

資 料

サケふ化場の用水を処理する安価な円筒型曝気装置の開発

戸田修一^{*1}・増川則雄^{*2}・戸嶋忠良^{*3}

Development of a Low-priced Cylindrical Water Aerator for Use in Salmon Hatcheries

Shuichi TODA, Norio MASUKAWA and Tadayoshi TOJIMA

The National Salmon Resources Center has been working to develop a new type of aerator for hatcheries. The device is comprised of a conventional PVC tube containing several baffle plates inside that are arranged in an alternating pattern at a 115-degree downward angle. Water enters from the top of the device and is mixed with air as it flows downward. Using this cylindrical aerator, the concentration of dissolved nitrogen was reduced from 111% to 103%, while the dissolved oxygen concentration was increased from 9.3 ppm to 10.8 ppm. These results are similar to those of conventional aeration tanks. However, the cost for constructing a new-type aerator is only 1/7 that of a conventional aeration tank.

2010年9月24日受付, 2010年12月14日受理

サケのふ化放流事業は、卵の管理、仔稚魚の飼育から放流まで、淡水生活期間を中心に行われているため、水温や水質が適切な淡水を確保することが重要である。サケは自然条件下では湧水がある砂礫底で産卵すること¹⁾、サケの発育や飼育管理には温度や水量が密接に関連していること^{2,3)}から、ふ化放流事業に使用する水はサケにとって好適な水温で変化がなく、水量も一定であることが望ましい。ふ化場で利用する水は、その起源から湧水、地下水、浸透水、河川水に分類される⁴⁾。湧水は一般的に自然に地表へ湧き出し、周年一定の水温で水量の変化も小さいため、ふ化場で利用する水として最も適しているものの、国土開発による水資源の減少等からその確保は難しいものとなっている。河川水や浸透水は水温、水量ともに季節や日により変化し、特に河川水は土砂等の混入により卵や仔魚の窒息を引き起こす恐れがあるため、稚魚飼育以外ではあまり適していない。これらに対して地下水は、湧水と同様に一定の水温、水量を保

ち、しかも比較的容易に確保できるため、多くのふ化場で利用されている。

地下水は地中の水を人工的にボーリングした井戸から汲み上げるため、溶存酸素濃度が低い場合や、溶存窒素濃度が高い場合がある^{4,5)}。前者では飼育可能な魚の重量が少なくなり、後者ではガス病が発症することがある⁶⁾ため、原水の曝気により水質の改善を図る必要がある^{4,5)}。

曝気とは、水を空気にさらすことであり、ふ化場では曝気することで水に酸素を供給したり過剰に溶け込んだ窒素を抜いたりしている。ふ化場での曝気の方法としては、水槽などの中に土木用資材を重ね合わせた構造の「曝気槽」を設置することが一般的である。ふ化場で一般的に設置されている曝気槽は、井戸からポンプで汲み上げられた水が曝気槽の上部でシャワー状に散水され、土木用資材の間隙を細かな水滴となったり落ちる間に空気との接触面積が増加することで曝気効果を得る

^{*1} 独立行政法人水産総合研究センター 東北区水産研究所 業務推進部調査普及課
〒027-0097 岩手県宮古市崎山4-9-1

Salmon Resources Research Section, Project Management Division, Tohoku National Fisheries Research Institute, FRA 4-9-1 Sakiyama, Miyako, Iwate, 027-0097 Japan
syuuichi@affrc.go.jp

^{*2} 社団法人 北見管内さけ・ます増殖事業協会

^{*3} 独立行政法人水産総合研究センター

(写真1)。しかし、こうした曝気槽は大きな容積を必要とし、大がかりな建設工事となっていた。

近年のサケ定置網漁業は、輸入さけます類の増加等による魚価安等のために経営は厳しさを増しており、漁業者と一体となって運営されている民間ふ化場のコスト削減は喫緊の課題である。そのため、従来の曝気槽と同程度の効果があり、より安価な曝気装置の開発が求められていた。ここでは、独立行政法人水産総合研究センターさけますセンター（以下、さけますセンター）において開発した、新たな構造の曝気装置とその効果を紹介する。

曝気方法の改善 さけますセンター斜里事業所は、北海道知床半島の付け根を流れる我が国有数のさけます類の増殖河川である斜里川水系にあり、サケとサクラマスとのふ化放流を行っている。

斜里事業所の用水は湧水で、水源池から埋設配管を経て施設内へ水を取り入れている。この湧水の溶存酸素濃度は十分であるものの、溶存窒素濃度が富田ら⁵⁾の基準

である108%以下よりもやや高い110%程度であることから、曝気して溶存窒素濃度を下げることが望ましいが、従来の曝気槽を設置するには高額な費用が必要であることから、安価で効果的な曝気装置の開発が求められていた。

