

I S S N 0386—5878
土木研究所資料第1609号

臭気と脱臭方法に関する調査報告書

—第3次中間報告—

昭和55年9月

建設省土木研究所
下水道研究室

Copyright © 55年度 by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複写は土木研究所長の承認を得ずしてこれを行なってはならない。

目 次

	ページ
1. 調査の目的	1
2. 調査の概要	1
2.1 調査・研究の期間	1
2.2 調査内容	1
2.2.1 臭気実態調査	1
3. 臭気実態調査	3
3.1 はじめに	3
3.2 臭気測定方法	3
3.2.1 官能試験法	3
3.2.2 臭気成分の分析方法	4
3.2.3 水質の測定	5
3.3 結 果	5
3.3.1 Y市C下水処理場	5
3.3.2 K市I下水処理場	13
3.3.3 S市B下水処理場	24
3.3.4 S市T下水処理場	27
3.4 考 察	32
3.4.1 GC-MS法による下水臭の分析	32
3.4.2 下水処理場から発生する臭気についての官能試験結果と 機器分析結果との対応づけ	32
3.4.3 夏期・秋期における下水処理場の臭気排出実態について	36
3.4.4 曝気槽各段槽における臭気排出実態について	38
3.4.5 酸素曝気法の臭気排出実態について	38
4. 簡易測定法による臭気成分の嗅覚閾値および臭気強度別濃度の測定	42
4.1 はじめに	42

4.2	被験成分および測定方法	4 2
4.2.1	嗅覚閾値の測定	4 2
4.2.2	閾上濃度における臭気強度別濃度の測定	4 3
4.3	測定結果	4 5
4.3.1	嗅覚閾値の測定結果	4 5
4.3.2	閾上濃度における臭気強度別濃度の測定結果	4 6
5.	下水臭の解明に関する検討	5 7
5.1	はじめに	5 7
5.2	下水臭の合成	5 7
5.2.1	実験内容	5 7
5.2.2	実験に供した試料	5 7
5.2.3	方 法	5 8
5.2.4	試験結果および考察	6 0
5.3	GC-オルファクトメータ法による下水臭の分析	6 3
5.3.1	実験内容	6 3
5.3.2	方 法	6 3
5.3.3	結果および考察	6 6
6.	下水臭気の捕集量に関する1 検討	7 5
6.1	はじめに	7 5
6.2	方 法	7 5
6.3	結果と考察	7 5
6.4	ま と め	8 2

序 文

下水道施設、とりわけ終末処理場やポンプ場で発生する臭気問題については、これまで下水道施設の本来機能の向上に迫られたため、施設の計画や建設の段階で、下水道関係者にとって問題なしとはしないまでも、どちらかという第2義的な問題として取扱われて来た。これは我国の下水道の整備水準が低く一刻でも早くその水準を引き上げようとする指向の結果ともいえよう。

しかし、最近、終末処理場等の建設に際して、処理場建設予定地周辺の住民による処理場建設反対運動が起り、施設用地の取得、工事の着手が非常に遅れる例が全国的に多くなって来ている。住民が処理場建設に反対する理由は地域によって多少の差異はあるが、大部分は終末処理場という言葉に対する観念的な抵抗感と悪臭等の2次公害への危惧感の2つが基本となっている。

このため、下水道事業担当者は処理場を地下式にするとか覆蓋をかけて、上部を公園や福祉厚生施設とし、住民の余暇活動の場所に提供したり、あるいは悪臭ガスの換気・捕集設備、脱臭設備を設け、2次公害に対する不安の解消を図ることを余議なくされている。しかし、これらの対策を取扱う技術はいずれもまだ試行錯誤的であり、特に臭気の捕集と脱臭の設備については、その設備の採用者、製作者によって異なった見解をもっているといっても良い状態にある。

下水道の整備が進展するのに伴って終末処理場等の数が増え、しかもそれらの大半は人家の密集する市街地に建設されることになるので、覆蓋化と換気、脱臭設備を設置する機会は今後ますます増えてくるものと思われる。このようなとき、科学的、技術的論拠があいまいなまま設備の投資を行なうことは、経済的にも資源エネルギー的にも将来に禍根を残すことになる。

このような観点から、土木研究所では昭和51年度より、「臭気と脱臭方法に関する調査」を開始し、単に終末処理場だけでなく、管渠施設、ポンプ場を含めた下水道施設から発生する臭気についてその原因となる臭気物質を同定、定量し、挙動を明らかにするとともに、それらを効率的に捕集し除去するための集気、脱臭方法の検討を行ない、設備の設計と管理ならびに下水道施設からの臭気が環境に与える影響の評価方法に関する指針策定のための基礎資料を得ることとした。

初年度である昭和51年度は、主として下水道施設における臭気と脱臭方法について問題点を整理するため、既往の文献や調査資料によって、色々な施設から発生する臭気の質や濃度の実態を把握し、後年度に予定している実態調査に必要な臭気試料の採取方法や分析測定方法などに関する検討を行なった。その成果は「臭気と脱臭方法に関する調査—予備調査編—」に収録した通りである。

第2年度である昭和52年度には、家庭下水の処理が中心で、脱臭装置も備えている某市の2つの処理場を対象に、水処理や汚泥処理の各工程から発生する臭気について、濃度、性質等を詳細に測定して臭気の排出状況の実態を把握し、化学分析値と官能試験値との相関、水質と臭気との関係など種々の観点から検討を加えた。また、この詳細調査のほか、脱臭装置の比較検討や異質下水臭の実態を把握するため、他の幾つかの処理場においても簡単な調査を実施した。この成果は「臭気と脱臭方法に関する調査報告書—第1次中間報告—」に収録した。

昭和53年度は、家庭排水を中心とした4ヶ所の処理場を実態調査し、処理施設の各工程から発生する臭気について、濃度、性質等の詳細な測定を行った。この結果、夏期と冬期との臭気発生の変異、脱臭装置の効果測定、水質と臭気との関係、下水臭の解明のための機器分析法による臭気成分の検索

と官能試験法による有臭化学物質の嗅覚閾値および臭気強度別濃度の簡易測定法の研究など種々の観点から検討を加えた。また、処理工程別に処理臭気量の低減と、それに伴う脱臭対策の建設費、維持管理費の節約例等について検討を加えた。この成果は「臭気と脱臭方法に関する調査報告書—第2次中間報告」に収録した。

昭和54年度は、4ヶ所の処理場を実態調査し、曝気槽の各槽における臭気発生量の差異、酸素活性汚泥法の臭気排出実態、沈砂地における覆蓋方法の検討、汚泥の熱処理からの臭気排出実態等を明らかにした。また簡易測定法による臭気成分の嗅覚閾値および臭気強度別濃度の測定、下水臭の解明に関する検討等を行った。この第3次中間報告書は以上の成果をとりまとめたものである。

なお、この第3次中間報告書の主要部分を抜粋し、若干の検討を加えたものは昭和54年度下水道関係調査研究年次報告書集（昭和55年3月、建設省土木研究所）に収録してあるので参考に供されたい。

最後に、本中間報告書のとりまとめにあたって、現地調査、分析測定、解析に従事して頂いた日本環境衛生センター特殊公害課の重田芳広、石黒智彦、長谷川隆、永田好男、竹内教文、古川修、仲山仲次、岡安信二、清水伸夫、末吉社介、藤吉秀明、西尾高好、須永久一の各氏の御尽力に対し深甚なる敬意を表するとともに、現地調査に際し、試料採取等、種々御協力と便宜をお図り頂いた関係地方公共団体の担当者各位に厚く御礼申し上げます。

昭和55年9月

下水道研究室長 市 村 訓 男

1. 調 査 の 目 的

下水終末処理場等下水道施設から発生する臭気について各発生源別の臭気濃度や臭気物質濃度等を測定して、その原因となる物質および挙動を明らかにし、下水道施設の計画・設計に際し臭気に関して配慮すべき事項を整理するとともに効率的な捕集・脱臭方法の確立を図ることを目的とする。

2. 調 査 の 概 要

2.1 調査・研究の期間

昭和54年 6月20日～昭和55年 3月20日

2.2 調査内容

2.2.1 臭気実態調査

家庭排水を中心とした4下水処理場において、下記の内容で臭気に関する調査を行った。なお臭気調査の試料採取箇所と測定項目及び検体数を表2-1～2-3に示す。

1) Y市C下水処理場

- (1) 曝気槽各段槽における臭気排出実態
- (2) 臭気の夏期と秋期における実態調査

表2-1 Y市C下水処理場臭気調査に係る検体数

測定項目 試料採取場所		臭気濃度	アンモニア	硫黄化合物	スカトール・インドール	低沸点有機物	高沸点有機物	低級脂肪酸	GC-MS		水質分析
									低沸点成分	高沸点成分	
沈砂池		1	1	1	1	1	1	1	1		1
最初沈殿池		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
曝気槽	第1槽流入部	1	1	1	1	1	1	1	1		1
	第2槽上流部	1	1	1	1	1	1	1			1
	第3槽上流部	1	1	1	1	1	1	1			1
	第4槽下流部(流出部)	1	1	1	1	1	1	1			1
汚泥濃縮槽		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
計		7	7	7	7	7	7	7	4	2	7

2) K市I下水処理場

- (1) 酸素曝気法を用いた下水処理場の臭気実態調査
- (2) 酸素曝気法の経済性

表2-2 Y市C下水処理場臭気調査に係る検体数

測定項目 試料採取場所	臭気濃度	臭気強度	硫黄化合物	アンモニア	低沸点有機物	高沸点有機物	低級脂肪酸	GC-MS		スカトール・インドール	水質分析
								低沸点成分	高沸点成分		
沈砂池	1		1	1	1	1	1	1		1	1
調整槽	1		1	1	1	1	1			1	1
最初沈殿池(第1池)	1		1	1	1	1	1	1		1	1
最初沈殿池(第2池)	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1
高速エアレーション沈殿池	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1
酸素曝気槽(第1槽)	1		1	1	1	1	1			1	—
酸素曝気槽(第2槽)	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1
汚泥貯留槽	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1
最終沈殿池	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
処理場敷地境界線	2	3	2	—	—	—	—	—	—	—	—
計	10	3	10	8	8	8	8	6	4	8	9

3) S市B下水処理場

- (1) 施設見学(沈砂池における臭気発生箇所の覆がい状況)

4) S市T下水処理場

- (1) 施設見学(熱処理方式による汚泥処理)
- (2) 汚泥の熱処理時の臭気実態調査

表2-3 S市B下水処理場臭気調査に係る検体数

測定項目 試料採取場所	臭気濃度	硫黄化合物
熱処理系汚泥貯留槽	1	1
熱処理系汚泥濃縮槽	1	1
分離液処理槽入口	1	1
同上出口	1	1
熱処理系ろ液槽	1	1
フィルタープレス室	1	1
汚泥焼却後	1	—
第1系列曝気槽	1	1
計	8	7

3. 臭 気 実 態 調 査

3.1 はじめに

「臭気と脱臭方法に関する調査」の第2年度である昭和52年度から、家庭下水を中心とした9下水処理場で、水処理や汚泥処理の各工程から発生する臭気について、濃度、性質等を測定して臭気の排出状況の実態を調査した。この結果、処理工程別の臭気排出量、化学分析値と官能試験値との相関、水質と臭気との関係、脱臭装置の効果測定、夏期と冬期との臭気発生の差異など種々の観点から検討を加えた。

本年度の調査では、Y市C下水処理場において、曝気槽の臭気対策を適格に行うために曝気槽各段槽における臭気排出状況を調査するとともに、夏期と秋期との臭気排出実態を調査した。K市I下水処理場においては、曝気槽排ガスを低減できる酸素曝気法を用いた下水処理場の臭気排出実態及び酸素曝気法の経済性について調査した。またS市B下水処理場においては、沈砂池における臭気発生箇所の覆がい状況を視察し、S市T下水処理場では、汚泥の熱処理時の臭気発生実態等の簡単な調査を行った。以上の臭気調査から、下水処理場から発生する臭気の実態を明らかにし、下水道施設の計画・設計に際し、臭気に関して配慮すべき事項を整理するとともに効率的な捕集、脱臭方法の確立を図るための基礎資料を得ることを目的とした。

3.2 臭気測定方法

臭気調査及び水質調査に用いる測定方法は、悪臭防止法で定めているものについては、それにしたがって、その他については現在、精度の高いと考えられる方法によった。

臭気の測定方法の概要は以下に述べるとおりであり、詳細については昭和52年度「臭気と脱臭方法に関する基礎的調査」報告書を参照されたい。

3.2.1 官能試験法

1) 臭気濃度

臭気濃度の測定は、三点比較式におい袋法を用いた。まず悪臭発生源や環境大気中で、悪臭を含んだ空気を試料採取バックに採取し、これを無臭空気を満した3個のにおい袋の内の1つに、所定の希釈倍数になるように入れる。次にこの3個のにおい袋を約6人のパネル（嗅覚が正常な測定者）に渡し、どれににおいがあるかを判断させる。このようにして次第に希釈倍数を下げた測定し、個々のパネルによって得られた嗅覚閾値の希釈倍数を統計処理し臭気濃度（臭気希釈倍数）とする。

2) 臭気強度

日本環境衛生センターの職員3名が1組となってパネルを構成した。パネルは処理場の風下敷地境周辺を歩行巡回し、においの感じられる様子をできるだけ表わすことができるように測定点を定めた。臭気強度の判定は、5分間、10秒毎に表3-1に示す6段階臭気強度表示法を用いて、同時に3名のパネルがにおいの強さを判断し、各自記録した。

表 3 - 1 6 段階臭気強度判定尺度

0	:	無	臭
1	:	やっと感知できるにおい	
2	:	何のにおいであるかわかる弱いにおい	
3	:	らくに感知できるにおい	
4	:	強いにおい	
5	:	強烈なにおい	

3.2.2 臭気成分の分析方法

1) アンモニア

0.5 % 珪酸水溶液 20 ml を吸収液とし、毎分 1 ~ 2 リットルの流速でアンモニアの濃度に応じて数リットルないし数百リットル程度通気し、JIS K0099 排ガス中のアンモニア分析法に基づくインドフェノール法で測定した。

2) 硫黄化合物 (硫化水素、メチルメルカプタン、硫化メチル、二硫化メチル)

テドラーバッグに採取した臭気を液体酸素で冷却した試料濃縮管に通して、硫黄化合物を低温濃縮し、ガスクロマトグラフィ (以下 GC 法とする) により分離定量を行った。本法は、環境庁告示 9 号、47 号に示す悪臭物質の測定方法に準ずるものである。

3) 低級脂肪酸

水酸化ストロンチウムを塗付したガラスビーズ充填管に臭気を通して、低級脂肪酸を反応捕集する。その後、この捕集管にギ酸を加え、遊離した低級脂肪酸を水素炎イオン化検出器を備えた GC によって分離定量した。

4) 低沸点有機物

テドラーバッグに採取した臭気を液体酸素で冷却した試料濃縮管に通して、低沸点有機物を低温濃縮し、ガスクロマトグラフィにより分離定量を行った。なお、物質の定性は、ガスクロマトグラフィ質量分析法 (以下 GC-MS 法とする) によった。

5) 高沸点有機物

テナックス GC を充填した試料濃縮管に臭気を通して、高沸点有機物を吸着捕集し、ガスクロマトグラフィによって分離定量を行った。

なお、物質の定性は、GS-MS 法によった。

6) GC-MS 分析 (ガスクロマトグラフィー質量分析)

(1) 大気排ガス中の有臭成分の分析

3.2, 4), 5) に示す低沸点・高沸点有機物の GC 分析法と同様の方法で前処理し、GC-MS 分析を行った。

3.2.3 水質の測定

水質試料の採取方法は、JIS K0094の工業用水、工場排水の試料採取方法によった。透視度、pH、COD、BOD、溶存酸素、塩素イオン、SS、蒸発残留物、強熱減量、アンモニア性窒素、全窒素、硫化物及びフェノール類の測定方法はJIS K0102の工場排水試験方法によった。

3.3 結 果

3.3.1 Y市C下水処理場

1) 施設の概要

施設の概要は、昭和53年度の臭気と脱臭方法に関する調査報告書で詳細に述べたので参照されたい。ここでは、処理場の平面図、下水処理、排ガス処理のフローシートを図3-1、3-2に示すにとどめる。

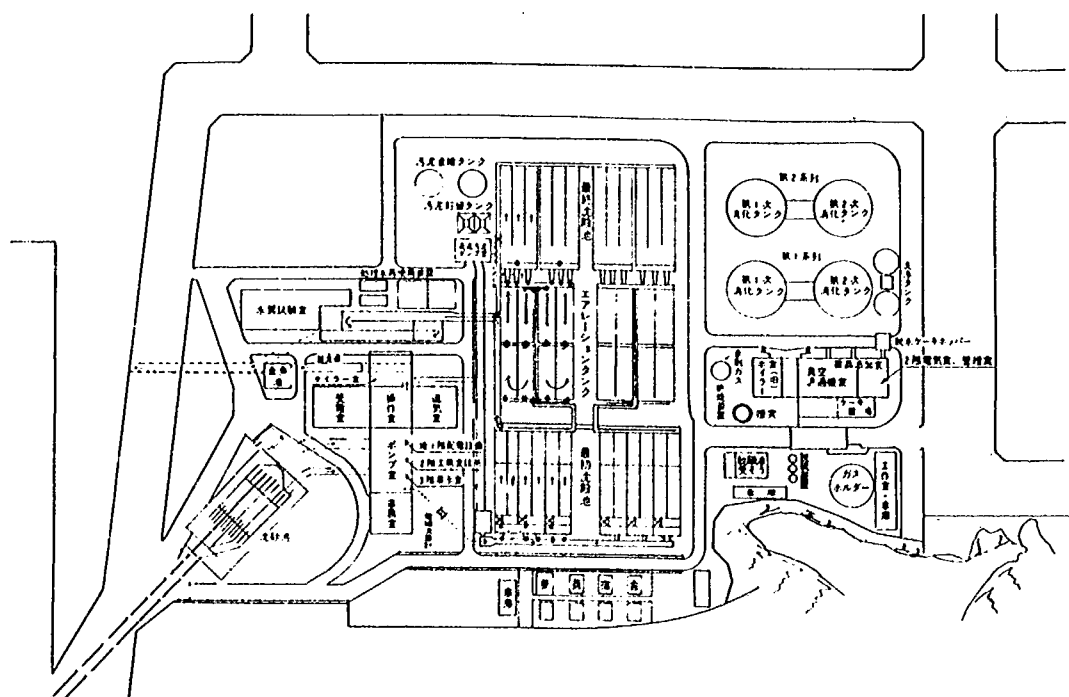
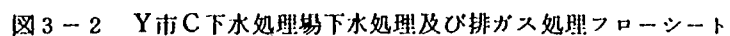


図3-1 Y市下水処理場平面図



- 6 -

2) 測定結果

(1) 官能試験

処理工程別の臭気濃度測定結果を表3-2に示す。

表3-2 Y市C下水処理場臭気濃度測定結果

試料採取		臭気濃度の測定				試料採取時の状況
場 所	日 時	試験開始時間	パネル人数	希釈倍数の調整範囲	臭気濃度	
沈 砂 池 (液面上約10cm)	7月27日 9:57	7月27日 16:00	6	30~1,000	310	においの質：下水臭(腐敗臭, H ₂ S臭)強度：4
最 初 沈 殿 池	7月27日 10:05	7月27日 15:00	6	30~300	73	においの質：下水臭(魚臭) 強度：2.5~3
曝気槽第1池流入部 (液面上約10cm)	7月27日 10:50	7月27日 14:30	6	30~3,000	1,700	においの質：下水臭 強度：4
同 第2池上流部 (液面上約10cm)	7月27日 10:42	7月27日 15:40	6	10~300	73	においの質：曝気槽臭(活性汚 泥臭) 強度：3
同 第3池上流部 (液面上約10cm)	7月27日 10:35	7月27日 14:50	6	10~100	41	においの質：曝気槽臭(活性汚 泥臭) 強度：2.5
同 第3池下流部 (液面上約10cm)	7月27日 10:30	7月27日 15:40	6	10~300	130	においの質：曝気槽臭(活性汚 泥臭) 強度：3
同第4池下流流出部 (液面上約10cm)	7月27日 10:24	7月27日 13:30	6	10~1,000	98	においの質：曝気槽臭(活性汚 泥臭) 強度：3
汚 泥 濃 縮 槽	7月27日 11:00	7月27日 16:30	6	30000~ 1,000,000	230000	においの質：硫化水素 強度：5

(2) 臭気成分の測定

処理工程別の臭気成分測定結果を表3-3~3-8に示す。

表3-3 Y市C下水処理場アンモニア、硫黄化合物、インドール、スカトール分析結果

(単位：ppm)

試料採取場所	試料採取月日	アンモニア	硫化水素	メチルメルカ プタン	硫化メチル	2硫化メチル	インド ール	スカト ール
沈 砂 池	7月27日	0.123	0.112	0.0038	t.r. (0.0007)	n.d. (0.001以下)	n.d.	n.d.
最 初 沈 殿 池	7月27日	0.100	0.046	t.r. (0.0009)	n.d. (0.001以下)	n.d. (0.001以下)	n.d.	n.d.
曝気槽1池流入部	7月27日	0.120	0.5	0.08	0.008	0.002	n.d.	n.d.
曝気槽2池上流部	7月27日	0.083	0.003	0.001	0.001	t.r. (0.0008)	n.d.	n.d.
曝気槽3池上流部	7月27日	0.157	0.0125	t.r. (0.0008)	0.001	0.001	n.d.	n.d.
曝気槽3池下流部	7月27日	—	0.003	0.001	0.001	t.r. (0.0008)	n.d.	n.d.
曝気槽4池流出部	7月27日	0.109	0.0085	0.0025	0.001	t.r. (0.0006)	n.d.	n.d.
汚 泥 濃 縮 槽	7月27日	0.335	44	3.2	0.13	0.01	n.d.	n.d.

t.r. : 微量検出 n.d. : 不検出

表3-4 Y市C下水処理場各臭気排出源における低級脂肪酸測定結果 (単位: ppb)

試料採取場所	試料採取日時	酢酸	プロピオン酸	イソ酪酸	n-酪酸	イソ吉草酸	n吉草酸	イソカプロン酸	n-カプロン酸
沈砂池	7月27日 10:08~10:48	2.6	0.4	0.6	0.2	0.1	0.1	n.d.	n.d.
最初沈殿池	7月27日	5.5	0.3	0.2	0.1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
曝気槽第1池流出部	7月27日	2.4	t.r. (<0.1)	0.3	0.1	0.2	0.1	n.d.	n.d.
曝気槽第2池上流	7月27日	4.6	0.3	0.2	0.1	t.r. (<0.1)	0.1	n.d.	n.d.
曝気槽第3池上流	7月27日 11:33~12:09	2.2	0.1	0.1	0.1	0.1	t.r. (<0.1)	n.d.	n.d.
曝気槽第4池流出部	7月27日 11:55~12:55	1.4	t.r. (<0.1)	t.r. (<0.1)	t.r. (<0.1)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
汚泥濃縮槽	7月27日	7.4	0.3	0.5	0.4	0.2	0.1	n.d.	n.d.

表3-5 Y市C下水処理場処理工程別排ガスの低沸点有機物測定結果

試料採取月日 7月27日 (単位: ppb)

試料採取 物質名	沈砂池	最初沈殿池	曝気槽第1 槽上流部	曝気槽第2 槽上流部	曝気槽第3 槽上流部	曝気槽第4 槽流出部	汚泥濃縮槽
イソペンタン	—	—	1.7	—	—	—	—
n-ペンタン	1.2	0.9	1.7	0.8	0.3	1.5	2.5
n-ヘキサン	2.4	0.4	1.2	0.4	0.2	0.5	4.5
n-ヘプタン	<0.2	<0.1	2.7	<0.2	<0.2	<0.2	7.8
n-オクタン	0.4	0.3	1.3	0.2	<0.2	<0.2	9.2
ベンゼン	1.7	1.6	1.5	1.0	0.6	1.7	4.5
トルエン	7.3	3.4	14.4	1.2	0.7	5.8	44.8
エチルベンゼン	1.7	1.0	3.4	0.4	—	0.9	—
m,p-キシレン	3.2	3.2	4.4	1.4	—	2.0	1.4
o-キシレン	1.7	0.8	1.3	0.4	—	0.5	—

表3-6 Y市C下水処理場処理工程別排ガスの高沸点有機物測定結果

試料採取月日 7月27日 (単位: ppb)

試料採取場所 物質名	沈砂池	最初沈 殿池	曝気槽 第1槽 流入部	曝気槽 第2槽 上流部	曝気槽 第3槽 上流部	曝気槽 第4槽 流出部	汚泥濃 縮槽
n-ノナン	2.2	0.4	1.5	0.5	0.7	0.5	25
イソプロピルベンゼン	0.2	<0.05	0.2	0.1	0.2	<0.05	<0.5
ベンズアルデヒド	8.8	1.0	3.8	2.0	3.2	0.5	—
n-プロピルベンゼン	1.2	0.1	1.5	0.7	0.9	0.2	—
m,p-エチルトルエン	3.1	0.3	3.9	1.9	2.6	0.6	—
1,3,5-トリメチルベンゼン	1.4	<0.05	1.4	0.6	0.9	0.1	—
1,2,4-トリメチルベンゼン	—	0.4	5.0	2.2	3.0	0.4	—
p-ジクロロベンゼン	9.6	1.5	9.6	6.0	9.8	1.4	—
n-デカン	13.2	1.0	7.7	1.9	2.5	1.0	83
n-ウンデカン	25.4	0.8	9.1	1.8	2.1	1.2	84
ナフタレン	—	0.3	1.8	0.4	0.5	0.2	<1
n-ドデカン	14.3	1.1	8.1	1.1	1.2	1.1	51
n-トリデカン	8.7	0.5	5.5	0.9	1.0	1.0	23
n-テトラデカン	3.5	0.2	2.7	0.6	0.6	0.9	5.9
n-ペンタデカン	1.3	0.2	0.9	0.3	0.3	0.8	1.4
n-ヘキサデカン	0.8	0.2	0.3	0.2	0.2	0.6	0.8
n-ヘプタデカン	1.0	0.2	—	0.4	0.4	1.0	1.3
ブリストン	—	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.1	—
n-オクタデカン	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	1.4	1.6
フィタン	0.1	0.1	<0.05	<0.05	<0.05	0.2	—
n-ノナデカン	<0.05	0.1	<0.05	0.1	0.1	0.2	0.8
ジブチルフタレート	0.3	0.1	<0.05	0.8	<0.05	0.5	0.7

表 3-7 GC-MS法による低沸点有機物の測定結果

試料採取月日 7月27日

分類	名 称	構 造	沈砂池	最 初 沈殿池	曝気槽	濃 縮 槽
炭 化 水 素	n-ペンタン	C_5H_{12}	○			
		C_7H_{16}				○
	n-ヘプタン	C_7H_{16}				○
	n-オクタン	C_8H_{18}			○	○
		C_9H_{20}			○	○
	n-ノナン	C_9H_{20}			○	○
		$C_{10}H_{22}$	○			
	n-デカン	$C_{10}H_{22}$	○	○	○	○
	ベンゼン	C_6H_6	○	○	○	○
酸 素 化 合 物	トルエン	C_7H_8	○	○	○	
	アセトアルデヒド	CH_3CHO	○	○	○	
	アセトン	CH_3COCH_3	○	○	○	○
	メチルアルコール	CH_3OH	○	○	○	○
	エチルアルコール	C_2H_5OH	○	○	○	
	エチルエーテル	$C_2H_5OC_2H_5$			○	
	2 硫化炭素	CS_2	○			
	ジメチルサルファイド	CH_3SCH_3	○		○	○
窒 化 合 物	メチルメルカプタン	CH_3SH				○
	ピリジン	C_5H_5N			○	
ハ ロ ゲ ン 化 合 物	1,1,1-トリクロロエタン	CCl_3CH_3			○	
	トリクレン	$CHCCl_3$	○		○	
	テトラクロロエチレン	CCl_2CCl_2			○	
	4 塩化炭素	CCl_4	○	○		○
	フレオン11		○			
		$C_2F_3Cl_3$			○	
	エチレンジクロライド				○	
	クロロホルム	$CHCl_3$			○	

