

海面養殖業ゼロエミッション推進対策調査事業 複合養殖実証試験*

木村 創 ・ 田中 俊 充

目 的

養殖業は一般的に海水交流の比較的少ない閉鎖的な内湾で実施されており、ここでは養殖業に起因する有機物負荷に後背地からの負荷が加わり、富栄養化が問題となっている。富栄養化の機構やそこからくる弊害については種々報告されているが¹⁻⁴⁾、今日の養殖業では水質に影響を及ぼす要因としては養殖魚の尿、残餌や糞の積もった底泥からの窒素、リン等の溶出、懸濁物の拡散によるものがほとんどと考えられる。

本試験では養殖漁場の栄養塩、特に窒素、リンを削減するため、アオサ *Ulva pertusa* ・ ヒロメ *Undaria undarioides* ・ ヒジキ *Hizikia fusiformis* 等の海藻類を養殖し、海藻類を基盤とした食物連鎖を形作ることにより養殖場の環境改善を図る。

1. 魚類と海藻類との複合養殖試験

近年、アオサ類は日本各地の浅海域に大繁殖して問題となることが多くなっている⁵⁾。田辺湾においても毎年細野浦から古賀浦にかけての南部域で浮遊性のアオサ類が大発生している。昔はこれを肥料として利用してきたが、現在では利用価値のない邪魔者として扱われている。これらのアオサは海水中の窒素やリンを吸収する役目を持っているが、これを放置すると、悪臭を放つとともに、海藻内に取り込まれた窒素やリンが再び海に戻されることとなる。しかし、アオサは栄養価が高いことから養殖魚の餌料として利用する研究が進んでいる^{6, 7)}とともに、アオサと魚類養殖の複合養殖を行っている漁業協同

組合がある⁸⁾ことから、今回は当研究所で培養しているアオサを用いてマダイ *Pagrus major* の飼育試験を実施した。

材料および方法

供試魚：2002年に種苗生産され、7月5日当所に搬入し、以後海面生け簀にてEP飼料で飼育したマダイ当歳魚を用いた。供試魚は予備飼育中の7月中旬から8月中旬にかけてイリドウィルス病による斃死が続き、斃死率は33%にまで及んだが、給餌量を減ずることによって8月中旬以降斃死は収まった。その後、9月3日に250尾ずつを3×3×3mの生け簀2面(A区、B区)に収容し、10月6日まで市販のEP飼料で飼育し、イリドウィルス病による影響があるかどうかを確認した。その結果、A区の斃死が21尾、B区の斃死が3尾と若干差が認められたが、増重倍率、増肉係数ともに両区の間には大きな差はなかったことからイリドウィルス病による影響はなくなったとして10月7日からアオサの給餌試験を開始した。試験開始時の平均体重はA区は141.5g、B区は139.7gであった。

飼育試験：A区は市販のEP飼料、B区はEP飼料と当所の陸上池で培養しているアオサを直径1mの円形ちようちん籠に適宜投入し、生け簀内に垂下した。アオサ重量は手で良く絞った100g分を測定した後、アオサの水分を1枚ずつキムタオル等でできるだけ取り除き再び測定し、手で絞った重量と水分をできるだけ取り除いた重量との比率を求め、手で絞って得られた重量にその比率を乗じて求めた。給餌は月曜日から金曜日までは、朝・夕2回、また

*海面養殖業ゼロエミッション推進対策事業費による

土曜日は朝1回、日曜日は無給餌とした。

各区の全魚体重測定は2002年11月5日、12月2日の2回実施した。

結果および考察

試験期間中の旬平均水温の推移を図1に示す。水温は10月中旬まではほぼ平年並みに推移したが、それ以降11月中旬までは平年より1～2℃低めとなり、その後は再び平年並みに推移した。

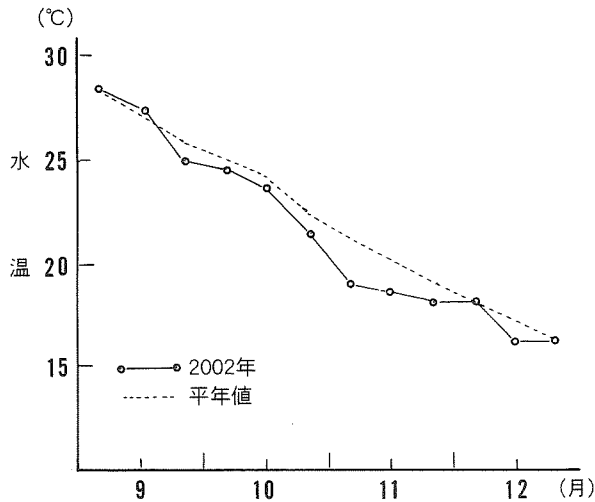


図1 飼育期間中の水温変化

表1に飼育成績を示す。10月7日～11月5日の飼育では両区とも増重倍率、斃死率には大きな差は認められなかったが、増肉係数は1,200gのアオサ(乾物重量240g)を給餌したB区が2.37とA区の2.61より良好な結果となった。このことから、アオ

サはマダイの飼料として有効に利用されるとともに、平田⁹⁾が報告しているように飼料効率を高める効果があるものと推察される。

しかし、11月6日～12月2日の飼育ではB区に2,570gのアオサを給餌したにもかかわらず、増重倍率、増肉係数ともにA区と変わることはなかった。これは12月2日の測定時に生け簀内にアオサが1,000g滞留していたことから、マダイはアオサを与えた最終日である11月23日以降アオサを籠から引きずり出したものの摂餌しなかったと推察される。このため、この期間のアオサの摂餌量は2,570gから測定時に回収された1,000gを引いた1,570g(乾物重量314g)とし、増肉係数を計算した。アオサは12月3日以降も与えたがアオサは摂餌されず、生け簀内に滞留した。

以上のことから、マダイはある時期生アオサを餌として有効に利用することはできるが、水温の低下とともに摂餌しにくくなることが明らかとなり、冬季には許ら⁶⁾が行っているようにアオサを粉末として、飼料に添加する必要がある。

2. 海藻類の生長並びに窒素・リンの取り込み量調査

魚類養殖によって海水中に流出した窒素やリンを減少させるためには、海藻を同時に養殖することによって目的をある程度達成することが可能である。しかし、海藻類は種類が多いことから、養殖場で良好な生長を示し、窒素・リンを効率よく吸収し、な

表1 アオサ給餌によるマダイ当歳魚の飼育成績

区	供試尾数	平均体重 (g)		補正増重量 (g)	増重倍率	給餌量 (g)	アオサ給餌量 (g)	増肉係数 (乾物)	斃死尾数	斃死率 (%)
		開始時	終了時							
		1期		10月7日～11月5日		(給餌日数 23日)				
A	229	141.5	178.4	8,450.1	1.26	22,800	0	2.61	0	0.00
B	247	139.7	177.5	9,298.8	1.27	22,450	1,200	2.37	2	0.81
		2期		11月6日～12月2日		(給餌日数 18日)				
A	229	178.4	209.0	6,992.1	1.17	18,760	0	2.60	1	0.44
B	245	177.5	205.8	6,905.2	1.16	18,640	1,570	2.66	2	0.82
		全期間		10月7日～12月2日		(給餌日数 69日)				
A	229	141.5	209.0	15,423.8	1.48	41,560	0	2.61	1	0.44
B	247	139.7	205.8	16,194.5	1.47	41,090	2,770	2.49	4	1.62

