

## 問題点とその原因・要因の考察の基本的な考え方

### 1 基本的な考え方

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

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

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

なお、今回の検討では、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を行うこととした。

#### (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：参考の図 4、八代海：参考の図 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：参考の図 5、八代海：参考の図 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生息状況等を勘案してグルーピングした（参考の図 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 1 と図 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 (案)

海域区分の検討結果を、図 1 (有明海) 及び図 2 (八代海) に示す。

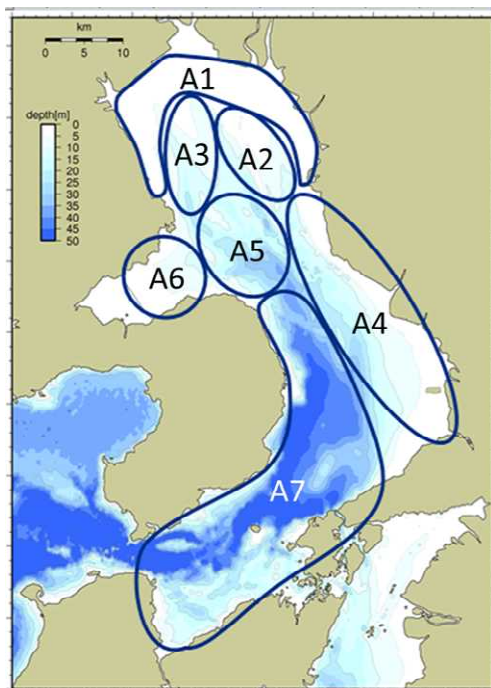


図 1 有明海の海域区分

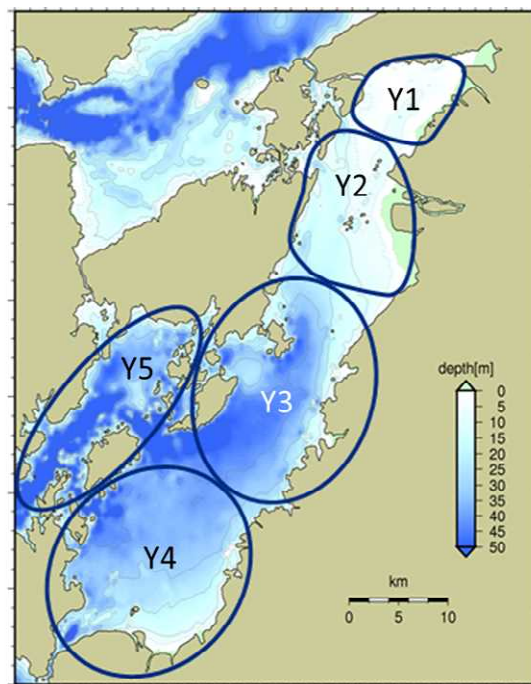


図 2 八代海の海域区分

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。

## 2 海域区分ごとの環境特性

有明海について、図1の海域に区分した結果の海域ごとに整理した環境特性（A1～A7海域）を表1に示す。

表 1(1) 有明海（A1～A4）の環境特性

海域区分	水質・負荷	流況・流動	懸濁物の挙動	水塊構造 (水温・塩分等)	底質環境
A-1	筑後川から流入した DIN が当該海域内から有明海湾口に向かった希釈されている。DIN は河川流量の増加に伴い高くなる。また、P04-P も高く富栄養化が顕著な海域である。	水平的には反時計回りの恒流が形成されている。鉛直的にはエスチュアリ循環によって表層では湾口向きに、下層では湾奥向きの流れが形成されている。	筑後川等の影響が大きく、出水時には河川から供給された粘土・シルト分が河口沖に堆積する。その後、感潮河道へ逆流するものを除いてエスチュアリ循環によって干潟前縁部から湾奥へ移流し六角川河口域に集積する。	有明海では最も塩分が低く、4月、7月の河川流量増加時に低下し、7月は底層も著しい低下がみられる。	西側では泥質干潟となっており、東側は砂泥質干潟が形成されている。粘土・シルト分、有機物、栄養塩類及び硫化物は多い。
A-2	筑後川から流入した DIN が A1 海域から流入するため、有明海では濃度が高く、筑後川の影響を大きく受けている。DIN は河川流量の増加に伴い高くなる。また、P04-P は低い。	水平的には反時計回りの恒流が形成されている。鉛直的にはエスチュアリ循環によって表層では湾口向きに、下層では湾奥向きの流れが形成されている。	筑後川等の影響が大きく、出水時には河川から供給された粘土・シルト分が河口沖に堆積する。その後、感潮河道へ逆流するものを除いてエスチュアリ循環によって干潟前縁部から湾奥へ移流する。	有明海では塩分が低く、4月、7月の河川流量増加時に低下する。	砂泥質であり、有機物、栄養塩の堆積量が少ない。
A-3	筑後川から流入した DIN が A1 海域から流入するため、有明海では濃度が高く、P04-P も高い。また、底層 D0 の年間変動は有明海で最も低い。	水平的には反時計回りの残差流によって A1 海域からの流入の影響がみられ、鉛直的にはエスチュアリ循環によって表層では湾口向きに、下層では湾奥向きの流れが形成されている。	平常時には下層の湾奥向きの流れで懸濁物は湾奥へ運搬され、出水時には A1 海域から流入した懸濁物が表層を湾口向きに拡散されていく。	A1 域からの河川水の流入によってエスチュアリ循環が発達しており、年間を通じて底層の塩分は比較的高い。	泥質で、硫化物の堆積量が多く、有機物や栄養塩が多い。
A-4	熊本地先では、栄養塩類濃度が河川流量に大きく左右される。	全体的には湾奥向きの残差流が形成されており、南側の湾奥側では白川・緑川等から流入する河川水と湾口からの外海水がぶつかる境界で潮目が形成され、鉛直的には下降流が形成されている。	全体的な観測結果がなく、不明である。ただし、熊本港の沖合に形成される潮目の下には懸濁物が集積することが報告されている。	熊本地先では、夏季に表層から 5m 付近にかけて成層化が観測されている。	熊本港地先は泥質で、有機物、栄養塩の堆積量が多い。沖合は砂泥質で、栄養塩、有機物の堆積が少ないものの、潮目の下では硫化物が高いことが報告されている。

