

低水温親魚養成によるクニマス第3世代の作出

青柳敏裕

2010年に西湖でクニマス *Oncorhynchus kawamurae* が発見されて以来、当所では域外保全と将来的な養殖対象種としての活用を図るため、クニマスの完全養殖確立のための研究を行ってきた。これまでに、天然親魚から得られた養殖第1世代のクニマスは、忍野支所（以下、支所）の飼育環境下（水温12.5℃）において概ね順調な成長を示すものの¹⁻³、成熟個体の出現率が低いことに加えて卵質が極端に悪いことが明らかとなり、原因として少なくとも2歳以降の飼育水温が支所水温では不適である可能性が示唆された⁴。そこで、養殖第3世代の量産を目的として、養殖第2世代のうち可能な限り多くの魚を用いて低水温親魚養成を行った。

材料及び方法

供試魚：2019年度に2014年度産クニマス（西湖クニマス展示館飼育魚）から作出した養殖第2世代⁵（2020年1月27日人工授精）（以下、2019-F₂という）及び、2020年度に2017年度産クニマス（西湖クニマス展示館飼育魚）から作出した養殖第2世代⁵（以下、2020-F₂）を供試魚とした。2020-F₂の人工授精日が2020年9月30日から2021年1月27日までと4ヶ月に及んだため、浮上仔魚の月別合計数が最も多かった採卵時期10月の翌月期首、2020年11月1日に誕生日（人工授精日）を統一した。

2022年度低水温親魚養成試験：冷却飼育には、屋内コンクリート池（L4.6m×W1.5m×D0.7m、B-8号池）を使用した。循環式屋外空冷型クーラー（IWAKI, RXC-L3750AR-M）を設置しているB-8号池について、試験開始時の冷却設定を9.0℃とした（冷却区、2023年度試験も同じ）。クーラーの循環水量は約65L/minで、水質悪化を軽減するため補助的に地下水（12.5℃）を20L/min注水し、半循環飼育とした。飼育中の各池の水温は水温ロガー（Tidbit v2, Onset社）により1時間間隔で計測し、24時間の平均値を日間平均水温とした。上屋の採光部から自然光が差し込むため、自然日長が保たれているものとみなした。

2022年2月22日、支所地下水で飼育していた2020-F₂（16ヶ月齢、平均体重57.0g）200尾をB-8号池上区画（中央に仕切り網を入れて半分に仕切った上区画）に、2019-F₂（25ヶ月齢、平均体重187.6g）84尾をB-8号池下区画に収容した。2020-F₂のうち残余の274尾は非冷却区（A-8号池、地下水掛け流し）で飼育した。

月1回の総重量測定から平均体重を算出し、ライトリッツ給餌率表に基づく1日の給餌量を1回分として、週3回給餌した。飼料は科学飼料研究所の低魚粉飼料（ます育成用エルEP）及び平均体重200g程度からは日清丸紅飼料のます育成用EPを使用した。毎週1回の頻度で熟度鑑別を行い、排卵個体がある場合は採卵を行った。

2023年度低水温親魚養成試験：2023年4月17日、4歳を超えた2019-F₂（平均体重653.4g）41尾をB-8号池下から隣接するB-7号池下区画（B-8号池排水の一部を揚水ポンプにより引き入れた2次冷却区）に移し、A-8号池の2020-F₂（平均体重210.6g）85尾をB-8号池下に収容した（28ヶ月齢から冷却開始）。B-8号池上区画は前年度2020-F₂を継続飼育した（87尾、平均体重282.5g）。B-7号池上区画には、A-8号池の2020-F₂を80尾収容し、冷却区（B-8号池）合計172尾、2次冷却区（B-7号池）合計121尾、非冷却区（A-8号池）156尾で飼育を行った。

採卵・人工授精：週1回の熟度鑑別で排卵個体が認められた際は、切開法により採卵した。同時に排精個体から精液を搾出して媒精した。魚病対策として吸水前イソジン消毒を行い、投げ込み式クーラーを設置した餌付け槽（少量注水しつつ水温9-11℃の範囲で冷却）を収容槽として、金網製ザルに一腹ごと受精卵を入れて管理した。発眼までの間、2,3日に1回、規定条件でパイセス浴を行った。採卵ふ化成績として供試親魚数、採卵数、発眼卵数、孵化尾数、浮上尾数を記録した。各池の成熟率は、各年度試験開始日の収容数を母数として算出した。

