

1. 浅海内湾域の富栄養化と養殖業への対応

渡 辺 競 (宮城県水産林業部)

まえがき

松島湾のカキ養殖は漁場の富栄養化の進む中で生産が増大したが、その後大量へい死現象が発生して、ノリ養殖へ転換した。しかし、ノリ養殖の発展過程で富栄養区域の偏在と、この一部で水質汚染が重畳したことによる生産への影響が顕著になってきた。海水交流・交換を促進することでこれらの問題を解決するために、湾口開削、水路浚渫を行ったので、以下にその概要を述べる。

1. 海域への流入負荷量

松島湾や仙台湾南部海域への陸水流入量、1日当りのBOD, COD, 全窒素, 全リンの流入負荷量を表1に示した。松島湾への負荷は水産加工工場排水と生活排水が主であり、その大部分は湾西部の塩釜市から排出されている。負荷量の経年変化の形は、1960年代の急増期を経て'70年にピークに達し、その後はほぼ定常状態である。仙台湾南部海域への負荷は下水処理場と七北田川からの生活排水によるものである。

2. 養殖カキの大量へい死現象

簡易垂下養殖法と種ガキ採苗法の開発普及によって現在の養殖体系の基礎ができたのは1920年代であるが、大きく発達したのは戦後の十数年間である。1948年頃は施設数462棚、むき身生産量125tであったが、'59年には2,621棚、1,456tに達した(表2)。しかもこの間に、1棚当りの生産量が234kgから610kgに増加し、身入がよくなる条件が漁場に作り出されていた。しかし、1961年の夏季に大量へい死が発生して以来、'69年まで毎年発生して、生産量は200tに減少した。へい死状況と環境調査の結果(管野・渡辺, 1965)を以下に要約する。

へい死状況: へい死の進行状態は年によって異なるが、一般的には6月に湾奥部にみられ、7月末までに徐

々にへい死率とへい死区域が拡大し、8月上中旬に急激に進行して9月上旬まで続き、10月上旬に終る。最終へい死率の分布型は年によって多小特徴があるが、全般的な型としては湾奥部と塩釜地区を中心として湾口にかけてへい死率が減少している(図1)。1961~'64年の湾内平均へい死率は40~60%と推定され、また60%以上のへい死率を示す地区は湾の全面積の30~50%である。へい死が発生しているとき、試験養殖したアコヤガイや他の貝にはへい死はみられなかった。

1964年の4月に松島湾産種ガキを磯崎地区に垂下すると共に、一部をへい死のない万石浦に移し、6, 7, 8月の各月上旬に再び磯崎に移殖してへい死率を追跡した結果、10月上旬の測定では順に77, 61, 54, 44%であって、松島湾での養殖期間が長いほどへい死率が高い傾向があり、既に垂下開始時の4月頃からへい死に係わる要因が存在することを示唆している。

漁場環境: 塩釜港奥部に垂下した試験用カキは100%へい死するが、ここでは酸素の消失、硫化水素の存在が認められ、へい死と直接結びつく環境条件を具えている。しかし、養殖場の調査結果からは直接へい死に結びつく原因は見出せなかった。だが、塩釜魚市場への水揚量が1946年の2万tから'62年の13万tまで経年的に増加し、この内の47%を地元加工業者が処分していることで指標されるように、湾を取りまく人為的な環境が

表2. 松島湾の身ガキ生産統計

年度	養殖施設 (簡易垂下)	生産量 むき身	施設1台当 生産量
1948	462棚	125 t	271 kg
50	1273	268	210
54	1200	656	499
58	1885	1392	738
59	2621	1456	432
61	2160	1083	501
62	2417	657	272
63	1930	966	501
65		341	1棚の大きさ:
67		201	1.8×54 m
72		468	垂下連数 600
77		713	1連の株数 12-15

表1. 流入負荷量

項目	場所	
	松島湾	仙台湾南部
流量 10 ⁴ m ³ /日	21.3	83.0
BOD t/日	15.2	8.4
COD t/日	10.9	5.4
全窒素 t/日	0.9	7.3
全リン t/日	0.1	0.9

