

## 貧酸素水塊の改善方策検討のための要因解析

## 1) 解析内容

## (ア) モデルの概要

要因解析に使用した数値シミュレーションモデルは、有明海の強い潮流や波浪による底泥の巻き上げが表現でき、かつ底質・底生生物の影響を含めた栄養塩や有機物等の物質収支が検討可能なモデルとした。

モデルは図 1 に示すとおりいくつかのサブモデルで構成されておりサブモデル間で計算結果の引き継ぎが行われるものである。モデルで採用した鉛直座標系は一般化された座標モデル(20層)であり、水深によらず海面付近の水塊の挙動を精度良く表現することが可能である。

モデルの計算格子を図 2、考慮した物質循環を図 3 に示す。

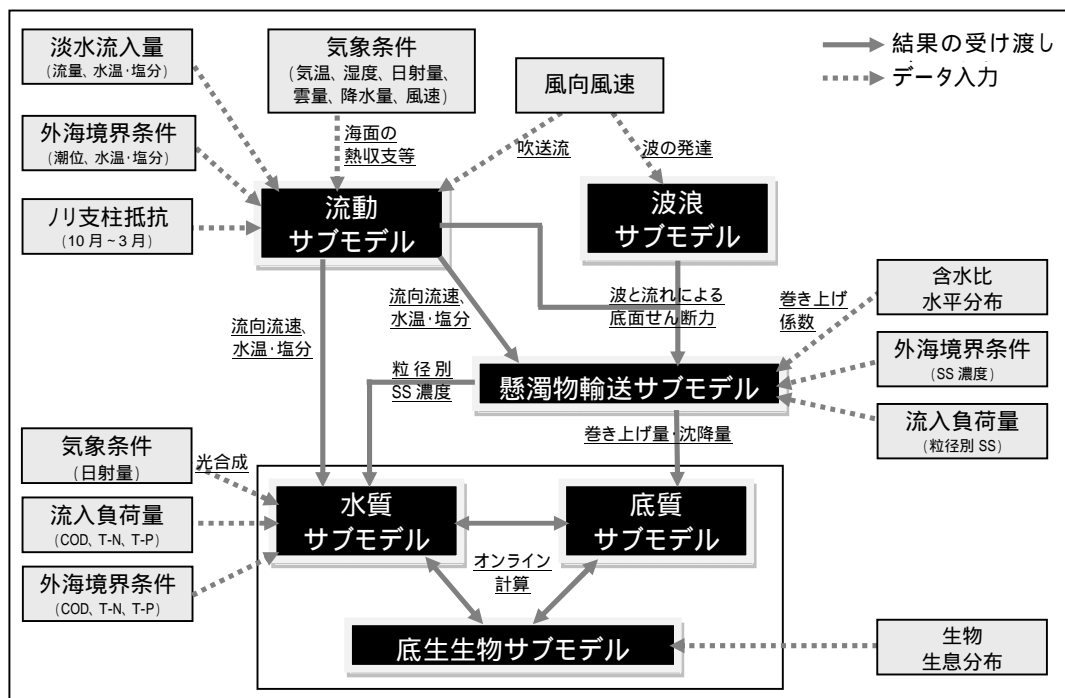


図 1 数値シミュレーションモデル構成

