HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	種苗生産施設における用水及び排水の殺菌
Author(s)	吉水, 守; 笠井, 久会
Description	総説
Citation	工業用水, 523, 13-26
Issue Date	2002-04-20
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/39499
Type	journal article
File Information	yoshimizu-160.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

総　説

種苗生産施設における用水及び排水の殺菌*

吉水　守**　笠井　久会**

魚介類の種苗生産及び養殖の現場における防疫対策のなかで，飼育用水及び排水の殺菌は重要な課題である。飼育用水の殺菌に紫外線殺菌及びオゾン殺菌が広く普及している。紫外線感受性の低い魚類病原微生物の殺菌・不活化に中圧紫外線ランプも普及してきた。ろ過除菌法も実用化されているが，コスト面でまだ難がある。海水の電気分解により生成する次亜塩素酸を用いる電解殺菌法は大量の海水を処理できるため，飼育用水のみならず飼育排水の殺菌にも応用可能となった。

キーワード：魚類，飼育用水，飼育排水，殺菌，紫外線，オゾン，海水電解

1．種苗生産用水及び排水殺菌の目的と必要性

魚介類の種苗生産において，飼育用水，餌料，飼育施設等の管理には十分な注意が払われているが，その対象魚介類の多くの種で，原生動物，真菌，細菌，ウイルス等による病気が発生し，種苗の生産に深刻な打撃を与え，大きな問題となっている[1),2)]。これら病気の防疫法として，採卵親魚の健康状態の把握（病原体保有の有無や既往症歴の把握）をはじめ[3)]，種卵の消毒，飼育用水の殺菌，飼育施設の消毒等を実施し，病原体の侵入を防ぐ対策がとられている[4)]。

飼育用水の殺菌に関しては紫外線やオゾンを利用した殺菌装置が開発され，ニジマス，ギンザケ，ヤマメ，アマゴ等淡水養殖を中心に広く普及し，魚病対策に効果を上げている[5)]。海産魚の種苗生産施設や育成施設でも，ここ数年病原体対策に採用され使用されるようになってきている[5)]。さらに海水の殺菌に関しては，海水の電気分解により生成する次亜塩素酸により殺菌する電解殺菌法が新たに開発され，実用可能段階に入っている[6)]。

海産魚介類の種苗生産では沿岸海水を飼育用水として使用するため，海水中に病原微生物が存在すると種苗生産現場への侵入は避けられず，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等が加わった場合，病気が発生しやすい状況下にある。さらに一旦病気が発生すると飼育排水と共に病原微生物を環境に放出することになり，沿岸海水の汚染による悪循環を繰り返す危険性がある。こういった危険性を回避するためにも飼育用水及び飼育排水を殺菌し病原微生物対策を十分行う必要がある。

内水面においては，すでにある地域では河川水が魚類病原ウイルスに汚染されてしまっている[7)]。海産魚介類の種苗生産及び海面養殖も含め，魚介類の飼育は多くの病原体と背中合わせに実施されている現状にあり，まずは飼育用水中に存在する病原微生物を殺菌し，病原体のいない環境下で飼育する必要がある[5)]。当然，次の課題は飼育排水の殺菌処理である。今回，まず，飼育用水の殺菌について，魚類病原微生物の紫外線，オゾンあるいはオキシダント，及び塩素感受性を紹介し，ろ過膜通過性についても紹介する。次いで，これらの装置を組み込んだ施設の例を紹介し，最後に，大量の水を処理しなければならない排水殺菌について電解殺菌法の効果を紹介する。

2．飼育用水の殺菌

* Disinfection of hatchery water and waste water for aquaculture

**YOSHIMIZU Mamoru, KASAI Hisae, 北海道大学大学院水産科学研究科　応用生物科学講座
(041-8611　函館市港町 3-1-1)

水の殺菌法として古くから加熱殺菌や塩素殺菌が用いられ，魚類飼育用水の殺菌に関しても上水道水のように，塩素による消毒を実施し疾病の発生がほとんど見られない孵化場も外国では知られている[8]。私共の研究室ではサケマス類の発眼卵をヨード剤で消毒し，脱塩素処理水道水を使用して飼育することによりSPF（specific pathogen free）魚を得てこれらを実験魚として用いている[9]。しかしこの場合，脱塩素処理が必要となり，事業規模で実施するとその設備や装置，設置後の維持管理経費も多大なものとなる。これらの殺菌法のほか，最近では高分子ろ過膜を使用したろ過除菌法[10]も開発されイセエビの種苗生産等に用いられている。しかし低コストで大量の水を必要とする養魚用水の殺菌処理法としてはまだ技術的，経済的に解決しなければならない問題も多く，水そのものの理化学的性質を変えることなく大量の水の殺菌処理を行うには現在のところ紫外線を利用する方法が最も目的にかなっている。近年，オゾンを用いた殺菌装置も広く普及してきているが，その使用方法及び脱オゾン方法により現場での評価は異なっている[11]。また最近は海水を電気分解した際に生成する次亜塩素酸により殺菌する方法も検討され，十分な殺菌効果が確認されている[12]。今回，紫外線，オゾン及び電気分解により生成した次亜塩素酸の魚類病原微生物に対する殺菌あるいはウイルス不活化効果を検討し，飼育用水の殺菌効果についても検討したので，その結果を紹介すると共に，一部で用いられているろ過除菌装置についても紹介したい。

2.1　紫外線殺菌法

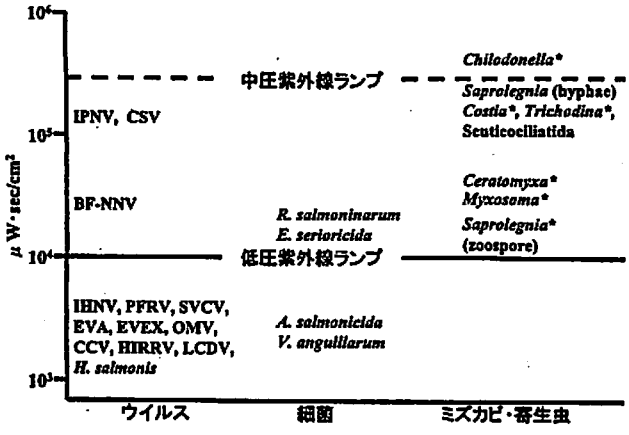
紫外線（波長250～260nm）を水に照射することにより，水中に存在する微生物のDNAに傷をつけ殺菌する方法である[5]。水産領域での紫外線による水の殺菌は，古くから出荷前のカキの浄化に用いられ[13]，さらにカキの幼生や稚貝，ハマグリやロブスターの幼生の飼育用水の殺菌にも用いられて良好な成績が得られている[14)-16]。わが国では本州中部のニジマス生産地域において飼育用水中に存在する伝染性造血器壊死症（IHN）ウイルスの不活化に広く用いられ効を奏している[7),17]。紫外線照射量は通常μW·sec/cm^{2}として表されるが，これは単位面積当りの紫外線強度μW/cm^{2}に照射時間（秒）を乗じて求められる。紫外線は水中での透過率が低いため，装置は水深あるいは水層を浅くとり，十分な紫外線量が照射されるように設計する必要がある。紫外線の照射にあたっては処理水を石英管あるいは紫外線透過性の良い光透過性フッ素樹脂管に通し，管外から紫外線を照射する外照式タイプと耐圧性石英二重管の紫外線ランプを直接水中に設置する内照式タイプがある[5]。

