

マツカワの養殖技術開発試験事業

鈴木亮・村松里美・松田忍*¹・小向貴志*²・伊藤文雄*³・伊藤竜太*⁴

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

2-7歳魚の人工マツカワ親魚70尾(表1)を、2018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、2018年12月から2019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

年齢 (年級)	養成親魚						合 計
	7歳魚 (2012)	6歳 (2013)	5歳 (2014)	4歳 (2015)	3歳 (2016)	2歳 (2017)	
♀(尾)	0	2	1	3	16	18	40
♂(尾)	1	0	1	2	3	23	30
合 計	1	2	2	5	19	41	70

※ 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、今回新たに親魚として用いる2017年産親魚に昨年と同様に¹⁾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。

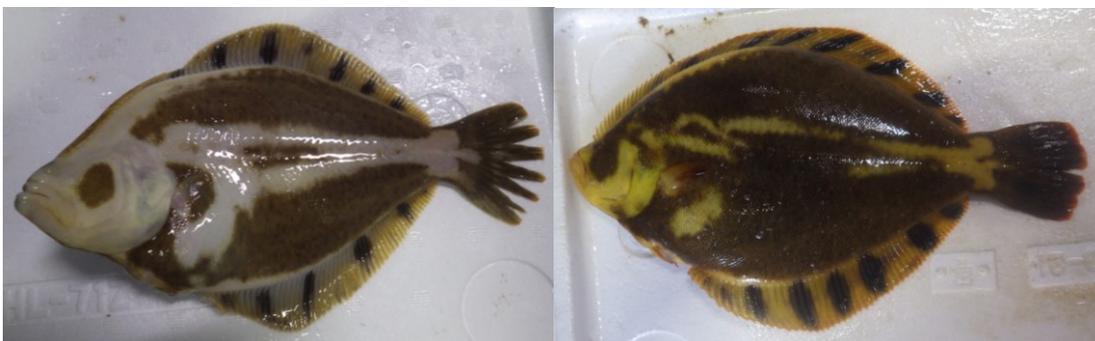


図1. マツカワ親魚の雌雄(左:雌 右:雄)

¹内水面研究所、²現所属:食品総合研究所、³龍飛ヒラメ養殖生産組合、⁴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)と、冷凍イカナゴを併用して飽食給餌した。人工授精を行う3-4月中旬までの約1か月間は無給餌とし、4月中旬から龍飛ひらめ養殖生産組合に移動するまでの間は、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2019年2月10日までは濾過海水を掛け流し自然に水温を降下させ、それ以降は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。

(2) 人工授精

2019年3月8日から4月15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2)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することから、1尾から複数回の搾出を行った。

また、本県における、卵数の計算式を算出するため、搾出した卵を30粒採取して1粒当りの卵径の測定、卵重量を精秤した。なお、本試験において卵数は、以下に示した北海道で用いている計算式²⁾で求めた。

計算式

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

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

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

人工授精については湿導法及び乾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収容し、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、パンライト水槽収容5分間の静止後に、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。積算温度70℃で無作為に卵をサンプリングし、生残卵率及び生残卵数を求めた。また、ふ化後は容量法を用いて、ふ化尾数及びふ化率を求めた。

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 2. 採卵・採精台

(3) 親魚の魚病診断法の確立（要約：内水面研究所）

昨年、北海道大学大学院水産科学研究院大学院水産科学院水産学部での研修で得た知見¹⁾を基に、2016年3月2日に三沢市漁協で水揚げされた天然マツカワを用いて、マツカワの血液に含まれるVNN（Viral Nervous Necrosis：ウイルス性神経壊死症）抗体の有無を確認した。

2. 種苗生産技術の開発

(1) 量産化技術開発

1) 飼育環境

ふ化した仔魚を飼育水槽 10 t 円型 FRP 水槽 1 基、5t 円型 FRP 水槽 2 基、1.5t 角型 FRP 水槽 2 基、1t 角型 FRP 水槽 1 基に収容し飼育した。

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。飼育開始からワムシ給餌を止めるまで、仔魚の壁面への衝突によるへい死軽減とワムシ栄養強化のため、飼育水槽にハイグレード生クロレラ V12（クロレラ工業株）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、変態期以降 9 割の個体が着底してから底掃除を行った。1 尾ずつカウントを行い取上げ時の生残尾数を算出した。

2) 餌料環境

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）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 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。

表 3-1. 生物餌料の栄養強化方法

	L型ワムシ			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(℃)	14	14	14	強化水温(℃)	20	20
一次強化時刻	16:00	16:00	-	一次強化時刻	10:30	10:30
一次強化量	表3-2参照		100ml	一次強化量	表3-2参照	
二次強化時刻	翌8:30	翌8:30	-	二次強化時刻	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	-	二次強化量	一次強化の半分	一次強化の半分
強化時間(h)	17	22.5	24	強化時間(h)	24	30
給餌時刻	翌9:00	翌13:00	日中の時間帯	給餌時刻	翌10:30	翌14:30
強化剤(生産回次)	インディペプラス (1・4・7・8) ハイグレード生クロレラV12 (5(通常)・6(ほっとけ)) プログロス・リッチパウダー (9)			強化剤(生産回次)	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								
インディペ			リッチパウダー			HG生クロ		
強化剤 必要量 (千万個体)	培養水量 (L)	強化量 (g)	強化剤 必要量 (千万個体)	培養水量 (L)	強化量 (g)	強化剤 必要量 (千万個体)	培養水量 (L)	強化量 (ml)
1.0-2.0	100	15	1.0-2.0	100	20	1.0-2.0	100	30
2.0-3.0	100	20	2.0-3.0	100	30	2.0-3.0	100	45
3.0-4.0	200	30	3.0-4.0	200	40	3.0-4.0	200	60
4.0-5.0	200	50	4.0-5.0	200	60	4.0-5.0	200	75
5.0-6.0	200	55	5.0-6.0	200	100	5.0-6.0	200	90

アルテミア		
強化剤 必要量 (万個体)	インディペ 培養水量 (L)	強化量 (g)
>1500	100	20
1500-2000	200	30
2000-2500	200	40
2500-3000	300	50
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 リッチパウダー：プログロス・リッチパウダー 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 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収容して、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℃ 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。マツカワ仔稚魚に有効な栄養強化剤を把握するため、生産回次 1、4、7、8 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㈱：以下、インディペ）、生産回次 9 で脂質生産能力を持つ微細藻類を粉末にしたプログロス・リッチパウダー（㈱ユーエスシー：以下、リッチパウダー）を使用した。リッチパウダーについては、昨年の強化量より約 30% 増で強化を行った。

生産回次 5 では「ほっとけ飼育」を行ったため、高度不飽和脂肪酸を強化した濃縮淡水クロレラ、ハイグレード生クロレラ V12（クロレラ工業㈱：以下、HG 生クロ）、を使用した。また、比較するため生産回次 4 で「流水飼育」を行い、同様に HG 生クロで一次及び二次強化を行った。

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。強化剤はインディペを用いた。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。

