

令和 5 年度

中海の水質及び流動会議

報 告 事 項

令和 5 年 8 月 1 7 日

1 令和4年度の中海の水質測定結果

(1) 令和4年度環境基準等の達成状況 (図1-1, 図1-2)

- 環境基準点12地点において水質を測定 (COD、全窒素及び全りん)
- 第7期湖沼水質保全計画で定めた目標水質について、COD、全窒素及び全りんのいずれも目標未達成。(ただし、CODは10地点、全窒素は10地点、全りんは11地点で目標値を達成)
- 環境基準値はいずれも未達成
- ※ 目標値及び環境基準値は、全ての地点の数値が目標値又は環境基準値以下とならなければ、未達成

図1-1 中海の環境基準点の位置図

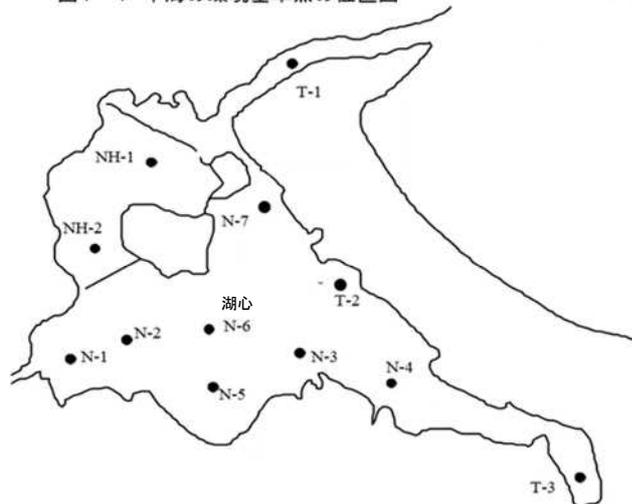
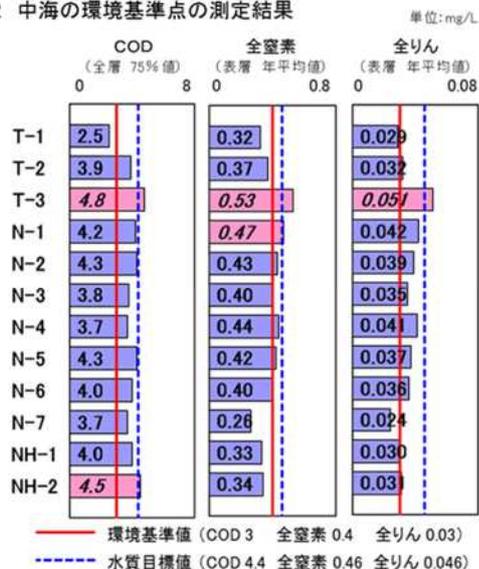
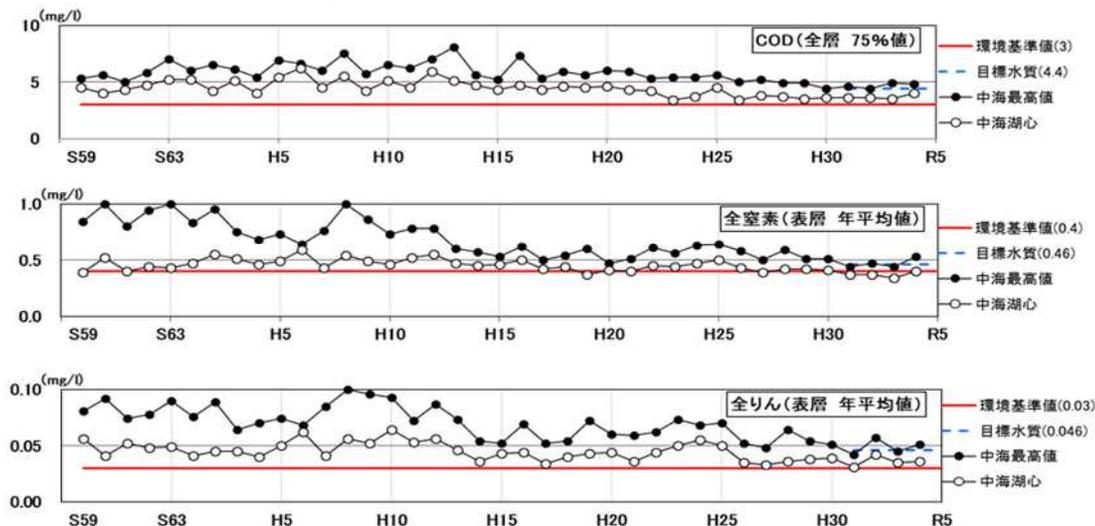


図1-2 中海の環境基準点の測定結果



(2) 経年変化 (図1-3)

- CODは、最高値は過去5年の変動範囲内で推移したが、湖心は過去5年で最も高い値であった。
- 全窒素は、湖心は過去5年の変動範囲内で推移したが、最高値は過去5年で最も高い値であった。
- 全りんは、最高値・湖心とも、過去5年の変動範囲内で推移した。
- COD、全窒素、全りんいずれも環境基準は達成していないが、最高値及び湖心の値とともに、長期的には概ね低下 (改善) 傾向にある。



(参考)

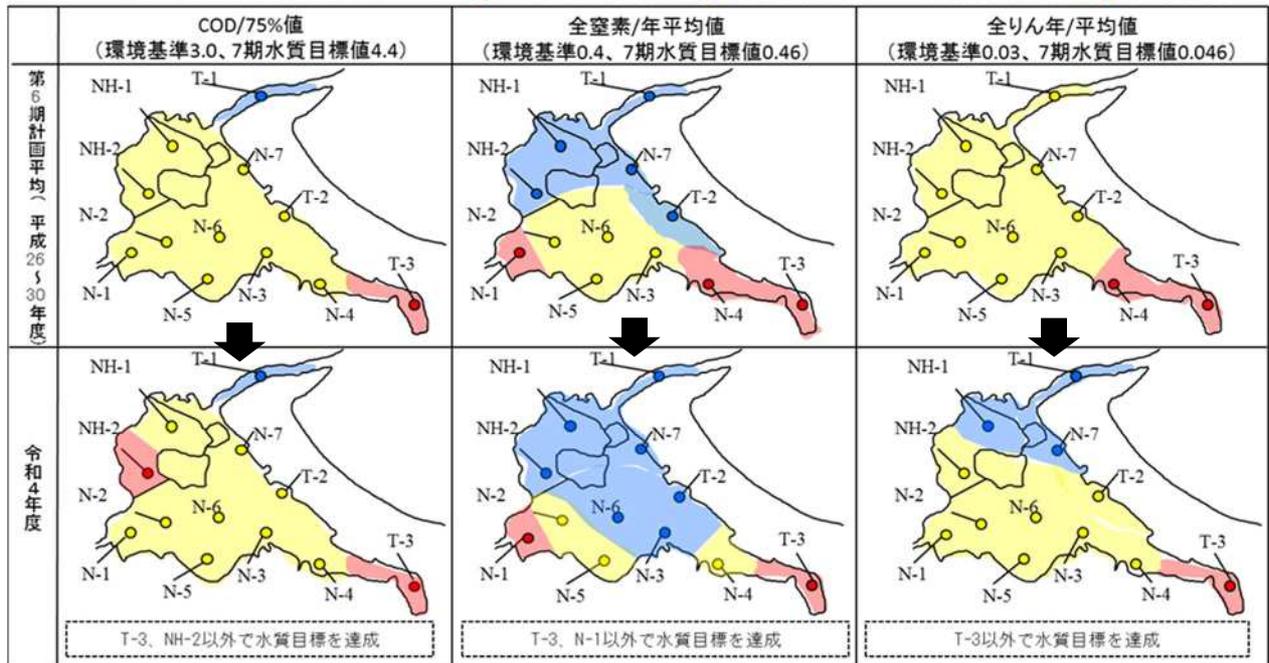


図1-3 中海の水質の経年変化

※ 湖心部、最高値の水質に対して、全窒素、全りんについては①の前後、②の前後で水質が改善、③の前後では、大きな傾向変化は見られず、下水道の整備および高度処理化による水質改善が大きく寄与していると考えられる。

備考: CODは、第7期計画(R1~R5)策定時、第6期計画より目標値を引き下げ(5.1(mg/l)から4.4(mg/l))。「最高値」とは環境基準点のうち、各年度において最も高い地点の値。「目標水質」は、第7期計画の目標値のみを表示。

