

## 貧酸素水塊解消のための中海水質シミュレーション

相崎守弘<sup>1</sup>

### Simulation experiments for renovation of hypolimnetic anoxic condition in Lake Nakaumi

Morihiro Aizaki<sup>1</sup>

**Abstract:** The effects of renovation measures for improving the hypolimnetic anoxic condition in Lake Nakaumi were simulated using the two existing models. The first simulation experiment was carried out with the following premises: 1) a 200-m cut in the Moriyama and Omisaki dikes to the bottom, 2) construction of a tide dike in the place of Nakaura tide gate and 3) filling up of the deep holes created by dredging in the eastern side of the lake to the bottom level. The simulation data were used in 1992. The second simulation experiment was conducted by changing only the second of the above three premises, i.e., instead of construction of a tide dike, the existing Nakaura tide gate was used, while the remaining two premises were kept similar as in the first case. The simulation data were used in 1998. The third simulation was conducted with another change in the second premise, i.e., the Nakaura tide gate was opened for navigation. All the simulation results showed effective improvements in the hypolimnetic condition in the western part of the lake where the anoxic condition disappeared throughout the year. However, the anoxic condition still persisted in the eastern part of the lake in these simulation studies.

**Key words:** Lake Nakaumi, hypolimnetic anoxic condition, simulation analysis, effect of cut the dikes

#### はじめに

2002 年 12 月、中海・宍道湖の淡水化事業が中止になり、工事が開始されて以来 34 年の年月を経て国営中海土地改良事業が全て終了した。その間、淡水化をめぐる議論や本庄工区干陸の是非をめぐる議論など様々な論議が戦わされ、大きな混乱が続いた。淡水化事業や本庄工区の干陸化の議論では中海や宍道湖の水質変化が大きな争点となった。本庄工区の干陸化再開の判断にあたっては、島根県が行った水質シミュレーションにより、「干陸してもしなくて

も、また堤防を開削してもしなくても中海や宍道湖の水質に変化がない」という結果が、工事再開要請の 1 つの根拠となった (島根大学汽水域研究センター, 1995)。このシミュレーション結果については多くの疑義が出され、環境庁の指示により追加調査やモデルの改良が行われたが、シミュレーション結果に変更はなかった。

堤防を開削してもしなくても中海水質に変化がないという結果は、中海の研究に携わっている研究者や漁業関係者の感覚とはかなり異なるものであった。そこで、その原因について考えた結果、下記に

<sup>1</sup> 島根大学生物資源科学部 Faculty of Life and Environmental Science, Shimane University, Matsue 690-8504, Japan  
E-mail: aizaki@life.shimane-u.ac.jp

示すように、干拓事業によって中浦水道を拡幅・浚渫し、また境水道および中海東側も深く掘られ結果、強い密度流が中海に流れ込む構造になったためと推測された。このような構造である以上、単に堤防を開削しても中海の水質に変化が現れないことは理解できたが、現在夏季を中心に中海底層水の大半が貧酸素状態になった原因も、このような地形改変に起因すると考えられた。このような状況を変えるためには、堤防開削に併せて、中浦水道を通る強い密度流を止める必要があることが推測された(相崎, 2000)。密度流を止める方法として、既存の中浦水門を活用する方法と、潜堤などを設けて浅くする方法が考えられた。しかしこれを実証するためには、シミュレーションモデルによる検討か模型実験による検証など限られた手段しかない。

1997年に設置された農水省、本庄工区水産調査専門委員会では漁場環境変化予測として、堤防開削による潮通しの効果について検討を行った。その中で、委員からの要望として中浦水門を操作する条件でのシミュレーションが付け加えられたが、このケースについては最後まで参考として取り扱われた(中国四国農政局, 1999)。

2000年8月に国レベルでの政治的判断により本庄工区の干陸事業については無駄な公共事業の代表として中止されることとなった。それに併せて、堤防を開削し流れを従前のように戻すよう強い要望が出されたが、島根県はこれまでの水質シミュレーション結果をもとに堤防開削について効果が期待できないとし、積極的対応を示さなかった。これに対し、民間の任意団体である環境イニシアティブから対応策の検討を求められ、下記に示すようなシミュレーションを提案した。また、その後、財団法人「宍道湖・中海汽水湖研究所」(以下汽水湖研究所と略す)からもシミュレーションにより水質改善効果を明らかにしたいとの相談を受け、上記モデルとは異なったモデルで並行的に検証した方が科学的信憑性が高まることから、すでに開発が進んでいた生態系モデル(Nakata et al. 2000)を用いて検討することを提案した。

中海では干拓工事に伴う地形改変のため、強い密度流が下層を下流側から上流側へ逆流している。多くの酸素を含む日本海の海水であるが、逆流過程で消費され、中海の大半は半年以上貧酸素状態におかれている。そのため下層水や湖底では生物が生息できず、死の湖となっている。干拓事業開始以前の中海の漁業生産は主にサルボーなどの貝類や海藻類な

ど底生生物に依存するものであった。中海の大半が貧酸素化することによって失われた損失は計り知れないものである。干拓事業が中止になった現在、中海下層の貧酸素状態を解消することが何よりも望まれる。ここでは、なぜ堤防を開削しても水質変化が起らなかったのか、また、環境イニシアティブや汽水湖研究所が行ったシミュレーションはどのような内容で結果はどうであったか、について報告する。

## 堤防を開削しても水質変化が起きないのはなぜか？

中海では干拓工事の進行に伴い、大幅な地形改変を行った。すなわち、水交換の主要ルートであった本庄水域を大海崎堤防及び森山堤防で閉鎖し、境水道、中浦水道を拡幅し、さらに水深10mまで浚渫した。さらに中海側の弓浜半島地先を水深7m、深いところでは14~15mまで掘り下げた(図1)。その結果、海水と湖水の水交換は全て中浦水道を通して行

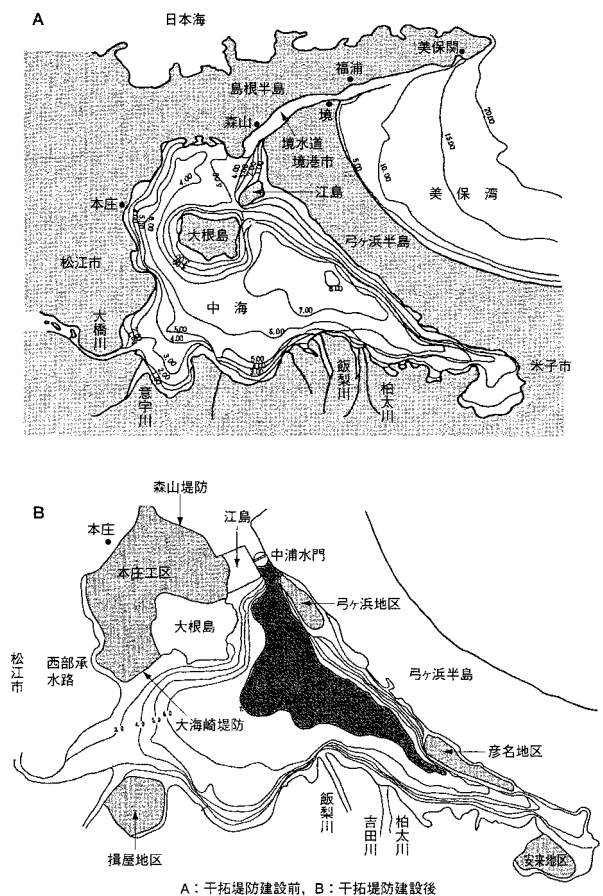


図1. 干拓堤防建設前後での中海の地形変化。  
Fig. 1. Map showing the changes in the bathymetry of Lake Nakami by the reclamation works. (A) before the reclamation and (B) after the reclamation.

