

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（以下「(株)山崎技研」という。）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（鈴木 2016-2018）、平成 29 年度には同社及び株式会社高知水産（以下「(株)高知水産」という。）によって事業化がなされた。しかし、親魚養成・採卵及び中間育成において課題が残されていることから、これらの解決を図るための支援を行った。

2 方法

(1) 親魚養成・採卵

親魚養成は道水中谷水産株式会社（以下「道水中谷水産(株)」という。）に委託し、高知県幡多郡大月町橘浦地先で行った（図 1）。採卵用親魚には 4 歳の天然魚 150 尾を用いた。

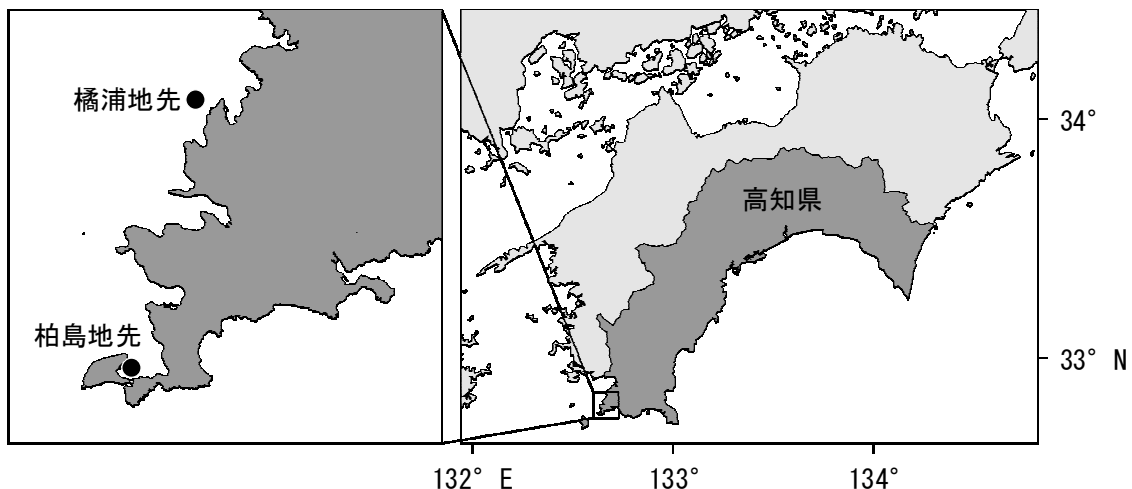


図 1 試験実施地点

産卵開始時期を把握するために、5月中旬から親魚と同海域で飼育されているクロマグロ出荷魚（3歳）の成熟度調査を開始した。道水中谷水産(株)の出荷作業に同行し、除去された内臓の生殖腺の大きさから成熟度を判定した（図 2）。成熟していると判定した生殖腺は長さ及び重量を測定し、卵巣に関しては卵母細胞の直径を測定した。卵母細胞の測定には顕微鏡及び顕微鏡に接続したデジタルカメラを使用した（ECLIPSE E100・DS-Fi2・DS-L3, ニコン社）。なお、直径 200 μ m 以下の卵母細胞については、正確な計数が困難であったためデータから除外した。

6月からは、産卵時刻を把握するために、ビデオカメラ（400-CAM061 及び 400-CAM067, サンワサプライ社）又は目視による親魚の観察（追尾・産卵行動等）及び小型採卵ネットを用いた産卵確認を行った。ビデオカメラは親魚養成生簀の周囲 4ヶ所に計 8 台設置した（図 3）。目視

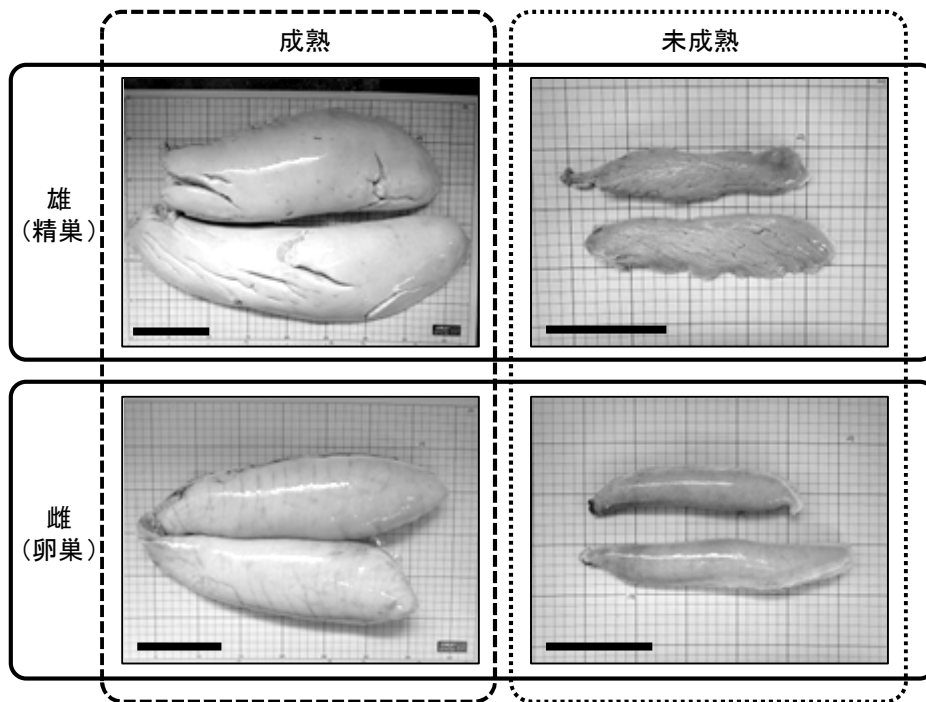


図2 成熟の判定基準（スケールバー：10cm）

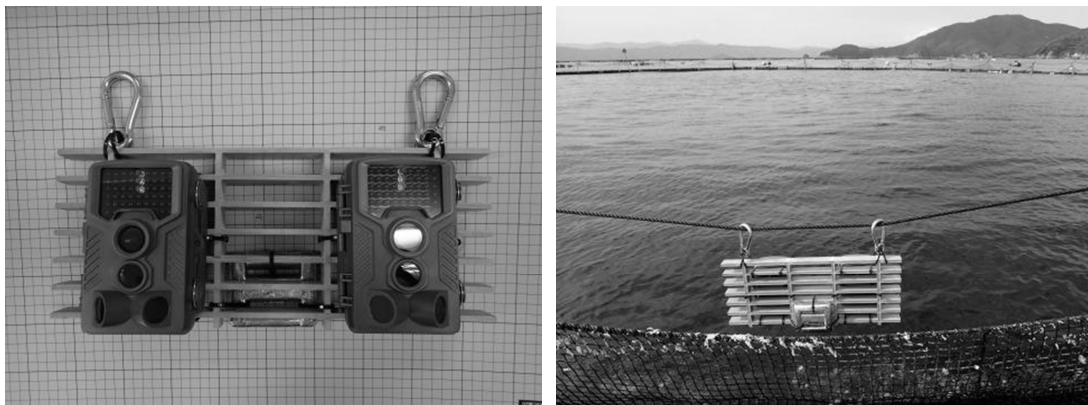


図3 使用したビデオカメラ及びカメラの設置状況

調査時にはハンディー水質計（エコセンス EC300A，ワイエスアイ・ナノテック社）を用いて1-10m層の水温・塩分の測定及び透明度の測定も行った。

（2）中間育成

中間育成は(株)高知水産に委託し、高知県幡多郡大月町柏島地先で実施した（図1）。

中間育成期間のへい死尾数、成長及び変形発生状況等に関するデータを収集して整理するとともに、給餌作業等に同行して観察を行った。中間育成終了時には10尾のサンプリングを行い、全長、尾叉長及び魚体重量の測定、変形発生状況の調査を行った。肥満度は次式により求めた。

$$\text{肥満度} = \text{魚体重量 (g)} / \text{全長 (cm)}^3 \times 10^3$$

（3）人工種苗と天然魚の比較

人工種苗と天然魚の形態的な差異を調査するために、魚体重量あたりの内蔵重量比及び断面積あたりの筋肉面積比の比較を行った。調査には平成 28 年度及び本年度生産した人工種苗各 10 尾（表 1）及び本年度曳き縄で採捕された天然魚 2 尾を用いた。

表 1 試験に用いたクロマグロ人工種苗

	受精卵由来	サンプリング時の日齢	生産時餌料系列	
			種苗生産	中間育成
H28	天然3歳魚	156	ワムシーアルテミア→ふ化仔魚→生餌	生餌
R1	天然3歳魚	107	(種苗生産後期～中間育成初期に2週間程度配合飼料を併用)	

測定は、国立研究開発法人 水産研究・教育機構 西海区水産研究所 まぐろ増養殖研究センターが開発した方法で行った。全長、尾叉長及び魚体重量を測定した後、壺抜きによって内蔵を取り出し（図 4）、内蔵重量（鰓、心臓及び腎臓を除く）、胃重量、肝臓重量及び幽門垂重量を測定した。その後、胸鰭基部から肛門にかけて 4 等分に切り出し（図 5）、各部の頭部側断面上にスケールを置いて写真を撮影した（EOS 7D+EF-S60mm F2.8 マクロ USM, Canon 社）。撮影した画像から、画像処理ソフト ImageJ (Rasband 1997-2019) を用いて断面積、背部筋肉面積、腹部面積、腹部筋肉面積及び腹腔面積を算出した（図 6）。統計解析には EZR (Kanda 2013) を使用した。



