



Title	充填式生物脱臭法によるイオウ系臭気物質の除去
Author(s)	桶谷, 智; 品部, 和宏; 森峰, 亮一
Description	第2回衛生工学シンポジウム (平成6年11月10日 (木) -11日 (金) 北海道大学学術交流会館) . 5 水処理 . 5-7
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 2, 210-214
Issue Date	1994-11-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/7614
Type	departmental bulletin paper
File Information	2-5-7_p210-214.pdf



充填式生物脱臭法によるイオウ系臭気物質の除去

俣クボタ 桶谷 智
品部 和宏
森峰 亮一

1. はじめに

下水処理場における環境保全対策のなかで臭気対策は、周辺住民の住環境整備や処理場維持管理業務の安全衛生確保の観点から、きわめて大きなウエイトを占める。さらに、下水処理場の公園化や処理水の景観利用等、時代のニーズに応じるため従来に増した臭気対策が必要となってきた。

下水処理場から発生する臭気は汚水や汚泥に由来し、発生源は広範囲にわたる。特に汚水や汚泥が嫌氣的になる施設から硫化水素(H_2S)、メチルメルカプタン(MM)等のイオウ系臭気物質が高濃度で発生する。

これらの発生臭気の防除対策としては、処理場での適切な維持管理に加えて脱臭設備の設置が必要となり、一般に薬液洗浄法や活性炭吸着法などの脱臭方式が採用されている。しかし、これらの方式による脱臭は、その運転に必要なランニングコストが高く、建設省土木研究所が全国の下水処理場を対象に行った調査の中では、処理場全体維持管理費用の1~5%もかかっていることが報告されている¹⁾。

一方、最近微生物の臭気成分分解作用を利用した充填式生物脱臭塔に関する研究が盛んに行われるようになってきた。この脱臭方式は、薬液洗浄法などの物理化学的な方式に比べ大幅なランニングコスト削減が可能であると同時に、活性炭吸着方式や土壌脱臭方式との組合せで脱臭効果も非常に高かつ安定しているという特長を持つ²⁾。

本稿はこの充填式生物脱臭塔の概要とその技術的ポイントとなる充填担体についての検討結果、混合臭気の除去特性及び散水方式についての検討結果について述べる。さらに下水処理場臭気を対象とした充填式生物脱臭塔の実設備適用事例について紹介する。なお、今回の報告では下水処理場で発生する臭気物質のうち、硫化水素等のイオウ

系臭気物質を対象とした検討を中心に行った。

2. 充填式生物脱臭法の概要

2.1 脱臭システムの構成

充填式生物脱臭システムは、図1に示すように充填式生物脱臭塔、ミストセパレータ、脱臭ファン、活性炭吸着塔もしくは土壌脱臭設備で構成される。

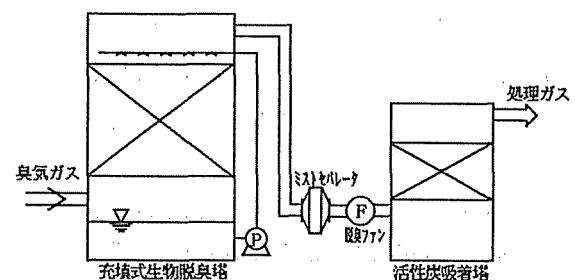


図1 充填式生物脱臭システムのフローシート

本システムの中核となる充填式生物脱臭塔は、充填層と充填層上部の散水装置で構成される。充填層は、脱臭に関与する微生物を固定した多孔質セラミック担体が充填され、臭気物質の除去反応が行われる。また、散水装置は、脱臭反応に伴い生成する硫酸の洗浄を主目的に行う。

後段の活性炭吸着塔は、充填式生物脱臭塔で除去されずに残った極微量の難生物分解性の臭気成分を仕上げ除去する目的で設置する。

2.2 充填式生物脱臭塔の反応機構

充填式生物脱臭塔の反応機構を図2に示す。塔内に入ってくる硫化水素、メチルメルカプタン等のイオウ系臭気物質は、充填担体と接触すると同時に充填担体表面に固定化されたイオウ細菌に吸着され、生物学的反応により硫酸へと酸化される。

