

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

平成 28 年度マツカワの養殖種苗生産技術開発事業で得られた知見¹⁾を基に、養成技術開発及び人工授精を行った。

(1) 養成技術開発

1-5 歳魚の人工マツカワ親魚 48 尾を、平成 29 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、平成 29 年 12 月から平成 30 年 4 月は成熟促進及び人工授精のため当研究所に移動し、10 t 円型コンクリート水槽 2 面で養成飼育した。

当研究所へ移動後は雌雄判別を行い、雌雄を分けて水槽へ収容した。北海道においては、超音波断層撮影装置を用いて雌雄の生殖腺形態の違いによる雌雄判別²⁾を行っているが、今回は正確性では劣るものの無眼側の体色差を利用し、雌雄判別を行った。無眼側の体色が白色であれば雌、黄色であれば雄とした(図 1)。雌雄や年齢など個体識別するために、親魚全数に長さ 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。

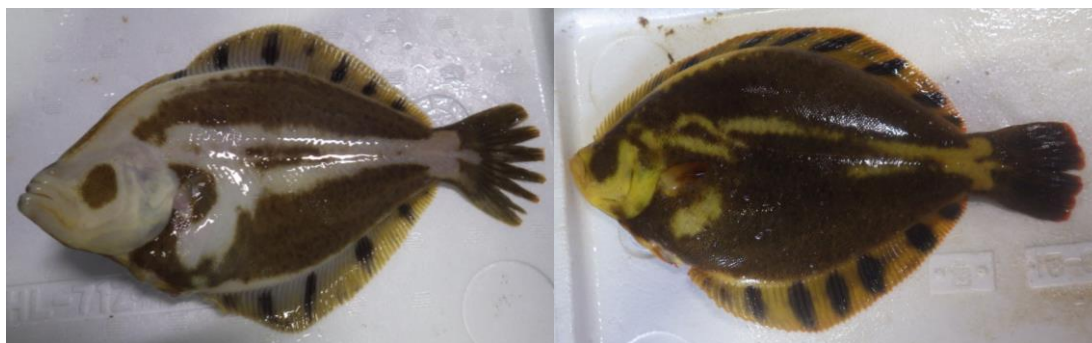


図 1. マツカワ親魚の雌雄 (左: 雌 右: 雄)

餌料について給餌量は 1.5-2.5kg、給餌頻度は 1 日 2 回を 2 日置きとし、5-11 月は配合餌料ヒラメ EP10 (フィード・ワン株)、12-2 月は冷凍イカナゴを給餌した。人工授精を行う 3-4 月上旬までの約 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平成 30 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。

¹ 内水面研究所、² 下北ブランド研究所、³ 龍飛ヒラメ養殖生産組合、⁴ 小泊漁業協同組合

(2) 人工授精

平成 30 年 3 月 2 日から 4 月 11 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 1 μ L 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 1 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。

人工授精について、1-9 回目の人工授精は湿導法、10 回目は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。1-4 回目及び 10 回目の授精後は直接 1t アルテミアふ化槽へ収容した。5-9 回目の授精後は 101% 海水 30L を入れたパンライト水槽に一度収容し、マダイ種苗生産で用いられている受精卵分離³⁾を行った。マツカワ卵はマダイ卵と同様に分離浮遊卵のため、受精卵が水面に浮くことを利用し受精卵のみを回収し、1t アルテミアふ化槽へ収容した。乾導法はマコガレイ種苗生産⁴⁾で用いている方法で行い、湿導法と同様に受精卵分離後、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 10 基で、10 $^{\circ}$ C 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 $^{\circ}$ C 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 1. 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

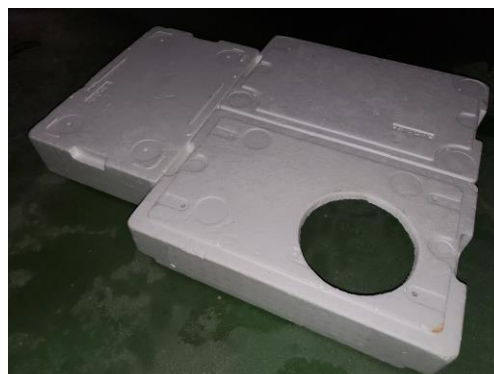


図 2. 採卵・採精台

(3) 親魚の魚病診断法の確立 (要約: 内水面研究所)

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) 抗体の有無を確認する方法について、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にて研修を受けた。

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 5t 円型 FRP 水槽 1 基、1t 円型パンライト水槽 4 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。配合餌料はオトヒメ B2 (日清丸紅飼料株)、アンブローズ 200・400 (フィード・ワン株) を使用した。

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

表 2-1. 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	午前給餌	午後給餌
強化水温(℃)	14	14	20	20
一次強化時刻	16:00	16:00	10:30	10:30
一次強化量	表1-2参照		表1-2参照	
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	30
給餌時刻	翌9:00	翌13:00	翌10:30	翌14:30
強化剤(生産回次)	プログロス・リッチパウダー (1・2) スーパー生クロレラV12 (3・4) インディペプラス (5-9)		インディペプラス (3-9)	

表 2-2. 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	リッチパウダー		強化剤	SV12		強化剤	インディペ		強化剤	インディペ	
必要量 (千万個体)	培養水量 (L)	強化量 (g)	必要量 (千万個体)	培養水量 (L)	強化量 (ml)	必要量 (千万個体)	培養水量 (L)	強化量 (g)	必要量 (万個体)	培養水量 (L)	強化量 (g)
1.0-2.0	100	10	1.0-2.0	100	25	1.0-2.0	100	15	>1500	100	20
2.0-3.0	100	15	2.0-3.0	100	40	2.0-3.0	100	20	1500-2000	200	30
3.0-4.0	200	20	3.0-4.0	200	55	3.0-4.0	200	30	2000-2500	200	40
4.0-5.0	200	30	4.0-5.0	200	70	4.0-5.0	200	50	2500-3000	300	50
5.0-6.0	200	50	5.0-6.0	200	85	5.0-6.0	200	55	3000-3500	300	60
									3500-4000	400	70
									4000-4500	500	80
									4500-5000	500	90