おかつ利用価値の高い海藻類を見いだすことが重要である。

本研究では海藻類の試験管内における窒素やリンの取り込み量、養殖場での生長、各藻類に含まれる窒素・リン量を調べることにより、環境浄化に有効な藻類を見いだすことを目的とする。

1) 試験管内における各藻類の窒素・リン取り込み量試験

海水中に含まれる無機態の窒素やリンを効率よく吸収する海藻類を見いだすことを目的に、試験を実施した。

材料および方法

試験には当所で種苗生産し、筏で養殖しているヒロメ幼体と、陸上池で培養しているアオサおよび仮根の組織培養¹⁰⁾によって得たオオバモク *Sargassum ringgoldianum* 幼体を用いた。それぞれの藻類は夾雑物を取り除き、試験で使用する栄養塩類無添加の海水で24時間通気培養後試験に供した。培地は0.45 μ mのミリポアフィルターで濾過した沿岸水に、窒素源としてNaNO₃を64mg (窒素2,100 μ g)、リン源としてK₂HPO₄を13mg (リン480 μ g)添加した培地 (培地1)、リン源のみを13mg添加した培地 (培地2)、窒素源のみを64mg添加した培地 (培地3) の3種類で試験を実施した。試験は各培地を5 l 平底丸フラスコに5 l の培地を満たし、この中に約5 gの各藻類を入れ、水温の急激な変動を避けるため海水のウォーターバス方式とし、照度は自然状態で通気培養した。培地の採水は日の出1時間前から日没1時間後まで2時間毎に行い、4日間 (96時間) 継続して、培地内の窒素、リンの消失量を測定した。また、採水時に水温、光量子を測定した。採水した培地の分析は京都大学で実施した。

結果および考察

アオサ：試験期間中の水温・光量子および藻体重

量の推移を図2に示す。試験期間中の水温は15.2~17.8 $^{\circ}$ Cで推移し、光量子はその日の天気によって大きく影響を受けたが、朝夕は10.1~121 μ molm⁻²s⁻¹ (以下 μ molと表示)、日中は最大で579.6 μ molとなった。各培地における藻体の生長は、培地1では1.1倍、培地2では1.35倍、培地3では生長は認められなかった。

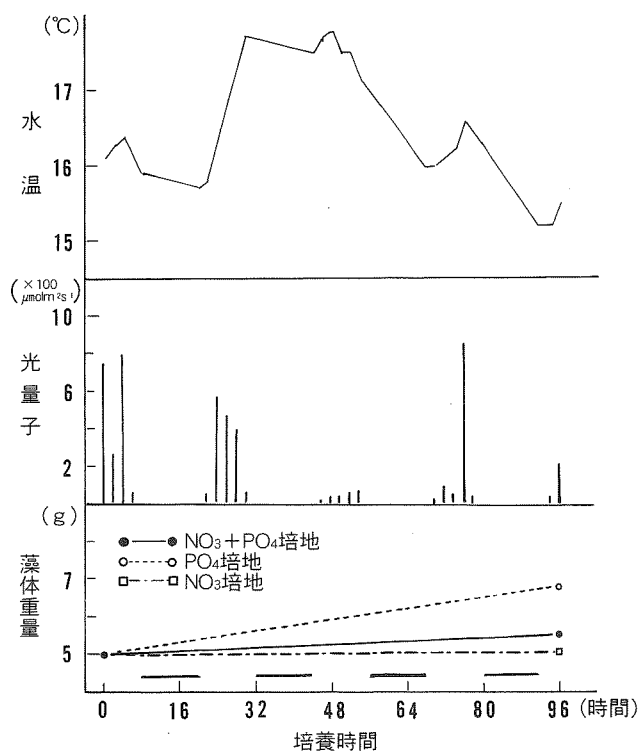


図2 アオサ試験期間中の水温・光量子・藻体重量の推移

図3に各培地における硝酸態窒素とリン酸態リンの濃度を示す。硝酸態窒素の取込速度は試験開始から8時間後までは142.7 μ gN/湿 g/hr (以下 μ gNと表示)、8時間後から20時間までは52.6 μ gNとなった。リンが不足している場合は、リンが十分ある場合と比較して取込速度は約10%低下した。8時間以降吸収速度が低下したのは、培地中の窒素濃度が低くなったためか、藻体に十分窒素が吸収されたためか、明期と暗期の差が明らかでない。リン酸態リンの取込は44時間以降取込速度が低下することから、試験開始時から44時間までの値で吸収量を求めた。その結果、窒素が十分ある場合には5.40 μ gP/湿 g/hr

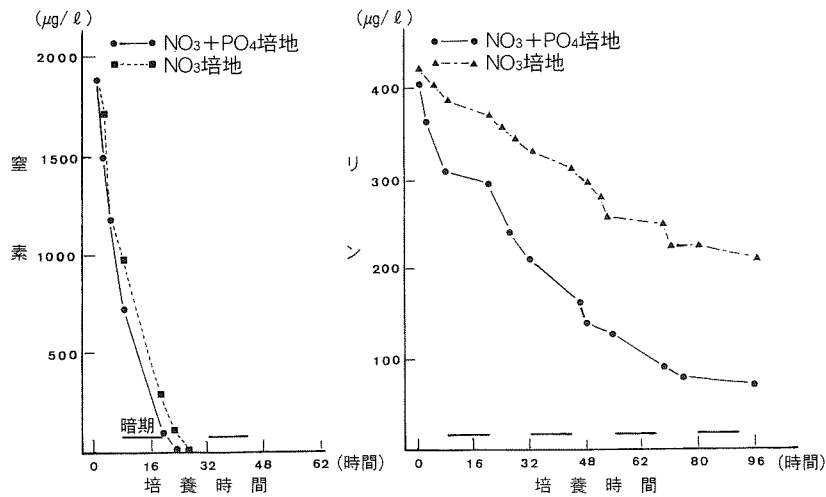


図3 アオサ培養に伴う培地中の窒素・リン濃度の推移

(以下 μgP と表示), 窒素が欠乏している場合には $2.51\mu\text{gP}$ と約50%取込速度が低下した。

ヒロメ：試験期間中の水温・光量子のおよび藻体重量の推移を図4に示す。試験期間中の水温は $15.8\sim 17.6^\circ\text{C}$ で変化し、光量子はその日の天気によって大きく影響を受け、朝夕は $18.8\sim 63.8\mu\text{mol}$ 、日中は

