

令和4年度

中海の水質及び流動会議

報告事項

1 令和3年度の中海の水質測定結果

(1) 令和3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、1地点でCODは目標未達成。前年度目標未達成であった全窒素及び全りんは全地点で達成。
- 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

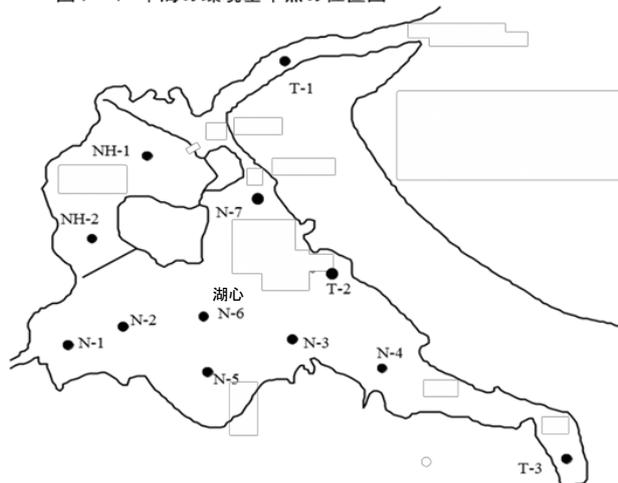
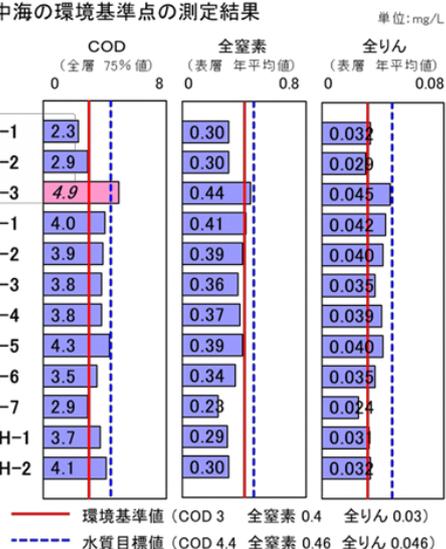
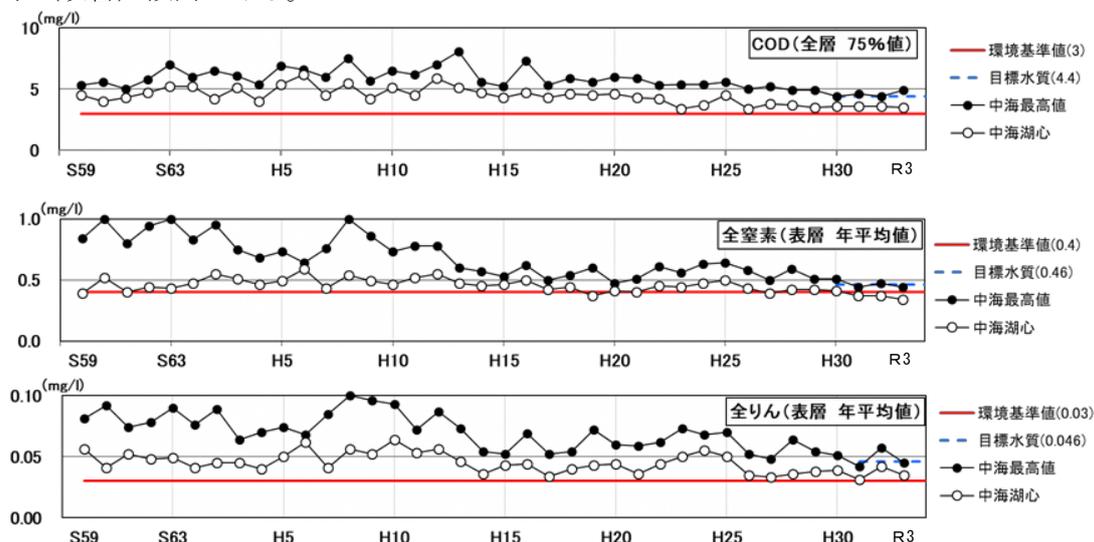


図1-2 中海の環境基準点の測定結果



(2) 経年変化 (図1-3)

- CODは、最高値・湖心とも、過去5年の変動範囲内で推移した。
- 全窒素は、最高値が過去5年の変動範囲内で推移したが、湖心は過去5年で最も低い値であった。
- 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)

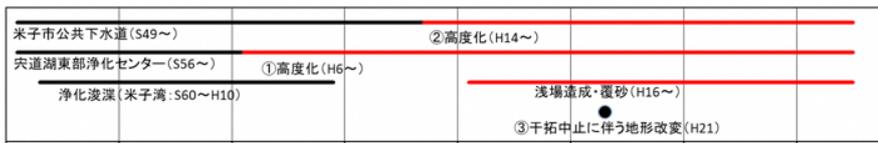
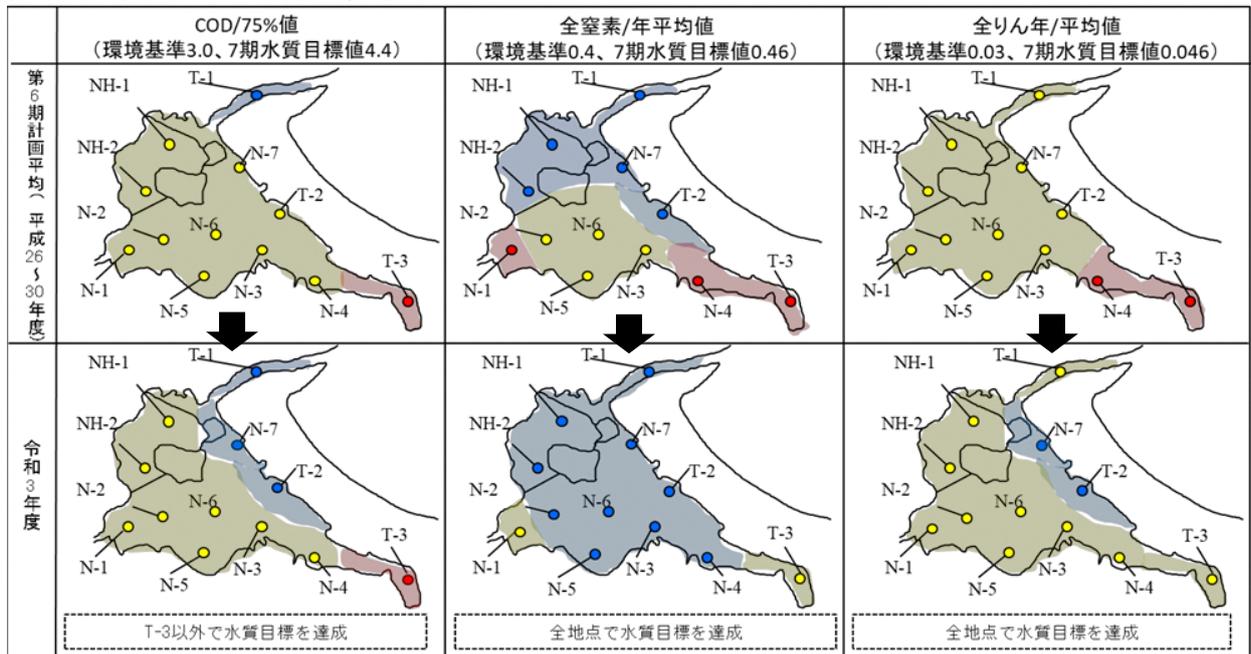


図1-3 中海の水質の経年変化

※ 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 (R元~R5年度) 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

(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、第6期平均 (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3年は赤潮発生が7回確認され、この内、2回は米子湾湾奥、大崎沖の比較的広い範囲で確認されたが、その他は局地的なものであった。

