

【北海道】TOM型浮上槽（自然浮上型魚卵収容人工ふ化育成槽）の開発および普及
（地独）北海道立総合研究機構 さけます・内水面水産試験場 道東センター 宮本 真人 主査



※TOMとは開発関係者のイニシャルを用いています
T: テクノプロス（有）
O: 大橋資材（株）
M: 宮本真人・小林美樹・増川剛雄

地方独立行政法人 北海道立総合研究機構
さけます・内水面水産試験場 道東センター
みやもと まひと
宮本 真人

<スライド1>

- ・地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 さけます・内水面水産試験場道東センターの宮本です。
- ・業績名は「TOM型浮上槽（自然浮上型魚卵収容人工ふ化育成槽）の開発および普及」です。
- ・サケふ化場の新設に合わせて、省スペースで低コストの人工ふ化育成槽を開発したのでご紹介します。

背景と目的

●背景：サケ人ふ化放流事業
→ 健康な稚魚（放流種苗）の生産

- ・仔魚期の適切な管理 → 安静を保つ
- ・サケ仔魚は負の走光性を示す → 遮光が必要
- ・北海道では養魚池（仔魚期）による管理が主流
 - 広大な施設面積の遮光
 - 仔魚の健康状態を把握しづらい
 - 寄生虫感染症等への対処が困難

●目的：新たなふ化・仔魚管理システムの開発（新設ふ化場）

- ・養魚池に代わる新たな人工ふ化育成槽の開発
 - 浮上槽（従来型）の改良
- ・省スペース、低コスト、容易な管理、魚病等への対応が可能

<スライド2>

- ・開発の背景と目的について説明します。
- ・サケマス類の人工ふ化放流事業では、健康な稚魚を育てることが重要です。
- ・そのためには、仔魚期における適切な管理が重要で、さいのうに含まれる栄養を効率良く吸収させるために、安静を保つことが特に重要です。
- ・仔魚は光を嫌う性質（負の走光性）を持っているため、安静を保つためには遮光する必要があります。
- ・北海道では、仔魚の管理は一般的に養魚池で行います。
- ・しかし、養魚池は大変広いので、遮光するにも広大な面積を遮光しなければなりません。
- ・また、養魚池を暗くすると飼育者の視界が遮られるため、仔魚の健康状態を把握することが困難です。
- ・特に、現在、北海道で問題となっている寄生虫の感染等に対処することがとても困難です。
- ・このような背景の下、北海道で新しいふ化場を建設することになり、養魚池に代わる新たなふ化および仔魚管理システムの開発が必要となりました。
- ・そこで現在、東北地方で普及している浮上槽の特性である（１）省スペース、（２）低コスト、（３）管理が容易であることに着目し、これらのブラッシュアップとさら

に原虫寄生にも対処できるよう改良を加えることを目的としました。



<スライド3>

- 先ず、本題に入る前に、北海道におけるサケふ化放流事業の流れについて説明します。
- サケの増殖事業は大きく3つのステージに分けられます。
- 1つ目は、捕獲・蓄養、採卵（受精）です。9月から12月の4ヶ月間行われます。作業には、捕獲場や蓄養池、採卵場が使われます。
- 2つ目は、卵の収容から給餌までです。管理期間は地域（主に水温）によって異なりますが、大よそ9月から5月までの約9ヶ月間です。管理はふ化場で行われ、北海道には98施設の民間ふ化場があります。
- 3つ目は、放流で、日本海側の地域では3月から4月、太平洋やオホーツク海側では4月から6月にかけて行われます。
- 卵収容から放流までの間で最も長いのは、仔魚の管理です。約75日から100日間あります。
- そして、冒頭で説明しましたが、北海道では一般的に仔魚管理は養魚池において行われます。
- 今回の取り組みは、このサケの仔魚期における管理システムの開発ということになります。

<スライド4>

- サケの仔魚期の管理スタイルには、主に3つのタイプがあります。
- 1つ目は養魚池によるもので、これは北海道で最も一般的に使われている方式です。
- 2つ目は浮上槽によるもので、これは主に東北地方(岩手県)で主流となっています。
- 3つ目は立体式ふ化器によるもので、これは北米では一般的な方法で、かつて北海道でも一部導入されましたが、現在は使われていない方式です。

サケの人工ふ化放流事業で用いられる
ふ化・仔魚期の管理施設

- **養魚池**: 北海道で一般的
- **浮上槽**: 主に本州(東北地方)で導入
- **立体式ふ化器**: 北米で一般的、北海道でも一部導入

サケ仔魚の管理施設(養魚池) 



