響の調査

有明海海域環境調査

(国土総合開発事業調整費調査)

農 林 水 産 省
経 済 産 業 省
国 土 交 通 省
環 境 省

流動モデル 海域環境予測モデル

有明海における水温、塩分、潮位、潮流の変化を予測

水質モデル

有明海における水質の変化を以下に留意して予測

- 植物プランクトンによる赤潮の発生
- 夏季の貧酸素現象
- ノリ漁期の植物プランクトンと栄養塩の推移

底泥輸送モデル

有明海における潮流により輸送される底泥の移動を予測

流動モデルの概要

【検討範囲】

有明海全域

【検討項目】

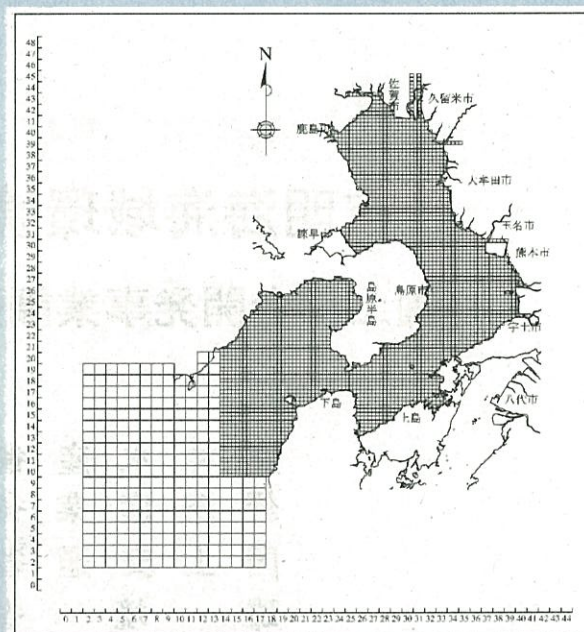
潮位、潮流、水温、塩分

【検討期間】

2000年～2001年

【モデルの構造】

鉛直14層レベルモデル
格子間隔
有明海 900m
外海 2700m



基本式

<連続の式>

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$$

<運動方程式>

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} - f_v = -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_M \frac{\partial u}{\partial z} \right) + F_x$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} + f_u = -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_M \frac{\partial v}{\partial z} \right) + F_y$$

$$\rho g = -\frac{\partial p}{\partial z}$$

<水温・塩分の拡散方程式>

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} + u \frac{\partial \theta}{\partial x} + v \frac{\partial \theta}{\partial y} + w \frac{\partial \theta}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} \left(K_H \frac{\partial \theta}{\partial z} \right) + F_\theta$$

$$\frac{\partial S}{\partial t} + u \frac{\partial S}{\partial x} + v \frac{\partial S}{\partial y} + w \frac{\partial S}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} \left(K_H \frac{\partial S}{\partial z} \right) + F_S$$

x, y, z : 右手系の直交座標系, 上向きを正

u, v, w : x, y, z方向の流速成分 (cm/s)

p : 圧力 (g/cm² s²)

θ : 水温 (°C)

S : 塩分 (PSU)

f : コリオリ係数 (1/s)

ρ₀ : 代表密度 (g/cm³)

ρ : 密度 (g/cm³)

K_M : 鉛直渦動粘性係数 (cm²/s)

K_H : 鉛直渦動拡散係数 (cm²/s)

K_h : 水平渦動粘性係数 (cm²/s)

K_s : 水平渦動拡散係数 (cm²/s)

g : 重力加速度 (cm/s²)

水質モデルの概要

【検討範囲】

有明海全域

【検討項目】

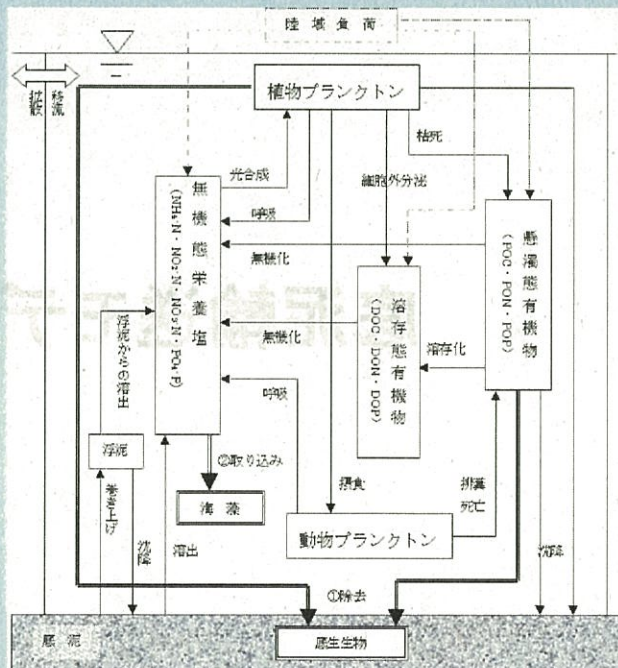
植物プランクトン
動物プランクトン
栄養塩
溶存酸素等

【検討期間】

2000年～2001年

【モデルの構造】

鉛直14層モデル
格子間隔
有明海900m



① 植物プランクトン

$$\frac{dP_h}{dt} = \text{光合成} - \text{細胞外分泌} - \text{呼吸} - \text{枯死} - \text{動物プランクトンの摂食} - \text{沈降} - \text{二枚貝による除去}$$

② 植物プランクトン

$$\frac{dC_h}{dt} = \text{摂食} - \text{排糞} - \text{呼吸} - \text{排泄} - \text{死亡}$$

③ 植物プランクトン

$$\frac{dFOCh}{dt} = \text{植物プランクトンの枯死} + \text{動物プランクトンの死亡}$$

$$\frac{dFOCh}{dt} = \text{植物プランクトンの枯死} + \text{動物プランクトンの死亡}$$

$$+ \text{排糞} - \text{分解} - \text{無機化} - \text{沈降} + \text{流入負荷} - \text{二枚貝による除去}$$

$$\frac{dPON_h}{dt} = \text{植物プランクトンの枯死} / r_{CN_1} + \text{動物プランクトンの死亡} / r_{CN_2}$$

$$+ \text{排糞} / r_{CN_2} - \text{分解} - \text{無機化} - \text{沈降} + \text{流入負荷} - \text{二枚貝による除去}$$

$$\frac{dPOP_h}{dt} = \text{植物プランクトンの枯死} / r_{CP_1} + \text{動物プランクトンの死亡} / r_{CP_2}$$

$$+ \text{排糞} / r_{CP_2} - \text{分解} - \text{無機化} - \text{沈降} + \text{流入負荷} - \text{二枚貝による除去}$$

④ 植物プランクトン

$$\frac{dDOCh}{dt} = \text{植物プランクトンの分泌} + \text{分解} - \text{無機化} + \text{流入負荷}$$

$$- \text{硝化-ノリによる取りこみ} + \text{浮泥からの溶出} + \text{二枚貝の排泄}$$

$$\frac{dDON_h}{dt} = \text{植物プランクトンの分泌} / r_{CN_1} + \text{分解} - \text{無機化} + \text{流入負荷} + \text{動物プランクトンの呼吸・排泄} / r_{C_2} + \text{有機物の無機化} + \text{流入負荷} + \text{溶出}$$

$$\frac{dDOP_h}{dt} = \text{植物プランクトンの分泌} / r_{C_1} + \text{分解} - \text{無機化} + \text{流入負荷}$$

⑤ NH₄-N

$$\frac{dNH_4h}{dt} = - \text{光合成} / r_{CN_1} + \text{植物プランクトンの呼吸} / r_{CN_1}$$

$$+ \text{動物プランクトンの呼吸・排泄} / r_{CN_2} + \text{有機物の無機化} + \text{流入負荷} + \text{溶出}$$

$$- \text{硝化-ノリによる取りこみ} + \text{浮泥からの溶出} + \text{二枚貝の排泄}$$

$$\frac{dNO_3h}{dt} = - \text{光合成} / r_{CN_1} + \text{硝化} + \text{流入負荷} + \text{溶出} - \text{ノリによる取りこみ}$$

$$\frac{dPO_4h}{dt} = - \text{光合成} / r_{CP_1} + \text{植物プランクトンの呼吸} / r_{CP_1}$$

$$+ \text{動物プランクトンの呼吸・排泄} / r_{CP_2} + \text{有機物の無機化} + \text{流入負荷} + \text{溶出}$$

$$- \text{ノリによる取りこみ} + \text{浮泥からの溶出} + \text{二枚貝の排泄}$$

ここで、

h 層厚

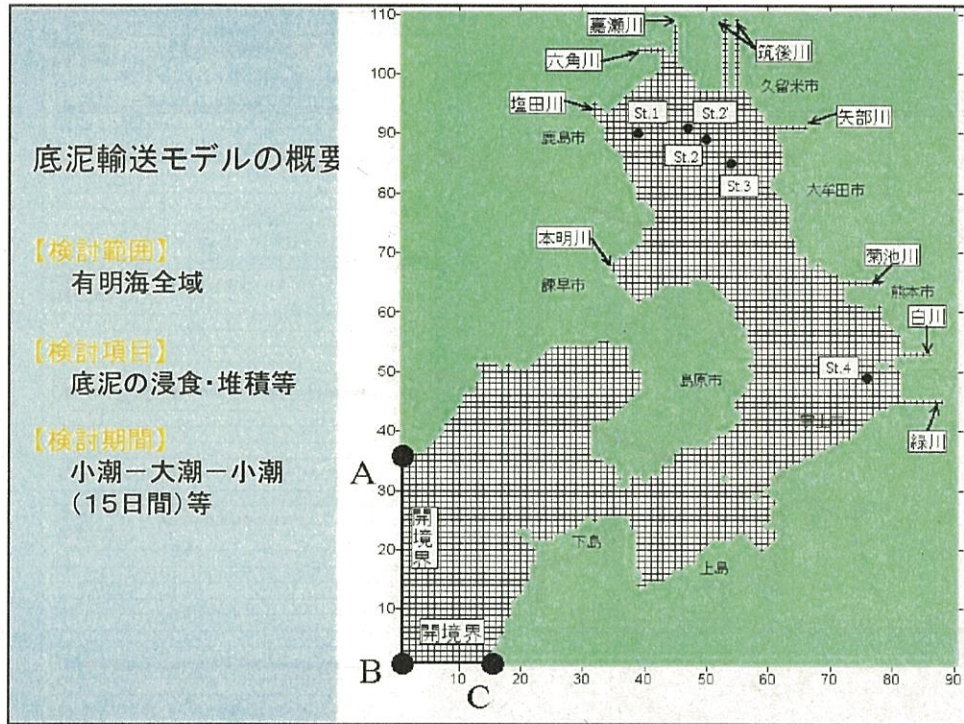
r_{CN_1} 植物プランクトンのC/N比

r_{CP_1} 植物プランクトンのC/P比

r_{CN_2} 動物プランクトンのC/N比

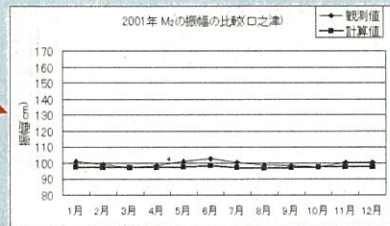
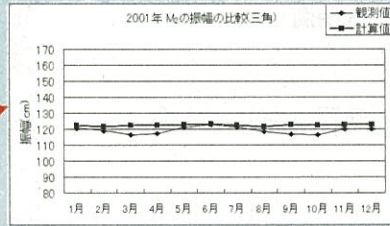
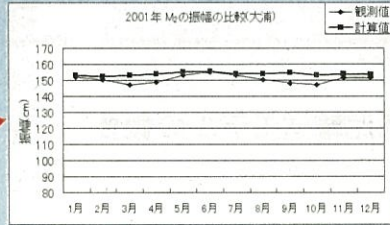
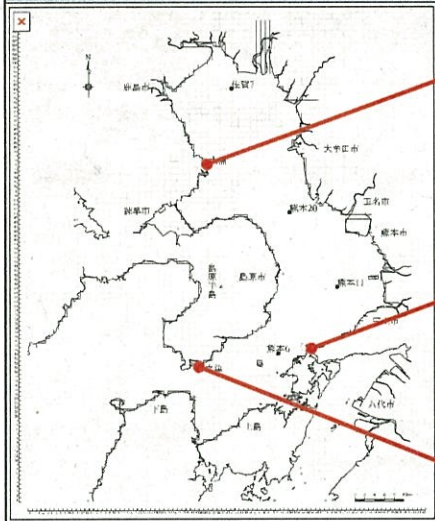
r_{CP_2} 動物プランクトンのC/P比

底泥輸送モデル

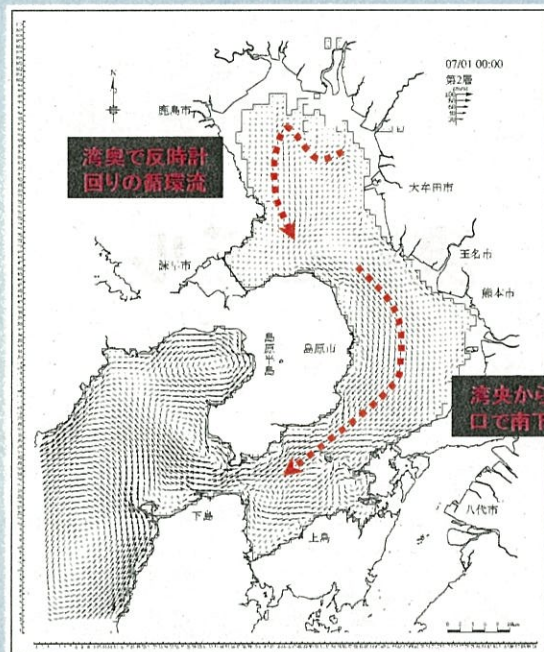


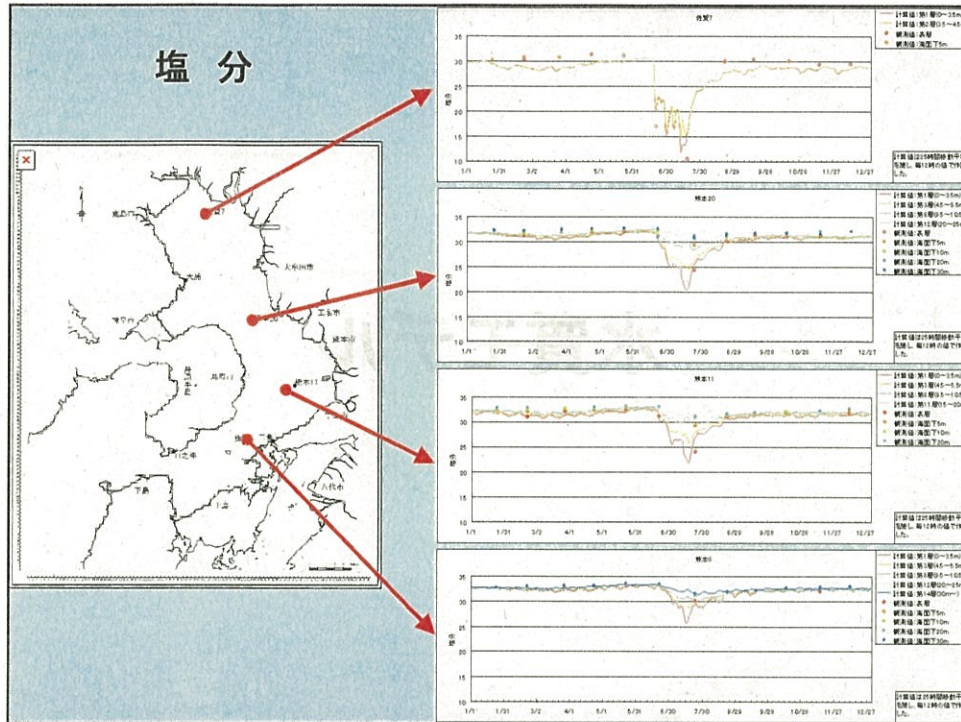
流動モデル

潮位



潮流



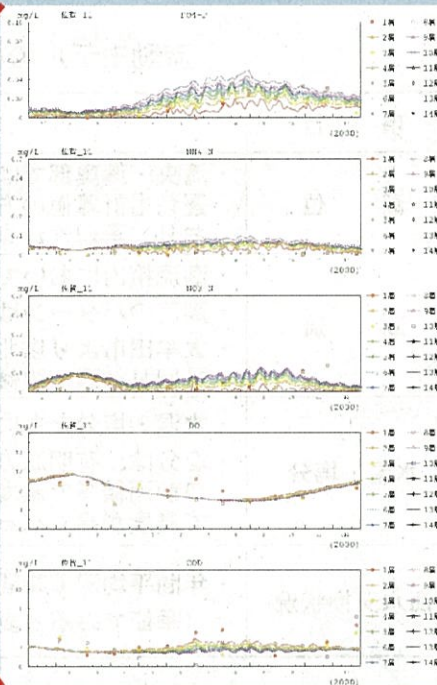
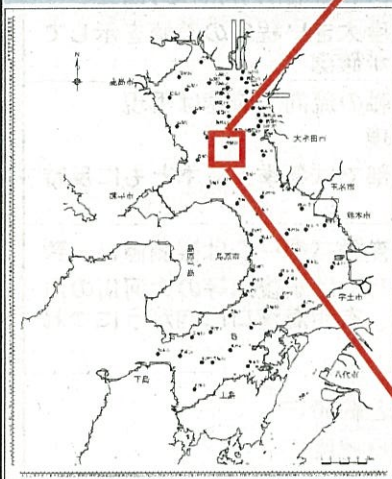


流動モデルの検証結果の概要

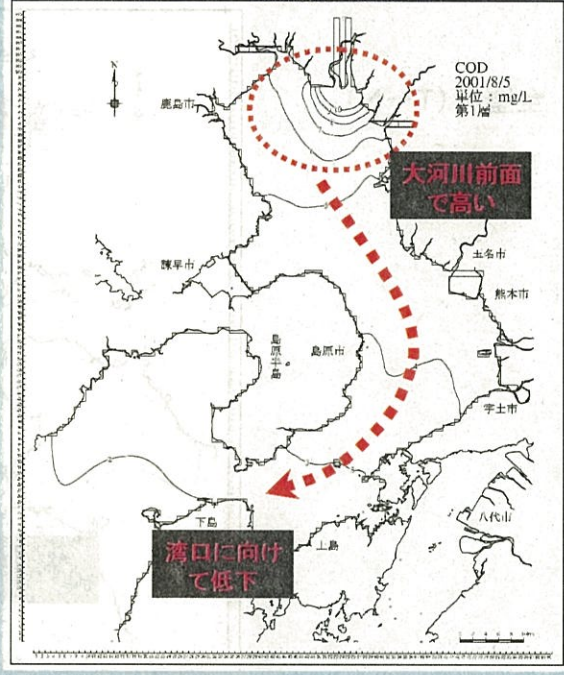
項目	内容
潮位	<ul style="list-style-type: none"> ・ 湾中央・湾奥部では平均的に計算値の方が1~2%高く、遅角も計算値の方が1~2度大きい程度の差値を示しており、再現性が高いことが確認
潮流	<ul style="list-style-type: none"> ・ 潮流楕円において概ね長軸の流向・流速は再現 ・ 潮流のパターンは概ね再現 ・ 大牟田市より以北の湾奥部では冬季、夏季ともに反時計回り循環流の傾向
水温・塩分	<ul style="list-style-type: none"> ・ 水温・塩分ともに年間の変動パターンは観測値と一致 ・ 塩分は、有明海の湾奥もしくは筑後川等の大河川の河口前面領域で濃度が低く、有明海湾口に向かうにつれて濃度が高くなる傾向
海水交換状況	<ul style="list-style-type: none"> ・ 年間平均滞留時間でみると約50日 (季節でみると夏季は40日程度)