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。

20日齢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4. 種苗生産期ワムシ給餌量

区分	生産回次 1		生産回次 4		生産回次 5		生産回次 6	
	収容尾数	10,900	収容尾数	13,700	収容尾数	29,300	収容尾数	51,100
	強化剤	インディベ	強化剤	インディベ	強化剤	HG生クロレラ	強化剤	HG生クロレラ
給餌時刻	8:30	13:00	8:30	13:00	8:30	13:00	8:30	13:00
最小給餌量(万個体/日)	50	50	50	50	150	150	ほっとけ飼育	
最大給餌量(万個体/日)	500	500	300	300	400	400		
1日当りの給餌密度(個体/cc)	0.7-6.7		1.0-6.0		0.8-2.0		37-69	
給餌期間(日齢)	7-28		6-36		7-34		6-20	
総給餌量(億個体)	2.13		1.04		1.79		1.8-3.4	
強化剤使用量	234g		114g		270ml		2,900ml	

区分	生産回次 7・8		生産回次 9	
	収容尾数	46,400	収容尾数	15,000
	強化剤	インディベ	強化剤	リッチパウダー
給餌時刻	8:30	13:00	8:30	13:00
最小給餌量(万個体/日)	200	200	200	200
最大給餌量(万個体/日)	600	600	600	600
1日当りの給餌密度(個体/cc)	0.5-1.5		2.7-8.0	
給餌期間(日齢)	8-37		6-44	
総給餌量(億個体)	2.85		3.24	
強化剤使用量	313g		324g	

* 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 リッチパウダー：プログロス・リッチパウダー

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 4		生産回次 5		生産回次 6	
	収容尾数(尾)	10,900	収容尾数(尾)	13,700	収容尾数(尾)	29,300	収容尾数(尾)	51,100
	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)	40	40	50	50	50	50	100	100
最大給餌量(万個体/日)	200	200	200	200	200	200	300	300
1日当りの給餌密度(個体/cc)	0.5-2.7		1.0-4.0		0.3-1.0		0.5-1.5	
給餌期間(日齢)	31-53		22-36		17-34		26-39	
総給餌量(万個体)	6,770		3,800		4,450		4,900	
強化剤使用量(g)	183		103		120		132	

区分	生産回次 7・8		生産回次 9	
	収容尾数(尾)	46,400	収容尾数(尾)	15,000
	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)	75	75	50	50
最大給餌量(万個体/日)	300	300	450	450
1日当りの給餌密度(個体/cc)	0.2-0.8		0.7-6.0	
給餌期間(日齢)	20-41		28-48	
総給餌量(万個体)	6,950		7,770	
強化剤使用量(g)	188		210	

* 強化剤正式名称 インディベ：インディベプラス

表 6. 種苗生産期の配合餌料給餌量

区分	生産回次 1		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		手まき給餌	
給餌期間(日齢)	37-53		20-36		20-34		32-46	
給餌時刻	8:30		8:30		8:30		8:30	
配合餌料種類	アンプ・ローズ [®] 200		アンプ・ローズ [®] 200		アンプ・ローズ [®] 200		アンプ・ローズ [®] 200 アンプ・ローズ [®] 400	
給餌量(g)	62		55		61		99 70	
総給餌量(g)	62		55		61		169	

区分	生産回次 7・8		生産回次 9			
	手まき給餌		手まき給餌			
給餌期間(日齢)	22-41		31-48			
給餌時刻	8:30		8:30			
配合餌料種類	アンプ・ローズ [®] 200	アンプ・ローズ [®] 400	アンプ・ローズ [®] 200	アンプ・ローズ [®] 400	アンプ・ローズ [®] 600	アンプ・ローズ [®] 800
給餌量(g)	163	60	21	111	150	60
総給餌量(g)	223		342			

(2) 中間育成

表 7 に中間育成期のアルテミア給餌量、表 8 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、生物餌料としてアルテミアを使用した。配合餌料はアンプローズ 200、400、600、800(フィード・ワン株)、ヒラメ EP1、1.5、鱒 EP せせらぎ d2、d3、d4 (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ォン方式で掃除を行った。

表 7. 中間育成期のアルテミア給餌量

区分	生産回次	中間育成
	収容尾数(尾)	50,179
	強化剤	インディペ
給餌時刻	10:30	14:30
最小給餌量(万個体/日)	200	200
最大給餌量(万個体/日)	1,950	1,950
1日当りの給餌密度(個体/cc)	0.2-0.5	
給餌期間(飼育日数)	0-43	
総給餌量(億個体)	9.48	
強化剤使用量(g)	2,559	

表 8. 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)			50,179	
	自動給餌								
給餌時刻			06:00	09:00	12:00	15:00	18:00		
給餌期間(日数)	38-50	38-50	38-91	38-91	117-175	115-192	38-115	55-112	77-192
配合餌料種類	アゾプローズ 200	アゾプローズ 400	アゾプローズ 600	アゾプローズ 800	ヒラメ EP-1	ヒラメ EP-1.5	マス EP-2	マス EP-3	マス EP-4
給餌量(g)	450	1,190	4,620	11,354	22,030	36,685	39,495	30,870	9,160
総給餌量(g)	155,854								

3. 養殖技術の開発

(1) 効率的な養殖技術開発

作出した2019年産養殖用種苗を用いて、異なる養殖開始時期別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、2019年7月、9月、11月の3回に分け出荷した。これらの種苗は、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回とし毎日給餌した。給餌量は養殖開始から2020年1月末までは飽食給餌、2月からは魚体重当り1.3%の給餌量で給餌した。

昨年搾出した2018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、餌料は配合餌料ヒラメEP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。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。また、へい死魚は全てカウントし、生残率を算出した。2018年産については、増肉係数及び日間増重率を以下の式により求めた。

計算式

$$\text{増肉係数} = F / (W_1 - W_0)$$

$$\text{日間増重率(\%)} = ((W_1 - W_0) \times 100) / (((W_0 + W_1) / 2) \times d)$$

F = 給餌量

W₀ = 開始時の体重

W₁ = 終了時の体重

d = 日数

(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2019年産養殖用種苗を用いて、2019年9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-ヒラメEP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、2020年3月に分槽及び選別を行った。

昨年搾出した2018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、餌料は配合餌料ヒラメEP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。また、へい死魚は全てカウントし、生残率を算出した。2018年産については、増肉係数及び日間増重率を求めた。

4. 実用化に向けた技術開発（要約：下北ブランド研究所）

龍飛ヒラメ養殖生産組合にて養殖されているマツカワについて、水分、粗灰分、粗脂肪、粗タンパク質の一般成分、低温保管時の魚肉中の一般生菌数の変化、フィレを冷凍出荷する場合を想定し、冷凍方法や保管方法の違いによるドリップ量、破断強度等について試験した。

供試魚については、2019年9月19日、12月10日に龍飛ヒラメ養殖生産組合から活魚輸送した、2018年産養殖マツカワ29尾を下北ブランド研究所内で1夜安静蓄養した。翌日に全数の活マツカワの鰓付近と尾付近の脊柱を切断し、人工海水中で30分間放置し失血死させ、活締め脱血処理したものをを用いた。

(1) 鮮度保持試験

表9に養殖マツカワの凍結及び保管方法について示した。

活締め脱血処理後にフィレー加工し、その後、表9に示した試験区ごとの方法で、1試験区当たり5個体のフィレーを凍結及び保管した。解凍方法については、全試験区とも氷水中で解凍を行った。

