

閉鎖性海域における水環境改善技術について

1. 水環境改善技術の全容

海域の直接浄化等に関する技術を整理したものを表 1 に示す。技術分野を「土木系」、「生物系」、「装置系」、「素材系」、「その他」に、目的を「直接的な生物生息環境の改善」、「水質の改善」、「その他」に分類する。

表 1 海域の直接浄化に関する技術等

分類	技術分野	目的	環境改善の取り組みとして実施されている海域（構想が検討されている海域）	直接的な生物生息環境の改善			水質の改善			その他		有識者のコメント
				DO の直接改善	生物生息環境の回復・創造	底質改善	NP 回収	流域管理	流況制御	普及啓発	海洋ゴミの抑制	
土木系	アマモ場造成		東京湾、英虞湾ほか	○			○			○		・ある程度透明度が必要。普及啓発にも役立つ。 ・アマモの定着には波浪、粒径、水温が重要な要素である。 ・アマモマツの研究が進んでいる ・アマモ場の造成には種子供給ネットワークという観点も重要である。 ・植え方については様々な技術的な検討がなされている。
	干潟造成		東京湾、伊勢湾、大阪湾、瀬戸内海、英虞湾	○			○			○		・簡易なものなら 2 - 3 万で可能。 ・干潟は地形の安定性が重要。侵食されているところには生物が育たない。 ・アサリが再生産できる場所を作ることは局所的であっても効果は大きい。 ・遊休地を干潟として再生するのが良いのではないかと？ ・対象生物によって適切な粒形が違うので留意が必要。 ・材料の品質にも留意する必要がある。 ・市民を巻き込むことが可能。 ・メンテナンスも重要 ・酸化還元状態が定期的に変化する。脱窒にも有効。 ・有光床の拡大により貧酸素水塊の軽減が可能。 ・ヘドロを資源化して、干潟の栄養にすることができる。 ・干潟再生では、材料や水溜りの作り方など「むら」をつけるような方法も検討していく必要がある。 ・浚渫土の有効活用という面も期待できる。
	磯浜の造成				○							・生物量の増大が期待できる
	窪地埋め戻し		三河湾	○	○							・三河湾において貧酸素水塊の改善効果、生態系の回復の状況を調査中
	浅場の造成		三河湾		○							・対象生物によって適切な粒形が違うので留意が必要。 ・材料の品質にも留意する必要がある。 ・有光床の拡大により貧酸素水塊の軽減が可能。 ・ヘドロを資源化して、干潟の栄養にすることができる。
	直立護岸の改良		(瀬戸内海)		○							・エコシステム護岸について検討中
	底泥の浚渫、覆砂等		瀬戸内海			○						
生物系	遊休地を利用したビオトープ		大阪湾		○							・大阪南港の遊休地をラグーン化する構想がある。
	ワカメ養殖		東京湾		○		○					・小魚が集まり、中間育成としても期待できる。
	ノリ養殖		東京湾				○					
	カキ養殖		大村湾				○					・マイクロバブルと組み合わせると効果大。 ・ろ過力は大きい
	その他海藻類の栽培		(瀬戸内海)				○					・ホンダワラ類から藻塩を製品化する動きがある。(構想段階)
	未利用海藻の大量発行技術		瀬戸内海				○					・肥料等への有効活用を検討中。NP 回収だけでなく、悪臭や貧酸素の防止にも役立つ。
	赤潮プランクトンの除去						○					
装置系	バイオレメディエーション				○							
	落ちカキ漁		広島湾			○	○					・カキ筏から落ちた海底のカキを採取する漁。底質への負荷を減らすことが出来る。DO、硫化物などの改善に効果があった。
	マイクロバブル		東京湾、大村湾ほか	○								・カキ養殖との組合せが効果的 ・海域全体の DO を改善するのは不可能だが、稚貝等の育成する場所で実施すれば種が残るので、海域全体の生物資源の回復につなげることが出来る。 ・単なる DO の回復だけではなく、生理活性にも影響を与えているらしい。
	イカ粗朶(水質悪化時に生物が避難するシェルター)		東京湾		○							・粗朶を海中に沈めると、稚魚の産卵、育成場所となる。貧酸素水塊が発生しても、粗朶の中に入ればある程度生存することが出来る。
	潮汐ポンプによる海水交換		(瀬戸内海)						○			・計画のみ
	船によるろ過		大阪湾				○					・動力モーターのエネルギーを風力発電やソーラー発電などの自然エネルギーで作動する試みを実施している。
	鉛直混合		(伊勢湾)	○					○			・広い海域では効果が小さいのではないかと。 ・発電所の温排水を利用した鉛直混合実験の構想がある
素材系	鉄鋼スラグの活用		(大阪湾)			○						・底質改善に活用することを検討中(構想段階)
	廃棄物の有効活用したブロックや底質改善				○	○						・鉄鋼スラグや水砕スラグなどを活用を希望している民間事業者が多い。 ・成分として問題がないか確認が必要である。
その他系	海底のごみさらい		大阪湾		○						○	
	ヘドロの巻き上げ防止		(瀬戸内海)			○						・カキや藻場の漁場を守るために必要な技術

