

1. 中海の平成28年度水質測定結果

(1) 環境基準等の達成状況

- 環境基準点12地点(図1-1)における水質測定結果は、COD(化学的酸素要求量)、全窒素及び全りん
のいずれの項目も環境基準未達成(図1-2)(ただし、いくつかの地点では環境基準値を達成)
- 第6期湖沼水質保全計画で定めた目標水質について、**CODは目標を達成**。全窒素及び全りんは、未達成
→ ただし、全窒素はT-3、N-1、N-4、N-5以外の地点では目標水質を達成。全りんもT-3、N-4以外の地
点では目標水質を達成している。

図1-1 中海の環境基準点の位置図

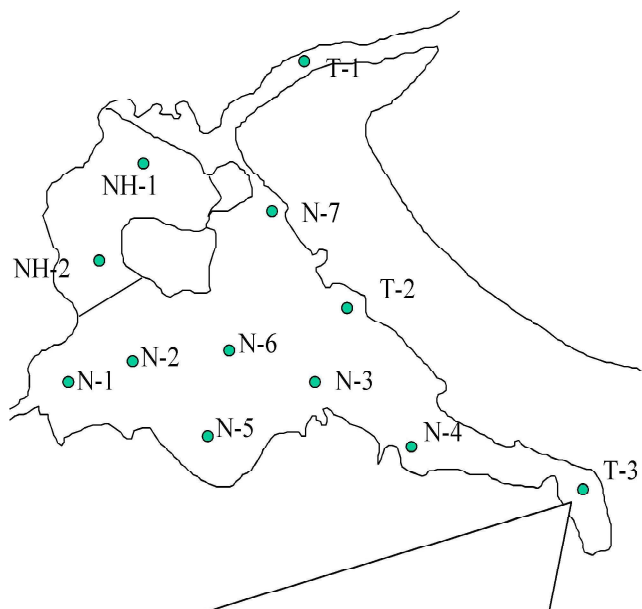
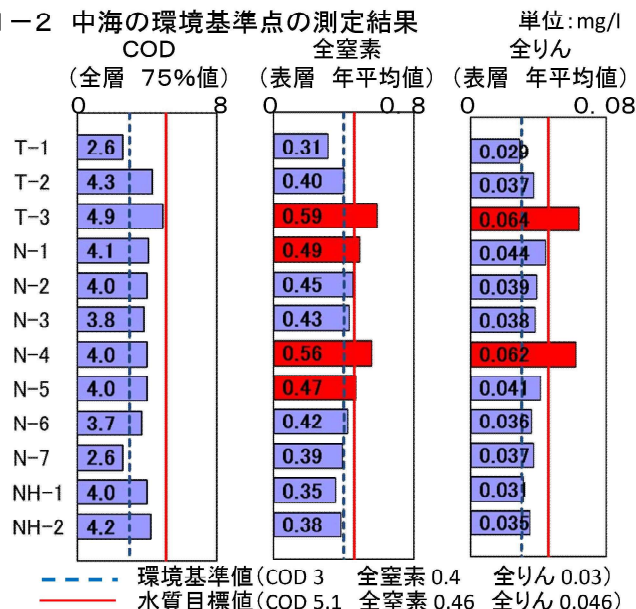
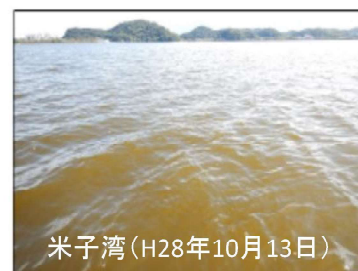
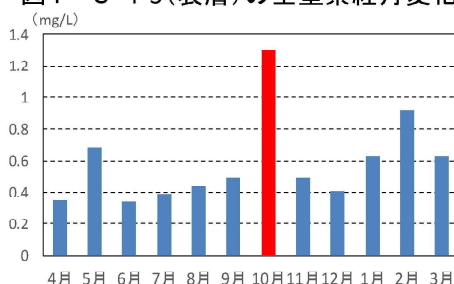


図1-2 中海の環境基準点の測定結果



T-3とN-4の窒素とりんについて、10月の値が高かった。
 なお、10月調査日(10/13)に、T-3やN-4付近は**赤潮**が発生。

図1-3 T-3(表層)の全窒素経月変化

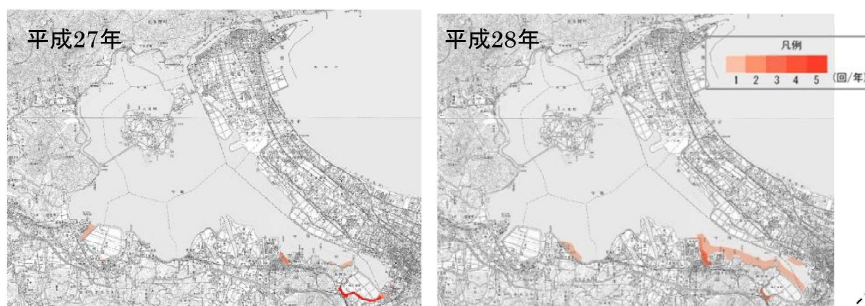


【参考1-1: 赤潮の発生原因】

- ・赤潮はある種の植物プランクトンの異常増殖であり、次の条件がそろって発生することが多い
 - ①表層水に十分な栄養(窒素、りん)が供給され
 - ②適当な気象条件(穏やかな晴れの日、成長に適した水温)
- ・平成28年赤潮の場合は、
 - ①発生前のまとまった降雨により、窒素、りんなどの栄養塩が陸域から供給され
 - ②その後、穏やかな晴れの日継続により、条件が満たされ、発生に至ったものと考えられる

