

有明海・八代海等総合調査評価委員会
第 8 回海域再生対策検討作業小委員会資料
－ 海域別の再生方策の検討について －

－ 目 次 －

1 再生方策の考え方	1
1.1 順応的管理の視点からの再生技術体系	1
1.2 再生方策の検討方針	5
1.3 再生方策検討の視点	6
2 これまでの経緯と今後の作業	7
2.1 これまでの経緯	7
2.2 今後の作業	7
2.2.1 検討フロー	7
2.2.2 検討内容	8
3 海域別の連関図の検討	14
3.1 問題点とその原因・要因の考察（平成 18 年委員会報告記載内容）	14
3.2 連関図の更新：主要な要因について現状の確認	16
3.2.1 底質の泥化	16
3.2.2 底質中の有機物の増加	20
3.2.3 底質中の硫化物の増加	21
3.2.4 貧酸素水塊の発生	22
3.2.5 赤潮の発生件数の増大・大規模化	23
3.2.6 潮位差の減少・平均潮位の上昇	24
3.2.7 栄養塩の流入・有機物の流入	24
3.2.8 河川を通じた陸域からの土砂供給の減少	25
3.3 ケーススタディ海域における連関図	26
3.3.1 ケーススタディについて	26
3.3.2 ケーススタディ海域 1 (A4)	27
3.3.3 ケーススタディ海域 2 (A5)	44

1 再生方策の考え方¹

閉鎖性海域の環境は「地圏・水圏・気圏」の 3 つの環境基盤と、これに人を含めた「生態圏」の 4 圏により構成され、互いが相互に関連し合っており、海域環境の変化の要因・原因については物理・化学的環境および生物生産過程を視野に入れた総合的な解析が必要であり、環境変動のメカニズムの解明が大きな課題とされている。また、海域環境の改善・再生に当たっては、このような海域環境変動のメカニズム解明を基本としながらも、海域再生策の基本は、人が制御可能な事項として、①底質環境の改善技術、②水質環境（負荷を含む）の改善技術、③人為的負荷の削減技術であるとされている。さらに、これら 3 つの技術目標に対して、物理・化学・生物学的技術の開発・適用、それらの組合せ技術が効果的であるとしている。

1.1 順応的管理の視点からの再生技術体系

再生方策に必要な再生技術について、順応的管理の視点から技術体系として整理した（図 1.1.1）。これは、滝川ら¹が示した順応的管理の視点からの技術体系を引用した。

ここでは、全体目標は、熊本県「委員会報告」(有明海・八代海干潟等沿岸海域再生検討委員会、平成 18 年 3 月)の有明海・八代海干潟等沿岸海域の再生のあり方における基本理念に基づき設定されている。これによると、干潟等を含む海域は、水質浄化機能、生物生息・生育の場として重要な役割を有しており、有明海・八代海を「豊かな海」として再生するためには、漁業対象の生き物を含む多様で豊かな生態系を回復・維持させるという考え方が必要であると謳われている。

有明海・八代海等の再生のための全体目標の検討は、次年度以降に行われるものの、検討を進めて行くためには目標像をイメージする必要がある。そこで、本小委員会では、現時点での全体目標を「**有明海・八代海における環境特性に応じた生物多様性のある海域環境**」として再生方策の検討を進めたいと考えている。この全体目標を実現するためには、環境全体のプラン、その中に海域全体と海域別のプラン、地域ゾーニングプランを考える必要がある。

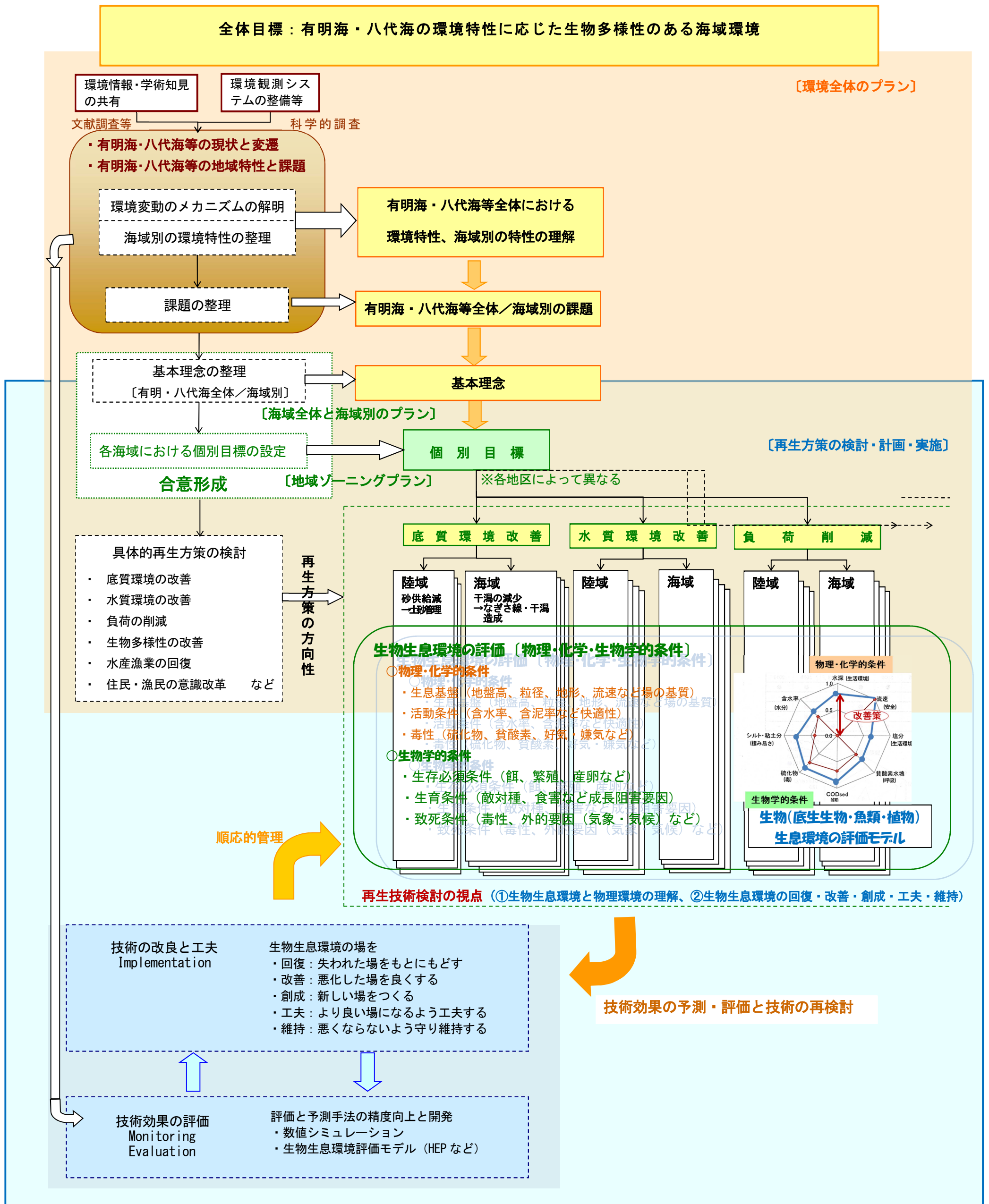
¹滝川清・増田龍哉・五明美智男・五十嵐学、順応的管理の視点からの閉鎖性水域における環境改善の技術体系 ―有明海を例に―、海洋開発論文集 第 26 巻、2010 年 6 月

海域全体と海域別のプランでは、海域全体と海域別の基本理念を設定し、地域ゾーニングプランでは個別目標が各地区別に設定される。これらのプランを達成するためには、

- 第一に「有明海・八代海等全体における環境特性、海域別の特性を理解」し、これらが抱える「課題を整理」することが必要である。
- 第二に、整理した課題から有明海・八代海等全体、海域別の全体目標を達成するための「基本理念」を設定し、これらを基に、海域全体や各海域における「個別目標」を決める。

次に、個別目標を達成するための具体的な再生方策を検討する。再生方策の方向性として底質環境改善、水質環境改善、負荷削減等が挙げられる。これらの方策を検討する際は、海域の環境特性、地域特性を踏まえることが重要である。また、再生方策に適用する技術を検討する際は、従来の実施されている技術のみならず、複数の技術を組み合わせた新規の技術を含め最も効果のある再生技術を適用することが重要である。

さらに、個々の技術に対しては「技術の改良と工夫」、「技術効果の評価」が必要である。「技術の改良と工夫」では、生物生息環境の回復、改善、創成、工夫、維持の観点からの技術改良・工夫が重要である。一方、「技術効果の評価」では、再生技術実施後のモニタリング結果を通じての数値シミュレーションや HEP などの評価手法により一層の精度向上と開発が必要である。このような、技術検討を重ね、効果的な技術の進展を図ることが重要である。



※滝川清・増田龍哉・五明美智男・五十嵐学、順応的管理の視点からの閉鎖性水域における環境改善の技術体系 ―有明海を例に―、海洋開発論文集 第26巻、2010年6月を基に作成

図 1.1.1 海域環境改善・再生の技術体系と順応的管理(素案)

1.2 再生方策の検討方針

有明海・八代海の環境変化については、「有明海・八代海総合調査評価委員会」において議論され、平成 18 年に以下のことが報告されている。

環境悪化の原因は様々な要因が複雑に関係し合っており十分な調査・研究が必要であるとしつつ、海域における物質収支のバランスが崩れた直接的な要因の 1 つとして、

- ・ 底質の悪化や干潟消失等によって底生生物の生息環境が悪化し、底生生物が減少している。
- ・ 底生生物が減少したため、物質循環における有機物分解過程の機能が低下（例えば、二枚貝類の減少に伴うろ過機能の低下等）している。
- ・ また、海水中の有機物の増加（赤潮抑制機能の低下）や底質中の有機物の蓄積（底層水の酸素消費促進、沈降中の有機物分解による酸素消費促進）によって貧酸素化が起きている。

