

技術情報

サケの給餌率に関する検討

みのわ ばん まさとし ふくざわ ひろあき なかしま あゆみ やえがし ひろふみ
 箕輪 ゆい*1・伴 真俊*2・福澤 博明*3・中島 歩*4・八重樫 博文*1

はじめに

サケのふ化放流事業における飼育給餌は長年、多くのふ化場でサケ水温別標準給餌率表を目安に、その日の給餌量を決定してきました。これは、Leitritz(1959)がニジマスの飼育実験で導き出した水温別の適正な給餌率をサケ用にアレンジしたもので、サケ稚魚を飼育水温毎に、より効果的に成長させることができるとされています(コラム参照)。一方、サケは地域ごとに放流の適期がおおよそ把握されており、適期が近づくまでにふ化場で魚体重を1g以上に成長させるのが理想と考えられています(野川・八木沢 2011)。しかし、現実的には放流適期前に成長が進んで、飼育用水やスペースの不足に陥り、いわゆる放流適期前の調整放流を余儀なくされることがあります。これまで、調整放流を少なくするために、管理用水の水温を下げて卵の発生や稚魚の成長を遅らせる方法が用いられてきました。しかしながら、水温を下げて卵の発生を遅らせる方法は、水温調整装置の導入や電気代にコストがかかる上、卵管理が長くなることにより水カビ症が発生するリスクが高まります。また、稚魚期に水温を下げる方法は、一般に水温が低い時期の河川水を用いて行うため、魚病の発生を招くことがあります。今回の試験では、水温ではなく与える餌の量を抑えることによる成長抑制の可否を検討するため、北海道日本海側に位置する千歳さけます事業所(以下千歳)及び太平洋側東部に位置する鶴居さけます事業所(以下鶴居)で給餌率を下げた場合に稚魚の健苗性に及ぼす影響を調べました。

低給餌率がサケ稚魚に与える影響

試験魚の飼育は、千歳及び鶴居共に給餌率を標準給餌率の100%、80%、60%、40%(以下、100%区、80%区、60%区、40%区)に設定し、それぞれ同じ型の実験水槽(写真1)を用いて、浮上から試験魚と同一採卵日の事業群を放流するまで行いました。試験開始時の投入尾数は、千歳では最終的な飼育密度が20kg/m³となるように、鶴居では各区の尾数を均一とし、各事業所の試験条件は、表1の通りに設定しました。

給餌率の違いが稚魚に与える影響を比較するため、試験終了時の生残率(生残尾数/投入尾数×10²:%)、魚体重、栄養状態の指標として肝臓の糖分量、運動能力の指標として瞬発遊泳速度(大熊ら 1998, 写真2)、飢餓耐性の指標として給餌試験終了から30日間無給

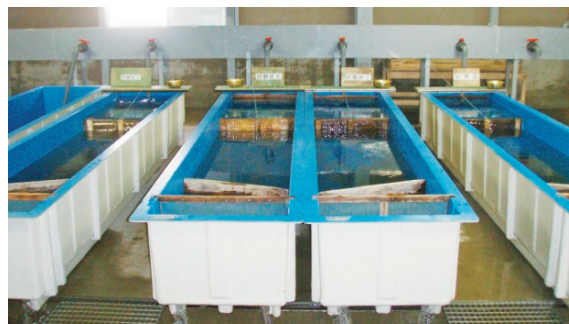


写真1. 飼育試験に用いた鶴居さけます事業所における実験水槽
 餌が流出しないよう排水部の表層に板を設置した

表1. 千歳と鶴居の飼育環境と実験開始時の投入尾数

	千歳	鶴居
飼育面積(m ²)	2.2	2.2
水深(m)	0.30	0.35
流速(cm/秒)	0.14	0.68
水温(°C)	8.0	7.5
飼育尾数(尾)	100%区	8,000
	80%区	10,000
	60%区	13,000
	40%区	19,000
		9,000



写真2. 瞬発遊泳速度測定装置と測定風景
 装置内に魚を投入し、流速を急速に上げ(1秒間に2-3cm/秒)、遊泳できなくなる流速を測定

餌で管理した後の生残率を調べました。

試験期間中の生残率は、全ての区で97%以上を示しました。この値は、北水研の事業所における過去3年間の浮上から放流までの平均生残率99.8%に相当する高い値で、給餌率による大きな違いは生じませんでした。給餌試験終了時の魚体重は事業所間で大きな違いが見られましたが、両事業所とも100%区から40%区にかけて給餌率に従い低下傾向を示し(図1)、明瞭な成長抑制の効果が認められました。

