

# 串本大島および奄美大島におけるクロマグロの養魚場環境と成熟・産卵

家戸敬太郎<sup>1\*</sup>, 瀬岡 学<sup>1</sup>, 村田 修<sup>1</sup>, 坂本 亘<sup>3</sup>, 岡田貴彦<sup>1</sup>, 向井良夫<sup>1</sup>, 八木洋樹<sup>1</sup>,  
宮下 盛<sup>1</sup>, 太田博巳<sup>2</sup>, 熊井英水<sup>1,2</sup>

(<sup>1,2</sup> 種苗生産・養殖グループ, <sup>3</sup> 環境保全・資源動態グループ)

<sup>1,3</sup> 近畿大学水産研究所, <sup>2</sup> 近畿大学大学院農学研究科

\* kei67kato@nara.kindai.ac.jp

近畿大学水産研究所では、2002年に人工種苗クロマグロを養成して得た親魚から採卵してさらに種苗生産する、いわゆる完全養殖に世界で初めて成功したが、産業レベルでの種苗量産にはまだいくつかの問題が残されている。その一つに採卵技術があり、本種の成熟・産卵条件はまだ明らかにされていない。近畿大学水産研究所では、1970年よりクロマグロの養殖技術開発の研究に着手し、和歌山県串本町大島で親魚養成を行ってきたが、2002年までの32年間で産卵行動が確認されたのはわずか8年であった<sup>1)</sup>。クロマグロ稚仔の採集結果<sup>2)</sup>では、串本周辺海域でも採捕されているものの、推定される主産卵場は南西諸島周辺であることから、1998年に鹿児島県奄美大島に奄美実験場を開設し、天然クロマグロ幼魚の養成を開始した。

本研究では、産卵が不定期であった串本大島および主産卵場に位置する奄美大島において、漁場環境をモニタリングするとともに、産卵および生殖腺成熟を調査し、本種の成熟・産卵条件について検討した。

## 試料および方法

**環境モニタリング** 和歌山県串本町大島と同町潮岬との間の海域に設置した網生簀（直径30 m, 1995および1996年産人工孵化養成群23尾収容）および鹿児島県瀬戸内町花天の湾内に設置した網生簀（直径40 m, 1998年産天然幼魚養成群44尾収容）で環境モニタリングを行った。水温の測定は、主に水温データログにより

行い、欠測部分を多項目データログで補った。用いた水温データログはTESTO社の177T4Sで、水温センサーを水深1, 5および10 mに設置し30分目毎に連続観測した。産卵期およびその前後にはIDRONAUT社の多項目データログを用いて、水温、溶存酸素、塩分、濁度および照度を30分目毎に連続観測した。観測期間は2003年1月から2004年12月とした。

**産卵調査** 産卵期が近付いた時点で、両漁場の網生簀に小型のプランクトンネットを設置して毎日産卵の有無を確認し、産卵が確認された日からは、毎日18時頃より生簀で待機して産卵行動が認められた日には角錐型採卵ネットで生簀円周を曳いて卵を回収・計数した。産卵調査は産卵が終了するまで続けた。

**奄美大島における3および4歳魚の生殖腺成熟** 2000年産天然幼魚を養成した群を用いて、3および4歳魚となる2003年および2004年に、2ヶ月毎に雌雄各3尾以上を取り上げて、魚体重、全長、尾叉長、体長などを測定後、生殖腺組織を摘出して重量を測定し、生殖腺指数(GSI,  $100 \times \text{生殖腺重量} / \text{魚体重}$ )を算出した。また、組織の一部から常法に従って組織切片を作成し、ヘマトキシリン・エオシン染色を施して光学顕微鏡で観察した。卵巢組織は大西洋クロマグロに関するSarasquete et al.の報告<sup>3)</sup>に基づいて、I, 第一次成長期または前卵黄形成期; II, 第二次成長期(卵黄形成期); III, 成熟期; IV, 産卵期の4段階に、精巣組織はマダイに関するMatsuyama et al.の報告<sup>4)</sup>に基づいて、I, 未成熟期; II, 未成熟一発達期; III, 発達期; IV,

