

海域の物質循環健全化計画について

「海域の物質循環健全化計画」の目的

窒素、りん等の栄養塩類は、図 1 のように、陸域・海域の物理的・化学的・生物的な作用を受けながら循環している。これらの栄養塩は海域の動植物等にとって必要不可欠なものであるが、その過剰流入や海域をめぐる社会経済活動、自然条件の変化による生物相の変化等によって海中の栄養塩類のバランスが損なわれ、赤潮や貧酸素水塊の発生、海苔の色落ち等の水産被害の発生が見られる海域が存在している。

海域に必要な栄養塩類の濃度（量）を適切に管理するための海域及び周辺地域（集水域）において実施すべき方策は、海域の地理的・地形的条件、海域の利用状況、周辺地域の経済社会活動の状況等によって大きく異なる。このため、それぞれの海域ごとに海域・陸域一体となった効率的かつ効果的な栄養塩類の管理方策を明らかにすることが有効であり、これに基づき、生物多様性に富んだ豊かで健全な海域の構築に向けた行政、地域住民、事業者、研究者等による総合的な取組を推進する必要がある。

そのため、栄養塩類の円滑な循環を維持・達成するためのプランを策定し、それに基づき地域関係者が共同で対策に取り組む**モデル地域（三津湾、気仙沼湾（中断中）、三河湾及び播磨灘北東部海域）**について、**周辺地域における栄養塩類負荷発生状況、水質・底質の状況、漁獲量の状況等を把握するとともに、陸域・海域バイオマスの増殖・回収機能強化に関する調査、物質収支モデルを用いた要因分析及び循環量の評価、新たな技術開発動向も踏まえた対策の抽出等を行い、具体的な行動計画を当該海域の「ヘルシープラン（仮称）」として策定する。**さらに、モデル地域における検討結果を踏まえて、我が国の閉鎖性海域において適用できる、海域の実情に応じた**栄養塩類管理方策を確立するための「海域ヘルシープラン策定要領」**を作成するものである。



図 1 栄養塩類の物質循環のイメージ

1. モデル地域選定の経緯

閉鎖性海域では物質(栄養塩等)の循環に関して、海域ごとに生じている問題に違いがある。このため、この違いをいくつかのタイプに類型化し、タイプごとにモデル地域を選定し、そのヘルシープランを策定することが、全国の閉鎖性海域で生じている問題の解決の方向性を示す上で有効であると考えた。

海域の類型化を行うためには、全国の閉鎖性海域の多くのデータを収集し、整理・解析する必要があるが、海洋政策研究財団では平成 16 年度より全国の 71 の閉鎖性海域について「海の健康診断」を実施している。

「海の健康診断」では、「海湾の健康な状態」を「物質循環が円滑で、生態系の安定性が大きいこと」と定義した上で、表 1 の検査項目について、公開資料を用いて「生態系の安定性」及び「物質循環の円滑さ」の観点から A (良好)、B (要注意)、C (要精密検査) の診断を行っている。

モデル地域の選定は、「海の健康診断」の診断方法に加えて、次ページに示すフローに従って行った。

表 1 「海の健康診断」の一次検査項目

検査の視点		検査項目
生態系の安定性	生物組成	漁獲生物の分類群別組成の変化
		海岸生物の出現状況
	生息空間	干潟・藻場面積の変化
		人工海岸の割合
	生息環境	有害物質の測定値
		貧酸素水の確認頻度
物質循環の円滑さ	基礎生産	透明度の変化
		赤潮の発生頻度
	負荷・海水交換	負荷と滞留のバランス
		潮位振幅の変化
	堆積・分解	底質環境
		無酸素水の出現状況
	除去 (漁獲)	底生魚介類の漁獲量