一方、充填層内では硫酸が蓄積し、pHが低下してくる。硫酸イオンの蓄積とpHの極度な低下は脱臭に関与する微生物反応を阻害するため、充填層への散水を行い、生成した硫酸を充填層から洗浄排除する。なおこの散水は、臭気ガスにより乾燥

してくる充填層への水分補給も兼ねる。

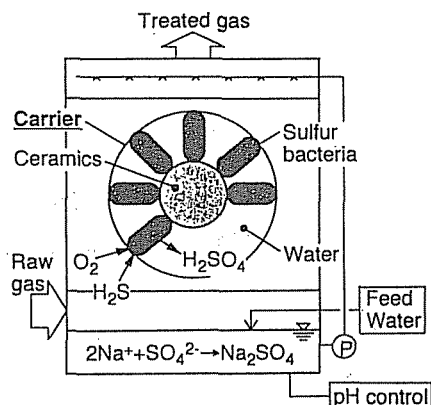


図2 充填式生物脱臭塔の反応機構

散水の結果、循環水槽に流入する硫酸は、カセイソーダにより中和される。さらに、この中和反応に伴い生成する硫酸ナトリウムは、高濃度になると微生物活性の低下や充填層での塩析出等の問題を引き起こすため、砂ろ過水等の補給水により希釈する。

3. 充填担体についての検討

充填式生物脱臭塔は、効率的な脱臭性能と装置のコンパクト化及び容易な維持管理が同時に求められる。この装置のコンパクト化を図るためには、充填担体と臭気ガスを効率良く接触させることや充填担体に固定する微生物量を高めること、除去反応の結果生成する硫酸の効率的な排除が必要となり、充填層内の担体が重要な役割を果たすことになると思われる。

そこで、担体の寿命、水との親和性という観点から、多孔質セラミック担体に限定し、その物性の最適化を図る目的で実験を行った。

図3に多孔質セラミック担体を用いた充填式生物脱臭塔の充填層モデルを示す。充填層の全容積は担体自身を構成する担体容積（セラミックス）、水分や微生物を保持する担体内空隙、担体と担体間の担体間空隙に分けられ、また、水分を保持した担体の表面は、臭気ガスとの接触面となる。

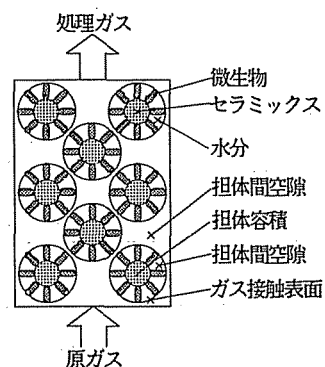


図3 充填層モデル

表1に供試担体の充填時の物性値を示した。これらは外形寸法、細孔系、担体内気孔量、表面積等が異なる多孔質セラミック担体である。

これら担体の脱臭性能について比較した結果を下記に示す。実験条件は表2の通りである。図4, 5に馴致がほぼ終了した160時間後から450時間後までの各処理ガス平均濃度と空塔当りのガス接触時間の関係を示した。処理ガス濃度は、担体Cで $H_2S = 0.09ppm$ 、 $MM = 0.12ppm$ となり、他の担体に比べ格段に良好な処理成績を示した。この除去性能の違いについて各物性値をもとに以下に考察する。

担体内空隙比は除去性能と一致し、空隙比が大きいほど高い除去性能を示した。この担体内空隙は微生物保持能及び水分保持能（保水量）を示し、微生物量の差、生物反応阻害に対する緩衝能の差が、除去性能に影響を与えたものと推定される。また、担体Cはガス接触表面積も最も大きかった。しかし、担体BとAについてはガス接触表面積と除去性能の関係は逆転したが、これは、担体内空隙比の差の影響の方が大きかったためと思われた。

表1 供試担体の物性値(充填時)