* 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 SV12: スーパー生クロレラV12 インディペ: インディペプラス

① ワムシ

表 3 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 2-1 および表 2-2 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、2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（株）ユーエスシー：以下、リッチパウダー）、生産回次3、4で高度不飽和脂肪酸を強化した濃縮淡水クロレラ、スーパー生クロレラV12（クロレラ工業株：以下、SV12）、生産回次5-9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ラス（サイエンティック株：以下、インディペ）を使用した。

② アルテミア

表4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2-1および表2-2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。強化剤は当研究所において同じ異体類であるマコガレイ種苗生産で使用している⁴⁾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5に種苗生産期の配合餌料給餌量を示した。

28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3. 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	1,200	収容尾数	400	収容尾数	4,800	収容尾数	2,450
	強化剤	リッチパウダー	強化剤	リッチパウダー	強化剤	SV12	強化剤	SV12
給餌時刻	8:30	13:00	8:30	13:00	8:30	13:00	8:30	13:00
最大給餌量(万個体/日)	100	100	100	100	200	200	100	100
最小給餌量(万個体/日)	200	200	100	100	750	750	350	350
給餌期間(日齢)	8-16		9-14		8-42		5-42	
総給餌量(億個体)	0.26		0.12		3.07		1.84	
強化剤使用量	26g		12g		460ml		276ml	

区分	生産回次 5		生産回次 6		生産回次 7		生産回次 9	
	収容尾数	4,200	収容尾数	4,280	収容尾数	3,930	収容尾数	13,540
	強化剤	インディペ	強化剤	インディペ	強化剤	インディペ	強化剤	インディペ
給餌時刻	8:30	13:00	8:30	13:00	8:30	13:00	8:30	13:00
最大給餌量(万個体/日)	50	50	50	50	50	50	200	200
最小給餌量(万個体/日)	400	400	200	200	100	100	1,800	1,800
給餌期間(日齢)	5-40		8-36		8-32		6-34	
総給餌量(億個体)	1.94		1.10		0.45		3.66	
強化剤使用量	213g		211g		250g		403g	

* 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 SV12：スーパー生クロレラV12 インディペ：インディペラス

表4. 種苗生産期のアルテミア給餌量

区分	生産回次 3		生産回次 4		生産回次 5		生産回次 6		生産回次 7		生産回次 9	
	収容尾数(尾)	4,800	収容尾数(尾)	2,450	収容尾数(尾)	4,200	収容尾数(尾)	4,280	収容尾数(尾)	3,930	収容尾数(尾)	13,540
	強化剤	インディペ	強化剤	インディペ	強化剤	インディペ	強化剤	インディペ	強化剤	インディペ	強化剤	インディペ
給餌時刻	10:30	14:30	10:30	14:30	10:30	14:30	10:30	14:30	10:30	14:30	10:30	14:30
最大給餌量(万個体/日)	50	50	50	50	50	50	200	200	50	50	50	50
最小給餌量(万個体/日)	600	600	300	300	250	250	200	200	100	100	500	500
給餌期間(日齢)	31-49		30-46		28-42		34-46		30-41		24-40	
総給餌量(万個体)	4,910		4,900		3,650		5,200		1,500		8,200	
強化剤使用量(g)	133		132		99		140		41		221	

* 強化剤正式名称 インディペ：インディペラス

表 5. 種苗生産期の配合餌料給餌量

区分	生産回次 3		生産回次 4		生産回次 5		生産回次 6		生産回次 7	
	手まき給餌		手まき給餌		手まき給餌		手まき給餌		手まき給餌	
配合餌料種類	オトメB2	アンプローズ 600	オトメB2	アンプローズ 600	オトメB2	アンプローズ 600	オトメB2	アンプローズ 600	オトメB2	アンプローズ 600
給餌時刻	8:30		8:30		8:30		8:30		8:30	
最大給餌量 (g/日)	2	-	0.5	7	2	3	3	3	1.5	1
最小給餌量 (g/日)	1	-	1	8.5	4	7	5	5	10	7
種類別槽総給餌量 (g)	12	-	5	16	6	10	25	12	31	13
給餌期間 (日齢)	18-49		30-46		41-42		38-46		34-41	
総給餌量 (g)	12		21		16		37		44	

(2) 中間育成

表 6 に中間育成期のアルテミア給餌量、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 1 面、20t 円型コンクリート水槽 1 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 400、600、800 (フィード・ワン株)、ノヴァ EP0、1 (日清丸紅飼料株)、ヒラメ EP1、1.5、2、3、4 (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。また、配合餌料を餌と認識するまで手まき給餌、80%以上の個体で摂餌確認した時点で自動給餌に切替え 4~6 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 6. 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)	24,719
	強化剤	インディベ
給餌時刻	10:30	14:30
最大給餌量(万個体/日)	400	400
最小給餌量(万個体/日)	2,300	2,300
給餌期間(飼育日数)	0-57	
総給餌量(億個体)	15.28	
強化剤使用量(g)	4,126	

* 強化剤正式名称 インディベ：インディベプラス

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) 24,719												
	手まき給餌		手まき給餌		自動給餌												
給餌時刻	08:30	13:00	16:00		05:00	08:00	11:00	14:00	17:00								
給餌期間(日数)	0-13	0-37	0-37	25-37	38-50	38-50	38-91	117-175	115-192	38-115	55-112	77-192	77-192	98-192			
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 600	アンプローズ 800	アンプローズ 400	アンプローズ 600	アンプローズ 800	ノヴァ EP-0	ノヴァ EP-1	ヒラメ EP-1	ヒラメ EP-1.5	ヒラメ EP-2	ヒラメ EP-3	ヒラメ EP-4			
給餌量(g)	88	1,878	1,782	852	650	8,820	10,640	6,900	14,650	16,250	20,950	55,050	58,900	47,500			
総給餌量(g)	4,600				240,310												

