

赤潮対応型給餌モデル開発研究

前野幸二，今給黎誠

【目 的】

海面養殖現場では赤潮対策として、餌止め、粘土や塩の散布、生簀の沈下等の被害低減策を講じているが、有害赤潮の発生により時として養殖魚が大量へい死し、多大な被害を及ぼす。これらの対策のうち餌止めについては、その期間が長期化するほど成長の停滞や魚体重の減少といった悪影響が懸念され、特に、平成 22 年度において八代海で発生した *Chattonella antiqua* 赤潮は、約 1 ヶ月間継続したことから、餌止めによる魚体への影響が心配された。このため、本研究ではまず、一定の餌止め（絶食）期間を設け、その後、通常の給餌を再開し、絶食中の魚体への影響と絶食終了後の魚体回復状況を把握することとした。

試験 1（ブリ稚魚）

【方 法】

供試魚

鹿児島湾内で飼育された平均体重 121g のブリ稚魚を用いた。

飼育管理

対照区として絶食期間を設けない区を a 区，1 週間絶食区を b 区，2 週間絶食区を c 区，4 週間絶食区を d 区，6 週間絶食区を e 区，8 週間絶食区を f 区とし，対照区を除き反復区を設けた。各区 25 尾あるいは 20 尾を 1 トン FRP 製円形水槽に収容し，平成 23 年 7 月 14 日から 11 月 30 日までの 140 日間飼育した。各区，絶食期間中は無給餌とし，その期間が終了し給餌を再開する場合は，試験開始時から試験開始 8 週終了時までには市販 EP 飼料（S 社製）を 1 日に 1～2 回，魚体重の 2.5～4.0 % 量となるよう，また 9 週以降については各区飽食と思われる量を給餌した。

魚体測定

試験開始時は全区について魚体測定を行い，その後は，表 1 の間隔で実施した。各測定日においては該当する区の全尾数の尾叉長及び魚体重を測定し，得られた結果から肥満度を算出するとともに不定期に頭幅及び体幅を測定し，絶食による魚体への影響を確認した。

表1 魚体測定間隔

週	0	1	2	3	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20
a 区	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
b 区	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
c 区	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
d 区	○				○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
e 区	○						○	○	○	○	○	○	○	○	○
f 区	○								○	○	○	○	○	○	○

血液性状分析

試験開始時に 5 尾，絶食期間終了時に 3～5 尾を任意に取り上げ，尾柄部下部から採血を行った。採取した全血を用いてヘマトクリット(Ht)値を測定するとともに血漿を用いて血液性状を測定した。

魚体の成分分析

採血魚を用い、一般成分分析に供した。

【結果】

飼育成績

(1) 生残率

生残率の推移を図 1 に示す。試験終了時における生残率は、c 区が 97.8% で最もよく、次いで a 区の 96.0%、b 区の 88.9% であった。d 区については、絶食開始から 3 週間を経過した日に 1 尾がへい死した。その後、絶食 4 ~ 5 週にかけてへい死が相次ぎ、5 週終了時までにはほぼ全数がへい死した。e 区では、試験開始後 4 週目で 1 尾がへい死した。その後、しばらくへい死は見られなかったが、試験開始 5 週目以降から 8 週終了時まで一日に複数尾のへい死が続き、11 週目で全数がへい死した。最も絶食期間の長かった f 区では、試験開始後 4 週目に初めてへい死が見られた。その後、散発的にへい死し、絶食期間の終了する 8 週終了目前で全数がへい死した。

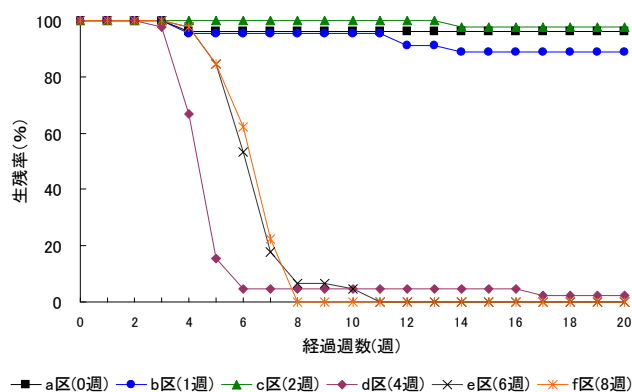


図 1 生残率の推移 (a 区以外は、反復区平均値)