写真1 中標津ふ化場

- 床材 → 砂利orネットリング(発眼卵はふ化盆へ散布。**非常に手間がかかる!**)
- 仔魚は上流部へ蟄集(正の走流性) → 水量調節(**熟練した技術が必要!**)
- 仔魚は光を嫌う(負の走光性) → 遮光(**広大な面積!**)

<スライド5>

- これが、北海道で仔魚期の管理に一般的に用いられる養魚池です。
- 池はコンクリート製で、雪害や凍害を防ぐために、北海道では上屋が必要となります。
- 床材には、写真のような砂利かあるいはネットリングと呼ばれる人工の育成床材が用いられ、発眼卵を床材の上に置かれたふ化盆(写真)に散布します。これは非常に手間のかかる作業です。
- また、ふ化した仔魚は遊泳力が弱いながらも正の走流性を示すので、常に上流部へ蟄集する傾向があります。蟄集すると仔魚が窒息するため、水量(流速)を調整して防ぎますが、これには熟練した技術が必要となります。
- さらに、サケの仔魚は負の走光性を示すため、安静を保つためこのように広大な面積を遮光しなければなりません。また、室内が暗いので管理者が仔魚の状態を確認することや作業することができません。

サケ仔魚の管理施設(浮上槽:岩手県) 



写真2 織笠ふ化場(アルミ)



写真3 津軽石ふ化場(ネオランバー)



写真4 小本浜ふ化場(アルミ)

- 昭和50年代から各地のふ化場に導入 → **現在も主流**
- 飼育池とセットで屋外に設置可能 → **上屋は原則必要なし**

<スライド6>

- 次に、これは本州(岩手県)で導入されている浮上槽です。
- 岩手県では浮上槽方式が一般的で、昭和50年代から普及しています。浮上槽の材質はアルミ製かネオランバー(強化木材)製になります。
- 屋外設置が可能で、このように飼育池1面に対して浮上槽を2台ずつ設置するのが一般的です。

サケ仔魚の管理施設(浮上槽:北海道)



写真5 瀬棚ふ化場の浮上槽(アルミ)

- 北海道では昭和60年代に檜山管内のふ化場へ導入
→ その後は普及が進んでいない

<スライド7>

- ・これは、昭和60年代に北海道に導入された浮上槽です。
- ・檜山管内のふ化場へ導入されましたが、その後、普及が進みませんでした。
- ・北海道で普及しなかった原因は、当時、仔魚の管理では養魚池方式による技術が確立されており、それが推奨されたことによるものです。
- ・しかし、浮上槽の有効性についてはその後検証されています。

サケ仔魚の管理施設(立体式ふ化器)



写真6 旧えりも支場の立体式ふ化器

- 昭和40～50年代に道立のふ化場へ導入された → 現在は廃止

<スライド8>

- ・これは、立体式ふ化器です。
- ・北米で一般的に用いられる仔魚期の管理方式で、かつて北海道においても導入されましたが、現在は使われておりません。
- ・原因はやはり浮上槽と同様に、養魚池方式による管理が推奨されたことによるものと考えられます。

新たなふ化・仔魚管理システムの開発上のポイント

● 開発事業名:

「サケ・マス増殖事業の高度化・効率化試験」(平成18～22年)

- ・平成21年に新設されるふ化場への導入(道内2か所)
- ・試作機による試験:平成20年～

● 開発のポイント

浮上槽(従来型)が持つ良い特性をブラッシュアップ!

【浮上槽(従来型)の特性】

- ・省スペース → 狭いふ化場用地(養魚池方式は不可能)
- ・低コスト → 建設・管理コストの低減
- ・管理が容易である → 熟練した技術を要しない

【TOM型浮上槽に備える新たな特性】

- 均一な上昇流の造成
→ 稚魚サイズの安定化、健苗生産
- 魚の自然ふ上と自発的な降下行動の誘発
→ 作業(飼育池への移動)の省力化、稚魚のストレスを軽減

<スライド9>

- ・新たな浮上槽を開発するにあたってのポイントを説明します。
- ・まず、開発は平成18年から開始された「サケ・マス増殖事業の高度化・効率化試験」の中で取り組みました。
- ・平成21年に道内で2ヶ所のふ化場が新設されることになり、この中での導入を前提に平成20年から試作機による試験を開始しました。
- ・開発にあたってのポイントは、従来の浮上槽が持つ特性に改良を加えて、ブラッシュアップすることを念頭に置いたことです。
- ・特に、従来の浮上槽は大きい割りに収容できる卵数が少なく、多くの水量も必要とします。また、稚魚の排出にも手間がかかる構造となっていますので、これらの改善を図りました。