3. 養殖技術の開発

(1) 効率的な養殖技術開発

作出した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、平成 30 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。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を行った。また、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。

(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、平成 30 年 11 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、毎日飽食給餌とした。給餌前に 1 回程度、飼育水の水温を計測した。また、成長に合わせ適宜分槽及び選別を行った。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。

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

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、活締め脱血、活締め脱血神経処理、脱血、無処理が養殖マツカワの鮮度に及ぼす影響について試験した。

① 供試魚

試験に使用した養殖マツカワは、平成 29 年産マツカワ 20 個体を使用した。各々の個体について全長の測定及び重量を秤量し、平均値と標準偏差を求めた（表 8）。

表 8. 試験に使用した養殖マツカワ

処理区分	No	体長(mm)	体重(g)
活締め脱血	1	276	645
〃	2	236	500
〃	3	268	552
〃	4	278	615
〃	5	263	595
活締め脱血神経抜き	6	272	538
〃	7	263	542
〃	8	268	528
〃	9	261	522
〃	10	264	544
脱血	11	275	543
〃	12	265	538
〃	13	255	418
〃	14	284	578
〃	15	273	535
野締め	16	260	490
〃	17	260	496
〃	18	281	608
〃	19	282	625
〃	20	279	631
平均		268.1	552.1
標準偏差		11.33	56.14

② 致死方法及び保存方法

試験区は、活締め脱血、活締め脱血神経抜き、脱血、未処理とした。

活締めは、養殖マツカワを水揚げ後に直ちに鰓蓋より包丁を入れ脊椎ごと延髄を切断した。脱血は鰓蓋より包丁を入れ片鰓を切断するとともに尾の付け根で脊椎を切断した後、海水中で約 30 分間放置し血液を放出させた。神経抜きは脊椎を切断した後に神経弓門内にワイヤーを入れ脊椎を掻き出した。各々の処理を行った後、下氷した発泡スチロールに入れて蓋をした。野締めは水揚げしたマツカワを直ちに下氷した発泡スチロールに入れ蓋をした。

③ 核酸関連物質の分析

核酸関連物質は高速液体クロマトグラフィー（HPLC）法により測定した。マツカワを水揚げした後に 0、3、6、12、24、48、72、96、120、168、198（198 時間は活締め脱血、活締め脱血神経処理のみ）時間毎にマツカワ魚体背部から普通肉 1.0g を採取し、直ちに氷冷した過塩素酸溶液 9.2ml を加えてスパチュラによりすり潰した後、ポリトロンホモジナイザーで 20,000rpm×2 でホモジナイズし、2,000rpm で 10min 遠心分離し、得られた上澄みを水酸化カリウム溶液で pH6.4 に調整し、ろ紙（No. 5C、Advantec）でろ過した後、

25ml に定容して測定用試料とした。

核酸関連物質の総量に対するイノシン酸 (HxR) 及びヒポキサンチン (Hx) の和の百分率を K 値とした。また、核酸関連物質の総量に対する ATP 量割合 (%) 及び IMP 量割合 (%) も下記により算出した。

核酸関連物質の計算式

$$K \text{ 値} (\%) = (HxR + Hx) \div (ATP + ADP + AMP + IMP + HxR + Hx) \times 100$$

$$ATP (\%) = ATP \div (ATP + ADP + AMP + IMP + HxR + Hx) \times 100$$

$$IMP (\%) = IMP \div (ATP + ADP + AMP + IMP + HxR + Hx) \times 100$$

結 果

1. 親魚の養成技術開発

(1) 養成技術開発

表 9 に養成親魚尾数と採卵・採精尾数の結果について示した。

養成親魚 48 尾に対し、人工授精に用いることができた親魚は雌 9 尾、雄 11 尾の計 20 尾であった。年齢別の採卵・採精率は、5 歳魚で 0.0%、4 歳魚で 10.0%、3 歳魚で 31.6%、2 歳魚で 77.8%、1 歳魚で 100.0% と、高齢魚ほど低い結果となった。平成 30 年 3 月 1 日に 1 回目の採卵を行い、4 月 11 日までに計 10 回の採卵を行った。1 回の採卵で多いときで 5 尾、少ないときで 2 尾で、1 尾当りの採卵回数は 4-5 回であった。

表 9. 養成親魚尾数と採卵・採精尾数の結果

年齢 (年級)	養成親魚					合 計	年齢 (年級)	採卵・採精親魚					合 計
	5歳魚 (H24)	4歳 (H25)	3歳 (H26)	2歳 (H27)	1歳 (H28)			5歳魚 (H24)	4歳 (H25)	3歳 (H26)	2歳 (H27)	1歳 (H28)	
♀(尾)	4	6	11	4	3	28	♀(尾)	0	0	3	3	3	9
♂(尾)	0	4	8	5	3	20	♂(尾)	0	1	3	4	3	11
合 計	4	10	19	9	6	48	合 計	0	1	6	7	6	20
							採卵・採精率	0.0%	10.0%	31.6%	77.8%	100.0%	41.7%

(2) 人工授精

表 10-1 に人工授精結果 (まとめ)、表 11-2 に人工授精結果 (詳細) について示した。

10 回の採卵で計 5,255.1g、127.8 千粒の卵から、平均生残卵率 40.5% で 37.7 千粒の生残卵を得た。生残卵 37.7 粒から平均全長 5.7mm のふ化仔魚 34.9 千尾を得た。ふ化率は 92.4% であった。また、マツカワの授精卵は積算水温 80°C からふ化が始まり、90°C を超えると全ての受精卵から仔魚がふ化した。

採卵 5 回目以降から受精卵分離を取入れたことにより、受精卵数及び受精率を算出した。湿導法による人工授精で得られた受精卵は 29.5 千粒で受精率 49.2%、生残卵は 16.0 千粒で生残卵率 54.2% であった。乾導法によって得られた受精卵は 15.3 千粒で受精率 82.2%、生残卵は 13.8 千粒で生残卵率は 90.2% と、乾導法による人工授精の受精率及び生残卵率とも高い結果であった。また、ふ化率についても乾導法で 97.8% と、湿導法の 90.0% と比べ高い結果であった。

