

寺本賢一郎\*・河盛好昭\*: 山口県三田尻湾の水質回復に伴う  
海藻フロラの変遷\*\*

Ken-ichiro TERAMOTO\* and Yoshiaki KAWAMORI\*: Changes  
in marine algal flora related with the improvement of the water  
quality in Mitajiri Bay, Yamaguchi Prefecture

山口県の三田尻湾は、近年、排水規制の強化と企業の排水処理対策への努力が実り、水質は著しく改善され、1975年には環境基準を達成するまでに回復した<sup>1)</sup>。著者らはこの間の生物相を調査し、水質の回復に伴う海藻フロラの変遷についての知見を得たので、以下に報告する。

三田尻湾の概要

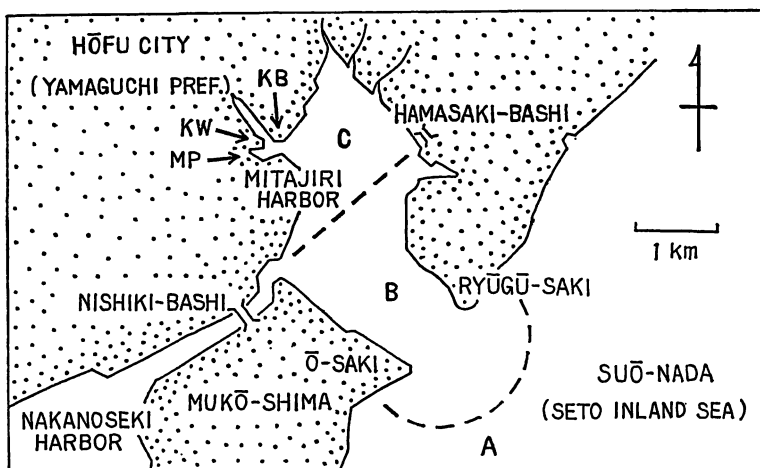


Fig. 1. A map of Mitajiri Bay.

Water categories of Environmental Standard: A, B and C. Effluents: KB (Kanebo Co.), KW (Kyowa Hakko Co.) and MP (Municipal Waste Disposal Plant).

\* 協和醸造工業株式会社防府工場 (747 山口県防府市協和町1-1)  
Hofu Plant, Kyowa Hakko Kogyo Co., Ltd., Hofu-shi, Yamaguchi-Ken 747, Japan.

\*\* 本研究の大要は昭和52年4月の日本藻類学会第1回大会で発表した。

Bull. Jap. Soc. Phycol. 25: 210-216. 1977.

三田尻湾は、山口県瀬戸内海沿岸の中ほどに位置する防府市地先の一小内湾であり、面積約 530 ha、奥行約 4 km、水深は中央部で 2～6 m ある。Fig. 1. に示すように、竜宮崎と翁崎にはさまれた湾口が周防灘にひらき、湾奥には三田尻港があり、湾口から港までは水深 7.5 m の航路になり、隣接の中関港とは狭い水道で通じている。湾奥の東側には、砂泥質の広い干潟があり、西側には都市下水の混じる川と工場排水口が集中している。沿岸は湾奥が護岸で囲まれ、中ほどから先は、砂浜、砂礫浜、岩浜と続いている。湾内の潮流は、最強時 1/4 Kt である。海水の塩素量は、およそ 11～19‰ の範囲にある。環境基準の類型では、湾奥が C、湾口 B が、湾外が A の各水域に指定されている。

## 調査方法

湾内 (B および C 水域) の潮間帯付近に自生する 3 mm 以上の海藻 (アマモも含む) を対象とし、年間を通じ主として 1, 3, 6, 10 月に種類と生育度を観察した。海藻以外に魚類と無脊椎動物についても同時に調査を行ない、方法は次のように統一した。

岸沿いに距離 100 m あたり 1 個体以上を見かけたら生息しているとし、個体数の相対的な量比、+ (わずか)、++ (普通)、+++ (多い)、++++ (きわめて多い) で生育度を表わした。場所によって疎密のあるときは、密生しているほうの値で代表した。また出現期間が短くても、それが 1 か月以上であれば、その年に生息したものと見なした。