表9. 養殖マツカワの凍結及び保管方法

試験区番号	凍結方法	保管方法
①	-25℃静止気流	-25℃3か月保管
②	-30℃アルコールブライン	-25℃3か月保管
③	-30℃アルコールブライン	-40℃3か月保管
④	-40℃エアブラスト	-40℃3か月保管

1) 解凍ドリップ

シャーレ（φ9cm 2cm厚）にろ紙 No.5C（Advantec）2枚とその上にろ紙 No.5Aを敷き、有眼側背肉の冷凍試料約5gを精秤し、蓋をして5℃下で24時間解凍後の試料重量を測定した。解凍ドリップは以下の式により求めた。なお、1試験区あたり5尾の平均値と標準偏差を求めた。

計算式

$$\text{解凍ドリップ(\%)} = (A - B) / A \times 100$$

A=有眼側背肉の冷凍試料重量

B=24時間解凍後の試料重量

2) 遠心ドリップ

海砂15gを詰めた50mL遠心チューブにろ紙 No.5Cを3重に敷き、24時間解凍後の試料を遠心分離（1,000×g、10min）した。遠心分離した試料を精秤した。遠心ドリップは以下の式により求めた。なお、1試験区あたり5尾の平均値と標準偏差を求めた。

計算式

$$\text{遠心ドリップ(\%)} = (B - C) / A \times 100$$

A=有眼側背肉の冷凍試料重量

B=24時間解凍後の試料重量

C=遠心分離後の試料重量

3) 破断強度

破断強度の測定にはレオメーター（FUDOH RHEO METER RT 2010D・D-CW）を使用した。円柱プランジャーは5mmを用い、試料台（破断応力用万能型）に無眼側背肉のフィレーを固定し、中心部に侵入速度6cm/minで破断強度を測った。なお、1試験区あたり5尾の平均値と標準偏差を求めた。

(2) 低温保管時の魚肉中の一般生菌数の変化

活締め脱血処理した養殖マツカワを、下氷した発泡スチロールごと設定温度5℃の冷蔵庫中で保管した冷水区、プラスチックトレーに入れ厚手のビニール袋でトレーごとくるみ、設定温度5℃の冷蔵庫中で保管した冷蔵区について4時間、24時間、48時間、72時間、120時間、168時間後に有眼側背肉中の一般生菌数について測定した。1試験区当り養殖マツカワ2尾を収容した。試験期間中の冷蔵庫の気温は概ね5℃前後、下氷した発泡スチロール中の気温は0.5℃を保持していた。

試料採取については、採取する部位の体表面を70%に希釈したエチルアルコールを含ませたキムワイプでよく拭き取った後、医療用メスで体表面ごと肉を切り出し、剥皮したのち普通肉5gを採取し、滅菌生理食塩水45mLと、ろ紙付きストマック袋に入れて120秒間ストマック処理を行い、上清を試料原液とした。試料原液は、滅菌生理食塩水で適宜希釈し、これを滅菌処理した標準寒天培地（日本製薬株式会社）を用い混釈平板とし、培養温度35℃で48時間培養後、各希釈段階につき3枚のプレートのコロニー数の平均値から、細菌数（CFU/g）を一般生菌数としてカウントした。

(3) 一般成分

活締め脱血処理した養殖マツカワを5枚おろしとし、皮と骨を除去した有眼側背肉5個体分をよく混和し、試料とした。下記の方法により一般成分を分析した。

水	分	= 常圧加熱乾燥法により105℃で加熱乾燥し定量した。
粗	灰	分 = 直接灰化法により550℃で灰化後、定量した。
粗	脂	肪 = 自動分析装置(2050 Soxtec Avanti(株)フォスジャパン)を用いて、ソックスレー・エーテル抽出法で定量した。
粗	タンパク質	= 自動分析装置(Kjeltec2300(株)フォスジャパン)を用いて、マクロ改良ケルダール法で、定量した全窒素量に換算係数6.25を乗じて算出した。

結 果

1. 親魚の養成技術開発

(1) 養成技術開発

表10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70尾に対し、人工授精に用いることができた親魚は雌10尾、雄16尾の計26尾であった。年齢別の採卵率は6-7歳魚で0.0%、5歳魚で100.0%、4歳魚で33.3%、3歳魚で12.5%、2歳魚で33.3%であった。採精率は2歳魚69.6%、他は0.0%と採精可能な親魚は全て2歳魚であった。2019年3月8日に1回目の採卵を行い、4月15日までに計11回の採卵を行った。1回の採卵で多いときで6尾、少ないときで2尾で、1尾当りの採卵回数は1-6回であった。

表 10. マツカワ親魚年齢別の採卵・採精尾数（率）

年齢 (年級)	養成親魚						合 計	採卵・採精親魚							
	7歳魚 (2012)	6歳 (2013)	5歳 (2014)	4歳 (2015)	3歳 (2016)	2歳 (2017)		年齢 (年級)	7歳魚 (2012)	6歳 (2013)	5歳 (2014)	4歳 (2015)	3歳 (2016)	2歳 (2017)	合 計
♀(尾)	0	2	1	3	16	18	40	♀(尾)	0	0	1	1	2	6	10
♂(尾)	1	0	1	2	3	23	30	♂(尾)	0	0	0	0	0	16	16
合 計	1	2	2	5	19	41	70	合 計	0	0	1	1	2	22	26
								採卵率	-	0.0%	100.0%	33.3%	12.5%	33.3%	25.0%
								採精率	0.0%	-	0.0%	0.0%	0.0%	69.6%	53.3%

※ 年齢は3月1日起算

(2) 人工授精

表 11 に人工授精結果、表 12 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。

11 回の採卵で計 5,253.5g、1,399 千粒の卵から、人工授精により 891.5 千粒の受精卵を得た。平均受精率は 65.3% であった。積算水温 70℃ 時点での平均生残卵率は 63.8%、509.4 千粒の生残卵を得た。生残卵 509.4 千粒から平均全長 5.9mm のふ化仔魚 202.1 千尾を得た。ふ化率は 39.6% であった。生産回次 2、3 で卵管理中にエアレーションの不備により、水カビ類に侵され死卵となったため、全卵廃棄した。また、生産回次 10、11 については、種苗が必要量に達したため、ふ化後に全数廃棄した。

採卵した雌親魚の個体別及び年齢別の人工授精結果は、複数回採卵を行った No. 2、4、5、6、8、9 の個体において 2 回目の採卵時の受精率が最も高く、1 回目と最終採卵時の受精率が低かった。No. 10 の個体は 4 回の採卵全て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。No. 1、7 の個体は 1 回目の採卵翌日にへい死が確認された。

搾出した卵の 1 粒当たりの卵径及び重量は、卵径 1.70-1.73mm で平均重量 0.00285g、卵径 1.75-1.76mm で平均重量 0.00357g、卵径 1.82-1.84mm で平均重量 0.00408g であった。

