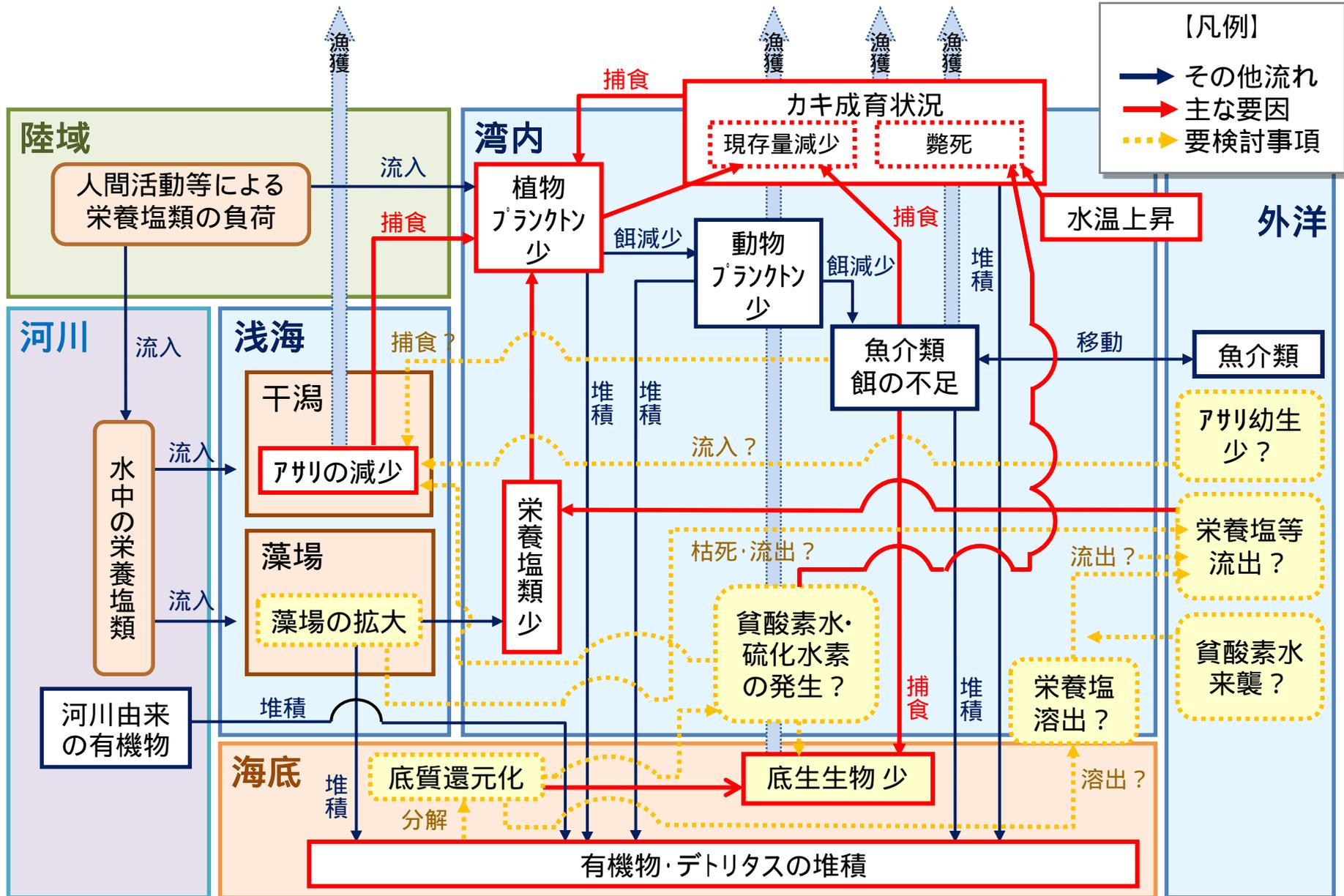


(3) 平成24年度の実施内容について

# 1. 三津湾におけるインパクト・レスポンスフロー



## 2. 三津湾における物質循環の不健全化の要因(平成23年度検討)

### 不健全な事象

栄養塩類は、他の海域に比べて過多・過小の傾向はみられない。

赤潮、貧酸素水の発生も、確認されていない(貧酸素は過去10年に1度だけ確認)。

**湾内クロロフィルa濃度が周辺海域に比べて低い**： 秋季、冬季とも低い傾向にある。

**底質の部分的悪化**： St.2(浄化センター前)とSt.5(養殖場)で、底質の悪化を確認。

ただし、情報収集と冬季調査結果からは、それに伴う栄養塩溶出や貧酸素水塊の発生、硫化水素の発生は確認されていない。

