

ができず、landingできないシステムのままであれば、リサイクルの輸送の渋滞・貯留の場が生産の場へはみ出してきて、不要物サイクルの巨大化が次の節目まで進みっぱなしになる。landing可能な資源化のためには、

従前から人間による利用排出系路を含む沿岸海洋生態系を、意図的に改変する努力が必要ではなからうか。

3. 真珠漁場の栄養水準の変化とそれに伴う生物相の変遷

植本 東彦 (養殖研究所)

1. 真珠養殖の基本的問題点

アコヤガイを用いる真珠養殖では、筏を用いた垂下養殖の方法がとられている。しかし本来このアコヤガイは、内湾底棲性の生物であることから、この貝を海底から引き離して飼育するためには、できるだけその生態にそくした水の諸性状が必要となる。同時に筏という不自然な環境で養成することに伴って、新たに生ずる障害——例えば附着生物の増加とか水温の急激な変化など——をいかに制御するかも、真珠養殖技術の重要な要素となっている。ここでまず、アコヤガイの生態について略記する。

1-1. アコヤガイの生態

この貝は、内湾の海底上の石や岩などに足糸をもって定着し棲息する生物で、生活の全てをその生態系の動向に依存している。水温、塩分、潮汐流など物理的な諸要因、酸素量、水質などの化学的諸要因、プランクトン、懸濁物質、他の生物群集などの生物的要因などが、すべて彼らの生活と密接な関係を持っている。

アコヤガイの生活において、その基礎代謝は、基本的には水温によって支配され、通常 13°C から 27°C までは、ほぼ直線的に温度に比例して代謝量が増加する。27°C 以上では代謝量が急激に増大する。また、底棲生物である関係から、水温の急激な変化(数時間で 3~4°C の変化)には対応できず、衰弱あるいは死が起きる。

また、ある温度における代謝活動のレベルは、主として潮流の速さに比例する。流速が無い状況では休息状態となり、水が動けば活動が開始され、その速さに比例して代謝量が増加する。しかし、20 cm/sec 以上の速さでは、代謝活動の規則性が失われ、不規則な貝殻開閉運動が起り、エネルギーの消耗が大きくなる。

比重は σ_{15} で 10(Cl 7.8%, S 14.12%) 以上が必要とされ、それ以下では水硬直の状態がみられるようになり、衰弱、死が発生する。真珠生産のためには(真珠

品質を損わないためには)、比重として 15(Cl 11%) を必要とする。また、水温への対応と同様に、塩分の急激な変化に対応しにくい。

溶存酸素量の減少には対応できる性質を備えており、極端な低酸素(0.7~1 ppm)でなければ、比較的長時間耐えることができる。

水質要因に関しては、貝の成長を条件としたときに、pH 7.95 以上、アルカリ度 1.45 以上、COD 2.04 以下、NH₃-N 5.6 $\mu\text{g-at/L}$ 以下、NO₂-N 1.3 $\mu\text{g-at/L}$ 以下、NO₃-N 3.6 $\mu\text{g-at/L}$ 以下とされている。

懸濁物質は、餌料要因として重要なものである。彼らの生活エネルギーの獲得は、プランクトンを含む懸濁物質の摂取によって行われる。その際に、その汙水量は水温、流速、懸濁物濃度などによって変化する。また、餌料の消化については、懸濁物質が低濃度の時に高い同化効率(40~54%)を示す。その食性は、主要な消化酵素がアミラーゼであることから、炭水化物を主体とするもの、つまり植物プランクトンを主たる餌料としていると考えられる。この貝のエネルギーの蓄積形態は主としてグリコーゲンであり、外套膜、閉殻筋(貝柱)などに蓄積される。

貝の成長及び産卵などの生活に必要な懸濁物の量は、平均的にみて1個体当り年間 100 g 前後であり、これを賄うためには、海水中の懸濁物の濃度が 3 mg/L 程度なければならぬことになる。しかし、汙水量は、前述のような要素により変化するもので、実際にはこれよりも低い懸濁物量であっても、成長を維持できる。ここに述べた懸濁物は、珪藻を主体とした有機物含有量が 30% のものとして計算されたものである。

懸濁物が、泥土やアコヤガイが消化できない粒子を主体とする場合は、全く別の問題となる。底棲性の貝であっても、泥中に生活する生物ではないから、泥量が 7 ppm 以上で呼吸量の減少や成長阻害が顕われてくる。こうし

た懸濁物が長期に存在する場合には、衰弱、斃死が生じる。

懸濁物質の主体をなすプランクトンは、先に述べたように、植物プランクトンであることが好ましく、中でもキートセロス、タラシオネマ、バクテリアストラム、スケレトネマ、メロシラなど、アコヤガイの消化器内で比較的壊れやすい殻を持った種類の珪藻が有効な餌料とされており、同じ珪藻でも、コシノデイスカス、ニッチアなど殻の固い種類の場合は餌料性がないとされている。また、クロレラ、クラミドモナスのような固い細胞膜を有する藻類も、アコヤガイは消化できない。

アコヤガイが自然に棲息する海底の環境においては、貝殻上に沈着して成長するような生物の幼生が比較的少なく、また、附着しても貝に大きな障害をもたらすような生物種が少ないので、アコヤガイ自体は、たとえばムラサキガイが貝殻に持っているような附着生物の防御機構を全く持っていない（幼時には多少持っている）。しかし、人為的な上層の養殖環境は、附着生物の幼生が非常に多い場であるので、アコヤガイの貝殻は、それらの生物の格好の定着基盤となり、海底にくらべその附着量が極めて多くなる。こうした生物群集の附着はアコヤガイの貝殻閉開運動、吸排水及び捕食活動を大きく阻害するほか、餌料及びカルシウムの摂取の競合をもたらすなどの影響を与える。従って、これらを人為的に除去しなければ、アコヤガイは衰弱、斃死する。真珠漁場としては、こうした生物の附着が少ない海面が望ましく、とくにカサネカンザシ、フジツボなどの少ないことが望ましい。

