

## 魚類養殖漁場における高 COD 化現象

山田達夫・藤沢節茂

High COD-ized phenomenon in fishes culture ground

Tatuo YAMADA and Tokishige FUJISAWA

キーワード：魚類養殖場，COD，有機負荷量

古くから魚類養殖が盛んな香川県では赤潮の発生で甚大な漁業被害を受けてきた。このような情勢をふまえ、1979年に魚類養殖業の長期、安定的な発展を期すことを目的に「香川県魚類養殖指導指針」<sup>1)</sup>が制定され、漁場環境の維持、保全のため年2回の水底質調査を実施してきた。また、1999年に「持続的養殖生産確保法」<sup>2)</sup>が施行されて、香川県では多くの魚類養殖漁場で漁業関係者が主体になって「漁場改善計画」を策定し、持続的な養殖が可能な環境の維持に取り組んでいる。このように全国に先駆けて積極的に漁場環境の維持、保全に努めているなか、近年、水質のCOD濃度の増加が顕著になり、2002年には目標基準値(2 mg/L)を全漁場で上回り現在も増加傾向にある。<sup>3)</sup>そこで本研究では、志度湾、屋島湾の魚類養殖漁場の調査から、CODの負荷量増加の由来につい

て明らかにすることを目的とした。

### 方 法

調査は2004年9月21日、香川県水産試験場作業船せとⅢにより、図1に示した志度湾、屋島湾の養殖漁場8地点で実施した。表層はバケツを用い、5 m層はバンドーン採水器で採水し、COD、クロロフィルa(Chl-a)、懸濁態物質(SS)、濁度、懸濁態有機炭素(POC)、懸濁態有機窒素(PON)、溶存態無機窒素(DIN)、溶存態無機磷(DIP)を測定した。海水試料は数時間以内に実験室に持ち帰りろ過した。CODは酸性法、Chl-aは試水1 LをWhatmanGF/Fフィルターでろ過し、アセトン抽出一蛍光法で測定した。SSは試料海水1 Lを予め450℃で2時間強熱処理して有機物を除去した重量既知のWhatmanGF/F

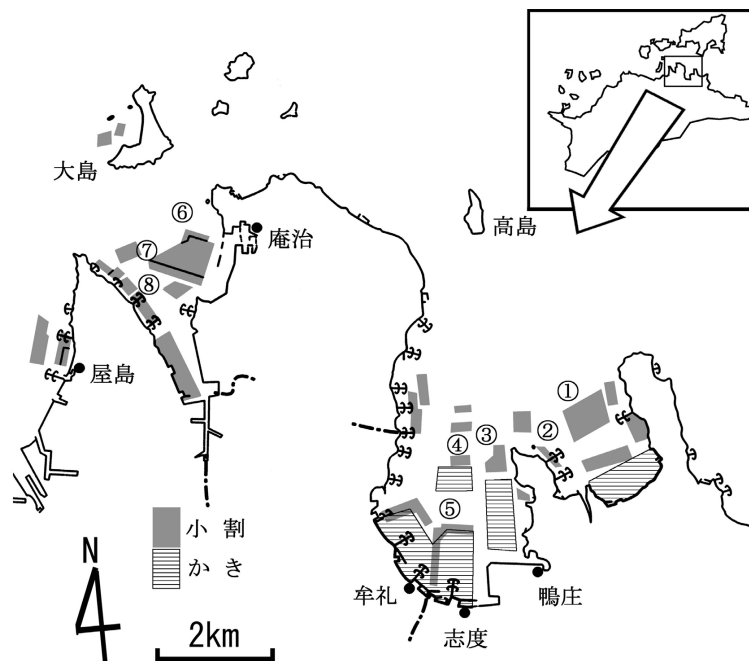


図1 調査地点図 (①～⑧は調査地点および養殖漁場)

