

・フェロー	工博	京都大学教授	大学院工学研究科土木工学専攻
・	工修	三井物産(株)	
*** 学生会員	工修	京都大学大学院工学研究科博士後期課程	土木工学専攻

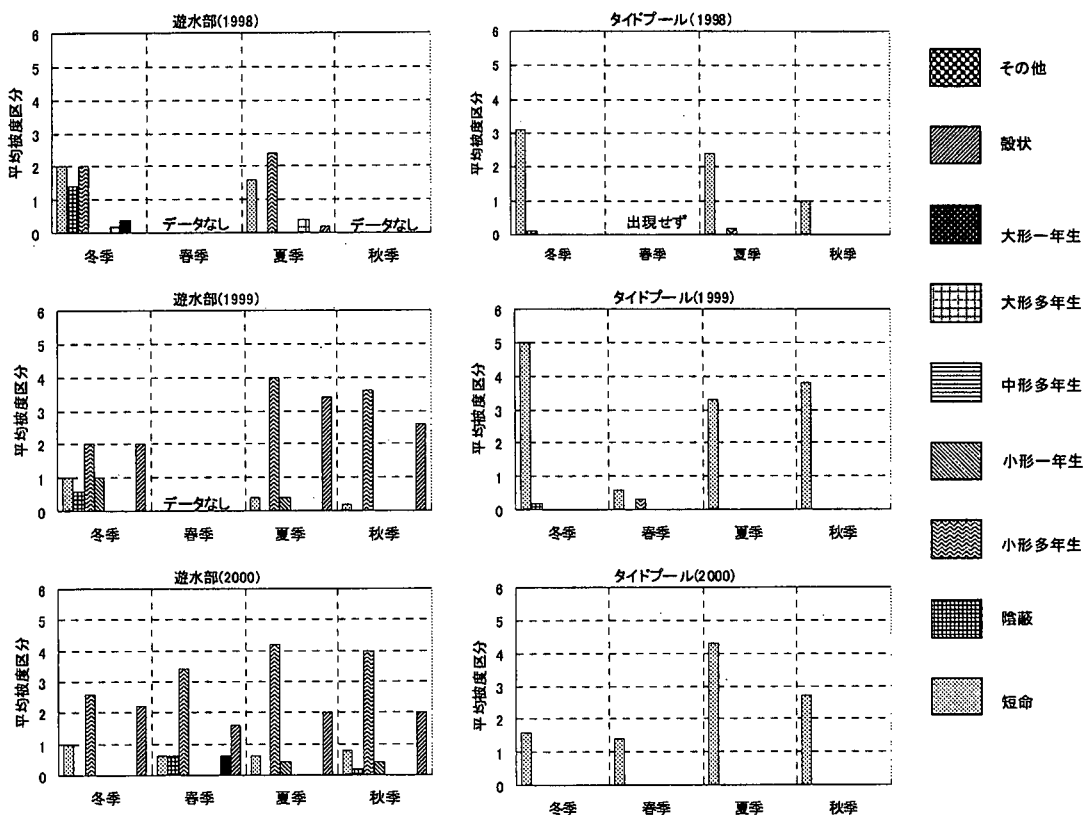


図-3 付着植物の観測結果

均で約0.5mであり、干潮時には多くの部分が干出する。また、タイドプールの底質は粒径約2cmの様な礫により構成され、遊水部に近い辺りに巨石が配されている。

供用開始後の人工磯浜における調査は、2月(冬季)、5月(春季)、8月(夏季)、11月(秋季)の3ヶ月毎に、平成10年2月から現在まで12回行われている。ただし1年目の春季、秋季および2年目の春季の調査は補完調査として行われ、観測項目が限定され測点数も本調査とは異なる。観測はタイドプールと遊水部で行い、底生動物、付着動物、付着植物および一般的な水質項目についての調査を行っている。今回議論の中心となる付着植物の目視観測はブラウンプランクの被度区分に従い、遊水部では岸沖方向に取った測線上の5カ所で行い、タイドプールでは東西2カ所に置かれた岩の表面および底面でそれぞれ5カ所、計10カ所で行っている。