従来の曝気槽は、水を細かな水滴にする発想であるために、曝気槽の容積が大きくなり複雑な構造が必要で高価となっていることから、まず曝気方法そのものを変える必要があると考えた。斜里事業所の通常の導水経路では、用水は自然に湧きだす湧水をせき止めた水源池から埋設配管を通じて施設内へ取り込まれるため、自然の川のように流れながら空気と水が混じり合うことがない。そこで導水の途中で空気と水をよく攪拌させることで曝気することを試みた。水を水源池から別ルートの明渠水路に引き込み、明渠水路の途中には数カ所に堰を設けて階段状にして水と空気をよく攪拌させてふ化室の横まで流し、ここから水中ポンプによりふ化室へ汲み上げた(図1)。

このときの溶存窒素濃度を水源池とふ化槽内で測定し



写真1. 代表的な従来型の曝気槽。内部には水を細かな水滴にするための資材が積み重ねられている(写真左は外観、右は内部)

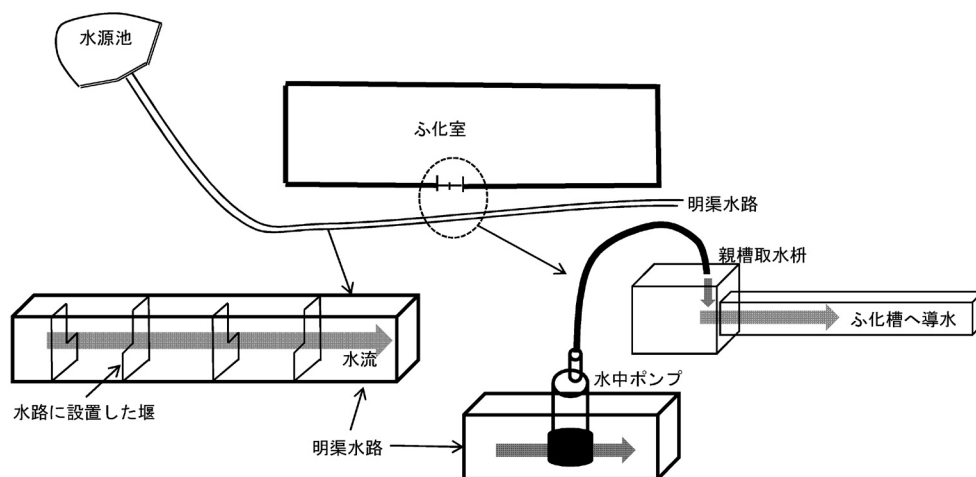


図1. 明渠水路を通じた導水経路の概観

たところ、110.7%から105.3%へ減少し、富田らの基準である108%以下にすることができた(表1)。このことから堰を使って水と空気を攪拌させる方法は曝気効果があると思われた。

表1. 明渠水路を通して曝気したときの溶存ガス濃度の変化

	水温(°C)	溶存酸素濃度(ppm)	溶存窒素濃度(%)
曝気前(水源池)	7.9	11.7	110.7
曝気後(ふ化槽内)	7.9	11.8	105.3

円筒型曝気装置の開発と効果 水と空気を攪拌させることは曝気効果があることがわかったので、次にこの曝気方法を応用した新たな曝気装置の開発に事業所職員で取り組んだ。職員が手作りすることから、既製品や一般的な資材を用いて簡単に製作でき、しかも安価となることに留意した。曝気装置本体は、設置スペースを少なくするため口径300mmの硬質塩化ビニル管を縦にして用いた。上から入れた水をこの中で空気と攪拌させるため、障壁物としてじゃま板を管の中に交互に5枚取り付けた(図2)。じゃま板は鉄板を用い、硬質塩化ビニル管に切り込みを入れて下方向に115°の角度で差し込み、外側にはみ出した部分は切り込みを入れて上下に折り返して固定し、漏水防止にシリコンのコーキング剤で隙間を埋めた。使用した材料はどこのふ化場にもある使い古しの硬質塩化ビニル管、鉄板とシリコンコーキング剤で簡単に製作できる。この「円筒型曝気装置」を、ふ化室内のふ化槽への水の取り入れ口である図1に示した親槽取水柵の上に木製の台を作って置き、ロープを使って周囲の柱からハリをとって固定し、攪拌による効果を確認した