(参考) 中海の地点別水質経年変化比較 ●:計画目標値未達成 ●:計画目標値達成だが環境基準未達成 ●:環境基準達成



※ 図中の着色は、各地点の水質を次の区分で分類した場合における中海全体の水質を概念的に表したもの

※ 第7期計画(R1~R5)からCOD目標値が4.4へと引き下げられており、過去平均(H26~H30)についても新基準(目標値4.4)で再評価

(3) 赤潮の発生状況 (図1-4)

○ 令和4年は赤潮の発生は確認されなかった。

中海の赤潮発生状況

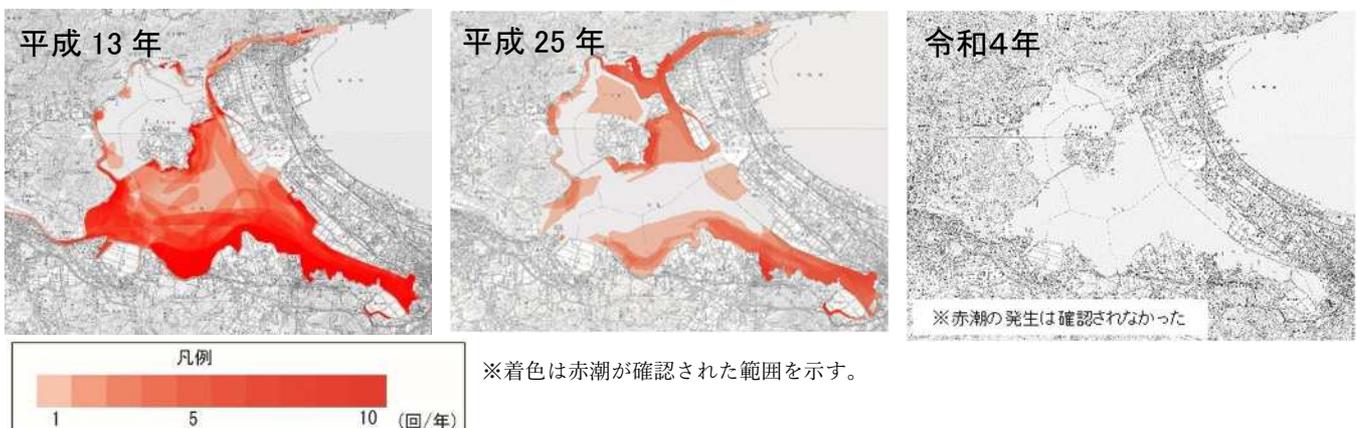
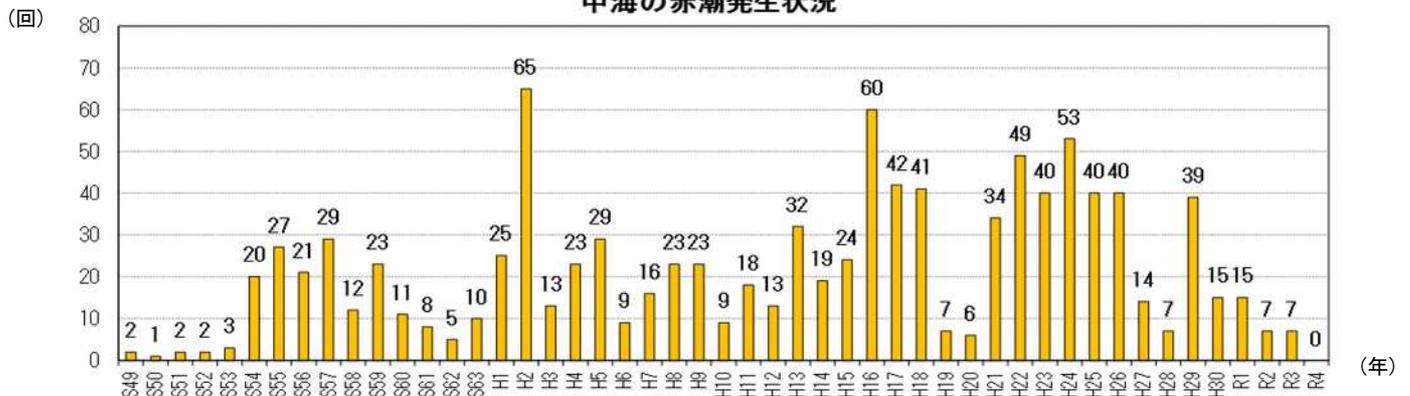


図1-4 中海の赤潮発生の回数と範囲

(4) 五感による湖沼環境調査結果 (図1-5)

- 住民に親しみやすく分かりやすい環境指標として「五感による湖沼環境調査」を両県 12 地点で実施
- 令和3年10月～令和4年9月期は、地域住民がモニターとして85名、2団体が参加
- 令和3年10月～令和4年9月期は、平均が71.6点、目標とする80点以上の地点は2地点
- 経年変化を見ると、得点は概ね横ばい



五感指標の経年変化(中海全体)

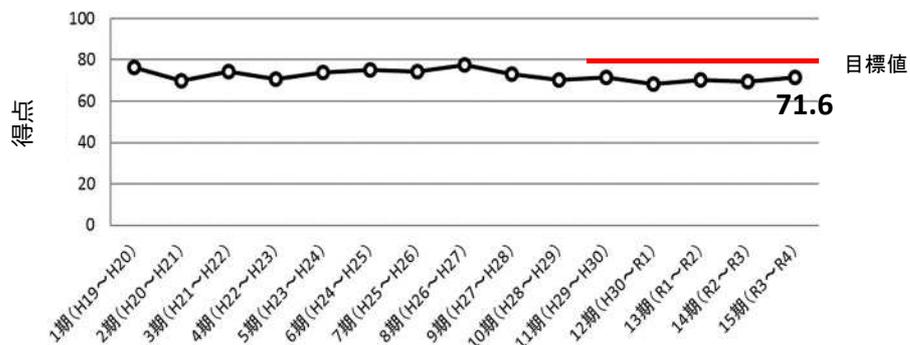


図1-5 今期の五感指標の地点と結果及び経年変化 (中海全体)

(5) 米子湾における透明度 (図1-6)

- レクリエーション等で多くの人が集まる機会があり、水質改善の必要性が高い米子湾において評価
- 透明度は長期的に上昇(改善)傾向にあり、30~40年前の年平均値は1m程度だったが、令和4年度は2.2mとなった。(目標値:概ね2m)