表3. 底質分析結果の比較

年	灼熱減量				有機炭素			
	比較調査点数	測定範囲	平均	増加率	比較調査点数	測定範囲	平均	増加率
1952~54	26	7.3~15.8%	12.33%	100	21	13.4~37.3‰	27.34‰	100
1963	26	10.2~17.8	13.91	113	21	18.4~43.4	33.17	121

年	全窒素				全硫化物			
	比較調査点数	測定範囲	平均	増加率	比較調査点数	測定範囲	平均	増加率
1952~54	20	1.00~2.87‰	2.06‰	100	25	0.12~6.2‰	0.936‰	100
1963	20	1.55~4.22	2.90	141	25	0.26~6.19	1.188	127



図1. 1963年10月初旬 へい死率最終分布

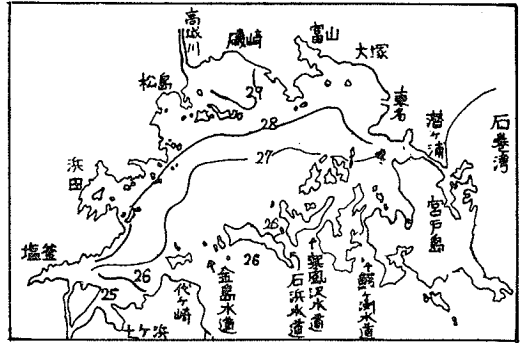


図2. 最高水温(表層)分布(°C) 1963年8月

年々有機汚染を助長し、富栄養化を進めてきた。

この傾向を示す資料として、1952年と'54年の夏の湾内81地点での底質調査結果と、ほぼ同一点での'63年夏の測定結果を比較すると、有機物・全硫化物の全湾的な分布傾向は変わらないが、測定値ではこの10年間に13~41%増加していた(表3)。

最終へい死率の分布は最高水温時の水温や塩素量の分布と一致しており(図2, 3)、へい死の早期出現地区やへい死率が60%を越える地区は、水温変動の大きい、低塩分、低透明度の地区であると共に、底質では有機物や全硫化物の含量の多い強内湾的な性格をもつ地区で、古くから養殖が行われてきた場所である。へい死率の大きさやへい死率60%以上の面積は、水温や気温の高い日の多い年に大きいことから、へい死の規模や分布型はその年の一般的な環境要因に影響されると考えられる。

へい死の原因: 環境調査にみられた漁場の老化現象と1960年までの身ガキ生産の増加を、湾の有機汚染の進行と結びつけて考察した結果、へい死現象は湾の全域的な老化現象の一側面であり、へい死原因としては、強内湾的な性格を示す環境構成要因とカキ自身の生理的条件に注目すべきであろうと考えられた。

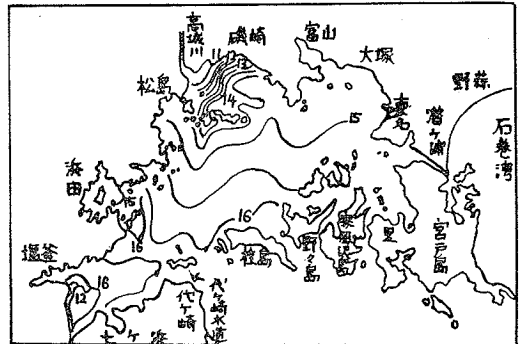


図3. 塩素量の表層分布(‰) 1963年9月干潮時

病理組織学的研究と病態生理学的研究は東北大学農学部の関係者が分担し次の結果を得た(今井, 1970)。

すなわち、前者の結果では細菌感染個体は発見されたが、感染時期とへい死時期の間に関係が認められず、また出現頻度が低くて、一次的なへい死原因になれないとしている。後者の研究では、有機汚濁による富栄養と高温により急速な肉重量の増加や生殖腺の発達など一種の異常な代謝亢進が生じ、これがなんらかの病理的な変化を導くものであり、松島湾のカキへい死は富栄養的条件

