

## (2) 人工種苗を用いた若狭の鯖養殖実用化研究

北山 和也・桑野 暁

### 1 緒言

福井県では、へしこや浜焼き鯖等、伝統的なサバ食文化が根ざしている。特に嶺南地域では「鯖街道」を通じて京都に供給する等、サバは歴史的にも非常に重要な魚種である。しかし、福井県を代表する誘客素材として需要が高まる一方、近年、天然サバの漁獲は低迷しており養殖による良質なサバの安定供給が強く求められている。

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、低・高水温期の成長停滞、魚病被害等、多くの課題があることから、県では人工種苗の生産から養殖まで一貫した技術開発を行ってきた。

人工種苗を用いた場合、養殖期間が長くなる。本事業では、養殖期間を短縮することを目指して早期採卵技術の開発および生産時期の検証、給餌技術の開発を行ってきた。令和4年度は、早期採卵試験では、12月中旬からの電照および1月上旬からの加温（水温16℃）により、2月中旬に成熟を確認した。高成長を目指した飼育試験では、高水温期および低水温期に配合飼料への油脂添加による成長の改善を確認した。令和5年度は、早期採卵の更なる早期化を検証し、令和4年に実施した油脂添加による給餌法にて長期飼育を実施し効果を再確認した。令和6年度は、早期採卵時において、卵管理手法の改善試験および採卵直前にカニキュレーションを実施することで良質親魚の判別ができるかを検証するとともに採卵手法の改善に取り組んだ。

### 2 早期採卵・種苗生産技術の開発

#### 1) 目的

福井県では、若狭湾におけるマサバの産卵期に合わせて、5～6月に採卵を行い、7～8月に100 mmの種苗を沖だしする。しかし、沖出ししても高水温のため、給餌量を抑える必要があり、成長が見込めないこと、また、8～9月はハダムシの発生時期となり、沖だし直後の体サイズの小さなサバ種苗に被害を与える可能性がある。そのため、早期採卵を行うことで春期に種苗を沖だしできれば、給餌を制限する必要がなく、より速い成長が見込めるとともに、従来と比べて大きなサイズで高水温期を迎えることでハダムシによるへい死を軽減できる可能性がある。これらのことから、早期採卵による種苗生産技術の開発を目指す。取り組んでいる。

本報では、令和5年11月より実施した早期採卵および種苗生産試験の内容を報告する。

#### 2) 方法

##### (1) 早期採卵試験

親魚には、令和4年度産の人工種苗60尾を使用した。親魚は円形水槽（水量10 kL）に収容し、ろ過海水かけ流し（換水率：3回転/日）で飼育を行った。成熟を促すため、令和5年11月30日から加温（18℃）および長日処理（14時間明期10時間暗期）を行った。

採卵は、令和6年2月19日および3月11日の2回実施した。採卵手法は昨年度と同様にHCGホルモンを使用して排卵誘発を行い、人工授精を実施した。得られた受精卵は、沈降を防ぐことで浮上卵率およびふ化率を上げるため、異なる塩分（32PSU、35PSU）で24時間管理した。（表1）ふ化率は、浮上卵30個を500mLビーカーに収容し、18℃で72時間管理し、ふ化尾数を数えて3反復で測定した。

また、過熱による卵質への影響を確認するため、採卵前にカニキュレーションにより卵巣卵を採取し、Sera液に浸漬して顕微鏡観察することで退行卵の有無を判定した後、人工授精時に退行卵を持つ個体と持たない個体に分けて、採卵を実施した。個体識別は番号付きのダートタグを背びれの付け根付近に装着することで行った。（表2）

##### (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。浮上卵は、いずれも10万粒/10kLで円形水槽に収容した。餌料は、仔稚魚の成長に合わせてS型シオミズツボワムシ（以下、S型ワムシ）、アルテミア、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、バイオクロミス（クロレラ工業製）で 5～10 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。30 日齢までは 24 時間電照を行った。電照中は 1～4 時間おきに配合飼料の給餌を行った。飼育期間中の水温は、孵化直後～4 月下旬までは加温水を使用、その後は自然水温とし、18.5～16.5℃で推移した。