表1 環境調査結果

地点	COD (mg/L)	SS (mg/L)	Chl-a ( $\mu$ g/L)	PON ( $\mu$ g/L)	POC ( $\mu$ g/L)	C/N	DIN ( $\mu$ M)	DIP ( $\mu$ M)
1-0m	5.9	13.4	4.3	202	1277	7.4	10.0	0.70
5m	1.7	9.9	4.8	94	609	7.6	6.5	0.63
2-0m	3.1	10.5	4.7	137	755	6.4	5.5	0.47
5m	1.3	18.4	4.3	85	707	9.7	5.7	0.62
3-0m	1.8	10.9	6.2	80	548	8.0	4.6	0.53
5m	2.2	11.6	7.2	82	693	9.9	4.5	0.51
4-0m	2.7	10.1	5.9	114	659	6.7	5.6	0.54
5m	1.7	15.6	4.8	70	596	9.9	5.1	0.59
5-0m	3.6	16.0	4.2	146	804	6.4	2.4	0.16
5m	2.2	11.7	6.0	91	604	7.7	6.6	0.68
6-0m	2.7	16.6	3.3	87	510	6.8	8.9	0.67
5m	2.0	11.1	3.9	73	524	8.4	6.6	0.62
7-0m	3.1	14.6	3.8	101	592	6.8	7.7	0.61
5m	2.1	24.0	5.9	110	1354	14.3	6.5	0.67
8-0m	2.1	16.8	2.7	95	572	7.0	7.1	0.65
5m	2.7	25.1	4.0	115	838	8.5	5.6	0.59
Average	2.6	14.8	4.7	105	728	8.2	6.2	0.58
S.D	1.05	4.53	1.17	32.47	241.18	1.95	1.73	0.12

フィルターでろ過し、差分をSSとした。濁度は積分球式濁度計で測定した。POC,PONはSS測定後のWhatmanGF/Fフィルターを塩酸蒸気にさらすことで無機炭酸塩を分解し、塩素臭がなくなるまで塩酸を十分に除去した後、J.サイエンスラボ社製CHNコーダーMTC-5(香川大学所有)を用いて測定した。DIN,DIPはBran + Luebbe社製TRACCS-800を用いて測定した。

## 結 果

水質の調査結果を表1に示した。CODは1.3～5.9 mg/Lであり、全ての養殖漁場で環境基準値(2.0 mg/L)を上回った。SSは9.9～25.1 mg/Lであり、表層より底層が高い傾向にあった。Chl-aは2.7～7.2 mg/Lであり、表底層の差は殆どなかった。PON,POC濃度は、それぞれ70～202  $\mu$ g/L, 510～1354  $\mu$ g/Lであり、志度湾の養殖漁場は表層が高く、屋島湾では底層が高い傾向にあった。DIN,DIP濃度は、それぞれ4.5～10.0  $\mu$ M, 0.16～0.70  $\mu$ Mであり、DINは表層が高い傾向にあったが、DIPは表底層の差は殆どなかった。

CODと水質(SS,Chl-a, PON,POC)との相関を図2に示した。COD濃度とSS濃度, COD濃度とChl-a濃度との間には、それぞれ相関関係は認められなかったが、COD濃度とPON濃度, COD濃度とPOC濃度(POC濃度が極端に高かったStn.7-5mを除く)との間には、良い相関関係が認められた。(r<sup>2</sup>=0.843, n=16, およびr<sup>2</sup>=0.689, n=16)

Chl-a濃度とPON濃度, およびPOC濃度との関係

を図3に示した。Chl-a濃度とPON濃度には負の相関がみられたこと, Chl-a濃度とPON濃度, およびPOC濃度に相関関係は低かった。

## 考 察

近年、魚類養殖漁場で問題になっている水質のCODについて、1979年から養殖業者が実施している県下全域の魚類養殖漁場(約50地点)のCOD濃度の経年変化を図4に示す。COD濃度は1979年まで1.5 mg/L前後で増減を繰り返して推移していたが、1998年から漸増傾向を示し2002年には環境基準値(2 mg/L)を上回る2.2 mg/Lになり、その後も増加傾向にあって2004年には全漁場で環境基準値を上回り2.6 mg/Lになった。香川県の魚類養殖生産量は生産過剰による魚価の低迷、餌料価格の高騰等厳しい経営状況を反映して減少傾向にあって2004年は約10年前の1995年の約2分の1になっている。経営体数や養殖数量が減少し、漁場の負荷量は減少しているにもかかわらず、負荷量の指標であるCOD濃度が増大するという現象がみられている。