表 1. 中潮時の現状及び対策後の各断面における予測通過流量の比較. 環境イニシアティブによるシミュレーション.

**Table 1.** Simulation results in the exchange of water amount in the case of middle tide at the Sakai channel, Nakaura tide gate, Moriyama dike and Omisaki dike by Kankyo Inisiatibu.

[単位: m<sup>3</sup>/s]

ケース	境水道	中浦水門	森山堤防	西部承水路+大海崎堤防
対策あり	1,113	502	556	372
対策なし	898	861	0	142 <sup>注)</sup>

注)：西部承水路のみ

われることとなり、現在の状況となった。海水は境水道、中海、大橋川と塩水クサビとなって淡水の下に潜り込み上流向きに逆流している(奥田, 1997)。このため、鉛直方向で見ると上層は下流向き、下層は上流向きの2層流が形成されている。この界面に塩分濃度が急激に変化する塩分躍層が形成されている。このような強い密度流の流れが出来た原因としては境水道、中浦水道および中海側の浚渫による水深の増加の効果が大きい。すなわち、流入海水の大部分は水深5 m以下の下層を通過して中海に入っている。そのため、森山堤防や大海崎堤防を底まで、すなわち5 mまで開削しても海水の流れは変化せず、中海の水質に大きな変化が見られない結果となっている。

すなわち、堤防を開削してもしなくても中海の水質が変わらないのは、干拓工事により、境水道、中浦水道及び中海を深く浚渫したため、それを干拓前のように浅くすることができれば、堤防開削の効果が現れると考えられた。

## 中海の貧酸素水塊解消のための中海水質シミュレーション, その1

### モデルでの検討条件

環境イニシアティブでは堤防の開削による貧酸素水塊の解消効果を検証するため、水質シミュレーションを行った(環境イニシアティブ, 2001)。ここでは、その結果をそれ以前に農水省の本庄工区水産調査専門委員会(以下、委員会と略す)(中国四国農政局, 1999)が行ったシミュレーション結果と比較しながら紹介する。ここで用いたモデルやデータは全て農水省の委員会で用いたものと同じである。すなわち、水平的には1/3 kmメッシュに、鉛直的には8層(0-2 m, 2-3 m, 3-3.5 m, 3.5-4 m, 4-4.5 m, 4.5

-5 m, 5-6 m, 6-湖底)に分割した各ボックスについて流動と水質変化について計算を行った。このシミュレーションでは現状(対策無し)と水質改善を目的として以下のような条件を与えた「対策有り」との条件で計算を行い、両者を比較することで対策効果を検討した。

1) 中浦水門の位置に潜堤(-3 m)を設ける。

中浦水道を通過する海水の流入を抑えるために中浦水門の位置に潜堤を設ける条件とした。潜堤は現在の塩分躍層が3~4 m付近にあるところから-3 mの水深とした。

2) 大海崎堤防を濡すじ部分を200 m, 湖底(-5 m)まで開削する。

3) 森山堤防を濡すじ部分200 m開削し、本庄側に勾配を付ける形で10 mまで掘り下げる。

境水道が10 mまで掘り下げられているところから本庄側も10 mまで掘り下げスムーズな潮の流れとなるようにした。また、大海崎堤防は当初水深3 mまでの開削で検討を行ったが、中海が淡水化してきたため、湖底(-5 m)まで開削する条件とした。

4) 中海の浚渫窪地などの深く掘られた地形を埋め戻し、中浦水門から米子湾にかけて-6 m程度の水深とする。

この水域に違法に掘り下げられた浚渫窪地が点在し、貧酸素化がそこから始まっている傾向が見られるところから、埋め戻す条件とした。

また、予算の制約により予測項目は塩分(塩素イオン濃度)、溶存酸素および開削面と中浦水門地点での交換流量とした。また同様な理由で対象とした時期は夏季(6-8月)のみとし夏季の平均水質で表した。対象とした年は農水省の専門委員会と同じ1992年とした。また予測範囲は宍道湖・中海及び美保湾の一部水域とした。

### 結果

表 2. 農水省本庄工区水産調査専門委員会で行った水質予測の予測ケース.

Table 2. Simulation case by the committee of Agriculture Ministry.

ケース	潮通し工の規模		西部承水路 堤防の条件	中浦水門の 操作	増殖場造成 の条件
	森山堤防	大海崎堤防			
1	現況地形	現況地形	現況地形	無	無
2	150 m (海底まで)	現況地形	現況地形		現況の水深 5 m 区域を 4 m まで浅 場造成
2-2	150 m (-4 m 潜堤)				
3	150 m (海底まで)	150 m (-3 m 潜堤)	現況地形		
3-2	150 m (-4 m 潜堤)				
4	150 m (海底まで)	150 m (海底まで)	現況地形		
参考 5	200 m (海底まで)	200 m (海底まで)	現況地形	上潮時全閉 下潮時全閉	

## 1) 通過断面流量

表 1 に対策有りと現状での中潮時における境水道、中浦水門、森山堤防及び大海崎堤防を通過する流量を比較して示す。現状に比べて境水道を通過する流量は約 24% 増加している。また、中浦水門を通過する流量は 58% に低下しており、森山堤防や大海崎堤防の開削部分を通過する流量とほぼ同じになっている。すなわち、堤防開削により通過流量が増大し、水質改善や、洪水対策などで改善効果が期待できると予測された。

## 2) 塩分濃度

図 2 に塩分の現状及び対策後の縦断面分布図を示す。現状の塩分濃度を見ると中海では水深 4 m 付近に強い塩分躍層が形成され、表層では 10–18 psu、下層では 20–28 psu の塩分濃度となっている。対策有りのケースでは強い塩分躍層は解消され、表層で 8–14 psu、下層で 14–16 psu の塩分濃度となっている。米子湾にかけても同様な塩分分布となっており、対策をとることによって強い塩分躍層が解消される。一方本庄工区においては対策をとることにより海水が流入しやすくなり強い塩分躍層が形成される。しかし、表層は中海表層との水交換により 14 psu 程度と予測され、下層も現在の中海と同程度の 18–28 psu と予測されている。

