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(1)

湖沼や池の光酸化分解法による浄化システム

錦 織 宏 介*・野 崎 誠 夫**

1. 緒 言

近年、生活環境整備の一環として、水辺の環境整備が進められている。とりわけ「きれいな水」の水域回復が求められている。湖沼や池などの水質は、これまでは自然界の自浄作用で十分に維持されていた。しかしながら、これらの水域は、工業団地や住宅団地など都市開発や郡部開発の進展に伴って、河川や湖沼また公園池などに流入する排水中の有機物等の増加により、環境容量の限界を越える富栄養化が進行し「アオコ」の発生・増殖をはじめ臭気や透明度など水質の悪化が顕著になっている。このような水域汚染に対して、各種の方法が提案され一部は実用化されている。しかし、処理の継続性や経済性などの点で解決すべき点が多い。

今回、東京電力(株)と岩崎電気(株)の共同研究により、快適な生活環境作りの社会的ニーズの新しい分野への電力の有効活用と共に、自然浄化サイクルの復活を基本に紫外線とオゾンを利用した「光酸化分解法による湖沼や池の浄化システム」を開発した。すでに多くの公園池で実用化されている。

ここに、これらの実施例をもとに本浄化システムを紹介する。

2. 紫外線とオゾンによる浄化の原理

湖沼や池をはじめ、これらの水質浄化は目的により浄化レベルがかわる。これを大別して表1に示した。すなわち水域は人をはじめ場合によっては鳥類や魚類の動物、菖蒲や水中花などの植物など、また、ここでは表記しないが、これらの水域内表面の自生藻類などの生物群が共存している。この点において光酸化分解法による水浄化の基本、紫外線とオゾンによる「殺菌作用」および「化学作用」による処理方法は、最適と

表1 水域の種類と要求水質感

水域の種類	利 用 目 的	要求水質感
鑑 賞 池	景観、鑑賞魚	清水感、透明感
娛 楽 池	ボート遊びなど	清水感
徒 渉 池	ジャブジャブ水遊び	清潔感、衛生感
防火用水池	防火用水	清潔感
釣り堀り池	魚釣り	清潔感
水 産 池	魚類飼育	安心感

考えられる。

2. 1 紫外線とオゾンの発生

紫外線の最も効果的な発生として、水銀原子の発光を利用した低圧水銀ランプ（通称、紫外線ランプ）を用いる。この種類のランプは、図-1、2に示すごとく放電現象的に波長253.7nmと184.9nmの各紫外線が、最も効率的に発光する。前者の波長は、一般的に病原菌などの殺菌に利用されるため殺菌線と呼ばれ、

図-1 紫外線ランプの発光とオゾン発生

図-2 低圧水銀ランプの分光分布

* 岩崎電気(株) Kousuke NISHIKIORI

** 東京電力(株) Masao NOZAKI

後者は図-1に示すごとく空気中の酸素をオゾンに変化させるためオゾン線と呼ばれている。

2. 2 紫外線とオゾンの効果

(1) 殺菌と殺藻

各種の病原菌の殺菌に、その過程は異なるが、紫外線とオゾンが有用であることは知られている。紫外線の場合は、紫外線ランプからの殺菌線波長253.7nmが病原菌の細胞中の核酸(DNA)に直接作用することによる¹⁾。一般的に紫外線照射を受けた核酸中の分子、たとえば、チミン分子が二量体に変化し正常な新陳代謝に不能をきたし、病原菌は増殖を抑制または殺菌されると言われている²⁾。また、オゾンの場合は、オゾンが細胞膜を酸化分解することによって殺菌が行われ、溶菌とも云われている³⁾。この様な殺菌効果は、アオコなど水中の藻類についても同様であると考えられる。ただし、細胞膜の構成条件の差異から、病原菌よりも長時間または多量の紫外線暴露、オゾン接触が必要である。各種病原菌と藻類の必要殺菌・殺藻線量を表2に示す^{4, 5)}。我々の実験では、図-3の如く殺菌・殺藻処理効果の即効性は、紫外線が優れている結果を得ている⁶⁾。