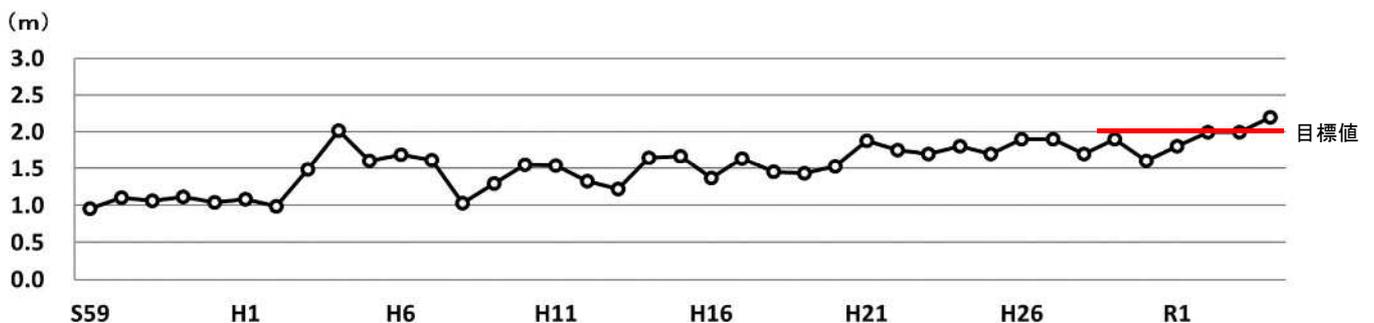


図1-6 米子湾の透明度の経年変化

2 湖沼水質保全計画の進捗状況

○ 令和元年度に定められた第7期湖沼水質保全計画（R元～5年度）において、令和5年度までに達成すべき目標を定めている各種施策は、概ね計画どおり進捗

(1) 生活排水対策

○ 生活排水に係る汚濁負荷量の削減対策は重要項目であるため、施設の整備及び高度処理化を推進（図2-1、図2-2）

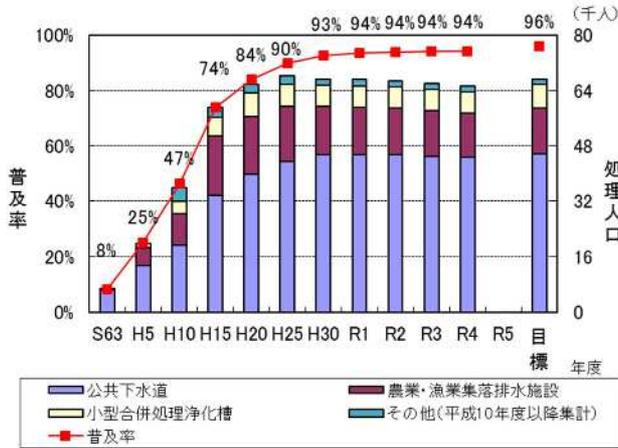
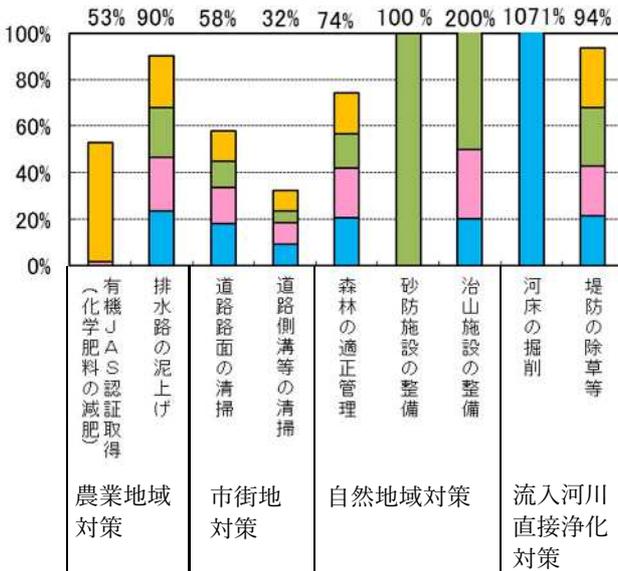


図2-1. 生活排水処理施設の整備状況（島根県）

図2-2. 生活排水処理施設の整備状況（鳥取県）

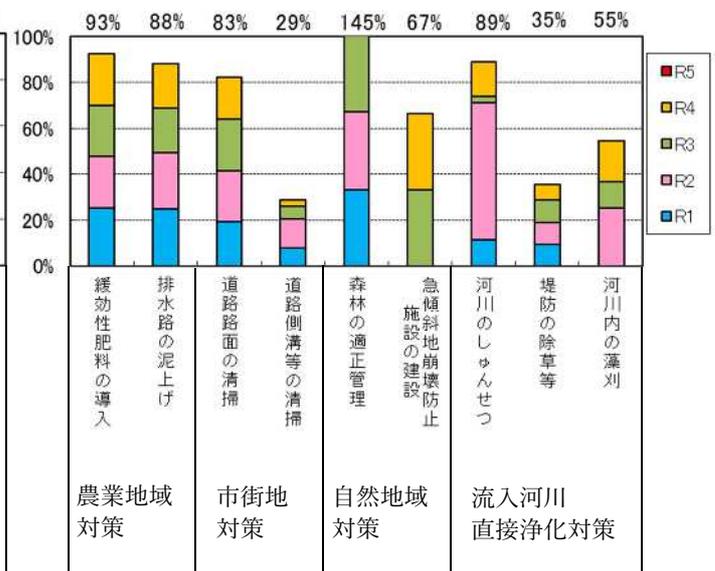
(2) 流出水対策

○ 代表的な対策として、農業地域対策、市街地対策、自然地域対策、流入河川直接浄化対策などを実施（図2-3、図2-4）



注1) R5年度までの累計目標事業量を100%とする

図2-3. 各種施策の進捗状況（島根県）

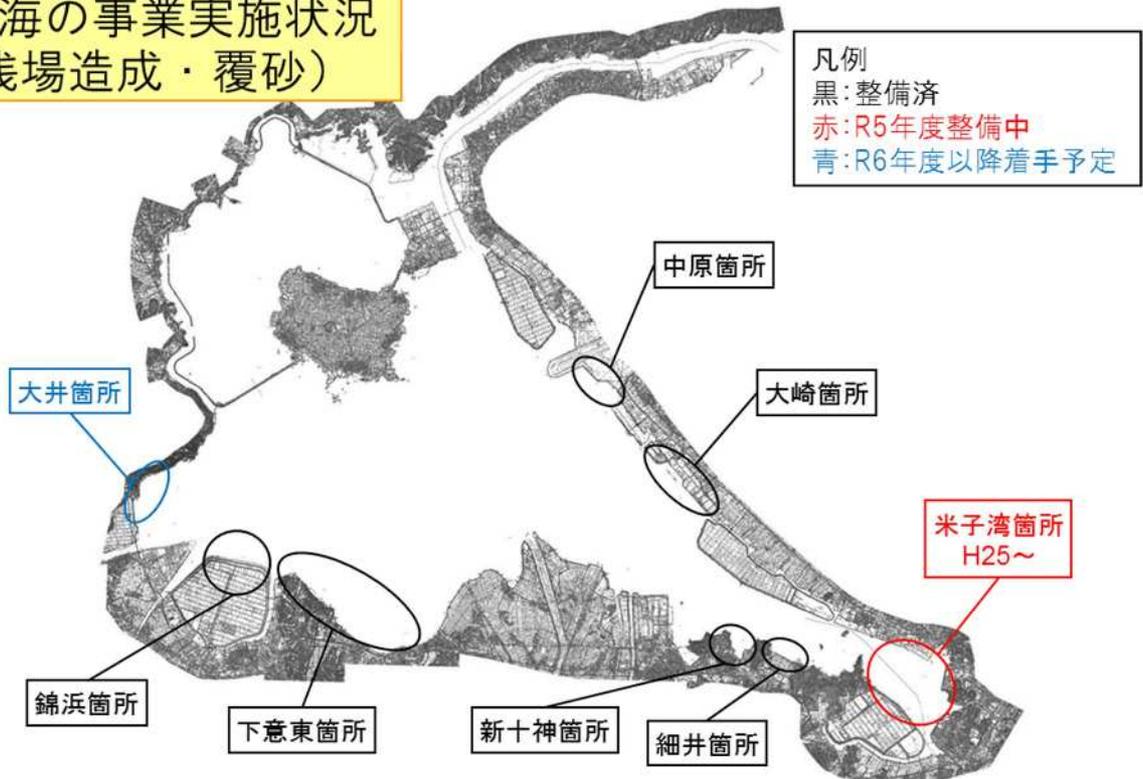


注1) R5年度までの累計目標事業量を100%とする

図2-4. 各種施策の進捗状況（鳥取県）

3 湖内対策（浅場造成・覆砂）

■ 中海の事業実施状況（浅場造成・覆砂）



浅場、覆砂…整備延長: 14.4km 整備済: 12.1km (R4年度末時点)

※現地の状況により、整備範囲を変更する場合があります。

浅場造成・覆砂事業は、総合水系環境整備事業（負担割合：国1/2、県1/2）により実施。

米子湾地区のモニタリング結果

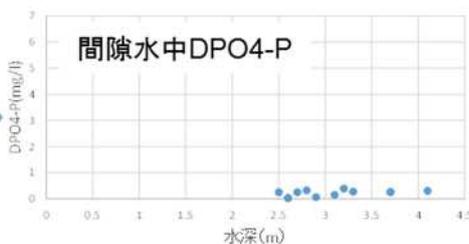
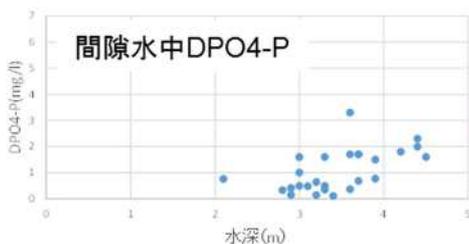
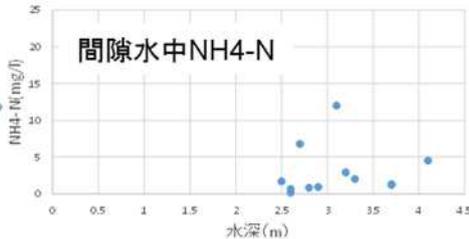
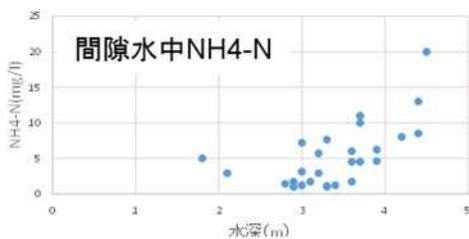
整備内容：石炭灰造粒物による覆砂

