

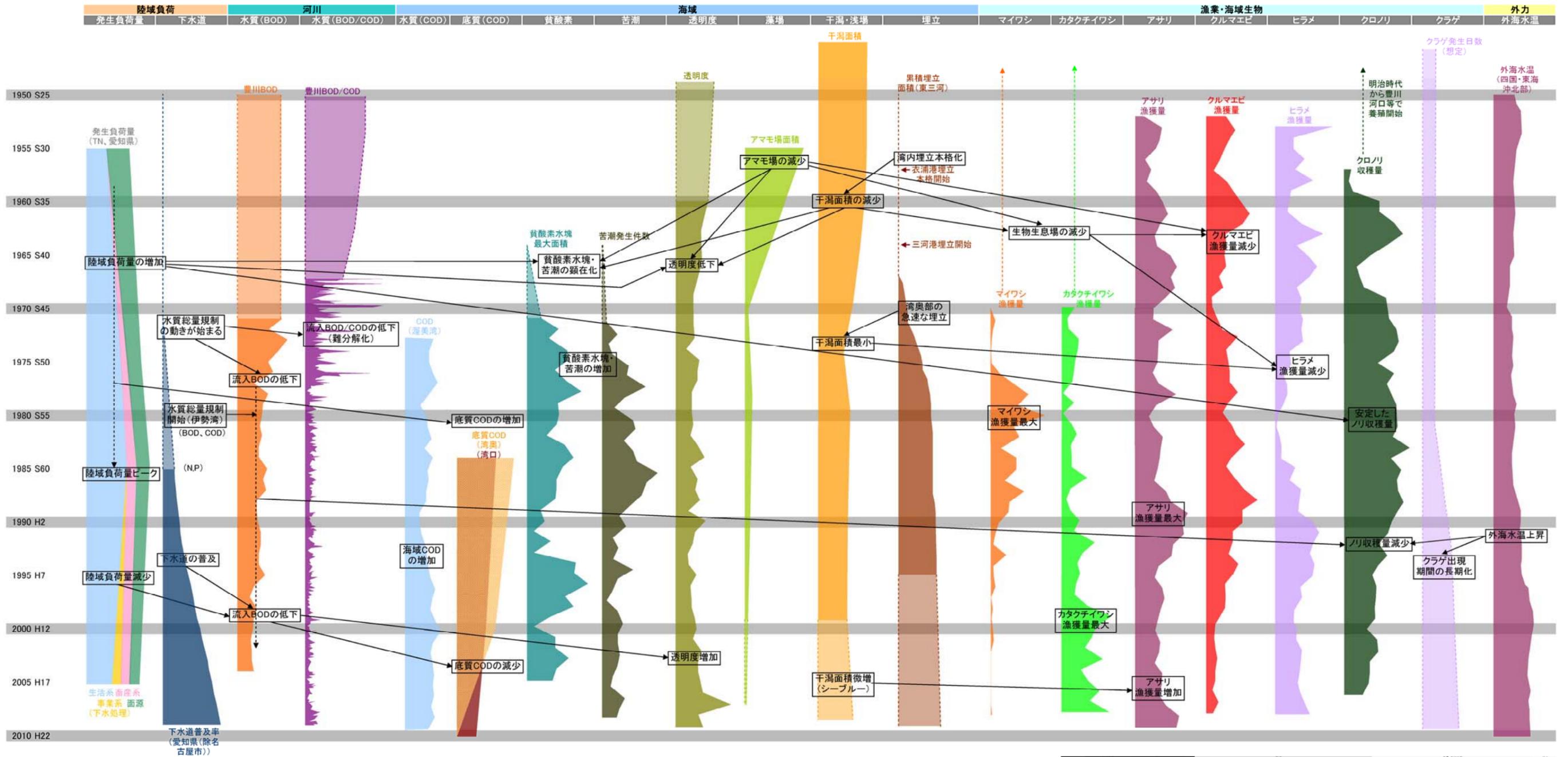
## 三河湾の物質循環健全化計画（ヘルシープラン）の検討

### 1. 三河湾の環境の変遷と変遷から想定される課題

（三河湾の環境の変遷）

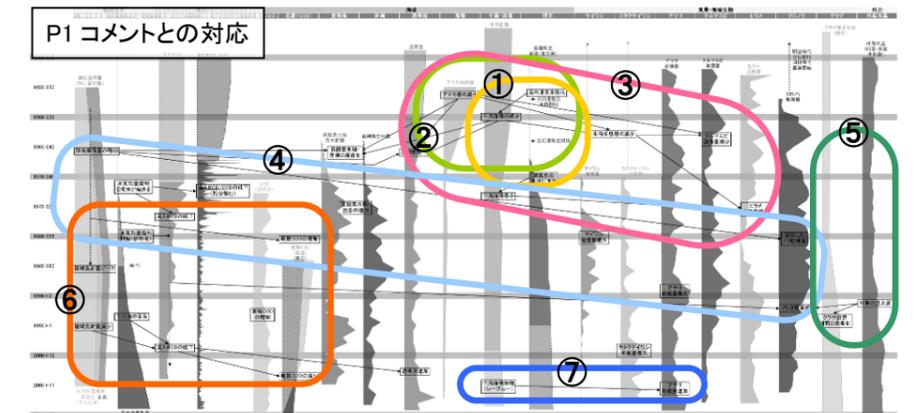
- 干潟の面積は、衣浦港の埋立てが本格的に開始された頃から減少傾向がみられ、三河港の埋立てが開始された後は減少傾向が加速している。(①)
- アマモ場の面積は三河湾内の埋立てが本格化する時期より前、または同時期から減少しており、干潟面積の減少に比べて短期間に激減している。(三河湾における埋立による場の消失だけでなく、伊勢湾奥部など周辺海域の埋立による種子供給量の減少や陸域で使用された除草剤等の農薬の流入による影響が考えられる) (②)
- アマモ場の面積の減少に伴いクルマエビの漁獲量が減少し、干潟面積の減少及び貧酸素水塊の顕在化に伴いヒラメの漁獲量が減少している様子がうかがえる。これらは、それ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る。(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る。) (③)
- 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る。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る。(④)
- 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る(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る。(⑤)
- 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る。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る。外海水の影響も含めた判断が必要である。(⑥)
- 近年のシーブルー事業等により干潟面積は微増している。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る。(⑦)

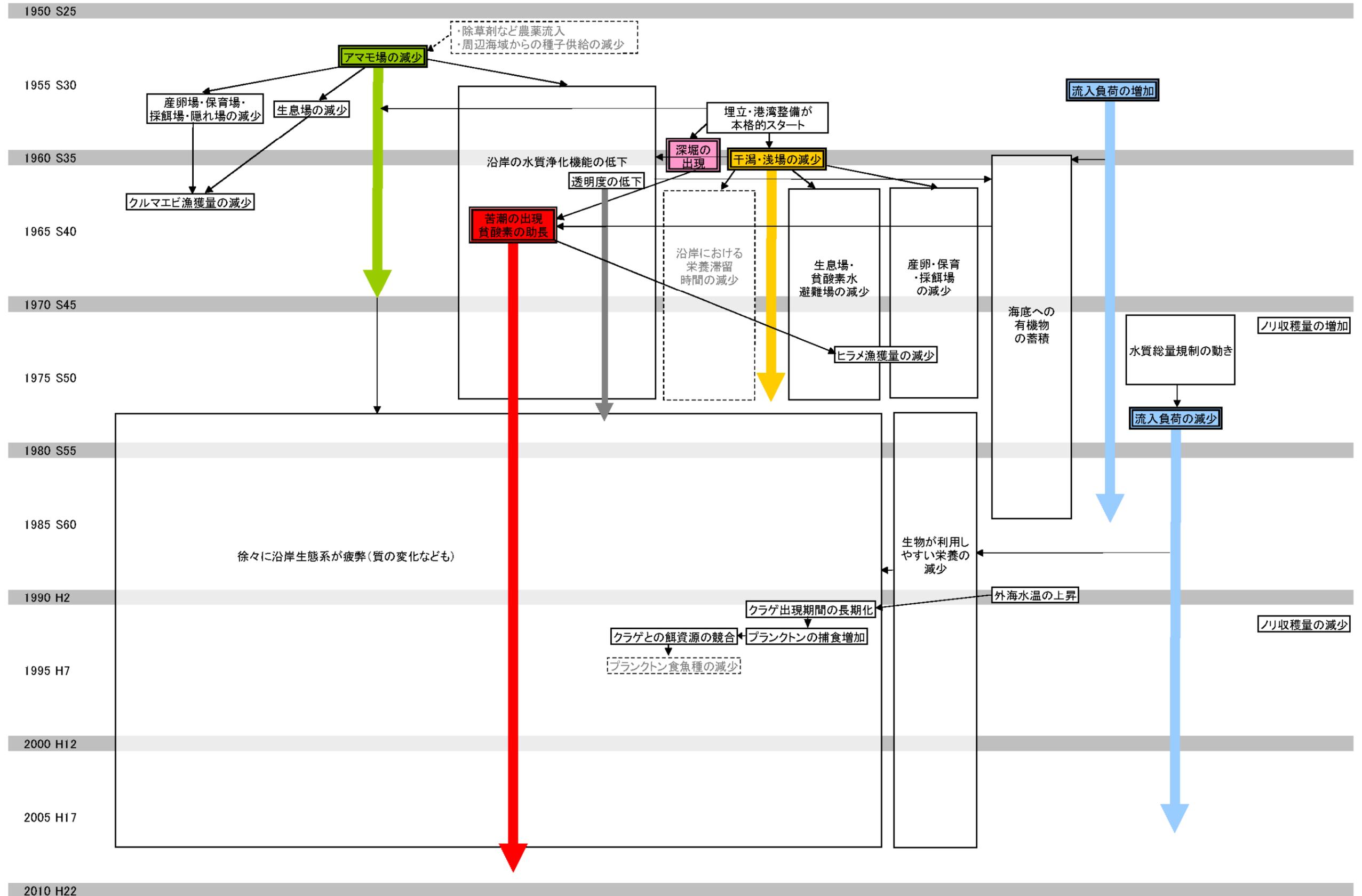
※見出しの色及び文末の番号はP2右下図との対応を示す。



注) 図中の破線は想定またはイメージである。

図 1.1 三河湾の環境要素の変遷





注) 図中の破線は想定である。

図 1.2 三河湾の環境の変遷

(変遷から想定される三河湾の課題)

- 流入負荷を減少させることによって、湾奥の底質の COD が改善しつつあるが、依然として貧酸素水塊や苦潮の発生が続いている。流入負荷を減少させる（人に例えると“食事療法”）だけでは三河湾に円滑な物質循環は再生されないと考えられる。
- 三河湾が豊かであったと想定している 1960 年代（昭和 30～40 年代）と現代を比較すると、流入する栄養の量、アマモ場面積及び干潟面積が 1960 年代の方が圧倒的に多く、流入する栄養も生物が利用しやすい質のものが多かったと考えられる。また、1960 年代には湾奥を中心に沿岸に広い浅海域が広がることによって、流入する栄養が長時間滞留し生物に十分に行き渡る状況があったと考えられるが、その後の沿岸の埋め立て等により、流入した栄養がごく沿岸の生物に十分に行き渡る前に、生物が少ない沖合付近まで早く到達する状況に変化したのではないかと推測している。三河湾では水深が浅く栄養が滞留しやすい生物生産力の高い部分が、水深の深い部分で起こっている貧酸素水を抑制する重要な要素を担っていると考えられる。沿岸の活発な生物生産を失ったことは円滑な物質循環を取り戻すための大きな課題であると想定している。
- ただし、1960 年代と比較すると三河湾の背景となる条件が変化している可能性がある。特に、外海水の流入、水温の上昇が課題である。

