

# クロマグロ種苗生産に関する技術支援

古満目分場 鈴木 怜

## 1 背景・目的

本県では平成 26 年度から株式会社山崎技研と共同でクロマグロ人工種苗生産の技術開発に取り組み、平成 29 年度に同社及び株式会社高知水産によって事業化がなされた。しかし、採卵の安定性や中間育成時の初期減耗及び変形発生等に課題が残されていることから、これらを解決するための技術支援を行った。

## 2 方法

### (1) 採卵

親魚養成は道水中谷水産株式会社に委託し、大月町橘浦地先で実施した(図 1)。採卵用親魚には 4 歳魚 150 尾を用いた。

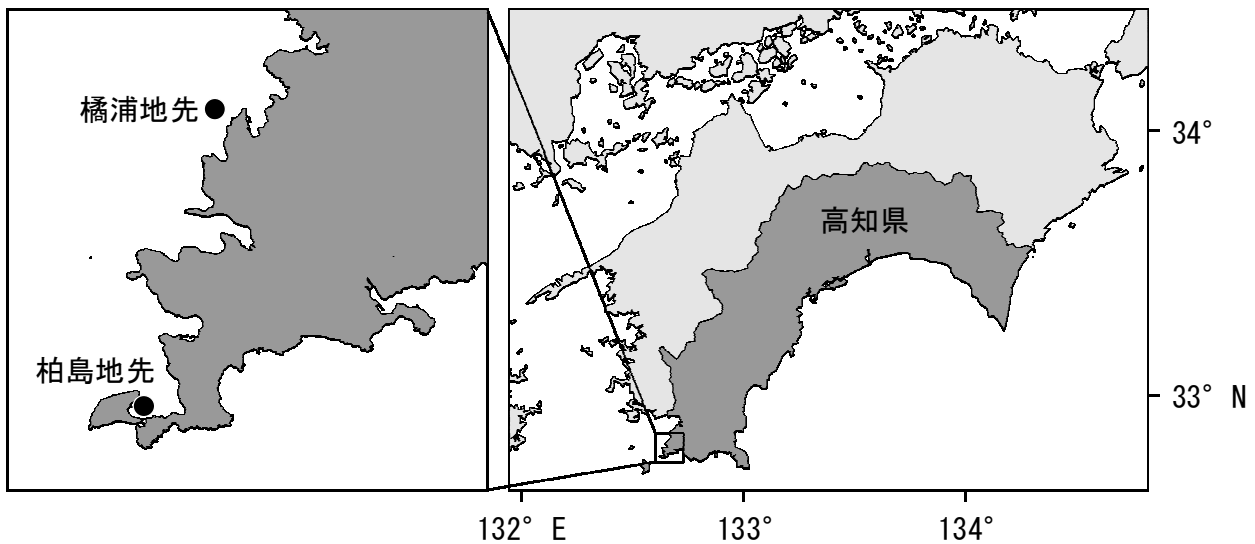


図 1 試験実施地点

採卵に向けて産卵開始時期及び産卵時刻を把握するために、6 月上旬から親魚と同海域で飼育されている出荷魚(3 歳魚)の成熟状況調査を行った。成熟状況は船上で生殖腺の大きさに判定し(図 2)、成熟していると判定した生殖腺の一部は長さ及び重量の測定を行った。また、卵巣に関しては、組織の一部を切り出して海水中で震とうし、剥がれ落ちた卵母細胞を回収してその直径を測定した。

成熟状況調査と平行して、6 月下旬からは親魚養成生簀に待機して目視による親魚の体色変化及び追尾・産卵行動の観察、小型採卵ネットを用いた産卵状況の確認を行った。また、親魚養成を委託している道水中谷水産株式会社への聞き取り調査も適時行った。

### (2) 中間育成

中間育成は株式会社高知水産に委託し、大月町柏島地先で実施した(図 1)。

沖出し後のへい死、成長及び変形発生状況等に関するデータを適時収集して整理するとともに、給餌作業等に同行して種苗の観察を行った。また、大量へい死発生時には魚病の検査を行った。

中間育成終了時には 30 尾をサンプリングし、全長、尾叉長、魚体重、腹肉の厚さの測定(最厚部及び最薄部)及び腹腔の形状の撮影を行った。腹肉の厚さの測定及び腹腔形状の撮影部位は胸鰭の付け根直下とした。

