

外照式紫外線照射装置を備えた濾過消毒施設 による養魚用水の消毒と魚病予防効果*¹

小原 昌和, 薄井 孝彦, 塩瀬 淳也, 三城 勇, 本西 晃, 吉水 守*²

Effects on control of fish diseases by filtration and disinfection establishment
with outer ultraviolet irradiation system of trout-rearing water

Masakazu KOHARA, Takahiko USUI, Junya SHIOSE, Isamu SANJO
Akira MOTONISHI, Mamoru YOSHIMIZU

伝染性造血器壊死症（以下IHNと記す）は、長野県においても現在広く分布し、養魚用水が伝染性造血器壊死症ウイルス（以下IHNVと記す）に汚染されている養魚場も多い。

長野県水産試験場では、IHNVに汚染された水を消毒することにより孵化用水に使用できるようにするために、紫外線による養魚用水の消毒について検討を行い、外照式の紫外線照射装置により消毒すれば、IHNを予防できることを明らかにした¹⁾。この成果をもとに、当場内において外照式紫外線照射装置を備えた濾過消毒施設を建設し、用水消毒の実用化を図った。

本報告では、施設の設計内容を紹介するとともに、処理水の水質調査、水中の病原ウイルス検出、ニジマス稚魚の飼育実験、および実際に生産業務をおこなったときの施設の使用効果について検討したので、その結果について報告する。

1 施設の位置と用水環境

当場の飼育用水は、約2 km離れたワサビ畑に湧出する水を水源としている。水源地から当場に至る間には、この水を利用するニジマス養鱒場が5経営体あり、これらの飼育排水が再び合流したものが当場の飼育用水になる。

この水系は、1974年にIHNが初発生して以来、ウイルスに汚染されており、ふ化飼育ができない。

用水量は、1,000 l / 秒前後であり、水温の年変化はおよそ8～20℃である。

2 濾過消毒施設の構造および管理

施設の概要について図1に示した。

本施設は、用水中に含まれる浮游懸濁物質を除去した後紫外線消毒する施設であり、規模は縦18.15m×横4.15m×高さ2.1mである。構造は大きく分けて、浮游懸濁物質を沈澱除去する沈澱槽とさらに細かい粒子を除去するための濾過槽の前処理部分と、外照式紫外線照射装置、および消毒後の水に酸素補給するための曝気槽の4部分で構成され、しかもこれら一連の処理単位が左右に独立した2系列構造になっている。施設の処理水量は1,800 l / 分である。

なお、本施設で消毒した水は、併設した飼育棟へ給水され、ニジマスなどのふ化および稚魚飼育用水になっている。

以下濾過消毒施設の内容について説明する。

(1) 沈澱槽

浮游懸濁物質の沈澱処理方法は、傾斜板沈澱方式²⁾を採用した。両系列の槽内には、塩化ビニル製波板合計540枚をそれぞれ60度の傾斜をつけて4 cm間隔で並べてあり、傾斜板沈澱処理部分の容積は14.3 m³である。

動力ポンプによって注水路に導入された用水は、沈澱槽内の底層より傾斜板の隙間を通過して表層へ流れ、この間に懸濁物質が傾斜板上に沈澱する。沈澱物はやがて傾斜板上を落下し、沈澱槽の底に堆積する。槽底は、注水側に向けて下り勾配になっており、最深部から槽外に向けて口径30 cmの沈澱物排出口が設置されている。

* 1 本報告の一部は昭和63年度日本水産学会秋季大会、日水誌57(3)「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IHN NV不活化効果について」において報告した。

* 2 北海道大学水産学部微生物学講座

(2) 濾過槽

濾材には、円筒型の乳酸菌飲料用小型プラスチック容器（容量約65ml）の底を切除了したものを用い、合計300,000個の容器を1,000個ずつ網袋に収容し、兩系列の槽内に設置した。濾材の収容容積は、20.3m³である。沈澱処理された用水は濾過槽内を底層から表層へと流れる間に濾