注 ○は同定された物質であり、無印は検出限界以下を意味する。

表 3-8 GC-MS 法による高沸点有機物の同定結果

試料採取月日 7月27日

分類	名 称	構 造	最 初 沈 殿 池	汚 泥 濃 縮 槽
炭 化 水 素	n-ノナン	C_9H_{20}	○	○
	n-デカン	$C_{10}H_{22}$	○	○
		$C_{10}H_{22}$		○
		$C_{10}H_{20}$		○
		$C_{10}H_{18}$		○
	n-ウンデカン	$C_{11}H_{24}$	○	○
		$C_{11}H_{24}$		○
		$C_{11}H_{22}$		○
		$C_{11}H_{20}$		○
	n-ドデカン	$C_{12}H_{26}$	○	○
		$C_{12}H_{26}$		○
		$C_{12}H_{24}$		○
		$C_{12}H_{22}$		○
	n-トリデカン	$C_{13}H_{28}$		○
		$C_{13}H_{28}$		○
		$C_{13}H_{26}$		○
		$C_{13}H_{24}$		○
	n-テトラデカン	$C_{14}H_{30}$		○
		$C_{14}H_{28}$		○
		$C_{14}H_{26}$		○
	n-ペンタデカン	$C_{15}H_{32}$		○
		$C_{15}H_{30}$		○
		$C_{15}H_{28}$		○
	n-ヘキサデカン	$C_{16}H_{34}$		○
		$C_{16}H_{32}$		○
	トルエン	C_7H_8	○	○
	キシレン	C_8H_{10}	○	○
	(C_3 -ベンゼン)	C_9H_{12}	○	○
	(C_4 -ベンゼン)	$C_{10}H_{14}$	○	○
	(C_5 -ベンゼン)	$C_{11}H_{16}$	○	○
酸 素 化 合 物	ナフタレン		○	○
	メチルナフタレン			○
	(C_2 -ナフタレン)			○
	(C_3 -ナフタレン)			○
	DEP		○	○
	DBP		○	
	DOP		○	
	ベンズアルデヒド		○	
	アセトフェノン		○	
塩 化 物	モノクロロベンゼン		○	
	ジクロロベンゼン		○	○

注 ○ は同定された物質であり、無印は検出限界以下を意味する。

(3) 水質分析

臭気調査当日の水質分析結果を表 3-9 に示す。

表 3-9 Y 市 C 下 水 処 理 場

試 料 分析項目	沈砂池	最 初 沈殿池	曝気槽 (1)	曝気槽 (2)	曝気槽 (3)	曝気槽 (4)	汚 泥 濃縮槽
採 水 時 刻	10:20	10:00	10:25	10:30	10:38	10:47	11:05
水 温 (℃)	27.0	27.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0
外 観	灰黒色 混濁	灰黒色 混濁	灰かっ色 混濁	灰かっ色 混濁	灰かっ色 混濁	灰かっ色 混濁	灰 黒 色 混濁
臭 気	下水臭	下水臭	下 水 臭	下 水 臭	下 水 臭	下 水 臭	下 水 臭
透 視 度	4.0	4.8	2.0	1.8	1.8	1.8	2.5
水素イオン濃度 (pH)	7.2	7.0	6.9	6.8	6.9	6.9	6.6
懸濁物質 (mg/l)	230	82	1,200	1,300	1,500	1,400	250
蒸発残留物 (mg/l)	2,300	2,000	—	—	—	—	2,700
塩素イオン (mg/l)	950	870	930	950	920	890	1,100
イオウイオン (mg/l)	0.75	0.50	2.5	3.3	3.2	2.3	8.6
B O D (mg/l)	230	140	—	—	—	—	330
C O D (mg/l)	110	47	—	—	—	—	140
溶 存 酸 素 (mg/l)	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
アモニア性窒素 (mg/l)	15	17	15	15	12	9.0	25
総 窒 素 (mg/l)	32	28	120	140	130	110	71

3.3.2 K市下水道処理場

1) 施設の概要

当処理場は、〇電鉄に隣接するU住宅地区を処理区としている。施設の概要、処理平面図をそれぞれ表3-10、図3-3に示す。

下水は主に家庭下水が中心であり、当初、U閉地の家庭排水が活性汚泥法によって処理されていた。しかしながら、処理区域内の人口増加に加え、汚水量の時間変動が大きくなって処理能力に不足を生じたため、昭和38年に調整池を兼ねた最初沈殿池を増設する等の改造工事が行われた。さらに、昭和48年には、純酸素曝気方式による曝気槽及び最終沈殿池の増設が行われた。

汚泥はタンクローリーで排出し、他の処理場で処理している。下水処理のフローシート及び設備の概要をそれぞれ図3-4、表3-11に示す。

表3-10 施設の概要

敷地面積	5,461 平方メートル
処理区域面積	59.41 ヘクタール
処理人口	11,000 人
処理水量	3,300 m^3 /日 (日最大汚水量)
下水排除方式	第1系列 1,000 m^3 /日 第2系列 2,300 m^3 /日 分流式
処理方式	活性汚泥法
建設年月日	第1系列 昭和35年8月1日 第2系列 昭和48年4月1日
主要施設	第1系列 最初沈殿池、高速エアレーション沈殿池 第2系列 最初沈殿池、純酸素ばっ気式エアレーションタンク（ユノックス法）、最終沈殿池、酸素発生装置 その他 機械棟（電気室、ポンプ室、ブロー室等）、沈殿池、流入水調整槽、消毒設備、その他

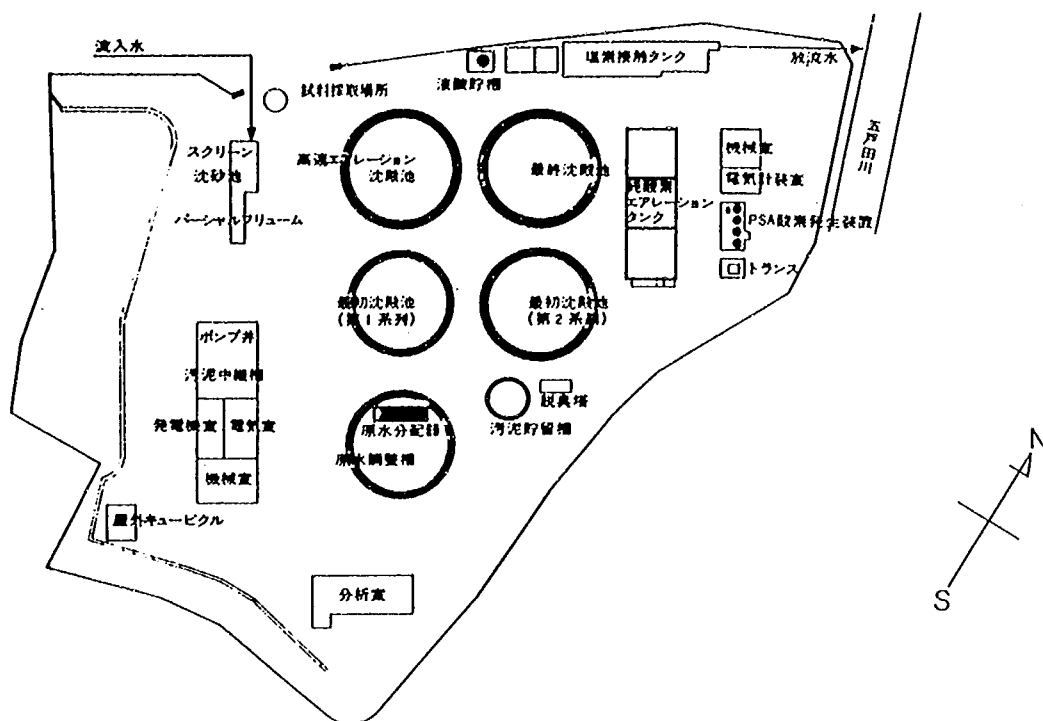


図 3-3 処理場平面図（処理場敷地境の試料採取場所も含む）

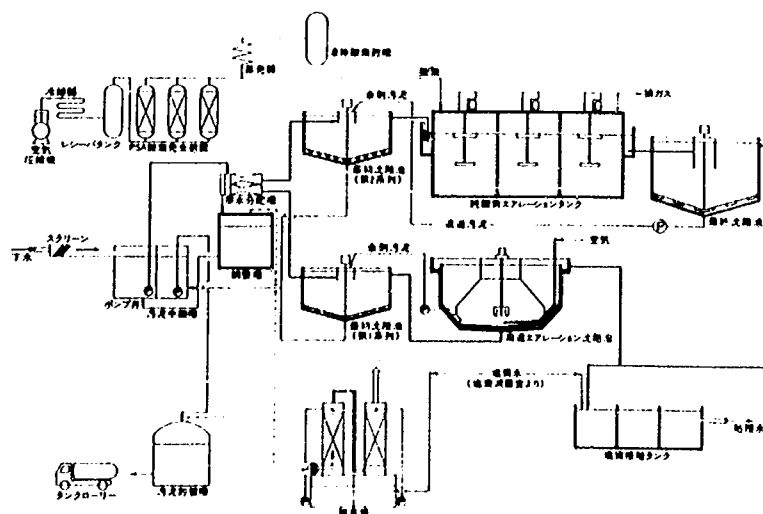


図3-4 下水処理のフローシート

表 3 - 1 1 設備の概要

汚水ポンプ	揚程 12 m 揚水量 2 m ³ /分 11 kw 3 台		
原水調整槽	鉄筋コンクリート造 直径 10.8 m 有効高さ 4.9 m 有効容量 450 m ³ 空気攪拌設備付き		
第 1 系 列		第 2 系 列	
最初沈殿池	鉄筋コンクリート造 円型 直径 9.2 m 有効水深 2.0 m 中央駆動式 0.75 kw	最初沈殿池	鉄筋コンクリート造 円型 直径 10 m 有効水深 2 m 汚泥掻寄機 中央駆動式 1.5 kw
高速エアレーション沈殿池	鉄筋コンクリート造 円型 直径 10.8 m 有効容量 126.3 m ³ ばっ気時間 3 時間 沈殿部有効容量 133 m ³ 羽根駆動装置 7.5 kw ブロー 風量 4.5 m ³ /分 7.5 kw 1 台 風量 8 m ³ /分 15 kw 1 台	純酸素エアレーションタンク	鉄筋コンクリート造 密閉式 縦 5.5 m × 横 5.5 m × 有効水深 1.8 m 3 槽 有効容量 150 m ³ ばっ気時間 1.6 時間 (原水基準) ばっ気機 1 段 3.7 kw 2, 3 段 2.2 kw 酸素発生装置 リンドックス PSA 酸素発生装置 (酸素量 570 kg/日) 液体酸素貯蔵設備付
最終沈殿池	鉄筋コンクリート造 円型 直径 11.0 m 有効水深 3.5 m 中央駆動式 0.75 kw		
汚泥貯留槽	鉄筋コンクリート造 直径 4.4 m 高さ 2.7 m 有効容量 40 m ³ 空気攪拌装置付		
塩素接触タンク	鉄筋コンクリート造 幅 1 m × 長さ 43 m × 有効水深 0.8 m 接触時間 15 分		

2) 測定結果

(1) 官能試験

臭気排出源別の臭気濃度測定結果および処理場敷地境界で行った臭気強度測定チャートと判定頻度をそれぞれ表3-12, 図3-5, 表3-13に示す。

表3-12 K市I下水処理場臭気濃度測定結果

試料採取		臭気濃度の測定				試料採取時の状況
場 所	日 時	試験開始時間	パネル人数	希釈倍数の調整範囲	臭気濃度	
沈 砂 池	7月26日 9:45	7月26日 15:25	6	10~ 1,000	310	においの質：下水臭, 強度：3
調 整 槽 (海面上約10cm)	7月26日 10:25	7月26日 14:20	6	30~ 300	73	においの質：下水臭+弱い魚臭, 強度：3
最 初 沈 殿 池 (第 1)	7月25日 9:25	7月25日 13:15	6	10~ 100	41	においの質：下水臭+厨房排水臭 強度：3
最 初 沈 殿 池 (第 2)	7月25日 9:30	7月25日 13:45	6	30~ 1,000	550	においの質：下水臭+厨房排水臭 強度：3
高速エアレーシ ョ ンタンク	7月25日 10:25	7月25日 14:20	6	30~ 1,000	230	においの質：曝気槽+生下水臭, 強度：3
酸素エアレーシ ョ ンタンク(第1槽)	7月25日 10:00	7月25日 15:20	6	100~ 30,000	7,300	においの質：生下水臭, 強度：4
酸素エアレーシ ョ ンタンク(第4槽)	7月25日 10:40	7月25日 16:05	6	100~ 10,000	1,700	においの質：下水臭, 強度：3~ 3.5
汚 泥 貯 留 槽	7月26日 10:07	7月26日 15:00	6	30~ 100,000	23,000	においの質：汚泥臭(腐敗臭, H ₂ S臭)強度：4
敷 地 境 界 線 (正 門 前)	7月26日 11:20	7月26日 13:40	6	10	10以下	においの質：下水臭, 強度：2
同 上	7月26日 11:30	7月26日 14:00	6	10	10以下	においの質：下水臭, 強度：2

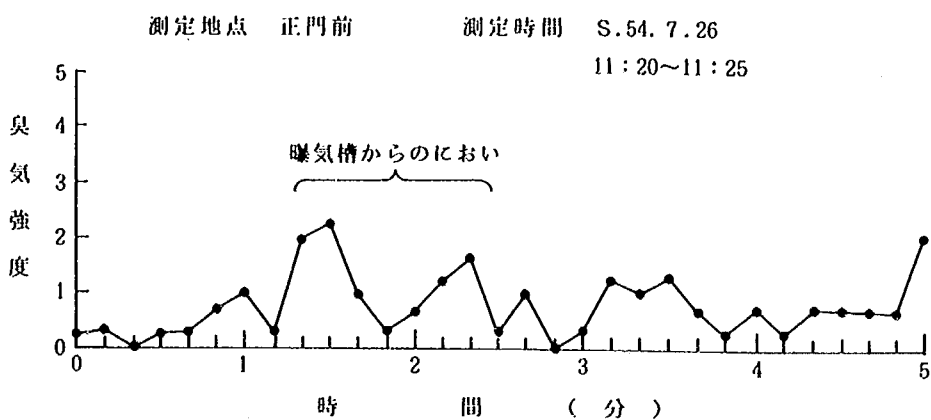
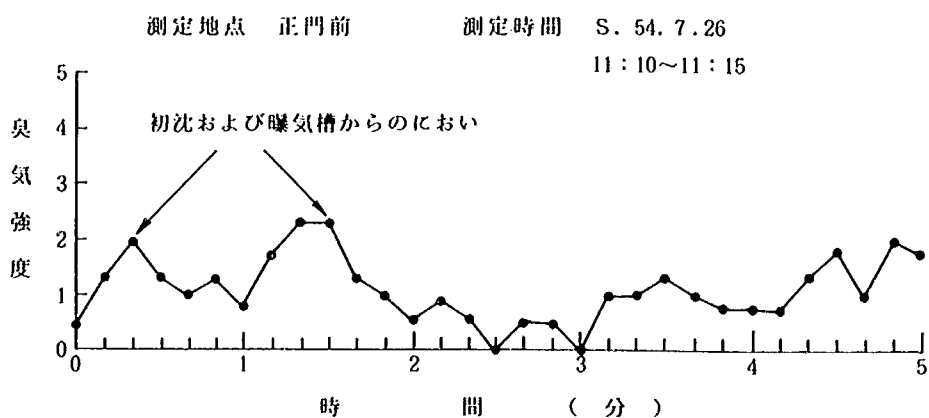
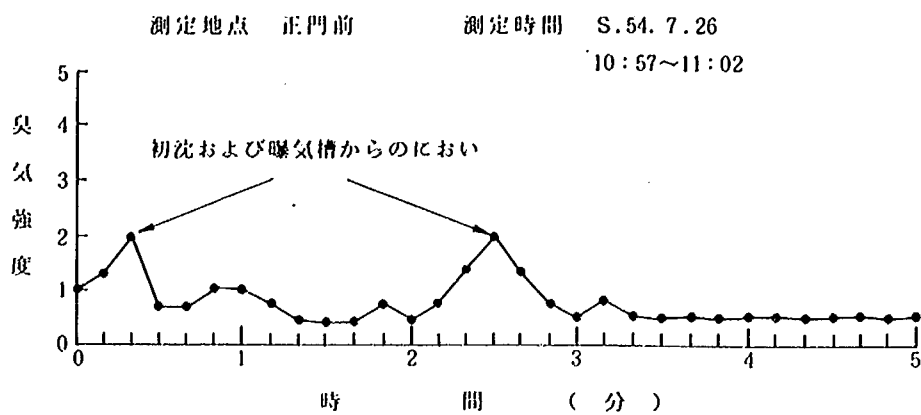


図3-5 臭気強度時系列データ(平均値)

表3-13 6段階臭気強度別出現頻度・臭気強度平均値

測 定 箇 所	測 定 日 時	パネ	6 段階臭気強度 判定回数						臭気強度 (分間平均値)		測 定 時 の 状 況
			5	4	3	2	1	0	パネ間	全 体	
正 門 前	S. 54. 726	T. I				1	1	26	0.19	0.67	東～南の風、1m/s以下初沈および曝気槽のにおい、ときおり沈砂池のにおいを感じられた。
	10:57~11:02	Y. N				6	5	20	0.55		
		O. F			1	7	22	1	1.26		
6段階臭気強度判定頻度 (%)					11	151	333	505			
正 門 前	S. 54. 726	T. I				7	9	15	0.71	1.05	北東～東の風、1m/s以下においの質：同上
	11:10~11:15	Y. N				11	2	15	0.97		
		O. F			3	12	12	4	1.15		
6段階臭気強度判定頻度 (%)					32	335	217	366			
正 門 前	S. 54. 726	T. I			1	8	11	11	0.97	0.79	北東～東の風、1m/s以下主に曝気槽からのにおいを感じられた。
	11:20~11:25	Y. N				8	2	21	0.58		
		O. F				5	15	11	0.81		
6段階臭気強度判定頻度 (%)					11	226	301	162			

(2) 臭気成分の測定

処理工程別の排ガス中に含まれる臭気成分の分析結果を表3-14～表3-19に示した。

表3-14 K市I下水処理場アンモニア、硫黄化合物、インドール、スカトール分析結果
(単位：ppm)

試料採取場所	試料採取日	アンモニア	硫化水素	メチルメルカプタン	硫化メチル	2硫化メチル	インドール	スカトール
沈砂池	7月26日	0.131	0.104	0.0095	0.0025	n. d. (<0.001)	n. d.	n. d.
調整槽	7月26日	0.110	0.08	0.0125	0.0023	tr. (0.0006)	0.000104	0.000010
最初沈殿池(第1池)	7月25日	0.234	0.014	0.0028	tr. (0.0007)	n. d. (<0.001)	n. d.	n. d.
最初沈殿池(第2池)	7月25日	0.107	0.06	0.016	0.003	n. d. (<0.005)	n. d.	n. d.
酸素曝気槽(第1槽)	7月25日	0.196	0.09	0.05	0.16	0.12	n. d.	n. d.
酸素曝気槽(第4槽)	7月25日	0.051	n. d. (<0.01)	0.016	0.104	0.056	n. d.	n. d.
高速曝気槽	7月25日	0.153	0.0055	0.0033	0.026	0.001	n. d.	n. d.
汚泥貯留槽	7月26日	0.106	17	2.1	0.36	0.039	0.000111	0.000009
敷地境界線(正門前)	7月26日	—	0.0028	0.00086	0.00018	tr. (0.0001)	—	—
同 上	7月26日	—	0.0018	0.0006	tr. (0.0001)	tr. (0.0001)	—	—

表 3-15 K市I下水処理場各臭気排出源における低級脂肪酸測定結果

(単位: ppb)

試料採取場所	試料採取月日	酢酸	プロピオン酸	イソ酪酸	n-酪酸	イソ吉草酸	n吉草酸	イソカプロン酸	n-カプロン酸
沈砂池	7月26日	4.2	t r. (<0.1)	0.4	0.4	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.
調整槽	7月26日	5.2	0.5	0.4	0.2	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.
最初沈殿池(第1池)	7月25日	6.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0.1	n. d.	n. d.
"(第2池)	7月25日	7.7	0.3	0.5	0.2	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.
酸素曝気槽(第1槽)	7月25日	5.0	0.4	0.1	0.1	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.
"(第4槽)	7月25日	0.9	t r. (<0.1)	0.1	0.1	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.
高速曝気槽	7月25日	3.2	0.3	0.3	0.2	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.
汚泥貯留槽	7月26日	26.9	16.3	3.6	4.3	4.6	1.8	0.2	0.5

表 3-16 K市I下水処理場処理工程別低沸点有機物測定結果

(単位: ppb)

試料採取場所 及び採取月日 物質名	沈砂池 7月26日	最初沈殿池 第1槽 7月25日	最初沈殿池 第2槽 7月25日	高速エアレーション 沈殿池 7月25日	酸素曝気槽 第1槽 7月25日	酸素曝気槽 第4槽 7月25日	調整槽 7月26日	汚泥貯留槽 7月26日
イソペンタン	6.6	2	1.6	—	—	—	11	12
n-ペンタン	2.2	1.2	0.8	1.5	7.6	10.6	4.0	3.3
n-ヘキサン	1.4	2.0	0.8	0.8	1.6	2.0	1.8	3.6
n-ヘプタン	0.3	<0.2	0.2	<0.2	2.9	1.2	0.3	0.5
n-オクタン	0.6	0.5	0.3	0.3	5.0	3.8	0.6	1.3
ベンゼン	4.0	3.5	3.7	7.1	3.7	5.5	1.5	9.8
トルエン	1.2	6.1	3.0	8.7	—	—	1.3	1,270
エチルベンゼン	1.5	1.4	0.7	—	—	—	4.6	0.9
m, p-キシレン	2.7	2.0	1.5	5.9	—	—	7.8	3.2
o-キシレン	0.4	0.7	<0.2	0.2	—	—	0.8	0.9

表3-17 K市I下水処理場処理工程別高沸点有機物測定結果

単位 ppb

試料採取箇所 及び採取 年月日 物質名	沈砂池 7月26日	最初 沈殿池 第1池 7月25日	最初 沈殿池 第2池 7月25日	高速エア レーション 沈殿池 7月25日	酸素 曝気槽 第1槽 7月25日	酸素 曝気槽 第2槽 7月25日	調整槽 7月26日	汚泥 貯留槽 7月26日
n-ノナン	—	0.2	1.2	0.5	0.9	1.3	0.7	3.2
イソプロピルベンゼン	—	<0.05	0.1	<0.05	0.2	0.7	0.1	1.1
ベンズアルデヒド	—	0.9	1.3	0.8	0.2	0.3	1.4	3.7
n-プロピルベンゼン	—	0.1	0.4	0.2	0.4	1.2	0.3	4.6
m,p- エチルトルエン	—	0.2	1.2	0.3	1.5	2.4	0.6	2.4
1,3,5-トリメチルベンゼン	—	<0.05	0.3	0.1	0.5	2.4	<0.05	0.5
1,2,4-トリメチルベンゼン	35	0.2	1.4	0.5	1.6	5.8	0.7	2.6
p-ジクロロベンゼン	—	1.7	5.4	3.8	1.3	22.0	4.8	23.4
n-デカン	18	0.3	1.5	0.6	2.5	3.9	1.4	6.0
n-ウンデカン	16	0.2	1.0	0.6	1.9	2.5	0.8	4.0
ナフタレン	—	0.2	0.6	0.2	0.2	—	0.3	0.6
n-ドデカン	10	0.2	—	1.0	0.8	1.6	2.0	3.5
n-トリデカン	4	0.2	0.5	0.4	0.6	—	0.6	1.6
n-テトラデカン	5	0.1	0.6	0.4	0.4	2.2	0.9	1.3
n-ペンタデカン	11	0.2	0.6	0.3	0.3	1.0	1.2	1.0
n-ヘキサデカン	6	0.1	0.8	0.2	0.2	0.8	1.2	0.9
n-ヘプタデカン	4	0.2	1.3	0.3	0.4	1.2	1.8	0.8
プリスタン	3	<0.05	0.3	—	0.1	0.4	0.6	—
n-オクタデカン	<0.5	0.2	1.0	0.2	0.4	0.8	1.3	0.9
フィスタン	<0.5	<0.05	0.1	<0.05	<0.05	0.1	0.2	—
n-ノナデカン	<0.5	<0.05	0.4	<0.05	0.2	<0.05	0.5	0.2
ジブチルフタレート	2	0.2	0.5	<0.05	0.3	0.1	1.1	5.2

表 3-18 GC-MS法による低沸点有機物の同定結果

分類	名 称	構 造	沈砂池	1 系 最初 沈殿池 7月25日	2 系 最初 沈殿池 7月25日	酸 素 曝気槽 7月25日	高速エフ レーン ン沈殿池 7月25日	汚 泥 貯留槽 7月26日
炭 化 水 素 系	イソブレン	C_5H_{12}	○			○		
	n-ペンタン	C_5H_{12}				○		
	n-ヘキサン	C_6H_{14}				○		
	n-ヘプタン	C_7H_{16}			○	○		○
		C_7H_{14}					○	
		C_7H_{10}						
	n-オクタン	C_8H_{18}				○		○
	n-ノナン	C_9H_{20}	○			○		
		C_9H_{18}						
	n-デカン	$C_{10}H_{22}$	○			○	○	○
		$C_{11}H_{24}$					○	
	ベンゼン	C_6H_6	○	○	○	○	○	○
	トルエン	C_7H_8	○	○	○	○	○	○
酸 素 化 合 物	ホルムアルデヒド	HCHO				○		○
	アセトアルデヒド	CH_3CHO	○	○	○	○	○	○
	アセトン	CH_3COCH_3	○	○	○	○	○	○
	メチルエチルケトン	$CH_3COC_2H_5$						○
	メチルアルコール	CH_3OH	○	○	○	○	○	○
	エチルアルコール	C_2H_5OH	○	○	○	○		○
	メタクロレイン						○	
硫 黄 化 合 物	2 硫化炭素	CS_2						
	メチルメルカプタン	CH_3SH						○
	ジメチルサルファイド	CH_3SCH_3			○	○	○	○
	ジメチルジサルファイド	$(CH_3)_2S_2$						○
窒 化 合 物	1 酸化窒素	NO				○		
	ピリジン	C_5H_5N			○	○		
ハ ロ ゲ ン 化 合 物	1,1,1-トリクロロエタン	CCl_3CH_3	○			○		○
	トリクロロエチレン	$CHCl_3$	○	○	○	○	○	
	テトラクロロエチレン	CCl_2CCl_2		○		○	○	○
	クロロホルム	$CHCl_3$	○		○	○	○	
	エチレンジクロライド					○		
	4 塩化炭素	CCl_4						○
	フレオン 112		○					
そ の 他	シリコン化合物		○				○	

注 ○は同定された物質であり、無印は検出限界以下を意味する。

表3-19 GC-MS法による高沸点有機物の同定結果

分類	名称	構造	最初 沈殿池 7月25日	酸素 曝気槽 7月25日	高速エアレー ションタンク 7月25日	汚泥 貯留層 7月26日
炭 化 水 素	n-ヘプタン	C_7H_{16}	○		○	
		C_8H_{18}	○			
	n-オクタン	C_8H_{18}		○	○	
	n-ノナン	C_9H_{20}		○	○	
		C_9H_{18}			○	
		C_9H_{16}			○	
	n-デカン	$C_{10}H_{22}$			○	
		$C_{10}H_{22}$		○	○	
		$C_{10}H_{20}$			○	
	n-ウンデカン	$C_{11}H_{24}$		○	○	
		$C_{11}H_{24}$		○		
		$C_{11}H_{22}$		○		
	n-ドデカン	$C_{12}H_{26}$		○		
		$C_{12}H_{26}$		○	○	
		$C_{12}H_{24}$		○		
		$C_{12}H_{22}$		○		
		$C_{13}H_{26}$		○		
		$C_{14}H_{30}$		○		
		$C_{14}H_{28}$		○		
		$C_{14}H_{26}$		○		
酸 化 素	トルエン	C_7H_8	○	○	○	
	エチルベンゼン	C_8H_{10}	○		○	
	キシレン	C_8H_{10}	○	○	○	
	(C ₃ -ベンゼン)	C_9H_{12}	○	○	○	○
	(C ₄ -ベンゼン)	$C_{10}H_{14}$	○	○	○	○
	(C ₅ -ベンゼン)	$C_{11}H_{16}$		○	○	
	ナフタレン		○	○	○	
	メチルナフタレン (C ₂ -ナフタレン)				○	
酸 化 素	DBP		○			
窒 化 素	インドール					○
	スカトール					○
ハ ゲ ロ ン 化 合 物	トリクレン		○		○	
	テトラクロロエチレン		○		○	
	ジクロロベンゼン		○	○		○
	4塩化炭素				○	○
そ の 他	モノクロロベンゼン					○
	メチルシリコン			○		

