

# 生物脱臭装置「B-DOシステムの開発」

## Development of Biological Deodorizing System "B-DO system"



(環)環境装置部 計画第2課  
長谷川 進  
Susumu Hashegawa

(環)生産部 工務課  
石井 良 男  
Yoshio Ishii

For waste gas containing high concentration of odor components ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  etc.), gas treatment equipments by absorption and adsorption process has been mainly adopted. However these process has some problems in handling chemicals and equipment maintenance, and increased running cost as odor concentration increases. While soil deodorizing, typical of biological deodorizing, can be operated at moderate price, but presents another problems in compression of soil and short path, and taking large area as a result of its lower treatment velocity.

B-DO system, using adsorbents as a media on which microorganisms adhere, has been newly developed for treatment waste gas containing high odor concentration. It can be easily controlled, and operated at high gas flow rate and lower running cost.

As a result of field test, we have more than 95 % removal for the waste gas from sludge storage tank containing 20~30ppm  $\text{H}_2\text{S}$  and more than 80 % removal for the waste gas from the scrubber in the sludge drying system.

### まえがき

典型7公害の1つである“悪臭”は、人間の臭覚に関わる官能的な問題であるため数値的に規制することは難しく、1971年悪臭防止法の公布以来約20年を経過した今日に至っても苦情は後を断たない現状にある。

悪臭は、直接生命を脅かすことは少ないが、快適な生活志向が高まる今日では、重要な問題となりつつある。近年、日本下水道事業団が下水処理場向け脱臭装置を標準化したため、ほとんどの処理場に脱臭設備が設置されているが、食品工場、畜産業、飼料工場など悪臭問題を抱える産業は、広範囲に及んでいる。

脱臭設備は付属設備と考えられているため、次のような条件が求められる。

- (1) 悪臭を完全に除去できる効率的なもの。
- (2) 安価な設備費、運転費（装置のコンパクト化=安価な設備費）
- (3) 容易な維持管理

現在、下水処理場などで発生する臭気の脱臭には、信頼性および維持管理の容易さから吸着法が多く用いられている。しかし、汚泥処理系などの比較的高濃度の臭気を処理する場合、吸着法では吸着剤が早期に破過し、吸着剤を頻繁に交換する必要があるため運転費が大幅に増大する。そこで、吸着剤の負荷軽減のため前処理として薬液洗浄法が多くの場合用いられてきた。しかし、薬液洗浄法は、薬品の取扱い、生成スケールの処理、排水処理の問題など維持管理に労力を要するうえ、原臭の高濃度化に従って薬品費も増大することから、薬液洗浄法にかわり、維持管理が容易で、しかも運転費が安価な前処理装置が望まれていた。一方、近年、注目を集めている土壌脱臭法に代表される生物脱臭法は、運転費は安価であるが、圧力損失や通気速度（空塔速度：LV）が大きくとれないため、結果的に膨大な設置面積を要し、高濃度系での性能の安定性や、土壌の固化による耕転の必要性もあり、維持管理の面でも問題を

生じている。また、大気開放系のため外乱の影響を受けやすく、処理ガスの後処理も困難なことから、いかにして通気速度を上げ、装置をコンパクトな密閉型にするかが重要な課題になっていた。

当社は、数百件におよぶ豊富な納入実績を生かし、様々な研究を重ねた結果、上記の条件（容易な維持管理、高速処理、高効率、安価な運転費）を満足した“充填層型高効率生物脱臭装置”『B-DO [bi: du:] システム』を開発したので、ここに紹介する。

### 1. 生物脱臭の原理

#### 1.1 生物脱臭（土壌脱臭）の原理

畑にし尿などを散布すると強烈なふん便臭が漂うが、その散布箇所を土で覆うと悪臭はほとんど感じられなくなる。これは、土壌中の微生物が悪臭成分を分解無臭化しているためである。土壌中の微生物による脱臭の機構は、まだ十分解明されていないが、次のプロセス（過程）で脱臭されると考えられる。（第1図）

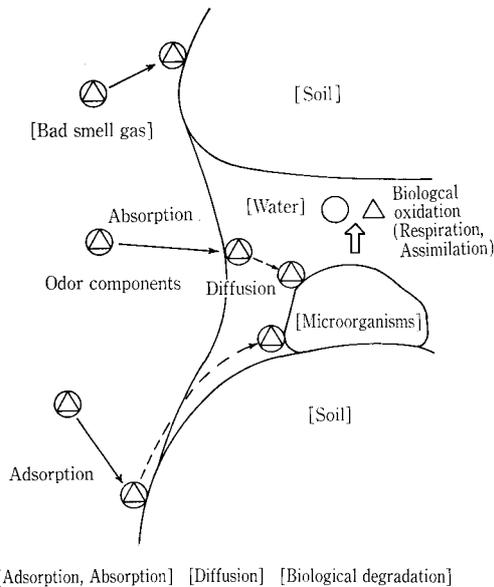
- (1) 悪臭成分は、付着水や毛管水に溶解したり、土壌粒子に付着して土壌中に捕捉される。（吸着・吸収）
- (2) 捕捉された悪臭成分は、土壌中に生育する微生物近傍に移動する。（拡散）
- (3) 悪臭成分は微生物により分解・無臭化される。（生物分解）

生物脱臭を効率的に行うには、上記の3プロセスについて、特に、律速となるプロセスを追究する必要がある。

#### 1.2 土壌脱臭の律速段階の推定

##### 1.2.1 実験方法

稼働中の土壌脱臭設備より採取した土壌を3~5 mesh篩により均質化し、直径100 mmのカラムに高さ200 mmに充填した。悪臭ガスは100 %  $\text{H}_2\text{S}$  ガスを空気で希釈し、カラム下部より上向流に通気した。散水は、1日1回0.5ℓの水道水を充填層上部より散布した。ガス濃度の測定はJIS K 0804（検知管式ガス測定器）によった。



