



Title	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（平成17年度水産学技術賞受賞）
Author(s)	吉水, 守
Description	受賞者総説
Citation	日本水産学会誌, 72(5), 831-834 https://doi.org/10.2331/suisan.72.831
Issue Date	2006-09-15
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/38411
Rights	本文データは学協会の許諾に基づきCiNiiから複製したものである
Type	journal article
File Information	yoshimizu-244.pdf



受賞者総説

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

(平成 17 年度水産学技術賞受賞)

吉 水 守*

北海道大学大学院水産科学研究院

Development of a seawater electrolyzer for disease prevention in aquaculture and food sanitation

MAMORU YOSHIMIZU*

Faculty of Fisheries Sciences, Hokkaido University, Hakodate, Hokkaido 041-8611, Japan

1. はじめに

魚介類の感染症による疾病被害は総生産額の 4～5 %，養殖生産額では数 % におよび防疫対策を考慮に入れた持続可能な養殖技法の確立が重要な課題となっている。魚介類の種苗の生産・放流を中心とする栽培漁業や沿岸域での養殖が盛んになるにつれ，魚を人為環境下で管理することが多くなり，病原体が侵入すれば病気が発生しやすい環境が形成されている。¹⁾ なかでもウイルスによる病気は被害が大きく，その対策確立が急務である。ワクチン開発が精力的に進められているが，免疫能が発達するまでの期間およびワクチン投与後，免疫応答が成立するまでの期間は，防疫対策を実施する必要がある，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。^{2,3)}

海産魚介類の陸上養殖では，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下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。⁴⁾

飼育用水の殺菌処理法として，各地の飼育施設で紫外線やオゾンを利用した殺菌装置が普及しているが，^{2,3)} 飼育排水の殺菌に利用するには大量の水を処理しなくてはならず，現在の紫外線やオゾン殺菌装置では対処できない。⁵⁾ 今回，大量の水を殺菌することを目的に，海水電解装置の導入を検討した。

本稿では，まず海産魚の飼育現場における海水電解殺

菌装置の有用性について検討した結果を紹介し，続いて漁獲物の衛生管理向上を目的に，秋サケ定置網漁をモデルに検討した海水電解装置による港内海水の殺菌，および甲板や器具，市場の床等の洗浄・除菌効果について紹介する。

2. 電解殺菌法

食塩を添加した水道水を電気分解した場合，陽極側から得られる酸性水に殺菌効果が認められ，電解水として広く医学・公衆衛生分野で用いられている。水産分野でも検討されているが，隔膜を有する海水電解装置では大量の水の処理は難しい。

本研究では，流水式海水電解装置とバッチ式海水電解装置を使用した。^{6,7)} 装置には隔膜がなく，大量の水処理が可能である。海水を約 3 % の食塩水と見なし，この食塩水を電極間に通して直接電気分解すると，陽極での塩素の発生により次亜塩素酸が生成する。電流（直流出力）により次亜塩素酸生成量を調節できる。

食塩濃度が次亜塩素酸産生量に与える影響を検討した結果，1.0 % 以上の食塩水を供試すると海水と同程度の次亜塩素酸が産生された。⁶⁾

3. 食塩電解水および飼育用海水の海水電解装置による殺菌効果

3 % 食塩水に代表的な魚類病原あるいは食中毒原因細菌・ウイルスを懸濁し，電気分解しながら流水式電解装置の電極間を通過させた時の殺菌・不活化効果を表 1 に示した。時間の経過と共に，また有効塩素量が多くなるにつれて殺菌・不活化率も上昇した。細菌については，有効塩素濃度 0.07～0.23 mg/L で 1 分間処理する

* Tel. : 81-138-40-8810. Fax : 81-138-40-8810. Email : yosimizu@fish.hokudai.ac.jp

表1 電気分解により産生された次亜塩素酸の病原微生物に対する殺菌・不活化効果^{*1}

魚類病原微生物	有効塩素濃度 (mg/L)	殺菌・不活化率 (%)
<i>Vibrio anguillarum</i>	0.07	>99.99
<i>Aeromonas salmonicida</i>	0.06	99.96
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	0.23	>99.99
<i>Escherichia coli</i>	0.14	99.98
ウイルス性腹水症原因ウイルス (YAV)	0.45	99.92
ヒラメラブドウイルス (HIRRV)	0.34	99.97
ノダウイルス (BF-NNV)	1.40	>99.99
ネコカリシウイルス (FCV) ^{*2}	0.23	99.81

^{*1} 処理時間 1 分^{*2} ノロウイルスの代替として使用

ことにより、99.96%以上の殺菌率が得られた。ウイルスでも 0.23~1.40 mg/L、1 分間の処理で 99.9%以上の不活化率が得られ、電気分解による殺菌処理が容易であることが示された。⁶⁾

