

## 物質収支モデルの構築

## 1. 各地域検討委員会からの物質循環モデルに対する要望と対応（案）

統括検討委員会では、各モデル地域の物質循環の状況の把握や物質循環の健全化のための施策の効果の程度を把握すること等を目的に物質収支モデルの構築を行うこととしており、各地域検討委員会で物質収支モデルに対する議論なされた。以下に主な要望と対応（案）を示す。

表 1.1 気仙沼湾地域検討委員会からの主な要望と対応（案）

要望	対応案	備考
今後検討する方策の効果検証：実証試験の結果を基に、規模を拡大して実施した場合の方策の効果等の検討を行いたい。	時間経過による効果の程度も踏まえた計算を行う。 ( P.4 )	
現状の物質循環の把握：資料収集や現地調査等では把握しきれない、物質循環の現状についてモデルから把握したい。	季節変化や水域区分別の物質質量や物質循環量などに留意し計算を行い、結果を整理する。( P.4 )	
負荷、要因等の抜け落ちのチェック：現状の物質循環モデルでうまく表現できない部分については、モデルの前提とした負荷や要因以外に重要な要因が抜けている可能性もある。このようなこれまで認識されていなかった負荷源や物質循環に係る事象のチェックを行いたい。	現地調査や既存資料調査により得られたパラメータを用いて現況再現を行うが、特に現況再現でうまく表現できない部分について情報を提供する。	地域検討委員会で船倉排水による負荷が無視できない可能性が指摘されているところであり、必要に応じて船倉排水による負荷の影響を考慮した計算を行うにあたっては、船倉排水の水質や量についての情報を提供いただく必要がある。
底質悪化機構(負荷となる物質の移動状況)の解明：湾中央～湾奥で底質が汚濁しており、一部では現在でも悪化する傾向もみられている。陸域からの負荷や二枚貝養殖場に集積する負荷の流入等について、負荷の移動状況の解析を行いたい。解析結果から、底質悪化機構の解明や、今後実施する方策について効果的な実施場所の検討に利用したい。	特に湾中央～湾奥の底質の悪化要因を把握することが可能なモデルとする。 ( P.4 ) また、沈降物がどこに着底するかについても整理を行う。	地域検討委員会でカキ養殖場下の底泥が比較的良好な状態であったことについてベントスの影響について指摘されているところであり、必要に応じてカキ養殖場下におけるベントスの影響を考慮した計算を行うにあたっては、ベントスの種や量についての情報を提供いただく必要がある。

表 1.2 三河湾地域検討委員会からの主な要望と対応（案）

要望	対応案	備考
<p>現状と 1960 年頃の三河湾（健全な姿と想定）の物質循環を比較して、変化が生じている箇所の解明。</p>	<p>三河湾の物質循環を踏まえたモデルとし、また、環境変化因子の変動を考慮することを可能なモデルとする。（ P.7～P.9）</p>	<p>必要に応じて 1960 年頃の三河湾の物質循環を計算するにあたっては、1960 年頃を想定した計算条件を提供いただく必要がある。</p>
<p>現状の三河湾に対して、干潟・浅場造成、藻場造成、河川流量の増加などの環境変化因子を変動させた場合に生じる循環状況の変化、また、変化因子の順序や組み合わせを変化させて計算してほしい。</p>		<p>必要に応じて、環境変化因子を変動させた場合あるいは、変化因子の順序や組み合わせを変化させた計算を行うにあたっては、順序や組み合わせについての要望を提供いただく必要がある。</p>
<p>ナノ・ピコプランクトン、メイオベントス等のこれまで評価されてこなかった微小生物を通した物質循環を考慮して計算してほしい。</p>	<p>来年度、ナノ・ピコプランクトン、メイオベントス等の微小生物についても考慮したモデルを作成する予定である。（ P.9、表 3.2）</p>	<p>必要に応じて、ナノ・ピコプランクトン、メイオベントス等のこれまで評価されてこなかった微小生物を通した物質循環を考慮して計算を行うにあたっては、ナノ・ピコプランクトン、メイオベントス等の種や量のほか、動物プランクトンやアサリ等の二枚貝によるナノ・ピコプランクトンの被食状況等の計算に必要なパラメータを提供いただく必要がある。</p>

