

宮古島ミナマイクロダイ放流調査

金城清昭・亀浜正博*¹・七条祐蔵*²

立津 茂*¹・宮平和法*¹・仲本光男

1. はじめに

宮古地区では、昭和59年に平良市栽培漁業センターが開所されるにともない、昭和60年からミナマイクロダイの人工種苗放流事業を実施している。平成4年度までに与那覇湾を中心として下地町、伊良部町、多良間村など宮古地区各地に全長16～150mmの種苗を151万尾放流している。しかしながら、放流効果については、小型種苗主体の放流であること、標識率が低いこと、ミナマイクロダイの流通形態が浜売りという特殊性から市場調査が実施できないことなどのために十分に把握されていない。

そこで放流効果調査を支援するために、平良市栽培漁業センター、沖縄県宮古支庁農林水産課と共同調査を行った。調査は、小型種苗のALC標識試験、小型種苗の追跡調査、天然魚の分布を把握するための底延縄の試験操業の3つから成る。

標識作業には平良市漁協青年部の協力を得た。日本栽培漁業協会八重山事業場には耳石観察の際に蛍光顕微鏡を使わせて頂いた。記して感謝する。

2. ALC標識実験

1) 目的

小型種苗へのアリザリン・コンプレクソン（以下A

LCと言う）標識の有効性と適正処理濃度と浸漬時間を知るために標識実験を行った。

2) 材料及び方法

標識実験に用いたミナマイクロダイは、平良市栽培漁業センターで種苗生産された尾叉長24～41mmのものである。供試魚は平良市栽培漁業センターから水試八重山支場に空輸した。空輸した魚は、流水下の1.5トン水槽に一晩収容して活力の回復をはかった。

実験には30ℓパンライト水槽を用いて、水量20ℓで微通気とし、ウオーター・バス方式で水温の安定をはかった。40ppm、80ppm、120ppmの濃度のALC海水について、浸漬時間6時間、12時間、24時間の9区と0ppm（対照区）1区の計10の試験区を設けた。供試魚は各区19～20個体とし（表1）、実験中は無給餌とした。また、水温、phを適宜測定した。なお、ALCは所定の方法（松岡私信）で溶解・希釈・phの調整を行った。

供試魚は、浸漬時間経過後ただちに各区5個体ずつ冷凍保存し、後日蛍光顕微鏡下（UV励起）で耳石（扁平石）の標識状態を観察した。

また、80ppm-24時間区、120ppm-12時間と24時間区の3区については飼育を継続し、標識の識別可能限界を調べた。さらに標識後17日目に低濃度-短時間区

表1 ALC標識実験の浸漬時間および供試個体数とヘイ死個体数

		ALC濃度 (ppm)							
		40ppm		80ppm		120ppm		0 ppm(control)	
		供試数	ヘイ死数	供試数	ヘイ死数	供試数	ヘイ死数	供試数	ヘイ死数
浸漬時間	6時間	20	0	20	0	20	0	—	—
	12時間	20	8	20	4	20	4	—	—
	24時間	20	4	20	2	20	1	19	0

* 1 平良市栽培漁業センター

* 2 沖縄県宮古支庁農林水産課（現在の所属 沖縄県農林水産部水産振興課）

(6時間区のと80ppm-12時間区)の魚に120ppm-24時間で再度標識し、二重標識を試みた。

1回目標識後の36日目、65日目、382日目に耳石の標識状態を観察した。

3) 結果及び考察

実験中の水温は、25~25.1°Cで安定していた。phは、対照区も含めた実験区では開始時に8.2内外であったが、24時間後には7.98~8.1に下がった。一方、流水のphは8.3内外であった(図1)。

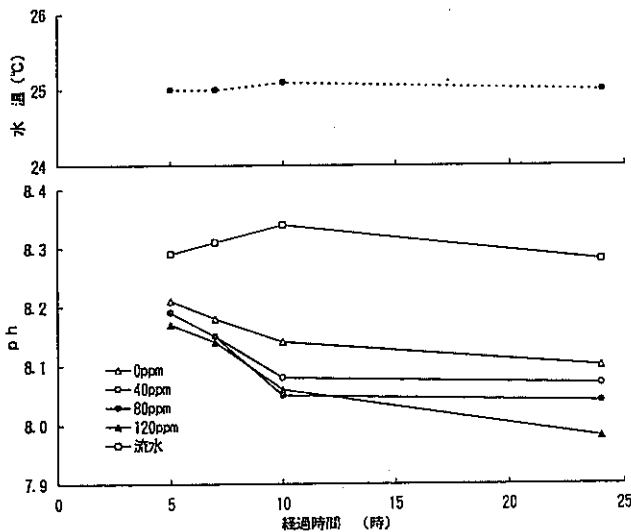


図1 ALC標識実験での水温と各試験区のphの変化

実験中のヘイ死は0~8個体で、6時間浸漬区では各濃度区ともヘイ死はなかったが、12時間および24時間区では1~8個体のヘイ死がみられた。一方、対照区ではヘイ死はなかった(表1)。ヘイ死魚は頭骨だけが残ったものや腹部がないものがみられ、実験期間中に共食いのあったことが伺える。

したがって、尾叉長24~41mmのミナミクロダイを40ppm~120ppmの濃度範囲のALC海水に6時間以上浸漬すると、多少ともダメージを受け、これは絶食による飢餓下での共食いという形でヘイ死を招くものと考えられる。

耳石の標識状態は、120ppm-24時間区で最も良くピンク色に染まり、120ppm-12時間区、80ppm-24時間区がこれに次いで良かった。また、40ppmと80ppmの6時間区は標識が見えなかった。その他の区は何と確認できる程度に染色されていた(表2)。

