

いま，中海(本庄水域)でなにがおこっているのか？



昭和 22(1947)年



昭和 56(1981)年～現在

本庄水域が2つの堤防で中海から隔てられてから、27年がたちました。本庄水域では周囲からの汚濁物質の流入が少なく、塩分躍層も形成されないことから、比較的良好な水環境が保たれてきていましたが、いま湖底ではヘドロ様の泥がたまり、貧酸素化が進行しつつあることが、島大汽水域研究センターを中心とした調査でわかってきました。昨今は魚が姿を消した、本庄には入ってこないという漁師の証言は、本庄水域に異変が起こりつつあることを知らせているのかもしれない。

本庄水域については、いまから9年前に、森山堤での農水省による「パイプによる潮とおし」という「世紀の実験」が行われ、農水省による調査と平行して島根大学による自主的な調査が行われ、堤防開削による水環境の再生の可能性について熱い討論がなされたのは記憶に新しいところです。現在進行中の森山堤の一部開削と西部承水路の撤去に関連しては、農水省などの行政機関による調査が行われていますが、ここでは島大汽水域研究センター・汽水域重点プロジェクト生態系モニタリングチームによって行われた調査結果を中心に報告します。また、この機会に本庄水域や中海の再生についての意見交換を行いたいと考えています。

皆様のご参加をお待ちしています。

主催 島根大学汽水域研究センター・汽水域重点プロジェクト
後援 自然再生センター

2007年3月25日(日) 9時～12時
スティックビル(松江市市民活動センター)5階 502 研修室

話題提供

- 島根大学汽水域重点プロジェクトと中海再生への課題
- 中海干拓淡水化事業と本庄水域
- 最近の本庄水域の水質・底質と貧酸素化
- 安定同位体比から見た本庄水域の特徴
- 二枚貝を中心とした本庄水域の生物相と環境悪化

島根大学汽水域研究センター長 國井秀伸

自然再生センター(島根大学名誉教授)徳岡隆夫

島根大学汽水域研究センター助教授 瀬戸浩二

島根大学汽水域研究センター助教授 倉田健悟

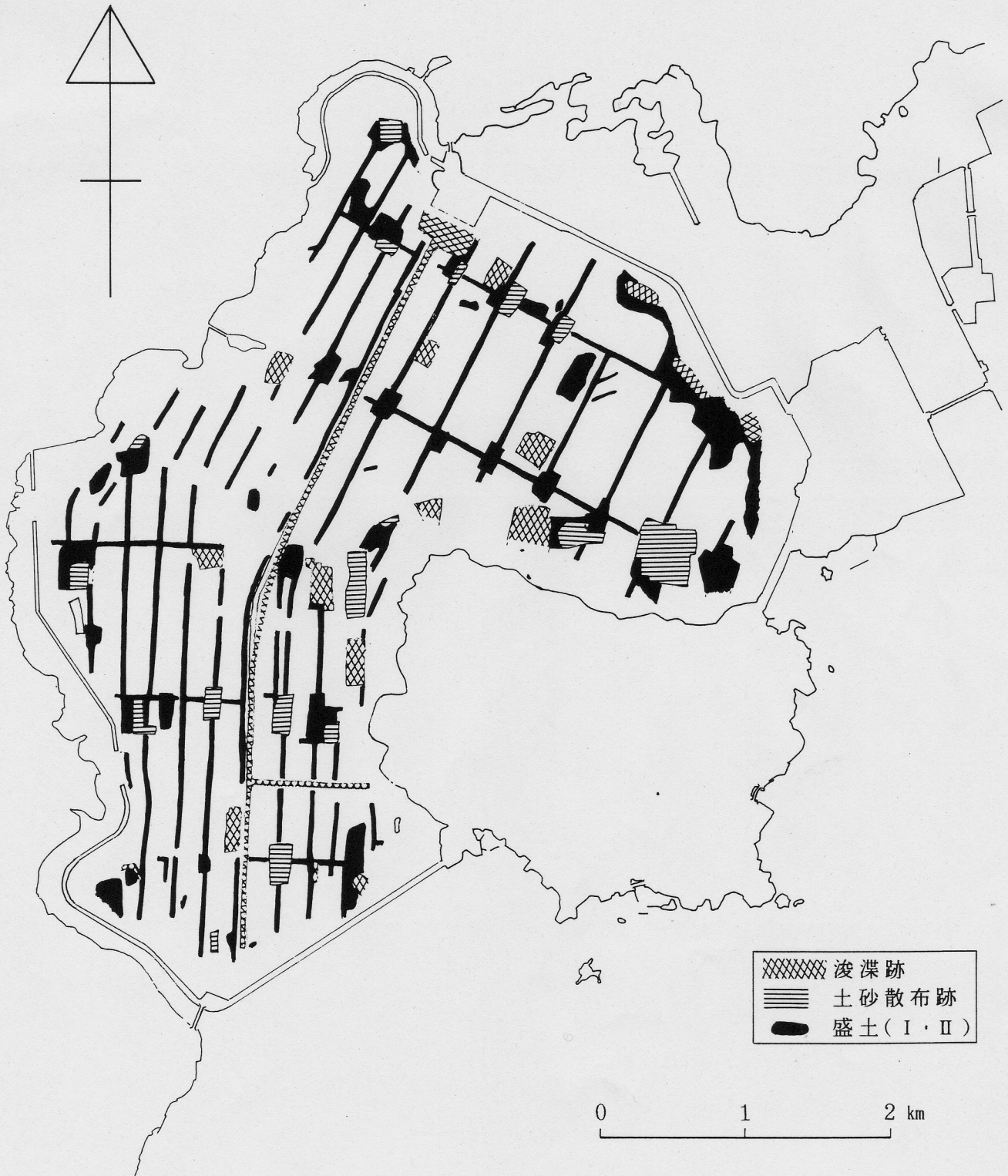
島根大学生物資源科学部助教授 山口啓子

(ほかに本庄水域で調査を行っている方々、漁業者からも情報提供を予定しています。)