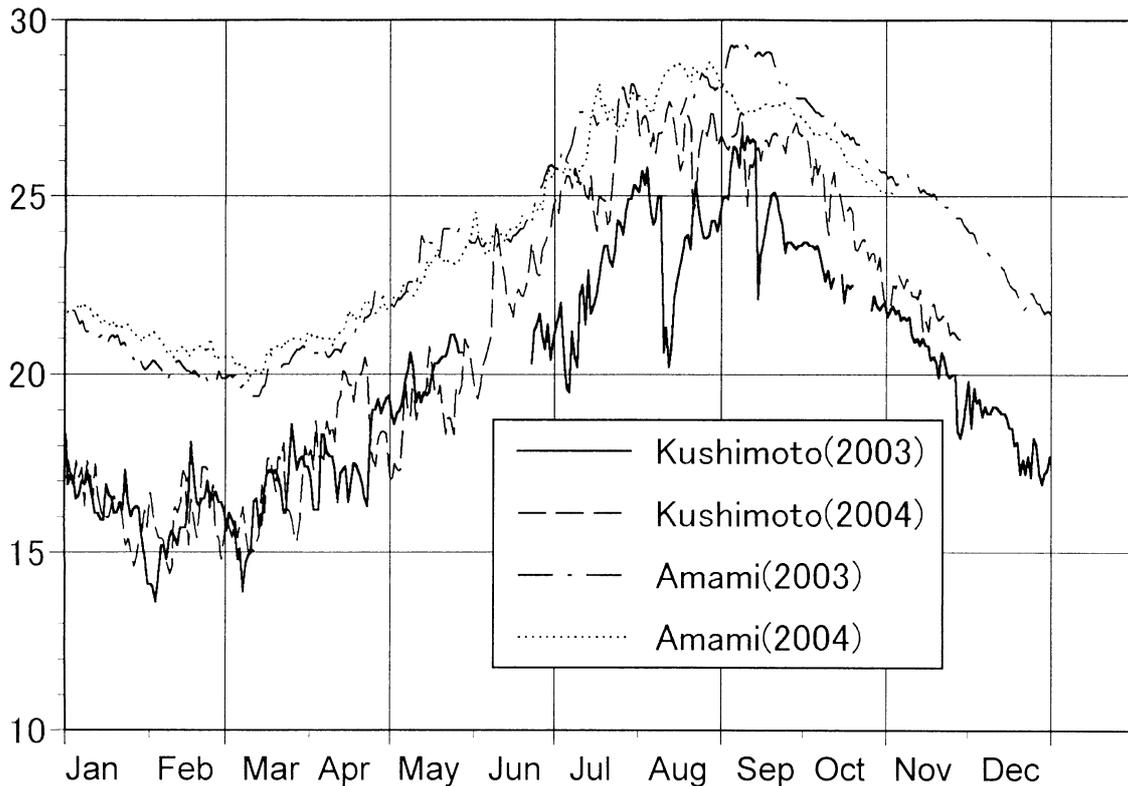


Fig. 1. Changes in the water temperature of the bluefin tuna net cages in the Kushimoto and Amami experimental station.