**カキ現存量の減少**： ヒアリング等の結果、秋季の斃死や食害、小粒化が報告されている。

### 平成23年度結果より推察される不健全化の要因

#### 【湾内クロロフィルa濃度が周辺海域に比べて低い 植物プランクトンの存在量が少ない】

- ・可能性 : 栄養塩類が、植物プランクトンに利用される前に湾外に流出してしまう(流れの特性)。
- ・可能性 : カキ養殖量と餌となるプランクトンの量のバランスがとれていない。

#### 【底質の部分的悪化 底質への有機物の蓄積】

- ・可能性 : セディメントトラップの結果より、カキ筏からの沈降物が堆積している可能性がある。(セディメントトラップの捕捉量は、1~2年ものの筏に比べ、3年もの養殖の筏で多い)

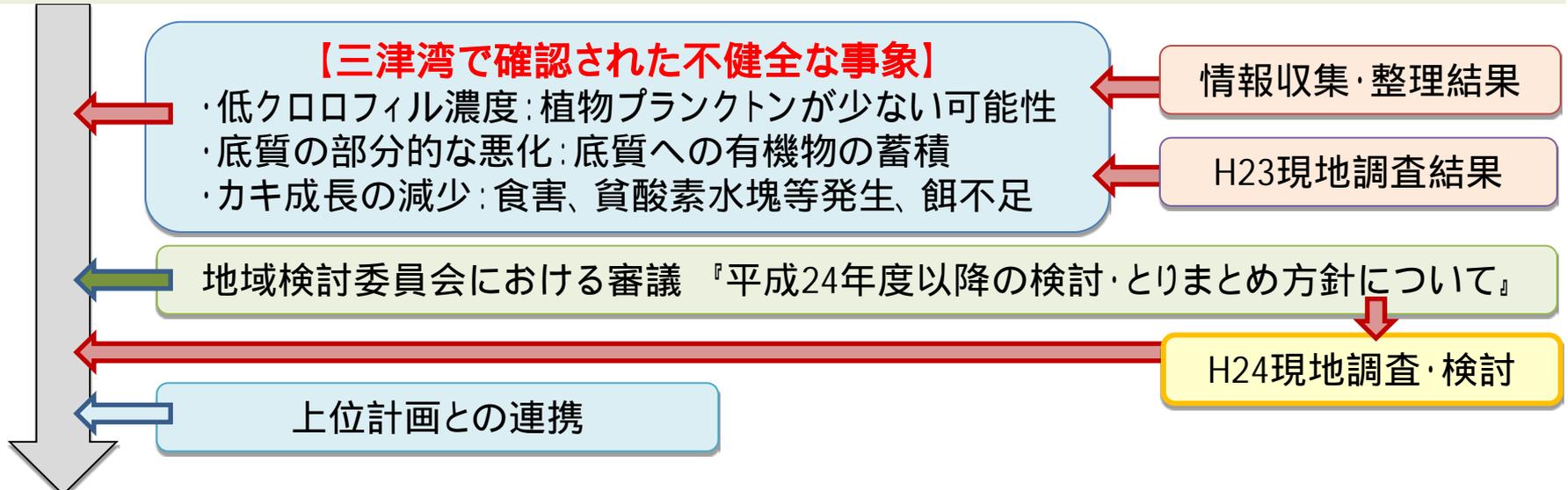
#### 【カキ現存量の減少 食害、底質悪化に伴う貧酸素水塊や硫化水素の発生、餌不足】

