

養殖特産技術開発試験 (ブリに対する不稔性アオサ添加飼料の効果)

増殖科 浜 渦 敬 三

現在の魚類養殖業では、残餌や排泄物などの飼育老廃物が自家汚染を引き起こし生産量を低下させている。また、自家汚染は魚病や赤潮をまねき、養殖経営を圧迫している。一方、現在の消費者は安全で品質の高い養殖魚を求めており、魚類養殖の維持発展のために解決すべき課題は多い。

この解決策として当試験場では、魚類養殖漁場におけるアオサ不稔性変異種 *Ulva Pertusa* (以下アオサと呼ぶ) 養殖による環境浄化、および養魚飼料へのアオサ添加による養殖魚のブランド化を提唱してきた。このうち、増殖科が担当してきた養魚飼料への添加効果については、平成7年度までに1) 飼料効率の増大、2) 脂質の過剰蓄積の抑制、3) 連鎖球菌症への抵抗性の増大、3) 体色の改善を確認することができた。

そこで本年度は、昨年度に顕著な効果を確認した1) 連鎖球菌症への抗病性、2) アオサ摂取量と体色の関係、および3) 蓄積が抑制された脂質の成分等について詳細に検討することを目的として試験を行った。

材料および方法

飼 料 対照飼料には市販マッシュ (丸紅飼料㈱、ハマチライト55) とカタクチイワシ *Engraulis japonica* を5:5で配合し、さらにフィードオイルを外割で5%添加したオレゴンモイストペレット (以下OMPと呼ぶ) を用いた。試験飼料は対照飼料のOMPに乾燥アオサを外割で3%添加した。これらのOMPは-20℃で凍結貯蔵し、8日以内に給餌した (Table 1)。

供 試 魚 本試験では、0才魚のブリ *Seriola quinqueradiata* を用いた。

飼 育 カタクチイワシを用いたOMPに馴致した平均体重194 gのブリを各区300尾ずつ、3.4 m ×

3.4 m × 3.5 m の小割網生簀に收容し、上記の飼料を日曜日と計測日を除き1日1回飽食給餌し、8月21日から70日間飼育した。なお、9月6日、7日は赤潮のため休餌した。

測 定 法 試験開始後2週間毎に総体重と尾数を計測した。さらに、開始時、中間時および終了時に各区10尾をサンプリングし、魚体重、尾叉長および組織の重量を測定した。また、このうちの5尾について体色、筋肉中の脂肪酸および可食部の一般化学成分を測定した。さらに飼育試験終了後、連鎖球菌症に対する抵抗性を再現させるため、感染実験を行った。

一般化学成分の測定では、水分および粗灰分は常法、粗タンパク質はマイクロケールダール法、粗脂肪はBligh-Dyer法を用いた。非極性脂質 (NL) と極性脂質 (PL) はWater社製のSep-Pak Silica Cartridgesを用いて分画した。脂肪酸組成は、得られた粗脂肪のNL、PL画分をそれぞれ簡便処理法によりメチルエステル化し、ガスクロマトグラフィーにより測定した。

色彩色差はミノルタ社製色彩色差計CR200により鰓蓋中央の黄色部分を測定した。飼育魚は小割網から玉網により取り上げて即座に測定し、冷蔵魚は即殺し約2時間後に測定した。

死後硬直指数はFig. 1. に示した尾藤らの方法により測定し、肉の破断強度はAndoらの方法に従いSUN SCIENTIFIC CO., LTD. 社製のSUN RHEOMETER CR-200Dを用い測定した。

攻撃試験は以下の方法で行った。飼育試験終了後の両区のブリ10尾ずつ、計20尾を1接種濃度毎に0.5 t タンクに收容し、25℃に馴致飼育した後試験に用いた。接種菌株は高知大学病理学研究室から与えられた *Enterococcus seriolicida*, SS-91-014 を用いた。接種方法は、前述の菌を1度魚体通過させ、液体培地で48時間培養した後遠沈濃縮し、オー

トクレーブした魚肉ドリップとともにポリエチレンチューブを装着した注射筒を用いて咽頭内部へ直接噴霧接種した。試験中は無給餌とし、発症の有無は連鎖球菌症に特有の症状が現れたものと、コッホの3原則を満たしたものを陽性と判定した。

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。

結果の解析 背肉の一般成分および脂質については、t検定法によりアオサ区と対照区を比較し、 $p < 0.05$ または $p < 0.1$ で有意差と検定した。

結 果

成長と飼料効率 飼育試験における成長をFig. 2に、生残率をFig. 3示した。昨年度までの結果と同様に、アオサの添加により摂餌活性が低下する傾向がみられ、それに伴い成長もやや低く推移した。飼育試験終了時の生残率は対照区の90%に対し、アオサ区では99%と優れていた。

飼育結果をTable 2に示した。アオサ区の増重量は459 gと対照区の499 gよりやや低かった。また、アオサ区の日間給餌率は2.80%と対照区より高く、飼料効率以外のタンパク質効率およびエネルギー効率は対照区のそれより高かった。