(1)　魚類病原微生物の紫外線感受性

代表的な魚類病原細菌，ウイルス，ミズカビの紫外線感受性試験の結果を図－1に示した。せっそう病の原因菌*Aeromonas salmonicida*をはじめとする魚類病原細菌7株及び対照とした大腸菌の紫外線感受性（生菌数を99.9%以上減少させるに要する紫外線照射量）は，グラム陰性菌の場合4.0～5.0×10^3μW·sec/cm^2，グラム陽性の細菌性腎臓病や連鎖球菌症の原因菌の場合は1.0～2.0×10^4μW·sec/cm^{2}であった[18]。一方魚類病原ウイルスの紫外線感受性（ウイルス感染価を99%以上減少させるに要する紫外線照射量）は，ビルナウイルス及びレオウイルスで1.0～15×10^4μW·sec/cm^{2}であったが，ラブドウイルス，イリドウイルス及びヘルペスウイルスでは1.0～3.0×10^3μW·sec/cm^{2}であった[19),20]。

また*Saprolegnia*属を主体とした10株のミズカビ類の紫外線感受性（菌糸の伸長を阻止するに要する紫外線照射量）は1.5～2.5×10^5μW·sec/cm^{2}であり[21]，スクーチカ繊毛虫を殺虫するに要する紫外線量は2.0×10^5μW·sec/cm^{2}であった[20]。

これらの結果に既報の粘液胞子虫や原虫[22,23]及びミズカビの遊走糸[24]の殺菌に要する紫外線照射量の報告結果を加えて整理すると図－1のようになる。微生物の種類により紫外線感受性は異なるものの，これら魚類病原微生物の紫外線感受性から判断すると，飼育用水中に存在する病原微生物の殺菌には10^6μW·sec/cm^{2}程度の照射能力を有する装置の導入が必要となる。一般的な紫外線殺菌装置の紫外線照射量は10^4μW·sec/cm^{2}程度であり，この紫外線照射量から判断するとグラム陰性の魚類病原細菌とエンベロープを有する魚類病原ウイルス；ラブドウイルス，ヘルペスウイルス，イリドウイルスの不活化は可能であろうと考えられる（図－1のラインより下の微生物）。



図－1　魚類病原微生物の紫外線感受性

*：Vlasenko(1969)[22]・Hoffman(1974)[23]・Normandeau,D.A.(1968)[24]

さらに最近では中圧水銀ランプを用いた高出力の流水式紫外線殺菌装置が開発され，一部の施設で使用されている。この高出力タイプを使用すると，2.0～3.0×10⁵μW·sec/cm²程度の紫外線照射量が得られ，連鎖球菌症や細菌性腎臓病原因菌の殺菌，さらにIPNVやYAVの不活化，スクーチカ繊毛虫の殺虫も可能になると考えられる（図－1の破線ラインより下の微生物）[20]。なお低コストで大量の水処理が要求される養魚現場では，さまざまな工夫のもとに紫外線ランプを水面上に吊り下げ10⁴μW·sec/cm²程度の紫外線照射を行い，目的とする病原体の殺菌を行っている所も多い[5]。

(2)　紫外線殺菌装置による飼育用水の殺菌

紫外線殺菌装置を用いた飼育用水の殺菌効果の一例として，長野県水産試験場構内に建設されているろ過殺菌装置[7),17)]を紹介する。用水は5kWのポンプ2基で取り入れ，まずプラスチック波板を514枚，斜め45°の角度で並べた傾斜沈殿槽を設け，用水中の大型懸濁粒子を除去後，小型プラスチック容器1000個を1袋として300袋，計30万個を収容したろ過槽を通して浮遊微細粒子（50μm以上）を除去している。その後ステンレス製薄槽上に用水を導き，水深を4.6cmに保ち市販の紫外線ランプ40本で毎分1.8tの用水の照射を行っている（実測値から計算した紫外線照射量は10⁴μW·sec/cm²）。同水試ではこのろ過殺菌装置による用水の処理によりIHNの発生は見られなくなっている[7]。

このような紫外線殺菌装置は水中懸濁粒子の除去方式が異なるものの，長野，山形，静岡，岐阜県下の各地で用いられ効を奏している。これらの地域では河川水がIHNVで汚染され，河川水を用いた孵化・飼育が困難となっている。そこで発眼期に卵を消毒し，ウイルスフリーの湧水あるいは紫外線処理水を用いて稚魚を隔離飼育し，IHNVに感受性がなくなった時点で育成池に移しニジマス養殖産業を成り立たせている[4]。

次いで，最近普及してきた高出力タイプの紫外線ランプを使用した北海道福島町吉岡漁協の例を紹介する[20]。ここでは飼育水を再利用するために，飼育水を原水と5：1の割合で混合後紫外線処理をして再利用している。紫外線照射量は3.0×10⁵μW·sec/cm²であり，紫外線処理後の殺菌効果は99.99%以上であった（表－1）。ここの場合，紫外線殺菌の目的の一つにスクーチカ対策があり，種苗導入直後と停電後1週間を除き，病魚は認められず，60mmまでのヒラメの生存率が90%台に上昇した。

紫外線殺菌は飼育用水のみならず，病原体の伝播防止の観点から飼育排水の殺菌にも用いられ，北海道立水産孵化場[25]や独立行政法人さけ・ます資源管理センターの孵化場の排水施設では，飼育排水をろ過後，高出力の流水式紫外線殺菌装置を用いて殺菌処理している。

表－1　中圧紫外線殺菌装置による飼育用水の殺菌効果

試料	生菌数(CFU/100mL)	殺菌効果(%)
飼育用水(原水)	2.9×10⁶	－
飼育水(循環水)	3.4×10⁵	－
紫外線処理水*	4.5×10⁰	>99.99

*：混合比は飼育水（循環水）：原水＝5：1

2.2　オゾン殺菌法

オゾン殺菌は主に高圧放電法により発生した酸化力の強いオゾンを処理槽に吹き込み，飼育水中に存在する微生物を殺菌する方法である[5]。オゾンは強力な殺菌作用がある反面，人体や魚に対しても毒性を示す。そのため曝気あるいは活性炭を通すことにより，オゾンあるいはオゾンとの反応生成物を取り除き飼育用水として用いる必要がある。特に海水中には種々の微量成分，特に臭素イオンが存在し，これらと反応したオゾンはオキシダントとなり長期間残留し魚毒性を示す[5),26)]。

表－2　魚類病原ウイルス及び衛生微生物に対するオゾンの殺菌効果

微生物	オゾン濃度 (mg/L)	処理時間 (秒)	殺菌効果 (%)	処理時の菌数・感染価 (Log.)	文献
IPNV（ビルナウイルス）	0.01	60	100	4.0*	27
IHNV（ラブドウイルス）	0.01	30	100	4.0*	27
Staphylococcus aureus	0.5	15	100	7.5	28
Salmonella typhimurium	0.5	15	100	7.5	28
Escherichia coli O126:B16	0.5	15	100	7.5	28
Shigella flexneri	0.5	15	100	7.5	28
Vibrio cholerae 569B	0.5	15	100	7.5	28
VSV（ラブドウイルス）	0.5	15	100	5.1*	28
EMCV（ピコルナウイルス）	0.5	15	100	6.1*	28

*: $TCID_{50}$/mL.

