

アリザリン・コンプレクソンによるマダイ稚仔魚の 耳石標識－II 大量標識

メタデータ	言語: Japanese
	出版者:
	公開日: 2025-04-24
	キーワード (Ja):
	キーワード (En):
	作成者: 乗田, 博, 塚本, 勝巳
	メールアドレス:
URL	所属:
	https://fra.repo.nii.ac.jp/records/2014336

This work is licensed under a Creative Commons
Attribution 4.0 International License.



アリザリン・コンプレクソンによるマダイ稚仔魚の耳石標識—II

大量標識

栗田 博^{*1}・塚本勝巳^{*2}

(1989 年 1 月 27 日受理)

前報¹⁾で、マダイ稚仔魚に有効な耳石標識を施す為のアリザリン・コンプレクソン (以下 ALC と略称する) の処理条件を述べた。ALC が高価であるため、大量の耳石標識は、止水、無投餌条件で、ALC を溶解した海水に稚仔魚を浸漬して行うのが最も実際的かつ経済的である。そして、確実にこの種の操作を実施するために、浸漬時の稚仔魚の安全な密度を把握しておくことが必要である。

近年、漁獲物の流通形態の中で、成魚あるいは未成魚を活魚として流通させることが盛んに行われている。また、幼稚魚については、養殖用種苗を養殖地まで輸送したり、種苗生産魚を放流地点まで輸送する事例が増加している。それに伴って止水条件下での魚類飼育の技術の進歩も著しい。しかし、ALC による耳石標識が最も効力を発揮する稚仔魚については、このような条件下での飼育報告は余りない。止水条件下に長時間収容する時、稚仔魚は多大なストレスを受け、それが限界を超えると斃死に至る。石岡²⁾は魚類のストレッサーとして、環境要因、化学物質、取扱、輸送、強制運動、麻酔、飼育密度、種内関係などを挙げている。耳石標識のために、止水条件下に稚仔魚を一定の時間収容するには、これらのストレッサーを安全な範囲内に制御しなければならない。また、ストレッサーを任意に制御できれば、安全密度をさらに高く設定できる可能性もある。活魚輸送では、ストレッサーの制御のために水温低下や麻酔といった魚体の代謝を低下させる方法がしばしば用いられる。しかし、耳石標識法では、標識剤の取り込みが、魚の代謝量に依存すると考えられるため、このような方法は適当でない。また、水質浄化の手段を講じることは、一方で ALC の濃度維持を困難にするため、ここでは考えないこととした。それよりも、事業場で標識作業を実施する場合、ストレス要因と考えられる稚仔魚の収容密度による環境要因の変化や個体間干渉の影響の解明に努めた。

さらに、これらの収容密度に関する試験結果と前報¹⁾の標識実験で明らかにした標識剤の使用基準に則って、マダイのふ化仔魚と稚魚に対して ALC による耳石大量標識実験を行った。

実験の概要

上記の目的を達するために、以下の3実験を実施した。

実験 I 密度効果実験

種々の大きさ (20~500 l) の水槽に稚仔魚を収容し、止水無投餌で、空気あるいは酸素を通気するだけの簡単な方法で、水質と収容した稚仔魚の状態の変化を観察した。

実験 II 密度効果に及ぼす ALC の影響評価実験

実験 I で求めたマダイ稚仔魚の浸漬時の安全密度に及ぼす ALC 濃度の影響を調べた。

実験 III 大量標識実験

前報¹⁾及び本報実験 I、II の知見を基にして、大量標識を実演し、それが可能か否かを検討した。

実験 I 密度効果実験

材料と方法

実験には、日本栽培漁業協会上浦事業場で生産されたマダイのふ化直後の仔魚 (実験 I・a)、さらに体長 13 mm

^{*1} 日本栽培漁業協会上浦事業場 (879-26 大分県南海部郡上浦町津井)

^{*2} 東京大学海洋研究所 (164 東京都中野区南台 1 丁目 15-1)

表 1 密度効果試験における供試魚と各実験の実施条件

実験区分	供 試 魚			実験 区 の 数	収容密度 (尾/l)	実容量 (l)	水温 (°C)	実施期間
	発育段階	体長 (M±S.D.) (mm)	尾数					
I・a 密度効果実験	ふ化仔魚	2.61±0.06	2477000	6	2570~37600	20,200	18.0~19.5	1986.5.17~5.18
残存影響評価実験	"	"	300	6	50	1	18.0	1986.5.18~5.21
低酸素耐性実験	"	"	45700	1	36300	0.1	18.0	1986.5.18
低酸素耐性の 残存影響把握実験	"	"	6000	12	50	1	18.0	1986.5.18~5.21
I・b 密度効果実験 (表 2 参照)	稚魚	13.4 ±1.5	87600	11	30~240	20,500	19.7~21.6	1987.6.23~6.24
残存影響評価実験	"	"	2200	11	4	50	20.2	1987.6.24~6.27
低酸素耐性実験	"	15.7 ±2.3	20	1	10	2	21.0~22.4	1985.6.15
I・c 密度効果実験	"	26.4 ±5.4	3660	7	15~60	20,8,32	22.0~22.5	1986.7.19~7.20
残存影響評価実験	"	"	700	7	2	50	ca. 22	1986.7.20~7.22
II 密度効果に及ぼす ALC の影響評価実験	"	14.1 ±1.7	7500	8	15~60	25	21.0	1987.7.4~7.5
III・a 大量標識実験	ふ化仔魚	2.61±0.06	10740000	2	10700	500	18.1~19.4	1987.5.22
III・b 大量標識実験	稚魚	11.8 ±1.6	400000	16	50	500	18.9~20.0	1987.6.10~6.11

(実験 I・b) 及び 26 mm (実験 I・c) の稚魚を用いた (表 1)。供試魚には実験当日の朝から投餌をしなかった。透明ポリカーボネイト製の各種サイズの水槽を用いて、稚仔魚を種々の密度に収容した実験区を作り、24 時間、原則として無投餌の止水状態に置き、水質と魚の状態の変化を記録した。また、比較のために、一部に流水とした区、流水状態でさらに投餌をした区、ポリ袋に酸素ガスと共に稚仔魚を封入した区も設けた。水温は棒状温度計、pH はガラス電極式水素イオン濃度計、溶存酸素濃度は YSI 社製 DO メーター Model 58、全アンモニア ($\text{NH}_4^+ + \text{NH}_3$) 濃度は東亜電波株式会社製デジタルイオン濃度計によって測定した。非解離のアンモニア (NH_3) 濃度は全アンモニア濃度測定値を Hampson の式³⁾ か Bower の換算表⁴⁾ によって換算して求めた。斃死魚は、測定時刻毎に水槽の底に沈下していたものをピペットかネットで採取して計数した。ところで、活魚輸送時の斃死には輸送中とその直後の斃死、および 1~4 日程度後の斃死のあることが知られている⁵⁾。そこで、このような実験中の斃死以外に、実験終了後に残存する影響を把握するための補足実験を行ったが、その実験の進め方は以下の各論で述べる。密度効果実験と残存影響評価実験は、共に室内で行った。水槽上 1~1.5 m に蛍光灯を置き、昼間は点灯した。昼間の水面照度は、500~1000 Lux であった。

実験 I・a: ふ化仔魚

基本的な実験区として、仔魚密度を 2570~37600 尾/l とした 5 止水区に、流水区 1 区を加えた計 6 区を設けた (表 1)。止水区では透明ポリカーボネイト製 30 l 水槽中に砂ろ過海水を 20 l 入れ、産卵 3 日後のふ化仔魚 (体長 2.61 ± 0.06 mm) を所定の計画密度 (2570, 6750, 13030, 25000, 37600 尾/l) にしたがって収容した。30 l 水槽は、水温変動を抑制するために、砂ろ過海水を常時流した 500 l 水槽上に浮かべた。一方、流水区では、透明ポリカーボネイト製 500 l 水槽の中にナイロンゴース地製の円筒型 ($\phi 70 \times 53$ cm, 実水量 200 l) のネットを設置し、仔魚を 3890 尾/l の密度で収容した。この中に約 5 l/分の砂ろ過海水を注水した。通気は全区ともにエアストーン 1 個 ($\phi 3 \times 4$ cm) で行い、通気量を約 1 l/分に調整した。

