

底層水汲み上げ・曝気による漁場環境改善技術の開発

(佐賀県大浦沖)

- 情報発信資料 -

1. 背景と目的

大浦沖では、カキのへい死が問題となっていますが、へい死要因はよく分かっていません(貧酸素水塊も要因のひとつと考えられています)。この事業では、二枚貝の貝殻の開閉状態を調べる装置(通称「貝リンガル」)を使い、カキへい死の要因の把握を目指します。また、海水を取水し、溶存酸素(DO)を上昇させた後、放出する方式の装置(底層水混合曝気装置、以下「試験装置」)を作製し、カキ養殖場の環境改善のための技術開発を進めるものです。

2. 事業実施場所

佐賀県藤津郡太良町大浦沖のカキ養殖場(平成 17~19 年度)

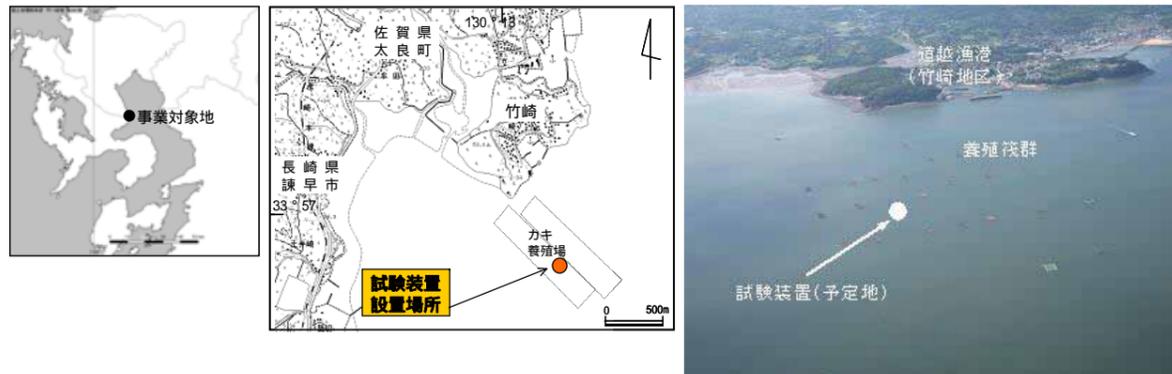


図 1 事業対象地および測点配置(模式図)

3. 平成 18 年度の成果と課題

処理量 約 20,000m³/日で底層水を取水し、水深 3m 層から放出したところ、放出水深帯より底層側で DO の上昇が確認されました。ただし、上げ潮時だけの運転だったので、連続運転による効果増大が望まれています。

4. 試験装置の改造・運用方針

これまでの実績等をもとにして、今年度の試験装置の改造・運用に関する方針を以下のとおりとします。

表 1 平成 19 年度 試験装置の改造・運用方針

項目	摘要
取・放水口	取水口：底層水取水、放出口：中層固定。鋼管製にするなど、強度の増加を図る
取・放水位置	取水層：底層側(潮位に合わせて、人為的に深度調整)、放水層：水深 3m 層(固定)
取水方式	取水口：試験装置から取水口を垂下し取水。採取深度は潮位に合わせて調整(人為的に深度調整)
処理量	約 30,000m ³ /日(参考:平成 18 年度:約 20,000m ³ /日)
運転時間	24 時間連続運転
曝気量・曝気性能	平成 18 年度 試験装置と同等以上の性能を有する
設置場所	佐賀県藤津郡太良町 大浦地先海域 カキ養殖筏群の中央
設置方式	4 点係留方式

4. 平成 19 年度 事業実施方法

試験装置の改良設計・工事を実施し、カキ養殖漁場の試験海域に設置した後、対象海域で試験装置を運転して、放出水の広がりや水質の変化などを調査します(表 2 参照)。調査の概要は以下のとおりです。

- ・養殖筏、および試験装置周辺に調査測点を設ける(図 2 参照)。
- ・連続観測、水質調査(機器計測・採水分析)、生物調査を行う。
- ・水質調査に関して：放出口周辺の DO 測定は、調査測点に固執することなく、目視などを駆使して、到達範囲を確認することに留意する。
- ・生物調査に関して：植物プランクトンのみ実施(実施時期は、赤潮発生やマガキに異常行動がみられたときなどを対象とする)。

また、試験装置の効果を予測計算(シミュレーション)するためのデータの取得も行います。なお、周辺へ悪影響を及ぼす恐れがあると判断される場合には、直ちに装置の運転を停止できる体制を取ることとします。また、赤潮プランクトン(主として *Chattonella* 属)の出現状況を監視し、一定以上の栄養細胞が確認された場合には装置を停止することとします。