表－3　海水中での魚類病原微生物のオキシダント感受性

微生物	オゾン濃度 (mg/L)	処理時間 (秒)	殺菌効果 (%)	処理時の菌数 (Log.)*
ウイルス性腹水症原因ウイルス（YAV）	0.5	60	>99	4.3
ヒラメラブドウイルス（HIRRV）	0.5	15	>99	5.5
伝染性膵臓壊死症原因ウイルス（IPNV）	0.5	60	>99	4.0
伝染性造血器壊死症原因ウイルス（IHNV）	0.5	15	>99	4.0
サケレオウイルス（CSV）	0.5	60	>99	4.0
サケ科魚類ヘルペスウイルス（OMV）	0.5	15	>99	3.0
ビブリオ病原因菌（*Viblio anguillarum*）	0.5	15	>99.9	5.6
連鎖球菌症原因菌（*Enterococcus seriolicida*）	0.5	15	>99.9	5.8
セッソウ病原因菌（*Aeromonas salmonicida*）	0.5	15	>99.9	5.1
運動性エロモナス症原因菌（*Aeromonas hydrophila*）	0.5	15	>99.9	4.6
スクーチカ繊毛虫	0.8	30	>99.9	5.5

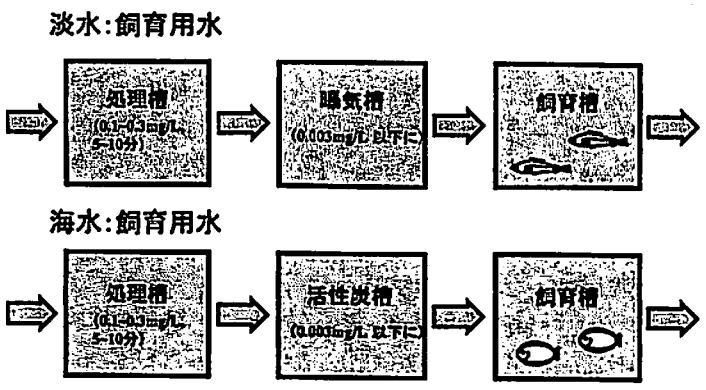
*：$TCID_{50}$/mL, CFU/mL もしくは虫体数.

(1)　魚類病原微生物のオゾンあるいはオキシダント感受性

淡水環境での飼育用水の場合，軟水あるいはリン酸緩衝液中では魚類病原ウイルスのIPNVやIHNVは0.01mg/L，30～60秒で99.9%以上不活化されるが，70mg/Lの硬水中では10分を要するとの報告があり[27]，衛生細菌の場合も0.5mg/L，15秒の処理により100%殺菌あるいは不活化されている（表－2）[28]。また魚類病原寄生虫の場合，セラトミキサやミキソゾーマに対しても0.3mg/Lで5分間処理することにより感染を防止できるとの報告がある[29),30]。

海水のオゾン殺菌は，オゾンガス気泡の直接作用と共に，この海水をオゾン処理した際に生成されるオキシダントの殺菌作用によるところが大きい[31]。天然海水をオゾン処理し，生成したオキシダントの代表的な魚類病原細菌，ウイルス及び寄生虫に対する殺菌効果を表－3に示した[32]。

ビブリオ病及びせっそう病原因菌をはじめとする4種の魚類病原細菌の生菌数を99.9%以上減少させるに要するオキシダント量は，いずれも0.5mg/Lで15秒（0.1mg/Lでは30～60秒）であった。一方魚類病原ウイルスの感染価を99%以上減少させるに要するオキシダント濃度は，ブリのウイルス性腹水症原因ウイルス（YAV），サケ科魚類の伝染性膵臓壊死症ウイルス（IPNV）及びサケレオウイルス（CSV）では0.5mg/Lで60秒，0.1mg/Lでも60秒であった。ヒラメのラブドウイルス（HIRRV），サケ科魚類のヘルペスウイルス（OMV）及び伝染性造血器壊死症ウイルス（IHNV）ではオキシダント濃度0.5mg/Lで15秒，0.1mg/Lでは30秒であった。魚類病原寄生虫の場合，繊毛虫のスクーチカを殺すには0.8mg/Lで30秒を要した。



図－2　オゾンによる飼育用水の殺菌法

淡水養殖では古くから飼育用水の殺菌にオゾン処理が用いられているが，図－2に示すように曝気処理によりオゾンガスを除去した後に飼育用水として用いている。海水をオゾン処理した場合にはオゾンガス及び生成オキシダントを除去する必要がある[11),29)]。

(2)　淡水養殖でのオゾンによる飼育用水の殺菌

魚類飼育用水をオゾン処理して病原体を殺菌あるいは不活化する試みは，1970年代後半からWedemeyerら[27),33),34)]を中心に米国で研究が始まった。ニジマスに対するオゾンの魚毒性（24時間後の半数致死量）は0.008～0.028mg/L（オゾンガス量）と報告され[33),34)]，魚の飼育には0.003mg/L以下にする必要があるとされている。せっそう病原因菌，レッドマウス病原因菌，IPNV及びIHNVに対するオゾンの不活化効果が0.01mg/L，60秒処理(オゾンガス量)で確認されることから[29),33)]，図－2に示したように飼育用水をまず0.1～0.3mg/Lの濃度で5～10分間オゾン処理し，その後オゾン濃度が0.003mg/L以下になるように曝気し飼育用水として用いることを推奨している[29)]。ワシントン州やオレゴン州の孵化場にはこのような飼育用水のオゾン処理装置が多く導入され，オレゴン州立の孵化場での試験結果では，この濃度の処理によりミキソゾーマやセラトミキサ属の寄生虫感染症も防除可能とされている[29),30)]。

一方わが国では静岡県水産試験場が同様の検討を行い，ニジマスに対するオゾンの魚毒性は24時間後の半数致死量が0.0083mg/L（体重7.0g群）～0.028mg/L（同150g群：オゾンガス量）と報告している[35)]。わが国ではギンザケ及びニジマス養殖場を中心にオゾンによる飼育用水の殺菌と水質改善を目的に低濃度のオゾンを散気管から直接飼育水中に吹き込む方法が広く普及しているが[5)]，この場合飼育水中のオゾン濃度（オゾナイザーの出力から計算すると0.005mg/L程度が目安とされている）から判断すると殺菌効果は期待できず，飼育魚の遊泳状態や飼育池の状況から，むしろ溶存酸素の増加・アンモニア態窒素の減少による飼育環境の改善効果が大きいと理解すべきであろう（正確なオゾンガス濃度の測定と生菌数の減少率を測定する必要がある）。そうした現状が使用者によりその評価が異なる一因と考えられる。本州各地のサケマス養殖地域ではすでに河川水がIHNVに汚染されてしまっているところもあり，ウイルスフリーあるいは不活化用水の確保にオゾン処理を行う場合，やはり図－2に示したような方法を採るべきと考える[11),36)]。

