

特集・シンポジウム「環境用水の浄化および水処理の高度技術」より(2)

水産業における用排水処理 — 養殖池および活魚水槽の水質管理 —

村上 定瞭*・竹内 正美*・深川 勝之*・石川 宗孝**

1. はじめに

魚の養殖は水利用の観点から分類すると放養式、流入式及び循環ろ過式の3つに分類される¹⁾。放養式は湖沼・川や内湾に生け簀などを設置して、餌を投与し魚を成長させて収穫する方法である。流入式は清浄な水を川や海から養殖池に導入して魚を飼育する方法である。放養式や流入式は自然の浄化作用を利用したものであるが、多量の水が必要な上に水質汚濁物質の大きな原因となっている²⁾。一方、循環ろ過式は微生物を保持したろ床に飼育水を通水し汚濁物質を処理した後、池に水を戻すので水を繰り返し利用でき、交換水の放流による水質汚濁も軽減できる。

一方、活魚は魚介類を生きたまま、産地（漁場・養殖場）、漁港、魚市場を経て活魚店あるいは料理店において一般市民に供せられる。この流通経路で輸送および備蓄が繰り返され、特殊な魚介類を除き、水槽が必要である。浄化装置なしで魚を曝気水槽で生かす場合、魚の排泄物により水質が汚濁するので、一般的な魚の生存時間の限界は、酸素の補給が十分であっても10～20時間である。魚を生きたまま長時間に亘って備蓄するためには、浄化装置の付いた水槽が必要である。活魚水槽の浄化法も、多くは循環ろ過式が採用されている³⁾。

循環ろ過法を水を全く交換せずに長期間運転すると、pHの低下、無機化された塩類や生物法では処理できない難分解性有機物の蓄積が起こり⁴⁾、魚および浄化装置内の微生物にとって有害となる⁵⁾。浄化装置の維持管理では、微生物の増殖によりろ床の閉塞が起こるので、その再生法が問題となる⁶⁾。また、屋外での養殖池では太陽光により藻類が発生し水が懸濁する。

本研究では次の実験を行い、水産業における用排水処理に関する若干の知見を得たので報告する。①雨水以外には循環ろ過池の水を全く補給せずに数年間に亘って魚を飼育し、浄化装置の維持管理と水質の季節変化について調べた。②活魚水槽を活魚店や料理店に設置して、浄化装置の性能と維持管理について調べた。③循環ろ過池に蓄積する難分解性の有機物の除去について、紫外線照射による除去効果を調べた。

2. 実験方法

2. 1 循環ろ過池

2. 1. 1 飼育池

飼育池を図-1に示す。飼育池はコンクリート製の屋外に設置してあり、池システム内の総水量は7 m³であった。飼育池の有効容積は5 m³であった。池水は沈澱槽を経由して集水槽から循環ポンプにより浄化装置内を通水して、池に戻している。酸素の補給は、循環水を池に戻す2つのパイプの先端に取り付けたエジェ

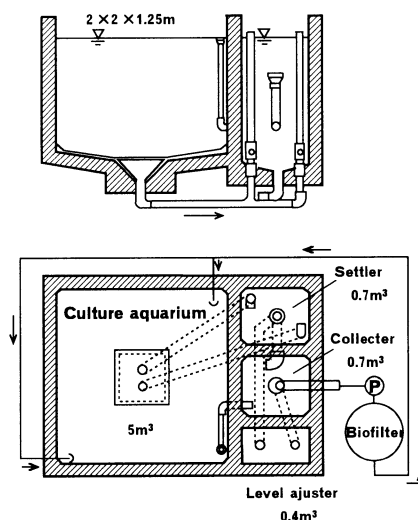


図-1 The culture aquarium for carps.

* 宇部工業高等専門学校 Sadaaki MURAKAMI
Masami TAKEUCHI, Masayuki FUKAGAWA

** 大阪工業大学 Munetaka ISHIKAWA

クターにより行った。降雨により増加した水は水位調整槽より放流され、水位は一定に保たれた。

2. 1. 2 浄化装置

浄化装置の構造を図-2に示す。この装置の有効容積は 0.17 m^3 であり、底部に再生用曝気装置、上部に散水装置を有している。装置の底部には、再生用曝気装置を覆うように容量 0.01 m^3 の玉砂利（一般に市販されている粒径 $4\sim 6\text{ mm}$ ）を詰め、その上部にセラミックスろ材を容量 0.12 m^3 ほど充填した。このろ材は次のようにして製造した⁷⁾。所定の割合の粘土、珪石および水酸化アルミニウムの混合物に、気孔形成剤を添加し、水を加えて十分に混和する。これをブロック型に成型して乾燥した後、温度 $1,200\sim 1,350^\circ\text{C}$ で焼成して連続多孔質セラミックスを製造し、これを粉碎・篩分けして粒径 $4\sim 10\text{ mm}$ の塊状物を得た。循環ポンプを用いて、上部の散水装置より水を導入して通水した。この装置は密封型で、最上部に空気弁を設け内部の空気を自動的に除いた。

