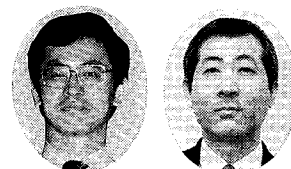


# 吸着材併用型生物脱臭装置による 下水処理場高濃度臭気の除去

## Removal of High Concentration Odor Generated from Sewage Treatment by Biological Deodorizing System with Adsorbents



技術開発本部 製品化技術室  
長谷川 進  
Susumu Hasegawa  
(環)環境装置部 計画第1課  
成田 哲雄  
Tetsuo Narita

B-DO System, developed by Shinko Pantec, is a biological deodorizing system using adsorbents as media for adhesion of microorganisms. The use of adsorbents allowed easy system start-up, eliminating complicated operations such as inoculation and acclimatization. This paper is the report on the first commercial operation of the system which was applied to the waste gas containing high concentration odor generated from sewage treatment plants. It has been successfully operating since May 1991.

Key words: biological deodorizing, adsorbents, odor, pH, Hydrogen sulfide.

### まえがき

下水道の普及に伴い、これまで分散していた下・排水、し尿が局所(処理場)に集約されるようになり、日常生活において、住民は、下・排水臭、し尿臭から解放されるようになった。しかし、一方で、それらが集約された下水処理場、し尿処理場は「臭いの宝庫」となり、臭気対策に追われる現状にある。1984年に建設省が全国の終末処理場を対象に実施した調査<sup>1)</sup>によると、環境悪化に関する苦情のうち悪臭に関する苦情が最も多く、苦情を受けたことのある処理場は調査対象526処理場の24%になるとされている。そのため73%の処理場で何らかの脱臭対策がとられているが、処理場周辺の宅地化の進行に伴い、今後、下水処理場の臭気対策は重要な問題になると考えられる。

現在、下水処理場での脱臭方式は、低濃度臭気に対しては吸着方式、比較的高濃度の臭気に対しては薬液(または水)洗浄方式と吸着方式(仕上げ処理)の組み合わせが多く採用され、両者で全体の70%以上を占めている。これら設備は原理的には高い脱臭効果を期待できるはずであるが、岩崎の調査<sup>2)</sup>によると必ずしもそうとは言えず、その原因として、岩崎は、洗浄法においてメンテナンスが不十分であったため脱臭効率の悪かった事例や、吸着法において吸着材が破過しても(運転経費の問題から)なお使用していた事例などをあげ、設備自体よりもむしろ、維持管理、経済面に問題があると指摘している。脱臭対策費が下水処理場全体処理費用の1~5%を占める<sup>3)</sup>実状からも、維持管理が容易でかつ運転費の安価な脱臭設備が切望されている。

近年、それら要望を満たす脱臭方式として、生物脱臭法が注目されるようになり、土壌脱臭法にはじまり、ここ数年間に各種の変法が開発され、一部実施される段階となっている。本稿では、生物付着担体として吸着材を用いる吸着材併用型生物脱臭法の下水処理場高濃度臭気への適用事例について報告する。

### 1. 吸着材併用型生物脱臭装置(B-DOシステム)の概要

吸着法は脱臭効率、維持管理性は良いが、吸着材交換経

費が高くつく、一方、土壌脱臭法は運転経費は安価であるが、脱臭効果が不安定で、維持管理も意外と面倒である。B-DOシステムはこれら両者の短所を補い、長所を生かした、維持管理が容易でかつ運転経費の安価な現場ニーズにマッチした生物脱臭法である。

本法において、悪臭ガスは微生物を着生させた特殊吸着材充填層中を下向流に通気され、悪臭成分を吸着材に吸着除去させ、処理ガスとして排出される(吸着脱臭)。吸着された悪臭成分は吸着材表面に着生する悪臭成分分解微生物(Thiobacillus属, Nitrosomonas属, Pseudomonas属等)により分解無臭化され(分解無臭化)、この時生じた代謝生成物は1日数回の散水により洗浄される(洗浄)。これら3つの過程を充填層内で並行して進行させることにより、悪臭成分は、物理学的+生物学的に効率よく分解除去され、吸着材も破過することなく半永久的使用が可能である。