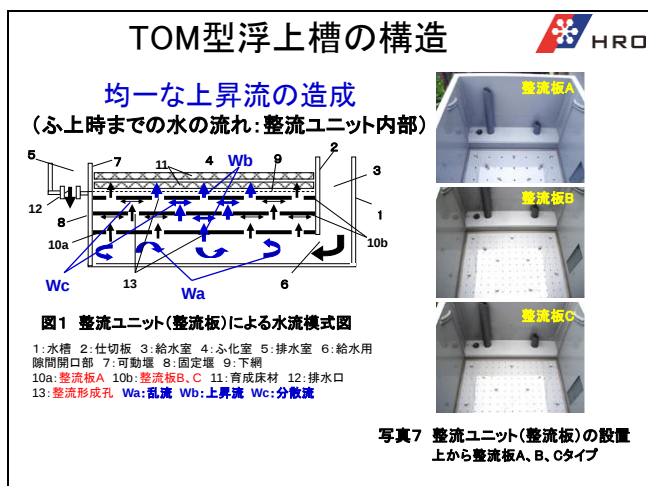
- 先ず、浮上槽が持つ良い特性、省スペース（用地が狭いので養魚池方式は不可能）であること、低コスト（管理に人数を必要としない）であること、また、管理が容易である（熟練を要しない）という特性を備える必要がありました。
- これらの特性に加え、新たに開発するTOM型浮上槽ではさらに、均一な上昇流を造成すること（種苗性、体サイズにバラツキが生じない）、そして、自然なふ上と自発的な降下行動を誘発すること（池出し作業の省力化、稚魚のストレス軽減）を目標としました。

サケ仔魚の管理方法の比較 				
	浮上槽		養魚池	立体式
	従来型	TOM型		
材 質	アルミ、ネオランパー	塩ビ	コンクリート	ステンレス
床 材	ネットリング	ネットリング	砂利、ネットリング+ふ化盆	なし
長さ(m)	0.80	0.76	20	0.45
幅(m)	0.80	0.76	1.6	0.48
面積(m ²)	0.64	0.58	32	2.16
収容卵数	160,000	200,000	420,000	150,000
密度(尾/m ²)	250,000 <約1.4倍	346,260	約26倍 > 13,125	69,444
注水量(L/分)	45	約65% > 30	<約43% 20~70	10

● 浮上槽は、省スペース(低コスト)で管理が容易(水量一定)
 ● TOM型は、養魚池の約26倍の密度(面積)で飼育可能

<スライド10>

- これまで写真で紹介したサケ仔魚の管理方法について、その概要を整理したものです。
- 先ず、養魚池はコンクリート製で、設置に広大な敷地と大規模な建築工事が必要で
- この点、浮上槽や立体式ふ化器は工業製品として販売されており、狭いスペースにも設置可能で、卵の収容密度も養魚池に比べて高く、低コストといえます。
- この高密度飼育が可能となる要因は水流にあり、養魚池では水の流れが上流から下流への水平方向であるのに対して、浮上槽や立体式では下から上への上昇流となっています。
- また、養魚池ではサケ稚魚の成長に合わせて水量を調整しなければならず、これには熟練した経験が必要となりますが、浮上槽や立体式では一定の注水量で管理が容易です。
- 特に、今回開発したTOM型浮上槽では、従来型の浮上槽よりもさらにコンパクトで、使用する水量も少なく、収容密度も高くなっています。
- 養魚池との比較では、TOM型の収容密度は約26倍です。