表 10-1. 人工授精結果（まとめ）

生産 回次	人工授精～卵管理										ふ 化			
	授精日 (採卵日)	人工授精 方法	採卵数(千粒)		平均受精率 (%)	受精卵数(千粒)		水温 (°C)	生残卵数(千粒)		ふ化尾数(千尾)		平均全長 (mm)	平均ふ化率 (%)
			平均	総数		平均	総数		平均	総数	平均	総数		
1-4*1	H30.3.1 ~3.12	湿導法	12.3	49.2	-	-	-	9.0-10.3	1.9	7.9	1.7	7.0	5.6	88.2
5-9	H30.3.15 ~4.3	湿導法	12.0	60.0	49.2	5.9	29.5	9.7-10.5	3.2	16.0	2.8	14.4	5.7	90.0
10	H30.4.11	乾導法	-	18.6	82.2	-	15.3	9.8-10.4	-	13.8	13.5	13.5	5.8	97.8

表 10-2. 人工授精結果（詳細）

人工授精 回数	授精日 (採卵日)	人工授精 方法	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(%)	尾数(千尾)	ふ化率(%)
1	H30.3.1	湿導法	2:2	196.7	4.7	-	-	-	1.4	29.2	1.2	85.7
2	H30.3.5	湿導法	2:6	236.4	5.7	-	-	-	0.4	7.5	0.4	90.9
3	H30.3.8	湿導法	4:6	740.5	18.1	-	-	-	5.4	29.9	4.8	88.9
4	H30.3.12	湿導法	5:4	849.9	20.7	-	-	-	0.7	3.5	0.6	85.7
5	H30.3.15	湿導法	4:3	509.5	12.4	224.1	5.4	44.0	1.6	29.6	1.4	87.5
6	H30.3.19	湿導法	5:5	628.5	15.3	316.7	7.7	50.4	4.6	59.7	4.2	91.3
7	H30.3.23	湿導法	4:5	472.1	11.5	283.7	6.9	60.1	4.7	68.1	4.2	89.4
8	H30.3.28	湿導法	5:6	546.6	13.3	247.0	6.0	45.2	4.3	71.7	3.9	90.7
9	H30.4.3	湿導法	3:4	311.4	7.5	143.2	3.5	46.0	0.8	22.9	0.7	87.5
10	H30.4.11	乾導法	3:3	763.5	18.6	627.5	15.3	82.2	13.8	90.2	13.5	97.8

(3) 親魚の魚病診断法の確立（要約：内水面研究所）

マツカワの血液に含まれる抗体の有無を確認する検査手順は以下のとおりである。

VNN 検査手順

- 1 検査用細胞の培養
 - 1-1 VNN ウイルスに感受性のある SSN-1 細胞を L-15 培地で増殖培養
 - 1-2 96well プレートに分注し、20°C で約 24 時間培養（検査用細胞）
- 2 採血及び希釈血清調製
 - 2-1 注射器でマツカワガレイ尾部から血液 0.5~1.0ml を採取
 - 2-2 採取した血液を 4°C で一晩静置
 - 2-3 3,500rpm、10 分間遠心分離
 - 2-4 上清を採取
 - 2-5 Hanks 平衡塩溶液で 40 倍希釈（希釈血清）
- 3 中和反応及び細胞接種、中和判定、感染認定
 - 3-1 検査用とは別に培養した SSN-1 細胞で VNN ウイルスを増殖
 - 3-2 培地を遠心分離し、SSN-1 細胞を除去（ウイルス液）
 - 3-3 希釈血清にウイルス液を加え、20°C で 1 時間反応（中和反応液）
 - 3-4 検査用細胞に中和反応液を接種し、20°C で 1 週間程度、培養
 - 3-5 検査用細胞の細胞変性効果（CPE）を確認し、中和判定実施
 - 3-6 希釈血清の中和が認められた個体を、感染耐過魚とする

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。

以下にワムシ強化剤の違いによる生産結果について示した。

1) プログロス・リッチパウダー

ふ化仔魚 1.6 千尾を用いて種苗生産を行ったところ、生産回次 1 で 17 日齢、生産回次 2 で 15 日齢で全滅した。後日、へい死した仔魚の魚病検査を行ったが、結果は陰性で VNN 等の魚病は確認されなかった。へい死原因については、魚病検査結果は陰性で、前日まではワムシの摂餌を確認しており、異常遊泳も確認されなかった。また、水温等の環境変化も確認されていないため、原因特定に至らなかった。ワムシ強化剤 SV12 及びインディペを使用した他の生産回次では、同時期における大量へい死は確認されなかったため、リッチパウダーが少なからず大量へい死の原因であると考えられた。

2) スーパー生クロレラ V12

ふ化仔魚 6.8 千尾を用いて種苗生産を行ったところ、生産回次 3 で 49 日齢に取上げた結果、平均全長 17.3mm、3.8 千尾の稚魚が得られ、生残率は 79.2%であった。生産回次 4 では 46 日齢に取上げた結果、平均全長 16.9mm、1.4 千尾の稚魚が得られ、生残率は 70.0%であった。

3) インディペプラス

ふ化仔魚 25.8 千尾を用いて種苗生産を行ったところ、生産回次 5 で 42 日齢に取上げた結果、平均全長 15.8mm、3.8 千尾の稚魚が得られ、生残率は 90.5%であった。生産回次 6 では 46 日齢に取上げた結果、平均全長 17.3mm、3.6 千尾の稚魚が得られ、生残率は 85.7%であった。生産回次 7 では 41 日齢に取上げた結果、平均全長 13.7mm、1.2 千尾の稚魚が得られ、生残率は 30.8%であった。生産回次 9 では 42 日齢に取上げた結果、平均全長 12.5mm、12.1 千尾の稚魚が得られ、生残率は 89.6%であった。生産回次 8 については平均全長が 4.9mm と、他の生産回次より小型でふ化尾数も 0.7 千尾と少なかったため、種苗生産には用いず廃棄処分した。

