

オゾン処理海水によるヒラメの飼育試験

小川 弘毅・中西 廣義・佐藤 晋一

1. はじめに

ヒラメの初期飼育における歩減りの一原因としては、飼育水の水質悪化による斃死が考えられる。又、初期の止水飼育中の水質悪化を抑える一方法としては、水換え、底掃除等を適宜行うのが一般的である。

しかし、この方法では、大型水槽を用いた大量生産時の底掃除、及び少量しか流せない時期の水交換には、多くの労力と時間を要することになる。

このため、大量生産時における水質悪化防止の一方法として、オゾン処理海水による飼育の可能性について、基礎試験を行ったものである。

2. 試験装置の概要

図1のフローシートに示した。なお本装置はマリノフォーラム21の荏原実業(株)提供によるものである。

3. オゾン注入予備試験の方法と結果の概要

(1) 第1回予備試験

- a) 期 日： 平成元年7月3日
- b) 供試魚： クロソイ（全長7～8mm）6尾
- c) 方 法： オゾンガス $2.5 \text{ g/m}^3 \times 2 \text{ l/分}$
循環水量 10 l/分
反応槽内海水オゾン濃度 痕跡程度で測定不可
反応槽排ガスオゾン濃度 0.3 g/m^3
水 量 18.3°C
オゾン注入時間 30分
- d) 結 果： 注入開始後15分位から、供試魚は時折水面に浮上し、30分後には全数水面に浮上、更に30分後に水槽底部に沈み、鰓を大きく広げて時々痙攣状態を呈し、オゾン停止から45分後全数斃死した。

(2) 第2回予備試験

- a) 期 間： 平成元年7月3日～4日
- b) 供試魚： クロソイ（全長7～8mm）15尾 ヒラメ（全長7～8mm）3尾
- c) 方 法： オゾンガス $1.0 \text{ g/m}^3 \times 2 \text{ l/分}$

循環水量 10ℓ/分

水温 19℃

オゾン注入時間 3時間

- d) 結果：海水を全交換後、クロソイを6尾投入し、約30分水槽になじむのを待ってオゾンを注入、2時間経過後異常は認められなかったのでさらにヒラメ3尾を追加した。

その約40分後、クロソイ1尾が浮上、その他のクロソイは動きが緩慢となる。

さらにその20分後、浮上していたクロソイは底部に沈み横倒しとなり、他に2尾が浮上、ヒラメも動きがにぶくなる。注入開始から3時間後オゾンを停止。

オゾン停止から約1時間後、ヒラメ3尾全滅、さらに15分後クロソイ3尾死亡、1尾は底部で魚体傾斜状態を示す。

オゾン停止から3時間後、残ったクロソイ3尾とも殆ど動きがなくなった。この時点でクロソイを3尾追加投入した。

更に1時間後、槽内の様子に変化はなく、最後に追加した3尾のみが元気であった。

それから14時間経過した翌朝、1尾死亡、他は元気で、前日動きが鈍くなっていたクロソイも回復していた。

(3) 第3回予備試験

a) 期 日：平成元年7月4日

b) 供試魚：クロソイ（全長7～8mm）10尾

c) 方 法：第2回予備試験の海水をそのまま使用し、供試魚のみ交替、約1時間観察し、供試魚に異常がないことを確認して試験を再開した。

オゾンガス：0.5g/m³×2ℓ/分

循環水量：10ℓ/分

水 温：21.2℃

オゾン注入時間：1時間/回

オゾン注入回数：2回/日（間隔 2時間）

- d) 結果：第1回目の注入終了時点で1尾のみ浮上、他は異常なし。第2回目の注入終了時点で3尾が浮上。他は群行動は乱れがちで食欲低下がみられた。

(4) 第4回予備試験

a) 期 間：平成元年7月4日～7日

b) 供試魚：クロソイ（全長7～8mm）30尾

c) 方 法：第3回予備試験の海水をそのまま使用し、供試魚のみを交換、投入後1時間供試魚に異常がないことを確認して、試験を再開した。

オゾンガス：0.5g/m³×2ℓ/分

循環水量： 10ℓ/分
水 温： 21.5℃
注 入 時 間： 1時間/日

- d) 結 果： 4日間の飼育結果では、特に異状は認められず、この設定条件下では、短期的な影響はないことがわった。このため、本試験は、上記設定条件以下の濃度、注入時間で行うこととした。

