



Title	魚類飼育排水の殺菌について
Author(s)	笠井, 久会; 吉水, 守
Description	日本工業用水協会第43回研究発表会. 平成20年3月6日～平成20年3月7日. 東京都
Citation	日本工業用水協会研究発表会講演要旨, 43, 63-66
Issue Date	2008
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/38577
Type	conference paper
File Information	yoshimizu-282.pdf



魚類飼育排水の殺菌について

北海道大学大学院水産科学研究院
笠井久会・吉水 守

はじめに

魚介類の疾病防疫手法として飼育魚および採卵親魚の健康管理に加え、飼育用水の殺菌、種卵および飼育施設の消毒等を実施し、病原体の侵入を防ぐ対策が取られている¹⁾。なかでも飼育用水および排水の殺菌は最も重要な課題の一つである²⁾。特に海産魚介類の陸上養殖および種苗生産施設では、沿岸海水を用水として利用するため海水中に病原微生物が存在すると飼育魚への影響は避けられず、飼育環境や飼育魚の健康状態の悪化、さらには過度のストレスが加わった場合、病気が発生しやすい状況にある。また、一旦病気が発生すると、病原微生物により汚染された排水を環境に放出することになり、この汚染海水を用水として使用するとといった悪循環を繰り返す危険性がある。この悪循環を繰り返さないためにも飼育排水を殺菌する必要がある³⁾。試験研究機関では、人工感染試験魚の飼育等で排水中に出た病原体を殺菌するために、わが国および米国では塩素剤を、欧州では塩素あるいはオゾンを用いて排水を殺菌している。しかし一般飼育排水の殺菌に関しては、処理水量が毎時数百から千トンに及ぶことから、設備面、コスト面で普及が遅れている。本稿では、紫外線殺菌、オゾン殺菌ならびに海水の電気分解による殺菌について、その概略ならびに注意点について紹介したい。

紫外線殺菌

紫外線を用いる場合、病原体の紫外線感受性値を基にその10倍程度の線量を照射する必要がある。魚類ウイルスはその紫外線感受性から、伝染性造血器壊死症ウイルス(IHNV)やヒラメラブドウイルス(HIRRV)、*Oncorhynchus masou virus* (OMV)、リンホシスチスウイルス(LCDV)を含む高感受性グループと、伝染性脾臓壊死症ウイルス(IPNV)やレオウイルス、魚類ノダウイルス(JFNNV, BFNNV など)を含む低感受性グループに分けられる。これら紫外線に感受性を示すウイルスの不活化およびグラム陰性菌の殺菌には $10^4 \mu\text{W} \cdot \text{sec}/\text{cm}^2$ 、紫外線に強いウイルスの不活化、グラム陽性菌および真菌の殺菌、寄生虫の殺虫には $10^6 \mu\text{W} \cdot \text{sec}/\text{cm}^2$ 程度の照射が必要である。水深は紫外線の透過率を考慮してなるべく浅くとり、影になる部分は殺菌されないために水中の大型粒子を除去する必要がある⁴⁾。飼育排水の殺菌についても同様の処置を行えば良いが、飼育排水には残餌や糞が含まれるため、注意を要する。飼育排水の殺菌装置をわが国で最初に導入したのは北海道立水産孵化場である。ここでは下流の養魚場への影響を排除するために、砂濾過槽で懸濁物を除去後、紫外線ランプで殺菌する方式を採っている⁵⁾。感染実験室からの排水は別途塩素による殺菌が施されている。事業規模での飼育排水の殺菌装置が(独)さけ・ます資源管理センターの尻別事業場に設置されている。ここでは飼育排水中の残餌および糞を凝集沈殿法で沈殿させたのち、毎時120トン処理できる流水式中圧紫外線殺菌装置2基で殺菌している。紫外線照射量は $1.0 \times 10^5 \mu\text{W} \cdot \text{sec}/\text{cm}^2$ 以上に設定されている。飼育排水中の一般細菌に対する処理後の殺菌率は99.98%以上であった⁵⁾。