*1 北海道区水産研究所 さけます生産技術部 鶴居さけます事業所、*2 北海道区水産研究所 業務推進部、*3 北海道区水産研究所 さけます生産技術部、*4 北海道区水産研究所 さけます生産技術部 千歳さけます事業所

肝臓の糖分量については、両事業所ともに100%区では約4.5%であったのに対し、千歳の他の区では約3%、鶴居の40%区と60%区ではそれぞれ0.6%と1.5%となり、魚体重と同様にほぼ給餌率に従い低下していました(図2)。肝臓に備蓄される糖分は、飢餓時に真っ先にエネルギーとして使われ(示野 1987)、その特性から魚類の飢餓状態を客観的に評価出来ることが知られています(三坂ら 2004)。このことから、給餌率が低いほどエネルギー不足に陥っていたことが予想されます。また、飢餓耐性試験の生残率も給餌率に従い低下し、100%区が93%以上だったのに対し、60%以下の区は両事業所とも64%以下まで低下しており(図3)、給餌率の低い群の飢餓耐性が劣っていたことが示唆されます。一方、瞬発最大遊泳速度は、どの区分も31 cm/秒を示し、給餌率による違いはありませんでしたが、鶴居の40%区は他の区より低い27 cm/秒でした。

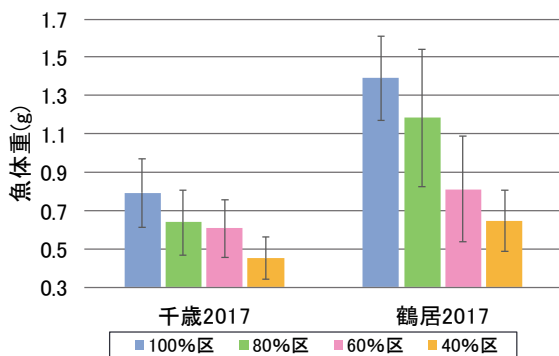


図1. 飼育実験終了時の魚体重。棒グラフ上の縦線は標準偏差を示す

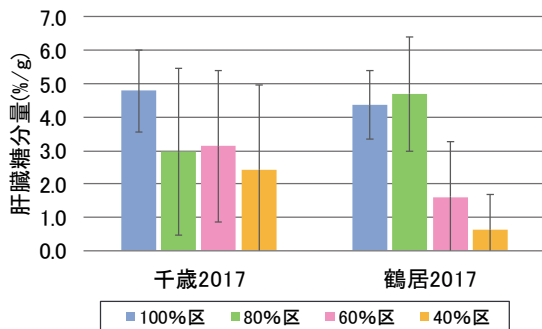


図2. 飼育実験終了時の肝臓における糖分量。棒グラフ上の縦線は標準偏差を示す

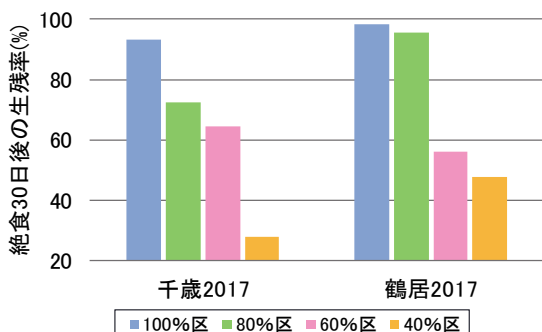


図3. 実験後に実施した飢餓耐性試験の生残率

低給餌率が飢餓後の回復に与える影響

適期に放流されたサケ稚魚は、河川内では多少の摂餌はするものの大きく成長することなく降河し(真山ら 1982)、沿岸域で摂餌し一定の体サイズに成長した後、海水温の上昇に伴い沖合へ移動します(入江 1990)。沿岸域の餌生物の発生状況によっては、放流されたサケ稚魚が飢餓状態に陥ることも予想されます。前項では、低給餌率管理された魚の飢餓耐性が劣っていることを示しましたので、本項では自然界で飢餓状態に陥った魚が餌に遭遇した状況を想定し、その回復状態に対する影響を調べました。そのために、千歳で行った飢餓耐性試験終了後の全試験区を標準給餌率の110%で飼育管理し、魚体重が1gになるまでの生残率を調べました。

