

不稔性アオサの養魚用餌料への添加試験 〔養殖特産技術開発試験〕

増殖科 浜渦 敬三

1. 目的

現在水産養殖業は、魚価の低迷、餌料代の高騰、環境の悪化、疾病の増大等により厳しい状況にあり、現在の消費者ニーズに則した、良好な環境で投薬を出来るだけ減らした健全な養殖魚作りは、その解決方法として有効な手段の一つといえる。その意味からも、魚類養殖場での不稔性アオサの養殖は窒素回収による環境改善もさることながら、収穫した不稔性アオサの家畜用、魚類養殖用餌料添加物としての有効性が期待されている。

そこで本試験は不稔性アオサの養魚用餌料への添加物としての有効性を検討し、利用可能性を探ることを目的として行った。

2. 担当者

増殖科 科長 山中 弘雄
技師 浜渦 敬三

3. 方法

ブリを対象魚種とし、昨年度の試験¹⁾では乾燥アオサ添加区が未乾燥アオサ添加区よりも飼料効率が高かったため、オレゴンタイプモイストペレット(以下OMPと呼ぶ)に乾燥状態の不稔性アオサを添加したものを飼料に用いた。

まず、ブリ稚魚を用いて陸上水槽で短期飼育試験を行い成長、飼料効率から最適な添加率を選定した(添加率試験)。続いてその添加率を用いて、海面小割網におけるブリ0才魚及び1才魚の長期飼育試験を行い、成長、飼料効率等を検討した。

A: 飼料

1) 添加率試験

試験飼料は対照区の1区には市販のマッシュとイカナゴを5:5で配合したものにフィードオイルを外割で5%添加したOMPを用いた。試験区の2区、

3区、4区及び5区には対象区のOMPに乾燥アオサを外割りでそれぞれ3%、6%、9%及び12%添加した。飼料は造粒した日も含めて最長で8日以内に使用し、残ったものは廃棄した。

2) 長期飼育試験

試験飼料は0才魚対照区の6区、1才魚対照区の8区には市販のマッシュとカタクチイワシを5:5で配合したものにフィードオイルを外割で5%添加したOMPを用いた。0才魚アオサ添加区の7区及び1才魚アオサ添加区9区には対照区のOMPに乾燥アオサを外割りで3%添加した。飼料は造粒した日も含めて最長で8日以内に使用し、残ったものは廃棄した。

表1 試験飼料の配合組成

	(%)			
	6区	7区	8区	9区
カタクチイワシ(及びマイワシ)	50.0	50.0	50.0	50.0
市販マッシュ※1	50.0	50.0	50.0	50.0
小計	100.0	100.0	100.0	100.0
スクワラ肝油※2	5.0	5.0	5.0	5.0
アサ乾燥粉末		3.0		3.0
乾物の一般化学成分				
粗タンパク	56.2	54.9	56.2	54.9
粗脂肪	14.4	14.2	14.4	14.2
炭水化物	16.3	17.0	16.3	17.0
粗灰分	13.2	14.0	13.2	14.0
エネルギー量(kcal)※3	4,137	4,083	4,137	4,083
C/P比	73.6	74.4	73.6	74.4

※1: マチライト50 (丸紅飼料K.K.・市販品)

※2: リン フィード オイルΩ (理研ビタミクK.K.・市販品)

※3: 可消化エネルギー値

(タンパク質: 4.5、脂質: 8.0、炭水化物: 2.8 kcal/g)

B: 飼育

6月13日に養殖業者から平均体重6.0gのブリ稚魚2,000尾を購入し、7月7日までイカナゴに総合ビタミン剤を添加した飼料で海面小割において予備飼育を行い、7月8日から7月20日までイカナゴを用いたOMPへと馴致飼育した。