背肉の一般成分 背肉の一般成分も (Table 3) 従来どおり個体差が大きく、中間時の脂質と終了時の水分含量のみに有意差があった。しかし、全体的な傾向としては、アオサ添加区では無添加区に比べて脂肪含量が低くなる傾向にあった。一方、昨年度とは異なりタンパク質含量の差異はほとんどみられなかった。

見かけの栄養素蓄積率 本試験では、食品学的見地から背肉のみしか一般成分を測定しなかった。しかし、飼料の栄養素が魚体にどの程度蓄積するかを知ることが重要であるので、ここでは背肉含量を全魚体に延用して、各栄養素の蓄積量と各栄養素の摂取量からみかけの蓄積率を算出し、Table 4に示した。脂肪蓄積率はアオサ区が低く、タンパク質蓄積率とエネルギー蓄積率はアオサ区で高かった。これらも

昨年と同様の傾向であった。

脂肪成分 筋肉100 g中の極性脂質 (polar lipid : 以下PLと呼ぶ)、非極性脂質 (non-polar lipid : 以下NLと呼ぶ) 含量をTable 5に、背肉のNL、PLの脂肪酸組成をTable 6、7に示した。PLに区間差はなく、またそれを構成する脂肪酸についても区間差はなかった。NLは量的にはアオサ区で低かったが、それを構成するいずれの脂肪酸においても区間差は認められなかった。

連鎖球菌症に対する抗病性 Fig. 4に*E. seriolicida*を用いた攻撃試験の結果を示した。飼育試験終了後から攻撃試験の条件について検討していたが、これに手間取り、最終的には両区に明瞭な区間差を見出すことが出来なかった。

体表の色彩色差 Fig. 5に飼育試験中の体色変化を、Fig. 6に冷蔵中の体色変化を、Fig. 7に体色の色差を示した。飼育中のブリの色彩は、全期間を通じて両区にほとんど差がみられず、色差も4前後で一定していた。しかし、即殺氷蔵したブリの色彩は、飼育開始5週目にはアオサ区で明度がやや増し、飼育終了時にはアオサ区で黄色が強くなった。これに伴い色差も18にまで向上した。

肉の物性 Table 8に氷蔵中の背肉の破断強度を、Fig. 8に氷蔵中の魚体の硬直指数を示した。破断強度は、両区に有意差が認められなかったが、アオサ区で低くなる傾向を示した。硬直指数でも両区に有意差は認められなかったが、アオサ区で硬直が早く進む傾向がみられた。

考 察

成長では対照区がアオサ区よりも約40 g高く、飼料効率は同程度であった。一方、タンパク質効率およびエネルギー効率ではアオサ区が高く、さらにそのタンパク質およびエネルギーの蓄積率も優れていた。日間給餌率は無添加区では2.75%であったのに対して、アオサ区では2.80%と高かった。昨年度の結果とは逆に、アオサ区で日間給餌率が高いにもかかわらず成長が劣ったのは、飼料のCP比が低すぎ

たことが原因と考えられた。また、アオサ区の飼料効率が対照区と同程度にもかかわらず、脂肪の蓄積率が低かったことは昨年度の結果と同様で、アオサによる体脂肪の低減作用の再現性が確認された。

生残率は感染症の発生もなく、アオサ区がやや高く推移した。一方、昨年度は感染症の発生の有無により生残率に差がでていたので、連鎖球菌症への抵抗性を調べるための感染実験を行った。しかし、自然感染に近づけるための経口接種の条件設定に手間取り、明瞭な区間差を得ることができなかった。

体表の色彩については、生きているものでは色彩、色差にほとんど差はみられないが、飼育後期になるほど、死んだものでは明度や黄色味が増し、色差も飛躍的に大きくなった。このことは、実際に市場に並ぶ時間でブリの色彩に差を出せる可能性を示唆しており、実用化に大きな期待が持たれる。またこの原因については、緑藻類のカロチノイド系色素が、ブリ側線の黄色の主成分であるツナキサンチンに移行したと考えられるが、色素の摂取量と体色の量的相関関係など、今度の詳細な検討が望まれる。

脂質については、アオサの添加により蓄積が抑制されることは再度確認された。一方、質的な変化については未知であったため、NL、PL含量、および脂肪酸組成について調べてみた。しかし、これらについては区間差は見られなかった。すなわち、アオサの添加により、脂質は成分比を変えずに、単に量的に減少することが示唆された。

これらの結果を総合すると、アオサに多量に含まれるビタミンや微量金属および色素などが魚体に作用し、生理や体成分が向上したものと考えられ、脂質の過剰蓄積の抑制、体色の改善はこれが最も顕著な形で現れたものと推察される。個々の作用では、体色は即殺、冷凍することで差が明瞭化し、脂質は成分比を変えずに減少する傾向が確認された。

本年度でこの事業は終わるが、アオサ添加による
1) 抗病性の増大、2) 体色改善、3) 脂肪の過剰蓄積の抑制、4) 飼料効率等の向上等の効果は、環境に優しい養殖業へ脱皮する方向性を示すものであり、現在の消費者ニーズに応えうる養殖魚への近道