3. 観測結果の生活史による分類

(1) 明石市大蔵海岸の観測結果

これまで沿岸域で藻類などの調査が行われる場合、紅藻や褐藻といった分類学上の分類により結果を整理する

ことが多い。前述したように本研究では出現する藻類と環境の関係に注目しているが、その場合には生活史という概念による検討が有効である(中原, 1983)。本研究では生活史による分類を採用する。

図-3は、タイドプールと遊水部における付着植物(海藻藻類)被度観測の結果を平均し、生活史により分類したものである。ただし平成10年の春季、秋季、平成11年の春季に関しては遊水部において付着植物の被度観測は行っていない。

遊水部では、供用開始直後の平成10年冬季や同年の夏季にアオサや珪藻といった短命海藻が多く見られ全体の3分の1程度を占めている。これは遷移の初期段階に見られる日和見種に相当するものであると考えられ、翌年以降こうした短命種の占める割合は小さくなっており、遷移の過程を見ることができる。平成11年度以降は単発的にはワカメやフクロノリといった陰蔽海藻やサクラノリのような小形一年生海藻、その他には大形一年生海藻が見られるものの、その多くをツノマタやオオバツノマタといった小形多年生海藻やイワノカワやサビ亜科のような殻状海藻が占めるようになる。

一方タイドプールでは、調査開始から珪藻やシオグサ、

ユレモといった短命海藻が多く見られ遊水部のような様々な生活史のものが出現しなかった。また全体の被度も遊水部と比較すると小さな値を取っている。被度観測と同時に行っている付着植物の坪刈り観測によれば、付着植物の湿重量は、タイドプールでは0.225~238.8 g/m²で値が推移するのに対して、遊水部では1564~31269 g/m²とタイドプールの最大値が遊水部の最小値より小さい。種類数に関しても遊水部で6~18種類出現しているのに対してタイドプールでは1~8種類しか見られなかった。両者の間には、量的な差もさることながら質的に見て種類数および出現生物の取る生活史の点で大きな違いが現れていることがわかる。

(2) 大阪湾他地点の観測結果

平成元年8月から平成2年5月にかけて、建設前海域においてバックグラウンド調査が3ヶ月毎に明石市によって行われている(明石市, 1991)。さらに検討を進めるため、このバックグラウンド調査とその他の大阪湾沿岸の調査結果を同様に生活史により分類した。取り上げたのは、自然海岸として淡路島北東岸の東浦海岸で行われた観測結果(日本港湾コンサルタント(株), 1995)を、人工構造物として阪南港に設置された生態系を考慮した港湾構造物(エコ岸壁)観測結果(エコ岸壁実証実験検討委員会, 2000)と尼崎閘門横石積み護岸における観測結果(東洋建設(株), 1995)である。それぞれの位置関係を図-1に示す。なお大蔵海岸と同様の被度観測が行われていない地区もあるので、ここでは坪刈りによる湿重量の観測結果を使用した。

図-4に生活史により分類した4地点での出現海藻の湿重量変化を示す。尼崎閘門横石積み護岸は、他の地点と比べて量が非常に貧困である。阪南エコ岸壁は造成から2年目であり、尼崎石積み護岸よりは多いものの他の2地点と比べ湿重量が一桁小さい。また、出現種類数に関してもバックグラウンド調査で3~31種類、淡路島東浦海岸で11~29種類出現しているのに対して、尼崎石積み護岸で1~3種類、阪南エコ岸壁では2~4種類しか出現していない。生活史について見ると、バックグラウンド調査では年間を通して中形多年生海藻のフダラクが優占的であり、マクサのような小形多年生海藻やワカメのような陰蔽海藻も若干見られる。淡路島東浦海岸では遊水部での調査結果と同様小形多年生海藻のツノマタやフシツナギといったものが優占的であり、短命海藻のアナオサや中形多年生海藻のフダラク、陰蔽海藻のアマノリなども若干見られる。一方、尼崎石積み護岸では少ない出現種のほとんどを短命海藻のアオノリ属やアオサ属が占め、阪南エコ岸壁でも短命海藻のアオサ属しか見られない。