海域の類型化からモデル地域を選定する基本的考え方は以下のとおりである。

- ① 海健康診断の対象 71 海域を図 2 のように、「生態系の安定性」と「物質循環の円滑さ」を軸としてプロットする。

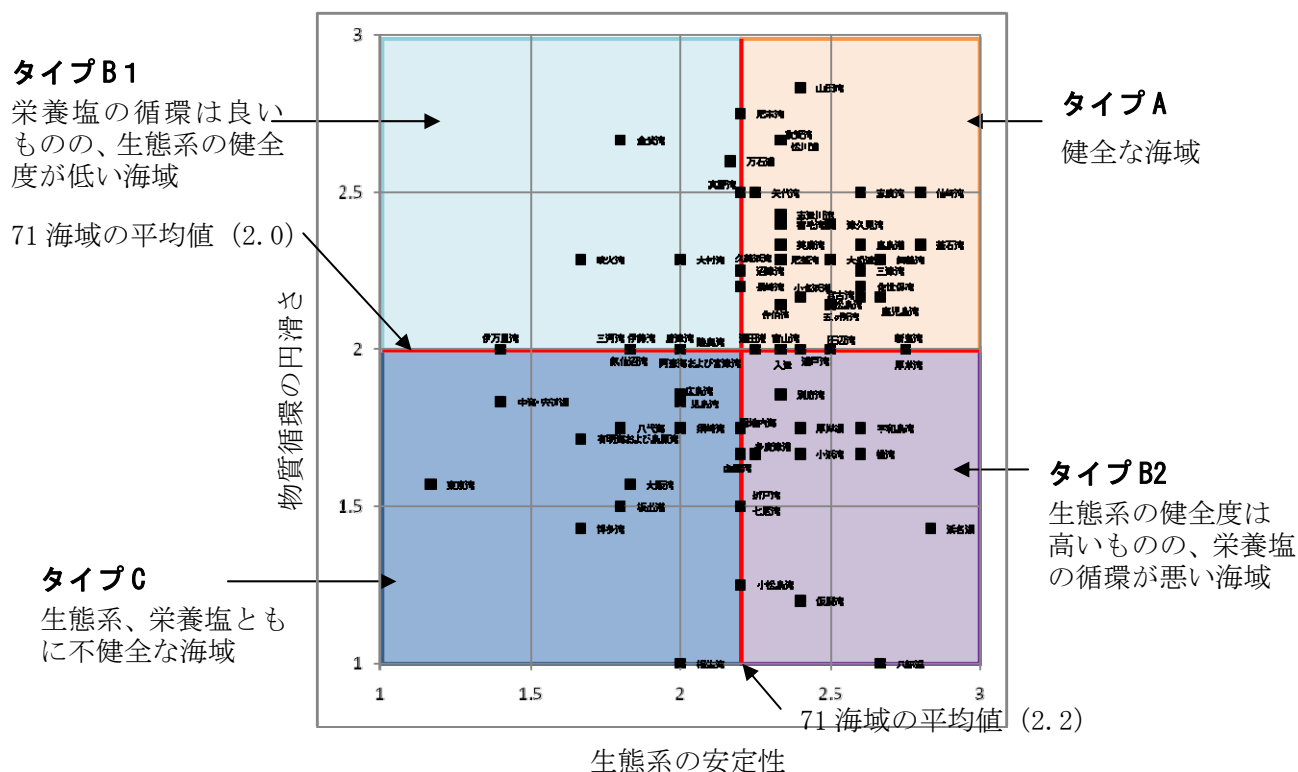


図 2 各湾における生態系の安定性と物質循環の円滑さの関係

- ② 応募してきた海域のデータも参考とし、上図のどのタイプに位置する海域か再度確認する。
- ③ モデル地域は 3 地域程度とし、応募してきた海域が各タイプ (タイプ A、B1、B2、C) に 1 つしかない場合には、その海域をモデル地域として選定する。ただし、応募海域が 4 海域以上あった場合には、タイプ A に該当する海域は選定しない。
- ④ 同じタイプに複数の海域が該当した場合には、以下の視点を総合的に勘案して、モデル地域を選定する。

○障害の程度

- ・常態化しているか
- ・経済的損失の大きさ
- ・複数の障害が重複して発生しているか
- ・特に注目すべき障害がみられているか

○他の地域への波及効果

- ・閉鎖性海域における一般的な物質循環系を備えていそうか (陸域からの流入負荷、海域での消費など)
- ・各タイプの特徴が明瞭であるか (例：タイプ B1・・・生態系がより不安定な例 (図 2 においてより左上に位置))