## 2. 三河湾の改善策（ヘルシープラン）の想定

三河湾の変遷や問題点を踏まえて、改善策（三河湾のヘルシープラン）については以下のとおり想定している。また、改善策を実施するにあたっての課題もあわせて示す。

- ① 改善策の基本は高い生物生産が起こる水深の浅い場所の再生
  - 三河湾の物質循環の変遷から課題を検討した結果、三河湾の物質循環を改善するために最も本質的な重要なことは、かつて沿岸に広がっていた水深の浅い場所が持つ高い生物生産力を取り戻すことと考えている。
  - 具体的には 1960 年代（昭和 30～40 年代）を中心に減少した重要な生物生産の場である干潟・浅場、アマモ場を再生することが必要である。
  - 干潟・浅場の再生にあたっては、造成材の確保が課題となっている。流入河川の上流に位置するダムの堆積砂を活用するなど、陸域と海域が一体となった改善策の展開が必要である。また、このように造成材の確保が難しい状況においては、より効果的な干潟・浅場再生場所の選定が必要であり、それについては実証試験の結果から具体的に検討する予定である。
  - アマモ場の再生にあたっては、アマモが生育する基盤（干潟・浅場）の再生が前提として必要になるとともに、ある程度砂が安定している、アマモが生育しやすい場所を選定することが必要である。
- ② 貧酸素水の抑制策の推進
  - 生物生息場所である水深の浅い場所の環境を再生することによって、陸域や湾外から湾内に流入してくる栄養塩はより生物に利用されやすくなり、これまで海底に沈降していた未利用の栄養が減少することによって、貧酸素水を抑制する効果があると考えられる。
  - かつて沿岸の水域を掘削して水深を深くしたため、物理的に貧酸素水が発生しやすくなっている場所の埋め戻しも必要である。
  - 埋め戻しにあたっては、港湾等から発生する浚渫土砂を用いることが考えられるが、そのほとんどはシルト分を中心とした微細な粒径である。浚渫土砂を用いた埋め戻しを行う場合は、本来砂が多い三河湾ではそれに対応した生物が多いことを考慮して、できれば表層部は良質砂を用いて覆砂することが望ましいと考えられる。ただし、この覆砂材としては、①で述べた干潟・浅場造成材と同質程度の材料が必要であり、その入手に関する検討が必要である。

### ③ 対症療法の推進

三河湾に円滑な物質循環を再生するためには、①～②に挙げた本質的な治療にあたる対策が必要であるが、それぞれ実施の課題を抱えており、一朝一夕に推進されることは考えにくい。

- 上記の対策を進行させる間にも貧酸素水の影響等によって、三河湾の生態系が徐々に疲弊していく恐れがあり、できる限りその疲弊を最小限に止めるための対症療法が必要になると考えられる。
- 対症療法の1つとして、沿岸部で過剰な栄養が蓄積している場所における生物を活用した栄養消費を想定しており、その具体的な方法については実証試験の結果を踏まえて検討する。

### ④ 豊かな生物生産を維持する適切な栄養の供給

- 上記の対策により、一定の沿岸生態系の再生策が進行したのちには、三河湾の環境収容力に応じたバランスの良い栄養の供給が必要である。特に、貧酸素水の助長に留意しながら、どのような質のどの程度の量の栄養を三河湾に補給する必要があるかを検討することが必要である。
- この具体的な対策については、いくつかの要素の相互作用を含めて検討する必要があることから、統括検討委員会において構築されているシミュレーションモデルを用いて検討する。

以上の内容をイメージとして、図 2.1 に示す。

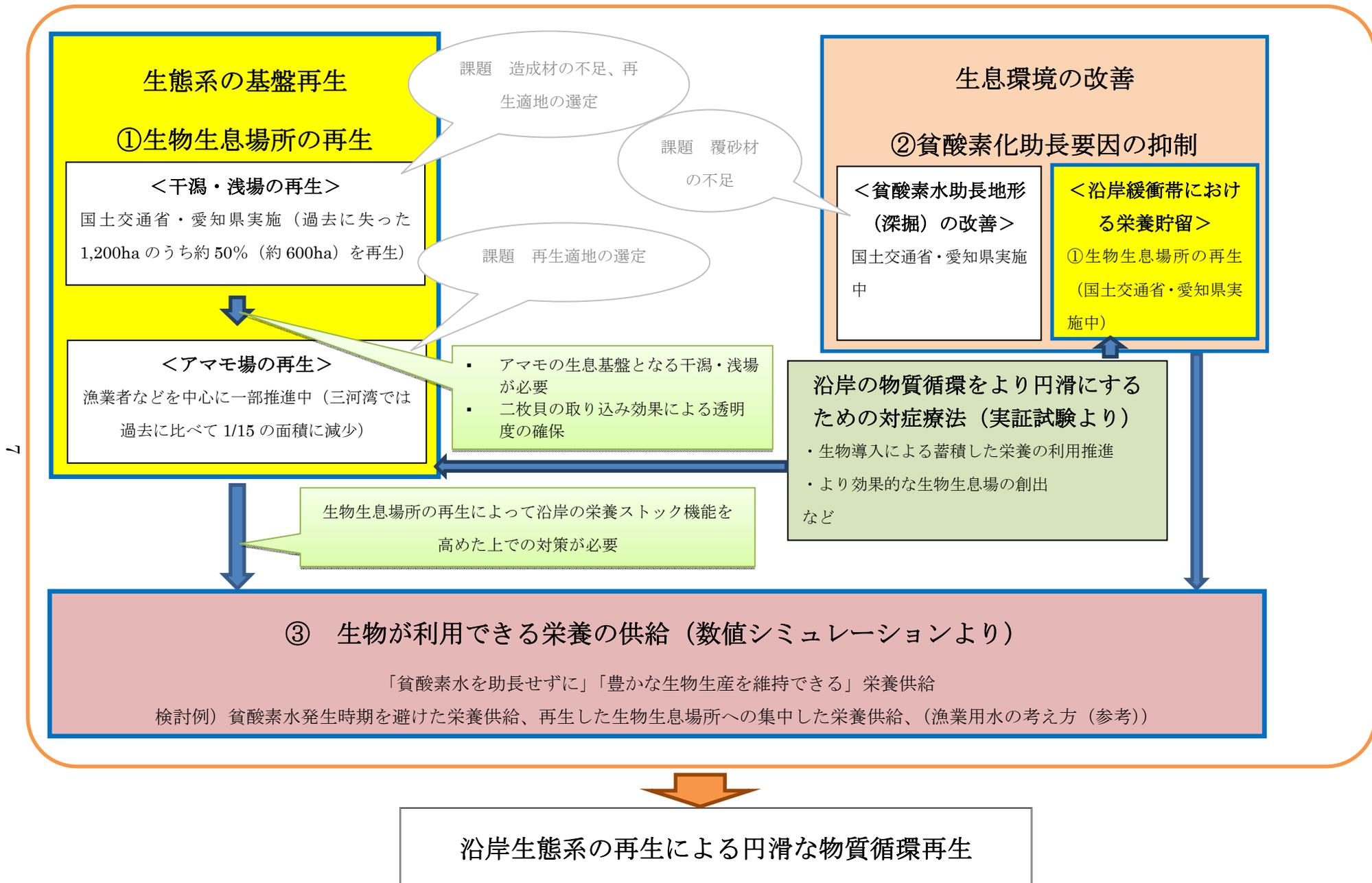


図 2.1 三河湾の改善策（ヘルシープラン）の想定

### 3. 実証試験結果及び想定される対策（案）

#### 3.1 実証試験の内容

##### 3.1.1 実証試験の目的

- 三河湾では多くの干潟・浅場が造成され、造成した干潟・浅場には二枚貝類を中心とした底生生物が定着している。干潟・浅場は、豊富な栄養を用いて高い生産を生み出す重要な機能を持っているものと考えられる。
- 一方、同じ三河湾内の沿岸には、人為的に静穏性を高めることによって海水交換が弱くなり、栄養が蓄積している場所がある。このような場所では、極度な閉鎖性により生物の加入が少なくなるとともに、水中の栄養を各生物に行き渡らせる原動力である流れも弱いため、生物に利用されない栄養が徐々に海底に蓄積していくものと考えられる。蓄積した栄養は貧酸素水の助長を引き起こし、さらに生物の生息を困難にし、食物連鎖による栄養の消費を弱める悪循環に陥る。
- このような不健全な水域における「爆発的な基礎生産力を上位生物へより多く循環させる対策」が必要である。
- 海域の浮遊生態系における食物連鎖を機能的な役割からみると、珪藻を主体とした比較的大型の植物プランクトンがカイアシ類などの動物プランクトン、魚類に捕食され循環されていく「生食食物網」と、ピコ・ナノサイズの小型植物プランクトンが繊毛虫等へ捕食伝達される「微生物食物網」の2つがあり、生産性の高い沿岸域では前者が優先した一定のバランスで維持されているものと考えられる。しかし、陸域から供給される栄養塩類の形態毎のバランスの変化や貧酸素水の助長等によって、「生食食物網」を構成する一部の生物が減少すれば、このバランスが崩れて、「微生物食物網」が卓越するようになるというシナリオが考えられる。このようなシナリオが実際に起こるのか、また、そのシナリオはどのような条件で起こるのかを実証試験によって確認する。
- また、蓄積した栄養の消費を促進する対策として、より多く栄養（植物プランクトン、特に微小なピコ・ナノサイズのもの）を取り込み、できれば漁獲等によって系外へ多く栄養を取り出せる生物を導入することが考えられる。そのために効果的な導入生物を実証試験によって検討する。



### 3.1.2 実証試験の内容（案）

#### 1) 浮遊生態系構造変化検証試験

三河湾より採取した海水中の植物プランクトン群集を様々な条件の海水において培養することによって、

- 三河湾内の代表的な各所における植物プランクトン群集の増殖能（最大増殖能、速度、生産が起きるまでにかかる時間、優占する種類など）に違いはあるのか？
- 上記の違いが生まれる原因としてはどのような要素（貧酸素水の影響（捕食者となる上位生物の有無）、河川水の影響など）が強く影響するか？

を検討することを目的に実施した。

試験は、以下の方法により実施した。

- ① 平成23年10月12日に上記条件の違いを把握する三河湾の数カ所において、試験に用いる海水を採取した。海水の採取場所は、局所的に閉鎖性が高い場所、干潟・浅場、河口部、湾央として、局所的に閉鎖性が高い場所、干潟・浅場の採取時刻は潮位による違いを考慮して、上げ潮時、下げ潮時の2潮時とし、河口部はより陸域水の影響が出やすい下げ潮時のみ、湾央部は干潮時のみとした。採取層は表層1m程度、採水量は5Lとした。採取した海水は試験室へ搬送した。具体的な調査場所は図3.2のとおりである。



図 3.2 調査場所

- ②採取した海水について試験開始前に水質及びプランクトン分析を行った。分析項目は次のとおりである。

pH、塩分、窒素（T-N 及び DON（ろ過前・ろ過（0.45 μm メンブランフィルター）後）、NH<sub>4</sub>-N、NO<sub>2</sub>-N、NO<sub>3</sub>-N）、リン（T-P 及び DOP（ろ過前・ろ過後）、PO<sub>4</sub>-P）、珪素（SiO<sub>2</sub>-Si）、全有機炭素（TOC）、動植物プランクトン、ピコ・ナノプランクトン

③各試験ケースの試験水は、ゴミや大中型の動物プランクトンを除くため、目合い 100  $\mu\text{m}$  のナイロン製のプランクトンネットでろ過してから調整した。試験液の塩分は、25.0～28.5 の間にあった。試験液間で塩分が大きく異なることはなかったため、無調整とした。

表 3.1 試験ケース

想定	対応ケース	設定
A-1：栄養が蓄積しやすいと想定される場の再現ケース（2潮時）	ケース①上げ潮 ケース①下げ潮	貧酸素状態にした局所的に閉鎖性が高い場所の海水（窒素ガス）
	ケース②上げ潮 ケース②下げ潮	局所的に閉鎖性が高い場所の海水と河口部海水を 8:2 で混合して貧酸素状態（窒素ガス）
A-2：貧酸素水等の影響を取り除いたケース（2潮時）	ケース③上げ潮 ケース③下げ潮	局所的に閉鎖性が高い場所の海水
B：目標となるケース（干潟・浅場ケース（2潮時））	ケース④上げ潮 ケース④下げ潮	干潟・浅場海水
C：対照区（湾央海水）	ケース⑤（下げ潮）	湾央海水
補足：ケース②の対照として	ケース⑥（下げ潮）	局所的に閉鎖性が高い場所の海水と河口部海水を 8:2 で混合（貧酸素状態にしない）

