

浮上槽によるサケ・マス類の仔魚管理方法について

平澤勝秋^{*1}・伊藤二美男^{*2}・佐々木系^{*2}

^{*1} 062-0922北海道札幌市豊平区中の島2-2 独立行政法人さけ・ます資源管理センター指導課

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

キーワード：サケ，カラフトマス，浮上槽，仔魚管理

はじめに

サケ・マス類の増殖事業において，仔魚管理は養魚池もしくは浮上槽を用いるのが一般的である．養魚池は，コンクリート材等で施行され，仔魚床（仔魚が収まる空間）には砂利やネットリング（土木資材）などが用いられる（図1右）．浮上槽は，カナダやアラスカにおいて使用されていたふ化装置をヒントに，アルミ材やラワン合板を材質として国内で製作されたものである（図1左）．

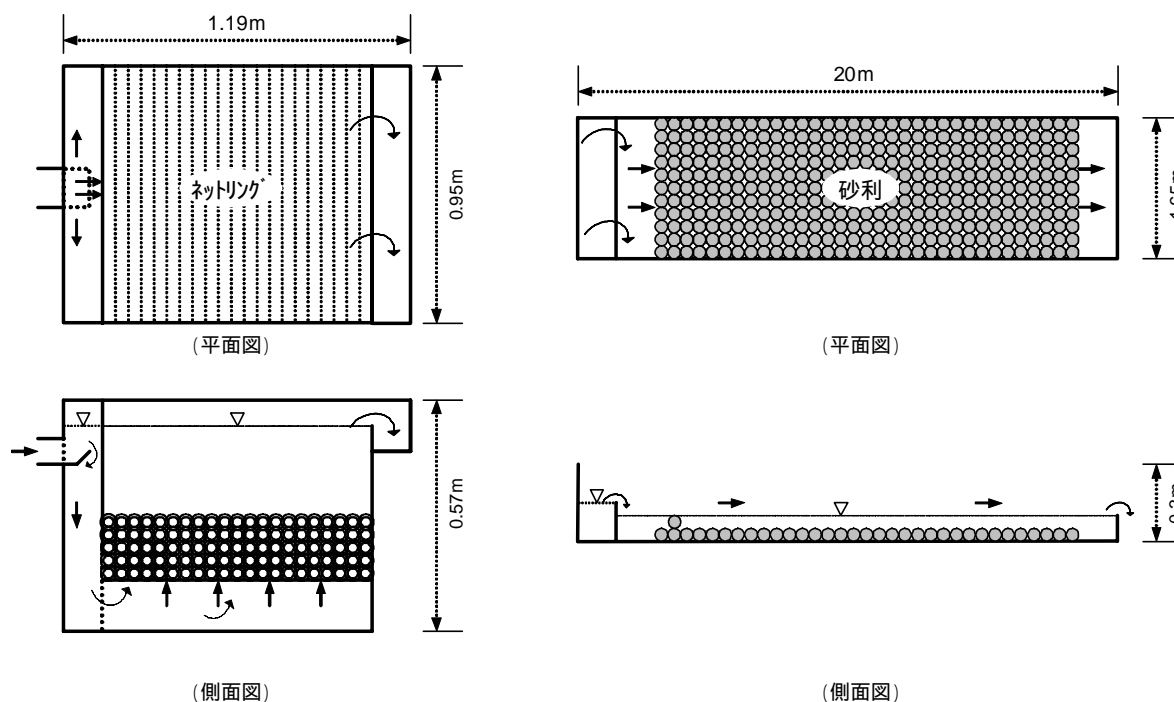


図1．本州東北地方に普及している浮上槽（左）と北海道に普及している養魚池（右）の概略図
各寸法は参考値．実線矢印は水の流れを示す．

このうち養魚池は古くから利用され，さけ・ます資源管理センターにおいても適正な養魚池管理に係わる知見として，仔魚の酸素消費量をもとに適正な注水量や水深に関するものが報告されている（北見支場 1978；安達 1984；長谷川ら1994）．

一方、浮上槽は主に本州東北地方で使用され、養魚池のように広いスペース（土地）を必要としないことや管理が簡便に行えることなどの長所があるが、使用方法の根拠となる知見が少なく、使用する用水の性質（浮泥の混入など）により、適正な管理が困難となるリスクも想定されるため、北海道においては浮上槽への普及が進まず現在に至っている。