物性値	担体A	担体B	担体C
充填密度(kg/l -空塔)	0.362	0.290	0.194
保水量(g/l -空塔)	97	237	338
ガス接触表面積(m ² /ml -空塔)	335	206	473
担体内空隙比(vol.%)	9.7	23.6	33.6
担体間空隙比(vol.%)	72.0	51.8	54.9
担体容積比(vol.%)	18.3	24.6	11.5

注) ガス接触表面積は計算値

表2 実験条件

充填高さ	800 mm
L V	0.05 m/sec
接触時間	16 sec
散水	5 min/h, 800 m ³ /min
平均原ガス濃度	H ₂ S : 45.9 ppm MM : 4.52 ppm
ガス温度	27~31 °C

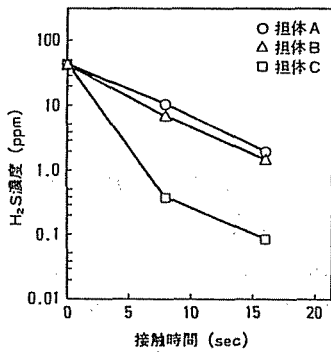


図4 各担体でのH₂S濃度と接触時間の関係

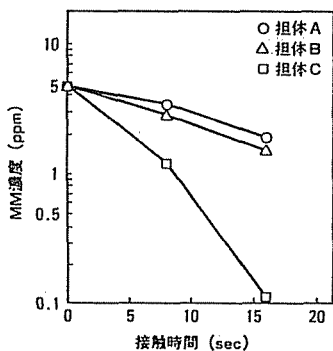


図5 各担体でのMM濃度と接触時間の関係

以上の結果から多孔質セラミック担体に必要な形状、物性は以下のとおりである。

- 1) 保水量が大きいこと
- 2) ガス接触表面積が大きいこと
- 3) 微生物保持量が大きいこと
- 4) 脱臭生成物が洗浄されやすい形状であること。

4. イオウ系臭気物質の除去

汚泥処理工程、特に汚泥濃縮槽、貯留槽からは高濃度のイオウ系臭気が発生する。一般的には数十ppmの硫化水素が発生し、施設の構造、運転条件の違いによっては数百ppmの濃度で発生することもある。

ここでは、硫化水素、メチルメルカプタンの混合臭気の除去特性と散水方式の検討結果について述べ、さらに実設備の適用事例について紹介する。

4.1 混合臭気の除去特性

硫化水素、メチルメルカプタン混合臭気における各成分の除去特性を図6に示した。実験条件は表3の通りである。

図から明らかなように、充填層下部（入口）で最初に硫化水素が除去され、硫化水素がほぼ完全に除去された時点からメチルメルカプタンが除去された。これは、硫化水素の方が水への溶解度が高く、且つ、酸化分解経路が単純でイオウ細菌等に分解されやすいためと考えられる。また、メチルメルカプタンが同時に分解されないのは、硫化水素の酸化分解によって生成した硫酸により充填層内保持水のpHが低下することが原因で、中性付近に至適pHを持つと考えられるメチルメルカプタン分解細菌²⁾は、硫化水素が盛んに除去されている充填層部分では活性を失うと推定される。ただし、pH緩衝能力の高い砂ろ過水を散水用水とした場合は、pHの低下が抑制され、メチルメルカプタンの除去開始点が充填層入口方向へと移行する。

表3 実験条件

充填高さ	2800 mm
L V	0.3 m/sec
接触時間	9.3 sec
散水	5 min/h, 800 m ³ /min
原ガス濃度	H ₂ S : 28.0 ppm MM : 2.82 ppm
ガス温度	20 °C