4 本試験の方法と結果の概要

(1) 第1回試験

- a) 期 間： 平成元年7月7日～7月21日までの15日間
b) 供試魚： ふ化2日後のヒラメ（全長3.1mm）
c) 内 容：

試 験 区	水槽容量	収容尾数	そ の 他
A区（オゾン+生物沓過）	0.4トン	10,000尾	餌料、オゾン処理、その他は表1のとおり実施
B区（生物沓過）	0.4トン	10,000尾	
C区（止水+必要に応じ全換水）	0.4トン	10,000尾	

※ C区は従来の飼育方法である。
※ 水槽容量は実水量である。

- d) 結 果： （表1参照）

- ① 成長・生残率： A区は飼育10日目まで成長が一番良かったが、2回目のオゾン処理後斃死が目立ち、生残率が極端に低下した。

結果的には、B区（循環沓過飼育）が、成長、生残率とも最も良い結果となった。

- ② PH： 試験期間中の平均値は7.9程度で、A、B、C区の8.8に対し、A区が9.1と若干高かった。これは、オゾン曝気槽による曝気の影響と思われる。

- ④ NH₄-N： 飼育9日目ではA区が最も少なく、次いでB、C区の順であった。

しかし、引き続き飼育を継続したB、C区では換水を連日行ったC区の方が低い結果となった。

- ⑤ まとめ： 試験15日間では、成長、生残率ともB区（生物沓過）が一番良い結果となった。

流水飼育が行えない初期飼育の段階では、循環沓過による飼育水の安定が、腹部膨満症等の魚病発生に対する予防効果があったと思われるが、一回のみの試験であるので今後のデータの積み重ねが必要と思われる。

又、オゾン処理区については、水質の何かをメルクマールとして、それ以上の値が出たらオゾン処理するといった方法を考える等、使用方法、量、時間等について、今後さらに検討していく必要がある。

(2) 第2回試験

- a) 期間：平成元年7月26日～8月21日までの27日間
b) 供試魚：ふ化3週間後のヒラメ（全長10.9mm）
c) 内容：

試験区	水槽容量	収容尾数	その他
A区（オゾン+生物ろ過）	0.4トン	2,000尾	餌料、オゾン処理、その他は表2のとおり。
B区（生物ろ過）	0.4トン	2,000尾	
C区（流水）	0.4トン	2,000尾	

d) 結果：（表2及び図1・2参照）

- ① 成長、摂餌量：成長、摂餌量とも、C、B、A区の順に良かった。
B区がC区より悪かったのは、配合餌料投与により、生物ろ過槽に能力以上の負荷がかかり、水質悪化へとつながった為と思われる。
又B区よりA区がさらに悪かったのは、オゾン処理により、ヒラメの摂餌欲が減退した為と思われる。
- ② 生残率：B、C区とも差はなく、A区が若干低い傾向がみられた。
しかし、この程度の値は通常の飼育条件下でも見られている差といえる。
- ③ PH：27日間の平均値は、C区が8.11であったのに対し、A、B区はそれぞれ7.69、7.60でろ過槽による水質安定の効果が認められた。
- ④ DO：27日間の平均値は、B、C区がそれぞれ7.7mg/l、7.6mg/lであったのに対し、A区が8.0mg/lと高かったのは、オゾン曝気槽による曝気の為と思われる。
- ⑤ NH₄-N：測定体制のまずさから、十分な結果は得られなかったが、C区に比べA、B両区とも値が出ており、これが摂餌量へ影響を与えたものと思われる。
又、オゾン処理によるNH₄-Nの低下は、8月11日及び8月19日に計測されているが、傾向値程度であり、今後の追試が必要である。
- ⑥ 生菌数：測定体制のまずさから、比較検討できる数値を得るまでには至らなかった。
- ⑦ まとめ：試験27日間で、いずれの区にも魚病発生はみられなかった。
成長、歩留り共にオゾン区が悪かったが、今後は摂餌意欲を減退させないためには、NH₄-N等の水質をどの程度まで保持できれば良いか、魚体に害を与えないようにしながら水質悪化を防ぐ為には、オゾンの注入量、時間、濃度等をどのように処理すれば良いか等、各魚種、各ステージ毎のデータの蓄積が必要と思われる。
オゾンは、使い方によってはかなり危険ではあるが、これを有効に活用すれば、応用範囲が広く各種殺菌薬品の代用品となり、薬物による生体への影響が解消され、種苗生産への応用も期待される場所である。