近年、サケ・マス類の増殖事業においても効率化が求められ、各種器材や設備についても見直しを図る必要性が高まった。その技術開発の一環として、浮上槽の有効性の確認、および浮上槽の効果的な管理方法を検討するための試験に取り組んだ（さけ・ます資源管理センター業務報告書1999-2004）。本稿ではそれらの試験結果の概要、および使用上の注意点について報告する。

1. 浮上槽の種類

1) 本州型浮上槽

本州域のふ化場で広く普及しているタイプで、材質にはアルミやラワン合板（ラワン材質による合板）を使用し、2槽を1組として使用するものが一般的となっている（写真1）。

内容積 0.34 m^3 （ 0.28 m^3 ）

縦790 mm×横790 mm×高550 mm（450 mm）



写真1. 本州型浮上槽の内部。通常は側面すべてがアルミ板で覆われている。

2) ボックス改良型浮上槽

既存の種卵収容用ボックス型ふ化器を改良し浮上槽に応用したもので、槽内の通水環境の良化を期待して四方（四辺）から排水する構造となっている（以下「改良浮上槽」という）。

材質は塩化ビニール製であり、アルミ製の本州型浮上槽に比べ直射日光による劣化が早いので屋内設置が望ましい。

基本構造は本州型浮上槽と同様であるが1槽毎に独立している。

内容積 0.24 m^3 （ 0.14 m^3 ）

縦800 mm×横630 mm×高475 mm（280 mm）

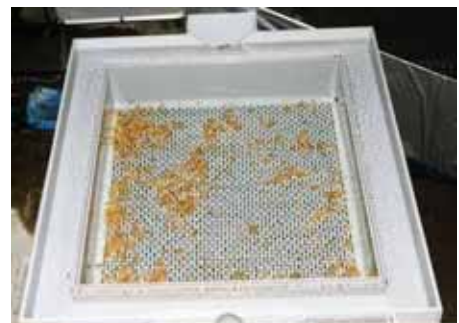


写真2. ボックス改良型浮上槽。浮上槽底部から注水され四方から排水される。

3) ボックス改良型浮上槽

改良浮上槽の改造経費と新規制作費に差が無いことと、種卵の収容量が本州型浮上槽より少ないことから、改良浮上槽の基本構造を継承して

内容積を増やし、普及版として低価格を見込み製作したタイプ（以下「改良浮上槽」という）である（写真2）。

基本構造は改良浮上槽と同様で設置は屋内が望ましい。

内容積0.34 m³ (0.24 m³)

縦800 mm×横630 mm×高680 mm (485 mm)

底部空きスペースを除いた値（図1左参照）。

2. 浮上槽の有効性を検討した試験結果

1) 浮上槽と養魚池で管理した仔魚の体成長と発育

前述した3タイプの浮上槽と養魚池で仔魚を管理し、浮上時稚魚の尾叉長と体重を比較した。その結果、尾叉長、体重ともにサケでは40例中33例、カラフトマスは7例中6例で、浮上槽の方が養魚池より有意に大きいか、もしくは有意差がない結果となった。

また、浮上槽が稚魚の発育に与える影響の有無を調べるため、浮上時のサケ及びカラフトマスの鰓、肝臓、胃の組織を比較した結果、器官の発達状態に顕著な差は認められなかった。

2) 注水量と収容量の違いが仔魚に与える影響

試験開始年度当初は浮上槽のメーカーが作成した使用基準をもとに注水量と収容量を設定したが、その基準どおりに行うと単位水量当たりの収容量（生産能力）が養魚池より劣ってしまう。そこで、収容量を増やす一方、注水量は極力減じた設定により生産能力を養魚池に近づける方法を検討した。その結果、一槽あたりの注水量が20 l/min～50 l/min、収容量が21 kg～45 kg（改良浮上槽は50 kg）の範囲であれば、注水量や収容量が異なっても稚魚の体サイズや海水適応能力に有意な差は生じないことが分かった。