表 1.3 播磨灘北東部地域検討委員会からの主な要望

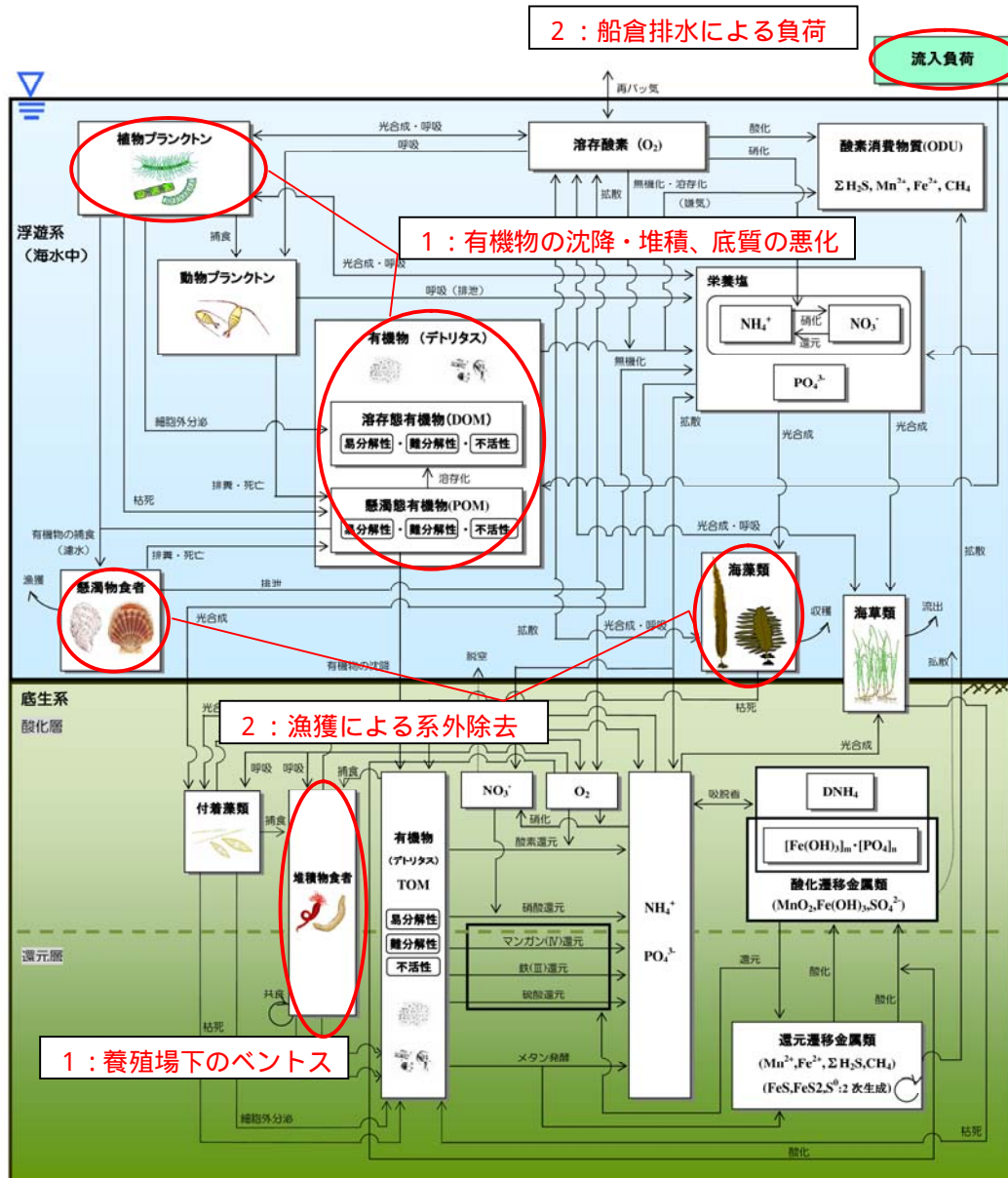
要望	対応案	備考
<p>港湾内は富栄養、沖合は貧栄養となっている環境を改善するため、加古川の河川水を泊川に流し、海水交換を促進する方法と、泊川の河川水を加古川に流し海水交換を促進する方法のどちらが海水交換促進効果が大きいかが計算してほしい。</p>	<p>沖合との海水交換を適切に計算できるように、瀬戸内海東部を広く計算領域とした上で、加古川や泊川周辺は、格子を細かくすることを予定している。 ( P.10 以降 )</p>	
<p>人為的に管理可能な排水処理等による海域への栄養塩濃度の変化を計算してほしい(委員会後の事務局からの意見)</p>	<p>河川等の自然負荷のほか、人為的に管理可能な排水による負荷を考慮できるモデルとしている。</p>	<p>必要に応じて、人為的に管理可能な排水処理等による海域への栄養塩濃度の変化を計算するにあたっては、管理した栄養塩類の形態別濃度や量などの情報を提供いただく必要がある。</p>

以上の要望とこれまでの各地域検討委員会における検討経緯を踏まえて、統括検討委員会から各モデル地域において把握する物質循環過程と各地域で特に着目するべきと思われる物質循環過程を提案し、これに基づいて物質収支モデルを用いた各モデル地域の物質循環状況の把握や施策効果の検討を進めこととしたい。

## 2. 気仙沼湾地域における物質循環

地域からのモデルに対する要望とこれまでの検討経緯を踏まえ、気仙沼湾においては特に以下の点に着目して物質循環状況の把握や課題に対する施策の効果等を検討する。

1. 湾中央～湾奥部での有機物の沈降・堆積、底質悪化（要望 に対応）
2. 水産業による負荷および系外除去の寄与（要望 ・ 、これまでの検討経緯）



注) 図中のストックは物質循環の構成要素を、フローは物質循環の過程を示している。また、赤枠は物質循環状況の把握や課題に対する施策の効果等を検討する上で特に注目しているところを示す。

図 2.1 気仙沼湾地域において着目する物質循環過程 (案)

## 2-1 流動モデル

地域からのモデルに対する要望および上記の着目点を踏まえ、気仙沼湾地域における流動モデルについて以下の設定を予定している。

表 2.1 気仙沼湾地域で構築する流動モデルの設定（案）

項目	設定内容
再現対象年	2008 年
計算期間	4/1 ~ 3/31 の 1 年間
層分割	13 層 (0-2, 2-4, 4-6, 6-8, 8-10, 10-12, 12-14, 14-16, 16-18, 18-20, 20-25, 25-30, 30m 以深) 地域検討委員会において、成層の表現が重要であるとの意見を受け、表層については層厚を薄くし、層の数を増やすことにより表現できるようした。
その他	リアス式地形における流れの再現性確保の観点から地形条件の設定を見直した。