自由討論 中海干拓建設事業のこれからと中海の再生

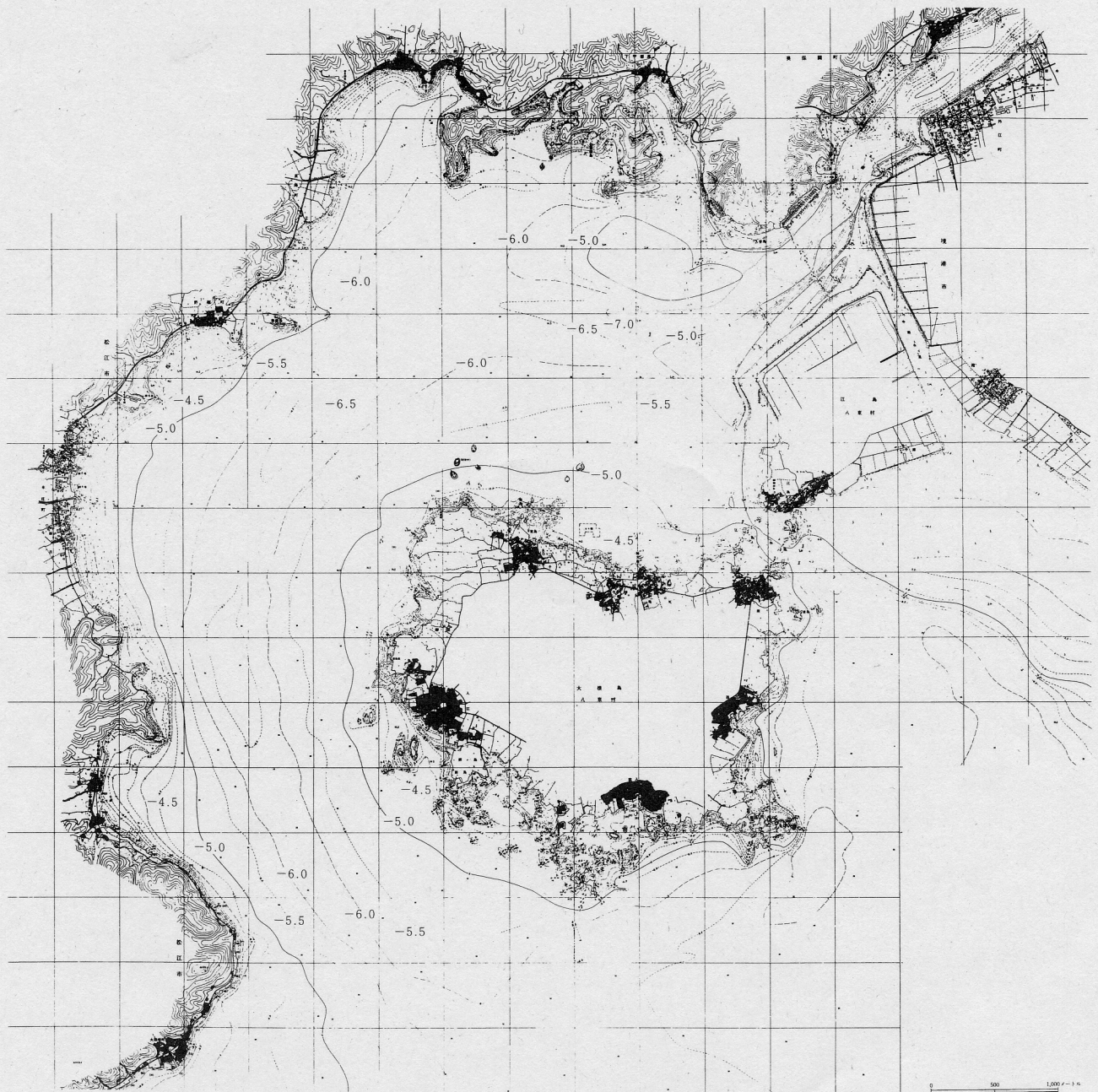
中海北部(本庄工区)の湖底改変状況

サイドスキャンソナー (EG&G社製、SMS960型) による探査記録 (p.36~91) をもとに本庄工区干拓計画図 (農水省中海干拓事務所による) を参考にしてまとめたものである。盛土による整然とした圃道がほぼ完成に近づいており、大海崎から和田多鼻に至る主排水溝も完成している。浚渫や土砂散布で湖底の改変が進んでいるが、それ以外の白ヌキの部分ではほぼ元通りの湖底が保存されている。(米元正一、1991による)



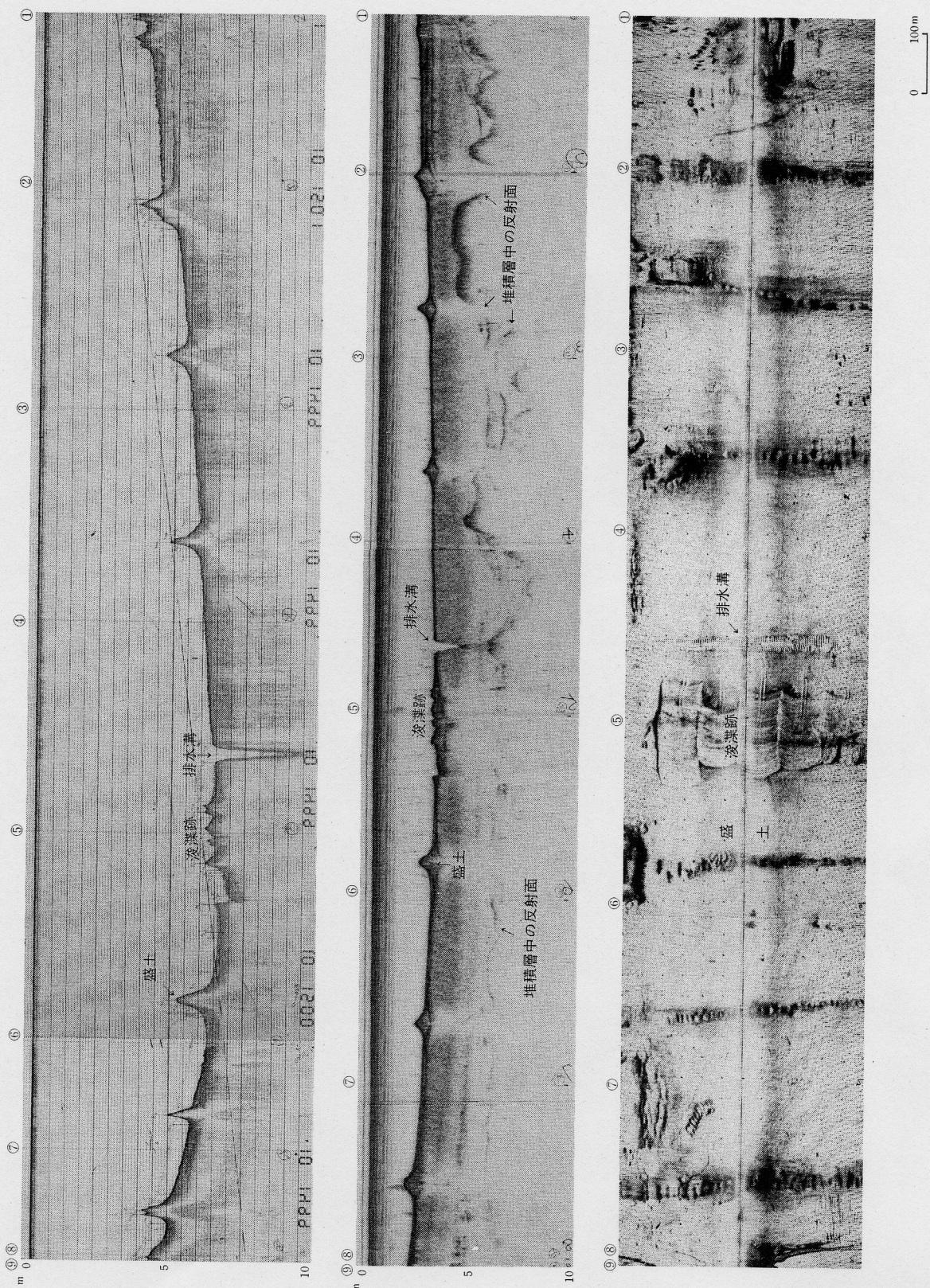
中海北部の湖底地形 (国土地理院, 1962-1963)

