

水温制御による発育コントロール

藤瀬雅秀^{*1}・岡田義郎^{*2}・荒内 勉^{*3}・小野郁夫^{*4}

^{*1} 062-0922 北海道札幌市豊平区中の島2-2 さけ・ます資源管理センター増殖管理課

^{*2} 056-0141 北海道静内郡静内町字御園394 さけ・ます資源管理センター千歳支所静内
事業所

^{*3} 090-0018 北海道北見市青葉町6-8 さけ・ます資源管理センター北見支所

^{*4} 086-1109 北海道標津郡中標津町西9南1-1 さけ・ます資源管理センター根室支所

キーワード：水温制御，発育コントロール

はじめに

天然のサケの降海状況について小林（1977）は，河川によって，また，年によって多少変動は見られるが，盛期は雪解け時期の4月中旬から5月上旬の間で，沿岸水温は5-8 の時期であると報告している．また，サケの発育段階について帰山（1986）は，尾叉長5 cm 前後より発育段階が稚魚期から幼魚期へ移行し遊泳機能 摂餌機能が強化されると述べている．また，Mayama（1985）は，沿岸の表面水温が12-13 となる時期までに，尾叉長7 cm，体重3 g 以上に成長する幼魚は，母川周辺の沿岸域から順調に沖合回遊に移行することが可能であり，生残率が高いことを報告している．

これらのことから，サケ幼稚魚の適期放流について，放流を開始する時期は春季の沿岸水温が5 となる時期が，また，放流サイズは，沿岸域における生き残りを高めるため，尾叉長5 cm（魚体重約1 g）以上が目安と考えられている．さらに，離岸水温とされる13 となる時期までに放流された幼稚魚が，尾叉長7 cm（魚体重約3 g）以上に成長することが目安と考えられている．

さけ・ます資源管理センターの静内事業所の位置するえりも以西海区日高地区では，沿岸水温が5 に達する時期は，年変動はあるものの5月中旬前後である．静内事業所では，ふ化用水の温度が9-12 と比較的高いため稚魚の成長が早い．10月上旬に採卵された群を翌春の5月中旬まで飼育した場合，平均魚体重は10 g に達する．このため，飼育用水量，飼育池の面積などの制約により，前期群の多くを沿岸水温5 以前の時期に放流することが余儀なくされている．

一方、徳志別事業所の位置するオホーツク海区西部地区では、沿岸水温が13℃に達する時期は、年変動はあるものの6月下旬-7月上旬頃である。徳志別事業所では冬季にふ化用水の温度が徐々に低下し、飼育水温も4℃と低い。そのため、11月以降の採卵群では発育が遅れ、例年放流を終える5月下旬の放流魚体重は1.0gに満たない。5月下旬に1gの稚魚が6月下旬までの1ヶ月の間に3g以上に成長するためには、瞬間成長係数が0.0362と比較的高い成長速度が必要である。この点からも、放流は5月下旬よりも早い時期に魚体重1g以上で行えるよう改善されることが望ましいと考えられる。

さけ・ます増殖事業における発育コントロールとしては、ボイラーによるふ化用水の加温、ふ化水温の異なる近隣のふ化場間での卵の仮収容、遠赤外線、その他の手法があり、それらは実際に一部のふ化場で用いられている。今回、静内事業所と徳志別事業所において、ヒートポンプ式の水温調整装置を導入し、ふ化水温を人為的に調整する手法で卵期と仔魚期の発育コントロール試験を行ったのでその概要を紹介する。

方 法

静内事業所：平成11年に毎分100Lの水を4℃冷却できる水温調整装置（タカツ電機商会製 TR-J300DC）を設置した（写真1-4）。試験には10月7日に静内川捕獲採卵場で採卵されたサケ卵720千粒を用い、試験区と対照区にそれぞれ360千粒ずつ収容した。対照区には通常用いているふ化用水（9.3-12.3℃）を、また、試験区にはこれを4℃冷却した水（5.4-8.3℃）を卵期と仔魚期を通じて用い、両区の発育を比較した。浮上後の稚魚は、両区とも約9割の用水で飼育した。また、放流前に各区から稚魚の一部を無作為に抽出し、塩分33の人工海水中に48時間投入して生残率を求める海水適応能試験により健苗性を確認した。なお、水温は記録式温度計により記録した。

