

# 養殖漁場環境保全推進事業\*

## (環境保全型養殖普及推進事業)

上 出 貴 士

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、環境保全型の飼育技術を確立するための資料を得る。

### 1 養殖漁場環境調査

養殖漁場における有機物負荷の影響範囲を明らかにすることを目的とした。

#### 方 法

調査は9月27日に田辺湾中央部漁場で行った。養殖筏の施設区域の四隅からラインを設定し、筏からそれぞれ0, 50, 100, 200, 300m及び漁場の中央部で採泥を行った(図1)。

調査項目は、底質(AVS, COD, TOC, TN, TP)、ベントスである。AVS, CODは漁場保全対策推進事業調査指針<sup>1)</sup>に示された方法で行った。TOC, TN, TPは、採取した泥を1mm目合の篩で濾

した後乾燥したものをサンプルとした。TOC, TNはサンプルを1.2N HClに24時間浸漬し、蒸留水で洗浄・乾燥したものを元素分析計(Elementar社製 vario EL)によって測定した。TPはIshio et al.<sup>2)</sup>に準じて定量を行った。

#### 結果と考察

底質分析結果を表1に示す。AVSやCOD, TOC, TNでは漁場からの距離によって明確な違いはみられなかったが、TPは養殖筏から離れるに従い減少する傾向がみられた。CP比とNP比は漁場周辺ではそれぞれ16.5~36.4, 1.66~3.61であったが、300m地点ではそれぞれ46.6~78.6, 4.71~5.57となり、漁場から離れるに従ってPの比率が低くなった。

このTPの蓄積は飼料の投入に起因するカルシウム結合型リンの堆積によるものと考えられ、田辺湾中央部漁場における養殖漁場の有機物負荷の影響範囲は筏から100~200mの範囲に限られると考えられた。

### 2 飼育試験

飼育密度を変えて成長の違いについて検討した。

#### 方 法

マダイ(平均魚体重410g)を22.5㎡の生け簀に1区130尾:2.4kg/㎡, 2区195尾:3.6kg/㎡, 3区260尾:4.7kg/㎡, 4区318尾:5.7kg/㎡収容した。飼料は配合飼料で給餌は週3回とし、毎回飽食量を与えた。試験期間は4月9日から140日間であった。

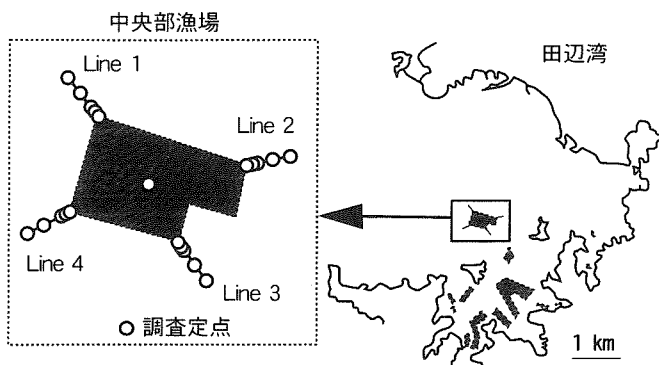


図1 養殖漁場環境調査のライン

各ライン養殖筏の距離0, 50, 100, 200, 300mで採泥

\*平成16年度養殖水産物ブランドニッポン推進委託事業(環境保全型養殖普及推進事業)