- ・可能性 : 秋季調査のビデオカメラの映像から、ウマヅラハギやクロダイなど二枚貝の捕食者が周囲に生息していることを確認。食害が発生している可能性がある。
- ・可能性 : 底質の悪化により夏季などに貧酸素水塊や硫化水素が発生し、中~下層のカキが斃死している可能性がある。
- ・可能性 : 植物プランクトンの減少により、餌が不足している可能性がある。

# 3. 今後の検討・とりまとめ方針(案)

【統括委員会における健全化基本方針(案)】

【底質環境の改善と基礎生産力の向上による物質循環健全化】



## 三津湾における物質循環の解析

夏季の調査結果やモデル構築の成果より、三津湾における物質循環を解析。

## 三津湾における健全化目標の設定

上位計画との整合性を確認しながら、基本方針(案)を基に、**三津湾における健全化目標を検討**

## 物質循環バランスの向上に向けた方策メニュー選定

「対処すべき要因」を整理した上で、改善をめざす因子を抽出し、事例や文献等の既往知見を参考に、物質循環バランスの向上に向けた方策メニューを選定。実証試験を実施。

## 4. 三津湾の健全化に向けた基本方針(案)

### 【統括委員会における健全化基本方針(案)】

底質環境の改善と基礎生産力の向上による  
物質循環健全化

陸域からの流入負荷に大きな変化はなく、  
また、変化との関連性も確認できていない。

三津湾の健全化には、主に海域利用との関わり  
や共生の方向性を探ることが、重要な課題となる。

基本方針である「底質環境の改善」と「基礎生産力  
の向上」に、海域利用の視点を追加した。

### 【地域検討委員会における健全化基本方針(案)】

三津湾の海域利用と連携した  
底質環境の改善と基礎生産力の向上による物質循環健全化

### 【平成24年度以降の実施内容】

- ・現地調査：春季、夏季の状況把握、不健全化の要因の解明に向けた不明事項の把握
- ・検討：春季、夏季の調査結果、モデル構築の成果による、三津湾の物質循環の解明
- ・実証試験：耕耘とカキ殻を用いた底質改善など、基本方針(案)踏まえた実証試験実施
- ・対策立案：実証試験結果を踏まえ、三津湾に効果的な対策を立案

## 5. 平成24年度の調査計画(案)

### (1) 把握状況と課題点

項目	平成23年度結果	課題	対応策
栄養塩の挙動	他海域と差異がない。	今年度は雨が多く、窒素負荷等が例年より高くなった可能性がある。	今年度の公共用水のデータを確認し、評価する
植物プランクトン (クロロフィルa)	栄養塩はほとんど差異がないが、クロロフィルaは若干低い	植物プランクトンが利用する前に、湾外へ栄養塩が流出している可能性がある。	モデルによる検討 栄養塩の流出速度と植物プランクトンの利用速度の関係
貧酸素水塊の把握	水塊が鉛直混合し、貧酸素水塊は確認できず(公共用水域でも湾内は確認されていない)	貧酸素水塊の小規模な発生や、湾内への一時的な来襲が可能性として考えられる。	貧酸素水塊が発生しやすい夏季の状況を把握
食害の状況	食害魚のクロダイ、コモンフグ等の存在を確認	夏場にナルトビエイの食害の可能性はある。	夏季における水中ビデオカメラによる食害状況の確認
		モデルへの反映。	食害の定量化や水温との関係性等を検討する必要がある。
アマモ分布調査	ヒアリングのみ	物質循環に大きな影響を与える可能性がある。	ヒアリング結果より、水中ケーブカメラで分布状況を把握する。