その結果、再給餌後の生残率は40%区のみ大きく低下していました(図4)。魚類には、絶食後に再給餌しても回復できない臨界点があることが知られています(Hempel and Blaxter 1963)。今回の40%区は、その臨界点に達する時間が他の区よりも早く、飢餓状態からの回復力が劣っていたと考えられました。

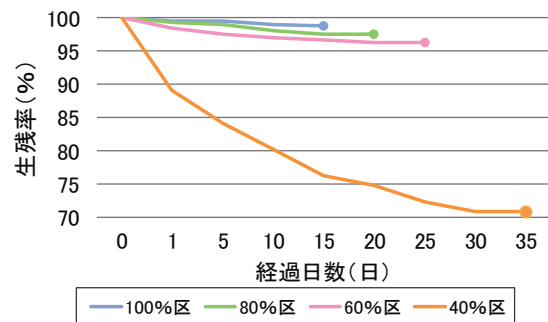


図4. 再給餌期間の生残率の推移

低給餌率管理したサケ稚魚の放流後について

これまで、人為管理下での給餌量の違いがサケ稚魚に与える影響を調べてきました。次に、低給餌率管理されたサケ稚魚を川へ放流した後、成長や生残率、瞬発遊泳速度がどのようになるのかを把握する目的で、千歳川支流のイケジリママチ川に、仮想的な自然環境としてサケ稚魚の餌生物が通過できる網生け簀(1 m × 1 m, 目合4mm)を設置しました(写真3)。河川内に24基の生け簀をランダムに配置し、4つの試験区それぞれに6基の生け簀をランダムに割当て(図5)、生け簀1基あたり30尾の稚魚を収容しました。生け簀内の環境は、平均水深が9.8 cm(7.2 cm - 15.4 cm)、平均流速が18.6 cm/秒(6.7 cm/秒 - 26.9 cm/秒)、平均水温が約8.7°C(7.3°C - 12.3°C)でした。調査項目は、尾叉長、生残率及び瞬発遊泳速度とし、各試験区に割り当てられた6基の生け簀の内、10日後に3基、20日後に残りの3基から取り上げた稚魚を測定した他、5日以内に斃死した個体の尾叉長を測定しました。



写真3. イケジリマチ川に設置した網生け簀

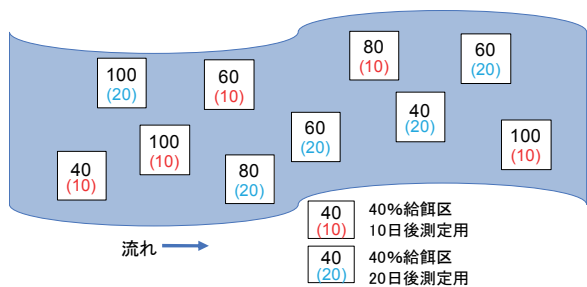


図5. イケジリマチ川に設置した生け簀の配置イメージ図

生け簀に移行後の生残率は、100%区が平均で約90%を維持したのに対し、80%以下の試験区では値が大きく低下する傾向がありました(図6)。また、生け簀へ移してから5日後までの斃死魚の尾叉長を測定した結果、全ての試験区で移行時の平均の尾叉長よりも小さい個体が斃死していたこと、斃死の割合は移行時の尾叉長が小さい60%区と40%区で多かったことなどから(表2)、放流後の生残には大型個体の方が有利であることが推察されます。各試験区から取り上げた魚の瞬発遊泳速度は、生け簀管理期間を通してほぼ同等の30 cm/秒を示し、試験区間に違いは認められませんでした。しかしながら、前項で示した通り、生け簀試験移行時における魚の肝臓の糖分量は給餌率に沿って低下する傾向がありました。肝臓の糖分量は、非常時に速やかに魚が使えるエネルギー源である(示野 1987)ことから、低給餌率区は100%区に比べて持久力が劣っており、そのことが生残率を低下させた要因である可能性が考えられます。流速が遅い飼育水槽から自然環境へ移される魚の生き残りを評価する上で、移行前の栄養状態も考慮する必要があります。次に、各生け簀から生き残った個体を取り上げて体重を比較したところ、移行時には最大で約0.4 g あった差が徐々に小さくなり、20日後には全ての試験区がほぼ同じ重さになっていました(図7)。この理由として、低給餌率区は斃死個体が多いため結果的に生息密度が低くなったこと、あるいは低給餌率区でも生き残った個体は生存能力が高く、高成長に繋がったことなどが考えられます。