オゾン殺菌

淡水の殺菌は、ヨーロッパで古くから上下水道の殺菌にオゾンが使用され、オゾンによる魚類病原微生物の殺菌・不活化効果が認められている。また、オゾンは海水の殺菌にも有効であるが、海水中のハロゲン主体とする種々の微量成分と反応し、水中で長期間残留する残留オキシダント(Total Residual Oxidants; TRO)となる。なかでも、 BrO_3^- や BrO^- は非常に強い殺菌力を示すことで知られているが、魚毒性を示すために飼育用水とするには活性炭槽等を通してこれらを除去する必要がある。現在、TOR 0.5 mg/Lで5分間処理後、活性炭槽を通した後、飼育に用いられている^{6,7)}。オゾン処理においては、気泡を細かくすることにより、オゾンが効

率的に水を殺菌し得る。マイクロバブル利用による TRO 濃度の増加を図-1 に示した。エアストーンを用いた通常のエアレーションよりも気泡を細かくすることにより、TRO 濃度が 5 倍多く測定され、オゾンが効率的に水を殺菌し得ることが明らかとなった。効率が 10 倍上がれば、オゾン発生装置の出力が 1/10 で済むか、もしくは同規模の装置で 10 倍の水量を処理出来ることになり、コスト面での貢献が期待される。オゾンを用いた飼育排水の殺菌装置は、網走市水産科学センターや三重県の栽培漁業センターに導入され、両栽培センターでは凝集沈殿法による排水処理後、オゾン処理を行っている。処理後の殺菌率は 99.99 % 以上であった⁶⁾。

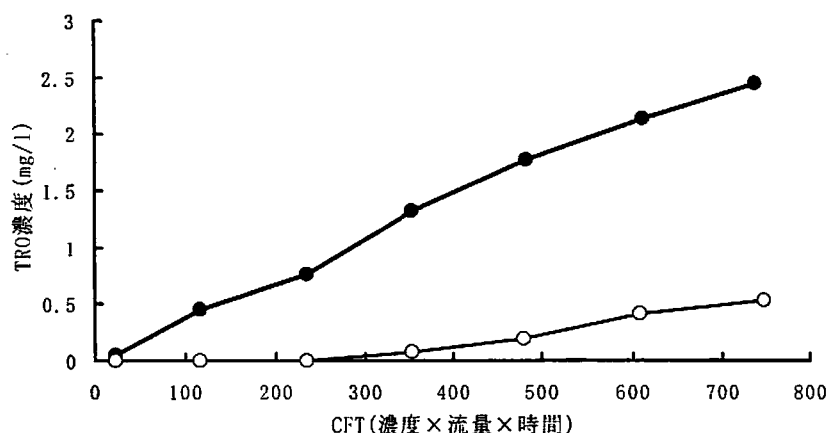


図-1. マイクロバブル利用による TRO 濃度の増加。

海水の電機分解殺菌法

海水を電気分解し、海水に含まれる食塩から生成される次亜塩素酸の殺菌力を利用して海水を殺菌する方法である⁸⁾。水族館の水槽や火力・原子力発電所の冷却水系などで、コケや藻類、貝類などの生物付着を防ぐために海水中に微量の次亜塩素酸を発生させる装置としても用いられている。病原微生物の塩素（あるいは次亜塩素酸）感受性に関しては、多くの報告がある。著者らが 3 %食塩水にビブリオ病およびせつそう病の原因菌、ビルナウイルス、ラブドウイルスおよびノダウイルスを懸濁し、電解装置の電極間を通過させた時の殺菌・不活化効果を観察したところ、時間の経過と共に殺菌率が高くなり、有効塩素量が多くなるにつれて殺菌率も上昇した。細菌については、有効塩素濃度 0.07~0.14 mg/L で 1 分間、ウイルスでもの 0.23~1.30 mg/L, 1 分間の処理で 99.9 %以上の殺菌・不活率が得られている⁸⁻¹⁰⁾。