などが指摘されている。

また、有明海・八代海のような閉鎖性海域における環境改善・再生に当たっては、以下のような留意点が述べられている。

- ・ 海域特性を十分に把握の必要性（海域ごとの環境特性に応じた環境改善・再生を考える必要がある）および海域全体への影響考慮とマスタープランの必要性。
- ・ 大気、水、底質およびこれらの間の物質収支を把握する必要がある（赤潮や貧酸素水塊は物質循環が良好でないために頻発するようになっており、特に水、底質およびこれらの間の物理的・化学的・生物的物质循環を把握することが必要である）。

上記を踏まえ、再生方策の検討方針を以下の通りとする。

【再生方策の検討方針】

- ① 有明海・八代海等全体における環境特性、海域別の特性を理解する。
⇒環境特性の把握と課題の整理
- ② 各海域の特性に応じた基本理念と個別目標を掲げる
⇒各海域の個別目標を設定する
- ③ 個別目標を達成するための具体的再生方策を検討する。
⇒各海域における再生方策の方向性、再生技術の検討

1.3 再生方策検討の視点

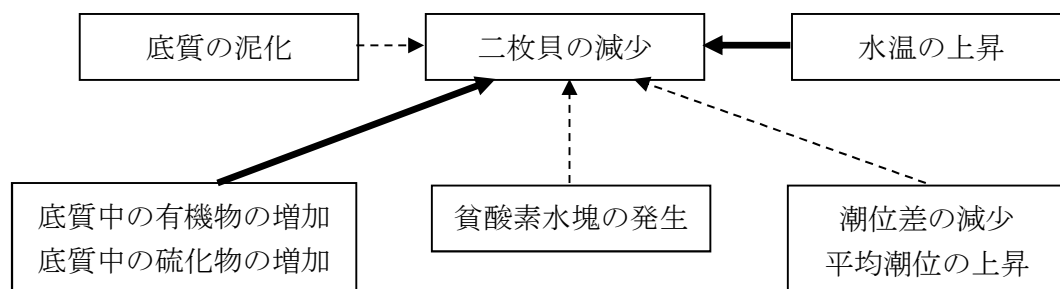
本検討では、先に示したとおり、環境特性に応じた生物多様性のある海域環境を創出することを目的として再生方策を考えることとした。具体的な再生方策(技術)については、生物の生息環境の観点から再生技術を検討する。再生技術の検討に当たっては、生物の生息環境を構成する要素である底質環境、水質環境、流動環境、地形環境等の各条件を評価した上で、適切な技術を検討する必要がある。そこで、まず底質環境、水質環境、流動環境、地形環境及び生物生息環境の特性把握とこれらの評価手法を検討することとした。

2 これまでの経緯と今後の作業

2.1 これまでの経緯

第6回海域再生対策検討作業小委員会(以下、海域小委)、生物・水産資源生物・水産資源・水環境問題検討作業小委員会(以下、生物小委)及び第33回有明海・八代海等再生評価委員会(以下、委員会)では、有明海・八代海の海域区分、海域ごとの問題点と原因・要因との関連の可能性(以下、連関図)の案を示した。

現在は各連関図における問題点とその主要な要因及び原因の現状の認識を確認している(図 2.1.1 参照)。



※上図の例では、

”二枚貝の減少”という問題点に対して、”底質中の有機物の増加・硫化物の増加”及び”水温の上昇”については、その関係が事業報告・研究報告等で確認されており、”貧酸素水塊の発生”、”潮位差の減少”及び”平均潮位の上昇”については現時点で関係が確認されていないことを示す。

図 2.1.1 連関図における現状確認の表示例

2.2 今後の作業

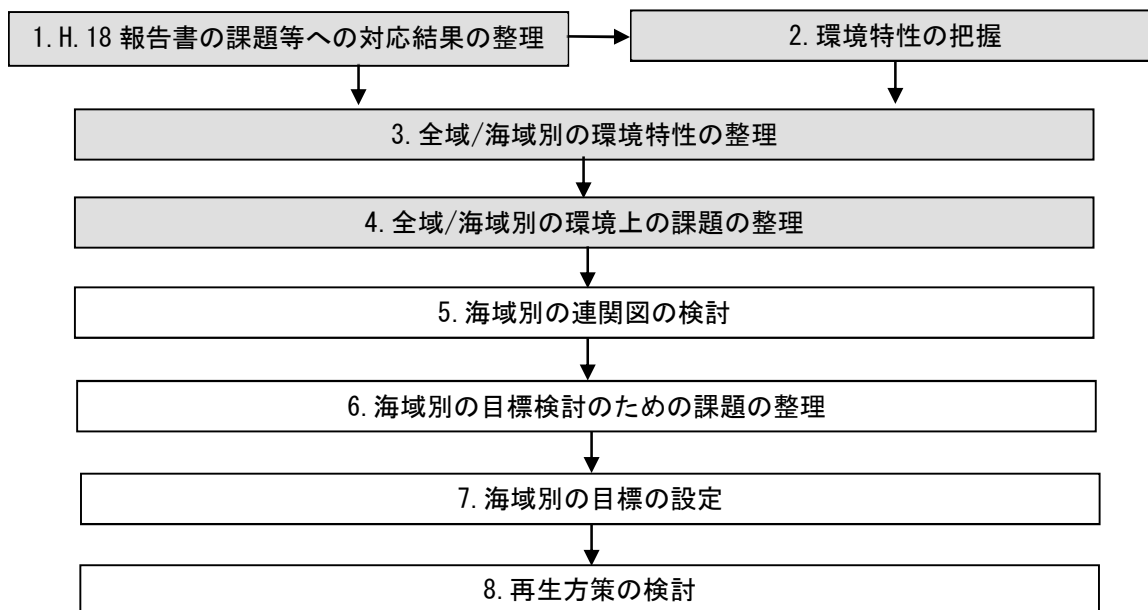
前述の通り、海域小委、生物小委及び委員会の各委員に、この一連の作業の取りまとめイメージ(連関図)は伝わったものと考えている。今後は、このイメージを最終版へと発展させるための作業を行っている。

2.2.1 検討フロー

全体の検討フローを図 2.2.1 に示す。

図中、1.[H18 報告書の・・・]～5.[海域別の連関図の検討]までは、予定通り昨年度まで行った。今後は、6.[全体目標の検討]以降となる。

しかしながら、連関図の内容について定量的な評価が十分に行うことができなかったため、精度向上を図る必要がある。今年度はこれらの検討をフローに従った作業と並行して進めている。



※図中、グレー着色部は昨年度までに終了した検討を示す。

図 2.2.1 検討フロー

2.2.2 検討内容

(1) 海域別の連関図の検討

まず、関係省庁、関係自治体及び各委員に依頼して収集した平成 18 年の委員会報告以降の事業報告、研究報告及び論文等の情報を用いて、問題点とその主要な要因及び原因の現状における認識を確認する。そのうえで、後述する数値シミュレーションモデルによる検討結果及び生物小委での検討結果を加えて、昨年度作成した連関図の精度向上を図る。

(2) 海域別の目標検討のための課題の整理

各海域における環境上の問題点の主要な要因及び原因について、知見が得られていない、あるいは研究が行われていない海域については、主要な要因及び原因を特定するための課題を整理する。また、課題を解決するための追加調査についても検討を行う。

(3) 海域別の個別目標の設定

有明海・八代海の区分された海域ごとに、社会要請を踏まえて原因・要因を解決した環境像を個別目標として海域ごとに設定する。個別目標は全体目標と整合がとれ、かつ実行可能な対策を前提として設定する。

(4) 数値シミュレーションモデル等による検討

昨年度整理した、海域区分毎の環境特性では、時空間的な特性についての整理がなかったために、海域ごとの連関図においても各海域間の定量的な物質循環が不明であった。これは、現在収集している現地調査結果等だけでは検討・整理が困難である。そこで、有明海・八代海を対象とした数値シミュレーションモデルを構築し、以下のような検討を行う。

- 流入負荷(土砂)の影響(各河川からの到達・滞留時間も考慮する)
- 移流・拡散による負荷(懸濁物)の流入・蓄積(堆積)状況
- 内部生産状況
- 再生技術の感度解析 等

1) 数値シミュレーションモデルの概要

使用するモデルは、連関図に記載されている事象(赤潮の発生、貧酸素水塊の発生、成層化等)を可能な限り表現できるモデルを採用する。

現在のところ、有明海では JST モデル、八代海では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が構築したモデルをベースとして、底質・底生生物の影響を含めた栄養塩や有機物等の物質収支が検討可能なモデルを構築する。

2) 計算対象範囲

計算対象範囲は図 2.2.2 に示すとおり、有明海および八代海全域である。水平方向の計算格子は前述のモデルを基本とした設定(有明海 500m、八代海 450m メッシュ)とする。また、降雨・出水時の淡水の影響を精度良く表現するために、鉛直方向の計算格子は上層付近が細格子となるような設定とする。

