

須磨海岸における砂浜生態系の修復を目標とした順応的管理手法の提案
(その3：順応的管理計画の提案)

松沢慶将

神戸市立須磨海浜水族園 研究企画課長

1. 目的

本研究では、現在の須磨海岸の多様な利用形態を確保しつつ、健全な砂浜生態系を回復させ、応分の生物生産機能を向上させることを目標に、順応的管理計画の提案に向けた課題として、1) 海岸の物理的な特性の整理、2) アサリの減少要因の解明、3) アサリの減少要因への対策の検討、4) 産卵母貝の保護区を兼ねた潮干狩り体験場の造成の検討、を行ってきた。最終年度は、過年度の成果とその不足分を補いつつ総合して、須磨海岸の順応的管理計画を提案した。

2. 方法

これまでの成果を踏まえ、漁業者からアサリの漁場に関する情報を得た上で、アサリの減少要因のうち、浮遊幼生の着底量の観点からは、ホトトギスガイによる着底阻害の実態を明らかにする室内実験を行い、ホトトギスガイのマットがアサリ稚貝の分布に影響するとの調査結果を受けて、野外で着底後1ヶ月以上経過した稚貝の分布状況を調べた。捕食圧の観点からは、底曳網と刺網を用いた定量調査を行った。競合・食害種の影響に関しては、測線を主体に、耕耘と時化によるマットの維持に係る影響および食害種の生態について潜水観察をするとともに、時化後の海岸への打ち上げ状況を調査した。産卵母貝の保護区を兼ねた潮干狩り体験場の造成については、後背地に堆積した砂を投入して傾斜を緩和させた区域を含め、深淺測量で断面形状を把握するとともに、1.5m四方の区画に礫を敷き詰めた試験区とネットを張った試験区とで放流アサリの生存比較試験を行った。

3. 結果と考察

海岸の物理的な特性

須磨海岸は、突堤、離岸堤および港湾施設で囲まれた閉鎖性の高い水域のため、離岸堤間の開放部とその周辺を除き海底砂は比較的安定していた。ただし、まれに台風などで強い南風が吹いたときには海底擾乱が起こり、海底の砂が潮間帯上部から陸上部に打ちあげられ、汀線付近に急勾配が形成された。その沖側に続く平坦地の海底を掘ると、表層の約0.05mより下層は砂泥が固くしまり還元的である上に、アサリやウチムラサキなどの二枚貝が大量に埋没しており、かつて、二枚貝の成長に適した場所であったことがうかがえた。平坦地の海底砂は、離岸堤外には流亡しにくい一方で、南風による時化の影響で浜へ打ちあげられやすいた

め、全体的にアサリの生息に適した軟らかい砂層が薄くなっていると考えられる。

透明度は夏から秋にかけて比較的高く、二枚貝類等の生存を支えるだけの餌料環境が一定程度存在すると思われた。このような状況は10年以上続いており、アサリ資源量の劇的な変化が、餌料環境の劣化に起因するとは考えにくい。

アサリの減少要因の解明

アサリ着底稚貝の生残室内実験では、2ヶ月後に、殻長0.37~9.97mmに成長した稚貝が確認された。稚貝の数は、ホトトギスガイのマット部分で有意に少なく、浮遊幼生の着底・生残にホトトギスガイが影響することが明らかになった。一方で、実際の砂浜での冬季の着底稚貝の分布調査では、殻長1.9~9.5mmのアサリが、主にホトトギスガイのマットがモザイク状に残る突堤周辺の地点で生育が確認され、逆に開放的な砂地ではほとんど確認されなかった。したがって、平成23年のように堅牢化したマットではアサリは着底成長を阻害されるものの、平成24年のようなモザイク状のマットの場合は、アサリが生息可能と推察された。

底曳網調査ではヒトデ類が圧倒的に優占し、採捕率を100%と仮定すると海岸の総個体数は9月に約2万個体・300kg、11月に約1.4万個体・200kgと推定された。このうち、75~90%を占め、浅場の広範囲に分布していたトゲモミジガイは、平成23年の時化後には、浅場に集積したアサリを選択的に捕食していたものの、平成24年の平常の海況下ではホトトギスガイを中心に多様なベントスを捕食していた。トゲモミジガイが年間に現存量の少なくとも数倍の量を捕食すること、繁殖力が大きいこと、加えて後述するタマガイ科の捕食圧の高さを考えると、ホトトギスガイの生産力がトゲモミジガイやタマガイ科の増殖を支え、それがアサリなど他の二枚貝の捕食圧を異常に高くしている可能性が考えられた。

アサリの競合・食害種の削減方法の開発

ホトトギスガイは、7月には小さい個体が一部で確認されたに留まった。これは、局所的に越冬した春産卵群によるものと推察される。9月初旬に形成されていたマットは、10月には衰退し、11月末にはほぼ全域で消失した。空間的には、離岸堤と突堤とで形成された静穏域に発達し、今年の越冬場所は、千森川の導流堤の東側だけであった。マットの堅牢度合いは年により異なり、平成24年のような軟弱なマットの場合、二枚貝が共存できるため、強い耕耘は必要ない。耕耘の判断には、今後4月の時点でのマットの形成状況を指標とするのが有効と考えられる。

アサリ等二枚貝の食害種のうち、当該海域では食痕などの状況証拠からヒトデ類（主にトゲモミジガイ）とタマガイ科（ツメタガイなど3種）が優占することがうかがえた。須磨海岸の海底泥表面から0.05~0.15m下には還元的な砂泥層（固化層）がある。固化層深くまで潜れない二枚貝は、トゲモミジガイやタマガイ科に捕食されやすいと予想される。一方、二枚貝で現存量が最大のホトトギスガイ

