

# 感染経路を遮断して、サケ稚魚の原虫病を予防する

水野 伸也

キーワード：原虫病、サケ稚魚、イクチオポド、トリコジナ

## はじめに

北海道で行われているサケの人工孵化放流事業は、秋から冬にかけて河川へ遡上した親魚から得た、卵と精子を人工受精させ、孵化場で飼育管理を行い、体重1g程度まで成長した稚魚を河川へ春に放流するものです。しかし、孵化場で飼育されている稚魚には寄生虫病の一種である原虫病がしばしば発生し、大きな被害をもたらしています。

## サケ稚魚に寄生する原虫

主な原因虫は、鞭毛虫のイクチオポドと繊毛虫のトリコジナの2種です。イクチオポド(図1)は、紡錘形の虫体を持ち、その大きさが約 $10\mu\text{m}$ (100分の1mm)と小さく、寄生が僅かな場合、高倍率の顕微鏡観察でも見つけることは困難です。

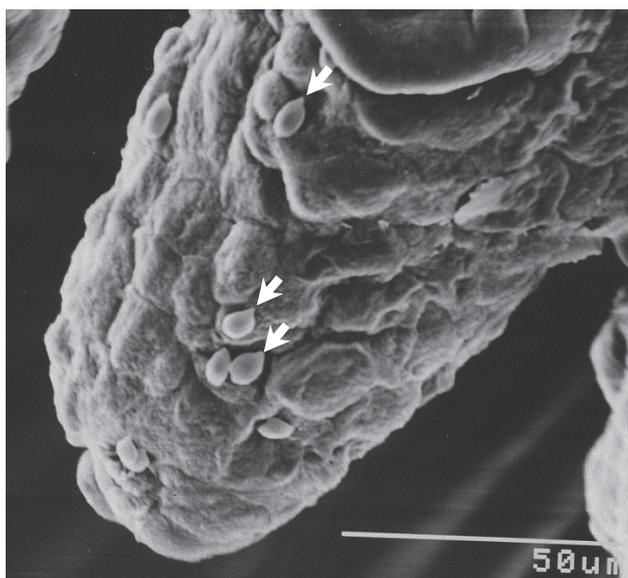


図1 サケ稚魚の鰓に寄生するイクチオポド  
矢印が虫体

一方、トリコジナ(図2)は円盤形の虫体を示し、イクチオポドの約10倍(約 $100\mu\text{m}$ )の大きさがあり、低倍率の顕微鏡観察で容易に見つけることができます。両原虫が、稚魚の体表や鰓に寄生すると、上皮組織が壊死し、体表出血や鰓の棍棒化による鰓の機能喪失が起こります。体表に出血がみられると、外部から他の病原体が侵入し易くなり、他の細菌病などの二次感染につながります。また、鰓の機能喪失は、呼吸や塩分排出機能の不全を意味し、孵化場の池では稚魚が大量に斃死したり、放流後の稚魚が海水に適應できず、海へ降りられないことにつながります<sup>1)</sup>。これらの原虫病は、秋サケ資源減少の一つの要因となっている可能性が近年指摘されています。この原虫病対策として、池から稚魚を取り揚げ、食酢食塩水に浸漬させ回復させる方法(図3)がとられています<sup>2)</sup>、この方法では取り上げの際に、稚魚に大きなストレス