注 ○は同定された物質であり、無印は検出限界以下を意味する。

(3) 水質分析

臭気調査当日の水質分析結果を表3-20に示す。

表3-20 K市I下水処理場水質分析結果

昭和54年7月26日

気温28.8℃ 天候 くもり

分析項目 \ 試料	沈砂池	調整槽	最初沈澱池 (第1系列)	最初沈澱池 (第2系列)	高速エアレ シヨントラック	酸素エアレー シヨントラック	最終沈澱池 上澄水
採水時刻	9:25	9:30	9:50	9:55	9:35	9:45	10:00
水温(℃)	25.0	25.0	26.0	26.0	26.2	26.7	27.0
外観	灰かっ色混濁	灰かっ色混濁	灰かっ色混濁	灰かっ色混濁	灰かっ色混濁	灰かっ色混濁	灰かっ色混濁
臭気	下水臭	下水臭	下水臭	下水臭	下水臭	下水臭	微下水臭
透視度	5.2	4.8	4.8	3.5	1.0	1以下	30以上
水素イオン濃度(PH)	7.0	7.0	7.0	6.8	6.7	6.4	6.3
懸濁物質(㎎/l)	180	140	87	190	2,900	2,900	8.3
蒸発残留物(㎎/l)	440	370	360	450	—	—	270
塩素イオン(㎎/l)	35	35	49	42	48	48	48
イオウイオン(㎎/l)	0.32	0.40	0.37	0.28	2.0	1.5	0.2以下
BOD(㎎/l)	190	170	170	190	—	—	17
COD(㎎/l)	83	74	65	74	—	—	22
溶存酸素(㎎/l)	2.1	2.8	0.1以下	0.1以下	0.1以下	3.2	4.3
アンモニア性窒素(㎎/l)	16	14	25	27	16	29	22
総窒素(㎎/l)	25	23	44	41	270	250	34

3.3.3 S市B下水処理場

1) 視察報告

当処理場は、I川と合流するB川の蛇行部に建設された処理場で、S市北部と隣接するI町の一部を処理区としている。処理場はS市とI町による事務組合によって管理運営されている。施設は厳寒な気候から、すべて屋内に配置されている。それぞれの施設は手入れの良い植木と芝生の中にあり、また処理場周辺もB川や田畑に囲まれているので悪臭の苦情はないようであった。下水は合流式で標準活性汚泥法によって処理され、汚泥については薬注後、加圧脱水処理を行っていた。

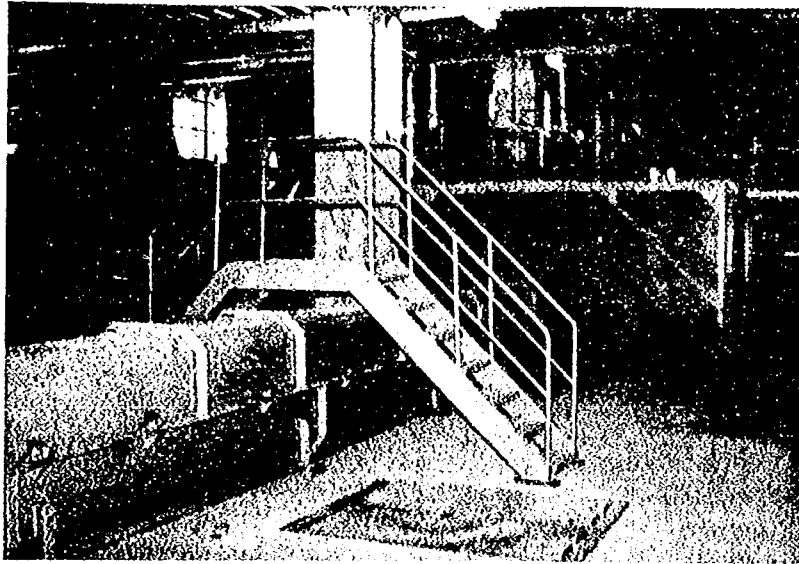
脱臭対策については、悪臭苦情がないためか脱臭装置は設置されていなかったが、荒目・細目スクリーン、汚泥をホッパー室に運搬するコンベアー及びホッパー室の密閉化にみるべき点があった。ただしこれらの高濃度臭気発生源からの臭気捕集は、現在のところ行っておらず、装置が設置されている室内を簡単な換気設置で換気しているので、室内は下水臭が感じられた。

なお、参考として、沈砂池の細目スクリーンと沈砂コンベアーの覆がい状況を写真1に示す。

表3-21 施設の概要

敷地面積	634,088 m^2
処理区域面積	計画 { 合流式 2,827 ha , 分流式 232 ha , 現在 { 合流式 957 ha 分流式 232 ha
汚水処理	
処理能力	計画 125,000 m^3 /日, 現在 50,000 m^3 /日
排除方式	合流式(一部分流式)
処理方式	標準活性汚泥法
汚泥処理	
純固形物処理能力	計画 34.5 t/日, 現在 11.5 t/日
脱水方式	薬注加圧脱水方式
運転開始年月	昭和53年6月

施設の概要、処理場平面図、汚水処理フローシートをそれぞれ表3-21、図3-6・3-8に示す。



写真－1 S市B下水処理場沈砂池細目スクリーン及び沈砂コンベア覆かい状況

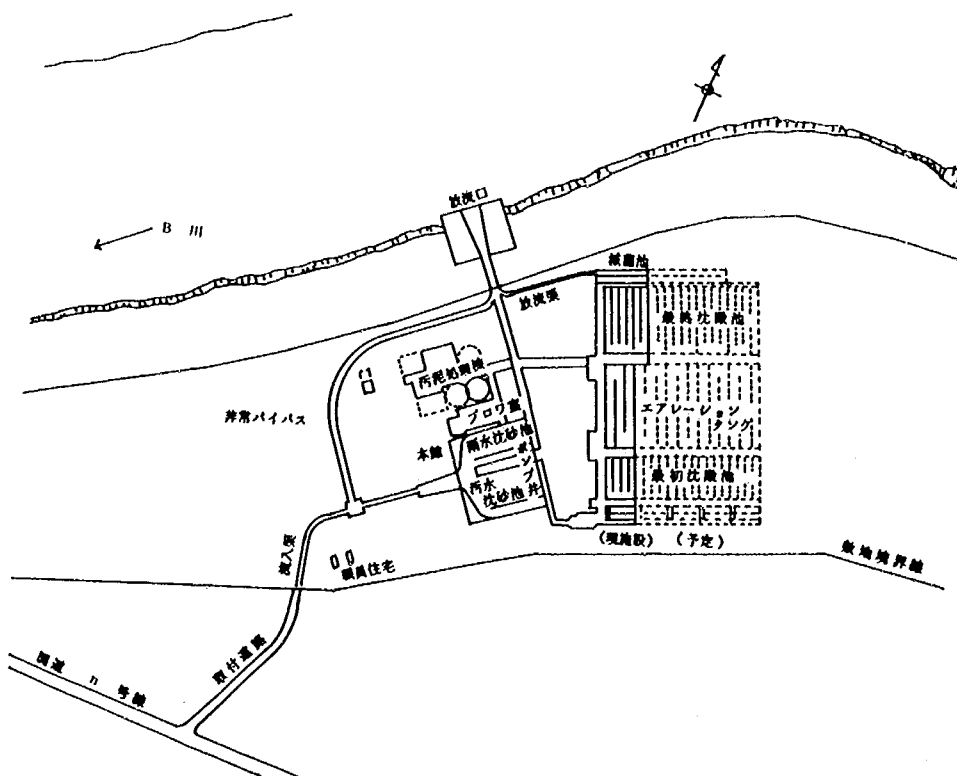


図 3-6 S市B処理場全体平面図

1) 視察報告

表 3-22 施 設 の 概 要

敷地面積	83,938 m ²
処理区域面積	計画 { 合流式 2,606 ha 分流式 2,207 ha , 現在 { 合流式 2,474 ha 分流式 680 ha
汚水処理	
処理水量	計画 218,000 m ³ /日, 現在 96,000 m ³ /日
排除方式	合流式（一部分流式）
処理方式	標準活性汚泥法
汚泥処理	
純固形物処理能力	計画 58.9 t/日, 現在 40.3 t/日
焼却能力	計画 60 t/日, 現在 60 t/日
脱水方式	熱処理加圧脱水方式
焼却炉の種類	階段式移動床焼却炉
運転開始年月	昭和45年10月

- 27 -

ているので、この点については、さらに詳細な検討が必要であると考えられた。また熱処理排ガスを曝気槽の空気として処理する場合には、ダクト、ブローア等排ガスの通る部分の耐用に影響がある。しかしながら湿気の除去、腐食部位の材質の検討等、維持管理さえ十分に行えば、本方式は、設備費も安価であるので今後の脱臭対策方法の一方式として十分活用できる。

以下図3-12'に示すフローシートに従って管理状況について記述する。

(1) 臭気ダクト

汚泥処理施設から吸気塔までの金属性ダクトは、設置後4年間を経過しており、ダクトの継ぎ目等に腐食部分がみられた。また冬期には、ダクト中に水分が凝縮しやすく、その部分が氷結して加重がかかったり、腐食が起きやすいので、本年度、ドレン装置が取り付けられる予定とのことであった。

(2) 臭気ファン

吸引ファンはリミットロードファン1台（風量 $340\text{ m}^3/\text{min}$ ，出力 15 kW ）を用いているが、ベアリングの交換だけで腐食等のトラブルは、現在のところ生じていなかった。

(3) 湿式エッフィilter

湿式エッフィilterには、水がたまりやすいので定期的に水抜きをしないとフィルタの効力がなくなったり、オイルがあふれるそうであった。

なお、フィルタには油膜があるので腐食の心配はない。

(4) 乾式エッフィilter

乾式エッフィilterは、水蒸気や腐食性ガス（ H_2S 等）の影響によってフィルタ枠や網などの金属部分が腐食するので、これらはステンレス製のものに取り換えられていた。またフィルタについては、臭気を入れない場合5年間使用できるそうであるが、現在では3ヶ月に1回の交換を行っていた。

(5) ブローア

ブローア本体の腐食が最も不安であったそうであるが、設置後2年半経過後も異常はないとのことであった。これはブローア内部の温度が高く水分の凝縮が少ないためと考えられている。

(6) 風量計

風量計は腐食性ガスと湿気によって、内部のベローズ部分の腐食が激しいのでステンレス製のものと交換されていた。また内部に水分が凝縮しやすいので、ひんばんに水抜きを行うそうであった。

(7) 散気板

散気板については、ミスト等による目詰りの心配があったそうであるが、現在のところ、その影響は不明とのことであった。

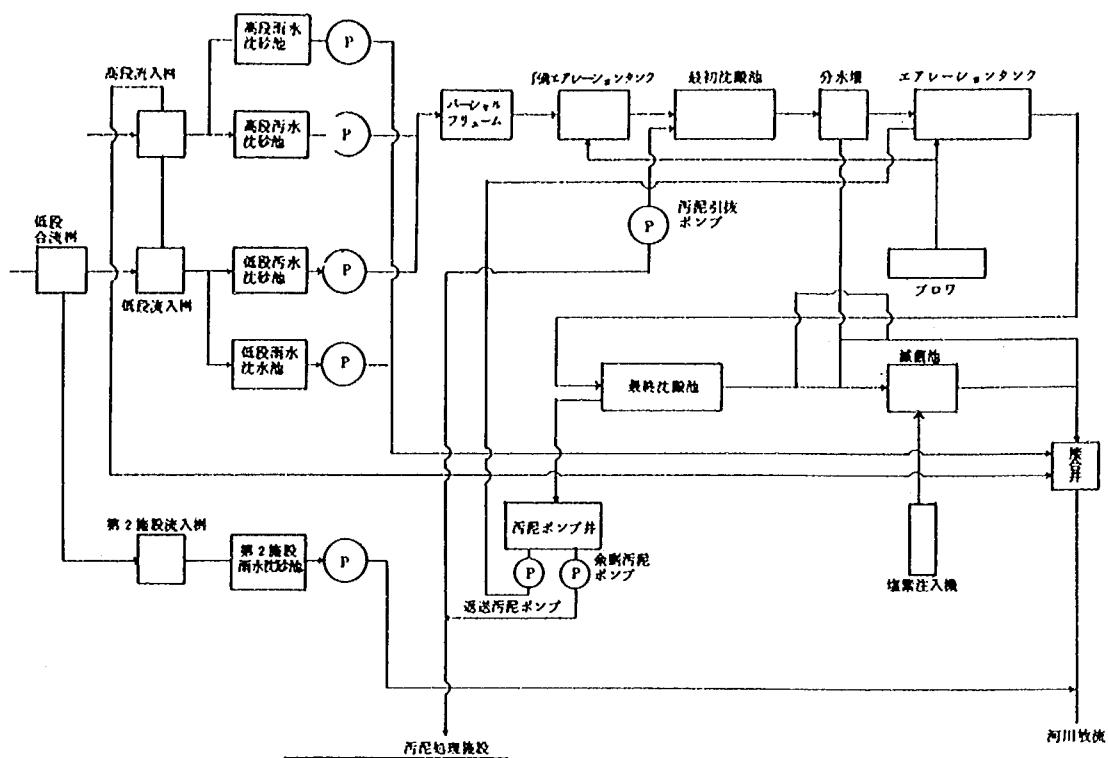


図 3-10 S市T汚水処理フローシート

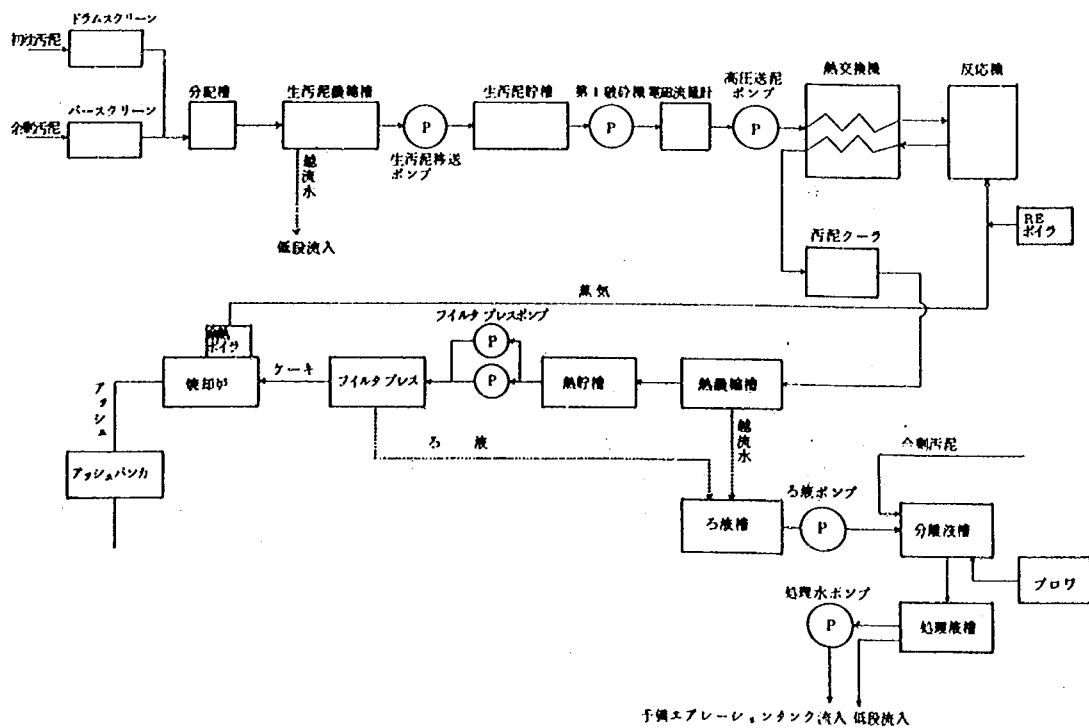


図 3-11 S市T汚泥処理フローシート

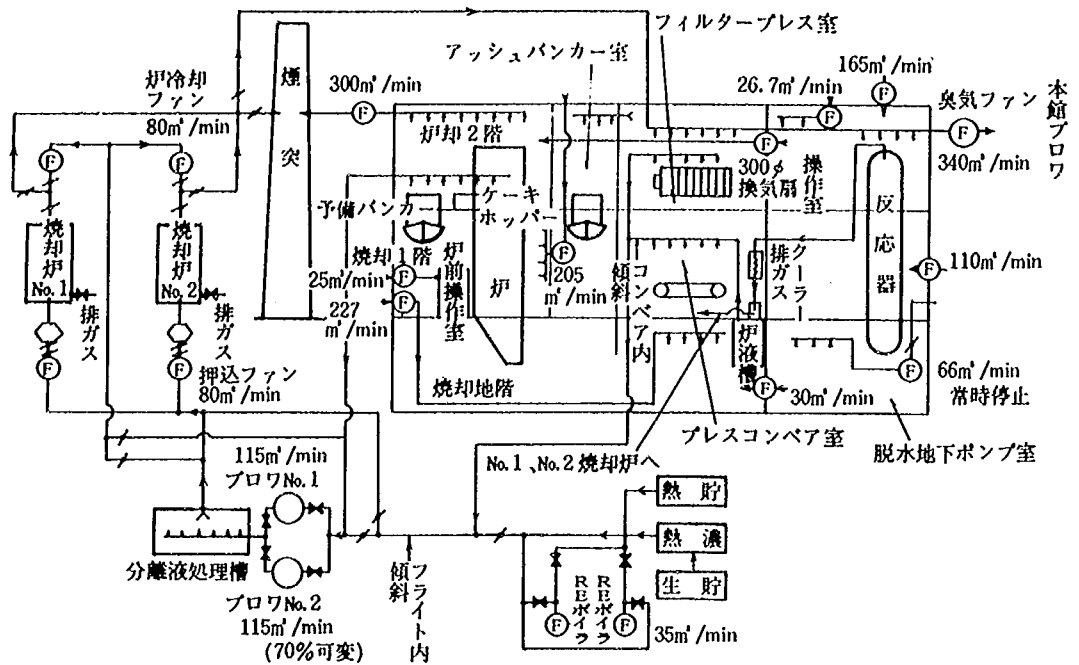


図 3-12 S 市 T 汚泥処理施設給排気フローシート

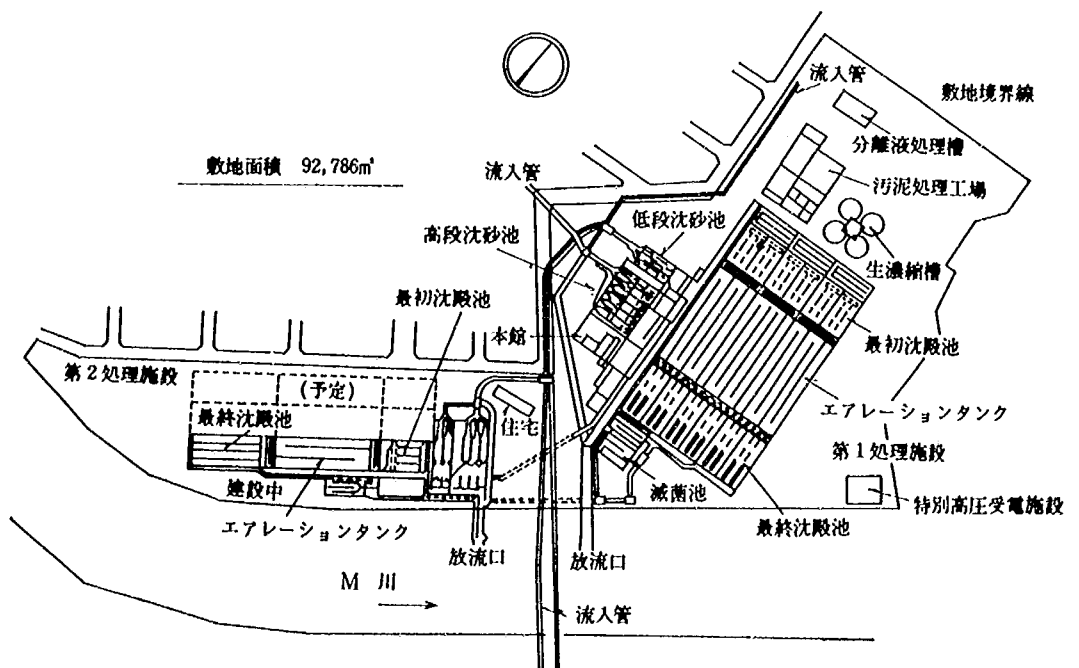


図 3-9 S 市 T 下水処理場平面図

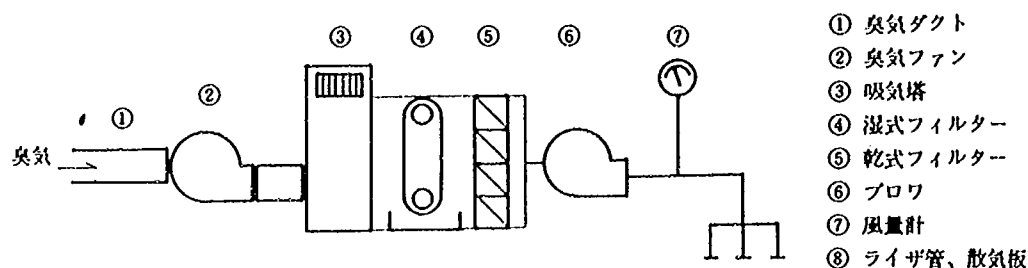


図 3-12' 熱処理排ガスの吸引フロー

表 3-23 S市T処理場臭気濃度測定結果

No	試料採取		臭気濃度の測定		試料採取時の状況
	箇所	日時	日時	臭気濃度	
1	熱処理系汚泥濃縮槽	S. 54.9.26 11:45	S. 54.9.27 11:10	250,000	強度 5 焦げ臭+腐敗臭
2	熱処理系汚泥貯留槽	11:30	10:30	41,000	強度 5 焦げ臭
3	熱処理系ろ液槽	11:40	13:05	550,000	強度 5 焦げ臭+刺激臭
4	分離液処理槽入口	11:15	14:30	23,000	強度 5 焦げ臭
5	分離液処理槽出口	11:25	16:00	13,000	強度 5 腐敗臭
6	汚泥焼却後	11:02	12:30	550以上	採取バッグにもれあり
7	湿式フィルター室 (曝気槽脱臭前排ガス)	11:59	13:50	3,100	強度 4 焦げ臭+カビ臭
8	第一系列曝気槽	11:52	16:20	2,300	強度 3.5 下水臭, 焦げ臭

表 3-24 S市T下水処理場臭気調査結果(硫黄化合物分析結果)

単位 ㎍

	硫化水素	メチルメルカプタン	硫化メチル	2硫化メチル
熱処理系汚泥貯留槽	ND(0.1以下)	5.4	0.5	1.4
熱処理系汚泥濃縮槽	1.6	14	1.0	3.6
分離液処理槽入口	0.16	0.50	0.12	0.13
同上 出口	ND(0.1以下)	1.9	0.9	6.7
熱処理系ろ液槽	48	27	3.0	1.6
第一系列曝気槽	0.029	ND(0.001以下)	0.008	0.020
湿式フィルター室 (曝気槽脱臭前排ガス)	ND(0.001以下)	0.12	0.08	1.0

3.4 考 察

3.4.1 GC-MS法による下水臭の分析

昭和52年度の本研究から引き続いて、下水処理場の各処理工程から排出される臭気成分の同定を行っている。本年度は、さらにY市C下水処理場、K市I下水処理場等の各処理工程から排出される臭気をGC-MS法で分析した。各処理工程とも前年度までの結果と同様に、最も多量に検出される成分は、 $C_5 \sim C_{15}$ までのパラフィン系、オレフィン系炭化水素、 $C_1 \sim C_5$ までのアルキルベンゼン等の炭化水素であった。また硫化メチル、アセトン、メタノール、アセトアルデヒド、クロロホルム、トリクレン、4塩化炭素及びフタル酸エステル等についても、各処理工程で検出されていた。本年度、新たに活性汚泥を曝気した濃厚な試料ガスから、青くさい臭気を発するプロピオンアルデヒド、イソブチルアルデヒド、n-ブチルアルデヒドが検出された。

またマスフラグメントグラフィ、マスキロマトグラフィによってし尿臭と関係深いと言われているインドール、スカトール及び潮水、上水から発生するカビ臭の原因物質であるジオスミン、メチルボルネオール¹⁾の分析を行った。

この結果、インドール、スカトールについてはK市I下水処理場の汚泥貯留槽、調整槽から0.1 ppt程度の濃度で検出されたが、その他の調査箇所からは検出できなかった。におい袋法による閾値測定の結果、インドール、スカトールの閾値は、それぞれ0.13 ppb、9.3 pptと低いものであった。しかし検出濃度も非常に低いので下水臭と直接的な関係はないものと考えられた。またジオスミンについても閾値が0.021 ppbと低いものであったが、メチルボルネオールとともに不検出であり、活性汚泥から発生するカビ臭とは関係がないようであった。

3.4.2 下水処理場から発生する臭気についての官能試験結果と機器分析結果との対応づけ

1) 臭気濃度の実測値と推定値との関係

機器分析結果から臭気濃度を推定することは、臭気の原因物質やそれが臭気濃度に与える影響を調べる上で重要である。本年度も昭和52年度から行っている解析方針（解析方針の詳細は、昭和52年度の報告書参照のこと）で、調査下水処理場から発生する臭気について、臭気濃度の実測値と推定値との対応を調べた。この結果、表3-25、図3-13から明らかなように、昭和52年度からの同研究と同様に硫化水素、メチルメルカプタンが下水臭と関係深いことが判った。硫化水素については、昨年度の結果と同様に、冬期に比べ調査を行った夏期の方が臭気濃度の推定値を与える数が増加していた。

1) 菊地徹他：薬誌，91，1255（1971）

表 3 - 25 臭気濃度の実測値と推定値との関係

処理場	試験採取箇所	成分濃度 / 閾値*						臭気濃度	
		アンモニア	硫化水素	メチルメルカプタン	硫化メチル	イソ酪酸	n-酪酸	推定値 (最大値)	実測値
Y市C下水処理場	沈砂池	<1	273	54	<1	<1	1	273	310
	最初沈澱池	<1	112	13	<1	<1	<1	112	73
	曝気槽第1槽流入部	<1	1,220	1,143	3	<1	<1	1,220	1,700
	同上第2槽上流部	<1	7	14	<1	<1	<1	14	73
	同上第3槽上流部	<1	30	11	<1	<1	<1	30	41
	同上第3槽下流部	—	7	14	<1	—	—	14	130
	同上第4槽流出部	<1	21	36	<1	<1	<1	36	98
	汚泥濃縮槽	<1	107,317	45,714	43	<1	2	107,317	230,000
K市I下水処理場	沈砂池	<1	254	135	<1	<1	2	254	310
	調整槽	<1	195	179	<1	<1	1	195	73
	最初沈澱池(第1池)	<1	34	40	<1	<1	1	40	41
	同上第2池	<1	146	229	1	<1	1	229	550
	高速エアーレーション沈澱池	<1	13	47	9	<1	1	47	230
	酸素曝気槽第1槽	<1	220	714	53	<1	<1	714	7,300
	同上第4槽	<1	<24	229	35	<1	<1	229	1,700
	汚泥濃縮槽	<1	41,463	30,000	120	2	22	41,463	23,000

*) 三点比較式におい袋法で求めた各成分の閾値

アンモニア	1.54 ppm
硫化水素	0.41 ppb
メチルメルカプタン	0.07 ppb
硫化メチル	3.0 ppb
イソ酪酸	1.5 ppb
n-酪酸	0.19 ppb