また、上記の密度効果実験がその後の生残に及ぼす影響を把握するための補足実験として、約 50 尾を 1 l の砂ろ過海水にいて 3 日間管理して、その間の斃死状況を観察した。

さらに、ふ化直後の仔魚の安全な溶存酸素濃度を把握するための補足実験として、低酸素耐性実験を行った。100~110 ml の酸素瓶 12 本に上記のふ化直後の仔魚を 36.3 個体/ml の密度でそれぞれ収容して、一定時間経過毎に 1 本ずつその仔魚の状態を観察し、溶存酸素濃度を測定した。酸素瓶は 18°C の恒温機に収容した。

この実験での仔魚の生死の判定においては、肉眼観察により体が屈曲しているものや白濁しているものを斃死魚とした。この判定だと、死亡直後の判定が不明瞭であり、また、たとえ観察時には生きていても、そのダメージからの回復が出来ない個体があることが予想された。そこで、上記の低酸素耐性実験がその後の生残に及ぼす影響を

把握するために、約 50 尾を 1 l の砂ろ過海水にいて 3 日間管理して、その間の斃死状況を観察した。

実験 I・b: 体長 13 mm の稚魚

この実験での実験区の組み立てを表 2 に示す。実験時間はすべて 24 時間とした。表 2 に示すように、稚魚の収容密度の影響解明に取り組んだ 5 実験区（実験区 1～5）では止水、無投餌条件とし、透明ポリカーボネイト製 30 l 水槽に 20 l の砂ろ過海水を入れ、これに 30～480 尾/l の 5 段階の密度で稚魚を収容した。これと並行して、実験区 1～5 での水質悪化の影響を比較するために、稚魚の収容密度を 30,240 尾/l とした流水、無投餌の 2 区（実験区 7, 8）を設けた。また、120 尾/l の密度で ALC を 50 mg/l の濃度に調整した区（実験区 6）も設けた。さらに、通気によって生ずる飼育水の強制的な循環運動の影響を把握する目的で実験区 9 を置いた。これは、50×70 cm のポリエチレン袋に砂ろ過海水 10 l を入れ、稚魚を 30 尾/l になるように収容して、酸素を約 8 l 注入し、口を輪ゴムでとじたものである。別に、2 l/分の流水条件で天然コペポダ、魚卵、養成アルテミアなどを十分に投餌した区（実験区 10）や、水槽の大きさ自体が密度効果に及ぼす影響について手掛りを得る目的で大型の 500 l 水槽を用いた区（実験区 11）も置いた。

供試魚は、海上の小割網で飼育中のものをバケツですくって運び収容した。供試魚の体長は 13.4 mm（標準偏差 1.5 mm）であった。収容後は実験 I・a と同様に水質と斃死状況とを観察した。この大きさの稚魚は、特に空腹時には小型の衰弱した個体の眼を攻撃することがある。飢餓状態で行った本実験では、急激な水質悪化がある場合には眼球は残ったまま斃死し、水質悪化がさほど急激でない場合には個体間の干渉によって眼球を食われる個体があることが想定された。そこで、斃死魚についてはその体長を測定し、眼球が欠損している個体の割合を調べた。

別に、補足実験として実験終了後に残存する影響を把握するために、それぞれの実験区から各 200 尾を 70 l（水量 50 l）バケツに収容して、4 日間の飼育を行った。飼育は、十分な流水条件で天然コペポダ、魚卵、アルテミア幼生を 1 日 3～5 回十分量投与して行った。

また、マダイ稚魚の低酸素にたいする耐性を調べるために、15.7 mm マダイ稚魚 20 尾を、2 l の透明円筒型ポリエチレン瓶に収容して、溶存酸素濃度の変化を測定し、魚の行動や生残の状況を観察した。

実験 I・c: 体長 26 mm の稚魚

砂ろ過海水を 20 l 入れた透明ポリカーボネイト製 30 l 水槽に、体長 26.4 mm（標準偏差 5.4 mm）のマダイ稚魚を収容した（表 1）。水槽は、砂ろ過海水を流したウォーターバスの中に置いた。収容時の稚魚数は全部を目視計数した。通気はエアストーン 1 個（φ3×4 cm）で行い 0.7～1.2 l/分に調整した。実験区は稚魚密度 15, 30, 60 尾/l の 3 止水区、流水 1 区（15 尾/l）、流水投餌 1 区（15 尾/l）の他に、70 l 水槽の中に 30×30×60 cm の方形の枠に 2 mm 目のネットを張ったものをいれ、その内（60 尾/l）と外（15 尾/l）にそれぞれ供試魚を収容し、流水状態に置いた 2 区の計 7 区とした。流水区には約 5 l/分の砂ろ過海水を注水した。

別に補足実験として、実験終了後まで残存する影響を把握するために、それぞれの実験区から各 100 尾を 70 l（水量 50 l）バケツに収容して、3 日間の飼育を行った。飼育は、十分な流水条件で天然コペポダ、養成アルテミア、モイストペレットを 1 日 3～5 回十分量投与して行った。

表 2 実験 I・b 13 mm 稚魚について行った密度効果実験の組み立て

実験区	水槽 (l)	水量 (l)	マダイ密度 (尾/l)	マダイ尾数	環境水	投餌	ALC 浸漬	通 気
1	30 l ポリカーボネイト水槽	20	30	600	止水	—	—	エアストーン 1 個
2	30 l ポリカーボネイト水槽	20	60	1200	止水	—	—	エアストーン 1 個
3	30 l ポリカーボネイト水槽	20	120	2400	止水	—	—	エアストーン 1 個
4	30 l ポリカーボネイト水槽	20	240	4800	止水	—	—	エアストーン 1 個
5	30 l ポリカーボネイト水槽	20	480	9600	止水	—	—	エアストーン 1 個
6	30 l ポリカーボネイト水槽	20	120	2400	止水	—	50 mg/l	エアストーン 1 個
7	30 l ポリカーボネイト水槽	20	30	600	流水	—	—	エアストーン 1 個
8	30 l ポリカーボネイト水槽	20	240	4800	流水	—	—	エアストーン 1 個
9	15 l ポリエチレン袋	10	30	300	密閉酸素封入	—	—	密閉酸素封入
10	30 l ポリカーボネイト水槽	20	30	600	流水	+	—	エアストーン 1 個
11	500 l ポリカーボネイト水槽	500	120	60000	止水	—	—	エアストーン 2 個、酸素
合計				87600				

結 果

実験Ⅰ・a: ふ化仔魚

実験Ⅰ・aの結果を途中経過を含めて表3に、24時間後の水質と仔魚の斃死の状態を図1に示した。図1では、6因子を結ぶ多角形が小さい実験区ほど水質が悪化し、斃死などの影響が大きいことを示す。pHと溶存酸素濃度の低下、全アンモニア濃度の上昇は、収容密度2.5万尾/l以上の実験区で1.3万尾/l以下の区と比較して激しく現れている。特に、2.5万尾/l以上では溶存酸素濃度が26%程度にまで低下しており、斃死も見られている。非解離アンモニア濃度は、3.76万尾/l区でも最高7ppbにしかならない。残存影響評価実験の結果により、密度効果実験の生残魚のうち、2.5万尾/l以上の区では10%以上が3日以内に斃死し、それ以下の区にくらべて高い斃死率となった。

一方、補足実験として行ったふ化仔魚の低酸素耐性実験では、溶存酸素濃度が60%以下になる辺りから、一部個体の沈下が始まり、30%以下になるとその影響は著しく顕著になる(図2)。上記の結果から推すと、2.5万尾/l以上収容した場合溶存酸素濃度が約26%以下になり、このために斃死個体があられ、また、生残個体についても残存影響により3日以内に斃死する個体が増加したと言える。

表3 マダイふ化仔魚について行った密度効果実験の結果(実験Ⅰ・a)

