

(1) 管理方策の効果検証結果について

# 1. 管理方策の内容

## (1) 管理方策の効果検証

本業務では、三津湾における底質改善及び栄養塩不足に対する管理方策（表1）の選別に資するために、それぞれの効果を検証した。

検証方法は“現場海域における実証試験”と“物質収支モデルによるシミュレーション”である。

## (2) 管理方策の種類

本業務では、

底質改善対策として“底質改善剤の鋤き込み”及び“人工中層海底の設置”を、  
 栄養塩不足対策として“下水処理水の放流調整”及び“カキ養殖量の調整”を検証した。

さらに、三津湾における今後の対策検討に資する情報として、

“施肥”、“アマモ場の有無による差”、“カキ付着物の底質への負荷”の計算による感度実験を行った。

表1 管理方策の種類(感度実験を含む)

基本方針	方策	現場調査による 効果検証	シミュレーションによる 効果検証	主な評価項目
底質改善対策	底質改善剤の鋤き込み (底質:底質改善剤=2:1)	○ (第2回検討委員会 資料参照)	○	<ul style="list-style-type: none"> <li>・底質の変化</li> <li>・底生生物の変化</li> <li>・高次生物(カキなど)への影響</li> </ul>
	人工中層海底の設置		○	
栄養塩不足対策	下水処理水の放流調整		○	<ul style="list-style-type: none"> <li>・湾内の栄養塩類の変化</li> <li>・高次生物(カキなど)への影響</li> </ul>
	カキ養殖量の調整		○	
感度実験	施肥		○	<ul style="list-style-type: none"> <li>・近隣海域に影響が及ばない程度の栄養塩負荷量を把握する</li> </ul>
	アマモ場の有無による差		○	<ul style="list-style-type: none"> <li>・アマモ場の有無による三津湾内の物質循環の差を把握する</li> </ul>
	カキ付着物の底質への負荷		○	<ul style="list-style-type: none"> <li>・カキ付着物の底質への負荷量を把握する</li> </ul>

## 2. 管理方策の検証方法と結果

### (1) 底質改善剤の鋤き込み

#### 1) 設定条件

本方策における設定条件を表2のとおりとした。

#### 2) 検証結果（底質間隙水）

- ▶ 間隙水中の硫化水素は現況よりも減少しており、底質改善剤の硫化水素最大吸着量（12mgS/g）に達するには約10年かかる。

表2 “底質改善剤の鋤き込み”の設定条件

方策	底質改善剤の鋤き込み	
条件	底質間隙水中の硫化水素の吸着	
設定方法	Yamamoto et al. (2012)及びAsaoka et al. (2009)を基に、底質間隙水中の硫化水素が底質改善剤によって毎日75.3%吸着され（モデル系外に排出）、吸着量が12 mgS/gに達したときに吸着効果がなくなるものとした。	
計算ケース	計算ボックス	
	ケース①	ボックス7～9（下図■, ■, ■ボックス）
	ケース②	ボックス3～12（全てのカキ筏）
期間	7月1日に効果開始	
設定根拠	Yamamoto et al. (2012)、Asaoka et al. (2009)など	

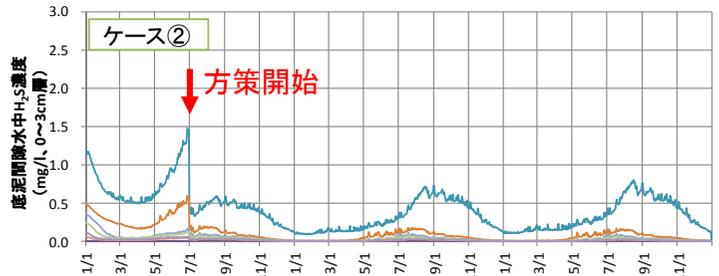
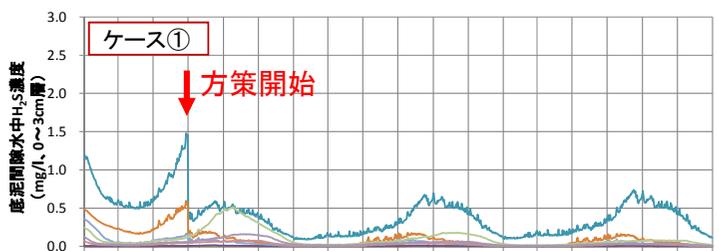
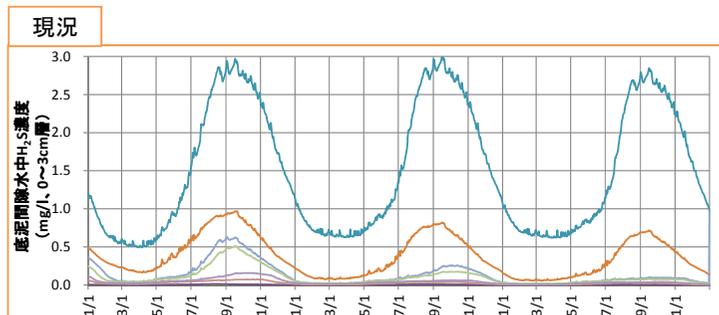


図1 底質間隙水中のH<sub>2</sub>S(硫化水素)濃度の計算結果

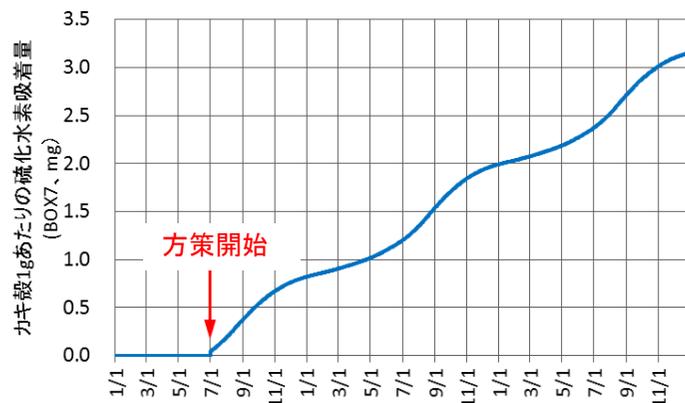
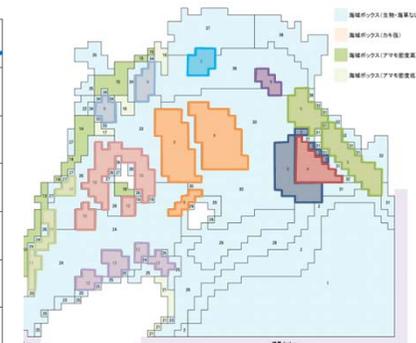


図2 底質改善剤1gあたりの硫化水素吸着量(ボックス7)



計算対象ボックス  
(カキ筏ボックス)

- ▶ 硫化水素の吸着量は、ボックス7で最も多く、2年間の平均で1.17mgS/g/yearであった。
  - ▶ この吸着効果が続くと仮定すると、底質改善剤1gあたりの最大吸着量（12mgS/g）に達するには約10年かかる。
- ⇒効果は約10年間継続する可能性がある。

