

藻刈りから考える中海の自然再生の可能性

倉田健悟（島根大学 生物資源科学部 環境共生科学科）

緒論

山陰地方の汽水域またはエスチュアリーを代表する中海は、その地形的な成り立ちから現代の環境問題まで、様々な側面から研究対象となってきた。中海が持っている属性として、一つは、汽水域としての共通の現象や要因に深く関係している部分がある。もう一つは、中海という汽水湖が持つ個別の条件に影響される部分である。これは高安（2001）が、汽水域には宿命と個性がある、と述べたことと同じ文脈に位置する。

例えば、中海の塩分躍層の存在は、生物の分布を根本的に決定づけている。概ね3~4mより深い場所は、強固な塩分躍層の存在により温暖期には酸欠となり、生物の生息場所として非常に厳しい状態に陥る。エスチュアリーの定義にあるように「半閉鎖的」な状況が、汽水湖の中海の宿命として塩分躍層が鍵となる環境を生み出している一方、主に潮汐と河川水の支配下にある中海固有の水理が、時空間的に「ダイナミックな生態系」を駆動させている。

中海の個性として、例えば水域を分割して見ていくと、干拓堤防に囲まれた本庄水域、閉鎖性の高い米子湾、複数の浚渫窪地など、環境の異なる場所がいくつかある。沿岸の浅い場所には、自然の岩礁から人工的な護岸までの固い基質に、砂質から泥質までの堆積物が加わり、水深と流動のパラメータと相まって多様な生息場所が形成されている。このような沿岸の多様な生息場所では、それぞれに対応した生物群集が見られる。しかし、中海の沿岸における生息場所の機能と価値についてはこれまであまり研究されていなかった。

2003年の自然再生推進法の施行後、中海においては自然再生に対する関心が高まり、全国で数少ないNPOの発意による自然再生協議会が2007年に設立された。中海干拓淡水化事業（国営中海土地改良事業）の中止と中海のラムサール条約登録（いずれも2005年）により、中海を汽水域として存続させる方向性に決まったことが大きかった。その後、中海で最も広い干拓地となる予定であった本庄水域を取り囲む堤防の開削など、一部の地形改変が国により実施された以前の地形に戻すまでが事業中止後の目標設定のはずであるが、本庄水域の堤防が道路として利用されていることからその目処は立っていない。

中海自然再生協議会では、「1950年代の豊穡の湖（海）」「豊かで遊べるきれいな中海」を目標に掲げている。2022年現在、協議会では中海浚渫窪地の環境修復事業と海藻の回収及び活用事業の2つに注力している。特に、NPOが行っている海藻類の刈り取りに関するプロジェクト「オゴリング」では、環境教育や広報活動を積極的に行っている。その結果、中海が有望な地域資源であるという理解が徐々に地域住民に浸透している。しかし、干拓淡水化事業によって建設された本庄水域の堤防は残されたままであり、過去の「豊穡の湖（海）」であった中海に戻すには遠い道のりとなっている。温暖期の強固な塩分躍層による下層水塊の貧酸素化は汽水湖の宿命そのものでもあり、容易には解決しない課題である。今後、中海の自然再生を進めるためには、中海の宿命と個性を十分に理解した上で戦略的な再構築が必要である。

以上の背景を踏まえ、本シンポジウムでは、発表者が関わってきたいくつかの調査研究の例を紹介し、今後の中海の自然再生をどのように進めるか考える機会としたい。

堤防開削前後における底生生物群集の変化

堤防建設により閉鎖性の強い水域となっていた本庄水域の地形改変が行われた。まず、2007年7月までに西部承水路堤が撤去され、2008年5月に北側の排水機場跡地に潮通しパイプが設置された。2009年5月には東側の森山堤が60mの幅で開削され、境水道からの海水が直接、本庄水域に流入するようになった。これら一連の地形改変による環境変化が底生生物群集に及ぼす影響を明らかにするため、2006年5月～2010年10月の期間、月1回の頻度で定点で底生生物の定量採集を行った。同時期の中海本湖の地点と本庄水域の地点を比較することにより、地形改変の影響によって底生生物群集が変化したか検討した。その結果、主な6種の底生生物のうち、3種（アサリ、チヨノハナガイ、オクダイサゴムシ）の生物量が地形改変の期間中に本庄水域において増加したことが示された。西部承水路堤の撤去により中海本湖との流動が大きくなり、本庄水域の西側の地点ではヒメシラトリの個体数が増加したと考えられた。森山堤近くの地点では堤防の開削後にオクダイサゴムシの個体数が急激に増加し、開削による流動変化の影響であると推測された。一方、2011年以降に継続している調査では、本庄水域の水深5～7m程度の地点の底生生物相は貧弱であり、中海本湖と同様の強固な塩分躍層が観測されている。2006年～2010年に見られた底生生物群集の変化は、一連の地形改変による環境変化の影響と考えられるものの、現在の地形による流動の状況が固定化される中で、本庄水域の底生生物の分布は中海本湖と類似していったと思われる。

