

海域の物質循環健全化計画検討  
三河湾ヘルシープラン  
(案)

平成25年3月

海域の物質循環健全化計画  
三河湾地域検討委員会

環 境 省

# 目次

第1章 はじめに.....	1
1.1 作成の背景とそのねらい.....	1
1.2 策定の流れ.....	2
第2章 三河湾の特性.....	3
2.1 基本的な特徴.....	3
2.1.1 地形的特徴.....	3
2.1.2 湾内の水質・底質の分布.....	4
2.1.3 湾への負荷.....	5
2.1.4 生物生産.....	9
2.1.5 赤潮.....	10
2.1.6 貧酸素水.....	10
2.1.7 漁業.....	12
2.2 環境の歴史的な変遷.....	13
2.3 過去に行われてきた環境改善対策.....	16
第3章 三河湾の物質循環とその課題.....	19
3.1 三河湾の物質循環の特徴とあるべき健全な姿.....	19
3.2 三河湾の物質循環の課題.....	20
第4章 課題解決のアプローチ.....	22
4.1 想定されるアプローチ.....	22
4.2 優先すべきアプローチ.....	24
4.3 優先すべきアプローチによる効果の検証.....	31
第5章 具体的な対策.....	33
5.1 具体的な対策.....	33
5.2 対策の実施目安.....	35
第6章 実行に向けて.....	35
6.1 対策の実行順序とその想定実施主体.....	35
6.2 各対策実施効果の検証計画.....	37
6.3 実行に向けた課題とその解決策.....	38

概要版

参考資料1(実証試験結果のまとめ)

参考資料2(対策による効果検証結果)

## 海域の物質循環健全化計画三河湾地域検討委員会 委員構成

### (委員長)

中 田 喜三郎 名城大学大学院総合学術研究科 特任教授

### (委員)

青 木 伸 一 大阪大学大学院 工学研究科 教授

石 坂 丞 二 名古屋大学地球水循環研究センター 教授

井 上 徹 教 独)港湾空港技術研究所 沿岸環境研究領域 上席研究官

鈴 木 輝 明 名城大学大学院総合学術研究科 特任教授

林 誠 司 名古屋大学大学院環境学研究科 講師

和 出 隆 治 愛知県漁業協同組合連合会 代表理事常務

### (関係行政機関)

愛知県環境部水地盤環境課

愛知県農林水産部農林政策課

愛知県農林水産部水産課

愛知県水産試験場

愛知県建設部河川課

愛知県建設部港湾課

## 第1章 はじめに

### 1.1 作成の背景とそのねらい

- ◆ 三河湾は閉鎖性の強い穏やかな内湾であり、豊川や矢作川から流れ込む栄養を背景にした広大な沿岸の浅海域は、多くの生物の生息、再生産の場所として利用され、私たちはその海の幸の恩恵を享受してきました。
- ◆ しかし、三河湾では、高度成長期(1970年代(昭和40年代))を中心に行われた埋立などの沿岸の開発により生物が減少した状態の海に過剰な流入負荷があり、貧酸素水の拡大などの問題が生じました。現在は、貧酸素水の拡大によってさらに生物が減少し、生物の減少が物質循環を滞らせてしまうという「悪化スパイラル」の状態に陥っています。
- ◆ 以上の問題を解決するために、昭和45年には水質の環境基準が設けられ、河川から流れ込む栄養(主に無機態の栄養)が減らされるようになりましたが、一向に問題となっている貧酸素水の縮小傾向がみられません。それは、なぜでしょうか？本来三河湾がもつ機能や構造、生物資源の重要性を見直し、海の健全(ヘルシー)な営みが持続するように再生することが必要と考えられます。
- ◆ 三河湾を豊かな海に再生することをねらいに、流域の人々の協力によって、今後、実行可能な対策をまとめたものが、このヘルシープランです。



図 1.1 三河湾奥部の六条潟

(六条潟とは渥美湾(三河湾東部)の最奥部、豊川河口に広がる干潟  
三河湾のアサリ再生産を支える重要な場所)

## 1.2 策定の流れ

- ◆ 三河湾ヘルシープランは、三河湾に関連する学識者、漁業者、行政の人々が3年にわたる計9回の議論を通して作成したものです。
- ◆ 三河湾の特性を把握し、物質循環の課題を整理した上で、その課題を解決するためのアプローチについて検討しました。また、そのアプローチから、優先すべき対策を抽出し、その効果や目標について検討して、今後の実施体制を検討しました。

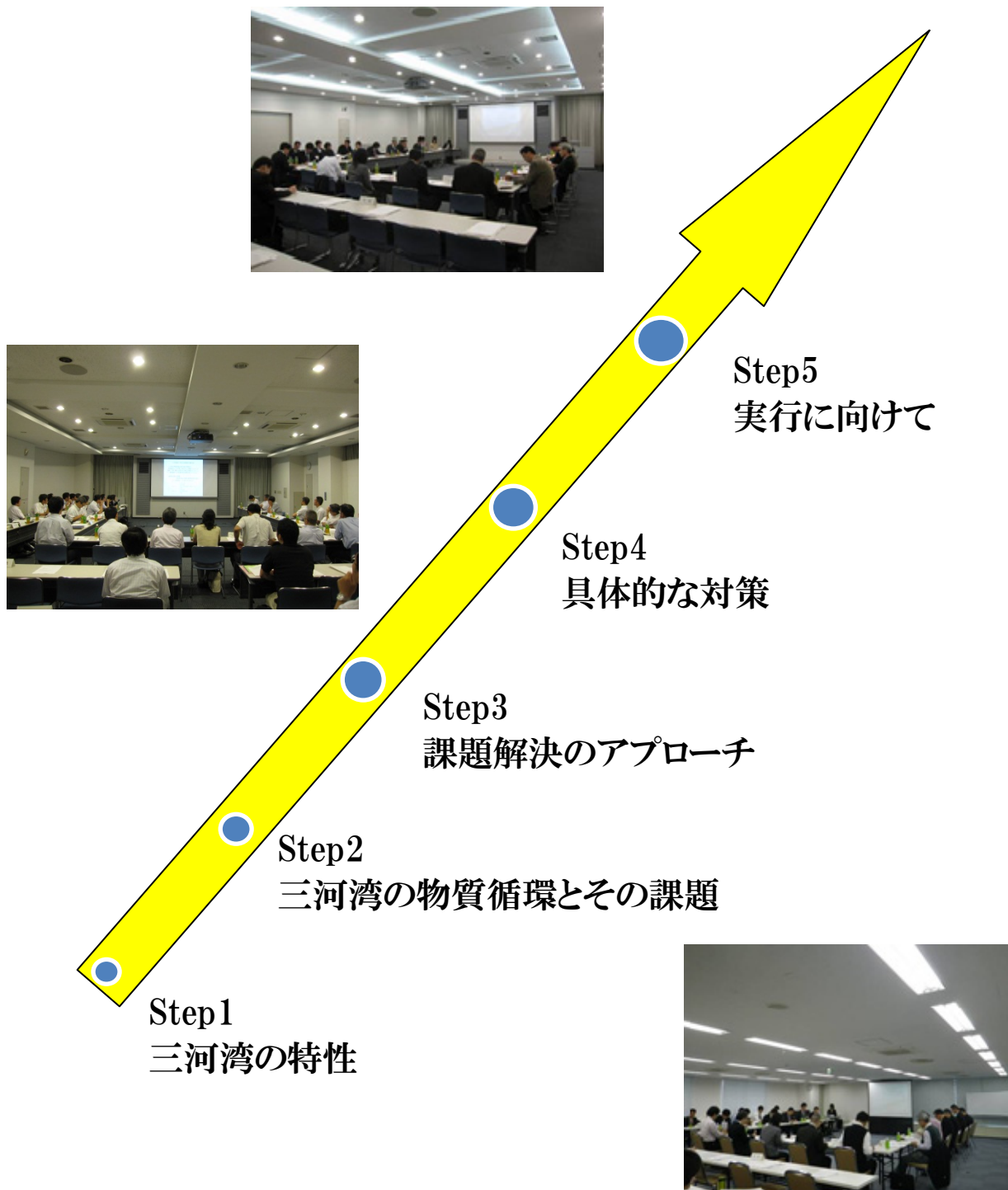


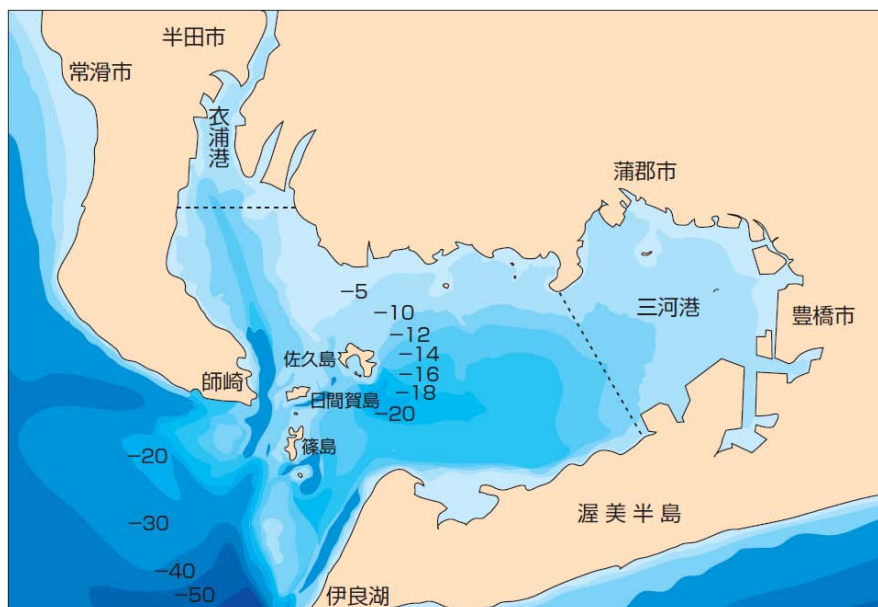
図 1.2 策定の流れ

## 第2章 三河湾の特性

### 2.1 基本的な特徴

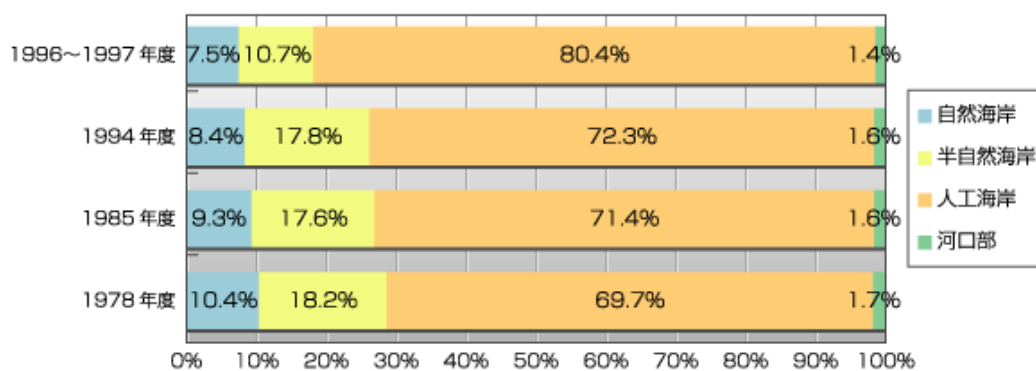
#### 2.1.1 地形的特徴

- 三河湾は、愛知県に位置する知多半島と渥美半島に囲まれた水域面積 604km<sup>2</sup>の海域です。
- 水深は平均約 9.2m であり、非常に浅いことが特徴です。
- 湾中央の海底地形が盆状であり、外海との海水交換が行なわれにくい地形です。
- 海岸線は人工海岸の占める割合が約 80%と非常に高くなっています。
- 一級河川の豊川と矢作川を含め、40 以上の河川が流入している、河川からの栄養供給が豊富な水域であると言えます。



出典) 「三河湾データブック 2011」 (国土交通省中部地方整備局三河港湾事務所、2011年)

図 2.1 三河湾の海底地形



出典: 環境自然環境局: 第2回~5回自然環境保全基礎調査(1978~1998)を基に作成

出典) 伊勢湾環境データベース

図 2.2 三河湾における海岸線(汀線形式)割合の変遷



番号	河川名	番号	河川名	番号	河川名	番号	河川名	番号	河川名
1	五宝川	11	穂田川	21	矢崎川	31	柳生川	41	天白川
2	大川	12	須賀川	22	鳥羽川	32	梅田川		
3	新江川	13	豆搦川	23	八幡川	33	境川		
4	布土川	14	逢妻川	24	拾石川	34	紙田川		
5	新川	15	猿渡川	25	落合川	35	蜷川		
6	堀川	16	前川	26	西田川	36	汐川		
7	石川	17	高浜川	27	紫川	37	今池川		
8	神戸川	18	新川	28	御津川	38	今堀川		
9	十ヶ川	19	蜷川	29	音羽川	39	新堀川		
10	阿久比川	20	北浜川	30	佐奈川	40	免々田川		

出典) Mikawa データベース (三河湾流域圏の環境情報総合サイト)

図 2.3 三河湾への流入河川

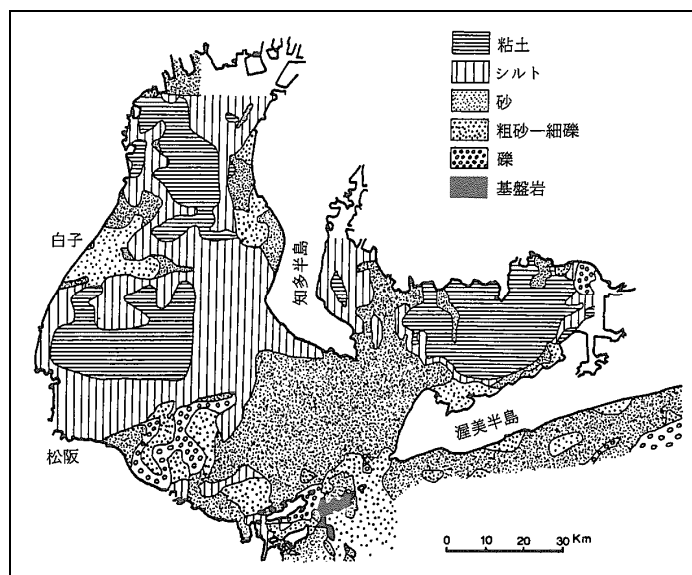
## 2.1.2 湾内の水質・底質の分布

### (1) 水質

- 水質の環境基準類型は、場所によって環境基準が A、B、C 類型、またはⅡ、Ⅲ、Ⅳ類型に区分されています。
- COD、T-N、T-P については、一部で環境基準を達成している場所もありますが、ほとんど環境基準を達成できていません。