1) 添加率試験

7月21日に陸上0.5tタンクへ移送し選別、区分

けを行い各区30尾で試験を開始し、8月23日に終了した。

給餌は開始2週目までは1日2回、以降1日1回とし、日曜日と計測日は給餌を休んだ。給餌量はほぼ飽食とした。

2) 長期飼育試験

0才魚はイカナゴを用いたOMPからカタクチイワシを用いたOMPに馴致飼育し9月3日に選別、区分けを行い各区200尾で試験を開始し11月29日に終了した。

1才魚は昨年から当場で飼育していたものを使用した。9月3日に選別、区分けを行い各区100尾で試験を開始したが、試験開始5日目で盗難にあったため、10月4日に再度選別、区分けを行い各区62尾で試験を再開し11月29日に試験を終了した。

小割網は3.4m×3.4m×3.5mのものを使用した。給餌は1日1回として、日曜日と網換え日は給餌を休んだ。但し、0才魚は10月2日から10月8日までの間連鎖球菌症発症のため給餌を休んだ。給餌量はほぼ飽食とした。網換えは2週間に1回とし、同時に計数、計量を行った。

C: 測定及び測定方法

1) 添加率試験

飼育試験開始時の7月29日、8月9日、及び終了時の8月23日に計数及び体重、尾叉長の測定を行った。

2) 長期飼育試験

飼育試験開始時の9月5日、9月20日、10月4日、10月18日、11月1日、11月15日、及び終了時の11月29日に計数、及び総魚体重の測定を行った。また、開始時及び終了時にサンプリングを行い、魚体重、尾叉長及び各組織の重量測定、体色、筋肉中の遊離アミノ酸、可食部の一般化学成分の測定を行った。また、0才魚については低酸素耐性試験を行った。

一般化学成分、遊離アミノ酸、体色の測定方法及び低酸素耐性試験の方法は以下のとおりである。

一般化学成分の測定については、水分及び粗灰分は常法、粗タンパク質はマイクロケルダール法、粗脂肪はエーテル抽出法を用い、1からこれらの合計

を引いたものを炭水化物量とした。

遊離アミノ酸については日立835アミノ酸自動分析機を、色彩色差についてはミノルタ社製色彩色差計CR200を用いて鰓蓋中央の黄色部分を測定した。

低酸素耐性試験は中川²⁾らの方法に従い、6区、7区について0.3tのパンライト中に供試魚を密閉し、DOの推移と供試魚の横転までの時間を記録した。

なお、これらの測定にあたっては高知大学の協力を仰いだ。

4. 結 果

1) 添加率試験

添加率試験における成長、生残率、及び飼料効率を表2に示した。試験終了時の生残率は2区及び3区が96.7%、1区、4区及び5区が100%と全区とも95%以上の生残率であった。成長については、試験開始時の各区の平均体重117.2g～123.6gが、試験終了時には対照区の1区が164.5g、2区が174.1g、3区が165.8g、4区が158.6g、5区が166.6gとなった。

表2 添加率試験における成長、生残率及び飼料効果

	1区	2区	3区	4区	5区
合計体重(g)					
開始時	3517	3647	3596	3548	3709
終了時	4935	5222	4974	4759	4999
増重量	1418	1575	1378	1211	1290
平均体重(g)					
開始時	117.2	121.6	119.9	118.3	123.6
終了時	164.5	174.1	165.8	158.6	166.6
増重量	47.3	52.5	45.9	40.3	43.0
餌料効率(%)	23.1	26.4	24.0	23.2	24.2
生残率(%)	100.0	96.7	96.7	100.0	100.0

飼料効率については2区が44.0%と最も高く、ついで5区が40.2%、3区が40.0%、4区が38.6%、1区が38.5%となった。

2) 長期飼育試験

A: 生残率と成長

長期飼育試験における生残率を図1に、成長を図2に示した。飼育試験終了時の生残率は8区、9区が100%、7区が96%、6区が76%となり6区のみ

極端に低い結果となった。この6区の主なへい死原因は連鎖球菌症によるものであった。

成長については、0才魚の試験開始時の平均体重188g～193gが、試験終了時には対照区の6区が665g、7区が625gとなり、1才魚の試験開始時の平均体重981g～1,007gが、試験終了時には対照区の8区が1,722g、9区が1,522gとなった。