表1 底質分析結果

ライン	筏からの距離	AVS mg/g	COD mg/g	TOC mg/g	TN mg/g	TP mg/g	C/N	C/P	N/P
中央	0	0.41	21.2	15.3	1.96	1.39	9.10	28.36	3.12
	0	0.19	20.6	14.2	1.71	1.41	9.66	25.90	2.68
	50	0.17	25.6	15.1	1.84	1.15	9.55	33.92	3.55
	100	0.18	19.4	14.5	1.82	1.52	9.27	24.64	2.66
	200	0.09	17.8	13.4	1.44	0.75	10.86	45.89	4.22
1	300	0.02	14.3	10.3	0.74	0.34	16.19	78.55	4.85
	0	0.15	24.0	15.5	1.79	1.10	10.08	36.40	3.61
	50	0.30	25.9	10.8	1.44	1.74	8.72	15.96	1.83
	100	0.18	22.5	15.6	1.97	1.04	9.25	38.95	4.21
	200	0.39	21.6	16.5	1.91	1.64	10.05	25.90	2.58
2	300	0.28	22.6	16.3	2.01	0.82	9.47	51.64	5.45
	0	0.16	14.9	8.7	1.02	1.35	9.90	16.47	1.66
	50	0.07	15.0	8.2	0.93	1.06	10.34	20.09	1.94
	100	0.02	15.4	9.5	0.99	0.98	11.21	25.05	2.23
	200	0.09	15.7	7.4	0.84	0.78	10.25	24.40	2.38
3	300	0.13	16.1	12.2	1.44	0.67	9.89	46.60	4.71
	0	0.29	22.7	12.2	1.45	1.17	9.85	26.83	2.72
	50	0.15	21.4	9.7	1.08	0.87	10.49	28.59	2.73
	100	0.09	19.7	9.6	1.12	0.73	10.03	33.87	3.38
	200	0.04	20.1	11.4	1.32	0.56	10.02	52.09	5.20
4	300	0.12	17.4	11.4	1.28	0.51	10.42	58.08	5.57

結果と考察

飼育期間中の水深3mの水温は開始時(4月9日)には18.3℃であったが、除々に上昇し、7月15日には29.7℃となった。その後は、27.0~29.7℃で横ばいで推移した。

成長倍率は2期終了時まで2区が最も良く、1区がこれに次いたが、2期後半から4区で斃死が多くみられるようになった。3期には3区でも斃死が多くみられるようになり、試験末期には1、2区でも斃死がみられた。斃死率は、1区16.2%、2区11.8%、3区38.5%、4区49.4%となった(表2)。斃死の原因としては、頭部や尾柄部などの体表に膿

瘍がみられたことや慢性的な斃死がみられたなどの症状<sup>3)</sup>から、細菌性疾病であるエドワジエラ症であると考えられた。エドワジエラ症対策として水産用フロルフェニコール製剤を5日間マダイ1kgあたり440mg/日投与したが、斃死が減少することはなかった。特に、高密度試験区の3、4区では123日目(8月9日)以降斃死が更に多発する結果となった。

3 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、設定条件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

供試魚は当研究所の試験筏で飼育中のマダイ当り魚(平均体重79.1g)を用いた。これを陸上の1t

表2 飼育試験結果

試験区	1	2	3	4
開始時	130	195	260	318
尾数				
1期終了時	128	195	259	310
(尾)				
2期終了時	122	194	252	296
3期終了時	109	172	160	161
開始時	53.8	80.4	106.3	129.0
総魚体重				
1期終了時	70.7	113.1	146.0	173.1
(kg)				
2期終了時	89.3	153.6	180.3	205.6
3期終了時	85.2	128.8	110.5	107.7
斃死率(%)	16.2	11.8	38.5	49.4
1期	133.5	140.7	137.9	137.6
成長倍率				
2期	132.5	136.5	126.9	124.4
(%)				
3期	106.8	94.6	96.5	96.3
通期	188.9	181.6	168.9	164.9

円形FRP水槽に96尾収容して実験を行った。予備飼育は1週間行い、実験開始前の3日間は無給餌とした

実験は生餌(キビナゴの切り身)を用いて行った。飼育水の状況や供試魚の大きさなど実験の諸条件を表3に示す。排出される懸濁物の採取方法を図2に示す。排水サイフォンから流出する分については、常時ナイロン・ネット(83×64メッシュ)で採取し、底層の採取物は設定時間毎にバルブを開け100ℓの排水をナイロン・ネットで濾過して集めた。ネットを通過する懸濁物については設定時間毎にネットを通過した海水を1ℓ採取した。採取した海水は、ガラス・フィルター(GF/C)で濾過し、90℃で恒量になるまで乾燥した。また、注水口で採水し、水温、塩分と溶存酸素の測定を行った。