実験区	マダイ密度 尾/l	測定項目	経 過 時 間 (hr)					
			0	1.5	3	6	12	24
1 止水区	37600	水温 (°C)	18.0	18.8	19.0	19.2	19.0	19.5
		pH	8.17	7.78	7.46		7.23	7.19
		DO (%)	77.7	49.8	38.0	28.4	26.4	27.5
		TA (ppm)*1	0.07	0.08	0.07	0.14	0.41	1.49
		UIA (ppb)*2	23	14	6	6	2	7
		累積斃死率 (%)	0	0	0	0.2	0.2	0.3
2 止水区	25000	pH	8.22	7.93	7.61		7.27	7.25
		DO (%)	82.4	54.0	39.2	26.5	26.1	23.4
		TA (ppm)	0.11	0.09	0.09	0.15	0.42	1.39
		UIA (ppb)	4	2	1	0.7	2	6
		累積斃死率 (%)	0	0	0	0	0.4	1.9
3 止水区	13030	pH	8.32	8.20	8.08	7.93	7.82	7.79
		DO (%)	88.2	85.3	82.3	81.0	81.7	79.9
		TA (ppm)	0.28	0.14	0.08	0.13	0.13	0.23
		UIA (ppb)	14	6	3	3	2	4
		累積斃死率 (%)	0	0	0	0	0	0
4 止水区	6750	pH	8.38	8.31	8.23	8.14	8.03	8.01
		DO (%)	93.4	90.7	87.6	86.7	87.6	87.4
		TA (ppm)	0.27	0.13	0.09	0.12	0.11	0.18
		UIA (ppb)	17	7	4	4	3	5
		累積斃死率 (%)	0	0	0	0	0	0
5 止水区	2570	pH	8.40	8.36	8.29	8.24	8.16	8.12
		DO (%)	94.0	92.1	88.9	88.0	88.5	89.8
		TA (ppm)	0.22	0.12	0.09	0.11	0.11	0.19
		UIA (ppb)	14	8	5	6	4	7
		累積斃死率 (%)	0	0	0	0	0	0
6 流水区	3890	pH	8.43	8.44	8.40	8.38	8.38	8.37
		DO (%)	97.6	99.8	95.3	96.0	96.3	99.3
		TA (ppm)	0.13	0.08	0.08	0.10	0.07	0.09
		UIA (ppb)	8	5	5	7	5	6
		累積斃死率 (%)	0	0	0	0	0	0

*1 TA: 全アンモニア濃度測定値

*2 UIA: 非解離アンモニア濃度, TAと水温およびpHから換算した値

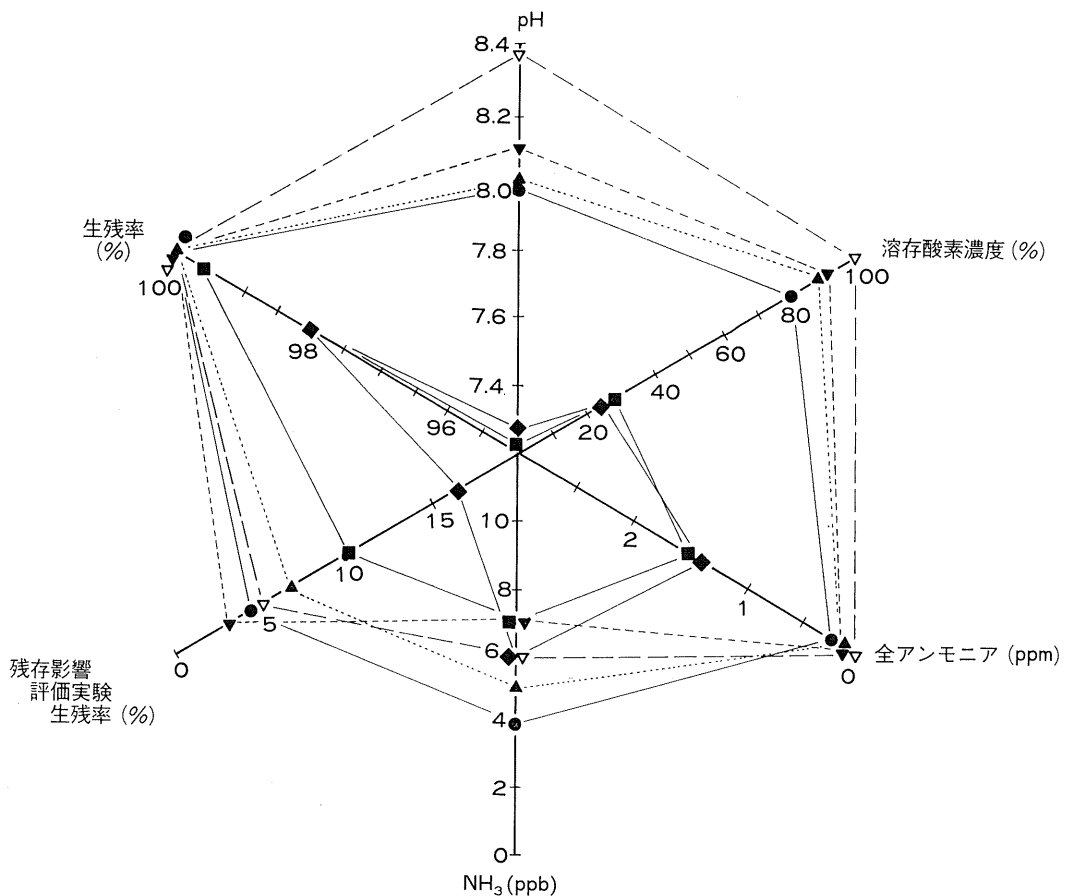


図1 マダイふ化仔魚密度効果実験 (実験 I・a) における 24 時間後の水質と生残状況及び残存影響評価実験での 3 日間生残率

■—■: 37600 尾/l 止水区, ◆—◆: 25000 尾/l 止水区, ●—●: 13030 尾/l 止水区,
▲-----▲: 6750 尾/l 止水区, ▼-----▼: 2570 尾/l 止水区, △---△: 3890 尾/l 流水区

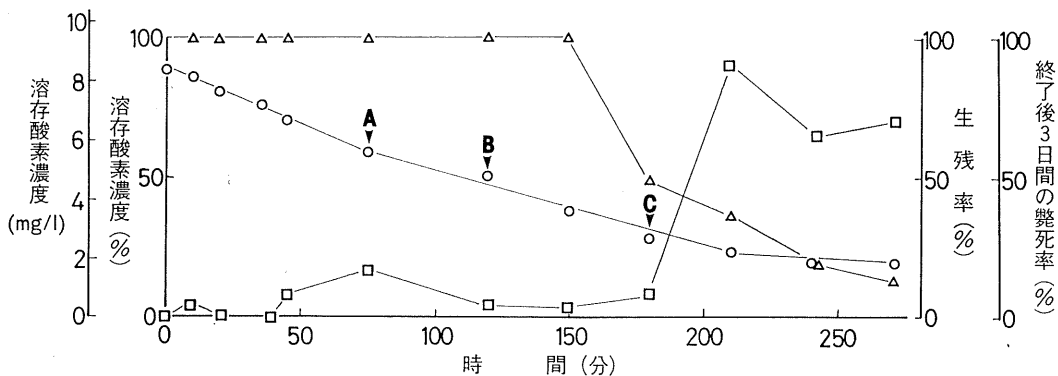


図2 マダイふ化仔魚の低酸素耐性試験並びにその残存影響把握実験の結果

○: 溶存酸素濃度, △: 生残率, □: 終了後 3 日間の飼育での斃死率,
A: 沈下が始まる, B: 2/3 が沈下, C: 約 8 割が沈下。

これらの結果から、この程度の通気を行った止水条件でのマダイのふ化仔魚の安全な収容密度は、24 時間浸漬の場合 1.3 万尾/l 以内と考えられる。しかし、水流による損傷が起きない範囲で酸素の供給を増し、溶存酸素濃度をもっと高く維持すれば、さらに高密度で収容できる可能性もある。

実験 I・b: 体長 13 mm の稚魚

実験の結果を表 4 に、24 時間後の斃死率を飼育条件と対比させて表 5 に示す。

(1) 飼育条件と溶存酸素濃度: 水量 20 l の止水区 (実験区 1~6) の溶存酸素濃度は、それぞれの密度に比例して短時間のうちに一定値に低下し、以後平衡状態になった。流水区 (実験区 7, 8, 10) でも低下はするが、僅かであった。500 l 水槽 (実験区 11) とポリエチレン袋に封入した実験区 9 の溶存酸素濃度は、それぞれ酸素通気と溶け込みにより、過飽和になった。

(2) 稚魚の低酸素耐性: 上記低酸素条件の影響を把握するための補足実験として行った体長 15.7 mm 稚魚の低酸素耐性実験 (図 3) から、溶存酸素濃度が 50% 以下になると稚魚の呼吸頻度が盛んになり、30% 以下では急激に斃死した。

