

オゾンを用いた廃液処理実験装置とその応用例

キーワード：オゾン、廃液処理、脱色、染色排水、促進酸化

概要

地球環境問題が大きく取り上げられている今日、廃水処理および廃棄物処理に関する問題は、産業界にとって非常に重要になっています。さらに国内における排出規制だけでなく、ISO14000の認証を取得するためにも、廃水および廃棄物の削減とともに、発生源における高効率かつ低コストな処理方法の確立が求められています。オゾンは残留性がないため、製紙、畜産業界、食品業界や上下水道など多くの業種で利用されています。またオゾンの酸化分解能力はフッ素に次いで強く、そのため廃水処理だけでなく金属等の表面処理や半導体製造工程への導入など、多くの分野においてオゾン利用が注目されています。さらに近年、酸素発生装置の普及により酸素を原料ガスとした高濃度オゾン発生機が多く用いられるようになってきています。高濃度のオゾンを用いることにより処理対象物質を希釈することなく酸化分解することが可能となり、処理装置の小型化が図れます。またオゾンと紫外線・過酸化水素等を併用してオゾンよりもさらに酸化力の強いヒドロキシラジカルを発生させる促進酸化処理(AOP)も注目されており、ダイオキシン分解への利用等が研究されています。

そこで当研究所に新設したオゾンを用いた廃水処理装置を紹介するとともに脱色試験結果を報告します。



図1 オゾン発生ユニット

当研究所のオゾンを用いた廃水処理装置

このシステムはオゾン発生ユニット(図1)と廃水処理ユニット(図2)、および分析機器より構成されています。

オゾン発生機は酸素発生装置から供給される酸素ガスを原料として最高で $200\text{g}/\text{m}^3_{\text{N}}$ (流量 $2\text{L}/\text{min}$)の高濃度オゾンの発生が可能です。オゾンによる廃液処理試験は対向流散気方式の気泡塔で行い、循環処理試験及びバッチ試験が可能です。また促進酸化処理(AOP)を行うため紫外線照射塔および超音波槽を併設しています。発生オゾンおよび処理で利用されなかった余剰のオゾンは、それぞれオゾンモニタで濃度を測定し、余剰のオゾンはオゾン分解塔で分解されて系外に排出されます。分解状況および分解生成物を評価するため、紫外可視分光光度計、BOD計、COD計、DO計を併設しています。さらに分解生成物の分子量分布等を評価するレーザーイオン化飛行時間型質量分析装置、促進酸化処理(AOP)に関するヒドロキシラジカルを測定するラジカルモニタも設置しています。



図2 廃水処理ユニット

オゾンによる脱色試験

着色排水は含有する有害物質の問題だけでなく視覚的に汚濁感を与えるため、和歌山市、川崎市のように排水の着色を条例で規制する地域も増えてきています。そこで、オゾンを用いた染色排水処理に注目して、染料単体のオゾン分解性を検討するため模擬排水を用いて脱色試験を行いました。

(1) 実験に用いた染料

脱色試験用染料として、染料の消費量が多く、また吸尽率が低く排水に残存する割合が高い反応性染料に注目して、ビニルスルホン系染料4種類(カーインデックスナンバー: C.I.Reactive: Blue 38、Blue 77、Yellow 15、Red 106)、トリアジン系染料2種類(C.I.Reactive: Red 183、Blue 41)を試験に供しました。

(2) オゾン処理実験条件

染料をイオン交換水で希釈して50ppmに調製した模擬染色排水を500mlの散気管式反応容器に入れてオゾンによる脱色試験を行いました(図3)。オゾン濃度は20mg/L、流量は0.2L/minです。各試料の吸光度を紫外可視分光光度計で測定し、その最大吸収波長の吸光度の変化から脱色率を求めました。

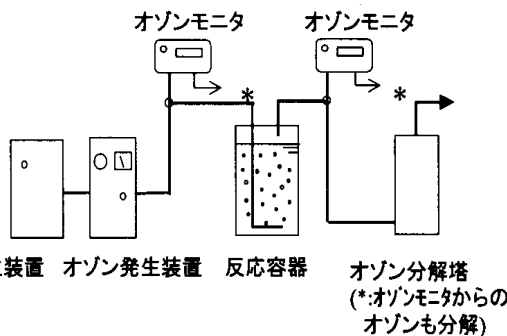


図3 オゾンによる脱色試験のフロー図

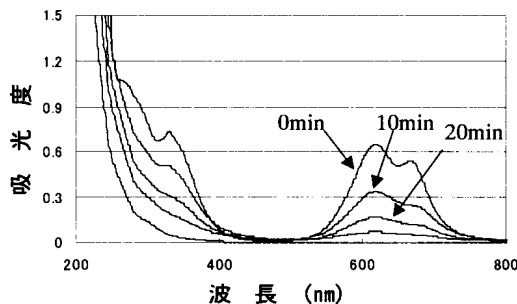


図4 吸光度の変化(トリアジン系染料: Blue41)

結果と考察

各模擬排水ともオゾン処理開始後、時間が経つにつれ脱色が進みましたが、脱色に要する時間は異なっています。脱色が容易に進んだビニルスルホン系染料(C.I.Yellow 15)は、10分で目視では色がわからないほど脱色が進みました(オゾン投入量40mg)。図4は今回試験した染料の中で脱色しにくかったトリアジン系染料(C.I.Blue41)の吸光度変化であり、目視で色がわからなくなるまでに45分要しました(オゾン投入量180mg)。各染料の脱色率が50%になるまでに要する時間は最小で5分、最大で10分程度必要であり、染料により異なっています。表1に脱色試験結果の一部を示します。一般に反応性染料のCODは低く、今回実験で用いた模擬排水では最小でビニルスルホン系染料(C.I.Blue 38)の6.2mg/L、最大でトリアジン系染料(C.I.Red 183)の28.2mg/Lでした。脱色試験後、CODは初期値の半分程度まで減少しました。また模擬排水のpHは6前後でしたが脱色試験後には3.4程度まで低下しており、この原因は分解により有機酸が生成したためと考えられます。一般に染料の発色団はアゾもしくはアントキノ構造であるものが多いが詳細な構造は公表されていないものが多く分解生成物について検討が必要です。

今後、染料の分解生成物および染色工程で利用されるのり剤や還元剤等の分解性を調べるとともに、促進酸化処理も含んだ効率的な実排水の処理技術確立に向けて取り組んでいく予定です。

表1 脱色試験結果

染料		0min	10min	20min	30min	40min
ビニルスルホン系染料 Yellow15 (416nm)	吸光度	0.8895	0.0219	-0.0079	-0.0082	-
	脱色率(%)	0	97.5	100	100	-
	COD(mg/L)	12.8	-	-	4.3	-
	pH	5.56	3.65	3.39	3.41	-
染料		0min	10min	20min	30min	40min
トリアジン系染料 Red 183 (503nm)	吸光度	1.2118	0.245	0.0336	0.0009	-0.0029
	脱色率(%)	0	79.8	97.2	99.9	100
	COD(mg/L)	28.2	-	-	-	14.6
	pH	5.80	3.77	3.52	3.43	3.37
染料		0min	10min	20min	30min	45min
トリアジン系染料 Blue 41 (619nm)	吸光度	0.6476	0.338	0.1665	0.0684	0.0018
	脱色率(%)	0	47.8	74.3	89.4	99.7
	COD(mg/L)	14.4	-	-	-	8.5
	pH	5.40	-	-	-	3.45