図 4 壺抜きした内蔵

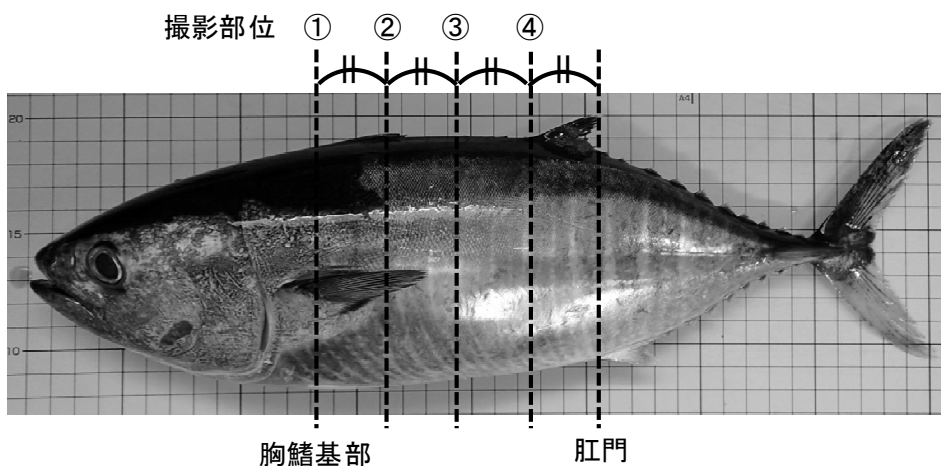


図 5 写真撮影部位

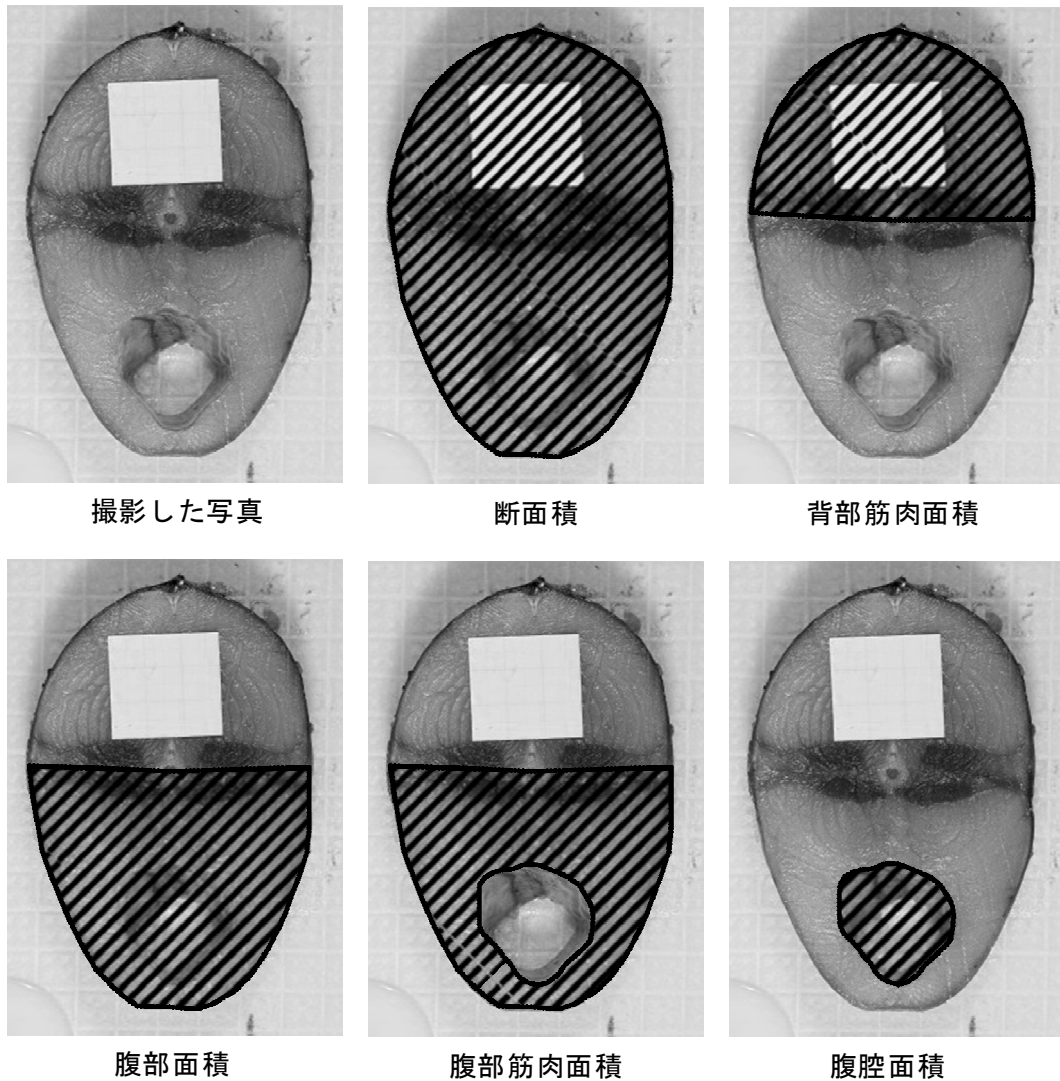


図6 面積測定部位

3 結果と考察

(1) 採卵

1) 成熟度調査

本項目における水温に関しては宿毛湾自動観測ブイの値を用いた（リアルタイム海洋情報収集解析システム）。

調査を開始した5月16日の水温は21℃で（図7）、クロマグロの産卵開始水温（24℃、松原ら2014）に近づいていた。成熟率（=成熟個体/調査個体）は、生簀Aは雄10%、雌0%、生簀Bは雄雌ともに20-30%であった（図7）。成熟した雌の卵母細胞の直径は、成熟の指標と考えている400-600 μ m（鈴木2019）に達していた（図8）。

その後、5月17日から18日にかけて2℃/dayを超える急激な水温上昇が見られた（図9）。この水温上昇は5月14日頃から兆候が見られ始め、水温成層が崩れ1-10m層の水温差がなくなった。同時期の黒潮流路を調べたところ、5月8日から13日にかけて足摺岬に接岸してきており（図9、海上保安庁海洋情報部）、黒潮分枝流によって水温上昇が発生したと推測された。

急激な水温上昇が見られた後の5月21日の成熟率は、生簀Aは雄雌ともに0%、生簀Cは雄30%、雌40%であり、卵母細胞の直径は400-600 μ mに達していた（図7、8）。また、複数の

