

中海自然再生事業実施計画

第1期実施計画



平成24年3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	7
4 自然再生の目標	8
5 自然再生事業の内容	10
5-1 アマモ場の保全・再生事業	10
5-2 海藻類の回収及びその利用事業	13
5-3 砂浜の保全・再生事業	15
5-4 浚渫窪地の環境修復事業	18
6 その他自然再生事業の実施に関して必要な事項	22
6-1 地域の多様な主体の参加と連携	22
6-2 広報活動	23
6-3 環境学習の推進	23
資料	25

はじめに

かつて中海は多様で豊かな自然に恵まれ、周辺住民の生活にとけ込み生業を支えてきた豊饒の水域であった。しかし、流域の自然及び社会環境の変化に加え、干拓淡水化事業に伴う水域の直接的かつ大規模な人工的改変などにより、中海の生態系は 1960 年代以降急速に悪化の一途をたどった。

この大型公共事業は、2000 年に中止され、2008 年度までには中浦水門の撤去、そして干拓予定地であった本庄工区を囲む西部承水路堤や森山堤防の一部開削などを含む事業も終了し、中海には再び往時の静けさが戻ってきた。しかし、50 年以上前のあの豊かな中海に戻ったわけではない。周辺住民の生業までも支えられる環境としては、はなはだ脆弱である。

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

NPO 法人 自然再生センター

NPO 法人 未来守りネットワーク

NPO 法人 中海再生プロジェクト

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 23 年 12 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） 9 団体

（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、伯太川の環境と自然を守る会、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、（財）ホシザキグリーン財団、NPO 法人自然再生センター

公募委員（個人） 27 名

専門委員 23 名

専門研究機関 1 機関

島根大学汽水域研究センター

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米子自然環境事務所、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・

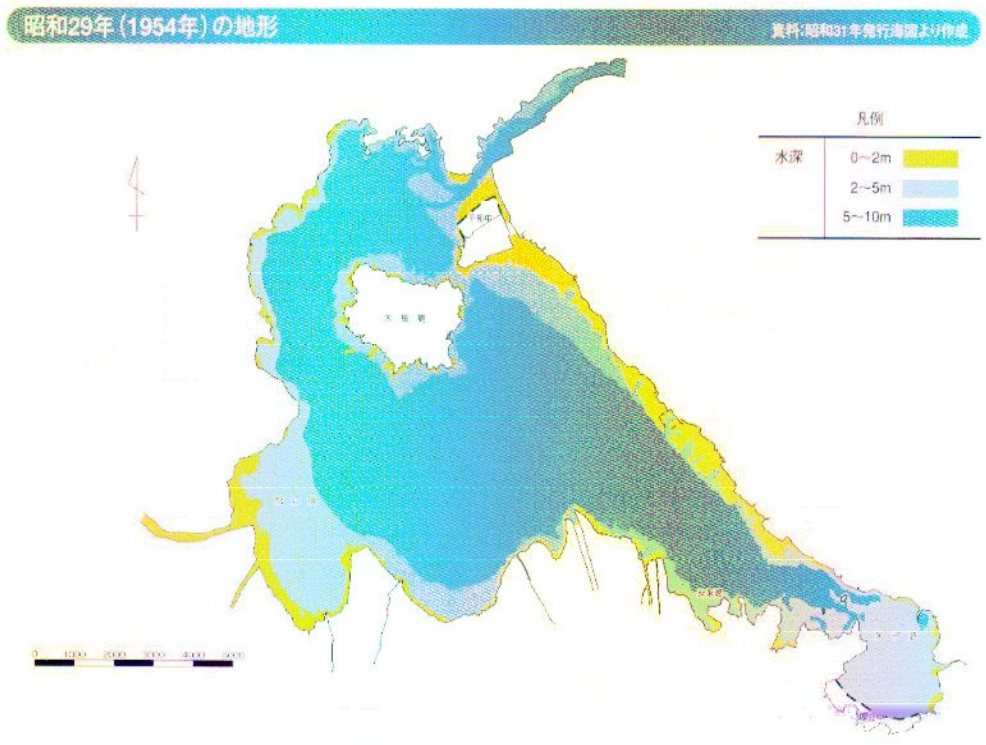


図2-1. 昭和29年の中海の地形.

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。

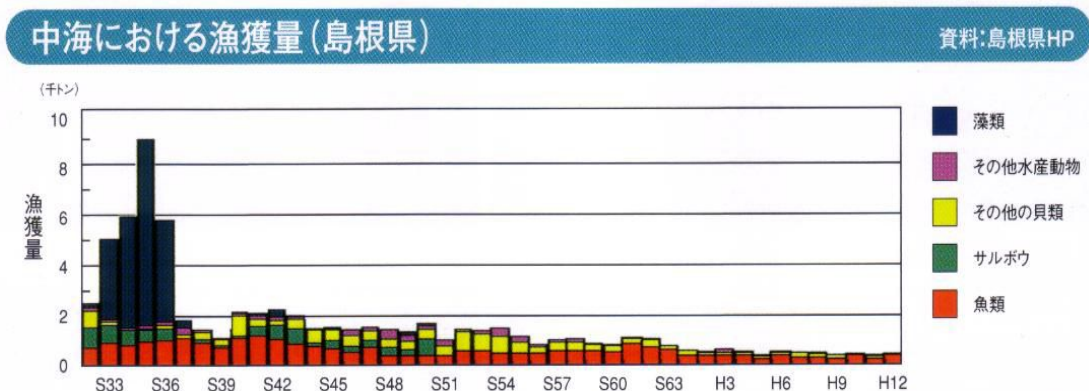


図2-2. 中海における漁獲量の経年変化.