また、病害生物として、貝殻に穿孔し、貝を衰弱、斃死に至らしめる多毛類ポリドラ・シリアータがあるが、これらの発生が少ないことも、漁場条件のひとつである。

1-2. 真珠養殖技術の性格

上記のようなアコヤガイの生態的な要求を充分満足させるような養殖技術が必要とされるが、そのための漁場管理あるいは筏管理が行われている。すなわち、

①適正な水温、水質、流れ、餌料生物等を求めて、漁場の選択、筏の移動、垂下層の調整、容器の選択などを行なう。

②附着生物の除去、貝殻寄生虫の駆除などを柱として飼育技術が組立てられてきた。

しかしながら、現今の浅海内湾の漁場は、様ざまの外部的要因や、内部の問題もあって、上記のような諸条件を十分に満足させ得る海面が、極めて少なくなり、何らかの形で制約的な条件が在るために、それを技術的に克

服しながら、この養殖業が営まれていると言えよう。こうした漁場の実態について概略を述べる。

2. 真珠漁場における環境変化の実態（例）

真珠漁場周辺地域の社会経済的發展に伴って、様ざまの要因による環境の変化が起きているが、たとえば、市街地化や観光開発による田畑、山林の減少、減反政策による水田地帯の荒廃、ダム建設に伴う河川水の減少など、陸上からの栄養塩の流入の減少がある一方、湛水地域の減少、泥土流出の増加、上水道の普及なども含めて、諸種の化学物質を含む排水の増加など、海の変化を促す要因が多い。

また、海面では、養殖面での複合利用が盛んになり、真珠養殖のあとから魚類養殖のり養殖などが普及してきている。これらの養殖による、様ざまな部面での負荷の増加も見逃すことはできないであろう。

このような変化に伴って、漁場の環境要素がどのように変わり、それが海の生物相にどのような変化を与えたかという因果関係を探るべく、資料を集めて解析しようと試みたが、過去の観測、観察資料は断片的であったり、比較が困難な場合が極めて多いこともあって、現象の羅列のみで終始することになってしまった。

アコヤガイによる真珠養殖は、現在、主として三重県、愛媛県、長崎県、熊本県などで行われている。これらの真珠漁場における問題点は、それぞれの地域によって異なっているが、しかし、共通する面もかなり多い。

①三重県英虞湾では観光開発からくる汚れを問題にしているが、その西にある五ヶ所湾ではハマチ・タイ養殖による赤潮発生の影響に悩まされている。

②愛媛県でもハマチ養殖が盛んであり、真珠漁場として成立できないほどに汚れ、既に放棄された漁場も多い。

③また、九州では昭和40年代初めまで、長崎県の大村湾が養殖の中心とされていたが、周辺地域の開発、商業都市化、ダム建設など陸上や河川の環境変化に伴って、海の状況も亦変わったのであろう、昭和45年頃から斃死率が増加、漁場としての利用価値が低下し、湾外の漁場が用いられるようになった。しかし、それらの漁場も亦、魚類養殖の影響で斃死が増加している。五島列島、対馬などの漁場も同様に魚類養殖の汚染に悩んでいる。熊本県の天草海域は、40年代後半までは、1等漁場として優良な真珠の生産が行われていたが、魚類養殖の進出以来、毎年、赤潮の発生などから、真珠漁場としての適正を欠く漁場になりつつある。

このように、様ざまの漁場で問題をかかえており、以前の技術をそのまま行使すれば、優良な真珠生産を維持

できる漁場は皆無に等しく、かなりの技術的な修正と管理努力を傾注しなければ、まともな生産があげられない段階にある。

漁場の複合的利用によって、富栄養化がもたらされた場合、水質的に前述のような $\text{NH}_4\text{-N}$ その他の窒素の増加は、アコヤガイの成長を阻害することになるほか、富栄養化によるプランクトン相の変化が、アコヤガイにとっての栄養環境を損う場合も生じる。

今回は、こうした漁場の変化を、主として生物相の変化として、特にプランクトン及び附着生物など真珠養殖に関係のあるものを取上げてみた。

2-1. 英虞湾における実態

地形及び観測点を図1に示す。英虞湾の過去における観測資料は多いが、同じ定点における継続的な観測結果は少ない。図の3点について、昭和43年に当研究所が観測した水質資料(西飯ほか, 1970)の年間の平均値と、昭和48年に三重県水産試験場が行ったもの(三重県環境部, 1974)とを比較すると表1のように、 $\text{NH}_4\text{-N}$ には余り大きな相違がなく、むしろ少なくなっている傾向がある。 $\text{NO}_2\text{-N}$ 及び $\text{NO}_3\text{-N}$ も殆んど変りがない。 $\text{PO}_4\text{-P}$ が増えているが大幅ではない。この5年間では栄養塩に大きな変化がなかったと考えられる。