の1つではないかと考える。今後は、当場の漁場環境科が主導で不稔性アオサと魚類の複合養殖を普及して行くが、環境調和型養殖の推進、養殖魚のブランド化の定着を強く願うものである。

要 約

ブリに及ぼす不稔性アオサ添加飼料の効果のうち抗病性の増大、体色改善および脂肪の過剰蓄積の抑制を詳細に検討する目的で、ブリ0才魚を0および3%不稔性アオサ添加飼料で飼育し、これらについて比較検討した。

- 1) 不稔性アオサ添加により、ハマチの成長はやや阻害されたが、飼料効率は同程度で、タンパク質効率とエネルギー効率は増加した。
- 2) 脂肪は蓄積が抑制される傾向が再確認され、その極性脂質、非極性脂質の比や、それを構成する脂肪酸組成には変化がないことが確認された。
- 3) 連鎖球菌症への抵抗性の増大については再現させることができなかった。
- 4) 体色の改善については、生きた魚体では両区に大きな差はみられなかったが、即殺冷蔵した個体ではアオサ摂取期間が長期化するにつれて、体色が明化、黄化し色差も大きくなる傾向が認められた。

謝 辞

本研究を進めるに当たり多大な御協力、御配慮をいただいた高知大学農学部 小島 渥教授をはじめ水産利用学研究室の皆様感謝いたします。また、本報告をまとめるに当たり、ご指導と原稿の御校閲を賜った高知大学農学部 示野貞夫教授に厚く御礼申し上げます。

文 献

- 1) 平田八郎(1978): フィードバック養殖法の原理とその開発への試行、養殖、15 (1)、34-37。

- 2) 右田清治 (1985) : 大村湾産アナアオサの不稔性変異種. 長崎大水研報, 57, 33-37.
- 3) 谷口道子・織田純生 (1996) : 給餌養殖緊急対策調査 (不稔性アオサによる環境浄化技術開発調査). 高知水試事報, 92, 186-217.
- 4) 許 波濤・平田八郎 (1990) : マダイ稚魚の成長と体色に及ぼすアオサ変異種のフィードバック効果. 水産増殖, 38 (2), 177-182.
- 5) 許 波濤・平田八郎 (1990) : ヒラメ幼稚魚の生残, 成長, および飼育環境に及ぼすアオサ変異種のフィードバック飼育効果. 水産増殖, 40 (2), 207-213.
- 6) 許 波濤・平田八郎 (1991) : ブリ幼稚魚の生残, 成長, 及び体色に及ぼすアオサ変異種のフィードバック効果. 水産増殖, 39 (2) 133-139.
- 7) 安藤祐章 (1996) : ハマチ等養魚用飼料への不稔性アオサ添加試験. 高知水試事報, 92, 305-311.
- 8) 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 (1), 20-28.
- 9) H. Nakagawa, S. Kasagara : Effect of Ulva Meal Supplement to Diet on the Lipid Metabolism of Red Sea Bream (1986) : *Nippon Suisan Gakkaishi*, 52, 1887-1893.
- 10) 中川平介・稲塚洋一朗・山崎繁久・笠原正五郎 (1982) : 養殖ハマチに及ぼすクロレラエキス添加飼料の効果-I 成長および血液性状に及ぼす影響. 水産増殖, 30 (2), 67-75.
- 11) 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 (2), 109-116.
- 12) 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添加飼料の効果-II 血液性状からみた負荷 (空气中放置) 抵抗力への効果. 水産増殖, 30 (2), 76-83.
- 13) 鎌田栄基・片山 修 (1965) : 食品の色. 光琳全書, 東京, pp. 12-22.
- 14) 平尾秀一・山田充阿弥・菊池 嶺 (1957) : 魚類色素に関する研究, 淡水魚, 海水魚にみられる黄色カロチノイドの分布と差異について. 東海区水研報告, 16, 53-58.
- 15) 山中弘雄・浜渦敬三 (1997) : 不稔性アオサの養魚用飼料への添加試験 [養殖特産技術開発試験]. 高知水試事報, 93, 332-337.
- 16) 尾藤方通・山田金次郎・三雲泰子・天野慶之 (1983) : 魚の死後硬直に関する研究-I. 改良Gutting法による魚体の死後硬直の観察. 東海水研報, 109, 89-96.
- 17) M. Ando, H. Toyohara, Shimizu, M. Sakaguchi (1991) : Validity of a Puncture Test Evaluating Change in Muscle Firmness of Fish during Ice Storage. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 57, 2341.

Table 1. Composition of experimental diets (%)

<i>Ulva</i> -meal :	0 %	3 %
Anchovy	50.0	50.0
Commercial fish meal ^{*1}	50.0	50.0
Feed oil ^{*2}	5.0	5.0
<i>Ulva</i> -meal		3.0
Nutrient on dry matter basis		
Crude protein	59.6	56.4
Crude fat	19.1	18.6
Carbohydrate ^{*3}	8.7	10.9
Crude ash	12.6	14.1
Energy ^{*4}	4,454	4,331
Calorie/protein ratio [*]	74.7	76.8

^{*1} HAMACHI RIGHT 55 produced by Marubeni Feed Co.,Ltd.