最大で $1,024.8\mu\text{mol}$ となった。各培地における藻体の生長は培地1では1.65倍、培地2では1.52倍、培地3では1.40倍となった。図5に各培地における硝酸態窒素とリン酸態リンの濃度を示す。実験開始後しばらく値が安定しないため、硝酸態窒素の吸収速度については試験開始2時間から70時間までの数値から取込速度を求めた結果、リンが十分存在する場合は $22.94\mu\text{gN}$ 、リンが不十分な場合は $15.44\mu\text{gN}$ と43%低下した。リン酸態リンの取込速度は窒素の有無にかかわらず取り込み量は変化しなかったが、試験開始時から24時間までとそれ以降では大きく変化し、試験開始時から24時間までは $9.2\mu\text{gP}$ 、24時間から44時間までは $3.9\mu\text{gP}$ となった。24時間以降リンの吸収が遅くなったのは、培地中のリンが少なくなったためか、海藻体内に充分蓄えられたためか明らかでない。

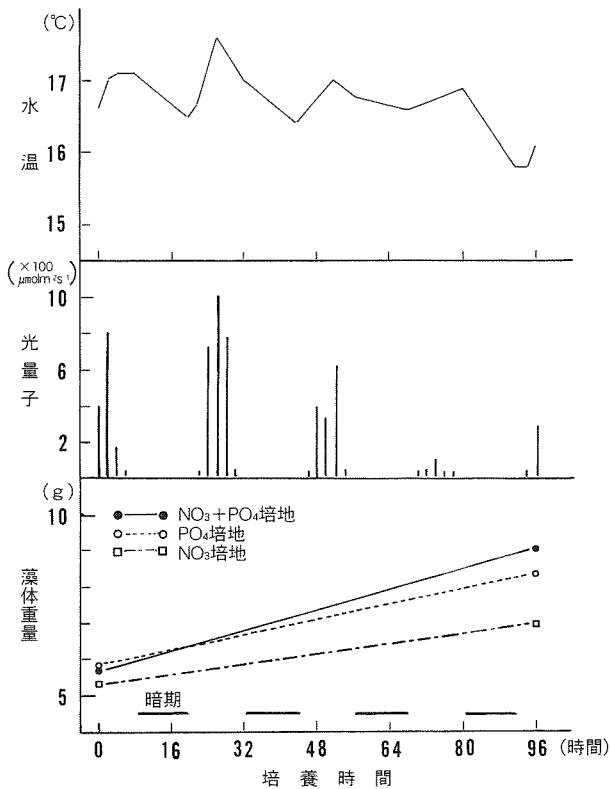


図4 ヒロメ試験期間中の水温・光量子・藻体重量の推移

オオバモク：試験期間中の水温・光量子並びに藻体重量の推移を図6に示す。試験期間中の水温は $13.4\sim 16.5^\circ\text{C}$ で推移し、光量子はその日の天気によって大きく影響を受け、朝夕は $18.5\sim 63.8\mu\text{mol}$ 、日中は最大で $1,016.4\mu\text{mol}$ となった。各培地における藻体の生長は培地1で1.23倍、培地2で1.17倍、培地3で1.21倍となった。図7に各培地における硝酸態窒素とリン酸態リンの濃度を示す。硝酸態窒素はリンの有無にかかわらず、試験開始48時間後までは

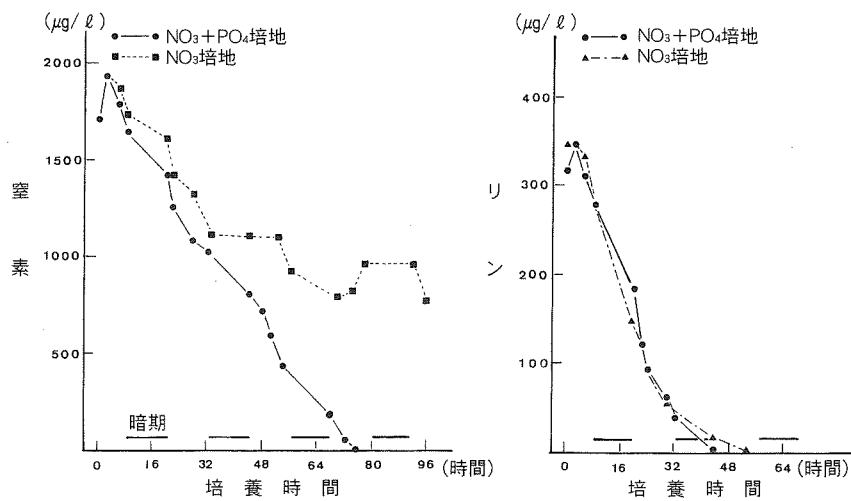


図5 ヒロメ培養に伴う培地中の窒素・リン濃度の推移

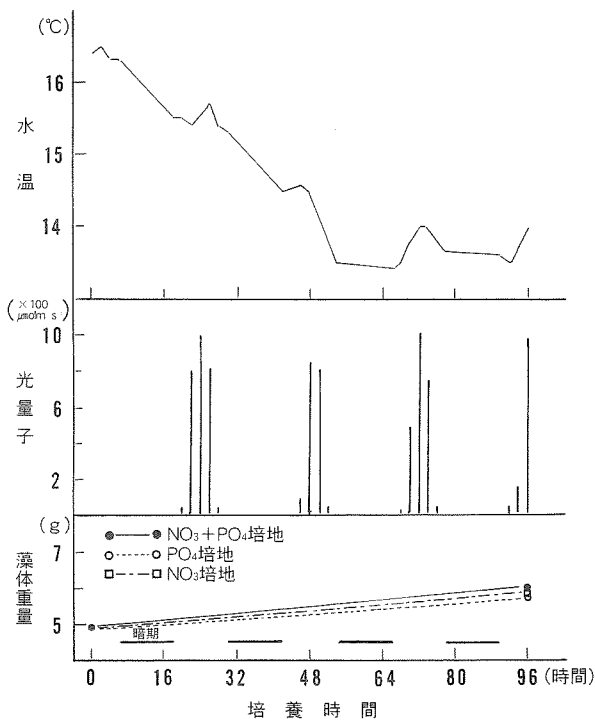


図6 オオバモク試験期間の水温・光量子・藻体重量の推移

ほとんど減少することなく推移し、その後は $8.1\mu\text{gN}$ の速度で減少した。リン酸態リンは窒素源の有無にかかわらず、試験期間を通じて取り込まれることはなかった。これは試験に供したオオバモクが幼芽であったこと、また栄養塩類の豊富な培地で培養していたため、24時間程度の前処理培養では体内に蓄えられた窒素やリンが排出されず新たな取り込みがなかったものと推察される。

今年度は冬季におけるヒロメ、アオサ、オオバモクの硝酸態窒素とリン酸態リンの取込量をフラスコ内で調査した。その結果、窒素・リンが充分ある培地での取込量はアオサでは窒素、ヒロメではリンが大きいという特徴がみられた。また、アオサは培地中に窒素源が欠乏することによってリンが、ヒロメはリン源が欠乏することによって窒素の取込量が低下することが明らかとなった。佐々木らによると松島湾のアカモクでは水温あるいは生長段階で取込量に差がみられ、1月の取込量は窒素で $35\mu\text{gN}$ 、リンで $2\mu\text{gP}$ 、6月の取込量は窒素で $95\mu\text{gN}$ 、リンで $5.55\mu\text{gP}$ と報告されている¹¹⁾。以上の試験結果や佐々木らの報告から海藻類の窒素やリンの取込量は種類、生長段階、季節および海水中の栄養塩の濃度により変化することが明らかとなり、魚類養殖場の浄化には目的にあった藻類をみだし、これを利用する必要がある。