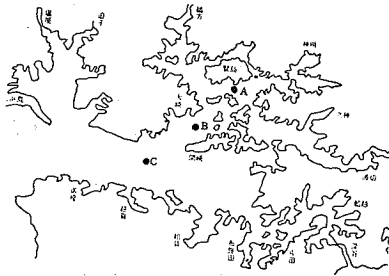


図1. 英虞湾調査地点

一方、懸濁物量も、表2に示すように、昭和32年から52年に至る何回かの観測結果から推定する限りでは殆んど変化がない。

植物プランクトンについて、断片的ではあるが、まとめてみると表3のようになる。真珠養殖が戦後再開されていない昭和21~22年頃のほぼ自然海面の状態における植物プランクトン相は、硅藻の種類が非常に多く、特にキートセロスが大部分を占める姿を示していた。それが約10年後の昭和33年には、キートセロスが後退し、ユーカンピア、スケルトネマ、タラシオネマ、タラシオスリックスなどが優占することが多くなってきた。昭和51年以降もこうした傾向が続いている。リゾソレニアは

表1. 英虞湾の栄養塩の変化
(西飯ほか, 1970, 三重県環境部, 1974)

		$\text{NH}_4\text{-N}$ ($\mu\text{g/l}$)	$\text{NO}_2\text{-N}$ ($\mu\text{g/l}$)	$\text{NO}_3\text{-N}$ ($\mu\text{g/l}$)	$\text{PO}_4\text{-P}$ (PPM)
A	6月	43年 92.4	0.8	3.9	0.005
		48 51.8	0.8	4.6	0.026
	8月	43 100.8	0.8	4.2	0.011
		48 52.1	0.4	9.0	0.060
	10月	43 53.2	3.9	7.3	—
		48 35.8	5.4	5.7	—
B	6月	43 81.2	0.7	3.8	0.007
		48 32.3	0.4	3.1	0.026
	8月	43 88.2	0.8	8.3	0.007
		48 31.2	0.4	8.2	0.060
	10月	43 63.0	2.9	6.6	—
		48 29.4	5.1	5.4	—
C	6月	43 110.6	0.8	4.8	0.007
		48 36.3	0.5	2.5	0.031
	8月	43 91.0	1.1	7.8	0.005
		48 31.3	0.3	3.4	0.010
	10月	43 53.2	2.9	4.1	—
		48 32.8	4.4	4.9	—

表2. 英虞湾の懸濁物量の推移

昭和32年10月~33年11月. 湾内10~25地点の平均値	1.30 mg/l 三重県試験場(1961)
昭和43年4月~11月. 湾内13地点の平均値	2.07 西飯 保ほか(1970)
昭和44年5月~11月. 湾内13地点の平均値	1.54 西飯 保ほか(1970)
昭和48年4月・8月. 湾内11地点の平均値	1.55 三重県環境部(1974)
昭和51年5~12月. 多徳島地先における平均値	1.82 植本(未発表)
昭和52年8~12月. 多徳島地先における平均値	1.36 植本(未発表)

殆んど姿を消し、コシノディスカス、ニッチアなどが現れている。

量的な面では、過去の資料は沈殿量で、最近の資料は細胞数で表わされており、比較が困難であった。

表3. 英虞湾における植物プランクトン優占種

昭和 21~22 年 (時岡ほか, 1950)	2 月 植物プランクトンの割合, 約 100 % (珪藻 98 種, 内 60 種が <i>Chaetoceros</i>)
	6 月 同上 50~96 % (内 <i>Chaetoceros</i> 80 %)
	8 月 同上 90 % 以上 (内 <i>Chaetoceros</i> 90 %)
	9 月 同上 70~100 % (珪藻 104 種, 大部分 <i>Chaeto.</i>)
昭和 33 年 (三重県水産試験場, 1959)	1~3 月 <i>Chaetoceros</i> , <i>Rhizosolenia</i> , <i>Eucampia</i>
	3~4 月 <i>Eucampia</i> , <i>Chaetoceros</i>
	4~6 月 <i>Chaetoceros</i> , <i>Skeletonema</i>
	6~7 月 <i>Thalassionema</i> , <i>Chaetoceros</i> , <i>Thalassiothrix</i>
	8~9 月 <i>Bacteriastrum</i> , <i>Ditylium</i> , <i>Thalassiothrix</i>
	10~12 月 <i>Skeletonema</i> , <i>Chaetoceros</i> , <i>Rhizosolenia</i>
昭和 35 年 (越賀沖) (上野ほか, 1961)	6 月 <i>Chaetoceros</i> , <i>Rhizosolenia</i>
	7~8 月 <i>Chaetoceros</i> , <i>Bacteriastrum</i> , <i>Leptocylindrus</i> , <i>Nitzschia</i>
昭和 51 年 (多徳島) (植本(未発表))	6~7 月 <i>Chaetoceros</i>
	8 月 <i>Chaetoceros</i> , <i>Coscinodiscus</i>
	9 月 <i>Thalassionema</i> , <i>Thalassiothrix</i> , <i>Thalassiosira</i> , <i>Skeletonema</i>
	10 月 <i>Thalassiothrix</i> , <i>Chaetoceros</i> , <i>Skeletonema</i> , <i>Ditylium</i>
	11 月 <i>Thalassiothrix</i> , <i>Skeletonema</i>
	12 月 <i>Chaetoceros</i> , <i>Skeletonema</i> , <i>Thalassiosira</i> , <i>Thalassionema</i>
昭和 52 年 (多徳島) (植本(未発表))	5 月 <i>Chaetoceros</i>
	8 月 <i>Chaetoceros</i> , <i>Thalassiothrix</i>
	9 月 <i>Chaetoceros</i> , <i>Thalassiothrix</i> , <i>Skeletonema</i> , <i>Nitzschia</i>
	10 月 <i>Thalassiothrix</i> , <i>Chaetoceros</i> , <i>Skeletonema</i> , <i>Stephanopyxis</i> , <i>Asterionera</i>
	11 月 <i>Thalassiosira</i> , <i>Skeletonema</i> , <i>Thalassiothrix</i>
	12 月 <i>Thalassiothrix</i> , <i>Thalassiosira</i>
昭和 55 年 (田中(未発表))	2 月 <i>Chaetoceros</i> , <i>Asterionera</i> , <i>Skeletonema</i> , <i>Thalassiosira</i> , <i>Eucampia</i>
	3 月 <i>Chaetoceros</i>
	4 月 <i>Chaetoceros</i>
	5 月 <i>Skeletonema</i>
	6 月 <i>Chaetoceros</i> , <i>Leptocylindrus</i>