こうした大阪湾他地点の結果と大蔵海岸の結果を比較

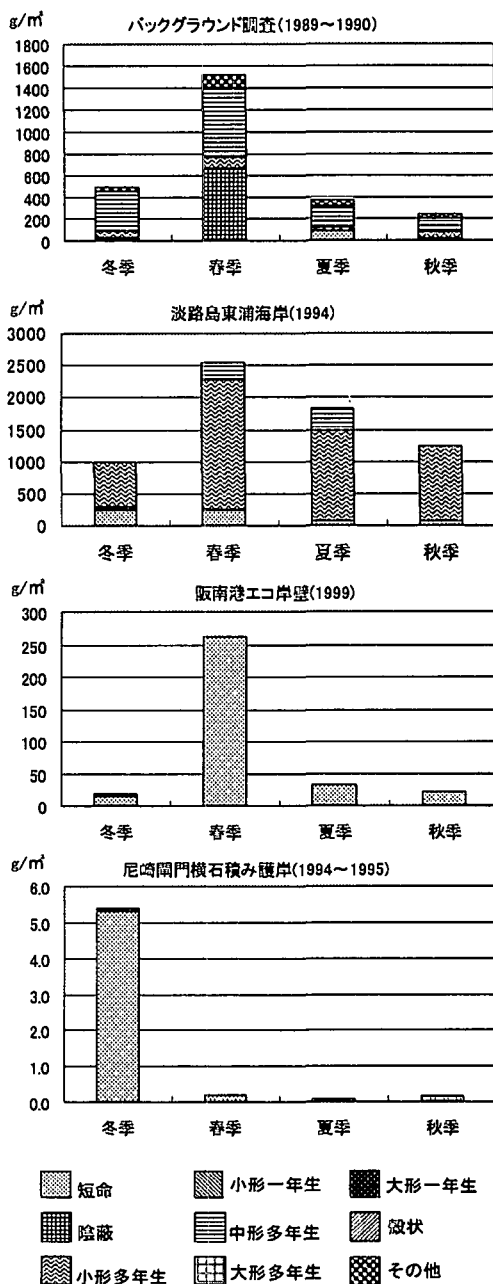


図-4 大阪湾各地点での観測結果

すると、小形多年生が優占するがその他の生活史も多く見られる遊水部は自然海岸である淡路島東浦海岸の観測結果に近く、建設前海域のバックグラウンド調査とも比較的似ているようである。一方短命海藻優占のタイドプールは阪南エコ岸壁や尼崎石積み護岸の観測結果と同様な傾向を示している。こうした傾向の違いを考察するために、つぎに出現藻類の取る生活史とそれを決定する環境要因について検討する。

4. 中原 (1988) の考えによる検討

中原 (1988) は植物群落の遷移と安定性に関して、群落に影響を与える 3 つの環境要因 (stress, disturbance, 捕食圧) と出現する種の生活史特性の関係を考察している。ここでいう stress は光や水、栄養塩の不足、好適でない温度などの要因であり、disturbance は波による刮げ取りなど個体の死亡を引き起こすような要因である。また捕食圧は、藻食動物による捕食や人間による刈り取りといった要因である。表-1 に 3 つの環境要因のそれぞれの大きさのもとで優占する海藻の生活史を示す。

3 つの環境要因に関して詳細な観測は行われていないが、遊水部や淡路島東浦海岸および建設前海域では、小形多年生、中形多年生および殻状海藻が優占していて、中原の表中この 3 種が出現するのは捕食圧が中ぐらいの場合のみである。

一方、タイドプールは遮蔽的であるために disturbance が小さいと考えられるが、水深が浅いことから水温の変化が大きくそのため stress が大きいと考えられ、表-1 では短命海藻が優占する条件ではない。また、阪南エコ岸壁も港内に位置するため他の地点と比べ disturbance

表-1 3 つの環境要因のもとで優占する海藻の生活史 (中原, 1988)

・捕食圧の小さいところ

		stress の大きさ		
		小	中	大
disturbance の大きさ	小	短命	短命・大形 1~2 年生	小形多年生 小形陰蔽
	中	短命・大形 1~2 年生	大形 1~2 年生	小形多年生
	大	小形陰蔽 殻状	殻状	なし

