

1 新技術情報 その1

堆肥化施設における低コスト脱臭システムの開発

株式会社ブイエムシー 応用技術研究室 主任研究員 塩田剛太郎

はじめに

オゾンは、成層圏にあるオゾン層が人類を紫外線から守る役目をしており、この減少によるオゾンホールが問題となっているほど、もともと生物には欠かせない物質である。オゾン O_3 は、酸素 O_2 の同素体で、分解後酸素に戻るといった特性を持っており、残留性の心配がない。合わせて、オゾンはフッ素に次ぐ酸化力を持っており、その強力な酸化力から殺菌、脱臭、脱色等に利用されている。ただ、オゾンは意外に正確な認知をされておらず、まだまだその特長を十分発揮しているとは言えない。弊社では地球環境への調和を目的とし、昭和48年から一貫してオゾンに関する研究開発を行ってきた。特に、従来のオゾン発生技術では現場レベルで使用する際の問題があった点を解決した直接電解方式オゾン水を開発し、食品、医療をはじめ様々な用途でご利用いただいている。その技術を基に新しいオゾン水脱臭システムを開発したので、ここに紹介する。

【オゾン水の生成方法】

- 1) オゾンガス溶解方式
- 2) 直接電解方式

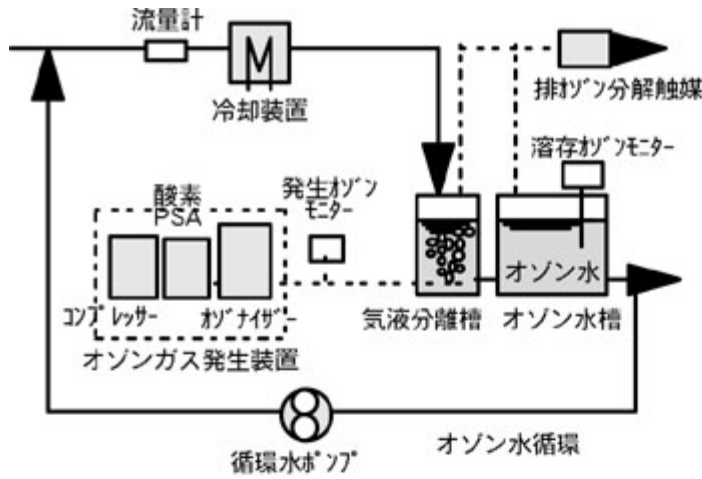
1) ガス溶解方式

最近まで、オゾン水はすべてオゾンガスを種々の手段を講じて水に溶解させる方法が取られてきたが、オゾンは難溶解性のガスであるために、なかなかうまく溶けてくれない。このため、一部の機種を除いて多くは1mg/L未満という低濃度しか生成出来ない。高濃度のオゾン水を得ようとする、循環させたり、オゾンガスを微細気泡にする、溶解させる水温を下げしておくなど種々の工夫が必要となる。また、構成要素が複雑で畜産環境における使用では装置が故障することも少なくない。

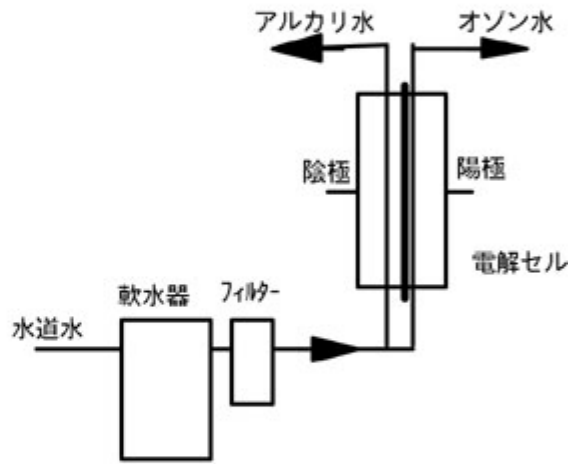
2) 直接電解方式

従来電解オゾンと言え、二酸化鉛を用いて純水を電解し、一旦オゾンガスを製造して、その後何らかの方法で水溶させるものであった。それに対して直接電解方式は、水道水レベルの原料水に隔膜を介して陽極、陰極の貴金属電極に直流電圧を印加しオゾン水を生成する。