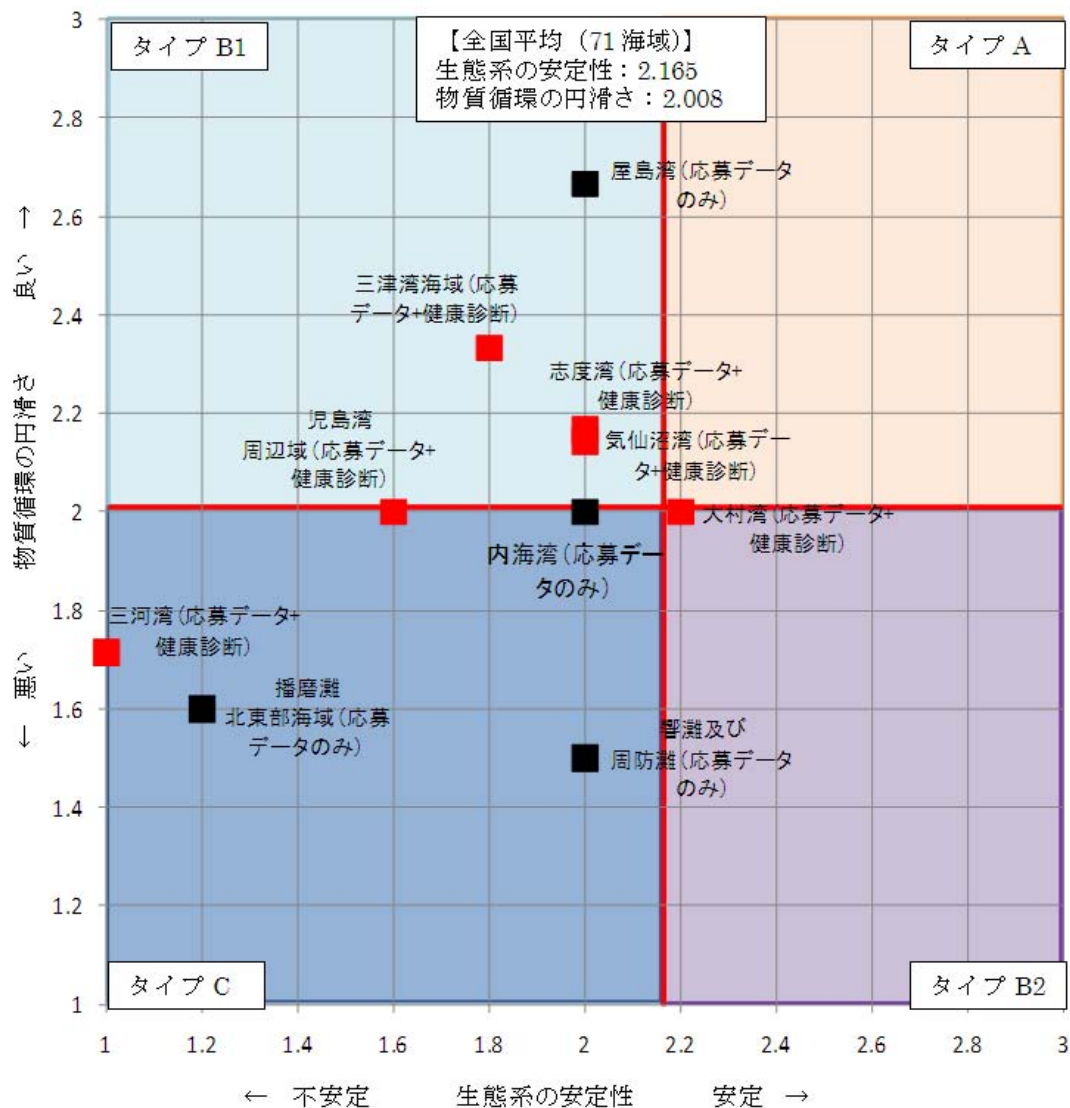
○検討の有効性

- ・人為的に改善できそうか
- ・解消・軽減対策の効果が見込めそうか
- ・地元において活発な海の環境への取り組みがなされているか (特に多様な主体の連携がみられるか)

「海の健康診断」やモデル地域への応募申請書のデータを用い、応募地域の類型化を行った結果を図3に示す。

各応募海域の類型化の結果に加え、障害の程度、他の地域への波及効果、検討の有効性の視点から「平成21年度 第2回 海域の物質循環健全化計画（モデル地域選定）検討委員会」において議論され、タイプB1から気仙沼湾、タイプCから三河湾、播磨灘北東部海域をモデル地域として選定され、平成22年度から検討が進められている。

しかし、気仙沼湾は東日本大震災の影響により、本年度は検討が行えない。そのため、モデル地域として応募いただき、気仙沼湾と同様なタイプB1に属する三津湾をモデル地域として加えた。



注) ■：応募申請書のみのデータで計算
■：応募申請書のデータで不足している部分を「海の健康診断」の結果で補足

図3 各海域の類型化

2. 海域の物質循環健全化計画の検討方法

海域の物質循環健全化計画は図 4 に示す実施体制で検討を進めていく。

実施体制は計画全体を統括する統括検討委員会とモデル地域（三津湾、三河湾、播磨灘北東部海域、（気仙沼湾（中断中）））毎に設置される3つ（4つ）の地域検討委員会からなる。