第1図 生物脱臭の原理  
Fig. 1 Principle of biological deodorizing

### 1. 2. 2 実験結果

#### 1) 土壤脱臭の必要接触時間

入口  $H_2S$  濃度および  $LV$  を種々変化させた場合の処理結果を第2図に示す。 $LV$  を  $0.007$  m/s (下水道事業団標準:  $0.005$  m/s) とした場合、入口  $H_2S$  濃度が  $140$  ppm であってもほぼ100%の除去が可能であった。しかし、 $LV$  を  $0.01$  m/s に上げると数 ppm の  $H_2S$  が処理ガス中に漏洩した。この時の接触時間は20秒であり、これが土壤脱臭における接触時間の下限であると推察された。

#### 2) 土壤の $H_2S$ 吸着容量

通気開始後50日目に除去率が急激に低下した。この時点が土壤の破過点と考えられる。その後、生物脱臭能とのバランスにより除去率は約50%前後で安定した。 $H_2S$  収支より求めた生物による  $H_2S$  除去速度は約  $450$  g-S/ $m^3/d$  であった。また、これより土壤の  $H_2S$  吸着容量を推算すると

(土壤による  $H_2S$  吸着容量)

$$= \frac{(50日間の H_2S 除去量) - (生物による H_2S 除去量)}{(充填材重量)}$$

$$= 16.4 \text{ g-S/kg-soil}$$

であった。この値は、西田ら<sup>1)</sup> が黒ボク土について求めた実験式

$$q = 1230 C^{0.514}$$

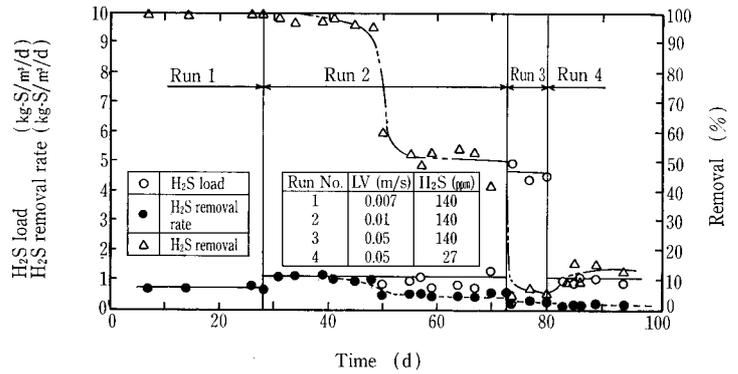
ここに、 $q$  : 平衡吸着量(mg/kg)

$C$  : 平衡気中濃度(mg/ $m^3$ )

より求めた値( $19$  g-S/kg)とよく一致した。

#### 3) 土壤脱臭の律速

$LV$  を  $0.05$  m/s (接触時間4秒) まで上げると生物による  $H_2S$  除去率が急激に低下し、約  $220$  g-S/ $m^3/d$  と半



第2図 土壤脱臭性能試験  
Fig. 2 Performance test of soil deodorizing

減した。これは、接触時間が短いため、悪臭成分の土壤粒子への吸着が十分に行われなかったためと考えられ、土壤脱臭の律速は、生物による悪臭成分の分解過程よりも、むしろ土壤粒子への吸着過程にあると推察された。次に、 $LV$  はそのまま( $0.05$  m/s)で、入口  $H_2S$  濃度を  $25 \sim 30$  ppm とし、負荷を軽減したが、生物による除去速度は約  $110$  g-S/ $m^3/d$  とさらに低減した。これは、入口濃度が低くなったため、土壤界面  $H_2S$  濃度との濃度差が小さくなり吸着速度が低下したためで、土壤脱臭では吸着段階が律速になっていることが確認された。

### 1. 3 B-DOシステムの脱臭原理

B-DOシステムは生物付着担体として吸着材を用いることにより、土壤脱臭の律速段階(吸着過程)の解消を図ったもので、土壤脱臭の約20倍の高速処理を可能とした。

B-DOシステムは、上下2段の特殊吸着材充填層と、1日数回二次処理水を散布するための散水設備とから構成されている。(第3図) 悪臭ガスは充填層上部より下向流に通気し、第4図に示す3つの過程、すなわち、

#### (1) 吸着脱臭

悪臭ガス中の悪臭成分は、吸着材充填層を通過する際、高速かつ高効率に特殊吸着材に吸着除去される。

#### (2) 分解無臭化

吸着材に吸着された悪臭成分は、吸着材表面に着生する微生物により分解され、無臭化物となる。

#### (3) 洗浄

生物代謝物およびその他の不活性物質を1日数回(二次処理水)散水により、吸着材から洗い流し、系外に排出する。また、散水により微生物に必要な水分および微量栄養素が補給される。

を充填層内で並行して進行させ、悪臭を物理学的+生物学的に脱臭し、下部より処理ガスとして排出する。

B-DOシステムには次のような特長がある。

#### (1) 高速・高性能

吸着法による高速脱臭であるため、土壤法よりも著しく大きい通気速度が可能( $LV=0.1 \sim 0.3$  m/s)

#### (2) 安価なランニングコスト

特殊吸着材は生物学的に自己再生されるため、運転費はほとんど不要

#### (3) 容易な維持管理

特殊吸着材が破過するまでの期間を微生物の馴養期間

にできるため、特別な馴養操作は不要

(4) 負荷変動に強い。

吸着材未飽和部が高濃度に対して緩衝作用を有しているため原ガスの濃度変動に対応可能

(5) 省スペース

高速処理のため、土壌法に比較して非常に小さな設置面積

## 2. 室内試験

### 2.1 充填材の選定

下水処理場、特に、汚泥系より発生する臭気 ( $H_2S$ ,  $NH_3$  を比較的高濃度に含む) を対象に充填材の選定を行った。

選定の基準として

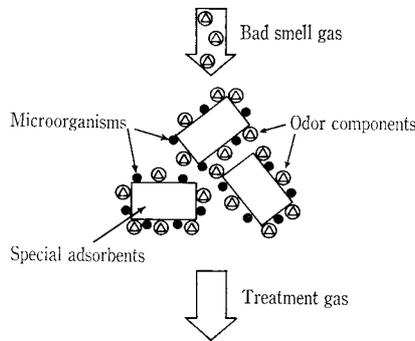
- (1) 吸着速度が大きい。
- (2) 生物が生育できる。
- (3) 耐水性がある。
- (4) 比較的安価である。

