４章 問題点とその原因・要因の考察

1. 基本的な考え方

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

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

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

なお、今回の検討では、1970 年頃の有明海・八代海の環境は生物が豊かだったと言われることを踏まえ、基本として 1970 年頃から現在までの有明海･八代海等の環境変化を対象として整理している。

2. 海域区分

（１）海域区分の意義

有明海･八代海等はさまざまな環境特性を持ち、生物の生息状況も異なっており、問題点とその原因・要因も海域ごとに異なるものと考えられる。このため、環境特性により区分した海域ごとに問題点及びその要因の考察を進めることにより、各海域の再生に係る適切な評価、再生への取組の方向性を見出すことにつながることが期待できる。そこで、有明海・八代海等の問題点を環境特性ごとに区分し、海域ごとに整理を行うこととした。

（２）海域区分の方法

水質環境からみた場合として、クラスター解析等により海域をグルーピングした（有明海：参考１の図 4.2.4、八代海：参考１の図 4.2.8)。その際、有明海・八代海は河川水の影響を大きく受けていると考えられることから、河川水の影響を加味するため、表層の水質データを用いるとともに、かつ、河川の影響の変動の大きさも加味するため、長期間のデータを用いた。

底質環境からみた場合として、有明海・八代海の全域において同一手法で調査されているケースのデータを用い、クラスター解析によりグルーピングした（有明海：参考１の図 4.2.5、八代海：参考１の図 4.2.9)。

有明海については、生物の生息状況からみた場合として、生物のうち水産資源として重要な二枚貝類の代表として、タイラギ、サルボウ及びアサリの過去からの漁場の利用状況やその他の生息可能域を勘案してグルーピングした（参考１の図 4.2.6)。

このように３とおりの方法で海域をグルーピングしたが、本報告において海域ごとの再生への取組の方向性を検討するに当たっては、これらの観点を勘案し統一した海域区分を示す必要がある。

① 環境データを元に各グループの特性を整理し、問題点と直接的な環境要因との関係に関する考察を行うためには、グループ分けをあまり細分化することは適当ではないこと
② 再生に向けた評価を行うため、水環境の特性を踏まえつつ、重要な生物の生息状況等を勘案すべきであること

から、水質のクラスター解析によるグルーピングを基本としつつ、重要な二枚貝の生息状況を勘案して一部線引きを修正した。

以上を踏まえ、最終的に図 4.2.1 と図 4.2.2 に示す海域区分に分けて問題点とその要因・原因を整理することとした。

（３）海域区分図

海域区分の検討結果を、図 4.2.1（有明海）及び図 4.2.2（八代海）に示す。

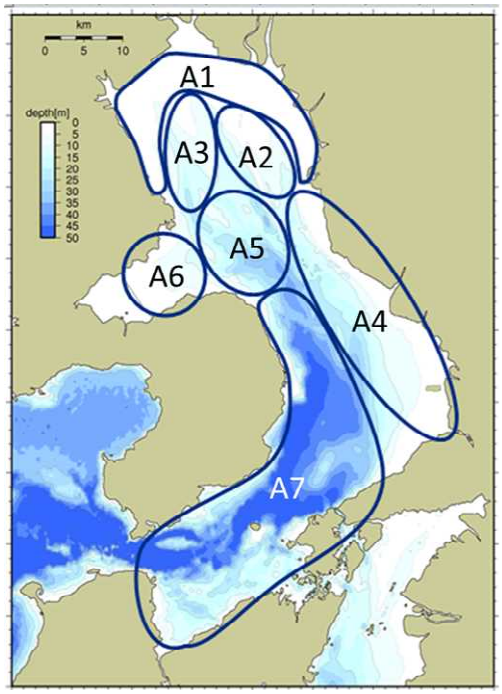


図 4.2.1　有明海の海域区分

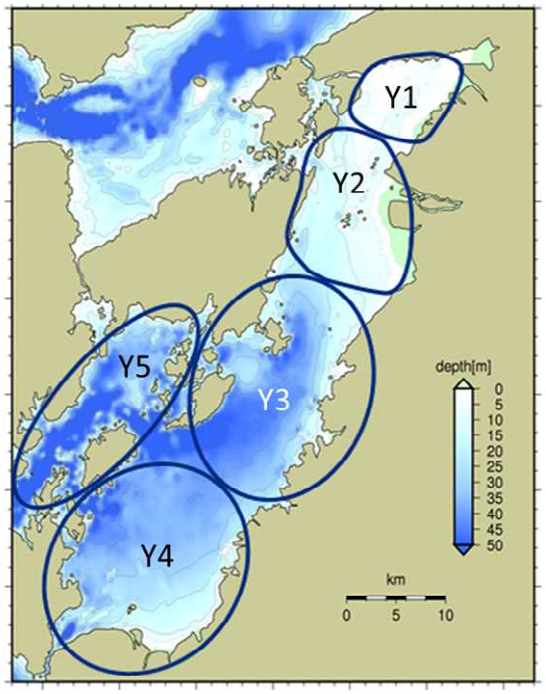


図 4.2.2　八代海の海域区分

なお、この海域区分は概ねの区分であり、海域ごとに問題点及びその要因の考察を進めることにより、各海域の再生に係る適切な評価、再生への取組の方向性を見出すことにつながることを期待するものである。

そのため、図中に線で囲った部分のすき間のエリアについては、どの海域区分にも属さないというわけではなく、また、厳密に区分することは本評価委員会の目的とは異なるものである。

（参考１）海域区分の基本的な考え方及び経緯について

ア）有明海

a）水質による海域区分

関係機関が様々な地点で実施した水質調査の結果を用い、クラスター解析※を行った。

※クラスター解析とは、異なる性質のものが混ざりあっている集団（対象）の中から互いに似たものを集めて集落（クラスター）を作り、集団を分類する方法。

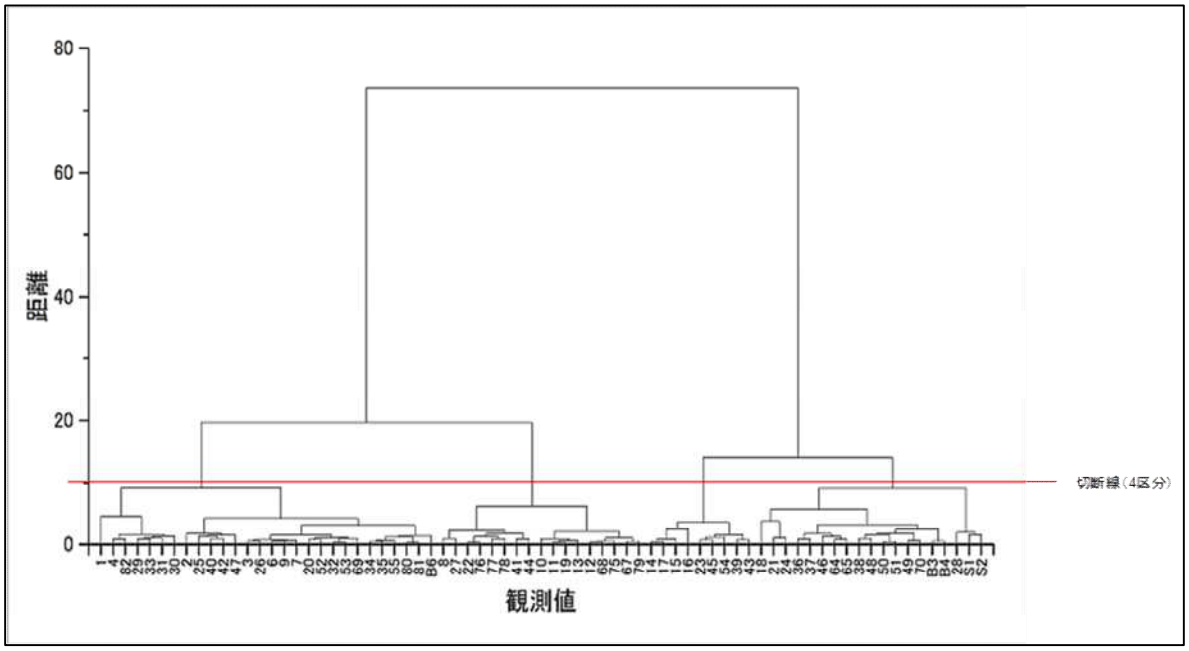


図 4.2.3 クラスター解析のイメージ

※類似性の高いものをグループ化していく。（イメージ図の下から順に）

①　解析に用いたデータ（６項目）

調査機関	水質項目	調査期間
福岡県、佐賀県、長崎県、熊本県	・海面下５ｍの水温、塩分、DO、DIN、PO_4-P ・透明度	1988 年１月　～ 2006 年 12 月