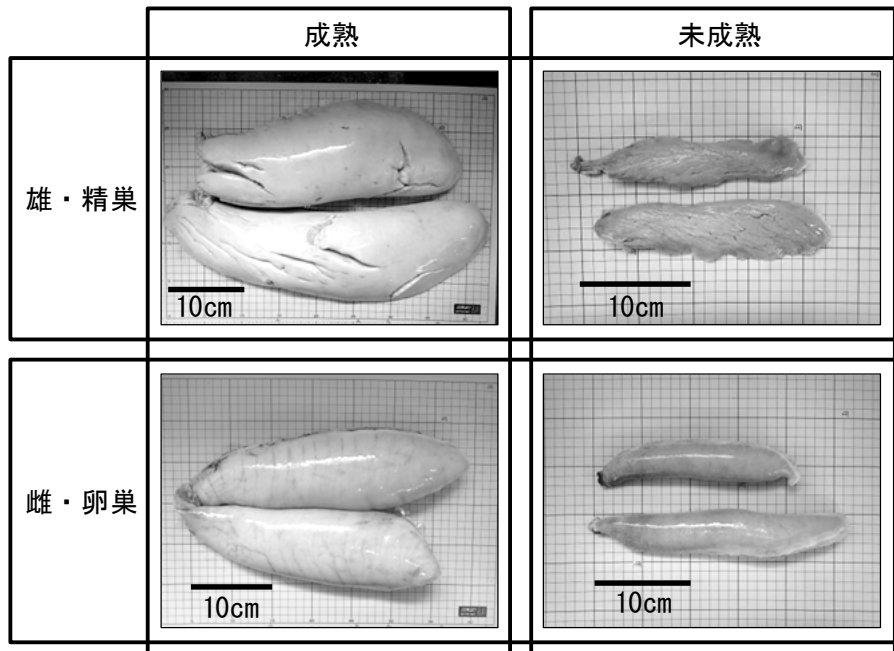


図2 成熟の判定基準

### 3 結果と考察

#### (1) 採卵

##### 1) 成熟状況調査

調査を開始した6月5日の水温はクロマグロの産卵開始水温(24℃)に近づいており、成熟個体の割合(成熟率)は雌雄ともに20-30%程度であったが、梅雨入り後(6月5日)、成熟率は10-20%程度にまで減少した(図3)。梅雨時期の成熟の低下(=産卵不調)は過去の試験でも確認されており、これは、クロマグロは元来外洋に生息する魚種であることから、水温、塩分及び透明度の変化の影響を受けやすいためと推測している。しかし、成熟率は低かったものの、卵巣内に成熟卵(吸水卵)(図4)を有する雌(=産卵間近)や釣獲時に精液が流れ出る雄は時折確認されていた。

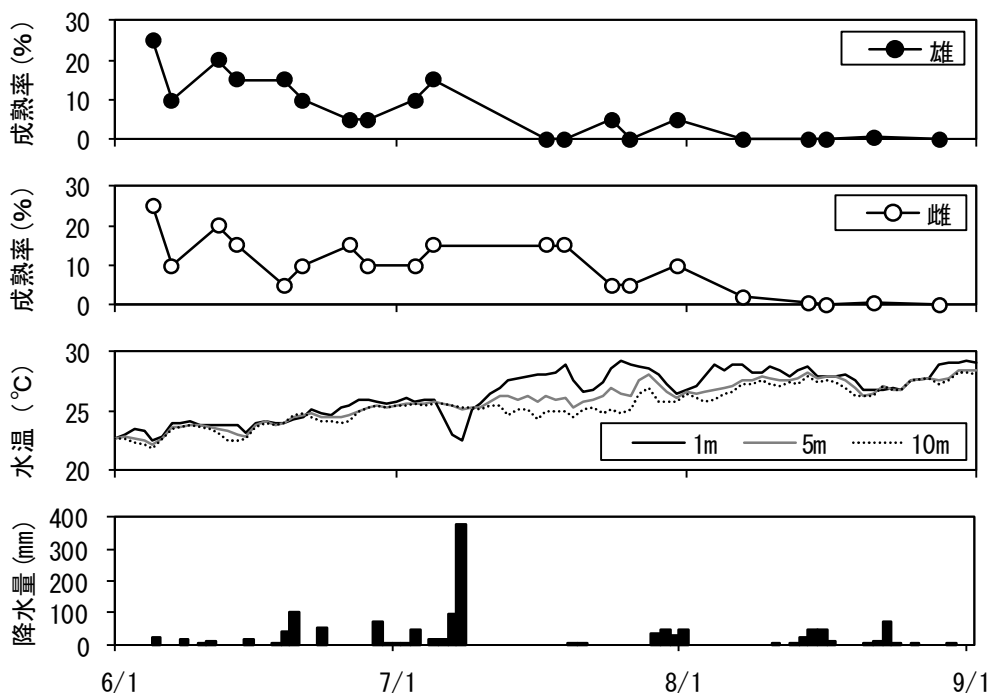


図3 クロマグロの成熟状況及び水温・降水量

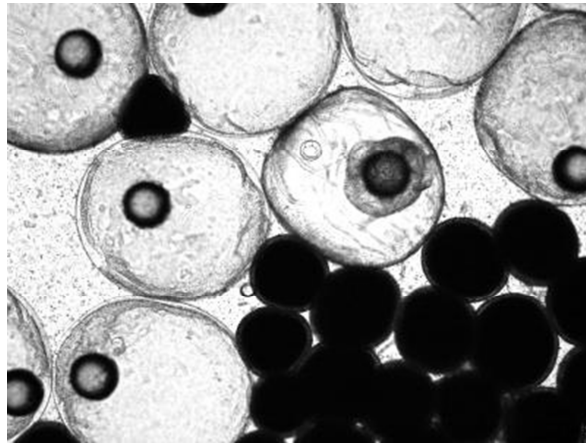


図4 卵巣内の成熟卵（吸水卵）

平成30年7月豪雨によって親魚を養成している大月町も大きな被害を受け、親魚養成生簀周辺も塩分及び透明度の低下が見られた。その結果、特に雄の成熟状況が低調となり、加えて、7月中旬から下旬にかけて発生したケイ藻類の増殖及び度重なる台風の影響も相まって、8月下旬には雌雄ともに成熟個体が確認されなくなった（図3）。