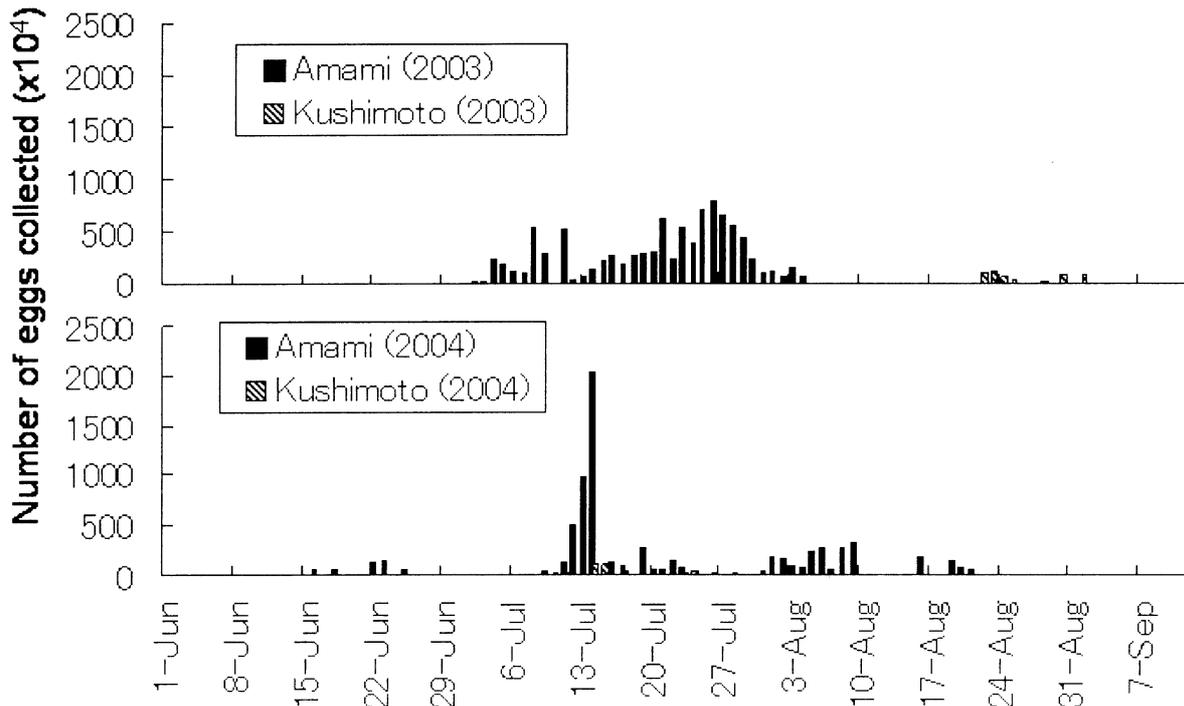
成熟期の4段階にそれぞれ分類した。

### 結果および考察

**環境モニタリング** Fig. 1に串本大島および奄美大島における2003~2004年の水温の変動を示した。串本では2年間で最低水温13.6℃(2003年2月3日)から最高水温は28.2℃(2004年7月28日)の範囲で変動し、年間を通じて短期間に急激に変動する傾向が認められ、特に2003年8月9日から10日にかけて25.0℃から20.6℃まで1日に4.4℃も低下することもあった。また、2003年と2004年との間にも同じ時期に5℃以上の差異がみられることも数回観察された。一方、奄美大島では最低水温は2003年3月の19.4℃、最高水温は2003年9月の29.3℃であり、串本大島のような急激な温度変化はみられず、2003年と2004年との差異もわずかであった。また、産卵期およびその前後に観測した塩分および濁度においても、串本大島において急激な変動が認められたが、奄美大島

では降雨による一次的な塩分低下以外には急激な変動はほとんど認められなかった(データ省略)。

**産卵** 串本大島および奄美大島のクロマグロ親魚養成生簀における採卵結果をFig. 2に示した。2003年では、串本大島では8月6日から9月1日の27日間に9日産卵が確認され、総採卵数は530万粒、奄美大島では6月29日から8月4日の37日間に36日産卵が確認され、総採卵数は9,700万粒であった。2004年では、串本大島では7月8日から7月28日の21日間に11日産卵し、420万粒の卵を回収できたが、奄美大島では6月14日から8月21日の69日間に53日産卵し、7,800万粒回収された。奄美大島の1日の最大回収卵数は2,050万粒(2004年7月14日)であった。両漁場間で生簀に收容された親魚の尾数、年齢および由来が異なることから、単純に両漁場の比較をすることはできないが、串本大島における急激な環境変動が不安定な産卵結果に大きく影響していると考えられる。一方、奄美大島ではいずれの年においても安定



**Fig. 2. Number of eggs collected from the blurfin tuna net cages in the Kushimoto and Amami experimental station in 2003 and 2004.**

した産卵が確認され、種苗量産に適した親魚養成場であると思われる。

**奄美大島における3および4歳魚の生殖腺成熟** Table 1に奄美大島における3および4歳魚雌雄のGSIおよび生殖腺の成熟段階の周年変動を示した。雌の3歳魚では、GSIは7および9月に高い値を示したが産卵の痕跡を示す個体はみられなかった。4歳魚では産卵行動が確認された7月にGSIの最大値を示し、4尾中3尾には産卵の痕跡である排卵後ろ胞がみられた。雄のGSIは、3歳魚では5月に最も高い値を示したが、3月を除く全ての月で成熟期の個体のみられた。一方、4歳魚では5および7月にGSIが高く、それらの月で成熟期の個体のみられたが、その他の月では成熟期の個体は認められなかった。水温変動とGSIの変動との関係を調べた結果、GSIが最大値を示す時期と水温が最も高くなる時期はほぼ一致していたが、成熟の開始を意味するGSIの最低値を示す時期と最低水温を示す時期とは一致しなかった。そこで、日長時間の変動とGSIの変動との関係をみると、GSIが低くなる時期と日長時間が最も短く

なる時期がほぼ一致した。代表的な海産養殖魚であるマダイ<sup>5)</sup>やヒラメ<sup>6)</sup>において、産卵期をコントロールする場合に水温だけでなく日長時間も調節することが有効であることが報告されており、海産魚においてもサケ科魚類やアユなどの淡水魚<sup>7)</sup>と同様に成熟産卵には水温および日長時間が大きく影響することが示唆されている。本実験において、GSIの変動と水温および日長時間との関係が認められたことから、クロマグロにおいてもその成熟・産卵に水温および日長時間が大きく影響することが推測される。本実験の結果から、日長時間が最も短くなる冬至を成熟の開始点と仮定し、産卵開始日までの積算水温を算出したところ、2003年では、串本大島4,248°C、奄美大島4,120°C、2004年では串本大島3,681°C、奄美大島3,815°Cとなり、それぞれの年では比較的近い値となった。しかしながら、これらの数値はわずか2年の調査に基づくものであり、産卵開始には個体間でのばらつきが存在することが予想され、さらにクロマグロは環境水温よりも体温の高いことが報告されている<sup>8)</sup>。従って、今後はDNAマーカー<sup>9)</sup>によ