表 11. 人工授精結果

生産回次	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)	ふ化率(%)
1	2019/3/8	2:2	397.2	136.9	239.3	82.5	60.2	41.0	49.7	5.7	10.9	26.6
2	2019/3/21	2:2	276.5	95.3	182.5	62.9	66.0	管理中の不備により卵を途中、全廃棄。				
3	2019/3/18	1:2	219.3	54.8	193.4	48.3	88.2	管理中の不備により卵を途中、全廃棄。				
4	2019/3/25	2:2	236.7	81.6	136.0	46.8	57.5	28.7	61.3	5.7	13.6	47.4
5	2019/3/27	3:4	455.5	113.8	243.4	60.8	53.4	47.7	78.5	5.7	29.8	62.5
6	2019/3/29	4:4	683.2	170.8	558.1	139.5	81.7	114.8	82.3	5.7	51.1	44.5
7	2019/4/1	3:3	516.4	129.1	392.8	98.2	76.1	66.2	67.4	5.7	26.6	40.2
8	2019/4/2	2:2	447.3	111.8	270.6	67.6	60.5	39.6	58.6	5.8	19.8	50.0
9	2019/4/5	6:5	833.6	208.4	410.2	102.5	49.2	58.5	57.1	6.6	15.0	25.6
10	2019/4/10	4:5	849.4	212.3	506.3	126.5	59.6	82.5	65.2	6.4	13.2	16.0
11	2019/4/15	3:3	338.4	84.6	223.9	55.9	66.2	30.4	54.4	6.1	22.1	72.7
合計 (平均)			5253.5	1399.4	3356.5	891.5	(65.3)	509.4	(63.8)	(5.9)	202.1	(39.6)

表 12. 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	302543	2歳 (2017)	1	213.2	53.3	128.4	32.1	-	60.2	途中 へい死
2	303053	2歳 (2017)	4	547.5	136.9	323.9	81.0	39-83	59.2	
3	313858	2歳 (2017)	2	347.5	86.9	215.8	54.0	60-64	62.1	
4	314298	2歳 (2017)	4	533.4	133.4	304.4	76.1	43-81	57.1	
5	358856	2歳 (2017)	5	864.3	216.1	552.5	138.1	36-93	63.9	
6	357320	3歳 (2016)	4	365.8	91.5	251.6	62.9	37-89	68.8	
7	378000	3歳 (2016)	1	219.3	54.8	193.4	48.4	-	88.2	途中 へい死
8	359326	4歳 (2015)	5	1037.0	259.3	776.7	194.2	57-93	74.9	
9	394681	5歳 (2014)	6	1125.5	281.4	609.8	152.5	40-67	54.2	
10	358464	2歳魚 (2017)	4	996.5	249.1	229.8	57.4	20-26	22.9	全て 過熟卵

(3) 親魚の魚病診断法の確立 (要約: 内水面研究所)

図 3 にマツカワの VNN 抗体検査結果を示した。

中和試験の結果判定では、 -2Log 以上 (100 個のウイルス (100TCID₅₀)) を失活できた場合に有意の中和があった (抗体を持っている) とされている。今回の差は、 -1Log であったため、有意な差はなかった。そのため、試験に用いた天然マツカワにおいては VNN 抗体を持っていないことから、陰性であると判断した。

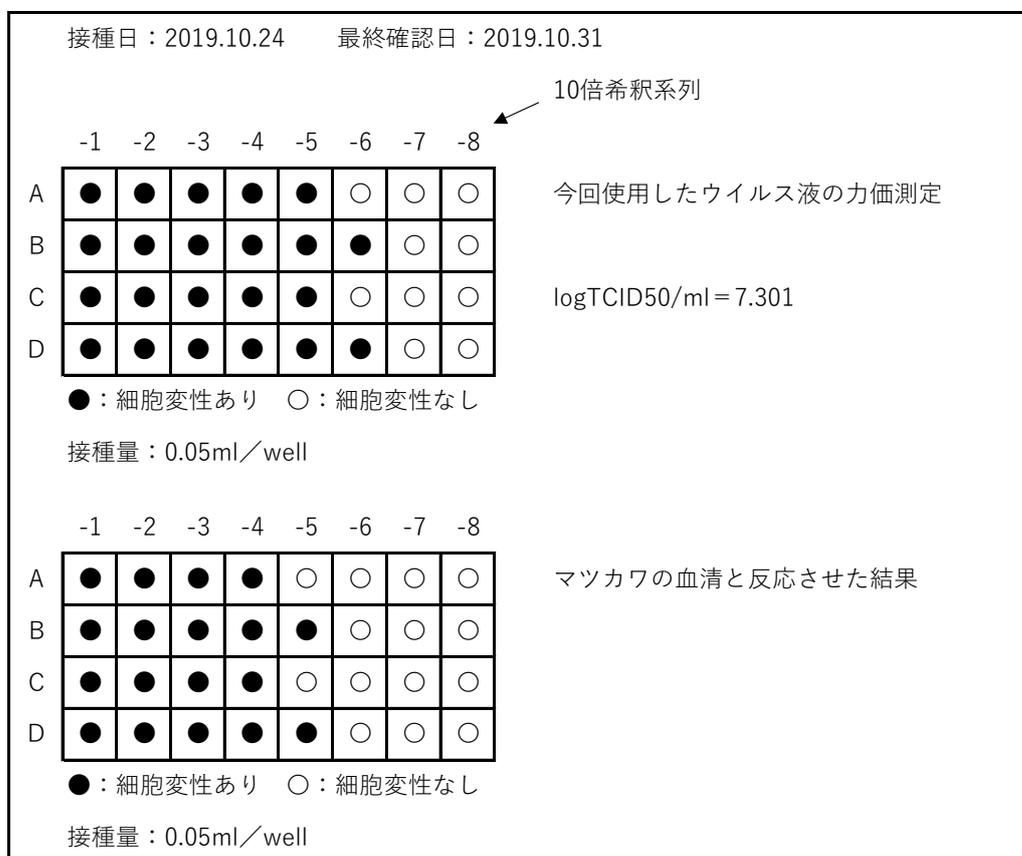


図 3. マツカワの VNN 抗体検査結果

2. 種苗生産技術の開発

(1) 量産化技術開発

表 13 に種苗生産結果について示した。

以下にワムシ強化剤の違いによる生産結果、ほっとけ飼育と従来飼育で比較検討した結果について示した。

1) インディペプラス

ふ化仔魚 71.0 千尾を用いて種苗生産を行ったところ、生産回次 1 で 53 日齢に取上げた結果、平均全長 14.8mm、3.7 千尾の稚魚が得られ、生残率は 33.9%であった。生産回次 4 では 36 日齢に取上げた結果、平均全長 16.1mm、9.8 千尾の稚魚が得られ、生残率は 71.5%であった。生産回次 7、8 では 41 日齢に取上げた結果、平均全長 17.2mm、11.9 千尾の稚魚が得られ、生残率は 25.6%であった。

2) プログロス・リッチパウダー

ふ化仔魚 15.0 千尾を用いて種苗生産を行ったところ、生産回次 9 で 48 日齢に取上げた結果、平均全長 15.3mm、7.3 千尾の稚魚が得られ、生残率は 48.7%であった。

3) ほっとけ飼育と従来飼育の比較検討

ふ化仔魚 51.1 千尾を用いてほっとけ飼育を行い、46 日齢に取上げた結果、平均全長 17.0mm、12.7 千尾の稚魚が得られ、生残率は 24.9%であった。ふ化仔魚 29.8 千尾を用いて従来飼育を行い、42 日齢に取上げた結果、平均全長 16.7mm、4.7 千尾の稚魚が得られ、生残率は 15.8%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。