卵母細胞の測定結果の一部を図5に示す。卵母細胞の直径は、卵巣内に成熟卵が確認されないものに関しては400-600 $\mu\text{m}$ にピークが見られ、卵巣内に成熟卵が確認されたものに関しては、このピークが減少し、800-1100 $\mu\text{m}$ に第2のピークが出現していた。このことから、400-600 $\mu\text{m}$ の卵母細胞が吸水して成熟卵になると考えられ、このサイズの卵母細胞の存在が雌の成熟の指標になると思われた。なお、200 $\mu\text{m}$ 以下の細胞に関しては、計数が困難であったため、データから除外した。

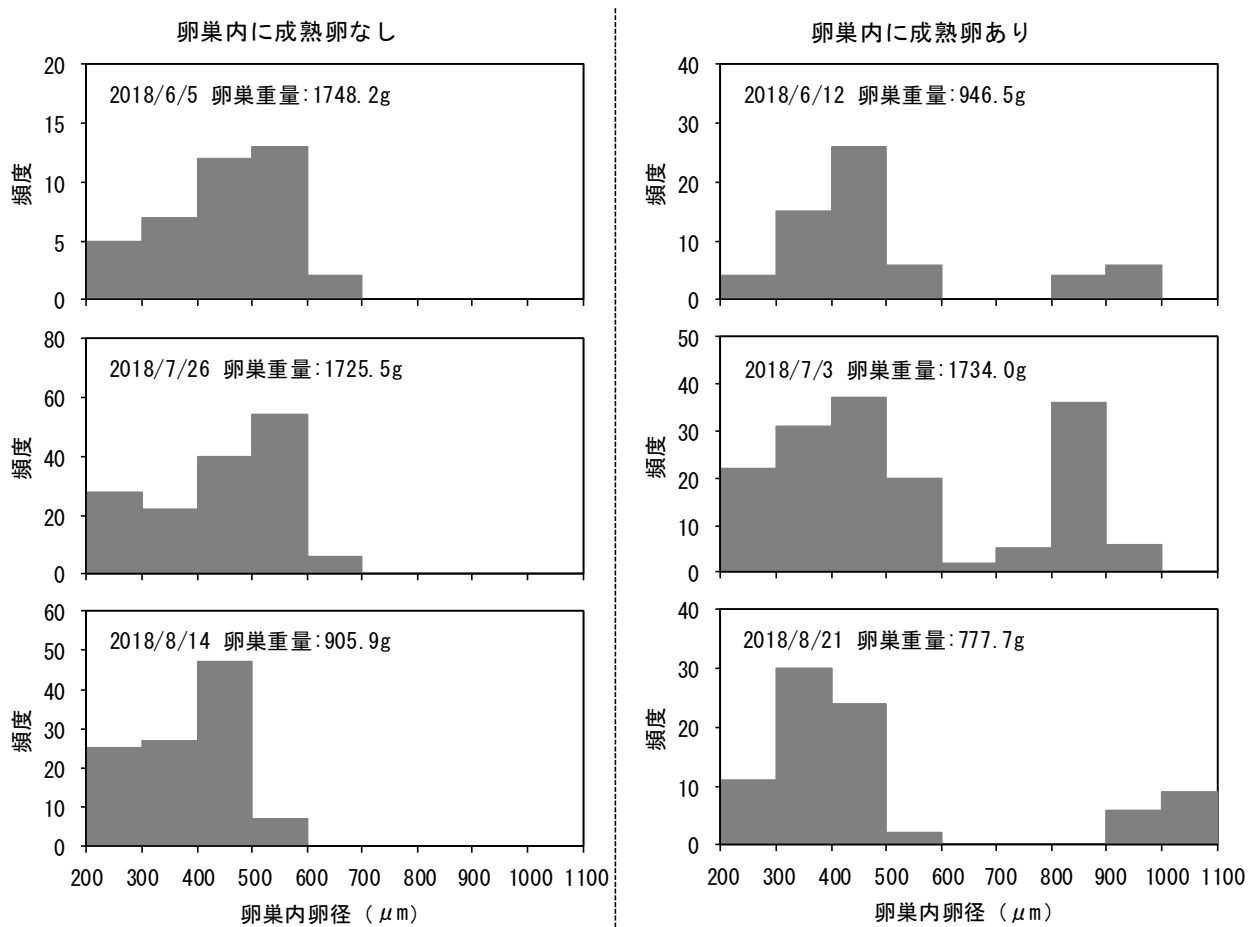


図5 卵母細胞のサイズ

## 2) 産卵状況等の調査

調査を開始した6月22日及び27日の観察では、追尾行動及び産卵行動と思われる現象（水面に水しぶき上がる）が時折確認されたが、ネットを曳いても受精卵は確認できなかった。平成30年7月豪雨直後の7月10日の観察では、追尾・産卵行動は全く確認されなかった。7月12日及び18日の調査では、産卵行動と思われる現象が再び確認されたが、6月調査時と比較してその頻度は低く、また、ネットを曳いても受精卵は確認できなかった。7月25日以降、追尾・産卵行動は全く確認されなくなり、8月8日を最後に調査を打ち切った。

