

(6) 若狭の鯖養殖研究

児玉 敦也・前田 英章

1 目的

福井県では、へしこや浜焼きサバ等、伝統的なサバ食文化が根ざし、特に嶺南では「鯖街道」を通じて京都等に供給するなど歴史的な食文化の素材として非常に重要な魚種であり、福井県を代表する誘客素材の一つとして位置づけられる。近年、天然サバの漁獲が低迷する一方で、食文化の歴史的背景をもとに需要は高まっており、良質なサバの安定供給が強く求められていることから、養殖による計画的な生産が必要である。

現在、小浜市において養殖が進められているが、種苗の確保、成長、魚病対策等、多くの課題があることから、養殖によるサバの安定供給を目指し、種苗から養殖生産まで一貫した技術開発を行う。

2 方法

1) 早期採卵および早期種苗生産試験（安定した採卵技術開発）

(1) 早期採卵試験

早期採卵を行うため親魚に加温処理と長日処理を行って飼育を行い、採卵試験を実施した。親魚は当センターで生産した1歳魚と2歳魚をそれぞれ20尾ずつ使用した。飼育開始時の平均体重は1歳魚が397g、2歳魚が616gであった。親魚はコンクリート製水槽1面（有効水量11kL）に收容し、腹鰭を切断することで標識を行い、1歳魚と2歳魚の識別を行った。給餌は原則週3回行い、冷凍オキアミを飽食するまで給餌した。飼育海水はろ過海水をかけ流しで使用し、換水率は2.5-3.0回転/日とした。飼育水温は飼育開始日である1月20日から1日0.5℃ずつ昇温して14℃で1月27日から3月4日まで飼育を行った。3月5日から1日0.5℃ずつ昇温して16℃で3月8日から試験終了まで飼育を行った(図1)。飼育期間中は6:00-20:00の間照明を点灯させて長日処理を行った。

採卵は2回実施し、1回目は3月30日、2回目は4月13日に行った。1回目は自然採卵のみを行い、2回目は自然採卵と人工採卵を併用して行った。自然採卵および人工採卵ともに動物用胎盤性性腺刺激ホルモン（以下、hCGと略記）を使用して産卵の誘発を行った。自然採卵については昨年度と同様の手順で行った。人工採卵ではhCG注射から35時間後に人工授精を実施した。

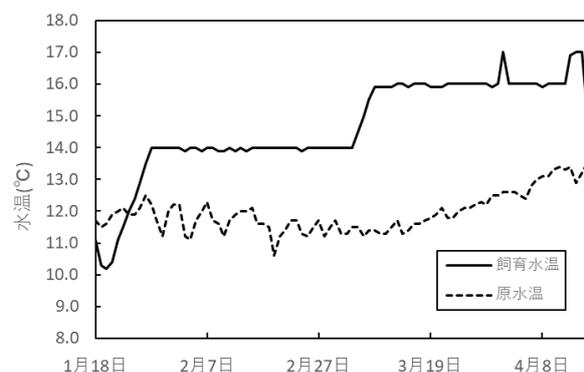


図1 早期採卵試験時の水温の変動

(2) 早期種苗生産試験

早期採卵試験で得られた卵を使用して種苗生産試験を実施した。1回目採卵分についてはふ化尾数が少なかったため生産は実施しなかった。2回目採卵分については浮上卵計7.5万粒を11t水槽3面に收容して飼育を行った。水温20℃で飼育を開始し、15日齢から0.5℃ずつ水温を低下させて18日齢で加温を停止した。仔稚魚の成長に伴い、S型シオミズツボムシ（以下、S型ワム

シ)、アルテミア、冷凍コペポーダおよび配合飼料を給餌した。S型ワムシはスーパー生クロレラ V12(クロレラ工業製)で栄養強化して給餌した。アルテミアは28℃で24時間かけてふ化させて、ハイパーグロス(マリンテック)もしくはスーパーマリングロス(マリンテック社製)で5時間栄養強化したものを給餌した。配合飼料はアンブローズ 100-d1.5(フィードワン製)を使用した。各餌料の給餌期間は表のとおりとなった。13日齢までは24時間電照を行った。電照中は1時間もしくは2時間おきに連続給餌を行った。飼育期間中の水温は15.8~21.7℃であった。

