

## 第5章

ま と め

## 第5章 まとめ

矢持 進・鍋島靖信・有山啓之・睦谷一馬・日下部敬之・佐野雅基

この研究は自然の海の生態系を損なうことなく機能的で親水性に富む渚を創造することを目指して、海岸形状別に海水の浄化能力・生物の生産能力と保育能力並びに生態系としての多様性などを調べ、水辺環境の改善策を検討することを目的として1989年から1992年の4年間調査を実施した。本研究を始めるに当たって、まず我々は自分の目で大阪府における渚の実状を確認することが重要と考え、1989年4月に徒歩・車ならびに小型調査船「しおかぜ」を用いて大阪府の全海岸線について海岸形状と優占付着生物等の目視観察を行った。また、垂直護岸・消波ブロック護岸・砂浜それぞれの生物出現状況を比較・検討するという課題に関しては、アプローチの方法としてこれら3種類の海岸形状が近接する海域で定期的な調査を行うのが良いのではないかと考えた。本来、渚の環境保全やその改善を目指すと言う視点からは湾北部海域の渚を調査対象海域にすべきと考えられるが、大阪府中北部には3種の護岸形状の隣接するところがないため、この条件を満たす泉南郡阪南町尾崎（現 阪南市尾崎）地先を調査海域に選定した。そして、尾崎地先の垂直護岸・消波ブロック護岸・砂浜それぞれにおいて定期的に付着生物あるいは底生生物を定量的に採集し、その分布特性を明らかにするとともに魚類幼稚子の出現状況をも検討した。

2年目の1990年度はややの絞った調査を実施した。即ち、大阪府沿岸の垂直護岸で最も優占するムラサキイガイや南部海域の砂浜に卓越するニホンスナモグリについて、調査手法と測定項目の一部を変更し、尾崎地先定点での年間生産量を求めた。さらに夏季の大阪府下におけるムラサキイガイの総現存量を推定するため、北部から南部域までの護岸を海岸形状別に潜水・坪刈り調査した。また、尾崎地先の垂直護岸と砂浜で、同一の採集器具を用いて魚類幼稚子を日没前と日没後に採集し、その出現状況を比較した。

1991年度はニホンスナモグリの生産量調査を継続するとともに、夏季の湾南部海域の砂浜における本種とオゴノリの現存量を推定するため潜水観察を実施した。また、垂直護岸での魚類幼稚子の出現状況をより詳しく知るために、泉南郡谷川地先において月2回、日没後に1辺が1mの方形ネットを用い定量的な採集を行った。その他、ムラサキイガイの部位別の窒素濃度を分析し、この値と夏季の生産量から垂直護岸でのムラサキイガイによる懸濁態窒素のトラップ機能について考察した。

なお、これらの調査と並行して、海岸形状別の海水浄化能を明らかにするためバクテリア現存量とその種類の相違を1989年度から2か年にわたって尾崎地先で調査したのち、1991年度と1992年度は泉佐野市佐野漁港食品港に試験的に設置した連続空隙を有する多孔質性コンクリート（ポーラスコンクリート）の海水浄化能について試験した（近畿大学に委託）。

これらの調査・実験を通じて以下のような知見が得られた。

## 1. 大阪府下における渚の実態

1989年4月時点における大阪府の渚の総延長距離は約260kmで、岩礁や砂浜などから構成される自然海岸と半自然海岸はそれぞれ2.8km（全体の1.1%）と10.2km（同3.9%）に過ぎず、人工海岸が247kmと全体の95%を占めた。人工海岸の中では垂直護岸が179kmで全渚線の68.8%、次いで消波ブロック護岸が58.2kmで同22.4%に達し、緩傾斜護岸と人工海浜はそれぞれ6.4km（2.5%）と3.4km（1.3%）であった。

目視観察による潮間帯上部の生物相については、湾中北部の護岸では生息している生物の種類が少なく、特定種の生息密度が著しく高いのが特徴であるのに対して、湾口部に近い南部の渚では生物の種類が多く、多様な生物相が形成されていた。優占種を列記すると、人工海岸で最も卓越する海藻は、緑藻のアオノリ類やアオサ類と褐藻のワカメであり、動物についてはイワフジツボ・マガキ・ムラサキイガイ・イソギンチャク類などであった。湾南部の砂浜の水深0.5-3.0m付近にはオゴノリとアナアオサの藻場が形成されており、アサリ・ムシロガイ等の貝類、ニホンスナモグリやスナガニなどの甲殻類およびゴカイの仲間が分布した。南部の岩礁域では出現する海藻の種類が多く、その中でも特にホンダワラ類・ワカメ・カジメなどの大型の藻類が繁茂していた。そこでは上層から順にフジツボ類・カメノテ・ウメボシイソギンチャク・ケヤリムシなどの動物の付着が見られ、タマキビ・イシダタミなどの貝類やヤドカリ類・ムラサキウニ・イソガニ・アメフラシなどの出現が見られた。なお、大阪府に残る唯一の干潟である男里川河口干潟においては、ハクセンシオマネキ・ヤマトオサガニ・アシハラガニなどのカニ類、ウミニナ・フトヘナタリ等の貝類を始めとして、干潟に特有の生物が生息しており、府下では唯一のトビハゼの生息場所となっていた。

