

三河湾の物質循環健全化の方向性
及 び
栄養塩類の循環バランス向上対策

1. 検討の流れ

検討の流れは図 1.1 に示すとおりである。

ここまでの地域 WG における議論では、健全な三河湾とは「湾内で多くの生物が再生産され、陸域等から流入する栄養塩類が豊富な生物を通して円滑に循環する海」と定義できる。湾内における物質循環の滞りがどのような生態系の変化によって起きたのか、また、その滞りを豊富な生物による食物連鎖等を通して、どのように円滑に循環させていくのかが重要な課題である。

三河湾における経年的な環境情報の整理を踏まえて物質循環バランスの変遷を検討し、その検討結果から、三河湾の物質循環が抱える問題点を抽出した上で、その問題点を解決するための栄養塩類の循環バランス向上対策を検討する。

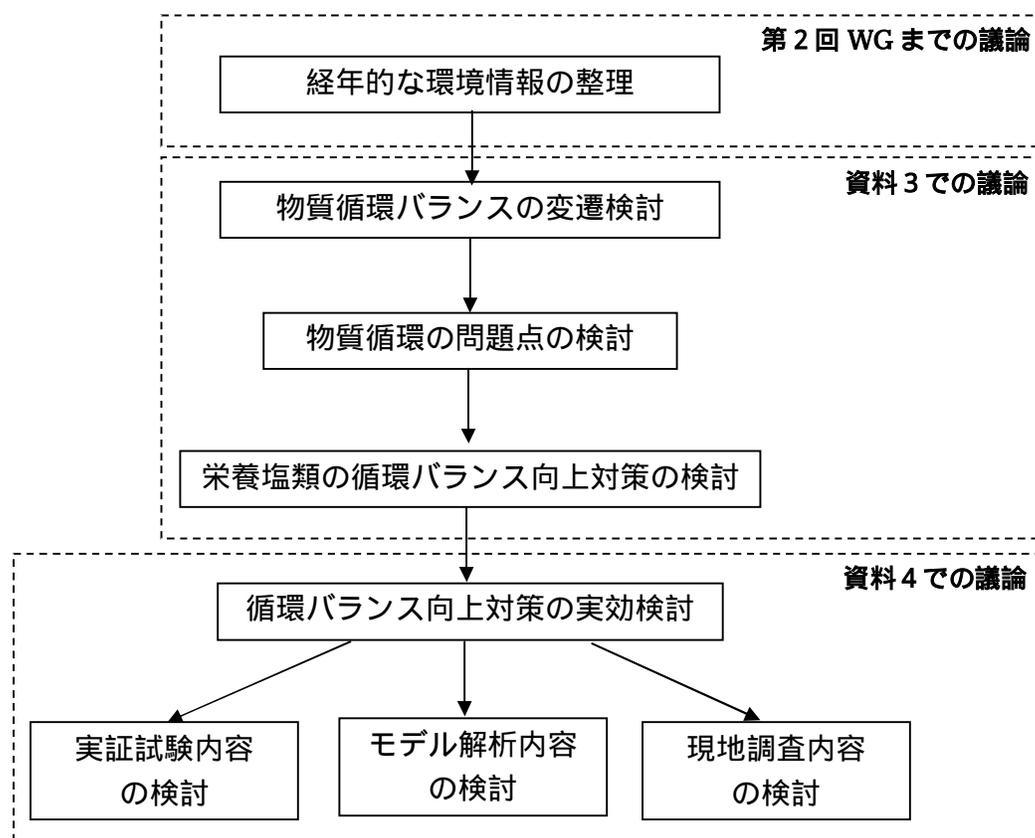


図 1.1 検討の流れ

2. 経年的な環境情報の整理

三河湾における経年的な環境情報の整理より、健全であった 1960 年代初頭の三河湾は次のように変化したと考えられる（図 2.1）。

- 1960～1970 年代に、干潟・浅場、藻場の減少、陸域からの流入栄養塩類の増加、河川における人工構造物の設置といった三河湾の環境を変化させる可能性があるインパクトがあった。
- 1970 年代に基礎生産（植物プランクトン）の増加、貧酸素水の発生範囲の拡大が起きた。この原因としては、同時期に起きた干潟・浅場の減少によって栄養塩を一時的に固定する機能が低下した三河湾に多くの栄養塩類が流れ込み、余剰となった栄養塩類が海底に沈降・堆積し、それをバクテリアが消費することによって、貧酸素水の発生範囲が拡大したというシナリオが考えられる。
- 干潟・浅場が減少したことによって、生物の成育場所も減少した。生物の減少を招いた要因のひとつであると想定される。
- 河川に人工構造物が設置されたことによって、出水が減少し、一時的にはあるが三河湾内のエスチュアリー循環を弱めた可能性が考えられる。
- 1990 年代以降は、陸域から流入する栄養塩類の削減、干潟・浅場造成という環境改善対策が実施された。干潟・浅場造成後に、一定期間アサリなどの二枚貝類が増加する効果はみられているが、未だ貧酸素水発生範囲の縮小や硫化物の発生は少なくならず、三河湾が本来の健全な状態に戻ったとはいえない。

