

## 三津湾地域の物質収支モデルによる施策検討の結果

### 1. 物質収支モデルによる施策の検討

#### 1-1 概要

構築した三津湾地域の物質収支モデルを用いて、三津湾地域検討委員会より提示された、管理方策 4 ケース、感度実験 3 ケースについてモデル化し、計算を行ってその効果を評価した。

#### 1-2 モデルでの施策の取り扱い

検討を行ったケースは以下の通りである。それぞれの計算条件を表 1.1 に示す。

<b>&lt;管理方策&gt;</b>	
ケース 1	耕耘+底質改善材の混合
ケース 2	下水処理水の放流調整
ケース 3	カキ養殖量の調整
ケース 4	人工中層海底の設置
<b>&lt;感度実験&gt;</b>	
ケース 5	施肥
ケース 6	アマモの有無による差
ケース 7	カキ付着物の底泥への負荷

表 1.1(1) 施策の計算条件

ケース 1 : 耕耘+底質改善材の混合		
条件変更点	底泥間隙水中の硫化水素の吸着	
設定方法	Yamamoto et al.(2012)、Asaoka et al.(2009)を基に、底質改善材(カキ殻)による底泥間隙水中の硫化水素の 75.3%が毎日吸着され、モデル系外へ排出されるものとした。12mgS/g という吸着量のポテンシャルに達した場合は吸着効果がなくなるものとした。 なお、底泥からの IP 溶出量については、施策による強制的な効果を考慮しない。	
計算ケース	設定ボックス	
	ケース 1 ①	BOX7、8、9
	ケース 1 ②	BOX3~12
期間	1 年目 7/1 に効果開始	
設定根拠	Yamamoto et al.(2012)、Asaoka et al.(2009)など	

表 1.1 (2) 施策の計算条件

<b>ケース 2 : 下水処理水の放流調整</b>					
条件変更点	下水処理場から海域へ放流される負荷の濃度の変更				
設定方法	IN の負荷濃度を 20mg/L、IP の負荷量を 2mg/L とする				
期間	10 月 1 日～11 月 30 日に実施				
<b>ケース 3 : カキ養殖量の調整</b>					
条件変更点	現況再現計算に対し、カキの現存量を変更				
設定方法	カキの初期養殖量に係数をかけて計算。漁獲量は変化なし。				
計算ケース		係数			
	ケース 3 ①	1.50 倍			
	ケース 3 ②	1.25 倍			
	ケース 3 ③	0.75 倍			
	ケース 3 ④	0.50 倍			
期間	初期の養殖量を変更				
<b>ケース 4 : 人工中層海底の設置</b>					
条件変更点	カキ筏からの沈降有機物（排糞）の捕捉				
設定方法	カキ筏（全ボックス）からの排糞量に下記係数をかけて増減				
計算ケース		冬季堆積量増加	12～5 月	6、11 月	7～10 月
	ケース 4 ①	あり	1.29 倍	0.94 倍	0.906 倍
	ケース 4 ②	なし	1.00 倍	0.94 倍	0.906 倍
期間	計算全期間で設定				
設定根拠	山本ら(2009)				
<b>ケース 5 : 施肥（感度実験）</b>					
条件変更点	海域への直接負荷				
設定方法	BOX7 に負荷を投入				
目的	施肥による周辺の底泥・生物への影響を計算				
期間	10 月 1 日～11 月 30 日に実施				
<b>ケース 6 : アマモの有無による影響</b>					
条件変更点	アマモの計算の有無				
設定方法	アマモの現存量をゼロとし、増減を計算しない				
目的	アマモ場の存在の有無による影響を計算				
<b>ケース 7 : カキ付着物の底泥への負荷</b>					
条件変更点	カキから底泥への負荷量を変更				
設定方法	カキから底泥への負荷量を係数倍する。人工中層海底と同様。				
目的	カキ殻の付着物が底泥へ落下することによる底泥への負荷に対する影響を計算				
設定根拠	川口ほか(2011)				

### 1-3 ケース 1：耕耘＋底質改善材の混合

焼成カキ殻を用いた底質改善材を底泥に耕耘とともに混ぜ込み、底泥間隙水中の硫化水素の削減効果による底泥や生物量への影響を調べる。計算条件を表 1.2 に、結果を図 1.2～図 1.11 に示す。

表 1.2 施策の計算条件

ケース 1：耕耘＋底質改善材の混合		
条件変更点	底泥間隙水中の硫化水素の吸着	
設定方法	Yamamoto et al.(2012)、Asaoka et al.(2009)を基に、底質改善材による底泥間隙水中の硫化水素の 75.3%が毎日吸着され、モデル系外へ排出されるものとした。12mgS/g という吸着量のポテンシャルに達した場合は吸着効果がなくなるものとした。 なお、底泥からの IP 溶出量については、施策による強制的な効果を考慮しない。	
計算ケース	設定ボックス	
	ケース 1 ①	BOX7、8、9
	ケース 1 ②	BOX3～12
期間	1 年目 7/1 に効果開始	
設定根拠	Yamamoto et al.(2012)、Asaoka et al.(2009)など	

底泥間隙水中の硫化水素濃度は、最も濃度が高い BOX7 では施策開始から計算終了時（施策開始 2.5 年後）まで、概ね 70%以上の減少となった。BOX9 については、7 月に一部濃度が現況ケースより増加する期間があるものの、現況ケースで濃度がピークとなる 9 月には 60%程度の減少となっており、濃度の最大値は 0.5mg/L から 0.3mg/L に減少している。なお、ボックスの分割図を図 1.1 に示す。

また、硫化水素の吸着量は、最も多い BOX7 で、計算終了時までの累積で 3.15mgS/g であった。計算 2 年目、3 年目で年平均約 1.17mgS/g 吸着されたことから、同量の吸着が続くと仮定すると、施策開始約 10.1 年後に吸着量のポテンシャル 12mgS/g に達する。

底泥中の T-N 濃度は、湾西部に位置する BOX8～11 では減少、その他のボックスでは増加したが、いずれのケースでも変化はわずかであった。底泥中の T-P 濃度は、いずれのボックスでも増加し、BOX7 で計算終了時に約 5%増加した。底泥からの IN 溶出速度は増加し、3 年目の夏季にはケース 1 ①で最大約 20%、ケース 1 ②で最大約 24%の増加となった。底泥からの IP 溶出速度は、施策開始直後に最大約 28%減少したが、その後はボックスによって増減は異なる。

カキの現存量は徐々に増加し、計算終了時でケース 1 ①では最大約 9%、ケース 1 ②では最大約 13%の増加となった。これは、底泥間隙水中の硫化水素が減少することにより、IN が吸着する量が減り、水中に多く溶出したためと考えられる。

ベントスの現存量も増加し、3年目4月には最大約184%の増加となった。逆にシズクガイは、計算終了時で最大約56%の減少となった。これは、底泥間隙水中の硫化水素が減少することにより、ベントスの斃死が減って現存量が増加、シズクガイの成長が抑制されたためである。ベントスの現存量から、転換効率が10%と仮定した、計算終了時の魚類推定現存量は、ケース1①で31.2%、ケース1②で52.7%の増加となった。

