

海域の物質循環健全化計画
及び三河湾地域検討計画

【目次】

I. 海域の物質循環健全化計画について	1
1. モデル地域選定の経緯	2
2. 海域の物質循環健全化計画の検討方法	5
3. 物質循環健全化を進める上での考え方	7
(1) ヘルシーの定義	7
(2) 問題意識	7
(3) 地域検討委員会への統括検討委員会からのお願い	7
II. 三河湾シミュレーションモデルの概要	9
1. 物質収支モデルの概要	9
2. 流動モデル	10
(1) 概要	10
(2) 計算範囲および水平格子サイズの取り扱い	10
3. 水質 - 底質結合生態系モデル	12
(1) 生態系モデルの概要	12
(2) 構築する生態系モデルでの生物の取り扱い	14
4. 地域検討へのアウトプットイメージ	14
III. 三河湾地域検討の進め方	15
1. 目的	15
2. 物質循環にかかる情報整理	15
3. 物質循環状況の解明調査	17
(1) 三河湾の物質循環の課題	17
(2) 不足する情報と現地調査内容の抽出	17
(3) 現地調査計画	18
4. 栄養塩類の循環バランス向上対策検討	19
(1) 三河湾の栄養塩類循環状況の解析方法	19
(2) 不健全な事象に対して対処すべき要因の抽出方法	20
(3) 講じるべき方策の抽出と効果の評価方法	21
5. 調査・検討の実行計画	22

I. 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 I-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（気仙沼湾、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 I-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 I-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い行った。

表 I-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。

海健康診断の対象 71 海域を図 1-2 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。

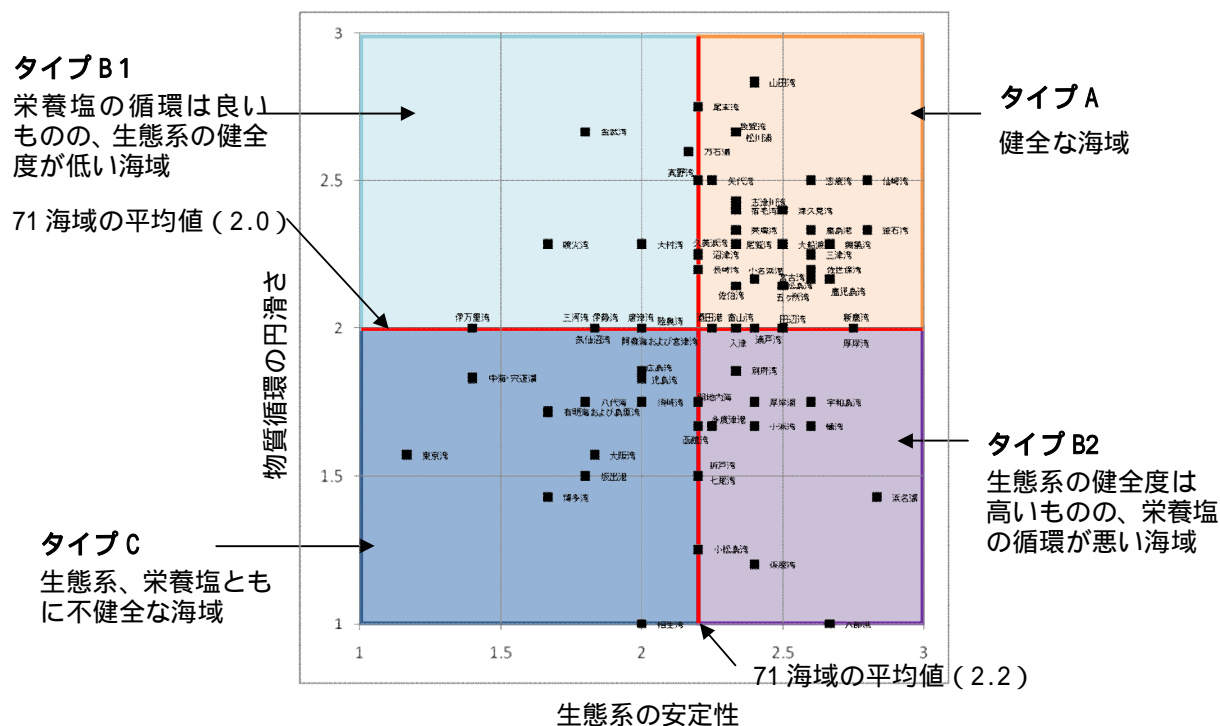


図 1-2 各湾における生態系の安定性と物質循環の円滑さの関係

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が再度確認する。

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。

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

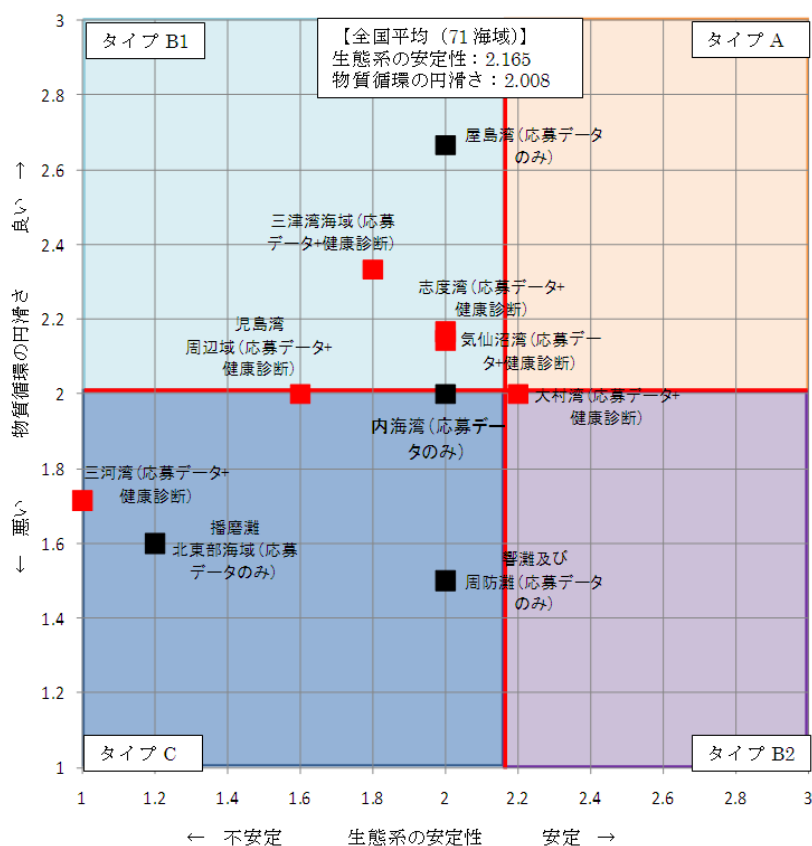
- ・常態化しているか
- ・経済的損失の大きさ
- ・複数の障害が重複して発生しているか
- ・特に注目すべき障害がみられているか

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 1-2 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 I-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した。



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「海健康診断」の結果で補足

図 I-3 各海域の類型化

< 統括検討委員会での三河湾の位置づけ >

三河湾は、本来水深が浅く生物生産性の高い海であるが、生物生息場・成育場の機能をもつ浅海域を失ったことによって、生態系を支えるために必要な栄養塩類が負荷となり、貧酸素水が拡大し、またさらに生物を失う悪循環に陥っている（図 I-4）。