養殖漁場と一般海域を比較検討するため、香川県が環境省の補助事業で毎月実施している播磨灘と備讃瀬戸海域の20地点の1980～2004年の25カ年のCOD濃度の経年変化を図5に示した。一般海域のCOD濃度は1980年の0.9 mg/Lから漸増傾向にあって2004年には環境基準値を上回る2.1 mg/Lとなり、一般海域と養殖漁場のCOD濃度はよく似た変動を示した。

このことはベースにある一般海域のCOD濃度が高くなっているために、養殖漁場のCOD濃度も高くなっ

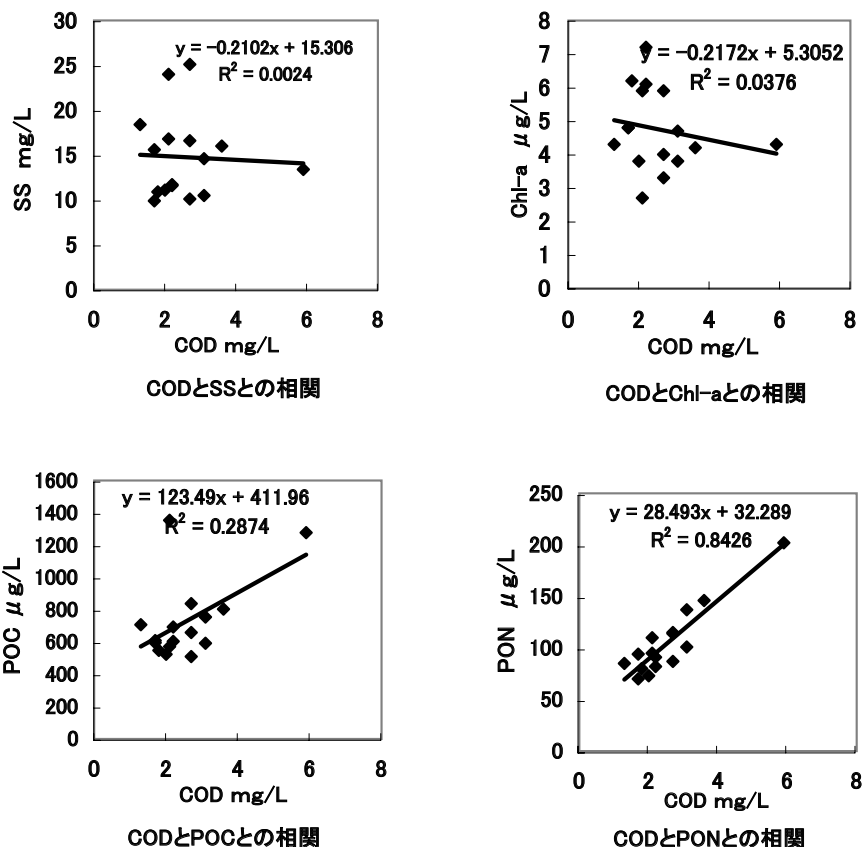


図2 CODとSS,Chl-a,PON,POCの関係

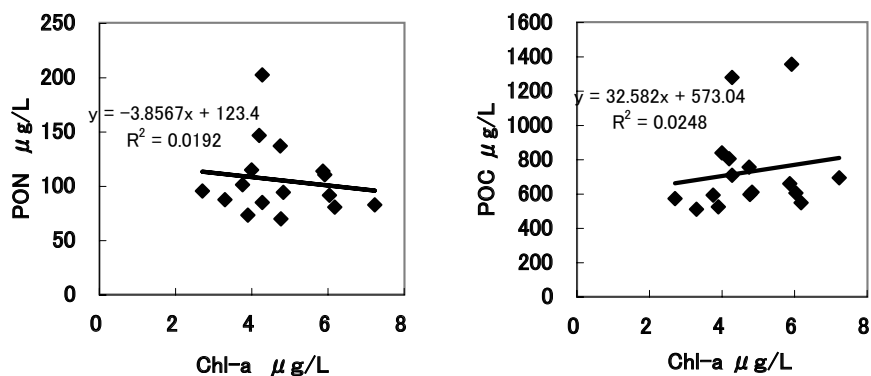


図3 Chl-aとPON,POCとの関係

ていることを示唆している。特に、2004年は6月から9月に香川県に9個の台風が影響して一般海域のCOD濃度は12月まで環境基準値を下回ることがなく推移するなど、特異な海域の状況であったと推測される。また、環境省は瀬戸内海のCOD濃度が増加傾向にあるのは太平洋のCOD濃度が増加していること、中国沿岸域の汚染が急速に広がってきていることを踏まえて、外洋水の影響であると指摘している。<sup>4)</sup>