表 1(2) 有明海 (A 1～A 4) の環境特性

海域区分	赤潮の発生状況	底層溶存酸素の状況	二枚貝類		
			タイラギ	アサリ	サルボウ
A-1	筑後川河口の影響を受けて高栄養塩である。しかし、低塩分と河口から供給される粘土・シルト分による高濁度水が発生するため、光合成が阻害されて赤潮の発生件数は必ずしも多くはない。この海域では周年珪藻類が卓越している。	東部では貧酸素水塊は発生しない。西部も貧酸素水塊の発生は少ないものの、A3 海域で発生した貧酸素水塊が侵入して魚介類のへい死を引き起こすことがある。	水深の浅い干潟域であり、「徒取り」漁業が営まれている。漁獲量や資源量の統計データがとられておらず、推定することも困難である。	A 1 海域におけるアサリの主要生息域は、東部（早津江川右岸から福岡県大牟田地先まで）に限られている。A 1 海域の干潟は A 3 海域よりも生息指数で見てもやや低い値を示すものの、覆砂を施すことにより稚貝の生育が認められ、東部については概ねアサリの生息に適した底質環境が達成されている。	A 1 海域は主に干潟域であり、サルボウ資源の生息域とも重なる。ただし、本種は干出と低塩分に対する耐性が弱いことから、主要な生息域ではない。
A-2	水平的には反時計回りの恒流が形成され、A4 海域からの影響が大きい。潮流が早く停滞海域でないため、珪藻類と鞭毛藻類の赤潮発生件数は必ずしも多くはない。	希に海底付近の溶存酸素濃度が 3mg/l を下回ることがあるが、早い潮流によって水塊の滞留性が低く、かつ海底地形が複雑なため、基本的に貧酸素水塊は発生しない。	水深の浅い浅海域であり、タイラギの重要な生息域である。潜水器漁業によるタイラギ採捕が行われてきたが、近年、「立ち枯れへい死」と呼ばれる原因不明の減耗が問題となっている。	非干出海域であるため、アサリの生息密度は極めて小さい。A 1 海域との境界領域において、サルボウの操業時に混獲されるが、数は少ない。	サルボウ資源の生息域である。1980 年代後半から 2009 年まで、多いときで 2～4 万 t の漁獲量が見られるなど、資源が安定している。
A-3	筑後川等の影響を強く受けること、水深が浅く表層から底層まで栄養塩濃度が高く推移、かつ停滞海域であることから、赤潮の発生件数が多い。夏季は小型の珪藻類とヘテロシグマ属、シャットネラ属が、冬季は小型珪藻類に加え、アステネオプシス属とユーカンピア属が赤潮を形成する。	水塊の滞留性が高く、強い成層が発達する停滞海域であるため、夏季（6～9 月）に貧酸素水塊が発生する。発生時期は小潮期に集中し、まれに無酸素状態となる。	2009～2010 年には成貝の大量生育が認められ、漁獲量の回復がみられたが、翌年から大量へい死が生じ、以降は再び低迷している。	非干出域でかつアサリの生息に適した底質環境を越えて泥化しているため、この海域でのアサリの生息はほとんど認められない。	サルボウ資源の生息域であるとともに、粗放的な採苗と移植技術による養殖場でもある。1 万 t 台に回復した。しかしながら、近年の生産量は減少傾向にあり、変動幅も大きい。
A-4	流入河川が多いことと、熊本港地先において水塊の滞留性がやや高いため、赤潮の発生件数が多い。夏季は小型の珪藻類とヘテロシグマ属、シャットネラ属が、冬季は小型珪藻類に加え、ユーカンピア属が赤潮を形成する。	熊本港地先において、夏季の小潮期に弱い貧酸素水塊が観測されるが、生物の大量死を引き起こすほどの規模ではない。	荒尾干潟などでは、徒取りによってタイラギが漁獲されており、タイラギが分布していることは確かである。しかし、タイラギ資源の調査は実施されていないため、資源変動要因について特定することはできない。沖合域についてはタイラギを対象とした漁業が無く、生息環境に関する知見はほとんどない。	アサリは A 4 海域（熊本県沿岸）で 1977 年に 6 万 5 千 t の漁獲を記録したが、その後減少し、1990 年半から 2 千 t 前後で推移してきた。2005 年から 2008 年にかけて資源が一時的に回復し、2005 年の漁獲量は 1 万トンに達した。しかしながら、2009 年以降資源の凋落傾向が明瞭となり、現在は過去最低レベルの漁獲量に留まっている。	サルボウの生息域であるが漁獲量は佐賀県海域・福岡県海域と比較してわずかであり、現在、漁業としては成立していない。

