

# オゾンを用いた排水処理技術の開発と環境教育へのその利用

指導教官 古川 稔

発表者 147901 石橋 修一

## 1. 緒言

国際的に「環境教育」の必要性がうたわれた国連人間環境会議からすでに 30 年余り過ぎ、日本では少し遅れて 1990 年代からその活動が活発化してきた。例えば教育課程審議会答申では「総合的な学習の時間」の学習活動の例として「環境」を挙げている。現在、行われている環境教育は、小学校では体験を重視した川の調査やゴミ問題が多く、中・高校では知識を重要視したエネルギーなどが多い。この中で、水をテーマにした内容を見ると、水質・生態調査や希少生物の保護から環境の大切さについて学習するものが多く、その環境と私たちの生活とがどのように結びつき、影響しているか、また、そこで用いられる関連技術については、ほとんど触れられていない。

ところで、近年、上水道や外食産業の厨房排水などで利用され始めたオゾン処理は、オゾンの強酸化力を利用した省スペース・高機能型の廃水処理装置であり、身近な排水処理装置となりつつある。

そこで、図 1 に示すオゾン処理が有効とされる分野の中から、比較的身近な殺菌、脱色・漂白、排水処理について実験を行い、オゾン処理の有効性とそのメカニズムを検討するとともに、それらの環境教育への利用を検討した。

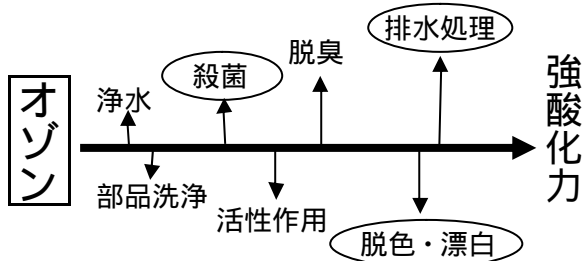


図 1 オゾン処理が有効とされる分野

## 2. 実験装置

図 2 に本実験で用いたオゾン処理システムの基本的な構成を示す。

はじめに、大気(空気)から PSA(酸素発生器)により酸素濃度 85~95%程度のガスをつくり、そのガス流量を質量流量計により一定量(約 3ℓ/min)に調整された後、マイカ式オゾナイザー(沿面放電方式、発生オゾン量;最高 10g/h)によりオゾンガスに変換する。

一方、対象排水中に設置されたガス溶解装置には、陸上に設置された揚水ポンプにより水槽内の排水が循環・供給されるのと同時に、エジェクター効果によりオゾンガスを溶解装置内に吸引する。そして溶解装置内での水の強い破砕力と、負圧領域でのキャビテーション効果でオゾンガスが微細化し、対象排水中に高効率で溶解することでオゾン処理を行う。

なお、次節に示すアオコへのオゾン処理実験では、排水の量が 12ℓと少ないため、の代わりに小型水中ポンプを用いた。

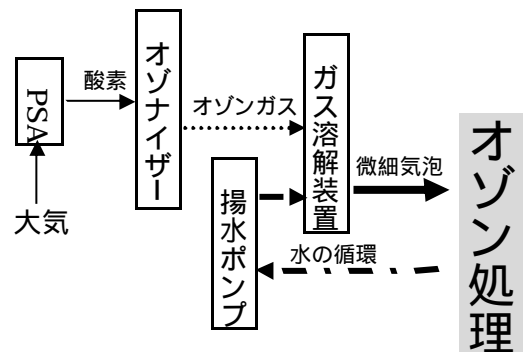


図 2 オゾン処理システム構成図

### 3. 微生物に対する処理

アオコの異常発生が原因で、湖沼などが濁り悪臭を放つ。これは金魚の水槽に発生するそれと同様、図3に示す過程の後、安定した状態で残る硝酸の蓄積が原因とされている。現在、硝酸を安価で容易に除去する浄化システムなどは無く、一般に水を入れ換えることでこれに対応している。そこで本項ではこれらアオコなどの微生物に対するオゾンの処理効果について検討を行った。

はじめに表1の条件の下、金魚の水槽に対し、オゾン処理を行った。図4(a)(b)に処理前後の水槽の外観、表2に水質の経時変化を示す。表2より、実験前の状態から硝酸値も含め、時間の経過とともに減少している。このことから、オゾンはアオコなどの微生物に対し、有効と考えられる。しかし本結果では、図に示すように、水草の脱色などの弊害も出ているため、今後、オゾンガスの最適量を求めるなど、更なる検討が必要である。

次に表3に示す噴水にて、長期間に堆積しているアオコへの本オゾン処理システムの有効性を検討した。表4に水質の経時変化を示す。ここでは水質に大きな問題は無く、アオコの除去が主な課題であったが、結果として、図5に示すように外観に大きな変化は見られない。原因として、広く浅いという形状が挙げられる。そのためオゾンは効果を発揮する前に大気中に放出し、その効果は低くなる。さらに長期に渡って堆積したアオコは厚く密に層を成し、ポンプの水流だけの除去は困難であり、今後これらへの対策も必要である。