表2 ALC標識実験での耳石の染色状態

	40ppm	80ppm	120ppm
6時間	×	×	△
12時間	△	△	○
24時間	△	○	◎

×: 標識が見えない
△: " あまり見えない
○: " 見える
◎: " よく見える

表3 ALC標識処理後36日目の耳石の染色状態

	80ppm	120ppm	二重染色*
12時間	-	◎	○
24時間	◎	◎	○

○: 標識が見える
◎: " よく見える

* 染色実験後17日目に120ppm-24hrsで再度染色した

表4 ALC標識処理後65日目の耳石の染色状態

	80ppm	120ppm
12時間	-	○
24時間	◎	◎

○: 標識が見える
◎: " よく見える

標識後36日目に80ppm-24時間、120ppm-12時間および24時間区、二重染色分について各3個本ずつ耳石の標識状態を観察したところ、前3区の尾叉長51~66mmの個体すべてで標識が十分に確認できた。また、二重染色区では二本の染色帯が確認できた(表3)。

標識後65日目に各区2~4個体(尾叉長64~89mm)の耳石を観察したところ、いずれも標識が確認でき、24時間浸漬の80、120ppm区では鮮明な染色帯が観察できた(表4)。

また、標識後382日目の尾叉長186~218mmの個体でも十分に標識が確認でき、二重染色個体の識別も可能であった。

全長38~74mmのヒラメを用いたALCの標識実験では、5ppm-24時間や40ppm-6時間の低濃度・短時間の浸漬でも良好な標識状態がみられている。¹⁾ 一方、体長19mmのマダイでは、200ppm-24時間の条件が最適とされている。²⁾

今回の実験では、低濃度-短時間区での染色状態が悪かった。これは供試魚を染色終了直後に固定したため、ALCが代謝によって魚の耳石に十分に取り込まれないうちに死亡したことが原因と考えられる。このことは二重染色を施した低濃度-短時間区の個体の36日目あるいは382日目の耳石の染色状態の観察結果からも伺える。もちろん、魚種による染色され易さの相違も考えられ、ミナミクロダイに対する適正な標識条件を再度検討する必要があるだろう。

また、ミナミクロダイの場合、尾叉長26~41mmの小型種苗へのALC標識は少なくとも尾叉長200mm程度(約1年後)までは有効であることがわかった。

3. 小型種苗の放流と追跡

1) 目的

従来から宮古地区では小型種苗の放流を実施してきたが、追跡調査は行われておらず、放流後の小型種苗の動態はほとんどわかっていない。今回はALCによる耳石標識放流と追跡によって、放流場所からの逸散など放流後の魚の動態を把握することを目的として調査を行った。

2) 方法

(1) ALC大量標識作業

ALC標識は、放流前日に平均全長33.5mm(20~61mmの範囲)の2万個体について行った(図2)。浸漬濃度-時間は、先の標識実験で最もよく標識できた120ppm-24時間とした。染色は4月26日13時に開始し、翌27日の13時に終了した。

標識作業は屋外のコンクリート水槽内に1トンパンライト水槽2つを入れ、ウォーター・バス方式とし、水量1,000lの各槽に1万個体ずつ収容して、酸素を通気した。ALC海水溶液の調整は標識実験と同様に行った。また、3~7時間ごとに水温、ph、DOを測定した。

(2) 小型種苗の放流と追跡

1993年4月27日に下地町嘉手刈の棚根漁港で平均全長32.4mm(20~61mmの範囲)の種苗を82,443個体放流した(図3、4)。平良市栽培漁業センターで約3トンの活魚水槽に収容して陸送約30分ののち、漁港護岸からホースで直接放流した。放流魚のうち18,543個体

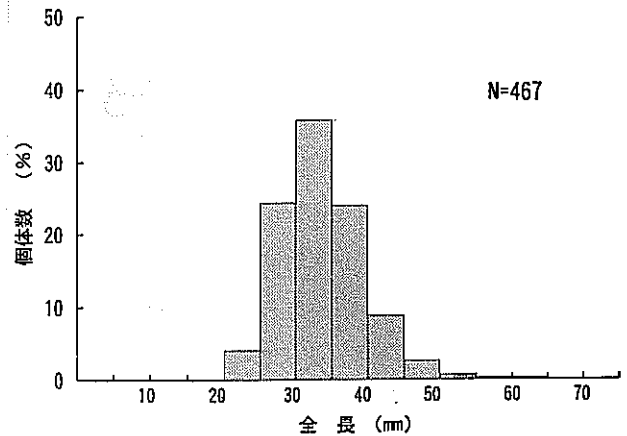


図2 ALC大量標識を行ったミナミクロダイの全長組成

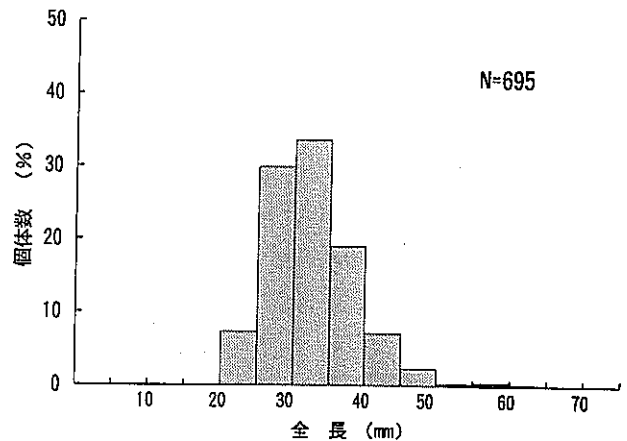


図3 1994年4月27日に放流したミナミクロダイの全長組成

には放流直前にALCによる耳石標識を施した。標識率は22.49%であった。

放流後の追跡調査は、5~8月の間に放流場所付近で月1回の曳網採集によって行った。採集は、入江水路の波打ち際のSt. 1~5の調査定点と入江湾内の両岸で満潮の1~2時間前後に行った(図4、表6)。用いた漁具は、片袖の長さが6mで、全体が5mm目のモジ網製、魚取り部が1mm目のテロンラッセル網製の底曳網型の曳網である³⁾。なお、入江湾内の調査は、5、6月にミナミクロダイが取れず、また6月に有毒なハブクラゲが大量に出現したので、7月以降は実施しなかった。