## 2. 管理方策の検証方法と結果

- (1) 底質改善剤の鋤き込み
- 2) 検証結果（底質）

➤ 底質のT-N濃度及びT-P濃度にほとんど変化がなく、それぞれの変化率は、1%未満及び5%未満であった。

表2 “底質改善剤の鋤き込み”の設定条件

方策	底質改善剤の鋤き込み	
条件	底質間隙水中の硫化水素の吸着	
設定方法	Yamamoto et al. (2012)及びAsaoka et al. (2009)を基に、底質間隙水中の硫化水素が底質改善剤によって毎日75.3%吸着され（モデル系外に排出）、吸着量が12 mgS/gに達したときに吸着効果がなくなるものとした。	
計算ケース	計算ボックス	
	ケース①	ボックス7～9（下図 <span style="color: blue;">■</span> , <span style="color: orange;">■</span> , <span style="color: lightblue;">■</span> ボックス）
	ケース②	ボックス3～12（全てのカキ筏）
期間	7月1日に効果開始	
設定根拠	Yamamoto et al. (2012)、Asaoka et al. (2009)など	

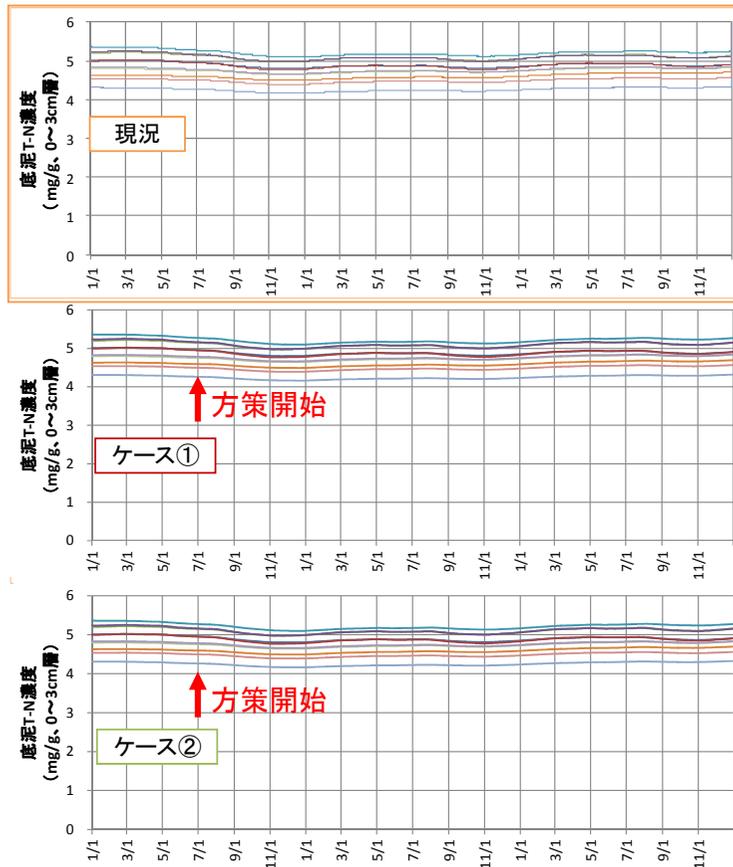


図3 底質のT-N濃度の計算結果

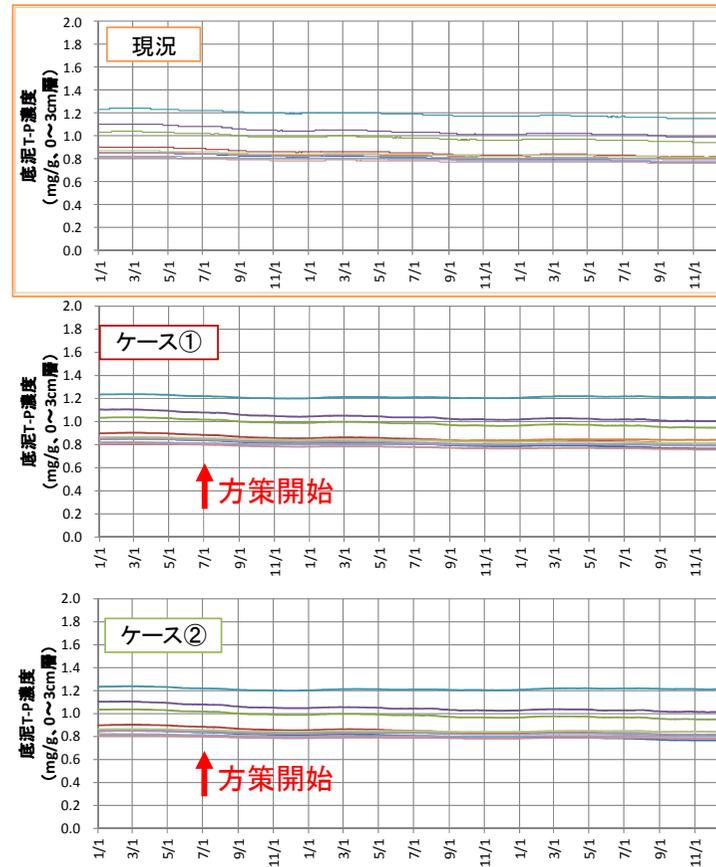
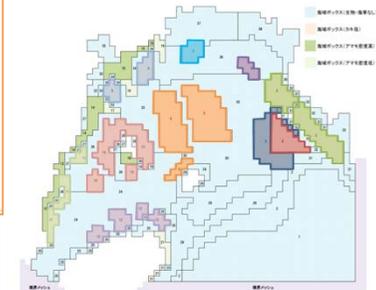