## 2. 渚の生物保育能

垂直護岸と砂浜における魚類幼稚子の出現状況を比較・検討したところ、1) 垂直護岸と砂浜では優占種が異なること 2) 垂直護岸は砂浜に比べ、年間を通じて似かよった魚類群集が出現する傾向にあり、そのためか主要出現種の体長範囲が広いこと 3) 砂浜は垂直護岸より出現個体数や種類数の増減の幅が大きいくことなどが明らかとなった。これらのことから、砂浜と垂直護岸はそれぞれ異なった種の幼稚子によって利用され、その様式も砂浜は幼稚子魚が生活史の中の特定の比較的短い期間を過ごす場であるのに対して、垂直護岸は同じような魚類群集が生活史のうちの比較的長い期間にわたって生息する場所であると考えられた。

## 3. 渚の生物生産能

### 3.1 生物相

海岸形状別の動物と海藻の出現種類数は、垂直護岸：動物；232種、海藻；32種、消波ブロック護岸：動物；220種、海藻；39種、砂浜：動物143種、海藻18種となり、垂直護岸や消波ブロック護岸の中層（CDL-0.8m）と下層（CDL-2.3m）は砂浜に比べ冬季における出現動物

種の減少が少なく周年安定していることが、また海藻については基質が乏しい砂浜で種数が少なく、消波ブロックで多くなる特徴が見られた。動物湿重量は3種類の海岸形状の中で垂直護岸が最も高い現存量を示したが、海藻の平均湿重量についてはコンクリート製の基質が傾斜している消波ブロック護岸で垂直護岸の2.5倍の高い値となった。上層・中層・下層の平均値を用い、海岸形状別の生物の多様度(H')を比較すると、垂直護岸が2.64、消波ブロック護岸が2.44、砂浜が1.60と、垂直護岸が最も高くなった。また、各海岸形状とも上層(CDL+0.7m)で多様度が低く、垂直護岸では下層へ向かうほど、消波ブロック護岸と砂浜では中層で値が高くなった。

### 3. 2 優占生物の現存量

垂直護岸と消波ブロック護岸はムラサキガイを、砂浜はニホンスナモグリとオゴノリをそれぞれ渚の優占生物として取り上げ、大阪府下の全渚線における現存量を推定した。

夏季の大阪府の渚に生息するムラサキガイの総現存量は、個体湿重量で12263トン、殻湿重量で6764トン、軟体部湿重量で5498トン、軟体部乾重量で1077トン、軟体部窒素量で90トンと各々推定され、本種1種の現存量はきわめて大きく、大阪湾全域のマクロベントス現存量の1/4から1/5に相当すると考えられた。一方、湾南部の砂浜におけるニホンスナモグリとオゴノリの分布面積はそれぞれ $20.2 \times 10^4 \text{m}^2$ と $23.3 \times 10^4 \text{m}^2$ であり、両種の現存量(湿重量)は9.1トンと328.2トンと計算された。

### 3. 3 優占生物の出現特性

湾南部の尾崎地先においてムラサキガイは垂直護岸や消波ブロック護岸の中層で卓越し、最大個体湿重量は7月の垂直護岸で記録した $14.4 \text{kg/m}^2$ であった。生息密度については5月と7月に高いものの9月には激減し、この間に大量減耗のあることが示唆された。また稚貝の付着盛期は3-7月で、満1年で殻長52-54mm、満2年で66-70mmに成長し、寿命は2-3年と考えられた。マガキは主として垂直および消波ブロック護岸の上層に多く、その個体湿重量は垂直護岸では9月に $(4.4 \text{kg/m}^2)$ 消波ブロック護岸では5月に $(3.6 \text{kg/m}^2)$ 各々最大となった。イワフジツボは大部分が上層(CDL+0.7m)に分布し、その最大個体湿重量は垂直護岸においては7月に $(3.2 \text{kg/m}^2)$ 消波ブロック護岸では12月に $(0.8 \text{kg/m}^2)$ それぞれ認められた。海藻では、消波ブロック護岸の上層~下層でフダラクが、垂直護岸の中・下層と消波ブロック護岸の下層でカジメが多く見られた。砂浜では上層でヒメスナホリムシが中層ではニホンスナモグリがそれぞれ優占した。