出典：浅海定線調査結果（福岡県、佐賀県、長崎県、熊本県）

②　解析の手順

・初めに、上記①のデータを用い、グループ数を４つとして解析を行った。

・次に、COD とクロロフィルとの関係を整理することにより、内部生産による COD 及び内部生産以外の COD（流入負荷及び海域 COD）を把握した。これにより、有明海湾奥部及び緑川・白川河口付近は、流入負荷の影響を大きく受けていることを確認した。また、湾口部は外海の海域 COD の影響を受けていること、湾奥部は流入負荷及び外海のいずれの影響も受けにくい範囲であることも併せて確認した。

・以上を総合的に加味し、海域を区分した。

③　解析結果

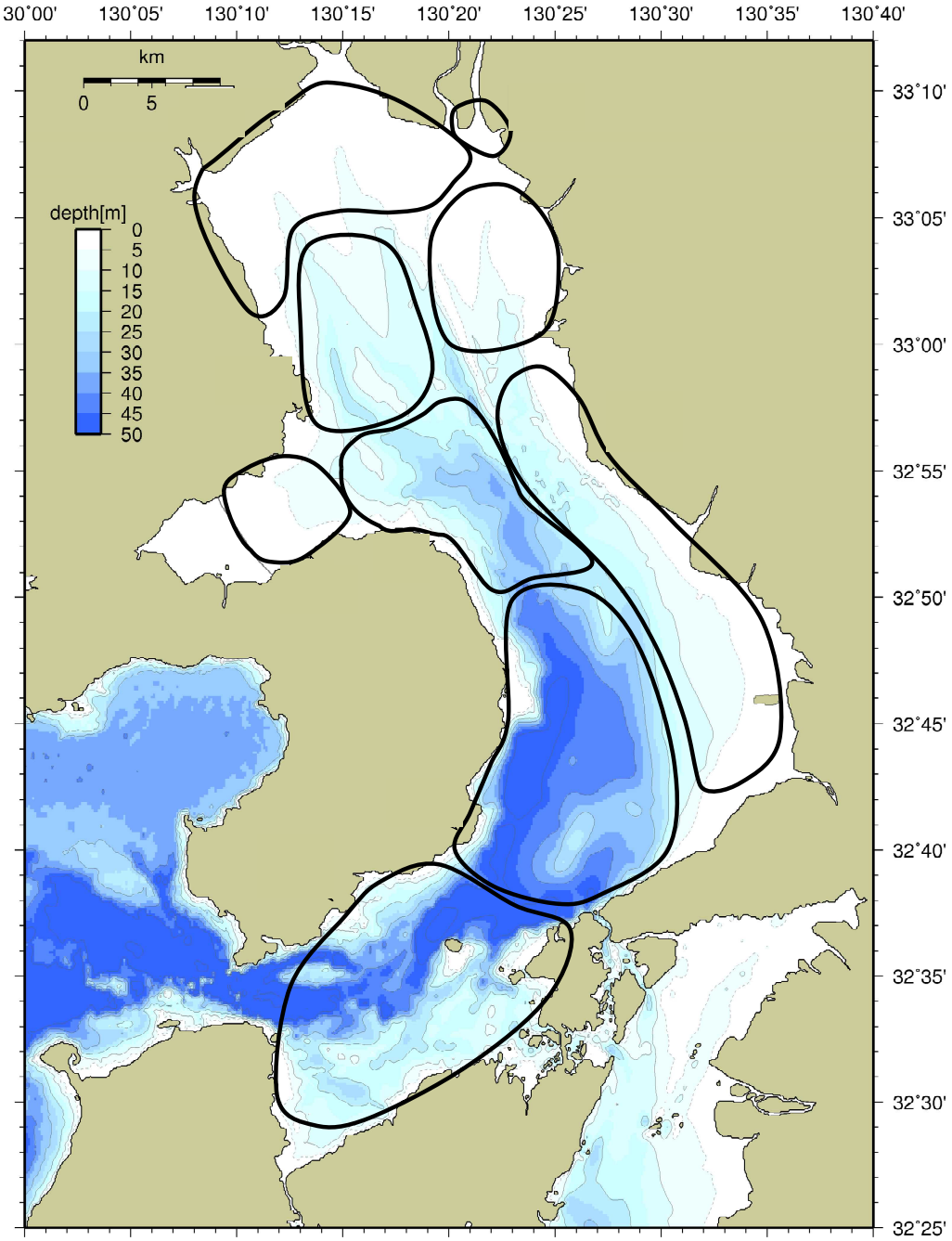


図 4.2.4　水質による海域区分

b) 底質による海域区分

関係機関が様々な地点で実施した底質調査の結果を用い、クラスター解析を行った。

①　解析に用いたデータ

調査機関	調査年	調査月	調査項目					
			含泥率	T-S	強熱減量	COD	全窒素	全りん
九州農政局※1（底質環境調査）	2004～2007	7～9 月	○	○	○	○	○	○
九州農政局※2（底質環境調査）	2008～2013	7～9 月	○	○	○			
九州農政局※3（環境モニタリング調査）	2007	7～9 月	○	○	○	○	○	○
長崎県※4	2008	8 月	○	○		○		
佐賀県※5	2009	7 月	○		○	○		
	2005	10 月	○		○			
熊本県※6	2009	8 月	○	○	○	○		
	2011	7 月	○	○	○	○		
九州大学※7	2006	7～9 月	○					

※1　出典：平成 16～19 年度底質環境調査報告書（九州農政局）
※2　出典：平成 20～25 年度底質環境調査報告書（九州農政局）
※3　出典：諫早湾干拓事業環境モニタリング結果のとりまとめ（九州農政局諫早湾干拓事務所　平成 20 年３月）
※4　出典：長崎県資料
※5　出典：佐賀県有明水産研究センター報告
※6　出典：熊本県資料
※7　出典：科学技術振興調整費プロジェクト「有明海の生物生息空間の俯瞰的再生と実証試験」（九州大学）

②　解析の手順

ア　初めに、九州農政局が実施した「底質環境調査」及び「環境モニタリング調査」結果を用い、グループ数を４つとして解析を行った。

九州農政局の調査結果をベースデータとしたのは、他の機関が実施した調査と比較し、調査項目が６項目と最も多く、各地点間の類似性、非類似性の検討が行いやすいためである。