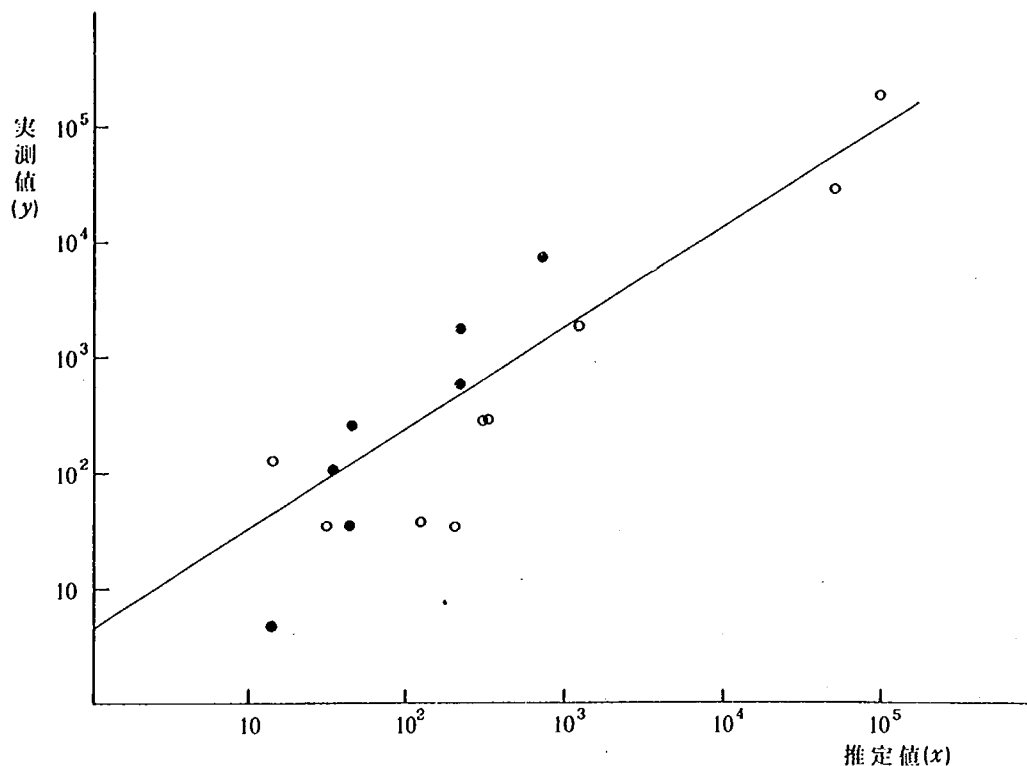


図 3-13 臭気濃度の実測値と推定値との関係

○：硫化水素

●：メチルメルカプタン

相関係数： $r = 0.9185$

回帰式： $\log y = 0.8869 \log x + 0.5794$

2) 下水臭気の臭気強度について

臭気濃度測定を行う際に、オペレータが判定したか、もしくは試料採取時に採取者が判定した臭気強度と化学分析値から推定した臭気強度とを対比した結果を表 3-26 に示す。臭気強度の推定には前項の 1) の結果から下水臭に関係深い 6 物質を選び、無臭室実験で得られた以下の関係式から推定値を算出した。

硫化水素 $y = 0.9502 \log x + 1.2873$

メチルメルカプタン $y = 1.2525 \log x + 2.2320$

硫 化 メ チ ル	$y = 0.7843 \log x + 1.7105$	ここに 臭気強度を y とし、 物質濃度を x (ppb), X (ppm) とする
イ ソ 酪 酸	$y = 1.3427 \log x + 1.8521$	
n - 酪 酸	$y = 2.57 \log x + 2.24$	
ア ン モ ニ ア	$y = 1.6744 \log X + 2.3838$	

表 3 - 26 臭気の実測強度と推定強度との関係

処理場名	試料採取場所	臭 気 強 度 推 定 値							実測値
		アンモニア	硫化水素	メチルメルカプタン	硫化メチル	イソ酪酸	n-酪酸	最大値	
Y市C下水処理場	沈 砂 池	<1	3.2	3.0	1.6	1.6	<1	3.2	4
	最 初 沈 澱 池	<1	2.9	≒ 2.2	—	<1	<1	2.9	2.5~3
	曝気槽第1槽流入部	<1	3.9	4.6	2.4	1.2	<1	4.6	4
	同 上 第2槽上流部	<1	1.7	2.2	1.7	<1	<1	2.2	3
	同 上 第3槽上流部	1	2.3	2.1	1.7	<1	<1	2.3	2.5
	同 上 第3槽下流部		1.7	2.2	1.7	—	—	2.2	3
	同 上 第4槽流出部	<1	2.1	2.7	1.7	<1	<1	2.7	3
	汚 泥 濃 縮 槽	1.6	5	5	1.0	1.4	1.2	5	5
K市I下水処理場	沈 砂 池	<1	3.2	3.5	2	1.3	1.2	3.5	3
	調 整 槽	<1	3.1	3.6	2	1.3	<1	3.6	3
	最 初 沈 澱 池 第1池	1.3	2.4	2.8	1.6	1.1	<1	2.8	3
	同 上 第2池	<1	3.0	3.7	2.1	1.4	<1	3.7	3
	高速エフレーション沈澱池	1.0	2.0	2.9	2.8	1.1	<1	2.9	3
	酸素曝気槽第1槽	1.2	3.1	4.3	3.4	<1	<1	4.3	4
	同 上 第4槽	<1	—	3.7	3.3	<1	<1	3.7	3~3.5
	汚 泥 貯 留 槽	<1	5.0	5.0	3.7	2.7	3.8	5	4

表 3 - 26 から明らかなように、前年度と同様に硫化水素、メチルメルカプタンが臭気強度推定値の最大値を与えていた。

3.4.3 夏期，秋期における下水処理場（Y市C下水処理場）の臭気排出実態について

1) 水質の夏期，秋期における変化と悪臭物質との関係

水質の夏期，秋期における変化を表3-27からみると，各処理工程とも夏期の水温が摂氏5～9℃高く，このためPHも若干，酸性側に移行し，硫化物濃度も高くなる傾向を示していた。このことは，下水臭と関係深い還元型硫黄化合物ならびに低級脂肪酸の夏期濃度が高くなることを示唆していた。

表3-27 臭気調査当日の水質ランクの季節比較

試料採取場所	季節	水 温 (℃)	P H	B O D (mg/ℓ)	C O D (mg/ℓ)	S S (mg/ℓ)	ア ン モ ニ ア 性 窒 素 (mg/ℓ)	全窒素 (mg/ℓ)	硫化物 (mg/ℓ)
沈 砂 池	夏	27.0	7.2	230	110	230	15	32	0.75
	秋	18	7.7	100	91	180	19	42	0.06
最初沈殿池	夏	27.0	7.0	140	47	82	17	28	0.50
	秋	19	7.6	100	78	190	17	38	0.09
曝 気 槽	夏	25.0	6.8 ～6.9	—	—	1,300 ～1,500	12～15	130 ～140	3.2 ～3.3
	秋	20	7.0	—	—	1,250	14	132	0.35
汚泥濃縮槽	夏	25.0	6.6	330	140	250	25	71	8.6
	秋	20	6.8	210	110	180	19	31	2.22

2) 各処理工程の夏期，秋期における悪臭物質と臭気濃度の変化について

Y市C下水処理場における夏期，秋期の臭気物質及び臭気濃度・臭気強度の変化をそれぞれ表3-28，表3-29に示す。

表3-28から明らかなように，沈砂池，汚泥濃縮槽では臭気濃度及び臭気強度とも夏期が大きな数値を示していたが，最初沈殿池，曝気槽では夏期，秋期とも変化は少なかった。この傾向は，表3-29に示す硫化水素とメチルメルカプタンの濃度変化と対応づけることができよう。

表3-28 Y市C下水処理場における夏期・秋期の臭気濃度・強度の変化

臭気採取箇所	臭 気 濃 度			臭 気 強 度	
	夏 期	秋 期	夏/秋	夏 期	秋 期
沈 砂 池	310	14	22	4	2~3
最 初 沈 澱 池	73	62	1.2	2.5~3	3
曝 気 槽	41~130	170	—	2.5~3	3
汚 泥 濃 縮 槽	230,000	7,300	31	5	4

表3-29 Y市C下水処理場における夏期・冬期の臭気物質排出状況

(単位: ppm)

試料採取場所	季節	アンモニア	硫 黄 化 合 物				低 級 脂 肪 酸					
			硫化水素	メチルメル カブタン	硫化メチル	二硫化メチル	酢 酸	プロピオン酸	イソ酪酸	n-酪酸	イソ吉草酸	n-吉草酸
沈 砂 池	夏	0.123	0.112	0.0038	tr.	n.d.	0.0026	0.0004	0.0006	0.0002	0.0001	0.0001
	秋	0.074	0.010	tr.	tr.	0.001	0.0046	0.0008	0.0005	0.0003	tr.	tr.
最初沈澱池	夏	0.100	0.046	tr.	n.d.	n.d.	0.0055	0.0003	0.0002	0.0001	n.d.	n.d.
	秋	0.134	0.012	tr.	n.d.	0.001	0.0071	0.0009	0.0008	0.0013	n.d.	0.0001
曝 気 槽	夏	0.083 ~0.157	0.003 ~0.125	tr. ~0.001	0.001	tr. ~0.001	0.00026 ~0.00046	0.0001 ~0.0003	0.0001 ~0.0002	0.0001	tr. ~0.0001	tr. ~0.0001
	秋	0.056	0.004	tr.	tr.	n.d.	0.0014	0.0001	0.002	n.d.	0.0002	tr.
汚泥濃縮槽	夏	0.335	44	3.2	0.13	0.01	0.0074	0.0003	0.0005	0.0004	0.0002	0.0001
	秋	0.068	0.50	0.06	n.d.	0.004	0.0012	0.0002	n.d.	0.0002	0.0001	tr.

3.4.4 曝気槽各段槽における臭気排出の実態について

1) 標準活性汚泥法（空気曝気法）の場合

Y市C下水処理場の曝気槽各段槽における臭気排出実態を調査した。この結果、表3-2から明らかなように、流入部の第1曝気槽の臭気濃度は1700と高いものであった。しかしながら第2槽から流出部までの曝気槽については、排出される臭気の臭気濃度は41~130と低いものであり、流入部分に比べ $\frac{1}{13}$ ~ $\frac{1}{17}$ に臭気濃度が減少していた。この傾向は、下水臭と関係深いと考えられる硫化水素とメチルメルカプタンに顕著にみられた。すなわち、曝気槽入口の硫化水素、メチルメルカプタンの濃度がそれぞれ0.5ppm、0.08ppmであったものが、第2槽以降の曝気槽では、前者が0.003~0.0125ppm後者がtr.(≒0.0008)~0.0025ppmとなり、32~166倍も濃度が減衰していた。またその他の硫黄化合物、低級脂肪酸、炭化水素なども同様に、流入部の曝気槽に比べ流出側の曝気槽から排出される濃度が低い傾向を示していた。なおアンモニアについては、各段の槽とも濃度変化は少なかった。

以上より、流入部の曝気槽については、嫌気的な生下水の影響によって臭気の排出濃度が高いが、第2槽以降の曝気槽については、下水が好気的な状態となっているので臭気の排出濃度は低い傾向を示すものと考えられる。

したがって曝気槽の脱臭対策については、流入部以外の槽では必要がないとも言えよう。

2) 酸素曝気法の場合

K市I下水処理場の流入部及び流出部の曝気槽において、臭気排出実態を調査した。この結果、表3-12から明らかなように、流入部の第1曝気槽の臭気濃度は7,300と高いものであったが、流出部の排ガスの臭気濃度は1700で流入部分に比べ約 $\frac{1}{4}$ に減少していた。この傾向は、標準活性汚泥法と同様に、下水臭と関係深いと考えられる硫化水素、メチルメルカプタンにもみられたが、減少率については小さかった。またアンモニア、低級脂肪酸等も同様の傾向にあった。

したがってアンモニア、硫黄化合物、低級脂肪酸については活性汚泥による脱臭効果があるものと推測された。

また有機物が活性汚泥によって消化されると炭酸ガス及び炭化水素等が増加するものと考えられる。炭酸ガスについては計測しなかったが、計測を行った炭化水素については、表3-16、17に示すように流入部の排ガスに比べ流出部の排ガス中の濃度が高くなる傾向を示していた。この傾向は標準活性汚泥法と相違するものであった。

3.4.5 酸素曝気法の臭気排出実態について

1) 酸素曝気法と空気曝気法（高速エアレーション沈澱池）との比較

K市I下水処理場において酸素曝気法と空気曝気法との臭気排出実態調査を行った。表3-30から明らかなように、酸素曝気排ガスは空気曝気排ガスに比べ、下水臭に関係深いメチルメルカプタン、硫化メチル、2硫化メチルについては約5倍程度濃度が高かった。したがって臭気濃度についても、硫黄化合物の濃度差が原因し約7倍酸素曝気排ガスが空気曝気排ガスに比べ高い値を示していた。また低級脂肪酸については、それぞれの方法とも、あまり差はなく、

アンモニアについては酸素曝気法が空気法の $\frac{1}{3}$ の濃度であった。

なお、アンモニア、硫黄化合物、低級脂肪酸については先にも述べたようにいずれの方法も流入部の曝気槽に比べ流出部の曝気槽から排出される濃度が低かった。

炭化水素については、処理水中に溶存または有機物が微生物によって分解されて発生したものを曝気によって気散させることになる。したがって酸素曝気法のように曝気ガス量よりも排ガス量が少なくなる場合には、炭化水素が排ガス中に蓄積・濃縮されることになるので空気曝気法と異なり流出部の排ガス濃度が高くなるものと考えられる。

また処理下水量当りの排ガス量は、酸素曝気法が 90% の純度の酸素を使用するために空気曝気法に比べ約 $\frac{1}{200}$ であった。したがって処理下水量当りの臭気排出量は表 3-30 から明らかなように酸素曝気法が空気曝気法に比べ非常に低い値を示していた。

表 3-30 酸素曝気法と空気法（高速エアレーション法）の単位下水量当りの臭気排出量

測定項目	酸素曝気法			空気法（高速エアレーション法）		
	排出濃度 (ppm)	排出量 (10^{-6} Nm ³ /日)	排出量 下水量 (10^{-9} Nm ³ /m ³)	排出濃度 (ppm)	排出量 (10^{-6} Nm ³ /日)	排出量 下水量 (10^{-9} Nm ³ /m ³)
臭気濃度*	1,700	312,800	136	230	4,140,000	4,140
アンモニア	0.051	9.38	4.08	0.153	2,754	2,754
硫化水素	n.d. (<0.01)	— (<1.84)	— (<0.8)	0.0055	99	99
メチルメル カプタン	0.016	2.94	1.28	0.0033	59.4	59.4
硫化メチル	0.104	19.14	8.32	0.026	468	468
二硫化メチル	0.056	10.30	4.48	0.001	18	18
酢酸	0.0009	0.17	0.072	0.0032	57.6	57.6
プロピオン酸	tr. (<0.0001)	— (<0.018)	— (<0.008)	0.0003	5.4	5.4
イソ酪酸	0.0001	0.018	0.008	0.0003	5.4	5.4
n-酪酸	0.0001	0.018	0.008	0.0002	3.6	3.6
流入下水量	2,300 m ³ /日			1,000 m ³ /日		
送気量	320 m ³ /日		0.139 m ³ /m ³	3,700 m ³ /日		3.7 m ³ /m ³
排気量	184 m ³ /日		0.08 m ³ /m ³	3,700 m ³ /日		3.7 m ³ /m ³

* 臭気濃度は希釈倍数であるので、排出量及び下水量あたりの排出量はそれぞれ Nm³/日、Nm³/m³ で表わされる。

2) 悪臭対策からみた酸素曝気法の経済性について

下水処理施設の脱臭対策を安価で効果的に実施するためには、高濃度臭気を有効に捕集し、処理風量をできる限り小さくすることが必要である。

昨年度の研究報告書では、生下水受け入れ施設及び汚泥処理施設から排気する風量を施設の密閉化により 40% 以上削減した例を示した。しかしながら処理場全体の排ガスを脱臭処理しなくてはならない場合、生下水受け入れ施設及び汚泥処理施設から排出される臭気の風量を削減しても、全体の処理風量の $\frac{3}{4}$ を占める曝気槽排ガスの風量を抜本的に削減しないと脱臭施設の建設費、維持管理費を大幅に減少させることはできないものと考えられた。

酸素曝気法は、標準的な活性汚泥法に比べ曝気槽容量が約 $\frac{1}{3}$ で済み、排ガス風量も約 $\frac{1}{200}$ に削減できると言われている。K市I下水処理場の酸素曝気法と空気曝気法(高速エアレーション沈澱池)との比較では処理水当りの曝気槽有効容量及び曝気槽排ガス量は空気曝気法に比べ酸素曝気法がそれぞれ約 $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{46}$ であった。

図3-14に処理風量別脱臭装置の平均的な建設費と維持管理費との関係を示した。脱臭装置の処理方式は、アルカリ溶液+次亜塩素酸洗浄-チオ硫酸ソーダ洗浄-活性炭吸着、アルカリ溶液洗浄-イオン交換樹脂-次亜塩素酸洗浄-チオ硫酸ソーダ洗浄-活性炭吸着、酸洗浄-アルカリ洗浄-オゾン分解-活性炭吸着等であり、建設費、維持管理費は平均値を示した。この図から明らかなように処理風量の増加によって建設費、維持管理費が莫大なものとなることが判る。

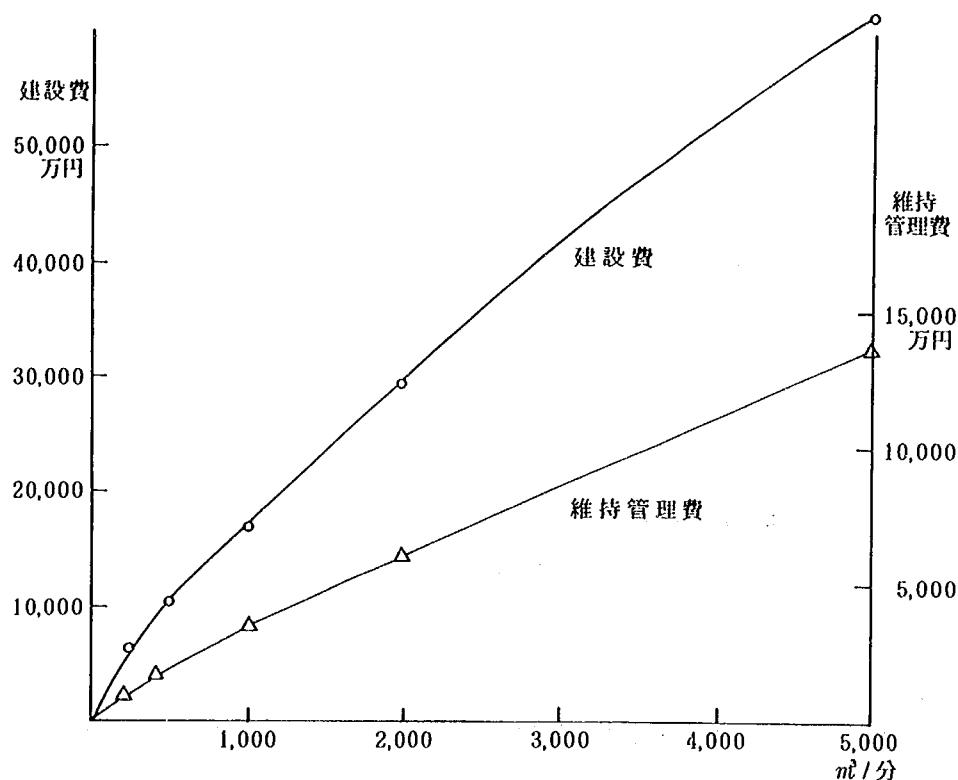


図3-14 処理風量別脱臭装置の平均的な建設費と維持管理費との関係

昭和54年調べ

注：建設費には、臭気捕集のダクトワーク経費は含まれていない。

3.5 まとめ

家庭排水を中心とした4下水処理場において臭気実態調査を行った結果、以下の知見を得た。

- 1) GC-MS法によって下水臭の分析を行った結果、各処理工程とも前年度までの結果と同様に、最も多量に検出された成分は、 $C_5 \sim C_{15}$ までのパラフィン系・オレフィン系炭化水素、 $C_1 \sim C_5$ までのアルキルベンゼン等であった。また硫化メチル、アセトン、メタノール、アセトアルデヒド、クロロホルム、トリクロレン、4塩化炭素なども各処理工程で検出された。本年度新たに検出できた物質は、プロピオンアルデヒド、イソブチルアルデヒド、n-ブチルアルデヒドであったが、曝気槽から発生するカビ臭の原因物質は同定できなかった。
- 2) 官能試験値と化学分析値との相関を調べた結果、前年度までの結果と同様に硫化水素、メチ

ルメルカプタンが最も下水臭と関係深く、官能試験値との対応も良好であった。

- 3) 夏期、秋期における臭気排出実態を調べた結果、曝気槽、最初沈澱池では夏期、秋期ともに臭気の濃度変化は少なかったが、汚泥濃縮槽、沈砂池では夏期が秋期に比べ硫化水素、メチルメルカプタンの濃度に対応して臭気濃度も高くなることが判明した。
- 4) 曝気槽各段槽における臭気排出実態を調べた結果、下水の流入する第1段目の曝気槽が、それ以降の曝気槽よりも臭気発生量が多かった。第2段目以降の曝気槽については、活性汚泥による脱臭効果が表われ、臭気濃度、物質濃度ともに低いので、脱臭対策は流入部の曝気槽のみでよいものと推測された。この知見は、脱臭対策費を節減する上で重要なことであるので、さらに詳細な調査が必要であろう。
- 5) 酸素曝気法を用いた下水処理場の臭気排出実態を調査した結果、空気曝気法と同様に硫化水素、メチルメルカプタンが下水臭と関係深いことが判った。また処理下水量当りの曝気槽排ガス量が空気曝気法の約 $\frac{1}{200}$ に激減できるので、曝気槽の脱臭対策費を大幅に削減できることが判明した。

4. 簡易測定法による臭気成分の嗅覚閾値 および臭気強度別濃度の測定

4.1 はじめに

下水処理場から発生する臭気成分は、現在検出されているだけでも50～60成分にのぼり^{1) 3)}今後さらに追加されることも予想される。

しかしながらこれらの臭気成分は、成分間において嗅覚閾値が大幅に異なるなど、個々の成分すべてについて官能的な特性を調べる場合に非常に労力を費すことになる。

そこで前年度に、実態調査等で得られた機器測定結果にすばやく対処できるよう、臭気成分の濃度と強度の関係を知るための簡易的な測定方法について検討し、におい袋を用いて強度測定を行うことにした。

以下の測定結果は、下水処理場から発生する臭気成分約20成分について、濃度と強度の関係および嗅覚閾値について調査したものである。

4.2 被験成分および測定方法

4.2.1 嗅覚閾値の測定

(1) 被験成分および各試料ガス濃度（原ガス濃度）の測定方法

インドール、スカトール、ジクロロメタン、クロロホルム、トリクロロエチレン、四塩化炭素、n-オクタン、n-デカン、n-ドデカン、1,2,4-トリメチルベンゼン、1,3,

5-トリメチルベンゼン、酢酸、プロピオン酸、n-酪酸、イソ酪酸、イソ吉草酸、プロピオンアルデヒド、イソブチルアルデヒド、n-吉草アルデヒド、イソ吉草アルデヒド（以上FID付ガスクロマトグラフで分析）、ジオスミン（GC-MSのマスフラグメント法により分析）

(2) 試料ガス（原ガス）の調製方法

試料ガスの調製に用いた試薬は、スカトールおよびインドールは常温で固体であるが、その他の試薬は常温で液体である。

スカトール、インドールについては、まず10ℓポリエステルフィルム製バッグに試薬1gを投入し、1昼夜室内に放置した。このようにして昇華したガスを再度バッグに捕集し、試料とした。

試薬が液体の場合には、所定量の試薬をマイクロシリンジを用いて10ℓポリエステルフィルム製バッグに注入し、2時間以上室内に放置した後、これを試料ガスとした。

(3) 官能試験方法

イ) パネル

パネルは日本環境衛生センター特殊公害課課員、主婦、学生の6名で構成した。なおパネル員は全員、基準臭²⁾によるパネル選定試験において正常な嗅力を有することが認められている。

ロ) 手 法

3点比較式臭袋法²⁾に準じて実施した。なお同一希釈倍数での繰返し試験は、パネル1名あたり2回とし、パネル全体の正解数（率）から臭気濃度を求めた。

詳細は前年度報告書「臭気と脱臭方法に関する調査報告書」（第2次中間報告）、6.2.2 臭気濃度の測定³⁾ 参照。

(4) 嗅覚閾値の算出方法

嗅覚閾値 = 原ガス濃度（機器測定値）／臭気濃度（官能試験値）

ここでの嗅覚閾値は、無臭袋と比較したときに検知できる最低濃度、すなわち検知閾値を意味する。

4.2.2 閾上濃度における臭気強度別濃度の測定

(1) 被験成分

酢酸、プロピオン酸、n-酪酸、イソ酪酸、イソ吉草酸、プロピオンアルデヒド、イソブチルアルデヒド、n-吉草アルデヒド、イソ吉草アルデヒド、ジオスミン、インドール、スカトール、トリクロルエチレン、四塩化炭素、n-デカン、n-ドデカン、1,2,4-トリメチルベンゼン、1,3,5-トリメチルベンゼン。

なおこれら被験成分の試料ガス濃度（原ガス濃度）の測定方法は、4.2.1(1)と同じである。

(2) 試料ガス（原ガス）の調製方法

4.2.1(2)と同様

(3) 官能試験方法

イ) パネル

嗅覚閾値の測定と同一パネル

ロ) 手 法

臭気強度の判断は、表4-1に示す6段階臭気強度表示法(採点法)で行った。

すなわち希釈空気を満たしたにおい袋1袋と、試料ガスを注入したにおい袋1袋の計2袋を同時にパネルに呈示した。パネルはまず、においを感じる方のにおいを選び、次にそのにおいの強さを判断し、各自記録した。なお、パネルが有臭袋を選ぶことができなかったときには、その試料の臭気強度は0として記録した。

いずれも濃度は、高、低濃度不規則に呈示した。同一希釈倍数での試験回数は、原則として2回である。

表4-1 臭気強度の尺度

0	無 臭
1	やっと感知できるにおい
2	何のにおいであるかわかる弱いにおい
3	らくに感知できるにおい
4	強いにおい
5	強烈なにおい

なお1部、臭気強度の判断とあわせて快・不快度の判断(表示尺度を表4-2に示す)も行った実験もあり、参考値として記録した。

表4-2 快・不快度の尺度

+4	極端に快
+3	非常に快
+2	快
+1	やや快
0	快でも不快でもない
-1	やや不快
-2	不 快
-3	非常に不快
-4	極端に不快

4.3 測定結果

4.3.1 嗅覚閾値の測定結果

各被験成分の嗅覚閾値を表4-3に示した。

表4-3 におい袋法で求めた嗅覚閾値

化合物	成分名	嗅覚閾値 (単位：ppm)
含酸素化合物	酢酸※	4.2×10^{-3}
	プロピオン酸※	5.7×10^{-3}
	n-酪酸※	1.9×10^{-4}
	イソ酪酸※	1.5×10^{-3}
	イソ吉草酸※	7.8×10^{-5}
	プロピオンアルデヒド※	6.7×10^{-4}
	イソブチルアルデヒド※	5.5×10^{-4}
	n-吉草アルデヒド※	4.1×10^{-4}
	イソ吉草アルデヒド※	6.9×10^{-5}
	ジオスミン	6.5×10^{-6}
含窒素化合物	インドール※	3.0×10^{-4}
	スカトール※	5.6×10^{-6}
含塩素化合物	ジクロロメタン	160
	クロロホルム	3.8
	トリクロロエチレン	3.9
	四塩化炭素	4.6
炭化水素	n-オクタン	1.7
	n-デカン	8.7×10^{-1}
	n-ドデカン	1.1×10^{-1}
	1,2,4-トリメチルベンゼン	1.2×10^{-1}
	1,3,5-トリメチルベンゼン	1.7×10^{-1}

※印を付した成分の濃度については、希釈調製時の誤差を見込み、計算濃度に対する補正を行った。

4.3.2 閾上濃度における臭気強度別濃度の測定結果

簡易測定法によって求めた各被験成分の臭気強度別濃度の一覧表を表4-4に示した。また各成分について、濃度と強度の関係を実験データに基づいて図示したものを図4-1から図4-18に掲げた。

