



Title	下水処理場水処理系臭気に対するプラズマ脱臭装置の適用
Author(s)	宮澤, 裕三; 上野, 孝司; 前田, 洋輔 他
Description	第9回衛生工学シンポジウム (平成13年11月1日 (木) -2日 (金) 北海道大学学術交流会館) . 7 水処理 . 7-6
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 9, 332-336
Issue Date	2001-11-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/7197
Type	departmental bulletin paper
File Information	9-7-6_p332-336.pdf



下水処理場水処理系臭気に対するプラズマ脱臭装置の適用

東京都下水道局 宮澤裕三、上野孝司
(株) タクマ 前田洋輔、藤平弘樹
宍田健一、藤田雅人、○中西英夫

1. はじめに

下水道施設の臭気対策は、周辺住民の良好な住環境の確保や維持管理従事者の作業環境改善の観点から、下水道事業にとって無くてはならないものになっている。しかし、従来の臭気対策法は維持管理コストや管理面の煩雑さ等の課題があり、より低コストで維持管理が容易な、環境に優しい新しい脱臭法が強く求められていた。

本報告はこれらの課題を解決し、より効率的かつ安価に臭気処理ができるシステムの開発を目的として、プラズマ脱臭法の下水処理場水処理系臭気ガスへの適用性について検討したものである。具体的には、実際の下水処理場水処理系臭気ガスを用いてプラズマ脱臭法の処理性能について検討し、さらに模擬ガスの処理における放電の影響を臭気物質の触媒への吸着について検討した。

2. 実験概要

(1) 実験装置

実験装置のフローシートを図-1に示す。実験装置は東京都下水道局葛西処理場内に設置し、既設水処理系臭気ダクトから分岐して原臭気ガスを採取した。本装置は、ミストセパレータを経た後、沿面放電式の放電電極において放電処理を行い、

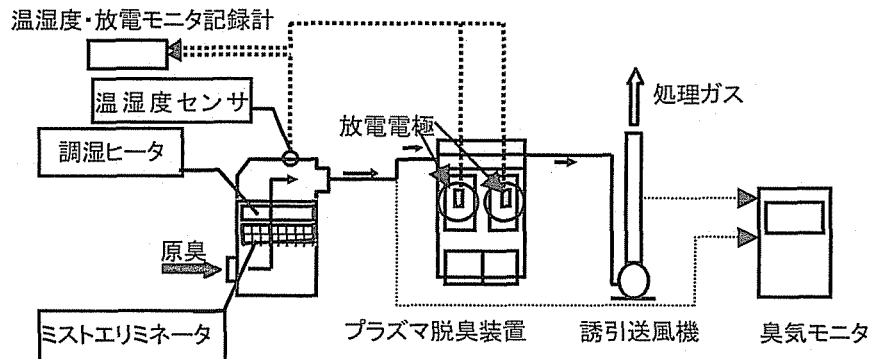


図-1 実験装置概略フロー図

その後触媒を通過させることによって脱臭処理を行う仕組みとなっている。触媒部分のSVが5,000/時と活性炭より大きくとれるため、設備をコンパクトにすることが可能となる。

原臭気の温湿度は温湿度センサーによって、また放電電極の放電状況は放電モニタによって常時監視した。さらに、原臭気およびプラズマ脱臭装置出口の臭気濃度を、半導体式臭気モニタによって連続記録した。

(2) 実験条件

処理風量は1,000m³/h および 2,000m³/h の場合について行った。また、放電部の消費電力は、放電電極あたり約 200W、合計約 400W とした。すなわち、風量あたりの消費電力は、1,000m³/h の場合 0.4 Wh/m³、2,000m³/h の場合 0.2 Wh/m³ である。

(3) 分析方法

臭気分析は、以下の項目について行った。

① 臭気物質濃度

アンモニア、メチルメルカプタン、硫化水素、硫化メチル、二硫化メチル

(環境庁告示悪臭物質の測定方法：冷凍濃縮管で捕集後、FPDを検出器とするGC分析)

② 臭気濃度：(東京都告示による悪臭の検定方法：三点比較式におい袋法)

③ 放電処理副生成物の同定：冷凍濃縮管で捕集後、GC-MSにより分析

3. 実験結果および考察

(1) 原臭気の特徴

各臭気物質の検出濃度の範囲、および臭気濃度の範囲を表-1に示す。原臭気に含まれる臭気物質を分析した結果、検出されたのは硫化水素、メチルメルカプタン、硫化メチル、二硫化メチル、アセトアルデヒドであり、その他の臭気物質は検出限界以下であった。これらのうち閾希釈倍数(臭気物質濃度/嗅覚閾値)が高かったのは、硫化水素、メチルメルカプタンであり、これらが臭気的主要原因になっていると考えられた。