表1 種苗生産時の餌料の給餌期間

	ふ化日	給餌期間(日齢)			
		ワムシ	アルテミア	冷凍コペポーダ	配合飼料
早期生産	4月18日	1-10	4-20	11-20	10-
通常期生産	5月25日	1-10	8-21	22-25	10-

2) 通常期採卵および通常期種苗生産試験(安定した採卵技術開発)

5月20日に2-3歳親魚と1歳親魚に動物用胎盤性性腺刺激ホルモンを背筋部に打注(打注量:500 unit/kg)した。打注後、飼育水槽に戻し自然産卵させ、産出された卵はhCG投与の2日後の朝(約40時間後)、採卵ネットから回収した。回収した浮上卵を用いて種苗生産を実施した。浮上卵は、ゴースネットに収容して約24時間卵管理後、浮上卵と沈下卵に再度分離した。この浮上卵を飼育水槽に収容し種苗生産を行った。5月24日に、15 kL飼育水槽1槽(水量11 kL)に5.5万粒、4 kL飼育水槽1槽(水量3 kL)3.4万粒の浮上卵をそれぞれ収容し、種苗生産を実施した。飼育については早期種苗生産試験と同様に行った。各餌料の給餌期間は表1のとおりとした。飼育期間中の水温は18.0~23.8℃であった。

3) 養殖試験

早期生産種苗と通常時期生産種苗を海面にて飼育を行い、それぞれの成長について比較を行った。早期生産種苗は6月1日に44日齢で5137尾を沖だしして飼育を開始した。通常期種苗は7月6日に41日齢で5746尾を沖だしした。飼育期間中の水温は図のとおりであった。測定は11月までは毎月実施し、それ以降は2カ月に1度実施した。測定項目は尾叉長、体重および肝臓重量として、毎回20尾ずつを使用した。

4) 高水温期生理変化試験(高低水温期の養殖管理技術)

高水温下での生理状態を把握するため、加温して飼育し、サバの血液性状の変化を調べた。

FRP水槽(水量3 kL)2水槽にマサバ1歳魚を各12個体ずつ収容して試験に用いた。飼育水はろ過海水を3回転/日で使用した。1面は対照区として原水温のまま飼育を行った。もう1面は加温区としてチタンヒーターによる加温を行った。加温は2日かけて29℃まで行い、その後3日間飼育を行った(図2)。飼育期間中は給餌を行わなかった。飼育時の水温は図の通りとなった。飼育後、ヘパリン処理したシリンジを用いて各試験区5尾ずつ採血を行った。採血した血液の一部を使用してマイクロヘマトクリット法でヘマトクリット値(Ht値)

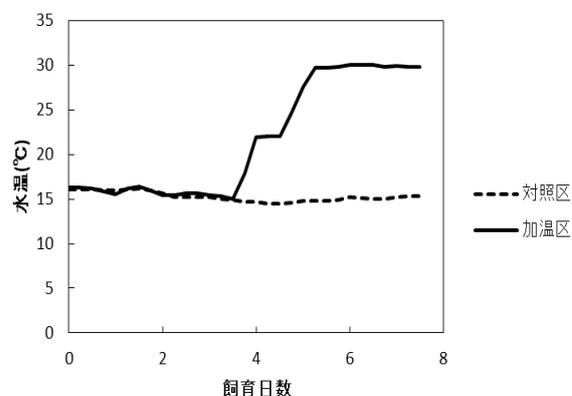


図2 高水温試験時の水温の変動

を測定した。残りの血液から 3000G で 5 分間遠心をおこない、血漿を採取した。この血漿を用いてグルコース濃度、総コレステロール濃度および GOT・GPT 活性の測定を行った。グルコース濃度は実験動物用血糖値測定器（フォラケア・ジャパン、SUGL-001）を使用して測定した。コレステロールはコレステロール E-テストワコー（富士フィルム和光純薬）、GOT・GPT 活性はトランスアミナーゼ C-II テストワコー（富士フィルム和光純薬）をそれぞれ使用して測定した。

