

# 下水道終末処理場における悪臭排出実態と 悪臭防止対策について

山口県環境保健研究センター

梅本 雅之・谷村 俊史・藤本 貴行  
福田 哲郎

## Characteristics of Odor Emission and Odor Control in a Wastewater Treatment Plant

Masayuki UMEMOTO, Toshifumi TANIMURA, Takayuki FUJIMOTO  
Tetsuro FUKUDA

### はじめに

山口県における悪臭苦情は近年微増傾向で推移しており、1997年度における公害苦情の新規受理件数でみると、大気汚染に次いで2番目に多く128件で、公害苦情全体616件の約21%を占めている<sup>1)</sup>。

自治体において、これらの苦情を迅速かつ適切に処理するためには、臭気発生源対策の的確な指導が重要となる。この対策方法は、悪臭発生源の状況によりさまざまであり、業種、施設の種類の、各工程で発生する臭気の種類、適切な臭気捕集方法、適切な臭気対策方式の選定、防・脱臭装置設置後の保守管理などさまざまな知見を必要とする。したがって、有効な臭気対策を指導するためには、発生源の状況を十分に把握するとともに、防・脱臭技術に関する最新の知見を集積し活用することが重要である<sup>2)</sup>。

このような観点から、山口県では1981年度から「悪臭防止対策状況調査」を実施し、さまざまな業種の悪臭発生源事業所について実測調査を実施し、その悪臭発生実態と防止対策状況について知見を集積してきた。

今回、悪臭発生事業所の一つである下水道終末処理場について調査を実施したので、その結果を報告する。

### 調査方法

#### 1 調査日程

事前調査を1998年6月3日に、本調査を1998年7月14日に実施した。

#### 2 事業所の概要調査

事業所の概要、施設の運転状況、悪臭の発生状況、悪臭防止対策状況等について、聞き取り調査を実施した。

#### 3 実測調査

事業所内3箇所、事業所敷地境界線2箇所の計5箇所で、機器測定及び嗅覚測定を実施した。

事業所内では、下水処理場の臭気発生施設の一つである沈砂池上部(A-1)と、臭気対策設備を設けている汚泥濃縮棟(A-2, A-3)で測定を行った。

また、事業所敷地境界線では、調査当日の風向等を考慮した2箇所(B-1, B-2)で臭気試料を採取した。

なお、事業所の施設配置図及び試料採取箇所を図1に示した。

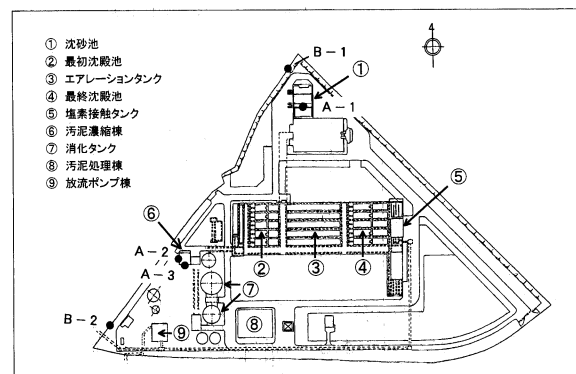


図1 施設配置図及び試料採取位置

#### (1) 機器測定

悪臭防止法(以下「法」という)で規制されている22種類の特定悪臭物質のうち、当事業所から発生する可能性のある<sup>3)</sup>アンモニア及び硫黄化合物4物質(硫化水素、メチルメルカプタン、硫化メチル、二硫化メチル)の計5物質について、環境庁告示の「特定悪臭物質の測定の方法」にしたがって分析した。なお、分析方法を表1に示した。

表1 特定悪臭物質の分析方法

分析項目	分析方法
アンモニア	捕集溶液：0.5%ほう酸溶液 溶液量：20mL×2本 捕集量：10L/min×5 min 分析法：インドフェノール吸光光度法
硫黄化合物	採取法：ポリふっ化ビニルフィルム製バッグ採取 分析法：GC-FPD

(2) 嗅覚測定

三点比較式臭袋法により臭気濃度を求め、次式にしたがって臭気濃度から臭気指数を算出した。

$$Y = 10 \cdot \log_{10} X \quad \dots (1)$$

X：臭気濃度  
Y：臭気指数

なお、敷地境界線の試料採取時には、6段階臭気強度表示法による臭気強度も併せて求めた。

結果

1 事業所の概要

当事業所は、標準活性汚泥法による下水道終末処理場で、その概要は表2に示すとおりである。下水の処理能力は、現在29,200m<sup>3</sup>/日であり、2015年に完了予定の全体計画では、58,000m<sup>3</sup>/日となっている。

