

# 環境保全型養殖普及推進対策事業\*

上 出 貴 士 ・ 竹 内 照 文

## 目 的

田辺湾をモデル水域にして養殖状況や漁場環境を調査し、漁場の利用方法と漁場環境の関係を定量的に解析する。また、ここでの解析結果をもとに漁場改善計画における各項目の基準値を達成するための利用方法のガイドラインを策定し、環境保全型の養殖技術を確立するための資料を得る。なお、田辺湾と比較するために一部の調査については串本浅海漁場でも行った。

### 1 養殖漁業現況調査

養殖漁場に負荷される有機物は、養殖の規模に大きく依存する。従って、養殖漁場環境を持続的に維持していくには、養殖漁業の規模と漁場環境との関係を把握しておく必要がある。ここでは、養殖生産量と底質環境の関係を明らかにするため、データの蓄積されている田辺湾において検討を行った。

## 方 法

養殖生産量：田辺湾におけるブリ類とマダイの生産量は1970年から1975年までは和歌山県水産累年統計<sup>1)</sup>を、1976年から2000年までは和歌山県漁業地区別統計表<sup>2)</sup>を用いた。

赤潮発生日数：和歌山県が水産庁瀬戸内漁業調整事務所に報告した1971年から2002年のデータを使用し、田辺湾（斎田崎から番所ノ鼻で結ばれた線と沿岸線によって囲まれた水域）で発生した赤潮について取りまとめた。

溶存酸素量：堅田漁協が、図1に示すSt.①～⑦の7定点において測定した1985年から2000年のデータを使用した。観測層は表層、5m、10m、海

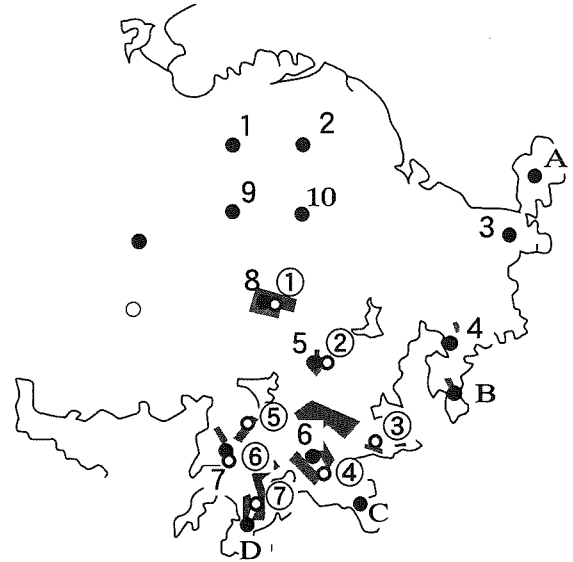


図1 田辺湾の調査定点

○溶存酸素、●底質

底上1mの4層で、溶存酸素メーター（YSI製モデル57）によって測定された。また、St.①、②は湾中央部の養殖場、St.③～⑦は湾南部の養殖場として使用した。

底質（COD、AVS）：調査は図1に示すSt.1～10とSt.A～Dの14定点で1985年から1999年まで2月と9月に行った。なお、当該月に調査を行えないときは、その前後の月に行った。採泥は、エクマンバージ型採泥器（採泥面積0.0225m<sup>2</sup>）を用いて、表面泥（0～1cm層）を採取した。分析は漁場保全対策推進事業調査指針<sup>3)</sup>に示された方法で行った。また、定点はSt.5、6、7、8、C、Dを湾南部、St.3、4、A、Bを湾東部、St.1、2、9、10を湾北・中央部として区分した。

## 結果及び考察

田辺湾におけるブリ類・マダイの養殖生産量の推

\*環境保全型養殖普及推進対策事業費による

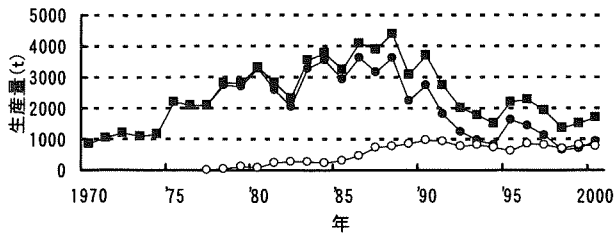


図2 田辺湾におけるブリ類・マダイの養殖生産量の推移

●：ブリ類，○：マダイ，  
■：ブリ類・マダイの合計

移を図2に示す。ブリ類養殖は1960年代から始められ、1970年代に生産が拡大し、1980年代後半にピークに達した後、近年は700～1,600 tで推移している。マダイは、1977年から養殖が始められ、徐々に増加し、1990年に900 tに達した。その後は、700～800 tで推移している。両魚種を合わせた生産量は概ねブリ類と似たような変遷を辿り、近年は1,400～2,200 tで推移している。

赤潮発生件数と赤潮発生日数の推移を図3に示す。

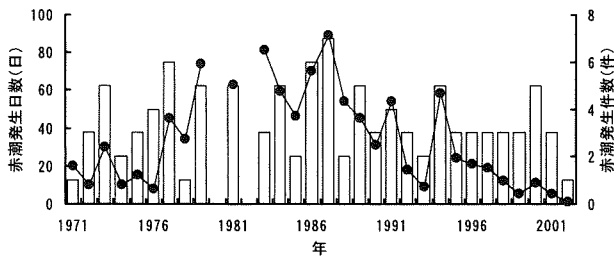


図3 赤潮発生件数および赤潮発生日数の推移

□：赤潮発生件数，●：赤潮発生日数

赤潮発生件数は、1980年代前半まで5件前後で変動し、1980年代後半に減少、1990年代後半は3件前後で推移している。赤潮発生日数については、1970年代末に急増し、1980年代中頃ピークに達し、年間80～90日の発生があったが、その後減少に転じ、現在に至るまで減少を続けている。

田辺湾の中央部漁場及び南部漁場の溶存酸素量の8月の月平均値の推移を図4に示した。中央部漁場では1985年に底層で4.3mg/lと最も低い値であったが、その後は緩やかに上昇している。また、南部漁場においても、年によっては底層で4.3mg/l以下となる年があるものの上昇傾向であった。

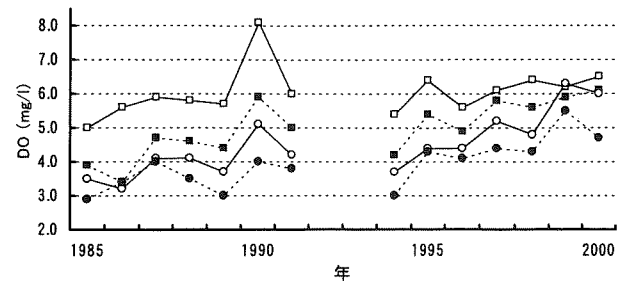
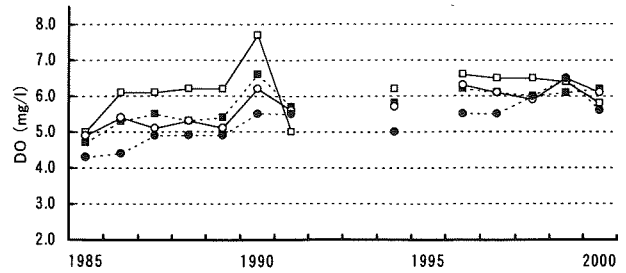


図4 田辺湾の養殖漁場における8月のDOの推移  
上図に中央部漁場，下図に南部漁場を示す。

□：表層，■：5m層，○：10m層，●：B-1m層

南部漁場におけるCOD及びAVSの推移を図5に示す。CODは1991年、1993年には、60mg/g乾泥を超える高い値もみられたが、1996年から低下し、20mg/g乾泥を超える定点があるものの横ばい傾向で推移している。AVSは、CODよりも早く減少傾向を示し、1997年からは概ね横ばい傾向で推移している。田辺湾ではAVSとCODがともに低下傾向にあるが、AVSでは0.2mg/g乾泥を超える定点が多

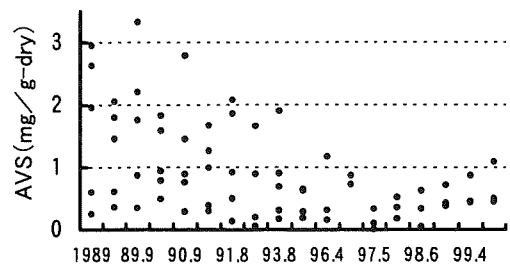
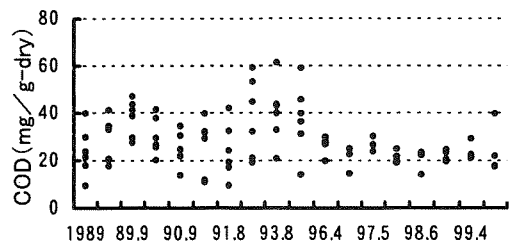


図5 田辺湾南部におけるCODおよびAVSの推移

く、清浄な環境に回復したとはいえない。

田辺湾におけるブリ類・マダイの生産量とAVSおよび赤潮発生日数との関係を図6に示す。ブリ類・

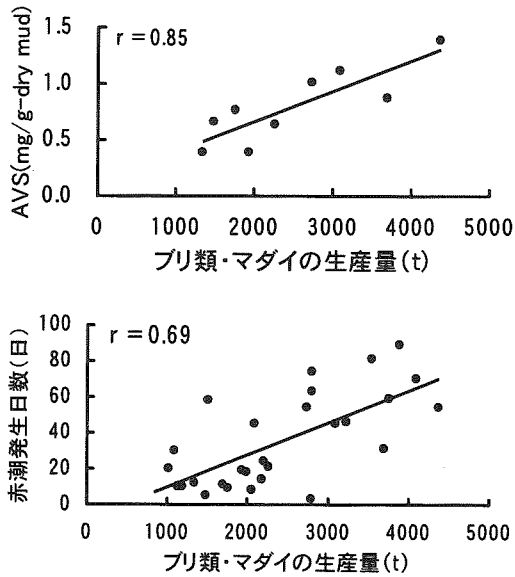


図6 田辺湾におけるブリ類・マダイの生産量とAVSおよび赤潮発生日数との関係

マダイの生産量と赤潮発生日数やAVSとは1%レベルで有意な正の相関がみられた。AVSは、負荷された有機物が嫌気分解される過程で生成されるが、田辺湾では夏季の低い月平均溶存酸素量(図4)から頻繁に貧酸素水塊が発生していたことが窺われ、生産量の増減が直接AVSに反映されたものと思われる。また、生産量の増減と赤潮発生日数との密接な関係から、田辺湾における赤潮の発生は、養殖漁業に伴う有機物負荷が大きく依存していることが示唆される。さらに、赤潮発生日数と南部漁場における溶存酸素量の年平均値との間には、強い負の相関が認められた(図7)。有害種である*Gymnodinium mikimotoi*赤潮は湾奥南部が初期発生域であること<sup>4)</sup>

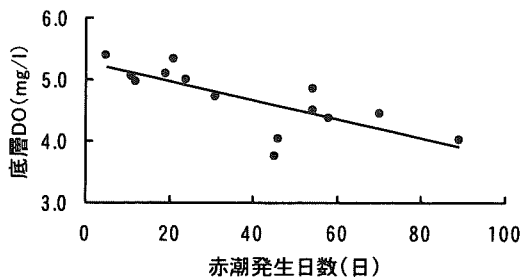


図7 田辺湾における赤潮発生日数と南部漁場底層のDOの年平均値との関係

や他の赤潮の多くも南部で形成されること<sup>5)</sup>、また、赤潮プランクトンの増加と貧酸素水塊の形成との間に関連がみられること<sup>6)</sup>などが知られており、南部の溶存酸素の増減と赤潮発生日数との密接な関係はこれらのことを裏付ける結果といえる。

これらのことから、養殖漁業による有機物負荷の増大が、赤潮発生やAVSの増加及び溶存酸素量の減少と深く関係していることが示唆され、養殖漁場環境を健全に保ちつつ生産性を維持していくには、適正な放養量を設定することが必要であると考えられる。