過処理されて、中央側壁にある越流三角堰から水路に流れ込み、外照式紫外線照射装置へと向かう。

槽底は、注水側に向けて下り勾配になっており、最深部から槽外に向けて口径30cmの沈澱物排出口が設置されている。

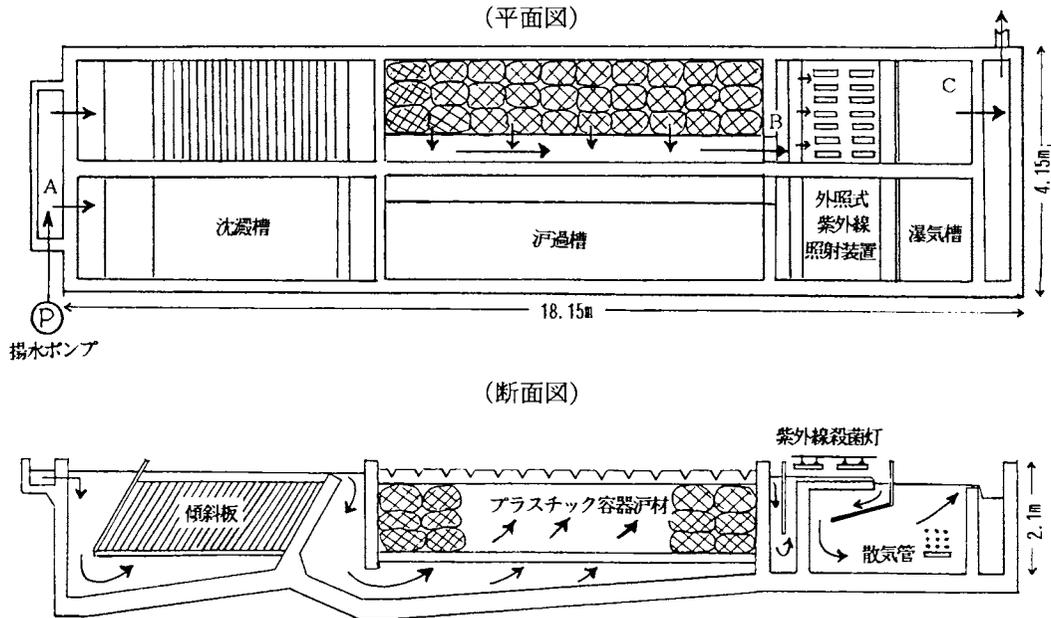


図1 濾過消毒施設の構造

- : 水の流れを示す
- A、B、C : 水質調査等における採水地点を示す
- (A : 原水、B : 沈澱濾過水、C : 紫外線消毒水)

(3) 外照式紫外線照射装置

濾過処理された水はいったん下層に潜った後、上層にある幅195cm、長さ150cmのステンレス製の紫外線照射用水路を流れる。この水路の上には、吊下型の紫外線殺菌灯（15w）が流れの表面からランプ中心まで5.5cmの位