(3) 飼育条件と pH, アンモニア濃度: ALC 浸漬区 (実験区 6) の pH は実験開始直後に ALC の影響で 7.32 まで低下したが、3 時間後には海水の緩衝作用により約 7.7 にまで回復し、以後その水準を保った。他の止水区の pH はマダイ密度の上昇に応じて下がった。全アンモニア濃度は、止水区では魚の密度と経過時間に比例して上昇した。しかし、この中で実験用稚魚を酸素と共にポリエチレン袋に封入した実験区 9 の 24 時間後の全アンモニア濃度 1.7 ppm は、同密度の止水区 (実験区 1) の 2.7 ppm の約 60% に相当する低い値であった。流水区 (実験

表 4 体長 13 mm のマダイ稚魚について行った密度効果実験の結果 (実験 I・b)

実験区	マダイ 密度 (尾/l)	水条件	投餌	通気 (l/分)	換水 (l/分)	0 時間後		3 時間後				6 時間後					
						pH	TA*1 (ppm)	WT (°C)	pH	DO (%)	TA (ppm)	死亡率 (%)	WT (°C)	pH	DO (%)	TA (ppm)	死亡率 (%)
1	30	止水	無	1.2	0	8.27	0.04	19.9	8.11	89.3	0.31	0.50	20.2	8.08	88.3	0.65	1.50
2	60	止水	無	0.7	0	8.20	0.13	19.9	7.82	78.0	0.67	1.33	20.1	7.78	76.7	1.33	2.08
3	120	止水	無	1.2	0	8.10	0.30	19.9	7.65	67.5	1.34	1.00	20.1	7.63	64.4	2.7	2.88
4	240	止水	無	1.0	0	7.82	0.72	19.9	7.41	47.2	3.1	2.58	20.2	7.43	43.3	5.8	3.98
5	480	止水	無	0.9	0	7.53	1.94	20.0	7.32	41.5	4.5	52.08	20.1	7.34	38.3	7.4	53.39
6	120	止水, ALC 50-24	無	1.3	0	7.32	0.47	19.8	7.68	78.5	1.58	—	20.1	7.68	78.2	2.9	—
7	30	流水	無	0.5	2.0	8.37	0.09	19.7	8.39	90.7	0.10	0.00	20.0	8.40	91.0	0.09	0.50
8	240	流水	無	1.1	2.0	8.30	0.12	19.7	8.32	78.8	0.17	1.60	20.0	8.31	77.2	0.12	2.93
9	30	密閉酸素 封入	無	0	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	30	流水	有	1.4	2.0	8.32	0.11	19.7	8.41	92.2	0.08	0.00	20.1	8.40	90.5	0.08	0.00
11	120	止水	無	2.4	0	—	—	20.3	7.15	108.2	1.75	0.40	21.0	7.15	118.7	3.3	0.52

実験区	12 時間後					24 時間後					斃死魚体長 (mm)			(%)*3	残存影響把握 実験結果(4日間) 斃死率 (%)*4	
	WT (°C)	pH	DO (%)	TA (ppm)	斃死率 (%)	WT (°C)	pH	DO (%)	TA (ppm)	UIA*2 (ppb)	斃死率 (%)	M	S.D.			n
1	20.3	8.11	88.6	1.26	1.50	20.4	8.11	88.0	2.7	101	7.70	10.1	0.8	8	100.0	17.5
2	20.3	7.81	77.5	2.7	2.75	20.2	7.83	75.1	5.4	111	10.40	10.2	0.7	21	98.0	13.9
3	20.3	7.68	67.7	5.5	4.38	20.3	7.71	65.9	11.2	170	11.40	10.4	0.9	35	80.5	0*5
4	20.3	7.56	46.7	12.6	5.79	20.2	7.56	48.3	23	256	7.80	10.8	0.9	38	33.2	8.6
5	20.3	7.42	33.2	14.8	59.33	20.2	7.53	46.1	26	270	60.90	12.2	1.4	32	0.1	11.8
6	20.3	7.79	78.2	5.8	—	20.2	7.77	76.8	11.3	202	7.20	10.5	1.1	40	45.0	8.4
7	20.1	8.41	90.7	0.19	0.67	20.1	8.39	89.2	0.19	14	3.50	9.9	0.7	7	83.3	9.4
8	20.1	8.34	81.1	0.16	3.87	20.1	8.15	79.6	0.35	15	11.20	10.4	0.7	42	93.4	17.1
9	—	—	—	—	—	20.5	7.43	179	1.71	16	2.70	9.4	0.7	7	87.5	9.1
10	20.0	8.41	90.4	0.09	0.50	20.1	8.38	88.6	0.15	11	0.80	10.5		1	100.0	5.2
11	21.4	7.23	158.7	6.6	0.75	21.6	7.30	133.4	13.8	84	4.60	10.4	0.7	38	98.0	23.3

*1 TA: 全アンモニア濃度測定値

*2 UIA: 非解離アンモニア濃度, TA と水温および pH から換算した値

*3 斃死魚の中で眼球が欠損している個体の割合 (%)

*4 4 日間の短期間の飼育での生残率, 約 200 尾を水量 50 l のバケツで飼育

*5 オーバーフローにより遺失

表 5 マダイ稚魚 (13 mm) の収容密度と環境条件を様々に変化させた場合での 24 時間後の斃死率 (%) とその後 4 日間の残存影響把握実験での斃死率 (() 内, %)

マダイ密度 (尾/l)	環境水条件, 投餌, ALC				
	止水, 無, 無	止水, 無, 50 mg/l	流水, 無, 無	ポリ袋封入, 無, 無	流水, 有, 無
480	60.9 (11.8)				
240	7.8 (8.6)		11.2		
120	11.4 [4.6]* (**) [(23.3)]*	7.2			
60	10.4 (13.9)				
30	7.7 (17.5)		3.5	2.7	0.8

* 透明ポリカーボネイト製 500 l 水槽での事例

** オーバーフローによる遺失

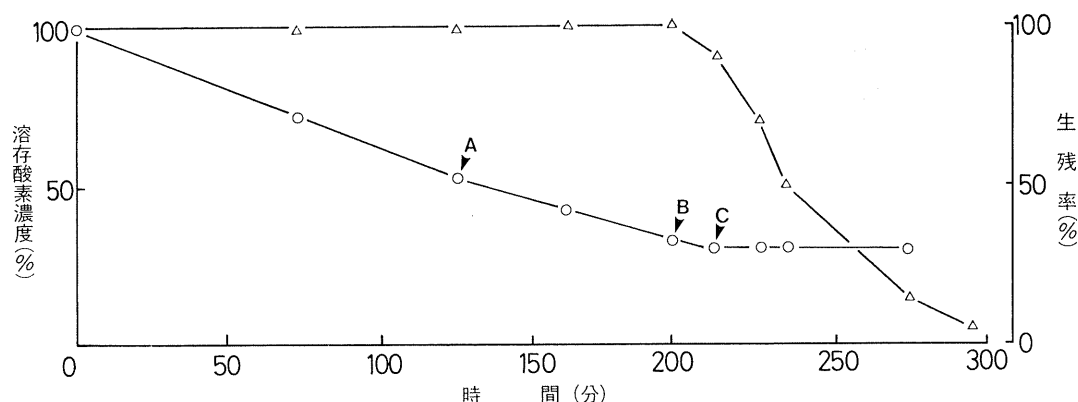


図 3 体長 15.7 mm のマダイ稚魚の低酸素条件での耐性
○: 溶存酸素濃度, △: 生残率, A: 呼吸頻度増加, B: 鼻上げ, C: 斃死開始

区 7, 8, 10) の全アンモニア濃度は, ごく僅かに上昇したに止どまった。非解離アンモニア濃度は最高 0.27 ppm であり, 魚への影響はうかがえない。