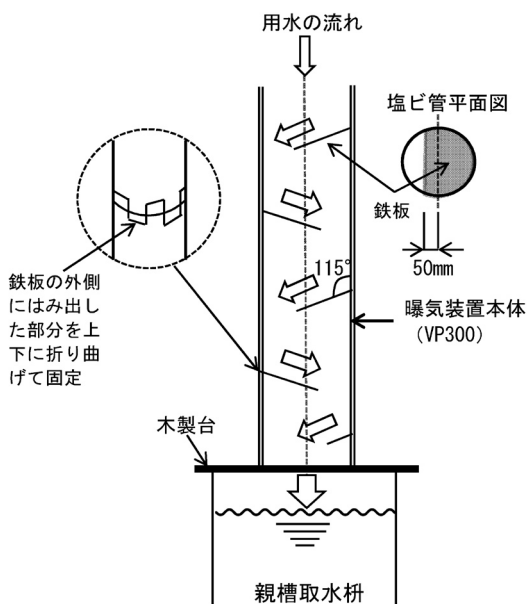


図2. 斜里事業所で製作した円筒型曝気装置の概要

ときと同様の経路で水中ポンプから曝気装置へ通水した。通水量はおよそ毎分1,000ℓであった。

この装置を設置後、用水の溶存窒素濃度を計測したところ、原水で110.6%、ふ化槽で103.3%と減少していた(表2)。曝気装置へ通水する前の明渠水路での計測を行わなかったため曝気装置による正確な効果を判断することはできないが、攪拌による効果を確認したときの105.3%よりもさらに溶存窒素濃度が低かったことから、円筒型曝気装置の曝気効果は期待できるものと考えた。

表2. 円筒型曝気装置を追加したときの溶存ガス濃度の変化

	水温(°C)	溶存酸素濃度(ppm)	溶存窒素濃度(%)
曝気前(水源池)	7.9	12.0	110.6
曝気後(ふ化槽内)	7.9	11.9	103.3

この円筒型曝気装置を稼働させて卵の管理を行ったところ、以前から斜里事業所で問題となっていた卵膜軟化症に改善が認められた。卵膜軟化症は我が国のふ化場ではしばしば発生し、時には大量の減耗を引き起こすがその発生要因についてはよくわかっていない^{7,8)}。斜里事業所での事例も、詳しいデータをとっていないために曝気による効果とは断定できないものの、対症療法としては試してみる価値はあるだろう。また、卵膜軟化症に苦慮しているふ化場は多いため、今後は曝気による水質の改善が卵膜軟化症を抑制する効果について検証する必要がある。

円筒型曝気装置の普及 さけますセンター八雲事業所で利用している地下水は、溶存酸素濃度が9ppmほどと低いため曝気は不可欠である。これまでは従来型の構造の曝気槽を仮設的に使っていたが、老朽化したため新しく整備を行うこととなり、斜里事業所で開発した円筒型曝気装置の導入を検討した。まず業者に依頼して試作した円筒型曝気装置(本体:硬質塩化ビニル管425φ、長さ2,500mm、じゃま板7枚)を用いて毎分1,600ℓの地下水を通水し曝気効果の確認を行ったところ、溶存酸素濃度は9.3ppmから10.8ppmに、酸素飽和度は78%から91%に増加した(表3)。これは、従来型の曝気槽とほぼ同じ結果であり、毎分1,600ℓの水量で溶存酸素濃度が1.5ppm高まると、計算的には飼育できるサケ稚

表3. 八雲事業所での曝気効果

	水温(°C)	溶存酸素濃度(ppm)		酸素飽和度(%)	
		曝気前	曝気後	曝気前	曝気後
従来型曝気槽	7.6	9.3	10.9	78	91
円筒型曝気装置	7.6	9.3	10.8	78	91