【参考1-2: 赤潮の発生状況】

- ・平成28年の赤潮の確認日数は、過去5か年では最も少ない状況となっている。
- ・平成28年赤潮の確認範囲は、平成27年に比べると広がっているが、米子湾および中海西部における局地的なものであった。

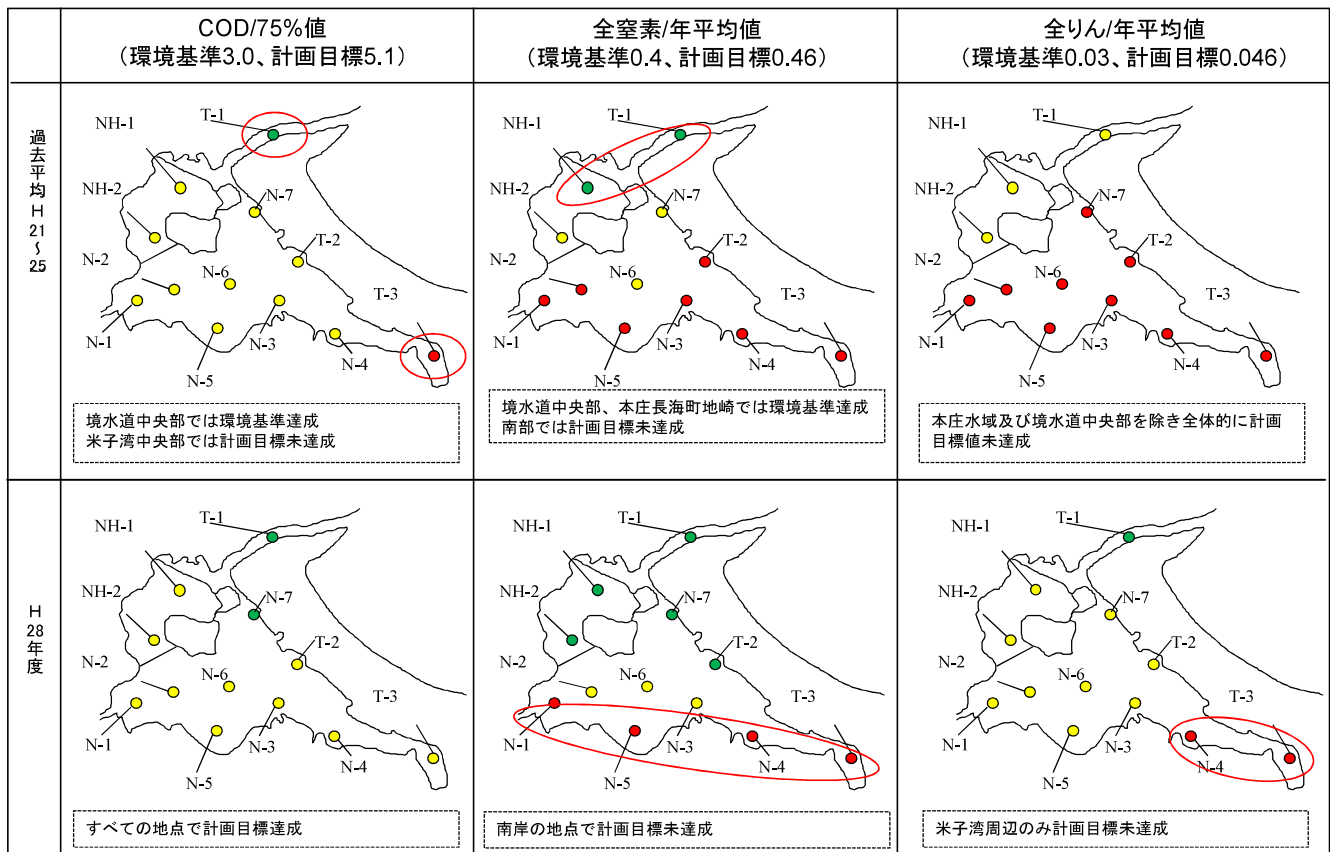


【参考2 中海の地点別水質経年比較】

●：計画目標値非達成

●：計画目標値達成だが環境基準非達成

●：環境基準達成

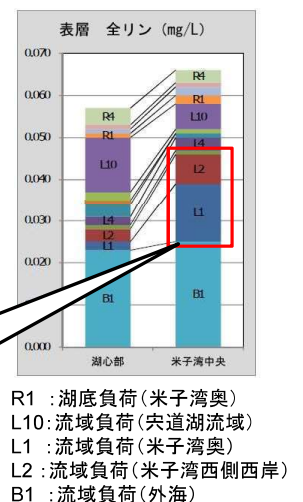
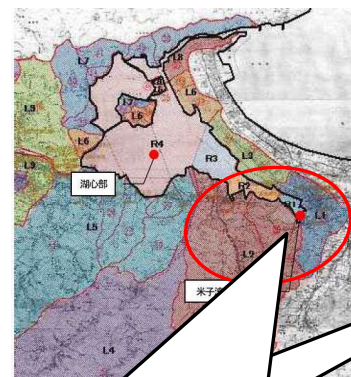
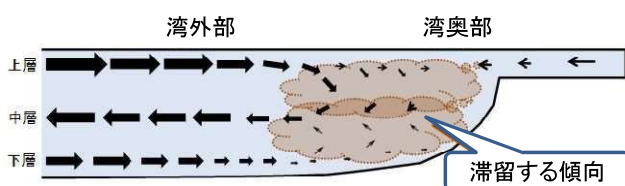