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草や海藻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、海藻や海草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、中海から海草や海藻が姿を消し、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)、最近になって湖の透明度が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

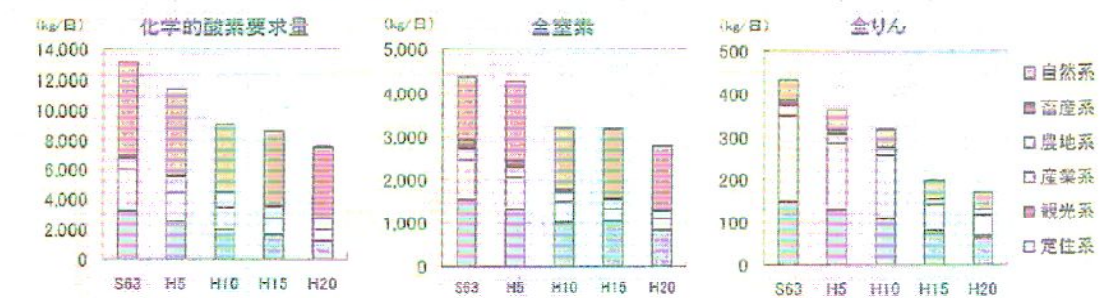


図2-3. 中海に流入する汚濁負荷量の推移（「中海会議」第3回幹事会資料より）。

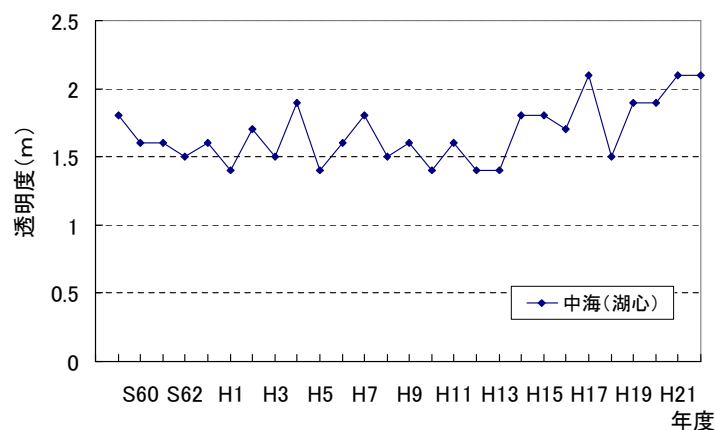


図2-4. 中海湖心における透明度（年平均値）の経年変化（中海の水質及び流動会議編「中海の変遷」（平成23年7月）より）。

れ、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の全集水域（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 万羽を越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、

海藻や海草の宝庫であった。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。

最近になって、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きている。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

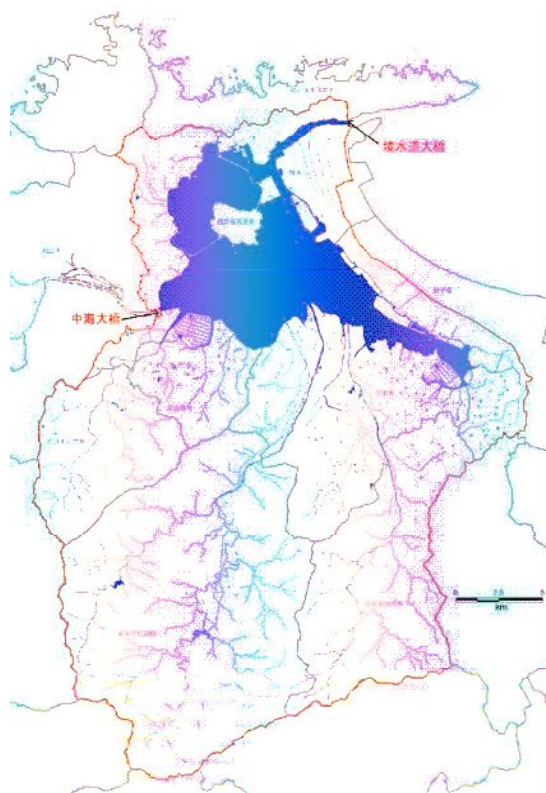


図 3-1. 自然再生事業の対象とする区域。

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。環境省の環境研究総合推進費により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。

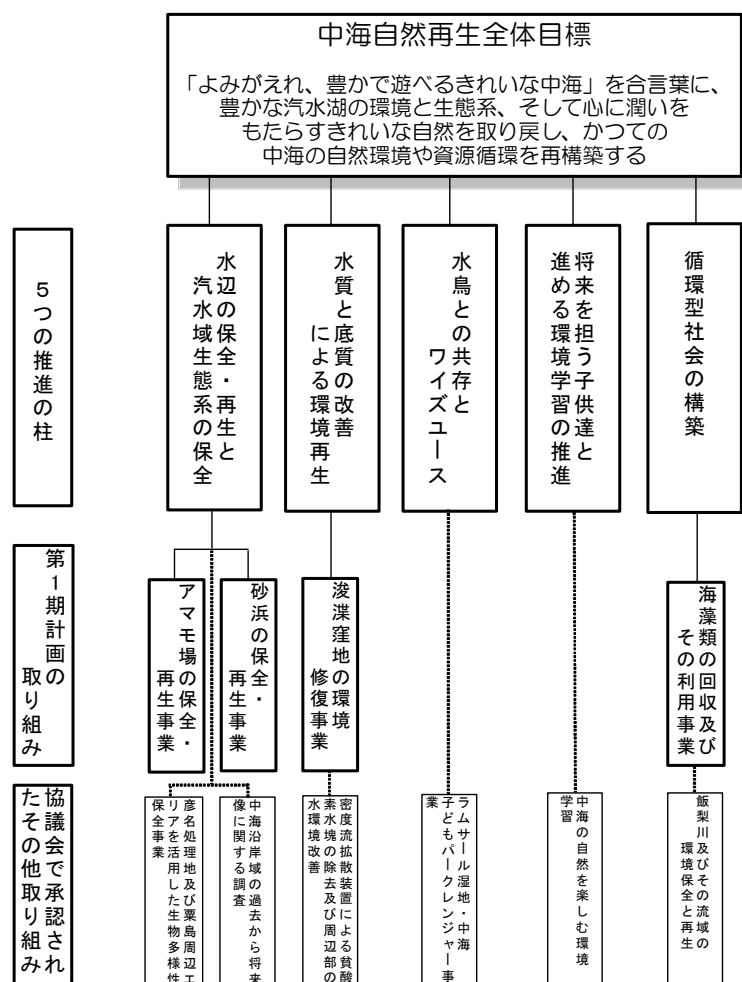


図 4-1. 5つの推進の柱それぞれにおける具体的な取り組み。

「はじめに」に記載したとおり、中海自然再生全体構想においては目標を達成するために多くの取り組みが提案された。これらの取り組みは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、現状で実施可能かつ効果が期待できる第1期計画の取り組みと、協議会で承認されたその他の取り組みに整理された(図4-1)。これらは平成24(2012)年度から5年間程度の第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り、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。

5 自然再生事業の内容

5-1 アマモ場の保全・再生事業

実施者の名称

NPO 法人 未来守りネットワーク

NPO 法人 自然再生センター

対象とする区域

アマモをはじめとする海草の保全と再生事業は、境水道を含む中海全域で行なう必要があるが、今回の第1期計画においては、現時点である程度まとまった面積が残されている境港市の外江及びその周辺地域のアマモ場を保全すべき場所とする(図5-1)。再生に