などを考慮した。動的吸着試験などの基礎試験を基に、 $H_2S$  吸着材としては活性炭系吸着材 (SP-X),  $NH_3$  吸着材としてはゼオライト系吸着材を選定した。

ゼオライトによる  $NH_3$  の吸着はイオン吸着であるため、生物学的に短時間で脱着可能かが懸念された。そこで、活性汚泥希釈液を散水してゼオライトの生物再生試験を行った。結果を第5図に示す。対照として水道水を散水した場合は再生率は10%以下であったが、生物により再生した場合、時間とともに再生が進行し、再生速度は  $0.4 \text{ g-N/kg/d}$  であった。この値は、通常の土壌 ( $50 \sim 100 \text{ mg/kg-soil/d}$ )<sup>2)</sup> の約4倍であり、再生速度は十分と考えられた。

### 2.2 通気方向の検討

ガス処理設備は、吸気（ブローアとの接続）、排気ダクト配置の関係から上向流で処理されるのが一般的であるが、本法のように、吸着材充填層に散水する場合、上向流で通気すると、散水時、充填材間隙に水がホールドされ、吸着材表面に水膜が形成され、それが吸着抵抗となり吸着速度が極端に低下する。



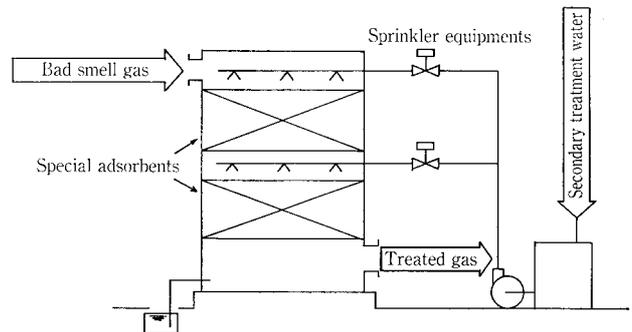
第4図 B-DOシステムの脱臭原理  
Fig. 4 Principle of biological deodorizing by B-DO system

また、ホールドされた水分の大部分は時間とともに蒸発するため、洗浄が不十分となり、除去率が低下することが予想される。そのため、通気は下向流とし、散水による洗浄が効果的に行われるようにした。

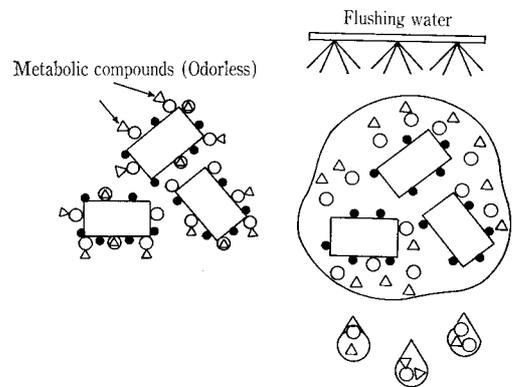
## 2.3 通気試験

### 2.3.1 実験方法

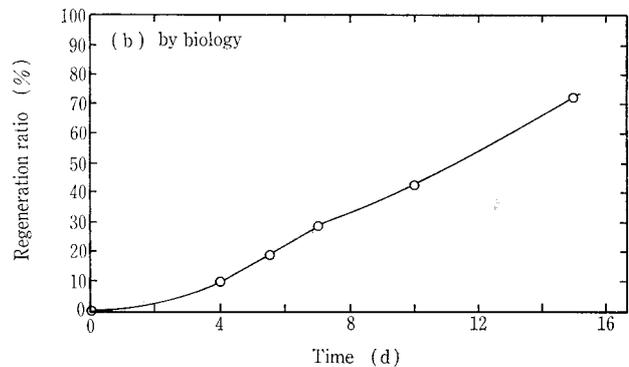
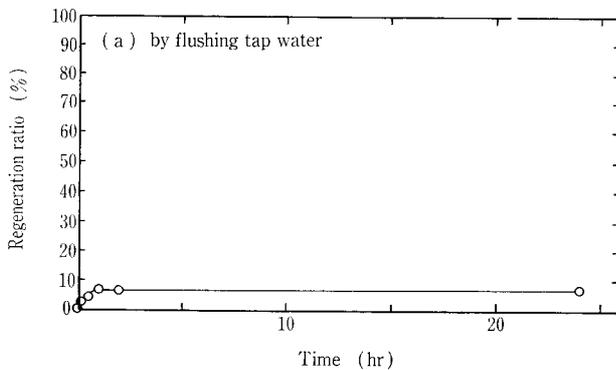
直径 100 mm の円筒型透明塩ビ製カラムに吸着材を充填し、人工ガスを下向流に通気した。実験に用いた人工ガスは、4%  $H_2S$  および  $NH_3$  ガスをカラム入口濃度が各々  $30 \sim 50 \text{ ppm}$  になるよう空気で希釈し、ローターメーターで流量調整した。また、散水は、タイマー制御でポンプを ON-OFF させることにより、活性汚泥処理水を1日2回、 $0.1 \text{ m}^3/\text{m}^3/\text{d}$  散布した。ガス濃度の測定は、主として JIS K 0804 (検知管式ガス測定器) およびガスクロマトグラフ法により、また、水質分析は下水試験法に基づき行った。