中海の赤潮発生状況

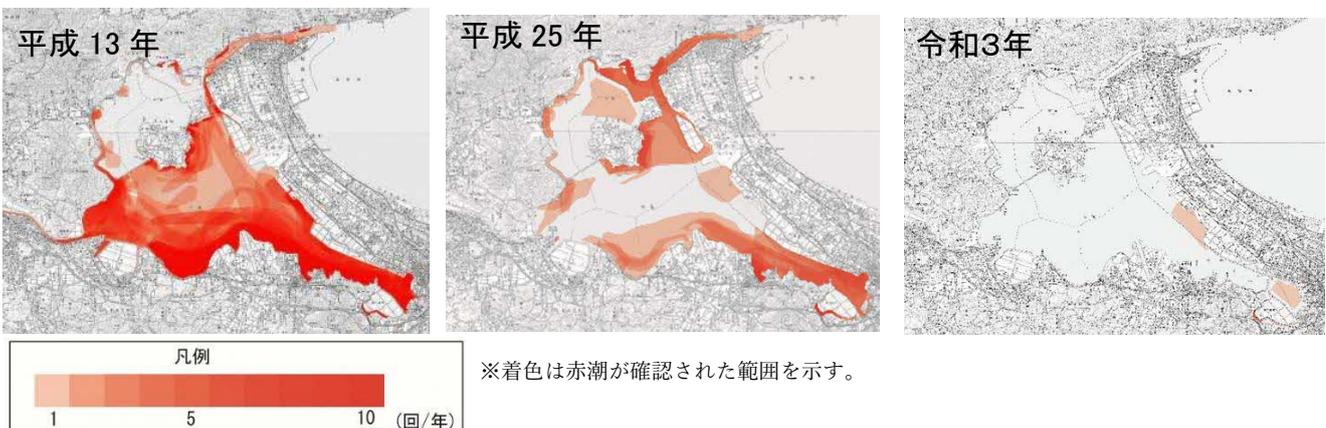
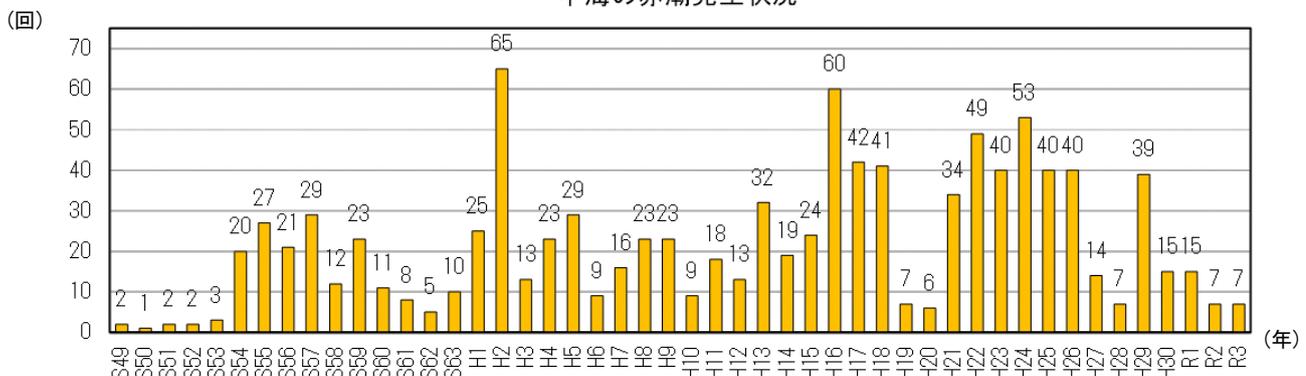


図1-4 中海の赤潮発生の回数と範囲

(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 2 年 10 月～令和 3 年 9 月期は、地域住民がモニターとして 86 名、1 団体が参加
- 令和 2 年 10 月～令和 3 年 9 月期は、平均が 69.5 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

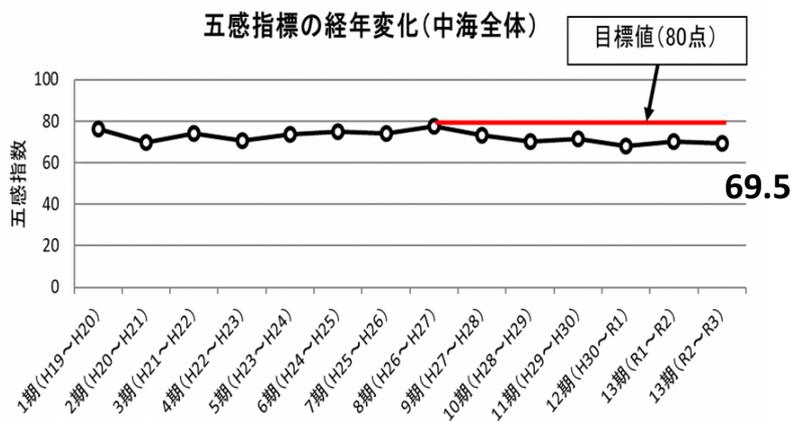
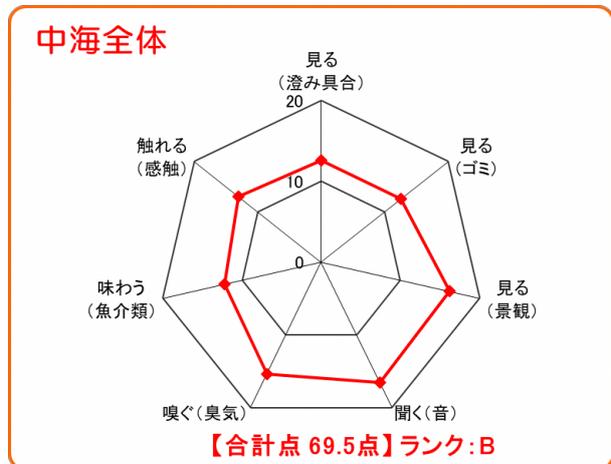


図1-5 今期の五感指標の地点と結果及び経年変化(中海全体)

(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2年度からは2.0mとなった。(目標値:概ね2m)

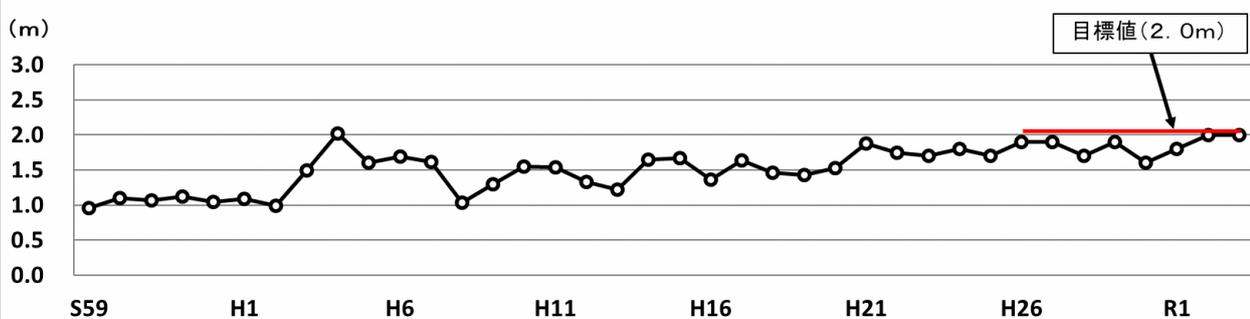


図1-6 米子湾の透明度の経年変化

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）

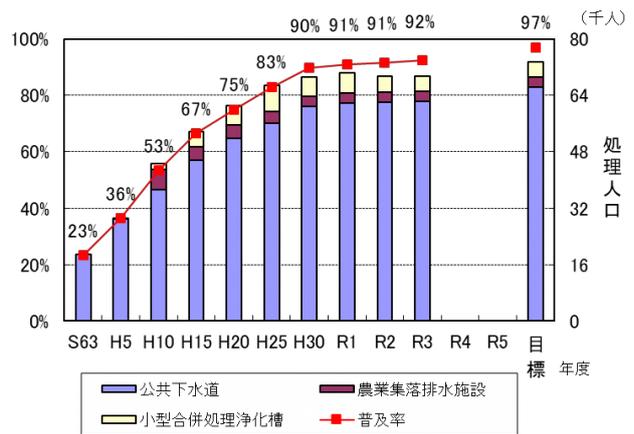
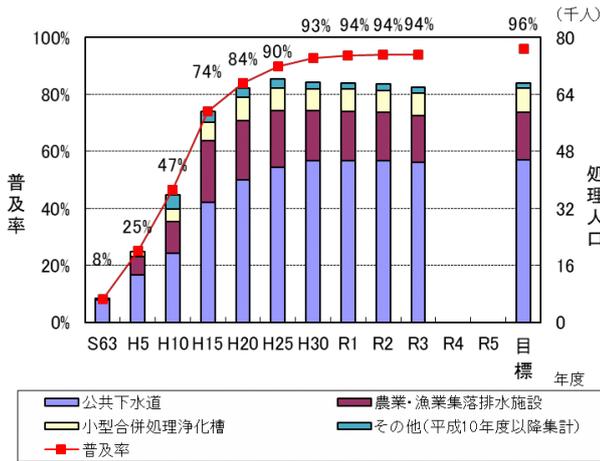
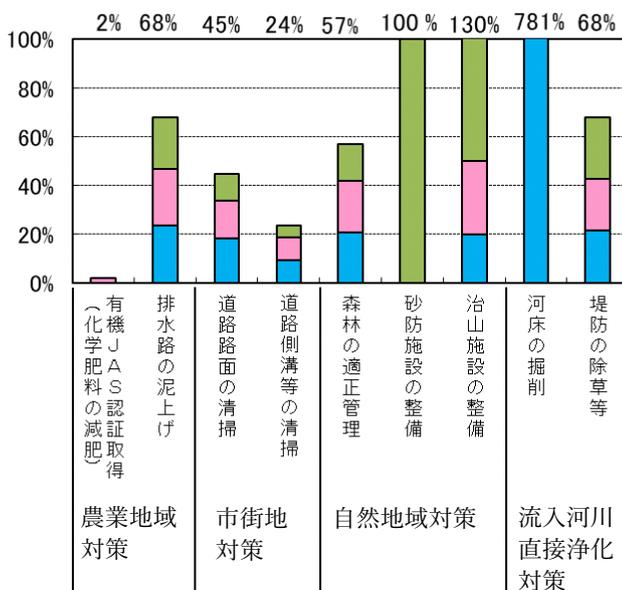