(4) 収容密度別にみた斃死率: 魚の収容密度を変えた場合の斃死状況の差を, まず止水区間で比較してみよう (表 4)。480 尾/l 区 (実験区 5) では, 収容 3 時間後に溶存酸素濃度が 42% まで低下し, 52% もの大量の斃死がみられたが, 斃死魚を斃死直後に取り上げたため, その後はあまり増加せず, 24 時間で 61% の斃死に止どまった。この溶存酸素濃度 42% は, 低酸素耐性実験の結果から判断するとすぐに全滅する濃度ではないが, かなり危険な濃度と言える。斃死魚に眼球欠損個体がほとんど無く, また, 斃死魚の体長 12.2 mm が実験供試魚の平均値 13.4 mm に近かったことは, その原因が個体間の干渉のように時間を要するものではなく, 急激なもの, この場合は酸欠にあったことを示唆している。240 尾/l 区 (実験区 4) では 24 時間の斃死は 7.8% であったが, その内で眼球欠損個体が 33% しかなかったことから, マダイ個体間の干渉以外に, 最低溶存酸素濃度 43% による酸欠の影響があったものと考えられる。30~120 尾/l 区 (実験区 1~3) では, 最低でも溶存酸素濃度は 64% 以上あり, 酸欠による斃死はなかったと思われる。斃死魚の体長が供試魚の体長 13.4 mm より小さい 10.1~10.4 mm しかなかったことと, 斃死魚に眼球が 20% 以下しか残っていなかったことは, 斃死原因が水質の悪化よりも個体間の干渉によるものが主であることを示唆している。

(5) 飼育条件と斃死率: 30 尾/l の流水投餌区 (実験区 10) では, 24 時間の斃死は 0.8% しか無く (表 4,5), また, その後 4 日間の飼育 (残存影響評価実験) での斃死も 5.2% であった。密度効果実験と残存影響評価実験を通じた 5 日間の日間斃死率は 1.2% となる。一方, 供試魚と同一群の小割網での飼育事例では, この時期の日間斃

死亡率は 1.8% であった。本実験の死亡率のほうが少ないことから、この実験での魚の取り扱いや小型容器の影響はあまり無く、良好な状態で実験ができたと思われる。これに対して同密度の 30 尾/l の流水無投餌区 (実験区 7) では 24 時間の死亡率が 3.5%、残存影響評価実験期間中での死亡率が 9.4% に上昇している。また、斃死魚の体長も小さい。このことから、1 日の飢餓の影響により、24 時間以内の死亡率が投餌区の約 4 倍、その後 4 日間の死亡率が 2 倍に上昇したと言える。斃死魚の平均体長は 9.9 mm であり、供試魚の平均値 13.4 mm にくらべて小型個体を中心であった。30 尾/l の止水無投餌区 (実験区 1) では、24 時間の死亡率が 7.7%、以後 4 日間の死亡率が 17.5% であり、同密度の流水無投餌区の死亡率の約 2 倍である。ポリエチレン袋に封入した止水区 (実験区 9) では 24 時間の死亡率が 2.7%、以後 4 日間の死亡率が 9.1% であり、同密度の流水無投餌区 (実験区 1) と同程度であり、止水区より死亡率が少ない。ポリエチレン袋封入区では魚がビニール袋全体に均一に、また静かに分布していることが実験中に観察された。通気による水流が無いため、強制運動によるストレスがなかったことによる効果と思われる。

(6) ALC の影響: ALC の浸漬区 (実験区 6) では、ALC により水が濃い赤色となり、魚がほとんど視認しえない状況であった。死亡率は同密度 (120 尾/l) の止水区 (実験区 3) の 11.4% より低い 7.2% であった。眼球欠損魚が斃死魚中 45% であり、同密度の止水区の 81% より少なかった。これは、ALC によって視界が遮蔽され、むしろ個体間の干渉による死亡率が少なくなったことを示すものと考えられる。

(7) 水槽自体の大きさの効果: 500 l 水槽 (実験区 11) での死亡率 4.6% は、収容密度が等しい 120 尾/l の 30 l 水槽 (実験区 3) の死亡率 11.4% より少なかった。しかし、以後 4 日間の死亡率 (残存影響評価実験) は、23.3% と高かった。

(8) まとめ: 以上の結果を総合すると、止水条件で 24 時間の収容をする場合、飢餓と個体間干渉の影響があるものの、120 尾/l 以下では水質悪化による死亡率は少ないものと考えられた。

実験 I・c: 体長 26 mm の稚魚

実験中における飼育槽の水質変化と死亡率の経過を表 6 に示した。止水区 (実験区 1~3) の pH と溶存酸素濃度は実験 I・b の場合と同様に、1.5 時間以内に、それぞれの稚魚密度に応じた水準に低下して平衡し、以後は安定した。流水区 (実験区 4~7) の pH と溶存酸素濃度はほとんど低下していない。全アンモニア濃度は、止水区ではそれぞれの稚魚密度と時間に応じて上昇している。

15 尾/l 各区での 24 時間以内と以後の 3 日間の死亡率は、投餌の有無、流水か止水かによらず僅かであった。このことから、このサイズになると 1 日程度の飢餓も、また密度さえ低ければ止水としたことの影響も小さいと言える。

密度を異にする止水区間で死亡率状況を比較すると、60 尾/l 区では、始めの 24 時間と以後 3 日間の飼育での死亡率は、それぞれ 4.3、10% であり、それよりも密度の低い実験区とくらべて約 2 倍の値であった。一方、同じ密度条件下にあった流水区での死亡率は、15 尾/l の稚魚密度の各区と同様低い水準にあった。これらの結果から、このサイズの稚魚飼育の止水での安全密度の限界は 30 尾/l 程度であり、それ以上の密度では止水による水質の悪化により死亡率が若干増加するとともに、以後の飼育にも若干の影響が有ると言える。

実験 II 密度効果に及ぼす ALC の影響評価実験

材料と方法

1987 年 7 月 4~5 日に実験を行った (表 1)。透明ポリカーボネイト製 30 l 水槽に砂ろ過海水 25 l を入れ、ALC を 0、100、200 mg/l になるように溶かし、平均体長 14.1 mm (標準偏差 1.7 mm) のマダイ稚魚を、表 7 に示すように 15、30、60 尾/l と密度を変えて収容し、それぞれエアストーン 1 個 (φ30×40 mm) により約 1 l/分の空気の通気をした。また、供試魚の収容時にたも網で抄くって、その状態で 1 分間空中に露出させてから収容した区を設けた。そして、各実験区について、24 時間後の生残の状況を観察した。

結 果

ALC 無添加の 60 尾/l 区での死亡率は僅か 1.5% であった。ALC の添加量を 100 mg/l とした各区では、15、30、60 尾/l とマダイ密度が高くなると死亡率が 1.3、2.9、3.5% と僅かながら高くなっている。200 mg/l の各区では、収容密度を 15 尾/l とした区での死亡率は 22.5% であったが、30 尾/l 区では 35.3% に増え、60 尾/l 区では全滅している。

供試魚を収容前に干出させた区での死亡率は 87.2% であり、ALC 濃度、収容密度とも同一条件とし、収容時に

表 6 体長 26 mm マダイ稚魚について行った密度効果実験の結果 (実験 I・c)

実験区	マダイ 密度 (尾/l)	試験条件	測定項目	経過時間 (h)							斃死魚体長 (mm) M±S.D.	終了後 3 日 間の累積斃 死率 (%) ^{*1}
				0	1.5	3.0	6.0	12.0	18.0	24.0		
			水温 (°C)	22.2	22.2	22.3	22.5	22.2	22.0	22.1		
1	60		pH	8.41	7.72	7.72	7.75	7.83	7.83	7.92		
		30 l 水槽	DO (%)	106	61	59	59	62	60	68		
		止水	TA (ppm) ^{*2}	0.02	1.94	3.1	5.3	10.1	14.6	17.8		
			UIA (ppb) ^{*3}	2	35	56	95	222	321	498		
			斃死率 (%)		0	0.08	0.17	0.33	0.42	4.3	21.6±4.1	10
2	30		pH		7.92	7.95	7.95	8.00	8.03	8.07		
		30 l 水槽	DO (%)		77	82	80	84	84	87		
		止水	TA (ppm)		1.31	1.86	3.0	5.2	7.3	8.7		
			UIA (ppb)		37	52	84	182	256	305		
			斃死率 (%)		0	0	0	0.17	0.5	1.5	18.5	2
3	15		pH		8.15	8.17	8.18	8.20	8.24	8.26		
		30 l 水槽	DO (%)		89	94	93	96	97	96		
		止水	TA (ppm)		0.63	1.14	1.73	3.0	4.1	5.2		
			UIA (ppb)		32	57	87	162	221	281		
			斃死率 (%)		0	0.33	0.33	0.67	0.67	2.3	18.5	5
4	15		pH		8.41	8.42	8.40	8.38	8.44	8.45		
		30 l 水槽	DO (%)		100	100	102	102	103	104		
		流水	TA (ppm)		0.11	0.06	0.03	0.03	0.04	0.06		
			UIA (ppb)		9	5	3	3	3	5		
			斃死率 (%)		0	0	0.33	0.33	0.33	1.7	24.7±4.6	5
5	15		pH		8.39	8.41	8.39	8.35	8.43	8.42		
		30 l 水槽	DO (%)		100	100	101	102	101	101		
		流水	TA (ppm)		0.12	0.06	0.03	0.03	0.04	0.05		
		投餌	UIA (ppb)		10	5	3	3	3	4		
			斃死率 (%)		0	0	0.33	0.33	0.33	1.3	18.0±2.2	5
6	15		pH		8.39	8.29	8.31	8.28	8.35	8.34		
		70 l 水槽	DO (%)		106	95	94	99	98	97		
		ネット外	TA (ppm)		0.04	0.04	0.02	0.02	0.03	0.04		
		流水	UIA (ppb)		3	3	2	2	3	3		
			斃死率 (%)		0	0	0	0	0	0.6	26.9±8.4	5
7	60		pH		8.39	8.29	8.31	8.28	8.35	8.34		
		70 l 水槽	DO (%)		106	95	94	99	98	97		
		ネット内	TA (ppm)		0.04	0.04	0.02	0.02	0.03	0.04		
		流水	UIA (ppb)		3	3	2	2	3	3		
			斃死率 (%)		0	0	0	0	0	1.9	22.3±4.6	6