表 13. 種苗生産結果

生産回次	ふ化仔魚の収容					取上げた稚魚				備考
	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 (%)	
1	2019/3/17	角型1.5t	5.75	10.9	インディペ	53	14.8	3.7	33.9	
4	2019/4/3	角型1t	5.74	13.7	インディペ	36	16.1	9.8	71.5	
5	2019/4/5	円型5t	5.74	29.8	HG生加	42	16.7	4.7	15.8	従来飼育
6	2019/4/7	円型5t	5.72	51.1	HG生加	46	17.0	12.7	24.9	ほっとけ飼育
7	2019/4/11	円型10t	5.87	26.6	インディペ	41	17.2	11.9	25.6	
8	2019/4/12		5.69	19.8	インディペ					
9	2019/4/13	角型1.5t	6.65	15.0	リッチパウダー	48	15.3	7.3	48.7	
合計 (平均)			(5.9)	166.9			(16.2)	50.1	(36.7)	

* ワムシ強化剤正式名称

リッチパウダー：プログロス・リッチパウダー 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

* 生産回次2、3は管理中の不備により卵を全廃棄。

生産回次10、11は種苗が必要数量に達したため、ふ化後に廃棄。

(2) 中間育成

表 14 に中間育成結果、表 15 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 16.2mm の稚魚 50.1 千尾を各水槽に収容し、中間育成した結果、生残率 81.4%で 40.8 千尾を生産した。

適正種苗の内訳は養殖用種苗 11.3 千尾、必要量に達したため養殖用に用いらなかった種苗 19.2 千尾の計 30.5 千尾と、適正種苗の作出率は 74.8%であった。養殖用種苗 11.3 千尾のうち、10.3 千尾を竜飛地区、

0.5千尾を小泊地区、0.5千尾を佐井地区に出荷した。異常個体の内訳は、小型個体が9.2千尾、有眼側の体色異常の白化個体が0.3千尾、眼位異常個体が0.8千尾の計10.3千尾、出現率25.2%と、昨年と同程度の出現率であった。割合についても昨年と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異なる養殖開始時期別の成長特性を把握するため、平均全長58.9mm、体重3.3gの種苗1.0千尾を2019年7月4日に、平均全長90.3mm、体重10.1g及び平均全長91.6mm、平均体重11.9gの種苗7.3千尾を同年8月27日、9月12日に、平均全長131.0mm、体重32.9gの種苗2.0千尾を同年11月7日に各々出荷した。

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90.0mm、体重14.4gの種苗0.5千尾を2019年9月6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101.0mm、平均体重14.8gの種苗0.5千尾を佐井地区の陸上施設へ出荷した。

表 14. 中間育成結果

中間育成開始				中間育成終了						
尾数 (千尾)	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} (%)	
	内訳	尾数 (千尾)	合計 (千尾)	作出率 (%)	内訳	尾数 (千尾)				出現率 (%)
50.1	養殖用種苗	11.3	30.5	74.8	小型個体	9.2	25.2	40.8	9.3	81.4
					体色異常	0.3				
	余り種苗	19.2	眼位異常	0.8						

*1 異常個体：養殖には不向きな小型個体、有眼側が白色化する体色異常個体、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。

*2 生残率：異常個体も含んでの生残率。

表 15. 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)
2019年7月4日	55	7月養殖開始 の成長特性	竜飛地区	58.9	3.3	1.0
2019年8月27日	109	9月養殖開始 の成長特性	竜飛地区	90.3	10.1	3.3
2019年9月12日	125			91.6	11.9	4.0
2019年11月7日	181	11月養殖開始 の成長特性	竜飛地区	131.0	32.9	2.0
2019年9月6日	119	水温変化の大きい 条件での成長特性	小泊地区	90.0	14.4	0.5
2019年10月2日	145	他地域における 成長特性	佐井地区	101.0	14.8	0.5

3. 養殖技術の開発

(1) 効率的な養殖技術開発

1) 2019年産

2019年産の竜飛地区における養殖開始別の2020年2月末までの平均全長及び体重は、7月開始魚で全長

277.6mm、体重 382.0g、9月開始魚で全長 234.5mm、体重 223.7g、11月開始魚で全長 206.2mm、体重 142.6gであった。2018年産の同時期における平均体重を比較すると、7月開始魚で 107.4%、9月開始魚で 74.2%、11月開始魚で 77.7%と、7月開始魚以外は 2018年産と比べ成長は劣っていた。

2) 2018年産

図 4 に竜飛地区における養殖開始別の平均全長の推移、図 5 に竜飛地区における養殖開始別の平均体重の推移、図 6 に竜飛地区における養殖開始別の増肉係数の推移、図 7 に竜飛地区におけるへい死魚の推移を示した。

竜飛地区における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 2か月間、9月開始魚で 1年 1か月間、11月開始魚で 1年間を擁した。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 351.0mm、平均体重 813.0g、9月開始魚で平均全長 353.4g、平均体重 847.9g、11月開始魚で平均全長 373.2mm、平均体重 809.8g であった。各月開始魚とも低水温期、高水温期(図 14)にやや成長停滞が見れていたが、概ね右肩上がりの成長をしていた。養殖開始別の増肉係数の推移については、成長停滞が見られた低高水温期に高くなる傾向であったが、平均の増肉係数は 7月魚で 1.3、9月魚で 1.3、11月魚で 1.1 であった。なお、平均値はスミノフ=グラブス検定によって外れ値を除外した値である。外れ値となった原因としては魚体測定時のサンプリングミスによる増重量の過小評価が考えられた。また、へい死魚は飼育水槽からの飛出しによるへい死が 86尾、小型魚の飢餓(大型魚による攻撃で両目損失)によるへい死が 12尾、不明が 39尾の計 137尾で、生残率は 98.4%であった。

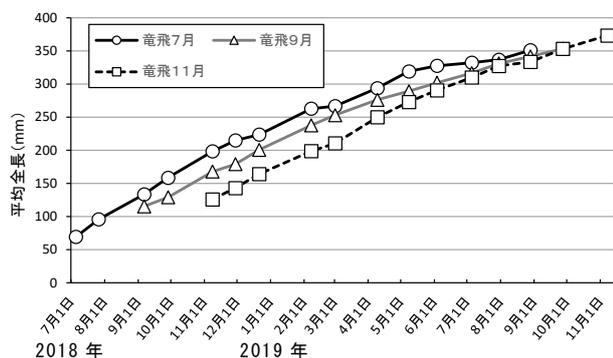


図 4. 竜飛地区における養殖開始別の平均全長の推移(2018年産)

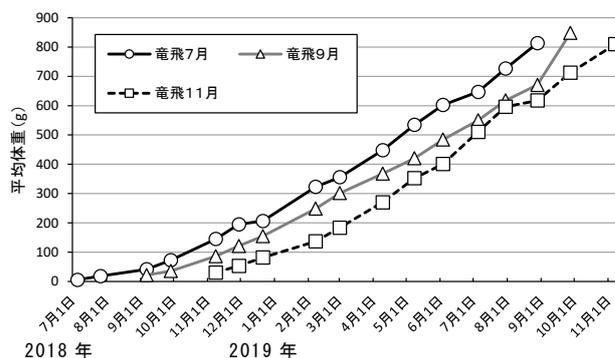


図 5. 竜飛地区における養殖開始別の平均体重の推移(2018年産)