この悪循環を抜け出すためには、食物連鎖の滞りを解消し、低次から高次の生態系へと円滑に栄養塩類を循環させていく健全な生態系ネットワークを取り戻すことが必要である。

今後は、これまで行われてきた様々な事業や調査結果を総合的に検討し、豊かな海を取り戻す施策の検討が必要である。

そこで、三河湾における物質循環健全化に向けての計画検討における基本方針案を、以下のとおりとする。

三河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）
**「貧酸素水による影響の抑制などによって、豊かな生物生産が起きる健全な生態系
 を取り戻すことによる物質循環健全化」**

（三河湾における調査検討結果は、背後に大都市圏を抱える海域において、参考となるモデルケースとなるものとする。）

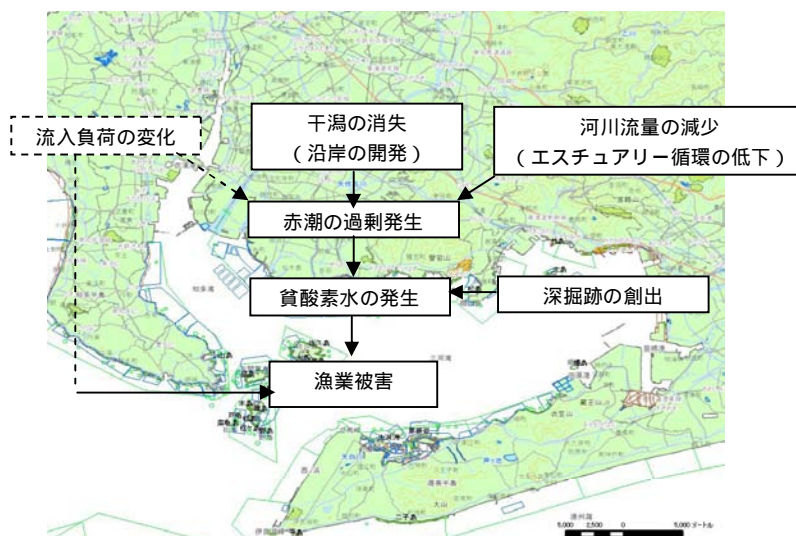


図 1-4 三河湾の現状

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 1-5 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（気仙沼湾、三河湾、播磨灘北東部海域）毎に設置される 3 つの地域検討委員会からなる。

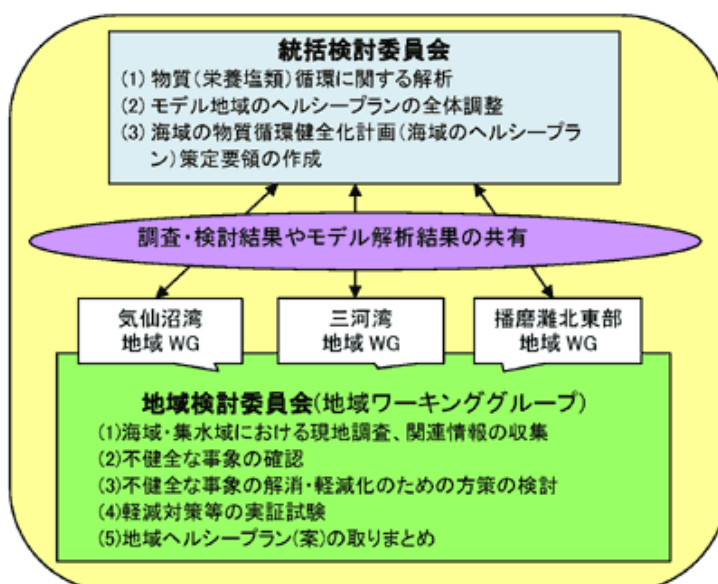


図 1-5 海域の物質循環健全化計画における実施体制のイメージ

統括検討委員会では、平成 24 年度を目処に「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。

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。

表 1-2 平成 22 年度以降の作業計画イメージ

年度	業務内容		
	統括検討委員会での作業		モデル地域での主な作業（想定）
平成 22 年度	統括検討委員会設置		地域検討委員会設置
	<ul style="list-style-type: none"> ・推進すべき活動、有効な実施方策、環境改善技術の動向等整理 ・モデル地域の調査方針検討 ・ヘルシープラン策定要領の骨子（案） ・現地調査結果整理 ・実証試験案整理 	<ul style="list-style-type: none"> ・物質収支モデルの計算条件検討 ・物質収支モデルの構築 	<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 ・夏季、秋季、冬季の現地調査 ・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）
平成 23 年度	<ul style="list-style-type: none"> ・現地調査結果整理 ・モデル地域で不足している情報等検討 ・実証試験案の有効性について既存事例等から検証 	<ul style="list-style-type: none"> ・物質収支モデルの改良 ・実証試験（案）を組み込んだモデル構築 	<ul style="list-style-type: none"> ・春季現地調査 ・実証試験の実施
平成 24 年度	<ul style="list-style-type: none"> ・海域ヘルシープラン策定要領の作成 ・シンポジウム開催 	<ul style="list-style-type: none"> ・物質収支モデルの改良 ・実証試験・大規模スケールの感度解析 ・短期的・中長期的なスケールの検討 	<ul style="list-style-type: none"> ・実証試験の実施 ・モデル地域のヘルシープランの策定

：栄養塩管理方策の検討

：物質収支モデルの構築

：地域検討委員会

3. 物質循環健全化を進める上での考え方

(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いいがたく、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。

なお、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。

< 参考 >

海域の物質循環健全化計画統括検討委員会 委員

(五十音順、敬称略)

氏名	所属
鈴木 輝明	名城大学大学院総合学術研究科特任教授
寺島 紘士	海洋政策研究財団常務理事
中田 喜三郎	東海大学教授
中田 英昭	長崎大学教授
西村 修	東北大学大学院教授
藤原 建紀	京都大学大学院教授
松田 治	広島大学名誉教授(座長)

(播磨灘北東部地域検討委員会：藤原委員座長)

(気仙沼湾地域検討委員会：西村委員座長)

II. 三河湾シミュレーションモデルの概要

1. 物質収支モデルの概要

モデル地域における水質の動向や生物生産量等の物質循環量を踏まえ、その地域の栄養塩類の循環状況を再現する物質収支モデルを構築して、地域ごとに検討した循環を向上させる対策による栄養塩類循環状況、特に溶解性の無機態窒素・リンの循環状況について評価を行う。

物質収支モデルの構築にあたって、1年目となる今年度は、3つのモデル地域を対象に広く利用できるベースとなるモデルを構築する。次年度以降、対象とするモデル地域にあわせて、海域の特徴を考慮し、海域ごとに選定される循環を向上させる対策を検討できるモデルとして改良するとともに、精度の向上を図る。

物質収支モデルの構築及び活用にあたっては、モデル地域において別に進める検討と十分連携を図り、モデル地域における調査結果や検討方針及び以下の事項を踏まえるものとする。