## 3) 聞き取り調査

6月上旬に出荷魚の生簀で夕方頃に産卵行動と思われる現象が確認されたとの情報が提供された。それ以降、産卵に関する情報は全ての調査を終了した8月28日まで得られなかった。

## 4) 本年度採卵不調の原因

クロマグロは3歳で20-45%、4歳で50-100%の個体が成熟し、夕方から夜間にかけて産卵すると報告されている（松原ら 2014、宮下 2002、升間 2013）。

本試験で成熟状況を調査した出荷魚は3歳魚であることから、6月上旬の成熟率（20-30%）は比較的良好と思われた。また、雄に関しては6月に釣獲時に精液が流れ出る個体が、雌に関しては6-8月にかけて卵巣内に成熟卵を持つ個体が確認されていたことから、その期間は産卵可能な状態であったと思われた。採卵用親魚に関しても、受精卵自体は確認できなかったものの6-7月にかけて追尾・産卵行動が見られていた。以上により、6月時点では出荷魚、採卵用親魚ともに成熟が進行していたと考えられ、これらに、聞き取り調査の結果を加味すると、6月は夕方から夜間にかけて産卵していた可能性が高いと考えられた。

しかし、種苗生産を行うために採卵を開始できたのは7月以降であり、この時期は、豪雨、ケイ藻の増殖及び台風の影響等で特に雄の成熟が不調であった。従って、本年度は、クロマグロが産卵していた時期と採卵を行った時期がずれてしまったため採卵に至らなかったと考えられた。

## 5) 産卵条件

今後の採卵に向けて、過去の採卵実績、本試験の結果及び環境データを整理し、産卵条件の検討を行った。

### ①産卵と月齢

産卵が好調であった平成26、27年度の採卵量及び本試験における雌の成熟率と月齢との関係を分析した。その結果、新月前後に採卵量が多く、また、卵巣内に成熟卵を有する雌が多く確認されていた（図6）。以上により、クロマグロは新月時を中心に産卵していると考えられた。

### ②産卵と水温

産卵が好調であった平成26、27年度の採卵量と水温との関係を分析した。その結果、水温の急激な上昇時に採卵量が増加し、水温の急激な低下時に採卵量が減少していた（図7）。以上により、クロマグロの産卵は急激な水温上昇によって開始し、急激な水温低下によって終了・中断すると考えられた。

### ③産卵と降水

産卵が好調であった平成26、27年度の採卵量と降水量との関係を分析した。その結果、降雨のない日は採卵量が多く、降雨日及び梅雨時期は採卵量が少なかった（図8）。以上により、クロマグロは降雨のない日を中心に産卵していると考えられた。

### ④まとめ

産卵と月齢、水温及び降水量との関係を総合すると、産卵はこれら要因が複合的に関連して行われていると考えられ、効率的な採卵日は、新月周りで水温が急激な上昇を示しており、かつ、晴れている日と考えられた。