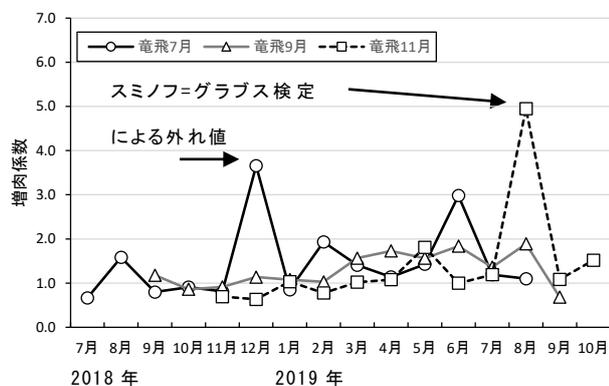


図 6. 竜飛地区における養殖開始別の増肉係数の推移(2018年産)

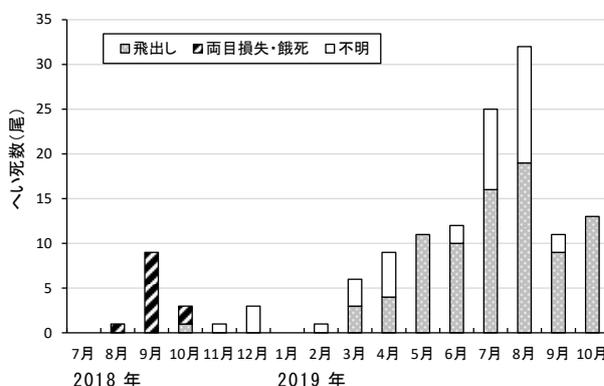


図 7. 竜飛地区におけるへい死魚の推移(2018年産)

(2) 水温変化の大きい条件での成長特性の把握

1) 2019 年産

2019 年産の小泊地区における 2020 年 2 月末までの平均全長は 198.8mm、平均体重は 187.6g であった。2018 年産の同時期における平均体重を比較すると、177.3%と成長は良い結果であった。

2) 2018 年産

図 8 に小泊地区における平均全長の推移、図 9 に小泊地区における平均体重の推移、図 10 に両地区の平均体重の比較、図 11 に両地区の日間増重率の比較を示した。

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 1 年で平均全長 363.5mm、平均体重 847.7g と、出荷目標サイズ 800g となった。同時期に養殖試験を開始した竜飛地区の 11 月開始魚と比べると、水温が低下する 1-3 月（図 14）の日間増重率は低く成長停滞が見られ平均体重は低く推移したが、4 月以降の日間増重率は上回っていたために、11 月開始魚と同様に 1 年で体重 800g 以上となったものと考えられた。

増肉係数の推移については、成長停滞が見られた低高水温期に高くなる傾向であったが、平均の増肉係数は 1.8 であった。なお、平均値はスミノフ=グラフス検定によって外れ値を除外した値である。外れ値となった原因としては魚体測定時のサンプリングミスによる増重量の過小評価が考えられた。また、へい死魚は 7 月に 1 尾、8 月に 91 尾、9 月に 3 尾の計 95 尾で、生残率は 81.0%であった。

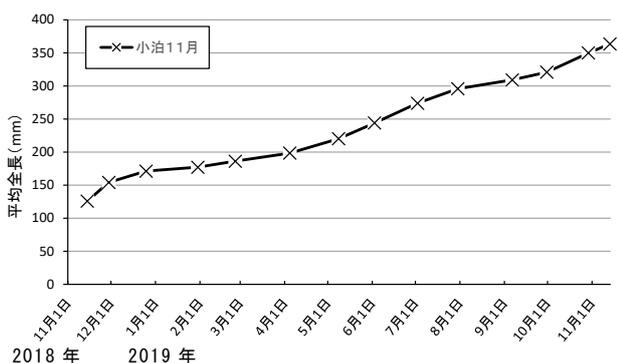


図 8. 小泊地区における平均全長の推移 (2018 年産)

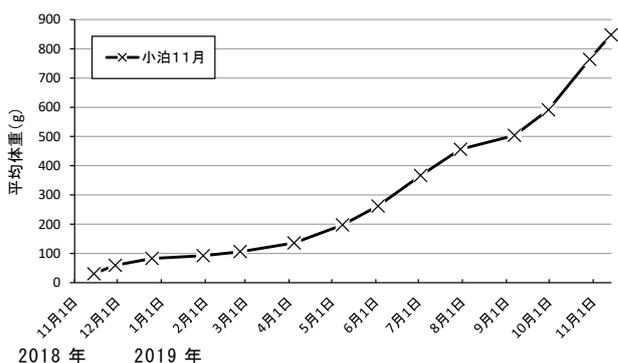


図 9. 小泊地区における平均体重の推移 (2018 年産)

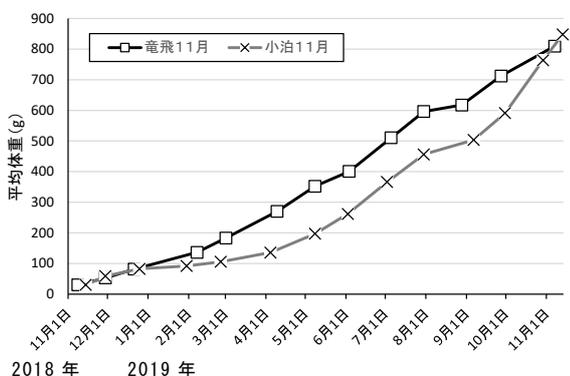


図 10. 両地区の平均体重の比較 (2018 年産)

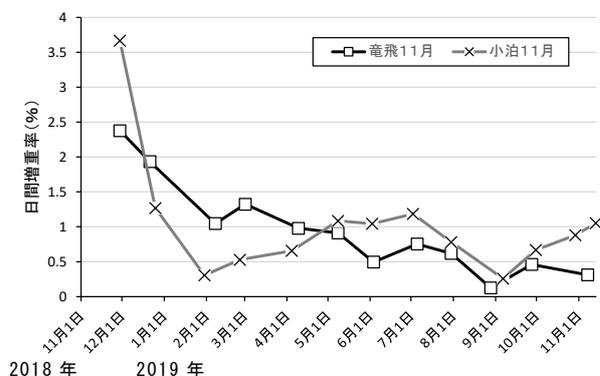


図 11. 両地区の日間増重率の比較 (2018 年産)