採集で得られたミナミクロダイは、現場で冷蔵し、調査終了後ただちに冷凍保存して、後日計測して耳石

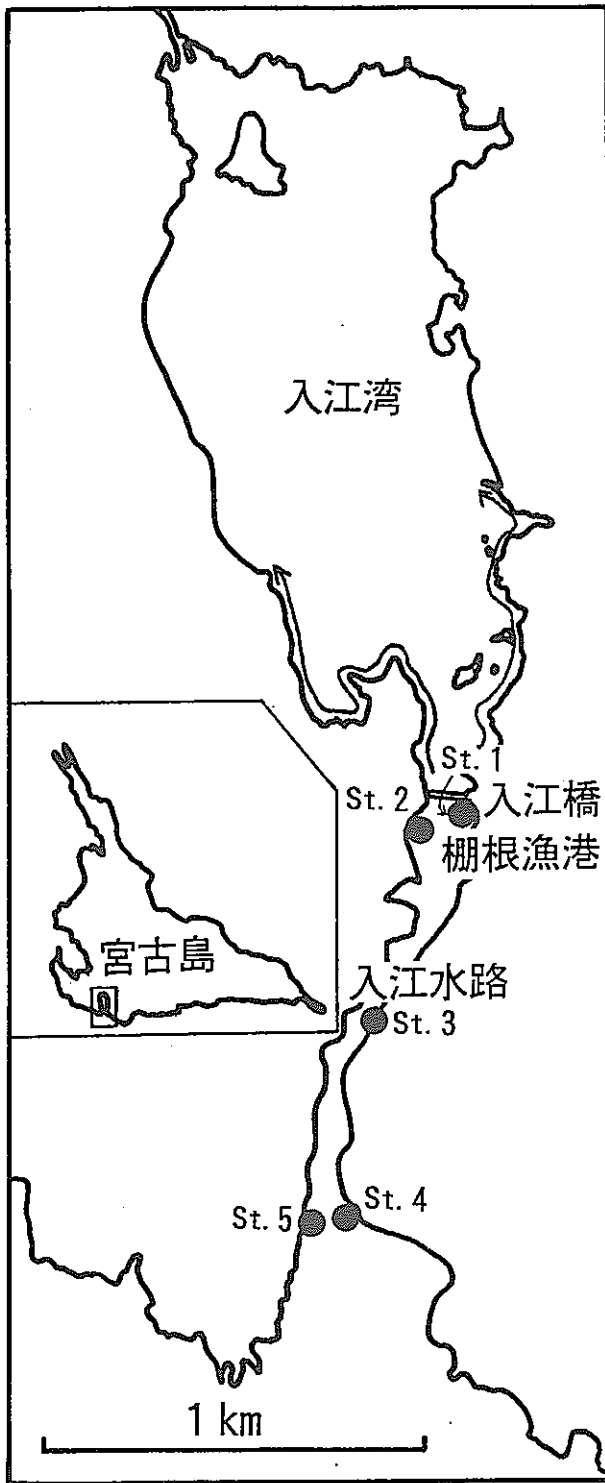


図4 ミナミクロダイを放流した棚根漁港と追跡調査の定点

の標識の有無を調べた。

また、7月には調査定点以外での放流魚の分布を調べるために、入江水路部で2人でのべ4時間36分の潜水観察を行った。

3) 結果および考察

(1) ALC大量標識作業

標識作業中の水温は、17時前までは24°C内外であったが、その後26.6°Cまで上昇した(図5)。これは、水槽を遮光しなかったために、日出とともに直射日光があたったことによる。

phはA水槽が7.35~7.79、B水槽が7.43~7.61の範囲であった(図5)。

DOはA水槽が4.3~13.6mg/l、B水槽が6.9~12.3mg/lであった(図5)。A水槽の急激なDOの低下は、酸素切れが原因である。

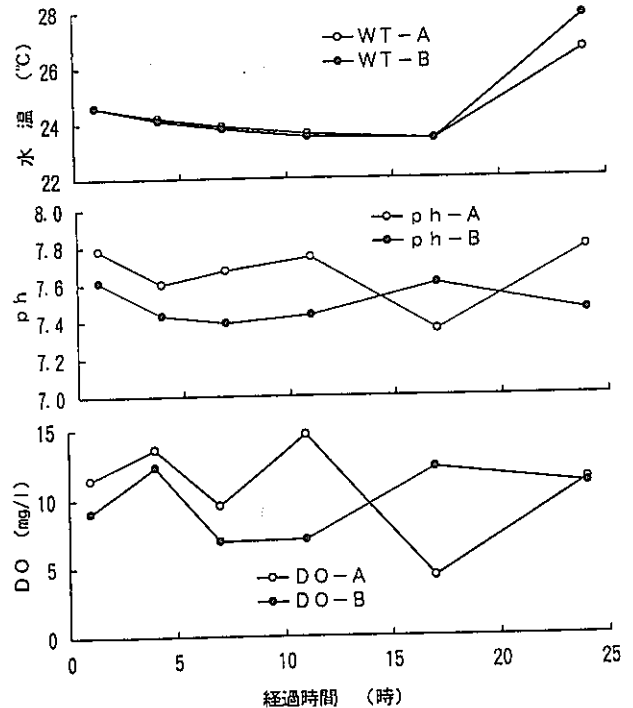


図5 ALC大量標識時の処理槽の水温、ph、DOの変化

表5 ALC大量標識作業の処理状況

水槽	個体数		生残率
	収容時	処理終了時	
A	10,000	8,525	85.25%
B	10,000	7,168	71.68%
計	20,000	15,693	78.45%