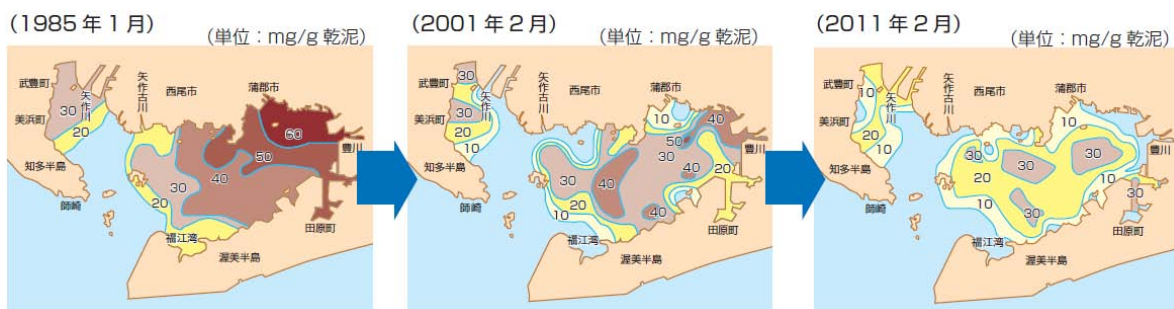
### (2) 底質

- 底質は、湾口付近では粗砂や細礫が分布していますが、渥美湾側の湾中央から湾奥にかけては概ね粘土が分布しており、衣浦湾側にはシルトが分布しています。
- 特に、湾口部の一部を除いて有機汚泥が広範囲にわたって堆積しています。



出典) 「日本全国沿岸海洋誌」 (日本海洋学会、1985年)

図 2.4 伊勢湾・三河湾の底質組成分布



出典) 「三河湾データブック 2011」 (国土交通省中部地方整備局三河港湾事務所、2011年)

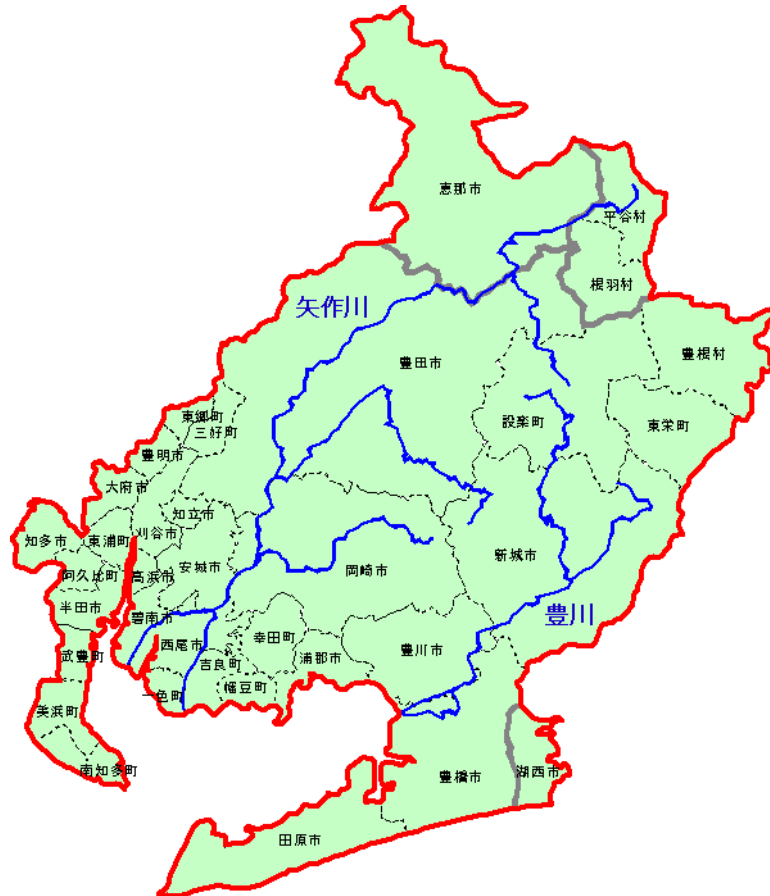
図 2.5 底質 COD の平均分布(表層泥 0~5cm)の推移

### 2.1.3 湾への負荷

#### (1) 流域範囲と人口

- ・ 流域面積は 3,624km<sup>2</sup>であり、主に愛知県東部地域の市町村で構成されています。
- ・ 流域人口は約 290 万人です。



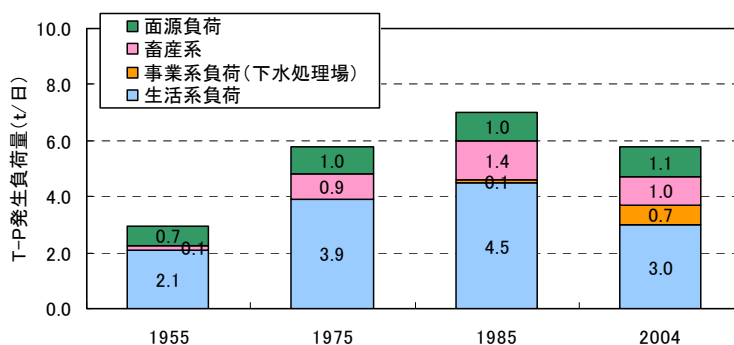
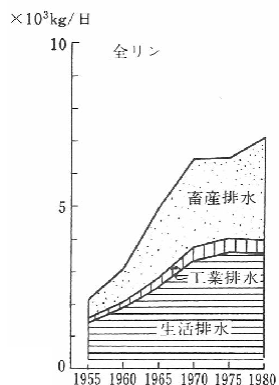
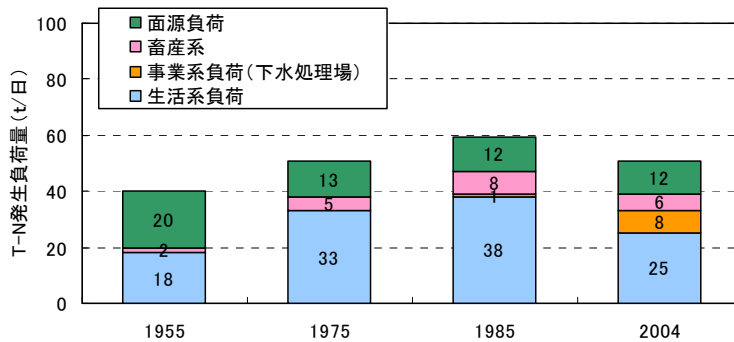
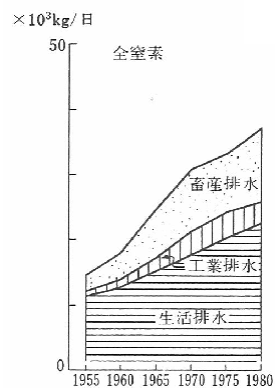


出典) Mikawa データベース (三河湾流域圏の環境情報総合サイト)

図 2.6 三河湾流域図

## (2) 発生負荷量

- 三河湾における発生負荷量は 1980 年代に最大となり、その後は減少傾向にあります。
- T-N、T-P とともに生活系の負荷が最も多く、次いで面源系負荷が多くなっています。



<三河湾>

<愛知県全域>

注(右図) 事業系負荷(工場・事業場)は発生負荷量に含めていない。

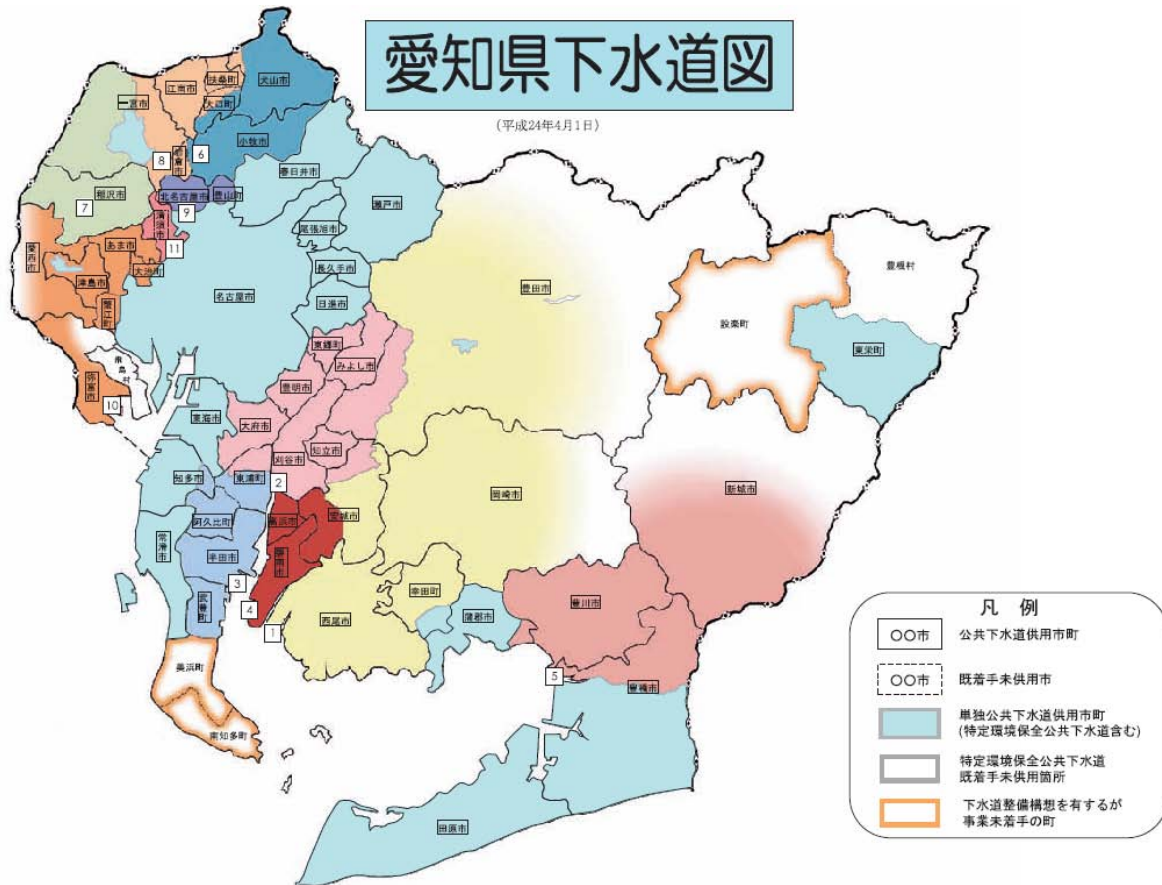
出典(左図) 「内湾の自然誌-三河湾の再生をめざして」(西條八東, 2002)

資料(右図) 「愛知県統計年鑑」(愛知県)、「日本の長期統計系列」(総務省統計局)、「下水道統計」((社)日本下水道協会)などより作成。なお、算定方法および原単位は「東京湾流域流入負荷源データ閲覧システム」による。

図 2.7 三河湾及び愛知県全域における発生負荷量

### (3) 負荷の処理状況

- ・ 流域には下水道、農業集落排水施設、合併処理浄化槽等の汚水処理施設が整備されています。
- ・ 汚水処理人口普及率は86%(平成23年度末、愛知県平均)です。



流域下水道の諸元(平成24年8月1日)

図面番号	1	2	3	4	5
流域下水道名	矢作川流域下水道	境川流域下水道	衣浦西部流域下水道	衣浦東部流域下水道	豊川流域下水道
計画区域面積 (ha)	19,040	13,170	4,765	3,344	6,897
計画処理人口 (万人)	85.1	64.6	23.3	12.9	24.8
処理能力 (万m <sup>3</sup> /日)	46.4	36.7	12.2	7.5	17.1
関連市町村数	4市1町	7市2町	2市3町	3市	4市
着手年度	昭和47年度	昭和46年度	昭和58年度	昭和63年度	昭和47年度
供用年度	平成4年度	平成元年度	平成3年度	平成8年度	昭和55年度

6	7	8	9	10	11
五条川左岸流域下水道	日光川上流流域下水道	五条川右岸流域下水道	新川東部流域下水道	日光川下流流域下水道	新川西部流域下水道
5,460	5,997	5,518	1,733	6,006	1,361
22.4	30.2	26.3	8.9	29.9	6.3
14.0	18.4	13.9	5.2	15.4	3.5
3市1町	2市	4市2町	1市1町	4市2町	2市
昭和52年度	平成2年度	平成5年度	平成12年度	平成14年度	平成17年度
昭和62年度	平成12年度	平成13年度	平成19年度	平成21年度	建設中

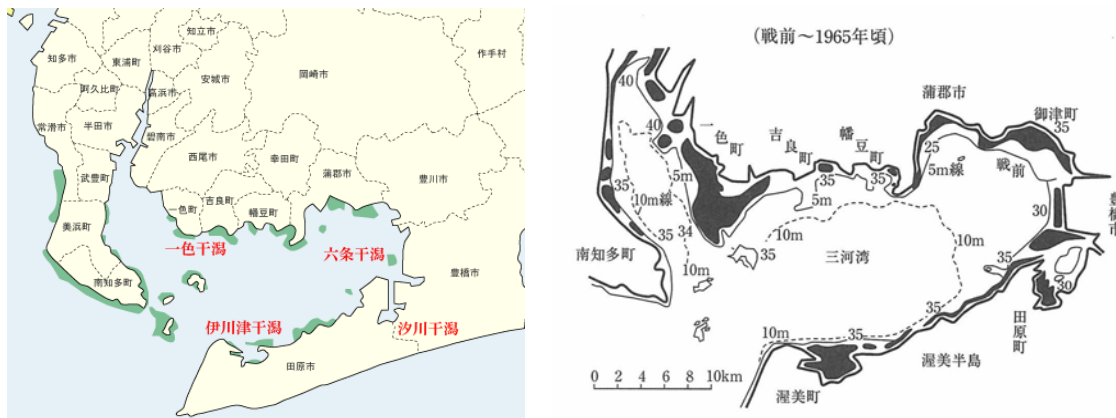
出典) 「あいちの下水道」 (愛知県建設部下水道課、2012年)

図 2.8 愛知県下水道

## 2.1.4 生物生産

### (1) 藻場

- 三河湾の代表的な藻場であるアマモ場は、1955年(昭和30年)頃には6,800ha存在していましたが、その後1970年(昭和45年)頃までに410haまで減少しました。15年間で約15分の1程度にまで減少したことになります。



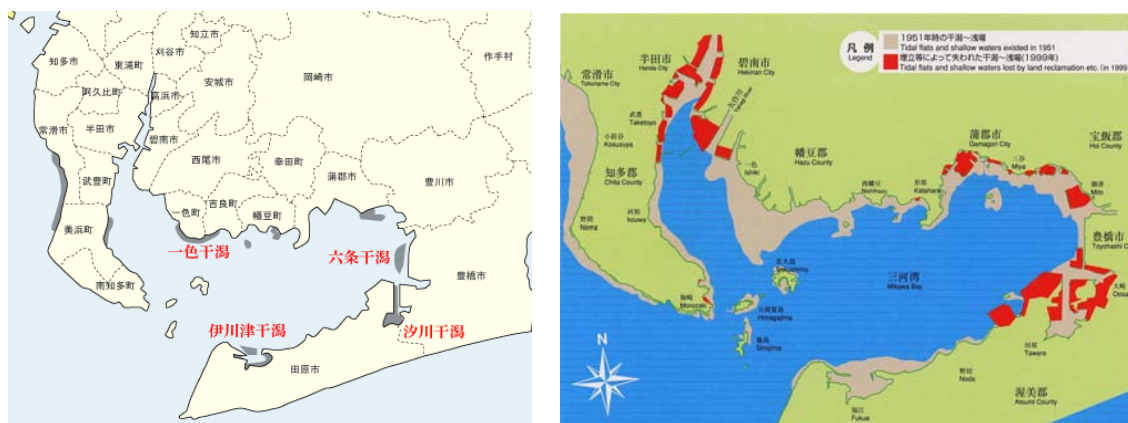
出典(左図) Mikawa データベース(三河湾流域圏の環境情報総合サイト)