### 3. 4 優占生物の生産量

尾崎地先におけるムラサキガイとニホンスナモグリの年間生産量を成長量逐次計算法により推定した。ムラサキガイは湿重量で $11.6-29.6 \text{kg/m}^2 \cdot \text{year}$ (平均 $20.6 \text{kg/m}^2 \cdot \text{year}$ )、乾肉重で $1.02-2.60 \text{kg/m}^2 \cdot \text{year}$ (平均 $1.81 \text{kg/m}^2 \cdot \text{year}$ )の生産を行ったが、この値は細見(1989)

が神戸市須磨地先のムラサキガイ群集から得た値 (3.38–3.91 kg/m<sup>2</sup>・year) よりもやや小さかった。ニホンスナモグリについては湿重量で 264–296 g/m<sup>2</sup>・year (平均 280 g/m<sup>2</sup>・year) , 乾重量で 78.7–88.2 g/m<sup>2</sup>・year (平均 83.4 g/m<sup>2</sup>・year) , 炭素量で 28.3–31.8 gC/m<sup>2</sup>・year (平均 30.0 gC/m<sup>2</sup>・year) の生産を行うと計算された。なお, 砂を入れた容器でニホンスナモグリを飼育したところ, 収容直後から活発な潜砂活動が見られ, 本種はその生物攪はんにより底質が還元状態になるのを抑制したことから, 砂浜の浄化に関与すると考えられた。その他, 本種の抱卵期は 3–7 月で, 新規加入は 7 月に活発となること, また小型個体の成長は速やかで, 冬季には頭胸甲長で 4–6 mm に達し, 寿命は 2 年であることなどがわかった。

#### 4. 渚の海水浄化能

##### 4. 1 ムラサキガイの懸濁態窒素トラップ機能

尾崎地先の垂直護岸に分布するムラサキガイ個体群の成長や死亡・脱落が護岸近傍の水質や底質に及ぼす影響について検討した。その結果, 1992 年 5 月 16 日から 9 月 25 日の期間に成長並びに生殖腺形成などにより体内にトラップされる窒素は 64.9 gN/m<sup>2</sup>であるのに対して, 死亡・脱落により海底に沈積する窒素は 108.6 gN/m<sup>2</sup>と, 沈積量がトラップ量の 1.7 倍に達することがわかった。このことから, 富栄養化した内湾の垂直護岸に生息するムラサキガイについては, 夏季の死亡・脱落・分解により護岸近傍の水質や底質に負の影響を与える動物であることが示唆された。したがって, ムラサキガイの落下とその後の分解による水質や底質の悪化を軽減し, 本種の有機物トラップ機能に基づく水質浄化能を活用するための方策として, 比較的酸素が豊富な水深 2–3 m 層に平坦面を持つテラス付き護岸とか, 緩傾斜護岸などについて検討する必要があると考えられる。

##### 4. 2 バクテリアによる海水浄化作用 (近畿大学)

渚の形状に基づく細菌群の水質浄化作用の相異を比較・検討するため, 垂直護岸・消波ブロック護岸および砂浜の砂に付着している各種細菌群の菌数を四季にわたって調査するとともに, 多孔質性のポーラスコンクリート板を海水に浸漬し, 形成される細菌相ならびに水質浄化能を, 通常コンクリートや砂浜の砂と比較した。

本調査により, 魚介類にきわめて有害なアンモニアを硝酸塩に酸化する機能を有する硝化細菌や他の生化学活性を有する細菌群, および全従属栄養細菌については護岸構造物の表面 1 cm<sup>2</sup>ならびに砂 1 g 当りの菌数が同程度であることが明らかになった。したがって, 水平透視断面積あたりの総表面積が, 垂直護岸より大きい消波ブロック, さらにその緩傾斜の地形に加えて, 海水と接触する一定砂深までの砂粒に多数の細菌群が常在する砂浜では, はるかに多数の細菌群による水質浄化機能が期待できると考えられた。また, 厚さ 14cm のポーラスコンクリートの内部を含めた各種細菌数は通常コンクリートの表面の細菌群の数十倍以上に達し, 等体積の砂と同程度であることがわかった。さらに, コンクリート塊を一定容量の現場海水中に放置したときの溶存有