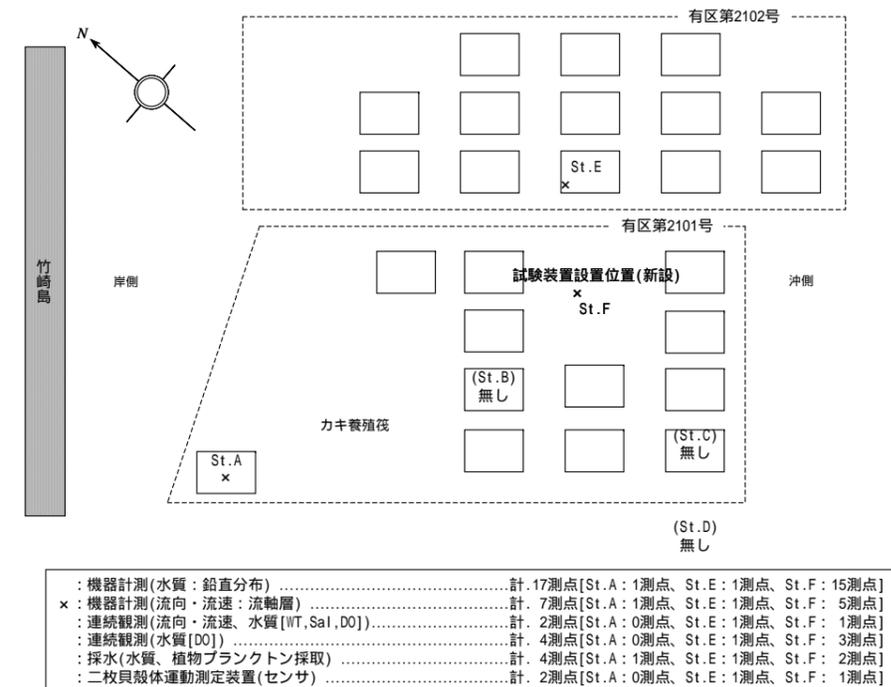
表 2 平成 19 年度 事業実施工程

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
試験装置の改良設計・工事				海上設置								
試験装置の運転				運転開始			運転停止					
現地調査												
二枚貝 殻体運動試験												
[室内実験]												
[屋外調査]												
シミュレーション												
技術資料の検討・作成												

試験装置の改良：4月～7月中旬：改良工事(大浦)、7月中旬：海上設置(大浦)
 現地調査・二枚貝殻体運動試験(屋外調査)：7月中旬～9月下旬

5. 事業のまとめに向けて

3 年間のまとめとして、事業の成果を整理して、試験装置の運用方法や、実用機の提案などを含めたとりまとめ(技術資料の作成)を行います。



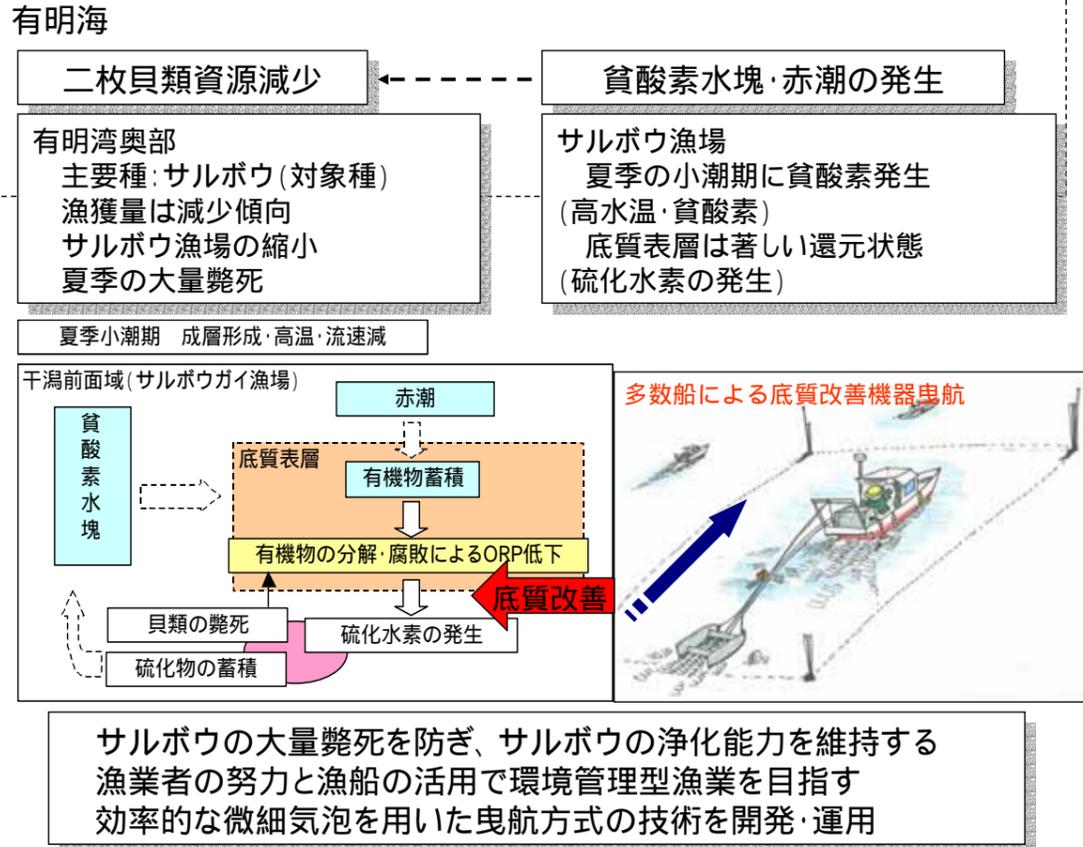
：機器計測(水質：鉛直分布)	計. 17測点[St. A: 1測点、St. E: 1測点、St. F: 15測点]
×：機器計測(流向・流速：流軸層)	計. 7測点[St. A: 1測点、St. E: 1測点、St. F: 5測点]
：連続観測(流向・流速、水質[WT, Sal, DO])	計. 2測点[St. A: 0測点、St. E: 1測点、St. F: 1測点]
：連続観測(水質[DO])	計. 4測点[St. A: 0測点、St. E: 1測点、St. F: 3測点]
：採水(水質、植物プランクトン採取)	計. 4測点[St. A: 1測点、St. E: 1測点、St. F: 2測点]
：二枚貝殻体運動測定装置(センサ)	計. 2測点[St. A: 0測点、St. E: 1測点、St. F: 1測点]