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				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	H30.3.12	1t	5.7	1.2	リッチ [®] ウタ [®]	17	-	0.0	0.0	全滅
2	H30.3.14	1t	5.5	0.4	リッチ [®] ウタ [®]	15	-	0.0	0.0	全滅
3	H30.3.17	5t	5.6	4.8	SV12	49	17.3	3.8	79.2	
4	H30.3.22	1t	5.7	0.6	SV12	46	16.9	1.4	70.0	
	H30.3.27		6.5	1.4						
5	H30.3.28	1.5t	5.9	4.2	イン [®] イ [®]	42	15.8	3.8	90.5	
6	H30.4.3	1t	5.7	4.2	イン [®] イ [®]	46	17.3	3.6	85.7	
7	H30.4.5	1t	5.4	3.9	イン [®] イ [®]	41	13.7	1.2	30.8	
8	H30.4.11	1t	4.9	0.7	イン [®] イ [®]	0	-	0.0	0.0	廃棄
9	H30.4.20	1.5t	5.7	13.5	イン [®] イ [®]	42	12.5	12.1	89.6	
合計 (平均)			(5.7)	34.9			(15.6)	25.9	(49.5)	

* 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 SV12：スーパー生クロレラV12 インディペ：インディペプラス

(2) 中間育成

表 12 に中間育成結果について示した。

平成 30 年 5 月 4 日から種苗生産で得られた平均全長 15.6mm の稚魚 25.9 千尾を各水槽に収容し、中間育成した結果、15.1 千尾（生残率 58.3%）を生産した。そのうち養殖用種苗として 9.2 千尾を竜飛地区に 3 回、小泊地区に 1 回出荷した。養殖用種苗作出率は 35.5% であった。また、異常個体等の出現率は 22.5% で、その内訳は養殖に適さない小型個体が 5.0 千尾で全体の 84.7% と最も高い割合であった。次いで、眼位異常個体が 0.8 千尾で 13.6%、有眼側の体色異常の白化個体が 0.1 千尾で 1.7% であった。今回、異常個体等の中では割合は 13.6% と少なかったものの、眼位異常については他のヒラメやマコガレイ等の異体類と比べると高い割合であったと考えられた。出荷別の詳しい結果については、以下のとおり。

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、63 日間飼育し平均全長 69.3mm、体重 5.6g となった 0.9 千尾を平成 30 年 7 月 6 日に、124 日間飼育し平均全長 115.3mm、体重 21.6g となった 4.6 千尾を同年 9 月 5 日に、188 日間飼育し平均 125.9mm、体重 30.3g となった 3.2 千尾を同年 11 月 8 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、194 日間飼育し平均全長 125.9mm、体重 30.3g となった 0.5 千尾を平成 30 年 11 月 14 日に、小泊地区の陸上養殖施設へ出荷した。

表 12. 中間育成結果

中間育成			養殖用種苗の作出							異常個体等*		
開始日	平均全長 (mm)	尾数 (千尾)	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)	作出率 (%)	尾数 (千尾)	出現率 (%)
H30.5.4	15.6	25.9	H30.7.6	63	7月開始の成長特性	竜飛地区	69.3	5.6	0.9	35.5	5.9	39.1
			H30.9.5	124	9月開始の成長特性	竜飛地区	115.3	21.6	4.6			
			H30.11.8	188	11月開始の成長特性	竜飛地区	125.9	30.3	3.2			
			H30.11.14	194	水温変化の大きい条件での成長特性	小泊地区	125.9	30.3	0.5			

* 異常個体等：養殖には不向きな小型個体、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個体を含む。

3. 養殖技術の開発

図 3 に各試験の平均全長の推移、図 4 に各試験の平均体重の推移、図 5 に両地区の月平均水温の推移について示した。

平成 30 年 3 月末までの結果は、7 月開始魚は 8 か月後に平均全長 267mm、体重 356g と、350.4g 増重していた。9 月開始魚は 6 か月後に平均全長 253mm、体重 301g と、279.4g 増重していた。11 月開始魚は 4 か月後に平均全長 211mm、体重 183g と、152.7g 増重していた。また、水温変化が大きい条件で養殖試験を行っている小泊地区では 4 か月後に平均全長 186mm、体重 106g と、75.7g 増重していた。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、成長はやや遅れ気味であった。これは、水温が低下する 1 月以降の成長停滞が、原因であると考えられた。

青函トンネルの湧水を飼育水として使用している竜飛地区の月平均水温の推移については、最高水温は 8 月の 22.0℃、最低水温で 1 月の 13.2℃と、同時期のウオダス定地水温（竜飛）と比べ最高水温は低く、最低水温は高かった。また、日別水温では 8 月 22 日に最高水温 22.1℃、2 月 26 日に最低水温 12.5℃を記録した。

漁港内から汲み上げた海水を使用している小泊地区の月平均水温の推移については、最高水温は試験を開始した 11 月の 13.5℃、最低水温は 2 月の 5.8℃と、同時期の竜飛地区と比べると 1 月から 3 月の水温は 5℃以上低く、最低水温は 6.7℃も低かった。また、日別水温では 11 月 5 日に最高水温 15.0℃、2 月