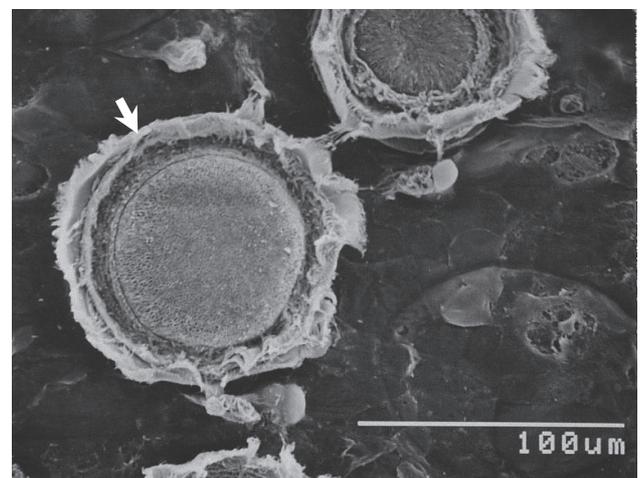


図2 サケ稚魚の体表に寄生するトリコジナ  
矢印が虫体を示す



図3 稚魚の食酢食塩水浴

がかかります。また、体力の弱い仔魚の池からの取り揚げはできないため、仔魚の段階で原虫病対策がとれないというのも課題です。課題解決のためには、原虫の寄生を未然に防ぐ感染経路遮断による予防が考えられます。しかし、両原虫の感染源は不明で、感染経路もわかっていません。そこで、イクチオボドとトリコジナの感染源と感染経路の解明に取り組みました。

#### 原虫の検出方法

まず、検体にどれだけの原虫が寄生しているのか、調べることにしました。検体を麻酔剤溶液に10分間漬けた後取り上げ、体重を測定しました(図4)。この作業により、検体から全ての原虫が脱離し、残った溶液の中には原虫が残ります。こ

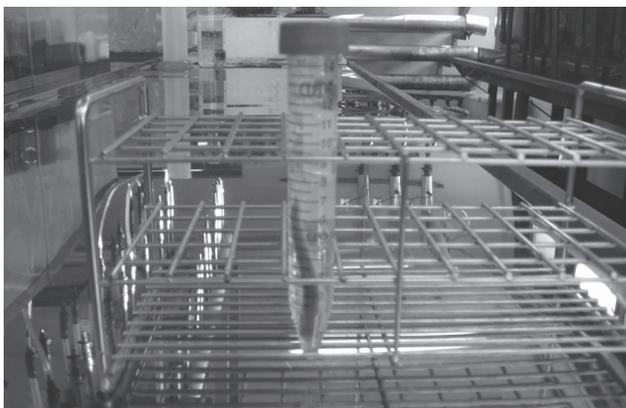


図4 麻酔剤溶液による稚魚からの原虫の脱離作業

の溶液の中に含まれるトリコジナを数えた後、溶液を遠心分離し、沈殿物(原虫の塊)から遺伝子を抽出します。ポリメラーゼチェーンリアクション(PCR)という方法で、沈殿物の遺伝子から、イクチオボド<sup>3)</sup>、トリコジナそれぞれの遺伝子だけを増幅させ可視化して、定量を行いました(図5)。寄生量を相対的に示すため、トリコジナとイクチオボドの量を検体の体重で除して示すことにしました。

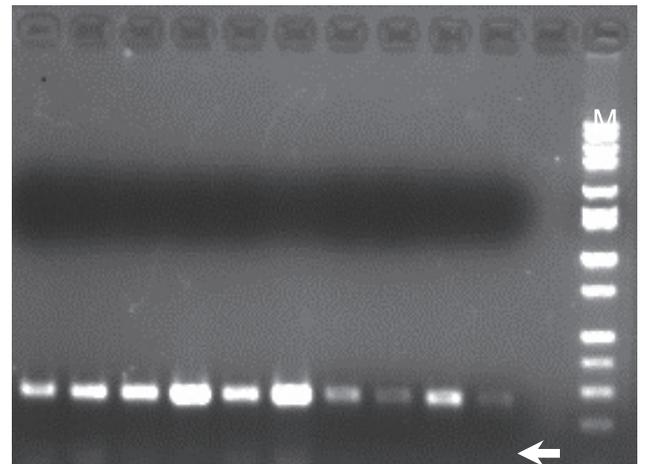


図5 サケ稚魚に寄生するトリコジナの遺伝子検出  
矢印がトリコジナ遺伝子由来産物、Mは遺伝子分子量マーカを示す

#### 原虫の感染源

河川や孵化場に生息あるいは存在する、野生魚、水、底質(砂利や泥)、藻類、水生昆虫等あらゆるものから、原虫の検出を試みました。なお、野生魚以外のサンプルについては、原虫の遺伝子だけを検出しました。その結果、イクチオボドとトリコジナは共に、河川に生息する野生魚と原虫病を発症した稚魚の飼育池の水からのみ検出されました(表1)。特に野生魚については、イクチオボドはサケのみ、トリコジナはサケ、サクラマス、ニジマス、アメマス等、サケ科魚類全般から検出されました。以上のことから、イクチオボドの感染源は野生サケ、トリコジナの感染源は野生サケ科魚類全般であり、水を介して感染する可能性が考