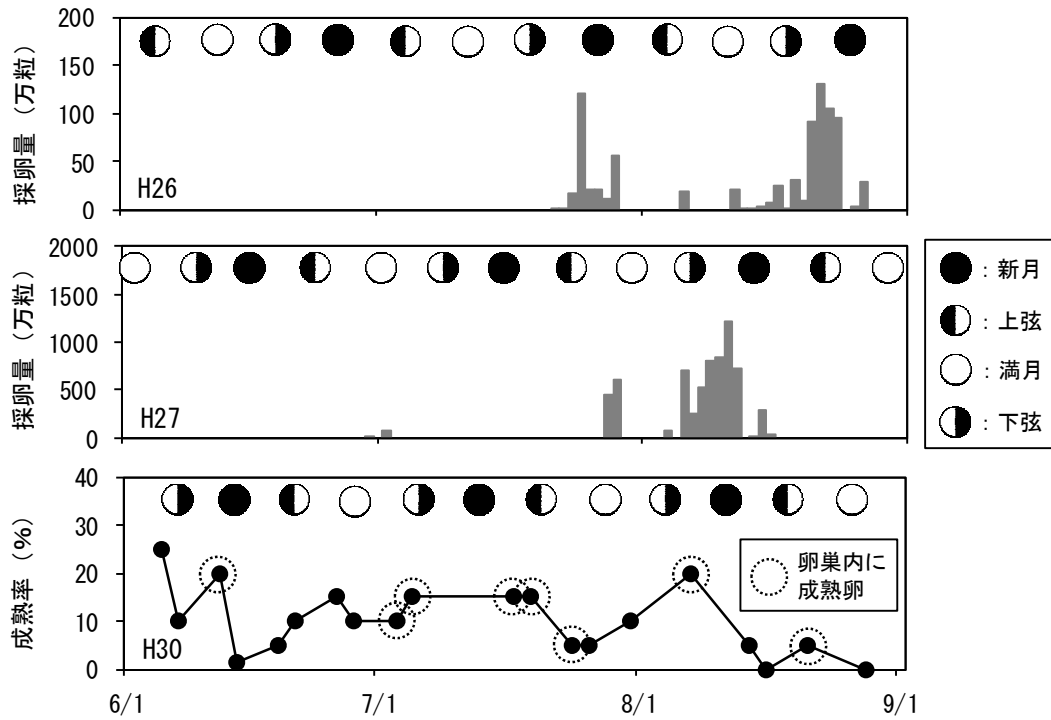


図6 採卵量・成熟率と月齢

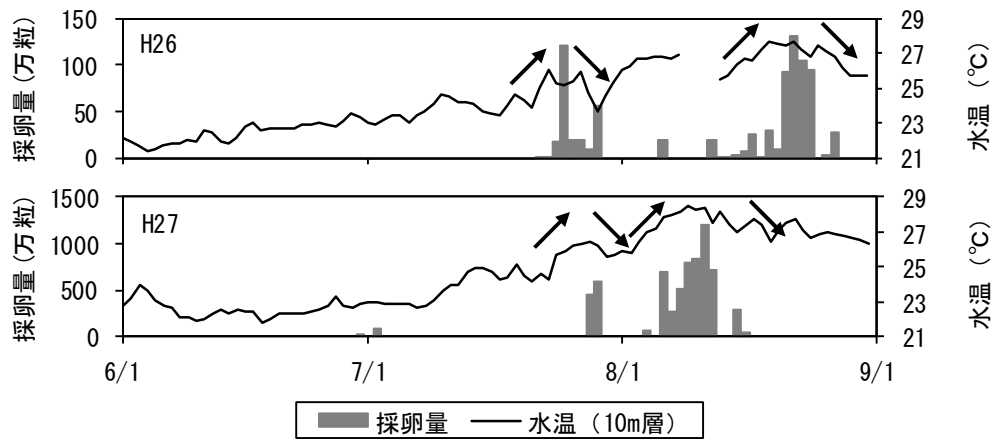


図7 採卵量と水温

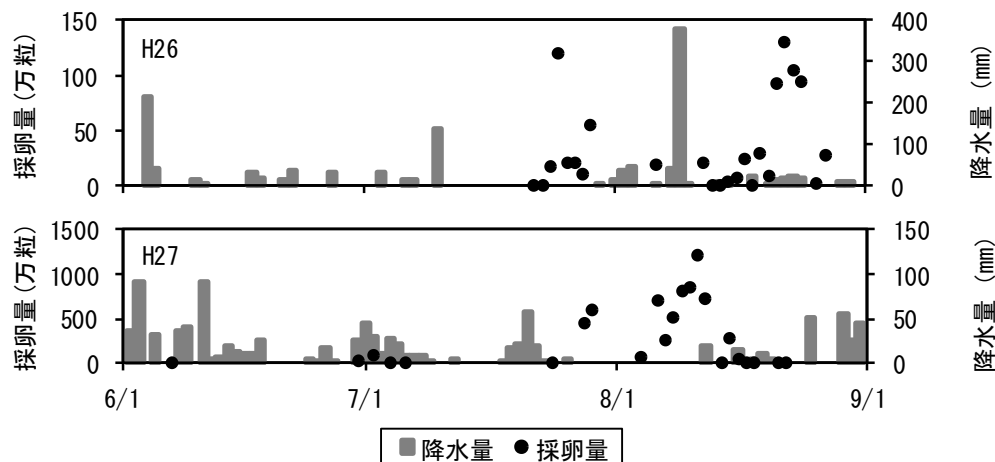


図8 採卵量と降水量

## (2) 中間育成

株式会社山崎技研浦ノ内養魚場で生産した種苗を、8月26日に柏島地先に設置した20m円形生簀2基に収容し、中間育成を開始した。開始時の種苗の大きさは平均全長68.1mm(45.8-83.6mm)、収容尾数は生簀①3,000尾、生簀②3,200尾であった。

期間中、水温は22.6-28.1℃、溶存酸素は5.0-9.3mg/Lの間で推移した(図9)。

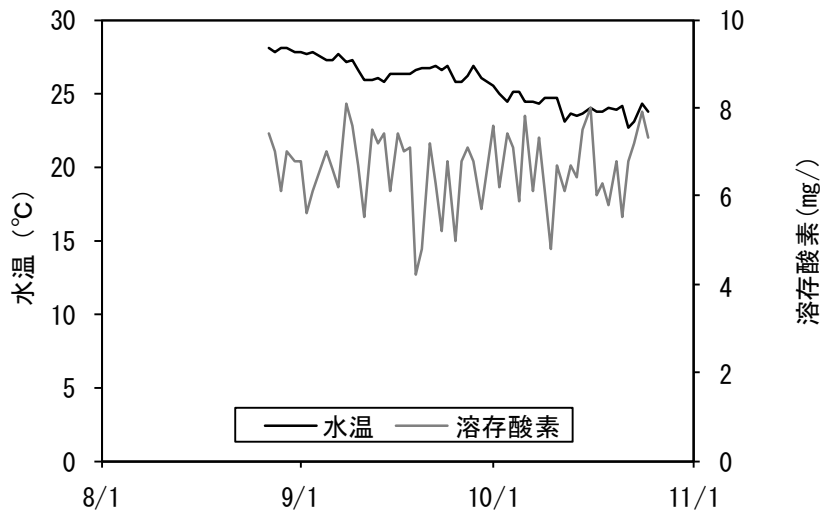


図9 中間育成期間中の水温・溶存酸素

生簀への収容から1週間程度へい死が継続し、へい死尾数から推定した中間育成11日目の生残尾数は218-426尾、生残率は7-13%であった(図10)。へい死が続くことから、マダイイリドウイルスのPCR検査を実施したが、結果は陰性であった。このへい死については台風の影響で沖出しが遅れて種苗のサイズが大きくなり過ぎ、水槽からの取り揚げ時や輸送時にダメージを負ったことが原因と推測されたが、他機関では同程度のサイズでの沖出しも問題なく行われていることから、種苗の取り扱い等の再検討が必要と思われた。