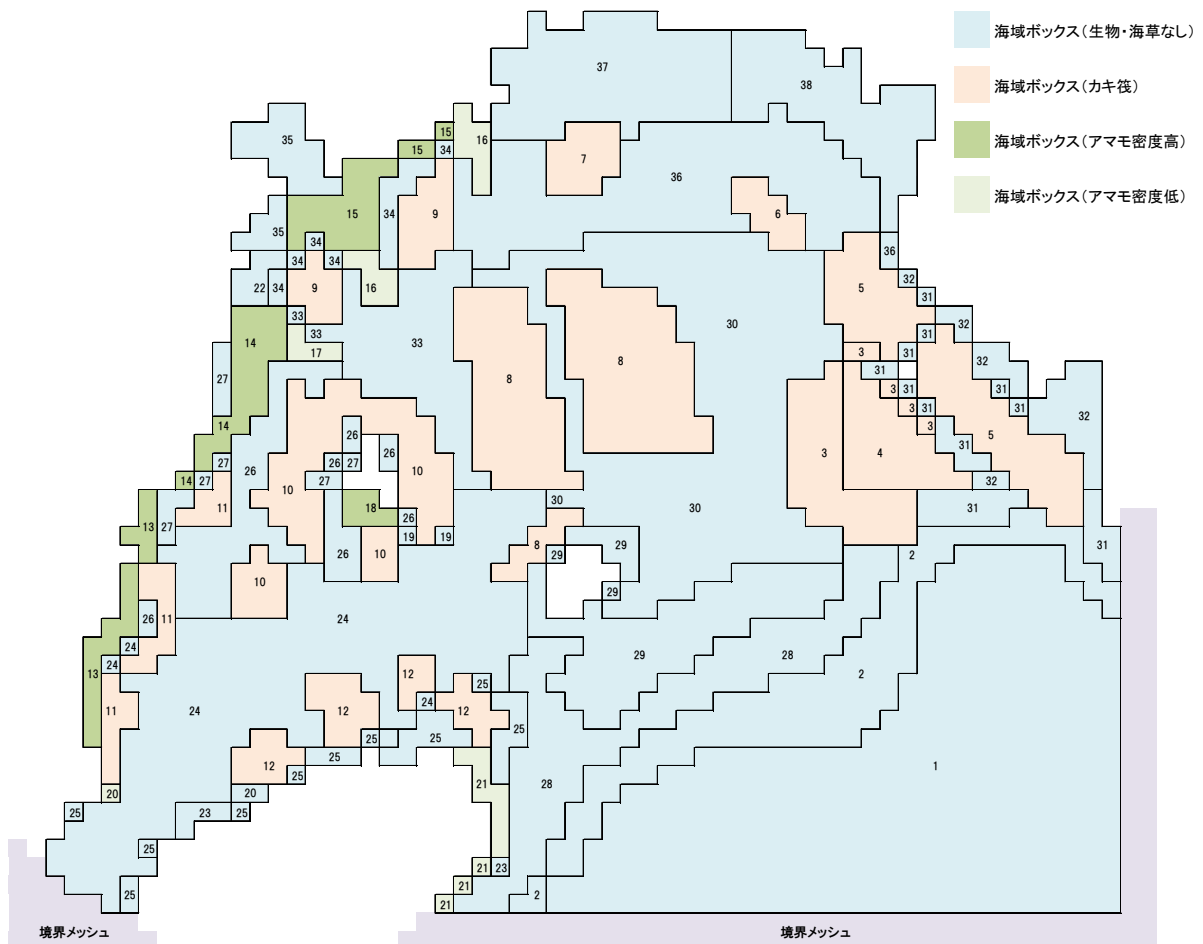


図 1.1 ボックス分割図

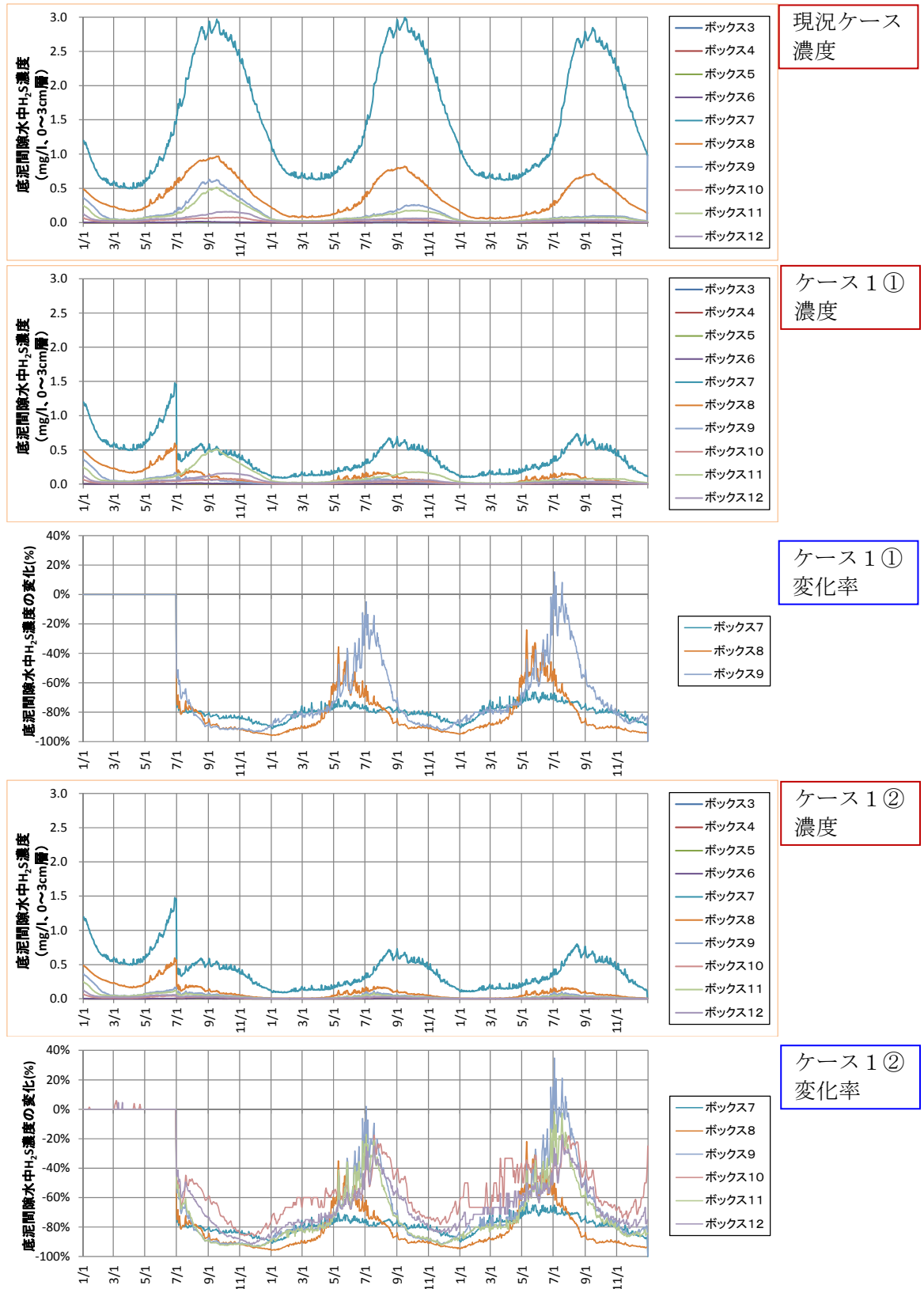


図 1.2 底泥間隙水中の  $H_2S$  濃度および変化率

(上から) 現況ケースの濃度、ケース 1 ①の濃度、ケース 1 ①の現況ケースに対する変化率、ケース 1 ②の濃度、ケース 1 ②の現況ケースに対する変化率 (底泥 0~3cm 層)