図4 底質のT-P濃度の計算結果



計算対象ボックス  
（カキ筏ボックス）



## 2. 管理方策の検証方法と結果

- (1) 底質改善剤の鋤き込み
- 2) 検証結果（底生生物）

➤ 施工したカキ筏ボックスで底生生物が増える傾向があった（最大184%）。

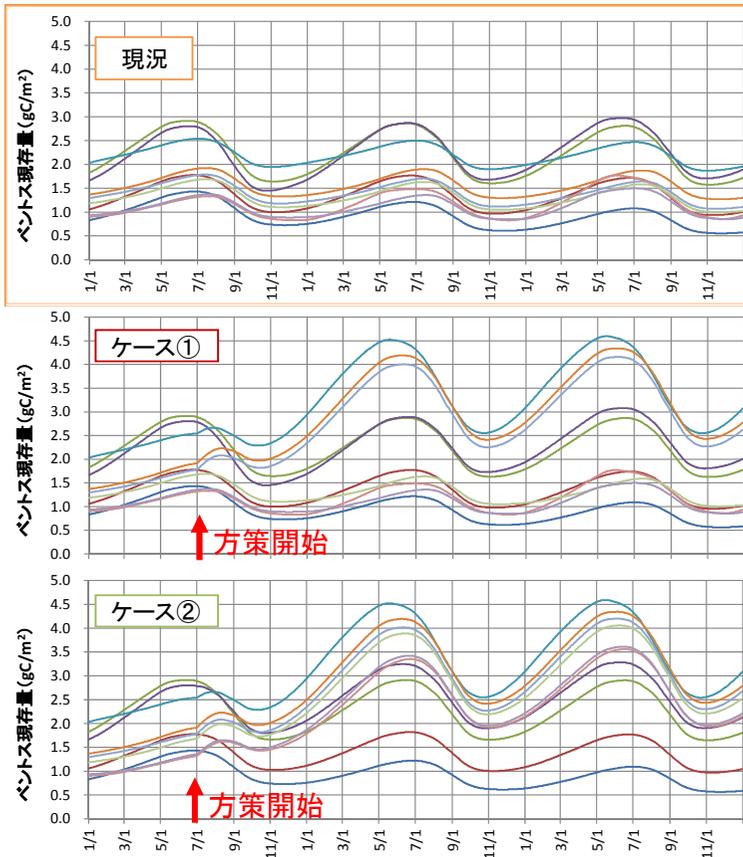


図5 底生生物現存量の計算結果

表2 “底質改善剤の鋤き込み”の設定条件

方策	底質改善剤の鋤き込み	
条件	底質間隙水中の硫化水素の吸着	
設定方法	Yamamoto et al. (2012)及びAsaoka et al. (2009)を基に、底質間隙水中の硫化水素が底質改善剤によって毎日75.3%吸着され（モデル系外に排出）、吸着量が12 mgS/gに達したときに吸着効果がなくなるものとした。	
計算ケース	計算ボックス	
	ケース①	ボックス7～9（下図■, ■, ■ボックス）
	ケース②	ボックス3～12（全てのカキ筏）
期間	7月1日に効果開始	
設定根拠	Yamamoto et al. (2012)、Asaoka et al. (2009)など	

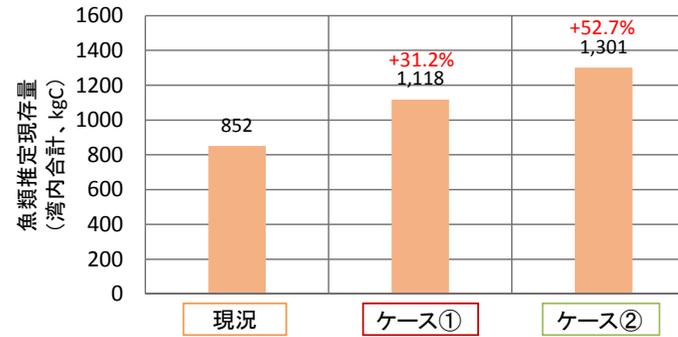
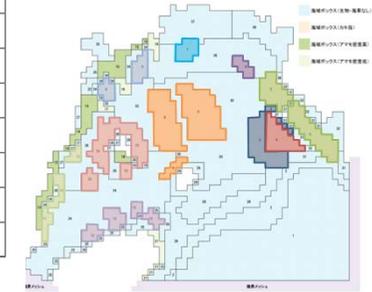


図6 施工2年半後の湾内合計の魚類推定現存量



計算対象ボックス（カキ筏ボックス）

➤ 底生生物から魚類への転換効率を10%と仮定した場合、底生生物の現存量の増加に伴い、魚類の推定現存量が、ケース①で31.2%、ケース②で52.7%増加する可能性がある。

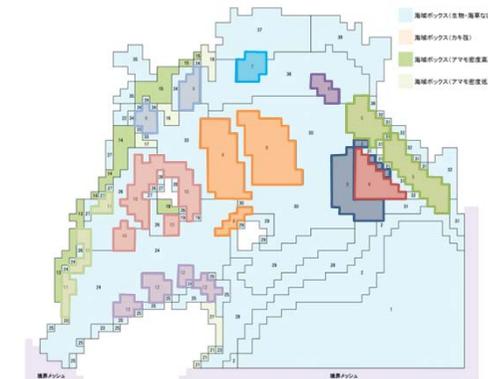
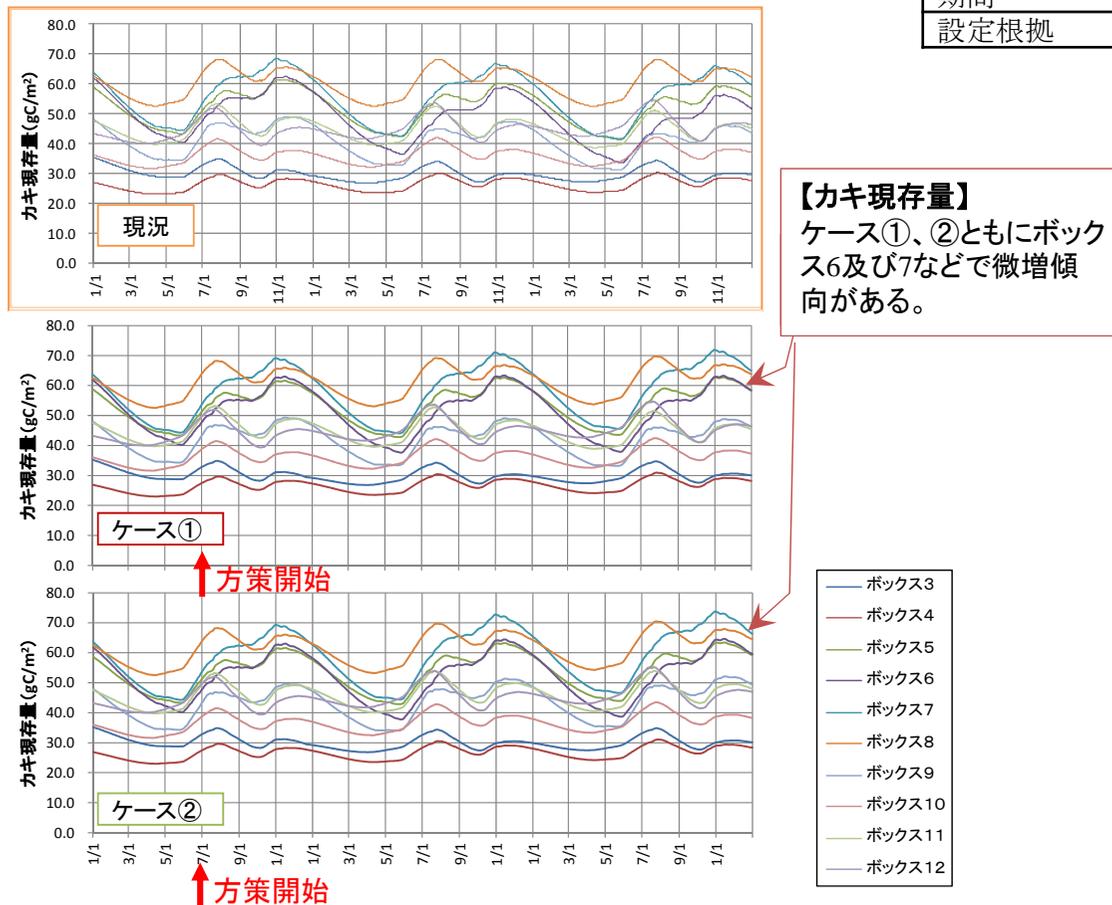
## 2. 管理方策の検証方法と結果