2. 1. 3 飼育魚

試験魚として、体長 $35\sim 50\text{ cm}$ のコイを10匹用いた。餌は市販品コイ用ペレット（日本ペットフード製スイミー）を用いた。餌は1日1回飽食するまで与えた。

2. 2 活魚水槽および浄化装置

2. 2. 1 鮮魚店用活魚水槽

鮮魚店に設置した水槽を図-7に示す。コンクリート製 6 m^3 の水槽とアクリル製 1 m^3 の水槽を連結したものである。浄化装置は3槽に分け、第1槽は貯留層、第2および第3槽がろ床で、開放型上昇流式である。ろ床の総容積は 1.6 m^3 である。ろ床に多孔質炭素系ろ材を使用した。このろ材は次のようにして製造した。粉碎した石炭を乾燥し、 $300\sim 600^\circ\text{C}$ で仮焼成した後、 $600\sim 1,000^\circ\text{C}$ で本焼成して多孔質の炭素系塊状物を得

た。これを篩分けして粒径約 $5\sim 15\text{ mm}$ とした。

2. 2. 2 料理店用活魚水槽

日本料理店に設置した大型・中型活魚用水槽を図-8に示す。水槽は 10 m^3 及び 2 m^3 の2槽を連結したもので、いずれもコンクリート製である。2. 1. 2と同じ型の密封型浄化装置に同じ材質のセラミックスろ材を 0.66 m^3 充填した。

2. 2. 3 実験室用水槽

実験室に 0.5 m^3 の水槽を設置し、開放型の浸漬ろ床に2. 1. 2で述べたセラミックス担体を 0.15 m^3 充填した（図-9）。難分解性有機物質の蓄積を防ぐために、2. 3. 1で述べる 15 W 低圧水銀ランプを浸漬ろ床の上部に設置して照射した。

上記活魚水槽の水温はいずれも、気温が 20°C 以上になる季節では冷却器により $17\sim 20^\circ\text{C}$ に保った。冬期は温度制御はしなかった。この設定温度の主な理由は魚の体力の消耗を押さえ、感染症を防ぐためである。

2. 3 紫外線による有機物質の除去実験

2. 3. 1 飼育水槽および紫外線照射

図-10に紫外線-浸漬ろ床による実験装置の概要を示す。飼育水槽は 50 l のガラス製である。この上部に 1.8 l の玉砂利（ $\phi 5\sim 6\text{ mm}$ ）を詰めた浸漬ろ床を2台設置し、水を通水して汚濁物質を生物分解し飼育水槽に返送した（水循環量は1日200回）。 12 l の紫外線照射槽に飼育水をポンプで送水し（水循環量は1日1.5回）、 15 W 低圧水銀ランプ（主波長 253.7 nm ）により紫外線を上部から照射した。

2. 3. 2 試験魚および餌

紫外線照射系と非照射系に、それぞれ試験魚としてヒブナ6匹を飼育した。餌は日本ペットフード製エンジェルを1日に1回、 3.0 g をそれぞれの飼育槽へ投与した。

3. 結果および考察

3. 1 循環ろ過池の維持管理と水質の季節変化

3. 1. 1 降雨量

降雨量は12月が最低であり、6月が最高であった。実験期間中の87年9月から89年9月にいたるまでの飼育池への積算雨量は 19.7 m^3 であった。この池のシステムの総水量は 7 m^3 であるから平均1.4回/年の割合で池の水が交換したことになる。

3. 1. 2 水温と餌の投与量

88年10月13日～14日に掛けての1昼夜の水温および外気温の経時変化を調べた。外気温の変化は昼と夜で

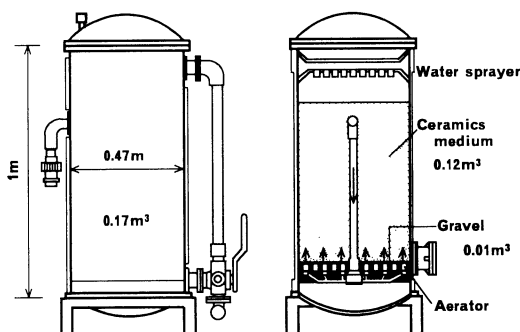


図-2 The closed type of submerged biofilter with ceramics medium bed.