図5-1. 外江のアマモ場の空撮結果(2007年6月)。

ついては、平成22年度に国土交通省が策定した「斐伊川水系河川整備計画」における中海での浅場の整備に合せ(図5-2)、アマモ場の面積を拡大する活動を行う。また、これま

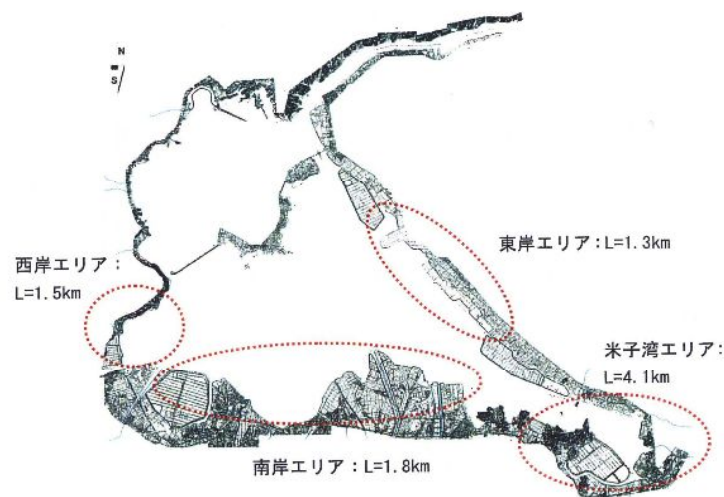


図5-2. 中海における覆砂を含む浅場整備箇所（平成22年斐伊川水系河川整備計画より）。

で海草や海藻の生育場所調査が行われていなかった北部承水路や弓浜干拓地の承水路などにおいても、アマモ・コアマモの植栽適地選定のための基礎調査を行う。

対象とする区域の現状

アマモは日本の代表的な海草であり、アマモやコアマモがまとまって生えている場所は「アマモ場」と呼ばれる。かつての中海にはアマモ場が広がり、肥料として大量に採草されていたことが知られている。過去の文献・資料等から、昭和31年頃までは弓浜半島沿いに広大なアマモ場があり、中海での藻場面積は最大2,000haと見積もられている。昭和37年には弓浜半島沿いのアマモ場がほぼ消失したが、それでも中海全域でおよそ300haのアマモ場が残されていた。しかし、中海におけるアマモ場は、埋め立てや湖岸の人工護岸化、あるいは陸域からの農薬の流入や富栄養化による透明度の低下、漁業活動による湖底の攪乱など、様々な要因が複合的に関与して急激に減少したと考えられ、現在ではアマモは境水道の外江に1haに満たない群落がある程度で、コアマモについても、中海に繋がる大橋川には大きな群落があるものの、中海の湖内ではパッチ状の小さな群落が散在しているに過ぎない。

現在の中海では、アマモ・コアマモの生育に適した浅場がほとんど無く、透明度は改善傾向が見られるものの依然として低く、アマモ自生地ですり取りによる湖底攪乱があることなど、アマモ場の保全・再生には課題が多い。しかし、この10年ほど、海のゆりかごとも呼ばれるアマモ場を再生する動きが日本各地に広がり、中海においてもアマモ・コアマモの保全・再生の動きが、前述した外江のアマモ場を中心に広がりつつある。さらに、流域の下水道整備が進み、農林水産省の干拓・淡水化事業の中止による中浦水門の撤去や森山堤の60m開削、あるいは西部承水路堤の撤去などによって、アマモの生育に適した環境が出来つつあり、国土交通省による浅場整備にも期待するところが大きい。

取り組みの意義とその重要性

アマモなどの大型水生植物は、植物プランクトンと同様、一次生産者としての機能を果たしているだけでなく、魚介類の産卵場所や稚魚、あるいは動物プランクトンの隠れ家といった三次元構造を提供している。アマモやコアマモなどの海草藻場を増やすことにより、被陰効果やアレロパシー効果（ある植物が他の植物の成長を抑える物質を放出したり、あるいは動物や微生物を防いだり引き寄せたりする効果の総称で、他感作用ともいう）、栄養塩をめぐる競争により、植物プランクトンの増殖を抑え、付着生物や魚介類を増殖し、水質の改善を図ることが可能と考えられる。しかし、アマモの生える干潟や沿岸の浅い場所は埋め立てしやすいため、アマモ場は日本各地で次々と姿を消し、環境庁(1994)の調査では、昭和 53 年から平成 3 年の 13 年間に全国で消滅したアマモ場は 2,077ha になる。

取り組みの方法

アマモが重要な漁場を提供していることもあり、アマモに関する科学的な知見は多く蓄積されており、アマモ場の保全と再生に関する調査・研究例は多い。公的な機関による指針や手引についても、平成 16 年の環境省の「藻場の復元に関する配慮事項」に始まり、平成 19 年の水産庁・マリノフォーラム 21 の「アマモ類の自然再生ガイドライン」、あるいは平成 23 年の環境省の「里海づくりの手引書」など、参考にすべき資料は整っている。中海におけるアマモ場の保全と再生に関しては、これら多くの科学的知見を含む資料を参考にして、アマモの生育場所を消滅させた自然的及び社会的環境要因を絞り込み、保全と再生につなげる必要がある。

具体的なアマモの保全に関しては、主要な保全地域と考える外江付近のアマモ場を対象に、将来を担う小中学生や、周辺住民や漁業関係者、自治体・行政関係者を主な対象として、現場におけるアマモの種子採集活動などを行ってアマモ場の重要性について啓発するとともに、定期的な生態調査や監視活動を行う。

アマモ場の再生に関しては、国土交通省が浅場を整備した地区や承水路等において、外江で採集したアマモ種子を用いて、適地選定を行った後に、既に考案されている植栽法などにより、アマモ場の面積拡大を図る。なお、アマモ・コアマモの保全・再生を図る場合、最近の知見から、アイゴによる食害やアカエイによる攪乱も考慮する。

モニタリング法

保全地域あるいは再生地域におけるアマモ・コアマモの分布域拡大の経年的変化については、気球を用いての空撮、あるいは現在弓浜承水路の調査で開発中の音波探査機器などを用いて把握する。さらに、潜水調査あるいは船上からの目視により、アマモ・コアマモの生育の状況や群落面積の時間的変化を追う。モニタリングについては、観察会などの環境学習の機会としても積極的に活用する。

5-2 海藻類の回収及びその利用事業

実施者の名称

NPO 法人 自然再生センター

NPO 法人 未来守りネットワーク

対象とする区域

本計画を立案する過程で平成 18 年より開始した調査により、中海ではオゴノリなどの海藻が、水深 4m 以浅の沿岸域に大量に発生していることが分かった。また、オゴノリやシオグサなどの海藻類が湖底を覆い、そこで枯死・腐敗し硫化水素を発生させるなどして、湖底に生息しているアサリなどの底生生物を斃死させると推察されるようになった。そこで、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設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（沖合い 30m～100m）までの沿岸域を対象区域として（図 5-3）、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用化に関する事業を行う。



図 5-3. 海藻の回収を行なう主な区域.