既存の水質や底質などの物質循環に関するデータや生態系に関するデータから、地域の栄養塩類の循環状況を再現する物質収支の基本モデルを構築する。

構築する物質収支モデルは、海域内外の物質輸送の基礎となる流れや海水交換を再現し、河川の流入に伴うエスチュアリー循環や湾口を通じた周辺海域との海水交換を表現可能な多層流動モデルと、海域における水質や底質、海棲生物の相互作用を再現し、それら相互作用や食物連鎖等の関係を窒素、リン及び炭素の生態元素で表現可能な生態系モデルを構成の基本とする。

構築する物質収支の基本モデルは、モデル地域において別に進める栄養塩類の循環バランスを回復・向上させるための管理方策によって、得られる効果を定量的に表現可能なものとする。

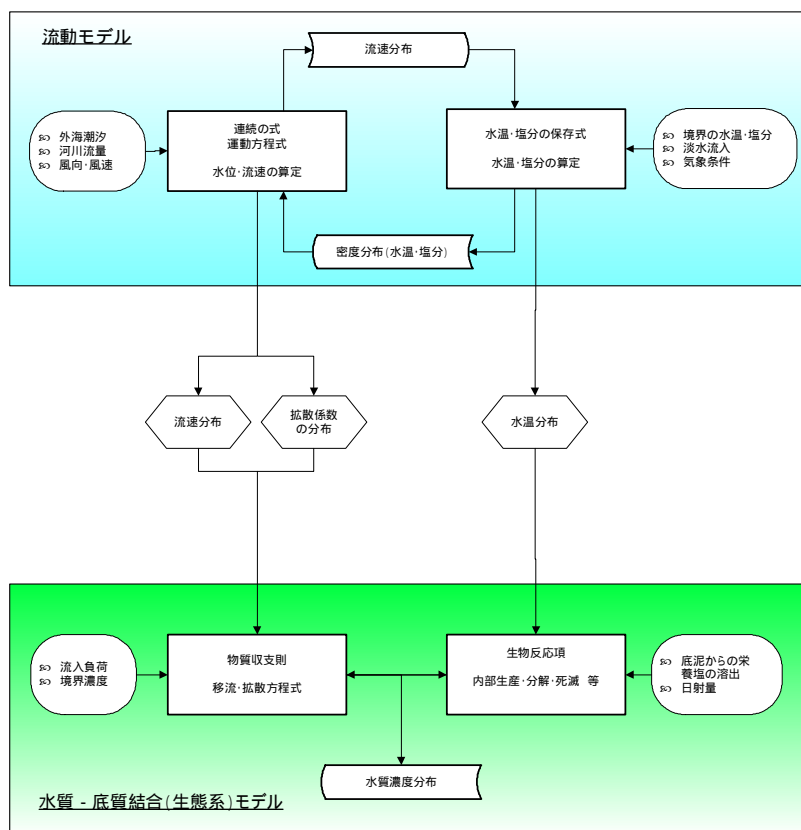


図 11-1 構築する物質収支モデルのイメージ

2. 流動モデル

(1) 概要

流動モデルは流体力学の基礎方程式（運動方程式、連続の式および水温・塩分の保存式）を差分化することにより解く数値モデルで、鉛直方向を多層に分割した多層レベルモデルを用いる。多層レベルモデルの概念図および各変数（流速・水位）の定義点位置を図 II-2 に示す。

基本式は、回転系の非圧縮流体を仮定した運動方程式、連続の式および水温・塩分の保存式であり、ブシネスク近似および静水圧近似が施されている。ブシネスク近似とは、密度の分布が流動に影響するのは密度の空間分布を通して圧力に影響することを通してのみであるとする考え方であり、他に密度が関係するところでは基準密度を用いる。一方、静水圧近似とは鉛直方向の運動方程式における力の釣り合いにおいて、重力と圧力が常に釣り合っていると考えるもので、鉛直方向の加速度は生じないとするものである。どちらの近似も鉛直方向の運動に比べて水平方向の運動が卓越する海域および河川下流部においてよく成立している。

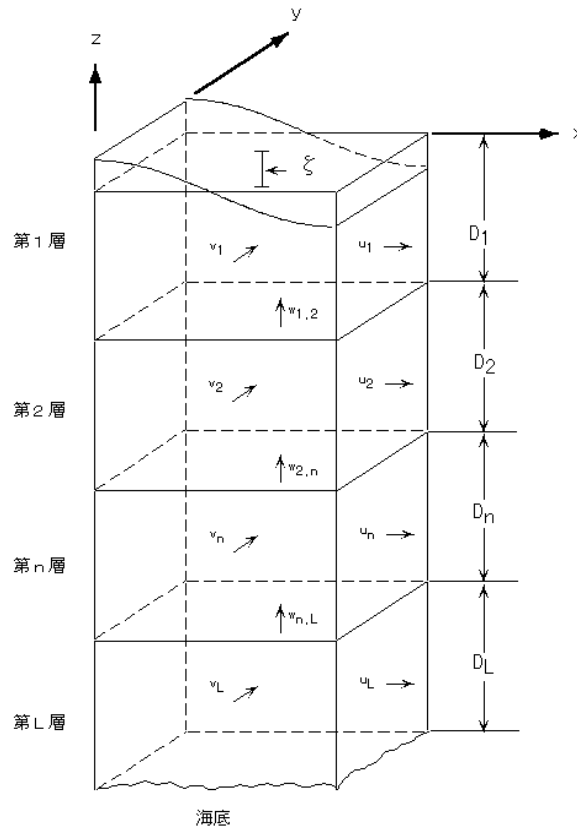


図 II-2 多層レベルモデルの概念と各変数の定義点

(2) 計算範囲および水平格子サイズの取り扱い

流動モデルは、対象とする海域によって異なる空間スケールや周辺海域との接し方に対応して効率的かつ詳細に計算できるように、外海との海水交換等を考慮した計算範囲を設定するものとし、また、図 II-3 に示すように外海から検討海域へ段階的に格子サイズを変化（ネスティング）させて検討海域では実証試験のスケールに応じた詳細な検討を行うことが可能なモデルとする。

