

マツカワの養殖技術開発試験事業

鈴木亮・村松里美・高田偲帆^{*1}・伊藤文雄^{*2}・伊藤竜太^{*3}

目 的

地域の水産業の生産性・収益向上と新たな優良県産食材の創出を目指して、マツカワ養殖技術を開発する。

材料と方法

1. 親魚の養成技術開発

(1) 養成技術開発

3-7歳魚の人工マツカワ親魚74尾(表1)を、2019年5月から11月は龍飛ヒラメ養殖生産組合の15t角型コンクリート水槽で養成飼育し、2019年12月から2020年4月までは成熟促進及び人工授精のため当研究所に移動し、10t円型コンクリート水槽2面で養成飼育した。

表1. 人工マツカワ親魚の年齢(年級)と尾数

養成親魚						
年齢 (年級)	7歳魚 (2013)	6歳 (2014)	5歳 (2015)	4歳 (2016)	3歳 (2017)	合 計
♀(尾)	0	2	5	20	17	44
♂(尾)	1	2	0	3	24	30
合 計	1	4	5	23	41	74

※ 年齢は3月1日起算

雌雄や年齢など個体識別するために、長さ9.0×幅2.1mm、重さ0.06gの受動無線周波標識(Biomark社製:小型PITタグBI09.HG.01)を体内に埋め込んだ。また、標識の読み取りには同社製のPITタグリーダー(POCKET READEREX)を用いた。

当研究所へ移動後は小型PITタグの情報を基に雌雄判別を行い、雌雄(図1)を分けて水槽へ収容した。

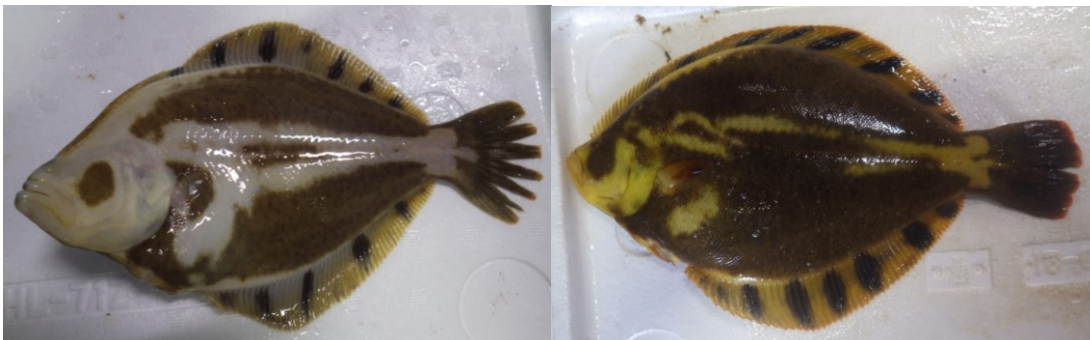


図1. マツカワ親魚の雌雄(左:雌 右:雄)

¹下北ブランド研究所、²龍飛ヒラメ養殖生産組合、³小泊漁業協同組合

餌料について、給餌頻度は1日2回を2日置きとし、周年通して配合餌料（鱒 EP せせらぎ d8：フィード・ワン株式会社）を飽食給餌した。当研究所へ移動後は、配合餌料 100g 当りにアスタキサンチン強化剤（図 2 サイエントック株式会社：アスタアップ 1.5%TCAC）を 1.4g 添加したものを給餌した。アスタアップ添加期間中の配合餌料は、給餌翌日から当日までの約 18 時間海水に浸漬し、吸水させたものをアスタアップと共に練り、団子状にしてから給餌した（図 3）。また、人工授精を行う 2 月下旬から 3 月末までの約 1 か月間は無給餌とし、4 月以降は、採卵及び採精のストレスが原因となるへい死を防ぐため、飽食給餌を 1 日置きに行った。

当研究所に移してからは濾過海水を掛け流して自然に水温を降下させ、2020 年 2 月 10 日以降は 17℃ 調温海水を使って、2 週間かけ 2℃ 昇温させ成熟を促した。



図 2. アスタキサンチン強化剤
(サイエントック株式会社製
アスタアップ TCAC1.5%)

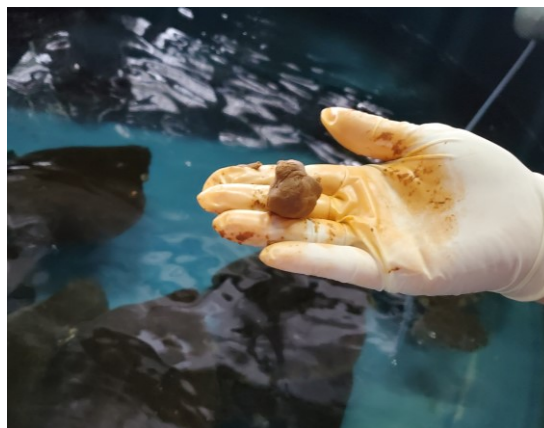


図 3. アスタアップを練りみ団子状にした
配合餌料

(2) 人工授精

2020 年 2 月 25 日から 3 月 23 日までに採卵、採精及び人工授精を行った。採卵・採精は作成した採卵・採精台（図 4）に親魚を乗せ、搾出法を用いて行った。また、採卵・採精を行った親魚は、PIT タグリーダーで体内に埋め込んだ PIT タグを読み込み記録した。

初めに雄個体から採精を行った。採精方法は 10mL のシリンジで搾出された精子を吸い取った。吸い取った精子は 10mL スピッツ管に移し替え保冷剤を入れた発砲スチロール内で保管した。また、スピッツ管に移し替えた精子から 1μL 採取し活性を確認するため、顕微鏡で観察した。精子の評価基準は表 2 のとおり 5 段階評価とした。必要数の採精及び精子の検定が終わってから、生殖腺が発達した雌個体より卵を搾出し、卵重量を秤量した。マツカワは多回産卵ではあるが、昨年の結果¹⁾から 1 尾から 1-2 回の搾出を行った。

昨年の結果から、以下に示した北海道で用いている計算式²⁾で、卵重量から卵数を求めた。

計算式

$$1\text{g 当りの卵数 (粒/g)} = \text{卵径 1.7 以下: } 2.9 \times 10^{-3}$$

$$\text{卵径 1.7 以上: } 4.0 \times 10^{-3}$$

$$\text{卵数 (粒)} = \text{卵重量} / 1\text{g 当りの卵数}$$

人工授精については湿導法を用いて行った。湿導法はボールに海水 500ml、精子 0.3-0.6mL を入れ泡立て器を用いて攪拌後、卵を入れて授精させた。授精後は 101% 海水 30L を入れたパンライト水槽に一度取

容し、受精卵分離を行った。マツカワ卵は分離浮遊卵のため、受精卵が水面に浮くことを利用し、パンライト収容後は5分間静止させ、水面に浮いている受精卵のみを回収し、1tアルテミアふ化槽へ収容した。

人工授精で得られた受精卵は1tアルテミアふ化槽6基で、10℃調温海水を換水3.9t/日でかけ流して管理した。また、受精卵が水槽内を浮遊するようエアレーションを中央に設置した。ふ化後に残った死卵の重量を秤量し、生残卵率及び生残卵数を求めた。また、容量法を用いてふ化尾数を求めた。

表 2. 精子の評価基準

評価基準	
A	精子全体が活発に動いている
AB	80%程が活発に動いている
B	50%程が活発に動いている
BC	動いているが活性が悪い
C	全く動いていない

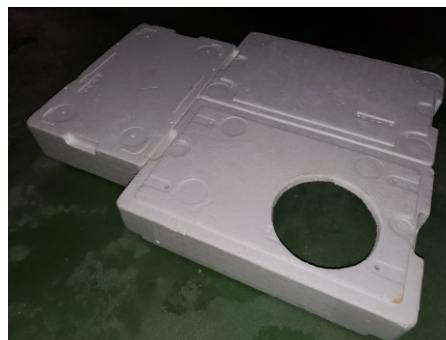


図 4. 採卵・採精台

2. 種苗生産技術の開発

(1) 量産化技術開発

1) 飼育環境

① 従来飼育（流水飼育）

生産回次1-3、6では、ふ化した仔魚を1.5t角型水槽2基、1t角型水槽2基に収容し飼育した。生産回次1、2、6は30日齢前後に過密を避けるため、30t円型水槽1基、10t円型水槽2基へ移動し水槽替えを行った。生産回次3については水槽替えの日齢を把握するため、水槽替えを行わずそのまま1.5t角型水槽で継続飼育を行った。