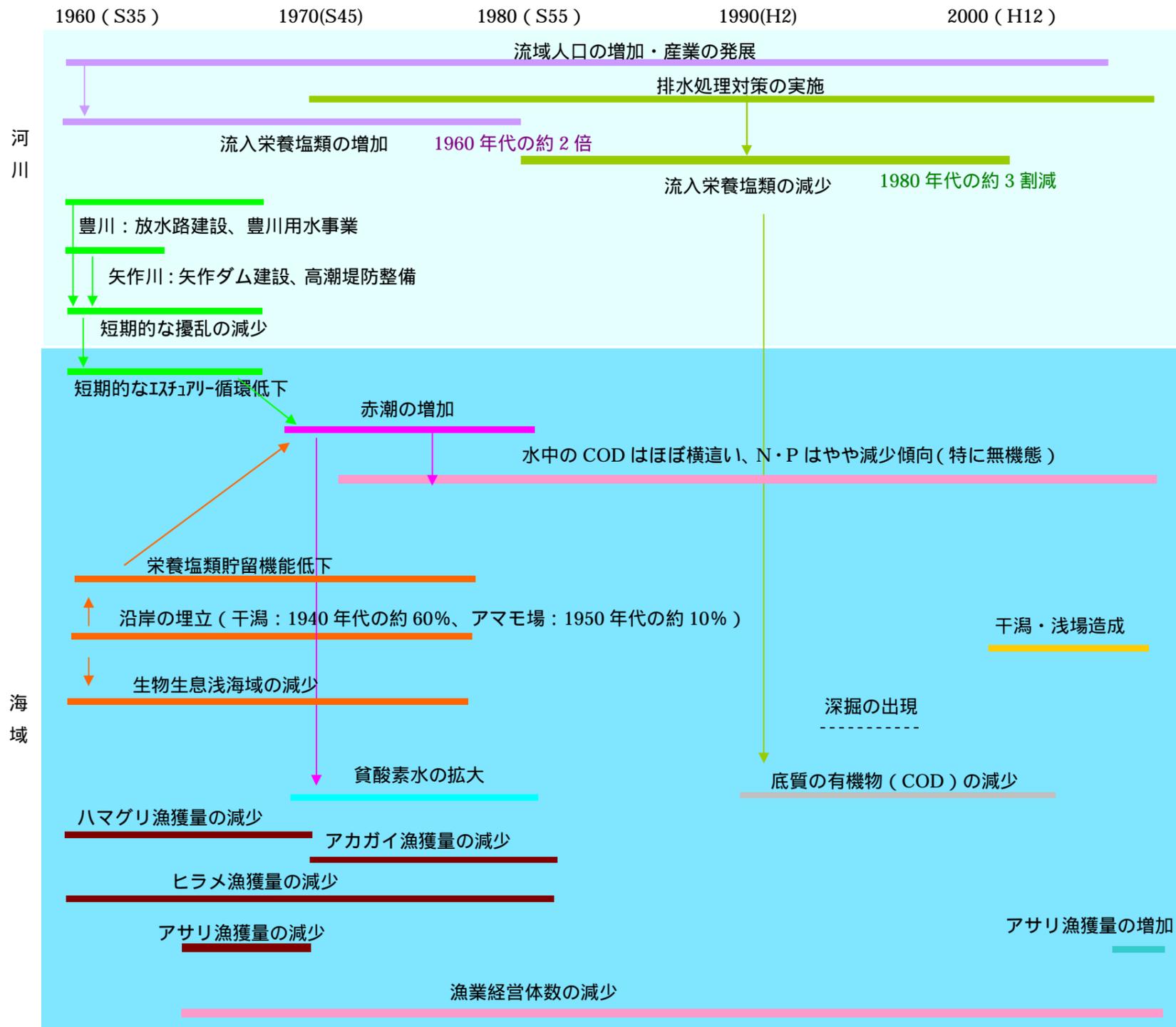


図 2.1 三河湾の環境の変遷 (模式図)

三河湾の環境に関する変遷

1960年代以降の流域人口の増加に伴って、陸域から流入する栄養塩類が増加したが、その後の排水処理施設の整備によって、流入する栄養塩類が減少している。

1960年代に河川内に人工構造物が設置されたことによって、河川からの出水が減少し、その結果、三河湾内のエスチュアリー循環が低下している可能性が考えられる。

1960～1970年代に大規模に行われた沿岸の埋立によって、多くの干潟・浅場を失った。生物が多く生息している浅海域が減少するとともに、河川からの栄養塩類を一時的に貯留する場が失われたものと考えられる。

赤潮の発生や底層の貧酸素化が進行したのは1970年代であり、三河湾東部で埋立てが急速に行われた時期である。埋立面積の増加と同調して赤潮の発生日数が増加し、さらに三河湾東部海域におけるアサリの漁獲量も急激に減少した。

近年、沿岸の開発等を目的とした浅海域からの土砂採取による深掘が出現し、深掘内では局所的な貧酸素水や、硫化水素が発生している。また、苦潮の発生原因となるなど顕著に生物を減少させる要因となっている。

水中のCODは1970年代以降、ほぼ横這い、N・Pはやや減少傾向にある。特に無機態のN・Pは減少している。

1980年代に多かった底質のCODは1990年代に入りやや減少した傾向がみられる。

近年行われた干潟・浅場造成後にアサリの漁獲量が増加している。出現した深掘は徐々に埋め戻されている。

～のような取り組みが行われているが、未だ生物が豊かな三河湾は戻ってきていないものと考えられる。

3. 三河湾の物質循環が抱える問題点

2章に示した経年的な変化を踏まえて、現在三河湾の物質循環がどのような問題を抱えて、不健全な状態になったのかを検討するためには、三河湾に明瞭な変化がみえる、いくつかの代表的な年代の栄養循環バランスを描き、それらを比較することが有効である。