また、臭気モニタの値と臭気濃度の実測値の関係を図-2に示す。放電脱臭出口は臭気モニタ値との相関はほとんど認められないが、原臭気はある程度相関があった。なお、臭気モニタの連続結果からは水処理系といえども原臭気濃度は最大で10,000になる場合もあることが判明している。

(2) プラズマ脱臭装置の処理性能

臭気の処理状況を図-3に示す。処理風量を1,000 m³/hで調査した期間においては、原臭気の臭気濃度が310~4,100の範囲内であり、放電脱臭装置出口の臭気濃度は31~230で良好に処理されていることが認められた。また、処理風量2,000 m³/hまで増加させた期間においては、原臭気の臭気濃度が31~5,500に対し、放電脱臭装置出口の臭気濃度は17~310であった。臭気濃度低減率に換算すると、1,000 m³/hの場合が86.8~97.6%、処理風量2,000 m³/hの場合が86.5~97.6%と処理風量あたりの消費電力を半減させても大差なく、原臭気の臭気濃度が5,000程度の場合、0.2 Wh/m³のわずかな放電電力で処理ガスの臭気濃度を300(東京都公害防止条例の排出口規制値)程度まで低減可能であると判断した。

(3) 放電処理副生成物

放電による脱臭は、臭気物質の酸化分解反応が主であると考えられ、臭気ガスに含まれる悪臭物質やその他の有機物が酸化されて副生成物ができる可能性がある。この副生成物の評

表-1 原臭の各臭気物質濃度および臭気濃度

	臭気物質濃度 (ppm)	閾希釈倍数 (-)
硫化水素	0.001~1.3	2~3,200
メチルメルカプタン	0.004~0.59	57~8,400
硫化メチル	0.002~0.051	<1~17
二硫化メチル	<0.001~0.012	<1~5
アセトアルデヒド	<0.001~0.021	<1~14
臭気濃度	-	41~5,500

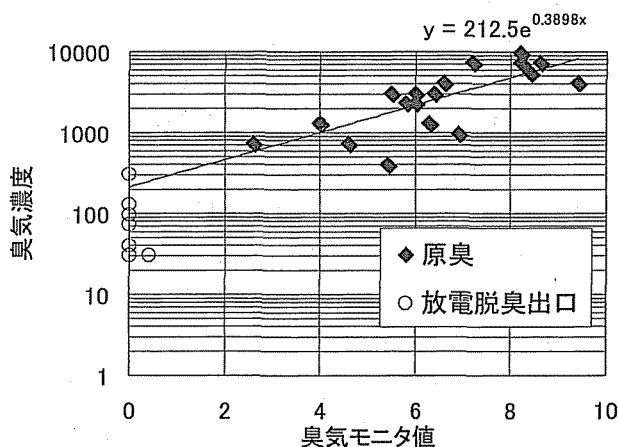


図-2 臭気濃度と臭気モニタ値の関係

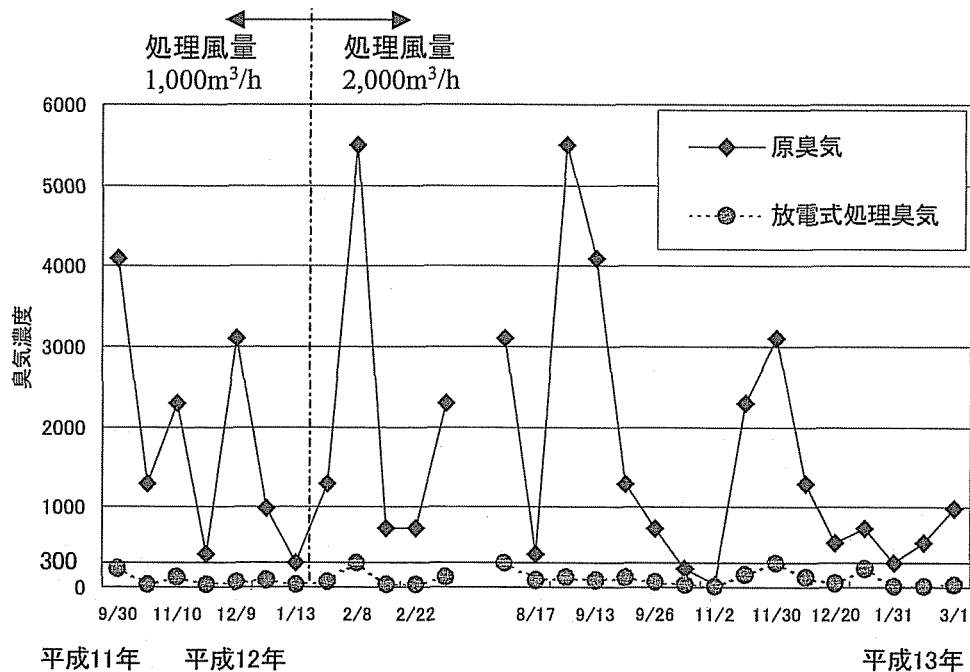


図-3 臭気処理状況

価を目的として、本装置処理前後のガスを GC-MS によって分析した。

分析結果の一例を図-4に示す。トルエン（ピークA）、エチルベンゼン（ピークB）などが若干増加している結果となったが、顕著に増加している物質は検出されなかった。また、トルエンの出口濃度は最大で $170 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.04ppm) であり、臭気・毒性の両面で問題のない範囲と考えられた。