## (2) 課題の解決に必要な平成24年度の調査計画(案)

【今年度から継続する調査項目】

項目	調査内容	地点	時期	調査層	優先度(案)
水質調査	採水し、分析室にて各形態の窒素、リン及び珪酸塩を測定する。	St. 1, 5, 6, 7	春季、夏季	表層、下層	
	採水し、分析室にてCOD、TOCを測定する。	St. 1, 5, 6, 7	春季、夏季	表層、下層	
貧酸素水塊の把握	多項目水質計で、水温、塩分、DO、Chl. aの鉛直分布を測定する。	St. 1～12	春季、夏季	表層、下層	
流況調査	下層に流速計を設置し、15昼夜連続で流速、流向の挙動を把握する。	St. 1, 5, 6, 7	夏季 (15昼夜連続)	表層、下層	
底質調査	堆積物を採取し、分析室にて粒度組成、含水比、T-N、T-P、COD、TOC、硫化物を測定する。	St. 2, 3, 4, 5, 6	春季、夏季	表層泥 (2層)	
	堆積物を採取し、現場にて硫化水素を検知管で測定する。	St. 2, 3, 4, 5, 6	夏季	表層泥 (2層)	
生物調査	堆積物を採取し、分析室にてベントスの出現種、個体数、優占種を分析する。	St. 2, 3, 4, 5, 6	春季、夏季		
	海水を採取し、分析室にて出現種、個体数(細胞数)、優占種を分析する。	St. 1, 5, 6, 7	春季、夏季	植物プランクトンは、 表層、下層	
底質を介した物質の移動	堆積物をコアで採取し、夏季における底質の酸素消費速度を算出する。	St. 2, 3, 4, 5, 6	夏季	DOメーターによる 測定	
	堆積物をコアで採取し、夏季における底質からの栄養塩の溶出速度を測定する。	St. 2, 3, 4, 5, 6	夏季	現場海水条件	
食害調査	養殖筏の下に水中ビデオカメラを設置し、食害魚の有無、行動をビデオで把握する。	St. A	春季	1地点 (食害が大きな地点)	
セディメントトラップ調査	1年物、3年物の筏の下にセディメントトラップを設置し、分析室にて沈降物のT-N、T-P、TOCを測定する。	St. 5, St. B	夏季	カキ養殖場直下	

## (2) 課題の解決に必要な平成24年度の調査計画(案)

### 【来年度の実施を検討すべき調査項目】

項目	調査内容	地点	時期	調査層	優先度(案)
貧酸素水塊の把握	下層にDO計を設置し、15昼夜連続でDOの挙動を把握する。	St. 1, 5, 6, 7	夏季 (15昼夜連続)	下層	
アマモ分布調査	水中ビデオカメラにて、アマモの分布状況を把握する。	ヒアリング結果より選定	春季		
アサリの浮遊幼生調査	海水を大量に採集して、ネットでろ過し、分析室にてアサリの浮遊幼生の個体数を分析する。	St. 1, 5, 6, 7	春季	表層(?)	
河川の水質調査	河川(下水処理場を含む)において採水し、分析室にて各形態の窒素、リンを測定する。	各河川及び下水処理場	春季、夏季		
堆積速度調査	堆積物がヘドロ化した年代を把握するために、 $^{210}\text{Pb}$ (又は $^{137}\text{Cs}$ )で堆積速度を測定する。	St. 2, 3, 4, 5, 6	採泥済み	今年度(H23)に採泥した柱状堆積物	