### 2. B-DOシステムの特長

#### 1) 高速・高性能

悪臭成分は、吸着材により高速除去されるため処理速度が速い。0.1~0.2 m/sの通気速度においても、硫化水素、アンモニア、メチルメルカプタンについては、95%以上の除去が可能である。

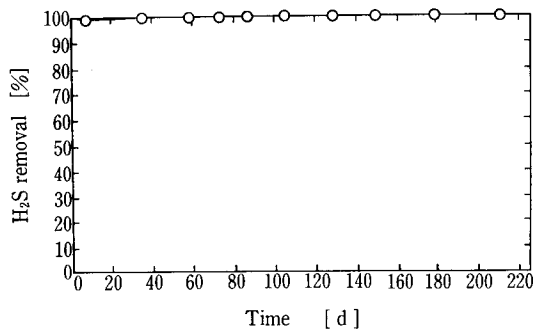
#### 2) 安価なランニングコスト

吸着された悪臭成分を微生物により分解無臭化するため運転費はほとんど不要で、吸引ファン動力費以外では、わずかに、1日数回の散水動力費のみである(脱臭設備排出口の規制値によっては後段吸着塔の吸着材を年1回程度取り替える必要がある)。

#### 3) 容易な維持管理

汚泥管理、pH調整を要しないため、維持管理が容易(メンテナンスフリー)である。

また、運転立ち上げ時、吸着材が破過するまでの期間を微生物の着生および馴養期間とできるため、特別な運転立ち上げ操作は不要である。第1図に第2図(a)に示す調整池臭気を処理した場合の運転立ち上げ時の硫化水素除去率の経日変化を示す。従来の生物脱臭法では予め汚泥の種付



第1図 運転立ち上げ時硫化水素処理成績  
Fig. 1 H<sub>2</sub>S removal at the first stage of operation

けをしても、馴養に時間を要し、その間、臭気が漏洩することになるが、本法では、汚泥の種付けをしなくても、運転初期は吸着材により脱臭され、吸着材が破過する頃には（散水に用いる二次処理水等からの）微生物の着生、馴養が終了し生物による脱臭に移行するため、特別な立ち上げ操作をしなくても、運転当初より高い除去率を維持できる。

#### 4) 負荷変動に強い。

吸着材表面に着生する微生物により吸着材表面は常に再生されているため、十分な処理効果が得られている条件下においては、吸着材にはかなりの未飽和部が存在すると考えられる。そのため、一時的に高濃度臭気が流入しても、臭気成分がそれら未飽和部に吸着され、即座に臭気が処理ガス中に漏洩することはない、負荷変動に対しかなりの緩衝作用を有することになる。（未飽和部に吸着された臭気成分は生物により徐々に分解され、流入負荷が正常値にもどると再び未飽和部が形成されるようになる。）