図2-1. 生活排水処理施設の整備状況（島根県）

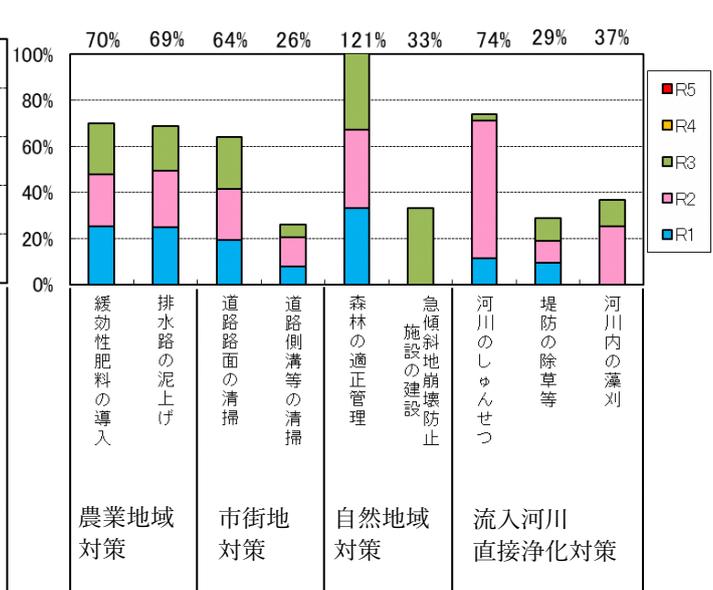
図2-2. 生活排水処理施設の整備状況（鳥取県）

(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



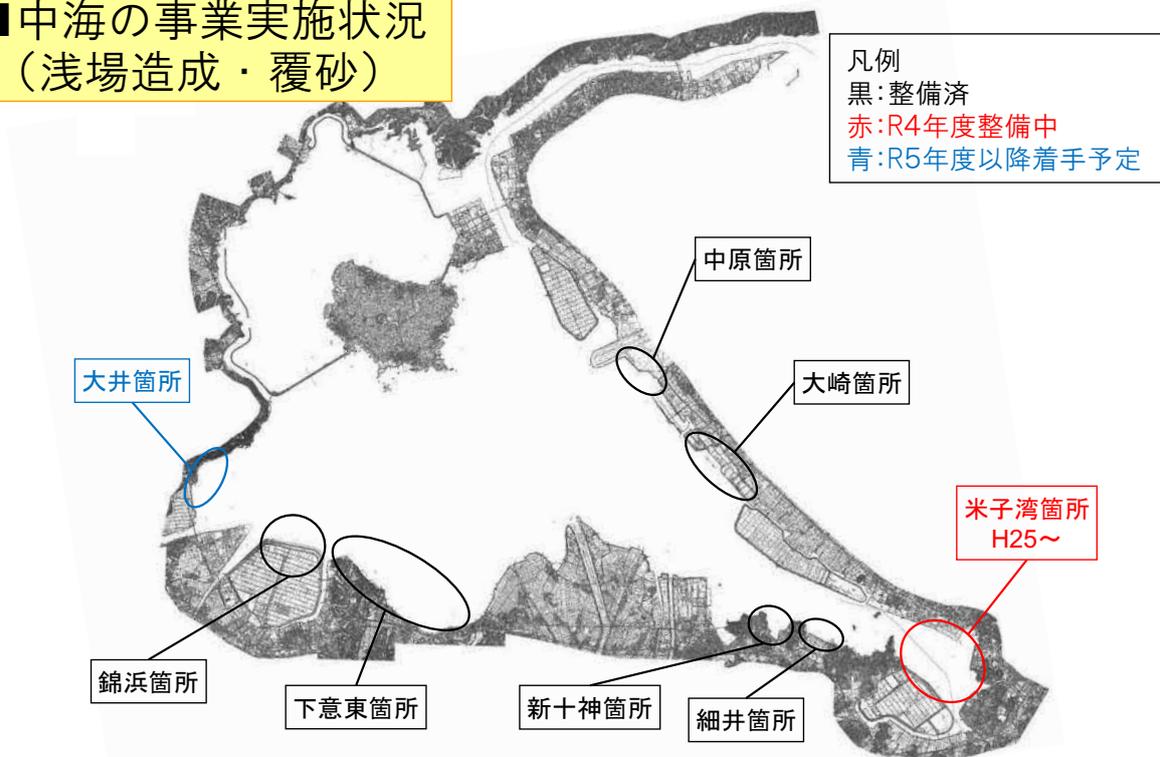
注1) R5年度までの累計目標事業量を100%とする

図2-3. 各種施策の進捗状況（島根県）

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：11.3km （R3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

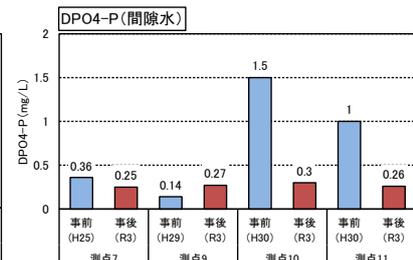
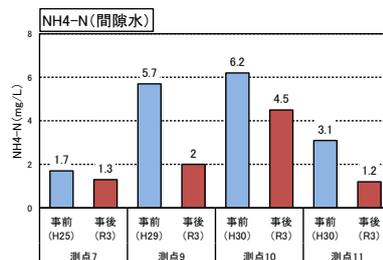
評価内容：水質調査（間隙水の栄養塩（NH₄-N、DPO₄-P））

【調査地点】

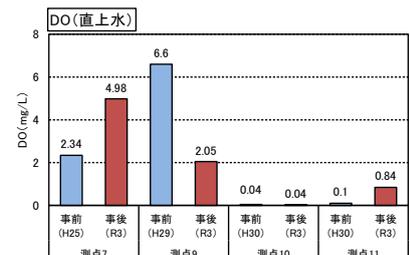
【調査実施年月】令和3年8月



＜調査結果＞



- ◇事後調査の結果、事前調査と比べて間隙水中の栄養塩の濃度は概ね減少しており、栄養塩の抑制効果があったものと考えられる。
- ◇特に測点10、11に着目すると、Doが低い状況においても、栄養塩の溶出が大きく抑えられている。



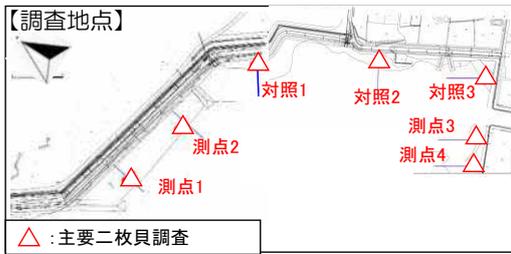
3 湖内対策（浅場造成・覆砂）の続き

中原地区のモニタリング結果

整備内容：浅場造成

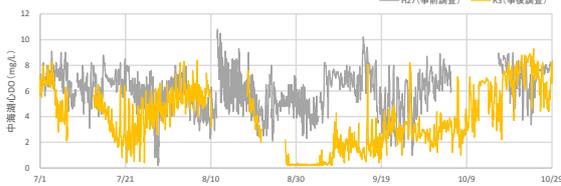
評価内容：主要二枚貝調査(アサリの個体数・湿重量)
海草藻類調査(海草藻類の分布、植被率)

■主要二枚貝調査

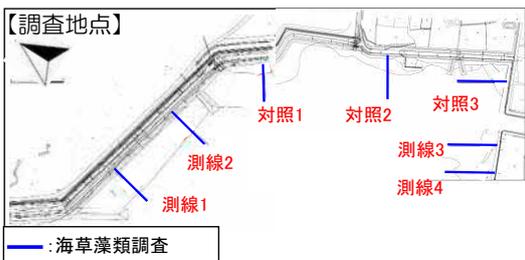


- ◇夏季調査では、施工前と比べてアサリ個体数が増加したが、秋季調査では減少した。
- ◇令和3年度は8月下旬から9月においてDOが低い状態が続いており、アサリの生息に影響を与えた可能性がある。