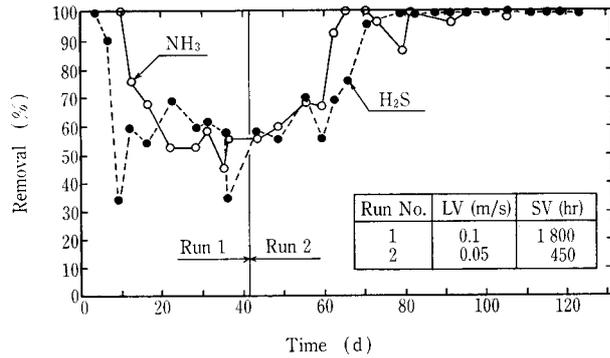
第3図 B-DOシステムの構造  
Fig. 3 Structure of B-DO system



第4図 B-DOシステムの脱臭原理  
Fig. 4 Principle of biological deodorizing by B-DO system



第5図 ゼオライトの再生  
Fig. 5 Regeneration of zeolite



第6図 B-DOシステムによるNH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>Sの同時除去  
Fig. 6 Time courses of NH<sub>3</sub> and H<sub>2</sub>S removal

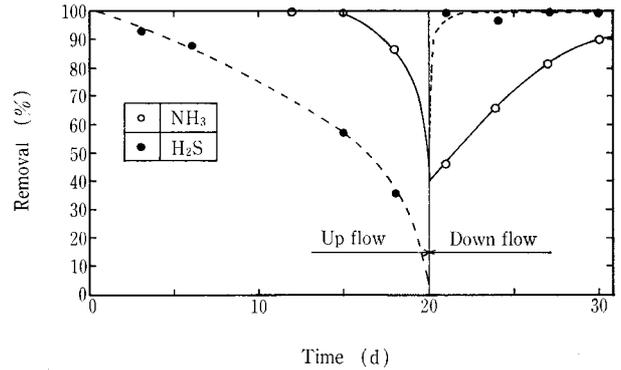
### 2. 3. 2 実験結果および考察

充填材として、NH<sub>3</sub> 吸着材と H<sub>2</sub>S 吸着材をほぼ等容積に層高 200 mm になるよう充填し、通気速度を 0.1 m/s (SV=1800 1/hr), 散水量約 150 ml/d で運転した場合の処理結果を第6図に示す。

一般に、生物脱臭では、生物が十分な脱臭能を発揮するようになるまで数日間の馴養が必要であるが、本法の場合、吸着材が破過するまでの期間を生物の馴養期間とできるため、特別な馴養操作は行っていない。

通気後、吸着材の吸着により、NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S ともほぼ100%の除去がなされていた。吸着材が破過し始めたのは運転開始約1週間後で、これは、吸着材の吸着容量より算出した破過予定日(3~4日)よりかなり遅くなっており、吸着された悪臭成分が吸着材表面に着生した微生物により分解され、吸着材の再生が並行して進行していることを示唆するものである。この生物再生の同時進行により吸着材は完全に破過することはない、脱臭効率約3週間経過後、50%前後で平衡するようになった。40日目より、LVを0.05 m/sに減じ、NH<sub>3</sub> および H<sub>2</sub>S を飽和吸着した吸着材を加え、充填層高を 400 mm (Sv=450/hr) にし、臭気と生物相の接触時間を大きくしたところ、脱臭効率は徐々に上昇し、約3週間後95%以上の除去を示すようになった。

充填層型生物脱臭法では、運転費の大部分が送風機動力



第7図 通気方向の影響  
Fig. 7 Effect of flow directions on NH<sub>3</sub> and H<sub>2</sub>S removal

費と考えられるため、充填層の圧力損失が重要な要因となるが、本実験のように、充填材として1~5 mmの吸着材を用い、ガス流れを散水と並流に下向流にして運転すると、充填層圧力損失が25 mmAq/mを越えることなく、小動力で運転が可能である。

第7図は、下向流で定常運転していた実験において、通気方向を上向流に変えて処理効率に及ぼす影響を調べた結果である。上向流の場合、散水が充填材間隙にホールドされほとんどドレンされない(最終的に蒸発してしまう)ため、洗浄が不十分となり(生物代謝物が充填層中に蓄積されるため)、除去率は徐々に低下した。後、下向流にして処理の回復を図ったところ、約2週間で回復した。上向流であっても、散水時通気を停止し、充填材間隙中の水を完全にドレンし、充填材の洗浄をじゅうぶん行くと処理性能は低下しないが、その場合、散水時のガス流路の切替など、設備が複雑化するため、下向流で処理の方が効率的である。

