

2つの飼育方法を用いた奄美大島でのクロマグロ *Thunus thynnus orientalis* の養成

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2025-06-25 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 升間, 主計, 手塚, 信弘, 二階堂, 英城, 武部, 孝行, 井手, 健太郎 メールアドレス: 所属:
URL	https://fra.repo.nii.ac.jp/records/2014640

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



2 つの飼育方法を用いた奄美大島でのクロマグロ

Thunnus thynnus orientalis の養成

升間主計，手塚信弘，二階堂英城，武部孝行，井手健太郎
(奄美栽培漁業センター)

我が国にとってマグロ類は極めて重要な水産資源であり，中でも特にクロマグロ *Thunnus thynnus orientalis* は他のマグロ類に比べて大型で魚価が高いため，国際的な漁業資源として位置付けられ，その保存・管理措置について厳しい議論がある。一方，近年，本種の養殖，蓄養漁業が日本を始め，アメリカ，ヨーロッパで盛んに行われるようになってきた。

本種の養成にはフロート式生簀網，筏式生簀網等が用いられている^{1,2,3)}。しかし，これまでに養成施設の違いによる生残，成長及び産卵等に関して比較検討した報告はない。

水産総合研究センター奄美栽培漁業センター（旧日本栽培漁業協会奄美事業場）では，日本のクロマグロ資源管理の1つの施策として，栽培漁業による本種の資源増大のための研究を1994年から進めてきた。奄美栽培漁業センターでは養成クロマグロの成熟・産卵生態を把握し，良質な卵を安定的かつ大量に採卵する技術を開発することを目的として，従来の生簀網方式での養成の他に，湾を網仕切りした広い施設（以下，仕切り網）での養成を行ってきた。仕切り網のように自然の地形を利用した大規模な施設でクロマグロを養成した例は他にない。

また，奄美大島では近年多くの養殖業者によって本種の養殖が行われ，日本全体の生産量に占める割合は大きいと言われている。しかし，奄美大島での長期にわたる成長，生残等に関する報告はない。

本報告では生簀網方式と仕切り網方式でのクロマグロの成長，生残等について比較し，本種の適切な養成方法について検討すると共に奄美大島での養成結果について報告する。

材 料 と 方 法

養成施設

生簀網方式として直径40mの棒鋼製円形筏（旧ナカコー株式会社製）に取り付けた円形生簀網（ハイゼックス無結節網：400d，2/60本，50mm角目仕立て，深さ15m；2分割仕様）（以下，生簀網）を用いた。奄美栽培漁業センターの地先海面である仲田浦の沖側（Aライン）と湾奥側（Bライン）をワイヤー懸垂式工法により，それぞれ長さ235m（P400d，△60本，50mm，

100掛）と290m（同）の網を海面上約5mのワイヤーから海底まで吊り下げて仕切った約14haの海面（最深部で約30m）（以下，仕切り網）を養成施設として用いた。なお，網裾は潮流による捲れを防ぐためにチェーン及び土嚢で押えてある。仕切り網には作業船の通行を可能にするためにA，Bラインの一部（幅7m）が開かれているが，養成魚の逃亡を防ぐために通常は滑車と錘を用いて海面上約1mまで幕網が引き上げられる構造としてある。

親 魚

1993年8月頃に高知県沖で漁獲された当歳魚（ヨコワ）が約1年間沖縄県本部町の民間養殖業者により育てられた。このうち189尾を1994年6月に本センター地先に設置した円形生簀網に収容し養成を開始した。1995年9月に，それまで生残していた172尾のうち95尾を仕切り網へ移し，77尾は引き続き円形生簀網で養成し，両施設での比較試験を開始した。

なお，収容時を1歳と推定し，以降は4月に年齢を加算し，その後の年齢とした。

給 餌

給餌はヨコワを収容してから2001年9月17日までは日曜日と土曜日（1日午前1回）を除くほぼ毎日，午前と午後の2回給餌を行った。これ以降は午前か午後の1日1回の給餌とした。また，2002年，2003年は3月から9月まで，生簀網群で週4回（月，水，金及び土曜日），仕切り網群で週3回（月，水及び金曜日）とした。これ以外の期間は日曜，祝日を除いて毎日給餌を行った。給餌量はほぼ飽食量とした。

