

II-54

下水汚泥コンポストを用いたアンモニアガスの除去に関する研究

京都大学工学部 正員 寺島 泰
同 〇 同 浦辺 真郎
川崎製鉄(株) 杉本 剛士

1. はじめに

下水処理場の排水処理、汚泥処理工程やコンポスト化過程から発生する悪臭ガスを、コンポストの特性を利用して除去しようとする場合、種々の因子を把握する目的で基礎的実験を行った。(ここでは NH_3 の結果のみ)

2. 実験方法等の概略

(1) 試料コンポストの性状 コンポストの作成条件、性状測定方法、測定結果を表-1にまとめて示した。

(2) 静的実験 コンポストによる NH_3 の除去を吸着とみなし、その吸着等温線を求めるため、容量法のうち定容法に準拠する方法で静的吸着実験を行った。すなわちガス採取用のプラスチックバッグ内に乾燥コンポストを入れ、そこに定量(10L)、定濃度の NH_3 ガスを封入し、濃度の経時変化を北川式検知管で追跡し、ほぼ一定濃度になった濃度を平衡濃度とする。

(3) 動的実験 内径20~54mmの亚克力製の円筒型カラムに所定のコンポストを充填し、 NH_3 標準ガス(air balance)と空気を混合して圧入した。流入ガス量はロータメータにより求め、出・入口ガス濃度を北川式検知管で測定する。(詳細な実験条件等については、次節の結果の欄で述べる。

3. 実験結果

(1) 静的実験 24時間後にはほぼ平衡濃度になったと見られ、その際の吸着量 q ($\text{g-NH}_3/\text{g-コンポスト}$) と平衡濃度 C ($\text{g-NH}_3/\text{cm}^3$) との関係を検討した結果、フロインドリッヒ式でよく表現されることがわかった。(図-1参照)

(2) 動的実験 ④空塔速度の影響 層高一定(10cm)での空塔速度(接触時間に反比例)が破過曲線に与える影響を図-2に示した。これらの曲線を縦軸に積算の NH_3 除去量をとって書き換えるとほぼ一致する。したがってこの程度の接触時間(10秒程度)では破過に与える影響は少なく、充分吸着(除去)が行えるといえる。

⑤層高の影響 したがって上記カラムを直列に3段連結させた結果は、図-3に見られる通り同型の破過曲線を示し、定型濃度分布(constant pattern)が形成されている。同図中の右側2つの実線は、1段目の破過曲線の結果から2, 3段目のそれを予測した。

表-1 試料コンポストの性状、その測定方法等 一覧

コンポストの種類	1	2	3	測定方法
試料粒径 mm	2~5	5~9	1~2 2~5 5~9	標準ふるい
粒径分布 %	19	20	11 18 15 24 20 22	
真密度 g/cm^3	1.73	1.88	1.80 1.88 1.95 1.91 1.91 1.77	比重瓶
見かけ密度 g/cm^3	—	—	1.04 0.83 0.54 1.01 0.90 0.71	
C/N	27.3	17.4	20.8 16.4 16.0 13.2 12.3 13.5	CHN-コーダー
pH	6.08	6.28	6.31 4.26 6.37 4.42 4.69 4.51	100倍の電極
陽イオン交換容量 $\text{NH}_4\text{-N mg}/100\text{g}$	419.9	436.6	575.0 450.1 453.9 — — —	標準滴定法
表面積 m^2/g	—	—	3.4 3.4 2.8 5.7 6.4 4.7	ブローン法
コンポストに条件	合流式下水処理場(活性汚泥法)の混合生汚泥	合流式下水処理場(活性汚泥法)の混合生汚泥	合流式下水処理場(活性汚泥法)の混合生汚泥	
添加物	高分子凝集剤	—	—	
濃度	—	濃度コンポスト(WL 55%)	—	
貯蔵方法	3~4日に1度	35日 炭酸	—	

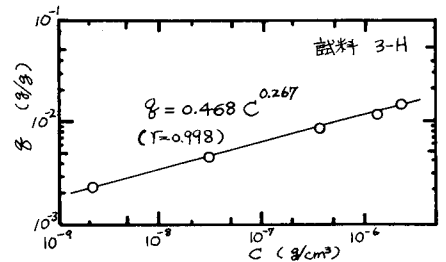


図-1 NH_3 吸着等温線 (at 20°C)

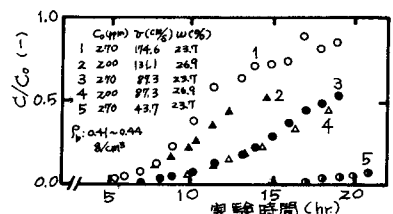


図-2 空塔速度の影響 (試料 2-E)

③粒径の影響 コンポストの粒径が小さい程、破過(時間)が遅くなる傾向が見られる。

④含水率の影響 コンポストの乾燥重量を一定にして、含水率の影響を調べた結果が図-4である。 NH_3 の除去は含水率30%弱までは含水率とともに上昇し、それ以上になると逆に低下する。

⑤初期濃度の影響 初期の NH_3 濃度が低い程(単位コンポスト重量当りの吸着量)/(ガス濃度)の比率が大きくなる傾向を示し(図-5参照)、これは静的実験の結果と一致している。

⑥活性炭との比較 コンポストと活性炭(粒径3~7mm, 表面積 $1,000 \sim 1,100 \text{ m}^2/\text{g}$, ρ_b 0.55~0.65 g/cm^3)とを乾燥重量で50gづつ充填し NH_3 の破過を比較検討した結果が図-6である。活性炭とコンポストとの表面積は約200倍の開きがあるが、 NH_3 除去能は数倍程度であり、コンポストの場合陽イオン交換容量が大きくイオン交換による電気的吸着が起っていると考えられる。