第2図(b)(c)に第2図(a)の臭気を処理した結果を示す。流入ガスの大きな濃度変動に対しても処理効果は安定しており、良好な成績を得ている。

#### 5) 省スペース

高速処理のため、設置面積が小さい。

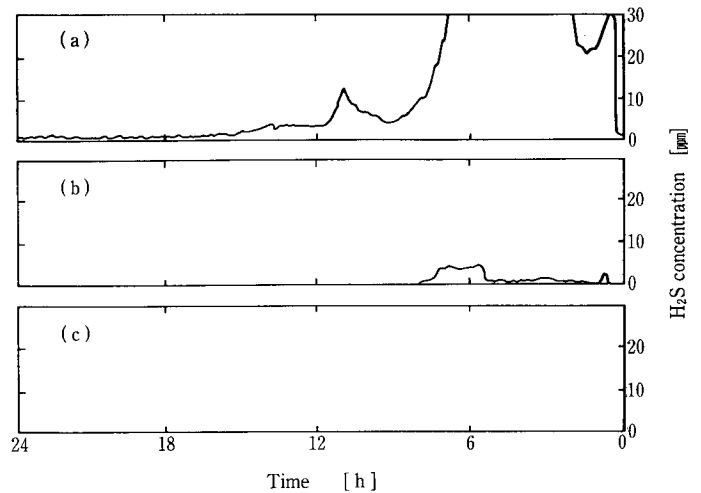
### 3. 実設備運転状況

流域下水道終末処理場沈砂池は、晴天時等流入水量低下時、下・排水の沈砂池滞留時間が長くなるため、滞留沈砂汚泥から比較的濃度の高い臭気が発生する。臭気の除去技術としては、活性炭吸着法が最も簡便で信頼性も高いが、このような高濃度臭気を除去する場合は、吸着材が早期に破過するため、吸着材の交換が頻繁になり運転経費が膨大になる。また、薬液洗浄方式を前処理設備として設けると、効果的ではあるが薬品の取り扱い、廃液処理等維持管理が煩雑になる。そこで、沈砂池臭気の脱臭前処理設備として、現在注目を集めている生物脱臭法の採用を検討し、平成3年5月より実負荷運転を行っている。

#### 3.1 設備の概要

##### 3.1.1 概要

- (1) 設置場所：印旛沼流域下水道花見川終末処理場
- (2) 対象ガス：沈砂池臭気
- (3) 稼動開始時期：平成3年5月より
- (4) 装置概要：概略フローを第3図に、写真1に装置全景および機器の概略を示す。



第2図 B-DOシステムによる硫化水素除去成績  
(a) 原臭ガス (b) 生物脱臭中段 (c) 生物脱臭出口  
接触時間5秒 (SV=720 h<sup>-1</sup>) 接触時間10秒 (SV=360 h<sup>-1</sup>)

#### Fig. 2 H<sub>2</sub>S removal by B-DO system

- (a) Waste gas (b) Gas of middle stage (c) Treatment gas  
contact time: 5 seconds contact time: 10 seconds  
(SV=720 h<sup>-1</sup>) (SV=360 h<sup>-1</sup>)

#### 3.1.2 運転条件

- (1) 処理風量：150 m<sup>3</sup>/min × 2 系列
- (2) 通気速度(LV)：0.1 m/s
- (3) 空間速度(SV)：225 h<sup>-1</sup>
- (4) 充填材：生物付着吸着材
- (5) 運転立上操作：なし

#### 3.1.3 処理目標値

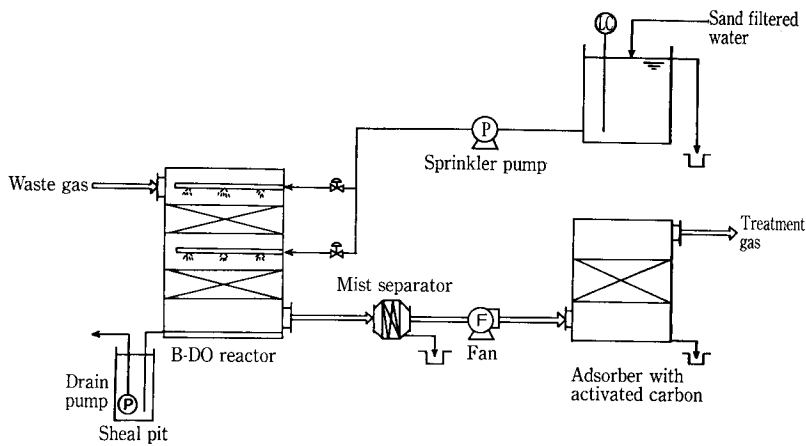
- (1) 生物脱臭塔出口における  
硫化水素除去率：99%以上  
メチルメルカプタン除去率：90%以上
- (2) 吸着塔出口における悪臭8物質濃度  
臭気強度 2.0 相当濃度以下
- (3) 敷地境界における臭気濃度：15以下