出典(右図) とりもどそう豊かな海 三河湾―「環境保全型開発」批判(西條八束監修、三河湾研究会編、1997年)

図 2.9 現在と過去(戦前~1965年)の藻場の位置

### (2) 干潟・浅場

- 代表的な干潟としては、一色干潟、六条干潟、汐川干潟、伊川津干潟があります。
- 干潟面積は、1945年(昭和20年)頃には約2,600haでしたが、1970年代までに急速に減少しました。三河湾において1978年以降に消滅した干潟は176haであり、1992年において残存している干潟は1,579haです。



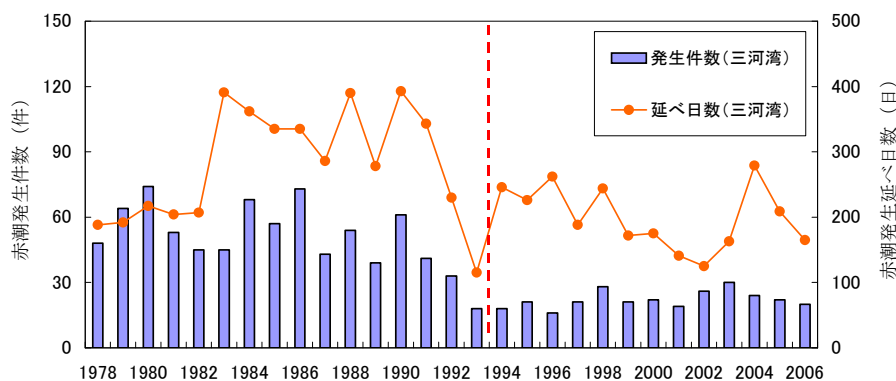
出典(左図) Mikawa データベース(三河湾流域圏の環境情報総合サイト)

出典(右図) パンフレット「取り戻そうあの頃の三河湾を」(国土交通省中部地方整備局三河港湾工事事務所)

図 2.10 現在と過去の干潟の位置

### 2.1.5 赤潮

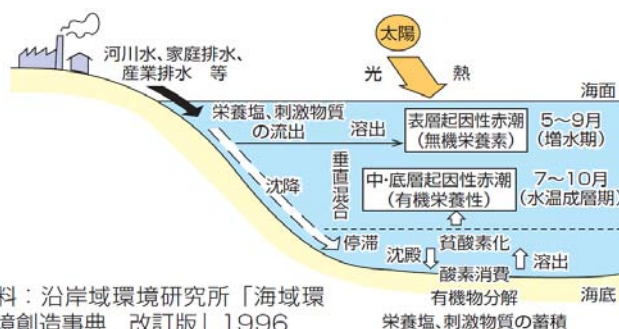
- 植物プランクトンの過増加が進むと赤潮が発生し、漁業被害や景観の悪化を引き起こす場合があります。三河湾では、近年でも毎年、数10件程度の赤潮が発生しています。
- 内湾性の赤潮の発生条件として、①水の停滞性、②富栄養化、③増殖刺激要因の三つが揃う必要があります。これらの3条件が相互に関連して赤潮の発生に繋がるとされています。



注) 1993年頃(図中破線) 県下各漁協の水質汚濁監視員、海上保安本部、県下各事務所水産課、漁業調査船、沿岸漁場調査、水質調査船の情報・通報・観測による現在の観測体制が確立された。

資料) 愛知県資料(伊勢湾・三河湾の赤潮発生状況)

図 2.11 赤潮発生状況の経年変化



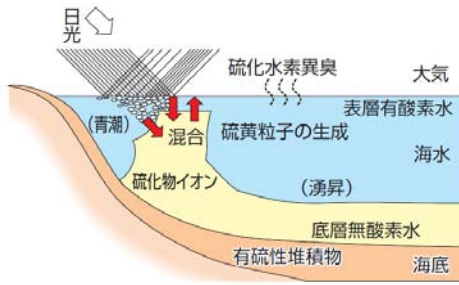
資料: 沿岸域環境研究所「海域環境創造事典 改訂版」1996

出典) 「三河湾データブック 2011」(国土交通省中部地方整備局三河港湾事務所、2011年)

図 2.12 赤潮の発生メカニズム

### 2.1.6 貧酸素水

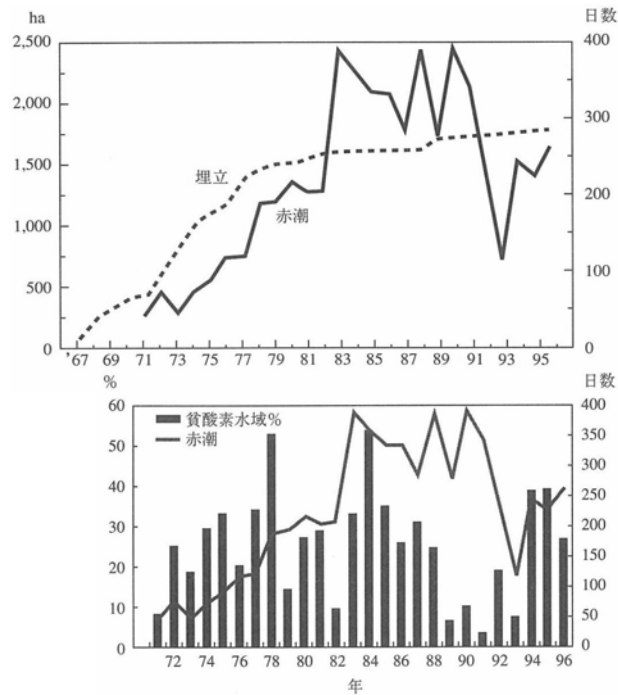
- 湾の底層では、夏季になると毎年のように貧酸素水が形成され、底生魚介類資源の減少といった被害が発生しています。
- 青潮(三河湾では苦潮と呼ばれています)は、海底の貧酸素水塊が、潮流や風によって水面近くに浮上することで発生します。



出典) 「三河湾データブック 2011」 (国土交通省中部地方整備局三河港湾事務所、2011年)

図 2.13 苦潮の発生メカニズム

- 三河湾における赤潮と貧酸素水塊の変遷をみると、以下のような関係がみられます。
- 干潟が急速に埋め立てられた時期と赤潮の発生延べ日数が増加した時期が一致しており、浅海域の喪失が赤潮の多発に影響していると考えられます。
- 1970年代の赤潮の多発化と時を同じくして、貧酸素水塊の拡大も顕著になっています。

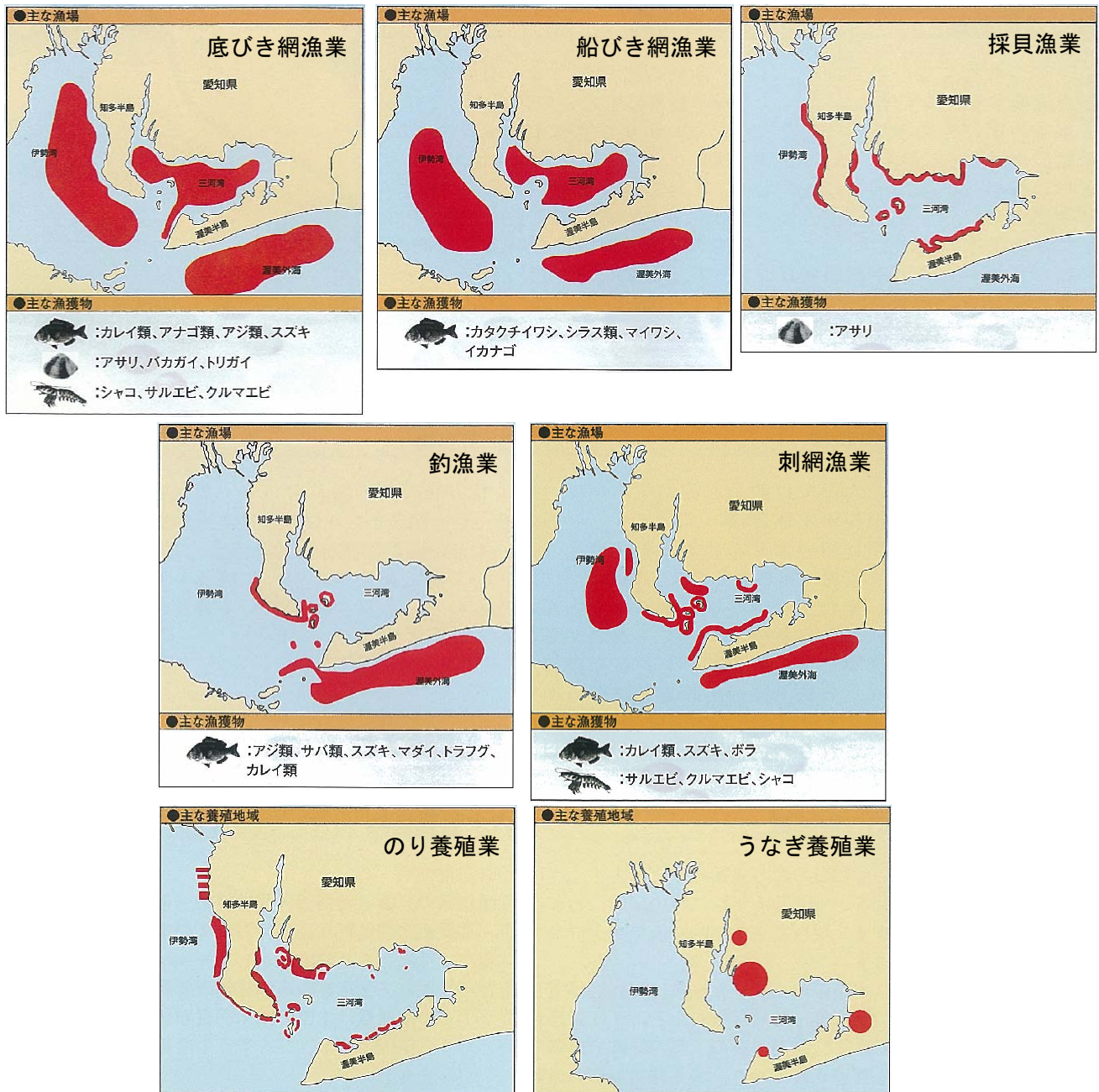


出典) 「水産業における水圏環境保全と修復機能」 (日本水産学会監修、2002年)

図 2.14 三河湾における埋立、赤潮及び貧酸素水塊の変遷

### 2.1.7 漁業

- 三河湾では、様々な漁業が行われています。主に海底に生息する魚介類を漁獲する小型機船底びき網漁業、イワシ類やシラス等を漁獲する船びき網漁業が広く行われています。また、沿岸域では、主にアサリを漁獲する採貝漁業が行われています。
- 養殖漁業としては、沿岸域でのり養殖業が行われており、内水面でうなぎ養殖が行われています。



資料) 「愛知県水産要図」 (愛知県農林水産部水産課、2008年)

図 2.15 愛知県における主要漁業の主な漁場と漁獲物(漁業)