結果

2022年2月24日から2024年3月30日までの日間平均水温について、冷却区のB-8号池は平均9.0°C（8.1～9.9°C）、2次冷却区のB-7号池は平均11.0°C（9.2～12.4°C）、非冷却区のA-8号池は平均12.5°C（11.4～13.2°C）であった。

2022年度低水温親魚養成試験：各区の成熟（排卵または排精）個体の出現状況を図1～3に示す。2019-F₂は雌3尾、雄5尾が成熟し、2020-F₂は雌2尾、雄7尾が成熟した（図1）。非冷却区の2020-F₂では排卵雌はなく、雄のみ12尾が成熟した（図2）。各区の成熟率は、2019-F₂（3歳）では約10%、2020-F₂（2歳）では冷却区・非冷却区ともに同等の約5%（図3）で、ほぼ雄の早熟個体であった。採卵成績を表1に示す。

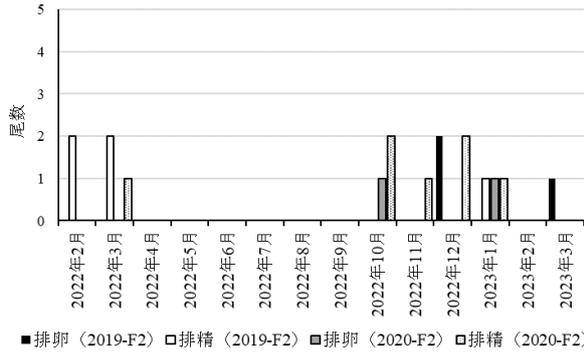


図1 2019-F₂及び2020-F₂（冷却区）の成熟状況

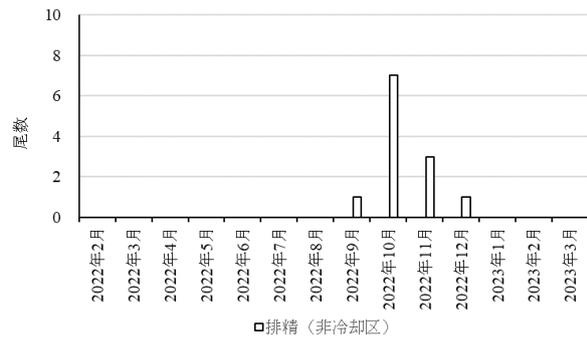


図2 2020-F₂（非冷却区）の成熟状況

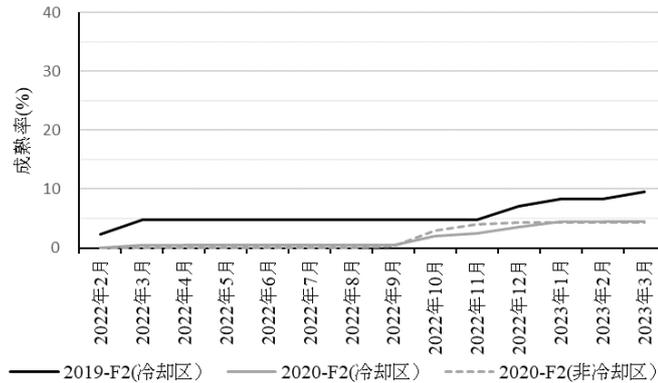


図3 冷却区及び非冷却区の成熟率

表1 2022年度採卵成績

	採卵尾数	雌年級	冷却区分	冷却開始	採卵数	媒精尾数	雄年級	発眼卵数	発眼率	ふ化尾数	ふ化率	浮上尾数	浮上率
2022年10月	1	2019-F ₂	冷却区	16ヶ月齢	316	3	2020-F ₂	184	58.2	86	27.2	80	25.3
2022年12月	2	2019-F ₂	冷却区	25ヶ月齢	1,837	5	2020-F ₂	630	34.3	480	26.1	473	25.7
2023年1月	1	2019-F ₂	冷却区	25ヶ月齢	565	5	2020-F ₂	378	66.9	310	54.9	267	47.3
2023年3月	1	2020-F ₂	冷却区	16ヶ月齢	1,307	3	2020-F ₂	98	7.5	60	4.6	32	2.4
合計または平均	5				4,025	10		1,290	41.7	936	28.2	852	25.2

年級：2019-F₂は2020年1月生まれ、2020-F₂は2020年11月生まれ。

冷却区：9°C設定冷却池（B-8号池）

媒精尾数の合計欄は実数（同じ雄の重複使用あり）

2023年度低水温親魚養成試験：各区の成熟状況を図4～8に示す。2次冷却飼育に切り替えた2019-F₂（4歳）は雌のみ4尾が成熟した（図4、成熟率9.8%）。1歳から継続して冷却飼育を行った2020-F₂（3歳）は雌4尾、雄7