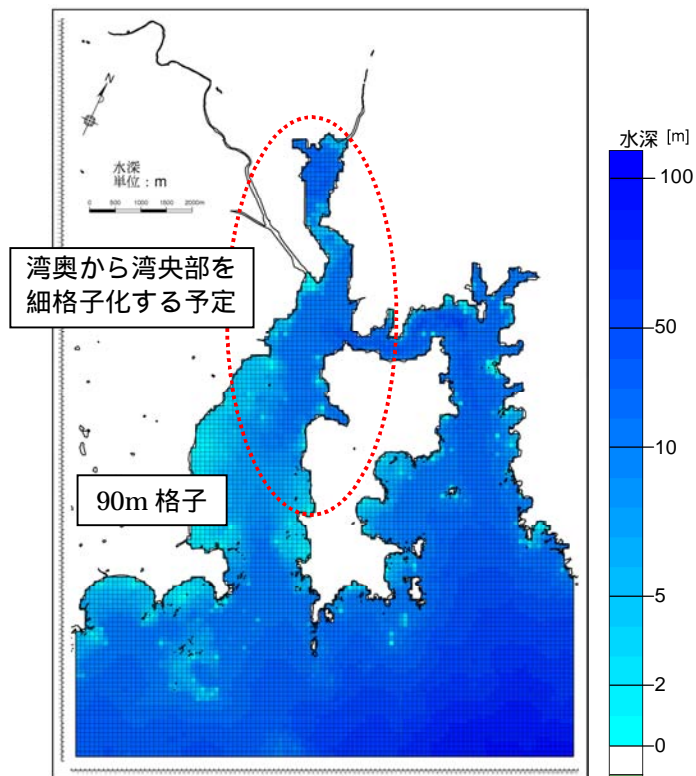


図 2.2 気仙沼湾地域における物質収支モデルの計算範囲と格子設定（案）

## 2-2 水質 - 底質結合生態系モデル

地域からのモデルに対する要望および上記の着目点を踏まえ、気仙沼湾地域における生態系モデルについて以下の設定を予定している。

- ・ 流入負荷として、陸域負荷および下水処理場や大規模事業場からの負荷のほか、漁業船舶の船倉排水に伴う負荷を考慮する。
- ・ 生態系モデルの構成要素として表 2.2 の生物を考慮する。

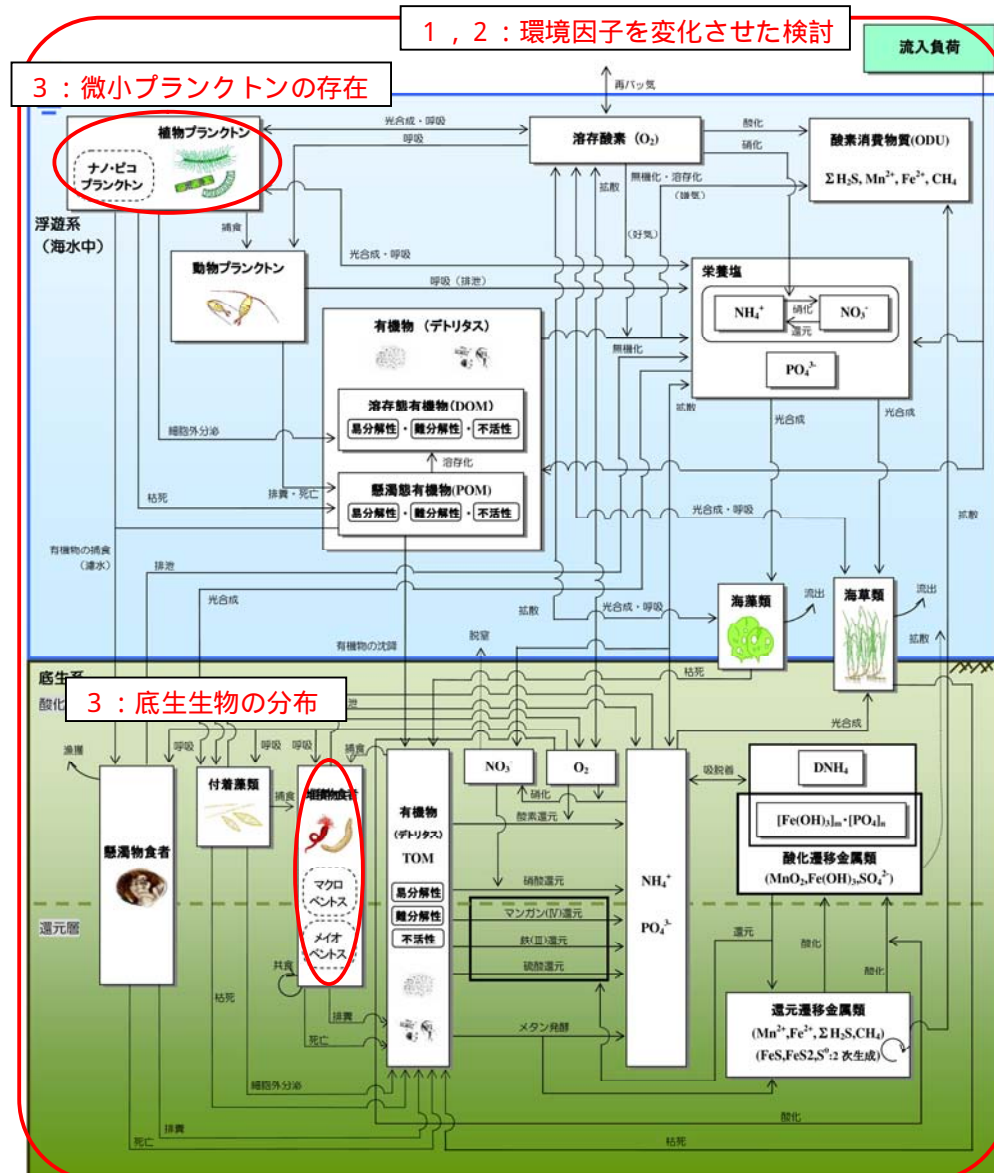
表 2.2 気仙沼湾地域で構築する生態系モデルで考慮する生物（案）

構成要素	対象とする生物
植物プランクトン	珪藻類
動物プランクトン	カイアシ類
海藻類 (SWD)	コンブ、ワカメ
海草類 (SGS)	アマモ
付着藻類(DIA)	付着藻類
懸濁物食者(BSF)	カキ、ホタテ
堆積物食者(BDF)	ベントス

### 3. 三河湾地域における物質循環

地域からのモデルに対する要望とこれまでの検討経緯を踏まえ、三河湾においては特に以下の点に着目して物質循環状況の把握や課題に対する施策の効果等を検討する。

1. 健全と想定されているかつての三河湾（1960年代）と現状の三河湾との違いの把握（要望）
2. 現状の三河湾において環境因子を変化させた場合や環境因子同士の組み合わせあるいは組み合わせる順番を変化させた場合の物質循環の応答（要望）
3. これまで様々な検討や対策が講じられてきたが不健全な事象が継続。これまであまり評価されてこなかったナノ・ピコプランクトンやメイオベントスの役割を検討（要望）