表 1(3) 有明海 (A 5 ~ A 7) の環境特性

海域区分	水質・負荷	流況・流動	懸濁物の挙動	水塊構造(水温・塩分等)	底質環境
A-5	筑後川から流入した DIN が A1・2・3 海域を経由して流入する。	潮流は夏季、冬季は表層、底層ともに湾軸方向(北北西～南南東)の流向が卓越しており、恒流はエスチュアリ循環流が形成されているため、表層では湾口方向、底層では湾奥方向となっている。	観測結果がなく、全体的には不明である。	観測結果がなく、全体的には不明である。	砂泥質で、栄養塩、有機物の堆積が少ない。
A-6	降雨の影響で DIN が高くなることが報告されている。	平均流は、夏季は表層で反時計回りの流れが形成され、底層は A3 海域から流入し、A7 海域へ流出する流れが形成されている。冬季は表層、底層ともに夏季底層と同様である。	観測結果がなく、全体的には不明である。	夏季の密度躍層の形成状況は年によって異なっており、これらは気象条件によって大きく左右される。	泥質で、硫化物の堆積量が多く、有機物や栄養塩が多い。
A-7	観測結果がなく、全体的には不明である。	潮流は湾の形状に沿っておおむね南北方向が卓越している。平均流は島原半島沖の表層は、夏季は南東方向、冬季は南西方向が卓越しており、底層では夏季、冬季ともに島原半島に沿って湾口方向となっている。	観測結果がなく、全体的には不明である。	観測結果がなく、全体的には不明である。	砂質及び礫質で、栄養塩、有機物の堆積が少ない。

表 1(4) 有明海 (A 5 ~ A 7) の環境特性

海域 区分	赤潮の発生状況	底層溶存酸素の状況	二枚貝類		
			タイラギ	アサリ	サルボウ
A-5	赤潮の発生件数は少ない。	水深が深く、早い潮流が卓越する。貧酸素水塊の発生は聞かれない。	浮遊幼生の出現やタイラギの生息が認められる。	非干出海域であるため、アサリの生息密度はほとんどない。	サルボウの生息域であるが操業海域でない。
A-6	赤潮の発生件数が多い。	夏季 (6 ~ 9 月) に貧酸素水塊が発生する。	1993 年以降漁業がおこなわれていない。	近年は 300 t 以下で推移している。	A 6 海域はサルボウの生息域であるが操業海域でない。
A-7	赤潮の発生件数は少ない。	水深が深く早い潮流が卓越する。貧酸素水塊の発生は聞かれない。	島原半島や天草海域の干潟にタイラギの生息が認められる。	島原半島を中心にアサリの漁獲が見られるが、元々生息密度は高くない。	A 7 海域はサルボウの生息域であるが出現密度は低い。

八代海について、図2の海域に区分した結果の海域ごとに整理した環境特性（Y1～Y5海域）を表2に示す。

表2(1) 八代海（Y1～Y5）の環境特性

海域区分	水質・負荷	流況・流動	懸濁物の挙動	水塊構造 (水温・塩分等)	底質環境
Y1	最奥に流入する大野川をはじめとした二級河川が6河川流入しており、さらには球磨川からの影響もあり、河川からの影響を大きく受けていると考えられる。栄養塩類(NH4-N)も季節変動が大きく、濃度も高いと報告されている。	この海域の潮汐流動は、有明海の影響を受けていると考えられている。	全体的な観測結果がなく、不明である。	水質については、水温が冬季に湾口部より低くなることが報告されている。塩分は年間を通じて八代海内で最も低く、年較差が8psuと大きい。	泥分、栄養塩、有機物が堆積している。
Y2	球磨川の影響を大きく受けていると考えられる。夏季の降雨時には透明度が低くなること、栄養塩類(NH4-N)の季節変動が大きいことが報告されている。	この海域の潮汐流動は、有明海の影響を受けており、平均流が停流する傾向があると考えられている。	全体的な観測結果がなく、不明である。	水温が冬季に湾口部より低くなることが報告されている。	泥分、栄養塩、有機物が堆積している。
Y3	球磨川と長島海峡から御所浦島の北側を通過して入ってくる外海水の影響を受けていると考えられる。	7月には梅雨時期の降雨のため、密度成層が発達する。	全体的な観測結果がなく、不明である。	7月には梅雨時期の降雨のため表層の塩分が低下する。	泥分、栄養塩、有機物が堆積している。
Y4	全体的な観測結果がなく、不明である。	東シナ海との海水交換は比較的少なく、獅子島の北側では西へ、南側では東への平均流が発達している。	全体的な観測結果がなく、不明である。	水温が冬季には湾奥部より高くなり、6～8月の梅雨時期において降雨の影響により表層の塩分が低くなることが報告されている。	底質の性状は砂泥質である。
Y5	全体的な観測結果がなく、不明である。	東シナ海との海水交換は長島海峡で行われており、地形的な要因から流れが加速する海域と滞留する海域が複雑に入り組んでいる。	全体的な観測結果がなく、不明である。	水温が冬季には湾奥部(Y1海域)より高くなる。	底質の性状は砂泥質である。