徳志別事業所：平成12年に毎分100Lの水を4℃加温・冷却できる水温調整装置（タカツ電機商会製 TR-J300DCHA）を設置した（写真5）。試験には11月6日に徳志別川捕獲採卵場で採卵されたサケ卵1,440千粒を用い、試験区と対照区にそれぞれ720千粒ずつ収容した。両区とも卵期には徳志別事業所の通常のふ化用水を用いたが、養魚池へ撒布するふ化直前から浮上するまでの間は対照区には通常のふ化用水（4.7-7.8℃）を、また、試験区には2-3℃加温したふ化用水（6.6-10.7℃）を用いて、両区の発育を比較した。稚魚の健苗性は、静内事業所と同様の海水適応能試験により確認した。なお、水温は記録式温度計により記録した。

結 果

静内事業所：対照区の水温は，試験を開始した10月上旬の12 台から徐々に低下し，3月上旬では9 台であった．これに対し，試験区の水温は対照区よりも常に約4 低い水温で推移した（図1）．両区の水温範囲は，対照区が9.3-12.3 ，試験区が5.4-8.3 であった．

また，両区の発育については，対照区では11月23日にふ化のピークが観察され，1月12日に浮上し給餌を開始した．これに対し，試験区では，12月12日にふ化のピークが観察され，3月17日に浮上して給餌を開始した．試験区は対照区よりもふ化まで19日間，浮上まで65日間発育を抑制できた（表1）．

対照区は，3月3日に平均魚体重1.47 g で放流したが，試験区は5月19日まで飼育を継続し，平均魚体重2.13 g で放流した（図2）．試験区の放流を行った5月中旬の沿岸水温は4.5 であったが，翌旬の5月下旬には6.7 と5 を超えていた（さけ・ます資源管理センター 2001）．海水適応能試験による生残率は，両区とも100%であった．

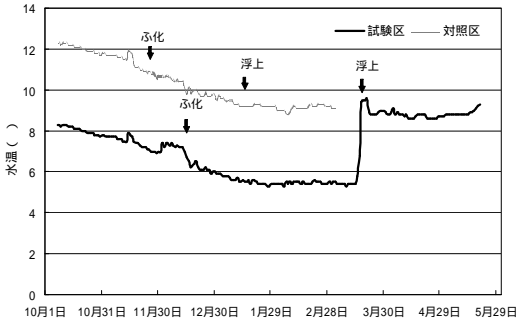


図1．静内事業所における試験区と対照区の水温．

表1．静内事業所における試験区と対照区の管理経過．

区分	採卵 月日	採卵数 (千粒)	ふ化 月日	ふ化数 (千粒)	飼育開始		放流		飼育 日数	海水適応 能試験で の生残率 (%)		
					月日	尾数 (千尾)	体重 (g)	月日			尾数 (千尾)	体重 (g)
試験区 (抑制)	10/7	360	12/12	327	3/17	320	0.37	5/19	311	2.13	63	100
対照区 (通常)		360	11/23	334	1/12	322	0.39	3/03	315	1.47	51	100
差			19日		65日							

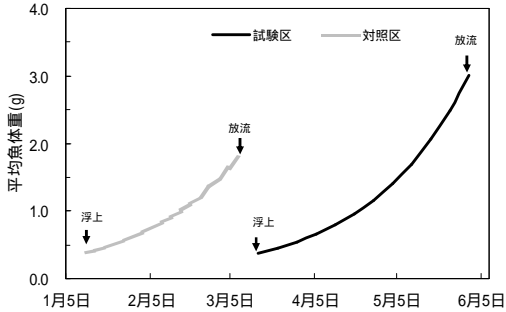


図2．静内事業所における試験区と対照区の成長．

徳志別事業所：対照区の水温は、試験を開始した1月上旬の10℃台から徐々に低下し、4月上旬では4℃台であった．これに対し、試験区の水温は対照区よりも2-3℃高い水温で推移した(図3)．両区の水温範囲は対照区が4.7-7.8℃，試験区が6.6-10.7℃であった．また、両区の発育については、対照区では、1月5日にふ化のピークが観察され、4月5日には浮上して給餌を開始した．これに対し、試験区では、1月3日にふ化のピークが観察され、3月10日に浮上して給餌を開始した．試験区は対照区よりもふ化まで2日間、飼育開始まで26日間発育を促進できた(表2)．

