

三津湾地域ヘルシープランの概要（1）

海域の物質循環健全化計画三津湾地域検討委員会・環境省

健康診断の内容

1. ヘルシープラン策定の背景と目的

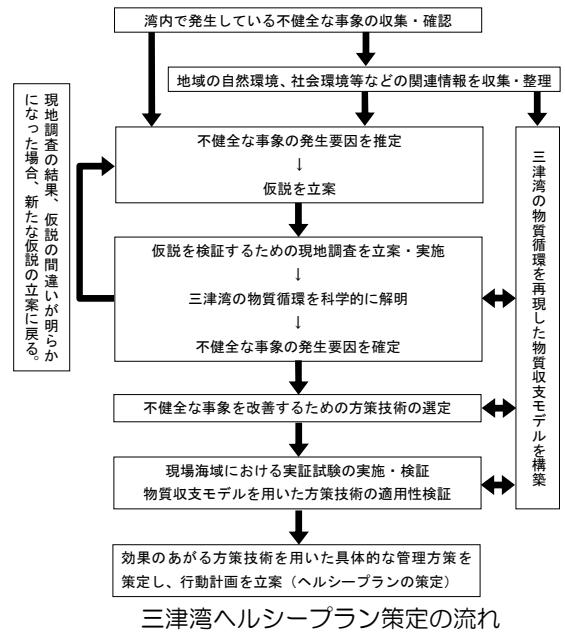
広島県東広島市地先に広がる三津湾は、養殖カキをはじめ、多くの海の恵みを人間生活にもたらしている。

窒素やりんなどの栄養塩類は、形を変えながら、陸・海域を循環（物質循環）することで、海の恵みを支えている。

近年、不健全な事象（例：カキの小粒化など）が発生し始めていると懸念されるようになった。

三津湾では、湾全域で調査が行われたことがなく、不健全な事象が物質循環の滞りに起因するのかわからなかった。

物質循環に関する現地調査を実施して、不健全な事象の要因を科学的に診断し、管理方策の策定と将来の行動計画を立案する必要があった（右図）。



三津湾ヘルシープラン策定の流れ

2. 三津湾地域の特性

【三津湾の地形的・地理的特徴（右上図）】

・瀬戸内海中央部で南に開口し、奥行き 3.4km に対して湾口の幅が 5.6km あり、開放的な湾である。

【環境特性の変遷（右下図）】

- ・流域の人口：1947 年をピークに緩やかに減少
- ・陸域から栄養塩類の流入負荷：
 - 全窒素は横ばいないし減少、全りんは増加傾向
- ・沿岸域の社会的状況：1970 年代以降ほとんど変化なし
- ・水温：過去 40 年間、緩やかに上昇
- ・湾内水中の栄養塩類：
 - 近年 15 年間に全りんが微増したことを除き、大きな変化なし
- ・底質：
 - 観測例がなく、広域的、長期的な変遷は不明
- ・生物：
 - アサリは激減、養殖カキは小粒化したが、アマモは数年前から急増



三津湾の地形

事象	1950年代	1960年代	1970年代	1980年代	1990年代	2000年代	現在
流域		緩やかに減少					
人口の減少							2007年3月稼働
下水道の整備							
河川				流量、BOD、全窒素が緩やかに減少、全りんが増加			
水質・流量減少							
沿岸の整備		沿岸整備の推進					
海域（環境）							
干拓		国営干拓事業の実施					
カキ養殖の展開		1960年代にかけて急速に展開、以降、収穫量は概ね横ばい					
水温上昇					周辺海域の海水温が緩やかに上昇		
水質					目立った変化なし。ここ15年程度で全りんが僅かに増加		
海域（生物）							
アサリの減少						20年ほど前に激減	
漁獲量の減少					漁獲量は、底魚類を含め減少傾向。1990年代後半から緩やかに回復		
アマモの繁茂							数年前から急増

三津湾における自然的・社会的状況の変遷

受診者の過去の生活情報

【現在までに実施された環境改善対策例】

- ・干潟造成事業：旧安芸津町（後に東広島市に編入）
- ・アサリの産地再生事業：東広島市
- ・漁場再生調査（鉄炭団子の撒布）：東広島市
- ・海浜清掃：安芸津及び早田原の両漁業協同組合が主体