- (1) 底質改善剤の鋤き込み
- 2) 検証結果 (カキ)

➤ 場所によっては、カキ現存量は微増することが示された。

表2 “底質改善剤の鋤き込み”の設定条件

方策	底質改善剤の鋤き込み	
条件	底質間隙水中の硫化水素の吸着	
設定方法	Yamamoto et al. (2012)及びAsaoka et al. (2009)を 基に、底質間隙水中の硫化水素が底質改善剤に よって毎日75.3%吸着され(モデル系外に排 出)、吸着量が12 mgS/gに達したときに吸着効 果がなくなるものとした。	
計算ケース		計算ボックス
	ケース①	ボックス7~9 (下図 ■, ■, ■ ボックス)
	ケース②	ボックス3~12 (全てのカキ筏)
期間	7月1日に効果開始	
設定根拠	Yamamoto et al. (2012)、Asaoka et al. (2009)など	



計算対象ボックス  
(カキ筏ボックス)

図7 カキ現存量の計算結果

## 2. 管理方策の検証方法と結果

### (2) 人工中層海底の設置

#### 1) 設定条件

本方策における設定条件を表3のとおりとした。

#### 2) 検証結果（底質間隙水及び底質）

- 間隙水中の硫化水素は、ケース①で微増、ケース②で微減する傾向がみられた。
- 底質のT-N濃度は、ほとんど変化しなかった。

表3 “人工中層海底の設置”の設定条件

方策	人工中層海底の設置				
条件	カキ筏からの沈降有機物（排糞）の捕捉				
設定方法	全てのカキ筏からの排糞量に下記の係数をかけて増減させる。				
計算ケース		冬季堆積量の増加	12～5月	6、11月	7～10月
	ケース①	あり	1.29倍	0.94倍	0.906倍
ケース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）				