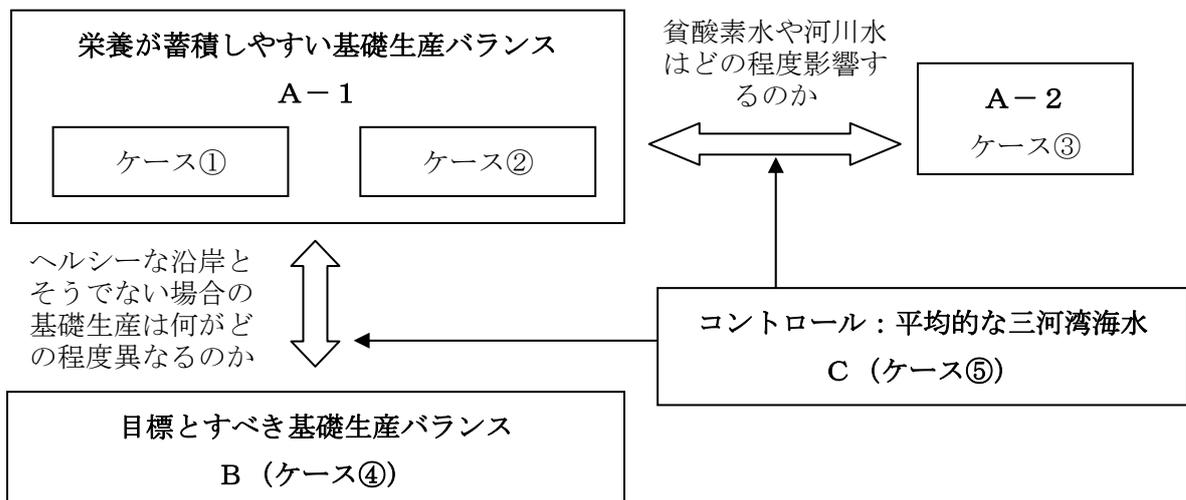


図 3.3 各ケースの比較による評価イメージ

④培養期間中、1日に1回各試験容器より試験水を分取した。試験容器の片方（容器1）から分取した試験水は、サイズ分画（20  $\mu\text{m}$ 以上、2-20  $\mu\text{m}$ 、2  $\mu\text{m}$ 未満の3サイズ）してから蛍光強度を測定することによって、植物プランクトン群集のサイズ別増殖量を確認し

た。もう片方の試験容器（容器 2）の試験水は、サイズ分画せずに蛍光強度を測定した。蛍光強度はターナーデザイン社製の蛍光光度計（TD-700）によって測定した。サイズ別のクロロフィル蛍光強度は、別途分析したクロロフィル a 量との関係式を求めて、クロロフィル a 量に換算した。

表 3.2 試験条件

項目	設定条件
供試生物	三河湾各所のプランクトン群集
試験場所	恒温室
試験水温	20℃（試験水を採取した現地水温が 20～21℃の範囲であった）
試験容器	2000mL 容量 三角フラスコ
試験期間	96 時間（サンプリング間隔：基本的に 1 日に 1 回）
光量・周期	白色蛍光灯 4,000lux（ $57 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ）、12 時間明期・12 時間暗期
その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 試験容器は基本的に静置し、1 日に 1 回揺らして試験水中の植物プランクトン群集を懸濁させた。</li> <li>・ 貧酸素ケース（ケース①とケース②）の状態を確認するため、ケース①上げ潮の試験水について、1 日に 1 回溶存酸素計で DO を測定した。</li> </ul>

## 2) 底生動物（二枚貝）による植物プランクトン捕食時のサイズ選好試験

三河湾内で採取した海水を満たした試験容器に、三河湾において採取した二枚貝（アサリ、シオフキ、バカガイ）を導入し、一定時間当たりに捕食されるプランクトンの量や質について把握した。

試験に用いた二枚貝は、平成 23 年 11 月 28 日に三河湾奥の干潟域より採取した。採取された二枚貝の種類は、アサリ、シオフキ、バカガイであり、殻長 7mm から 35mm の範囲にあった。採取した二枚貝はただちに試験場所に搬入し、試験開始まで馴致飼育を行った。

試験に用いた試験水は、平成 23 年 11 月 28 日に二枚貝を採取した場所の表層より採取した。採取時の水温は 15℃前後であった。

試験条件を表 3.3 に示す。

表 3.3 試験条件

項目	設定条件
供試生物	三河湾湾奥より採取した二枚貝（アサリ、シオフキ、バカガイ） 大きさ別に小型サイズ（殻長 7mm 前後）、中型サイズ（殻長 15mm 前後）、大型サイズ（殻長 35mm 前後）の 3 グループに分類
試験場所	恒温室
試験水温	15℃（供試生物、試験水の採取時の水温を考慮して設定）
試験水	三河湾海水を 2 日間培養し、植物プランクトン総細胞数として 10 <sup>3</sup> 細胞/mL のオーダー以上とした
試験容器	1L ビーカー
試験期間（時間）	1 時間（サンプリング間隔：0、0.25、0.5、1.0 時間）
その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>試験容器への二枚貝の収容個体数は、小型サイズが 8 個体、中型サイズが 4 個体、大型サイズが 2 個体</li> <li>試験容器に砂を敷き、二枚貝が潜砂した状態で試験実施</li> <li>試水中の植物プランクトンが沈降せず、細胞密度が均一となるように、容器側面からスターラーで攪拌</li> </ul>

・ 摂餌量のモニタリングと測定項目

試験開始時、試験開始 0.25 時間後、0.5 時間後、1.0 時間後に試験水の一部を採取した。試験開始時と終了時（開始 1 時間後）は、サイズ別クロロフィルとプランクトン種組成を把握した。0.25 時間後と 0.5 時間後はクロロフィルを測定した。

表 3.4 試験期間中のモニタリング項目と頻度

モニタリング項目	試験開始時	0.25 時間後	0.5 時間後	1 時間後	備考
サイズ別クロロフィル	○	△	△	○	○：20 μm 以上、2-20 μm、2 μm 未満の 3 サイズ △：サイズ分画なし
プランクトン（植物主体で動物）	○			○	顕微鏡観察（開始時は対照区のみ、1 時間後は試験区と対照区）
ピコ・ナノプランクトン	○			○	顕微鏡観察（開始時は対照区のみ、1 時間後は試験区と対照区）

表 3.5 試験ケース

試験区	内容
小型サイズ	殻長 7mm 前後の二枚貝（アサリ 4 個体、シオフキ 2 個体、バカガイ 2 個体）を潜砂させ、培養した三河湾海水を添加
中型サイズ	殻長 15mm 前後の二枚貝（アサリ 3 個体、シオフキ 1 個体）を潜砂させ、培養した三河湾海水を添加
中型サイズ	殻長 35mm 前後の二枚貝（アサリ 2 個体）を潜砂させ、培養した三河湾海水を添加
対照区	試験区と同様量の細砂を敷き、培養した三河湾海水を添加

### 3) 動物プランクトンによる植物プランクトン摂餌状況確認試験（補足情報）

三河湾の海水を培養し、海水中の植物プランクトン量（クロロフィル a）の変化を把握することで、動物プランクトンによる植物プランクトンの捕食特性を把握する。試験方法は希釈培養法とする。希釈培養法は、海水中のプランクトン群集（植物プランクトン・動物プランクトン）を数段階希釈して培養することによって、増殖する植物プランクトンの増殖速度と、動物プランクトンによる植物プランクトンの摂食速度を求めることが出来る。

- 試験水の採取

試験に用いた試水は、平成 23 年 10 月 27 日に三河湾の局所的に閉鎖性の高い場所の水深 0.5m 層より採取した。採取時の水温は表層 18℃、下層 20℃であった。

表 3.6 試験条件

項目	設定条件
試験水	三河湾における局所的に閉鎖性の高い場所の海水（三河湾のプランクトン群集：植物・動物プランクトン混合試料）
試験場所	インキュベーター
試験水温	20℃（現地水温が 18～20℃であり、また先に行った AGP 試験が 20℃で実施されたことを考慮して設定）
試験容器	200mL 容量三角フラスコ
試験時間	24 時間
光量・周期	AGP 試験と同様（白色蛍光灯 4,000lux (57 $\mu$ mol/m <sup>2</sup> /s)、12 時間明期・12 時間暗期)

- 測定項目  
試験開始時・終了時にサイズ別クロロフィルを測定した。また、試験開始時にプランクトン種組成を把握した。

表 3.7 試験期間中の摂餌量モニタリング項目と頻度

モニタリング項目	開始時	終了時	備考
プランクトン（植物主体で動物）	○		顕微鏡観察（対照区のみ）
ピコ・ナノプランクトン	○		顕微鏡観察（対照区のみ）
サイズ別クロロフィル	○	○	*20 $\mu$ m以上、2-20 $\mu$ m、2 $\mu$ m未満の3サイズ

注：○が採取・測定

- 試験ケース

表 3.8 試験ケース

試験区	内容
100%区	局所的に閉鎖性の高い場所の海水＋栄養添加（f/2）
75%区	局所的に閉鎖性の高い場所の海水とろ過した局所的に閉鎖性の高い場所の海水を75:25の比率で混合＋栄養添加（f/2）
50%区	局所的に閉鎖性の高い場所の海水とろ過した局所的に閉鎖性の高い場所の海水を50:50の比率で混合＋栄養添加（f/2）
25%区	局所的に閉鎖性の高い場所の海水とろ過した局所的に閉鎖性の高い場所の海水を25:75の比率で混合＋栄養添加（f/2）
10%区	局所的に閉鎖性の高い場所の海水とろ過した局所的に閉鎖性の高い場所の海水を10:90の比率で混合＋栄養添加（f/2）
対照区	局所的に閉鎖性の高い場所の海水のみ

## 3.2 実証試験結果のまとめ

### 3.2.1 実証試験結果から考えられる仮説

実証試験による主な結果を以下にまとめる。

- ▶ クロロフィル a の最大増殖量の増分は、干潟・浅場に比べて局所的に閉鎖性が高い場所で多かった。増分は残存する窒素 (DIN) の量に依存した結果であると考えられた。
  - ▶ 干潟・浅場は、試験開始時に大型の $\geq 20 \mu$ 画分のクロロフィルが多く、培養中に $< 2 \mu$  m画分が多く増殖しており、局所的に閉鎖性が高い場所と異なった結果となった。
  - ▶ 培養した三河湾海水を二枚貝 (小型サイズ、中型サイズ、大型サイズの3試験区) に与えて試験開始時と終了時にサイズ別クロロフィル a を測定した結果、いずれのサイズ画分でもクロロフィル a の減少が確認されたが、傾向に違いがみられた。
  - ▶ 三河湾における局所的に閉鎖性が高い場所の海水を試験水として希釈培養試験を実施した結果、未ろ過海水の混合割合とみかけの増殖速度の間に有意な右下がりの直線関係がみとめられた。特に  $2\text{-}20 \mu$  m 画分で植物プランクトンの高い比増殖速度と、動物プランクトンなど捕食者による比捕食速度がみとめられた。一方、 $< 2 \mu$  m 画分では、植物プランクトンの増殖と動物プランクトンなど捕食者による捕食の関係性は認められなかった。
  - ▶ 局所的に閉鎖性が高い場所の海水に河口部海水を添加して培養したが、添加していない局所的に閉鎖性が高い場所の海水と比較して植物プランクトンの増殖に与える影響は認められなかった。
  - ▶ 試験開始時の植物プランクトン量 (クロロフィル a 量) は干潟・浅場域 $>$ 局所的に閉鎖性が高い場所 ( $>$ 湾央) であった。潮時では、上げ潮 $>$ 下げ潮であった。サイズ組成は、局所的に閉鎖性が高い場所では  $2\text{-}20 \mu$  m 画分が多いのに対し、干潟・浅場域では大きなサイズである $\geq 20 \mu$  画分が多かった。
  - ▶ 貧酸素化による最大増殖量やサイズ別のクロロフィル a 量への影響は認められなかった。ただし、現場海域での貧酸素水には、底層での還元化に伴う硫化水素および硫化物も多く含まれていることが想定され、これらが植物プランクトンの増殖 (三河湾の一次生産) に与える影響については課題である。
- 以上のまとめ及び地域懇談会における意見等から考えられる現象の流れから考えられる仮説を図 3.4 に整理した。
  - 特に、「浮遊生態系構造変化検証試験」において、干潟・浅場と局所的に閉鎖性が高い場所において傾向の相違がみられた。局所的に閉鎖性が高い場所では生物が少ない条件下であるため、増殖した植物プランクトンが生物に利用されずに死滅して沈降し、貧酸素水の発生を助長するという従来の知見どおりの流れが想定されるが、干潟・浅場ではそれとは異なる流れが想定される。干潟・浅場では短期的に貧栄養の状態が確認され、その状態の時に小型プランクトンが増加することが考えられた。