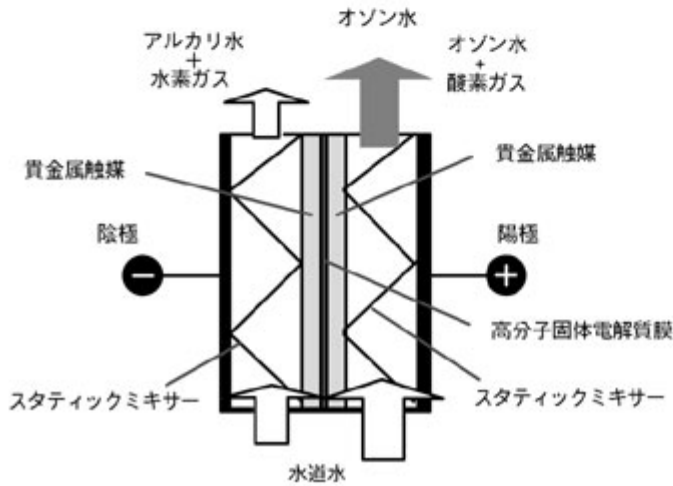
この様にして出来たオゾンは局所的には低濃度であるが、流路内で金網とグレーチングの積層効果で生成する局所的な過流によりオゾンが流水中に掃引されて瞬時に溶解し、セル出口では高濃度のオゾン水となる。



ガス溶解式オゾン水生成装置のフロー例



直接電解式オゾン水生成装置のフロー



オゾン水生成部（電解セル）の構成

従来法と直接電解方式の比較

	(ガス溶解方式)従来法	直接電解方式
方式	ガスを細かい気泡にして水中に溶解させる	水道水を連続して直接オゾン化

供給	連続、またはバッチ	起動停止が容易(連携運転可能)、連続
オゾン水濃度	3ppm程度(1ppm以下も多い) 水温依存が大きい	10~15ppm 水温依存が少ない
濃度制御・管理	注入ガス濃度で制御するため応答が遅く、制御範囲が非常に狭い	投入電氣量を制御するため広範囲に任意の濃度設定が可能
安全性	高濃度ガスを取り扱う。未溶解ガスが多い。 高濃度オゾンガスが洩れたら危険である。	高濃度ガスは使わない。未溶解ガスが少ない。高電圧部がない。
システム	複雑	シンプル

【従来のオゾン脱臭法の問題点】

現在まで、堆肥化施設でも様々なオゾン脱臭が試みられているが、なかなか所定の効果を上げるには至らぬ場合が多い。その問題点は以下の通りである。

- ・乾式オゾン脱臭では、含硫黄化合物の臭気は反応するがアンモニアを捕集することが難しい。
- ・湿式オゾン脱臭では、運転初期はアンモニアを水溶することはできるが、アンモニアとオゾンはほとんど反応しないため、すぐに飽和してしまう。よって新水を多量に必要とするが、そのまま排水できないため、更に多額の費用をかける排水処理施設を必要とし、あまりコストをかけられない実情に合わない。また高濃度のオゾンガス気散の問題があり、何らかの処理を要する。

