

中海自然再生事業実施計画

第2期実施計画



平成29年9月

中海自然再生協議会

目 次

はじめに	1
1 実施者の名称及び実施者の属する協議会	3
1-1 実施者の名称	3
1-2 実施者の属する協議会	3
2 中海自然再生事業の背景と意義	3
2-1 中海自然再生事業の背景	3
2-2 事業の意義	6
3 自然再生事業の対象となる区域とその課題	6
3-1 対象区域	6
3-2 対象区域の現状と課題	6
4 自然再生の目標	8
5 自然再生事業の内容	9
5-1 有用二枚貝（サルボウガイ）復活を目指す事業	9
5-2 海藻類の回収及びその利用事業	16
5-3 中海湖岸域の利活用プロジェクト	19
5-4 浚渫地の環境修復事業	22
6 その他自然再生事業の実施に関して必要な事項	28
6-1 地域の多様な主体の参加と連携	28
6-2 広報活動	28
6-3 環境学習の推進	28
資料1	29
資料2	31

はじめに

中海自然再生協議会では、全体構想に掲げた 5 つの推進の柱に沿って、「アマモ場の保全・再生事業」、「海藻類の回収及びその利用事業」、「砂浜の保全・再生事業」、「浚渫窪地の環境修復事業」という 4 つの事業を、平成 24(2012)年度から 5 年間程度の第 1 期実施計画として進めてきた。5 年目となる平成 28(2016)年に、協議会ではこれら 4 つの事業について評価・検討を行うとともに新規の事業を募り、平成 29(2017)年度からの第 2 期実施計画を策定することとした。協議の結果、進めてきた 4 つの事業のうち「海藻類の回収及びその利用事業」と「浚渫窪地の環境修復事業」については継続、「アマモ場の保全・再生事業」と「砂浜の保全・再生事業」については中断、そして新たに「有用二枚貝（サルボウガイ）復活を目指す事業」と「中海湖岸域の利活用プロジェクト」という 2 つの事業を加え第 2 期実施計画とすることとなった。「アマモ場の保全・再生事業」を中断した理由は、予想を超えるアカエイによると思われる湖底の攪乱により、植栽した再生地区でのアマモの定着・繁殖が確認されず、加えて種子の供給源である保全地区でも徐々にアマモ場の面積が縮小傾向となったためであり、当分は保全地区での大規模な種子採取は行わず、保全地区でのアマモ場の回復を待つことにした。この事業は中止ではなく中断であり、従前の NPO 活動として、今後もアマモ場の再生には努める。「砂浜の保全・再生事業」は、将来的に上流部の土砂を中海の砂浜の再生に活用する道筋をつける活動として開始されたが、意見交換の段階で、土砂の保管場所や運搬の費用、そしてかつての水泳場のような遊べる水辺を再生するには土砂のサイズが適さないなどの課題が上がったことから、事業を一旦中断し、計画を再検討することとなった。

平成 19(2007)年に発足した中海自然再生協議会も現在 6 期を迎え、構成員は全体構想をまとめた初期の頃と大きく変わってきている。自然再生基本方針もこの間に見直しがあり（1 回目は平成 20(2008)年 10 月、2 回目は平成 26(2014)年 11 月）、地域の産業と連携した取り組み、あるいは生態系サービスや生態系ネットワーク形成を視野に入れた活動などが自然再生事業に位置付けられるようになった。新規の 2 つの事業はこれらの変化を反映した結果と考えることもできるが、以下に引用する第 1 期実施計画の序に書かれた思いは、今でも構成員に共有されている。

豊かな自然と絶妙な均衡を保って生活してきた頃の記憶が忘れ去られていく前に、かつての中海の自然を取り戻し、子々孫々に伝えていくことが、この半世紀の間、目の前に広がる中海の変貌する姿を見つめ、様々な思いで中海と関ってきた我々の責務である。そう考えた沿岸住民が集まり、関連する行政機関、自治体、大学、NPO などが加わって 2007 年 6 月に、「中海自然再生協議会」が全国 19 番目の自然再生推進法に基づく法定協議会として発足した。そして、協議会での活発な討論を経て、「中海自然再生全体構想」が 2008 年

11月にまとめられ、協議会に結集した人々の熱い思いを、『『よみがえれ、豊かで遊べるきれいな中海』を合言葉に、豊かな汽水湖の環境と生態系、そして心に潤いをもたらすきれいな自然を取り戻し、かつての中海の自然環境や資源循環を再構築する』という自然再生全体目標として、共有することとなった。

中海は我が国5番目の面積を持つ広大な汽水湖である。流域末端に位置する汽水域では沿岸部だけでなく、そこに注ぎ込む河川の集水域全体をも視野に入れて再生計画を立てる必要がある。さらに、対象となる水域の広大さに加え、NPOなど市民層が中心となって自然再生事業を実施に移すには、財政的にも力量的にも不足している。これは当初から懸念されていたことではあったが、しかし、今、目標に向かって誰かが少しでも駒を先に進めなければならない。疲弊した中海の自然環境をもうこれ以上見過ごすことはできないのである。

そこで、我々は、まず出来ることから始め、状況を見ながら次のステップへ進んでいくことにした。既に、市民レベルで、あるいは大学や国・自治体レベルで中海の自然再生に向けた取り組みがいくつか進められていた。それらを活かしつつ、相互に補完しあって効果を最大限に引き出せるようにしようということになった。実施計画を議論する協議会はそのための情報交換の場にもなった。それぞれの事業を進めている現場にも協議会として見学会を実施し、具体的な事業内容について相互理解を深めた。また、この間、中海を2分する島根・鳥取両県を中心に、「中海会議」が設置されたことも大きな前進であった。

実施計画は、協議会のメンバーの熱い思いを込めた多くの計画が当初提案されたが、上記のような状況と協議会に設置された専門家会議並びにアドバイザー委員会における目標達成に向けた5つの推進の柱に沿った検討を踏まえて、現状で実施可能かつ効果が期待できる4つの計画に整理された。これらは第1期計画として、主にNPOなど民間レベルが中心となった調査段階から始める事業である。これらの計画が実施に移った後には、協議会ではその効果を検証しつつ、次のステップに向けて、より効果的な事業計画の立案を進める。

広大な中海の自然を、子供たちと未来の社会との持続可能な共存のために再生するには、今後さらに半世紀、あるいはそれ以上の年月がかかるかも知れない。今回の計画はそのための小さな一歩に過ぎない。しかし、共有することを誓った大きな目標に向って、一歩一歩着実に進めていきたい。

1 実施者の名称及び実施者の属する協議会

1-1 実施者の名称

認定 NPO 法人 自然再生センター
米子工業高等専門学校建築学科

1-2 実施者の属する協議会

中海自然再生協議会（平成 19 年 6 月 30 日設立）

平成 29 年 6 月現在の協議会委員内訳は以下の通りである（資料 1）。

公募委員（団体・法人） 8 団体

（公財）中海水鳥国際交流基金財団、NPO 法人日本野鳥の会鳥取県支部、NPO 法人未来守りネットワーク、美しい中海を守る住民会議、中海漁業協同組合、NPO 法人中海再生プロジェクト、（公財）ホシザキグリーン財団、認定 NPO 法人自然再生センター

公募委員（個人） 14 名

専門委員 21 名

関係行政・公共団体 10 団体

国土交通省中国地方整備局出雲河川事務所、農林水産省中国四国農政局整備部地域整備課、環境省中国四国地方環境事務所大山隠岐国立公園管理事務所、経済産業省中国経済産業局資源エネルギー環境部、鳥取県、島根県、米子市、安来市、境港市、松江市

2 中海自然再生事業の背景と意義

2-1 中海自然再生事業の背景

昭和 31 年発行の海図から、当時の中海の面積の約 20%が 3m より浅い浅場だったことが読み取れる（図 2-1）。弓浜半島沿いや大橋川河口域をはじめとして、その頃の砂地の浅場にはアマモ・コアマモが繁茂し、その多くは肥料藻として陸上に取りあげられていた。寒天の材料となるオゴノリや、岩礁地帯に生えるウミトラノオも、寒天藻や肥料藻として大量に採られ、サルボウガイ（アカガイ）をはじめとする魚介類も多く漁獲されていた。島根県の漁獲統計から（図 2-2）、昭和 35 年の海藻類の漁獲量が魚介類のそれを上回る約 7,000 トンもあったことを読み取ることができる。昭和 38 年から開始された国営中海干拓・淡水化事業に前後して、多くの干拓事業が中海で行われ、その結果、浅場だった弓浜半島沿いの浅場は陸地になり、その沖側は深く掘られ、中海の面積の1割に及ぶ約8 km²もの浚渫窪地（国土交通省出雲河川事務所資料による）が残されることとなった。

昭和29年(1954年)の地形

資料:昭和31年発行海図より作成

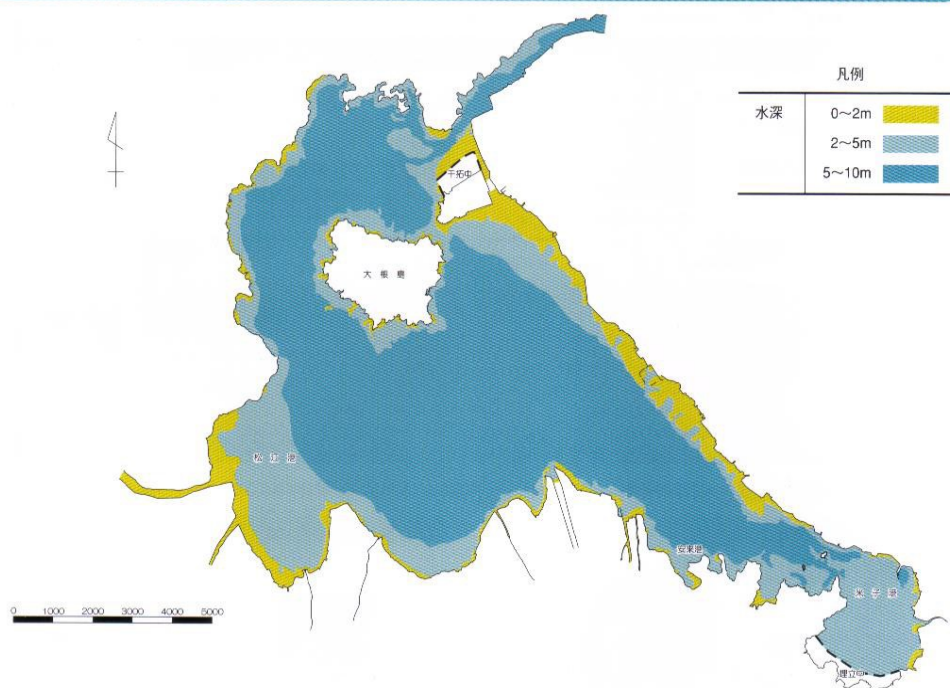


図2-1. 昭和29年の中海の地形.

中海における漁獲量(島根県)

資料:島根県HP

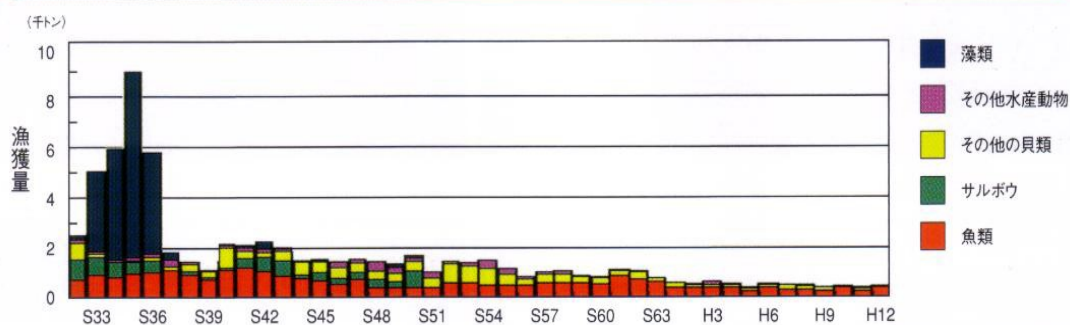


図2-2. 中海における漁獲量の経年変化.