餌には冷凍のマアジ *Trachurus japonicus*，マサバ *Scomber japonicus*（1996年2月から）を主体に給餌し，2000年9月（2001年4月の仕切り網群を除いて）以降はサバを主体に給餌した。1999年3月からは3～10月の間にイカ *Todarodes* sp. も併せて給餌した。餌は水切り後に秤量し，給餌直前にビタミン類を添加して与えた。ビタミン類はヘルシーミックス40（松村薬品工業(株)）に対して，ビタミックスE（ニッチク薬品工業(株)）を1，ビタミンCコーティング（ロッシュ・ビタミン・ジャパン(株)）を2，乾燥胆末（ミクニ化学産業(株)）を1，水産用トアーラーゼ（東亜薬品工業(株)）

を5の割合で混合した。乾燥胆末は2003年から使用を中止した。添加量は餌の外割りで約0.5%とした。

精子密度と精子活力の測定

1996年5月28日から98年5月14日の間に15尾を取り揚げ、その内生簀網群では9尾中8尾、仕切網群では6尾中4尾が雄で、生簀網群では7尾、仕切網群では3尾から精液を採取し、精液密度と精子活力を調べた。また、1997年12月5日に仕切網群でパンチング直後に取り揚げた雄個体も仕切網群に加えて検討した。精子密度、精子活力共に精巣内精液について調べた。採取した精液を血球計数用のユノベット（Becton Dickinson Vacutainer Systems）を用い希釈し、希釈精子を血球計算盤に採り、光学顕微鏡を用いて2-3回繰り返して計数し、平均値を精子密度として求めた。精子活力の測定は、採取した精液を200倍の光学顕微鏡下（オリンパス社製）で海水によって賦活させ（20mlの海水で20 μ lの精巣内精液を希釈し、攪拌後50 μ lをスライドガラス上に載せて観察）、賦活した精子をビデオで録画した。録画したビデオを再生し賦活直後から30秒毎（300秒以降は60秒毎）にデジタルスチールレコーダー（DELTIS SR-3100）を用いて停止画像とし、画面上から無作為に50個の精子を選び、さらに画像を約0.1~0.2秒間進め、移動した精子を計数し、前進運動精子個体として、その割合を求めた。

潜水観察と水温測定

魚の状態や生簀網の状態を観察するために1日に1回、原則として朝9時30~10時30分の間に潜水観察を行い、魚の状態と魚が生簀網に衝突し逃亡した痕跡の網の破れ（以下、パンチング）の観察を行った。パンチングにより逃亡した個体は死亡魚として処理した。

水温は表面を水銀温度計で、水深1mから海底まで

をメモリー水深・水温計 ABT-1（アレック電子（株）製）を用いて1m毎に測定し記録した。仕切網では中央より沖側（水深約23m）、生簀網では網の外側を定点として、午前9時から10時の間に測定した。

結 果

生 残

表1に養成概要を示した。また、図1に生簀網群と仕切網群の生残率の違いを示した（サンプリングによる取り揚げ魚も含んでいる）。図1に明らかなように養成3年を経過した4歳を超える頃より両群に差が起ころし始め、養成4年（5歳）では両者の生残率の差は約20%となった。以降も徐々に差は大きくなり養成9年（10歳）では40%以上となった。図2に示したように年間の死亡率は、仕切網群では大きな変化が見られないが、生簀網群では比較実験開始後6年以降、死亡率が急速に増加している。サンプリングによる減耗を除いた生簀網群での減耗原因は51%が生簀網へのパンチングによる逃亡で、残りも網擦れによる体表や目の損傷が原因と考えられた。一方、仕切網群ではパンチングによる死亡が25%で、その他は擦れによって衰弱し、海岸に乗り上がって死亡することが多かった。死亡時期を月別にみると、特に8月が多かった（図3）。