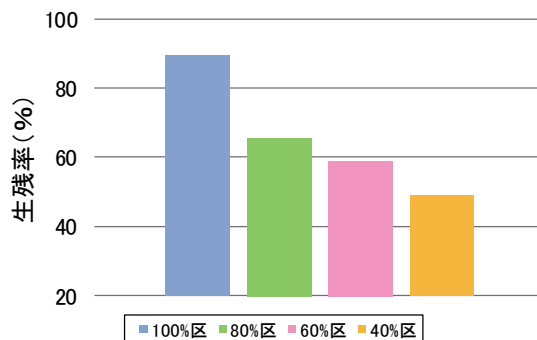


図6. 生け簀に移行してから20日後の生残率(%)
値は生け簀3基の平均値

表2. 各試験区における、生け簀導入時の平均尾叉長、導入から5日後までの斃死魚の平均尾叉長及び斃死割合

	開始時の尾叉長 (mm)	5日後までの斃死魚の尾叉長 (mm)	5日後までの斃死割合 (%)	5日後までの斃死尾数 (尾)
100%	47.5	40.8	1.7	3
80%	44.7	42.4	7.7	14
60%	43.0	41.9	12.2	22
40%	39.7	37.7	10.0	18

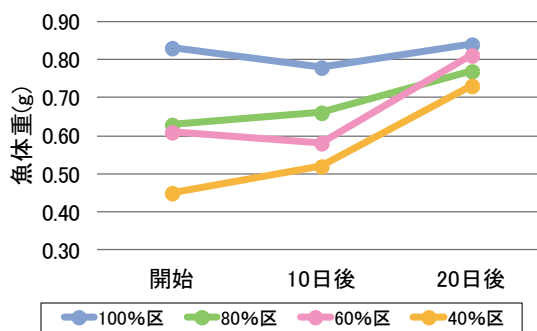


図7. 生け簀移行後の平均魚体重の変化

おわりに

長期的な低給餌率管理は、水槽で飼育したサケ稚魚の生残率及び運動能力に大きな影響を与えることなく、明瞭な成長抑制効果を発揮しました。しかしながら、この管理法はエネルギー源となる肝臓の糖分量の低下を招き、飢餓耐性に悪影響を与えること、特に40%給餌では飢餓から回復することができない臨界点を早めることがわかりました。また、水槽で管理されたサケ稚魚を河川に設置した生け簀で管理した試験においては、尾叉長が約40 mm程度の小型個体が移行から数日で斃死したことから、低給餌率管理を継続的に行う際は、体サイズのバラツキに注意した管理方法を実施する必要があります。鶴居さけます事業所では、標準給餌率の約90%で給餌し、給餌回数を体サイズに合わせて徐々に減らすことにより、バラツキをできるだけ抑えながら成長を抑制して通常管理より1週間ほど放流適期に近づけた放流を事業規模で実施しています。得られた結果は別の機会に紹介する予定です。

本試験では、浮上後の給餌率を一定にして管理しましたが、今後の技術開発試験では複数の給餌率を組み合わせた飼育も考えられます。また、地域特性や環境の微妙な違いにより、同じ管理を行っても全く同じ結

果にはならない可能性があることから、実際に低給餌率で管理する場合は、事前に試験を行い、稚魚の健全性に及ぼす影響を把握した後、事業規模で実施することをおすすめします。

コラム

サケのふ化放流事業における給餌率について

ふくざわ ひろあき

福澤 博明（北海道区水産研究所 さけます生産技術部）

ニジマス養殖では、一般的にライトリッツの給餌率表(表 1)を基本に日々の餌が与えられており、他のサケ科魚類の養殖においても、これを参考にして給餌することが多いようです。この給餌率表は1959年にアメリカのライトリッツ氏がニジマスの体の大きさと飼育水温の違いによって、1日あたり体重の何パーセントの餌を与えれば良いかを研究し作成したものです(Leitritz 1959)。