出典:「海域における水質浄化技術等実証可能性検討調査報告書」(平成 18 年 3 月) 太洋エンジニアリング(株)

2. 自治体が関心を示した技術

平成 17 年度の自治体アンケート調査では、

- 直接浄化技術の利用構想
- 既に利用している直接浄化技術
- 民間企業・NPO からの技術提案

について、自治体での検討・実施状況を確認した（表 2）。本ワーキングにおける検討の基礎として、以下にこれら技術の具体的な内容を例示する。

表 2 自治体アンケート調査結果（上位に挙げられた技術）

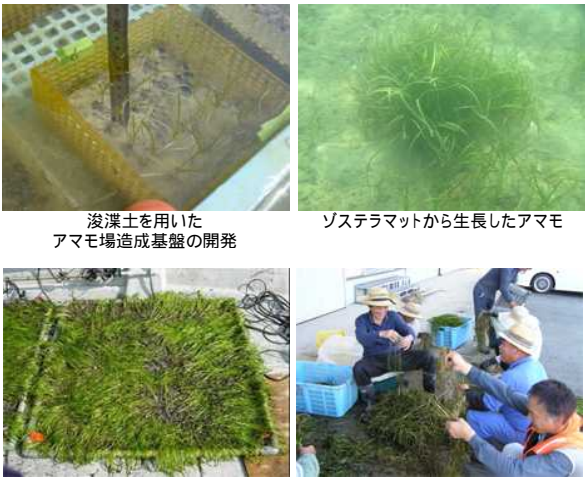
○ 直接浄化技術の利用構想
藻場（6） 干潟造成（4） 二枚貝による浄化（3） 覆砂（3）
○ 既に利用している直接浄化技術
藻場（10） 人工干潟（6） 覆砂（4） 二枚貝による浄化（3）
○ 民間企業・NPO からの技術提案（例）
密度流拡散、底層の貧酸素改善、浄化船、好気化処理による底質改善、散気装置による底質改善、人工造礁、藻場造成、干潟耕耘

括弧内の数値は回答件数

(1) 藻場造成に関する技術（例）

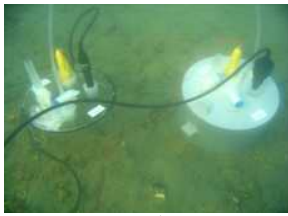
技術名称	木毛藻礁		
技術グループ	素材系	(天然素材を活用した底質改善)	
開発者(文献著者)	株式会社哲建設		
技術の概要	水俣湾の藻場を復元するため、水俣市漁業協同組合と共同で木毛藻礁を30基製作し、沈設。木毛藻礁には、木毛板を使用。木毛板とは木毛にセメントと水を加えて混練し、加圧成形したもので、木毛とは、木材をスライス片状に切削したもの。平成10年、熊本県工業技術センターを杉間伐材の需要促進について意見交換以来、藻類着床実験を開始し、特許共同出願。		
写真及びイメージ図			
	木毛藻礁の沈設（水俣湾）		木毛藻礁とメバエ
			
	海中で下げ実験より、アカモクの生長（箇所異なり） アカモクは、5m程に成長する大型の褐藻類です。 魚類のいぼ効果が高く、藻場の造成に役立ちます。		
導入状況・実証実験の有無	八代湾大築島造成護岸部で平成15年1月～17年3月まで実証実験		
導入効果	表面の形状と適度な硬度は、着生した藻類の幼芽を確実に生長させる		
費用	—		