附着生物の変化を表4に示した。昭和30年代に重要な附着生物として挙げられていたものは、ウズマキゴカイ、フサコケムシ、ネンエキボヤ、カキ、フジツボなどであった。特にカキ、フジツボは餌料及びカルシウム摂取の競合や、物理的障害を与えるために、重要な除去すべき生物とされた。しかし、その附着量は、33年7~8月の調査では、全体の4%程度であった。40年代に入ると、附着生物の様相は一変し、カサネカンザシ、フジツボが主体となり、これにネンエキボヤが次ぐ形となった。42年7~8月の調査では、全体の半分がカサネカンザシ、3割がフジツボとなっている。これらは、とくにカサネカンザシは冬季を除き、周年にわたり附着がみられる。フジツボは、ヨーロッパフジツボ、アメリカフジツボなどの新顔がみられるようになり、初夏から冬に至るまで附着がみられるようになった。

2-2. 愛媛県宇和島湾における実態

この湾を採上げた理由は、昭和30年代から40年代初めまでは、この湾内で真珠養殖が行われていたが、その後ハマチ養殖が行われ、2~3年のうちに真珠漁場として利用できない程に汚染が進み、今は全く放棄されてしまった所だからである(図2)。

しかし、宇和島湾の水質に関する過去の資料は殆んど無く、汚染・赤潮が問題にされはじめた50年以降のものが多い。これらをまとめたのが表5である。昭和34年と50年の比較では、この数字で見ると、大きく変化しているようには思われぬ(但し、34年は水試地先、50年は湾口部の値であり、地点を異にする)。CODは増加しているように思われる。懸濁物は昭和44~45年には水試地先、湾口部共に非常に多く、11~15 mg/l 程度の値を常時示しているが、52年の資料では数分の1に減少した値を示している。懸濁物 1 mg 中のクロロフィル量を比較すると、44~45年では 0.05~0.1 µg/mg と非常

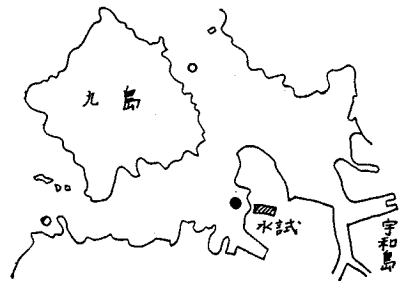


図2. 宇和島湾調査地点

- 昭和 32~34 年, 44~45 年
- 昭和 50~52 年

表 4. 英 虞 湾 の 付 着 生 物 の 変 化

昭和 30 年代の重要付着生物 (河原, 1958)		昭和 40 年代の優占種 (国立真珠研究所, 1970)	
1~3 月	ウズマキゴカイ群集	5~6 月	カサネカンザシ, ネンエキボヤ
4~5 月	フサコケムシ群集	6~7 月	フジツボ, カサネカンザシ, ネンエキボヤ
5~6 月	ネンエキボヤ群集	7~8 月	カサネカンザシ
7~8 月	カキ・フジツボ群集	8~9 月	フジツボ, カサネカンザシ
9~10 月	ウズマキゴカイ群集	9~10 月	カサネカンザシ, ウズマキゴカイ
11~12 月	フサコケムシ群集	10~11 月	カサネカンザシ, ウズマキゴカイ
昭和 33 年と 42 年の 7~8 月における付着生物の変化 (多徳島) (山村ほか, 1972)			
(数値は, 付着総個体数に占める割合)			
昭 和 33 年		昭 和 42 年	
ウズマキゴカイ	88.37 %	カサネカンザシ	49.96 %
チゴケムシ	5.55	サラサフジツボ	29.42
サラサフジツボ	4.22	(他のフジツボを含めて)(32.44)	
カサネカンザシ	0.8		

表 5. 宇 和 島 湾 の 水 質 な ど

昭和34年(上岡ほか, 1959)(年間平均)		昭和44年(佐野ほか, 1970)			
NO ₃ -N	5.8 µg/l	COD	懸濁物	クロロフィル-a	懸濁物中クロロフ
P ₂ O ₅ -P	7.5 µg/l	(O ₂ mg/l)	(mg/l)	(mg/m ³)	ィル量 (µg/mg)
昭和50年(酒井ほか, 1977)	水試地先	1.66	12.7	1.69	0.133
NH ₄ -N	30.5 µg/l	湾口部	1.04~1.36	11.0~11.8	0.99~1.69
NO ₂ -N	1.8 µg/l	(2カ所)			0.09~0.14
PO ₄ -P	4.03 µg/l				
	水試地先	1.84	14.4	0.70	0.048
	湾口部	1.88~4.03	12.4~14.6	0.62~1.00	0.05~0.07
	湾口部	2.14	1.77	0.92	0.52
					(英虞湾の場合 昭和43年 0.75 44年 0.42)