標識終了時の生残率は、A水槽が71.68%、B水槽が85.25%で、平均78.45%であった(表5)。

0.5トン透明ポリカーボネイト水槽を用いて水量375ℓで2.5万尾(平均全長15mm)のマダイを収容した200ppm-24時間の大量標識例では、ヘイ死率は0.3%で、ヘイ死魚の平均体長は標識魚の平均より明らかに小さく、また標識6日後の生残率は97.5%であった。*)

今回の標識作業でのヘイ死率は14.75~29.32%で、マダイの事例に比べて高い値であった。サイズや魚種の違いによる取り扱い易さの問題も考えられるが、標識作業後半の水温の上昇やD Oの急激な低下など基本操作の失敗が高いヘイ死率の原因と考えられる。

また、標識終了時には共食いがみられ、さらに放流場所への輸送時にも水槽内での共食いが観察された。今後のALCによる大量標識の際には、遮光等による水温の安定対策と十分な酸素の準備など基本操作を確実に行う必要がある。また、標識中の共食い防止については、水質の悪化をまねくために標識直前や途中には投餌ができないので、水温を下げて魚の代謝を低下させるか、脱アンモニア装置で循環処理を行うなどの方策が考えられる。また、今回よりも短時間、低濃度

で確実な標識が可能な浸漬濃度と時間を再度検討する必要があるし、ALCの経口投与⁵⁾による本種の標識の可能性についても検討する必要がある。

(2) 小型種苗の放流と追跡

放流後15日目から77日目までの3回の採集でミナミクロダイが得られた。St. 1では毎回採集されたが、St. 2と3では15日目だけで、その後は採集されなかった。また、St. 4、5と入江湾内ではまったく採集されなかった(表6、図6)。

採集場所での天然魚の生息を放流前には確認しなかった。しかし、採集された魚の尾鰭の先端が磨耗したように丸く、また下葉が上葉に比べて短かった。このような特徴は放流魚とよく一致し、また天然魚ではこのような特徴はみられないことから、これらの魚はすべて放流魚と判断した。

採集された放流魚の全長は、15日目で平均37.75mm(27.78~55.26)、45日目で50.63mm(42.5~65.62)、77日目で60.5mm(54.0~64.0)で、採集ごとに全長の増加がみられた。一方、採集個体の平均および最小全長は、放流後の経過とともに直線的に増加したが、最大全長は66mmをピークに頭落ちとなり、これを越える個

表6 ALC標識ミナミクロダイ放流追跡調査の実施状況と放流魚の再捕結果

調査回次	調査年月日	調査場所	曳網	ミナミクロダイ 採集個体数	備考
1	1993/5/12-13	st. 1	1	251	漁港船揚場30m
		st. 2	3	8	1往復半曳網
		st. 3	3	15	"
		st. 4	3	0	"
		st. 5	3	0	"
		入江湾内	16	0	1曳網30m
2	1993/6/11-12	st. 1	1	82	漁港船揚場30m
		st. 2	3	0	1往復半曳網
		st. 3	3	0	"
		st. 4	2	0	往復曳網
		st. 5	3	0	1往復半曳網
		入江湾内	21	0	1曳網30m
3	1993/7/13	st. 1	1	2	漁港船揚場30m
		st. 2	3	0	1往復半曳網
		st. 3	3	0	"
		st. 4	2	0	往復曳網
		st. 5	2	0	"
4	1993/8/11	st. 1	1	0	漁港船揚場30m
		st. 2	3	0	1往復半曳網
		st. 3	3	0	"
		st. 4	2	0	往復曳網
		st. 5	2	0	"