評価内容：水質調査(間隙水の栄養塩(NH₄-N、DPO₄-P))

【調査実施年月】 事前調査:平成25年～令和4年 7～8月
事後調査:平成29年～令和4年 7～8月

覆砂前(事前調査)

覆砂後(事後調査)



◇これまでの米子湾での水質調査結果を総合的に整理。
◇覆砂後の間隙水中の栄養塩濃度は、覆砂前と比べて概ね低く、覆砂による栄養塩の溶出抑制効果があったものと考えられる。

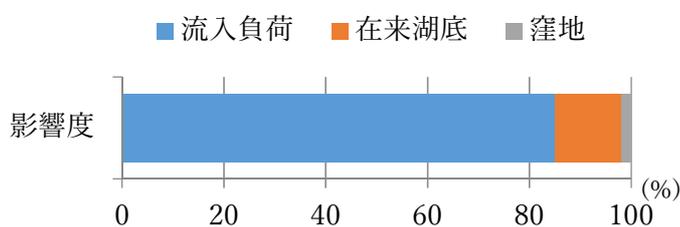
中海の水質改善に向けた流入負荷・湖内対策の検討

1 これまでの経緯

中海の汚濁負荷については、覆砂検討ワーキンググループ(H28～R1)において、陸域や河川等からの流入、在来湖底、窪地が中海の水質に与える影響度をシミュレーションにより評価した。その結果、中海全体としては中海の流域（外海を含む）からの流入負荷による影響が一番大きく、底質、窪地の順で影響度が小さくなる傾向が見られた。（図1）一方、地点別でみると米子湾中央部を含む米子湾エリアでは他の地点と比較して窪地からの影響が相対的に大きいことがわかった（図2）。

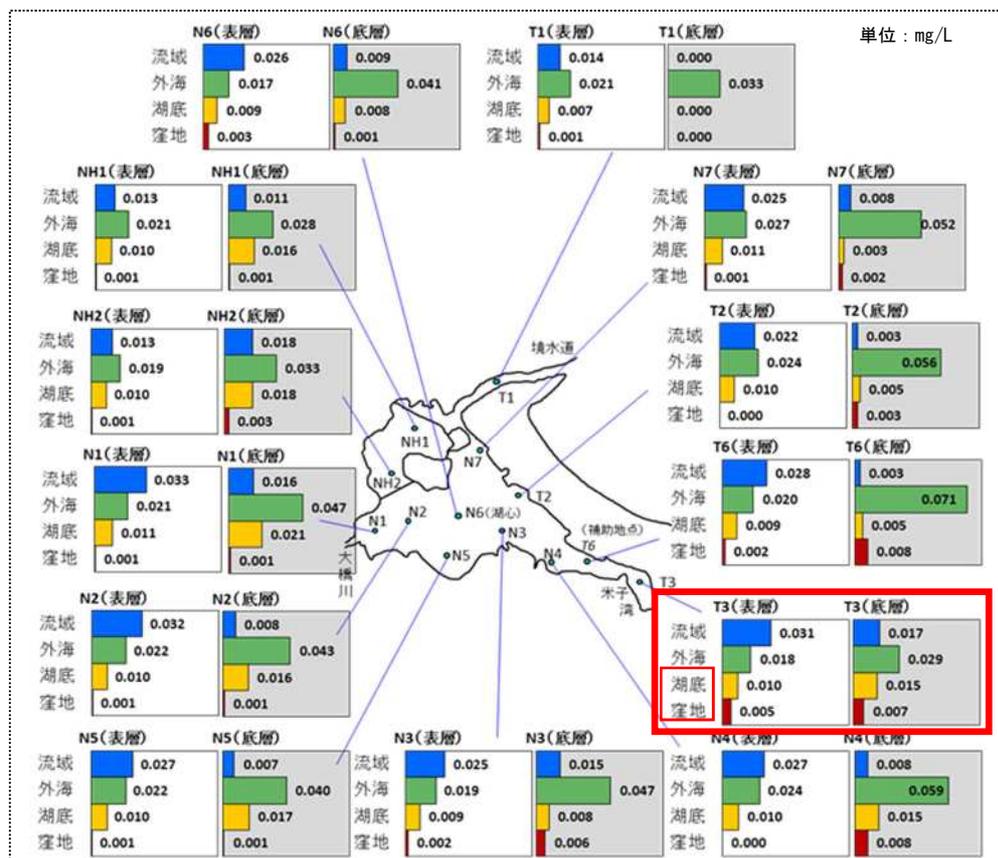
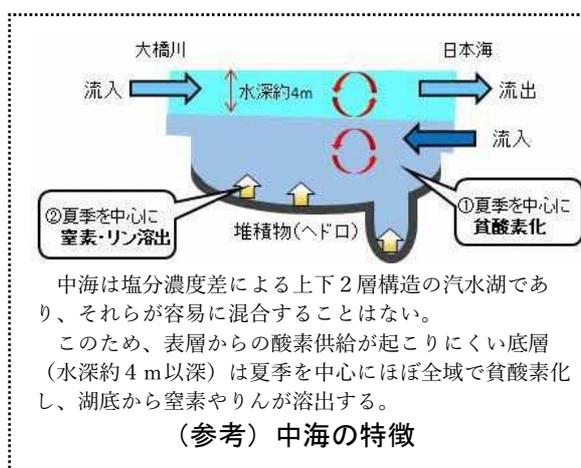
米子湾中央部は水質目標値（第7期）を達成していない環境基準点として挙げられており、その要因として米子湾エリアには流入河川が多く、陸域からの汚濁負荷が流れ込みやすいこと、地形的に閉鎖性が強く、汚濁負荷が滞留しやすいことが考えられる。

今後の対策を検討していくため、令和元年度から米子湾エリアに注目して、流入負荷（外部負荷）、底質、窪地（内部負荷）が水質に与える影響を実測とシミュレーションを用い関係機関で調査・研究を進めている。



※水質シミュレーションは、第6期湖沼水質保全計画の将来水質予測に用いたシミュレーションモデルを改良したものを使用して、平成24年の負荷量水質をあてはめて実施

図1 表層水質への負荷源ごとの影響度（中海全体）



※この図は令和元年度の中海会議資料を抜粋したものです。

※図1と同じシミュレーションモデルを使用して、各負荷源ごとの影響を算出しています。

図2 各地点における負荷源ごとの水質への影響（全りん）

2 調査研究の状況

湖内環境に関する知見の蓄積と対策の検討（内部負荷）

（ア）米子湾の水質の汚濁機構に関する研究

前ページのとおり、中海全体に与える窪地の影響は小さいが、米子湾中央部については、他の地点と比較して窪地からの影響が相対的に大きいことがわかった。

今回、窪地が米子湾エリアの水質にどのように影響するかを理解するため、第7期湖沼水質保全計画策定時（令和元年度）に構築したシミュレーションモデルを使用して計算を行い、窪地が米子湾エリアへ及ぼす影響を可視化した。（図3）