### 3. 現地テスト

室内試験において良好な処理結果を得たため、現在、某処理場において汚泥貯留槽排ガスおよび汚泥乾燥機スクラパー排ガスのB-DOシステムによる脱臭試験を実施している。

テスト装置の概略図を第8図に、また、現地設置状況を写真1に示す。

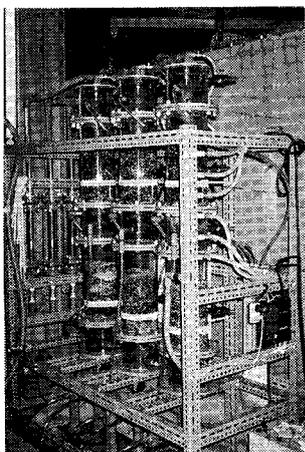
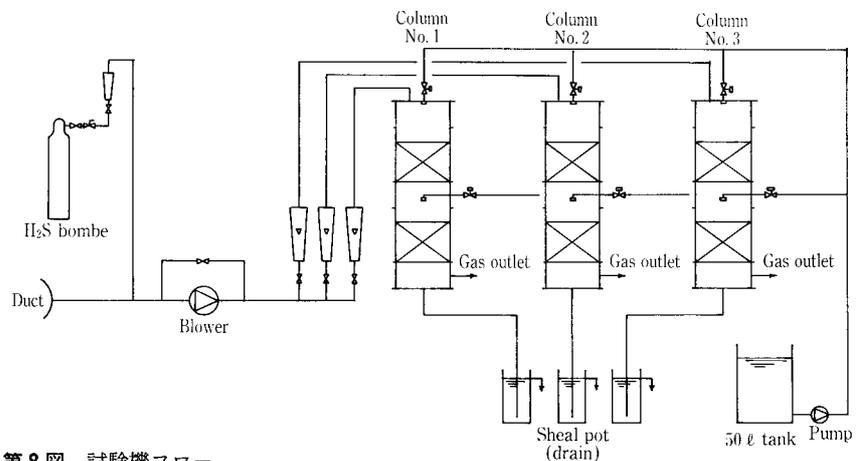
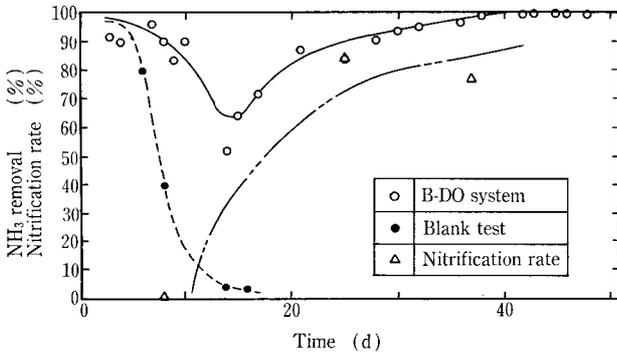
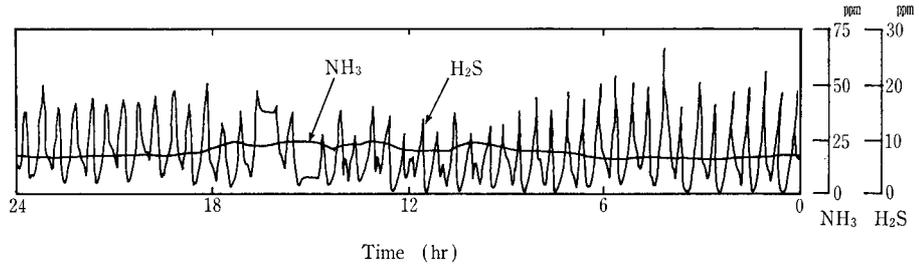


写真1  
Photo. 1

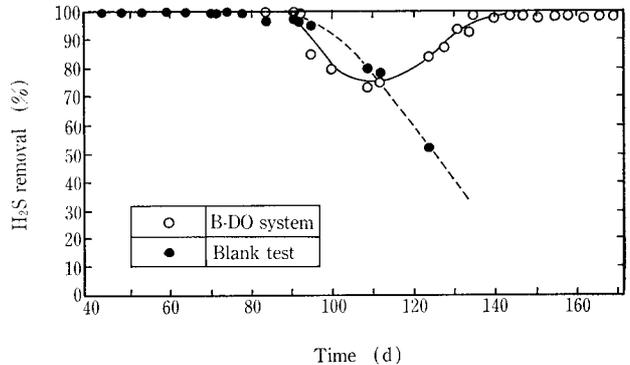


第8図 試験機フロー  
Fig. 8 Schematic drawing of test equipment

第9図 汚泥貯留槽排ガス  
NH<sub>3</sub>、H<sub>2</sub>S連続測定  
Fig. 9 Result of measuring  
NH<sub>3</sub> and H<sub>2</sub>S in  
waste gas from  
sludge storage tank



第10図 B-DOシステムによるNH<sub>3</sub>除去  
Fig. 10 NH<sub>3</sub> removal by B-DO system



第11図 B-DOシステムによるH<sub>2</sub>S除去  
Fig. 11 H<sub>2</sub>S removal by B-DO system

### 3. 1 汚泥貯留槽排気ガスの脱臭

#### 3. 1. 1 汚泥貯留槽排ガス原臭濃度連続測定

第9図に汚泥貯留槽排ガスの原臭NH<sub>3</sub>、H<sub>2</sub>S濃度の連続測定結果を示す。原臭濃度は、脱水工程の前処理として塩化第二鉄を投入しているため、H<sub>2</sub>Sの発生は少なく平均3~5 ppm、また、NH<sub>3</sub>は20 ppm程度であった。NH<sub>3</sub>、H<sub>2</sub>S共に昼夜を通してほぼ一定のパターンで変化しているが、特に、H<sub>2</sub>Sの変化に特長があり、約30分毎にピークを示した。このピークは攪拌機の起動時と一致しており、汚泥中に発生し蓄積していたH<sub>2</sub>Sが攪拌により排出されたものと考えられる。

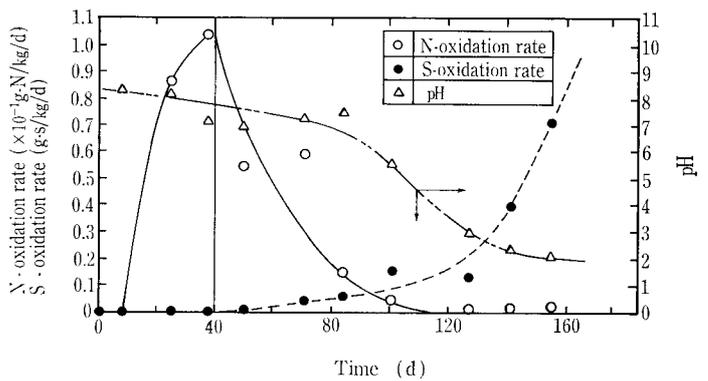
#### 3. 1. 2 初期運転

##### 1) NH<sub>3</sub> 除去について

第10図は、通気速度LVを0.1 m/s、散水を1日4回(合計0.2 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>/d)、充填層を350 mm×2段にして処理した場合のNH<sub>3</sub>の処理結果である。ブランクテスト(散水をせず通気のみ)の吸着材は約2週間で破過した。一方、下水の三次処理水(砂汚過水)を散水し微生物を着生させた生物脱臭カラムでは、吸着材が破過し始めてから微生物が十分に着生するまでの10日間程一時的に除去率が低下するが、運転開始後1カ月で95%以上の除去率を示した。NH<sub>3</sub>生物除去の指標となる硝化率(散水ドレン中酸化態窒素濃度/総無機態窒素濃度)は約3週間で80%程度まで上昇しており、この間に微生物の着生と馴養がほぼ完了したものと考えられる。