【参考3 米子湾の水質について】

○米子湾は過去を通じて中海で水質の悪い水域である

○原因

- ・大きな流入河川がなく、閉鎖性が高い水域であること
- ・後背地の市街地等からの、流入負荷が多いこと など



- ・米子湾の水質に影響が大きいのは、米子湾奥及び米子湾西側西岸からの流入負荷
- ・湖底からの影響は相対的に少ない

○これまでの下水道整備等の各種施策により、水質は徐々に改善傾向にある

○この結果、流入河川水質は米子湾の水質と同程度まで低下したが、近年はどちらも下げ幅は少ない

○よりいっそうの水質改善を図るためにはさらなる生活排水対策と様々な流出水対策による、米子湾周辺の流入負荷削減策が重要

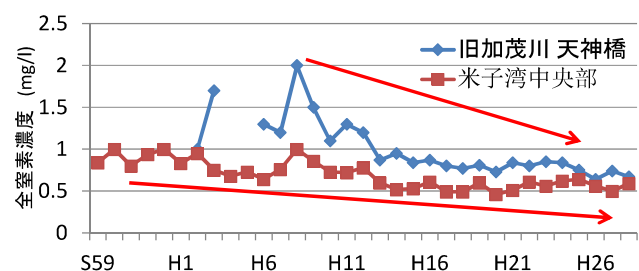


図 旧加茂川および米子湾中央部の全窒素濃度の経年変化

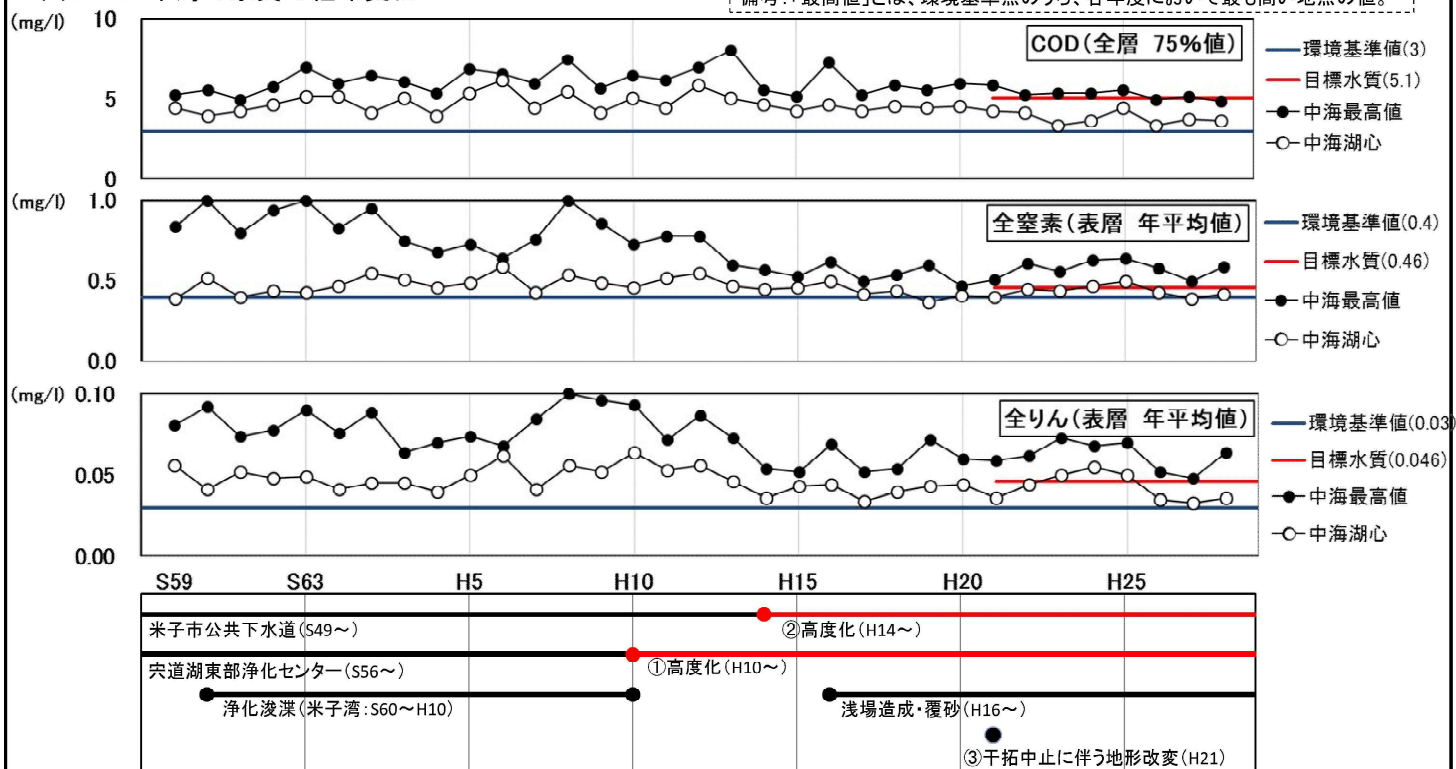
(2) 環境基準等の経年変化

中海の水質はここ約30年を見ると、下水道の整備および高度処理化などにより改善が見られる

- CODは、最高地点、湖心ともに昨年度より低下し、最高地点は昭和59年以降でもっとも低い値であった。
- 全窒素は、最高地点、湖心ともに昨年度より上昇したものの、過去5年の変動の範囲内であった。
- 全りんは、最高地点、湖心ともに昨年度より上昇したものの、過去5年の変動の範囲内であった。

