

熱風乾燥カキ殻を用いた泥干潟改善計画

(正) 山本民次 (広島県環境保健協会、流域圏環境再生センター), (非) 中原真哉 (広島県環境保健協会)

1. まえがき

長年に渡る窒素, リンの流入負荷削減により, 瀬戸内海では透明度で代表されるような水質は大きく改善され, 貧栄養化している (Yamamoto, 2003). 一方で, 底質には難分解性有機物が堆積し, 嫌気分解によって生物にとって猛毒な硫化水素が発生する場所が少なくない. 底層の貧酸素水塊の形成において, 近年では有機物の酸化分解による酸素消費よりも, 硫化水素等の還元物質による酸素消費の方が大きいことが報告されている (山本ほか, 2011). つまり, 瀬戸内海の漁業不振は, 貧栄養化による資源量の低下に加え, 還元状態の底泥による餌生物を含む底生生物の生息量の減少, の2つの要因が重なって引き起こされていることが指摘されている (Yamamoto et al., 2021).

環境省は瀬戸内海環境保全措置法の2回にわたる改正により, 下水道施設や産業系排水の管理により, 行き過ぎた貧栄養化を軽減して, 水産資源の回復に努めている. しかしながら, 例えば, 上記の文献に示されているように, 広島湾ではそのまま自然の嫌気分解に任せておくと分解されるのに何千年もかかるという底泥の改善に対しては何ら前向きな対策は立てられていない.

演者らは, 熱風乾燥粉碎カキ殻 (Hot-air dried crushed oyster shell; HACOS と呼ぶ) を底泥に鋤き込むことで, 硫化水素の発生を大幅に抑制できることを以前報告している (Asaoka et al., 2009; Yamamoto et al., 2012). これらの科学的エビデンスに基づき, カキ殻を使って泥干潟の底泥を改善することで水質浄化につなげ, もって底生生物相を回復し, 漁獲量増加につなげることをねらいとするプロジェクト「安芸津町三津湾の泥干潟改善プロジェクト」を立ち上げた. 本プロジェクトは, 米国半導体メーカーの子会社マイクロンメモリジャパン株式会社 (東広島市吉川工業団地に工場) からの水質改善のための寄付金 90 万 USD によって行われるものである.

演者らは, 本プロジェクトを別名「白砂青松の浜づくりプロジェクト」と呼んでいる. 以前の護岸工事により階段状の護岸が造られており, 干潟へのアクセスは良い (写真1). 護岸の背後には無舗装の道路を挟んで松並木が整備されており, カキ殻で浜が白くなれば, まさに「白砂青松」を絵に描いたようになることが期待される. 当然, 白砂青松の浜には, ヒトの賑わいが戻ってくることを期待される. この報告の時点では, ちょうど初年度の工事が着工されたばかりであるため, 今回は本プロジェクトの構想および期待される成果について報告する.

2. 方法

プロジェクトの実施体制を図1に示す. 流域圏環境再生センターが中心となり, 環境調査は広島県環境保健協会が担当する. また, 広島湾さとうみネットワークは国土交通省中国地方整備局が進めてきた広島湾再生推進会議から派生した産官民連携の組織体であり, ここを通してイベントへの参加呼びかけを行う. 東広島市は行政としての許認可や広報に



写真1. プロジェクト対象の干潟. 階段状の護岸整備がされており, 背後に松並木がある.