その結果、夏季の全りん濃度分布の計算結果から、窪地からの影響が米子湾の底層及び中層に広がる傾向があると考えられる。

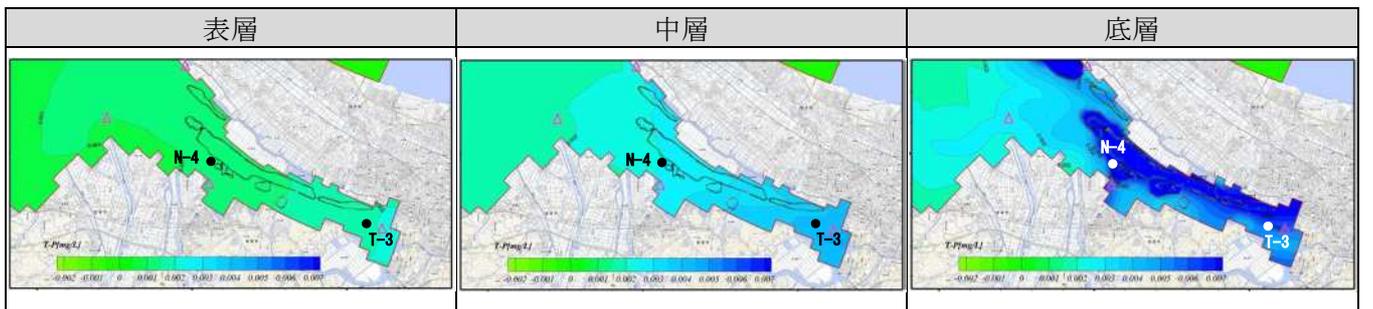
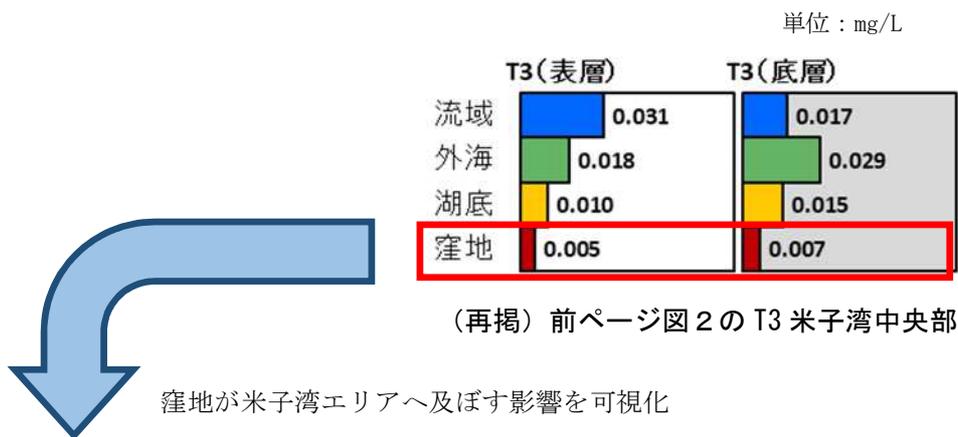


図3 夏季の全りん濃度の分布図
※図は差分値を表す。（現況－仮想＝差分値）

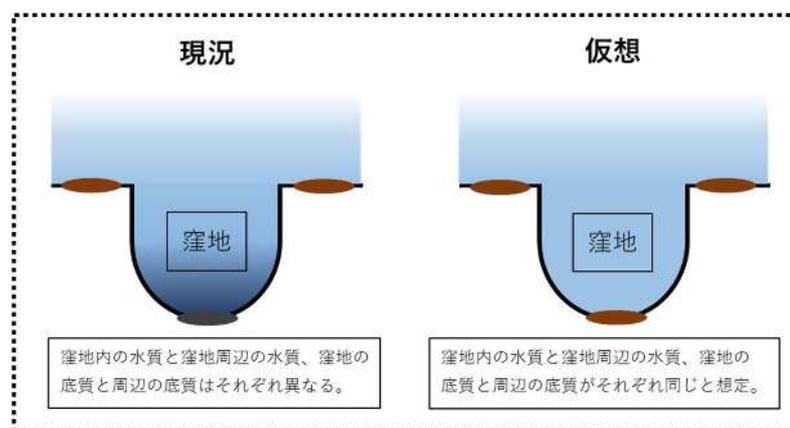
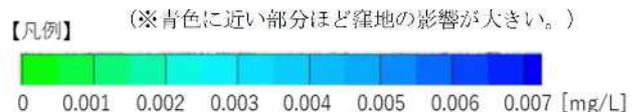


図4 窪地の仮想及び現況のイメージ図

(イ) 底質成分及び米子湾窪地の実態調査

水質シミュレーションの精度向上を目的に、学識者からの助言を参考に、令和元年度から、米子湾中央部（T-3 地点）において湖底表層の底質成分の現地モニタリング調査を行っている。（底質成分：鉄イオン、硫化水素、アンモニア態窒素、りん酸態りん等）

令和3年9月に調査地点を5地点（図4）に増やし、令和4年6月及び9月にも同じ地点で底質成分を調査した。その結果の一部を図5に示す。



図4 底質調査地点（5地点）

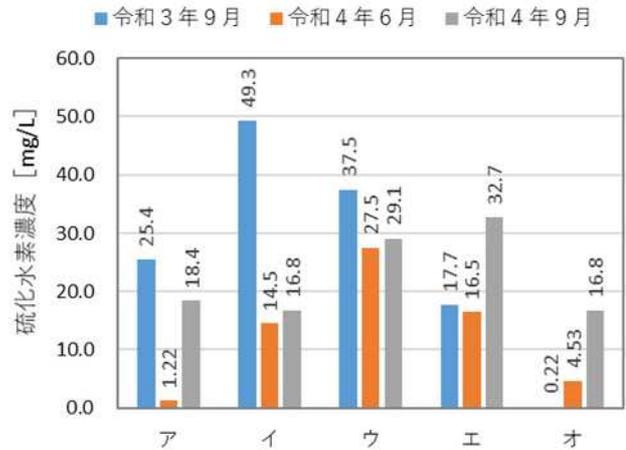


図5 各調査地点の硫化水素濃度

また、令和4年5月及び7月に米子湾にある八尋鼻沖窪地（推計体積：約877,000m³）と高留鼻沖窪地（推計体積：約702,000m³）について、窪地底の直上水及び間隙水に含まれる全窒素及び全りん濃度を測定した。また、窪地の中の貧酸素化の状況を確認するため、直上水及び間隙水に含まれる硫化水素濃度を併せて測定した。

その結果を表1、表2及び表3に示す。

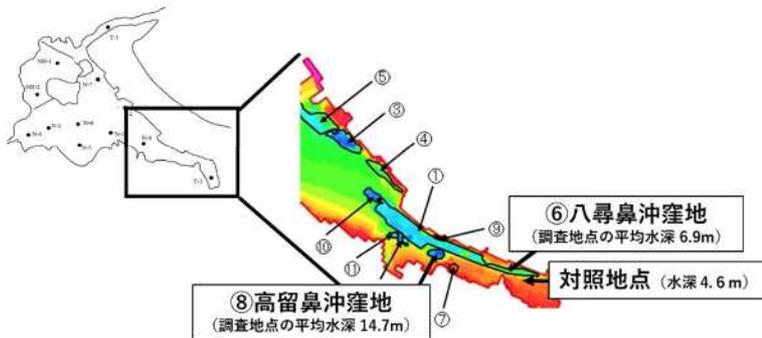
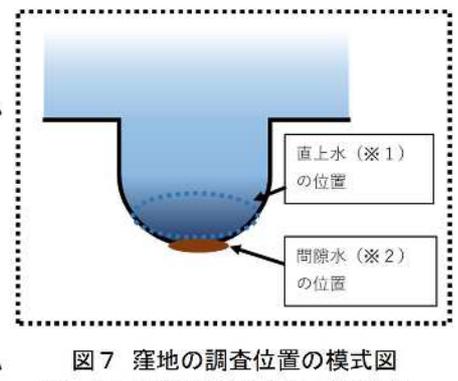


図6 米子湾エリアにおける窪地位置図
 (出展：令和元年度中海会議資料)



※1 直上水は窪地底から0.5m上部のもの。
 ※2 間隙水は窪地の底質内に含まれるもの。

表1 直上水及び間隙水に含まれる全窒素の濃度 (mg/L)

	⑥八尋鼻沖窪地			⑧高留鼻沖窪地			対象地点	
	2月	5月	7月	2月	5月	7月	5月	7月
直上水	1.1	2.8	3.2	1.8	1.5	5.5	3.0	2.7
間隙水	9.6	7.1	7.9	19	23	25	9.1	6.5

表2 直上水及び間隙水に含まれる全りんの濃度 (mg/L)

	⑥八尋鼻沖窪地			⑧高留鼻沖窪地			対象地点	
	2月	5月	7月	2月	5月	7月	5月	7月
直上水	0.048	0.021	0.10	0.05	0.14	0.35	0.023	0.090
間隙水	6.8	1.0	1.1	15	3.2	4.2	1.0	0.85