＜中海湖心DOの変化（中層）＞



■海草藻類調査

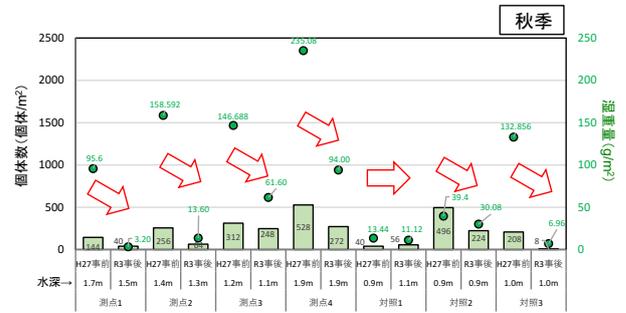
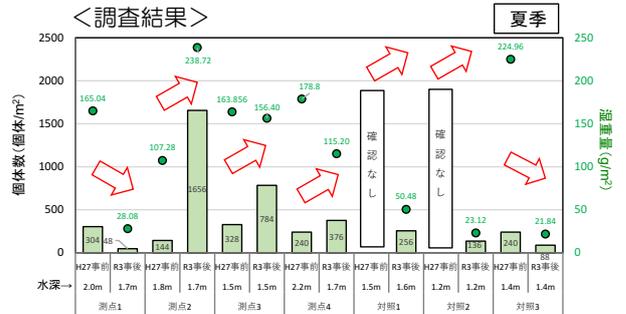


- ◇整備前と比べ整備後の海藻類の植被率は増加していた。
- ◇これまで海草が確認されなかった範囲でもコアマモの生育が確認されており、浅場整備により波浪の低減や海草に対する光環境の改善があったものと考えられる。



中原地区で確認されたコアマモ(令和3年10月6日撮影)

【調査実施年月】 令和3年8月、令和3年10月



【調査実施年月】 令和3年5月、令和3年10月

＜調査結果＞

調査地点	調査年	起点からの水平距離 (m)																	
		0	1	2	3	4	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	
測線1	H27事前																		
	R3事後																		
測線2	H27事前																		
	R3事後																		
測線3	H27事前																		
	R3事後																		
測線4	H27事前																		
	R3事後																		
対照1	H27事前																		
	R3事後																		
対照2	H27事前																		
	R3事後																		
対照3	H27事前																		
	R3事後																		

調査地点	調査年	起点からの水平距離 (m)																	
		0	1	2	3	4	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	
測線1	H27事前																		
	R3事後																		
測線2	H27事前																		
	R3事後																		
測線3	H27事前																		
	R3事後																		
測線4	H27事前																		
	R3事後																		
対照1	H27事前																		
	R3事後																		
対照2	H27事前																		
	R3事後																		
対照3	H27事前																		
	R3事後																		

凡例-植被率	
■	75%以上
■	50%以上75%未満
■	25%以上50%未満
■	5%以上25%未満
■	5%未満

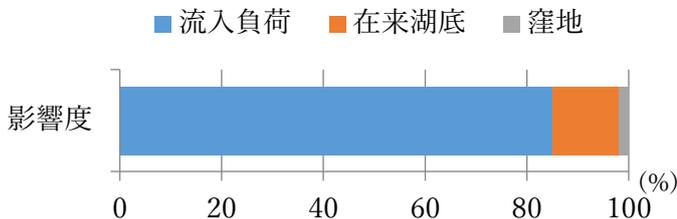
中海の水質改善に向けた流入負荷・湖内対策の検討

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）。

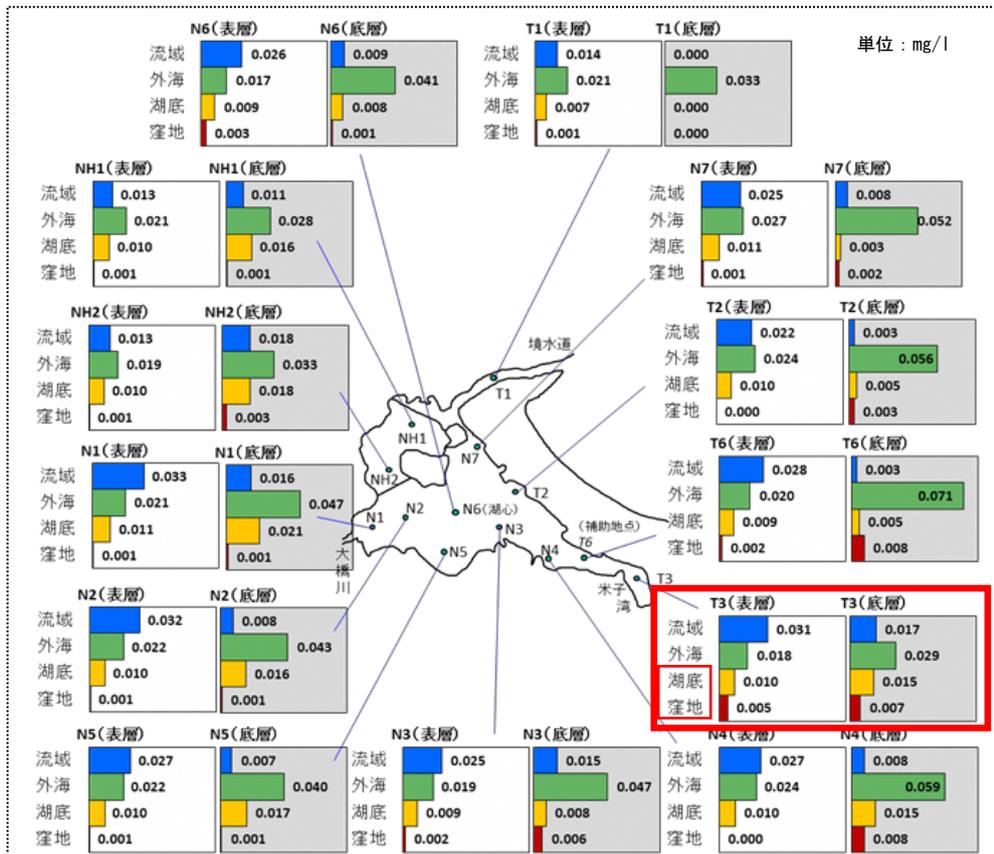
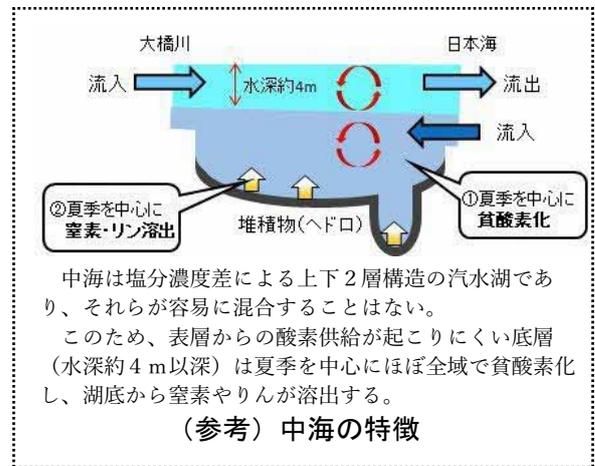
米子湾中央部は水質目標値（第7期）を達成していない環境基準点として挙げられており、その要因として流入河川が集中して陸域からの汚濁負荷が流れ込みやすいこと、地形的に閉鎖性が強く、汚濁負荷が滞留しやすいことが考えられる。

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

流入負荷対策（外部負荷）

ア 浅水代かきの普及啓発

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23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3）。

令和3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。（令和2年度は約20%の水田で実施。）

浅水代かき時の奥谷地区周辺の河川の水質を令和2年度と令和3年度に確認したところ、表1のとおりとなった。

この取組を推進するため、代かき時期の前には、普及啓発チラシ「次世代に残す中海 環境にやさしい農業」として取りまとめ、JA鳥取西部の協力のもと流出水対策地区の農業者に配布した。また、浅水代かきについて「多面的機能支払交付金」の交付対象活動となることも併せて周知した。

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。

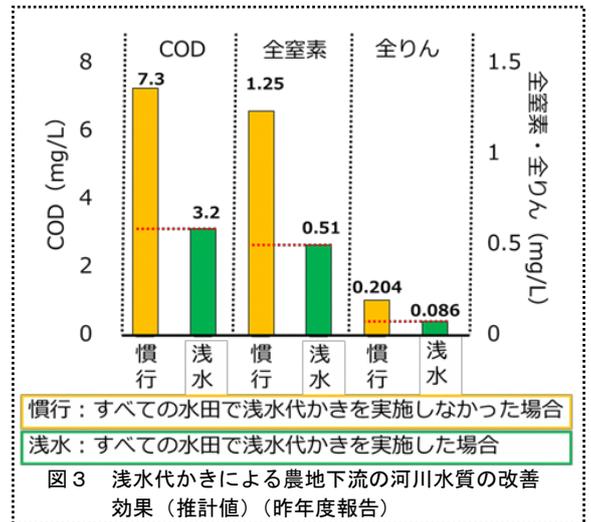
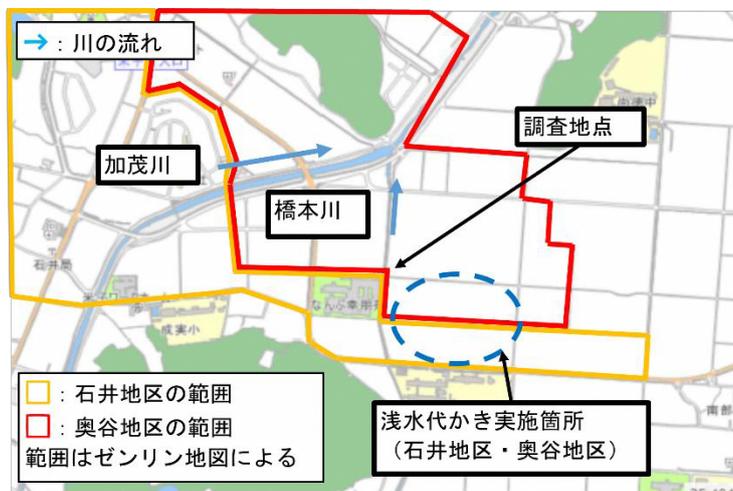