## 2 漁場環境調査

田辺湾と串本浅海漁場において、1年のうちで漁場環境が最も悪化する夏季の高水温期に環境調査を実施し、漁場環境の現況について検討した。

### 方 法

調査は田辺湾では8月6日に10定点、串本浅海漁場では8月12日に11定点で行った(図8)。調査項目は水温、塩分、溶存酸素量と底泥中のCOD(化

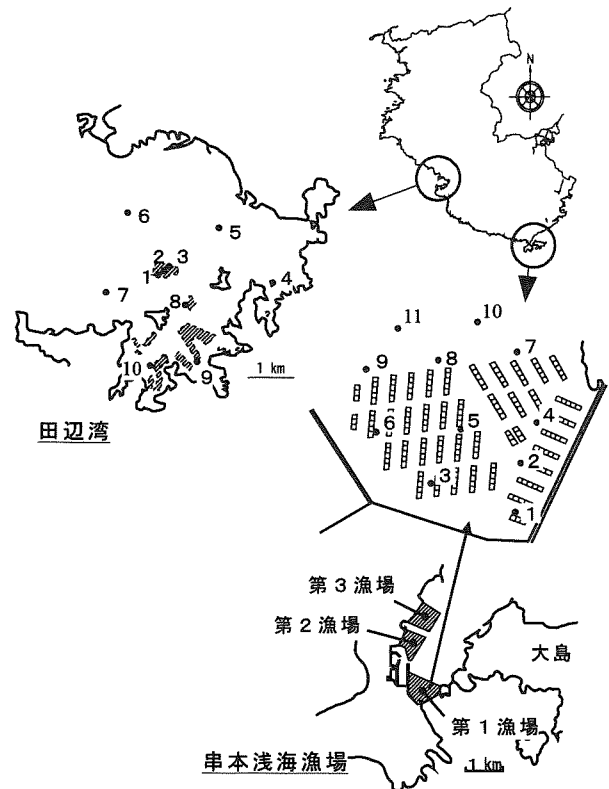


図8 漁場環境調査定点

学的酸素要求量), AVS (酸揮発性硫化物量), TOC (全有機態炭素量), TN (全窒素量), TP (全リン量), マクロベントスである。底泥およびマクロベントスはエクマンバージ型採泥器 (採泥面積 0.04m<sup>2</sup>) を用いて採取した。底泥は表面 0~1 cm を採取し, COD, AVS, TOC, TN と TP の測定に供した。水温は棒状水銀温度計, 塩分はサリノメーター (鶴見精機製 DIGI-AUTO MODEL-5), 溶存酸素量はウィンクラー法によった。COD と AVS の分析は漁場保全対策推進事業調査指針<sup>3)</sup> によった。TOC と TN は CN コーダー (アムコ社製) で, TP は過硫酸カリウムによる加熱分解法<sup>7)</sup> で測定を行った。

## 結果と考察

### 1) 田辺湾

調査結果を付表 1 に示す。水温は, 表層では 28.9~29.9℃ で, 全域にわたって均一な分布を示した。底層では, 26.2~29.3℃ で, 湾南東部で低く, 調査時より前に外海水が進入したことがうかがえたが, 北東部では 28~29℃ 台であり, 日射による影響が底層にまで及んでいた。

塩分は, 表層で 33.179~33.642 と北部で低く, 南西部で高い分布となったが, 湾北部に流れ込む会津川の影響は調査時においては極めて低いと考えられた。また, 底層では 33.363~34.034 で, 湾南西部で高くなり, 水温と同じような分布を示し, 外海水の進入した形跡がうかがえた。

溶存酸素量は, 表層では 6.27~7.36mg/l で, 東部で最も低くなり, 湾口部にいくに従って高くなる傾向がみられた。底層は 3.89~6.77mg/l で, 湾南部で低く, 北西部にいくに従って高くなる傾向がみられた。また, 湾中央部漁場では 6.0~6.5mg/l の海水が北西に向かって延びており, 水温分布と併せて考えると, 調査時以前に進入した外海水が, 湾南東部に残り残され, 海水の流動が停滞した状態に移行していたことがうかがえる。

COD は南部で最も高くなり, 水産用水基準<sup>8)</sup> 20

mg/g 乾泥以上の分布がみられた。また湾口や北部, 東部では 10mg/g 乾泥以下となっており, 養殖漁場として利用されていない海域では低い値となっていた。

AVS は, COD とよく似た分布を示した。水産用水基準<sup>8)</sup> 0.2mg/g 乾泥を超える値は, 概ね養殖漁場に限定されており, 養殖漁業からの有機物負荷が底質汚染に大きく影響していることが示唆された。

TOC は南部と中央漁場で高く, 北部で低くなっていた。

TN は TOC と同様の分布を示した。

TP は概ね TOC や TN と同様の分布を示したが, 湾南部よりも湾中央部で高くなった。

また, 底層水の溶存酸素量と底泥中の COD, AVS について 2000 年から 2003 年までの推移を検討した (図 9)。ここでは, 中央部漁場の St. 1~3,

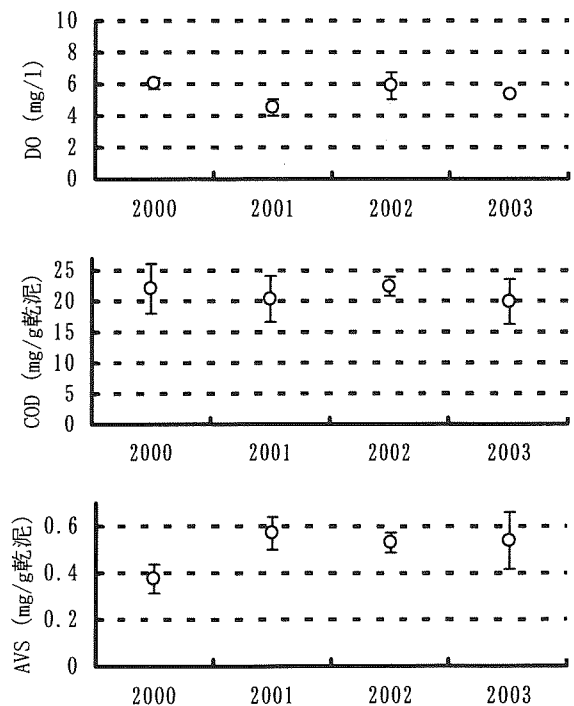


図 9 田辺湾における養殖漁場底層の DO, COD, AVS の推移  
St. 1~3, 8~9 の平均値

南部漁場の St. 8~10 の 6 定点の平均値を用いた。溶存酸素量は, 4.52~6.04mg/l で推移し, 2001 年に最も低かったが, この時には外海水の侵入がみら

れず、このことが影響したものと思われる。CODは、19.93～22.42mg/g乾泥、AVSは0.38～0.57mg/g乾泥と横ばい傾向で推移し、それぞれ20mg/g乾泥、0.2mg/g乾泥を上回ることが多かった。

## 2) 串本浅海漁場

付表1に結果を示す。水温は、表層では22.6～23.6℃で、漁場東側と北東側で若干低くなった。底層では、19.6～22.4℃で、外海水の影響を強く受ける北側で低く、北東部では外海水の進入による擾乱で高くなった。

溶存酸素は、表層では4.53～6.03mg/lで東部や北部で高く、西部を中心とした漁場内では若干低い傾向があった。底層では5.09～5.65mg/lで、漁場西部で高くなり、東部や北部で低くなる傾向がみられた。

CODは、2000年から観察されているように<sup>9-11)</sup>、水深の最も深い漁場北部において高い値がみられたが、20mg/g乾泥を超えることがなかった。AVSについてもCODとよく似た分布を示したが、0.2mg/g乾泥を上回る値はみられなかった。COD、AVSともに漁場内において漁場外よりも高く、また、水深の深い定点で高くなる傾向がみられた。

TOC及びTNは水深の深いところで高くなった。

TPについては、漁場内では東部で高くなり、北西にいくにしたがって低くなった。また、漁場の外(St.10, 11)でも低くなった。

底層水の溶存酸素量及び底泥中のCOD、AVSについて2000年から2003年までの推移を示した(図10)。ここでは養殖漁場内のSt.1～9までの9定点の平均値で示した。

溶存酸素量は、5.32～8.12mg/lで推移し、2002年には8.12mg/lと高い値となったが、他では6.00mg/l前後で推移し、田辺湾と同様の水準であった。

CODは9.07～12.88mg/g乾泥、AVSは0.09～0.14mg/g乾泥で、いずれも水産用水基準<sup>8)</sup>の規制値である20mg/g乾泥と0.2mg/g乾泥を超えることがなかった。

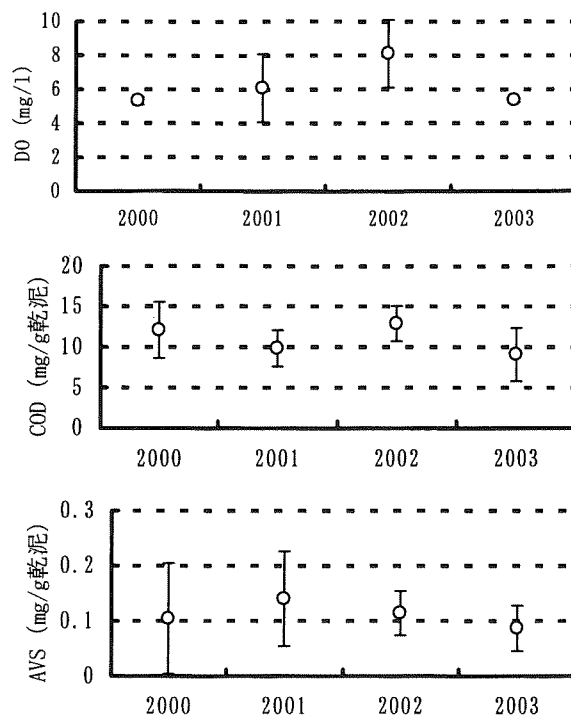


図10 串本浅海漁場における養殖漁場底層のDO、COD、AVSの推移  
St. 1～9の平均値

## 3 飼育試験

養殖漁業では、給餌に伴う残餌や糞等の有機物負荷により漁場環境が悪化し、このことによって赤潮や貧酸素水塊、魚病の発生を引き起こし、生産性の低下を招いている。そこで、残餌や糞等の有機物負荷が水域の浄化力を上回らない範囲に抑制することが重要な課題であるが、そのためには適正な飼育密度と給餌量を求めることが必要である。

昨年度までは、マダイの養殖実態を調査し、その中から飼育成績が良く、漁場環境に配慮した飼育技術(漁場の行使方法)の抽出を試みた。その結果、低い飼育密度と少ない給餌量で飼育されたものが、成長はいくぶん劣るものの生残率に優れている可能性が示唆された<sup>11)</sup>。また、このような飼育方法は、養殖経営においても経費節減等に有効であることも考えられた。そこで、今年度は給餌量が成長に与える影響を検討するための飼育試験を行った。

表1 各試験区への給餌状況

試験区	1		2		3	
	給餌量(g)	給餌日数	給餌量(g)	給餌日数	給餌量(g)	給餌日数
3月	3,490	9	3,030	7	2,360	5
4月	10,440	16	8,720	12	6,710	8
5月	14,830	17	14,050	13	12,280	9
6月	20,190	17	17,780	13	16,230	10
7月	22,100	17	18,000	12	15,300	9
8月	25,400	18	23,400	14	18,800	10
9月	27,000	18	23,400	13	20,000	10
10月	16,500	11	16,200	9	12,000	6
計	139,950	123	124,580	93	103,680	67

方 法

マダイ稚魚130尾づつを3×3×3mの海面生け簀に收容した。飼育は3月14日から10月24日までの225日間実施した。給餌は試験区1では1週間に4回、試験区2では1週間に3回、試験区3では1週間に2回行った。各区への給餌状況は表1のとおりである。魚体重の測定は5月9日、7月3日と10月24日に行った。

また、日間増重量、日間給餌率、餌料効率、増肉係数、成長倍率は次式によって求めた。

日間増重率 (%) =

$$(X_i - X_{i-1}) / (D_i \times (X_i + X_{i-1}) / 2) \times 100$$

日間給餌率 (%) =

$$d_i / ((D_i \times (X_i + X_{i-1}) / 2) \times ((N_i + N_{i-1}) / 2)) \times 100$$