代表的な年代の三河湾の栄養バランスの検討結果を図 3.1 に示す。特に注目すべき年代として、次の3つの年代が挙げられ、それぞれの物質循環の特性は以下のとおりであったと考えられる。

- 1960年代前半

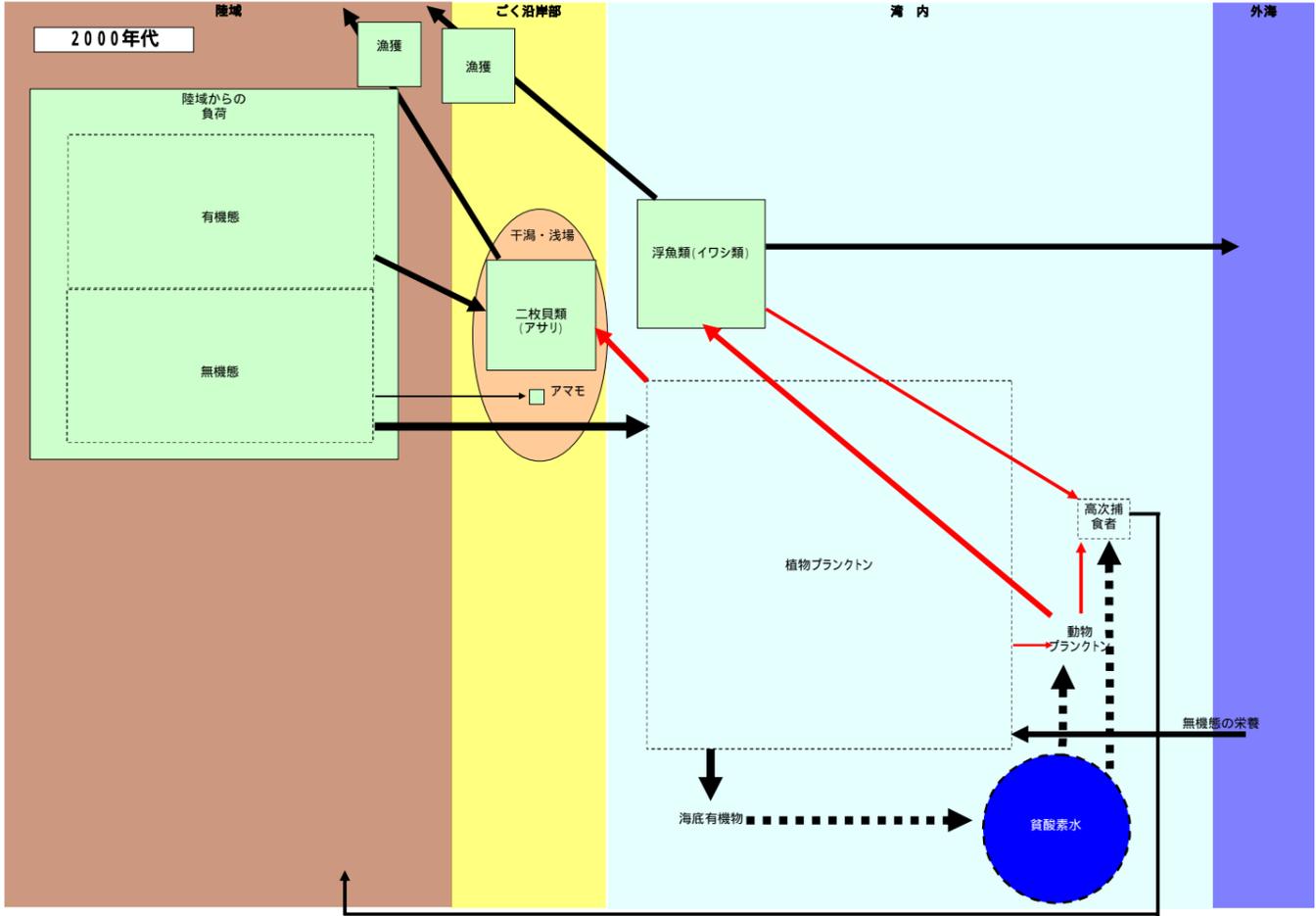
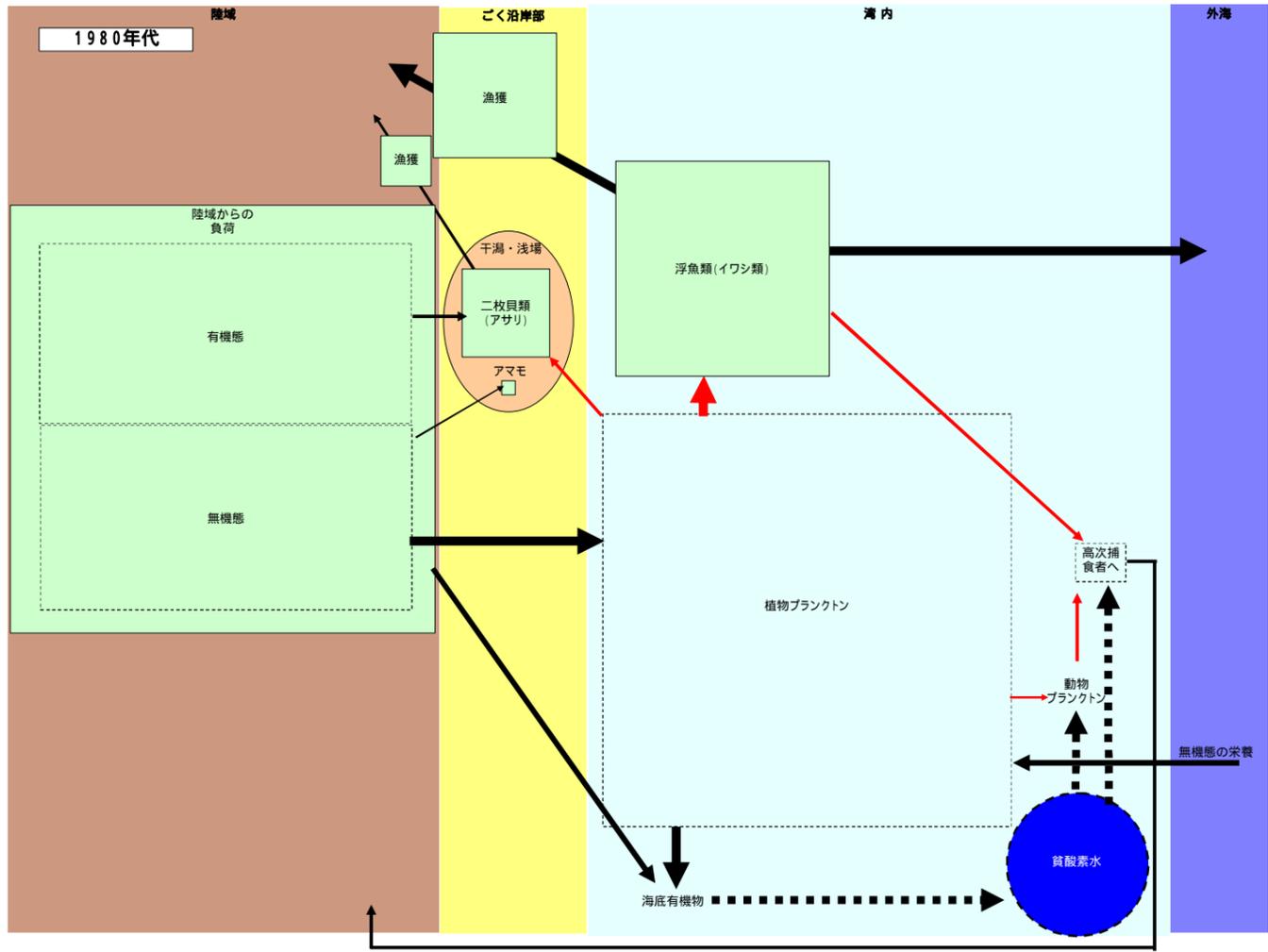
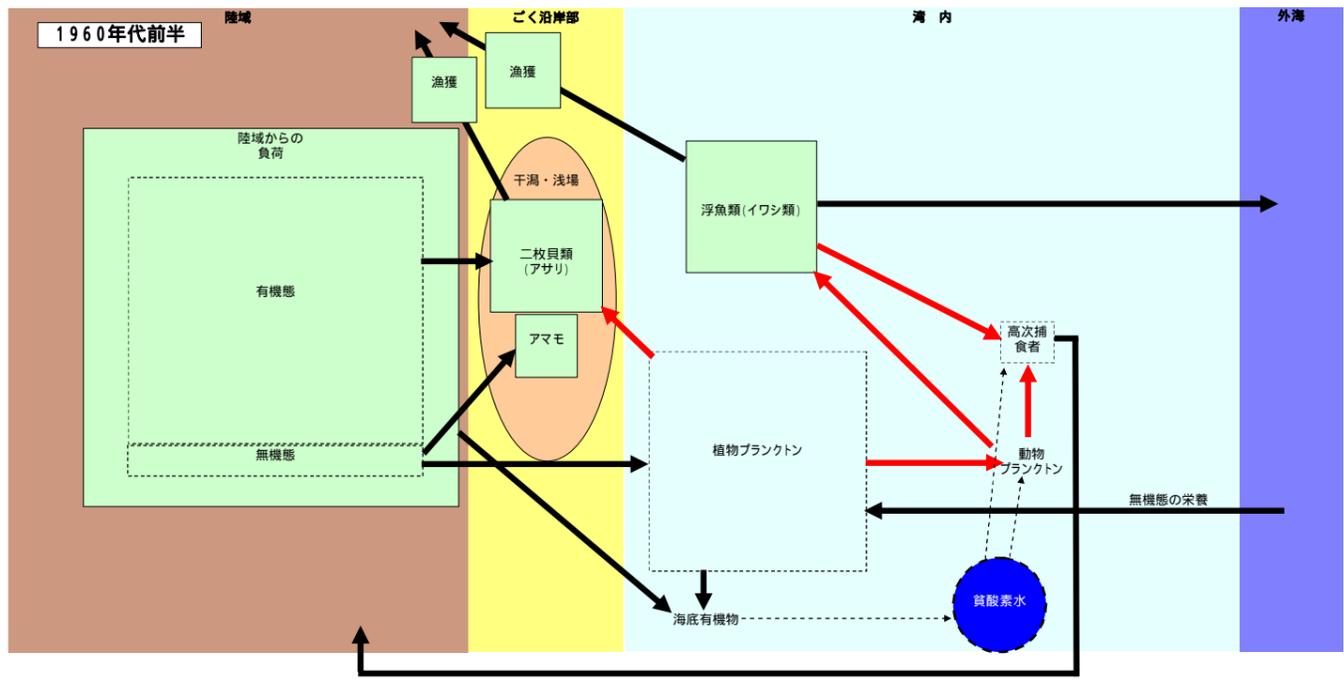
人為的なインパクトが少なく、物質循環の健全性が高かったと想定される時代である。陸域における排水処理が進んでおらず、有機態の栄養が湾内に多く流れ込んでいたが負荷量は小さく、広大な干潟・浅場、藻場などの沿岸域の緩衝帯に生息している生物がその栄養を消費していたために、海底に沈降して堆積する栄養は少なかったと考えられる。そのため、貧酸素水の発生規模も現状より小さく、沿岸の生物の生息を阻害するほど大きくなかったと考えられる。