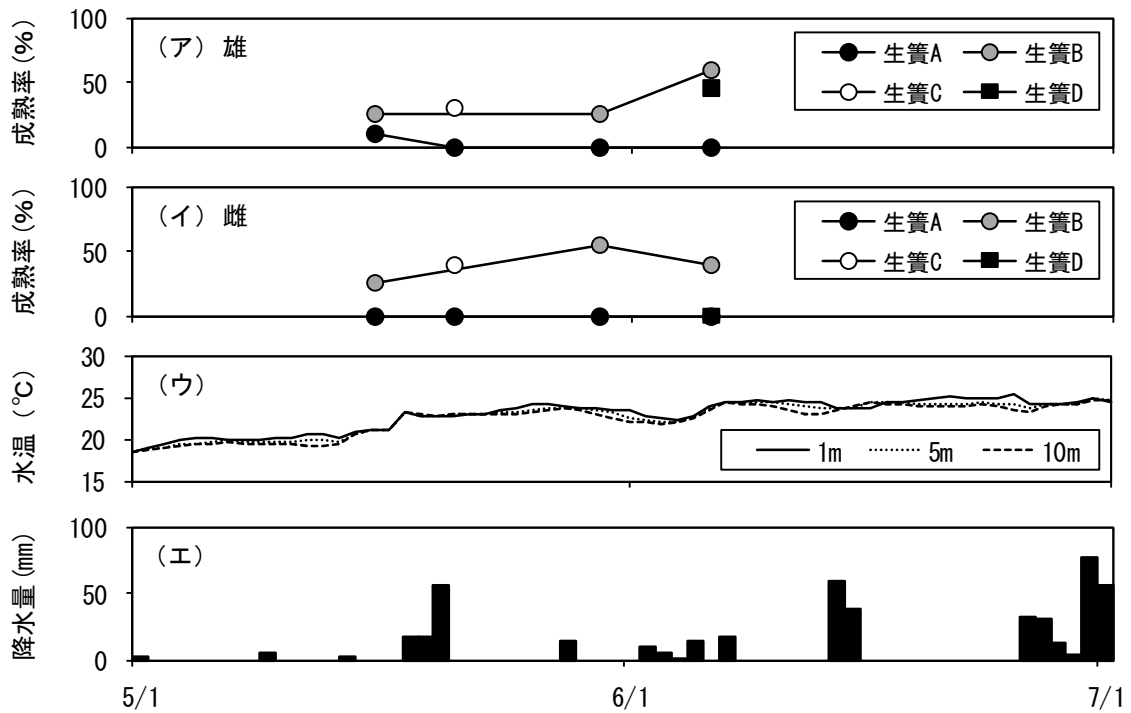


図7 クロマガロの成熟率（ア、イ）、水温（ウ）及び降水量（エ）

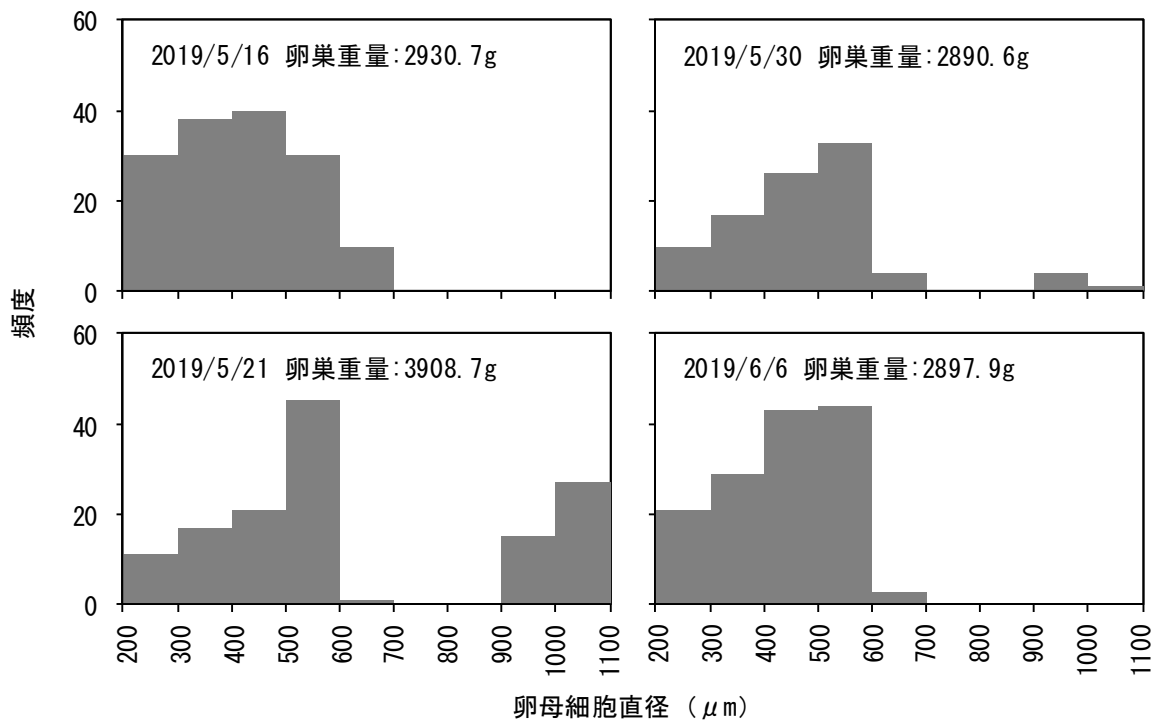


図8 卵母細胞直径

雌の卵巣内で成熟卵が確認され（図 10）、17 日から 18 日にかけての水温上昇が引き金となって産卵が始まったと推測された。

5 月 30 日の成熟率は、生簀 A は雄雌ともに 0%、生簀 B は雄 20-30%、雌 50-60%であった（図 7）。卵母細胞の直径は 400-600 μm に達しており、成熟卵も確認された（図 8、10）。

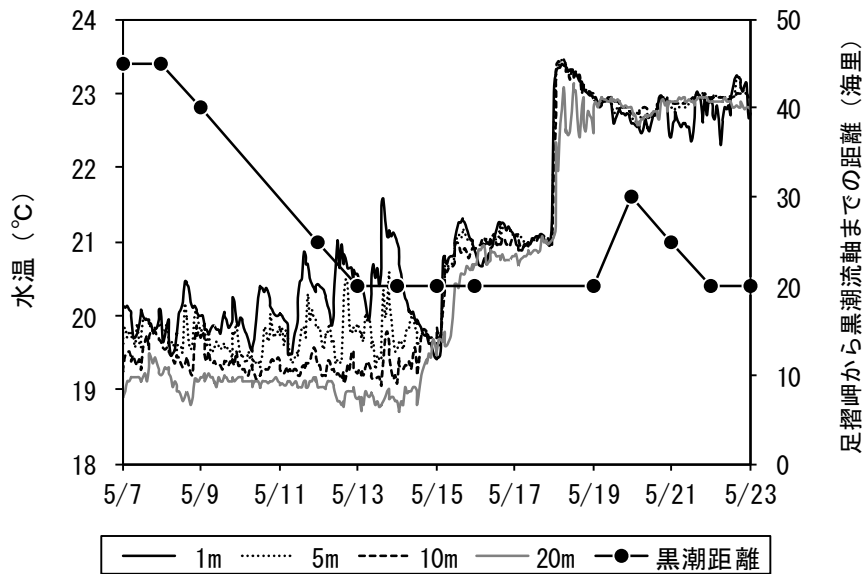


図9 5月に発生した急激な水温上昇及び黒潮流軸距離

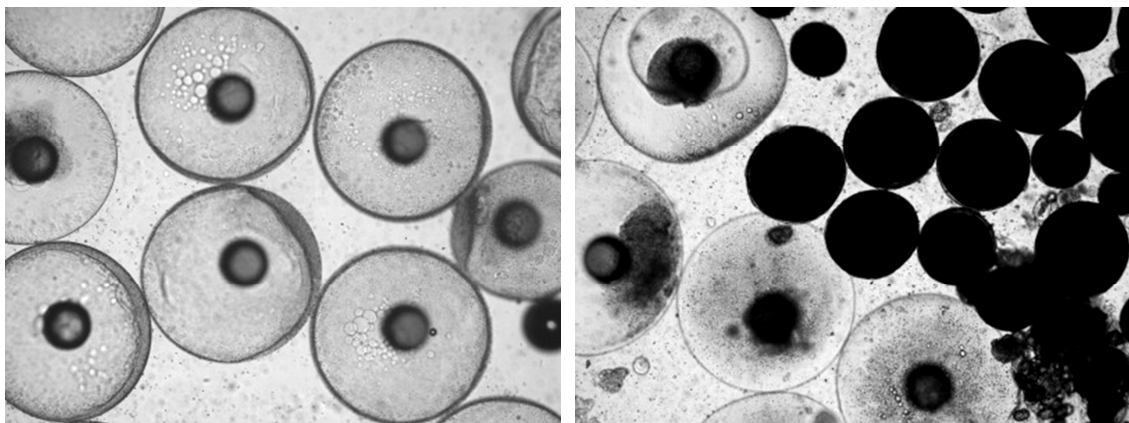


図10 卵巣内で確認された成熟卵

6月6日の成熟率は、生簀Aは雄雌ともに0%、生簀Bは雄60%、雌40%、生簀Dは雄40-50%、雌0%であり、卵母細胞の直径は400-600 μ mに達していた(図7、8)。

同海域で飼育していても、成熟度は生簀ごとに大きな差があり、生簀Bの成熟率は期間を通して高く、生簀Aは低かった(図7)。

2) ビデオカメラを用いた産卵調査

調査は6月5日及び11日に実施した。撮影時刻は16時から21時までとした。

撮影した動画を確認したところ、両日とも19時30分頃から水面に激しい水しぶきが連続してあがる現象が確認された。この現象は産卵行動の可能性が高く、養成している親魚の産卵は19時30分頃に開始すると考えられた。

3) 目視・小型採卵ネットによる産卵調査及び採卵

①産卵調査(6月)

調査は10日及び18日に実施した。調査時刻及び調査時の環境は表2のとおりであった。

表2 産卵状況調査時環境（6月）

日 時	2019/6/10 9:00-15:00			2019/6/18 9:00-14:00			
天 候	晴			曇/雨			
月 齢	6.7			14.7			
水深 (m)	測定時刻			測定時刻			
	9:00	12:00	15:00	9:00	12:00	14:00	
水温 (°C)	0	24.0	24.6	25.2	24.2	24.3	24.2
	2	23.9	24.3	24.8	24.2	24.3	24.1
	5	23.9	24.1	24.3	24.1	24.1	24.0
	10	23.7	24.0	24.0	24.1	24.0	23.9
塩分	0	34.8	34.6	34.4	34.1	34.0	34.2
	2	34.8	34.5	34.5	34.1	34.0	34.3
	5	34.9	34.6	34.5	34.2	34.1	34.4
	10	34.9	34.6	34.5	34.2	34.1	34.5
透明度 (m)	12.5	9.9	9.9	12.0	11.8	11.7	

親魚養成生簀では追尾・産卵行動は確認されず、ビデオカメラを用いた調査の結果も併せると、本生簀では夜間に産卵していると考えられた。しかし、親魚養成生簀に隣接する出荷魚生簀では、18日の10時30分から13時にかけて断続的に産卵行動が見られ、小型採卵ネットを曳いたところ受精卵が確認された。また、道水中谷水産(株)からも、複数の出荷魚生簀で日中に産卵行動が見られているとの情報が得られたことから、出荷魚生簀での採卵を試みた。

②採卵（6月）

採卵は19日、20日及び25日に実施した。採卵時刻及び採卵時の環境は表3のとおりであった。

表3 採卵時環境（6月）

日 時	2019/6/19 9:00-14:00		2019/6/20 9:00-14:00		2019/6/25 9:00-12:00	
天 候	晴/曇		晴		晴	
月 齢	15.7		16.7		21.7	
水深 (m)	測定時刻		測定時刻		測定時刻	
	9:00	12:00	9:00	9:00	12:00	
水温 (°C)	0	23.8	24.0	24.3	24.3	24.9
	2	23.7	23.9	24.1	24.1	24.3
	5	23.7	23.7	24.0	23.7	23.8
	10	23.6	23.7	23.9	23.5	23.4
塩分	0	34.2	34.2	34.2	34.2	34.3
	2	34.2	34.2	34.3	34.3	34.3
	5	34.2	34.2	34.3	34.3	34.3
	10	34.2	34.2	34.4	34.3	34.3
透明度 (m)	-	-	-	-	9.5	8.5