置に設置されている。紫外線殺菌灯は流れに対して平行に20cm間隔で1系列あたり10本を2列に並べられており、兩系列の水路で合計40本が設置されている（図2）。

水路内を流れる水の水深は4.5cmに保たれており、水深4.5cmの地点における紫外線照射度は1.2~2.0×10³μW/

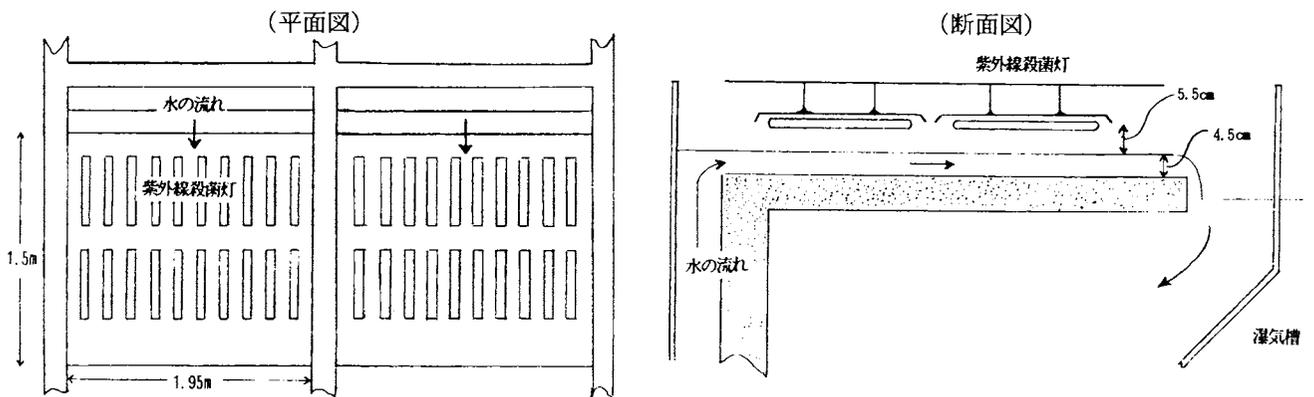


図2 外照式紫外線照射装置の構造

紫外線殺菌灯：吊下型（15w）40本使用
照射用水路：ステンレス製

cm²である。水路内を流れる水の流速は17.1cm/秒であり、紫外線の有効照射時間は5秒間と推定される。これより紫外線照射量は6～10×10³μw・sec/cm²と計算される。

(4) 瀑気槽

濾過槽では、浮遊懸濁物質が除去されるだけでなく、生物学的な水質処理を伴う。これにより水中の溶存酸素が低下するため、消毒した水を飼育水槽に給水する前に瀑気し、溶存酸素を回復させている。通気量は2.5m³/分である。

(5) 施設の保守管理

図1に示したように、本施設の処理系列は2系列に別れており、常時は両系列を使用し、各槽の清掃や点検時には片方の系列で対応する。

沈澱槽、濾過槽などの清掃は年1回定期的に行い、紫外線殺菌灯も同時に交換している。

3 施設の使用効果

材料および方法

(1) 処理水の水質調査

本施設は、紫外線による消毒効果を高めるために、これを阻害する浮遊懸濁物質を除去するための沈澱および濾過槽を備えている。この前処理の効果および処理に伴う水質の変化を調査するために、水温、pH、水中溶存酸素量(DO)、浮遊懸濁物質(SS)、NH₄-N、NO₃-N、COD、BOD及び水中一般細菌数について調べた。

調査は1986年6月～1987年3月にかけて毎月1回実施した。調査に用いた検水は、図1に示したA(原水)、B(沈澱濾過水)およびC(紫外線消毒水)から採取した。各水質項目の分析方法は表1に示した。

表1 水質調査項目と分析方法

調査項目	分 析 方 法
水温	サーミスター温度計
pH	比色法
DO	ウインクラー・アジ化ナトリウム変法 (JIS K0101-1979)
SS	GFP法 (JIS K0101-1979)
NH ₄ -N	ネスラー法 (JIS K0102-1974)
NO ₃ -N	GRIESS-ROMITN試薬法
COD	過マンガン酸カリウム酸性法 (JIS K0101-1979)
BOD	JIS K0101-1979
一般細菌	普通寒天培地に接種し、20℃48時間培養後、集落数計数

(2) 水中の病原ウイルス検出

本施設における魚類の病原ウイルス不活化効果を明らかにするために、水中からのウイルス検出を試みた。

実験は1987年3月10～12日におこなった。水質調査と同様に、A、B、およびCの各地点から検水10lを採取し、ガラス繊維濾紙(0.80μm、1%FBS処理)で濾過した後、限外濾過(分子量300,000)を行い、10mlまで1,000倍に濃縮した。そして1%FBSで前処理したメンブレンフィルター(0.45μm)により濾過除菌し、RTG-2、EPC細胞を用いたマイクロプレート法により水中のウイルス感染価を測定した。

(3) ニジマス稚魚の飼育実験

水質調査および水中の病原ウイルス検出と同様に、A、BおよびCの各点よりビニルホースを用いて各処理水15

～20ml/秒を容量45lの水槽に導き、それぞれニジマス稚魚(平均魚体重0.11g)1,000尾を25日間飼育し、魚病発生状況と死亡率を調査した。死亡魚については、症状を観察するとともに、常法によるウイルス分離検査を行った。飼育期間は1987年3月4日～28日で、期間中の水温は7.3～15.4℃であった。