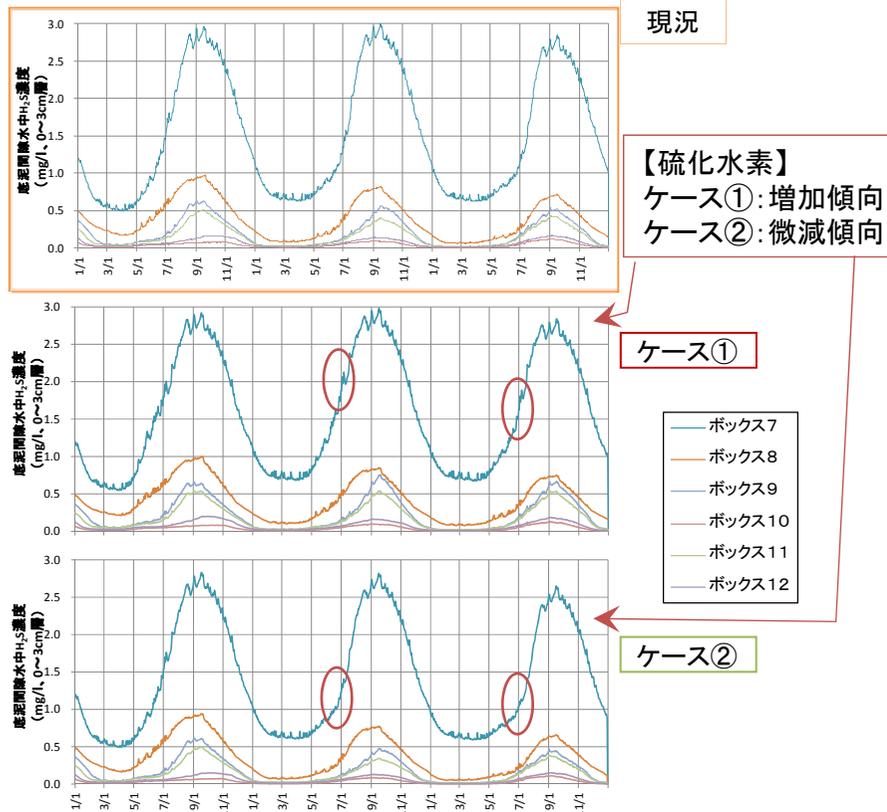


図8 底質間隙水中の硫化水素濃度の計算結果

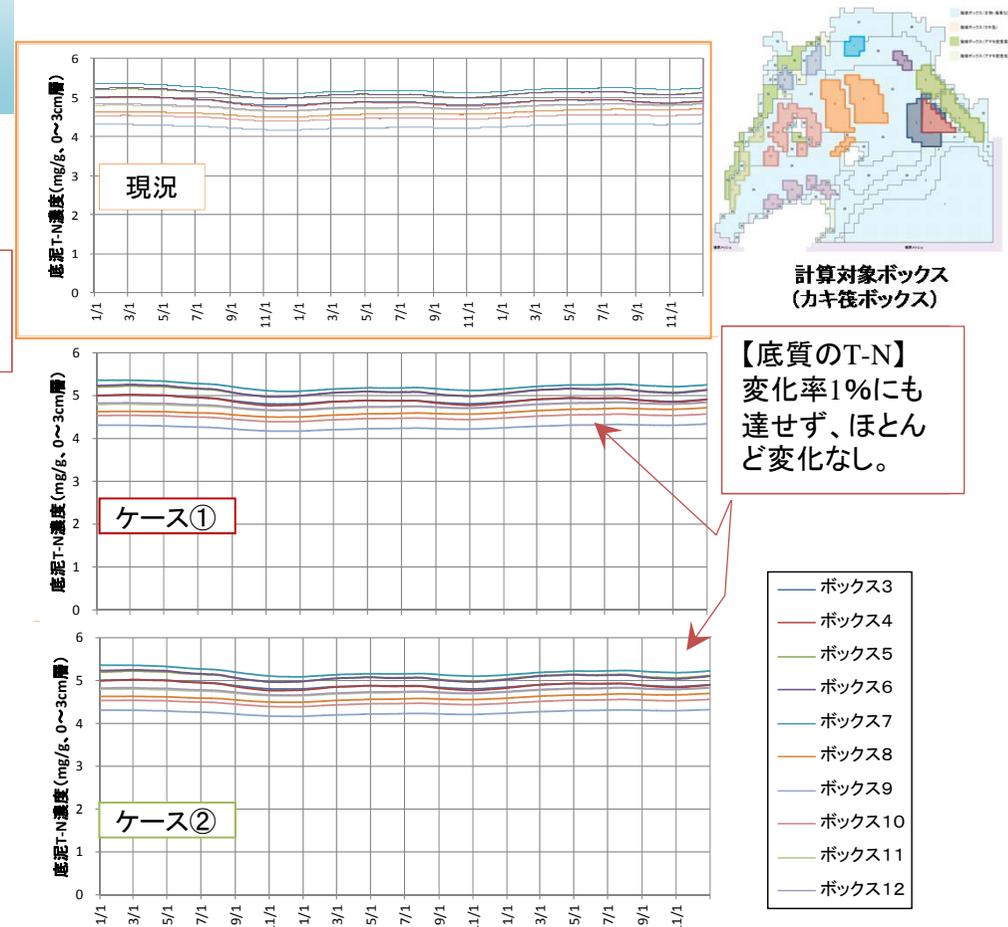


図9 底質のT-N濃度の計算結果

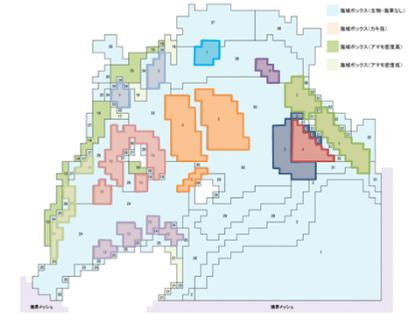
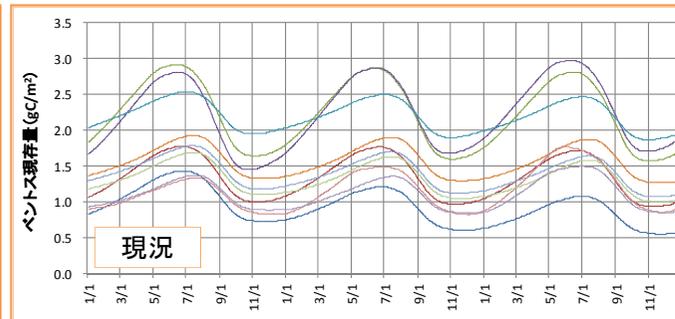
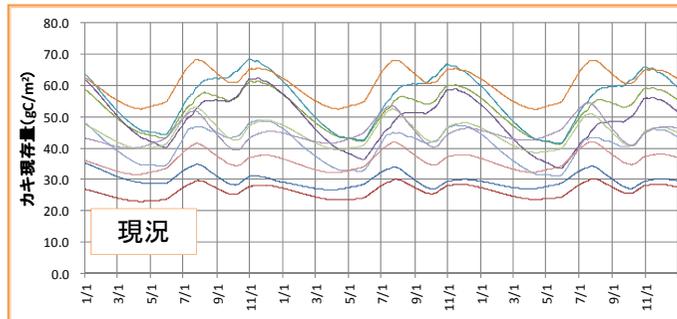
## 2. 管理方策の検証方法と結果

### 2) 検証結果（カキ及び底生生物）

- カキ現存量は、ケース①ではほとんど変化がみられず、ケース②では場所によって微減する傾向がみられた。
- 底生生物の現存量は、場所によってケース①で微増、ケース②で微減する傾向がみられた。

表3 “人工中層海底の設置”の設定条件

方策	人工中層海底の設置				
条件	カキ筏からの沈降有機物（排糞）の捕捉				
設定方法	カキ筏からの排糞量に下記の係数をかけて増減させる。				
計算ケース		冬季堆積量の増加	12～5月	6、11月	7～10月
	ケース①	あり	1.29倍	0.94倍	0.906倍
	ケース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）				



計算対象ボックス  
(カキ筏ボックス)

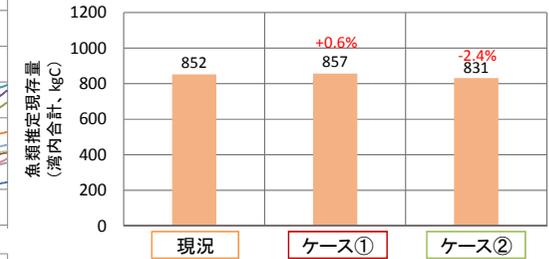


図12 計算終了時の湾内合計の魚類推定現存量  
(底生生物から魚類への転換効率を10%と仮定)

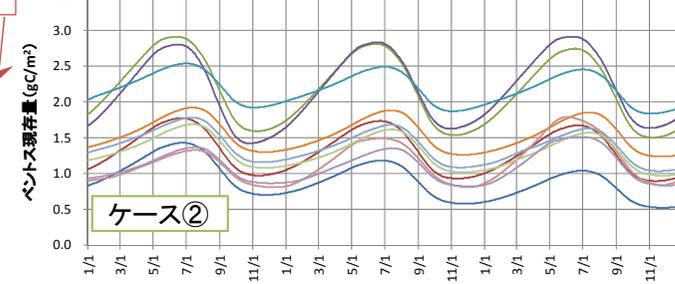
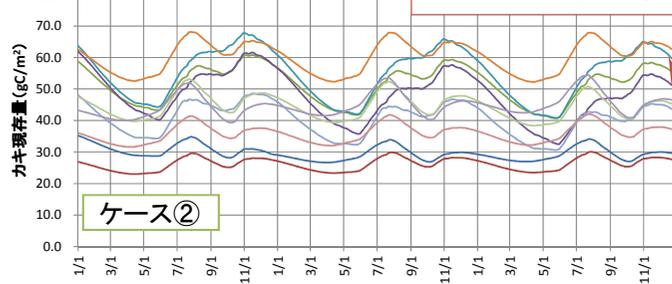
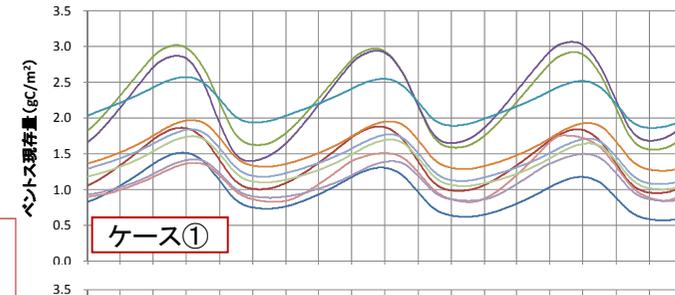
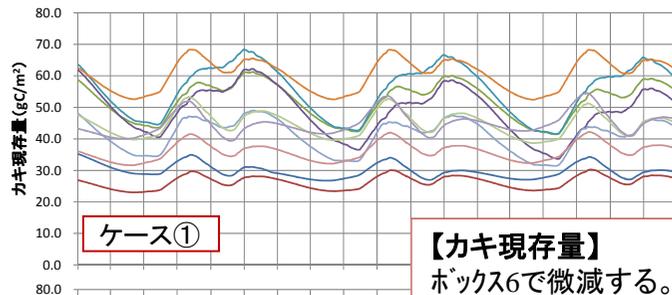
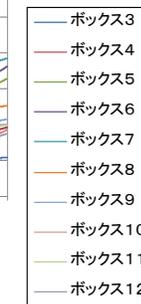


図10 カキ現存量の計算結果

図11 底生生物現存量の計算結果



## 2. 管理方策の検証方法と結果

### (3) 下水処理水の放流調整

#### 1) 設定条件

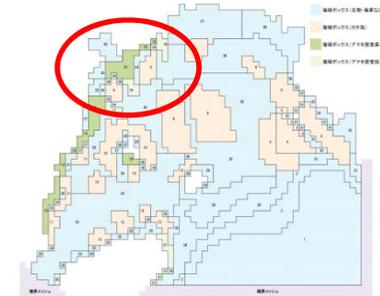
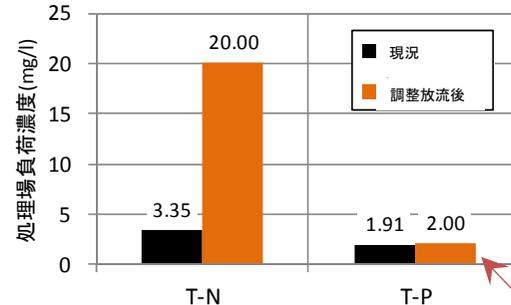
本方策における設定条件を表4のとおりとした。