関係各位と協議のうえ、最終的に修正を行う

図 2 調査測点

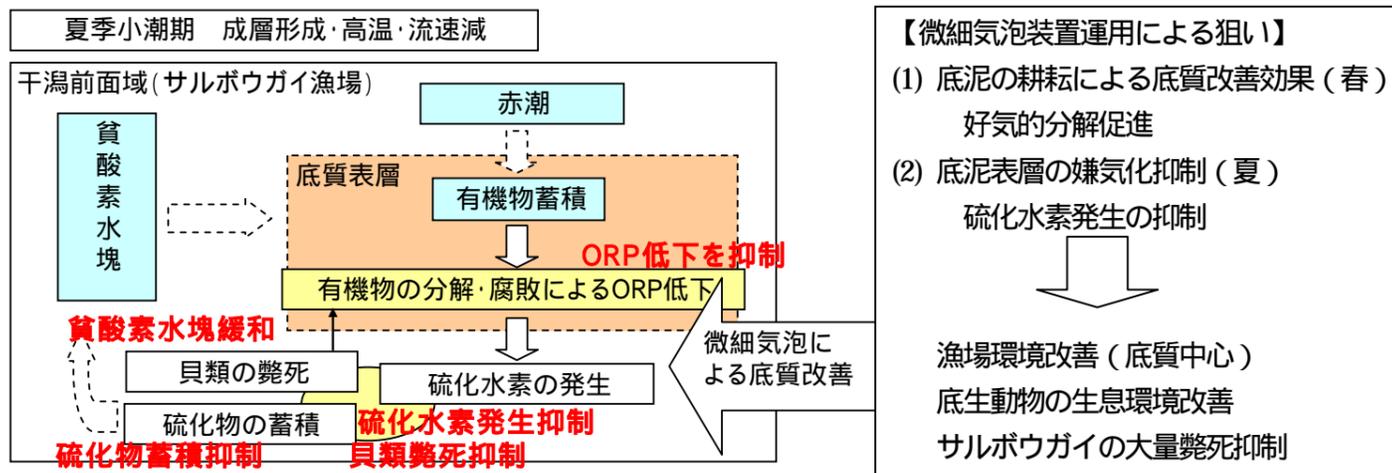
微細気泡装置による耕耘効果技術開発（佐賀県・鹿島地区）

1. 背景

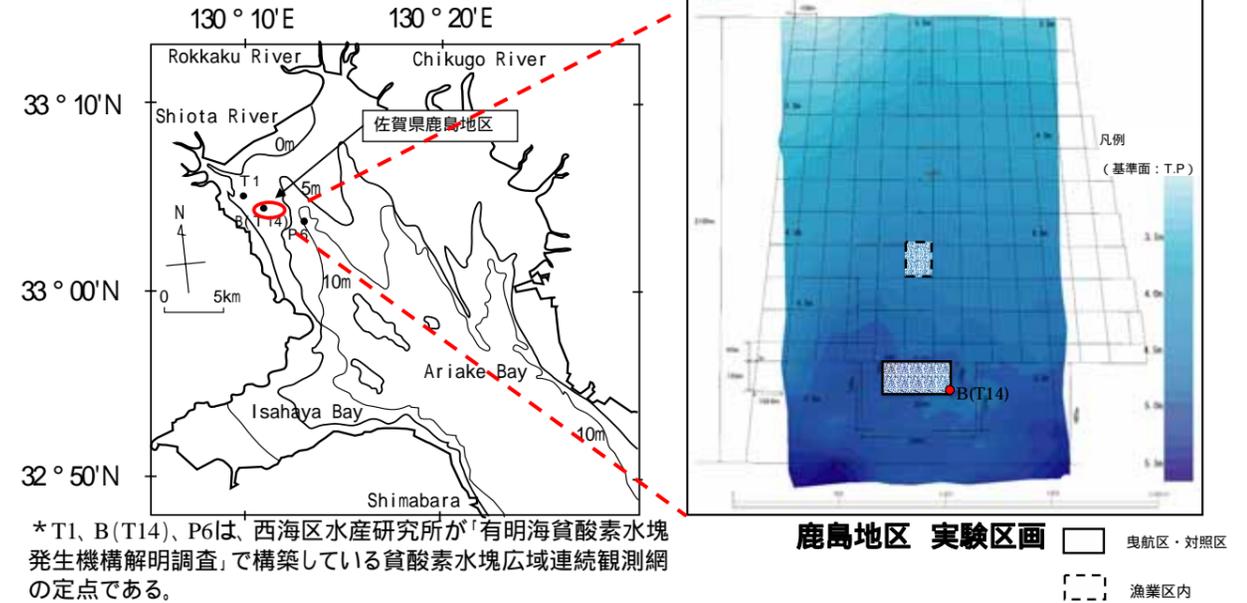


2. 目的と狙い

本事業は、底質環境の改善によって、サルボウガイの斃死を防ぎ、貧酸素水塊の緩和に寄与する新技术を開発することを目的とした。現場海域における実証事業を行うことによって、その効果検証と効率的な運用を実施した。



3. 実施場所



4. 過年度の成果と課題

1) 底質への効果

底質表層のORPが上昇(鉛直的には20cm程度まで)や、粒度分布が表層から20cm程度まで粗くなった等の効果は確認できたが、耕耘後の追跡調査(1ヶ月後)では、耕耘前とほぼ同様な状況に変化しており、耕耘による効果の持続性の詳細が不明である。

2) カゴによるサルボウガイの生残率への効果

平成17年度は、曳航区の生残率が対照区より最大約18%高い有意な差が確認できたが、平成18年度は、長期間の貧酸素化の影響により、有意な差が確認できなかった。この原因として、貧酸素水塊の発生状況は毎年異なっており、その発生規模が大きい時には、定期的に耕耘するだけでは、底質への酸素供給量が十分でない可能性が考えられる。

3) その他底生動物への効果

平成16年度は、曳航区が対照区より種類数・湿重量ともに多かったが、平成17年度は曳航区と対照区で顕著な差が見られず、平成18年度は貧酸素化以降、著しく減耗した。

4) 耕耘による底泥の巻き上げの影響

現地の濁度観測によって確認されているが、定量的な評価が不足している。

これらのことより、貧酸素水塊の発生状況に応じた耕耘手法(耕耘時期と頻度、用途に応じたノズル運用)を検討することが必要であり、そのためには、微細気泡装置の能力を定量化することが重要である。

定量化にあたっては、耕耘効果の持続性や巻き上げの影響等も明らかにするとともに、他海域への汎用性を検討するために、異なる底質を用いて耕耘効果を検証することが必要である。