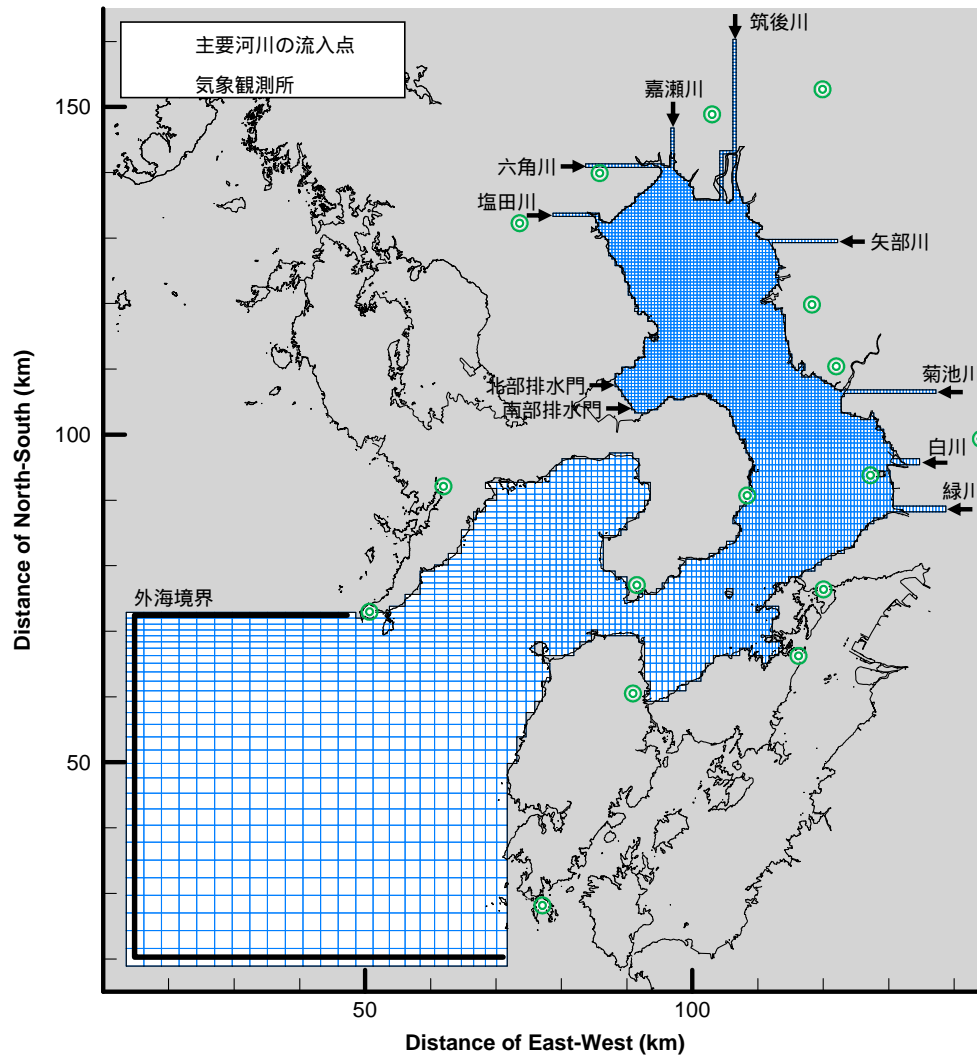


図2 計算格子

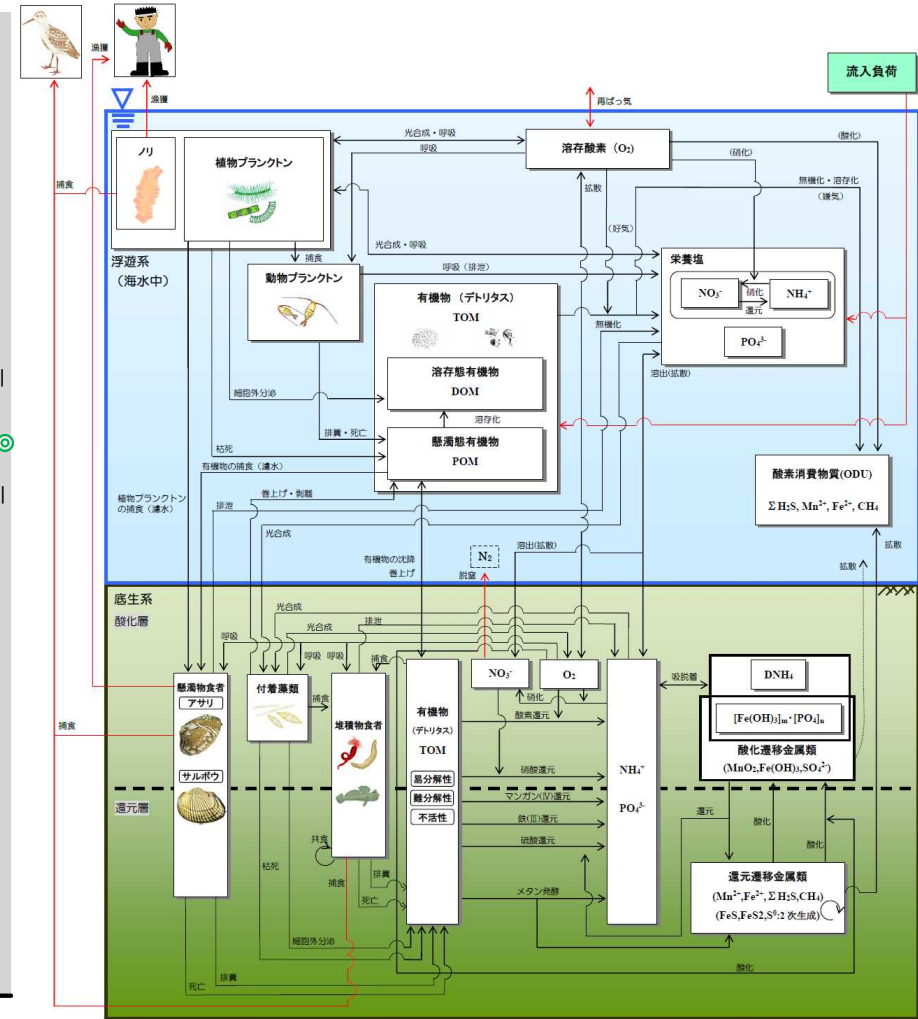


図3 水質・底質・底生生物サブモデルで考慮する物質循環

## (イ) 計算ケースの設定

第4章の連関図で示されているように、貧酸素水塊の大小に直接的に寄与すると考えられる環境要因は、「赤潮の発生件数の増大・大規模化」、「成層化」及び「底質中の有機物の増加」が挙げられている。これらの直接的要因に対しても様々な要因が可能性として挙げられており、それらが複雑に絡み合うことで現象の理解を困難にしていると考えられる。

今回検討した計算ケースは表1に示すとおり4ケースである。他にも多々挙げられるが、後述するモデルの限界に配慮し今回はその他の要因の検討については今後の課題とした。従って、解析結果の解釈についてはモデルの限界を考慮する必要がある。

表1 要因解析の計算ケース

No.	ケースの内容	解析内容
1	長期的な水温の上昇	水温の違いによる貧酸素水塊の容積
2	藻場の減少	1970年代と現在の藻場面積(水質浄化能力)の違いによる貧酸素水塊の容積
3	栄養塩の流入 有機物の流入	過去から現在の流入負荷量の違いによる貧酸素水塊の容積
4	二枚貝の減少	過去と現在の二枚貝生息(水質浄化能力)の違いによる貧酸素水塊の容積

## (ウ) 計算条件の設定

計算期間は、貧酸素水塊が発生しやすい夏季(8月)の1ヶ月間とした。計算年次は、計算入力データの収集可能期間(~2013年)の内、貧酸素水塊の累積日数が観測4地点の平均値が最大であった2006年と、最小であった2009年を対象とした(図4)。

