

アオダイ *Paracaesio caerulea* の陸上飼育試験

久保満, 神野公広, 宍道弘敏

要 約

標識放流技術の向上及び天然魚と飼育魚の成長比較を目的として、平成 17 年 7 月 12 日及び 18 年 9 月 2 日に奄美大島北東沖で漁獲されたアオダイ各 7 尾, 32 尾を用いて飼育試験を行った。最長飼育記録は 17 年度の 2 尾で 1008 日, 18 年度の 1 尾で 592 日だった。斃死要因を水槽からの“飛び出し”と“飛び出し以外”に分けると、飼育開始後 2 週間は後者、それ以降は前者の割合が多かった。“飛び出し以外”で斃死したサンプルには、100m 以深から釣り上げられた際に活魚として蘇生させるための処置の失敗等によると考えられる内臓の破損が認められ、これによりサンプルの活力が低下し、比較的短期間に斃死したと推察された。成長に関する情報は限定的だが、比較的長期間生残した個体は日間成長率も高い傾向があった。飼育魚の日間成長率は、標識放流再捕魚のそれに及ばなかった。標識の脱落は比較的短期間のうちに発生し、その間に脱落しなかった標識は比較的長期間残留した。また二重標識の両方が脱落した例はなかったことから、二重標識の有効性が示唆された。

主に水深 100m 以深に生息し、南西諸島海域で資源回復計画（平成 24 年 1 月 31 日以降、広域資源管理）の対象となっているマチ類（アオダイ・ハマダイ・ヒメダイ・オオヒメ）は、成長、成熟、移動回遊等の生態が十分把握されておらず、限られた生物情報や漁業者らの経験に基づいて資源保護の取り組みが行われている。筆者ら¹⁾はこれまで、マチ類の移動回遊生態を解明するため標識放流調査を実施してきた。これは、漁船または県漁業調査船によりマチ類を活かしたまま釣り上げ、水圧変化による胃反転や脱腸を元に戻し、標識を装着して放流するというものである。これまでにアオダイ、ヒメダイ、オオヒメで漁業者による再捕が確認されており、標識放流手法としては一定の技術が確立されつつある。¹⁾一方、釣獲から放流までのハンドリングや標識装着がサンプルの生残に与える影響、標識の脱落率等、標識放流技術の向上に向けて、飼育試験を通じて解決すべき多くの課題が残されている。しかし、100m 以深に生息するマチ類の飼育記録はこれまでほとんど報告されておらず、わずかに沖縄美ら海水族館におけるハマダイの飼育事例²⁾が紹介されているほか、マチ類 4 種の飼育実績が確認できるのみである（<http://oki-churaumi.jp/book/>、平成 25 年 3 月 1 日）。

ここでは、これらの課題解決及び天然魚と飼育魚の成長比較を目的として行ったアオダイの陸上飼育試験の結果について報告する。

なお、本飼育試験に用いたサンプルは、水産庁委託事業（資源評価調査事業）により採集された。

材料及び方法

平成 17 年 7 月 12 日及び 18 年 9 月 2 日、奄美大島北東沖に設定されている保護区「アッタ曾根」(図 1)において実施した標識放流調査¹⁾の際、漁船により釣獲されたアオダイ各 19 尾, 37 尾を漁業調査船「くろしお」の魚槽に収容し、当所に持ち帰った。運搬中の魚槽内水温を、サンプルの生息水深帯の水温に合わせて 20 以下に保つため、平成 17 年度は海水氷により、18 年度は調査船搭載の冷却装置により海水の冷却を行った。活魚での運搬に成功した各 7 尾, 32 尾を、当所内恒温循環式 FRP 水槽 (2m × 1m × 水深 1m) に収容し、平成 17 年 7 月 14 日及び 18 年 9 月 3 日に飼育試験を開始した。水槽は平成 17 年度は 1 基, 18 年度は 2 基使用した。飼育水温は 17 ± 0.2 に設定し、水槽は遮光幕で覆った。循環濾過飼育とし、換水は適宜行った。餌料にはオキアミとキビナゴを使用した。飽食給餌とし、適宜ビタミン強化を行った。キビナゴはサイズに応じて 2-3 片に切断して与えた。斃死魚は発見次第取り上げ、可能な限り尾叉長測定、標識脱落の確認、及び魚体の解剖観察を行った。