対象とする区域の現状

昭和 30 年代前半まで、弓浜干拓地付近はアマモの大群生地であり、多くの魚介類の産卵場であり中海で最大の漁場でもあったが、昭和 38 年から始まった干拓事業により、かつての浅場や干潟の多くが失われ、さらに森山堤防と大海崎堤防で本庄水域が締め切られ、中海全体の潮流が変化した。しかし、平成 14 年に農林水産省の干拓・淡水化事業が中止され、その後中浦水門の撤去や森山堤防の 60m 開削、あるいは西部承水路堤の撤去などが行われ、また近年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、

最近になって湖の透明度が高くなる傾向が示され（図 2-4）、特に本庄水域を含む中海北部において、オゴノリやホソジュズモ、シオグサなどをはじめとする海藻類が再び増え始めた。一方、定性的ではあるが、平成 18 年より開始した調査により、これら海藻が枯死・腐敗することで硫化水素が発生し、アサリなどの底生生物を斃死させることも推察されるようになった（図 5-4）。



図 5-4. 湖面にまで達したシオグサ（2010 年 8 月）（左図）と、シオグサの腐敗により真黒になった湖岸（2009 年 9 月）（右図）。白く見える部分は微生物の膜。

取り組みの意義とその重要性

豊饒の海であった昭和 30 年代前半までの中海では、海藻類は肥料や食料として盛んに利用されていた。中海の海藻は、成分分析とこれまでの各地における実証試験の結果、カリウムの豊富な安全・安心な有機肥料として有望であることが示された。先人の知恵を再び活かし、海藻の回収で中海を浄化し、耕作地の地力の向上を図り、安全・安心な作物を育てるという活動に多くの周辺住民が関わることにより、循環型地域社会の構築を図ることができる（図 5-5）。



図 5-5. 海藻肥料で元気に育った作物。

取り組みの方法

回収方法としては、対象とする区域内における海藻の分布状況を NPO 法人自然再生セ

ンターの会員や漁業協同組合の組合員等で調査し、海藻の成長度合いに合わせた刈り取り場所と刈り取り時期を決め、枯死・腐敗する前に逐次回収する。水中ポンプを用いた効率の良い回収方法で進めることも重要であるが、手製のジョレンは多くの人が参加できることから、回収は専用の手製ジョレンによる方法も併用して進める（図 5-6）。



図 5-6. 弓浜承水路におけるジョレンによる一斉藻刈り作業（2011 年 8 月）（左図）と回収したオゴノリ（2011 年 11 月）（右図）。

利用方法としては、現時点では回収した海藻の大半が乾燥後に肥料とされていることから、肥料としての利用の拡大を図ることにより、循環型システムを構築する。さらに、農業改良普及所や園芸試験場での投入試験、土壌混和による肥料成分の溶出量分析、専業農家や民間農園による収穫量の比較試験等でのデータの収集に加え、畜産技術センターでの飼料試験の取り組みなどを参考に、第 1 期計画の期間内に、飼料や食料といった肥料以外の回収海藻の適正な利用法を確立する。

モニタリングの方法

海藻の回収作業と並行して現地で水温、溶存酸素、pH、塩分、電気伝導度、酸化還元電位を測定し、採水した試料について硫化水素濃度を測定する。また、2～3 カ月に 1 回程度、採泥器を用いて底生生物を採取し、種数・個体数の調査を行い、さらに底泥中の硫化物イオン量を定量する。これらの調査結果と潜水や水中カメラによる海藻の分布調査を合わせ、海藻の回収による水質や底質への影響を把握する。

5-3 砂浜の保全・再生事業

実施者の名称

NPO 法人 中海再生プロジェクト

NPO 法人 自然再生センター

対象とする区域

中海の南東部で、米子市の粟嶋神社と彦名干拓地（米子水鳥公園）から安来市の八尋鼻を結ぶ線より東側の米子湾を対象とする（図 5-7 の中央の図の赤線より東側）。



図 5-7. 左：大正 4(1915)年地形図. 中央：昭和 39(1964)年彦名及び安来干拓地. 右：中海埋め立ての歴史（緑：昭和 10(1935)年以前、青：昭和 10 年以降、紫：昭和 40(1965)年以降）。

対象とする区域の沿革と現状

米子湾の区域は弓浜半島（砂洲）の付け根にあたる地域で、中海の南東部のくびれた部分にあたる。この区域は縄文～弥生の時代からの砂洲の成長によって美保湾から切り離されて潟湖となったものである（図 5-8）。米子の市街地はこの湾口に発達していて、もともとは砂浜が広がり、中海にむけては遠浅の海域が広がっていた。弥生時代からは水田耕作が盛んに行われるようになり、目久美遺跡、陰田遺跡、池ノ内遺跡など数多くの山陰を代表する遺跡が知られている。江戸時代以降は、この湖岸を少しずつ埋め立ててゆくことによって街は海側に広がっていった。第二次世界大戦後も湖岸の埋め立てと湖底の浚渫が一部で行われたが、昭和 30 年代までは錦海と呼ばれる米子湾は風光明媚で、海水浴などを楽しめる豊饒の海が保たれていた。中海の大規模開発は戦後の米不足解消のために昭和 30