3) 親魚の回帰数の比較

浮上槽と養魚池で管理した稚魚にそれぞれ異なる標識を施し、放流後の親魚の河川回帰数を比較した。その結果、両者の回帰数に有意な差は認められなかった（表1）。

表1. 標識親魚の回帰結果。

放流年級	河川	管理方法	標識部位	放流尾数 (千尾)	海水 適応能	確認数(尾)				合計(尾)
						2002	2003	2004	2005	
2000年級	十勝川	浮上槽	脂鱗+左腹鱗	96	100%	-	0	15	9	24
		養魚池	脂鱗+右腹鱗	97	100%	-	0	22	10	32

以上の結果より、浮上槽の現場（ふ化場）への応用は可能であると判断された。しかし、浮上槽を適切に利用するためには以下に示す注意点に留意することが必要である。

3. 浮上槽を利用するための注意点

1) 浮上槽の設置方法

- ・設置は、通水した際にその重量により浮上槽が傾斜や変形しないよう強固な場所とし、必ず水平となるよう調整を行う。
- ・改良浮上槽 および については、四方から排水する構造になっていることから、より繊細な調整が必要である。
- ・浮上槽に設置するふ化盆は、歪みのない物を使用し、ふ化前の窒息死を防ぐ必要がある。
- ・浮上槽内部に設置する下網は欠損(穴あき)や槽内壁との隙間がないことを十分確認し、必要であれば補修や交換をおこなう。

2) 注水量の設定方法

仔魚管理における注水量を設定する際の注意点として、1)管理期間中(仔魚期)は運動による卵黄エネルギーのロスを抑え、効率よく発育へ転換することが重要であることから(長谷川 1994)、浮上槽内の仔魚に無用な刺激を与えないため、水量の変化を極力控え、過度な注水を行わないことを基本とする。2)浮上槽における仔魚の酸素消費量は、最大で養魚池の約1.5倍となる。3)排水部の溶存酸素量は3.5 ml/l (5ppm)以上に保つことが安全な仔魚管理に重要である(松島1993)。

これらを踏まえ、特に管理中の無用な水量変化を行わないために、収容時には浮上時点で必要となる水量にあらかじめ設定しておく必要がある。各タイプの浮上槽への収容重量に対する注水量 v は、 $v=w \times k / (c_2 - c_1)$ により求める事が出来る。 w は収容量(kg)、 k は酸素消費量(ml/kg/min)、 c_2 は注水部溶存酸素量(ml/l)、 c_1 は排水部溶存酸素量(ml/l)を示す。 k はサケの場合は $k=0.1835 \times e^{(0.0031t)}$ (平均水温10~11)または $k=0.0757 \times e^{(0.0038t)}$ (平均水温7.5~8)、カラフトマスの場合は $k=0.0635 \times e^{(0.0035t)}$ (平均水温7.2)の式で求めることができる。 t は積算温度()を示す(図2)。

以上の式から例えば、10 の用水を使用してサケ発眼卵40kgを収容し、浮上を積算温度1,000 として c_2 を7 ml/l、 c_1 は3.5 ml/lを安全下限値として設定した場合、積算温度1,000 時点の k は $k=0.1835e^{(0.0031 \times 1,000)}=4.07332$ ml/kg/min となる。従って収容時に注水量 v は $v=40 \times 4.07332 / (7 - 3.5) = 47$ l/min と設定しておく必要がある。

このように注水量は計算上予測できるが、図2のグラフに示した様に浮上槽による仔魚管理は酸素消費量の変動が激しい。これは浮上槽の特徴である少空間(高密度)の中に収容するため瞬間的な外部からの刺激(振動や光)が敏感に反映されていることが推察される。また、上記の例と異なる水温下では酸素消費量も異なってくる。その為、浮上槽に加わる刺激を出来るだけ排除することに加え、使用環境が異なる場所毎に酸素消費量を把握し、注水量を決定することが重要である。