図1-4 中海の水質の経年変化

備考:「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2】湖心部、米子湾の水質に対して、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。

(3) 望ましい湖沼の将来像に向けての評価指標

望ましい湖沼の将来像の実現に向け、県民の皆さんに、身近で、わかりやすい新たな評価指標を設定

① 五感による評価指標

- ・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11地点で実施
- ・五感(見る、聞く、嗅ぐ、味わう、触れる)により湖沼環境を100点満点で数値化
- ・80点以上の「おおむね良好で親しみやすい環境」を目指す

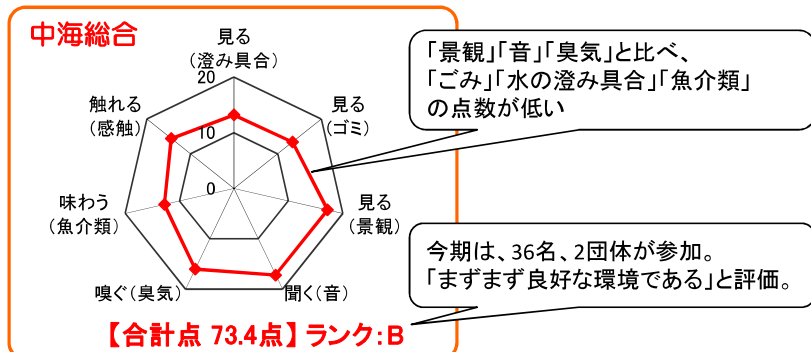


図1-5 五感指数の経年変化(中海総合)

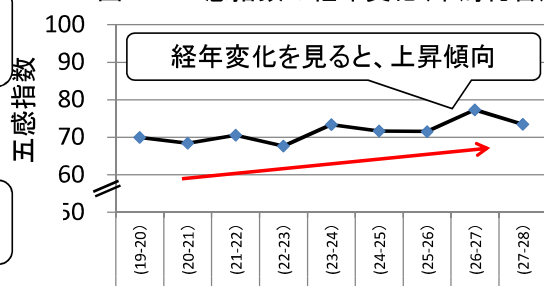
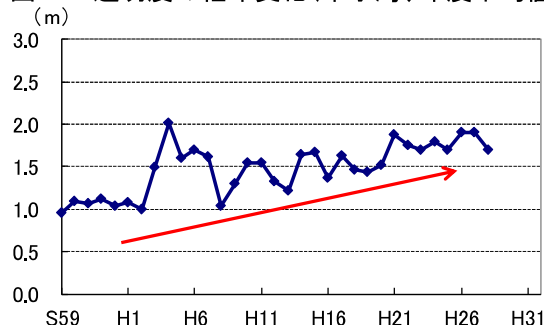


図1-6 透明度の経年変化(米子湾、年度平均値)



② 米子湾における透明度

- ・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
- ・おおむね2mを目指す

○平成28年度の年度平均値は1.7m

○昭和59年以降、透明度の上昇傾向が見られる

2. 湖沼水質保全計画の進捗状況について(中海)

水質改善に取り組むため、平成元年から湖沼水質保全計画を定め、国、県、関係市、県民、企業及びNPO等が連携して、各種施策を推進している。

第6期湖沼水質保全計画(平成26～30年度)において、平成30年度までに達成すべき目標を定めている各種施策は、概ね計画どおりに進捗している。

(1) 生活排水対策

中海の水質保全を図る上で、生活排水に係る汚濁負荷量の削減対策が引き続き重要であるため、生活排水処理施設の整備及び高度処理化を促進。

図2-1. 生活排水処理施設の整備状況(島根県)

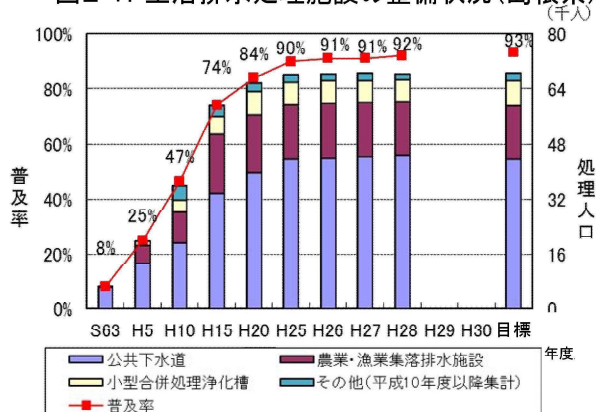
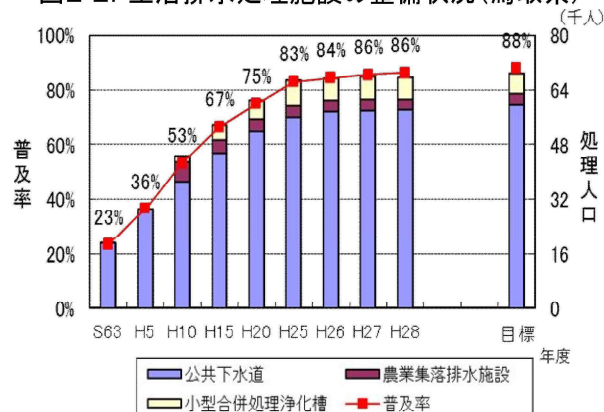