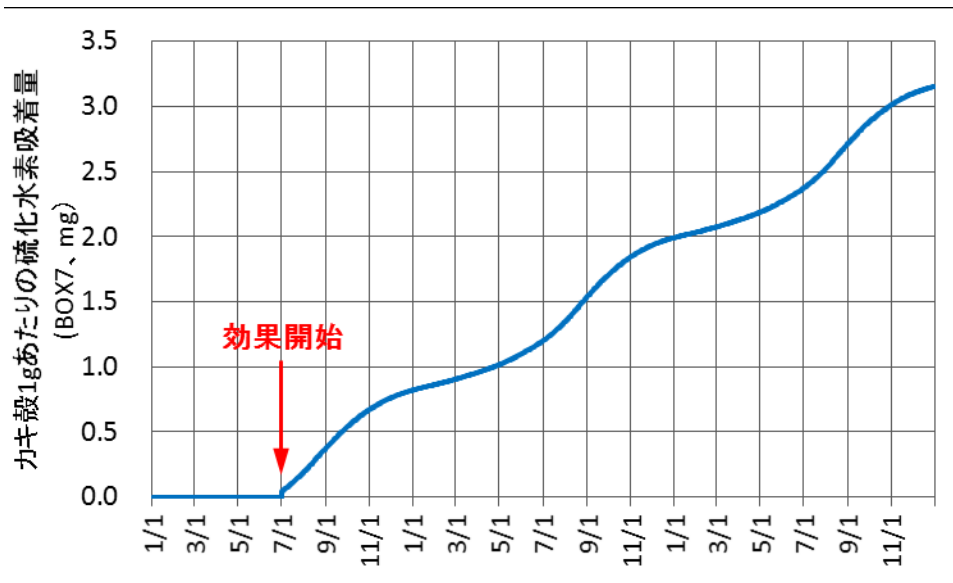


図 1.3 カキ殻 1g あたりの硫化水素吸着量

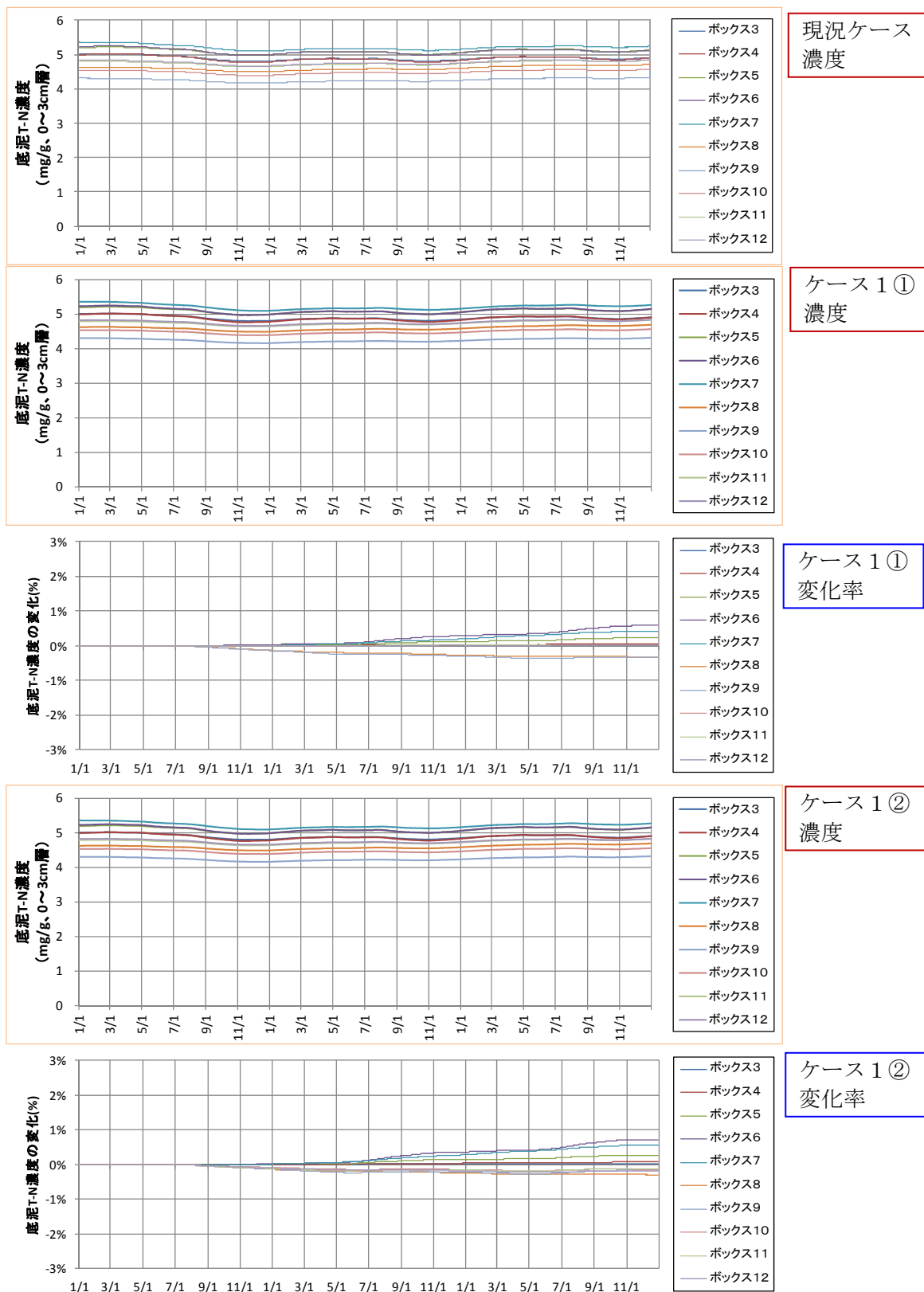


図 1.4 底泥中の T-N 濃度および変化率

(上から) 現況ケースの濃度、ケース 1 ①の濃度、ケース 1 ①の現況ケースに対する変化率、ケース 1 ②の濃度、ケース 1 ②の現況ケースに対する変化率 (底泥 0~3cm 層)

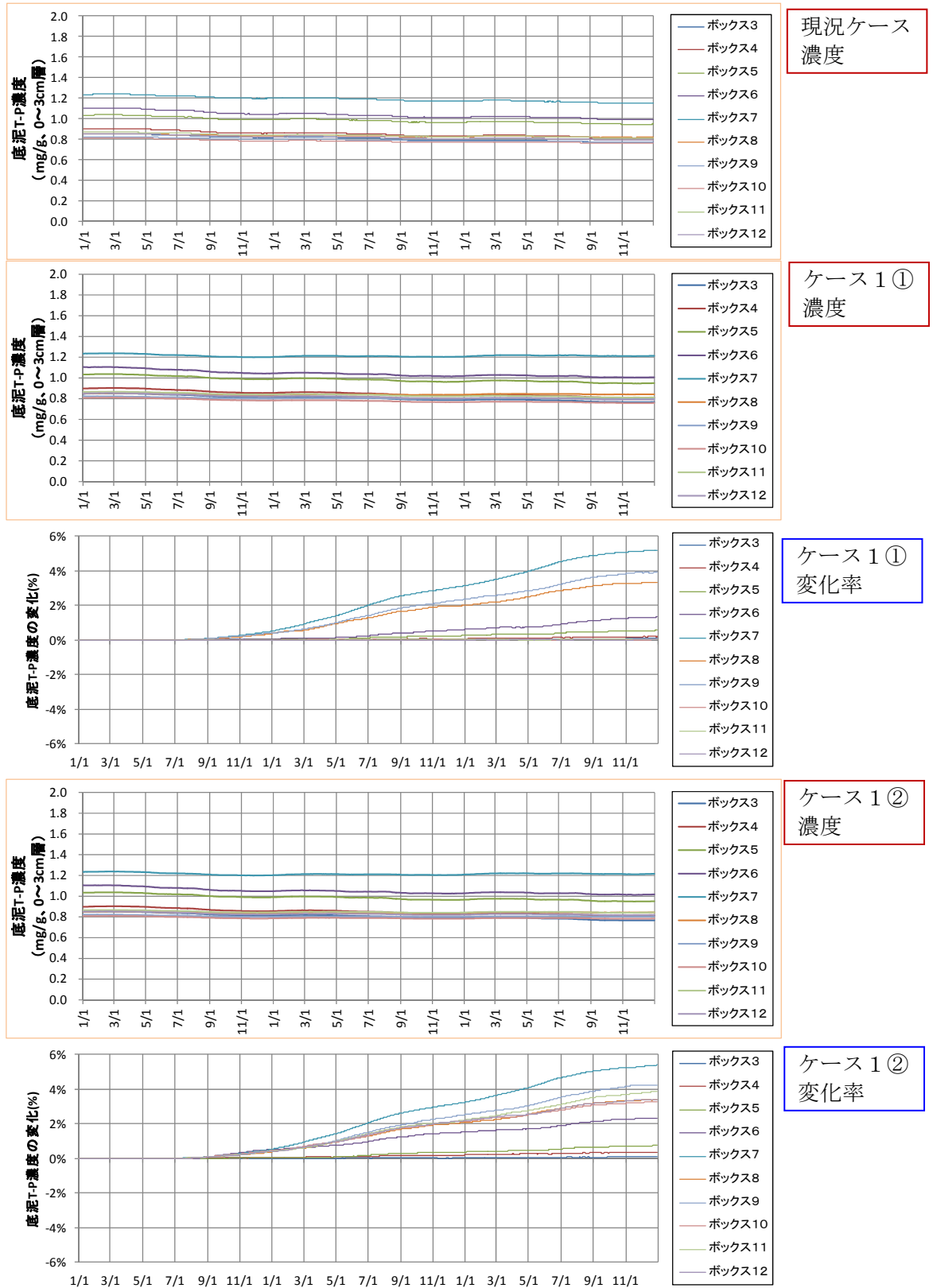


図 1.5 底泥中の T-P 濃度および変化率

(上から) 現況ケースの濃度、ケース 1 ①の濃度、ケース 1 ①の現況ケースに対する変化率、ケース 1 ②の濃度、ケース 1 ②の現況ケースに対する変化率 (底泥 0~3cm 層)



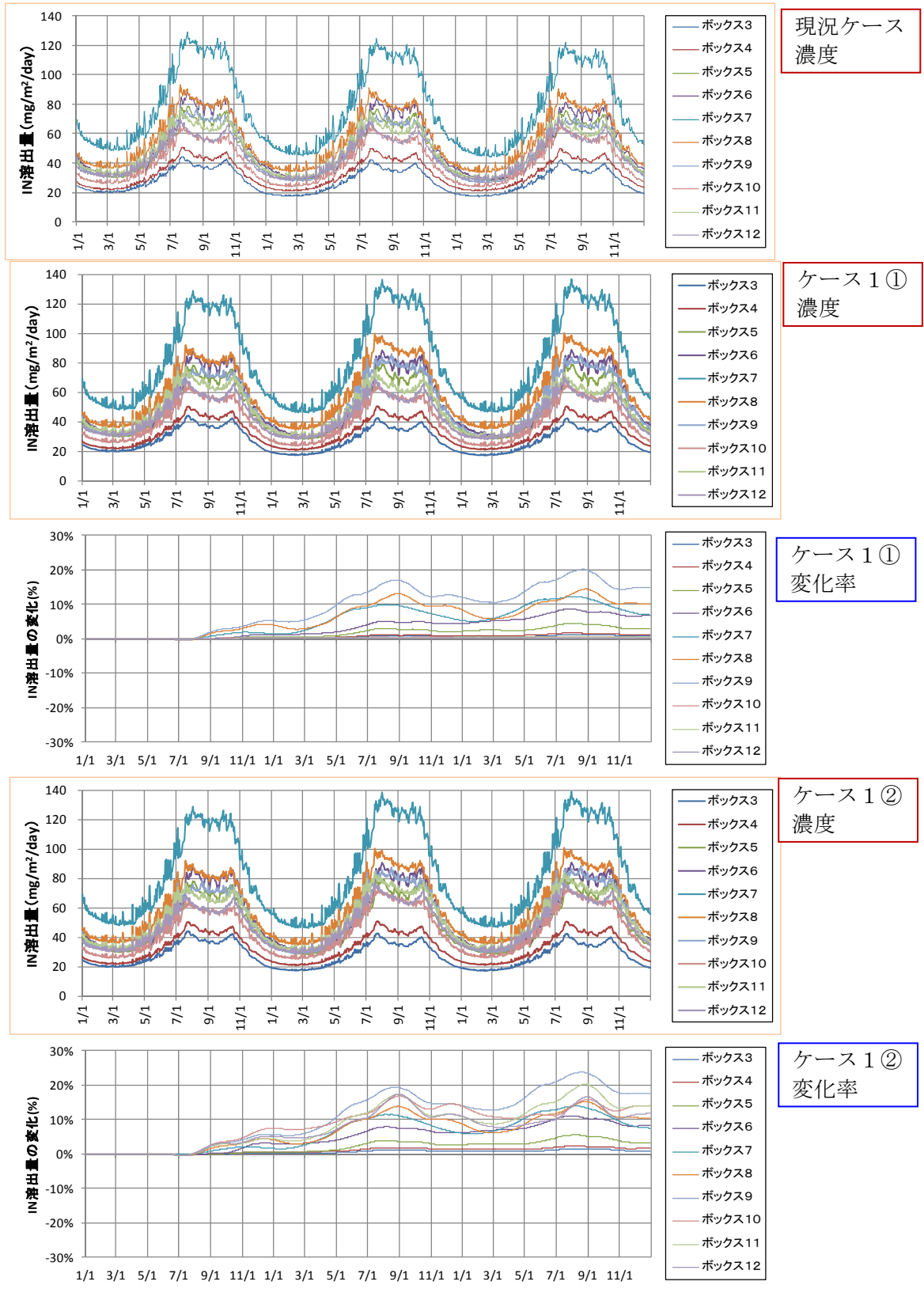


図 1.6 底泥からの IN 溶出量および変化率

(上から) 現況ケースの溶出量、ケース 1 ①の溶出量、ケース 1 ①の現況ケースに対する変化率、ケース 1 ②の溶出量、ケース 1 ②の現況ケースに対する変化率