図 II-4 に三河湾地域の地形および想定される計算範囲の案を示す。

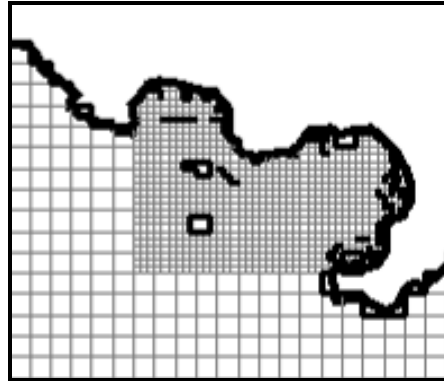


図 11-3 水平格子設定の模式

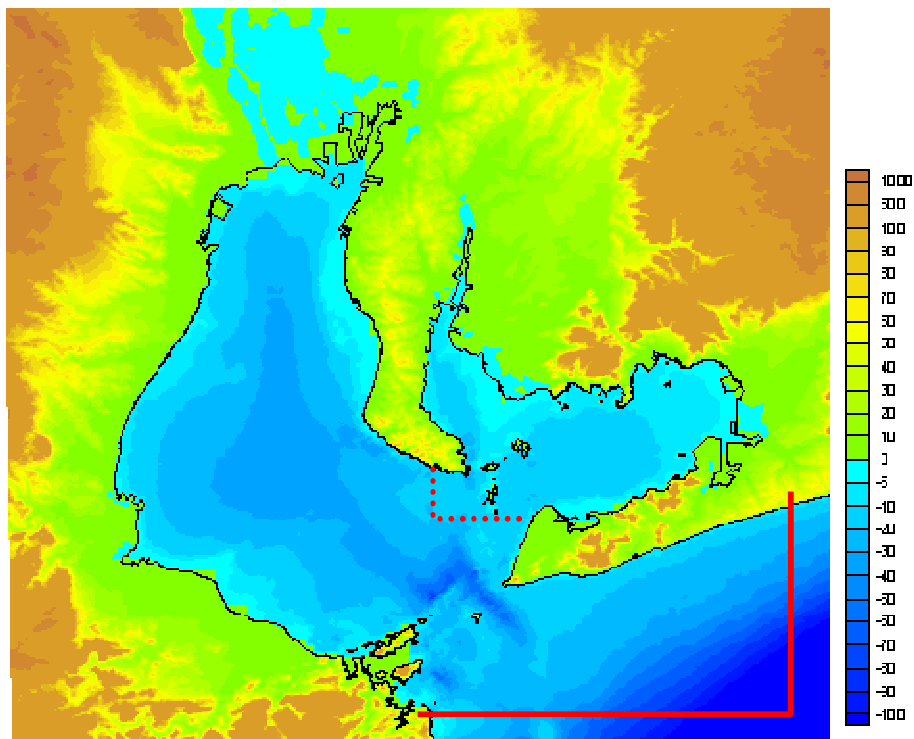


図 11-4 三河湾およびその周辺海域の水深および計算範囲の案

3. 水質 - 底質結合生態系モデル

(1) 生態系モデルの概要

モデル海域における栄養塩類の循環バランスを回復・向上させるための管理方策によって得られる効果の定量的評価にあたっては、検討する管理方策によって生じる水質濃度の変化、それに応答する底質浄化や底生生物相の回復、これらの相互作用が及ぼすさらなる水質浄化といった相乗効果についても考慮できることが重要と考えられる。

そのため、構築するモデルは、プランクトンや底生生物、有機物、無機栄養塩、溶存酸素など閉鎖性海域における物質循環を考える上で主要な役割を担っている要素で構成し、海域における水質や底質、海棲生物の相互作用を窒素、りん及び炭素の生態元素で表現可能なものとし、図 II-5 に示すような浮遊生態系（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）を構築する。

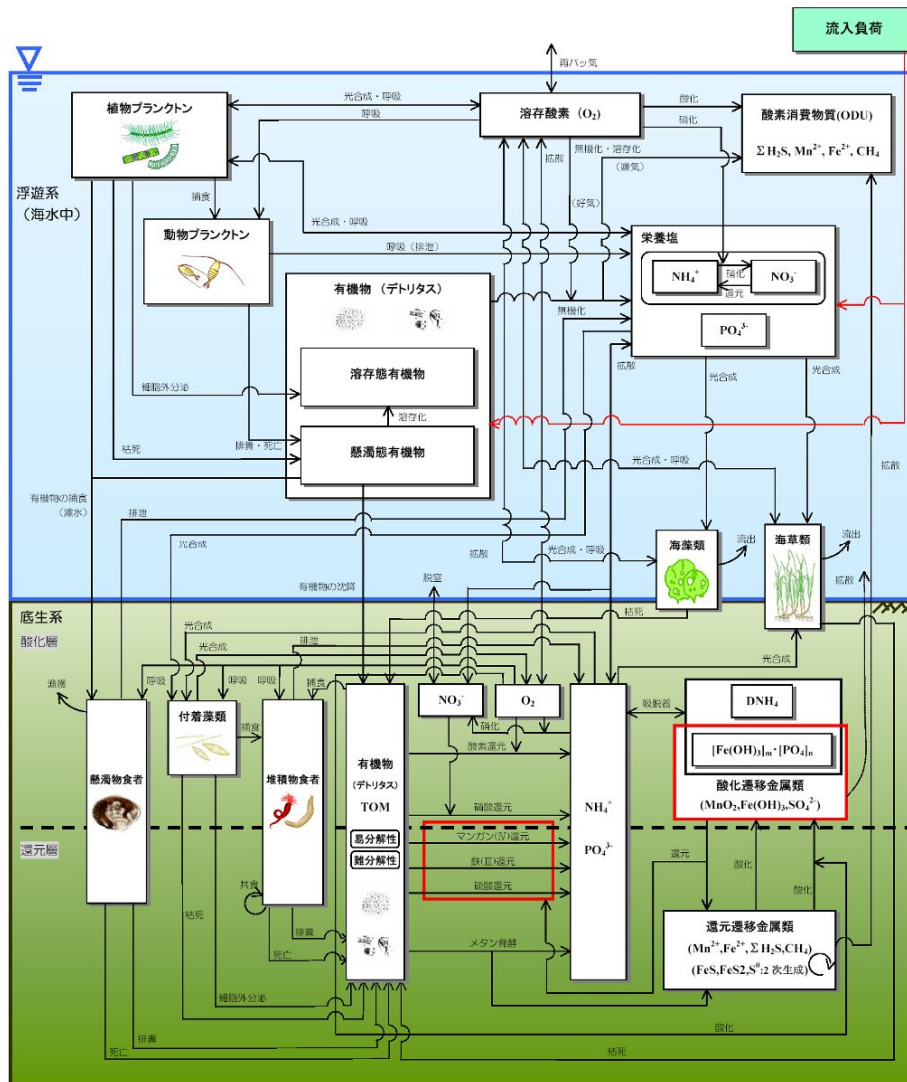


図 II-5 水質-底質結合生態系モデルの物質循環模式図

構築する生態系モデルは、浮遊生態系と底生生態系を水質・底質・底生生物の各サブモデルによって表現するものであり、表 II-1 に各サブモデルで検討する解析内容と出力項目(構成要素)の大枠を示す。

なお、酸素消費物質 (ODU:Oxygen Demand Unit) とは、図 II-6 に示すとおり、水中において H_2S や Mn^{2+} 、 Fe^{2+} 等の還元物質濃度を酸素消費量へ換算したものであり、貧酸素化に伴う青潮の発生等の目安となるものである。

表 II-1 各サブモデルの解析内容と出力項目

サブモデル	解析内容・出力項目
水質サブモデル	解析内容：低次生態系における物質循環を考慮した水質予測
	出力項目：植物プランクトン、動物プランクトン、有機物（デトリタス）、栄養塩類、溶存酸素、酸素消費物質（ODU）
底質サブモデル	解析内容：初期続成過程を考慮した底質予測
	出力項目：有機物、栄養塩類、マンガン、鉄、硫黄、メタン、溶存酸素
底生生物サブモデル	解析内容：底生生物現存量と底生生物が及ぼす物質循環量の予測
	出力項目：付着藻類、懸濁物食者、堆積物食者、海草類、海藻類の現存量