出典：「海域における水質浄化技術等実証可能性検討調査報告書」（平成18年3月）
太洋エンジニアリング(株)

技術名称	藻場の高機能化
技術グループ	生物系 (海藻草類の栽培)
開発者(文献著者)	(財)三重県産業支援センターほか大学・国の研究機関、企業、県等
技術の概要	アマモ種子の自然落下を利用した播種・株植が不要なアマモ移植技術の開発、細胞培養技術を利用したアマモの大量増殖技術の開発等、環境に対する負荷を最小限にする技術開発を実施。さらに、光合成などの藻場の機能を明らかにしながら、干潟とアマモ場との連続性を高めるためのコアアマモ場造成の開発を進める。また、アマモ場造成の一連の作業を漁業者自身が行うことができる造成方法の開発を実施。
写真及びイメージ図	 浚渫土を用いたアマモ場造成基盤の開発 ゾセラマツから生長したアマモ 播種・株植が不要なアマモ移植技術の開発 (出典) 英虞湾再生プロジェクト http://www.miesc.or.jp/chiiki/index.htm 地域の漁業者と行ったアマモ成熟枝の選別
導入状況・実証実験の有無	現地実験中。
導入効果	上記のとおり
費用	—

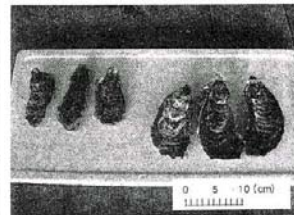
出典：「海域における水質浄化技術等実証可能性検討調査報告書」（平成18年3月）
太洋エンジニアリング(株)

(2) 干潟造成・人工干潟（例）

技術名称	人工干潟の高機能化と物質循環の解明
技術グループ	土木系 (藻場造成技術)
開発者(文献著者)	(財)三重県産業支援センターほか大学・国の研究機関、企業、県等
技術の概要	平成15年度に0.3ha、16年度に0.42haの浚渫土を用いた人工干潟を実験海域に造成し、さらに人工干潟に隣接してアマモ場、コアマモ場も造成。同時に人工干潟・藻場の持つ自然浄化能力を定量的に把握するための研究実施。 また、ペーパースラッジ焼却灰を主成分とする固化剤により固化造粒を行った浚渫土を用いた人工干潟を造成し、干潟機能の実証実験も実施。
写真及びイメージ図	 固化造粒した浚渫土を用いた人工干潟実験  干潟の脱窒量の解析  着底式チャンバーを用いた干潟物質収支測定実験  ペーパースラッジ焼却灰を主成分とする固化剤を用いた浚渫土固化実験プラント (出典) 英虞湾再生プロジェクト http://www.miesc.or.jp/chiiki/index.htm
導入状況・実証実験の有無	現地実験中。
導入効果	上記のとおり
費用	干潟造成費は研究目的につき、公表しない。 固化造粒技術の費用は産出していない。

出典：「海域における水質浄化技術等実証可能性検討調査報告書」（平成18年3月）
太洋エンジニアリング(株)

(3) 二枚貝による浄化に関する技術（例）

技術名称	カキ養殖を利用した環境の浄化
技術グループ	生物系 (カキ養殖)
開発者(文献著者)	長崎県衛生公害研究所・白井玄爾ほか(長崎大学・横浜商科大学・水産大学校・大阪市立大学・町・漁協・民間企業等)
技術の概要	養殖場の海底に空気ホースを設置し、水質が最も悪くなる夏の約3ヶ月間にわたり海底から空気を送り込んで貧酸素化を防ぎ、カキの生残や成長を確保、促進する。無給餌型養殖と曝気を組み合わせて窒素やリンのリサイクルを可能にする。海域実験は、上湾の北端において2003年1月から開始され、2004年2月まで継続的に気象や水質、底質、生物の調査を実施。その結果、実験区では養殖筏が沈むほどにカキが丸々と大きく成長した。海底直上のDO濃度を9月初旬に計測した結果では、実験区のDO濃度は200～400μlはなれたところに比べて2mg/lほど高くなっていた。また実験区の海底直上のDO濃度を7月初旬から10月初旬にかけて連続して計測した結果、DO濃度の平均値は6.4mg/lと良好に維持されていた。試算によれば大村湾で行う場合、湾の面積の5%程度の面積でカキ養殖を行えば河川などから流入する栄養分がすべてリサイクルできると考えられる。
写真及びイメージ図	 空気を送る装置 空気を送るホース カキいかに空気を出すパイプ  写真5 実験区で育ったカキ(右)と通常の養殖カキ(左) 通常の養殖カキも同じ形上で育ったカキですが、大きさに明らかな差が見られます。
導入状況・実証実験の有無	長崎県大村湾において「生物利用浄化法研究会」で実証実験実施。
導入効果	コンセプトとして、浄化システム1単位あたり、年間で約59kg、5kgの窒素とリンを除去できる。
費用	従来、収穫の良い年の売上を100%としてコストが30%だったが、40～45%のコストで毎年100%の売上が得られる。