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モジャコ、ツバス、ハマチで行った実験に従い<sup>4, 5)</sup>、給

餌後3時間までを残餌、それ以降を糞とした。

### 結果と考察

図3上段に排出された懸濁物の全量を、下段にネットによって採集された懸濁物の重量を示す。

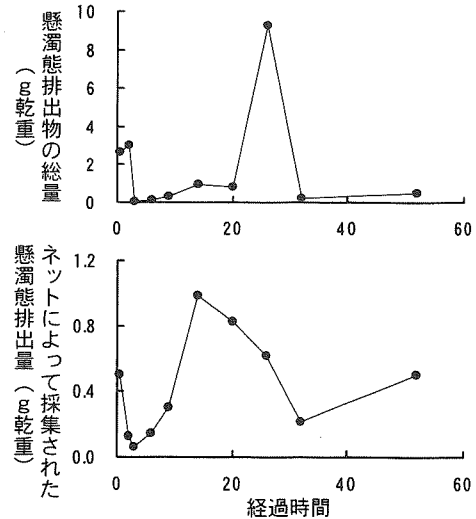


図3 給餌後における懸濁態排出物の推移  
上段は給餌後排出された懸濁態排出物の総量を、  
下段はネットによって採集された懸濁態排出物の  
推移を示す。

表3 水槽実験の諸条件

実験月日		7/29~31
魚体重 (g)		79.1
供試尾数		96
換水率 (回転/日)		8.64, 7.51
水温 (℃)		26.1~29.5
塩分		33.740~33.754
溶存酸素量 (mg/l)		4.46~6.43
餌種類		生餌
投餌量 (g-dry)		103.5

生餌を給餌した場合は3時間後に排出される懸濁物が極小になる。糞は6時間後からみられるようになるが、量は少なかった。糞の量が極大になるのはネットで採集された懸濁物で14時間後であるが、総量にすると26時間後に極大となった。

生餌の給餌とそれに伴う懸濁態排出物の関係を未分解有機物の収支として図4に示す。マダイは湿重量で、飼料や残餌、糞は乾重量で示した。残餌は給餌された飼料の5.5%、糞は11.8%で、未分解有機物として17.4%が排出された。魚体内に留まったのは82.7%であった。EP飼料、MP飼料<sup>6, 7)</sup>と比較すると給餌率はEP飼料よりいくぶん多めであった。残餌はMP飼料より少なく、EP飼料と同程度であった。糞はEP飼料、MP飼料より多くなった。排出される未分解有機物としては、EP飼料、MP飼料と同程度の数値が得られた。