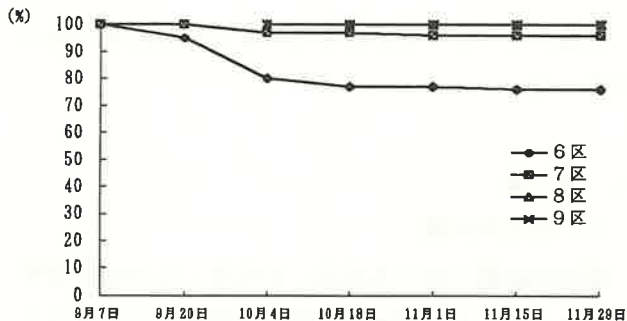


図1 長期飼育試験における生残率推移

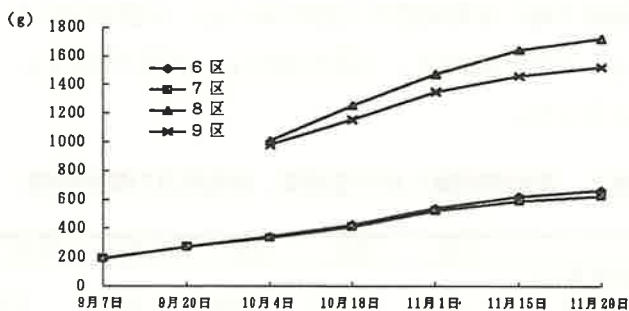


図2 長期飼育試験における成長の推移

B: 飼料効率等

長期飼育試験における飼料効率の推移を表4に、タンパク質効率の推移を表5に、エネルギー効率の推移を表6に、栄養成分等の蓄積率を表7に示した。

飼料効率は全期間を通算すると、0才魚では7区が56.9%、6区が46.9%とアオサ添加区が高い値を示したが、1才魚では8区が38.6%、9区が34.4%と対照区が高い値を示した。

タンパク質効率についても全期間通算すると、0才魚では7区が1.037、6区が0.834とアオサ添加区が高い値を示し、1才魚では8区が0.688、9区が0.

627と対照区が高い値となった。

エネルギー効率についても同様の傾向を示し、全期間を通算すると0才魚では7区が13.9、6区が11.3とアオサ添加区が高い値となり、1才魚では8区が9.3、9区が8.4と対照区が高い値となった。

栄養成分等の蓄積率は以下のとおりであった。まずタンパク質については、0才魚では7区が24.9、6区が20.6とアオサ添加区が高い値を示し、1才魚では8区が16.8、9区が15.5と対照区が高い値を示した。次に脂肪についてはその他の指標とは異なった傾向を示し、0才魚では6区が6.5、7区が6.3と対照区が高い値を示し、1才魚でも8区が15.3、9区が7.5と対照区が高い値を示した。エネルギーについては、0才魚では7区が21.0、6区が18.2と対照区が高い値を示し、1才魚では8区が17.9、9区が14.2と対照区が高い値を示した。

表3 日間給餌率 (乾物換算)

	6区	7区	8区	9区	平均水温
I期 (9月7日～9月20日)	2.71	2.63			27.4
II期 (9月21日～10月4日)	1.95	2.00			25.1
III期 (10月5日～10月18日)	1.96	1.79	2.69	2.53	24.5
IV期 (10月19日～11月1日)	2.37	2.22	2.22	2.07	23.7
V期 (11月2日～11月15日)	2.15	2.04	2.17	1.97	20.7
VI期 (11月16日～11月29日)	1.73	1.55	1.59	1.63	19.0
全期間	2.15	2.04	2.17	2.05	

表4 飼料効率 (乾物換算)