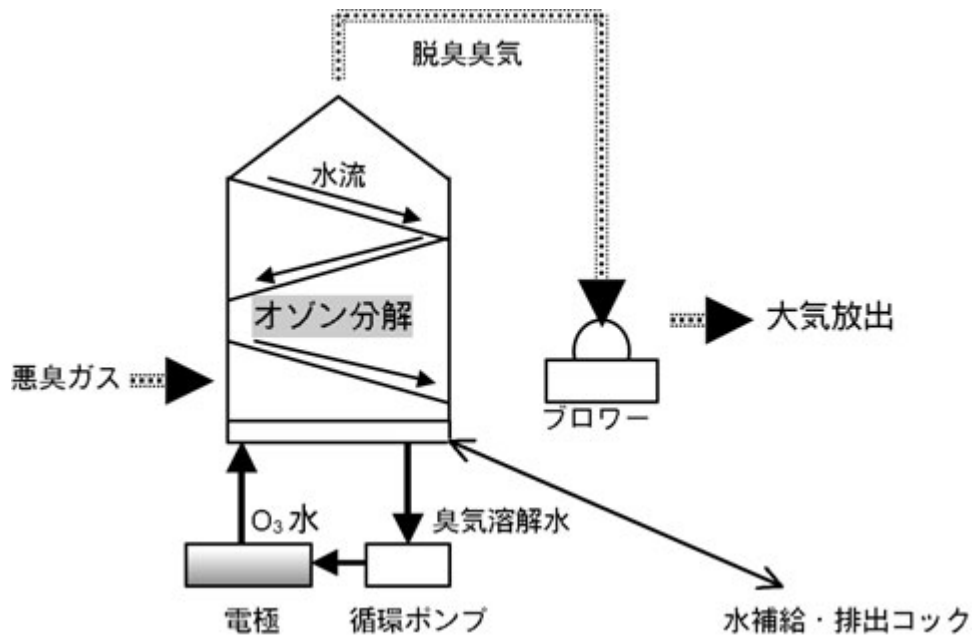
【直接電解方式オゾン脱臭の特長】

- ・直接電解方式オゾン脱臭は、電極により生成したオゾン水を脱臭スクラバー内に循環させ、水溶したアンモニアをオゾン+電極の反応により促進酸化し循環水中のアンモニア濃度を低く維持することに成功した。また、装置がコンパクトかつ高効率のため、従来の装置に比べて低コスト化に成功した。

【各種臭気物質とオゾンの反応例】

悪臭物質	反応式
アンモニア	$2\text{NH}_3 + \text{O}_3 + \text{電極反応} \rightarrow \text{N}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$
トリメチルアミン	$3(\text{CH}_3)\text{N} + \text{O}_3 \rightarrow 3(\text{CH}_3)_3\text{NO}$
硫化水素	$3\text{H}_2\text{S} + 4\text{O}_3 \rightarrow 3\text{H}_2\text{SO}_4$
	$3\text{H}_2\text{S} + \text{O}_3 \rightarrow 3\text{S} + \text{H}_2\text{O}$
	$\text{H}_2\text{S} + \text{O}_3 \rightarrow \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
メチルメルカプタン	$\text{CH}_3\text{SH} + \text{O}_3 \rightarrow \text{CH}_3\text{SO}_3\text{H}$
	$\text{CH}_3\text{SH} + \text{O}_3 \rightarrow \text{CH}_3\text{OH} + \text{SO}_2$
	$2\text{CH}_3\text{SH} + \text{O}_3 \rightarrow (\text{CH}_3)_2\text{S}_2\text{O}_5 + \text{H}_2\text{O}$
硫化メチル	$3(\text{CH}_3)_2\text{S} + \text{O}_3 \rightarrow (\text{CH}_3)_2\text{SO}$
	$(\text{CH}_3)_2\text{S} + \text{O}_3 \rightarrow (\text{CH}_3)_2\text{SO}_3$
二硫化メチル	$2(\text{CH}_3)_2\text{S} + \text{H}_2\text{O} + \text{O}_3 \rightarrow 2\text{CH}_3\text{SO}_3\text{H}$
	$3(\text{CH}_3)_2\text{S}_2 + 5\text{O}_3 \rightarrow 3(\text{CH}_3)_2\text{S}_2\text{O}_5$

【システムフロー図】



【脱臭効果実例】

脱臭システムの開発にあたり、堆肥化施設の中でも特にアンモニア臭気が高いと言われている鶏糞処理施設を対象に以下の実証試験を行った。また、アンモニアは比重が軽いいため数km先まで飛散することもあり注意が必要である。

対象：鶏糞処理施設(10万羽)、脱臭容積500m³

装置仕様：風量毎分80m³×850Pa、換気量毎時8回転想定、循環水量毎分60L、タンク600L

堆肥化装置状態	切り返し停時		切り返し稼動時1		切り返し稼動時2	
脱臭装置	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON
ダクト入口	100	100	50	60	200	200
排出口	100	5	50	2	180	10
排出口1m	60	0.5	10	0.2	100	2
排出口5m	20	0.1	5	-	30	0.5
排出口10m	5	-	2	-	10	-
* OFF：本体水循環、オゾン水共に稼動せず ON：本体水循環、オゾン水共に稼動 アンモニア濃度は検知管にて測定						