### 3）結果および考察

早期採卵の結果を表 1 および 2 に示す。1 回次採卵では 19 尾のメスから 46.8 万粒の卵を得た。塩分濃度ごとの卵管理後の浮上率およびふ化率は 32PSU が 65.6%および 18.8%、35PSU は 89.8%および 20%となり、浮上卵率は 35PSU がやや高くなったが、いずれにおいてもふ化率の向上は見られなかった。

2 回次採卵では退行卵の有無による浮上率およびふ化率に大きな差はみられなかった。ただし、メス 1 尾当たりの採卵数は退行卵ありでは 2.2 万粒であるのに対して、退行卵なしでは 1.0 万粒と少なかった。そのため、今回の結果では退行卵を持つ成熟の進んだ個体がより卵数が多く、浮上卵率およびふ化率についても退行卵を持たない個体と差がないため、採卵に適しているという結果となった。ただし、採卵された卵に占める退行卵の割合が高ければ、卵質の低下がみられる可能性があるため注意が必要である。

表 1 塩分濃度の違いによる浮上率およびふ化率の比較

回次	HCG 打注日	採卵日	試験区	親魚数	総採卵数 (万粒)	浮上卵数 (万粒)	浮上卵率 (%)	ふ化率 (%)
1 回次	2024/2/19	2024/2/21	32PSU	19	22.4	14.7	65.6	18.8
			35PSU		24.4	21.9	89.8	20
			計	19	46.8	36.6	77.7	19.4

表 2 退行卵の有無による浮上率およびふ化率の比較

回次	HCG 打注日	採卵日	試験区	親魚数	総採卵数 (万粒)	浮上卵数 (万粒)	浮上卵率 (%)	ふ化率 (%)
2 回次	2024/3/11	2024/3/13	退行卵あり	13	28.6	21.8	76.2	24
			退行卵なし	15	14.6	12	82.2	25
			計	28	43.2	33.8	79.2	24.5

早期種苗生産試験においては、1 回次の生残率は 0%、2 回次は 0.8%と低く、卵質の低下が影響していると考えられた。

### 3 通常期採卵および種苗生産試験

#### 1) 目的

早期採卵および種苗生産試験と比較するため、自然水温に合わせた種苗生産試験を実施した。

#### 2) 方法

##### (1) 通常期採卵試験

通常期採卵試験は 1 回次と 2 回次が人工授精、3 回次生産は自然採卵で行った。親魚には令和 4 年および 5 年産の人工種苗を用いたが、2 回次生産のみ天然由来の親魚であった。（表 3）

人工授精は、早期採卵試験と同様、HCG ホルモンを使用し排卵誘発を行い、30～36 時間後に人工授精を行った。自然採卵は、中田ら(2007)のカカオバター油性製剤を用いた LHRHa の注射投与によるマハタ親魚の成熟・排卵誘導法 6)にならい、使用ホルモンを LHRHa ホルモンに変更し、カカオバターを用いた油性製剤を作成してマサバ親

魚に打注した。投与後は30kL水槽に雌雄とも収容し、上部排水にて採卵した。また、4回次生産において、本手法のさらなる簡便化を検証するため、LHRHaを生理食塩水で製剤したものを打注し、自然採卵を行った。採卵時の水温は約20℃～21℃であった。

## (2) 通常期種苗生産試験

通常期採卵3回次および4回次で得られた浮上卵は、10万粒/10kLで円形水槽に収容した。餌料は、早期種苗生産試験と同様に、仔稚魚の成長に合わせて栄養強化したS型ワムシおよびアルテミア、配合飼料を給餌した。飼育期間中の水温は19.9～27.5℃であった。

## 3) 結果および考察

通常期採卵および種苗生産試験の結果を表3に示す。通常期採卵試験では1回次および2回次でふ化率が0%および4.0%と低く、卵をうまく採取できない雌親魚もみられたため、卵巣の成熟が不十分であったと考えられた。

3回次および4回次では、それぞれ138.1万粒および37.2万粒の卵が得られ、浮上卵率およびふ化率は、3回次で33.5%および77.7%、4回次で59.7%および71.0%となり、30万尾を超えるふ化仔魚を得た。

自然採卵におけるホルモンの製剤方法の比較については、カカオバターを用いた油性製剤法では採卵が2週間以上続いたのに対し、生理食塩水に溶解してのLHRHa打注では採卵は3日間しか確認されず、体内でのホルモン残留速度に明確な差があることが確認された。