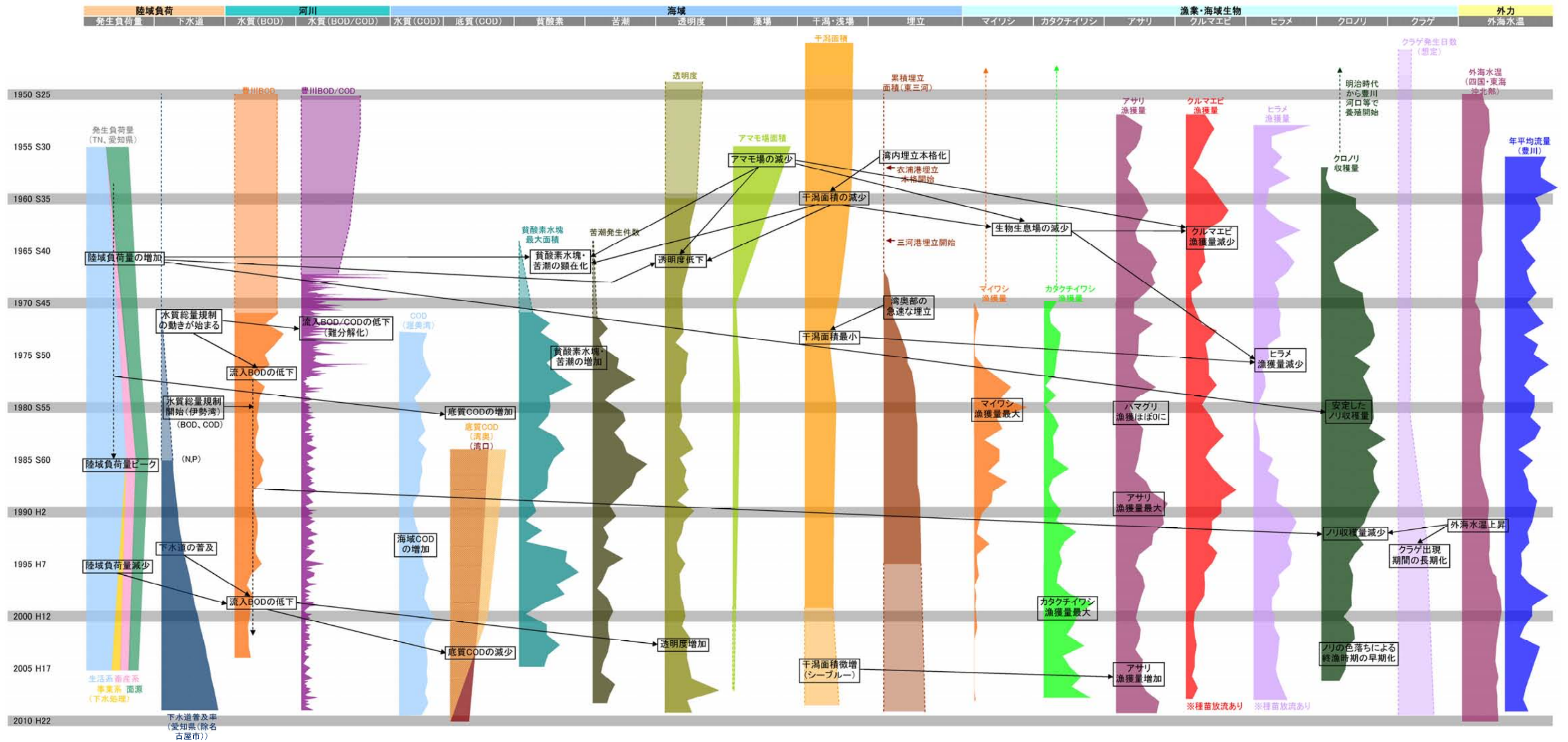
## 2.2 環境の歴史的な変遷

三河湾の環境に関する様々な要因の変化を模式的に図 2.16 及び図 2.17 に整理しました。そこから分かる三河湾の環境の特筆すべき変遷は以下のとおりです。

- ① 干潟の面積は、衣浦港の埋立が本格的に開始された頃から減少傾向がみられ、三河港の埋立が開始された後は減少傾向が加速しています。
- ② アマモ場の面積は三河湾内の埋立が本格化する時期より前、または同時期から減少しており、干潟面積の減少に比べて短期間に激減しています。(三河湾における埋立による場の消失だけでなく、伊勢湾奥部など周辺海域の埋立による種子供給量の減少や陸域で使用された除草剤等の農薬の流入による影響が考えられます)
- ③ アマモ場の面積の減少に伴いクルマエビの漁獲量が減少し、干潟面積の減少及び貧酸素水塊の顕在化に伴いヒラメの漁獲量が減少している様子がうかがえます。これらは、それぞれの生物の生態的特性に応じて、干潟や藻場など生物の生息場や幼稚仔の生育場として利用されていた場所が利用できなくなったことが原因と考えられます。(1980 年代(昭和 50~60 年代)の漁獲量の増加は、漁具・漁法の改良による影響があり、その前後の漁獲量を資源量として比較することは適切ではないと考えられます。)
- ④ 陸域で多くの負荷が発生し、海域に栄養が多量に流れ込むことによって、1970~1980 年代(昭和 40~60 年代)はノリの収穫量が安定していたと考えられます。陸域の発生負荷量の減少及び流入河川の BOD の低下(排水処理の進展)により流入する栄養が減少したこと、また、海水温が上昇したこと(外海水温から想定)から、ノリの収穫量が減少したものと考えられます。
- ⑤ 湾内の環境状態を指標する種類として、クラゲが注目されています。クラゲは、無選択的にプランクトンを捕食しプランクトン食魚類と餌資源の競争を起こす、また、上位の生物に捕食されることが少ないため食物連鎖をショートカットするなど、湾内の物質循環の変化を象徴的に表現しうる生物ではないかと考えられています。三河湾では、クラゲは 1960 年代(昭和 30~40 年代)にも出現しており、1980 年代頃から出現期間が長期化していると想定しています(漁業者ヒアリングより)。同時期に外海水温の上昇傾向がみられることから、クラゲの出現時期の長期化には水温の上昇が影響していると予想されます。
- ⑥ 陸域から流入する栄養を減少させても、海域の水質の COD はわずかに減少傾向を示すものの、1990 年(平成 2 年)頃を境に逆に増加傾向に転じています。一方で内湾部の底質の COD は減少傾向にあると想定しています。外海水の影響も含めた判断が必要です。
- ⑦ 近年のシーブルー事業等により干潟面積は微増しています。加えて、湾奥部の六条干潟で採取したアサリ稚貝を三河湾湾内の他の干潟・浅場へ放流する等の漁業者による資源回復の努力等もあり、アサリの漁獲量は増加しています。

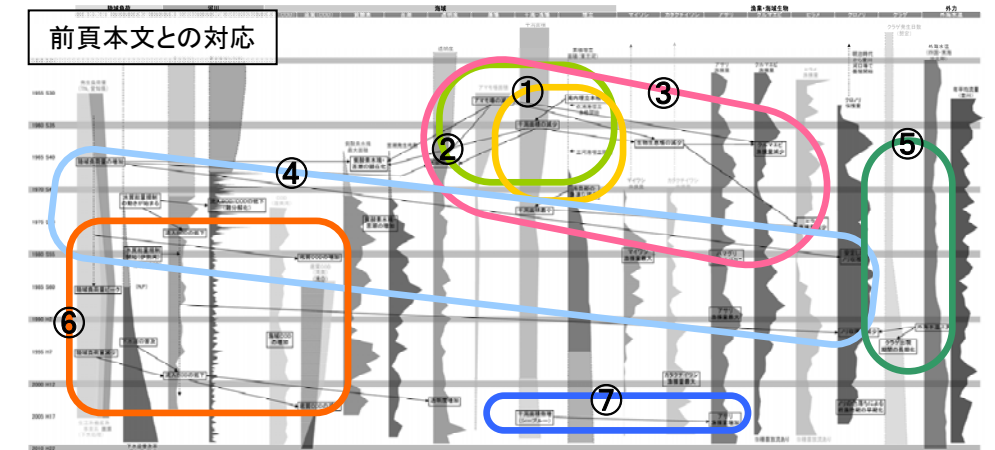
※見出しの色及び番号は図 2.16 右下図との対応を示す。

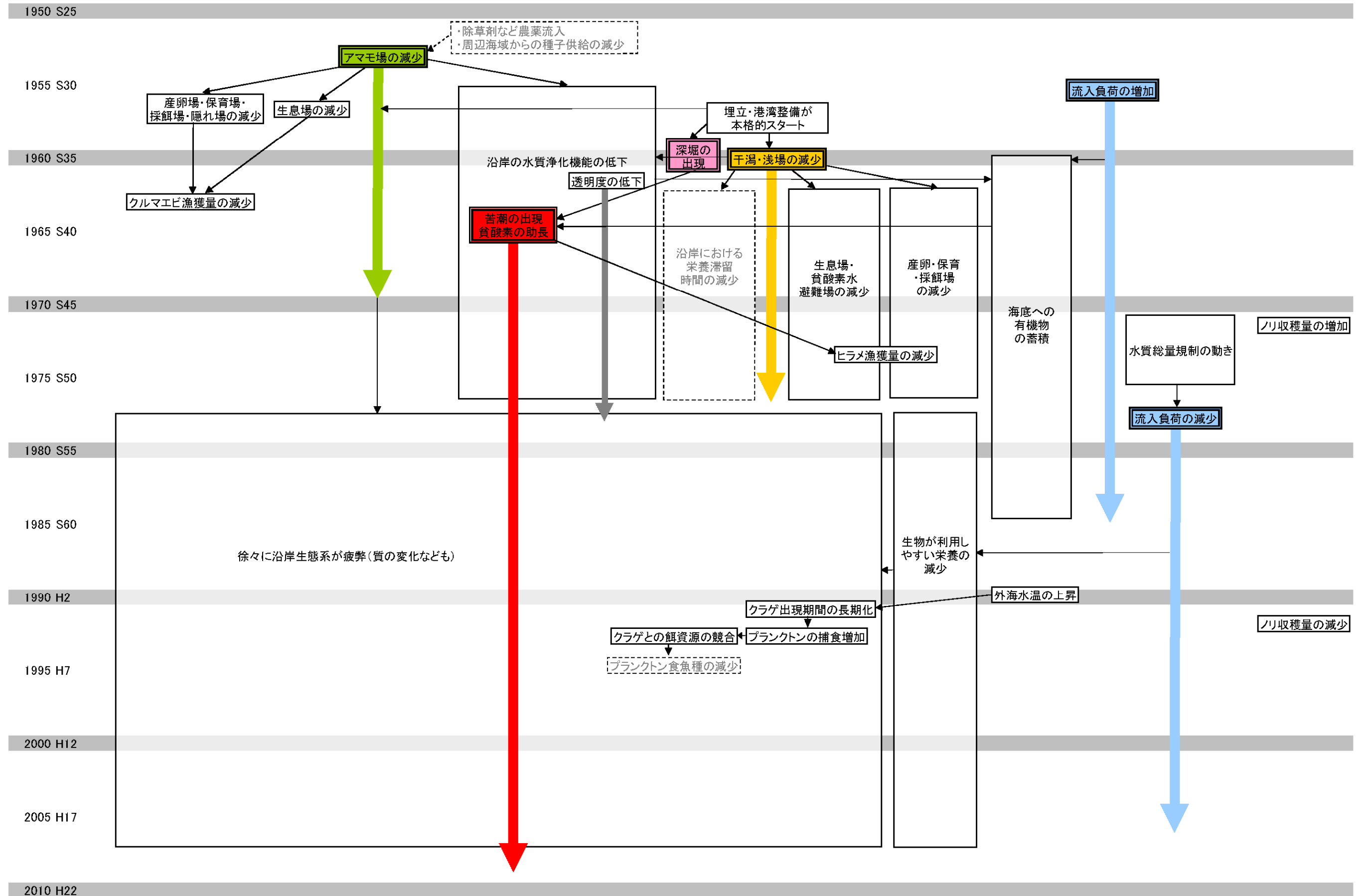




注) 図中の破線は想定またはイメージである。

図 2.16 三河湾の環境要素の変遷





注) 図中の破線は想定である。

図 2.17 三河湾の環境の変遷

## 2.3 過去に行われてきた環境改善対策

### (1) 三河湾流域における施策の実施状況

- 三河湾流域圏の環境情報総合サイト(Mikawaデータベース)では、三河湾流域における施策の実施状況について表 2.1 のように整理されています。

表 2.1(1) 三河湾流域における施策の実施状況

#### ● 森林の再生

実施機関	施策名	実施主体			
		産	学	官	民
中部森林管理局	国有林の保全整備			○	
名古屋事務所	ふれあいの森制度			○	
愛知県農林水産部	造林事業(補助事業)	○		○	○
農林政策課	治山事業	○		○	○
企画グループ	三河材の利用促進	○	○	○	○
長野県環境部	奥地保安林保全緊急対策事業			○	
水大気環境課	保安林保育事業			○	
	保安林改良事業			○	
	公的森林整備事業			○	
	特殊林県行造林			○	

#### ● 農畜産業の転換

実施機関	施策名	実施主体			
		産	学	官	民
愛知県農林水産部	農村振興総合整備事業			○	
農林政策課	地域用水環境整備事業			○	
企画グループ	農地・水・環境保全向上対策事業	○		○	○
	環境保全型農業推進事業	○ (農家)		○	
	環家畜排せつ物利用促進	○ (農家)		○	
	家畜排せつ物適正処理指導	○ (農家)		○	
	家畜排せつ物処理高度化支援	○ (農家)		○	
	畜産バイオマスの利活用	○ (農家)		○	

#### ● 排水の適正処理

実施機関	施策名	実施主体			
		産	学	官	民
愛知県環境部	法令による規制指導			○	
水地盤環境課	水質総量削減計画の削減			○	
	生活排水対策			○	
愛知県農林水産部	農業集落排水事業			○	
農林政策課				○	
企画グループ				○	
愛知県建設部	下水道の整備			○	
下水道課	合流式下水道の改善			○	
	高度処理施設の導入			○	

#### ● モニタリング

実施機関	施策名	実施主体			
		産	学	官	民
国土交通省	第5回身近な水環境の全国一斉調査			○	○
中部地方整備局	豊川、矢作川における水生生物調査			○	
豊橋河川事務所調査課				○	
愛知県環境部	河川等公共水域水質監視			○	
水地盤環境課	水生生物調査			○	○
	流域モニタリング一斉調査			○	○
	油ヶ淵流域水環境モニタリング			○	○
長野県環境部	水質常時監視事業			○	

#### ● ダム対策

実施機関	施策名	実施主体			
		産	学	官	民
国土交通省	矢作ダム堆砂対策事業			○	
矢作ダム管理所	矢作ダム水質対策			○	

資料) Mikawa データベース (三河湾流域圏の環境情報総合サイト) より作成

表 2.1(2) 三河湾流域における施策の実施状況

● 自然再生・環境改善

実施機関	施策名	実施主体			
		産	学	官	民
国土交通省 中部地方整備局 三河港湾事務所	海域環境創造事業			○	○
国土交通省 中部地方整備局 豊橋河川事務所調査課	豊川下流部環境整備事業 (自然再生事業)			○	○
愛知県農林水産部 農林政策課 企画グループ	干潟・浅場造成事業			○	
愛知県建設部 河川課	統合河川環境整備事業 (清流ルネッサンスⅡ) 水環境改善事業			○	○
愛知県建設部 港湾課	海域環境創造事業等			○	

● 親水空間整備

実施機関	施策名	実施主体			
		産	学	官	民
愛知県建設部 港湾課	ポートパーク 港湾環境整備事業			○	
				○	

● 多様な主体の連携

実施機関	施策名	実施主体			
		産	学	官	民
愛知県農林水産部 農林政策課 企画グループ	県有林野地内における 多様な主体による森林づくり	○		○	○
三河湾浄化推進協議会 (事務局：豊橋市環境 部環境保全課)	三河湾浄化推進協議会との連携強 化	○		○	

資料) Mikawa データベース (三河湾流域圏の環境情報総合サイト) より作成

(2) 干潟・浅場の再生(シーブルー事業)

- 三河湾では、かつて失われた沿岸の水質浄化・生物生産等の機能を取り戻すために、1999 年度から 2004 年度にかけて、中山水道航路の浚渫により発生した良質な砂を利用し、約 620ha の干潟・浅場造成、覆砂が実施されました。

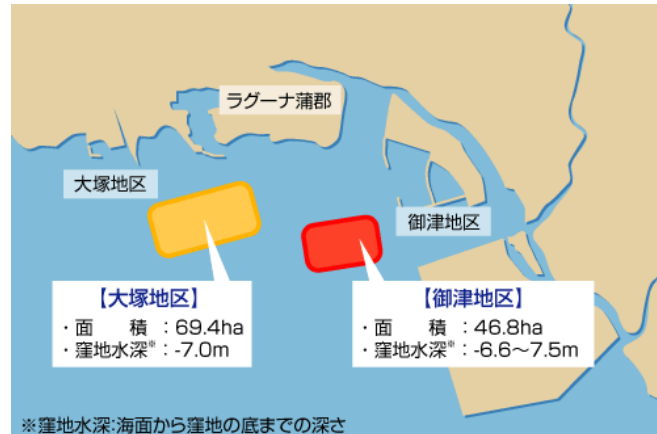


出典) 「三河湾データブック 2007」 (国土交通省中部地方整備局三河港湾事務所、2007 年)

図 2.18 シーブルー事業実施地区

### (3) 深掘跡の埋戻し

- 三河湾奥部には、かつて、三河港における公共ふ頭、大規模な工業用地等の埋立のために海底土砂を採取した跡が深掘跡となって存在し、貧酸素水の拡大を助長することによる環境悪化が懸念されていました。
- 漁業協同組合からの要望を受け、平成 15 年から御津地区、平成 17 年から大塚地区の埋戻しが実施されました。御津地区は平成 16 年度末までに大部分の修復が完了しています。修復用の土砂は、三河港の整備で発生する浚渫土が活用され、その表層部を良質な土砂で覆っています。