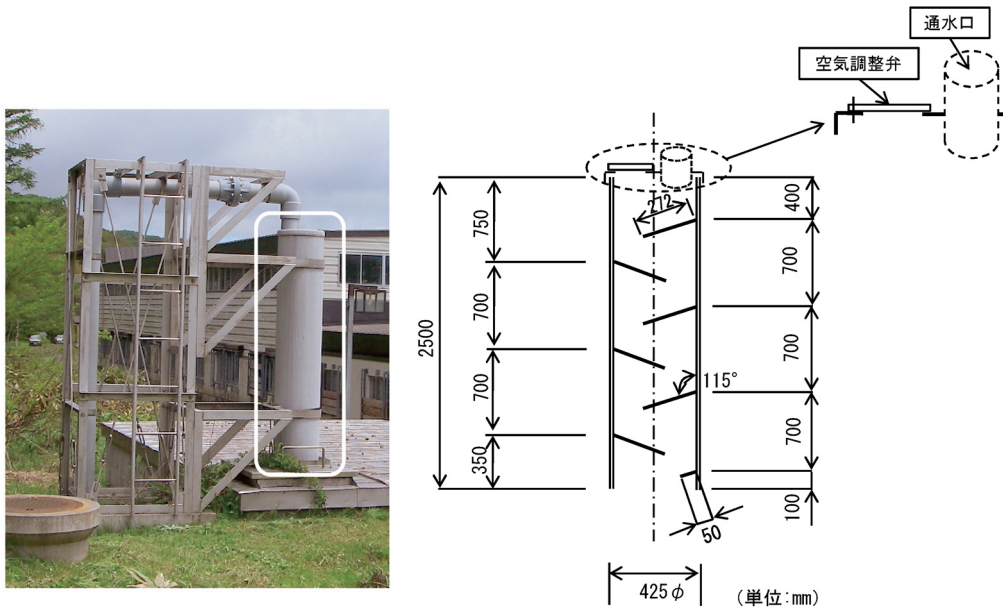


図3. 八雲事業所に設置された円筒型曝気装置。白枠内が本体部分。右側は製作図。

魚の量が420 kg 増えることになる³⁾。このように、円筒型曝気装置による溶存酸素濃度の増加が確かめられたため、八雲事業所の曝気設備に円筒型曝気装置を採用した(図3)。現在、八雲事業所では図3にあるとおり、井戸から汲み上げた水を1基の円筒型曝気装置を通して直接配水槽へ通水しており、毎分約2,000 lの地下水を曝気処理している。

一方、さけますセンターの基準によると、従来型曝気槽では通水量が毎分1,000 lの場合、曝気部分(土木用資材)の容積は1 m³以上が必要だとしている。円筒型曝気装置でも、このような曝気処理能力の基準に対する検討が必要だろう。

前述の八雲事業所で曝気設備の検討用に試作し、毎分1,600 lを通水して効果を確認した円筒型曝気装置は、プラスチック製品製造販売業者に製作を依頼して35万円の費用であり、毎分1,000 lの水量を処理できる従来型曝気槽の標準的な価格250万円と比べても大幅に安価であり、円筒型曝気装置を導入することでかなりのコスト削減になる。

本州のふ化場では、曝気設備なしで地下水を利用しているところが多い⁹⁾。今後は自作して設置することも可能で、特に安価で整備できるという利点がある円筒型曝気装置の活用が進み、効率的なふ化放流事業の運営に役立てば幸いである。

謝 辞

本報告をまとめるにあたり、事業所での貴重なデータや写真、資料をご提供いただき、さらに有益なご意見をいただいた、さけますセンター北見事業所、斜里事業

所、渡島事業所および八雲事業所の職員各位に心から感謝いたします。さけますセンター技術開発室の伊藤二美男チーフ技術専門員、水研センター施設整備課の野呂田智義施設プランナーには多くの協力をいただきました。またさけますセンター海区水産業研究室の伴真俊室長には有益なご助言をいただきました。ここに記して感謝の意を表します。

文 献

- 1) 小林哲夫(1968)サケとカラフトマスの産卵環境. 北海道さけ・ますふ化場研究報告, 22, 7-13.
- 2) 帰山雅秀(1986)サケ *Oncorhynchus keta* (Walbaum) の初期生活に関する生態学的研究. 北海道さけ・ますふ化場研究報告, 40, 31-92.
- 3) 野川秀樹・八木沢功(1994)サケ稚魚の適正な飼育環境. 北海道さけ・ますふ化場研究報告, 48, 31-39.
- 4) 清水幾太郎(1984)さけ・ますふ化用水の水質について. 北海道さけ・ますふ化場研究報告, 38, 57-77.
- 5) 富田政勝・土屋文人・山田和雄・野上泰宏(1992)養魚用水としての地下水の溶存窒素ガスに関する研究-I, II. 新潟県内水面水産試験場調査研究報告, 18, 45-51.
- 6) 白旗総一郎(1966)ニジマス稚魚の窒素ガス病について. 淡水区水産研究所研究報告, 15, 197-208.
- 7) 野村哲一(2005)サケ・マス卵の病気-水カビ病と卵膜軟化症-. 魚と卵, 171, 29-43.
- 8) 佐々木系・吉光昇二(2008)緑茶抽出物浸漬法によるサケ卵の卵膜軟化症抑制効果. 水産技術, 1, 43-47.
- 9) 平澤勝秋(2008)本州太平洋域のふ化場の現状と改善に向けて. SALMON 情報, 2, 17-18.