

I S S N 0386—5878
土木研究所資料第2089号

臭気と脱臭方法に関する調査報告書

昭和59年3月

建設省土木研究所
下水道研究室

Copyright © 1984 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ってはならない。

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。

下水道の設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臭気、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した。このため、臭気問題に造けいの深い財団法人日本環境環境衛生センターに業務の一部を委託し、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年度以降も、日本環境衛生センターに業務の一部を委託し、実態調査、臭気物質の検討、その化学分析値と官能試験値との相関、臭気発生量に関する基礎的な実験を行った。実態調査と

しては、標準活性汚泥法を始めとし、ステップエアレーション・長時間エアレーション・回転円板・高速エアレーション沈殿池・酸素活性汚泥・超深層曝気・機械式エアレーション装置・二階タンク（イムホム槽）・沈殿池・沈砂池といった各種の水処理工程、汚泥濃縮槽・消化槽・汚泥熱処理・真空脱水機・フィルタープレス・ベルトプレス・加工脱水・天日乾燥床といった各種の汚泥処理工程、タテ型多段炉、流動床炉などの汚泥焼却施設、それに各種の脱臭施設、処理場敷地境界などで、機器分析、官能試験を行った。

また本調査では、ほう大なサンプル量に対して官能試験を行う必要があるため、簡易で信頼性の高い官能試験法についての検討を行った。その結果をもとに、下水処理施設より発生する臭気成分と人間の嗅覚との対応を調査し、臭気原因物質、化学分析値と官能試験値との相関を明らかにした。

更に臭気発生量を予測するための1ステップとして、水中の臭気物質が、気中に拡散する場合の総括移動係数を求めるための基礎実験を開始した。

本報告書は、昭和57年度の成果についてまとめたものであり、活性汚泥を利用した脱臭方法・二階タンク・天日乾燥床・タテ型多段炉（自燃式）の実態調査、過去に行った各水処理・汚泥処理工程別の臭気実態調査のとりまとめ、開水路からの臭気発生量に関する基礎実験、臭気原因物質の検討を取り扱っている。

実態調査は昭和59年度に終了する予定であり、これまでの成果を踏まえて、脱臭対策指針策定に供するつもりである。

なお、この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57年度下水道関係調査研究年次報告書集（昭和58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の重田芳広、石黒智彦を始めとする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59年3月

下水道研究室 高 橋 正 宏

目 次

序文

1. 調査の目的	1
2. 調査の概要	1
2.1 調査の概要	1
2.2 調査の内容	1
2.2.1 下水処理施設における臭気発生の実態調査	1
2.2.2 下水処理施設の臭気排出実態	4
2.2.3 臭気捕集実験	5
2.2.4 官能試験による調査検討経過及び結果の概要	5
3. 臭気実態調査	6
3.1 調査の目的	6
3.2 臭気測定方法	6
3.2.1 官能試験法	6
3.2.2 臭気成分の分析方法	7
3.2.3 水質の測定方法	8
3.3 結果及び考察	8
3.3.1 S市F下水処理場	8
3.3.2 H町H下水処理場	22
3.3.3 T市TK下水処理場	29
3.3.4 T市TN下水処理場	36
3.3.5 T市Y下水処理場	43
4. 下水処理施設の臭気排出状況	66
4.1 はじめに	66
4.2 調査方法	66
4.2.1 調査下水処理場の下水・汚泥処理方式	66
4.2.2 臭気調査方法	66

4.3 調査結果及び考察	66
5. 臭気捕集実験	74
5.1 実験の目的	74
5.2 実験の概要	74
5.2.1 1重覆蓋の実験	74
5.2.2 2重覆蓋の実験	75
5.2.3 放散の基本式	75
5.3 実験方法	77
5.3.1 1重覆蓋の実験方法	77
5.3.2 2重覆蓋の実験方法	81
5.3.3 水の流量と流速	83
5.3.4 機器仕様	86
5.4 実験結果および考察	89
5.4.1 1重覆蓋の実験結果および考察	89
5.4.2 2重覆蓋の実験結果および考察	104
5.5 まとめ	107
6. 官能試験による調査検討経過及び結果の概要	109
6.1 測定方法	109
6.2 測定結果の評価	110
6.3 簡易測定法による臭気成分の嗅覚閾値及び臭気強度別濃度の測定	111
1) 嗅覚閾値測定結果	111
2) 閾上濃度における臭気強度別濃度の測定結果	111
6.4 主たるにおい成分の究明	114
1) 現場調査データにおける成分濃度との対応関係	114
2) GC-オルファクトメータ法	117
3) 固体反応管を用いた硫化水素・メチルメルカプタンの除去	119
6.5 補足説明（臭気成分間の相互作用について）	131
1) 2種類の臭気成分を混合したときの臭気強度の変化	131
2) 臭気濃度に対する臭気成分間の相互作用	134
6.6 まとめ	134
文 献	135

1. 調査の目的

下水道施設から発生する臭気について、発生源別の臭気の濃度や質などを測定し、その原因となる物質及びそれらの挙動を明らかにすることにより、下水道施設の計画、設計に際し考慮すべき事項を整理し、脱臭方法等悪臭防止のための対策を確立することを目的とする。

2. 調査の概要

2.1 調査の期間

昭和57年10月1日から昭和58年3月25日まで

2.2 調査の内容

2.2.1 下水処理施設における臭気発生の実態調査

下記の内容で、5下水処理場の臭気実態調査を行った。表2-1～2-6に臭気測定箇所と測定項目及び検体数を示す。

1) S市F下水処理場, H町H下水処理場

両下水処理場では、下水処理過程で発生する臭気をエアレーションタンク用空気として利用し脱臭している。そこで本調査では、本システムの脱臭効果と維持管理状況について調査を行った。

2) T市TK下水処理場, T市TN下水処理場

下水汚泥の天日乾燥処理システムから発生する臭気の実態を明らかにするために、汚泥引抜き直後と数日経過時における汚泥乾燥床の臭気と性状等について調査を行った。

3) T市Y下水処理場

広自燃域型堅型多投炉において発生する臭気に関し実態調査を行った。

表2-1 S市F下水処理場臭気調査における試料採取箇所別の測定項目と検体数

測定日	採取箇所	測定項目	臭気濃度	硫黄化合物	アンモニア	トリメチルアミン	低級脂肪酸	有機物組成分析	アルデヒド	G C I M S	水質分析	風量測定	備考
10月1日	汚泥貯留槽ダクト		1	1	1						1	1	通常脱臭操作時
	汚泥濃縮槽ダクト		1	1	1						1	1	
	脱水ケーキoppダクト		1	1	1							1	
	返送汚泥井ダクト		1	1								1	
	真空脱水材排気ダクト		1	1	1							1	
	湿式フィルター室		1	1	1	1	1						
	乾式フィルター室		1	1	1	1	1	1	1			1	
	エアレーションタンク流入部		1	1	1	1					1		
10月2日	同上	中間部	1	1	1	1	1	1	1	1	1		外気のみでエアレーションした時
	同上	流出部	1	1	1	1					1		
	同上	流入部	1	1	1	1							
合 計			13	13	12	8	4	3	3	1	5	6	

表2-2 H町H下水処理場臭気調査における試料採取箇所別の測定項目と検体数

測定日	採取箇所	測定項目	臭気濃度	硫黄化合物	アンモニア	有機物組成分析	G C I M S	水質分析	風量測定
10月4日	沈砂池							1	
	臭気ファン		2	2	1	1			1
	エアレーションタンク流入側		1	1				1	
	〃 中間		1	1	1	1	1	1	
	〃 流出側		1	1				1	
	合 計		5	5	2	2	1	4	1

表2-3 T市TK下水処理場臭気調査における
試料採取箇所別測定項目と検体数

測定日	測定箇所 測定項目	臭気濃度	硫黄化合物	アンモニア	トリメチルアミン	低級脂肪酸	有機物組成分析	アルデヒド	GC-MS分析	水質分析
10月14日	インホフ槽(ガス抜き)(スカム上)	1	1							
	同上汚泥引抜き時	1	1							
	同上沈殿池部の水面上	1	1							1
	オキシデーションディッチ曝気部	1	1							1
	同上中間部	1	1							1
	汚泥乾燥床汚泥投入直後	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	同上約1週間後	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10月15日	同上1日後	1	1	1	1	1	1	1		1
	合計	8	8	3	3	3	3	3	1	6

表2-4 T市TN下水処理場臭気調査における
試料採取箇所別測定項目と検体数

測定日	測定箇所 測定項目	臭気濃度	硫黄化合物	アンモニア	トリメチルアミン	低級脂肪酸	有機物組成分析	アルデヒド	GC-MS分析	水質分析
10月15日	二階タンクガス抜き(スカム上)	1	1							
	同上汚泥引抜き時	1	1							
	同上沈殿池部の水面上	1	1							1
	回転円板槽内	1	1							1
	汚泥乾燥床汚泥投入直後	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	同上数日後	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	同上約1週間後	1	1							1
	合計	7	7	2	2	2	2	2	1	5

表 2-5 T市Y下水処理場汚泥処理施設臭気調査における
測定箇所別の測定項目と検体数

測定日	測定箇所	測定項目	臭気濃度	硫黄化合物	アンモニア	トリメチルアミン	低級脂肪酸	アルデヒド	SO _x NO _x NO ₂	O ₃ N ₂ CO ₂ CO	GC-MS	有機物組成分析
10月28日	汚泥濃縮槽ダクト		1	1	1	1	1					
10月28日	汚泥脱水機ダクト		1	1	1	1	1					
10月28日	し尿処理、汚泥処理系排ガスダクト		1	1	1							
10月27日	汚泥焼却排ガス		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10月28日			1	1	1			1	1	1		
10月27日	臭気捕集ガス集合ダクト		1	1	1			1				
10月28日			1	1	1							
10月27日	アルカリ洗浄後		1	1	1							
10月27日	酸洗浄後		1	1	1							
10月27日	次亜塩素酸ソーダ洗浄後		1	1	1							
10月27日	E・P後		1	1	1	1	1	1	1	1		1
10月28日			1	1			1	1	1			
10月27日	汚泥ホッパー室		1	1	1							
	合計		13	13	12	4	4	5	4	4	1	2

表 2-6 T市Y下水処理場汚泥施設臭気調査における
汚泥試験項目と検体数

測定項目 測定対象	温度、外観、臭気、含水率、pH、熱しゃく減量、全窒素、硫化物
濃縮槽汚泥	2
脱水汚泥	2
焼却汚泥	2

注) 試料採取は、10/27、28に各1検体ずつ行う。

2.2.2 下水処理施設の臭気排出実態

昭和51年度より57年度まで実態調査を行った21ヶ所の下水処理場の臭気データより各処理工種別の臭気の排出実態をまとめた。

2.2.3 臭気捕集実験

合理的な臭気捕集を行うため、下水道施設からの臭気発生メカニズムに関する基礎実験を行う。本年度は開水路よりの臭気発生に関する室内実験を行った。

2.2.4 官能試験による調査検討経過及び結果の概要

下水臭気成分解明のため官能試験を中心とした検討を昭和54年度より行ってきた。本項はこれらの成果をとりまとめたものである。

3. 臭気実態調査

3.1 調査の目的

最近、換気・臭気捕集技術及び脱臭技術の進展によって、下水処理場から発生する悪臭についても十分な悪臭防止対策がとられようとしている。しかしながら悪臭防止対策を満足するように計画すると、換気・脱臭施設の建設費と維持管理費は益々高くなる傾向になる。このようなことから、昭和51年度から各種の下水処理施設について臭気の排出実態を調査し、経済的な悪臭防止対策方法について検討を加えてきた。

本年度は、エアレーションタンクを利用した脱臭施設、汚泥の天日乾燥施設及び汚泥の広自燃域型型多段炉について臭気の実態を把握するとともに経済性についても検討を加えることを目的として調査を行った。

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パックに採取し、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て測定し、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。

なお測定試料の臭気強度は、臭気濃度測定時にオペレータ（官能試験実施者）が判定した。表3-1に6段階臭気強度判定尺度を示す。

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%ホウ酸水溶液20ml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てん管に臭気を通して、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

テドラーバック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を充てん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質量分析)

(1) 大気排ガス中の有臭成分の分析

3.2, 5)に示す高沸点有機物のGC分析法と同様の方法で前処理し、GC-MS分析を行った。GC-MS分析条件を表3-2に示す。

表3-2 GC-MS分析条件

カラム	Apiezon L 20 % 担体 chromosorb W Aw 60~80mesh 3.5m +OV-17 2 % 担体 chromosorb W Aw, DMCS, 60~80mesh 0.5m 3mmφ ガラスカラム
カラム温度	20°C→195°C, 10°C/min
試料注入口温度	260°C
セパレータ温度	260°C
イオン源温度	310°C
キャリアガス流量	He, 30ml/min
トラップ電流	60μA
加速電圧	3.5kV
スキンスピード	9
スキアン間隔	6秒
イオン化電圧	70eV
装置	島津 LKB-9000, PAC300-DG

7) CO, CO₂, O₂, N₂

真空びんを用いて採取した試料ガスのうち、数 ml をガスタイトシリンジで取り、これをガスクロマトグラフに導入し、CO, CO₂, O₂, N₂を測定した。なお CO, CO₂については、一部、非分散形赤外線吸収法による連続分析計も利用した。

3.2.3 水質の測定

水質試料の採取方法は、JIS K₀₀₉₁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、及び硫化物の測定方法は JIS K₀₁₀₂の工場排水試験方法によった。

3.3 結果及び考察

3.3.1 S市F下水処理場

1) 概要

(1) 処理場の概要

本処理場の流入下水は、主として家庭排水が中心である。下水は、標準活性汚泥法で処理され、塩素滅菌後、F川に放流されている。

汚泥は、濃縮され、薬品添加後、真空脱水機で脱水される。脱水ケーキは、場外に埋立て処分されている。処理場の概要、施設の概要、処理場平面図、下水処理フローシー

トをそれぞれ表3-3, 3-4, 図3-1, 3-2に示す。

表3-3 処理場の概要

処理面積	1,309ha
処理人口	111,000人(現在), 110,000人(計画)
下水処理能力	61,000m ³ (晴天時1日最大処理量) 2,118m ³ /秒(雨天時最大処理量)
排除方式	合流式
処理方式	標準活性汚泥法
汚泥処理	沈降濃縮, 機械脱水

表3-4 主要施設の概要

施設名	数量	形状寸法	設備内容
予備エアレーションタンク	4槽	容量378.8m ³ /槽	スパージャー散気方式 放射流式正方形沈殿池
最初沈殿池	4池	容量763m ³ /槽, 水面積332m ² /槽, 堰長65.5m	
エアレーションタンク	4槽	容量4,717m ³ /槽	散気管(一部散気板) 平行流式長方形沈殿池
最終沈殿池	4池	容量1,600.5m ³ /槽, 水面積483.5m ² , 堰長154m	
消毒設備	1池	容量795.4m ³ /槽	塩素注入設備 真空湿式型2台, 注入能力20kg/h・台, 貯蔵能力2t
生汚泥濃縮槽	3槽	容量204.2m ³ /槽	沈降濃縮方式 真空ろ過機 ろ過面積23.5m ² /台, 計画脱水能力(3速)20kg/m ² /h
脱水機	6台		