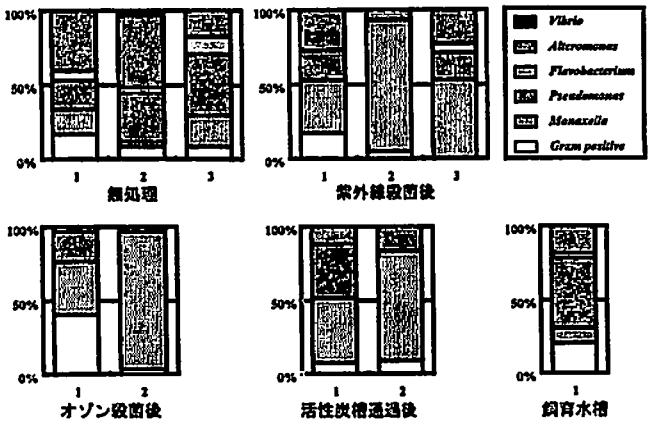
(3)　海水殺菌へのオゾンの利用

淡水と異なり，海水中には種々の微量成分が存在し，海水をオゾン処理した場合をこれら成分，特に臭素イオンと反応したオゾンは次亜臭素酸イオン（BrO^-）あるいは臭素酸イオン（BrO_3^-）となり[32)]，かなりの長期間残留し魚毒性を示す[32)]。マリノフォーラム21の海水殺菌装置評価試験で測定した残留オキシダントの半減期は22時間以上，魚毒性もクロダイ（全長70～105cm）の場合，0.03mg/L，20～40分の曝気で50～90分後に，0.04mg/L，10分（いずれもオゾンガス量）の曝気で10分後に死亡し，さらに0.3mg/Lのオキシダントを含む海水を10倍に希釈して同じ大きさのクロダイを飼育しても1時間後には死亡した[31)]。同様の魚毒性はヒラメ，マダイでも報告されている[37)]。オオニベでも0.2mg/Lの残留オキシダントが致命的な毒性を示したと報告され[37)]，マツカワでも0.5mg/Lの残留オキシダントが致命的な毒性を示した。以上により，臭素イオンなど微量元素を含まない人工海水を用いて循環飼育する場合を除き，オゾン処理後に生成オキシダントを除去する必要がある[11),36)]。

この残留オキシダントの除去にはチオ硫酸ソーダなどの還元剤の使用が可能であるが，必要量を連続的に注入することは難しい。還元剤触媒の開発が行われているが，現在簡単に入手できる物として活性炭が広く用いられ，オゾン処理海水を用いた種苗の飼育が試みられている[26),35)]。

(4) オゾン処理海水を用いた飼育試験結果

以上の知見を基に，宮森県下と北海道内で養魚用海水をオゾン処理し，活性炭で残留オキシダントを除去した後，ヒラメ稚魚を飼育した。宮森県増殖センターで行ったオゾン処理海水を用いたヒラメの飼育試験では無処理対照区及び紫外線処理区との飼育成績に差はなく，飼育用水中の細菌数は約1/1万に減少し（紫外線処理の場合1/10～1/100に減少）オゾン処理の有効性が確認された（表－4）[20)]。オゾン処理前後の細菌叢を比較するとグラム陰性の魚病原因細菌を含む*Vibrio*属や*Pseudomonas*属が減少していた（図－3）。



図－3　紫外線・オゾン殺菌による細菌叢の変化

表－4　飼育用海水のオゾン処理，活性炭通過及び紫外線処理による生菌数の変化(CFU/mL)

処理過程	6月11日 (mg/L)	18日 (秒)	25日 (%)	7月2日 (Log.)*
飼育用水	5.7×10^{4}	3.1×10^{4}	4.3×10^{4}	6.1×10^{4}
オゾン処理後	2.4×10^{1}	3.5×10^{0}	4.4×10^{1}	1.3×10^{1}
活性炭通過後	8.6×10^{4}	4.7×10^{4}	2.4×10^{4}	1.4×10^{4}
紫外線処理後	7.9×10^{3}	1.4×10^{2}	1.1×10^{2}	1.5×10^{2}

表－5　オゾン及び紫外線処理海水で飼育したヒラメの生存率*

	オゾン処理	紫外線処理	無処理対照
平均全長（mm）	74.4	71.9	71.0
オゾン処理後	71.8	71.5	67.4

*北海道福島町，0.5t角型FRP水槽に平均全長23.7mmの稚魚を2,000尾ずつ収容し，49日間流水飼育，給餌は1日1回．

表－6　オゾン処理海水による飼育器具類及び受精卵の消毒効果

試料	残留オキシダント濃度 (mg/L)	処理時間 (分)	生菌数 処理前 (CFU/cm² or g)	生菌数 処理後 (CFU/cm² or g)	殺菌率 (%)
タモ網	0.5	30	3.0×10^{4}	2.3×10^{1}	>99.9
注水ネット	0.5	30	4.9×10^{4}	1.1×10^{1}	>99.9
キャンバス地	0.5	30	4.8×10^{4}	3.7×10^{0}	>99.9
ホース	0.5	30	2.2×10^{4}	3.5×10^{0}	>99.9
ビーカー	0.5	30	5.2×10^{3}	2.6×10^{0}	>99.9
バケツ	0.5	30	1.7×10^{3}	6.0×10^{-1}	>99.9
長靴	0.5	120	2.1×10^{4}	1.3×10^{0}	>99.9
マツカワ受精卵（モルラ期）	0.5	10	3.5×10^{4}	3.6×10^{1}	99.9
ワムシ	0.5	30	1.2×10^{8}	3.1×10^{7}	73.9
アルテミア	0.5	60	2.6×10^{8}	6.6×10^{7}	74.6
タラシオシラ	0.5	5	1.3×10^{7}	1.3×10^{6}	90.0

さらに北海道内2カ所での飼育試験でもほぼ同様の成果が得られた[26]。その一つ福島町での結果を表－5に示した。またOzawaらも閉鎖系海水飼育におけるオゾン利用を検討し，活性炭を用いた残留オキシダント除去の効果を確認している[37]。日本栽培漁業協会では8カ所の事業場にオゾン殺菌装置を導入し，種苗生産用の飼育用水に使用しているが，稚仔魚の発育や生存率に悪影響はなく，病気の発生の防除に役立っている。そのうちの一つ，厚岸事業場には毎時3 m³と10m³処理できる装置が導入され，オキシダント濃度0.5mg/Lで5分間処理し，活性炭槽を通した後，飼育用水として用いている。飼育用水殺菌の指標として一般生菌数の変化を観察しているが，無処理水に比べて99.99%以上の減少が認められている[26]。主にマツカワのウイルス性神経壊死症対策に導入された装置であり，採卵親魚の抗体検査による事前選別と採卵時のPCR検査と再度の抗体検査による選別を行い，得られた仔魚を親魚ごとに隔離飼育している。個別管理することにより，病気の発生はウイルス保有親魚由来仔魚飼育水槽に限定されるようになった[38]。検査精度の向上により，以後病気の発生を見ていない。もちろん対照群とオゾン処理群の稚仔魚に生存率及び生育に差は認められていない[39]。