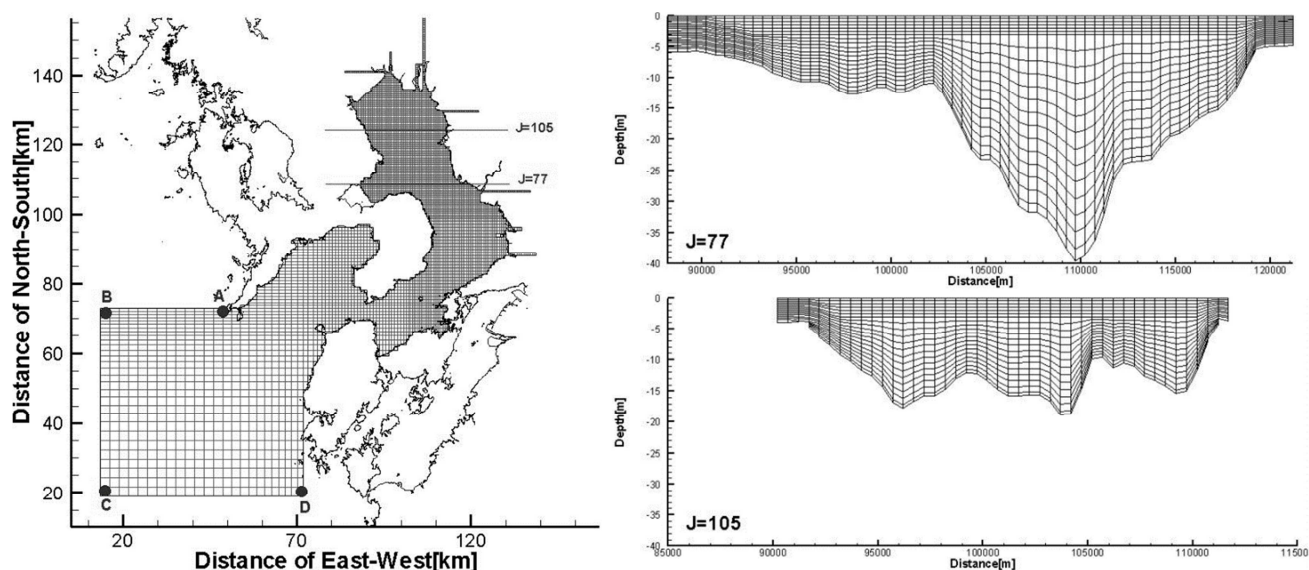


図 2.2.2 (1) 計算格子(有明海)

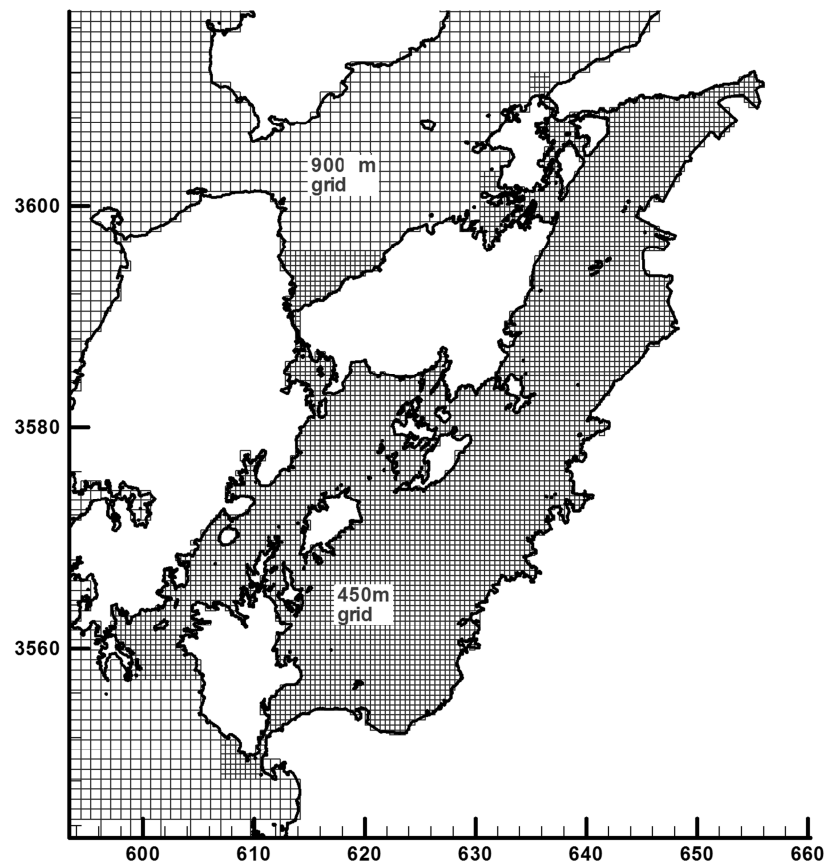


図 2.2.2 (2) 計算格子(八代海)

3) 計算対象期間

現況再現の計算期間は 1 年間とし、赤潮や貧酸素が顕著に発生した年を対象とする。なお、後述の計算ケースでは全計算期間 1 年間の内、特定の事象（赤潮・貧酸素等）が起こっている数ヶ月を対象に感度計算を行う。

4) 検討内容

数値シミュレーションモデルを利用して以下のような検討を行う。なお、あらかじめ設定された海域区分毎に計算結果を集計し、海域区分別（まずはケーススタディ海域）に検討する。

①. 流入負荷(土砂)の影響

「河川を通じた陸域からの土砂供給の減少」が干潟・藻場の減少、透明度の上昇、底質の泥化に対して影響を与えている可能性が挙げられている。

シミュレーションモデルでは出水時における河川からの供給土砂が各海域区分にどのように供給されるか（到達時間・滞留時間等）について検討を行う。

なお、モデルの構築に当たっては各河川からの土砂供給量(SS 負荷量)を適切に設定する必要があり、有明海では「有明海・八代海再生フォローアップ調査（懸濁物調査）」で得られた知見を活用して SS 負荷量の設定を行う。

②. 移流・拡散による負荷(懸濁物)の流入・蓄積(堆積)状況

①で示したような河川からの供給土砂、特に細粒分（粘土・シルト分）は、出水で海域に供給された後に潮汐流等によって再懸濁し、再配置される。その行先は海域一様ではなく、海岸地形・海底地形の違いや高波浪等の外力のかかり方によって様々である。こういった細粒分の偏った堆積によって、底質の細粒化や生物の生息状況の変化に影響を及ぼす可能性が考えられることから、懸濁物の挙動（巻き上げ・沈降等）を表現できるモデルを使用する必要がある。モデルの構築に当たっては「有明海・八代海再生フォローアップ調査（懸濁物調査）」で得られた懸濁物の挙動に関する知見を活用する。

③. 内部生産状況

閉鎖性海域における有機物量の増減は、河川などを通じた流入負荷と植物プランクトンによる内部生産の大きく二つに分けることができる。赤潮の発生に大きく関係する有機物量の増減を把握することは重要であり、海域区分によって流入負荷と内部生産の寄与する割合は異なると考えられる。

現地観測によって内部生産量を見積もること、特に海域区分別に見積もることは困難であるため、数値シミュレーションモデルを用いて海域区分別に内部生産量を見積もる。

④. 再生方策の検討（再生技術効果の感度解析）

これまでに考えられている再生技術の効果を事前に検証するために数値シミュレーションモデルを用いた感度解析を行う。モデル構築に当たっては、各種再生技術が持っている再生メカニズムを考慮、かつ再生技術を表現可能なサイズで計算格子を設定する必要がある。

- ・ 底質改善（覆砂・海底耕耘等）
- ・ なぎさ線の再生
- ・ 流入負荷対策
- ・ 等

⑤. 計算条件

連関図に記載されているインパクトおよびレスポンスに相当する項目間の関連性について検討するために、表 2.2.1 に示すような計算条件で感度計算を行う。

表 2.2.1 連関図の関連性の検討とモデルによる計算条件

連関図項目（インパクト）	計算条件の変更項目	検討項目（レスポンス）
河川を通じた 陸域からの 土砂供給の減少	・ 土砂流出量 （Q-Qs 式）	・ 底質の泥化 ⇒底質の粒度組成 ・ 透明度の上昇 ⇒海水中の SS
栄養塩の流入 有機物の流入	・ 栄養塩負荷量 （L-Q 式）	・ 底質中の有機物の増加 ⇒TOC ・ 底質中の硫化物の増加 ⇒T-S ・ 富栄養化 ⇒N,P ・ 貧酸素水塊発生頻度 ⇒DO
潮流の低下・潮位差の減少 平均潮位の上昇	・ 境界潮位振幅 ・ 境界平均潮位	・ 透明度の上昇 ⇒海水中の SS ・ 赤潮発生件数の増大・大規模化 ⇒Chl-a ・ 貧酸素水塊発生 ⇒DO ・ 底質の泥化 ⇒底質の粒度組成 ・ 成層化 ⇒成層強度 ・ 内部潮汐流発生頻度
干拓・埋め立て	・ 海岸線、水深	・ 潮流の低下 ⇒潮流楕円 ・ 潮位差の減少 ⇒干満差
台風の襲来状況	・ 風向風速	・ 底質の泥化 ⇒底質の粒度組成

⑥. アウトプット

モデルによる計算のアウトプット例を図 2.2.3 に示す。

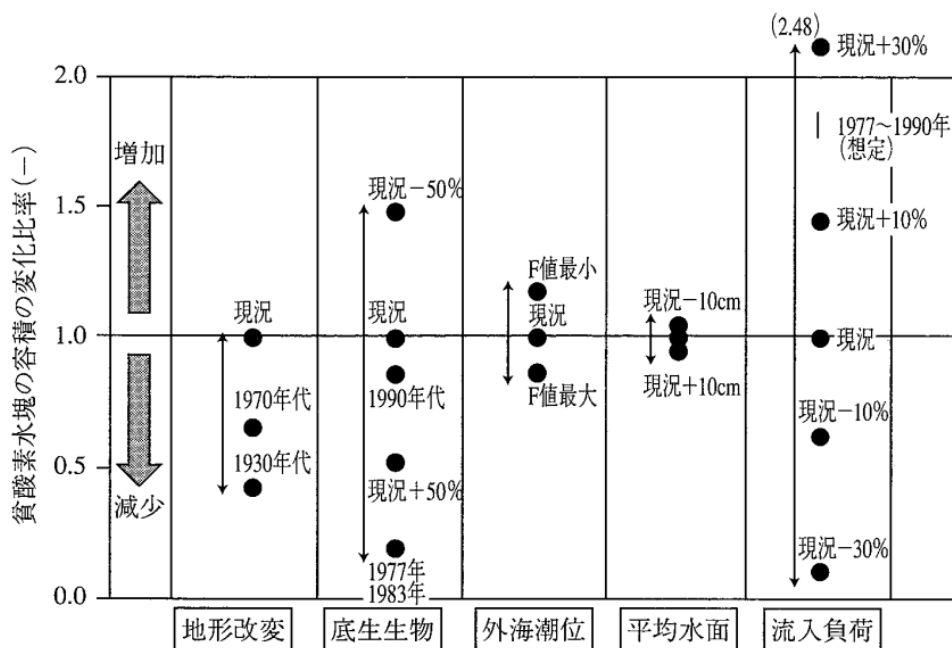


図 4.62 有明海全体での貧酸素水塊の容積の比較 (DO < 2.1mg/l の累積容積)