成 長

図4に養成後の尾叉長と体重の成長を示した。養成2年後（3歳）には尾叉長約150cm、体重約50kgに達し、養成9年（10歳）では尾叉長約250cm、400kgに達した。尾叉長の成長は養成4年（5歳）までは早く、それ以降はやや遅れる傾向を示し、シグモイド型の成長曲線を示した。体重ではほぼ直線的な成長を示した。両施設での成長に差は見られなかった。

表1 クロマガロ養成親魚の養成状況

養成施設名	収 容				現状 (2003/10/31)			来 歴
	収容 年月日	年齢 (歳)	尾数 (尾)	体重 (kg)	年齢 (歳)	尾数 (尾) 生残率 (%)	推定体重 (kg)	
40m 円型生簀網	1994.06.08	1	189	8.3				沖縄県本部での養殖魚
	1995.10.16	2* ¹	77	46* ³	10	5 7.4* ²	350~450	サンプリング尾数9尾
仕切網	1995.10.16	2* ¹	95	46* ³	10	49 51.1* ²	300~450	サンプリング尾数6尾

*¹ 仕切り網への移動時の年齢（生残率91.0%）

*² 仕切り網へ移動後の生残率（サンプル魚を除いた値）

*³ 推定体重

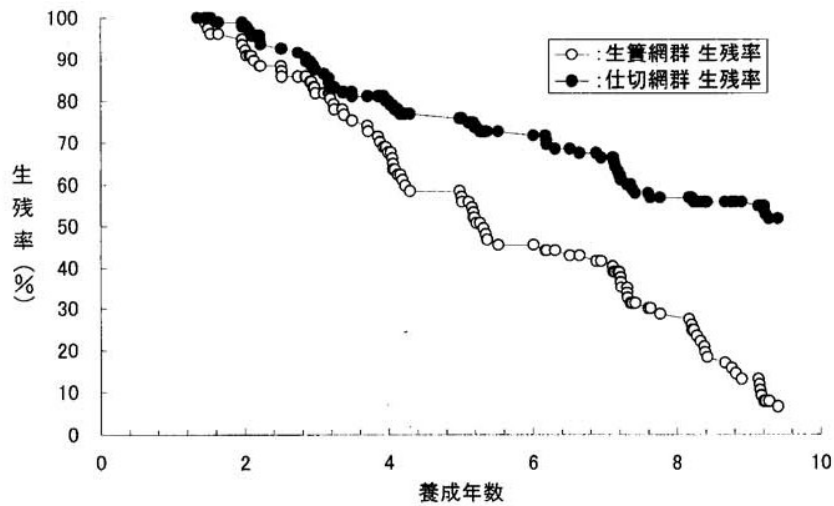


図1 仕切網群と生簀網群の生残の比較

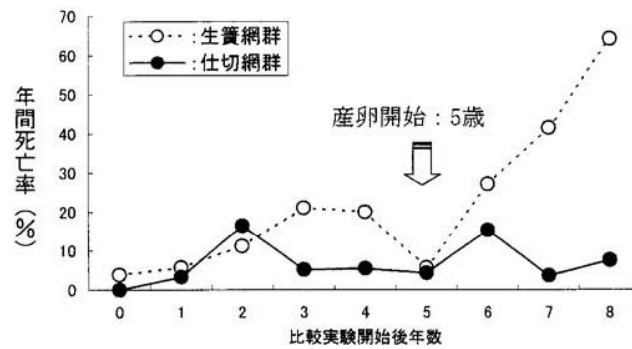


図2 施設別の年間死亡率の変化

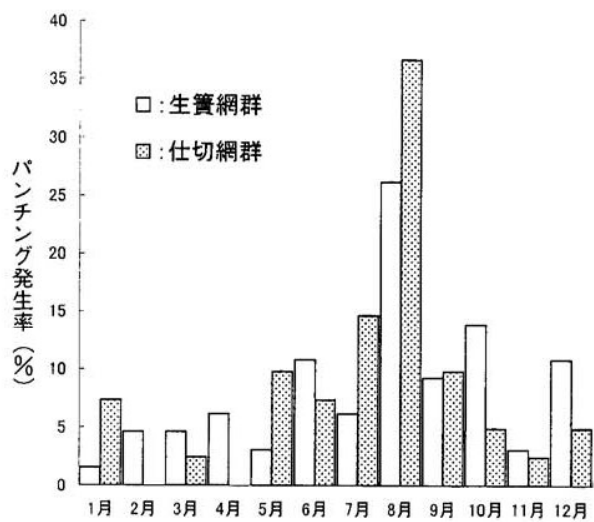


図3 月別、施設別の死亡、パンチング個体の発生率

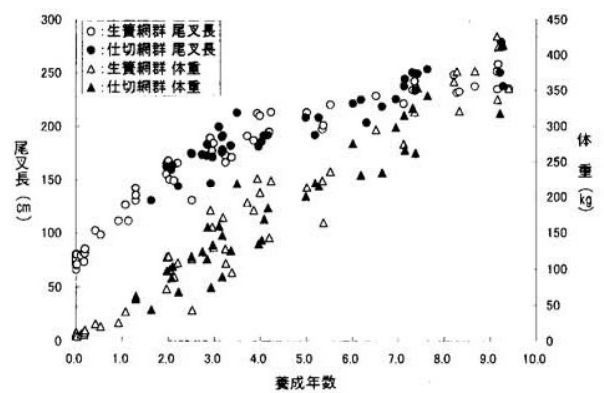


図4 仕切網群と生簀網群の成長比較

給 餌

図5と図6にそれぞれ生簀網群と仕切網群への餌種類別の年別給餌量を示した。生簀網群では生残数の減少が見られるにも係わらず給餌量が維持され、養成8, 9年目に減少している。一方、仕切網群では徐々に給餌量が増加しているが、養成8, 9年目で減少している。両群において養成8, 9年目に減少しているのは、3月から10月まで行った給餌制限によるものである。しかし、仕切網群に比べて生簀網群で大きく減少して

いるのは生残数が少なくなったことも原因として挙げられる。

1尾当り、体重当りの給餌量について図7に示した。1尾当りの給餌量の推移を見ると季節的变化を示しながら成長に伴って増加している。生簀網群と仕切網群に大きな差は見られない。また、体重当りの給餌量の変化は、養成1から2年目までに急速に低下し、それ以降はほぼ1.5%前後を推移した。