餌料効率 (%) = 日間増重率 / 日間給餌率 × 100

増肉係数 = 日間給餌率 / 日間増重率

成長倍率 (%) =  $X_i / X_{i-1}$

$X_i$ : i 期終了時の平均体重,  $X_{i-1}$ : i-1期終了時の平均体重,  $D_i$ : i 期の飼育日数,  $d_i$ : i 期の総給餌量,  $N_i$ : i 期終了時の尾数,  $N_{i-1}$ : i-1期終了時の尾数

結果と考察

飼育試験結果を表2に示す。試験開始から57日目までを1期、57日目から112日目までを2期、112日目から225日目までを3期とした。

表2 飼育試験結果

試験区		1	2	3
尾数 (尾)	開始時	130	130	130
	1期終了時	124	127	126
	2期終了時	124	127	126
	3期終了時	120	127	126
総魚体重 (kg)	開始時	24.30	24.95	24.90
	1期終了時	39.30	37.80	36.60
	2期終了時	58.05	55.00	50.65
	3期終了時	123.50	112.80	92.60
平均体重 (g)	開始時	186.9	191.9	191.5
	1期終了時	316.9	297.6	290.5
	2期終了時	468.1	433.1	402.0
	3期終了時	1029.2	888.2	734.9
斃死率 (%)		7.7	2.3	3.1
給餌量 (g)	1期	17730	15760	12970
	2期	32520	27820	24610
	3期	89700	81000	66100
	通期	139950	124580	103680
増重量 (kg)	1期	15.00	12.85	11.70
	2期	18.75	17.20	14.05
	3期	65.45	57.80	41.95
	通期	99.20	87.85	67.70
日間増重率 (%)	1期	0.91	0.76	0.72
	2期	0.69	0.66	0.58
	3期	0.66	0.60	0.51
	通期	0.62	0.57	0.52
日間給餌率 (%)	1期	0.97	0.88	0.74
	2期	1.19	1.07	1.01
	3期	0.86	0.85	0.81
	通期	0.82	0.80	0.78
餌料効率 (%)	1期	93.13	86.20	97.64
	2期	57.66	61.83	57.09
	3期	76.30	71.36	63.46
	通期	75.23	71.82	67.08
増肉係数	1期	1.07	1.16	1.02
	2期	1.73	1.62	1.75
	3期	1.31	1.40	1.58
	通期	1.33	1.39	1.49
成長倍率 (%)	1期	169.6	155.1	151.7
	2期	147.7	145.5	138.4
	3期	219.8	205.1	182.8
	通期	550.6	462.8	383.7

成長は給餌量の少ない試験区ほど遅く、1期終了時には体重で数%程度の差であったものが、2期終了時には10%前後、3期終了時には最大で約30%の差が生じた(図11)。

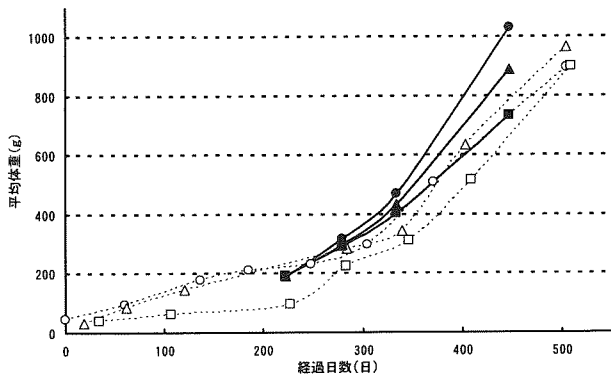


図11 魚類養殖場および飼育試験におけるマダイ平均体重の推移

○: No. 1, △: No. 3, □: No. 4,  
●: 1区, ▲: 2区, ■: 3区

また、増肉係数は1期では2区が最も大きくなったが、2・3期及び通期では3区で最も大きくなった。3区では休餌期間がしばしば3日以上空くことがあったが、マダイの胃内容物が約1日でほとんどなくなる(後述)ことを考えると、このことがマダイの成長に影響を与えていたものと考えられる。また、2区においても2日間空くケースが認められ、これについても3区と同様のことが考えられる。

次に、昨年度に実施したマダイ養殖の実態調査で得られたデータ<sup>11)</sup>と今回の結果との比較検討を行った。本試験では春仔を使用して行ったので、比較するデータは春仔を用いて養殖を行っていたNo. 1, 3, 4の業者のものと比較した。飼育状況は、表3に示すとおりである。

図11にそれぞれの成長を示す。最も飼育開始の早かった8月4日を0日目とし、それぞれの経過日数に対応する平均体重をプロットした。

試験に用いたマダイは190g前後で、実態調査の同時期のマダイに比べると、やや小型であったが、飼育57日目で実態調査における同時期のものに比べると幾分大きくなった。また、最も成長の悪かった3区でも業者No. 4よりも良く、No. 1, 3と同等の成長がみられた。一方、給餌量を多くした1区や2区では業者のものより成長が良く、特に1区は経過日数447日(飼育開始225日)の時点で1kgを超える魚体重となった。

以上のように、今回の飼育試験では、給餌量が多いほど成長がよい結果となったが、成長は実態調査で得られたものより良好であることがわかった。そこで、成長の違いが生じた要因を検討した。

飼育結果(表4)及び図12に示すように日間給餌率及び給餌頻度を上げると日間増重率が上昇するという傾向がみられる。

また、今回の試験では飼育密度が、各業者よりも低いことがわかる(図13左)。経過日数と増肉係数との間には、各飼育状況間で明瞭な傾向はみられなかった(表4)。増肉係数と収容密度の関係にも一定の傾向はみられない(表4)が、日間給餌率と平均体重との関係から示唆されるとおり、成長段階によって摂餌量等に変化が生じるため、これらの間には明瞭な差が出にくいものと思われる(図13右)。

以上のように、給餌量の多少が成長(平均体重)を決定するということが当然の結果といえるが、今回の試験から、成長には収容密度が大きく影響して

表3 魚類養殖場と飼育試験でのマダイ飼育状況の比較

業者他 水域名	No.1 戸津井	No.3 串本浅海	No.4 串本浅海	1区	2区	3区
生簀	当初 7×7×7 本養殖 15×15×9	6×6×4 12×12×7	6×6×4 13.5×13.5×9	3×3×2.5	3×3×2.5	3×3×2.5
収容尾数	140009	900	14000	130	130	130
飼育開始月日	8月4日	8月23日	9月7日	3月14日	3月14日	3月14日
飼料	EP	EP、MP EP主体	EP、MP	EP	EP	EP

表4 実態調査および飼育試験の飼育結果

	期間	斃死尾数	総給餌量 (kg)	増肉係数	給餌日数	尾数	総重量 (kg)	平均体重 (g)	収容密度 (kg/m <sup>3</sup> )	
No. 1	開始時					14,000	643	45.9	1.87	
	1期	8/4-10/2	40	837	1.20	44	13,960	1337	95.8	3.90
	2期	10/3-12/17	23	1185	1.01	37	13,937	2505	179.7	1.24
	3期	12/18-2/4	0	305	0.68	14	13,937	2954	212.0	1.46
	4期	2/5-4/8	0	474	1.79	15	13,937	3220	231.0	1.59
	5期	4/9-6/3	3	1315	1.47	20	13,934	4122	295.8	2.04
	6期	6/4-8/9	2	3192	1.07	26	13,932	7097	509.4	3.50
	7期	8/10-12/20	11	8786	1.63	50	13,921	12473	896.0	6.16
No. 3	開始時					9,900	311	31.4	2.16	
	1期	8/23-10/5	87	701	1.30	37	9,813	842	85.8	5.85
	2期	10/6-12/3	352	808	1.38	46	9,461	1375	145.3	1.36
	3期	12/4-5/16	94	2917	2.24	111	9,367	2649	282.7	2.63
	4期	5/17-7/11	61	2098	3.71	41	9,306	3193	343.1	3.17
	5期	7/12-9/12	2	3386	1.25	38	9,304	5909	635.1	5.86
	6期	9/13-12/20	56	7203	2.35	67	9,248	8924	965.0	8.85
No. 4	開始時					14,000	536	38.3	3.72	
	1期	9/7-11/6	3061	634	1.85	42	10,939	686	62.7	4.76
	2期	11/6-1/18	111	1143	1.33	45	15,828	1537	97.1	0.94
	3期	1/18-5/17	33	2853	1.41	60	15,795	3557	225.2	2.17
	4期	5/17-7/12	31	2623	1.93	24	15,764	4904	311.1	2.99
	5期	7/12-9/13	9	4828	1.50	30	15,755	8123	515.6	4.95
	6期	9/13-12/21	35	9294	1.55	51	15,720	14101	897.0	8.60
1	開始時					130	24	186.9	1.08	
	1期	3/14~5/9	6	18	1.07	30	124	39	316.9	1.75
	2期	5/9~7/3	0	33	1.73	30	124	58	468.1	2.58
2	開始時					130	25	191.9	1.11	
	1期	3/14~5/9	3	16	1.16	22	127	38	297.6	1.68
	2期	5/9~7/3	0	28	1.62	22	127	55	433.1	2.44
3	開始時					130	25	191.5	1.11	
	1期	3/14~5/9	4	13	1.02	16	126	37	290.5	1.63
	2期	5/9~7/3	0	25	1.75	16	126	51	402.0	2.25
3	開始時					130	25	191.5	1.11	
	1期	3/14~5/9	4	13	1.02	16	126	37	290.5	1.63
	2期	5/9~7/3	0	25	1.75	16	126	51	402.0	2.25
3	開始時					130	25	191.5	1.11	
	1期	3/14~5/9	4	13	1.02	16	126	37	290.5	1.63
	2期	5/9~7/3	0	25	1.75	16	126	51	402.0	2.25
3	開始時					130	25	191.5	1.11	
	1期	3/14~5/9	4	13	1.02	16	126	37	290.5	1.63
	2期	5/9~7/3	0	25	1.75	16	126	51	402.0	2.25
3	開始時					130	25	191.5	1.11	
	1期	3/14~5/9	4	13	1.02	16	126	37	290.5	1.63
	2期	5/9~7/3	0	25	1.75	16	126	51	402.0	2.25
3	開始時					130	25	191.5	1.11	
	1期	3/14~5/9	4	13	1.02	16	126	37	290.5	1.63
	2期	5/9~7/3	0	25	1.75	16	126	51	402.0	2.25
3	開始時					130	25	191.5	1.11	
	1期	3/14~5/9	4	13	1.02	16	126	37	290.5	1.63
	2期	5/9~7/3	0	25	1.75	16	126	51	402.0	2.25
3	開始時					130	25	191.5	1.11	
	1期	3/14~5/9	4	13	1.02	16	126	37	290.5	1.63
	2期	5/9~7/3	0	25	1.75	16	126	51	402.0	2.25
3	開始時					130	25	191.5	1.11	
	1期	3/14~5/9	4	13	1.02	16	126	37	290.5	1.63
	2期	5/9~7/3	0	25	1.75	16	126	51	402.0	2.25
3	開始時					130	25	191.5	1.11	
	1期	3/14~5/9	4	13	1.02	16	126	37	290.5	1.63
	2期	5/9~7/3	0	25	1.75	16	126	51	402.0	2.25
3	開始時					130	25	191.5	1.11	
	1期	3/14~5/9	4	13	1.02	16	126	37	290.5	1.63
	2期	5/9~7/3	0	25	1.75	16	126	51	402.0	2.25
3	開始時					130	25	191.5	1.11	
	1期	3/14~5/9	4	13	1.02	16	126	37	290.5	1.63
	2期	5/9~7/3	0	25	1.75	16	126	51	402.0	2.25
3	開始時					130	25	191.5	1.11	
	1期	3/14~5/9	4	13	1.02	16	126	37	290.5	1.63
	2期	5/9~7/3	0	25	1.75	16	126	51	402.0	2.25
3	開始時					130	25	191.5	1.11	
	1期	3/14~5/9	4	13	1.02	16	126	37	290.5	1.63
	2期	5/9~7/3	0	25	1.75	16	126	51	402.0	2.25
3	開始時					130	25	191.5	1.11	
	1期	3/14~5/9	4	13	1.02	16	126	37	290.5	1.63
	2期	5/9~7/3	0	25	1.75	16	126	51	402.0	2.25
3	開始時					130	25	191.5	1.11	
	1期	3/14~5/9	4	13	1.02	16	126	37	290.5	1.63
	2期	5/9~7/3	0	25	1.75	16	126	51	402.0	2.25
3	開始時					130	25	191.5	1.11	
	1期	3/14~5/9	4	13	1.02	16	126	37	290.5	1.63
	2期	5/9~7/3	0	25	1.75	16	126	51	402.0	2.25
3	開始時					130	25	191.5	1.11	
	1期	3/14~5/9	4	13	1.02	16	126	37	290.5	1.63
	2期	5/9~7/3	0	25	1.75	16	126	51	402.0	2.25
3	開始時					130	25	191.5	1.11	
	1期	3/14~5/9	4	13	1.02	16	126	37	290.5	1.63
	2期	5/9~7/3	0	25	1.75	16	126	51	402.0	2.25
3	開始時					130	25	191.5	1.11	
	1期	3/14~5/9	4	13	1.02	16	126	37	290.5	1.63
	2期	5/9~7/3	0	25	1.75	16	126	51	402.0	2.25
3	開始時					130	25	191.5	1.11	
	1期	3/14~5/9	4	13	1.02	16	126	37	290.5	1.63
	2期	5/9~7/3	0	25	1.75	16	126	51	402.0	2.25
3	開始時					130	25	191.5	1.11	
	1期	3/14~5/9	4	13	1.02	16	126	37	290.5	1.63
	2期	5/9~7/3	0	25	1.75	16	126	51	402.0	2.25
3	開始時					130	25	191.5	1.11	
	1期	3/14~5/9	4	13	1.02	16	126	37	290.5	1.63
	2期	5/9~7/3	0	25	1.75	16	126	51	402.0	2.25
3	開始時					130	25	191.5	1.11	
	1期	3/14~5/9	4	13	1.02	16	126	37	290.5	1.63
	2期	5/9~7/3	0	25	1.75	16	126	51	402.0	2.25
3	開始時					130	25	191.5	1.11	
	1期	3/14~5/9	4	13	1.02	16	126	37	290.5	1.63
	2期	5/9~7/3	0	25	1.75	16	126	51	402.0	2.25
3	開始時					130	25	191.5	1.11	
	1期	3/14~5/9	4	13	1.02	16	126	37	290.5	1.63
	2期	5/9~7/3	0	25	1.75	16	126	51	402.0	2.25
3	開始時					130	25	191.5	1.11	
	1期	3/14~5/9	4	13	1.02	16	126	37	290.5	1.63
	2期	5/9~7/3	0	25	1.75	16	126	51	402.0	2.25
3	開始時					130	25	191.5	1.11	
	1期	3/14~5/9	4	13	1.02	16	126	37	290.5	1.63
	2期	5/9~7/3	0	25	1.75	16	126	51	402.0	2.25
3	開始時					130	25	191.5	1.11	
	1期	3/14~5/9	4	13	1.02	16	126	37	290.5	1.63
	2期	5/9~7/3	0	25	1.75	16	126	51	402.0	2.25
3	開始時					130	25	191.5	1.11	
	1期	3/14~5/9	4	13	1.02	16	126	37	290.5	1.63
	2期	5/9~7/3	0	25	1.75	16	126	51	402.0	2.25
3	開始時					130	25	191.5	1.11	
	1期	3/14~5/9	4	13	1.02	16	126	37	290.5	1.63
	2期	5/9~7/3	0	25	1.75	16	126	51	402.0	2.25
3	開始時					130	25	191.5	1.11	
	1期	3/14~5/9	4	13	1.02	16	126	37	290.5	1.63
	2期	5/9~7/3	0	25	1.75	16	126	51	402.0	2.25
3	開始時					130	25	191.5	1.11	
	1期	3/14~5/9	4	13	1.02	16	126	37	290.5	1.63
	2期	5/9~7/3	0	25	1.75	16	126	51	402.0	