表4-4 各被験成分の臭気強度別濃度（簡易測定法）

化合物	成分名	臭気強度(Y)と成分濃度(x, x)との関数関係式 単位 x: ppm, x: ppb	臭気強度				
			1	2	3	4	5
含酸素化合物	酢酸※	$Y=1.77 \log x - 0.858$	ppm 1.1×10^{-2}	ppm 4.1×10^{-2}	ppm 1.5×10^{-1}	ppm 5.6×10^{-1}	ppm 2.1
	プロピオン酸※	$Y=1.91 \log x - 0.662$	7.4×10^{-3}	2.5×10^{-2}	8.3×10^{-2}	2.8×10^{-1}	9.3×10^{-1}
	n-酪酸※	$Y=2.19 \log x + 2.82$	1.5×10^{-4}	4.2×10^{-4}	1.2×10^{-3}	3.4×10^{-3}	9.8×10^{-3}
	イソ酪酸※	$Y=1.97 \log x + 0.225$	2.5×10^{-3}	8.0×10^{-3}	2.6×10^{-2}	8.3×10^{-2}	2.7×10^{-1}
	イソ吉草酸※	$Y=1.80 \log x + 3.44$	4.4×10^{-5}	1.6×10^{-4}	5.7×10^{-4}	2.0×10^{-3}	7.3×10^{-3}
	プロピオンアルデヒド※	$Y=2.01 \log x + 1.23$	7.7×10^{-4}	2.4×10^{-3}	7.6×10^{-3}	2.4×10^{-2}	7.5×10^{-2}
	イソブチルアルデヒド※	$Y=1.17 \log x + 1.29$	5.7×10^{-4}	4.1×10^{-3}	2.9×10^{-2}	2.1×10^{-1}	1.5
	n-吉草アルデヒド※	$Y=1.78 \log x + 1.41$	5.9×10^{-4}	2.2×10^{-3}	7.8×10^{-3}	2.9×10^{-2}	1.0×10^{-1}
	イソ吉草アルデヒド※	$Y=1.62 \log x + 2.49$	1.2×10^{-4}	5.0×10^{-4}	2.1×10^{-3}	8.5×10^{-3}	3.5×10^{-2}
	ジオスミン	$Y=1.70 \log x + 3.86$	2.1×10^{-5}	8.1×10^{-5}	3.1×10^{-4}	1.2×10^{-3}	4.7×10^{-3}
含化窒素化合物	インドール※	$Y=1.51 \log x + 2.36$	1.3×10^{-4}	5.7×10^{-4}	2.6×10^{-3}	1.2×10^{-2}	5.5×10^{-2}
	スガトール※	$Y=1.70 \log x + 4.46$	9.3×10^{-6}	3.6×10^{-5}	1.4×10^{-4}	5.4×10^{-4}	2.1×10^{-3}
含化塩素化合物	トリクロロエチレン	$Y=1.98 \log x - 0.390$	5.1	16	52	170	540
	四塩化炭素	$Y=1.93 \log x - 0.868$	9.3	30	100	330	1,100
炭化水素	n-デカン	$Y=2.13 \log x + 0.935$	1.1	3.2	9.3	27	81
	n-ドデカン	$Y=2.08 \log x + 2.85$	1.3×10^{-1}	3.9×10^{-1}	1.2	3.6	11
	1,2,4-トリメチルベンゼン	$Y=2.20 \log x + 1.89$	3.9×10^{-1}	1.1	3.2	9.1	26
	1,3,5-トリメチルベンゼン	$Y=1.75 \log x + 2.30$	1.8×10^{-1}	6.7×10^{-1}	2.5	9.4	35