次いで、電解殺菌装置に 2.0~2.1 m³/h の流量で飼育用海水を流し、1.5~2.0 A の電流で電気分解した場合の海水中に存在する細菌の殺菌効果を調べたところ、有効塩素濃度 0.84 mg/L で 1 分間反応させた場合の殺菌率は 97.67%であり、有効塩素濃度を 1.0 mg/L とすると、1 分間の処理で生菌数は 99.99%以上減少した。⁶⁾ 脱塩素処理すれば残留塩素の影響もなく、飼育用水としての使用が可能となり、脱塩素処理電解海水でヒラメやマツカワを飼育しても異常は見られていない。

4. 飼育排水の殺菌

海産魚介類の種苗生産施設において、ひとたび疾病が発生すると、病魚あるいは死亡魚から放出される病原体の数は膨大な数となり、飼育排水とともに排出され、水系汚染を引き起こすことが容易に推察される。防疫対策ならびに環境対策の面からも、飼育排水の殺菌は重要な課題である。日本栽培漁業協会厚岸事業場（現；水産総合研究センター北海道区水産研究所厚岸事業場）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流水式電解装置で電気分解し、その殺菌効果を検討したところ、有効塩素濃度 0.6 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（表 2）。⁴⁾

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、海水電解装置はオゾン殺菌装置と同等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（インジェクション装置）が必要となる。^{2,3)} また紫外線

表2 飼育排水を電気分解、* 紫外線およびオゾン処理したときの殺菌効果

方法	流量 (m ³ /h)	有効塩素濃度 (mg/L)	殺菌率 (%)
電気分解	2.0	0.60	99.13
		0.85	99.77
		1.28	99.91
紫外線	2.0	(紫外線量 1.0 × 10 ⁵ μW・sec/sm ²)	99.99
オゾン	2.0	(TRDs 濃度 0.5 mg/L, 1 分間処理)	99.99

* 処理時間 1 分

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。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。⁵⁾ この点でも海水電解装置はわずかな電気代だけで済み、装置も白金コート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。

海水電解装置により飼育排水の殺菌が可能となったことから、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作成して検討した。この場合、流量は 18.5 m³/h であったが、そのうち 2.0 m³/h の排水を電解装置に通し、この電解海水を残りの 16.5 m³/h の排水と混合し、殺菌率を測定した。有効塩素濃度 0.50 mg/L で殺菌率は 99% に達した。本装置は公称 100 A の通電能力があり、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すると、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、本機により 200 m³/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 m³/h であり、全量の飼育排水の処理が可能となり、十分な能力を持っているものと考えられた。⁴⁾

5. 電解水の塩素系消毒薬としての利用

海産魚介類の種苗生産施設における疾病防除対策として、感染経路対策は重要な課題の一つであり、飼育用水、飼育器具、餌料および飼育水槽内の病魚等からの水平感染を防除することが必要である。そこで、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も使用可能かどうかについて検討した。

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、ピーカー、バケツおよびゴム長靴を供試

し、電解海水に浸したところ、ホース、ピーカー、バケツおよび長靴では有効塩素濃度 0.5 mg/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% 以上の減少を示し、十分な消毒効果が認められた。一方、タモ網、注水ネットおよびキャンバス地では、30 および 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。以上の結果より、電解海水による飼育器具類の消毒は十分可能と考えられる。⁸⁾

6. 海水電解殺菌装置の漁港での衛生管理への応用

近年、安全で安心な食品の提供が求められ、⁹⁾ 水産物に関しても衛生的な取り扱いが求められている。水産食品による健康障害の第一位は、腸炎ビブリオによる食中毒であり、厚生労働省は平成 13 年 5 月に、腸炎ビブリオ食中毒防止対策のための水産食品に係る規格及び基準を設定した。成分規格については、製品 1 g あたり腸炎ビブリオ最確数を 100 以下とし、加工に使用する海水の基準については、腸炎ビブリオによる二次汚染防止のため、殺菌海水や人工海水の使用が規定された（厚生労働省、2001）。現在の技術水準では、紫外線殺菌しか該当する方法はなく、^{2,5)} 十分量の殺菌海水が得られないことから、やむなく海水への次亜塩素酸添加が行われている。しかし、環境や作業者に対する影響が大きく、管理も難しいのが実情であり、環境に優しい簡単かつ効果的な殺菌装置の開発が望まれている。