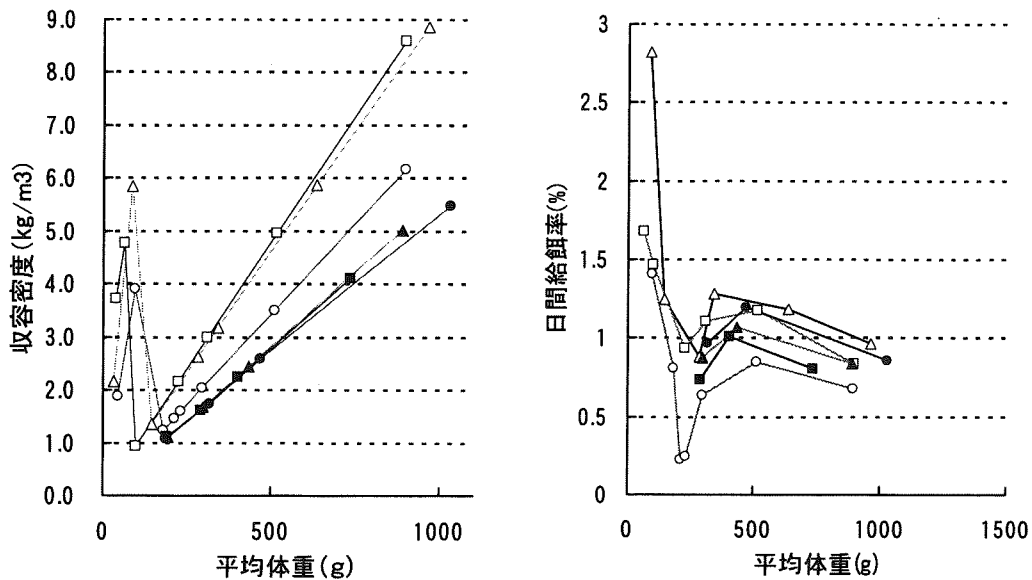


図13 マダイ平均体重と収容密度，日間給餌率の関係  
○：No.1，△：No.3，□：No.4，●：1区，▲：2区，■：3区

いる可能性が示唆された。今後は，マダイの成長が収容密度によって，どのような効果が生じるのかを検証する必要がある。

#### 4 魚類養殖に伴う汚染負荷物質の収支

養殖漁場の環境は，投餌に伴う残餌や糞などの有機物負荷によって影響を受けるため，残餌や糞などの有機物負荷量を把握することは極めて重要である。しかし，野外調査では海面へ投入された飼料が残餌や糞として分解していく過程の時間変化やその量的関係を把握することは困難である。そこで，条件設定の比較的容易な水槽実験により残餌や糞の量的関係を検討した。

### 方 法

#### 1) 給餌後の消化管内容物の時間的変化

当研究所試験筏の3×3×3mの網生け簀で養成

中のマダイ当才魚（平均体重158.3g）を2003年10月4日から約3日間絶食させた後，早朝に飽食給餌し，直前，直後，2，4，6，8，16，21，24，29，40，48，72時間後に魚を10尾ずつ釣り上げ，その場で即殺してサンプルとした。これを実験室に持ち帰り，魚体重と胃，腸の内容物重量を測定した。胃と腸の内容物はるつぽに取り，恒量になるまで乾燥した後，重量を測定し魚体重に対する乾重量比を求めた。

#### 2) 魚類養殖に伴う汚染負荷物質の収支

供試魚は当研究所の試験筏で飼育中のマダイ当才魚を用いた。これを陸上の1t円形FRP水槽に移して実験を行った。予備飼育は，マダイが十分な摂餌を行うまで1週間程度行った。

実験はEP飼料，MP飼料を与えたものについて各1回づつ行った。飼育水の状況や供試魚の大きさな

表5 魚類養殖に伴う汚染負荷物質の収支に関する水槽実験の諸条件

餌料種類	日時 年 月 日	水温 (°C)	溶存酸素 (mg/l)	尾数	平均体長 (cm)	総魚体重 (kg)	平均体重 (g)	換水率 (回転)
EP	2003 6 27,28	24.4~24.9	4.65~5.46	15	27.7	7.219	481.3	12.3
MP	2003 7 7,8	25.4~26.6	4.66~5.55	15	27.7	7.219	481.3	12.3

ど実験の諸条件については表5に示すとおりである。

給餌は、摂餌状況を観察しながらできるだけ残餌の出ないように飽食量を与えた。

排出される懸濁物の採集は平成13年度及び同14年度環境保全型養殖普及推進対策事業報告書<sup>10, 11)</sup>に従った。

## 結果と考察

### 1) 給餌後の消化管内容物の時間的变化

胃内容物の経時的变化を図14に示す。胃内容物は、

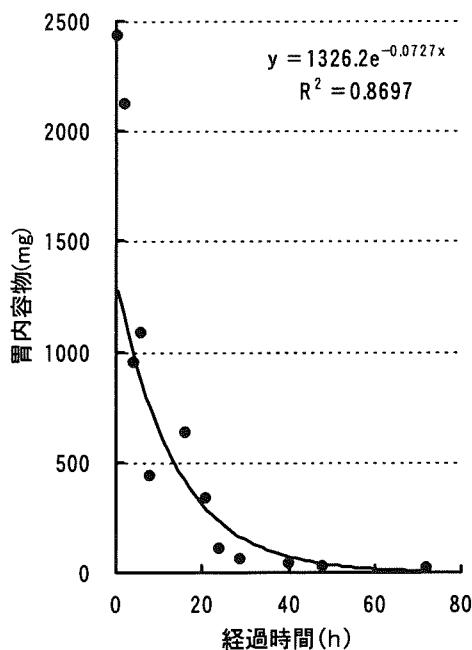


図14 マダいの胃内容物の時間的变化

給餌直後に体重に対する乾重量比で4.16%と高く、その後8時間後までは急速に減少した。以降は緩やかに減少し、24時間後には胃内容物はほとんどなくなった。また、胃内容物の対数と経過時間との間には相関係数-0.934という有意な負の相関 ( $p < 0.05$ ) が見られたので、

$$y = 1.326 e^{-0.0727 x}$$

y: 胃内容物乾重量 (g), x: 摂餌後の経過時間 (h)

という回帰式が得られた。

胃内容物の減少は0線を漸近線とするように進行していくため、内容物が完全に0になる時刻よりも、飽食時の50%、25%、10%になる時刻の方が消化の目安となりやすいとされている<sup>12)</sup>。ここで得られた回帰式より胃内容物が飽食時の25%、10%になる時間を求めると19.1時間、31.7時間となった。

実際の胃内容物は8時間後までは急激に減少し、その後緩やかになり、29時間後には給餌前のレベルになった。これは、狩谷らによって報告されたマサバによる胃内容物の変化<sup>13)</sup>と一致した結果となった。また、岡田は黄海のマダイにおいて、午前中に漁獲される魚では消化は進んでいないが、午後獲れた魚では消化が進んでおり、夜漁獲されたものが最も消化が進んでいたことを明らかにし、約1日の周期で消化が進行するとしている<sup>14)</sup>。このことと今回の結果から、マダイの胃では約1日で消化が行われたと考えられる。