さらに、本庄工区の森山堤防、大海崎堤防の建設に伴い、中海・宍道湖と美保湾との水の出入りは大きく変化し、本庄水域を通して交換していた湖水と海水が、中浦水道を通してのみ行われるようになり、塩分の成層が安定化し、春から秋にかけての湖底付近では貧酸素化が常態化したと考えられている。水温の上昇する夏季には湖底のほとんどが貧酸素状態となり、この貧酸素水塊は強風が吹くと沿岸部に這い上がり、沿岸部の生物を斃死させる原因となっている（青潮現象）。昭和30年代には、湖に流入する生活排水や農業・畜産・産業排水が増加し、窒素やリンといった栄養塩類が供給過剰となり（富栄養化）、赤

潮が頻繁に発生するようになり、湖の透明度は大きく低下した。

中海の本来の生態系は、一次生産者として海藻草類が大きな役割を果たしている系であり、かつての中海ではサルボウガイ（アカガイ）などの魚介類はもちろんのこと、海藻草類も寒天藻あるいは肥料藻として回収され陸域へ運ばれることで、有機物や窒素、リンなどの栄養塩が陸域と水域を循環する系が成立していた。しかし、干拓事業や流域での社会環境の変化により、中海から海藻草類が姿を消し、植物プランクトンが卓越した生態系に変化した。しかしながら、その後の流域の下水道整備や工場・事業場排水並びに畜産排水の規制等の結果（図2-3）、湖の透明度が徐々に高くなる傾向が示され（図2-4）、オゴノリやウミトラノオなどをはじめとする海藻類が再び増え始めてきている。残念ながら現在はかつてのような資源循環系が失われたため、増殖した海藻類は湖岸に打ち上げられ、

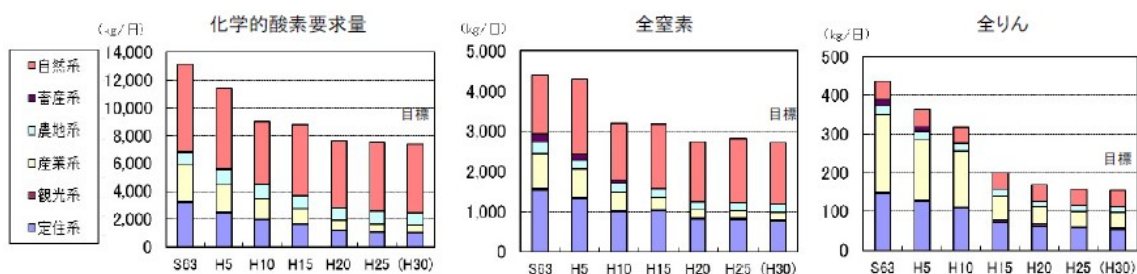


図2-3. 中海に流入する汚濁負荷量の推移（第10回「中海の水質及び流動会議」資料より）。



図2-4. 米子湾における透明度（年平均値）の経年変化（第10回「中海の水質及び流動会議」資料より）。

浅場のない垂直護岸では水中で腐敗し硫化水素を発生させ、アサリなどの底生生物を斃死させるなど、本来酸素が豊富で生き物が多い沿岸域の劣化を招いている（図2-5）。



図2-5. 湖岸に打ち上げられたオゴノリ（左図）と、水中で腐敗したオゴノリにより黒色を呈している湖水（右図）。

2-2 事業の意義

島根・鳥取両県にまたがる中海には、かつては広大なアマモ場があり、サルボウガイ（アカガイ）に代表される豊富な魚介類の生産の場があった。しかし、高度経済成長期に実施された干拓・淡水化事業や水質の汚濁に伴い、アマモ場の消滅、水産資源の減少などが進み、かつての豊潤な自然環境が大きく損なわれた。人工的な湖の改変の及ぼす結果の重大さに気づいた今、これから起こりうる社会の変化と自然のあり方を見通しつつ、人々が中海とともに豊かに生きていた頃の自然を可能な限り再生し、それを子々孫々にまで確実に伝えていくことは、中海の自然再生のみならず、地域の再生にもつながるものである。中海の自然再生は、単に自然そのものの再生ではなく、自然と人間との共生・共栄が可能な社会の再生を目指す試みでもある。

3 自然再生事業の対象となる区域とその課題

3-1 対象区域

中海自然再生全体構想の対象区域は、境水道を含む中海本体（86.8 km²）と、大橋川を除く中海に直接流入する河川的全集水域（595 km²）である（図 3-1）。流域には、島根県松江市、安来市、鳥取県米子市、境港市が含まれる。但し、本実施計画により自然再生を実施する区域は、この対象区域の一部であり、実際の区域については第5章の「自然再生事業の内容」に詳しい。

3-2 対象区域の現状と課題

中海は汽水という特殊な環境を受け、多くの魚介類や水生植物が生息・生育するとともに、隣接する宍道湖と合せ、時に10万羽を超えるカモ科鳥類が飛来し、日本で最大級の渡り鳥の飛来地になっている。特にコハクチョウは宍道湖とともに我が国の集団渡来地の

南限になっている。また、中海一帯ではカモ科鳥類をはじめとしてシギ・チドリ類等の 47 科、約 260 種の鳥類の生息が確認されている。植物としては絶滅が危惧されるリュウノヒゲモ、カワツルモ、イトクズモなどの沈水植物のほか、やはり絶滅が危惧される塩性湿地植物オオクグの大群落が大橋川河口部に見られる。

昭和 30 年代前半頃までの中海には、オゴノリ、アオサ、ウミトラノオなどの海藻や、アマモ、コアマモなど海草が大群落を形成し、海草藻類の宝庫であった。オゴノリは寒天の材料として使われ、その他の海藻やアマモも採草され、有機肥料として使われていた。しかし、海草のアマモは現在、境水道の一部で見られるに過ぎない。海藻類が繁茂していた頃の中海では、各地に海水浴場が設けられ、多くの人々が魚釣りや水泳、貸しボートなどで遊ぶ姿が至る所で見られた。しかし、昭和 30 年代に入り生活水準が向上するとともに、中海に流入する生活排水や農業・畜産・産業排水が増加し、中海では水質汚濁や富栄養化が進み、またコンクリートによる湖岸の人工護岸化も進んだ。「豊かで遊べるきれいな中海」を目指すため、湖岸を親水空間として活用し、浜を活用した湖とのふれあいが求められている。

近年、中海では特に弓浜半島沿いの浅場で海藻類が繁茂する状況が見られるようになっている。岩礁帯ではウミトラノオが、その他ではオゴノリ、ホソジュズモ、シオグサの仲間などが増えている。しかし、オゴノリやシオグサの仲間などの海藻類が湖底を覆い、そこで枯死・腐敗して硫化水素を発生させ、アサリ等の底生動物を斃死させることがわかってきた。このような状況から、島根県では水産庁の助成を受けて 2009 年と 2010 年に海藻の回収事業を行った。この事業では約 100 トンの海藻が回収されたが、回収の方法や乾燥場所の確保、あるいは利用法等について、未だ多くの課題が残されている。

漁業資源としては、中海十珍プラス 1（マハゼ（ゴズ）、サヨリ（スクビ）、スズキ、ヒイラギ（エノハ）、タイワンガザミ（アオデガニ）、ウナギ、マガキ、ニホンイサザアミ（オダエビ）、ヨシエビ（モロゲエビ）、サッパ（カワコ、マーカレ）そしてサルボウガイ（アカガイ）などが挙げられるが、どれも漁獲量は少なく、中海圏域で受け継がれてきた食文化の衰退にも影響していると考えられる。

中海の浚渫窪地はヘドロの溜まり場となり、貧酸素水や硫化水素の発生源となっている。



図 3-1. 自然再生事業の対象とする区域.

環境省の環境研究総合推進費により2008年度から2010年度にかけて調査された米子湾の窪地では、5月末～11月末にかけて窪地内の水はほとんど入れ替わらず、窪地内には高濃度の栄養塩類と硫化水素が蓄積していることが分かった。水塊中のこれらの物質は窪地内の泥から溶出しており、その溶出速度は本来の湖底からのものに比べて10～20倍高いことや、夏期の窪地内の酸素消費速度は本来の湖底での酸素消費速度に比べて20～40倍高いことが分かった。窪地の堆積物を石炭灰造粒物で覆砂した小規模の実験では、2年以上にわたり酸素消費速度の減少、栄養塩溶出速度の低下及び硫化水素溶出の抑制効果が認められ、今後は規模を拡大した実証実験の実施など、更なる展開が必要となっている。

4 自然再生の目標

この自然再生が目指すのは、昭和20年代後半から30年代前半の「豊かで遊べるきれいな中海」であり、豊かな汽水湖の環境と生態系、そして心に潤いをもたらすきれいな自然を取り戻し、かつての中海の自然環境や環境資源の再構築を目指す。そのため、中海自然再生協議会では、以下の全体目標と5つの推進の柱（大きな目標）を定めている。

◇ 自然再生全体目標

「よみがえれ、豊かで遊べるきれいな中海」を合言葉に、豊かな汽水湖の環境と生態系、そして心に潤いをもたらすきれいな自然を取り戻し、かつての中海の自然環境や資源循環を再構築する。

◇ 5つの推進の柱（大きな目標）

「よみがえれ、豊かで遊べるきれいな中海」を合言葉に、以下のような5つの推進の柱（大きな目標）を設定し、事業を推進する。

- (1) 水辺の保全・再生と汽水域生態系の保全
- (2) 水質と底質の改善による環境再生
- (3) 水鳥との共存とワイズユース
- (4) 将来を担う子ども達と進める環境学習の推進
- (5) 循環型社会の構築

自然再生推進法に則って再生事業を進めている他の地域に比べ、中海の自然再生の対象とする区域は格段に広いため、中海の自然再生においては、周辺地域とのつながりや、上流域の森林から下流域の海までを包含した広域的な流域単位の取り組みを行う必要がある。自然再生事業を進めるうえで、科学的知見を基礎とする順応的な管理と、多様な主体の参画と連携が重要なポイントとなることから、中海の自然再生においても、次の3つの視点

から事業を進める必要がある。

(1)過去の社会経済活動等により人為的に損なわれた生態系その他の自然環境を取り戻すことを目的とし、健全で恵み豊かな自然が将来世代にわたって維持されるとともに、地域に固有の生物多様性の確保を通じて自然と共生する社会の実現を図り、併せて地球環境の保全に寄与することを旨とする。

(2)地域に固有の生態系その他の自然環境の再生を目指す観点から、地域の自主性を尊重し、透明性を確保しつつ、地域の多様な主体の参加・連携により進める。

(3)複雑で絶えず変化する生態系その他の自然環境を対象とすることを十分に認識し、科学的知見に基づいて、長期的な視点で順応的に取り組む。

5 自然再生事業の内容

5-1 有用二枚貝（サルボウガイ）復活を目指す事業

実施者の名称

認定 NPO 法人自然再生センター

対象とする区域と位置図

①代表的浅場域（水深 4m 以浅）

②細井沖浚渫窪地と陸側浅海域（島根県安来市恵乃島町沖）

③浦カ部湾浅海域（島根県安来市黒井田町沖）

④万原一森山浅海域（旧中海干拓水面貯木場跡）（島根県松江市美保関町沖）

中海全域の深浅図を図 5-1 に、有用二枚貝調査対象区域を図 5-2（②③④）に示す。

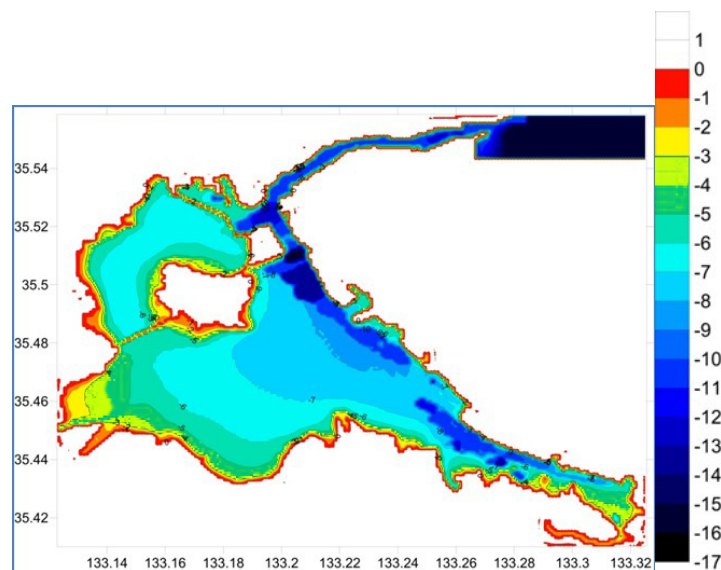


図 5-1. 中海全域の深浅図.