筆者らは、12Wの紫外線ランプを用いて寒天培地に塗布した *Microcystis viridis* と *Wesenbergii* に紫外線照射を行い、以後白色蛍光灯3,000ルクス下25℃で培養を行った結果を表3に示す⁷⁾。これらの実験および報告資料から、アオコなど藻類への必要殺藻線量は、概略20~30mW・秒/cm²と云える。従って、病原菌類やアオコなどの藻類の殺菌・殺藻プロセスは図-4の様にまとめられる。

(2) 有機物の分解

紫外線の高エネルギー粒子とオゾンおよび溶存酸素

表2 生物を死滅させるのに必要な殺菌線量^{4, 5)}

微生物	出展	99.99%殺菌率時の殺菌線量 (J/cm ²)	99.9%殺菌率時の殺菌線量 (mW・sec/cm ²)
珪藻	a	14,400	
緑藻、青藻	b	~24,000	
原生動物	b	2,560	
赤痢菌(志賀)	(5)		4.3
大腸菌	(5)		5.4
サルモネラ菌	(5)		15.2
枯草菌(芽胞)	(5)		33.3

出展 a : Philips 社殺菌灯資料

b : 北米 IES Lighting Hand Book,
Application volume 19・16 ('81)

紫外線とオゾンの殺藻比較
紫外線ランプ：12W，オゾン濃度：20ppm，
水量：30l，藻：Chlorella vulgaris

図-3 紫外線とオゾンの殺藻性比較

表3 紫外線照射殺藻試験

紫外線照度 (mW/cm ²)	照 射 時 間 (秒)						
	2	3	10	15	20	25	30
1	---	---	---	±±±	±±±	±±±	
10	±±±	±±±	+++	+++			
1			---	±±±	±±±	+++	+++
10	+++	+++					

上段：Microcystis viridis，下段：Wesenbergii

図-4 殺菌・殺藻プロセス

の酸化力の物理化学的特長により、CODやBODなどの水中の有機成分を分解・低分子化させ得る。我々の実験からも、紫外線とオゾンの単独利用よりも、両者を併用することにより、相乗効果が得られた。

3. 光酸化分解浄化システム

きれいな水の河川や公園池であるためには、ゴミや濁りやアオコなど水の透明性で認識される視覚的要素とCODやBODなどで代表される水中溶存成分すなわち汚染物質要素の改善・回復が必要である。この観点から、図-5に示す如く浄化システムは光酸化処理部と超急速濾過部で構成されている。光酸化処理部では、石英製紫外線ランプで発生したオゾンと殺菌線(253.7nm)により病原菌やアオコなどの殺菌・殺藻と有機成分の分解が行われる。超急速濾過部では、特殊化学繊維製の球状濾材によりアオコなど藻類やSS分を物理的に濾過する。システムは、図-6に示すフローに従って運転される。濾過の目詰り時は、自動感知し自

図-5 光酸化分解浄化システム構成図

図-6 システムフロー図

動洗浄される。この時、濾過材により紫外線ランプ保護管の汚れが自動清掃され、常に水への紫外線照射は正常に維持される。従って浄化システムは、メンテナンスの省力化にも大きな特長がある。

4. 浄化システムの実施例

この浄化システムの実施例を紹介する。

(1)実施例 1

水量3,000 m^3 の某公園池（横浜市）において、200W紫外線ランプ20灯による水質浄化の結果を図-8に示す。

(2)実施例 2

水量500 m^3 の某資料館の庭園池（横浜市）において、65W紫外線ランプ12灯を装備した地下式浄化システムを景観を考慮して配置した。図-9を参照。浄化効果を図-10に示す。