に少なく、懸濁物を構成する物質が、植物プランクトン以外のものを多く含んでいたことを示している。52年には、それが 0.52 µg/mg となっており、英虞湾多徳島の同時期の 0.42~0.75 µg/mg とほぼ同じ値を示し、まず、通常の懸濁物に戻ったと考えられる。しかし、宇和島湾に対する汚染負荷の性質がどう変わったのか明らかではない。

宇和島湾の植物プランクトン相の変化を表 6 及び表 7 によってみると、昭和 32~34 年では硅藻の種類が豊富で、キートセロス、リゾソレニアなどが、ほぼ年間を通じて現れているが、昭和 50~52 年の資料では、キートセロスが同様に(種数不明)現れている以外は、出現する硅藻の種類が少なくなり、リゾソレニア、ダイチリウム、ユーカンピアなど、殆んど或いは全く現れなくなっている。一方、スケルトネマ、タランソネマなどが量的に現れるようになってきた。全体としてみると、植物プランクトンの出現比率が多くなったこと、その種類が偏

る傾向がみられることなどが特徴的である。

宇和島湾の附着生物の優占種の変化を表 8 及び表 9 によってみると、昭和 35 年には、アオノリなどノリ類が冬から春に多く、春から夏にはイガイ、カキなどの附着がみられ、同時にコケムシ、ウズマキゴカイ、フジツボなどがみられ秋にはフジツボがもう 1 度現れ、それにホヤ類が加わるという様相であった。それが、昭和 40 年代に入ると、それまで殆んど見られなかったカサネカンザシ、アオサなどが増え、それにフジツボが加わり、これらが附着生物の年間を通じての主体となり、時期的にコケムシ類あるいはムラサキイガイなどが附着するというように、全く異なる様相になった。こうした附着生物の変化の時期、様相は、英虞湾の場合とよく一致している。現在も、両者のこの傾向は続いている。

2-3. 長崎県大村湾における実態

大村湾の水質の変化に関する資料は得られていない。懸濁物とプランクトンに関する資料が若干あるに過ぎな

表 6. 宇和島湾の植物プランクトン相 (I) (戒能ほか, 1961)

	昭32		昭33		昭34											
	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
<i>Chaetoceros</i>	+	+	+	+	卍	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Rhizosolenia</i>	+	+	卍	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Ditylium</i>	+	+	+	+	+				+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Thalassiothrix</i>			卍	+	+			+	+	+	+	+			+	+
<i>Bacteriastrium</i>		+	+	+				+	+			+			+	+
<i>Eucampia</i>	+	+	+	+				+	+			+		+		
<i>Stephanopyxis</i>	+		+					+	+	+	+	+				
<i>Preurosigma</i>	+	+			+		+	+			+					+
<i>Nitzschia</i>	+	+		+								+	+			+
<i>Biddulphia</i>	+		+					+		+	+	+				
<i>Skeletonema</i>			+			+		+				+			+	+
<i>Lauderia</i>				+				+	+		+	+	+			
<i>Coscinodiscus</i>	卍							+	+				+	+		
<i>Asterionella</i>	卍	+				+					+					
<i>Leptocylindrus</i>			+	+						+					+	
<i>Actinoptychus</i>		+									+	+		+	+	
<i>Corethron</i>				+					+		+					
<i>Fragilaria</i>	+										+			+		
<i>Cerataulina</i>						+		+								
<i>Melosira</i>								+								
<i>Amphiprora</i>								+								
<i>Asteromphalus</i>								+								
<i>Hemiaulus</i>								+								
<i>Paralia</i>	+															
沈殿量 cc/m ³	2.38	5.24	8.10	7.14	4.80	4.30	10.5	36.2	9.5	2.4	7.4	5.7	5.7	5.5	3.8	5.7
植物プランクトンの割合 (%)	80	30	25	15	70	10	5	35	35	20	60	45	35	25	20	30

い。これらを表 10 に示す。また、アコヤガイの斃死率が急激に増大した昭和45~46年の資料もない。懸濁物量の年間平均値をとってみると、48年頃を境として年々少なくなっている傾向が窺える。懸濁物 1 mg 当りのクロロフィル量は、逆に増えている状態が見られ、植物プランクトンの割合が増えていると思われる。一方、アコヤガイの斃死率とプランクトン沈殿量及び降水量の関係を図 3 に示したが、それぞれ例外的な2~3の数値を除けば、相関関係が認められるという結果である。しかし、アコヤガイの斃死現象は、単にプランクトン量との関係でのみ生じるわけではなく、他の多くの要因が関与している。例えば夏季の高水温であるが、これらの要素を含めれば、斃死率とプランクトン量、降水量との間に重相関式が成立つと考えられている (山口, 1977, 1978)。

このように、アコヤガイの斃死と降水量とが関係を持つという状況は、英虞湾などを含めた、河川の流入量の少ない内湾に共通する現象とも考えられ、内湾ではアコヤガイの栄養環境としてみたときに貧栄養になりやすい

ことを示すと思われる。

3. 今後の問題解決の方向

前述のように、真珠養殖の行われている内湾水域の環境条件、とくに水質に関しては、その変化の実態を明確にできなかったが、プランクトンや附着生物の変化に関しては、大きく変化した部面を指摘できよう。水質とこれらの生物との関係を説明することは容易ではないであろう。

おそらく、漁場環境の変化には、内湾周辺地域の社会的環境の変化も効いているであろう。例えば、英虞湾周辺地域から発生する BOD 物質量は、昭和39年と48年との比較では約30%の増加が推定された (植本, 1978)。しかし、水質には余り傾向的变化が認められなかった。一方、プランクトンや附着生物の質や量には変化が生じており、多くの真珠漁場に共通している。そこで漁場環境の変化と、養殖自体から発生する負荷との関係も洗ってみるが必要となってくる。魚類養殖にしても、真珠養殖にしても、その規模が拡大すれば、負荷とその蓄