尾 (図5, 成熟率 12.6%), 2歳春から冷却飼育を開始した2020-F₂は雌11尾, 雄18尾が成熟した (図6, 32.8%)。2歳春から2次冷却飼育を始めた2020-F₂は雌10尾, 雄3尾 (図7, 16.3%)であった。非冷却区の2020-F₂は、雌1尾が成熟したのみであった (図8, 0.6%)。

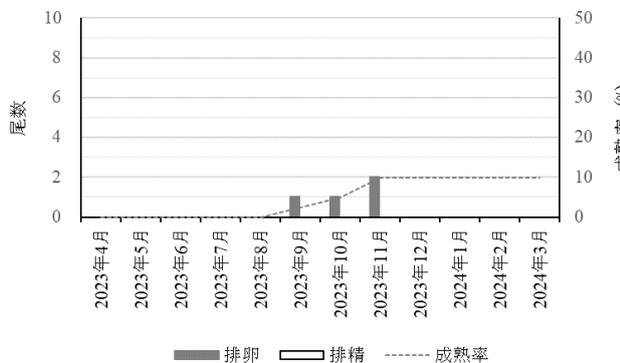


図4 2019-F₂ (3歳から2次冷却) の成熟状況

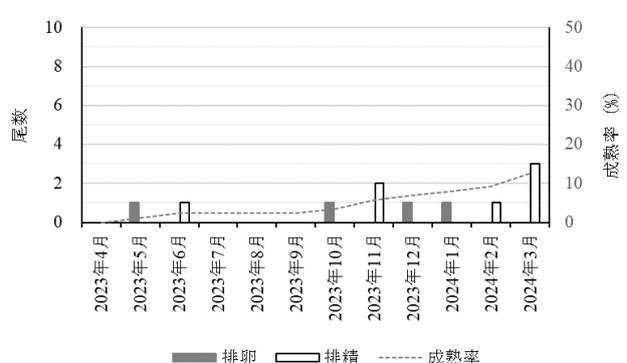


図5 2020-F₂ (1歳から冷却) の成熟状況

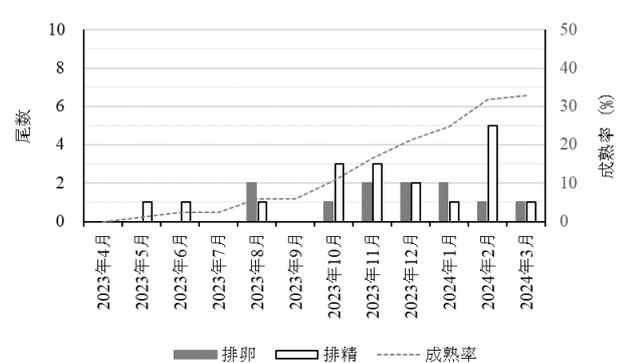


図6 2020-F₂ (2歳から冷却) の成熟状況

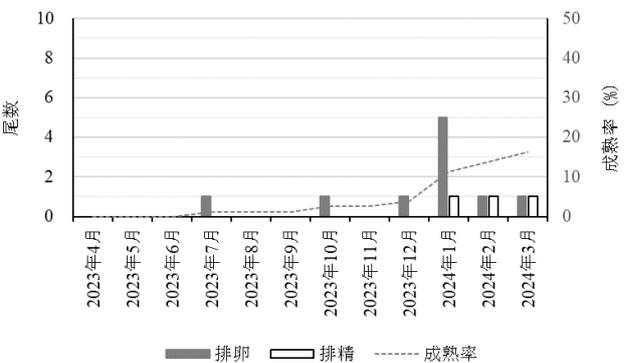


図7 2020-F₂ (2歳から2次冷却) の成熟状況

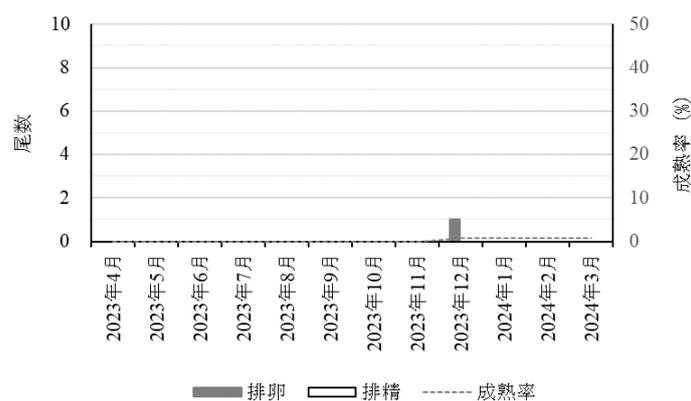


図8 2020-F₂ (非冷却区) の成熟状況

2023年度の採卵成績を表2に示す。冷却区分及び冷却開始時期と採卵成績の間に明確な傾向はみられず、採卵事例による差が極端であった。春から夏にかけての採卵成績は概ね悪かったが、8月の1例では浮上仔魚まで得られ、夏季の卵が全く発眼ふ化に至らないということもなかった。採卵成績は2022年度に比べて安定せず、特に11月頃以降は時期を経るほど発眼しない事例が増え、2月半ば以降は全く発眼卵が得られなかった。

表2 2023年度採卵成績

	採卵尾数	雌年級	冷却区分	冷却開始	採卵数	媒精尾数	雄年級	発眼卵数	発眼率	ふ化尾数	ふ化率	浮上尾数	浮上率
2023年5月	1	2020-F ₂	9℃	16ヶ月齢	480	1	2020-F ₂	0	0			0	
2023年7月	1	2020-F ₂	11℃	28ヶ月齢	146	1	2019-F ₂	0	0			0	
2023年8月	2	2020-F ₂	9℃	28ヶ月齢	996	1	2020-F ₂	95	9.5	28	2.8	25	2.5
2023年9月	1	2019-F ₂	9→11℃	25ヶ月齢	571	1	2020-F ₂	5	0.9	1	0.2	1	0.2
	1	2020-F ₂	9℃	16ヶ月齢	324	2	2019-F ₂	1	0.3	0			0