**Table 1** Changes in the gonado-somatic index (GSI) and maturity stage of 3- and 4-year old bluefin tuna reared in the net cage in Amami experimental station

♀ ♂	Age	Samplin g month	Body weight (kg)	Fork length (cm)	Condition factor	GSI (%)	Maturity stage			
							I	II	III	IV
♀	3	1	71±13	146±5	28±2	0.3±0.1	3	0	0	0
		3	72±15	144±9	30±1	0.6±0.1	0	3	0	0
		5	86±7	156±3	28±2	0.9±0.2	0	4	0	0
		7	96±10	163±3	28±1	1.0±0.9	1	1	1	0
		9	111±6	167±4	29±0	1.1±0.6	0	2	1	0
		11	98±30	161±13	29±3	0.6±0.2	2	1	0	0
	4	1	91±29	158±16	28±1	0.6±0.3	0	3	0	0
		3	128±7	176±6	29±2	0.6±0.1	0	3	0	0
		5	144±22	181±7	30±0	1.4±0.9	0	2	1	0
		7	130±10	182±8	26±2	2.6±0.5	0	1	0	3
		9	-	-	-	-	-	-	-	-
11		159±19	188±6	29±3	0.4±0.1	2	1	0	0	
♂	3	1	74±15	144±7	30±2	0.3±0.1	0	2	1	1
		3	80±2	149±1	31±1	0.9±0.2	0	0	3	0
		5	72±25	144±16	29±1	1.4±0.7	0	1	0	2
		7	96±13	161±8	29±2	0.9±0.5	0	2	2	1
		9	102±14	161±8	30±2	0.6±0.2	0	1	1	1
		11	126±6	175±4	30±2	0.3±0.1	0	0	1	2
	4	1	118±18	172±11	28±1	0.2±0.0	0	2	1	0
		3	115±30	173±14	27±1	0.6±0.3	0	1	2	0
		5	121±34	168±19	31±2	1.5±1.1	0	0	1	2
		7	154±24	185±10	30±3	1.8±1.4	0	0	1	2
		9	-	-	-	-	-	-	-	-
11	165±11	192±5	30±2	0.1±0.0	0	3	0	0		

る産卵個体の判定や、アーカイバルタグを用いた体温のモニタリングによって得られるデータを加えて解析し、成熟・産卵条件を詳細に検討する必要がある。

## 文 献

- 1) 宮下 盛. クロマグロの種苗生産に関する研究. 近大水研報 2002, **8**:1-171.
- 2) 西川康夫. クロマグロの主産卵場. 水産技術と経営 1990, **36**: 13-21.
- 3) C. Sarasquete, S. Cardenas, M. L. Gonzalez de Canales and E. Pascual. Oogenesis in the bluefin tuna, *Thunnus thynnus* L.: A histological and histochemical study. *Histo Histopathol* 2002, **17**: 775-788.
- 4) S. Matsuura, M. Matsuyama, Y. Ouchi and T. Hidaka. Maturity classification and group maturity of the red sea bream *Pagrus major*. II. Male maturity. *Marine Biol.* 1987, **96**: 169-172.
- 5) 村田 修. マダイ「最新海産魚の養殖」(熊井英水編) 湊文社, 東京. 2000; 89-108.
- 6) 村田 修. ヒラメ「最新海産魚の養殖」(熊井英水編) 湊文社, 東京. 2000; 109-130.
- 7) 朝比奈 潔. 生殖周期とその調節「水族繁殖学」(隆島史夫, 羽生 功編) 緑書房, 東京. 1989; 103-131.
- 8) T. Kitagawa, H. Nakata, S. Kimura and S. Tsuji. Thermoconservation mechanisms inferred from peritoneal cavity temperature in free-swimming Pacific bluefin tuna *Thunnus thynnus orientalis*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 2001, **220**: 253-263.
- 9) M. Takagi, T. Okamura, S. Chow and N. Taniguchi. PCR Primers for Microsatellite Loci in Tuna Species of the Genus *Thunnus* and its Application for Population Genetic Study. *Fish. Sci.* 1999, **65**: 571-576.