注) 図中のストックは物質循環の構成要素を、フローは物質循環の過程を示している。また、赤枠は物質循環状況の把握や課題に対する施策の効果等を検討する上で特に注目しているところを示す。

図 3.1 三河湾地域において着目する物質循環過程（案）

### 3-1 流動モデル

地域からのモデルに対する要望および上記の着目点を踏まえ、三河湾地域における流動モデルについて以下の設定を予定している。

表 3.1 三河湾地域で構築する流動モデルの設定（案）

項目	設定内容
再現対象年	2001 年、2006 年 来年度以降は 2009 年を追加することを検討する
計算期間	各年 4/1 ~ 3/31 の 1 年間
層分割	13 層 ( 0-2, 2-4, 4-6, 6-8, 8-10, 10-12, 12-14, 14-16, 16-18, 18-20, 20-25, 25-30, 30m 以深 )

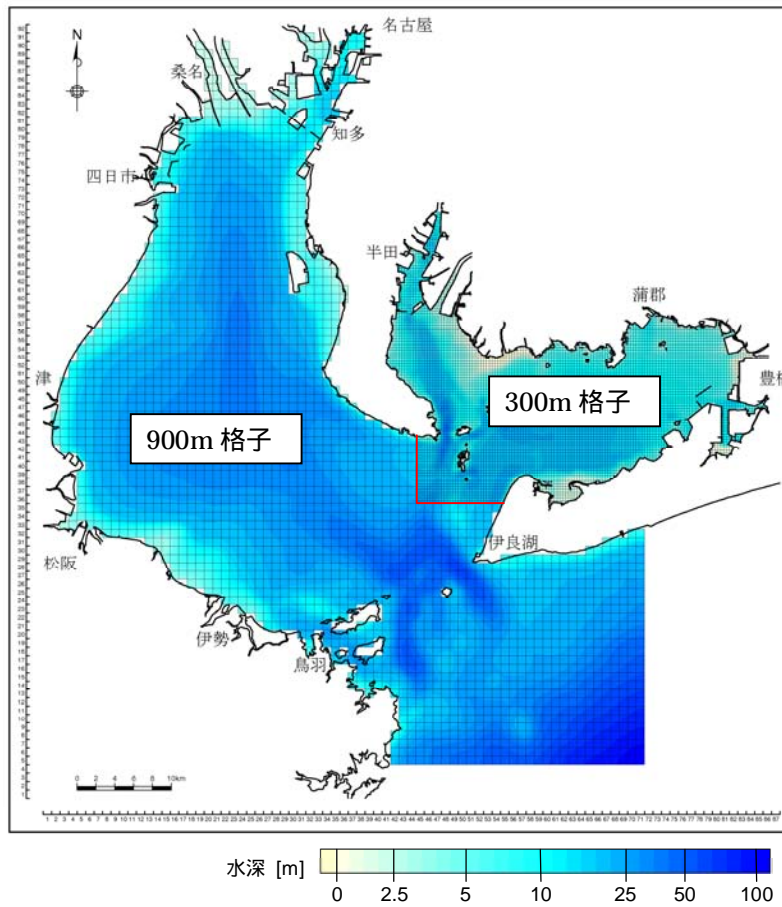


図 3.2 三河湾地域における物質収支モデルの計算範囲と格子設定（案）



### 3-2 水質 - 底質結合生態系モデル

地域からのモデルに対する要望および上記の着目点を踏まえ、三河湾地域における生態系モデルについて以下の設定を予定している。

- ・生態系モデルの構成要素として表 3.2 の生物を考慮する。

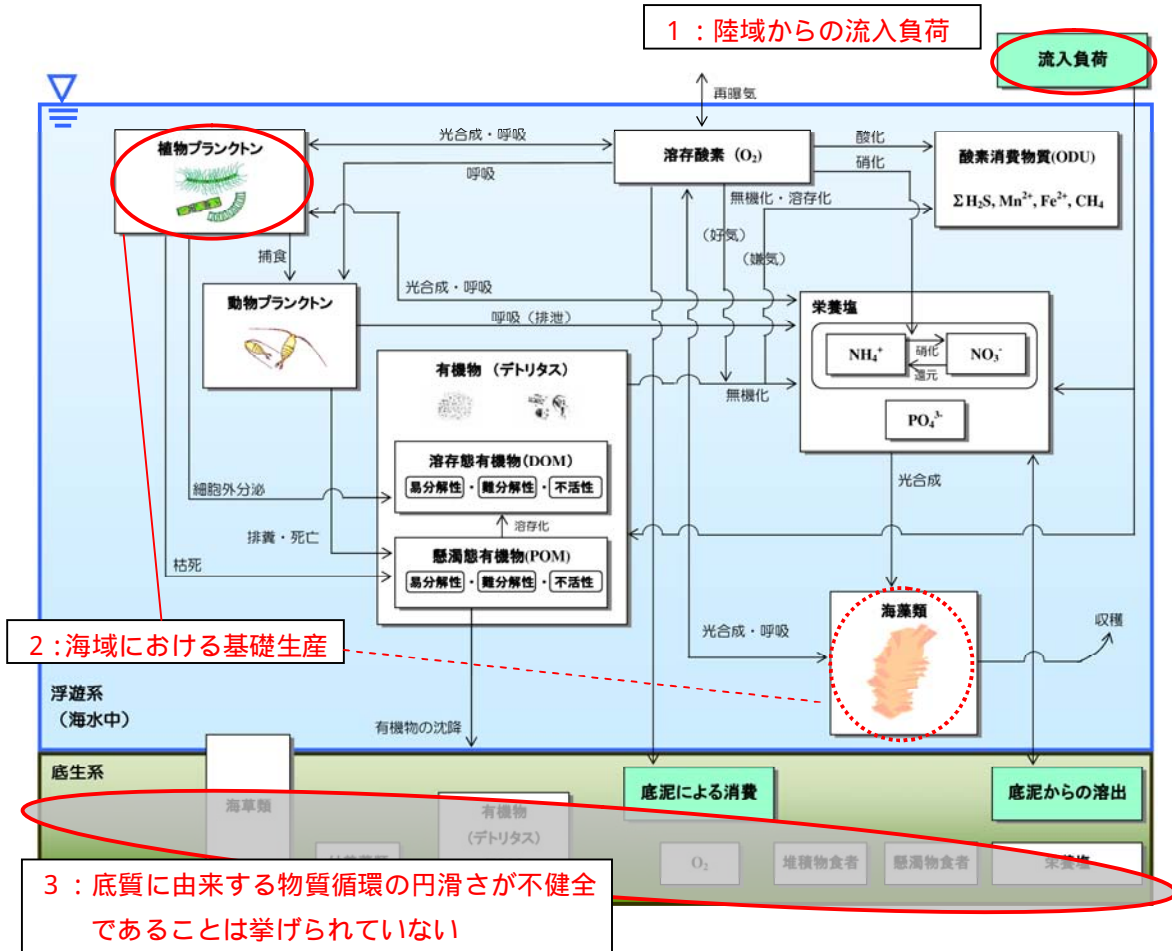
表 3.2 三河湾地域で構築する生態系モデルで考慮する生物（案）

構成要素	対象とする生物
植物プランクトン	珪藻類 地域検討委員会が要望しているナノ・ピコプランクトンの考慮については、今年度実施されている現地調査結果等を踏まえて、来年度に対応を検討する予定。
動物プランクトン	カイアシ類
海藻類（SWD）	ノリ
海草類（SGS）	アマモ
付着藻類(DIA)	付着藻類
懸濁物食者(BSF)	アサリ
堆積物食者(BDF)	ベントス 地域検討委員会が要望しているベントスをメイオベントスとマクロベントスに区分することについては、今年度実施されている現地調査結果等を踏まえて、来年度に対応を検討する予定。