#### 3.2 運転成績

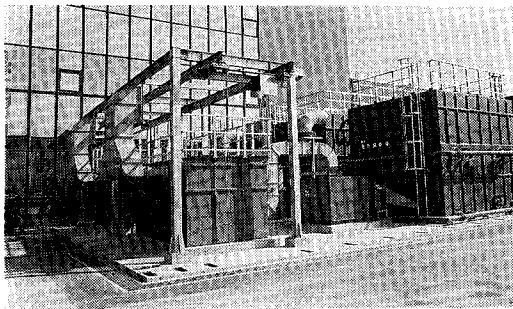
##### 3.2.1 排ガス中の臭気成分

排ガステック製硫化水素連続測定機により原臭および生物脱臭塔中段・出口の硫化水素濃度を測定した。チャートの一例を第4図に、チャートより読み取った原臭濃度の値を第1表に示す。運転開始当初より、上流側ポンプ場にて消臭用塩鉄（塩化第二鉄）を注入していたため、硫化水素原臭濃度は低い値となっている。それでも、夏季、気温の上昇とともに増加し、7月には5月と比較して2倍以上の負荷となった。9月2日、上流側ポンプ場の塩鉄注入を停止することにより、濃度が約10 ppm 上昇した。また、連続測定機チャートの読みと機器分析の比較から、チャート値がほぼ正確な値を示していることが確認された。（連続測定機の指示精度は、フルスケールの±10%）

悪臭8物質の測定結果の一例を第2表に示す。原臭中、硫黄系以外の臭気成分はいずれもガスクロマトグラフ検出下限値（臭気強度1.0相当濃度）以下であった。硫黄系臭気成分の中では、硫化水素とメチルメルカプタンの濃度が高く、沈砂池臭気の主要臭気成分はこの2物質と考えられた。また、両者の原臭濃度にある程度の相関が認められた。



第3図 実設備概略フロー  
Fig. 3 Flow sheet of a full-scale plant



Name	Form	Number	Specification	Remarks
B-DO reactor	Vertical 2 stage type	2	150 m <sup>3</sup> /min	made of FRP
Mist separator	Inertial collision type	2	150 m <sup>3</sup> /min	made of FRP
Suction fan	Turbo fan	2	150 m <sup>3</sup> /min×300 mmAq×15 kW	with soundproofing cover
Adsorber	2 phase cartridge type	2	150 m <sup>3</sup> /min	made of FRP
Sprinkler pump	Multistage pump	1	600 ℓ/min×21 mAq×5.5 kW	

写真1 装置全景および機器仕様  
Photo. 1 A panoramic photograph of B-DO system

(メチルメルカプタン=0.1×硫化水素) ことから、メチルメルカプタン原臭濃度も硫化水素原臭濃度と同様の変動(第4図参照)をしていると推察される。

### 3. 2. 2 運転処理特性

一般に、硫化水素分解細菌は低 pH 域でも活性を有する細菌が存在するが、他の硫黄系臭気成分分解細菌の生育 pH は中性付近とされている<sup>4)</sup>。従って、硫黄系臭気成分の全てを1塔で処理しようとする場合、充填層内 pH を生物活性の高い中性付近に維持しなければならない。そのため (pH 低下を防ぐため)、大量の二次処理水を散水し、その緩和能により pH を中和する必要がある。何れにしても、散水動力費あるいは薬品費が増大し、また、維持管理面に

おいても多少の煩雑さを生じる結果となる。そこで、本設備では、上段と下段を異なる pH 条件で運転し、上段を低 pH 条件で主として硫化水素を除去し (硫化水素酸化細菌の中にはメチルメルカプタン等も分解する細菌も存在する<sup>5)</sup> ため、メチルメルカプタン等もある程度除去される)、下段を中性付近 (上段で硫化水素のほとんどが除去されるため、下段の pH 低下はほとんどない) で他の硫黄系臭気成分を除去する1塔2層運転としている。具体的には、上