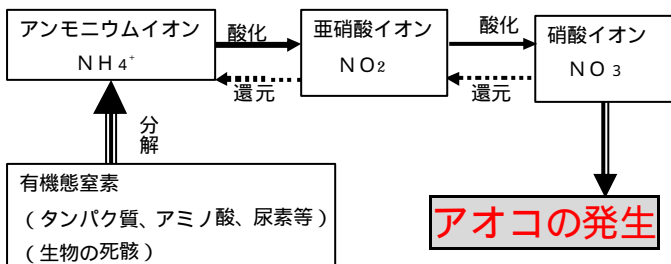


図3 アオコ発生メカニズム

表1 実験条件

水量	気温	水温	湿度	酸素流量	オゾン濃度
12?	8~11	6~10	40%前後	2.9?/min	34~39g/N?

表2 水質の経時変化

(ppm)	0分	60分後	300分後
COD	0	0	0
NH4+	2	0	0
NO2-	0.1	0.02以下	0.02以下
NO3	45以上	40	25
O3		1	1
pH	7	7	7



(a) 処理前



(b) 300分後

図4 アオコ処理実験外観

表3 処理池の概要

名称	福岡教育大学内噴水
容量	約14,000?
大きさ	直径6m x 水深0.5m

表4 水質の経時変化

(min)	pH	DO(mg?)	水温(気温)	オゾン	COD	NH4	NO2	NO3
0	7強	5.8	20(25)	0.1以下	0	0~0.5	0.02以下	1
120	7強	5.9	20.1	0.1以下	0	0~0.5	0.02以下	1
240	7強	9.3	21.5	0.1以下	0	0~0.5	0.02以下	1以下
360	7	10.8	22.4	0.1以下	0	0~0.5	0.02以下	1以下
480	7強	11.3	21.3(18.5)	0.1以下	0	0	0.02以下	1以下



図5 噴水処理実験外観

以上の結果から、オゾンはアオコに対し、有効であると考えられる。しかし、前処理などの課題も明らかとなり、これら解決の必要がある。

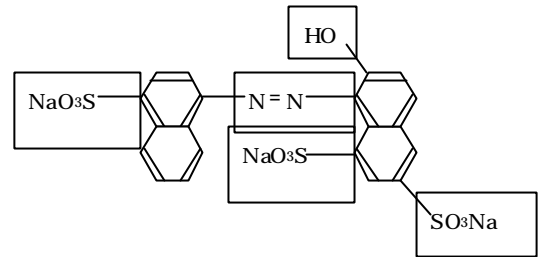
今後、これらのデータを元にオゾン処理システムを備えた、アオコ問題対応型の水循環機構の検討も可能である。

#### 4. 脱色実験

現在、多くの食品に合成着色料が使用されているが、それ自体、日本では使用が認められているため、それを含む排水に問題はない。しかし中には、難分解性物質も含まれているため、これを含む排水は、一般に使用後も色素が強く残る。通常、これらの脱色には、還元漂白、又は大量の水で希釈することで処理されている。そこで本項では、特に多く使われる赤色 102 号(以降、R102 と略す)を対象とし、これら難分解性物質へのオゾンの有効性について明らかにするため、バッチ式処理による、脱色実験を行った。

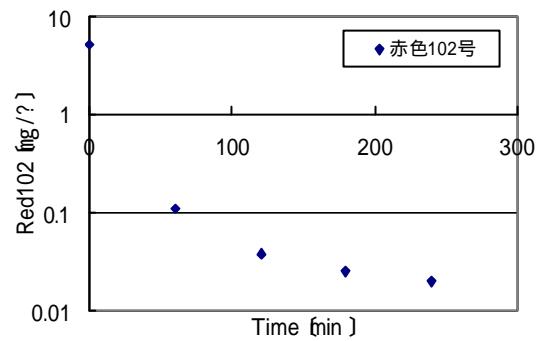
一般に、R102 は、図 5 に示す分子内の窒素の二重結合を切断することで、脱色できることが知られている。

図 6 に濃度 2.7% オゾン処理による(a)色素成分の経時変化、及び(b)(c)に実験前後の HPLC(高速液体クロマトグラフィー)線図について示す。(a)の結果から、処理開始から急速に分解し、以降緩やかに進行していることが分かる。一方、HPLC 線図からも、R102 の色素成分が処理によって除去されているが若干、増加した成分も確認できることから、今後、これらの副生成物についても定量を行う必要がある。さらに、図 7 に示す酸素処理との比較実験の呈色の差異より、オゾンの持つ強酸化力が、R102 に対し有効であることを示している。以上の結果から、オゾンの強酸化力は R102 に対し有効であり、さらに本オゾン処理システムはバッチ式処理において、短時間で確実に R102 の脱色処理が可能であることが分かった。