また、2001年に平均体重241.6gのマダイを用い

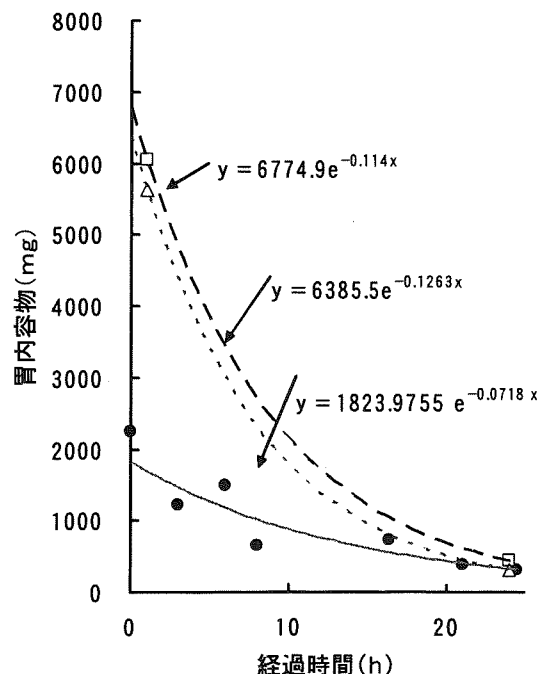


図15 マダいの胃内容物の時間的变化

●: AW241.6g, EP, □: AW384g, EP,  
△: AW384gMP

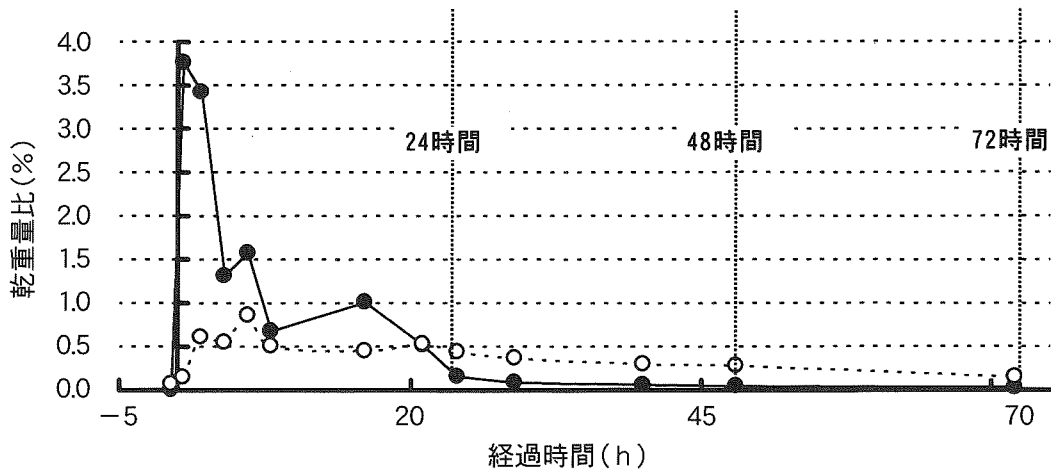


図16 マダイの胃および腸内容物の時間的变化  
縦軸は内容物の魚体重に対する乾重量比で示す。  
●：胃内容物, ○：腸内容物

て行った実験<sup>10)</sup> や2003年6月に約384gのマダイを用いた実験においても、給餌後24時間には胃内容物が実験前のレベルに戻っており、体重が異なってもマダイ当才魚においては、およそ1日を周期として胃での消化が行われていることが示唆された(図15)。

また、化学的消化は胃と腸で行われている<sup>15)</sup>ことから、胃と腸での内容物を検討した。

胃と腸の内容物の経時変化を図16に示す。胃内容物は前述したとおりであるが、腸内容物は胃内容物の急激な減少に対応して増加し、その後24時間後まではあまり変化しなかった。29時間後からは漸減し、3日後には給餌直前より若干高いものの内容物はほとんどみられなくなった。

## 2) 魚類養殖に伴う汚染負荷物質の収支

EP飼料とMP飼料を投与した水槽実験の結果をそれぞれ図17に示す。縦軸は、実験期間中に排出された懸濁物の総量に対するサンプル採取時に採取された懸濁物の乾重量比を示す。なお、懸濁物中の残餌と糞の区分については、和歌山県水産試験場及び同水産増殖試験場が昭和49年、同50年にモジャコ、ツバス、ハマチを使用して行った同様の実験におい

て懸濁物のC及びN含量から給餌後3時間までを残餌、それ以降を糞としており<sup>16, 17)</sup>、今回もこれと同様に扱った。今回も給餌後3時間までを残餌、それ以降採集された懸濁物を糞として扱った。

EP飼料投与実験では給餌直後に残餌が多く、1時間後には排出される懸濁物の量は著しく少なくなった。その後、6時間後から10時間後に糞が多く

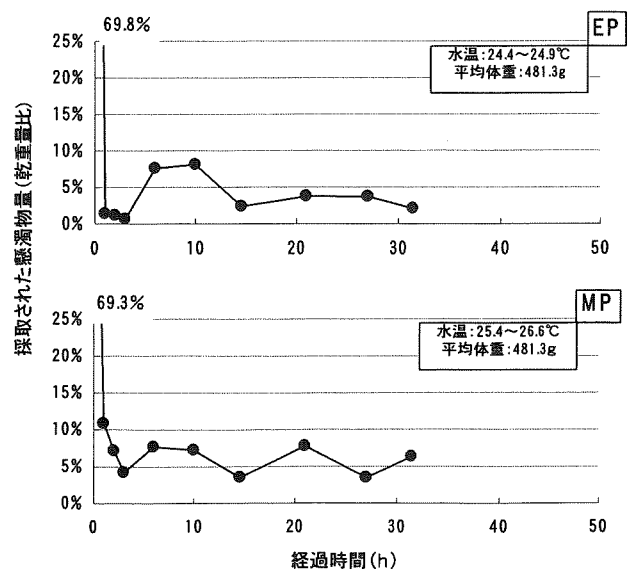


図17 排出された懸濁物の時間的推移  
縦軸は実験時間中に排出された懸濁物の総量に対するサンプル採取時に採取された懸濁物の乾重量比を示す。

排出され、31.5時間後にも排出されていた。

MP飼料投与実験では、EP飼料と同様に給餌直後は残餌による懸濁物がみられ、2時間後まで排出が続いた。給餌後6時間から糞の排出が始まり、31.5時間後においても実験期間中の6.3%が排出された。

メバル<sup>18)</sup> やタラ<sup>19)</sup>、ニジマス<sup>20)</sup> などでは水温によって消化時間が変化するが、今回の実験は連続した時期に行っているため水温による消化時間の違いはほとんどないと考えることができ、EP飼料とMP飼料との間には懸濁物の排出される時間には大きな違いはみられなかった。しかし、給餌直後の残餌についてはMP飼料ではEP飼料に比べて長い時間排出される傾向がみられた。

前述した消化管内容物の経時変化とここでの懸濁物の経時変化をまとめて図18に示す。消化管内容物に関しては2003年10月、懸濁物については2001年10月および2002年10月のデータを用いた。

給餌直後には、胃内容物が増加し、懸濁物では残餌が多く見られる。3時間後に懸濁物は殆ど見られず、胃内容物も急激に減少し、同時に腸内容物が増加し始める。摂餌された飼料が、この時間帯に胃から腸へ移動していることが示唆された。また、胃内容物は24時間後までにほとんどが腸へ移動し、胃での消化はほぼ完了すると思われる。腸には給餌2時間後から摂餌した餌が移動をはじめ、24時間後まではほとんど変化はみられない。しかし、その後はゆっくりと漸減し、72時間後にはほとんどなくなった。一方、懸濁物は、摂餌した餌が胃から腸へ移動する時間から糞の排出が始まって、24時間後までにほとんどの排出が終わり、その後漸減して、48時間後には排出がほとんど終了した。これらのことから、マダイの摂餌、消化、排出という過程は2日を一つのサイクルとしていることが示唆される。

EP飼料およびMP飼料を給餌した際に排出される

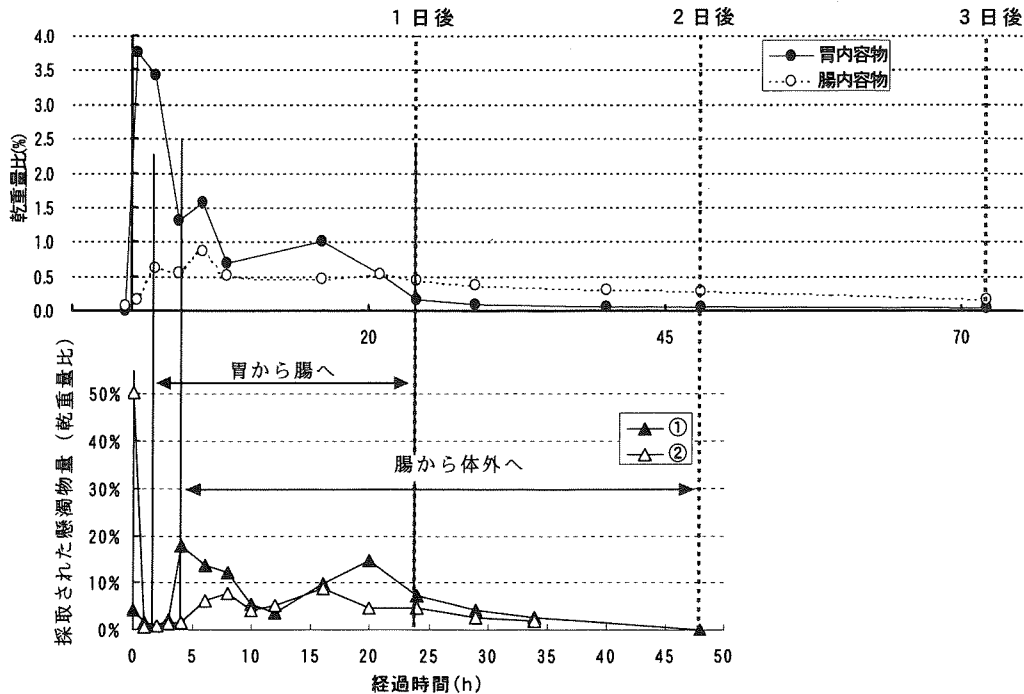


図18 消化管内容物と排出される懸濁物の時間的推移

上段縦軸は内容物の魚体重に対する乾重量比、下段縦軸は排出された全量に対する懸濁物総量に対する乾重量比を示す。

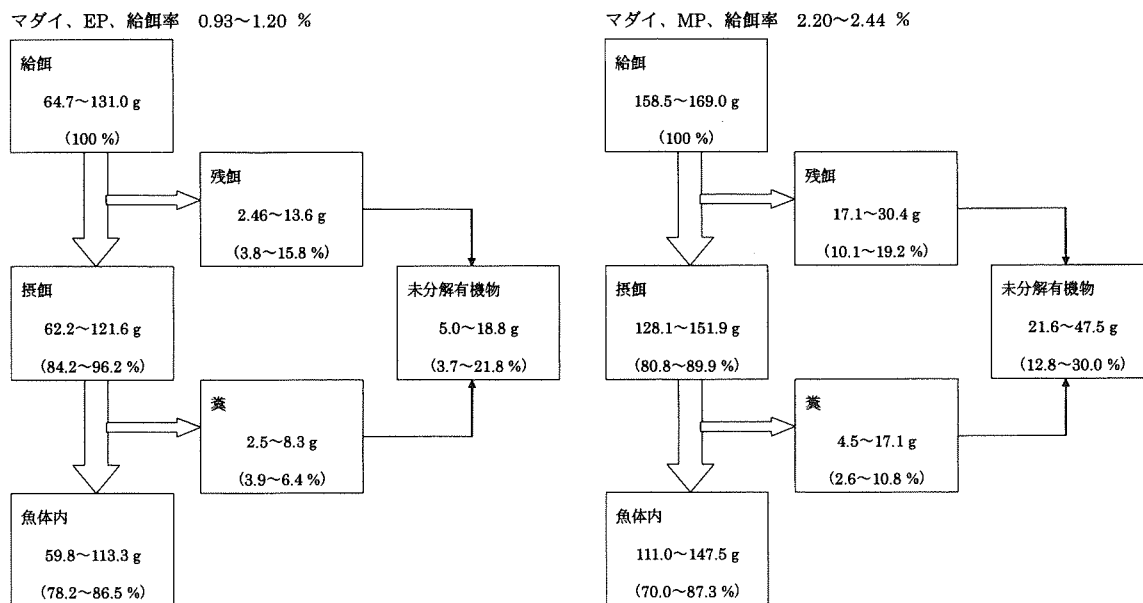


図19 EP飼料およびMP飼料の給餌に伴う未分解懸濁物の収支

表6 魚類養殖に伴う汚染負荷物質の収支に関する水槽実験結果

マダイ：EP																
年	月	日	水温 (°C)	平均体長 (cm)	給餌量 (g乾重)	給餌率 (%)	摂餌量** (g)	摂餌率** (%)	残餌** (g)	残餌率** (%)	糞** (g)	糞率** (%)	魚体内** (g)	魚体内率** (%)	未分解有機物** (g)	未分解有機物率** (%)
2001	10	5, 6, 7	25.0~25.8	18.9~24.2	131	1.16	121.64	92.86	9.36	7.14	8.32	6.35	113.32	86.50	17.68	13.50
2002	10	25, 26	22.6~23.9	17.6~21.0	64.7	0.93	62.24	96.19	2.46	3.81	2.49	3.85	59.75	92.35	4.95	7.65
2003	6	27, 28	24.4~24.9	27.7	86.3	1.20	72.69	84.22	13.62	15.78	5.18	6.00	67.51	78.22	18.80	21.78