表1 過年度の成果

事業年度	底質		生物		周辺環境	耕耘手法	備考
	化学環境	物理環境	有用水産種		水質	(曳航システム)	
	酸化還元電位(ORP)	粒径分布	曳航区におけるサルボウガイ死亡率(カゴ)	その他 底生動物	貧酸素水塊状況(西海区水産研究所連続観測点T1,B(T14)結果より)		
平成16年度	沖側の実験区(B(T14))において、8月下旬に对照区と比較し、曳航区の底質ORPは、約100mv程度高かった。	-	未実施	沖側の実験区(B(T14))において、9月8日に对照区と比較して、曳航区の底生動物種類数・湿重量ともに多かった。(データは9月8日の1回のみ; T1における大量死後の調査)。	岸側のサルボウガイ漁場(T1)が最も貧酸素状態が強かった。	-	貧酸素水塊漁業被害防止対策事業(西海区水産研究所)
平成17年度	8月15日:对照区で-113mv,曳航区は-95~-75mv(最大38mv差)。なお、曳航区でも0mv以上にはならなかった。 8月30日:对照区で-34mv,曳航区は4~22mv(最大56mvの差)。なお、曳航区は全て0mv以上であった。	-	曳航区(長期間曳航したE-1, E-3)と对照区を比較すると、曳航区の死亡率は对照区より最大で約18%低い結果が得られた(統計検定で有意差あり)。	对照区と曳航区で明確な差は、確認されなかった。	岸側のサルボウガイ漁場(T1)では、8月中旬・下旬ともに溶存酸素飽和度20%以下にならなかった。沖側の実験区(B(T14))では、8月15・16日に溶存酸素飽和度が20%以下となったが、16日途中から改善した。また、8月30日と9月1日に溶存酸素飽和度20%以下となったが、8月31日は一時40%以上となるなど変動があり、貧酸素状態が継続しなかった。	-	
平成18年度	沖側のB(T14)の酸化還元電位は、对照区、曳航区ともに相対的に高く、8月上旬以外はプラスであった。沖側のB(T14)における底質表層の酸化還元電位は、对照区と曳航区で明確な差はなかった。ただし、表層から5cm深程度の底質では曳航区の方が高かった。	底質表層から20cm程度までの粒径分布が粗くなった。	沖側のB(T14)では、8月上旬以降、对照区、曳航区ともにサルボウガイがほぼ全滅し、T1とB(T14)の中間付近における漁業区ではサルボウガイ生残は、2割程度であった(沖側ほど貧酸素水塊の影響あり)。	对照区と曳航区で明確な差は確認されなかった。なお、沖側のB(T14)は、8月上旬以降、对照区、曳航区ともに底生動物種数・湿重量が減少した(貧酸素水塊の影響)。	岸側のT1では、沖側のB(T14)と比較して貧酸素の状態が継続しなかった。沖側のB(T14)では、7月末~8月11日頃(約11日間)という長い期間、貧酸素状態が継続した。	GPS曳航システムにより漁船による耕耘システムはほぼ確立。 海底耕耘や底層曳き等、用途に応じたノズル運用も可能となった。(バーム設置区画でも曳航可能)	有明海環境改善事業 M F 21

*B(T14)は、H16における定点名称はBであり、H17以降名称変更された。

5. 今年度の事業計画

4. で述べたように、微細気泡装置の運用にあたっては、どのような環境のときに、どの程度耕耘を実施すれば、どの程度底質改善されるかということ室内実験等で定量化するが重要な課題である。さらに、装置の他地域での適用性を検証するためには、鹿島地区だけでなく、小長井地区での実証試験と合わせた評価が必要である。

以上のことより、以下の3点が今年度の課題である。

【今年度の課題】

- | |
|---|
| 1) 微細気泡装置耕耘による底質改善効果の定量化(適用範囲, 期待される改善効果)
2) 水質, 底質環境等の状況に応じた、曳航方法(時期, 曳航方法, 曳航量)の設定
3) 本手法導入による二枚貝(サルボウガイ等)の生残率上昇効果の評価(経済的効果も含む) |
|---|

5-1 室内実験について

1) 室内実験の狙い

- (1) 微細気泡装置耕耘による底質改善効果を定量化(適用範囲, 期待される改善効果)するための基礎データ取得
- (2) 耕耘による底泥の巻き上げの影響を想定するための基礎データ取得

2) 実験項目

- (1) 微細気泡噴流後の底質酸化還元電位の経時変化、および酸素消費量等

底質改善効果の確認

- (2) 微細気泡噴流により、巻き上がると想定される底質の粒度試験等

濁質(底泥)巻き上げの影響把握

3) 使用する底質試料

- (1) 鹿島地区底質(砂混じりシルトサルボウガイ漁場底質): サルボウガイ漁場の底質環境を想定
- (2) 小長井地区底質1(シルト): 平成18年度実証試験区画底質
- (3) 小長井地区底質2(シルト混じり砂アサリ漁場底質): アサリ漁場の底質環境を想定

4) 実験条件とケース

表2 実験条件およびケース(想定)

項目	実験条件		
底質	3ケース	砂まじりシルト(鹿島地区)	シルト(小長井地区) シルトまじり砂(小長井アサリ漁場)
水温・塩分	1ケース	貧酸素水塊の発生しやすい夏季の底層環境を想定	
DO	1ケース	飽和酸素水	
吐油量	数ケース	過去の現地実証試験より設定	
微細気泡噴出量	数ケース	過去の現地実証試験より設定	
試験試料厚	30cm	現地実証試験において、耕耘効果が20cm程度まで認められたため、試料厚を30cmとする	

5-2 現地実証試験について

1) 現地実証試験の狙い

- (1) 現地における耕耘効果の持続性確認を行う。
- (2) 耕耘による貧酸素防除効果の検討を行う。
- (3) サルボウガイ生残率と環境条件についての知見収集を行う。