は大きく変化し、最高と最低の温度差は8℃であった。一方、秋の池の水温は、ほぼ一様に減少しておりその温度差は1℃前後であった。池の水温と餌の投与量の季節変化を調べた。図-3に示すように水温はsinカーブを描き、最高温度は8月の28.1℃で、最低温度は2月の5.2℃であり、最高と最低の温度差は22.9℃であった。コイの食べた餌の量も水温と同じようにsinカーブを描き、水温とコイの食べた餌の量には密接な関係があった。

3. 1. 3 水温とSS（藻類濃度）

図-3に池のSSの季節変化を示す。池水中のSSは主として藻類の繁殖に由来するものである。SSは87年9-12月、88年9-12月に極大値を示している。水温が15-20℃の間で、SSのピークが現れる傾向がある。2年目からは藻類の発生が少なく、浄化装置による効果的な藻類除去が認められる。池水の透視度は年間を通じて常に1m以上で、底で泳遊するコイは良好に観察できた。

3. 1. 4 pHおよび NH_4^+

図-4は池のpHと NH_4^+ 濃度の関係を示す。pHが高くなると NH_4^+ が減少し、pHが低くなると NH_4^+ が増加している。pHが低くなると NH_4^+ を酸

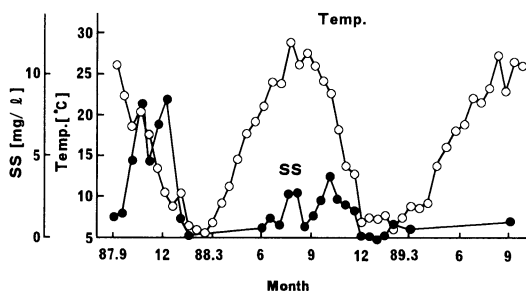


図-3 Temperature and SS changes of aquarium for carps.

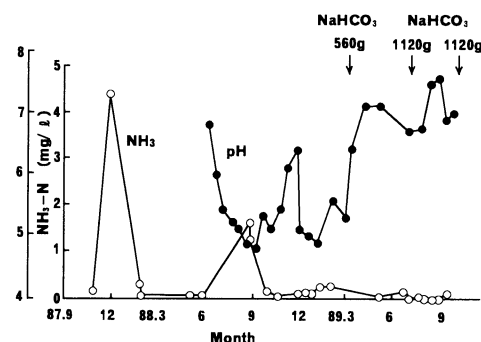


図-4 pH and NH_3 concentration in aquarium for carps.

化する硝化菌の活性度が低下するため、 NH_4^+ 濃度が高くなる⁸⁾ものと思われた。そこで、 NaHCO_3 を89年3月に560g、7月、10月にそれぞれ1,120g加えてpHを制御したところ、 NH_4^+ 濃度は0.1mg/L以下に抑えられた。

実験開始直後に NH_4^+ が急激に増加しているのは、装置の運転開始直後であり浄化装置内の硝化菌の増殖が他の好気性バクテリアに比べて遅いからである。池の浄化装置の運転開始直後の NH_4^+ の増加は一般的によく観察されることである。 NO_2^- は実験期間中全て0.1mg/L以下であった。

3. 1. 5 餌の量とN、P濃度の変化

図-5は池への餌の積算投与量とN、P濃度の季節変化を示す。餌の投与量の増加と共に NO_3^- 、 PO_4^{3-} も増加している。しかし、実験開始から1年経過後は降雨による放流水に含まれる総量と増加量が等しくなり、濃度がほぼ平衡値に達している。また、 NO_3^- 、 PO_4^{3-} に振動が見られるが、これは餌投与による増加と雨水による放流ならびに藻類による摂取と浄化装置による藻類の酸化分解によって、池水中の溶解濃度に変化するからと思われる。

3. 1. 6 窒素の物質収支

実験を開始してから89年1月末までに餌を約20kg投与している。表1に示すように窒素の物質収支の概算をしてみた。餌中のN含有量は、約6%であるので1,200gの窒素が投入されたことになる。一方、池水

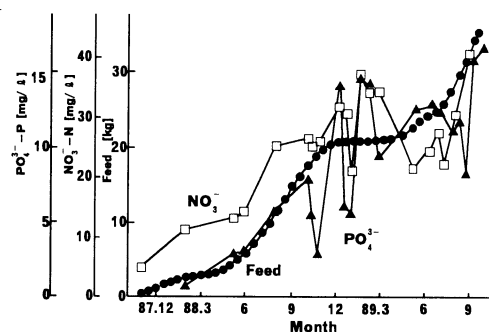


図-5 Feed supply and change of water quality in aquarium for carps.