又、今回の試験では、オゾン又はオゾンによって酸化生成された海水中の物質による影響

の残存性が仔魚に対しては予見をはるかに越えるものであることが明らかになったものであり、飼育の条件設定に一定のヒントが得られたものと思われる。

したがって、今後の試験では、オゾン殺菌装置の汎用に基づいての基礎データの収集と、応用方法を模索し確立していくことは有意義なことと考えられる。

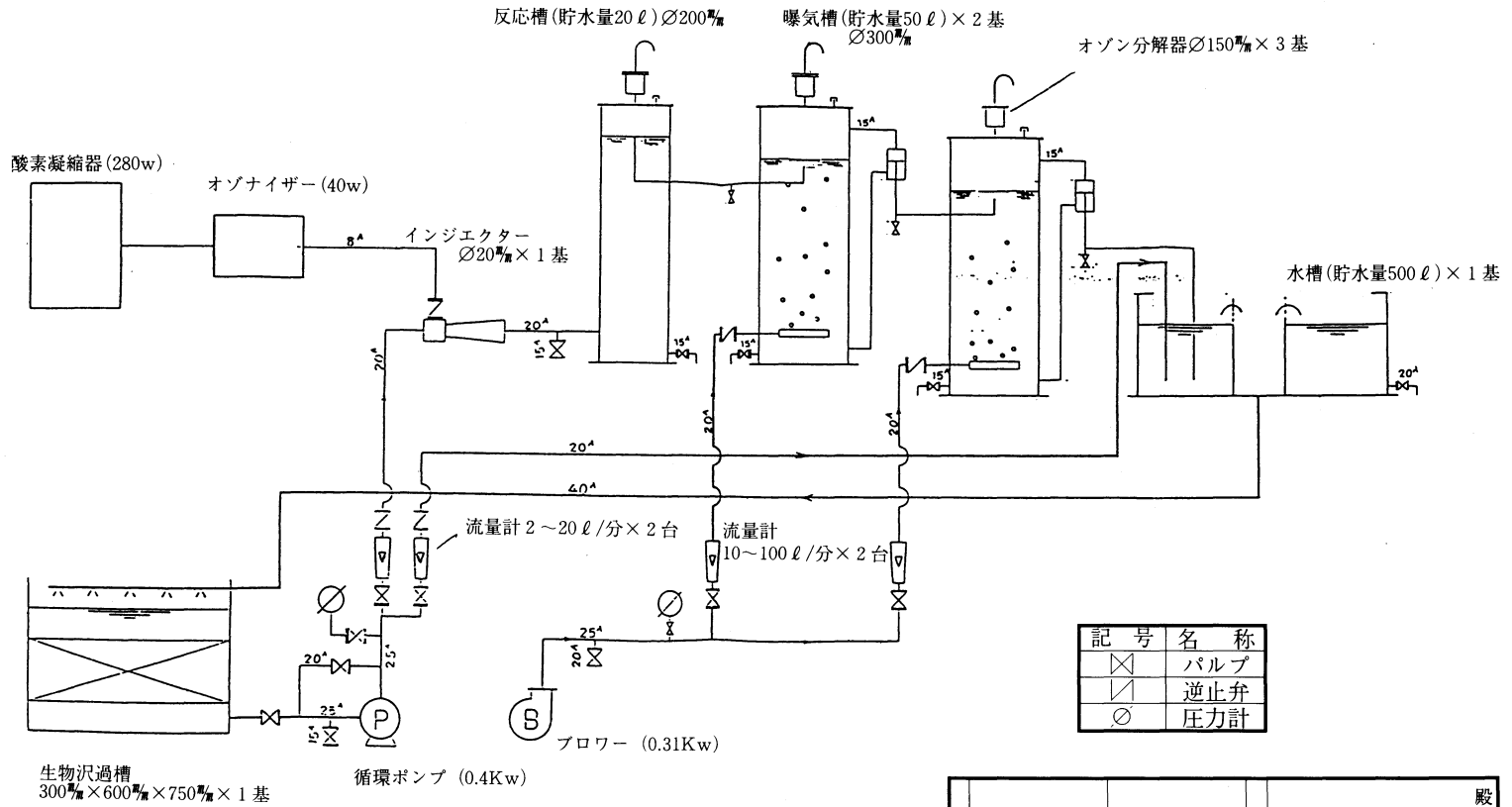


図1 実験装置フローシート

		殿	
		青森県水産増殖センター殿	
		養殖実験装置	第三角法
		フローシート	
荏原実業株式会社		1	KF-502122-001

表-1 第 1 回 試 験 結 果

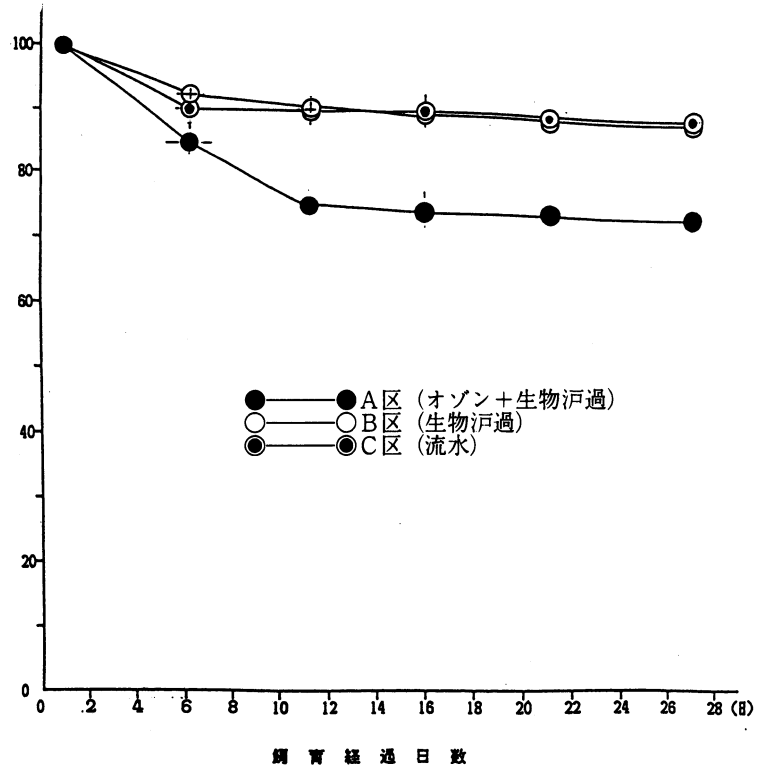
項目	月日	7/7	7/8	7/9	7/10	7/11	7/12	7/13	7/14	7/15	7/16	7/17	7/18	7/19	7/20	7/21	平均	備 考	
A 槽 (0.4トン)	全 長 (mm)	3.12	—	—	—	—	—	—	—	—	5.55	—	6.20				—	12日目で斃死	
	生残率 (%)	100	—	—	—	—	—	—	—	—	40	—	0				—	収容尾数 10,000尾	
	水 温 (°C)	18.3	18.2	18.9	18.1	19.4	19.8	17.1	17.1	17.4	18.9	18.4	19.6					18.4°C	
	PH	8.21	8.03	8.12	8.13	8.09	7.78	7.90	7.71	7.67	7.68	7.60	7.92					7.90	
	DO (mg/ℓ)	8.5	9.0	8.4	10.0	8.4	9.6	9.8	8.4	8.6	8.6	9.8	9.8					9.1	
	生菌数	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					—	
	オゾン殺菌 汙 過 槽 付	PO ₄ -P (mg/ℓ)	0.005	—	—	—	—	—	—	—	0.043	—	—	—				—	