19日は給餌直後に産卵が見られ、受精卵300g（＝約3万粒）を採取した。しかし、その後産卵は確認されず、14時に採卵を終了した。採取した卵は種苗生産を行うには少なすぎたため廃棄した。なお、採卵を行った出荷魚生簀とは別の出荷魚生簀でも産卵行動が見られていたが、船で接近すると産卵が中断した。

20日は産卵が見られず、14時に採卵を終了した。なお、採卵を行った出荷魚生簀とは別の出荷魚生簀では産卵行動が見られていた。

25日は給餌直後から断続的に産卵が見られ、12時までの間に合計1,130g（＝約113万粒）の受精卵を採取した（表4）。その内95万粒を使用して、1回次の種苗生産を（株）山崎技研浦ノ内養魚場で実施した。

表4 採卵詳細（6月）

産卵時刻	採卵量 (g)	備考
9:50	90	給餌直後のため異物が多い。廃棄。
10:05	110	
10:15	230	
10:35	230	
10:45	140	
11:00	150	
11:40	170	
11:55	100	
合計	1130	

③産卵調査（7月）

調査は17日及び23日に実施した。調査時刻及び調査時の環境は表5のとおりであった。6月同様、親魚養成生簀では追尾・産卵行動は確認されなかったため、出荷魚生簀を中心に調査を行った。

表5 産卵状況調査時環境（7月）

日 時	2019/7/17 9:00-13:00		2019/7/23 9:00-10:30	
天 候	曇		晴	
月 齢	14.3		20.3	
水深 (m)	測定時刻		測定時刻	
	9:00	12:00	9:00	
水温 (°C)	0	25.9	25.5	24.2
	2	25.5	25.5	24.2
	5	25.4	25.4	24.1
	10	25.2	25.0	24.1
塩分	0	32.3	32.7	34.1
	2	32.7	32.7	34.1
	5	33.0	32.8	34.2
	10	33.2	33.2	34.2
透明度 (m)	9.0	8.6	12.0	

17日の調査では、11時から断続的に産卵行動が見られたが、受精卵は確認されなかった。また、調査を行った出荷魚生簀とは別の出荷魚生簀でも12時から断続的に追尾行動が見られた。

23日の調査では、9時30分から追尾行動が見られ始め、10時に産卵行動が確認された。小型採卵ネットを曳いたところ、受精卵が確認された。そこで、7月も出荷魚生簀での採卵を行った。

④採卵（7月）

採卵は24日及び26日に実施した。採卵時刻及び採卵時の環境は表6のとおりであった。

日時	2019/7/24 9:00-13:00		2019/7/26 9:00-11:30
天候	曇/晴		晴/曇
月齢	21.3		23.3
水深 (m)	測定時刻		測定時刻
	9:00	12:00	9:00
水温 (°C)	0	26.0	26.4
	2	25.6	26.1
	5	25.3	26.3
	10	25.1	26.3
塩分	0	33.3	32.9
	2	33.5	33.3
	5	33.5	33.5
	10	33.7	33.6
透明度 (m)	11.0	8.5	14.0

24日は給餌前の9時頃に産卵が見られ、受精卵200g（＝約20万粒）を採取した。しかし、その後産卵は確認されず、13時に採卵を終了した。採取した卵は種苗生産を行うには少なすぎたため廃棄した。なお、採卵を行った出荷魚生簀とは別の出荷魚生簀でも給餌後から12時にかけて産卵行動が見られていた。

26日は給餌後の10時から非常に激しい追尾行動が始まった。その後、水中での産卵が確認され、受精卵800g（＝約80万粒）を採取した。また、採卵を行っていた出荷魚生簀とは別の出荷魚生簀でも10時30分に激しい産卵行動が見られたことから、移動して採卵したところ、受精卵1,000g（＝約100万粒）を採取した。2生簀で採取した受精卵180万粒の内、160万粒を用いて2回次の種苗生産を（株）山崎技研浦ノ内養魚場で実施した。

（2）中間育成

中間育成は、2回次で生産した種苗を直径20m、深さ10mの円形生簀1面に收容し、8月22日から11月11日にかけて行った。收容した種苗は26日齢、平均全長37.2mm（23.4-69.0mm）、変形率8.5%（全て鰓蓋欠損）であった。種苗生産尾数（運搬船に積み込んだ尾数）は約4,000尾、運搬中のへい死尾数は1,572尾、生簀收容直後のへい死尾数は188尾であり、中間育成開始時の尾数は2,240尾であった。

期間中、水温（4m層）は22.9-28.7℃（平均25.9℃）、溶存酸素量（4m層）は4.3-6.6mg/L（平均5.4mg/L）の間で推移した（図11）。

給餌回数及び給餌量を図12、給餌した餌料の種類を表7に示した。中間育成32日目に給餌回数及び給餌量が0となっているのは台風の影響で給餌ができなかったため、中間育成82日目の給餌回数及び給餌量が減っているのはサンプリングを行ったためであった。

減耗は中間育成開始から約3週間続いた（図13）。へい死尾数から推定した中間育成10日目の生残尾数は1,381尾（生残率62%）、30日目の生残尾数は704尾（生残率31%）、60日目の生残尾数は616尾（生残率28%）、中間育成最終日の82日目の生残尾数は590尾（生残率26%）

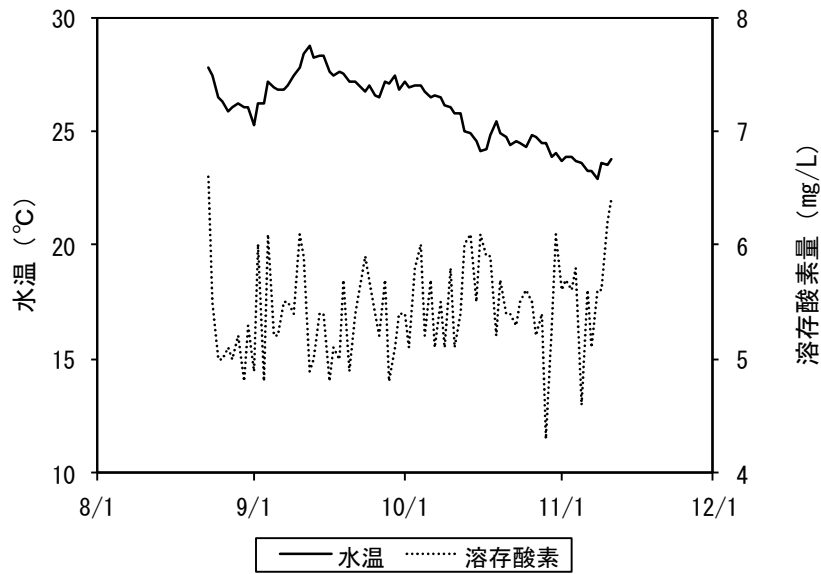


図 11 中間育成期間中の水温及び溶存酸素（4m 層）

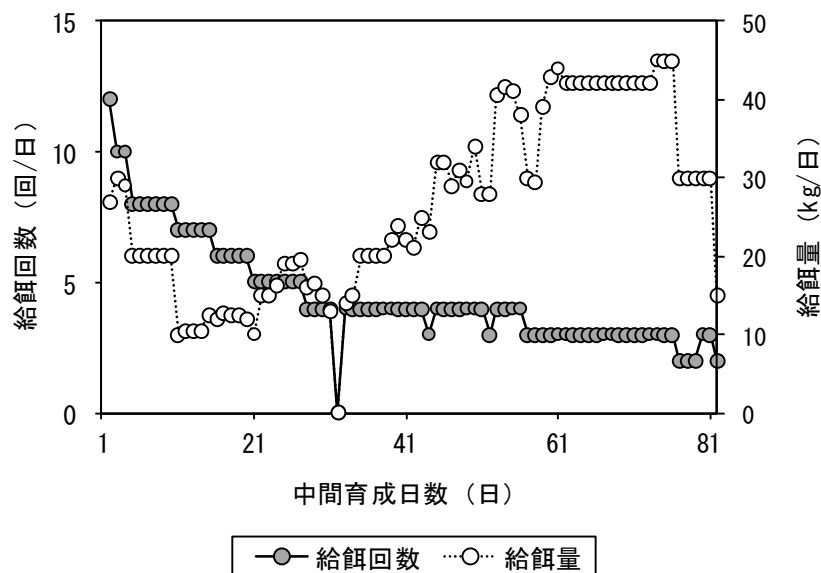


図 12 中間育成期間中の給餌回数及び給餌量

表 7 中間育成期間中の餌料の種類

中間育成日数	餌料
1 - 4 日目	配合飼料＋イカナゴ（細断）
5 - 23 日目	イカナゴ（細断）
24 - 30 日目	イカナゴ（細断）＋イカナゴ
31 - 82 日目	イカナゴ

であった（図 13）。なお、82 日目のへい死尾数はサンプリングによるものである。本試験では中間育成終了時に計数を行わなかったため、実際の生残尾数については調査できなかったが、過去に行った試験では、試験終了時に計数された尾数は推定生残尾数よりも少なく（鈴木 2017, 2018）、本試験でも 82 日目に確認できた数は 200-300 尾であった。