表 2(2) 八代海 (Y 1～Y 5) の環境特性

海域区分	赤潮の発生状況	底層溶存酸素の状況	二枚貝類			魚類養殖等
			タイラギ	アサリ	サルボウ	
Y 1	八代海の浅海域で河川水の影響が大きいと、珪藻類やラフィド藻を主体とした赤潮発生頻度が高い。ただし、魚類に悪影響を与える赤潮生物の発生頻度は低い。	夏期の小潮期に水深 10m以深で溶存酸素 2-3mg/L を下回ることが確認されている。	生息に関する情報がほとんどない。	現在はほとんど漁獲がない。	生息に関する情報がほとんどない。	魚類養殖場はほとんど存在しない。
Y 2	八代海の浅海域で河川水の影響が大きいと、珪藻類やラフィド藻を主体とした赤潮発生頻度が高い。ただし、魚類に悪影響を与える赤潮生物の発生頻度は低い。	夏期の小潮期に水深 10m以深で溶存酸素 2-3mg/L を下回ることが確認されている。	球磨川河口干潟(金剛干潟)などにおいて、タイラギの生息が確認されている。	球磨川河口干潟を中心にアサリの漁獲が見られる。	生息に関する情報がほとんどない。	八代海と有明海の接続海域を中心に、魚類養殖場やクルマエビ養殖場が存在する。
Y 3	八代海南部から流入する外洋水と、球磨川河川水の影響を受ける低塩分水塊の合流点にあたり、常に潮目が発達する。この海域で、シャットネラ属 やコクロディニウム属を主体とした赤潮が初発することが多い。	過去に溶存酸素 4mg/L を下回ることが観察されている。	生息に関する情報がほとんどない。	生息に関する情報がほとんどない。	生息に関する情報がほとんどない。	御所浦島周辺にマダイ、ブリなど魚類養殖場が集中している。
Y 4	八代海南部で東シナ海の外洋水の影響を受けやすい。ここを初発とする赤潮発生頻度は低いが、Y 3 海域から赤潮水塊が流入し、甚大な漁業被害が発生することが多い。	過去に溶存酸素 4mg/L を下回ることが観察されている。	生息に関する情報がほとんどない。	生息に関する情報がほとんどない。	生息に関する情報がほとんどない。	獅子島東岸、伊唐島、長島町東岸にブリを中心とした養殖漁場が集中している。
Y 5	本海域では東シナ海の外洋水の影響が強く、赤潮の発生頻度は少ないが、楠浦湾、宮野河内湾、浅海湾、深海湾、浦底浦など枝湾では赤潮発生の頻度が高い。	牛深水道は潮流が早く、成層がほとんど発達しないために貧酸素の発生は認められない。ただし、枝湾の奥部では小規模な溶存酸素低下が認められる。	生息に関する情報がほとんどない。	楠浦湾や宮野河内湾でわずかに漁獲が見られる。	生息に関する情報がほとんどない。	牛深水道部の枝湾を中心に、ブリ、マダイ、シマアジ等養殖漁場が集中している。また、楠浦湾口周辺にはマグロ養殖場も存在する。



## 海域区分の基本的な考え方及び経緯について

### 【有明海】

#### 1 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。

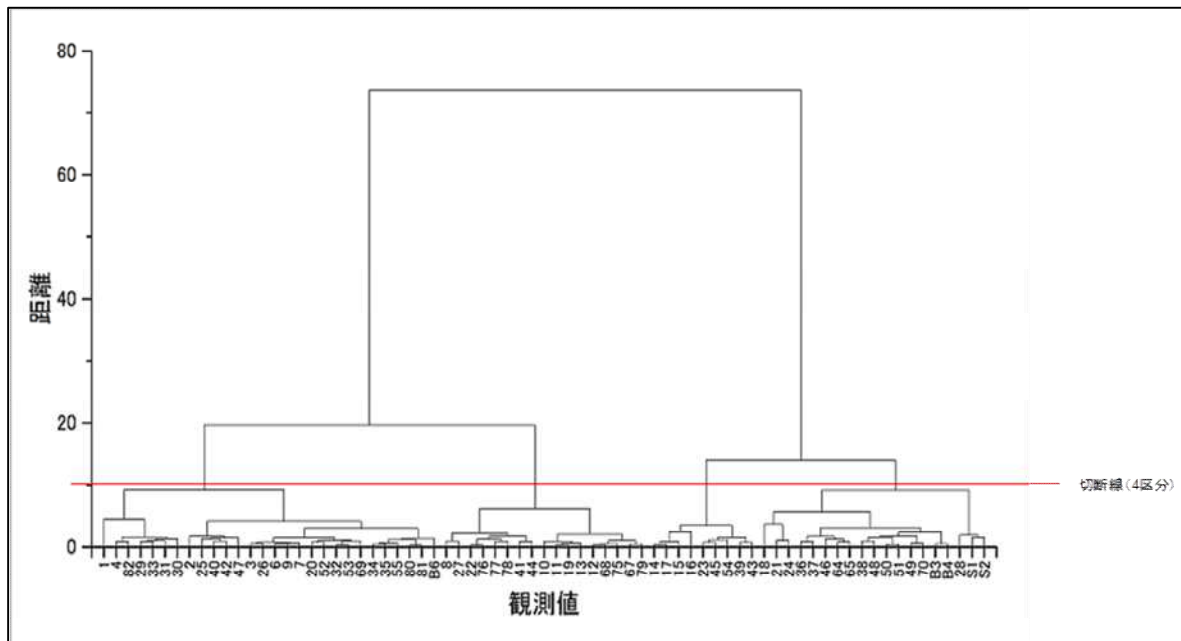


図 3 クラスター解析のイメージ

※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	<ul style="list-style-type: none"> <li>海面下 5 m の水温、塩分、D0、DIN、PO<sub>4</sub>-P</li> <li>透明度</li> </ul>	1988 年 1 月 ～ 2006 年 12 月