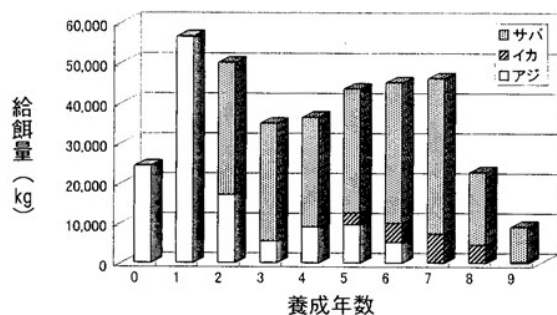


図5 生簀網群への餌種類別年別給餌量

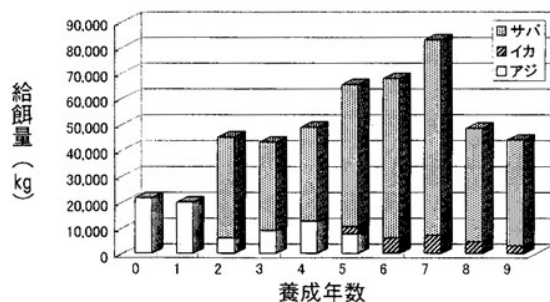


図6 仕切網群への餌種類別年別給餌量

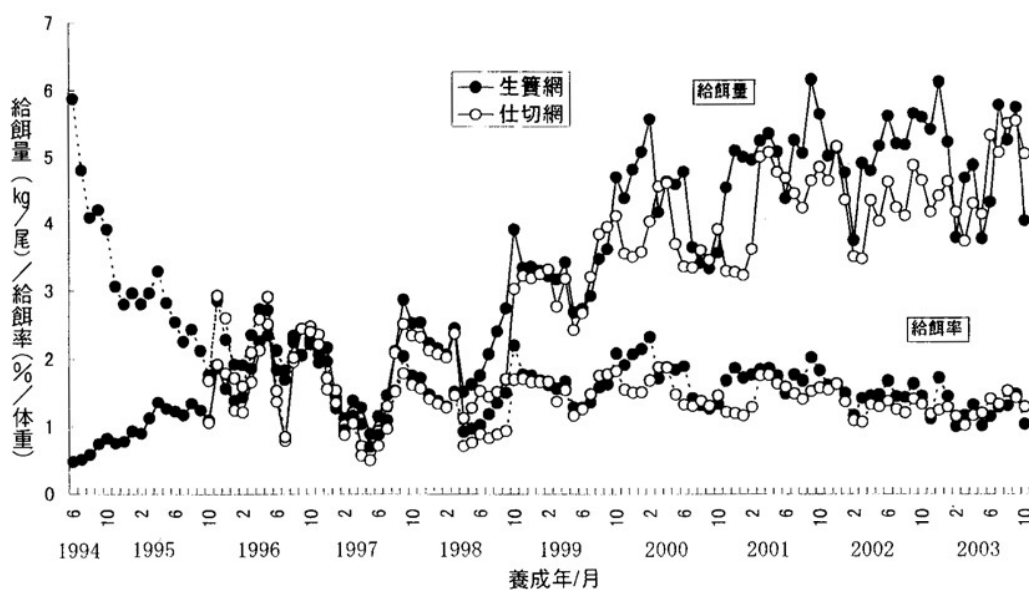


図7 クロマダゴ1尾当りの給餌量と体重当りの給餌率

精子密度と活力

表2に精子密度と体測定及びGSIも併せて示した。生簀網群が260～420億個体/㎖、平均で352億個体/㎖、仕切網群で270～425億個体/㎖、平均で404億個体/㎖であった。両群合わせた平均は371億個体/㎖であった。1元配置分散分析を行ったところ、データから計算された値Fが3.15、5%有意水準でF(0.05; 1, 9)が5.12であることから、帰無仮説は棄却されず、仕切網と生簀網間に差は見られなかった¹⁾。

図8に前進精子の割合の変化を示した。賦活直後から約3分後まで、両群の平均前進精子の割合に明確な差が見られ、仕切網群の雄の精子が生簀網群に比べて、高い活力を持っていることが示唆された。

水 温

図9に2002年に測定した水温データを示した。また、生簀網の水温から仕切網の水温を差し引き、両施設の

水温差についても併せて示した。水温は仕切網で19.5～28.3℃、生簀網で20.0～28.2℃であった。両施設間の水温差は11～2月で最も大きく0.6～0.8℃、3～10月は0.1～0.4℃と小さかった。この結果から両施設間の10m水深における水温に大きな差は見られないことが示された。