・捕食圧の中ぐらいのところ

		stress の大きさ		
		小	中	大
disturbance の大きさ	小	大形多年生	中形多年生	小形多年生 小形陰蔽
	中	大形多年生 大形 1 年生	大形 1~2 年生	小形多年生 殻状
	大	殻状	小形多年生 殻状	なし

・捕食圧の大きいところ

		stress の大きさ		
		小	中	大
disturbance の大きさ	小	微小短命	殻状	なし
	中	殻状	殻状	なし
	大	なし	なし	なし

が若干小さいと思われるが、光量が少ないため stress が大きくなる。尼崎石積み護岸も植物プランクトンの増殖による濁度の上昇や、河口に位置することから降雨後の塩分濃度の低下が確認されるなど stress が大きい可能性がある。したがって、いずれも中原の考えによる短命海藻が優占する環境条件ではない。

タイドプールで中原の考えが適用できない理由については後述するが、阪南エコ岸壁や尼崎石積み護岸の結果が中原の考えによって説明することが困難な要因として、水質による影響を考える。

中原 (2000) によれば、栄養塩が豊富な水域では海藻の種類が単純化し、短命海藻に特化した海藻相になる。また、海藻よりも栄養塩の取り込み効率の良い植物プランクトンが増殖し、これを食べる付着動物が増殖する。そのため、海藻と付着動物との場所の占有競争が起こると考えられる。

図-5 に各地点における表層の COD と T-P の観測結果を示す。T-P、COD とともに尼崎石積み護岸、阪南エコ岸壁の順で高く淡路島東浦海岸と遊水部で低い。タイドプールはその中間的な値を取っている。こうした傾向は他の栄養塩項目についても見られ、尼崎石積み護岸、阪南エコ岸壁がより富栄養状態であることが分かる。ここでは載せていないが、DO 濃度の鉛直変化を見ても尼崎石積み護岸や阪南エコ岸壁では夏季に貧酸素化しているようである。尼崎では海面下 2 m で、阪南エコ岸壁では海面下 5 m で飽和度が 10% を下回っている。

付着動物の単位面積あたりの湿重量は尼崎石積み護岸

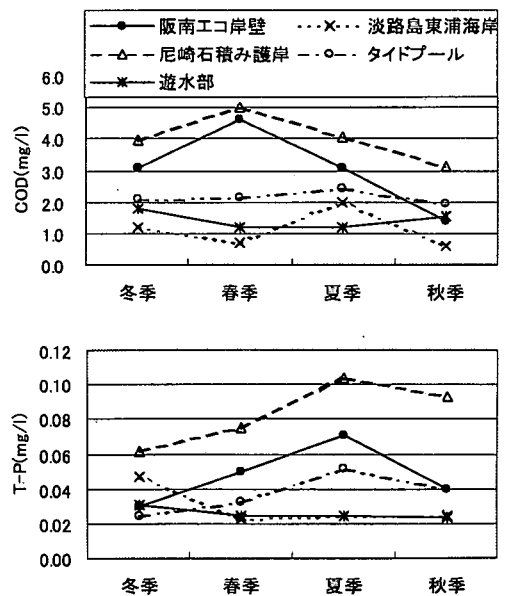


図-5 COD と T-P の変化

で $357.5 \sim 6372 \text{ g/m}^2$, 阪南エコ岸壁で $400 \sim 2,444 \text{ g/m}^2$, 淡路島東浦海岸で $27.6 \sim 1054 \text{ g/m}^2$ となり, 富栄養的である尼崎石積み護岸と阪南エコ岸壁で付着動物が多いことが分かる。こうした水質の違いが阪南エコ岸壁や尼崎石積み護岸の出現海藻を短命海藻優占にし, その量も少なくなった原因のひとつと考えられる。なお阪南エコ岸壁では植物は豊富ではないが, 出現した動物が他の垂直護岸よりも豊富であり, より好ましい生態系を形成していることが分かっている (エコ岸壁実証実験検討委員会, 2000)。