	6区	7区	8区	9区	平均水温
I期 (9月7日～9月20日)	80.7	80.2			27.4
II期 (9月21日～10月4日)	45.5	61.8			25.1
III期 (10月5日～10月18日)	26.0	67.0	52.3	42.5	24.5
IV期 (10月19日～11月1日)	58.7	67.6	47.4	50.3	23.7
V期 (11月2日～11月15日)	42.6	38.4	34.5	27.1	20.7
VI期 (11月16日～11月29日)	27.8	26.5	20.4	17.9	19.0
全期間	46.9	56.9	38.6	34.4	

表5 タンパク質効率 (乾物換算)

	6区	7区	8区	9区	平均水温
I期 (9月7日～9月20日)	1.436	1.461			27.4
II期 (9月21日～10月4日)	0.809	1.126			25.1
III期 (10月5日～10月18日)	0.462	1.221	0.930	0.774	24.5
IV期 (10月19日～11月1日)	1.045	1.232	0.843	0.916	23.7
V期 (11月2日～11月15日)	0.758	0.699	0.615	0.494	20.7
VI期 (11月16日～11月29日)	0.495	0.484	0.362	0.326	19.0
全期間	0.834	1.037	0.688	0.627	

表6 エネルギー効率 (乾物換算)

	6区	7区	8区	9区	平均水温
I期 (9月7日～9月20日)	19.5	19.6			27.4
II期 (9月21日～10月4日)	11.0	15.1			25.1
III期 (10月5日～10月18日)	6.3	16.4	12.6	10.4	24.5
IV期 (10月19日～11月1日)	14.2	16.6	11.5	12.3	23.7
V期 (11月2日～11月15日)	10.3	9.4	8.4	6.6	20.7
VI期 (11月16日～11月29日)	6.7	6.5	4.9	4.4	19.0
全期間	11.3	13.9	9.3	8.4	

表7 全期間の栄養成分等の蓄積率*1

	6区	7区	8区	9区
タンパク質	20.6	24.9	16.8	15.5
脂肪	6.5	6.3	15.3	7.5
エネルギー*2	18.2	21.0	17.9	14.2

※1：蓄積率＝一尾当たりの栄養成分等の蓄積量／
栄養成分等の摂取量

※2：体成分は総エネルギー値（タンパク質：5.65、脂肪：
9.40kcal/g）を飼料は代謝エネルギー値（表－
2に同じ）を用いた。

C：魚体測定及び内臓測定

飼育試験終了時における体性状を表8に示した。

肥満度については、0才魚では7区が16.3、6区
が16.2と大きな差はなく、1才魚については8区が
17.1、9区が16.6と対照区が高い値を示した。

比肝重については、0才魚では7区が10.3、6区
が9.5とアオサ添加区が高い値を示し、1才魚では
8区が14.4、9区が14.2と殆ど差がなかった。

全消化管の重量比については、0才魚では7区が
60.0、6区が51.4と対照区が高い値を示し、1才魚
では8区が77.6、9区が79.3と殆ど差がなかった。

表8 試験終了時における体性状

	6区	7区	8区	9区
尾叉長(g)	32.9±1.3	32.4±1.9	46.5±1.3	45.6±1.3
体重(cm)	577.1±58.8	560.7±114.1	1726±141	1590±234
肥満度	16.2±0.7	16.3±0.6	17.1±0.6	16.6±1.1
比肝重(%)	9.5±0.7	10.3±1.0	14.4±0.9	14.2±2.0
全消化管(%)	51.4±3.3	60.0±2.4	77.6±5.6	79.3±3.9
腸管長(%)	694±29	720±60	742±42	731±57

※ 肥満度＝1,000×体重／尾叉長³
比肝重、全消化管は体重に対する百分率、
腸管長は体重に対する百分率

D：魚体成分の一般分析

魚体可食部（背肉）の一般分析の結果を表9に示
した。

粗タンパクについては、試験終了時の6区が24.6、
7区が24.9、8区が24.0、9区が24.4と0才魚、1
才魚ともアオサ添加区が若干高い値を示した。

粗脂肪については、試験終了時の6区が2.0、7
区が1.6、8区が5.6、9区が3.0と0才魚、1才魚と
もアオサ添加区が低い値を示した。水分含量につい
ては、これに呼応した形でアオサ添加区が高い値を
示した。