5) 低水温期飼育試験（高低水温期の養殖管理技術）

(1) 消化管内容物の滞留時間の測定

低水温時の消化速度を把握するため、消化管内容物の滞留時間の測定をおこなった。測定方法は、飼育中のマサバに市販のマダイ用配合飼料（日本農産 まだい華華 4 号）を飽食量与えたのち、経時的に 5 個体ずつサンプリングを行った。サンプリングした個体は体重を測定し、消化管内容物を採取した。消化管内容物は乾燥重量を測定した。5 個体すべてで消化管内に固形物がみられなくなった時点でサンプリングを終了した。測定は水温の異なる時期に 2 回、11 月 1-2 日（水温 21.6℃）と 2 月 7-11 日（水温 10.1-10.7℃）に実施した。

(2) 成長を改善するための飼料試験

低水温期は摂餌量の減少から成長の停滞が問題となっていたため、その改善を目的として飼育試験を実施した。対照区はマダイ用 EP 飼料（日本農産、表示脂肪量 9%以上）を給餌した。高脂肪区はシマアジ用 EP 飼料（表示脂肪量 13%以上）、加水区は対照区と同じ EP 飼料に重量比 1:1 で淡水を加水したものを給餌した。すべての試験区で原則週に 4-5 回飽食量まで給餌を行った。飼育は、長方形の FRP 水槽（4 kL）を使用して、水量 2 kL でろ過海水でかけ流しで水量は 5 回転/日とした。飼育は 41 日間行い、飼育開始前と終了後に体重の測定を行った。

3 結果および考察

1) 早期採卵および早期種苗生産試験（安定した採卵技術開発）

(1) 早期採卵試験

早期採卵の結果を表 2 に示した。1 回次採卵は自然採卵で行い、総卵数 81 千粒で浮上率 32%、ふ化率 16%であった。1 回次採卵分はふ化率が低く種苗生産は実施しなかった。2 回次では、人工授精で採卵した 1 歳魚で浮上率 42%であったが、2 歳魚では浮上率 8%と大きく低かった。自然採卵では総卵数 91 千粒、浮上率 30%、ふ化率 98%であった。

表 2 早期採卵結果

採卵回次	1回次		2回次	
	自然採卵	人工授精	人工授精	自然採卵
採卵方法				
使用親魚	1・2歳魚	1歳魚	2歳魚	1・2歳魚
使用尾数	40	9	9	18
総卵数（千粒）	81	97	85	91
浮上卵数（千粒）	26	41	6	28
浮上率（%）	32	42	8	30
ふ化率（%）	16	98	96	98

(2) 早期種苗生産試験

早期種苗生産結果は表 3 に、種苗の全長および体重の推移を図 3 に示した。44 日齢まで飼育を行い、9104 個体の種苗を生産した。44 日齢の時点で平均全長 83.4 mm となり各種試験に供した。飼育期間中の生残率は 14%であった。例年では全長 100 mm で沖だしを行っていたが、眼球炎様

表 3 早期および通常期種苗生産結果

	早期	通常期		合計
		F1親魚	F2親魚	
卵収容数	65,000	55,000	34,000	154,000
ふ化数	64,000	26,000	20,000	110,000
取り上げ数 (90~140 mm)	9,104	6,005	900	16,009
生残率（%）	14	23	5	15