2) 養殖場における各藻類の生長状況並びに分析結果

養殖場における各藻類の生長をみるとともに、海藻に含まれている窒素やリン含量を知ることにより、養殖場において海藻類がどれほどの窒素やリンを吸収しているかを明らかにし、海藻類の海水浄化量を把握する。

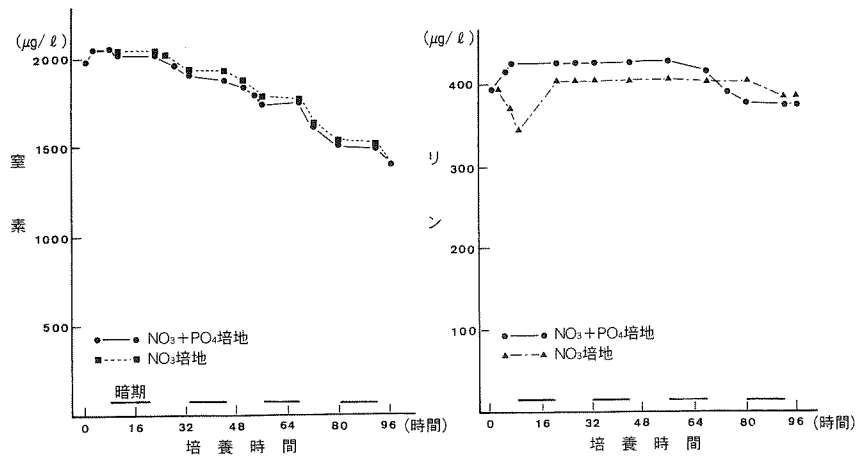


図7 オオバモク培養に伴う培地中の窒素・リン濃度の推移

材料および方法

アオサ：9月3日に当所の陸上池で培養している不稔性と考えられるアオサを1枚ずつキムタオルで良く拭き、水分をできる限り除去した300gを目合い10節、直径1mのちょうちん籠に入れ、海上筏の水深1m地点に垂下した。その後、9月9日、9月24日、10月2日、10月12日、10月20日にこのちょうちん籠を取り上げアオサの重量測定を行った。

ヒロメ：11月28日に当所で種苗生産し、芽出しを行った子縄を3~4cmに切り、これを18mmのトリコットロープに20cm間隔で差し込み、海上筏の水深1mに垂下した。ヒロメは1株から生育する藻体の大きさがまちまちであり任意に抽出した1枚ずつの計測では養殖全体の重量把握が困難なことから、親縄に差し込んだ子縄の片側に繁茂している全ての藻体を1株として3~5株を採取し、1枚ずつ計測した。藻体の採取は12月28日、1月6日、1月20日、1月30日、2月10日、2月21日、3月14日に行った。採取した藻体は葉長、葉幅、茎長、重量を測定するとともに、1株当たりの生育本数を計数した。重量は1枚ずつキムタオルでできる限り水分を除去し測定した。なお、間引き等による収穫は試験期間中実施しなかった。

ヒジキ：ヒジキは2002年5月に天然藻体の仮根部

の一部を室内培養し¹²⁾、種苗生産した幼体を10月7日に陸上池に出し、1月7日まで根出しを行った。1月7日からはヒジキを着生させた5mmのクレモナロープを18mmのトリコットロープに巻き付け、海上筏の水深1mに沖出しを行った。この時の藻体と藻体との間隔は15cm程度であった。測定は10月31日、11月21日、12月15日、1月7日、2月7日、2月25日、3月13日、3月31日、4月10日、4月28日に任意に30株を選び出し、1株毎の生育本数と全ての主茎長を計測した。重量は3月31日に80本の養殖ヒジキを採取し、主茎長と重量を測定し、その関係式を求め、この式から1株ごとの重量を推定した。

各藻体内に含まれる水分、窒素、リン量の測定は(財)日本冷凍食品協会で行った。

結果および考察

各藻類の培養試験期間と水温変化を図8に示す。水温は10月下旬~11月下旬までと2月上旬は平年よりやや低めに推移したが、他の期間はほぼ平年並みで推移した。

表2に各藻類の成分分析結果を示す。藻体に含まれる水分はヒロメが90.3%と最も多く、ヒジキが87.2%、アオサが79.6%となった。全窒素はアオサが最も多く含まれており、藻体100g中0.7g、ヒロメは0.3g、ヒジキは0.2gであった。リンもアオサが藻体100g中45mgと最も多く、ヒロメ、ヒジキの

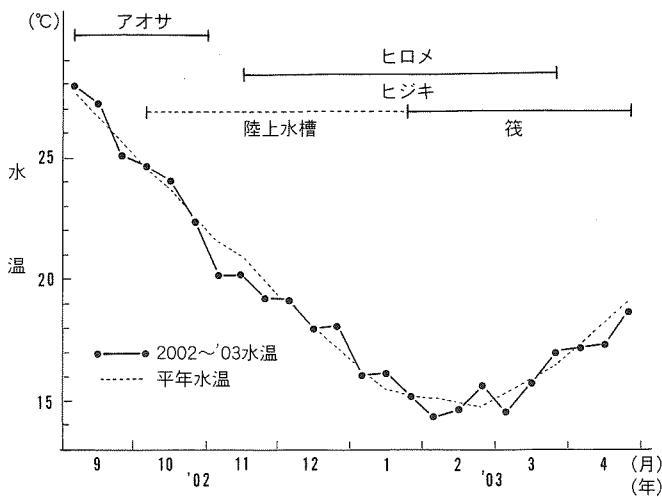


図8 各藻類の培養試験期間並びに水温変化

表2 各藻類の成分分析結果

成分	アオサ	ヒロメ	ヒジキ
水分 (g/100g)	79.6	90.3	87.2
脂肪 (g/100g)	0.5	0.1	0.4
全窒素 (g/100g)	0.7	0.3	0.2
リン (mg/100g)	45	34	13

順となった。

1) 各藻類の生長

各海藻類の生長状況を表3に示す。

アオサ：アオサの培養日数と重量の推移を図9に示す。培養開始22日目までの生長はやや不調であったが、それ以降40日目までは順調に生長し、40日目には開始時重量の約2.5倍の764gとなった。しかし、それ以降藻体は弱り、48日目には645gと減少した。この減少は藻体が多くなりすぎたために弱ったのか、水温による影響なのか明らかでない。

藻体の増加重量から窒素やリンの取込量を推定すると、窒素は11.3 μ gN、リンは0.7 μ gPとなり、窒素、リンともに試験管内で行った取込量の1/10程度であった。これはちょうちん籠による培養は暗いうえ動きのないことから、アオサにとって不適なものと推察される。