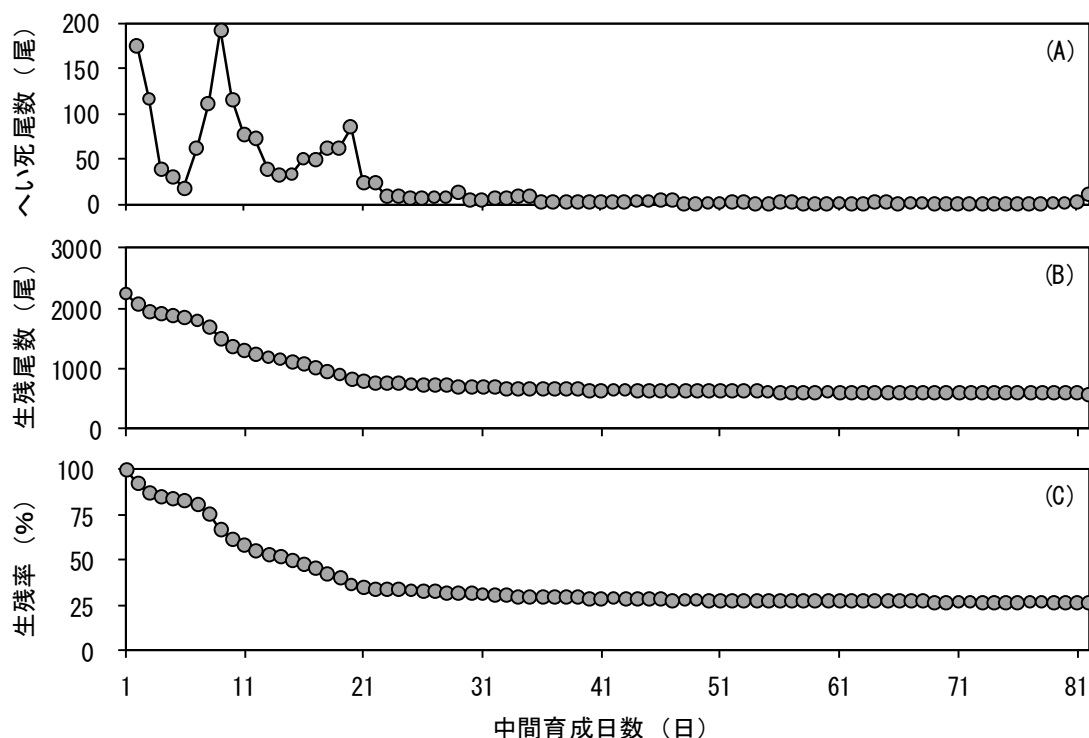


図 13 中間育成期間中のへい死尾数(A)、生残尾数(B)及び生残率(C)

中間育成 10 日目の全長は 78.3mm、尾又長 72.7mm、魚体重量 5.1g、肥満度 13.3、30 日目の全長は 162.1mm、尾又長 149.1mm、魚体重量 62.8g、肥満度 16.0、60 日目の全長は 289.7mm、尾又長 265.7mm、魚体重量 402.1g、肥満度 19.4、中間育成最終日の 82 日目の全長は 375.0mm、尾又長 342.0mm、魚体重量 875.3g、肥満度 21.9 であった (図 14)。

全長が 300mm に到達するまでの成長速度に関して、前年度行った解析では平成 28 年度 = 平成 30 年度 > 平成 27 年度 という結果であった (鈴木 2020)。これに本試験のデータを加えたところ、平成 28 年度 = 平成 30 年度 > 本試験 (令和元年度) > 平成 27 年度 という結果となった (共分散分析、 $p < 0.05$) (図 15)。本試験の成長速度が平成 28 年度及び平成 30 年度より低かった要因は、平成 28 年度は中間育成開始時の種苗サイズは小さかったが中間育成期間中の水温が高かったため成長が促進された、平成 30 年度は中間育成期間中の水温は低かったが中間育成開始時の種苗サイズが大きかった、本試験は中間育成開始時の種苗サイズが小さく中間育成期間中の水温もあまり高くなかったためと推測された (表 8)。なお、平成 27 年度の成長が低い要因は、種苗の質が低く、中間育成技術も確立されていなかったことにあると推測された (鈴木 2020)。

表 8 中間育成開始時の種苗の全長及び中間育成期間の水温

	中間育成開始時の種苗の全長 (mm)			中間育成期間の水温 (°C)		
	平均	(最小 - 最大)		平均	(最低 - 最高)	
H27	47.4	(32.8 - 77.2)		26.0	(23.7 - 28.9)	
H28	38.0	(26.1 - 55.3)		27.5	(24.8 - 29.6)	
H30	68.1	(45.8 - 83.6)		25.7	(22.6 - 28.1)	
R1	37.2	(23.4 - 69.0)		26.4	(24.1 - 28.7)	

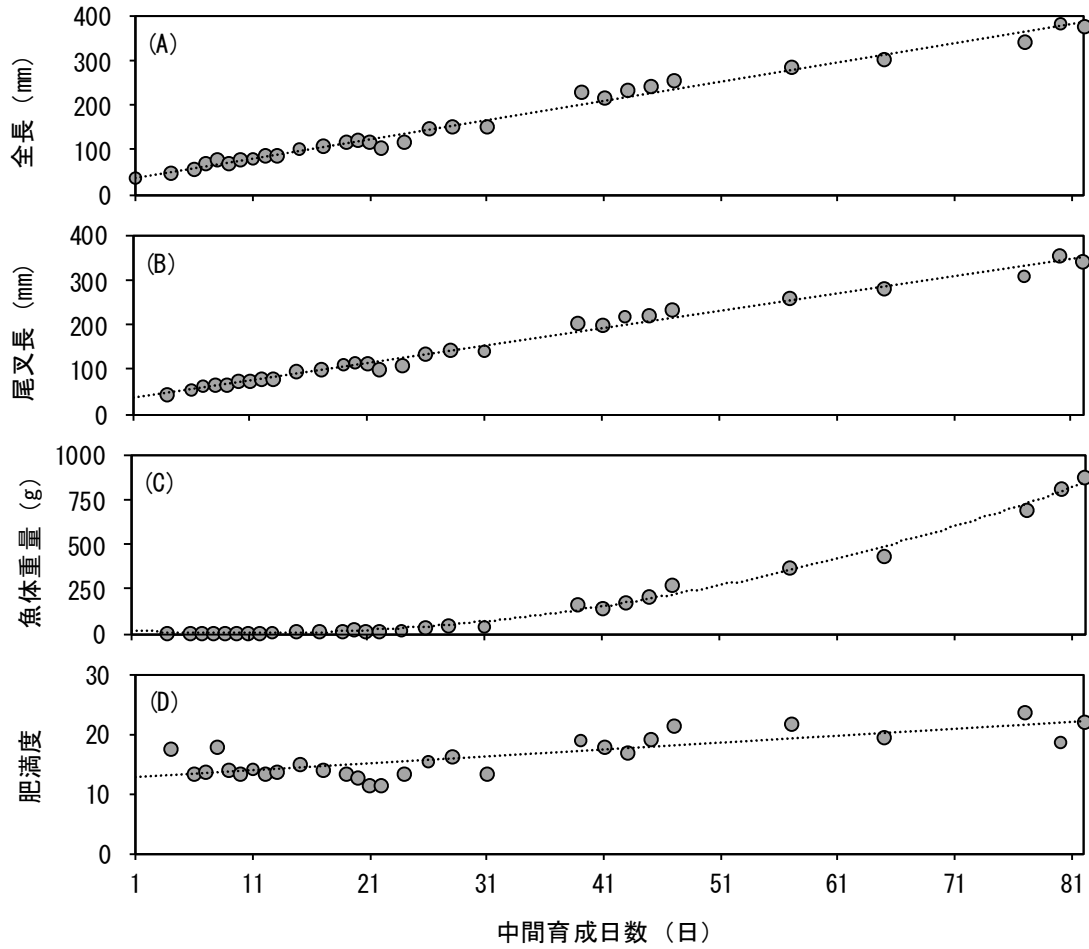


図 14 中間育成期間中の全長 (A)、尾叉長 (B)、魚体重量 (C) 及び肥満度 (D)

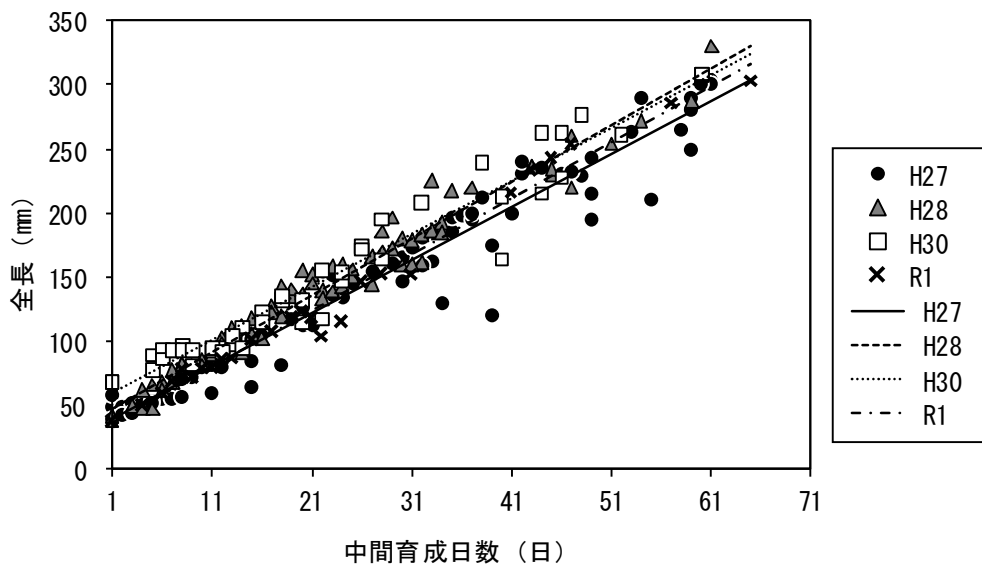


図 15 中間育成期間中の成長速度の比較

中間育成終了時にサンプリングした個体を観察したところ、10尾中3尾に変形が確認された。1尾は種苗生産過程に起因する鰓蓋欠損、1尾はおそらく中間育成過程に起因（生簀網への衝