出典：「海域における水質浄化技術等実証可能性検討調査報告書」（平成18年3月）
太洋エンジニアリング(株)

(4) 覆砂に関する技術（例）

技術名称	石炭灰ゼオライトによる底泥覆砂
技術グループ	素材系 (廃棄物等を有効利用したブロックや底質改善)
開発者(文献著者)	(財)電力中央研究所 環境科学研究所(他の材料と混合しないで覆砂する方法は電源開発㈱と共同特許取得)
技術の概要	覆砂が期待できるリサイクル材として石炭灰を熱水和処理した石炭灰ゼオライトの物質吸着能力を利用した閉鎖性水域の底質改善。
写真及びイメージ図	写真及びイメージ図 カラム試験装置 カラム試験再現結果(PO₄-P)
導入状況・実証実験の有無	石炭灰ゼオライトの収着等温線に関する室内実験段階。実海域で石炭灰ゼオライトの使用例はない。安全性を確認後に使用する。
導入効果	・石炭灰ゼオライトを敷設した淡水域カラムでは循環水のpH上昇が見られたものの、海水域カラムではそのような傾向は見られない。 ・模擬敷設計算では、東京湾の湾奥に石炭灰ゼオライトを敷設することによって、海底からの栄養塩溶出量を抑制する効果があることを確認。
費用	造粒済み状態で200～400円/kg(使用量は面積、覆砂厚、空隙率、比重より求める)

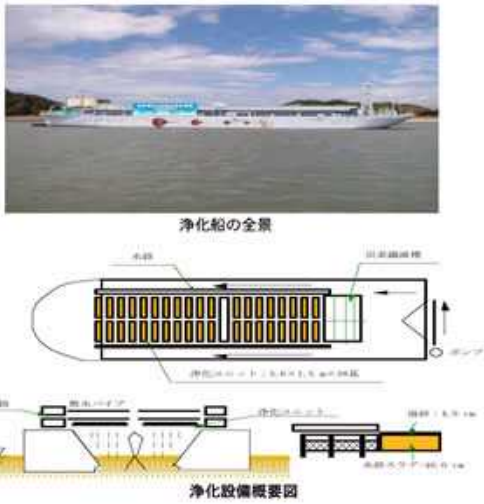
出典:「海域における水質浄化技術等実証可能性検討調査報告書」(平成18年3月) 太平洋エンジニアリング(株)

(5) マイクロバブル（例）

技術名称	マイクロバブル底層水質・底泥改善システム
技術グループ	装置系 (マイクロバブル)
開発者(文献著者)	中電技術コンサルタント㈱
技術の概要	水域底層の貧酸素層に直接超微細気泡(マイクロバブル)を送り込むことで、底層の溶存酸素を効率よく回復させるとともに、底泥表面への酸素供給による底泥の改質・底泥堆積の抑制、底泥からの水質汚濁物質や金属塩類の溶出防止を図る技術。 閉鎖海域の水質および底質の改善に効果を発揮するほか、水生生物の活性化を通じて水底環境・生態系の復元・蘇生、さらには漁業資源の増殖と漁業再生に貢献することが期待される。
写真及びイメージ図	写真及びイメージ図 【内水・閉鎖性水域底層への適用イメージ】 【底層汚濁物質の脱離・底層水質改善への適用イメージ】 (出典)大阪湾再生技術情報 http://www.kkr.mlit.go.jp/plan/saisei/
導入状況・実証実験の有無	湖沼での実施例が2、3例あるが、海域への適用は実証試験に着手段階。
導入効果	閉鎖海域の水質および底質の改善、水生生物の活性化を通じて水底環境・生態系の復元・蘇生、漁業資源の増殖と漁業再生に貢献。改善効果は底層溶存酸素濃度として1g/m ³ ・日。
費用	ダム貯水池用で貯水容量100,000m ³ 、発生気泡量約20L/分を想定した場合、概算工事費4,000万円、維持管理費410万円/年。