	NO ₂ -N (mg/ℓ)	0.001	—	—	—	—	—	—	—	—	0.005	—	—	—				—	
	NH ₄ -N (mg/ℓ)	0.06	—	—	—	—	—	—	—	—	0.35	—	—	—				—	飼育水には
	投餌量 (ワムシ)	50万	〃	〃	100万	〃	200万	400万	〃	〃	600万	800万	〃					—	クロレラ20万/cc
その他						オゾン殺菌20分 濃度0.5mg/ℓ、流量 5 ℓ/分			循環汙過60分 流量 5 ℓ/分			オゾン20 濃度0.5mg/ℓ、流量 5 ℓ/分					—		
B 槽 (0.4トン)	全 長 (mm)	3.12	—	—	—	—	—	—	—	—	5.40	—	—	—	—	7.20	—		
	生残率 (%)	100	—	—	—	—	—	—	—	—	40	—	—	—	—	30.07	—	収容尾数 10,000尾	
	水 温 (°C)	18.3	17.6	18.3	17.6	19.1	19.9	17.1	17.0	17.4	18.2	19.4	18.7	19.6	19.6	19.5	18.5°C		
	PH	8.21	8.03	8.17	8.17	8.15	7.83	7.92	7.70	7.74	7.67	7.60	8.10	7.85	7.65	7.52	7.89		
	DO (mg/ℓ)	8.5	8.4	8.3	10.3	8.2	9.2	10.0	8.5	8.2	8.5	9.3	9.5	8.2	8.1	8.1	8.8		
	生菌数	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	—		
	オゾン殺菌 汙 過 槽 付	PO ₄ -P (mg/ℓ)	0.005	—	—	—	—	—	—	—	0.048	—	—	—	—	—	0.107	—	
	NO ₂ -N (mg/ℓ)	0.001	—	—	—	—	—	—	—	—	0.007	—	—	—	—	—	0.010	—	
	NH ₄ -N (mg/ℓ)	0.06	—	—	—	—	—	—	—	—	0.40	—	—	—	—	—	3.64	—	飼育水には