海水電解装置による飼育排水の殺菌

水産総合研究センター厚岸事業場（旧・日本栽培漁業協会）において、マツカワ、ニシン、ハナサキガニ、ケガニの飼育を行った排水を海水電解殺菌装置（試験機）を用いて電気分解し、その殺菌効果を検討したところ、有効塩素濃度 0.6 mg/L および 1.28 mg/L で 1 分間処理することにより 99 %および 99.9 %以上の殺菌率が得られた。同時にオゾン殺菌装置および紫外線殺菌装置を供試して比較したところ、両装置ともに 99.9 %以上の高い殺菌効果を示した。実際にオゾンにより飼育排水を殺菌する場合、オゾン発生装置の他に発生したオゾンガス気泡と飼育排水を数分間接触させるための装置が必要となる。また紫外線殺菌装置を飼育排水の殺菌に用いる場合には、排水中の懸濁物をあらかじめ除去する必要がある、紫外線殺菌装置の他にろ過装置が必要となる³⁾。この点、海水電解装置の場合は発生した次亜塩素酸が少なくとも 1 分間以上残留するような構造であれば良く、簡便で優れた装置と考えられる¹¹⁾。それぞれの装置の価格、維持経費については、紫外線殺菌装置では電気代とランプの交換に費用がかかり、オゾン殺菌装置は維持費に加え装置自体も高価である。この点でも海水電解装置はわずかな電気代だけで済み、装置もチタン電極板と電流の制御装置のみであり、三者の中では最も安価である¹⁰⁾。

電気分解により生成した次亜塩素酸を滴下することによる飼育排水の殺菌：

前項で海水電解装置を飼育排水の殺菌への可能性が示唆されたため、より大量の飼育排水を殺菌すべく実用機（H-100 型機、荏原製作所）を供試し検討した。流量を $18.5 \text{ m}^3/\text{h}$ とし、そのうち $2.0 \text{ m}^3/\text{h}$ の排水を H-100 型機に通し、電気分解した。この電解海水 $2.0 \text{ m}^3/\text{h}$ を残りの $16.5 \text{ m}^3/\text{h}$ の排水と混合し、殺菌率を求めたところ、残留塩素濃度 0.50 mg/L で殺菌率が 99 % に達した¹¹⁾。本装置は公称 100 A の電流を流す能力があり、 100 g/h の次亜塩素酸を生成することが出来る。飼育排水を 1 分間処理する施設があると仮定し、 0.5 mg/L の残留塩素で 99% 以上の殺菌効果が得られたことから推定すると、本機により $200 \text{ m}^3/\text{h}$ の飼育排水を処理できることになる。厚岸事業場の取水量は $100 \text{ m}^3/\text{h}$ であり、飼育排水の殺菌に用いる場合、十分な能力を持っているものと考えられる。

島根県栽培漁業センターの排水処理施設：

マリノフォーラム 21 が島根県栽培漁業センターに設置した排水処理装置のフローチャートを図-2 に示した。処理対象として、本センターの排水の中で最も負荷が高いと考えられるワムシ培養水槽洗浄水を選定し、装置の能力を $3 \text{ m}^3/\text{h}$ として運転試験を行った結果、COD（化学的酸素要求量）、SS（浮遊物質濃度）、TOC（有機炭素濃度）、全リン量、全窒素量およびアンモニア態窒素量の全ての数値において良好な結果を得た（表-1）。さらに処理水をバッチ式海水電解装置で電気分解したところ、有効塩素濃度 0.64 mg/L 、5 分間の処理で 99 % 以上の殺菌効果が得られた⁹⁾。バッチ式海水電解装置は配管の必要がなく、取り扱いが簡便な装置であるが、流水を殺菌する場合は先に述べた流水式海水電解装置の使用が望ましいと考える¹¹⁾。