*1) 残存影響把握実験の結果

*2) TA: 全アンモニア濃度測定値

*3) UIA: 非解離アンモニア濃度, TA と水温および pH から換算した値

稚魚を通常に扱った区の斃死率 2.9% を大幅に上回っている。

以上の結果から, ALC 浸漬条件が一定でもマダイ密度が高いと斃死が多くなること, また, 稚魚の取り扱いが丁寧でないと斃死が増えることが分かる。

実験 III 大量標識事例

実験 III・a: ふ化直後の仔魚

材料と方法

標識素材として, 62 年 5 月 18, 19 日の夕刻に産

表 7 マダイ収容密度と ALC 浸漬条件を変えた場合の斃死率 (%)

稚魚 密度 (尾/l)	ALC 浸漬濃度 (mg/l)-時間			
	0-24	100-24	200-24	100-24*
60	1.5	3.5	100.0	
30		2.9	35.3	87.2
15		1.3	22.5	

* ネットで 60 秒の空中露出をした稚魚を使用

表 8 マダイふ化仔魚の ALC による大量耳石標識実験中の水質変化と斃死の状況

ふ化槽 No.	測定項目	時刻と経過時間							
		8:20 0	9:40 1.3	10:30 2.2	11:50 3.5	14:20 6.0	15:40 7.3	19:30 11.3	20:10 11.8
1	WT (°C)	18.1					19.1	19.4	19.1
	pH	7.11	7.11				7.38		7.44
	Total ammonia (ppm)	0.01	0.01				0.20		0.26
	溶存酸素濃度 (mg/l)	7.8	7.0	7.4	6.9	6.9	6.8	12.5	8.0
	ふ化仔魚数 (万尾)	536							511
	斃死 (万尾)	1.25					0.40		0.76
2	WT (°C)	18.1					19.1	19.4	19.1
	pH	7.19	7.15				7.34		7.36
	Total ammonia (ppm)	0.01	0.02				0.19		0.24
	溶存酸素濃度 (mg/l)	7.8	6.8	9.5	10.0	7.6	7.5	10.0	8.0
	ふ化仔魚数 (万尾)	538							594
	斃死 (万尾)	0.83					0.27		0.48
合 計	ふ化仔魚数 (万尾)	1074							1105

出され、19、20 日の朝に採集された卵からふ化した仔魚約 1100 万尾を用いた。これを 0.5 m³ 透明ポリカーボネイト水槽 2 面に分けて収容し、砂ろ過海水を加えて、それぞれ 300 l にした。砂ろ過海水 400 l に ALC 80 g を溶解した液を、それぞれ 200 l 加えて、ふ化仔魚密度を 1.07 万尾/l に、ALC 濃度を 80 mg/l にした。浸漬作業は 5 月 22 日の 8:20 に開始し、浸漬時間は同日 20:20 までの 12 時間とした。各水槽にエアストーン (φ30 × 40 mm) 2 個による空気sの通気 (各約 1 l/分) と、分散機 2 個による酸素の通気を併用して、溶存酸素濃度をおよそ 100% 前後に調整した。水槽は室内に置いた。仔魚の計数にはコーンカウンターを用いた。

結 果

ALC 浸漬中の水質の変化と斃死の状況を表 8 に示した。ふ化仔魚の収容時の計数では、両水槽あわせて 1074 万尾であったが、終了時の計数では、1105 万尾であった。浸漬作業を通じて開始直後に除去した斃死魚 2.08 万尾を越えるような新たな斃死は認められなかった。浸漬終了 3 日後の 5 月 23 日に 50 尾の耳石 (扁平石と礫石) を蛍光顕微鏡により紫外線照射下で検鏡し、すべてに ALC による耳石標識を確認した。

実験 III・b: 体長 12 mm 稚魚

材料と方法

供試材料として、100 m³ 水槽 (以後この水槽を 100 m³ No. 1 水槽と呼称する) で飼育していた全長 14.8 mm、体長 11.8 mm (標準偏差 1.6 mm) の稚魚、40 万尾を用いた (表 1)。稚魚密度を 50 尾/l とし、50 mg/l ALC 海水に早朝から翌日の早朝までの 24 時間の浸漬を行った。実験には透明ポリカーボネイト製 0.5 m³ 水槽 16 面を用いた。

表 9 に浸漬作業の日程を示した。ALC 浸漬の前日の 6 月 9 日夕刻には、取り上げの時に稚魚に混じるごみが少なくなるように、底面の掃除を入念に行った。6 月 10 日は 0:00 から飼育中の 100 m³ No. 1 水槽の水位を下げた。2:00 から網で稚魚を集めて、バケツで抄くって取り上げた。一方でもう 1 個の 100 m³ 水槽 (以後この水槽を No. 2 水槽と呼称する) の中には、0.5 m³ 水槽を 16 面並べ、それぞれにろ過海水を入れておいた。稚魚は、まず 5000 尾を計数して 70 l のバケツに入れた (図 4・a)。これと見比べながら、魚影がほぼ等しくなるように、順次他の 5 個の 70 l のバケツに稚魚を入れた。こうして得た 25000 尾を、100 m³ No. 2 水槽内に準備しておいた 0.5 m³ 水槽 1 個に収容した。この操作をさらに 3 回反復して、25000 尾収容の 0.5 m³ 水槽を 4 面とした。さらに、この 0.5 m³ 水槽の 25000 尾と魚影を見くらべて、残り 12 面に稚魚を収容した。0.5 m³ 水槽に稚魚を収容した後、水を浄化するためにしばらく換水をした (図 4・a)。

この作業と平行して、別の 0.5 m³ 水槽 4 面に、200 mg/l の ALC 海水 2 m³ を作った。稚魚を収容し、換水により水を浄化した 0.5 m³ 水槽の水量を、それぞれ 375 l にあわせて止水とし、上記の 200 mg/l の ALC 海水溶液

表 9 体長 12 mm マダイ稚魚の ALC 浸漬による大量耳石標識実験の日程の一例

月日	時刻	
6.9	15:00~16:00	100 m ³ 水槽 (No. 1) の底掃除
6.10	0:00~ 2:00	100 m ³ 水槽 (No. 1) の飼育水を減水
	2:00~ 3:00	巻網で魚を集める
	3:00~ 3:40	0.5 m ³ 水槽 4 面に稚魚を比色法で計数して収容
	3:40~ 5:00	0.5 m ³ 水槽残り 12 面に稚魚を比色法で計数して収容
	5:00~ 5:20	0.5 m ³ 水槽の換水
	5:20~ 5:45	ALC を投与して浸漬開始
	6:30~ 8:00	100 m ³ 水槽 (No. 2) に保温用の海水を注水
6.11	5:00~ 5:30	100 m ³ 水槽 (No.2) に海水をさらに注水して水位を上げる
	5:30~ 5:40	0.5 m ³ 水槽をひっくり返して浸漬終了。稚魚を 100 m ³ 水槽 No. 2 に移す
	5:50~ 6:55	満水 (80 m ³) まで増水, 生物餌料を集中的に投餌
	6:55~10:20	40 m ³ まで減水して流水とする。廃水は別水槽に回収
	10:20~11:00	再度満水 (80 m ³) まで増水
	11:00~	満水状態から流水にして, ミンチ肉を投餌開始
	16:00~17:00	底掃除をして斃死魚を回収
6.12		通常の飼育態勢に入る
6.17		TL 20 mm でパイプにより沖出し