ヒロメ：培養日数と1株毎の重量推移、生育本数

表3 各藻類の養殖場における生長

月/日	葉長 (cm)	葉幅 (cm)	茎長 (cm)	重量 (g)	1株の本数 (本)	1株重量 (g)	経過日数 (日)
アオサの生長							
9/3	—	—	—	300	—	—	—
9/9	—	—	—	310	—	—	7
9/24	—	—	—	390	—	—	22
10/2	—	—	—	633	—	—	30
10/12	—	—	—	764	—	—	40
10/20	—	—	—	645	—	—	48
ヒロメの生長							
11/28	0.50	0.20	—	0.00	—	—	—
12/18	7.44	3.34	0.30	0.00	—	—	21
1/6	15.18	9.35	1.83	3.99	10	3.01	40
1/20	22.43	12.09	7.82	10.38	15	137.70	54
1/30	25.73	11.34	8.16	14.75	28	403.30	64
2/10	29.67	13.58	9.98	21.41	28	572.50	75
2/21	34.09	13.57	9.10	27.42	28	767.67	86
3/14	57.03	27.83	19.28	98.23	8	791.43	107
ヒジキの生長							
10/7	—	—	2.04	1.60	1.14	1.82	0
10/31	—	—	2.91	1.66	1.54	2.56	25
11/21	—	—	3.24	1.69	1.59	2.69	46
12/15	—	—	5.12	1.85	1.61	2.97	70
1/7	—	—	8.40	2.15	1.64	3.53	93(0)
2/7	—	—	10.04	2.32	3.06	7.10	124(32)
2/25	—	—	16.23	3.10	4.33	13.42	142(50)
3/13	—	—	16.87	3.19	6.25	19.96	158(66)
3/31	—	—	24.25	4.51	7.00	31.56	176(84)
4/10	—	—	24.57	4.58	9.23	42.24	186(94)
4/28	—	—	29.96	6.09	8.0	48.72	204(112)

ヒロメの1株は差し込んだ子繩の片側全てを含む
ヒジキの()内の数字は沖出し後の日数

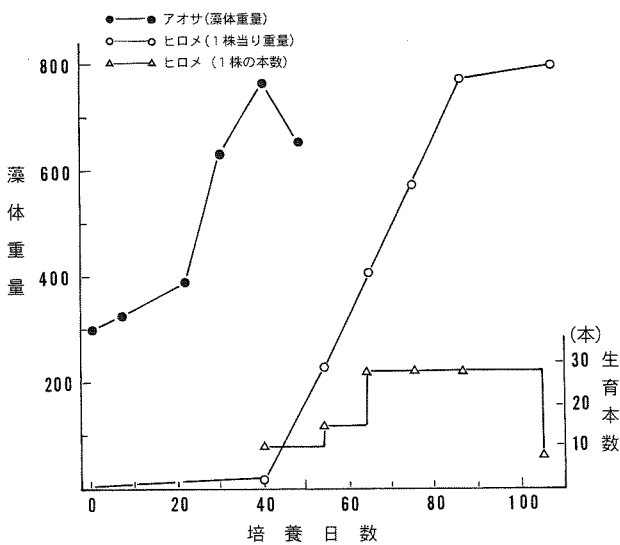


図9 アオサとヒロメの重量推移並びにヒロメ1株当りの育成本数

を図9に示す。葉長の生長は過去に行った調査¹³⁾と同様の傾向を示したが、間引きを行わなかったため葉幅方向への広がりは少なく、葉長/葉幅比は通常1.5以下¹⁴⁾であるのに対し、今回は測定最終日の3月14日においても2.0と縦長な藻体となった。1株当たりの生育本数は養殖開始64日目までは増加したが、それ以降は平均で28本と変化はみられなかった。それ以降成熟による凋落が始まり測定最終日には8本と減少した。

1株当たりの藻体重量は養殖開始40日目まではほとんど変化がみられなかったが、それ以降直線的に増加し、86日目には1株当たりの重量は平均で767gとなった。その後、成熟による藻体の肥厚が始まり、1枚当たりの重量は急激に増加したが、1株の生育本数が凋落により減少したことから、3月14日の試験終了時には791gとなった。成熟する前の藻体が最も繁茂した2月21日の測定結果から1mの親縄に生育する重量を推定すると、1本の子縄に約1.5kgのヒロメが生育し、親縄1m当たり子縄が5本あることから7.5kgとなる。間引き養殖を行うことにより親縄1m当たり10kg以上の収穫が可能であることから、間引きを行うことによってより効率良く海水中の窒素やリンを吸収することが可能である

と推定される。

藻体の増加重量から成熟前の2月21日までの窒素やリンの取込量を推定すると、窒素は26.6 μ gN、リンは4.5 μ gPとなり、窒素は試験管内で行った取込量試験とほぼ同じであったが、リンは約1/2となった。また、藻体1g当たりの窒素やリンの取込量を測定期間毎に推定すると、藻体が小さいほど大きいことが明らかとなった。2月21日以降成熟による藻体の肥厚が始まり急激に藻体重量が増加し、この期間の窒素とリンの取り込み量はそれぞれ10.2 μ gN、1.7 μ gPとなった。

ヒジキ：今回、組織培養によって得たヒジキの種苗は、陸上池での仮根形成が不調であった。これはヒジキ藻体の仮根を形成する部位にアオサ等の着生がみられ、これが仮根形成に悪影響を与えたものと考えられる。池中培養中の生長は緩やかで培養93日目においても茎長、1株の生育本数はそれぞれ8.4cm、1.64本であり、この時の仮根形成率は70%程度であった。

藻体重量については3月31日に採取した藻体の茎長と重量の関係を求めたところ次式が得られた(図10)。

$$\text{藻体重量} = 1.577 e^{0.0451X} \quad (R = 0.9765)$$

(Xは藻体の茎長)

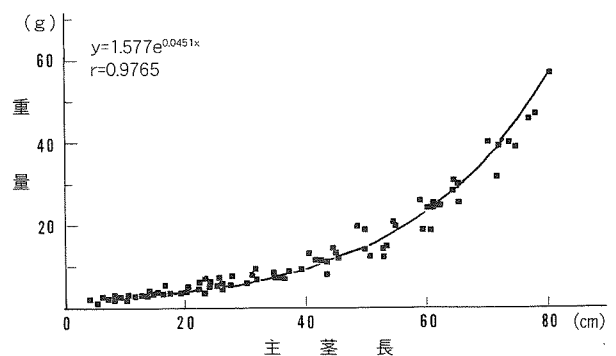


図10 養殖ヒジキの主茎長と重量の関係

この式から藻体重量を求め、1株当たりの重量を推定した。

沖出し後の1株あたりの茎数、重量の推移を図11に示す。仮根形成が良くなかったにもかかわらず、沖出し後は順調な生長を示し、1株当たりの茎数は

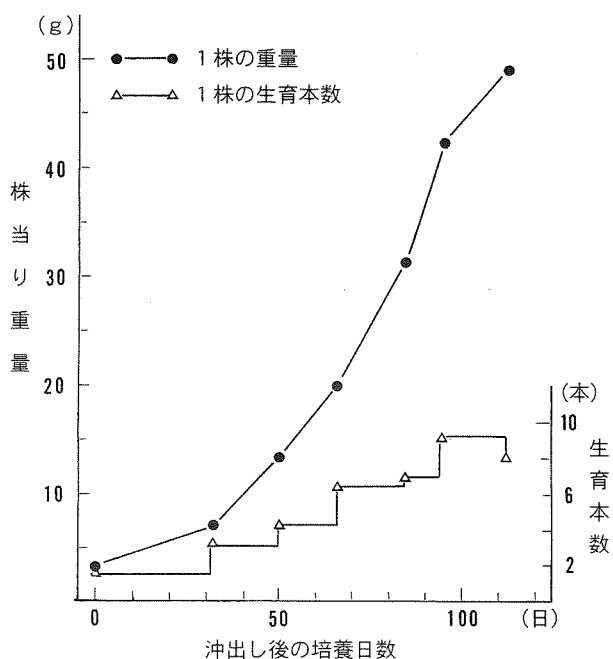


図11 沖出し後のヒジキ1株当りの重量並びに生育本数の推移

沖出し32日目には3本、60日目には6.25本となり、94日目には最大の9.23本となった。その後成熟等で藻体が重くなったため、仮根形成がうまくいかなかった藻体の脱落などにより沖出し112日目には1株当たり8本となった。