表 7. 宇和島湾の植物プランクトン相 (Ⅱ) (沢田ほか, 1977, 佐野ほか, 1977)

	昭50		昭51		9月	10月	11月	12月	昭52				11月	12月	
	6月	7月	7月	8月					6月	7月	8月	9月			10月
<i>Chaetoceros</i> (%)	2.9	18.8	10.5	31.3	2.4		1.5	54.8	30.1	54.3	56.8	45.9		21.0	44.2
<i>Rhizosolenia</i>						30.0									
<i>Ditylium</i>															
<i>Thalassiothrix</i>													96.9		28.4
<i>Bacteriastrum</i>			11.8	41.5						20.1	10.4				
<i>Eucampia</i>															
<i>Stephanopyxis</i>					24.9	21.4									
<i>Preurosigma</i>															
<i>Nitzschia</i>	1.0	1.0			31.5				32.7	2.2	10.9				
<i>Biddulphia</i>															
<i>Skeletonema</i>	81.8	66.5					98.2		8.8		2.2			68.0	
<i>Lauderia</i>															
<i>Coscinodiscus</i>			10.5												
<i>Asterionella</i>				3.8				12.9						7.0	9.5
<i>Leptocylindrus</i>															
<i>Actinoptychus</i>															
<i>Corethron</i>															
<i>Fragilaria</i>															
<i>Cerataulina</i>															
<i>Melosira</i>															
<i>Amphiprora</i>															
<i>Asteromphalus</i>															
<i>Hemiaulus</i>															
<i>Paralia</i>															
<i>Thalassiosira</i>													16.9		
<i>Thalassionema</i>		10.4			20.6		0.2	19.3	5.3		10.4	14.3			
沈殿量 cc/m ³			14	91	10	21	32	0.5	1.1	2.3	1.4	9.8	0.7	2.1	2.6
植物プランクトンの割合 (%)	85.7	96.7	32.8	76.6	79.4	51.4	99.8	100	76.9	79.3	95.6	77.1	96.9	96.0	82.1

積が問題となるからである。この点について、まず、真珠養殖について考えてみる。

①大量のアコヤガイを養殖することによって、内湾で生産されたプランクトンなどが貝の糞となって局部的に海底に堆積する。附着生物の糞も同様である。

②真珠養殖に伴って、附着生物の除去作業が頻繁に行われ、これらは陸上で処理する申し合せがあるが、海中に投棄されることが多い。

③浜揚げ時期には、真珠を取出すために、貝柱を除く肉部は、石灰と共に粉砕されて海中に捨てられる。

というように漁場への負荷として考えねばならない部分がある。

今、これらの負荷を窒素として概算する。

①に関しては、筏1台当り4,000個の貝を吊るものとし、英虞湾内に養殖する期間約245日を1年としてみると、貝の糞の窒素(1日量、年間の平均値)0.98mgにこれ

を掛けると960g-N/年、同様に附着生物のそれは、0.459mg/日だから450g-N/年となり、両者の合計は年間筏1台当り1.41kg-Nである(植本ほか, 1978)。

②については、筏1台当り年間の附着生物量は、乾燥重量として390kg、そのN量は未測定であるが、カサネカンザン、フジツボなど殻の割合が大きい生物が多いので、仮にそのN量を2%とすれば、7.8kg-Nとなる。

③貝柱を除く肉塊中のN量は3年貝で年間平均として1個体当り0.24g-Nであるから、筏1台当り960g-Nとなる。

従って、筏1台当り年間に排出する窒素量は、これらの合計10.17kg-N/年となる。1日当りにすると41.5g-Nである。

一方、ハマチ養殖における窒素の負荷量を考えてみよう。愛媛県の宇和海域のある単協の持つハマチの小割台数は約700台であり、その盛期における投餌量は、1日:

シンポジウム「水産海洋」

表 8. 宇和島湾の付着生物 (昭和 35 年) (戒能ほか, 1961)

				1月	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ア	オ	ノ	リ	+	++	+++	+++	+				+	+	+	+
フ	ク	ロ	ノ	+	+	+++	++								
カ	ゴ	メ	ノ	+	+	+								+	+
ア	オ	チャシ	オグサ		+	+	+	+			+	+	+		
カ	バ	ノ	リ		+	+									
イ	ト	フ	ノ	+	+	+									+
イ	バ	ラ	ノ	+	+	+									+
イ	ガ	イ					+	++		++					
カ		キ							++	+	+				
イ	ソ	ギン	チャク									+	+		+
フ	サ	コ	ケムシ			+	++	+	+	+	+	+	+	+	
チ	ゴ	ケ	ムシ			+	++	++				+	++	+	+
ウ	ズ	マ	キゴカイ					+	+	+	+	+			
フ	ジ	ツ	ボ					+	+	+				+++	++
ホ			ヤ	+	+	++	+	++						+	+
ネ	ン	エ	キボヤ	+	+	+				+	+	+	++	+	+
ツ	ノ	ヒ	ラムシ	+	+	+				+	+	+	+++	+	+
ア	メ	フ	ラシ							+	+				
海			綿											+	+

表 9. 宇和島湾の付着生物 (優占種)