125 l をそれぞれに注入して, 稚魚密度を 50 尾/l, ALC 濃度を 50 mg/l の海水 500 l に調整して, 浸漬実験を開始した (図 4・b)。浸漬間の水温変化を出来るだけ小さくするために, 0.5 m³ 水槽を収容した 100 m³ No. 2 水槽には, 0.5 m³ 水槽が浮上しない程度の水位にろ過海水を入れて換水した (図 4・b)。

24 時間の浸漬後の 6 月 11 日の 5:30~5:40 に, 100 m³ No. 2 水槽にろ過海水を注水して 0.5 m³ 水槽を浮上, 反転させ稚魚を 100 m³ No. 2 水槽に移して, 浸漬終了とした (図 4・c)。浸漬終了直後から養成アルテミア, 天然採集コペポダ, チグリオプス等の生物餌料を投餌した。この状態では飼育水が濃い赤紫色であるため, 満水まで注水した後, 1/2 まで減水し, 換水により ALC を除去した (図 4・d)。廃液は, 排水路に堰板を取り付けて蓄え, 水中ポンプで別の水槽に回収した。11:00 には再度満水状態まで増水し, ミンチ肉の投餌を始めた。16:00~17:00 には底掃除を行い, 斃死魚を回収した。

結 果

浸漬実験中の斃死は 1126 尾, 0.3% であった。斃死魚の平均体長は 8.52 mm であり, 明らかに平均よりも小型の個体が多かった。その後の飼育も順調であり, 6 月 17 日には 39.0 万尾を海面小割網に沖出しした。この間の生残率は 97.5% と良好であった。

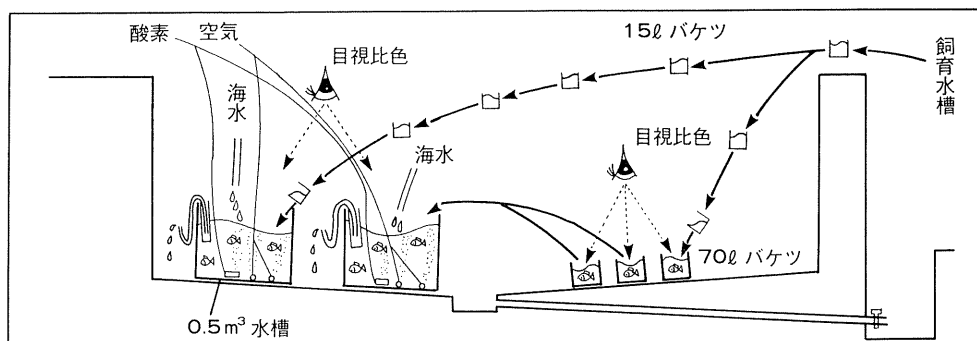
浸漬直後に採取した 500 尾の稚魚の耳石 (礫石) のすべてに ALC 標識が確認された。

考 察

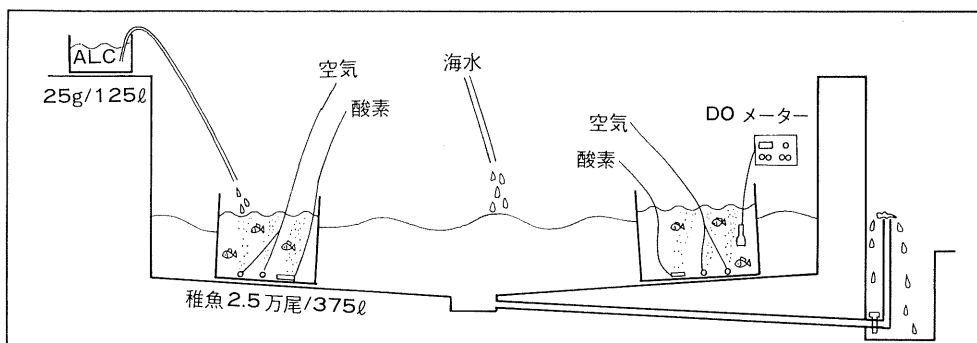
以上の実験結果を整理してみると, マダイ仔稚魚のサイズ別にみた 24 時間, 止水条件下での収容密度のおよその目安は, ふ化仔魚で 13000 尾/l (1.3 g/l), 体長 13 mm 稚魚で 120 尾/l (3.2 g/l), 体長 26 mm 稚魚で 30 尾/l (6.3 g/l) であった (表 10)。

止水条件下での卵仔稚魚の安全な収容密度を考察するに当たって参考になるのは, 卵仔稚魚の輸送事例である。海産魚類の卵仔稚魚の輸送はかなり頻繁に行われるようになっているが, 実験結果の報告事例は, さきにも述べたように, 多くない。その中で, 武田⁹⁾ はマダイふ化仔魚で実験し, 1000 尾/l, 13 時間の輸送は問題無いとしている。日本栽培漁業協会上浦事業場では, マダイのふ化仔魚の輸送は, 通常 5~17 時間の場合で, 200~500 尾/l の密度で行っている。本報で述べた安全密度は, これらの値の 10~50 倍にもなる。本実験ではこの条件で大きな斃死などが無いことを示したが, 止水条件がその後の生残におよぼす影響については 4 日間しか調べていない欠点がある。しかし, ふ化仔魚密度 1.2 万尾/l, 80 mg/l ALC の 12 時間浸漬により標識したふ化仔魚を飼育して, 通常と変わらない飼育結果が得られた実績がある*。これから, 本報で示した 1.3 万尾/l の密度も, おそらく安全な限度内と考えられる。

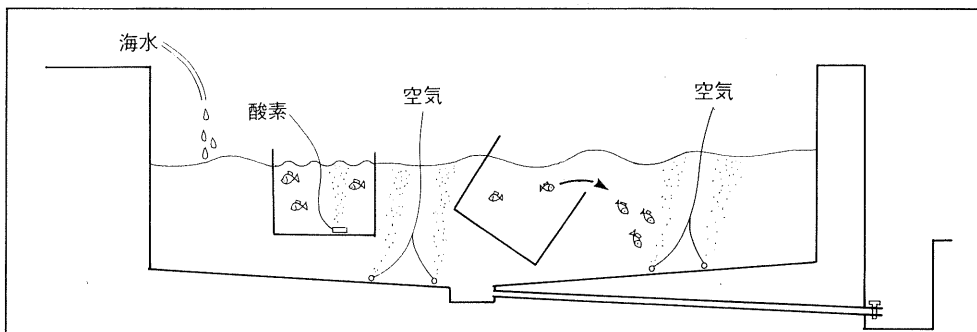
* 日本栽培漁業協会古満目事業場未発表



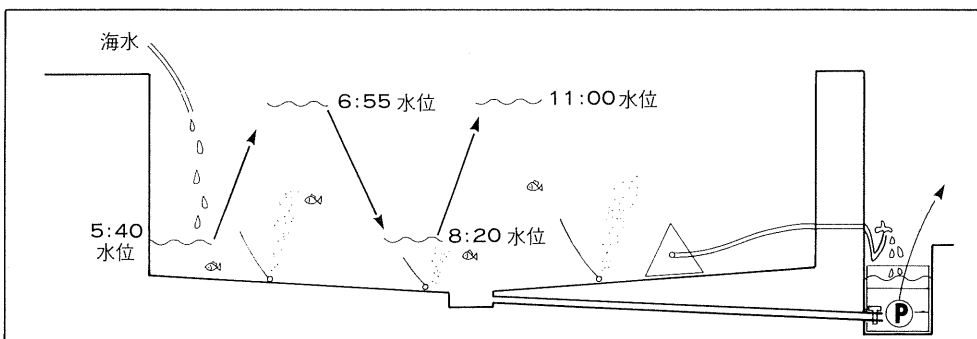
a. 0.5m³ 水槽への収容状況 (6月10日 2:00~5:00)



b. ALC 注入, 浸漬状況 (6月10日 5:20~5:45)



c. ALC 浸漬終了時の開放状況 (6月11日 5:30~5:40)



d. 飼育開始と廃液回収の状況 (6月11日 5:40~11:00)