	投餌量 (ワムシ)	50万	〃	〃	100万	〃	200万	400万	〃	〃	600万	800万	〃	600万	800万			—	クロレラ20万/cc
その他						循環汙過60分、流量 5 ℓ/分			循環汙過60分、流量 5 ℓ/分			循環汙過60分、流量 5 ℓ/分					—		
C 槽 (0.4トン)	全 長 (mm)	3.12	—	—	—	—	—	—	—	—	5.47	—	—	—	—	6.30	—	収容尾数 10,000尾	
	生残率 (%)	100	—	—	—	—	—	—	—	—	30	—	—	—	—	7.17	—	腹部膨満に満によ	
	水 温 (°C)	18.3	19.2	20.3	20.4	20.1	19.5	19.2	19.8	19.6	19.7	20.3	21.5	21.0	21.2	23.0	19.2°C	る斃死多く中止	
	PH	8.21	8.15	8.07	8.09	8.08	7.91	7.73	7.66	7.75	7.57	7.50	8.04	7.92	7.85	7.80	7.89		
	DO (mg/ℓ)	8.5	9.6	9.5	9.6	9.3	9.4	9.2	8.6	7.7	8.1	9.1	9.3	8.1	8.2	8.2	8.8		
	生菌数	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+++		
	オゾン殺菌 汙 過 槽 付	PO ₄ -P (mg/ℓ)	0.005	—	—	—	—	—	—	—	0.079	—	—	—	—	—	0.099		
	NO ₂ -N (mg/ℓ)	0.001	—	—	—	—	—	—	—	—	0.008	—	—	—	—	—	0.010		
	NH ₄ -N (mg/ℓ)	0.06	—	—	—	—	—	—	—	—	0.64	—	—	—	—	—	1.04		
	投餌量 (ワムシ)	50万	〃	〃	100万	200万	300万	400万	〃	〃	600万	400万	600万	600万	250万				
その他						全換水					全換水		底掃除		全換水				