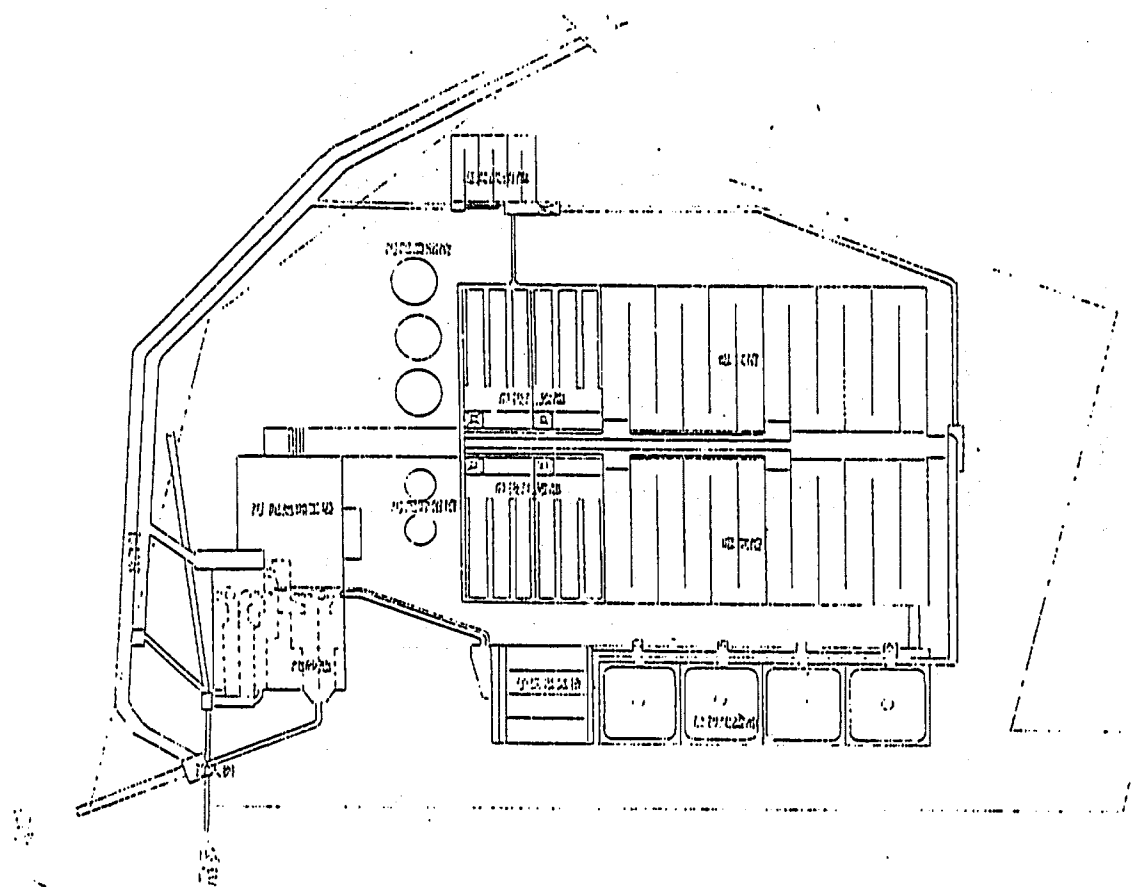
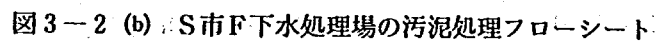
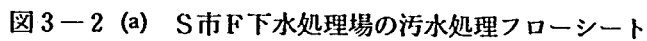


图 3—1 S 市 F 下水处理场平面图



(2) 脱臭対策

本下水処理場は、寒冷地にあるため、処理施設はすべて屋内に配置されている。汚泥処理系の臭気はエアレーションタンクの空気源として利用・脱臭される。この場合、臭気は、4～10回/Hの換気回数で捕集されている。図3-3にこれらの脱臭フローシートを示す。また給気については、機械室は寒冷地であることを考慮し温風給気となっているが、その他は外気を利用している。なお処理施設室内の換気は、主として換気扇を用いている。

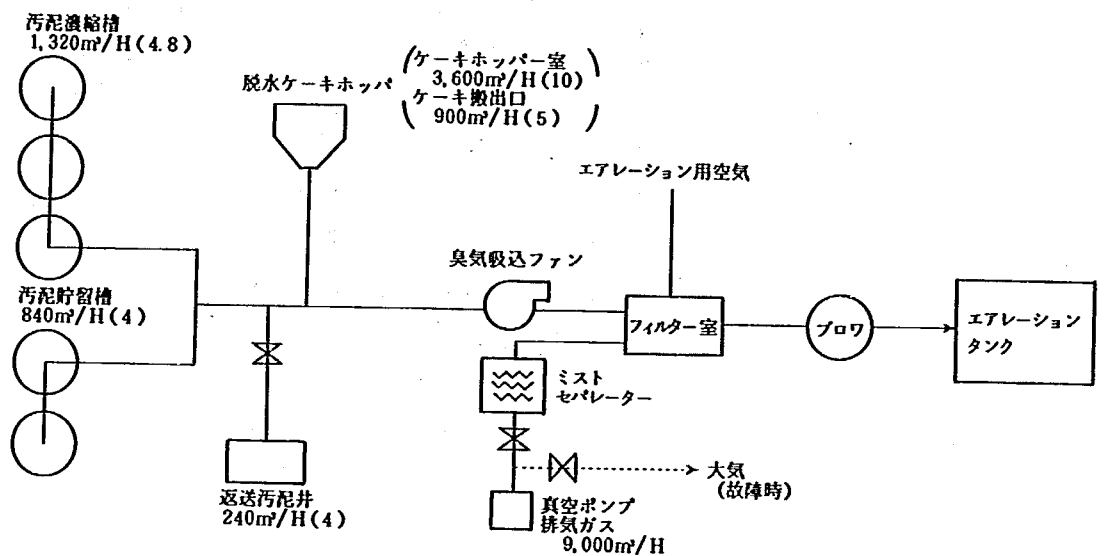


図3-3 S市F下水処理場エアレーションタンクによる臭気処理フローシート
 フロー容量 19,800m³/H
 臭気処理風景 18,000m³/H
 数値は臭気捕集量を示し、()の数値は換気回数である。

2) 処理場の運転状況

調査当日の運転状況及び水質データを表3-5(a)(b)に示す。

表3-5(a) 調査当日の運転状況

日 付	エアレーションタンク 容量 m ³ (1池当り)																							
	混 合 下 水																							
	使用池数	臭気滞留時間 (h)	空気量 (m ³ /d)	空気倍率	1 号					2 号				3 号					4 号				RS SV30	
					DO (mg/l)	汚泥沈殿率 (%)	MLSS (mg/l)	SVI	MLVSS (mg/l)	MLVSS (%)	DO (mg/l)	汚泥沈殿率 (%)	MLSS (mg/l)	SVI	DO (mg/l)	汚泥沈殿率 (%)	MLSS (mg/l)	SVI	MLVSS (mg/l)	DO (mg/l)	SVI			
10月1日					5.7	13	1,300	100	860	66	5.3	14	1,450	97						4.6	14	1,380	101	85

表3-5(b) 調査当日の水質データ

日付	場 内 水 質																																	
	pH				BOD(mg/l)				SS(mg/l)				大腸菌群数(個/ml)				水 温 (℃)				透視度(cm)				DO(mg/l)				COD(mg/l)					
	流入下水	初沈入水	初沈出水	曝気槽	終沈出水	流入下水	初沈入水	初沈出水	終沈出水	流入下水	初沈入水	初沈出水	終沈出水	流入下水	初沈入水	初沈出水	飲料水	流入下水	初沈入水	初沈出水	曝気槽	終沈出水	流入下水	初沈入水	初沈出水	終沈出水	流入下水	初沈入水	初沈出水	終沈出水	流入下水	初沈入水	初沈出水	終沈出水
10月 1 日			7.3	6.5	6.8			87	3.8 4.0			35	2 1			62×10 12×10	0×10			17.0	18.0	18.5		5	44 >50		0.8	4.5		62	10.2 10.0			
10月 2 日			7.2		6.7															17.0		19.0		4	>50 >50		1.2	4.9		62	9.8 9.2			

注) 表3-5はS市提供データである。

3) 測定結果

(1) 官能試験結果

各処理工程別排ガスの臭気濃度測定結果を表3-7に示す。

表3-7 S市F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	備考
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		
汚泥貯留槽ダクト	10月1日午後	10月2日15:25	6	3,000~30,000	17,000	においの質:汚泥臭 強度:5	通常脱臭操作時
汚泥濃縮槽ダクト	"	10月2日16:10	6	100~3,000	1,300	においの質:どぶ臭 強度:4	
脱水ケーキホッパダクト	"	10月2日14:50	6	30~300	170	においの質:アンモニア臭 強度:4	
返送汚泥井ダクト	10月1日午前	10月1日16:30	6	30~1,000	310	においの質:汚泥臭,下水, ごみ臭 強度:3	
真空脱水機排気ダクト	"	10月1日14:15	6	3,000~100,000	41,000	においの質:アンモニア臭, アミン臭 強度:5	
湿式フィルター室入口	"	10月1日15:50	6	1,000~10,000	5,500	"	
乾式フィルター室入口	"	10月1日13:45	6	300~3,000	1,700	においの質:腐敗臭,アン モニア臭 強度:4	
エアレーションタンク流入部	"	10月1日15:00	6	30~100	55	においの質:かび臭,台所 排水量 強度:3	
エアレーションタンク中間部	"	10月1日15:20	6	30~300	130	においの質:かび臭 強度:4	
エアレーションタンク流出部	"	10月1日17:00	6	30~300	170	においの質:かび臭 強度:3	
エアレーションタンク流入部	10月2日午前	10月2日13:30	6	100~3,000	730	においの質:台所排水臭 強度:4	外レインションしたエア時
エアレーションタンク中間部	"	10月2日13:45	6	10~300	73	においの質:下水臭 強度:3	
エアレーションタンク流出部	"	10月2日15:45	6	10~300	73	においの質:かび臭 強度:3	

(2) 臭気成分測定結果

各処理工程別排ガスの臭気成分測定結果を表3-8～3-15に示す。

表3-8 S市F下水処理場におけるアンモニアの測定結果

試料採取場所	採取日時	試料採取量 (l)	濃度 (ppm)	備考
汚泥貯留槽ダクト	10月1日 15:00～15:10	30.7	0.076	通常脱臭操作時
汚泥濃縮槽ダクト	10月1日 15:15～15:45	56	0.15	
脱水ケーキホッパダクト	10月1日 15:20～15:35	20	4.6	
真空脱水機排気ダクト	10月1日 11:40～11:50	6.6	490	
湿式フィルター室	10月1日 11:08～11:50	7	66	
乾式フィルター室	10月1日 10:43～10:50	12.8	55	
エアレーションタンク流入部	10月1日 14:33～14:55	40	0.15	
エアレーションタンク中間部	10月1日	65.1	0.32	
エアレーションタンク流出部	10月1日 14:17～15:04	143.3	0.11	外気のみでエア時
エアレーションタンク流入部	10月2日 9:45～10:30	8.3	0.097	
エアレーションタンク中間部	10月2日 8:56～9:20	45	0.18	
エアレーションタンク流出部	10月2日 9:38～10:18	75.4	0.12	

表3-9 S市F下水処理場におけるトリメチルアミン測定結果

試料採取場所	試料採取 日 時	試料採取量(1)	濃 度 (ppm)	備考
湿式フィルター	10月1日 11:08~39	253.2	0.651	通常脱臭操作時
乾式フィルター	10月1日 10:43~11:40	80.3	0.195	
エアレーション タンク流入部	10月1日 14:33~49	68.4	N.D. (<0.00005)	
エアレーション タンク中間部	10月1日 13:20~14:25	184.9	N.D. (")	
エアレーション タンク流出部	10月1日 14:17~15:04	91	N.D. (")	
エアレーション タンク流入部	10月2日 9:00~9:40	97.4	N.D. (")	外 ア レ の み で エ ン
エアレーション タンク中間部	10月2日 9:00~4:23	96	N.D. (")	
エアレーション タンク流出部	10月2日 9:38~10:18	114.8	N.D. (")	

表3-10 S市F下水処理場各臭気発生源における硫黄化合物測定結果

試料採取場所	日 時	硫化水素	メチルメル カブタン	硫化メチル	2硫化メチル	備考
汚泥貯留槽ダクト	10月1日 9:45	5.8×10^3	4.6×10^3	1.9×10^3	1.7×10^3	通常 脱 臭 操 作 時
汚泥濃縮槽ダクト	10月1日 9:45	140	120	96	6	
脱水ケーキホッパダクト	10月1日 15:20	<0.3	1.8	22	3.9	
返送汚泥井ダクト	10月1日 9:45	66	62	17.6	10	
真空脱水機排気ダクト	10月1日 9:45	7.2	300	580	210	
湿式フィルター室	10月1日 7:45	530	540	240	170	
乾式フィルター室	10月1日 9:45	460	480	190	120	
エアレーションタンク流入部	10月1日 9:45	<0.5	6.4	18	8.8	
エアレーションタンク中間部	10月1日 9:45	<0.3	0.9	3.0	2.0	
エアレーションタンク流出部	10月1日 9:45	<0.2	0.6	1.2	1.1	
エアレーションタンク流入部	10月2日 8:45	<0.3	16	33	15	外 ア レ の み で エ ン
エアレーションタンク中間部	10月2日 8:45	<0.2	1.0	1.8	2.8	
エアレーションタンク流出部	10月2日 8:45	<0.2	1.1	1.1	1.4	

表3-11 S市F下水処理場工程別排ガスの脂肪酸測定結果

単位: ppb

試料採取場所	試料採取日時	試料採取量 (l)	酢酸	プロピオン酸	イソ酪酸	n-酪酸	イソ吉草酸	n-吉草酸
乾式フィルター	10月1日 10:43~11:33	100	34	6.0	<1	2.4	0.51	1.0
エアレーションタンク中間部 ⁽¹⁾	10月1日 13:33~14:37	100	5.6	Tr. (≒0.06)	<1	<1	N.D.	0.15
エアレーションタンク中間部 ⁽²⁾	10月2日	100	1.9	0.29	<1	<1	N.D.	Tr. (≒0.09)

備考: (1)は通常脱臭操作時, (2)は外気のみでエアレーションした時。

表3-12 S市F下水処理場エアレーションタンク排ガス中のアルデヒド類測定結果

単位: ppm

試料採取場所	試料採取日時	試料採取量	ホルムアルデヒド	アセトアルデヒド
エアレーションタンク中間部 ⁽¹⁾	10月1日 13:45~14:20	47.7ℓ	Tr.(0.005以下)	N.D.(0.001以下)
乾式フィルター	10月1日 10:43~11:35	30.7ℓ	0.007	0.006
エアレーションタンク中間部 ⁽²⁾	10月2日 8:50~9:20	50ℓ	Tr.	N.D.

