

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1：須磨海岸における砂浜生態系の現況把握と課題抽出)

松沢慶将

神戸市立須磨海浜水族園 研究企画課長

【目的】 大阪湾沿いで最も大きな砂浜の一つである須磨海岸について，その多様な利用形態を確保しつつ，健全な生態系を回復させ，応分の生物生産機能を向上させるための手法を提案するべく，特にアサリなどの二枚貝に焦点を当てながら，砂浜生態系の現況を把握し課題を抽出することを目的とした。

【方法】 須磨海岸の現況を把握するために，海水浴等の利用が落ち着く9月以降に現地調査および試料の同定・分析を行なった。調査項目別の時期，回数，地点数を表1に，調査場所を図1に示す。砂浜地形調査では，陸上部はGPS (Trimble5700型)を，水中部はダイビング用水深計を用いた。底質は柱状採泥後，表層側0.05m層を試料とし，公定法により粒度組成，全硫化物 (TS)，及び強熱減量 (IL) を分析した。水質調査は水質計を用い，船上から垂下測定した。

表1 調査項目別の時期・回数・地点数

調査項目	調査項目の詳細	調査時期	回数	地点数
砂浜地形調査	砂浜地形調査	9月2月	2回	4測線
底質調査	粒度組成、TS、IL	9月2月	2回	4測線各2地点
水質調査	水温、塩分、DO	9月、11月、2月	3回	4測線各2地点
生物調査	潜水観察	9月、11月、2月	3回	4測線
	底生動物	9月、11月、2月	3回	4測線各2地点
	二枚貝の浮遊幼生	10月	3回	3地点
	アサリの着底稚貝	11月	1回	4測線各2地点

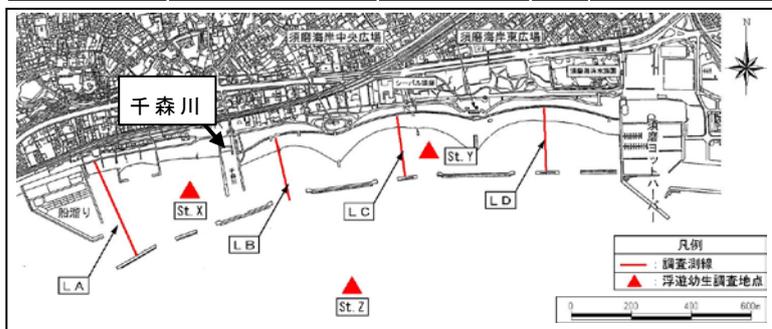


図1 調査位置図

生物調査のうち，潜水観察調査では砂質の性状や底生動物の生育状況を把握と記録を目的とし，ベルトトランセクト法により行った。底生動物調査では0.09 m<sup>2</sup>の底泥0.2m層厚分を潜水採取し，1mm目のふるいに残った残渣を中性ホルマリンで固定したのち，底生動物を選別・同定・計数・湿重量測定を行った。二枚貝の浮遊幼生調査では，アサリ幼生の発生時期にあわせ，1000Lのポンプ採水後，NXX13 (100 μ m 目) と NXX25 (63 μ m 目) で分画ろ過した試料を静沈し，遠心管等に移し冷凍保存した。次に浮遊幼生を対象にモノクローナル抗体により同定・計数を行った。着底稚貝調査では柱状採泥後，0.1 mm目の篩でふるい，残った試料から選別・同定・計数・殻長測定を行った。

【結果と考察】 砂浜地形調査の結果、標高 0m 以下は季節的に変化し、その変動幅は東端の LD で最大となった。また、標高 -2m を基準面 (DL) としてここからの深さを水深とすると、全体的に汀線から水深約 2m までは緩斜面が存在し、つづいて水深 5m 付近まで漸深し、離岸堤がある場合はその内側で最深となっていた。卓越粒径は、緩斜面では 1mm を超えて粗く、かつ季節的な変動幅が大きい。水深 2m 以深では粒径が小さくなり、離岸堤が沖に存在する場合は 4m 以深で 0.1mm より小さくなった。地点間で比較すると、西端の LA では汀線から水深 4m まで 0.1mm 台で、安定した細砂もしくは砂泥地であったのに対して、ほかの測線では貝殻や粗砂が主体となり粒径の変動幅が大きく、緩斜面の粒径は東端の LD で最大となっていた。

