

#### 4. 真珠漁場の富栄養化の現状とその対策

関 政 夫 (三重県浜島水産試験場)

三重県では古くから真珠養殖が始められ、特に戦後は需要の増加によって養殖数量は飛躍的に増加し、1965年にはそのピークに達した。なかでも英虞湾は、全国的に開発拡大された多くの真珠漁場の基地的役割を果たすようになり、きわめて高い密度で養殖が行われるようになった。このため養殖自体に起因する種々の環境変化がもたらされる一方、粗悪真珠の過剰生産によって深刻な不況を招くことになり、結局、生産、経営両面からの制約によって以後養殖数量は漸減した。すなわち、1978年現在の三重の真珠いかだ台数は'65年当時の52%に減少し、養殖密度は'52年ころのレベルに戻るとされている(三重県農林水産部、1964-'78)。しかし真珠漁場の環境条件はその後必ずしも改善されず、漁場の経年使用による底質の悪化、周辺陸地からの流入汚濁負荷の増大、近接魚類養殖漁場からの汚濁の発生など、いわゆる富栄養化現象が顕著となり、生産性は低下しているとされている。以下、真珠漁場として代表的な英虞湾について、その現状と対策について考察する。

##### 英虞湾の現状

ピーク時の1965年についてみると、真珠いかだ台数は45,265(三重県全体の73%)で他に母貝いかだ2,854台があり、計48,119台となっている。1台当りの吊貝数を5,000とすれば2億4千万貝が養殖されていたことになる。英虞湾の面積は約2,600万 $m^2$ で、このうち真珠養殖に利用されていない湾口部を除くと、大体1,800万 $m^2$ となる。したがっていかだ1台当りの平均占有面積は374 $m^2$ 、漁業権免許面積当りでは平均255 $m^2$ 、湾奥部では当然200 $m^2$ 以下の過密状態となっていたことになる。

このため真珠の巻き(年間直径増加量)は、湾口部では0.5~0.6mmを維持したものの、湾奥部では0.2~0.3mmに低下した(関、1972)。また湾奥部では養殖いかだの中心部ほど巻きが悪くなる傾向がみられるほか、巻きが良いため今まで一般的に垂下層として利用されてきた2m層の巻きが特に悪くなる場合が多いなど、過密養殖に関係すると思われる現象が認められるようになった。しかし'78年現在、真珠いかだ25,870、母貝いかだ1,896台に減少するに及んで、このような巻きの変化は

認められなくなっている。

一方、硫化水素の発生による大量へい死は1956年から湾奥漁場で認められ始め、以後毎年夏季には被害があるようになった。しかし'66年以降、県水試などによって酸素量の自主観測、試験吊りの励行などの指導が行われるようになって以来、早期避難が徹底して実質的な被害を受けることが少なくなった。また、養殖数量の減少、漁場改良事業の実施などによって、少なくとも表面的にはある程度状況は改善されてきているように見受けられる。

また英虞湾をはじめとして全国的にもへい死率の増加が大きな問題となっており、水質の悪化も原因の一つとして指摘されているが、それらの関連については明らかではない。

##### 漁場環境に及ぼす真珠養殖の影響

英虞湾のように地形が複雑で海水交換の悪い漁場で、高密度に養殖が行われていれば、漁場環境に当然かなりの影響があると考えられる。関(1972)によれば、1968年のクロロフィル-aは湾口部で4-5 $\mu g/l$ であるが、湾奥部では1.5-2.5 $\mu g/l$ にすぎない。また奥部では主たる垂下層である2m層のそれは他の層に比較して明らかに少ない。

これをアコヤガイの捕食影響としてとらえてみると、満2年貝1個体当り沓過水量を150 $l/day$ とすれば、'65年時点では全体で3,600万 $m^3/day$ となるから、1日2回潮位差1mで真珠漁場に交換される海水全量がごとごとく貝に沓過されてしまう計算となる。湾奥部では懸濁物の現存量にかなりの影響を与えることが当然考えられ、巻きが悪くなることもうなずける。

このような状態も現在養殖数量の減少によってかなり緩和されてきているが、他面、伊藤ら(1979)が指摘するように、真珠養殖は土地開発、生活廃水等の陸上部からの流入による内湾の富栄養化に対して、懸濁物の取込みによって浄化機能を果しているといえる。例えば赤潮の年間発生件数は、図1に示すように、魚類養殖に転換した志摩・度会海域の多くの内湾では、'75年以降の増加が著しいのに対して、英虞湾では微増ないし横ばいとなっている。