出典) 国土交通省中部地方整備局三河港湾事務所 HP

図 2.19 三河湾奥部の深掘埋戻し位置及び状況

## 第3章 三河湾の物質循環とその課題

### 3.1 三河湾の物質循環の特徴とあるべき健全な姿

第1～2章の結果より、三河湾の物質循環の特徴をまとめると、以下のとおりです。

- 水深が浅く、海水交換が行なわれにくい地形の湾で、湾内に滞留する栄養を多様な生物が高頻度  
に利用することで豊かな生産性を維持していたと考えられます。
- 大きな河川が流入することによるエスチュアリー循環が発達している湾と考えられます。
- 河川から運ばれる豊富な土砂によって、河口には干潟が形成されやすく、干潟に生息する二枚貝  
等の生物が陸域からの栄養を貯留する緩衝機能が強い湾です。
- 浅海部には干潟・浅場を基盤としたアマモ場が発達し、食物連鎖の上位生物がそのような場で育  
まれ、これらの生物が構成する活発な食物連鎖が物質循環の円滑さを保っていたものと考えられ  
ます。また、漁業による栄養の取り出しも多く、物質循環の一助を担っているものと考えられます。
- 現在は物質循環の滞りの象徴でもある、赤潮や貧酸素水の拡大が問題になっています。
- これまでにも流入負荷の削減や大規模な干潟・浅場の造成などの環境改善施策に取り組んでおり、  
アサリが増加するなど一定の効果が確認されるようになってきました。しかし、未だ健全な状態では  
なく、さらなる取組みが必要です。

本ヘルシープランで目指すべき、あるべき健全な三河湾の姿は以下のとおりです。

「生物の生産力が高い浅海域と河川等から流入する栄養を活かして、多様な生物がそれぞれのネットワークの中で再生産され、その活発な食物連鎖によって栄養が滑らかに循環する豊かな海」

### 3.2 三河湾の物質循環の課題

第2章までの整理結果から、三河湾における物質循環の課題は以下のように考えられます。

- 三河湾では、浅海域の豊かな生物生息域が少なくなり、生物生産力が低下したことにより、食物連鎖を腐食連鎖が大きく上回ることで貧酸素化が助長されたと考えられます。つまり、水深が浅い場所での生物生産・物質循環の状態が、水深の深い部分で起こっている貧酸素水の発生規模を左右すると考えられます。干潟・浅場、藻場の減少等によって沿岸の生物ネットワークや生物生産が劣化していることは、円滑な物質循環を取り戻すための大きな課題です。
- また、この課題を象徴する現象として最も直接的なものとしては、海底へ沈降する栄養が多いことが挙げられます。沈降した栄養は分解しきれずに蓄積して、貧酸素水を助長する原因になります。

また、上記の課題に関わる背景として、以下の点があります。

- 水質総量削減により陸域からの流入負荷量を減少させてきましたが、海域の栄養、植物プランクトンはほとんど変化していないと考えられます。
- 沿岸域の埋立の進行により干潟・浅場が減少し、干潟・浅場を主要な生息場所としているアサリ等の二枚貝が減少しました。二枚貝は、海水中の栄養や植物プランクトンを餌として取り入れる生物ですので、水質を浄化する機能が低下したと考えられます。
- 干潟・浅場の減少とともに、三河湾内のアマモ場も減少しました。アマモ場は特に魚食魚類の稚仔魚の生息場として重要な役割を果たしており、アマモ場が減少することは、魚食魚類の減少につながっている可能性があります。物質循環の上位に位置する魚介類が減少することは、さらに環境悪化を加速させてしまう原因になると想定されます。また、魚介類の減少は、漁獲資源の減少につながり、漁業が衰退することで漁場が劣化し、生物資源が更に減少するという悪循環に陥る場合もあります。
- 上記以外の変化要因として、外海水の流入や温暖化による水温の上昇等が考えられますが、現時点では、その影響の程度は不明です。また、湾内でクラゲ類の発生が増加して、クラゲ類が上位生物に利用されないため食物連鎖が単純になる変化も想定されていますが、その詳細は不明です。

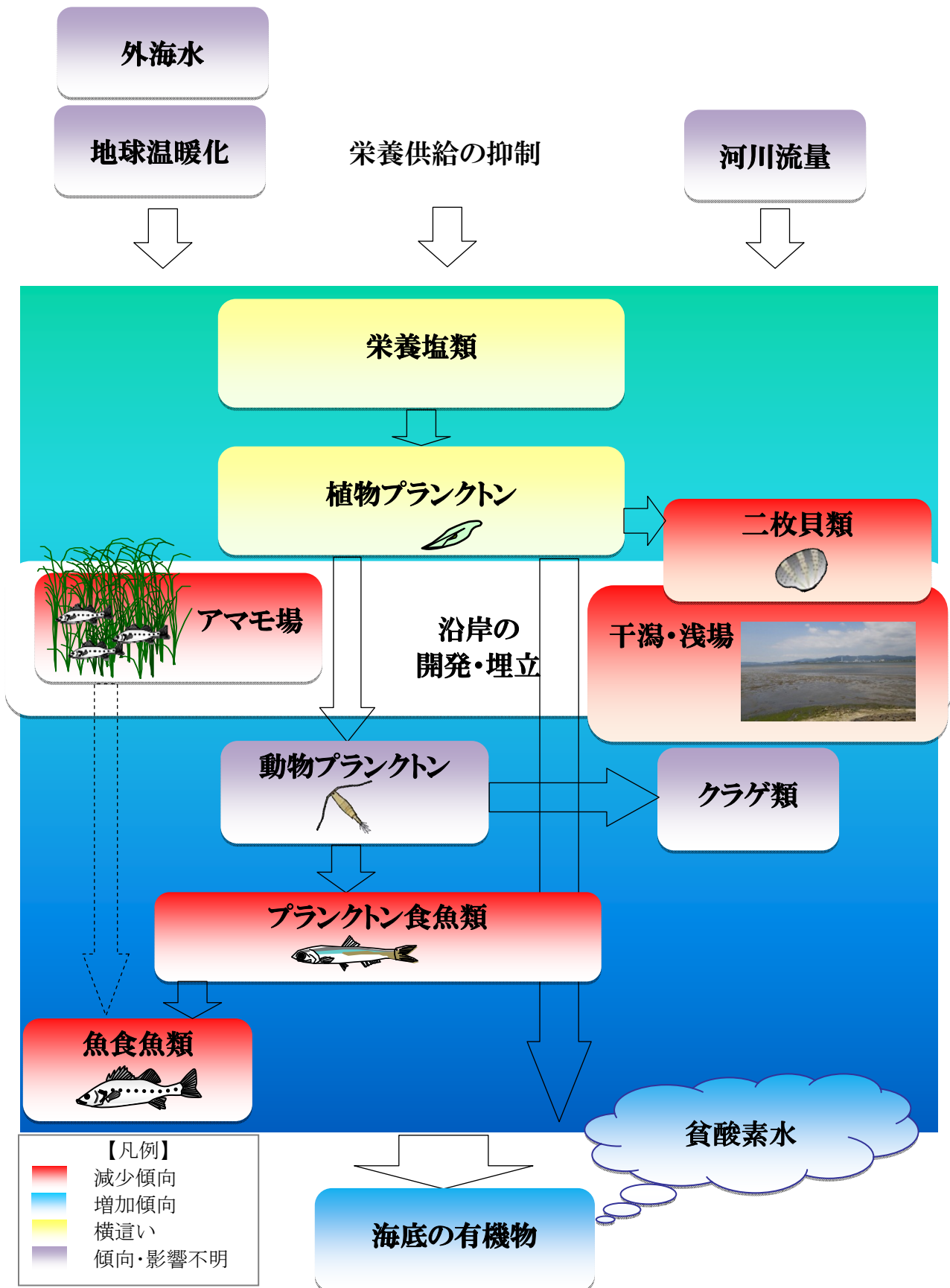


図 3.1 物質循環の課題が起きる流れ



## 第4章 課題解決のアプローチ

### 4.1 想定されるアプローチ

- これまでの三河湾では、応急的なアプローチとして、栄養供給を減らす、栄養を直接取り出すといったアプローチが実施されてきました。その後、干潟・浅場の再生や深掘跡の修復、近年はその再生した環境に生物を移動するなどの生物の活用を意識した対策が実施され、生物が増加するという一定の効果を得てきました。今後もこのような生物を活用したアプローチを中心に考えていくことが、三河湾の物質循環を健全にするために必要なことと考えられます。
- 課題を解決する理想的なアプローチとして、三河湾の特性である生物生産が豊かであることを活かし、「湾内の生物ネットワークを高めること」によって、栄養を湾内でより消費して、海底への栄養の沈降を減少させる、生物を活用したアプローチが考えられます。生物ネットワークを高めるためには、生物の「生息空間」「餌条件」「生息環境」という3つの条件を整える必要があります。
- 上記のアプローチを継続的に実施していくためには、実施にあたって協力・支援をしてもらえる三河湾サポーターを増やすという社会的なアプローチが必要です。
- また、上記の理想的なアプローチが十分実施できない場合は、応急的なアプローチによって現状を維持していくことも必要と考えられます。
- 以上の想定されるアプローチを表 4.1 に整理しました。

表 4.1 課題を解決するための想定アプローチ一覧

分類	アプローチの考え方		実施イメージ	抽出条件				
				実効性	実行性	副作用等		
生物活用アプローチ	湾内の生物ネットワークを高める ※1	生息空間	生息空間を保全する ※2	沿岸の生物生息場を保全する	◎ 効果あり	○ 実績あり	特になし	
			生息空間を再生する ※2	沿岸の生物生息場を再生する	◎ 効果あり	○ 実績あり	特になし	
		餌条件 (食物連鎖率の向上)	生物に必要な適切な一次生産を起こす		適切な質や量の栄養を供給する	○ 効果期待	△ 実績なし	適切量の見極め必要
			栄養を生物生息空間に集中させる		河川水をより干潟等に流れ込むような構造物を設置する	△ 現実的な効果不明	△ 実績なし	周辺干潟の変化懸念
			より多くの一次生産を食物連鎖で利用する		在来生物を条件の良い場所に移動する	◎ 効果あり	○ 実績あり	特になし
					様々なサイズのプランクトンを取り上げる生物を増やす	○ 効果期待	△ 生物の知見少	特になし
		生息環境	沈降する栄養を減少させる	沿岸の生物生息場を再生する(※2と同様)		-	-	-
				地形改変等で海水交換を向上させる		○ 効果大	△ 実績なし	本来の生態系の変化
			貧酸素水を減少させる	貧酸素水発生要因となる地形を改善する		◎ 効果あり	○ 実績あり	特になし
				直接酸素を供給する		△ 効果小	○ 試験あり	特になし
	栄養を海底に閉じこめる			△ 深い場所:効果小	○ 実績あり	特になし		
	その他	新たに生物を導入する		△ 効果少	○ 実績あり	放流種注意		
	栄養を多く取り出す	生物を取り出す	生物を増やす(※1と同様)		-	-	-	
			潮干狩場等を増やす(※2と同様)		-	-	-	
社会的アプローチ	三河湾サポーターを増やす	干潟の素晴らしさを体感してもらう	干潟のゴミを減らす	○	○ 実績あり	特になし		
			干潟をフィールドにした環境教育を推進する	○	○ 実績あり	特になし		
		魚食の素晴らしさを体感してもらう	料理教室や試食会を実施する	○	○ 実績あり	特になし		
			魚食を含めた観光を推進する	○	○ 実績あり	特になし		
		生物の豊かさを体感してもらう	スナメリ等の親近感がある生物を人々に観察してもらう	○	○ 実績あり	特になし		
		三河湾の現状を詳しく知ってもらう	三河湾の現状をまとめた映像を作成して啓発活動を行う	○	○ 実績あり	特になし		
応急的アプローチ	直接栄養を取り出す		海底に溜まった有機物を物理的に除去する	△ 効果少	○ 実績あり	水深増→貧酸素助長		
	栄養供給を減らす		栄養が極度に蓄積する場所への栄養供給を抑制する	○ 効果期待	○ 実績あり	適切量検討必要		

## 4.2 優先すべきアプローチ

- 4.1 において想定したアプローチから、優先すべきアプローチとして、次のものが考えられます。

＜副作用が想定されず、実効性及び実行性がある程度証明されているアプローチ＞

- A) 生息空間の保全・再生（食物連鎖の上位生物を成育する干潟や藻場等を整えるアプローチ）
- B) 生息環境の再生（貧酸素水の発生要因となる地形を改善するアプローチ）
- C) 三河湾サポーターの増加（三河湾を再生する原動力を確保するアプローチ）
- D)-1 食物連鎖効率性の向上（餌条件の良好な環境へ生物を移動するアプローチ）

＜副作用は想定されず実効性が期待されるが、実行性が伴っていないアプローチ＞

- D)-2 食物連鎖効率性の向上（植物プランクトンのサイズ特性に対応した食物連鎖を維持し、できるだけ多くの植物プランクトンを食物連鎖の上位生物に取り込むアプローチ）
- E) 物質循環量の増加（食物連鎖の上位生物を成長させる、より大きなサイズの植物プランクトン生産を多く起こすアプローチ）