^{*2} FEED OIL Ω produced by Riken Vitamin Co.,Ltd.

^{*3} This value were calculated by reducing crude protein, crude fat and crude ash from 1.

^{*4} Digestible energy (kcal/kg diet) : protein,4.5 ; lipid,8.0 ; carbohydrate,2.8kcal/g.

^{*5} Digestible energy (kcal/kg diet/% protein).

Table 2. Effect of *Ulva*-meal supplement on growth and feed efficiency^{*1}

<i>Ulva</i> -meal :	0 %	3 %
Average weight (g)		
Initial	194	194
Final	693	653
Average weight gain (g)	499	459
Feed efficiency ^{*2} (%)	51.5	51.4
Protein efficiency ratio	0.865	0.911
Energy efficiency (%)	11.6	11.9
Daily food intake ^{*2} (%)	2.75	2.80
Survival ratio (%)	90	99

^{*1} Yellowtail (194g in average) were fed in net cage for 70 days.

^{*2} In dry basis.

Table 3. Changes in nutrient elements of yellowtail's dorsal muscle^{*1}

	Moisture		Crude ash		Crude protein		Crude fat	
	Control	<i>Ulva</i> -meal	Control	<i>Ulva</i> -meal	Control	<i>Ulva</i> -meal	Control	<i>Ulva</i> -meal
Aug-21		75.1 $\pm$ 0.7		1.3 $\pm$ 0.1		23.2 $\pm$ 0.7		2.6 $\pm$ 0.1
Sep-25	74.1 $\pm$ 0.8	74.0 $\pm$ 0.4	1.5 $\pm$ 0.0	1.5 $\pm$ 0.0	24.3 $\pm$ 0.7	24.4 $\pm$ 0.4	1.6 $\pm$ 1.5	1.3 $\pm$ 0.1 ^{*2}
Oct-29	72.4 $\pm$ 0.5	72.8 $\pm$ 0.4 ^{*2}	1.4 $\pm$ 0.1	1.4 $\pm$ 0.1	25.0 $\pm$ 0.1	24.6 $\pm$ 0.5	2.4 $\pm$ 0.5	2.1 $\pm$ 0.2

^{*1} AV $\pm$ SD (n=5)

^{*2} Significant to control group ($p < 0.1$).

Table 4. Apparent nutrient retention^{*1}

<i>Ulva</i> -meal :	0 %	3 %
Crude protein	21.1	22.1
Crude fat	5.8	5.4
Energy ^{*2}	18.3	18.5

^{*1} 100 $\times$ Nutrient retained/nutrient intake.

^{*2} Body energy:protein,5.65;fat,9.40kcal/g.

Dietary energy:see Table 1.

Table 5. Changes in non-polar and polar lipid of yellowtail's dorsal muscle*¹

	NL/dorsal muscle		PL/dorsal muscle		NL/abdominal muscle		PL/abdominal muscle	
	Control	Ulva-meal	Control	Ulva-meal	Control	Ulva-meal	Control	Ulva-meal
Aug-21	1.9±0.1		0.7±0.0		2.2±0.2		0.8±0.0	
Sep-25	0.8±0.2	0.6±0.1	0.7±0.0	0.7±0.0	3.5±1.0	1.9±0.8	0.5±0.3	0.7±0.1
Oct-29	1.5±0.4	1.3±0.2	0.8±0.1	0.8±0.0	5.7±0.6	5.4±0.6	1.0±0.1	1.2±0.0

*¹ NL : non-polar lipid ; PL : polar lipid. AV±SD (n=5).