15日に最低水温 2.5℃を記録した。

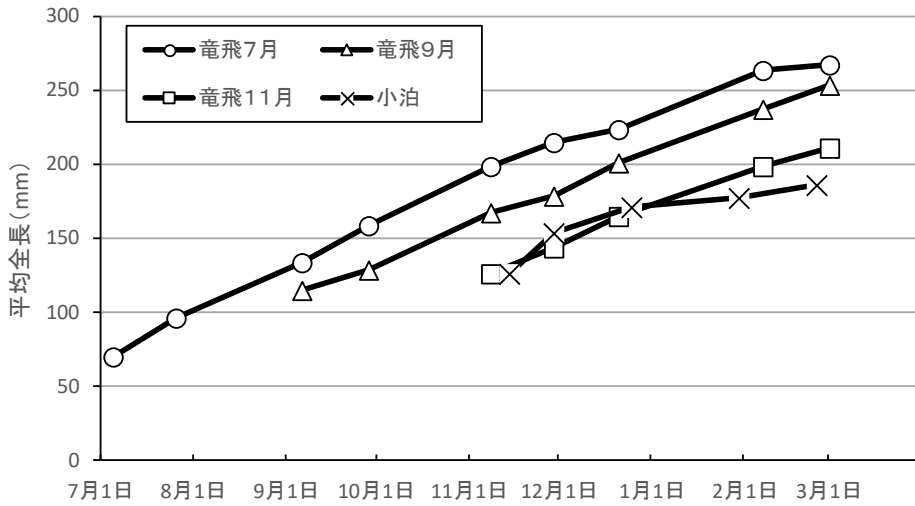


図 3. 各試験の平均全長の推移

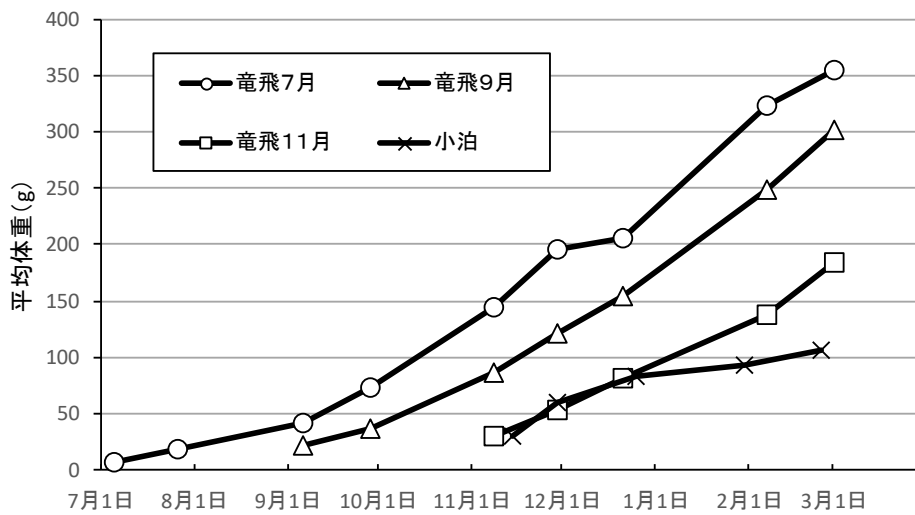


図 4. 各試験の平均体重の推移

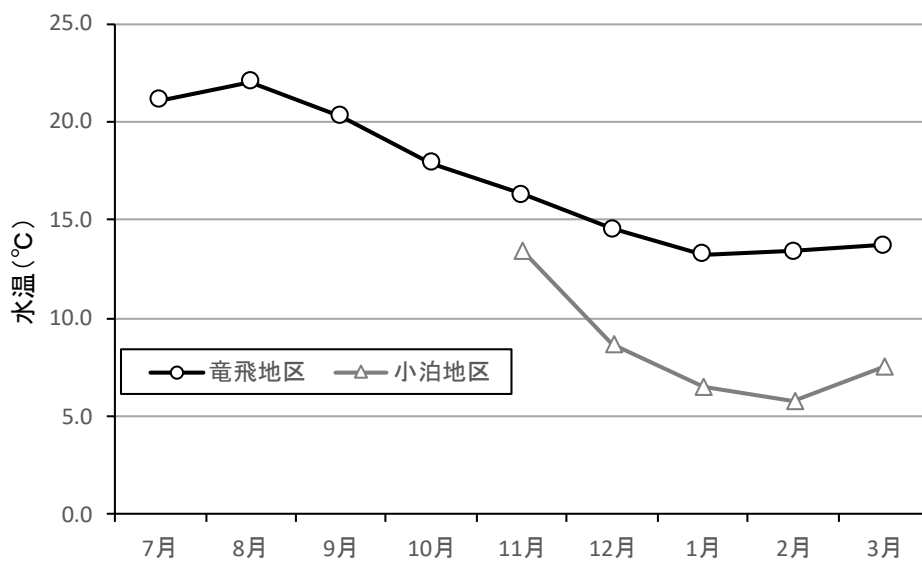


図 5. 両地区の月平均水温の推移

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) 養殖マツカワの K 値の経時変化

図 6 に養殖マツカワの K 値の経時変化を示した。

K 値は致死法にかかわらず、24 時間で 5%以下、48 時間で 10%以下、72 時間で 11%以下、96 時間で 10%以下、120 時間で 13%以下、168 時間で 20%以下（一部の個体で 20%超）、198 時間で 23%以下となった。氷冷区で K 値が比較的 low に抑えられたのは、ハンドリングによる魚体へのストレスが他区よりも抑えられたためと考えられた。また活締め脱血神経抜き区も K 値が低い傾向であった。本試験の致死法では養殖マツカワは氷冷条件下で致死後 120 時間（5 日間）は一般に生食に適する K 値の範囲 0-20%を保ったため、生食に適した鮮度が保たれると考えられた。ただし、食品衛生法に規程される生菌数の変化も併せて確認する必要がある、今後の課題となった。

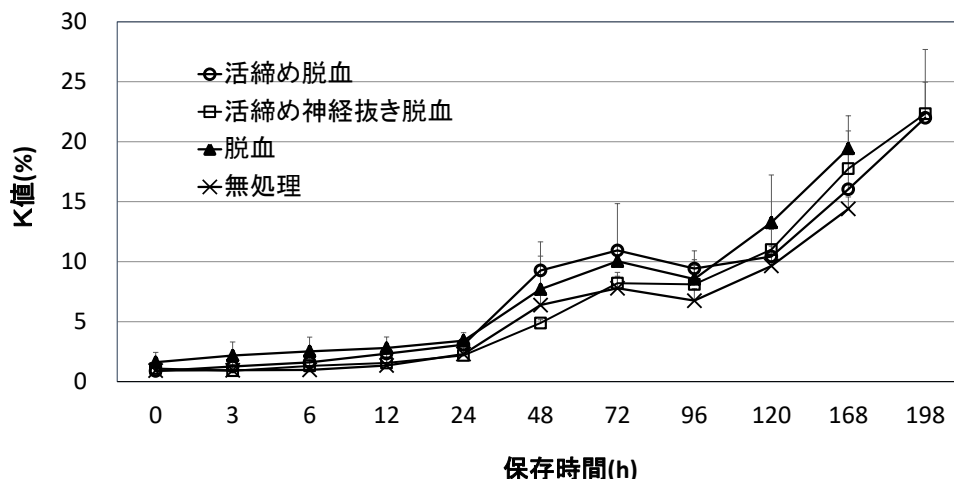


図 6. 養殖マツカワの K 値の経時変化 (n=5)