水質モデル

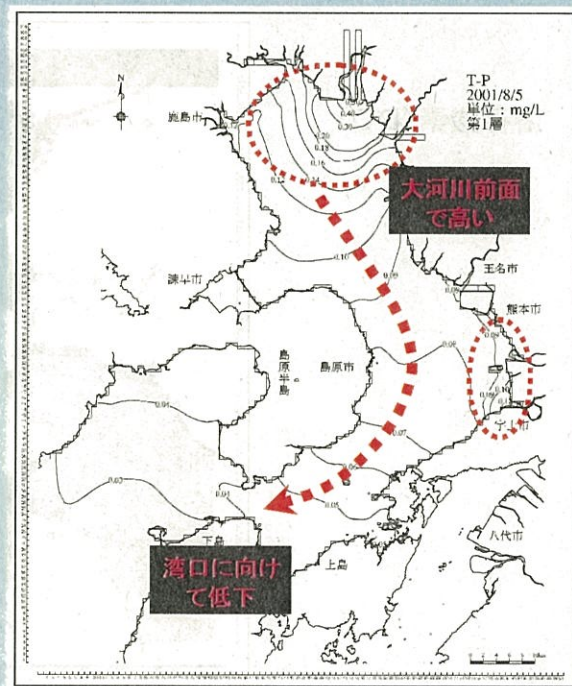
水質における観測値と計算値の比較
(1) 観測値と計算結果の比較



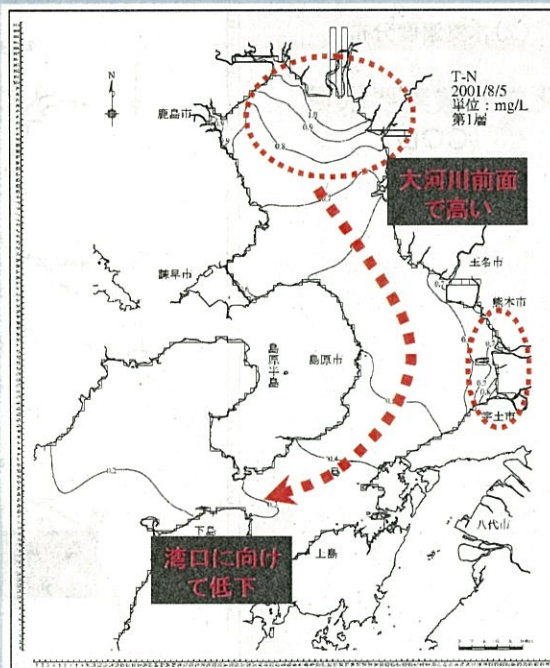
(2)水質濃度分布
化学的酸素要求量
(COD)



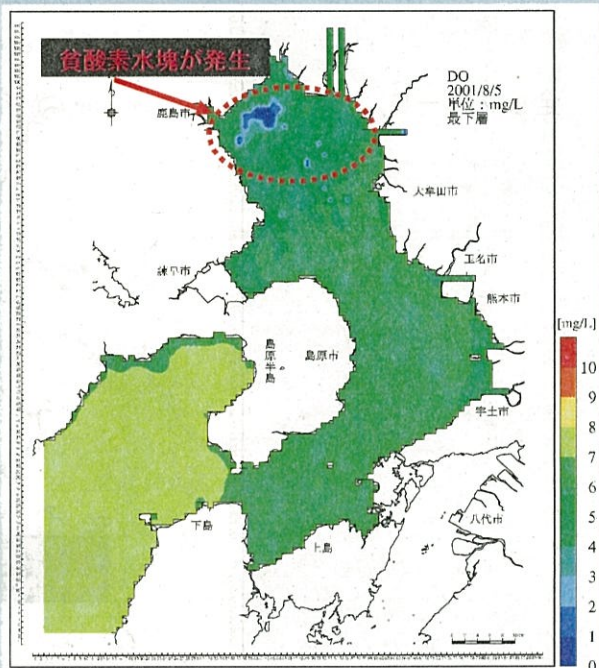
全リン(T-P)



全窒素(T-N)



溶存酸素(DO)



水質モデル検証結果の概要

項目	内容
化学的酸素要求量 (COD)	<ul style="list-style-type: none">・年間変動パターンは概ね再現・冬季にみられる高濃度に関する再現性は十分ではなかったものの、大河川前面海域で高い濃度がみられ、湾央および湾口に向けて濃度が低くなる傾向
浮遊物質量 (SS)	<ul style="list-style-type: none">・2000年の春季から夏季にかけて計算結果が観測値より高くなっていたが、その他の時期は概ね再現されていた・大河川前面海域で高い濃度がみられ、湾央および湾口に向けて濃度が低くなる傾向
栄養塩類 (T-P、T-N)	<ul style="list-style-type: none">・観測値は、夏季から秋季にかけてやや高くなる傾向にあり、計算値は観測値の変動を概ねとらえていた・大河川前面海域で高い濃度がみられ、湾央および湾口に向けて濃度が低くなる傾向
溶存酸素量 (DO)	<ul style="list-style-type: none">・2000年、2001年とも夏季に有明海湾奥部で大河川からの出水が原因と考えられる貧酸素水塊が発生・貧酸素は大牟田と竹崎を結んだ以北において生じており、有明海湾央部から湾口部にかけてはみられない

資料 2-34 ページ

開門総合調査営会議

○ 水質解析

干潟浄化機能調査で構築した
泥質干潟の干潟生態系モデルの概要

○諫早干潟の浄化機能を組み込んだ水質モデル

潮受堤防が無い場合の数値シミュレーション



国調費水質モデルをベースとして、
現在の潮受堤防の内側に干潟浄化機能調査で構築した
干潟生態系モデルを組み込んだ水質モデルを使用

潮受堤防が無い場合の水質計算方法

潮受堤防が無い場合の水質シミュレーション



資料 2-28 ページ

○干潟生態系モデルの構成要素

項目	生物	非生物
浮遊系	植物プランクトン 動物プランクトン	懸濁態有機物 溶存態有機物 無機態栄養塩類 (NH ₄ -N, PO ₄ -P, NO _x -N (NO ₃ -N+ NO ₂ -N)) 溶存酸素
底生系	付着珪藻 メイオベントス カニ類 カニ類以外の堆積物食者 カキ類 カキ類以外の懸濁物食者 ムツゴロウ	デトリタス 間隙水中溶存態有機物 間隙水中無機態栄養塩類 (NH ₄ -N, PO ₄ -P, NO _x -N (NO ₃ -N+ NO ₂ -N)) 間隙水中溶存酸素

資料 2.34 ページ

資料 2.35 ページ

<基本式等>

$$\frac{\partial}{\partial t}(h \cdot S) = \underbrace{u \frac{\partial}{\partial x}(h \cdot S) + v \frac{\partial}{\partial y}(h \cdot S) + w \frac{\partial}{\partial z}(h \cdot S)}_{\text{移流項}} + \underbrace{\frac{\partial}{\partial x} \left(K_x \cdot h \cdot \frac{\partial S}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_y \cdot h \cdot \frac{\partial S}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_z \cdot h \cdot \frac{\partial S}{\partial z} \right)}_{\text{拡散項}} + \underbrace{\left(\frac{\partial}{\partial t} (h \cdot S) \right)}_{\text{生成・消滅項}}$$

ここで、S : 各構成要素毎の物質濃度
 x, y, z : 層厚
 u, v, w : x, y は右手系の直交座標軸、z は鉛直上向きを正
 K_x, K_y, K_z : x, y, z 方向の流速成分
 : x, y, z 方向の渦動拡散係数

<モデルの特徴>

- 浮遊系 :
 無機態栄養塩類の無機態リンについて、溶存態と懸濁態に区分
 → 国調費水質モデルは区分無し
- 底生系 :
 ・底生系の構成要素毎に計算
 → 国調費水質モデルは、底生生物に係る物質循環は懸濁態有機物の
 取込み・排泄を二枚貝のみの現存量で計算
 ・栄養塩類の溶出速度や溶存酸素消費速度は底泥中の現存量で計算
 → 国調費水質モデルは、底泥中の現存量と無関係に一定速度で計算

潮受堤防と有明海海域環境の関係

○ 水 質

今回の報告では、

- ・ 諫早干潟の浄化機能を組み込んだ水質モデルを用いて、有明海全体のCOD、全窒素、全リン、DO、クロロフィルaについて数値シミュレーションを行い、
- ・ 国調費調査の現況再現結果と比較するとともに、公共用水域水質測定等の観測データも踏まえて、潮受堤防の締切りによる有明海の水質への影響を検討

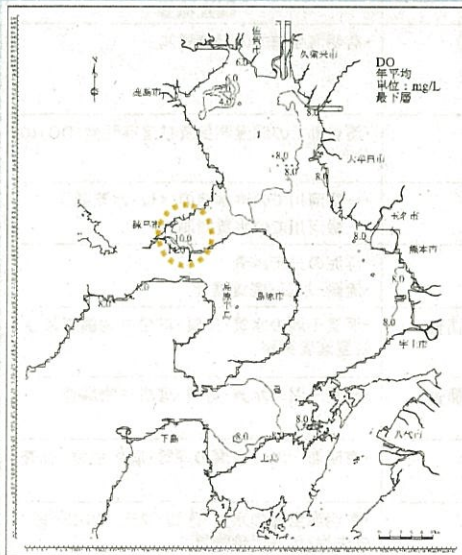
溶存酸素(DO)

① 数値シミュレーションによる検討

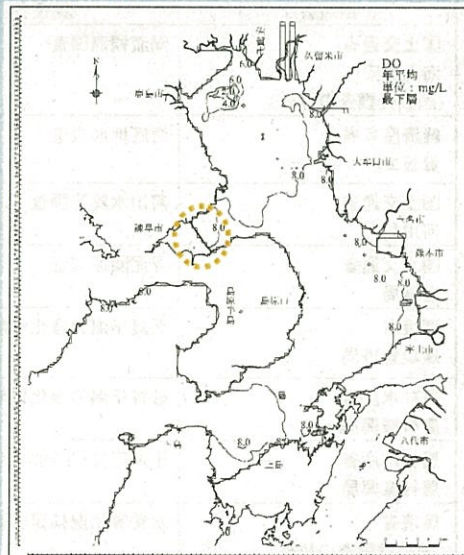
資料4-61ページ

有明海全域における年平均のDO分布 (平成12年平均、最下層)

資料4-61ページ

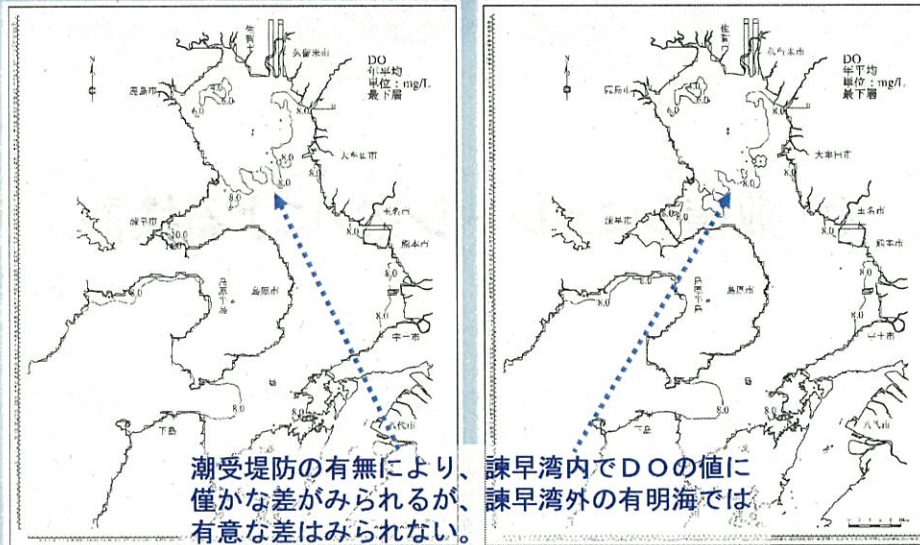


潮受堤防が無い場合



潮受堤防がある場合

有明海全域における年平均のDO分布 (平成13年平均、最下層)



潮受堤防が無い場合

潮受堤防が有る場合

現地調査

担当省庁	調査名	調査概要
国土交通省 海上保安庁 (国調費調査の枠外)	潮流観測調査	・有明海全域での潮流観測
経済産業省 資源エネルギー庁	海底地形調査	・湾奥部での深浅測量及び溶存酸素(DO)の分布
国土交通省 河川局	河川水質等調査	・一級河川での洪水時の水位・水質観測 ・一級河川での水質観測
国土交通省 港湾局	浮泥関連調査	・浮泥の分布調査 ・流動・水質・底質調査
環境省 環境管理局	泥質干潟の浄化機能調査	・泥質干潟の水質・底質・底生物調査及び脱窒速度実験
農林水産省 農村振興局	砂質干潟の浄化機能調査	・砂質干潟の水質・底質・底生物調査
農林水産省 農村振興局	干潟底質・生物調査	・有明海全域の干潟の底質・底生物調査
環境省 (国調費調査の枠外)	水質等状況補足調査	・有明海全域の水質・底質・プランクトン・底生物・化学汚染物質 ・底質からの栄養塩類の溶出速度、底質からの溶存酸素(DO)消費速度

有明海異変への原因仮説

平成13年3月27日

有明海異変の原因解明と有明海再生に向けた調査・研究についての提言

有明海ノリ不作等対策関係調査検討委員会

1. 有明海異変の捉え方

- 半閉鎖的な海域
- 陸域からの負荷により富栄養化や汚染が進行しやすい海域



- 水深の割に干満の差が大きく海水の混合が活発
- 泥質および砂泥質干潟の発達
- 二枚貝類をはじめとする大型底棲生物が豊富に分布することにより海域自体の浄化能力は高い。
- ノリをはじめとする漁業・養殖業生産による栄養分（C、N、P）の系外への移出



有明海の物質の収支をバランス

海域の生態系と漁業・養殖業生産の持続

つづき

物質収支のバランス崩壊

夏季：鞭毛藻有毒赤潮
冬季：珧藻赤潮の頻発



有明海の海洋環境の回復と持続を図るために、

海域全体の物理化学的環境と生物生産過程を視野に入れた総合的な取り組みが必要

2. 有明海異変にいたる原因仮説

(1) 底質悪化や干潟消失による底棲生物の減少

1) 底質の悪化: 底質悪化の原因としては、都市化の進行等にもなう陸域からの栄養物質の負荷の増加、ダム等による河川からの砂等の比較的大型の粒子の流入の減少、潮流の変化などが想定される。

2) 干潟の消失: 沿岸各地での干拓等により干潟の喪失が進んできた。しかしながら、最近では干拓事業による諫早湾内の干潟の喪失が最も大規模なものであり、それによる環境浄化能力の直接的低下、周辺環境への悪化や夏季の有毒赤潮の誘発との関係が懸念されており、具体的な因果関係を明らかにするための調査・研究が必要である。一方、諫早湾のみでなく、近年の有明海全体での自然の海岸線の減少が、本来、自然の感潮域を持つ、環境浄化や生物生産などの生態系維持における多面的機能を大きく減退させたとの指摘もあり、あわせて定量的な評価が必要であろう。

3) 貧酸素水塊と有毒赤潮の発生

水産庁や関係県の調査により、近年、夏季にシャトネラ等の有毒赤潮の発生が増加していることから、有明海においても、夏季の貧酸素水塊発生、有毒赤潮発生、底棲生物死滅・減少、冬季の珪藻赤潮発生・持続、海底への有機物の蓄積の促進のループが形成され、環境変化と漁業・養殖業生産の低下を促進している可能性に注目する必要がある。また、炭坑の旧坑道による海底の陥没や、諫早湾干拓事業における堤防建設のための土砂の採取跡の窪地が、貧酸素水塊発生の一つの引き金になっているとの指摘もあり、今後、検討し解明していく必要がある。

(2) その他の人為的及び自然的インパクト

その他、有明海の海洋環境や生物生産過程に影響を及ぼす可能性がある人為的な要因として指摘されている問題に、

- ①環境ホルモン等の環境汚染物質の問題や、
- ②ノリ養殖の過程で使用される処酸理剤の問題がある。

また自然的インパクトには、地球自転や太陽活動の周期的変化を背景とした

- ③周期的な気候・海洋変動や、傾向的变化としての地球温暖化がある。

文部科学省 科学研究費研究 基盤A

- 「有明・八代海沿岸域の自然環境評価と環境共生型社会基盤整備に関する研究」
平成10年～13年度:一般 : 代表: 滝川清
- 「有明・八代海域における高潮ハザードマップ形成と
干潟環境変化予測システムの構築」
平成13年～15年度:展開: 代表: 滝川清
- 「有明海干潟環境の回復・維持方策に関する研究」
平成14年～17年度:一般: 代表: 滝川清

1. 潮汐変動特性

(過去調査分析・数値シミュレーション)

2. 気象変動特性

(過去25年間)

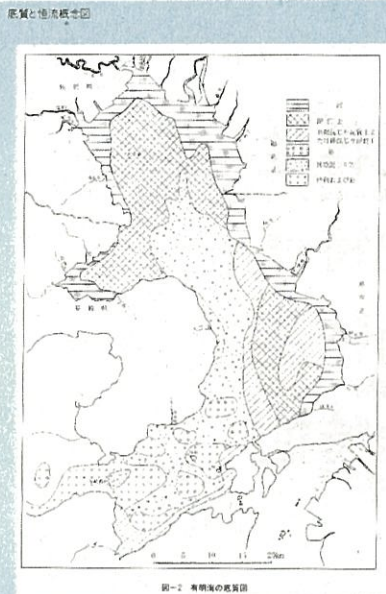
3. 水質変動特性

(浅海定線調査:1975～25年間)

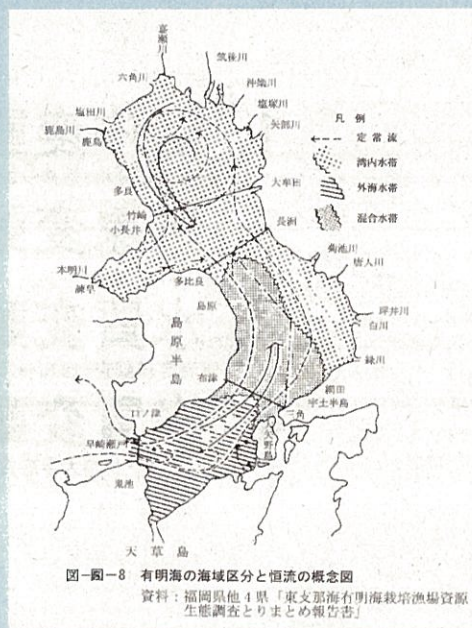
4. 底質変動特性

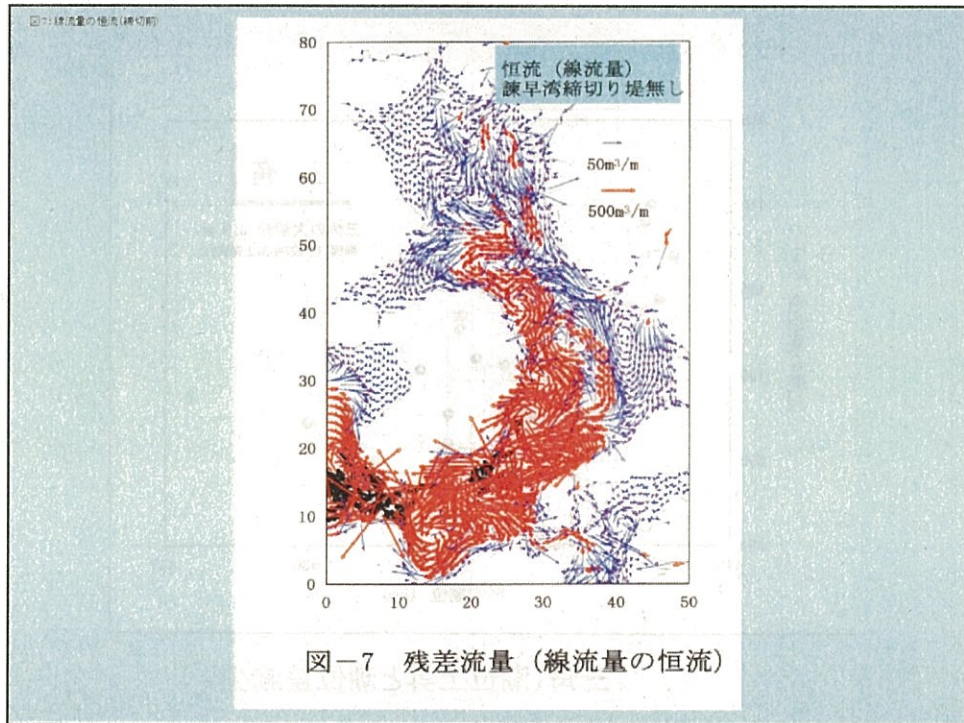
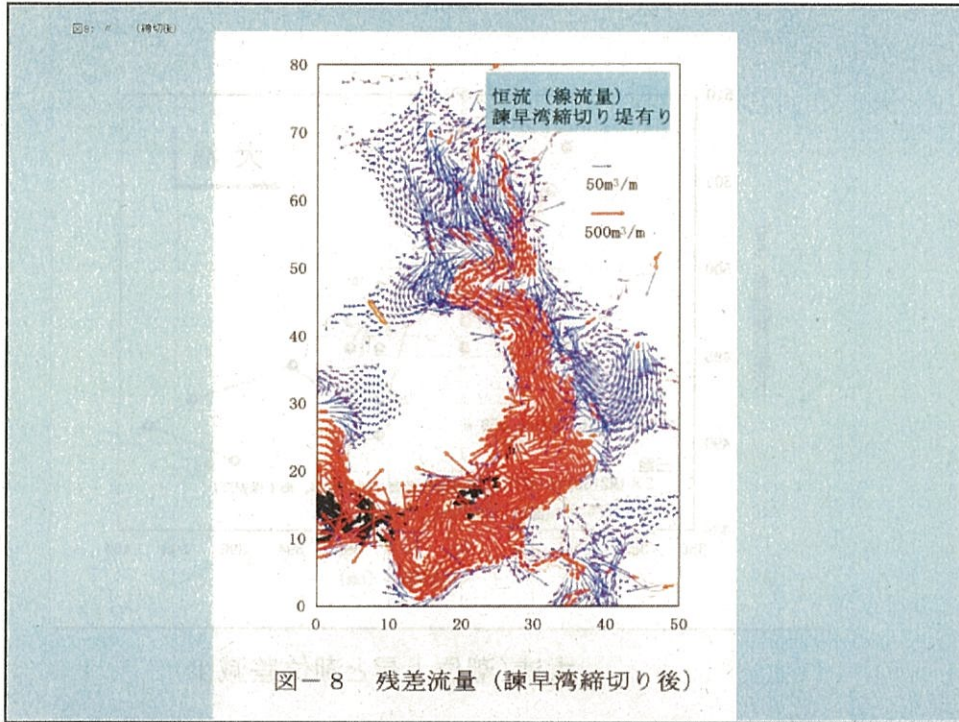
(熊本大学・長崎大学底質調査)