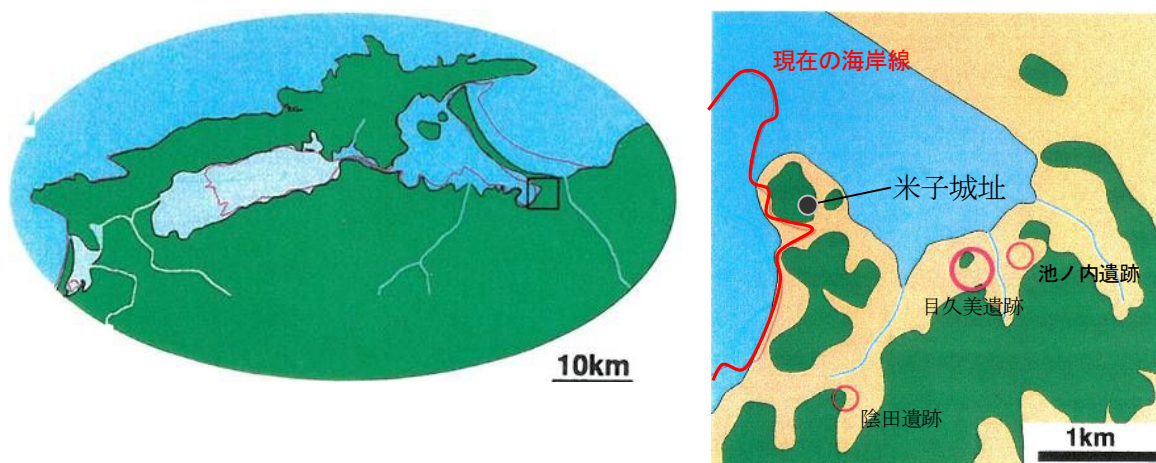


図 5-8. 弥生時代の中海・宍道湖と米子湾地域. 右図は四角の範囲の拡大で赤丸は遺跡.

年代からの中海干拓事業と昭和 40～50 年代にかけての中海臨海都市計画によって進められ、湖岸にはコンクリート護岸が続き、人々は湖岸に背を向けて生活するようになっていった。とくに干拓事業はこの地域の自然環境に大きなダメージを与えることになった。干拓事業はまず米子湾の大部分を仕切り、干し上げる米子工区の計画に始まり、その後、島根・鳥取の県境問題から島根側の安来工区（干し上げ方式、昭和 51 年完成）と鳥取側の彦名工区（埋め立て方式、昭和 62 年完成）に変更された（図 5-7 中央）。彦名干拓には中海湖底からの浚渫土が利用されたが、工事に手間取る間に白鳥が住み着くようになり、市民の強い要望から干拓地の一部が米子市の水鳥公園として実現し、白鳥の飛来地としてよく知られた場所となり、現在に至っている（図 5-9）。

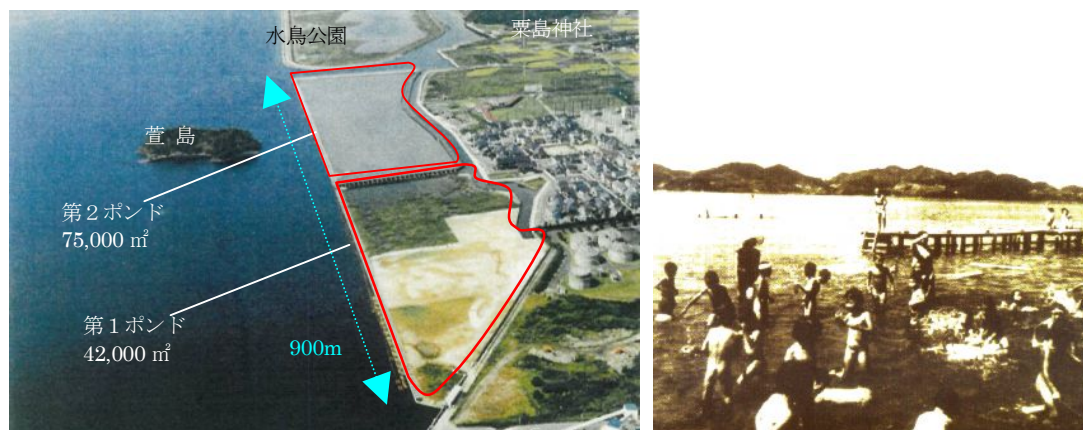


図 5-9. 左図は浚渫土の処理地（第 1、第 2 ポンド）と水鳥公園、右図は昭和 24 年頃の米子出山水泳場の様子。

中海湖底には干拓事業によって巨大な浚渫跡地ができ、住宅団地の造成のための米子湾の浚渫でも鳥取・島根の県境にあたる湖底に大きな窪地が残され、貧酸素水塊の発生などにより水環境の悪化をもたらしている。また、米子湾については昭和 50 年代からヘドロ化が進行し、住民要望もあって建設省による浄化浚渫が昭和 60 年～平成 10 年に実施され、ヘドロ置き場として水鳥公園の東の水域に浚渫土の処理場（第 1、第 2 ポンド、図 5-9）がつくられた。現在は第 2 ポンドの西側が水域として残存し、リュウノヒゲモやツツイトモなどの汽水性の絶滅危惧水生植物が生育する場となっている。

取り組みの意義とその重要性

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であることから、山、川、海の連環が取り戻されることに大きな意義がある。さらに、単にきれいで豊かな中海を目指すのではなく、遊べる水辺の再生とともに地域住民に親しまれる水辺景観を創出することから、地域の活性化や環境教育にもつながる取り組みと考えられる。

取り組みの方法

本事業は、「水辺の景観の再生・創出」、「砂浜の活用」、「海と山のつながり」という3つの目標を達成するため、NPO 法人中海再生プロジェクトと NPO 法人自然再生センターの協働で行うものである。おおよそ5年間という第1期実施計画期間のうち、初年度には先ず砂浜をどこに再生するか、あるいはどう利用するかについて、公開の意見交換会を年4回程度開催して市民参加を醸成し、同時にどのような水辺景観が望まれるかについても地域住民を中心に意見の集約を行う。砂浜を再生するための資材については、上流部の山の砂が下流部の河川や海岸の砂浜を形成していたかつてのような山、川、海の連環を取り戻すための議論を、関係機関を含めた市民対話の中で進める。併せて砂浜の再生に用いる土砂の安全性と適正評価については、浚渫窪地の環境修復事業のために行われた試験と同等の基準により、生物を用いた試験等を行い、公表する。水辺の景観の再生・創出については、地域住民を中心とした意見集約を行うなどして、その具体化に向けて構想を練る。

5-4 浚渫窪地の環境修復事業

実施者の名称

NPO 法人 自然再生センター

対象とする区域と位置図

図5-10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8km²の浚渫窪地が残されている。中海の浚渫窪地は、その成因となる浚渫工法の違いにより2つのタイプに分けられる。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10m程度の窪地であり、弓

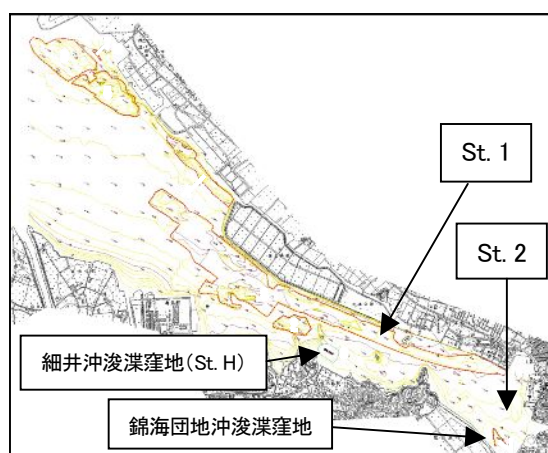


図5-10. 中海南東部における浚渫窪地の分布と対象の区域.