表1 Mass balance of Nitrogen

N input	=20kg×0.06	=1,200 g	(100%)
N in water	=35 g/m ³ ×20 m ³	= 700 g	(58%)
N in fish	=1,200 g×0.20	= 240 g	(20%)
N in bacteria	= 330 g×0.06	= 20 g	(2%)
N unknown		240 g	(20%)

の窒素濃度は35 g / m³であるので、降雨量を含めた総水量から求めた池水中の蓄積量は700 gである。餌の魚への体重増加分は約20%であったので、魚へ移行した窒素は約240 gとなる。なお、食餌は食べ残しがないように投与したので、餌は全て一旦魚に摂取されているものとする。バクテリアの増殖量（装置の再生時に増殖量を測定した）は約330 gであったので、この移行分は約20 gとなる。藻類の増殖分は、浄化装置により分解されて再び水中に還元されるので無視できる。Nの240 gは不明であるが、おそらく沈澱槽、集水槽とも底部は嫌気性であり、脱窒菌により還元されてN₂ ガスxとして大気中へ放出されたものと思われる。

3. 1. 7 圧力損失

図-6 は循環ポンプ（図-1）の出口圧力の経日変化を示す。密封型ろ床内の微生物の増殖により圧力は徐々に増加しており、運転開始後約10カ月を過ぎた頃から圧力が急に増加し始めたので、88年10月に再生した。再生後、圧力は低下し、再び以前と同じように徐々に増加している。その後1年経過後の89年8月に再生を行った。浄化装置の再生は1年に1回程度であった。再生した時には、増殖したバクテリアの量を測定した。

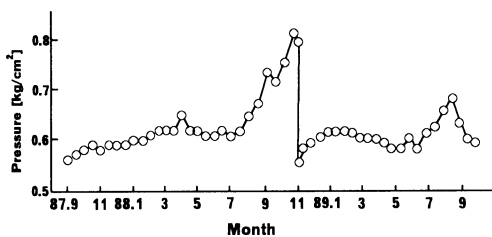


図-6 Change of water pressure to pass through biofilter.

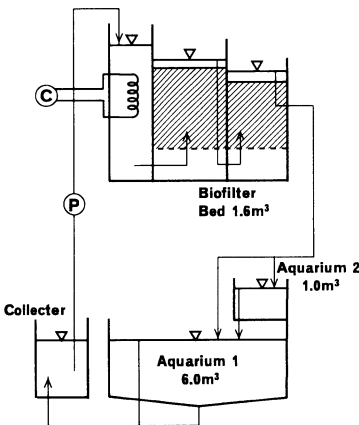


図-7 The aquarium for a fish shop.

3. 2 活魚水槽の浄化装置と維持管理

3. 2. 1 活魚用水槽と浄化装置

一般に大型のタイ、メジ、ブリなどの遊泳魚および大型のヒラメの備蓄には5～10 m³程度的水槽が多く用いられている。本実験に用いた水槽および浄化装置の仕様を表2に比較して示す。

図-7に示す水槽は鮮魚店に設置してあるもので、コンクリート製6 m³の水槽とアクリル製1 m³の水槽よりなる。6 m³の水槽には、1 kg以上のタイ、2.5 kg前後のメジ、1 kg以上のヒラメ、1 kg以上の石ダイなど大型の魚を備蓄している。通常、1週間の平均的備蓄・販売量は400 kg前後で、連休、盆や暮には800 kgである。具体的には、1週間に2回搬入し、3～4日程度で販売している。1 m³の水槽には、フグ、アジ、カワハギ、1 kg以下のタイ類などの中型・小型の活魚や伊勢エビを備蓄している。

浄化装置は3槽に分け、第1槽は貯留層、第2および第3槽がろ床で、上昇流式である。海水の循環時間は70分である。装置容積3 m³の内、ろ床の総容積は1.6 m³で水槽容積の1/4.5である。浄化装置が2階に設置しており、パイプ内の自然落下中に海水を空気接触させて酸素を補給している。生物担体は、以前はサイズの異なる玉砂利（下層よりそれぞれ平均径3 cm、1 cm、3 mm）を3層に分けて充填してあった。水質が悪く懸濁していたので、この玉砂利を炭素系多孔質ろ材（粒径5～15 mm）に切り替えたところ、水質が著しく改善された。現在では、1度に400 kgの活魚を備蓄しても、水質は極めて安定している。玉砂利および炭素ろ材を用いたときの水質を表3のNo.1および1'に比較して示す。

図-8に日本料理店に設置してある大型・中型活魚用水槽を示す。この水槽は10 m³および2 m³の容積を持

表2 Aquaria and biofilters.

No.	Aquarium volume (m ³)	Biofilter volume (m ³)	Medium material*	Medium volume (m ³)	Circulating time (min)	Comment
1	7.0	2.8	Carbon	1.6	70	Fig. 7
2	12.4	3.1	Ceramics	0.66	60	Fig. 8
3	0.5	0.5	Ceramics	0.15	30	Fig. 9

*All materials are porous.