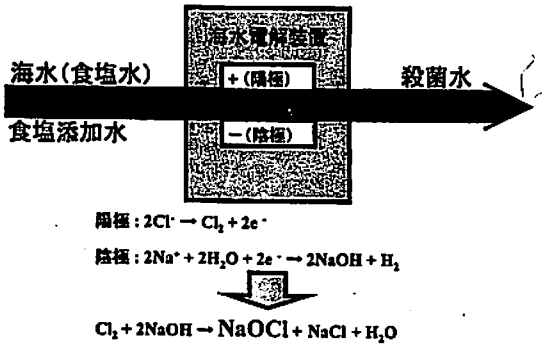
さらにオゾン処理の際に生成されるオキシダント海水の有効利用として，その殺菌効果を利用し消毒液の代わりに使うことも検討されている。網やビーカー類，長靴といった飼育器具機材の消毒効果を検討した結果を表－6に示した[40]。このようにオゾン処理した海水を活性炭に通す前に一部取り出し，市販の消毒薬と同様に使用することが可能で，酸化による腐食の問題がない網やビーカー，長靴などの飼育用器具機材の消毒に有効である。またマツカワの受精卵を用いた試験では，モルラ期に使用すればヨード剤よりも優れた消毒効果が得られ，孵化率にも差はなく，受精卵の消毒にも有効であった[40]。ただ，すべての魚種に使用できるかどうかは今後の検討課題である。

2.3　電気分解殺菌法

海水を電気分解し，海水中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（図－4）[6),12)]。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。食塩濃度が1.0%以上であれば，海水と同程度の次亜塩素酸が産生され，殺菌効果が得られる[41]。

(1)　魚類病原微生物の塩素感受性

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。3%食塩水にビブリオ病及びせっそう病の原因菌，ビルナウイルス及びラブドウイルスを懸濁し，電解装置の電極間を通過させたときの殺菌・不活化効果を観察



図－4　電気分解法による殺菌の原理

表－7　電気分解により産生された次亜塩素酸の魚類病原微生物に対する殺菌・不活化効果

魚類病原微生物	有効塩素濃度 (mg/L)	処理時間 (min)	初発菌数あるいはウイルス感染価	殺菌・不活化率 (%)
Viblio anguillarum	0.07	1	4.5×10^{6} *1	>99.99
Aeromonas salmonicida	0.06	1	3.8×10^{6} *1	99.96
Escherichia coli	0.14	1	4.0×10^{6} *1	99.98
YAV	0.45	1	4.5 *2	99.92
HIRRV	0.34	1	4.5 *2	99.97

*1：生菌数 (CFU/mL)
*2：ウイルス感染価 (Log. $TCID_{50}$/mL)

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0.07～0.14mg/Lで1分間，ウイルスでも0.45mg/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（表－7）[12]。

(2) 海水電解装置による飼育用海水の殺菌

日本栽培漁業協会厚岸事業場で魚介類の飼育に用いられている砂ろ過海水を，流水式海水電解装置に2.0～2.1m³/hの流量で通し，1.5～2.0Aの電流で電気分解して殺菌効果の検討を行ったところ，有効塩素濃度を1.0mg/L，1分間の処理で生菌数は99.99%以上減少した（表－8）[12]。また，この電解海水を脱塩素処理すれば残留塩素はなくなり，マツカワを飼育しても異常は見られず飼育用水としての使用が可能となっている。

表－8　電気分解による飼育用海水の殺菌効果

生菌数測定法	有効塩素濃度 (mg/L)	流量 (m³/h)	電流 (A)	生菌数 (CFU/mL)	殺菌率 (%)
平板法	0.84	2.1	1.5	2.2×10^{2}	97.67
フィルター法	1.0	2.0	2.0	4.0×10^{2}	>99.99

(3) 電解水の塩素系消毒液としての利用

前述のオキシダント海水同様，電解海水が感染経路対策として重要な飼育器具類の消毒液として使用可能か検討した結果を表－9に示した。飼育用器具としてタモ網，注水ネット，キャンバス地，ホース，ビーカー，バケツ及びゴム長靴を供試し，電解海水に浸したところ，ホース，ビーカー，バケツ及び長靴では有効塩素濃度0.5mg/Lの電解海水に30分間浸漬することにより生菌数は99.9%以上減少し，十分な消毒効果が認められた。一方，タモ網，注水ネット及びキャンバス地では，30及び60分間の浸漬では十分な殺菌効果が認められない場合があり，同様の消毒効果を得るのに120分を要した[12]。

2.4　中空糸ろ過膜による除菌法

飼育用水のろ過除菌法として用いられている中空糸ろ過膜のろ過性能について検討した結果を紹介する。大きさの判っている培養可能なウイルスを用い，公称0.10μm（100nm）と0.03μm（30nm）の穴径を有する中空糸ろ過膜のろ過性能を検討した。本試験には，ブリのウイルス性腹水症原因ウイルス（YAV），サケ科魚類の伝染性膵臓壊死症原因ウイルス（IPNV，VR-299株），サケ科魚類のヘルペスウイルス*Oncorhynchus masou* virus（OMV，OO-7812株）及びヒラメラブドウイルスHIRRV（Rhabdovirus olivaceus；HIRRV，8401H株）を供試した。YAV及びIPNVはビルナウイルス科に属し，大きさは55～60nm，HIRRVはラブドウイルス科に属し，大きさは直径70～80nm，長さ170nm前後，またOMVはヘルペスウイルス科に属し，大きさは220～240nmである。

穴径0.03μmの中空糸ろ過膜のろ過性能は，表－10上段に見られるように直径55～60nmのYAV及びIPNVはろ液中からは検出されず（検出限界未満），1/10量及び1/100量に濃縮されたウイルス懸濁液のウイルス感染価は10倍及び約100

表－9　電解海水による飼育器具類の消毒効果

試料	有効塩素濃度 (mg/L)	処理時間 (分)	生菌数 処理前 (CFU/cm² or g)	生菌数 処理後 (CFU/cm² or g)	殺菌率 (%)
ホース	0.5	30	6.4×10^{4}	5.5×10^{1}	>99.9
ビーカー	0.5	30	2.3×10^{5}	2.7×10^{1}	>99.9
バケツ	0.5	30	7.2×10^{3}	2.0×10^{0}	>99.9
長靴	0.5	30	4.6×10^{4}	3.2×10^{1}	>99.9
タモ網	0.5	120	3.9×10^{5}	1.6×10^{2}	>99.9
注水ネット	0.5	120	4.1×10^{5}	1.2×10^{2}	>99.9
キャンバス地	0.5	120	4.5×10^{5}	1.9×10^{2}	>99.9
タモ網	1.5	120	1.2×10^{6}	9.2×10^{2}	>99.9
注水ネット	1.5	120	1.2×10^{6}	1.7×10^{2}	>99.9
キャンバス地	1.5	120	1.2×10^{6}	8.7×10^{2}	>99.9

表—10　魚類病原ウイルスの中空糸ろ過膜通過性

穴径 (μm)	ウイルス	ウイルスのサイズ(nm)	容量	濃縮率	感染価 (Log. $TCID_{50}$/mL) ウイルス懸濁液	ろ液	ろ過率
0.03	YAV	55～60	20	1	4.30	<0.80	0
			2	10	5.30	<0.80	0
			0.2	100	6.05	<0.80	0
	IPNV	55～60	20	1	4.80	<0.80	0
			2	10	5.80	<0.80	0
			0.2	100	6.30	<0.80	0
0.10	YAV	55～60	20	1	4.30	1.80	0.3
			2	10	4.80	2.55	0.4
			0.2	100	5.30	3.30	1
	IPNV	55～60	20	1	4.80	2.30	0.3
			2	10	5.30	–	–
			0.2	100	5.30	2.80	0.3
	HIRRV	70～80 x 170	20	1	4.80	2.80	3.2
			2	10	5.80	2.80	3.2
	OMV	220～240	20	1	2.80	<0.80	0
			2	10	3.80	<0.80	0
			0.2	100	4.30	<0.80	0