サケのふ化放流事業では、1967年に乾燥配合餌料による給餌が始まり、当初はライトリッツの給餌率表に従った給餌が行われましたが、放流体重が1g程度のサケには多すぎて残餌が出たことから、ライトリッツ表の値に0.8を乗じた給餌率を目安として給餌されるようになりました(野川・八木沢 2011)。これがサケの標準給餌率表(表2)と呼ばれるもので、多くのサケのふ化場でこれに従った給餌が行われています。

当機構では、ふ化場の技術者に対して技術普及を行っており、新規の技術者などに餌の量を聞かれた場合には、まず、このサケの標準給餌率表を示しながら給餌方法を説明します。しかし、稚魚の摂餌は飼育水温と体重だけでなく、餌料や飼育用水の質、稚魚のコンディションによっても違いが出るものであり、この給餌率表の値はあくまで目安に過ぎません。このため、実際の給餌にあたっては、稚魚の摂餌状態を良く観察し、放流の時期なども考慮した上で加減することも必要になります。

表1. ライトリッツによるニジマスの給餌率表 (谷崎ら 1974 より一部抜粋)

体重 g	0.18 以下	0.18 ~1.5	1.5 ~5.1	5.1 ~12	12 ~23	23 ~39	39 ~62
全長 cm	~2.5	2.5 ~5.0	5.0 ~7.5	7.5 ~10.0	10.0 ~12.5	12.5 ~15.0	15.0 ~17.5
水温 °C							
2	2.6	2.2	1.7	1.3	1.0	0.8	0.7
3	2.8	2.3	1.8	1.4	1.1	0.9	0.7
4	3.1	2.5	2.0	1.6	1.2	1.0	0.8
5	3.3	2.7	2.2	1.7	1.3	1.1	0.9
6	3.5	3.0	2.4	1.9	1.5	1.2	1.0
7	3.9	3.2	2.6	2.0	1.6	1.3	1.1
8	4.2	3.5	2.8	2.2	1.7	1.4	1.2
9	4.5	3.8	3.1	2.4	1.8	1.5	1.3
10	4.9	4.2	3.3	2.6	2.0	1.6	1.4
11	5.3	4.5	3.6	2.8	2.1	1.7	1.5
12	5.7	4.8	3.9	3.0	2.3	1.8	1.6

表2. サケの標準給餌率表

水温 °C	給餌率 %
2	1.8
3	1.8
4	2.0
5	2.2
6	2.4
7	2.6
8	2.8
9	3.0
10	3.4
11	3.6
12	3.8

引用文献

- 大熊一正ら. 1998. スタミナトンネルを用いて測定したサケ稚魚の瞬発遊泳速度. さけ・ます資源管理センター研究報告, 1: 45-48.
- Hempel, G., and Blaxter, J. H. S. 1963. On the condition of herring larvae. Rapp. P. -v. Réun. Cons. perm. Int. Explor. Mer., 154: 35-40.
- 入江隆彦. 1990. 海洋生活初期のサケ稚魚の回遊に関する生態学的研究. 西海区水産研究所研究報告, 68: 1-142.
- Leitritz, E. 1959. Trout and Salmon Culture (Hatchery Methods). Calif. Dept. Fish and Game, Fish. Bull. 107. 196p.

- 真山紘ら. 1982. 石狩川産サケの生態調査 - I. 1979年春放流稚魚の降海移動と沿岸帯での分布回遊. 北海道さけ・ますふ化場研究報告, 36: 1-17.
- 三坂尚行ら. 2004. 飢餓中のサクラマス当歳魚の肝臓におけるトリグリセリドおよびグリコーゲン含量の変動. 日本水産学会誌, 70: 168-174.
- 野川秀樹・八木沢功. 2011. さけます類の人工ふ化放流に関する技術小史 (飼育管理編). 水産技術, 3(2): 67-89.
- 示野貞夫. 1987. 魚類糖代謝の特性と適応性②代謝調節. 水産の研究, 6: 60-65.
- 谷崎正生ら. 1974. ニジマス. 養魚学各論 改訂二版 (川本信之編). 恒星社厚生閣, 東京. pp. 404-405.