出典：「蘇る有明海 ―再生への道程―」 楠田哲也編著、2012 年 2 月

図 2.2.3 アウトプット例1(感度計算による環境変化要因の寄与率)

(5) 海域別の環境特性の把握及び再生方策の感度解析(ケーススタディ)

現時点では、すべての海域の連関図を完成させるためには追加調査が必要となると考えられる。しかしながら、追加調査の結果をもって連関図を完成させるのでは、社会要請への対応としては遅いと考えられる。

そこで、今年度は、区分した海域のうち、優先的に再生方策を行う必要があると考えられる海域に絞って、現時点の知見及び数値シミュレーションモデルによる検討結果を基に海域特性を整理して連関図を完成させる。そして連関図によって問題点とその原因・要因を明らかにしたうえで、生物の生息環境として評価を行う。

生物の生息環境の評価については、生物の生息状況と環境の関係等に関する既往資料を基に、HSI モデルを活用した評価手法によって、底生生物の生息状況と環境の関係を定量化する。

この評価手法によって現況の評価を行い、生物の生息環境の観点からみた改善のための実行可能な再生技術の方向性を検討するとともに、数値シミュレーションモデルを用いて感度解析を行い、ケーススタディとして取りまとめることとする。

3 海域別の連関図の検討

3.1 問題点とその原因・要因の考察（平成 18 年委員会報告記載内容）

1. 基本的な考え方

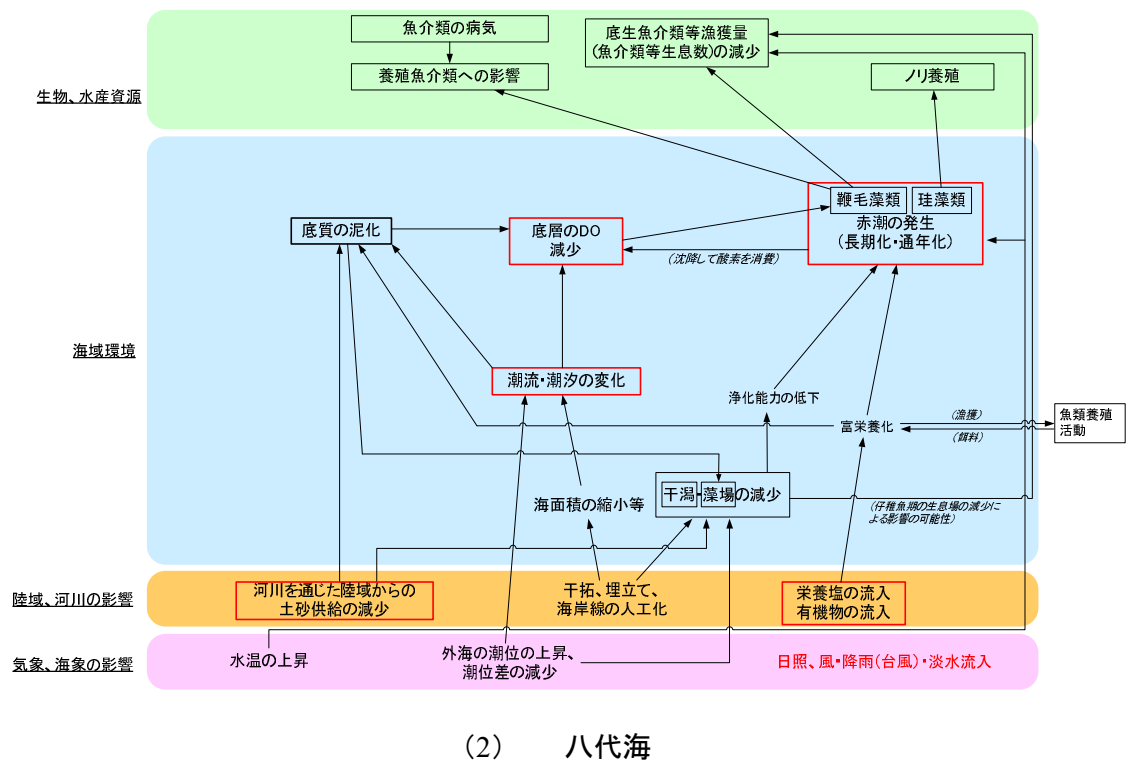
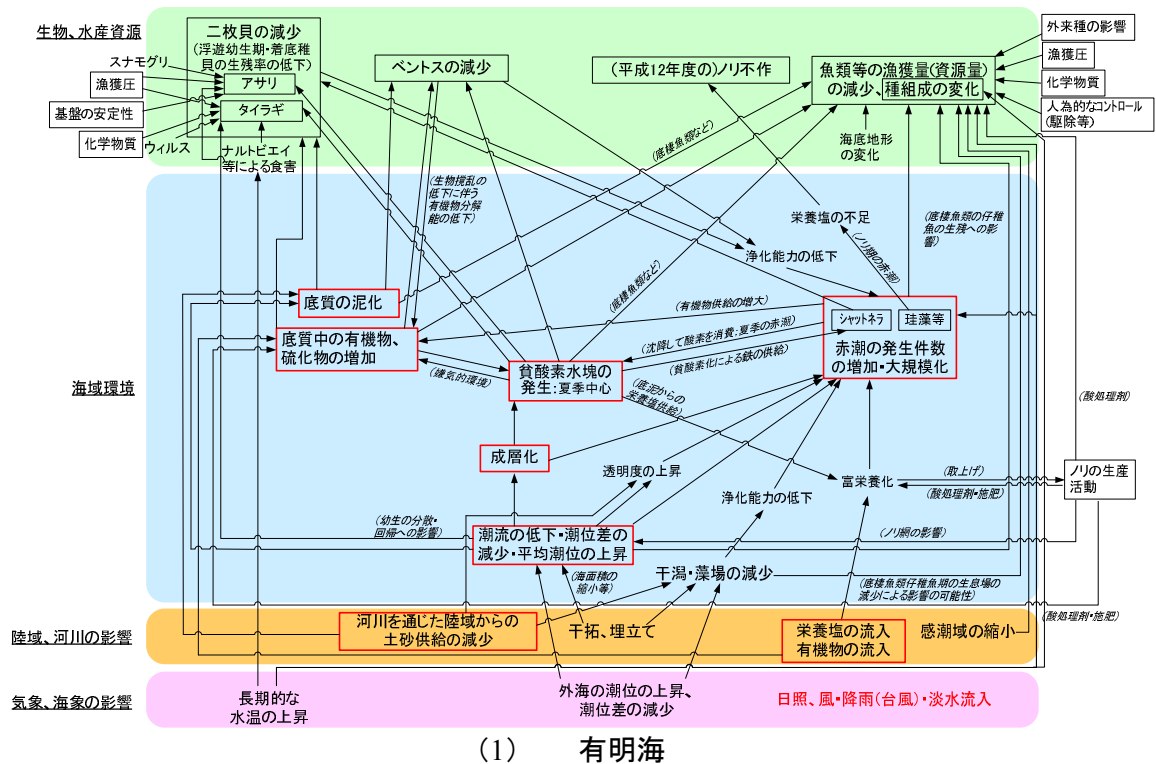
有明海・八代海においては、閉鎖性海域という条件の下、漁業、干拓、防災、海上交通等のための開発が継続的に行われてきたことから、両海域は、自然環境自体の長期的変化とともに、人為的な働きかけを受けつつ、その海域環境や生態系を変遷させて今日に至ったものと考えられる。

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らう。

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。

2. 問題点の特定と可能性のある要因

- (1) 両海域における生物・水産資源にかかる問題点として、有明海では、有用二枚貝、魚類等及びベントスの減少、ノリ養殖（不作）、八代海では、養殖魚介類への影響、魚類等の減少、ノリ養殖（不作）に整理した。
- (2) 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 3.1.1 (1)（有明海）及び図 3.1.1 (2)（八代海）に取りまとめた。
- (3) 図 3.1.1 で示された相関図には、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ものの根拠となるデータ等が明確でないものが混在している。評価委員会においては、上記の相関図を出発点として、収集できた長期的データ、短期的データ、実験や実証調査の結果、他海域における情報等を考慮した上で、3 節では上記（1）の問題点と直接関係するとされている諸要因との関連について、4 節ではこれらの直接的な環境要因が変化した要因について、各々、考察した。



※図中、生物、水産資源 (緑色着色エリア) の黒枠内は問題点を示し、海洋環境 (青色着色エリア) 及び陸域、河川の影響 (黄色エリア) の赤枠内は各問題点の主要な要因を示している。また、これらの主要な要因は、気象、海象の影響の「日照、風・降雨(台風)」の影響を受けている。

図 3.1.1 問題点と原因・要因との関連の可能性

3.2 関連図の更新：主要な要因について現状の確認

まず、図 3.1.1 に示した各問題点の主要な要因について、平成 18 年の委員会報告以降に収集された資料を基に、現状の認識を確認した。

3.2.1 底質の泥化

(1) A1 海域

A1 海域では筑後川の河口において泥化が進行している。¹⁾

(2) A2・A4 海域

“底質の泥化”については、先の委員会報告では以下のように示されている。

「具体的には、1956～1957 年、1997 年及び 2001 年の底質の比較（図 3.2.1 参照：各々の調査方法の違いには留意が必要）、1989 年と 2000 年の調査結果（図 3.2.2 参照）から、有明海湾奥部において底質が泥化傾向にあると思われるが、その要因の 1 つとして、潮流速の減少が考えられる。