個体識別のため、スパゲッティー型アンカータグ 2 本を背鰭基部付近に装着した。平成 17 年度は、漁獲時にサンプルの一部に標識を装着したが、飼育開始時に生残していた標識装着魚は 1 尾 (A-01057 & A-01058: 標識番号, 以下“ A-01058 ”という) であった。また、飼育開始 27 日後に、その時点で

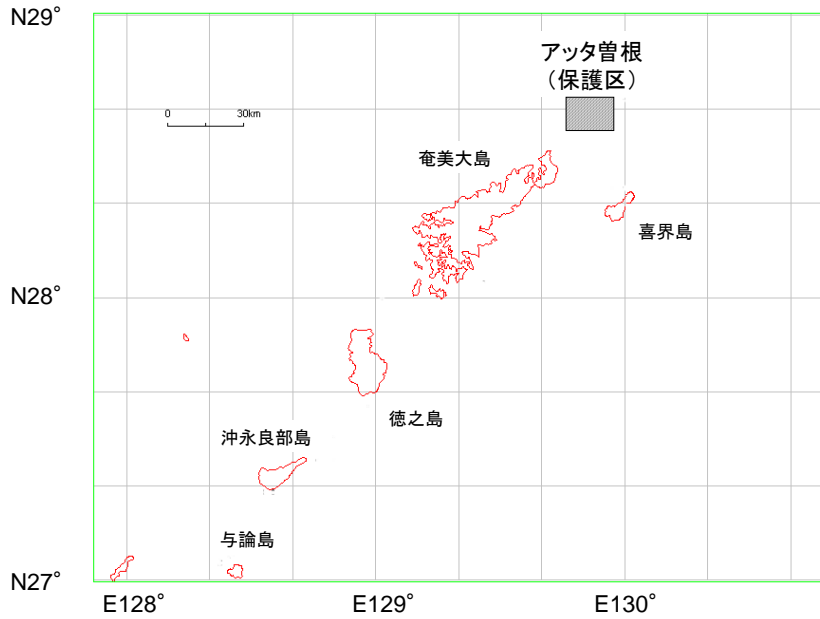


図1 アオダイ陸上飼育試験サンプル漁獲位置(網掛け部)

生残していた残りの 2 尾にも標識を装着した (A-00307 & A-00308, A-00309 & A-00310, 以下それぞれ “A-00308”, “A-00310” という)。平成 18 年度は漁獲時に全サンプルに標識を装着した。

後に 1 尾, 6 日後に 2 尾, 7 日後に 1 尾の斃死が確認され, 生残尾数は 3 尾 (生残率 42.9 %) と生残率 50 % を下回った。その後, 610 日後に 1 尾 (A-00308) の斃死が確認され, 残りの 2 尾 (A-00310, A-01058) は 1008 日後に取り上げた (表 1)。

結果

1 飼育尾数の経過と斃死状況

1) 平成17年度

平成 17 年 7 月 14 日に 7 尾で飼育を開始後, 2 日

摂餌は, 12 日後に 3 尾のうちの 1 尾で, さらに 14 日後にはもう 1 尾で確認された。この際の餌料はオキアミであった。3 尾全ての摂餌が同時に確認されたのは 28 日後であった。この後の摂餌量は, アオダイ 1 尾 1 回当たりキビナゴ 3-5 尾程度であった。