中海全域調査

干拓淡水化事業の実施と中止の他にも、近年の気候変動や流域の土地利用の変化など、中海に影響する要因は数多くあるため、長期的なモニタリングが必要であった。底生生物はその生態的特性から、生息場所の環境を比較的良好に表していると考えられる。干拓淡水化事業の実施より以前に報告された記録から現代までの底生生物群集の変遷を見ることで、中海の環境の長期的な変化について考察することができる。このような背景から、島根大を中心とする研究チームは、5～10年に一度の頻度で中海を含む斐伊川水系下流部の調査を計画し、実施してきた

2016年に調査された中海の底生生物群集の結果（倉田ら 2018）は、本庄水域も含めて多くの地点で底生生物が採集されないか、多毛類のみが採集されたというものであった。このような結果は、宮地ら（1945）が述べた「死圏」と同様であり、中海のような強固な塩分躍層が発達する汽水湖では、温暖期の下層水が貧酸素となり、生物の生息に不適な状況になることを意味する。その程度や範囲こそ変化するものの、概して中海の水深の深い場所では夏季の酸欠が避けられない。それでも、1920年代の中海湖底の堆積物が「二から五分の黄褐色の腐泥が一面に沈積して居る」と表現される状況（妹尾 1922）から推定されるのは、湖底に酸素が供給される程度が現在より大きかった可能性を示唆している。また、1920年調査の報告（島根縣水産

試験場 1923) に見られるサルボウガイの分布範囲は中海の南部にまで広がっている。当時は境水道の東側に伸びる防波堤が建設されていなかった頃であり、境水道の長さは現在の3分の2程度であった。Pritchard (1952)の"free connection"は、外海と汽水域の水交換量を決める重要な要素であり、現在までの中海の環境変化はこの水理学的要因の変化に拠るところが大きいと考えられる。

沿岸の藻場生物群集

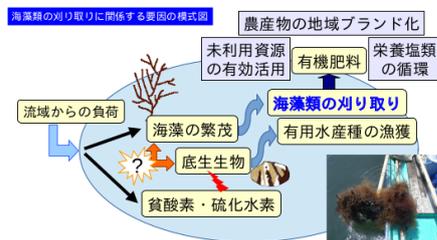
湖全体の宿命として温暖期の下層水の貧酸素化は位置づけられるが、中海の個性と言える局所的な生息場所の多様性についてはこれまであまり議論されてこなかった。浅海域の海藻群落は、生物の生息基盤、稚仔の保育場、餌場、敵からの隠れ家、といった生態系における重要な役割を担っていることが知られている。しかし、海藻類を刈り取ることが生物群集にどのような影響を及ぼしているかは分かっていなかったため、2017年より調査研究が行われた。その結果、藻刈りによって水中から陸上に移動している量は、現存量の10分の1程度であると見積もられた。また、藻刈りを模した野外実験から、刈り取りによる生物への効果は種によって異なることが示された。中海沿岸で優占するオゴノリやウミトラノオを生息場所としている生物群集を調べたところ、他の地点と比べて種数や多様度指数が大きく、沿岸の藻場は汽水域の生物群集にとって重要な生息場所であると考えられた。このように中海の水深の浅い場所では、下層水や湖底の状況と対照的な世界が広がっていると言える。

海藻類の回収及びその利用事業



- 中海の沿岸帯には主にオゴノリ類から成る藻場が広がっている。
- オゴノリ類は初夏から増え始めて秋には枯死した藻体が岸に打ち上げられる様子が見られる。

共同研究者：伊達勇介・藤井貴敏・須崎萌実(米子高専・物質)・渡部敬樹(認定NPO法人自然再生センター)・立石愛一・安永志織・三原綾夏(島根大・生資)