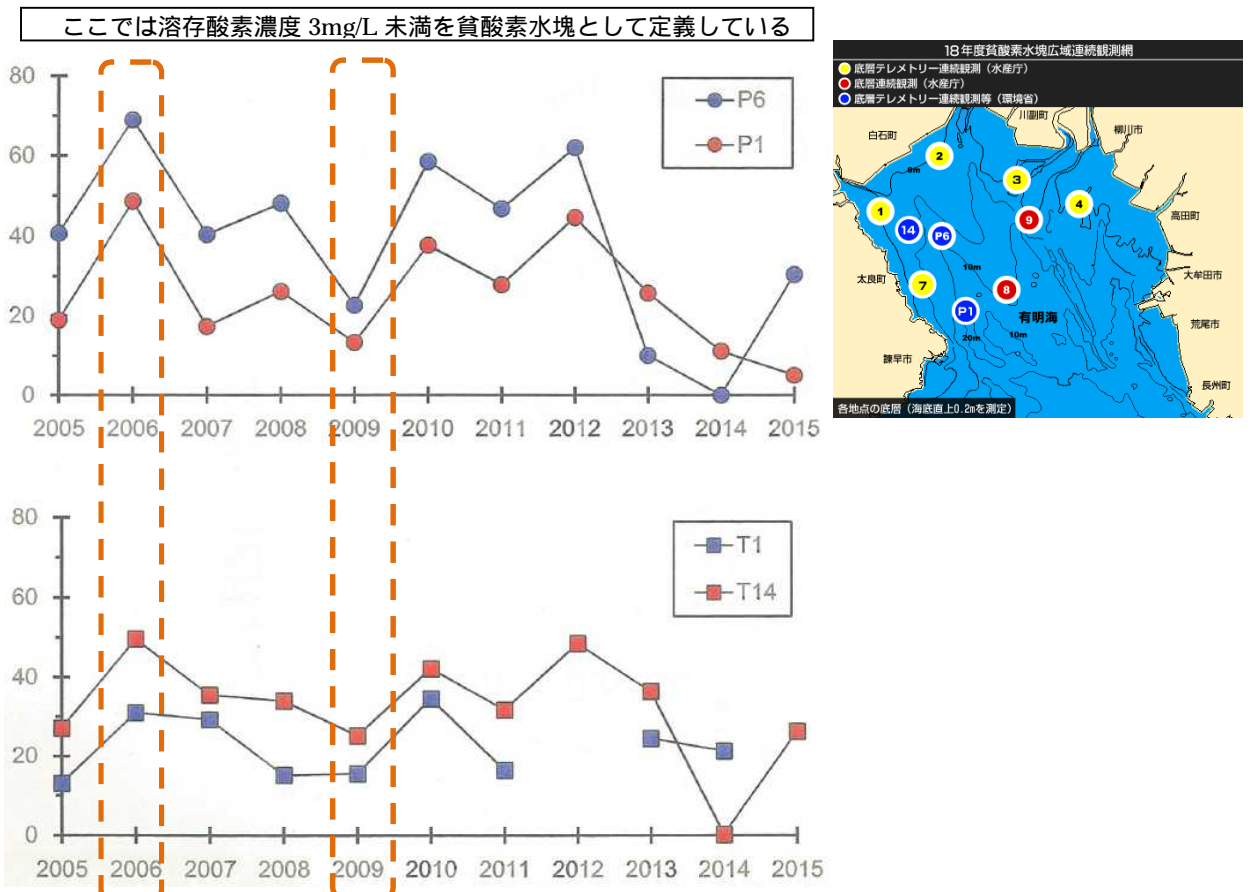


図4 有明海湾奥部における貧酸素水塊の発生状況（累積日数）

各計算ケースの条件設定の考え方として、1970年～2014年までの期間で取りうる値（夏季最大値・夏季最小値）を設定することを基本とした。各計算ケースの設定値は次のとおりである。

（ ）長期的な水温の上昇の計算条件

長期的な水温の上昇の条件設定は、流動サブモデルにおける外海境界水温条件、気温条件及び河川水温条件で行った。外海境界水温条件と気温条件の設定値を表2に示す。

なお、河川水温は月1回程度の頻度で取得されている河川水温データ（国土交通省水文水質データベース）と最寄りの気象台の気温データとの相関式を作成し、1時間間隔の気温データから1時間間隔の水温データを推定した。

表2(1) 外海境界水温の設定値

計算ケース	2006年	2009年
(1) 水温最大ケース（1994年想定）	ベースケース + 0.7	ベースケース + 1.3
(2) 水温最小ケース（1993年想定）	ベースケース - 1.7	ベースケース - 1.1