沖出し後の1株当たりの藻体重量は、沖出し32日目以降順調に重くなり94日目には42.24g、その後はやや低下するものの112日目には48.72gとなった。1m当たりに換算すると、藻体は15cm間隔で繁殖しており、約8株/mの藻体があることから400g/mとなった。大分県では天然ヒジキを親縄へ5cm間隔での差し込む方法でヒジキ養殖を実施しているが、4月中旬には6.5kg/mまで生長したと報告されており¹⁵⁾、本試験の差し込む間隔を5cmとしてもかなり少ない値となった。これは藻体種苗の由来と仮根形成がうまくいかなかったことが大きく関与しているものと推察される。

沖出し後の増加重量からヒジキの窒素とリンの取り込み量を推定した結果、窒素は $0.14\mu\text{gN}$ 、リンは $0.01\mu\text{gP}$ と非常に低い値となった。

今年度は秋期にアオサ、冬期にヒロメとヒジキに

ついて養殖漁場での生長をみるとともに、各海藻類の窒素・リン含有量から取込量を推定した。右田の報告¹⁶⁾によると、大村湾の不稔性アオサの最大生長速度は2日で2倍になるとされているが、今回の試験では40日で2.5倍の重量となっている。このことから、ちょうちん籠によるアオサの培養は生長が悪く、窒素・リンの取り込みも低いことから、今後は養殖漁場での培養方法を検討する必要がある。ヒロメについては通常の延縄式養殖方法で順調な生長を示し、窒素・リンの取込量も良好な結果となった。今後は養殖過程で間引き等を行うことにより生産量は向上し、窒素・リンの取り込みも多くなると推察される。ヒジキについては組織培養によって得た種苗を用いて延縄式で養殖を試みたところ、ある程度の生長が認められ、養殖の可能性は示唆されたものの、窒素・リンの取り込みは低い値となった。今後は種苗の根出しの方法や沖出し時期、差し込み間隔等を検討し、効率よい養殖方法を検討する必要がある。

3. 貝類の海面生け簀での養殖試験

海面で藻類養殖を行った場合、対象としている藻類が人間にとって食用となるときは藻類が取り込んだ窒素やリンは陸上にあげられ海域からは消失するが、食用とならない藻類についてはそのまま放置すると、窒素やリンが再び海水中に放出される。このため、食用にならない藻類についてはこれを餌料とする貝類の養殖を同時に行い、養殖藻類を有効利用する必要がある。本試験で養殖を試みているヒロメやヒジキは食用となるが、アオサは食用とならないため、アオサを餌料としてアカウニとサザエの海面生け簀での養殖の可能性について検討した。

材料および方法

サザエ：アオサが単独餌料で養殖可能か否かの餌料別養殖試験を実施した。サザエは2001年6月に種苗生産し、当研究所でペレット、ヒロメ、乾燥ワカメ等で中間育成したものをを用いた。養殖試験は50×

50×80cmのトリカルネット（目合い3×7mm）に平均体重3.82～2.56g（平均殻高20.53～23.88mm）のサザエを約1,700gずつ収容し、4つの区を設定した。1区はペレットの単独餌料、2区はペレットとアオサの混合餌料、3区はアオサと乾燥ワカメの混合餌料、4区はアオサの単独給餌とし、7月22日から3月31日まで海上筏にて飼育した。餌料は毎日残餌がわずかに出る量を与えた。また、アオサは1月23日以降増殖が低下したことからアオサの代わりにヒロメを給餌した。測定は試験開始後、1ヶ月毎に100個体の殻高と全重量を測定した。

アカウニ：アカウニについては海上での養殖方法が不明なことから、養殖方法と養殖密度の差による飼育試験を実施した。アカウニは2001年10月に種苗生産し、当所でペレット・乾燥ワカメ・ヒロメ等で中間育成したものを用いた。養殖試験は平均重量2g（平均殻長16.93～17.73mm）前後のアカウニを直径60cmの胴丸籠に500個入れた区（1区）、300個入れた区（2区）、および50×50×80cmのトリカルネット（目合い3×7mm）に500個体入れた区（3区）を設定し、8月5日から2月12日まで飼育した。餌料はアオサ単独とし、1月中旬からはアオサの増殖が不良となったため、アオサの代わりにヒロメを給餌した。餌料は毎日残餌がわずかに出る量を与えた。測定は試験開始後、1ヶ月毎に100個体の殻長と全重量を測定した。

結果および考察

サザエ：1ヶ月毎の飼育成績を附表1、全期間を通しての飼育成績を表4にまた平均重量の推移を図12に示す。斃死率はアオサ単独給餌の4区が11.69%と最も悪く、他の区は6%前後と良好な結

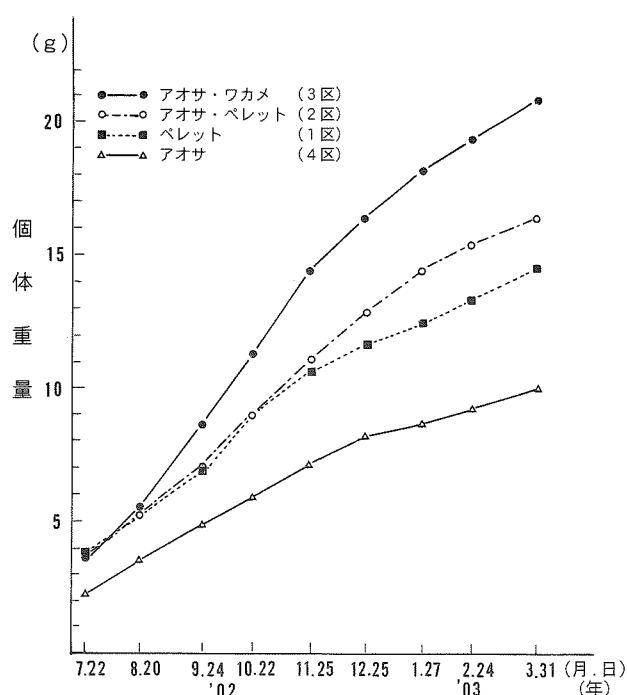


図12 餌料別飼育によるサザエの重量推移

果となった。試験終了時の2月25日における平均重量はアオサと乾燥ワカメを給餌した3区が20.87g（平均殻高42.30mm）と最も良く、次いでアオサとペレットを給餌した2区の16.38g（39.09mm）、ペレット単独給餌の1区の14.52g（36.95mm）の順となり、アオサ単独給餌の4区は9.95g（32.24mm）と最も悪い結果となった。4区は開始時に平均重量が他の区と比較して約1g小さく、成長がやや不良であったことが影響していると考えられるが、各月ごとの増重倍率も低く、アオサの単独給餌では良好な成長は得られないものと考えられる。また、ほぼ同じ大きさで試験を開始した1～3区においても複合給餌が単独給餌より良好な成長が得られ、餌料の組み合わせも市販のペレットを併用するより、異なる海藻類を給餌する方が良好な成長が得られた。過去に行った殻高20mmまでの中間育成時における餌料試験にお