#### 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

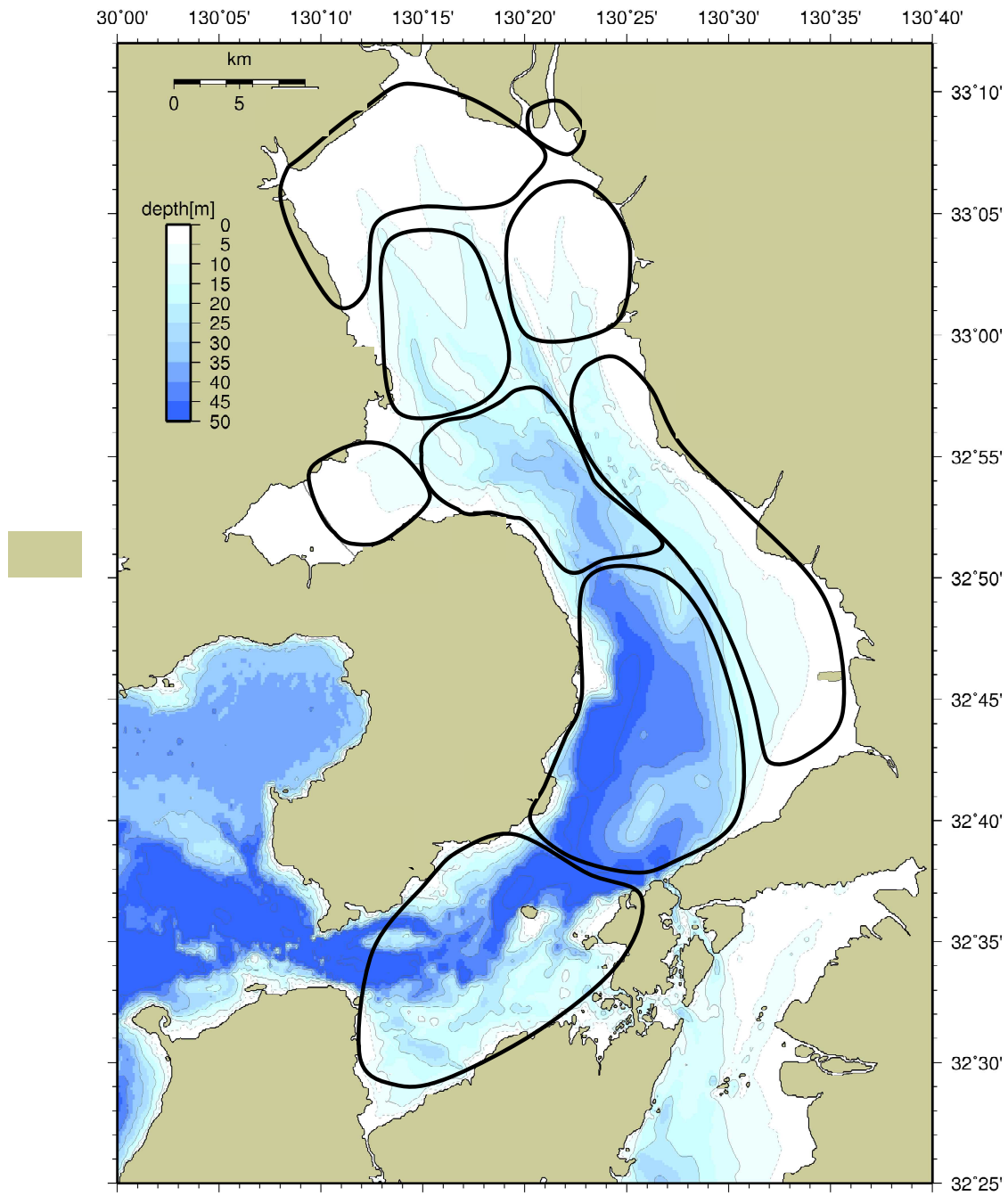


図 4 水質による海域区分

## 2 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 <sup>※1</sup> (底質環境調査)	2004～ 2007	7～9月	○	○	○	○	○	○
九州農政局 <sup>※2</sup> (底質環境調査)	2008～ 2013	7～9月	○	○	○			
九州農政局 <sup>※3</sup> (環境モニタリング調査)	2007	7～9月	○	○	○	○	○	○
長崎県	2008	8月	○	○		○		
佐賀県	2009	7月	○		○	○		
	2005	10月	○		○			
熊本県	2009	8月	○	○	○	○		
	2011	7月	○	○	○	○		
九州大学	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）