また、他の分析結果ではトルエン、エチルベンゼンなどがプラズマ脱臭装置出口で原臭気よりも低下している場合もある。したがって、これらの物質は触媒への吸脱着による時間遅れのために入口・出口ガスに濃度差が発生したものであり、処理過程において生成したものではないと考えられる。

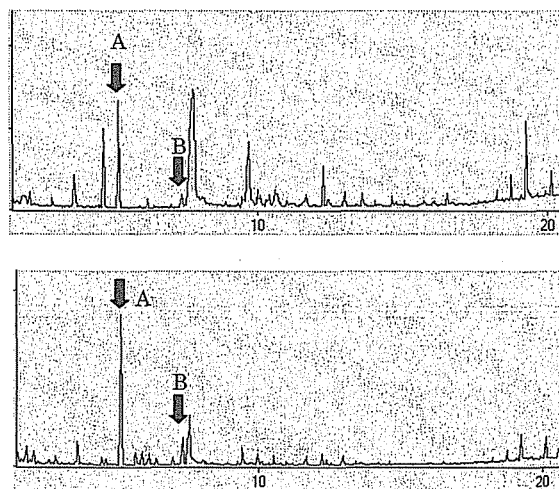


図-4 GC-MS 分析のクロマトグラム（一例）
上段；プラズマ脱臭装置入口ガス
下段；プラズマ脱臭装置出口ガス

4. 放電の触媒効果に与える影響

プラズマ脱臭装置の仕組みは、次のように推測される。まず放電によって臭気成分の一部が分解される。一方、未分解の臭気成分等が触媒に到達し、一旦吸着される。次に触媒上で、放電に伴って発生したラジカルや微量のオゾンと未分解の臭気成分が反応し減少するため、臭気成分の吸着性能が回復する。これを繰り返すことにより、長期で連続的に良好な臭気処理が可能になる。以下に、本仮説を裏付けるべく実験を行った。

(1) 実験条件

前述の実験とは別に、プラズマ脱臭装置における放電の触媒に与える影響を試験室規模で実験的に検証した。実験装置のフローシートを図-5に示す。実験は、アンモニアガスをボ

ンベから実験装置へ一定量供給することによって行った。模擬ガスとしてアンモニアを用いたのは、オゾン等に比較的酸化されにくい臭気物質であると考えられるためである。

供給されたアンモニアガスは、ガス混合部で均一に攪拌された後に No.1 から No.3 の各フローに分岐される構造となっており、同時に3種類の実験を実施した。アンモニアガス濃度は、ガス混合部出口で 15 ppm となるように設定した。

放電部入口濃度の測定は測定点①で行い、各触媒出口濃度の測定は測定点⑤～⑦で行った。アンモニア濃度の測定には、ガス検知管（測定範囲 0.5～78ppm）を用いた。測定は各測定点において1時間ごとに行った。また、触媒は No.1～3 と同種の触媒（アルミナーシリカ系）を充填した。

実験は 4 日間放置時、および 1 回/日の電極洗浄時以外は、基本的に連続運転で行った。No.1～3 の実験条件は以下の通りである。

- No. 1 ; 放電有り 触媒部 LV=0.11 m/s
- No. 2 ; 放電有り 触媒部 LV=0.22 m/s
- No. 3 ; 放電無し

(2) 実験結果

実験結果を図-6 に示す。No.3（放電無し）では約 20 時間後から触媒部出口でアンモニアが検出され、処理時間の経過に伴って濃度が増加し、約 120 時間後には入口濃度とほぼ同量のアンモニアが検出された。これに対し、放電を行った No.1、2 では、触媒部出口のアンモニア濃度が顕著に増加することはなかった。