飼育開始から調温海水を掛け流して飼育した。換水率は飼育開始時で70%/日、18日齢から80%/日、26日齢から取上げまで90%/日と成長に合わせて換水率を高めていった。飼育水温は収容時に11℃であったものを、5日かけて14℃まで昇温させた。6日齢から35日齢前後まで、仔魚の壁面への衝突によるへい死軽減のため、飼育水槽に冷蔵高度不飽和脂肪酸強化濃縮淡水クロレラ（クロレラ工業㈱製：ハイグレード生クロレラV12（以下、HG生クロ））を添加した。また、内径25mmアクリル管を用いサイフォン方式で、水槽替えを行う前に底掃除を行った。取上げは生物餌料の給餌が終了した時点で、1尾ずつカウントを行い生残尾数を算出した。

② ほっとけ飼育と流水飼育の比較試験

ふ化した仔魚は5t円型水槽に収容し、生産回次4では省力省コスト飼育を目的としたほっとけ飼育、対照区として生産回次5では流水飼育により飼育した。

飼育開始から20日齢まで止水で飼育し、21日齢から換水率30%/日で調温海水を掛け流した。収容時に10.1℃であった飼育水温を、5日間かけて14℃まで昇温させた。止水時は温水循環式ヒーターを使用して水温管理し、注水を開始してから、温水循環式ヒーターと調温海水により14℃を維持した。飼育開始直後から、仔魚の壁面への衝突によるへい死軽減と、ほっとけ飼育ではワムシ培養のため、飼育水槽にHG生クロを添加した。ほっとけ飼育では止水飼育期間中、飼育水のアンモニアの吸着、底質改善及び水質改善を目的とし、10日齢から19日齢まで毎日、貝化石（㈱グリーンカルチャ製：ロイヤルスーパーグリーン）100gを散布した。

2) 餌料環境

表 3-1 に生物餌料の栄養強化方法、表 3-2 に生物餌料の栄養強化量を示した。

生物餌料として、シオミズツボワムシ（以下、ワムシ）は L 型奄美株（秋田県水産振興センター由来）、S 型八重山株（県栽培漁業振興協会由来）を、アルテミアは北米ソルトレイク産を使用した。配合餌料はアンブローズ 200・400・600・800(フィード・ワン株)を使用した。

表 3-1. 生物餌料の栄養強化方法

	シオミズツボワムシ			アルテミア	
	午前給餌	午後給餌	ほっとけ飼育	午前給餌	午後給餌
強化水温(°C)	14	14	14	20	20
一次強化時刻	16:00	16:00	-	16:00	16:00
一次強化量	表3-2参照		100ml	表3-2参照	
二次強化時刻	翌8:30	翌8:30	-	翌8:30	翌8:30
二次強化量	一次強化の半分	一次強化の半分	-	一次強化の半分	一次強化の半分
強化時間(h)	17	22.5	24	18.5	22.5
給餌時刻	翌9:00	翌13:00	日中の時間帯	翌10:30	翌14:30
強化剤(生産回次)	インディペプラス (1・2・3・6) ハイグレード生クロレラV12 (4(ほっとけ)・5)			インディペプラス (1,4-9)	

表 3-2. 生物餌料の栄養強化量

シオミズツボワムシ						アルテミア		
強化剤 必要量 (千万個体)	インディペ		強化剤 必要量 (千万個体)	HG生クロ		強化剤 必要量 (万個体)	インディペ	
	培養水量 (L)	強化量 (g)		培養水量 (L)	強化量 (ml)		培養水量 (L)	強化量 (g)
1.0-2.0	100	15	1.0-2.0	100	30	>1500	100	20
2.0-3.0	100	20	2.0-3.0	100	45	1500-2000	200	30
3.0-4.0	200	30	3.0-4.0	200	60	2000-2500	200	40
4.0-5.0	200	50	4.0-5.0	200	75	2500-3000	300	50
5.0-6.0	200	55	5.0-6.0	200	90	3000-3500	300	60
						3500-4000	400	70
						4000-4500	500	80
						4500-5000	500	90

* 強化剤正式名称

インディペ：インディペプラス HG生クロ：ハイグレード生クロレラV12

① ワムシ

表 4 に種苗生産期のワムシ給餌量を示した。

粗放連続培養で培養した S 型及び L 型ワムシを給餌前日に必要量収穫し、200L アルテミアふ化槽に收容して、表 3-1 および表 3-2 に示した方法で一次強化し、翌日の給餌 30 分前に前日の半分量で二次強化を行ってから給餌した。必要量の強化剤を 14°C 調温海水に入れ、ハンドミキサーで約 3-5 分間攪拌し添加した。給餌頻度は午前と午後に 1 回ずつとした。生産回次 1-3、6 でアミ類を主原料としアスタキサンチンを強化したインディペプラス（サイエンティック株：以下、インディペ）を使用した。

生産回次 4 では「ほっとけ飼育」を行ったため HG 生クロを使用した。また、対照区である生産回次 5 でも同様に HG 生クロで一次及び二次強化を行った。

マツカワ仔魚はふ化後は浮遊しているが、4 日齢頃から沈降し、7 日齢頃からまた浮上し開口となるため、ワムシの給餌は 6 日齢から開始した。生産回次 1 のみ成長が早く 5 日齢からの給餌とした。

表 4. 種苗生産期ワムシ給餌量

区分	生産回次 1		生産回次 2		生産回次 3		生産回次 4	
	収容尾数		収容尾数		収容尾数		収容尾数	
	水槽規模(t)		水槽規模(t)		水槽規模(t)		水槽規模(t)	
	強化剤		強化剤		強化剤		強化剤	
	インディベ		インディベ		インディベ		HG生クロレラ	
ワムシ種類(株)	S型(八重山)	L型(奄美)	S型(八重山)	L型(奄美)	S型(八重山)	L型(奄美)	S型(八重山)	L型(奄美)
総給餌量(億個体)	4.9	2.8	5.1	2.4	4.2	1.4	ほっとけ飼育	
1日当りの給餌密度(個体/cc)	0.7-2.7	0.1-1.7	0.9-2.7	0.2-1.2	0.6-2.7	0.1-1.0	22-64	
給餌期間(日齢)	12-32	5-25	11-31	6-24	9-29	6-22	6-20	
強化剤使用量	844.8g		819.5g		616.0g		3,550ml	

区分	生産回次 5		生産回次 6	
	収容尾数		収容尾数	
	水槽規模(t)		水槽規模(t)	
	強化剤		強化剤	
	HG生クロレラ		インディベ	
ワムシ種類(株)	S型(八重山)	L型(奄美)	S型(八重山)	L型(奄美)
総給餌量(億個体)	3.0	3.0	1.2	2.6
1日当りの給餌密度(個体/cc)	0.5-1.3	0.5-1.3	0.4-1.3	0.2-2.0
給餌期間(日齢)	6-26	6-26	6-15	11-24
強化剤使用量	894ml		424.6g	

* 強化剤正式名称 HG生クロレラ: ハイグレード生クロレラV12 インディベ: インディベプラス

② アルテミア

表 5 に種苗生産期のアルテミア給餌量を示した。

アルテミアは、乾燥卵を 28℃ の 80% 海水に収容し 45 時間かけてふ化させ、給餌前日に必要量を収穫し、表 3-1 および表 3-2 に示した方法で一次強化を行い、翌日の給餌 2 時間前に前日の半分量で二次強化を行ってから給餌した。強化剤はインディベを用いた。必要量を 14℃ 調温海水に入れ、ハンドミキサーで約 3-5 分間攪拌し添加した。給餌頻度は、午前と午後それぞれ 1 回ずつとした。