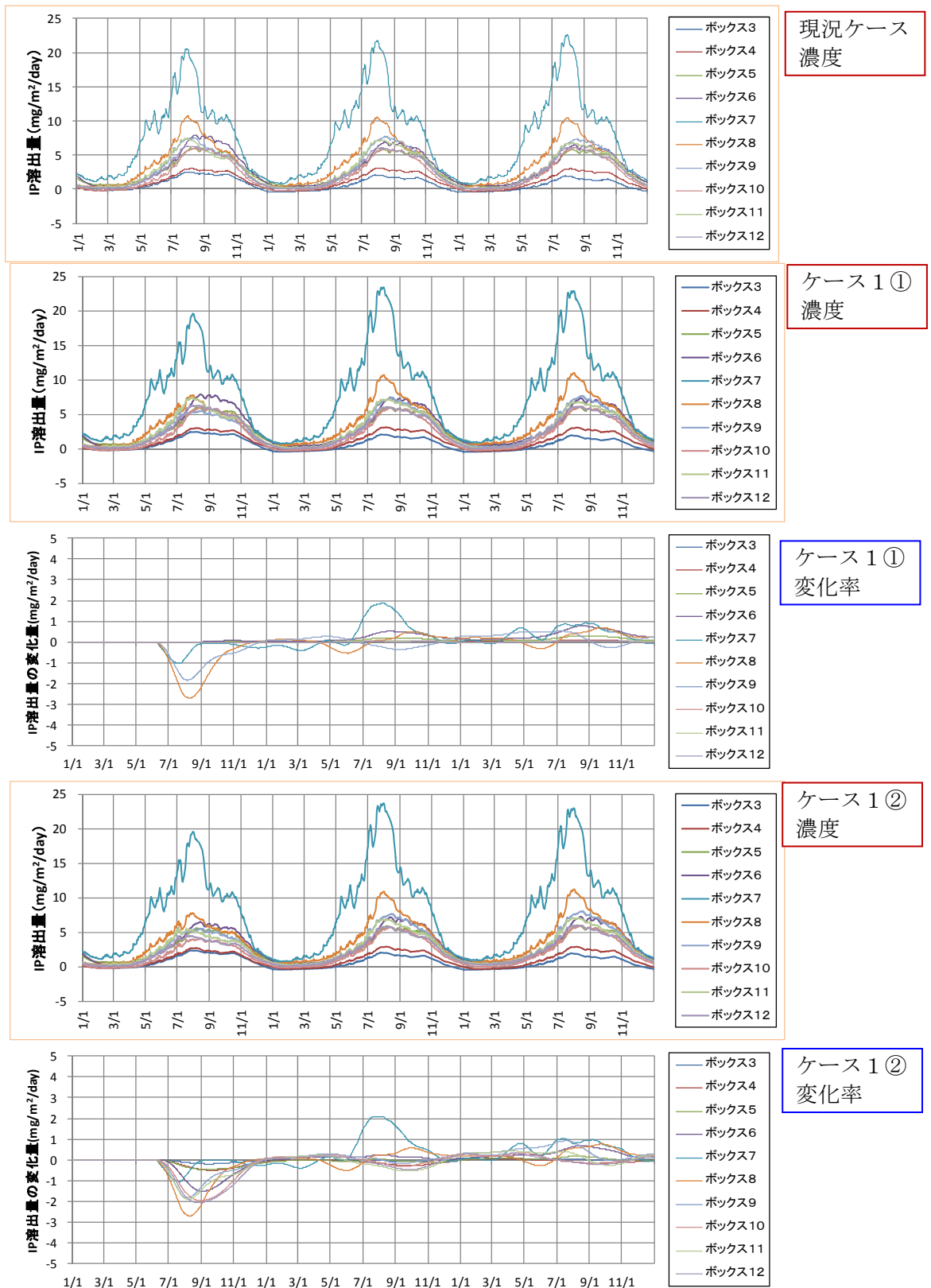


図 1.7 底泥からの IP 溶出量および変化率

(上から) 現況ケースの溶出量、ケース 1 ①の溶出量、ケース 1 ①の現況ケースに対する変化率、ケース 1 ②の溶出量、ケース 1 ②の現況ケースに対する変化率

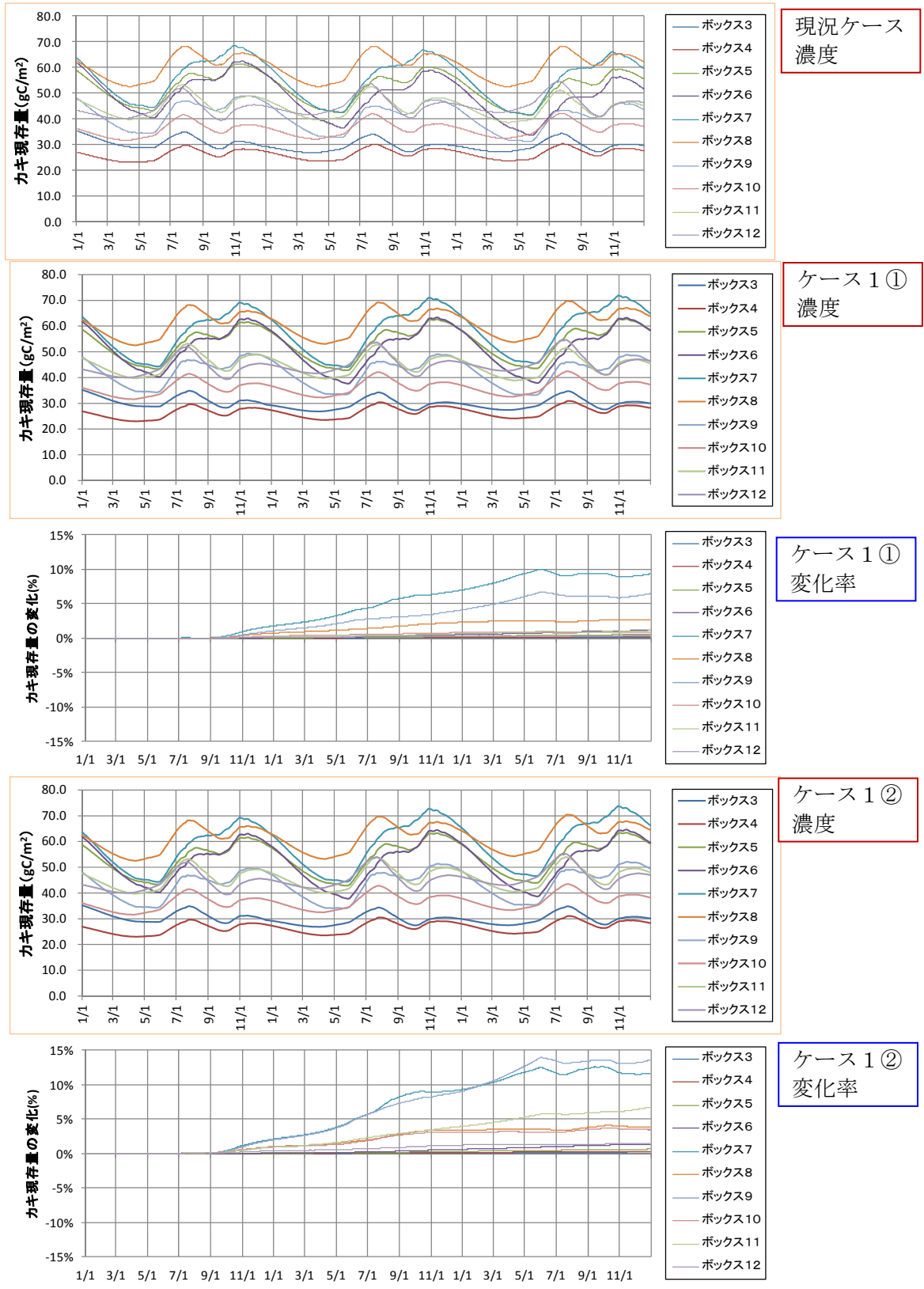


図 1.8 カキの現存量および変化率

(上から) 現況ケースの現存量、ケース 1 ①の現存量、ケース 1 ①の現況ケースに対する変化率、ケース 1 ②の現存量、ケース 1 ②の現況ケースに対する変化率