2023年10月	1	2020-F ₂	9℃	28ヶ月齢	447	2	2019-F ₂	320	71.6	300	67.1	280	62.6
	1	2020-F ₂	11℃	28ヶ月齢	382	2	2020-F ₂	0	0				0
	1	2019-F ₂	9→11℃	25ヶ月齢	348	1	2020-F ₂	117	33.6	87	25.0	85	24.4
2023年11月	2	2020-F ₂	9℃	28ヶ月齢	1,445	3	2020-F ₂ , 2019-F ₂	421	29.1	0	0		0
	2	2019-F ₂	9→11℃	25ヶ月齢	1,678	4	2020-F ₂ , 2019-F ₂	134	8.0	86	5.1	80	4.8
2023年12月	1	2020-F ₂	9℃	16ヶ月齢	606	4	2020-F ₂	0	0				0
	2	2020-F ₂	9℃	28ヶ月齢	1,469	4	2020-F ₂	1	0.1	0			0
	1	2020-F ₂	11℃	28ヶ月齢	940	2	2020-F ₂	206	21.9	100	10.6	90	9.6
	1	2020-F ₂	12.5℃	—	400	2	2020-F ₂	0	0				0
2024年1月	1	2020-F ₂	9℃	16ヶ月齢	610	6	2020-F ₂	189	31.0	80	13.1	50	8.2
	2	2020-F ₂	9℃	28ヶ月齢	2,338	6	2020-F ₂	0	0				0
	5	2020-F ₂	11℃	28ヶ月齢	3,324	8	2020-F ₂	0	0				0
2024年2月	1	2020-F ₂	9℃	28ヶ月齢	1,078	6	2020-F ₂	50	4.6	0	0		0
	1	2020-F ₂	11℃	28ヶ月齢	1,080	3	2020-F ₂	0	0				0
2024年3月	1	2020-F ₂	9℃	28ヶ月齢	567	3	2020-F ₂	0	0				0
	1	2020-F ₂	11℃	28ヶ月齢	1,078	6	2020-F ₂	0	0				0
合計または平均	30				20,307	21		1,539	7.6	682	3.4	611	3.0

年級：2019-F₂は2020年1月生まれ，2020-F₂は2020年11月生まれ。

冷却区分 9℃：冷却区（B-8号池），11℃：2次冷却区（B-7号池），9→11℃：2022年度冷却区，2023年度2次冷却区，12.5℃：非冷却区（A-8号池）