表 5. 種苗生産期のアルテミア給餌量

区分	生産回次 1		生産回次 2		生産回次 3		生産回次 6	
	強化剤	インディベ	強化剤	インディベ	強化剤	インディベ	強化剤	インディベ
給餌時刻	10:30	14:30	10:30	14:30	10:30	14:30	10:30	14:30
最小給餌量(万個体/日)	400		300		200		50	
最大給餌量(万個体/日)	1,500		1,400		900		300	
1日当りの給餌密度(個体/cc)	0.3-1.0		0.2-0.9		0.1-0.6		0.03-0.2	
給餌期間(日齢)	26-67		25-63		24-32		21-50	
総給餌量(億個体)	4.4		4.2		0.6		0.7	
強化剤使用量(g)	482.9		461.8		64.9		77.6	

区分	生産回次 4		生産回次 5	
	飼育方法		流水	
	強化剤	インディベ	強化剤	インディベ
給餌時刻	10:30	14:30	10:30	14:30
最小給餌量(万個体/日)	100		100	
最大給餌量(万個体/日)	600		300	
1日当りの給餌密度(個体/cc)	0.1-0.4		0.1-0.2	
給餌期間(日齢)	20-58		25-56	
総給餌量(万個体)	1.4		0.7	
強化剤使用量(g)	151.8		75.9	

* 強化剤正式名称 インディベ: インディベプラス

③ 配合餌料

表 6 に種苗生産期の配合餌料給餌量を示した。

アルテミア給餌開始から取上げまで成長に応じて、生物餌料を給餌する前に手撒きで 1 回給餌した。

表 6-1. 種苗生産期の配合餌料給餌量 (生産回次 1-3)

区分	生産回次 1					生産回次 2					生産回次 3				
	手まき給餌					手まき給餌					手まき給餌				
給餌期間(日齢)	26-67					25-63					24-32				
給餌時刻	8:30					8:30					8:30				
配合餌料種類	アンブローズ*					アンブローズ*					アンブローズ*				
	100	200	400	600	800	100	200	400	600	800	100	200	400	600	800
給餌量(g)	90	222	957	448	100	93	190	855	424	60	32	6	-	-	-
総給餌量(g)	1,817					1,622					38				

表 6-2. 種苗生産期の配合餌料給餌量 (生産回次 4-6)

区分	生産回次 4					生産回次 5					生産回次 6				
	手まき給餌					手まき給餌					手まき給餌				
給餌期間(日齢)	20-58					25-56					21-50				
給餌時刻	8:30					8:30					8:30				
配合餌料種類	アンブローズ*					アンブローズ*					アンブローズ*				
	100	200	400	600	800	100	200	400	600	800	100	200	400	600	800
給餌量(g)	74	87	556	248	70	78	226	192	30	-	208	92	12	-	-
総給餌量(g)	1,035					526					312				

(2) 中間育成

表 7 に中間育成期の配合餌料給餌量を示した。

種苗生産で得られた稚魚を 30t 円型 FRP 水槽 2 面、10t 円型水槽 2 面、5t 円型水槽 2 面に収容し中間育成を行い、養殖用種苗とした。

濾過海水が 14℃以上に昇温するまでは、調温海水を注水して飼育水温を 14℃に維持した。飼育水の換水率は飼育開始時を 100%/日とし、成長とともに徐々に 400%/日まであげた。

餌料は配合餌料とし、アンブローズ 200、400、600、800、EP1(フィード・ワン株)を、飼育稚魚の全長に応じて粒径を変え使用した。給餌方法は自動給餌器を用いて 5 回/日の頻度で給餌した。

稚魚の成長に応じて、適宜分槽や選別を行った。養殖に不向きな小型個体、有眼側が白色化する白化個体、眼位が左右逆転した逆位や変態途中で眼位が頭部中央で停止した眼位異常等、異常個体の出現率を求めた。底面の汚れの程度に応じて、適宜内径 25mm のアクリル管を用いサイフオン方式で掃除を行った。

表 7. 中間育成期の配合餌料給餌量

区分	生産回次	中間育成 収容尾数(尾)			
		自動給餌			
給餌時刻	06:00	09:00	12:00	15:00	18:00
給餌期間(日数)	46-100	46-100	46-110	93-110	
配合餌料種類	アンブローズ* 400	アンブローズ* 600	アンブローズ* 800	アンブローズ* EP-1	
給餌量(g)	5,900	1,090	8,350	4,550	
総給餌量(g)		19,890			

(3) マツカワ養殖用種苗の生産コスト

種苗生産期及び中間育成期（7月、9月、11月出荷）の1尾当りの生産コストを、以下の項目から算出した。

① 餌料費など
・ 生物餌料
ワムシ=1万個体当りの培養費（粗放連続培養による）×給餌量
アルテミア=1万個体当りの卵代（ふ化率85%で計算）×給餌量
栄養強化剤=表3-1による使用量×栄養強化剤の単価（インディペ）
・ 配合餌料=各配合餌料の単価×給餌量
・ 水槽添加物=HG生クロの単価×使用量
② 高熱原料費
・ 取水ポンプ=消費電力×稼働時間（24h）×料金単価
・ 調温海水関係
ポンプ=消費電力×稼働時間（24h）×料金単価
ボイラー=消費電力×稼働時間（24h）×料金単価
燃料=使用量×重油単価
③ 人件費
・ 研究員1名=時給×飼育日数×1日当たりの飼育作業時間

3. 養殖技術の開発

(1) 効率的な養殖技術開発

作出した2020年産養殖用種苗を用いて、事業規模での成長特性を把握するため、外ヶ浜町竜飛地区の陸上養殖施設へ、2020年7月に出荷した。配合餌料（鱒EPせせらぎ）を成長に合わせ粒径を大きくし、給餌頻度は1日2回とし毎日飽食給餌した。

昨年搾出した2019年産養殖用種苗については、養殖開始時期別の成長特性を把握するため、出荷目標である平均体重800gに達するまで継続して飼育を行い、配合餌料（鱒EPせせらぎ）を成長に合わせ粒径を大きくした。2018年産の養殖結果を基に¹⁾2019年の飼育開始から2020年1月末までは飽食給餌、2月からは魚体重当り1.3%の給餌量で毎日給餌とした。

各年級とも成長に合わせ適宜分槽及び選別し、月1回の魚体測定として無作為に30尾をサンプリングし、全長の測定及び体重の秤量を行った。へい死魚は全てカウントし、生残率を算出した。

(2) 水温変化の大きい条件での成長特性の把握

水温変化の大きい条件での成長特性を把握するため、搾出した2020年産養殖用種苗を用いて、2020年8月及び10月に中泊町小泊地区の陸上養殖施設へ出荷した。餌料は配合餌料（鱒EPせせらぎ）を成長に合わせ粒径を大きくし、給餌頻度は1日2回とし毎日飽食給餌とした。また、2021年3月に分槽を行った。

昨年搾出した2019年産養殖用種苗については、出荷目標である平均体重800gに達するまで継続して飼育を行い、餌料は配合餌料-鱒EPせせらぎを成長に合わせ粒径を大きくし、毎日飽食給餌とした。

各年級とも、給餌前に1回程度、飼育水の水温を計測した。月1回の魚体測定として無作為に30尾をサンプリングし、全長の測定及び体重の秤量を行った。へい死魚は全てカウントし、生残率を算出した。

(3) マツカワ養殖における養殖コスト

竜飛地区において、養殖開始から出荷サイズに到達するまでの養殖開始時期別の養殖コストを、養殖開始から終了まで飽食給餌をし、基本的な飼育を行った 2018 年産の結果を基に算出した。

4. 実用化に向けた技術開発（要約：下北ブランド研究所）

(1) 加工技術開発

1) 簡易加工技術

漁協女性部等で製造可能な加工品のマニュアル化を行った。

2) 高級志向品技術

中小加工業者等で製造可能な加工品のマニュアル化を行った。

(2) 養殖魚の市場ニーズ調査

青森県内のスーパーマーケットを対象にアンケート調査を行った。アンケート内容については、①マツカワの販売価格と販売数、売り上げについて、②購入者からの反応について、③客層について（どのような人がどの程度購入したか）、④マツカワの知名度について、以上 4 点について回答をもらった。