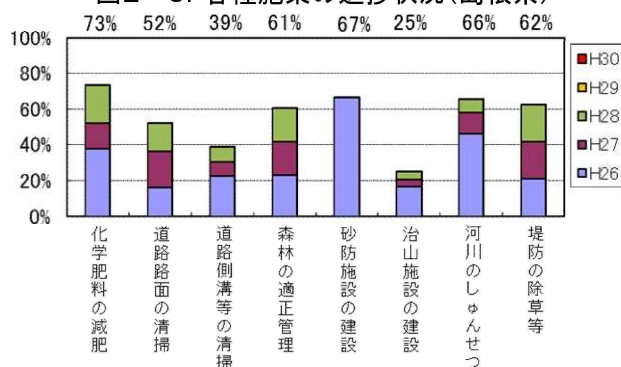
図2-2. 生活排水処理施設の整備状況(鳥取県)



(2) 流出水対策

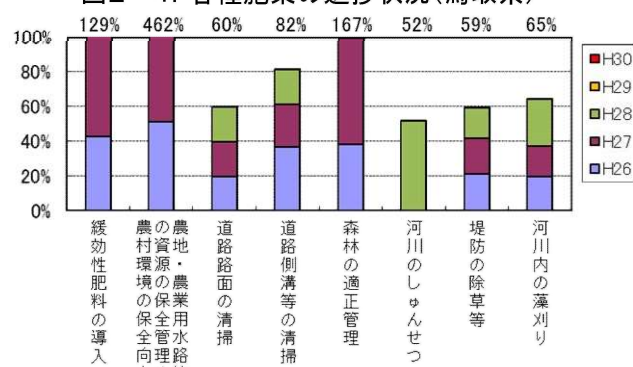
代表的な対策として、①農業地域対策、②市街地対策、③自然地域対策、④流入河川直接浄化対策、などがある。一部の施策を除き、負荷量としての定量化が困難である。

図2-3. 各種施策の進捗状況(島根県)



注1) H30年度までの累計目標事業量を100%とする。

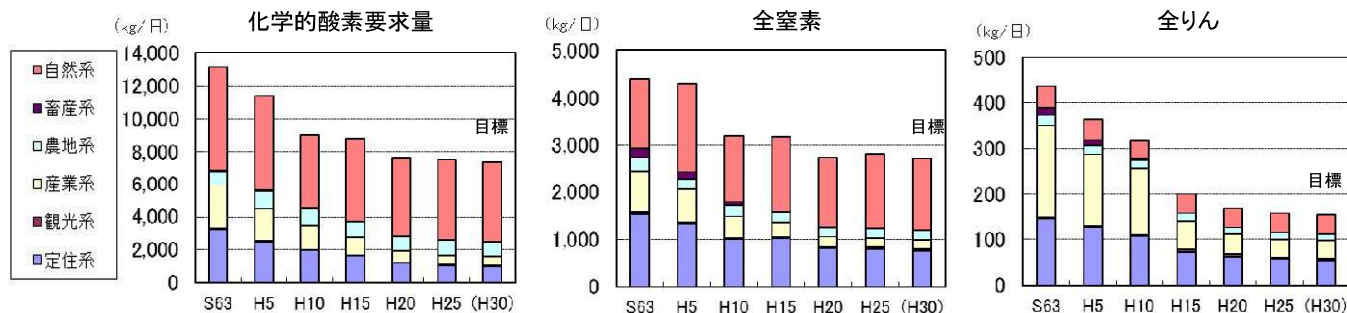
図2-4. 各種施策の進捗状況(鳥取県)



注1) H30年度までの累計目標事業量を100%とする。

注2) 急傾斜地崩壊防止施設建設は現在事業実施中(用地取得中)

【参考4. 中海に流入する汚濁負荷量の推移】



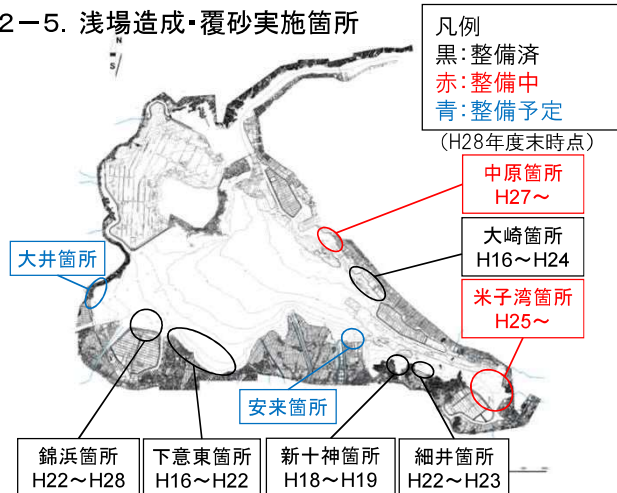
- 生活排水処理施設の普及に伴い、中海に流入する負荷量(特に定住系、産業系)が減少してきたが、近年、整備は進んできたものの、普及率の伸びが鈍化し、負荷量の減少幅も小さくなっている。
- 下水道の高度処理化(主にりん対策)と時を合わせ全りんの負荷量が大きく減少している。
- さらなる中海の水質改善のための一つの方策として、流入負荷量をいっそう減らすことが必要
- 下水道のいっそうの普及に加え、これまで負荷量があまり減少していない自然系などの負荷対策も進めていく必要がある