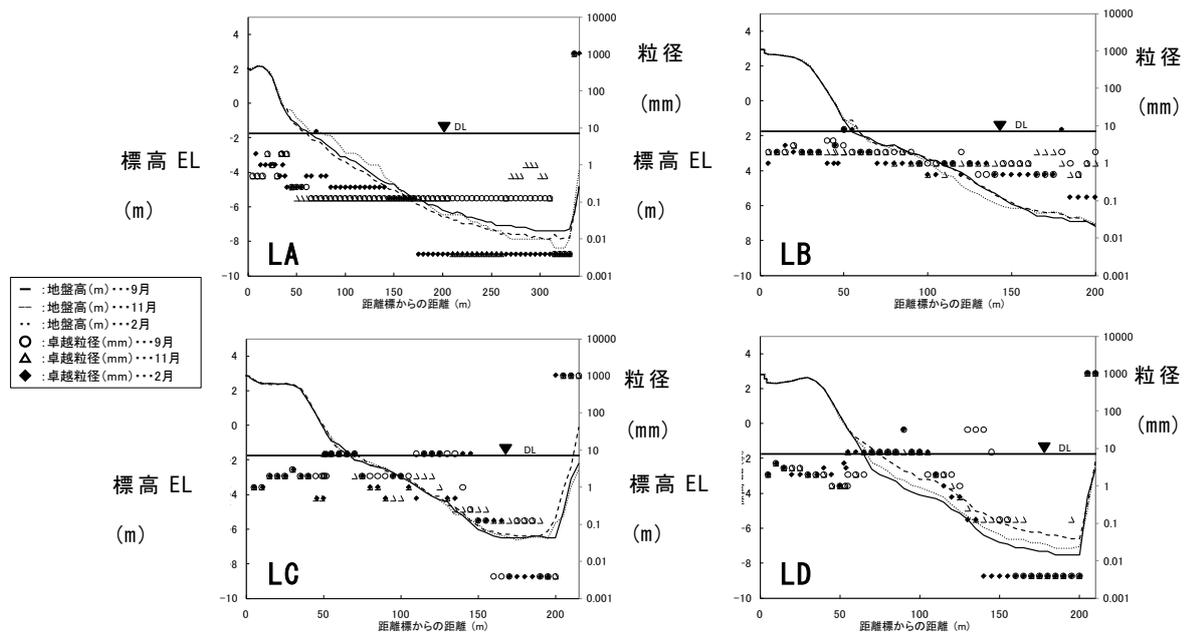


図 2 砂浜の断面形状と卓越粒径の季節変化

水質調査の結果、調査時間帯の水温は 6.8~30.5℃、塩分は 29~33、DO は 5~13mg/L の範囲であった。公共用水域水質測定結果速報値（神戸市 2011）でも同様の範囲内で、当該エリアでは塩分化や貧酸素化は確認されなかった。

底質調査の結果、強熱減量は 4% 未満とアサリの好む範囲であり、全硫化物は 0.12mg/gD 未満で生物の生息に望ましい範囲であった。既往知見からも、当該エリア沖合の底質は水生生物の生育に適した範囲内であった。ただし、潜水観察時に後述するホトトギスガイのマット状の群体（表層 0~3cm 層厚未満）より下層では、泥質が黒く還元環境に変化している状況が観察された。

生物調査のうち、潜水観察によると、海底表面の生息種以外に埋在性のトゲモミジガイ、オカメブンブク、ギボシムシの仲間が多く、海底攪乱の一端が観察された。この機能は穴を掘るハゼ科も貢献していた。また、砂浜の浅場のいわゆる「ゆりかご機能」を示す例として、ガザミ属やクルマエビ、魚類のマダイ、マコ

ガレイ、ネズッコの仲間などが確認された。

8地点で採取した底生動物は、3期合計が171種群で、種群数では環形動物門多毛綱が優占し、個体数と湿重量では多くの地点で軟体動物門が優占した。底生動物による底質の指標性を見ると、ホトトギスガイ、ヒメシラトリガイ、シズクガイなど強内湾性が多種確認されたが、ホトトギスガイ以外の生息密度は低かった。弱内湾性の指標種も少数確認され、須磨海岸の底生動物群集は、ごく浅場の砂泥域に普通にみられる種が多く出現し、比較的健全な生息場と考えられた。しかし、ホトトギスガイがマット状の群体下では、多様性が低下する等の影響がみられた。

本研究で注目したアサリが確認された場所は、最も西側の測線 LA だけであった。しかも、その密度は9月に最大（約80個体/m<sup>2</sup>）を示した後、著しく低下した。アサリの減少要因は一般的に以下の4つに整理されている。すなわち、1) 埋め立て等を原因とした生息地の減少や環境の悪化、2) 漁業生物としての不十分な資源管理、3) 再生産機構の崩壊、4) 新たな病害虫の発生・顕在化 である。本結果をこれらの区分に対応させつつ、須磨海岸におけるアサリの減少要因と砂浜生態系の改善にむけて取り組むべき事項について考察した。