表4 餌料別飼育によるサザエの飼育成績

試験区	供試個数	平均体重 (g)		増重量 (g)	増重倍率	給餌量 (g)				斃死個数	斃死率 (%)
		開始時	終了時			アオサ	ペレット	ワカメ	ヒロメ		
1	450	3.82	14.52	4,612	3.68		9,590			28	6.22
2	470	3.66	16.38	5,765	4.35	13,400	4,360		7,900	26	5.53
3	490	3.49	20.87	8,172	5.78	12,900		4,950	7,900	33	6.73
4	650	2.56	9.95	4,425	3.66	21,650			14,350	76	11.69

いても、1種類の餌料より2種類以上を与えることにより成長が良好になることが報告されている¹⁷⁾。今回、3区には市販の乾燥ワカメを併用しているが、実用化するには養殖現場で収穫可能な藻類を乾燥もしくは冷凍により保存し、利用することも考えられる。

殻高50mm前後のサザエは会席料理のつきだしとして利用されることも多く、3区のサザエは後2～3ヶ月で販売可能になると考えられ、サザエの海面養殖は可能と推察される。問題点としては貝殻にキクスズメやカンザシゴカイなどが付着して見栄えが悪くなることが多く、この付着物の除去方法を検討する必要がある。また、現在は養殖施設としてトリカルネットの網籠を利用しているが、養殖個体数を多くするためにはより丈夫な養殖施設が求められる。

アカウニ：1ヶ月毎の飼育成績を附表2に、全期間を通じての飼育成績を表5に、平均重量の推移と収容密度の推移を図13に示す。水温の高い時期に区分けを行ったため8月5日～9月9日までの斃死が多く、特にトリカルネットに収容した斃死率は33%となった。同時期に胴丸籠に収容した斃死率は10%以下であったが、収容密度の高い1区の方が2区の2倍となった。トリカルネットに収容した区の斃死が高かった理由は明らかでないが、一因としてはハンドリングによって弱っていたうえに、トリカルネット籠は覆いがないため明るすぎたことがストレスとなり、大量斃死を招いたものと考えられる。しかし、以後はトリカルネット飼育でも胴丸籠飼育でも斃死数は減少し成長していることから、ハンドリング時期を考慮すれば、養殖籠としてはどちらを利用しても問題はないと考えられる。2月12日にお

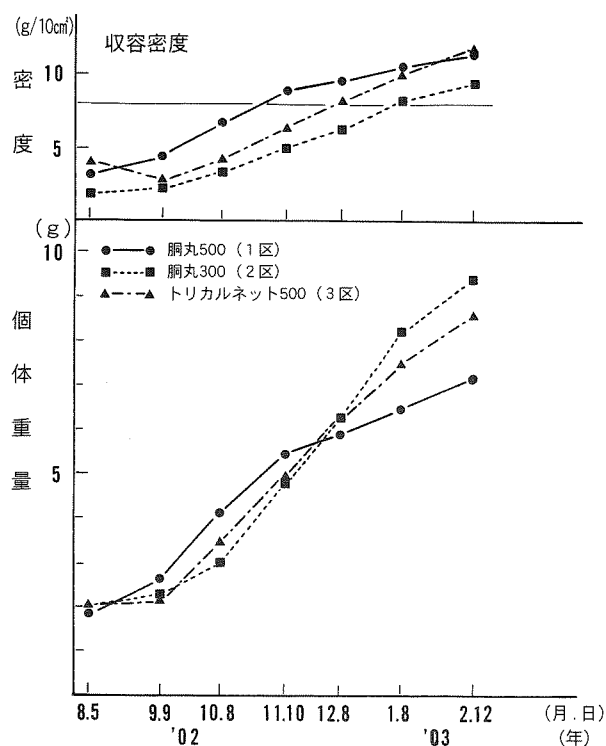


図13 海面生け簀にて飼育したアカウニの成長並びに収容密度の推移

る平均重量は2区が9.47g (平均殻長27.41mm)と最も良く、次いでトリカルネットで飼育した3区が8.64g (27.55mm)、最も成長が悪かったのは胴丸籠500個の1区で7.17g (24.86mm)であった。収容密度と成長の関係をみると、収容密度が10cm²当たり8gを超えると増重倍率が悪く、また10gを超えると斃死が増加する傾向がみられ、アカウニの収容密度としては10cm²当たり8g以下で飼育することが望ましいと考えられる。今回の結果から、アカウニは6ヶ月間の飼育で個体重量が10g以下と成長が悪いことから養殖には不向きと考えられた。しかし、今回はアオサの単独餌料で飼育を行っているが、サザエのように複合餌料で飼育することにより良好な成長が得られると期待される。

表5 アカウニの飼育成績

試験区	供試個数	平均体重 (g)		増重量 (g)	増重倍率	給餌量 (g)		斃死個数	斃死率 (%)
		開始時	終了時			アオサ	ヒロメ		
1	500	1.90	7.17	2,391.2	3.52	12,820	3,280	68	13.60
2	300	1.90	9.47	2,181.0	4.83	10,850	3,280	19	6.33
3	500	2.03	8.64	2,562.0	3.52	12,150	3,300	172	34.40