- 1980年代

1960年代から1970年代に干潟・浅場、藻場などの沿岸域の緩衝帯を失ったところへ増加した陸域からの栄養塩類が流れ込んだ。余剰な栄養が植物プランクトンの過剰な発生を起し、死亡したプランクトンが海底へ沈降して堆積し、貧酸素水の規模を助長し、湾内の生物の生息を阻害してしまったと考えられる。なお、この時期にイワシ類が多くなり、そのイワシ類を漁獲によって取り出すことによって、栄養を形外へ取り出す効果はあったと考えられるが、全体の中では、その効果は小さかったものと考えられる。

- 2000年代

1980年代に起こった栄養の滞りを改善するために、陸域から流入する栄養塩類を減少させる対策や干潟・浅場の再生対策などを実施してきたが、未だ物質循環の滞りは改善していない。



凡例

- 栄養 (N)
- 想定部分
- 食物連鎖による栄養の消費がある部分

図 3.1 代表的な年代の三河湾の栄養バランスの検討結果

以上の結果から、健全性が高かったと想定される 1960 年代と現在の 2000 年代を比較して、栄養バランスが変化している部分を図 3.2 に示した。

かつて陸域から流入した栄養塩類は沿岸に大量に存在していた干潟・浅場や藻場に貯留され、さらに上位の生物へ循環していたが、干潟・浅場や藻場の減少によって、沿岸部において貯留される栄養塩類の量が減少した。その後、1990 年代から 2000 年代にかけて行われた干潟・浅場の造成により、1980 年代に比べれば、干潟・浅場が再生され、アサリのような代表的な生物も増えているが、再生された干潟・浅場の面積は失った面積の 50%程度であり、藻場は増えていない。陸域から流入する栄養塩類のうち、無機態のものは植物によって吸収されるが、藻場が減少したことによって余剰となった栄養塩類が過剰に植物プランクトンに循環して、生態系のバランスが崩れているものと考えられる。

湾内の食物連鎖において利用しきれなかった植物プランクトンは、やがて死亡して、海底に沈降し分解されることによって貧酸素水の発生が助長され、さらに動物プランクトンや高次の魚介類の生息を阻害し、湾内の食物連鎖が損なわれるスパイラルに陥っている。