#### 4. 播磨灘北東部地域における物質循環

地域からのモデルに対する要望とこれまでの検討経緯を踏まえ、播磨灘北東部地域においては特に以下の点に着目して物質循環状況の把握や課題に対する施策の効果等を検討する。

1. 陸域および海域(水中)における栄養塩類の偏在の解消。海水交換の促進(要望、)
2. 海域における基礎生産の低迷(これまでの検討経緯)
3. 底質に由来する物質循環の円滑さが不健全であることは挙げられていない(これまでの検討経緯)



注) 図中のストックは物質循環の構成要素を、フローは物質循環の過程を示している。また、赤枠は物質循環状況の把握や課題に対する施策の効果等を検討する上で特に注目しているところを示す。

図 4.1 播磨灘北東部地域において着目する物質循環過程(案)

#### 4-1 流動モデル

地域からのモデルに対する要望および上記の着目点を踏まえ、播磨灘北東部地域における流動モデルについて以下の設定を予定している。

表 4.1 播磨灘北東部地域で構築する流動モデルの設定（案）

項目	設定内容
再現対象年	2006 年、2008 年
計算期間	各年 4/1 ~ 3/31 の 1 年間
層分割	13 層 ( 0-2, 2-4, 4-6, 6-8, 8-10, 10-12, 12-14, 14-16, 16-18, 18-20, 20-25, 25-30, 30m 以深 )

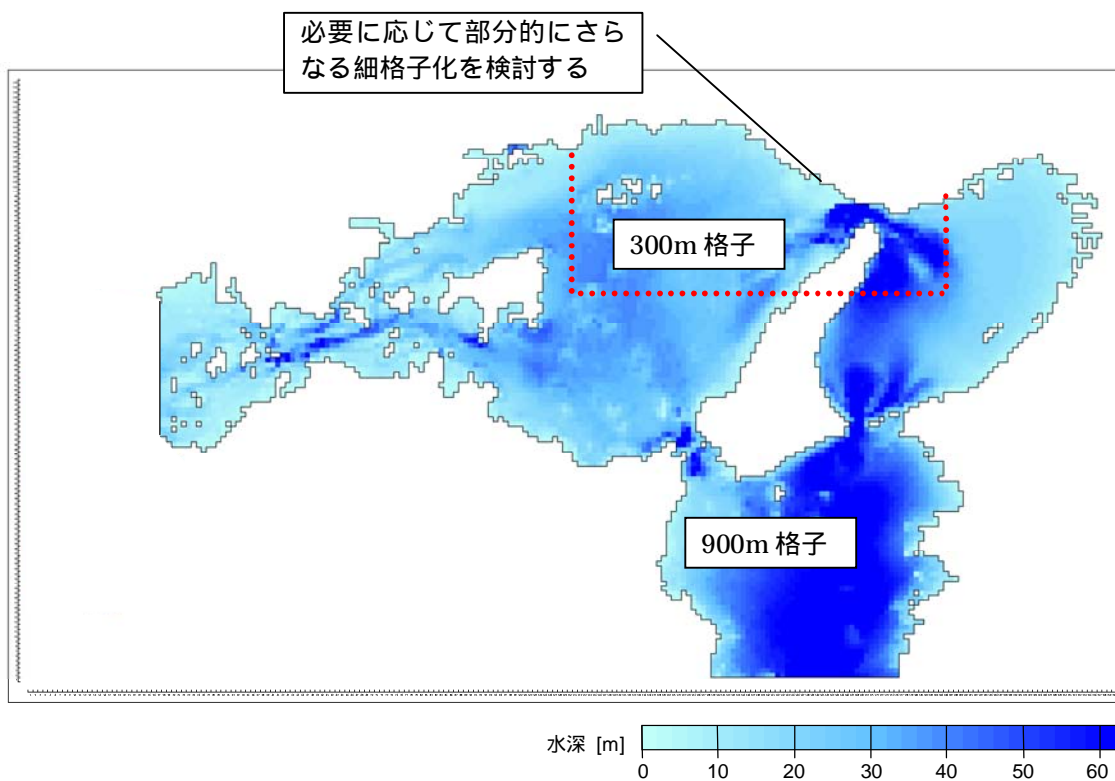


図 4.2 播磨灘地域における物質収支モデルの計算範囲と格子設定（案）

#### 4-2 水質 - 底質結合生態系モデル

地域からのモデルに対する要望および上記の着目点を踏まえ、播磨灘北東部地域における生態系モデルについて以下の設定を予定している。

- ・生態系モデルの構成要素として表 2.2 の生物を考慮する。

表 4.2 播磨灘北東部地域で構築する生態系モデルで考慮する生物（案）

構成要素	対象とする生物
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
海藻類 (SWD)	ノリ
海草類 (SGS)	-
付着藻類(DIA)	-
懸濁物食者(BSF)	-
堆積物食者(BDF)	-