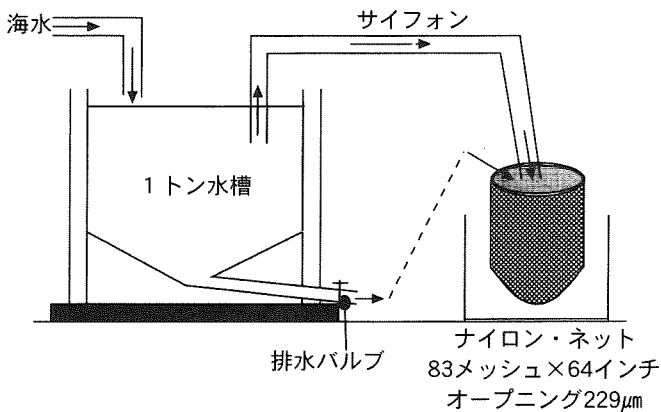


図2 水槽実験装置

マダイ (1 kgあたり)、生餌、給餌率 1.36%

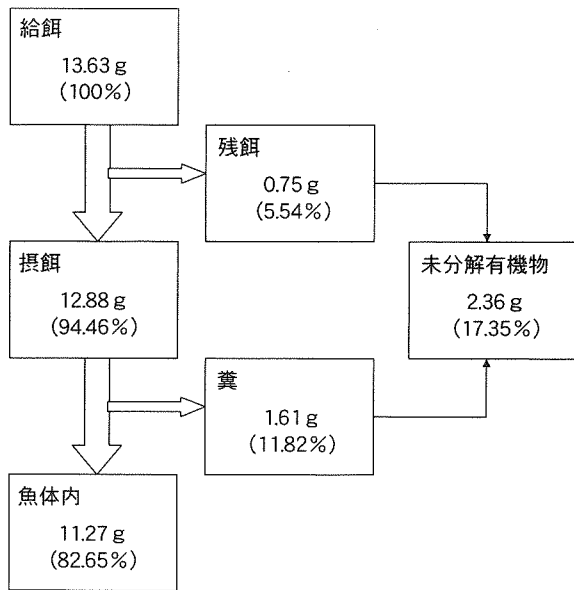


図4 給餌に伴う未分解有機物の収支

#### 4 養殖漁場の底質環境

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養殖漁場の環境指標と基準値を作成するための資料とした。今回は、夏季の貧酸素水塊の影響を受ける前の春季に調査を行い、昨年夏季のデータと比較検討する。

#### 方 法

2004年4月に図5に示す県内の6水域15養殖場の51定点で調査を行った。調査項目はAVS, COD, TOC, TN, 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2回採泥し、船上で0.5mm目合いのふるいで洗浄した後、所内に持ち帰りホルマリンで固定した。その後更に1mm目合いのふるいで洗浄したものをサンプルとした。また、その他の調査項目の分析測定については全て前項1の養殖漁場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

底質分析結果を表4に示す。AVSは、湯浅湾天洲

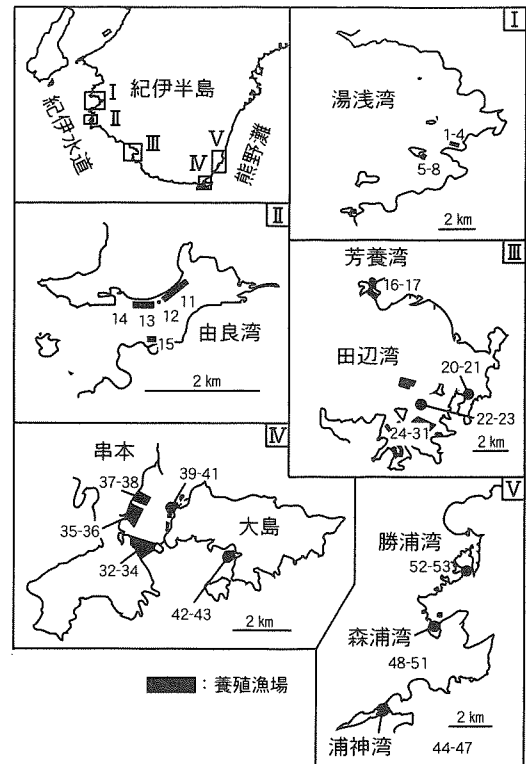


図5 底質調査定点

のSt. 1, 2, 4, 田辺湾のSt.20, 23, 25, 30, 31で0.40mg/g乾泥を超える値となった。CODは、神谷St.12, 田辺湾St.23, 25, 26, 27, 28, 30, 31, 浦神St.46, 47で15mg/g乾泥を超えて最も高くなった。特に田辺湾南奥部のSt.30, 31では25mg/g乾泥以上となった。TOC, TNは、田辺湾St.25, 26, 30, 31でそれぞれ15mg/g乾泥以上、2mg/g乾泥以上で最も高い水準となった。TPは、鷹島St.5, 芳養湾St.19, 田辺湾St.26, 浦神St.46で3mg/g乾泥以上で最も高くなった。

#### 考 察

表5に、底質分析結果の昨年夏季の調査結果<sup>7)</sup>との平均値、標準偏差の比較を示す。なお、天洲漁場の4定点を異常値として相関等の数値計算から除外した。平均値ではAVSにおいて有意差が認められ、春季に比べ夏季に有意に高くなった。また、COD, TOC, TNなどの有機物指標は分散、平均値ともほとんど差は無く、季節性は認められなかった。