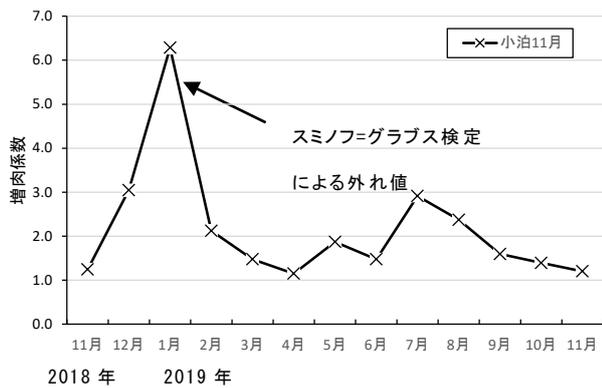


図 12. 小泊地区における増肉係数の推移

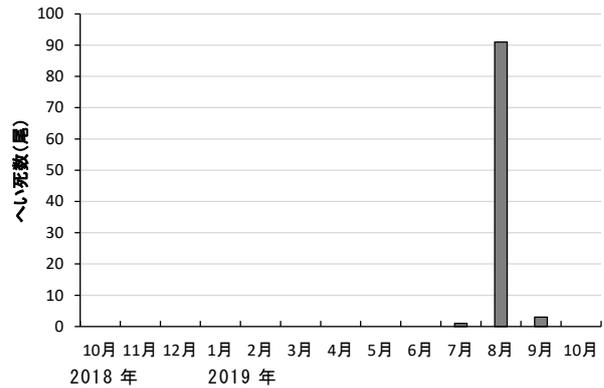


図 13. 小泊地区におけるへい死魚の推移



図 14. 両地区の月平均水温の推移

4. 実用化に向けた技術開発（要約：下北ブランド研究所）

(1) 鮮度保持試験

1) 解凍ドリップ

図 15 に各冷凍条件によるドリップ結果を示した。

各手法で凍結及び3か月保管したのちに遠心ドリップを測定した結果に対し、2試験区間で有意水準5%で片側t検定を行ったところ、各試験区間で差は小さく、平均値で最も差のあった①-25℃静止気流凍結、-25℃3か月保管と、③-30℃アルコールブライン凍結、-40℃保管の間でも $p=0.058$ で有意差はみられず、今回のマツカワの凍結・保管条件では解凍ドリップには殆ど影響を与えないと考えられた。

2) 遠心ドリップ

図 15 に各冷凍条件によるドリップ結果を示した。

各手法で凍結及び3か月保管したのちに遠心ドリップを測定した結果に対し、有意水準5%で片側t検定を行ったところ、①-25℃静止気流凍結、-25℃3か月保管と、④-40℃エアブラスト凍結、-40℃3か月保管の間で $p=0.029$ で最も有意差がみられ、①と②-30℃アルコールブライン凍結、-25℃3か月保管で $p=0.041$ で若干の有意差がみられた。今回比較した4通りの凍結及び保管方法の中では一番低温で凍結し保管する方法でドリップが少なかったことから、遠心ドリップの抑制には、より低い温度での凍結及び保管が有効であると考えられた。

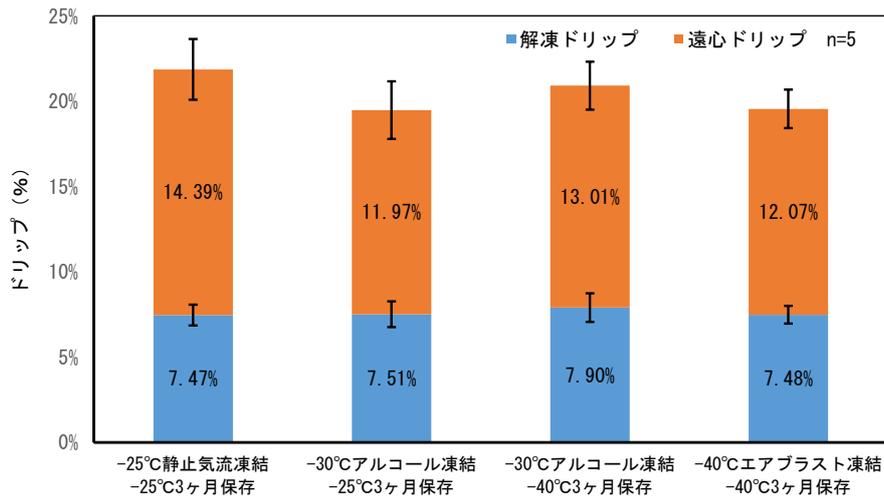


図 15. 各冷凍条件によるドリップ結果

3) 破断強度

図 16 に各冷凍条件による破断強度結果を示した。

破断強度の平均値で見ると凍結及び保管温度が低いと破断強度が大きくなるように見えるが、得られた結果に対し 2 試験区間で有意水準 5% で片側 t 検定を行ったところ、最も差のあった②-30°C アルコールブライン凍結と、④-40°C エアブラスト凍結、-40°C 3 か月保管の間でも $p=0.062$ と有意差はみられなかった。これは、④で凍結及び保管した場合、破断強度にばらつきがみられたためと考えられた。

破断強度は物体を破断する際に必要な力を g 単位で表したもので「歯ごたえがある」といった表現を具体的な数値で示すために用いられ、一般に鮮度の低下とともに破断強度は小さくなる^{3) 4)} 回比較した 4 通りの凍結及び保管方法では温度が低いほうが、平均値では破断強度が大きく、歯ごたえがある傾向にあるが、個別にみるとばらつきが多いと考えられた。

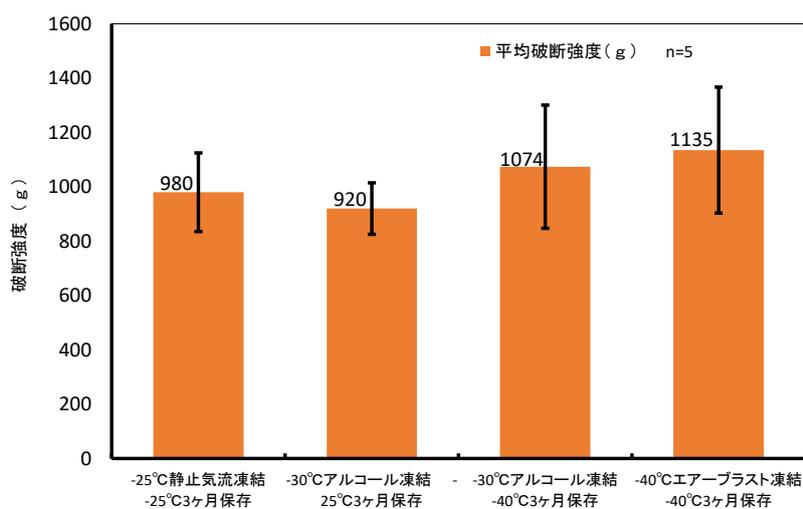


図 16. 各冷凍条件による破断強度結果

(2) 低温保管中の魚肉中の一般生菌数の変化

図 17 に保管温度による一般生菌数の経時変化を示した。

氷冷区では 7 日間で(168 時間)の一般生菌数は、検出限界未満で推移した。一方、冷蔵区では氷冷区と同様検出限界未満で推移した個体があった一方で、7 日経過時に 45,000 (CFU/g) まで増加した個体が確認された。今回の結果から、マツカワは保管温度が 0℃に近い氷冷下では、一般生菌数の増加が 1 週間は抑制できる可能性が示唆された。一方、冷蔵下では一般生菌数の増加がみられた個体があり、一般生菌数を抑制するにはより低い温度が必要であると考えられた。また、同じ冷蔵下で個体により一般生菌数の増加に差が見られたことから、ハンドリング等の何らかの理由により、一般生菌数の増加に個体差が生じたと考えられた。このため、鮮魚を処理し鮮度よく冷蔵保管する際は、ハンドリングにも留意する必要があると考えられた。