イ　次に、「底質環境調査」の結果と、それ以外のデータと共通で調査している底質項目を用いて、クラスター解析を行った。

ウ　アとイで得られたデータを重ね合せること等により、海域区分を設定した。

③　解析結果

解析結果を図 4.2.5 に示す。

グループ分けの数は４つとしたが、有明海においては、各グループがモザイク状に点在していることが分かった。

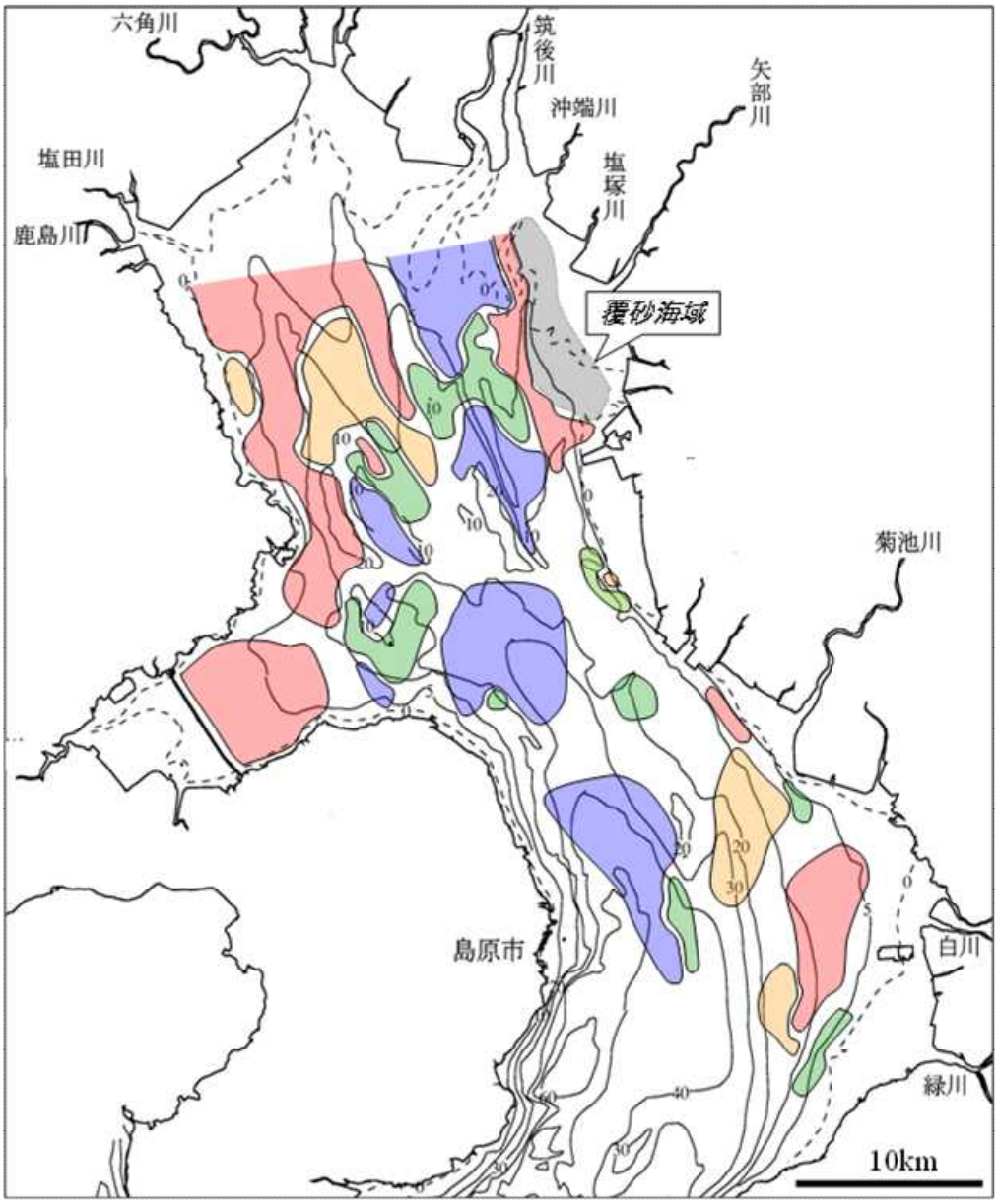


図 4.2.5　底質による海域区分

c）底生生物による海域区分

①　区分の方法

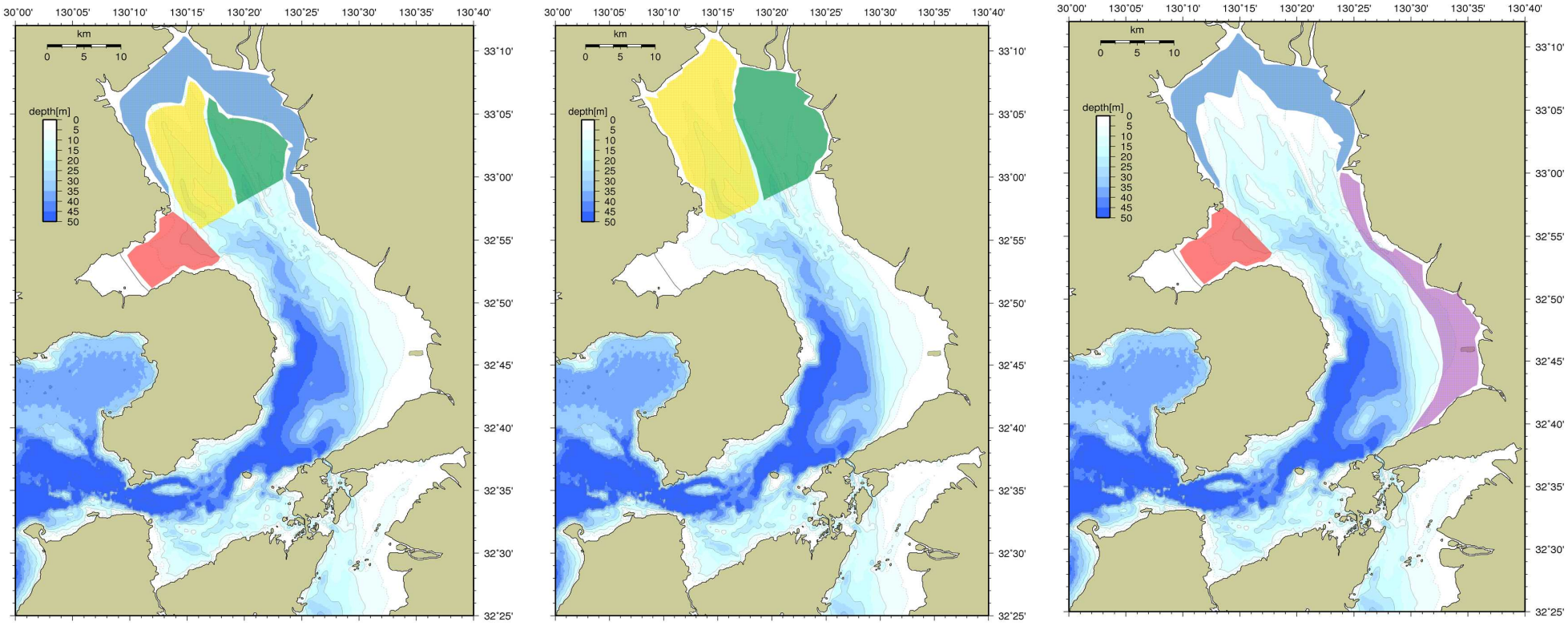
・　初めに、有用二枚貝のうち、タイラギ、サルボウ、アサリについて、それぞれの二枚貝が生息する場所（1970 年以降、各二枚貝の生息が確認された主な海域）をマッピングした。