備考: (1)は通常脱臭操作時, (2)は外気のみでエアレーションした時。

表3-13 S市F下水処理場工程別排ガスの低沸点有機物測定結果

試料採取月日: (1),(2): 10月1日
(3): 10月2日

(単位: ppb)

物質名	(1) 乾式フィルター室	(2) エアレーションタンク中間部	(3) エアレーションタンク中間部
n-ペンタン	—	2	3
2-メチルペンタン	—	<0.5	<0.5
3-メチルペンタン	—	<0.5	<0.5
n-ヘキサン	18	32	30
n-ヘプタン	—	—	<5
アセトン	380	460	<20
ベンゼン	6	36	8
トリクロロエチレン	—	106	47
トルエン	190	49	35
エタノール	63	37	5

注) (1), (2)は通常脱臭操作時, (3)は外気のみでエアレーションした時。

表3-14 S市F下水処理場工程別排ガスの高沸点有機物測定結果

試料採取月日 { (1),(2): 10月1日
(3): 10月2日
(単位: ppb)

試料採取場所 物質名	(1) 乾式フィルター室	(2) エアレーションタンク中間部	(3) エアレーションタンク中間部
n - オ ク タ ン	2.7	1.1	0.3
エ チ ル ベ ン ゼ ン	6.7	4.3	0.4
p-キシレン+m-キシレン	14	9.1	0.6
n - ノ ナ ン	19	3.8	0.1
o - キ シ レ ン	—	5.7	0.2
ビ ネ ン	4.6	2.4	1.2
p-エチルトルエン + m-エチルトルエン	8.1	0.7	0.1
1,3,5-トリメチルベンゼン	7.4	0.4	—
n - デ カ ン	—	2.1	0.6
1,2,4-トリメチルベンゼン	19	4.3	0.4
p-ジクロロベンゼン	9.9	7.5	3.8
リ モ ネ ン	14	10	1.1
n - ウ ン デ カ ン	85	32	2.1
n - ド デ カ ン	29	14	0.5
ナ フ タ リ ン	0.4	0.4	0.2
n - ト リ デ カ ン	13	7.2	0.6
n - テ ト ラ デ カ ン	5.8	3.1	0.9
n - ベ ン タ デ カ ン	1.6	0.6	0.3
n - ヘ キ サ デ カ ン	0.8	0.2	0.2
n - ヘ プ タ デ カ ン	0.7	0.4	0.3

注) (1), (2)は通常脱臭操作時であり, (3)は外気のみでエアレーションした時である。

表3-15 S市F下水処理場エアレーションタンク中間部臭気のGC-MS分析結果

名 称	構 造	名 称	構 造
ジクロロメタン	CCl_2H_2	エチルベンゼン	$\text{C}_6\text{H}_5\text{C}_2\text{H}_5$
1,1-ジクロロエチレン	CH_2CCl_2	m, p-キシレン	$\text{m,p-C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)_2$
トランス- 1,2-ジクロロエチレン	CHCl_2CH_2	n-ノナン	$\text{n-C}_9\text{H}_{20}$
n-ヘキサン	C_6H_{14}	o-キシレン	$\text{o-C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)_2$
トリクロロメタン	CHCl_3	イソプロピルベンゼン	$\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}(\text{CH}_3)_2$
シス- 1,2-ジクロロエチレン	CHCl_2CH_2	n-プロピルベンゼン	$\text{C}_6\text{H}_5\text{C}_3\text{H}_7$
1,1,1-トリクロロエタン	CCl_3CH_2	テルペン	$\text{C}_{10}\text{H}_{16}$
ベンゼン	C_6H_6	m, p-エチルトルエン	$\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_4\text{C}_2\text{H}_5$
テトラクロロメタン	CCl_4	o-エチルトルエン +1,3,5-トリメチルベンゼン	$\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_3(\text{CH}_3)_3 + \text{C}_6\text{H}_3(\text{CH}_3)_3$
トリクロロエチレン	$\text{C}_2\text{H}_2\text{Cl}_2$	1,2,4-トリメチルベンゼン	$\text{C}_6\text{H}_3(\text{CH}_3)_3$
ジメチルジサルファイド	$(\text{CH}_3)_2\text{S}_2$	ベンジルアルコール	$\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{OH}$
トリエン	$\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$	テルペン(リモネン)	$\text{C}_{10}\text{H}_{16}$
n-オクタン	$\text{n-C}_8\text{H}_{18}$	$\text{C}_{10}\text{H}_{18}$	$\text{C}_{10}\text{H}_{18}$
ジブロモクロロメタン	CH_2Br_2	n-デカン	$\text{n-C}_{10}\text{H}_{22}$
テトラクロロエチレン	C_2Cl_4	ジクロロベンゼン	$\text{C}_6\text{H}_4\text{Cl}_2$
メチルオクタン	C_9H_{20}	アセトフェノン	$\text{C}_6\text{H}_5\text{COCH}_3$
メチルヘプタン	C_8H_{18}		

(3) 水質分析結果

水質分析結果を表3-16に示す。

表3-16 S市F下水処理場水質分析結果

採 水 場 所	汚泥貯留槽	汚泥濃縮槽	エアレーション タンク流入部	エアレーション タンク中間部	エアレーション タンク流出部
採水年月日	57.10.1	57.10.1	57.10.1	57.10.1	57.10.1
採水時刻	15:00	15:00	14:00	14:10	14:27
気 温 (°C)	17	26	17	17	17
水 温 (°C)	18.2	17	18.4	18.3	18.3
外 観	灰 色	灰 色	茶褐色	茶褐色	茶褐色
臭 気	下水臭腐敗臭	下水臭腐敗臭	下水臭	下水臭	下水臭
透視度 (cm)	—	—	—	—	—
pH (測定時水温)	7.2 (22°C)	5.7 (22°C)	7.3 (22°C)	7.2 (°C)	7.0 (°C)
溶存酸素 (mg/ℓ)	1.0	<0.5	<0.5	1.4	1.9
COD (mg/ℓ)	—	7,000	—		180
BOD (mg/ℓ)	—	11,000	—		210
塩素イオン (mg/ℓ)	66	1,800	80	72	80
SS (mg/ℓ)	1,600	41,000	1,400	1,300	1,400
TS (mg/ℓ)	2,100	41,000	1,800	1,600	1,700
VS(TS に対する VS の%)	60.2	66.5	59.3	57.2	43.8
NH ₃ -N (mg/ℓ)	21	390	19	10	18
T-N (mg/ℓ)	140	21.00	140	98	30
S (mg/ℓ)	1.0	12	0.6	<0.5	<0.5
含水率 (%)	—	—	—	—	—

4) 考 察

(1) エアレーションタンクによる脱臭効果

活性汚泥を用いた悪臭除去に関する研究は、本多らによって報告されており、下水臭と関係し易い硫黄化合物、アミノ類についても高い除去率が得られている。

本年度は、本処理場と H 町 H 下水処理場の実施設においてエアレーションタンクを利用した脱臭方式について検討を行った。この結果、本処理場のエアレーションタンクによる脱臭効果は93.7%と高く、温式フィルター、乾式フィルターによる前処理方法を含めた本システムの脱臭効果は98.1%と良好であった。

物質別の除去率をみると、アンモニア、トリメチルアミン、硫黄化合物等、脱臭前の濃度が高い物質については、ほぼ100%であった。低級脂肪酸については、必ずしも100%に近い除去率を得たとは言えないが、これは脱臭前の濃度が極めて低いためであり、高い濃度であれば十分な除去率が期待できるものと思われる。

また脱臭用臭気及び外気をエアレーション用空気として用いた場合について、エアレーションタンク排ガスの臭気濃度及び物質濃度を比較した。

表3-7～3-15の測定結果から明らかなように、いずれの条件でも、それらの臭気濃度、物質濃度は変らなかった。また、これらの場合、エアレーションタンク排ガスの臭気濃度、物質濃度は、一般の下水処理場のそれらと変らなかった。

以上のことから、下水処理場臭気の脱臭方法の1つとして本システムは有効であると判断された。

(2) エアレーションタンク送気ファンの状態について

下水処理場から発生する臭気中には、硫化水素、メチルメルカプタン等の硫黄化合物、アンモニア、低級脂肪酸等腐蝕性ガスが多く含まれている。また捕集臭気中には、外気よりもダストや水分が多く含まれている。このような排ガスを直接ブローアに導入すると、ブローアが腐蝕したり、ダストが付着したりしてブローアの寿命を減退させる危険性がある。そこで本処理場では、これらの対策として湿式フィルターと乾式フィルターをブローアの前に配置し、ブローアの保護をはかっている。しかしブローア内部の腐蝕等が懸念されたので、昭和52年3月から稼動しているブローアの内部点検を行った。作業内容は、まずブローア上胴を取りはずし、上胴、下胴及び回転体の目視点検を行い、グランドラビリユス等組立てに際し必要な箇所の清掃を行った後、現状復帰した。

ブローアの中には、油状のダストが多く付着し、一部はタール状になっていた。これは吸込側の湿式フィルターの不備により、油が吸い込まれたものと判断された。摺動部の摩耗、腐蝕はみられず、ライナーリング、平行環等の汚れがあっただけであった。

以上のことから湿式フィルター、乾式フィルターで前処理すれば腐蝕性の高い臭気が

ブローアに導入されても、ブローアの腐蝕摩耗は少ないものと思われた。(写真参照)

表3-17 エアレーションタンクによる脱臭効果

各脱臭効果	除 去 率 (%)												
	臭気濃度	アンモニア	トリメチルアミン	硫化水素	メチルメルカプタン	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
湿式フィルターによる脱臭効果	69.1	16.7	70.0	13.2以上	11.1	20.8	29.4	—	—	—	—	—	—
エアレーションタンクによる脱臭効果	93.7	99.7	99.9	99.9以上	99.5	96.1	96.7	83.5	99.0	—	58.3以上	—	85.0
本システムの脱臭効果	98.1	99.7	99.9	99.9以上	99.5	96.9	97.7	—	—	—	—	—	—

注) 除去率は以下のようにして求めた。この場合湿式フィルター濃度A, 乾式フィルター濃度B, エアレーションタンク濃度Cとする。

- 1) 湿式フィルターによる除去率 $= \frac{A-B}{A} \times 100$
- 2) エアレーションタンクによる除去率 $= \frac{B-C}{B} \times 100$
- 3) 本システムの除去率 $= \frac{A-C}{A} \times 100$



写真3-1 ブローア内部の状況

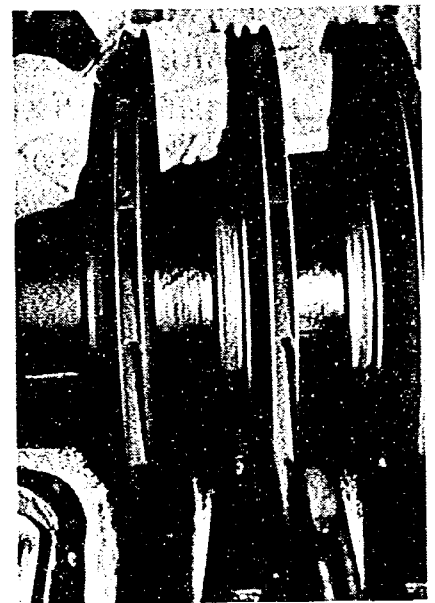


写真3-2 ブローア内部の状況

3.3.2 H町H下水処理場

1) 概 要

(1) 施設の概要

本処理場の流入下水は、家庭排水が主である。下水は標準活性汚泥法によって処理され、塩素滅菌後、S川に放流されている。

汚泥は、濃縮後、嫌気性加温2段消化方法で消化され、真空脱水後乾燥して、その全量を農地に還元している。

処理場の概要、処理場平面図及び下水処理フローシートをそれぞれ表3-18, 図3-4, 図3-5に示す。

表3-18 処理場の概要

処理面積	309.2ha
処理人口	33,000人 (現在), 45,000人 (計画)
下水処理能力	12,705m ³ /日 (晴天時1日最大処理量) 31,174m ³ /日 (同上計画)
排除方式	分流式
処理方式	標準活性汚泥法
汚泥処理方式	沈降濃縮, 嫌気性加温2段消化, 機械脱水 (真空脱水機), 回転乾燥機

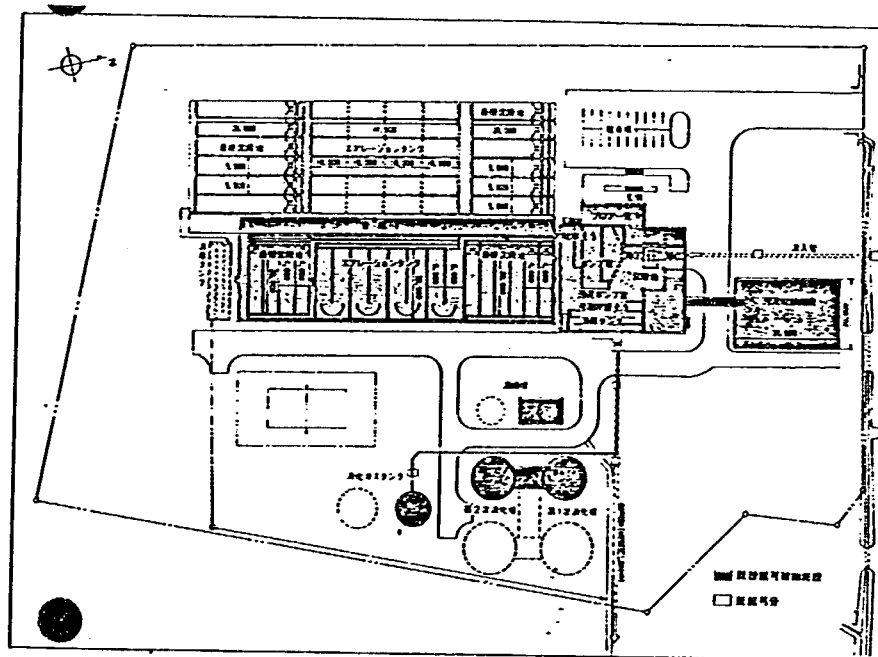
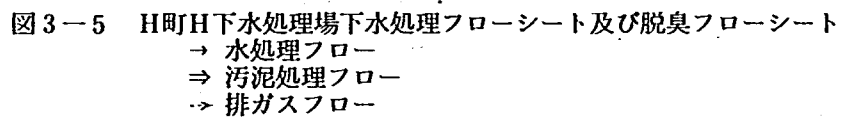


図3-4 処理場平面図
注) 濃くかこまれた部分が既存施設である



本下水処理場は、寒冷地にあるため、処理施設は屋内に配置されている。地下の沈砂池、ポンプ室からの臭気は、室内上部のフードから捕集され、汚泥調整タンク内の捕集臭気とともに曝気槽の空気源の一部として利用されている。

また水処理施設（最初沈殿池，エアレーションタンク，最終沈殿池）は覆がいされてはいないが，室内の空気は，図 3-6 に示すような形式で換気されている。汚泥濃縮槽，脱水機室については，換気扇により，戸外に換気されている。現在のところ，臭気等公害関係の苦情はないそうである。

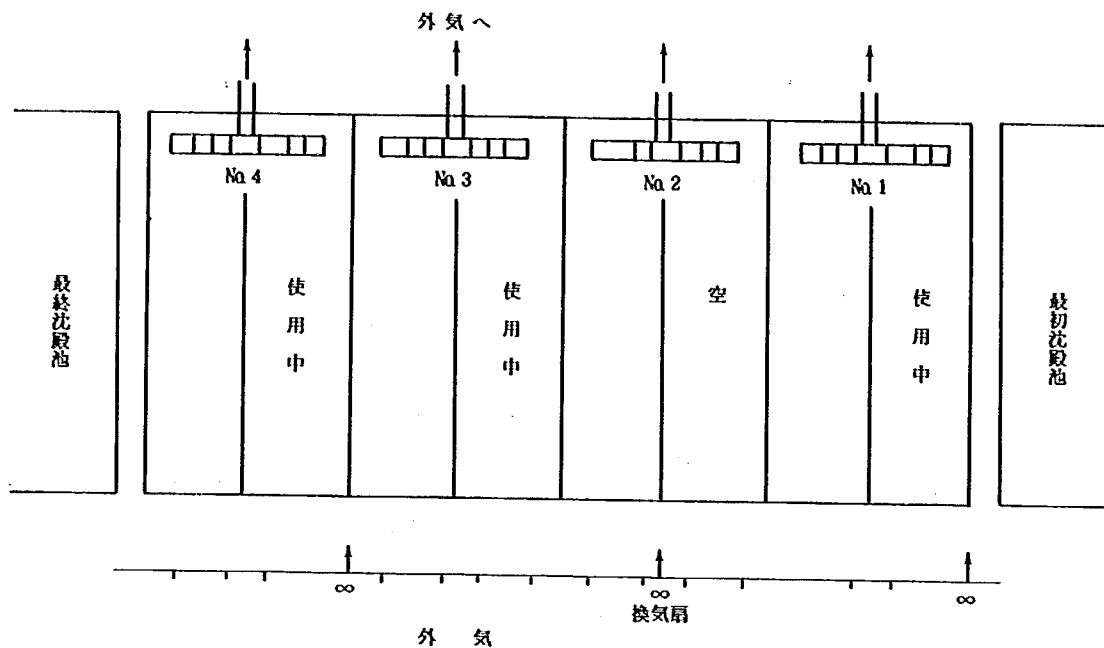


図 3-6 エアレーションタンク給換気方法

3) 測定結果

(1) 官能試験結果

脱臭空気にあたる臭気ファン部の臭気と脱臭後の臭気にあたるエアレーションタンク排ガスの臭気濃度測定結果を表 3-19 に示す。

表 3-19 H町H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	
臭気ファン	10月4日 9:15	10月4日 14:15	6	30~1,000	310	においの質: 下水臭 強度: 3
臭気ファン	10月4日 10:00	10月4日 16:40	6	30~1,000	410	においの質: 下水臭 強度: 3
エアレーション タンク流入側	10月4日 9:40	10月4日 15:30	6	30~1,000	410	においの質: 下水臭 強度: 3
エアレーション タンク中間	10月4日 9:40	10月4日 14:50	6	10~1,000	410	においの質: 下水臭, かび臭 強度: 3
エアレーション タンク流出側	10月4日 9:40	10月4日 16:00	6	30~1,000	310	においの質: 下水臭 強度: 3