通常期種苗生産試験では、3回次種苗の生残率が3.0%、4回次種苗が0%であった。3回次の種苗はアルテミア給餌期から配合飼料へ移行する時期から共食いが活発となり、ほぼ共食いで減耗したとみられる。その反面、成長は早く、約35日で沖だし可能なサイズへと成長した。飼育期間中の水温が高かったこと、共食いにより栄養状態が高かったことが要因と考えられる。4回次種苗はふ化後4日目に全滅を確認したが、ふ化時の水温が24℃を超えており、卵が正常にふ化可能な目安とされる23℃を上回っていたことから、ふ化直後から仔魚に負荷がかかっていたと思われる。

表3 通常期採卵および種苗生産結果

回次	1回次	2回次	3回次	4回次
手法	人工授精	人工授精	自然採卵	自然採卵
使用ホルモン	HCG	HCG	LHRHa	LHRHa
使用親魚	2月早期採卵で 未成熟だった群 (令和4, 5年人工種苗)	坊勢港由来 海面で高温経験群 (畜養天然魚)	自然成熟群 (令和4, 5年人工種苗)	自然成熟群 (令和4, 5年人工種苗)
採卵日、採卵期間	2024/5/9	2024/5/22, 23	2024/6/13～7/4	2024/6/23～6/25
使用尾数 メス	8	18	39	25
使用尾数 オス	6	6	46	30
総卵数(万個)	20.6	60.4	138.1	37.2
浮上卵数(万個)	12.0	13.0	46.2	22.2
浮上卵率(%)	58.3	21.5	33.5	59.7
収容卵数(万個)	12.0	13.0	25.4	17.6
孵化仔魚数(万尾)	0	0.5	19.7	12.5
ふ化率(%)	0	4.0	77.7	71.0
生残数(万尾)	–	0.1	0.59	0

## 4 高成長を目指した飼育試験

### 1) 目的

小浜市におけるマサバ養殖ではエクストルーダー飼料（EP 飼料）が主に使用されている。EP 飼料では複数の魚種で油脂量を調整し、カロリー・タンパク質比（CP 比）を適正化することで飼料効率等が改善することが報告されている 1) ～3)。令和 4 年度の試験では、高水温期は脂質約 12% の EP 飼料が最も飼料効率が高くなり、低水温期の試験では脂質約 15% が最も飼料効率が高くなった。本試験では、令和 4 年度に得られた知見を基に油脂量を調節し、令和 5 年度の長期飼育試験から継続して周年飼育を行い、成長の検証を行った。

また、養殖現場において、日々の給餌量は、生簀内のマサバ全魚体重に対する体重比で算出しているが、高温期にはへい死対策のため餌止めを行うため、成長が停滞する。高温期の適切な給餌量について、体重比に対して何%給餌するとへい死リスクが高まるのか、成長を停滞させずに増重できるのかについて試験を行った。

### 2) 方法

#### (1) 周年飼育試験

本試験は令和 5 年度より継続して実施した 5)。試験区は令和 4 年度と同様、マダイ用 EP 飼料に魚油（スケソウダラ肝油）を外割で 8%展着させて給餌した区（油脂添加区）と魚油を添加せずに給餌した区（対照区）とした。供試魚には令和 5 年度産人工種苗を用い、FRP 製角形 15kL 水槽（水量 11kL）に各 305 尾収容した。飼育水はろ過海水かけ流しとし、換水量は 5 回転/日とした。給餌量は 1 日当たり魚体重比で 1～2%を目安とした。飼育期間は令和 5 年 12 月 14 日から令和 6 年 4 月 18 日とした。開始時及び終了時に魚体重の測定を実施した。終了時の魚体重についてシャピローウィルク検定による正規性の検定後に t 検定を行った。