国土地理院1万分の1湖沼図「中海」(1962-1963測量、発行)の一部を縮小。等深線の数字(m)を追加、マス目が500mである。(付図D参照)



中海北部(本庄工区)湖底の音波探査記録

大海崎に近い東西側線(EW07)の一部を示す。上段はアトラスデソ20によるもので、湖底微地形が精密に把握されていて、圃道のための盛土、浚渫跡、排水溝がよくわかる。中段は底質探査機SH-10によるもので、湖底地形とともに湖底下堆積層の構造がよく把握されている。盛土の下では沈下が起っている。下段はサイドスキャンソナーによるもので、湖底を水を取り除いて上からみた状況である。図の中部の横線とその上下が白くぬけているのは、船の航路の下の部分が記録がとれないことによる。航路の両側各150mの範囲が記録されている。3図とも丸数字の位置がそれぞれ対応している。(徳岡ほか、1990)



17日 第8回「中海に関する協議会」

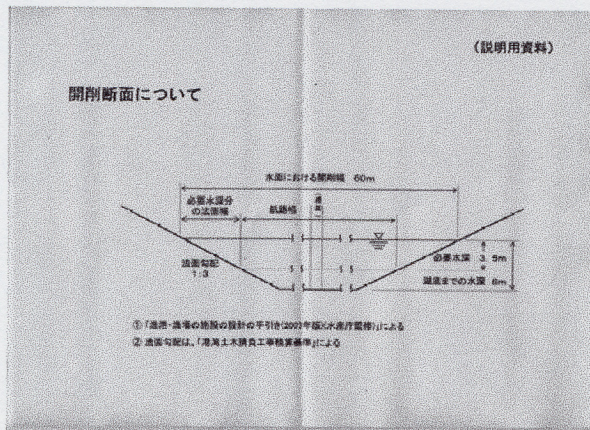


干拓中止後焦点となっていた、堤防開削について17日に開催された第8回の「中海に関する協議会」で、農水省が森山堤を60m開削することを正式に表明した。両県ともこの提案について了承し、これにより中海干拓事業は開削と中浦水門の撤去等が終了する平成20年度をもって、中海は環境再生への具体的な一歩を踏み出すことになる。

農水省がこの日提案したのは、島根、鳥取両県の要望通り、中海土地改良事業の中で、旧本庄工区の森山堤防（松江市）を60m開削し、橋を架けるといものである。具体的な開削の断面は下図の通りである。

また森山堤の北端にある本庄排水機場の排水路も「潮通しとして活用」としている。

開削する場所は、森山堤防の松江市の旧美保関町と旧八束町の境界付近が予定される。開削と架橋の事業費は、約12億円で島根県がその内の一割を負担する。農水省は来年度中に詳細設計を終え、国営中海土地改良事業が完了する平成20年度末までに工事を終える予定と説明した。



これまでの経過

63/4	農林省が「国営中海土地改良事業に着手
68/4	工事着工
81/3	森山堤防が完成 全ての堤防が完成 淡水化の試行間近で市民運動活発化
83/8	農水省、両県に淡水化の試行について正式協議
88/5	淡水化の試行当分の間延期が決定
89/3	揖屋、安来、弓浜の3工区完成
92/3	彦名工区完成
96/3	島根県 本庄工区再開要請
00/8	公共事業見直しで本庄工区中止
01/4	中海の諸課題解決のため協議会を設置することで両県合意、8月に第1回「中海に関する協議会」開催
02/12	淡水化正式に中止
04/12	両県知事森山堤開削で合意
05/11	第8回「中海に関する協議会」で60m開削が決定

今後の課題

森山堤の開削が行われることは、一定の前進であるには違いないが、全てが解決されるわけではない。

私達は、これまで森山、大海崎両堤防の開削を求めてきた。そのために、開削による水質の影響についても、独自にシミュレーションを行って具体的な提案を行ってきている。

その意味からすれば、今回の決定はあくまでもその第一歩と位置づけ、引き続いて開削幅を含め両堤防の開削について検討を行っていく必要がある。

そのためには、今回の開削の効果等について市民版のモニタリングを行い、その要求の正当性を訴えていく必要がある。

今回の森山堤防の開削が終了すれば、農水省が行う中海土地改良事業は終わる。そうなれば、「農水省との開削協議はこれで終了した。開削問題を今後も話し合うとしたら、両県だけでということになる」（11.18 読売鳥取版）と上場鳥取県企画部長が述べているように島根、鳥取両県の話し合いで決着できることになる。

今後は、この報道の通りの状況が見込まれるので、両湖の再生に向けて、両県が協議の場につくようにしていかなければならない。

1. 事業の概要

1.1 対象事業の概要

環境モニタリング計画の検討対象は、中海干拓事業に係る表 1-1 及び図 1-1 に示す事業とする。

表 1-1 対象事業の一覧

事業の名称	概要
西部承水路堤の撤去	西部承水路の堤防を撤去する。
森山堤の一部開削・架橋	森山堤を一部開削し、架橋する。
本庄排水機場の撤去	本庄排水機場の建屋、吐出口及びポンプ設備等を撤去する。