表-2-1 第 2 回 試 験 結 果

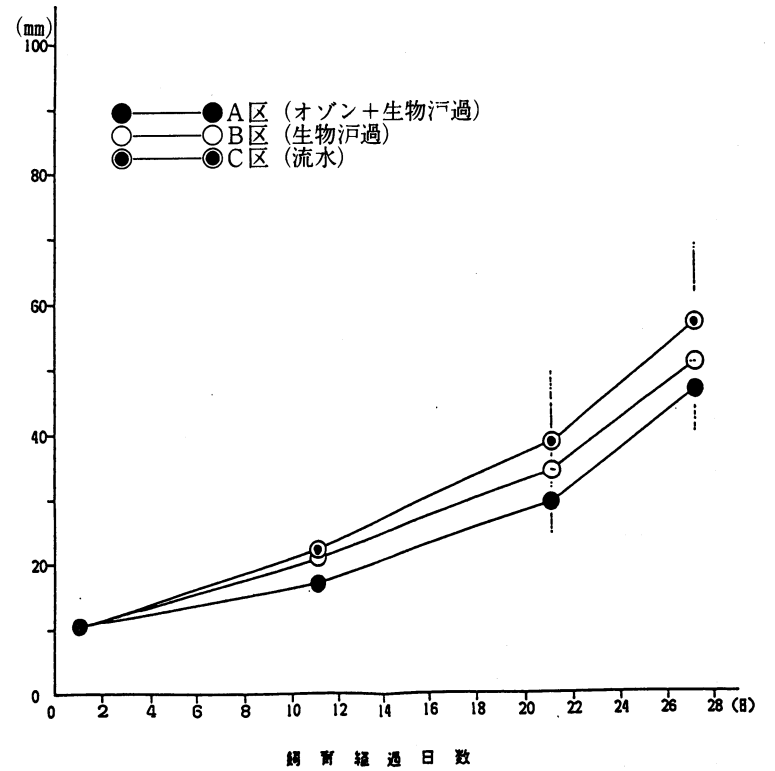
項目	月 日	7/26	7/27	7/28	7/29	7/30	7/31	8/1	8/2	8/3	8/4	8/5	8/6	8/7	8/8	8/9			
A 槽 (0.4トン)	全 長 (mm)	10.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	17.8	—	—	—	—			
	生残数 (%)	100	—	—	—	—	84.1	—	—	—	—	74.5	—	—	—	—			
	水 温 (°C)	17.8	19.8	20.8	19.2	19.4	19.8	20.4	21.4	22.8	21.4	21.2	21.5	21.3	21.2	21.2			
	PH	8.12	8.17	8.13	8.38	8.28	8.39	7.85	7.63	7.60	7.46	7.43	7.52	7.67	7.78	7.73			
	DO (mg/ℓ)	8.9	8.3	8.0	8.8	8.5	8.4	7.1	8.8	6.9	7.6	7.8	7.6	9.6	8.5	7.2			
	生菌数 (万/cc)																9.5		
	オゾン殺菌	NH ₄ -N (mg/ℓ)	0.24	—	—	—	—	2.32	—	—	—	—	—	—	—	8.45	—		
	戸 過 槽 付	投餌量 (g/H)	B-1 5.2g	〃	〃	〃	〃	〃	B-1 4.7g B-2 4.7g	〃	〃	〃	〃	B-2 24g	〃	〃	〃		
		オゾン殺菌(0.5mg/ℓ)	7/25 10分	—	—	10分	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
		その他	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	全換水	—	—		
B 槽 (0.4トン)	全 長 (mm)	10.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	21.4	—	—	—	—			
	生残率 (%)	100	—	—	—	—	92.3	—	—	—	—	89.8	—	—	—	—			
	水 温 (°C)	18.8	19.4	19.8	19.8	19.4	19.6	20.6	21.8	22.8	21.4	21.3	21.5	21.6	21.1	21.4			