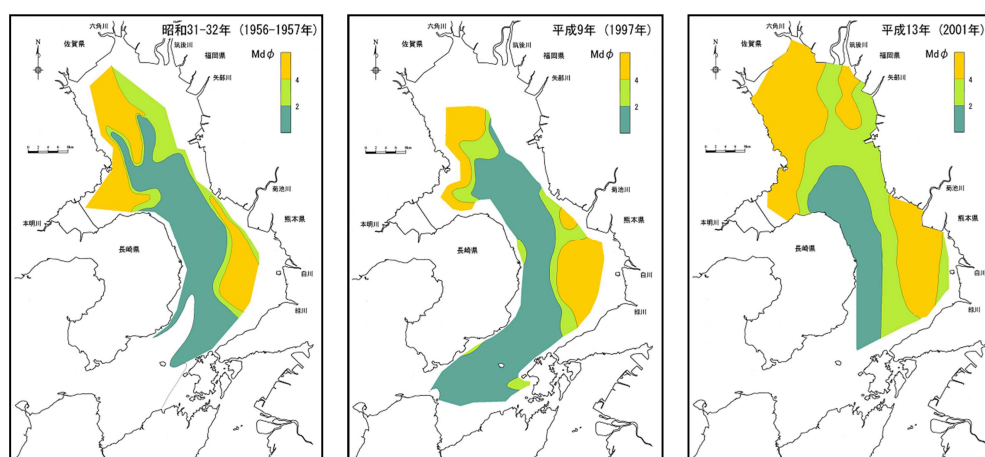


図 3.2.1 有明海の底質分布(中央粒径値)の変化

出典：有明海・八代海総合調査評価委員会・環境省 委員会報告 平成 18 年

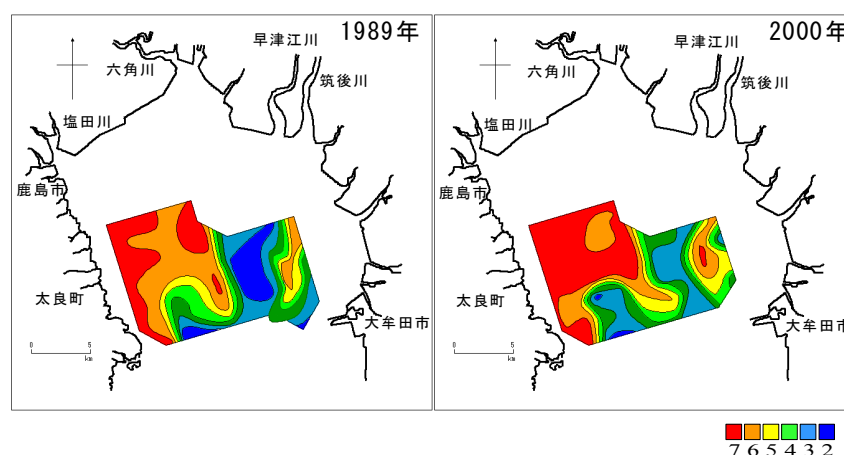


図 3.2.2 有明海湾奥部の底質の中央粒径値の水平分布

出典：有明海・八代海総合調査評価委員会・環境省 委員会報告 平成 18 年

図 3.2.1 は佐賀県の調査結果であり、佐賀県及び環境省は同地点で同手法でその後も調査を続けている。それらの結果を踏まえた作業経過として、環境省が行った平成 24 年度有明海懸濁物長期変動把握調査報告書から関係部分を引用して以下に示す。なお、検討では”泥化”は”細粒化”、すなわち”物理的に粒径が小さくなること”と考えている。細粒化の判断材料としては、中央粒径（Md ϕ ）および粘土シルト含有率（63 μm 以下）を用いたが、2000 年以降のデータについては、各底質分析地点での粒径加積曲線を用いて、そのような粒径の含有率の変化が顕著であるかも確認したうえで、7.8 μm 以下（この粒径より細かい粒径が 50% を占める底質が Md ϕ = 7 に相当する）の粒子に着目すると、多くの地点で 10% 以下の減少率となっており、近年において微細粒子の含有率が減少した結果、粗粒化傾向を示したと考えられる。

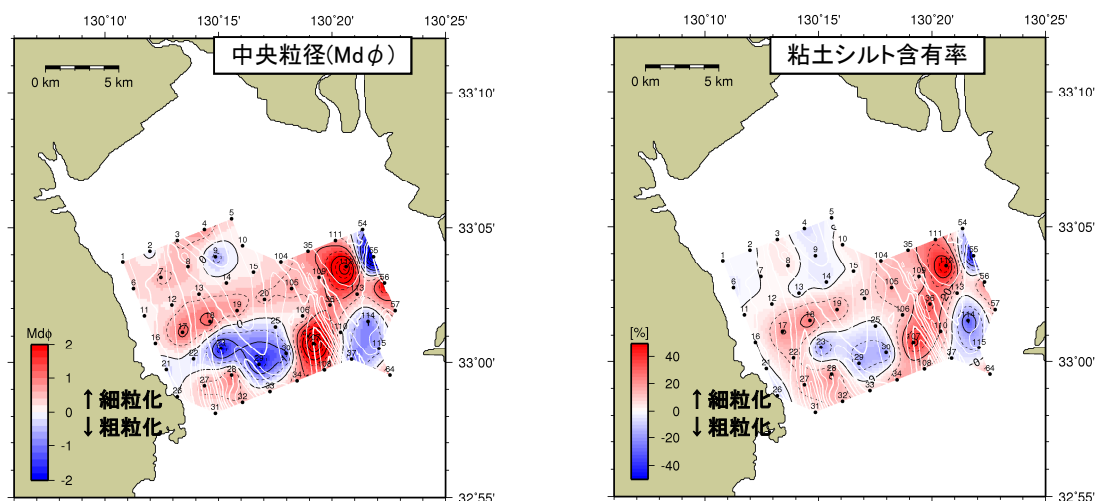


図 3.2.3 中央粒径と粘土シルト含有率の分布の変化(1989～2000 年の差)

出典：環境省 平成 24 年度 有明海懸濁物長期変動把握調査 報告書

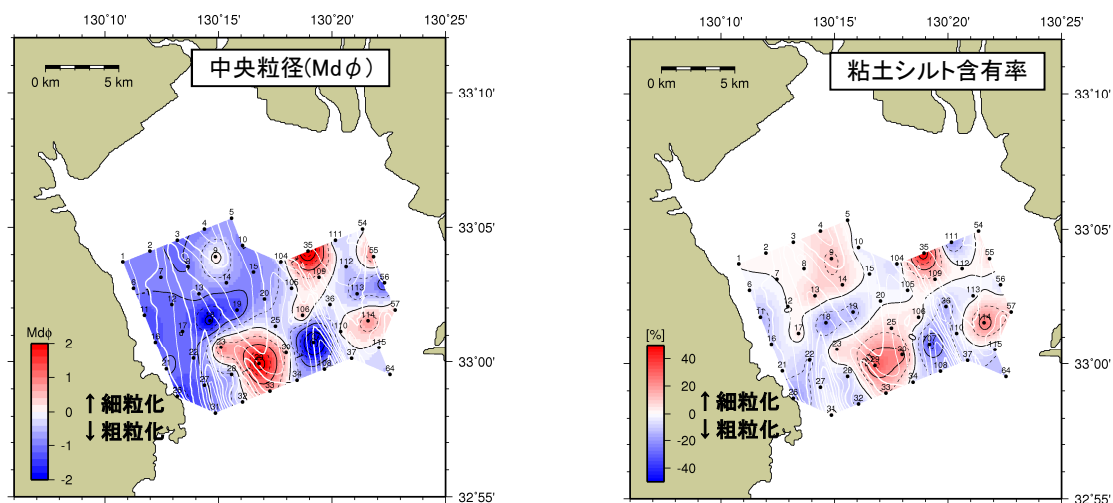


図 3.2.4 中央粒径と粘土シルト含有率の分布の変化(2000～2009 年の差)