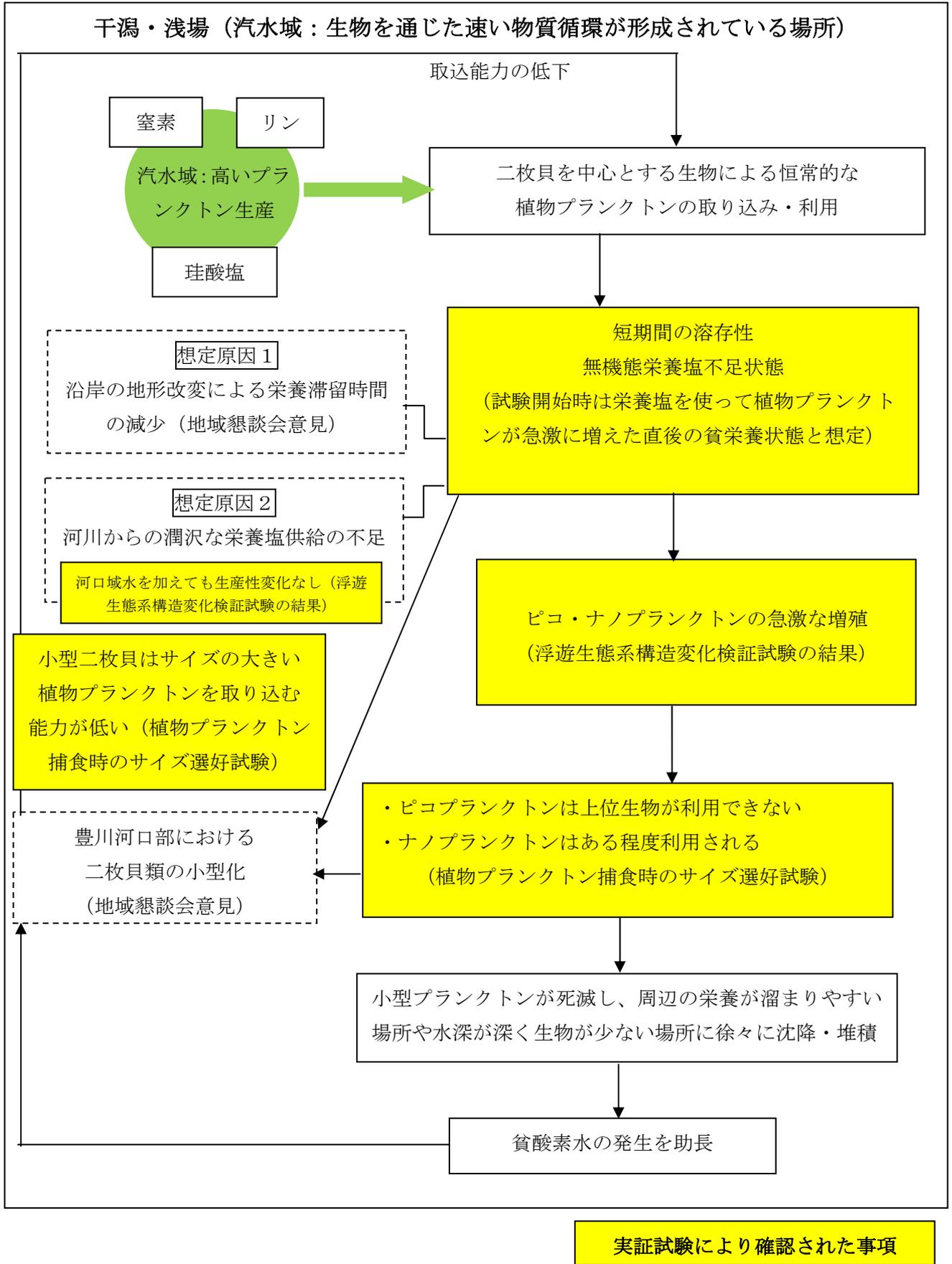


図 3.4 実証試験結果から考えられる仮説

### 3.2.2 試験結果から想定される対策（案）

以上のまとめから考えると、三河湾が豊かであった 1960 年代前半の沿岸には、「栄養が十分滞留する機能」と「高速で物質が循環する機能」の両機能が備わった場が広がっていたと考えられる。しかし、現在、その機能は分断され、局所的に閉鎖性が高い場所では栄養が十分滞留する機能のみ、干潟・浅場では高速で物質を循環する機能のみをもつ場になっていると考えられる。

今後、沿岸の構造を 1960 年代前半の形に戻すことは、様々な制約から困難と考えられる。そのため、それぞれの場所に両機能を再生させる、以下の対策（案）を検討していくことが必要と考えられる。

#### 対策 1

干潟・浅場に栄養が留まりやすい状況を創出して、生物が利用できない小型プランクトンが増殖する時間を短くする（特に湾奥部の豊川河口部付近を対象に）

<具体的な対策（案）>

- ・ 栄養塩が留まりやすい地形作り（河川からの栄養を干潟・浅場へ集中させる工夫）
- ・ 干潟・浅場への流入河川における栄養供給の増加

#### 対策 2

局所的に閉鎖性が高い場所に栄養を取り込む能力の高い生物を導入もしくは誘導して、局所的に閉鎖性が高い場所の中にある栄養を取り上げる

<具体的な対策（案）>

- ・ 貧酸素水を避けて生物が恒常的に成長できる干潟・浅場の環境の創出
- ・ 生物の加入を確保するための水路確保
- ・ 局所的に閉鎖性が高い場所の環境に適応できる栄養塩の取り上げ能力が高い生物の導入

ただし、上記の試験結果は、秋季に一度だけ実施した結果であり、季節的に異なることも想定される。今後、同様の実験を繰り返していく中で、想定した現象の流れが検証される可能性を秘めていると考えられる。

## 4. モデルを用いた効果の検証

### 4.1 改善策による効果の推定ケースの設定

以上、抽出した改善策の効果について、数値シミュレーションモデルを用いて定量的に評価した。「三河湾の改善策（ヘルシープラン）の想定」で挙げられた対策を順に条件としてモデルに与え、基礎生産力がどの程度円滑に高次生産へ転換されているかを評価の基本として、それが貧酸素水をどの程度抑制できるかを評価することによって、三河湾の環境が自律的にヘルシーを維持できる海域になるかを評価したいと考えている。

なお、評価の基準としては、三河湾が豊かだったと想定される 1960 年代（昭和 30～40 年代）が考えられるため、その時代の環境について再現するケースも 1 ケースとして追加する。

ケースと検討イメージは図 4.1 に示すとおりである。

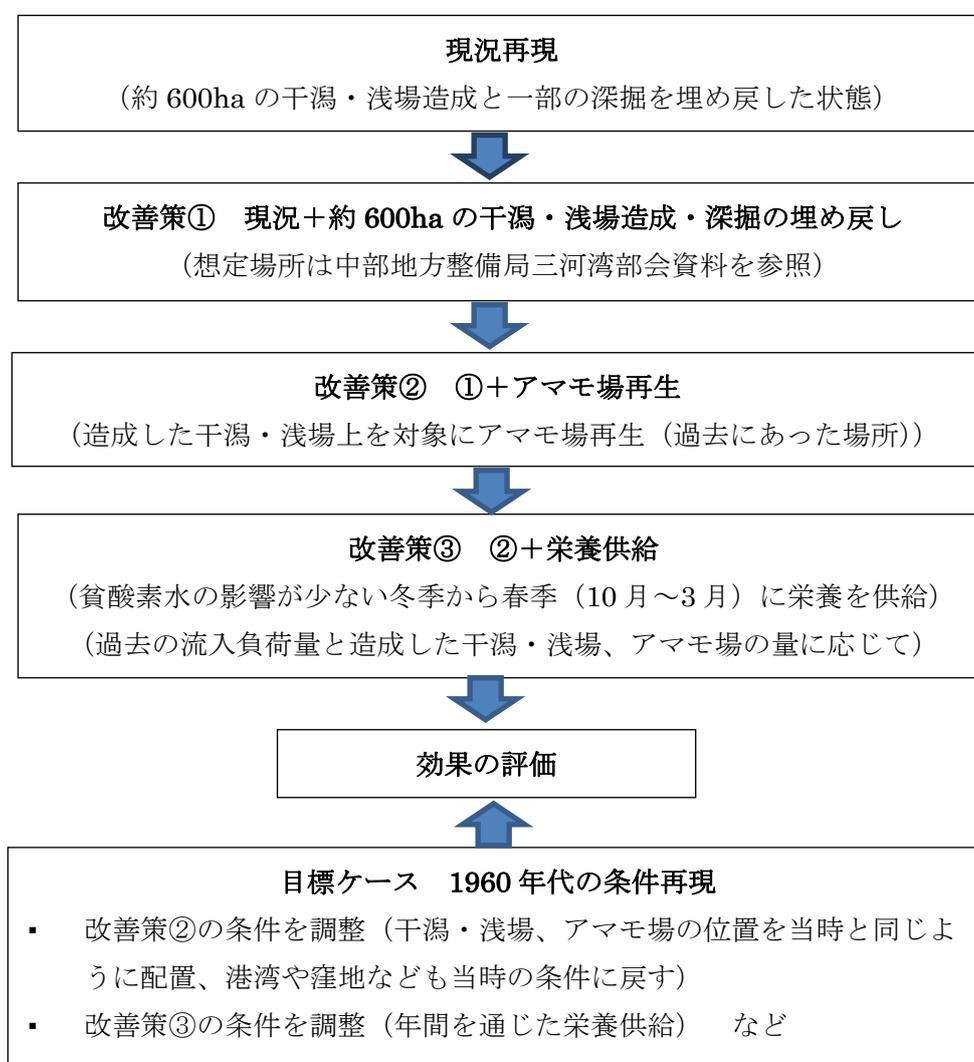


図 4.1 改善策による効果の推定ケースの設定

## 4.2 効果の検討

### 4.2.1 三河湾地域における検討内容

三河湾では、地域検討委員会から要望された次の内容について検討を行っている。

効果を検討する実証試験の内容	対応状況
(1) 中山水道ブイが設置された 2009 年を現況再現年次とし、ブイの観測値を再現性の検証に用いる	流動については、現況再現計算終了。 水質については、夏季の底層 DO 濃度が実測より低めに計算されている。
(2) 2009 年の現況計算に対し、干潟・浅場 600ha 造成および深掘埋め戻し対策時の効果を検討する。 (対策ケース①)	流動については、計算終了。 水質については、結果の解析中。
(3) 2009 年の現況計算に対し、干潟・浅場 600ha 造成および深掘埋め戻しに加え、浅場造成箇所のうち過去にアマモ場が確認されている場所に喪場を造成する対策の効果を検討する。 (対策ケース②)	流動については、(2)と同様の結果を適用。 水質については、結果の解析中。
(4) 1960 年代の地形における流動および水質計算を行い、物質循環等、現在と過去の比較を行う。 (望ましい姿)	流動については、計算終了。 水質については、結果の解析中。

### 4.2.2 対策ケース①の効果検討

造成する干潟および浅場の位置は、図 4.2 のオレンジで示された箇所であり、流動計算に用いる該当格子の水深はTP±0mにかさ上げた。

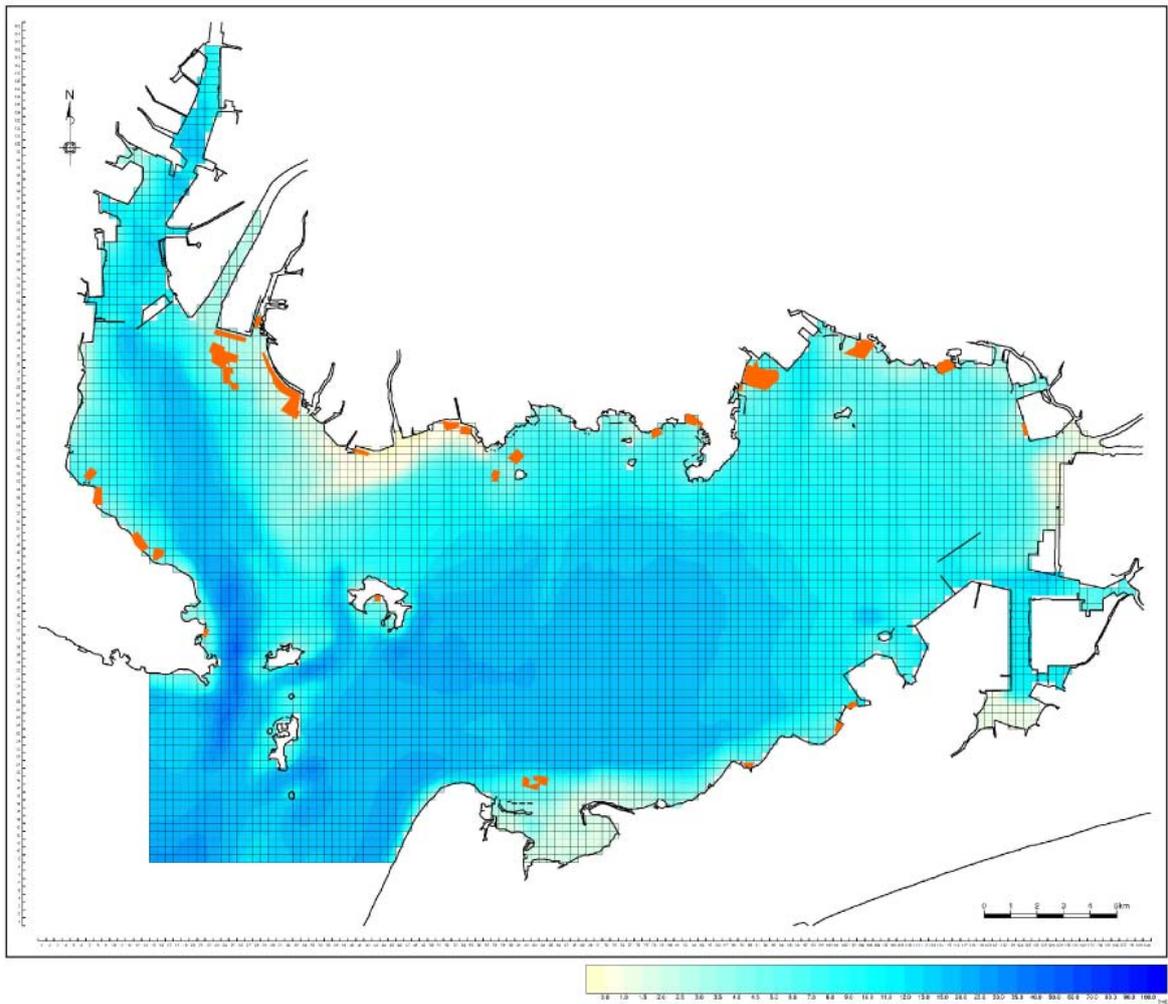


図 4.2 対策ケース①の地形条件

図 4.3 に三河湾内における植物プランクトンと動物プランクトンの存在量（各格子の濃度×各格子の容量）の比較を示す。これによると、これらの項目について、対策①は 2009 年現況と明確な差は見られない。