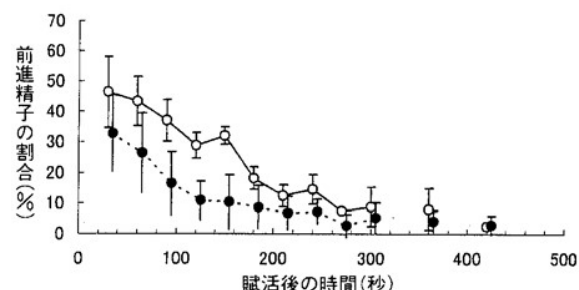


図8 養成クロマグロの仕切網群(○)と生簀網群(●)の精子活力の比較
縦線は標準偏差を示す

表2 養成クロマグロの卵巢内精子密度の測定結果

施設名	年月日	年齢	尾叉長 (cm)	体重 (kg)	GSI	精子密度 (億個体/㎖)
生簀網	1996. 6.18	3	150.0	98.9	1.67	260
	1996. 7.24	3	149.0	88.9	0.67	340
	1997. 5. 7	4	189.0	181.4	1.06	415
	1997. 5.22	4	176.8	158.2	1.08	420
	1997. 6. 2	4	184.0	129.6	0.99	355
	1998. 4.15	5	186.7	181.4	1.65	345
	1998. 5.14	5	212.0	227.0	0.77	326
	平均					352
仕切網	1996. 7.11	3	163.1	103.0	0.70	420
	1997. 4.16	4	182.8	157.9	0.75	425
	1997. 5.26	4	171.0	132.7	2.15	370
	1997.12. 5	4	212.5	219.1	0.42	400
	平均					404

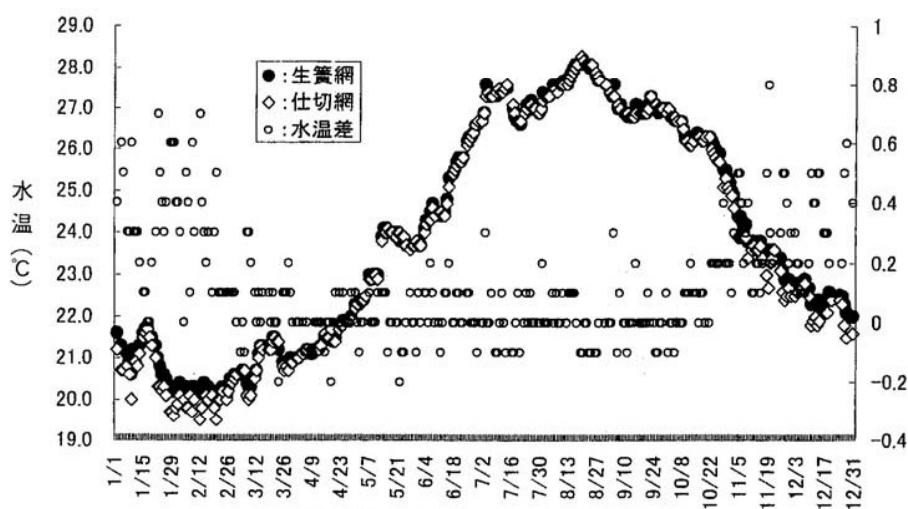


図9 養成施設での水温(水深10m)の変化

考 察

生簀網群と仕切網群の生残に大きな違いが見られた。養成魚の死亡原因が網への衝突や擦れによるものと推定されたが、仕切網に比べて狭い生簀網群で擦れが起き易いことは容易に推測できる。また、早朝の薄明時に一時的に視覚的な方向感覚の喪失を起こした場合⁷⁾、狭い生簀網では網に衝突する可能性が高いものの、仕切網では低いこと等が、生残の違いとして現れたものと推察された。

この結果は、安定的な大量採卵を目的として長期間にわたって同一年級群を養成する必要がある場合、死亡率の低い仕切網施設が有利であることを示唆している。

死亡（パンチング逃亡も含む）時期については両群に差は見られず、両群とも8月に多く（図3）、養成7年以上でやや高くなる傾向がうかがえた（図10）。これまで、養成クロマグロについて、年齢や季節的な死亡傾向に言及した報告はない。8月は産卵のほぼ後半期に当り、また、年間を通して水温が高くなることから（図9）、この時期の死亡原因として、成熟や水温のストレスが示唆される。さらに、成長に伴い、特に生簀網では相対密度が増加し、ストレスによりパンチングが起り易くなることが、養成7年（年齢8歳）以上で死亡率が高くなる一つの要因であろう。