(3) 湖沼の浄化対策

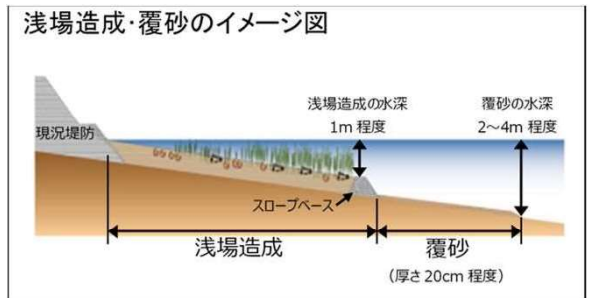
① 浅場造成・覆砂

湖岸前面の沿岸部において、波浪による巻き上げを防ぎ、透明度の向上を図るとともに、生物の生息・生育・繁殖環境の再生による湖の自然浄化機能の回復を目指し、浅場の造成や覆砂に取り組んでいる。

図2-5. 浅場造成・覆砂実施箇所



浅場造成・覆砂のイメージ図



- 浅場造成・覆砂…整備延長: 14.4km
※延長は、事業着手以降(H16~)の計画延長を示す
現地の状況により、整備範囲を変更する場合がある
- 浅場造成・覆砂は、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。

錦浜地区のモニタリング結果

施工後3年目の事後調査として、主要二枚貝(アサリ)の生息状況を確認した。施工前後の比較では、個体数は地点により傾向は異なるが、湿重量については多くの箇所で増加しており、アサリの生息環境として機能していることが伺える。



二枚貝(アサリ)の生息状況

② 中海の海藻刈りによる栄養塩循環システム自立支援事業

住民団体等が実施する湖内の海藻回収等の事業に対して支援を行い、水質浄化の推進を図った。



- 中海の未利用資源を活用した新たな資源循環システムモデルが構築され、自立が見込まれる状況になった(回収した海藻を肥料化する会社が「しまね大学発・産学連携ファンド」から出資を受け起業した)。
- 漁業者、農家、企業、NPO、地域住民など幅広い人々の参加があり、中海の賢明な利用を推進する効果があった。
- 海藻1,000tを湖外搬出することによる水質浄化効果として、窒素: 2,089kg、りん: 163kgを湖外持出。(中海へ流入する生活系負荷量の約2.4日分)

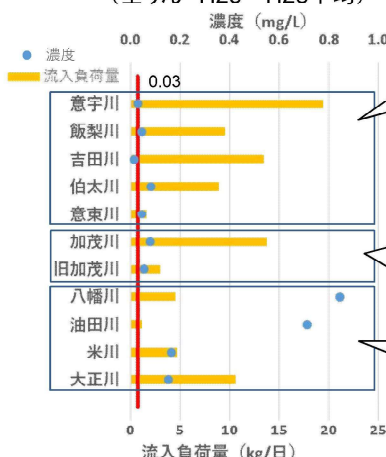
回収実績 (H23~H28年度) 1,909 t (2団体)

(4) 調査研究の推進と対策の検討

中海流入河川水質調査

今後の水質浄化対策等の基礎資料とすることを目的として、中海へ流入する河川の水質及び流入負荷量等について、関係機関が連携して調査。

図2-6 河川毎の濃度及び流入負荷量 (全りん H25~H28平均)



【調査結果】…河川の特徴と対策

- CODの流入負荷は、調査した春季から夏季にかけて高くなる傾向がみられた。
- 濃度は他の河川に比べ低い。
- 流域面積が広く、流量が多いため、流入負荷量としては大きな値。
- 農業系や自然系(山林等)など、引き続き総合的な対策が必要であると考えられる。
- 加茂川は、農地や市街地などからの負荷が比較的多いため濃度が高く、流量も多いことから、流入負荷量が大きな値。
- 農業系や自然系(山林等)の負荷の影響が一定程度あると推測される。
- 旧加茂川は流域面積が狭いものの、市街地からの負荷が比較的多いため、流域面積当たりの流入負荷量が大きい結果となった。
- 重点的に流出水対策を推進することにより、負荷低減を図ることができると考えられる。
- 他の河川に比べ、COD、全窒素及び全りん濃度が非常に高い値。
- 他の河川に比べて流量が少なく、流入負荷量としては少ない値。
- 公共下水道の未整備の地域が含まれ、整備の進捗により、水質改善が期待される。

中海・覆砂検討ワーキンググループ／検討結果

平成 29 年 8 月 23 日
国土交通省出雲河川事務所 水環境課
鳥取県 水・大気環境課
島根県 環境政策課

1 趣旨

平成 28 年 8 月 8 日の中海会議での議論により、水質等の改善につながる「覆砂対策（窪地対策を含む）」について、ワーキンググループ（以下「WG」という。）において検討することとされた。

これを受け、国と鳥取・島根両県の関係課による「中海・覆砂検討ワーキンググループ」を設置し、過去の覆砂対策の経緯やその実施に関する情報を整理するとともに、中海における覆砂対策の可能性の検討を行った。

2 検討の経緯

これまでに、準備会 1 回と WG を 4 回開催し、底質（窪地）の水質への影響度、覆砂対策手法とその効果、対策に用いる資材の検討等を実施した。

（1）参集関係機関

【構成員】

国土交通省出雲河川事務所

鳥取県（水・大気環境課、河川課、西部総合事務所生活環境局、衛生環境研究所）

島根県（環境政策課、河川課、斐伊川神戸川対策課、保健環境科学研究所）

【オブザーバー】

鳥取県（広域連携課）

島根県（政策企画監室）

周辺市（米子市市民人権部、境港市市民生活部、松江市環境保全部、安来市市民生活部）

（2）WG開催日

検討準備会 平成 28 年 9 月 13 日

第 1 回 WG 平成 28 年 12 月 26 日

第 2 回 WG 平成 29 年 4 月 17 日

第 3 回 WG 平成 29 年 5 月 17 日

第 4 回 WG 平成 29 年 7 月 28 日

3 中海の現状とこれまでの湖内対策

中海は塩分濃度差による上下 2 層構造の汽水湖であり、上下層は容易には混合しない。このため、表層からの酸素供給が起りにくい下層（水深約 4 m 以深）は、夏季を中心にほぼ全域で貧酸素化し、それに伴い、湖底から窒素やりんが溶出することが知られている。