Table 6. Composition of fatty acid in non-polar lipid of dorsal muscle*¹

Fatty acid	Aug	Sep		Oct	
		Control	Ulva-meal	Control	Ulva-meal
14:0	3.7±1.2	4.4±0.2	4.5±0.4	5.1±0.4	4.8±0.2
15:0	0.5±0.0	0.5±0.0	tr	0.5±0.0	0.5±0.0
16:0	19.8±1.4	17.1±0.5	18.0±0.8	17.5±0.9	17.3±0.3
16:1n-7	7.6±0.3	6.8±0.4	7.1±0.5	6.8±0.2	6.6±0.3
18:0	4.3±0.5	4.4±1.0	4.9±0.8	3.4±0.1	3.2±0.1
18:1n-9	15.0±0.9	16.6±1.0	16.4±0.9	17.7±0.5	17.4±0.4
18:1n-7	2.9±0.2	3.7±0.2	3.9±0.2	3.5±0.1	3.4±0.1
18:2n-6	4.2±0.4	3.4±0.2	3.6±0.2	3.2±0.0	3.2±0.1
18:3n-6	1.2±0.1	0.9±0.1	0.9±0.0	0.9±0.0	0.9±0.0
18:4n-6	1.9±0.2	1.5±0.2	1.4±0.1	1.6±0.0	1.5±0.1
20:0	0.5±0.8	tr ^{*2}	tr	tr	tr
20:1n-11	2.2±0.6	5.0±0.3	4.7±0.4	3.9±0.2	4.1±0.1
20:1n-9	3.0±0.2	2.6±0.3	2.8±0.1	3.3±0.1	3.3±0.1
20:4n-6	0.5±0.1	0.7±0.1	0.7±0.1	0.6±0.0	0.6±0.0
20:4n-3	0.6±0.1	0.6±0.1	0.6±0.1	0.6±0.0	0.6±0.0
20:5n-3	7.1±1.1	7.0±0.8	6.5±0.4	7.0±0.2	6.7±0.1
22:1n-11	3.7±0.2	4.6±0.3	4.7±0.2	5.3±0.3	5.8±0.1
22:1n-9	tr	0.7±0.0	0.7±0.0	0.6±0.0	0.6±0.3
22:5n-3	1.6±0.1	1.9±0.2	1.9±0.1	1.9±0.1	2.0±0.1
22:6n-3	13.8±2.5	13.1±1.0	14.1±1.0	11.0±0.6	11.5±0.5
Others	5.9±2.2	4.5±1.3	2.3±0.3	5.4±0.4	5.7±0.4

*¹ AV±SD (n=5).

*² under 0.5%.

Table 7. Composition of fatty acid in polar lipid of dorsal muscle*¹

Fatty acid	Aug	Sep		Oct	
		Control	Ulva-meal	Control	Ulva-meal
14:0	tr ^{*2}	tr	tr	tr	tr
15:0	tr	tr	tr	tr	tr
16:0	23.8±1.0	24.0±0.8	26.7±3.5	22.4±0.3	22.7±0.5
16:1n-7	1.0±0.2	1.2±0.1	1.2±0.2	1.2±0.1	1.1±0.1
18:0	8.6±0.1	8.0±0.3	8.2±0.4	8.0±0.1	7.9±0.2
18:1n-9	9.9±0.2	11.2±0.4	11.0±0.4	11.3±0.2	11.2±0.5
18:1n-7	2.2±0.1	2.4±0.1	2.6±0.1	2.5±0.2	2.6±0.1
18:2n-6	1.5±0.1	1.4±0.1	1.4±0.0	1.6±0.1	1.6±0.1
18:3n-6	tr	tr	tr	tr	tr
18:4n-6	tr	tr	tr	tr	tr
20:0	tr	tr	tr	tr	tr
20:1n-11	0.6±0.1	1.3±0.1	1.1±0.1	1.3±0.0	1.2±0.0
20:1n-9	1.1±0.0	1.0±0.1	0.9±0.1	1.5±0.1	1.5±0.0
20:4n-6	1.6±0.1	2.3±0.1	2.3±0.2	2.3±0.1	2.4±0.1
20:4n-3	tr	tr	tr	tr	tr
20:5n-3	9.0±0.3	8.9±0.4	8.3±0.6	8.8±0.4	8.8±0.3
22:1n-11	tr	0.5±0.0	0.5±0.1	0.6±0.3	0.8±0.1
22:1n-9	tr	tr	tr	tr	tr
22:5n-3	1.1±0.1	1.4±0.2	1.2±0.2	1.8±0.1	1.8±0.1
22:6n-3	33.8±1.3	31.9±1.1	30.6±4.0	31.3±0.5	31.5±0.9
Others	4.4±1.0	3.7±0.1	3.2±0.3	3.8±0.3	3.6±0.3

*¹ AV±SD (n=5).

*² under 0.5%.

Table 8. Changes in breaking strength during ice storage*¹

Ice storage time (hr)	Control	Ulva-meal
3	105±21	100±14
12	97±15	90±14
24	84±15	74±8

*¹ AV±SD (n=5)