青森県内外における市場、スーパーマーケット等の量販店及び飲食店を対象に、マツカワの取扱いサイズについて調査した。また、県外市場における時期別の単価を調査した。

結 果

1. 親魚の養成技術開発

(1) 養成技術開発

表 8 にマツカワ親魚年齢別の採卵・採精尾数（率）について示した。

養成親魚 74 尾から人工授精に用いた親魚は雌 21 尾、雄 19 尾の計 40 尾であった。年齢別の採卵率は 4 歳魚で 75.0%、3 歳魚で 35.3%、他は 0.0%であった。採精率は 4 歳魚 100.0%、3 歳魚 66.7%、他は 0.0%であった。2020 年 2 月 25 日に 1 回目の採卵を行い、3 月 23 日までに計 6 回の採卵を行った。

表 8. マツカワ親魚年齢別の採卵・採精尾数（率）

養成親魚							採卵・採精親魚						
年齢 (年級)	7歳魚 (2013)	6歳 (2014)	5歳 (2015)	4歳 (2016)	3歳 (2017)	合 計	年齢 (年級)	7歳魚 (2013)	6歳 (2014)	5歳 (2015)	4歳 (2016)	3歳 (2017)	合 計
♀(尾)	0	2	5	20	17	44	♀(尾)	-	0	0	15	6	21
♂(尾)	1	2	0	3	24	30	♂(尾)	0	0	-	3	16	19
合 計	1	4	5	23	41	74	合 計	0	0	0	0	0	40
							採卵率	-	0.0%	0.0%	75.0%	35.3%	47.7%
							採精率	0.0%	0.0%	-	100.0%	66.7%	63.3%

※ 年齢は3月1日起算

(2) 人工授精

表 9 に人工授精結果、表 10 に雌親魚の個体別及び年齢別の人工授精結果について示した。

6 回の採卵で計 7,606.0g、2,425 千粒の卵から、人工授精により 1,236 千粒の受精卵を得た。平均受精率は 64.3%であった。平均生残卵率は 91.0%、1,144 千粒の生残卵を得た。生残卵 1,144 千粒から平均全長 5.8mm のふ化仔魚 108 千尾を得た。

採卵した雌親魚の個体別及び年齢別の人工授精結果は、適正な排卵周期で採卵できた個体 No. 8、9、10、

11、12、14、15、19 及び No. 5 の 2 回目において、受精率は 70% 以上と高かった。排卵周期をやや外した個体 No. 1、2、3、13、18 及び No. 5 の 1 回目、No. 17 の 2 回目は受精率は低下し 40% 台であった。No. 4、6、7 及び No. 17 の 1 回目の個体において、排卵周期が合わず搾出した卵が過熟卵であったため、受精率は低い結果となった。

表 9. 人工授精結果

授精日 (採卵日)	採卵・採精尾数 (♀ : ♂ 尾)	採 卵		受精卵			生残卵		ふ 化	
		重量(g)	卵数(千粒)	重量(g)	卵数(千粒)	受精率(%)	卵数(千粒)	生残卵率(%)	平均全長(mm)	尾数(千尾)
2020/2/25	4 : 3	1219.7	304.9	634.2	158.5	52.0	141.5	89.3	5.8	18.0
2020/2/26	6 : 5	858.4	214.6	500.9	125.2	58.4	103.5	82.7	5.7	10.0
2020/2/28	5 : 5	1256.7	433.3	785.7	196.4	62.5	193.4	98.5	5.8	17.4
2020/3/3	6 : 6	1770.5	610.5	987.5	246.8	55.8	226.8	91.9	6.0	20.4
2020/3/10	3 : 3	1633.2	563.1	1425.7	356.4	87.3	353.7	99.2	5.9	31.8
2020/3/23	3 : 3	867.5	299.1	614.0	153.5	70.8	126.0	82.1	5.9	11.3
		7606.0	2425.5	4948.0	1236.8	(64.3)	1144.9	(91.0)	(5.8)	108.9

表 10. 雌親魚の個体別及び年齢別の人工授精結果

No.	個体No.	年齢 (年級)	採卵 回数	採 卵		受精卵				備考
				総重量 (g)	総卵数 (千粒)	総重量 (g)	総卵数 (千粒)	Min-Max 受精率(%)	平均 受精率(%)	
1	306144	3歳 (2017)	1	282.7	97.4	189.7	47.4	-	67.1	
2	314298	3歳 (2017)	1	375.2	93.8	153.2	38.3	-	40.8	
3	358464	3歳 (2017)	4	1491.5	444.5	714.0	178.5	38-59	47.9	
4	358856	3歳 (2017)	1	230.2	57.5	38.7	9.6	-	16.8	過熟卵
5	397805	3歳 (2017)	2	526.4	181.5	362.4	90.6	39-92	68.8	
6	357010	4歳 (2016)	1	303.3	75.8	7.3	1.8	-	2.4	過熟卵
7	357095	4歳 (2016)	1	284.9	71.2	12.4	3.1	-	4.4	過熟卵
8	357320	4歳 (2016)	1	251.8	86.8	189.3	47.3	-	75.2	
9	357553	4歳 (2016)	1	540.3	186.3	467.8	116.9	-	86.6	
10	357795	4歳 (2016)	1	364.2	91.0	257.7	64.4	-	70.8	
11	357875	4歳 (2016)	1	332.4	114.6	235.4	58.8	-	70.8	
12	358052	4歳 (2016)	2	202.6	58.5	162.6	40.6	75-86	80.3	
13	358067	4歳 (2016)	2	871.2	259.0	286.7	71.6	31-34	32.9	
14	358739	4歳 (2016)	2	932.5	321.5	797.5	199.3	83-85	85.5	
15	359113	4歳 (2016)	1	331.7	114.3	283.2	70.8	-	85.4	
16	359165	4歳 (2016)	2	703.3	202.1	550.3	137.5	77-78	78.2	
17	378000	4歳 (2016)	2	619.7	185.1	245.7	61.4	18-59	39.6	1回目 過熟卵
18	378641	4歳 (2016)	1	284.0	97.9	141.5	35.3	-	49.8	
19	378980	4歳 (2016)	1	174.5	60.1	151.0	37.7	-	89.5	

2. 種苗生産技術の開発

(1) 量産化技術開発

表 11 に種苗生産結果について示した。

1) 従来飼育（流水飼育）

ふ化仔魚 52 千尾を用いて種苗生産を行ったところ、生産回次 1 で 67 日齢に取上げた結果、平均全長 15.8mm、9.0 千尾の稚魚が得られ、生残率は 64.3%であった。生産回次 2 では 63 日齢に取上げた結果、平均全長 16.1mm、11.7 千尾の稚魚が得られ、生残率は 83.5%であった。生産回次 6 では 50 日齢に取上げた結果、平均全長 16.0mm、6.4 千尾の稚魚が得られ、生残率は 64.2%であった。水槽替え時期の把握のため継続し飼育していた生産回次 3 では、30 日齢からへい死が始まり、32 日齢には全滅状態となった。

2) ほっとけ飼育と流水飼育の比較試験

ふ化仔魚 10 千尾を用いてほっとけ飼育を行い（生産回次 4）、58 日齢に取上げた結果、平均全長 16.5mm、1.9 千尾の稚魚が得られ、生残率は 19.0%であった。ふ化仔魚 10 千尾を用いて流水飼育を行い（生産回次 5）、56 日齢に取上げた結果、平均全長 14.9mm、2.4 千尾の稚魚が得られ、生残率は 24.2%であった。双方を比較しても、平均全長及び生残率ともに大きな差は見られなかった。しかし、奇形率ではほっとけ飼育で 60.3%、流水飼育で 4.1%と、ほっとけ飼育では奇形魚の出現が多い結果となった。