表3 直上水及び間隙水に含まれる硫化水素の濃度 (mg/L)

	⑥八尋鼻沖窪地			⑧高留鼻沖窪地			対象地点	
	2月	5月	7月	2月	5月	7月	5月	7月
直上水	0.008	0.002	0.12	0.007	0.003	3.4	0.020	0.071
間隙水	50	8.3	2.7	59	24	35	29	0.56

全窒素、全りん及び硫化水素の濃度は、窪地内部において、特に水深が深い高留鼻沖窪地において若干高くなる傾向がみられた。

今後も中海の底質、米子湾の窪地の調査を継続して、季節変動を確認することとしている。特に貧酸素化しやすく、一般的に栄養塩類が溶出しやすいと考えられる夏季を中心に、窪地内の水質及び底質の状況を確認する必要がある。

(ウ) ファインバブル（※）技術を活用した底質の直接浄化技術の検討

鳥取県と米子工業高等専門学校では、令和元年度よりファインバブル技術を活用し、米子湾エリアにおける底質の直接浄化技術の実用化に向けた共同研究を行っている。

令和2年度から屋外実証試験を行っており、令和3年度から令和4年度にかけては装置を増強して、詰まりにくい構造とした上で、米子市ポンプ場沖合の150mの地点の湖水を対象にその効果を検証した。（図8、9）

その結果、対照地点（青■：地点A）の底質に対してファインバブルの供給口付近（赤●：2m-2）の底質で、酸化還元電位が上昇していることがわかった。（図10）

酸化還元電位の上昇は、ファインバブルから供給された酸素によって還元的環境が緩和されていることが示唆され、底質中からの栄養塩類の溶出を抑制する効果が期待される。

- ※ ファインバブルとは直径0.1mm以下の微細な気泡のことで、水中へ気体が溶解しやすい性質を持つ。ファインバブルを底層に送り込むことにより、貧酸素状態の解消や底質の改善効果が期待できる。
- ※ 実証試験装置は、①中海から湖水をくみ上げ、②陸上でファインバブルを供給した後、③湖内で噴射することで湖底を浄化するシステムとなっている。

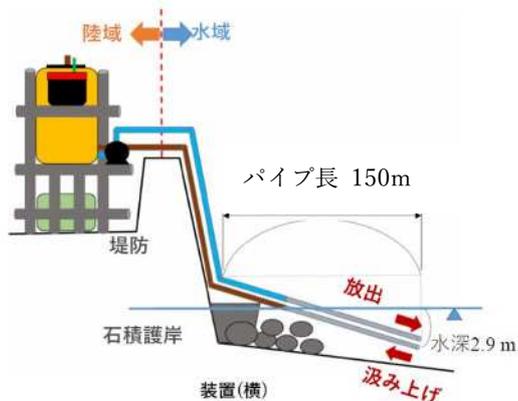


図8 実証試験装置の外観



図9 調査地点の位置
(出典：地理院地図)

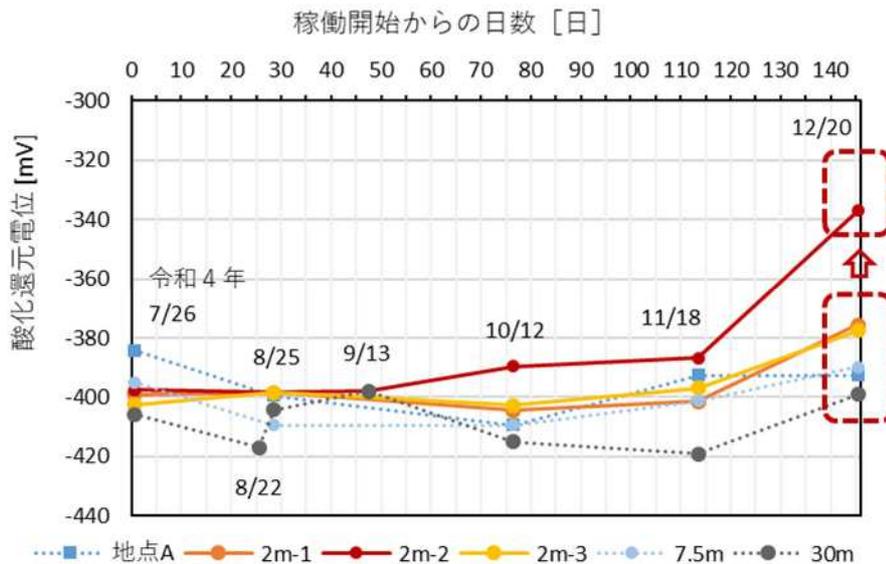


図10 調査地点における底質の酸化還元電位の推移

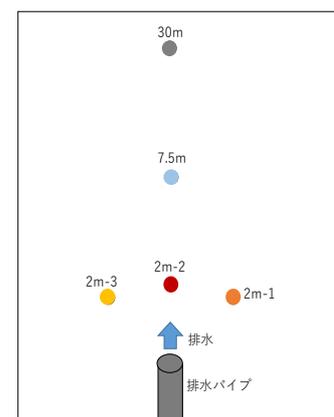


図11 ファインバブル供給口付近の調査地点位置図

- ※ 酸化還元電位は水中の酸化還元状態を表す指標です（単位：mV）。酸化状態ではプラス、還元状態ではマイナスの値になります。

ただし、広い水域では効果が及ぶ範囲が限定的であると考えられることから、令和5年度は効果を確認しやすい閉鎖性水域として、水質及び底質の悪化が懸念される米子水鳥公園のつばさ池で調査を行う。(図12)

また、広い範囲にファインバブルを供給することを期待し、ファインバブル供給装置は、水流を発生させるためのポンプを備えたものを水中に設置して、水質及び底質への影響を評価する。(図13)

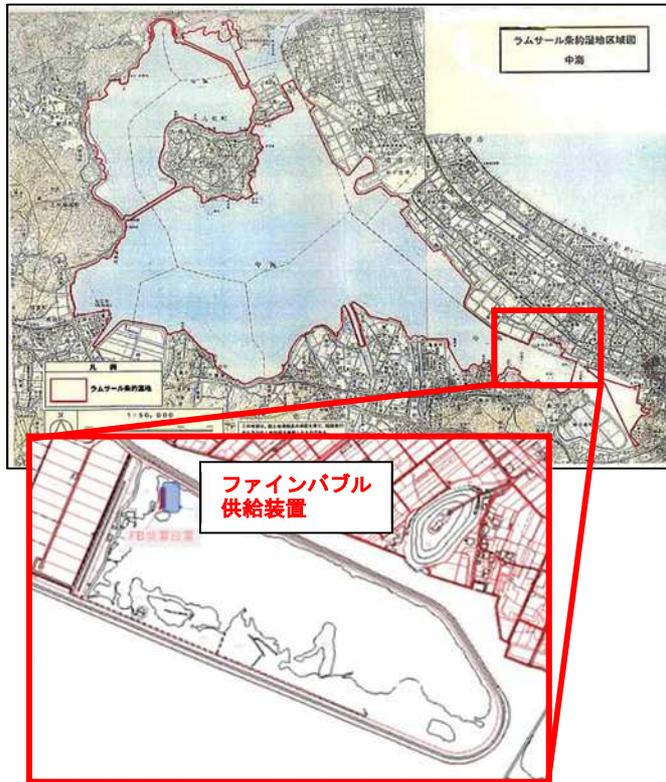


図12 米子水鳥公園のつばさ池と装置の位置

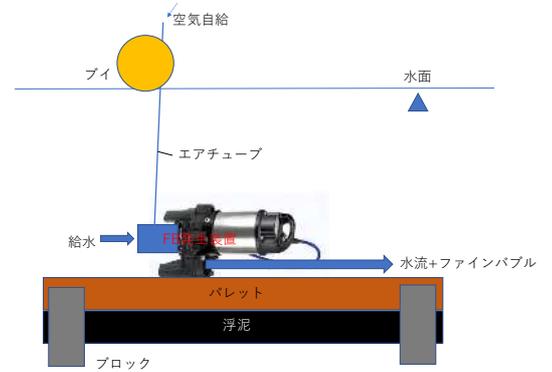


図13 実証試験装置の外観

(エ) 湖内環境の研究のまとめ

米子湾エリアの底質成分の調査を令和元年度から継続して実施しており、水質シミュレーションの精度向上を図るため、米子湾中央部に加えて浚渫窪地やポンプ場沖など調査地点を増やして米子湾エリアの底質の状況を把握するとともに、窪地内の底質及び水質を調査し、そこに留まる窒素、りん等の汚濁物質を測定した。