表9 可食部の一般分析

項目	区	開始時	終了時
水分	6区	75.8±0.5	71.5±0.5
	7区		72.8±0.7
	8区	74.2±0.6	69.7±2.7
	9区		71.4±1.3
粗タンパク	6区	23.7±0.3	24.6±0.2
	7区		24.9±0.3
	8区	23.0±0.3	24.0±0.6
	9区		24.4±0.3
粗脂肪	6区	0.84±0.49	2.0±0.5
	7区		1.6±0.4
	8区	1.08±0.56	5.6±3.2
	9区		3.0±1.4
粗灰分	6区	1.36±0.06	1.3±0.1
	7区		1.4±0.1
	8区	1.35±0.03	1.3±0.1
	9区		1.3±0.1

E：筋肉エキス中の遊離アミノ酸量

背肉100gに含まれる筋肉エキス中のアミノ酸量
を表10に示した。

全体的な傾向では、ヒスチジンが最も多く全体の
72.7～83.3%を占め、次にアンセリンが2.0～5.5%、
以下リジン、タウリン、アラニン等が数%を占めて
いる。

個々の傾向では、タウリンについては0才魚、1
才魚ともに20～50%の減少が見られ、グリシンにつ
いても0才魚、1才魚とも50～30%の減少が見られ、
同様にアラニンについても0才魚、1才魚とも15～
60%の減少が見られた。しかし、どのアミノ酸につ
いてもアオサ添加に伴う著しい差異は認められなかつ
た。

表10 魚体可食部エキス中の遊離アミノ酸量

	0才開始時	0才終了時	1才開始時	1才終了時
	6区	7区	8区	9区
P-Ser	0.5	0.2	0.3	0.4
Tau	81.4	18.8	20.7	48.1
PEA	0.0	0.0	0.0	0.0
Urea	0.0	0.0	0.0	0.0
Asp	0.8	0.5	1.0	0.4
Thr	4.6	2.8	4.0	3.7
Ser	3.1	2.0	3.6	2.3
Glu	6.8	7.4	2.9	7.6
Gin	8.9	6.8	8.7	8.5
Sar	4.7	0.0	0.0	0.0
α-AAA	0.7	1.5	0.0	3.3
Gly	10.6	5.0	6.9	10.4
Ala	25.1	9.8	9.7	11.7
Cit	0.0	0.0	3.0	0.0
α-ABA	0.1	0.0	0.0	0.1
Val	3.5	1.2	0.0	2.2
Cys	0.0	0.0	0.0	0.0
Met	1.5	1.3	2.1	1.5
Cysthi	0.8	0.8	0.4	0.1
Ile	1.8	1.4	1.5	1.7
Leu	3.6	1.3	2.6	2.5
Tyr	3.4	2.0	3.6	3.1
Phe	2.4	1.3	2.1	2.2
β-Ala	0.0	0.2	0.6	0.2
β-AiBA	0.0	0.4	0.3	0.0
γ-ABA	0.0	0.1	0.2	0.0
EtOHNH2	1.2	0.4	0.6	1.2
NH3	14.0	10.1	10.4	14.3
Hylis	0.7	1.3	1.5	1.0
Orn	6.1	11.6	10.4	15.0
Lys	28.7	39.8	24.9	27.4
l-Methis	0.0	0.0	0.0	0.0
Nis	848.4	1045.0	1023.7	837.8
3-Msthis	4.4	3.6	3.3	2.2
Ans	17.6	69.2	67.0	63.8
Car	0.0	2.7	5.7	0.0
Arg	6.9	5.0	5.4	7.0
AspNH2	0.0	0.0	0.0	1.4
Hyp	0.0	0.0	0.0	0.0
Pro	0.0	0.0	0.0	0.0