2) 養殖マツカワの ATP 量割合の経時変化

図 7 に核酸関連物質における ATP 量割合の経時変化を示した。

脱血区では処理直後の ATP の割合が最も小さく約 15%から保存時間とともに直線的に減少し 24 時間後にはほぼ消失した。脱血区では、処理直後も神経が生きており、鰓部を切断した後も海水中で生存し、苦悶が継続したため体内にある ATP が急激に消費されたためと考えられた。

活締め脱血区および活締め脱血神経抜き区は致死後 6 時間まで約 25%から一時的に ATP 量の割合が増えたが 3 時間および 6 時間経過後は直線的に減少し 48 時間後にはほぼ消失した。無処理区は、ATP 量の割合が約 32%と最も高かった。これはハンドリングによる魚体へのストレスが最も小さかったことが処理直後の ATP のレベルを高く保った要因と考えられた。いずれの試験区も処理 6 時間経過後は直線的に減少したが、活締め脱血区が最も高い割合を維持したまま減少し、24 時間後には活締め脱血区以外ほぼ ATP は消失した。

この結果から、魚の消耗を抑え鮮度を保持するためには、水揚げ後直ちに氷冷するか、脱血する場合は脊椎ごと延髄を切断・除去することで魚の活動を停止する処理が有効であると考えられた。

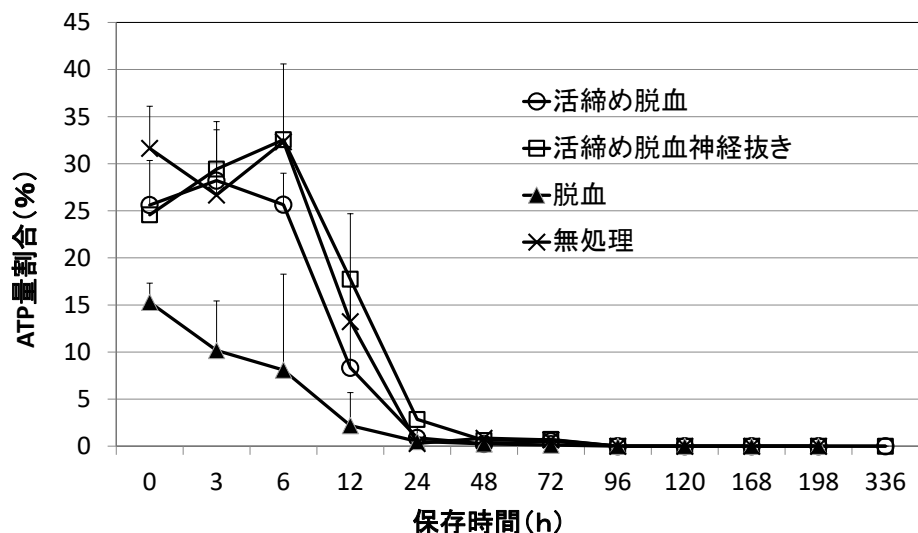


図 7. 養殖マツカワの ATP 量割合の経時変化 (n=5)

3) 養殖マツカワの IMP 量割合の経時変化

図 8 に養殖マツカワの IMP (イノシン酸) 量割合の経時変化を示した。

脱血区では処理直後は IMP 量の割合が約 58%で他区と比較して高位であり、24 時間まで徐々に増加し 88%に達した。これは、神経が生きていることによる処理後の生体活動や苦悶により ATP が消費され IMP までの反応が最も速やかに進行したのが原因と考えられた。

一方、無処理区は水揚げ後に直ちに暗所で下水したためハンドリングによるストレスが少なく処理直後の ATP が保たれた可能性が考えられた。活締め脱血区及び活締め脱血神経抜き区では処理直後はほぼ同じ IMP 量割合であったが 24 時間保存時間まで活締め脱血神経抜き区の IMP 量割合が最もゆるやかに増大した。48 時間経過後はいずれの区もほぼ同様な IMP 量割合となった。これは、いずれの処理法であっても魚体内で核酸関連物質の大部分が 1 日で IMP に代謝されたためと考えられた。その後 120 時間まで IMP 量の割合は高位で安定し推移したが、それ以降に徐々に減少がみられた。

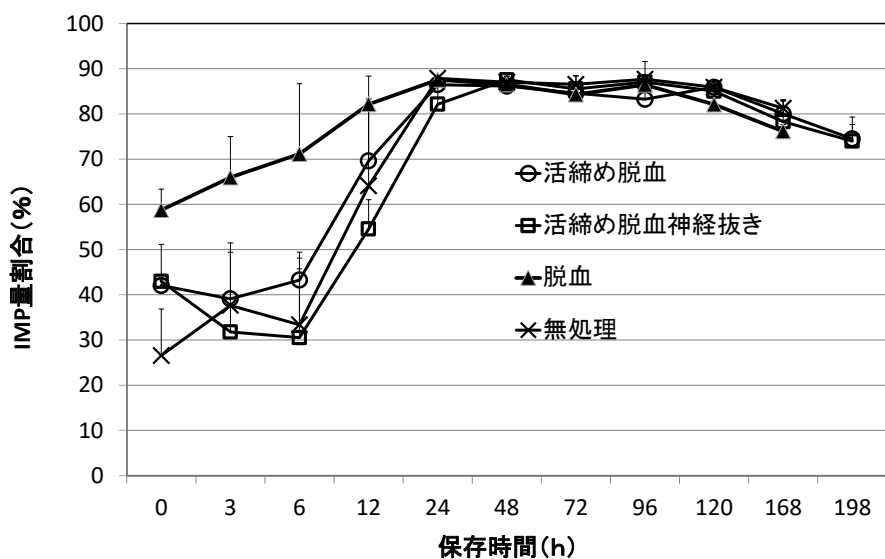


図 8. 養殖マツカワの IMP 量割合の経時変化 (n=5)