(4) 生産業務における魚病発生状況

施設が完成し、使用開始した1984年から1988年までの5年間について、消毒した用水を使用している飼育棟、および当場の未処理の用水を使用している飼育池で行った生産業務における魚病発生状況を観察し、本施設による用水の紫外線消毒の効果を評価した。

結 果

(1) 処理水の水質調査

施設で処理された用水の水質調査結果について、分析値の範囲と各測定時における原水の値を100としたときの沈澱濾過水および消毒水の指数値を表2に示した。

SSは、原水で0.6~4.2mg/lあったものが、沈澱濾過水では0.0~3.7mg/lになり、原水に対する指数で平均64%程度までに減少していた。NH₄-Nは、原水で

0.06~0.67mg/lあったものが、沈澱濾過水では0.07~0.63mg/lで、平均88%まで減少していた。一方NO₃-Nは、原水で0.015~0.031mg/lあったのに対して、沈澱濾過水では0.025~0.037mg/lとなり、平均133%に増加していた。

DOは、原水で8.9~11.1mg/lあったものが、沈澱濾過水では7.9~9.2mg/lになり、原水の88%まで減少したが、瀑気槽でエアレーションされて96%まで回復していた。

表2 濾過消毒施設で処理した水の水質調査結果

	原 水	沈澱濾過水		紫外線消毒水	
	測定値* ¹	測定値	指 数* ²	測定値	指 数
pH	7.2- 7.6	7.0-7.3	—	7.0-7.5	—
D.O. (mg/l)	8.88-11.05	7.85-9.22	83- 93(88)	8.15-9.85	88-109(96)
SS (mg/l)	0.6- 4.2	0.0-3.7	0-206(64)	0.0-4.4	0-107(42)
NH ₄ -N (mg/l)	0.06- 0.67	0.07-0.63	57-100(84)	0.04-0.64	53-100(79)
NO ₃ -N (mg/l)	0.015- 0.031	0.025-0.037	112-158(133)	0.026-0.041	119-188(153)
COD (mg/l)	1.31- 2.12	0.80-1.29	51- 79(65)	0.82-1.65	47- 85(63)
BOD (mg/l)	1.23- 3.04	0.84-1.90	48- 67(60)	0.55-1.88	35- 62(46)
一般細菌数(cfu/ml)	1.2- 7.3×10 ³	0.5-2.2×10 ³	36- 72(52)	0.003-1.8×10 ³	0.4- 46(10)

*1 調査期間中の測定値の範囲を示す。

*2 各月の測定値の原水値に対する割合(測定値/原水値×100)を示し、()内の数字は調査期間中の平均値を示す。

*調査期間:1986年6月~1987年3月

*水温:9.7~19.2℃

(2) 水中の病原ウイルス検出

限外濾過により濃縮した用水からIHNVおよびIPNVが検出された。検水のウイルス感染価を表3に示した。

IHNVは、原水中の感染価が0.56TCID₅₀/lであったのに対して、沈澱処理水および紫外線消毒水ではいずれ

も検出限界(0.32TCID₅₀/l)以下であった。またIPNVの感染価は、それぞれ10、1.8、1.0TCID₅₀/lであり、沈澱濾過処理、紫外線消毒処理されるに従い感染価が減少した。