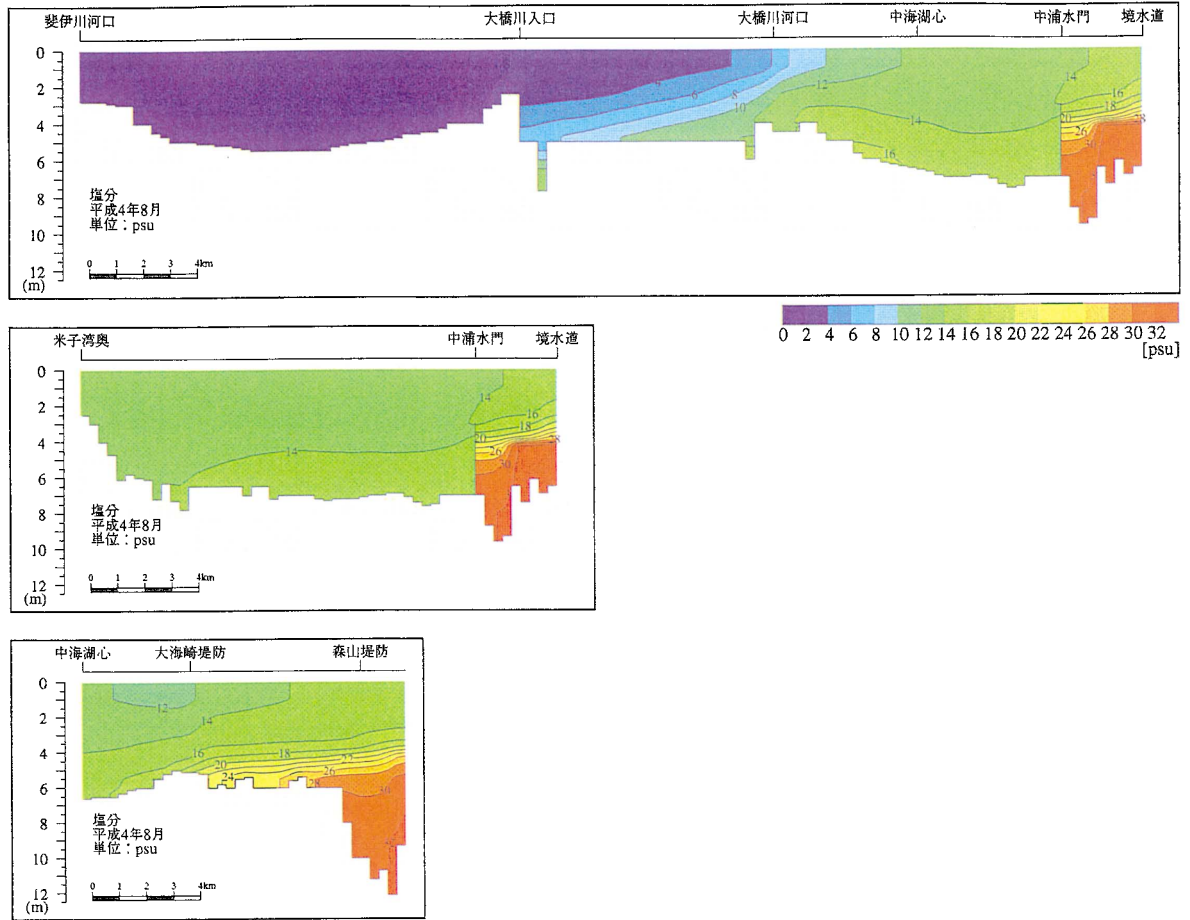
中海表層の塩分濃度が対策をとった後も現状と大差ないところから宍道湖における塩分濃度は対策をとった後も現状と変わらず、現状程度の汽水環境が維持される。

委員会で行った 7 つの予測ケースを表 2 に示す。また各ケースでの中海最下層での塩分濃度分布を図 3 に示す。どのケースでも塩分濃度は中浦水門から

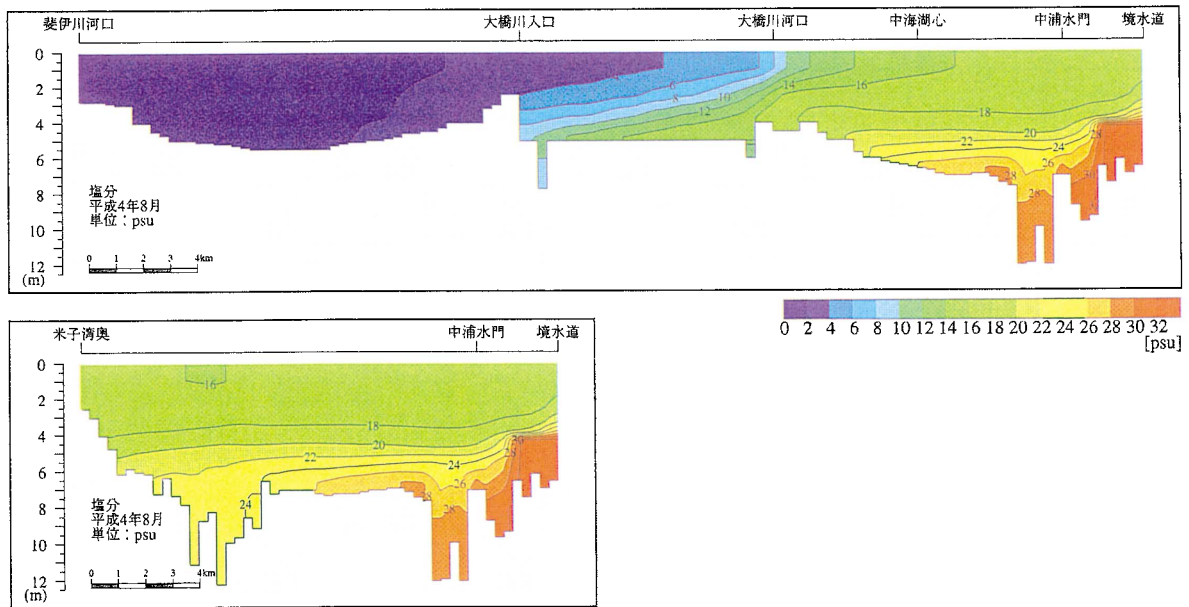
大橋川に向けて濃度勾配が見られており、参考ケース 5 を除き現状とほぼ同じ分布を示している。参考ケース 5 では上げ潮時に水門を閉め切り、下げ潮時には水門を開放するという操作を行っているが、このような操作を行っても塩分濃度分布の傾向は現状と同じである。しかし、最高濃度は現状の 28 psu から 25 psu へ低下しており、等濃度線の間隔が広がっている。このため表層と底層の塩分格差は 7 psu 程度まで減少すると予測された。参考ケース 5 を含め委員会予測ケースと今回の「対策有り」ケースを比較すると大きな違いが見られる。委員会予測ケースでは海水が中浦水道を通過して中海に流入しているのに対し、「対策有り」ケースでは本庄工区を通過して流入していることが分かる。

## 3) 溶存酸素濃度

図 4 に溶存酸素の縦断面分布図を示す。現状の DO 濃度分布を見ると中浦水門から湖心部手前までは美保湾から流入する海水に含まれる酸素により好気的狀態が維持されているが、湖心から大橋川河口、米子湾にかけては 4 m 以深では貧酸素から無酸素状態になっている。宍道湖でも最低層は貧酸素状態が予測されている。これに対して「対策有り」では湖心から大橋川にかけて貧酸素状態が解消し、良好な環境になると予測されている。しかし中浦水門から湖心にかけては 6 m 以深で貧酸素状態が残ると予測されている。宍道湖の溶存酸素濃度は現状とほとんど変化が見られない。本庄工区では強い塩分躍層が形成されるが、水の交換が早いいため、貧酸素状態とはならず、下層まで良好な酸素状態が維持される。米子湾では 4 m 以深に貧酸素水塊が形成される。「対策」をとることにより水の交換が良くなる中



縦断面分布（塩分、対策あり）



縦断面分布（塩分、対策なし）

図2. 中海における現状(下段)と対策後(上段)の塩分の予測鉛直縦断面分布図。環境イニシアティブによるシミュレーション。

Fig. 2. Simulation results of vertical distribution of salinity in Lake Nakaumi in August in 1992 by the Kankyo Inisiatitibu. Upper; after the measure of renovation, lower; Current state.