考 察

1. 親魚の養成技術開発

人工授精については、受精率は50%以下と低く個体によりバラつきがあった。今後、種苗を安定的に生産するために、受精率80%まで向上させる必要がある。知見として、DHAを多く含む卵は卵受精率が高くふ化後の生残が良いとされ、DHAは親から子(卵)に継代されると報告がある²⁾。このことから、受精率向上に強く作用しているとされるDHAを多く含む餌料である冷凍イカナゴを通年親魚に給餌する必要がある。5月から11月の龍飛ヒラメ養殖生産組合での養成期間においても、配合餌料だけでなく冷凍イカナゴも併用して給餌する必要がある。

親魚の魚病診断法を研修してきたことにより、マツカワを生かしたまま、VNNウイルス感染を確認することが可能となり、親魚候補のスクリーニングができるようになった。また、次年度において、平成29年2月15日に三沢市沖で漁獲し、当研究所で養成中の天然マツカワを使用し、研修で習得した魚病診断法を用いて魚病診断を実施する予定である。

2. 種苗生産技術の開発

今回、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、SV12、インディペの3種類を用いたが、リッチパウダーを使用した区では全滅した。SV12及びインディペを使用した区では比較的高い生残率であったため、この2種類が初期生産期における強化剤として適しているものと考えられた。しかし、インディペはワムシだけでなくアルテミアの強化剤としても適しているのに対し、SV12はアルテミアに使用できない。SV12は使用期限が短く多くが廃棄された。このことから、インディペは栄養面、コスト面からもマツカワ種苗生産に適した強化剤であると考えられた。しかしながら、今回1回だけの試験であるため、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

図9に平成30年産と平成29年産の平均体重の推移を示した。

平成30年産種苗と平成29年産種苗の養殖開始からの平均体重を比較したところ、平成30年産7月開始魚の成長は最も良く、9月開始魚及び11月開始魚は平成29年産と同等な成長であった。平成29年産種苗は約1年で体重0.8-1kgになっていたことから、同様の成長をしている平成30年産年産についても約1年で体重0.8-1kgになると考えられた。また、平成30年産は配合飼料をノヴァEPから、より安価なヒラメEPに変え給餌していたが、現時点では成長の遅延は確認されていないので、生産コスト低減の可能性が見えてきた。

小泊地区においては、12月末までは龍飛地区と同様の体重の推移であったが、1月以降に停滞が見られていた。マツカワは水温10℃を下回ると摂餌活動が低下し、8℃を切ると殆ど摂餌しなくなるとされている。小泊地区における1-3月の水温は6-7℃台であったことから、マツカワの摂餌活動が低下したために成長の停滞が見られたものと考えられた。

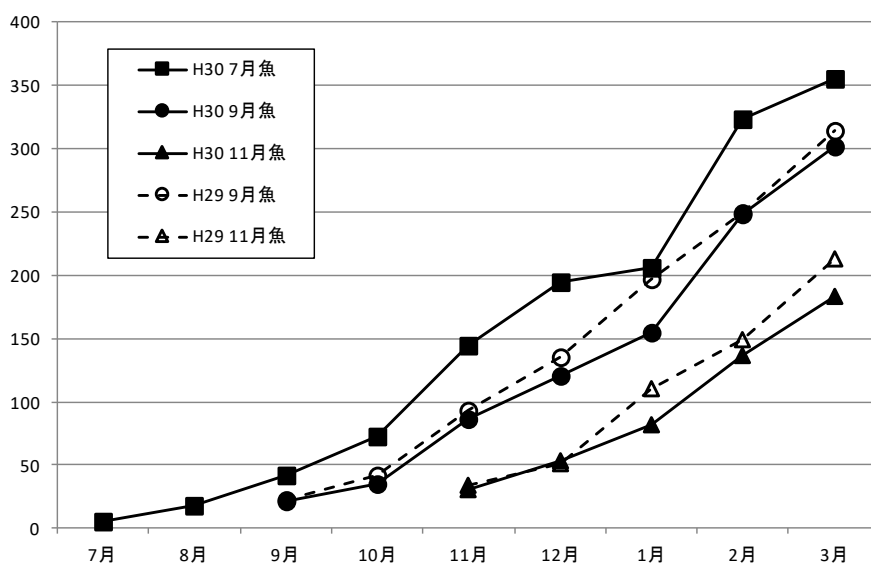


図9. 平成30年産と平成29年産の平均体重の推移

4. 実用化に向けた技術開発（要約：下北ブランド研究所）

今回の試験から、養殖マツカワの鮮度を保つ方法として水揚げ後直ちに氷冷するか、脱血する場合は併せて脊髄ごと延髄を切断して活動を停止することが有効であると考えられた。また、今回試験した処理法では、K値の変化から養殖マツカワを鮮魚で氷冷保存した場合、処理後5日間は生食可能な鮮度が維持できることがわかった。また、旨味成分であるIMP量の割合は処理後1日目に最大値に達し、その後5日間は高位に保たれたことから、この期間に食することでイノシン酸による旨味が期待できると考えられた。以上から核酸関連物質の面からは養殖マツカワは処理後1日から5日間は刺身はじめ生食に適していると考えられた。

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) 井上顕・宮城美加子・石垣新・真境名真弓（2001）マダイ種苗生産．沖縄県栽培漁業センター事業報告書，34-40.
- 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，平成29年度，420-427.