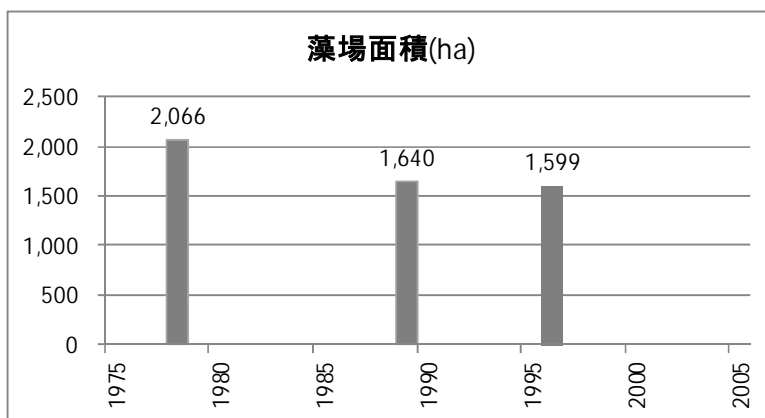
表2(2) 気温の設定値

計算ケース	2006年	2009年
(1) 水温最大ケース（1994年想定）	ベースケース + 0.9	ベースケース + 1.1
(2) 水温最小ケース（1993年想定）	ベースケース - 2.3	ベースケース - 2.0

( ) 藻場の減少の計算条件

環境省による「自然環境保全基礎調査」の調査結果を基に設定した。自然環境保全基礎調査の第2回調査(1978年)から第4回調査(1996~1997年)にかけて藻場面積は約20%減少している(図5)。

現状の藻場分布の設定は第4回調査の分布を与えることとし、過去(第2回調査)の藻場分布が明らかでないことから、今回の解析では水平分布は現状の藻場分布と同様とし、過去の藻場現存量相当(1.29倍)の炭素・窒素・燐の取り上げ量を条件として与えることで過去の状況を表現した。



出典：自然環境保全基礎調査

図5 現存藻場の面積の推移

( ) 栄養塩の流入・有機物の流入の計算条件

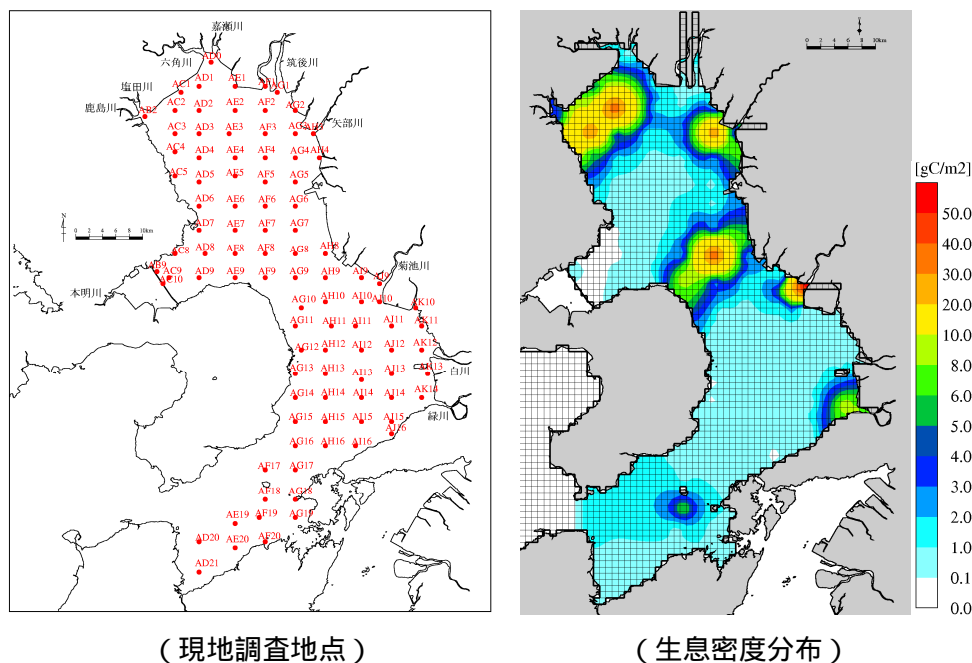
第3章で示した流入負荷量の推移を基に設定した。2006年、2009年のベース計算条件を基本とした流入負荷量の最大・最小の設定倍率を表3に示す。

表3 流入負荷量条件

項目	最大年	最小年	ベース計算条件を基本とした流入負荷量の倍率			
			2006年計算		2009年計算	
			最大ケース	最小ケース	最大ケース	最小ケース
COD	1976年	2000年	1.486	0.712	1.529	0.732
T-N	1975年	2002年	1.830	0.733	1.802	0.722
T-P	1980年	2005年	2.068	0.785	2.004	0.760