下に出現した特異現象であると結論した。

3. 海域における富栄養化の過程とノリ養殖

松島湾のノリ養殖業は、身ガキ養殖からの転換と養殖技術の普及により1961年から急激に増加し、'67年には乾ノリ4.5億枚の生産に達し、主産地の1つとなった。しかし、生産量には、病害発生 の程度、漁場や技術の優劣による著しい年較差、地域差、個人差がある。

栄養塩濃度とノリ生産：現場調査により、この関係を解析した結果（渡辺他，1973）を以下に要約する。

溶存無機-N・P の値は測定日で大幅に違うが、湾内12個所での10年間の測定値を統計処理すると、それぞれは対数正規分布をなし、N・P 濃度間に0.65の相関がみられ、この条件で生育したノリのN・P含有量の間には0.86の高い相関がみられる。また、ノリ生産を地域別にみると、施設1棚当りの生産数量は、湾西部>水道部>湾北部>湾東部の順であり、この順位は各区のN、P濃度の高低と一致していることから、生産の地域差には栄養塩濃度がかかわりをもつことが推察される。

葉体の日間N増加率に及ぼす環境要因：ノリの生産は、不安定要因として作用する気象・海象の複雑な条件、ひび設置に伴う環境変化、採苗から養成、収穫段階までの管理技術などの諸条件の総合的な結果である。ノリの生育に対する環境要因の作用を検討するため、1969年（作況平年作）に湾内10点で、無機-N濃度 X_1 、水温 X_2 、流速 X_3 、輻射熱量（1測点） X_4 、塩素量 X_5 、ひび糸長

1.5m当りの葉体乾燥重量とN含有量を長期間連続観測し、 $X_1 \sim X_5$ と葉体の日間N増加率Yの関係を分析した。

多重回帰分析の結果から、 $X_1 \sim X_4$ とYの重回帰係数Rは0.66で、その寄与率 R^2 からYの変動の43.2%を1%の有意水準により4要素から説明できる（表4）。 X_5 を加えた場合の寄与率は45.4%であって大幅な変化はない。残余の55%は、他の環境条件、養殖品種、管理技術に由来するノリの生理生態などの相違から説明される部分である。Yに対する各変数の寄与率は、本来 X_5 を除去したときに R^2 がどの程度変動するかで示すが、この値は、 X_1 : 6.9、 X_2 : 4.1、 X_3 : 6.5、 X_4 : 0.3%で、N濃度と流速が同程度に重要であることを示している。また、標準偏回帰係数の値は、各要素が大きいくほどYが総合的に増加することを示している（水温 $<14^\circ\text{C}$ ）。

Yに対する4変数の働き方を解析するために主成分分析を行った（表5）。累積寄与率から第1~3主成分で全

表4. 偏回帰係数および重回帰係数・寄与率

偏回帰係数	標準偏回帰係数	t	寄与率%
$b_1=0.058$	$b_1'=0.371$	2.39	6.89
$b_2=2.620$	$b_2'=0.244$	1.80	4.14
$b_3=0.438$	$b_3'=0.273$	2.30	6.49
$b_4=0.885$	$b_4'=0.062$	0.50	0.34
$b_0=-1.800$		$R=0.657$	$R^2=43.2\%$

分散分析：分散比 7.78 > F表の値(4, 41; 0.01) = 3.79

表5. 5指標の主成分分析

変記 数号	固有ベクトル			各主成分の因子負荷量			計
	Z_1	Z_2	Z_3	Z_1	Z_2	Z_3	
X_1 L_1	0.587	-0.108	-0.178	0.864	-0.115	-0.174	
X_2 L_2	0.527	-0.420	0.058	0.775	-0.447	0.057	
X_3 L_3	0.167	0.686	0.603	0.249	0.730	0.591	
X_4 L_4	0.161	0.568	-0.758	0.236	0.605	-0.742	
Y L_5	0.568	0.136	0.168	0.835	0.145	0.162	
固有値				2.163	1.134	0.960	
主成分寄与率				43.3%	22.7%	19.2%	
累積寄与率				43.3%	66.0%	85.2%	
変記 数号	軸回転後の因子負荷量			寄与率(%)			計
	F_1	F_2	F_3	V_1	V_2	V_3	
X_1 L_1	0.861	0.003	-0.220	74.0	1.3	3.1	78.4
X_2 L_2	0.871	-0.117	0.176	60.0	19.9	0.3	80.2
X_3 L_3	0.222	0.971	-0.027	6.2	53.0	35.2	94.4
X_4 L_4	0.055	0.036	-0.984	5.6	36.6	54.9	97.1
Y L_5	0.756	0.401	0.111	69.9	2.1	2.6	74.4