### 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わせる等により、海域区分を設定した。

③ 解析結果

解析結果を図 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。

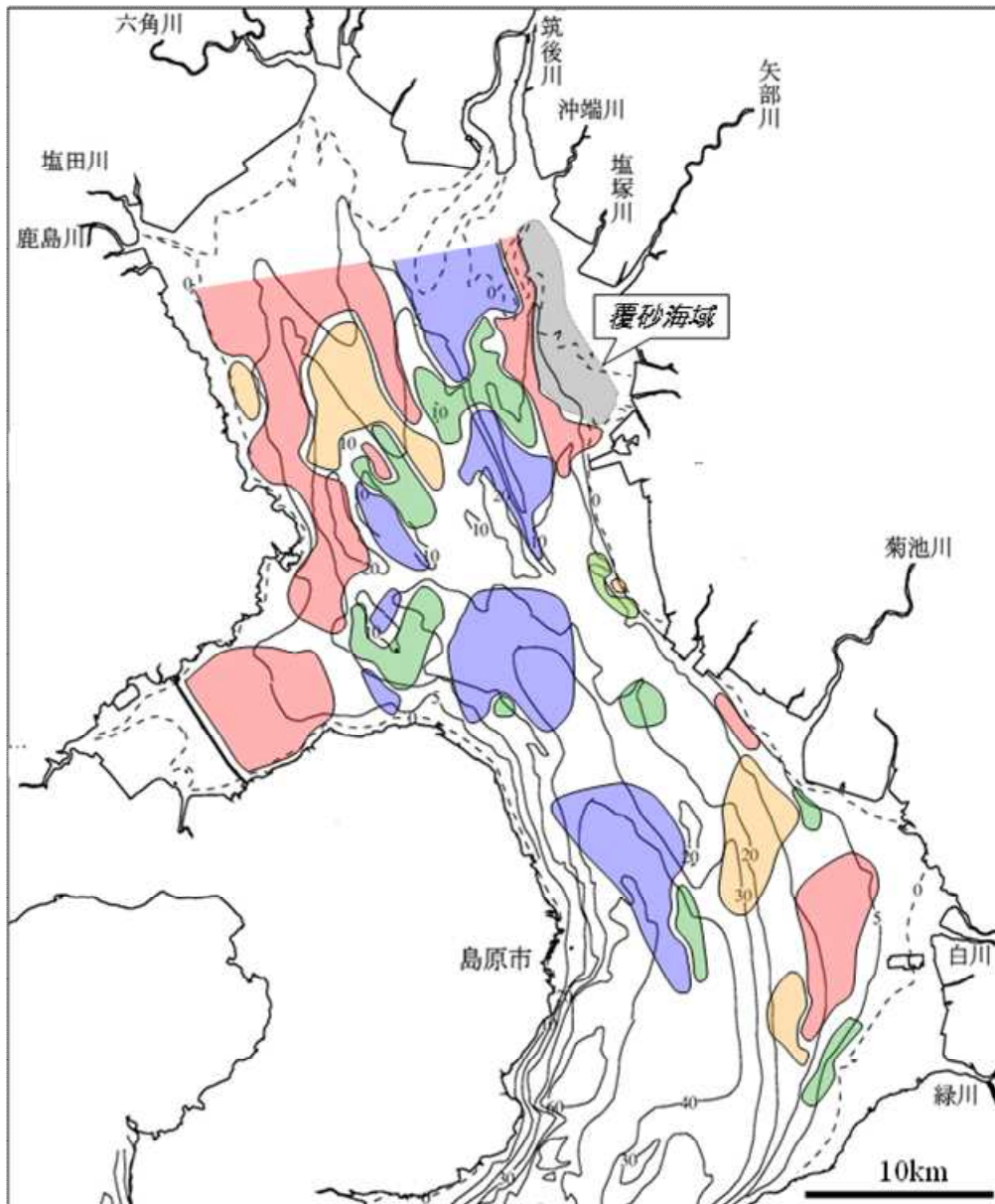


図 5 底質による海域区分

### 3 底生生物による海域区分

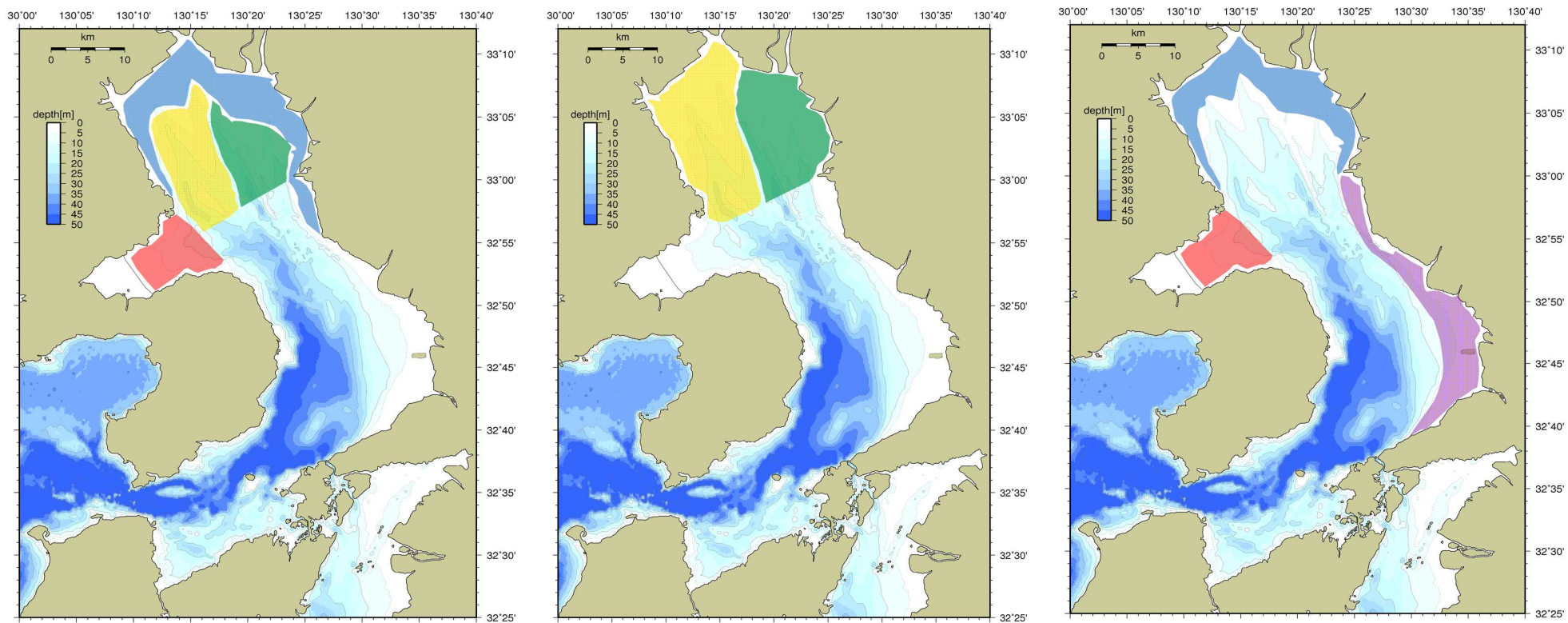
#### ① 区分の方法

- ・ 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 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 7）。