引き続き調査を行いながら情報を収集し、流入負荷や底質、浚渫窪地が水質に及ぼす影響を、実測した結果を基に定量的に評価する必要がある。

ファインバブル技術の検証においては、一定の底質環境の改善効果が示唆されたものの、効果は限定的であるため、今後はより閉鎖性の高い水域にフィールドを移し、継続して効果検証を実施する。

流入負荷対策（外部負荷）

（ア）流入負荷の影響度研究

昨年度、島根県では発生負荷源別の流入負荷が水質に与える影響度について、シミュレーションにより平成30年度の負荷量及び水質を用いて解析し（※）、米子湾中央部では生活系の負荷が、安来港地先では山林系の負荷が最も影響が大きいこと、米子湾については山林や市街地も一定程度の影響を及ぼしているという結果を報告した（図14）。

（※）第7期湖沼水質保全計画策定時に構築したシミュレーションモデル

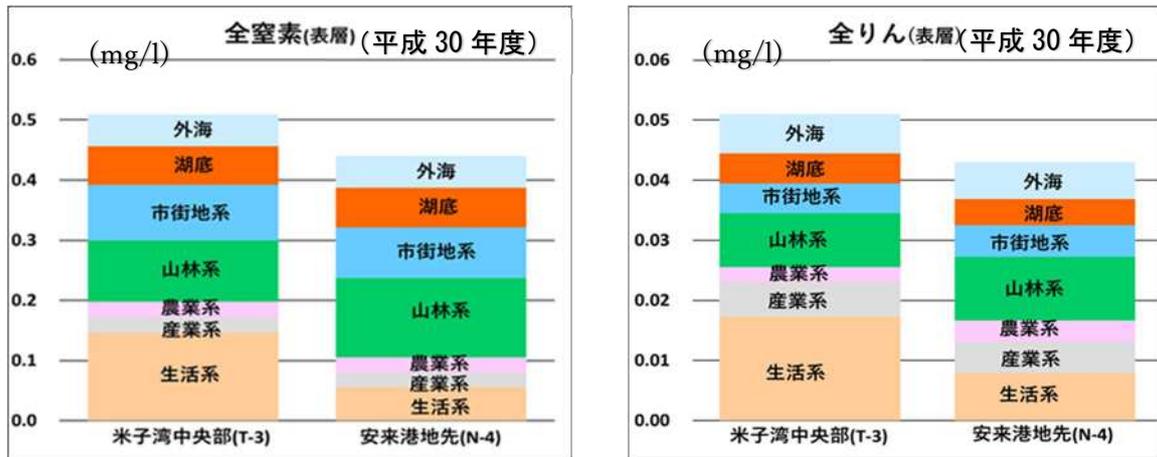


図14 発生負荷源別の流入負荷が水質に与える影響度（令和4年度報告）

○発生負荷源別の流入負荷が水質に与える影響度

令和4年度は、平成30年度の地形的な状況を基に昭和63年度の負荷量を用いてシミュレーションを行い、水質に与える影響度が大きい流入負荷について、第1期湖沼水質保全計画策定時からどれだけ削減されたのか評価を行った。

その結果、米子湾中央部に流入する負荷量は全窒素・全りんともに全体量がほぼ半減しており、生活系及び産業系の負荷量が他の発生源に比べて特に著しく減少したことが分かった。安来港地先においても、流入する負荷量は全窒素・全りんの全体量は減少しており、生活系及び産業系の負荷量が他の発生源に比べて減少したことがわかった（図15及び図16）。

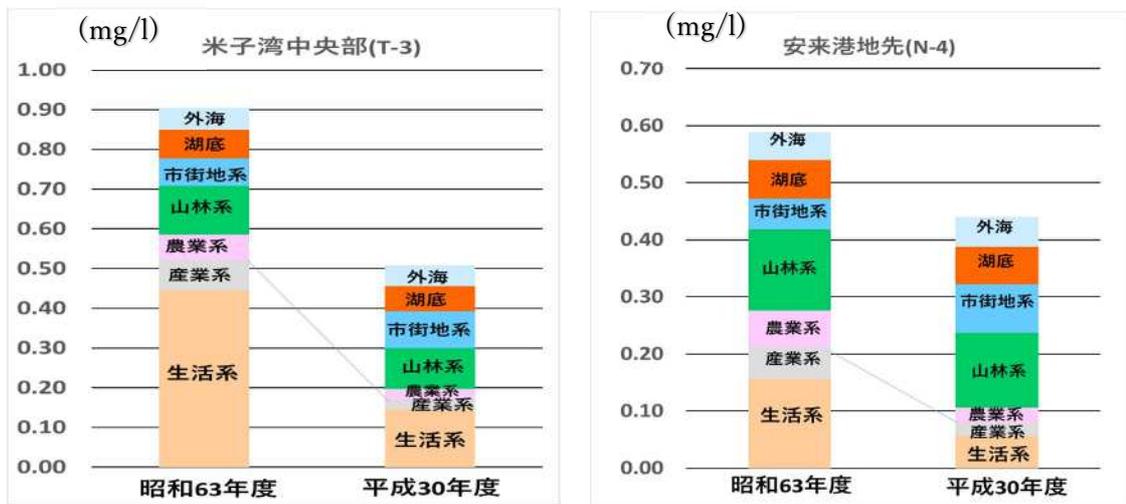


図15 発生負荷源別の流入負荷が全窒素（表層）に与える影響度

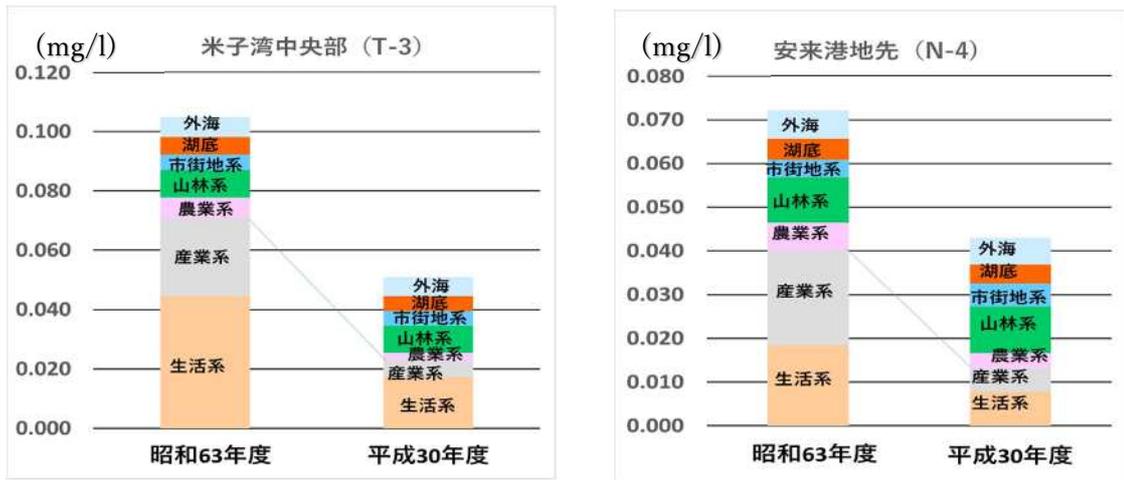


図 1 6 発生負荷源別の流入負荷が全りん（表層）に与える影響度

今後は昭和 63 年度から平成 30 年度までの流入負荷量の経年変化を確認した上で、水質に影響を及ぼすと予想される要因（生活排水処理施設の整備状況や降水量等）が水質にどの程度影響を及ぼしているか評価するとともに、その関係性について分析・評価を行う。また有識者から意見聴取し、評価の妥当性を確認していく。

(イ) 米子湾に流入する汚濁負荷について

米子湾エリアの河川からの流入負荷の広がりについて、昨年度の中海会議で、「米子湾の奥部ほど水の流が停滞しやすく、流入した汚濁負荷が湾内に留まりやすい」というシミュレーション結果を報告した。（図 1 7）