表 6. ノリ葉体の窒素, 燐含有量 (%)

Fraction	健全葉と白クサレ症罹病葉			普通海水と燐酸塩添加海水		黒色健全葉と黄変葉	
	健全葉	罹病葉 軽症	罹病葉 重症	普通海水	燐酸塩 添加海水	黒色葉	黄変葉
Total-N				6.7	7.4	8.5	3.9
Soluble-protein				0.54	0.66	0.77	0.5
Total-P	0.60	0.51	0.39	0.52	0.63	0.81	0.40
Inorganic-P	0.09	0.13	0.11	0.07	0.11	0.13	0.12
Acid soluble-P	0.22	0.12	0.08	0.10	0.16	0.22	0.20
Phospholipid-P	0.10	0.09	0.07	0.03	0.09	0.07	0.05
Nucleic acid-P	0.05	0.05	0.04	0.09	0.10	0.15	0.11
Phosphoprotein-P	0.18	0.19	0.12	0.30	0.28	0.24	0.08
Polyphosphoric acids				negative	positive		
Fronnd color						10Y3.5/2*	10Y6.5/6*

P: KH_2PO_4 5 mg in 1 l * JIS の標準色表

体の情報の 85% を占めており、第 1 主成分に関与する特性値は、固有ベクトルと因子負荷量による Z_1 との相関から見て、N 濃度や水温など、N の吸収量に関係する変量であり、第 2 主成分へのそれは、軸回転後の因子負荷量による F_2 との相関からみて、流速のように N の供給量に関係する変量で、これらが大きいほどノリひび上の N 増加率が增大している。

栄養塩濃度とノリの生理: ノリの白クサレ症の発生原因として燐の過剰吸収説がある(山下, 1969)。健全葉を対照として、白クサレ症罹病葉、高燐酸溶液による培養葉、低温・貧栄養海水における黄変葉の燐酸代謝がどのように変化しているかを検討した結果が表 6 である(加藤・渡辺, 1971)。

罹病葉では全 P 減少が著しく、内容的には有機 P の無機化による無機 P の増加と酸可溶性分画の低下が特徴的である。酸可溶性分画には ATP, ADP, グルコース-6 燐酸など代謝機能上重要な燐酸化合物が含まれており、この分画の低下は代謝活性の低下を示唆する。一方、環境水の P の過不足による代謝の変動の内容は罹病葉とは異なる。高 P 液培養葉では全 P, 酸可溶, 燐脂質の各分画が増加し、無機 P 分画にはポリ燐酸(高エネルギー P の貯蔵形態)が検出され、さらに N の吸収も増加する。黄変葉では全 P と燐蛋白が低下するが、有機 P の無機化や酸可溶性分画の低下は認められない。つまり、P の過不足の場合は P の吸収量に応じた代謝機能が働いて、病変のような代謝機能の低下には至らない。もし、P の過剰吸収のように特定の栄養源のみを過剰に吸収するとすれば、それはもはや病態であろう。

N 源としての硝酸態 N はかなり高濃度まで有効であるが、アンモニア態 N はある濃度以上で有害である。しか

し、その臨界濃度は実験者で異なり 1~25 ppm であるが、これは実験材料とした葉体の生理状態を反映していると思われる。これに関連して、白クサレ症罹病葉の窒素代謝(渡辺・加藤, 1970)は次のように要約できる。