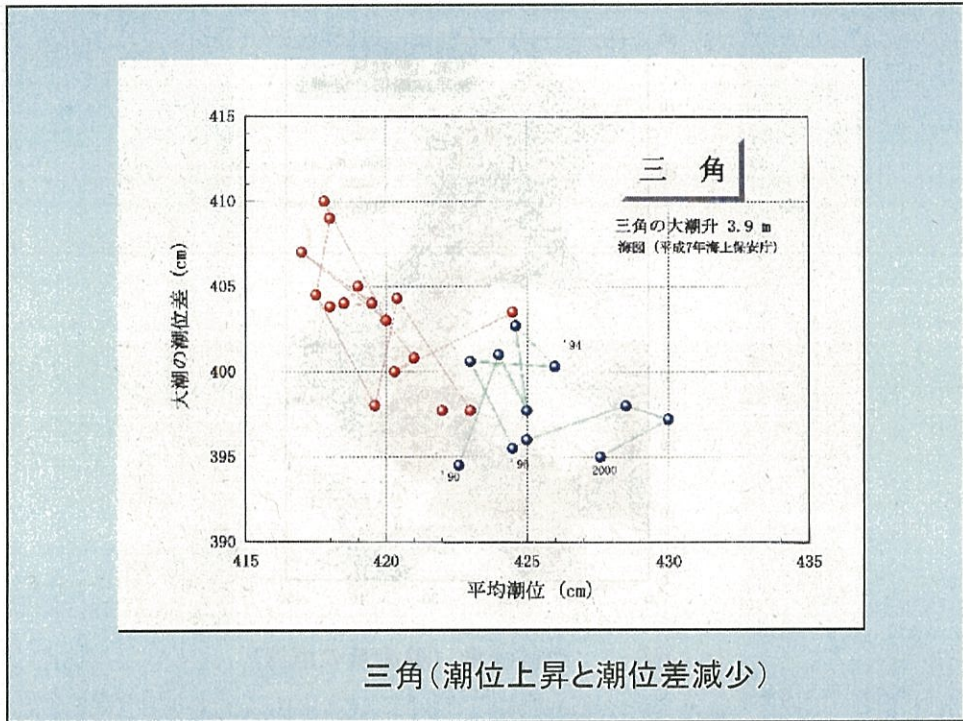
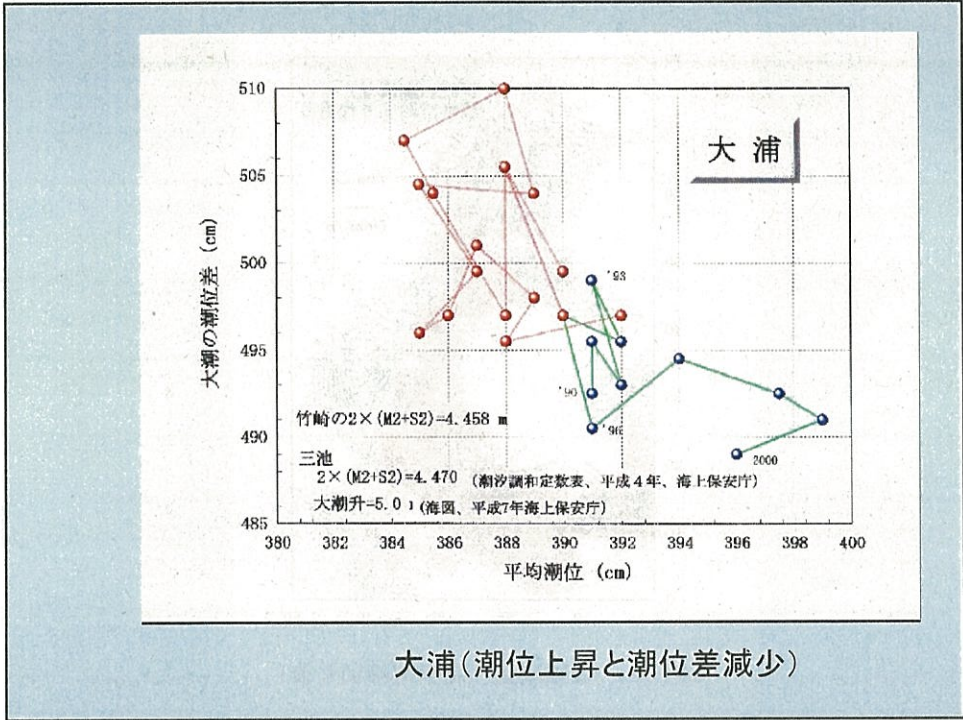
1. 潮汐変動特性



有明海の底質図





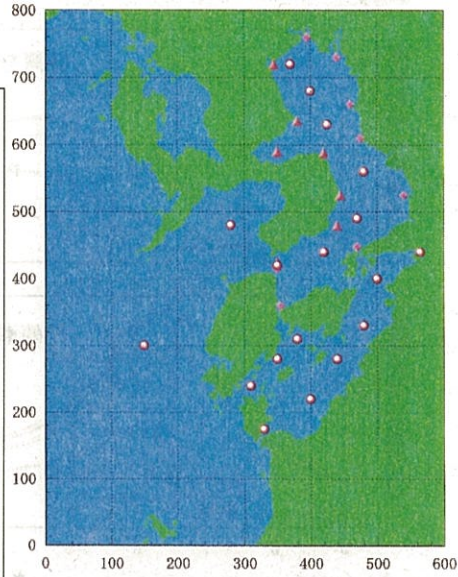


○解析上の注意！

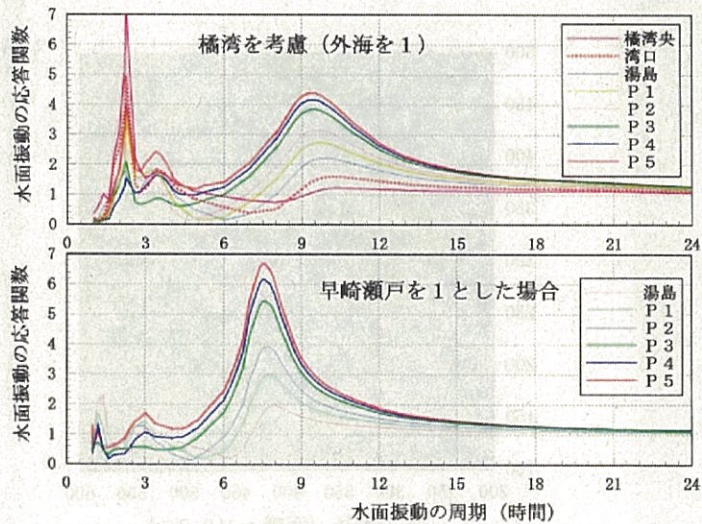
- ・計算領域を出来るだけ広くする
- ・八代海を含める！
- ・地形・水深の正確なデータ
- ・3次元の計算
- ・干潟干出の考慮

○潮汐への影響項目#

- ・干拓堤防有無の影響
- ・熊本港の影響
- ・河川出水・降水の影響
- ・風の影響
- ・ノリ網の影響

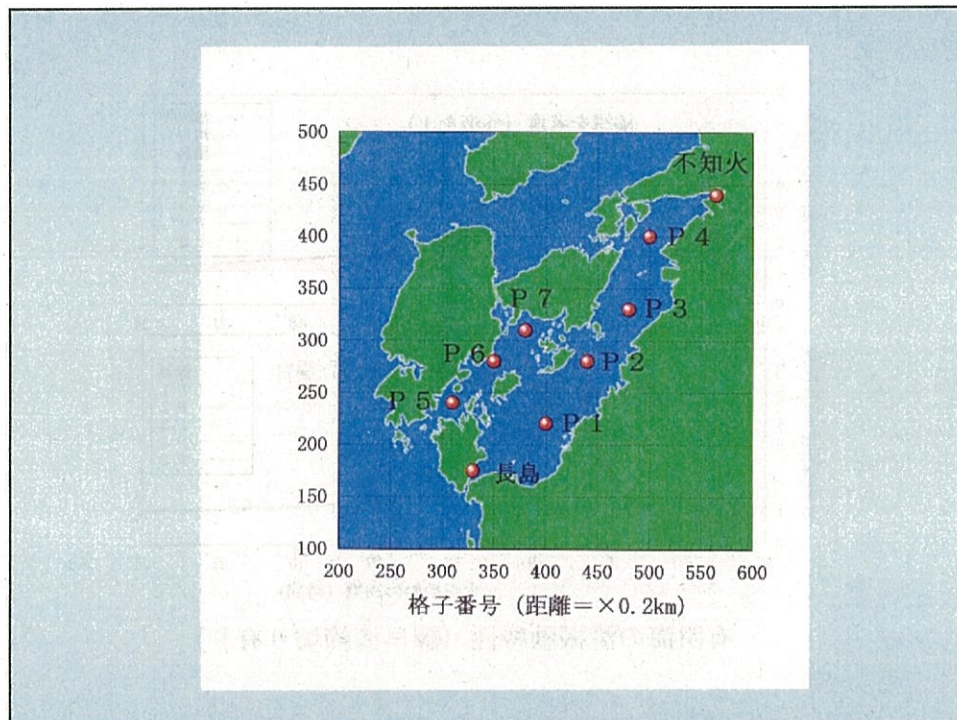
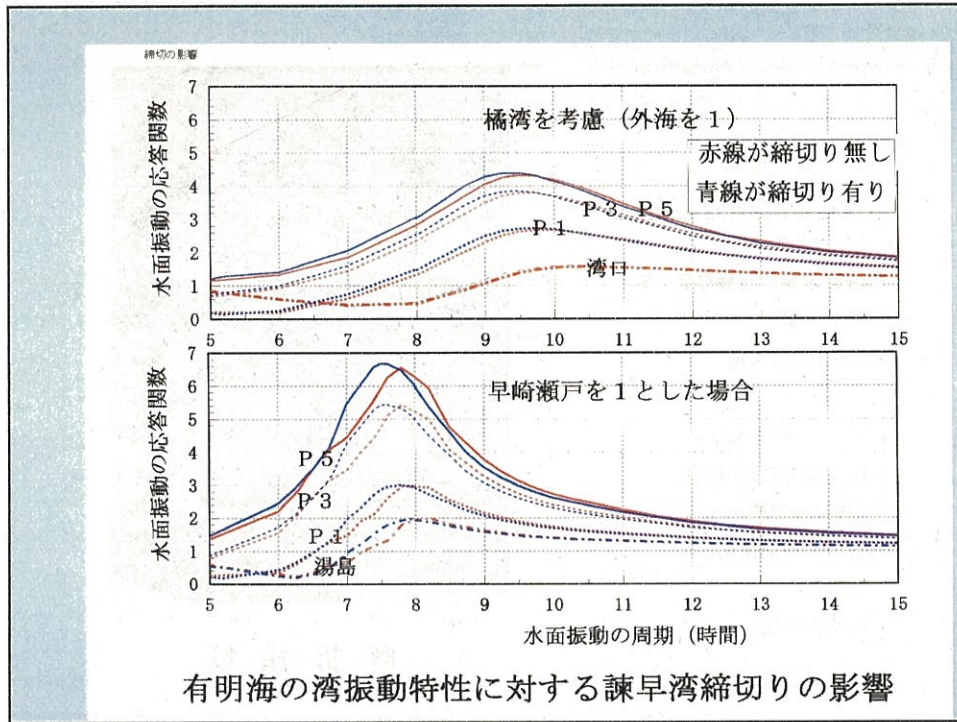


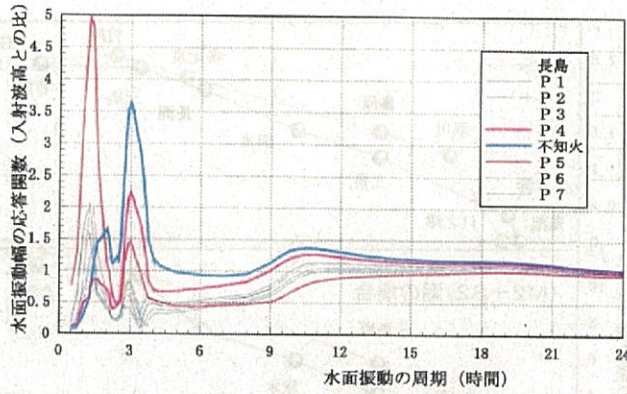
解析領域



有明海の湾振動特性 (諫早湾締切り有り)

湾振動特性(締切りあり)

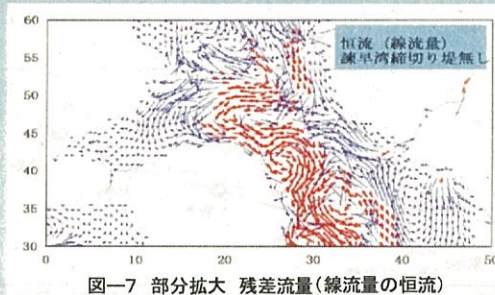




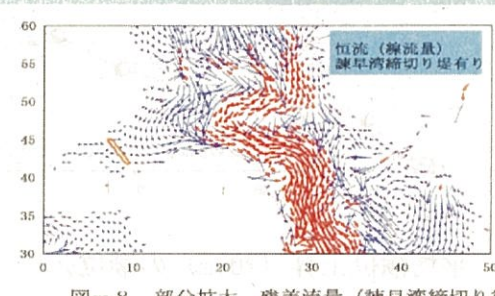
不知火海（八代海）の湾振動特性

- 1) 3時間の湾振動は9918台風時に観測されており、本計算の妥当性を示す。
- 2) 周期が9時間より大きいときの高水位は有明海の影響。
- 3) 周期が2時間程度より小さい所は振動の振幅が単調増加またはうなり現象が現れて定常になっていない。

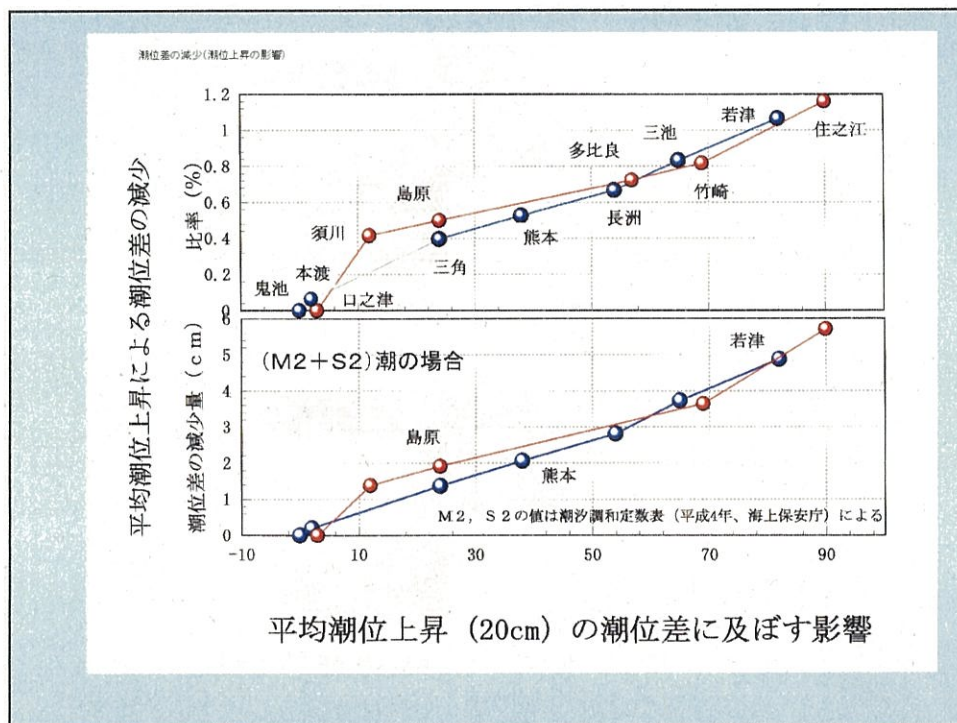
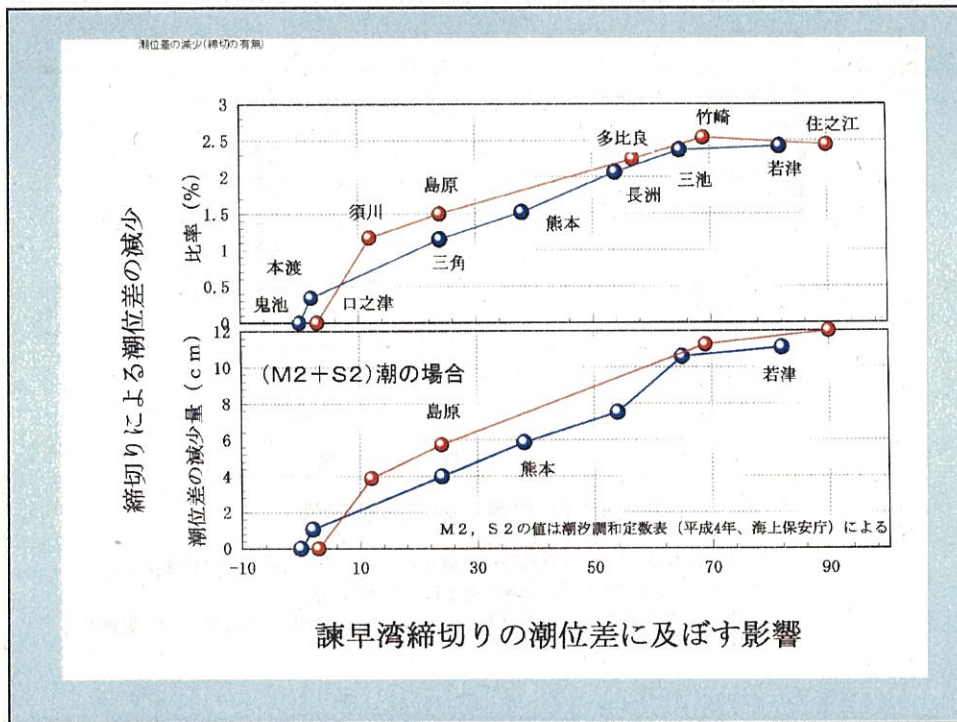
通図7-1拡大