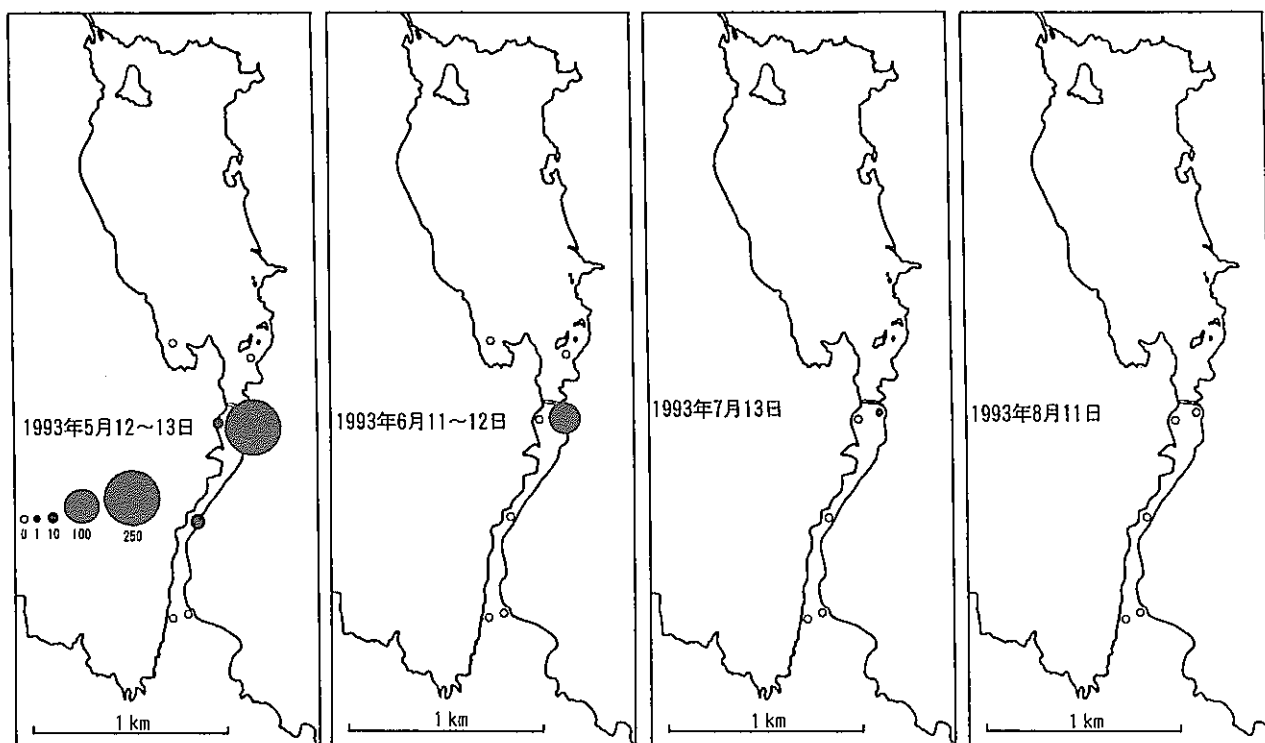


図6 放流後の曳網採集による追跡調査でのミナミクロダイの分布

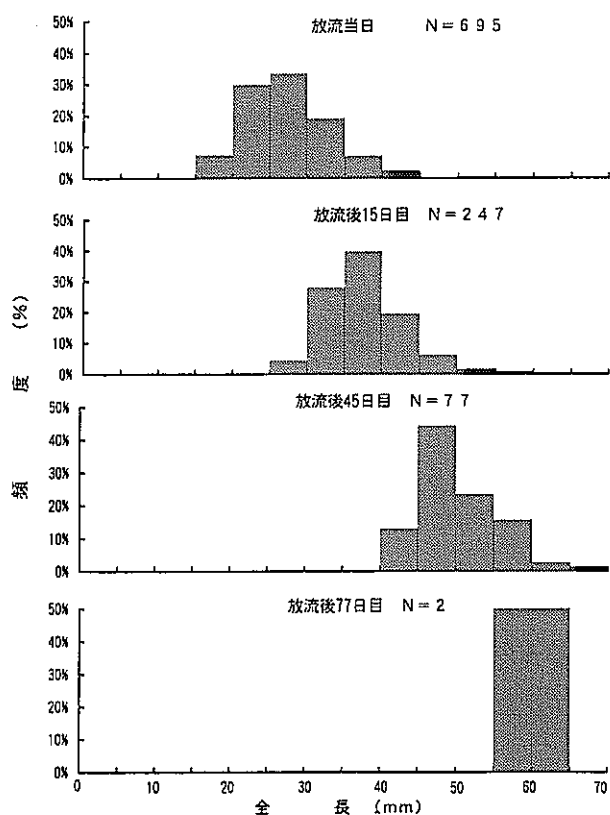


図7 放流後の曳網採集による追跡調査で得られたミナミクロダイの全長組成の変化

体は採集されなかった (図7、8)。

採集定点が波打ち際で満潮時の水深が約1.5mまでの所であったことから、放流魚は放流直後に波打ち際に集群し、その後成長とともに全長66mmを越えたところからこれより深みに移動すると推測される。しかし、漁具のサイズ選択性の問題があり、調査に用いた漁具では66mm以上の個体が採集されないことも考えられるので、結論するのは難しい。

採集個体中のALC標識魚の比率は、放流当日には22.49%であったが、放流後15日目の調査時には9.29%、45日日には5.48%に低下し、77日目の調査では標識魚はみられなかった (表7、図9)。

24時間の標識作業中は無投餌であったために、ヘイ死や共食いが観察された。また、放流場所への輸送時にも共食いが観察された。したがって、小型個体の死亡にともない、放流時点では標識魚の平均全長が無標識魚に比べて大きいことが予想されたが、再捕魚中の両者の全長には有意な差はみられなかった (表8)。しかし、いずれの時点でも標識魚の平均全長の方が大きく、全長組成でも標識魚がやや大きい傾向が伺える (表8、図10)。