2) 調査内容

(1) 微細気泡装置の耕耘効果の持続性試験

試験耕耘後に計測機器を設置し、底泥中の酸化還元電位(ORP)等を連続観測する。

底質が悪化する7月~8月に実施予定。

実験区は、2区画(曳航区1, 对照区1)を予定。

(2) 微細気泡装置耕耘による貧酸素防除効果試験

貧酸素水塊の発生時期に、集中的に耕耘を行う。

8月上旬~8月下旬の夏季の小潮期を想定。

実験区は、沖側2区画(曳航区1, 对照区1)と岸側の漁業区2区画(曳航区1, 对照区1)を予定。

(3) サルボウガイ生残率と環境条件の定期モニタリング調査

底質, 水質, 底生生物, サルボウガイ生残率の調査を実施。

7月~9月の貧酸素水塊の発生前後期間に実施予定。

なお、水質調査時には、耕耘によるシャトネラ赤潮発生助長を防止する目的で実証試験周辺海域のシャトネラ属の確認調査を行う。

また、耕耘の周辺生物環境等への影響をモニタリングするために、鹿島地区では、漁業者へのヒヤリングも行う。

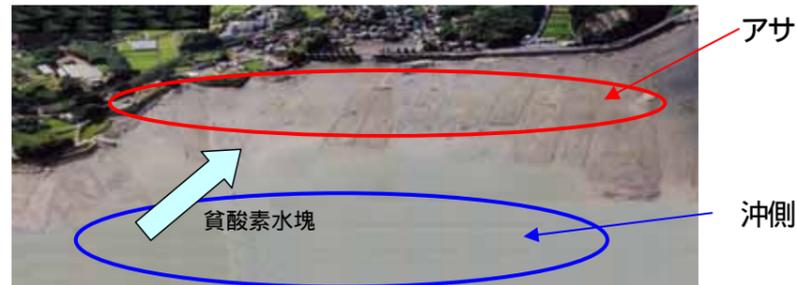
微細気泡装置による耕耘効果技術開発（長崎県・小長井地区）

1. 背景

アサリ養殖漁場（覆砂）の沖側からの貧酸素水塊でアサリ大量斃死 沖の底質悪化、貧酸素水塊発生（長崎県水産試験場、西海区水研）

アサリ養殖漁場（覆砂）の沖側の底質（粒度、含泥率、含水率、COD等）と鹿島地区実験区の底質が類似している（下表）。水深が同程度の実験区画での底質改善実験（本手法の別海域での検証）を実施。

アサリ養殖漁場（覆砂）の沖側は、以前、ササガイ、クササガイが多く漁獲されたが、現在生息しない（小長井漁協）。覆砂区でのアサリ養殖を行っているため、アサリ養殖漁場（覆砂）沖側には、現在アサリ・サルボウガイいずれも生息していない。底質改善効果の指標としてのサルボウガイ斃死率調査を実施。



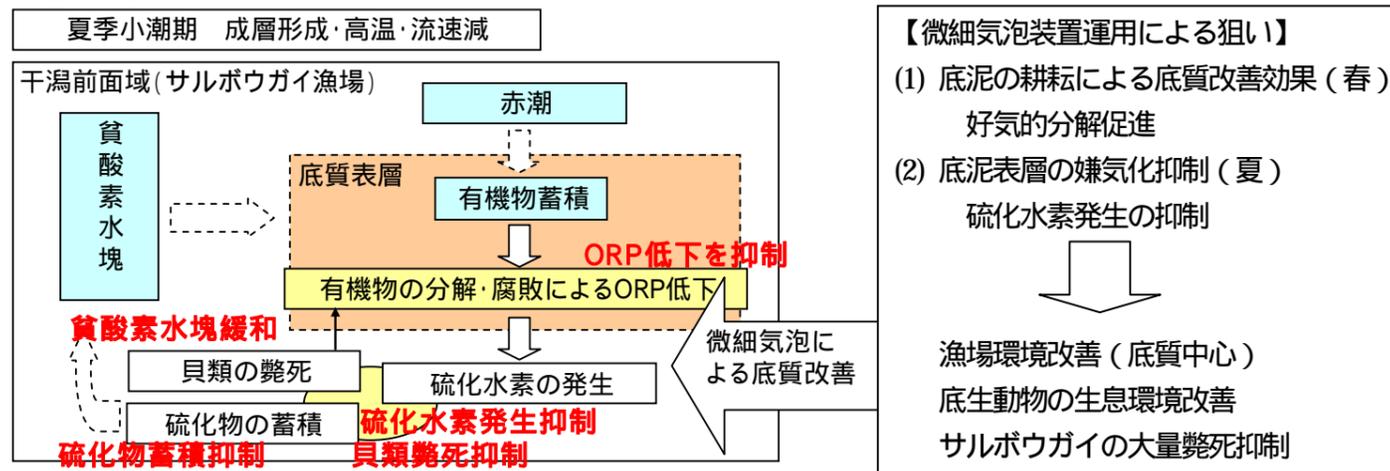
小長井地区(釜)アサリ養殖場(長崎県総合水産試験場より)