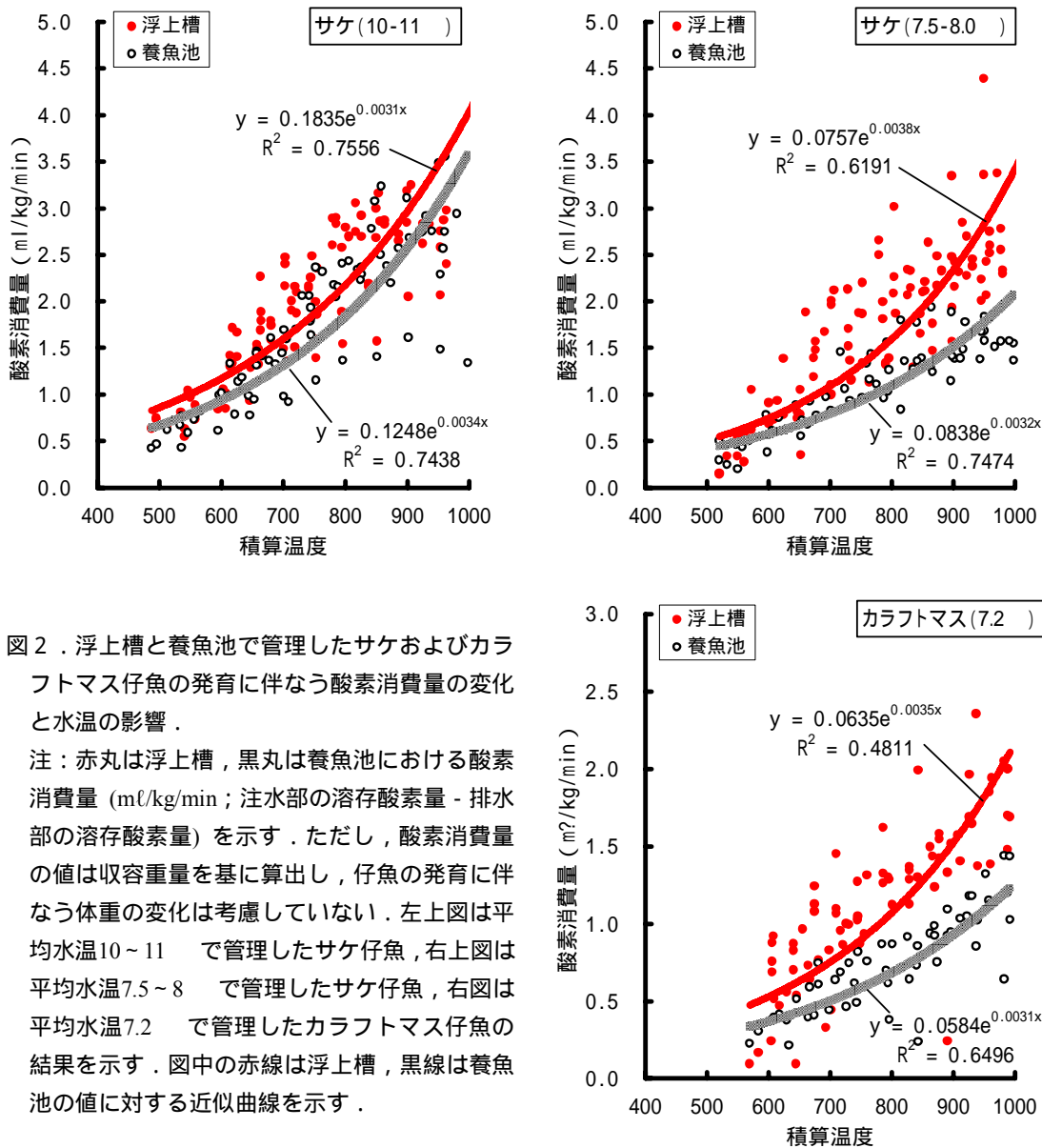


図2．浮上槽と養魚池で管理したサケおよびカラフトマス仔魚の発育に伴う酸素消費量の変化と水温の影響．

注：赤丸は浮上槽，黒丸は養魚池における酸素消費量（注水部の溶存酸素量 - 排水部の溶存酸素量）を示す．ただし，酸素消費量の値は収容重量を基に算出し，仔魚の発育に伴う体重の変化は考慮していない．左上図は平均水温10～11 で管理したサケ仔魚，右上図は平均水温7.5～8 で管理したサケ仔魚，右図は平均水温7.2 で管理したカラフトマス仔魚の結果を示す．図中の赤線は浮上槽，黒線は養魚池の値に対する近似曲線を示す．