倍に上昇していた。穴径0.10μmの場合のろ過性能試験結果を下段に示した。0.10μmのろ過膜では上記YAV及びIPNV（直径0.055～0.060μm）が0.3～1.0%，これより大きいラブドウイルスのHIRRV（直径0.07～0.08，長さ0.17μm前後）が3.2%通過した。このように60nmのウイルスの方が70nm，長さ170nmのウイルスよりも通りが悪かったのは，ウイルス粒子表面の構造の違い等によるものと考えられるが，濃縮されたウイルス懸濁液の感染価から逆算するとYAV及びIPNVの膜通過率はもっと高くなるはずであり，ウイルスが膜面に絡まり補足されていた可能性が考えられる。一方膜の穴径よりも大きいヘルペスウイルスOMVは全く通過しなかった。この場合，濃縮されたウイルス懸濁液のウイルス感染価は濃縮倍数に比例して上昇していた[10]。

以上のように中空糸ろ過膜によりろ過除菌する場合，膜の穴径よりも大きな粒子は通過しないことが確認された。現在多くの海産魚で問題となっている神経壊死症の原因であるノダウイルスは直径が25～28nmであり，このウイルスが0.03μmの中空糸ろ過膜を通過するかどうか関心がもたれるところである。

2.5　その他の飼育用水殺菌法

塩素剤あるいは塩素ガスを用いて水を殺菌する方法は飲料水や水槽，プール等の殺菌に広く使用されている。飼育用水の殺菌としては制約が多く困難な面も多いが，飼育排水の処理としては有効な方法であり，多くの大学，研究所での人為感染試験魚の飼育排水の処理に使用されている。一方ヨード剤やホルマリン，銅イオン等の利用による殺菌も可能であるが，生物への影響，残留，廃液の放出，人体や環境生物への影響など使用に当たっての留意事項が多い。

マイクロセラミックあるいは高分子ろ過膜を用いたろ過除菌法も中空糸ろ過膜方式の採用により大量の水を処理できるようになってきた。現在市販の濾材あるいはろ過膜で寄生虫類や魚類病原真菌，細菌及び大型のウイルス（イリドウイルス及びヘルペスウイルス：200nm以上）はろ過除菌が可能と考えられるが，直径約25nmのノダウイルスを含めすべてのウイルスを大量の飼育用海水から恒常的に除去することはコスト面で改善の余地がある。しかし貴重な種苗や，少量の用水で一定期間無菌的に飼育するような場合には極めて有効な方法と考えられる[51]。

また加熱殺菌法としてプレート型熱交換器を使用して飼育用水の殺菌を行っているところもある。魚類病原細菌を含め水棲細菌は衛生細菌に比べ，至適増殖温度や発育温度上限が低いため，衛

生細菌に比べると殺菌温度は低くてもよいと考えられる。ウイルスに関してはいくつかの報告があり，ラブドウイルスとヘルペスウイルスでは50°C，2分程度の加熱で十分殺菌できる。しかしビルナウイルスに関しては60°C，30分の加熱処理においても99.9%の殺菌は可能であるが，これらウイルスは感染価が高い（腹水中で10^{7-8}感染粒子/mL）ことから，加熱殺菌の対象にするには難があると考える。

3．飼育排水の殺菌

養魚排水の殺菌には環境に対する負荷軽減と病原体の拡散防止という二つの目的がある。一般に魚介類を飼育すると給餌等により有機物が付加され，微生物も増殖する。また飼育生物が排泄する糞中には多数の消化管内細菌（腸内細菌）が含まれる。魚類防疫上の病原体対策はもちろん，近年は環境対策からも飼育排水は取り入れた水と同じ有機物レベルでかつ微生物数も同一とすべきとの提言がなされ，排水対策が重要な課題となってきている[43),44)]。

試験研究機関では，人為感染試験魚の飼育等で排水中に出た病原体を殺菌する目的で，わが国及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トン以上に及ぶことから，設備面，コスト面で普及が遅れている。

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。ここでは砂ろ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[25)]。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及び糞を凝集沈澱法で沈澱させたのち，毎時120m³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$1.0\times10^4\,\mu$W·sec/cm²以上，処理後の殺菌効果は99.9%以上であった[43)]。

一方，オゾンを用いた飼育排水の殺菌装置も網走市水産科学センターや島根県及び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。飼育排水を用いた試験での殺菌率は99.99%以上であった[45)]。

しかしオゾンによる殺菌は規模が小さく，大量の排水処理には技術的な課題も多い。著者らは一昨年から海水電解装置を用いた海水殺菌の可能性を検討してきたが，簡単な装置で大量の海水を殺菌できることが実証されてきたのでその概略を紹介したい。

(1)　海水電解装置による飼育排水の殺菌

日本栽培漁業協会厚岸事業場において，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装置により電気分解し，その殺菌効果を検討したところ，有効塩素濃度0.6及び1.28mg/Lで1分間処理することにより99%及び99.9%以上の殺菌率が得られた（表－11）[46)]。同時にオゾン殺菌装置及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

表－11　飼育排水を電気分解，紫外線及びオゾン処理したときの殺菌効果

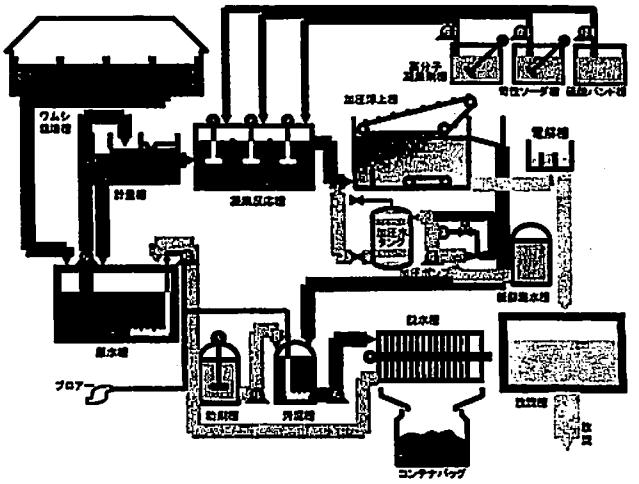
方法	流量 (m³/h)	電流 (A)	有効塩素濃度 (mg/L)	処理時間 (min)	生菌数 (CFU/mL)	殺菌率 (%)
電気分解	2.0	0	0	0	4.7×10^4	－
		0.5	0.33	1	2.9×10^3	93.84
		1	0.60	1	4.1×10^2	99.13
		1.5	0.85	1	1.1×10^2	99.77
		2	1.10	1	6.6×10^1	99.86
		2.5	1.28	1	4.3×10^1	99.91
紫外線	2.0	（紫外線量 $1.0\times10^5\,\mu$W·sec/sm²）			1.3×10^0	99.99
オゾン	2.0	（残留オキシダント濃度 0.5mg/L，1分間処理）			3.0×10^0	99.99

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り，紫外線殺菌装置の他にろ過装置が必要となる。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よく，簡便で優れた装置と考えられる。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。