表1：水質の変化（単位：mg/L）

年度	月日	COD	全窒素	全りん
R2	5月21日	6.5	1.1	0.18
R3	5月20日	5.1	0.70	0.12

（浅水代かきの実施面積 R2:約20%、R3:約34%、いずれも推計値）

（水質の調査地点）



（普及啓発チラシ）

【水質の改善・保全するための活動】

- 浅水代かき
- 排水路の泥上げ

【化学肥料の減肥、緩効性肥料の導入】

SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS

イ 流入負荷の影響度研究

昨年度、島根・鳥取両県では、米子湾エリアの2つの環境基準点（米子湾中央部、安来港地先）に対して、陸域からの流入負荷や湖底からの溶出負荷等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、水質を用いて解析し（※）、当該環境基準点近傍の流入負荷の影響が大きいという結果を報告した（図4）。

今年度は研究を進めるため、（ア）～（ウ）の3つの手法を用いて流入負荷が与える影響度を調査した。

（※）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。今年度の島根県・鳥取両県の研究もこのモデルを活用している。

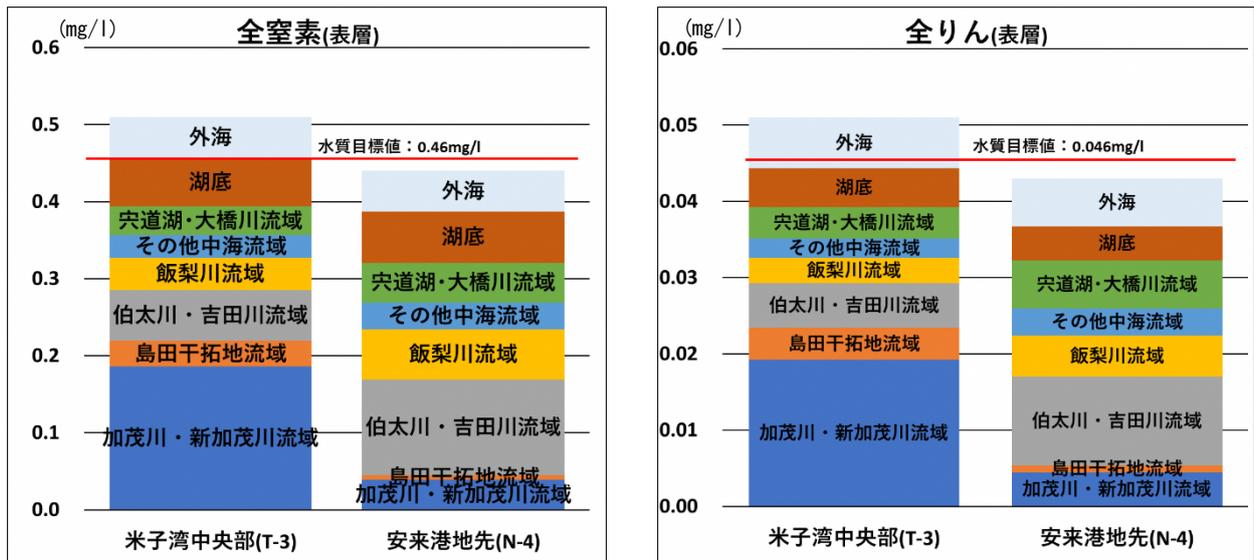


図4 陸域からの流入負荷や湖底からの溶出負荷等が水質に与える影響度（昨年度報告）

（ア）発生負荷源別の流入負荷が水質に与える影響度

今回、島根県では、発生負荷源別の影響度についても昨年度と同様の手法で平成30年度の流入負荷の影響度について、推定した。

その結果、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結果となった。米子湾については山林や市街地も一定の影響を及ぼしていることが分かった（図5）。

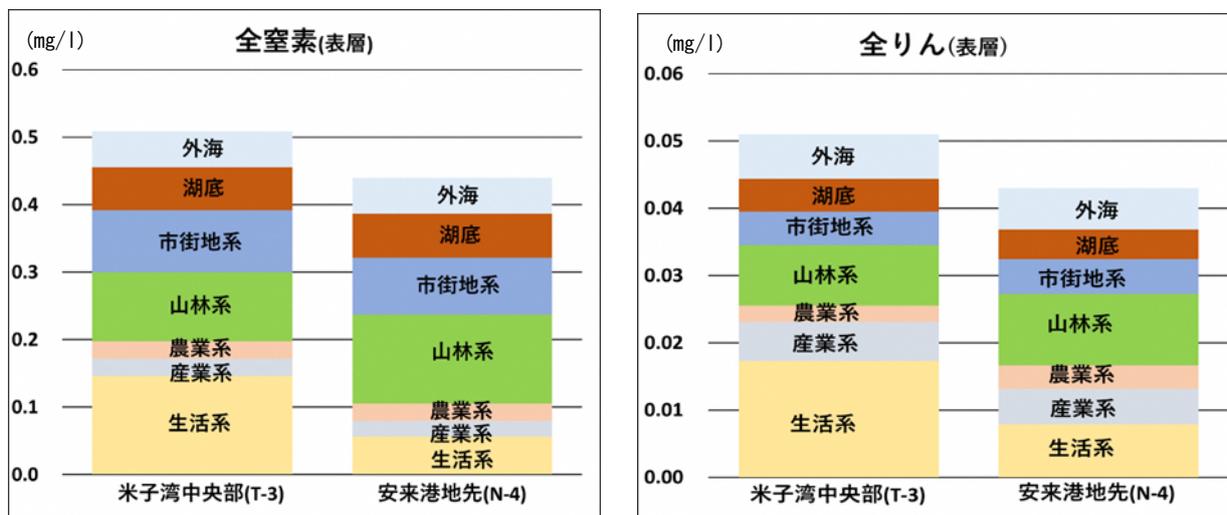
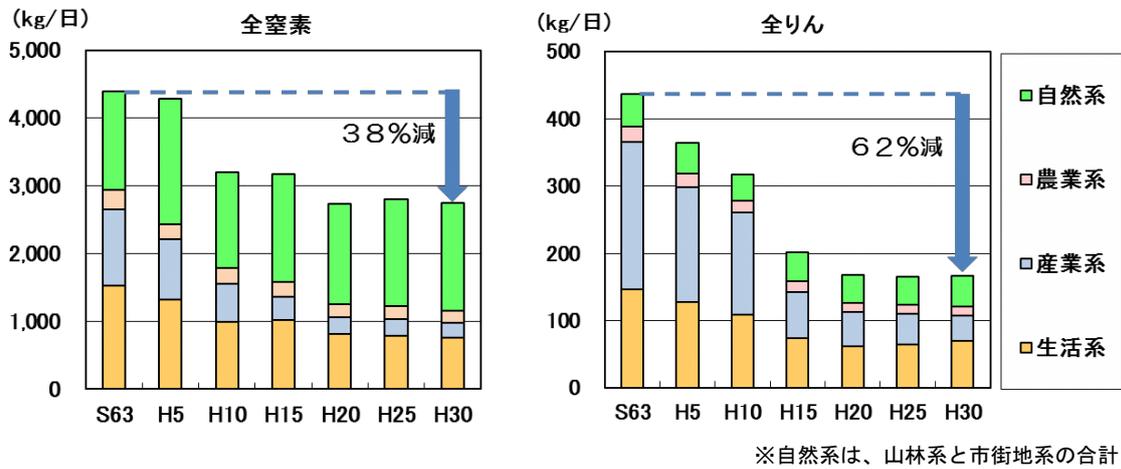


図5 発生負荷源別の流入負荷が水質に与える影響度

※各地点の位置については、1ページ目の図1「各地点における負荷源ごとの水質への影響」（全りん）」参照

「(ア)」で推定した発生負荷源別の流入負荷について、これまで湖沼水質保全計画に基づき様々な事業を実施することにより、着実に中海全体に流入する汚濁負荷量を削減してきた。