成長は非常に早く、図4は主に死亡魚のデータによるものであるが、養成期間中に成長の停滞が見られない。このことは八重山での成長例⁶⁾と同様に、適した

水温（図9）での活発な摂餌（給餌）が早い成長を促しているためと考えられる。

奄美大島でのクロマグロの養成は、その環境が本種の成長に適しており、養殖地としても優れていることが示された。

ほぼ毎日給餌する場合、体重に対する日間給餌率は養成後2年目（3歳）（体重で約80～90kg）までに急速に低下し、その後1.5%前後に収束する傾向が見られた。升間ら⁶⁾が八重山で養成したクロマグロの日間給餌率について得た結果とほぼ一致している。1日の給餌回数は2001年9月中旬まで1日2回、それ以降を1回とした。給餌回数の違いによる体重当りの日間給餌率を1回と2回で比較すると（図11）、生簀網群では1回に比べ2回でほぼ倍の値となった（仕切網群も同様）。石渡⁷⁾は給餌回数、日摂餌率及び日増重率の関係について調べ、給餌回数が増すと、日摂餌率、日増重率が増加して極限に近づき、最大の日増重率の90%を引き出す給餌回数はブリ *Seriola quinqueradiata* で1～2回、マフグ *Fugu vermicularis porphyreus*、ニジマス *Salmo gairdnerii irideus* およびカワハギ *Stephanolepis cirrhifer* で1～3回であったと報告している。今回のデータでクロマグロにおける給餌回数と成長の関係について示すことはできないが、養成したクロマグロの成長は非常に早く、稚仔魚期は別として、今回養成したサイズでは1日1～2回の給餌が適当であろうと推察される。一方、親魚として養成する場合、必要以上の成長を期待する必要はなく、むしろ成熟、産卵との関係から、給餌回数等について検討して行く必要がある。