突)する頭部の変形(顔スジ)、残りの1尾は種苗生産もしくは中間育成過程に起因する短軀であった(図16)。鰓蓋欠損に関しては、鰓蓋組織が欠損部を塞ぐように伸びてきており、再生が進んでいるように感じられた。

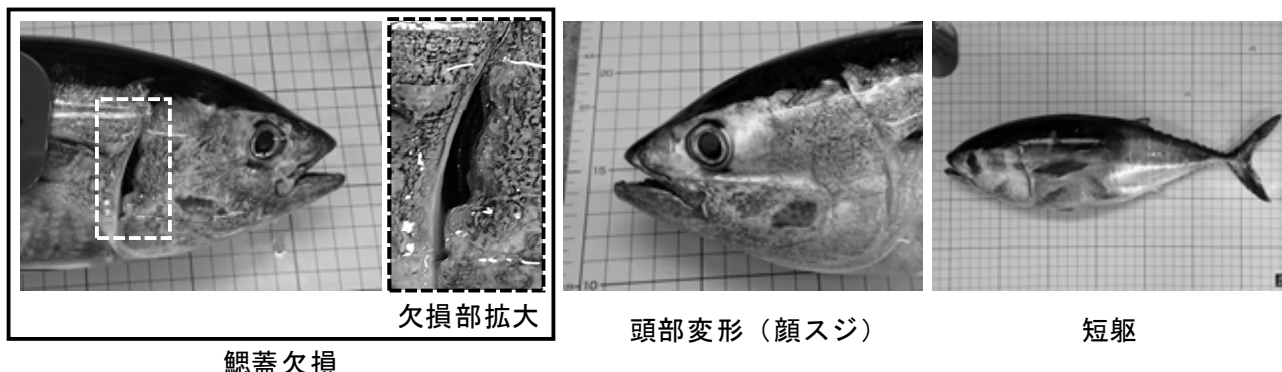


図16 中間育成終了時に確認された変形

(3) 人工種苗と天然魚の比較

1) 平成28年度生産人工種苗と本年度生産人工種苗の比較

人工種苗と天然魚の比較を行う前に、同じ人工種苗でも生産年度又はサンプリング時の日齢(=魚体サイズ)によって差異が存在するかどうか調べるために、平成28年度に生産した人工種苗と本年度生産した人工種苗の比較を行った。

全長、尾叉長及び魚体重量の測定結果を表9に示した。サンプリング時の日齢が異なるため(表1)、平成28年度の種苗の方が有意に大きかった($p < 0.01$, Welch t検定)。

表9 全長、尾叉長及び魚体重量の測定結果

	全長(mean±SD)	尾叉長(mean±SD)	魚体重量(mean±SD)	尾数
H28	456±12 mm	418±12 mm	1648.3±155.2 g	n=10
R1	375±21 mm	342±20 mm	872.6±155.5 g	n=10

内臓重量比(=内臓重量/魚体重量)を比較したところ、平成28年度と本年度の間に有意差は確認されなかった(Welch t検定)(図17)。また、内臓を部位別に比較したところ(Welch t検定)、胃重量比(=胃重量/魚体重量)、肝臓重量比(=肝臓重量/魚体重量)及び幽門垂重量比(=幽門垂重量/魚体重量)に関しては平成28年度と本年度の間に有意差は確認されず、その他内臓[=内臓重量-(胃重量+肝臓重量+幽門垂重量)]比(=その他内臓重量/魚体重量)のみ本年度の方が有意に大きかった($p < 0.05$)(図17)。

続いて、筋肉面積比を比較したところ(多元配置分散分析)、背部筋肉面積比(=背部筋肉面積/断面積)、腹部筋肉面積比(=腹部筋肉面積/断面積)及び腹腔面積比(=腹腔面積/断面積)の全てにおいて、種苗由来間(=平成28年度と本年度の間)に有意差は確認されなかった(図18)。

以上の結果より、人工種苗間では、生産年度や魚体サイズが異なっても内臓重量比及び筋肉面積比に差はほとんどないと考えられた。

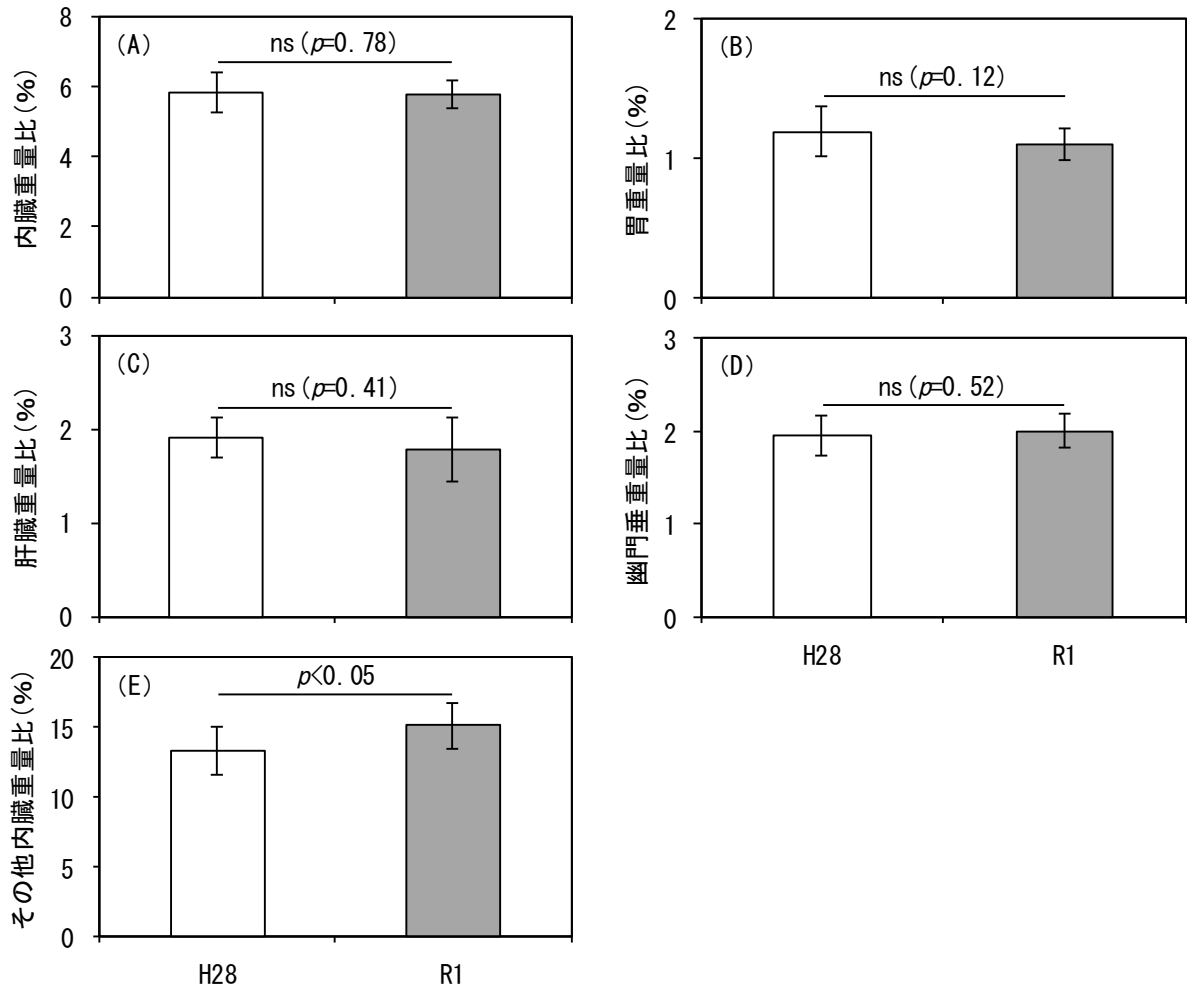


図 17 H28 年度生産の人工種苗と R1 生産の人工種苗の内臓重量比(A)、胃重量比(B)、肝臓重量比(C)、幽門垂重量比(D)及びその他内臓重量比(E)の比較