##### 2) H<sub>2</sub>S 除去について

H<sub>2</sub>Sは運転当初より99%以上の除去率が得られていたが、ブランクテストも破過していないことから、この時点(運転1カ月)における除去は吸着材の吸着特性による除去と考えられる。



第12図 NおよびS酸化速度の経日変化  
Fig. 12 Time courses of N and S biological oxidizing rate

#### 3. 1. 3 高濃度H<sub>2</sub>Sの除去

初期運転時は原ガス中のH<sub>2</sub>S濃度が低かったため、運転開始後40日目にH<sub>2</sub>Sを原ガスに注入し、原ガスH<sub>2</sub>S濃度を20~40 ppmに調節した。以後、この濃度範囲でH<sub>2</sub>Sの除去性能を検討した。

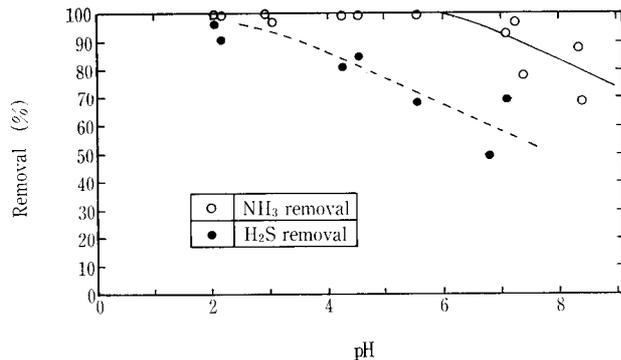
##### 1) H<sub>2</sub>S、NH<sub>3</sub> 除去機構

第11図にH<sub>2</sub>S注入後のH<sub>2</sub>S処理結果を示す。ブランクテストの吸着材は3カ月目頃に破過した。一方、生物脱臭カラムでは、一時的に除去率が70%程度まで低下するが散水量を調節することにより、95%以上の除去が可能となった。除去率の一時的な低下はNH<sub>3</sub>除去にも認められたが、運転日数から考えて、微生物の着生、馴養は十分なされていると考えられるため、この除去率の低下は、むしろ微生物の活性に起因するものと考えられる。悪臭分解微生物の活性を示す最も簡単な指標として、散水ドレン中の酸化態窒素(硝化細菌の活性の指標)および硫酸態硫黄(硫酸化細菌の活性の指標)を定量し、1日当たり単位充填材重量当たりの生成量(生物酸化速度)として表示し、その経日変化を第12図に示す。H<sub>2</sub>S注入後、S酸化

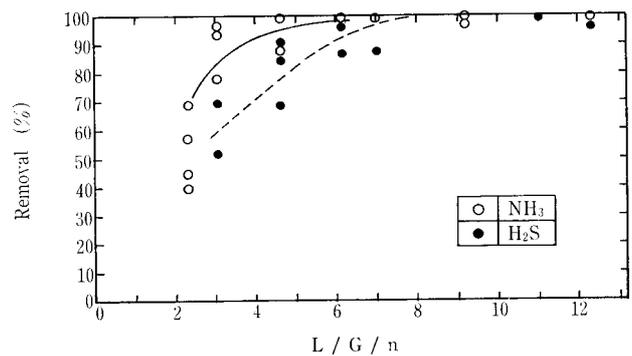
第 1 表 硫黄酸化細菌

Table 1 Organisms metabolizing sulfur and sulfur compounds

Part 12 Gram-negative chemolithotrophic bacteria	pH range										Temperature °C
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Genus 1 Thiobacillus thioparus						optimum 6.6-7.2					optimum 28
neapolitanus						growth 4.5-7.8 (10.0)					28
thiooxidans			2.0-3.5			6.2-7.0					8-37
denitrificans			0.5-6.0			3.0-8.5					28-30
ferrooxidans				2.5-5.8							10-37
novellus				1.4-6.0							15-20
intermedius								7.8-9.0			30
perometabolis								5.0-9.2			30
Genus 2 Sulfolobus			2.0-3.0			2.8-6.8					30
Genus 3 Thiobacterium			0.9-5.8								70-75
Genus 4 Macromonas											55-85
Genus 5 Thiovulum											
Genus 6 Thiospira											



第 13 図 散水ドレン pH と NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S 除去率の関係  
Fig. 13 Relationship between drain pH and removal of NH<sub>3</sub> and H<sub>2</sub>S



第 14 図 NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S 除去率に及ぼす散水量(L/G/n)の影響  
Fig. 14 Effect of L/G/n on NH<sub>3</sub> and H<sub>2</sub>S removal

速度が徐々に上昇するが、計画時の散水条件では、吸着材の再生は不十分となり、吸着材の破過にともない H<sub>2</sub>S の流出が認められた。しかし、散水条件変更後 S 酸化速度が急激に上昇し、H<sub>2</sub>S 除去率も 95 % 以上に回復した。これは、散水量増大により蓄積していた S 系成分が流出し、S 酸化細菌の活性が高められたためと推察される。一方、N 酸化速度は、初期は高い値を維持しているが、S 酸化細菌の生成する硫酸イオンによる pH 低下（充填材保持水中 pH は、散水ドレン pH よりかなり低くなっていると考えられる。）により、N 酸化細菌の生育が阻害されるため徐々に低下している。しかし、原ガス中の NH<sub>3</sub> は、S 酸化細菌の生成する硫酸を含む低 pH 水に化学吸収されるため NH<sub>3</sub> 除去率は高い値を維持していた。

### 2) pH の影響

第 13 図に散水ドレンの pH と H<sub>2</sub>S 除去率の関係を示す。S 酸化細菌の活性が高く、散水ドレンの pH が低い (pH < 2) ほど、H<sub>2</sub>S 除去率が高いことがわかる。また、NH<sub>3</sub> 除