・　次に、それぞれの二枚貝について、生息状況等により区分した。

②　区分の結果

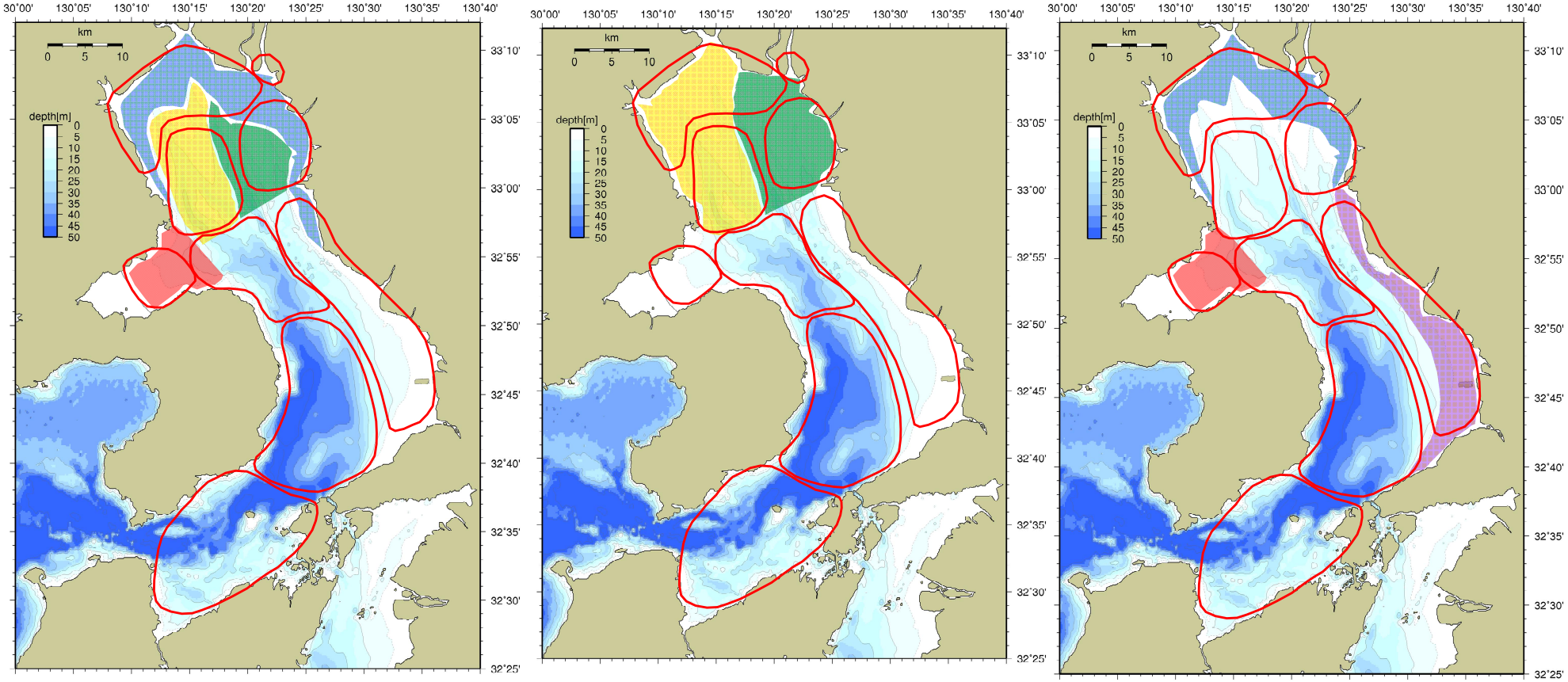
生物の生息状況から見た海域区分の結果を図 4.2.6 に示す。

また、水質環境特性からみた海域区分と重ねあわせたところ、概ね一致していることが確認された（図 4.2.7）。



(1)タイラギ　　(2)サルボウ　　(3)アサリ

図 4.2.6　生物の生息状況からみた海域区分(二枚貝類)



(1) タイラギ　　(2) サルボウ　　(3) アサリ

図 4.2.7　生物の生息状況からみた海域区分（二枚貝類）と水質環境特性からみた海域区分の関係

イ）八代海

八代海においても、有明海と同様にデータを整理し、クラスター解析を行った。水質及び底質のそれぞれの観点での解析結果を図 4.2.8 及び図 4.2.9 に示す。

a）水質による海域区分

①　解析に用いたデータ

調査機関	水質項目	調査期間
熊本県	・海面下５ｍの水温、塩分、pH、DSi、DO、DIN、PO_4-P ・透明度	2004 年 12 月　～ 2012 年３月

出典：内湾調査結果（熊本県水産研究センター）

②　解析結果

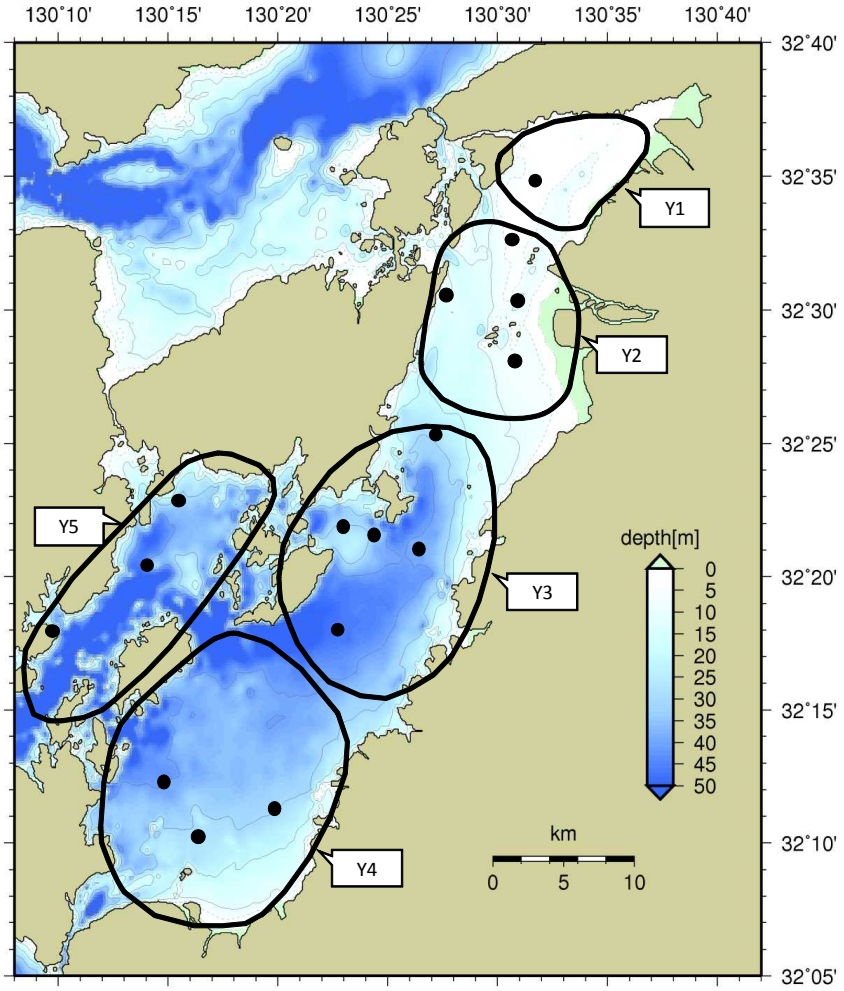


図 4.2.8　水質による海域区分

b) 底質による海域区分

① 解析に用いたデータ

調査機関	調査年	調査月	調査項目						
			含泥率	T-S	強熱減量	COD	全窒素	全りん	TOC
環境省	2012	2 月	○	○	○	○	○	○	
国土交通省	2012	5 月	○	○	○	○	○	○	○
熊本大学	2011	11 月	○	○			○	○	○