出典：環境省 平成 24 年度 有明海懸濁物長期変動把握調査 報告書

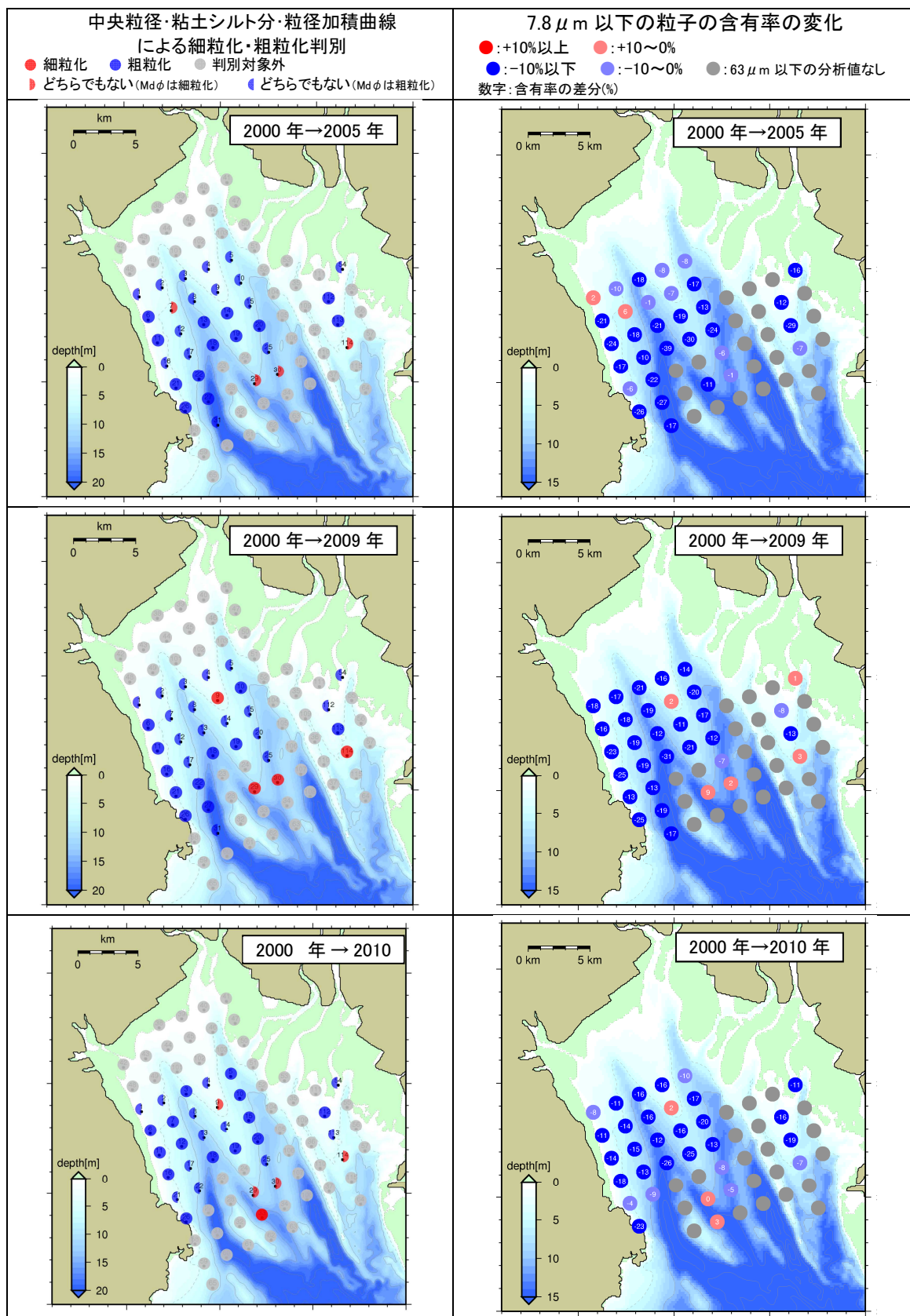
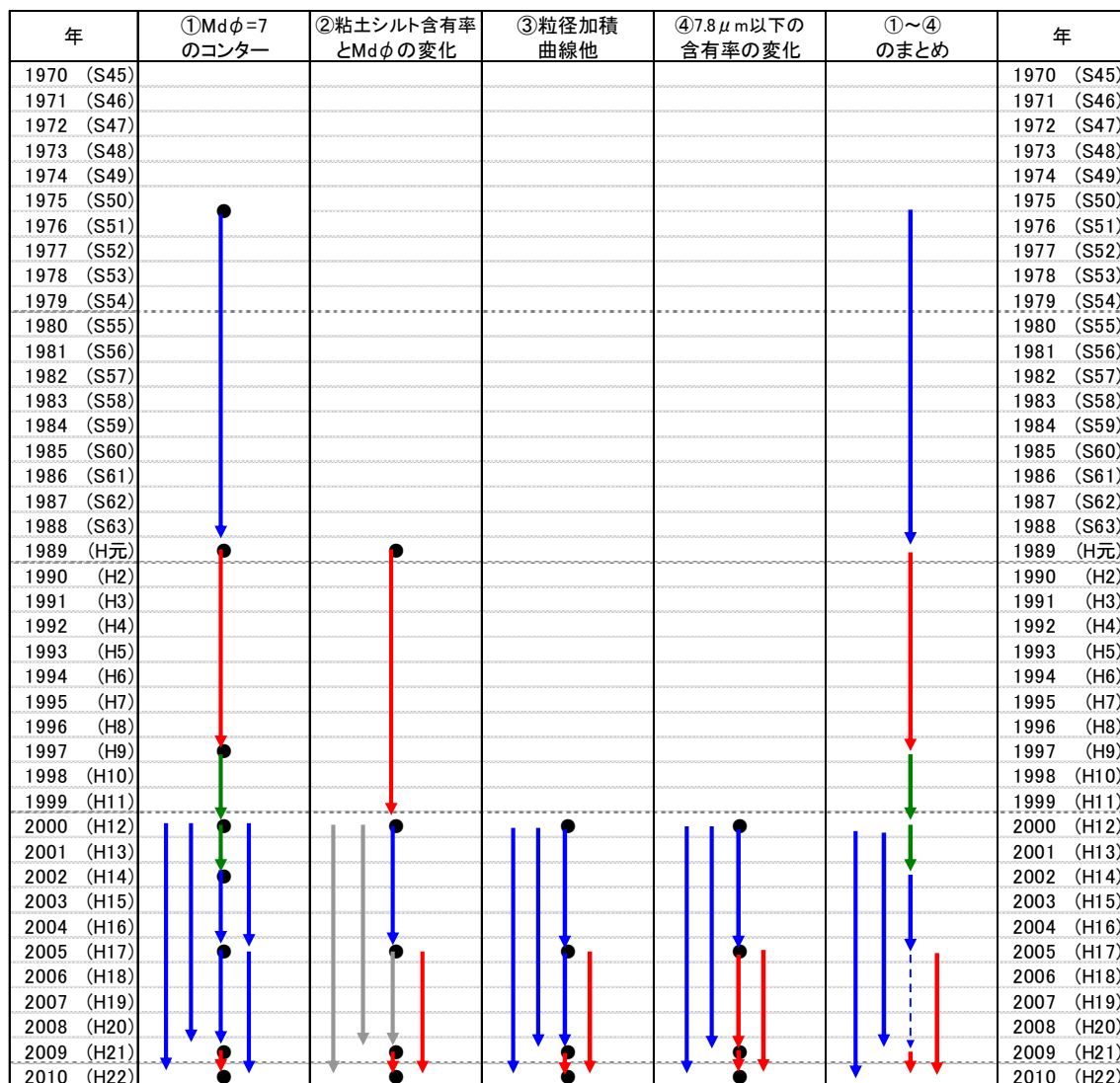


図 3.2.5 細粒化・粗粒化判別結果と7.8 μm 以下の粒子の含有率の変化

出典：環境省 平成 24 年度 有明海懸濁物長期変動把握調査 報告書

1970年代から1989年にかけては、粗粒化傾向であった。これまでの検討では、1989年から2000年にかけて細粒化が進んだことを示されたが、Mdφ=7のコンターによると、1997年には既にある程度の細粒化は進んでいたと考えられる。1997年から2002年までは変化は小さく、その後2005年にかけて粗粒化が進んだと考えられる。2005年から2009年にかけては変化傾向が明瞭ではないが、2005年から2010年の間でみると、細粒化が進んできていることが分かる。ただし、2000年から2010年の間でみると、粗粒化の傾向となる。



- ※ 粗粒化・細粒化の判別は、基本的には③で行う
 ※ ③のデータが無い部分については、①②④を参考にする
 ※ 矢印の凡例
 → 粗粒化傾向
 → 細粒化傾向
 → どちらでもない
 → 判別不能
 → 粗粒化傾向(明瞭でない)

図 3.2.7 底質の細粒化・粗粒化状況

出典：環境省 平成24年度 有明海懸濁物長期変動把握調査 報告書

(3) A3・A5～A9 海域

底質の泥化についての報告はないものの、含泥率については近年の底質調査結果のクラスター解析の結果から、他の海域に比べて低いレベルにある。¹⁾ただし、A3 海域の南側、A5 海域の中部(緑川・白川河口地先)では含泥率が高くなっている。¹⁾