表2 調査対象事業所の概要

業種	下水道終末処理場
運転開始	1981年12月
敷地面積	69,000m <sup>2</sup>
従業員数	27人
処理能力	29,200m <sup>3</sup> /日(現有；1998年7月現在) 58,000m <sup>3</sup> /日(全体計画；2015年完了予定)
処理実績	23,700m <sup>3</sup> /日(1997年度実績)
処理方法	旋回流高圧散気式標準活性汚泥法
排除方式	分流式
運転状況	24時間連続

2 下水の処理工程

下水の処理工程は、図2に示すとおりで、集められた下水は、まず沈砂池で大きなゴミや土砂類を取り除かれ、最初沈殿池に送られる。最初沈殿池では、

汚水をゆっくり流すことにより、比較的沈みやすい浮遊物を沈殿分離して、後段のエアレーションタンクにおける負荷を軽減する。滞留時間は通常短いため、下水が嫌気化して硫化水素などが発生することは少ない。しかしながら、比重の軽い固形物は水面に浮上し(スカムと呼ばれる)、放置すると夏などに腐敗臭がすることがある<sup>4)</sup>。

次に、エアレーションタンクで、活性汚泥中の好気性微生物により有機物を分解処理する。活性汚泥法ではタンク内は好氣的に保たれるため、硫黄系の臭気物質は生成されにくく、高濃度の臭気が発生することは少ない。

エアレーションタンクで浄化された処理水は、最終沈殿池に送られる。最終沈殿池では、活性汚泥処理で沈殿しやすくなった浮遊物が沈殿分離され、エアレーションタンクへ返送されるとともに、一部は余剰汚泥として汚泥濃縮タンクへ送られる。最終沈殿池では、一般に臭気発生のトラブルはほとんどない。

最終沈殿池の上澄み液は次亜塩素酸ナトリウムによる消毒設備で大腸菌群などを滅菌処理した後、事業所約4km下流から河川へ放流している。

一方、各沈殿池で発生した余剰汚泥は、濃縮槽、消化槽、洗浄槽、薬品混和槽、脱水機を経て、埋立地で処分されている。

なお、消化槽から発生する消化ガスは、メタンガスを主成分とする可燃性ガスであり、硫化水素等の硫黄化合物を含有しているので、脱硫器で処理した後焼却処理を行っている。

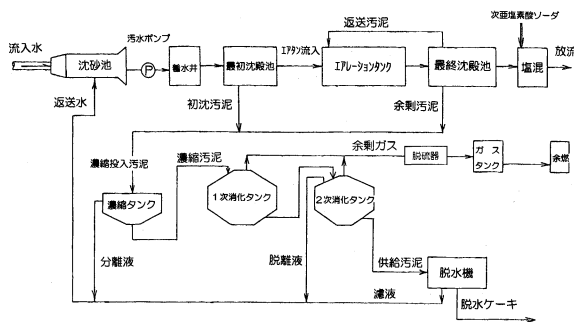


図2 下水の処理工程

3 悪臭防止対策

当事業所では、悪臭防止対策として図3に示すように汚泥濃縮棟における排気処理を実施している。汚泥濃縮棟は、沈殿池で生じた余剰汚泥を遠心分離機により処理する施設で、ここで生じた臭気ガスを脱臭塔に

より処理している。

脱臭塔は3層構造の活性炭吸着法を用いており、酸性ガス、塩基性ガス及び中性ガスをそれぞれ選択的に吸着する吸着剤により悪臭成分を効率よく処理している。

一方、汚泥処理棟では、余剰汚泥を脱水機により処理しているが、特に悪臭処理施設は設けていない。

なお、調査時点では沈砂池には悪臭処理施設はないが、フードを設置して臭気を活性炭処理することを計画中である。

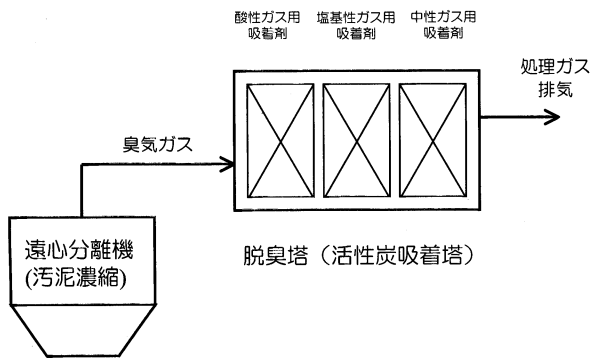


図3 汚泥濃縮棟における排気処理フロー

4 調査当日の稼動状況

調査当日は通常運転を行っており、1日の放流量は約26,000m<sup>3</sup>であった。

5 測定結果

(1) 機器測定結果

ア 事業所内

表3に示すように、沈砂池では、調査対象5物質のいずれも低濃度で、メチルメルカプタンのみが2ppbとわずかに検出されたが、アンモニア、硫化水素、硫化メチル及び二硫化メチルは検出されなかった。