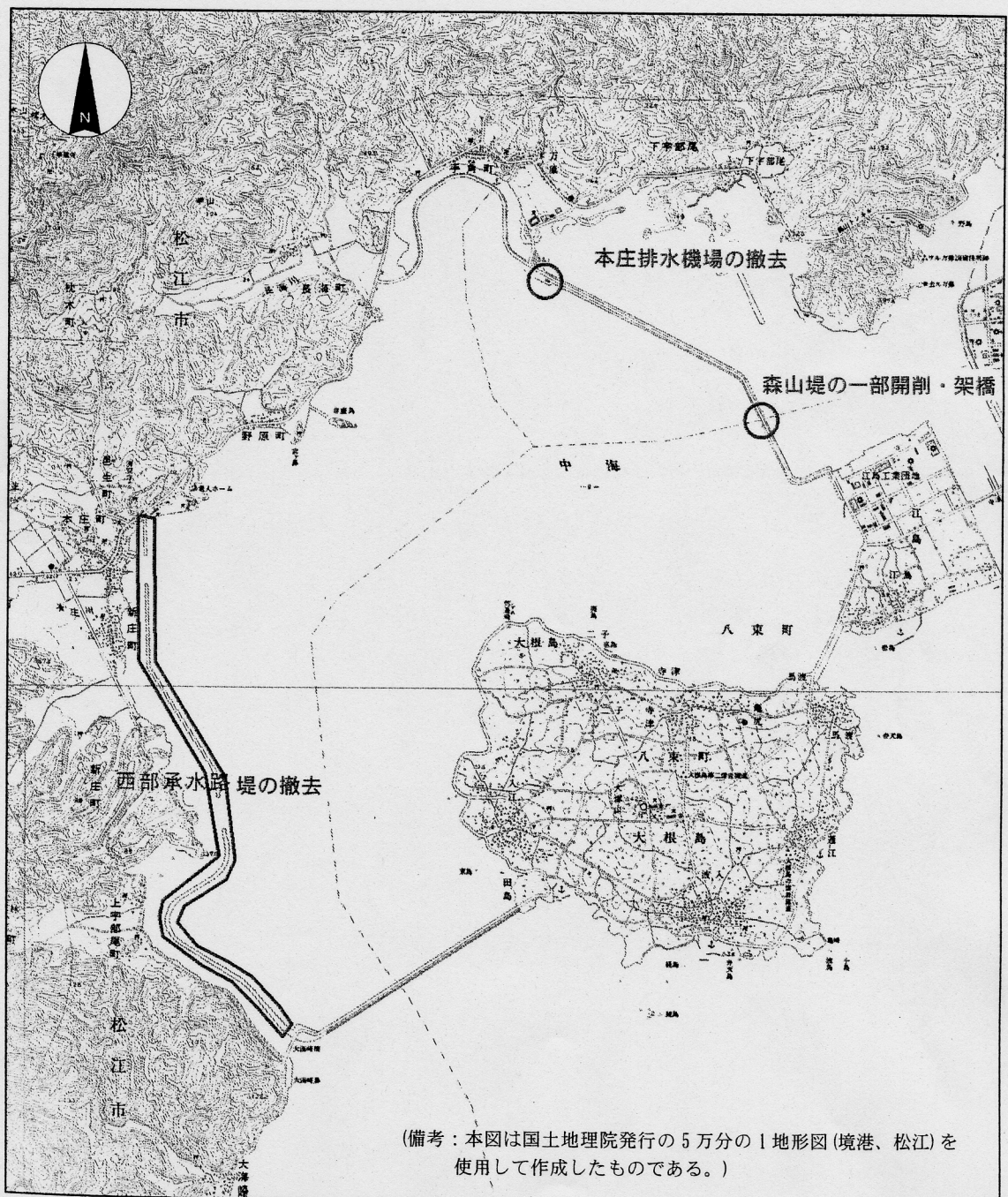


図 1-1 対象事業実施区域

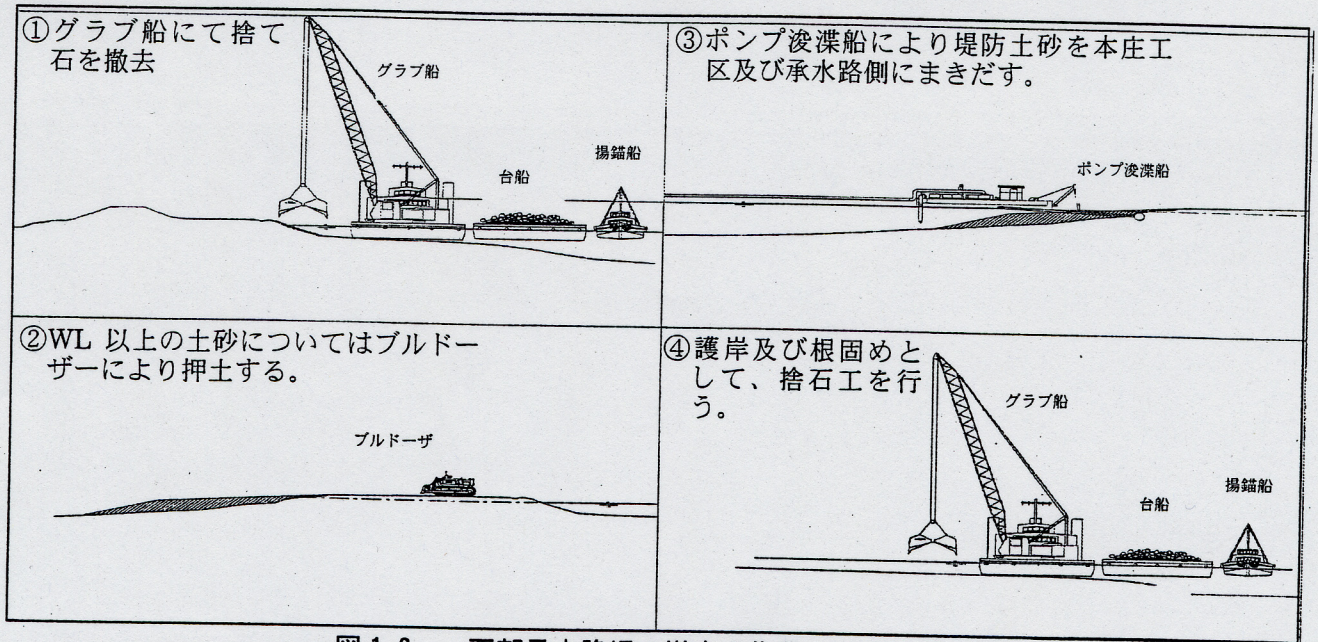


図 1-3 西部承水路堤の撤去の作業イメージ

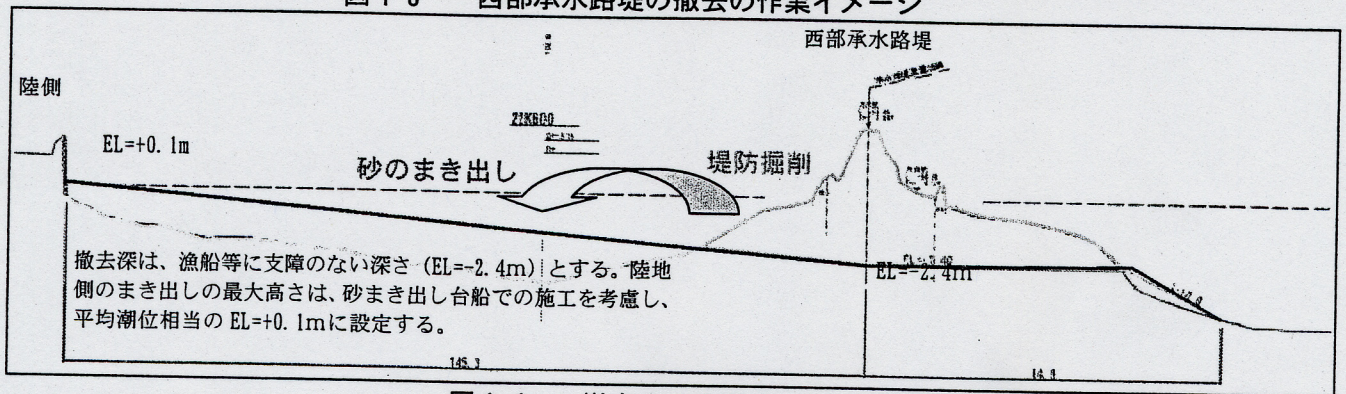


図 1-4 撤去土のまき出しイメージ

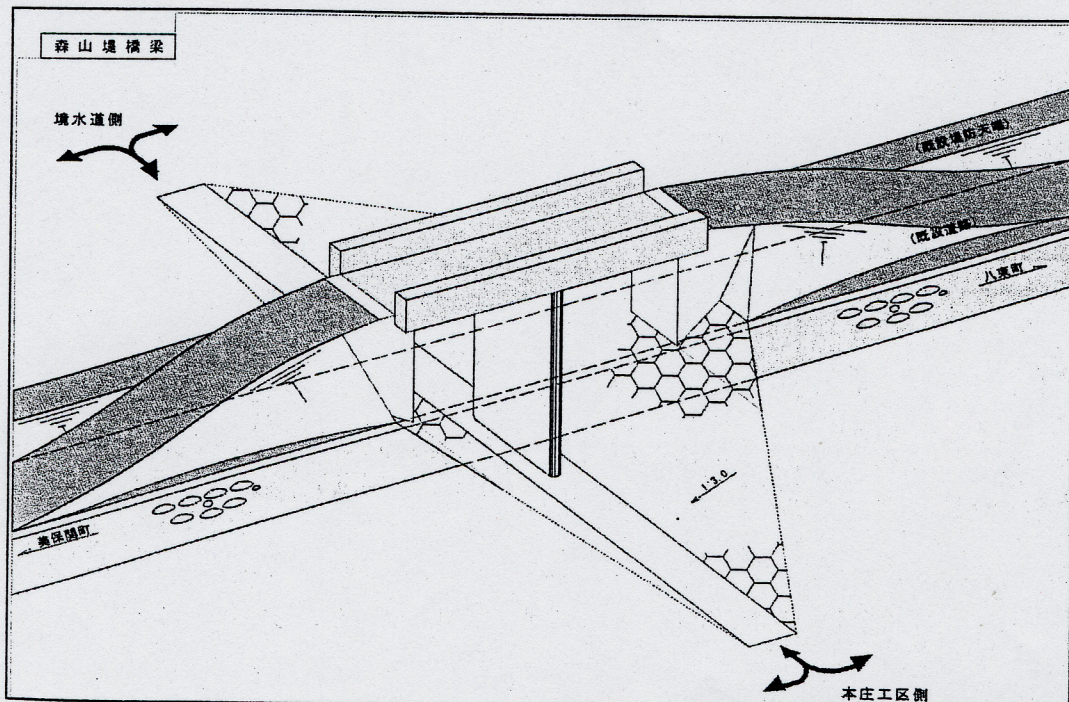


図 1-6 森山堤の開削状況及び架橋位置

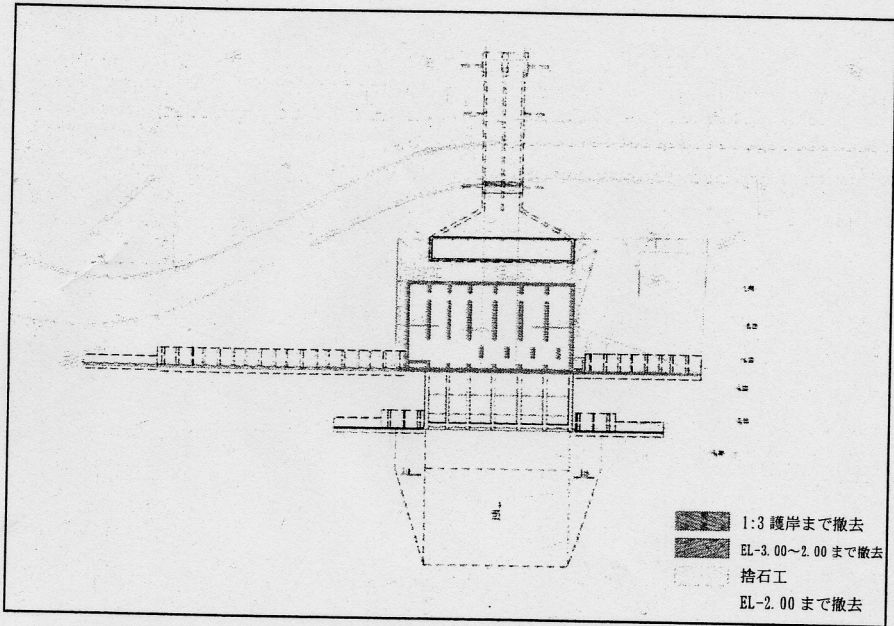


図 1-9 本庄排水機場撤去（二次撤去）の平面図

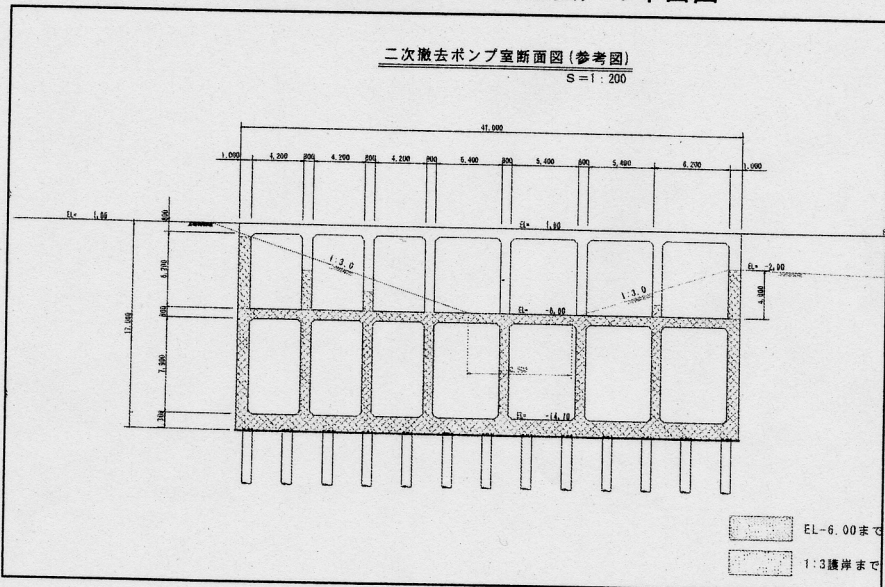