(4) A6～A9 海域

底質の泥化についての報告はないものの、含泥率については他の海域に比べて低いレベルにある。¹⁾

(5) Y1 海域

底質の泥化についての報告はないものの、近年の底質調査結果のクラスター解析の結果から、含泥率は他の海域に比べて最も高いレベルにある。¹⁾

(6) Y2・Y3 海域

底質の泥化についての報告はないものの、含泥率は他の海域に比べて高いレベルにあり、特に Y3 海域が高い傾向がみられる。¹⁾

(7) Y4 海域

底質の泥化についての報告はないものの、含泥率は他の海域に比べて低いレベルにあるり、特に南西部は低くなっている。¹⁾

(8) Y5 海域

底質の泥化についての報告はないものの、含泥率は他の海域に比べて低いレベルにある。¹⁾

3.2.2 底質中の有機物の増加

底質中の硫化物について経年的な調査結果はないため、近年の有機物含有量の分布傾向を整理した。¹⁾

(1) A1 海域

近年の底質調査結果のクラスター解析の結果から、有機物の含有量は他の海域に比べて高いレベルにある。

(2) A2・A4 海域

有機物の含有量は他の海域に比べて最も高いレベルにある。

(3) A3・A5 海域

有機物の含有量は他の海域に比べて低いレベルにある。ただし、A3 海域の南側、A5 海域の中部(緑川・白川河口地先)では有機物含有量が多くなっている。

(4) A6～A9 海域

有機物の含有量は他の海域に比べて最も低いレベルにある。

(5) Y1 海域

近年の底質調査結果のクラスター解析の結果から、有機物の含有量は他の海域に比べて最も高いレベルにある。

(6) Y2・Y3 海域

有機物の含有量は他の海域に比べて高いレベルにあり、特に Y3 海域が高い傾向がみられる。

(7) Y4 海域

有機物の含有量は他の海域に比べて低いレベルにあり、特に南西部は低くなっている。

(8) Y5 海域

有機物の含有量は他の海域に比べて低いレベルにある。

3.2.3 底質中の硫化物の増加

底質中の硫化物について経年的な調査結果はないため、近年の硫化物含有量の分布傾向を整理した。¹⁾

(1) A1 海域

近年の底質調査結果のクラスター解析の結果から、硫化物の含有量は他の海域に比べて高いレベルにある。

(2) A3・A5～A9 海域

硫化物の含有量は他の海域に比べて低いレベルにある。ただし、A3 海域の南側、A5 海域の中部(緑川・白川河口地先)では硫化物含有量が多くなっている。

(3) A2・A4 海域

硫化物の含有量は他の海域に比べて最も高いレベルにある。

(4) Y1 海域

近年の底質調査結果のクラスター解析の結果から、硫化物の含有量は他の海域に比べて最も高いレベルにある。

(5) Y2・Y3 海域

硫化物の含有量は他の海域に比べて高いレベルにあり、特に Y3 海域が高い傾向がみられる。

(6) Y4 海域

硫化物の含有量は他の海域に比べて低いレベルにあり、特に南西部は低くなっている。

(7) Y5 海域

硫化物の含有量は他の海域に比べて低いレベルにある。

3.2.4 貧酸素水塊の発生

貧酸素水塊については生物小委で検討を行っているところであり、ここでは収集した資料から全域的な状況を以下に整理した。

農林水産省九州農政局は有明海における貧酸素水塊の発生状況について、以下のよう報告している。²⁾

貧酸素水塊は、水温が上昇する7月末頃から8月末頃にかけて形成され、大きな降雨後に表層塩分の低下により塩分躍層が形成されている状態で発生しやすいことが明らかになった。また、貧酸素水塊は、有明海湾奥部の浅海域では、流動の弱くなる小潮期などに多く発生し、水深の深い海域では、流動の大きくなる大潮期においても解消されない場合もあり、台風などの強風・高波浪時に解消されるなど潮期との明らかな関係はみられなかった。

貧酸素水塊の発生頻度は、有明海湾奥部西側海域と諫早湾中央から北部沿岸域が高い。さらに、これらの海域で形成された貧酸素水塊は、往復流（潮流）によって、有明海湾奥部西側海域では南北方向に往復し、諫早湾では東西方向に往復していた。

溶存酸素濃度を低下させる酸素消費現象としては、河川等から供給された有機懸濁物質や、赤潮などのように河川水量の増大に伴って増殖した植物プランクトンの死骸等が、水中や海底面で好氣的分解を受ける現象や、海底に堆積した有機物が巻き上げられた際に、酸化還元反応により酸素を消費する現象が考えられる。有明海湾奥部西側海域や諫早湾中央から北部沿岸域で貧酸素現象が頻発している要因には、前述のような酸素消費現象を引き起こす有機懸濁物質が多かったり、底泥に堆積している有機物が多くなり、底層 DO が報告されている。また、熊本県によると、八代海では貧酸素水塊の確認がされていないものの、近年はその存在を示唆する底層 DO が報告されている。³⁾

3.2.5 赤潮の発生件数の増大・大規模化

生物小委では、赤潮の発生についてその主要な要因と原因について整理を行っており、現時点での整理結果を図 3.2.8 に示す。

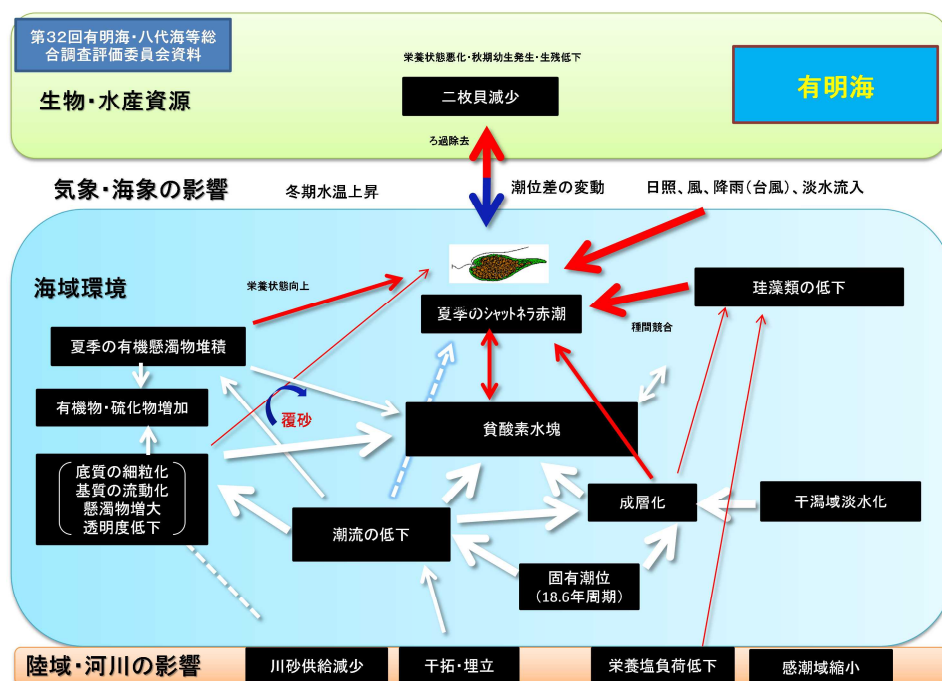


図 3.2.8 (1) 赤潮の発生に関する連関図(有明海)

出典：第 32 回有明海・八代海等総合調査評価委員会資料 2-2

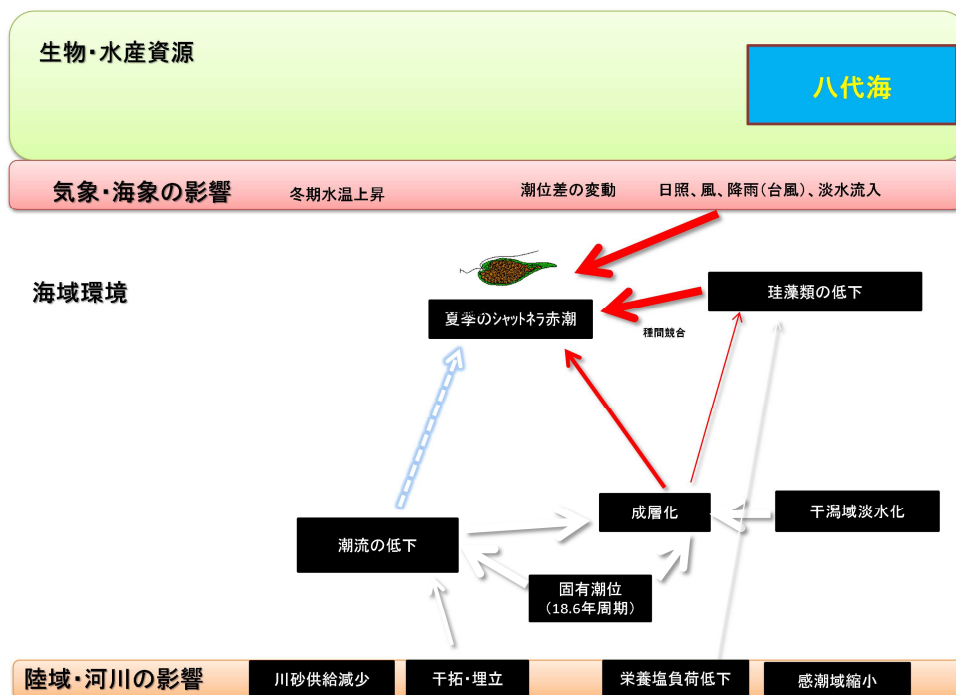


図 3.2.8 (2) 赤潮の発生に関する連関図(八代海)

出典：第 8 回有明海・八代海等総合調査評価委員会生物・水産資源・水環境問題検討作業小委員会資料 2

3.2.6 潮位差の減少・平均潮位の上昇

(1) 潮位差の減少

数値シミュレーションによると、有明海内の海岸線が変化したときの M2 分潮の振幅幅を求めると、実際の減少量(1930 年代から 2000 年代で約 3.5cm の減少)をほとんど再現できなかったことから、20 世紀中に生じた有明海内の M2 分潮の振幅幅の減少の主たる要因は外海の M2 分潮の振幅幅の減少であると考えられている。⁴⁾

なお、潮位差の減少について、現時点では海域ごとの状況の報告等はない。

(2) 平均潮位の上昇

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。⁴⁾

なお、平均潮位の上昇について、現時点では海域ごとの状況の報告等はない。

3.2.7 栄養塩の流入・有機物の流入

(1) A1 海域(筑後川)

有明海では、全流入負荷の 20～30%が筑後川から流入しており、経年的には明瞭な増加傾向はみられない。⁴⁾

(2) A2～A4・A6～A9 海域

主要な河川の流入がない海域であるため、栄養塩・有機物は隣接する海域からの移流・拡散によって流入する。隣接する海域からの流入については、数値シミュレーションモデルを用いて河川から流入した負荷が到達する時間、形態及び量を検討する予定である。

(3) A5 海域(白川・緑川・菊池川)

緑川は有明海では淡水流入量が筑後川に次いで多く、全体の約 11%を占めており、A1 海域について流入負荷が多い海域である。⁴⁾

(4) Y2 海域(球磨川)

河川から流入する栄養塩・有機物の推移について、国土交通省の資料を用いて現在整理中である。

(5) Y1・Y3～Y5 海域

主要な河川の流入はない海域であるため、栄養塩・有機物は隣接する海域からの移流・拡散によって流入する。隣接する海域からの流入については、数値シミュレーションモデルを用いて河川から流入した負荷が到達する時間、形態及び量を検討する予定である。

3.2.8 河川を通じた陸域からの土砂供給の減少

国土交通省資料によると、筑後川⁵⁾、嘉瀬川⁶⁾、六角川⁷⁾、緑川⁸⁾、白川⁶⁾、菊池川⁹⁾、球磨川¹⁰⁾では、近年 10 年ほどは土砂供給がおおむね安定している、とされている。