去率も pH が低い（硫酸イオン濃度が高い）程高くなっている。一般に、生物脱臭では、悪臭成分の酸化により酸が生成され生物近傍の pH が低下 (pH 2 程度) するが、第 13 図の結果より、B-D-O システムでは pH が極端に低下しない限り、pH 調整の必要がないと判断された。

本実験においては、硫黄酸化細菌の分離同定は行っていないが、生育 pH、生育温度より第 1 表<sup>3)</sup>に示す *Thiobacillus thiooxidans* など、耐酸性の微生物が関与していると考えられる。

### 3) 散水量の影響

第 14 図に処理効率に及ぼす散水量の影響を示す。ここで、L は散水量 (ml/d)、G はガス風量 (m<sup>3</sup>/d)、n は散水回数 (1/d) である。負荷によっても影響されると考えられるが、本実験の負荷の範囲では L/G/n が 8 以上であれば 95 % 以上の除去が可能であった。

### 3. 2 污泥乾燥機スクラバー排ガスの脱臭

一般に、余剰下水汚泥の脱水ケーキを焼却処理する場

合、燃料費節約のため焼却炉廃熱を利用して汚泥の予熱乾燥が行われる。この時発生する臭気は悪臭8物質以外に、芳香族アミン、低級脂肪酸アルデヒド、有機酸などを含むと考えられ、活性炭吸着処理ではこれら他物質の吸着容量が小さいため短時間で破過する。そこで、活性炭吸着の前処理装置としてB-D-Oシステムの適用を検討した。

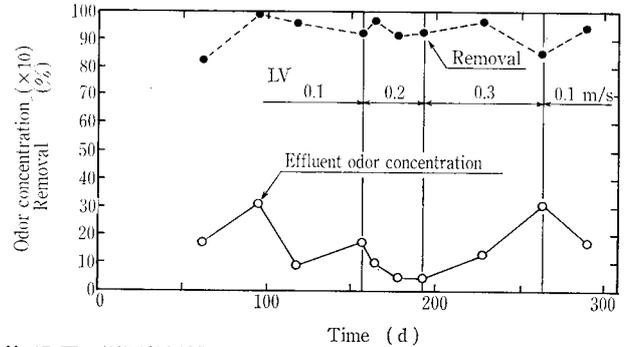
### 3. 2. 1 除去効率および設計LV

通気速度を0.1 m/s、散水量を0.1~0.2 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>/d、充填層を400 mm×2段として処理した結果を第15図に示す。

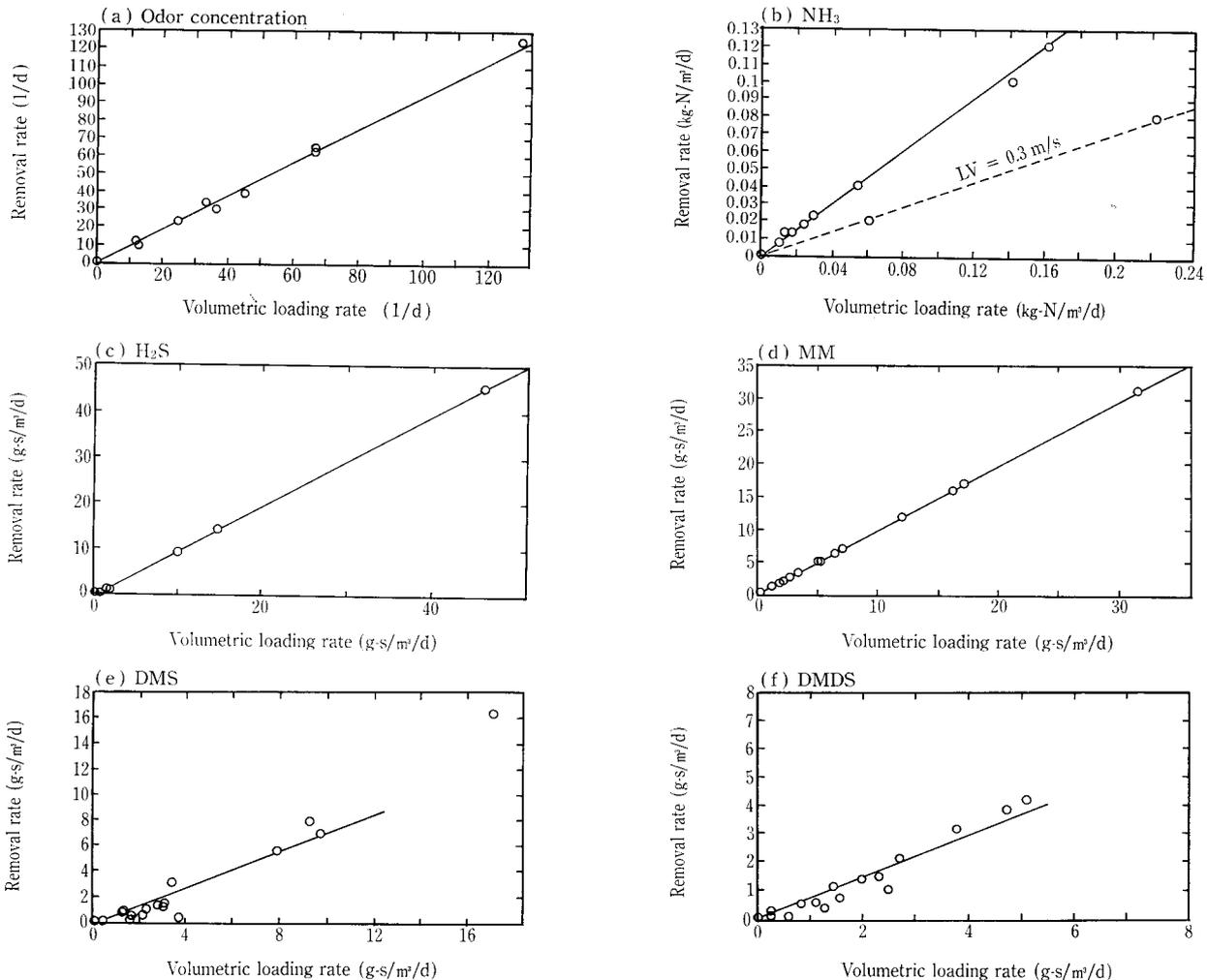
原ガス臭気濃度は5700~31000と大きく変動したが、処理ガス臭気濃度は比較的安定しており、ほぼ300以下(除去率80%)を満足した。本システムを活性炭吸着塔の前処理として用いた結果、活性炭の寿命は約4倍延命された。また、実験期間中LVを0.2または0.3 m/sに変化させて負荷を上昇させたが、臭気濃度除去率はほとんど低下することなく、ほぼ80%以上の除去率を示した。これは、主要悪臭成分が生物により分解除去されていることを示しており、本ガスを生物処理することの有効性が確認された。しかし、一般に生物難分解質といわれる<sup>4)</sup>DMS(硫化メチル:CH<sub>3</sub>S)、DMDS(二硫化メチル:(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>S<sub>2</sub>)、特にDMSの除去が不安定で、臭気強度2.5を満足できな