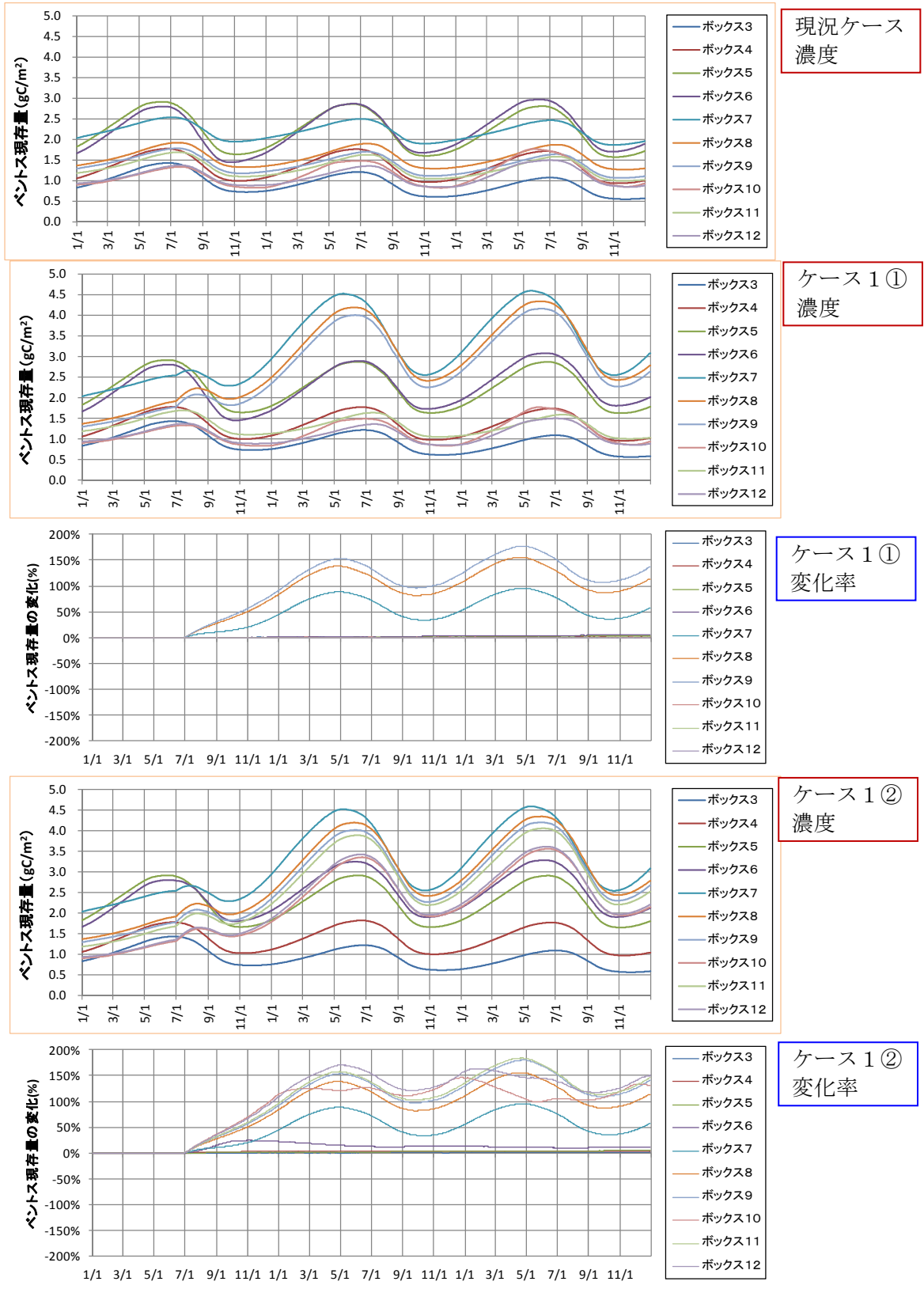


図 1.9 ベントスの現存量および変化率

(上から) 現況ケースの現存量、ケース 1 ①の現存量、ケース 1 ①の現況ケースに対する変化率、ケース 1 ②の現存量、ケース 1 ②の現況ケースに対する変化率

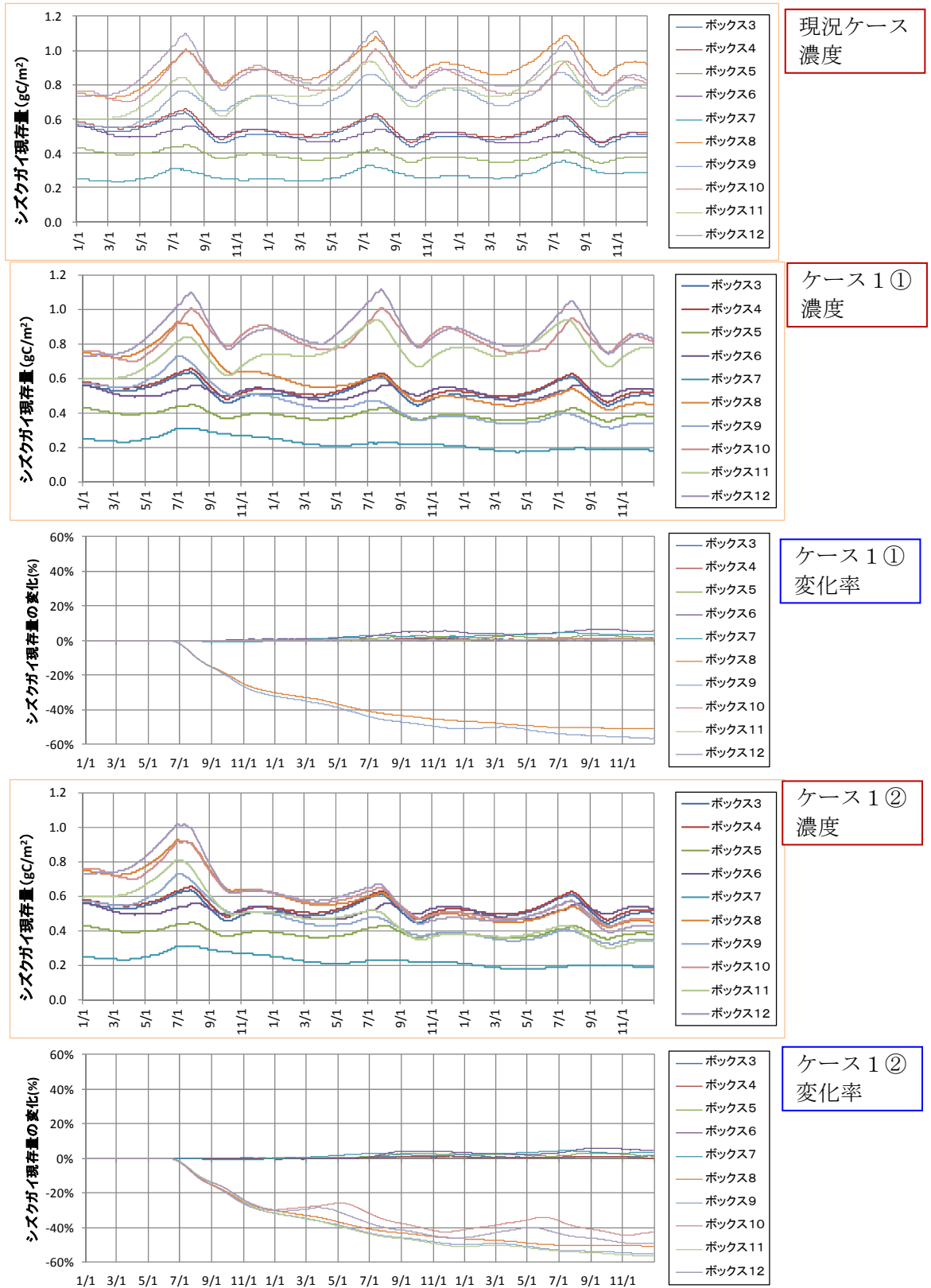


図 1.10 シズクガイの現存量および変化率

(上から) 現況ケースの現存量、ケース1①の現存量、ケース1①の現況ケースに対する変化率、ケース1②の現存量、ケース1②の現況ケースに対する変化率

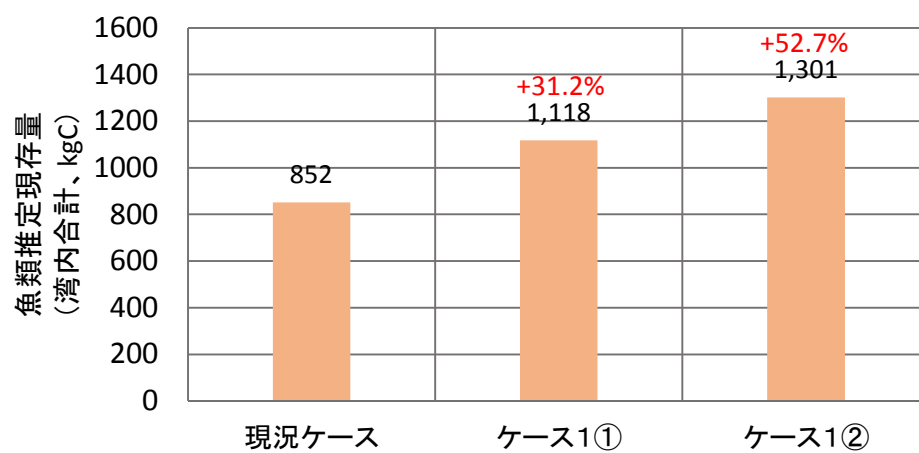


図 1.11 湾内合計の魚類推定現存量  
 (計算終了時、ベントス現存量から転換効率 10%にて換算)