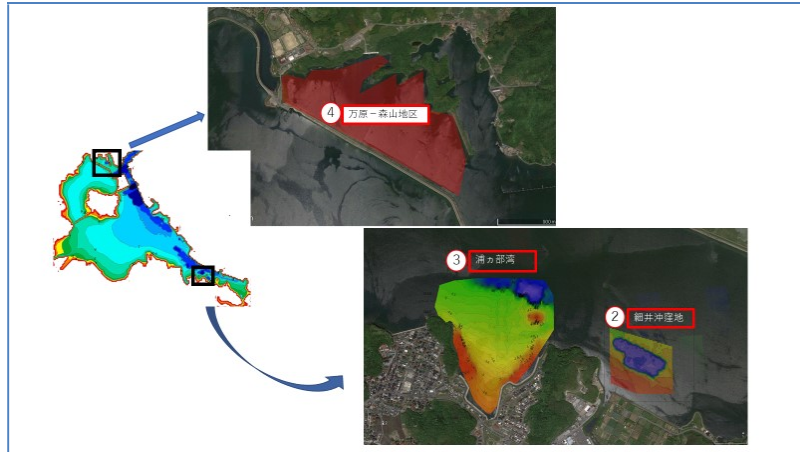


図 5-2. 細井沖浚渫地と浦カ部湾、万原森山地区の位置図 (Google Earth 使用).

対象とする地域の現状

①代表的浅場域（水深 4m 以浅）

自然再生センターでは中海の浅場域から数地点（後述）を選び、平成 26 年度から季節的な湖底状況、ベントス相の変化を把握し、浅場利用、藻場再生の参考とするための調査を行ってきた。浅場域では夏季から秋季にかけて発生する湖盆部底層の貧酸素水塊が波浪の影響などで浅場に到達し、浅場域の二枚貝等の底生生物に大きな影響を与えていた。この他にも降雨による湖水の低塩分化や海藻繁茂と枯死等の影響があり、これらが浅場域の湖底をマット状に被覆するホトトギスガイの大量斃死につながり、さらに湖底環境を悪化させる要因となっていた。水産有用二枚貝ではアサリやサルボウガイなどが確認されたが、小型個体が多く、大多数は成貝になるまでに死滅すると考えられた。一方、国土交通省出雲河川事務所は水環境の改善を主目的にして山砂及び石炭灰造粒物（Hi ビーズ）を用いた浅場造成事業を行ってきている。この事業は水質保全を主目的にしたものだが、ベントス調査も行われている。自然再生センターでは水産有用二枚貝（サルボウガイ、アサリ、カキ、ウネナシトマヤガイ（現地名：ヨコガイ））の生息の可能性を念頭において事前調査を行い、サルボウガイやアサリなどの生存をいくつかの地点で確認した。これらの地点では、底質の違いよりも、地理的、地形的条件による環境の違いが底生生物相に与える影響が大きいと考えられた。なお、この水域での漁業利用や観光・レジャーでの利用は殆どない。

②細井沖浚渫地とその周辺水域（島根県安来市恵乃島町沖）

この地区では、平成 23 年に沿岸域で国土交通省により浅場造成が行われており、以後数回、モニタリング調査が行われている。アサリの放流は試験的になされたが、海藻の繁茂やホトトギスガイが湖底全面に覆うことにより、大きな成果は得られていない。この沖合の浚渫地では、中海自然再生協議会第 1 期実施事業で、石炭灰造粒物（Hi ビーズと Hi ロック）による環境修復が行われており（詳細は浚渫地の環境修復事業を参照のこと）、

窪地内の硫化水素の発生が抑制される傾向にある事がわかっている。この窪地上の観測用筏では、サルボウガイの貝本体と簗に付着するホトトギスガイやフジツボ、海藻類の除去（貝の生育と漁業者の負担軽減で大きな課題となっている）を主な目的として垂下養殖試験を自然再生センターが漁業者と島根県水産技術センターの協力を得て平成 26～28 年度に行った。付着物除去については、窪地下層の貧酸素水塊への垂下簗降下作業により貝の生育を阻害することなく付着物量を削減するなどの好結果が得られており、今後の垂下養殖の発展に貢献できる可能性がある（図 5-3）。なお、漁業者によるサルボウガイ垂下養殖はこの水域でも行われており、一定の収穫が得られている。

③浦カ部湾浅海域（島根県安来市黒井田町沖）

浦カ部湾浅海域（国交省の新十神沖）は、平成 18～19 年度に国土交通省により、湾口部の東岸と西岸において山砂を使用した浅場造成、湾中央部には Hi ビーズを使用した覆砂施工されている。自然再生センターは平成 27～28 年度に浅場域のモニタリング調査と湾中央部でサルボウガイ直置き養殖試験を行った。モニタリング調査の結果、アサリとサルボウガイが比較的多く確認されたが、大型個体はやや少ないことがわかった。直置き養殖試験では、水深 3.5m～4m の Hi ビーズ上にサルボウガイを簗に入れ設置したところ、成長は垂下式養殖に比べてやや鈍化するが、生存率は良好で、付着物の軽減も確認された。付近水質の溶存酸素は、夏季に 3 m 以深で貧酸素傾向となっており、一部を除き秋季にほとんどの場所で回復した。硫化水素は湖底直上では確認されなかったが、Hi ビーズ覆砂区の一部では、覆砂後に新たに浮泥が堆積しており、この泥中では、夏季～秋季に硫化水素が確認された。沿岸では、ハゼやスズキを目的とした釣りが行われているが、二枚貝を目的とした漁業やレジャーによる利用は、ほぼ行われていない。

④万原－森山浅海域（旧中海干拓水面貯木場跡）（島根県松江市美保関町沖）

中海北東部に位置し、堤防道路が間に介在するため中海本体とは直接つながっていないが、堤防地下に埋められたパイプを通し下層水の水交換が行われている。境水道に直接つながる位置にあるため、塩分は中海本体より高く、安定している。漁業者によってサルボウの垂下養殖が最大規模で実施されている。また、水質が比較的安定していることから、塩分の変化に弱いアサリの垂下養殖も合わせて行われている。この地区はかつて貯木場があったところで、比較的広い水域が確保されている。湖岸域は主に岩礁帯及び礫でできており、環境省の環境技術開発等推進経費による平成 22 年度の自然再生センターの調査では、比較的大きなアサリ成貝が散見された。これらは漁業者によって漁獲されているが、収穫量は年々減少傾向にある。



図 5-3. カゴに密集して付着したホトギスガイ（左）と降下作業を実施したカゴ（右）の様子（細井沖窪地での垂下養殖試験。籠を短時間降下させることにより、付着物を死滅・軽減させることができた）。

取り組みの意義とその重要性

中海には、かつては浅場域が広く存在し、魚介類も多い豊かな汽水域であったが、高度経済成長期の浚渫による湖岸の埋め立てにより、およそ 680 万㎡もの面積の浅場域（水深 2.5m 以浅）が消失し、さらにその先には幾つもの浚渫窪地ができている。また垂直護岸によって陸と水域が隔てられ、二枚貝や多くの底生生物の生活の場である浅場域が大規模に失われた（図 5-4）。しかしながら、わずかに残された水深 3m 以浅の水域では湖底の環境



図 5-4. 消失した水深 2.5m 以浅の浅場域（赤色は干拓により、黄色は浚渫により消失した個所。Google Earth 使用）。

は比較的良好に保たれているところがある。中海を代表する二枚貝はサルボウガイであり、地元では一般に“赤貝”と呼ばれている。泥底に生息し、かつてはほぼ全域に分布していたが、生息環境の悪化により、現在では、ごく限られた区域で僅かに確認されるのみとなっている。また収穫に使用された『そりこぶね』による赤貝漁は中海を代表する風物詩であった（図 5-5）。戦後まもなく（昭和 20～30 年）の島根県水産試験場による赤貝の研究と種苗生産等の技術は日本でもっともすぐれた技術開発として知られていた。また『まぶ



図 5-5. 櫓をこぎながら体をゆらし、湖底を桁引きする赤貝漁の「そりこ舟」
(今岡ガクブチ店提供「中海の本庄水域」)。

し』と呼ばれた稚貝採取法はとりわけ中海の赤貝漁を全国的に有名にした(図 5-6)。生息環境悪化に伴い昭和 40 年を境として赤貝漁は衰退したが、いまから 6 年前に泥底に棲む赤貝を水中の垂下籠で育てる垂下養殖技術により、その復活の道が中海の漁業者と島根県水産技術センターの技術者によって開かれた。サルボウガイの垂下養殖は今では年間 10

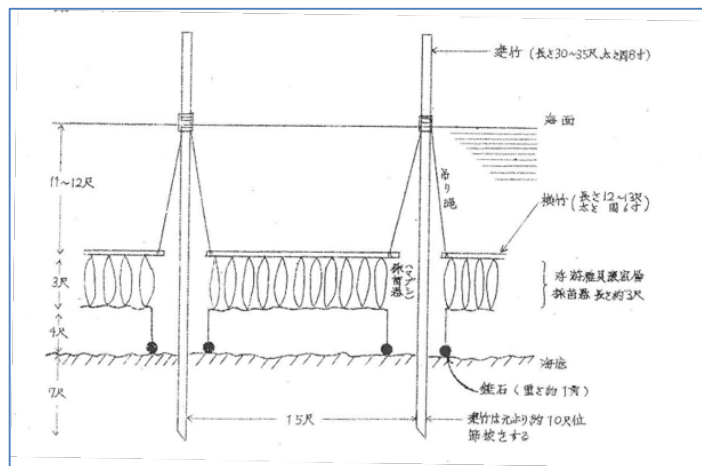


図 5-6. サルボウ浮遊仔貝の伝統的捕獲法「まぶし」(塩分躍層のわずか下位を浮遊する仔貝の性質を巧みに利用した捕獲法(昭和 30 年島根県水産試験場中海分室))。

トン程度の収穫が得られるようになってきている(最盛期の昭和 30 年代には約 1,500 トン)。漁獲量はまだわずかではあるが、垂下方式という新たな漁法により、泥くささがないことに加えて、味の良さ、身詰まりが良好で、市場での評価も高く、量産化が求められている。この技術の問題点は付着する貝・藻類の影響をどのように軽減するかで、本事業においても様々な技術開発を行ってサルボウガイ復活に貢献したい。サルボウガイの増産が進み、生産者の収入面での向上が見込めれば、高齢者が多い生産現場に若年層の加入も考えられ、中海の管理とモニタリングを考えた時、実際に湖を利用する機会の多い漁業者の絶対数の維持は、中海の再生、維持活動の継続性において非常に重要である。また増産が進めば、

域外への栄養塩の持ち出し効果、濾過による湖水の透明度上昇など水環境の改善も期待できる。また、有用二枚貝の稚貝採取や直播場としての可能性、さらには地域住民による利用の可能性、さらには観光利用の可能性についても取り組んでいきたい。なおこの事業は中海漁業組合と密接な連携の上で、地元漁業者と協働し、また島根大学などの専門家の協力を得て、実施するものである。有用二枚貝のうちアサリについては、1960年代後半～1980年までは高水準状態を維持したが、1981年以降漁獲量は半減し、さらに1990年代になってからは低水準・減少傾向で推移している。減少理由について、はっきりした原因は究明されていないが、貧酸素水や藻類堆積の影響、また比較的低水深で生息するアサリにとって、人為的地形改変による浅場域の消失、特に浚渫の際に利用価値の高さから重用された砂地の消失は、砂地を生息域とするアサリにとって大きく影響したと考えられる。そこで現在の中海におけるアサリの生息環境を調査するとともに、天然砂が干拓事業などにより大規模に失われ、枯渇している現状から、代替え材の利用を念頭に置いて、より好条件な生息区域の考案と籠垂下養殖への応用を目指したい。アサリはサルボウガイと比べて一般の認知度も高く、市場規模も大きいので、観光やレジャーでの利用についても利用についても今後考えて行きたい。

水環境と底質状況の把握のためのモニタリング調査は、中海湖盆部を中心として、行政機関（国土交通省出雲河川事務所、島根県など）、研究機関（島根大学生物資源科学部、総合理工学部、エスチュアリー（汽水域）研究センターなど）により定期的に行われているが、物質循環と生物多様性において非常に重要な区域である浅場域に関しては散発的に行われているのみで、長期連続の調査は行われていない。この事業では、上記機関とも連携しながら、一定の方式に基づく調査を5ヶ年計画で実施し、底生生物の状況を把握し、環境改善がどこまで進んでいるかを確認したい。また浅海域は、地域住民の目に触れやすい場所でもあるので、親水性を高める為にも浅海域のモニタリングを継続し、公開することによって住民意識を高めることにも貢献したい。