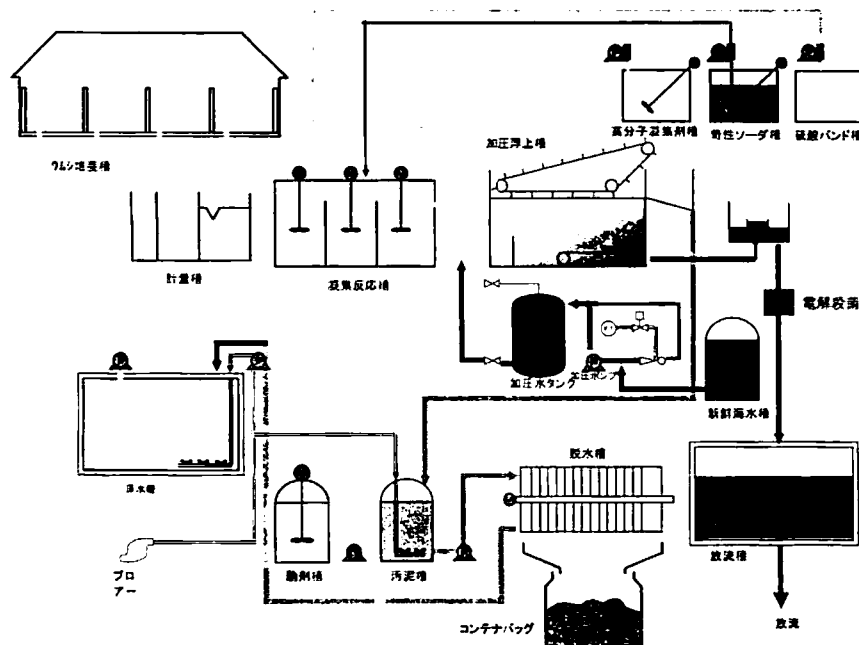


図-2. 島根県栽培漁業センターの排水処理フロー。

今回紹介した事例は、厚岸事業場および島根県栽培漁業センター共に、試験は塩素濃度 $0.50 \sim 0.64 \text{ mg/L}$ で実施した。このまま海に流すには濃度が高すぎると考えられる。感染実験排水同様、中和処理あるいは遊水池での塩素減衰処理が必要となる。ただ、現地の排水口では、この濃度で処理しても、一般排水との混合後は塩素濃度が測定できなくなっていた。現在は一般飼育排水中にも有機物が含まれていること、さらに排水管内壁に貝類や藻類等が付着しているために、これらと反応してしまい、海への影響がほとんど無かったものと考えられる。しかし、

将来は塩素濃度を水道水程度の 0.2 mg/L 程度とし（この濃度でも殺菌力は十分保持されている）、環境影響調査を実施しながら適正塩素濃度を決定すべきと考える¹⁰⁾。

表-1. 島根県栽培漁業センターのワムシ培養水槽洗浄水に対する排水処理装置の浄化効果

検査項目	処理前	処理後	除去率 (%)
COD (mg/L)	320	5.4	98.3
SS (mg/L)	503	3	99.4
TOC (mg/L)	24.2	3.2	86.8
T-P (mg/L)	10	0.2	98.0
T-N (mg/L)	90	14	84.4
NH ₄ -N (mg/L)	42	13	69.0

欧米では、国立公園内にある施設からの養魚排水に関して厳しい基準が設けられ、水質および細菌数に関し用水と同等の生菌数にしたのちに排出するよう義務付けられている。わが国でも陸上養殖施設では、懸濁粒子や有機物と共に微生物に関しても同様の基準が設けられる可能性があり、上述の隠岐島にある島根県の栽培センターに次いで、水産総合研究センター上浦事業場に同様の施設が設けられた。排水処理・排水殺菌に関し、将来を見据えて、今から準備しておく必要があると考える¹¹⁾。

- 1) 吉水 守・笠井久会（2005）：魚類ウイルス病の防疫対策の現状と課題．化学と生物，43(1)：48-58.
- 2) 吉水 守（1998）：サケ科魚類の種苗期のウイルス病対策．月刊海洋，号外，14：15-19.
- 3) マリノフォーラム 21 新技術評価基準作成委員会編（1991）：『海水殺菌装置評価基準』．マリノフォーラム 21，東京，220 p.
- 4) 吉水 守・日向進一（1992）養魚用水の殺菌法 -紫外線およびオゾンの利用-、工業用水、404：2-8.
- 5) 吉水 守・笠井久会（2002）：種苗生産施設における用水および排水の殺菌．工業用水，523：13-26.
- 6) 吉水 守（1992）：魚類養殖および栽培漁業でのオゾンの利用．『オゾン年鑑 93-94 年度版』，リアライズ社，pp. 401-409，東京.
- 7) 伊藤慎吾・吉水 守・絵面良男（1997）：人工海水中における低濃度オキシダントの魚類病原微生物に対する殺菌・不活化効果．日水誌，63：97-102.
- 8) 笠井久会，石川麻美，堀 友花，渡辺研一，吉水 守（2000）：流水式海水電解装置の魚類病原細菌およびウイルスに対する殺菌効果．日水誌，66：1020-1025.
- 9) 笠井久会，渡辺研一，吉水 守（2001）：パッチ式海水電解装置の魚類病原細菌およびウイルスに対する殺菌効果．水産増殖，49：237-241.
- 10) 吉水 守（2006）：魚介類の疾病対策および食品衛生のための海水電解殺菌装置の開発．日水誌，72：831-834.
- 11) 笠井久会，渡辺研一，吉水 守（2001）：流水式海水電解装置による飼育排水の殺菌．日水誌，67：222-225.