今後は、米子湾エリアにおいて、昭和63年度の発生負荷源別の流入負荷が水質に与える影響度を令和3年度と同様の手法で解析し、第1期湖沼水質保全計画策定時からどれだけ流入負荷が削減されたのかを評価し、これまでの水質保全施策の効果検証を行っていく。



参考資料 中海全体に流入する汚濁負荷量の推移（全窒素、全りん）

(イ) 米子湾エリアにおける流動解析

鳥取県では、中海の流動が米子湾エリアにどのような影響を及ぼしているかをシミュレーションにより推定し、流動を下図のとおり可視化した（図6-1～3）。

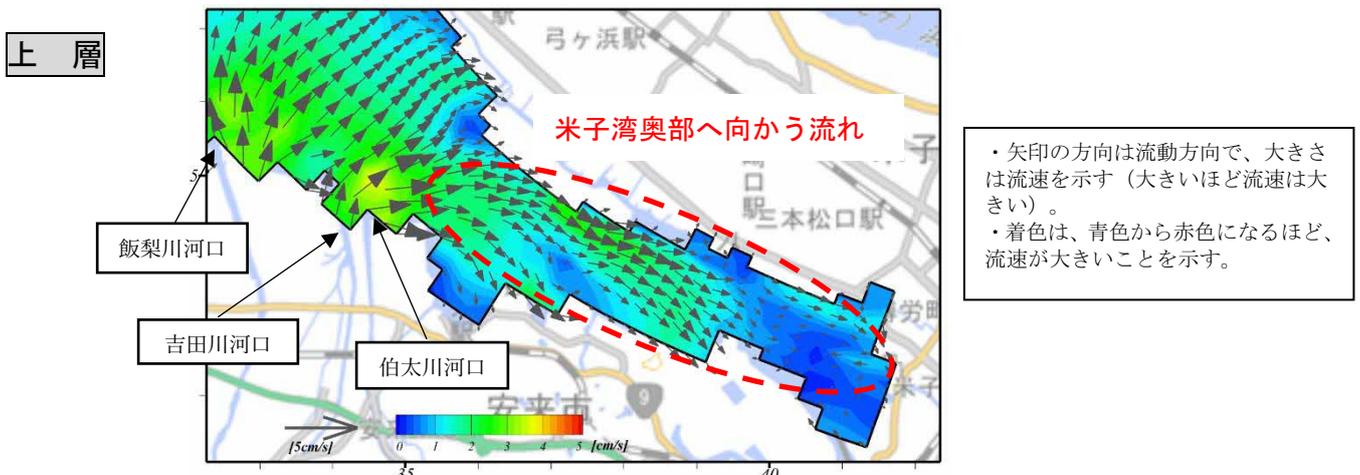


図6-1 米子湾エリアの流動（上層）

○結果：上層では飯梨川、伯太川・吉田川からの流出水は広がりながら、一部米子湾奥部に向かう流れがある。

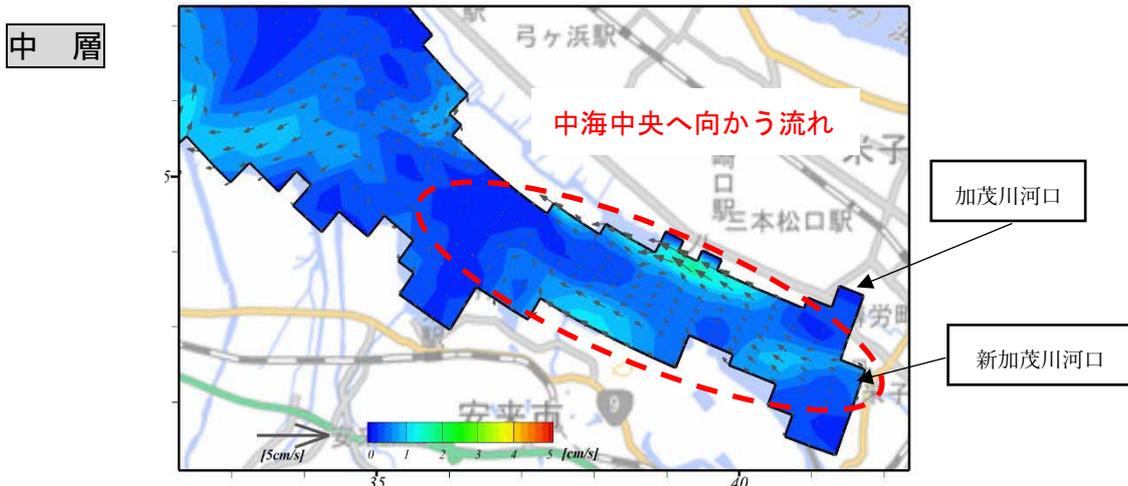


図6-2 米子湾エリアの流動（中層）

○結果：中層では流速は弱いですが、中海中央へ向かう流れがある。

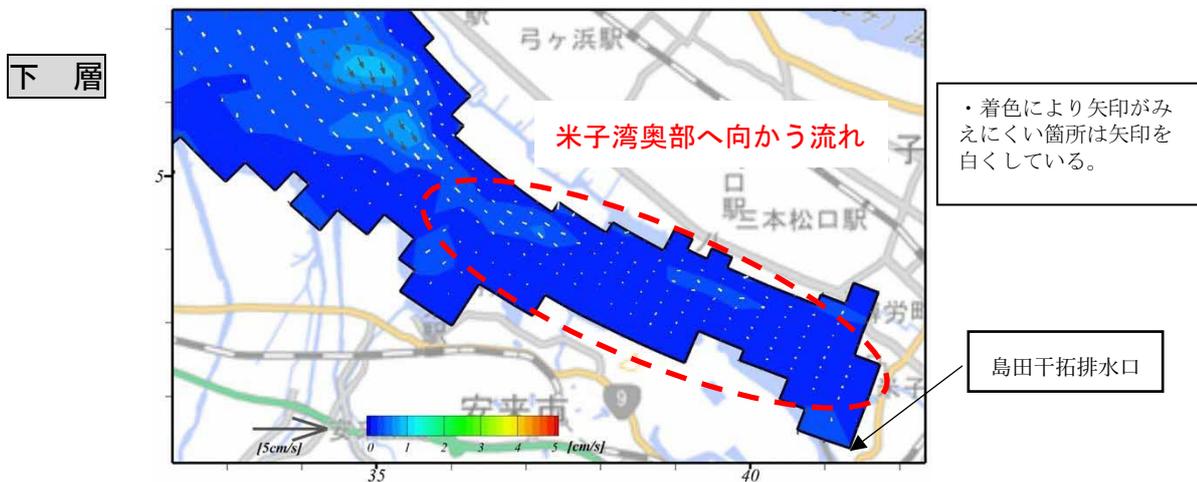
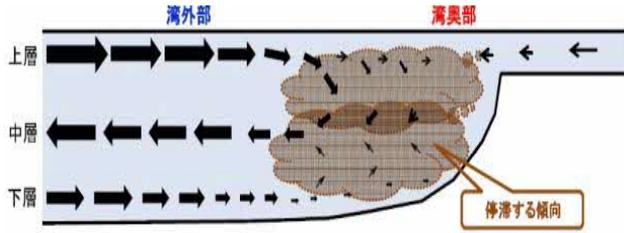


図6-3 米子湾エリアの流動（下層）

○結果：下層では流速は弱いですが、米子湾奥部に向かう流れがある。

【参考 平成 25 年度中海会議 米子湾の流動解析報告資料 抜粋】



流れの構造は3層（表層と下層は湾奥へ、中層は湾外へ流れる）を示した。
湾奥部へ行くほど水の流速は減少しており、湾奥ほど流れが停滞しやすい傾向にある。

(ウ) 米子湾エリアの河川の流入負荷の広がりの影響度調査

鳥取県では、米子湾エリアにおいて、4つの河川流域からの流入負荷の広がりが分かる分布図をシミュレーションにより作成し、環境基準点である米子湾中央部（T-3）、安来港地先（N-4）への影響度を推定した。（図7、図8）