(2) 臭気成分測定結果

脱臭空気である臭気ファン部の臭気と脱臭後の臭気にあたるエアレーションタンク排ガスの臭気成分測定結果を表3-20～3-24に示す。

表3-20 H町H下水処理場におけるアンモニアの測定結果

試料採取場所	採取日時	試料採取量(ℓ)	濃 度 (ppm)
エアレーション タンク 中 間	10月4日 9:25～10:03	101	0.066
臭 気 フ ァ ン	10月4日 9:02～9:33	100	0.19

表3-21 H町H下水処理場各臭気発生源における硫黄化合物測定結果

(単位: ppb)

試料採取場所	試料採取日時	硫化水素	メチルメル カブタン	硫化メチル	2 硫 化 メ チ ル
臭 気 フ ァ ン	10月4日 9:15	<0.3	3.4	4.0	5.3
臭 気 フ ァ ン	10月4日 10:00	<0.3	2.5	4.1	5.4
エアレーション タンク 流入側	10月4日 9:40	<0.3	1.0	4.5	5.7
エアレーション タンク 中 間	10月4日 9:40	<0.2	<0.2	1.8	1.5
エアレーション タンク 流出側	10月4日 9:40	<0.2	<0.2	1.3	1.0

表3-22 H町H下水処理場工程別排ガスの
低沸点有機物測定結果

試料採取月日: 10月4日

(単位: ppb)

物質名	臭 気 フ ァ ン	エアレーション タンク 中 間
n - ベ ン タ ン	2	0.5
2 - メ チ ル ベ ン タ ン	<0.5	<0.5
3 - メ チ ル ベ ン タ ン	<0.5	<0.5
n - ヘ キ サ ン	<2	6
n - ヘ プ タ ン	—	<3
ア セ ト ン	740	<10
ベ ン ゼ ン	20	4
トリクロロエチレン	32	84
ト ル エ ン	34	32
エ タ ノ ー ル	<30	<3

表3-23 H町H下水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：10月4日

(単位：ppb)

物質名	試料採取箇所	臭気ファン	エアレーション タンク中間
n - オクタノール		1.6	0.3
エチルベンゼン		1.7	0.4
p-キシレン+m-キシレン		2.6	0.6
n - ノナノール		0.7	<0.1
o - キシレン		1.4	0.4
ピネン		<0.1	0.3
P-エチルトルエン +m-エチルトルエン		0.6	<0.1
1,3,5-トリメチルベンゼン		0.2	<0.1
n - デカノール		0.6	0.1
1,2,4-トリメチルベンゼン		1.1	<0.1
p-ジクロロベンゼン		1.1	2.2
リモネン		—	0.7
n - ウンデカノール		1.8	0.9
n - ドデカノール		0.6	0.2
ナフタレン		0.4	0.3
n - トリデカノール		0.7	0.2
n - テトラデカノール		0.4	0.5
n - ペンタデカノール		0.3	0.5
n - ヘキサデカノール		0.1	—
n - ヘプタデカノール		0.1	—

表3-24 H町H下水処理場エアレーションタンク流出部臭気のGS-MS分析結果

名 称	構 造	名 称	構 造
アセトン	$(CH_3)_2CO$	o - キシレン	$o-C_6H_4(CH_3)_2$
トリクロロメタン	CCl_3H	メチルスチレン	$CH_3C_6H_4C_2H_5$
n - ヘキサン	$n-C_6H_{14}$	m, p-エチルトルエン	$CH_3 \cdot C_6H_4 \cdot C_2H_5$
ベンゼン	C_6H_6	o-エチルトルエン	$CH_3C_6H_4C_2H_5 + C_6H_5(CH_3)_2$
トリクロロエチレン	$C_2H_2Cl_2$	+1,3,5-トリメチルベンゼン	
トルエン	$C_6H_5CH_3$	1,2,4-トリメチルベンゼン	$C_6H_3(CH_3)_3$
n - オクタノール	$n-C_8H_{18}$	ベンジルアルコール	$C_6H_5CH_2OH$
テトラクロロエチレン	C_2Cl_4	フェノール	C_6H_5OH
エチルベンゼン	$C_6H_5C_2H_5$	n - デカノール	$n-C_{10}H_{22}$
m, p-キシレン	$m, p-C_6H_4(CH_3)_2$	ジクロロベンゼン	$C_6H_4Cl_2$
n - ノナノール	$n-C_9H_{20}$	n - ウンデカノール	$n-C_{11}H_{24}$

(3) 水質分析結果

水質分析結果を表3-25に示す。

表3-25 H町H下水終末処理場水質分析結果

採水場所	沈砂池	エアレーション タンク流入側	エアレーション タンク中間	エアレーション タンク流出側
採水年月日	57.10.4	57.10.4	57.10.4	57.10.4
採水時刻	12:41	12:10	12:20	12:30
気温(°C)	16	16.5	16.5	16.5
水温(°C)	18	18.2	18.2	18.2
外観	灰白色	茶褐色	茶褐色	茶褐色
臭気	下水臭	下水臭	下水臭	下水臭
透視度(cm)	5	—	—	—
pH(測定時水温)	7.2(22°C)	7.1(22°C)	7.5(22°C)	7.1(22°C)
溶存酸素 (mg/ℓ)	0.6	<0.5	<0.5	<0.5
COD (mg/ℓ)	170	—	—	—
BOD (mg/ℓ)	190	—	—	—
塩素イオン (mg/ℓ)	44	73	69	72
SS (mg/ℓ)	270	1,500	1,600	1,600
TS (mg/ℓ)	610	2,000	2,000	2,000
VS(TSに対するVSの%)	61	70.5	70	71.7
NH ₄ -N (mg/ℓ)	22	41	34	39
T-N (mg/ℓ)	29	190	180	190
S (mg/ℓ)	1.2	1.4	0.9	0.9
含水率(%)	—	—	—	—

4) 考 察

沈砂池、汚泥貯留槽（以下地下沈砂池室等とする）からの臭気は、換気ファンによって110m³/分に吸引されることになっている。しかし換気ファンの入口ダクトの風量は、8.6m³/分であり、地下沈砂池室等からの臭気は、ほとんど吸引されていないことがわかった。

この場合、エアレーション空気用ルーツブローア-の能力は、125m³/分であるので、エアレーション用臭気8.6m³/分はほとんど外気で希釈されていることになる。

臭気の測定は、地下換気ファン部とエアレーションタンクの流入側、中間、流出側で行ったが、換気ファン部の臭気濃度と曝気後の臭気濃度との差はみられず、一般的なエアレーションタンク排ガスと同程度に低い値を示した。なお地下換気ファン部の臭気濃度が低い

理由は、地下沈砂池室等の臭気が天井ダクト吸引口から捕集されているため捕集臭気がうすくなっているものと思われる。

3.3.3 T市TK下水処理場

1) 処理場の概要

本処理場の流入下水は、家庭排水と家畜排水である。下水は、オキシデーションデッチによって処理され、塩素滅菌後、T川に放流されている。汚泥は、二階タンクで消化後、汚泥乾燥床にて天日乾燥され、農地へ還元されている。

処理場の概要、主要施設の概要、処理場平面図及び下水処理フローシートを表3-26、表3-27、図3-7、図3-8に示す。

表3-26 処理場の概要

処 理 人 口	1,226人 (現在), 1,650人 (計画)
飼 育 牛	305頭 (現在), 500頭 (計画)
計画処理区域面積	40ha
下 水 処 理	
処 理 能 力	650m ³ /日 (日最大), 540m ³ /日 (日平均)
処 理 方 式	オキシデーションデッチ 曝気方法, ドラフトチューブエアレータ
処 理 水 質	BOD20 _{mg} , SS 50 _{mg}
汚 泥 処 理	二階タンクによる消化, 天日乾燥

表3-27 主要施設の概要

施 設 名	数量	形 状 寸 法	設備内容及び設計基準
汚水ポンプ井(沈砂池, 水量調整槽, 粗スクリーン室兼用)	1池	6m(巾)×3m(長)×2m(深)+ 5m(巾)×3m(長)×2m(深) 有効容量 66m ³	滞留時間2時間, 計画水面積負荷率20m ³ /日/m ² 計画流速30cm/秒, ポンプ口径80mm, 台数3台, 排水能力60m ³ /時
二階タンク	1槽	6m(巾)×6m(長)×7.5m(深)	最初沈殿池: 1池有効容量72m ³ 計画水面積負荷率 18m ³ /日/m ² , 計画沈殿時間 2時間 消化槽 消化日数100日, 有効容量166m ³ , 1槽 処理能力3m ³ /日(含水率96%), 消化汚泥量1.12m ³ /日(含水率93%)
オキシデーションデッチ	1池	6m(巾)×220m(長)×1.1m(深)	計画処理量27m ³ /時, エアレーション時間48.7hr, 返送汚泥率50%, 計画BOD-SS負荷0.05kg/SSkg・日, 計画返送汚泥濃度5000mg/l, 計画MLSS濃度1670mg/l
最終沈殿池	1池	6m(巾)×6m(長)×3m(深)	沈殿時間2.5時間
オキシデーションポンド	1池	水面積670m ² , 深さ2m	接触時間48時間
塩素混和池	1池	2m(巾)×4m(長)×1m(深)	接触時間15分
汚泥乾燥床	4床	砂床面積245m ²	乾燥日数15日

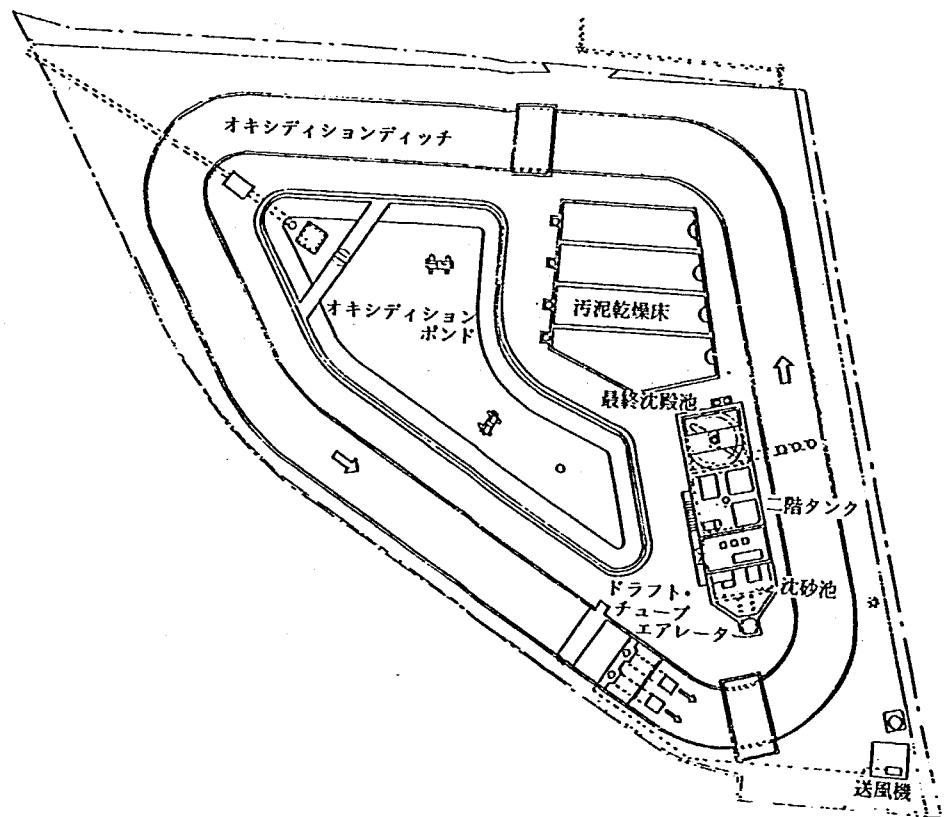


図3-7 T市TK下水処理場平面図

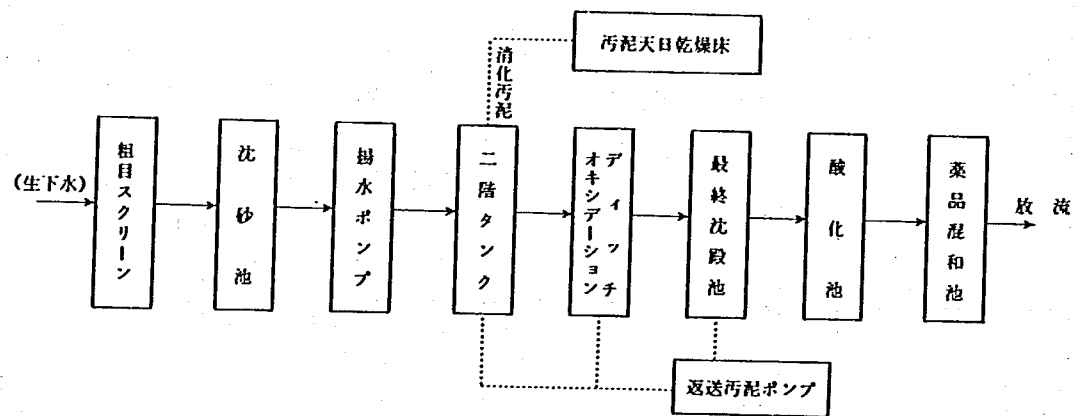


図3-8 T市TK下水処理場処理フローシート

2) 測定結果

(1) 官能試験結果

各処理工程別排ガスの臭気濃度測定結果を表3-28に示す。

表3-28 T市TK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	においの種類	臭気程度
二階タンクガス抜き(スカム上)	10月14日 8:41	10月14日 16:40	6	100~3,000	13,000	ちゅう介臭 どぶ臭	4
同上汚泥引抜き時	10月14日 9:15	10月14日 13:45	6	100~3,000	13,000	〃	4
同上沈殿部の水面上	10月14日 8:45	10月14日 14:20	6	300~3,000	980	どぶ臭	3~4
オキシデーション ディッチ曝気部	10月14日 8:36	10月14日 14:50	6	10~100	55	かび臭	3
同上中間部	10月14日 8:35	10月14日 15:10	6	10~30	18	どぶ臭	2
汚泥乾燥床 汚泥投入直後	10月14日 9:20	10月14日 15:45	6	3,000~100,000	31,000	硫化水素臭	5
同上約1週間後 (10/6投入)	10月14日 9:20	10月14日 16:10	6	10~100	31	ややかび臭	2
同上1日後	10月15日 8:05	10月15日 13:50	6	10~30	17	下水臭 どぶ臭	2

(2) 臭気成分測定結果

汚泥天日乾燥床を中心とした臭気成分測定結果を表3-29~3-36に示す。

表3-29 T市TK下水処理場汚泥乾燥床におけるアンモニア測定結果

試料採取場所	試料採取日時	試料採取量(ℓ)	濃度(ppm)
汚泥乾燥床汚泥投入直後	10月14日 9:42~10:51	101	1.6
同上 約1週間後(10/6投入)	10月14日 11:01~12:12	101	0.24
同上 1日後	10月15日 12:45~13:08	100	0.69

表 3-30 T市TK下水処理場汚泥乾燥床における
トリメチルアミン測定結果

(単位: ppb)

試料採取場所	試料採取日時	試料採取量(ℓ)	濃 度
汚泥乾燥床 1週間後 (10/6 投入)	10月14日 11:30~12:18	120	N.D.
同 上 投 入 直 後	10月14日 10:24~11:27	101	tr. (0.2)
同 上 1 日 後	10月15日 12:20~12:40	107	N.D. (<0.05)

表 3-31 T市TK下水処理場処理工程別臭気中の硫黄化合物測定結果

(単位: ppb)

試料採取場所	試料採取日時	硫化水素	メチルメル カブタン	硫化メチル	2 硫 化 メ チ ル
二階タンクガス抜き	10月14日 8:41	680	5.2	1.2	<0.2
同 上 汚 泥 引 抜 き 時	10月14日 7:15	850	6.3	1.1	<0.3
同上沈殿池部の水面上	10月14日 8:45	590	7.2	1.6	<0.2
オキシデーションディッチ 曝 気 部	10月14日 8:36	<0.3	<0.3	0.6	<0.1
同 上 中 間 部	10月14日 8:35	16	<0.3	<0.1	<0.1
汚泥乾燥床汚泥投入直後	10月14日 9:20	30,000	<5	<2	<2
同 上 約 1 週間後 (10/6 投入)	10月14 8:55	<0.3	<0.3	<0.1	0.6
同 上 1 日 後	10月15日 8:05	<0.3	<0.3	<0.1	<0.1

表 3-32 T市TK下水処理場汚泥乾燥床における脂肪酸測定結果

(単位: ppb)

試料採取場所	試料採取日時	試料採取量(ℓ)	酢 酸	プロピ オン酸	イソ- 酪 酸	n - 酪 酸	イソ- 吉草酸	n - 吉草酸
汚 泥 乾 燥 床 汚 泥 投 入 直 後	10月14日 11:45~12:40	101	4.2	0.23	<1	<1	0.38	0.15
同 上 投 入 直 後	10月15日 12:30~13:20	100	2.3	0.84	1.9	<1	N.D.	0.20
同 上 投 入 1 週 間 後	10月14日 11:30~12:20	100	9.4	0.76	<1	<1	0.17	0.26

表 3-33 T市TK下水処理場汚泥乾燥床におけるアルデヒド類測定結果

(単位: µg)

試料採取場所	試料採取日時	試料採取量	ホルムアルデヒド	アセトアルデヒド
汚泥乾燥床投入直後	10月14日 9:57~11:40	92	tr.(0.005以下)	tr.(0.005以下)
投入1日後	10月15日 12:34~13:20	50	tr.	0.007
投入1週間後	10月15日 11:30~12:18	70	tr.	tr.