3) 仔魚床（ネットリング）の敷設方法

収容数に応じ5～7層（本州型），または8～10層（ボックス改良型 および ）を敷設する（写真3）．収容する卵が少ない場合においても，均一な水の流れとするためネットリングは規定通り敷設する．

4) 卵の収容方法

収容後の槽内への死卵や死魚の混入は，ミズカビの寄生，繁茂を助長し，浮上槽内の下網の目詰まりを引き起こし，均一な注水環境を阻害する．さらには，槽全体の環境を悪化させることになるため，収容時にはふ化盆を用いて死卵を確実に取り除く必要がある（写真4）．

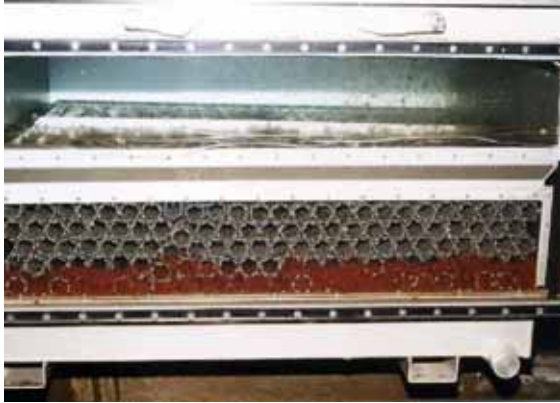


写真3．本州型浮上槽（左）および改良浮上槽（右）の側面アクリル板越しの画像．本州型浮上槽内下部の赤い像はふ化後のサケ仔魚．

なお、卵膜軟化症の卵はふ化後に死亡することが多いため、そのような卵を浮上槽へ収容することは避ける．

各種浮上槽の最大収容量として、本州型浮上槽は45 kg、改良型浮上槽 および は50 kg 程度まで可能である．ただし、最大量を収容すると仔魚がネットリング内に収まりきらないため、ネットリングの敷設量を前者は5層から7層へ、後者は8層から10層へ増量する必要がある．また、ふ化盆の歪みや目合いによっては水回りが悪化し、ふ化盆上にふ化仔魚が停滞して窒息死する場合がある．その為、ふ化後速やかにネットリングに移動できるように収容する卵の大きさに応じてふ化盆の目合いを選択する必要がある．



写真4．本州型浮上槽におけるふ化後のふ化盆上の残卵．

5) ふ化から浮上までの管理

ふ化後は出来るだけ光や振動による刺激を避け、酸素消費量の増加を防ぎ安静を保ちながら管理する．浮上槽を屋外に設置している場合は、雨などの外部からの衝撃の影響にも配慮する．

浮上時期の決定は、サケの場合積算温度（900～1,000 ）を目安とするが、腹部の縫合が終わった時期においてもネットリング内にとどまることが多く（写真5）、適正な飼育開始時期を見逃すおそれがあるため、段階的にネットリングを取り上げる等、強制的に飼育池へ移送するのが効率的である．