罹病葉では全 N 量が減少し、水溶性 N の割合が増大する。水溶性 N では、蛋白態 N と遊離アミノ酸が減少し、非蛋白態 N とアンモニアが増大する。細胞内へのアンモニアの蓄積やグルタミン酸、アラニンの減少は、罹病による呼吸の激減がアミドの生成を阻害し、かつ蛋白への再合成を抑制する結果生じたと理解される。また、ミトコンドリア分画の酸素吸収は $2 \mu\text{M}$ の微量のアンモニアで抑制される。つまり、健全葉の窒素代謝は、光合成による炭水化物の補給、環境水からのアンモニアの吸収、呼吸エネルギーの 3 者で規制されているので、比較的高濃度のアンモニア-N に耐えるが、そのバランスが崩壊した罹病葉では低濃度でも病的状態が促進される。

4. 海域における環境悪化とノリの生理

癌腫病: 工場廃水や都市汚水の影響のある海域に発生する癌腫病が塩釜漁場を中心に発生している。癌腫病罹病葉の病態生理と薬物の発癌作用を検討した結果、罹病細胞の呼吸で *Crabtree* 効果が誘起すること、呼吸毒である KCN, As_2O_3 , フェニールウレタン処理で癌腫病の初期症状を発現することから、本病は水質の異常による呼吸系の不可逆的な損傷で誘発される可能性が認められる(渡辺・加藤, 1972)。

pH の影響: 各種 pH 溶液でノリの呼吸の経時的変化を追跡した結果、pH 8.2 で最大で、その前後では極端に抑制され、8.5 と 7.9 がそれぞれ呼吸に対する生理的臨界点の上限と下限である。また、フィコエリスリンは、8.6 以上の高 pH に対して構造的に不安定であり、かつ

細胞の透過性が変化して細胞外へ溶出する(渡辺他, 1968)。

淡水の影響: 陸水の流入によって $Cl < 10‰$ になると、細胞の浸透圧の変化、エネルギー代謝の一時的な低下をおこし、 Cl 濃度の低下に応じて生育が遅延する(渡辺他, 1973)。しかし、淡水に $10^{-6}M$ 程度の銅や水銀を含む場合、これらが海水に同濃度で含まれる場合よりも細胞の変化や代謝機能の低下が顕著であり、これを正常な海水に戻した後も、例えば呼吸が経時的に減衰するなど、正常な生理を取り戻すことがむずかしい。つまり、有害物によって浸透圧や選択的吸収能が低下したノリは有害物をより多く吸収して細胞内に蓄積して生体制御機構が乱れるために、有害物を一層吸収する悪循環が生ずる結果、環境が好転しても生育は好転しなくなる。

最近、仙台湾南部の下水処理場前面の漁場でノリが同調的に集団脱落する現象が発生している。当該海域では間欠的に NH_4-N 、 pH の高い値が認められるが、排水と脱落の因果関係は現在不明である。一般的にいて、脱落は、海域における移流、拡散など、水の混合過程の非正常性にもとづく流排出物の局所的な滞留と、そのときの生理的性状との関係で生ずる可能性がある。この生理的性状には有害物の存在とその濃度、罹病または活性低下をもたらす気象海象条件、技術管理の方法が関係し、これらによって異常あるいは衰弱状態になったノリは、健全な状態ではまったく問題にならないわずかの水温変化や環境変化にも敏感に反応し、異常状態をさらに増幅する方向に向かうものと考えられる。脱落現象と排水との因果関係、排水の工学的、生物学的処理法、当該海域での適切な養殖管理技術については現在検討中である。

5. 窒素・燐の海域流入と養殖による還元

1969年にノリ葉体の $N \cdot P$ 含有率を経日的に調査した結果は、それぞれ 4.0 ± 1.7 、 $0.5 \pm 0.2\%$ であった。湾のノリ生産量を4億枚(1枚2.8g)とすると、 N 、 P 生産量は44.8t、5.6tである。一方、カキの N 、 P 含有率はそれぞれ1.2、0.14%であるので、身ガキ生産量700tによる N 、 P 生産量は8.4t、1.0tである。これを表1と比較すると、年間陸地排出量の17~20%を養殖物として還元することになる。残部の80%の挙動、特に有用生物への利用と漁獲による還元については今後の課題であり、海域の水収支と物質収支から検討説明する必要があると考えられる。