表 3-34 T市TK下水処理場汚泥乾燥床における低沸点有機物測定結果

試料採取月日: 10月14日・15日

(単位: ppb)

物質名	試料採取箇所 汚泥乾燥床 汚泥投入直後	同 約1週間後 (10/6 投入)	同 1日後 (10/15 採取)
n - ペン タ ン	6	1	—
2 - メチルペンタン	6	1	—
3 - メチルペンタン	3	1	—
n - ヘ キ サ ン	100	6	—
n - ヘ ブ タ ン	<20	<20	—
ア セ ト ン	80	90	—
ベ ン ゼ ン	55	6	—
トリクロロエチレン	—	—	—
ト ル エ ン	120	74	9
エ タ ノ ー ル	10	6	—

表3-35 T市TK下水処理場汚泥乾燥床における高沸点有機物測定結果

(単位: ppb)

試料採取 物質名	月日	10月14日	10月14日	10月15日
	箇所	汚泥乾燥床 汚泥投入直後	同 約1週間後(10/6) 投入	同 1日後
n-オクタン		2.1	<0.1	0.4
エチルベンゼン		25	0.6	1.4
p-キシレン+m-キシレン		45	1.2	4.7
n-ノナン		<2	0.1	<0.2
o-キシレン		23	0.4	1.9
p-エチルトルエン+m-エチルトルエン		9.5	0.3	1.3
n-デカン		1.3	0.2	<0.2
ピネン		<1	<0.1	<0.2
1.3.5.トリメチルベンゼン		5.8	<0.1	0.6
1.2.4トリメチルベンゼン		6.4	0.2	0.9
p-ジクロロベンゼン		7.8	0.2	0.4
リモネン		1.6	<0.1	<0.2
n-ウンデカン		2.8	0.5	0.1
n-ドデカン		—	0.1	<0.1
ナフタリン		—	<0.1	<0.1
n-トリデカン		—	<0.1	<0.1
n-テトラデカン		—	<0.1	0.1
n-ペンタデカン		—	0.1	0.1
n-ヘキサデカン		—	0.1	0.1
n-ヘプタデカン		—	0.3	0.1

表3-36 T市TK下水処理汚泥乾燥床投入直後の臭気のGC-MS分析結果

名 称	構 造	名 称	構 造
フ レ オ ン	CHF ₃ Cl	ス チ レ ン	C ₈ H ₈
n - ヘ キ サ ン	n-C ₆ H ₁₄	o - キ シ レ ン	O-C ₆ H ₁₁ (CH ₃) ₂
トリクロロメタン	CCl ₃ H	ベンズアルデヒド	C ₆ H ₅ CHO
1,1,1-トリクロロエタン	CCl ₃ CH ₃	m,p-エチルトルエン	CH ₃ C ₆ H ₄ C ₂ H ₅
ベンゼン	C ₆ H ₆	o-エチルトルエン	CH ₃ C ₆ H ₄ C ₂ H ₅ +C ₆ H ₅ (CH ₃) ₂
テトラクロロメタン	CCl ₄	+1,3,5-トリメチルベンゼン	
n - ヘ プ タ ン	n-C ₇ H ₁₆	1,2,4-トリメチルベンゼン	C ₆ H ₃ (C ₂ H ₅) ₃
トリクロロエチレン	C ₂ H ₂ Cl ₂	ベンジルアルコール	C ₆ H ₅ CH ₂ OH
トルエン	C ₆ H ₅ CH ₃	n - デ カ ン	o-C ₁₀ H ₂₂
n - オ ク タ ン	n-C ₈ H ₁₈	ジクロロベンゼン	C ₆ H ₄ Cl ₂
テトラクロロエチレン	C ₂ Cl ₄	アセトフェノン	C ₆ H ₅ COCH ₃
エチルベンゼン	C ₆ H ₅ C ₂ H ₅	n - ウ ン デ カ ン	n-C ₁₁ H ₂₄
m,p-キシレン	mp-C ₆ H ₄ (CH ₃) ₂	n - ド デ カ ン	n-C ₁₂ H ₂₆
n - ノ ナ ン	n-C ₉ H ₂₀	ナ フ タ レ ン	C ₁₀ H ₈
		n - ト リ デ カ ン	n-C ₁₃ H ₂₈

(3) 水質・汚泥分析結果

水質・汚泥分析結果を表3-37に示す。

表3-37 T市TK下水処理場各処理工程における水質汚泥分析結果

採 水 場 所	オキシデーション ディッチ流入部	オキシデーション ディッチ中間	沈 殿 池	汚泥投入直後	汚泥投入 1 日 後	汚泥投入 1 週 間 後
採水年月日	57.10.14	57.10.14	57.10.14	57.10.14	57.10.15	57.10.14
採水時刻	8:30	8:45	9:00	9:20	8:10	9:25
気 温 (°C)	24	24	24			
水 温 (°C)	21	21	21.5	—	—	—
外 観	黄かつ色	黄かつ色	微黄色	黒 色	灰黒色	灰黒色
臭 気	微下水臭	微下水臭	微下水臭	硫化水素臭	土のにおい	土のにおい
透視度 (cm)	—	—	5	—	—	—
pH (測定時水温)	6.8(20.2°C)	6.8(21.2°C)	6.9(20.0°C)	6.7(23.2°C)	7.1(23.2°C)	7.0(23.2°C)
溶存酸素 (mg/ℓ)	<0.5	<0.5	<0.5	—	—	—
COD (mg/ℓ)	—	—	85	—	—	—
BOD (mg/ℓ)	—	—	60	—	—	—
塩素イオン (mg/ℓ)	130	170	93	—	—	—
SS (mg/ℓ)	920	1,100	94	—	—	—
TS (mg/ℓ)	1,370	1,440	560	—	—	—
VS (TS に対する VS%)	46.1	48.5	34.5	60.1	57.6	—
T-N (mg/ℓ)	16	15	71	—	—	—
T-N (mg/ℓ)	220	180	76	10,000mg/kg	—	40,000mg/kg
S ²⁻ (mg/ℓ)	<0.5	<0.5	<0.5	12mg/g	4.7mg/g	2.3mg/g
含水率 (%)	—	—	—	97.4	92.1	87.3

3) 考 察

調査結果を表3-28～3-37に示す。汚泥乾燥床から発生する臭気は、汚泥投入時まで臭気濃度31,000と高いものであったが、1日経過以降には臭気濃度1,731と低くなることがわかった。

汚泥投入時に発生する臭気は、硫化水素臭気であり、その濃度も30ppmと高いものであった。しかし汚泥投入後、1日以上経過した臭気は、土様のかび臭を呈し、硫化水素等の臭気物質もほとんど検出されなかった。

またオキシデーションディッチ水面上の臭気濃度は、5,518であり、標準活性汚泥法の臭気濃度(41～1,700, 幾何平均値159)に比べ低かった。

二階タンクガス抜きスカム上の臭気濃度は、13,000と高かったが、約1 m²程度の汚泥面が大気と接触しているだけであるので臭気発生量は少ないものと思われる。

以上のことから本下水処理場からは、汚泥を乾燥床に投入した時に強い硫化水素臭を発生するが、周辺は、田畑で民家も少ないので悪臭の問題はほとんど起らないものと思われる。農村地帯の小規模下水処理方式としては、本方式が維持管理も容易であるので有効と思われる。

3.3.4 T市TN下水処理場

1) 処理場の概要

本処理場の流入下水は、家庭排水と家畜排水である。下水は、回転円板法と長時間エアレーション法によって処理され、塩素滅菌後、H川に放流されている。汚泥は、二階タンクで消化後、汚泥乾燥床にて天日乾燥され、農地へ還元されている。

処理場の概要、主要施設の概要、処理場平面図及び下水処理フローシートを表3-38, 3-39, 図3-9, 3-10に示す。

表3-38 処理場の概要

処理区域面積	50ha
処理人口	1,830人(現在), 2,330人(計画)
家畜	370頭
下水処理	
処理能力	900m ³ /日(日最大), 760m ³ /日(日平均)
処理方式	回転円板法と長時間エアレーション法
処理水質	BOD 10ppm, SS 20ppm
汚泥・処理	二階タンクによる消化, 天日乾燥

表3-39 主要施設の概要

施設名	数量	形状寸法	設備内容及び設計基準
汚水ポンプ井 (沈砂池、水量調整槽、粗スクリーン室兼用)	1池	7m(巾)×6m(長)×2m(深) 容量 84m ³	滞留時間 2.24時間
二階タンク	1槽	7m(巾)×7m(長)	最初沈殿池 1池、有効容量97.5m ³ 、滞留時間2.63時間 消化槽 1池、有効容量225.6m ³ (ポツパー部水深3m、底部巾1.5m、中間水深3m)、消化日数100日、処理能力3,375m ³ /日 (含水率96%)、消化汚泥量1.35m ³ /日 (含水率93%)
回転円板反応タンク	2槽	4.4m(巾)×7.7m(長)×1.85m×2槽 接触槽容量 40m ³ ×2槽	BOD負荷10g/m ² 、滞留時間2.45時間 円板諸元 円板径3.6m、円板長7.5m、円板間隔0.03m、円板厚0.01m、円板回転数1.6回/分、円周速度<18m/分、円板表面積8,310m ² 、円板基数2基
長時間エアレーションタンク	1池	900m ² (面積)×2.9m(水深) 容量 2,610m ³	エアレーション時間69.63時間、エアレーション方式、水中エアレーション装置
消石灰溶解注入設備		2m(径)×2m(高) 容量 5m ³	注入量、流入下水量に対して100ppm
最終沈殿池	1池	7m(巾)×5.5m(長)×3m(深) 容量115.5m ³	沈殿時間3.03時間、水面積負荷23.4m ³ /m ² /日、所要水面積25m ² /m ³ /日、越流ぜき負荷150m ³ /m ² /日
薬品混和池	1池	2m(巾)×5m(長)×1m(深)	接触時間15分
汚泥乾燥床	4床		処理汚泥1.35m ³ /日 (含水率93%) 乾燥汚泥量0.158~0.189m ³ /日 (含水率40~50%) 乾燥日数15日