マダイ：MP																
年	月	日	水温 (°C)	平均体長 (cm)	給餌量 (g乾重)	給餌率 (%)	摂餌量** (g)	摂餌率** (%)	残餌** (g)	残餌率** (%)	糞** (g)	糞率** (%)	魚体内** (g)	魚体内率** (%)	未分解有機物** (g)	未分解有機物率** (%)
2002	11	2, 3	20.3~21.5	17.6~21.0	169	2.44	151.90	89.88	17.10	10.12	4.45	2.63	147.45	87.25	21.55	12.75
2003	7	7, 8	25.4~26.6	27.7	158.52	2.20	128.09	80.81	30.43	19.19	17.10	10.78	111.00	70.02	47.52	29.98

\*\*：給餌量に占める割合、乾重比

懸濁物の収支を図19に示した。また、推定に用いた過去のデータとして、本事業でこれまでに行われた実験結果<sup>10, 11)</sup>と今回の結果の一覧を表6に示す。

EP飼料では魚体重に対する乾重量比（以下全て体重に対する乾重量比で表す。）で約1%を給餌した時点で飽食量となった。その内、3.8~15.8%が残餌として排出され、84.2~96.2%が摂餌された。更に、摂餌されたものの内、3.9~6.4%が糞として排出された。これらのことから、給餌された餌料の3.7~21.8%が未分解有機物として排出されていることになる。

MP飼料では魚体重の2.20~2.44%を給餌した時点で飽食量となった。その内、10.1~19.2%が残餌として排出された。一方で、80.8~89.9%が摂餌され、その内2.6~10.8%が糞として排出された。こ

れらのことから、MP飼料では、総給餌量の12.8~30.0%が未分解有機物として排出されることがわかった。

以上のことから、同じ大きさのマダイを飽食させるには、MP飼料ではEP飼料に比べて乾重量で約2倍の重量の飼料が必要となり、残餌・糞もEP飼料に比べて多いという結果が得られた。このことは、MP飼料の投餌による負荷はEP飼料を投餌した場合よりも大きいことを示している。

## 5 養殖漁場の底質環境

和歌山県内の養殖漁場における底質環境を調査し、漁場環境の実態を把握するとともに有機物負荷や底生動物群集との関係から養殖漁場の環境指標について検討した。

## 方 法

調査は2003年9月に図20に示す県内の6水域16養殖場53定点で行った。調査項目はCOD, AVS, TOC, TN, TP, マクロベントスである。マクロベントスは一辺20cmのエクマンバージ型採泥器で1回採泥し、船上で0.5mm目合いのふるいで洗浄した後、所内に持ち帰り、更に1mm目合いのふるいで洗浄したものをホルマリンで固定しサンプルとした。また、その他の調査項目の分析測定については全て前項2の環境調査に準じて行った。なお、ここでは生け簀直下の環境を把握するため、調査船をできるだけ生け簀に近づけて採泥を行った。

## 結果および考察

底質分析結果を付表2に示す。また、図21にCOD及びAVSの分析結果を示す。CODは田辺湾や浦神湾で高かったが、20mg/g乾泥を上回る定点は田辺湾のSt.31のみで、最高値については過去2年

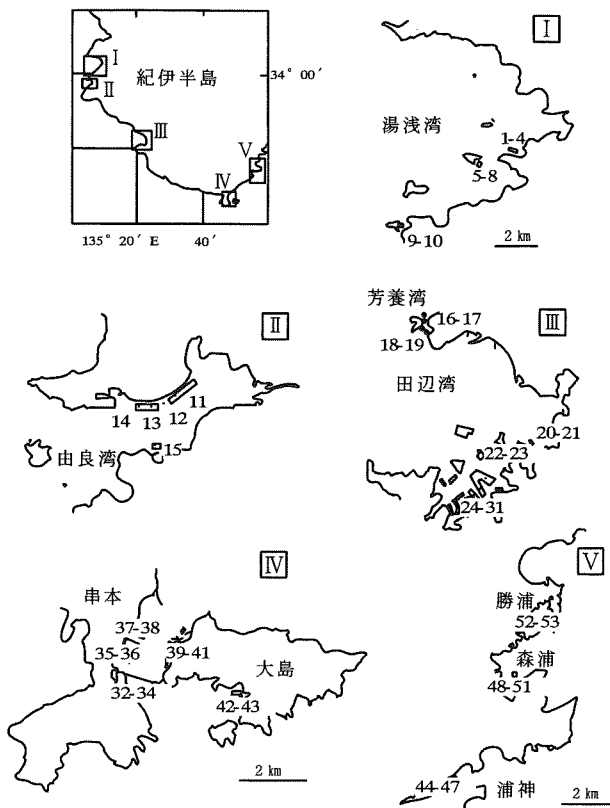


図20 養殖漁場の底質環境調査定点

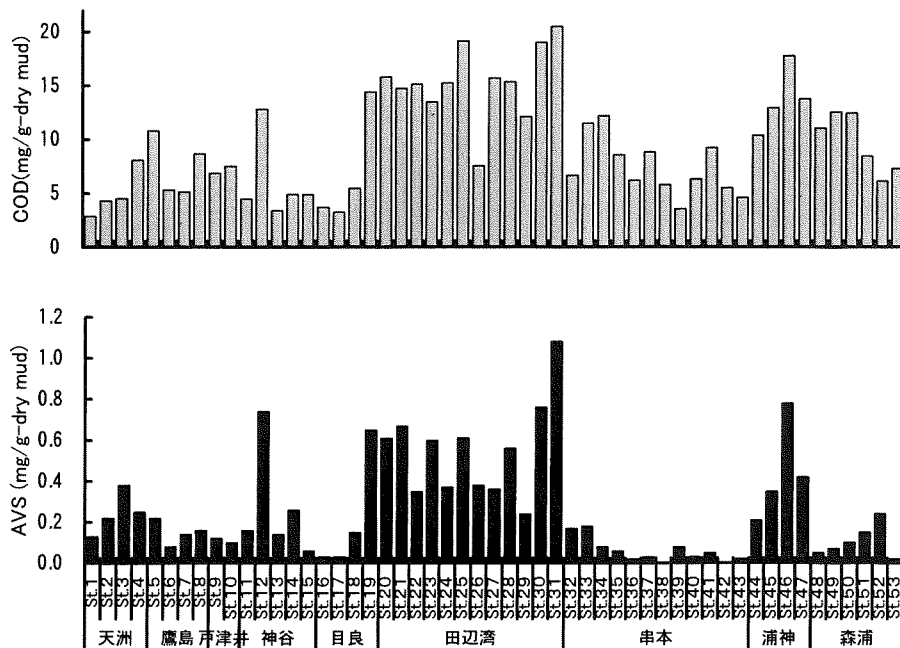


図21 COD, AVS分析結果

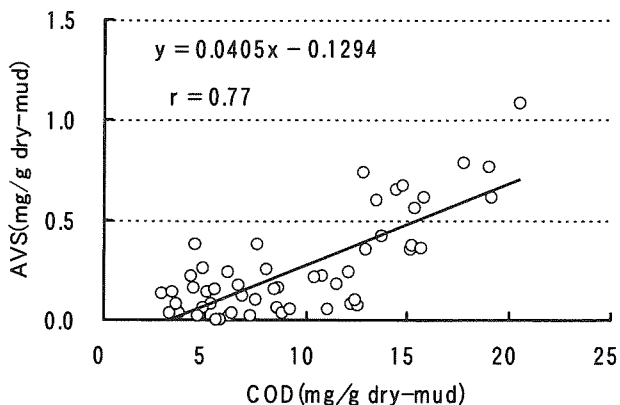


図22 養殖漁場底泥におけるCODとAVSの関係

に比較すると低くなっていた。AVSは、CODと同様に田辺湾や浦神湾で高く、St.31の1.08mg/g乾泥を最高に、0.2mg/g乾泥を上回る定点が多くみられた。

また、最高値はCODと同様に過去2年に比べると低くなる傾向がみられた。一方で、湯浅湾の鷹島、戸津井漁場や串本浅海漁場、熊野灘の森浦湾ではCOD、AVSともに低く、これらの水域は海水交換が良いと考えられ、養殖漁業の底質環境への有機物負荷の影響は比較的少ないと思われる。

CODとAVSの関係を図22に示す。相関係数は0.77と強い正の相関を示し、1%レベルで有意であった。これは2001年<sup>10)</sup>、2002年<sup>11)</sup>と同様の傾向であり、両者の間には密接な関係のあることが確認された。

TOC及びTN、TPの分析結果について図23に示す。TOCは神谷St.12、目良St.19、田辺湾や浦神湾、森

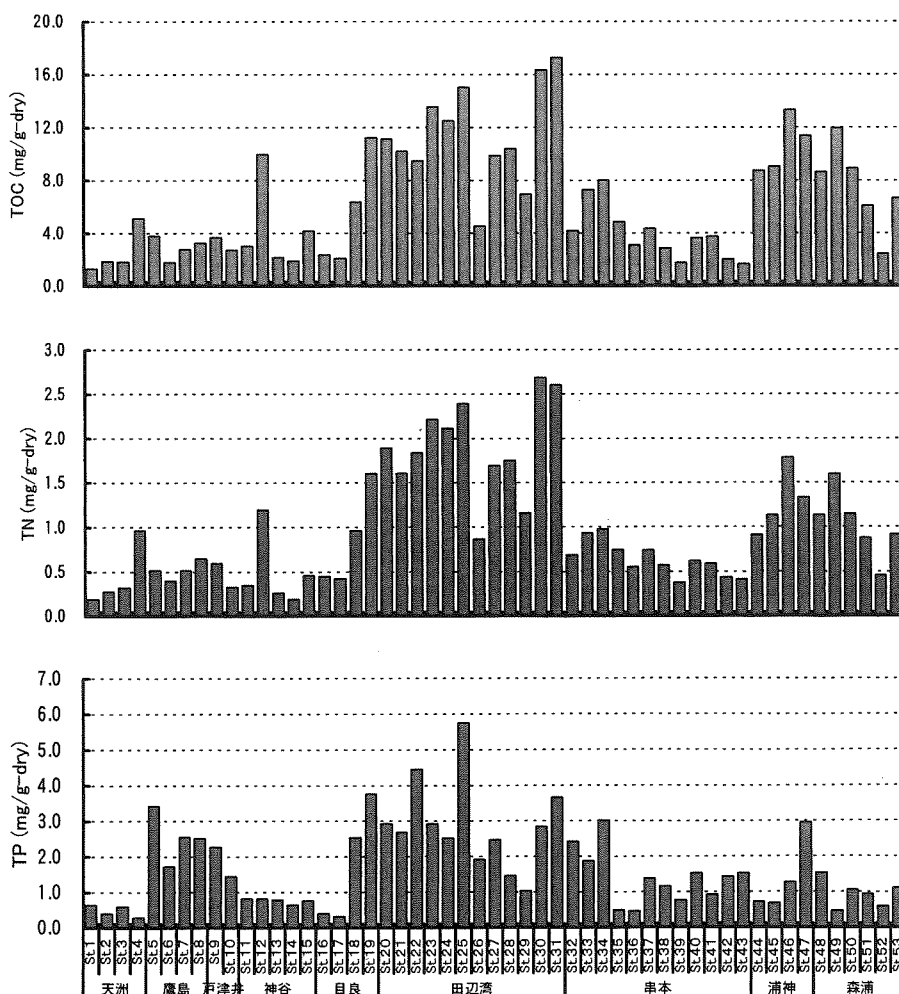


図23 TOC, TN, TP分析結果

浦湾奥部で10mg/g乾泥を超える定点がみられた。また、串本浅海漁場第1漁場では7~8 mg/g乾泥となり比較的高かった。これらの水域は、いずれも魚類養殖が行われ、かつ、閉鎖性の高い水域であり、TOCの増加は魚類養殖によって生じる有機物負荷が原因であると考えられる。TNはTOCとよく似た分布を示した。TOC同様、TNは魚類養殖に伴って負荷されるタンパク源が原因になっていると考えられる。今後は、内湾度など<sup>21, 22)</sup>の指標と養殖生産量や底質環境の関係を明らかにし、養殖漁場の健全な環境保全手法の確立に努めていく必要がある。