( ) 二枚貝の減少の計算条件

数値シミュレーションモデルの基本ケースでは、2005～2006年に実施された現地調査結果(図6)を基に懸濁物食者の分布及び現存量( $\text{gC}/\text{m}^2$ )を入力条件として設定しているが、こういった生息分布や現存量の経年的な変化は明らかではない。そこで、本検討では基本ケースの懸濁物食者の分布及び現存量を初期条件として繰り返し計算を行うことで、餌環境・溶存酸素環境・漁獲圧(アサリ・サルボウ・タイラギの最大の取り上げのあった年として1983年を想定)により律速される状況下での懸濁物食者が増えうる最大量を計算格子毎に見積もり、この懸濁物食者の分布を最大ケース(現存量として約2倍)として設定した。



出典：「有明海生物生息環境の俯瞰型再生と実証試験」中間評価資料

(<http://scfdb.tokyo.jst.go.jp/pdf/20051210/2007/200512102007rr.pdf>)

図6 生物生息状況調査地点と懸濁物食者の生息密度分布

## 2) 解析結果

要因解析の結果は、貧酸素水塊の容積をケース間で比較することにより評価した。貧酸素水塊の容積は、溶存酸素濃度が 3mg/L 未満となった計算格子を貧酸素水塊となった格子として判別して、それらの格子の容積を集計した。

結果の一例として、A 1・A 3 海域・全海域における貧酸素水塊の容積の各ケース間の比較を図 7 に示した。この図は以下の式で定義された貧酸素水塊の変化比率として整理している。値が 1 より小さい場合に貧酸素水塊の容積が縮小、逆に 1 より大きい場合に貧酸素水塊の容積が拡大していることを表している。

$$\text{貧酸素水塊の容積の変化比率} = \frac{\text{要因解析ケースの貧酸素水塊の容積}}{\text{ベースケースの貧酸素水塊の容積}}$$

貧酸素水塊の変化比率について、水温最大・最小ケース、二枚貝最大ケース、流入負荷最大・最小ケースは、海域や年次の違いで若干傾向が異なるが、貧酸素水塊が縮小する場合のケース（水温最小・二枚貝最大・流入負荷最小）で全域の変化比率が 0.3~0.7 程度となっていた（0.3 は容積が 30%になることを表す）。

藻場最大ケースの場合では海域区分を問わずほとんど 1 であり、ベースケースからの変化は小さい傾向がみられた。これは、藻場がもともと貧酸素水塊のほとんど発生しない有明海湾口部に分布しているため、変化の振れ幅が小さい結果となったと考えられる。