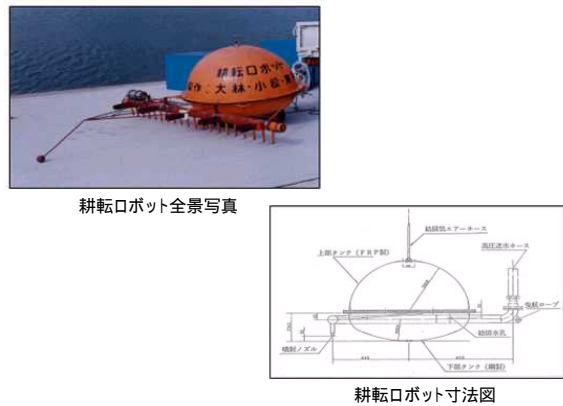
出典:「海域における水質浄化技術等実証可能性検討調査報告書」(平成18年3月) 太平洋エンジニアリング(株)

(6) 浄化船（例）

技術名称	浄化船による海水浄化技術
技術グループ	装置系 (有機汚濁物質の吸着)
開発者(文献著者)	青木マリーン(株)
技術の概要	浄化船は2,350重量tの底開式土運船を母体として改造したもの。海水は船尾のポンプによって揚水され、船体後部に設けた炭素繊維槽に送られる。炭素繊維槽を通過した海水は、左右の水路を通して船首方向に送られ、途中に設けられたパイプから浄化ユニットに散水される。浄化ユニットに供給された海水は、珪砂層と水砕スラグ層でろ過される。ろ過された海水は、浄化ユニットの下面より直接海面上に自然排出されるように構成されている。
写真及びイメージ図	 浄化船の全景 浄化設備概要図 (出典)大阪湾再生技術情報 http://www.kkr.mlit.go.jp/plan/saisei/
導入状況・実証実験の有無	自主開発により尼崎西宮芦屋港内で海水浄化実験
導入効果	汚濁防止膜の内側を8月中旬から2ヶ月間浄化したところ、外側に比べて透明度を1.0m、CODを約2.0mg/l減少させることができた。
費用	—

出典：「海域における水質浄化技術等実証可能性検討調査報告書」（平成18年3月）
 太洋エンジニアリング(株)

(7) 海底耕耘（例）

技術名称	ウォータージェットを用いた底質改善装置(旧称：海底耕耘ロボット)
技術グループ	装置系 (海底耕耘)
開発者(文献著者)	株大林組
技術の概要	船上よりジェットポンプにより高圧水を吐出して海底面を耕耘する工法。底質が改善されるとともに、底棲生物の増加が期待される。
写真及びイメージ図	 耕耘ロボット全景写真 耕耘ロボット寸法図 (出典)大阪湾再生技術情報 http://www.kkr.mlit.go.jp/plan/saisei/
導入状況・実証実験の有無	平成1～4年、(社)マリノフォーラム21において開発し、豊前海にて実証試験。平成5年、建設省(現国土交通省)発注により木曽川河口の干潟にて試験。
導入効果	底質が改善されるとともに、底棲生物の増加が期待される。
費用	新規製作の場合：700万円/台(ウォータージェットポンプ、エアコンプレッサー、ウインチ、ワイヤー含む)、手持ち装置にて底質改善実施の場合：直工費1,000万円(干潟域で満潮時の前後3時間作業、耕耘回数1回、耕耘深度15cm、漁船にて曳航、耕耘面積16,000㎡、耕耘速度1km、作業日数17日)、現場条件により変わる。

出典：「海域における水質浄化技術等実証可能性検討調査報告書」（平成18年3月）
 太洋エンジニアリング(株)