図 1-10 本庄排水機場撤去（二次撤去）の断面図

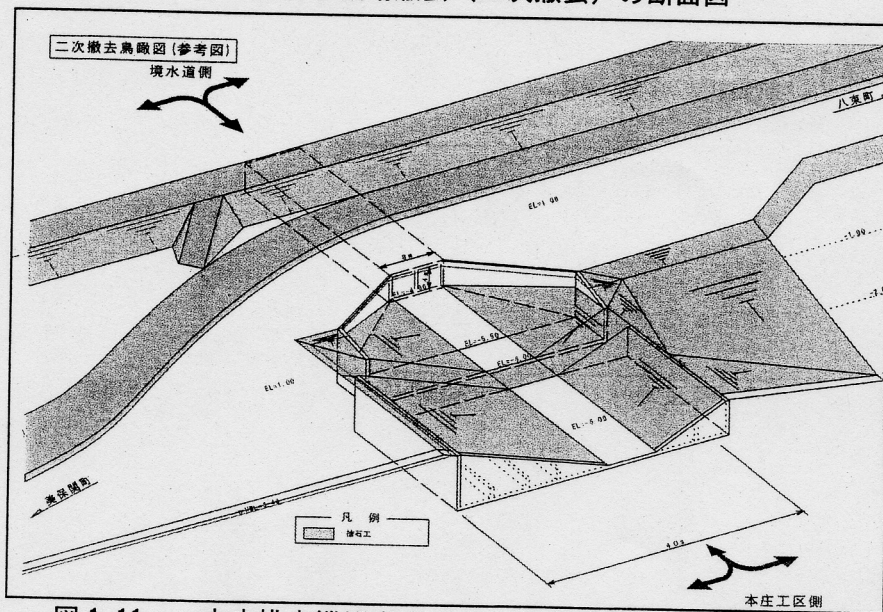


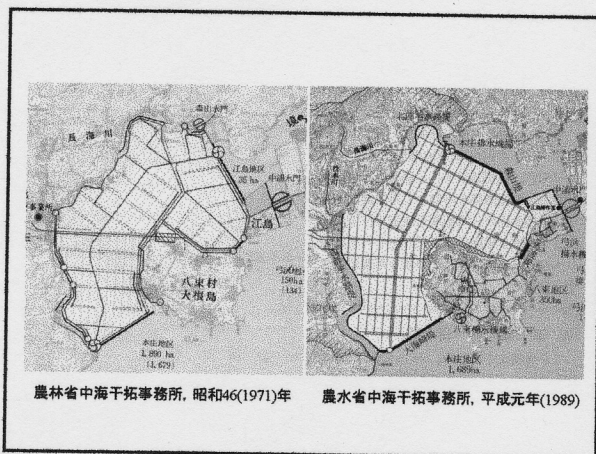
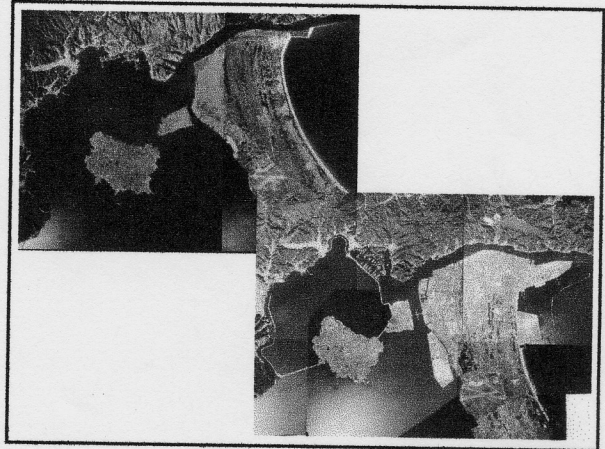
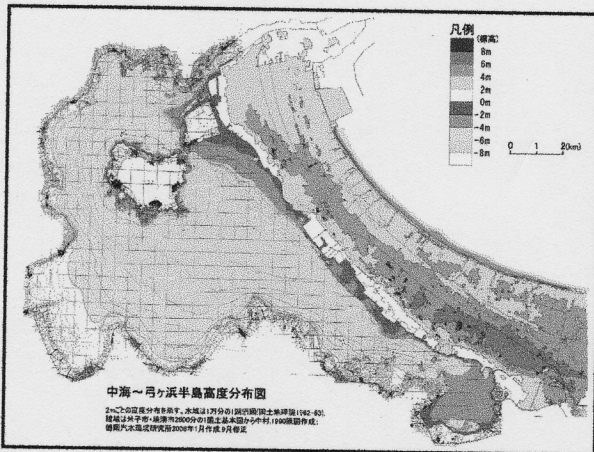
図 1-11 本庄排水機場撤去（二次撤去）の作業概要

※関係機関等と協議中であり、協議結果によっては構造等を見直すことがある。

2007.3.25 中海（本庄水域）討論会

中海干拓淡水化事業と本庄水域

自然再生センター（島根大学名誉教授）
徳岡隆夫



農水省中海干拓事務所, 昭和59(1984)年

もともと矢道湖は淡水湖でした。

中海に2,500ヘクタールの新しい土地を生み出します