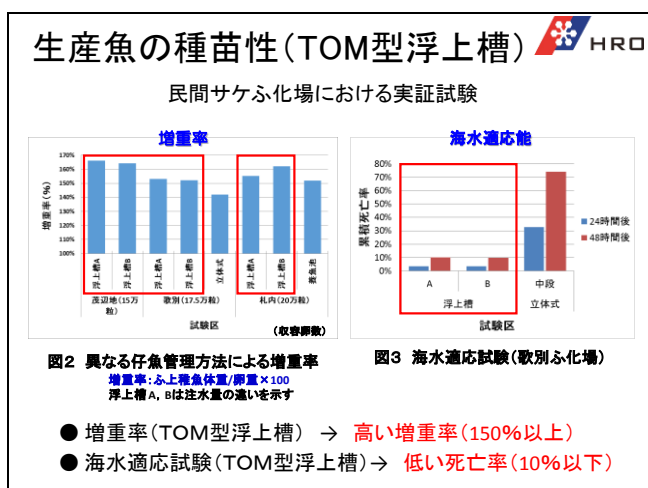
<スライド11>

- TOM型浮上槽の構造について説明します。
- 図1にTOM型浮上槽の整流ユニット内部の構造と水流について、写真7に整流ユニット（整流板）の設置状態を示しました。
- TOM型浮上槽では、大きさの異なる整流形成孔を持つ3枚の整流板（整流ユニット）によって水の流れが上昇、分散を交互に繰り返し、均一な上昇流が形成されます。



<スライド12>

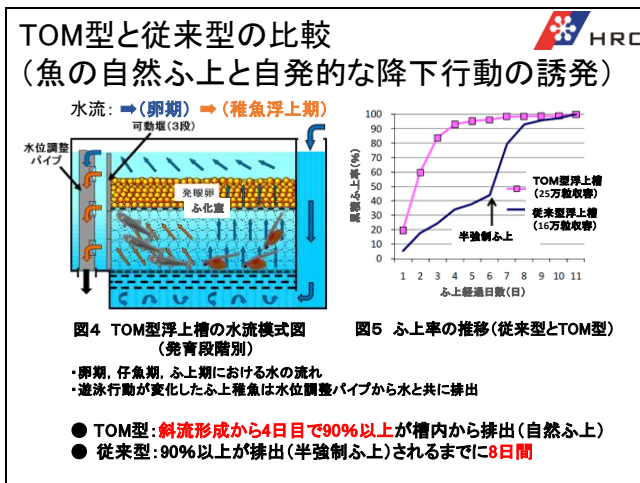
- TOM型と従来型浮上槽の水流の違いについて説明します。
- この写真は従来型とTOM型浮上槽における槽内の流れを比較したものです。
- 従来型では、部分的に強い流れが生じていますが、TOM型では穏やかな上昇流が形成されています。
- 従来型は注水部の壁沿いに止水部が生じていますが、TOM型では均一な上昇流が形成され、槽全体に拡散することが確認されました。



<スライド13>

- TOM型浮上槽で生産されたサケ稚魚の種苗性について説明します。
- 民間ふ化場において、TOM型浮上槽で生産されたサケ稚魚の増重率と海水適応能を調べてみました。赤枠で示した結果がTOM型浮上槽によるものです。
- ここでは、養魚池と立体式ふ化器で調べた値も載せておりますが、何れも条件をそろえた実験ではありませんので、あくまでも参考として載せております。
- 先ず増重率ですが、TOM型浮上槽で飼育した群を見ると、何れも高い増重率（150%以上）を示しました。
- また、海水適応試験においても、TOM型浮上槽の海水移行後48時間の死亡率はすべて1割程度に留まりました。

- ちなみに、立体式ふ化器で高い死亡率を示しましたが、これは後の検査で原虫寄生が明らかとなり、これが原因であったと考えられます。
- TOM型浮上槽で生産されたサケ稚魚は、何れも高い増重率と海水適応能を示すことが確認されました。



<スライド14>

- TOM型浮上槽による魚の自然ふ上と自発的な降下行動の誘発について説明します。
- 図4にTOM型浮上槽の各発育段階における水流の模式図を示しました。
- 卵期と仔魚期では槽内の水流は上昇流、また、光に対する走性が変わり遊泳行動が変化するふ上期においては斜流を形成することによって、魚の自然ふ上と自発的な降下行動が促されます。
- これにより、池出しの作業量が大幅に軽減され、稚魚にもストレスを与えない池出しが可能となります。
- 図5に従来型とTOM型浮上槽によるサケ稚魚の浮上率の推移を示しました。
- TOM型では斜流形成から4日目で90%以上がふ上し、槽内から自然に排出されましたが、従来型では人為的にふ上作業(床材の撤去)を行っても、90%以上が排出されるまでに8日間を要しました。
- ちなみに、従来型では人為的に強制ふ上させない場合には、ふ上が完了するまでに1ヶ月以上必要となります。

TOM型と従来型の比較 (飼育池への池出し作業)