その後、大量へい死は発生せず、へい死尾数から推定した中間育成60日目の生残尾数は95-227尾、生残率は3-7%であった(図10)。そして、この中間育成60日目で全長300mmに到達した(図10)。

本試験における中間育成期間の成長速度を平成27及び28年度の試験結果(鈴木2017, 2018)と比較したところ(図11)、本試験と平成28年度との間に有意差は認められなかったが、平成27年度は有意に低かった(共分散分析、 $p < 0.01$ )。各年度の中間育成期間の水温を比較したところ(図12)、平成27年度第2、第3ラウンドの水温が他よりも低めで推移しており、この低水温が成長に悪影響を及ぼした可能性が考えられた。しかし、平成27年度に実施した3ラウンド分の成長速度を比較すると(図13)、低水温であった第2、第3ラウンドの方が、第1ラウンドよりも逆に良かったことから、平成27年度の成長速度が低かった要因は水温ではないと考えられた。なお、平成27年度の中では高成長を示していた第2、第3ラウンドの結果のみを本試験及び平成28年度と比較しても、解析結果に変化はなかった。次に、収容密度が成長速度に影響を及ぼした可能性を考え、各年度の60日目の収容密度を求めたところ、本試験0.01-0.03kg/m<sup>3</sup>、平成27年度0.04-0.06kg/m<sup>3</sup>、平成28年度0.12-0.17kg/m<sup>3</sup>とどれも非常に低密度であり、密度の影響はなかったと考えられた。以上のことから、平成27年度の成長速度が有意に低かった要因は、①この年が種苗の量産化に成功した初めての年であり、本試験及び平成28年度と比較して種苗の品質が低かったこと、②この年が本格的に中間育成に取り組んだ初めての年であり、技術が確立されていなかったこと等が考えられた。

10月26日から11月2日(中間育成61-69日目)にかけて育成していた種苗を全数取り揚げた。最終的な生残尾数は生簀①242尾、生簀②208尾、生残率は生簀①8%、生簀②7%であった。取り揚げた個体の変形について調べたところ、主に下顎変形が確認され、変形率は32-35%であった。