矢道湖・中海を淡水化し水資源を開発します

干拓地と沿岸の農地にかんがい用水を供給します

潮通し工法はパイプが2本

本庄工区水産調査専門委

農水省の全体計画了承

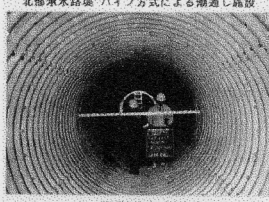
100カ所で貝類調査
潮通し方法は先に

長さ26メートル直径1.2メートル
年内着工、2月完成目標


会議公開要求を拒否
肥田土の調査結果のため



北部承水路場 パイプ方式による潮通し施設



パイプ設置状況 (φ2,500mm)

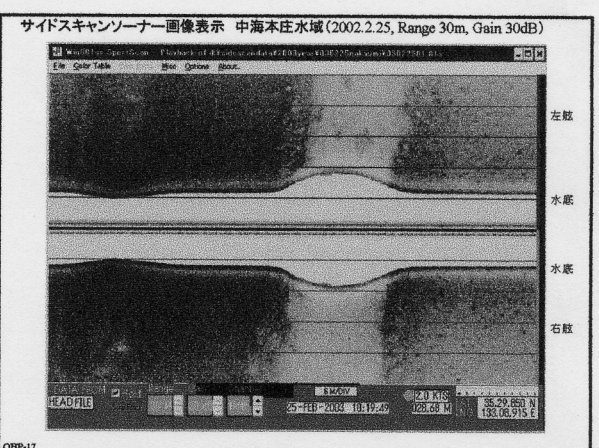
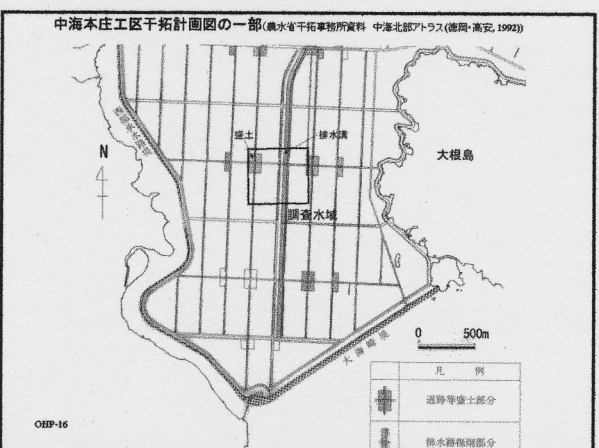
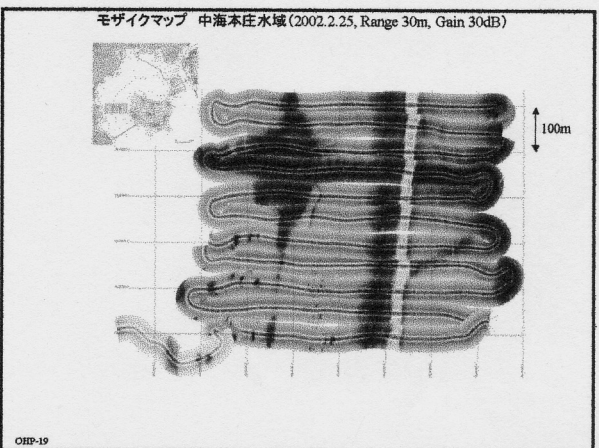