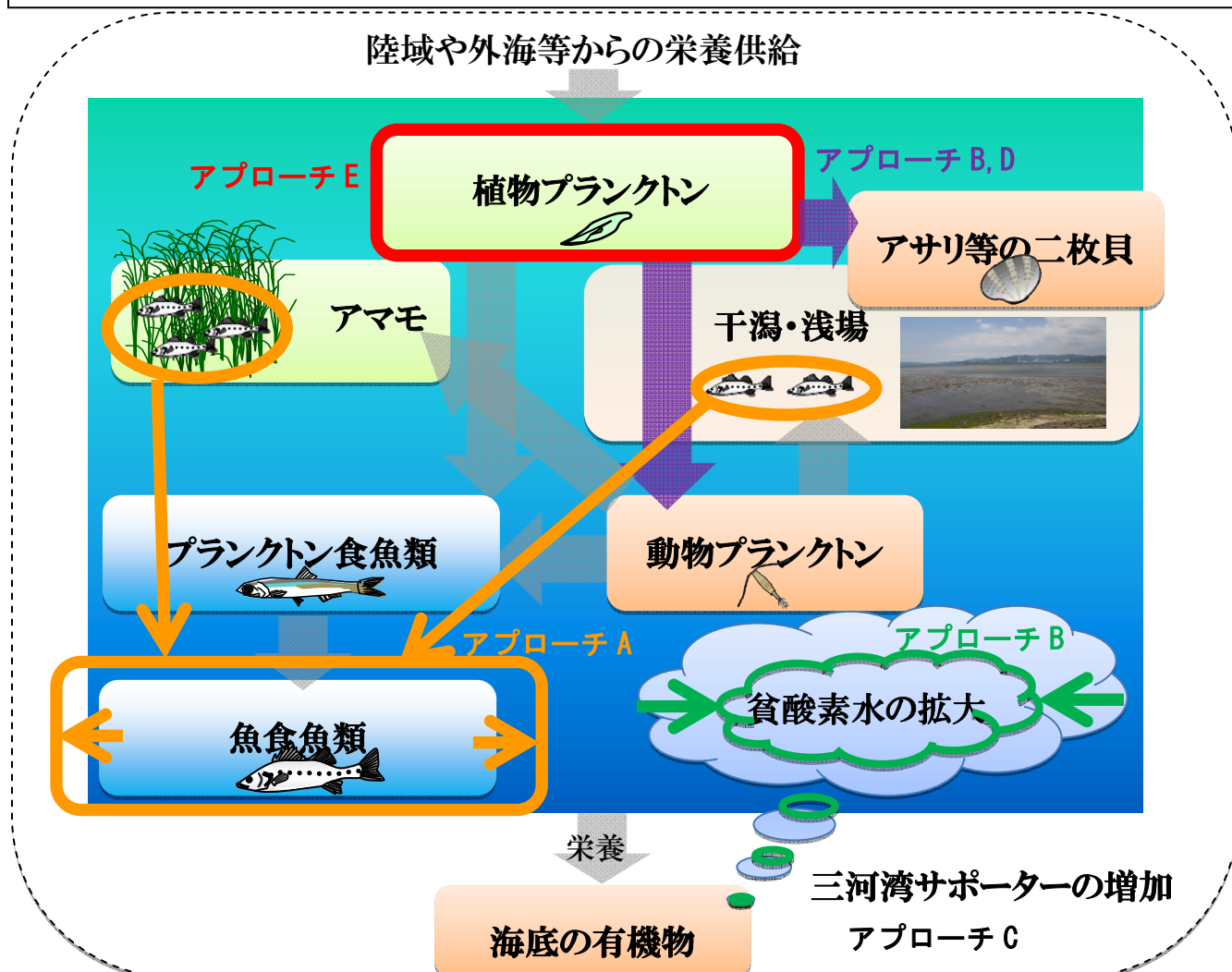


図 4.1 優先すべきアプローチとその物質循環図における実施該当箇所

- 優先すべきアプローチの具体的な対策の方向性としては、表 4.2 に示す内容が考えられます。

表 4.2 優先すべきアプローチとその具体的な対策の方向性

優先すべきアプローチ		具体的な対策の方向性
A) 生息空間の保全・再生(上位生物が成育できる沿岸環境を整える)		<ul style="list-style-type: none"> <li>上位生物の成育場となる干潟・浅場、藻場を増やす→5章の具体的な対策①干潟・浅場の再生、②藻場(アマモ場)の再生</li> <li>局所的に閉鎖性が高く、生物の供給が十分でない場所を生物の供給がされやすい形に改善する→5章の具体的な対策③食物連鎖阻害地形の改善</li> </ul>
B) 生息環境の再生(上位生物の脅威である貧酸素水による影響を軽減する)		<ul style="list-style-type: none"> <li>干潟・浅場、藻場を増やして沿岸における栄養の一時貯留機能を高める、または、生物が貧酸素水の影響を受けにくい場所を拡大する→5章の具体的な対策①干潟・浅場の再生</li> <li>深掘跡や極度に閉鎖性が高く栄養が蓄積する場など貧酸素水が発生しやすい環境を減らす→5章の具体的な対策③食物連鎖阻害地形の改善</li> </ul>
C) 三河湾サポーターの増加(三河湾を再生する原動力を確保する)		三河湾の環境や生物、魚食の素晴らしさ、三河湾の現状や課題を一般の人々に知ってもらう→5章の具体的な対策④三河湾サポーターを増やす
D) 食物連鎖効率性の向上(できるだけ多くの植物プランクトンを食物連鎖へ取り込む)	D-1) より生物が成長しやすい場所に生物自体を移動する	アサリなど定在性の強い生物を、より多くの植物プランクトンを取り込めて成長できる場所に移す→5章の具体的な対策⑤良好な生息場所への生物移動
	D-2) 微小植物プランクトンを食物連鎖に取り込む機能を整える	成長段階に応じて様々なサイズの植物プランクトンを食物連鎖に導入できるアサリが生息する干潟・浅場を増やす(設定根拠:実験結果①)→5章の具体的な対策①干潟・浅場の再生
E) 物質循環量の増加(大きなサイズの植物プランクトン生産を多く起こす)	植物プランクトン生産に適切な質や量の栄養を保持する	適切な量の無機態栄養塩類を供給して、上位生物にとって利用価値の高い大きなサイズの植物プランクトンを増やす など(設定根拠:実験結果②)→5章の具体的な対策⑥適切な栄養の保持

- D-2及び E のアプローチについては、現状では実行性に課題があるので、実行性を高めるための実証試験を実施しましたので、その結果についても以下にあわせて示します。
- なお、実験結果の解釈については、実験ケースが限定されているなど、まだ議論の余地がある結果と認識しています。今後さらに検討の余地があることを付け加えておきます。

## 実証試験① 植物プランクトン摂食に関する実験

- ☆ 三河湾において、主に植物プランクトンを取り込んで成長する生物として、アサリ等の二枚貝類や動物プランクトンが挙げられます。
- ☆ 湾内で発生した植物プランクトンをより多く上位の食物連鎖に循環させていくためには、植物プランクトンを摂食して成長する、アサリなどの二枚貝類や動物プランクトンを増やすことが必要です。
- ☆ そこで、アサリや動物プランクトンといった上位生物がどのようなサイズの植物プランクトンを利用しているのかを実験で検証しました。実験結果は以下に示すとおりです。

### 実験結果①-A

～アサリ(二枚貝)は微小プランクトンを食物連鎖に取り込む重要な役割を担っている！～

- ・ サイズ別のアサリ等二枚貝を入れたビーカーの中で、植物プランクトンの変化をサイズ別に観察してみると、アサリの着底稚貝は、微小(ナノ:2~20 $\mu$ m)プランクトンを多く摂食していました。アサリ等二枚貝が成長に伴って様々なサイズの植物プランクトンを取り込み、食物連鎖に循環させていく役割を有していることがわかります。
- ・ アサリ等二枚貝は、超微小(ピコ)プランクトンも少なからず摂食しており、食物連鎖の上位生物として非常に優れている生物です。

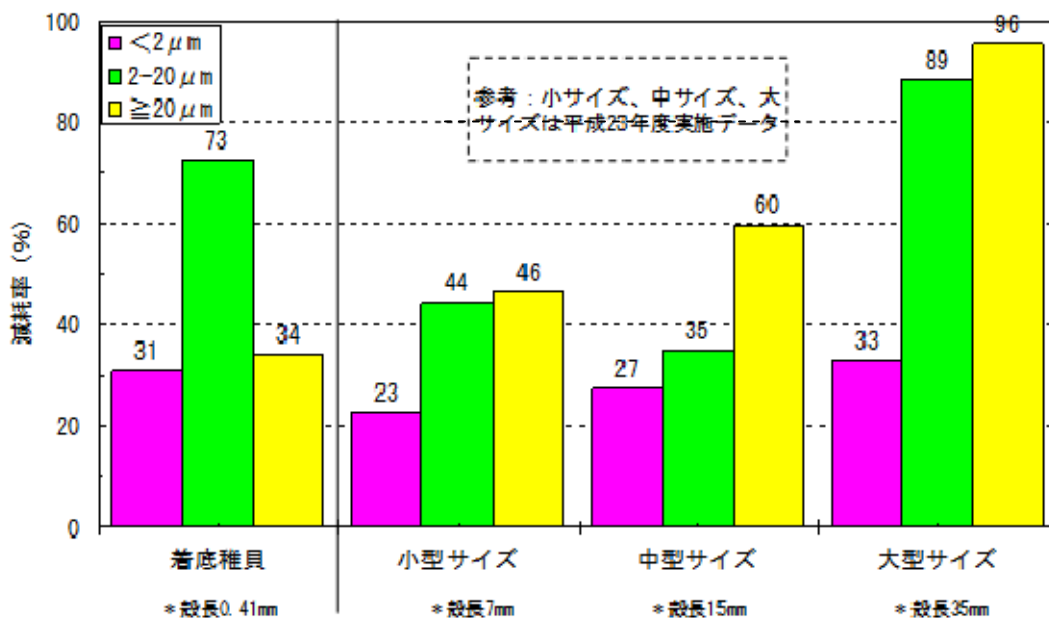
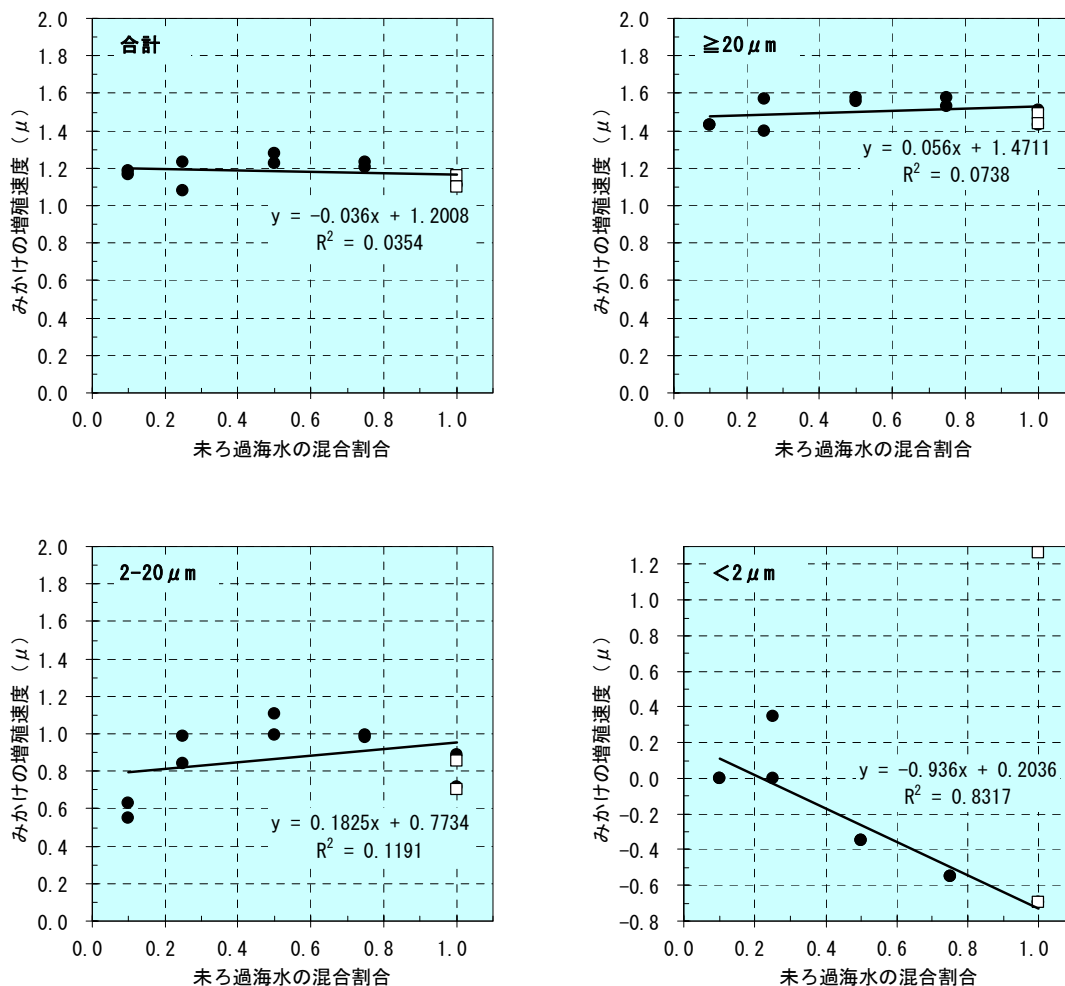


図 4.2 アサリ等二枚貝のサイズの違いによるサイズ別クロロフィル減耗率

## 実験結果①-B

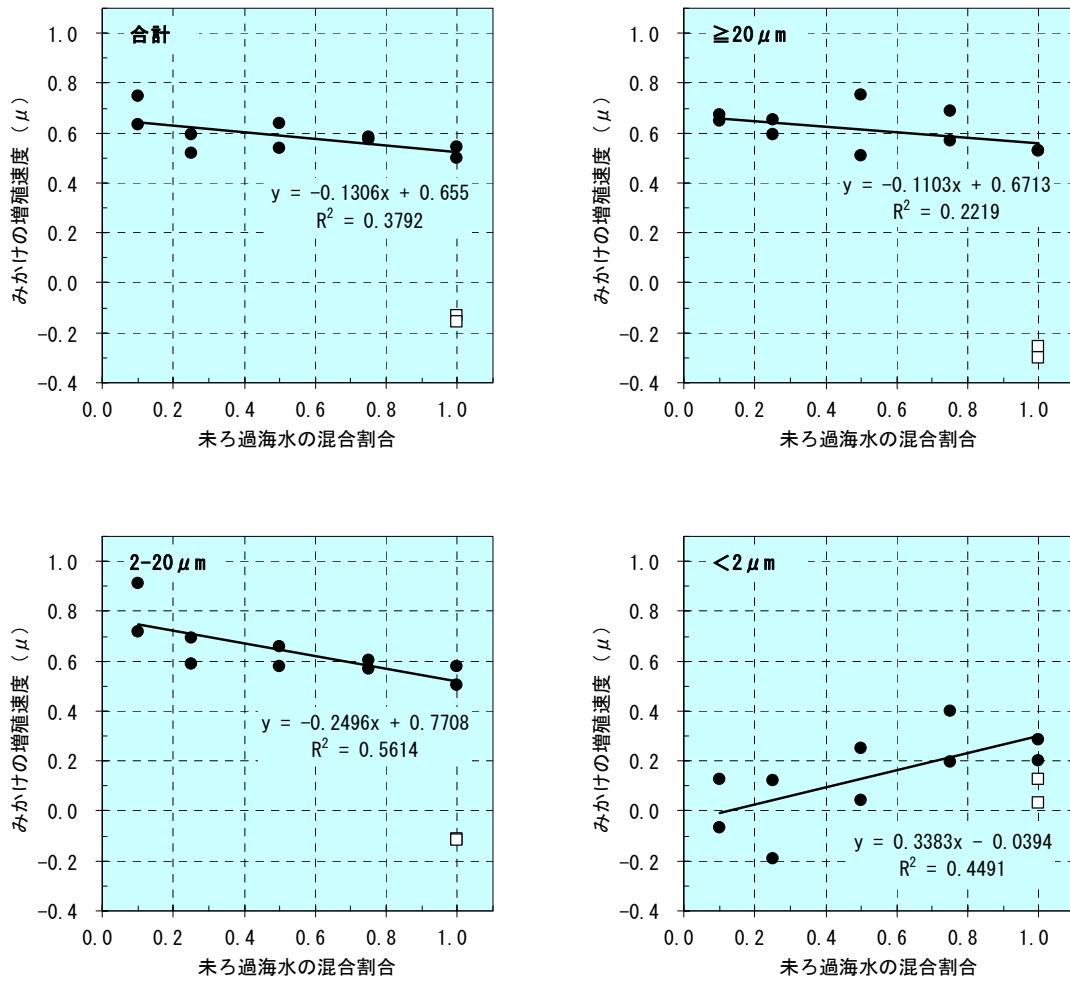
～動物プランクトンは夏季に超微小プランクトンを食物連鎖に取り込む役割を担っている！～