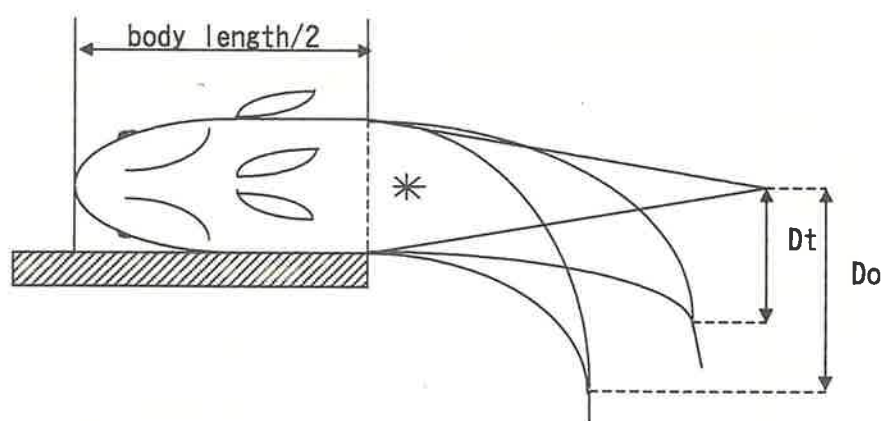


Fig.1. Measurement method of rigor index^{*1}

$$^*1 \text{ Rigor index (\%)} = (Do - Dt) / Do \times 100$$

Do : hung down of caudal fin's base at 0 time

Dt : hung down of caudal fin's base at t time

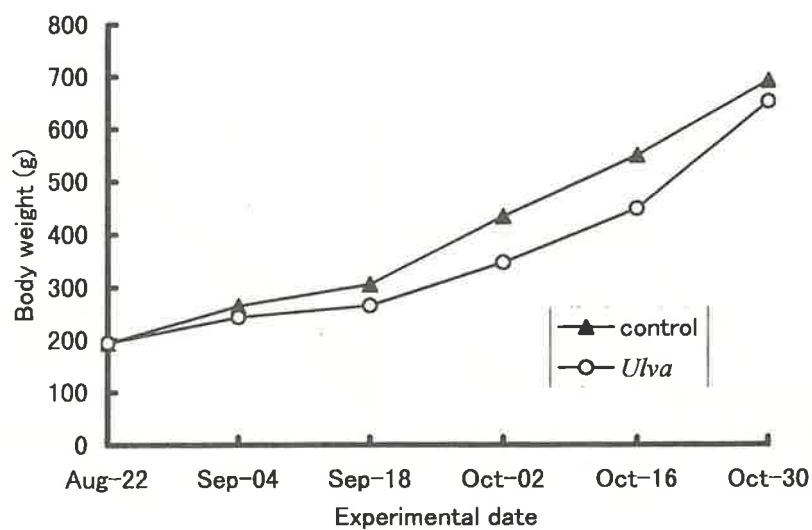


Fig.2. Changes of the average body weight of yellowtail during the rearing experiment.

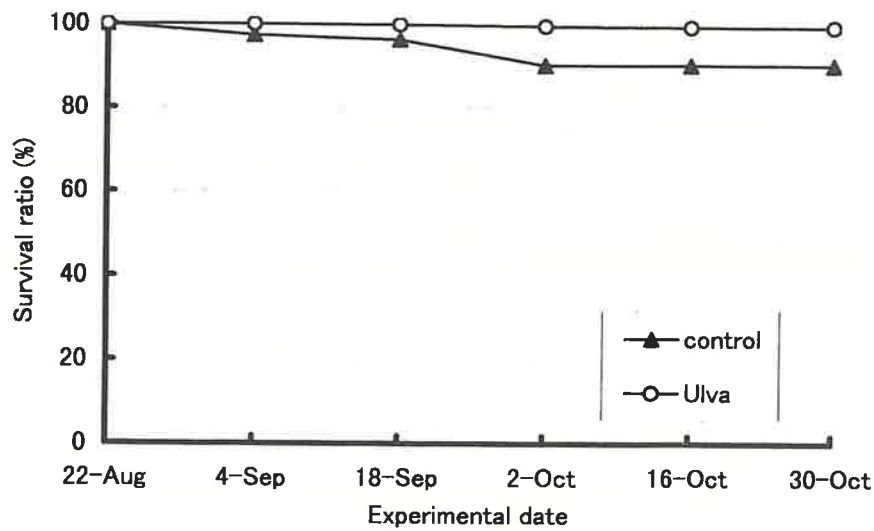


Fig.3. Changes of the survival ratio of yellowtail during the rearing experiment.

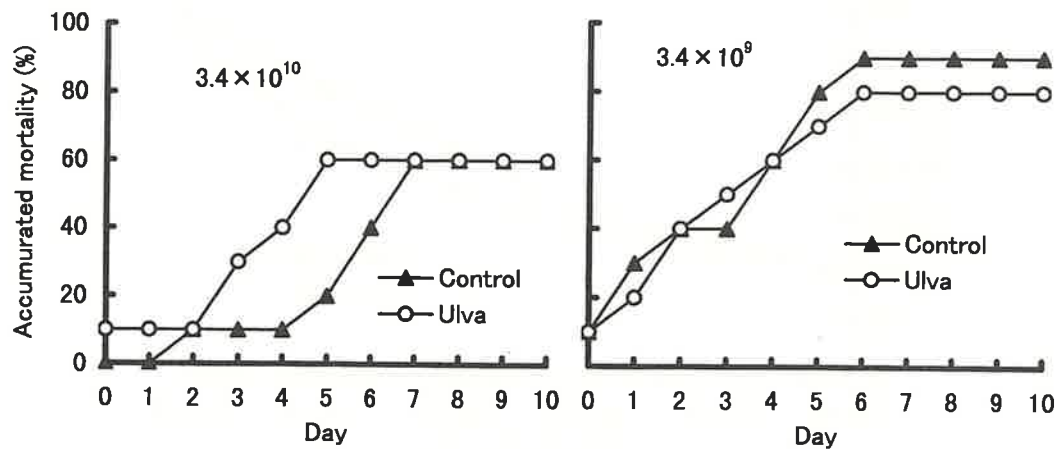


Fig.4. Effect of *Ulva*-meal on registering to streptococcosis of yellowtail.