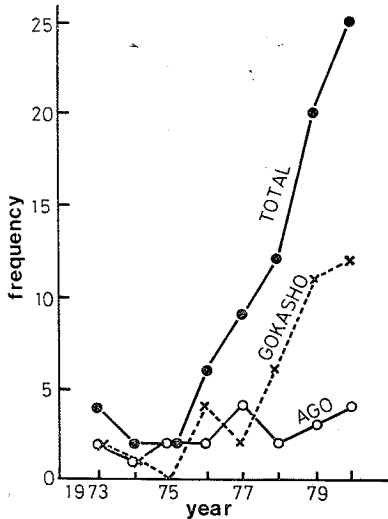


図 1. 志摩・度会海域における赤潮発件数の推移  
全体・英虞湾・五ヶ所湾

この他、アコヤガイの代謝作用が水質に及ぼす影響も大きいと考えられる。このことを英虞湾全体について伊藤ら（1979）および関（1972）から計算し、また周辺陸地から英虞湾に流入する汚濁負荷は三重県（1974）の資料で示せば、以下のようなものである。

	kg/day			流入 1973
	真 珠 養 殖 1965	1973	1978	
DO	9,600	7,700	5,600	1,977
N	456	366	264	810
P	77	62	44	165

現在真珠養殖によるものは減少し、陸上からの汚濁は'73年当時より若干増大していると思われるが、真珠養殖の場合は特に DO 消費に占める比重が大きいといえる。

しかし英虞湾における環境上の主たる問題点は、底質への偏った富栄養化にあると考えられる。例えば N でみると、伊藤ら（1979）によれば、アコヤガイの代謝および成長量は 1 個体当たり平均 3.0 mg/day、同化効率率は 38% である。したがって代謝排出 N の 2.5 倍が糞となる。もちろん真珠養殖に付随する付着物のそれおよびそのもの自体の落下もある。関（1977）によれば、糞中の N は平均 12 mg/g、奥部底泥の N は 3~4 mg/g であるから、およそ 2/3~3/4 は溶出することになる。問題はその行方よりも分解時の DO 消費であろう。このことが硫化水素発生の主要な原因となっていることは広く認められている。

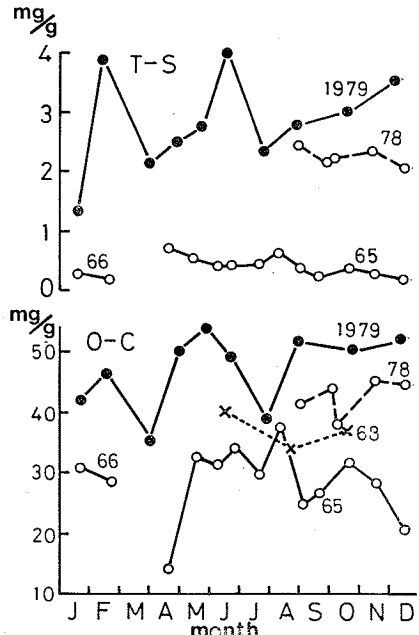


図 2. 英虞湾奥部底泥の全硫化物、有機炭素含量の月別経年変化

#### 底質改良事業の概要

1965, '66 年の三重県の調査によると、底泥の有機炭素が 30 mg/g 以上、全硫化物が 1 mg/g 以上で何らかの対策が必要とされる漁場は英虞湾総面積の約 1/6、450 万 m<sup>2</sup> となっている。また 1978 年の水産庁の調査によると、0~5 cm 層で COD が 30 mg/g 以上となっているのは総面積の 21%、40 mg/g 以上は 8% を占めている。養殖密度の増加によって底泥中の有機物が増加したことは明らかであり、天然貝の生息は皆無となったが、問題は 1965 年以降に多少とも状況が改善されたかどうかである。奥部立神浦の例を図 2 に示したが、多くの例ではその後も有機物の蓄積は進行しているか、または '65 年のレベルを維持している結果となっている。

これらの状況を改善するために、今まで各種の方法が提案または実施されてきた。最初に考えられることは浚せつであり、すでに 1957, '58 年に 2 地区 58,000 m<sup>2</sup> について実施されている。しかし大規模に実施するには排土処理に困難があり、また次々沈降物が堆積されるわけであるから、1 回限りの事業で永続効果を期待することはできず、その後実施されていない。

その後、水路開削または拡幅、作れい、水中障害物除去（岩礁爆破）など海水交流を促進するような方法が計画、調査、実験されたが、莫大な工費に対して効果は必

ずしも期待できないとされている。

これらの大規模な事業に対して簡便に反復実施できる方法として、海底耕うんや底質改良剤の散布が並行して行われてきた。例えば三重県は1971年耕うん機を試作して各組合に貸付けており、また貝掃除かすの処理に対しては補助を行っている。改良剤としては酸化鉄を含むものと生石灰が主なものであるが、この他にも種々のものが利用されているようである。このうち生石灰の散布は1965年湾奥に漁場を持つ組合で始められている。また71年には県および市町村の補助事業にもとり上げられ、一部五ヶ所湾を含めて現在まで、約1,200トンが散布されている。