以上のことから、A 1・A 3 海域ともに、水温、二枚貝、流入負荷のそれぞれが貧酸素水塊の規模の増減に寄与することが試算結果として示された。



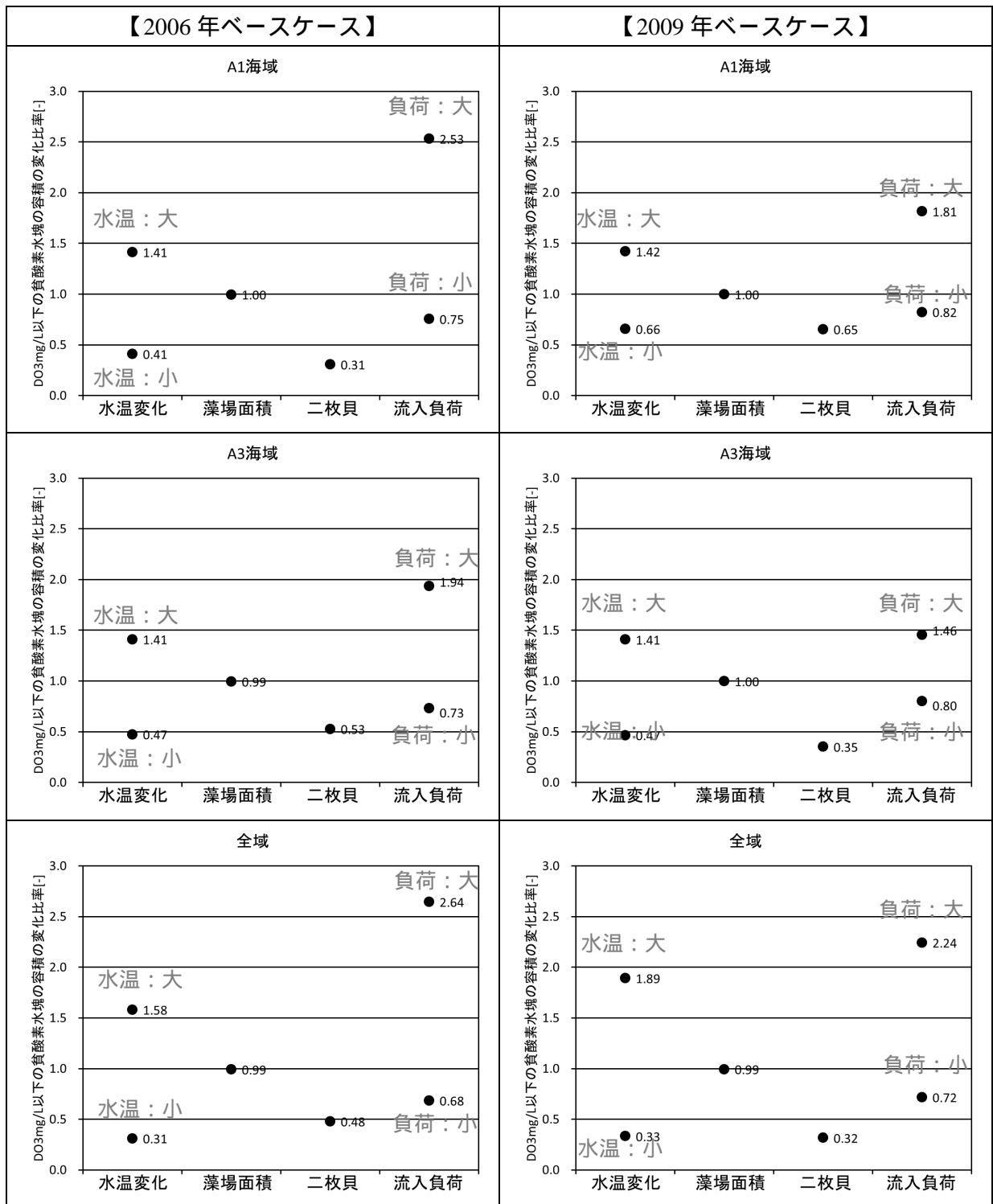
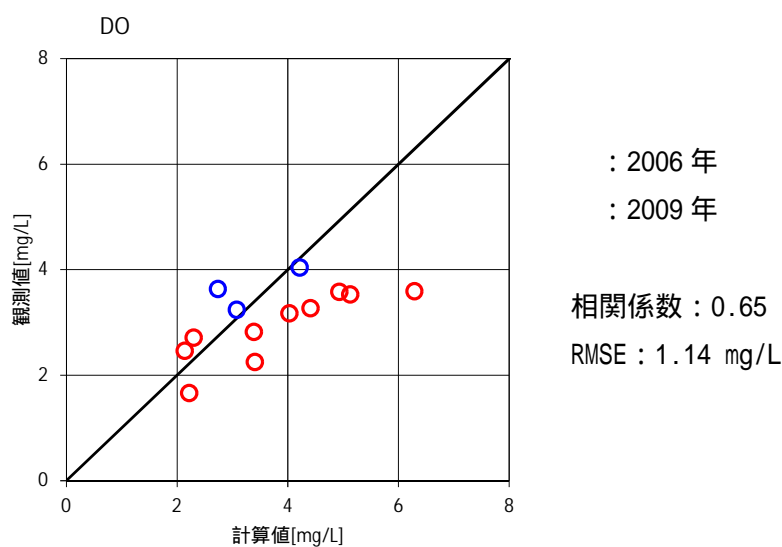