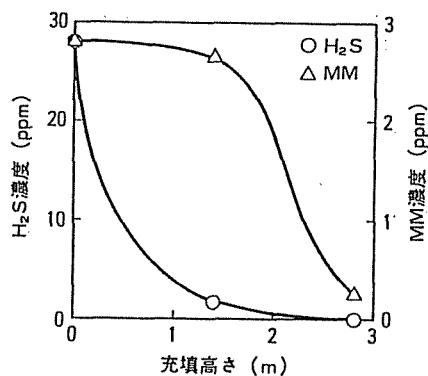
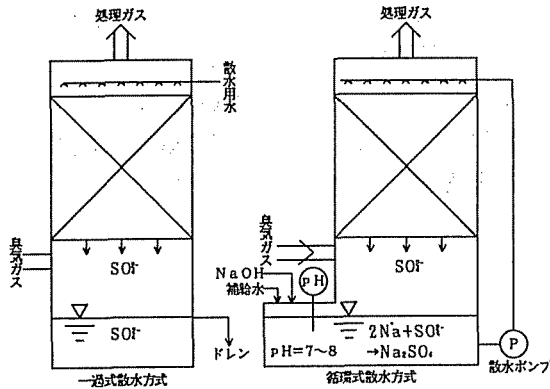


図6 各臭気成分の除去特性

4.2 散水方式の検討

充填式生物脱臭塔では、生物分解生成物（硫酸）を洗浄排除するための散水操作が必要である。この散水操作の方式には、図7に示したように新水を直接充填層に散水する一過式散水方式と充填層下部に循環水槽を設け、循環水槽水を散水する循環散水方式が考えられる。ただし、循環散水方式では、カセイソーダによる中和設備が必要となる。

図7 充填式生物脱臭塔の散水方式



循環散水方式での制御塩濃度を求める目的で、約60ppmに調整した硫化水素ガスを対象とした脱臭実験を行い、循環水中の硫酸イオン濃度と除去性能の関係を求めた。結果を図8に示した。

処理ガス硫化水素濃度は硫酸イオン濃度が50g/lを超えるあたりから上昇し、最高で10ppm以上に達した。

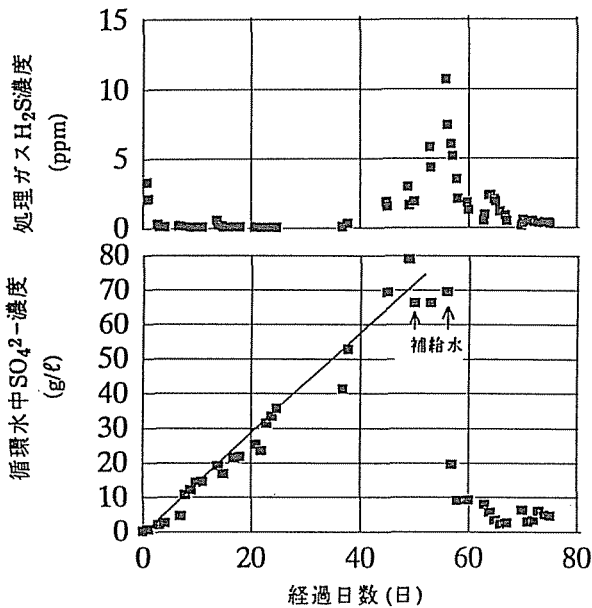


図8 循環水中 SO_4^{2-} 濃度と処理ガス H_2S 濃度の経日変化

これは、循環水中の蓄積塩が高濃度となったため、脱臭微生物に対し阻害を与えたためと考えられた。その後、循環水中の硫酸イオン濃度を10g/l以下まで希釈したところ処理性能は回復した。

以上の結果より、循環水中の硫酸イオン濃度は阻害を避けるため40g/l以下に制御する必要があることが示された。

一方、一過式散水方式では、高濃度の硫化水素が常態的に発生している臭気を対象とした場合、充填担体表面に単体イオウが析出し、脱臭性能が低下することがある。一般的には生物学的酸化反応の中間生成物として単体イオウが析出すると言われている⁴⁾が、著者らは生物学的反応、化学的反応の両面から単体イオウの析出反応を検討し、図9に示した単体イオウの析出機構が支配的であると推定した。

この析出は砂ろ過水を散水用水とした循環散水方式において、循環水中 $\text{Na}_2\text{S}\cdot\text{O}_4$ 濃度を2~4%に制御することにより、 SO_2 の発生及び H_2S との反応を制御することで単体イオウの析出を防止することができた。