### 石灰の作用機構

生石灰は他の改良剤の場合と異り、散布の目的および作用機構は明らかではない。硫化水素の発生防止、へい死率の低下、巻きの向上などのことが経験的にいわれているが、真珠の主成分がCaであること、比較的低価格であることなどが業界に受け入れられやすく、普及したと考えられる。その作用は陸上の場合と同様に考えられている場合もあるが、その場合の対象は植物であり、pHの中和、Caの補給、殺菌作用などは、真珠漁場である海水中では特に有効とは思われない。

このため1978年からその作用機構について実験、調査を行ってきた(水産庁委託試験, 三重県浜島水試, 1979・80)。

室内実験によると、海水中に投入された石灰は底泥上に石灰層となって沈殿し、海水、底泥ともにpHが上昇し、見掛けのEhは低下する。石灰層からは徐々にCaが溶出し、当量的にMgが置換沈殿しMg(OH)<sub>2</sub>となって硬化する。これらの変化に伴って底層水中にはかなりの期間アンモニアNが多量に溶出し、Pは逆に減少する。全硫化物は対照に比較して増加する場合が多いが、減少することもある。しかし硫化水素の発生は常に抑えられる。結果的に一時的には底層水の悪化が起ることになるが、このことは実際の漁場条件でも確認されている。アンモニアや硫化物の生成から、底泥有機物の溶出または分解を促進する作用があることが推定されるが、底泥の分析結果からは必ずしも変化は認められない。水質悪化に直接関係するような易分解性のものより難分解性の有機物の割合が著しく多いためと考えられる。

一方、一般には浅海における硫化物の生成は主として硫酸還元菌の作用によるとされている。実際にこれと有機物分解に由来するものとを区分することはできないが、図3に示すように、硫酸塩の減少は石灰の投入によ

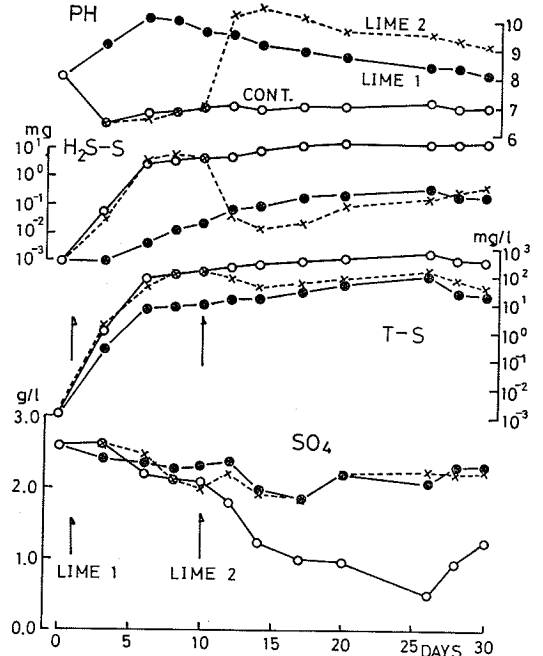


図3. 石灰投入による底層水の変化(室内、換水条件)  
○対照区 ●当初石灰投入区 ×10日後石灰投入区

って明らかに抑えられ、また硫酸還元菌の増加も阻害される。

これらのことから石灰散布の効果は、真珠養殖に対する直接的な効果は明らかになっていないものの、有機物の分解促進と、硫酸還元による硫化物の生成およびその遊離を阻害することにあると結論される。

### まとめ

真珠漁場の底泥にかかる負荷は真珠養殖そのものおよび周辺陸地からの流入により、今後も増大すると思われるが、大規模な改良事業に頼るよりも継続的な対応が必要と考えられ、今後各種改良剤の利用、耕うん、および両者の併用などの方法がさらに検討されなければならぬであろう。

### 参考文献

- 伊藤克彦, 水本三朗, 植本東彦 (1979) 真珠漁場の保全的漁場利用の規準. 農林漁業における環境保全に関する総合的研究, 第4集, 254-264.
- 三重県 (1966-68) 浅海漁場開発事業調査報告書.
- 三重県浜島水試 (1979-80) 赤潮対策技術開発試験報告書, 石灰による底質改良試験.
- 三重県環境部 (1974) 英虞湾調査報告書, 93 pp.
- 三重県農林水産部 (1964-78) 三重県における真珠・真珠貝養殖の概要.