写真9 従来型浮上槽での池出し状況

- 床材(ネットリング)を持ち上げて、稚魚を振り落とす
- その後、ホース(サイホン)で屋外の飼育池へ排出



写真10 TOM型浮上槽での池出し状況

- 水位調整パイプと可動堰による流れの変化
→ 自発的な降下行動と飼育池への移動
→ 池出しの作業量と稚魚のストレスを軽減

● TOM型浮上槽では、稚魚にストレスを与えることなく、効率的な池出し作業が可能

<スライド15>

- ・TOM型浮上槽と従来型の池出し作業（槽内からの排出）の違いについて説明します。
- ・従来型浮上槽では床材（ネットリング）を持ち上げて、稚魚を振り落とし、その後、ホース（サイホン）により槽内から屋外飼育池へ排出します。
- ・一方、TOM型では取り外しが可能な水位調整パイプと可動堰による流れの変化により、自発的な降下行動を誘発し、槽内から飼育池へ自然に排出されます（水位は4段階、可動堰は3枚）。
- ・そのため、TOM型浮上槽では、稚魚にストレスを与えることなく、効率的な池出し作業が可能となりました。

ところで・・・ 道内における原虫の寄生状況

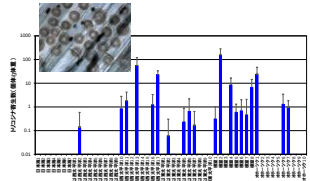
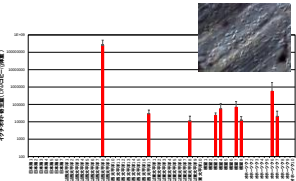



図6 サケ稚魚における原虫寄生状況の実態調査結果(H27年度)
左図: トリコジナ 右図: イクチオボド

●北海道では多くのふ化場で原虫症が発症しており、サケ稚魚の種苗性低下が懸念されている

<スライド16>

- ・ところで、冒頭でも少し触れましたが、北海道では現在多くのふ化場で原虫症が発症しており、種苗性の低下が懸念されています。
- ・特に、仔魚期での駆虫処理が難しい養魚池方式においては、深刻な問題となっています。

養魚池におけるサケ仔魚の原虫症



写真11 養魚池で原虫に感染した事例

- 養魚池内での累積死亡率が3%程度に達した
- 早期ふ上を余儀なくされ、飼育池での度重なる駆虫作業により、種苗性の低下を招いた

<スライド17>

- ・写真は養魚池で原虫（イクチオボド）に感染した仔魚の状況です。
- ・養魚池での累積死亡率は3%に達しました。
- ・そのため、このケースでは自然なふ上時期よりも早期に飼育池へ移さなければならなくなり、その後、駆虫処理を複数回行いましたが、稚魚は疲弊し、種苗性（海水適応能）は大きく低下しました。

TOM型浮上槽の寄生虫症対策効果 (駆虫処理)

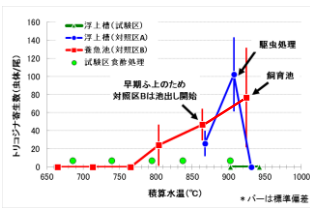


写真12 TOM型浮上槽における駆虫処理作業 図7 浮上槽の駆虫処理試験結果

・駆虫処理方法: 食餌0.2~0.4% 20~50分
 ・均一な上昇流水: 一定の処理温度, 高い駆虫効果
 ・試験区では、原虫の寄生が認められなかった。
 ・対照区Aでは、1回の処理で駆虫効果が認められた。
 ・対照区Bでは、早期ふ上が可能で、飼育池においても寄生状態が継続した。

- 均一な上昇流の形成 → 容易で効果的な駆虫処理
- 個別・少量管理(20万尾/槽) → 魚病リスクの低減
- 寄生虫症が多く発症するふ化場での導入効果は大きい

<スライド18>

- ・一方、TOM型浮上槽では養魚池とは異なり、早い段階(仔魚期)から定期的に駆虫処理を行うことが可能です(写真12)。
- ・TOM型浮上槽の特性である、均一な上昇流が高い駆虫効果をもたらすと考えられます。
- ・図7は浮上槽と養魚池における飼育期間中の原虫寄生の状況を調べたものです。
- ・先ず、定期的な駆虫処理を行った浮上槽(試験区)では、原虫の寄生は認められませんでした。
- ・また、駆虫処理をしない浮上槽(対照区A)では、積算水温870℃頃から原虫(トリコジナ)寄生が確認され、900℃では5倍に増加しましたが、その後1回の駆虫処理によって寄生数は0になりました。
- ・一方、養魚池においても早い段階から原虫寄生が認められ、寄生数が増加しましたが、駆虫処理ができないため通常の上昇時期よりもかなり早い段階で飼育池に収容しなければならない状況となりました。
- ・以上の結果から、均一な上昇流が形成されるTOM型浮上槽では、早い時期から容易で効果的な駆虫処理が可能であることが確かめられました。
- ・また、浮上槽は1槽あたり20万尾程度の少量管理となるため、魚病感染のリスクを低減でき、原虫症が多く発症するふ化場ではその導入効果が大きいと考えられます。