今年度実施した調査項目も含めて、実施の優先順位を検討

### (3) 想定される実証試験(案: 1 / 2)

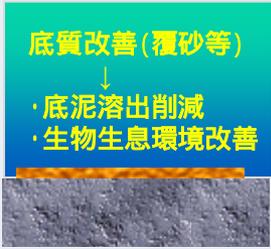
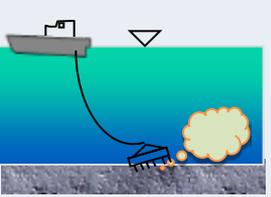
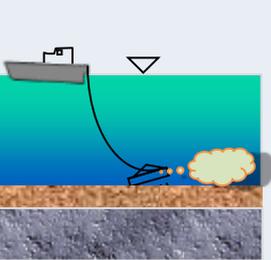
項目	実験方法	長所	短所
<p>局所的な底質悪化地区における底質改善効果実験</p> <p>本年度調査において局所的な底質の悪化が確認されている。</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>室内実験にて底泥にカキ殻を混合、底質改善効果を測定する。(酸素消費速度、溶出速度・量を測定し効果を評価する。)</li> <li>現場に実験区と対照区を設け、実験区にカキ殻を耕耘によって既存底泥に混合し、底質を改善することによる効果を把握する。</li> <li>対照との比較で効果を評価する。</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>地産地消となる。</li> <li>カキ殻を覆砂材として利用できる可能性がある。</li> <li>効果の持続性が期待できる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>実海域(カキ 棚直下)での適応の場合、施工方法に工夫が必要。</li> <li>底質がどの程度物質循環に影響しているかが不明(特に夏季)。</li> </ul>
<p>ナマコを利用した底質改善効果の検証</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>室内実験にてナマコの捕食による底質改善効果を測定する(実験開始前後の底泥中の有機物量等を測定し、効果を評価する。)</li> <li>現場(カキ棚直下付近)にナマコ礁を設置し、稚ナマコの生息場を確保するとともに、成長したナマコによる底質改善効果を推算する。</li> <li>実験開始前後、対照と比較する。</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>地産地消となる。</li> <li>カキ殻をナマコ礁として利用できる可能性があるとともに、ナマコの安定した繁殖が期待できる。</li> <li>底質の酸素消費、栄養塩の溶出が抑制できる可能性がある。</li> <li>ナマコを漁獲することによって栄養塩の系外除去が可能となる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>安定した底質改善効果を得るためには、ナマコの繁殖が一定量で安定確保出来ることが前提となるものの、ナマコの繁殖は年変動が大きいことが知られており、人為的なコントロールが難しい。</li> </ul>
<p>アマモの施肥効果の検証</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>室内にてアマモの前処理別、水温別等の条件毎に、分解による栄養塩の溶出状況を把握する。</li> <li>モデルによって、どの程度のアマモを分解させ、三津湾の物質循環に寄与できるかを推測する。</li> <li>現場にアマモを網袋等に入れて、分解・溶出する栄養塩を測定し、対照と比較する。</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>実用段階においては、漁業者でも対応可能。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>アマモは炭素率が高く、セルロースが残る為、分解速度が遅いことが考えられる。</li> <li>実海域でどの程度物質循環に影響するかが不明。</li> <li>実用段階の実施方法の検討が必要。</li> </ul>

### (3) 想定される実証試験(案: 2 / 2)

項目	実験方法	長所	短所
下水処理場 運営管理	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 一次処理水等を流したケースにおける栄養塩の物質循環をモデルで推測する。</li> <li>2. 推測後、効果がありそうであれば、一次処理水を流し、現場調査を行う。</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・人為的にコントロールしやすい。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・処理場での一次処理水等の場合、溶存無機態の窒素、リンがどの程度供給されるか不明。</li> <li>・湾内環境への影響が不明。</li> <li>・行政的な調整が必要。</li> </ul>
養殖筏の運営管理	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. モデルで、カキ養殖を実施していない場合の基礎生産量を推測する。</li> <li>2. 推測したデータからモデルによって適正なカキ養殖筏数を推測。</li> <li>3. 推測される養殖筏を実験区で実施し、対照区と養殖状況を比較する。</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・筏数を減少させることで、カキの餌料環境を改善し、小粒化を回避する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・養殖生産量に影響が及ぶ可能性も考えられる。</li> </ul>
食害対策の 実証実験	<p>カキの養殖レンに網を被せ、被せていないレンとの比較から、カキの養殖状況を比較する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・食害魚の影響が少なくなり、三津湾の栄養塩の除去(収穫)が進む。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・作業が漁業活動に影響を及ぼす可能性も考えられる。</li> </ul>

## 6. 対処すべき要因と方策メニューのイメージ(1/4)

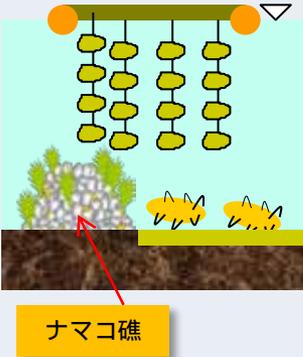
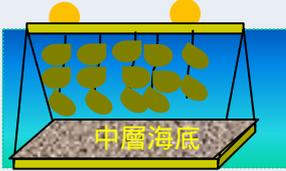
- 底質の改善や基礎生産力の向上により、底質に蓄積する物質の物質循環を通じた利用促進を図る。