3-1. 三津湾地域の課題

三津湾で懸念されていた不健全な事象は、

- ・カキの小粒化（成育不良）
- ・カキの斃死
- ・アサリの減少
- ・魚介類の減少

要因として、物質循環に関する次の問題が推定された。

【底質の悪化】

- 底質の悪化に伴う貧酸素水塊（酸素が少ない状況）の発生
- 底質の悪化による生物生息環境の劣化

【基礎生産力の低下】

- カキの餌となる生物の減少
- ⇒ 餌生物の生産に必要な栄養塩が不十分

ところが・・・
三津湾における環境情報は乏しい。

各不健全な事象の要因の仮説を設け、検証するために、以下の詳細な情報が必要だと考えられ、詳細な現地調査（精密検査）を実施し、三津湾の物質収支モデル^{*}を構築した。

【底質の悪化】

- 底質の悪化状況
- 底質悪化の要因（メカニズム）の検討
- 底質悪化に伴う貧酸素水塊の発生状況

【基礎生産力の低下】

- 三津湾全体における海流の特徴
- 三津湾の物質循環の解明
⇒ 餌生物の源である栄養塩の状況
- 養殖カキと餌生物のバランス

^{*}物質収支モデルとは
観測データを用いて、対象海域における物質の循環、輸送特性をコンピューター上で明らかにする方法

初診

三津湾地域ヘルシープランの概要 (2)

海域の物質循環健全化計画三津湾地域検討委員会・環境省

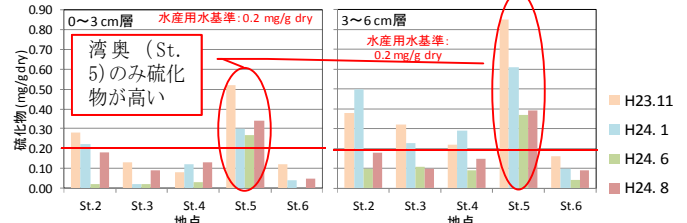
精密検査と治療方針

3-2. 三津湾の現状把握と目指すべき姿

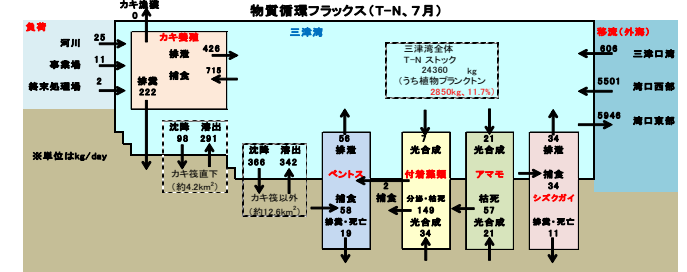
【三津湾の現状 (精密検査の結果)】

現地調査及びシミュレーションの結果

- ・海水交換の時間が短い (約 2.5 日)
- ・湾外水の影響が大きく、栄養塩類濃度は低い
- ・貧酸素水塊の発生は確認されなかった
- ・カキの摂食時期 (6~8 月以外) に餌生物が少ない
- ・湾奥の一部で底質が悪化 (右上図)



局所的な底質の悪化 (全硫化物の現地調査結果)



シミュレーションによる三津湾の再現結果

【三津湾の目指すべき姿 (治療方針)】

顕著な貧酸素水塊の発生はなく、比較的健康な状態にある。
局所的な底質悪化がみられたので、今後の環境悪化 (バランスの悪化) を予防する治療が必要である。

薬の選別

4. 三津湾地域の行動計画の立案

【目標設定】

予防的治療を施すにあたって、その目標と治療法について、関係者 (地域住民、行政、有識者など) が共通理解し、一体となって取り組むことが重要である。特に、三津湾で重要産業である養殖業との連携に留意しなければならない。

【物質循環健全化の基本方針】

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

有効な治療法として、危険が予測される海域で、“底質改善対策”を基本とし、“栄養塩不足対策*”を併用することが望ましいと考えられた。

*栄養塩不足対策を実施した場合、栄養塩が湾外に流出し、周辺海域で富栄養化の原因になることについても検討する必要がある。

【管理方策の選定の考え方】

- ・対象となる場所の特徴による制限
 - ・効果が発現する期間と持続性
 - ・簡便性
 - ・コスト
 - ・シミュレーションによる効果評価
- 上記の事項を考慮して方策を選別し、三津湾では“底質改善材 (熱風乾燥カキ殻) の鋤き込み (次ページ参照)”を採用した。