タイドプールにおいては, 阪南エコ岸壁や尼崎石積み護岸ほど水質は悪くないが, 中原の考えによって観測結果を説明できない。こうした理由として, タイドプールの stress の大きさが中原の想定した, 海藻が生育し続けることのできる stress の範囲を逸脱している可能性があげられる (中原教授からの教示)。すなわちタイドプールでは干潮時の水の不足が非常に大きく, それは海藻の生命を維持することが困難であるようなレベルにあり, 一度すべて死亡し, 再度, 短命海藻の侵入が起こっている状況と考えられる。

5. おわりに

(1) 生活史による分類は, 生物環境を把握するのに非常に有益である。特に今回の観測からは遊水部で日和見種の入植と淘汰の過程が見られ, 植物の遷移過程を見ることが出来た。

(2) 短命海藻優占のタイドプールと異なり, 遷移後の遊水部では小形多年生海藻と殻状海藻が優占していることが明らかとなった。

(3) 遊水部の優占種は, 小形多年生海藻が優占している淡路島東浦海岸, 中形多年生海藻が優占する建設前海域と同様に, 水域の環境と出現海藻の生活史の関係 (中原, 1988) で説明することができる。しかし, 短命海藻が優占していたタイドプールや阪南エコ岸壁および尼崎石積み護岸はこの考えで説明ができない。

(4) 尼崎石積み護岸やエコ岸壁では, 富栄養的であるために固着性の潮間帯動物に場所を占有され, 潮間帯

植物が排除され進入できないことから, 潮間帯植物が少なく短命海藻が優占すると推測される。このような富栄養的環境は, 海藻間の競争より, 付着動物と場所を巡る競争が重要であり, 付着動物が小形多年生海藻の位置を占めていると考えられる。

(5) タイドプールの底質の粒径は約 2 cm の礫であり, 植物が付着する基盤として不安定であり, また干潮時には極度に乾燥する。従って, タイドプールは中原の考えの適用範囲を逸脱するさらに stress が大きい場合と考えられ, この結果, 素早く侵入できる短命海藻のみが出現する。

なお, 本研究にあたって京都大学大学院農学研究科中原紘之教授により貴重な意見をいただいた。また, 明石市 (大蔵海岸), 東洋建設 (大蔵海岸, 尼崎閘門横石積み護岸), 日本港湾コンサルタント (淡路島東浦海岸) および大阪府港湾局と住友金属 (阪南エコ岸壁) にはそれぞれ観測結果の使用を認めていただいた。さらにこの調査の一部は住友財団の助成 (助成番号 993166) により行われたことを記して, 感謝する。

参考文献

- 明石市 (1991): 大蔵海岸環境調査報告書。
- 井上雅夫・島田広昭・桜井秀忠・端谷研治 (1999): 大阪湾沿岸および東播海岸における人工磯の付着動物相に関する現地調査, 海岸工学論文集, 第46巻, pp. 1171-1175。
- 今村 均・羽原浩史・福田和国 (1993): ミチゲーション技術としての人工干潟の造成・生態系と生息環境の追跡調査, 海岸工学論文集, 第40巻, pp. 1111-1115。
- エコ岸壁実証実験検討委員会 (2000): エコ岸壁実証実験資料編。
- 尾崎正明・伊藤利加・奥田泰永・二宮早由子 (2000): 関西国際空港島護岸の藻場造成による環境創造効果について, 海岸工学論文集, 第47巻, pp. 1196-1200。
- 東洋建設 (株) (1995): 尼崎閘門横海域環境調査報告書。
- 中原紘之 (1983): 褐藻類の生活誌, 海洋と生物 25 (Vol. 5, No. 2), p. 150。
- 中原紘之 (1988): 褐藻類の生活誌, 海洋と生物 56 (Vol. 10, No. 3), p. 222。
- 中原紘之 (2000): 藻場とその機能, 海域・海岸線における環境創造のための計画知識 III-2, NPO 大阪湾研究センター (編), p. 95。
- 日本港湾コンサルタント (株) (1995): 平成6年度淡路島国際公園都市構想に伴う港湾・海岸整備計画検討調査報告書。