豊南処理場平面図

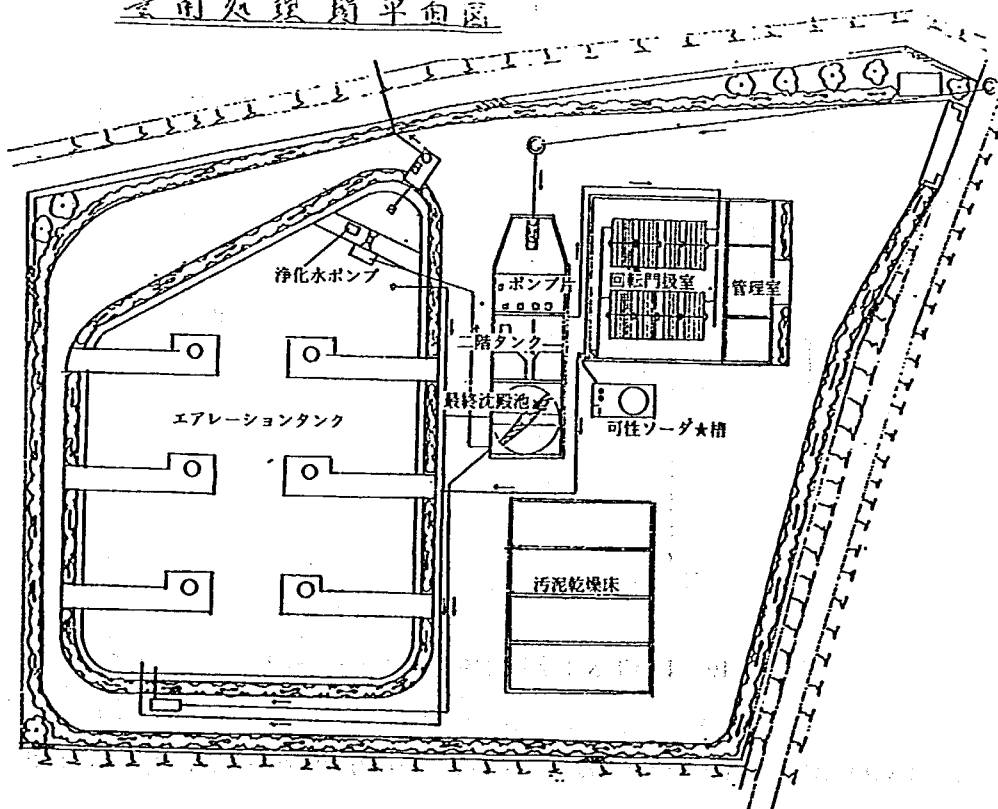


図3-9 T市TK下水処理場平面図

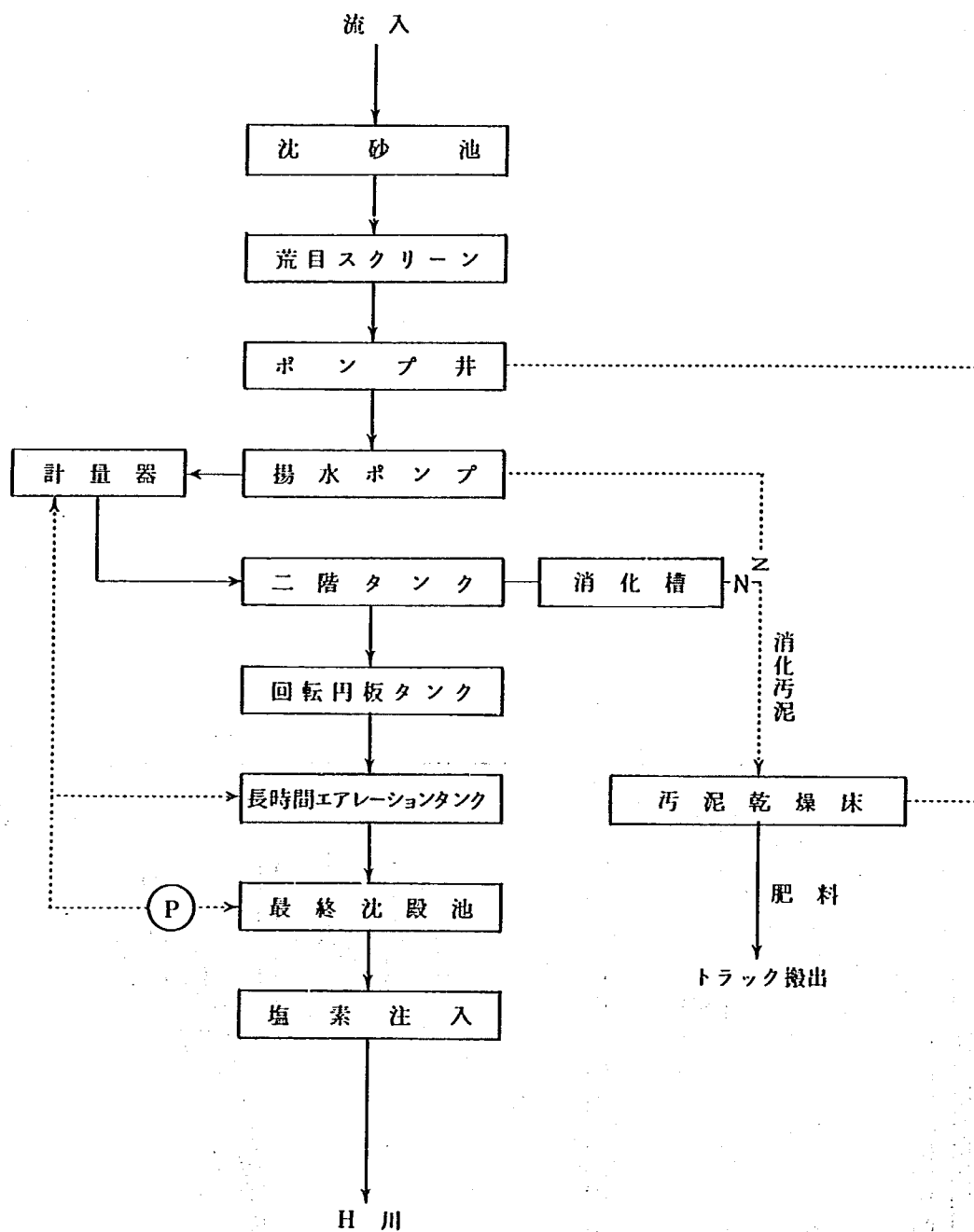


図3-10 T市TN下水処理場処理フローシート

なお本処理場の一戸当りの使用料は、昭和50年度の維持管理費から算出すると3,100円/月となっている。

2) 測定結果

(1) 官能試験結果

各処理工程別排ガスの臭気濃度測定結果を表3-40に示す。

表3-40 T市TN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	においの質	臭気強度
2階タンクガス抜き(スカム上)	10月15日 8:34	10月15日 16:15	6	300~10,000	5,500	H ₂ S 臭	4
同上汚泥引き抜き時	10月15日 9:21	10月15日 14:15	6	100~100,000	31,000	H ₂ S臭(希釈すると若干どぶかび臭)	5
同上沈殿池部の水面上	10月15日 8:25	10月15日 15:50	6	10~1,000	230	腐敗臭・下水臭(ちゅう芥)	2~3
回転円板槽内	10月15日 8:45	10月15日 14:45	6	30~300	98	下水臭・かび臭	3
汚泥乾燥床汚泥投入直後	10月15日 9:08	10月15日 16:30	6	1,000~30,000	13,000	H ₂ S 臭 + α	5
同上3日後(10/12投入)	10月15日 8:55	10月15日 14:05	6	10~100	23	土のにおい	2
同上約2週間後(10/1投入)	10月15日 9:25	10月15日 15:05	6	10~300	98	土のにおい	2

(2) 臭気成分測定結果

汚泥天日乾燥床を中心とした臭気成分測定結果を表3-41~3-48に示す。

表3-41 T市TN下水処理場各臭気発生時におけるアンモニア測定結果

試料採取場所	試料採取日時	試料採取量(ℓ)	濃度(ppa)
汚泥乾燥床汚泥投入直後	10月15日 11:01~11:41	114	3.0
同上3日後(10/12投入)	10月15日 8:35~9:05	100	3.7

表3-42 T市TN下水処理場におけるトリメチルアミン測定結果
(単位: ppb)

試料採取場所	試料採取日時	試料採取量	濃度
汚泥乾燥床汚泥投入直後	10月15日 9:13~10:40	96	N.D. (<0.05)
同上3日後(10/12投入)	10月15日 8:37~11:01	194	N.D. (〃)

表3-43 T市TN下水処理場各臭気発生時における硫黄化合物測定結果

(単位: ppb)

試料採取場所	試料採取日時	硫化水素	メチルメル カブタン	硫化メチル	2 硫 化 メ チ ル
二階タンクガス抜き (スカム上)	10月15日 8:34	6,300	<30	<10	<1
同上汚泥引抜き時	10月15日 9:21	7,200	<30	<10	<1
同上沈殿池部の水面上	10月15日 8:25	21	5.1	5.6	2.3
回転円板槽内	10月15日 8:40	<0.4	1.4	14	4.6
汚泥乾燥床汚泥投入直後	10月15日 9:08	12,000	<3	<1	<1
同上 3日後(10/12投入)		<0.3	<0.3	<0.1	<0.1
同上 約2週間後(10/1投入)	10月15日 9:25	3.8	0.9	<0.2	<0.2

表3-44 T市TN下水処理場工程別排ガスの脂肪酸測定結果

(単位: ppb)

試料採取場所	試料採取日時	試料採取 量(ℓ)	酢 酸	プロピ オン酸	イソ- 酪 酸	n - 酪 酸	イソ- 吉草酸	n - 吉草酸
汚泥乾燥床 汚泥投入直後	10月15日 9:14~10:24	153	5.4	0.43	<1	<1	0.14	0.16
同上3日後	10月15日 8:32~9:20	100	2.4	0.43	<1	<1	N.D.	0.14

表3-45 T市TN下水処理場汚泥乾燥床におけるアルデヒド類測定結果

単位: ppm

試料採取場所	試料採取日時	試料採取量	ホルムアルデヒド	アセトアルデヒド
汚泥乾燥床投入直後	10月15日 9:20~10:44	62	tr.(0.005以下)	tr.(0.005以下)
3日後	10月15日 8:43~9:20	52	N.D.(0.001以下)	tr.

表3-46 T市TN下水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：10月15日

(単位：ppb)

物質名	試料採取箇所 汚泥乾燥床 汚泥投入直後	同数日後 (10/12 投入)
n - ペンタン	14	4
2 - メチルペンタン	11	1
3 - メチルペンタン	4	2
n - ヘキサン	110	<1
アセトン	390	70
ベンゼン	17	5
トリクロロエチレン	<10	<10
トルエン	91	56
エタノール	18	<5

表3-47 T市TN下水処理場工程別排ガスの
高沸点有機物測定結果

試料採取月日：10月15日

(単位：ppb)

物質名	試料採取箇所 汚泥乾燥床 汚泥投入直後	同数日後 (10/12 投入)
n - オクタン	0.4	<0.1
エチルベンゼン	16	0.3
p-キシレン+m-キシレン	24	0.4
n - ノナン	<0.2	<0.1
o - キシレン	13	0.3
ビネン	<0.2	<0.1
p-エチルトルエン +m-エチルトルエン	1.7	0.1
1,3,5トリメチルベンゼン	1.1	<0.1
n - デカン	0.2	<0.1
1,2,4トリメチルベンゼン	1.7	0.1
p-ジクロロベンゼン	2.2	0.1
リモネン	<0.2	<0.1
n - ウンデカン	0.6	0.3
n - ドデカン	<0.1	0.3
ナフタリン	0.5	<0.1
n - トリデカン	0.2	<0.1
n - テトラデカン	0.1	<0.1
n - ペンタデカン	0.1	0.1
n - ヘキサデカン	0.1	0.1
n - ヘプタデカン	0.2	0.2

表3-48 T市TN下水処理場汚泥乾燥床投入直後の臭気のGC-MS分析結果

名 称	構 造	名 称	構 造
アセトン	(CH ₃) ₂ CO	スチレン	C ₆ H ₆
n-ヘキサン	n-C ₆ H ₁₄	o-キシレン	o-C ₆ H ₄ (CH ₃) ₂
ベンゼン	C ₆ H ₆	ベンズアルデヒド	C ₆ H ₅ CHO
トルエン	C ₆ H ₅ CH ₃	スチレンオキシド	C ₆ H ₄ CHOCH ₂
エチルベンゼン	C ₆ H ₅ C ₂ H ₅	アセトフェノール	CH ₃ OC ₆ H ₄ OH
m,p-キシレン	m,p-C ₆ H ₄ (CH ₃) ₂		

(3) 水質・汚泥分析結果

水質・汚泥分析結果を表3-49に示す。

表3-49 T市TN下水処理場各処理工程における水質・汚泥分析結果

採水場所	汚泥乾燥 3日後	沈殿池	回転円板槽	汚泥投入直後	汚泥投入 2週後
採水年月日	57.10.15	57.10.15	57.10.15	57.10.15	57.10.15
採水時刻	8:55	11:00	11:24	9:10	9:25
気温(°C)	23	25	23	23	23
水温(°C)	—	22	21.5	—	—
外観	灰黒色	灰黄色	灰微黄色	黒色	灰黒色
臭気	土のにおい	下水臭	微下水臭	硫化水素臭	土のにおい
透視度(cm)	—	5	12	—	—
pH	7.5 (23°C)	7.1 (20.2°C)	7.1 (20.4°C)	7.0 (23.3°C)	6.8 (23.4°C)
溶存酸素 (mg/ℓ)	—	<0.5	1.5	—	—
COD (mg/ℓ)	—	77	—	—	—
BOD (mg/ℓ)	—	41	—	—	—
塩素イオン (mg/ℓ)	—	52	72	—	—
SS (mg/ℓ)	—	74	35	—	—
TS (mg/ℓ)	—	400	352	—	—
VS (TSに対するVSの%)	38.8	27.5	23	43.1	40.8
NH ₄ -N (mg/ℓ)	—	35	30	—	—
T-N (mg/ℓ)	41,000mg/kg	48	37	50,000mg/kg	31,000mg/kg
S ²⁻ (mg/ℓ)	※2.2mg/g	<0.5	<0.5	※4.0mg/g	※0.08mg/g
含水率 (%)	83.6	—	—	92.2	54.2

※乾燥固型物当りの濃度

4) 考 察

調査結果を表3-46～3-55に示す。汚泥乾燥床から発生する臭気は、汚泥投入時で臭気濃度13,000であるが、投入後、3日後で臭気濃度23、2週間後で臭気濃度98となっていた。

汚泥投入時に発生する臭気は、硫化水素臭であり、その濃度も12ppmと高かった。しかし汚泥投入後、3日後及び2週間後の臭気は、土様の臭に変わり、硫化水素等の硫黄化合物の濃度は極めて低くなっていた。

T市TK下水処理場の調査結果から考えると、汚泥投入後1日以上経過すると、汚泥臭は土のおいとなり臭気もうすくなるものと思われる。

以上のことから、本下水処理場についても、T市TK下水処理場の調査結果と同様に、農村地帯の小規模下水処理方式としては本方式が維持管理も容易で有効と思われる。

3.3.5 T市Y下水処理場

1) 概 要

(1) 処理場の概要

本処理場の流入下水には、家庭排水に約30%の工場排水が加わっている。下水は、ステップエアレーション法によって処理され、塩素滅菌後、S川に放流されている。

汚泥は、濃縮され薬品添加後、ベルトプレスで脱水される。

脱水ケーキは、下水処理場の脱水ケーキとともに広自燃域型竖型多段炉で焼却後、場外に埋立て処分されている。

処理場の概要、概要を表3-50に示す。

また処理場平面図を図3-11に示す。

表3-50 処 理 場 の 概 要

処 理 面 積	557ha (現在), 927ha (計画)
処 理 人 口	64,000人 (現在), 113,000人 (計画)
下 水 処 理	
処 理 能 力	雨天時最大処理量 132,200m ³ /日 晴天時日最大処理量 71,000m ³ /日 (現在), 78,000m ³ /日 (計画)
排 除 方 式	合流式 (一部分流式)
処 理 方 式	ステップエアレーション法
汚 泥 処 理	沈降濃縮, 機械脱水, 汚泥焼却

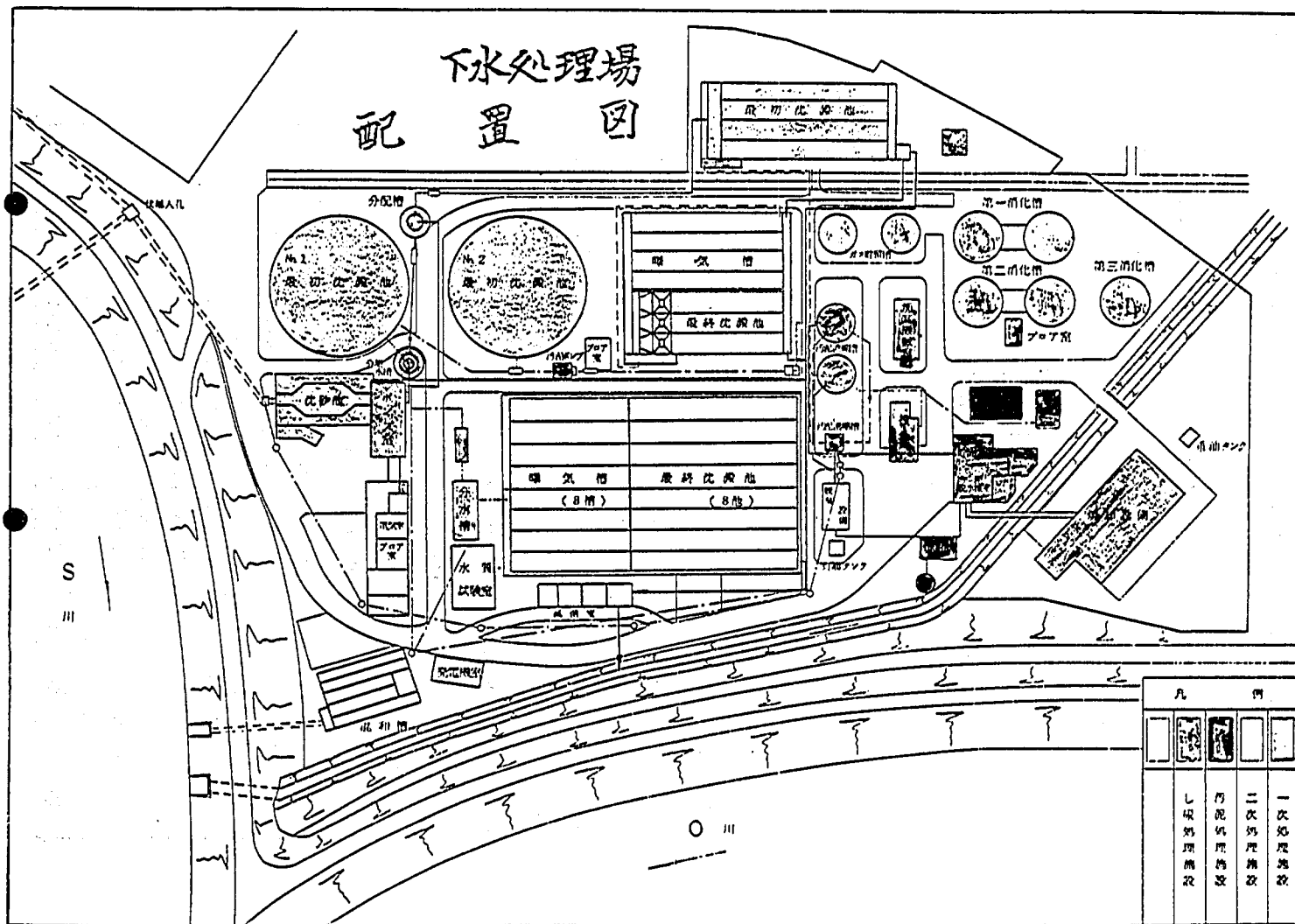


図 3-11 Y 屋下水処理場配置図

(2) 汚泥処理設備の概要

a) 脱水設備

汚泥は、高分子凝集剤添加後、高圧ベルトプレスで脱水される。脱水汚泥の平均含水率は、昭和56年度実績で72.4%であった。また高位発熱量、低位発熱量の平均値は、それぞれ3,860kcal/kg、3,600kcal/kgであった。これらの結果を表3-51、3-52に示す。なお脱水機の仕様は、以下のとおりである。