取り組みの方法

サルボウガイの養殖の効率化において最大の課題となっている付着物の軽減を図る為に、いくつかの技術を確立し、増産に貢献する。また、中海浅海域のモニタリング調査を継続して実施していく。

①代表的浅海域でのモニタリング調査

いくつかの浅海域（国交省浅場造成域の新十神、下意東などを予定）を選定して定期的なモニタリング調査（水質測定、ベントス等）を行い、有効な浅場利用の可能性を探る。二枚貝では、将来有用二枚貝の稚貝採取、直播場となりうるかを調査する。

2017年度：モニタリング調査地点の選定

2018年度以降：定期的ベントス調査および水質計によるモニタリング

②細井沖浚渫地でのエアレーションを利用した直置き養殖

地元企業と協同して水循環システムを構築し、サルボウガイの養殖施設を作成する。試験予定の細井沖渫地内の湖底は通年で貧酸素層が形成されており、湖底では付着生物がいない。そこで、湖底の貧酸素層にサルボウガイを敷き詰めた養殖箱を設置し、上層の栄養豊富で高酸素の水を箱内部に強制的に送り込み飼育する。箱外部は貧酸素層にある為付着物が阻害され、箱内部もスイッチングによって、送水を一定期間停止させることにより、一時的に貧酸素状態にさせて付着生物の成長を阻害させ、貝への付着物の軽減を図る。なおサルボウガイには貧酸素耐性が高い特性がある為、長期間でない限り貧酸素による影響は少ないと考えられる。また、いくつかの条件を与えて、適切な湖水取り込み口の水深、循環停止期間等を探ると共に、施設の低コスト化、簡易化の方法を考案する。

2017 年度：飼育試験

2018 年度以降：引き続き、改良と飼育試験の継続

③浦カ部湾浅海域での直置き養殖

平成 28 年度の試験結果から、直置き養殖は通常の垂下養殖と比較して大幅な付着物の軽減が見込め、一定の生存率、成長率が確認できたことから、同地区で最も成績の良好であった水深 3.5m 地帯において、規模を拡大し直置き試験を行う（図 5-7）。付着物が増加する夏季は直置き養殖し、その他の期間は垂下養殖と併用するなどの、いくつかの条件を与えて生残試験を実施する。また、より簡易な施設、効率的な方法で増産が見込める様に設置方法を考案し、中海漁業協同組合の協力のもと試験する。

2017 年度：飼育試験、

2018 年度以降：引き続き、改良と飼育試験の継続

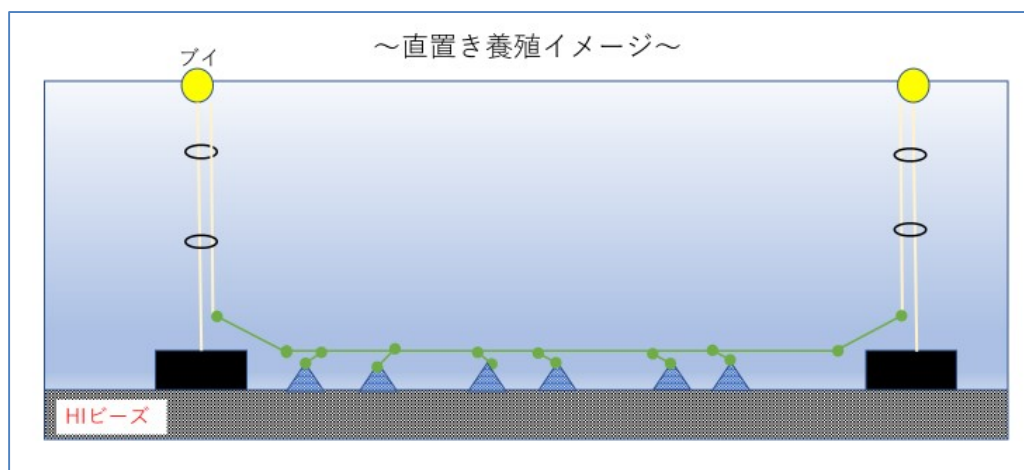


図 5-7. 直置き養殖試験の模式図。もともと泥底中に棲むサルボウガイを復活させる試み（浦カ部湾水深 3m）。Hi ビーズ覆砂で貧酸素化が軽減された湖底での平成 28 年度の試験では、成長した貝が収穫され、本来の桁引き漁復活への光明が見えた。

④万原－森山浅海域（旧中海干拓水面貯木場跡、島根県松江市美保関支所沖）

同地区のアサリの籠垂下養殖では、基質としてゼオライトが用いられているが、これが石炭灰造粒物でも代用可能であるか比較した飼育試験を行う。良好な結果が得られた場合、基質の低価格化と基質重量の低減による漁業者の労働負荷の軽減が見込める。また同地では自然状況下でもアサリの生息が見られるが、底質はレキが多く、砂地を好むアサリの最適な粒度組成とは必ずしも条件が一致しない。そこで、現在の生息環境を調査するとともに、生息状況の改善可能を目的として、より粒径の小さい覆砂材を覆砂するなどの試験を行う予定である。

2017 年度：飼育試験

2018 年度以降：生息環境改善方法の考案、調査

モニタリングの方法

①中海全域の浅場域モニタリング調査

水質、海草の繁茂状況、底泥、生物調査を行う。また必要があれば湖底地形調査、水質データを基にしたシミュレーション等も行う。

②細井沖浚渫窪地でのエアレーションを使用した湖底養殖試験

エアレーションシステムを使用した養殖箱内のサルボウガイの生残数、質重量、付着物量、肥満度の計測、水質ロガーを使用しての現地水質のDO、水温、塩分等の連続観測を行う。また対照区を選定し底質による差異を比較する。

③浦カ部湾浅海域での直置き養殖試験

直置き養殖したサルボウガイの生残数、質重量、付着物量、肥満度の計測、水質ロガーを使用しての現地水質のDO、水温、塩分等の連続観測を行う。また対照区を選定し底質による差異を比較する。

④万原－森山浅海域

籠垂下養殖したアサリの生残数、質重量、肥満度の計測。また浅海域においては、アサリ生息環境調査（ベントス、粒度組成、底質など）を行う。

5－2 海藻類の回収及びその利用事業

実施者の名称

認定 NPO 法人自然再生センター

対象とする区域

中海（江島、本庄水域、弓浜干拓地周辺）（図 5-8）



図 5-8. 海藻の回収を行う主な区域（赤線枠内）.

対象とする区域の現状

海藻の繁茂自体は魚介類の産卵や幼稚仔魚の生育の場となるため良い面が多いが、大量に繁茂した海藻を放置すれば腐敗し中海の水質に負荷を掛ける事にもなる。第 1 期計画の取り組みとして、現時点で海藻の肥料化施設がもうけられている江島及び境水道に近い本庄水域と北部承水路及び弓浜承水路を中心とした中海北部の水深 3m（沖合 30m～100m）までの沿岸域を対象区域として、適切に海藻類の回収を行うことにより水質と底質の悪化を防ぎ底生生物を斃死から守り、さらにその利用を図るための肥料化や食料化に関する事業を行ってきた。

当初は、海藻に大量の堆積物が付着していたにも関わらず 1 艘で 500kg ほど回収する海藻の中には 100 匹を優に超えるイソガニやイシガニ、マメコブシ、ヒシガニ、タイワンガザミ他、様々なカニがはい回り、エビもスジエビ、シラタエビ、テナガエビ、ヨシエビ、イソテッポウエビ等 7～8 種類ほどのエビも確認できた。また、ハゼやチチブの仲間も 10 種類を超える確認ができ、シマイサキの稚魚やアカニシ、サルボウガイやアサリなどもよく見られた。また、ヨコエビ等の小型甲殻類の仲間も沢山確認できた。海藻の回収を始めて 3 年目頃より海藻に付着する堆積物の量が半減し、堆積物が付着していない海藻が回収できるようになるつれカニやエビそして魚の数や種類も減少し、5 年目になり堆積物がほとんどなく食用としても十分使用できるほどの海藻には数匹のカニが確認できる程度で生物の姿がほとんど確認できなくなった。

取り組みの意義とその重要性

2011 年から海藻の回収及び循環システム構築事業に取り組み、現在、中海漁業協同組合 会員漁師 18 名、NPO 法人・社会福祉法人と農家約 60 軒が協働し、システムが構築されている。海藻を漁業者と伝統的手法で回収し水質への負荷を軽減させるとともに、農地に投入することで土の偉力を高め、化学肥料や農薬の使用を抑え、安全・安心な野菜を育てるとともに、この土に住む多様な生物・微生物により浄化された地下水が中海に還元される循環システムを漁業者・NPO 法人・社会福祉法人・農業者とともに構築できつつある。しかし、中海では海藻の回収との関連性は定かでないが、上記のような現象がおこっていることから、中海の現状、事業の効果を早急に科学的に分析・評価する必要がある。

取り組みの方法

これまで通り、海藻の状況を見ながら伝統的手法による海藻の回収を行いつつ科学的な検証を行う必要がある。そこで本事業では、調査地を設定して水質・底質および生物調査を行い、藻刈りによる影響を野外実験により検証する。野外実験の各調査項目の季節変化から中海における海藻類や藻体の懸濁堆積物量の季節的消長を明らかにする。さらに、実

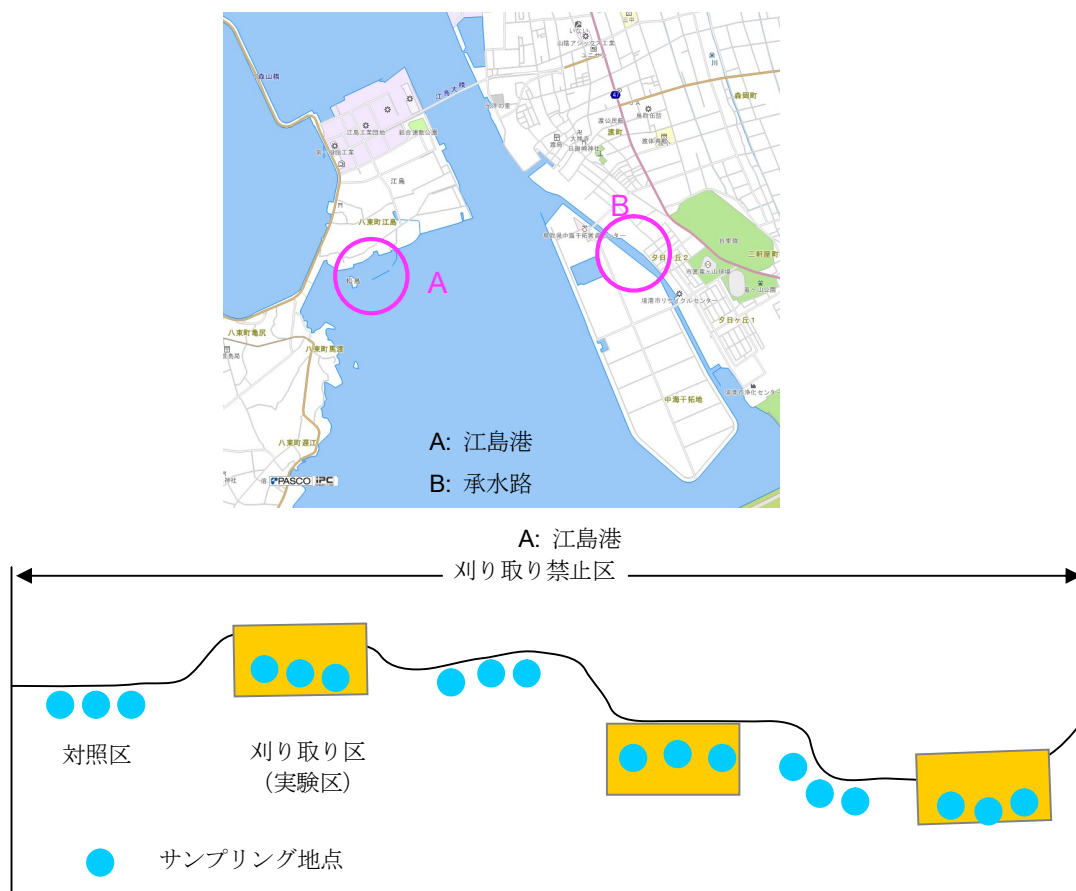


図 5-9. 測線に沿った対象区と刈り取り区の設定例.