No.	方策メニューの概要	イメージ図	検証項目	メリット	デメリット	健全化の方向性
1	<p><b>底質環境の改善</b></p> <p>【覆砂】</p> <p>覆砂により底質改善を行い、底泥からの栄養塩の溶出および貧酸素水塊形成を抑制する。</p>	 <p>底質改善(覆砂等) ↓ ・底泥溶出削減 ・生物生息環境改善</p>	<p>底泥からの栄養塩の負荷抑制効果</p> <p>底泥による酸素消費抑制</p> <p>生物の生息状況変化</p>	<p>覆砂材として、養殖廃材であるカキ殻や鉄鋼スラグ材の有効利用</p> <p>短期的に効果が得られる</p>	<p>効果を出すにはある程度の事業規模が必要</p> <p>覆砂材が底泥に埋没する可能性がある</p> <p>覆砂材の下の底泥環境が現状より悪化する可能性がある</p>	<p>底質を介する栄養塩供給の健全化</p> <p>底質に由来する負荷の抑制</p>
2	<p>【海底耕耘】</p> <p>海底を耕耘することにより、底質の分解を促進。</p> <p>漁業者が昔から漁場改善手法として実施。</p>		<p>水質、底質の変化</p> <p>生物の生息状況変化</p>	<p>地元漁業者との連携が図れる</p>	<p>効果が不明確</p> <p>効果の持続性が短い</p> <p>一時的に水質が悪化する可能性がある</p>	<p>底質を介する栄養塩供給の健全化</p> <p>物質移動の円滑化</p>
3	<p>【底質改善】</p> <p>注)方策メニューNo1と2の組み合わせ</p> <p>海底耕耘を行う際に、底質改善材を海底泥と混合させ底質組成の改良、底質からの負荷の抑制。</p> <p>底質改善材にカキ殻や鉄鋼スラグ等のリサイクル材の有効活用。</p>		<p>底質浄化効果</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・酸性土壌の中和効果</li> <li>・硫化水素とリンの吸着効果</li> <li>・貧酸素水塊の解消や赤潮発生の抑制</li> </ul> <p>生物の生息状況変化</p>	<p>底質表層だけの改善と異なり、現況の底泥環境を改善できる</p> <p>効果の持続性が長期にわたって期待できる</p> <p>地元養殖場から発生する廃材であるカキ殻の有効活用が可能</p> <p>カキ棚直下の底質改善に適している</p>	<p>実海域(カキ棚直下)での適用の場合、施工方法に工夫が必要</p>	<p>底質を介する栄養塩供給の健全化</p> <p>物質循環の円滑化</p>

# 6. 対処すべき要因と方策メニューのイメージ(2/4)

No.	方策メニューの概要	イメージ図	検証項目	メリット	デメリット	健全化の方向性
4	<b>底質環境の改善</b> 【ストレーナー利用による底質改善】 多孔質のストレーナーを底質に貫入させ、底質中の有機物分解を促進(間隙水の交換)		水質、底質の変化 ストレーナーを通じた溶出量	底質の表層だけでなく、より下層における有機物の分解の促進が期待できる	実海域での利用実績がない 底質からの溶出による負荷量が過剰になる可能性がある	底質を介する栄養塩供給の健全化 物質循環の円滑化
5	<b>基礎生産力の向上</b> 【貝殻(カキ殻、ホタテガイ殻)を用いた覆砂効果試験】 地元養殖場から発生する廃材である貝殻を用いて覆砂を実施し、底質環境を改善すると共に底質からの負荷を抑制		覆砂材の厚さ 覆砂材の素材等に関する条件(貝殻の種類、破砕度) 水質、底質の変化	短期的に効果があらわれる 地元養殖業から発生する廃材を利用しており、地元との連携が図れる	カキ殻使用の法的制限の有無 効果を出すにはある程度の事業規模が必要か 覆砂材が底泥に埋没する可能性がある	底質を介する栄養塩供給の健全化 底質に由来する負荷の抑制
6	<b>【浚渫】</b> 底質に蓄積する有機物を浚渫により除去し、底質環境を改善		小規模な浚渫を行い対照地区と比較 浚渫厚さ 水質、底質の変化	湾内に堆積する負荷源を直接除去	事業費が高い 効果不明(継続性も含め) 浚渫土砂の処理が必要	底質を介する栄養塩供給の健全化 底質に由来する負荷の抑制
7	<b>【曝気】</b> 曝気装置を海底に設置し、海水の攪拌を促進し、底質環境を改善 現時点で貧酸素水塊の発生は確認されていない		水質、底質環境の変化(夏季成層構造の変化) 曝気装置の設置・運用に係る課題	貧酸素水の発生を抑制(嫌気状態による底泥からの溶出の抑制) 海水攪拌の促進(底層から表層への物質移動促進の可能性)	装置設置の初期費用及び維持のための管理費用の負担が大きい	底質を介する栄養塩供給の健全化 物質循環の円滑化