#### (2) 給餌率試験

本試験では、令和 6 年度通常期に生産した群を用いて、給餌量を変更した試験区を 5 区設定して試験を行った。餌料は市販のマサバ用 EP を用い、体重比 2.5%区、5.0%、7.5%区、10.0%区、無給餌区を設定した。円形 10kL 水槽（水量 8kL）に体重比で給餌する 4 区はそれぞれ 150 尾、無給餌区には 260 尾を収容した。飼育水はろ過海水かけながしで、流量は 8～10 回転/日であった。給餌には自動給餌器を使用し、無給餌区を除いて各区とも 4 回/日で設定量を給餌した。本試験では飽食を超えて残餌が発生したとしても設定量の給餌量を与え終えるまでは給餌を続けた。試験期間中の水温は 26.2℃～30.2℃であった。開始時と終了時に魚体重の測定を実施した。本手法では、実際にマサバが摂餌した餌の量が測れないため、結果については生残率と増重率を評価項目とした。

### 3) 結果および考察

#### (1) 周年飼育試験

結果は表 4 に示す。試験終了時の平均体重および飼料効率は、対照区に比べ油脂添加区で有意に高くなった。（t 検定、 $p < 0.05$ ）。これは、令和 4 年度、5 年度と同様の結果であり、油脂添加により飼料効率が改善されたものと推定される。

表 4 試験結果

	対照区	油脂添加区
開始時平均体重(g)	92.6	99.8
終了時平均体重(g)	152.2	184.8
開始尾数	214	234
終了尾数	170	161
生残率(%)	79.4	68.8
飼料効率(%)	17.2	25.2

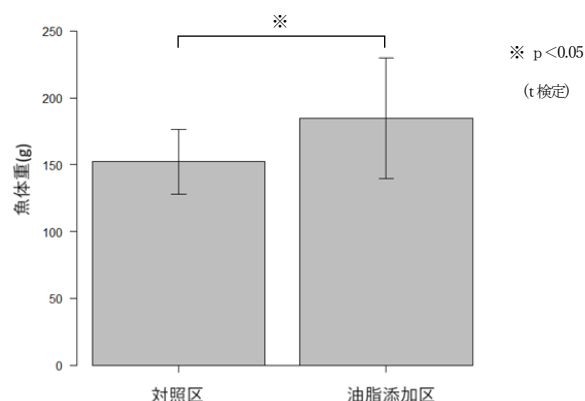


図 1 試験終了時の魚体重

#### (2) 給餌率試験

結果を表 5 に示す。試験終了時の生残率については無給餌区が最も高く、高温期の餌止めの効果が認められた。ただし、日間増重率を勘案すると、当歳魚では、水温 28℃以上では餌止めを行い、それ以下であれば体重比 5.0%を給餌することが望ましいと考えられた。

表5 給餌試験結果

	2.5%区	5.0%区	7.5%区	10.0%区	無給餌区
開始時平均体重(g)	47.5	47.5	47.5	47.5	47.5
終了時平均体重(g)	80.3	102.5	104.0	92.1	44.4
日間増重率(%)	0.96	1.61	1.65	1.31	-0.11
開始時尾数	150	150	150	150	260
終了時尾数	50	80	56	83	208
生残率(%)	33.3	53.3	37.3	55.3	80.0

## 5 参考文献

- 1) 示野貞夫・細川秀毅・竹田正彦・梶山英俊（1980）：配合飼料のカロリー・タンパク質比がハマチの成長、飼料効率および体成分に及ぼす影響. 日本水産学会誌 46（9）：1083-1087.
- 2) 八木秀志・松岡学・山本賢治・神内雅史・細川秀毅（2005）：ホシガレイ *Verasper variegatus* の成長、飼料効率および体成分に及ぼす飼料タンパク質およびエネルギー含量の影響. 水産増殖 53（4）：433-438.
- 3) 木村創（1996）：カンパチ2才至適C/P比の検討. 和歌山県水産増殖試験場報告 28:38-41.
- 4) 児玉敦也・田中直幸（2022）：人工種苗を用いた若狭の鯖養殖実用化研究. 福井県水産試験場報告令和4年度:17-21.
- 5) 児玉敦也・桑野暁（2023）：人工種苗を用いた若狭の鯖養殖実用化研究. 福井県水産試験場報告令和5年度:18-21.
- 6) 中田 久・征矢野 清・水野かおり・宮木廉夫（2007）：カカオバター油性製剤を用いたLHRHaの注射投与によるマハタ親魚の成熟・排卵誘導法. 特許 JP2007254434A