なお、徳志別事業所の水温調整装置は、1月9日と1月16日の2回、加温水の供給が29-31時間停止した．これは、装置の熱交換用の循環水が外気温の影響を受けて低下しすぎ、装置の保護回路が作動したためであった．復旧操作を行うまでの間、試験区には対照区と同じ通常温度のふ化用水が供給された．

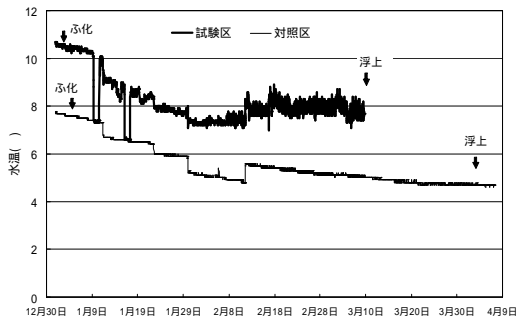


図3．徳志別事業所における試験区と対照区の水温．

表2．徳志別事業所における試験区と対照区の管理経過．

区分	採卵 月日	採卵数 (千粒)	ふ化 月日	ふ化数 (千粒)	飼育開始		放流		飼育 日数	海水適応 能試験で の生残率 (%)		
					月日	尾数 (千尾)	体重 (g)	月日			尾数 (千尾)	体重 (g)
試験区 (促進)	11/6	720	1/3	673	3/10	669	0.37	5/31	653	1.23	82	100
対照区 (通常)		720	1/5	673	4/5	664	0.38	5/31	659	0.90	56	100
差			2日		26日							

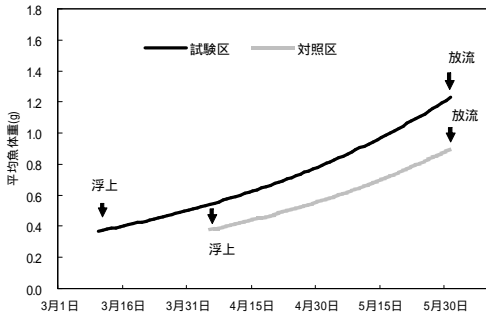


図4．徳志別事業所における試験区と対照区の成長．

浮上した稚魚の放流は、試験区も対照区も5月31日に行った。放流時の平均魚体重は、対照区が0.90gであったのに対し試験区では1.23gと、対照区よりも0.33g大きかった(図4)。両区の放流を行った5月下旬の沿岸水温は8.3℃であった(さけ・ます資源管理センター 2002)。放流前に行った海水適応能試験による生残率は、両区とも100%であった。

おわりに

今回報告した静内事業所と徳志別事業所の事例では、試験区の幼稚魚を対照区よりも適切と思われる時期とサイズで放流することが出来た。すべての幼稚魚を適切な時期に適切なサイズで放流することが困難なふ化場にとって、ふ化用水の温度を人為的に調整し、発育をコントロールすることは、適期放流を行う上で有効な一手法であり、回帰率の向上、あるいは前期群や後期群などの来遊時期別に資源を造成する可能性も考えられる。今後、水温調整装置の利用により放流時期と放流サイズをコントロールした幼稚魚について、それらの回帰率を比較することも検討したいと考えている。

表3. 試験に用いた水温調整装置の購入設置費用，加温・冷却能力，電源及び消費電力．

項目	静内事業所	徳志別事業所
装置一式購入設置費用 (本体・付属品価格、設置費用、付帯工事費等)	¥6,615,000	¥7,560,000
冷却能力	24,080 kcal / h (50Hz)	24,080 kcal / h (50Hz)
加温能力	-	30,500 kcal / h (50Hz)
電源	三相200 V, 50 / 60 Hz	三相200 V, 50 / 60 Hz
消費電力	8.6 kw	冷却時8.6 kw, 加温時9.7 kw
稼働日数	161日	75日
高圧受電電力量料金単価	9.59円/ kwh	9.59円/ kwh
消費電力量料金試算値 (基本料金除く)	319,000円	167,000円