出典１：平成 23 年度 有明海懸濁物等長期変動把握調査業務（環境省）

出典２：平成 24 年度 環境整備船「海輝」年次報告書（国土交通省）

出典３：生物多様性のある八代海沿岸海域環境の俯瞰型再生研究プロジェクト（熊本大学）

② 解析結果

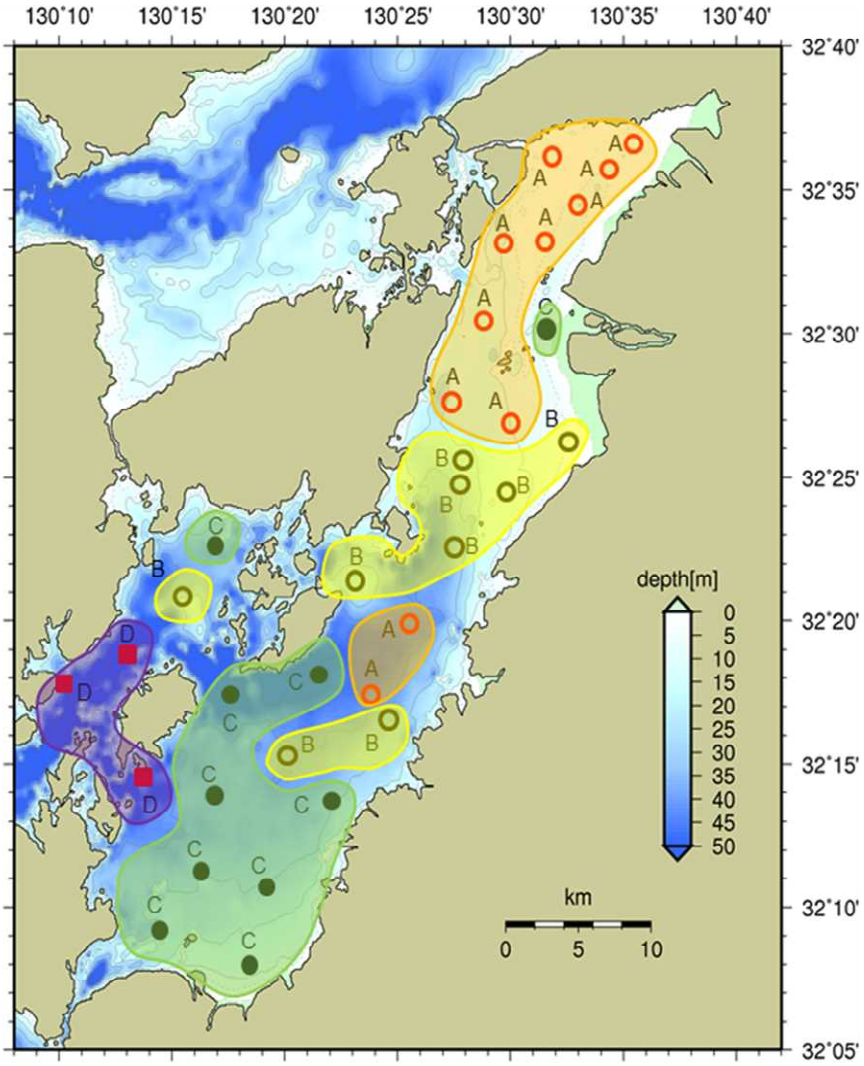


図 4.2.9　底質による海域区分

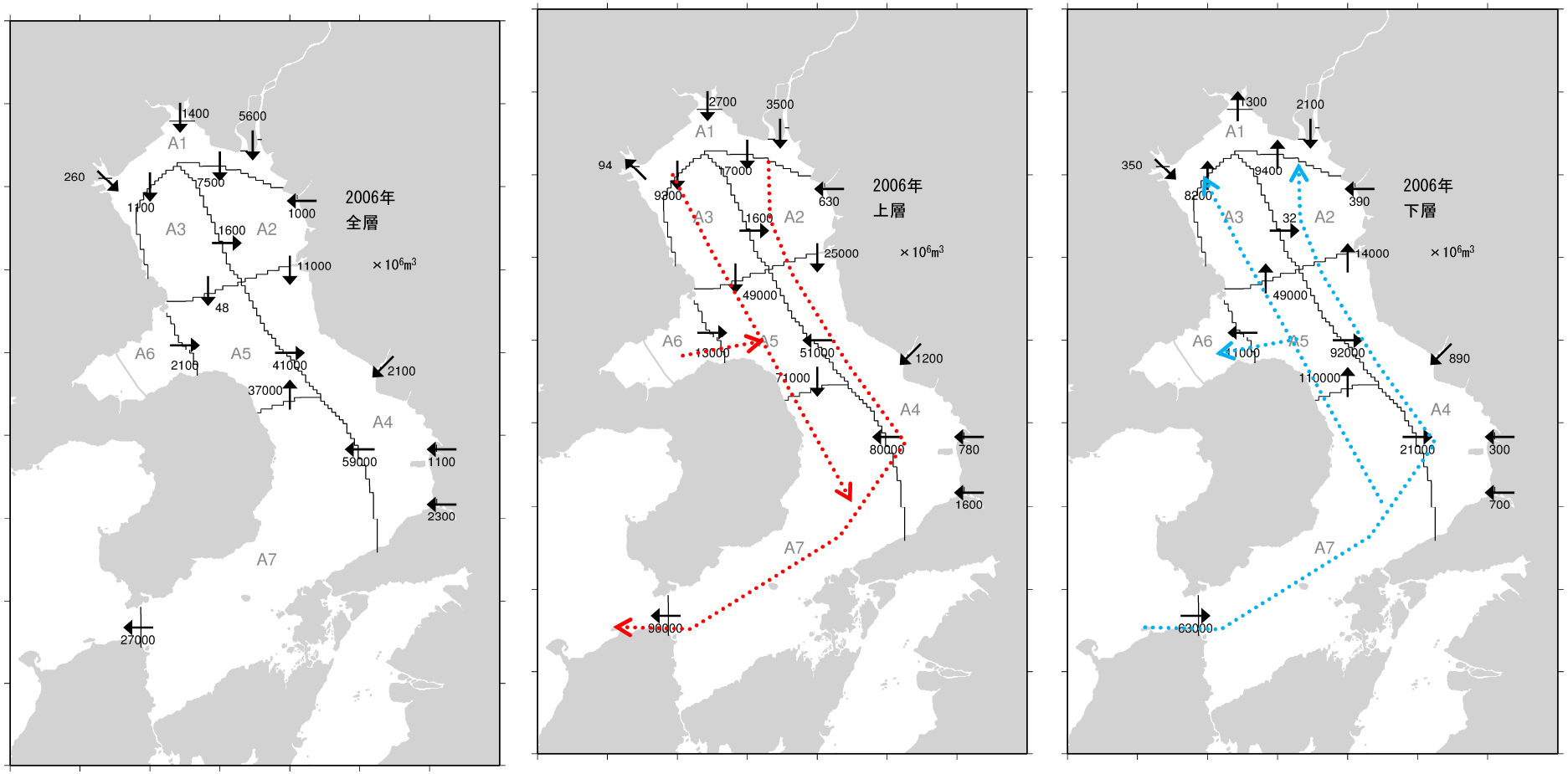
（参考２）海域区分間の物質収支の試算

海域区分ごとに環境特性を整理したが、区分された海域は相互に繋がり、物質のやりとりが生じていることに留意する必要があるため、数値シミュレーションモデルを用いて区分された海域間の水や栄養塩等のやりとり（物質収支）を算定し、海域間の物質収支の特性を試算することとした。算定期間は環境等変化で着目すべき貧酸素水塊の発生が顕著に見られた 2006 年の 1 年間とした。モデルの説明については、資料 9 に詳述している。

有明海を対象として、2006 年通年の流量収支、SS、TOC、T-N 及び T-P の物質収支を算定した結果を図 4.2.10～図 4.2.12 に示す。

流量収支をみると、基本的に上層では湾奥部から湾口部へかけての流れであり、下層では湾口部から湾奥部への流れとなっており、上層流出・下層流入のエスチュアリー循環流の形となっている（図 4.2.10 の点線矢印で記載）。