## 5. 各地域における物質循環フローの整理

### 5-1 物質循環に関する情報の収集状況

各地域における物質収支の整理については、物質収支モデルの構築及び計算を本検討委員会で行い、その計算結果を各 WG に提供することにより、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としており、今年度は各地域に適用できる汎用的なベースモデルの構築を行っているところである。

これまでに地域検討委員会で収集され、本検討委員会に提供された物質循環に関する情報について、収集状況を表 5.1 および表 5.2 に示す。

表 5.1 各モデル地域の流動モデル構築に用いる情報の収集および整理の状況

設定項目	気仙沼湾	三河湾	播磨灘北東部
地形条件	海上保安庁水路部発行の海図を受領済み。 地域検討委員会からの要望をうけて、地形条件を見直し中。	海上保安庁水路部発行の海図を基本として、干潟域の水深については愛知県水産試験場が作成した干潟地形図を参考に、地形条件を整理済み	海上保安庁水路部発行の海図を収集済み。
淡水流入条件	大川の淡水流量は、日別の値を受領済み。 他の中小河川の淡水流量は、大川の面積比流量に基づいて流域面積から推定するとして、流域面積データを受領済み。 特定施設からの淡水流量を受領済み。流入位置を確認中。	一級河川淡水流入量は、流量年表（日本河川協会）に基づいて日別の値を整理済み。 その他の河川や直接流入などの淡水流入量は、既存データの最新年次の月別の値を整理済み。 流入水温は、1 級河川については河川ごとに水温と気温との相関式を作成し、気温から流入水温を推定して、日別の値を整理済み。 また、その他の直接流入については、全 1 級河川の平均水温の月別の値を整理済み。 流入塩分は全地点において 0 として整理済み。	(地域検討委員会に提供依頼中)
気象条件	気温、相対湿度、風向・風速はアメダス気仙沼のデータを、全雲量、全天日射量は気象庁仙台気象台のデータを収集済み	気温、相対湿度、風向・風速はアメダス伊良湖のデータを、全雲量、全天日射量は気象庁名古屋気象台のデータを収集・整理済み	気温、相対湿度、風向・風速はアメダス明石のデータを、全雲量、全天日射量は気象庁大阪気象台のデータを収集済み
境界潮位条件	(地域検討委員会に提供依頼中)	赤羽根検潮所における調和定数（気象庁）に基づいて伊勢湾湾口の境界に該当する格子の 10 分潮の水位変動を整理済み	(地域検討委員会に提供依頼中)
境界水温・塩分条件	(地域検討委員会に提供依頼中)	愛知県水産試験場が実施した海洋速報（沿岸域の定線観測データ）に基づいて鉛直方向及び時間方向に補間した伊勢湾湾口の境界に該当する格子における月別の値を整理済み	(地域検討委員会に提供依頼中)
初期条件 (水温・塩分)	(地域検討委員会に提供依頼中)	公共用水域水質調査（愛知県・三重県）、海洋速報（沿岸域の定線観測データ、愛知県水産試験場）、広域総合水質調査（環境省）データに基づいて計算開始月の値を整理済み	(地域検討委員会に提供依頼中)
再現性の検証データ	(地域検討委員会に提供依頼中)	潮位：書誌 742 号 日本沿岸潮汐調和定数表（海上保安庁水路部、平成 4 年 2 月発刊） 流れ：伊勢湾水理模型実験場報告 No.15 三河湾流況調査（運輸省第五港湾建設局、1979） 水温・塩分の連続観測結果：愛知県水産試験場のプイによる定点連続観測結果	(地域検討委員会に提供依頼中)

表 5.2 各モデル地域の生態系モデル構築に用いる情報の収集および整理の状況

設定項目	気仙沼湾	三河湾	播磨灘北東部
地形条件	流動モデルと同じ（見直し中）	流動モデルのうち 300m 格子部分（三河湾）のみ（整理済み）	流動モデルのうち 300m 格子部分（播磨灘北東部海域）のみ
気象条件	流動モデルと同じ	流動モデルと同じ（整理済み）	流動モデルと同じ
流入負荷条件	（地域検討委員会に提供依頼中）	一級河川からの流入負荷量は、L-Q 式を作成して算定された日別の値を整理済み。 面源系・点源系などからの流入負荷量は、既存データの最新年度の月別の値に基づいて、当該年度の河川流量及び降水量により補正された月別の値を整理済み。	（地域検討委員会に提供依頼中）
流入負荷の分画比	（地域検討委員会に提供依頼中）	参考文献に基づいて整理済み。	（地域検討委員会に提供依頼中）
境界条件	（地域検討委員会に提供依頼中）	公共用水域水質調査（三重県） 広域総合水質調査（環境省）データに基づいて月別の値を整理済み。	（地域検討委員会に提供依頼中）
境界水質の分画比	（地域検討委員会に提供依頼中）	参考文献に基づいて整理済み。	（地域検討委員会に提供依頼中）
初期条件 （水質）	（地域検討委員会に提供依頼中）	公共用水域水質調査（愛知県・三重県） 広域総合水質調査（環境省）データに基づいて計算開始月の値を整理済み。	（地域検討委員会に提供依頼中）
直上水 - 底泥間の 境界条件	（地域検討委員会に提供依頼中）	参考文献に基づいて整理済み。	（地域検討委員会に提供依頼中）
初期条件 （底質）	（地域検討委員会に提供依頼中）	参考文献に基づいて整理済み。	（地域検討委員会に提供依頼中）
初期条件 （底生生物）	（地域検討委員会に提供依頼中）	参考文献に基づいて整理済み。	（地域検討委員会に提供依頼中）
生物の取り上げ	（地域検討委員会に提供依頼中）	アサリの漁獲量に基づいて整理済み。	（地域検討委員会に提供依頼中）
パラメーター等の 諸係数	（地域検討委員会に提供依頼中）	参考文献に基づいて整理済み。	参考文献を受領済み。
再現性の検証データ	（地域検討委員会に提供依頼中）	水質：広域総合水質調査結果（環境省） 公共用水域水質測定結果（環境省） 愛知県水産試験場のプイによる定点連続観測結果 直上水 - 底泥間の物質循環速度：中部国際空港建設環境影響評価書、平成 11 年度 海域（三河湾）における栄養塩類溶出把握実態調査（環境省） 平成 18 年度 閉鎖性水域における水質・底質改善調査、沿岸堆積物表層の物質循環データベース（産業技術総合研究所） 底生生物：参考文献 6 編	（地域検討委員会に提供依頼中）