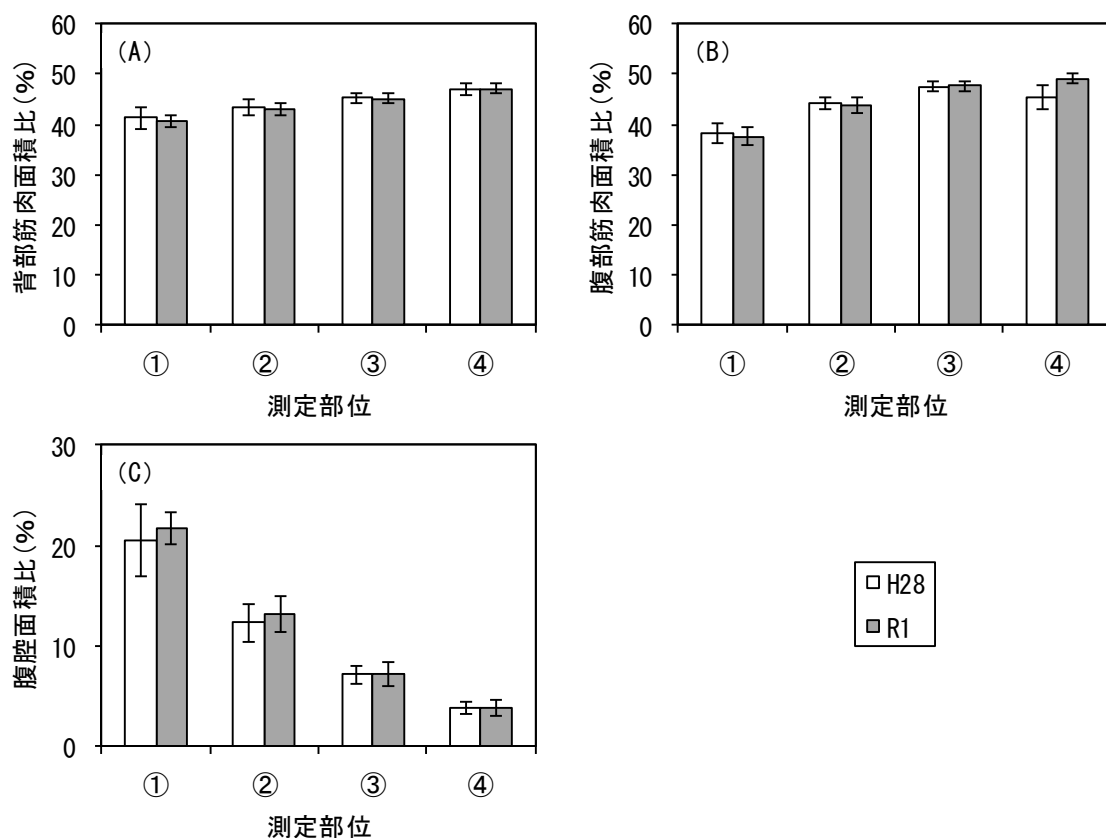
2) 人工種苗と天然魚の比較

全長、尾叉長及び魚体重量の測定結果を表 10 に示した。天然魚に関しては人工種苗と同サイズの個体のサンプリングを試みたものの、人工種苗の方が有意に大きかった ($p < 0.01$, Welch t 検定)。

表 10 全長、尾叉長及び魚体重量の測定結果

	全長 (mean ± SD)	尾叉長 (mean ± SD)	魚体重量 (mean ± SD)	尾数
人工種苗 (H28, R1)	416 ± 45 mm	380 ± 42 mm	1260.4 ± 425.7 g	n=20
天然魚 (R1)	326 ± 10 mm	303 ± 11 mm	556.1 ± 3.6 g	n=2

内臓重量比を比較したところ、人工種苗の方が有意に大きかった ($p < 0.05$, Welch t 検定) (図 19)。また、内臓を部位別に比較したところ (Welch t 検定)、肝臓重量比及び幽門垂重量比は人工種苗の方が有意に大きく ($p < 0.01$)、胃重量比は天然魚の方が有意に大きく ($p < 0.01$)、その他内臓重量比に有意差は確認されなかった (図 19)。



(A) 種苗由来：有意差なし ($p=0.30$)、測定部位：有意差あり ($p<0.01$)、交互作用：有意差なし ($p=0.89$)
 (B) 種苗由来：有意差なし ($p=0.051$)、測定部位：有意差あり ($p<0.01$)、交互作用：有意差あり ($p<0.01$)
 (C) 種苗由来：有意差なし ($p=0.19$)、測定部位：有意差あり ($p<0.01$)、交互作用：有意差なし ($p=0.65$)

図 18 H28 年度生産の人工種苗と R1 生産の人工種苗の背部筋肉面積比(A)、腹部筋肉面積比(B)及び腹腔面積比(C)の比較

続いて、筋肉面積比を比較したところ（多元配置分散分析）、背部筋肉面積比及び腹部面積比に関しては種苗由来間（＝人工種苗と天然魚の間）に有意差は確認されなかったが、腹部筋肉面積比は人工種苗の方が有意に小さく ($p<0.01$)、腹腔面積比は人工種苗の方が有意に大きかった ($p<0.01$)（図 20）。また、腹腔の形状にも違いがあるように思われ、人工種苗は腹腔の脊椎骨側が広がっているように感じられた（図 21）。

腹部面積比に差がなく、腹部筋肉面積比は人工種苗<天然魚、腹腔面積比は人工種苗>天然魚という結果から、人工種苗の腹部筋肉面積が小さい原因は腹腔面積が大きいためと考えられた。また、腹腔面積比と内蔵重量比の間には有意な正の相関が確認されたことから ($p<0.05$, Pearson の積率相関係数)（図 22）、人工種苗の腹腔面積が大きい原因は、内蔵、特に肝臓及び幽門垂が肥大しているためと考えられた。以上をまとめると、人工種苗は天然魚と比較して肝臓及び幽門垂が肥大し、その結果、腹腔面積が増加して腹部筋肉面積が減少していると考えられた。人工種苗の肝臓及び幽門垂が肥大した原因は、共食い防止や成長を促すために仔稚魚の段階から常に飽食状態にあること、また、生餌と比較して消化・吸収しにくいと考えられている配合飼料を与えたことにより肝臓及び幽門垂が発達したこと等が考えられた。

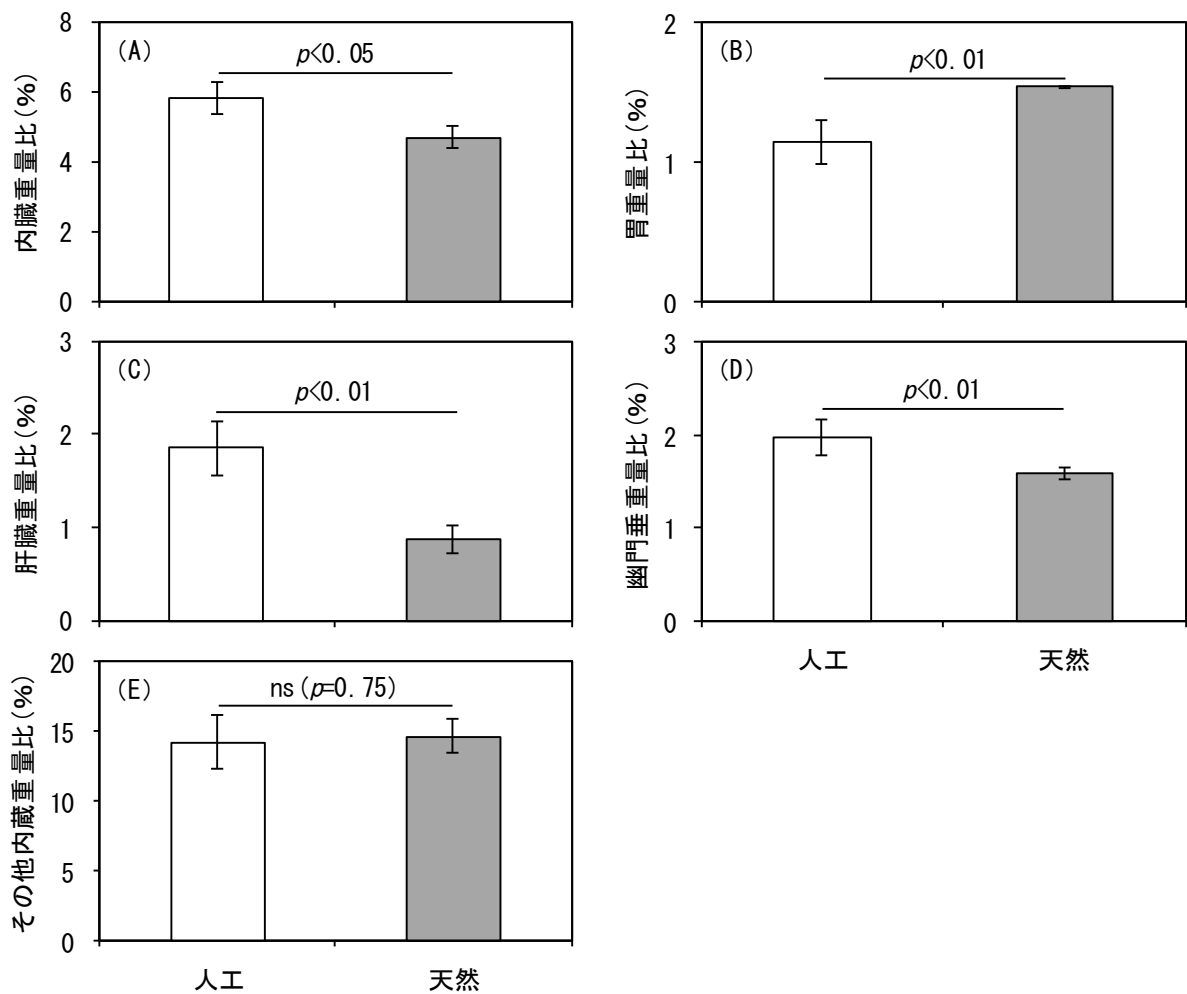
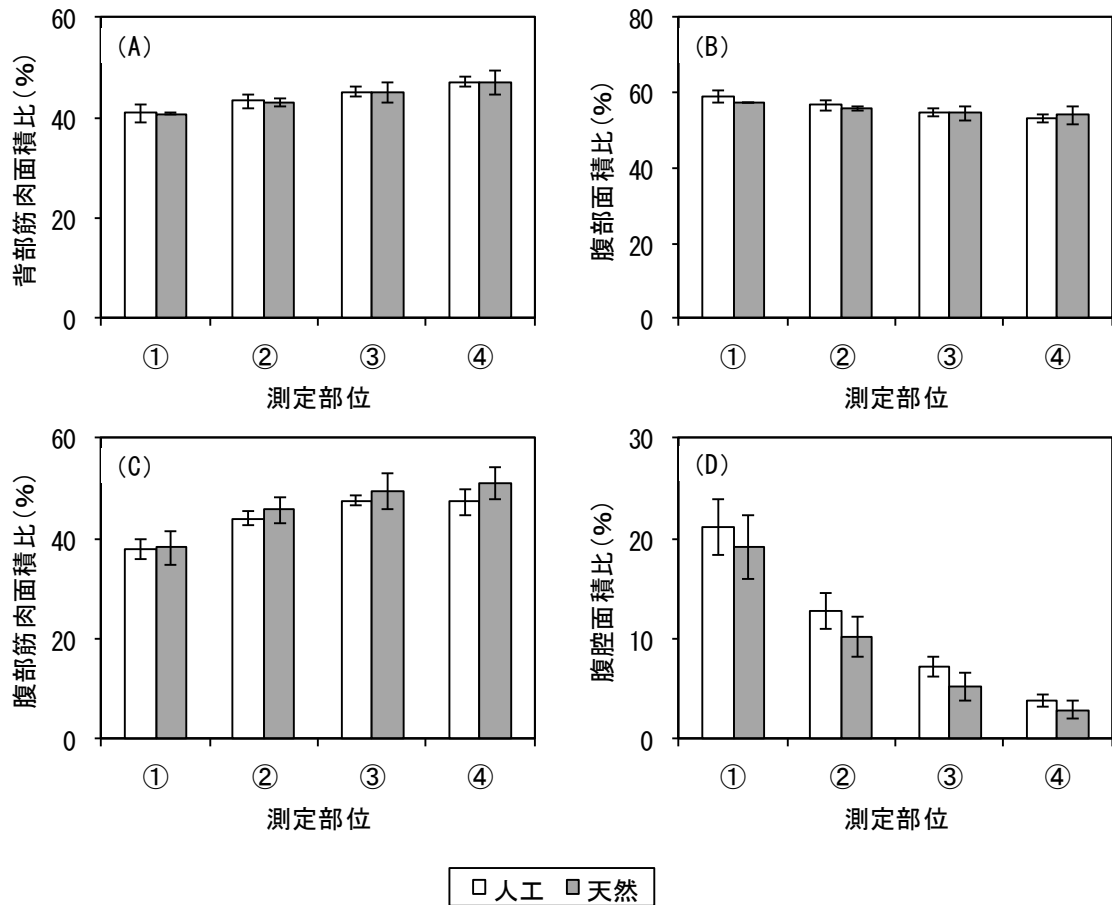