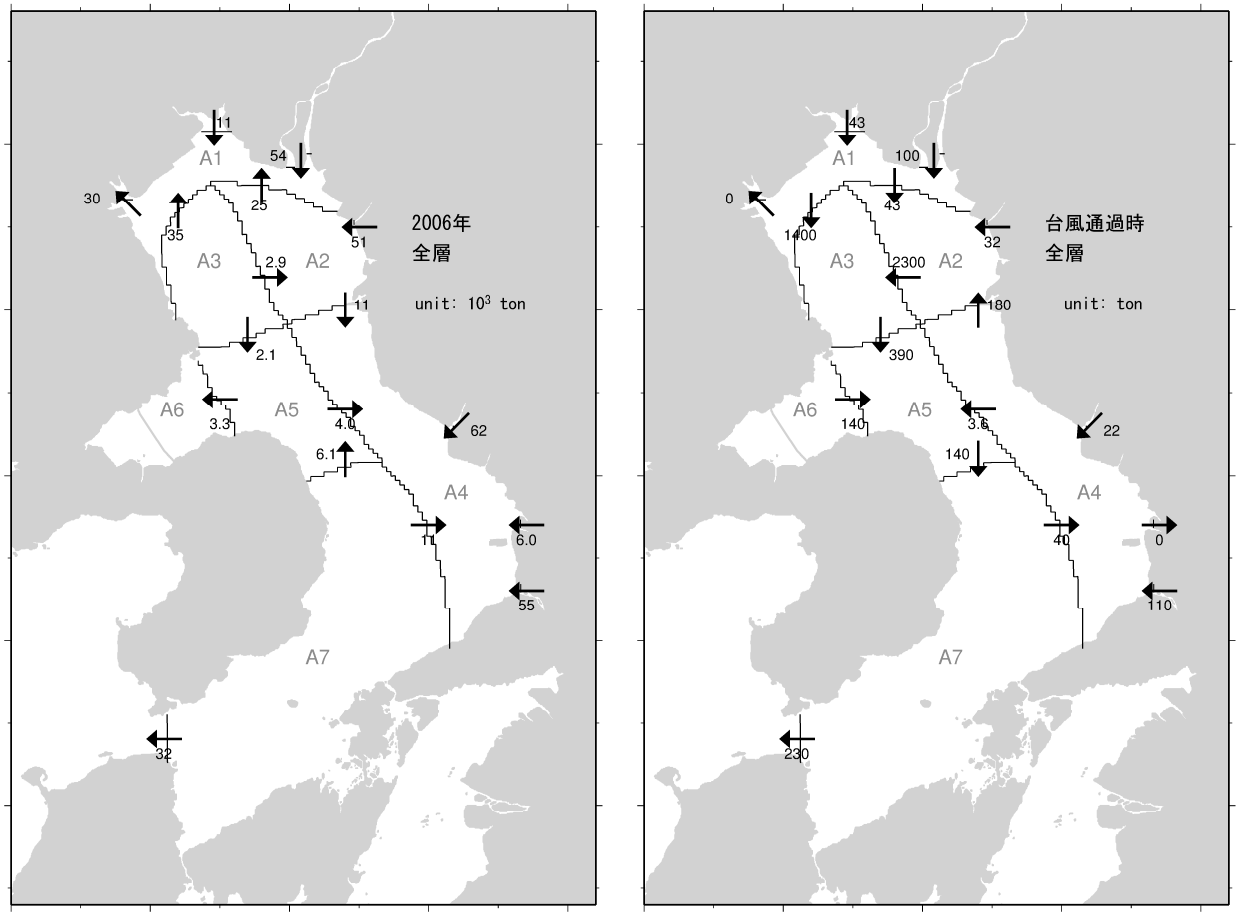
TOC、T-N 及び T-P の物質収支の試算については、海域区分別に存在する物質の総量を■の大きさで図 4.2.12 に同時に示した。1 日に移動する物質の総量（フラックス）は各海域の物質の総量（ストック）の 1/100 のオーダーであった。



(a) 全層　　(b) 上層　　(c) 下層

※収支には、図中に示した一級河川感潮域からの流入のほか、一級河川以外からの直接流入等が含まれる。

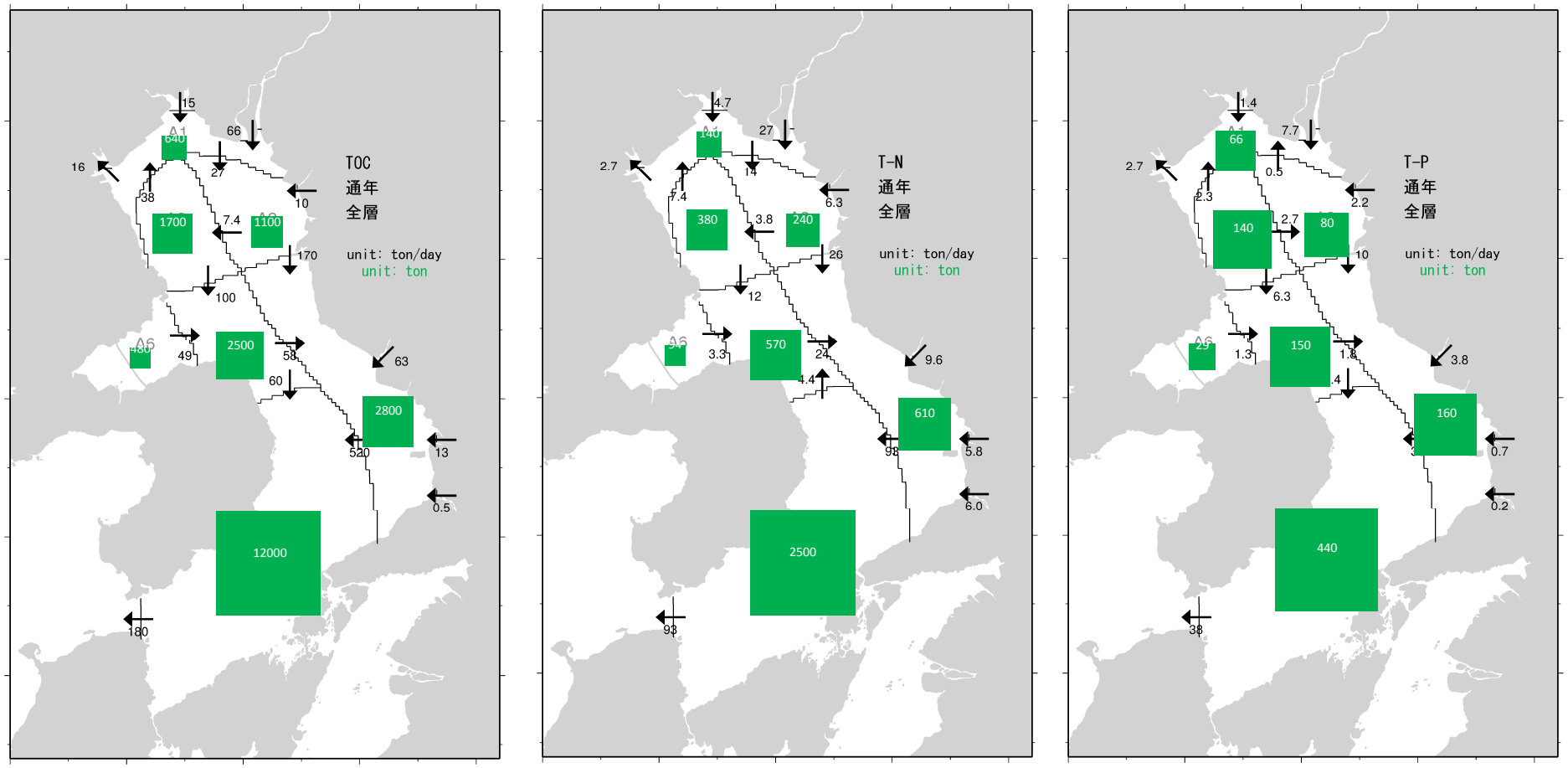
図 4.2.10　2006 年通年の流量収支



(a) 2006 年通年　　(b) 台風通過時（１日）

※収支には、図中に示した一級河川感潮域からの流入のほか、一級河川以外からの直接流入等が含まれる。

図 4.2.11　2006 年通年及び台風通過時（１日）の SS 収支（全層）



(a) TOC　　(b) T-N　　(c) T-P

■：物質の総量（ストック）の大きさ（ton）　　※フラックスの単位は ton/day で表示している

※収支には、図中に示した一級河川感潮域からの流入のほか、一級河川以外からの直接流入等が含まれる。

図 4.2.12　2006 年通年の TOC・T-N・T-P 収支と物質の総量との関係

3.問題点と原因・要因との関連

有明海及び八代海等が、国民にとって貴重な自然環境及び水産資源の宝庫として、その恵沢を国民がひとしく享受し、後代の国民に継承すべきものであることに鑑み、前章で整理した生物の生息状況の変化傾向も勘案して、