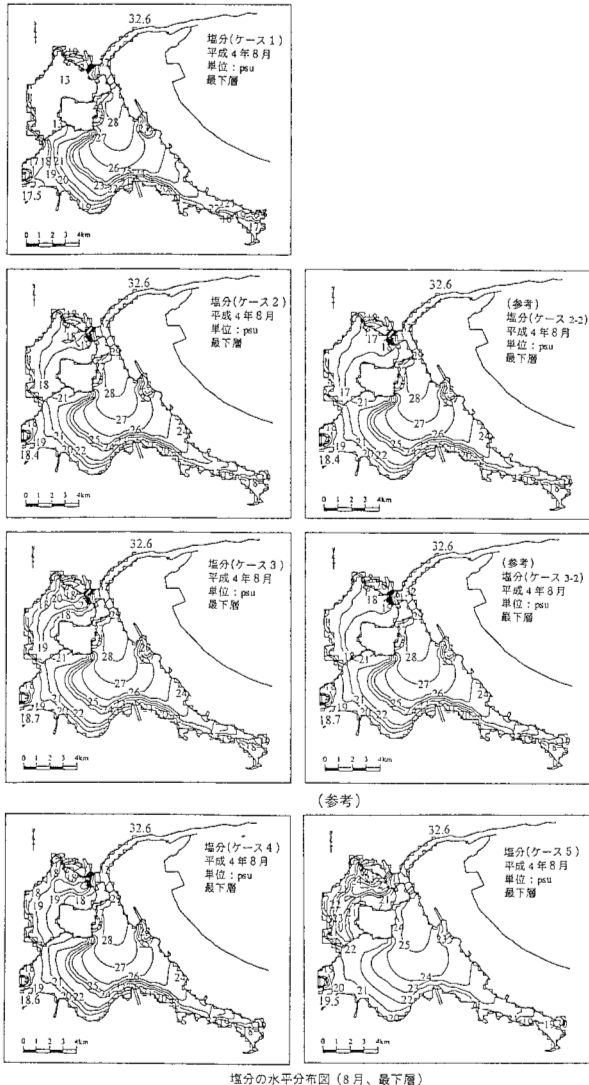


図3. 中海最下層の8月の予測塩分濃度水平分布図。農水省委員会予測。

**Fig. 3.** Simulation results of horizontal distribution of salinity in hypolimnetic layer in Lake Nakaumi in August in 1992 by the committee of Agriculture Ministry.

海の西側や本庄工区では酸素環境が大幅に改善するが、東側や米子湾ではあまり変化しない結果となった。

委員会予測ケース結果を図5に示す。溶存酸素分布は参考ケース5を除き現状とほとんど変化なく、塩水くさび上に遡上する海水の挙動が、単に森山堤防や大海崎堤防を開削しても変わらないことを示している。参考ケース5では溶存酸素が1 mg/l以下の水域はほとんどなくなり、大半が2 mg/l以上の濃度まで改善されている。このケースでも塩分分布は現状と類似しているところから、海水流入は中浦水門を通して行われているものと考えられるが、上げ潮時に水門を閉じているところから強い塩水くさび状

とはならず、中海西側では上下混合が促進される可能性が示されている。

以上の結果、島根県が開発し、農水省の委員会で解析に使われた同じシミュレーションモデルを用い、流入負荷や気象などの外部条件を同一とした場合においても、中浦水道を浅くすることや水門操作を行うことにより、堤防開削効果が現れることが明らかになった。この結果は、本庄工区の干陸化にあたり島根県が示した、「堤防を開削してもしなくても中海の水質に変化がない」という結果とは明らかに異なっており、島根県はこれまでの論拠を零に戻し、中海環境再生にあたって再検討を行うべきであろう。

## 中海の貧酸素水塊解消のための中海水質シミュレーション、その2

### モデルでの検討条件

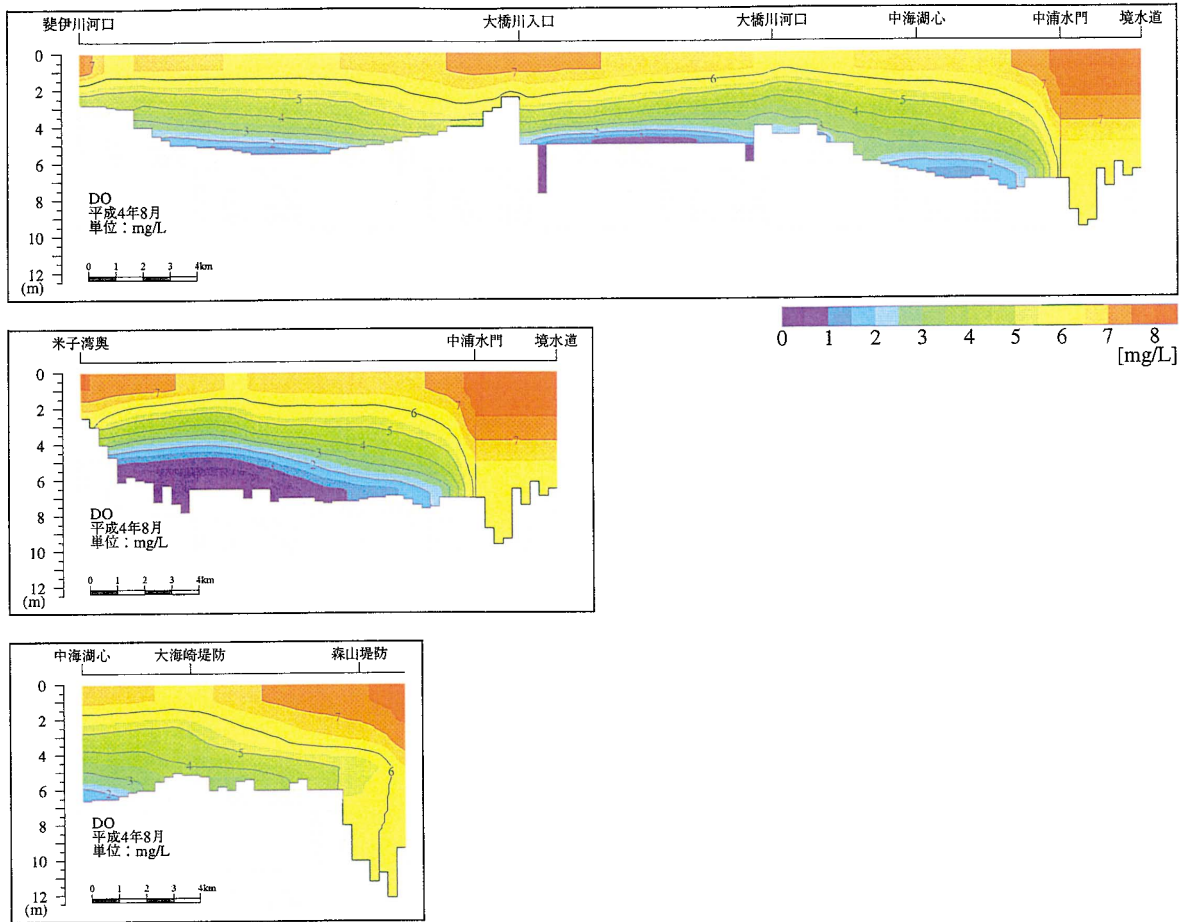
「汽水湖研究所」では中海の環境復元を図る目的で、中海の貧酸素水塊解消を目指した水質シミュレーションを行った(宍道湖・中海汽水湖研究所, 2002)。ここで用いたシミュレーションモデルは中海・宍道湖の生態系モデルとして新たに開発されたモデルである(Nakata et al. 2000)。対象流域を水平的には250 m~500 mの格子、鉛直方向には1.5 m間隔で6層に区切り、各ボックスについて計算を行っている。特色としては宍道湖に優占するヤマトシジミや中海のホトトギス貝などの二枚貝の水質へ与える影響を組み込んでいる点にある。また対象年を1998年としており、1998年の流入負荷、気象条件などをもとに解析を行っている。