表1 飼育開始後の生残尾数の経過

年度	日付	飼育開始後 日数	生残尾数	斃死尾数	生残率(%)	備考
H17	H17. 7.14	0	7	-	100.0	
	H17. 7.16	2	6	1	85.7	
	H17. 7.20	6	4	2	57.1	
	H17. 7.21	7	3	1	42.9	
	H19. 3.16	610	2	1	28.6	
	H20. 4.17	1008	2	0	28.6	
H18	H18. 9. 3	0	32	-	100.0	
	H18. 9. 4	1	31	1	96.9	
	H18. 9. 6	3	29	2	90.6	
	H18. 9. 7	4	26	3	81.3	
	H18. 9. 8	5	19	7	59.4	
	H18. 9.12	9	15	4	46.9	
	H18. 9.17	14	10	5	31.3	
	H18.10. 3	30	6	4	18.8	
	H18.10. 4	31	5	1	15.6	
	H18.11.15	73	3	2	9.4	
	H19. 3.27	205	2	1	6.3	
	H20. 4.17	592	1	1	3.1	斃死日不明

256 日後には、生残していた 3 尾のうちの 1 尾に左眼突出の症状が認められた。この個体は 284 日後には両眼突出となった。またこの個体は、一時的に摂餌がみられなくなりやせ細るなど、活力が低下した期間 (H18.4.4 ~ 5.8) があったが、次第に摂餌できる状態まで回復した。298 日後にはさらにもう 1 尾に左眼突出が認められた。なお、眼球突出個体の標識番号は確認できなかった。

2) 平成18年度

平成 18 年 9 月 3 日に 32 尾で飼育を開始後、1 日後に 1 尾、3 日後に 2 尾、4 日後に 3 尾、5 日後に 7 尾、9 日後に 4 尾の斃死が確認され、生残尾数は 15 尾 (生残率 46.9 %) と生残率 50 % を下回った。その後も少しずつ斃死が確認され、30 日後には 6 尾、73 日後には 3 尾の生残となった。その後 205 日後に 1 尾 (B-00774) の斃死が確認され、残りの 2 尾のうち 1 尾 (B-00759) は、592 日後に取り上げた (表 1)。残りの 1 尾の斃死状況については確認できなかった。

摂餌は、14 日後に、生残していた 10 尾のうち 6 尾で確認された。この際の餌料はオキアミであった。この後の摂餌量は 17 年度と同程度であった。

飼育開始後の死因は、水槽からの“飛び出し”と“飛び出し以外”に大別された。両者の割合の推移をみると、“飛び出し”による斃死は飼育開始 7 日後までは 15 %、8 ~ 14 日後は 0 %、15 ~ 30 日後は 100 %、31 日後以降は 75 % で、長期間経過後に増加する傾向が認められた (図 2)。

また、斃死魚の観察結果から、死因別に外傷及び内臓破損の併発割合をみると、“飛び出し”により斃死した個体のうち、体表にスレが認められた個体の割合は 33 % で、“飛び出し以外”の 89 % に比べて低かった。同様に、眼球異常 (眼球突出、眼球潰れ、充血) 及び鰓破損が認められた個体の割合は 11 % で、“飛び出し以外”のそれぞれ 42 %、63 % より低かった。また“飛び出し以外”による斃死個体に 16 % の割合でみられた胃破損及び腸破損は、“飛び出し”ではみられなかった (図 3)。

解剖観察による鰓・胃・腸破損の状態として、鰓は破れもしくは針で突いたような小孔が数個認められる、胃は破れて腹腔内に水が溜まっている、腸は破れもしくは原形を留めていない、などが確認された。