#### 1-4 ケース 2：下水処理水の放流調整

下水処理場からの負荷を調整し、負荷を増加させることで、水質濃度を上昇させる施策である。計算条件を表 1.3、図 1.12 に示す。

現況ケースおよび施策を行った場合の 11 月の平均濃度を図 1.13 に示す。T-N、Chl-a の濃度が排水口付近で上昇したが、影響は排水口付近のみに留まっており、生物、底質にも大きな変化は見られなかった。なお、T-P は負荷量の変化が小さいため、濃度に差は見られなかった。

ベントスの現存量から、転換効率が 10% と仮定した魚類推定現存量も、現況ケースから変化がなかった。

表 1.3 施策の計算条件

ケース 2：下水処理水の放流調整	
条件変更点	下水処理場から海域へ放流される負荷の濃度の変更
設定方法	IN の負荷濃度を 20mg/L、IP の負荷量を 2mg/L とする
期間	10 月 1 日～11 月 30 日に実施

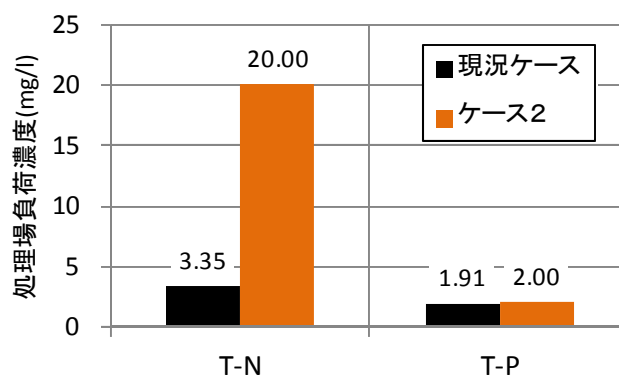


図 1.12 現況ケースとケース 2 の処理場負荷濃度

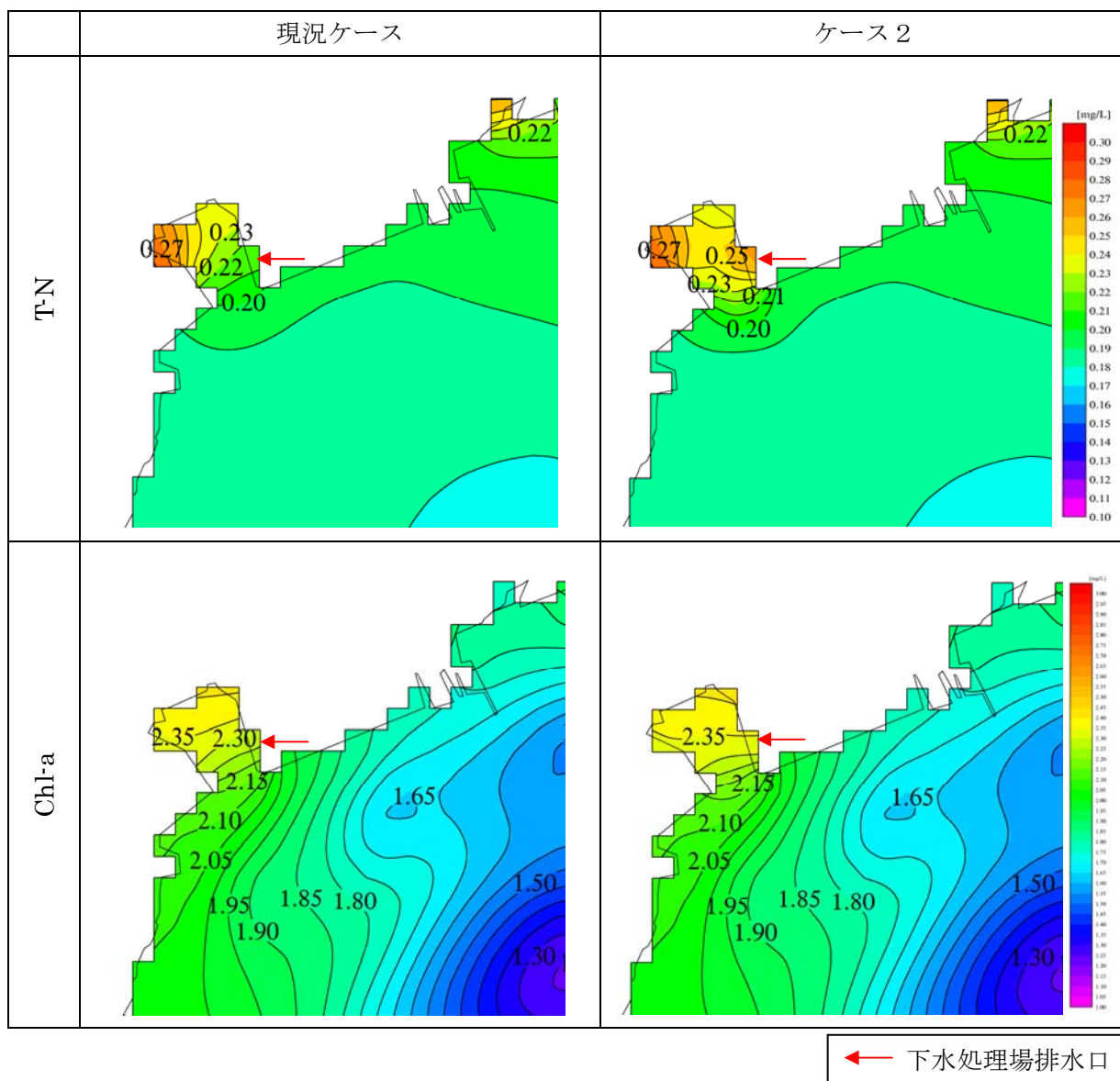


図 1.13 現況ケースとケース 2 の T-N、Chl-a 濃度 (11 月平均、第 1 層)



### 1-5 ケース 3 : カキ養殖量の調整

カキの初期養殖量を調整し、成長（実入り）や生物量、水質・底質への影響を調べる。計算条件を表 1.4 に、結果を図 1.14～図 1.20 に示す。なお、本ケースでは初期養殖量のみを調整しており、漁獲量は変化させていない。

カキの現存量は、いずれのケースでも、カキの重量は増加したが、養殖量を減少させるほど重量の増加幅は大きくなった。この傾向は、特に湾奥のボックスで顕著であった。

日別の成長量は、成長に適した水温となる初夏および秋に多くなった。夏季も、湾奥のボックスでは Chl-a の濃度が高いため、成長量は他のボックスに比べ大きかった。

8月の底質の T-N や硫化物濃度は、養殖量を減らす程少なくなったが、差はわずかであった。硫化水素濃度は現況ケースに比べて、ケース 3 ①（1.50 倍）は約 12% 多く、ケース 3 ④（0.50 倍）は約 14% 少なかった。

Chl-a の濃度は、養殖量を増加させるほど湾全体で減少、T-N、T-P の濃度は逆に養殖量を減少させるほど、わずかではあるが湾全体で減少した。

ベントスの現存量から、転換効率が 10% と仮定した、計算終了時の魚類推定現存量はケース 3 ①～④で現況ケースに対してそれぞれ-7.8%、-3.2%、+2.8%、+5.1%となった。

また、本モデルは現存量モデルであり、個体モデルではない。そのため、実入りや個体重量はあくまで概算であり、ボックス内の代表値であることに注意されたい。

表 1.4 施策の計算条件

ケース 3 : カキ養殖量の調整		
条件変更点	現況再現計算に対し、カキの現存量を変更	
設定方法	カキの初期養殖量に係数をかけて計算。漁獲量は変化なし。	
計算ケース	係数	
	ケース 3 ①	1.50 倍
	ケース 3 ②	1.25 倍
	ケース 3 ③	0.75 倍
	ケース 3 ④	0.50 倍
期間	初期の養殖量を変更	