ここでは、島根県が使っているモデルと異なったモデルを用い、異なった年を対象として、堤防開削の効果が現れるかどうかについて検証を行った。

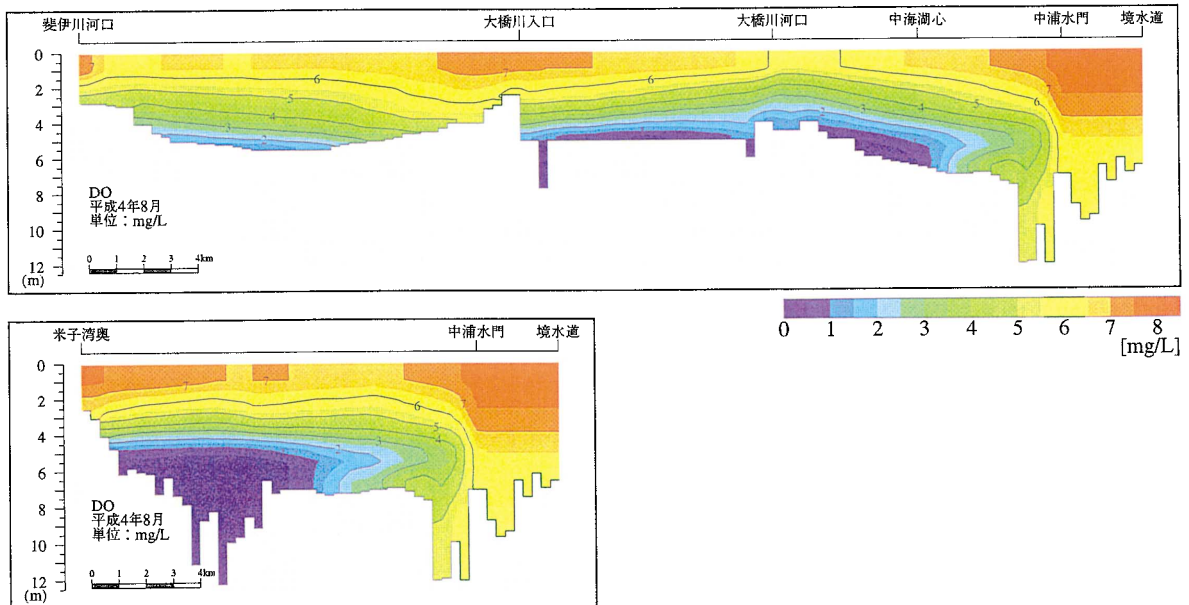
### シミュレーションの再現性の検証

まず初めに、水温・塩分について、島根大学の宍道湖・中海水質月報を利用し流動シミュレーションの再現性を検証した。結果を図6に示す。観測値と予測値に概ね1:1の関係が見られ、相関係数も0.95以上と高い。次に水質シミュレーション結果を図7に示す。

溶存酸素を除き、実測値と予測値で1:1の関係が見られておらず、クロロフィルaや硝酸態窒素濃度では相関係数も低い。溶存酸素に関しては1:1の関係があり、相関係数も0.76とまずまずの値である。したがってこのシミュレーションでは、流動に



縦断面分布 (DO、対策あり)



縦断面分布 (DO、対策なし)

図4. 中海における現状(下段)と対策後(上段)の溶存酸素濃度の予測鉛直縦断面分布図。環境イニシアチブによるシミュレーション。

Fig. 4. Simulation results of vertical distribution of dissolved oxygen in Lake Nakaumi in August in 1992 by the Kankyo Inisiatibu. Upper; after the measure of renovation, B; Current state.

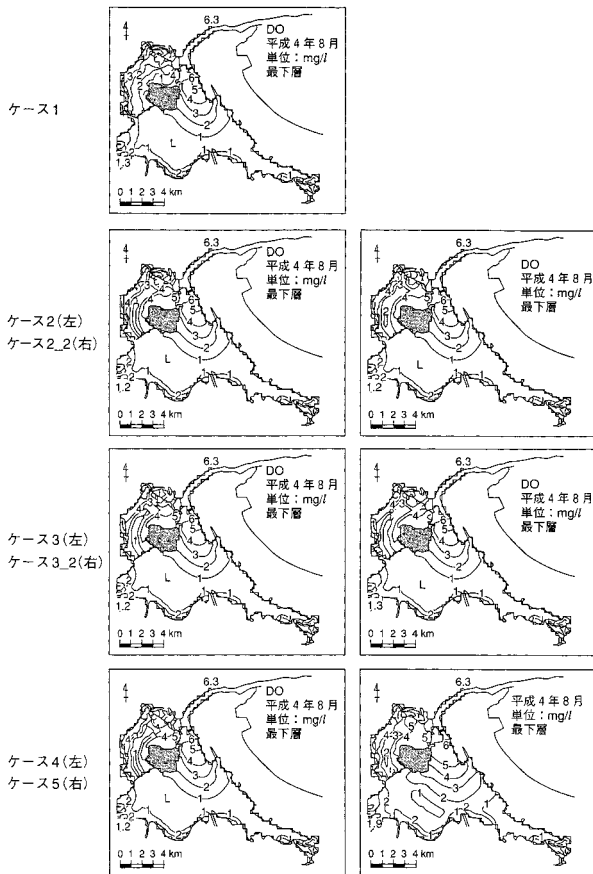


図5. 中海最下層の8月の予測溶存酸素濃度水平分布図. 農水省委員会予測.

Fig. 5. Simulation results of horizontal distribution of dissolved oxygen in hypolimnetic layer in Lake Nakaumi in August in 1992 by the committee of Agriculture Ministry.

関する部分については良く再現されていると判断され、水質については溶存酸素についてはかなり良く再現されるものの、他の水質、特に硝酸態窒素やクロロフィルaについてはさらに検討が必要であることが示された。

したがって、以後対策効果に関しては、塩分と溶存酸素についてのみ議論する。

環境修復条件

環境修復効果を予測するため以下のような対策案についてシミュレーションを行った。

1) ケース1

環境イニシアティブで行った検討条件と同じ検討条件とした。すなわち、

- ①中浦水門の位置に-3 mの潜堤を設置
- ②本庄工区堤防の開削

森山堤と大海崎堤防を濶すじ部分 200 m を底まで開削。このとき森山堤防は本庄側に勾配を付ける形で 10 m まで開削、大海崎堤防は-5.5 m まで開削。

- ③中海東部浚渫後窪地を-6~8 m まで埋め戻す。

2) ケース2

中海西部に浅場造成を施す、

3) ケース3

ケース1とケース2を複合したケースをケース3とした。

対策効果の予測

底層における流速ベクトルを見るとケース1及び

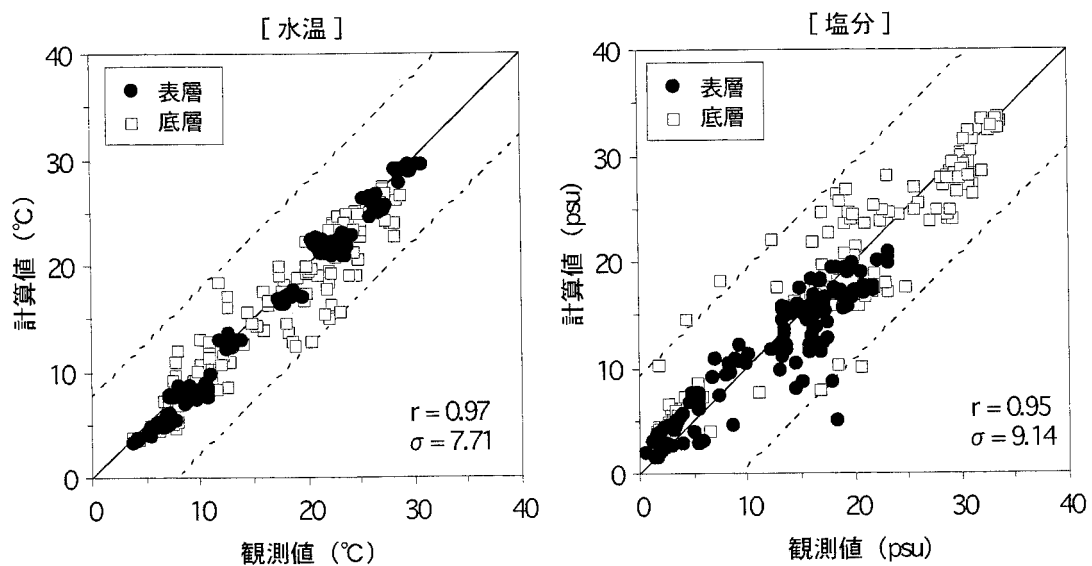


図6. 中海・宍道湖における塩分及び水温の予測値と実測値の関係。汽水湖研究所によるシミュレーション。

Fig. 6. Relationships of estimated and observed values of water temperature and salinity in 1998 in Lakes Nakaumi and Shinji by the simulation of the Institute of Brackish Lakes.