(2) 魚体重

魚体重と平均水温の推移を図 2 に示す。期間中の水温は、19.3 ~ 27.9 (平均 24.4) で推移した。試験開始時の魚体重は 121.4g (全尾数平均) であった。試験開始時と比較し、絶食 1 週間後で 7.2g、絶食 2 週間後で 13.6g、絶食 4 週間後で 32.9g、絶食 6 週間後で 28.8g の減少となった。給餌再開後において、b 区だけは 1 週間以内に試験開始時の魚体重まで回復した。c 区及び d 区は、試験開始時の魚体重まで回復するのに 2 週間を要した。e 区は絶食期間が終了したその 1 週間後でも魚体重が減少しており、試験開始時の魚体重に回復するまで最も長い 3 週間を要したものの、試験開始後 11 週目で全尾数がへい死した。試験期間中における魚体重の増重率は、b 区が 381.7% で最も高く、次いで a 区の 366.4%、c 区の 352.8% と続いた。d 区は 274.2% と他区より劣った。

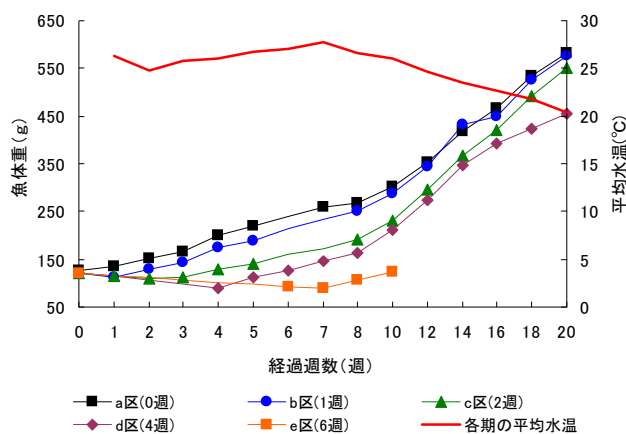


図 2 魚体重と平均水温の推移 (a 区以外は、反復区の平均)

(3) 尾叉長

尾叉長の推移を図 3 に示す。試験開始時の尾叉長は 20.9cm (全尾数平均) であった。b 区の尾叉長は、試験開始から 5 週間後の測定時まで僅かながら a 区より劣り、その差は広がったものの、それ以

降は両区の差は徐々に縮まり，終了時にはほぼ同等となった。c区は，5週終了の測定時までa区との成長差は拡大していき，その後8週終了の測定時までにはほぼ一定の成長差で推移した。しかし，その後のc区の成長はa，b区を上回り，終了時には両区とほぼ同等であった。d区は絶食期間の終了時点でa区との成長差が最も拡大した。給餌再開後，5週測定時にその格差は若干改善されたが，その後の8週終了の測定時で再び格差は拡大した。その後は，a区との成長差は徐々に小さくなったが，試験終了時までにはa区に追いつくことはできなかった。e区は給餌再開後もa区との成長差は縮まることなく拡大する一方で，試験開始から10週目までに全尾数がへい死した。

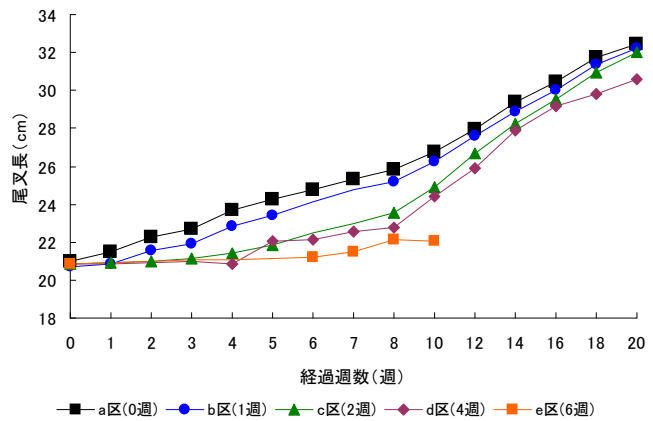


図3 尾叉長の推移 (a区以外は，2水槽の平均値)