F：低溶存酸素に対する耐性試験

低酸素に対する耐性試験の結果を図3に示した。

対照区の6区では、酸素飽和度17%、26分経過時から横転し始め、酸素飽和度15%、32分経過時で10尾全てが横転した。また、アオサ添加区の7区では、酸素飽和度18%、27分経過時から横転し始め、酸素飽和度16%、32分経過時で10尾全てが横転した、アオサ添加による貧酸素耐性の向上は認められなかった。

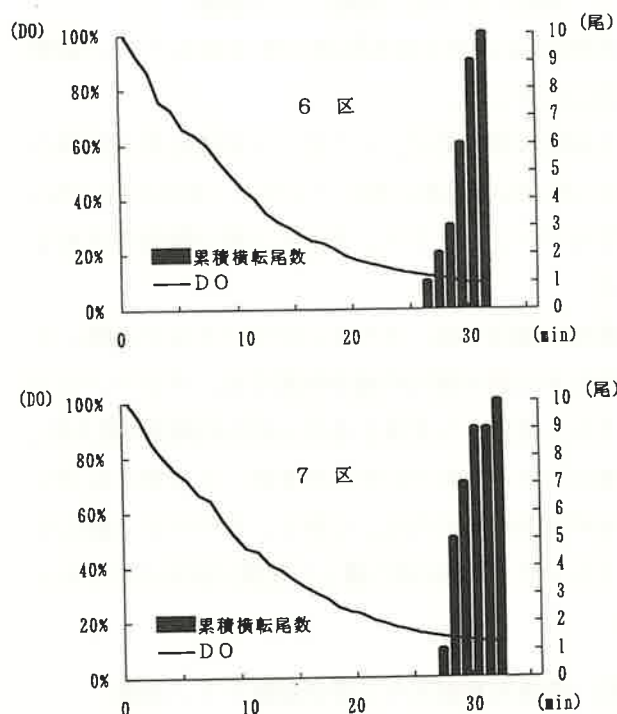


図3 低溶存酸素に対する耐性試験

G：体表の色彩色差

試験終了時における体表の色彩色差の測定結果を表11に示した。

0才魚については、色度を表すCIE表色系におけるx値、y値、及びLab表色系におけるa値、b値は区間に明瞭な差はなかったが、明度を表すCIE表色系におけるY値、及びLab表色系におけるL値は7区が高い値を示した。また、6、7区間の色差は11.53と高い値を示した。1才魚については、CIE表色系におけるx値、y値、及びLab表色系におけるa値、b値は両区間に明瞭な差はなかったが、明度を表すCIE表色系におけるY値、及びL

ab表色系におけるL値は9区がやや高い値を示した。また、8、9区間の色差は3.83であった。

表11 試験終了時における体表色の数値的表現

	6区	7区	8区	9区
尾叉長(cm)	34.4±0.8	32.9±1.4	45.1±2.4	44.2±1.9
体重(g)	710±50	605±95	1630±330	1450±230
Lab表色系				
L	53.08±5.69	64.32±4.76	48.08±5.59	51.72±8.07
a	-7.87±1.47	-7.66±2.08	-6.89±1.41	-5.72±2.22
b	19.14±4.45	21.71±1.49	25.33±3.98	25.56±6.50
CIE表色系				
Y	22.65±3.71	33.59±6.31	16.86±3.82	21.19±8.70
x	0.352±0.008	0.348±0.009	0.370±0.007	0.373±0.017
y	0.388±0.010	0.379±0.007	0.406±0.013	0.403±0.018
ΔE*		11.53		3.83

※NBS単位 感覚的差：ΔE、trace(かすかに)：0～0.5、slight(わずかに)：0.5～1.5、noticeable(感知せられるほどに)：1.5～3.0、appreciable(めだつほどに)：3.0～6.0、much(大いに)：6.0～12.0、very much(多大に)：12.0以上