調査年	昭和 44 年 (佐野ほか, 1970)	昭和 45 年 (佐野ほか, 1971)*	昭和 51 年 (佐野ほか, 1977)	昭和 52 年 (佐野ほか, 1977)
5 月	リボンアオサ カサネカンザシ 37.4	リボンアオサ アナアオサ カサネカンザシ 7.5		
6 月	カサネカンザシ 167.8	カサネカンザシ ケゴケムシ 35		アオサ チゴケムシ 6
7 月	カサネカンザシ サラサフジツボ 174	カサネカンザシ サラサフジツボ タテジマフジツボ 218	サンカクフジツボ カサネカンザシ コケムシ 1.2	フサコケムシ アオサ 42
8 月	カサネカンザシ 218	ニホンコケムシ カサネカンザシ リボンアオサ 24	カサネカンザシ アオサ サンカクフジツボ 2.3	ムラサキイガイ フジツボ 47
9 月	カサネカンザシ 57	サラサフジツボ カサネカンザシ 205	カサネカンザシ フジツボ 5.7	フジツボ 89
10 月	サラサフジツボ 395	フジツボ 18	フジツボ アオサ 1.0	カサネカンザシ 1
11 月	カサネカンザシ	サラサフジツボ タテジマフジツボ	カサネカンザシ フジツボ アオサ 20.0	フジツボ カサネカンザシ 12
12 月	カサネカンザシ 105	サラサフジツボ タテジマフジツボ 23.5	カサネカンザシ フジツボ アオサ 4.5	フジツボ カサネカンザシ 58

数字: 貝 10 個当りの付着生物湿重量 (g) * 数字: 貝 25 個当りの付着生物の乾燥重量 (g)

表 10. 養殖研大村支所地先における懸濁物量

昭和 44 年 (植本, 1975)	(5~11月平均値)	5.42 mg/l	(7~11月平均値)	4.71 mg/l
47 年 (山口, 1977)	(6~12月 ")	7.34	(7~12月 ")	6.85
48 年	(7~12月 ")	8.19	(" ")	8.19
49 年	(5~12月 ")	4.00	(" ")	3.25
50 年 (山口, 1978)	(7~12月 ")	3.04	(" ")	3.04
51 年	(6~12月 ")	2.50	(" ")	2.39
52 年	(6~12月 ")	1.82	(" ")	1.80
懸濁物 1 mg 当りのクロロフィル-a 量				
49 年 (7~12月)		0.339 $\mu\text{g}/\text{mg}$		
50 年 (")		0.506		
51 年 (")		0.782		
52 年 (")		0.881		

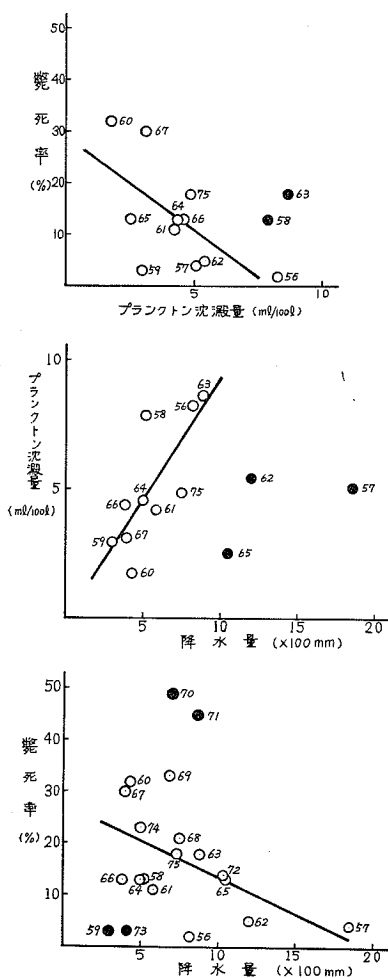


図 3. アゴヤガイの死亡率とプランクトン量及び降水量の関係 (山口, 1978)

●…相関を求めるに当り除外した数値
○の数字は年号

当り, およそ 150 トン以上である。今, イワシを投餌するとすれば, 150 トンのイワシ中の窒素量は 3.45 トン-N である。このうち, ハマチの肉に転化していく分を 1/10 とすれば, その差 3.1 トンの窒素の約半分が残餌及び糞として, 海中に投棄されたことになる。小割 1 台当りの有機負荷でみると, 1 日量が 2.2 kg-N/日に相当する。

真珠養殖による窒素の有機負荷量は, 筏 1 台当りにすれば, ハマチ小割 1 台の負荷量の 53 分の 1 であり, アコヤガイの糞だけを対象にすれば 565 分の 1 である。

このように, 真珠養殖による漁場への窒素の負荷は, 魚類養殖にくらべれば, はるかに少ない。また, 真珠貝など貝類は, 海中の有機物を無機化する働きを持っており, アコヤガイのその量は, 年間筏 1 台当り 1.84 kg-N とされている (伊藤, 1978)。

これらのことが, 英虞湾のように閉鎖的な内湾においても, 数十年間に亘り, 同一漁場を利用して生産を持続できた大きな理由なのであり, 農業同様に生産基盤を確保し得た理由である。

しかし, 今まで何度かみられているように, 内湾の奥の潮流の停滞しやすい漁場では, 時に酸欠や硫化水素の発生をみたり, 湾口に近い所でも, 汚水の堆積が起きている所から赤潮の発生をみたりしており, 養殖による負荷について十分な考慮が払われねばならぬであろう。既に述べたプランクトン相の変化なども, 養殖施設による海水交流の変化や, 負荷の増加に起因している部分があるかも知れないし, 附着生物相の変化や量的な増加も, 養殖によって恰好の附着基盤を与えていることに一因があるであろうし, 貝の糞などの漁場への負荷が効いている側面もあると思われる。