そこで、漁獲物の衛生管理に電解海水が利用可能かどうか、秋サケ定置網漁をモデルに海水電解装置による港内海水殺菌の有効性を検討するため、電解海水中の塩素の残留性ならびに生菌数の消長を観察した。港内海水中の生菌数は $10^4 \sim 5$ CFU/mL であったが、処理後は 100 ~ 1 CFU/mL まで低下し、漁獲物保管用 1 t タンクではそのレベルが 3 時間持続した。電解海水に氷を投入し断熱シートで覆った場合、タンク中の塩素は長く残留し、船倉の場合も氷の存在下で上記レベルの生菌数が 60 分間以上持続した。また電解海水で用具の洗浄を行った場合、99.9% 以上の除菌洗浄効果が得られた。¹⁰⁾

次いで、より簡便に利用できるよう船の吸水配管に電極部を組み込み、操舵室で濃度のモニターおよび調整が出来るよう改良した装置を試作し（図 1、左）、港内海水に対する殺菌効果を検討したが、漁船搭載型小型殺菌装置でも陸上の装置と同様の成果が得られ、沖合の海水の殺菌処理も可能となり、漁船や漁具、岸壁や市場の床等の衛生管理を目的とした洗浄・除菌に電解海水は有効であった（表 3）。¹⁰⁾

現在わが国では、食の安全性、安心感の提供が求められ、食品への殺菌・消毒剤の添加・残留が問題となっている。現在の食品衛生法では、食品への電解海水の使用

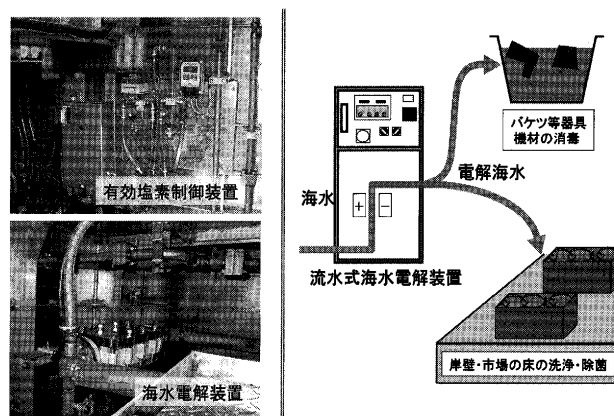


図 1 漁港の衛生管理への電解海水の利用

表 3 漁船に据え付けた海水電解殺菌装置の港内海水に対する殺菌効果

漁港	有効塩素濃度 (mg/L)	処理時間 (min)	一般生菌数 (CFU/mL)		殺菌率 (%)
			処理前	処理後	
標津 a	0.51	5	1.4×10^4	4.7×10^0	>99.9
標津 b	0.53	5	1.4×10^4	4.8×10^0	>99.9
標津 c	0.55	5	1.4×10^4	5.7×10^0	>99.9
標津 d	0.52	5	1.4×10^4	4.2×10^0	>99.9
日の出	0.55	5	6.1×10^2	1.8×10^0	99.7
相泊	0.52	5	1.2×10^3	8.4×10^{-1}	>99.9
野付	0.52	5	1.7×10^4	5.6×10^0	>99.9
宇登呂	0.50	5	1.1×10^4	4.0×10^0	>99.9

は認められていないため、食材としての魚介類への使用には食塩電解水を使用する必要がある。

7. おわりに

本装置により飼育用濾過海水を電気分解した際の殺菌率は、有効塩素濃度 1.0 mg/L で十分満足できる値であり、本装置の殺菌・不活化効果は高いものと考えられる。図 2 に模式図で示したように、活性炭により塩素を除去すれば、塩素の魚毒性の問題が解決され、飼育用水としての利用が可能となる。また、活性炭を通さずに用いれば飼育用器具の消毒が可能となる。さらに、技術的には不可能とされてきた飼育排水の殺菌も、本装置で生成された次亜塩素酸を用い、今回測定した値を基に処理すれば殺菌が可能になると考える。さらに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。しかし、海域ごとの海水成分が異なり、飼育排水では魚介類の排泄物などの有機物の影響を受けることが考えられる。また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

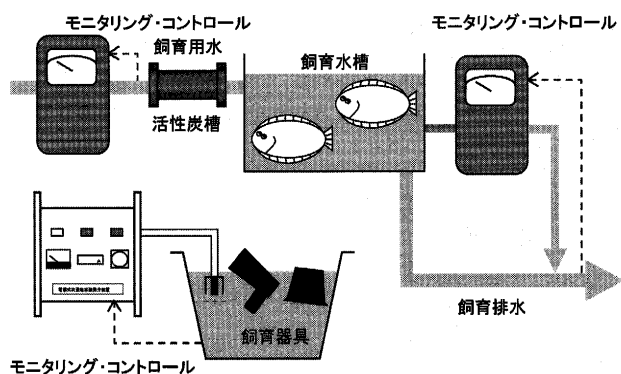


図2 海水電解装置による飼育用水および排水ならびに飼育器具類の殺菌・消毒

表4 水産分野における電解水の利用

目的	有効塩素濃度と作用時間	処理法
飼育用水の殺菌	0.5~2.0 mg/L・1分間	活性炭を用いて脱塩素後に飼育
飼育排水の殺菌	0.3~0.5 mg/L	0.5 mg/Lでは脱塩素後に放流
カキの浄化	0.3 mg/L	掛け流し
漁船・漁具の除菌洗浄	0.5~1.0 mg/L	洗浄
市場の床・岸壁の除菌洗浄	0.5~1.0 mg/L	洗浄
食品加工工程の殺菌・洗浄	1.0 mg/L	食塩電解水で洗浄
加工品の殺菌・洗浄	1.0 mg/L	食塩電解水で洗浄