統括検討委員会では、平成 24 年度を目途に「海域ヘルシープラン策定要領」の取りまとめに向け、各地域検討委員会の全体の統括を行う（表 2、表 3）。

各地域検討委員会では、それぞれの地域の現地調査や実証試験等を行い、各モデル地域のヘルシープランを取りまとめる。

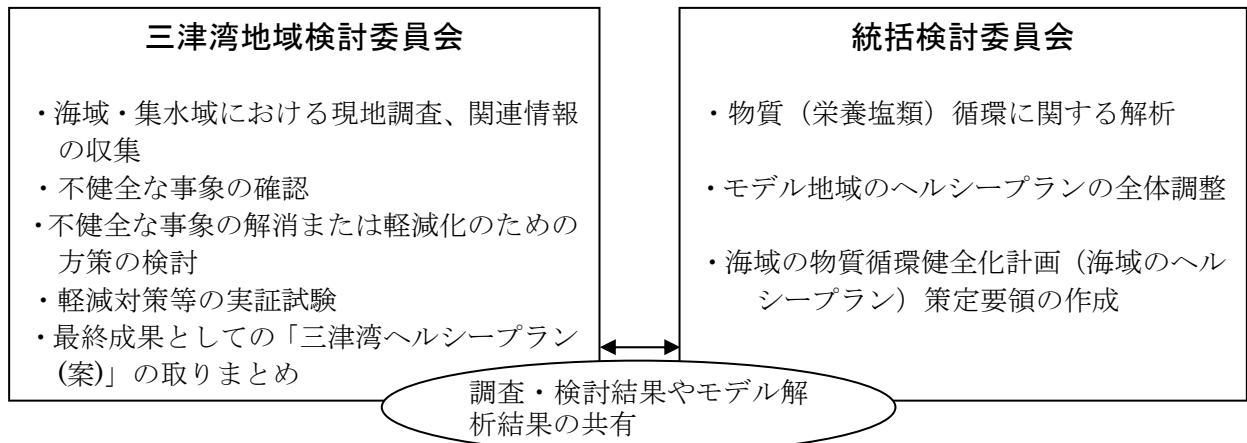


図 4 ヘルシープラン策定に向けた実施体制のイメージ

表 2 作業計画イメージ（三津湾地域は他の地域に1年遅れてスタート）

年度	統括検討委員会での主な作業	三津湾地域検討委員会での主な作業	他の地域検討委員会での主な作業
H21	<ul style="list-style-type: none"> 閉鎖性海域の類型化 モデル地域の公募、選定 モデル地域の物質循環健全化の基本方針、調査計画等作成 		
H22	<ul style="list-style-type: none"> モデル地域の調査方針等検討・助言 ヘルシープラン策定要領の骨子(案)作成 物質収支モデルのベースモデル構築 		<ul style="list-style-type: none"> 既存資料調査、現地調査 栄養塩類の循環バランス向上対策検討（実証試験案の検討）
H23	<ul style="list-style-type: none"> 栄養塩類管理方策の検討 物質収支モデルの精度向上・解析 ヘルシープラン策定要領(案)作成 追加するモデル地域の選定、調査計画等作成 物質収支モデルのベースモデル構築 	<ul style="list-style-type: none"> 既存資料調査、現地調査 栄養塩類の循環バランス向上対策検討（実証試験案の検討） 	<ul style="list-style-type: none"> 既存資料調査、現地調査 実証試験の実施 地域懇談会の開催 ヘルシープラン(案)の検討
H24 (想定)	<ul style="list-style-type: none"> 栄養塩類管理方策の検討 物質収支モデルの精度向上・解析 ヘルシープラン策定要領の作成 	<ul style="list-style-type: none"> 既存資料調査、現地調査 実証試験の実施 地域懇談会の開催 ヘルシープラン(案)の検討 	<ul style="list-style-type: none"> 既存資料調査、現地調査（必要に応じ） 実証試験の実施（必要に応じ） 地域のヘルシープランの作成
:	:	<ul style="list-style-type: none"> 既存資料調査、現地調査（必要に応じ） 実証試験の実施（必要に応じ） 地域のヘルシープランの作成 	:

注) ←→ : 統括検討委員会と地域検討委員会での情報提供等の連携を行うことを示している。

太文字は、三津湾地域で検討するために実施する作業を示す。

表 3 平成 23 年度の作業計画イメージ

統括検討委員会での作業内容	モデル地域での作業（想定）
<ul style="list-style-type: none"> 三津湾で検討すべき事項の検討 三津湾の現地調査方針検討 	<ul style="list-style-type: none"> 委員会(7/19) <ul style="list-style-type: none"> 現地調査方針、実証試験内容、モデルの内容等について検討
<ul style="list-style-type: none"> 三津湾の調査計画取りまとめ 三津湾での調査結果、実証試験案取りまとめ ヘルシープラン策定要領（案）の作成 	<ul style="list-style-type: none"> 【地域検討委員会設置】 秋季現地調査開始 <ul style="list-style-type: none"> 既存資料等による地域の物質循環に係る情報整理 現地調査結果の整理 等 【地域検討委員会】 <ul style="list-style-type: none"> 物質循環状況の検討 等 【地域検討委員会】 冬季現地調査開始 <ul style="list-style-type: none"> 栄養塩類の循環バランス向上対策検討（実証試験案の検討） 等
<ul style="list-style-type: none"> 次年度の計画作成 	<ul style="list-style-type: none"> 委員会(12/6) <ul style="list-style-type: none"> ヘルシープラン策定要領（案）、モデルでの解析結果等について検討 必要に応じ委員会又は個別にヒアリング (地域検討委員会の状況や物質収支モデルの進捗等について) 委員会(3月上旬) <ul style="list-style-type: none"> 本年度検討結果報告 来年度の計画について検討
<ul style="list-style-type: none"> 物質収支モデルの計算条件検討 	
<ul style="list-style-type: none"> 物質収支モデルの構築 <ul style="list-style-type: none"> 地形データ収集・データ化 各種係数の情報収集 現況再現計算 他のモデル地域では、不健全化を改善する施策等を行った場合の効果について計算を行う 	
<ul style="list-style-type: none"> 次年度の計画作成 	

3. 物質循環健全化を進める上での考え方

平成 23 年度海域の物質循環健全化計画検討（三津湾地域検討）業務については、当該仕様書に記載された事項を基本として実施されることとなるが、統括検討委員会では以下の考え方で業務を進めていきたいと考えている。

(1) ヘルシーの定義

海域の物質循環健全化計画では”ヘルシー”な海とは、「再生産可能な生物資源を生み出す海の仕組みが健全であること」と考える。

栄養塩が過不足なく陸域と海域を滑らかに循環する「物質循環の円滑さ」と、生物が安定して生息・生育し続けることができる「生態系の安定性」が保たれている海であると位置付けている。

(2) 問題意識

内湾、内海、河口域など陸域に囲まれた閉鎖性の高い海域は、その恵まれた自然条件から、古くから漁場、産業活動の場、海上交通及びレクリエーションの場として利用され、その沿岸域に住む人々の豊かな日常生活を支えるとともに様々な文化を育んできた。

一方で、その物理的な形状ゆえに海水の交換が悪く、環境汚染に対して脆弱であるという性質を有し、東京湾、伊勢湾及び瀬戸内海等の閉鎖性海域では、高度経済成長以降、海域の汚濁に伴う水生生物や漁業への被害、親水利用における障害など様々な社会問題が発生してきた。

これらの問題に対処するため、瀬戸内海環境保全特別措置法の制定や水質総量削減制度の実施をはじめとして、事業者や関係する行政機関のたゆまぬ努力により、かつての著しい水質汚濁は改善されてきた。

しかしながら、全体的には水環境の改善が十分には進んでいるとは言いがたく、赤潮の発生や、海域によっては夏季の底層を中心に貧酸素水塊が発生し、水生生物の生息・生育及び再生産に影響を及ぼしているなどの状況が依然としてみられている。

このような現在の閉鎖性海域の問題は、陸域から海域に供給される栄養塩の量だけの問題ではなく、質の変化や栄養塩の循環に関与する生物相の変化等も関連し、過剰に栄養塩がストックされ物質が循環しにくい構造が生じたり、逆に循環してこないために栄養塩が不足するような構造が生じる海域がみられるなど、栄養塩類等の物質循環バランスが損なわれていることに起因するものと考えられる。

（参考資料：閉鎖性海域中長期ビジョン、平成 22 年 3 月、閉鎖性海域中長期ビジョン策定に係る懇談会）

(3) 地域検討委員会への統括検討委員会からのお願い

各モデル地域は「海域ヘルシープラン策定要領」を作成する上でのケーススタディとなる海域である。

今後、モデル地域において「ヘルシープラン」を作成することになるが、モデル地域にとって何がヘルシーであるかは、地域や時代によっても異なり、また沿岸域を利用する立場によっても考え方は異なると想定される。

地域の海にとっての”ヘルシー”は、地域の実情をよく踏まえ、陸域と海域が一体となった取組みにより、次の世代にどのような海と引き継ぐことが良いかを考えることが重要であると考えられる。

統括検討委員会では、モデル地域への応募申請書等から、モデル地域の栄養塩循環の現状を整理し、各モデル地域での物質循環の健全化に向けた基本方針を作成した。

各地域検討委員会では、この基本方針を軸として、各モデル地域の”ヘルシー”とは何かを良く議論

した上で、物質循環や生態系の実態を把握するための各種資料収集を行うとともに、文献だけでは把握できない事象については現地調査や実証試験により把握し、ヘルシープランを作成頂きたい。