TPについては、養殖漁場の底泥で非養殖漁場に比べて顕著に高くなることが知られている<sup>23)</sup>が、

今回の結果でも魚類養殖漁場で高くなっていた。特に、田辺湾では顕著であり、最高で5.77mg/g乾泥(St.25)に達した。また、鷹島や目良の湾内、串本浅海漁場第1漁場、浦神湾の魚類養殖場で1 mg/g乾泥を超える定点が多くみられ、TPの増加も魚類養殖による有機物負荷に起因していることが示唆された。一方で、養殖漁場でも開放的な天洲漁場や神谷、串本浅海漁場第2漁場では1 mg/g乾泥以下となった。また、貝類養殖場である浦神湾のSt.44, 45や森浦湾では比較的TPが低くなり、このことからTPの増大は給餌養殖に起因していることが示唆された。

ベントス群集については、種類数、個体数密度、湿重量の3項目について図24に示す。種類数は森

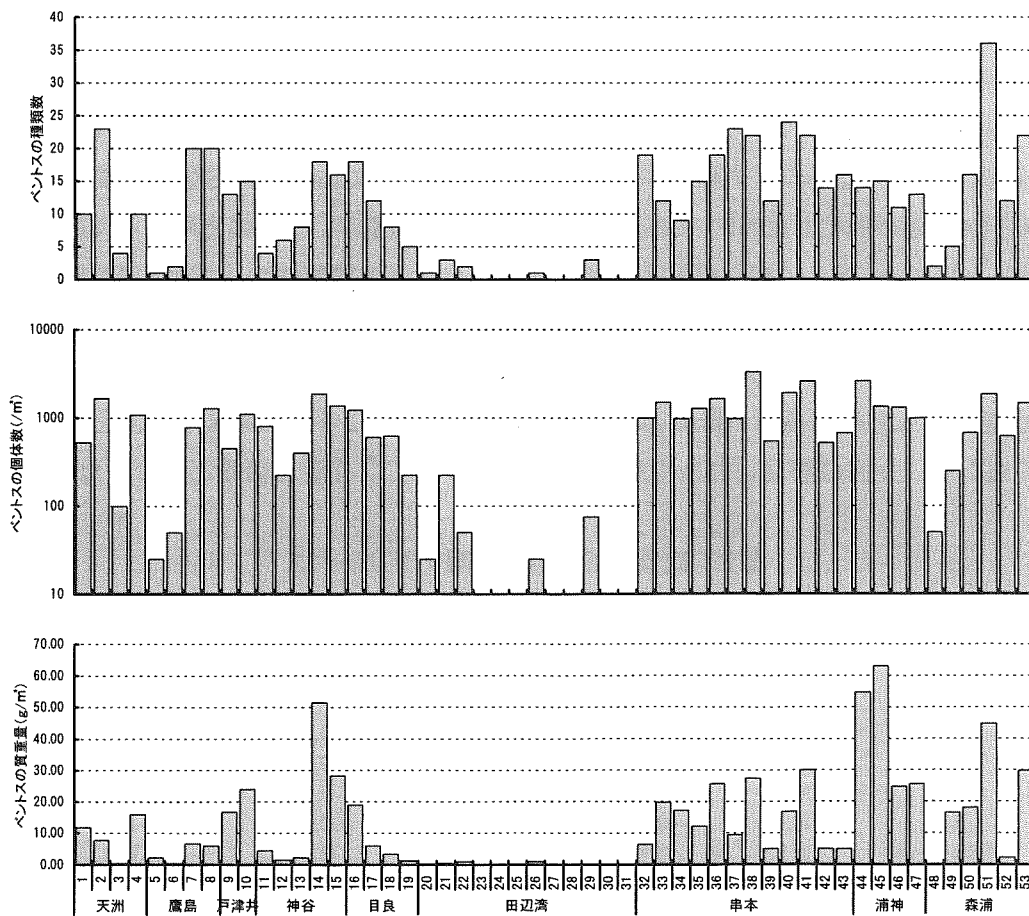


図24 ベントス分析結果



浦湾のSt.51が、36種類で最も多かった。一方で、鷹島のSt. 5, 6と田辺湾では5種類以下と少なくなった。特に田辺湾では12定点のうち7定点で無生物となっていた。田辺湾ではかつて貧酸素水塊が頻発していたが、近年夏期の底層の溶存酸素が上昇傾向にあることが知られている<sup>24)</sup>。しかし、今回の結果から湾内の養殖漁場直下ではベントス群集の生息できないような貧酸素状態が現在も発生していることが示唆された。個体数密度は、種類数と同様の傾向を示し、田辺湾などで少なくなった。湿重量は天洲St. 3や鷹島のSt. 5, 6, 神谷の北側湾奥の定点 (St.11, 12, 13), 目良の湾奥部, 須江 (St.42, 43) などで低くなった。ほとんどがAVSの高い定点であったが、須江ではAVSが低かった。これは外洋に面して水深が深いことなどが原因していると思われる。また、浦神湾ではAVSが高かったが、ベントスの湿重量は50g/m<sup>2</sup>を超える定点がみられ、調査水域中最も高かった。

分析項目の相関マトリックスを表7に示す。TOCとTNとの間には0.97という正の相関がみられ、これらの項目とCODとの間にも0.9以上の高い正の相関がみられた。TOCとTNとの高い相関は、双方とも飼料や排泄物などの主たる成分となるタンパク質などの有機物に由来しているためと考えられる。また、CODは従来から有機物負荷の指標としてよく用いられてきたが、今回の調査においてもTOC

やTNと高い相関を示し、その有効性が再確認された。また、測定方法が簡易であることから漁場環境指標として注目されているAVSは、TOC, TNやCODと高い正の相関を示したが、TOC, TN, COD間における相関より低かった。これは、AVSが負荷された有機物の嫌気分解によって生じるという生成過程に起因しているものと考えられ、AVSは有機物に関しては直接的な関係にない指標といえる。しかし、養殖漁場においては有機物負荷と有意な正の相関を示すことから、養殖漁場の環境指標としての有効性が示唆された。

TPはTOC, TN, COD, AVSと0.50から0.62の相関で、有機物指標間の相関に比べるといくぶん低い有意な正の相関を示した。TPの増加は、過去に投入された飼料やそれに由来する排泄物などによっていると考えられ、他の指標よりも過去の投餌の履歴を示す指標という性格が強いため、相関が低くなるものと思われた。しかし、TPの増加は給餌養殖の規模を反映していると考えられ、今回のように有機物指標やCODやAVSなどの環境指標とも有意な正の相関を示したものと考えられる。

ベントス群集については、AVSのみが湿重量、生息密度、種類数、多様度 (H') 全てと有意な負の相関を示した。一方、TOCやTN, CODといった指標はベントスに関する指標と負の相関を示すものの全てに有意な相関とはならなかった。AVSが

表7 底質分析項目の相関マトリックス

	AVS		COD		TOC		TN		TP
COD	0.7681	**							
TOC	0.7712	**	0.9430	**					
TN	0.7745	**	0.9312	**	0.9666	**			
TP	0.4988	**	0.6199	**	0.5609	**	0.6244	**	
C/N	0.0625		0.0788		0.1449		0.0669		0.1475
C/P	0.0959		0.2453		0.3399	*	0.2439		0.4105
N/P	0.0814		0.2099		0.2878	*	0.2459		0.4054
Biomass	0.3513	*	0.1590		0.0837		0.2377		0.3443
Density	0.3473	*	0.2773		0.1946		0.3221	*	0.4299
No.of species	0.4301	**	0.3626	*	0.2967	*	0.3901	**	0.4215
H'	0.3488	*	0.2797		0.3115	*	0.3396	*	0.2058

\*\* 1%で有意  
\* 5%で有意

ベントス指標と高い負の相関を示したのは、有機物が嫌気分解される過程で発生するH<sub>2</sub>SによってAVSが生成されることに起因していると考えられる。つまり、溶存酸素量の低下とそれに伴うH<sub>2</sub>Sの生成がベントス相に影響を与え、貧酸素状態や有機物による汚濁に強い特定種の優占を促すものと思われる。その結果、両者の間には有意な負の相関が生じるものと考えられる。また、TPもH<sup>+</sup>を除くベントス指標と有意な負の相関を示した。TPは現在の汚濁レベルを表す指標ではないが、過去の養殖漁場の有機物負荷を蓄積した数値といえる。従って、一定期間の汚濁のレベルがベントス群集に与えた影響が、今回の相関となって現れていると推測できる。

このように、今年度は県下全ての養殖漁場において、底泥の各種有機物負荷の指標やベントス群集の調査を行った結果、AVSが、1. 有機物指標と有意な正の相関がある、2. ベントス群集に関する指標と負の相関がある、3. 漁業者など分析の専門的知識を有さない人でも簡易な分析方法で数値の把握ができる、という3つの条件を満たす養殖漁場の環境指標として最適であると考えられる。今後は、AVSの基準値をどこに設定するかについて検討する必要がある。

## 文 献

- 1) 和歌山農林統計情報協会 (1990) : 和歌山県水産累年統計. PP310.
- 2) 和歌山県 (1977~2001) : 昭和51年度~平成12年度和歌山県漁業地区別統計表.
- 3) 水産庁研究部漁場保全課 (1997) : 漁場保全対策推進事業調査指針・漁場保全対策推進事業調査報告書様式 (海面)・漁場保全対策推進事業調査報告書様式 (内水面). PP137.
- 4) 竹内照文・小久保友義・内田卓志 (1995) : 田辺湾における*Gymnodinium mikimotoi*の増殖域の環境特性と本種赤潮の発生環境. 日本水産学会誌, 63 (2), 184-193.

- 5) 上出貴士 (2003) : 和歌山県沿岸における赤潮-1981年から2000年の赤潮発生状況-. 和歌山農林水技研報, 5, 107-116.
- 6) 和歌山県水産試験場 (1995) : 平成6年度貧酸素水塊被害防止対策事業報告書. PP15.
- 7) David W. Menzel, Nathaniel Corwin (1965) : The Measurement of Total Phosphorus in Seawater Based on the Liberation of Organically Bound Fractions by Persulfate Oxidation. *Limnology And Oceanography*, 10, 280-282.
- 8) 社団法人日本水産資源保護協会 (2000) : 水産用水基準2000年版. PP96.
- 9) 和歌山県農林水産総合技術センター水産増殖試験場 (2000) : 平成12年度環境保全型養殖普及推進対策事業報告書. PP33.
- 10) 和歌山県農林水産総合技術センター水産増殖試験場 (2001) : 平成13年度環境保全型養殖普及推進対策事業報告書. PP32.
- 11) 和歌山県農林水産総合技術センター水産試験場増殖研究所 (2002) : 平成14年度環境保全型養殖普及推進対策事業報告書. PP18.
- 12) 尾崎久雄 (1972) : 魚類生理学講座 第4巻 IV消化の生理 (下). 緑書房, 東京, 316-323.
- 13) 狩谷貞二・高橋正雄 (1969) : マサバにおける胃内容物量と摂餌量との関係. 日水誌, 35 (4), 386-390.
- 14) 岡田啓介 (1965) : 黄海産若齢マダいの摂餌生態について. 水産増殖, 31 (12), 999-1005.
- 15) 岩井 保 (1991) : 魚学概論 第二版. 恒星社厚生閣, 東京, 75-76.
- 16) 和歌山県水産試験場, 和歌山県水産増殖試験場 (1974) : 魚類養殖環境自家汚染防除技術開発研究, 昭和49年度中間報告書. 21-30.
- 17) 和歌山県水産試験場, 和歌山県水産増殖試験場 (1975) : 魚類養殖環境自家汚染防除技術開発研究, 昭和50年度中間報告書. 35-40
- 18) 狩谷貞二 (1969) : メバルの胃内容物量と摂

餌量との関係, 水産増殖, 35 (6), 533-536.