(4) 肥満度

肥満度の推移を図4に示す。試験開始時の肥満度は13.2(全尾数平均)であった。絶食期間が4週間までのb，c，d区の肥満度は，給餌再開後，期間の経過とともに高くなり，b区は試験開始から8週経過後，c区は14週経過後にa区と同等となった。d区も試験開始から12週経過後にはほぼ同等となったが，その後は，16前後で推移した。e区は，絶食期間が終了した1週間後(試験開始後7週間後)まで低下したが，その後，上昇に転じた。

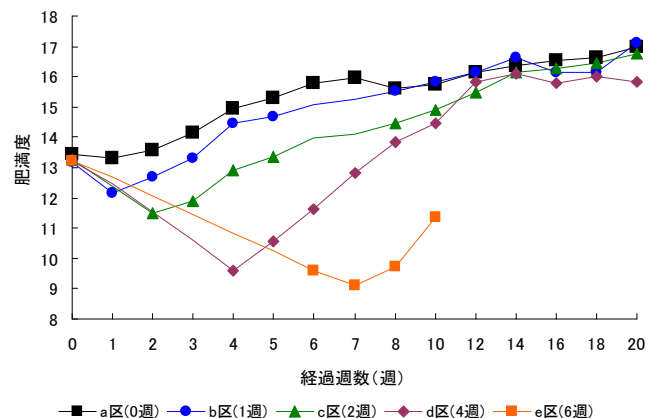


図4 肥満度の推移 (a区以外は，2水槽の平均値)

次に，頭幅に対する体幅の割合(Wとする)と肥満度の関係を図5に示す。絶食1週間後(b区)は，肥満度11.8，W81.8%であった。絶食2週間後(c区)は，肥満度11.7，W78.7%，絶食4週間後(d区)は，急激に値が小さくなり，肥満度9.6，W54.9%，絶食6週間後(e区)では，肥満度9.9，W58.7%であった。絶食期間2週間と4週間の間で，肥満度及びWの値は急激な変化が見られた。絶食期間を設けなかったa区の試験開始4週間後における肥満度は15.3，W87.1%，試験開始5週間後の肥満度は15.0，W83.1%となった。

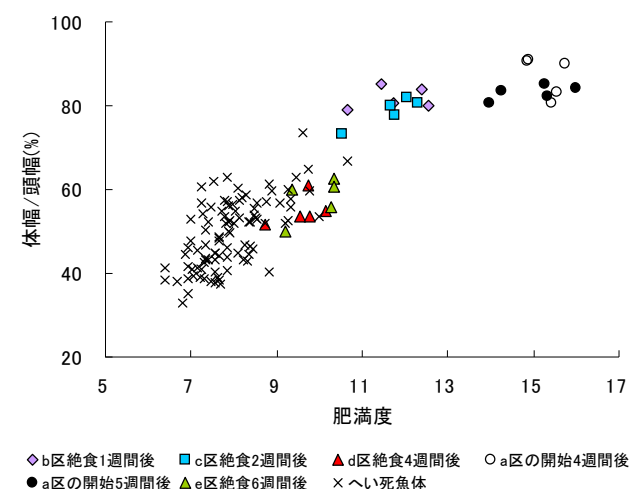


図5 肥満度と体幅/頭幅(W%)の関係

(5) 魚体の一般成分

魚体(片身)の一般成分分析結果を表2に示す。試験開始時は水分73.9%,粗蛋白質22.8%,粗脂肪1.4%,粗灰分1.5%であった。絶食期間の長期化とともに水分及び粗灰分が増加する一方,粗蛋白質及び粗脂肪は減少した。試験終了時においては,a区に比べb,c区は水分が少なく,粗脂肪が多かった。逆にd区はa区より水分が多く,粗脂肪が少なかった。