なお、当所まで搬入したものの、陸上水槽に収容

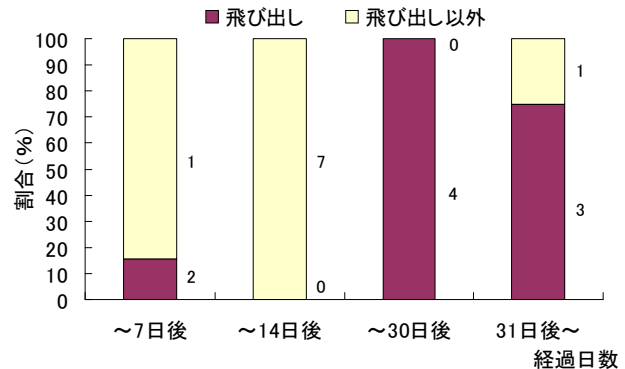


図2 死因別斃死割合の推移(H18年度)
 (図中の数字は各死因の個体数を示す)

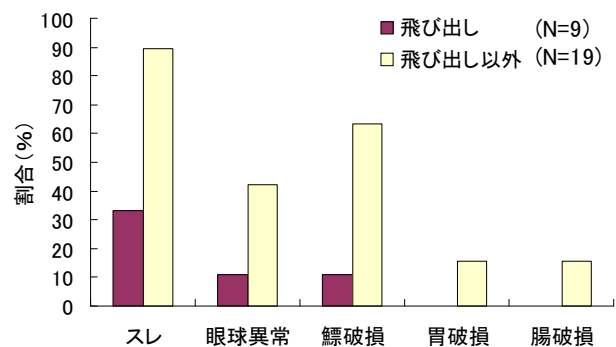


図3 死因別外傷及び内臓破損併発割合(H18年度)

する前に斃死していた 5 尾には全て鰓破損がみられ、またそのうちの 2 尾は、腸破損もみられた。

2 成長

1) 平成17年度

7 日後以降生き残った 3 尾の、飼育開始時の尾叉長は 250 ~ 255mm であった。このうちの 1 尾 (A-00308) は 400 日後に 253mm、斃死が確認された 610 日後には 254mm と、飼育開始時の 250mm からほとんど成長していなかった (表 2, 図 4)。1008 日後の取り上げ時まで生残した 2 尾 (A-00310, A-01058) は、それぞれ飼育開始時の 255mm から、400 日後には 269mm (14mm 成長)、282mm (27mm 成長)、取り上げ時には 286mm (31mm 成長)、302mm (47mm 成長) に成長していた (表 2, 図 4)。

斃死または取り上げ時までの日間成長率は 0.01-0.05mm/day となり、3 尾のうちで最も早く斃死した A-00308 が最も低かった (表 2)。

2) 平成18年度

592 日後の取り上げ時まで生残した 1 尾 (B-00759) を含め、測定した 4 尾の飼育開始時の

尾叉長は 190 ~ 290mm であった。このうち, 73 日後に斃死が確認された 2 尾 (B-00259, B-00268) の斃死時の尾叉長はそれぞれ 290mm, 228mm で, それぞれ飼育開始時の 290mm, 230mm からほとんど成長していなかった (表 2, 図 4)。205 日後に斃死が確認された 1 尾 (B-00774) の斃死時の尾叉長は 195mm で, 飼育開始時の 190mm から 5mm 成長し

ていた。取り上げ時まで生残した 1 尾 (B-00759) は, 取り上げ時には 217mm となり, 飼育開始時の 200mm から 17mm 成長していた (表 2, 図 4)。

斃死または取り上げ時までの日間成長率は 0.00-0.03mm/day となり, 4 尾のうちで最も早く斃死した B-00259, B-00268 が最も低かった (表 2)。

表2 飼育開始後の成長の経過 (尾叉長:mm)

年度	日付	飼育開始後日数	個体番号		
			A-00308	A-00310	A-01058
H17	H17. 7. 14	0	250	255	255
	H18. 8. 18	400	253	269	282
	H19. 3. 16	610	254	-	-
	H20. 4. 17	1008	×	286	302
斃死(取り上げ)時成長(mm)			4	31	47
日間成長率(mm/day)			0.01	0.03	0.05