※印を付した成分の濃度については、希釈調製時の誤差を見込み、計算濃度に対する補正を行った。

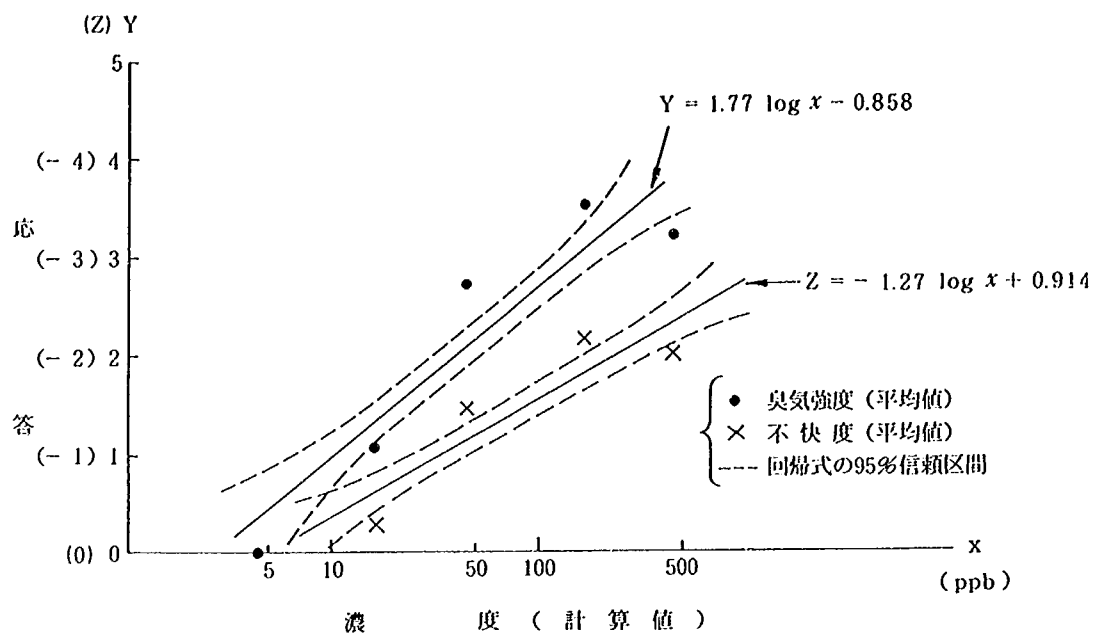


図4-1 酢酸

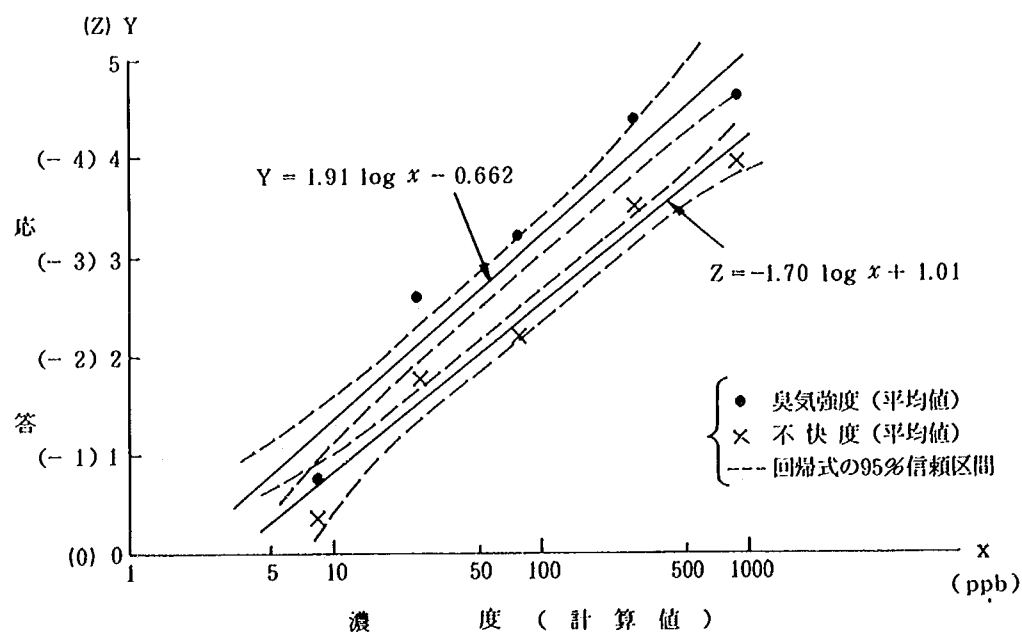


図4-2 プロピオン酸

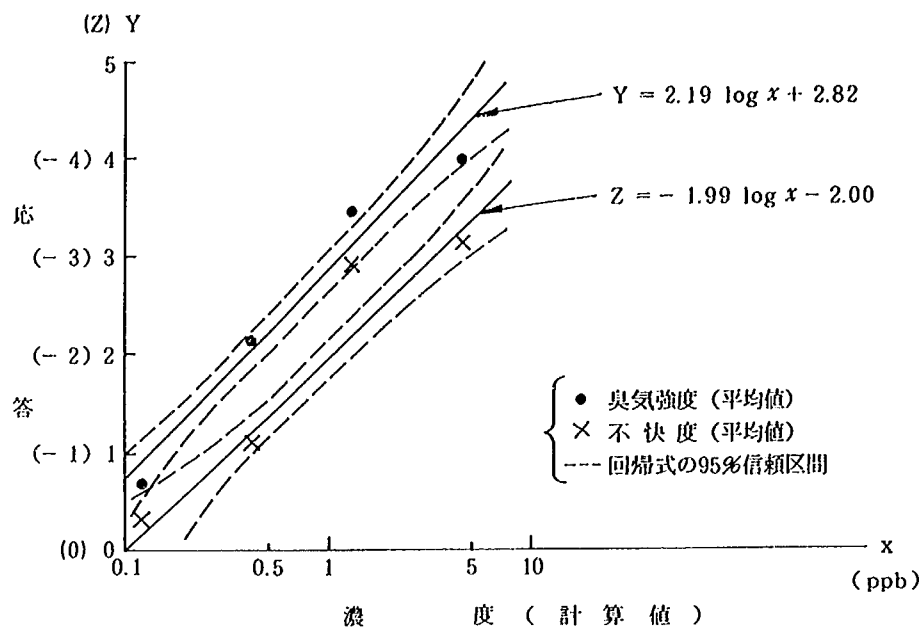


図4-3 n-酪酸

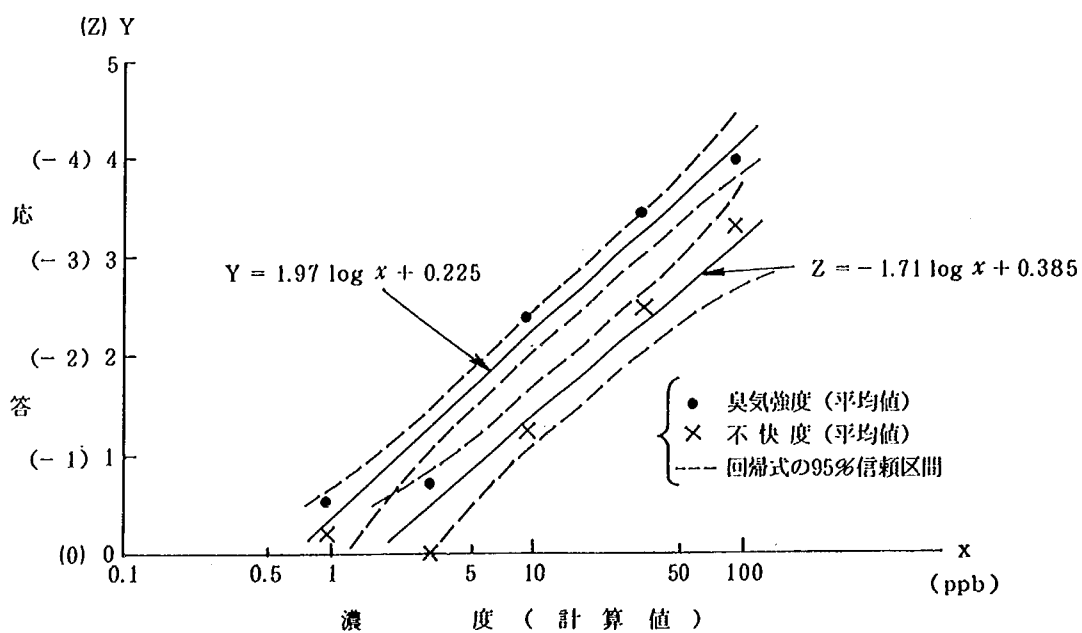


図4-4 イソ酪酸

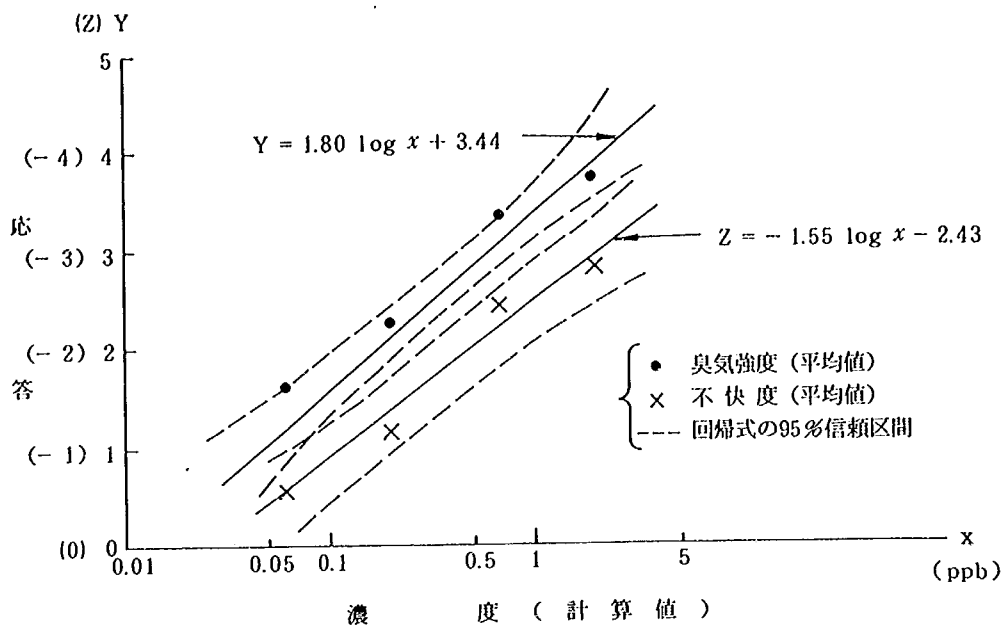


図4-5 イソ吉草酸

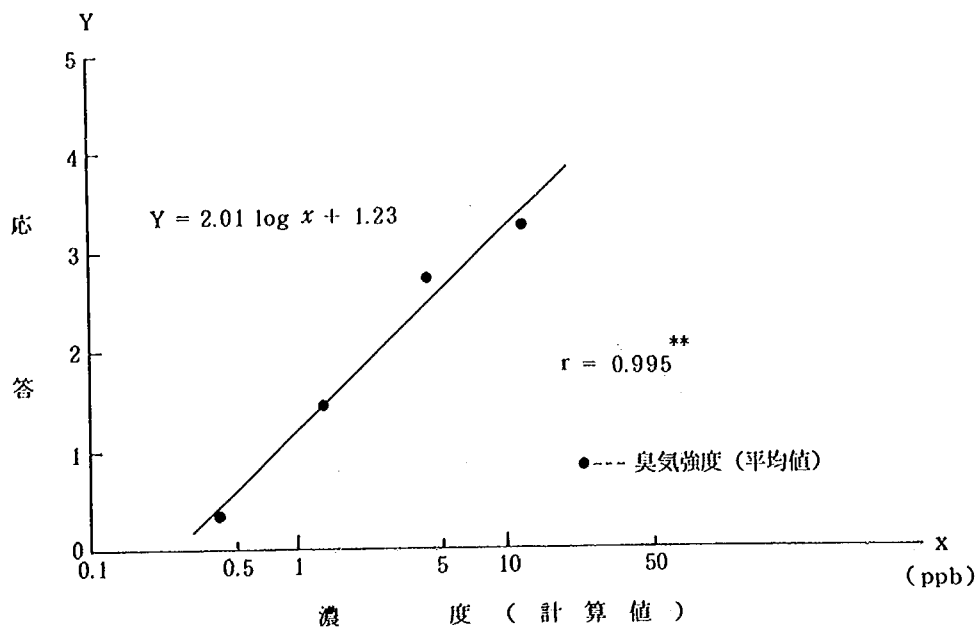


図4-6 プロピオンアルデヒド

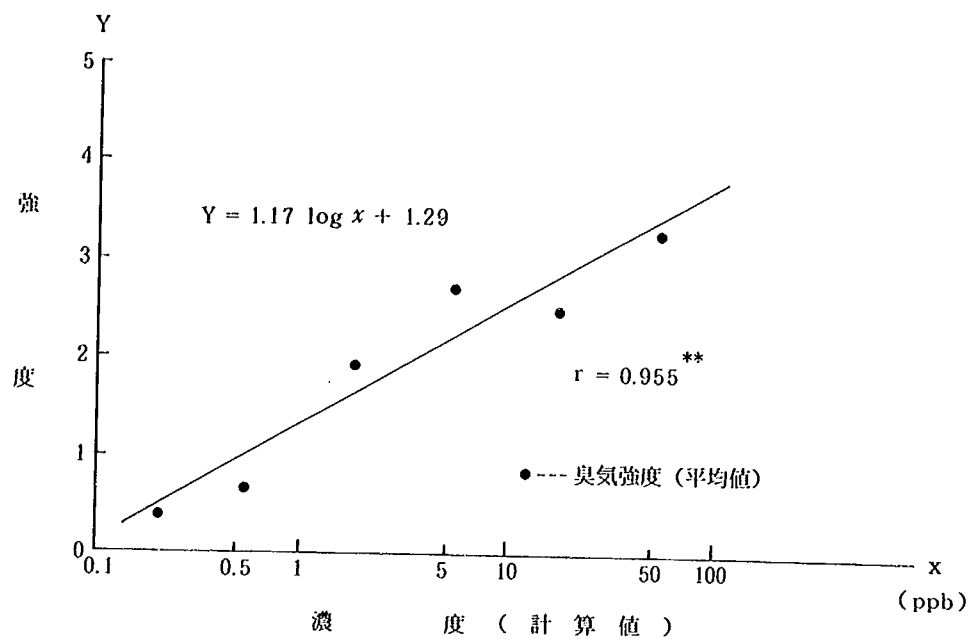


図4-7 イソブチルアルデヒド

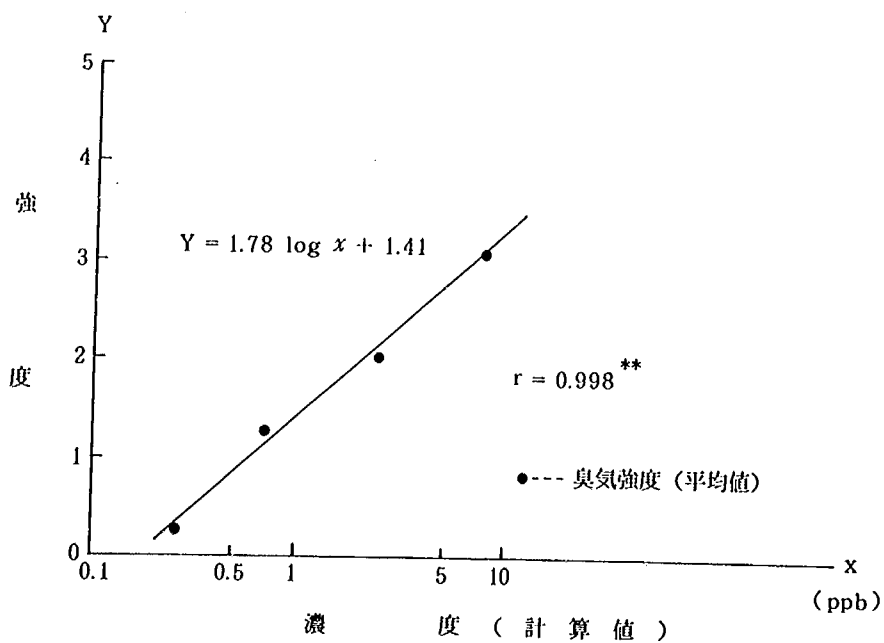


図4-8 n-ヘプタールアルデヒド

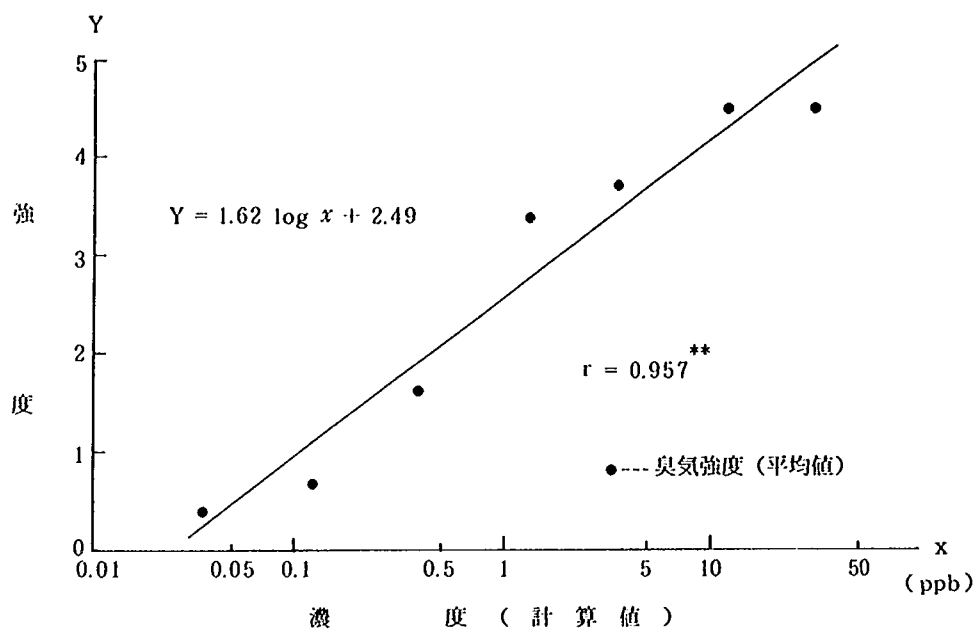


図4-9 イソ吉草アルデヒド

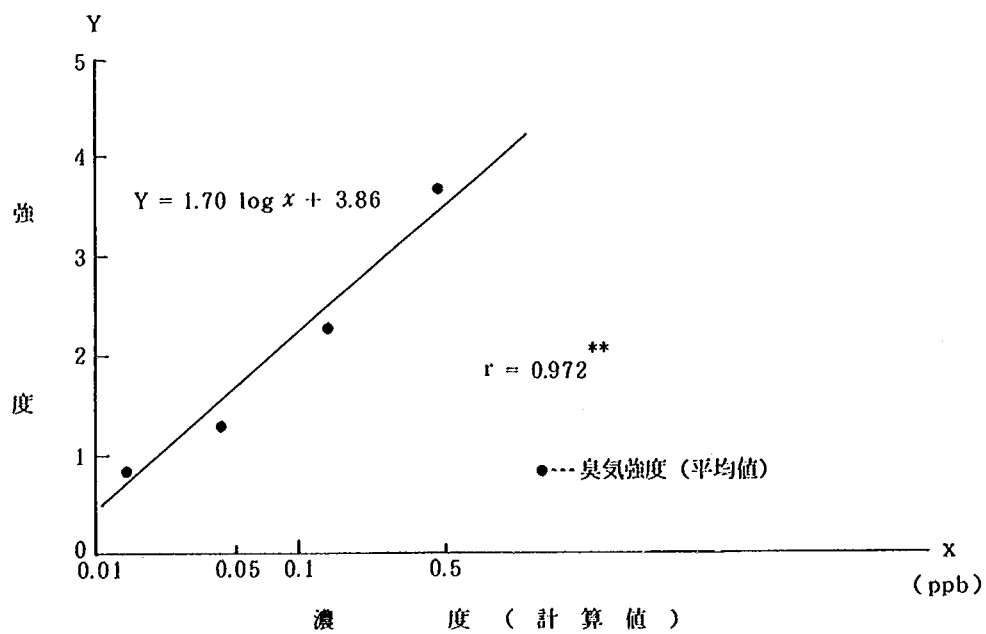


図4-10 ジオスミン

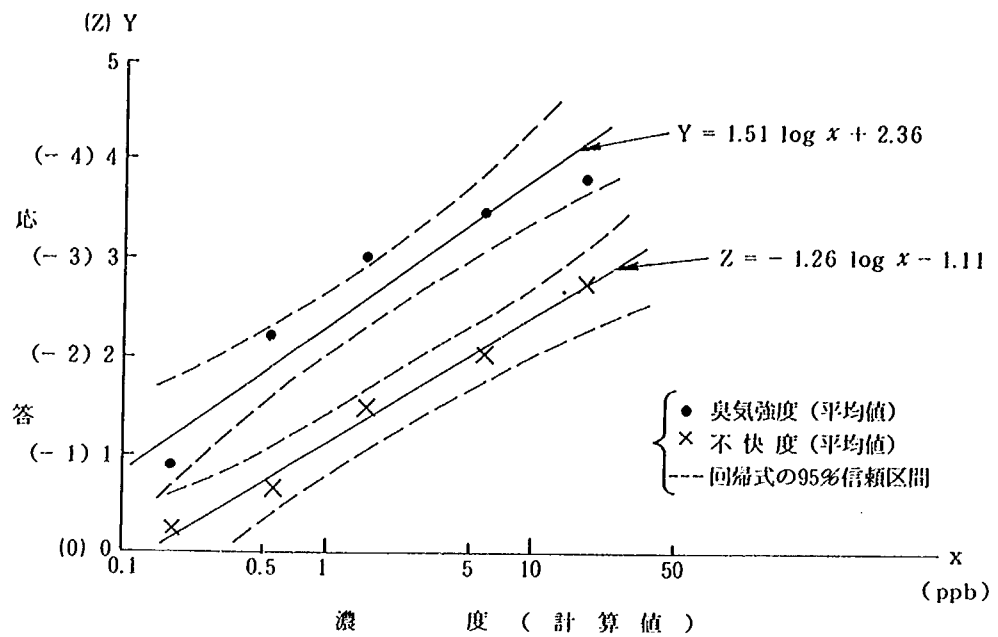


図4-11 インドール

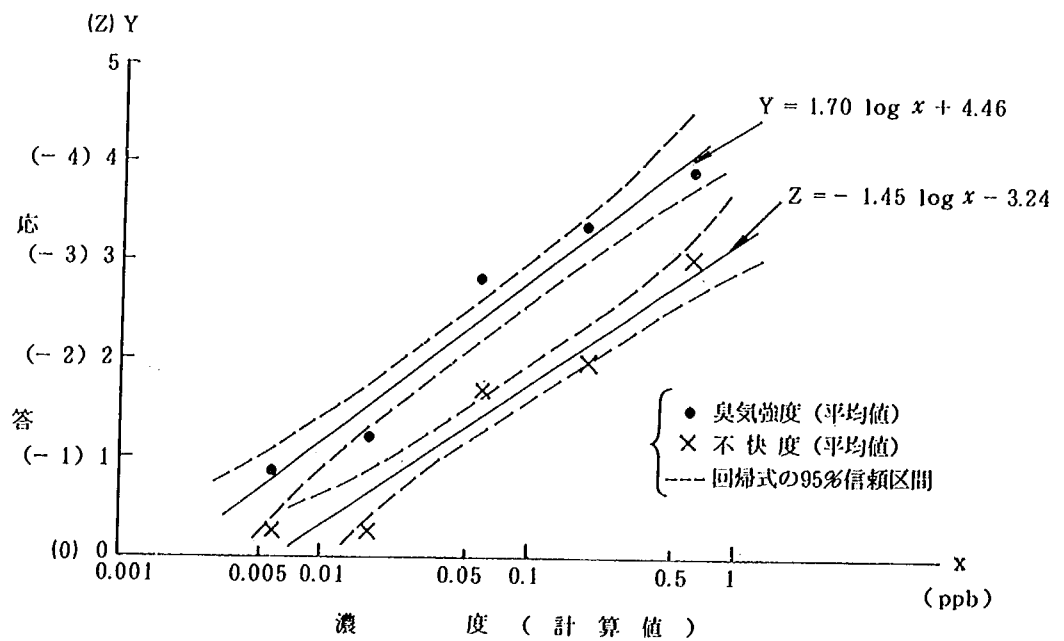


図4-12 スカトール

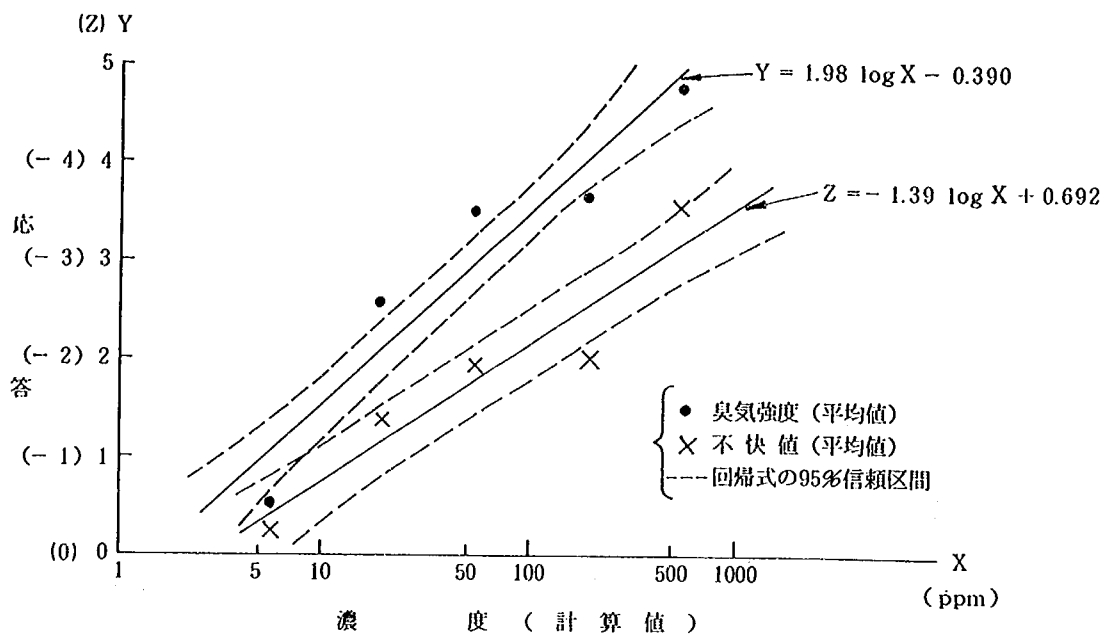


図4-13 トリクロロエチレン

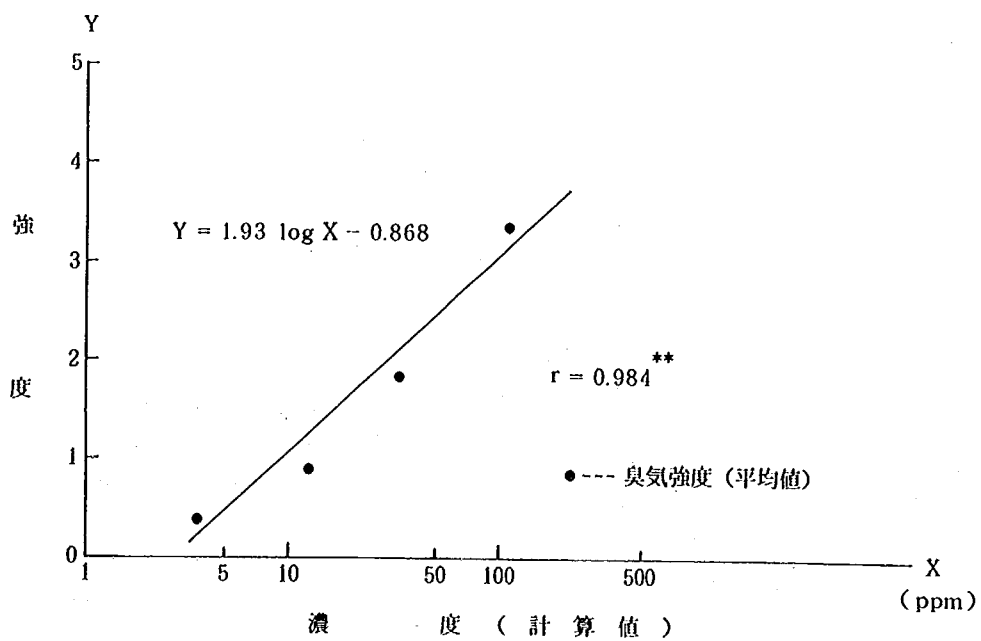


図4-14 四塩化炭素

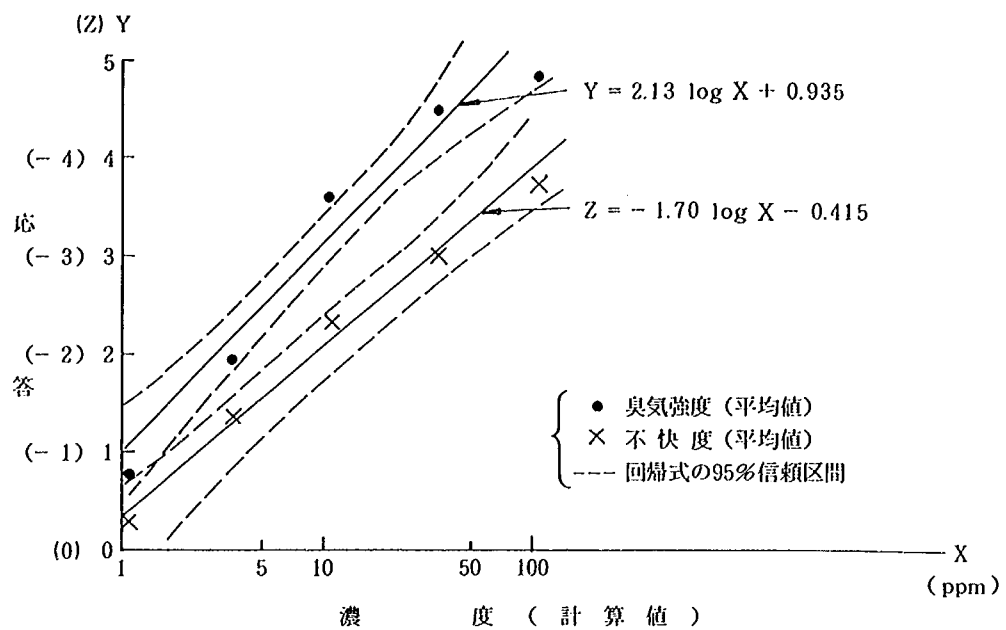


図4-15 n - デカノ

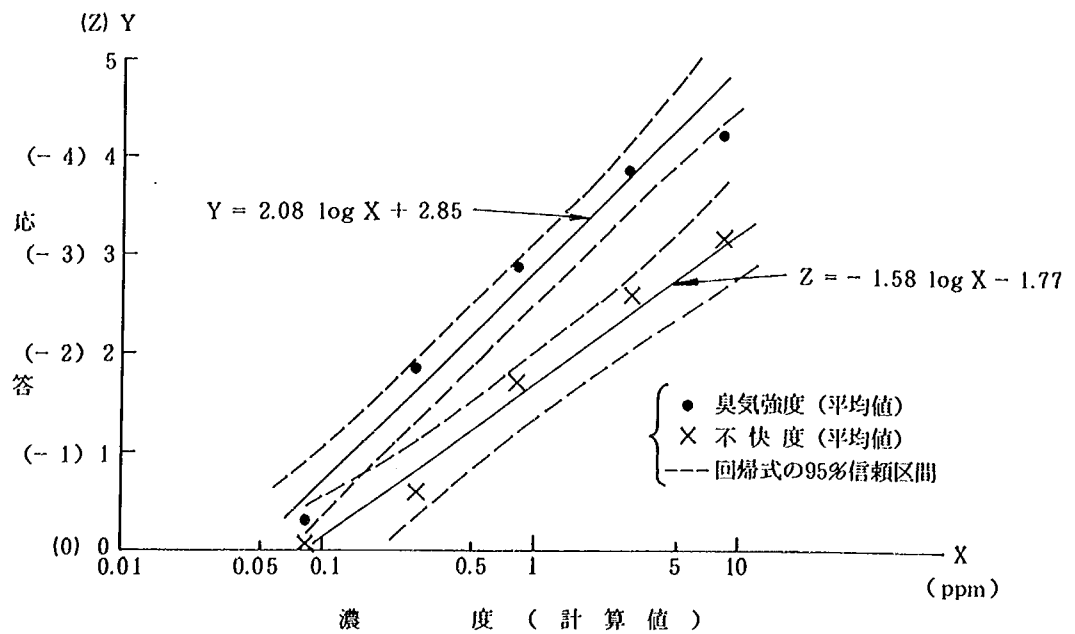


図4-16 n - ドデカン

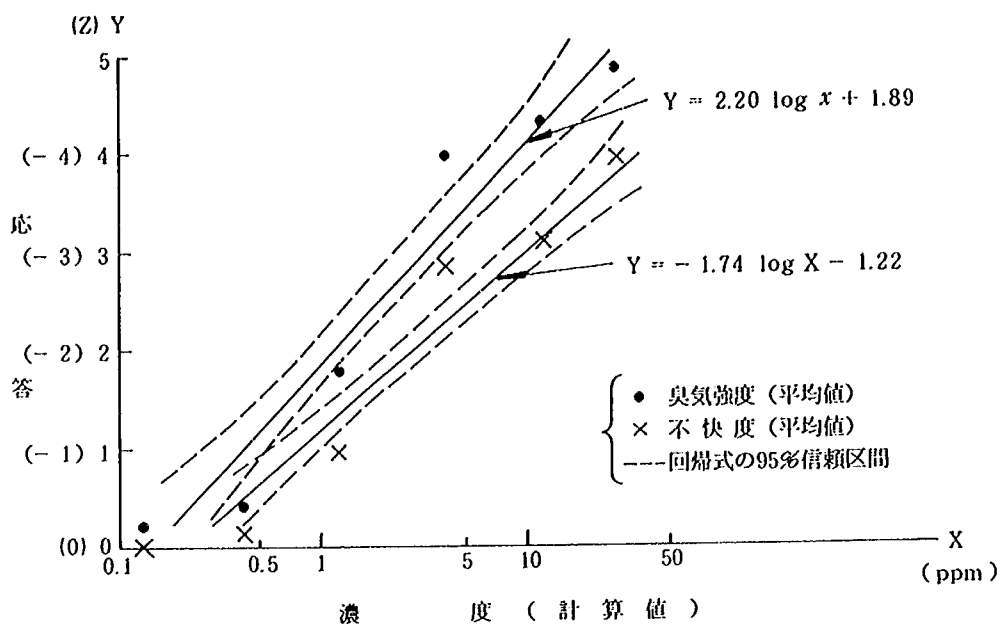


図 4-17 1,2,4-トリメチルベンゼン

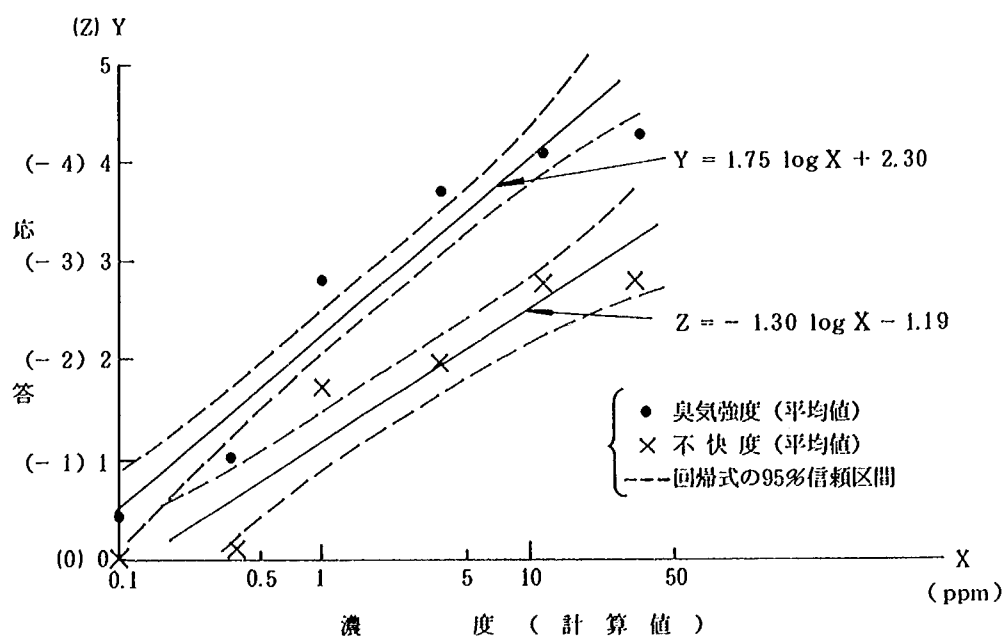


図 4-18 1,3,5-トリメチルベンゼン

注) 表および図の注釈

イ) 記号の説明

Y : 臭気強度の推定値 (ある特定の濃度が与えられたときの臭気強度の平均値)

Z : 不快度の推定値

X, x : 成分濃度 (計算値, 原ガス濃度 $\times$ 希釈倍数)

単位 X ; ppm x ; ppb

なお成分名において, ※印を付した成分の濃度については, 希釈試料調製時の誤差を見込み, 計算濃度に対する補正を行った。

r : 相関係数 (**) ; 危険率 1 % 以下で直線性が有意である)

ロ) 臭気強度と成分濃度の関数関係式

ある特定の濃度が与えられたとき, 臭気強度 (平均値) がいくらになるかを表す式 (臭気強度 Y の濃度 X, x に対する回帰式)。

なお回帰式を推定する際に, フェヒナーの法則が成立することを仮定しており, かつフェヒナーの法則が広範囲の刺激 (濃度) 領域にわたって成り立つことを前提として解析した。

フェヒナーの法則: 感覚量は刺激量の対数に比例する。

ハ) 臭気強度 (および不快度) と成分濃度の対数変換値との直線性の検定

酢酸, プロピオン酸, n-酪酸, イソ酪酸, イソ吉草酸, インドール, スカトール, トリクロエチレン, n-デカン, n-ドデカン, 1,2,4-トリメチルベンゼン, 1,3,5-トリメチルベンゼンについては, 各パネル員 1 人 1 人のデータ (応答) にもとづいて, 分散分析法により検定した。その結果, フェヒナーの法則をおおむね満足することが判明したので, プロピオンアルデヒド, イソブチルアルデヒド, n-吉草アルデヒド, イソ吉草アルデヒド, ジオスミン, 四塩化炭素については, 各パネル員の応答の平均値をもとに相関分析法で検定した。その結果全成分とも, 危険率 1 % 以下で臭気強度と成分濃度 (対数変換値) の間で直線関係の成り立つことが認められた。

参 考 文 献

- 1) 安藤 茂: 下水道終末処理場における臭気対策(II), 公害と対策, 14(6): 69~78, 1978.
- 2) 環境庁大気保全局特殊公害課: 官能試験法調査報告書: 3~7, 41~43, 1978.
- 3) 建設省土木研究所下水道研究室: 臭気と脱臭方法に関する調査報告書 (第2次中間報告書), 70~74, 1979.

5. 下水臭の解明に関する検討

5.1 はじめに

臭気は、単一の臭気物質からなるものは殆んどなく、一般的には多数の臭気物質が相互に関係しあって一つの臭気を形成している。下水処理場の臭気発生源は、沈砂池、最初沈澱池、曝気槽、汚泥濃縮槽などである。

これらの発生源から、各種の硫黄化合物、低級脂肪酸、アンモニア、アルデヒド、炭化水素などが排出されている。下水臭気の効果的な脱臭対策を考える場合、これらの臭気物質が下水臭にどのように影響しているかを知ることが大切である。現在までに行った実態調査結果では、沈砂池、最初沈澱池、濃縮槽の臭気は、硫化水素、メチルメルカプタン及び低級脂肪酸などと関係深いことが明らかになっているが、これらの物質を混合した場合に、発生源臭気と一致するかどうかは不明である。

また曝気槽から発生する活性汚泥臭（カビ様のにおい）については、これらの物質のみでは説明することはできない。

そこで本実験では、生下水臭に関係が深いと考えられている各種の硫黄化合物、低級脂肪酸と量的に多いアンモニア、炭化水素を、現在までに行った実態調査結果から得られた濃度データを参考にして、いくつかの組合せで混合し、実際の下水臭に近づくかどうかを検討した。また下水臭に関係する物質を新規に発見するために、GC-オルファクトメータ法を用いて臭気を成分ごとに分離し、人間の嗅覚によって各分離成分ごとのにおいの強さ、質等を判断し、下水臭の主体となる成分の確認を試みた。

5.2 下水臭の合成

5.2.1 実験内容

本試験は、下水臭合成実験の第1段階として、特定の臭気成分ならびに特定の濃度の組合せについて行ったもので、試験の対象を

- 1) においの質の評価を主体とした下水臭の合成
- 2) 臭気濃度に対する物質間の相互作用

とした。

5.2.2 実験に供した試料

実験に供した試料群を表5-1に示した。なお試料群を構成する各成分の内容については、次項5.2.2 1)に示した。

表5-1 実験に供した試料群および試験項目

実験に供した試料(群)	においの質の比較試験	臭気濃度の測定
硫黄化合物(混合試料)	○	○
脂肪酸類(混合試料)		○
アンモニア		○
白灯油		○
硫黄化合物+脂肪酸類	○	○
硫黄化合物+脂肪酸類 +アンモニア	○	○
硫黄化合物+脂肪酸類 +アンモニア+白灯油	○	○

5.2.3 方 法

1) 原ガス濃度の調製

(1) 硫黄化合物

メチルメルカプタン 5 ml を窒素ガスを満した 1 ℓ ガラスビンに注入し、5,000 ppm のガスを作製する。また硫化メチル、二硫化メチルについては、それぞれ 5 μℓ を窒素ガスを満した 1 ℓ ガラスビンに注入気化させた。このように調製したメチルメルカプタン、硫化メチル、二硫化メチルのガスをそれぞれ 1 ml, 6.6 ml, 2.4 ml づつをガスタイトシリンジに取り、10 ℓ 中に 5 ppm の硫化水素が入ったポリエステル製バッグに注入した。

なお硫化水素は、パーミューション法により、希釈ガスとして窒素を用いて作製した。

このようにして 10 ℓ のポリエステル製バッグ中に硫化水素 5 ppm, メチルメルカプタン 0.5 ppm, 硫化メチル 1 ppm, 二硫化メチル 0.3 ppm の原ガスを作製した。

(2) 脂 肪 酸

酢酸 18.67 mg/ml, プロピオン酸 16.48 mg/ml, イソ酪酸 14.80 mg/ml, n-酪酸 10.15 mg/ml, イソ吉草酸 1.37 mg/ml, n-吉草酸 3.20 mg/ml を含むメタノール溶液 5 μℓ を、室内空気を満した 10 ℓ ポリエステル製バッグに注入し、1 昼夜放置した。このように気化したガスを原ガスとして用いた。

原ガスの計算濃度は、実験計画値の 5 倍とした。なぜならば、脂肪酸試料液の気化率(バッグへの吸着率も含む)および希釈試料調製時の注射器、採取バッグへの吸着率を含めて、計算濃度に対する実測濃度の割合が約 20% (物質間に大きな差は認められない)となることが、従来の測定値によって示されているからである。なお原ガス濃度の実測値(ガスクロマトグラフ法)は、酢酸 1.1 ppm, プロピオン酸 0.830 ppm, イソ酪酸 1.03 ppm, n-酪酸 0.550 ppm, イソ吉草酸 0.0910 ppm, n-吉草酸 0.0785 ppm であった。

(3) アンモニア

7,600ppm のアンモニア標準ガスボンベを用いた。

(4) 白 灯 油

灯油 10μℓ を窒素を満した 1 ℓ ビンに注入し気化させた。このガス 90ml を 10 ℓ の窒素ガスの入ったポリエステル製バッグに注入し、n-ウンデカン換算で計算値として 10 ppm の原ガスを作製した。なお原ガスの実測値（ガスクロマトグラフ法）は、ピークの大きい n-ウンデカン 0.118ppm、n-ドデカン 0.10ppm であり、他の C₇～C₁₈ の炭化水素については、数 ppb ～ 数 10 ppb の範囲であった。

2) 官能試験に供する試料ガスの調製

官能試験に供する試料は、原ガス試料をポリエステル製バッグ内でさらに希釈し、作製した。

下水臭を合成する場合、合成に供する臭気成分の希釈のみならず、各成分の濃度比の決定が問題となり、成分と濃度の組合せは、成分数が多くなるほど複雑になる。今回の実験ではまず第 1 段階として、現場調査から得られた分析結果にもとづき、各成分の濃度平均値を目安として試料ガスを調製した。

表 5-2 に官能試験に供した試料の濃度を示した。また参考値として、嗅覚閾値にもとづいて算出した臭気濃度および臭気強度を同表に掲げた。

なお、2 種類以上の試料を混合させるときにも、各成分の濃度が表中の値になるよう試料を調製した。

表 5-2 試料ガスの調製濃度

臭 気 成 分		濃 度 (ppm) ¹⁾	嗅覚閾値 (ppm) ²⁾	調製濃度 — 嗅覚閾値	臭 気 強 度 ³⁾
硫 黄 化 合 物	硫 化 水 素	5.0×10^{-2}	4.1×10^{-4}	121.9	2.9
	メチルメルカプタン	5.0×10^{-3}	7.0×10^{-5}	71.4	3.1
	硫 化 メ チ ル	1.0×10^{-2}	3.0×10^{-3}	3.3	2.5
	二 硫 化 メ チ ル	3.0×10^{-3}	2.2×10^{-3}	1.3	2.0
脂 肪 酸 類	酢 酸	4.4×10^{-3}	4.2×10^{-3}	1.0	0.28
	プ ロ ピ オ ン 酪	1.0×10^{-3}	5.7×10^{-3}	0.1	0.33
	イ ソ 酪 酸	4.1×10^{-3}	1.5×10^{-3}	2.7	1.4
	n - 酪 酸	2.2×10^{-3}	1.9×10^{-4}	11.5	3.5
	イ ソ 吉 草 酸	3.6×10^{-4}	7.8×10^{-5}	4.6	2.6
	n - 吉 草 酸	3.1×10^{-4}	3.7×10^{-5}	8.3	
ア ン モ ニ ア		5.0	1.5	3.3	
白 灯 油		10 (n-ウンデカン換算)	?	?	?

注 1) 原ガス濃度の希釈倍数から求めた計算値

2) 3 点比較式臭袋法で求めた嗅覚閾値

3) 硫黄化合物：無臭室法での値、 脂肪酸：におい袋法での値

3) 官能試験方法

(1) においの質の比較試験方法

においの質を的確に評価するには、かなりの熟練が必要とされる。そこで本試験では、各試料のにおいの質を相互に比較し、試料間の質的な類似性について判断した。

表5-1に示した4種類の試料と、某下水処理場において採取した沈砂池臭($\frac{1}{30}$ 希釈試料, 臭気濃度57)の計5種類の試料(各々6ℓポリエステル製バッグに作製)を1組としてパネルに呈示した。パネルは臭気濃度測定時の要領で各試料のにおいを相互に嗅ぎ比べ、表5-3の質問表にもとづいて判断し、その結果を各自記録した。試験は7名のパネルが1名あて2回繰り返し行った。

表5-3 質 問 表

試料番号

氏 名 _____

袋の中のにおいを嗅いで、においの質について比較して下さい。

ただし、それぞれのにおいの強さが異なる場合がありますが、においの質についてのみ判断して答えて下さい。

- A 5つともにおいの質が同じである(においの質の差が区別できない)。
- B 5つともにおいの質がおおむね似ている。
- C 5つともにおいの質が異なる。

A, B, Cのどれにもあてはまらないときには、たとえば、①と③はにおいの質が異なるが、②と④と⑤はにおいの質が同じである。あるいは②のにおいだけが他のにおいの質と異なる。というように書いて下さい。

5.2.4 試験結果および考察

1) においの質の比較試験結果

5種類のにおいの質の全体的な傾向としては、全回答数の約70%が、“においの質がおおむね似ている”という回答であり、5種類ともほぼ同系統のにおいであると言える。

表5-4は、各試料間の組合せにおいてにおいの質が同じである（においの質の差が区別できない）と判断された回答数を示したものである。パネル7名が2回繰返し試験を行ったので、1つの組合せ内の最大回答数は14となる。

表5-4 おおいの質が同じであると判断された回答数

	硫黄化合物	硫黄化合物 + 脂 肪 酸 類	硫黄化合物 + 脂 肪 酸 類 + ア ン モ ニ ア	硫黄化合物 + 脂 肪 酸 類 + ア ン モ ニ ア + 白 灯 油	沈 砂 池 (現場臭気)	計
硫 黄 化 合 物		3	0	1	6	10
硫黄化合物+脂肪酸類			11	6	1	18
硫黄化合物+脂肪酸類 +アンモニア				8	2	10
硫黄化合物+脂肪酸類 +アンモニア+白灯油					1	1
沈 砂 池 (現 場 臭 気)						
計		3	11	15	10	39

ここで便宜上、においの質の類似度を示すために以下のようなランク付けを行った。すなわち、においの質が同じであると判断された回答数を百分率（例えば、においの質が同じであると判断された回答数が6の場合、 $\frac{6}{14} \times 100\% = 42.9\%$ ）で表わし、その値が

		においの質 の類似度
0 ～ 25 % のとき	においの質の差がほぼ区別できる	A
25 ～ 50 % "	においの質の差が区別しにくい	B
50 ～ 75 % "	においの質の差がほとんど区別できない	C
75 ～ 100 % "	においの質の差が全く区別できない	D

とした。

表5-5は、試料間のにおいの質の類似度を上記の記号で示したものである。

まず現場臭気である沈砂池臭との比較では、硫黄化合物混合臭が沈砂池臭と質的に類似性がみられたが、他の混合試料と沈砂池臭とは、ある程度質的な違いが認められた。一方合成試料

間では、硫黄化合物混合臭に脂肪酸類混合臭を加えることによって、硫黄化合物混合臭のみのにおいと若干質的に異なる結果となったが、硫黄化合物と脂肪酸類の混合臭にアンモニア、さらに白灯油臭を混合してもさほど質的な変化が認められなかった。ただし本試験結果から脂肪酸類、アンモニアおよび白灯油成分が下水臭の構成にほとんど寄与していないと判断することはできない。即ち合成試料において、脂肪酸類の混合比が現場臭気の混合比と異なっていた場合（例えば脂肪酸類が過剰に混合されていた場合）、脂肪酸類自体のにおいに大きく影響されることになる。またこのような場合、比較試験として硫黄化合物+アンモニア、硫黄化合物と白灯油あるいは硫黄化合物+アンモニア+白灯油の組合せも必要となる。

今回の試験結果から、下水臭を構成するうえで硫黄化合物が重要な成分であることが判った。このことは下水処理場の臭気として、常に硫黄化合物が検出されていることからとも言えることである。しかしながらにおいの質は、においを構成する成分の相違のみならず、微妙な混合比の違いによっても変化する。これは同種類のにおい、例えば硫黄化合物間においても言えることである。下水処理場の水処理系においても、沈砂池と曝気槽とは若干臭質が異なり、硫黄化合物のみでにおいの質を評価することはできないであろう。

表 5-5 おいへの質の類似度

	硫黄化合物	硫黄化合物 + 脂肪酸類	硫黄化合物 + 脂肪酸類 + アンモニア	硫黄化合物 + 脂肪酸類 + アンモニア + 白灯油	沈砂池 (現場臭気)
硫黄化合物		A	A	A	B
硫黄化合物+脂肪酸類			D	B	A
硫黄化合物+脂肪酸類 +アンモニア				C	A
硫黄化合物+脂肪酸類 +アンモニア+白灯油					A
沈砂池（現場臭気）					

2) 臭気濃度の比較

臭気濃度の測定結果を表 5-6 に示した。

表5-6 臭 気 濃 度

試 料		臭 気 濃 度
A グ ル ー プ	{ 硫 黄 化 合 物 臭	67
	{ 脂 肪 酸 類 臭	12
	{ ア ン モ ニ ア 臭	10
	{ 白 灯 油 臭	10 以下
B グ ル ー プ	{ 硫黄化合物+脂肪酸類 の混合臭	70
	{ 硫黄化合物+脂肪酸類 +アンモニアの混合臭	36
	{ 硫黄化合物+脂肪酸類+ア ンモニア+白灯油の混合臭	55

単一臭気および同種類の臭気の混合臭であるAグループの試料の中では、硫黄化合物臭の臭気濃度が67と最大値を示した。一方、硫黄化合物を共通成分として、Aグループの試料を2種類以上混合したときのBグループの試料の臭気濃度は36～70で、官能試験の誤差範囲内で硫黄化合物のみの臭気濃度と有意な差はみられなかった。

従って本試験で用いた臭気成分および濃度において、臭気濃度に対する物質間の顕著な相互作用は認められなかった。

5.3 GC-オルファクトメータ法による下水臭の分析

5.3.1 実験内容

K市I下水処理場の臭気調査時に採取した汚泥濃縮槽、高速エアレーション沈殿池ならびに酸素曝気槽の臭気をGC-オルファクトメータ法によって分析した。また流入下水及び曝気槽汚泥を通気し、発生させた高濃度臭気をGC-オルファクトメータ法で分析するとともに、GC-MS法を用いて臭気成分の定性を行った。これらの分析によって下水処理工程から発生する臭気の解明を試みた。