このように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スケールアップした装置を用いて検討した。流量を18.5m³/hとし，そのうち2.0m³/hの排水を電解装置に通し，電気分解した。この電解海水2.0m³/hを残りの16.5m³/hの排水と混合し，殺菌率を求めたところ，有効塩素濃度0.50mg/Lで殺菌率が99%に達した。本装置は公称100Aの電流を流す能力があり，100g/hの次亜塩素酸を生成することができる。飼育排水を1分間処理する施設があると仮定し，0.5mg/Lの有効塩素濃度で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200m³/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100m³/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[40]。飼育排水の処理槽出口に塩素センサーを設置し，所定濃度になるように設定して本装置の運転を制御すれば，自動運転での殺菌が可能になると考えられる。今後は，処理排水中に含まれる塩素の環境影響評価を行い，適切な運転条件を設定する必要があると考える。

(2)　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－5に示した[47]。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5 m³/日として運転試験を行った結果，COD（化学的酸素要求量），SS（浮遊物質量），TOC（有機態炭素量），全リン量，全窒素量及びアンモニア態窒素量のすべての数値において良好な結果を得た。さらに処理水をバッチ式海水電解装置にて電気分解したところ，有効塩素濃度0.64mg/L，5分間の処理で99%以上の殺菌効果が得られた[41]。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。



図－5　島根県栽培漁業センターの排水処理施設フローチャート

欧米では，国立公園内にある施設からの排水に厳しい基準が設けられ，細菌に関しては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。将来的には日本も同様の基準が設けられると考えられ，排水処理・殺菌に関しては今後こうした現状を考慮に入れて検討する必要があると考える。

4．魚類飼育用水及び飼育排水殺菌法で重視すべき条件

魚類飼育用水は大量の水を必要とし，かつ魚類を安全に飼育する必要があり常時安定した水質が保持されていなければならない。殺菌処理によって水の物理化学的性質が変化してはならず，前述のように塩素やオゾンで殺菌した場合脱塩素あるいは脱オゾンの工程を組み込む必要がある。加熱殺菌も理論的には可能であり，易熱性のヘルペスウイルスやラブドウイルス，グラム陰性の魚類病原細菌の殺菌には有効な方法と考えられ，殺菌装置の開発が望まれるが，現状では基礎的知見及び使用実績に乏しい。さらに高分子ろ過膜を用いたろ過除菌法も養殖現場の海水を大量にろ過するに

は膜の目詰まり対策とコスト面での問題があり，一般に広く普及させるにはもう少し時間を要するが，貴重な種苗の限られたステージを飼育するためには有効であろう。

現在のところこういった条件を満たす方法としては上述の紫外線，オゾンあるいは海水の電気分解により生成した次亜塩素酸を利用する方法が最も目的にかなっている。しかし紫外線殺菌の場合，光を利用する関係上，水中の懸濁粒子の影響を大きく受け，さらに溶存有機物や鉄イオン量にも影響されることから，海水中の懸濁粒子の量及び大きさを事前に調査し，懸濁粒子の除去に十分注意する必要がある。さらに低温下では殺菌効果が低下することから水温が極端に低下する地域での冬期間の連続使用には注意が必要である。また紫外線により損傷した微生物は可視光線に当たると修復される作用がありこの点にも十分留意する必要がある。さらに，使用する紫外線の波長によってはオゾンが発生する。高圧放電法及び純水の電解法ではオキシダントの発生はないものの，通常の空気を使用する場合には魚毒性を示すこのオキシダントの発生に注意する必要がある。

オゾン殺菌法の場合，低濃度のオゾンを直接飼育池に吹き込む方式も普及しているが，飼育環境水の水質改善を目的とする場合は別として，殺菌を目的とする場合には，オゾン濃度を一定時間保ち，その後オゾンを除去して飼育用水として用いる必要がある。特に海水をオゾン処理した場合には，残留オキシダントの除去装置を組み込み，魚毒性を示さない量にまで減少させる必要がある。またオキシダントは有機物と反応すると，その濃度が急激に減少する。そのため反応槽中のオキシダント濃度を常時モニターし，供給オゾン量を制御するシステムの開発が必要になる。オゾン処理槽内のオキシダント量が一定に制御できるようになれば，現在よりも低濃度のオゾン量での運転が可能になり，コストの低減が計られると考えられる。

次に実際の飼育現場への導入となると，飼育対象魚種により殺菌対象病原微生物が異なり，装置の選択も異なってくる。例えば前述のニジマス発殖の場合IPNV対策を除けば紫外線殺菌で十分その目的は達成されている。またヒラメ種苗の場合もスクーチカ症やイクチオボド症のような寄生虫感染症を除けば，紫外線殺菌で十分その目的は達成されると考えられる。しかしブリ稚魚やマガレイ稚魚のようにビルナウイルスやレオウイルスによる感染症が危惧される場合，紫外線殺菌や加熱殺菌では不十分であり，さらにピコルナウイルスの場合はろ過除菌も困難であることから，オゾン殺菌もしくは電気分解による殺菌が有効と考えられる。

5．飼育システム全体を考慮した殺菌法

飼育水槽，使用器具，使用者（手，足，長靴，カッパ，手袋等）をはじめ活魚輸送車にいたる発殖システム全体の殺菌法の検討も将来必要になろう。これらの具体的な方法に関しては別の成書[43]を参照願いたい。

参　考　文　献

1）T. Kimura and M.Yoshimizu: "Viral diseases of fish in Japan", *Ann.Rev.Fish.Dis.*, 1, 67～82 (1991).

2）K. Muroga: "Viral and bacterial diseases of marine fish and shellfish in Japanese hatcheries", *Aquaculture*, 202, 23～44 (2001).

3）吉水　守，野村哲一："サケマス採卵親魚の病原微生物検査法"，魚と卵，158，49～59 (1989).

4）日本水産資源保護協会："さけ・ます発殖における防疫事例集"，p.262 (1990).

5）マリノフォーラム21："海水殺菌装置評価基準"，p.220 (1991).

6）笠井久会，吉水　守："海水電解装置による魚類飼育用水と排水の殺菌"，アクアネット，4(4)，52～55 (2001).

7）吉水　守，佐見　学，小原昌和，山崎隆発，木村喬久："限外濾過濃縮法による飼育水中IHNVの検出および紫外線のIHNV不活化効果について"，日水誌，57，555～560 (1991).

8）吉水　守："紫外線による発魚用水の殺菌"，発殖，18(11)，150～156 (1981).

9）吉水　守，桐原慎二，田中　真，木村喬久："実験動物としてのサケ科魚類SPF飼育に関する研究"，昭和57年度日本水産学会秋季大会講演要旨集（福山），pp.127 (1982).

10）マリノフォーラム21："中空糸膜精密ろ過装置（水産用）評価基準"，マリノフォーラム21，東京，p.120 (1995).