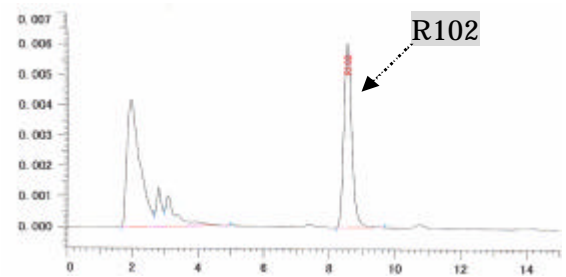


$C_{20}H_{11}N_2Na_3O_{10}S_3$  の構造式

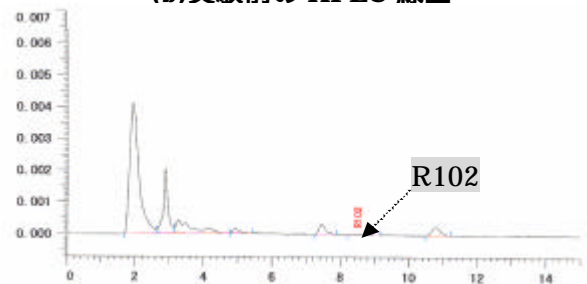
図 5 赤色 102 号構造式



(a)色素成分の経時変化



(b)実験前の HPLC 線図



(c)4 時間後の HPLC 線図

図 6 色素成分の経時変化と HPLC 線図

## 5. 環境教育への利用

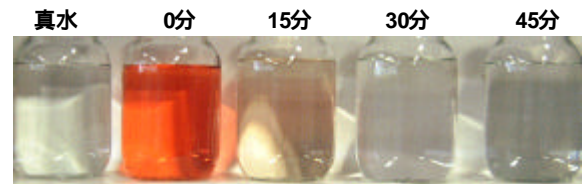
これまで様々な排水と、その処理について検討を行ってきた。それにより、そこに関連する技術は、多種多様に存在することが分かり、これまでの結果にも示すように、その水質の変化は視覚的にも非常に分かりやすい。特に厨房排水ではその臭気からも判別が容易なことから、学習者の習熟度に関わらずその変化を捉えることができると考えられる。実際に、藤本はその生徒に対し、本研究で対象となった排水処理施設の見学を実施し、その中で図8に示す現状の厨房排水を間近に体験させた。その後の感想から、実際に見学したことで排水に対する理解が深まった、排水の変化に驚いたなど、その多くが排水処理の必要性や、そこで利用されている技術やエネルギーに対する理解を示す意見であった。このことは逆に、われわれの生活に身近である排水について、未だ理解が少ないことも示す。

現在、大規模な外食施設では、同様の水処理が行われており、これら排水処理を実際に観察できる機会を提供することは、非常に有意義であると考えられる。そして、このような体験を行うことで、自らの生活と環境との繋がりが学べ、また、学習者が環境に対する考えや、行動を見直すことができる。さらに、そこに関連する水質改善技術やエネルギー問題へも目を向けられると考えられる。従って、従来の水をテーマにした環境教育に排水処理から環境を見ることが、新たな環境教育の教材を提案できると考えられる。

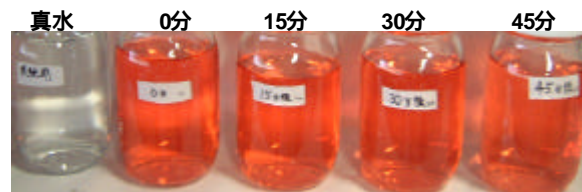
## 6. まとめ

本研究で行った様々な排水への処理実験を実施した結果から、以下のことが明らかになった。

- ・ オゾンはアオコなど微生物に対し従来の処理では困難とされていた硝酸も含め、水質浄化処理が可能である。しかし噴水など、



(a) 着色料1%(オゾン処理)



(b) 着色料1%(酸素処理)

図7 赤色102号分解処理実験の経時変化



前処理槽 合併処理槽 放流槽

図8 厨房排水の視覚的变化

すでに堆積しているアオコについては前処理が必要。

- ・ 本オゾン処理システムはR102に対し、バッチ式において短時間、かつ安全に処理が可能。
- ・ これまでの環境教育では、われわれの実生活と環境との結びつきが薄かったが、本報告で提案された、排水処理という教材を用いることで、より身近にその繋がりを理解できる。

### 【参考文献】

- 1) 藤本登・他, 微細気泡多量発生技術を利用した廃液処理及び雑用水処理, のための高負荷対応型オゾン処理装置の開発, 北九州市産学官連携研究開発特別助成事業成果報告書, 2001.
- 2) 三宅泰志, 福岡教育大学教育学部環境教育課程卒業論文, 2003.
- 3) 伊藤泰郎, オゾンの不思議, 講談社, 2000.
- 4) 小倉紀雄, 調べる・身近な水, 講談社, 1999.