図-7 某公園池（横浜市）の概要

図-8 某公園池の水質の変化 (1989年6月1日~30日)

図-9 某資料館の庭園池（横浜市）の概要

図-10 某資料館の庭園池（横浜市）の水質浄化

5. 考 察

例示した如く、紫外線によるアオコの殺藻やCODの低減は、紫外線とオゾンが直接的に作用した結果であると考えられる。また、アオコなど浮遊藻類の低減と共に超急速濾過によるSSの低減により水の透視度が急速に向上している。さらにBODやT-Nの低下改善効果は、この浄化システムの稼働により水質浄化が進行するにつれて、水中への日光の浸透や好気的環境が整い、各種浄化バクテリアや底面への着生藻類の定着により池の自浄作用が回復してきた結果と推察される。この紫外線・オゾン浄化システムは、残留性がないため水中の生物に全く悪影響を与えることなく、実際に水草などの水生植物や魚などの水棲動物に枯渇やへい死などの現象はなかった。

表4は、各実施例の運転設定例であるが、この設備は電氣的に制御が可能であることから、浄化の進行に合わせてシステムの運転時間や運転期間または運転ランプ数などの設定条件を適宜、手動または自動的に変更することができる。さらに、このシステムの濾過装置は、砂濾過の約10倍の濾過速度があるため紫外線・オゾン処理を効果的に設定することによって、砂濾過や生物濾過に比べて、より上位の効果をより継続的に省スペースで行うことができる。従って、この浄化シ

表4 浄化システム概要

実施例	水 量 m ³	ランプ数 本	運転時間 hr	使用電力 KWh/h	設置面積 m ²
1	3,000	200W×20	24	18.7	20
2	500	65W×12	12	5	9

ステムは、とりわけ都市型浄化システムとして利用価値が高いと考えている。

6. 結 言

湖沼や池の水環境改善の方策として、紫外線とオゾンの化学的・物理的作用を応用した新しい光酸化分解法の実用例を示した。このシステムは、砂濾過や生物濾過などの濾過法に比較して、より直接的にアオコなどの藻類や有機成分などの処理対象物に作用する特長がある。この様に汚染物質を低減させることにより、本来の自然の自浄作用の回復が図られる。さらに、このシステムは、電氣的制御が容易であるため、装置の操作性および継続的に安定した処理が可能になることから他の浄化法に比較して省エネルギー的で省スペース的になり得る。

紫外線・オゾンによる湖沼や池水の水質浄化は、有用性は高く、また、電力の社会的貢献の一端として今後ますます利用されることを確信している。

参 考 文 献

- 1) 近藤宗平：“分子放射線生物学”，学会出版センター，P.75，（'84）
- 2) 野津敬一：“紫外線の生物作用”，共立出版社，P.13，（'75）
- 3) 宗宮 功：“オゾン利用の新技术”，三秀書房，P.209-211，（'86）
- 4) 森口政明ほか：“殺菌ランプの殺菌特性と使用法”，防菌防黴，Vol.19，No.10，P.534，（'91）
- 5) 川端俊治ほか：“殺菌灯による水の消毒”，照明学会誌，Vol.36，No.3，P.89-96，（'52）
- 6) 錦織宏介：“新分野ーオゾンによる池の水の浄化”，オゾン利用の新技术（三秀書房），P.615，（'93）
- 7) 錦織宏介ほか：“光酸化分解法による湖沼や池の浄化システム”，用水と廃水，Vol.33，No.11，P.898，（'91）

水質環境の概説

編 者 宇 野 源 太
(大阪工業大学教授)

A 5 判 145頁

定 価 1,700円（送料350円）

☆ 水環境保全の大切さの認識を深めるため、水についての基本的知識、事例、更に最近の技術動向までわかりやすく記述されています。

☆ 環境問題の教科書として、また、今後水質環境の分野で活躍しようとする人の手頃な参考書として応用できます。

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