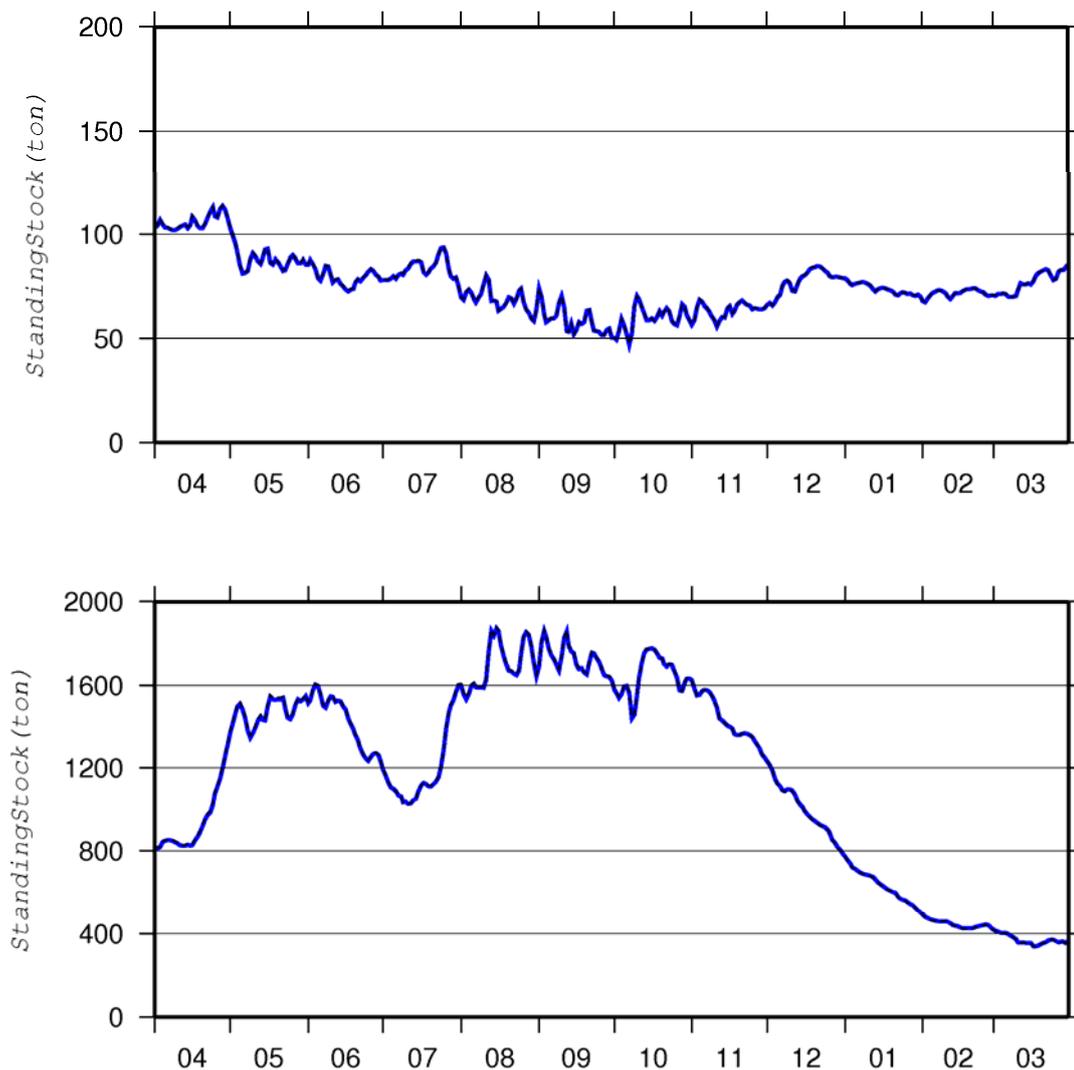


図 4.3 植物プランクトン(上)と動物プランクトン存在量比較 (点線：2009年、青線：対策①)

水質モデルの計算結果として、溶存酸素 2mg/L以下の面積と体積、酸素消費物質 0.01mg/L以上の体積の2009年現況との比較を図 4.4 に示す。これによると、これらの項目について、対策①は2009年現況と明確な差は見られない。

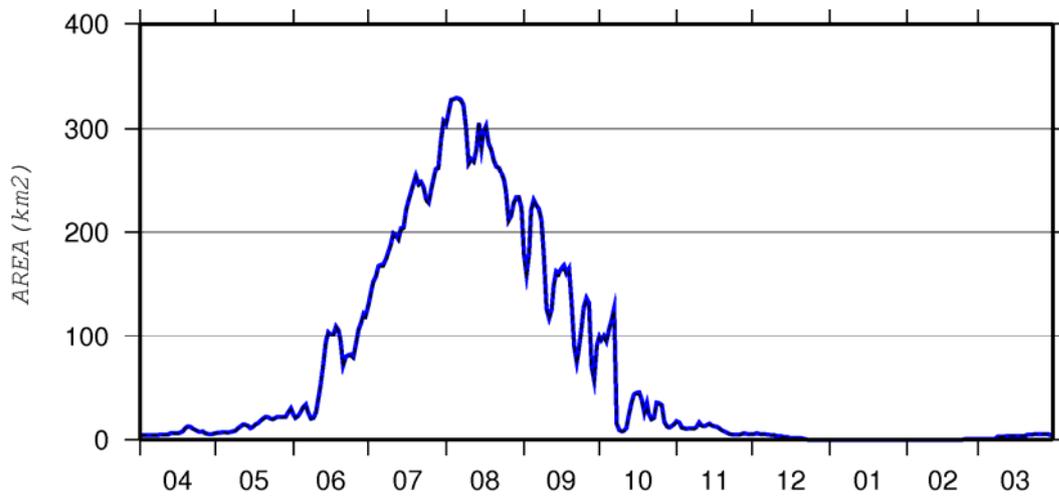


図 4.4(1) 溶存酸素 2mg/L以下の面積比較 (点線：2009年、青線：対策①)

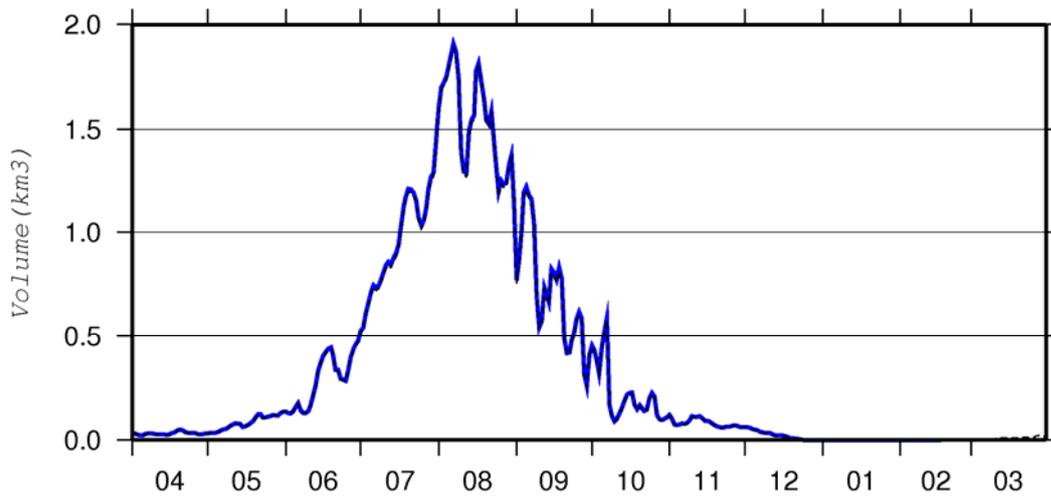


図 4.4(2) 溶存酸素 2mg/L以下の体積比較 (点線：2009年、青線：対策①)

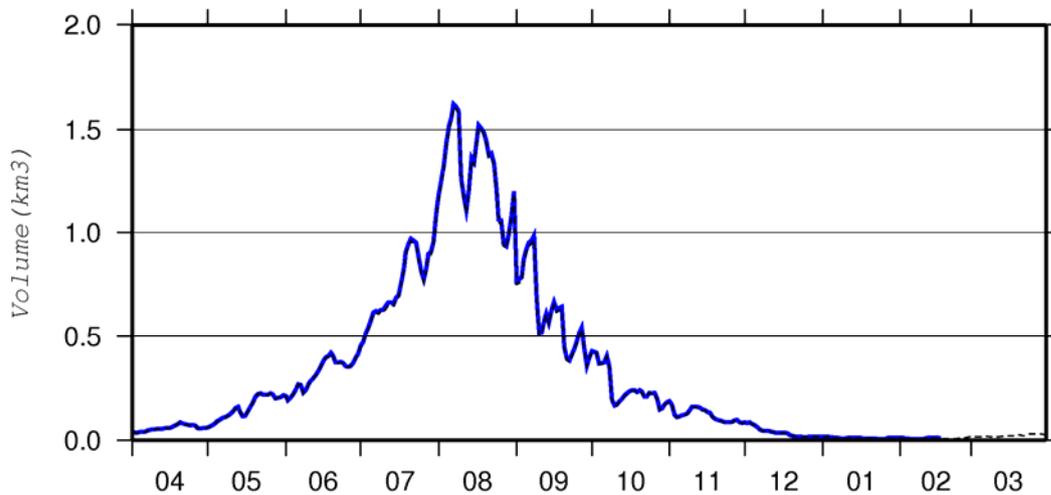


図 4.4(3) 酸素消費物質 0.01mg/L以上の体積比較 (点線：2009年、青線：対策①)