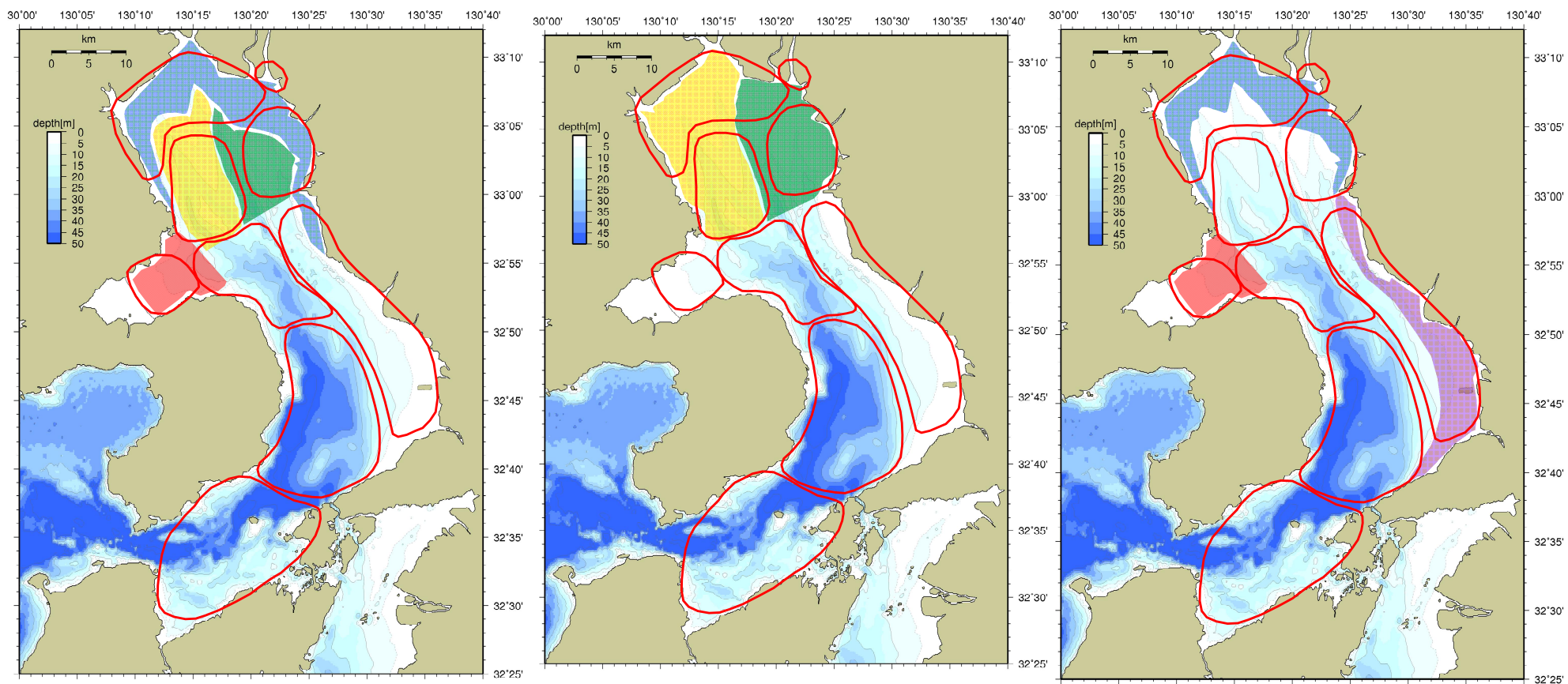
(1) タイラギ

(2) サルボウ

(3) アサリ

図 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 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