TOM型浮上槽の普及状況(道内)



写真13 美留和ふ化場(鋼路管内)



写真14 歌別ふ化場(日高管内)

表1 TOM型浮上槽の導入施設数と導入台数

年度	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	計
施設数	5	5	7	7	4	3	2	33
販売台数	212	138	242	193	200	63	90	1,138
販売地域	北見、根室、十勝・釧路、宗谷、日高、渡島、留萌、日本海、岩手県							

- 道内においても浮上槽(TOM型)の導入が進んでいる。
- 今後へ向けて: 育成床材(着脱・清掃作業の簡素化)

<スライド19>

- TOM型浮上槽の普及状況について説明します。
- TOM型浮上槽はH21年度から販売を開始し、その後多くのふ化場で新設や改修時に採用されています。
- また、道内の民間ふ化場に占める割合は施設数の約3割、放流数では約2割になっています。
- 写真にTOM型浮上槽の底面に敷設する育成床材(ネットリング)が示されていますが、現状では台数が多い場合に、使用前後の着脱作業と床材内部でヘイ死した魚の除去、清掃作業にかなりの手間がかかります。
- 従いまして、今後はこれらの作業を簡素化できるような新たな育成床材を開発する必要があると考えています。

まとめ

- TOM型浮上槽は養魚池の約1/26の面積
 - 建設コストの大幅な低減
- 均一な上昇流の形成を実現
 - 増重率の改善(150%以上、サイズの均一化)
 - 健康な稚魚の生産(高い海水適応能)
- 自然ふ上・自発的な降下行動の誘発
 - 池出し作業の効率化、魚のストレスを低減
- 仔魚期の効果的な駆虫処理
 - 均一な上昇流の形成により、容易で効果的な駆虫処理
 - 魚病(寄生虫症)リスクの低減
- TOM型浮上槽の普及状況
 - 北海道のサケ増殖施設(98施設)の約3割
 - 北海道の稚魚放流数(約10億尾)の約2割
 - 本州の施設(岩手県)にも導入
- 今後の課題
 - 育成床材の改良(着脱・清掃作業の簡素化)
- 特許庁の実用新案原簿への登録
 - 「自然浮上型魚卵収容人工孵化育成槽」

<スライド20>

- 最後に話をまとめます。
- TOM型浮上槽では、養魚池の約1/26の面積でサケ仔魚を飼育することが可能です。これは建設コストの低減に大きく貢献しました。
- 整流ユニットにより、収容した卵や仔魚に新鮮な水が均一にあたり、稚魚の成長不良や体サイズのバラツキを減らすことが可能となりました。
- また、結果として、従来は110% ~ 150%と大きな変動が見られた増重率(ふ上稚魚体重/卵重)が、全て150%以上に改善することができました。
- TOM型浮上槽では可動堰と水位調整パイプにより、稚魚の自然なふ上と自発的な降下行動が誘発されます。これにより、池出し作業が容易になり、稚魚にハンドリングなどのストレスを与えない池出し作業を行うことが可能になりました。
- また、TOM型浮上槽ではその特性の1つである均一な上昇流が形成されることから、これまでより早い発生段階で、効果的

な駆虫処理を容易に行うことが出来るようになりました。

- 現在、北海道ではサケ増殖施設の約3割、放流数で約2割が浮上槽によって管理されています。また、最近は岩手県にも導入されています。
- 今後の課題ですが、床材の着脱および清掃作業を簡素化できるような新たな床材を開発する必要があると考えています。
- 今回開発されたTOM型浮上槽は、特許庁の実用新案原簿へ登録されております。



<スライド21>

- 最後になりますが、TOM型浮上槽の開発は各増殖団体の協力により、多くの地域で実証試験を行い完成することができました。試験を快く引き受けてくれた各ふ化場の皆さんに感謝の意を表します。