⑦脱着, 再吸着について 1度吸着済みのコンポストの脱着, 再吸着実験の結果(図-7), 脱着量は吸着直後, 4及び7日後において大差なく吸着量の30%程度である。また再吸着能はほとんどない。ただし本実験では吸着後のコンポストを完全密封保管している。

(3)考察 Freundlich式が成立する系で const. pattern である場合, カラム内の物質収支, 細孔内拡散支配, 同吸着速度を示す式(1)~(3)から破過曲線を求めることができる。¹⁾乾燥コンポストについてこの数値計算を行った結果例が図-6中の実線部分であり, 実験結果とよい一致が見られている。

$$\bar{g} = (g_0/c_0)\bar{c} \quad (1) \quad (v \frac{\partial \bar{c}}{\partial z} + E_b \frac{\partial \bar{c}}{\partial t} + \rho_b \frac{\partial \bar{g}}{\partial t} = 0) \quad (1')$$

$$\rho_b \frac{\partial \bar{g}}{\partial t} = D_p (\frac{\partial^2 \bar{c}}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial \bar{c}}{\partial r}) \quad (2), \quad \rho_b \frac{\partial \bar{g}}{\partial t} = k_f a_v (\bar{c} - c_i) = D_p a_v (\frac{\partial \bar{c}}{\partial r})_{r=R} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \bar{c} &= \text{C: } NH_3 \text{ 濃度 } (C_0 = 1.78 \times 10^{-2} \text{ g}/\text{cm}^3), \quad g_0: \text{吸着量 } (\text{g}/\text{g}), \quad \rho_b: \text{充填密度 } (0.428 \text{ g}/\text{cm}^3) \\ v &= \text{空塔速度 } (4.72 \text{ cm}/\text{s}), \quad \delta: \text{層高 } (16.5 \text{ cm}), \quad E_b: \text{空け率 } (0.36), \quad R: \text{試料半径 } (0.367 \text{ cm}) \\ D_p &= \text{初期細孔拡散係数 } (2) \quad (1.24 \times 10^{-2} \text{ cm}^2/\text{s}), \quad k_f: \text{流体境界膜物質移動係数 } (3) \quad (\text{cm}/\text{s}) \\ k_s &= \text{固体側物質移動係数 } (4) \quad (\text{g}/\text{cm}^2 \cdot \text{s}), \quad a_v: \text{粒子の比表面積 } (\text{cm}^2/\text{cm}^3) \end{aligned}$$

含水コンポストの破過曲線の推定は, 上式中の諸係数の合理的算定に問題があり今後の課題である。この場合, NH_3 のガス吸収を考慮して簡単な計算を行った結果, ガス吸収量は無視できる程小さい。

4. まとめ

(1)コンポストの NH_3 除去能は, 活性炭のその数の数分の1程度と大きな除去能を有している。(2)乾燥コンポストの NH_3 吸着等温線は Freundlich 式で表現できる。(3)乾燥コンポストの NH_3 に対する破過曲線は, 細孔内拡散が卓越するとした理論式の数値解から得られる。最後に本研究を行うにあたり, 多大な協力をいただいた金森君に感謝致します。なお試料コンポストは, 日立機電工業(株)の実規模スケールのコンポストプラントから得られたものである。

[参考文献] 1) K. Miura & K. Hashimoto: J. Chem. Eng., 10, 6 (1977)

2) 林高造: 豊泉の研究, 314 (1974) 3) J. J. Carberry: A.I.Ch.E., 6, 3

(1960), 4) E. Glueckauf: Trans. Faraday Soc., 51, 1540 (1955)

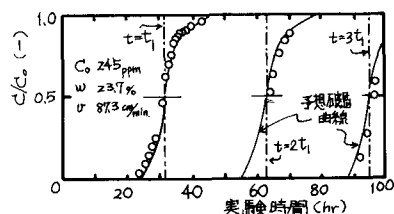


図-3 層高の影響(多段カラムにおける破過曲線: 2-E)

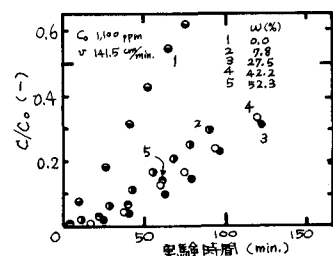


図-4 含水率の影響(試料 3-H)

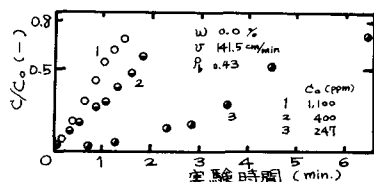


図-5 初期濃度の影響(試料 3-H)

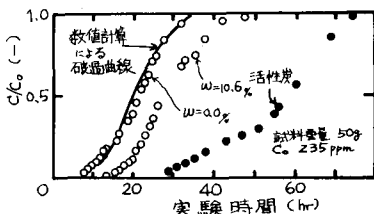


図-6 活性炭との比較(試料コンポスト 3-H)

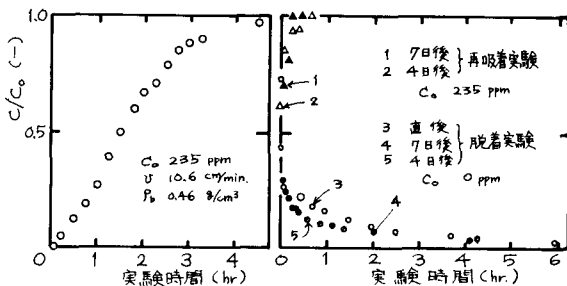


図-7 コンポストの NH_3 除去能力再生効果(試料 3-G)