また、統括検討委員会で物質循環モデルを構築し、シミュレーションを行い、各地域検討委員会に予測結果を提供するため、モデル構築に必要なデータについても各地域検討委員会から提供願いたい。

各地域検討委員会でのヘルシープラン完成までの検討の過程は、今後、他の海域でヘルシープランを作成する際の参考となる。完成したヘルシープランのみでなく、実際にヘルシープランを作成する上で挙げた課題点も他の海域でヘルシープランを作成する際には非常に参考となると考えられるため、この点についても整理いただきたい。

なお、第1回統括検討委員会では、以下のようなシミュレーションモデルを構築することをご報告し、議論頂いた。地域検討委員会では、モデルに対する要望等について、今後ご議論いただきたい。

【計算範囲】：計算範囲の案は図 5 の通り。赤の実線を計算の境界とし、三津湾に向かって計算メッシュを細かくしていく予定である。

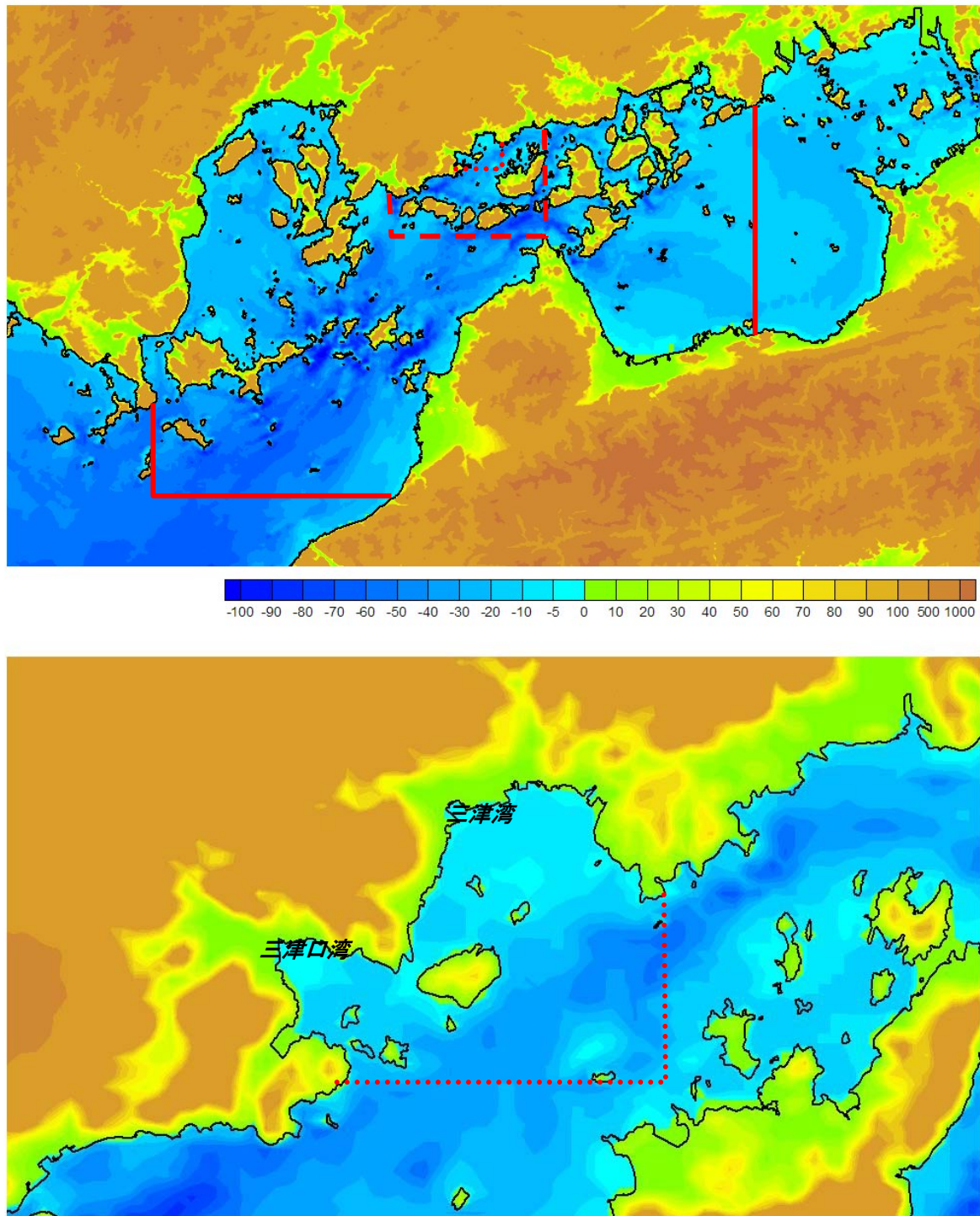


図 5 三津湾およびその周辺海域の水深および計算範囲の案

【水質モデルの構成】：三津湾地域で構築する水質モデルは、図 6 に示す浮遊生態系（水質）と底生生態系（底質および底生生物）を同時に解析できるモデル構造を有する水質-底質結合生態系モデル（以下、生態系モデルという）を想定している。