表4 底質分析結果

海 域	養殖漁場 定点	AVS	COD	TOC	TN	TP	C/N	C/P	N/P		
		mg/g-dry	mg/g-dry	mg/g-dry	mg/g-dry	mg/g-dry					
湯浅湾	天洲	1	0.50	6.46	1.46	0.17	1.06	9.80	3.54	0.36	
		2	0.49	5.62	1.11	0.14	0.74	9.08	3.86	0.43	
		3	0.25	4.43	1.22	0.13	0.48	11.08	6.49	0.59	
		4	0.43	4.26	1.70	0.23	0.63	8.77	6.92	0.79	
	鷹島	5	0.08	8.27	3.42	0.51	3.00	7.90	2.95	0.37	
		6	0.17	9.43	2.89	0.46	2.22	7.31	3.36	0.46	
		7	0.08	7.42	2.95	0.51	1.51	6.80	5.03	0.74	
		8	0.08	8.03	2.48	0.43	2.16	6.73	2.96	0.44	
由良湾	神谷	11	0.15	14.02	6.95	0.78	0.55	10.40	32.49	3.13	
		12	0.24	15.48	9.36	1.11	0.53	9.84	45.14	4.59	
		13	0.07	11.98	3.26	0.44	0.82	8.72	10.28	1.18	
		14	0.16	8.55	2.66	0.37	0.97	8.40	7.05	0.84	
		15	0.01	7.24	3.00	0.39	0.66	8.99	11.81	1.31	
芳養湾	目良	16	0.01	4.35	2.18	0.33	0.39	7.66	14.25	1.86	
		17	0.01	4.33	2.19	0.38	0.71	6.71	7.96	1.19	
	増養殖 研究所	18	0.02	8.91	4.32	0.56	1.01	8.96	11.03	1.23	
		19	0.33	14.01	12.08	1.76	3.36	7.99	9.26	1.16	
田辺湾	内ノ浦	20	0.46	13.81	11.00	1.58	1.82	8.13	15.57	1.92	
		21	0.15	7.78	4.35	0.57	0.57	8.93	19.52	2.19	
	堅田	22	0.26	13.73	11.27	1.73	2.33	7.62	12.46	1.64	
		23	0.40	16.10	12.78	1.93	2.44	7.72	13.48	1.75	
		24	0.21	13.07	10.05	1.51	1.18	7.79	21.88	2.81	
		25	0.76	18.88	15.16	2.33	2.96	7.61	13.21	1.74	
		26	0.37	17.54	15.37	2.30	3.08	7.81	12.86	1.65	
		27	0.14	15.64	6.99	1.16	2.78	7.02	6.50	0.93	
		28	0.37	17.65	11.74	1.75	2.00	7.83	15.14	1.93	
		29	0.18	12.82	6.92	1.07	1.57	7.54	11.36	1.51	
		30	0.74	25.34	16.05	2.39	2.15	7.84	19.22	2.45	
31	0.71	25.93	19.91	2.90	1.89	8.00	27.12	3.39			
串本町沿岸	第1漁場	32	0.03	8.30	4.77	0.62	2.03	9.02	6.06	0.67	
		33	0.06	10.76	8.88	0.84	1.91	12.28	11.96	0.97	
		34	0.07	11.80	7.34	0.94	0.98	9.07	19.27	2.13	
	第2漁場	35	0.01	6.87	4.19	0.64	0.76	7.63	14.25	1.87	
		36	0.03	8.61	4.79	0.64	0.58	8.66	21.36	2.46	
	第3漁場	37	0.02	7.90	5.00	0.64	0.80	9.09	16.05	1.77	
		38	0.01	6.37	3.14	0.54	0.63	6.79	12.76	1.88	
	大島	39	0.01	3.88	2.75	0.48	1.79	6.70	3.97	0.59	
		40	0.01	7.22	4.13	0.66	1.29	7.27	8.24	1.13	
		41	0.13	8.09	6.33	0.87	1.24	8.52	13.21	1.55	
		須江	42	0.01	5.52	2.48	0.43	1.24	6.79	5.18	0.76
			43	0.03	6.91	2.96	0.54	2.00	6.41	3.82	0.60
	熊野灘	浦神	44	0.09	11.06	7.73	0.80	1.03	11.29	19.27	1.71
45			0.09	13.35	10.92	1.28	1.20	9.96	23.53	2.36	
46			0.21	18.50	14.10	1.82	3.03	9.04	12.01	1.33	
47			0.32	17.57	13.17	1.57	0.74	9.76	45.89	4.70	
森浦		48	0.02	13.56	9.76	1.19	0.30	9.60	83.27	8.68	
		49	0.04	14.71	10.77	1.34	0.51	9.35	54.11	5.79	
		50	0.00	11.90	8.88	1.10	1.14	9.39	20.06	2.14	
		51	0.11	12.18	7.23	0.96	1.49	8.79	12.54	1.43	
		52	0.02	4.85	2.23	0.32	0.88	8.07	6.52	0.81	
		53	0.00	10.43	6.44	0.93	1.42	8.08	11.72	1.45	