【図 1】

また、中海湖底には過去の公共工事による浚渫窪地があり【図 2】、湖底面積の約 10% を占めている。その窪地には内部の水の循環が悪いものもあり、そこで溶出した窒素やりんが蓄積しやすい。

中海の水質は、環境基準は未達成であるものの、湖沼水質保全計画に定める目標値を多くの地点で達成しており、近年は、横ばいからやや改善傾向も見られる。

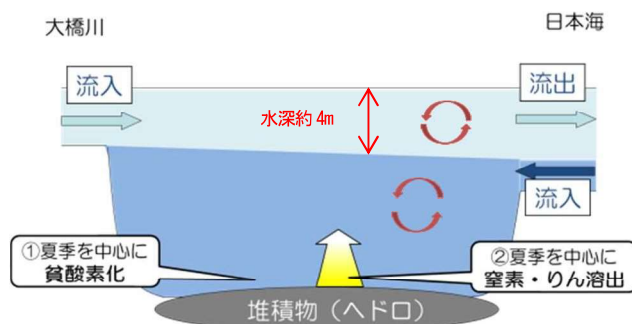


図 1 中海の特徴

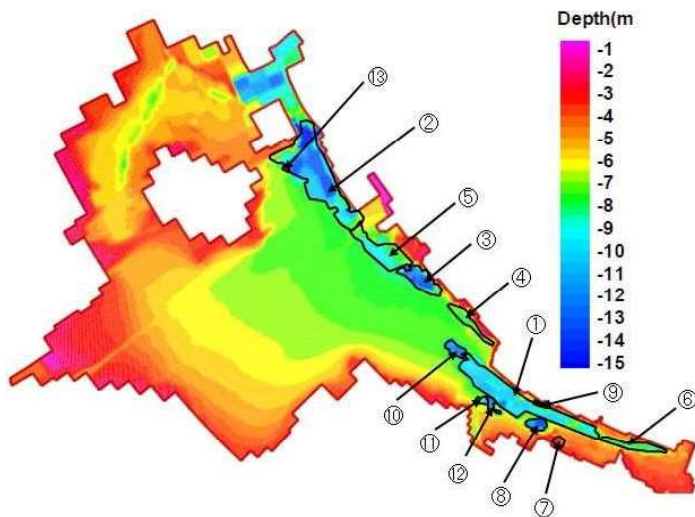


図2 中海の窪地の状況

中海の湖底掘削量(S38以降)

No.	地点名	掘削量	
		面積 m2	土量 m3
①	彦名沖	1,984,000	6,724,000
②	弓浜干拓沖	2,748,000	14,169,000
③	葭津	458,000	2,740,000
④	大崎沖北	371,000	936,000
⑤	米子空港沖	638,000	1,274,000
⑥	八尋鼻沖	261,000	973,000
⑦	細井沖	78,000	416,000
⑧	高留鼻沖	101,000	798,000
⑨	油壺鼻沖東	200,000	328,000
⑩	大崎沖南	667,000	1,816,000
⑪	油壺鼻沖北	180,000	195,000
⑫	油壺鼻沖南	221,000	405,000
⑬	江島沖	40,000	126,000
合計		7,947,000	30,900,000

注) 本資料は、出雲河川事務所において河川法申請図書や、湖底地形地図を元に算出したもので、関係機関等への確認を行ったものではなく、参考値である。

水質改善を進めていくためには、流入負荷の削減と、湖底からの溶出、湖内で生成する負荷を抑制するための湖内対策が考えられる。

湖内対策（底質対策）として、過去には国土交通省により試験的に窒素やりんなどの溶出抑制を目的とする浚渫窪地の覆砂等が行われた（H12年度～H15年度）が、効果の持続性に課題があったことから、近年は効果の持続性が期待でき、同時に自然浄化機能の回復を目指して、沿岸部において浅場造成・覆砂が進められている。

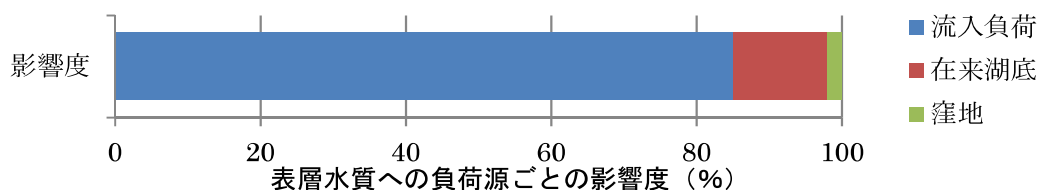
また、認定NP0法人自然再生センターにより石炭灰造粒物を用いた窪地への覆砂の実証試験が行われている（H20年度～）が、国土交通省と同様に効果の持続性に課題があることが確認されている。

4 底質及び窪地が中海全体の水質等に与える影響と程度

鳥取県・島根県による水質シミュレーションによると、中海表層水の窒素・りん濃度への影響は流入負荷によるところが大きく（影響度80%強）、底質・窪地によるものは相対的に小さいことが示されている。

従って、水質への影響（効果）が高い流入負荷対策を進めているところであり、一方、在来湖底で浅場造成・覆砂を行っているところである。

- ・中海全体の底質からの窒素、りんの溶出による表層水の水質への影響度は10%強と推測
- ・中海全体の窪地内からの窒素、りんの移行による表層水の水質への影響度は1～2%程度と推測