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。

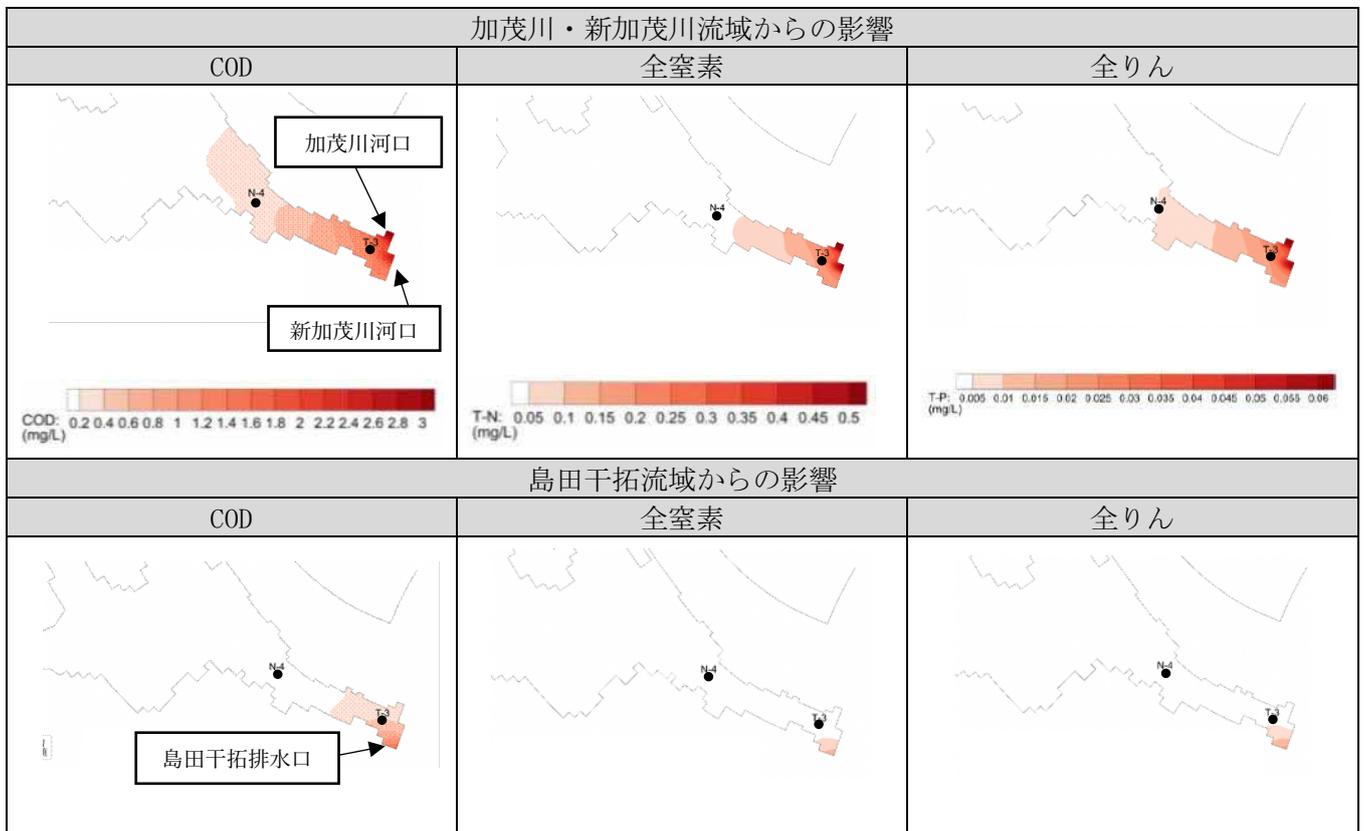


図7：加茂川・新加茂川流域及び島田干拓流域からの影響

(※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。)

○結果：流入地点を中心に米子湾奥部に留まっている。

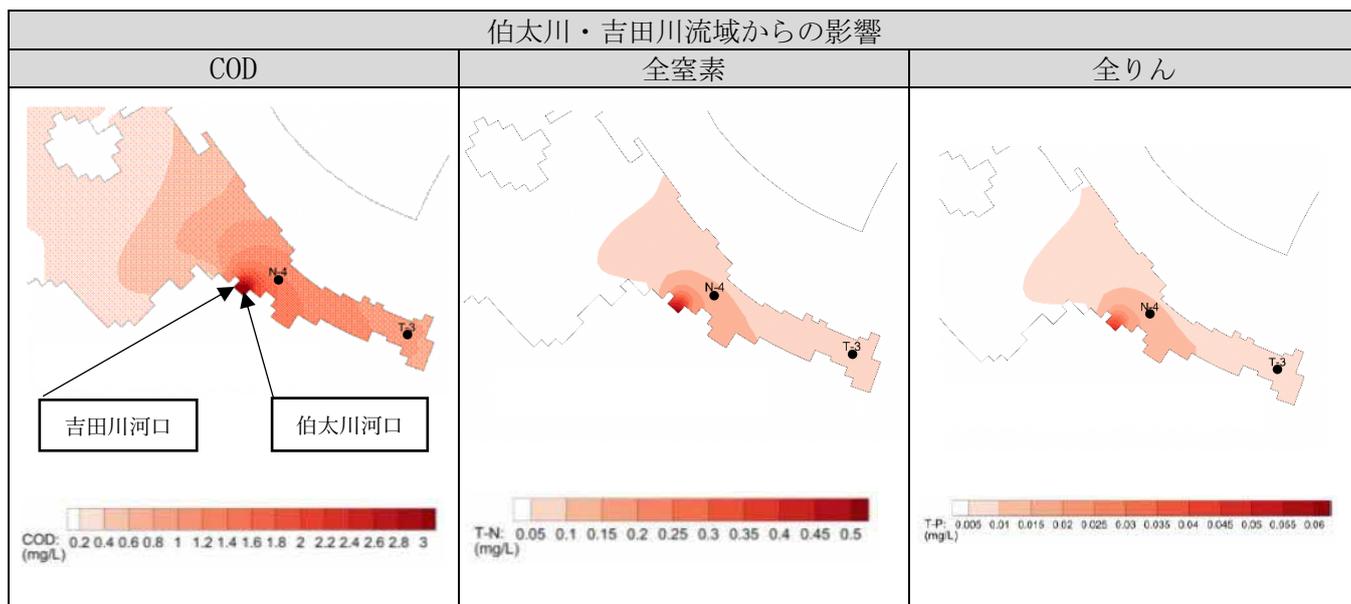


図 8-1 : 伯太川・吉田川流域からの影響

(※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。)

○結果 : 中海の湖心や米子湾奥部に広がっているが、影響範囲は流入地点が中心ではなく、流入地点から米子湾奥部に向かって拡散している。

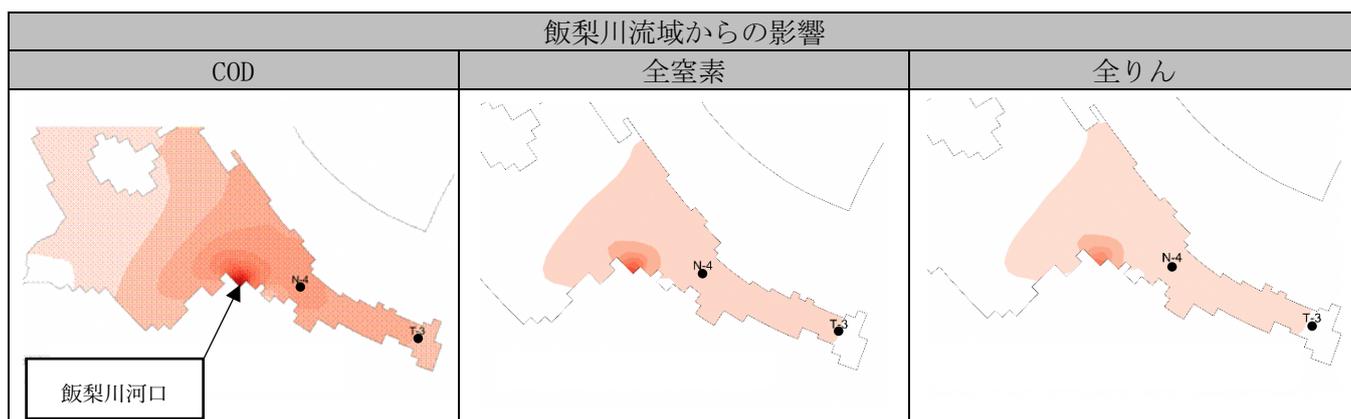


図 8-2 : 飯梨川流域からの影響

(※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。)

○結果 : 流入地点を中心に中海の湖心から米子湾奥部に広がっている。

以上のことから米子湾に流入する負荷の広がり、次の傾向が確認された。

加茂川・新加茂川、島田干拓からの流入による負荷は、表層付近では米子湾奥部に留められる。負荷の影響範囲が米子湾奥部に留められることは過去（平成25年度）の流動解析結果での湾奥ほど流れが停滞しやすい傾向と合致している。

一方、伯太川・吉田川及び飯梨川からの流入による負荷は、表層付近では中海の湖心から米子湾奥部にかけて広範囲に広がっている。ただし、米子湾中央部（T-3）への影響度は、加茂川・新加茂川に比べると小さい。

湖内環境に関する知見の蓄積と対策の検討（内部負荷）

今年度の湖内環境（内部負荷）に関する研究は、これまでの底質成分のモニタリングとファインバブル技術を活用した底質調査に加え、米子湾における窪地調査を行った。

ア 底質成分のモニタリング及び米子湾窪地調査

鳥取県では、水質シミュレーションの精度向上を目的に、学識者から底質の実測データ（硫化水素の濃度など）を取得するよう助言があったことを受けて、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）