表5 底質分析結果の2003年9月の値との比較

	AVS mg/g-dry		COD mg/g-dry		TOC mg/g-dry		TN mg/g-dry		TP mg/g-dry	
	Sep. 2003	Apr. 2004*	Sep. 2003	Apr. 2004*	Sep. 2003	Apr. 2004*	Sep. 2003	Apr. 2004*	Sep. 2003	Apr. 2004
	平均	0.26	0.16	9.58	11.01	6.50	6.92	0.99	0.96	1.70
不偏標準偏差	0.25	0.19	4.77	5.15	4.35	4.64	0.67	0.66	1.19	0.83
変動係数 (%)	97.16	122.05	49.76	46.81	66.98	67.02	67.57	68.57	70.04	57.95
有意差 (5%)	有		無		無		無		無	

\* 7) 和歌山県, 2004

表6 底質分析項目間の相関行列

	AVS	COD	TOC	TN	TP	C/N	C/P
COD	0.827 **						
TOC	0.801 **	0.937 **					
TN	0.859 **	0.925 **	0.980 **				
TP	0.501 **	0.446 **	0.464 **	0.543 **			
C/N	-0.064	0.114	0.134	-0.039	-0.358 **		
C/P	0.219	0.543 **	0.598 **	0.498 **	-0.355 *	0.453 **	
N/P	0.259	0.561 **	0.616 **	0.544 **	-0.309 *	0.281 *	0.983 **

表6に底質分析項目間の相関行列を示す。AVS, COD, TOC, TN間では、夏季同様<sup>7)</sup>正の相関がみられた。CP比, NP比は有機物指標と統計学的な正の関係性を示した。また, TPとは負の相関を示したが, 有機物指標に比べると関連性は弱かった。夏季のデータの相関係数と比較すると有機物指標間の相関係数はほとんど同じ数値が得られ, 前述の分散や平均値から考えて, COD, TOC, TN, TPの値の季節による変動は少ないものと考えられる。一方, AVSは夏季より有機物指標と高い相関が得られた。このことから, AVSは春季においても有機物負荷の指標となることが示唆された。しかし, 春季では平均値が有意に低くなることから, 夏季と同一の数値によって漁場環境を評価することはできないと考えられる。

## 文 献

- 1) 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.
- 2) S. Ishio, M. Kuwahara, and H. Nakagawa1986. Conversion of AlPO<sub>4</sub>-P to Fe-bound P in Sea Sediments.. Bull.Japan.Soc.Sci.Fish. 52(5). 901-911.

3) 金井欣也1996. 海産魚の細菌病. 「魚病学概論」, (室賀清邦・江草周三編), 恒星社厚生閣, 東京, 58-63.

4) 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.

5) 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

6) 和歌山県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.

7) 和歌山県2003. 平成15年度環境保全型養殖普及推進対策事業報告書. PP22.