高いCOD負荷量の由来は今回の調査結果では、懸濁態有機物の指標であるPON濃度、POC濃度と高い相関がみられたが、植物プランクトンの指標であるChl-a濃度と良い相関が得られなかったことから、陸

上からの流入負荷か養殖負荷による有機物の可能性が示唆された。

次に、Chl-a濃度とPON濃度、POC濃度に相関関係が低かったが、過去に志度湾において観測されたChl-a濃度とPON濃度、およびChl-a濃度とPOC濃度の間には、高い基礎生産量を受けて、それぞれ良い相関関係があると報告されている。<sup>5)</sup> 今回の調査結果が、通常志度湾と大きく異なった理由として、2004年は度重なる台風の襲来を受け、植物プランクトンの増殖が阻害され、陸域からの負荷の流入や海底に堆積している有機物負荷の溶出が有機物を形成する主な原因であると考えられ、2004年は一般海域を含

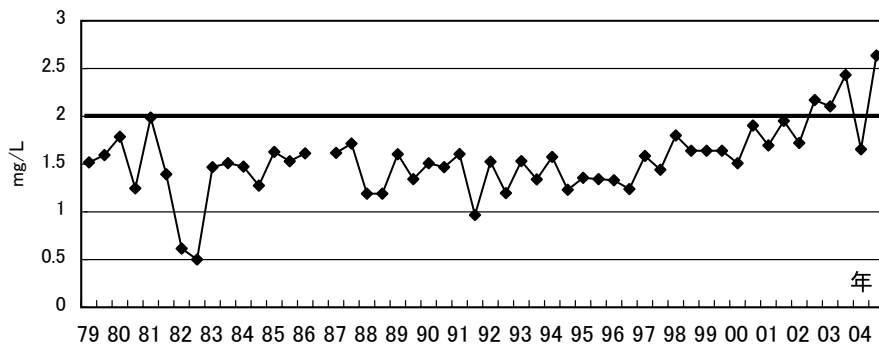
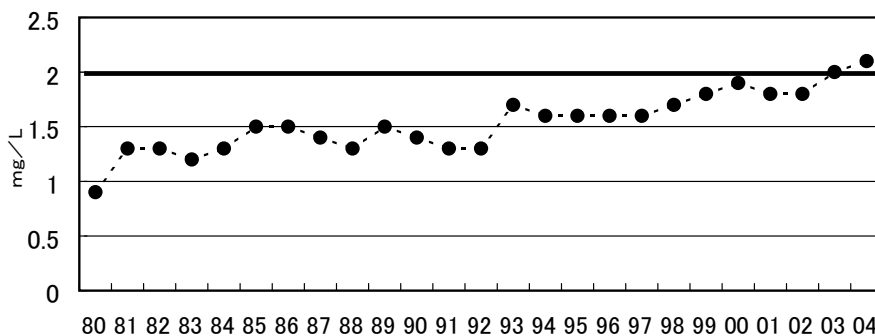