表3 Water quality of aquaria.

No.	COD	NH ₄ -N	NO ₃ -N	NO ₂ -N	PO ₄ -P	SS	pH	Comment
1	11.9	0.64	-	2.44	-	30.7	7.30	Fig. 7, Gravel
1'	2.0	0.11	66.1	0.014	4.44	0.3	6.85	Fig. 7, Carbon
2	2.6	0.07	11.5	0.010	0.64	0.4	7.05	Fig. 8
3	7.3	0.02	80.1	0.006	0.03	0.4	6.80	Fig. 9

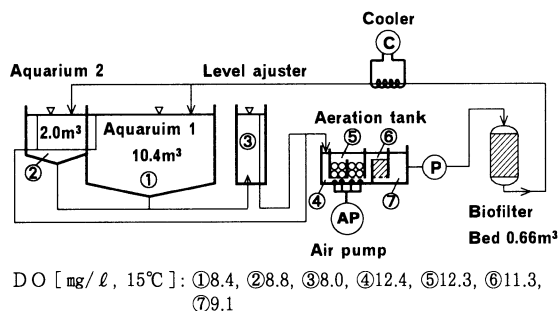
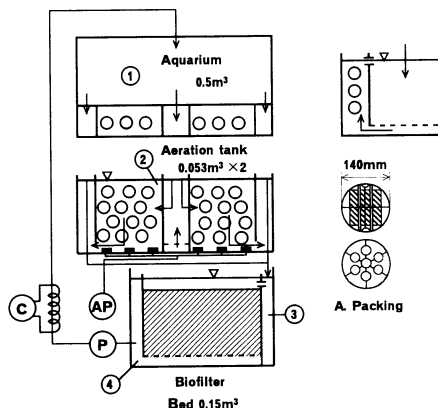


図-8 The aquarium for a fish restaurant.

つ2槽よりなり、いずれもコンクリート製である。10 m³水槽にはタイ、ヒラメ、メジ、ブリ、小型フカ、クエなどの1 kg以上の大型魚を備蓄し、2 m³水槽には1 kg以下の中型・小型の遊泳魚を備蓄している。この水槽・浄化装置のフローは、まず水槽の海水を槽底およびオーバー・フローパイプより水位調節槽に導く。この海水は曝気槽を通過した後、循環ポンプにより密封型の浄化装置内を通水し、冷却用の熱交換器を経て備蓄水槽へ戻される。海水を水槽に戻す時、ジェットエアレーション法により酸素を補給している。海水の循環時間は60分である。曝気槽の目的は、酸素補給のみでなく、曝気により微細な懸濁物質を気泡に付着・凝集させて、浄化装置内の生物膜の捕捉効率を向上させることにある。この曝気槽には、図-9 Aに示すものと同じ形状の充填物を詰めた。これは槽内の気泡が垂直に上昇せず、複雑な経路を経て上昇し気泡の槽内での滞留時間を増加させ、気液接触の効率を上げることを目的とする。浄化装置内のろ床容積は0.66 m³で、水槽の1/18である。開放型の図-7と比較して、水槽容積に対するろ床容積の比率が小さいのは、密封式の特徴である。この装置には多孔質セラミックろ材を充填した。この密封式浄化装置は曝気式再生法を採用しており、再生が5分程度で行える。この水槽の水質の一例を表3に示す。

図-9に実験室に設置した0.5 m³の小型水槽を示す。この水槽は図-8の水槽をコンパクト化したもので、水槽内の海水は曝気槽を経由してろ床内の生物膜で処理された後、循環ポンプ、冷却用熱交換器を経て、水槽へ海水を返送している。海水の循環時間は30分である。この水槽は中・小型の活魚の備蓄に適している。この水槽には500 gのメジナ3匹、700 gの石ダイ2匹備蓄した。エサとして冷凍オキアミを水道水で解凍、洗浄し、計量して30~100 g/日投与した。海水を交換しないで1年間活魚を備蓄したが、魚は良好に生存



DO [mg/ℓ, 20℃]: ①8.2, ②10.5, ③9.6, ④7.3

図-9 The aquarium for a laboratory.