年度	日付	飼育開始後日数	個体番号			
			B-00259	B-00268	B-00774	B-00759
H18	H18. 9. 3	0	290	230	190	200
	H18. 11. 15	73	290	228	-	-
	H19. 3. 27	205	×	×	195	-
	H20. 4. 17	592	×	×	×	217
斃死(取り上げ)時成長(mm)			0	-2	5	17
日間成長率(mm/day)			0.00	0.00	0.02	0.03

※B-00268は飼育開始時より小さくなっているが, 測定誤差と判断し, 日間成長率0.00mm/dayとした
-:未測定, ×:斃死のため測定不可

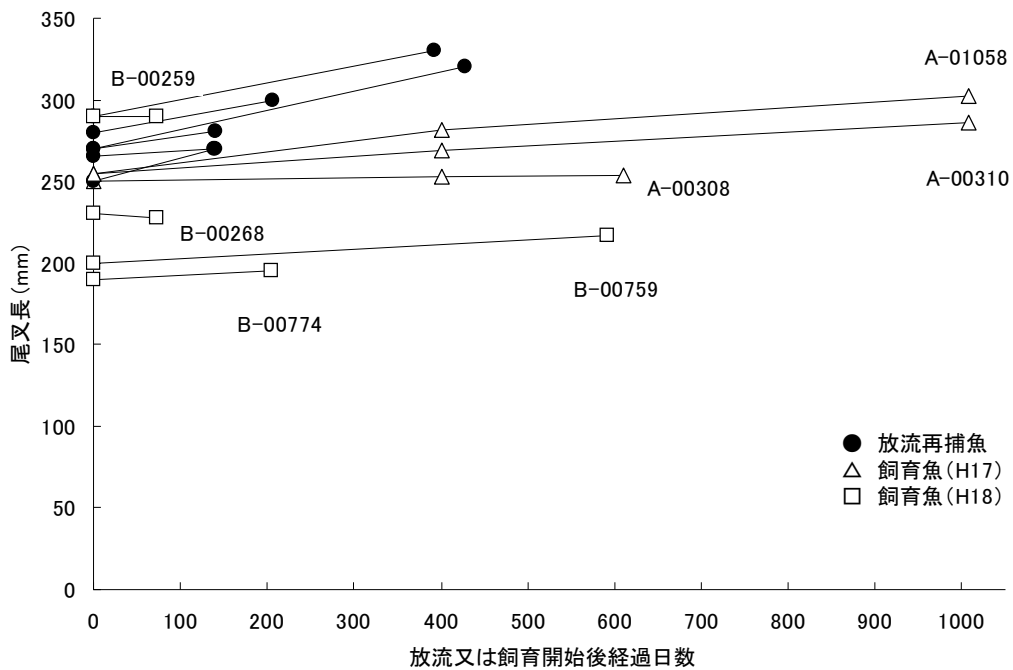


図4 放流再捕魚と飼育魚の成長比較 (放流再捕魚のデータは宍道他³⁾より引用)

表3 累積斃死尾数と累積標識脱落尾数の推移(H18年度)

日付	標識装着後 経過日数	累積斃死 尾数	累積標識 脱落尾数	標識脱落 率(%)	備考
H18. 9. 2	0	-	-	-	漁獲
H18. 9. 3	1	5	1	20.0	飼育開始
H18. 9. 4	2	6	2	33.3	
H18. 9. 6	4	8	3	37.5	
H18. 9. 7	5	11	5	45.5	
H18. 9. 8	6	18	5	27.8	
H18. 9.12	10	22	5	22.7	
H18. 9.17	15	25	5	20.0	
H18.10. 3	31	29	5	17.2	
H18.10. 4	32	30	5	16.7	
H18.11.15	74	32	6	18.8	
H19. 3.27	206	33	6	18.2	
H20. 4.17	593	34	6	17.6	取り上げ