なお、今回はサザエやアカウニの餌料からの窒素・リンの取り込み量、排泄物として海水中に放出する量の把握は行ってないが、これについては次年度以降に実施予定である。

文 献

- 1) 窪田敏文 (1977) : 自家汚染の実態. 「浅海養殖と自家汚染」, (日本水産学会編), 恒星社厚生閣, 東京, pp.13-18.
- 2) 加来靖弘・渡辺勇二郎 (1981) : 魚類養殖漁場における沈降と堆積. 「内湾沿岸域における沈降・堆積過程」, (堆積研究会), (社) 日本水産資源保護協会, 東京, pp.107-125.
- 3) 代田昭彦 (1990) : 養殖場の汚染と被害の現状. 「海面養殖と養魚場環境」, (渡辺競編), 恒星社厚生閣, 東京, pp.11-27.
- 4) 門谷茂 (2000) : 養殖漁場の環境と管理. 「有害・有毒赤潮の発生と予知・防除」, (石田祐三郎・本庄凡夫・福代康夫・今井一郎編), (社) 日本水産資源保護協会, 東京, pp.236-256.
- 5) 大野正夫 (1999) : アオサと大繁殖. 「アオサの利用と環境修復」, (能登谷正浩編), 成山堂書店, 東京, pp.1-15.
- 6) 許波濤・平田八郎 (1990) : マダイ稚魚の成長と体色に及ぼすアナアオサ変異種のフィードバック効果. 水産増殖, 38 (2), 117-182.
- 7) 許波濤・山崎繁久・平田八郎 (1993) : ヒラメ飼料に対するアナアオサ変異種の好適添加率. 水産増殖, 41 (4), 461-468.
- 8) 山内達也・松田宗之・山崎繁久・平田八郎 (1994) : マダイとアナアオサ変異種の還元給餌型養殖. 養殖, 31 (12), 68-71.
- 9) 平田八郎 (1999) : 養殖魚介類への餌料化. 「アオサの利用と環境修復」, (能登谷正浩編), 成山堂書店, 東京, pp.106-117.
- 10) 榎山晃晴 (2001) : ホンダワラ類の組織培養による増養殖用種苗生産技術開発. 平成11年度和歌山県農林水産総合技術センター水産増殖試験場報告, 32, 49-59.
- 11) 佐々木久雄・田中千景・一宮睦雄・西村修・谷口和也 (2002) : 大型褐藻による富栄養化の抑制. 「水産業における水圏環境保全と修復機能」 (日本水産学会編), 恒星社厚生閣, 東京, pp.119-131.
- 12) 木村 創 (1996) : IV新品種作出技術開発事業, ホンダワラ類2種とヒジキの組織培養. 平成7年度和歌山県水産増殖試験場報告, 28, 22-27.
- 13) 木村 創・能登谷正浩 (1996) : 和歌山県田辺湾における養殖ヒロメ種苗の沖出し時期と養成水深の検討. 日本水産学会, 62 (5), 723-726.
- 14) 木村 創 (1996) : 田辺湾における養殖, 天然ヒロメの成長比較. 和歌山県水産増殖試験場報告, 28, 12-18.
- 15) 伊藤龍星 (2003) : 浅海増養殖に関する研究 (6) 有用藻類養殖試験 (ヒジキ). 平成13年度大分県海洋水産研究センター浅海研究所事業報告, 17-19.
- 16) 右田清治 (1985) : 大村湾産アナアオサの不稔性変異種. 長崎大学水産学部研究報告, 57, 33-37.
- 17) 木村 創・難波武雄・小川満也 (1992) : V地域特産種増殖技術開発事業. 和歌山県水産増殖試験場報告, 23, 21-27.

附表1 餌料別飼育によるサザエの期間毎の飼育成績

区	供試 個数	平均体重 (g)		増重量 (g)	増重 倍率	給餌量 (g)				斃死 個数	斃死率 (%)
		開始時	終了時			アオサ	ペレット	ワカメ	ヒロメ		
7月22日～8月20日											
1	450	3.82	5.20	582	1.34		660			15	3.33
2	470	3.66	5.21	715	1.42	2,000	210			5	1.06
3	490	3.49	5.50	971	1.57	1,600		480		5	1.02
4	650	2.56	3.53	519	1.31	2,900				63	9.69
8月21日～9月24日											
1	435	5.20	6.93	753	1.33		950			0	0.00
2	465	5.21	7.09	856	1.35	2,500	400			5	1.08
3	485	5.50	8.39	1,393	1.52	2,300		830		2	0.41
4	587	3.53	4.78	722	1.35	3,800				5	0.85
9月25日～10月22日											
1	435	6.93	8.88	835	1.28		1,280			3	0.69
2	460	7.09	8.98	869	1.27	2,200	560			0	0.00
3	483	8.39	11.32	1,364	1.34	2,200		880		9	1.86
4	572	4.78	5.84	589	1.22	4,000				6	1.05
10月23日～11月25日											
1	432	8.88	10.62	741	1.19		1,960			2	0.46
2	460	8.98	11.12	962	1.23	2,600	940			4	0.87
3	474	11.32	14.37	1,446	1.27	2,400		950		0	0.00
4	566	5.84	7.13	730	1.22	4,500				0	0.00
11月26日～12月25日											
1	430	10.62	11.71	469	1.10		1,500			0	0.00
2	456	11.12	12.90	786	1.15	2,500	720			4	0.88
3	474	14.37	16.36	943	1.14	2,600		500		0	0.00
4	566	7.13	8.22	617	1.15	3,900				0	0.00
12月26日～1月27日											
1	430	11.71	12.52	348	1.07		1,200			0	0.00
2	452	12.90	14.49	719	1.12	1,600	570		400	0	0.00
3	474	16.36	18.22	863	1.11	1,800		440	400	2	0.42
4	566	8.22	8.68	260	1.06	2,550			600	0	0.00
1月28日～2月24日											
1	430	12.52	13.28	300	1.06		1,020			4	0.93
2	452	14.49	15.34	361	1.06		480		1,700	3	0.66
3	472	18.22	19.31	466	1.05			360	1,700	5	1.06
4	566	8.68	9.26	328	1.07				3,750	0	0.00
2月25日～3月31日											
1	426	13.28	14.52	499	1.09		1,020			4	0.94
2	447	15.34	16.38	424	1.06		480		5,800	5	1.12
3	462	19.31	20.87	616	1.07			500	5,800	10	2.16
4	564	9.26	9.95	379	1.07				10,000	2	0.35

附表2 期間毎のアカウニの飼育成績

区	供試 個数	平均体重 (g)		増重量 (g)	増重 倍率	給餌量(g)		斃死 個数	斃死率 (%)	収容密度 (g/10cm ²)
		開始時	終了時			アオサ	ヒロメ			
8月5日～9月9日										
1	500	1.90	2.69	341.2	1.36	1,900		40	8.00	3.37
2	300	1.90	2.29	103.3	1.18	1,050		12	4.00	2.02
3	500	2.03	2.19	-100.7	0.90	1,000		165	33.00	4.06
9月10日～10月8日										
1	460	2.69	4.15	667.5	1.54	2,000		2	0.43	4.39
2	288	2.29	3.49	340.4	1.52	1,100		3	1.04	2.34
3	335	2.19	3.09	298.4	1.41	1,500		2	0.60	2.93
10月9日～11月10日										
1	458	4.15	5.45	595.4	1.31	2,500		0	0.00	6.74
2	285	3.49	5.01	433.2	1.44	2,300		0	0.00	3.53
3	333	3.09	4.84	582.8	1.57	2,200		0	0.00	4.12
11月11日～12月8日										
1	458	5.45	5.88	196.9	1.08	2,460		0	0.00	8.85
2	285	5.01	6.33	376.2	1.26	2,560		0	0.00	5.06
3	333	4.84	6.27	466.8	1.29	2,800		3	0.90	6.45
12月9日～1月8日										
1	458	5.88	6.51	285.3	1.11	2,760		1	0.22	9.55
2	285	6.33	8.24	540.2	1.30	2,760		1	0.35	6.40
3	330	6.27	7.42	379.5	1.18	3,150		0	0.00	8.28
1月9日～2月12日										
1	457	6.51	7.17	212.0	1.07	1,200	3,280	25	5.47	10.55
2	284	8.24	9.47	335.1	1.14	1,080	3,280	3	1.06	8.30
3	330	7.68	8.64	308.2	1.12	1,500	3,300	2	0.61	10.14