※水質シミュレーションは、湖沼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年の気象条件等をあてはめて実施

※窒素、りんの影響度のシミュレーションにあたっては、底泥間隙水の溶存酸素量、水温、拡散係数なども考慮し計算を実施

5 底質対策手法の検討

(1) 底質対策（覆砂）の手法の整理

中海における底質（窪地）対策の手法は次の4種類が考えられる

※手法種類／模式図

- ①浅場造成・覆砂
- ②深場覆砂
- ③窪地覆砂
- ④窪地埋め戻し

それぞれの手法の概要を表1に示す。

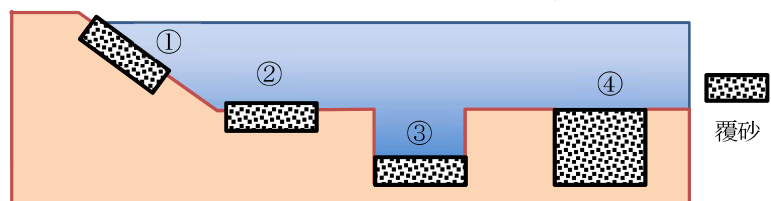


表 1 底質対策手法の概要

対策手法		②深場覆砂	③窪地覆砂 (④窪地埋戻し)	【参考】 ①浅場造成・覆砂
水域区分		4 m以深 (浚渫窪地を除く)	浚渫窪地	4 m以浅
施工種類		数十 cm 程度の覆砂	数十 cm 以上の覆砂	数十 cm 程度の覆砂
対策地点近傍に おいて期待でき る直接的な効果 [効果の持続性]	透明度の上昇	期待できない	期待できない	期待できる [持続する]
	生物生息の場所の 創生	期待できない	期待できない	期待できる [持続する]
	栄養塩溶出の抑制	期待できる [数年程度：新生堆積物の影響による]	期待できる [数年程度：新生堆積物の影響による]	期待できる
	負酸素水塊の縮小	期待できる [数年程度：新生堆積物の影響による]	期待できる [数年程度：新生堆積物の影響による]	—
	流動等の変化	あまり期待できない	③窪地覆砂による変化はあまり期待できない	浅場造成により、護岸付近での波浪が軽減される [持続する]
	土砂の必要量	—	— (④窪地埋戻しは大)	—
その他		—	過去に国土交通省が実施したが、効果の持続性が乏しいため浅場造成・覆砂に移行	- 現在国土交通省が実施中 - 浅場造成については、砂が移動しにくい地点選定・施工方法が重要

※それぞれの対策手法の効果とその持続性は中海の場所によって大きく異なるのが実態であるが、ここでは水深以外の地形条件が同様であると仮定してまとめた。

○浅場造成・覆砂とそれ以外の手法では、発現する効果が異なるため、優劣の判断は現時点では困難である。

○②深場覆砂、③窪地覆砂、④窪地埋戻しについては、効果の差は比較的小さいが、施工箇所の地形などの影響によって、効果の持続性が異なってくると考えられる。

(2) 公共工事で発生する土砂（資材）の調達可能性

表2 米子湾沖から半径 50km 内の公共工事における現場外搬出土砂量

年度	平成 29 年度	平成 30 年度	平成 31 年度	平成 32 年度
発生土砂量 (m³)	189, 180	109, 440	109, 800	76, 300

種類	メリット・デメリット
公 共 残 土	【メ リ ッ ト】 ・ 資材費は不要（運搬費は別途発生） 【デメリット】 ・ 土砂の安定的な確保が不透明 ・ 量と品質の管理が必要（一定基準を満たす安全かつ良質な土砂が求められる。）
購 入 砂	【メ リ ッ ト】 ・ 量と品質の両面で管理が容易（年間施工可能量 6 万 5 千 m³ を上回る土砂の供給が将来にわたって可能） 【デメリット】 ・ 資材費が必要
石 炭 灰 造 粒 物	【メ リ ッ ト】 ・ 量と品質の両面で管理が容易 【デメリット】 ・ 資材費が必要 ・ 年間供給量に限度がある（ただし、購入砂等での補完が可能）

6 まとめ

(1) 水質面の検討（底質が中海全体の水質等に与える影響と程度）

中海全体の底質から表層水への影響は 10%強で、窪地から中海表層水への影響は 1～2%程度と推測され、中海全体では、底質及び窪地からの表層水への影響は小さく、流入負荷による影響が大きい。

(2) 中海における底質対策手法の整理

浅場造成・覆砂、深場覆砂、窪地覆砂、窪地埋戻しの 4 つの底質対策手法を検討し、それぞれの効果と持続性について、比較検討を行ったが、それぞれの手法で発現する効果と持続性が異なり、地形や流動によっても持続性が異なることが考えられ、現段階では対策手法の順位付けには至っていない。

(3) 対策に用いる土砂（資材）の検討

現時点では、中海に投入可能な公共工事の発生土量は少ないが、中長期的には安全で良質な土砂を確保できる可能性があり、また、購入砂あるいは石炭灰造粒物を用いる方法もある。

公共工事で発生する土砂を中海で使用する場合には、安全性と品質が求められることから、底質対策に利用できる土砂の基準づくりが今後必要となる。

現在、国土交通省が実施している浅場造成・覆砂の早期完了を目指しつつも、覆砂対策の可能性について検討を継続するとともに、公共工事による発生土の情報についても収集していく。