- 関 政夫 (1972) 養殖環境におけるアコヤガイ,  
*Pinctada fucata* の成長および真珠品質に影響を及  
ぼす自然要因に関する研究. 三重県水試研報, 1,  
32-149.
- 関 政夫 (1977) アコヤガイの糞と海底堆積物に関す  
る予備試験. 50年度三重浜島水試年報, 22-25.
- 水産庁 (1978) 昭和52年度漁場改良復旧基礎調査報告  
書 (英虞湾・五ヶ所湾). 134 pp.

### 質 疑 応 答

坂本 (三重大水産): 植本さんの話では、英虞湾その他の各地でプランクトンの組成が変り、付着生物の組成も変ってきた。特にカサネカンザシとフジツボが dominant になってきた。宇和島や五ヶ所湾など、ハマチやタイの養魚場が近くにある所ではアコヤガイの餌になるべき懸濁物の中味が異なってきており、プランクトンや付着生物の組成の急変と魚類養殖の進出とが時空的に重なる。また大村湾では餌料懸濁物量は急減してきている。これらを迎えていくと底質に負荷が貯留されてきているようである。

関さんの話では湾奥部のアコヤガイ漁場では糞粒の海底向き流束によって底質に大量の有機負荷の蓄積を起こしており、蓄積底質からの硫化水素の発生を通してアコヤガイの大量死が起こる。対策として行われている石灰の散布は、硫酸還元菌の activity を抑えるので有効なのであろうという指摘であった。

生態系を通じての底質への負荷、海底からのベントス生態系を通じての循環、底質中での化石化など、収支の時系列的変動量は、機構・条件の解明と共にはっきりさせねばならない重要課題であろう。

辻田 (東海大海洋): 実際的大海では動物プランクトンの活動に伴う代謝と排泄糞粒が栄養塩のリサイクリングの大きな基となっているという論文もあるが、内湾の養殖場生態系においても動物プランクトンは本来相当の役割を果たしているかもしれない。また動物プランクトンの grazing の影響で植物プランクトンの密度が制御されるのだろうが、内湾の貝養殖場における生産システムで動物プランクトンの機能はどのように評価されるか。

坂本: アコヤガイと動物プランクトンとの植物プランクトン争奪の問題と、糞食連鎖系としてみた両者の関係についてもまとめてほしいと思う。

アコヤガイは元来底棲動物で、養殖では人為的に中層につられた状態にあるのだと植本さんは指摘されて

いる。底棲動物としてのアコヤガイは元来上層部の生産実体よりは、むしろ上層部で動物プランクトンに喰われて降ってくる糞を餌料源とする適応があったのではなかろうか。

植本: 動物プランクトンについての問題意識はあるが、特に指摘のテーマに添って考察したことはない。今までの英虞湾での観察結果からは、植物プランクトンの少ない時期にチンチノプシスの量が以前に比べて非常に多くなってきているように思われる。動物プランクトンの排泄物に関しては、動物プランクトンがかなり多い時期には付着生物と同様に植物プランクトンや他の有機粒子を捕捉して栄養塩への還元を促進する役割を果たしていると思うが、量的には判らない。貝の餌料としての動物プランクトンの糞はおそらく有効だと思う。

坂本: チンチノプシスなどのアコヤガイ、あるいはカキ等の餌料としての価値はどうか。

佐藤 (的矢湾養殖研): チンチナの類は20~30年前は特に冬季非常に多かった。カキは冬季チンチナばかりの摂食がみられた。アコヤガイも同様に摂食していただろう。こうした原生動物などは餌料として極めて重要だと思う。

的矢のプランクトン相は30-40年前と今とは随分変わってしまった。以前は春先や梅雨期の後の盛夏にキートセラスが大量繁殖した。夏に植物プランクトンが増えるというのは変わっているが、内湾の生産機構は非常に複雑で難しい。とにかく奥部の伊雑の浦がアマモ繁殖地帯だった頃は、的矢ではキートセラスが盛夏に非常に増えた。伊雑の浦がヒトエグサ養殖場に変貌してからの最近はそのような現象は起こらなくなった。

カサネカンザシは、的矢湾には今から10年位前までは全然無かった。英虞湾にも以前いなかったカサネカンザシが出てきた。的矢湾は、真珠の化粧巻き漁場だから、南の方から貝の輸送移動に伴って持ち込まれてきたものが増えたのだと思うが、いつ頃から南で発生したのか、南の方ではどこにでもあったものなのか、大変なカサネカンザシの量である。

植本: カサネカンザシは、昭和30年代までは比較的少なかったか、殆んど見られなかった。宇和島湾でも35年頃には現れていなかったが、43年44年頃になると、大量が増えてきた。40年代急増の詳しい時期ときっかけは不明である。資料を探って見る。