#### 4.2.3 対策ケース②の効果検討

造成するアマモ場の位置は、図 4.5 のオレンジで示された箇所である。

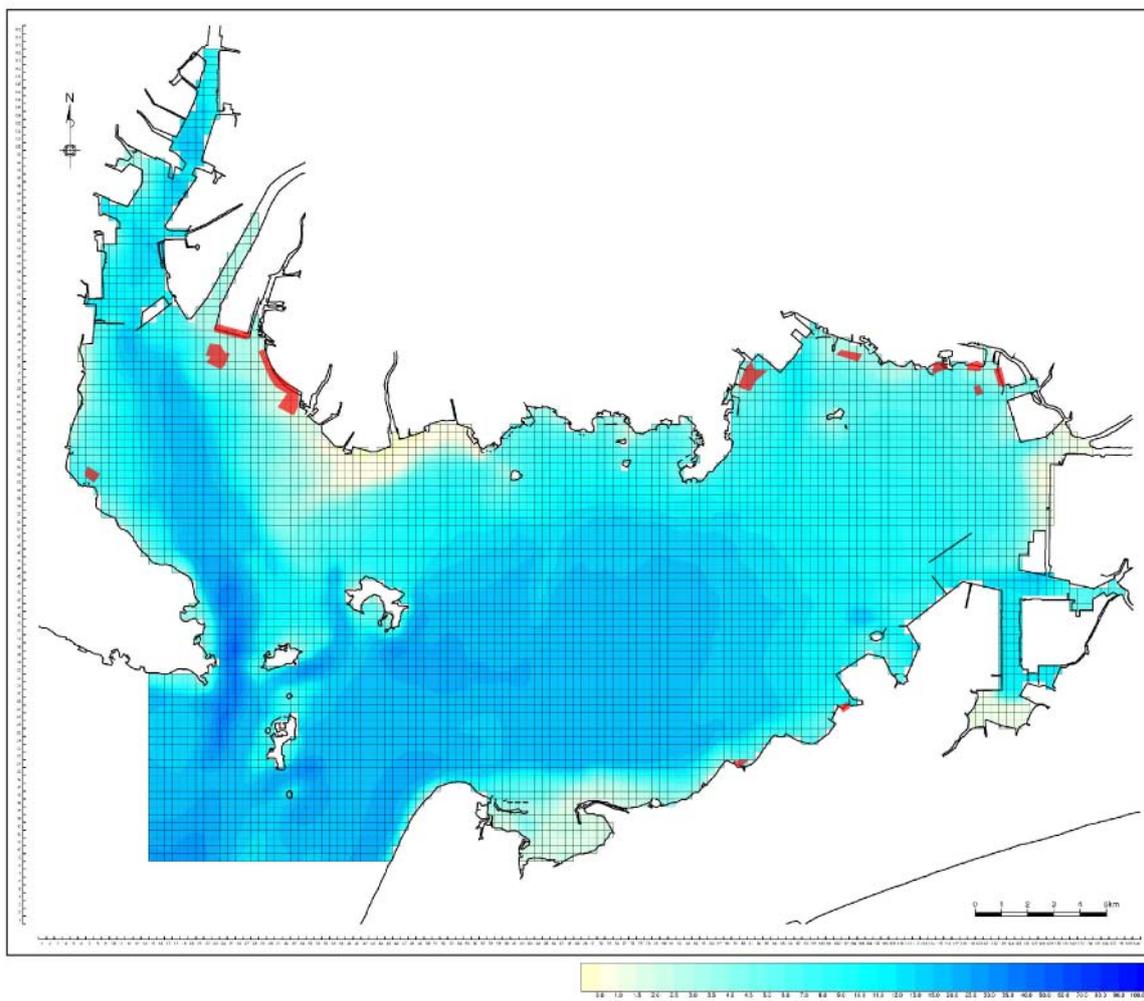


図 4.5 対策ケース②の地形条件

図 4.6 に三河湾内における植物プランクトンと動物プランクトンの存在量（各格子の濃度×各格子の容量）の比較を示す。これによると、これらの項目について、対策②は 2009 年現況と明確な差は見られない。

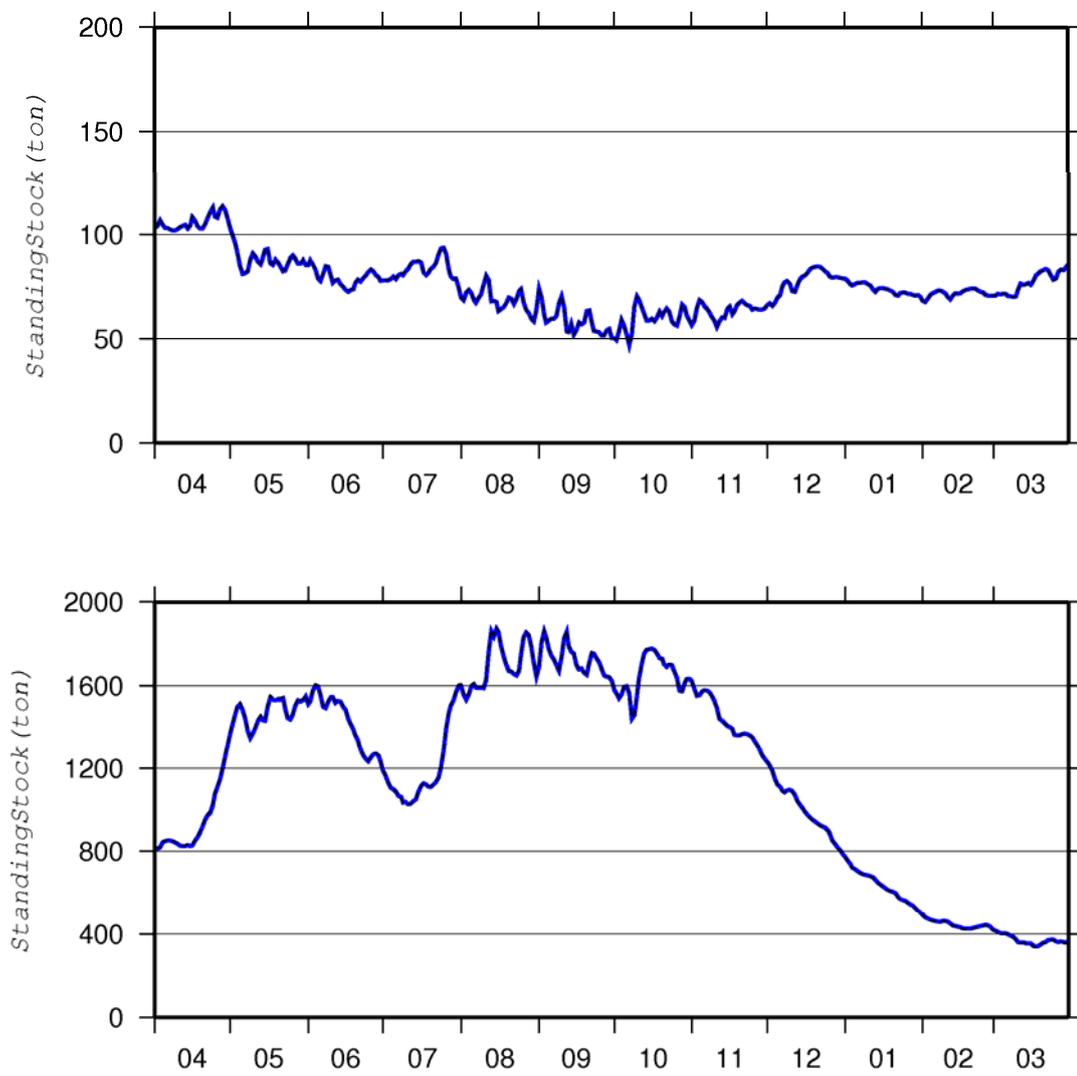


図 4.6 植物プランクトン(上)と動物プランクトン存在量比較（点線：2009 年、青線：対策②）

水質モデルの計算結果として、溶存酸素 2mg/L以下の面積と体積、酸素消費物質 0.01mg/L以上の体積の 2009 年現況との比較を図 4.7 に示す。これによると、これらの項目について、対策②は 2009 年現況と明確な差は見られない。

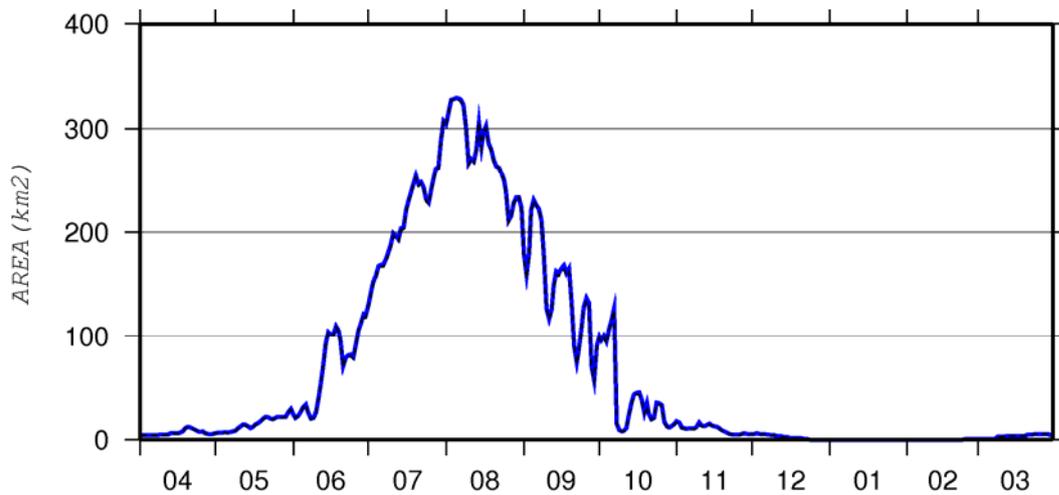


図 4.7(1) 溶存酸素 2mg/L 以下の面積比較 (点線 : 2009 年、青線 : 対策②)

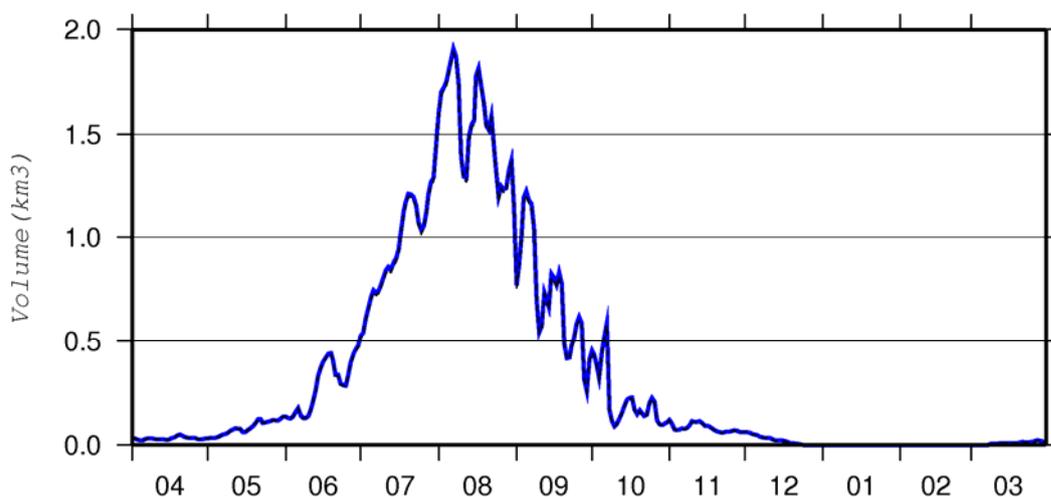


図 4.7(2) 溶存酸素 2mg/L 以下の体積比較 (点線 : 2009 年、青線 : 対策②)

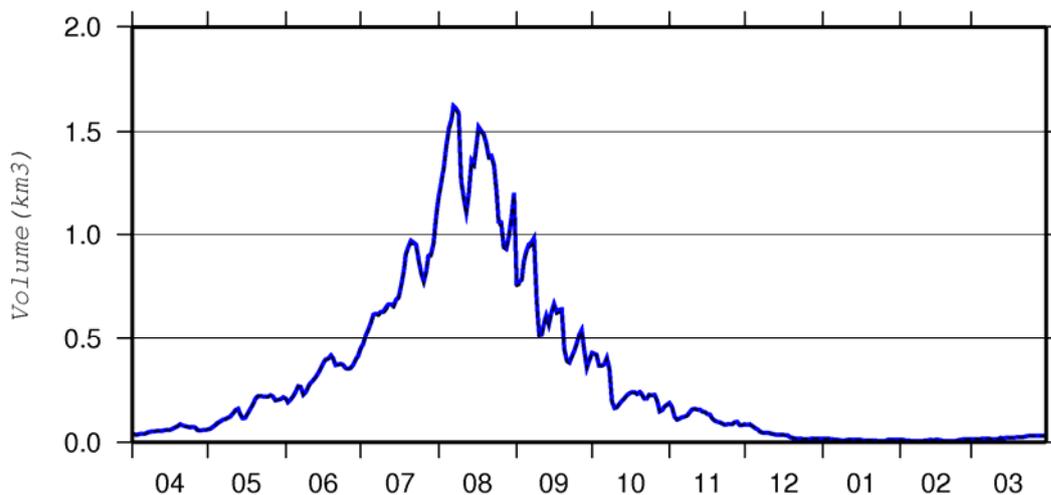


図 4.7(2) 酸素消費物質 0.01mg/L 以上の体積比較 (点線 : 2009 年、青線 : 対策②)

#### 4.2.4 望ましい姿の検討と現況との比較

1960年代の計算条件として用いた地形および水深は図 4.8 に示すとおりである。

流動計算においては、地形・水深以外の諸条件は、2009年現況計算と同様とした。

水質計算においては、地形・水深以外に、流入負荷における有機炭素の懸濁態の比率を2009年現況の2割から8割にし、有機物の易分解と難分解の割合を5:5から8:2に変更している。