6. 養殖業への技術的、行政的対応と問題点

陸地由来の物質が局所的に高濃度に滞留することで生ずる養殖上の問題点を、海水交流・交換の改善で解決す

るために、松島湾では新開口部の掘削と作濡を行った。

水道掘削: 1964~'65年に湾の東奥部と石巻湾を連結する潜ヶ浦水道を開削した。平均水面下の通水断面積は $100 m^2$ 、延長は2kmであり、流速係数は0.33、半潮汐周期間の流量は朔望期の平均で $(1.1 \pm 0.3) \times 10^6 m^3$ 、上下弦期の平均 $(0.4 \pm 0.1) \times 10^6 m^3$ であって、本水道を介して湾東部から石巻湾への移流作用による海水交換機構が生じ、 $10^8 m^2$ のカキ漁場と $2 \times 10^6 m^2$ のノリ育苗場を造成することができた(渡辺他, 1967)。

作濡: 1970~'77年に、掘削深2~3m、幅50~100m、総延長15km、浚渫土量200万 m^3 の作濡事業を実施した。作濡水路内では、表層付近の海水流動におよぼす底面の摩擦効果が小さくなり、結果として潮流速が増大し、同時に流速の空間勾配も大きくなるので、水路付近の海水交換は増大すると期待される。濡機能は、水路域では周囲の海水を水路に集中させ、水路外ではこのかき集めた海水を周囲にまき散らし分散させることである。湾奥に汚染域または過栄養域が存在する場合、水路の湾奥側の端をこの区域の湾外側の境界に設けると、漲潮時には作濡前よりも多くの新鮮な外海水がこの区域に流入し、落潮時には汚染域にあるより多くの海水を水路に集めて外海へ放出することになる。この濡機能は底面摩擦係数の大きい所、水深の浅い所、水平渦動拡散係数の小さい所ほど有効であることが理論と実測から証明されている(渡辺・福尾, 1979)。また、水路外領域の底面には水路内の流れによる掃流力が働くので、微細堆積物や沈降物が湾外へ排除されることになる。

湾中央部作濡後の1972年9月から'75年11月まで、湾内10地点で毎月測定したCODと作濡前の'61~'69年における同一測定の値を比較すると、塩釜港奥部の値は同じであるが、その他の測点では $0.8 \pm 0.4 ppm$ 低く、へい死発生のある春夏季では $1.6 \pm 0.8 ppm$ 低くなっている。また、1963、'68年夏の底質調査結果と、同一測点における作濡後の'73、'75年夏の測定結果を比較すると、平均値で $IL: 19.6 (15.3 \sim 31.6)\%$ 、 $OC: 7.0 (1.5 \sim 11.1)\%$ 、 $TS: 52.2 (40.0 \sim 63.6)\%$ 、 $COD: 21.1 (10.3 \sim 40.1)\%$ 減少しており、この傾向は濡部に近い所ほど顕著である(渡辺, 1977)。

一方、カキのへい死率は0~20%となり、1972年以降逐次復活し、現在700tのむき身生産をあげるまでになった。ノリ養殖は1972年頃から冷蔵網と浮流し養殖の普及によって養殖形態に一部変更が生じ、作濡後に栄養環境が好転し、かつ海水交換の良好な湾の外縁部が主漁場となり、内湾は採苗と育苗の場となってきた。養殖