- 動物プランクトンの密度に応じて、サイズ別の植物プランクトンがどの程度減少したのかを実験で検証した結果、水温が高い(28°C)条件下では、超微小(ピコ)植物プランクトンのみが動物プランクトンに利用される結果が得られました。水温の高い夏季には、動物プランクトンは、通常食物連鎖では利用されにくい超微小(ピコ)プランクトンを食物連鎖に取り込む重要な役割を担っていると考えられます。
- 一方、水温が低い(20°C)条件の時には、上記とは逆に、超微小(ピコ)プランクトンだけが利用されない結果となりました。
- これらの結果から、動物プランクトンは夏季に限って水温上昇にしたがって増加する超微小(ピコ)プランクトンを摂食する可能性が示されました。夏季は貧酸素水が発生する時期でもあり、動物プランクトンは超微小(ピコ)プランクトンを経由して循環する栄養を海底に沈降させずに食物連鎖に取り込み、貧酸素水の拡大を抑制する重要な役割を担っているものと考えられます。



注：図中の●は試験区（栄養添加有り）、□は対照区（原水：栄養添加なし）を示す

図 4.3(1) 植物プランクトンの比増殖速度と捕食者による比捕食速度の関係(夏季)



注：図中の●は試験区（栄養添加有り）、□は対照区（原水：栄養添加なし）を示す

図 4.3(2) 植物プランクトンの比増殖速度と捕食者による比捕食速度の関係(秋季)

## 実証試験② 植物プランクトン生産に関する実験

- ☆ 栄養を円滑に循環させるためには、食物連鎖を支える上位生物が植物プランクトンを多く摂食して十分に成長し、太い物質循環を担うエンジンとなる必要があります。
- ☆ 植物プランクトンは、海水中の栄養塩類を吸収して増殖し、上位生物に摂食されることによって栄養を食物連鎖に取り込まれる出発点となる大切な役割を担っています。どのような植物プランクトンが太い物質循環を担う出発点となれるのかを検討するために、様々な栄養状態の時にどのようなサイズの植物プランクトンが増加するのかを実証試験で検証しました。

## 実験結果

～植物プランクトンのサイズは、無機態栄養塩類の量に左右される！～

- ①超微小(ピコ)プランクトン、②微小(ナノ)プランクトン、③小形(マイクロ)プランクトン以上の3段階の植物プランクトンが、どのような栄養状態の時に増加するのかを実証試験で検証しました。なお、植物プランクトンのサイズは、下表のように区分されています。

サイズ	呼称
2 $\mu$ m 未満	ピコプランクトン(超微小プランクトン)
2～20 $\mu$ m	ナノプランクトン(微小プランクトン)
20～200 $\mu$ m	マイクロプランクトン(小形プランクトン)
200 $\mu$ m～2mm	メソプランクトン(中形プランクトン)
2～20mm	マクロプランクトン(大形プランクトン)
20mm 以上	メガロプランクトン(巨大プランクトン)

出典)地球環境調査計測事典 第3巻沿岸域編(株式会社フジ・テクノシステム、2003年)

実験結果としてまとめた“栄養塩類とサイズ別植物プランクトン増殖量との関係”は以下に示すとおりです。

- 微小(ナノ)以上の植物プランクトンは、溶存無機態窒素(DIN)、溶存無機態りん(DIP)が多いほど増える傾向にありました。生態系の上位生物にとって利用価値の高い大きなサイズの植物プランクトンを増加させるためには、無機態窒素・りんを多く適切に供給することが必要であることがわかりました。
- 一方、超微小(ピコ)植物プランクトンは、厳密には栄養塩類の状態に左右されない結果となりましたが、溶存無機態窒素(DIN)、溶存無機態りん(DIP)が多すぎる条件もしくは少なすぎる条件で多くなる傾向がみられました。その理由としては、栄養塩類が多すぎる場合は、サイズに限らず植物プランクトン全体に栄養塩類が利用されて、少なすぎる場合は、小形(マイクロ)植物プランクトン以上が多くなれない条件であるため、超微小(ピコ)植物プランクトンが急減に増えることがあるのではないかと考えられます。



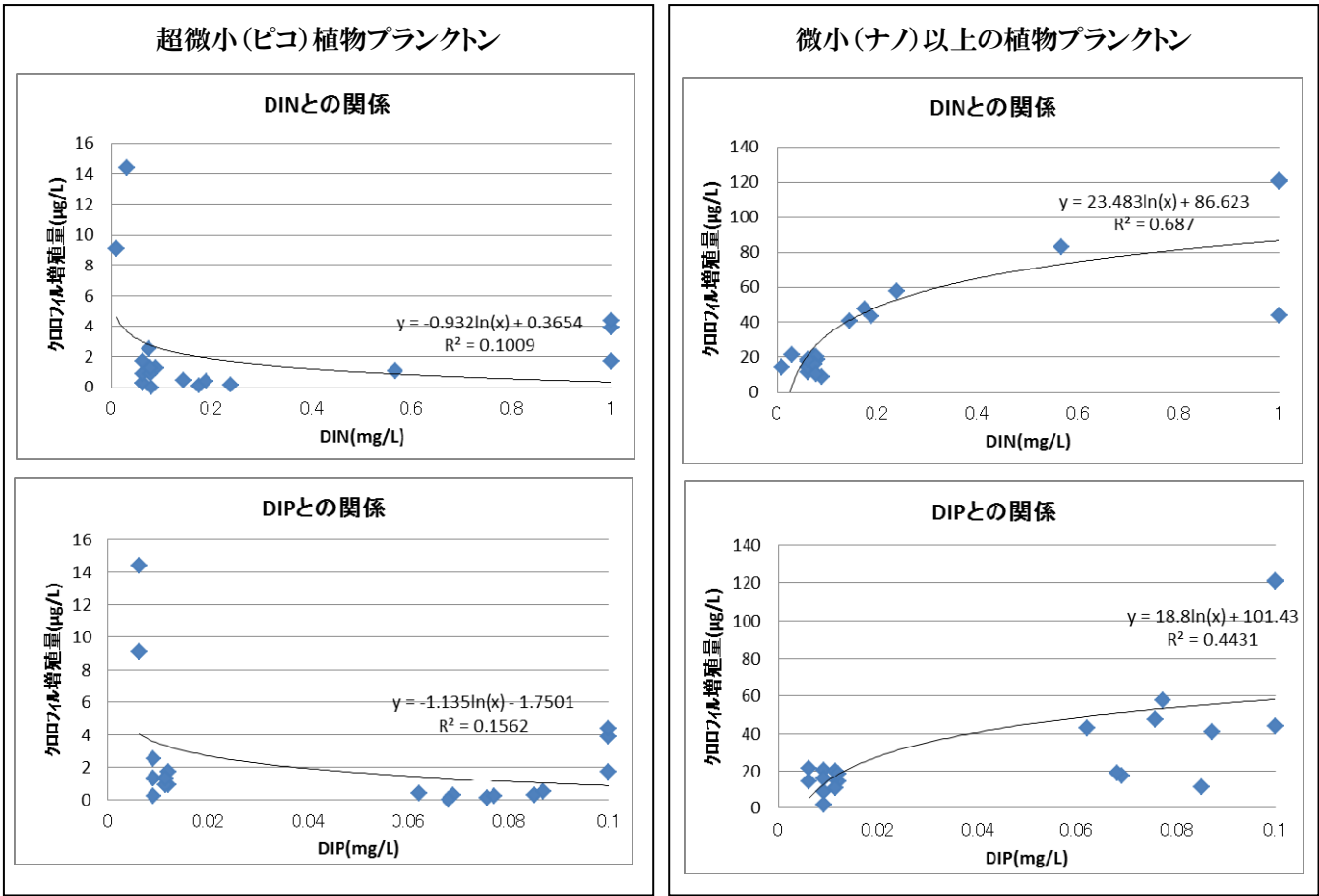
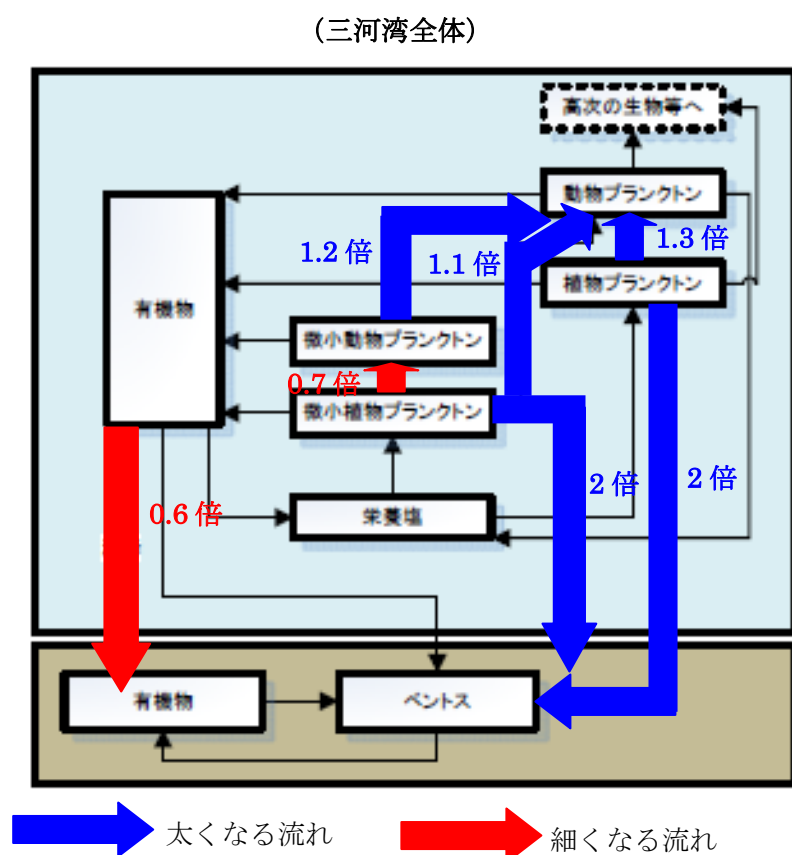


図 4.4 栄養塩類とサイズ別植物プランクトン増殖量との関係

### 4.3 優先すべきアプローチによる効果の検証

- 三河湾における物質循環をモデル化(モデルの構造:図 4.6 参照)して、三河湾が豊かであった1960年代の状況を参考にして、干潟・浅場、藻場の再生、貧酸素化を助長する地形の改善等の優先すべきアプローチの条件を最大限与えて、三河湾内の物質循環がどの程度円滑になるかを検討しました。
- 上記に挙げたアプローチを実施することによって、現状では流れが細くなっている浮遊生態系から底生生態系の物質循環が現状に比べて約2倍程度と太くなることによって、三河湾内の物質循環が円滑になり、その結果、海底に沈降する有機物は現状の約60%程度になることがわかりました。この結果は貧酸素水が発生しやすい夏季(6~8月)の計算結果ですが、このような栄養循環の変化が長期間にわたり機能すれば、海底へ沈降する有機物は徐々に減少し、三河湾の課題となっている貧酸素水の規模の縮小にもつながるものと考えられます。
- 以上から、優先すべきアプローチは三河湾を豊かな海に再生していくために有効なアプローチであることがわかります。



注) 栄養の量については炭素量を指標に検討

図 4.5 現状と対策を実施した場合の栄養塩類分配比率の比較

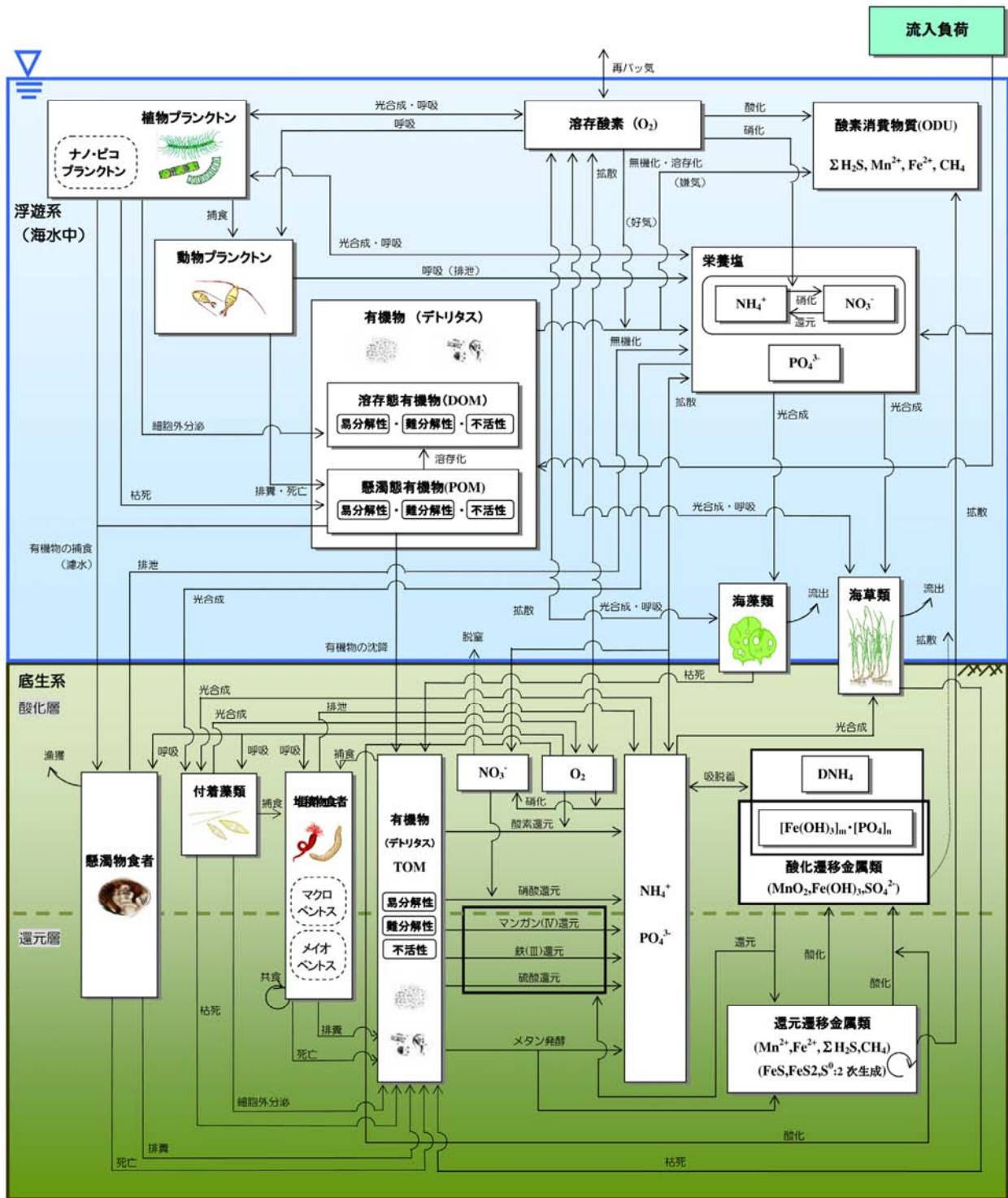
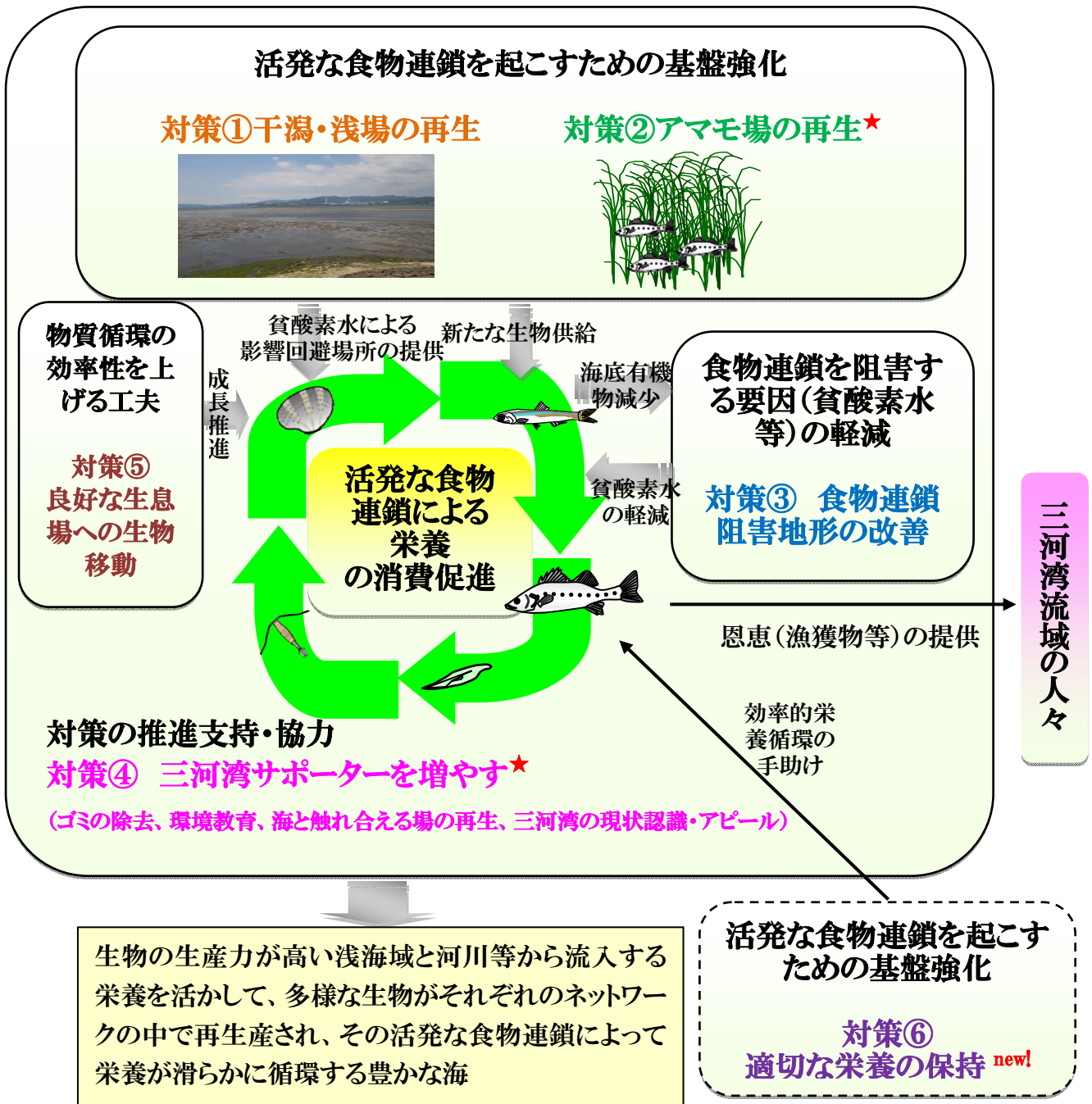