表2 魚体(片身)の一般成分分析結果

	水分(%)	粗蛋白質(%)	粗脂肪(%)	粗灰分(%)
開始時	73.9	22.8	1.4	1.5
絶食1週後(b区)	76.9	20.9	1.1	1.6
絶食2週後(c区)	78.2	19.7	0.6	1.6
絶食4週後(d区)	80.6	17.7	0.4	2.0
絶食6週後(e区)	84.4	14.8	0.2	1.8
a区(8週終了時)	73.3	22.8	3.3	1.7
終了時(20週後)				
a区(絶食0週)	69.7	23.4	6.0	1.7
b区(絶食1週)	68.9	22.6	6.6	1.6
c区(絶食2週)	68.4	23.3	6.7	1.7
d区(絶食4週)	70.7	22.8	5.6	1.7

(6) 血液性状

血液性状を表3に示す。開始時のヘマトクリット値は33.9%であったが,絶食1週間後で44.6%,2週後には45.2%に上昇した。しかし,絶食4週後になると開始時を下回り,さらに絶食6週後では最も低い28.3%となった。GOT,GPT,ALPは絶食期間の長期化とともに低下した。TCHO,TG,Glu,BUN,TPは絶食4週後に最低値を示し,絶食6週後には若干上昇した。試験終了時のヘマトクリット値は,全区で開始時を上回ったが,絶食4週後は最も低かった。絶食4週区では,栄養状態を反映する指標であるTCHO,TG,Gluが低かった。

表3 血液性状分析結果

項目	尾叉長 (cm)	体重 (g)	肥満度	Ht (%)	GOT (U/L)	GPT (U/L)	ALP (mg/dl)	TCHO (mg/dl)	TG (mg/dl)	Glu (mg/dl)	BUN (mg/dl)	TP (g/dl)
開始時	19.8	88.8	11.5	33.9	172.0	18.5	113.0	199.3	38.8	193.3	17.2	2.9
絶食1週後(b区)	19.9	94.2	11.8	44.6	136.4	15.2	155.4	219.0	42.0	178.8	18.6	3.1
絶食2週後(c区)	21.3	113.6	11.7	45.2	102.2	11.8	82.2	153.8	21.0	146.3	14.4	2.4
絶食4週後(d区)	21.3	93.2	9.6	30.1	71.0	17.6	50.4	19.2	1.0	59.8	5.8	0.9
絶食6週後(e区)	21.2	94.0	9.9	28.3	45.3	15.0	26.0	37.3	2.0	95.3	7.5	1.2
開始8週後(a区)	25.7	269.5	15.6	49.8	89.3	11.5	158.3	303.3	119.5	316.5	17.5	4.2
終了時(20週後)												
a区(絶食0週)	31.9	552.2	16.9	53.1	31.2	8.8	100.2	372.2	65.2	221.0	15.7	4.3
b区(絶食1週)	32.0	572.8	17.2	54.3	55.2	15.6	112.2	389.3	75.2	223.8	13.8	4.4
c区(絶食2週)	32.1	541.4	16.3	48.0	44.2	10.0	103.8	338.0	56.4	206.8	16.4	3.9
d区(絶食4週)	30.6	454.0	15.8	47.0	17.0	7.0	63.0	345.0	29.0	170.0	12.6	3.4

まとめ

当歳魚(121gサイズ)の場合,絶食期間が2週間までは生残率が高いが,4週間絶食区は殆どがへい死し,さらに6週間以上の長期の絶食区では全数がへい死した。試験終了時の魚体重は,1週間絶食区が最も優れ,次いで対照区,2週間絶食区の順となった。2週間絶食区は,対照区より僅かに劣ったが,飼育期間を経るに従い両区の差は縮小する傾向であったこと,一般成分分析結果や血液性状でも対照区や1週間絶食区とほぼ同等であったことことから,絶食(餌止め)期間が2週間程度までであれば,生残や給餌再開後の成長には影響しないものと推察された。

なお,絶食期間中にへい死した魚体を測定した結果,肥満度が11を下回るようになるとへい死が見られるようになり,特に,肥満度9以下でWが60%以下になるとへい死が多くなる傾向が見られた。

試験 2 (ブリ1歳魚)