表 11. 種苗生産結果

生産回次	ふ化仔魚の収容					取上げた稚魚				
	収容日 (ふ化日)	水槽規模	平均全長 (mm)	尾数 (千尾)	ワムシ強化剤 (略称)	飼育期間 (日齢)	平均全長 (mm)	尾数 (千尾)	生残率 (%)	備考
1	2020/3/5	角型1.5t 円型30t	5.8	14.0	インディペ ^o	67	15.8	9.0	64.3	流水飼育
2	2020/3/6	角型1t 円型10t	5.7	14.0	インディペ ^o	63	16.1	11.7	83.5	流水飼育
3	2020/3/8	角型1.5t	5.8	14.0	インディペ ^o	-	-	0	0.0	流水飼育
4	2020/3/11	円型5t	6.0	10.0	HG生加	58	16.5	1.9	19.0	ほっとけ飼育
5	2020/3/18	円型5t	5.9	10.0	HG生加	56	14.9	2.4	24.2	流水飼育
6	2020/3/31	角型1t 角型1.5t	5.9	10.0	インディペ ^o	50	16.0	6.4	64.2	流水飼育
合計 (平均)			(5.9)	72			(15.9)	31.4	(42.5)	

* ワムシ強化剤正式名称

HG生クロ：ハイグレード生クロレラV12 インディペ：インディペプラス

(2) 中間育成

表 12 に中間育成結果、表 13 に養殖用種苗の出荷概要について示した。

種苗生産で得られた平均全長 15.9mm の稚魚 31.4 千尾を各水槽に収容し、中間育成した結果、生残率 76.2%で 23.9 千尾を生産した。2019 年産の生残率 81.4%と比べ、若干低い結果となった。

適正種苗の内訳は養殖用種苗 15.6 千尾、必要量に達したため養殖用に用いらなかった種苗 2.1 千尾の計 17.7 千尾と、適正種苗の作出率は 73.9%であった。2019 年産の作出率 74.8%と比べ、同程度であった。養殖用種苗 15.6 千尾のうち、10.0 千尾を竜飛地区、3.8 千尾を小泊地区、1.8 千尾を佐井地区に出荷した。異常個体の内訳は、小型個体が 4.5 千尾、体色異常も含む眼位異常個体が 1.7 千尾の計 6.2 千尾、出現率 26.1%と、2018・2019 年産の出現率と同程度であった。割合についても同様に小型個体が最も高く、次いで眼位異常、体色異常であった。

出荷別の詳しい結果については、以下のとおりである。竜飛地区の陸上養殖施設における事業規模の成

長特性を把握するため、平均全長 68.9mm、体重 4.4g の種苗 1.0 千尾を 2020 年 7 月 2 日に出荷した。

水温変化の大きい条件での成長特性を把握するため、平均全長 79.0mm、体重 7.3g の種苗 2.0 千尾を 2020 年 8 月 4 日に、平均全長 112.1mm、体重 23.7g の種苗 1.8 千尾を 2020 年 10 月 8 日に小泊地区の陸上養殖施設へ出荷した。また、他地域における成長特性を把握するため、全長 78.2mm、平均体重 7.0g の種苗 1.8 千尾を 2020 年 8 月 7 日に佐井地区の陸上施設へ出荷した。

表 12. 中間育成結果

中間育成開始		中間育成終了								
尾数 (千尾)	内訳	適正種苗			異常個体 ^{*1}			生産 尾数 (千尾)	へい死 尾数 (千尾)	生残率 ^{*2} (%)
		尾数 (千尾)	合計 (千尾)	作出率 (%)	内訳	尾数 (千尾)	出現率 (%)			
31.4	養殖用種苗	15.6	17.7	73.9	小型個体	4.5	26.1	23.9	10.0	76.2
	余り種苗	2.1			眼位異常	1.7				

*1 異常個体：養殖には不向きな小型個体、眼位が左右逆転した逆位や変態途中で眼位が頭部中央で停止した眼位異常個体（体色異常も含む）。

*2 生残率：異常個体も含んでの生残率。

表 13. 養殖用種苗の出荷概要

養殖用種苗の作出						
出荷日	飼育日数 (日)	試験区分	試験地	平均全長 (mm)	平均体重 (g)	尾数 (千尾)
2020年7月2日	54	事業規模養殖試験	竜飛地区	68.9	4.4	10.0
2020年8月4日	87	水温変化の大きい 条件での成長特性	小泊地区	79.0	7.3	2.0
2020年10月8日	152			112.1	23.7	1.8
2020年8月7日	90	他地域における 成長特性	佐井地区	78.2	7.0	1.8

(3) マツカワ養殖用種苗の生産コスト

表 14 にマツカワ養殖用種苗 1 尾当りの生産コストを示した。

種苗生産期における 1 尾当りの生産コストは餌料費が 1.6 円、高熱原料費が 3.3 円、人件費が 36.8 円の計 41.6 円であった。

中間育成期の 1 尾当りの生産コストは、7 月出荷で餌料費が 19.3 円、高熱原料費が 0.6 円、人件費が 21.9 円、種苗生産期の 41.6 円を合わせた計 83.4 円であった。9 月出荷で餌料が 22.9 円、高熱原料費が 0.9 円、人件費が 57.1

円、種苗生産期の 41.6 円を合わせた計 122.6 円であった。11 月出荷で餌料が 26.5 円、高熱原料費が 1.4 円、人件費が 117.3 円、種苗生産期の 41.6 円を合わせた計 186.8 円であった。

表 14. マツカワ養殖用種苗 1 尾当りの生産コスト

単位：円/尾

種苗生産期	中間育成期			
	7月	9月	11月	
餌料費	1.6	19.3	22.9	26.5
高熱原料費	3.3	0.6	0.9	1.4
人件費	36.8	21.9	57.1	117.3
生産コスト	41.6	83.4	122.6	186.8

* 各月の中間育成期の生産コストは、種苗生産期の生産コストを合わせた値。

3. 養殖技術の開発

(1) 効率的な養殖技術開発

1) 2020年産

図5に2019年産と2020年産の平均全長の比較、図6に2019年産と2020年産の平均体重の比較、図7に2019年産と2020年産の平均肥満度の比較を示した。

竜飛地区における2020年産の2021年2月末までの平均全長は243.3mm、平均体重は230.7g、平均肥満度は16.0%であった。同時期の2019年産と比較したところ、平均全長で34.3mm、平均体重で151.3g、平均肥満度で1.8%も成長が劣っていた。

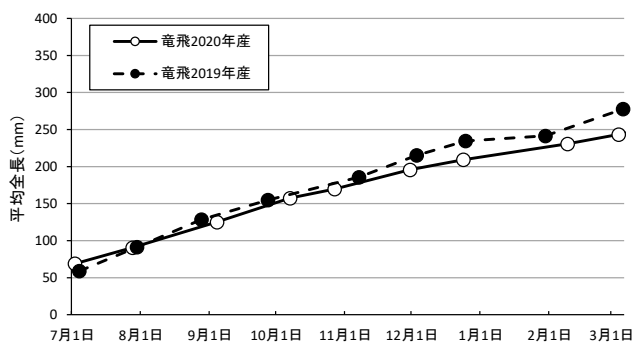


図5. 2019年産と2020年産の平均全長の比較

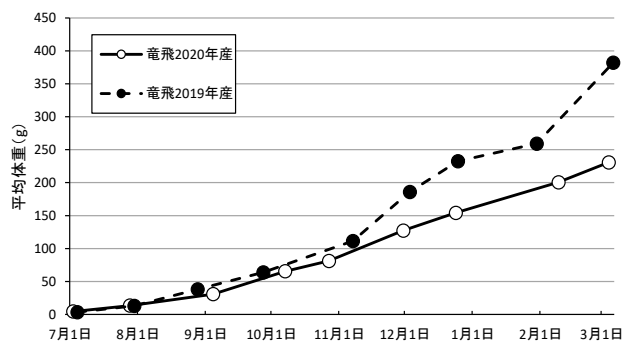


図6. 2019年産と2020年産の平均体重の比較

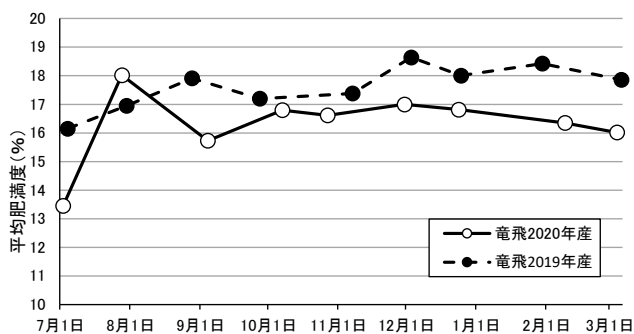


図7. 2019年産と2020年産の平均肥満度の比較

2) 2019年産

図8に竜飛地区における養殖開始別の平均全長の推移、図9に竜飛地区における養殖開始別の平均体重の推移、図10に竜飛地区における養殖開始別の平均肥満度の推移を示した。