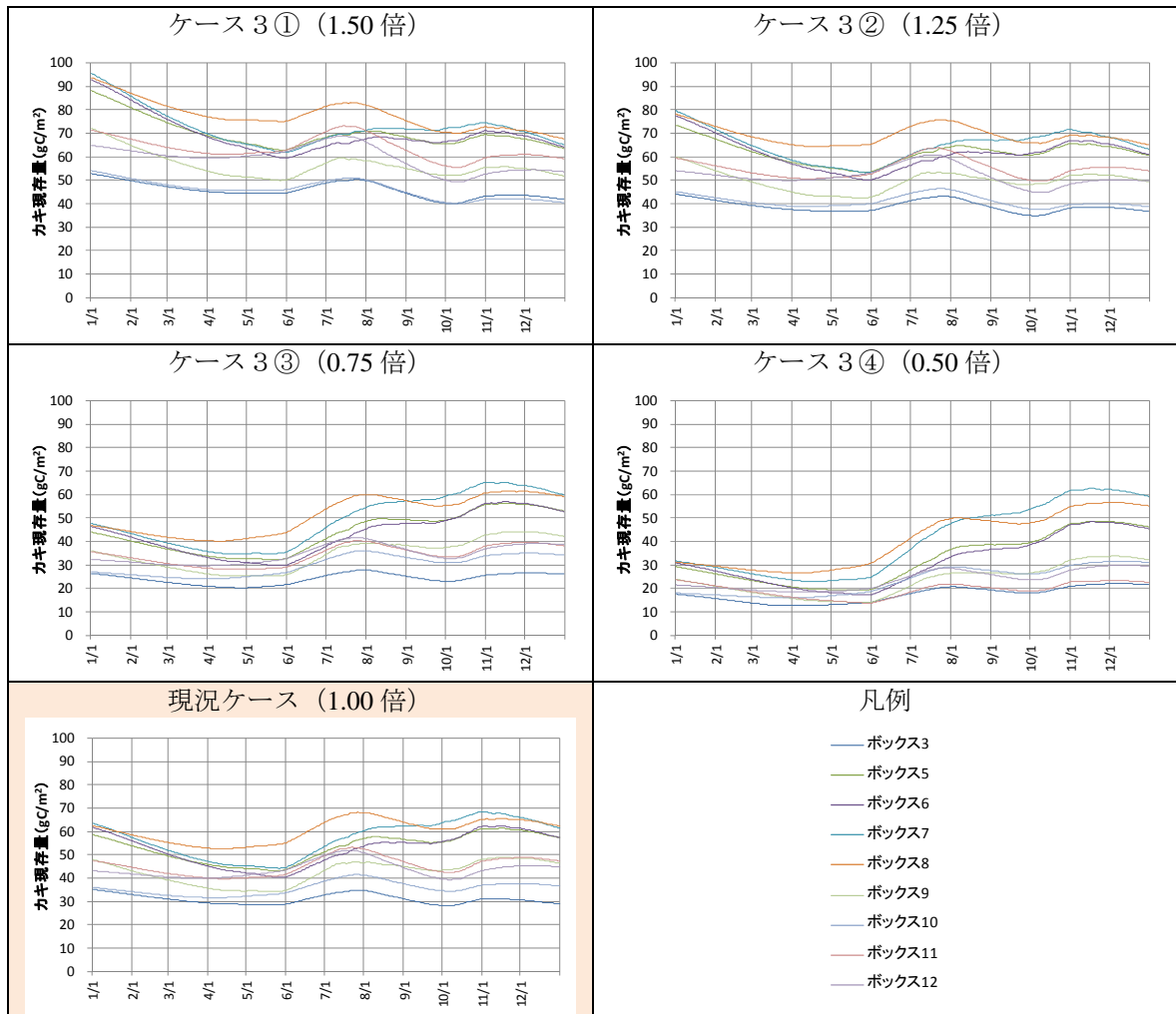


図 1.14 カキ現存量の時系列変化

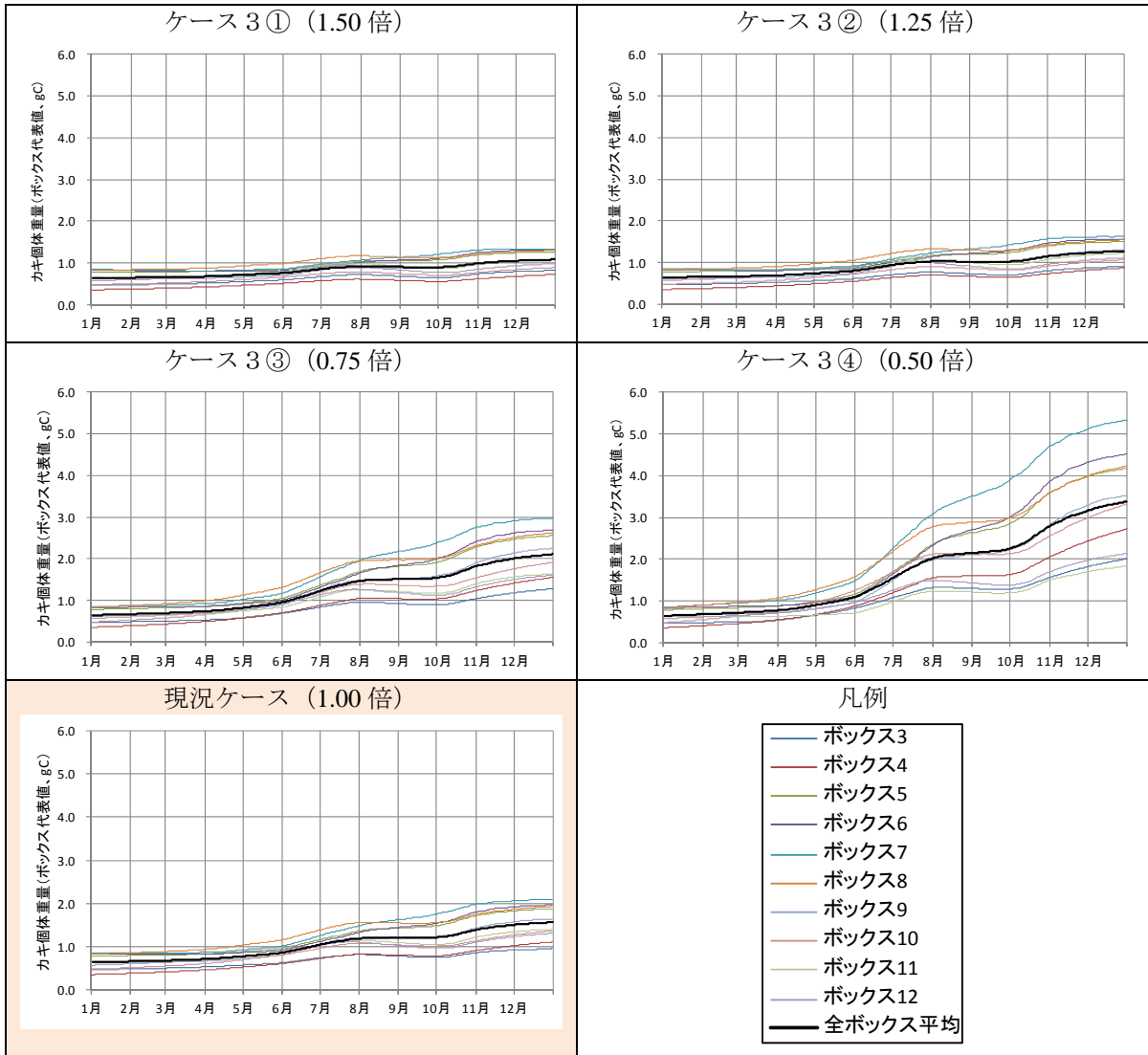


図 1.15 カキの個体重量の時系列変化

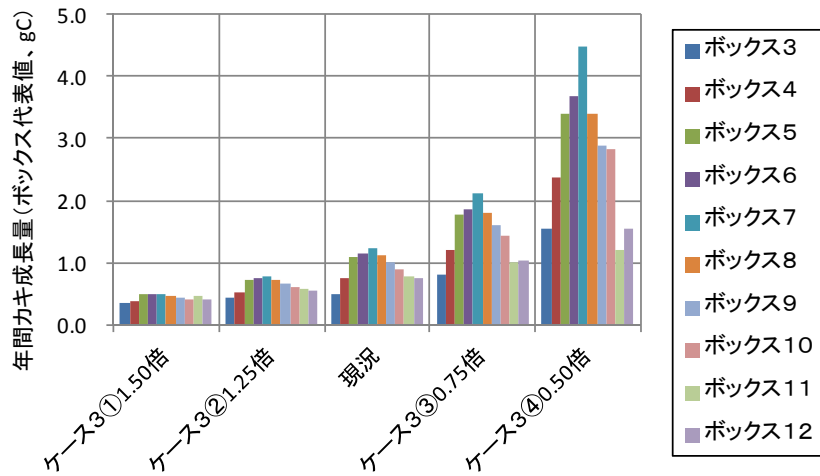


図 1.16 規格化した個体数あたりの、カキの年間合計成長量

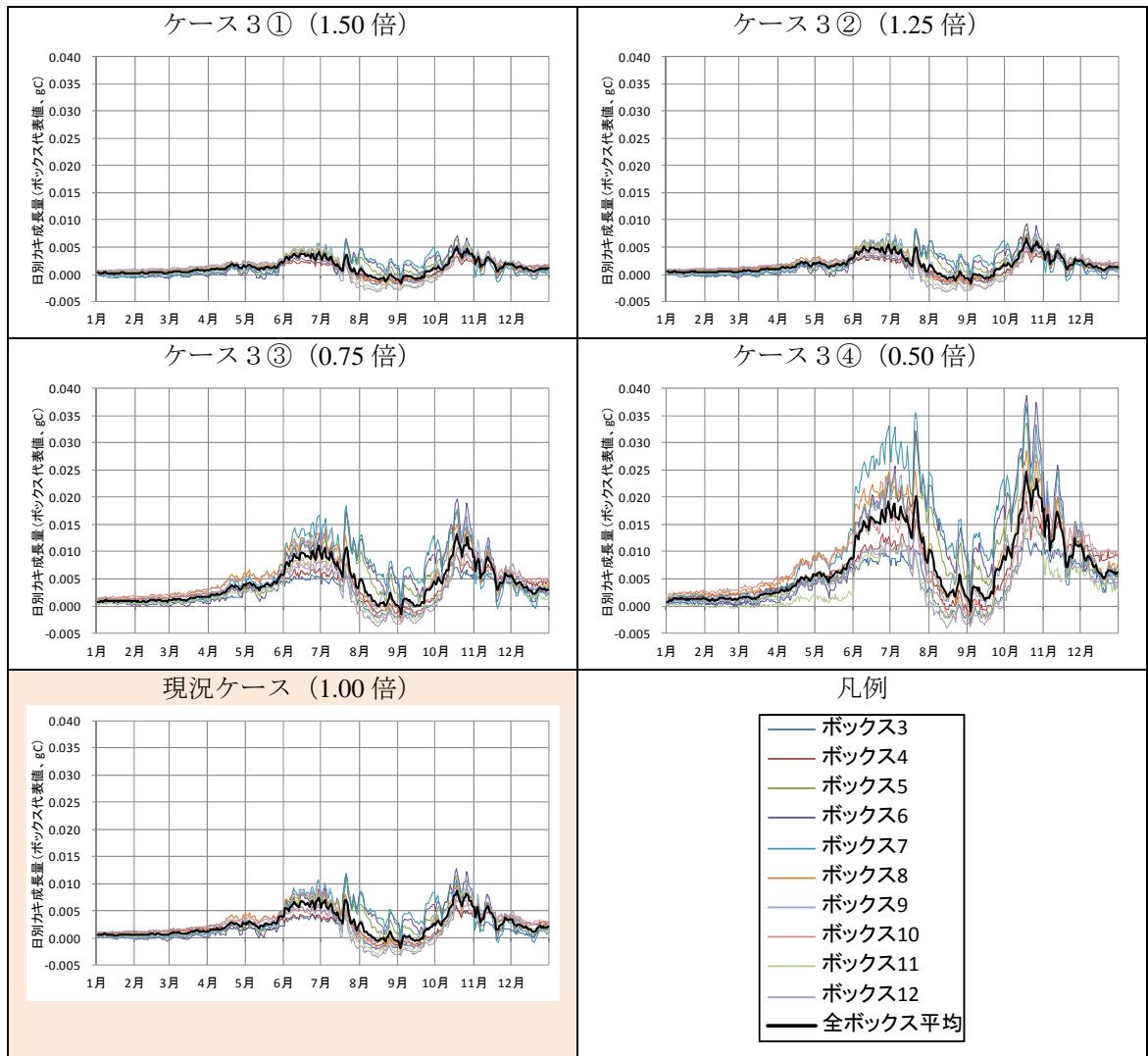


図 1.17 カキの日別成長量の時系列変化