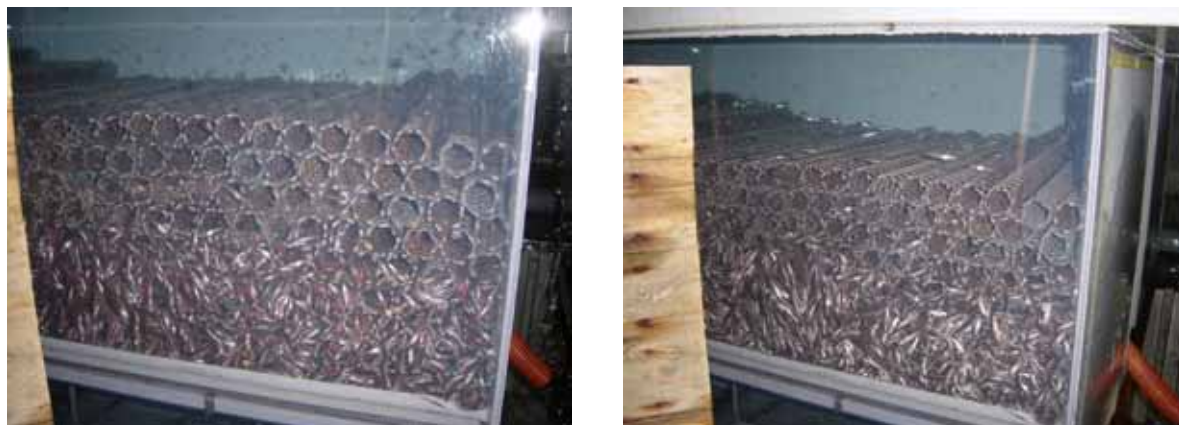


写真5 . ボックス改良型浮上槽 における積算温度800 (左)前後と積算温度900 (右)前後のサケ仔魚の様子 . 積算温度900 を過ぎると一部の仔魚は表層側へ移動するが , 大部分は依然底部へ集中している .

6) 浮上槽の長所と短所

長所

- ・ 立体的に管理するため , 少ない敷地面積で稚魚を生産することができることから土地等施設費が安価 .
- ・ 卵の収容が容易 .
- ・ 床材 (ネットリング) の敷設が容易 .
- ・ 使用後の管理 (清掃 , 乾燥) が容易 .
- ・ 浮上後の稚魚の移動が容易 .

短所

- ・ 使用する用水は , 浮泥等の混入を遮断し清浄に保つことが必須 .
- ・ 下網の目詰まりによる槽内の偏流や停止から窒息死をおこしやすい .
- ・ 浮上槽内 (ネットリング内) の仔魚の状態を観察することが困難 .
- ・ 単位水量当たりの飼育量が少ない .

おわりに

近年におけるふ化場の実態は , 後継者不足等による高齢化が進み , その事業運営には省力化が強く望まれている . その中で浮上槽を利用した仔魚管理は , 養魚池に比べ少ない労力で簡便に稚魚を生産できることから , 効率的な管理方法と言える . ただし , 管理期間中に浮上槽内部の仔魚の様子を確認することが困難であり , 万が一異変が生じていても気づいた時点では手遅れの状態になることも想定される . そのため , 浮上槽の利用にあたっては , 長所と短所を十分に理解し適正に管理することが健康な稚魚を生産する上で極めて重要である .

今後は浮上槽の短所を克服する為、浮泥やゴミを取り除く物理的な工夫や、よりリスクの少ない管理ができる理想的な浮上槽の開発などが課題となるであろう。今回の報告をもとに仔魚管理全般を振り返り改善の要素を探る一助となれば幸いである。

引用文献

- 安達宏泰. 1984. 千歳事業場の養魚池管理 - 注水量の算出方法の検討 - . 魚と卵, 154: 18-20.
- 長谷川裕康. 1990. 仔魚期におけるサケの人工ふ化管理. 魚と卵, 163: 27-30.
- 北見支場. 1978. 養魚池の流れに関する考察. 魚と卵, 146: 24-39.
- 小軽米成人. 1994. 千歳事業場におけるサケ仔魚の養魚池管理方法. 魚と卵, 163: 35-36.
- 小村祐悦. 1994. 十勝事業場におけるサケ仔魚の養魚池管理方法. 魚と卵, 163: 31-33.
- 松島豊. 1993. 溶存酸素量の異なる水環境におけるサケ仔魚の発育比較. 魚と卵, 162; 69-75.
- 奈良和俊. 1981. 人工ふ化技術考 (). 魚と卵, 151: 22-44.
- さけ・ます資源管理センター業務報告書. 1999. 調査研究・技術開発結果. 63-67.
- さけ・ます資源管理センター業務報告書. 2000. 調査研究・技術開発結果. 56-60.
- さけ・ます資源管理センター業務報告書. 2001. 調査研究・技術開発結果. 52-53.
- さけ・ます資源管理センター業務報告書. 2002. 調査研究・技術開発結果. 105-110.
- さけ・ます資源管理センター業務報告書. 2003. 調査研究・技術開発結果. 125-128.
- さけ・ます資源管理センター業務報告書. 2004. 調査研究・技術開発結果. 134-135.
- 富樫和弘. 1991. 仔魚期におけるサケの人工ふ化管理に関する技術開発試験- . - 流速の違いによる仔魚の安静状態の比較 - . 魚と卵, 160: 43-46.