5.3.2 方 法

1) 被 験 試 料

(1) 現場採取試料

下水処理場の臭気発生源において、次の方法で試料ガスを採取した。

図5-1に示すように6リットルのマイラーバッグを約14リットルのアクリルの容器に

入れ、携帯用の吸引ポンプで容器内を減圧することにより試料ガスをバッグに採取した。

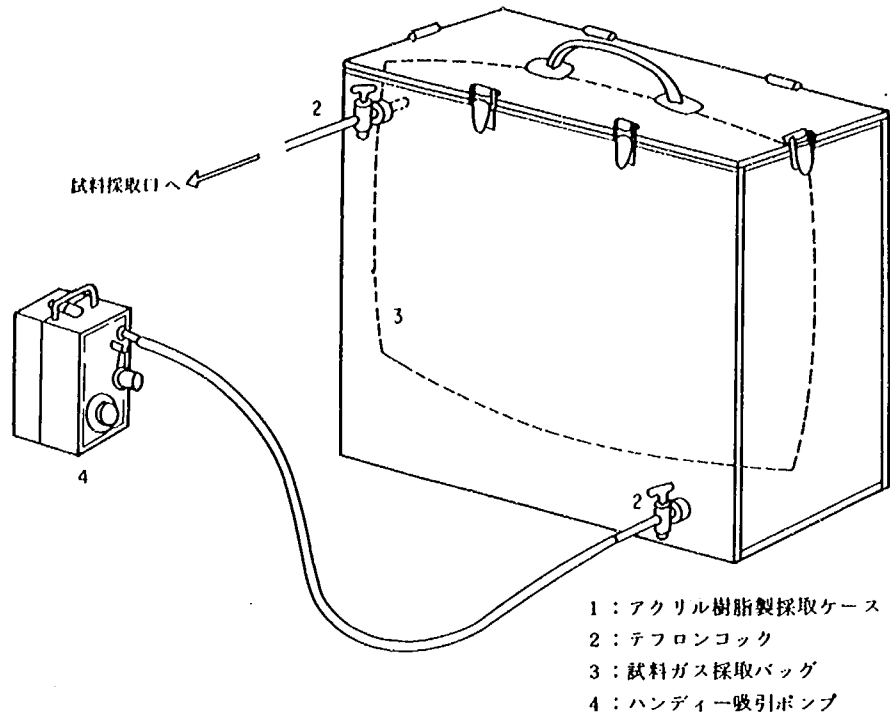


図5-1 試料ガス採取容器

(2) 調製試料

流入下水および曝気槽水から、以下の方法で発生させた臭気を採取し、試料とした。

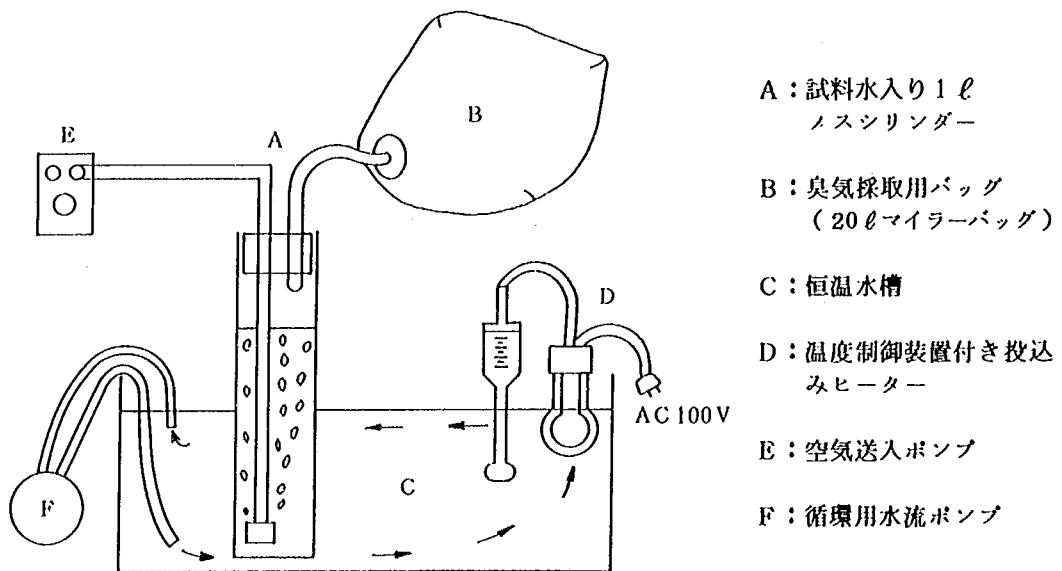


図5-2 下水処理場臭気調製装置

図5-2のAの1ℓメスシリンダーに試料水を $\frac{2}{3}$ ほど満し、水温を35℃または70℃に保った恒温槽に没す。次にEのポンプで毎分200mlで室内空気をメスシリンダー内に送りこんで、曝気させ、発生した臭気をBの採取用バッグ中に捕集する。

2) GC-オルファクトメータによる測定方法

(I) GC-オルファクトメータ¹⁾

図5-3に示すように水素炎イオン化検出器（以後FIDと記す）付きガスクロマトグラフのカラム出口を2方に分岐し、1方をFIDに、他方を嗅覚測定のための臭気排出口に接続した。カラムによって分離された単成分臭気は、2方に分岐された流量の10%がFIDの方に、また90%がオルファクトメータの方に流れるようにする。さらにオルファクトメータ側の臭気は、 $6\ell/\text{min}$ の無臭空気で希釈し官能試験用の試料とした。これはカラム出口からのにおいを直接嗅いだ場合、次のような影響がみられるからである。

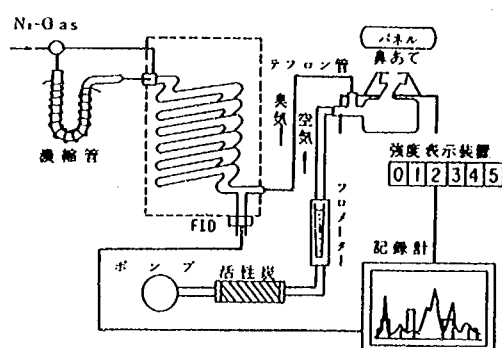


図5-3 GC-オルファクトメータの概略図

- (a) キャリヤーガスの温度が高いため嗅ぎづらい。
- (b) カラム充填剤のにおいを感じられることが多く、官能試験判定の妨害となる。
- (c) キャリヤーガスの流量は通常 $100\text{ ml}/\text{min}$ 以下であり、強いにおいが流出した場合、においが鼻あての部分に漂い測定を妨げることになる。

(2) 測定方法

(I) GC-オルファクトメータによる臭気強度の測定

試料注入前に、パネルは鼻あてから流れるにおいを嗅ぎ、無臭であることをまず確認する。試料注入後パネルは鼻あてより、カラムによって分離されたにおいの強さを6段階臭気強度表示法（表5-7）で判定し、表示装置の強さのボタンを押すことによって、レコードに結果を記録する。また、においの質はパネルがそのつど口頭で述べ、オペレータがそれを記録する。

なお試料注入量は、あらかじめ原臭気の臭気濃度を測定することによって決定した。すなわち試料量が多すぎるとカラム内に着臭してにおいが連続して流出したり、また、においが強すぎてパネルが嗅覚疲労を起こす原因となる。また、試料注入量が 10 ml 以上になる場合は、液体酸素で冷却した濃縮管に試料を濃縮してから、GC-オルファクトメータに注入し試験に供する。

(II) 臭気濃度の測定

そのにおいを清浄空気で何倍に希釈したらにおわなくなるかを調べ、その時の希釈倍数をもって臭気濃度とする。

(a) パネル

パネルは6名(23歳~40歳)で構成した。いずれも当研究室で測定業務を行っている者である。

(b) 手 法

三点比較式臭袋法に準じて実施した。なお同一希釈倍数での繰返し試験は、パネル1名あて2回とし、パネル全体の正解数(率)より臭気濃度を求めた。

表 5 - 7 6段階臭気強度表示法

0		無臭
1		やっと感知できるにおい(検知閾値)
2		何のにおいであるかがわかる弱いにおい(認知閾値)
3		らくに感知できるにおい
4		強いにおい
5		強烈なにおい

(3) ガスクロマトグラフによる分取

原臭気3~4ℓを低温濃縮しガスクロマトグラフに注入した後、カラム出口から6ℓのマイラーバッグを用いて分離成分ごとに捕集し、全量は無臭空気で6ℓとし、これを試験試料として、臭気強度、臭気濃度およびにおいの質について測定を行った。

また、分取精度を増すため無臭の直鎖アルカン($C_9 \sim C_{20}$)を原臭気とともにガスクロマトグラフに注入し、FIDに検出されるこれらのピークを指標にして、分取を行った。

(4) GC-MS法による臭気成分の同定

原臭気3ℓをTenax GCに常温吸着し、常法に従って(3.2.2.参照)GC-MS分析を行った。分析に用いたカラムは、10%PEG 20M 3m×3mmφであり、50℃から200℃まで6℃/分で昇温分析を行った。

5.3.3 結果および考察

1) 現場採取試料のGC-オルファクトグラム

図5-4~図5-6にK市I下水処理で採取した臭気のGC-オルファクトメータによる測定記録(GC-オルファクトグラム)を示す。

臭気強度のパターンから、これらの現場臭気がどのようなにおいで構成されているかをみると、図5-4の汚泥濃縮槽では硫化水素臭等の硫黄化合物様のにおいが強く、臭気の大部分を占めているのが判る。FPD付きガスクロマトグラフ分析でも硫化水素が12ppm、メチルメルカプタンが2.1ppm定量されたが、これらの濃度は臭気濃度に換算して40,000および30,000に相当し、実測臭気濃度23,000とよく一致していた。

また、図5-5および図5-6に示すように高速エアレーションタンクならびに酸素エアレーションタンクIの活性汚泥処理臭気については、カビ臭が強く感じられ、このことは特に酸素エアレーションタンクIで顕著であった。

カビ臭については、水道水による分析結果であるがジオスミンおよび2-メチルボルネオールが主な臭気原因物質として報告されており¹⁾²⁾特にジオスミンが注目されている。²⁾

そこで本実験においても、曝気槽臭特有のカビ臭に寄因する物質解明の一手段として、ジオスミンのGC-MS分析を試みたが、不検出(<10 ppt)であった。

2) 調製試料のGC-オルファクトグラムについて

昭和55年1月16日および2月14日に取水した試験水(流入下水および曝気槽水)から発生させた試料のGC-オルファクトグラムを図5-7および図5-8に、このときの測定条件を表5-8に示す。なお2月14日に取水した試料についてのGC-MS測定結果を表5-11, 12に掲げ、そのクロマトグラムを図5-9, 10に示した。

また、分取測定結果を表5-9, 10に示した。

(1) 流入下水臭と曝気槽臭の比較

曝気槽臭気のGC-オルファクトグラムからリテンションタイム(以下Rtとする)で7分から20分付近に青くさいにおいまたはいもをふかしたにおいがあらわれることが判る。特に青くさいにおいは長時間感じられた。Rt 40分以降に感ずる青くさいにおいについては弱い強さが継続していることから判断して、カラムに吸着した物質が徐々に脱着しているものと考えられる。また、Rtが25分~60分以上で、カビ臭が感じられたが、Rtから比較的沸点の高い物質だと推定される。流入下水臭については腐敗臭およびアミン系(ピリジン?)のにおい等が感じられ、2月14日に取水した調製試料では、曝気槽の試料ほどではないが青くさいにおいも感じられた。

(2) GC-MSでの成分の同定

図5-8の④の位置にジメチルサルファイド、アセトアルデヒドおよび⑤にブチルアルデヒドがGC-MSによって定性され、GC-オルファクトグラムのにおいの質の応答(甘いにおい、アルデヒド様焦げ臭)と対応した。

また、流入下水についても同様な結果がみられた。しかし、⑥以降にあらわれるにおいについては、対応すると思われる物質は定性されなかった。

(3) 取水日の異なる試料についてのにおいの比較

図5-7と図5-8より、1月16日および2月14日に取水を行った試料水別の臭気を比較すると前者では硫化水素臭およびメルカプタン臭等の硫黄化合物のにおいがあらわれたが、後者では硫黄化合物のにおいはまったくあられず、かわりにアルデヒド臭が感じられ

1) 琵琶湖底泥より分離した放線菌琵琶湖B株の代謝産物、臭気成分Geosmin および2-Methylisoborneol の確認ならびに脂肪酸の分析：菊池ら、薬学雑誌，93(5)，P 658~P 663，1973。

2) 水道水のカビ臭の原因と対策〔2〕：衛生常設調査委員会報告，環境創告，(9)，P 48~P 58，1979。

た。この傾向は流入下水臭および曝気槽臭に共通して言えるため、この原因は流入下水の質的変動に寄因するものと考えられる。すなわち、試料水を取水した下水処理場は、流入下水の20%近くが工場排水であることから流入下水の組成が日によって異なることが考えられこれが測定結果に影響を与えたものと思われる。

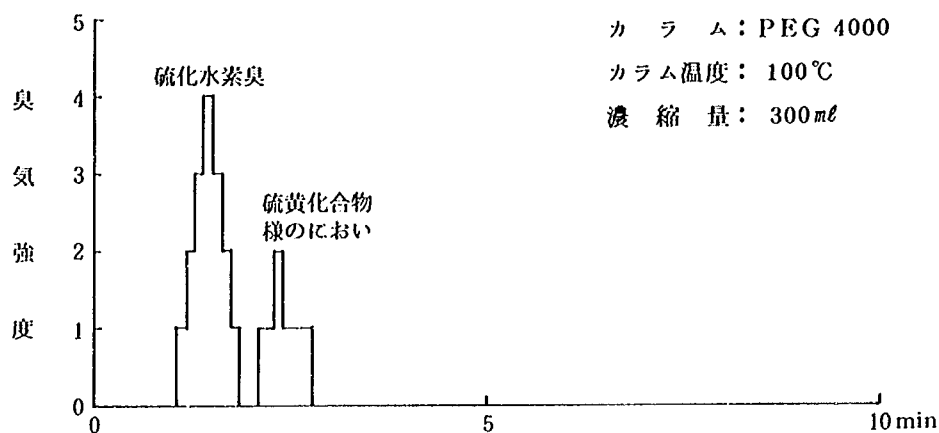


図5-4 汚泥濃縮槽のGC-オルファクトグラム

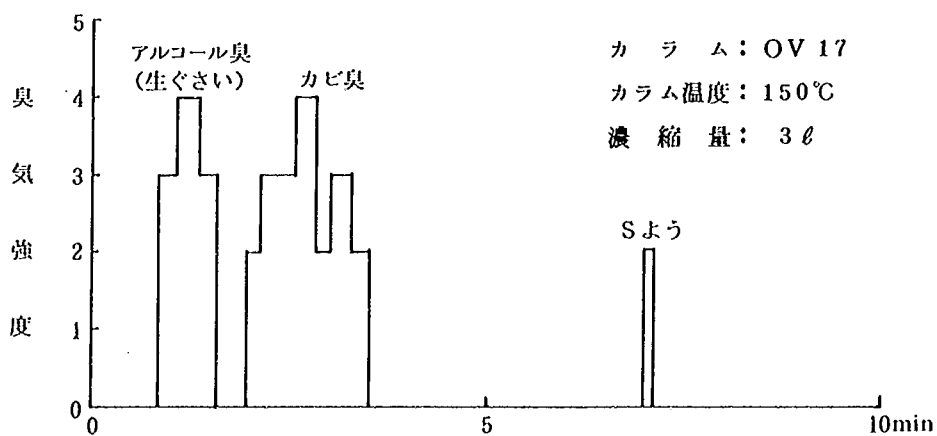


図5-5 高速エアレーションタンクのGC-オルファクトグラム

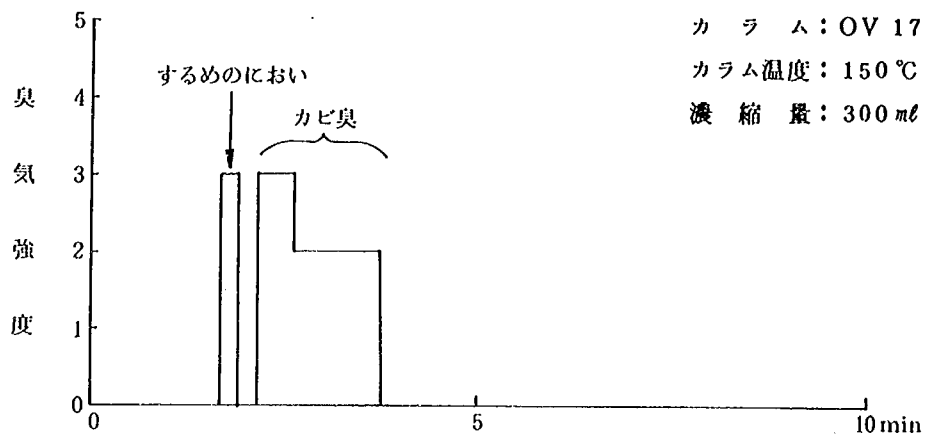


図5-6 酸素エアレーションタンク I のGC-オルファトグラム

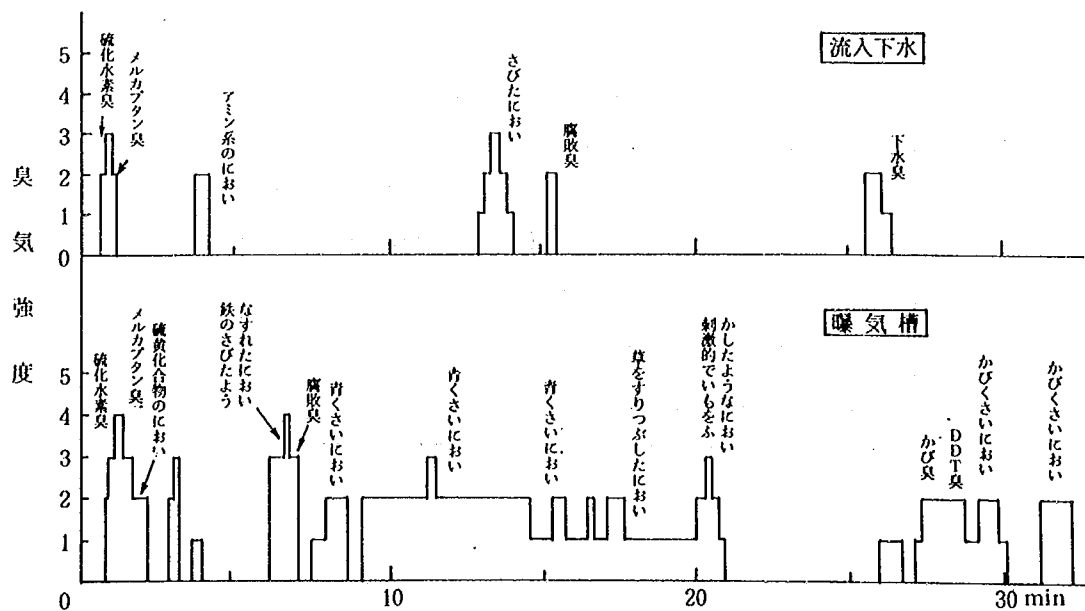


図5-7 流入下水および曝気槽下水から発生したにおい(1月16日取水)

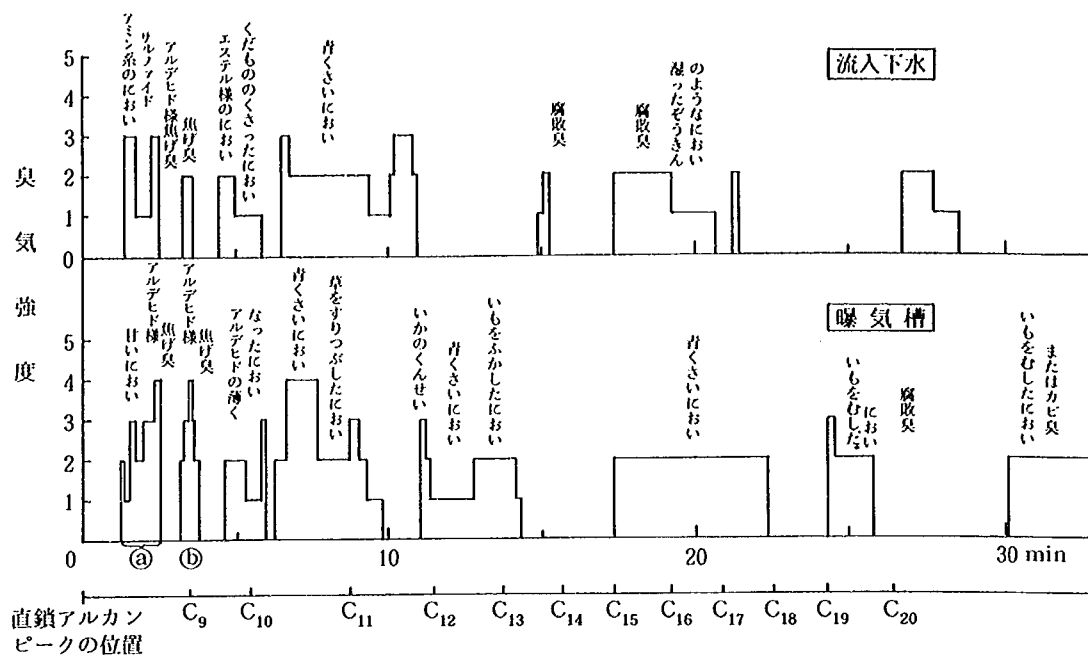


図 5-8 流入下水および曝気槽下水から発生したにおい (2月14日取水)

表 5-8 ガスクロマトグラム分析条件

型	島 津 GC-6 AM
カ ラ ム	PEG 20M 10%
カ ラ ム 温 度	30℃ ~ 200℃
昇 温 速 度	8℃/min
キ ャ リ ヤ - 流 量	60 ml/min

表 5-9 流入下水臭の分取試料についての官能試験結果(2月14日取水)

分取試料No	1	2	3	4	5	6	トータル
Rt (分)	0 ~ 7	7 ~ 17	17 ~ 24	24 ~ 31	31 ~ 40	40 ~ 50	0 ~ 50
直鎖アルカンの 範 囲	C ₁ ~ C ₁₀	C ₁₁ ~ C ₁₅	C ₁₆ ~ C ₁₉	C ₂₀ ~			C ₉ ~ C ₂₁
臭 気 強 度	3.5 ~ 4	3 ~ 4	3 ~ 4	3	3	2.5 ~ 3	4
臭 気 濃 度	170	170	550	550	55	55	550
においの質	アンモニア臭、鶏糞乾燥のにおい 原ガスを希釈したのと似たにおい	アミン系のにおい+セルロイドをもやしたよ うなにおい 不快感が強い	ゴミ臭、不快なゴミ臭+青くさいにおい+い もをふかしたにおい	ゴミ臭+いもをふかしたにおい いもをふかしたようなにおいで不快感が強い	にがみのあるにおい 草をすりつぶしたにおい	青くさいにおい 青くさい薬品臭	ゴミの腐敗臭 いもをふかしたようなにおい+青くさいにおい

ガスクロマトグラフのカラム
充てん剤のにおいが臭気強度お
よび臭気濃度測定妨害になるこ
とも考えられたので、キャリ
ヤーガスのみを流してカラム出
口のにおいを捕集したところ、
臭気濃度は30であり、実際の
分取試料の測定ではこの試料を
さらに無臭空気で6倍以上に希
釈するため臭気濃度は10以下
になり、分取試料の官能試験に
影響を与えないと思われた。

表5-10 曝気槽下水臭の分取試料についての官能試験結果(2月14日取水)

分取試料No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	トータル
Rt (分)	0 ~ 7.0	7 ~ 18	18 ~ 25	25 ~ 31	31 ~ 40	40 ~ 52	52 ~ 62	62 ~ 83	83 ~ 101	101 ~ 120	0 ~ 120
直鎖アルカンの 範囲	C ₁ ~ C ₁₀	C ₁₁ ~ C ₁₅	C ₁₆ ~ C ₁₉	C ₂₀ ~							C ₁ ~ C ₂₀
臭気強度	3 ~ 3.5	4	3.5 ~ 4	3 ~ 4	3	3	3	3	2.5 ~ 3	2 ~ 3	4
臭気濃度	100	170	300	55	170	—	17	—	100	17	1700
においの質	甘いかりんとうのにおい 甘いアルデヒド様の焦げ臭	生ぐさいにおい 不快感が強い 青くさい腐敗臭	青くさいにおい 青くさい腐敗臭	いもをむしたようなにおい 青くさい腐敗臭	青くさいいもをむしたようなにおい 青くさいゴミ臭	青くさいカビ臭 青くさいにおい	いもをふかしたようなにおい 青くさいにおい	DDT様のカビ臭 青くさいにおい	カビ臭+青くさいにおい カビ臭+腐敗臭	カビ臭? 甘いにおい+カビ臭	生ぐさいにおい+カビ臭 カビ臭+どぶ臭

表5-11 下水処理場生下水GC-MS分析結果(2月14日取水)

ピーク 番号	成 分 名	ピーク 番号	成 分 名
1	クロロホルム, ジクロロエチレン, アセトアルデヒド?	19	ジクロロベンゼン, $C_{10}H_{14}$ (C_4 -Benzene)
2	ベンゼン, 四塩化炭素, トリクレン, プロピレンアルデヒド	20	$n-C_{12}H_{26}$
3	トルエン	21	$C_{10}H_{14}$ (C_4 -Benzene)
4	テトラクロロエチレン, プタルアルデヒド	22	$C_{11}H_{16}$ (C_5 -Benzene)
5	$n-C_9H_{20}$	23, 24	$C_{13}H_{28}$, $C_{13}H_{26}$, $C_{13}H_{14}$, $C_{11}H_{16}$ (C_5 -Benzene)
6	モノクロロベンゼン	25	$n-C_{13}H_{28}$
7	$C_{10}H_{22}$	26	トリクロロベンゼン
8	キシレン	27	$C_{12}H_{18}$ (C_6 -Benzene)
9	$C_{10}H_{22}$	28	ナフタレン, $C_{15}H_{16}$ (C_6 -Benzene)
10	キシレン	29	$C_{14}H_{30}$, トリクロロベンゼン
11	$n-C_{10}H_{22}$, C_9H_{12} (C_3 -Benzene)	30	$n-C_{14}H_{30}$
12	$C_{11}H_{24}$	31	5-hydroxymethyl-2-furaldehyde?
13	$C_{11}H_{24}$, $C_{11}H_{20}$, $C_{11}H_{22}$, C_9H_{12} (C_3 -Benzene)	32	$C_{15}H_{30}$, $C_{15}H_{28}$, $C_{15}H_{26}$
14, 15	$C_{11}H_{24}$, $C_{11}H_{20}$, $C_{11}H_{22}$	33	$n-C_{15}H_{32}$, メチルナフタレン
16	C_9H_{12} (C_3 -Benzene)	34	ジメチルナフタレン, $C_{16}H_{34}$
17	$n-C_{11}H_{26}$	35	テトラメチルナフタレン
18	ジクロロベンゼン		

表5-12 下水処理場活性汚泥GC-MS分析結果(2月14日取水)