#### 2) 検証結果 (水質)

▶ 放流口付近でT-N濃度が微増したが、湾全域に影響することはなく、Chl. aにはほとんど影響しなかった。

表4 “下水処理水の放流調整”の設定条件

方策	下水処理水の放流調整
条件	下水処理場から海域へ放流される負荷の濃度を変更
設定方法	窒素及びりん負荷量を無機態窒素：20mg/L、無機態りん：2mg/Lとする（図13参照）。
期間	10月1日～11月30日に実施
設定根拠	負荷の濃度は、排水基準



計算対象の位置

図13 放流調整による濃度の設定条件

下水処理水の放流調整で、T-N負荷は増加するが、T-P負荷はほとんど変化なし。

放流口付近でT-N濃度が微増したが、湾全域には影響しない。

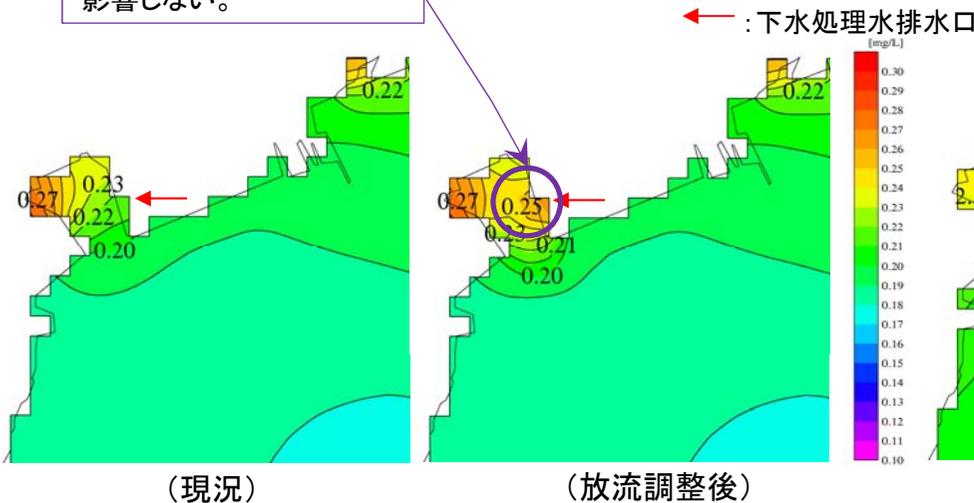


図14 水質中のT-N濃度の計算結果(11月平均、第1層)

ほとんど変化なし。

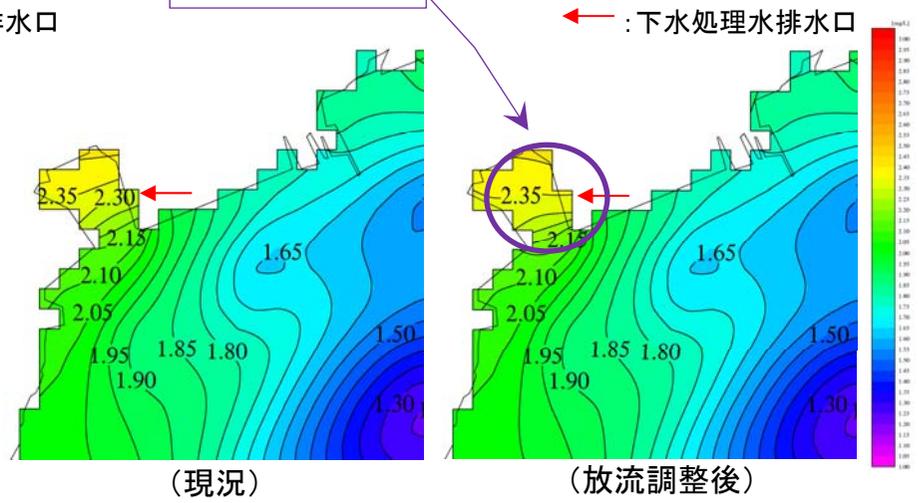


図15 水質中のChl. aの計算結果(11月平均、第1層)

## 2. 管理方策の検証方法と結果

### (4) カキ養殖量の調整

#### 1) 設定条件

本方策における設定条件を表5のとおりとした。

#### 2) 検証結果（底質及び水質）

- ▶ 初期養殖量を減らすほど底質間隙水中の硫化水素は減少する傾向がみられたが、底質のT-N濃度及び硫化物濃度は微減する程度であった。
- ▶ 水質のChl. aは、初期養殖量を1.50倍にすると湾中央部を中心に微減し、0.50倍にすると湾奥を中心に微増する傾向がみられた。

表5 “カキ養殖量の調整”の設定条件

方策	カキ養殖量の調整	
条件	現況に対し、カキ現存量を変更する。	
設定方法	全カキ筏ボックスにおけるカキ漁獲量は変化させずに、カキの初期養殖量を以下のように変化させて計算する。	
計算ケース		係数
	ケース①	1.50倍
	ケース②	1.25倍
	ケース③	0.75倍
	ケース④	0.50倍
期間	全期間	

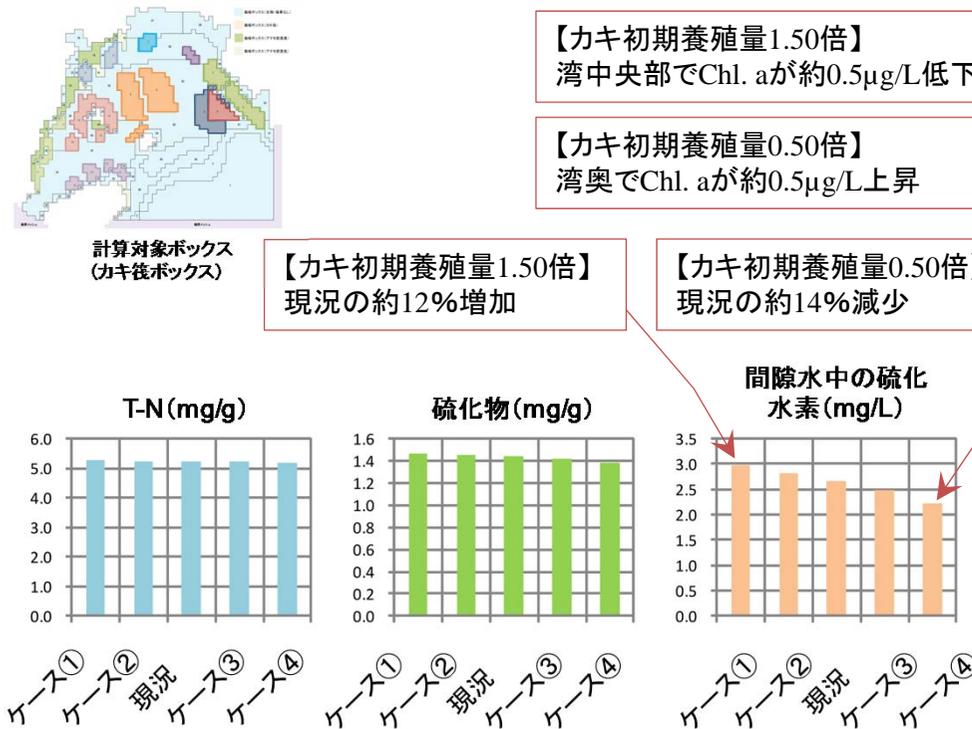


図16 底質成分の計算結果(ボックス7、8月、0~3cm層)