験区と対照区の結果から海藻類の刈り取りの有無が底生生物群集に及ぼす影響を推定する。江島港と中海干拓地承水路で得られた結果を比較することにより、場所による差異について考察する。2011 年以降の海藻類の刈り取り圧（回収量）を推定し、底生生物および魚介類の現存量の変化への影響を考察する。

モニタリングの方法

江島港の水深が同程度の場所に、実験区と対照区を設置する。実験区は海藻類の刈り取りを定期的に行い、対照区は海藻類の刈り取りを行わない。2018 年度から月 1 回程度の頻度でサンプリングを行う。調査項目は、海藻類の被度、海藻類の現存量、藻体の懸濁堆積物量、湖底の堆積物（強熱減量、底生生物）、藻場生物、等を予定する。また、中海干拓地承水路において実験区と対照区を設置し、同様の野外実験を行う。

地元の関係者と協議を行った上で、刈り取り禁止区の範囲を決める。頻度と 1 回あたりの刈り取り量の加減を検討し、海藻類の刈り取りを可能な限り定期的に行い、全体の湿重量と藻体のみの湿重量を測定する。サンプリングは江島港では潜水作業により行い、承水路では胴長を穿いて岸からアプローチする。サーバネットによる採集方法およびプラスチックボトルによる藻体懸濁堆積物の採取に関しては作業場で事前に方法を確認して行う。適宜、水中カメラで実験区と対照区の状況を撮影する。

5－3 中海湖岸域の利活用プロジェクト

実施者の名称

米子工業高等専門学校建築学科
認定 NPO 法人自然再生センター

対象とする区域

中海湖岸域

対象とする区域の現状

生態的サービスについて、国連は「ミレニアム生態系評価」の中で、「供給」「調整」「文化」「基盤」の 4 種類に分類している。そのなかで、「文化」的サービスは、生態系があることによって醸成される文化的な基盤や価値を支えるサービスをさしている。ハイキングやキャンプ、バードウォッチングなどのレクリエーションや、鎮守の森や霊場を訪れることで得られる精神的な癒し、審美的な喜びなどの多くは、その土地の生態系が形作る環境によって支えられた文化であるといえる。人気を集めるエコツーリズムや森林セラピーなども文化的サービスのひとつと考えられる。

このような視点から、中海の利活用について、『中海会議』（中海会議とは、平成 21 年 12 月に締結された鳥取、島根両県知事の協定書に基づき、関係機関が共同して、未来に向かってより良い中海圏域を築くため、中海の水に関する諸問題を協議検討する場として、平成 22 年 4 月に設置された会議）の「中海の利活用に関するワーキンググループ」の検討事項をみると、中海の利活用アイデアとして 9 項目が挙げられている。すなわち、①中海周遊サイクリングの推進、②マリンスポーツ・レクリエーションの推進、③中海周辺観光、④水産資源の活用・回復、⑤中海の「藻」の活用、⑥大型水鳥類との共生に着目した流域づくり、⑦中海を題材とした環境教育、⑧ラムサール条約普及啓発の取組、⑨中海ワイズユース住民活動の推進である。

この中で、中海周遊サイクリングの推進の目的は、「景観や観光資源等に優れた中海周辺を、地元住民から海外の来訪者までがサイクリングで楽しめるよう、周遊コースを提示するなど、豊かな水辺環境を実感できる鳥取・島根県で一緒につくり、中海が『サイクリングの一大聖地』となることを目指す」とされている。

取り組みの意義とその重要性

本プロジェクトでは、「中海会議」で提案された事項を個別ではなくて相互関連に考慮し、「中海周遊サイクリングの推進」のなかで、家族と共に自転車で周遊するポタリングに注目して、場所の利・活用提案とともに試行的に実施するものである。

実施にあたっては、①中海の湖岸域のよい風景等を楽しむための休憩の場の設置とデザイン計画、②サイクリングロードのデザイン計画、③サイクリングステーションや環境保全施設の温熱環境の条件づくり、④ポタリングで立ち寄れる中海の恵みを体感できる場所の提示、⑤中海の物語等をアート作品で展示して情報提供を行うこと等を、ポタリング整備を中心に置いて進めることが重要と考えている。これは、中海会議での 9 つのアイデアの相互連携のあり方を試行的に提示するものである。

なお、鳥取県や島根県でのサイクリングロードの取り組み状況として、2010 年「サイクリングロード整備検討会」設置（鳥取県）、2011 年度「大山中海サイクリングマップ」公表（鳥取県）、「宍道湖・中海サイクリングロード連絡・調整会議」設置（島根県）、2012 年度検討中コースの試走（島根県）、2013 年度コース案について道路管理者・公安委員会等と協議、2014 年度両県等で最終調整のうえ、サイクリングロードの環境整備（路面標示等）に着手、2015 年度第 1 回中海バイク＆ラン実施（鳥取県）、2016 年度第 2 回中海バイク＆ラン実施（鳥取県）、2017 年度第 42 回中国四国ブロックサイクリング鳥取県大会中海バイク＆ラン（主催：日本サイクリング協会）がある。

取り組みの方法

生態的サービスを向上させるには、中海湖岸域を地域住民のコモンズ（共有財産）とし

てとらえ、住民主体の管理体制づくりや、湖岸域の地域価値の向上と持続的な利・活用の方策を検討することが重要と考えている。その一環として、地域資源を活かしたサイクリングロードの整備計画を住民の意見やワークショップ等を通じて、住民と共同しながら進めることに取り組みたいと考えている。

鳥取県と島根県はサイクリングロードの試行段階にあり、本プロジェクトでは各県の取り組みを評価・検討し、ポタリングの可能性を検証する。準備段階の調査として米子高専学生らと現在の中海のサイクリングロードを巡った結果（図 5-10）、中海周辺には多くの



図 5-10. 学生によるサイクリングロード調査。

未使用地があり、活用されていないことがわかった（図 5-11）。また、芸術家との共同で中海の物語を構想するなかで、萱島等中海圏域のイメージを高める地域資源を見出した。これらの結果を踏まえ、2017 年度からの 5 ヶ年計画のなかで、以下の事項を実現させる予定である。

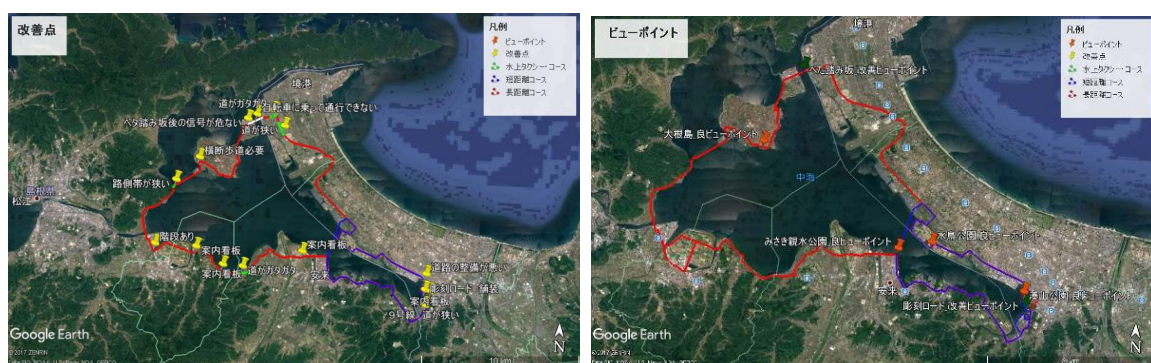


図 5-11. サイクリングロード並びに改善すべきポイントとビューポイント。

2017 年度は、従来の中海周辺の利活用事例を探ることとし、未使用地を再生させる利活用方法やサイクリングロードで有効活用できる地域資源を探る。ポタリングの拠点施設整備の試案、水鳥公園の再整備のための温熱環境調査、中海で児童に親しまれているゴズ釣

りマップ作成と調理方法開発等がこれにあたる。つまり、中海湖岸域の利活用として可能性のある場所がどこにあり、その特徴はなんであるかを示すこととする。

2018 年度と 2019 年度は、鳥取県と島根県で取り組んでいるサイクリングロード計画の中で、ポタリングの可能性を検討する。ポタリングは中海の「水辺ルート」の中で、この圏域の原風景を想起させる場所を見出し、これらの箇所を中心とした利活用の可能性と各所の相互の連携の可能性を探る。可能であれば、これらの地域の可視化を行い、有効活用方法を検討する。

2020 年度と 2021 年度は、サイクリングロード整備のマスタープランを作成する（ワークショップ開催）。サイクルステーションスペース等の場所づくり、自転車スタンド、看板等を計画・設計し、可能であれば試作する。

モニタリングの方法

鳥取県と島根県が進めているサイクリングロードの整備や利活用について、サイクリングロード使用者やワークショップ参加者を対象としたアンケート調査ならびに主催者である鳥取県や島根県の担当者への聞き取り調査によってモニタリングを行う予定である。

5－4 浚渫窪地の環境修復事業

実施者の名称

認定 NPO 法人自然再生センター

対象とする区域と位置図

- ・ 細井沖浚渫窪地（安来市恵乃島町沖）（図 5-12, 5-13）
- ・ 錦海穂日島沖浚渫窪地（米子市錦海町沖，安来市穂日島町沖）（図 5-12, 5-14）
- ・ 米子空港沖浚渫窪地（境港市夕日ヶ丘沖，米子市葭津沖）（図 5-12, 5-15）

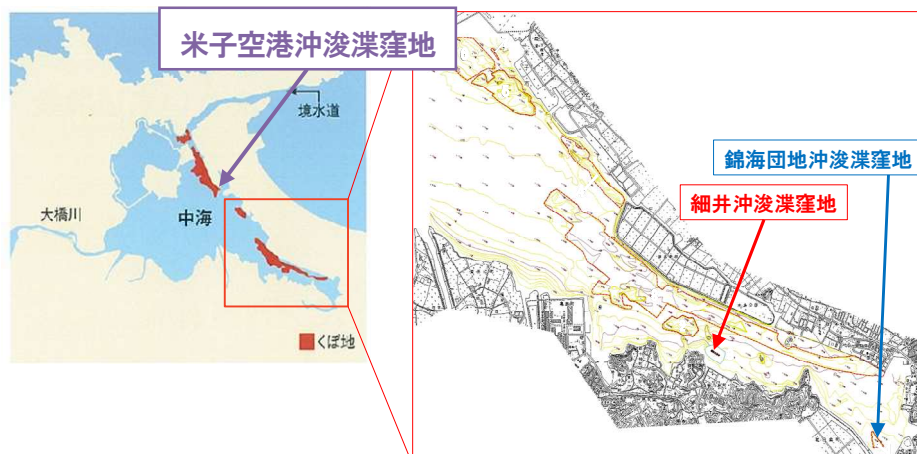


図 5-12. 細井沖浚渫窪地，錦海穂日島沖浚渫窪地，米子空港沖浚渫窪地の位置図。

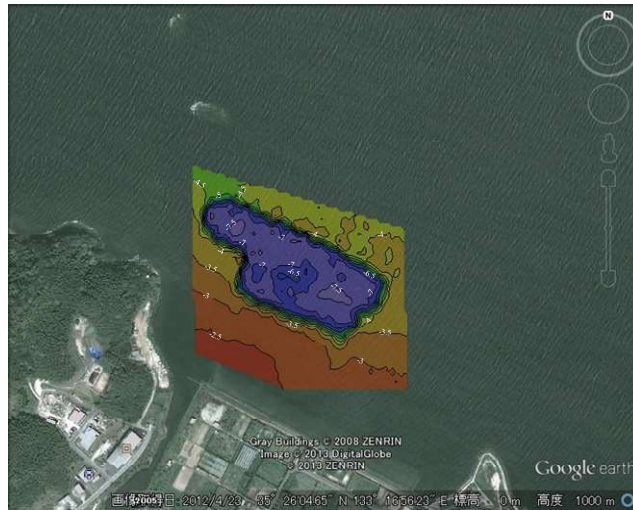


図 5-13. 細井沖浚渫窪地の深浅図 (Google Earth 利用) .



図 5-14. 錦海穂日島沖浚渫窪地の深浅図 (Google Earth 利用) .