## 5-2 現時点における各モデル地域における物質循環の特徴

地域検討委員会の資料等から整理した現時点で明らかになっている知見をもとに、各種の仮定に基づいて試算した各地域における物質循環イメージを図 5.1～図 5.3 に示し、また、それらの特徴を表 5.3 に示す。各モデル地域における物質循環の特徴として、次のことが考えられる。

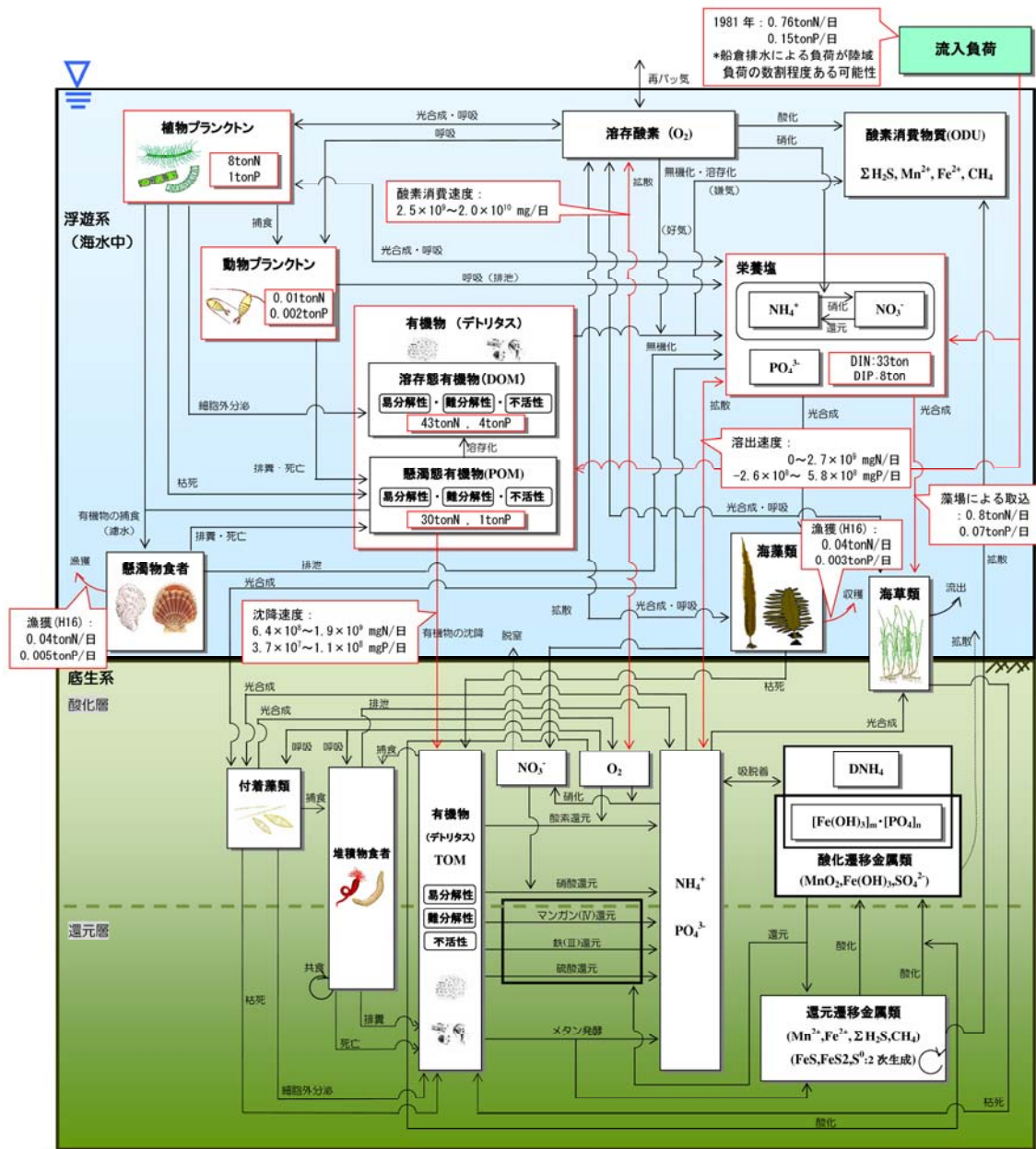
制限栄養塩の観点から、気仙沼湾地域および播磨灘北東部海域では主に窒素が制限になっており、三河湾地域では主にリンが制限になっている可能性が考えられる。また、播磨灘北東部海域においては、河川等からの流入負荷と海域では N/P が異なっており、河川等からの流入の影響や海域における栄養塩類の形態変化が他の海域と異なっている可能性が考えられる。

流入負荷と溶出負荷の関係については、気仙沼湾地域および三河湾地域とも流入負荷と溶出負荷は同程度の可能性が考えられるが、三河湾における窒素負荷については溶出負荷よりも流入負荷が多い可能性が考えられる。