竜飛地区における2019年産の養殖開始別の出荷目標サイズ800gになるまでの成長特性については、7月開始魚は1年3か月間、9月開始魚で1年3か月間、11月開始魚で1年5か月間を擁した。各試験区の出荷目標に達した時点でのサイズは、7月開始魚で平均全長370.8mm、平均体重815.7g、平均肥満度16.0%、9月開始魚で平均全長381.2g、平均体重828.5g、平均肥満度15.0%、11月開始魚で平均全長389.1mm、平均体重884.4g、平均肥満度15.0%であった。全長及び体重は右肩上がりに成長していたが、肥満度については成長とともに低下する傾向にあった。2018年産と比べると7月開始魚で1か月(図11)、9月開始魚で2か月(図12)、11月開始魚で5か月(図13)の成長の遅れが見られた。また、各月の生残率については、7月開始魚で99.3%、9月開始魚で98.4%、11月開始魚で91.8%であった。

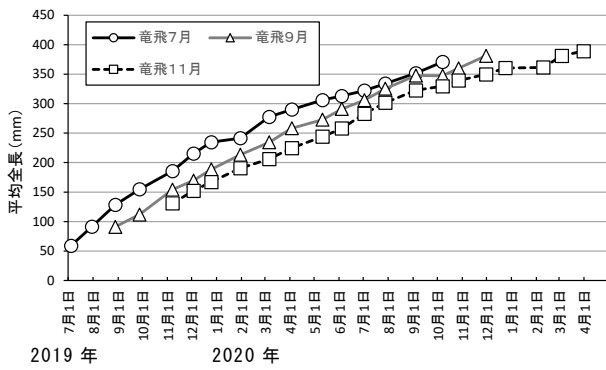


図 8. 竜飛地区における養殖開始別の平均全長の推移(2019年産)

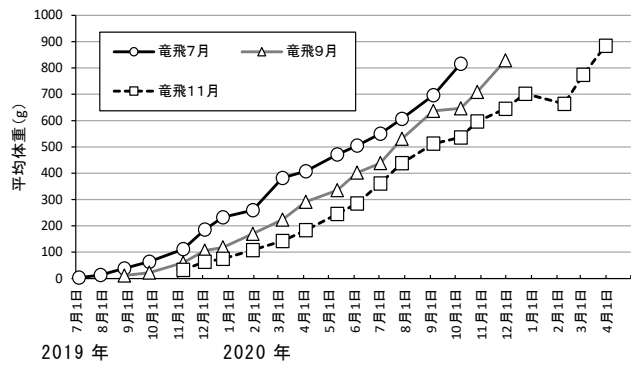


図 9. 竜飛地区における養殖開始別の平均体重の推移(2019年産)

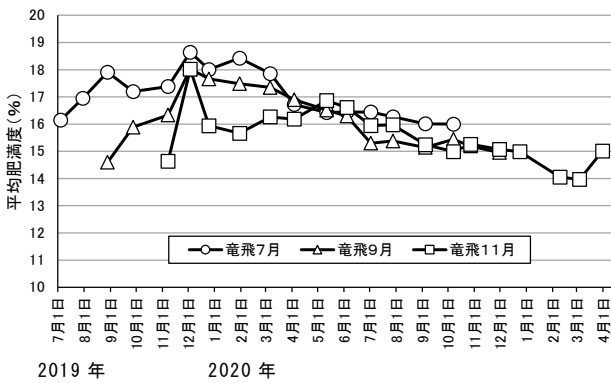


図 10. 竜飛地区における養殖開始別の平均肥満度の推移(2019年産)

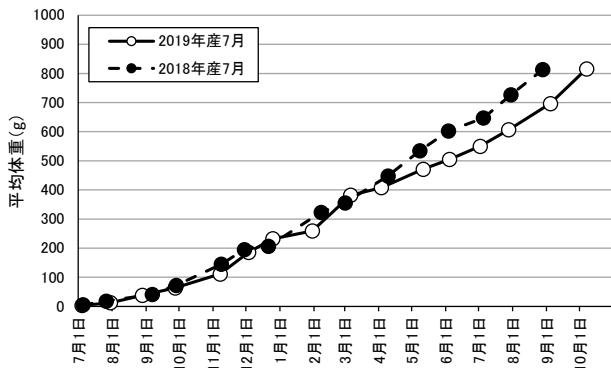


図 11. 2019年産と2018年産の平均体重の比較(7月開始魚)

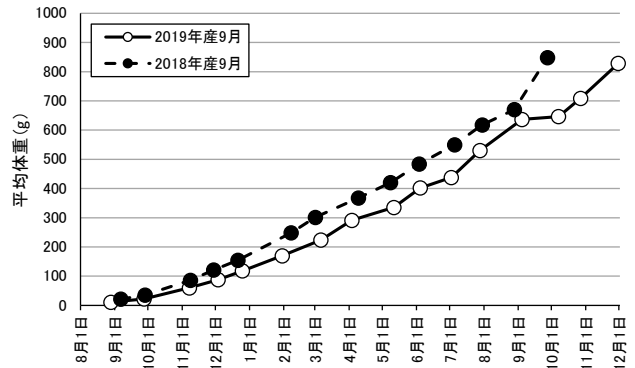


図 12. 2019年産と2018年産の平均体重の比較(9月開始魚)

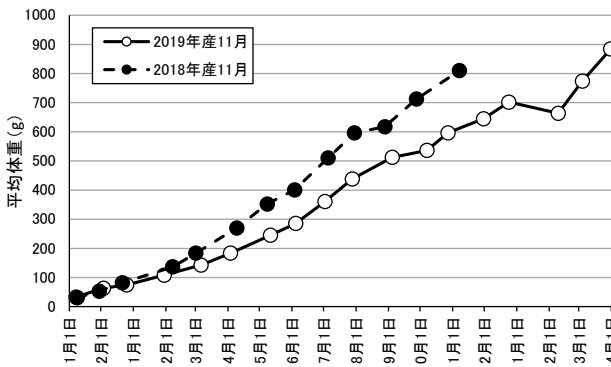


図 13. 2019年産と2018年産の平均体重の比較(11月開始魚)

(2) 水温変化の大きい条件での成長特性の把握

1) 2020年産

図14に2019年産と2020年産の平均全長の比較、図15に2019年産と2020年産の平均体重の比較、図16に2019年産と2020年産の平均肥満度の比較を示した。

小泊地区における2020年産について、8月4日の供試魚は注水量や給餌不足等の飼育管理不足により、9月3日時点で8割以上がへい死したため、試験を中止した。10月8日の供試魚については、2021年3月末までの平均全長は196.5mm、平均体重は122.2g、平均肥満度は15.9%であった。同時期の2019年産と比較したところ、平均全長は同程度であったが、平均体重及び平均肥満度の値は低く、やや成長は悪い結果であった。