5. 考察

添加率試験においては、アオサ給餌区の摂餌性が対照区と同程度であったため、生残率が若干低いものの、結果としてアオサ3%添加区が成長、餌料効率とも最も高い値を示し、この結果から長期飼育試験に用いる添加率を3%と決定したが、これらの指標のみでの添加率の決定が十分かどうかは再考の余地も残される。

長期飼育試験の0才魚について見てみると、成長では対照区の6区がアオサ添加区の7区よりも40g高い値を示したものの、生残率では6区が76%であるのに対して7区が96%と、20%もの大きな開きがあった。この連鎖球菌症による6区の生残率の低下は、アオサ給餌による抗病性の増大を示唆するものであり、成長の低下を伴った抗病性の増大は、クロレラエキスを添加飼料を与えたアユ³⁾に見られた現象と一致する。しかし、成長の抑制と抗病性の増大の因果関係は定かではないため、今後は給餌量、成長量等の条件を揃えた上での抗病性の検討が必要と思われる。また、飼料効率、タンパク質効率、及びエネルギー効率は全て7区が高い値を示し、タンパク質、エネルギーの蓄積率も7区が高い値であったことから、摂餌性の低下さえ解決できれば、成長の鈍化を防ぐことが出来るものと思われる。加えて、飼料効率が高いにもかかわらず脂肪の蓄積率が低いことは、クロレラエキスを添加飼料を与えたブリ⁴⁾の脂

肪含量の減少と同様の効果が現れたものと推察される。低溶存酸素に対する耐性試験では、6、7区間に明瞭な差は見られず、クロダイで確認されている²⁾アオサ給餌による耐貧酸素性の向上は認められなかった。体表の色彩色差については、7区がより明るい体色であるとの結果が示され、視感覚の差異を数値的に表現した色差の単位であるNBS (National Bureau of Standards) 単位においても6、7区間の体色が“much (大いに)”異なる結果となり、実際に目で見た感覚が数値的にも証明された結果となった。

次に、長期飼育試験の1才魚について見ると、生残率こそ差が認められないものの、成長、飼料効率、タンパク質効率、エネルギー効率、及び各栄養成分の蓄積率の全てについて8区が高い値を示し、0才魚とは全く逆の結果となった。この原因については、摂餌性の悪さが最も大きいウエイトを占めると思われ、1才魚についても、給餌量等を揃えた上での再検討が必要ではないかと思われる。一方、体色については0才魚と似通った傾向を示し、アオサ給餌により体色の明度が向上し、8、9区間の色差は“noticeable (感知せられるほどに)”異なる結果となった。

これらの結果を総合的に考察すると、0才魚では、アオサの物理、化学的要素が魚体に何らかの作用を

及ぼし、結果として魚体成分、生理に「+」の効果を生み出したと考えられ、抗病性の増大、体色の明化はこれが最も顕著な形で現れたものと推察される。今後はこの2点を優先課題として取り組む必要がある。また、1才魚でアオサの添加効果が現れ難かった原因として、摂餌性の悪さの他に、0才魚よりも成長度合いが遅いこともその一つと考えられる。今後はさらに摂餌性を向上させた上での、より長期的な試験、及び異なった指標からの評価も必要と思われる

6. 参考文献

- 1) 安藤裕章 (1996) : ハマチ等養魚用飼料への不稔性アオサ添加試験, 平成6年度高知水試事報
- 2) 中川平介・笠原正五郎・杉山瑛之・和田功 (1984) : クロダイに対するアオサ添加飼料の効果, 水産増殖, 32, 20~28
- 3) 中川平介・笠原正五郎・宇野悦央・見奈美輝彦・明楽公男 (1981) : 養殖アユの抗病性に及ぼすクロレラ添加飼料の効果, 水産増殖, 29, 109~116
- 4) 中川平介・熊井英水・中村元二・笠原正五郎 (1982) : 養殖ハマチに及ぼすクロレラエキスを添加飼料の効果— 血液性状からみた負荷 (空気中放置) 抵抗力への効果, 水産増殖, 30, 76~83