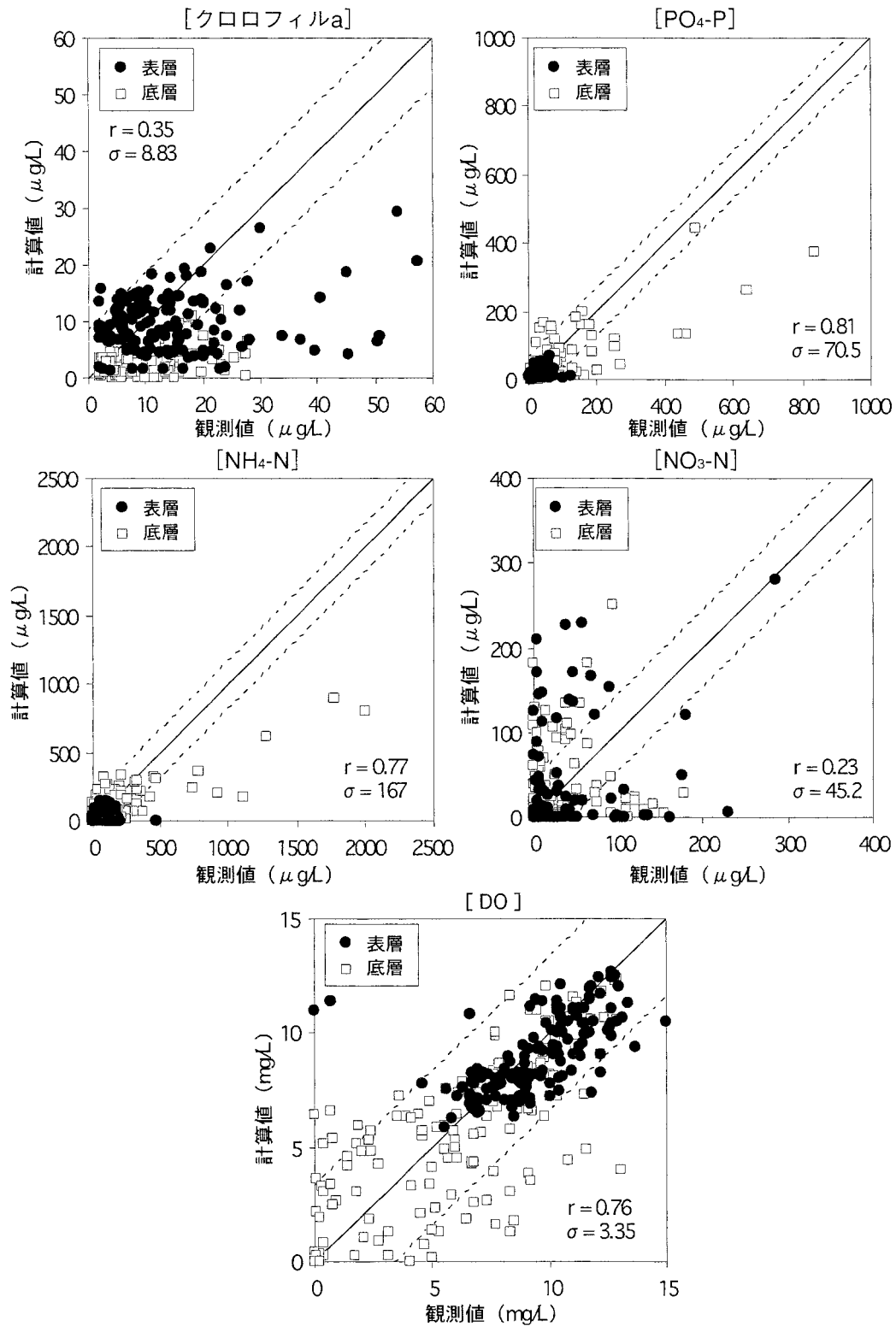


図7. 中海・宍道湖におけるクロロフィル a, PO<sub>4</sub>-P, NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N および溶存酸素(DO)予測値と実測値の関係. 汽水湖研究所によるシミュレーション.

**Fig. 7.** Relationships of estimated and observed values of Chlorophyll-a, PO<sub>4</sub>-P, NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N and Dissolved Oxygen in 1998 in Lakes Nakaumi and Shinji by the simulation of the Institute of Brackish Lakes.

3においては現況の中浦水道を通過して中海に流入する状況から、森山堤防の開削部を通過して本庄工区へ入り大海崎堤防の開削部分を通過して中海に流入する状況へと変化した。中海に流入後は大橋川河口方向と米子湾方向へ分流する流れとなった。ケース2においては浅場造成区を除いて現況と変化無かった。

塩分濃度は季節により異なるが、ケース1及び3において底層で中海湖心から東部にかけて約10 psu程度減少し、ほぼ全底層が20 psu程度の塩分濃度となった。表層の塩分濃度は現況との変化が少ないことから、塩分躍層が弱まる結果となった。本庄工区においては底層で10-15 psu程度の塩分上昇が予測された。ケース2においては浅場造成した部分で底層の濃度低下が見られたが、その地点以外は現況と同じであった。

溶存酸素濃度の予測結果を図8に示す。これは中海及び本庄工区の定点での濃度変化を予測したものである。中海西部のSt.3ではケース1及び3において年間を通して2~3 mg/l程度の濃度上昇が見られており、年間を通して貧酸素水塊の形成は見られなくなった。湖心のSt.4においては無酸素になる時期が遅れ、特に秋季で著しい改善効果が見られた。米子湾のSt.12では中海湖心とほぼ同様な傾向を示した。中浦水門に近いSt.13では春期から夏季にかけて現況より幾分濃度低下が見られたが、秋季には改善した。本庄工区内のst.25では春期から夏季にかけては濃度上昇が、秋季には濃度低下が見られたが、年間を通して貧酸素状態にはならないと予測された。浅場造成をしたケース2では対象とした地点での状況は現在とほぼ同じと予測されたが、浅場造成した水域では顕著な改善効果が見られた。水平分布を見ると、堤防開削することにより中海西部と浅場造成区では溶存酸素濃度の上昇が見られ、貧酸素水塊の解消に著しい効果が見られる結果となった。浅場造成については造成した水域については著しい改善効果が見られたが、中海全体へおよぼす効果は少なかった。

## 中海の貧酸素水塊解消のための中海水質シミュレーション、その3

### 検討条件

「汽水湖研究所」では上記のシミュレーションに引き続き、潜堤の代わりに既存の中浦水門を操作する条件で、シミュレーションを行った(宍道湖・中海汽水湖研究所, 2003)。また、中浦水門は大型の船舶

が通行できる構造になっているところから、航路部を常時開放する条件で検討を行った。中浦水門の構造を図9に示す(中国四国農政局, 1984)。中浦水門は上部ゲートと下部ゲートが別々に作動する構造になっている。また航路部分は中央部に幅20 mの航路があり、その両脇にサブゲートが設けられており、全体で70 mの幅がある。検討ケースとしては潜堤の代わりに下段ゲートを閉めきりにしたケースと、水門操作を行い上げ潮時には水門を全面閉鎖、下げ潮時には全面開放の条件で検討した。検討の初めとして航路部70 mを常時開放の条件で計算を行ったところ、底層部の流況は現況とほとんど変化せず、主として中浦水道を介して水の交換が行われ、その結果塩分濃度分布や溶存酸素に改善傾向が見られなかった。そこで以後は中央部の20 mのみを常時開放する条件で検討を行った。すなわち検討条件としては上記ケース3の設定条件の内、潜堤部分を以下のケースに変更して計算を行った。