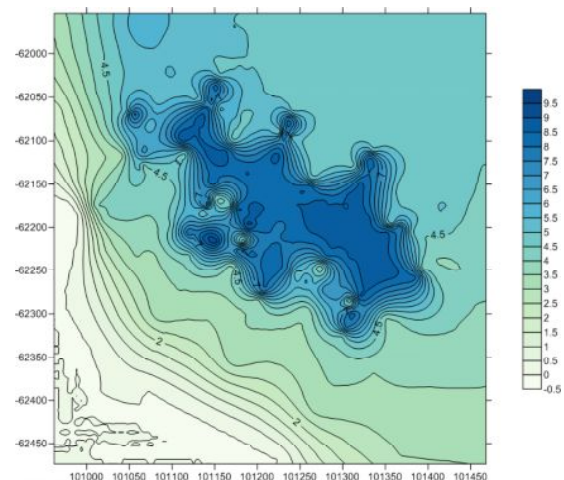


図5-11. 細井沖浚渫窪地 (St. H) の形状.

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 に達する。しかし、その面積は比較的狭く、独立性が強いという特徴があり、水深 3～5 m 程度の浅場にぽっかりと穴が開いた形で存在している。図 5-10 に示す錦海団地沖浚渫窪地は、米子湾最奥の水深約 3 m の浅場に 6～7 m の深さで存在する独立性の強い窪地である。同じく図 5-10 に示す細井沖浚渫窪地 (St.H) は、面積が約 0.05 km² の独立性の強い浚渫窪地であり、図 5-11 のような複雑な形状をしている。第 1 期実施計画では、この細井沖浚渫窪地 (St.H) を対象に、窪地の環境修復実証事業として覆砂を実施する。

対象とする地域の現状

事業対象となる細井沖浚渫窪地 (St.H, 水深 8.5 m)、彦名沖に連続して存在する浚渫窪地 (St.1, 水深 10.6 m) 及び米子湾中央部 (St.2, 水深 4.8 m) の底層の溶存酸素濃度の季節変化を図 5-12 に示す。彦名沖浚渫窪地 (St.1) と本事業で対象とする細井沖浚渫窪地 (St.H) はどちらも冬期に溶存酸素濃度が上昇する傾向がある。しかし、貧酸素状態を解消するには十分ではなく、冬期以外はほぼ無酸素状態で推移している。窪地の溶存酸素濃

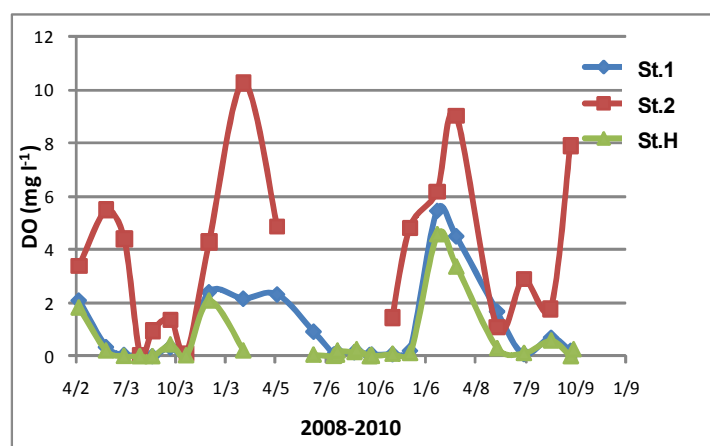


図 5-12. 細井沖浚渫窪地 (St. H)、彦名沖浚渫窪地 (St. 1) 及び米子湾中央部 (St. 2) 底層における溶存酸素濃度の季節変化.

度は、中海でも特に閉鎖性の強い水域である米子湾の最奥中央部 (St.2) の湖底と比較しても低いといえる。窪地内では通年にわたり無酸素～貧酸素状態が継続することで、底生生物はほとんど生息しておらず、さらに硫化水素やリン・窒素などの栄養塩が溶出している状態である。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し、蓄積した栄養塩や硫化水素は晩秋に窪地外へ湧昇することによって、いわゆる青潮となって周辺の浅場環境にまで影響を与えていると考えられる。

細井沖浚渫窪地は、形成当初の水深は 12 m 程度であったが、平成 12(2000)年～平成 14(2002)年にかけての国土交通省の事業により鉄鋼スラグを用いて 4 m 程度埋め戻され、現在では水深 4～5 m の水域に 8～9 m の水深の窪地として存在している。事業実施から 10 年程度経過し、窪地内に投入されたスラグの上には 20～40 cm 程度の厚さで新たな堆積物が堆積し、他の浚渫窪地と同様に無酸素化による硫化水素の発生や栄養塩の溶出が確認されている。しかし、過去に埋め戻しが行われたことから、現状で窪地水質に影響を与えている堆積物量を推定することが可能であり、また、これまでの調査データが蓄積しつつあることも勘案すると、細井沖浚渫窪地は中海の中でも覆砂効果を検証しやすい浚渫窪地であると言える。

取り組みの意義とその重要性

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と考えられる。窪地の一部を対象にしたこれまでの小規模な覆砂実証試験であっても、硫化水素や栄養塩の溶出抑制効果が得られたことから、窪地全体を覆砂した際の負荷量低減効果は全体として高いことが期待できる。細井沖浚渫窪地の周辺は水深 4～5 m 程度であり、窪地がなければ良好な浅場環境の復元が可能な場所である。既に、窪地に隣接する湖岸では平成 22(2010)年に国土交通省により 2 m 程度の水深になるよう浅場造成が行われている。窪地の環境修復を行うことは、窪地内への生物生息を促すとともに、硫化水素を含む無酸素水の浅場への湧昇防止も期待できる。すなわち、窪地への覆砂は窪地内だけでなく在来の浅場および造成された浅場の底質環境の改善・保全に寄与するとともに、貧酸素化の予防にも繋がり、将来的にはアサリやサルボウガイなどの大型底生生物の定着、さらには過去に失われた生態系の回復に向けて大きく前進することが期待できる。