	既存資料 ⁶⁾	西海区水産研究所		有明海環境改善事業	
	H12 鹿島沖St.2	H16 鹿島沖 ₅	小長井沖*	鹿島沖	小長井沖 ₅
調査日	9月7,8,18~21日	8月9,10,23日	5月11日	8月4,11,15,20,26日	8月13日
酸化還元電位(mV)	-	-52~-77	-	-10~-49	-50
AVS(mg/g DW)	0.875	0.35	0.58	0.084~0.106	0.4
含泥率(%)	93.4	-	-	98.4	96.9
含水率(%)	-	-	-	76.6	76
COD	-	-	27.19	20.1**	-
IL	16.34	-	-	13.0**	-
中央粒径(M _d)	7.38	-	-	7.9	7.4
有機態炭素(mgC/g)	-	17.8	-	14.25~16.23	16.5
全窒素(mgN/g)	-	2.14	-	1.99~2.27	2.2
全リン(μg/g DW)	-	628.8~652.5	-	-	-

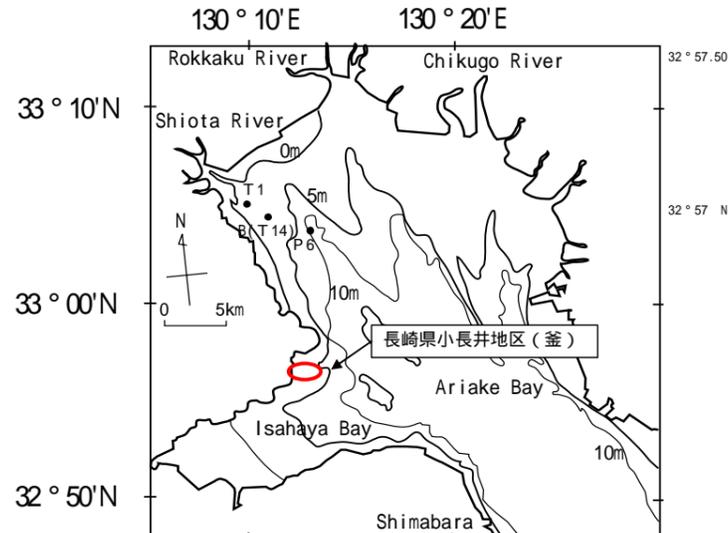
*:西海区水産研究所資料より
**:H18の5月20日データ

2. 目的と狙い

佐賀県鹿島地区における平成17年度結果などを踏まえて、平成18年度に長崎県・小長井地区のアサリ養殖漁場（覆砂）沖側の底質が悪化している区域で、底質改善の実証実験を行った。



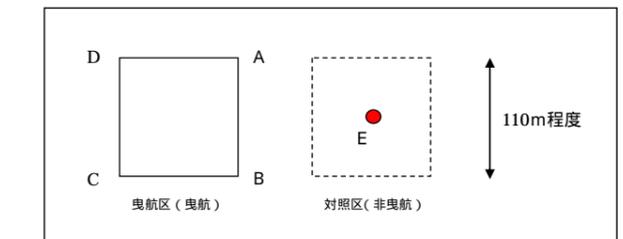
3. 実施場所



* T1, B(T14), P6は、西海区水産研究所が「有明海貧酸素水塊発生機構解明調査」で構築している貧酸素水塊広域連続観測網の定点である。



小長井地区 実験区画



4. これまでの成果と課題

1) 底質への効果

底質表層のORPが上昇（鉛直的には10cm程度まで）等の効果は確認できたが、耕耘後の追跡調査（1ヶ月後）では、耕耘前とほぼ同様な状況に変化しており、耕耘による効果の持続性の詳細が不明である。

2) カゴによるサルボウガイの生残率への効果

周辺環境の影響が大きく、曳航区と対照区で有意な差が確認できなかった。

3) その他底生動物への効果

曳航区と対照区で顕著な差が見られず、8月上旬の貧酸素化以降、著しく減耗した。

以上のことより、小長井地区でも耕耘により底質のORPを上昇させる等の底質改善効果はある程度確認できたが、鹿島地区と同様に、その効果の持続性の詳細が不明であり、サルボウガイの生残率に関しても、鹿島地区と同様に、長期間の貧酸素化による影響により、耕耘による有意な差を確認することができなかった。

小長井地区は、鹿島地区での事業の他地域への適用性を検証するものであるから、小長井地区の成果のみで、耕耘効果を評価することは難しい。このため、鹿島地区の成果と合わせた評価が必要である。