第2表 生物脱臭処理成績  
Table 2 Performance of B-DO system

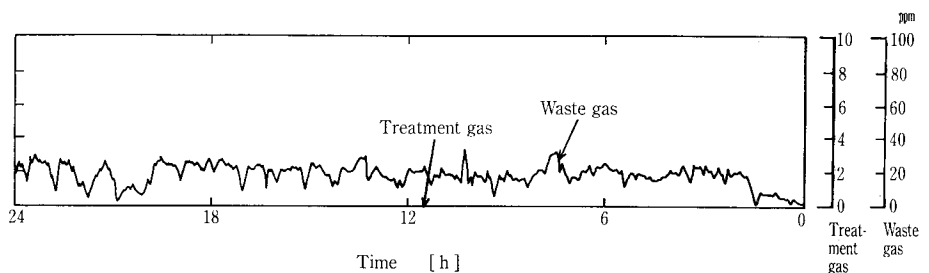
Odor components	Concentration of waste gas	B-DO reactor			Effluent of adsorber	Ditection limit
		Middle stage	Effluent	Removal		
Hydrogen sulfide	7.8	0.005 4	0.002 9	> 99.9	ND	0.000 5
Methyl mercaptan	0.89	0.13	0.015	98.3	ND	0.000 1
Dimethyl sulfide	0.046	0.025	0.003 3	92.8	ND	0.000 1
Dimethyl disulfide	0.008	0.003 4	0.001	87.5	ND	0.000 3
Ammonia	ND	—	—	—	ND	0.1
Acetaldehyde	ND	—	—	—	ND	0.002
Trimethylamin	ND	—	—	—	ND	0.000 1
Styrene	ND	—	—	—	ND	0.03

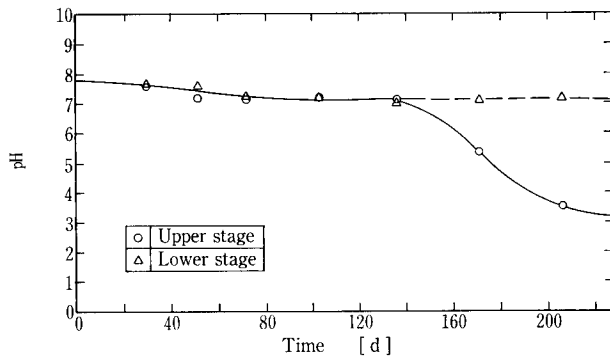
Unit: ppm  
ND: under ditection limit of gas chromatograph (Equal to 1.0 of odor intensity)

第1表 硫化水素月平均濃度  
Table 1 Monthly mean concentration of H<sub>2</sub>S  
Heisei 3 (Unit: ppm)

Month	Mean concentration ppm	Peak concentration ppm	measurement by gas analyzer		Remarks
			gas sensor ppm	gas chromatograph ppm	
May	5	13			
Jun.	5~10	27	5	6.2	
Jul.	10~15	32	15	19.0	
Aug.	5~10	20	5	5.1	
Sep.	15~20	32	7	7.8	Stop feeding FeCl <sub>3</sub>

第4図 硫化水素連続測定結果  
Fig. 4 Result of measuring H<sub>2</sub>S in waste gas



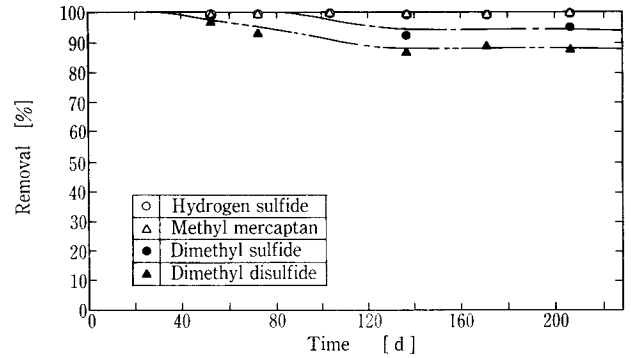


第5図 運転立ち上げ時処理特性  
Fig. 5 Performance of B-DO system at the first stage of operation