表3 濾過消毒施設で処理した水のウイルス検出結果

処理水の種類	ウイルス感染価(TCID ₅₀ /l)	
	IHNV	IPNV
原水	0.56	10
沈澱濾過水	—*	1.8
紫外線消毒水	—*	1.0

*検出限界(0.32TCID₅₀/l)以下

(3) ニジマス稚魚の飼育実験

原水、沈澱濾過水および紫外線消毒水を用いて飼育したニジマス稚魚の累積死亡率の変化を図3に示した。

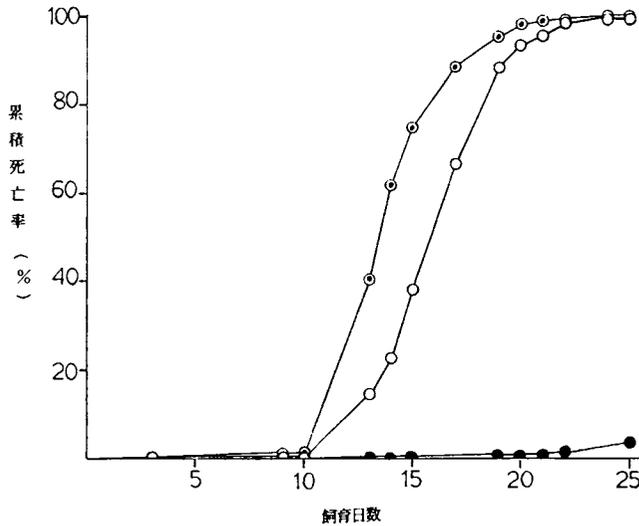


図3 原水、沈澱濾過水および紫外線消毒水で飼育したニジマス稚魚の累積死亡率の変化

- : 原水
- ◐—: 沈澱濾過水
- : 紫外線消毒水

原水区および沈澱濾過水区では飼育開始後13~14日から死亡魚の尾数が急激に増加し、25日間の累積死亡率は原水区で99.7%、沈澱濾過水区で100%に達した。両区の死亡魚には鰓の貧血および線状出血、筋肉出血、腹部突出、腎臓の貧血および出血などIHNの症状が見られ、魚体からIHNVが分離された。

一方、紫外線消毒水区の累積死亡率は3.9%であった。死亡魚にIHNの症状はなく、IHNVは分離されなかった。

(4) 生産業務における魚病発生状況

濾過消毒施設で消毒した用水を使用している飼育棟と、通常の未処理用水を使用している飼育池で発生のみられた疾病を表4に示した。

未処理の用水を使用した飼育池では、稚魚でIHN、細菌性鰓病およびトリコジナ、キロドネラなどの原虫症、稚魚および成魚でピブリオ病、せっそう病、イクチオホヌス症、水カビ病、白点病の発生が観察された。

消毒水を用いた飼育棟では、稚魚でIPN、細菌性エラ病、内臓真菌症、そしてトリコジナ、キロドネラ、イクチオボドなどの原虫症が、稚魚および成魚でイクチオホヌス症、水カビ病が観察された。しかしIHN、ピブリオ病、せっそう病の発生は全く見られなかった。

表4 通常の飼育用水および濾過紫外線消毒水で飼育したサケ科魚類に発生した疾病の比較

用水の種類	通常の飼育用水	濾過紫外線消毒水
飼育した魚種	ニジマス ヤマメ カワマス ブラウントラウト	ニジマス ヤマメ カワマス ブラウントラウト
疾病名	IHN、IPN ピブリオ病、せっそう病 細菌性鰓病 水カビ病 イクチオホヌス症 トリコジナ症 キロドネラ症 白点病	IPN 細菌性鰓病 水カビ病、内臓真菌症 イクチオホヌス症 トリコジナ症 キロドネラ症 コスチア症

*調査期間：1984年～1988年

考 察

紫外線殺菌灯を用いた流水殺菌装置は既に多くの機種が市販されているが、一般に高価であり、養殖現場への普及には向いていない。これに対して当試験場で検討し

てきた外照式紫外線照射装置は市販の紫外線殺菌灯を用いて比較的簡単に設置できるため、養殖現場への普及が期待できる。

当场で建設した施設は、これまでに報告してきた^{1), 2)} 実験装置をもとに、毎秒30 lの用水量を処理できるよう

に規模が拡大され、かつ紫外線による消毒効果を高めるために浮游懸濁物質の沈澱濾過機能を備えている。

本施設で処理した水中からはIHNVは検出されず、ニジマス稚魚の飼育実験においてもIHNVの発生がみられなかったことから、IHNVの消毒において十分機能していることが確認された。また、消毒水を使用して実際に発眼卵の孵化飼育および稚魚飼育などの生産業務をおこなったなかでIHNV、ピブリオ病およびせつそう病の予防効果を確認できた。これらのことから、市販の紫外線殺菌灯を利用した外照式紫外線照射装置による用水の消毒方法が、養殖現場へ十分活用できることが実証できた。