	PH	8.13	7.93	7.80	7.83	7.65	7.62	7.68	7.66	7.66	7.47	7.46	7.60	7.68	7.70	7.96			
	DO (mg/ℓ)	8.8	8.1	8.3	9.0	8.3	7.7	8.2	8.1	6.6	7.5	7.6	7.8	7.6	8.2	7.4			
	生菌数 (万/cc)																36.5		
	戸 過 槽 付	NH ₄ -N (mg/ℓ)	0.43	—	—	—	—	2.60	—	—	—	—	—	—	—	8.43	—		
		投餌量 (g/H)	B-1 5.2g	〃	〃	〃	〃	〃	B-1 5.15g B-2 5.15g	〃	〃	〃	〃	B-244g	〃	〃	〃		
		その他	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	全換水	全換水	全換水		
			—	—	—	—	—	底掃除	底掃除	底掃除	—	—	—	—	戸材洗條	戸材洗條	戸材洗條		
C 槽 (0.4トン)	全 長 (mm)	10.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	22.2	—	—	—	—			
	生残率 (%)	100	—	—	—	—	89.9	—	—	—	—	89.5	—	—	—	—			
	水 温 (°C)	23.3	26.6	24.6	23.5	23.6	23.6	24.0	23.8	22.4	22.7	23.2	21.3	20.8	22.5	23.4			
	PH	8.22	8.17	8.10	8.30	8.15	8.11	8.29	8.27	8.28	8.18	8.20	8.22	8.24	8.19	8.28			
	DO (mg/ℓ)	8.5	7.8	7.0	7.1	7.3	7.6	7.4	7.0	6.9	9.7	7.8	8.0	8.5	9.8	6.6			
	生菌数 (万/cc)																10.5		
	戸 過 槽 付	NH ₄ -N (mg/ℓ)	0.29	—	—	—	—	0.23	—	—	—	—	—	—	—	0.42	—		
		餌投量 (g/H)	B-5.2kg	〃	〃	〃	〃	〃	B-1 5.15g B-2 5.15g	〃	〃	〃	〃	B-2 55g	〃	〃	〃		
		その他	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		