【三津湾の環境】

- 湾外水の影響が大きく、海水交換の時間が短い。
- 貧酸素水塊などが確認されず、湾全体としては相対的に良好な環境である。
- 夏季でも底生生物の生息環境は良く、底生生物の底質浄化機能は維持されている。
- 一部の海域の底質で、硫化物などが高いことから、局所的に底質が悪化している。

【三津湾の海域利用】

- ほぼ湾全体にカキ養殖筏が配置されている。

共存が必要

【三津湾の望ましい海域像】

三津湾の海域利用と共存しながら、現在の良好な環境を維持できる豊かな海

三津湾の現状と行動計画の目標設定

治療及び経過観察の方法

5. 三津湾地域の行動計画の実施手順

【行動計画を実施するには】

方策を具体的に推進するには、地域の多様な関係者が一体となり、勉強会等を設置して次への取り組みを検討することが望ましい (右図参照)。

- ・方策の検討、実施
- ・モニタリング計画の検討
- ・モニタリングの実施及び結果の評価
- ・順応的管理の考え方に基づくヘルシープランの改善

採用した方策 (次ページ参照) のモニタリング計画例を示すと

方策の施工	時期、地点など	備考
方策の施工時期	・初夏が望ましい	・筏直下の底質が悪化する前 ・カキの活性が低下する夏季及び出荷時期を外す ・筏の更新時期に実施も可能
調査位置	対策実施区及び対照区を設定	・対照区の候補地: 湾中央
調査頻度	4季 (例: 9. 11. 2. 5 月) が望ましい	・1年間継続して効果を評価する
方策効果の目標	・対照区の底質と同程度 ・底質の水産用水基準など	
モニタリング調査内容	調査項目	調査の優先度
底質調査	・泥温	◎
	・硫化物 (AVS): 検知管を用いた測定	◎
	・栄養素、りん	○
	・有機物 (COD)	○
底生生物調査	・底生生物の個体数や種類数 (1mmのフルイに残るマクロベントス)	◎
	・水質調査	◎
水質調査	・水温計を用いた水温の測定	◎
	・比重計を用いた塩分の測定 (多項目水質計による鉛直分布 (水温、塩分、DO、クロロフィルなど))	○

(注) 調査の優先度欄の◎は簡易な機器を使用する調査を示し、○はやや専門的な機器を使用する調査を示す。

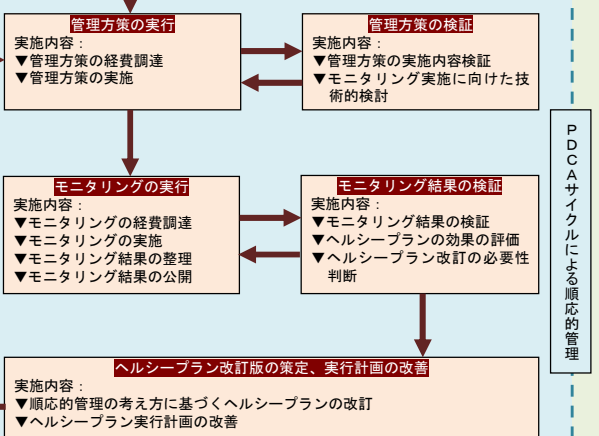
継続的な推進と順応的管理に向けて

- ・モニタリング結果の検証、評価
- ・ヘルシープラン改善の必要性の判断
- ・新ヘルシープランの改善と計画の立案、実行の実現のための協働体制を構築することが重要。

勉強会での検討

- 検討内容:
- ▼勉強会メンバーのイメージは以下のとおり
 - ▽地元自治体
 - ▽地元団体
 - ▽有識者や専門技術者
 - ▼ヘルシープランの実行に向けて協議
 - 行動計画に必要な項目は以下のとおり
 - ▽実施項目と実施工程
 - ▽具体的な実施方法 (管理方策とモニタリング)
 - ▽経費計画
 - ▽実施項目毎の主体と役割

勉強会での検討内容のイメージ



三津湾ヘルシープランの実行に向けた取り組み方法のイメージ

6. 三津湾地域における方策 (案)

方策 1 (採用された方策) : 底質改善材の鋤き込み (実証試験結果及びシミュレーションによる効果評価)

目的

底質の硫化物、底泥間隙水中の硫化水素の発生を抑制し、底質及び底生生物 (ベントス) の生息環境を改善する。

施工方法

熱風乾燥カキ殻^{*}を耕耘しながら、底泥 : カキ殻 = 2 : 1 の体積比で底泥に鋤き込む (図 1 参照)。

予想される効果 (図 2 参照)