## 結果と考察

### 1. 海藻フロラの変遷

1973～76年における三田尻湾の海藻リストを Table 1. に示す。海藻の種類は、湾内全域で 21 種から 29 種になった。年ごとの種類数は、湾口 (B 水域) では 20, 23, 28, 27, 湾奥 (C 水域) では 4, 7, 12, 13 と変化し、いずれも '75 年にほぼピークに達した。なかでも、ヒビミドロ、ハネモは湾内の全域から消滅し、アオサ、スサビノリ、ヒメテングサ、エナシダジア、カヤモノリ、セイヨウハバノリなどは C 水域に進入してきた。'77 年春には C 水域の一部にワカメがおびただしく繁茂するようになった。

海藻フロラの全体の傾向としては、紅藻が年ごとに次第に増加しているのに対し、緑藻は '75 年を境に減少、褐藻は同じ時期に急に増加しているのが特徴的である。ヒビミドロ、ハネモは汚染域で繁茂し、カヤモノリ、セイヨウハバノリは汚染域には出現しないと指摘されている<sup>3)</sup>。三田尻湾の海藻フロラの変化も、これとよく符合しており、水質が汚染状態から回復したことを示唆している。数種の海藻について、分布域の変化を示したのが Fig. 2. である。ノリは、A 水域で浮き流し養殖が行なわれているが、養殖種がスサビノリに切り替った '74 年以降、漁家の加工場から流れ出した葉体片に由来するスサビノリが湾内の B 水域に定着し、次いで C 水域にまでひろがった。またアサクサノリもわずかながら C 水域の一部で定着しはじめた。ワカメは、A 水域および B 水

Table 1. A list of marine algae and sea grasses from Mitajiri Bay.

	species	areas	years				
			'73	'74	'75	'76	
CHLOROPHYTA	<i>Ullothrix flacca</i> (ヒビミドロ)	B C	++ ++	++ ++	+ +	- -	
	<i>Enteromorpha prolifera</i> (スジアオリ)	B C	- ++	- ++	- +++	- +++	
	<i>E. intestinalis</i> (ボウアオリ)	B C	+++ +++	+++ +++	+++ +++	+++ +++	
	<i>Ulva pertusa</i> (アナアオサ)	B C	++ -	+++ -	++ +	++ +++	
	<i>Cladophora densa</i> (アサミドリシオグサ)	B C	++ -	+++ -	++ -	++ +	
	<i>Bryopsis plumosa</i> (ハネモ)	B C	++ +++	+++ +++	++ ++	- -	
	<i>Codium fragile</i> (ミル)	B C	++ -	++ -	++ -	++ -	
	RHODOPHYTA	<i>Porphyra tenera</i> (アサウサノリ)	B C	++ -	+++ -	++ -	+ +
		<i>P. yezoensis</i> (スサビノリ)	B C	- -	++ +	+++ ++	+++ +++
		<i>P. lacinata</i> (ヤブレアマノリ)	B C	++ -	++ -	++ -	++ -
<i>P. katadai</i> (ソメフケアマノリ)		B C	++ -	++ -	++ -	++ -	
<i>Gelidium divaricatum</i> (ヒメテングサ)		B C	+++ -	+++ +	+++ ++	+++ ++	
<i>Grateloupia filicina</i> (ムカデノリ)		B C	+++ -	+++ -	+++ -	+++ -	
<i>G. okamurai</i> (キョウノヒモ)		B C	- -	- -	- -	+ -	
<i>Gracilaria bursa-pastoris</i> (シラモ)		B C	++ -	++ -	++ -	+++ -	
<i>G. textorii</i> (カバノリ)		B C	- -	- -	++ -	++ -	
<i>Gymnogongrus flabelliformis</i> (オキツノリ)		B C	+++ -	+++ -	+++ -	+++ -	
<i>Gigartina tenella</i> (スギノリ)		B C	- -	+ -	++ -	++ -	
<i>Ceramium tenerimum</i> (ケイギス)		B C	- -	++ -	++ +	++ ++	
<i>Dasya sessilis</i> (エナシダシマ)		B C	++ -	++ -	+++ ++	++++ +++	
<i>Polysiphonia urceolata</i> (ショウジョウケノリ)		B C	++ -	+++ ++	+++ ++	++ ++	