した。なお、pHが6付近まで低下したとき、NaHCO₃を添加し、pH 8~6の範囲に保った。

図-7~図-9に示す水槽はいずれも、槽底およびオーバーフローパイプから海水を引き出し、循環している。水槽底はテーパーを付け、吐き出し物、糞など沈降性の物質を抜き出す。一方、曝気を行うと気泡に懸濁物質が付着し、この気泡をオーバーフローパイプより取り除く。水槽内で曝気を行う場合、オーバーフローパイプは欠かせないものである。

3. 2. 2 海水の交換

備蓄水槽は閉鎖系であるため、有機物の酸化分解生成物であるCO₂、NO₃⁻、PO₄³⁻等が蓄積するとともに、pHが低下する。また、バクテリアの代謝生成物や死骸の分解生成物が蓄積する。CO₂は曝気により除去される。NO₃⁻やPO₄³⁻は急性毒性を示さないが、高濃度になると何らかの影響を与える^{5,9)}ものと思われる。養殖では化学的ストレスの原因となり成長率に影響を与えるが、備蓄等では実験データがないので不明な点が多い。pHについてもどの程度の影響があるかよく分かっていない。タイ、ブリ、ヒラメなどはpH 6程度まで低下しても、余り問題はないようである。しかし、海水を交換しないで長期間運転するとバクテリアに対する阻害物質が蓄積してその活性度が低下する。pHの低下は硝化菌に阻害作用を示し、NH₄⁺の蓄積が起る。

pH 6.5以上または硝酸イオンが100~200 mg/ℓ以内に維持される程度に海水交換を行えば特に問題は生じなかった。魚を補給する際に運搬者の海水を少しずつ補給して1カ月で水槽の海水が全て入れ換える程度に

運転すれば、上記条件はほぼ満たされるものと思われる。

3. 2. 3 微生物担体の再生

再生の時期は浄化装置の形式によって異なる。図-7に示す開放式の浄化装置では、ろ床の仕切板をオーバーフローするようになると再生が必要である。密封式（圧力計が必要）では、圧力損失が所定の値に達した時、再生が必要である。通常、魚を投入する際に海水を補給するので、魚の収容量と海水補給量が適切であれば、ろ床内のバクテリアの自己分解と増殖のバランスが取れ、1年間程度は再生が不要であった。

3. 3 生物難分解性有機物質の蓄積と紫外線による除去

3. 3. 1 蓄積物質の吸収スペクトル

水を交換しないで魚を飼育すると生物法で分解でき

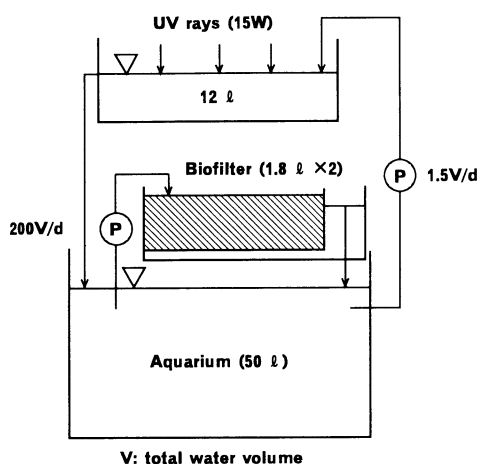


図-10 Aquarium with UV-rays and bio-filter.

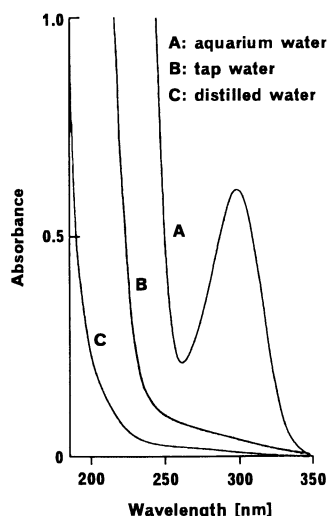


図-11 Absorption spectra of water of fish aquaculture.

ない有機物が蓄積し水が褐色に着色してくる⁴⁾。飼育水の吸収スペクトルを、水道水、蒸留水と比較して図-11に示す。250nm以下の領域に極めて大きな吸収があり、300nm付近に吸収極大がある。水道水と蒸留水には、このような吸収は見られない。有機物の一つの指標であるCODと吸光度（300nm）の関係を調べた。CODと吸光度の間には直線関係が認められ、吸光度を測定することによりCODの値を推定することができる。

3. 3. 2 有機物の蓄積

図-12に飼育水中のCODの蓄積を示す。紫外線照射系ではCODの濃度は4 mg/l前後では一定の値を保っており有機物の蓄積は認められない。一方、非照射系ではCODは少しずつ増加し、80日間の飼育では23mg/lにまで達している。TOCについても、ほぼ同じ傾向であった。図-13は糖類（多糖類を硫酸で単糖に分解し、フェノールで発色して吸光度で測定）の経日変化を示す。飼育37日までは温度制御を行っていないので、糖濃度にバラツキが観測される。温度制御開始後は、照射系では糖類は完全に消失しているのに対して、非照射系では増加している。以上のように、紫外線非照射系では有機物質が蓄積するが、照射系ではこの蓄積は認められず有機物が分解・除去されるこ

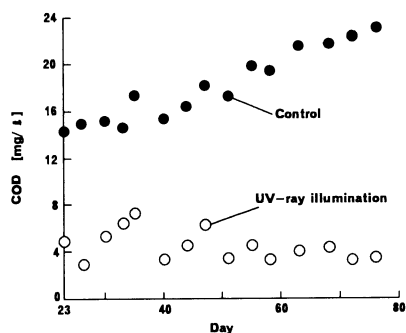


図-12 Changes of COD of the culture water.