についても側面からサポートして戴いている。プロジェクトは2023年6月～2028年5月の5年間である。

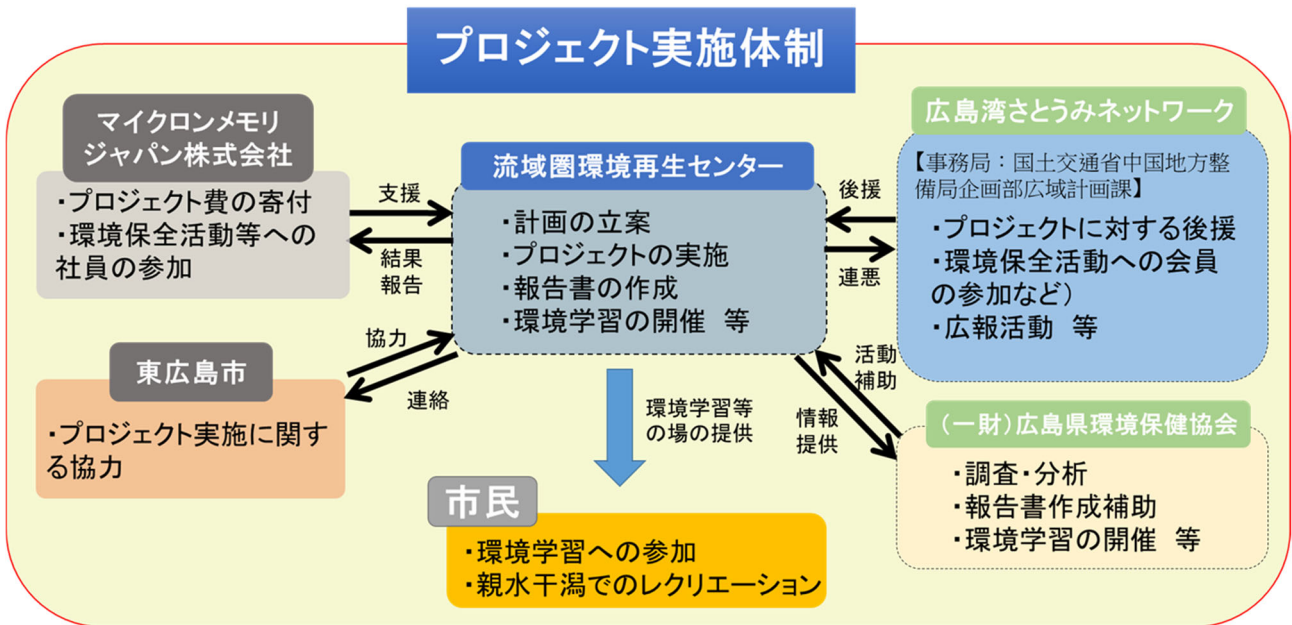


図1. プロジェクト実施体制. 流域圏環境再生センターが中心となり、広島県環境保健協会が環境調査、広島湾さとうみネットワークと東広島市などがイベントへの参加呼びかけなどの広報を行う。

2-1 カキ殻の施工

対象とする浜は、東広島市安芸津町三津湾の風早干潟 2.6 ha であり (図2)、ここに5～10 mm の熱風乾燥カキ殻約 2,600 トンを施工する (写真2)。干潮時に干上がる部分 (干潟) へは陸からクレーンでカキ殻を運び入れ、ミキシングフォークを付けたバックホウを使って干潟の泥に混ぜ込む。一方、干潟に続く干上がらない部分については、満潮時に運搬船によりカキ殻を投入する。

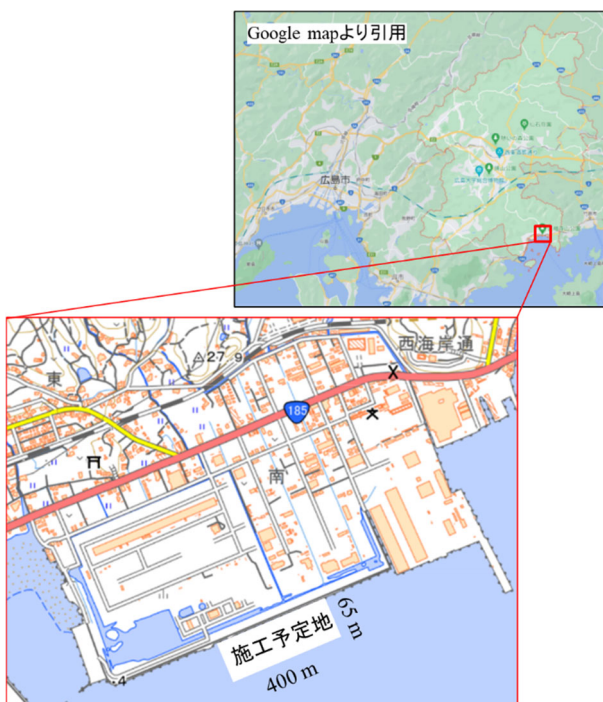


図2. プロジェクト実施の対象となる東広島市安芸津町三津湾の風早干潟と施工予定区域。



写真 2. 干潟の改善に用いる熱風乾燥粉碎カキ殻.

2-2 モニタリング

施工後毎年 4, 5 回程度の底泥および海水採取により, 各種項目を測定する. 底泥については, 泥温, pH, ORP, 硫化水素濃度, 窒素, リン濃度, 底生生物の種類と数などであり, 水質については, 水温, 塩分, pH, クロロフィル濃度, 溶存酸素濃度 (DO) などである. これらの定期的なモニタリングに加え, 測器を試験区, 対照区に設置することで, 水温, 塩分, 潮位, DO, クロロフィル濃度などを連続的にモニタリングする.

なお, すでに施工前の状況についても, 定点観測および連続調査により一通り把握してある.