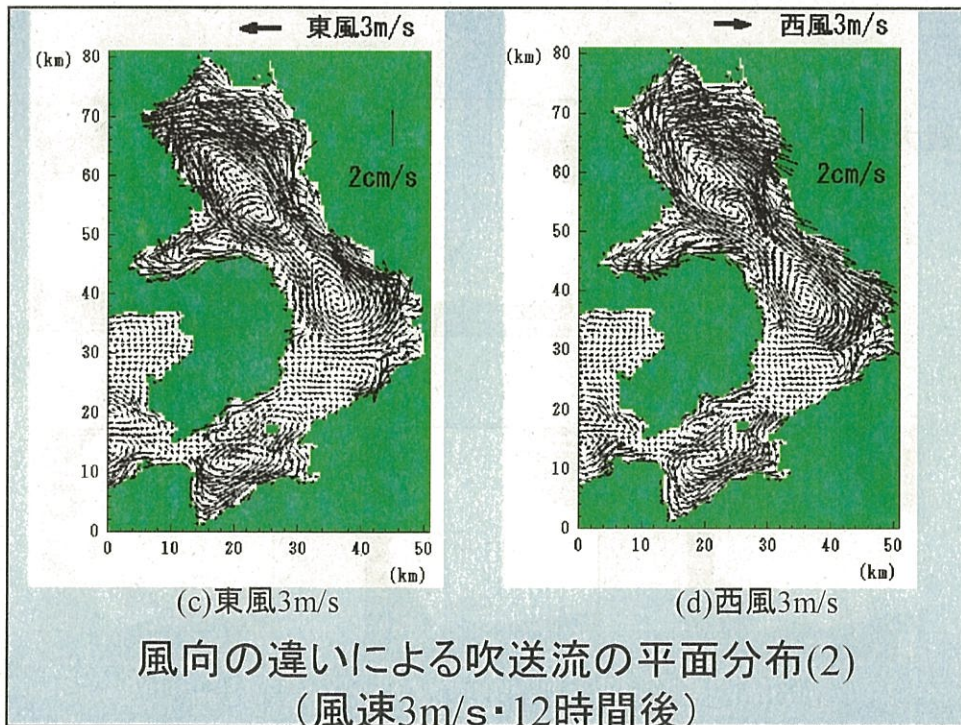
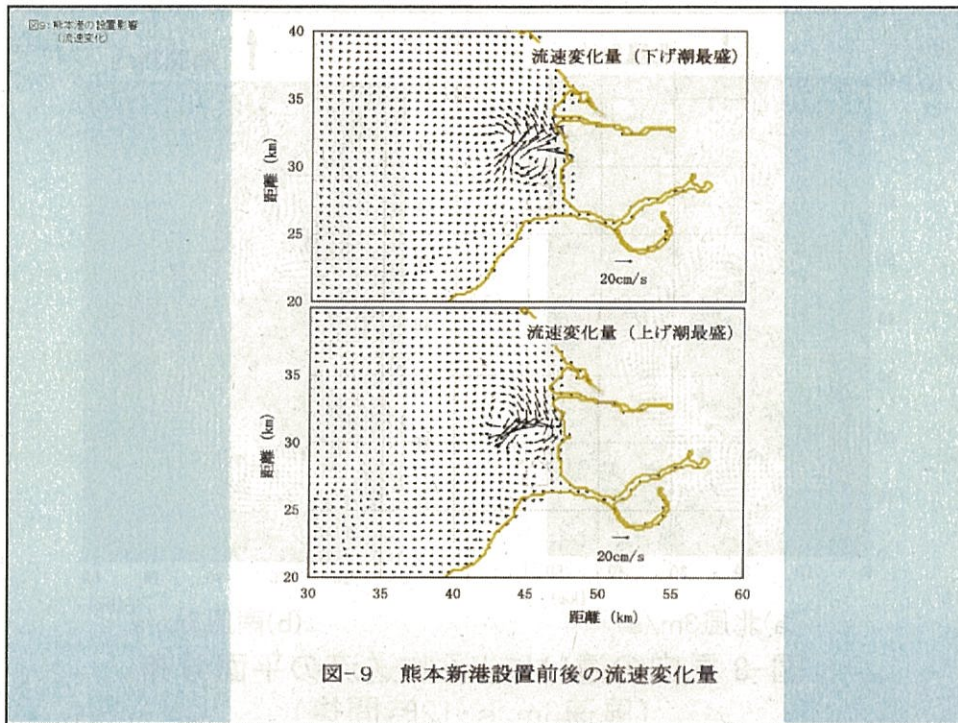


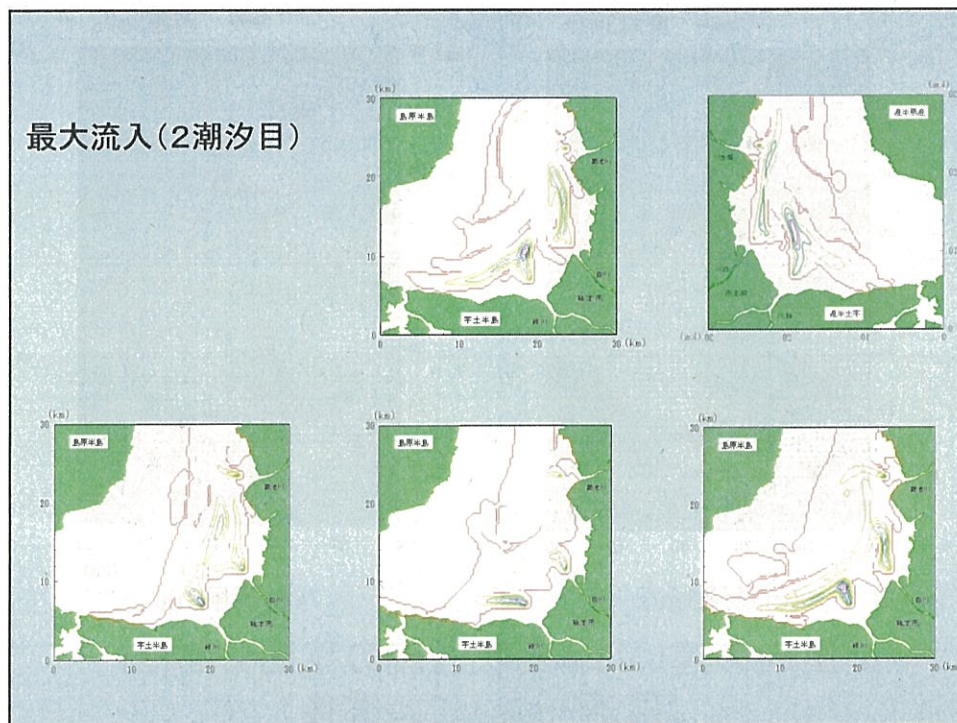
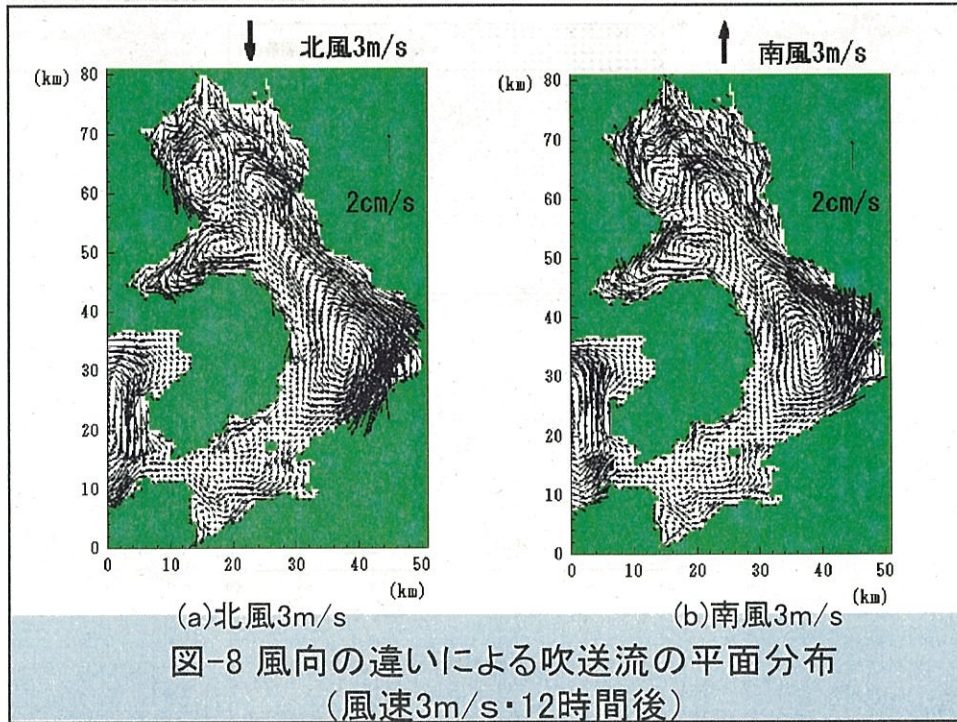
図一七 部分拡大 残差流量(線流量の恒流)



図一八 部分拡大 残差流量(諫早湾縮切り後)







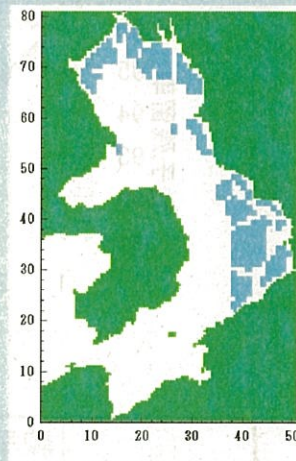


のり網の有無による流況の比較

のり網を透過性構造物と考えるのり網の流体抵抗を求める。

$$\frac{F}{\rho} = \frac{1}{2} C_D U |U| \frac{1 - \varepsilon}{\varepsilon^2} \frac{B}{H}$$

C_D はのり網の抵抗係数、 ε はのり網の空隙率、 B はのり網の厚さ、 H は水深である。

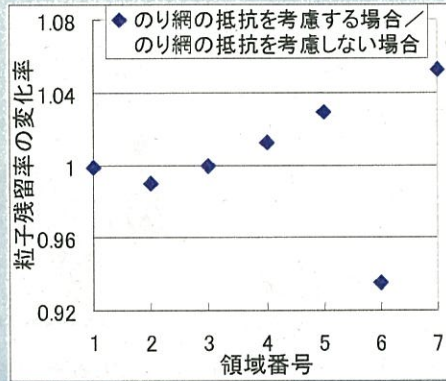
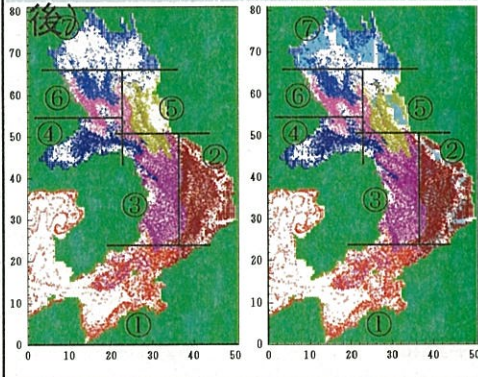


のり養殖域
(昭和58年度)

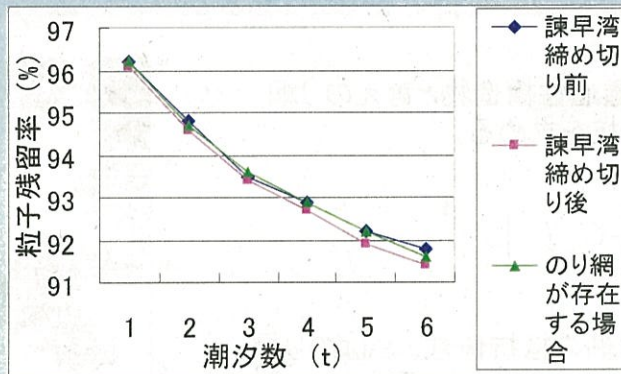
のり網が存在しない場合 (6潮汐後)

のり網が存在する場合 (6潮汐後)

のり網の有無による領域ごとの粒子残留率の変化率 (6潮汐後)

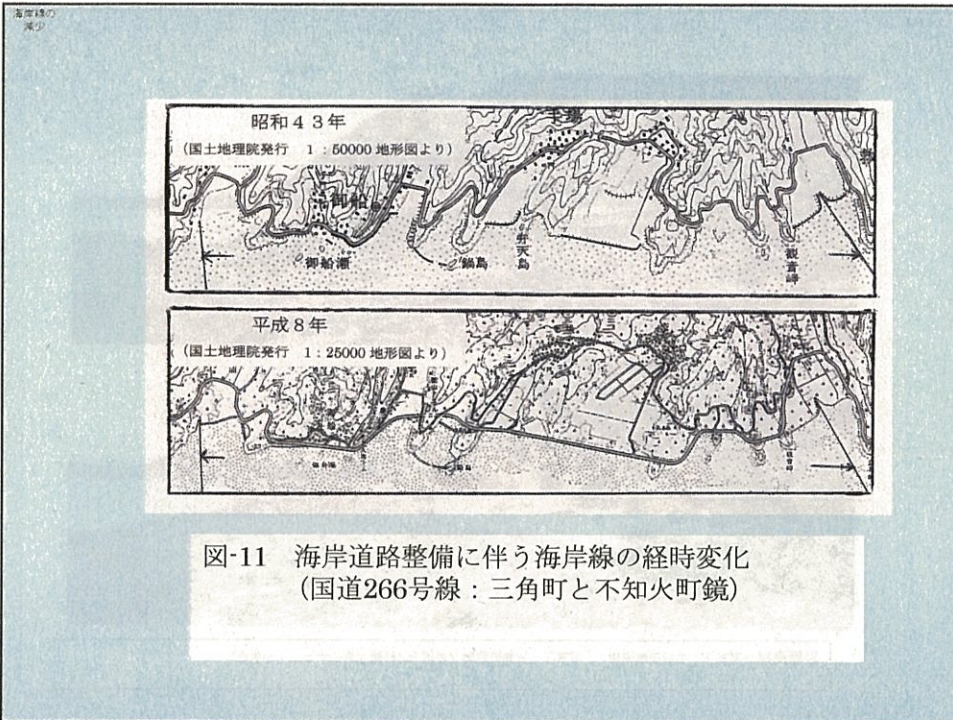


有明海全体での粒子残留率の推移の比較



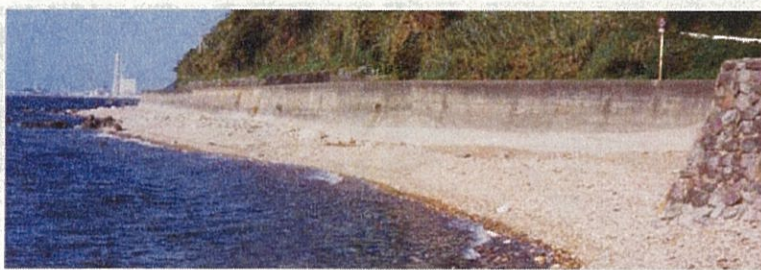
滞留時間 (TR)

	諫早湾締め切り前	諫早湾締め切り後	のり網が存在する場合
滞留時間TR (潮汐)	107.5潮汐 (約54日)	101.0潮汐 (約51日)	103.1潮汐 (約52日)



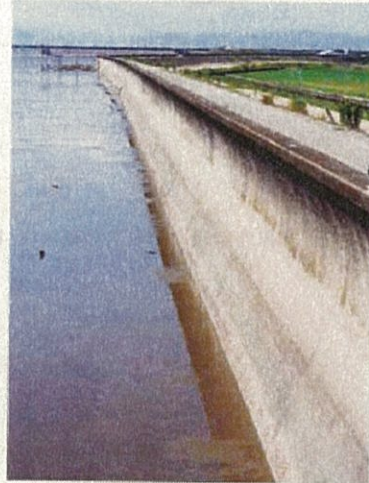
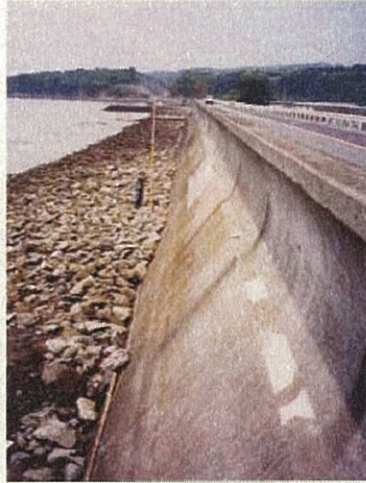


岩礁海岸（写真上：牛深茂串海岸； 写真下：三角町戸船（岩礁上に砂礫生息のオニシバが生息）

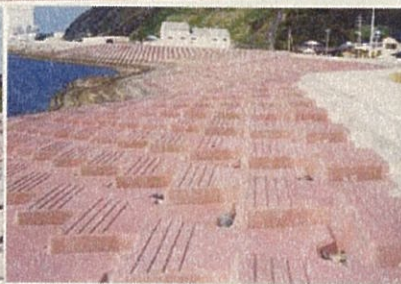


道路護岸（写真上：帯北町海岸； 写真下：五和町通詞島海岸）

高い護岸



高い道路護岸と干拓堤防（大きな潮位差に対応するため高さの高い護岸と堤防）



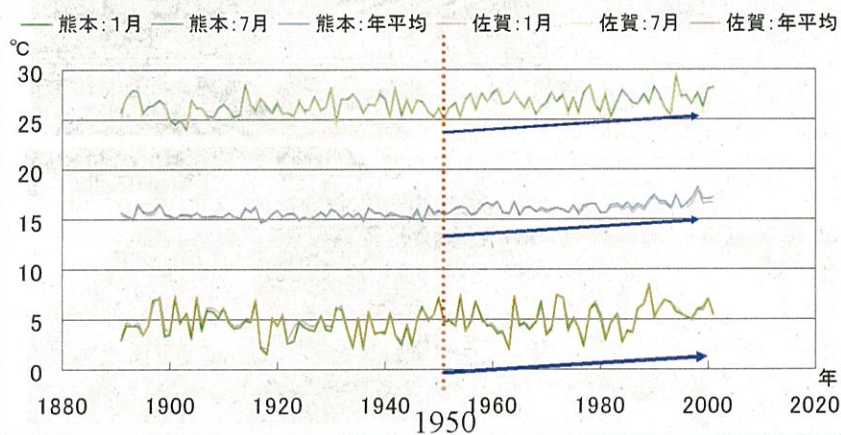
階段式護岸（写真上：苓北町海岸； 写真下左：荒尾地先海岸； 写真下右：苓北町都呂々）

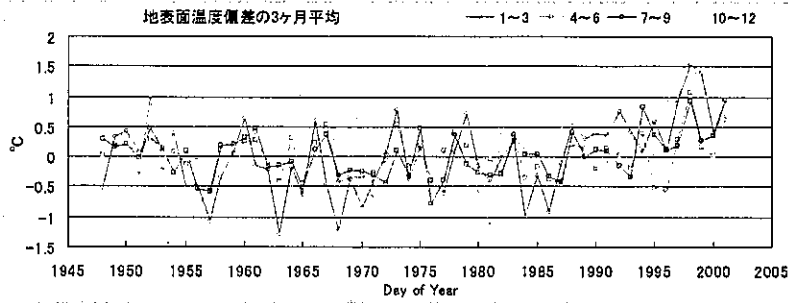
2. 気象変動特性

気象庁年報, アメダス観測年報, NCEP客観解析データ, TREMM観測データ

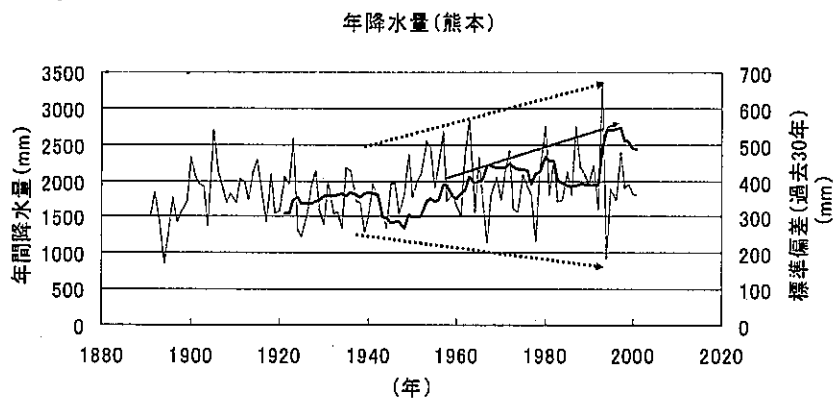
熊本・佐賀地方気象台における気象観測記録(1)

日平均気温の年々変化

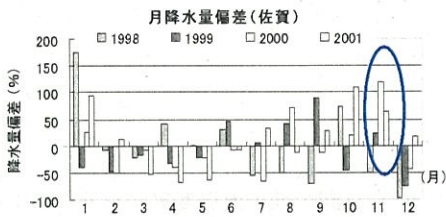
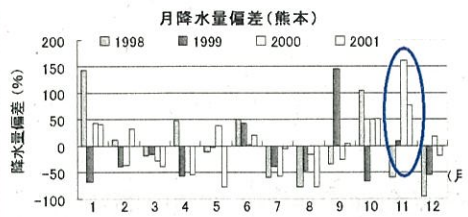
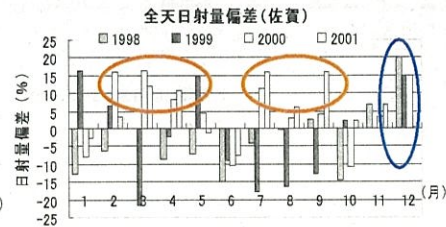
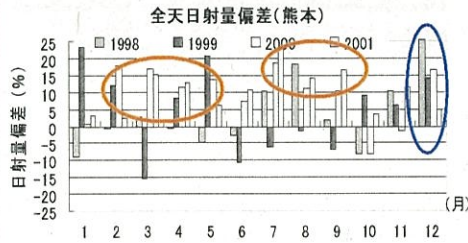




図：地表面温度アノマリーの3ヶ月平均値の経年変化（1948～2001）



図：熊本地方気象台における年間降水量(細線・左軸)及び
過去30年標準偏差(太線・右軸)