を設定する必要があると考える。漁港内海水の殺菌については、塩素化合物使用時に懸念されるトリハロメタン等の有害物質の産生についても0.5~1.0 mg/Lの運転では同濃度の次亜塩素酸ナトリウム添加時と差はなく、北海道内の漁港の海水を電解処理した時のトリハロメタン生成量は0.014~0.017 ppbと測定され、水質基準に照らして問題のない濃度であった。また次亜臭素酸等の産生に関しても、人工海水に臭素を添加して電気分解したときの殺菌力を指標に評価すると、電解海水の殺菌の主体は塩素であり臭素化合物はほとんど関与していなかった。

さらに、カキ等の貝類の浄化に紫外線殺菌装置が用いられているが、ノロウイルスの代替えに使用したネコカリシウイルスの不活化濃度でも、カキの呼吸・摂餌等の生理状態に影響がないことから、大腸菌や腸炎ビブリオさらにはノロウイルス浄化へ応用も期待される。^{11,12)}

以上のように本稿では電気分解法による飼育用水・飼育排水の殺菌について紹介してきたが、増養殖施設がそ

れぞれの施設に適した殺菌方法を選択し、防除対策がより効果的に進むことを期待したい。さらに、漁港内海水の殺菌に加え、漁獲器具機材さらには岸壁や市場の床等の洗浄除菌に効果的に使用され、漁獲物の温度管理や他の衛生管理対策との相乗効果で、漁獲物の衛生管理の向上につながることを願いたい。参考までに表4に水産分野における電解水利用のガイドライン¹³⁾を示した。

謝 辞

なお、本研究の遂行にあたり、試作機を製作・提供頂いた荏原製作所の上西敏夫氏、実験にご協力頂いた水産総合研究センター養殖研究所上浦栽培技術開発センター古満目分場の渡辺研一博士、試験遂行にご尽力頂いた北海道大学大学院水産科学研究院助手の笠井久会博士ならびに本研究にご理解とご支援を頂いた北海道大学大学院水産科学研究院教授の高橋是太郎博士および荒井克俊博士に衷心より感謝申し上げる。

文 献

- 吉水 守, 笠井久会. 魚類ウイルス病の防疫対策の現状と課題. 化学と生物 2005; **43**: 48-58.
- 吉水 守, 笠井久会. 種苗生産施設における用水および排水の殺菌. 工業用水 2002; **523**: 13-26.
- Kasai H, Yoshimizu M, Ezura Y. Disinfection of water for aquaculture. *Fish. Sci.* 2002; **68**(Suppl. I): 821-824.
- 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 2001; **67**: 222-225.
- マリノフォーラム 21. 「海水殺菌装置評価基準」マリノフォーラム 21, 東京. 1991; 1-220.
- 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 2000; **66**: 1020-1025.
- 笠井久会, 渡辺研一, 吉水 守. パッチ式海水殺菌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 2001; **49**: 237-241.
- 渡辺研一, 吉水 守. 電解海水による飼育器具の消毒. 日水誌 2001; **67**: 304-305.
- 笠井久会, 野村哲一, 吉水 守. 秋サケの食品としての安全性確保について. 魚と卵 2004; **170**: 1-8.
- 笠井久会, 吉水 守. 海水電解装置による漁港内海水の殺菌と漁獲物の衛生管理への応用. 日水誌 2003; **69**: 955-959.
- 吉水 守, 笠井久会, 室越 章. カキのノロウイルス浄化法に関する研究-培養可能なネコカリシウイルス(FCV)を代替えとして. *Oyster Research Institute, News Letter* 2005; **16**: 14-22.
- 木村 稔, 三上加奈子, 干川 裕, 森 立成, 笠井久会, 吉水 守. 電解海水を用いた蓄養によるウニ内蔵からの *Vibrio parahaemolyticus* 除菌効果について. 日水誌 2006; **72**: 1-5.
- 吉水 守. 電解水のガイドライン構築に向けて③食品水産分野における使用: 水産分野における利用. 第4回日本機能水学会学術大会ワークショップ抄録. 2005; 62-63.