魚類病原体の紫外線感受性に関しては、木村ら(1980)が*A. salmonicida*を99.9%以上殺菌するのに必要な紫外線照射量が $4 \times 10^3 \mu\text{W} \cdot \text{sec} / \text{cm}^2$ であること、吉水ら(1986)がIHNVの感染価を99%以上低下させるのに要する照射量が $1.0 \sim 3.0 \times 10^3 \mu\text{W} \cdot \text{sec} / \text{cm}^2$ であると報告している。本施設の紫外線照射量は $6 \sim 10 \times 10^3 \mu\text{W} \cdot \text{sec} / \text{cm}^2$ であり、木村ら、および吉水らのin vitroの結果が応用の場においても有効であることが確かめられた。

佐々木ら(1990)の実験では、紫外線照射量は計測されていないが、15Wの殺菌灯1本の照射で流量1,000ml/秒までIHNVの不活化効果を認めている。本施設では15Wの紫外線殺菌灯40本を使用して30 l/秒の用水を処理しており、殺菌灯1本当たりの処理水量は750ml/秒になる。これらの結果を考慮すると、IHNV予防を目的に用水の消毒をするには、外照式紫外線照射装置の場合15Wの紫外線殺菌灯1本に対して水量1 l/秒程度の処理が設計の目安であろう。

一方、飼育棟内でも発生があったIPNV、水カビ病やキロドネラ・トリコジナ症については、これら病原体の紫外線感受性はIHNVや*A. salmonicida*に比べて低いことが報告されており^{4), 5), 6)}、やはり照射量不足によるものであろう。これらの病原体を消毒するためにはIHNVや*A. salmonicida*の100~1000倍の照射量を要すると考えられ、外照式紫外線照射装置では設計上無理があり、他の消毒方法を開発しなければならない。

紫外線消毒においては、水中の懸濁物質による阻害が問題になる。沈澱濾過水中の懸濁物質の量は、原水値の64%まで減少していたが、この前処理の紫外線殺菌に対する効果については検討できなかった。紫外線による用水の消毒を行うには、懸濁物質の除去対策を組入れるべきであり、そのために、懸濁物質が紫外線の消毒効果に及ぼす影響と、効果的な除去方法を検討することが必要である。

このほか水中の病原ウイルス検出調査において、原水

中からはIHNVが検出されたが、沈澱濾過水では検出できなかったこと、またIPNVも感染価が減少していることから、沈澱濾過処理がこれら病原体の除去に効果あったものと考えられる。また、沈澱濾過水でもこれらのウイルスの減少がみられることから、沈澱あるいは濾過処理による病原体の除去作用を見直し、養殖現場への利用を検討することも必要と考える。

要 約

- 1 外照式紫外線照射装置を備えた実用規模の濾過消毒施設について、水質調査、水中からの病原ウイルスの検出、ニジマス稚魚の飼育実験をおこなうとともに、実際に処理用水を用いた生産業務における魚病発生状況を整理して、施設の有効性を検討した。
- 2 未処理の原水中からIHNVが $0.56 \text{TCID}_{50} / \text{l}$ 検出されたが、施設で処理された水中からは検出されなかった。
- 3 ニジマス稚魚の飼育実験において、原水および沈澱濾過水で飼育した稚魚にIHNVが発生したのに対して、この施設の紫外線消毒用水では発生が見られなかった。
- 4 本施設を備えた飼育棟では、5年間の観察期間中IHNV、ピブリオ病およびせつそう病の発生は見られなかった。
- 5 以上から外照式紫外線照射装置による養魚用水のIHNV消毒効果が本施設の実用例で実証できた。

文 献

- 1) 長野県水産試験場：簡易型の殺菌灯の照射装置による水の殺菌，第9回全国養鱒技術協議会要録，1984，pp.168-173.
- 2) 佐々木治雄，本西 晃，武居 薫：水面からの紫外線照射による養鱒用水の殺菌とその魚病予防効果，長野県水産試験場研究報告，2，37-45 (1990)。
- 3) 佐野和生：水産用水処理技術「水産養殖と水」サイエンティスト社，東京，1979，pp.47-190.
- 4) 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)。
- 5) 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. 魚病原因のミズカビの紫外線感受性について，魚病研究，14，133-137 (1980)。
- 6) VLASENKO, M. I. : Ultraviolet rays as a method for the control of fish eggs and young fishes, Problems of Ictyol., 9, 697-705 (1969)。