段と下段の間に水切りを設け上段散水ドレンが下段に流下しないよう計画されている。中間部に水切りを設けると、メンテナンスのためのスペースが必要となるため、塔高さが高くなるが、BD-Oシステムは接触時間が著しく小さいため、メンテナンススペースを見込んで塔高さは5m以下にできる。

第5図に運転立ち上げ時の上段および下段散水ドレンのpH変化を示す。充填材自体が弱アルカリ性であるため、運転当初、散水ドレンは弱アルカリ性を示すが、散水によりpHは徐々に中性付近になる。さらに、生物が着生し、生物による脱臭が活発になると、生物代謝生成物の硫酸イオン濃度が高まり、上段pHが3程度まで低下するようになる。硫化水素は上段でほとんど除去されるため、下段充填層pHはほとんど低下することなく、中性付近に維持されている。

上段表層細菌数の計数を行ったところ、一般細菌  $6.2 \times 10^6$  cells/g、硫黄酸化細菌  $2.3 \times 10^7$  cells/gであった。第6図に各臭気成分除去率の経日変化を示す。一般に、生物脱臭法では、運転立ち上げ時、生物が馴養されるまでは除去率が低く、馴養とともに徐々に上昇し、定常除去率で一定値になるが、本設備においては、生物の種付け、馴養操作を行っていないにもかかわらず、各臭気成分とも運転初期から高い除去率が維持されていた。これは、生物付着担体として吸着材を用いているため、運転初期は吸着材の吸着能により臭気成分が除去され、吸着材が破過するまでに微生物の着生および馴養が終了し、生物脱臭に移行したためと推察できる。硫化水素のように比較的容易に生物分解される臭気成分については運転当初よりほぼ完全に除去されている。一方、生物難分解物質である硫化メチルについては、吸着材の破過とともに除去率は徐々に低下し、生物再生速度とバランスするところで一定の値を示すようになった。各臭気成分の平均除去率は、運転期間中の容積負荷の範囲において、硫化水素、メチルメルカプタン、硫化メチル、二硫化メチルそれぞれ、99.9%、99%、96%、88%であった。



第6図 悪臭成分除去成績  
Fig. 6 Operating results of a full-scale plant

活性炭吸着塔後の処理成績は、悪臭8成分については、目標値である臭気強度2.0相当濃度以下を満足しており、十分機能していることが分かる。

臭気濃度に関しては、装置出口で30~130とばらつきがあるが、排出規制値は十分満足している。また、敷地境界での臭気濃度は10以下であり、住宅への影響は無いと考える。

### 3.2.3 維持管理性

#### 1) 日常管理

通常、稼働機器は吸引ファン以外では、散水ポンプおよび給水ポンプのみで、これらは、すべて自動運転されているため、日常管理は、制御盤メーター類の点検のみである。後段活性炭吸着塔も吸着材寿命を1年として計画しているため、未だ交換していない。

#### 2) 担体経時変化

6カ月の運転期間中、充填材の目詰まりもなく、充填層圧力損失の上昇、充填材形状変化などは認められない。

## むすび

吸着材併用型生物脱臭装置(B-DOシステム)の実設備運転状況を紹介したが、処理状況は良好で、運転管理も容易であるため、ユーザより好評を得ている。今後、生物脱臭の実績が公表されるにつれ、本法の有効性が認められ、採用を検討する処理場も増えてくるものと期待される。

最後に、本稿を執筆するにあたり、ご協力頂きました千葉県下水道公社関係各位に深謝致します。

尚、本稿は一部、「臭気の研究」に投稿中である。

キーワード：生物脱臭、吸着材、悪臭、pH、硫化水素

### 参考文献

- 1) 建設省土木研究所：昭和60年度オドセンサス集計結果報告書73(1987)。
- 2) 岩崎好陽：P P M, 22(8), 8(1991)。
- 3) 村上健：下水道協会誌, 25(291), 1(1988)。
- 4) R. E. Buchanan: Bergeys Manual of Determinative Bacteriology, 8th Ed., The william and wilkins Co., Baltimore, (1974)。
- 5) 金川貴博：用水と廃水, 31, 397(1989)。