3 標識の脱落

考察

1) 平成17年度

A-01058 は、標識装着から 290 日後に一方の標識が脱落していた。回収した標識の状況を観察すると、アンカー部の爪が折れていた。その後、標識装着から 1010 日後に取り上げるまで、もう一方の標識が残っていた。

A-00308 は、標識装着から 583 日後に斃死が確認されるまで、両方の標識が残っていた。

A-00310 は、標識装着から 373 日後には両方の標識が残っていることが確認されているが、981 日後に取り上げた時には一方が外れていた。これがどの時点で外れたのかについては確認できなかった。

2) 平成18年度

当所まで搬入したものの、陸上水槽に収容する前に斃死していた 5 尾のうち、1 尾で片方の標識が脱落していた。

飼育開始後も同様に斃死魚（及び平成 20 年 4 月 17 日の取り上げまで生残した 1 尾）における標識脱落状況をみると、データが得られた 34 尾のうち、片方の標識が脱落していたのは 6 尾で、標識脱落率（累積標識脱落尾数 / 累積斃死尾数 × 100）は 17.6 %であった（表 3）。標識が両方とも脱落していた個体はなかった。標識脱落個体 6 尾のうち 5 尾は、標識装着から 5 日後までに標識脱落がみられ、6 日後～ 593 日後の間に脱落が確認されたのはわずか 1 尾であった（表 3）。標識脱落率は、標識装着から 5 日後まで徐々に増加して 45.5 %で最大となり、その後減少して 31 日後以降は 17 %前後で推移した（表 3）。

1 短期斃死と長期生残の要因

両年度とも、飼育開始後 7～9 日と比較的短期間のうちに生残率が 50 %を下回り、その後は徐々に減少する傾向であった（表 1）。この短期間の斃死が飢餓によるものかどうかを検証する。魚類の飢餓耐性に関して、天然魚では、ハマチ（平均体重 31.47g、体長 150mm 未満）30 尾を用いて行った飢餓実験の結果、試験開始後約 1 ヶ月から斃死が始まったとの報告がある。³⁾人工種苗では、ヒラメ、⁴⁾サクラマス、⁵⁾マツカワ、⁶⁾ニシン⁷⁾などの報告がある。ヒラメ⁴⁾では、飢餓実験開始後餓死個体が出現するまでの日数は、平均全長 58mm で 21 日、77mm で 32 日、88mm で 40 日であった。サクラマス⁵⁾（平均尾叉長 12.4cm）では、絶食 171 日目までの斃死は 400 尾中 3 尾であった。マツカワ⁶⁾では、無給餌飼育開始から全長 50mm で 48 日後、全長 80mm で 83 日後に斃死がみられ始め、全長 100mm では 120 日間の無給餌飼育期間中に斃死は認められなかった。ニシン⁷⁾では、無給餌飼育開始後生残率が 50 %となったのは、平均全長 47mm 群で 19 日目、68mm 群で 27 日目であった。またヒラメ、⁴⁾マツカワ、⁶⁾ニシン⁷⁾の報告例から、体サイズが大きな個体ほど飢餓耐性は高いと考えられる。本飼育試験で用いたサンプルは尾叉長 180mm 以上であり、これらの報告に用いられたサンプルより十分大きいといえる。また、両年度で飼育開始後最初に摂餌が確認された時期は平成 17 年度で 12 日後、18 年度で 14 日後であったことから、本飼育試験で用いたサンプルは、2 週間程度の飢餓には耐え得る活力を本来有していたと考えられる。以上のことから、この短期間にみられた斃死は飢餓

によるものではないと判断するのが妥当と考える。

飼育開始後比較的短期間にみられた斃死は“飛び出し以外”によるものが多く(図2)、“飛び出し以外”で斃死した個体には、スレを伴う個体が、“飛び出し”で斃死した個体より多く認められた(図3)。また観察の結果、活力の低い個体は水槽底に横たわっていることが多く、刺激すると泳ぎ出すが、しばらくすると再び水槽底に横たわることが多かった。このように活力の低い個体は水槽底と接触し、体表が擦れることによりスレが生じると考えられるほか、当所までの運搬中にも既にスレが生じていた可能性が考えられる。