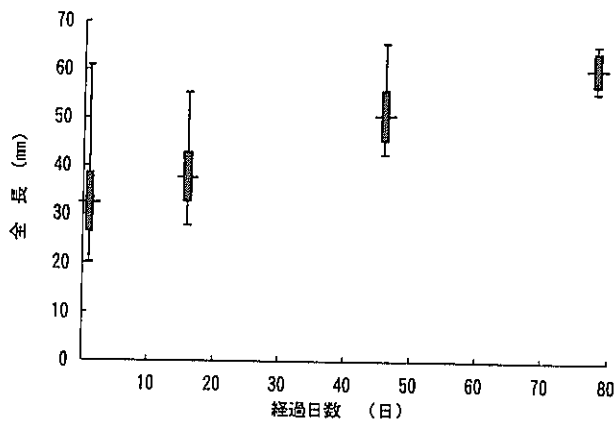


図8 放流後の曳網採集による追跡調査で得られたミナマイクロダイの平均全長、最大最小全長および標準偏差の範囲の変化

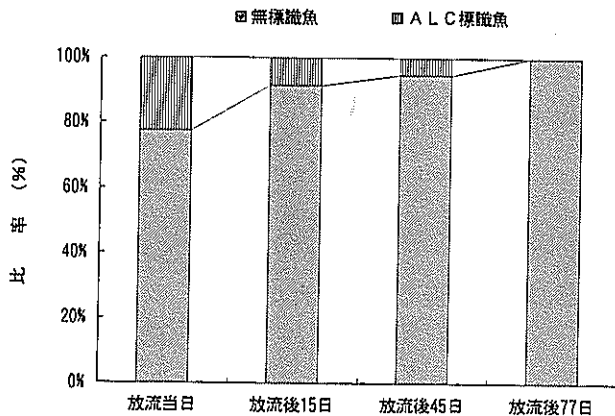


図9 放流後の曳網採集による追跡調査で得られたミナマイクロダイの標識率の変化

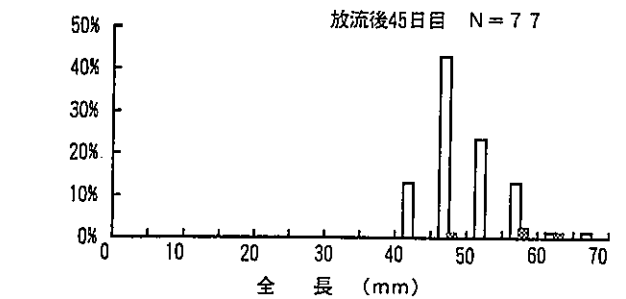
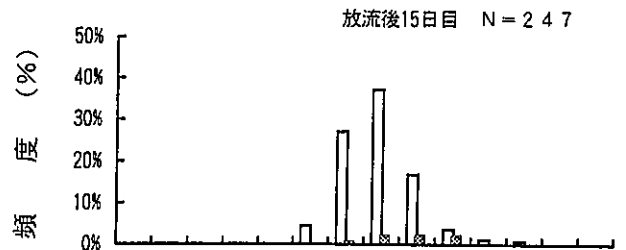
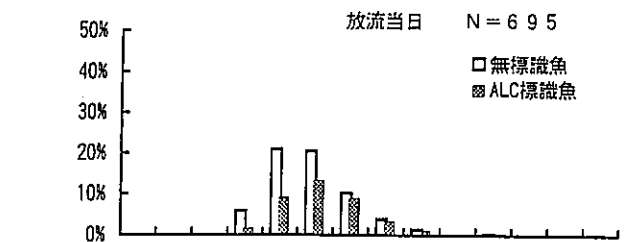


図10 放流後の曳網採集による追跡調査で得られたミナマイクロダイの標識魚と無標識魚の全長組成

表7 放流魚および再捕魚の個体数とALC標識魚の個体数

	1993/4/27 放流当日	1993/5/12 放流後15日	1993/6/11 放流後45日	1993/7/13 放流後77日	1993/8/11 放流後106日
放流または再捕個体数	82,443	257	82	2	0
再捕魚の内耳石を調べた個体数	—	247	77	2	—
無標識魚個体数	63,900	226	73	2	—
ALC標識魚個体数	18,543	21	4	0	—
標識魚率%	22.49%	9.29%	5.48%	0.00%	—

表8 無標識群とALC標識群の全長の違いと有意検定の結果

	1993/4/27放流		1993/5/12採集		1993/6/11採集	
	無標識	ALC標識	無標識	ALC標識	無標識	ALC標識
測定個体数	228	467	226	21	73	4
平均全長 (mm)	31.64	33.53	37.38	41.72	50.32	56.43
標準偏差 (mm)	5.76	5.76	4.87	5.02	5.00	5.90
最小全長 (mm)	20.64	20.14	27.78	33.48	42.50	48.73
最大全長 (mm)	57.45	60.91	55.26	51.25	65.62	62.46
F検定結果	有意差なし		有意差なし		有意差なし	
t検定結果	有意差なし		有意差なし		有意差なし	

採集ごとの標識率の低下は、放流時点に無標識魚よりも大きな標識魚が早く成長して、採集場所である波打ち際から逸散したか、あるいは採集されないサイズに達したとも考えられる。また、放流時の無標識魚の数を実数よりも過小評価したとも考えられる。採集ごとの標識率の低下の原因は特定できなかった。

放流後の経過日数と採集個体数の変化から、回帰直線のあてはめ法⁶⁾によって全減少係数、生残率を求めた。経過日数と採集個体数の自然対数値の関係は、有意な負の相関を示した(図11)。この結果から1日あたりの全減少係数は0.0655、1日あたりの生残率は0.9366と計算された。

7月の水路入口から棚根漁港までの潜水観察では23科39種の魚類が観察されたが、ミナミクロダイはまったく観察されなかった(図12、表9)。

曳網採集と潜水観察によって放流後106日目までの小型種苗の追跡調査を行ったが、採集されなくなった8月以降放流魚がどこに移動したのか、あるいは放流場所周辺の深みに滞留しているのかについてはわからない。今後、曳網採集や潜水観察の調査頻度を増やしたり、刺網採集を取り入れるなど調査努力量を増す必要があるだろう。

また、ALC標識魚の放流に際しては、放流前に十分な休息期間を与えて魚の活力回復をはかるために、放流の1週間以上前に標識作業を行うべきであろう。また、小型種苗放流の際は、放流後の急激な減耗を避けるために、種苗生産池からの輸送直後に放流するのではなく、放流場所で数日間生簀網に収容して活力の回復をはかり、その後放流する方法をとるべきであろう。