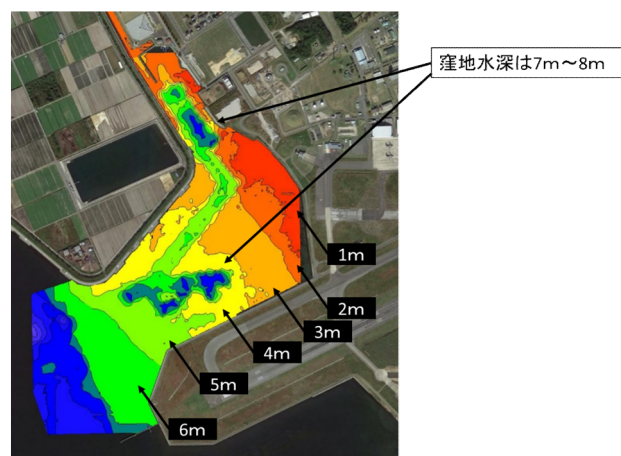


図 5-15. 米子空港沖浚渫窪地 (中浜港) の位置と深浅図 (Google Earth 利用) .

対象とする地域の現状

①第1期事業に引き続く細井沖および錦海一穂日島沖窪地

細井沖浚渫窪地には厚さ 90 cm、錦海一穂日島沖浚渫窪地には厚さ 70 cm の石炭灰造粒物が全面覆砂されている。いずれも全面覆砂後は窪地内の栄養塩、硫化水素濃度は減少傾向にあり、覆砂による水質改善効果が現れている。しかし、2016 年度は水質がやや悪化し、同時に栄養塩等の溶出速度も上昇したことから、覆砂効果の低下が懸念されている（詳細は資料を参照）。また、窪地周辺では底生生物の出現は少なく、これが窪地の貧酸素の影響であるかについては不明な点がある。堆積物の蓄積速度は速く、半年で 1～3 cm 程度の堆積が確認されている。

②新たに修復対象とする小規模窪地

米子空港に近い 100,000 m³ 程度の容積の窪地を選定する。米子空港北側に存在する窪地の一つ（中浜港奥）では、平成 23 年度環境省地域生物多様性保全活動支援事業により水質調査が行われ、また自然再生センターにより地形調査が行われている（図 5-16）。窪地の水深は約 7 m であり、水深 3～5 m に塩分躍層が存在する。夏季は 4 m 以深で貧酸素状態となり、酸化還元電位もマイナス値となることから硫化水素の発生も予想される。したがって、細井沖や錦海一穂日島沖浚渫窪地と同様な独立性の高い窪地の水質であると判断でき、極めて劣悪な環境条件であると推察できる。

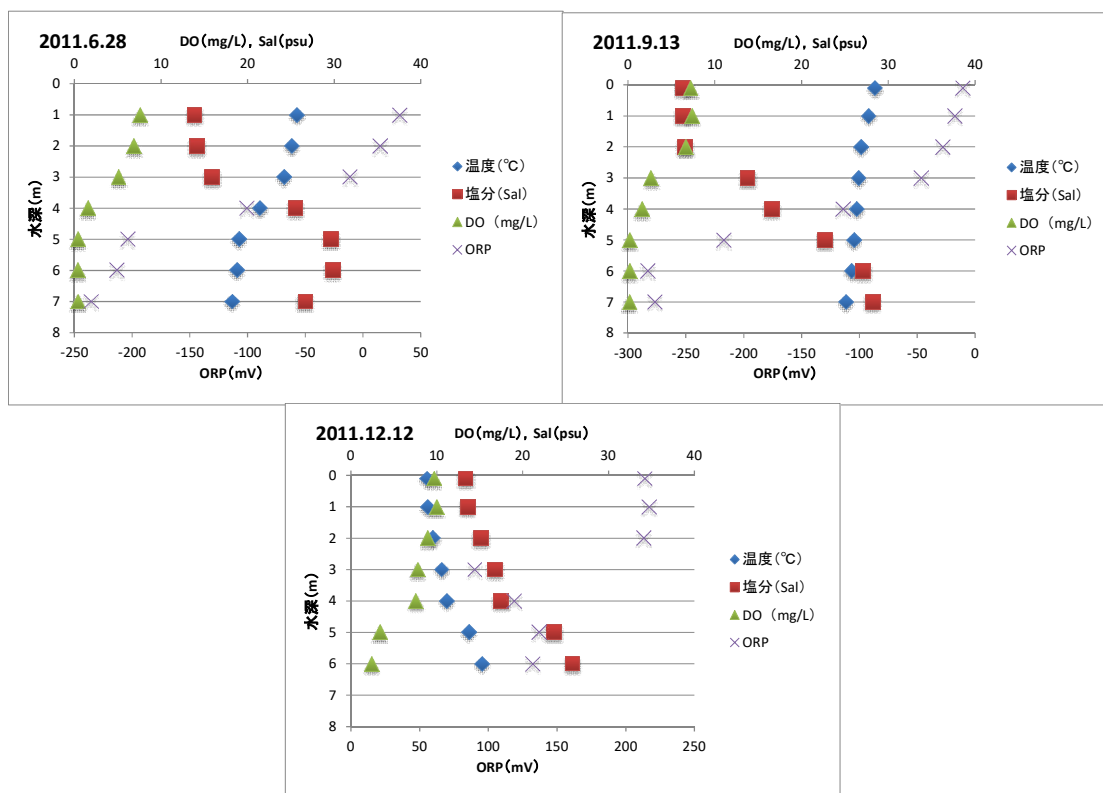


図 5-16. 米子空港沖浚渫窪地（北側：中浜港）における水質鉛直分布（2011 年）。

取り組みの意義とその重要性

第1期実施計画において、細井沖浚渫窪地と錦海穂日島沖浚渫窪地について硫化水素や栄養塩の溶出抑制効果が確認されており、徐々に周辺浅場域への影響は軽減される環境になったと考えられる。しかし、窪地内部への新たな有機物の堆積による経年劣化や、本来の連続した浅場の状態にはないことなどの懸念事項は残っており、これにより塩分躍層の上下にともない窪地内の水塊は周辺底層環境へ流出する可能性がある。

中海の自然再生には、底層の貧酸素化の改善と予防対策が重要であることから、栄養塩や硫化水素の溶出速度の大きい窪地の影響はできるだけ排除することが望まれる。したがって、第1期事業以上の窪地環境の改善効果を得るためには、新たな堆積の影響を軽減可能な方法で覆砂を実施することが重要である。現時点で想定する堆積物の影響を軽減した覆砂方法では、覆砂材の使用量を減らしつつ、これまで以上の覆砂効果が得られると予想しており、費用対効果を高める手法として有望と考えられる。

また、浚渫窪地の覆砂により窪地湖底からの負荷は抑制されるが、貧酸素環境を改善することは難しい。したがって、窪地の完全埋め戻しによる連続的な浅場環境の創出も湖底環境全体の改善効果を得るために重要である。窪地の完全埋め戻しは、窪地の貧酸素化が周辺湖底へ及ぼす影響を軽減させるとともに、在来の浅場との連続的な水深変化を復元することに繋がり、窪地の環境修復において大きな進展となる。

一方、実際に浚渫窪地の水質や負荷が中海全域あるいは窪地周辺の沿岸域に及ぼす影響についても明らかにすることが重要である。したがって、窪地修復の効果を水質シミュレーションにより定量化を図り、同時に修復すべき窪地の優先順位や修復方法（完全埋戻しを含む覆砂厚さの設定）を見極めていくことも必要である。これらの取組は、環境修復にかかる費用対効果についての検証につながり、ひいては持続的に窪地環境の修復を実施するための判断材料となるため、中海の水質改善において重要な評価指標となる。

取り組みの方法

①堆積物の影響を受けにくい施工方法による覆砂

細井沖浚渫窪地または錦海穂日島沖浚渫窪地を対象に図 5-17 に示すように石炭灰造粒物を円錐状に覆砂する。円錐状に覆砂することにより新生堆積物は水深の深い場所に集積（トラップ効果を発揮）し、石炭灰造粒物への被覆を避けることができる。図 5-18 の平面模式図に示すように、窪地面積に対して石炭灰造粒物の露出面が増加し、逆に栄養塩等が溶出する堆積物が集積する面積が小さくなることから、面積当たりの溶出量を削減することになる。

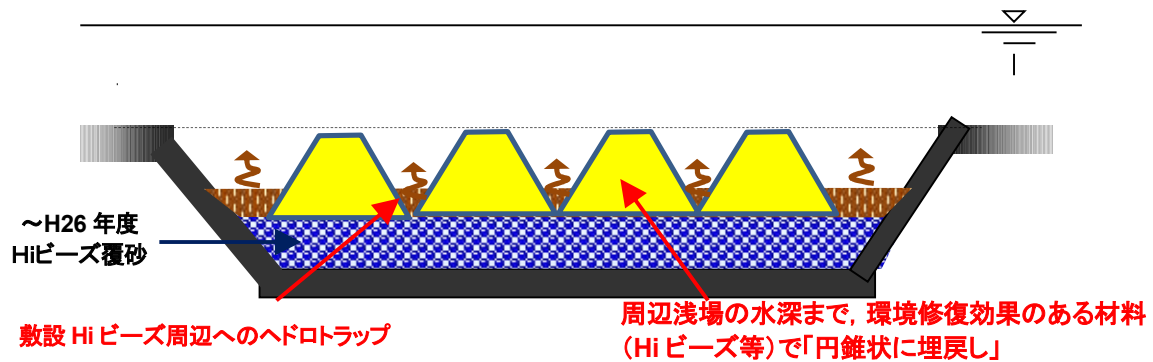


図 5-17. 堆積物の影響を軽減する施工方法（円錐状に投入）の模式図
（石炭灰造粒物を Hi ビーズと表記する）。

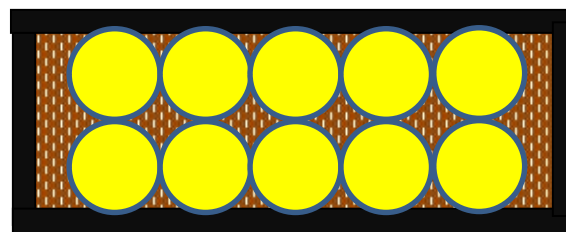


図 5-18. 円錐状に投入時の平面模式図。

2017 年度：モニタリングと円錐状の覆砂

- ・対象を細井沖あるいは錦海穂日島沖浚渫窪地のいずれかを選定する。
- ・施工時には塩分躍層下までシルトスクリーンを垂下させ、懸濁物の周辺への移動を抑制する。
- ・円錐状に覆砂するための投入方法について施工管理を行う。
- ・施工後の形状維持を確認するとともに、堆積物のトラップ状況を調査する。
- ・水中、石炭灰造粒物間隙水および堆積物間隙水の栄養塩、硫化水素等の水質を測定する。
- ・現地において栄養塩等の溶出速度を測定する。

2018 年度以降：モニタリング

- ・経年的な覆砂効果の変化を検証する。
- ・2019 年度に中間評価を行う。

②規模の小さい窪地の完全埋戻し

より規模の小さい独立性浚渫窪地を対象に完全埋戻し実施場所の選定を行う。弓浜半島沿いには容積 10 万 m^3 程度の窪地が点在しており、特に候補として米子空港の北側と南側の小規模窪地から選定する。窪地の完全埋戻しは、第 2 期実施計画の実施期間のなかで数年間をかけて実施する。なお、覆砂材投入の際には、これまで同様に周辺環境に対して底

質の巻き上がりが影響をおよぼさないように、塩分躍層下までシルトスクリーンを垂下させ施工する。

2017～2018 年度：モニタリング

- ・窪地を選定する。
- ・埋め戻し前に、対象の窪地とその周辺の水質と底質を調査する。
- ・水中、底質間隙水の栄養塩、硫化水素等の水質を測定する。

2018 年度以降：埋め戻しとモニタリング

- ・窪地の埋め戻しを開始する。
- ・窪地と周辺水域を対象に、経年的な埋め戻し効果の変化を検証する。

モニタリングの方法

①堆積物の影響を受けにくい施工方法による覆砂

第 1 期の調査方法を踏襲する。ただし、採水・採泥、水質・底質測定および溶出速度の測定に当たっては、円錐施工の浅深を考慮して実施する。

②規模の小さい窪地の完全埋戻し

連続的な浅場環境を評価するため、沿岸から沖に向かって窪地を通過する測線を設定し、測線上の数地点で調査を行う。現地にて水温、塩分、DO、pH、ORP を測定し、湖水と底質を採取する。湖水の窒素、リン、硫化水素を測定し、底質は間隙水の窒素、リン、硫化水素と底質の強熱減量を測定するとともに、ベントスを計測する。