以上の整理から、三河湾における物質循環の最も重要な問題点は、

「食物連鎖の上位生物に利用されない植物プランクトンが海底へ沈降・堆積し、貧酸素水の発生を助長することによって、食物連鎖による栄養塩類の消費を弱くしていること」

であると考えられる。

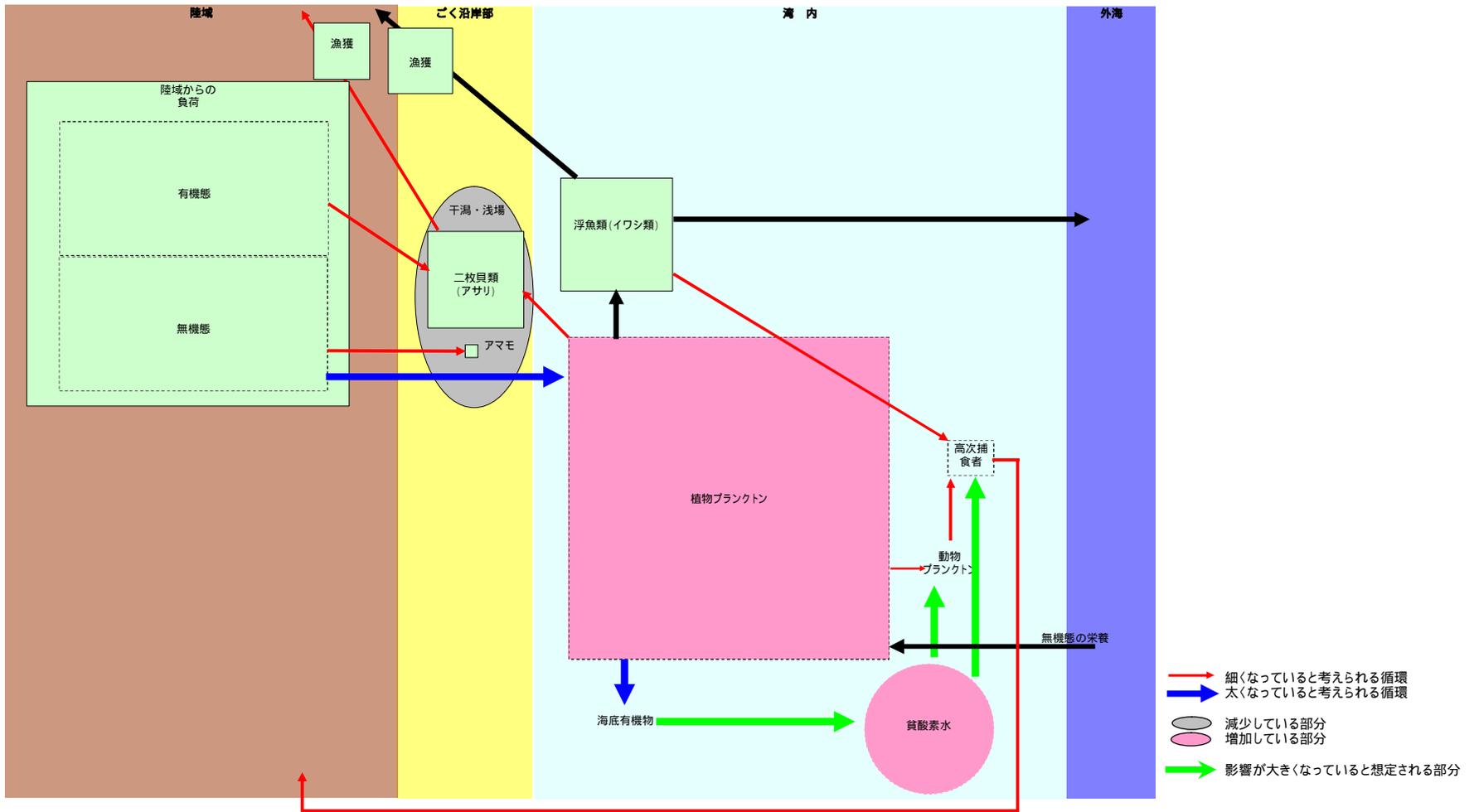


図 3.2 栄養バランスの変化部分 (1960・2000年代の比較)

4. 三河湾における栄養塩類の循環バランス向上対策

三河湾の栄養塩類の循環バランスを向上させるためには、現在食物連鎖に利用されていない植物プランクトンを食物連鎖の中で消費することによって、栄養の海底への沈降・堆積を軽減し、貧酸素水を抑制することが必要である。

栄養塩類の循環バランスを向上させるイメージを図 4.1 に示した。

最も重要な対策としては、本来備わっていた三河湾のごく沿岸部における生物生産性の高い干潟・浅場、藻場を再生することにより、陸域から流入する栄養塩類を食物連鎖の中へ多く循環させていく「生産性の向上対策」が必要である。また、干潟・浅場、藻場は、カレイ類の稚魚の採餌場所になっているなど、単純に栄養塩類を吸収する機能を有するだけでなく、上位の生物の成育場所として貴重な場となっている。

また、上記の場所の再生を最大限行っても、食物連鎖に使われない過剰な一次生産によって健全な物質循環が戻らない場合には、植物プランクトンと栄養条件において競合する植物（藻場に生育する海藻・海草など）をさらに増加させることによって、別の生産へ転換する「多様性の向上対策」が必要になると考えられる。生息場の再生という目的で想定される藻場造成は、栄養塩類が植物プランクトンへ大量に循環している物質循環の不均衡を改善すると同時に、様々な生物の生息・成育の場となることから、生物の多様性を向上させ、安定した生態系を構築することにもつながる。