【方 法】

供試魚

鹿児島湾内で養殖されていた平均体重 2,182g のブリ 1 歳魚を用いた。

飼育管理

対照区として絶食期間を設けない区を A 区, 1 週間絶食区を B 区, 2 週間絶食区を C 区, 4 週間絶食区を D 区, 8 週間絶食区を E 区とし, それぞれ海面生簀 (3.6m×3.6m×3.0m) に 45 尾ずつ収容した。飼育期間は, 平成 23 年 7 月 12 日から 11 月 28 日の 140 日間とした。給餌する場合は, 試験開始時から試験開始 8 週終了時まで, 市販 EP 飼料 (S 社製) を 1 日に 1 回, 魚体重の 1.5 ~ 2.5 % 量を, また 9 週以降については各区飽食と思われる量を給餌した。

魚体測定

魚体測定は, 表 4 の間隔で実施した。各測定日において該当する区内の全尾数の尾叉長, 魚体重を測定し, 得られた結果から肥満度を算出し, 絶食による魚体への影響を確認した。

表 4 魚体測定間隔

週	0	1	2	3	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20
A区	○	○	○		○		○		○		○	○	○	○	○
B区	○	○	○	○	○		○	○		○		○	○	○	○
C区	○		○		○		○	○		○		○	○	○	○
D区	○				○	○	○	○		○		○	○	○	○
E区	○								○		○	○	○	○	○

血液性状分析

試験開始時に 5 尾, 絶食期間終了時に 5 尾, 試験終了時に 5 尾/生簀を任意に取り上げ, 尾柄部下部から採血を行った。採取した全血を用いてヘマトクリット (Ht) 値を測定するとともに血漿を用いて血液性状を測定した。

魚体の成分分析

採血魚とは別に 5 尾/生簀の魚体の一般成分を分析した。

【結 果】

飼育成績

(1) 生残率

生残率の推移を図 6 に示す。試験終了時における生残率は, C 区が 100.0% で最もよく, 次いで A 区の 95.6, B, D 区の 93.3% と続き, E 区は最も悪く 77.8% であった。全区の中で最も早くへい死が発生したのは, 絶食期間 4 週間の D 区で試験開始後 4 週目であった。D 区以外は, 試験開始後 8 週 ~ 9 週の間で最初のへい死が発生した。A ~ D 区における総へい死数は, 2 ~

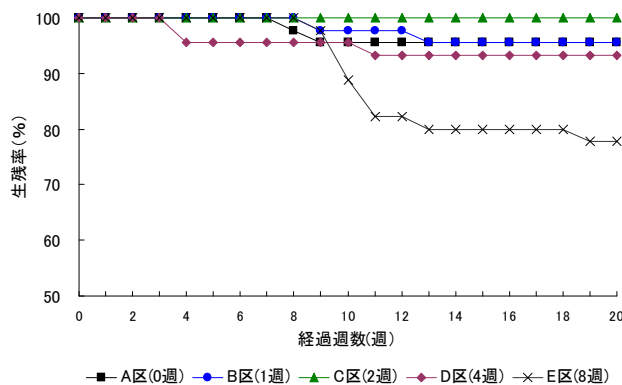


図 6 生残率の推移

3尾と僅かであった。しかし、絶食期間の最も長いE区においては、試験開始9～13週後の間に1～4尾/週がへい死しており、他区と差が見られた。

(2) 魚体重

魚体重と平均水温の推移を図7に示す。期間中の水温は、18.4～28.4（平均24.6）で推移した。試験開始時の魚体重は2,182g（全尾数平均）であった。試験開始時と比較した魚体重は、絶食1週間後で82.2g、絶食2週間後で106.7g、絶食4週間後で211.0g、絶食8週間後で376.7gの減少となった。試験開始時の魚体重までの回復期間が短かったのはB区及びC区で、給餌再開2週間後であった。D区及びE区については、いずれも給餌再開6週間後に開始時の魚体重まで回復した。試験期間中における魚体重の増重率は、C区が147.6%で最も高く、次いでA区の145.7%、D区の142.2%、B区の140.8%、E区の132.5%と続いた。