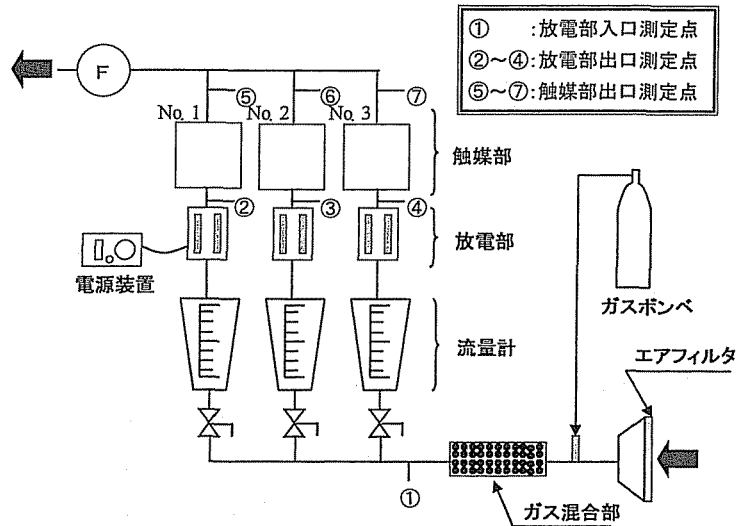


図-5 モデルガス実験概略フロー図

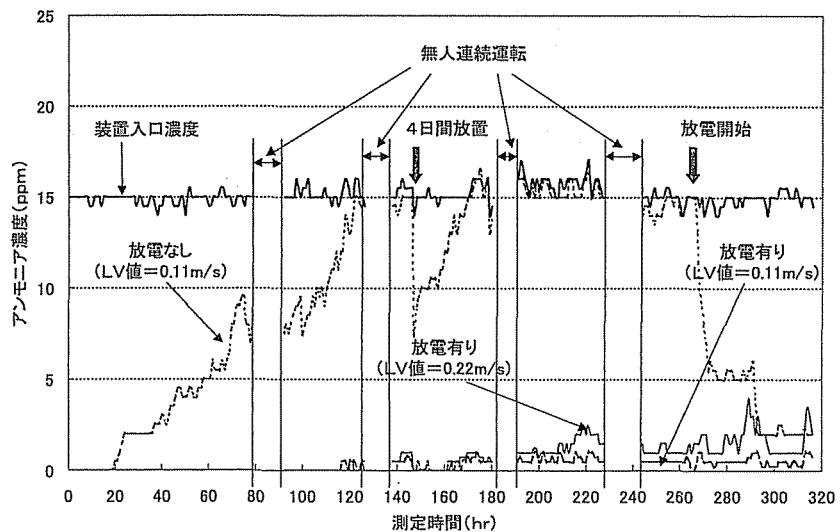


図-6 模擬ガス実験結果

これより、触媒のみによる処理では脱臭効果が持続せず、放電と触媒の両者が作用することによって高い脱臭効率が維持されることが確認された。

また、No.1 と No.2 は触媒の充填量を変更したものであるが、LV が小さいほど、すなわち触媒接触時間が長いほど処理効果が高いことが認められた。

さらに、No.3 において270時間後に放電を開始したところ、出口アンモニア濃度が漸次減少し、25 時間後には2 ppmとなった。このことから、触媒への臭気物質の吸着が飽和している状態でも、放電を行うことによって徐々に脱臭効果が復活することが示唆された。

(3) 考察

上記の No.3 において放電によって脱臭効果が復活したことは、触媒への未分解の臭気成分吸着が進み脱臭効果が低減した場合、ラジカルなどを過剰に発生させる放電を行い、触媒上で反応を促進させることで臭気成分吸着性能を回復させることが可能なことを示唆したものである。すなわち、本節最初の仮説が支持される内容であり、臭気物質のほとんど含まれていないガスを流通させて放電を行うことによって、脱臭効果を改善させることができると推測される。

5. まとめ

本調査では、下水処理場水処理系の臭気処理方法として、より効率的かつ安価に臭気処理ができるシステムの開発を目的に、実際の下水処理場水処理系臭気ガスおよび模擬ガスを用いて実験的に検討した。結果を要約すると、以下の通りである。

- 1) 処理対象臭気ガスの主原因は硫化水素およびメチルメルカプタンであり、臭気濃度の変動は実測値で 310~5,500、場合によっては臭気濃度が 10,000 になると想定された。
- 2) 原臭気ガスの臭気濃度が 5,000 程度の場合、0.2 Wh/m³ の放電消費電力で処理ガスの臭気濃度を 300 (東京都公害防止条例の排出口規制値) 程度まで低減可能であった。
- 3) 放電処理副生成物としてトルエンなどの濃度増加が認められたが、いずれも問題のない範囲であった。
- 4) アンモニアによる模擬ガス実験の結果、放電無しでは約 20 時間で触媒の吸着能が破過するが、その後放電を行うと出口アンモニア濃度が漸次減少した。このことから、触媒への臭気物質の吸着が飽和している状態でも、放電を行うことによって徐々に脱臭効果が復活することが示唆された。

今後は、設備費、維持管理費等について活性炭との比較を進めていきたい。

最後に、本調査を実施するにあたり、ご協力いただいた関係者各位に深く感謝いたします。