また、脱臭塔の入口及び出口では、アンモニアは検出されなかったが、硫黄化合物の4物質全てが検出された。このうち硫化水素濃度が入口及び出口で、それぞれ19ppm及び11ppmと、最も高かった。

なお、当事業所は法の規制地域外であり法の基準は適用されないが、参考のため脱臭塔出口からの臭気物質排出量について、法による排出許容値(山口県のB地域の基準：臭気強度3に相当)と比較を行い、表4に示した。各物質の濃度と排出ガス量から算出した臭気物質排出量は、参考基準値

を大きく下回っていた。

表3 機器分析結果(事業所内) 単位: ppb

試料採取箇所	記号	アンモニア	硫化水素	メチルメルカプタン	硫化メチル	二硫化メチル
沈砂池	A-1	<50	<0.03	2	<0.3	<0.2
脱臭塔出口	A-2	<50	11,000	280	110	980
脱臭塔入口	A-3	<50	19,000	2,200	100	150

表4 脱臭塔からの臭気物質排出量 単位: m<sup>3</sup>/h

	アンモニア	硫化水素	メチルメルカプタン	硫化メチル	二硫化メチル
排出量*1	<0.00004	0.0083	0.0002	0.000083	0.00074
参考基準値*2	5.4	0.16	—	—	—

\*1 排ガス量は、定格値(1080m<sup>3</sup>/h)×0.7=756m<sup>3</sup>/hを用いた。  
\*2 当事業所は、法の規制対象外であるが、便宜上B地域の値を用いた。また、排出口が下向きのため、He=Ho=5.0mとした。

イ 敷地境界線

事業所敷地境界線における調査5物質の濃度は、表5に示すように、いずれも定量下限値未満であった。また、参考のため、法のB地域の基準と比較した結果、各物質の濃度は基準値を大きく下回っていた。

表5 機器分析結果(事業所敷地境界線) 単位: ppb

試料採取箇所	記号	アンモニア	硫化水素	メチルメルカプタン	硫化メチル	二硫化メチル
敷地境界線No1	B-1	<50	<0.03	<0.1	<0.3	<0.2
敷地境界線No2	B-2	<50	<0.03	<0.1	<0.3	<0.2
参考基準値*		2,000	60	4	50	30

\* 注) 当事業所は法の規制地域外であるが、便宜上B地域における基準を示した。

(2) 嗅覚測定結果

ア 事業所内

事業所内での嗅覚測定結果を表6に示した。

山口県悪臭防止対策指導要綱(以下「要綱」という)では、事業所の気体排出口における臭気指数の指導基準値を定めているが、当事業所の気体排出口のうち基準が適用される脱臭塔出口の臭気指数は40で、指導基準値の32を超えていた。

イ 敷地境界線

敷地境界線での嗅覚測定結果を表7に示した。

試料を採取した2箇所の臭気指数は17及び15であり、要綱の指導基準値14を超えていた。

表6 嗅覚測定結果 (事業所内)

試料採取箇所	記号	臭気濃度	臭気指数	指導基準値(臭気指数)
沈砂池	A-1	74	19	-
脱臭塔出口	A-2	9,800	40	32*
脱臭塔入口	A-3	310,000	55	-

\* 注) 排出口が高さ5m以上15m未満、排出ガス量が毎分300m<sup>3</sup>未満の場合。

表7 嗅覚測定結果 (事業所敷地境界)

試料採取箇所	記号	臭気濃度	臭気指数	指導基準値(臭気指数)	臭気強度	気象状況 (天候、気温、風向、風速)
敷地境界線No1	B-1	49	17	14	3	晴,27℃,WNW,0.9m/s
敷地境界線No2	B-2	32	15	14	3	晴,28℃,SW,3.0m/s

考察

1 脱臭塔の脱臭効率

当事業所の臭気処理施設である汚泥濃縮棟の脱臭塔について、その前後の悪臭物質濃度及び臭気濃度から脱臭効率を求めて表8に示した。

表8 脱臭塔の脱臭効率 特定悪臭物質の単位: ppb

試料採取箇所	アンモニア	硫化水素	メチルメルカプタン	硫化メチル	二硫化メチル	臭気濃度
脱臭塔出口	<50	11,000	280	110	980	9,800
脱臭塔入口	<50	19,000	2,200	100	150	310,000
脱臭効率(%)	-	42	87	(110)	(653)	97