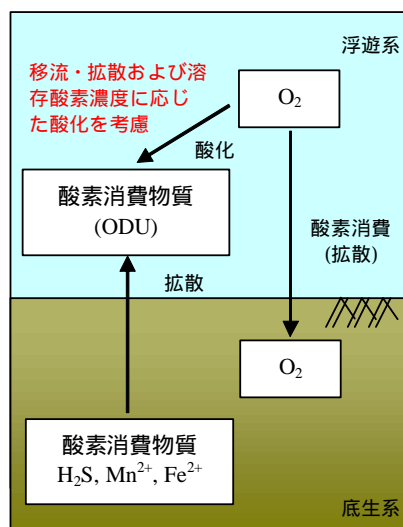


図 II-6 酸素消費物質(ODU)の考え方

(2) 構築する生態系モデルでの生物の取り扱い

生態系モデルで取り扱う生物の構成要素は表 II-2 に示す通りとし、ベースとなるモデルの構築にあたってはそれらの構成要素として以下の生物種を想定する。

表 II-2 三河湾モデルで考慮する生物の構成要素と想定する生物種および主な生息制限因子

構成要素	想定する生物種	主な生息制限因子
植物プランクトン	大型、小型珪藻	日射量 栄養塩濃度
動物プランクトン	カイアシ類	水温
海草類 (SGS)	アマモ	日射量 栄養塩濃度
海藻類 (SWD)	ノリ、アオサ	
付着藻類 (DIA)	付着藻類	
懸濁物食者 (BSF)	アサリ、バカガイ	底層水有機物濃度 底層水溶存酸素濃度 硫化物濃度 溶存酸素濃度
堆積物食者 (BDF)	メイオベントス、マクロベントス	

4. 地域検討へのアウトプットイメージ

物質収支モデルは、各モデル地域の物質循環のフローとストックを可視化、実証試験の効果の程度を把握するために用いる。

物質収支モデルの構築及び計算は統括検討委員会で行い、その計算結果を地域検討委員会に提供し、実証試験内容の検討、試験結果の評価、各モデル地域のヘルシープランを作成する上での基礎資料として活用可能なものとする。

計算結果のアウトプットとしては、COD、T-N、T-P といった濃度指標だけではなく、以下のような物質循環の指標となる項目を想定している。

- ・栄養塩類、特に溶解性の無機態窒素・リンの循環状況
- ・「物質循環の円滑さ」の観点から、『植物プランクトンから動物プランクトンへの転換効率』や魚類等高次の生物への物質循環の指標である『動物プランクトン現存量』、『堆積物食者現存量』の変化
- ・「生態系の安定性」の観点から、『貧酸素状態の継続時間』や『貧酸素水塊の容積』の変化 等

III. 三河湾地域検討の進め方

1. 目的

閉鎖性海域である三河湾の栄養塩類の循環バランスに影響を及ぼす一定範囲の地域において、陸域・海域一体となった栄養塩類等の物質循環状況の把握やバイオマスの増殖・回収量向上等の栄養塩類の循環バランスを回復・向上させるための地域における有効な行動計画を確立し、豊かで健全な海域環境の構築に資することを目的とする。

2. 物質循環にかかる情報整理

物質循環にかかる情報整理は、三河湾が有する“海の力”を客観的に把握するとともに変遷の過程を理解し、“ヘルシー”な状態とはどういうものなのか、“ヘルシー”な状態にするためには何が必要なのか、あるいは、“ヘルシー”な状態を理解するためには何が不足しているのか、等々を検討するためにもれないように行う基本的作業である。

対象とする資料は、三河湾における環境情報はもとより、研究者や水産試験場が発表している論文も対象とし、可能な範囲で 50 年程度の長期間にわたって収集するものとする。

主要な環境情報とその収集対象（収集整理方法）、作業手順は表 III-1 に示すとおりである。

表 III-1 情報の収集整理方法や各作業手順

項目	収集整理方法	作業手順
ア．地理的・地形的特徴（海岸線や航路浚渫等の大型海洋土木工事の変遷なども含む）	海図、環境省自然環境保全基礎調査、三河湾海域環境創造事業（シーブルー事業）各港湾管理者（三河港湾事務所、愛知県）への問い合わせ	地理的・地形的特徴については、既存資料より、三河湾沿岸の海岸線及び浅海域範囲の過去 50 年程度の変遷を整理します。また、汀線形式の変化を整理します。大型海洋土木工事については、既存情報からの抽出及び港湾管理者へ問い合わせから整理し、三河湾内ののべ埋立面積を整理します。 「1.業務の基本方針」より、三河湾の環境が悪化してきた 1970 年代を含めるため、過去 50 年程度を目安としています。（以下同様）
イ．周辺地域（集水域）の特徴	愛知県統計年報（項目：流域人口、生産量変化、農業、漁業、工業、商業、従事者数、出荷額等）	三河湾流域における左記項目の過去 50 年程度の変遷を整理します。
ウ．海域、周辺地域の環境関係の指定状況	公共用水域における河川・海域・湖沼の類型指定状況	三河湾流域における河川・海域・湖沼の最新の類型指定状況を整理します。
エ．海域、周辺地域における関連する計画、地域指定	港湾計画（三河港湾事務所）都市計画図	既存資料より海域、周辺地域における計画等を整理します。
オ．海域の環境保全に関連する取組	三河湾海域環境創造事業（シーブルー事業）など	三河湾において実施された環境保全に関する情報を収集整理します。
カ．海の健康診断の結果	平成 20 年度 全国閉鎖性海湾の「海の健康診断」調査報告書（海洋政策研究財団）	左記資料より、各項目の診断結果を整理します。
キ．物質（栄養塩類）循環の解析に必要な情報		
1) 流動場を表現するための情報		
流入河川の流量	水文水質データベース、流量年表	三河湾に流入する主な河川の流量の変遷を過去 50 年程度整理します。
海域（外海域を含む）の状況、水温・塩分	愛知県水産試験場、三河港湾事務所（ブイ）、公共用水域水質測定結果、浅海定線調査結果、沿岸定線調査結果、日本海洋データセンター：J-DOSS（流れ（流向・流速））	各データを収集し、統括検討委員会で構築する物質収支モデルで使用しやすい形式で整理・提出します。