今後ともに, 生産基盤としての漁場を永続的に確保し, 生産を維持していこうとするならば, より一層, 漁場へ

の負荷を軽減し、さらに、その保全のために手当てをしていくことが必要であろう。たれ流しの養殖であってはならないであろう。先に述べたような、附着生物の海中投棄を、単なる申し合せではなく、完全に禁止するような措置を講ずるべきであり、浜揚げ時期に貝肉を粉碎した廃液を流すことも、その処理技術を考えるべきであろう。いくつかの組合が毎年実施しているような石灰散布と耕耘も、その効果が期待される程ではないとしても、漁場保全の手段として、今後も実施されるべきであるし、その範囲を拡大すべきであろう。

また、現在のように、湾の中央部も湾奥部も、画一的に筏1台当りの漁場面積を500m²に規制(三重県の場合、他県は独自に規制)するのではなく、湾奥のように陸上からの負荷が多く、かつ、海水の交流が悪くて堆積の起こりやすい漁場では、筏の密度を少なくして海水の交流をはかり、自浄能力を高めるなどの措置が望ましい。

以上のように、様々の面から漁場への負荷を軽減する措置や技術の見直しなどが、今後の重要な課題となる。

参 考 文 献

- 伊藤克彦(1978) 酸素消費量と排泄窒素量をもとにした真珠養殖漁場におけるアコヤガイによる有機懸濁物の無機化量の推定。国立真珠研究所資料, 5, 92-94.
- 戒能孝和ほか(1959) 真珠漁場の海況調査。真珠及び真珠貝養殖に関する試験・研究報告, 愛媛県水産試験場, 29-58.
- 戒能孝和, 浜崎 弘(1961) 養殖資材及び真珠貝の附着生物の季節的变化について。愛媛県水産試験場事業報告, 昭和35年度, 218-220.
- 戒能孝和, 浜崎 弘(1961) 真珠養殖場の海況調査。愛媛県水産試験場事業報告, 昭和35年度, 212-217.
- 河原辰夫(1958) 海中における附着生物の生態。真珠研究会伊勢部会会報, 2(11), 4-8.
- 上岡康雄ほか(1959) アコヤガイの生育環境に関する研究。真珠及び真珠貝養殖に関する試験・研究報告, 愛媛県水産試験場, 59-63.
- 国立真珠研究所(1970) 昭和44年度真珠養殖漁場の適正利用に関する研究報告書, 37.
- 三重県水産試験場(1959) 英虞湾海洋観測報告, 11-21.
- 三重県水産試験場(1961) 真珠漁場総合調査報告Ⅱ, 1-39.
- 三重県環境部(1974) 昭和48年度英虞湾調査報告書, 84-91.
- 西飯 保, 桑谷幸正, 植本東彦, 山村 豊, 和田克彦, 前田弘也(1970) 真珠養殖漁場の海洋観測。(1967-1969)。国立真珠研究所資料, 1, 15-22.
- 酒井博行, 小林憲次, 沢田茂樹, 家藤芳樹(1977) 養殖漁場の環境調査。愛媛県水産試験場事業報告, 昭和50年度, 66-71.
- 酒井博行ほか(1977) 養殖漁場の環境調査。愛媛県水産試験場事業報告, 昭和51年度, 58-62.
- 佐野隆三, 山本賢治(1970) 真珠養殖漁場の適正利用に関する調査研究。愛媛県水産試験場事業報告, 昭和44年度, 97-124.
- 佐野隆三, 山本賢治(1971) 真珠養殖漁場の適正利用に関する調査研究。愛媛県水産試験場事業報告, 昭和45年度, 125-149.
- 佐野隆三, 酒井博行, 沢田茂樹(1977) 真珠貝へい死調査。愛媛県水産試験場事業報告, 昭和51年度, 118-131.
- 佐野隆三, 酒井博行, 沢田茂樹(1977) 真珠貝へい死調査。愛媛県水産試験場事業報告, 昭和52年度, 91-112.
- 沢田茂樹, 家藤芳樹(1977) 赤潮発生予察試験。愛媛県水産試験場事業報告, 昭和50年度, 89-104.
- 時岡 隆ほか(1950) 英虞湾の真珠漁場に関する研究Ⅲ。三重県水産試験場研究報告, 1, 5-61.
- 田中信彦(未発表)
- 植本東彦(1975) 真珠養殖漁場の環境要因と真珠貝の成長に関する資料。真珠研究所, 14.
- 植本東彦(1978) 英虞湾周辺地域の社会的変化に伴う富栄養化物質の増加に関する実態解析。国立真珠研究所資料, 5, 21-27.
- 植本東彦, 井上裕雄, 田中啓陽(1978) 真珠養殖における漁場への有機負荷。国立真珠研究所資料, 5, 50-54.
- 上野福三, 井上啓晴(1961) 真珠漁場における餌料基礎生産と漁場の海洋構造について。国立真珠研究所報告, 7, 829-864.
- 山口一登(1977) アコヤガイの活力と環境要因の季節的変動との関係について。国立真珠研究所報告, 21, 2315-2324.
- 山口一登, 蓮尾真澄(1978) 中層垂下養殖法と海底養殖法におけるアコヤガイの活力の比較。国立真珠研究所報告, 22, 2405-2423.
- 山口一登(1978) 大村湾周辺地域の社会経済的变化に関する実態解析と湾内における真珠貝斃死についての一考察。国立真珠研究所資料, 5, 37-44.
- 山村 豊(1972) 真珠養殖漁場における附着生物の生態学的研究Ⅲ。国立真珠研究所報告, 16, 2038-2051.