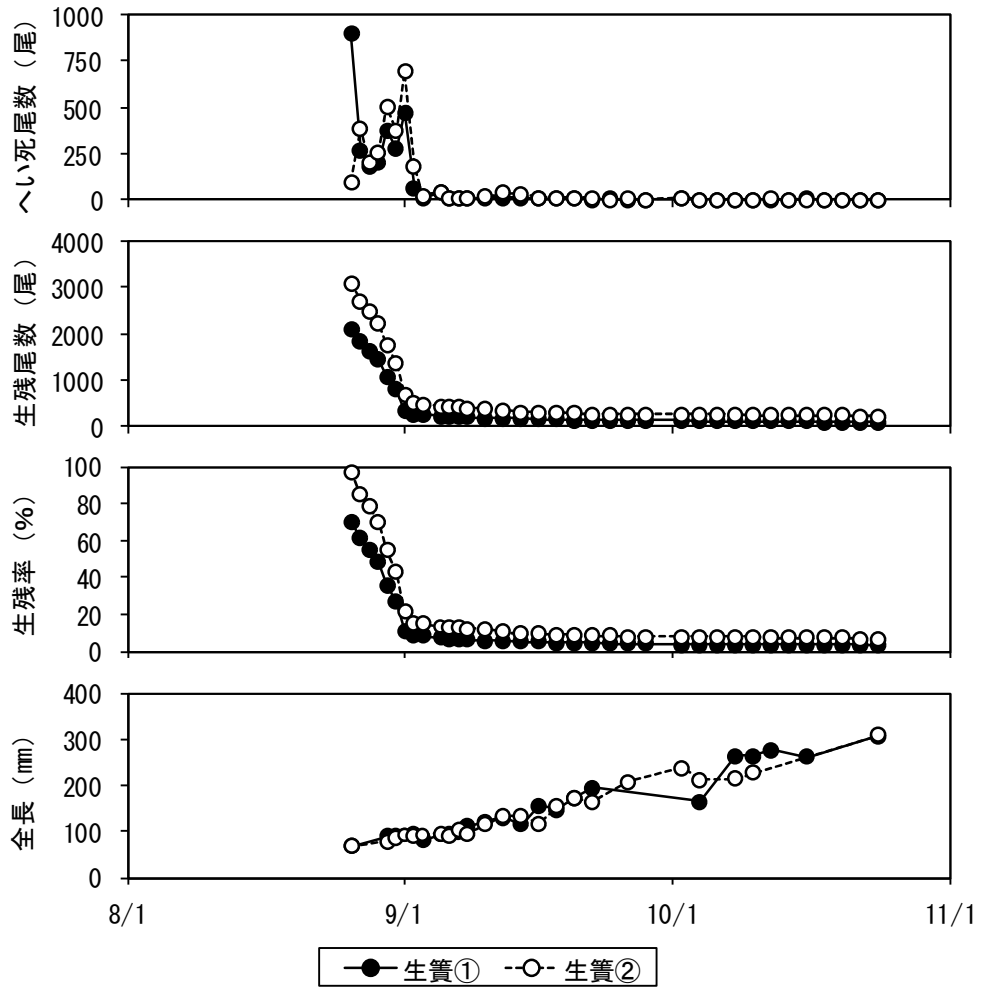


図 10 中間育成期間中のへい死尾数・生残尾数・生残率・全長

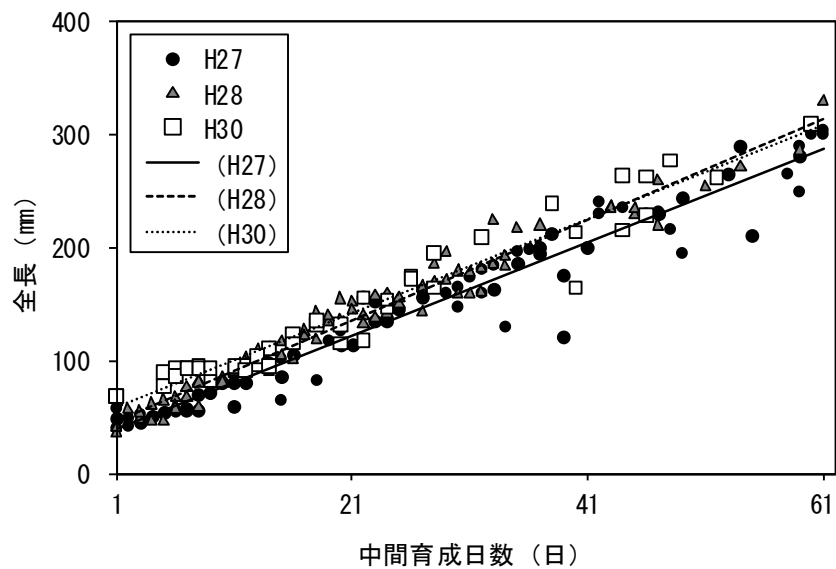


図 11 中間育成期間中の成長速度の比較

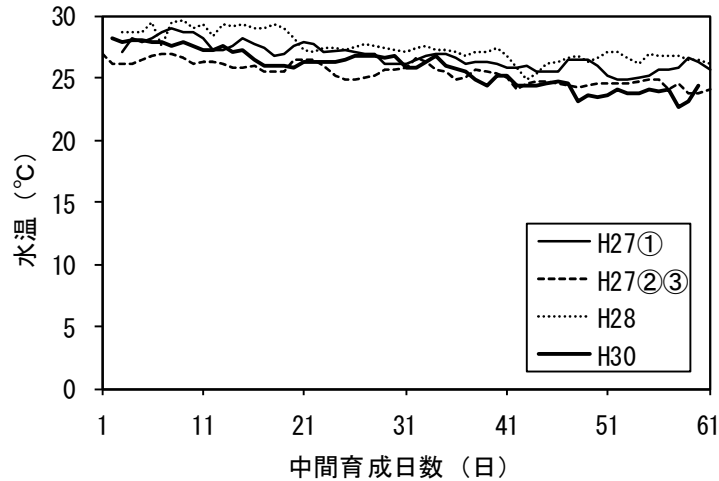


図 12 中間育成期間中の水温の比較

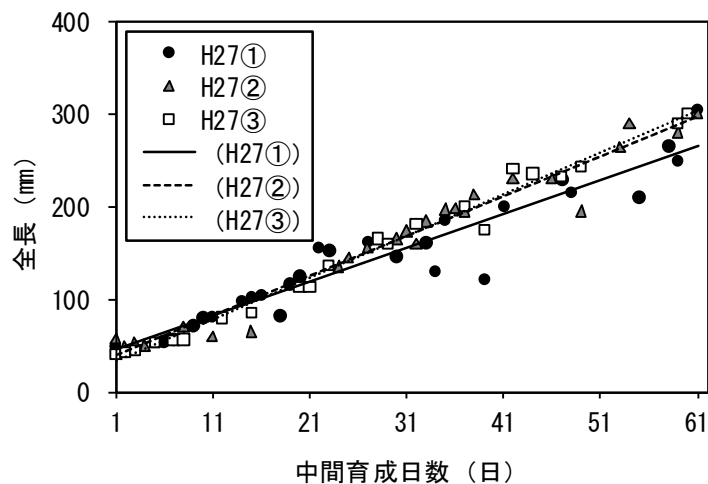


図 13 平成 27 年度の成長速度の比較

試験終了時にサンプリングした個体の測定結果を表 1 に、腹腔形状の撮影結果を図 14 に示す。これらの結果については、今後、天然種苗のデータとの比較を行い、人工種苗と天然種苗との差、特に人工種苗の課題と言われている腹肉の薄さの問題について調査する予定である。

#### 4 謝辞

本試験を進めるにあたり、株式会社山崎技研、株式会社高知水産、道水中谷水産株式会社及び高知県水産試験場の皆様に多大なるご協力をいただいた。記して、感謝の意を表します。