図7 貧酸素水塊の容積の各ケース間の比較の一例

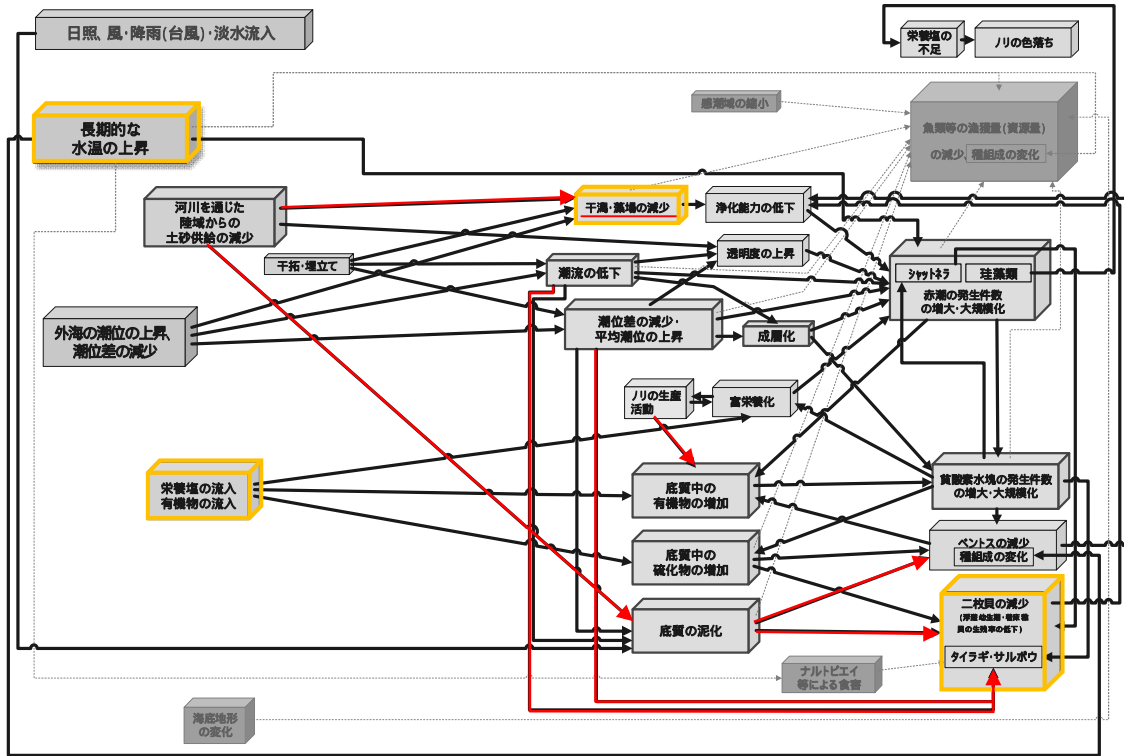
### 3) 課題

今回、貧酸素水塊の改善のための方策を検討するため、数値シミュレーションモデルを用いて貧酸素水塊形成の要因解析を行った。近年の数値解析技術の発展により、高い精度で貧酸素水塊の発生状況（DO 濃度の時空間変動）を表現することができるようになってきている一方で、モデル計算で考慮できていない課題がある。今回のモデルによる DO の再現性（底層 DO の 1 か月平均値の比較）を図 8、モデル設定に係る課題を図 9 に示す。



2006 年は 10 地点、2009 年は 3 地点の 8 月の 1 か月平均値の比較

図 8 底層 DO の再現性



→ モデルで表現できていないパス      〇 感度解析の計算ケース

経年的な地形変化(干潟)は考慮されていない。
ノリに与える施肥や酸処理剤が底泥に蓄積されるモデルとなっていない。
ベントスや二枚貝の分布は初期値として与えられる。底質の変化にともなってベントスや二枚貝の量が増減するモデルとなっていない。
長期的な底質変化を解くモデルとなっていない(一時的な泥の堆積量・浸食量を計算)。
潮位差、平均潮位や潮流の変化に伴って平均流が変化するモデルとなっているが、二枚貝の生活史(浮遊幼生)が考慮されていないため、流れの変化に伴う二枚貝の増減は考慮されていない。
干潟・藻場の減少の内、干潟については地形改変を伴い潮流が変化するとかんがえられるため、と同様の理由で厳密にはモデルで考慮することはできない。

図9 モデルで表現できていない関連図パス