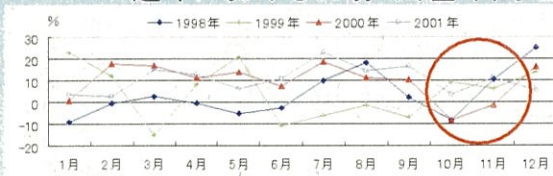


図：熊本地方気象台の全天日射量・
日平均気温・日平均気温の偏差
(1998年～2001年)

図：佐賀地方気象台の全天日射量・
日平均気温・日平均気温の偏差
(1998年～2001年)

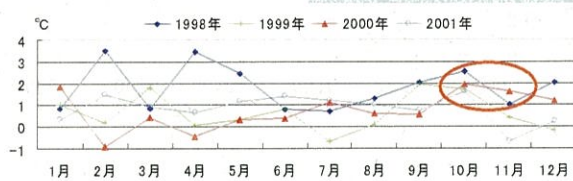
熊本地方気象台における気象観測記録(2)

近年における日射・気温・降水量偏差の変化



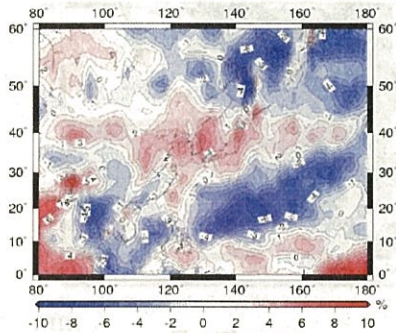
日射量偏差
(対平年値)

月平均気温偏差

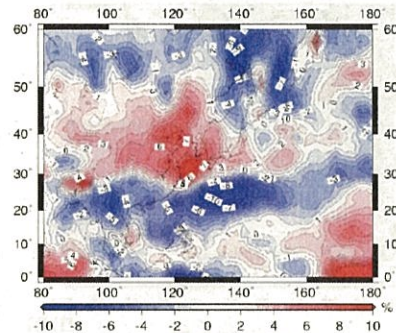


月降水量偏差
(標準偏差で無次元化したもの)

下向き短波放射フラックス(日射量)のアノマリー分布
(1)



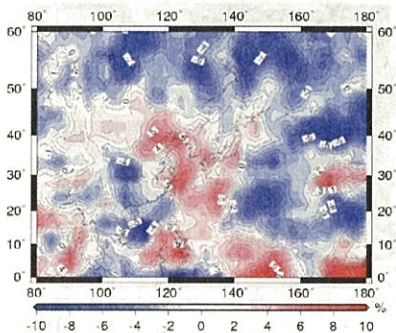
Low 1999年2月~7月 High
6ヶ月平均値



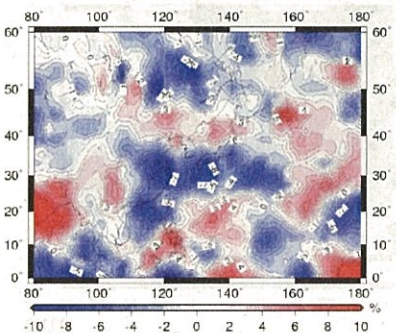
Low 2000年2月~7月 High
6ヶ月平均値

Data source: NCEP Reanalysis (UCAR, USA)

下向き短波放射フラックス(日射量)のアノマリー分布
(2)



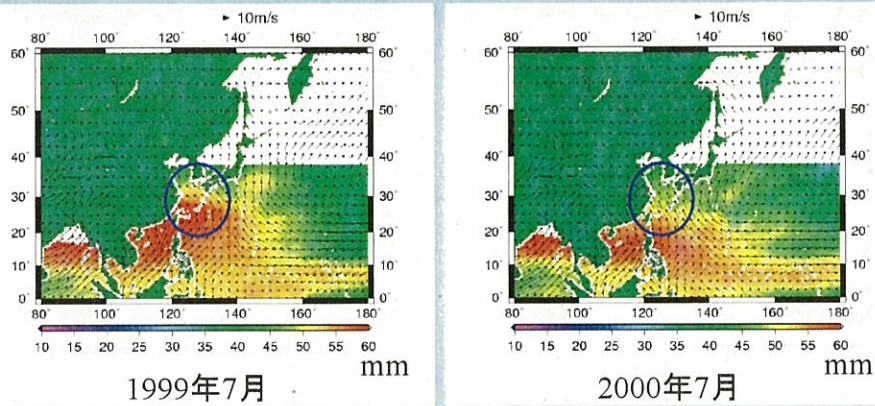
Low 1999年10月~11月 High
2ヶ月平均値



Low 2000年10月~11月 High
2ヶ月平均値

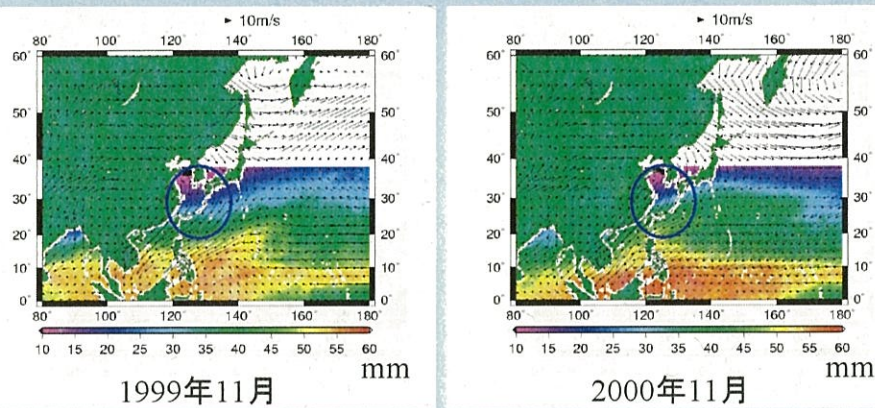
Data source: NCEP Reanalysis (UCAR, USA)

可降水量分布 (1)

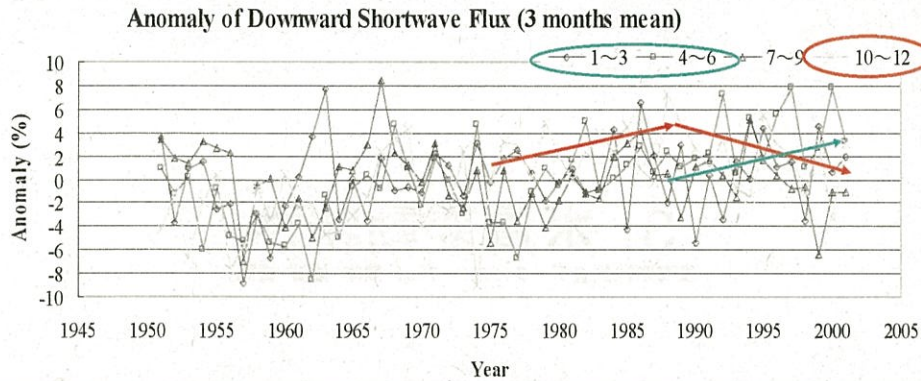


Data source: TRMM VIRS (Visible and InfraRed Sensor)
by EORC (Earth Observation Research Center) NASDA
Wind vector at 10m above ground level: NCEP Reanalysis

可降水量分布 (2)



Data source: TRMM VIRS (Visible and InfraRed Sensor)
by EORC (Earth Observation Research Center) NASDA
Wind vector at 10m above ground level: NCEP Reanalysis



図：有明海・東シナ海

下向き短波放射フラックスの偏差の経年変動

赤潮の大量発生やノリの色落ち被害など、環境悪化に伴う諸問題が顕在化した2000年について

(1)夏季モンスーンの発達が近年の他の年と比べて弱く、太平洋高気圧の発達に伴い、7月において高日射状態が続いたこと、

(2)赤道付近の降水振動が東シナ海の降水パターンに少なからず影響を与えており、2000年秋季の大量降水もその一つである可能性であるという特徴があげられる。

(3)そして、2000年秋季の降水と12月に入り日射量が増大したことで高温状態が続いたことが、

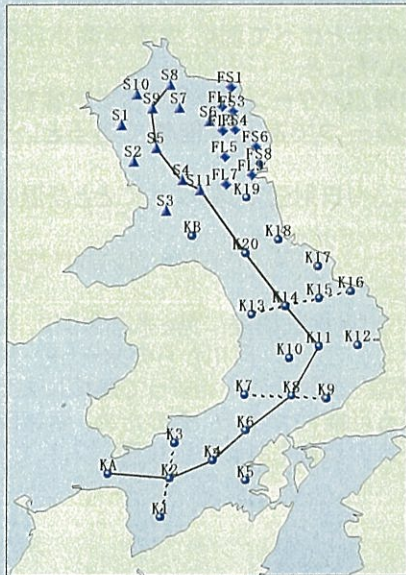
ノリの色落ち被害へと至る一つの気象的(気候的)要因として結論付けられる。

数十年規模の長期的な変動について、30年移動偏差に見られるように、近年降水量の年々変動が大きくなっている。このことは、河川からの水・土砂・栄養塩など物質流入量の不安定化、上空の雲・放射過程と相まって海域における物質循環・生態系への影響へとつながる可能性がある。そのため、海域環境の回復・保全にあたっては、越年スケールの変動もある程度視野に入れて取り組む必要があるといえよう。

3. 水質変動特性

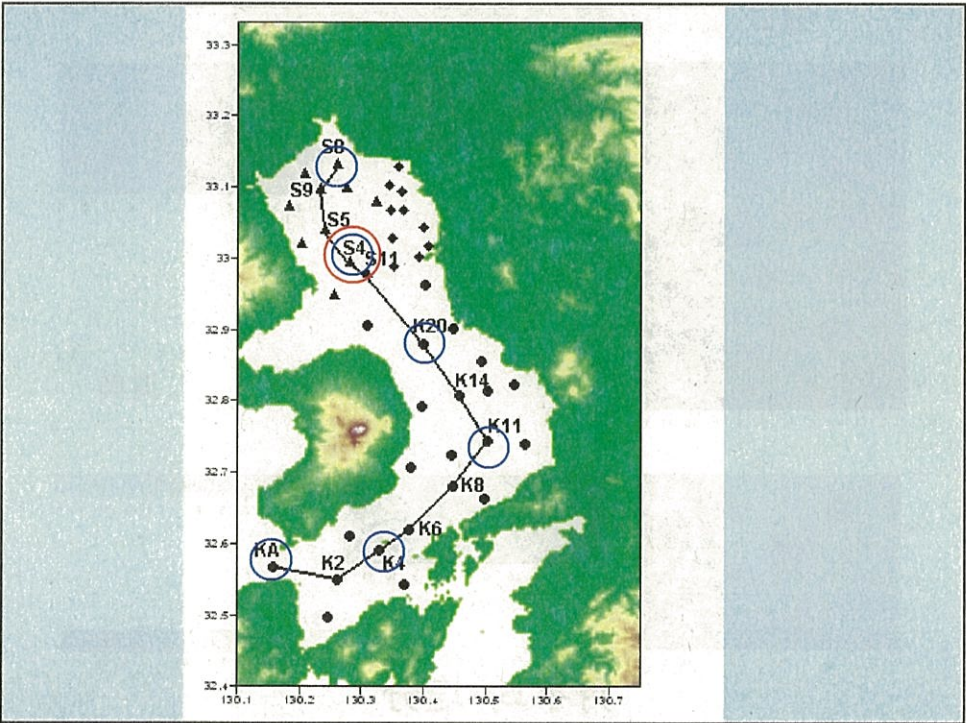
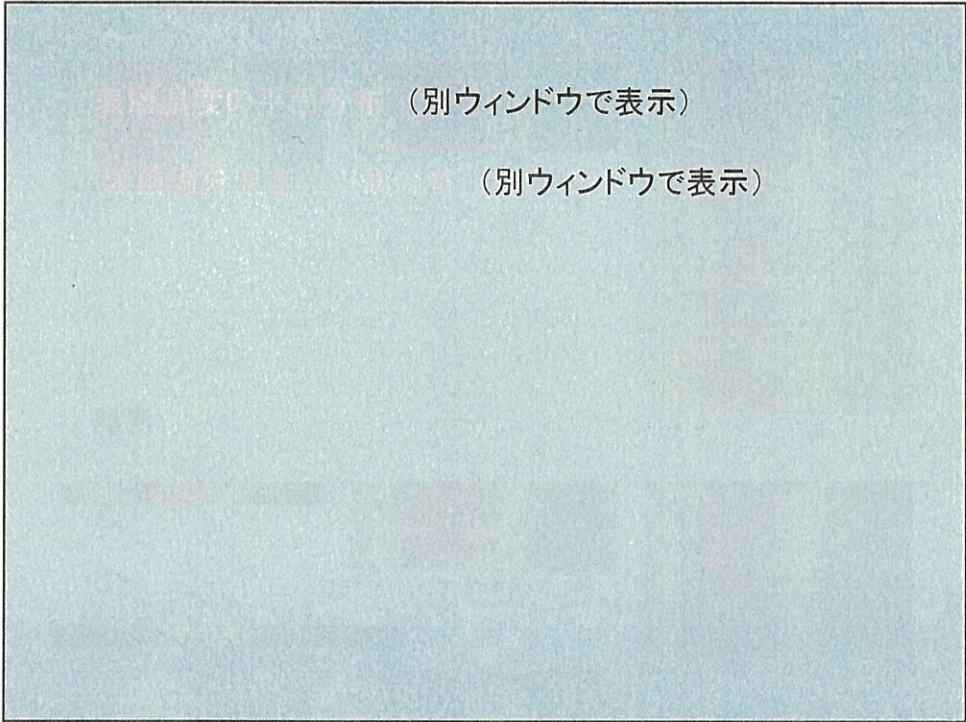
浅海定線調査データ(1975~2001:熊本・佐賀・福岡)

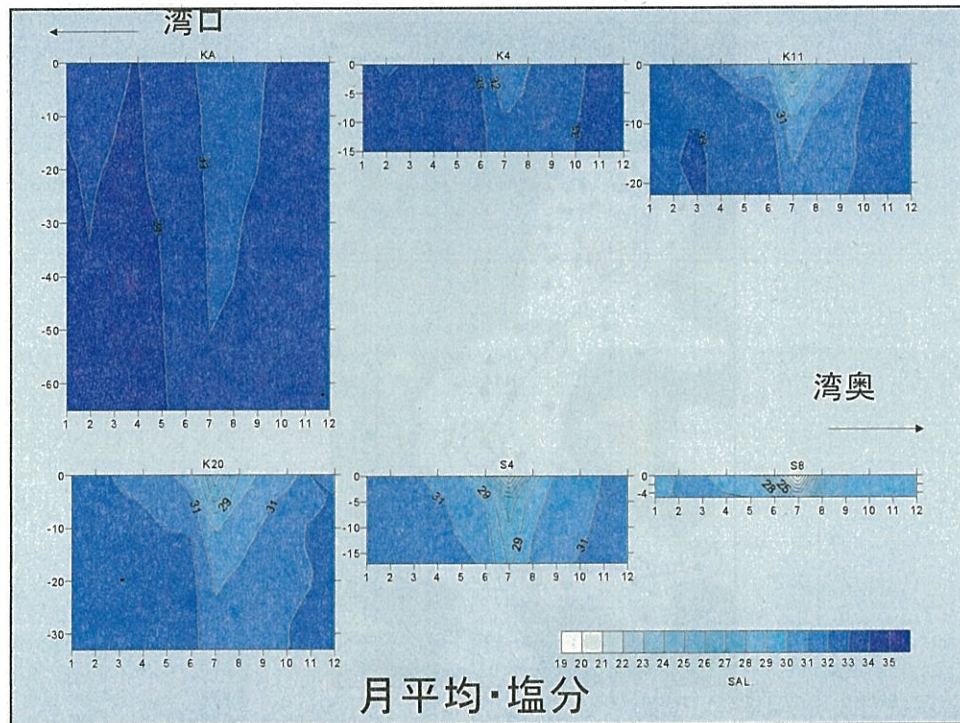
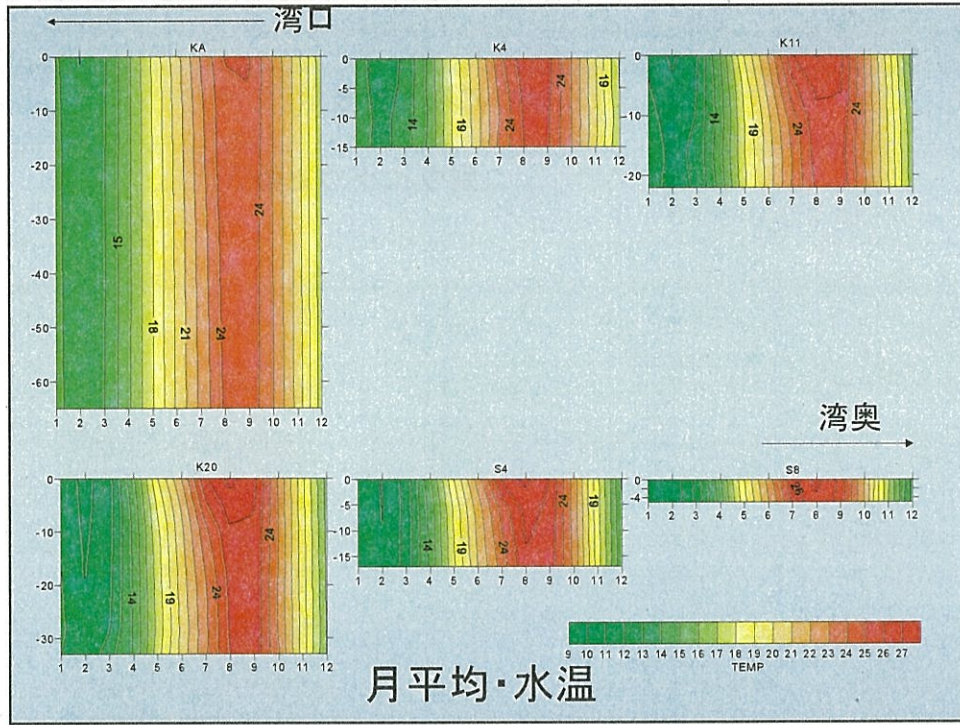
浅海定線調査点

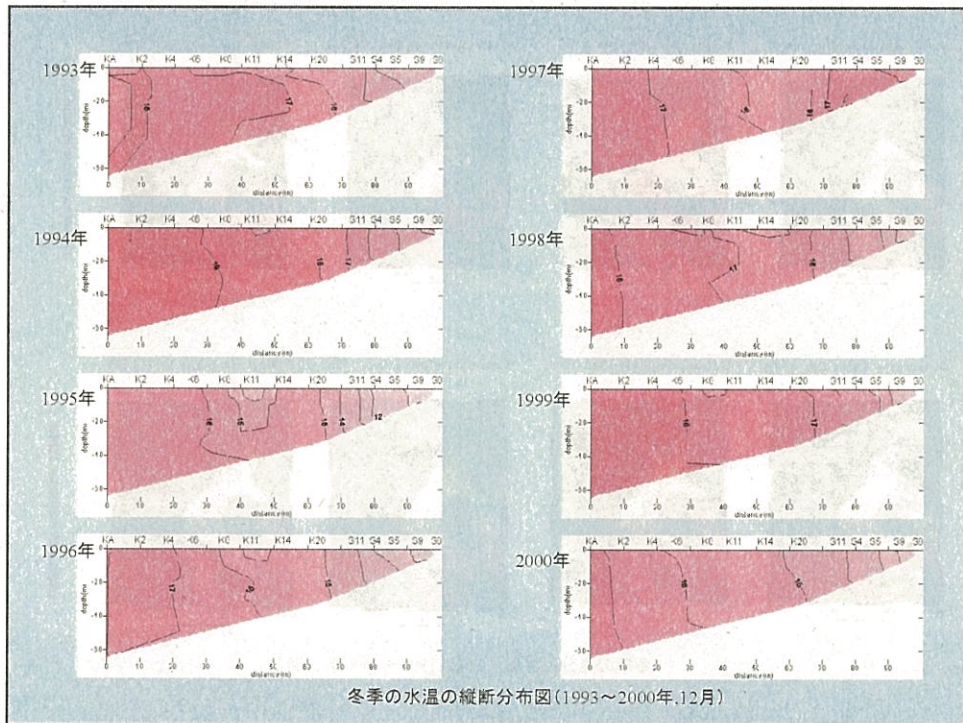
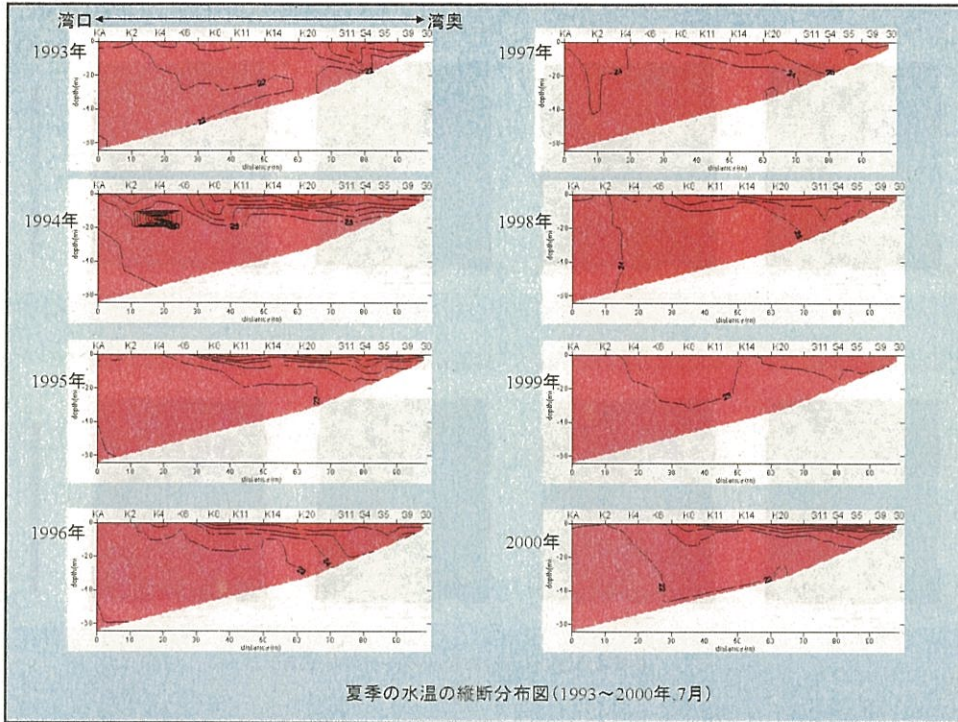