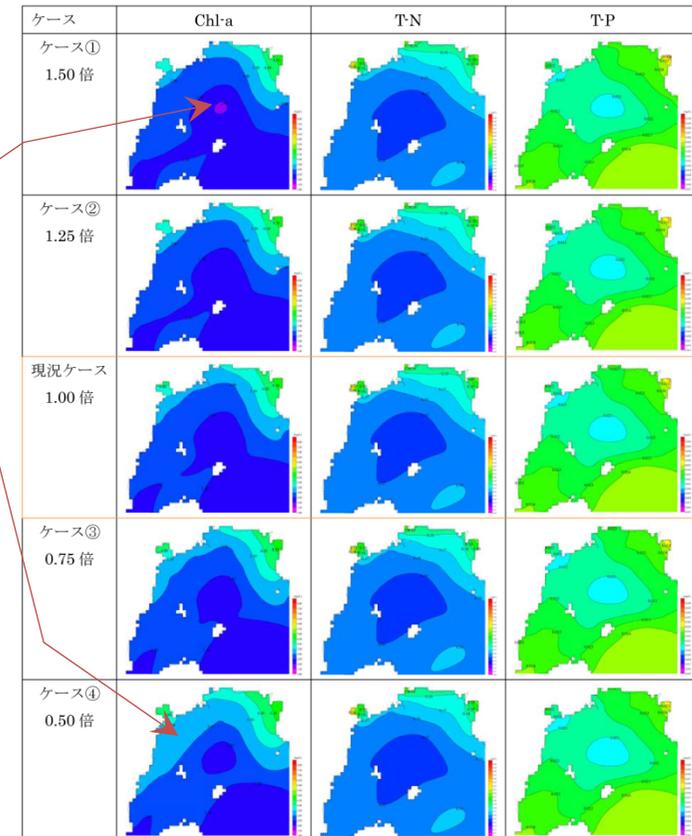


図17 湾内の水質変化(10月平均値、第1層)

## 2. 管理方策の検証方法と結果

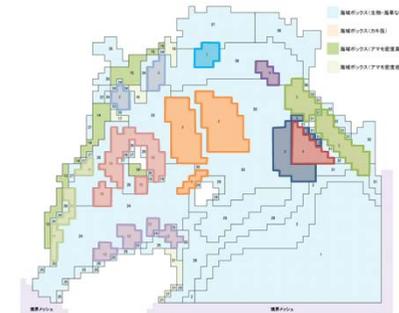
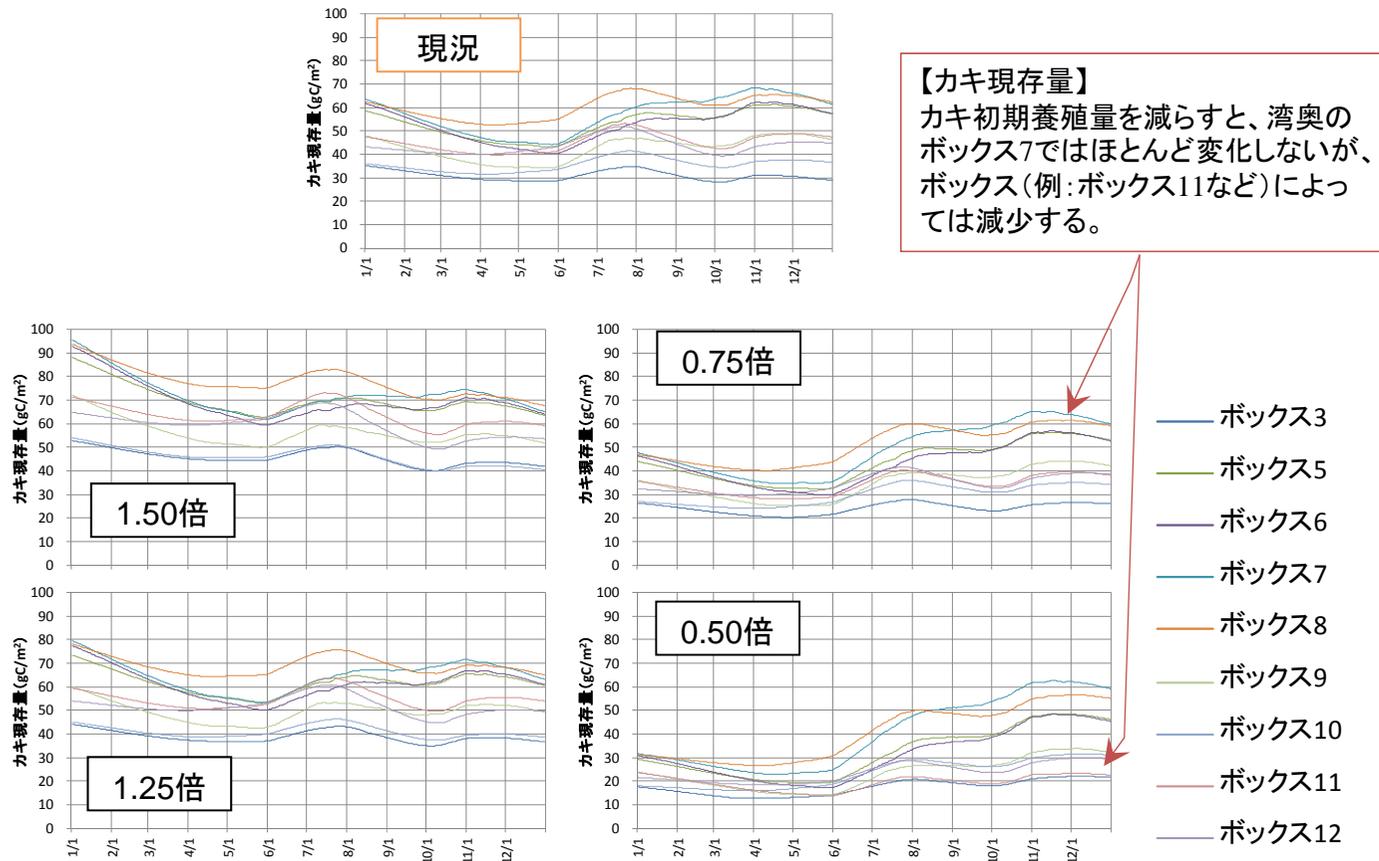
### (4) カキ養殖量の調整