水質改善、漁獲2.7倍に

本庄工区の堤防開削
農水省が予測提示

良好な漁場環境戻る想定

専門委「ケース基本に」

最近の本庄水域の水質・底質と貧酸素化

瀬戸浩二（島根大学汽水域センター）

斐伊川水系河口域には、日本を代表する汽水湖である宍道湖・中海が分布する。中海では、1981年に森山堤防や大御崎堤防などによって、中海北部の本庄水域がほぼ閉鎖された。そのため、水系全体としてそれまでとは異なる環境に変化し、そこに生息する生物が大きく影響を受けたと考えられている。しかし、その対策として、2008年に森山堤防が一部開削されることになった。また、大橋川の拡幅工事なども計画されており、約25年間維持されてきた現在のシステムが再び大きな環境変化を受けることになる可能性が出てきた。そのため、斐伊川水系河口部に対して今後起こりうる環境変化の直前に可能なかぎり水域環境の記載を行い、今後の環境変化の比較資料を得る必要がある。そこで宍道湖・中海の全域について水質・底質を調査している。調査は、2006年8月～10月で宍道湖98地点、大橋川7地点、中海・境水道81地点、本庄50地点の計236地点において水質測定・採泥を行った。また、2006年5月から境水道・中海・本庄水域の11地点において毎月の水質測定・採泥を行っている。本講演では、それらの調査によって得られた本庄水域の水質・底質の特徴を明らかにし、開削直前の水域環境がどのような状態で、開削によりどのような影響が起こるのか、を予測していきたい。

現在の本庄水域の特徴は、表層と底層の塩分差が少なく、そのため、波などの作用による上下循環が主な循環システムとなっている。また、地形的に見ると奥側（森山堤防側）が深いため、一度重い水塊が入ると出る機会が少ない。そのため、6mを越える水深を示す水域では、ほぼ定常的に無酸素状態に近い環境を示している。さらに、洪水などで本庄水域が低塩分化（2～3psu程度減少）し、中海本体が本庄水域より低塩分を示すと、本庄水域のほとんどが底層において貧酸素環境になり、それは長い期間維持される。

この現象は、恐らく森山堤防の開削により解消されると考えている。この森山堤防を開削したときには、表層水と底層水、それぞれの流入バランスによって3つのパターンが考えられる。本講演では、どのパターンが最も良いか検討を行う。

安定同位体比から見た本庄水域の特徴

倉田健悟（島根大学汽水域研究センター）

中海から切り離された本庄水域は、流れ込む河川の数少なく、塩分は中海から西部承水路を通じて入る構造であるため、閉鎖的で独特な汽水域である。計画されている森山堤の開削により境水道から直接的に海水が流入するようになると、本庄水域の水塊構造に加え、塩分や流速の変化により水域の生態系は大きく変わると予測される。特に一次生産者の変化によりもたらされるであろう食物網の遷移は生態学的にも興味深く、食物連鎖の上位に位置する魚介類への影響は地域の大きな関心事であると言える。

近年、安定同位体比の値を利用して食物網における餌の起源と栄養段階を推定する解析が広く行われるようになってきた。生態系を構成する餌の有機物から高次の消費者までの試料について安定同位体比を測定すると、炭素安定同位体比（ ^{13}C ）により餌の起源が、窒素安定同位体比（ ^{15}N ）により栄養段階が、それぞれ推定される。例えば、河川の上流や湖岸の植生などから入ってくる陸上植物由来の有機物、湖で生産された大型海藻や植物プランクトンに由来する有機物、沿岸のアマモやコアマモなどの海草類に由来する有機物は、それぞれ炭素安定同位体比の値が異なっている。そのため、これらの餌資源が混在する汽水域においては、動物が依存している主要な栄養源を推定するのに安定同位体比の解析が有効であると考えられる。

本研究では本庄水域を含む斐伊川水系において、動物の餌資源となる水中の懸濁物や水生植物、二枚貝などの底生動物を採集し、炭素および窒素安定同位体比を測定して水域による違いを調べた。近い将来に森山堤が開削された後、再び同様の調査を行うことにより、堤防開削の前後で本庄水域、そして中海と宍道湖の食物網にどのような変化があったかを検証できると期待している。

2004年6月～7月に宍道湖から10地点、本庄水域を含む中海から12地点および境水道の1地点でサンプリングを行った。2005年の夏季には追加の調査を行った。砂泥質の底質の場合、浅い場所ではアクリルコア、深い場所では船上からエクマンバージ採泥器を用いて底質ごと採取し、1mm目合いのふるいで底生動物を採集した。転石帯やコンクリート構造物などの基質の場合は、スクレイパーで剥ぎ取るかピンセットもしくは手で表在性の無脊椎動物を採集した。

実験室にサンプルを持ち帰った後、丁寧に洗浄と選別を行ってガラス管ビンに種類ごとに入れた。殻付きの軟体動物については殻を外してメスを用いて軟体部のみを注意深くガラス管ビンに入れた。ヤマトシジミ *Corbicula japonica* については斧足とそれ以外の軟体部に、イシマキガイ *Clithon retrapictus* については中腸腺とそれ以外の軟体部に、それぞれ切り離して別々のガラス管ビンに入れた。軟体動物と環形動物はクロロホルム・メタノール混合溶液で脱脂処理をした。凍結乾燥機で一昼夜凍結乾燥させた後、ミクロスパーテルを使ってガラス管ビンの中の試料を細かく砕いて適量を安定同位体比測定用のスズ容器に入れた。アリゾナ大学の質量分析器によって炭素および窒素安定同位体比を測定した。

今回はこれらの測定結果について報告し、安定同位体比から見た本庄水域の食物網の特徴について考えてみたい。

二枚貝を中心とした本庄水域の生物相と環境悪化

島根大学生物資源科学部 山口啓子

中海は、人間活動の活発化にともない、汚染による環境悪化に加え、浅場を陸化して利用するための事業が相次いで行われ、埋め立て・堤防建設などの人工改変が進められてきた。特に、1970年代に中海の北西部を締め切った干拓堤防は、海水の流入経路を大きく変化させ、急激な環境変化が起こったと考えられている。中海では、かつてサルボウ（赤貝）が高い漁獲量を誇り、周辺地域の食文化として深く根付いている。しかし、環境変化とともにそのサルボウの漁獲高がゼロとなって、30年の歳月が過ぎた。本庄工区は堤防建設前にサルボウが大量に生息していた水域である。本発表では、湖底堆積物の柱状試料の分析結果を中心に、過去の二枚貝調査の文献、および昨年行った重点プロジェクトによる調査結果を参照しながら、中海の貝類相の変化過程を復元し、埋め立て・堤防建設などともなう環境変化と、その二枚貝への影響について考える。また、中海漁協の協力で行った昨年までのサルボウ分布環境調査の結果も合わせて紹介し、中海と本庄水域の今後について、本会参加者とともに考える機会にしたい。