・実証試験の結果、施工 1 か月後には、硫化水素が施工前の 82.3%、酸揮発性硫化物 (AVS) が 76.9% 減少する。
 ⇒硫化水素の減少によって底生生物の増加が期待される。
 ・シミュレーションの結果から、底質改善材 (熱風乾燥カキ殻) の効果持続期間は約 10 年と予測された。

留意・課題点

・熱風乾燥していないカキ殻では効果が不明。
 ・カキ殻養殖筏は移動が難しく、養殖筏の入れ替え時に実施する等、海面利用上の配慮が必要。

※熱風乾燥カキ殻
 400℃で熱風乾燥し、大きさ 4~7mm 程度に砕いたカキ殻片 (右写真)

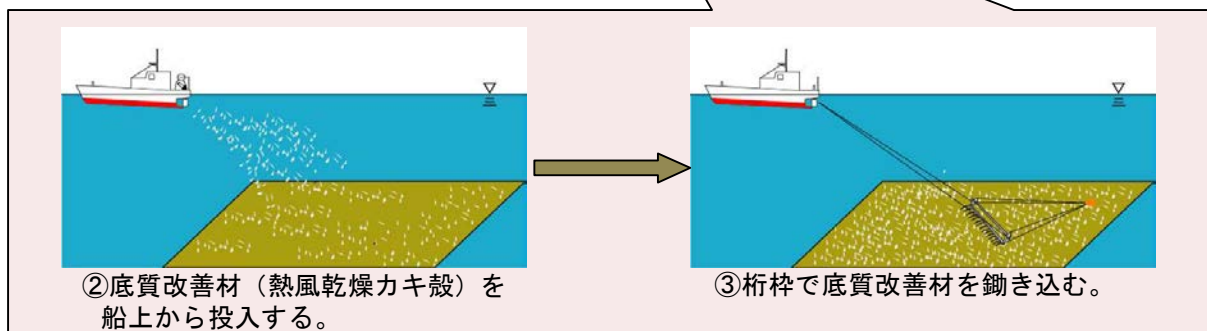


図 1 方策の実施手順 (例)

投薬方法と期待される効果

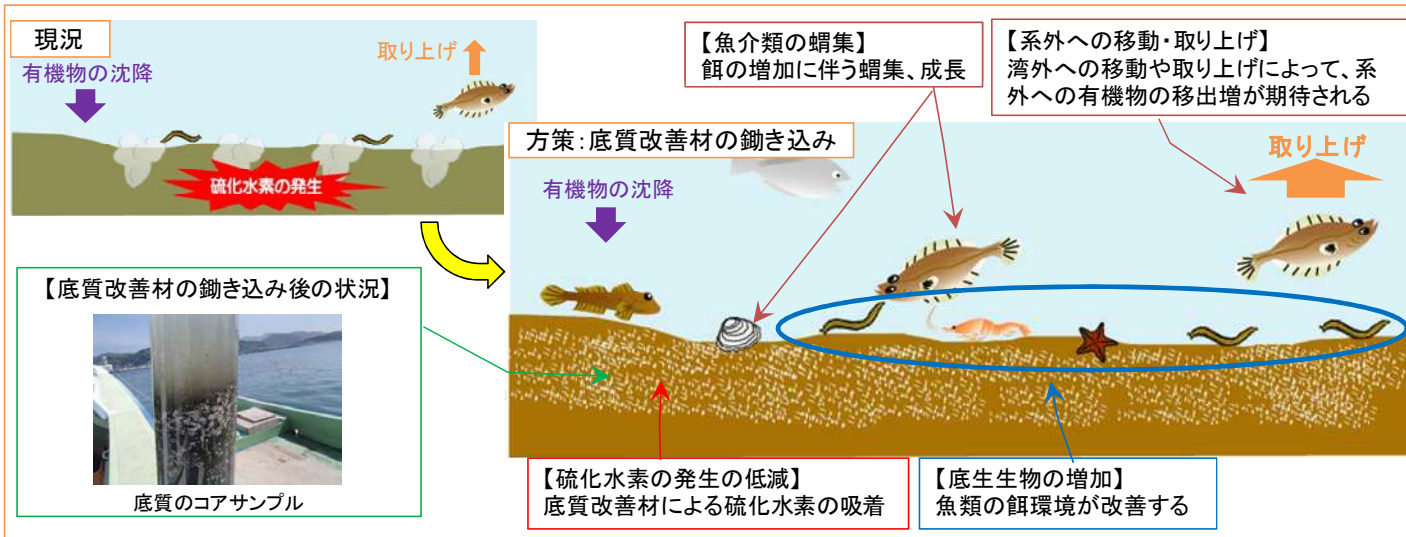


図 2 底質改善材の鋤き込みによる物質循環の健全化 (イメージ)