枯死した海藻類は溶存酸素を消費し、湖底の有機物量を増加させるため、海藻類の刈り取りは、浅い水域の生息場所の劣化を避けることが期待される。
 しかし、中海における海藻類の刈り取りが生物群集に及ぼす影響は明らかになっていない。

オゴノリ類の現存量の推定

2020年11月に中海の江島南側の水域において、スキューバダイバーが方形枠によって試料を採集する方法、船上からスミスアップライザー型探照灯で堆積物を採集してオゴノリ類の現存量を測定する方法を比較したところ、値に大きな差があった。スキューバダイバーは方形枠を設置する際、オゴノリ類がある場所を選択する一方、探照灯は船上から操作時に投下するため、両者による採集方法では、パッチ状に分布するオゴノリ類の現存量を推定する値の差が大きくなると言える。2021年5月現在、水中カメラによる撮影から、オゴノリ類の密度や現存量を推定する方法を検討中である。

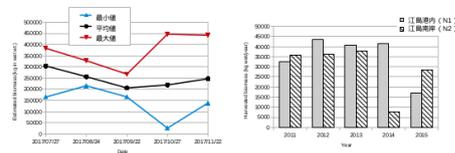


刈り取りの有無の影響

海藻類の刈り取りの有無の条件を設定した区を設け、産生生物群集と藻場生物群集について解析し、刈り取りが生物群集へ及ぼす影響を明らかにする。2021年3～5月に江島南の水深約2mの砂泥地で予備調査を実施し、柵を曳くことでオゴノリ類の刈り取りに模した操作を実際に行うことができるかを確認した。2021年6月現在、柵による刈り取り操作の方法を試行錯誤中である。確立後、調査地点を設定して刈り取りの有無について比較可能なデータを収集する。



現存量と刈り取り量の比較



左図：平塚ら(2006)「里湖モク採り物語」から中浦、江島地区の水深0～3mの面積として推計されている10ha (=100,000m²)を用いて換算。
 右図：渡部による中海における海藻類回収量の江島地区(N1, N2)のデータを引用。

オゴノリ類の分布の変化をモニタリングし、中海における現存量と生産量の推定値の精度を高める必要がある。

中海の自然再生の可能性

問題に対する抜本的な解決策を目指すには、中海の強固な塩分躍層の存在はあまりにも壁が高い。それでも元々の地形になかった干拓堤防や境水道の防波堤の存在が、現在の中海の環境

変化の要因の大きな部分を占めていることには変わらない。一方、中海の沿岸の多くは人工護岸によって囲まれ、陸域と水域の遷移地帯としての「水辺」の機能が著しく低下している。しかし、水中に入れば、水深の浅い場所に岩場、砂泥地、海草および海藻群落といった変化に富んだ環境が見られる。中海自然再生事業の全体構想では、沿岸域の重要性が挙げられているものの、具体的な事業の実施には至っていない。今後、現在の中海の沿岸における生息場所の機能と価値を評価し、より積極的な保全と再生へのロードマップを構築することが必要である。中海沿岸の各地の個性を生かしながら多様な生息場所を維持管理することにより、中海全体の生態系に及ぶ効果を期待することができる。

参考文献

倉田健悟・園田武・山口啓子・瀬戸浩二（2018）2016年夏の中海における底生生物相。

Laguna（汽水域研究）24: 49-63.

宮地傳三郎・波部忠重・川口正雄・山根謹爾（1945）中ノ海の底棲動物群集と遺骸群集. 京大生理生態業績31: 24 pp.

Pritchard, D.W. (1952) Estuarine hydrography. H.E. Landsberg (Ed.), *Advances in Geophysics*, vol. 1, Academic Press, New York, pp. 243-280.

妹尾秀實（1922）宍道湖及中海に於ける水産増殖に就て. 水産研究誌17(11): 247-256.

島根縣水産試験場（1923）大正9年度島根縣水産試験場事業報告.

高安克己（2001）汽水域の「宿命」と「個性」. 汽水域の科学（13章 pp. 139-149）. たたら書房, 米子.