機 種 高圧ベルトプレス、無段変減速機付

仕 様 ベルト幅1.5m、速度2～2.5m/分、緊張圧2 kg/cm²

能 力 10m³汚泥/時、400kg-ds/時

表3-51 (3)汚泥焼却炉投入ケーキ分析値

T市Y下水処理場提供データ

	高位発熱量 (kcal/kg)	低位発熱量 (kcal/kg)	有機分 (%)	C (%)	H (%)	N (%)	O (%)	S (%)	備 考
56. 7	3,530	3,260	59.7	32.5	5.0	3.4			川 重
56. 9	4,120	3,870	70.1	38.3	4.7	6.1	20.5	0.55	事業団12回平均
56.11	3,900	3,640	68.9	36.0	4.8	4.6	23.0	0.60	事業団15回平均
57. 1	4,130		70.8						環境センター
57. 2	3,810		67.6						環境センター
57. 3	3,680		64.6						〃
平 均	3,860	3,600	67.0	35.6	4.8	4.7	21.8	0.58	

表 3—52 汚泥処理関係試験結果

(2) 脱水ケーキ

T市Y下水処理場提供データ

	ケーキ水分(%)						VTS(%)					
	NO.1	NO.2	NO.3	NO.4	NO.5		NO.1	NO.2	NO.3	NO.4	NO.5	
S.56						2						2
4						72.4						69.6
5	73.2 76.0	70.5 71.4	70.9	70.0		6	73.1 73.7	72.0	73.5	73.5		6
	74.6	71.0	70.9	70.0		71.6	73.4	72.0	73.5	73.5		73.1
6	74.0 75.1	73.4	72.1 73.5	71.2		6	69.0 72.4	68.8	68.8	70.6	69.2	6
	74.6	73.4	72.8	71.2		73.0	70.7	68.8	69.7	69.2		69.6
7	70.8 75.5	69.3 73.2	71.2 74.3	71.8 74.3		17	58.6 69.5	59.5 68.7	62.8 67.7	67.9 68.8		17
	74.2	71.8	72.8	72.7		72.9	65.4	65.6	65.8	68.2		66.2
8	73.4 76.8	73.5 75.7	70.1 74.0	69.0 72.7		16	66.5 74.7	68.5 74.9	64.1 74.5	67.7 74.9		16
	75.7	74.9	72.0	71.2		73.4	71.3	71.8	70.4	71.2		71.2
9	71.4 74.1	71.4 73.9	70.2 71.5	68.9 71.3		8	68.1 68.7	67.3 68.7	68.0 68.6	66.5 68.2		8
	72.8	72.6	70.8	70.1		71.6	68.4	68.0	68.3	67.4		68.0
10	73.4 74.8	73.8 74.9	71.0 72.8	71.0 72.6		19	70.4 73.7	69.8 72.2	71.8 74.0	69.8 74.0		19
	74.1	74.3	72.0	71.7		73.0	71.4	70.6	72.4	71.5		71.5
11	74.7 75.6	74.0 76.3		70.7 72.0		8	72.8 73.7	73.0 73.0	72.9 73.0	72.5 72.7		8
	75.2	75.2	72.6	71.4		73.6	72.8	73.4	73.0	72.6		73.0
12	74.5 74.8	73.1 74.8	71.5 72.8	68.2 69.9		11	70.6 73.6	70.6 71.4	70.3 73.1	70.8 73.9		11
	74.6	74.0	72.2	69.3		72.5	71.7	71.0	71.4	71.9		71.5
S.57	69.3 76.2	67.8 75.2	63.8 71.0			10	70.4 72.1	70.3 72.4	70.0 72.6			10
1	72.9	72.0	67.4	70.7	73.0	71.2	71.0	71.0	71.3	70.1	70.7	70.8
2	72.6 76.3	71.2 72.4	70.7 71.8		70.8 72.8	8	68.4 67.6	67.2 69.4	67.6 70.2		67.7 69.5	8
	74.4	71.8	71.2		71.8	72.4	68.0	68.3	68.9		68.6	68.4
3	69.6 73.4	70.1 72.5	69.4 73.2		70.6 74.0	13	64.6 73.5	64.6 73.4	65.4 73.6		65.6 74.0	13
	71.0	71.6	71.7		72.4	71.9	69.6	69.3	70.0		70.9	70.0
平均												
	74.1	73.0	71.5	70.9	72.4	72.4						70.2
計						124						124

b) 汚泥焼却炉

(a) 広自然域型整型多段炉の仕様

本焼却炉の焼却能力は、脱水ケーキ含水率70%の汚泥に対して30t/日であるが、9～36t/日の間で安定した自燃を行うことができる。

本焼却炉の主要寸法・材質等、主要設備機器リスト及び断面図を表3-53、3-54、図3-12に示す。

表3-53 炉の主要寸法、材質等

項 目	寸 法 ・ 材 質 等
炉 総 高	10,193mm
排ガス出口高	750mm
炉 高	7,093mm
脚 高	2,100mm
基礎高	250mm
炉 外 径	3,926mm
内 径	3,254mm
耐火、断熱物厚さ	328mm
炉殻厚さ	8mm
炉床面積	46m ²
1,3,5炉床面積	7.2m ²
第2,4,6炉床面積	5.6m ²
第7炉床面積	7.6m ²
立軸外径	483mm
攪拌腕本数	20本
第1,2,3段	4本
第4,5,6,7段	2本
攪拌装置装着炉床	第1炉床、第3炉床
特殊ティース装着炉床	第4炉床、第5炉床
一次空気投入炉床	第7炉床
二次空気投入炉床	第5炉床
バーナ装着炉床	第5炉床
耐火物材質	SK34相当耐熱レンガ
炉殻材質	SS41
攪拌腕、歯材質	SCH14
立軸材質	FC30
軸駆動装置	2.2kW
軸回転数	0.2～2.4rpm

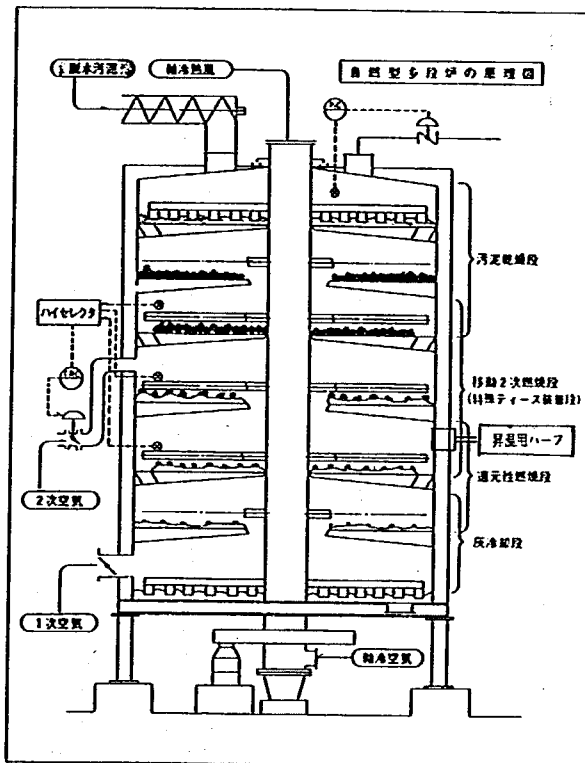


図3-12 焼却炉の構造

表 3-54 主要設備機器リスト

機 器 名 称	基 数		機 器 仕 様	電 動 機
	常用	予備		
汚泥供給コンベアー	1		型式：ベルトコンベアー 能力：7.5T/H 寸法：500 ϕ ×34m	2.2kW
汚泥投入コンベアー	1		型式：スクリュウコンベアー 能力：2.0T/H 寸法：230 ϕ ×28.3m	3.7kW 可変減速機付
灰コンベアー	1		型式：パイプ式フライトコンベアー 能力：0.2T/H 総長：14m	0.75kW
汚泥ホッパ	1		型式：角型 容量：35 m^3 (有効) 寸法：2.8m×4.1m×4.7mH	
定量切り出し機	1		型式：五連スクリュウ式 能力：0.5-2.0T/H	3.7kW 可変減速機付
灰ホッパ	1		型式：円筒円錐型 容量：9 m^3 (有効) 寸法：2.6mOD.×4.1mH	
灰加湿機	1		型式：2軸パドル式 能力：3.0T/H	2.2kW 可変減速機付
汚泥焼却炉	1		型式：広自燃域型多段炉 能力：30T/D (含水率70%) 寸法：3.9mOD.×7.2mH×10.2 (総高) 段数：7段 附属品：軸駆動装置 バーナ2本 (400,000kcal/h)	2.2kW 可変減速機付
ガス洗浄塔	1		型式：サイクロンスプレー式 能力：130 m^3 /H 寸法：1.2mOD.×5.8mH	
№1 ガス吸収塔	1		型式：充填塔式 能力：130 m^3 /H 寸法：1.2mOD.×5.8mH	
№2 ガス吸収塔	1		型式：充填塔式 能力：130 m^3 /H 寸法：1.2mOD.×5.8mH	
燃焼用空気ブロー	1		型式：ターボブロー 能力：36 m^3 /min×700 ϕ Aq	1.1kW
軸冷ファン	1		型式：ターボファン 能力：80 m^3 /min×300 ϕ Aq	1.1kW
排ガスファン	1		型式：ターボブロー 能力：160 m^3 /min×600 ϕ Aq	30kW
電気集じん機	1		型式：湿式縦型 能力：130 m^3 /min 寸法：2.2×2.7×9 mH 附属品：ヒーター (2基) ファン	4kW/基 1.5kW

(b) 汚泥焼却フローシート

図3-13に汚泥焼却フローシートを示す。脱水ケーキは、汚泥ホッパーに一時貯留された後、汚泥切り出し機とスクリュコンベアによって焼却炉に投入される。焼却炉頂部から投入された塊状汚泥は、特殊ティースおよびチェーンを装着した攪拌装置によって均一に分散されながら、上段より乾燥、燃焼、灰の冷却が行われ、炉底より排出される。塊状汚泥は、細粒のケーキよりも長く炉床に滞留される機能をもっているため、燃焼帯を広げ、安定した燃焼を可能にしている。

また燃焼空気として、1次空気は第7炉床から供給され、2次空気は第5炉床上部から供給されている。1次空気は、炉のドラフト効果を利用して供給される。そこで燃焼負荷の変動に対応して1次空気が供給されるので安定した汚泥焼却が可能となっている。2次空気についても、最高温度段の温度がハイセクターによって700℃～900℃になるように制御されているので、燃焼位置が変化しても燃焼温度は即時対応でき、低い空気比で運転できる。したがって低負荷運転時には、燃焼段が上段に移行されるので熱効率の低下を防止することができる。

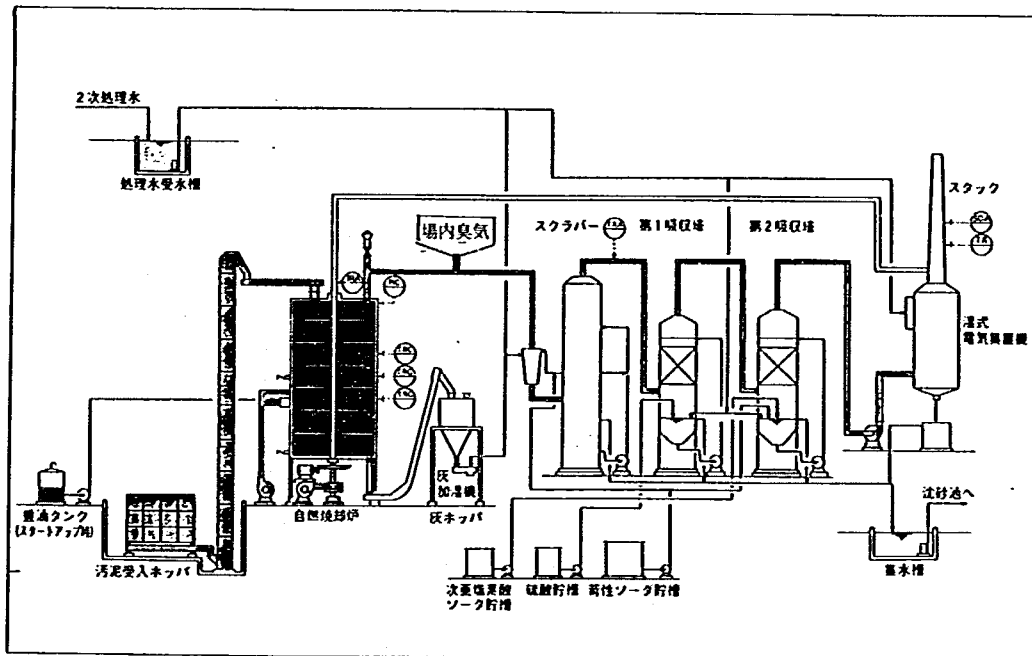
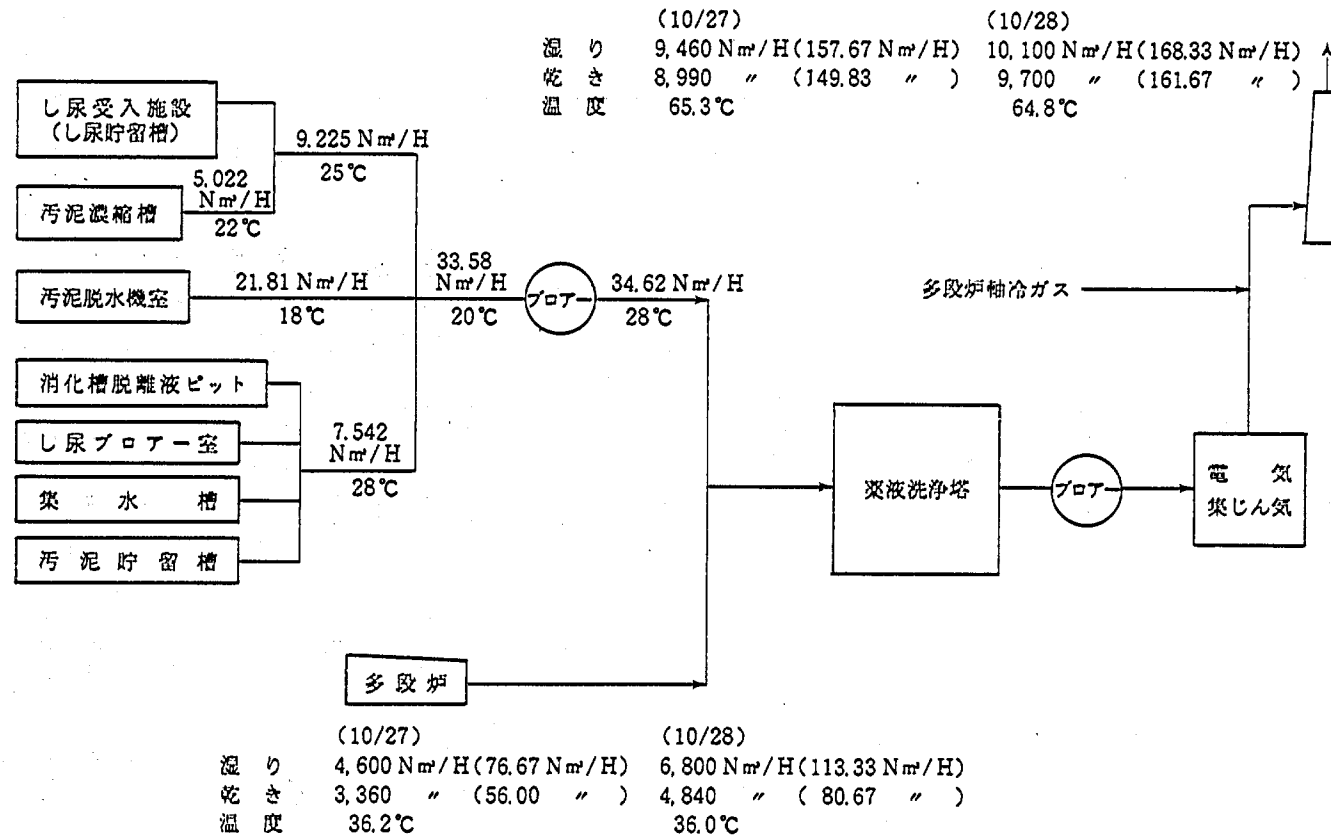