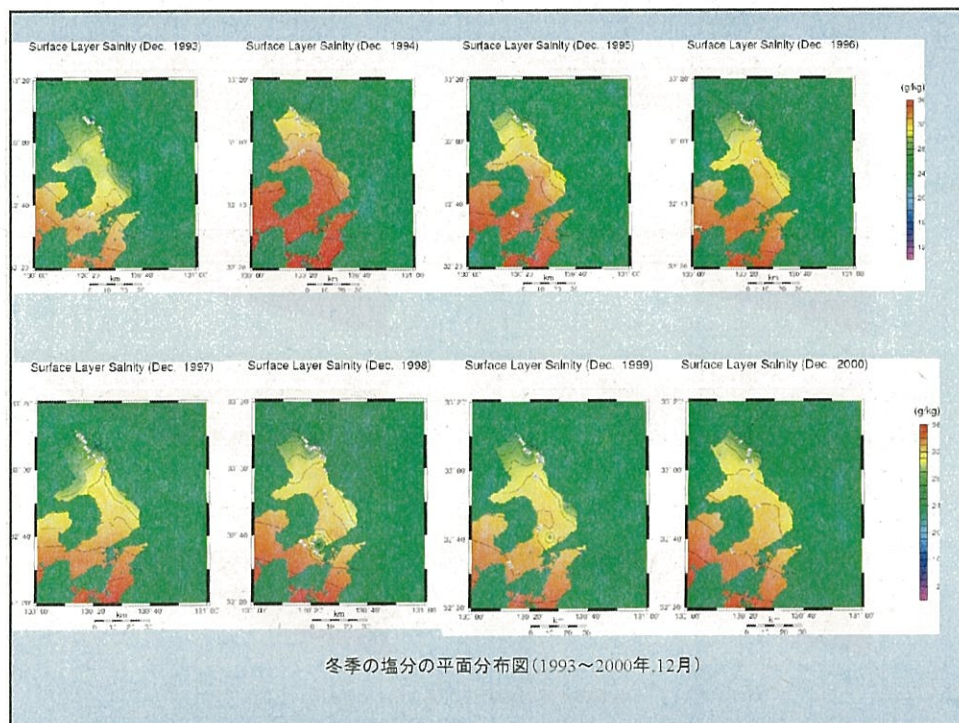
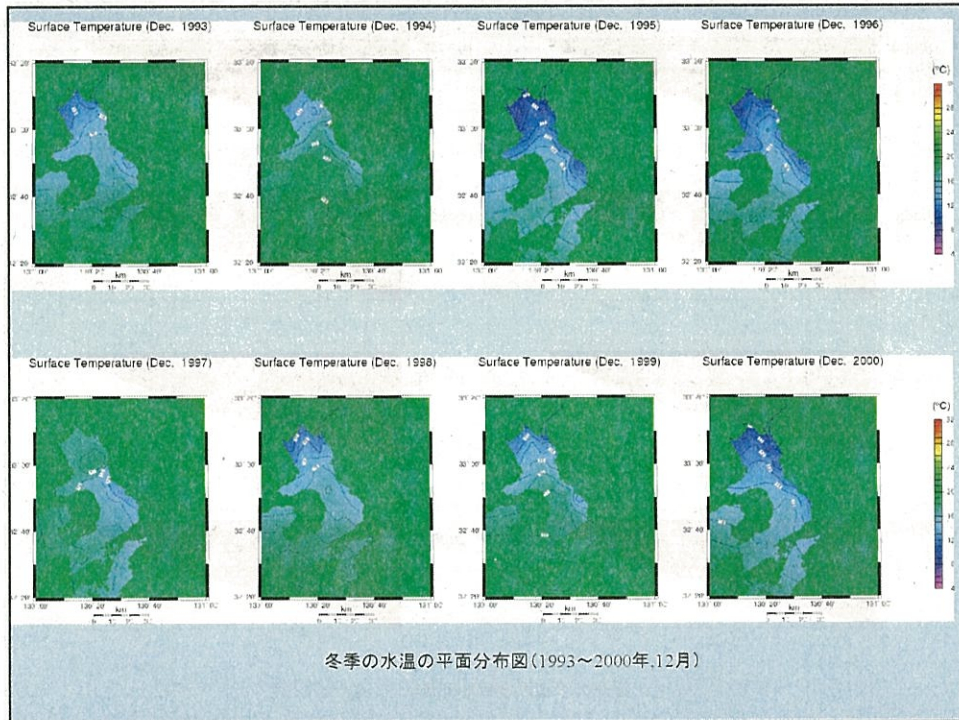
調査項目

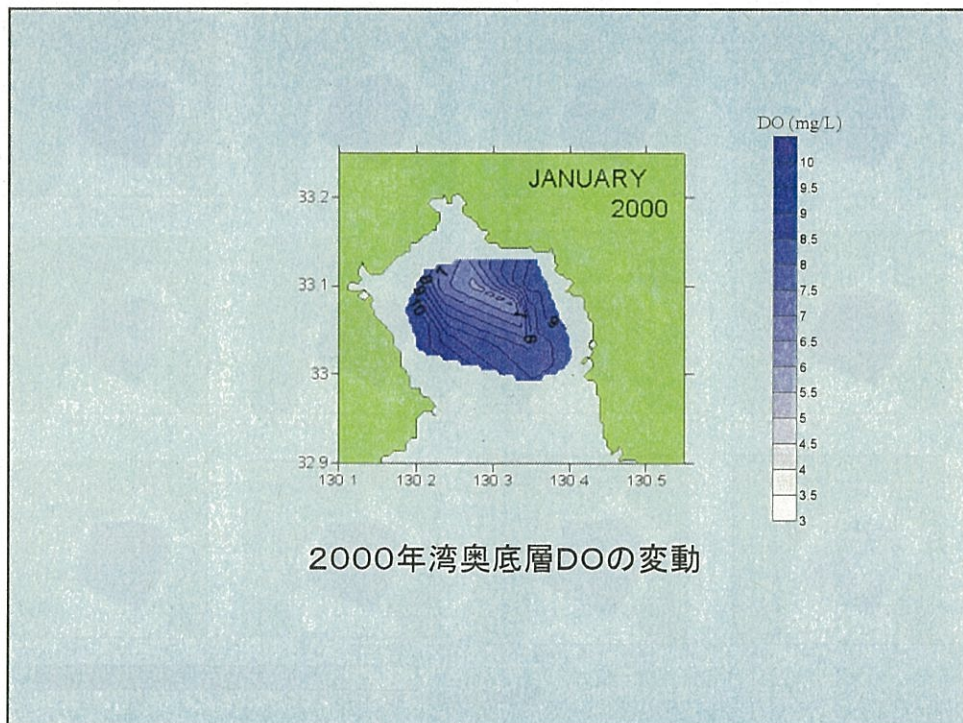
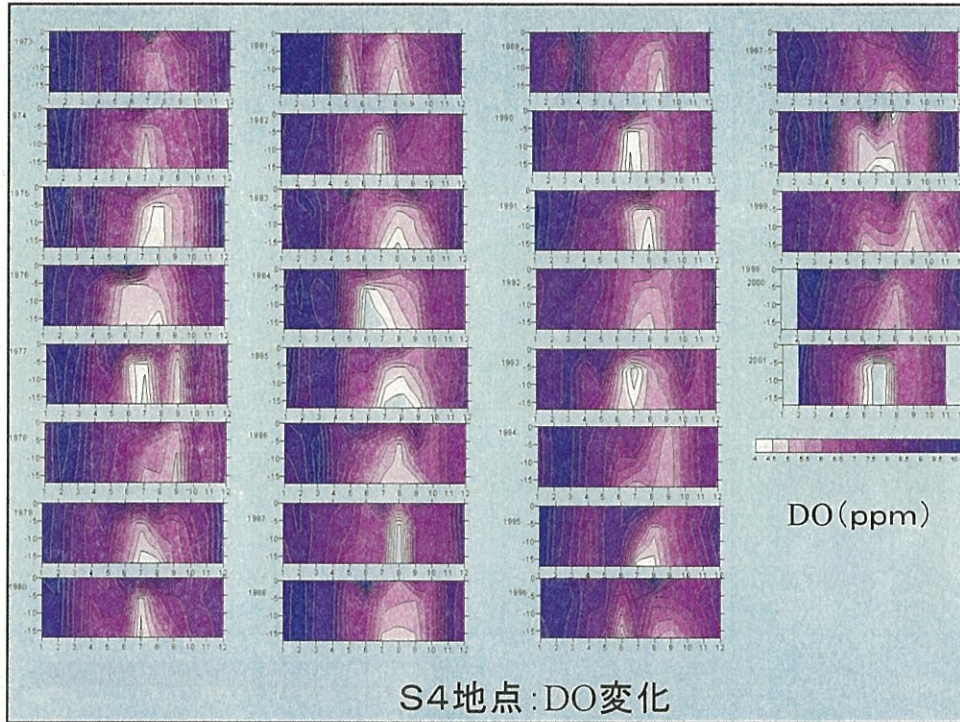
調査地点	水質項目
●熊本県 (22地点)	表層、水深5,10,20,30m,底層: 水温,塩分 水深5m:水温,塩分,DO,COD, PO ₄ -P,NH ₄ -N,NO ₂ -N, NO ₃ -N,DIN,SiO ₂ -Si
◆福岡県 (10地点)	表層、水深5m,底層: 水温,塩分,DO,COD, PO ₄ -P,NH ₄ -N,NO ₂ -N, NO ₃ -N,DIN,SiO ₂ -Si
▲佐賀県 (11地点)	

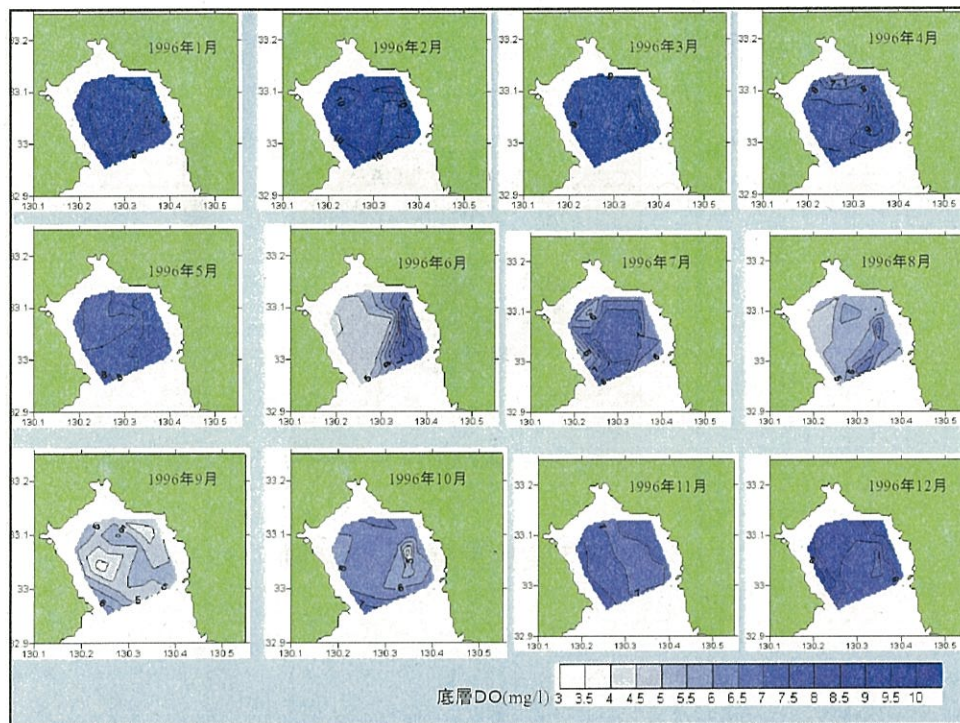
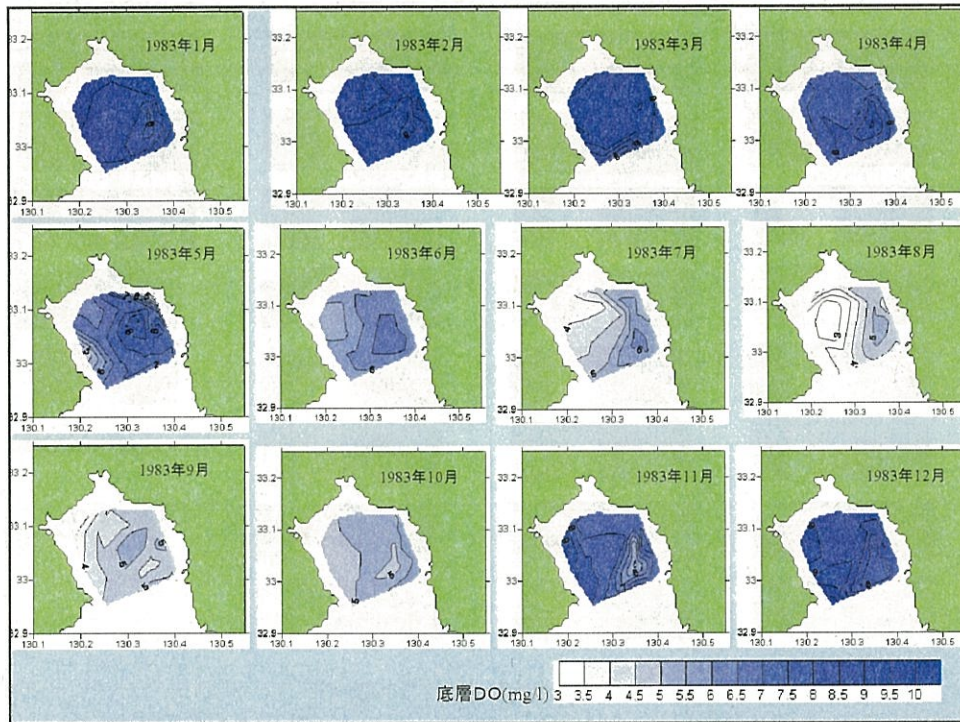


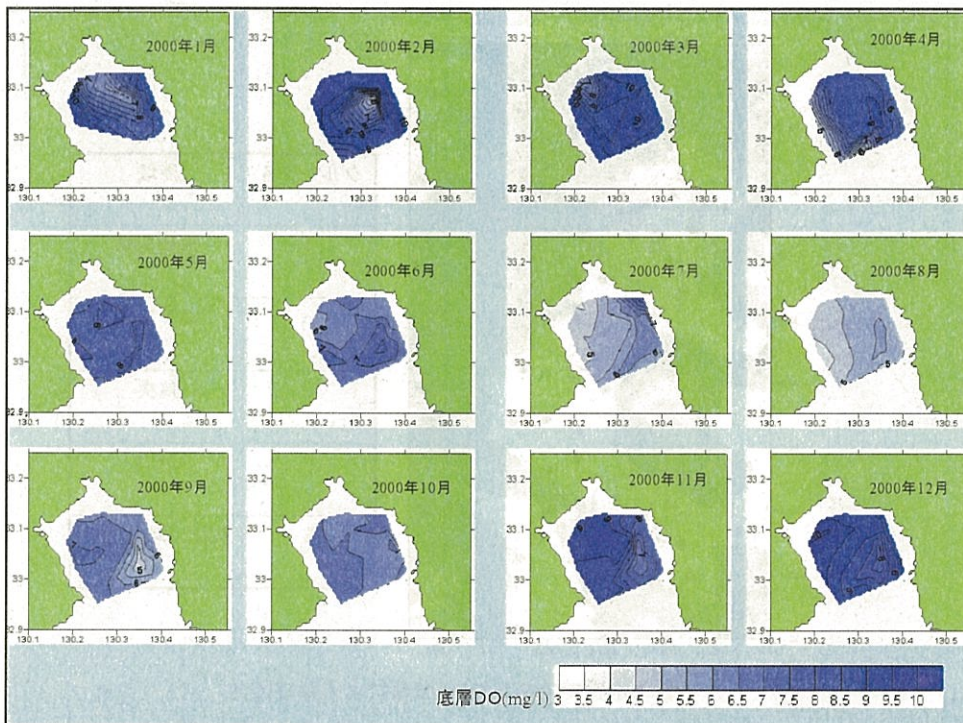
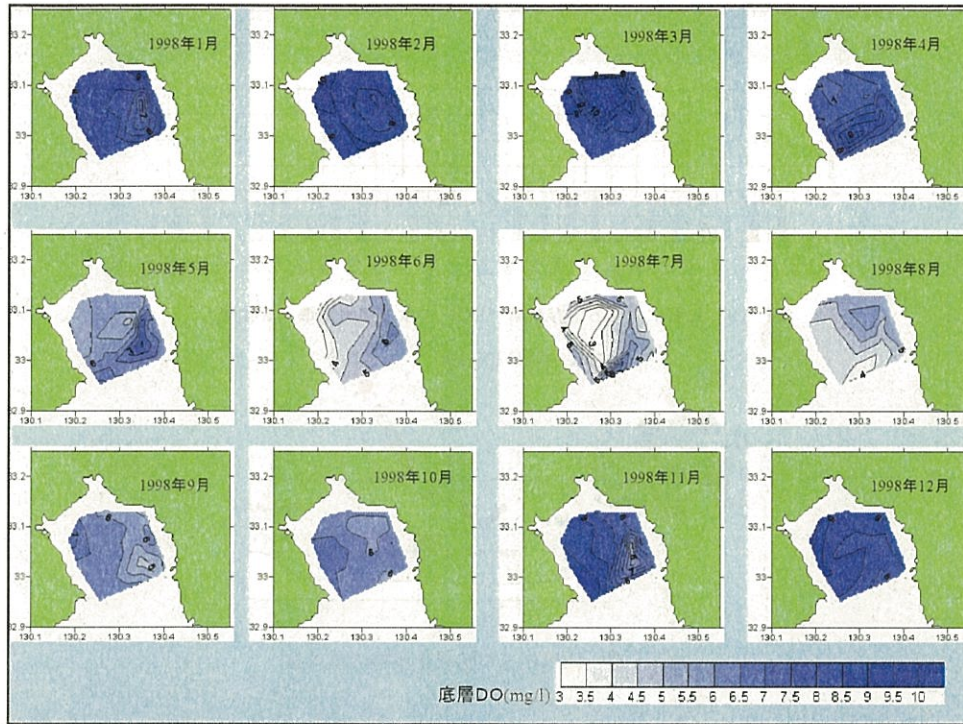












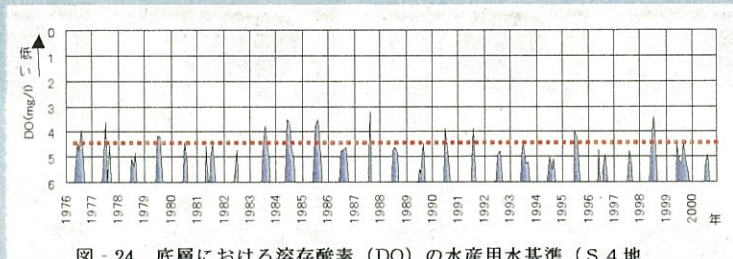


図 - 24 底層における溶存酸素 (DO) の水産用水基準 (S4 地点)