かった。また、難吸着性成分のNH<sub>3</sub>の除去がLVの上昇とともに低下しており、後続処理として吸着処理を行う場合、LVの上昇によりこれら臭気成分が吸着剤の負荷となり寿命が短命化すると推察される。

第16図(a)~(f)に各悪臭成分について容積負荷と除去速度の関係を示す。NH<sub>3</sub>以外の成分において、両者の間に直線関係が認められ、LV=0.3 m/s以下の通気速度においては、吸着材吸着能よりも生物分解能が処理性能を決定し



第15図 汚泥乾燥機スクラパー排ガスの処理結果  
Fig. 15 Results of treating waste gas from scrubber of sludge drying system



第16図 容積負荷と除去速度の関係 (a) 臭気濃度 (b) NH<sub>3</sub> (c) H<sub>2</sub>S (d) MM (e) DMS (f) DMDS  
Fig. 16 Relationships between biological removal rate and volumetric loading  
(a) Odor concentration (b) NH<sub>3</sub> (c) H<sub>2</sub>S (d) MM (e) DMS (f) DMDS

ていると考えられた。この直線関係より各悪臭成分の生物分解能を求めると、臭気濃度 85 %、 $\text{NH}_3$  70 %、 $\text{H}_2\text{S}$  90 %、MM(メチルメルカプタン： $\text{CH}_3\text{SH}$ ) 90 %、DMS 60 %、DMDS 70 %であった。ただし、 $\text{NH}_3$  のみはLVの影響を受け、LVを0.3 m/sに上げると除去速度は半減した。従って、本ガスを処理する場合のLVの上限は0.2 m/sと判断され、実際の処理においては、入口濃度の変動に対する処理の安定性も考慮して、設計LVを0.1m/sとするのが妥当であると考ええる。

### 3. 2. 2 圧力損失の変化

第17図に通気速度LVと圧力損失の関係を示す。充填材として1~5 mmの破碎状ゼオライトを混合しているため、圧損は3~8 meshの破碎炭とほぼ同じであった。また、約1年間の実験期間を通して目詰まりなどによる圧損上昇は認められなかった。

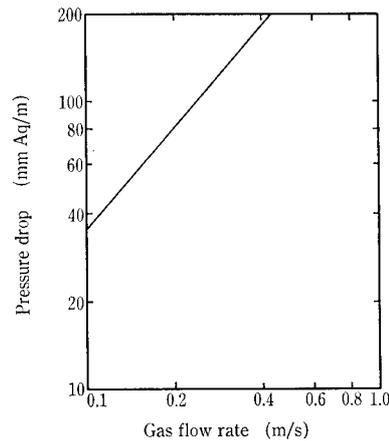
## 4. ま と め

充填層型高効率生物脱臭装置「B-DOシステム」の開発を行い次の成果を得た。

- (1) 生物付着担体として吸着材を用いることにより、 $\text{NH}_3$ 、 $\text{H}_2\text{S}$ を各々30~50 ppm含むガスをLV=0.05 m/s (SV=450/hr)の高速で処理することが可能となった。
- (2) 汚泥貯留槽排ガスの脱臭を行い、LV=0.1 m/s (SV=450/hr)で、 $\text{NH}_3$ 、 $\text{H}_2\text{S}$ を95%以上除去できた。この場合、充填層内pHは2以下であり、また、散水量はL/G/nが8以上であった。
- (3) 比較的脱臭の困難とされている汚泥乾燥機スクラバー排ガスを効率的に脱臭できた。臭気濃度除去率80%以上を達成するためのLVは0.1 m/s (SV=450/hr)であった。

## む す び

以上、B-DOシステムの概念設計から小型カラムテストによる現地テストの成果までを紹介した。



第17図 B-DOシステム充填層圧力損失

Fig. 17 Relationship between pressure drop and flow rate

生物脱臭に関してはまだまだ未解明の部分が多く、完全に制御するには至っていないのが現状である。しかしながら、排水処理同様、下水、汚泥の臭気に対しても今後生物処理が主流になっていくと考えられるため、さらに積極的な研究開発が必要と考える。

最後に、開発を進めるにあたり、貴重な助言を頂いた京都大学西田助教授および現地テストにあたり多大なご協力を頂きました関係部署各位に深く感謝の意を表します。

### 〔参考文献〕

- 1) 西田耕之助ほか：PPM, vol. 17, No. 5 (1986), P. 38
- 2) 臭気対策研究協会：生物脱臭の基礎と応用 (1988), 臭気対策研究協会技術委員会生物脱臭部会)
- 3) 青木正信ほか：再生と利用, vol. 12, No. 46 (1989), P. 55
- 4) R. E. Buchanan et al.: Bergeys Manual of Determinative Bacteriology, 8th Ed., (1974), The william and wilkins Co., Baltimore