えられました。

### 原虫の感染経路

実際に、野生魚に寄生している原虫が、孵化場のサケ稚魚に水平感染し、原虫病を発症させ死亡させるかどうかはわかりません。そこで、原虫の寄生した野生魚を河川で採集し、原虫の寄生経験のない孵化場のサケ稚魚と同居させ、原虫の水平感染が起こるかどうか調べてみました。イクチオボドとトリコジナの混合感染を受けた野生サケ稚魚を用いて感染試験を行ったところ、孵化場稚魚へ両原虫が水平感染し、孵化場稚魚の累積死亡率が約80%まで達しました。次に、トリコジナの寄生を受けたサクラマス幼魚を用いて感染試験を行った結果、孵化場稚魚にトリコジナは水平感染し、その寄生量は約1,500個体/g体重まで増加、稚魚

の累積死亡率は約15%まで増加しました<sup>4)</sup>。これにより、野生魚から孵化場稚魚へのイクチオボドおよびトリコジナの水平感染が証明され、孵化場で発症するサケ稚魚の原虫病の感染源と感染経路が明らかになりました。

### 感染経路遮断による原虫病の予防

飼育用水を介して原虫は感染するので、孵化場稚魚の原虫病予防のためには、用水に原虫が侵入しないような工夫、汚染した飼育資機材との接触をなくすことが必要だと考えられます。これまで、さけます・内水面水産試験場が実施した試験で、感染源のない地下水への変更、用水の中圧紫外線照射、塩素剤による飼育池の消毒が原虫病を予防しました(図6)。一方で、用水の変更を行うためには、新たな井戸の掘削、用水の殺虫には紫外線

表1 各種検体からの原虫の遺伝子検出結果

検体	採集箇所	原虫検出結果	
		イクチオボド	トリコジナ
サケ	河川A	+	+
サクラマス	河川A	-	+
サクラマス	河川B	-	+
ニジマス	河川A	-	+
アメマス	河川A	-	+
アメマス	河川B	-	+
ウキゴリ	河川A	-	-
ハナカジカ	河川A	-	-
水	河川A	-	-
水	河川B	-	-
水	河川C	-	-
水	A池(トリコジナ症)	-	+
水	A池(イクチオボド+トリコジナ合併症)	+	+
水	B池(原虫病発症なし)	-	-
水	C池(イクチオボド症)	+	-
底質(砂利)	河川A	-	-
底質(砂利)	河川B	-	-
底質(泥)	河川C	-	-
藻類	河川A	-	-
藻類	河川B	-	-
藻類	河川C	-	-
ヨコエビ	河川A	-	-
ヨコエビ	河川B	-	-
トビケラ幼虫	河川C	-	-

陽性があった場合は+、全てが陰性であった場合は-で示す

照射設備の導入、池消毒には過大な労力が必要になり、各孵化場で予防対策を実施するには大きな負担がかかることとなります。今後、現場の負担軽減につながる予防技術改良を目的とした研究が必要です。

**おわりに**

北海道のサケ孵化場で発生する稚魚の原虫病は、サケ科魚類を中心とする野生魚が感染源であり、飼育用水を介して感染することがわかりました。さらに、原虫病の予防には、感染経路遮断による予防技術の活用が有効でした。これらの知見と技術が、今後現場で活用されることが期待されます。

本研究にご協力いただいた、公益社団法人北海道さけ・ます増殖事業協会の皆様、一般社団法人各管内さけ・ます増殖事業協会の皆様に厚くお礼申し上げます。

る原虫類の病理と対策、さけ・ます資源管理センターニュース、11、1-6.