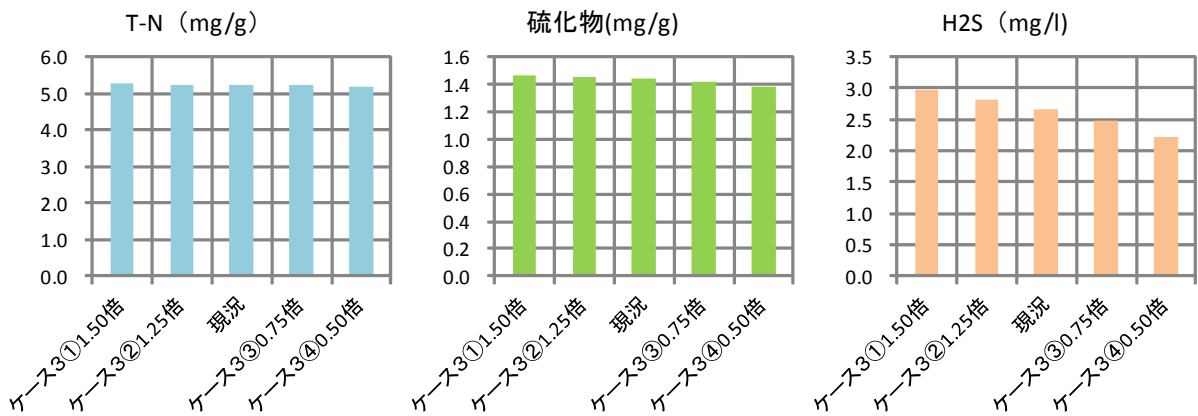


図 1.18 底質濃度比較 (ボックス7、8月、0~3cm層)

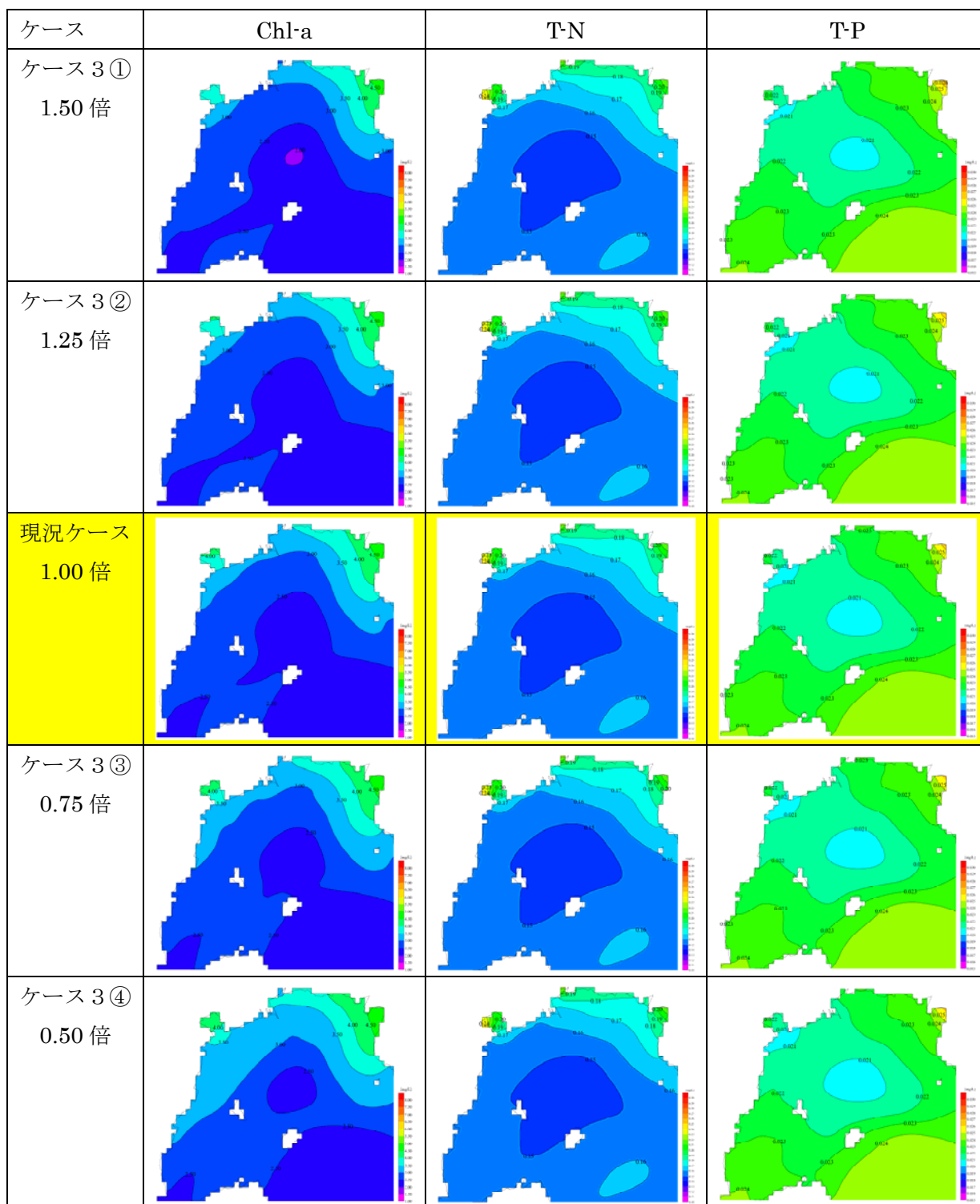


図 1.19 10月の月平均 Chl-a、T-N、T-P 濃度分布図

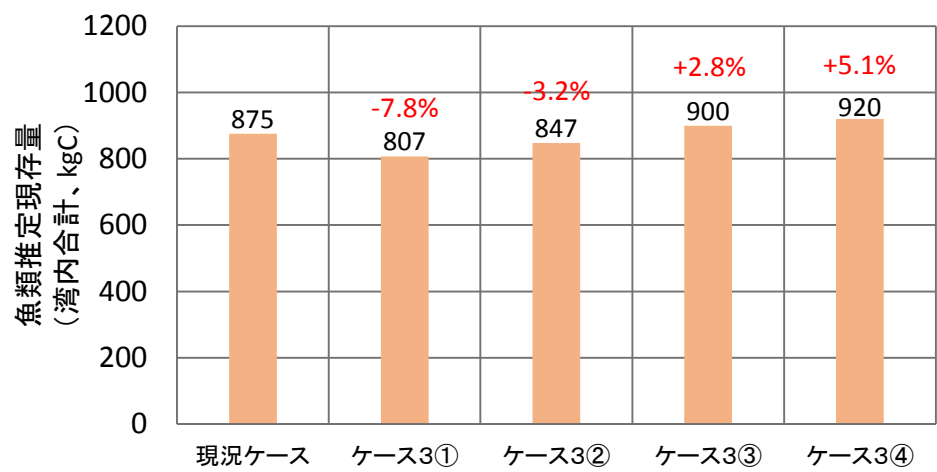


図 1.20 湾内合計の魚類推定現存量  
 (計算終了時、ベントス現存量から転換効率 10%にて換算)