項目	収集整理方法	作業手順
その他（潮汐（潮位）、気象（降水量、風など））	日本海洋データセンターJ-DOSS（潮汐（毎時潮高）データ）、気象庁アメダスデータ	データを収集し、統括検討委員会で構築する物質収支モデルで使用しやすい形式で整理・提出します。
2) 物質循環系を表現するための情報（外海域を含む）		
干潟・藻場の存在状況等場に関わる情報	環境省自然環境保全基礎調査	過去 50 年程度で、現存及び消滅した干潟・藻場の位置及び面積を整理します。
水質（栄養塩類、溶存酸素の分布濃度など）、底質（有機物量、硫化物量など）、生物量（底生生物、プランクトン、魚介類、鳥類など）等の存在量に関わる情報	愛知県公共用水域、愛知県水産試験場貧酸素水塊情報、農林水産統計年報、自然環境保全基礎調査、愛知県水産試験場（ブイ）	三河湾内の水質・底質・生物量の変遷を過去 50 年程度整理します。なお、魚介類の生物量は漁獲量から想定します。
栄養塩類の沈降・溶出速度、酸素消費速度、脱窒速度、生物による取り込み速度等速度に関わる情報	既往文献（中部国際空港建設事業の環境影響評価書など）	各データを収集し、統括検討委員会で構築する物質収支モデルで使用しやすい形式で整理・提出します。
底生生物、プランクトン、魚介類、鳥類等に関するパラメータ	既往文献（中部国際空港建設事業の環境影響評価書など）	各データを収集し、統括検討委員会で構築する物質収支モデルで使用しやすい形式で整理・提出します。
その他（クラゲに関する情報）	愛知県水産試験場資料・ヒアリングなど	プランクトン等を採餌するクラゲの発生情報等について整理します。
3) 陸域の発生負荷情報（陸域の負荷発生源、流入負荷量など）	環境省中央環境審議会総量削減専門委員会資料	汚濁負荷量は、水質総量削減制度導入後の過去 30 年程度整理します。さらに、周辺地域の特徴等から、流域内での発生源別負荷量や原因別負荷量を整理します。
ク．生態系に関する情報	海図、自然環境保全基礎調査、農林水産統計年報、愛知県水産試験場研究報告（「三河湾湾奥に存在するアマモ場内・外の魚類群集の相違」（2003）など）	三河湾における生息生物やその食物連鎖等に関する情報を収集整理します。
ケ．漁業・養殖業関連情報		
1) 漁業生産（漁獲）状況	愛知県農林水産統計年報、漁業権一覧、愛知県水産試験場研究報告（「伊勢・三河湾における漁業生産による窒素、リンの回収」（2008）など）	湾内の漁獲量を過去 50 年程度整理します。併せて、アサリ類等の底生魚介類の漁獲量は種別、主な食性に整理します。また、近年の漁業権の設定状況を整理します。
2) 海面養殖の状況	愛知県農林水産統計年報、漁業権一覧	海面養殖業による漁獲量を過去 50 年程度整理します。また、近年の養殖漁場位置を整理します。
コ．障害に関する具体的情報		
1) 赤潮や青潮、貧酸素などの障害の発生状況	愛知県水産試験場赤潮情報・貧酸素水塊情報、愛知県水産試験場研究報告（「土砂採取に伴う浚渫地における顕著な貧酸素化現象について」（2003）など）	赤潮の発生件数、のべ赤潮発生日数、青潮発生件数の変遷を過去 40 年程度整理します。また、貧酸素による漁業被害等の情報を整理します。
2) 低酸素水塊に関する情報	愛知県水産試験場貧酸素水塊情報、愛知県水産試験場研究報告（「伊勢湾と三河湾の貧酸素水塊の短期変動および長期変動の比較」（2007）など）	愛知県水産試験場において確認されている夏季の溶存酸素濃度分布を整理します。
3) その他（海面浮遊及び海岸漂着ゴミ）	国土交通省中部地方整備局：海洋環境実態把握調査報告書など	三河湾内で確認されている海面浮遊及び海岸漂着ゴミの量及び漂着範囲を整理します。
サ．親水利用に関する情報	愛知県観光レクリエーション利用者統計、自然環境保全基礎調査、自然公園等の指定状況	入込客数の変遷を整理します。また、汀線形式（自然、半自然、人工海岸）の変化、海洋性レクリエーションエリア毎の海岸線延長を整理します。

3. 物質循環状況の解明調査

「2. 物質循環にかかる情報整理」結果を受けて、三河湾が抱える課題や問題点を解明することになるが、現状においては、三河湾の物質循環の課題を次のように想定している。

(1) 三河湾の物質循環の課題

三河湾では、恒常的な赤潮発生、夏季の貧酸素水塊及び苦潮発生、貝類大量斃死、ノリの色落ち、魚介類大量斃死といった現象が確認されており、貧酸素水塊の拡大による生態系及び物質循環への影響が懸念される結果となった。また、その結果、アサリの大量斃死やノリの色落ちなどの漁業被害が課題となっている。

アサリの大量斃死に象徴される魚介類の減少は、貧酸素水塊の拡大と良好な生物生息空間の減少によって起こったものと想定されている。また、貧酸素水塊が拡大した原因としては、負荷を生物生産へ転換する浅海域の減少、河川流量の低下などによる海域の富栄養化・赤潮の過剰発生が考えられる。さらに、貧酸素水塊の発生要因となる人為的な深掘跡地の創出も原因の1つと考えられている。

このような課題を解決するために、国土交通省及び愛知県は、湾口にある中山水道航路の浚渫砂を用いた大規模な干潟・浅場の再生や深掘跡の埋戻し等の対策を実施してきた。現在、アサリの漁獲量が増加するなどの対策による効果と考えられる事象が確認される一方で、ノリの色落ちがみられるなど適切な栄養塩類レベルの管理という面では問題が残っている。この問題については、競合種である植物プランクトンの過剰発生が続いていることとの関連性も想定されている。

以上より、現状での三河湾における物質循環の課題としては、「陸域から発生した栄養塩類が海域の食物連鎖の低次にあたる植物プランクトンには循環していくものの、高次にあたる魚類などの生物になぜ円滑に循環していかないのか」と考えられる。このような課題を解決した上で、三河湾において太く滑らかな生態系ネットワークを築くためには、浅海域などの生物の生息場所として重要な場所を再生していくことが重要と想定している。

(2) 不足する情報と現地調査内容の抽出

三河湾では、これまで干潟・浅場の造成を中心とした多くの対策が実施されており、今後健全化に向けて実施する対策は、これまで実施してきた対策の評価を踏まえて、より効果的で実行可能な対策を計画・実施していく必要がある。また、既存の調査結果が豊富にあることから、これまでの対策結果や調査結果を活用して検討することが可能である。

しかし、上記の「物質循環の課題」を解明できなければ、三河湾の物質循環を精度良く表現することが難しくなる。三河湾で起こっている「貧酸素水塊の拡大」と「海域の栄養塩類が食物連鎖の高次にあたる魚類などの生物に円滑に循環していかない」という現象の間にどのような関係があるのかを十分に検討する必要があり、その検討に必要なシミュレーションモデルを構築するためのデータが三河湾において不足している情報と考えられる。

また、「2. 地域の物質循環に係る情報整理」でも情報が少ないと考えられる生態系に関する詳細情報を中心に、特に重要な調査内容として、次の3つが考えられる。

調査1 微小プランクトンの現存量を正しく把握する

ピコ・ナノ植物プランクトンは微小であるため観察が難しく見過ごされがちであった顕微鏡技術の発達によりその生態的知見が増えてきました。それにより、ピコ・ナノおよびマイクロプランクトン群集を中心とした微生物食物網の存在が明らかになり、海洋生態系において大きな役割を果たしていることが広く知られるようになった。微細なピコ・ナノ植物プランクトン(0.2~20 μ m)は、海洋での現存量

は多く、特に一次生産者として、物質循環に大きく貢献し、生態系の構成要素として重要な役割をもつことがわかってきている。

沿岸域の物質循環において、微細なプランクトンの量が大きな役割をもっているという知見もあることから、それらのデータを調査する必要がある。また、これらのデータは三河湾と同様な課題を抱えている他の地域でも活用可能なデータとなる。

このような微小なプランクトンの現存量を把握することが、三河湾の物質循環における一次生産段階のストック量を正しく見積もるという意味で重要な課題となっている。

調査2 栄養塩類を生物の利用面からも把握する

栄養塩類と言っても、その形態は水に溶け込んでいるものや懸濁しているものなどその状態は様々である。生物は種類によって餌を取り込む方法が異なるので、種類によって利用できる栄養塩の形態が異なる。