図 4 12 mm マダイ稚魚の ALC 浸漬による大量耳石標識作業の手順

次に当事業場でのマダイ稚魚のトラック輸送についてみる。通常、全長 20 mm 魚の 8~15 時間の輸送では、8~12 尾/l (0.8~1.2 g 魚体重/l) としている。ミナミクロダイ稚魚 (全長 23~38 mm, 体重 0.2~1.0 g) では、密閉止水による 14 時間の航空輸送で、100 尾/l (30 g 魚体重/l) まで収容可能と報告されている⁷⁾。本報告で示したマダイ稚魚の安全密度、体長 13 mm 稚魚で 120 尾/l (3.2 g 魚体重/l)、体長 26 mm 稚魚で 30 尾/l (6.3 g 魚体重/l) という

値は上記の結果と比較して著しくかけはなれたものとは判断されず、安全な範囲内にあると考えられる。

平均 13.4 mm の稚魚を供試材料とした実験 I・b では、飢餓や水流による強制運動により斃死が僅かに増加し、ALC の添加は視界の遮蔽によりむしろ斃死を減らしていることが示唆された。また、通気に伴う水流のために、止水区においても稚魚が水槽内の一部に偏在し、空間が有効に利用されていなかった。一方、ポリエチレン袋に酸素と共に稚魚を封入した区での全アンモニア濃度は同一密度の止水区の 63% であった。これはポリエチレン袋内では強制運動がなく、稚魚が安静状態にあったことの効果と思える。このことから、安定した高い収容量を確保するためには、酸素補給を十分に、しかし、水流を強くしないような工夫が必要と思われる。また、より安全にするには、アンモニアや懸濁物の除去も必要と思われる。

実験 I・b での斃死魚の眼球欠損割合は、酸素欠乏による急激な斃死の場合に低く、水質条件が良い低密度区では高くなっていた。また、低密度区での斃死魚の体長は、平均より小さいものが多かった。これらの結果は、個体間の距離を無理に小さくすると、大型個体が小型個体の目を攻撃する事例が増えることを示唆している。これは、水質条件をいくらか良好に保持できても、個体間に干渉があるために、収容密度に限界があることを示している。

稚魚の安全な収容密度に ALC がどのような影響を及ぼすかをチェックした実験 II の結果から推察すると、ALC 浸漬が安全密度のもとで行われている時でも、稚魚の体表にスレがあるか、又は粘膜がはがれた状態では斃死率が高くなると思われる。稚魚の取り扱いには細心の注意が必要なことを示している。また、ALC 処理条件が同一でも収容密度が高くなると斃死が増加する。そして、収容密度の影響は ALC 濃度が高い条件でより大きい。収容密度が過大だと、個体間の競合やストレスが増大し、これらは魚体の損傷を起し、ALC の害作用を増大させ、斃死を増加せしめるものと考えられる。実験 I のような ALC の無い条件で求めた安全密度を耳石標識時に適用する場合には、稚魚の取り扱いに注意が必要である。

止水条件という酸素供給が不十分な環境下に収容された影響は、止水期間内だけでなく、数日後までも持続すると思われる。このことも大量耳石標識の実施時には注意を要する。浸漬終了後は直ちに海水中の ALC を除去して視界を確保し、海水を浄化し、栄養価の高い餌料を十分食べさせる、などの配慮が必要と思われる。

米⁸⁾は、魚の輸送中の斃死の 1 原因に細菌の影響があり、特に、本実験のような限界に近い密度の場合、細菌の影響により予想外の斃死が起きる可能性があることを指摘している。

このように、安全な収容密度は、マダイのサイズ、活力、取り扱い、細菌の影響などにより大きく変わると思われる。ALC による耳石標識時には、その時の仔稚魚の状況を十分に把握しておく必要がある。大量耳石標識の実施にさいしては、可能なかぎり収容密度が低いほうが安全なの言うまでもない。しかし、収容密度を低くすると経費は増大する。少々経費が高くても仔稚魚を死なせたく無い、あるいは少々仔稚魚が死んでも経費は節減したいなど時々の条件に応じて、収容密度を決定することになる。

今回、マダイで 1074 万尾のふ化仔魚と 40 万尾の稚魚を素材として、12 あるいは 24 時間の ALC 海水溶液の浸漬による耳石標識を実施し、実用的な大量標識ができた。ALC 使用総量は、ふ化仔魚標識で 80 g、稚魚標識で 400 g であった。ALC は 125 万円/kg で購入したため、ふ化仔魚の標識費用は 10 万円、標識単価 0.01 円/尾、稚魚の標識費用は 50 万円、標識単価 1.25 円/尾であった。放流実験に際しては、耳石標識は外部標識と異なり、判定に耳石の摘出の必要があるため、標識経費とは別に、さらにかんりの労力と費用が必要である。反面、装着型標識を施すことが出来ないような小型種苗でも大量標識が可能で、かつ脱落が全く無く、放流後標識による減耗が無いなどの長所がある。高い有標識率が見込める海域での、小型仔稚魚の標識放流実験に、これらの長所を生かすことが出来る。今後、マダイに限らず他の有用魚種についても、小型種苗の大量標識放流実験への展開が期待される。

表 10 マダイ仔稚魚の 24 時間止水条件での安全収容密度

実験	発育段階	平均 体長 (mm)	計算 体重 (mg)	24 時間 安全密度 (尾/l)	24 時間 安全重量 (g/l)
I・a	ふ化仔魚	2.6	0.1	13000	1.3
I・b	稚魚	13.4	27	120	3.2
I・c	稚魚	26.4	210	30	6.3

要 約

1. マダイの 24 時間止水条件下での安全な収容密度は、およそ、ふ化仔魚で 13000 尾/l (1.3 g/l), 体長 13 mm 稚魚で 120 尾/l (3.2 g/l), 体長 26 mm 稚魚で 30 尾/l (6.3 g/l) であった。
2. マダイ仔稚魚の安全な収容密度には、サイズ組成、活力、取り扱い、個体間の干渉、ALC 濃度が影響する。
3. マダイで 1074 万尾のふ化仔魚と 40 万尾の稚魚に 12 あるいは 24 時間の ALC 海水溶液の浸漬により耳石標識を実施し、実用的な大量標識ができた。

謝 辞

本実験は、日本栽培漁業協会上浦事業場において、今泉圭之輔場長の御指導のもとに、広川 潤、関谷幸生、藤本 宏の諸氏の協力のもとに実施された。実験に用いた材料の提供、実験時の御尽力と有益な御助言、また、温かい励ましに対し、心から御礼申し上げる。

文 献

- 1) 柴田 博・塚本勝巳 (1987) アリザリン・コンプレクソンによるマダイ稚仔魚の耳石標識—I. 標識液の濃度と標識保有期間. 栽培技研, 16(2): 93-104.
- 2) 石岡宏子 (1982) ストレス. 水産学シリーズ 39 (日本水産学会編), 活魚輸送, 恒星社厚生閣: 52-69.
- 3) HAMPSON B. L. (1977) Relationship between total ammonia and free ammonia in terrestrial and ocean waters. *J. Cons. int. Exploir. Mer.*, 37(2): 117-122.
- 4) BOWER C. E. (1978) Ionization of ammonia in seawater; Effects of temperature, pH and salinity. *J. Fish. Res. Board Can.*, 35: 1012-1016.
- 5) 林孝市郎 (1977) 活魚輸送, 魚類生理 (川本信之編), 恒星社厚生閣: 306-317.
- 6) 武田年秋・鳥島 明・平島 豁 (1972) マダイの受精卵およびふ化仔魚の海上輸送について. 栽培技研, 1(1): 21-23.
- 7) 田中二良 (1982) 航空輸送. 水産学シリーズ 39 (日本水産学会編), 活魚輸送, 恒星社厚生閣: 113-120.
- 8) 米 康夫・平野克己 (1971) 輸送中あるいは輸送後飼育中に起きる魚の斃死に関する細菌学的研究—I. 斃死の一原因について. 日水誌, 37(2): 140-144.