さらに令和3年9月には調査地点を5地点（図9）に増やして、地点ごとの底質成分を調査した。

その結果、窪地（イ）と米子湾中央（ア）の底質内の水に含まれる硫化水素濃度を比較したところ、窪地の地点の濃度が高いことを確認した。（表2）

また、令和4年2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、底質内の水に含まれるアンモニア態窒素、りん酸態りん及び窪地の水に含まれる全窒素、全りんを測定した。あわせて、窪地中の貧酸素化の状況を確認するため、底質内の水に含まれる硫化水素を測定項目に加えた。

その結果、窪地内の底質中では2つの窪地のいずれにおいても硫化水素が高い濃度で確認された。一方、窪地の水については硫化水素は濃度が低いことが確認された。（表3、表4）

調査地点（5地点）
ア：米子湾中央部（T-3 環境基準点）
イ：窪地（八尋鼻沖窪地）
ウ：ポンプ場沖
エ：ファインバブル供給口
オ：新加茂川河口



図9 底質調査地点

表2 底質内の水に含まれる硫化水素濃度（mg/L）

地点名	硫化水素濃度（mg/L）
ア：米子湾中央部（T-3 地点）	25
イ：窪地（八尋鼻沖窪地）	49
ウ：ポンプ場沖	37
エ：ファインバブル供給口	18
オ：新加茂川河口	0.22

表3 ⑥八尋鼻沖窪地、⑧高留鼻沖窪地の底質内の水に含まれる栄養塩及び硫化水素の濃度（mg/L）

窪地の底質内の水に含まれる物質	⑥八尋鼻沖窪地	⑧高留鼻沖窪地
りん酸態りん	4.5	10
アンモニア態窒素	6.4	24
硫化水素	50	59

表4 ⑥八尋鼻沖窪地、⑧高留鼻沖窪地の水に含まれる栄養塩及び硫化水素の濃度（mg/L）

窪地の水に含まれる物質	⑥八尋鼻沖窪地	⑧高留鼻沖窪地
全りん	0.04	0.04
全窒素	0.99	1.59
硫化水素	0.01	0.01

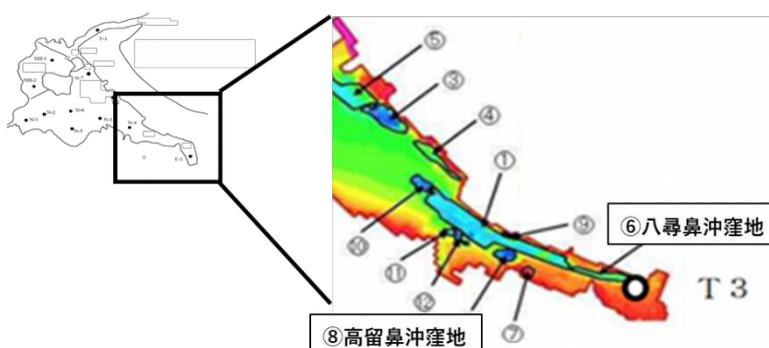
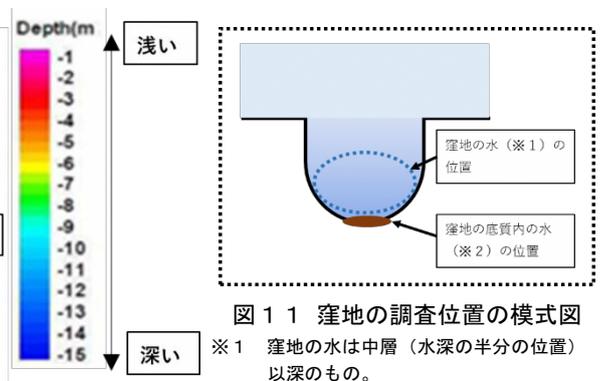


図10 米子湾エリアにおける窪地位置図
（出展：令和元年度中海会議資料）



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おり、特に貧酸素化しやすく、底質成分が溶出しやすい傾向がある春から夏にかけて、窪地内の水質及び底質の状況を確認する必要がある。

イ 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12、図13、図15）

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）の底質で強熱減量（IL）が減少していることがわかった。（図14）

強熱減量が低いことは底質中の有機物が少ないことを示しており、ファインバブルから供給された酸素によって底質中の有機物の分解が進んでいることが確認できた。

また、ファインバブルの供給口付近の底生生物の調査では、島根県の準絶滅危惧種であるマメコブシガニを確認した。（図16）

令和4年度は調査を1年間継続し、特に夏場でのファインバブルの効果を検証したい。

※ 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。

表5 令和2年度と令和3年度の装置の比較

項目	R2装置	R3装置
タンク水量	2.5 m ³ (500L×5)	6 m ³ (3000L×2)
処理水量	70L/分	360L/分
処理水域	ポンプ場の 20m沖	ポンプ場の 150m沖
改良点	<ul style="list-style-type: none"> ・処理水量を5倍に増強 ・タンクの数減らして効率化 ・検証場所を、効果検証がしやすい150m沖合に設定 	



図12 実証試験装置の外観



図13 調査地点の位置
(出典：地理院地図)

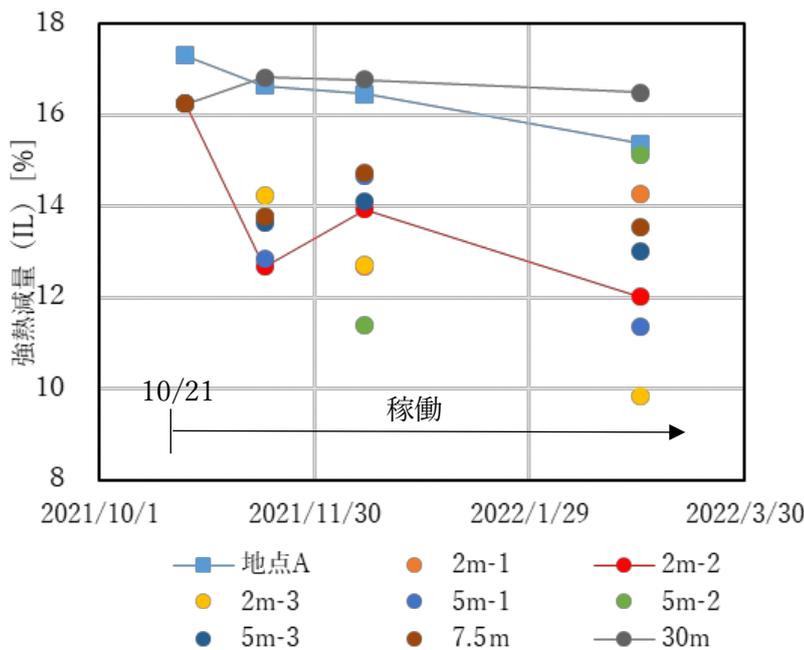


図14 調査地点の底質の強熱減量（IL）

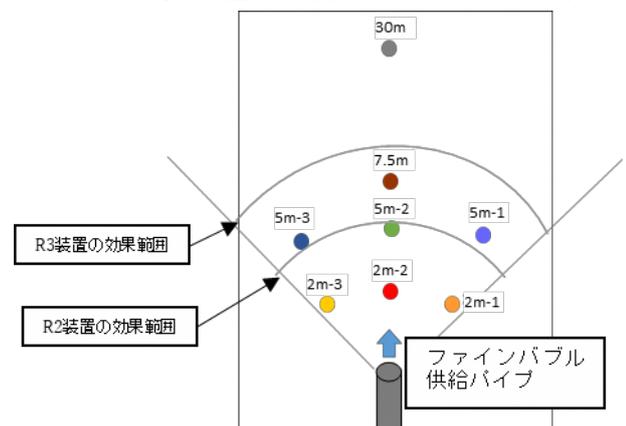
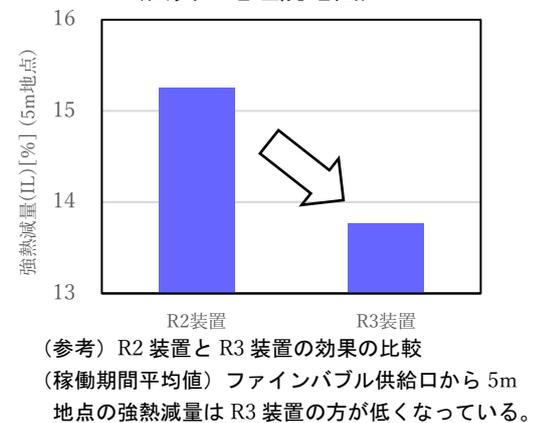


図15 ファインバブル供給口付近の調査地点位置図

ウ 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、夏季の調査を行い、窪地が水質に及ぼす影響を実測した結果を基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確認された。



図16 ファインバブル供給口付近の底質で確認されたマメコブシガニ

3 今後の方向性

今後は、現在実施している流入負荷対策と湖内対策について、これまでの対策による流入負荷の削減量の分析のほか、底質及び窪地での現地調査を行い、第8期の湖沼水質保全計画の策定に向けた効果的な水質浄化対策を検討していきたい。