各図は「年平均・表層」であり、色の着色が濃いほど、影響度が大きいことを示している。

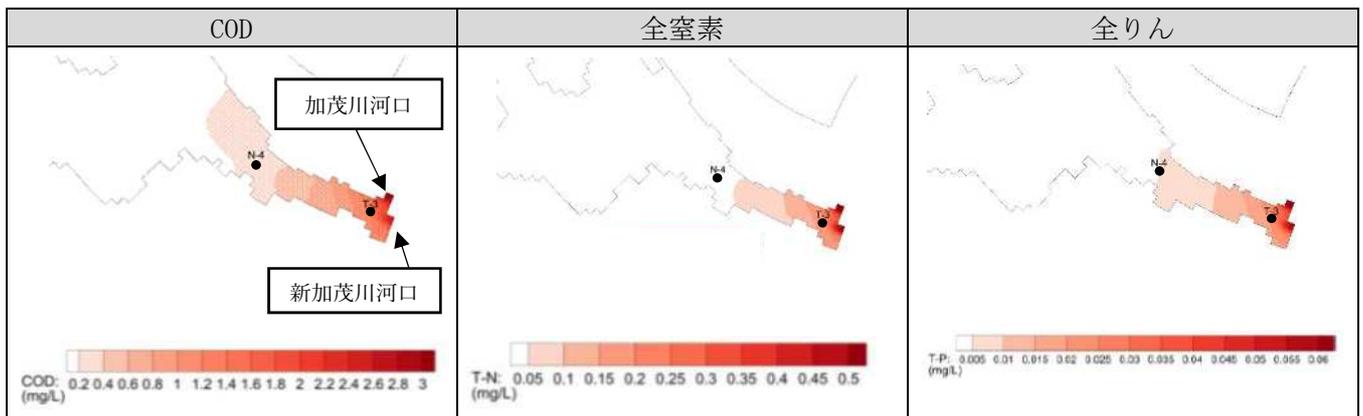


図 1 7 加茂川・新加茂川流域からの流入負荷の広がり（昨年度報告）

（※COD：0.2mg/L 未満、全窒素：0.05mg/L 未満、全りん：0.005mg/L 未満の濃度の地点は着色されていない。）

(ウ) 浅水代かきによる外部負荷の低減

米子湾に流入する加茂川の上流域には水田が広がっており、これらの地域は流出水対策地区に指定されている。平成 2 3 年以降、加茂川へ流出する汚濁負荷量（COD、全窒素、全りん）を削減して加茂川の水質を改善するため、一部の地区の農業者が「浅水代かき」による環境にやさしい農業の実施に取り組んでいる。

令和2年度においては、流出水対策地区内の米子市成実地区の全ての水田について、「慣行の代かき」から「浅水代かき」に代えた場合、代かき時期の河川水に含まれる汚濁負荷量が約半分程度まで減少し、河川水質が改善されると推計されることが分かった（図18）。

令和3年度及び4年度には、流出水対策地区の3地区（石井地区、奥谷地区、新山地区）において、約34パーセントの水田（浅水代かき面積／全体水田面積）で浅水代かきを実施された。

この取組を推進するための普及啓発として、代かき時期の前にチラシ配布やのぼり掲揚を行っている。令和4年10月には米子市農業委員会の会報に、この取り組みに関する記事が掲載された。

今後も、同地点での水質測定を継続し経年変化の確認を行い、関係機関及び地域住民と情報や問題意識の共有化に努め、代かき時期の汚濁負荷軽減に向けてさらなる啓発活動を行っていく。

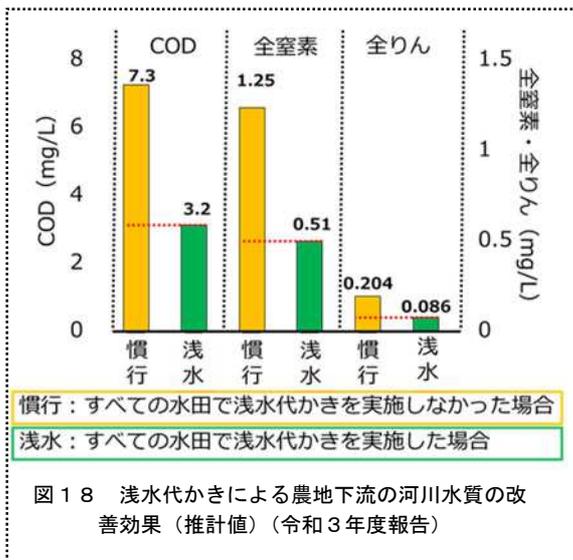


図18 浅水代かきによる農地下流の河川水質の改善効果（推計値）（令和3年度報告）

よなご農業委員会報 No.35

環境に配慮した米づくり ～浅水代かきで中海の環境保全を～

田んぼの代かき時期に発生する濁水。この濁水が中海へ流出することで、環境悪化に繋がると考えられています。
鳥取県では、中海の水質を保全するため、少ない水で代かきをすることで濁水を出さない「浅水代かき」を推進しています。
「浅水代かき」は、元肥・追肥のプラスチック被膜の河川流出を防止する対策としても有効で、プラスチックによる海洋汚染を防ぐことにもつながります。
また、令和3年度から「浅水代かき」について「多面的機能支払交付金」の対象活動の1つとしたので、詳細は問合せ先までご相談ください。
ぜひ、地域の皆様と一緒に「浅水代かき」を行い、環境に配慮した農業に取り組みしましょう。

【浅水代かき実施のポイント】

- ・入水までに田面の高低差を無くす。
- ・代かき前の入水量は、土が8割、水が2割見える程度の浅水とする。

【その他水田作業の環境負荷低減対策】

- ① 畦畔管理
 - ・畦が崩れていないかを確認し、必要に応じて畦塗りや畦シートを設置する。
 - ・止水堰は畦の高さ以上とする。
- ② 田植・水管理
 - ・田植前の落水は行わず、自然落水で水位を調整する。
 - ・オーバーフローしない水管理を行う。
- ③ 施肥
 - ・土壌診断や栽培指導等に基づいた適正施肥に努める。
 - ・施肥量の削減につながる多量施肥技術を検討する。

問い合わせ先
(中海の水質について)
鳥取県生活環境部 ぐらしの安心局 水環境保全課 水環境担当
☎0857-26-7870
(多面的機能支払交付金について)
米子市経済部農林水産振興局農林課
☎0859-23-5221

Yonago

よなご農業委員会報 No. 35（令和4年10月）

中海の水質浄化へ 「浅水代かき」実施 米子・奥谷地区水田 ラムサール条約に登録されて いる中海の水質浄化対策として米子市奥谷地区の水田で23日、少ない水分量で水田の表面を平らにする「浅水代かき」の作業が行われた。

浅水代かきは、富栄養化につながる窒素やリンなどを含んだ肥料の流出を防ぎ、河川や湖沼への負荷を低減させる方法。通常の代かきに比べて時間はかかるが、除草効果が高まるなどのメリットもある。鳥取県は2011年度から「中海にやさしい農業」として流入河川である加茂川流域の石井、奥谷、新山地区で浅水代かきを推進。各地区の水田環境保全協議会の協力で取り組みが進んでいる。

奥谷地区では、約20畝ある水田のほとんどで浅水代かきを実施。この日作業した米子市四ヶ村堰土地改良区理事長の佐藤信彦さん(76)は、整地用機具を装着したトラクターで土を砕き、水田の表面を丁寧に平らにした。佐藤さんは「ここで農業をしていく限りは浅水代かきに取り組み続けたい」と話した。

(武居紀子)

水を浅く張った田で「浅水代かき」を行う稲作農家。23日、米子市奥谷

浅水代かきに関する新聞記事
(令和5年5月24日 日本海新聞)

3 まとめ

これまでの調査により、下水道整備等生活排水対策などにより、米子湾に流入する汚濁負荷量は大幅に削減したことが明らかになった。

今後は、これまでの対策で削減できた流入負荷量の分析や底質及び窪地での現地調査・研究を継続し、第8期の湖沼水質保全計画の策定に生かしていきたい。

また、これまでの水質目標（COD、全窒素、全りん）に加え、長期ビジョンの実現に向け設定した評価指標の一つである米子湾の「透明度」について、近年目標を達成してきていることなどから、数値目標の見直し等についても検討する必要があると考える。