表9 1994年7月13日の嘉手刈入江水路部の潜水調査で観察された魚類

ウツボ科	フェフキダイ科	ブダイ科
ウツボ sp.	ハマフェフキ	キツネブダイ属 sp. (幼魚)
フサカサゴ科	イトフェフキ	トラギス科
ミノカサゴ sp.	ヒメジ科	ダンダラトラギス
ハタ科	オオスジヒメジ	ハゼ科
シロブチハタ	ホウライヒメジ	ホシハゼ
テンジクダイ科	インドヒメジ	サラサハゼ
ヤライイシモチ	オジサン	アイゴ科
キンセンイシモチ	ナジナ科	ヒメアイゴ
サンギルイシモチ	オキナメジナ	シモフリアイゴ
フェダイ科	チョウチョウウオ科	ツノダシ科
クロホシフェダイ	セグロチョウチョウウオ	ツノダシ
オキフェダイ	スズメダイ科	ニザダイ科
ゴマフェダイ	ミスジリュウキュウスズメダイ	シマハギ
ヨスジフェダイ	オジロスズメダイ	オスジクロハギ
ヒメフェダイ	ルリスズメダイ	ハコフグ科
クロサギ科	スズメダイ sp.	ウミスズメ
クロサギ	ベラ科	
イサキ科	ミツボシキュウセン	
コロダイ	ハラスジベラ	

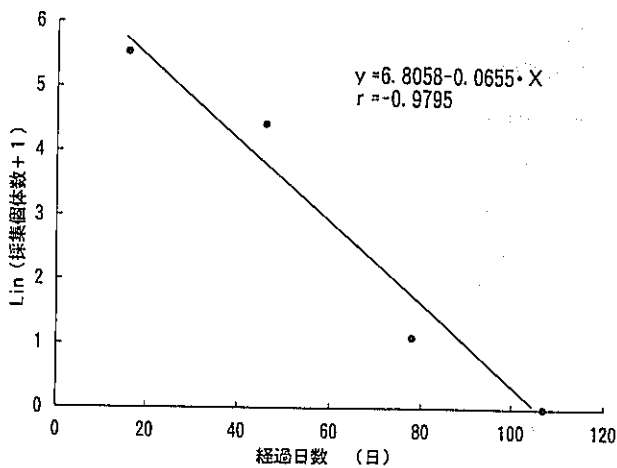


図11 放流後の曳網採集による追跡調査で得られたミナミクロダイの採集個体数と放流後の経過日数の関係

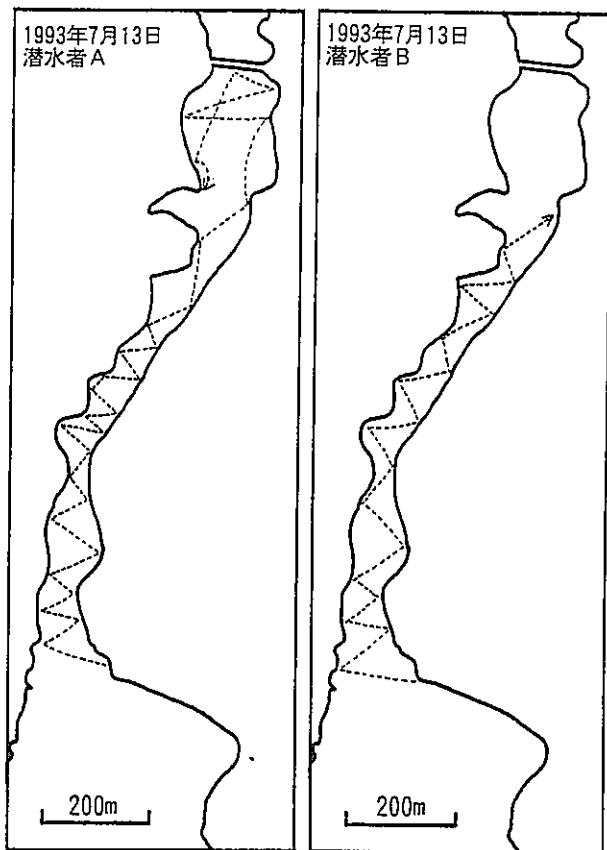


図12 1993年7月13日に行った入江水路部での潜水観察コース

4. 底延縄による試験操業

1) 目的

与那覇湾および平良港周辺でのミナミクロダイ天然魚の分布を調べるために底延縄の試験操業を行った。

2) 方法

ミナミクロダイの漁期にあたる1～2月の中潮から大潮に、与那覇湾内外と平良港周辺で底延縄の試験操業を2回行った(表10、図13)。

1回調査に用いた漁具は、35号のハリスにマチ針21号を付けた浮式の底延縄で、1鉢の針数が60～90本であった。餌はサンマ、若イカ、カニ、麩を適宜使用した。

表10 底延縄試験操業の実施状況

調査回次	年月日	操業場所*	水深	備	考	
1	1994	1/25～26	A、B、C	9～21m	夕方投縄、早朝揚縄	
		1/26～27	E、F、G	2～5m	"	"
		1/27～28	H、I、J	2～4m	"	"
		2/22～23	K、L、M	2～5m	夕方投縄、早朝揚縄	
2	1994	2/23	N、O、P、Q	2～25m	夜間操業	
		2/23～24	R	2～25m	夜間投縄、早朝揚縄	
		2/24～25	S、T、U	2～25m	夕方投縄、早朝揚縄	