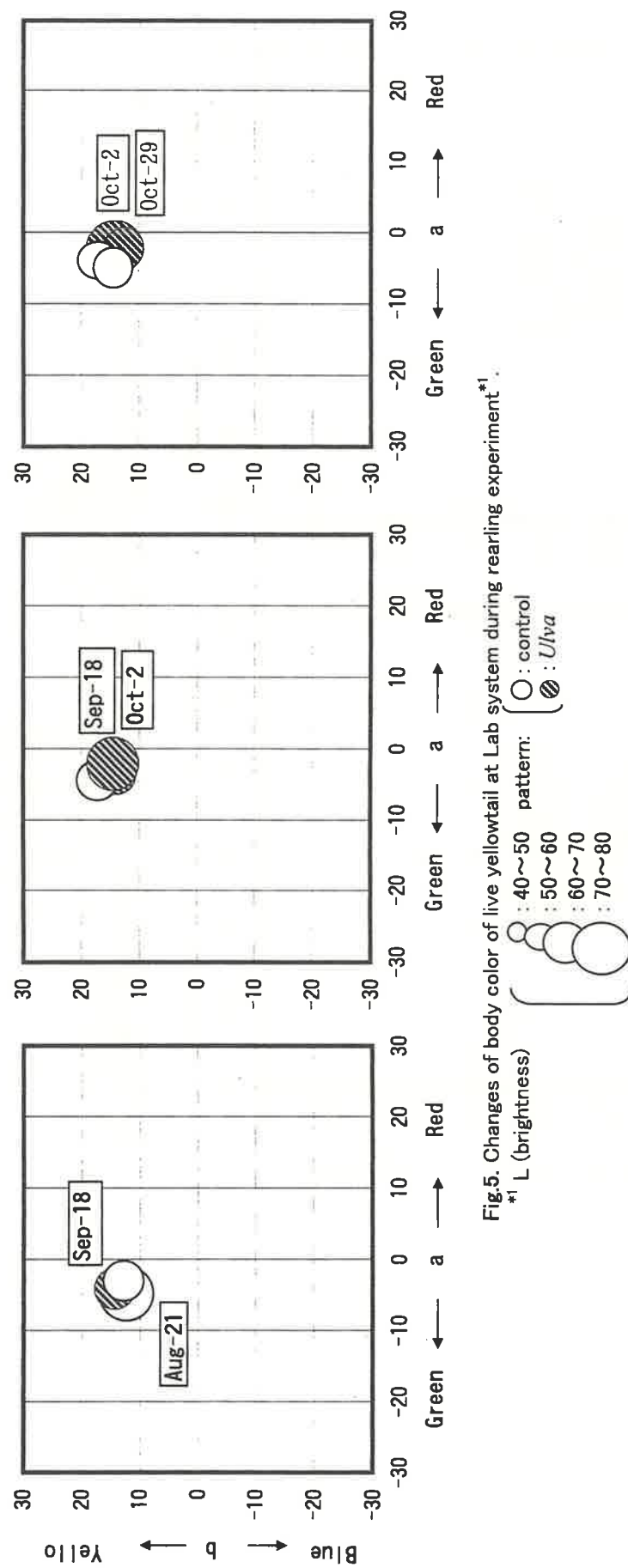


Fig.5. Changes of body color of live yellowtail at Lab system during rearing experiment^{*1}.

^{*1} L (brightness)