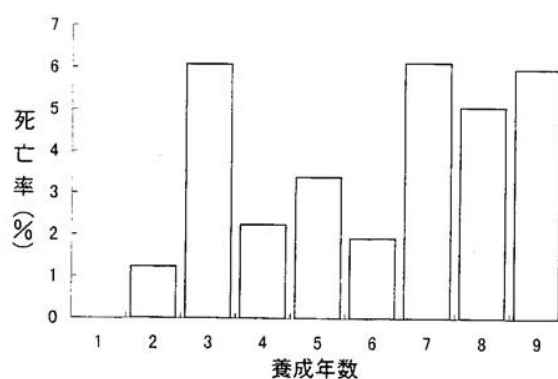


図10 8月に死亡したクロマグロの養成年数別年間死亡率

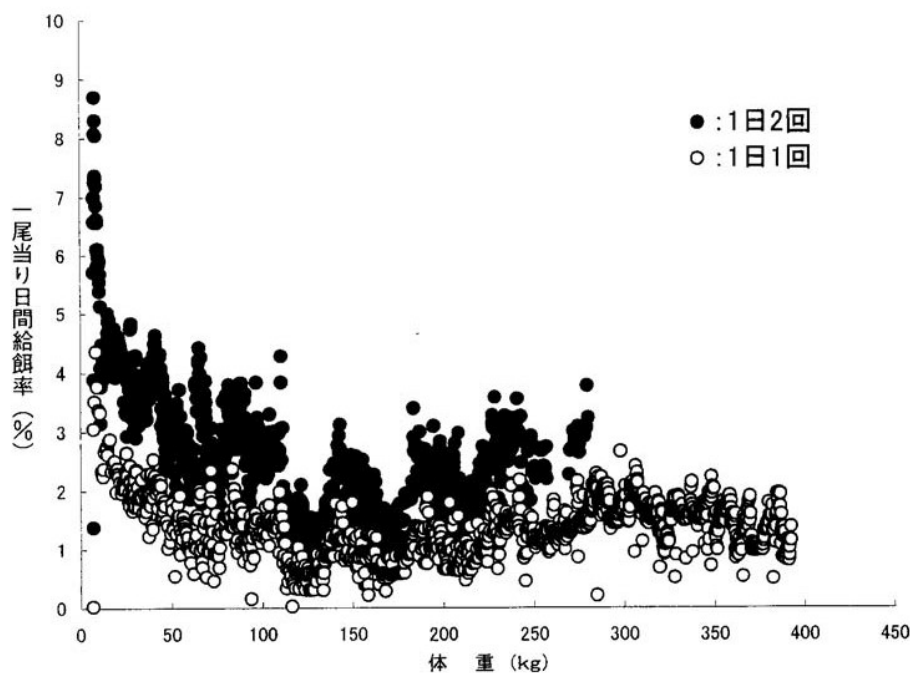


図11 生簀網群における給餌回数別の1尾当り日間給餌率の成長に伴う変化

精子の密度と活力によって両群の比較を行ったところ、精子密度に違いは見られなかった。Doi ら⁹⁾は地中海のクロマグロの排精した精子の密度を調べ、496～648億個体/mlであったことを報告している。今回得られた密度は平均371億個体/mlと地中海のクロマグロに比べると低い値を示したが、Doi ら⁹⁾の調べたヒラソウダ *Auxis thazard* (296～567)、マルソウダ *A. rochei* (223～500) の精子密度に近い値を示した。測定したクロマグロの精液の状態、成熟状態、精液密度の測定方法の違いによるものと思われる。

精子活力は生簀網群の雄に比べて仕切網群で高いことが示された。その理由については明らかでないが、生残率の違いに見られるように、狭い生簀網に比べて仕切網内で育ったクロマグロでは、環境から受けるストレスが小さいと推測できる。このことと、精子の活力に何らかの関係があるのかもしれない。この結果は養成方法が精子活力に影響することを示唆している。

生簀網養成魚では尾鰭が左に曲がり変形しているのが、潜水及び死亡魚によって観察された。一方、仕切網群の尾鰭は、ほぼ体軸に沿っていた。このことは、生簀網群では通常左回りに狭い生簀内を遊泳していることから、左右へ尾鰭を動かす力にアンバランスが起き、尾鰭の変形が生じたと思われる。仕切網群では2歳時まで生簀網内で養成していたことから若干の変形は見られるものの、仕切網の広い環境で遊泳していることから、左右のバランスがとれ、尾鰭が正常に近い形を維持しているものと思われた。このことは高速遊

泳時の体のコントロールに影響を及ぼす可能性があり、生簀網での網への衝突が起きやすい一つの要因として示唆される。

本報告では、従来利用されてきた規模^{1,2,3)}の生簀網型と、それとは全く異なるタイプの施設である仕切網型での養成結果を比較し、従来利用されてきた生簀網型の飼育方法に比べて、仕切網型のように広い規模での養成法が生残、精子活力及び体形の維持に優れていることを示した。この結果から、大量かつ安定的に、しかも、遺伝的に多様な卵を確保するために、多数の親魚を長期間飼育する必要がある場合、仕切網型での養成方法が適していると考えられた。