取り組みの方法

NPO 法人自然再生センターでは平成 20(2008)年から 3 年間にわたり環境省の環境研究総合推進費により、中海を対象にした「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—」を行った。その中で細井沖浚渫窪地の一部を石炭灰造粒物で覆砂する小規模実証試験を実施し、環境改善効果を継続モニタリングにより検証した結果、窪地内には高濃度の硫化水素や栄養塩が蓄積した無酸素水塊が長期間形成されていたが、そのような環境条件下であっても石炭灰造粒物による覆砂区では酸素消費速度を大幅に低下できることが示された。さらに、図 5-13 に示すように、覆砂区の硫化水素や栄養塩の溶出速度は顕著に低下しており、このような覆砂効果は 2 年以上継続して認められた。

本事業は、これまで一部覆砂を行った細井沖浚渫窪地を対象に、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による窪地全体の覆砂を行うこととする。細

井沖浚渫窪地全体への覆砂において、石炭灰造粒物を用いる場合の覆砂厚は、まずは 50 cm とする。過去の小規模実証試験では、石炭灰造粒物を 40 m×40 m、厚さ 40～50 cm で覆砂した際、約 750 m³を 4 日間で投入した経緯がある。覆砂対象となる細井沖浚渫窪地 6 m 以深部分の面積は約 0.05 km²あることから、覆砂材の必要量は約 2.5 万 m³（過去の実験より、実際には 1 割増しの約 3 万 m³程度必要）と見積もられ、施工には延べ日数約 135 日程度を要すると試算される。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注意を払う必要がある。窪地へ石炭灰造粒物を投入する際の巻き上がりによる周辺への環境影響に関しては、環境研究総合推進費によって検証しており、塩分躍層下までシルトスクリーンを垂下させることによって環境影響を抑制できることが明らかになっている。

また、必要に応じて、細井沖浚渫窪地への追加投入や比較検討のための他の窪地への投入などを検討していく。本実施計画にあげた覆砂材の形状や覆砂厚の検討を行うきっかけ

となった環境研究総合推進費による水槽での覆砂試験では、天然砂と石炭灰造粒物の覆砂効果を比較検証した。その結果、粒径の小さい資材では人為的に追加添加した堆積物によって覆砂効果が失われ、また、天然砂に比べて石炭灰造粒物ではリン・硫化水素濃度の上昇を顕著に抑制し、覆砂厚 7 cm 程度で約 2 年間分に相当する窪地での新生堆積物の影響をほとんど受けないことが示された。このような効果は材料の粒径と材質の影響が大きいことも確認され、覆砂材の形状や粒径と材質を工夫することにより覆砂効果の持続性を更に高めることが出来ると考えられる。そこで、粒形状・粒度を変えた石炭灰造粒物を用いて、錦海沖浚渫窪地の一部（面積 200 m²程度）に 1 m 程度の厚さで小規模な覆砂を行い、その効果を検証する。

また、石炭灰造粒物以外のリサイクル資材の覆砂・埋め戻し材としての利用可能性についても検証を行う。検証に当たっては、負荷物質吸着などの機能性評価、生物試験を加えた安全性評価を実施し、小規模実証試験による覆砂効果の確認・検証を行ったうえで大規模実証試験を実施し、中海自然再生協議会を通してその都度データを開示し、住民合意の

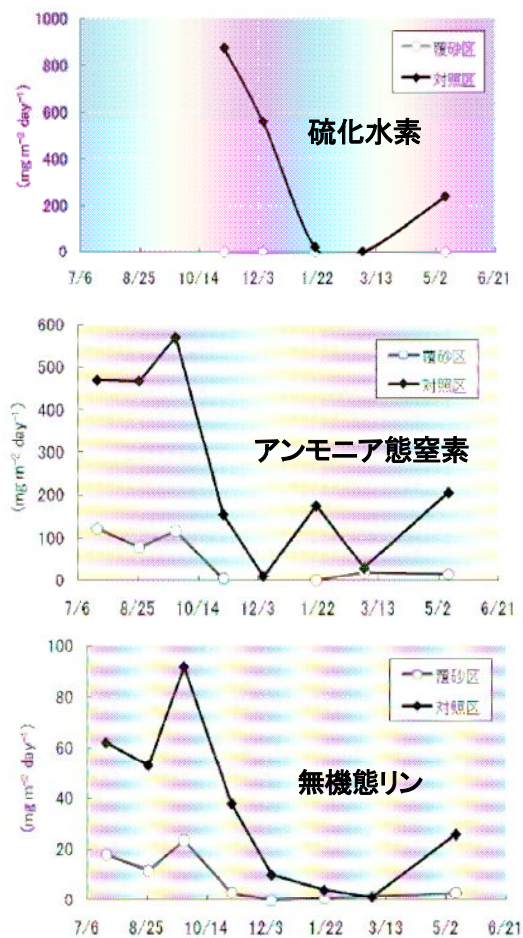


図 5-13. 細井沖窪地での小規模実証結果.

もとで事業を伸展させていく。

モニタリングの方法

錦海団地沖浚渫窪地の在来地盤を細井沖浚渫窪地の比較対照として、さらに隣接する浅場の調査を行い、覆砂による窪地全体及び周辺水域の環境修復効果を検証する。モニタリング調査は1～2ヶ月に1回程度の頻度で年6～12回行う。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及びリン、硫化水素濃度を測定する。併せてチャンバーを用いた底質隔離試験(図5-14)を行い、底質からの栄養塩溶出速度、硫化水素溶出速度及び酸素消費速度を測定し、覆砂効果を検証する。年4回程度、採泥器を用いて底生生物を採取し、種数・個体数を調査して底生生物相の変化からも覆砂効果を検証する。これらのモニタリング結果を見ながら、順応的管理として当該窪地への追加投入や比較検討のための他の窪地への投入などを検討する。さらに、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、検証を進めていく。