11）笠井久会，吉水　守："オゾンによる発魚用水

の殺菌法－特に海水への応用－", 日本医療・環境オゾン研究会報, 8, 2～6 (2001).
12) 笠井久会, 石川麻美, 堀　友花, 渡辺研一, 吉水　守: "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 (2000).
13) 坂井　稔: "牡蠣に関する公衆衛生学的研究－特に細菌汚染とその浄化に就て", 広島衛研報, 6, 65～112 (1956).
14) I. A. Aboul-Ela: "Effect of ultraviolet radiation on oyster", *Nature*, 181, 1013 (1958).
15) G.D. Waugh: "Ultraviolet sterization of water used for rearing oyster larvae", *Nature*, 181, 1747 (1958).
16) C. Brown and D. J. Russo: "Ultraviolet light disinfection of shellfish hatchery sea water. I. Elimination of five pathogenic bacteria", *Aquaculture*, 17, 17～23 (1979).
17) 吉水　守, 日向進一: "養魚用水の殺菌法－紫外線及びオゾンの利用－", 工業用水, 404, 2～8 (1992).
18) 木村喬久, 吉水　守, 田島研一, 絵面良男, 坂井　稔: "養魚用水の紫外線殺菌について－I 魚病原因菌ならびに養魚水中生存菌の紫外線感受性について", 日水誌, 42, 207～211 (1976).
19) 吉水　守, 瀧澤宏子, 木村喬久: "魚類病原ウイルスの紫外線感受性", 魚病研究, 21, 47～52 (1986).
20) H. Kasai and M. Yoshimizu: "Disinfection of water for aquaculture" Proceedings of 70th JSFS anniversary symposium, Yokohama, in press.
21) 木村喬久, 吉水　守, 田島研一, 絵面良男: "養魚用水の紫外線殺菌について－II 魚病原因ミズカビの紫外線 (U.V.) 感受性について", 魚病研究, 14, 133～137 (1980).
22) M. I. Vlasenko: "Ultraviolet rays as a method for the control of disease of fish eggs and young fishes", Problems of Ichtyol, 9, 697～705 (1969).
23) G. L. Hoffman: "Disinfection of contaminated water by ultraviolet irradiation, with emphasis on wirling disease (Myxosoma crebralis) and its effect on fish", *Trans. Ammer. Fish. Soc.*, 19, 541～550 (1974).
24) D. A. Normandeau: Progress report, Project F-14-R-3, (1968).
25) 坂井勝信, 太田博巳: "飼育用水および魚病実験排水の殺菌処理システム", 養殖, 27 (11), 82～84 (1990).
26) 伊藤慎悟, 吉水　守, 呉　明柱, 日向　進一, 渡辺研一, 早川　豊, 絵面良男: "海水のオゾン処理による飼育水の殺菌効果とヒラメ (*Paralichys olivaceus*) およびマツカワ (*Verasper moseri*) の生存率に及ぼす影響", 水産増殖, 44, 457～463 (1996).
27) G. A. Wedemeyer, N. C. Nelson, and W. T. Yasutake: "Physiological and biochemical aspects of ozone toxity to rainbow trout (Salmo gairdneri)", *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 36, 605～614. (1979).
28) G.R. Burleson, T.M. Murray, and M. Pollard: "Inactivation of viruses and bacteria by ozone, with and without sonication", *Appl. Microbiol.*, 29, 340～344 (1975).
29) K. Clemens: ""Water supply disease problems and ozonation", Proceedings North West Fish Culture Conference, Springfield, OR (1986).
30) B. Baker: "Ozonation of hatchery water supply at Coleman National Fish Hatchery", Proceedings North West Fish Culture Conference, Springfield, OR (1986).
31) 伊藤慎悟, 吉水　守, 絵面良男: "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 (1997).
32) M. Yoshimizu, S. Hyuga, M.-J. Oh, S. Ito and Y. Ezura: "Disinfectant effect of oxidant produced by ozonization of sea water on fish pathogenic viruses, bacteria, and ciliata", Diseases in Asian Aquaculture II, Phillipin, 203-209 (1995).
33) G. A. Wedemeyer and N. C. Nelson: "Survival of two bacterial fish pathogens (*Aeromonas salmonicida* and enteric red mouth bacterium) in ozonized, chlorinated, and untreated waters", *J. Fish. Res. Bd. Canada*, 34, 429～432 (1977).
34) G. A. Wedemeyer, N. C. Nelson, and C. A. Smith: "Survival of the salmonid viruses infectious hematopoietic necrosis virus", *J. Fish. Res. Bd. Canada*, 35, 875～879. (1978)
35) 富士養鱒場：富士養鱒場だより, 131, 569-570 (1990).
36) 吉水　守: "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, 401～409 (1992).
37) T. Ozawa: "オゾン応用技術の実際", 三秀書房, 65～75 (1990).
38) M. Yoshimizu, K. Suzuki, T. Nishizawa, J.R. Winton, and Y. Ezura:"antibody screening for

the identification of nervous necrosis virus carriers in a flounder brood stock", In New Approach to Viral Diseases of Aquatic Animals, Ed.Y. Inui, NRIA, Ise, 21～24 (1997).
39) K. Watanabe, T. Nishizawa and M. Yoshimizu: "Selection of brood stock candidates of barfin flounder using an ELISA system with recombinant protein of barfin flounder nervous necrosis virus", *Dis.Aquat. Org.*, 41, 219～223 (2000).
40) 渡辺研一，吉水　守："オゾン処理海水を用いた飼育器具類および受精卵の消毒"，魚病研究，33，145-146 (1998).
41) 笠井久会，渡辺研一，吉水　守："バ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 (2001).
42) 渡辺研一，吉水　守："電解海水による飼育器具の消毒"，日水誌，67，304～305 (2001).
43) 吉水　守："用水および排水の殺菌"，月刊海洋，号外，14，112～117 (1998).
44) 三村　元："排水処理技術の基礎と水産増養殖排水における留意点"，養殖，28(12)，72～77 (1991).
45) 三村　元・長瀬俊哉："養魚排水処理システムの最新動向"，養殖，33(3)，146～151 (1996).
46) 笠井久会，渡辺研一，吉水　守："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 (2001).
47) マリノフォーラム21："排水処理システムに関する技術資料"，MF21 技術資料 No.38, p.69 (2000).
48) 木村喬久，吉水　守："水産養殖システムの殺菌"，高野光男・横山理雄監修，「新殺菌工学実用ハンドブック」，サイエンスフォーラム，東京 220～226 (1991)

原　稿　募　集

本誌は工業用水，排水に関する下記内容の調査・研究・資料について，皆さまからの積極的なご投稿を欲迎いたします。

(1) 工業用水道等施設の設計，工事，資機材等に関するもの
(2) 工業用水道の経営，維持管理に関するもの
(3) 水資源の利用合理化，地下水利用適正化等水資源利用システムに関するもの
(4) 工業用水の使用合理化に関するもの
(5) 工業用水・排水の水質及び水質試験に関するもの
(6) 工業用水・排水の処理に関するもの
(7) 産業用水・下水の再生利用に関するもの
(8) 海水の淡水化に関するもの
(9) その他工業用水に関するもの

原稿は，原則としてパソコン・ワープロで作成し，打出し原稿2部にフロッピーディスクに機種・使用ソフト名を記入して添付して下さい。

作成は，1行22字×22行のものを4枚で1頁分とするか，1頁を，(1行22字×44行)×2段に図・表をレイアウトして掲載に近いものとするか，どちらかにして下さい。

〒162-0823　東京都新宿区神楽河岸1－1
(セントラルプラザ　6F)
日本工業用水協会　編集係
Tel. 03-5206-8201／Fax. 03-5206-8203
E-mail : yoshida-jiwa@nifty.com