既存資料として収集できる過去の三河湾における水質調査では、各形態の栄養塩を総量で表現した結果は多くあるが、上記のような形態別の水質調査結果が少ない状況にあり、栄養塩類が生物を通じて物質循環の中でどのように振る舞っているのかが解析できない。

形態別の栄養塩類を把握することによって、三河湾に生息する各生息種のそれぞれにとって、どの程度、利用可能な栄養供給がなされているのか、また、過剰な供給がどの程度あるのかを解析することが必要である。

調査3 面的な底生生物の分布状況を把握する

三河湾における生物を通じた物質循環過程を解析するにあたって、三河湾における定着性が高く、生物として物質を取り込むだけでなく、漁獲種としても物質を循環させる役割を担っている底生生物は重要な生物である。底生生物の生息状況は、水深や淡水の流入状況などによって大きく変動するが、そのような環境勾配に対応できる面的な情報は既存資料にはない。「2. 地域の物質循環に係る情報整理」で示した既存資料の中でも、水質の情報に比べて、生物の情報が非常に少ない状況にある。

水深別の面的な底生生物の分布状況を把握することによって、底生生物による栄養塩類のストック量が水深別にどのように異なっているかを解析することが必要である。

(3) 現地調査計画

現地調査計画は資料1 - 3に記載

4. 栄養塩類の循環バランス向上対策検討

三河湾の特性や課題を踏まえて、三河湾における栄養塩類の循環状況を解析した上で、不健全な事象に対して対処すべき要因を抽出し、さらに、それに対して講じるべき方策を抽出するとともにその効果を評価する。

(1) 三河湾の栄養塩類循環状況の解析方法

収集した資料や現地調査結果を参考に、物質循環を構成する各要素（ストックとフロー）に大まかな数値を当てはめ栄養塩類循環図（図 III-1）を作成して、三河湾の栄養塩類循環状況について解析する。物質循環全体のバランスを精査し、特に以下の点について検討する。

- ・ 循環量が大きい三河湾の物質循環の鍵となる部分はどこか
- ・ 過去に比べて大きく変化していると想定される部分はどこか
- ・ 微小プランクトンや形態別栄養塩類の情報によって、これまで想定されてきた物質循環の流れとどのような違いが出てきたか

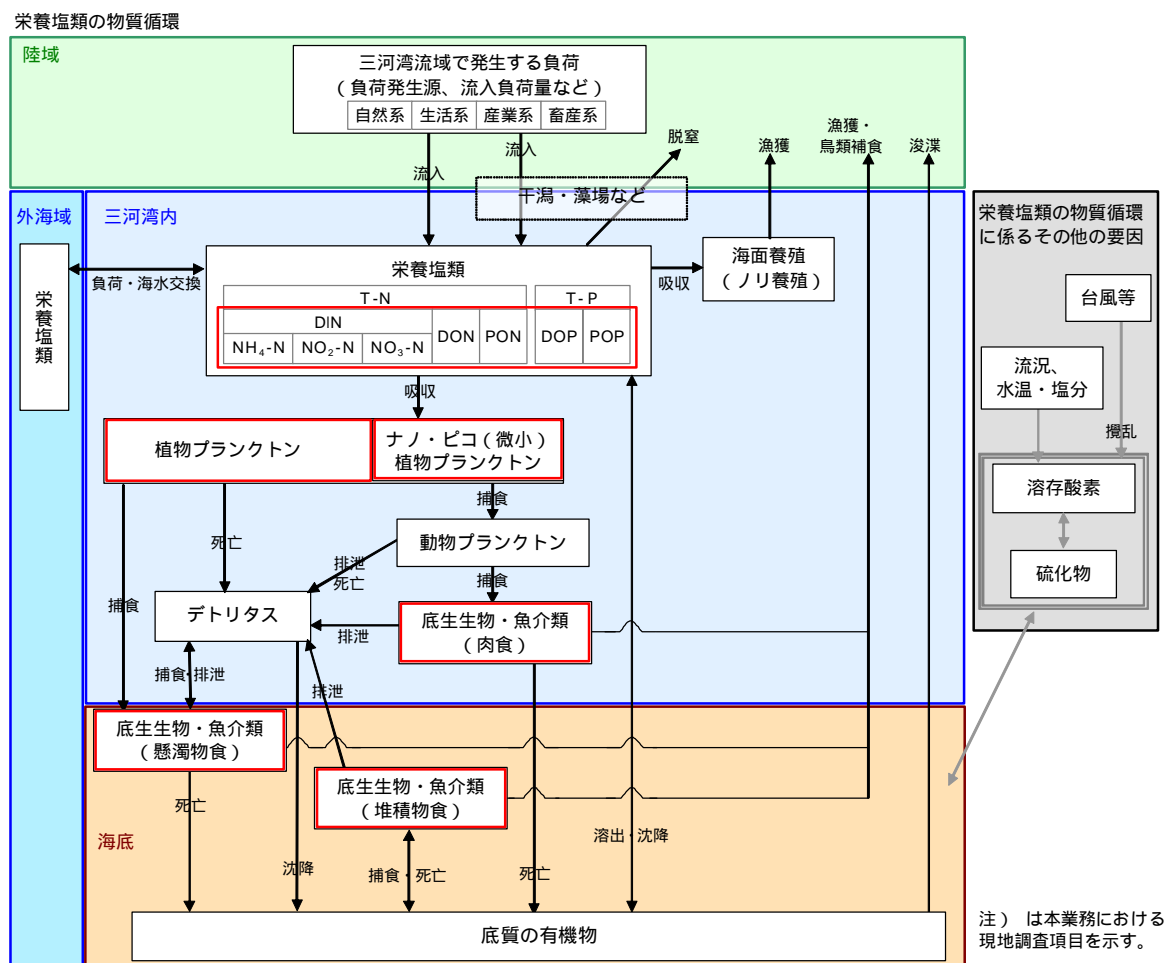


図 III-1 栄養塩類の物質循環図イメージ

(2) 不健全な事象に対して対処すべき要因の抽出方法

三河湾の栄養塩類循環状況の解析結果を参考にして、三河湾において起こっている不健全な事象を中心として、その要因を丹念に辿った要因抽出図（図 III-2）を作成し、対処すべき要因を抽出する。要因については、細かく丹念に辿り、人為的な要因が想定された時点でストップする。