図4 養殖漁場の水質 COD の経年変化



環境省 補助事業

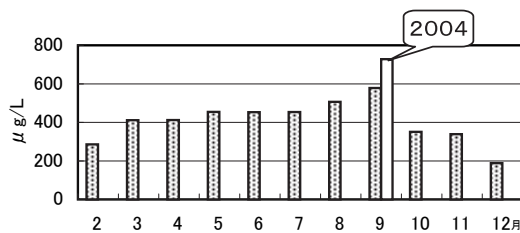
図5 香川県海域のCOD変動

め特異な海域の状態にあったと思われる。

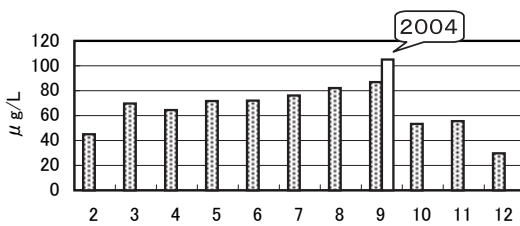
今回の有機負荷量と通常の年であった2002年に香川大学が志度湾で実施した調査(多田\*)と比較検討するため、POC,PON,Chl-a濃度の経月変化を図6に示した。

2002年の志度湾におけるPOC,PON濃度は夏場に高く、循環期が始まる9月が最も高く、12月が最も低かった。Chl-a濃度はほぼPOC,PON濃度の経月変化と同じ変動を示した。今回の調査結果はPOC濃度、PON濃度で2002年のそれぞれ約1.3倍、約1.2倍と高い結果であったが、Chl-a濃度はほぼ同じであった。Chl-a濃度がほぼ同じであることからPOC,PON濃度の差が植物プランクトン以外の有機物である可能性が示唆された。

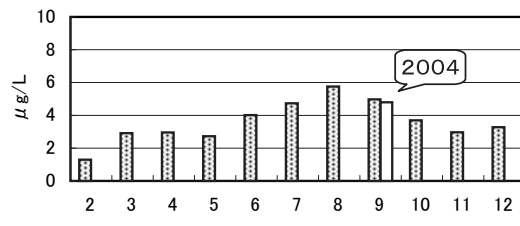
以上から、基礎生産の高い志度湾では、通常植物プランクトン由来の有機物であるが、この度の調査では、相関が低いことが示唆され、COD濃度とPON濃度の相関が高いことから、COD濃度が懸濁態有機物に依存していることが考えられたが、それが養殖負荷かまたは陸から流入する負荷かどうかは今回の調査では解明できなかった。今後は養殖漁場と強い相関があると言われるPを指標として、COD負荷量の由来や有機物量の大半を占める溶存態有機物との関係を検討する



POCの経月変化



PONの経月変化



Chl-aの経月変化

図6 志度湾におけるPOC,PON,Chl-aの経月変化(2002年香川大)

\*多田邦尚：1997，私信

必要があると思われる。

## 謝 辞

本研究に対し、試料の分析にあたってのご協力および資料の提供、さらにご懇篤なるご指導とご鞭撻を賜りました香川大学農学部教授 多田邦尚先生、同大学農学部助教授 一見和彦先生に心からお礼申し上げます。

## 引用文献

- 1) 香川県：1979, 香川県魚類養殖指導指針, 1 - 9.
- 2) 水産庁：1999, 持続的養殖生産確保法, 1 - 10.
- 3) 山田達夫：2004, 養殖漁場の水質 COD の増大について 香川県水産業基本対策審議会養殖振興部会, 1 - 6.
- 4) 環境省：2005, 第7回中央環境審議会水環境部会総量規制専門委員会資料3.
- 5) 多田邦尚・山口一岩・一見和彦・Sarawut SRITHONG-OUTHAI：2004, 夏季の瀬戸内海・播磨灘の表層水中の粒状物の化学組成 海と空, 79(4), 1 - 7.