今後の取り組み

この方策によって、「硫化水素の吸着⇒底生生物の増加⇒魚介類の増加⇒系外への移動・取り上げの増加」が促進され、有機物の移出が増大し、**三津湾地域における物質循環が健全化する**と期待される。しかし、方策を施せば行動計画の目標が直ちに達成されるのではない。社会情勢や自然環境に配慮しつつ、方策の実施後にはモニタリング調査を重ね、新たな問題の発生が予知されたなら、順応的に方策を改善する必要がある。本ヘルシープランをきっかけに、**地域住民、行政、有識者間の共通理解が深まり、連携が強化され、三津湾の望ましいあり方が実現されるような取り組みが重要**である。

7. 参考事例（検討した他の方策）

方策 2（参考事例）：人工中層海底の設置（シミュレーションによる効果検証）

目的

カキ養殖筏から沈降する粒子をカキ養殖筏直下に設置した人工中層海底で回収する。



施工方法

カキ養殖筏の下に、人工中層海底を設置する。

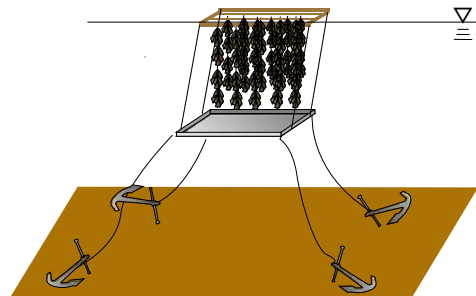


予想される効果

- ・人工中層海底による沈降物の回収率に応じて、底質及び底生生物への影響が異なる。
- ・再懸濁により、人工中層海底に回収された粒子が海底に沈降すると、底泥間隙水中の硫化水素は増加する。

留意・課題点

- ・水深が浅い場所では、設置が困難。
- ・流速が速い海域では、人工中層海底で再懸濁が起こり、回収率が悪くなる可能性がある。
- ・回収後の沈降粒子の処理。



人工中層海底の設置（イメージ）

方策 3（参考事例）：カキ養殖量の調整（シミュレーションによる効果検証）

目的

カキ養殖筏から海底への沈降負荷（排糞など）を減らす。



施工方法

カキ初期養殖量を調整する。



予想される効果

- ・初期養殖量を現在の養殖量よりも減らすと、湾奥を中心にクロロフィルaが微増する。
- ・初期養殖量を減らすと、底泥間隙水中の硫化水素は減少するが、栄養塩類は変化しない。
- ・初期養殖量を減らすと、カキの身入りは良くなる。



留意・課題点

- ・養殖業者による調整が必要。
- ・調整場所の検討が必要。
- ・地場産業振興との兼ね合い。

方策 4（参考事例）：下水処理水の放流調整（シミュレーションによる効果検証）

目的

下水処理場から栄養塩類の負荷量を増加させて、湾内の基礎生産力を向上させる。



施工方法

下水処理水を排水基準の上限で湾内に放流する。



予想される効果

- ・排水口付近では、総窒素濃度は増加するが、クロロフィルaはほとんど変化しない。
- ・湾全体への効果波及は小さい。



留意・課題点

- ・地域住民や行政などとの調整が必要。
- ・栄養塩類だけでなく、大腸菌などその他の要因に対する慎重な配慮が必要。

上記の方策について

上記の方策は、三津湾地域において

- シミュレーションの結果では、いずれも“底質改善材の鋤き込み”以上の効果は期待できなかった
- 水深などの立地条件から制約を受けるため、実施にあたっての自由度が小さい
- 検討すべき事項が多く、また社会的な調整に時間を要する

などの理由により、本ヘルシープランで採否を決定するのは時期尚早であると判断した。

ただし、本ヘルシープランに採用しなかったことは、これらの方策には効果がないということを意味するのではない。今後、他の海域を含めて、物質循環健全化に役立つヘルシープランとして実効性を発揮する可能性があるため、参考事例として記した。

なお、これらの方策を実施する際には、本ヘルシープランにおいて“底質改善材の鋤き込み”の効果判定を、シミュレーションだけでなく、実証試験によっても検討したように、**十分かつ慎重な検討及び検証が必要**である。