【ランニングコスト試算】

風量80m³/分の場合

トータル消費電力 約6kW(送風機3.7kW、循環ポンプ0.8kW、オゾン発生ユニット1.5kW)

電力15円/kWhとすると電気代は月約6万円、年間77万円

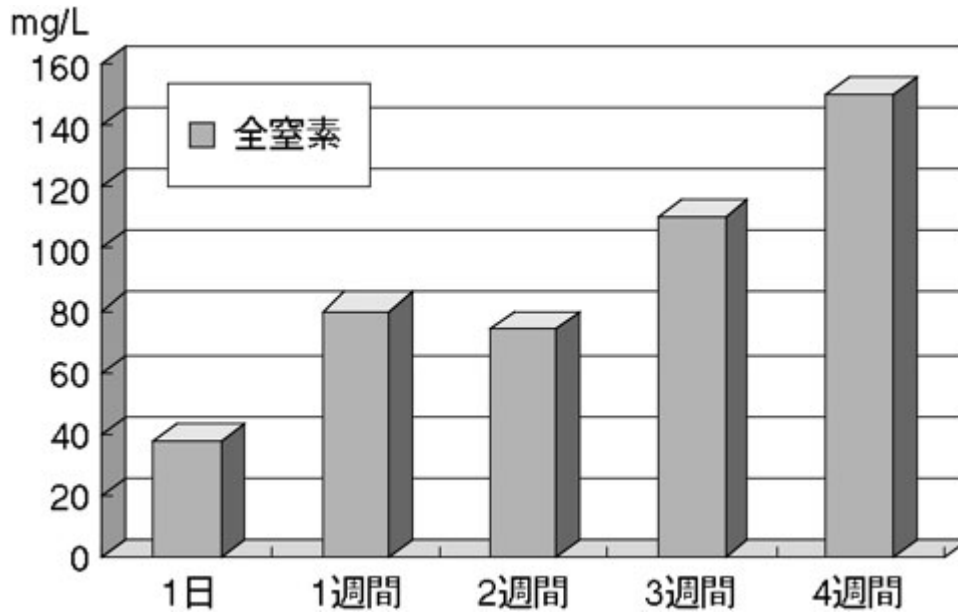
送風機を除くと、月約3万円、年間36万円

諸経費(電極保守点検等)年間約60万円

計 年間約140万円

【循環水中の窒素濃度推移】

脱臭システム内における全窒素濃度の推移を以下に示す。ほぼ1ヵ月間窒素濃度が低く維持されたため、その間無排水にて運転することができた。また、更に電極の能力を増強すればより長期間効果を持続させることが可能である。この点については設置条件とコスト的な背景との兼ね合いで調整する。



【作業衛生環境中でのオゾンガス気散】

オゾンの利用で注意が必要なのは、環境中のオゾンガス濃度である。法的な規制は特にはないが、作業衛生環境基準の推奨値として、1日8時間、週40時間労働でオゾンガス濃度の平均値0.1ppmを超えないことが目安である。よってオゾンガスは無人使用を行っており、オゾン水はオゾンガス濃度が高くならないような利用が必要である。直接電解方式のオゾン水はオゾンガスの気散が弱いいため、使いやすい。実際に脱臭システムを設置した場合のオゾンガス濃度の測定結果を以下に示す。ほとんどオゾンガスが気散しておらず、安全であることが確認できた。

試験1 環境中オゾンガス気散濃度測定 (電流9A時)	
オゾンガス濃度	
採取位置	
脱臭装置排出口	0.1
排出口から1m地点	0.02
排出口から5m地点	—
排出口から10m地点	—
試験2 環境中オゾンガス気散濃度測定 (電流15A時)	
脱臭装置排出口	0.05
排出口から1m地点	0.02
排出口から5m地点	—
排出口から10m地点	—

今後の展望

オゾンに対しては、正確な認識が乏しいケースがまだまだ多い。ただ、もともと天然に存在し、分解後酸素に戻ると言う非常に特長のある点は、もっと様々な用途に利用できるはずである。現在

問題になっているアンモニアに対する効果、安全性、コストが本法により解決されたため、今後想定される窒素排出規制等の排水規制強化へ対応し、そのことが畜産経営が直面する問題への解決策となるであろう。