また、要因について人為的にコントロールしやすい部分としにくい部分を区分し、コントロールしやすい部分から優先的に対処すべき要因として抽出する。

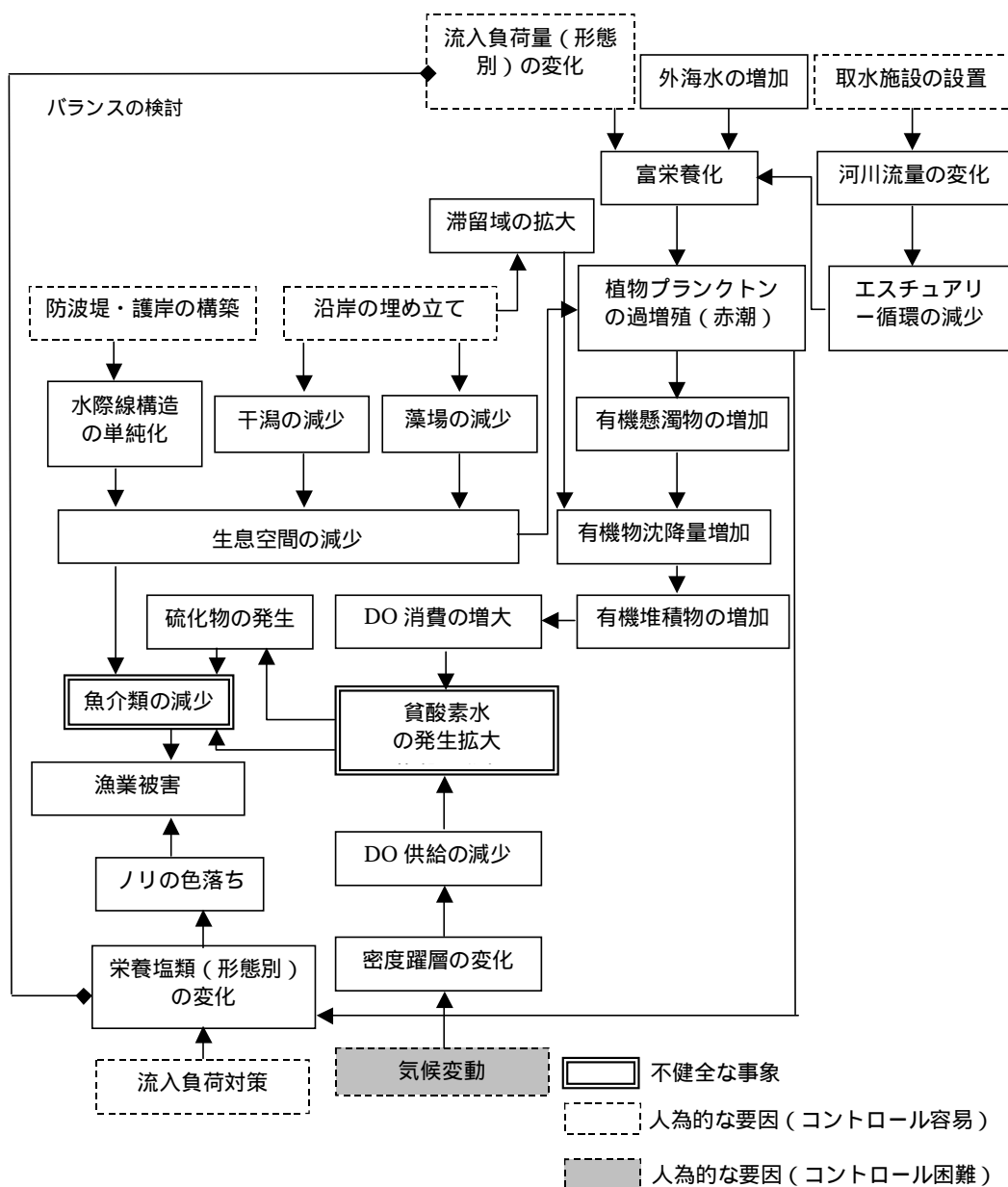


図 III-2 不健全な事象の要因抽出図イメージ

(3) 講じるべき方策の抽出と効果の評価方法

- ・ 講じるべき方策は、(2)で抽出した「不健全な事象に対して対処すべき要因」を軽減・解消する方策とする。まず、これまでの全国の閉鎖性海域における実績等から該当する方策をリストアップする。さらに、全国の閉鎖性海域における実績にはない、新しい発想の方策を検討し、リストアップする。
- ・ リストアップした方策を対象にして、長所・短所を検討する。なお、以上の単独の方策検討だけでなく、より効果をあげるため、または欠点を補うための有効な組み合わせがないかを検討し、有効な組み合わせがあれば提案する。
- ・ 以上の検討から、有効性が見込める方策を講じるべき方策として抽出する。さらに、抽出した方策を対象に効果の評価を行う。
- ・ 効果については、総括検討委員会において、上記の方策の実施条件を構築されたシミュレーションモデルに与えた計算結果を用いて検討する。さらに、各方策の優先順位を提案する。
- ・ 各方策の優先順位は、平成 23 年度に実施予定である実証試験の内容につなげる。基本的には、優先順位の高い方策に関わる実証試験が考えられるが、三河湾の実績（大規模な干潟・浅場造成を行ってきたなど）を踏まえて、有効な実証試験になるように、その方針を示す。

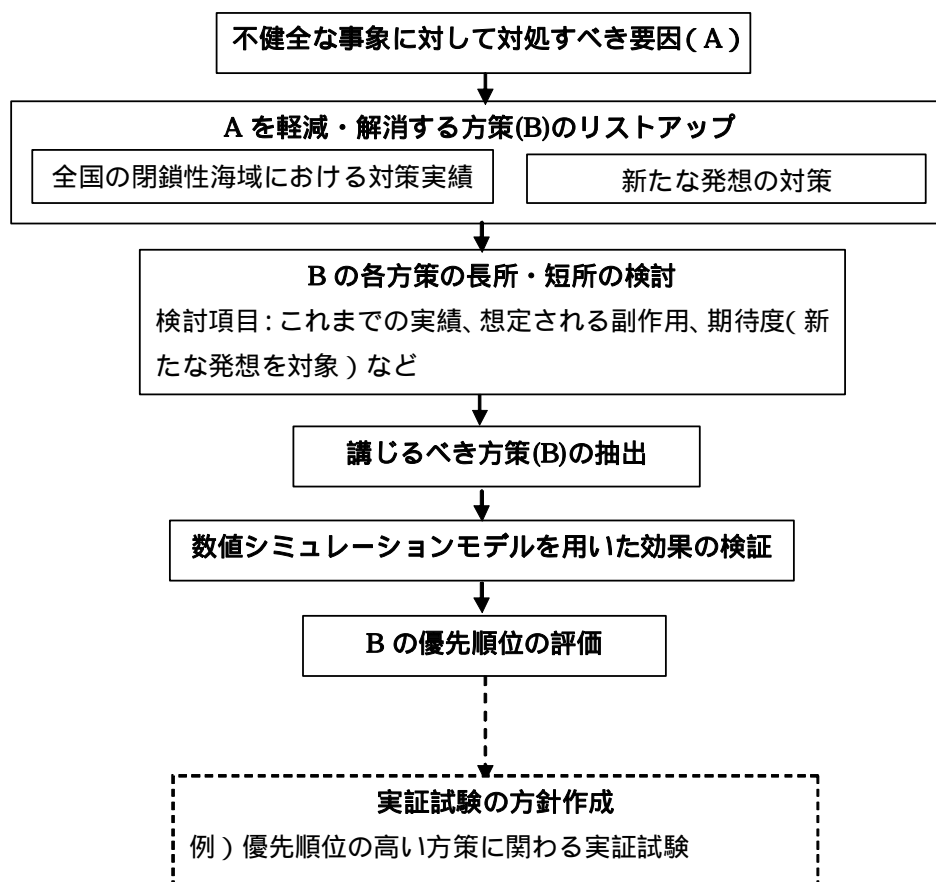


図 III-3 講じるべき方策の抽出と効果の評価方法

5. 調査・検討の実行計画