①希有な生態系、生物多様性及び水質浄化機能の保全・回復

②二枚貝等の生息環境の保全・回復と持続的な水産資源等の確保

が目指すべき再生の方向性であると考える。

これらの再生の方向性を踏まえ、本海域の生態系を形成する上で重要と考えられる生物、水産資源の問題点として、「ベントスの変化」、「有用二枚貝の減少」、「ノリ養殖の問題」及び「魚類等の変化」の４項目を取り上げた。

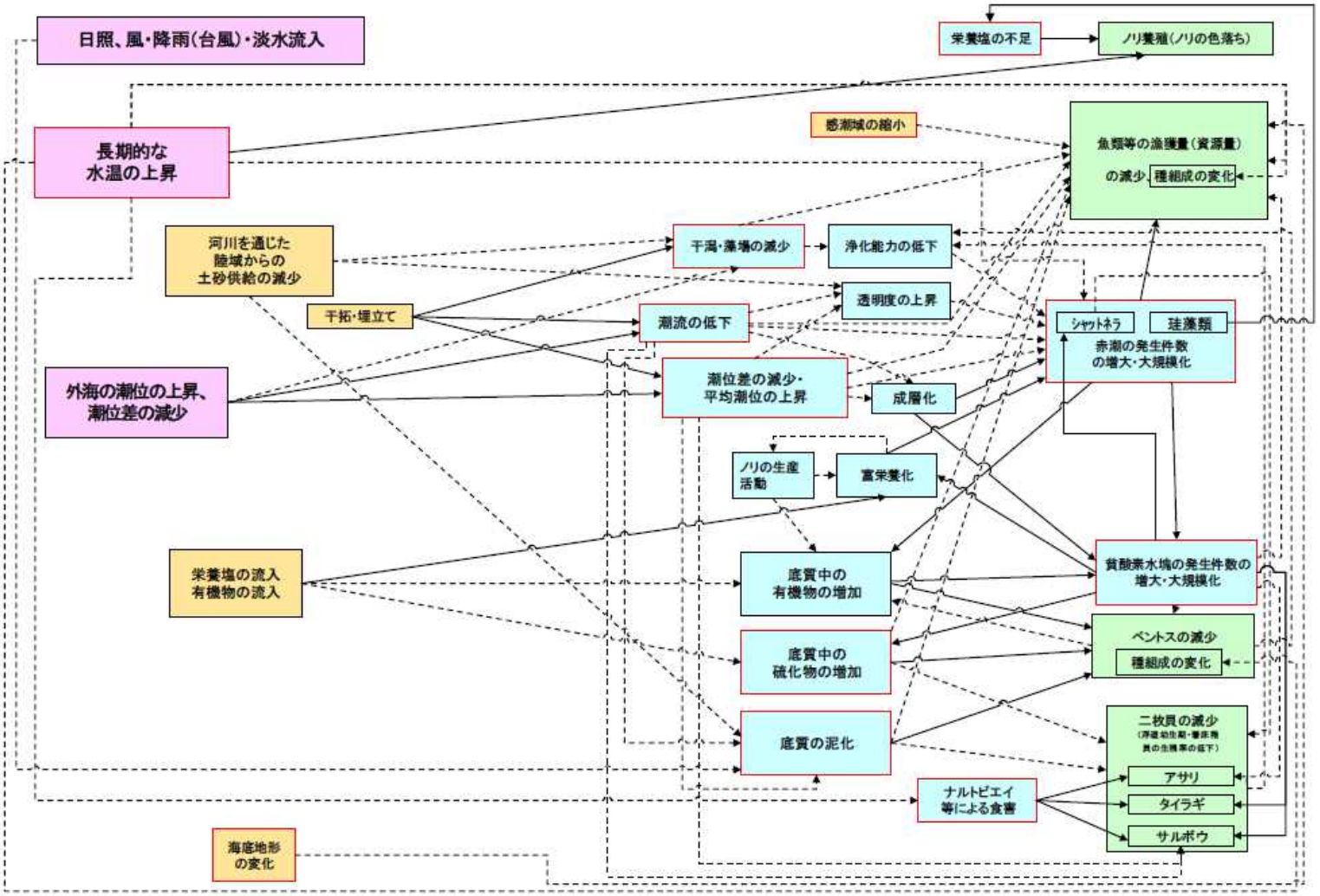
本評価委員会では、上述の問題点とその原因・要因に関する調査研究結果、文献、報告等を整理し、問題点及び問題点に関連する可能性が指摘されている要因を図 4.3.1（有明海）及び図 4.3.2（八代海）に取りまとめた。このうち、本報告書において関連を記載したものを実線で、その他を点線で示した。

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

次に、潮流流速の減少と底質の泥化について、図 4.3.3 に示す流れの中に存在する粒子の粒径と汚濁限界流速との関係より、汚濁限界流速が低ければ、沈降せずに海底上を浮遊・流動する粒子の粒径も小さくなるため、一般的に海底の底質への粒子の沈降、堆積を考える場合、粒子の粒径と潮流流速の大きさに密接な関係があることに留意する必要がある。また、塚本ら（2002）[1)] によると、潮汐振幅減少に伴い、有明海の M_2 分潮振幅も湾口部で約 5%減少し、湾奥西部で成層しやすい海域が拡大したと報告されている。