●**食害種の影響** 須磨海岸で確認されたアサリの捕食者のうち、最も影響が大きい種は、ツメタガイ、トゲモミジガイ、マヒトデと考えられた。ツメタガイの平均密度は0.001個体/m<sup>2</sup>で、同種が漁場で多産した場合の>1個体/m<sup>2</sup>に比べて非常に小さい。しかし、新しいアサリの殻のうちツメタガイを含むタマガイ科特有の食痕が約50%を占めたことから、生息密度以上にツメタガイによる食害の大きさが推察された。

●**競合種の影響** ホトトギスガイは埋在性のアサリに対し、砂浜表面をマット状の群体で覆う表在性の二枚貝である。須磨海岸では、夏から秋に緩斜面を中心に広がり、冬まで群体がみられた。この群体の下層は還元的な環境の場合が多く、特に夏と秋の調査時は黒く変色していた。そこには古い貝殻に混じって比較的新しいアサリの死殻が見られた。

●**再生産機構の崩壊** 二枚貝浮遊幼生の出現状況から、産卵場所を類推した。アサリは出現量が少なく明瞭でないが、比較的個体数が多い10月23日をみると、上げ潮時に離岸堤内で多く、下げ潮時には差異がないことと、殻長は十分に小さく離岸堤の内外で差異がないことから、須磨海岸近傍で産卵したものと考えられた。次に、着底稚貝の出現状況をみると、アサリはホトトギスガイのマット状の群体が存在する岸側を中心に確認された。しかし、その密度は非常に小さいため、浮遊幼生が着底時にホトトギスガイ（成貝）によって捕食されている可能性が考えられた。さらに底生動物調査によるアサリの殻長組成をみると、アサリの生貝がみられなかった東側では小さい貝殻もなく、最近アサリが着底～成長していないことが明らかとなった。

## 砂浜生態系の再生に向けて現時点で明らかになった課題

- 1) 物理的な環境の不明部分を明らかにすること
  - ・ 離岸堤内の流況，波浪，漂砂の実態とマット形成～維持機構との関連性
- 2) アサリの減少要因が未解明なこと
  - ・ アサリ幼生の離岸堤内以外の供給エリア，特に須磨海岸付近の幼生供給実態
  - ・ 稚貝の着底時における底泥の選択性と，その後の成長や生残率の違い
  - ・ ホトトギスガイとの競合実態（マットによるアサリ稚貝の着底阻害，マット内に着底した稚貝の成長阻害，マット下におけるアサリ成貝のへい死実態）
  - ・ ツメタガイ，マヒトデ，ナルトビエイによるアサリなど二枚貝の捕食圧
- 3) アサリの食害・競合種の駆除に関すること
  - ・ 須磨海岸でのマット形成過程（産卵～着底時期，マットの形成時期など）
  - ・ マヒトデやナルトビエイなどに食害を受けているか否か
  - ・ 耕耘による駆除効果と効果的な方法（時期，まがの爪の長さや間隔など）
  - ・ ツメタガイやマヒトデの効率的な駆除とナルトビエイによる食害の回避方法
- 4) 潮干狩りなど市民が憩う場の造成検討
  - ・ 造成場所の選定と造成手法の検討

**【結論】** 須磨海岸は比較的海水の入替わりが良好で，水底質からみて強い汚濁は認められない．しかし，形状から波浪が生じにくい水域のため，底泥の粒度に場所による大きな違いがみられ，元来アサリの生息しやすい場所が限られる水域になっている．さらに，表在性のホトトギスガイがマット状の群体を形成し，浅場における底泥の動きを抑制している上，間隙水の海水交換も阻害し，底泥環境の還元化など底生動物全体の生息に負の影響を及ぼしていた．

二枚貝類を例にとると，ホトトギスガイと競合するだけでなく，それで生息量自体が減少したうえに，ツメタガイやナルトビエイに，マヒトデ，エビ・カニ類，魚類などをあわせて大きな捕食圧が加わり，須磨海岸での生息量が減少したというシナリオが想定された．これは堆積物中に比較的新しい貝殻が多いという点から裏付けられた．現在は二枚貝類が少なく，特にアサリは海岸西側の比較的粒径の細かい砂地にのみ生息している．浮遊幼生はほかの水域からの供給が少なく，稚貝の着底量も少ないため，再生産機構は脆弱な状態になっているといえる．

この砂浜生態系の機能低下の状態を健全にするには，浅場を多様な底生動物の生息場に戻す必要がある．具体的には海底の底泥自体が動くとともに，バイオターベーションが積極的に行われ，アサリに対する異常に高い捕食圧を排除することが必要と考えられた．それを実現するためには，先に挙げた課題を検討するとともに，海岸に関わる海岸管理者，漁業関係者，地域住民などと協力して対策に取り組む体制づくりとその議論を始める必要がある．すでに官民でアサリ漁場復元の取り組みを始めている須磨海岸では，その体制構築は十分可能である．