なお、対象とする小規模窪地の中海湖心側には大きな窪地が存在していることから、小さな窪地の影響よりも大きな窪地の影響が大きいことも予想される。修復後の浅場環境の変化が小規模な窪地の影響をどの程度受けているのか見極めることができるように調査地点を選定する。

③水質シミュレーションによる評価

既存のデータを利用することを前提とする。

窪地の全面覆砂が中海全域（または米子湾）にどのような影響を与えるか検討する。中海全域に対して環境改善を検証していくには水質シミュレーション等の手法を用い、中海の環境復元をより定量化させていく必要がある。検討過程としては、3,000 万 m³におよぶ窪地を何割埋め戻すことで中海生態系が再生するかについて、物質収支計算を行う。中海底層の貧酸素水塊形成については、干拓事業により境水道、中浦水道及び中海東部が深く掘られた地形改変により密度流の流入が要因と思われるが、このような中海全域の状況を踏まえた水質シミュレーション等で詳細検討を行っていく。このシミュレーションにより、貧酸素水塊解消に向けた方法を見出し中海本来の自然再生実現のために、生物プロセス形

成に重要な有機・無機物質の分布や循環について検証していく。

第1期実施計画で行った事業対象の細井沖浚渫窪地および錦海穂日島沖浚渫窪地を対象に、水質シミュレーションを行う。水質シミュレーションは気象パラメーター、物理パラメーター並びに第1期実施計画のモニタリング結果の環境パラメーターを使用していくとともに、現存する過去のデータや資料なども参考に解析を行っていく。

6 その他自然再生事業の実施に関して必要な事項

6-1 地域の多様な主体の参加と連携

中海の自然再生事業は、自然再生推進法並びに自然再生基本方針に書かれている通り、その実施に当っては、当該自然再生事業の構想策定や調査設計など、初期の段階から事業実施、実施後の維持管理に至るまで、関係行政機関、関係地方公共団体、地域住民、特定非営利活動法人その他の民間団体、自然環境に関し専門的な知識を有する者、土地の所有者等地域の多様な主体が参加・連携し、相互に情報を共有するとともに、透明性を確保しつつ、自主的かつ積極的に取り組む。そのため、中海自然再生協議会を、適宜開催するよう努める。

6-2 広報活動

協議会のホームページを充実させ、また新聞やテレビ等のメディア、あるいは県や市の広報を通じて、一般住民の方々に中海の自然再生活動について紹介し、活動への参加も呼びかけ、中海の自然再生の協働の環を広げる。

6-3 環境学習の推進

米子水鳥公園や米子工業高等専門学校、島根大学エスチュアリー研究センター中海分室など、地域の関係機関と連携し、自然再生事業の対象地域について、その地域の自然環境の特性、自然再生の技術及び自然の回復過程等、自然に関する知識を実地に学ぶ場として十分に活用する。将来の事業の担い手を育てるための環境学習という観点から、小中学生を視野に入れた体験学習プログラムを中心とする。

資料 1. 第 6 期（2017～2018 年度）中海自然再生協議会名簿

<公募委員（団体・法人）>

NO	氏名（担当者）	所属
1	神谷 要	（公財）中海水鳥国際交流基金財団
2	津森 宏	N P O 法人日本野鳥の会鳥取県支部
3	奥森隆夫	N P O 法人未来守りネットワーク
4	門脇英隆	美しい中海を守る住民会議
5	外谷久人	中海漁業協同組合
6	上田敏之	N P O 法人中海再生プロジェクト
7	中畑勝見	（公財）ホシザキグリーン財団
8	徳岡隆夫	認定 N P O 法人自然再生センター

<公募委員(個人)>

NO	氏名	所属
1	石丸義裕	-
2	大谷輝子	美しい中海を守る住民会議
3	門田千一	カナツ技建工業株式会社
4	門脇和也	島根県自然観察指導員
5	桑原智之	島根大学生物資源科学部地域環境科学科
6	古津年章	島根大学名誉教授
7	須崎萌実	米子工業高等専門学校物質工学科
8	橘 祥朗	松江市市議会議員
9	中下明文	中国電力株式会社電源事業本部石炭灰有効活用グループ
10	中原義之	-
11	平松謙二	有限会社ひらまつ（境港ポート協会、ペーロン協会事務局長）
12	松浦友三	境港市外江公民館
13	三輪誠二	中海漁業協同組合
14	渡部敏樹	認定 N P O 法人自然再生センター

<専門委員>

NO	氏名	所属
1	飯野公央	島根大学法文学部法経学科
2	井内美郎	早稲田大学人間科学学術院
3	上田輝美	米子工業高等専門学校技術教育支援センター
4	奥村 稔	島根大学名誉教授
5	神谷 要	（公財）中海水鳥国際交流基金財団
6	國井秀伸	島根大学名誉教授
7	熊谷昌彦	米子工業高等専門学校名誉教授
8	倉田健悟	島根大学エスチュアリー研究センター
9	齊藤 直	島根大学エスチュアリー研究センター
10	酒井禮男	（公財）しまね産業振興財団 新事業支援課

11	三瓶良和	島根大学総合理工学部
12	清家 泰	島根大学エスチュアリー研究センター
13	瀬戸浩二	島根大学エスチュアリー研究センター
14	宗村広昭	島根大学生物資源科学部地域環境科学科
15	田中秀典	(公財)島根県環境保健公社
16	平井幸弘	駒澤大学文学部地理学科
17	細田智久	米子工業高等専門学校建築学科准教授
18	前原勝樹	米子工業高等専門学校建築学科准教授
19	矢島 啓	島根大学エスチュアリー研究センター
20	山口啓子	島根大学生物資源科学部地域環境科学科
21	山本民次	広島大学大学院生物圏科学研究科
<行政・公共団体委員>		
NO	氏名	所属
1	西尾正博	国土交通省中国地方整備局出雲河川事務所
2	河村 昭	〃 水環境課
3	細木 雅博	〃 水環境課
4	大石和樹	農林水産省中国四国農政局農村振興部地域整備課
5	西 大輔	環境省中国四国地方環境事務所大山隠岐国立公園管理事務所
6	長房健人	〃
7	瀬川 涼	環境省中国四国地方環境事務所大山隠岐国立公園松江管理官事務所
8	近森茂憲	経済産業省中国経済産業局資源エネルギー環境部
9	尾崎憲太郎	〃
10	山田裕平	鳥取県西部総合事務所 生活環境局
11	池井和世	〃 環境・循環推進課
12	大谷 寿	鳥取県生活環境部水・大気環境課水環境保全室
13	井元裕一	鳥取県生活環境部水・大気環境課水環境保全室
14	安田 優	鳥取県生活環境部水・大気環境課水環境保全室
15	松本澄之	島根県環境生活部環境政策課穴道湖・中海対策推進
17	神門利之	島根県環境生活部環境政策課湖沼・水質保全
16	永島寛幸	島根県環境生活部環境政策課水環境グループ
18	道根 淳	島根県農林水産部水産課漁場環境・内水面グループ
19	杉谷博之	島根県土木部河川課企画調査グループ
20	金村拓也	島根県土木部河川課企画調査グループ
21	岩根光男	米子市市民人権部環境政策課
22	山岡英樹	安来市市民生活部環境政策課
23	出木茂樹	境港市市民生活部環境衛生課
24	石倉裕之	松江市環境保全部環境保全課

資料 2. 浚渫窪地の環境修復事業に関する第 1 期実施事業の成果と実績

1. 実施者の名称

認定 N P O 法人自然再生センター

2. これまでに取り組んだ浚渫窪地の環境修復事業の成果

平成 24 年実施計画（平成 24 年 3 月 第 1 期実施計画）による予定事業の達成状況をみると、概ね目標を達成した（表-1）。

表-1. 平成 24 年実施計画に基づく事業実績.

	第 1 期実施計画目標	実績 (平成 24 年～平成 28 年度)	備考
覆砂効果 の検証	実施計画に先立ち平成 20 年から 3 年間にわたり環境省の環境総合推進費により中海の窪地を対象に、石炭灰造粒物造粒物を活用した小規模実験により、窪地内の酸素消費速度を低下できることが示唆された。 これを踏まえ、第 1 期実施計画では窪地全対象にした覆砂を行い、石炭灰造粒物による環境修復効果を検証する。	・細井沖浚渫窪地、錦海穂日島沖浚渫窪地を対象に、石炭灰造粒物を全面覆砂した。 ・石炭灰造粒物は、φ40 mm 以下（平均粒径 10 mm の球状物）の造粒物を主要資材として活用したが、覆砂効果の持続性を高めることを目的として、形状の異なる φ300 mm の石炭灰固化物も一部覆砂した。 ・覆砂効果を検証する目的として、現地で水温、溶存酸素、pH、塩分、電気伝導度などを測定し、採水・採泥による栄養塩類および硫化水素濃度を測定。併せてチャンバーを用いた底質隔離試験を行い、底質からの栄養塩溶出速度、硫化水素溶出速度および酸素消費速度を測定。また採泥器をもちいて定期的に底生生物を採取し、種類・個体数を調査して底生生物相を同定した。 ・水質モニタリングの結果、石炭灰造粒物の全面覆砂により栄養塩類および硫化水素溶出速度を抑制する効果が検証された。しかし、覆砂後に新生堆積物の蓄積も生じてきていることから、持続性を評価するには継続してモニタリングが必要。 ・窪地底部を全面覆砂し、その効果については検証できたが、従来の姿である周辺浅場の同一な状態にするには、窪地の完全埋戻しを行う必要があるが、これについては第 2 期実施計画において検討を行う。	実施内容の詳細は、以下に記載
費用対 効果	対象区域全体の窪地環境修復に必要な覆砂厚及び費用対効果について検証を進める。	・窪地内部のローカルな修復効果については定量化できるものの、中海全域における環境修復を定量化するには、水質シミュレーション等の手法を取り入れる必要がある。	第 2 期実施計画に反映する。

3. 第1期実施計画に基づく事業実績

(1) 実施した区域と位置図

第2期実施計画書の図5-12に中海の南東部における浚渫窪地の分布を示す。中海には各種の干拓事業に伴い湖底の土砂が採取され、現在も弓浜半島沿いに約8 km²の浚渫窪地が残されている。ひとつは主に国営中海干拓事業の時にポンプ船で掘られた水深10 m程度の窪地であり、弓浜半島に沿うように航路のように長く連続して存在する。もうひとつはグラブ船で掘られた窪地であり、形が不規則で深いところでは水深15 mに達し、面積は比較的狭く独立性が強いという特徴がある。特に独立性の強い窪地では溶出した硫化水素や栄養塩が高濃度に蓄積するため、蓄積した栄養塩や硫化水素が窪地内水塊とともに一時に流出することがあれば、局所的に高負荷となる可能性もある。

第1期実施計画では、この独立性の高い窪地を対象に実証場所を選定し、窪地の環境修復実証事業として覆砂を実施した。選定した窪地は細井沖浚渫窪地（面積約0.05 km²）、錦海穂日島沖浚渫窪地（面積約0.043 km²）である。

覆砂は、NPO法人自然再生センターが環境省の環境研究総合推進費（2008～2010年）により実施した「浚渫窪地埋め戻し資材としての産業副産物の活用－住民合意を目指した安全性評価に関する研究－」での小規模実証試験で安全性や覆砂効果の検証が行われた石炭灰造粒物（粒径40 mm以下）を用いて窪地全体の覆砂を行った。2012年には細井沖浚渫窪地を対象に覆砂を行い、2013年には錦海穂日島沖浚渫窪地に、2014年には細井沖浚渫窪地に石炭灰造粒物を2012年に実施した覆砂上に追加で全面覆砂した。なお、覆砂の一部には効果の持続性を高めることを目的として粒径を大きく工夫した石炭灰造粒物と同様の効果をもつ石炭灰固化物（粒径30 cm以下）も使用した。以下に全面覆砂の仕様を示す。なお、覆砂材投入の際には、周辺環境に対して底質の巻き上がりが影響を及ぼさないようにするため、塩分躍層下までシルトスクリーンを垂下させて施工した。