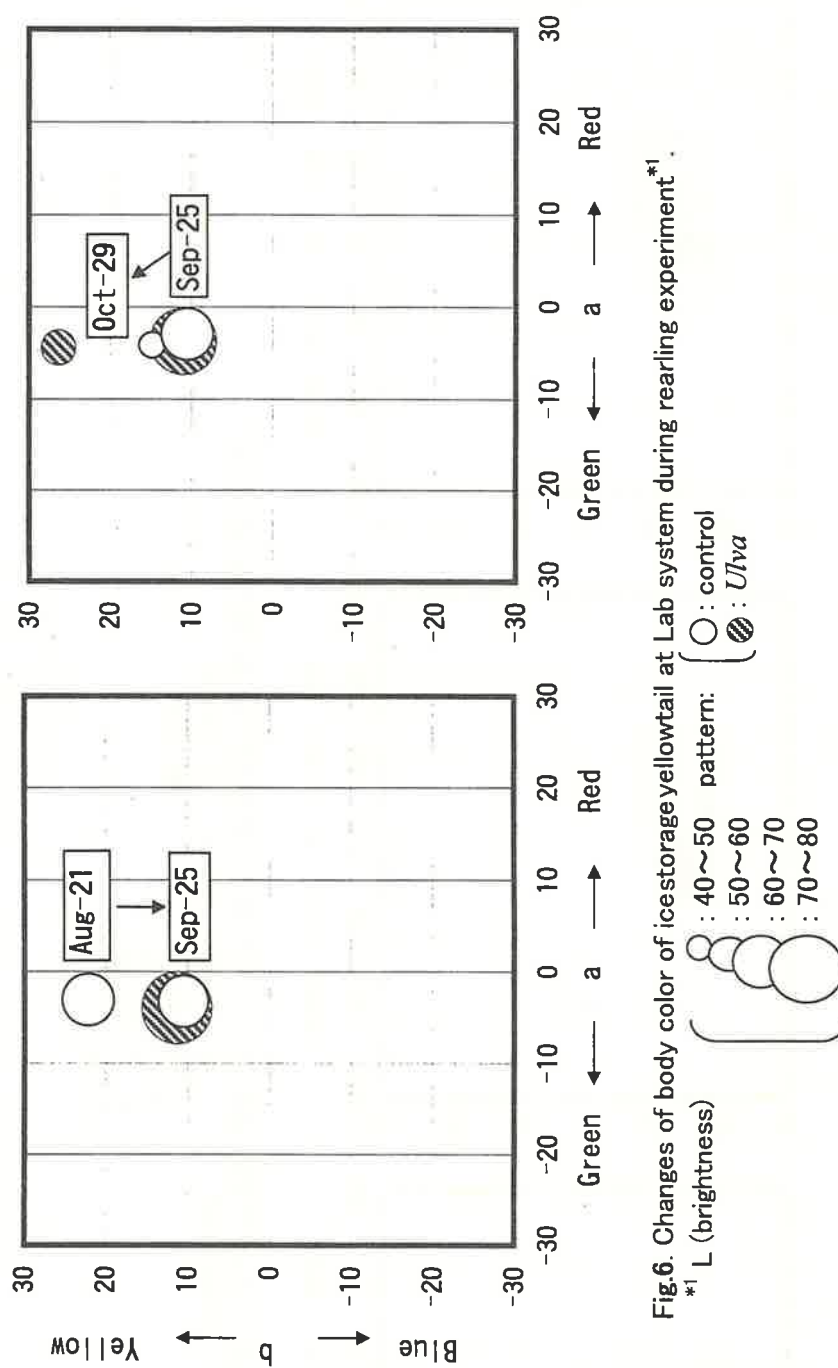


Fig.6. Changes of body color of icestorage yellowtail at Lab system during rearing experiment.*1

*1 L (brightness)

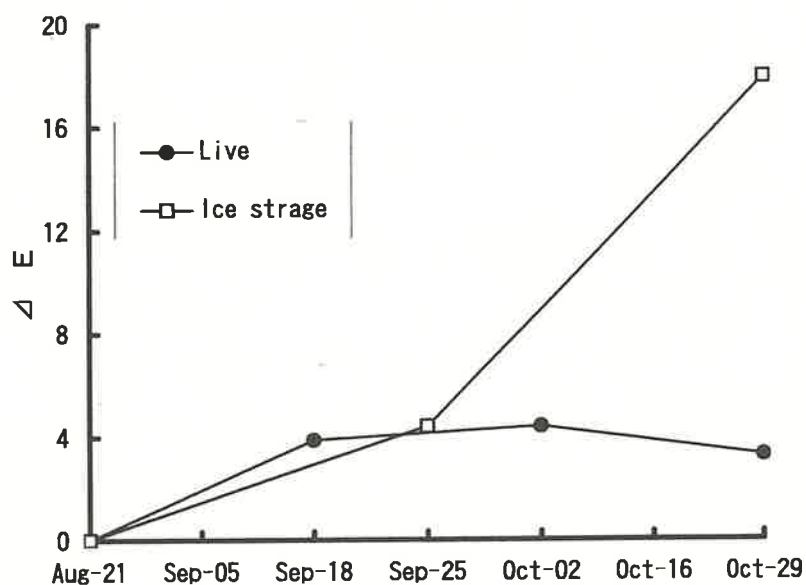


Fig.7. Changes in color difference(ΔE) at Lab system of live and ice storage yellowtail.
^{*3} NBS unit (sensuous difference: ΔE , trace: 0~0.5, slight: 0.5~1.5, noticeable: 1.5~3.0, appreciable: 3.0~6.0, much: 6.0~12.0, very much: 12.0~).

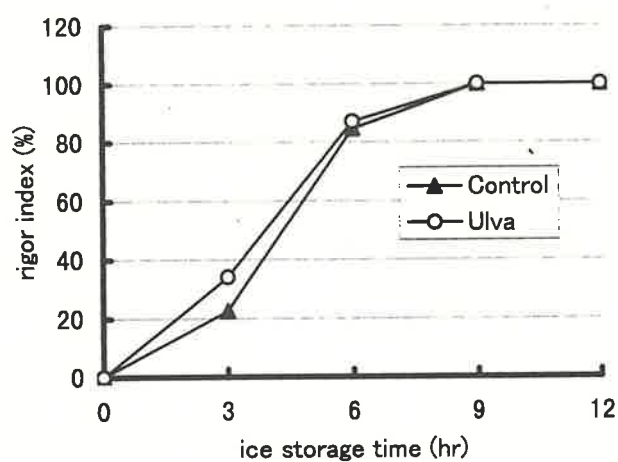


Fig.8. Changes of rigor index during ice storage.