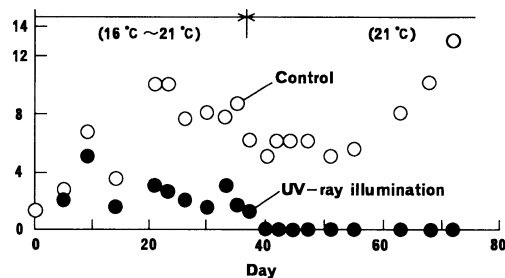


図-13 Changes of polysaccharides in the culture water.

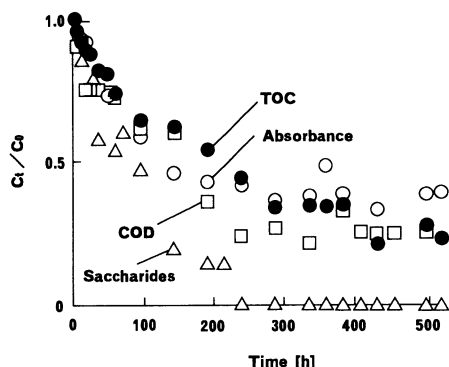


図-14 Change of water quality as a function of time when UV-rays were applied to the water of fish aquaculture.

とが明らかになった。

図-14は有機物が蓄積した飼育水槽に紫外線照射装置を取り付けてから、水槽内の各有機物指標であるTOC, COD, 糖類および吸光度(300nm)の変化をそれぞれ測定した結果である。なお、餌を投与して引き続き魚を飼育した。糖類は照射時間約250時間で完全に消失し、TOC, CODおよび吸光はほぼ一定値に達しており分解速度と蓄積速度が等しくなっている。

3. 3. 3 紫外線照射による難分解性有機物の分解除去の機構

紫外線による有機物分解除去のメカニズムを調べるために、紫外線-非生物処理系および紫外線-生物処理系(図-10)にそれぞれ有機物が蓄積した飼育水を投入して、その相違を比較検討した。いずれの水槽にも魚は存在しない。図-15は照射時間に対する吸光度(300nm)の減少を示した。生物処理の有無に関わらず吸光度の減少に差異は認められず、吸光度の脱色は紫外線照射によってのみ行われることが分かる。図-16に非生物処理系および生物処理系でのCODの減少

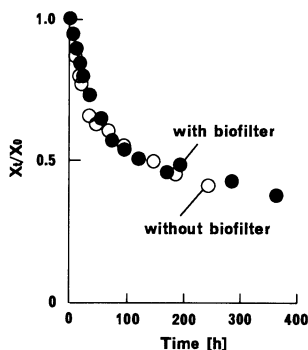


図-15 Degradation of absorbance by UV-rays

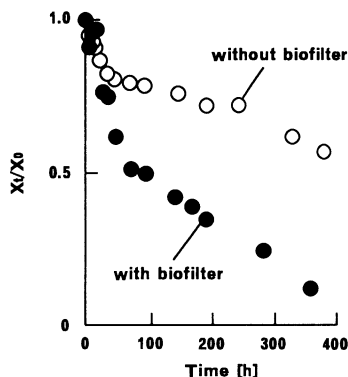


図-16 Degradation of COD by UV-rays.

を紫外線照射時間に対してプロットした。生物処理系でのCODは400時間以上ではほぼ完全に除去されているが、非生物処理系では40%程度しか除去されない。有機物の除去は紫外線照射だけでは不完全であり、生物処理との併用によりほぼ完全に除去できる。

以上の結果から、紫外線照射による蓄積物質の分解機構は、次のように考えられる。

紫外線-非生物処理系 (1)紫外線により溶存酸素は活性酸素(一重項酸素や酸素ラジカル)を生じる¹⁰⁾。(2)紫外線の直接照射あるいは活性酸素により有色の生物難分解有機物は無色の生分解性有機物に変換される。しかし、活性酸素の濃度は低い上に寿命が極めて短いため、有機物の酸化分解効率が悪く、CODやTOCの除去は不完全である。