機物の減少、ならびにアンモニア態窒素の酸化に基づく硝酸態窒素の増加は、ポーラスコンクリートの場合、通常コンクリートよりかなり大きく、砂浜の砂の海水浄化能に匹敵することが明らかになった。

#### 4. 3 ポーラスコンクリートの物性 (近畿大学)

連続空隙を有する硬化体を水際に使用すると硬化体内に自由に水が侵入し、凹凸の多い表面はもちろんのこと、内部空隙の表面にも生物膜が形成されることから、ポーラスコンクリートは渚の浄化材料として使用可能と考えられるが、その特性については、1) 6号砕石を用い、結合材で骨材空隙を30%充填した厚さ20cmのNFC (No-Fines Concrete) 版の内部表面積は、普通コンクリートの片側表面積の約90倍を示すこと、2) NFCの透水性は使用する骨材自体の粒径に比例し、骨材の空隙に対し結合材の充填率に反比例の関係を示し、通常、粗砂以上の透水性を示すこと、3) 実用的な透水性を有するNFCの強度は結合材の強度と骨材空隙を充填する結合材量に比例するが、通常150~180kgf/cm<sup>2</sup>の強度は製造時に確保できることなどと要約できる。

一般に望ましい渚とは、釣り・散策・磯遊びなど憩いの場として、快適さを求める府民が手軽に利用でき、多様な生物が豊富に出現するとともに物質循環が円滑に行われており、防災面や水産生物などの幼稚仔保育場としての機能に優れた海岸であろうかと思われる。この点、大阪府中北部の海岸は垂直護岸や消波ブロック護岸で覆われており、一般の人々が利用しにくい形状となっている。また、この海域の垂直護岸は生物相が単調で、大量に付着したムラサキガイが夏から秋にかけて死亡・脱落するため、護岸近傍の環境にマイナスの影響を及ぼしていると考えられる。1989年4月から開始した「渚の環境構造とその役割に関する調査・研究」においては、当初、海岸形状別に生物生産能・生物保育能・海水浄化能などを比較・評価しようと試みたが、調査手法が確立されていないことや生態学的に絶対評価する統一された基準が明確でないことなどから、主として各海岸形状の生物生産能・生物保育能・海水浄化能などの特徴を浮き彫りにすることに重点を移した。得られた結果概要を整理し、その特徴のみを表1にまとめたが、今後はこの成果を礎とし、第2期調査においては湾奥部の水辺環境の保全回復と自然生態系が持つ諸機能を備えた渚の創造を目指して研究を継続したいと考えている。

表1 海岸形状別の生物生産・幼稚仔保育能・海水浄化能などの特徴

護岸形状	距離	生物相(目視)	生物出現特性と生物生産量	優占生物の現存量	魚類幼稚仔の保育能	トラップ並びに浄化機能
垂直護岸	179 km	単調で特定種の生息密度が高い(北部) 比較的多様な生物相(南部)	出現動物種が冬季に減少せず 周年安定(南部) ムラサキイガイが卓越するが 夏季に大量減耗 尾崎地先のムラサキイガイの年間生産量は湿重で20.6 kg/m <sup>2</sup> を記録	ムラサキイガイの大阪府の渚における総現存量は1.2 × 10 <sup>4</sup> トンに達し、大阪湾全域の底生動物量の1/4-1/5に相当	年間を通じて同じような魚類群集が出現(南部) 主要出現種の体長範囲が広い(南部) 生活史のうちの比較的長い期間にわたって利用(南部)	夏季にムラサキイガイが大量に落下し海底で分解することにより水質と底質の悪化を起こす可能性あり 細菌による浄化力は3海岸形状のなかで最も低い
消波ブロック護岸	58.2 km	単調で特定種の生息密度が高い(北部) 比較的多様な生物相(南部)	出現動物種が冬季に減少せず 周年安定(南部) 海藻の種類と量が多い(南部)			細菌による海水浄化能は垂直護岸より高いが、砂浜より低い
砂浜	10.2 km	オゴノリとアナアサの藻場 アサリ・ニホンスナモグリ・ゴカイの仲間が分布	ニホンスナモグリが卓越し年間生産量は湿重で280 g/m <sup>2</sup> を示す	ニホンスナモグリとオゴノリの現存量(湿重)は9.1トンと328.2トン	垂直護岸より出現個体数や種類数の増減の幅が大きい 生活史の比較的特定の短い期間を過ごす	細菌による海水浄化能が最も高い ニホンスナモグリの攪はん作用が砂浜の浄化に役だっている可能性あり
新素材護岸 (ポーラスコンクリート)						溶存有機物の減少やアンモニア態窒素の酸化作用などは通常コンクリートよりかなり大きく、砂の海水浄化能に匹敵