* A～Uは図中の場所に対応する。

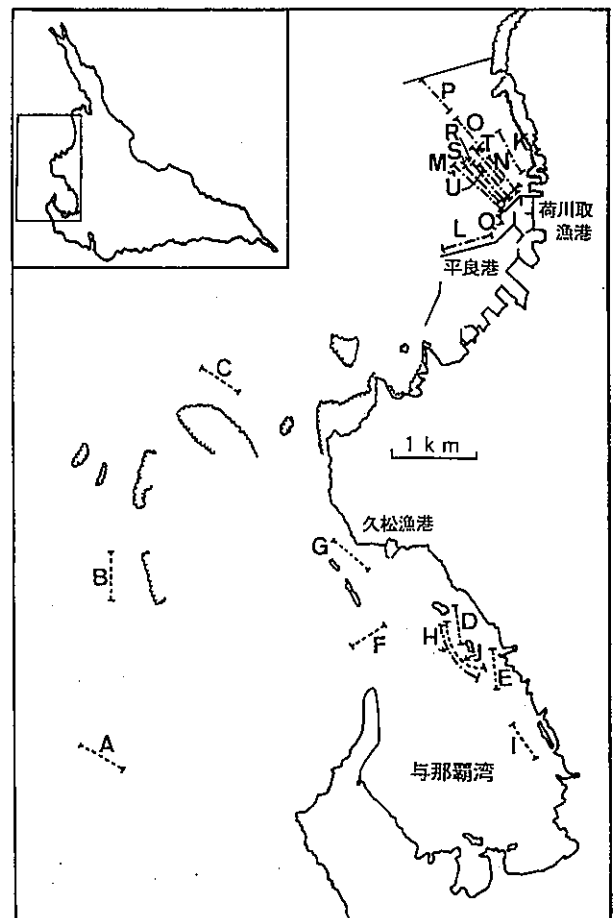


図13 1993年1～2月にミナミクロダイの天然魚の分布を調査するために行った底延縄試験操業の位置

2 回次調査の漁具は、18号のハリスにタイ針10号を付けた同様の底延縄で、1鉢の針数が40~60本であった。餌は主に若イカでエビも使用した。

操業は、夕方に投縄、早朝に揚縄を基本としたが、夜間の反復操業や夜間投縄・早朝揚縄の場合もあった。操業水深は2~25mの範囲であった。

3) 結果及び考察

1 回次の底延縄の試験操業では、ミナミマゴチ、ハマフエフキ、イソフエフキ、モモイトヨリなどが漁獲されたが、ミナミクロダイは獲れなかった。

2 回次の試験操業では、ハマフエフキ、イソフエフキ、ハナフエフキ、タテシマフエフキ、スズハモ、ウミヘビ類、モモイトヨリ、ヒトスジタマガシラなどが漁獲されたが、ミナミクロダイの漁獲はなかった。

宮古地区での調査後に、石垣島の川平湾で2回次調査の漁具を使用して試験操業を行ったところ、ミナミクロダイが漁獲された。したがって、本漁具の仕様はミナミクロダイの漁獲に向かないわけではない。

宮古地区での調査時には、操業場所、時期、潮、魚の食いの良し悪しなど種々の要因によって漁獲されなかったものと考えられる。

5. 要約

・ミナミクロダイ小型種苗に対するALC標識の適正濃度および浸漬時間について標識実験を行った。

・80ppm-24時間区、120ppm-12時間区と24時間区の3区で耳石がよく染色された。しかし、標識処理後直ちに固定したために低濃度-短時間区の染色状態が過小評価された可能性があり、再実験により改めて検討する必要がある。

・二重染色を試みたところ、明瞭な二本の染色帯が確認できた。

・標識後382日目の観察でも十分に標識が確認できた。また、二重染色個体の識別も可能であった、

・小型種苗2万尾に120ppm-24時間でALC標識を行ったところ、生残率は78.45%であった。

・平均全長32.4mmのミナミクロダイ小型種苗を下地町嘉手刈の棚根漁港に82,443個体放流した。このうちの18,543個体(標識率22.49%)にALC標識を施した。

・曳網調査と潜水観察によって放流後の追跡調査を行っ

た。

・曳網調査では、放流後77日目まで放流魚が採集された。採集ごとに魚は大きくなったが、全長66mm以上のものは採集されず、このサイズから頭落ちとなった。また、標識率は採集の度に低下した。

・放流後の経過日数と採集個体数から求めた全減少係数は0.0655/日、生残率は0.9366/日であった。

・曳網採集の場所以外で潜水観察を行ったが、放流魚は観察されなかった。

・天然成魚の分布を調べるために与那覇湾と平良港周辺で底延縄の試験操業を行なったが、ミナミクロダイは漁獲されなかった。

文 献

- 1) 熊本水試(1989): 第5章 放流技術に関する基礎試験. 昭和63年度放流技術開発事業報告書(ヒラメ班). 熊35-熊38.
- 2) 桑田博・塚本勝巳(1988): アリザリン・コンプレクソンのよるマダイ稚仔魚の耳石標識-I. 栽培技研, 16(2), 93-104.
- 3) 金城清昭(1986): アマモ場とその周辺に着底するフエフキダイ属(*Lethrinus*)魚類の生態-I. ハマフエフキ *Lethrinus nebulosus* の着底と成長に伴う移動. 西海区ブロック浅海開発会議, 魚類分科会報, (4), 1928.
- 4) 桑田博・塚本勝巳(1989): 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. 栽培技研, 17(2), 115-128.
- 5) 高橋庸一(1994): アリザリン・コンプレクソンの経口投与によるヒラメ稚魚の耳石染色. 日水誌, 60(5), 611-615.
- 6) 田中昌一(1985): 3) 回帰直線のあてはめ法. 水産資源学総論, 恒星社厚生閣, 東京, pp. 185-186.