ピーク 番号	成 分 名	ピーク 番号	成 分 名
1	ジメチルサルファイド, アセトアルデヒド	17	$C_{13}H_{26}$, $C_{13}H_{24}$
2	クロロホルム, トリクレン, ベンゼン, プロピオンアルデヒド	18	$C_{13}H_{24}$, $C_{13}H_{26}$
3	トルエン	19	$C_{13}H_{24}$, $C_{13}H_{26}$, $C_{13}H_{28}$
4	テトラクロロエチレン, プタルアルデヒド	20	$C_{13}H_{24}$, $C_{13}H_{26}$, $C_{13}H_{28}$, $C_{12}H_{16}$ (C_6 -Benzene)
5	キシレン	21	$n-C_{13}H_{28}$, トリクロロベンゼン, $C_{14}H_{26}$, $C_{14}H_{24}$
6	$C_{11}H_{22}$, $n-C_{10}H_{22}$	22	$C_{15}H_{28}$, $C_{15}H_{30}$
7	$C_{11}H_{22}$, $C_{11}H_{24}$	23	$C_{15}H_{26}$, $C_{15}H_{28}$, $C_{15}H_{30}$, $C_{13}H_{20}$ (C_7 -Benzene)
8	$C_{11}H_{22}$, $C_{11}H_{20}$, C_9H_{12} (C_3 -Benzene)	24	$C_{15}H_{26}$, $C_{15}H_{28}$, $C_{15}H_{30}$
9	$C_{11}H_{22}$	25	$C_{15}H_{26}$, $C_{15}H_{28}$, $C_{15}H_{30}$, $n-C_{14}H_{30}$
10	C_9H_{12} (C_3 -Benzene)	26	$C_{15}H_{26}$, $C_{15}H_{28}$, $C_{15}H_{30}$
11	$n-C_{11}H_{24}$, $C_{12}H_{24}$, $C_{10}H_{14}$ (C_4 -Benzene)	27	$C_{15}H_{26}$, $C_{15}H_{28}$, $C_{15}H_{30}$
13	ジクロロベンゼン	28	$C_{15}H_{26}$, $C_{15}H_{28}$, $C_{15}H_{30}$, $C_{15}H_{32}$
14	$C_{12}H_{22}$, $C_{12}H_{24}$	29	$C_{15}H_{26}$, $C_{15}H_{28}$, $C_{15}H_{30}$, $n-C_{15}H_{32}$
15	$C_{13}H_{24}$, $C_{13}H_{26}$	30	ジメチルナフタレン
16	$n-C_{12}H_{26}$, $C_{13}H_{26}$, $C_{13}H_{24}$	31	トリメチルナフタレン, $C_{16}H_{22}$, $C_{16}H_{24}$

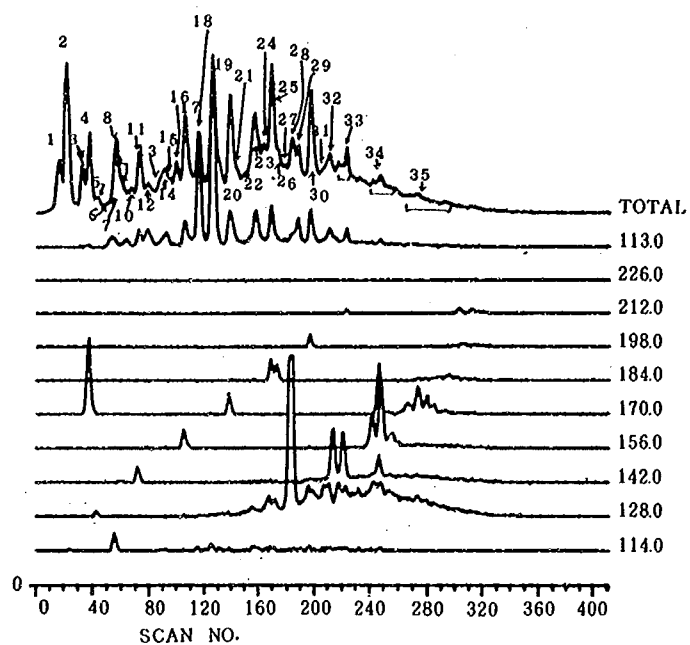


図5-9 流入下水臭のマスクロマトグラム例

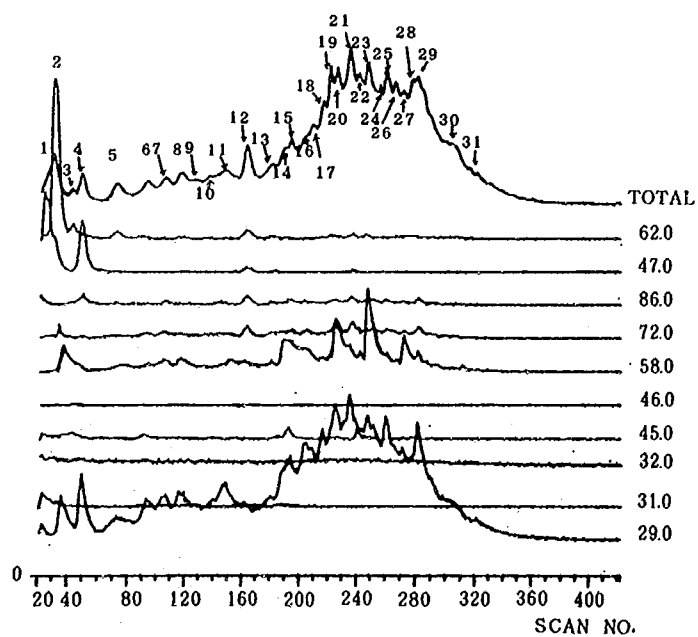


図5-10 活性汚泥臭気のマスキロマトグラム例

6. 下水臭気の捕集量に関する1検討

6.1 はじめに

現在、下水処理場の各臭気発生源からの臭気は、空間の気積あたりの換気回数を適当に何回／時として捕集されているが、換気回数の設定については、特に明確な根拠はないようである。臭気を有効に少量捕集することによって、脱臭装置の建設費、ランニングコストを削減できるので、本実験では臭気の捕集量を決定するための基礎データを得ることを目的とした。

6.2 方 法

図6-1に示す内容積約6ℓのガラス容器に下水の濃縮汚泥4ℓを入れ、汚泥と容器内の空間を150回／分でかくはんしながら、空間を一定量換気した。気液平衡に達すると考えられるかくはん1時間後に、臭気を採取し環境庁告示9号に定める方法によって硫黄化合物の測定を行った。

6.3 結果と考察

1) 気液平衡時間について

この実験装置は、排出水中の悪臭を規制する一手段としてヘッドスペース法による水中の悪臭物質の濃度を測定するために作製されたものである。

この実験装置の気液平衡に達する時間は図6-2から明かなように約1時間と考えられる。この場合の実験は、所定の濃度に調整した蒸留水2ℓを実験容器に入れ、

密閉状態で気液層を150回／分でかくはんしながら行われたものである。濃縮汚泥4ℓを実験容器に入れ、同様の実験を行った結果、表6-1から明かなように、容器内を密閉した状態及び容器内を換気した状態ともに約1時間程度で気液平衡に達することが判る。

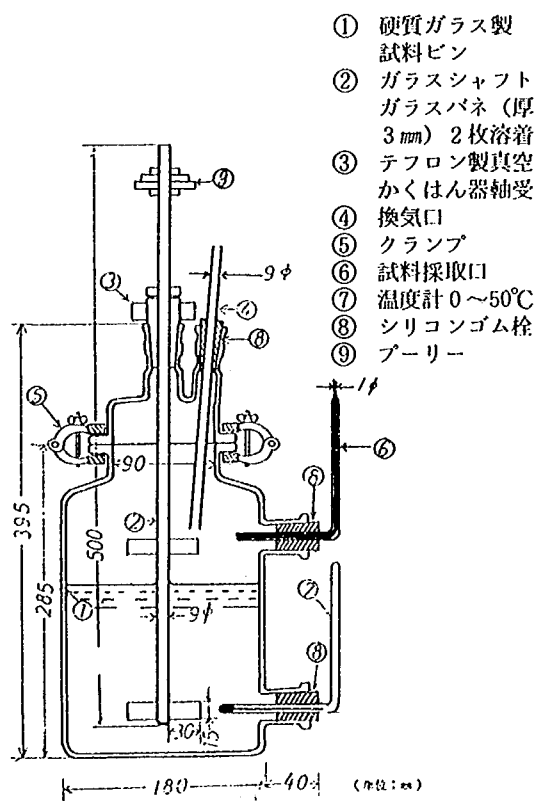


図6-1 手動かくはん実験装置

表 6-1 気相におけるジメチルサルファイドの時間変化

単位：ppm		
	約 60 分後	約 80 分後
換 気 な し	0.70	0.72
5 回 換 気	0.28	0.23

2) 換気量の変化に伴う悪臭物質の濃度変化

容器が常に換気されている場合を考える。換気量を $V' [m^3/hr]$ とする時、失われる物質速度（流出速度）を $v' [mol/hr]$ とする。この場合、容器にたまる物質質量 $W [mol]$ は、液面から流入する物質の流入速度を $v [mol/hr]$ とすると

$$W = \int (v - v') dt \dots\dots\dots (1)$$

（ t は時間 $[hr]$ ）

と表わせる。

一方、換気による攪拌が十分行われているとすれば、気相中の物質濃度 $C_t [mol/m^3]$ を用いて、流出速度 v' は、

$$v' = C_t \cdot V' \dots\dots\dots (2)$$

と表わせる。また液相から気相への物質移動係数を $D [m/hr]$ 、物質の液相と気相との濃度差を ΔC とすれば、流入速度 v は

$$v = D \cdot A \cdot \Delta C \dots\dots\dots (3) \quad \text{但し、} A \text{ は気液接触面積} [m^2]$$

また、液相の濃度を C 、気相の初期濃度を C_0 とすると

$$C_t = C_0 + \frac{W}{V}, \quad (V [m^3] \text{ は容器の気相体積})$$

$$\Delta C = C - C_t = C - (C_0 + \frac{W}{V}) \text{ と表わせるので}$$

$$v' = C_t \cdot V' = (C_0 + \frac{W}{V}) V' \dots\dots\dots (2)'$$

$$v = D \cdot A \cdot \Delta C = D \cdot A \cdot \{ C - (C_0 + \frac{W}{V}) \} \dots\dots\dots (3)' \text{ と表わせる。}$$

よって、容器にたまる物質質量 $W [mol]$ は、(4)式のように表わされ、(5)式のような微分方程式が得られる。

$$\begin{aligned} W &= \int (v - v') dt \\ &= \int [D \cdot A \cdot \{ C - (C_0 + \frac{W}{V}) \} - (C_0 + \frac{W}{V}) V'] dt \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \int D \cdot A (C - C_0) dt - \int D \cdot A \cdot \frac{W}{V} dt - \int (C_0 + \frac{W}{V}) V' dt \\
&= \int D \cdot A (C - C_0) dt - \int C_0 \cdot V' dt - \int (\frac{DA + V'}{V}) W dt \\
\therefore W &= D \cdot A (C - C_0) t - C_0 V' t - \frac{DA + V'}{V} \int W dt \dots\dots\dots (4)
\end{aligned}$$

これを t で微分すると

$$\begin{aligned}
\frac{dW}{dt} &= D \cdot A (C - C_0) - C_0 V' - \frac{DA + V'}{V} W \dots\dots\dots (5) \\
\frac{dy}{dx} + ay &= b \quad (x, y \text{ 変数, } a, b \text{ 定数}) \text{ の形の解は} \\
y &= \alpha e^{-ax} + \frac{b}{a} \quad (\alpha \text{ は積分定数}) \text{ と表わせるので}
\end{aligned}$$

(5)式をこれに適用すると

$$\begin{aligned}
W &= \alpha \cdot e^{-\frac{AD+V'}{V}t} + \frac{V}{AD+V'} \{ AD(C-C_0) - C_0 V' \} \\
t=0 \text{ の時, } W &= 0 \text{ となるので} \\
\alpha &= - \frac{V}{AD+V'} \{ AD(C-C_0) - C_0 V' \}
\end{aligned}$$

よって

$$W = \frac{V \{ AD(C-C_0) - C_0 V' \}}{AD+V'} (1 - e^{-\frac{AD+V'}{V}t}) \dots\dots\dots (6)$$

となり、換気量 V' [m^3/hr] の時に、体積 V [m^3] の容器にたまる物質質量 W [mol] を示す式が得られた。なお気相濃度 C_t は、 $C_t = \frac{W}{V} + C_0$ で表わされるので、初期濃度 $C_0 = 0$ の場合

$$C_t = \frac{ADC}{AD+V'} (1 - e^{-\frac{AD+V'}{V}t}) \dots\dots\dots (7)$$

となる。

ここで、 C を換気回数 0 の場合の気相の最終到達濃度として表わしても、基本的には、(7)式と同様な形となるので、今後、 C はそのように定義したものとする。

今、換気回数 T を $T = \frac{V'}{V}$ [$1/hr$] とすると(7)式は、次のようになる。

$$C_t = \frac{ADC}{AD+TV} (1 - e^{-(\frac{AD}{V} + T)t}) \dots\dots\dots (8)$$

この式は、蒸散が始まって時間の経過とともに、室内濃度は、指数関数的にある一定濃度になづくことを示している。また、換気することにより、最終到達濃度が下がり、かつ到達時間が短縮されることを示している。

特別な場合として、換気回数 $T = 0$ の場合、(8)式は、

$$C_t = C \{ 1 - e^{-(\frac{AD}{V}t)} \} \dots\dots\dots (9)$$

となる。この場合の実験結果を、図6-2に示す。これは、蒸留水に溶解した標準物質を用いて行った結果である。この結果から上式のD値を求めることが可能である。D値を求めるには、(9)式において、 $e^{-\frac{AD}{V}t} = e^{-1}$ なる $t = \frac{V}{AD}$ を(9)式に代入すると、

$$Ct = C(1 - e^{-1}) \approx 0.63C$$

となる。よって、最大到達濃度の63%値が得られる時間 t_0 を求めれば、 $t_0 = \frac{V}{AD}$ つまり $D = \frac{V}{At_0}$ より D [m/hr] が得られる。

そこで、上述のようにしてD値を求めると、硫化水素 ≈ 0.23 、メチルメルカプタン ≈ 0.35 、硫化メチル ≈ 0.30 [m/hr] という値が得られる。

ここで十分長い時間を考え、最終到達濃度のみに着眼すると、(8)式は

$$Ct = \frac{ADC}{AD + TV} \dots\dots\dots (10)$$

と単純化される。この式は、前述の換気実験を模式化したものであり、この結果からもD値を求めることができる。(10)式に、換気実験で得た換気回数0回、24回での数値を代入すると、それぞれのD値は硫化水素 ≈ 0.047 、メチルメルカプタン ≈ 0.098 、硫化メチル ≈ 0.13 [m/hr] となる。これらの値は、密閉実験で得られた値に対して、やや低いが、密閉実験が40℃の温度で行われたのに対して換気実験は20℃の温度で行われたことや、蒸留水に対して汚泥の流動性が低いこと等を考慮すると、比較的良好一致を示していると思われる。

今、仮に直径10mの水槽の上に高さ3mの円筒状の空間がある場合を考えると、(8)式が成立するものとして、硫化メチルのD値、 $D \approx 0.13$ [m/hr] を代入すると、(10)式は具体的に次のようになる。

$$Ct = \frac{10.2}{10.2 + 236T} C \quad [\text{mol/m}^3] \dots\dots\dots (11)$$

そこで、横軸に換気回数 T [1/hr] をとって、これを図6-3に示す。

これによると、換気回数が数回以内の範囲で、濃度は急激に減少し、5回以上の換気回数では、換気回数に比例して減少する傾向が見られる。

臭気におよぼす物質濃度の効果は、対数的であるので、この図から見られるかぎりにおいて、3～5回以上の換気は際だった効果を持たないであろうと予想される。しかしながら上述の仮定をヘッドスペース実験のスケールにした場合は、換気回数が10回程度まで換気効果があると予想され、換気実験での実測値とよい一致を示している。(図6-4(b))

なお、ヘッドスペース装置で得られたD値は、強い攪拌のために通常の値より大きくなるので、実際は上記の現象より低い換気回数で極だった効果を持たなくなると予想される。図6-3の斜線で囲った部分が、より低いD値の場合に相当する。

以上の議論は、硫化メチルについて行ったものであるが、その傾向は、他の物質についても大差はないと予想される。また、ここで述べた内容は、全体的、平均的なものであり、作業環境等に関係するところの局所的な現象については適用できない。さらにヘッドスペース装置の結果を、より大型の施設に適用することの成否については、より精密な実験を行う必要がある。

3) 換気量の変化と悪臭物質の捕集量について

密閉された容器又は、室内から換気によって揮発物質を捕集する場合、捕集される物質の総量は、濃度×換気量であるから、これを W_s とすれば、前述の(10)式から、次のようになる。

$$W_s = C_t \times V_T = \frac{ADC}{AD + VT} \times VT = \frac{ADCVT}{AD + VT} \quad [\text{mol}] \quad \dots\dots (12)$$

換気しない ($T=0$) 場合、当然 $W_s = 0$ である。換気回数を増すと、総捕集量は増大するがしだいにある一定値

$$W_{s\text{Max}} = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{ADC \cancel{V}}{\frac{AD}{T} + \cancel{V}} = ADC \quad \dots\dots\dots (13)$$

に近づく。前述のように、実際のプラント等では、 D 値に対して VT 積が、かなり大きいので、換気回数が数回程度の条件ですでにこの上限に達しているものと思われる。2)と同様に、直径 10 m の水槽の上に高さ 3 m の円筒上の空間がある場合を想定すると、硫化メチルの数値を使った場合、式(12)は

$$W_s = \frac{2406 T}{10.2 + 236 T} C \quad [\text{mol}] \quad \dots\dots\dots (14)$$

となる。これを図 6-5 に示す。

以上は、あくまでも、式(12)が成立するとした場合の解析であり、2)と同様、実際の施設での調査又は実験により、確認する必要がある。

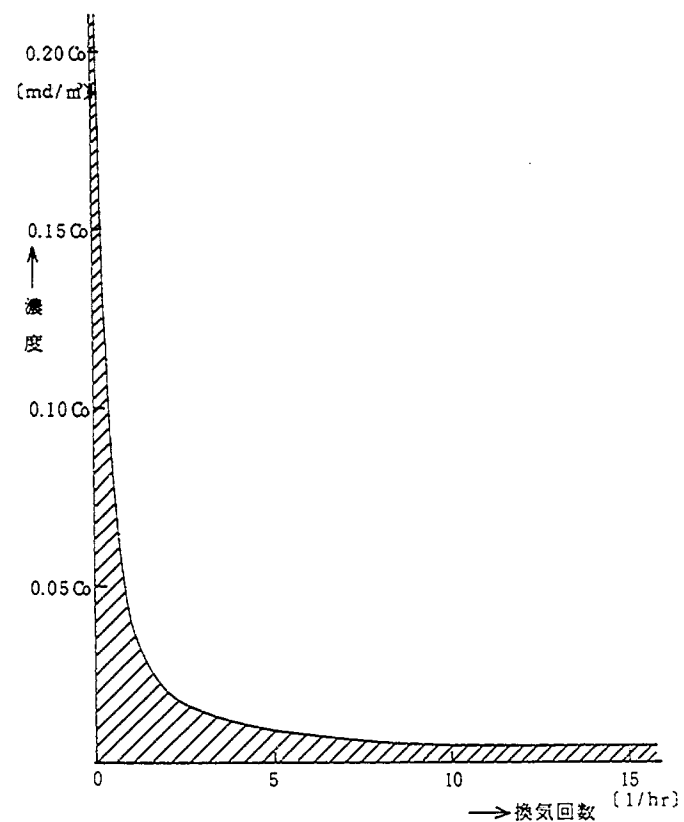


図 6-3 換気回数と濃度の関係 (計算値)

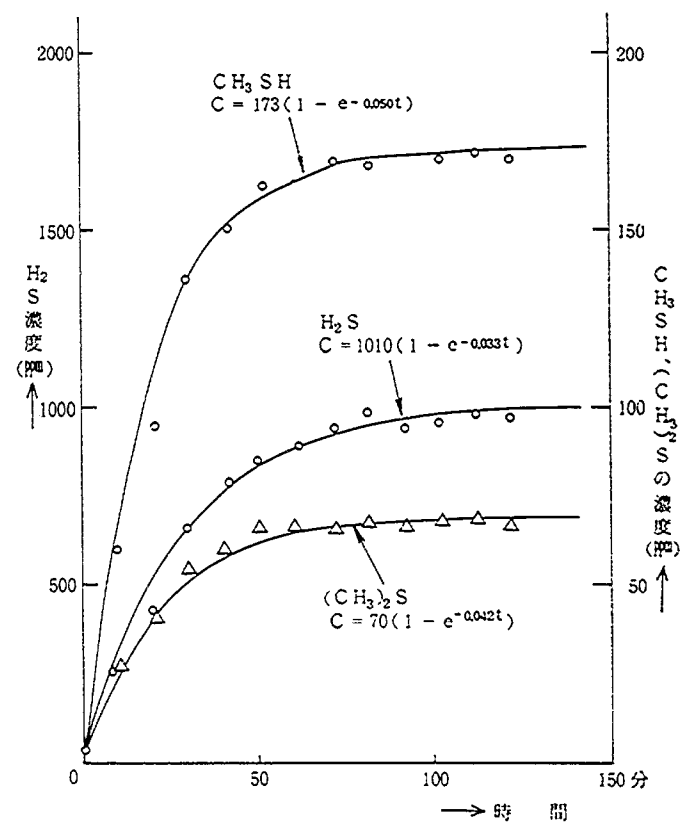


図 6-2 H_2S , CH_3SH , $(\text{CH}_3)_2\text{S}$ 複合の
40°C, 150 rpm における経時変化

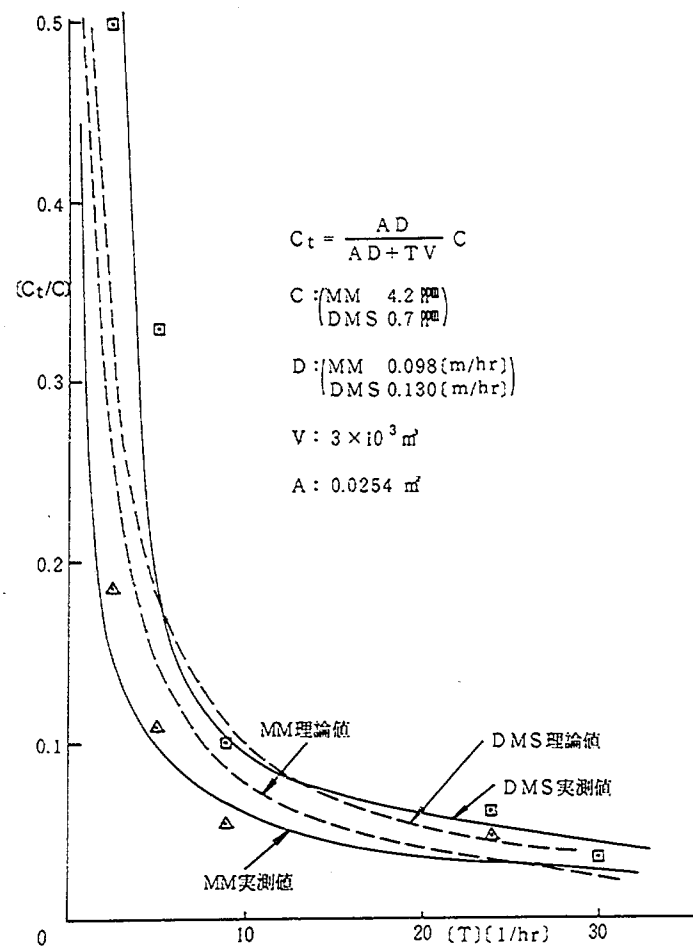


図 6-4 (b) ヘッドスペース実験装置を使用した場合の換気回数と濃度比の関係 (実測値, 理論値)

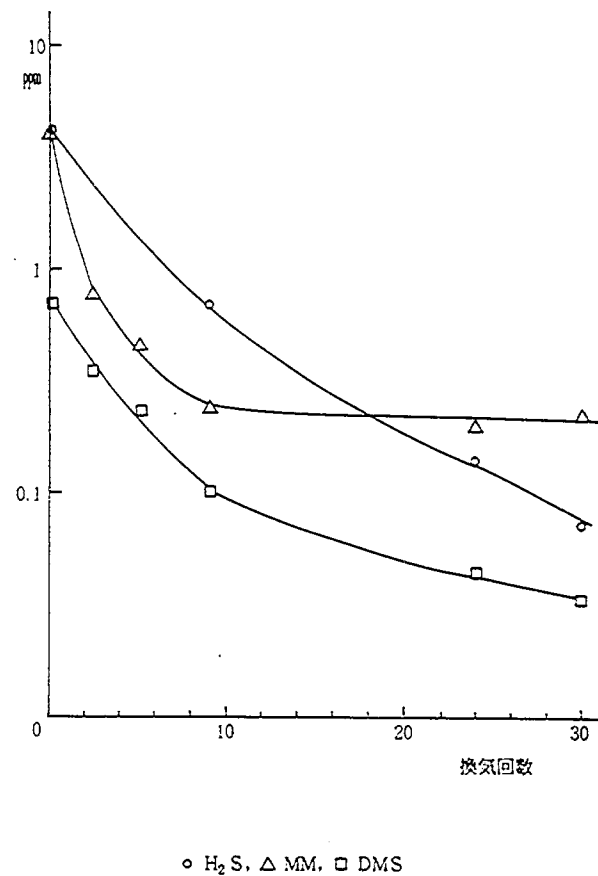


図 6-4 (a) ヘッドスペース実験装置を使用した場合の換気回数と濃度との関係
○ H₂S, △ MM, □ DMS

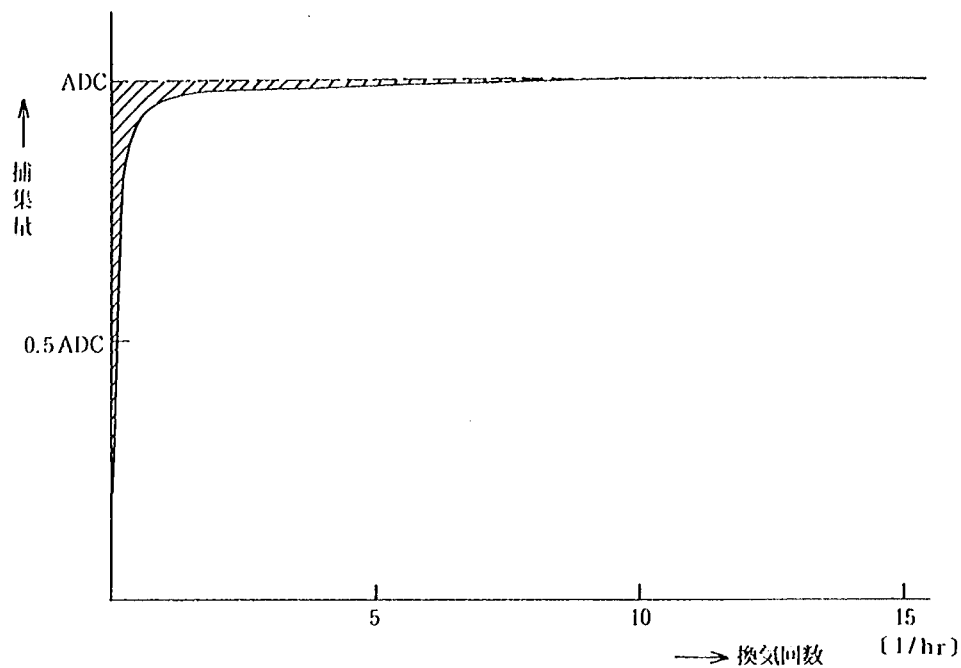


図6-5 換気回数と捕集（発生）量との関係

6.4 ま と め

自動攪拌実験装置を用いて、濃縮汚泥から発生する臭気が換気量の変化にともない、どのように変化するかを実験した結果、以下のことが判った。

- 1) 今回用いた装置での気液平衡に達する時間は、容器内の空間を密閉した場合も、換気した場合も、おおむね1時間と推定された。
- 2) 換気量が増加すると指数関数的に気相の悪臭物質の濃度が減衰するが、一定以上になると濃度変化がほとんどなくなることが推定された。

おわりに換気量と気液濃度との関係は、攪拌方法（空気攪拌か機械攪拌か、静置水面か）、液相の種類と濃度、槽の形状、換気方法等によって差異があるものと考えられるし、また換気空間外への臭気のもれ等も実際の現場を想定した場合、重要であるので、今後、詳細な実験を行う必要がある。

郵便はがき

3 0 5 □ □

茨城県筑波郡豊里町大字旭一番地

建設省土木研究所

下水道部

御中

二十四切
手をはつ
て下さい

昭和 年 月 日

送 付 書

殿

土 木 研 究 所
下 水 道 部 長

今般当所において作成致しました試験、調査結果
を送付致しますので参考にして頂けたら幸いと存じ
ます。

なお、大変御面倒ですが右記受領書を切りはなし
て御返送願います。

記

品 名 土木研究所資料 第 1609 号
臭気と脱臭方法に関する調査報告書

数 量 部

昭和 年 月 日

受 領 書

土 木 研 究 所
下 水 道 部 長 殿

所属

氏名

下記物品を受領致しました。

記

品 名 土木研究所資料 第 1609 号
臭気と脱臭方法に関する調査報告書

数 量※ 部

No.※

※ 2 部以上のときはまとめて頂いても結構です。

キ
リ
ト
リ
線