19) A.V.Tyler (1970) : Rate of Gastric Emptying in Young Cod. *Journal Fisheries Research Board of Canada*, 27 (7), 1177-1189.

20) J.R.Brett AND D.A.Higgs (1970) : Effect of Temperature on the Rate of Gastric Digestion in Fingerling Sockeye Salmon, *Oncorhynchus nerka*. *Journal Fisheries Research Board of Canada*, 27 (10), 1767-1779.

21) 横山 寿・西村昭史・井上美佐 (2002) : 熊野灘沿岸の魚類養殖場におけるマクロベントス群集と堆積物に及ぼす養殖活動と地形の影響. 水産海洋研究, 66 (3), 133-141.

22) 横山 寿・西村昭史・井上美佐 (2002) : マクロベントス群集型を用いた魚類養殖場環境の評価. 水産海洋研究, 66 (3), 142-147.

23) 上出貴士 (2004) : 養殖漁場における環境指標とTPとの関係について. 平成16年度日本水産学会中四国・近畿支部合同大会発表要旨集, 22.

24) 上出貴士 (2004) : 田辺湾における養殖漁場環境の変動について. 和歌山県農技センター研報, 5, 117-124.

付表1 漁場環境調査結果

調査月日	水域名	定点	水質								底質							
			水温		塩分		溶存酸素		酸素飽和度		AVS	COD	TOC (mg/g-dry mud)	TN	TP	C/N	C/P	N/P
			表層	底層	表層	底層	表層	底層	表層	底層								
8月6日	田辺湾	St.1	29.5	27.5	33.574	33.838	6.61	6.13	100.8	90.3	0.40	22.40	11.84	1.63	1.51	8.47	20.21	2.39
		St.2	29.7	27.3	33.594	33.827	6.65	6.18	101.8	90.7	0.44	17.92	12.44	1.70	2.05	8.51	15.67	1.84
		St.3	29.7	29.3	33.480	33.576	6.78	6.77	103.8	102.9	0.49	13.54	13.07	1.87	2.65	8.16	12.71	1.56
		St.4	29.9	26.7	33.570	33.956	6.27	5.09	96.3	74.0	0.38	12.16	12.45	1.71	0.56	8.48	57.69	6.80
		St.5	28.9	28.7	33.503	33.363	6.97	6.65	105.0	99.7	0.07	7.27	4.21	0.58	0.27	8.44	40.73	4.82
		St.6	29.6	28.1	33.179	33.583	7.10	6.56	108.2	97.5	0.03	5.93	3.87	0.54	0.22	8.43	45.28	5.37
		St.7	29.3	27.1	33.642	33.900	7.03	6.51	106.8	95.3	0.03	8.63	6.00	0.87	0.33	8.00	46.48	5.81
		St.8	29.5	26.2	33.585	34.034	7.15	5.03	109.1	72.5	0.77	25.08	9.73	1.68	1.67	6.76	15.05	2.23
		St.9	29.7	27.1	33.482	33.857	6.88	3.89	105.3	56.9	0.59	21.51	14.59	1.87	1.93	9.09	19.46	2.14
		St.10	29.6	27.8	33.600	33.774	7.36	3.96	112.5	58.6	0.55	19.15	13.36	1.72	1.35	9.05	25.49	2.82
8月12日	串本浅海 漁場	St.1	23.5	21.4	31.514	33.798	5.44	5.33	73.7	70.8	0.03	4.88	3.97	0.64	1.67	7.22	6.13	0.85
		St.2	23.3	20.4	32.234	34.173	5.70	5.37	77.3	70.3	0.04	5.95	5.81	0.81	2.38	8.36	6.29	0.75
		St.3	23.2	20.9	31.852	33.961	5.36	5.46	72.4	71.9	0.08	6.40	5.61	0.78	1.81	8.42	8.01	0.95
		St.4	22.9	19.9	32.294	34.195	5.74	5.40	77.3	70.0	0.07	8.26	8.06	1.12	2.85	8.44	7.29	0.86
		St.5	23	20.5	32.042	34.257	4.94	5.51	66.6	72.2	0.13	11.93	8.09	1.03	1.68	9.16	12.43	1.36
		St.6	23.3	22.4	31.743	34.174	5.28	5.28	71.4	71.5	0.13	10.42	8.19	1.06	1.38	9.03	15.31	1.70
		St.7	23.6	19.7	32.141	34.150	4.53	5.15	61.5	69.6	0.15	14.17	8.49	1.00	1.19	9.95	18.35	1.84
		St.8	22.6	20.1	32.344	32.790	4.92	5.25	80.9	67.7	0.10	13.44	9.74	1.10	1.29	10.29	19.44	1.89
		St.9	22.6	19.6	32.286	34.079	6.03	5.16	80.9	66.6	0.09	14.54	13.74	1.52	0.69	10.52	51.30	4.88
		St.10	23.6	19.7	31.845	34.160	5.80	5.09	78.9	65.8	0.05	10.31	7.96	0.88	0.61	10.54	33.83	3.21

付表2 県内の養殖漁場における底質とマクロベントスの調査結果 (2003年9月)

海域	養殖漁場	定点	AVS mg/g-dry	COD mg/g-dry	TOC mg/g	TN mg/g	TP mg/g	C/N	C/P	N/P	ベントス				
											種類	個体数 個体/m <sup>2</sup>	湿重量 g/m <sup>2</sup>	H <sup>+</sup> bit	
湯浅湾	天洲	1	0.13	2.87	1.33	0.18	0.65	8.56	5.29	0.62	10	525	11.75	2.89	
		2	0.22	4.31	1.89	0.27	0.41	8.27	11.92	1.44	23	1650	7.75	3.78	
		3	0.38	4.53	1.84	0.32	0.61	6.81	7.78	1.14	4	100	0.50	2.00	
		4	0.25	8.07	5.14	0.96	0.29	6.25	45.70	7.31	10	1075	16.00	2.37	
	鷹島	5	0.22	10.81	3.81	0.50	3.44	8.81	2.86	0.32	1	25	2.25		
		6	0.08	5.33	1.81	0.40	1.73	5.35	2.70	0.51	2	50	0.50	1.00	
		7	0.14	5.13	2.78	0.51	2.56	6.38	2.80	0.44	20	775	6.75	3.85	
		8	0.16	8.67	3.27	0.64	2.52	5.99	3.35	0.56	20	1275	6.00	3.48	
	戸津井	9	0.12	6.88	3.68	0.59	2.28	7.22	4.16	0.58	13	450	16.75	3.50	
		10	0.10	7.52	2.72	0.31	1.46	10.12	4.81	0.48	15	1100	24.00	3.43	
由良湾	神谷	11	0.16	4.48	3.06	0.34	0.83	10.56	9.50	0.90	4	800	4.50	0.93	
		12	0.74	12.82	9.98	1.20	0.83	9.73	31.00	3.19	6	225	1.50	2.42	
		13	0.14	3.40	2.18	0.26	0.79	9.91	7.12	0.72	8	400	2.25	2.52	
		14	0.26	4.93	1.91	0.18	0.66	12.11	7.47	0.62	18	1875	51.50	2.21	
		15	0.06	4.91	4.18	0.45	0.77	10.87	13.99	1.29	16	1375	28.25	2.64	
芳養湾	目良	16	0.03	3.72	2.37	0.44	0.42	6.21	14.53	2.34	18	1225	19.00	3.71	
		17	0.03	3.25	2.11	0.42	0.33	5.89	16.47	2.80	12	600	6.00	3.32	
		18	0.15	5.49	6.37	0.97	2.54	7.66	6.47	0.84	8	625	3.50	2.45	
田辺湾	田辺湾	19	0.65	14.45	11.25	1.61	3.78	8.15	7.67	0.94	5	225	1.25	2.06	
		20	0.61	15.82	11.16	1.91	2.94	6.83	9.80	1.44	1	25	0.25		
		21	0.67	14.77	10.24	1.61	2.70	7.42	9.80	1.32	3	225	0.50	1.44	
	田辺湾	22	0.35	15.17	9.48	1.85	4.46	5.97	5.48	0.92	2	50	1.00	1.00	
		23	0.60	13.48	13.60	2.23	2.93	7.11	11.97	1.68					
		24	0.37	15.25	12.54	2.13	2.53	6.87	12.80	1.86					
		25	0.61	19.18	15.06	2.41	5.77	7.28	6.73	0.92					
		26	0.38	7.58	4.56	0.86	1.93	6.18	6.10	0.99	1	25	1.00		
		27	0.36	15.71	9.90	1.70	2.47	6.78	10.33	1.52					
		28	0.56	15.38	10.42	1.76	1.47	6.89	18.28	2.65					
		29	0.24	12.14	6.98	1.16	1.04	7.02	17.36	2.47	3	75	0.13	1.58	
30	0.76	19.07	16.35	2.71	2.85	7.04	14.80	2.10							
31	1.08	20.55	17.30	2.63	3.67	7.69	12.14	1.58							
串本町沿岸海域	串本	32	0.17	6.69	4.22	0.69	2.43	7.15	4.48	0.63	19	1000	6.50	3.52	
		33	0.18	11.50	7.31	0.93	1.88	9.17	10.00	1.09	12	1500	19.75	2.91	
		34	0.08	12.21	8.02	0.97	3.03	9.62	6.83	0.71	9	975	17.25	2.54	
		35	0.06	8.60	4.88	0.74	0.50	7.73	25.08	3.24	15	1275	12.25	3.23	
		36	0.02	6.23	3.13	0.55	0.47	6.60	17.02	2.58	19	1650	25.75	3.46	
		37	0.03	8.86	4.36	0.73	1.39	6.95	8.10	1.17	23	975	9.50	4.23	
	熊野灘	浦神	38	0.00	5.79	2.88	0.57	1.17	5.93	6.36	1.07	22	3325	27.50	2.35
			39	0.08	3.59	1.78	0.37	0.78	5.59	5.87	1.05	12	550	5.00	3.32
			40	0.03	6.36	3.67	0.61	1.54	6.96	6.14	0.88	24	1925	16.75	3.82
			41	0.05	9.23	3.77	0.58	0.93	7.57	10.45	1.38	22	2600	30.00	3.68
			42	0.00	5.54	2.03	0.44	1.43	5.43	3.67	0.67	14	525	5.00	3.65
			43	0.02	4.64	1.67	0.41	1.53	4.80	2.81	0.59	16	675	5.00	3.76
熊野灘	森浦	44	0.21	10.41	8.76	0.91	0.73	11.25	30.95	2.75	14	2625	54.75	2.35	
		45	0.35	12.95	9.07	1.13	0.69	9.34	33.91	3.63	15	1350	63.00	3.23	
		46	0.78	17.78	13.35	1.79	1.27	8.71	27.11	3.11	11	1325	24.75	2.65	
		47	0.42	13.77	11.40	1.33	2.96	9.99	9.93	0.99	13	1000	25.50	3.04	
	森浦	48	0.05	11.03	8.66	1.13	1.54	8.92	14.50	1.62	2	50	0.25	1.00	
		49	0.07	12.54	11.97	1.60	0.48	8.72	64.33	7.37	5	250	16.50	1.92	
		50	0.10	12.44	8.95	1.15	1.06	9.09	21.76	2.39	16	675	18.00	3.75	
		51	0.15	8.45	6.10	0.88	0.95	8.11	16.57	2.04	36	1850	44.75	4.62	
52	0.24	6.13	2.45	0.46	0.61	6.22	10.35	1.66	12	625	2.25	3.04			
53	0.02	7.29	6.67	0.91	1.12	8.51	15.36	1.81	22	1475	29.75	3.63			