出典：

- 1)園田吉弘・滝川清・山口信司・福留雄二・高木克己・荒川浩成・川岸寛「実測データによる有明・八代海域の底質環境分布特性
- 2)九州農政局「有明海の再生に向けた新たな取組」環境変化の仕組みの更なる解明のための調査－調査結果のまとめ－
- 3)熊本県 HP
- 4)楠田哲也編「蘇る有明海-再生への道程」
- 5)第 29 回有明海・八代海等総合調査評価委員会資料 3-2
- 6)環境省「平成 21 年有明海・八代海総合調査推進業務報告書」
- 7)六角川水系河川整備基本方針(土砂管理等に関する資料について(案))
- 8)緑川水系河川整備基本方針(土砂管理等に関する資料(案))
- 9)菊池川水系河川整備基本方針(土砂管理等に関する資料(案))
- 10)国土交通省資料「球磨川の総合的な土砂管理」

3.3 ケーススタディ海域における連関図

3.3.1 ケーススタディについて

有明海では、底生生物の生息環境の観点及び貧酸素水塊・赤潮の発生の観点からみた環境特性の評価、隣接する海域との定量的な物質循環、干潟域の知見等が不足しており、現時点の連関図では反映できないという課題がある。したがって、すべての海域の連関図を完成させるためには、課題を解決するための追加調査が必要である。しかしながら、追加調査の結果をもって連関図を完成させるのでは、社会要請への対応としては遅いと考えられる。

そこで、現在社会問題となっている水産業の衰退への対応も考慮して、底生生物、中でも生物小委で最も優先的に整理された水産対象種(タイラギ・サルボウ・アサリ)の主要な生息海域となっている有明海湾奥部・湾央部を対象に、現時点の知見及び数値シミュレーションモデルによる検討結果を基に海域特性を整理して、連関図を完成させ、そして連関図によって問題点とその原因・要因を明らかにしたうえで、生物の生息環境として評価を行う。

生物の生息環境の評価については、生物の生息状況と環境の関係等に関する既往資料を基に、HSI モデルを活用した評価手法によって、底生生物の生息状況と環境の関係を定量化する。

この評価手法によって現況の評価を行い、生物の生息環境の観点からみた改善のための実行可能な再生技術の方向性を検討するとともに、数値シミュレーションモデルを用いて感度解析を行い、ケーススタディとして取りまとめることとした。

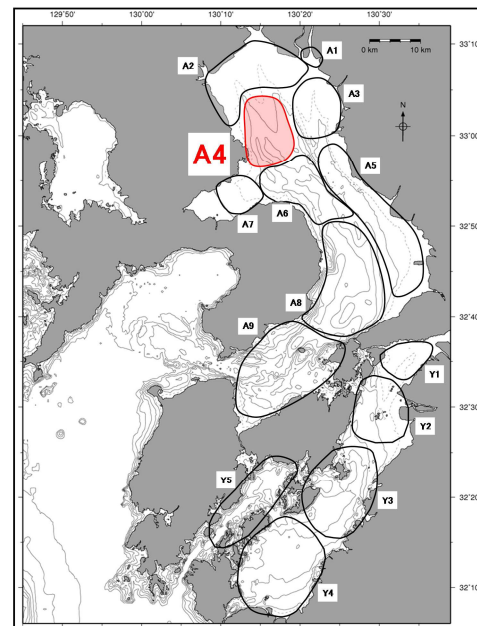
3.3.2 ケーススタディ海域 1(A4)

(1) 概況

生物小委で最も優先的に整理された水産対象種(タイラギ・サルボウ)の主要な生息海域となっている有明海湾奥部に相当する海域区分は A4 である。そこで、ケーススタディ海域 1 は A4 海域とした。A4 海域は、湾奥部中央に位置しており、貧酸素水塊の発生頻度が高いことからモニタリング調査が精力的に行われている。

(2) 連関図について

この海域では、問題点として二枚貝(タイラギ・サルボウ)の減少、ベントスの減少等について、全域ではないものの確認されている。そこで、主要な要因について、以下のような考え方で整理した。結果を図 3.3.1~図 3.3.9 に示す。



○現時点で収集した事業報告・研究報告等によって、主要な要因として確認されたものは赤枠で示し、内部を図 3.1.1 の存在エリアの色分けと合わせて示した。

： 生物、水産資源エリア:グリーン、海域環境エリア:ブルー、陸域・河川の影響:オレンジ、気象、海象の影響:ピンク

○現時点で収集した事業報告・研究報告等によって、主要な要因として確認されていないものは灰色の枠で示した。

また、問題点と主要な要因の関係については以下の考えで整理した。

○現時点で収集した事業報告・研究報告等によって、関係が確認されたものは黒実線で示した。

○現時点で収集した事業報告・研究報告等によって、関係が確認されなかったものは灰色点線で示した。

上記の結果をまとめて連関図として図 3.3.10 に示す。

1) 底質の泥化

主要な要因を中心とした連関図における現状の確認結果を表 3.3.1 に示す。また、この結果をまとめて図 3.3.11 に示す。

図中、問題点とその主要な要因及び原因を枠内に示している。そのうち、収集した事業報告・研究報告等によって、現時点で主要な要因として確認されたものは赤枠で示し、内部を図 3.1.1 の存在エリアの色分け(生物、水産資源エリア:グリーン、海域環境エリア:ブルー、陸域・河川の影響:オレンジ、気象、海象の影響:ピンク)で示した。また、主要な要因として確認されなかったもの(図 3.1.1 に記載されている要因等)は灰色で示した。

次に、図中で問題点と主要な要因の関係は矢印で示し、収集した事業報告・研究報告等によって、現時点で関係が確認されたものは黒実線で、確認されなかったものは灰色点線で示した。なお、現在検討中の関係は黒実線で示している。

表 3.3.1 底質の泥化についての現状の確認結果(案)

番号	関係	情報
①	潮流の低下 → 底質の泥化	○海域により泥化、粗粒化の傾向はまちまちであり、エスチュアリ循環流、平均流及び海上風によって懸濁物の挙動が影響されることが報告されている。(3.2.1参照)
②	潮位差の減少・平均潮位の上昇 → 底質の泥化	○定量的な関連は報告されていない。
③	河川を通じた陸域からの土砂供給の減少 → 底質の泥化	○河川を通じた陸域からの土砂供給については安定しているとの報告がある。(3.2.8参照)
①	底質の泥化 → 魚類等の漁獲量(資源量)の減少、種組成の変化	○定量的な関連は報告されていない。
②	底質の泥化 → ベントスの減少	○底質中の含泥率が相対的に高い海域では、底生生物の出現種類数が減少していることが報告されている。(園田吉弘「有明海海域の水質・底質と底生生物の分布特性—物理・化学及び生態学的視点からの研究—」)
③	底質の泥化 → 二枚貝の減少(浮遊幼生期・着床稚貝の生残率の低下)	○生物小委で検討中である。

※表中の青番号は図3.3.1において中心の主要な要因へ影響を及ぼす関係を、黒番号は主要な要因が影響を及ぼす関係を示す。

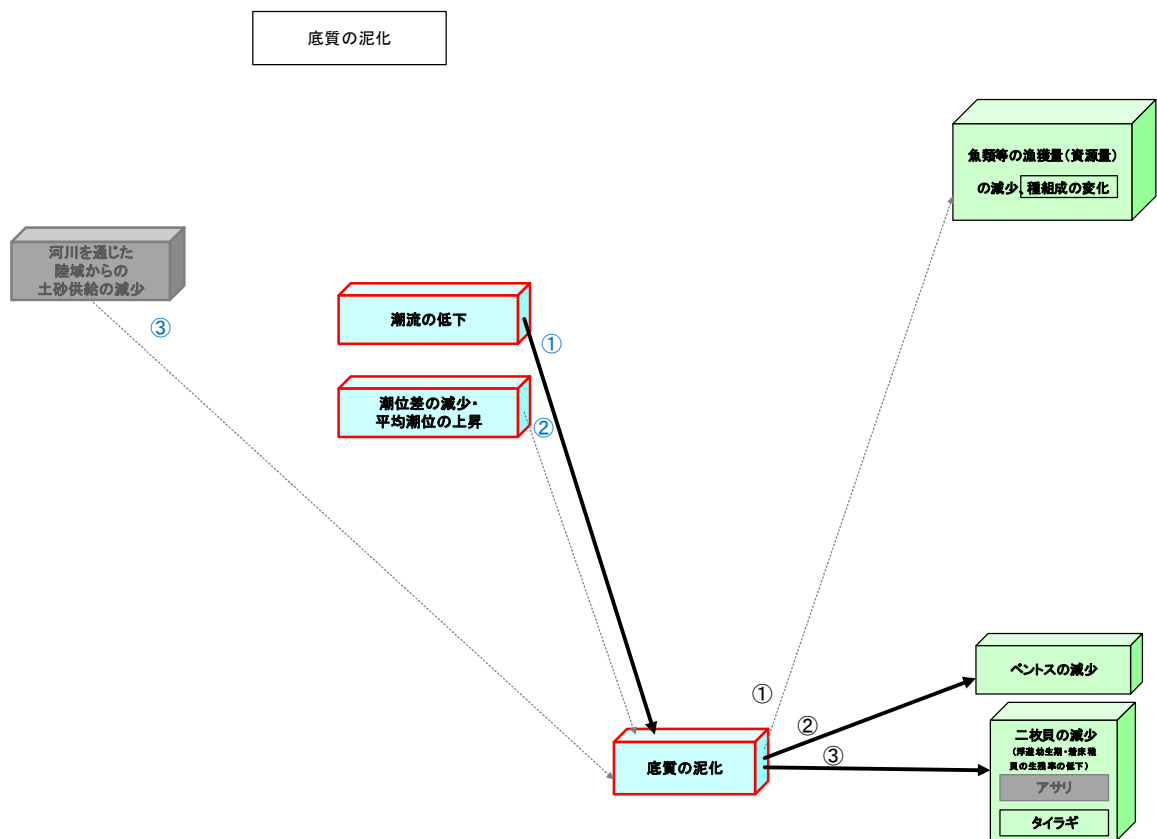


図 3.3.1 底質の泥化に関する連関図(案)