媒精尾数の合計欄は実数（同じ雄の重複使用あり）

考察

前報⁴⁾同様，冷却飼育により成熟率は12.6～32.8%（2023年度）と，非冷却池の成熟率0.6%に比べ大きく向上した。しかし，2023年度の採卵成績は平均発眼率7.6%，平均ふ化率3.4%と非常に悪かった。平均水温11℃の2次冷却区の方が採卵事例は多く採卵成績の悪さが目につくが，平均水温9℃の冷却区でも好成绩というわけではなく，卵質向上のためにはより低水温の方がよいのか，ほかに原因があるのかは明らかでなかった。水温以外の因子として，腎石灰化症候群の影響（後述），光条件も疑い得る因子といえ，今後，9℃より低水温の飼育による検討のほか，水温以外の因子についても検討が必要と考えられた。

本試験では，これまでに良好な採卵成績が得られた9℃冷却区のほか2次冷却区（平均水温11℃）を設けたが，2次冷却区でも冷却区に遜色ない数の排卵雌が得られた。

また，冷却開始時期について明確な傾向はみられず，16ヶ月齢のほか25～28ヶ月齢からの冷却飼育でも成熟魚が出現し，1歳春から冷却せずとも成熟率の向上は可能と考えられた。冷却可能な飼育尾数に限りがあるため，2才魚を優先的に冷却飼育すべきだが，一方で確実に成熟する保証はなく，収容数に余裕があれば1歳からの冷却飼育が無難と考えられる。

今回供試した養殖第2世代はよく人に馴れ，健康に育てることができたことも成熟率の改善に寄与していると思われ，前報⁴⁾の養殖第1世代（4歳）で成熟不良の一因と疑われた腎石灰化症候群がほとんどみられなかった。しかし本試験の後，2024年4月以降の飼育魚には腎石灰化症候群の発生が認められたため，進行が遅く高齢になると症状が顕在化すると考えられた。採卵時に肉眼的な病変は確認できなかったが，2023年11月頃以降，時期を追うごとに採卵成績の悪化が顕著となっている。腎石灰化症候群の進行が3歳頃から顕著となり，採卵成績の

不調に関与している可能性はないだろうか。

卵質は、水温以外にも栄養素や光など飼育条件により改善できる可能性がある。飼料へのビタミンやミネラル類の強化、周年低照度の深層湖底を産卵場とするクニマスにとって、健全な成熟に好適な照度や波長、紫外線の影響なども検討の余地があると思われる。

要 約

1. クニマス第3世代の量産を目的に、養殖第2世代を成熟適齢前からできる限り多く低水温で飼育した。
2. 16,25, 28 ヶ月齢のいずれの時期からの低水温飼育 (9℃または11℃) でも排卵雌は非冷却区より多く出現し、2022年度から2023年度にかけて34尾の雌から合計約2万4千粒の卵が得られた。
3. 非冷却区の成熟率約0.6~4.4%に対して、冷却区では9.5~32.8%と成熟率の改善が再確認された。
4. 3歳以降の採卵成績は時期を追うごとに悪化し、2023年11月以降は発眼率0%の事例がほとんどとなり、2023年度の採卵成績は平均発眼率7.6%、平均ふ化率3.4%と非常に悪く、量産は達成できなかった。

文 献

- 1) 青柳敏裕・加地奈々・長谷川裕弥 (2013) : クニマスの生態解明及び増養殖に関する研究. 山梨県総合理工学研究機構研究報告書, 8, 89-102.
- 2) 青柳敏裕・岡崎 巧・加地奈々・大浜秀規・長谷川裕弥・勘坂弘治・市田健介・吉崎悟朗 (2014) : クニマスの生態解明及び増養殖に関する研究 (第2報) . 山梨県総合理工学研究機構研究報告書, 9, 49-65.
- 3) 青柳敏裕・岡崎 巧・大浜秀規・三浦正之・谷沢弘将・小澤 諒・長谷川裕弥・吉澤一家・坪井潤一・勘坂弘治・市田健介・Lee Seungki・吉崎悟朗・松石 隆 (2015) : クニマスの生態解明及び増養殖に関する研究 (第3報) . 山梨県総合理工学研究機構研究報告書, 10, 43-65.
- 4) 青柳敏裕・岡崎 巧・吉崎悟朗 (2023) : 低水温での親魚養成によるクニマスの卵質改善. 山梨県水産技術センター事業報告書, 50, 46-51.
- 5) 岡崎 巧・平塚 匡・青柳敏裕・渡辺安司 (2022) : 西湖クニマス展示館飼育魚の成熟と採卵. 山梨県水産技術センター事業報告書, 49, 39-43.