次頁へ続く

PHAEOPHYTA	<i>Ectocarpus siliculosus</i> (シオミドロ)	B	-	-	+++	+++
		C	-	-	+++	+++
	<i>Dictyota dichotoma</i> (アミジグサ)	B	-	-	++	++
		C	-	-	-	-
	<i>Scytosiphon lomentarius</i> (カヤモリ)	B	-	-	-	-
		C	-	-	-	+++
	<i>Colpomenia sinuosa</i> (フクロノリ)	B	-	-	++	++
		C	-	-	-	-
	<i>Petalonia fasciā</i> (セイヨウハバノリ)	B	++	++	+++	+++
		C	-	-	+++	+++
	<i>Undaria pinnatifida</i> (ワカメ)	B	++	++	+++	+++
		C	-	-	-	-
<i>Sargassum horneri</i> (アカモク)	B	++	++	++	++	
	C	-	-	-	-	
<i>S. hemiphyllum</i> (イソモク)	B	++	++	++	++	
	C	-	-	-	-	
<i>S. confusum</i> (フシスジモク)	B	-	-	++	++	
	C	-	-	-	-	
SPERMATOPHYTA	<i>Zostera marina</i> (アマモ)	B	+	+	+	+
		C	-	-	-	-

### very abundant    ## abundant    ++ common    + rare

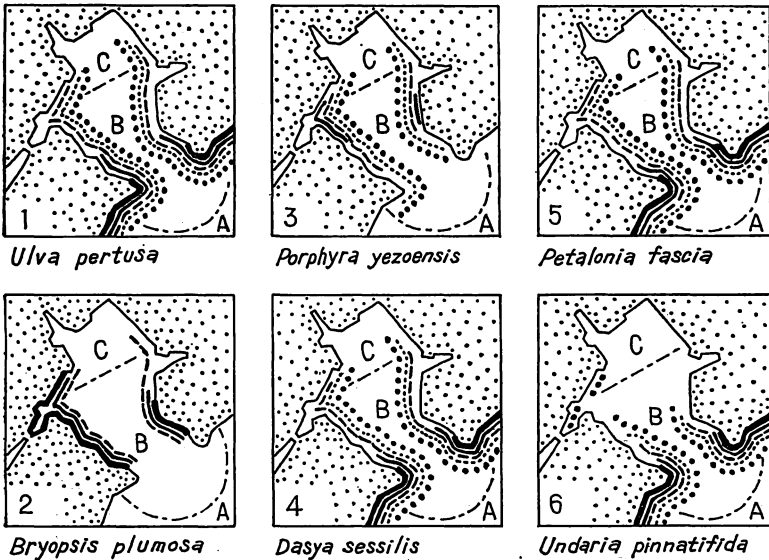


Fig. 2. Distribution maps of several marine algae.

— '73 — '74 - - - '75 ..... '76 .... '77

域の一部で生育していたが、'77年に至りC水域にまで進入した。C水域での繁茂はミオの末端に当たっており、潮流の影響も無視はできないものの、C水域の水質が全般に著しく改善された結果であることは間違いないであろう。ちなみに環境基準<sup>2)</sup>によれば、B水域は、ノリなどの水産2級に、A水域はワカメなどの水産1級に、適応するように定められている。

## 2. 水質 (COD) との関係

環境基準の COD (化学的酸素要求量) は、A, B, C の各水域で 2, 3, 8 ppm 以下と定められている<sup>2)</sup>。三田尻湾の水質の COD は 4 年間に **Table 2.** のように推移した<sup>4)</sup>。各水域とも環境基準を満足するまでに回復したのは '75 年である。

前項で述べたように海藻フロラはこの年を境にして、かなり顕著な変化を示している。しかし個々の海藻の分布と各水域の COD との間に、それほど密な関係が見出されないのは、潮流、地形、着生基盤、河川の流入などが関係しているためと考えられる。COD の測定も、特定の少数地点で、限られた頻度でしか行なわれていないので、その正確さに限界があり、たんに水質の推移傾向を表わすにとどまると解すべきであろう。