表-2-2 第 2 回 試 験 結 果

項 目	月 日	8/10	8/11	8/12	8/13	8/14	8/15	8/16	8/17	8/18	8/19	8/20	8/21	平 均	備 考	
A 槽 (0.4トン)	全 長 (mm)	—	—	—	—	—	29.1	—	—	—	—	—	47.3	—	① 当初収容尾数	
	生残数 (%)	73.5	—	—	—	—	73.4	—	—	—	—	—	72.4	—	ヒラメ 2,000尾	
	水 温 (°C)	21.2	21.2	20.8	22.4	22.0	21.7	22.0	22.0	22.0	21.7	21.9	22.8	21.1	② 循環水量	
	PH	7.65	7.64	7.68	7.85	7.50	7.38	7.32	7.22	7.16	7.38	7.10	7.60	7.69	7/26~7/27 12回転/日	
	DO (mg/ℓ)	7.0	7.6	7.7	8.8	7.8	7.7	7.6	8.7	6.4	8.7	7.2	7.6	8.0	7/28~7/30 24回転/日	
	生菌数 (万/cc)	—	8.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7/31~8/21 36回転/日	
	オゾン殺菌	NH ₄ -N (mg/ℓ)	—	4.28	—	—	—	—	—	—	6.99	4.26	—	—	③ 餌料は配合を2~4回/日に分けて	
	汙過槽付	投餌量 (g/H)	B-24	C-24	〃	〃	〃	C-283	〃	〃	〃	〃	〃	〃	—	投与 (魚体重の10~15%を目標)
		オゾン殺菌 (0.5mg/ℓ)	40分	—	—	10分	—	—	—	40分	40分	—	—	—	—	
		その他	—	—	—	—	—	—	—	全換水	全換水	—	—	全換水	—	
		—	—	—	—	—	—	—	底掃除	汙材洗條	汙材洗條	—	—	汙材洗條	—	
B 槽 (0.4トン)	全 長 (mm)	—	—	—	—	—	34.5	—	—	—	—	—	50.3	—	① 当初収容尾数	
	生残率 (%)	87.9	—	—	—	—	87.6	—	—	—	—	—	87.1	—	ヒラメ 2,000尾	
	水 温 (°C)	21.4	21.2	21.5	22.1	21.9	22.1	21.9	22.4	23.4	22.1	21.8	23.4	21.3	② 循環水量	
	PH	7.61	7.54	7.44	7.47	7.36	7.14	7.04	7.69	7.76	7.60	6.92	7.80	7.60	7/26~7/27 12回転/日	
	DO (mg/ℓ)	7.4	7.3	7.6	7.4	7.3	7.3	7.2	8.0	7.8	8.0	6.4	7.1	7.7	7/28~7/30 16回転/日	
	生菌数 (万/cc)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7/31~8/21 36回転/日	
	オゾン殺菌	NH ₄ -N (mg/ℓ)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	③ 餌料は配合を2~4回/日に分けて	
	汙過槽付	投餌量 (g/H)	B-244	C-244	〃	〃	〃	C-2132	〃	〃	〃	〃	〃	〃	—	投与 (魚体重の10~15%を目標)
		その他	—	—	—	—	—	—	—	全換水	全換水	—	—	全換水	—	
			—	—	—	—	—	—	—	底掃除	汙材洗條	汙材洗條	—	—	汙材洗條	—
C 槽 (0.4トン)	全 長 (mm)	—	—	—	—	—	38.4	—	—	—	—	—	56.9	—	① 当初収容尾数	
	生残率 (%)	89.0	—	—	—	—	78.9	—	—	—	—	—	87.3	—	ヒラメ 2,000尾	
	水 温 (°C)	23.6	23.6	23.7	23.9	24.1	23.9	23.1	23.6	23.4	23.6	23.8	23.8	23.5	② 流水量	
	PH	8.24	8.26	8.24	8.23	7.91	7.86	7.88	7.92	7.90	7.83	7.77	7.98	8.11	7/26~7/27 12回転/日	
	DO (mg/ℓ)	7.0	6.6	7.0	8.3	6.6	7.0	7.1	8.8	8.1	7.6	6.2	6.8	7.6	7/28~7/30 16回転/日	
	生菌数 (万/cc)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7/31~8/21 24回転/日	
	オゾン殺菌	NH ₄ -N (mg/ℓ)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	③ 餌料は配合を2~4回/日に分けて	
	汙過槽付	餌投量 (g/H)	B-255	C-255	〃	〃	〃	C-2174	〃	〃	〃	〃	〃	〃	—	投与 (魚体重の10~15%を目標)
		その他	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	底掃除



図一 2 生残率の変化 (第2回試験)



図一 3 成長の変化 (第2回試験)