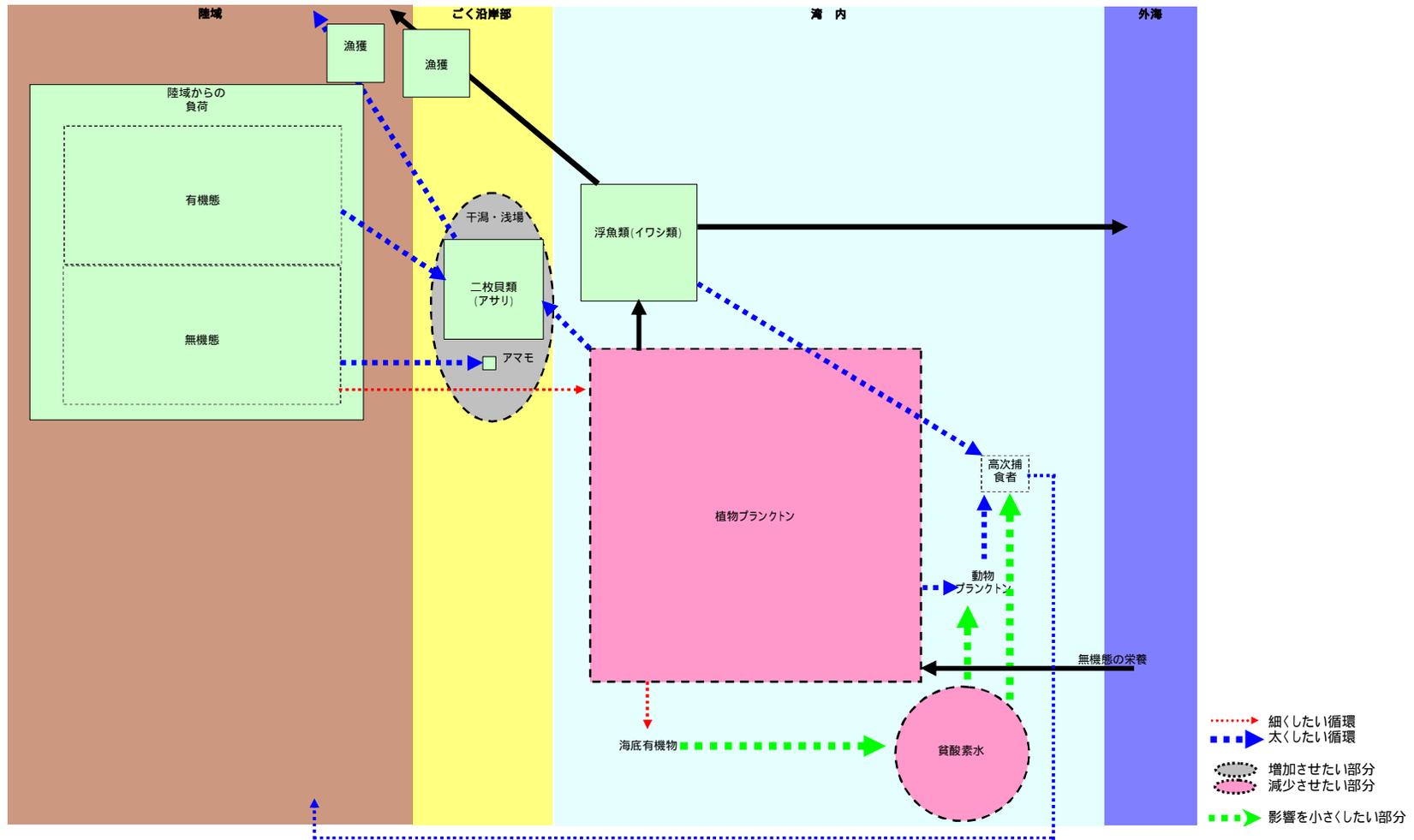


図 4.1 栄養塩類の循環バランスを向上させるイメージ

想定される栄養塩類の循環バランス向上対策である「生産性の向上対策」の考え方を表 4.1 に示した。

想定される循環バランス向上対策としては、生産性の向上対策（植物プランクトンを上位の生物へ大きく循環させるための対策）が中心となり、上位の生物を増やすための対策が必要となる。

現状の三河湾において上位の生物を増加させるためには、まず現在発生規模が大きくなっている貧酸素水による影響を逃れて上位の生物が生息できる場を確保することが必要である。生物の生息場の確保については、三河湾ではこれまで干潟・浅場造成という形で実施してきた経緯がある。

次に、確保した生息場に多くの生物が定着できるように、良好な生息環境を確保することが必要となる。主な生息環境としては、上位の生物が円滑に植物プランクトンを取り込めるように良好な餌環境を確保すること、また、十分に呼吸できる水質環境を確保することが必要である。

なお、良好な生息環境の確保を行っても生物が定着できない場合は、物理的に生物の幼生が移流してこないなどの問題が想定されるため、確保した生息場に直接生物を導入する対策も必要になるものと考えられる。

表 4.1 生産性の向上対策とその考え方

NO.	対策の考え方		現状と注意事項
	生物の生息場を確保する		これまで干潟・浅場造成を行ってきたが、これまで失った面積の 50%程度（約 600ha）である。
	良好な生息環境を確保する	良好な餌環境の確保	造成した干潟・浅場では二枚貝類など生物の定着が確認されている場所もある。
		十分に呼吸できる水質環境の確保	これまで深掘など貧酸素水の発生源の抑制対策に着手している。ただし、根本的には湾全体を健全化するための対策が必要である。
	直接生物を導入する		上記 + ・ の対策によって生物増加がなければ必要になる。

なお、上記の対策が実施面での制限等から十分に行えない場合には、多様性の向上対策（一次生産者の多様性を向上させることにより生態系のアンバランスを改善する対策）が必要になると考えられ、その具体的な考え方としては、植物プランクトンと競合する生物（植物）を増加させることがある。

競合する生物を増加させるためには、植物が生育できる場を確保し、その場で継続的に生育していける良好な栄養環境を確保することが必要となる。なお、良好な栄養環境の確保を行っても植物が定着できない場合は、物理的に種子の加入などが無いという問題が想定されるため、確保した生息場に直接植物を導入する対策も必要になるものと考えられる。

これらの対策の実施によっても物質循環の健全性が戻らない場合は、局所的ではあるが、海底に堆積している栄養を取り出す対策も考えられる。また、単純な発想として、植物プランクトンへの栄養供給源を抑制する、栄養を滞留させづらくする対策も考えられるが、港湾の奥部など局所的に実施することは想定されるものの、優先的に実施していく表 4.2 に示す対策の効果を阻害することが考えられるため、対象にはしないこととした。

表 4.2 多様性の向上対策とその考え方

NO.	対策の考え方		現状と注意事項
	競合する植物を増やす	生育場を確保する	局所的には藻場造成が行われている。
		良好な栄養環境の確保	三河湾における植物プランクトンに対する競合生物として代表的なものとしてアマモが挙げられ、その生息場である干潟・浅場造成を行ってきたが、現状ではアマモ場の顕著な増加はみられていない。
		直接生物を導入する	<ul style="list-style-type: none"> ・上記 ~ の対策による生物増加がなければ必要 ・別途藻類を増殖させる対策も想定される