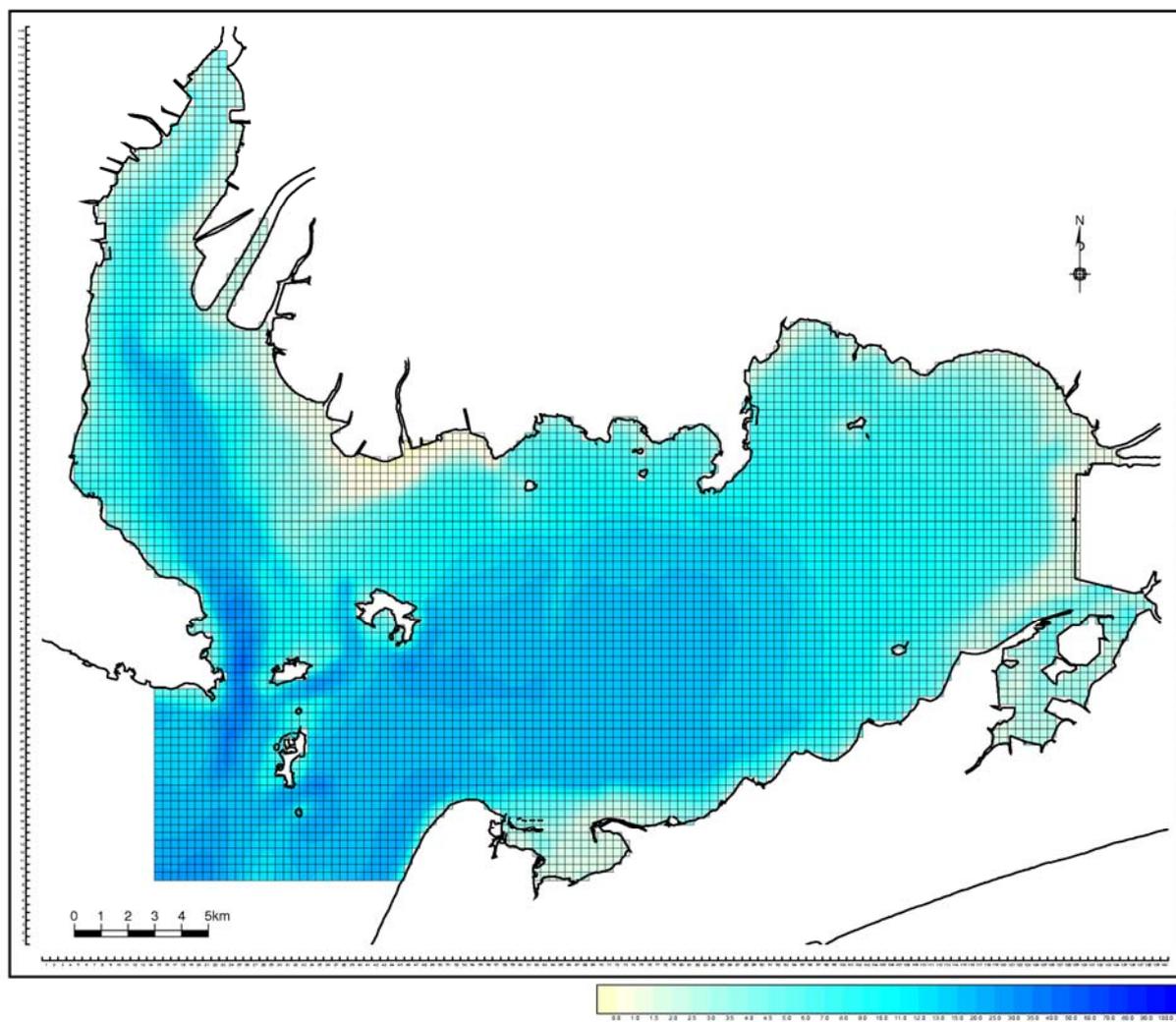
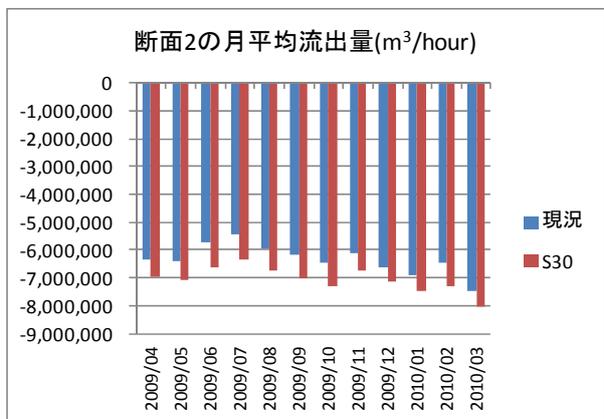
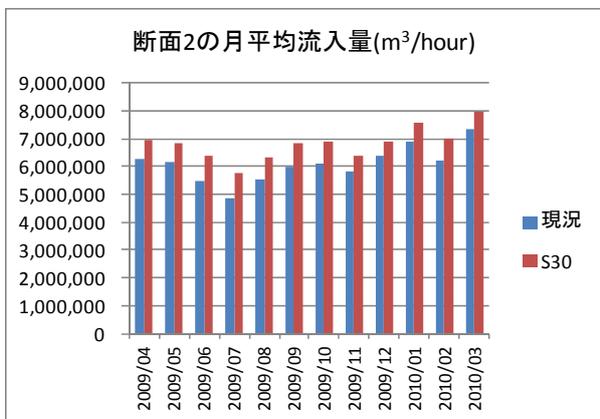
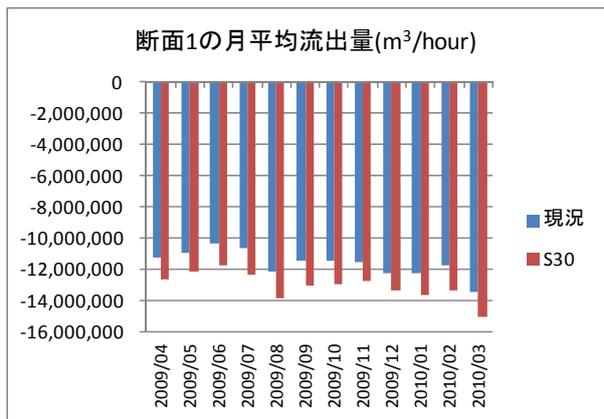
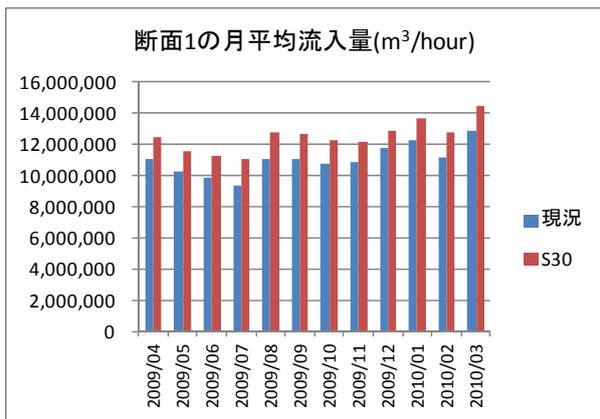
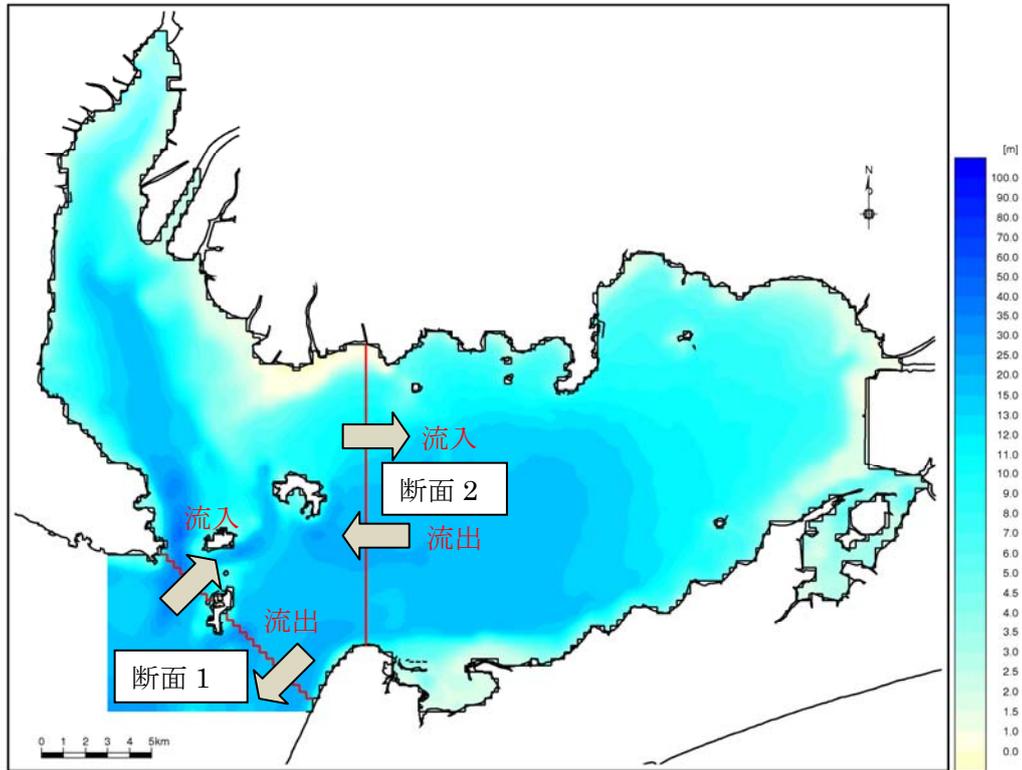


図 4.8 1960年代の地形・水深条件

図 4.9 に、三河湾における任意の断面での各月の通過流量の比較を示す。これによると、すべての月において、1960年代の地形条件の方が現況より流入・流出量が多く、湾内と湾外との海水交換量が多い結果となっている。



注) 流入量を正の値、流出量を負の値で示した。

図 4.9 断面1 および 2 における通過流量の比較 (現況と 1960 年代の地形)

図 4.10 に三河湾内における植物プランクトンと動物プランクトンの存在量(各格子の濃度×各格子の容量)の比較を示す。これによると、動物プランクトンの存在量が1960年代地形条件の方が大きい結果となっている。

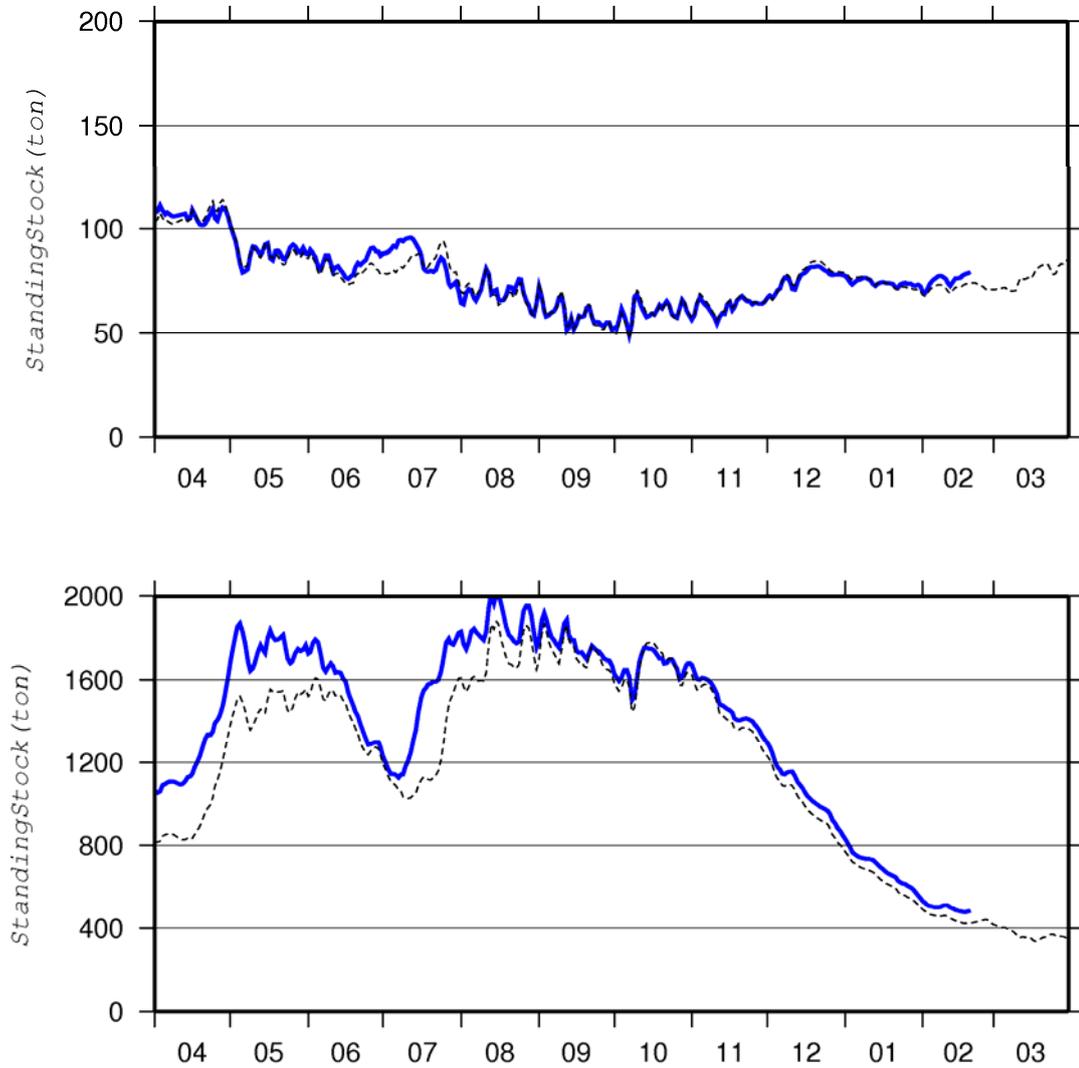


図 4.10 植物プランクトン(上)と動物プランクトン(下)存在量比較

(点線：2009年、青線：1960年代)