場を工学的に改変した場合には、再悪化防止のために排水規制、適正漁場行使、健苗育成技術が更に重要である。

参 考 文 献

- 今井丈夫監修 (1971) 浅海完全養殖. 恒星社厚生閣, 132-133.
- 菅野 尚, 佐々木 実, 櫻井保雄, 渡辺 競, 鈴木健三 (1965) 松島湾におけるカキの大量へい死に関する研究-I. 東北水研研報, 25, 1-20.
- 加藤 盛, 渡辺 競 (1971) 養殖ノリの疾病に関する研究-III. 日水誌, 37, 380-386.
- 山下輝昌 (1969) ノリ白クサレ発生経路に関する研究-I. 福岡有明水試研報, 1, 1-19.
- 渡辺 競, 加藤 盛, 阿部和夫, 鈴木健三 (1968) 宮城県下のノリ漁場における白クサレ症の発生機構に関する研究. 宮城水試研報, 4, 53-64.
- 渡辺 競, 加藤 盛 (1970) 養殖アマノリの疾病に関する研究-I. 日水誌, 36, 921-925.
- 渡辺 競, 加藤 盛 (1972) 養殖アマノリの疾病に関する研究-IV. 日水誌, 38, 431-437.
- 渡辺 競, 阿部和夫, 鈴木健三, 佐藤孝三 (1972) 松島湾の水道部における海水交流について. 宮城水試研報, 6, 1-88.
- 渡辺 競 (1977) 浅海漁場の生産力開発研究における水の交換の問題. 沿岸海洋研究ノート, 14, 65-78.
- 渡辺 競, 福尾義昭 (1979) 作潑水路を中心とする鉛直平均流速の水平分布に関する数理解析 (水路設計と効果予測の試案). 宮城水試研報, 9, 1-54.

質 疑 応 答

吉田 (京大農): 松島湾におけるプランクトンの主要種

の変遷とノリやカキの養殖との関連について説明願いたい。

渡辺: 昭和35年以前は6~7月頃に夜光虫と珪藻類などによる複合赤潮が間欠的に発生していた。富栄養化が進む過程でカキ斃死が起きた昭和36年以降、プロロセントラムやペリデイニウムなどの渦鞭毛藻による赤潮が夏期を中心に発生するようになり、富栄養化のピーク時(昭和43, 44年)には負荷量の大きい湾西部ではほぼ周年発生するようになった。

最近はまだ見かけなくなった。

山口 (三重大水産): 松島湾の水道掘削の効果はどのような内容か。

渡辺: 松島湾は5本の水道で仙台湾に連なっている。規模の大きい水道は湾の西側に片寄っており、湾東部は閉鎖型水路で養殖場としても遊休化していた。新水道は湾東部と石巻湾を連結してML-3m, 幅90mで開削した。その結果、潮汐による石巻湾との海水交流の他に内湾から石巻湾への移流効果が発生し、湾東部の約300万 m^2 がノリ・カキの繁殖漁場として行使できるようになった。

坂本 (三重大水産): カキの衰退に伴う養殖施設の減少や作潑によって施設配置の水利学的な整理が行なわれたであろう。作潑効果と複合して養殖施設が与え続けてきた地形効果の変化も水・底質の改変に機能したとは考えられないか。

渡辺: その通りであると思う。

2. 赤潮多発環境でのノリと貝の同時養殖

岩 田 静 昌 (愛知県水産試験場)

愛知県のノリ養殖は古くから河口漁場を中心に行われて来たが、昭和38年に浮流し養殖技術が導入されてから沖合漁場へ進出し飛躍的にノリ漁場が拡大されていった。しかしその後埋立てによる漁場そう失、赤潮等による環境悪化、そして昭和48年全国的な大量生産で販売価格が低迷しノリ漁家経営を著しく圧迫した。

その結果、ノリ漁家数は年々減少し現在では最盛期の40% 近くの2,600戸が、16,000haの漁場に34万柵を張り込み養殖している。このノリ養殖業での生産量は54年度は98,000万枚、168億円で愛知県水揚総金額の約

47%を占めている。

ノリは、伊勢三河湾のすべての沿岸海域で養殖されているが、数年前からノリの育苗期から生産期にかけて赤潮が多発するようになった。それに伴いノリ漁場の生産力が低下し、作りにくい環境になって来た。とくに湾奥部漁場では10月から12月にかけてノリ漁場のpHが8.9にまで上がることもあり環境変化が著しく、それに対応する新しい養殖技術が開発普及されている。

その中で、赤潮に起因する育苗期の生理障害による生育不良および生産期の退色による品質低下を防止するた