中海の湖心と本庄中心でそれぞれ底質の厚さ数十cmの柱状試料を取り、過去から現在への底質と生物の情報を解読した。その結果、

(1) 中海の湖盆部では、本庄工区の堤防工事よりも早く、1940年代から1960年にかけて、サルボウガイ *Scapharca subcrenata* やイヨスダレガイ *Paphia undulata* が姿を消し、シズクガイ *Theora lubrica* やチヨノハナガイ *Raeta rostralis* など汚染指標種に置き換わった。これは、湖盆部における貧酸素水塊の拡大が原因である。底質では、それに先立ち、1920年頃から、堆積有機物が増加し始めている。一方、水質の指標となる赤潮プランクトン珪藻は1950年代に急増しており、表層水質の悪化はこの頃に顕在化した。

(2) 本庄水域では、1970年代に堤防により仕切られるまで、サルボウなどが生息していたが、堤防建設とともに、姿を消した。底質についても、堤防建設の後に、急激に有機汚染が進行していった。

特に、中海湖心では、本庄の堤防建設以前から、①底質（有機汚染が徐々に進行）→貧酸素化、②底生生物（長命種サルボウなどの死滅）→③表層水質（透明度低下・赤潮）、の順に悪化が進行したことが推測された。

一方、本庄水域では、新鮮な海水が供給されていた頃（堤防建設前1970年ごろまで）には、①～③の環境悪化は見られなかったが、堤防建設により急激にほぼ同時期に①②が進行した。③については、堤防建設以降に底質悪化が進行した影響で、徐々に悪化が進行している状況であると思われる。ここ数年で水質の悪化が顕在化してきていること、昨年には、ついに本庄で青潮（硫化水素を含んだ貧酸素水がわき上がってくる現象）が数回にわたり発生したことも、本庄水域の環境悪化の進行を裏付けている。

森山堤防の開削によって、この悪化が食い止められ、更に、どの程度、環境改善が行われるかが注目されている。特に、鍵となる二枚貝がサルボウ（赤貝）であろう。中海の湖底のほとんどは、本来、泥質であり、中海全体で漁獲される二枚貝としては、アサリよりもサルボウが適している。昨年までの調査で、サルボウの生息に必要な底質環境の最低条件が明らかになった（以下の記事参照）。現在の本庄工区の底質状態は、この最低条件を満たしていない。しかし、海水交換が行われれば、本庄水域はこの条件を満たすようになると期待できる。堤防開削によって、本庄水域がサルボウの生息できる環境にもどるのか、さらに漁場として復活させるためには何をすべきか、自然再生の視点からも、長期的に考える時期にあるだろう。



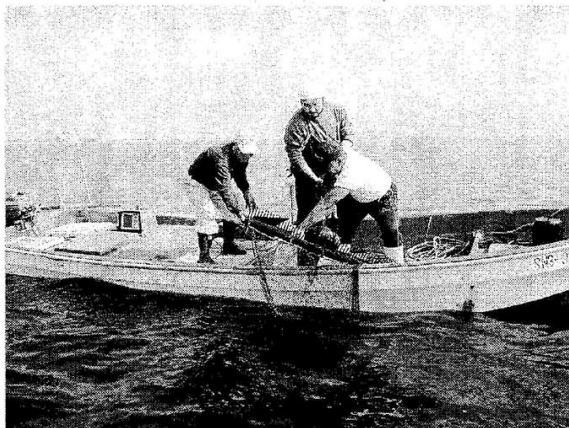
島根大学生物資源科学部 生態環境科学科の山口啓子助教授は、一昨年からサルボウ（赤貝）の調査に取り組み、松江市八束町の大根島東側に親貝の分布が見られることや、水温20度程度だと無酸素でも二十日ぐらいなら生存するなど、生息環境も突き止めた。近く一般向けにも発表する。

■大根島東に生息
山口助教授は中海漁協組合員の協力で一昨年十月から中海のサルボウ分布と生息環境、水質や底質環境の調査を行った。

この結果、水深七ヶ前後の大根島東側に酸素が比較的多く、サルボウも生息していた。

ヘドロには毒性の高い硫化水素が含まれるが、100ppb（ppmの千分の一）以下の水質なら生息

島根大が中海サルボウ調査



悪環境耐え生き残る

し、同ppbを超えるといふべくなくともわかった。TOC（有機炭素）も3・5ppmを超えるとサルボウが生息しなくなる。これらの値は酸素の無い状態が長く続くと高くなる。一方、酸素が多くても塩分や泥分が低いと生息できない。このような限界点も明らかにした。

研究室での生育試験の結果、サルボウは貧酸素にも耐え、無酸素で水温30度以下を越える場合、三、四日で全滅するが、水温20度で二五ppm（実用塩分単位）の場合、二十日ぐらいなら、一時無酸素でも耐えることがわかった。

■海水、酸素が関係
山口助教授はほかにも、

同大汽水域研究センターほか各分野の研究者との共同研究で昨年までに、柱状試料の調査を実施。中海湖心と本庄水域の湖底から柱状試料を採取し、それに含まれる生物を調べた。この結果、中海湖心の底の古い層ではアマモ場の存在を示すケイ藻が含まれ、一九五〇年層から赤潮型の植物プランクトンが増えている。

同大汽水域研究センターほか各分野の研究者との共同研究で昨年までに、柱状試料の調査を実施。中海湖心と本庄水域の湖底から柱状試料を採取し、それに含まれる生物を調べた。この結果、中海湖心の底の古い層ではアマモ場の存在を示すケイ藻が含まれ、一九五〇年層から赤潮型の植物プランクトンが増えている。

ランクトンが増加。四〇―五〇年層でサルボウやイヨスタレがいなくなり、表面に近い近現代の層からは汚染指標種のホトトギスやシズクガイが増えて来るとい

■復活は可能
山口助教授らは、調査結果を国際シンポジウムで発表したほか、二十五日に松江市で開かれる自然再生センターの会合でも一般向けに発表する。

中海のサルボウは、七五年を境に、単位の水揚げがなくなるとされるが、柱状資料の調査では二〇年代から有機物が湖底に増加し始めていることが確認された。また、現在の中海ではしばしば貧酸素になる懸念の場所でも、サルボウは少ないながら、耐えて生きてきたことがわかる。中海の環境が少し良くなれば、サルボウ復活の可能性は十分ある」と話している。

（松江支社・長田和子 提供）