の症状を予防するために平均全長 83.4 mm の時点で沖だしを行った。

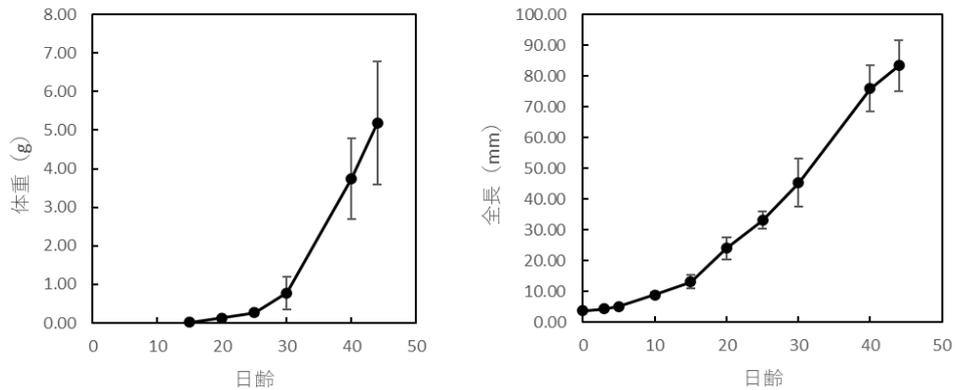


図 3 早期種苗の体重（左）と全長（右）の変動

2) 通常期採卵および通常期種苗生産試験（安定した採卵技術開発）

通常期種苗生産結果は早期種苗生産結果と同じ表 3 に、種苗の全長および体重の変動を図 4 に示した。44 日齢まで飼育を行い、6905 個体の種苗を生産した。41 日齢時点で平均全長 100.21 mm となった。早期生産と比較して成長が早かったが、これは飼育水温が高かったことが要因として考えられる。

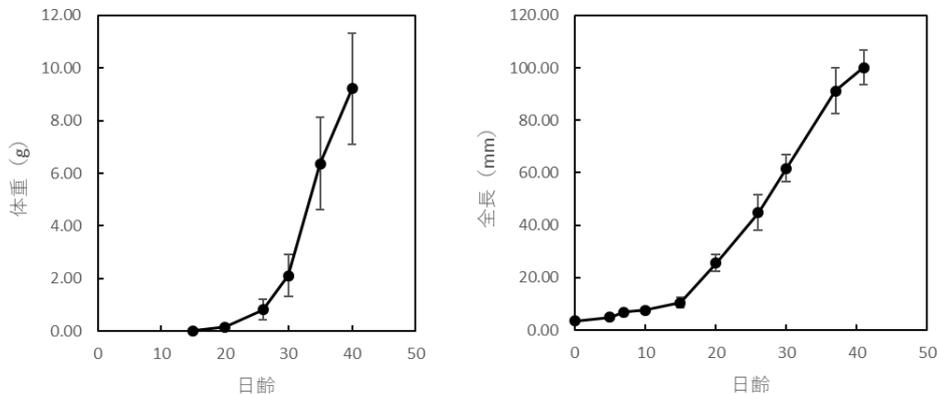


図 4 通常期種苗の体重（左）と全長（右）の変動

3) 養殖試験

養殖試験の飼育結果を図 5 に示した。3 月の時点で早期種苗が平均体重 198.02 g、通常期種苗が平均体重 162.67 g となっており、有意差がみられた (t 検定 $p < 0.01$)。早期採卵の最終的な効果を検証するため養殖試験を継続して成長を追跡する必要がある。

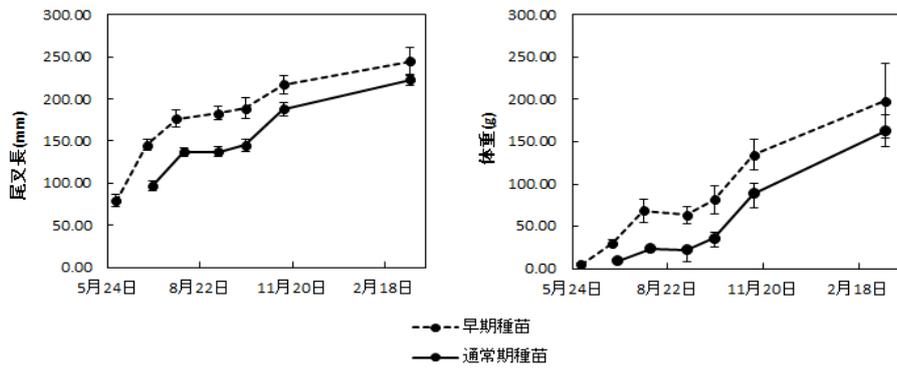


図5 養殖試験での体重（左）と全長（右）の変動

4) 高水温期生理変化試験（高低水温期の養殖管理技術）

各測定項目の結果を表4に示した。対照区と加温区で有意差がみられたのはHt値、グルコース、GPTおよびコレステロール（U検定 $p < 0.05$ ）であった。血漿中のグルコース濃度は、ストレス指標として知られており¹⁾、高水温ストレスにより上昇することも報告されている²⁾。GPTは肝障害の指標として知られており¹⁾、コレステロール値の低下は抗病性の低下の指標になりうることも報告されている³⁾。これらのことから、高水温ストレスに晒されたマサバには、生理的なストレスがかかっていることが推測された。