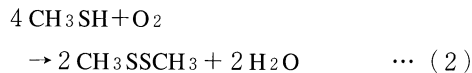
注) 除去率のうち括弧書きの数値は、出口濃度が入口濃度を上回ったもので、入口濃度に対する出口濃度の比を表す。

臭気濃度では97%と比較的良好な除去効率が認められたものの、今回測定を行った特定悪臭物質の除去効率は硫化水素で42%、メチルメルカプタンで87%と必ずしも十分なものではなかった。

特に、硫化メチルと二硫化メチルでは、出口濃度が入口濃度を上回っており、濃度の逆転現象がみられた。

これらの原因は、表9に示すように、濃縮棟から実際に排出されている物質濃度が、アンモニアを除き、脱臭塔の設計条件の10倍~110倍と大きく上回っており、活性炭による吸着容量を超えていたためと推定される。

また、二硫化メチルの濃度が出口で大幅に増大していたのは、メチルメルカプタンが酸性ガス用吸着剤の吸着界面上で接触酸化され、次式に示すように二硫化メチルに変換されたためと考えられる。



したがって、脱臭塔の機能を十分に発揮させるためには、薬液洗浄等の方法により、事前に設計条件に示された程度まで悪臭物質濃度を低減させた後活性炭処理を行うか、活性炭の管理を頻繁に行う等の対策が必要と考えられた。

表9 脱臭塔の設計条件(原ガス濃度)と実測値の比較

	アンモニア	硫化水素	メチルメルカプタン	硫化メチル	二硫化メチル
設計条件(A) (原ガス濃度)	1.0	0.3	0.02	0.01	0.009
実測値(B)	<0.05	19	2.2	0.10	0.15
(B)/(A)	-	63.3	110	10	16.7

2 臭気排出強度

脱臭塔出口から発生する臭気の規模を推定するため、排ガス量と臭気濃度の積から臭気強度を求めて表10に示した。

表10 気体排出口の臭気排出強度

気体排出口	排ガス量 (m <sup>3</sup> /min)	臭気濃度	臭気排出強度 (m <sup>3</sup> s/min)
脱臭塔出口	12.6	9,800	1.2×10 <sup>5</sup>

脱臭塔出口の臭気排出強度は1.2×10<sup>5</sup>であり、重田が示した「臭気排出強度と悪臭苦情の起こり具合」によれば<sup>5)</sup>、表11のとおり「現在、小規模の公害が起こっているか、その可能性を内在している」に該当した。

表11 臭気排出強度と悪臭苦情の起こり具合<sup>5)</sup>

臭気排出強度 (m <sup>3</sup> s/min)	悪臭の起こり具合	発生業種の代表例 (悪臭防止対策なし)	備考
10 <sup>4</sup> 以下	特殊な場合を除いて起こらない	パン工場 醸造工場	
10 <sup>5</sup> ~6	現在、小規模の公害が起こっているか、その可能性を内在している	塗料・塗装工場 印刷・インク工場 皮革工場 FRP工場 飼・肥料工場 下水処理場	悪臭の最大到達距離は1~2kmで、悪臭苦情も500m以内が中心で、1km以遠はまずないといえる
10 <sup>7</sup> ~8	小・中規模の公害が起こっている	铸物工場 し尿処理場 養豚・養鶏工場 石油化学工場	悪臭の最大到達距離は2~4kmで、悪臭苦情は1km範囲内である
10 <sup>9</sup> ~10	大規模の公害が起こっている	KP工場 セロファン工場 へい獣処理場 レイヨン工場	悪臭の最大到達距離は10km以内で、悪臭苦情は2~3km範囲内である
10 <sup>11</sup> ~12	最大の発生源でその例は少ない	公害対策をしていない大規模のKP工場	悪臭の最大到達距離は数十kmに及び、被害も4~6kmの範囲に及ぶ

今回調査を実施した事業所の場合、脱臭塔出口の周辺に住居等はなく、苦情が発生することはない。また、表11はあくまでも経験則であり、個々の事情にあてはめた場合、必ずしも正しい評価を与えるとは限らないが、風向などの気象条件によっては、このようなレベルの臭気排出強度の場合、排出口からの臭気ガスにより悪臭苦情が発生する可能性も考えられる。

本調査は、山口県が実施した「平成10年度悪臭防止対策状況調査」の一部として行った。

#### 文 献

- 1) 山口県環境生活部編：平成10年版環境白書，32 (1998)
- 2) 環境庁大気保全局特殊公害課編：悪臭防止技術改善普及推進調査結果報告書，(1993)
- 3) 山口県環境保健部環境保全課編：悪臭防止対策マニュアル第3版，94 (1992)
- 4) 高橋正宏：臭気の研究. 25 (1)，1～14 (1994)
- 5) 重田芳廣：悪臭の研究. 4 (21)，7～11 (1975)