#### 5 引用文献

- 升間主計 (2013) クロマグロ・キハダの親魚養成と産卵生態に関する研究. 近畿大学水産研究所報告, 13, 37-236.
- 松原孝博・玄浩一郎・澤口小有美・持田和彦・二階堂英城 (2014) 生物学 成熟. 「マグロの資源と生物学」(水産総合研究センター編) 成山堂書店, 東京, 37-53.
- 宮下 盛 (2002) クロマグロの種苗生産に関する研究. 近畿大学水産研究所報告, 8, 1-171.
- 鈴木 怜 (2017) クロマグロ種苗生産技術開発試験. 平成 27 年度高知県水産試験場事業報告書, 113, 139-158.
- 鈴木 怜 (2018) クロマグロ種苗生産技術高度化試験. 平成 28 年度高知県水産試験場事業報告書, 114, 126-148.



表 1 中間育成終了時の種苗の測定結果

No.	全長(mm)	尾叉長(mm)	魚体重(g)	腹肉厚さ(mm)	
				最厚部	最薄部
1	344	303	620.3	9.5	8.7
2	348	306	662.4	7.2	6.6
3	308	271	433.3	7.1	5.4
4	348	301	606.3	8.0	6.4
5	327	288	524.6	7.4	5.6
6	350	309	705.1	8.4	7.0
7	356	314	665.4	7.0	6.1
8	348	301	571.4	7.3	5.2
9	354	315	697.8	8.6	6.8
10	348	308	618.4	7.7	5.1
11	333	297	608.0	7.9	6.1
12	343	301	616.1	8.6	6.6
13	351	309	633.2	8.8	5.8
14	350	308	647.8	8.7	6.0
15	323	290	500.7	7.5	6.1
16	350	309	697.4	8.2	7.4
17	350	310	630.8	8.5	6.7
18	336	302	545.7	8.2	5.7
19	331	293	582.0	8.4	6.9
20	339	300	593.2	6.6	5.6
21	338	300	594.2	7.0	5.5
22	350	309	685.6	8.7	6.9
23	321	280	534.6	6.9	5.5
24	318	283	485.1	6.7	5.9
25	328	290	526.3	6.0	5.9
26	333	293	568.0	7.6	4.1
27	331	295	582.0	7.8	6.1
28	354	313	608.2	7.5	6.5
29	325	283	476.9	7.1	5.3
30	337	296	564.3	6.8	5.0
ave	339	299	592.8	7.7	6.1

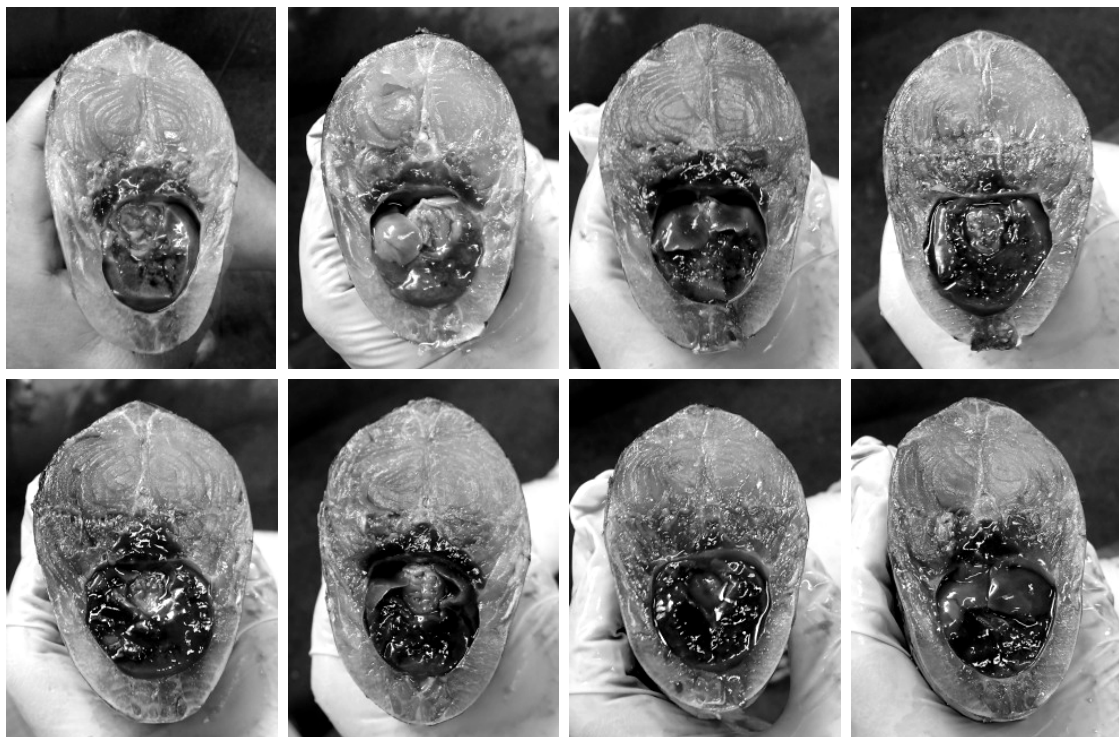


図 14 人工種苗の腹腔形状