ケース4：航路中央部20 mを常時開放とし、それ以外の中浦水門については下段ゲートを常時閉めきりとする。

ケース5：航路中央部20 mを常時開放とし、それ以外の水門については、上げ潮時には全面閉鎖、下げ潮時には全面開放とする。

### 結果

溶存酸素の改善効果について図10に示す。ケース4では航路部分20 mを常時開放した条件においても、ケース3の-3 m位置に潜堤を設けたケースとほぼ同様な改善効果が見られた。すなわち、中海西部水域で顕著な溶存酸素濃度の上昇が予測され、また浅場造成区でも濃度上昇が予測された。ケース5においては浅場造成区においては同様な効果が予測されたが、中海全体では西部水域の改善効果はケース4より少なかった。しかし、ケース4では改善効果が主に西部水域に限られていたのに対し、ケース5では全域にわたって1~2 mg/l程度の改善効果が予測された。

## ま と め

これらのシミュレーション結果から、「堤防を開削してもしなくても中海や宍道湖の水質に変化がない」という1996年出された結論は、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る影響であることが明確になった。このような地形改変に伴う強い密度流の流入が中海底層の

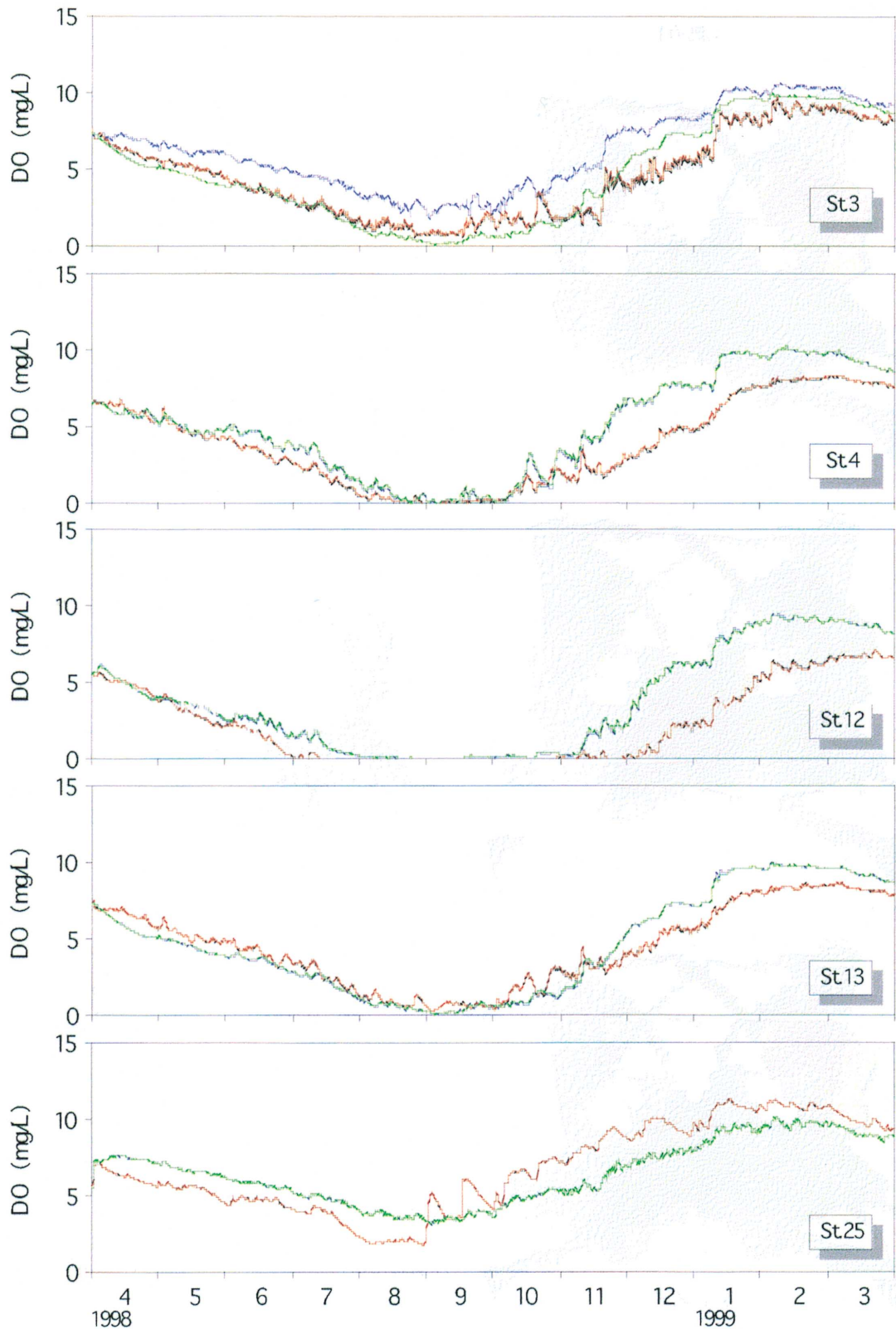
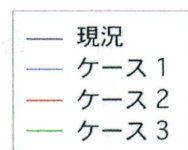


図 8. 中海の各定点の底層における溶存酸素季節変動の現状と対策後の予測図. St.3; 大橋川河口付近, St.4; 中海湖心, St.12; 安来沖, St.13; 中浦水門付近, St.25; 本庄工区. 汽水湖研究所による 2001 年度予測.

**Fig. 8.** Simulation results of seasonal change of hypolimnetic oxygen concentration at each site of Lake Nakaumi in 1998 by the Institute of Brackish Lakes in 2001. St.3; Near the mouth of Ohashi River, St.4; Central part of Lake Nakaumi, St.12; Offshore of Yasuki, St.13; Near the Nakaura Gate, St.25; in Honjo area.