以上の観点から循環散水方式の方が望ましいと考えられるが、その判断は対象硫化水素濃度、負荷変動等と考慮し決定すべきである。

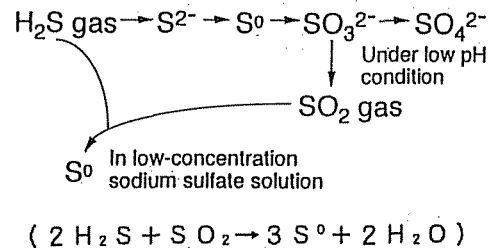


図9 単体イオウの推定析出機構

4.3 下水処理場での適用事例

充填式生物脱臭方式の有用性を確認する目的で、実施設での適用事例について以下に紹介する。調査した施設は、高濃度臭気が発生する代表的施設である汚泥濃縮槽・貯留槽等である。調査内容は、臭気発生状況と充填式生物脱臭塔の脱臭性能とした。

4.3.1 発生臭気

脱臭対象設備である汚泥分配槽、汚泥濃縮槽、汚泥貯留槽からの発生臭気は、硫化水素が主体のイオウ系臭気物質である。

発生硫化水素濃度は図10に示したように40～80 ppmである。また、特に発生濃度が高い汚泥貯留槽において、汚泥の流入をもぐり配管としているため、汚泥の液面への落下がなく比較的濃度変動が小さくなっている。

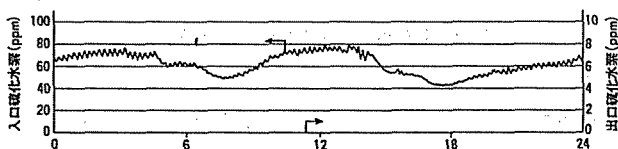


図10 実施設の硫化水素濃度の経時変化

4.3.2 充填式生物脱臭塔の概要

脱臭設備の概要を以下に示す。

脱臭対象設備：汚泥分配槽、汚泥濃縮槽、汚泥貯留槽

脱臭風量：36m³/min

L V：0.1m/sec

S V：116m³/m³・Hr

接触時間：31sec

散水用水：下水二次処理後砂ろ過水

散水頻度：1時間に5分間の間欠散水

4.3.3 除去性能

表4に運転開始後1年半の充填式生物脱臭塔での臭気除去性能を示す。

原臭の各臭気成分濃度が、概ね硫化水素で10～60ppm、メチルメルカプタンで1～12ppm、硫化メチルで0.01以下～0.7ppm、二硫化メチル0.003以下～0.3ppmに対し、各測定値とも0.01～0.05ppm以下まで除去されており、高濃度イオウ系臭気物質に対し、良好な除去性能を示した。また、H4年9月2日に測定した臭気濃度測定においても、原臭31,000に対し処理ガス980と良好な性能が示された。

表4 臭気除去性能

測定日	H3.8.2		H4.1.16		H4.9.2		H5.1.29	
	入口	出口	入口	出口	入口	出口	入口	出口
硫化水素	57.2	<0.01	20.4	<0.01	26.0	<0.02	11.7	0.014
メチルメルカプタン	11.3	<0.05	4.02	<0.05	5.3	<0.014	1.05	0.0033
硫化メチル	0.614	<0.01	<0.01	<0.01	0.15	<0.005	0.031	0.0023
二硫化メチル	0.243	<0.01	<0.01	<0.01	0.12	<0.001	<0.003	<0.003
臭気濃度	—	—	—	—	31,000	980	—	—

参考文献

- 1)建設省土木研究所，“昭和60年オドセンサス集計結果報告書”，土木研究所資料第2502号，48(1987)。
- 2)小林清，重田薫，大森常義，及川孝仁，“横浜市における微生物脱臭装置の維持管理と脱臭効果”下水道協会誌，25(291)，75-87，(1988)。
- 3)藤江浩一、浦野紘平，野木一男，下村光一郎，船橋栄次，“イオウ系悪臭物質の生物脱臭に用いる最適な微生物固定化担体の検索”臭気の研究，21(5)，299～307(1990)。
- 4)金川貴博，“消・脱臭技術の進歩と実務”総合技術センター，P264(1991)。