紫外線-生物処理系 紫外線によって生物分解性に変換された有機物はバクテリアによってほぼ完全に酸化分解される。

この有機物は紫外外部吸収を検出器とする逆相クロマトで6つピークを示し、サイズ排除クロマトによる分子量測定では6,000と9,000に2つのピークを示した。紫外線による生物分解性物質への改質は、おそらく多糖類あるいは糖タンパク等の高分子鎖やその置換基が紫外線や活性酸素により酸化や切断されて立体構造の変化や低分子化を起こし、好気性バクテリア群により代謝可能な物質に変換されるものと思われる。最近、上水処理等で適用されているオゾン-生物処理も、難分解性の物質を生物分解性に改質して生物処理する方法と思われる。オゾン法と紫外線法の大きな相違は、オゾンは酸化力が強く処理能力が大きい、本実験系のように魚を飼育している系においては、残留オゾンが有害となる。現在、低濃度の溶解オゾンのモニターが確立されていない現状では、紫外線法が安全管理上

有利であろう。紫外線では、活性酸素の寿命が短いので直接照射のみを避ければよいので、遮光あるいは照射槽と飼育槽の分離等により安全な水質管理が可能である。さらに、海水では塩化物イオンがオゾンと反応して過酸化物を形成し、これが系内に蓄積して魚にとって極めて有害となる。

紫外線-浸漬ろ床法によって浄化する水槽で、淡水および海水の魚を数年間飼育しているが、いずれも良好に生育し、産卵、孵化も正常に行われている。

4. ま と め

水産業の用排水処理の実験を循環ろ過池および活魚水槽を例に挙げて行った。さらに、水槽内に蓄積する難分解性の有機物質を紫外線照射により分解する実験を行ったところ、以下の結論が得られた。コンクリート池にコイを飼育し、水質管理を行った。浄化装置は多孔性セラミックを充填した密封型で再生装置付きである。本装置の再生は1回/年であった。微細藻類に由来するSSは水温15~20℃の間でピークを示した。池の透視度は年間を通じて1m以上で藻類は効果的に除去された。除去は NO_3^- 、 PO_4^{3-} 濃度は餌の投与量に比例して増加したが、1年経過後は雨水とともに放出されて濃度は平衡値に達した。pHが低いと NH_4^+ が蓄積したので NaHCO_3 により中和した。魚は実験期間中良好に飼育された。

鮮魚店および日本料理店に活魚水槽を設置して、浄化装置の性能および維持管理を調べた。水質は良好に保

たれた。ろ床の再生は1年間に1回程度で十分であった。

魚飼育系では生物難分解性の有機物が蓄積して、魚の生育に障害を起こしたり、浄化装置内の微生物の活性を低下させる。この有機物を紫外線-生物法により分解除去した。蓄積物質は高分子状物質で、300nm付近に吸収極大を示し、250nm以下の紫外部に大きな吸収を示した。低圧水銀ランプを用いた紫外線照射で脱色され、蓄積物質は生物分解性物質へ改質された。紫外線照射のみによる有機物除去は不完全であり、紫外線照射と生物法の併用により蓄積有機物質がほぼ完全に分解除去できた。

参 考 文 献

- 1) 河村信行編：“養殖学総論”，恒星社厚生閣（1967），p.521.
- 2) 日本水産学会編：“水産学シリーズ21 浅海養殖と自家汚染”，恒星社厚生閣（1986）.
- 3) 竹内正美，深川勝之，村上定暉：水処理技術，30，221-232（1989）.
- 4) K. Hirayama, H. Mizuma and Y. Mizue: *Aquacultural Engineering*, 7, 73-87（1988）.
- 5) M. G. Poxton and S. B. Allose: *Aquacultural Engineering*, 1, 153-191（1982）.
- 6) 竹内正美，深川勝之，村上定暉：水処理技術，29，555-560（1989）.
- 7) 村上定暉，隈岡俊一，大野晃生，村田哲雄：水処理技術，26，229-232（1985）.
- 8) K. Hirayama: *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, 36, 26-34（1970）.
- 9) J. Colt and G. Tchobanoglous: *Aquaculture*, 8, 209-224（1976）.
- 10) F. A. Cotton and G. Wilkinson: “Advanced Inorganic Chemistry”, Wiley & Sons, New York（1972），pp.411-412.

わかり易い最新の環境計測・分析技術講座

A 5 判 137頁 定価3,900円（送料350円）

- 環境計測や分析業務に従事しておられる技術者へ、最新の技術をより深く理解するために
- その他環境関連分野でご活躍の方へ、計測、分析で得られた情報を十分活用するために
- 環境計測・分析分野への入門書として最適です

著 者 宗森 信（大阪府立大学名誉教授） 日色 和夫（京都教育大学教授）
黒田 大介（大阪府立工業研究所） 青木 豊明（大阪府立大学）
中原 武利（大阪府立大学） 奥野 年秀（兵庫県立公害研究所）
溝畑 朗（大阪府立大学付属研究所）

発行 環境技術研究協会/〒530 大阪市北区天満2-1-20 TEL 06-357-7611