ふ化場にこのような装置を実際に導入し活用するに当たっては、期待される回帰数の増加尾数等を勘案し、費用対効果を検討することが不可欠である。試験に使用した水温調整装置の購入設置費用、電力量料金試算値を表3に示した。装置の購入設置費用は本体価格、付属品価格、設置費用、付帯工事費等の合計で、静内事業所では6,615千円、徳志別事業所では7,560千円であった。また、消費電力は冷却時には8.6 kw、加温時には9.7 kw (いずれもメーカー表示値) であり、装置の稼働時間及び電力料金の単価から試算した消費電力量料金は、161日間の冷却を行った静内事業所では約319,000円、75日間の加温を行った徳志別事業所では約167,000円であった。

今後は当センターの他の事業所も含め、同様の試験を継続し、水温調整装置の導入 (設置、稼働) を行う場合の注意事項等を検証していきたい。

引用文献

- 帰山雅秀 . 1986 . サケ *Oncorhynchus keta* (WALBAUM) の初期生活史に関する生態学的研究 . さけますふ研報 , 40: 31-92.
- 小林哲夫 . 1977 . 沿岸滞泳期におけるさけ・ます幼稚魚の生態 . 水産海洋研究会報 , 31: 39-44.
- Mayama , H . 1985 . Technical innovation in chum salmon enhancement with specialreference to fry condition and timing of release. In Proceedings of the eleventh U.S.- Japan meeting on aquaculture, salmon enhancement, Tokyo. Japan, October 19-20, 1982. NOAA Tech.Rep. NMFS, 27: pp. 83-86.
- 水産庁さけ・ます資源管理センター . 2001 . サケ属魚類初期生活史データ . Salmon Database, 9 (3) : 35-52
- 独立行政法人さけ・ます資源管理センター . 2002 . サケ属魚類初期生活史データ . Salmon Database, 10 (3) : 33-48



写真1．静内事業所のふ化室に設置した水温調整装置（タカツ電機商会製 TR-J300DC．冷却型）．

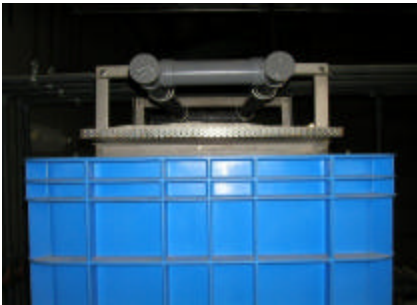


写真2．簡易的な曝気水槽（静内事業所）．

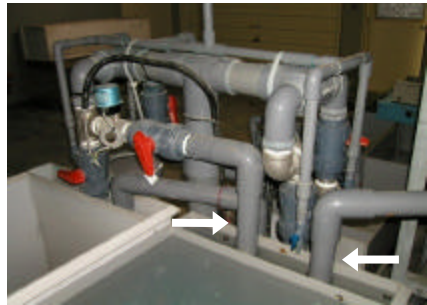


写真3．ふ化槽注水部への配管（静内事業所）．水温調整装置により冷却されたふ化用水（矢印右側）と、通常温度のふ化用水（矢印左側）の両方を注水できる構造とした．

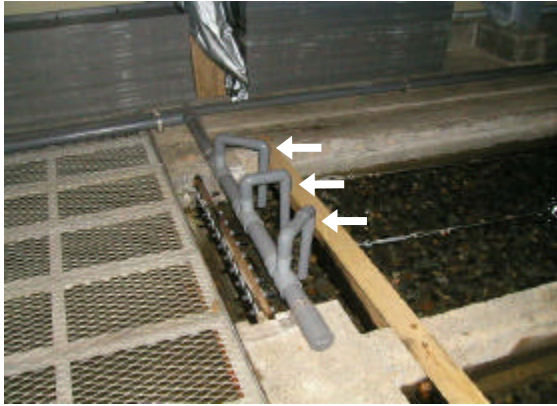


写真4．養魚池注水部への配管（静内事業所）. ふ化室に設置した水温調整装置から，冷却水を塩ビ管で導水し注水（矢印）.



写真5．徳志別事業所のふ化室に設置した水温調整装置（タカツ電機商会製 TR-J300DCHA．加温・冷却型）.