中浦水門の構造図

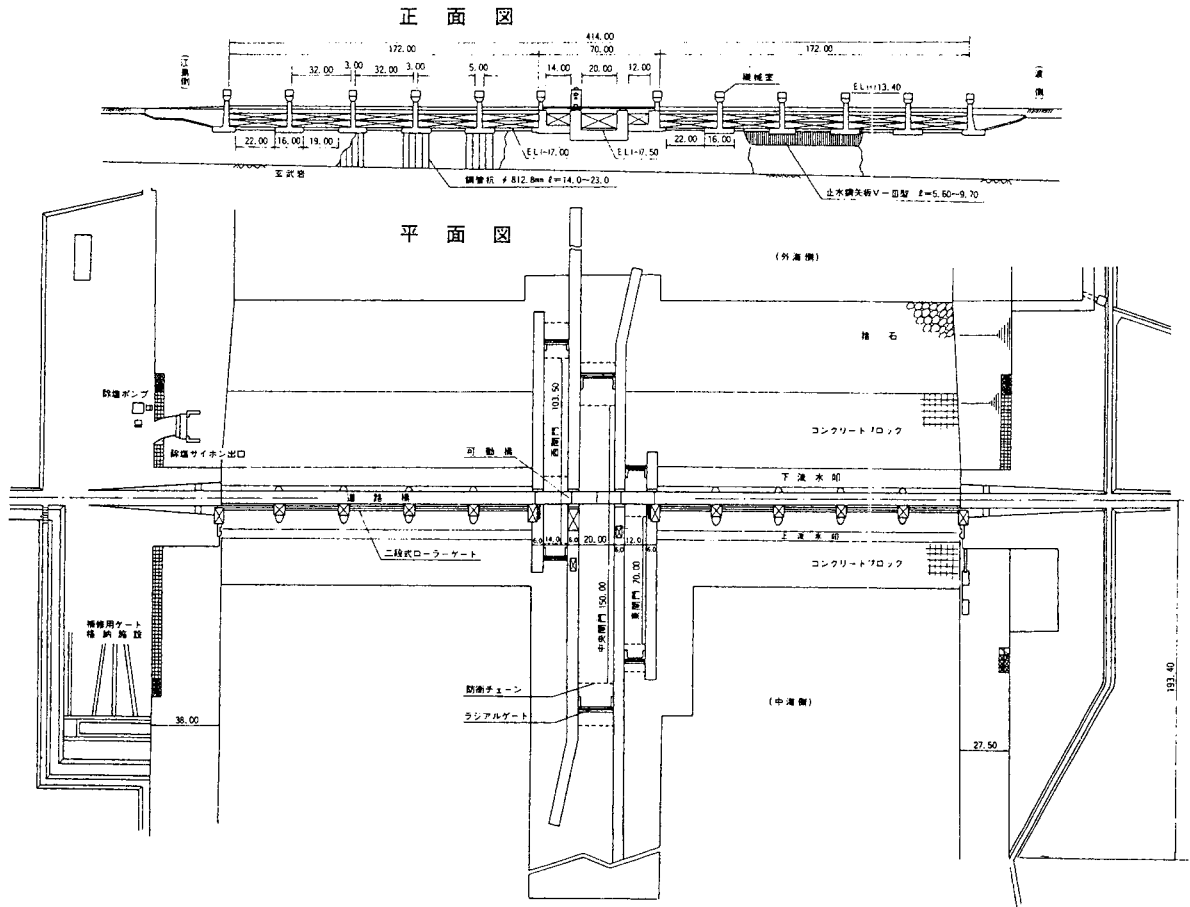


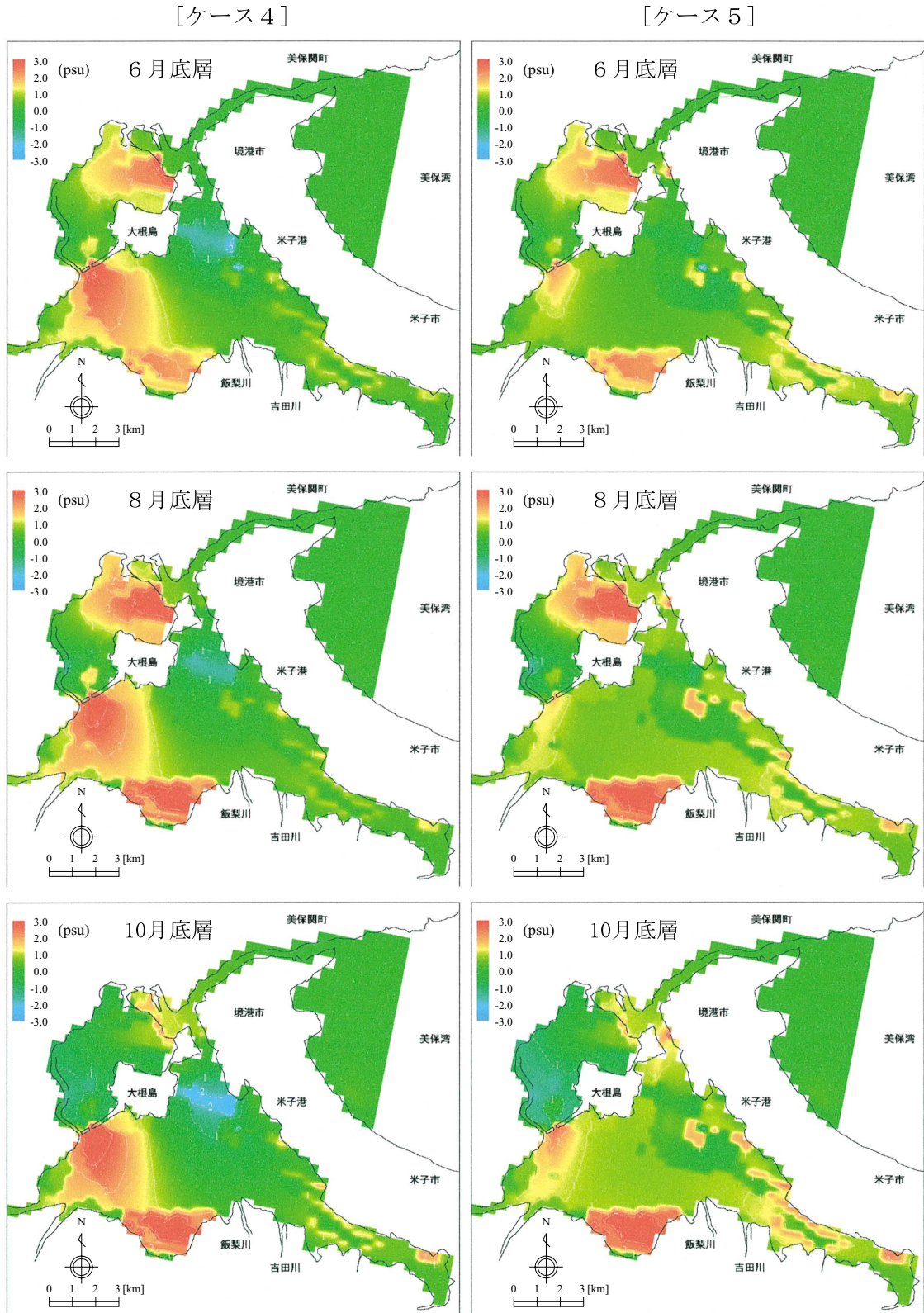
図9. 中浦水門の構造図.  
Fig. 9. Structural diagram of Nakaura Tide gate.

貧酸素水塊形成の主たる要因となっている。  
干拓事業が中止となった現在、失われた環境の回復は次世代への責務である。今回の一連のシミュレーションから堤防開削による貧酸素水塊解消の可能性が示され、また現状に即した中浦水門活用の可能性についても明らかにされた。このような結果を受け、より詳細な検討を行い、貧酸素水塊解消へ向けた取り組みが行われることを期待したい。

引用文献

相崎守弘 (2000)：湖沼生態系の保全と管理，(環境修復のための生態工学，須藤隆一(編)) pp 113-138，講談社サイエンティフィック。  
中国四国農政局 (1984)：中海干拓と淡水化 (パンフレット)，pp 51，中国四国農政局中海干拓事務所。  
中国四国農政局 (1999)：水産利用の方向について，pp 44，中国四国農政局。  
環境イニシアティブ (2001)：中海水質シミュレ-

ション報告書 (汽水域を活かした地域振興 (提言 II) & 中海水質シミュレーション，資料 3) pp 37.  
Nakata K., F. Horiguchi and M. Yamamuro (2000)：Model study of Lakes Shinji and Nakaumi-a coupled coastal lagoon system, J. Mar. Syst., 26: 145-169.  
奥田節夫 (1997)：汽水湖における水界の移動と混合過程，沿岸海洋研究，35: 5-13。  
島根大学汽水域研究センター (1995)：中海干拓と水環境—宍道湖・中海水質予測事業中間報告書 (本庄工区水質予測結果) についての検討一，島根大学汽水域研究センター特別報告第 2 号，島根大学汽水域研究センター。  
宍道湖・中海汽水湖研究所 (2002)：宍道湖・中海環境修復案検討シミュレーション，汽水湖研究，7: 1-66。  
宍道湖・中海汽水湖研究所 (2003)：宍道湖・中海環境修復案検討シミュレーション II，汽水湖研究，Vol.8 (印刷準備中)。



中海における底層の DO 変化  
 検討ケース—現況

図 10. 中海における各種対策後の底層での溶存酸素の対策効果の水平分布図. 汽水湖研究所 2002 年度シミュレーションによる.

**Fig. 10.** Simulation results of renovation effect of hypolimnetic dissolved oxygen in Lake Nakaumi in 1998 by the Institute of Brackish Lakes. Figure shows the subtraction concentration of dissolved oxygen after the renovation and current concentrations.