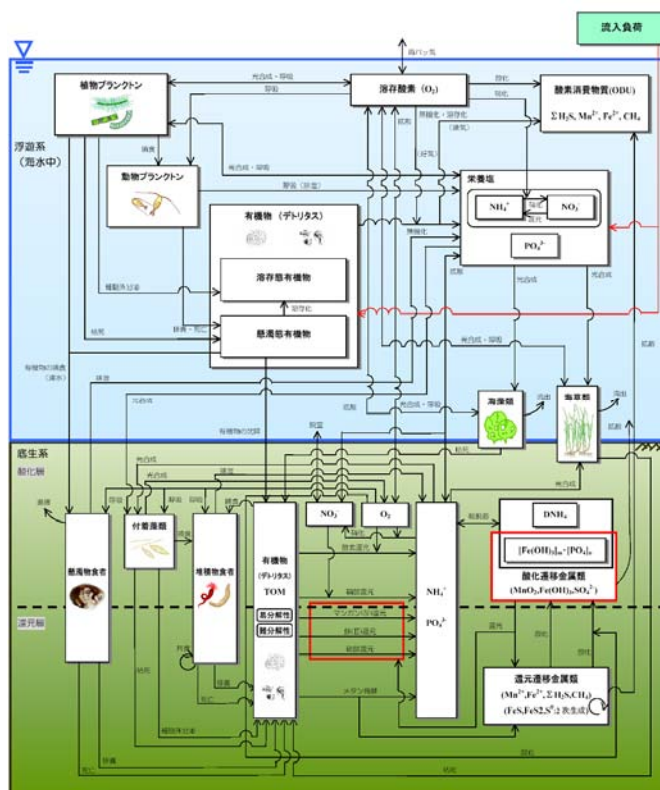


図 6 水質-底質結合生態系モデルの物質循環模式図

また、表 4 に現時点で想定される三津湾地域で構築する生態系モデルの構成要素の生物種の案を示す。今後、地域検討委員会等の要望も踏まえて設定する予定である。なお、モデルの詳細は、参考資料に示す。

表 4 三津湾地域で構築する生態系モデルで考慮する生物種の案

構成要素	生態系モデルで考慮する生物種の案
植物プランクトン	大型、小型珪藻
動物プランクトン	カイアシ類
海草類 (SGS)	アマモ
海藻類 (SWD)	ガラモ
付着藻類(DIA)	付着藻類
懸濁物食者(BSF)	カキ、アサリ
堆積物食者(BDF)	メイオベントス、マクロベントス

(4) 三津湾の健全化に向けての基本方針（統括検討委員会（案））

三津湾では、干潟部は底質悪化によると考えられる底層水の貧酸素化が報告されており、干潟のヘドロ化に対する底質改善対策として、東広島市では鉄炭団子等による対策が検討されている。

貧酸素の様な現象は、富栄養海域で見られるような課題であるが、一方で、養殖カキの粒が小さい、魚介類が減少するなど、貧栄養海域で見られるような、餌となるプランクトンの基礎生産力の低下によると考えられる課題も見受けられる。（図 7）。