ここまで述べてきた、各対策の考え方とその対策による健全化シナリオを図 4.2 に整理した。また、現時点で想定される課題と健全化に向けた関係を表 4.3 に示した。

また、来年度行うモデルによる効果解析及び実証試験では、以下の循環バランス向上対策による効果を検証することが有効と考えられる。詳細については資料 4 において示す。

モデル解析：上記の対策による効果（海底の有機物量減少、貧酸素水の抑制）の想定

実証試験： 及び の対策を具体的に計画するために足りない情報収集

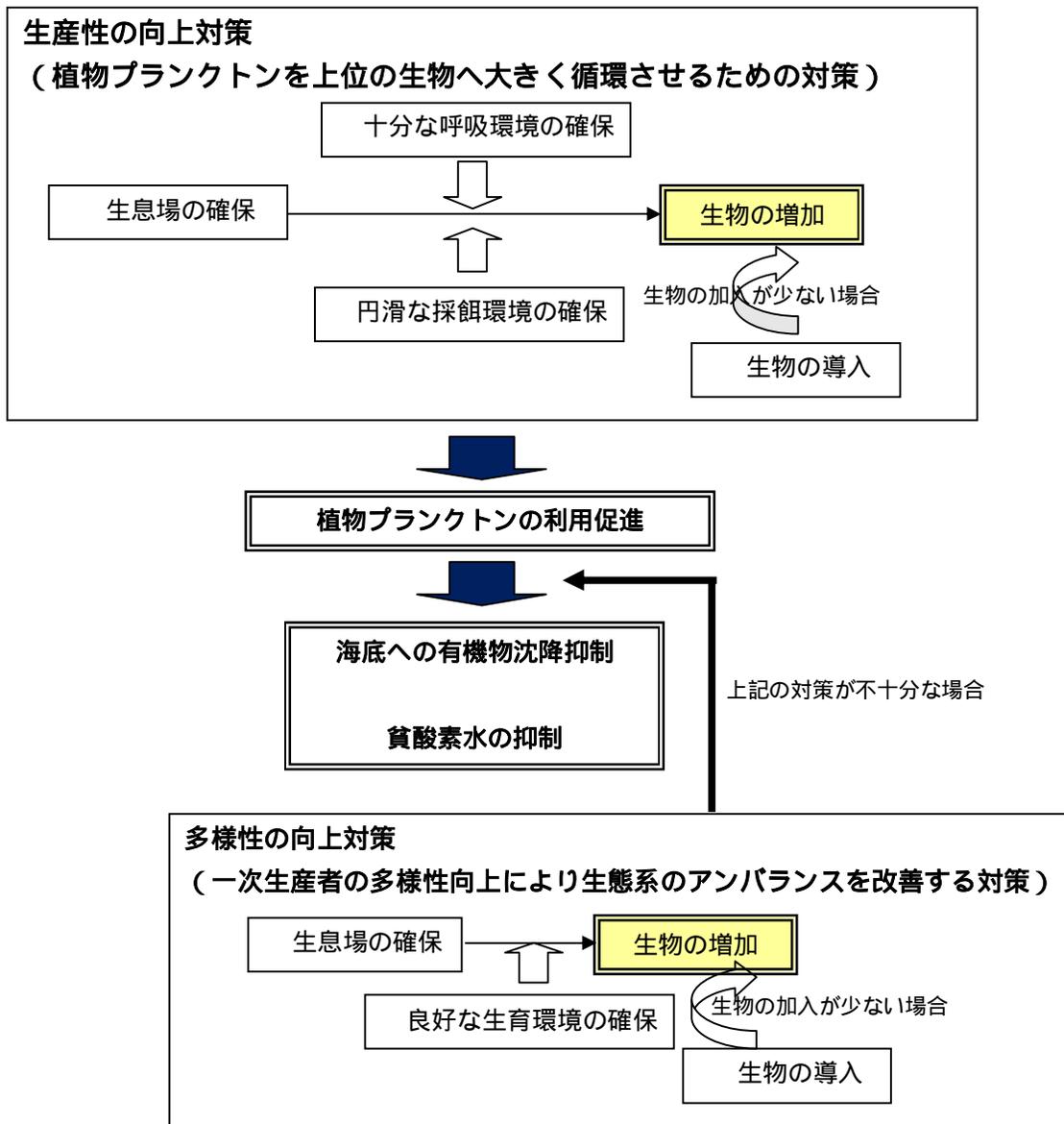


図 4.2 三河湾の健全化シナリオ

表 4.3 現時点で想定される課題と健全化に向けた関係

対処すべき課題				改善を目指す健全度因子	改善の評価指標
極度な植物プランクトンの増加(生態系のバランスの崩れ)	生産性の低下(捕食生物の減少)	生息場の減少	干潟・浅場の減少	干潟・浅場の質及び量	生物多様性の増加(底生生物、底生魚介類等)
		採餌環境の劣化	珪藻類など大型植物プランクトンの減少	大型植物プランクトン量	
		呼吸環境の劣化	溶存酸素量の低下 硫化物の発生	溶存酸素量 硫化物量	
	多様性の低下(一次生産者の多様性の減少)	生息場の減少	藻場の減少 ノリ養殖の減少	藻場の質及び量	生物量の増加(安定した生態系の確保を前提とした水産物の水揚量の増加及び安定)
		生育環境の劣化	海域における無機態栄養塩類の減少(冬季)	海域における無機態栄養塩類	