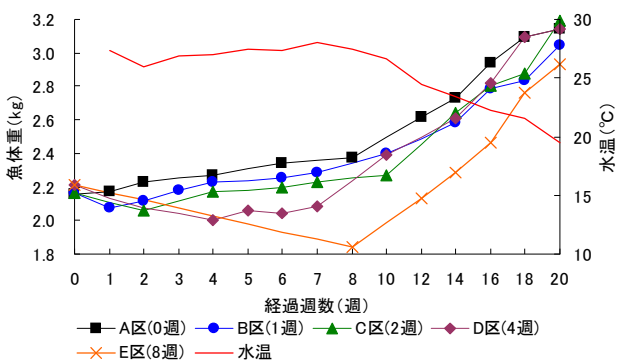


図7 魚体重と平均水温の推移

(3) 尾叉長

期間中の尾叉長の推移を図8に示す。試験開始時の尾叉長は52.1cm（全尾数平均）であった。試験開始4週間後のA～D区の平均尾叉長は52.3～52.4cmで差は見られなかった。試験終了時では、D区、C区、A区、B区、E区の順となった。

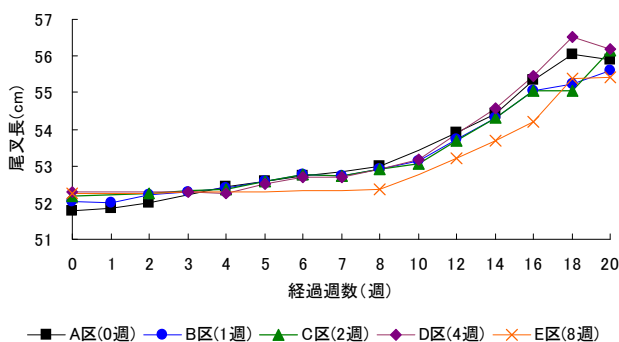


図8 尾叉長の推移

(4) 肥満度

肥満度の推移を図9に示す。試験開始時の肥満度は15.4（全尾数平均）であった。A区の肥満度は、試験終了時まで徐々に上昇した。B～E区の肥満度は絶食期間を終了した時点でいずれも低下していたが、給餌再開後は緩やかに回復した。試験終了時では、C区が18.0、A区が17.9、D区が17.7、B区が17.6、E区が17.2であった。

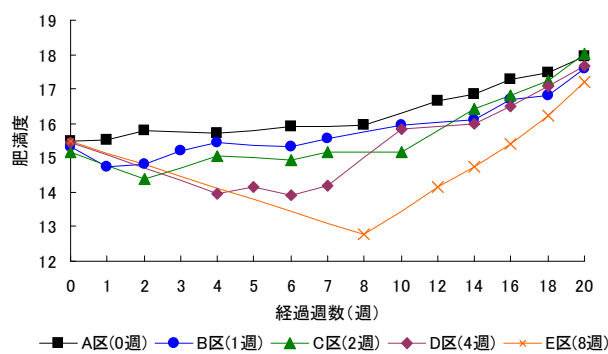


図9 肥満度の推移

(5) 魚体の一般成分

魚体（片身）の一般成分分析結果を表5に示す。試験開始時は、水分66.8%、粗蛋白質21.7%、粗脂肪10.3%、粗灰分1.4%であった。絶食期間中の水分は、絶食1週間後に69.2%と僅かに増加したが、絶食2週間後では逆に67.9%まで減少した。その後は再び増加し、絶食8週間後で75.6%となった。粗蛋白質は絶食8週間後まで僅かに減少した。粗脂肪は、水分と逆の挙動を示し、絶食1週間後に7.1%に減少したが、絶食2週間後では9.0%まで増加した。その後は再び減少し、絶食8週間後で1.7%と

なった。試験終了時においては，A，B，C 区の一般成分の分析値は近似していた。D，E 区は水分が多く，粗脂肪が少なかった。

(6) 血液性状

血液性状を表 6 に示す。開始時のヘマトクリット値は 41.4%であったが，絶食期間を設けた区は，絶食 2 週間後までは 42.2 ~ 42.3%で推移した。しかし，絶食 4，8 週間後では 46.7 ~ 46.4%に上昇した。

絶食区において TCHO，Glu，BUN は期間の経過とともに低下した。また，GOT，GPT，ALP は，絶食 2 週 ~ 4 週間後で低下し，その後上昇した。TP は期間中，上昇した。一方，絶食期間を設けない A 区の Ht は，試験開始 8 週間後までは 38.1 ~ 49.9%の間で増減した。試験終了時においては，絶食期間が長い区ほどヘマトクリット値が高い傾向が見られた。試験終了時において栄養状態を示す TCHO，TG，Glu はほぼ A 区より高い値であった。