# 6. 対処すべき要因と方策メニューのイメージ(3/4)

No.	方策メニューの概要	イメージ図	検証項目	メリット	デメリット	健全化の方向性
8	<p><b>底質環境の改善</b></p> <p>【生物を利用した底質環境の改善】</p> <p>ナマコ礁を設置し、稚ナマコの生息場を確保するとともに、ナマコの成長による底質改善、栄養塩循環の円滑化を行う</p>	 <p>ナマコ礁</p>	<p>底泥中の有機物含有量およびナマコ生息個体数の変化</p> <p>対策効果のモニタリング: 対策開始前後および対照区との比較</p>	<p>カキ殻等をナマコ礁として利用できる</p> <p>底質の酸素消費、栄養塩の溶出が抑制できる可能性がある</p> <p>ナマコを漁獲することによって栄養塩の系外除去が可能となる</p>	<p>ナマコの繁殖は年変動が大きいことが知られており、人為的なコントロールが出来ない</p>	<p>底質を介する栄養塩供給の健全化</p> <p>物質循環の円滑化</p>
9	<p><b>基礎生産力の向上</b></p> <p>【中層海底の設置試験: 二枚貝養殖筏直下に集積する有機物の分解促進】</p> <p>二枚貝養殖筏直下に中層海底を設置し、沈降する有機物の分解を促進</p>	 <p>中層海底</p>	<p>海底への有機物堆積量</p> <p>中層海底における堆積物の分解状況</p> <p>中層海底設置・運用に係る課題</p>	<p>地元漁業者との連携を図れる</p>	<p>湾奥から湾中央の底質への影響が不明</p>	<p>底質を介する栄養塩供給の健全化</p>
10	<p><b>【養殖筏への付着生物のバイオマス利用】</b></p> <p>養殖筏に付着する生物を地域でバイオマス利用(貝殻覆砂、肥料等)することにより、湾内から陸域への物質除去量を増加</p>	 <p>付着生物のバイオマス利用</p>	<p>付着生物回収から利用までのコスト・労力</p> <p>肥料としての有効性</p>	<p>地元住民との連携を図ることができる</p>	<p>事業としての継続性の確立が困難(地元需要との適合性)</p>	<p>系外除去と湾内から陸域への物質循環の強化</p>

## 6. 対処すべき要因と方策メニューのイメージ(4/4)

No.	方策メニューの概要	イメージ図	検証項目	メリット	デメリット	健全化の方向性
11	<p><b>基礎生産力の向上</b></p> <p>【天然藻場の海藻バイオマス利用(海域)】</p> <p>アマモを回収し、湾内への栄養塩供給のために利用(海域への施肥)</p>	 <p>回収</p> <p>陸域で肥料等に利用</p>	<p>海藻類の回収から肥料利用までのコスト・労力</p> <p>肥料としての有効性</p>	<p>地元NPOの植林活動等、地域の活動との連携を図れる</p> <p>環境学習プログラムとしての活用</p>	<p>事業としての継続性の確立が困難(地元需要との適合性)</p>	<p>海域への栄養塩供給と物質循環の強化</p>
12	<p>【下水道の運用管理】</p> <p>放流水質、量の調整による栄養塩の供給</p>		<p>水質、底質、基礎生産量の変化</p> <p>環境保全との両立</p>	<p>既往施設の活用</p>	<p>湾奥から湾央の水質や生態生物環境等への影響が不明</p>	<p>海域への栄養塩供給と物質循環の強化</p>