もアサリと同様に食害を受けており，その生物量の多さからトゲモミジガイやタマガイ科の異常繁殖を支えていると考えられる．これらの捕食者を減少させるには，平常時には底曳網やかご漁などが効果的である．時化によりトゲモミジガイが岸に打ち寄せられた際には，より効率的な駆除が可能だが，天候の急変に対して臨機応変に駆除活動を行い得るような組織体制の構築が今後の課題である．

食害防止策により産卵母貝の生残率を高める方法

食害防止策の効果把握のため，野外で生残比較試験を行った結果，2ヶ月間の生残率は1.4%以下であった．これらのタマガイ科による食害率は，31～61%と高く，捕食圧抑制のために，枠をより深く埋め込むなどの改善策が考えられた．礫の敷設もネットも効果なく，各区ともほとんどのアサリが捕食され，その食害種にはマダコが含まれた．マダコによる食害を防ぐためには，網目のサイズを小さくするなど考えられるが，検討課題である．

産卵母貝の保護区を兼ねた潮干狩り体験場の造成

野外試験区（JR 須磨駅前）以外は水深が深いため適さない．野外試験区はL字の突堤形状から砂が堤外に逃げやすいため，砂を留める工夫が必要である．

アサリの消長仮説

以上を総合すると，近年の須磨海岸は以下のような状況にあったと推察される．2004年までアサリが少なかったが，2005年5月に行われた客土が稚貝の着底生残を高めため，2006年に豊漁となり，その後数年間はアサリの漁獲量は維持できた．しかし，定常的な稚貝供給の不安定さに加えて，捕食者の増大と高い漁獲圧で数を減らし，2009年に漁獲が自粛された．鋤簾での漁がなくなったために，もともと時化の少ない海岸の底質は固くなった．2010年から取り組んだ耕耘も手法が適切でなく，効果は薄かった．その後，静穏域を好むホトトギスガイが繁殖してマットを形成し，世代交代を続けてマットが堅牢化し，食害種にも崩されることなく，2011年の秋に崩壊するまで砂泥底を広く被覆した．その間，下層の底質を還元的な環境に悪化させるとともに，アサリの着底成長を阻害した．2011年からアサリ稚貝の放流が試みられたが，多量のホトトギスガイを捕食して異常繁殖したトゲモミジガイやツメタガイなどに捕食され，資源回復には至らなかった．2011年秋に，効果的な耕耘と時化によってホトトギスガイが一旦消失すると，2012年には，マットの形成は突堤周辺に限られ，底質環境も改善された．

以上の推論が妥当ならば，マットの形成と堅牢化，捕食圧の増大による砂浜生態系のバランス崩壊，アサリの脆弱な再生産機構を監視しながら，適切な漁業管理，適度な海底かく乱によるホトトギスガイの異常繁殖の抑制，捕食者の低密度管理，および産卵群の確保に努めることで，アサリの資源の復活が可能と考える．

4. 結論 これまでの理解に基づき、管理計画案を以下の通り作成した。

1. 順応的管理の目的

比較的閉鎖的な養浜海岸でも、応分の生産力と多様な生物相が維持され、市民、漁業者等多様な主体がより多くの恵みを受けられる豊かな海にする。

2. 目標の設定 春になれば天然アサリの恵みでにぎわう海岸。

3. 順応的管理の方針

3-1) 須磨海岸における健全な砂浜生態系の指標をアサリとする。

3-2) アサリは最終的に種苗放流に頼らず、実際の砂底での再生を目指す。

3-3) アサリは須磨海岸産として継代飼育されたものを種苗としブランド化を目指す。遺伝的ネットワークが存在すると考えられる他所の増殖も支える。

3-4) アサリは漁獲制限を設け、乱獲を防止する

3-5) 市民に海の恵みと養浜海岸の理解を促すため、潮干狩りなど体験教育の場を創出する。

3-6) 須磨海岸の管理運営を担う協議会を設置し、里海としての利用を図る。

3-7) 協議会の運営に際しては、アサリとその生息環境をモニタリングし、結果を協議会にはかり、フィードバックさせて、柔軟に新たな手法を立案、実行する。

4. 順応的管理の内容

4-1) 管理型漁業と密漁防止：漁業者の意向を尊重しつつ、アサリ資源の状態を調査した上で、漁獲量と操業区域の制限に係る計画書を作成し、漁業者自身や漁業協同組合との調整を図る。神戸市漁業協同組合や市の海岸管理者等関係機関と連携し、漁船の明示と市民の監視による連絡システムを構築し、密漁を防止する。

4-2) 再生産機構の構築：アサリ浮遊幼生の供給ネットワークを考慮し、他の海域を含め自然繁殖のための保護区をつくり、それが機能するまでは、種苗放流など人の手を加える。具体的には須磨海岸西側の突堤周辺に保護区を設け、食害から守りかつ繁殖や着底をうながすために、4.3で検討する必要な措置を講じる。また、地理的に離れた幼生供給の場を見出し、関係者と連携の上で同様な場をつくる。

4-3) モニタリングと生息環境の管理：4・6・9月にホトトギスガイのマットの形成状況と食害種の密度を潜水調査や底曳網調査で把握し、耕耘によりマットの堅牢化を未然に防ぎ、トゲモミジガイは底曳網や時化後の潜水採集で低密度化を図る。ツメタガイやマダコは仕掛けにより除去し、ナルトビエイには底に杭を立てるなどの方策による被害の低減をはかる。これらの効果を実証しながら進める。

4-4) 里海づくり：地域組織「須磨海岸里海協議会」をつくり、常に新しい情報を収集し、資源と環境の維持や、レクリエーション、スポーツなど多様な利用者との共存を図りながら、必要な管理にとりくむ。