表5 魚体(片身)の一般成分分析結果

	水分(%)	粗蛋白質(%)	粗脂肪(%)	粗灰分(%)
開始時	66.8	21.7	10.3	1.4
絶食1週間後(B区)	69.2	21.8	7.1	1.3
絶食2週間後(C区)	67.9	20.9	9.0	1.4
絶食4週間後(D区)	70.8	20.8	5.9	1.4
絶食8週間後(E区)	75.6	20.7	1.7	1.4
試験終了時(20週間後)				
A区(絶食0週)	62.5	21.5	14.9	1.2
B区(絶食1週)	62.7	22.8	14.4	1.2
C区(絶食2週)	62.0	21.5	15.8	1.3
D区(絶食4週)	65.1	22.0	12.1	1.3
E区(絶食8週)	66.6	21.4	11.3	1.3

表6 血液性状分析結果

区	尾叉長 (cm)	体重 (g)	肥満度	Ht (%)	GOT (U/L)	GPT (U/L)	ALP (U/L)	TCHO (mg/dl)	TG (mg/dl)	Glu (mg/dl)	BUN (mg/dl)	TP (g/dl)
開始時	50.5	1,950	15.1	41.4	80.8	20.0	119	315	82.0	203	8.0	4.34
絶食区 B区(絶食1週間後)	52.0	2,066	14.7	42.3	112.0	13.8	94	312	80.6	207	7.5	3.88
C区(絶食2週間後)	52.9	2,134	14.4	42.2	76.4	6.8	90	309	118.8	162	5.5	3.90
D区(絶食4週間後)	52.0	1,972	13.9	46.7	67.8	10.4	110	299	153.4	176	5.7	4.12
E区(絶食8週間後)	53.0	1,946	13.0	46.4	187.2	18.8	140	267	152.4	163	4.3	4.04
給餌区 A区(開始1週間後)	50.2	2,080	16.4	41.6	110.8	19.0	151	339	58.2	222	9.3	4.22
A区(開始2週間後)	51.4	2,134	15.7	38.1	121.8	15.0	126	389	44.2	146	11.5	4.80
A区(開始4週間後)	52.2	2,240	15.8	49.9	231.3	31.8	133	364	78.2	197	9.5	4.90
A区(開始8週間後)	53.8	2,500	16.0	47.8	33.4	5.2	140	329	99.2	153	11.0	4.34
終了時												
A区(絶食0週)	54.8	2,989	18.2	45.1	40.2	14.4	105	350	73.8	126	9.1	4.16
B区(絶食1週)	55.7	3,210	18.6	46.2	25.6	7.8	85	357	89.4	132	10.2	4.08
C区(絶食2週)	53.9	2,959	18.9	48.4	48.2	8.0	119	409	73.6	153	11.4	4.40
D区(絶食4週)	54.3	3,003	18.7	49.3	41.4	6.6	103	390	99.4	147	10.8	4.40
E区(絶食8週)	54.0	2,828	17.9	49.1	32.6	6.2	96	373	52.0	143	12.8	4.34

まとめ

1 歳魚(2.2kg サイズ)の場合，8 週間絶食区のへい死尾数は他区より多く，最終的な生残率は 77.8%であったが，絶食期間が 0 ~ 4 週間までの A ~ D 区はへい死が 1 ~ 5 尾と殆ど差は見られなかった。試験終了時について 2 週間及び 4 週間絶食区の魚体重は対照区より優れ，また 1 週間絶食区は僅かに劣ったものの，対照区とほぼ同等であった。試験終了時の一般成分については，A ~ C 区に大きな差異は見られなかった。それ以外の区では，D，E 区で他区より水分が多く，粗脂肪が少なく，E 区の粗脂肪は最も少なかった。一方，試験終了時の血液性状では絶食期間の有無や長さの影響はほぼ見られなかった。以上より，絶食 4 週間程度までであれば，生残や給餌再開後の成長には影響しないものと推察された。