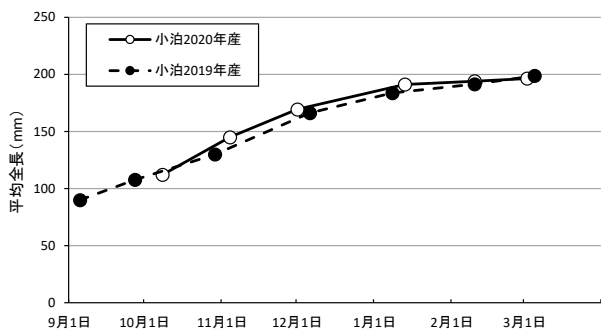


図14. 2019年産と2020年産の平均全長の比較

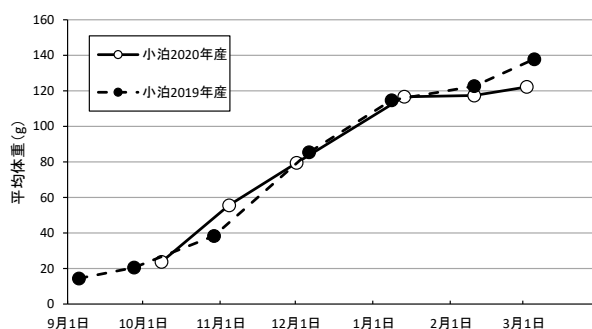


図15. 2019年産と2020年産の平均体重の比較

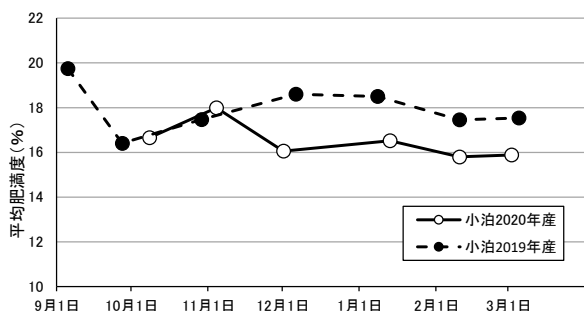


図16. 2019年産と2020年産の平均肥満度の比較

2) 2019年産

図17に小泊地区における平均全長の推移、図18に小泊地区における平均体重の推移、図19に小泊地区における平均肥満度を示した。

水温変化が大きい条件で養殖試験を行った小泊地区では、2018年産と同様に高水温期に大量へい死が起こり、生残率は56.4%と低く、生残個体も成長の停滞が見られたため、11月末時点で試験を中止した。1年3か月間で平均全長323.7mm、平均体重631.5g、平均肥満度18.6%であった。1年間で出荷目標800gとなった2018年産と比べても、低水温期及び高水温期の成長停滞と成長の傾向としては同じであるが、2019年産は高水温期の成長停滞が2018年産より大幅に見られた(図20)。成長の差が見られた高水温期の水温は同じ推移をしていたが(図21)、月毎の総給餌量は大量へい死が起こる前の5-7月の給餌量が、2018年産と比べ2019年産は少なかった(図22)。

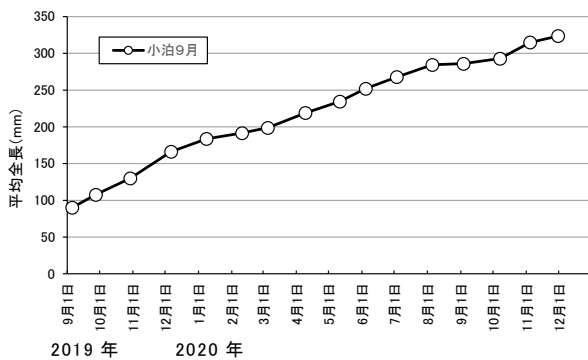


図 17. 小泊地区における平均全長の推移 (2019年産)

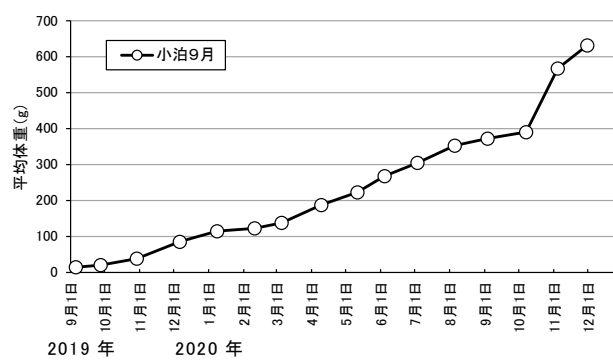


図 18. 小泊地区における平均体重の推移 (2019年産)

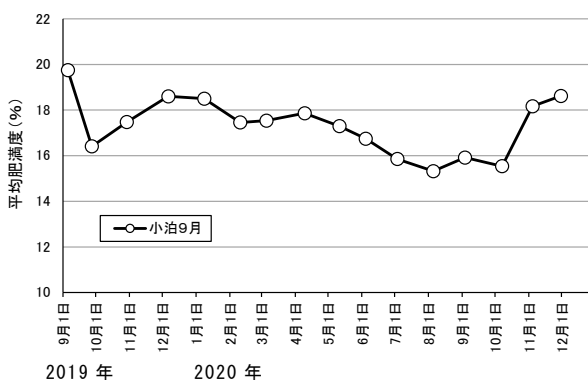


図 19. 小泊地区における平均肥満度の推移 (2019年産)

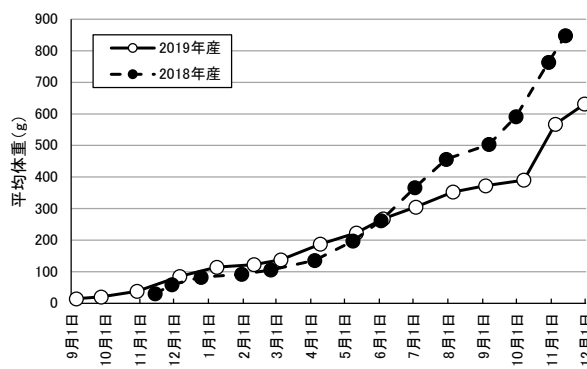


図 20. 2019年産と2018年産の平均体重の比較

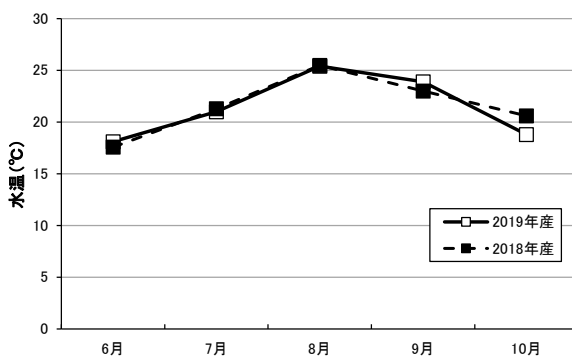


図 21. 小泊地区における高水温期の水温の推移

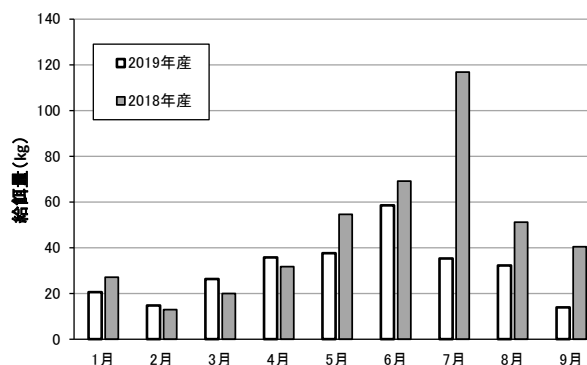


図 22. 小泊地区における月毎の総給餌量

(3) マツカワ養殖における養殖コスト

表 15 に養殖開始時期別 (2018年産) の 1尾当りの養殖コストを示した。

竜飛地区における養殖開始時期別の 1尾当りの養殖コストについては、7月開始魚で種苗費 83.4 円、餌料費 232.5 円、高熱原料費 30.0 円、人件費 102.0 円で計 447.8 円であった。9月開始魚で養殖用種苗費 122.6

円、餌料費 230.5 円、高熱原料費 30.0 円、人件費 101.7 円で計 484.8 円であった。11 月開始魚で養殖用種苗費 186.8 円、餌料費 219.0 円、高熱原料費 30.0 円、人件費 108.6 円で計 544.4 円であった。

表 15. 養殖開始時期別（2018 年産）の 1 尾当りの養殖コスト

単位：円/尾

	7月開始魚	9月開始魚	11月開始魚
種苗費	83.4	122.6	186.8
餌料費	232.5	230.5	219.0
高熱原料費	30.0	30.0	30.0
人件費	102.0	101.7	108.6
生産コスト	447.8	484.8	544.4