細井沖浚渫窪地では、第1期施工として2012年12月～2013年2月に3万 m³の石炭灰造粒物を厚さ0.5 mで全面覆砂した。さらに第二期施工として2014年12月～2015年2月に2万 m³の石炭灰造粒物を0.4 m厚で全面覆砂した。このとき、窪地内の一部には、石炭灰造粒物と同成分であり、粒形状・粒度を変えた石炭灰固化物（粒径30 cm以下）1,200 m³を約50 × 50 mの範囲に0.4 m厚で覆砂した。

錦海穂日島沖浚渫窪地では、2013年2月に石炭灰造粒固化物200 m³を17 m × 17 mの範囲に1 m厚で覆砂した。さらに2013年12月～2014年3月に3万 m³の石炭灰造粒物を0.7 m厚で覆砂した。なお、錦海団地側の駆け上がり部分は20 cmの覆砂厚とした。また、石炭灰造粒固化物1,200 m³を40 × 37 mの範囲に厚さ1 mで覆砂した。

(2) 第1期実施計画での実証結果

細井沖浚渫窪地と錦海穂日島沖浚渫窪地を対象に定期的に環境調査を行った。調査項目

は、現地で水温、溶存酸素、pH、塩分、電気伝導度、酸化還元電位を測定し、採水・採泥した試料について各態の窒素およびリン、硫化水素濃度を測定した。併せてチャンバーを用いた底質隔離試験を行い、底質からの栄養塩溶出速度、硫化水素溶出速度を測定し、覆砂効果を検証した。また、採泥器をもちいて定期的に底生生物を採取し、種類・個体数を調査して底生生物相を同定した。

細井沖浚渫窪地および錦海穂日島沖浚渫地ともに、覆砂の施工中も含め定期的にモニタリングを行い、覆砂効果の検証を行ってきた。細井沖浚渫窪地ならびに錦海穂日島沖浚渫窪地の環境改善効果を継続モニタリングした結果の一例を図1から図4に示す。無酸素水塊は長期間形成されていたが、覆砂前に観測された窪地の高濃度の硫化水素や栄養塩が蓄積は低減し、特に石炭灰造粒物を覆砂することで硫化水素の溶出速度を大幅に低減できることが示された。このような覆砂効果は3年間継続して認められたものの、覆砂上部の新たな堆積物の影響なのか、低減効果は経年的に下降してきている。

このため、2015年から新生堆積物の厚みについて測定位置を定め、細井沖浚渫窪地（面積約0.05 km²）で18地点、錦海穂日島沖浚渫窪地（面積約0.043 km²）で22地点を定期的に計測した。細井沖浚渫窪地においては、施工後1年間で0～7 cmの堆積が認められ、錦海穂日島沖浚渫窪地では施工後2年間で0～12 cmの堆積があった。窪地内部で堆積量に偏りあるものの、新たな堆積が生じてきている。これは、窪地が周辺域に比べ深くなっているとともに、窪地形状がお椀状になっているため、窪地内部の堆積物は遡上しにくいいため、窪地内に留まることに起因すると考えられる。

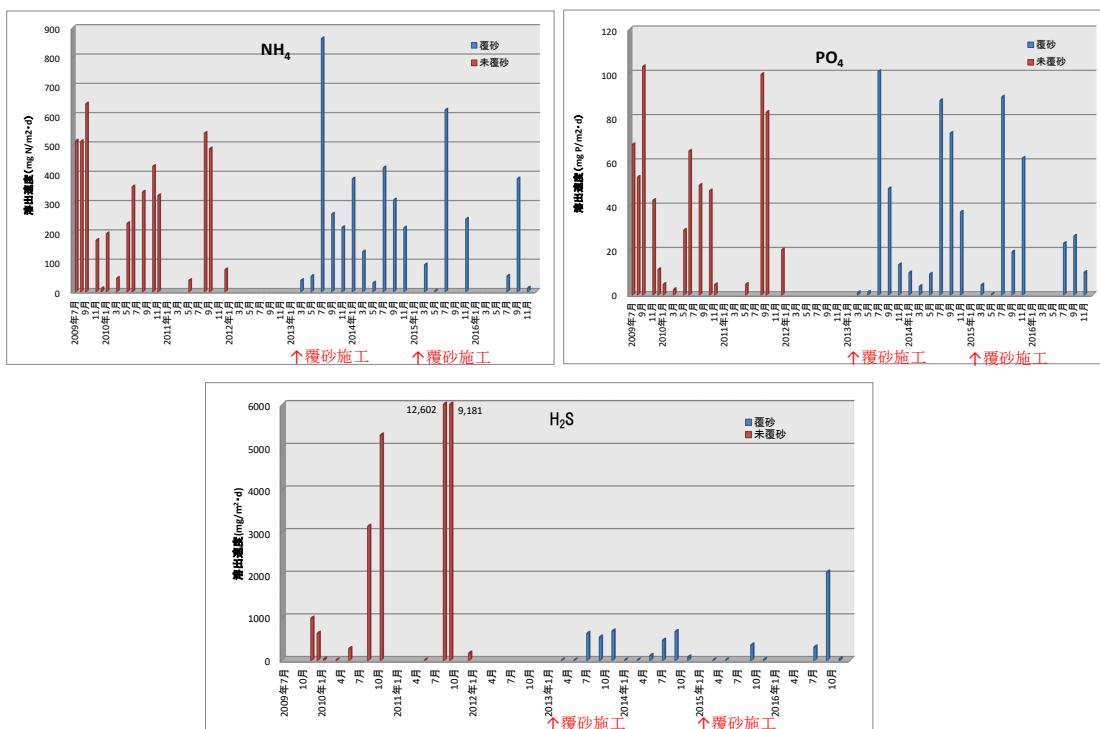


図1. 細井沖浚渫窪地の栄養塩・硫化水素溶出速度。

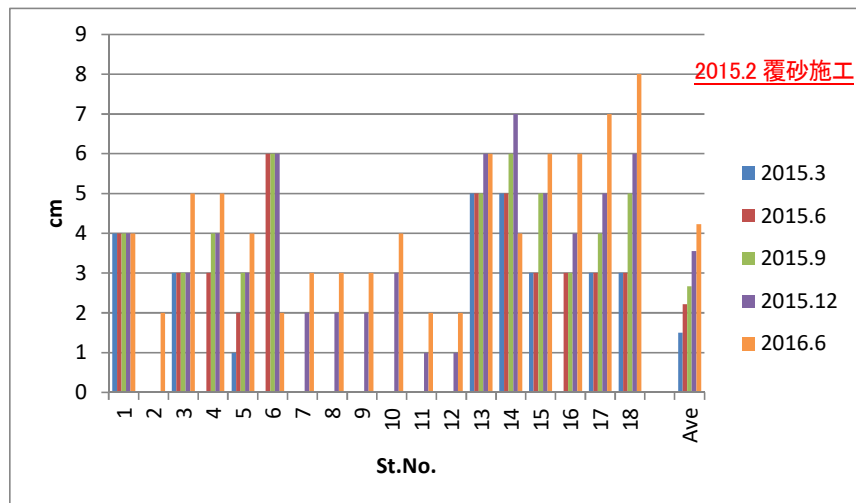


図2. 細井沖浚渫産地の堆積物厚.

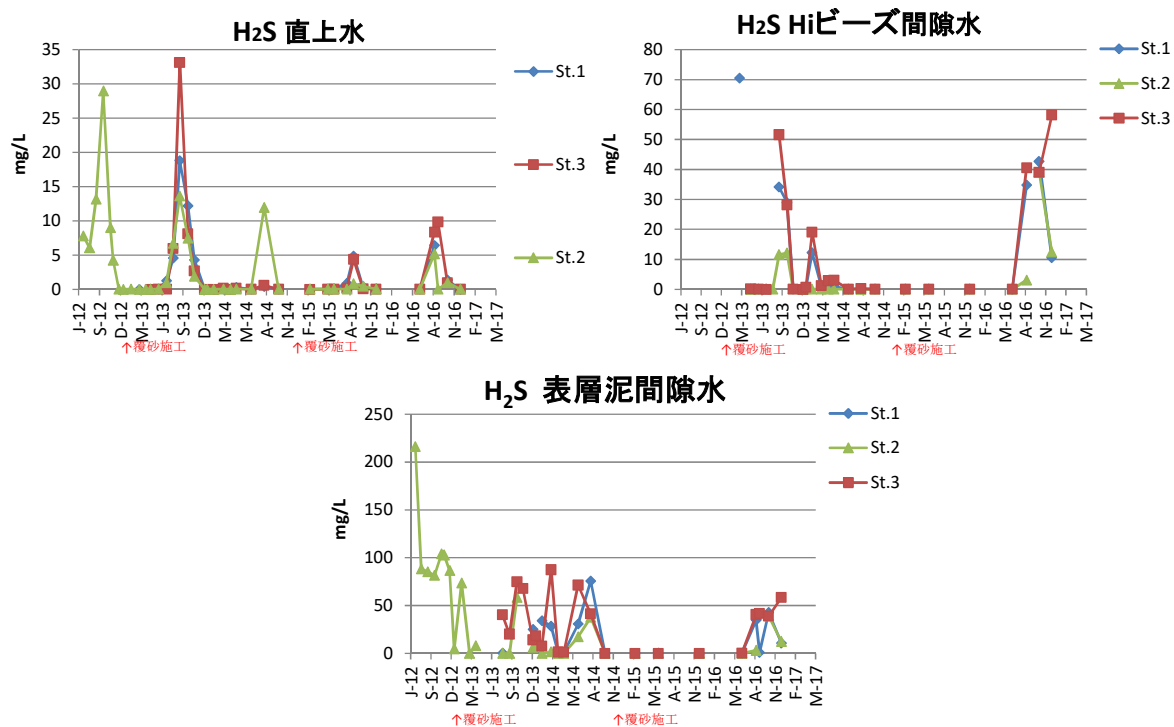


図3. 細井沖浚渫産地の硫化水素濃度.

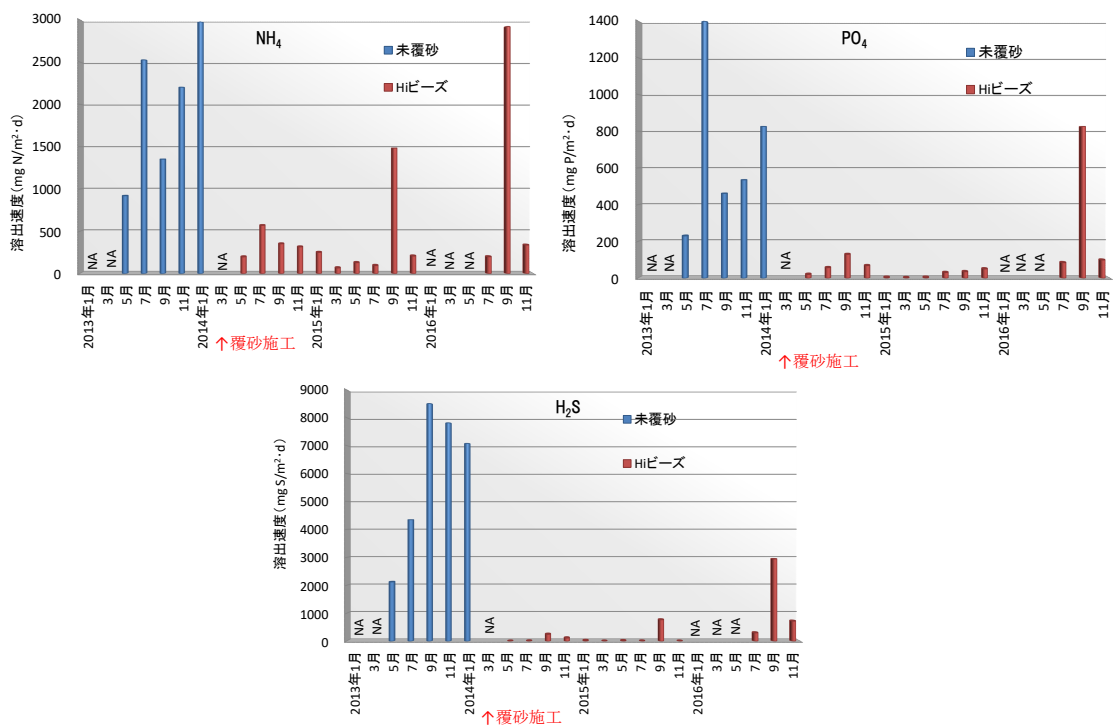


図 4. 錦海穂日島沖浚渫産地の栄養塩・硫化水素溶出速度.