- 2) 浦和茂彦 (2013) 平成24年度さけます資源連絡会議ワークショップ「さけますふ化場で問題となる疾病の実態と対策」、SALMON 情報、7、24-28.
- 3) Mizuno S, Urawa S, Miyamoto M, Hatakeyama M, Koide N, Ueda H (2017) Quantitative analysis of *Ichthyobodo salmonis* an ectoparasitic flagellate infecting juvenile chum salmon *Oncorhynchus keta* in hatcheries, Fisheries Science, 83, 283-290.
- 4) Mizuno S, Urawa S, Miyamoto M, Hatakeyama M, Koide N, Ueda H (2016) The epidemiology of the trichodinid ciliate *Trichodina truttae* on hatchery-reared and wild salmonid fish in Hokkaido, Fish Pathology, 51, 199-209.

(みずのしんや さけます内水試内水面資源部

報文番号 B2413)

**引用文献**

- 1) 浦和茂彦 (2003) さけ・ます類に外部寄生す

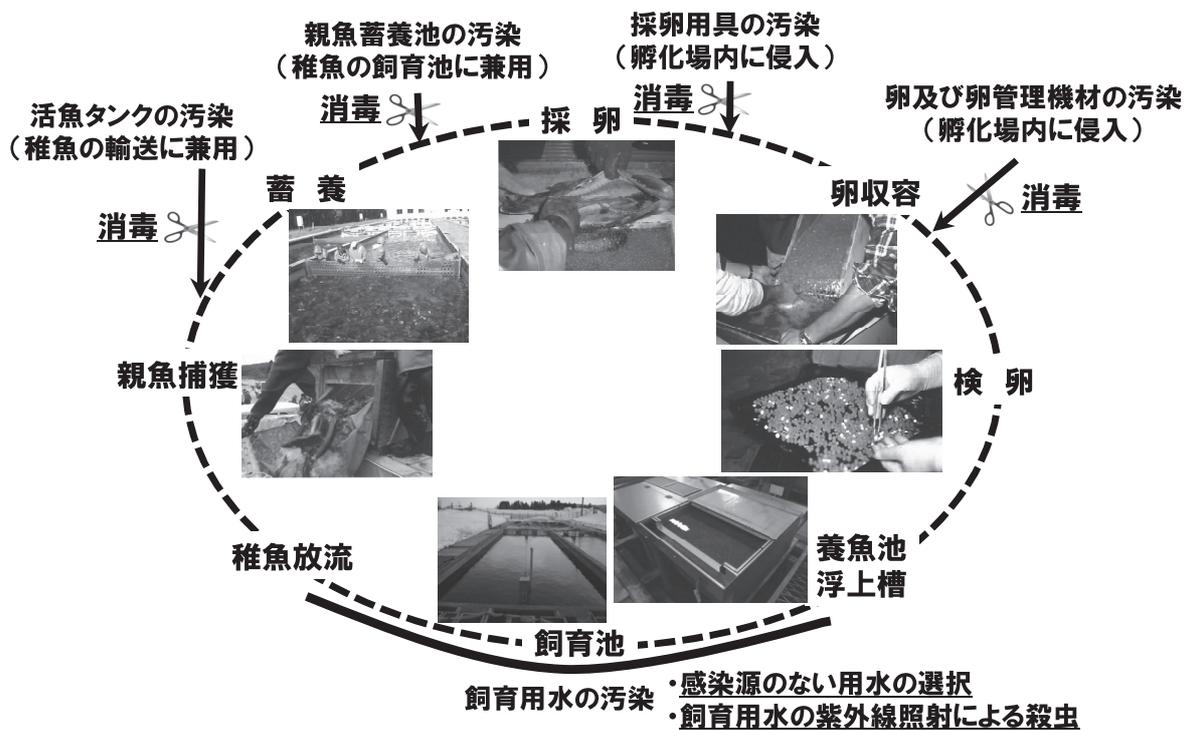


図6 孵化場で想定される感染経路遮断による原虫病予防技術