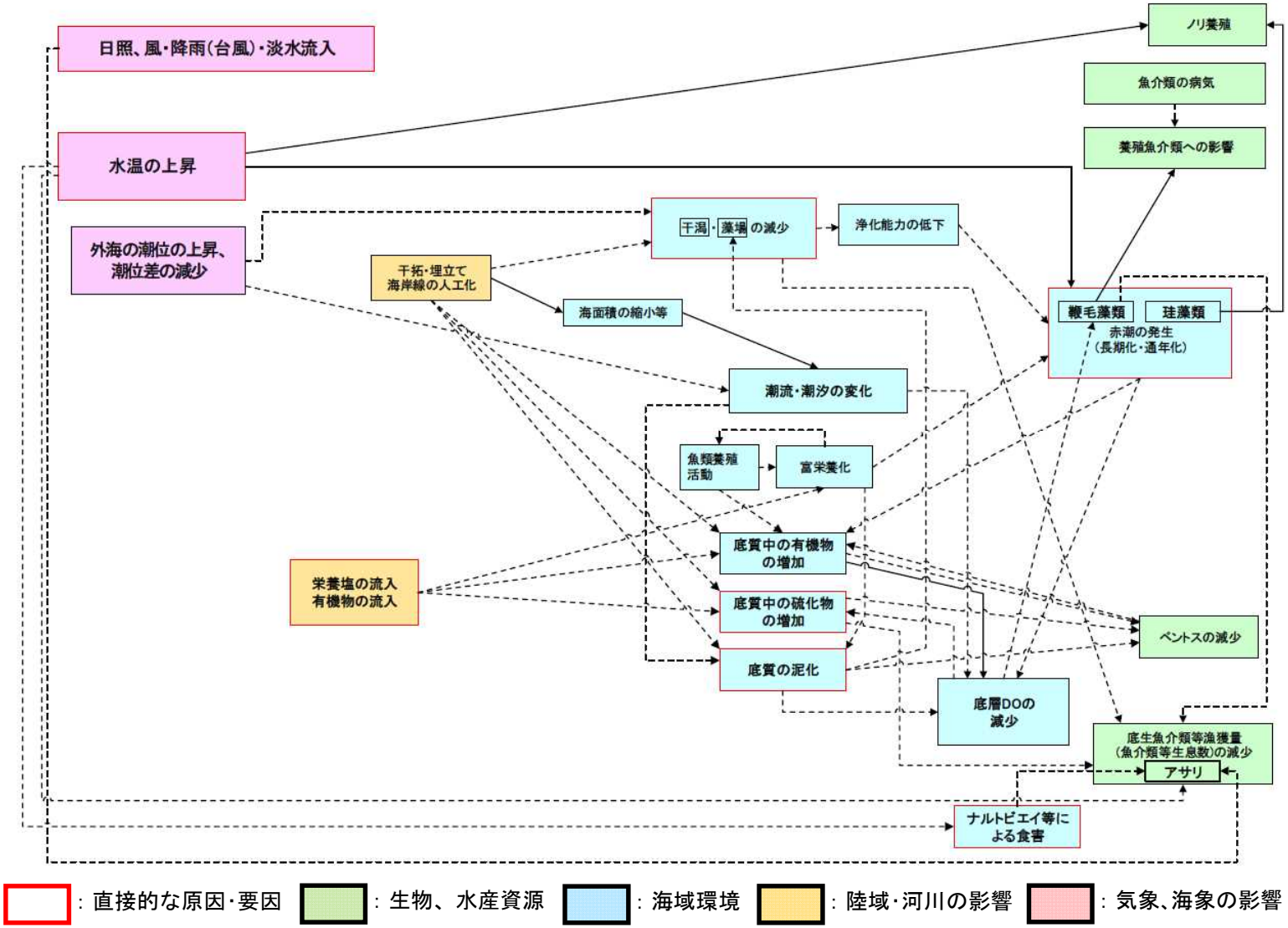
有明海の潮流については、前述したように、諫早湾の湾奥部、湾央部及び湾口部では堤防締切り後に潮流流速が低下する傾向がみられたこと、島原半島沿岸部では潮流流速が約 21～27%減少したことが報告されている。一方、シミュレーションより、潮流への諫早湾干拓事業の影響は限られ、有明海湾奥部の流速の変化は月の昇交点運動による潮汐振幅の変動の影響に比べて小さいと報告されている。また、熊本新港及びノリ養殖施設の影響により潮流への影響が報告されている。

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



注）本報告書において関連を記載したものを実線で、その他を点線で示した。なお、有明海の中で関連を記載した海域区分が一つでもあれば実線で示している。

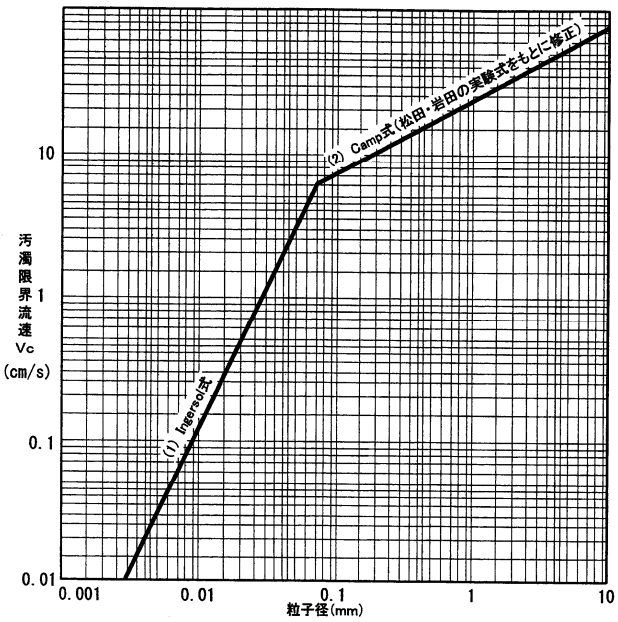
図 4.3.1　有明海における問題点と原因・要因との関連の可能性



：直接的な原因・要因　：生物、水産資源　：海域環境　：陸域・河川の影響　：気象、海象の影響

注）本報告書において関連を記載したものを実線で、その他を点線で示した。なお、八代海の中で関連を記載した海域区分が一つでもあれば実線で示している。

図 4.3.2　八代海における問題点と原因・要因との関連の可能性



注：1)上図の式は、次のとおりである。

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

ここで、VはStokes式より次のとおりである。

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

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

ここで、式中の記号は、次のとおりである。

V_c	：汚濁限界流速(cm/s)	f	：摩擦抵抗係数(=0.025)
g	：重力加速度(980cm/s²)	ρ_s	：土粒子の比重(=2.65)
ρ	：水の単位体積重量(=1.024)	μ	：粘性係数 (15℃＝0.01145poise)
d	：土粒子直径(cm)	V	：沈降速度(cm/s)

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

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

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

図 4.3.3　粒子径と汚濁限界流速との関係

出典：国土交通省港湾局(2004)：港湾工事における濁り影響予測の手引き

参考資料

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

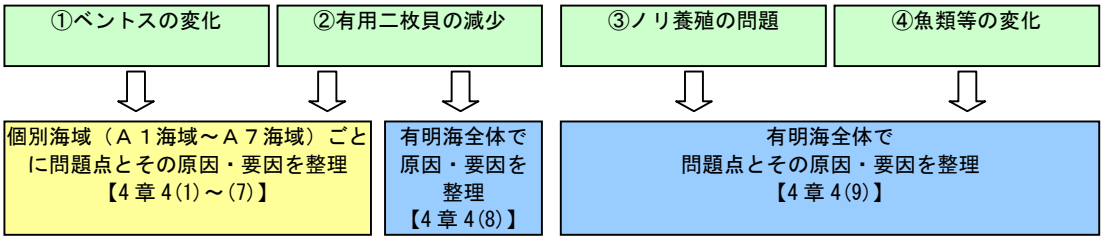
4. 問題点と原因・要因の考察（海域区分ごと）

本節における「問題点と原因・要因の考察」の構成イメージを図 4.4.1 に示す。4 章 2. 海域区分のとおり海域区分ごとに問題点とその原因・要因を整理するとの基本方針に従い、まず有明海のＡ１海域からＡ７海域、八代海のＹ１海域からＹ５海域の海域区分ごとに記載することとし、このなかで基本的に移動が少ないため特定の海域特性の影響を受けやすいと考えられるベントスの変化と有用二枚貝の減少の問題について考察する。（4 章 4(1)～(7)、(10)～(14)）

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

また、橘湾又は熊本県天草市牛深町周辺の海面については、隣接する有明海又は八代海で発生した赤潮が流入することが問題となっているため、それぞれ有明海全体又は八代海全体の中で記載する。（4 章 4(9)、(15)）

《有明海》



《八代海》

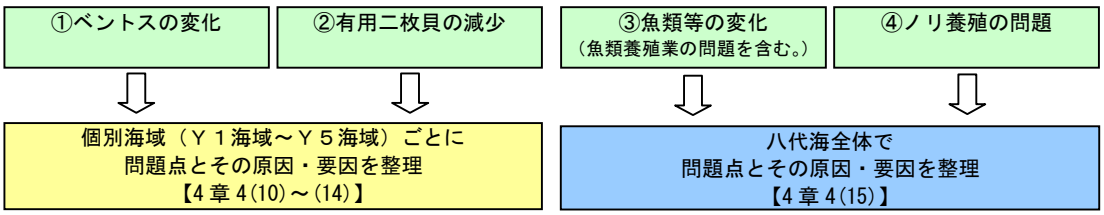


図 4.4.1　４章の構成イメージ