流入負荷に対する漁獲の割合について、気仙沼湾地域では養殖業による取上げ量が、流入負荷量に対して 10%程度に相当しており、流入負荷、溶出負荷のほか船倉排水による負荷、外海からの負荷など想定される多様な栄養塩供給源については、現時点では不明である。

また、三河湾地域においては、アサリ漁獲量による取上げ量は、流入負荷量に対して 1%に満たないが、三河湾地域は多種多様な漁業が営まれている地域であり、アサリ漁獲以外の漁業を含めるとどの程度となるか現時点では不明である。



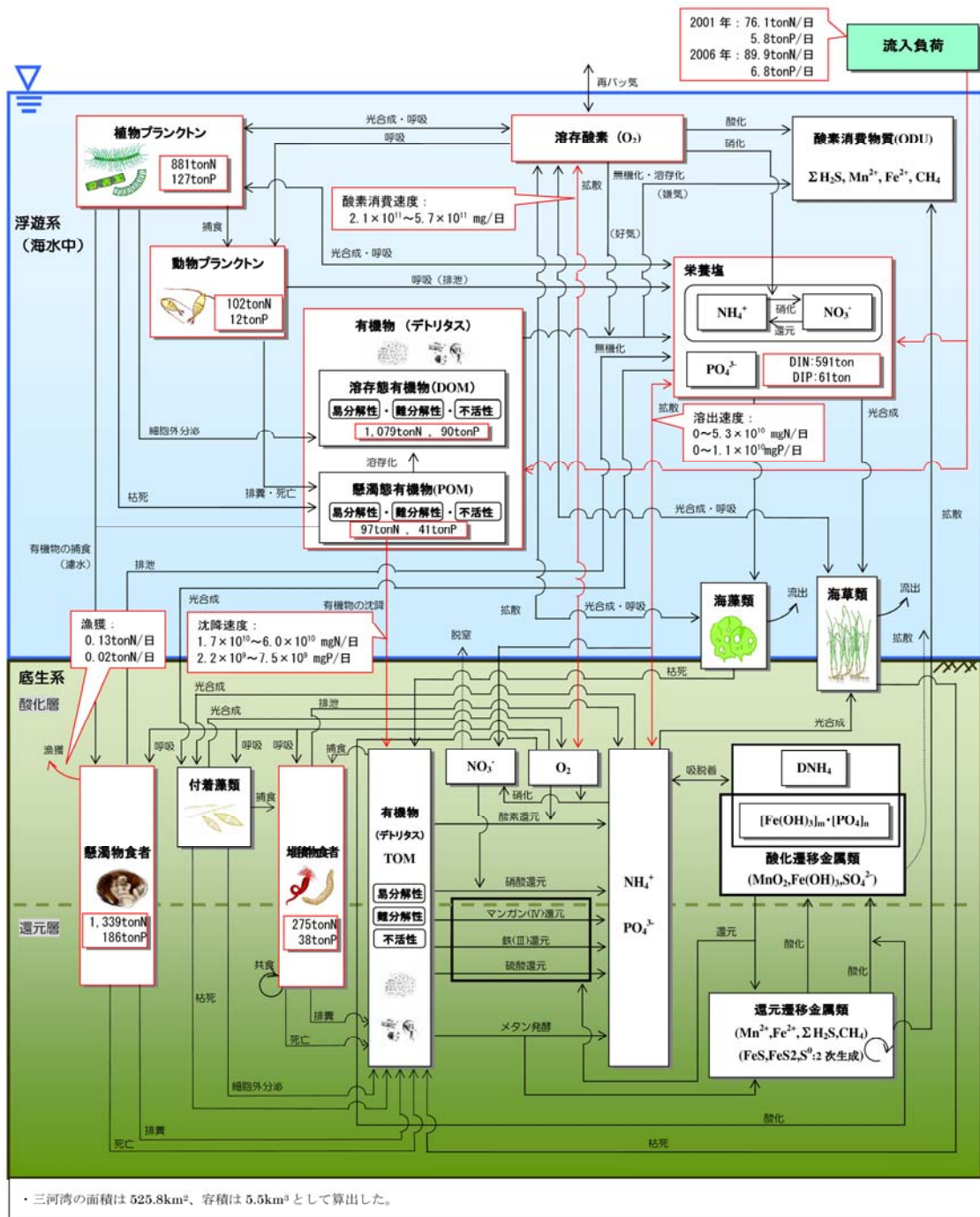


- ・気仙沼湾の面積は 26.3km<sup>2</sup>、容積は 0.4km<sup>3</sup>として算出した。
- ・植物プランクトン、有機物、栄養塩の N、P は現地調査 (9/30) のクロロフィル a 濃度より算出した。
- ・動物プランクトンの N、P は人権湾での既存調査<sup>※1</sup> (1978 年 9 月、10 月の平均) の出現個体数を元に、伊勢湾での動物プランクトンの個体数と炭素量との比率<sup>※2</sup>から炭素量に換算し、炭素量から算出した。
- ・沈降速度の N、P は現地調査 (9/30) の値より算出した。
- ・漁獲の N、P は地域検討委員会で収集した資料の値より算出した。

※1 : 「日本全国沿岸海洋誌」(日本海洋学会、沿岸海洋研究部会、沿岸海洋誌編集委員会、1987 年)  
 ※2 : 「1995 年 5 月～1996 年 3 月の伊勢湾における細菌、Synecococcus、ANF、HNF、植物プランクトン、ネット動物プランクトンの変動と相互の関係」(海洋理工学会誌 Vol.6, No.1&2、福留真樹、細 恭子、中田喜三郎、2002 年)

注) 図中の数字は、現時点の知見をもとに各種の仮定に基づいて試算したものであり、参考である。

図 5.1 気仙沼湾地域における物質循環イメージ



注) 図中の数字は、現時点の知見をもとに各種の仮定に基づいて試算したものであり、参考である。

図 5.2 三河湾地域における物質循環イメージ