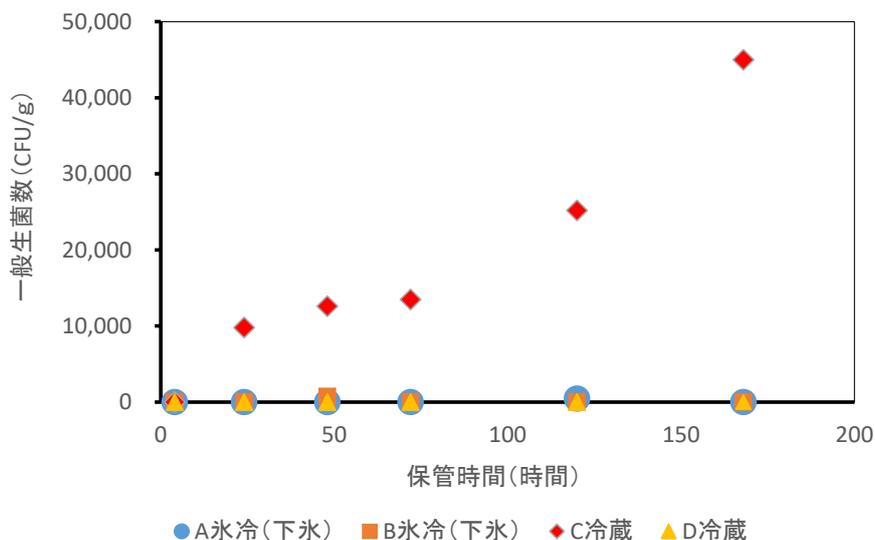


図 17. 保管温度による一般生菌数の経時変化

(3) 一般成分

表 16 にマツカワの一般成分分析結果を示した。

タンパク質の割合は殆ど差がなかったが、9月に比べて12月は水分がやや少なく脂質、灰分がやや多い結果であったが、顕著な差ではなかった。龍飛ヒラメ養殖生産組合では、海底トンネルから得られる湧水を飼育水に使用しており、自然海域よりも飼育水温の変動が小さく餌料も通年を通して一定のため、一般成分の変動も小さいと考えられた。

表 16. 養殖マツカワの一般成分結果

	水分(%)	タンパク質(%)	脂質(%)	灰分(%)
9月	74.1	23.1	1.4	1.4
12月	72.9	23.7	2.2	2.2

考 察

1. 親魚の養成技術開発

人工授精については、受精率 80%まで向上させるため、配合飼料と併用し冷凍イカナゴを給餌することで、受精率は昨年の 40.5%から 65.3%まで向上させることができた。しかしながら依然として目標としている 80%には到達していない。今回の試験結果から個体、年齢等に関らず、全採卵で採卵数は 30-45 千粒と大きな差は見られなかったが、2 回目の採卵において平均受精率が 76.9%高いことが分かった。また、排卵周期から外れて採卵を行うと、過熟卵となり受精率は 20%台まで低下することが分かった。このことは過熟卵が正常卵に接触することで受精能力が急速に低下すると報告⁵⁾されており、報告と同様に過熟卵が影響し、受精率が低下したものと考えられた。このことから、受精率 80%まで向上させるためには、適正な排卵周期を見極め、受精率が高い 2 回目の採卵を重点的に行う必要がある。採卵回数を減らすことができれば親魚に与えるストレスも軽減することが可能となり、より良質な卵を得ることができると考えられる。イカナゴ（生餌）を用いることで受精率向上を図ることができたが、生餌は VNN を始めとする魚病発生の危険性があることから、今後生餌の使用を取りやめることとした。そのため、魚病発生の危険性がなく、DHA 強化を行える強化剤を検討する必要がある。

昨年、授精方法としてマツカワでは一般的な湿導法と、マコガレイで実施している乾導法を行い、乾導法で高い受精率を示したが、1 回のみ結果であったことから、本試験では両授精方法を複数回行いその平均受精率を求め比較検討した。湿導法で平均 63.6%（Min：36.4%、Max：93.8%）、乾導法で平均 55.7%（Min：39.2%、Max：62.0%）と大きな差は見られなかったため、今後は湿導法のみで授精を行うこととした。

今回の試験結果からマツカワ親魚を生かしたまま、VNN 抗体の有無を確認することが可能となったことで、親魚候補のスクリーニングが行えるようになった。また、現在保有している親魚は全て人工魚であり、今後近親交配が進むことで遺伝的偏りが懸念されるが、ウイルスフリーの天然魚を親魚として用いることができることで、遺伝的多様性を持たせることが可能となった。

2. 種苗生産技術の開発

マツカワ初期生産期におけるワムシに適した強化剤を模索するため、リッチパウダー、インディペの 2 種類を用いて生産を行った。昨年、リッチパウダーを使用した区で大量へい死が発生し、生産を中止することとなったが、本試験では強化量を約 30%増やしたところ、大量へい死を起こすことなく生残率が 48.7%まで向上した。インディペを使用した区では昨年に引き続き比較的高い生残率であった。インディペはアミ類を主原料としており、海産魚類にとって必須脂肪酸である DHA、EPA の他、アスタキサンチンを含む強化剤である。天然下の仔魚はアスタキサンチンを多く含むコペポダ類を多く摂餌していることと、これまでの結果から種苗生産下においてもアスタキサンチンの強化は必要であると考えられた。一方、リッチパウダーは微細藻類を主原料としており、DHA、EPA のみの強化剤であるが、コスト面ではインディペと比べ優れており、今回の結果では生残率も向上していた。今後、生残率とコストの両面を考慮し、継続して強化剤の試験を行う必要がある。

3. 養殖技術の開発

竜飛地区においては、種苗搬入から約 1 年の飼育で出荷目標サイズである 800g になることを確認できたことから、短期飼育で出荷が可能であると考えられた。また、養殖開始時期別の結果から養殖現場へ種苗搬入時期の調整を行うことができ、需要に見合った計画的な生産体制を構築することが可能となった。また、安価なマス用配合飼料を用いてもヒラメ用配合飼料と同等な成長特性であったことから、更なるコス

ト低減が期待された。

小泊地区においては、竜飛地区と同様に約1年の飼育で出荷目標サイズである800gになることを確認できたことから、特殊な飼育環境である竜飛地区以外でのマツカワ養殖の可能性が示唆された。

両地区とも2018年産の1回のみ結果であるため、引き続き2019年産を用いて養殖試験を実施して、養殖コストを算出し効率的な養殖方法を確立していく必要がある。

4. 実用化に向けた技術開発（要約：下北ブランド研究所）

養殖マツカワをアルコール凍結など急速冷凍することで加工品（冷凍刺身）として流通できることが分かった。適正処理後に0℃に近い氷冷下の保管をすることで、生食可能な5日間の一般生菌数は検出限界以下であったため、熟成刺身などでも提供することが可能であることが分かった。また、一般成分の結果から、養殖魚の強みである一定品質であることのエビデンスを一部ではあるが得ることができた。

文 献

- 1) 鈴木亮・吉田雅範（2018）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，平成28年度，433-435.
- 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) 畑江敬子（1995）魚介類の鮮度判定と品質保持．水産学シリーズ106（渡辺悦生編）恒星社厚生閣，東京，20-31.
- 4) 小関聡美・北上誠一・加藤 登・新井健一（2003）東海大学紀要海洋学部魚介類の死後硬直と鮮度（K値）の変化．第4巻第2号，44.
- 5) 萱場隆昭・杉本卓・足立伸次・山内皓平（2003）マツカワの卵質劣化に及ぼす残留過熟卵の影響．日水誌，69（3），414-416.