#### 2) 検証結果（カキ現存量）

- ▶ 湾奥では、初期養殖量を減らしても、カキの現存量はほとんど変化しなかった。
- ▶ 湾奥以外では、初期養殖量の増減に応じて、カキの現存量も増減した。

表5 “カキ養殖量の調整”の設定条件

方策	カキ養殖量の調整	
条件	現況に対し、カキ現存量を変更する。	
設定方法	全カキ筏ボックスにおけるカキ漁獲量は変化させずに、カキの初期養殖量を以下のように変化させて計算する。	
計算 ケース		係数
	ケース①	1.50倍
	ケース②	1.25倍
	ケース③	0.75倍
	ケース④	0.50倍
期間	全期間	



計算対象ボックス  
(カキ筏ボックス)

図18 カキ現存量の経時変化

## 2. 管理方策の検証方法と結果

### (4) カキ養殖量の調整

#### 2) 検証結果（カキの成長）

➤ 初期養殖量が少ないほどカキの身入りは良くなり、ボックス7（湾奥部）で顕著に良くなった。

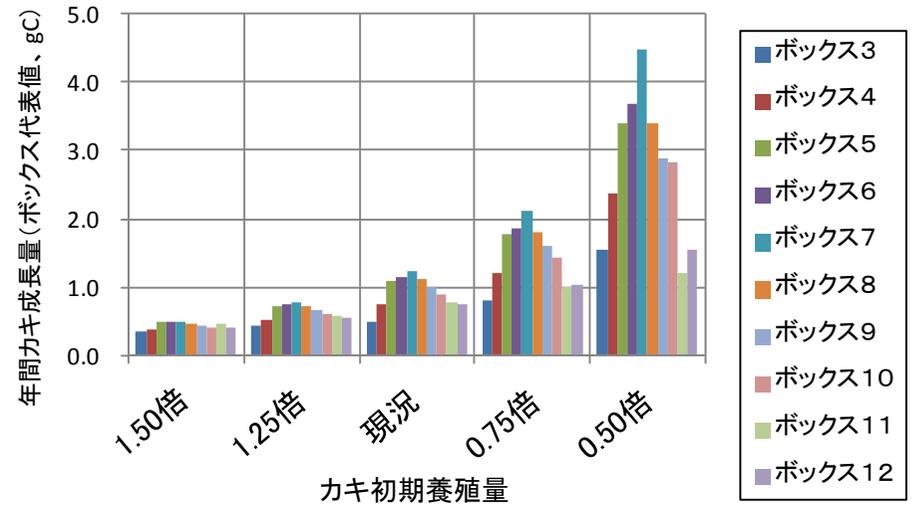


図20 規格化した個体数あたりのカキの年間成長量

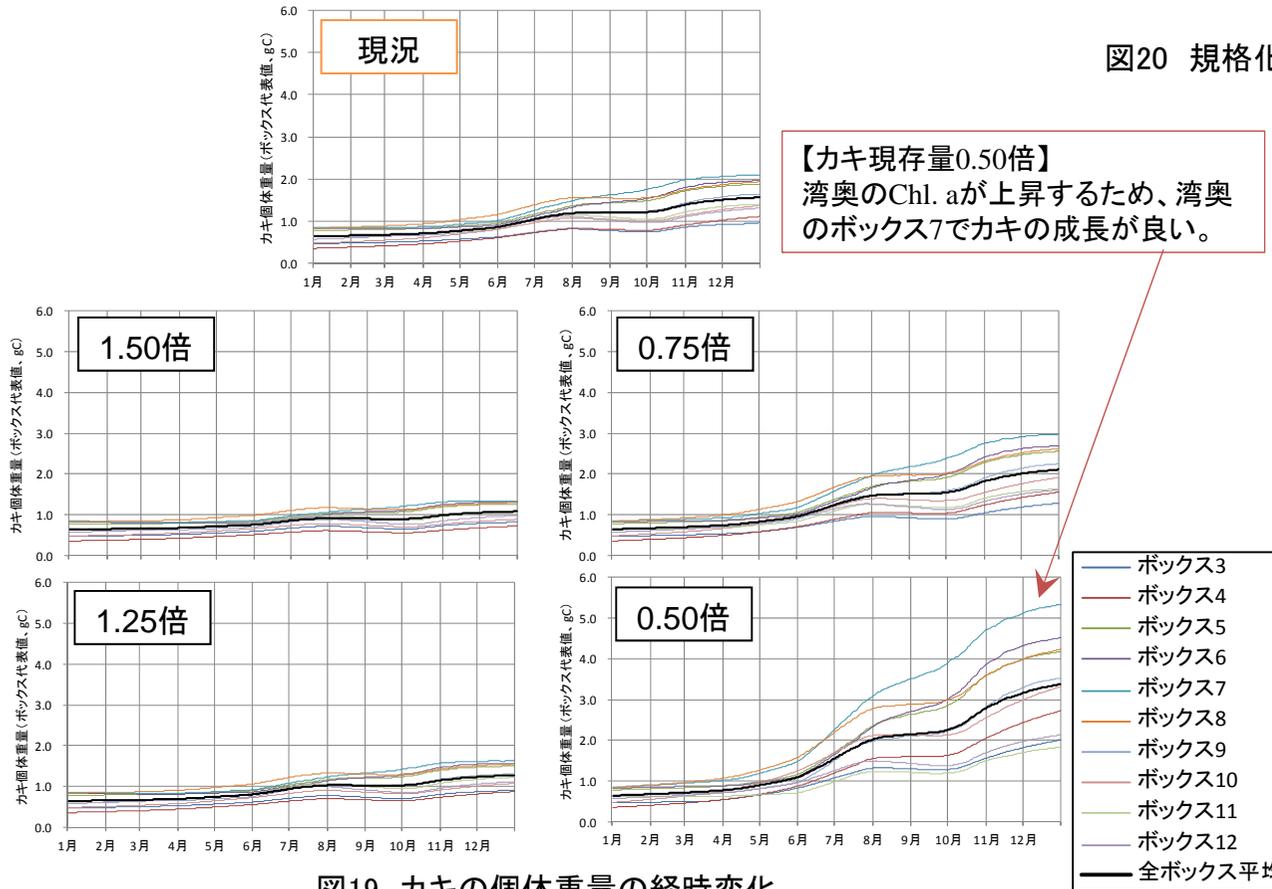
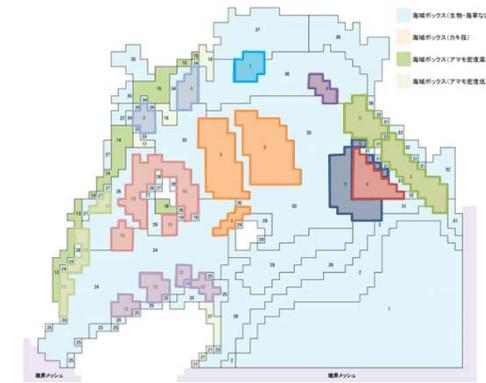


図19 カキの個体重量の経時変化



計算対象ボックス  
(カキ筏ボックス)

(注意)  
本モデルは、現存量モデルであり、  
個体モデルではないため、カキの  
個体重量や成長量は、あくまでも  
概算値である。