【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次に示す。

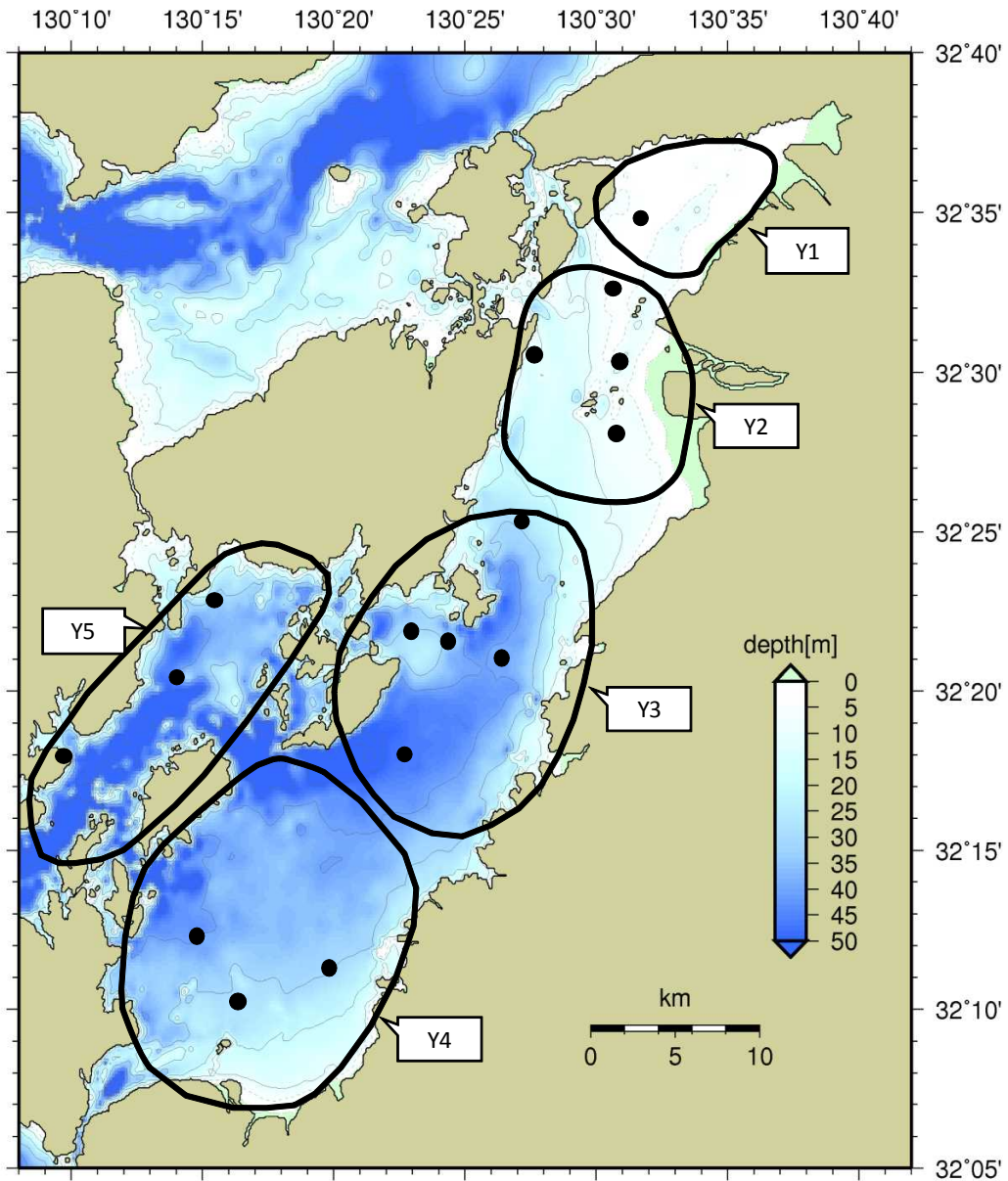


図 8 水質による海域区分



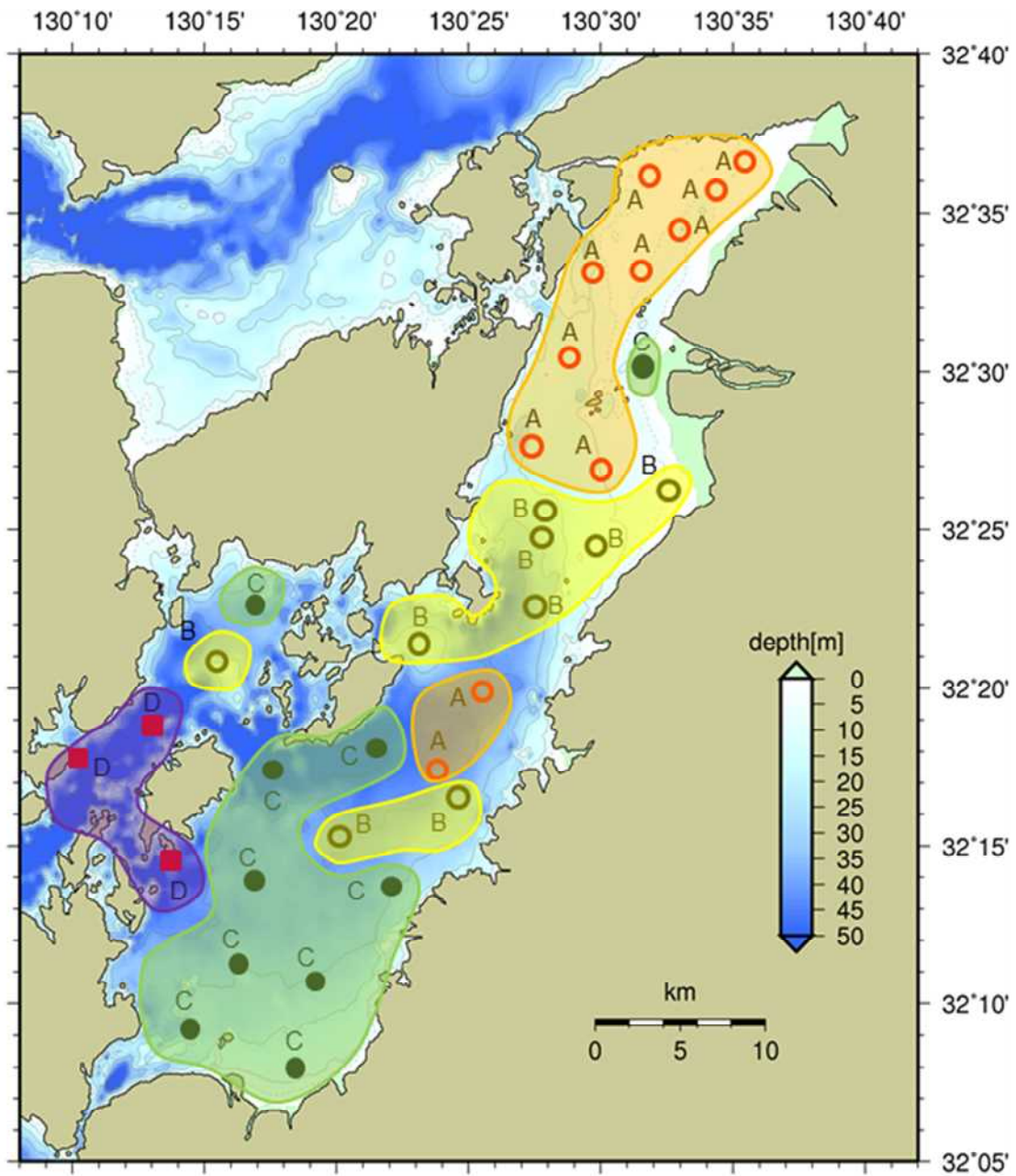


図 9 底質による海域区分