5) 低水温期飼育試験（高低水温期の養殖管理技術）

表4 高水温生理変化試験測定結果（*U検定 $p < 0.05$ ）

試験区	Ht値(%)*	グルコース* (mg/dL)	GOT (U/L)	GPT* (U/L)	コレステロール* (mg/dL)	尾叉長 (cm)	体重 (g)
対照区	57	92.2±9.6	36.1±6.3	9.6±2.5	228±81.3	24±1.1	182.1±31
加温区	41	177.6±58.9	2166.4±4727	61.5±106.7	151.1±26.1	25.1±1.4	181.1±23.3

(1) 消化管内容物の滞留時間の測定

消化管内容物の測定結果を図6に示した。水温20℃では飽食から24時間後に内容物がみられなくなった。水温11℃では72時間後まで固形物がみられ、96時間で見られなくなった。マサバでは消化管内容物の減少分を補うように摂餌することが報告されているため⁴⁾、低水温下で滞留時間が延びることが、摂餌量の減少につながっていると考えられる。

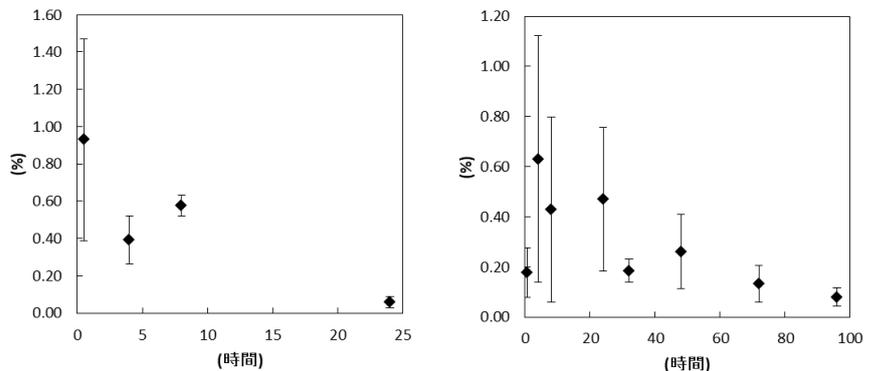


図6 消化管内容物の滞留時間の測定結果。消化管内容物が体重に占める割合が縦軸、横軸が飽食給餌からの経過時間
左：11月実施分 右：2月実施分

(2) 成長を改善するための飼料試験

低水温期の飼料試験の結果を表5に示した。日間増重率は高脂質 EP 区が最も高く-0.17%であり、次に EP 加水区で-0.26%、対照区は最も低く-0.32%であった。日間給餌率については対照区が0.21%、高脂質 EP 区が0.22%と大きな差がないのに対して、EP 加水区では0.32%と高くなっていた。このため、高脂質の EP 飼料を給餌することで成長が改善することが示された。また、EP 飼料に加水することで給餌率が改善することが明らかになった。

高脂質の飼料については、単位重量当たりのカロリーが高いため体重維持に有利であったと考えられる。EP 飼料の加水については経験的に冬季に給餌すると餌食いが良くなることが知られているが、今回の結果はそれを裏付けるものとなった。

表5 低水温期飼料試験結果

	対照区	EP加水	EP(高脂質)
開始時平均体重 (g)	106.7	109.2	106.2
終了時平均体重 (g)	93.8	98.1	99.0
増減量 (g)	-13.0	-11.1	-7.2
給餌量 (g)	374	601	416
生残率 (%)	93	100	98
日間増重率 (%)	-0.32	-0.26	-0.17
日間給餌率 (%)	0.21	0.32	0.22

4 参考文献

- 1) 舞田 正志・キロン ヴィスワナス (2018) 9. 魚類の栄養と健康 渡邊 武 (編) 改訂 魚類の栄養と飼料 恒星社厚生閣 pp. 251-269.
- 2) 石岡 宏子 (1980) 海産魚のストレス反応に関する研究-I 日本水産学会誌 46(5): 523-531.
- 3) 舞田 正志 (2014) 養殖魚の抗病性に関する血液生化学的研究 日本水産学会誌 80(3): 335-338.
- 4) 狩谷 貞二・高橋 正雄 (1969) マサバにおける胃内容物量と摂餌量との関係 日本水産学会誌 35(4): 386-390.