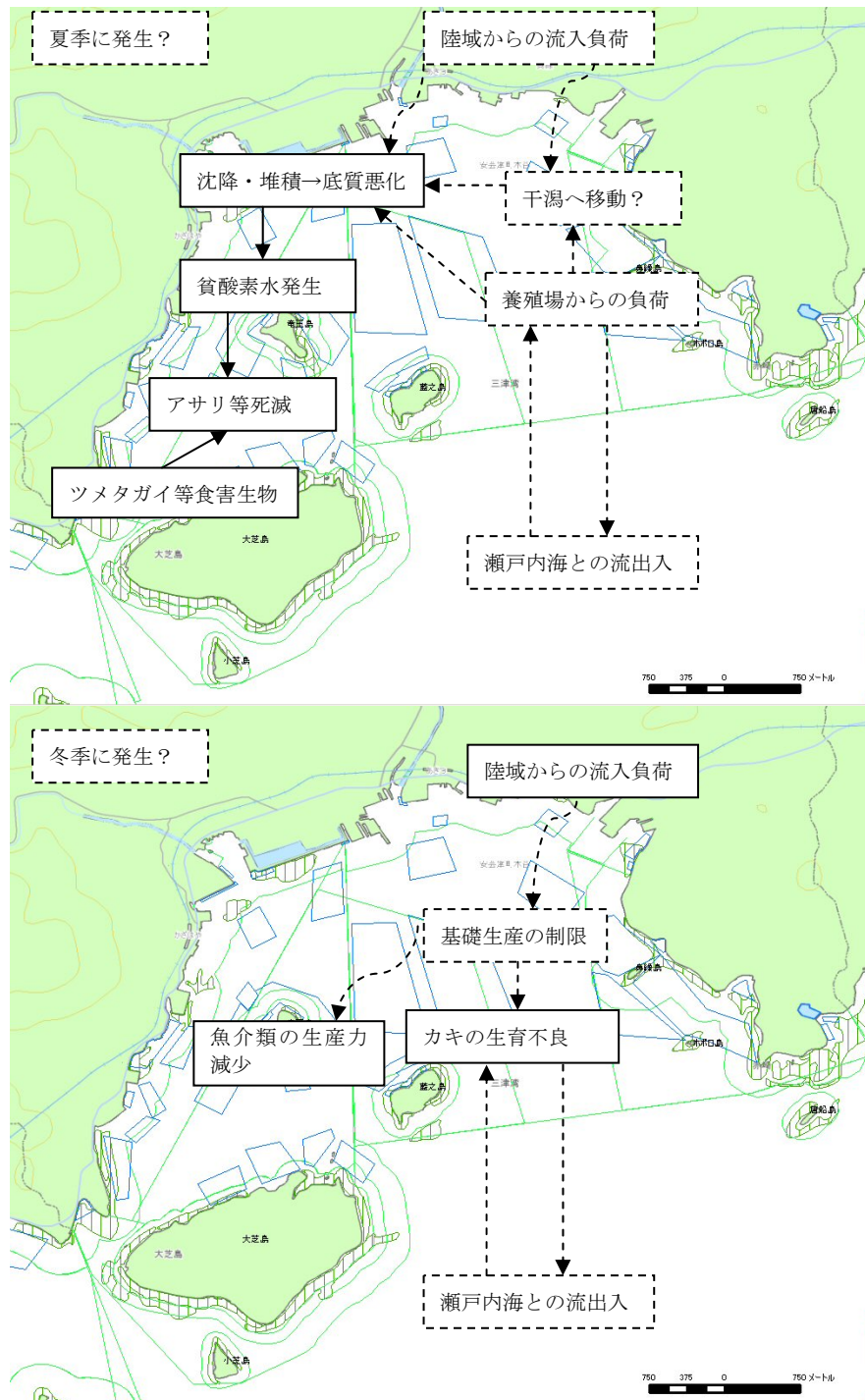


図 7 ヘルシープラン策定に向けた実施体制のイメージ

このように、三津湾では物質循環の状況について不明な点もあり、物質循環の現状を把握した上で健全化の対策を検討することが重要であるとする。

そこで、三津湾における物質循環健全化に向けて計画検討における基本方針案を、以下のとおりとする。

三津湾における物質循環健全化計画検討に向けての基本方針（案）
「底質環境の改善と基礎生産力の向上による物質循環健全化」

（三津湾における調査検討結果は、瀬戸内海において底質悪化による貧酸素水塊の発生や基礎生産力の低下が問題となっている海域において、参考となるモデルケースとなるものとする。）

(5) 調査検討すべき事項（統括検討委員会（案））

三津湾の環境については、広島県等による公共用水域の水質測定等はあるものの、流動、生物、底質に係る調査はあまり見当たらない。

底質環境の改善のための事業を行った場合に効果については、数値シミュレーションで検討を行うが、既存の調査では、三津湾の流況に係る状況が把握できていない。

そのため、三津湾の流動シミュレーションの構築の基礎となる流況の把握調査が必要であるとする。

また、底質の対策を行うためには、その底質の由来（どこから物質が運ばれて堆積しているか）を把握する必要があり、底質が悪化している場所の把握や養殖場直下等の底質、水質、ベントスの生息状況を把握する必要があるとする。

基礎生産力についても把握する必要があり、植物プランクトン、動物プランクトンの現存量と栄養塩類の状況を把握する必要があるとする。

これらの調査結果等から、底質悪化の原因を推察した上で、講じるべき対策を検討し、どのような実証試験を行うか検討する必要がある。