2-3 環境学習および勉強会

毎年, 3, 4 回の頻度で, 当該干潟において環境学習を行う. 環境学習は, 親子対象, 一般成人対象, 学会エクスカージョンなどが, 今年度のイベントとしてすでに俎上に上がっている. コミュニティセンターでの事前学習に加えて, 現地の干潟において, カキ殻の鋤き込み体験や地引網体験を予定している. また別途, 年 1 回の報告を兼ねた勉強会を対面・ウェブのハイブリッド形式で開催することを計画している.

2-4 水質浄化の評価

硫化水素を抑制することで得られる水質浄化量を見積もる. これは, 米国マイクロテクノロジー株式会社のコンサルタント会社と議論を重ねて編み出したオリジナルの方法である. 複雑な方法なので, ここでは詳細は省略する. 当日述べる.

2-5 生態系の修復による漁獲量改善の評価

数値計算ソフト Stella (isee system inc.)を用いて, いわゆる Agent-based model を作成し, 差し当たってはリンの循環を扱う生態系シミュレーションを行う. 底質については, Mn, O, Fe, P, S に関する酸化還元反応のすべてを導入し, 生物については優占種について, 餌の選好性, 季節性を考慮し, 魚類等高次生物までの計算を行う. 水質, 底質, 生物に関するモニタリング結果を用いて出力の検証を行い, 水産資源の回復の評価を行う. シミュレーションモデルについては当日述べる.

3. 期待される成果

3-1 水質浄化量と生物生息回復量

底質の改善にともなう水質浄化量は年間約 140 万トンと見込んでいる. また, 場の改善にともなう生物生息の回復量がこれに加わることになる.

3-2 環境学習および勉強会への導入人数

初年度、親子参加イベント 20 名、一般成人対象 50 名、学会エクスカージョン 30 名、合計 100 名を予定している。事前学習とカキ殻鋤き込み体験により、カキ殻が環境改善材として有効であることについて学習して戴く。また、年 1 回の報告を兼ねた勉強会では対面 50 名、ウェブ 100 名の参加を見込んでいる。

3-3 カキ殻の有効性に関する認知度の向上と循環型社会形成

本プロジェクトにより、カキ殻が底質改善と水質浄化、さらには水産資源の回復に役立つものとしての理解が深まり、一般の方々の認知度を向上させることができる。また、環境修復機能を持つリサイクル材としてのカキ殻の有効性が理解されることで、行政による有効利用に関するガイドラインの作成につながり、自治体としての循環型社会形成に寄与する。

4. 考察

カキの養殖は広島湾や三津湾で広く行われており、広島県の主要産業である。そのため、広島県内では毎年年間約 10 万トンのカキ殻が発生している。これは適切に処理されれば有効利用できるリサイクル素材であるが、捨てれば廃棄物になる。広島県としては、需給のバランスが崩れてカキ殻が余ることは大きな懸念となっており、カキ殻を適切に処理して回さないと、カキ養殖生産自体にブレーキがかかる可能性さえある。

カキ殻の利用用途は、肥料、飼料、化粧品、建材などが一般的である。海で生成されるカキ殻を海で使うことは極めて自然なことであり、今回のように干潟海域でのこれほど大規模な環境改善への利用は初めてである。対象となる海域は広いため、材料も大量に必要となる。今後とも機能性を有するリサイクル材という認識を高め、沿岸域の環境修復に大いに利用されることを期待する。

引用文献

- 1) Asaoka, S., T. Yamamoto, S. Kondo and S. Hayakawa: Removal of hydrogen sulfide using crushed oyster shell from pore water to remediate organically enriched coastal marine sediments. *Bioresource Technology*, 100, 4127-4132 (2009).
- 2) 山本裕規・山本民次・高田忠宏・三戸勇吾・高橋俊之：浮遊系－底生系カップリング・モデルによる広島湾北部海域の貧酸素水塊形成に関する動態解析。水環境学会誌, 34, 19-28 (2011)
- 3) Yamamoto, T.: The Seto Inland Sea-Eutrophic or oligotrophic? *Mar. Poll. Bull.*, 47, 37-42 (2003).
- 4) Yamamoto, T., S. Kondo, K. H. Kim, S. Asaoka, H. Yamamoto, M. Tokuoka and T. Hibino: Remediation of muddy tidal flat sediments using hot air-dried crushed oyster shells. *Mar. Poll. Bull.*, 64, 2428-2434 (2012).
- 5) Yamamoto, T., K. Orimoto, S. Asaoka, H. Yamamoto and S. Onodera: A conflict between the legacy of eutrophication and cultural oligotrophication in Hiroshima Bay. *Oceans*, 2, 546-566 (2021).