また、平成18年度の調査で、陸上水槽に搬入する前に斃死が認められた5尾の全てに鰓破損が認められ、且つそのうちの2尾は腸破損も認められた。さらに、“飛び出し以外”で斃死した個体には、鰓破損、胃破損、腸破損などの内臓の破損が、“飛び出し”で斃死した個体より多く認められた(図3)。以上のことから、内臓の破損を伴う個体は活力が低く、体表にスレを伴い、“飛び出し以外”の死因で比較的短期間に斃死すると推察される。

内臓の破損状態として確認された鰓の破れ、また針で突いたような小孔、胃や腸の破れは、漁獲及びエア抜き、胃反転戻し等¹⁾の、活魚としてサンプルを蘇生させる過程で発生したものと考えられる。すなわち、100m以深から釣り上げられる過程における水圧変化に伴う鰓の膨張による破裂、膨張した鰓からの注射針を用いたエア抜き作業の失敗による破損、鰓膨張に伴う胃反転や脱腸を戻す作業の失敗による破損などである。

一方、両年度とも1年以上の長期間生残した個体も確認された(表1)。長期間経過後に斃死した個体は、“飛び出し”によるものが多かった(図2)。また“飛び出し”により斃死した個体には、胃及び腸の破損は全くみられなかった(図3)。鰓の破損が確認された個体が9尾中1尾確認されたが、これは飼育開始4日後に斃死した個体であった。すなわち、飼育開始から15日後以降に“飛び出し”により斃死した個体には、内臓破損は認められなかったことから、これらは、活魚としての蘇生に成功した、活力の良好な個体であったと考えられる。筆者らが行っている標識放流調査においても、これまで1年以上経過後の再捕例が確認されており、¹⁾これらも同様に、活魚としての蘇生に成功した、活力の良好な個体であったと考えられる。以上のことから、標

識放流作業にあたる作業員の習熟度が増し、放流技術が向上することにより、活力の良好な個体を放流できる割合が増加することが期待される。

両年度で観察された眼球突出と斃死との関係は不明であった。眼球突出の要因の一つとして、飼育水深が浅いことによる水圧不足(佐藤圭一、私信)が考えられた。

なお、本飼育試験では、標識装着が原因で斃死したと思われる観察例はなかった。

2 成長

尾叉長測定データが得られているサンプルが少なく、成長に関して充実した議論を行うことは困難であるが、両年度ともに、最も長期間生残した個体が最も日間成長率が高く(平成17年度:0.05mm/day、平成18年度:0.03mm/day)、比較的早期に斃死した個体は日間成長率が低い場合が多かった(表2)。長期間生残した個体が成長も比較的良好であったことから、標識放流調査に際しては、活力の良好な個体の放流が重要であると考えられる。

当所が「アツタ曾根」において平成17、18年度に標識放流したアオダイの再捕魚⁸⁾と本飼育試験における飼育魚の成長を比較すると(図4)、放流再捕魚6例の日間成長率は、1例が0.04mm/day、その他の5例が0.08-0.14mm/dayであるのに対し、飼育魚は平成17年度が0.01-0.05mm/day、平成18年度が0.00-0.03mm/dayで(表2)、1例を除いて放流再捕魚の方が成長がよかった。前述のとおり、本飼育試験で長期間生残した個体は、活魚としての蘇生に成功した、活力の良好な個体であったと考えられ、飼育魚の中では最も成長がよかったが、放流再捕魚の成長には及ばない場合が多かった。この要因としては、飼育中の餌料、照度、水圧(前述)、水質、飼育環境下におけるストレス等、様々な可能性が考えられるが、本飼育試験の結果からはこれ以上詳細な議論を行うことはできない。種苗生産技術開発まで視野に入れた飼育技術確立のためには、今後より詳細な研究が必要である。