表1 小長井地区の成果（平成18年度）

事業年度	底質		生物		周辺環境	耕耘手法	備考
	化学環境	物理環境	有用水産種		水質	(曳航システム)	
	酸化還元電位(ORP)	粒径分布	曳航区におけるサルボウガイ斃死率(カゴ)	その他 底生動物	貧酸素水塊状況 現地結果より		
平成18年度	調査期間中の表層酸化還元電位は、曳航区および対照区ともにプラスの値で推移した。鉛直方向については、曳航区で表層から10cm深程度までORPの上昇が確認された。	耕耘前後で粒径分布に顕著な差は確認されなかった。	8月前半までは、曳航区と対照区に顕著な差が見られたが、8月上旬以降(貧酸素化)対照区、曳航区ともにサルボウガイの生残率が減少し、最終的にはどちらも25%割程度になり、有意な差が見られなかった。	対照区と曳航区で明確な差は確認されなかった。	8/2調査時の底層DOは2mg/l以下であった。 鹿島地区では、7月末~8月11日頃(約11日間)という長い期間、貧酸素状態が継続した。	GPS曳航システムにより漁船による耕耘システムはほぼ確立。 海底耕耘や底層曳き等、用途に応じたノズル運用も可能となった。	有明海環境改善事業 M F 21

5. 平成19年度の事業計画(案)

4. で述べたように、微細気泡装置の運用にあたっては、どのような環境のときに、どの程度耕耘を実施すれば、どの程度底質改善されるかということ室内実験等で定量化するが重要な課題である。さらに、装置の他地域での適用性を検証するためには、鹿島地区だけでなく、小長井地区での実証試験と合わせた評価が必要である。

以上のことより、以下の3点が今年度の課題である。

【今年度の課題】

- 1) 微細気泡装置耕耘による底質改善効果の定量化(適用範囲, 期待される改善効果)
- 2) 水質, 底質環境等の状況に応じた、曳航方法(時期, 曳航方法, 曳航量)の設定
- 3) 本手法導入による二枚貝(サルボウガイ等)の生残率上昇効果の評価(経済的效果も含む)

6. 今年度の事業計画(案)

6-1 室内実験について

1) 室内実験の狙い

- (1) 微細気泡装置耕耘による底質改善効果を定量化(適用範囲, 期待される改善効果)するための基礎データ取得
- (2) 耕耘による底泥の巻き上げの影響を想定するための基礎データ取得

2) 実験項目

- (1) 微細気泡噴流後の底質酸化還元電位の経時変化、および酸素消費量等底質改善効果の確認
- (2) 微細気泡噴流により、巻き上がると想定される底質の粒度試験等濁質(底泥)巻き上げの影響把握

3) 使用する底質試料

- (1) 鹿島地区底質(砂混じりシルトサルボウガイ漁場底質): サルボウガイ漁場の底質環境を想定
- (2) 小長井地区底質1(シルト): 平成18年度実証試験区画底質
- (3) 小長井地区底質2(シルト混じり砂アサリ漁場底質): アサリ漁場の底質環境を想定

4) 実験条件とケース

表2 実験条件およびケース(想定)

項目	実験条件		
底質	3ケース	砂まじりシルト(鹿島地区)	シルト(小長井地区) シルトまじり砂(小長井アサリ漁場)
水温・塩分	1ケース	貧酸素水塊の発生しやすい夏季の底層環境を想定	
DO	1ケース	飽和酸素水	
吐出量	数ケース	過去の現地実証試験より設定	
微細気泡噴出量	数ケース	過去の現地実証試験より設定	
試験試料厚	30cm	現地実証試験において、耕耘効果が20cm程度まで認められたため、試料厚を30cmとする	

6-2 現地実証試験について

1) 現地実証試験の狙い

- (1) 耕耘による貧酸素防除効果の検討を行う。
- (2) サルボウガイ生残率と環境条件についての知見収集を行う。

2) 調査内容

(1) 微細気泡装置耕耘による貧酸素防除効果試験

貧酸素水塊の発生時期に、集中的に耕耘を行う。

8月上旬~8月下旬の夏季の小潮期を想定。

実験区は、平成18年度と同様な沖側の2区画(曳航区1、対照区1)を予定。

(2) サルボウガイ生残率と環境条件の定期モニタリング調査

底質, 水質, 底生物, サルボウガイ生残率の調査を実施。

7月~9月の貧酸素水塊の発生前後期間に実施予定。

なお、水質調査時には、耕耘によるシャトネラ赤潮発生助長を防止する目的で実証試験周辺海域のシャトネラ属の確認調査を行う。

また、耕耘の周辺生物環境等への影響をモニタリングするために、鹿島地区では、漁業者へのヒヤリングも行う。

なお、(1)~(3)に示した現地実証試験の詳細な実施時期については、関係機関と調整中である。

6-3 効果評価

鹿島地区と小長井地区におけるこれまでの現地実証試験結果、および室内実験結果をもとに本手法による底質改善の効果を評価し、他地域での運用を含めた本装置の運用方法(経済的效果も含む)を検討する。

6-4 調査工程

調査工程を表5に示す。

表3 調査工程

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
事業計画立案												
許可申請・地元調整・現地準備												
室内実験												
実証試験												
分析・データ整理												
効果評価												
報告書とりまとめ												