図 4.6 浮遊系－底生系結合生態系モデル

## 第5章 具体的な対策

### 5.1 具体的な対策

- 三河湾の物質循環の滞りを解消して、円滑に栄養が循環する豊かな海に再生するためには、4.2に示した優先すべきアプローチに基づいた対策を中心に実施することが必要です。対策は、現状の課題がより深刻にならないように迅速に推進していく必要があります。そのためには、「4.1想定されるアプローチ」で示した社会的なアプローチによる対策により、優先すべきアプローチを支持し、ともに実行してもらえる三河湾サポーターを増やすことが重要です。
- 図 5.1に6つの対策による全体像を示しましたが、対策①・③・⑤は過去にも多くの実績があり今後も継続していくべき対策、②・④・⑥は①・③・⑤の継続性や効果をより高めるための対策として今後力を入れて取り組むべき対策と考えられます。なお、対策⑥はその他の対策を実施しても課題が解決されない場合の追加検討が必要な対策と考えられます。



★は今後力を入れていくべき対策、new!は今後必要性を含めて検討すべき新たな対策

図 5.1 具体的な対策の全体像

## 5.2 対策の実施目安

- 4.3 の効果検証の結果から、優先すべき対策の実施目安は、三河湾が豊かであった 1960 年頃のレベルに干潟・浅場、アマモ場を再生し、深掘跡等の食物連鎖を阻害する現在利用されていない地形をできる限り改善していくことが必要と想定されます。
- 次章に示す検証計画にそって、徐々に対策を実施して効果を検証し、計画・目標を効果的に見直しつつ、また対策を実施するというPDCAサイクルを取り入れながら検討していくことが必要です。

## 第6章 実行に向けて

### 6.1 対策の実行順序とその想定実施主体

- 具体的な対策の実行順序や想定実施主体として、図 6.1 に示す内容が考えられます。
- 実行にあたっては、計画 (PLAN)、実行 (DO)、評価 (CHECK)、改善 (ACTION) を繰り返し実施していくことが必要です。
- 対策①～⑤については既に着手中であり、今後は造成された干潟・浅場の生物的機能を高めるための対策②や④に力を入れていくことが特に必要です。さらにそれでも課題が解決されない場合に備えて、対策⑥についてもしっかりと研究・議論していく必要があります。

(本検討前に PLAN&DO &CHECK 別途実施済)

中山水道航路の浚渫砂を用いて干潟・浅場の再生(H10~H16)

実施主体 国土交通省中部地方整備局・愛知県

**PLAN&DO** 対策① 干潟・浅場の再生 & 対策③ 貧酸素水助長地形の改善(深掘跡の埋戻しなど)

想定実施主体

国土交通省中部地方整備局・愛知県

これまでの実績

- ☆ 国土交通省中部地方整備局(H20):伊勢湾再生海域推進プログラム策定、貧酸素水塊抑制方策として干潟・浅場の造成、深掘跡の埋戻しの実施を位置づけ
- ☆ 愛知県(H22):三河湾里海再生プログラムの策定、干潟・浅場の造成を主要施策、深掘跡の埋戻しを関連施策として位置づけ
- ☆ 国土交通省中部地方整備局(H21~、H23~愛知県合流):伊勢湾再生海域検討会三河湾部会の設置、干潟・浅場造成計画の具体的検討、大塚地区における深掘跡の埋戻し実施(H22)

**PLAN&DO**

対策⑤ 生物の移動

想定実施主体

漁業者

これまでの実績

- ☆ アサリの移植放流(稚貝が多く成長が悪い豊川河口干潟から、稚貝は少ないが成長が良い三河湾内の各干潟へアサリを移動)

**PLAN&DO**

対策④

三河湾サポーターの増加

想定実施主体

三河湾流域の人々すべて

具体内容

ゴミの削減、環境教育の推進、海とふれあえる場の再生、現状の把握・アピール

**CHECK** 対策実施効果検証モニタリング

想定実施主体 上記対策の各実施主体など

モニタリング想定内容 6.213B 各対策実施効果の検証計画 参照

**PLAN&DO** 対策② 藻場(アマモ場)の再生

想定実施主体 漁業者を中心とした地元協議会

これまでの実績

- ☆ 蒲郡市漁場環境保全協議会(漁業者、漁協職員、学校、その他一般企業)、幡豆地区干潟・藻場を保全する会による対象海域周辺のアマモによるアマモ場再生(H21~)

参考となる他海域での取り組み

- ☆ 岡山県日生町における日生町漁業協同組合によるアマモ場再生活動

実施上の留意点 遺伝子の攪乱がないように現地のアマモを用いるなどの配慮が必要

**CHECK** 対策実施または検証試験効果検証モニタリング

想定実施主体 上記対策の各実施主体など

モニタリング想定内容 6.213B 各対策実施効果の検証計画 参照

(CHECK による目標達成度に応じて) ACTION

対策⑥ 栄養塩類の保持

想定検討主体 学識者や行政を中心とした地元協議会

参考となる他海域での取り組み 播磨灘における窒素排出量増加運転

図 6.1 具体的な対策実行順序と想定実施主体

## 6.2 各対策実施効果の検証計画

- 各対策をその場の条件にあわせて効果的に実行していくためには、対策の実施効果を検証して、再び対策の実行にフィードバックしていく進め方が必要です。
- 具体的には、対策①～⑤を実施しつつ、実施場所での局所的な効果、さらに三河湾全体への効果を検証して、主な生物が複数世代を繰り返すと考えられる5年程度で中間的に評価します。モニタリングは毎年継続的に実施することが必要です。
- 中間評価結果から、対策①～⑤の修正点があれば見直し、また、効果の発現状況が十分でない場合は、対策⑥を実施して、再び効果を検証していきます。以上を繰り返した上で、最終的には10年程度で最終評価をします。
- 上記の評価にあたっての基準は、0に示すような物質循環の構造が実現されるかを検証することとなります。

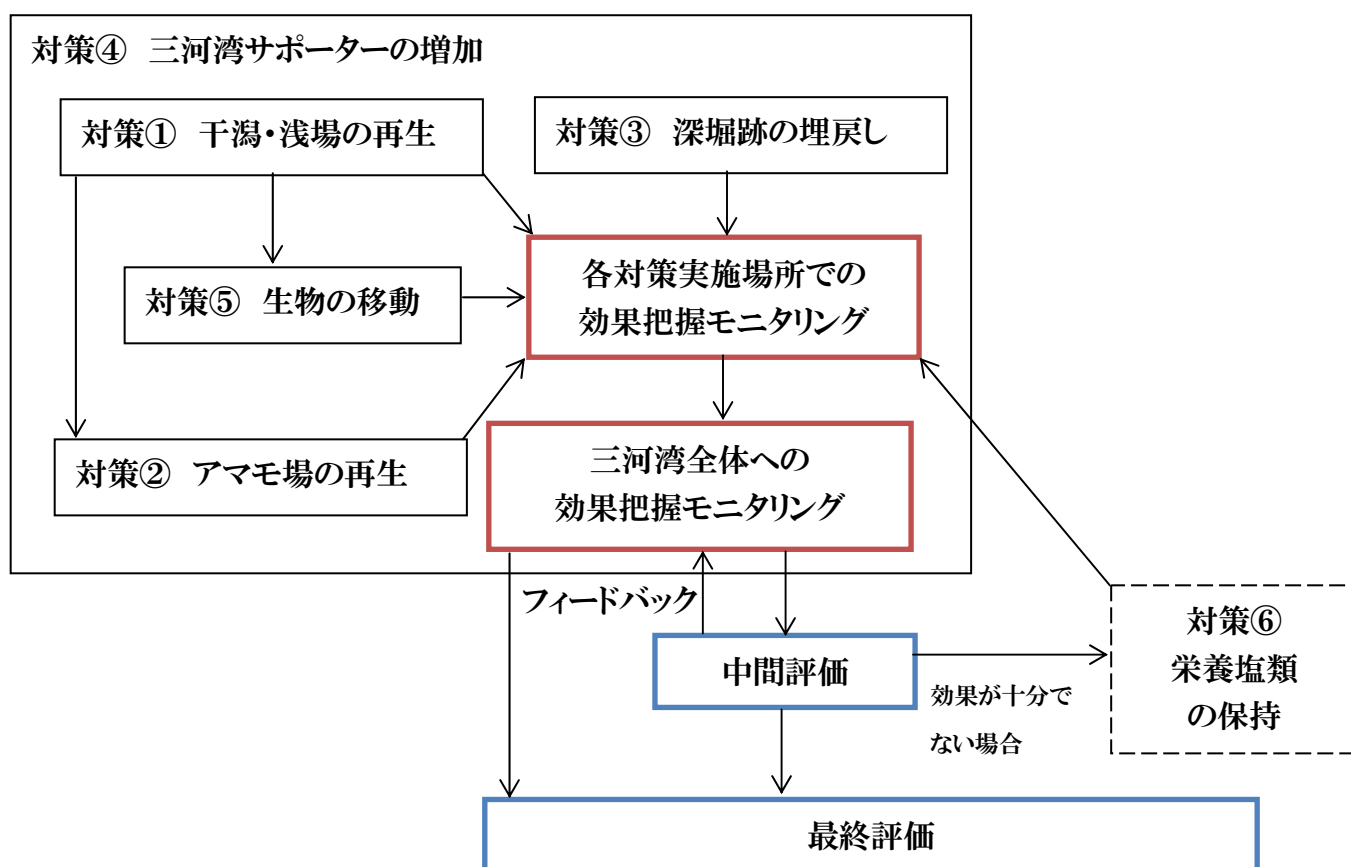


図 6.2 対策の効果検証モニタリング及び評価の流れ



表 6.1 必要なモニタリング項目

評価対象域	調査項目	調査の留意点	該当プラン				
			①	②	③	⑤	⑥
施策実施場所	底生生物		○	○		○	
	魚介類	稚魚の出現状況も含む	○	○		○	
	底質(硫化物)				○		
	溶存酸素量	連続測定が必要			○		
	栄養塩類						○
	植物プランクトン	ピコ・ナノサイズも含む					○
	動物プランクトン						○
三河湾全体	底生生物		○				
	魚介類	稚魚の出現状況も含む					
	栄養塩の沈降・溶出量						
	溶存酸素量	連続測定が必要(愛知県水産試験場による観測ブイ調査結果も使用)					

### 6.3 実行に向けた課題とその解決策

#### ○干潟・浅場造成材の不足→流域連携を通じた造成材の準備

- 伊勢湾再生海域検討会三河湾部会においても検討されているように、特に対策①の干潟・浅場の再生を円滑に実行していくためには、その材料となる砂等を大量に準備する必要があります。
- 現在、三河湾部会では、大量の造成材料を準備するための方法について検討中であり、今後の成果が期待されます。

#### ○アマモ場再生活動の継続・拡大

- 現在、三河湾の数地区では漁業者が中心となってアマモ場の再生がすでに行われています。
- 今後、このような積極的な取組みが継続的に、三河湾内の他の地域でも同様に実施されるように、成果をアピールしていく等、支援していく必要があります。

#### ○高次生態系の役割に関する定量的検討

- 今後、対策①～⑤を実施しつつ、対策⑥の必要性やその実施規模を適切に検討していくためには、本検討のモデルでは十分に扱えなかった、生態系の上位生物の役割評価が必要です。
- そのことにより、上位生物に関するモニタリングを充実させて、上位生物を通じて消費される栄養の流れも再現することによって、精度の高い適切な栄養塩供給量の見極めができるようになります。