3 標識の脱落

平成18年度の調査の結果、標識脱落個体が確認された6尾のうち5尾は、標識装着から5日後までにみられ、6日後~593日後の間に確認されたのはわずかに1尾であった(表3)。平成17年度の試験では、最長1008日(約2年9ヶ月)にわたって標

識が残っていた。これらのことから、標識が脱落する場合は比較的短期間のうちに脱落し、短期間で脱落しなかった標識は、2年以上の長期間にわたって残存すると考えられる。ただし、この結果は飼育環境下のものであり、自然界においても同様の結果になるかどうかは分からない。

両年度とも、標識が2つとも脱落していた個体は全く確認されなかった。従って、今回用いたスパゲッティー型アンカータグの場合、今回のように二重標識を施すことにより、仮に一方が脱落しても、もう一方が残ることが期待され、長期間追跡可能な標識となり得ると考えられる。

また、今回はスパゲッティー型アンカータグを用いた試験であったが、平成20年度から筆者ら¹⁾が標識放流調査で用いている標識はダートタグ (Hallprint社製, PDX型) と呼ばれるものである。これは、矢尻の返し部分を魚体の骨に引っ掛けて固定するタイプの外部標識であり、アンカー型に比べて脱落しにくいといわれている (<http://www.tanaka-sanjiro.com/tag/product/darttag.phtml>, 平成25年3月31日)。そのため現在は標識を1本しか装着していない。ダートタグを用いた放流群についても、これまでに再捕例が確認されている¹⁾が、脱落率については未調査であり、今後、今回と同様の試験を実施して確認する必要がある。

謝 辞

マチ類の活魚釣獲及び輸送に関する技術を提供して頂き、懇切丁寧にご指導頂いた佐藤圭一氏をはじめ、沖縄美ら海水族館職員の皆様に深謝の意を表す。サンプルの確保に協力して頂いた奄美漁業協同組合所属漁業者の皆様に衷心よりお礼申し上げます。

サンプルの確保と運搬に協力して下さった漁業調査船「くろしお」乗組員諸氏に感謝申し上げます。マチ類の飼育において、給餌作業を手伝って頂いた上西園恵美氏、七夕恭子氏、梅北佐和子氏をはじめ、筆耕諸氏にお礼申し上げます。

文 献

- 1) 宍道弘敏, 久保満, 神野公広. フエダイ科魚類3種の標識放流技術と放流再捕記録. 2009年度水産海洋学会大会講演要旨集 2009; 90.
- 2) 佐藤圭一. 熱帯の深海に挑む 沖縄におけるハマダイ飼育の記録. 「水族館の仕事」.(西源二郎・猿渡敏郎編) 大学出版部協会, 東京. 2007.
- 3) 藤谷超, 塚原宏子. 養魚餌料の研究 - 第報 飢餓魚に現れた症状. 南西水研研報 1969; 1: 63-69.
- 4) 反田實. 人工生産ヒラメ稚魚の飢餓耐性と体長との関係. 水産増殖 1989; 37(4): 259-265.
- 5) 四方崇文, 高門光太郎, 四登淳, 柴田敏. 長期絶食時のサクラマス¹⁾の体重, 尾叉長, 体成分および肝臓酵素活性の変化. 石川水総セ研報 2000; 2: 13-18.
- 6) 高谷義幸, 川真田憲治. マツカワ人工種苗の飢餓耐性. 水産増殖 2000; 48(3): 517-522.
- 7) 佐々木正義, 高島信一. ニシン人工種苗の飢餓耐性予備試験. 北水試研報 2002; 62: 161-166.
- 8) 宍道弘敏, 調査船くろしお, おおすみ乗組員一同. 200カイリ水域内資源総合調査事業 - (資源評価調査委託事業: マチ類). 平成20年度鹿水技セ事報: 22-29.