4. 実用化に向けた技術開発（要約：下北ブランド研究所）

(1) 加工技術開発

1) 簡易加工技術

漁協女性部等で製造可能な加工品、南蛮漬け、マリネ、カルパッチョの 3 品をマニュアル化し、県内加工業者に対し、商品開発の提案を行った（図 23）。また、一夜干しの加工試作品を作成した。



図 23. マニュアル化した簡易加工品

（左：南蛮漬け 中：マリネ 右：カルパッチョ）

2) 高級志向品技術

中小加工業者等で製造可能な加工品、オイル漬け、燻製スライス、燻製風スライスの 3 品をマニュアル化し、県内加工業者に対し、商品開発の提案を行った（図 24）。



図 24. マニュアル化した高級志向品

（左：オイル漬け 中：燻製スライス 右：燻製風スライス）

(2) 養殖魚の市場ニーズ調査

1) アンケート調査

青森県内のスーパーマーケットを対象にアンケート調査を行った結果は、以下の通りである。

① マツカワの販売価格と販売数、売り上げについて

10月から12月の3か月間で取り扱った数量は440尾、販売単価は1,980円/尾で売り上げ金額は約87万。販売形態は1尾売り、フィレー（四半身）パック、お造りの3種類。

② 購入者からの反応について

マツカワの知名度が低いことから、刺身で食べられるカレイであることに驚いていた。

③ 客層について（どのような人がどの程度購入したか）

年配の女性客が多く、珍しさや好奇心で購入する客が多かった。

④ マツカワの知名度について

県内におけるマツカワをアピールできる機会を増やし、知名度を向上させていく必要がある。

2) 取扱いサイズ及び時期別単価

業種の違いによるマツカワの取扱いサイズは、スーパーマーケット等の量販店では500-700g、中小飲食店では700-800g、ホテルでは800-1,000g、市場では500-1,000g以上であった。量販店では小サイズ、中小飲食店では中サイズ、ホテルでは大サイズ、市場では幅広いサイズを好む傾向にあった。

県外市場における時期別の単価については、天然マツカワが水揚げされない市場では1-4月の単価は2,000-2,500円/kgと高く、水揚げがある市場では500-2,300円/kgと、天然マツカワの水揚げの有無により単価は上下する傾向にあった。7-9月の単価については逆転する傾向にあった。また、周年の平均単価は1,700円/kgであった。

考 察

1. 親魚の養成技術開発

受精率の向上を目的に、2019年は配合飼料と併用しDHA強化のため冷凍イカナゴを給餌することで、受精率を65.3%まで向上させることができた。しかし、生餌は魚病発生の危険性があることから、2020年はアスタキサンチン強化による養成飼育を行った。今回使用したアスタキサンチン強化剤アスタアップ1.5%TCACは、微細藻類ヘマトコッカス・プルビアリス（*Haematococcus Pluvialis*）から抽出されたアスタキサンチンを使用している。アスタキサンチンは、ストレス等により発生し体を弱らせ疾患の原因となる活性酸素を取り除く、抗酸化作用を持っている³⁾。水槽内での親魚養成はベアタンク飼育（砂を敷かない飼育）、密度、夏場の溶存酸素の低下や水温変化等の多くの環境ストレスに曝され、大型の高齢魚ほどその影響は大きいものとする。そのため、抗酸化作用のあるアスタキサンチン強化は必要と考える。結果からも2019年の人工授精では雌雄ともに小型の若齢魚である2017年級の2歳魚が主体であったの対し、2020年は大型の2016年級の4歳魚が主体と強化期間は3か月間と短かったものの、アスタキサンチン強化の効果は十分にあったものと考えられた。採卵できる親魚の高齢化（大型化）によるデメリットは、受精率の低下が挙げられ、2020年の平均受精率は64.3%と2019年と変わらず、目標値としていた80%には及ばない結果となった。しかし、高齢化によるメリットとして採卵数の増加、卵サイズの大型化に伴うふ化仔魚の大型化が挙げられ、受精率の低下は採卵数の増加により補うことができ、ふ化仔魚の大型化により生残率の向上に繋がると考える。これは、北海道におけるマツカワ栽培漁業研究の現状（2005）²⁾でも小型のふ化仔魚は初期減耗の原因になると報告されている。アスタキサンチンの効果の実証については、引き続きアスタキサンチン強化による親魚養成を行いデータを集積する必要がある。

2. 種苗生産技術の開発

昨年の結果と同様に栄養強化剤はインディペを用いることで生残率は平均 70.6%と、安定して生産できることが改めて実証された。また、1万尾/t 程度の飼育密度、30日齢時点での水槽替えを行うことで、生残率を落とすことなく、小型水槽での種苗生産も可能となった。また、配合飼料への切替えを50日齢で行った生産回次6においては、これまでの65日齢で行った生産回次1、2と同等の生残率を得ることができたため、コストが高い生物餌料の給餌期間の短縮が可能であると考えられた。

省力省コスト飼育として行ったほっとけ飼育は、従来飼育と比べ取上げ時の平均全長及び生残率は遜色ないものであった。そのため、同じ異体類であるマコガレイ種苗生産においても省力省コスト化が実証されたことから⁴⁾、マツカワ種苗生産でも省力省コスト化は望めるものと示唆されたが、有眼側の体色異常や眼位異常などの奇形魚の出現率が6割以上と高く、マツカワ種苗生産には不向きな飼育方法であると考えられた。

3. 養殖技術の開発

竜飛地区においては、養殖開始時期別の1尾当りの養殖コストについては、7月開始魚が飼育期間は長くなるものの、養殖用種苗が安価であるため、養殖コストを抑えられる結果となった。このため、7月から養殖を開始することで効率的な養殖が可能であると考えられた。養殖技術の効率化を図るため、事業規模による実証試験を引き続き実施する必要がある。

小泊地区においては、水温が20℃以上となる高水温期に大量へい死が起き、生残率が5割で1年3か月時点で平均体重は600g台と、2019年産の結果からは水温変動が大きい条件下でのマツカワ養殖は不向きであると考えられた。大量へい死の原因として、2018年産も同様に高水温期にへい死が見られたため、高水温がへい死要因の1つと考えられる。また、大量へい死が起こる前の5-7月の給餌量が2018年産と比べ少なかったことで、高水温に耐えるだけの体力がなかったと考えられた。その他の要因としては、溶存酸素が低下する高水温期の魚体測定時のタモ網での追い込みや干出、飼育歴が2年と飼育経験不足などが挙げられる。以上のことから2019年産で起きた大量へい死については、2020年産でこれら要因を極力排除し養殖試験を行い、竜飛地区以外でのマツカワ養殖の可能性を検証する。

4. 実用化に向けた技術開発（要約：下北ブランド研究所）

県内におけるマツカワの知名度は低く、カレイ類が生食で利用できることを知らない消費者が多いことから、養殖マツカワをピーアールできる機会を増やし、知名度を向上させていく必要がある。

また、試験出荷を通じて天然マツカワの生態を利用し、天然マツカワの水揚げ量が減少する時期、地域を把握して出荷をすることで、単価の向上を図れる可能性が示唆された。

文 献

- 1) 鈴木亮・村松里美・松田忍・小向貴志・伊藤文雄・伊藤竜太（2021）マツカワの養殖種苗生産技術開発事業．青森県産業技術センター水産総合研究所事業報告，2019年度，503-522.
- 2) 北海道におけるマツカワ栽培漁業研究の現状（2005）．北海道立水産試験場．
- 3) 田中芳明・石井信二・浅桐公男・深堀優・七種伸行・橋詰直樹・吉田索・小松崎尚子・升井大介・東館成希・八木実（2016）酸化ストレスと抗酸化療法．日本静脈経腸栄養学会雑誌，31(1)，3-12.
- 4) 村松里美・鈴木亮・吉田雅範（2019）野辺地マコガレイ種苗作出試験．青森県産業技術センター水産総合研究所事業報告，令和2年度，403-411.