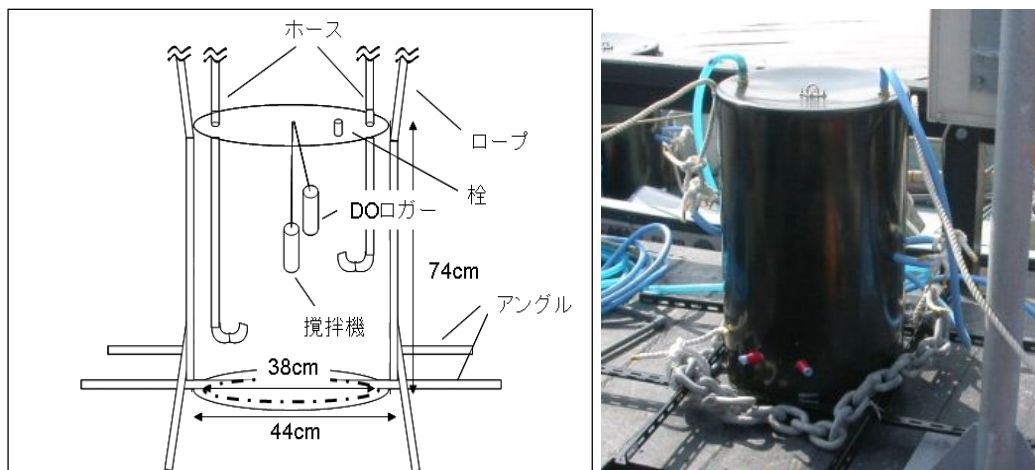


図 5-14. 底質隔離試験に使用するチャンバーの模式図（左）と写真.

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、その実施に当たっては、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

米子水鳥公園や島根大学汽水域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 3 期中海自然再生協議会名簿

公募委員(団体・法人)	代表者	団体名
1	神谷 要	財団法人中海水鳥国際交流基金財団
2	津森 宏	NPO法人日本野鳥の会鳥取県支部
3	奥森隆夫	NPO法人未来守りネットワーク
4	武田 研	伯太川の環境と自然を守る会
5	大谷輝子	美しい中海を守る住民会議
6	槻宅一夫	中海漁業協同組合
7	内藤武夫	NPO法人中海再生プロジェクト
8	越川敏樹	財団法人ホシザキグリーン財団
9	徳岡隆夫	NPO法人自然再生センター
公募委員(個人)	氏 名	所 属
1	阿部國廣	NPO法人自然再生センター
2	新井章吾	株式会社海中景観研究所
3	井 芹 寧	西日本技術開発株式会社
4	入江則仁	
5	岩根栄子	
6	香川友二	NPO法人自然再生センター鳥取県支部
7	鍛冶正紀	松江土建株式会社
8	柏木利徳	大根島の農漁業を考える会
9	門田千一	カナツ技建工業株式会社
10	木村好勝	NPO法人自然再生センター安来支部長
11	桑原智之	島根大学生物資源科学部
12	斉藤 直	株式会社 エネルギア・エコ・マテリア環境技術部
13	橘 祥朗	NPO法人自然再生センター
14	土江謙二	中海テクノ
15	田守利彦	ボランティア・ロードin米子
16	寺田憲彦	サンイン技術コンサルタント株式会社
17	中川健作	美しい中海を守る住民会議
18	中山恭彦	株式会社海中景観研究所
19	中山憲治	特定非営利活動法人 瀬戸内里海振興会
20	橋田公夫	NPO法人自然再生センター
21	福田 賢一	ナカシマプロペラ株式会社
22	福元和孝	ハイドロオフィス
23	船越元熙	NPO法人自然再生センター鳥取県支部
24	増田広利	NPO法人自然再生センター
25	美見昭光	NPO法人自然再生センター
26	若林健一	NPO法人自然再生センター
27	渡部敏樹	NPO法人自然再生センター鳥取県支部

専門委員	分野	委員名	所 属
1	水質	相崎守弘	島根大学（名誉教授）
2	環境科学	石飛 裕	
3	底質・地形	井内美郎	早稲田大学人間科学学術院
4	水質	奥村 稔	島根大学総合理工学部
5	鳥類	神谷 要	(財)中海水鳥交流基金財団
6	水草	國井秀伸	島根大学汽水域研究センター
7	都市計画	熊谷昌彦	米子工業高等専門学校
8	ベントス	倉田健悟	島根大学汽水域研究センター
9	魚類	越川敏樹	財団法人ホシザキグリーン財団
10	産業振興	酒井禮男	財団法人しまね産業振興財団
11	地質・地形	三瓶良和	島根大学総合理工学部
12	水質	清家 泰	島根大学総合理工学部
13	水質	瀬戸浩二	島根大学汽水域研究センター
14	社会連携	高安克巳	島根大学（名誉教授）
15	ベントス	中尾 繁	北海道大学（名誉教授）
16	材料	野中資博	島根大学生物資源科学部
17	地質・底質	野村律夫	島根大学汽水域研究センター
18	昆虫	星川和夫	島根大学生物資源科学部
19	建築	細田智久	米子工業高等専門学校
20	教育	向井哲朗	彦名校区環境をよくする会、彦名地区チビッツ環境パトロール隊
21	鳥類	森 茂晃	財団法人ホシザキグリーン財団
22	流動	矢島 啓	鳥取大学工学部
23	環境動態解析	山本民次	広島大学大学院生物圏科学研究科
専門研究機関委員			
		島根大学汽水域研究センター	
行政・公共団体委員			
		委員名	団体名
1		坂本泰正	国土交通省中国地方整備局出雲河川事務所
2		伊藤 健	国土交通省中国地方整備局出雲河川事務所
3		福田一宏	農林水産省中国四国農政局整備部地域整備課
4		甲斐 茂	中国四国地方環境事務所 米子自然環境事務所
5		角 智則	中国四国地方環境事務所 米子自然環境事務所
6		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
7		尾崎憲太郎	経済産業省中国経済産業局資源エネルギー環境部
8		田倉恭一	鳥取県西部総合事務所 生活環境局
9		金涌孝則	鳥取県西部総合事務所 生活環境局
10		蔵本康宏	鳥取県西部総合事務所 生活環境局 環境・循環推進課
11		福岡修一	鳥取県西部総合事務所 県民局企画県民課
12		福政民栄	鳥取県生活環境部水・大気環境課
13		酒嶋 優	島根県環境生活部環境政策課
14		藤原敦夫	島根県環境生活部環境政策課
15		嘉藤健二	島根県環境生活部環境政策課
16		若林英人	島根県農林水産部水産課
17		田部欽也	島根県環境生活部自然環境課
18		若槻和浩	島根県土木部河川課
19		生田和義	米子市環境下水道部環境政策課
20		宇山至宏	安来市市民生活部環境衛生課
21		松本啓志	境港市産業環境部環境防災課
22		森原浩子	松江市環境保全部環境保全課