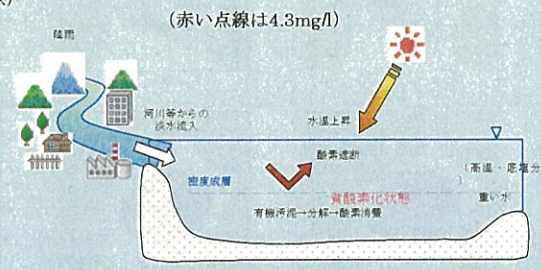
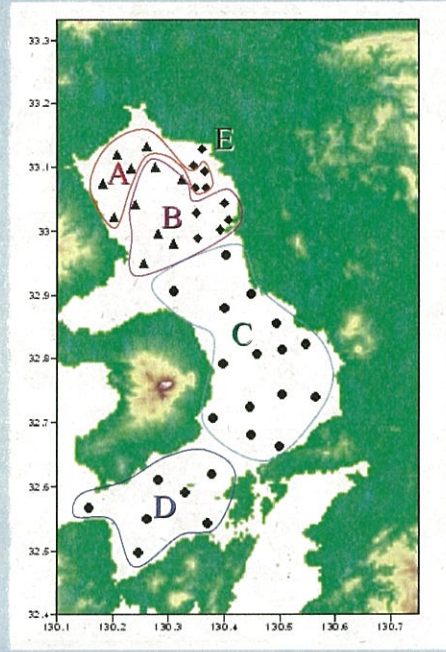
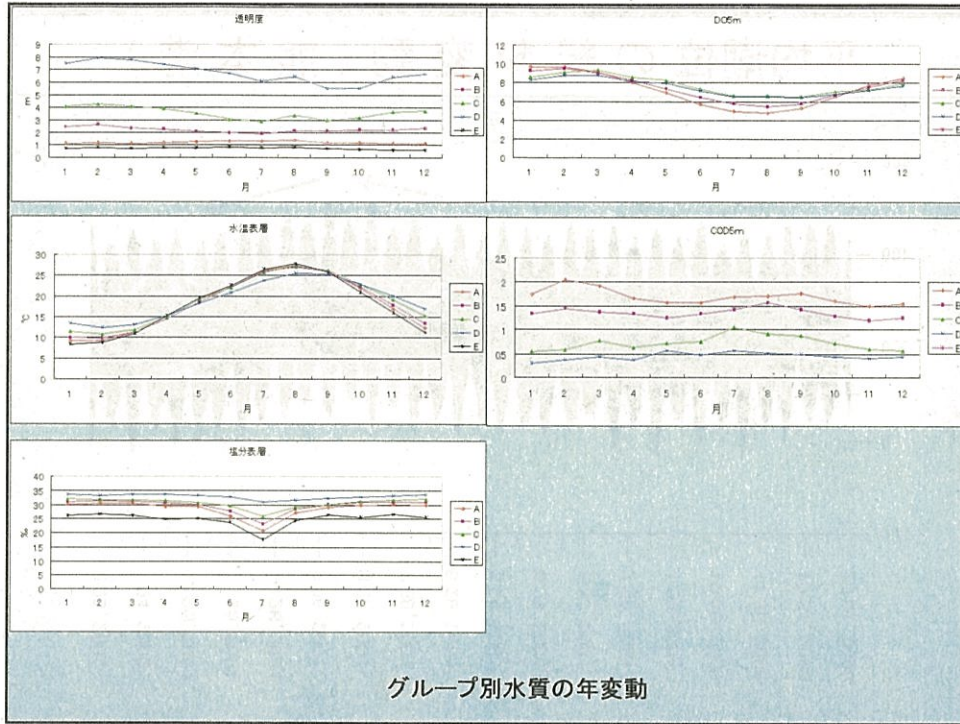


図 - 18 成層化と貧酸素化現象の模式図

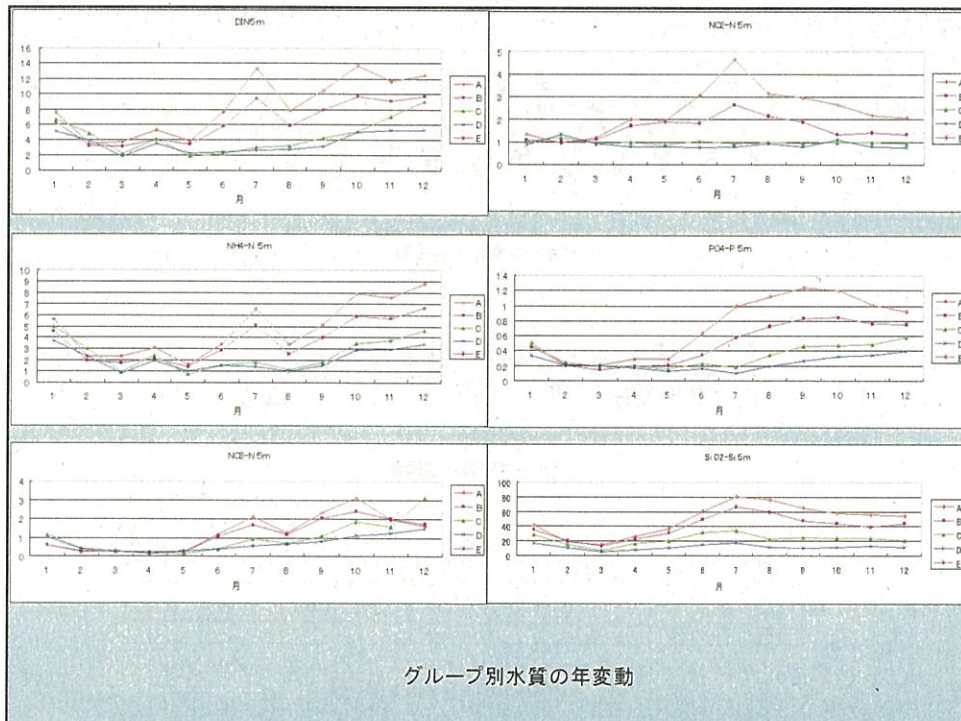


グループ名	海域
A	湾奥北部
B	湾奥南部
C	湾央
D	湾口
E	筑後川河口付近

夏季水質でのクラスター分析による海域区分

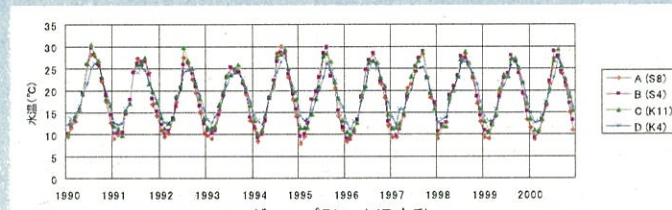
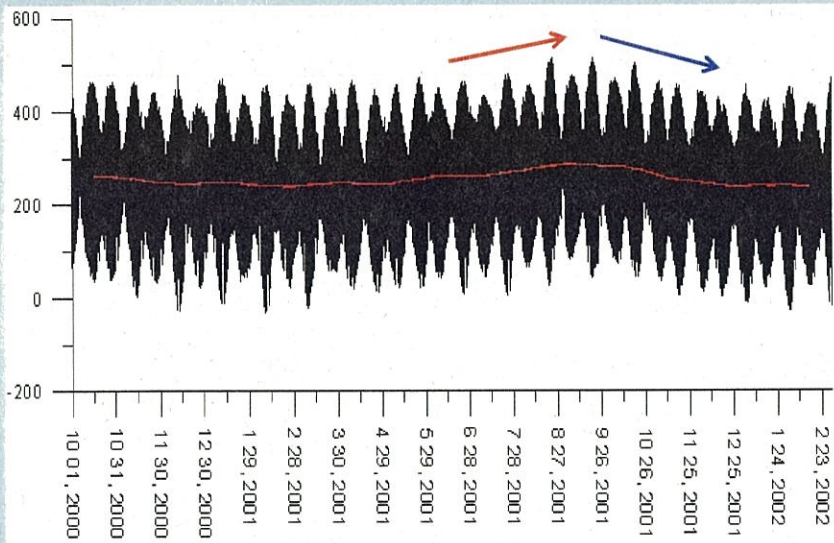


グループ別水質の年変動

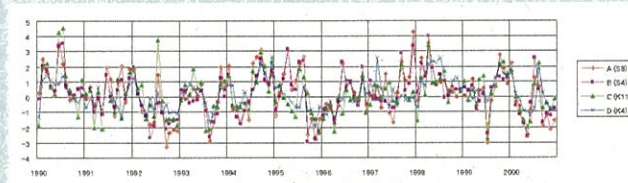


グループ別水質の年変動

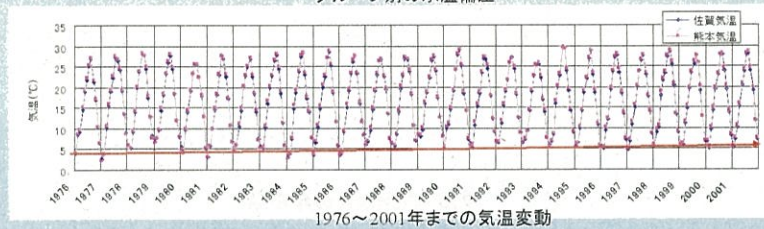
平均潮位の経年変動（熊本港）



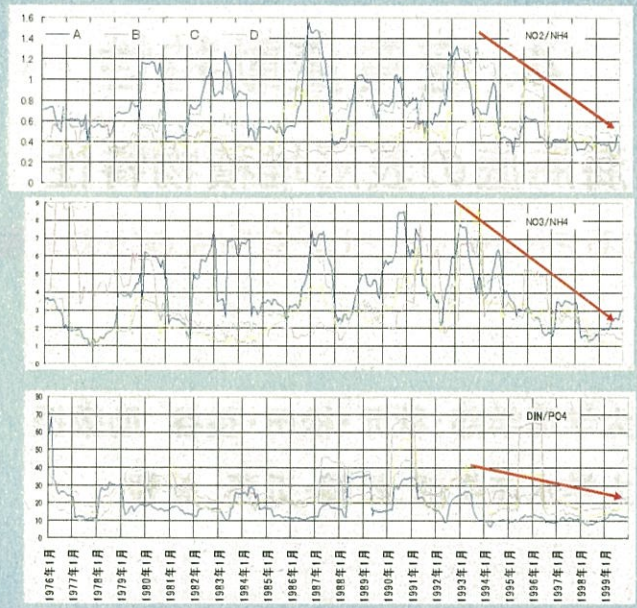
グループ別の水温変動



グループ別の水温偏差

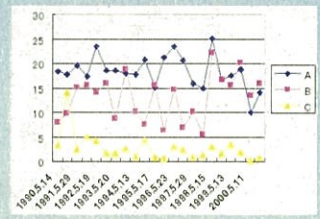
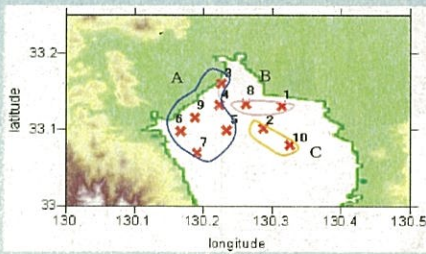


1976～2001年までの気温変動

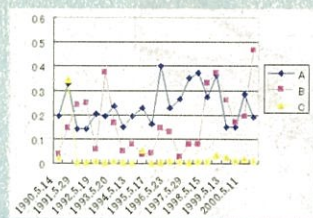


G別 : 硝酸態/アンモニア態 : DIN/窒素 比

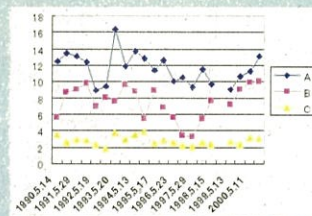
底質分析



(a) CODの経年変化



b) 硫酸水素の経年変化



(c) 強熱質量の経年変化

4. 底質変動特性

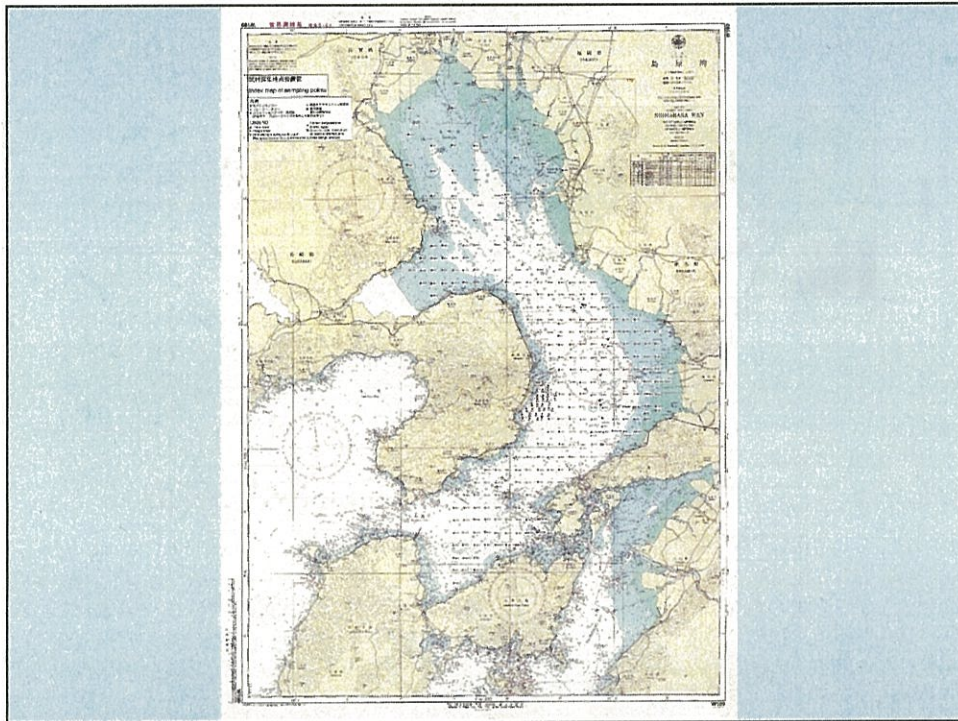
有明海海底の表層堆積物特性

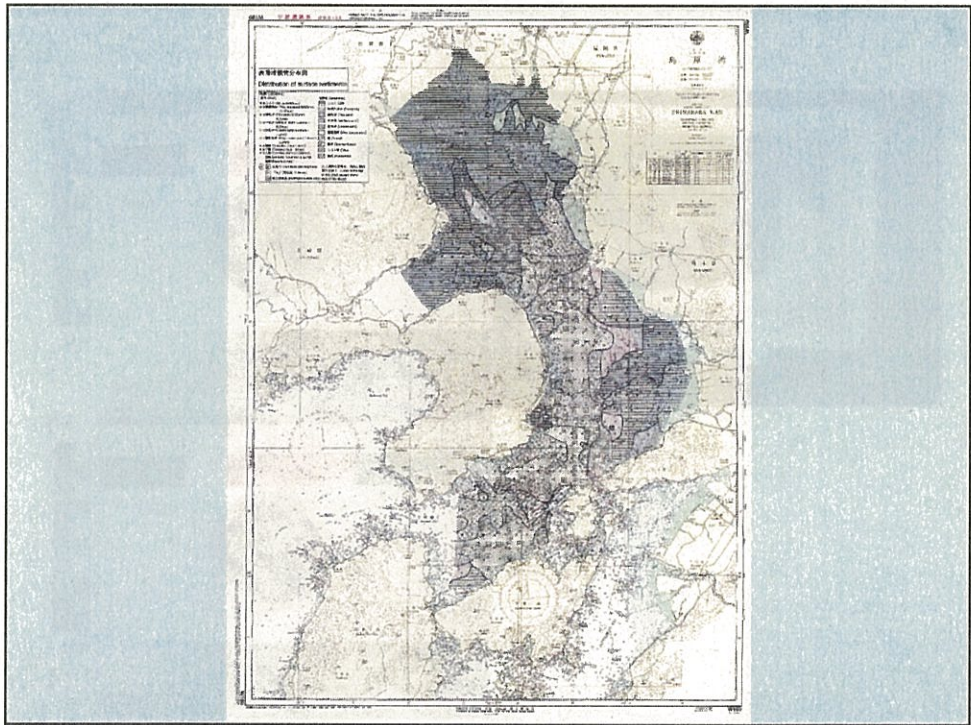
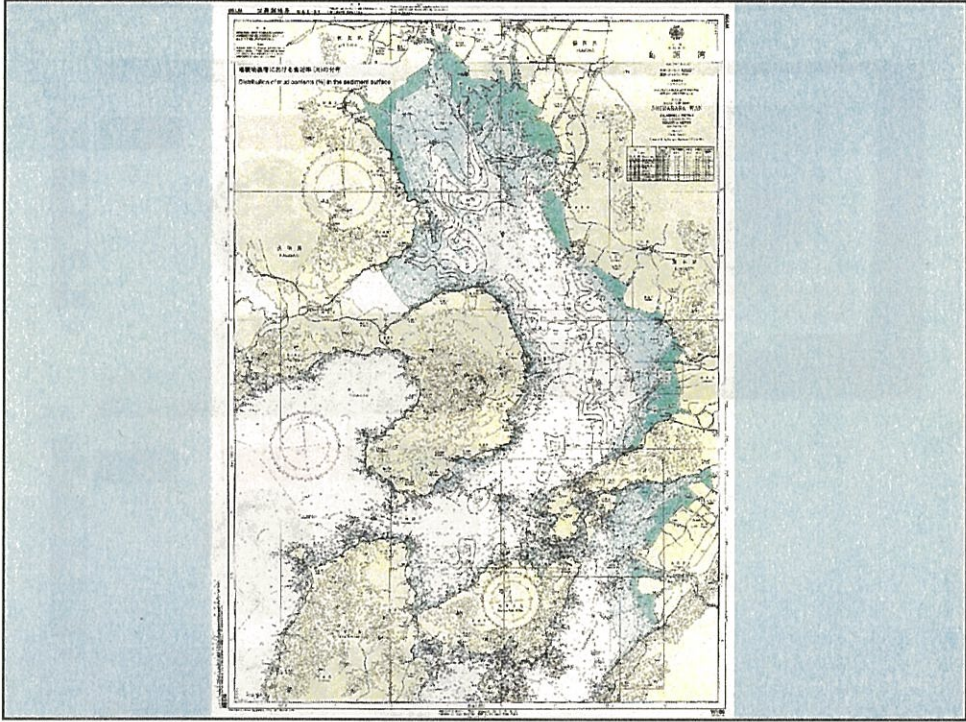
(微化石をトレーサーとした有明海環境の変遷調査)

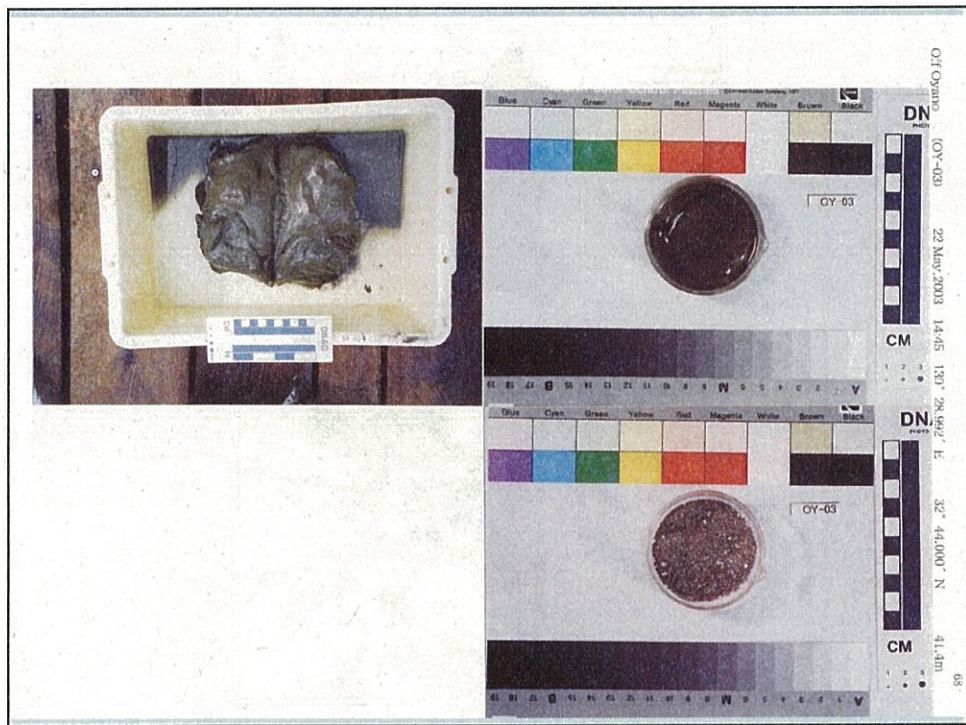
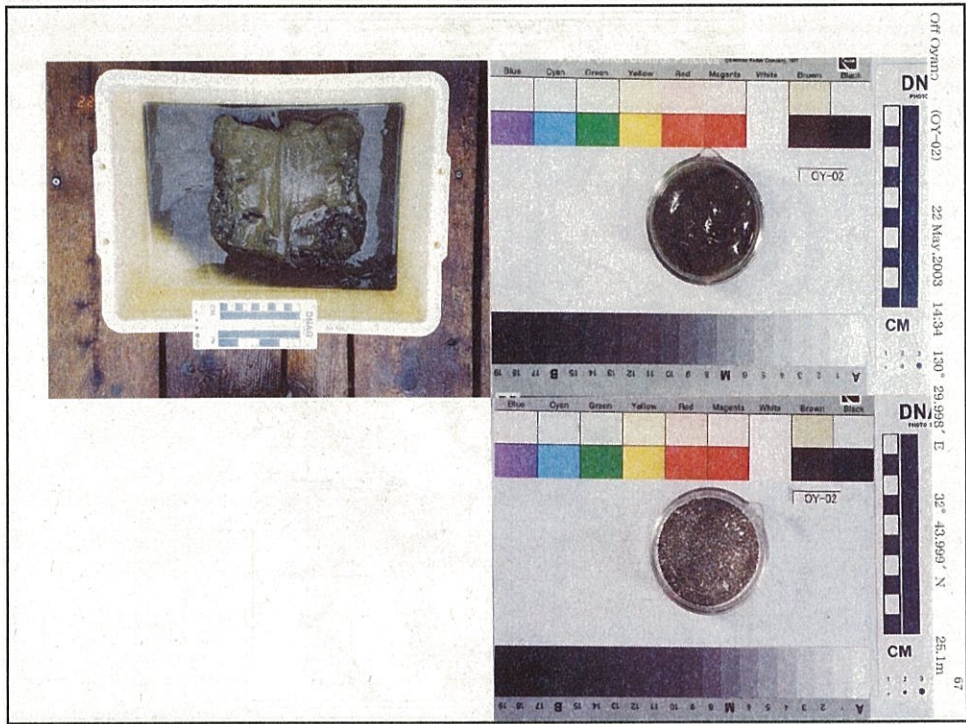
調査グループ:

熊本大学理学部: 秋元・松田・長谷 助教授

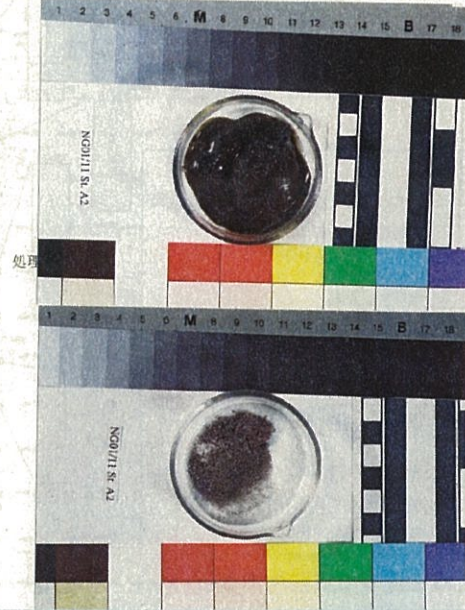
長崎大学水産学部: 松岡・近藤 教授



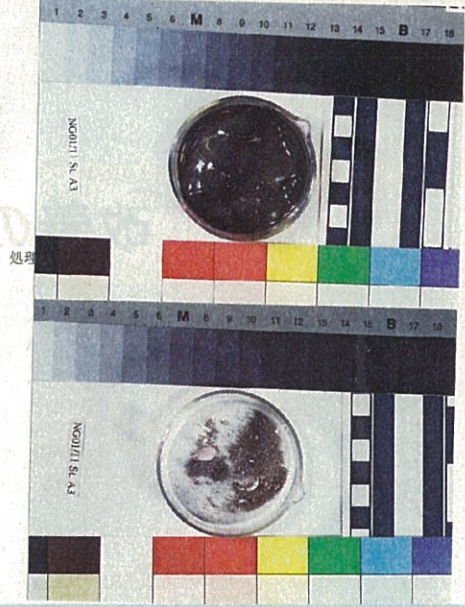
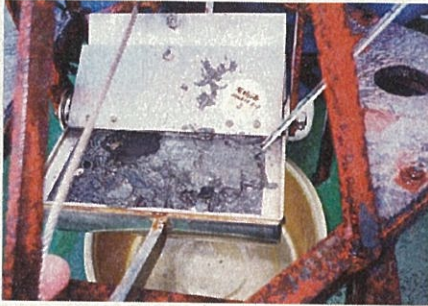


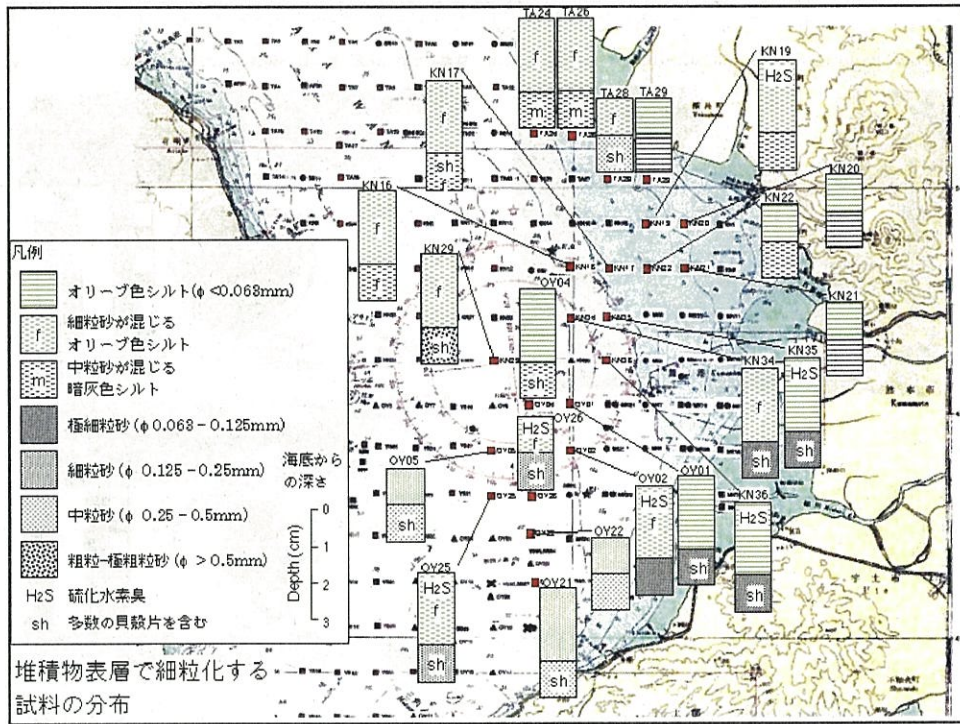


NG01/10 (01.11.6-7) ST.2, 33° 03.96'N, 130° 16.99'E, 13.7m, 軟泥のため、採泥不能、H2S臭強い、サンプルは採集
採集時(長崎大・近藤寛先生撮影) 処理前



NG01/10 (01.11.6-7) ST.3, 33° 02.01'N, 130° 13.01'E, 10.4m, 泥、貝殻少し、H2S臭強い
採集時(長崎大・近藤寛先生撮影) 処理前





改善の試み

改善への処方箋

基本的には

1. 「人為的インパクトの低減」
2. 自然環境の回復能力の再生、特に「干潟環境の回復と創造」および
3. 河川水を含めた「水質の改善」が必要である。

自然のおよび人為的インパクト：

①自然的インパクト：

地球温暖化、外海水の流入、台風にもなう高潮・高波、大雨に伴う河川水・土砂の流入、海底陥没等による干潟の減少、地形（干潟地形）の変化など

②人為的インパクト：

公共施設の建設、漁業・養殖業を含む各種の産業活動、内陸の都市化等にもなう負荷の量と質の変化など（特に、海岸における「なぎさ線」の喪失、干潟の消失、環境汚染物質の流入と蓄積、陸域からの栄養物質の負荷、ノリ養殖における酸処理剤の使用や施肥、砂利採取による海底地形変化など）

事例

熊本大学との共同研究

①渚線の回復（玉名横島）

農林水産省 九州農政局 玉名保全事務所

②干潟耕耘（熊本港大橋南側）

国土交通省 九州地方建設局 熊本港湾空港工事
アジアプランニング

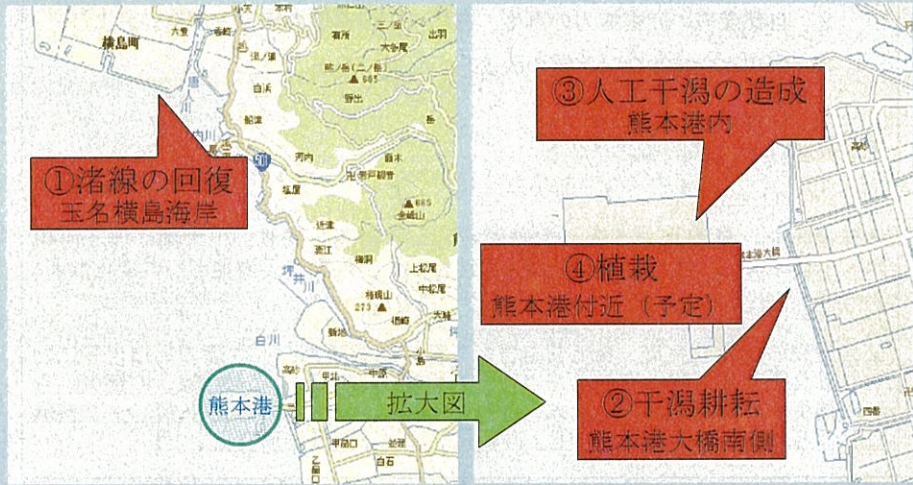
③人工干潟の造成（熊本港内）

NPO:みらい有明・不知火+熊本県
アジアプランニング

④植栽による改善（熊本港付近）

テトラ(株)

対策工実施地点



「渚線の回復」による干潟改善

熊本大学農学部 畜産学系 農業環境学 環境学系 水産学系 農学系

- 干潟地の復原計画に「埋立（埋立）」として「なぎさ2011」を創設し、人工的干潟と自然干潟との連続性を創出する新しい海岸保全の試みを実施。
- 「埋立（埋立）」の区域内に「埋立のみ」と「埋立+連続性」の2つの区域を設定し、埋立効果の相違による干潟特性の検証を実施。
- 平成14年9月より、玉名横島海岸 干潟復原計画で調査
- 調査項目：底質分析、埋立効果分析、水質分析、産生生物調査など

(a) 埋立計画 (2002/01/4)

(b) 埋立 15年経過後 (2003/09/0)

(c) 約70日後 (2003/10/25)

(d) 約6ヶ月後 (2003/11/17)

人工干潟の創生

熊本大学 農学部 畜産学系 農業環境学 環境学系 農学系

- 埋立（埋立）を促進して、埋立の干潟に近似的な環境を創出する池「野鳥の池」も人工的に創り、ここに創設される「新なぎさ干潟生命活動」を調査実施する。
- 平成14年9月より、熊本港橋南側地区に「野鳥の池」
- 調査項目：底質分析、埋立効果分析、水質分析、産生生物調査、健全度調査など

干潟時の「野鳥の池」

埋立時の「野鳥の池」

産生生物の巣穴

ゴミイ

カクベンケイガニ

トビイゼミとムクゴロウ（右）

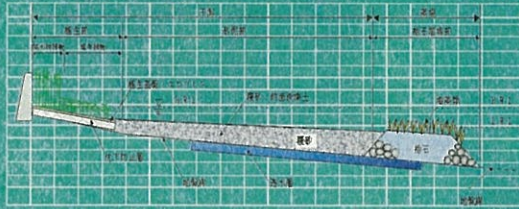
「野鳥の池」内干潟にできた巣穴とそのまたち

④植栽による干潟改善

植栽による干潟改善

(熊本大学と株テトラとの共同研究)

- 塩生植物の生育実験を干潟で実施、植生基盤の開発利用による干潟緑化再生の可能性と底質・底生生物環境の改善効果も期待
- 平成14年9月より、熊本港親水緑地公園、「野鳥の池」周辺
- 調査項目：植生生育実験、底質分析、間隙水分析、水質分析、底生生物調査など

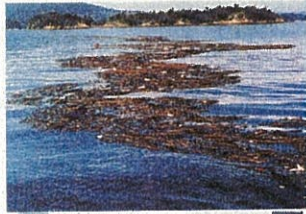


1. 浄化機能：植生基盤による土壌中の塩分、窒素、リン、有機物の削減効果。また、植生基盤の根と土壌との相互作用による土壌中の塩分、窒素、リン、有機物の削減効果。また、植生基盤の根と土壌との相互作用による土壌中の塩分、窒素、リン、有機物の削減効果。
2. 塩分安定化：植生基盤による土壌中の塩分濃度の低下。また、植生基盤の根と土壌との相互作用による土壌中の塩分濃度の低下。
3. 酸化防止効果：植生基盤による土壌中の酸化防止効果。また、植生基盤の根と土壌との相互作用による土壌中の酸化防止効果。

球磨川からの出水



八代海のゴミ



海域整備船



〇〇号海域整備船(イメージ)



〇〇号海域整備船(イメージ)

10月にデビュー
新環境整備船
熊本港湾・空港整備事務所配備

熊本港湾・空港整備事務所が、環境整備に貢献する新環境整備船を10月にデビューさせる。この船は、港湾・空港の清掃、ゴミの回収、環境調査などに活用される。船体は、環境に優しい素材を使用し、省エネルギー設計となっている。また、最新の清掃機器を搭載し、効率的な作業が可能。この船のデビューは、熊本港湾・空港の環境整備に大きく貢献するものと期待されている。

【主要目的】

- 港湾・空港の清掃
- ゴミの回収
- 環境調査
- 防犯パトロール
- その他

【主要機材】

- エンジン
- ポンプ
- 清掃機
- 照明機
- その他

松合被災(災害)

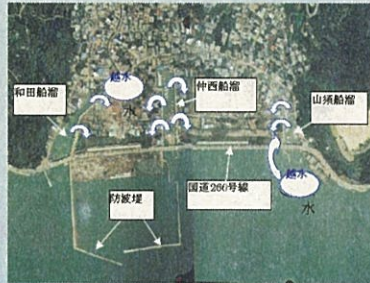
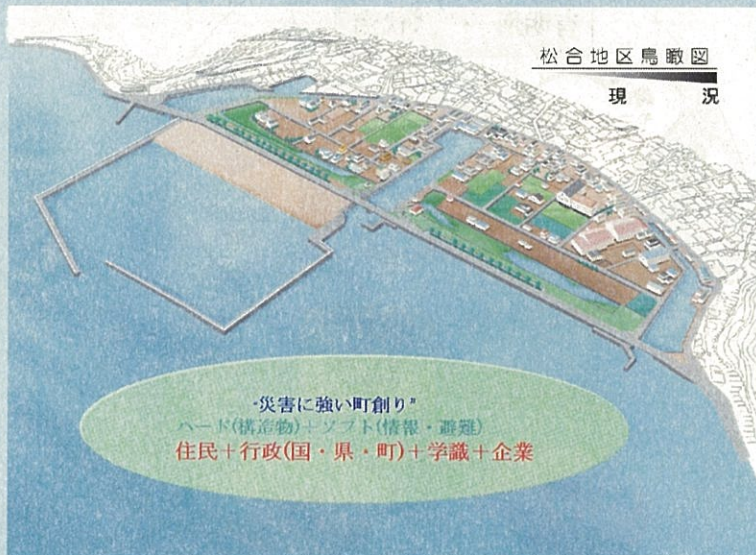
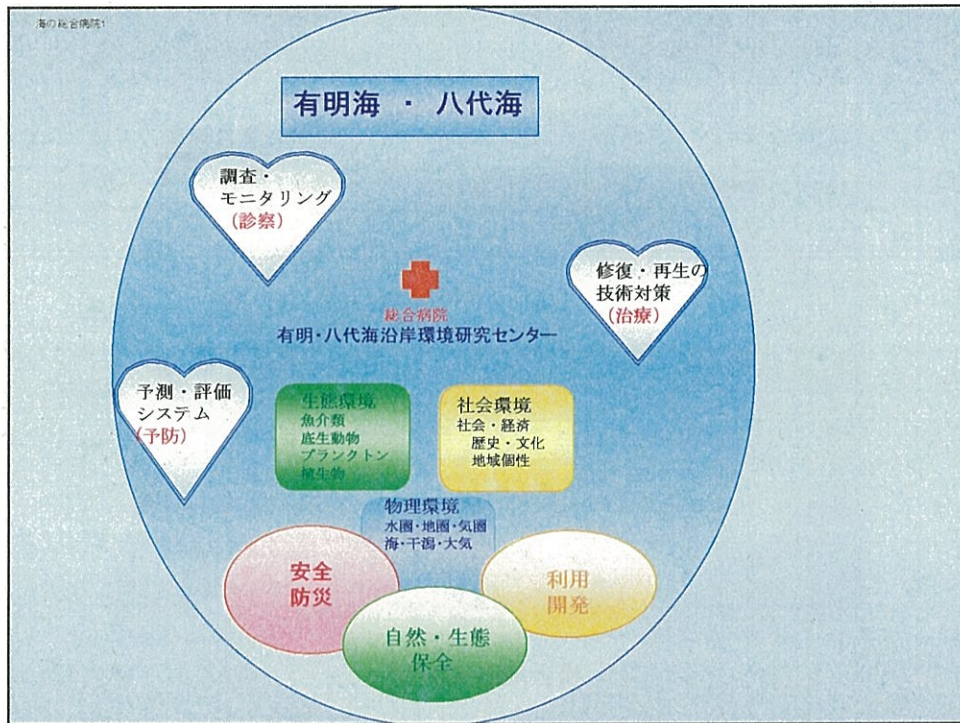
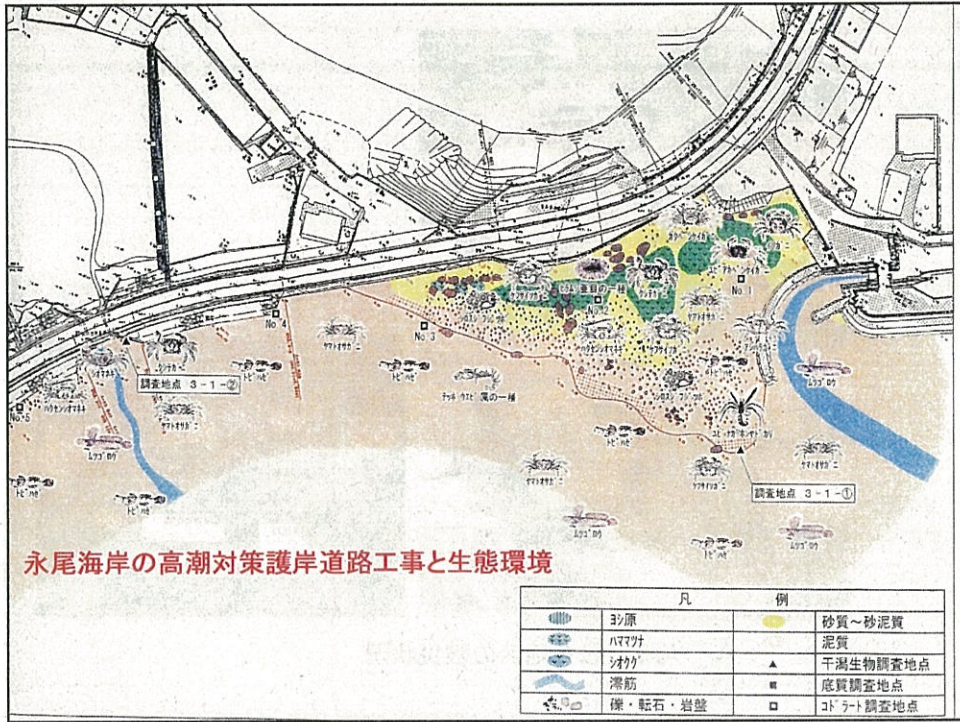


写真 松合地区の被災状況



松合地区現況



自然再生推進法＋有明・八代再生法

自然再生推進法：平成15年1月 制定

損なわれた生態系や自然環境を取り戻すことを目的に、行政機関、住民、学識者等が一体となり、将来にわたる豊かな自然環境を持続し、自然と共生する社会の実現に向けて取り組むこと、また、地域の自然環境特性、環境容量、生態系等の微妙なバランスを踏まえ、科学的知見に基づいた自然再生の実施がなされるべき

有明海・八代海総合調査評価委員会

有明海・八代海の再生法（平成14年11月末）に基づき、国の諮問委員会（平成15年2月～）

（23名の学識者等＋臨時委員1名）
改善への提言等を行う

地域特性と物理・化学＋生態系バランス

→ 海域全体のバランス（ゾーニング）