図 19 人工種苗と天然魚の内臓重量比(A)、胃重量比(B)、肝臓重量比(C) 幽門垂重量比(D)及びその他内臓重量比(E)の比較

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、国立研究開発法人 水産研究・教育機構 西海区水産研究所 まぐろ増養殖研究センター(当時)、高知県宿毛漁業指導所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。



(A) 種苗由来: 有意差なし ($p=0.41$)、測定部位: 有意差あり ($p<0.01$)、交互作用: 有意差なし ($p=0.29$)
 (B) 種苗由来: 有意差なし ($p=0.41$)、測定部位: 有意差あり ($p<0.01$)、交互作用: 有意差なし ($p=0.29$)
 (C) 種苗由来: 有意差あり ($p<0.01$)、測定部位: 有意差あり ($p<0.01$)、交互作用: 有意差なし ($p=0.38$)
 (D) 種苗由来: 有意差あり ($p<0.01$)、測定部位: 有意差あり ($p<0.01$)、交互作用: 有意差なし ($p=0.86$)

図 20 人工種苗と天然魚の背部筋肉面積比(A)、腹部面積(B)、腹部筋肉面積比(C)及び腹腔面積比(D)の比較

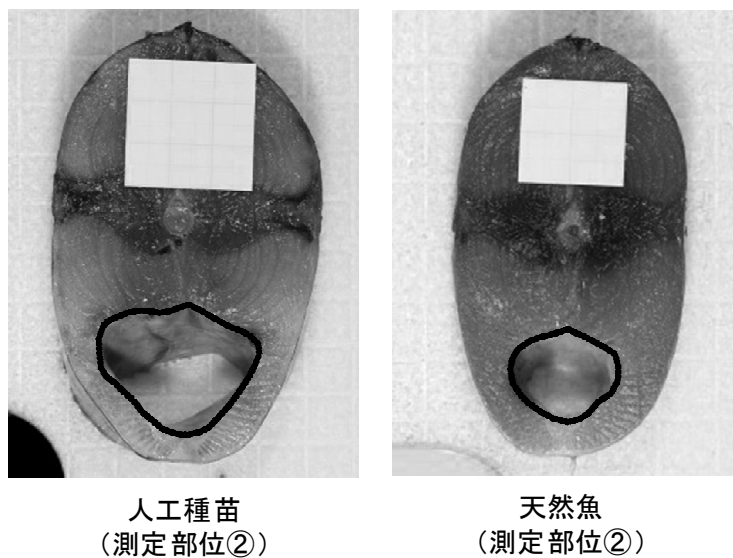


図 21 腹腔形状の比較

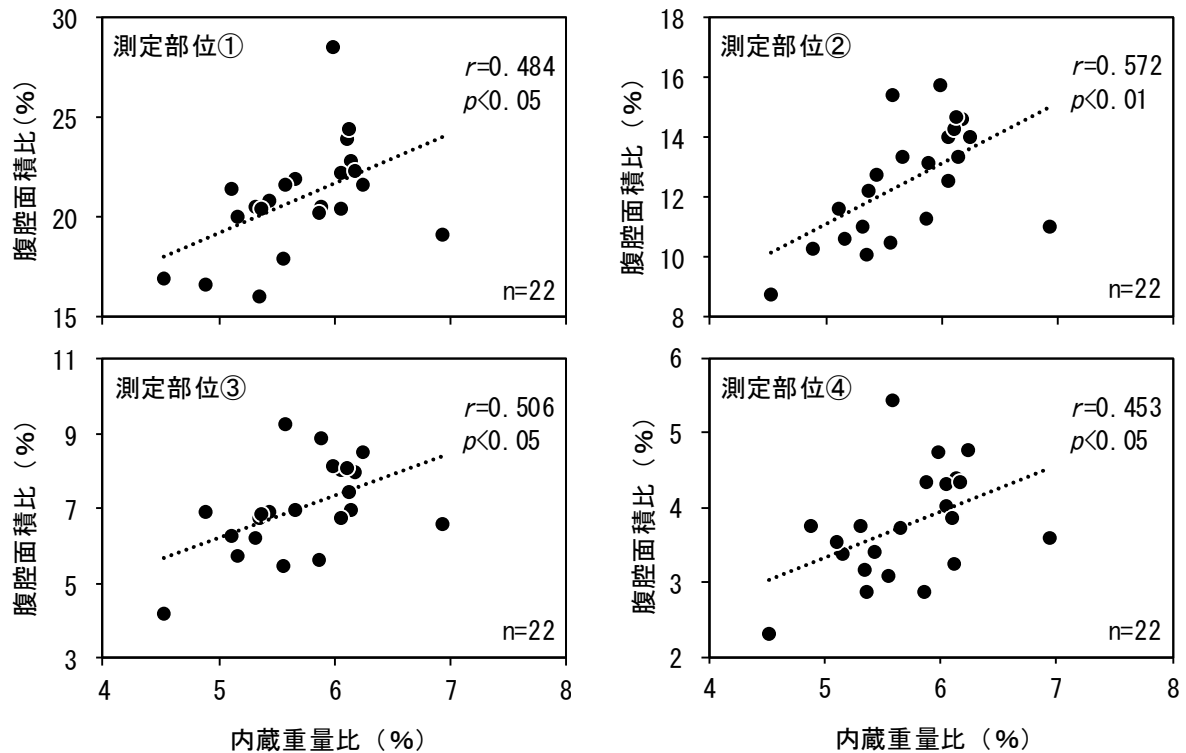


図 22 腹腔面積比と内臓重量比の相関

5 引用文献

- 海上保安庁海洋情報部 黒潮流軸数値情報 (<https://ww1.kaiho.mlit.go.jp/KANKYO/KAIYO/qboc/kurosio-num.html>)
- Kanda Y. (2013) Investigation of the freely available easy-to-use software ‘EZR’ for medical statistics. Bone Marrow Transplant, 48, 452-458.
- 松原孝博・玄浩一郎・澤口小有美・持田和彦・二階堂英城 (2014) 成熟. 「マグロの資源と生物学」(独立行政法人水産総合研究センター編) 成山堂書店, 東京, 37-53.
- リアルタイム海洋情報収集解析システム (<https://buoy.nrifs.affrc.go.jp/>)
- Rasband W.S. (1997-2019) ImageJ. U. S. National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA. (<https://imagej.nih.gov/ij/>)
- 鈴木 怜 (2016) クロマグロ種苗生産技術開発試験. 平成 26 年度高知県水産試験場事業報告書, 112, 150-158.
- 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.
- 鈴木 怜 (2019) クロマグロ種苗生産に関する技術支援. 平成 30 年度高知県水産試験場事業報告書, 116, 128-136.