文 献

- 1) 熊井英水 (1998) マグロ類の増養殖の現状と将来．「マグロの生産から消費まで」(小野征一郎編)，成山堂書店，東京，pp.50-65.
- 2) 澤田好史・熊井英水 (2000) クロマグロ．「最新海産魚の養殖」(熊井英水編)，湊文社，東京，pp.212-216.
- 3) FARWELL, C. J. (2001) Tunas in Captivity. Tuna Physiology, Ecology, and Evolution. Academic press, London, pp. 391-412.
- 4) 北田修一 (1997) 分散分析．「生物資源統計学」(山田作太郎，北田修一共著)，成山堂書店，東京，pp.93-121.

- 5) MASUMA, S.G. KAWAMURA, N. TEZUKA, M. KOISO, and K. NAMBA (2001) Retinomotor responses of juvenile bluefin tuna *Thunnus thynnus*. *Fish. Sci.*, 67, 228-231.
- 6) 升間主計・岡雅一・兼松正衛・手塚信弘・照屋和久・伏見浩・石橋矩久 (1991) 八重山における養成クロマグロの摂餌と成長. 栽培技研, 20, 35-40.
- 7) 石渡直典 (1969) 魚の摂餌に関する生態学的研究 -Ⅷ. 投餌回数と成長との関係, *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, 35, 985-990.
- 8) DOI, M., T. HOSHINO, Y. TAKI, and Y. OGASAWARA (1982) Activity of the Sperm of the Bluefin Tuna *Thunnus thynnus* under fresh and preserved conditions. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, 48, 495-498.