水質モデルの計算結果として、溶存酸素 2mg/L以下の面積と体積、酸素消費物質 0.01mg/L以上の体積、酸素消費物質の存在量の 2009 年現況との比較を図 4.11 に示す。

これによると、1960 年代の地形条件での計算結果は、夏季に貧酸素化するものの、期間は 2009 年現況に比べて 2 ヶ月以上短く、また、夏季においても面積・体積ともに規模は小さくなっている。

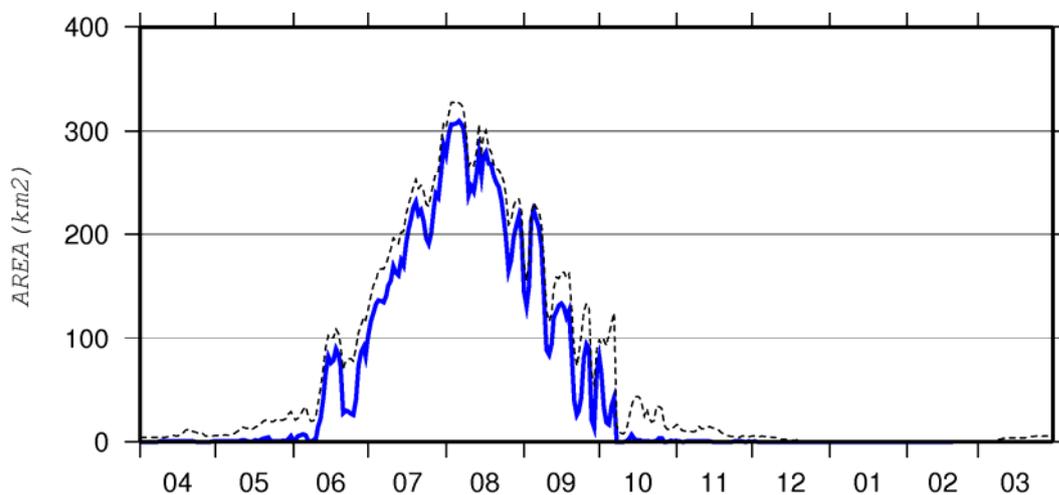


図 4.11(1) 溶存酸素 2mg/L 以下の面積比較 (点線：2009 年、青線：1960 年代)

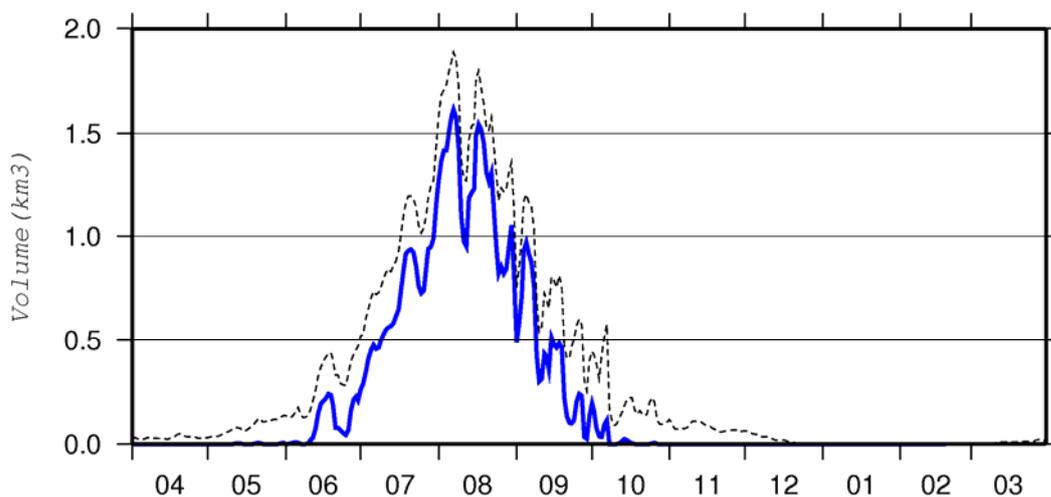


図 4.11(2) 溶存酸素 2mg/L 以下の体積比較 (点線：2009 年、青線：1960 年代)

酸素消費物質 0.01mg/L 以上の体積については、1960 年代の地形条件での計算結果は 2009 年現況より若干規模が小さい結果となっているが、各計算格子の濃度に格子容積を乗じて算出した酸素消費物質の存在量については、1960 年代地形条件の方が小さく、底生生物に対してのリスクが低い結果となっている。

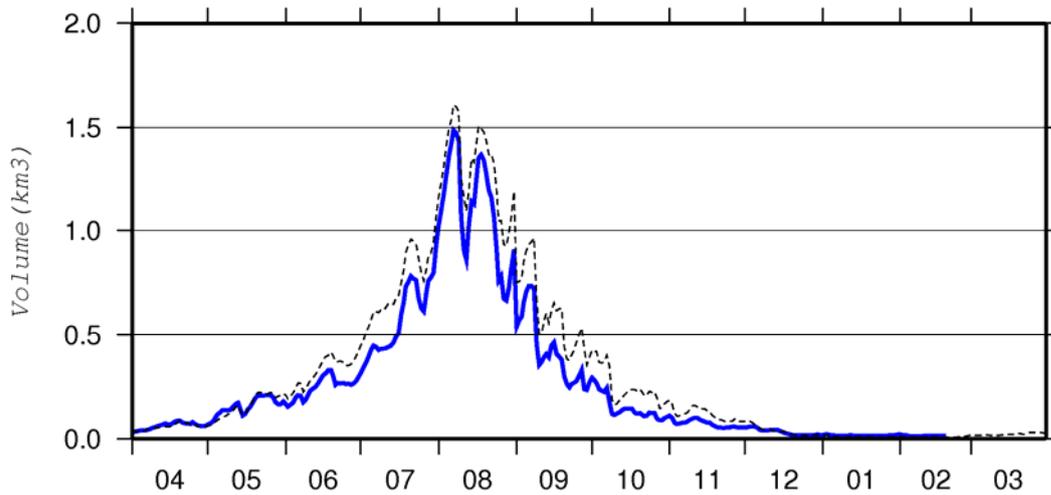


図 4.12(1) 酸素消費物質 0.01mg/L 以上の体積比較  
(点線：2009 年、青線：1960 年代)

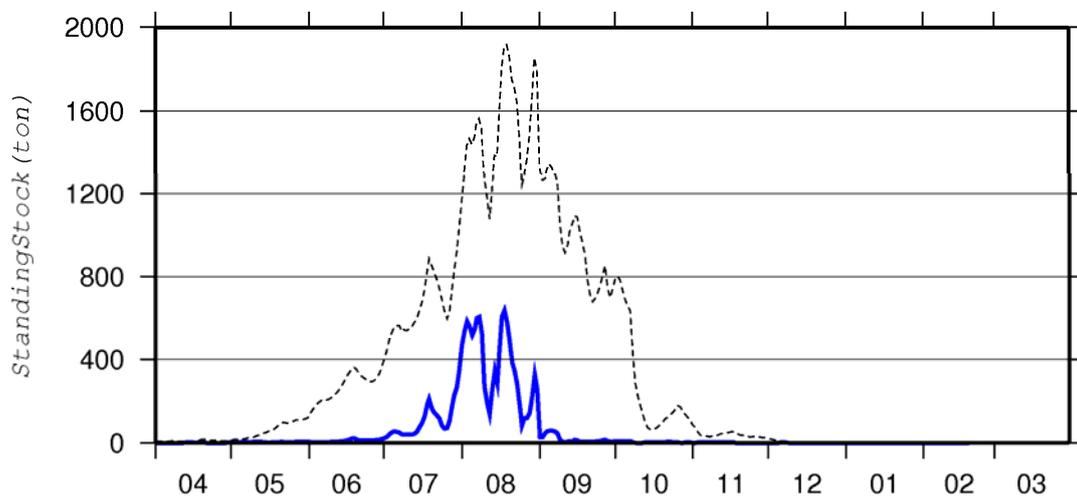


図 4.12(2) 酸素消費物質の存在量の比較  
(点線：2009 年、青線：1960 年代)

図 4.13 に各計算ケースにおける三河湾内の底生生物の存在量を示す。ここで、1960 年代②というケースは、1960 年代地形条件に 2009 年現況と同じ流入負荷量を入れた感度解析ケースである。

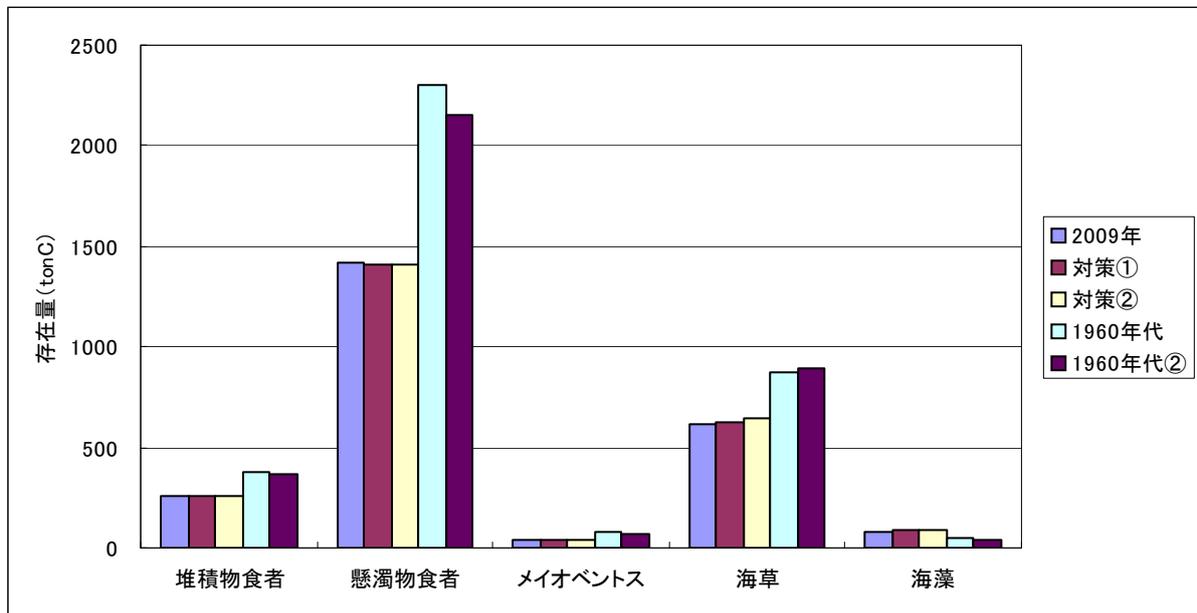


図 4.13 三河湾内における底生生物の存在量

## 5. 平成 23 年度までのまとめ（三河湾のヘルシープラン計画）

以上の検討結果から、想定した対策のうち、干潟・浅場・アマモ場の再生、貧酸素化助長要因の抑制による効果を検証した結果では、三河湾の不健全さの指標となる貧酸素水の規模を大きく改善するには至らなかった。しかし、1960年代の条件として、干潟・浅場などを含めた沿岸地形を元に戻し、生物が分解しやすい栄養（BOD）の比率を当時程度に戻した結果、三河湾に発生している貧酸素水や酸素消費物質が大きく減少し動物プランクトンが増加することが想定されていることから、想定した対策の方向性は正しいと考えられる。

今後は、効果検証の精度を向上（アマモ場機能の過小評価など）させ、実証試験から想定された対策（案）を加味しつつ、対策による効果を再検証し、1960年代程度の物質循環に戻すための具体的な実施規模等について検討していく予定である。