1973~76年における海藻、魚類、無脊椎動物の種類数の変遷を比較したのが **Table 3.** である。魚類では回遊魚についても併記した。無脊椎動物は、原素類、甲殻類、軟体類、棘皮類、環形類、扁形類、腔腸類(クラゲを除く)および海綿類に属する 3 mm 以上のものである。海藻の種類数は、'75年にピークに達し、COD で表わされた水質回復の時期ときわめてよく一致した。C 水域でのピークが B 水域よりも多少遅れているのは、水質の回復に起因すると言うよりも、むしろその水域に進入し定着するまでの時間的なズレに過ぎないと思われる。海藻は水中の養分に依存して生活しているので、水質の状態を如実に反映するのはむしろ当然である。また海藻の生活史は概して短かく、繁殖力

Table 2. COD level in Mitajiri Bay in comparison with the values of Environmental Standard of the areas.

Areas	Annual average (ppm) <sup>†</sup>				Daily average in Environmental Standard(ppm) * <sup>‡</sup>
	1972	1973	1974	1975	
A	3.6	2.9	2.7	1.6	2 or less
B	5.5	4.8	4.4	2.4	3 or less
C	26.8	12.4	11.2	6.3	8 or less

\* after Hofu City(1976).

\*\*values limited by government enactment.

Table 3. Annual changes in species number of marine algae, fishes and invertebrates detected from Miiajiri Bay.

Areas	Aquatic lives	Species number			
		1973	1974	1975	1976
B	Marine algae*	20	23	28	29
	Invertebrates	60	76	94	102
	Fishes	20	35	42	42
	(Migratory fishes)	(7)	(19)	(19)	(18)
	Total	100	134	164	171
C	Marine algae*	4	7	12	13
	Invertebrates	5	19	38	55
	Fishes	2	18	22	26
	(Migratory fishes)	(2)	(9)	(11)	(11)
	Total	11	44	72	94

\* including sea grasses.

も大きいために、魚類や無脊椎動物に較べ、水質に対する反応が即応的である。これらの理由によって、海藻の種類数は、水質が環境基準のレベルまで回復したことを生物学的に判定する有力な指標になると考えられる。

魚類のうちで回遊魚は、移動性が大きいために、水質回復の初期にいち早く来遊し、海藻よりも1年早く種類数のピークに達した。この場合もB、C水域でピークの時期にズレがみられるが、餌料になる生物の進入などとの関連が予想される。魚類全体および無脊椎動物の種類数は、B水域では海藻よりも1年ないしそれ以上遅れてピークに達し、C水域ではさらに遅れる傾向があった。定着性の強い動物がB水域、次いでC水域へと進入して繁殖し、目につくような数と大きさになるまでには、かなり長期間かかるはずであり、そのために生ずる遅れであろう。アサリは'76年にB水域で場所によっては13,000個体/m<sup>2</sup>にも達する繁殖が観察されたが、その産卵時期は殻長分布から'74年秋ないし'75年春と推定された<sup>5)</sup>。このころすでに湾内の水質や底質が、貝類の繁殖に適する程度に回復していたことになる。なお'77年春には、C水域の水深2.5mの地点で、アサリ、サルボウ、オオノガイなどが観察された。潮間帯付近だけでなく深所においても、水質および底質の回復が順調に進行していることが明らかである。

海藻、魚類、無脊椎動物を通じて、その進入と定着に要する時間的なズレを考慮に入れるならば、水域ごとに実質的に生物種が多様化する時期と、水質の環境基準が達成された時期とは、だいたい一致していると推定できる。豊かな生物相をもたらすという点で、環境基準は生態学的にも妥当性があると判断される。

### Summary

The present study was undertaken to obtain a knowledge of the restoration of marine algal flora in relation to the improvement of water quality of Mitajiri Bay. Intertidal collections of the sea weeds were made along the coast of Mitajisi Bay from 1973 to 1976. Algal species in the area increased in number from 21 to 29 during last four years. Furthermore, changes in species number were characterized by extinction in some species of the Chlorophyta and invasion in some of the Phaeophyta. Water quality improvement as a result of the observance of environmental COD standard by the factories and municipality and the highest increase in number of algal species occurred at the same time. On the other hand, a time lag was observed with regard to the appearance of fishes, except migratory fishes, and invertebrates. Increase in species number of the marine algae may be regarded as a valuable biological measure of seawater quality.