図3-13 焼却施設フローシート

(c) 環境対策

汚泥の焼却処理過程から、悪臭が漏洩することを防止するために、汚泥貯留槽、汚泥搬送コンベア、灰コンベアはすべて密閉されている。

汚泥貯留槽の汚泥貯留槽の臭気は、捕集され焼却炉の2次空気として利用されている。汚泥焼却排ガスは、し尿処理施設からの臭気や脱水機室の臭気とともに混合され、脱臭されている。臭気捕集フローシートを図に示す。脱臭される混合排ガスは、プレスクラバーで洗浄冷却することにより除じんされ、水分量も落される。ついでアルカリ洗浄塔、硫酸洗浄塔、次亜塩素酸ソーダ洗浄塔で洗浄後、湿式電気集じん機により除じんされ、白煙防止のため軸冷空気と混合して戸外に排出されている。現在、本処理場では、アルカリ洗浄だけで十分な脱臭効果があると判断され、その他の薬液洗浄を中止している。排ガスのフローシートは、図3-14を参照されたい。



注) 図中の数値は、風量と温度の実測値である。多段炉焼却排ガスはJISZ 8808に定める切管法によって風量測定を行った。その他はアネモスターによって測定した風量である。

図3-14 臭気捕集フローシート

注) 図中の数値は風量と温度の実測値である。多段炉焼却排ガスと排出ガスはJISZ8808に定めるピトー管法によって風量測定を行った。その他はアネモスターによって測定した風量である。

(d) 運転実績

本焼却施設は、定格で30t/日の焼却能力をもっているが、9～36t/日の範囲で自然運転できるそうである。脱水汚泥の含水率は通常70%程度であり、自然運転には問題はないが、含水率79%程度、低位発熱量260kcal/kgが自燃の限界であるそうである。また焼却施設の自動運転は、可能であるが、現在、1週間ごとの間欠連続運転を行っている。すなわち、月曜日の朝から、処理場内に併設しているし尿処理場の消化ガス及び重油により炉内温度を昇温し、昇温途中から少しずつ汚泥投入を始め、昇温完了後、所定の投入量に設定される。燃焼帯の最高温度が上段に移行したところで、バーナを止めて自動的に金曜日まで自燃運転されている。表3-55に昭和56年度の汚泥焼却実績を示す。これによれば、ほぼ25～30t/日で汚泥焼却されていることがわかる。

また、汚泥処理施設関係の維持管理経費を、表3-56に示す。

燃料費、人件費が極めて低いことが注目される。

表 3-55 汚泥焼却実績

年月日	投入ケーキ(t)			補助燃料		電 気 (kwh)	焼却灰 (m ³)
	Y処理場	F処理場	計	重油(l)	ガス(m ³)		
S.56 4	633	37.2	670.2	3,406	59	52,620	79
5	661	37.7	698.7	3,055	0	53,680	82
6	651	46.2	697.2	1,255	3,305	51,980	81
7	666	24.6	690.6	1,116	7,692	55,730	90
8	650	35.1	685.1	3,031	9,026	53,110	82
9	643	16.7	659.7	2,508	9,285	51,180	77
10	687	24.1	711.1	1,054	9,053	53,420	79
11	617	(17.7) 14.1	631.1	717	3,198	48,500	76
12	690	28.2	718.2	0	5,793	51,870	82
S.57 1	567	40.0	627	2,707	3,529	45,780	66
2	613	30.0	643	195	3,964	48,360	63
3	643	46.9	689.9	207	3,626	56,580	64
計	7,742	394.9	8136.9	19,251	58,530	622,810	921

※ケーキは水分70%に換算した値	NaOH	50,500 ^{kg}
※9月11日日本下水道事業団調査	H ₂ SO ₄	2,670
※3月21日、22日神戸市脱水ケーキ焼却		

表3-56 汚泥処理年間経費明細

表3-56(a) 汚泥脱水関係

		数 量	単価(円)	金額(千円)
人 件 費	人	3.5	3,826.150	13,392
電 気 料	KWH	194,968	18.2	3,548
水 道 料	m³	7,710	148	1,141
凝 集 剤	kg	12,858	1,350	17,358
塩 化 2 鉄	kg	172,053	31	5,334
修 繕 費		—	—	1,643
手 数 料		—	—	342
原 材 料 費		—	—	195
一 般 事 務 費		—	—	1,037
総 計		—	—	43,990

表3-56(b) 汚泥焼却関係

		数 量	単価(円)	金額(千円)
人 件 費	人	1.5	3,826.150	5,738
電 気 料	KWH	622,810	18.2	11,335
水 道 料	m³	9,238	148	1,367
A 重 油	l	19,251	84.9	1,632
苛 性 ソ ー ダ	kg	50,500	82.6	4,171
一 般 事 務 費		—	—	640
総 計				24,883

2) 調査期間の汚泥焼却施設運転状況

汚泥切出機の設定値と汚泥切出量及び汚泥切出機設定値の記録を図3-15(a), 3-15(b)に示す。これによれば調査日10月27日, 28日の調査時間には, 定量的に30t/日の汚泥が供給されていることがわかる。

また多段炉の炉内温度の記録を図3-16に示す。炉内温度の記録をみれば, 汚泥の焼却状態を知ることができる。

10月27日の調査時間帯では, 燃焼段が4段炉であり, 各段の炉床とも安定に乾燥または自燃されていることがわかる。10月28日の場合にも, 前日と同様に4段目が燃焼段であるが, 午前11時30分頃から燃焼状態が悪くなっているものと思われる。これは, 本処理場の投入汚泥に加え, 含水率が高く低位発熱量も少ないF処理場の汚泥が投入されたためと思われる。

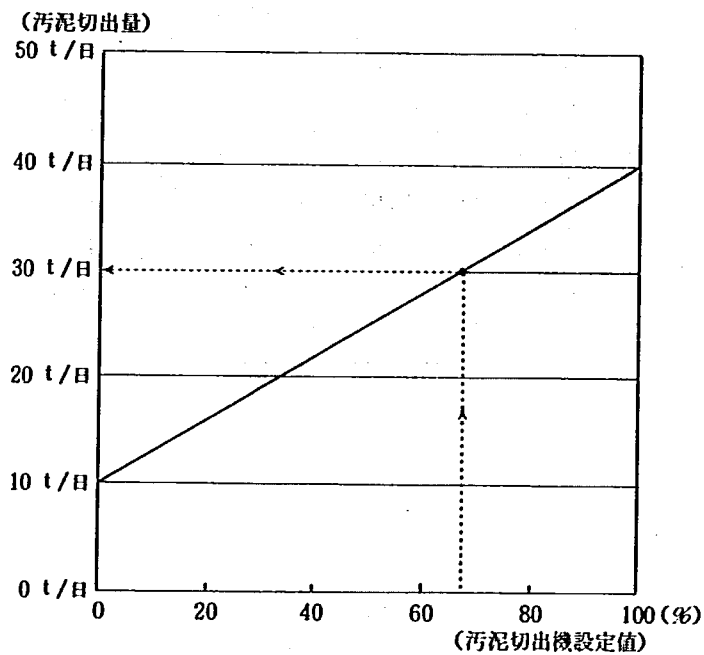


図3-15 (a) 汚泥切出量と汚泥切出機設定値との関係

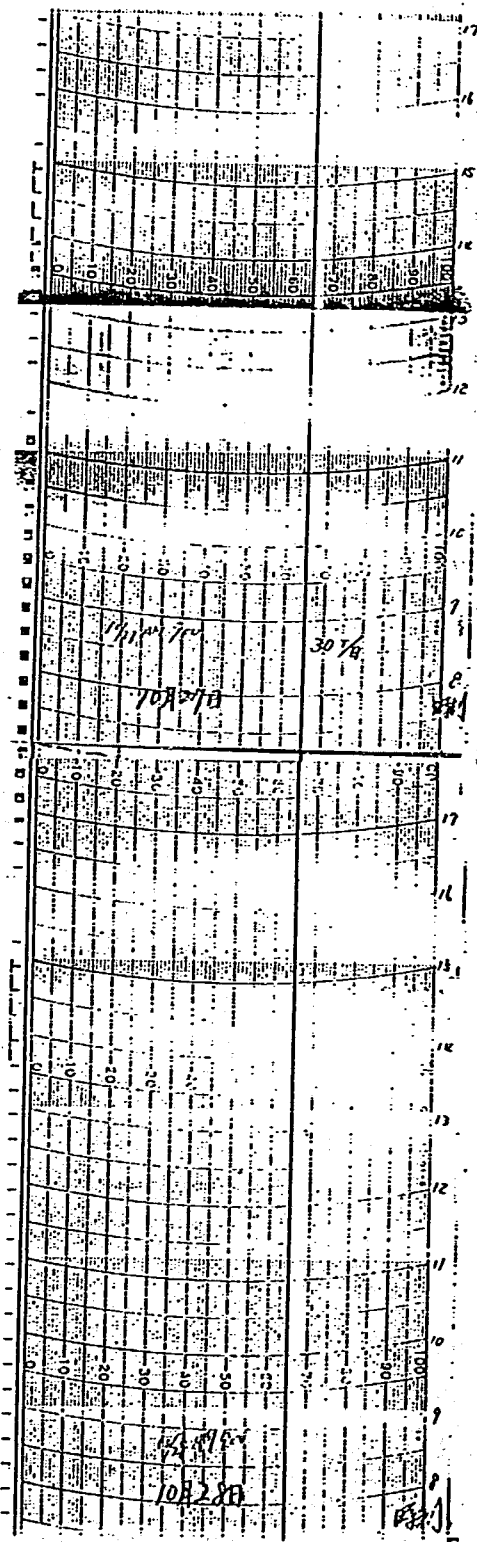


図 3-15 (b) 汗泥切出機設定値 (%) 論録

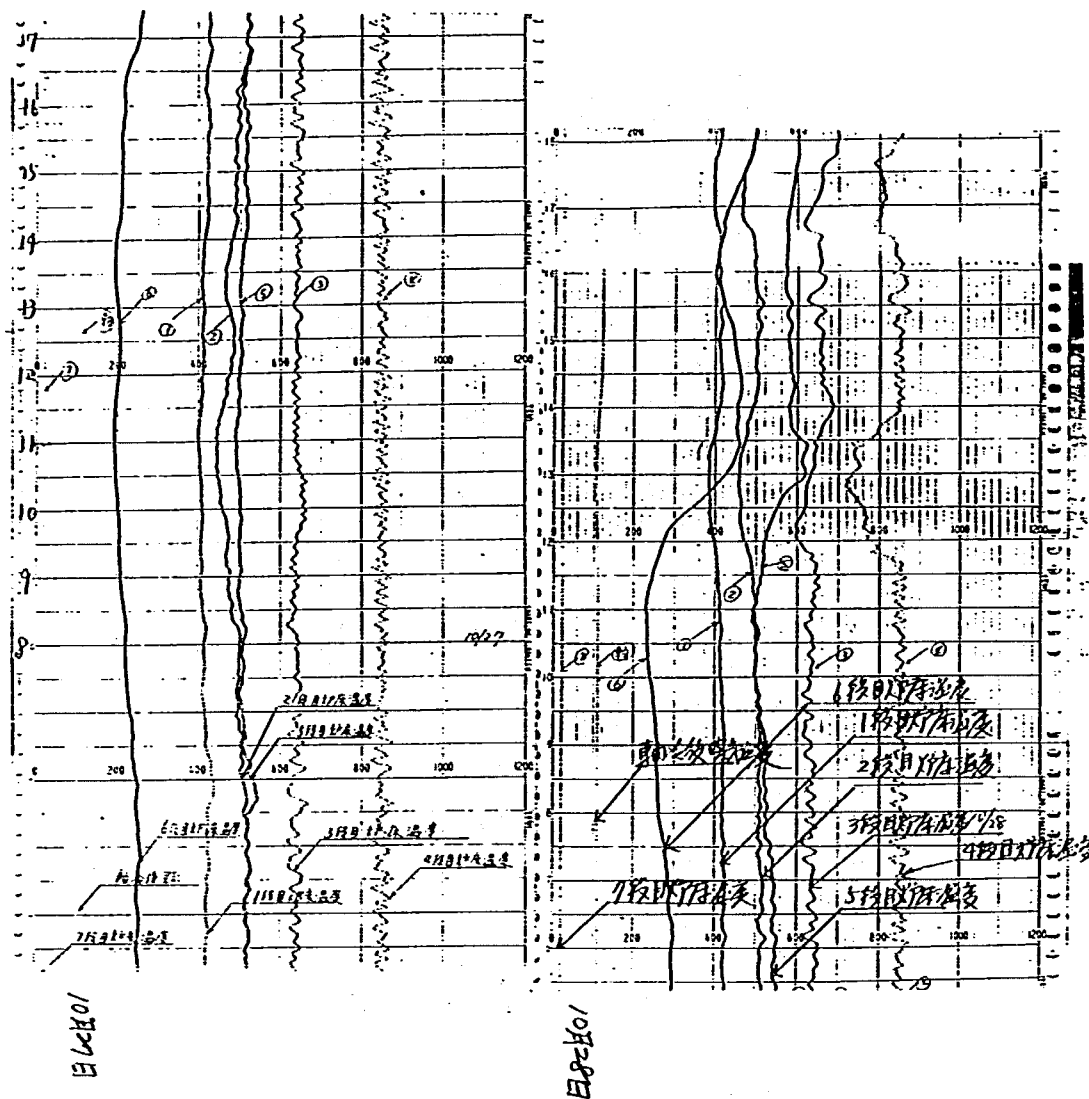


図3-16 炉内温度記録チャート

3) 測定結果

(1) 官能試験結果

T市Y下水処理場汚泥処理施設における臭気濃度測定結果を表3-63に示す。なお汚泥焼却炉排ガスの臭気濃度は、試料採取日に測定した。これは焼却排ガス中に含まれるNOが時間経過とともにNO₂となり、NO₂の閾値が30ppbと低いために翌日に臭気濃度測定を行うとNO₂によって臭気濃度が高くなるためである。翌日測定を行った結果も、参考として表中に示しておいた。また焼却排ガス以外の臭気は、濃度が高く濃度変化もほとんどないので、試料採取日の翌日に測定を行った。

表3-57 T市Y下水処理場、汚泥処理施設における臭気濃度測定結果

番号	試料採取箇所	試料採取日時	測定日時	臭気濃度		オペレータの所見		備考		
				日理センターにて 型 日 測 定 (パネル6名)	処理場にて当日測定 (パネル4〜5名)	臭気 強度	臭 目	試料採取状況	検知番値	
									CO ₂ (%)	SO ₂ (ppm)
1	汚泥濃縮槽ダクト	S57.10.28 11:17	S57.10.29 15:36	5,500		4〜5	どろ臭、し尿臭			
2	汚泥脱水機ダクト	10.28 11:30	10.29 16:00	5,500		4	腐敗臭、し尿臭			
3	し尿処理系・汚泥処理系 排ガスダクト	10.27 9:50	10.28 14:29	130,000		5	し尿臭			
4		10.28 11:32	10.29 16:15	550,000		5	し尿臭			
5	汚泥焼却排ガス (排ガスのみ)	10.27 12:20	10.27 15:15	(センターに持ち帰ったときに臭気が漏れてしまっていた)	13,000			No.6,7の試料は同一試料である。	7.8	350
6		10.28 10:20	10.28 14:10		13,000				8.3	
7		10.28 10:20	10.29 13:50	55,000		5	燃焼に伴う刺激臭+焦げ臭			
8		10.28 11:50	10.29 13:24	31,000		5	油脂の焦げたようなにおい+刺激臭		7.8	350
9	臭気捕集ガス集合ダクト (排ガス+し尿系臭気)	10.27 10:55	10.27 14:50		5,500	4〜5	燃焼に伴う刺激臭+焦げ臭	No.9,10及び11,12には同一試料である。採取ガスは非常に水分が多くバグ内にも水分が凝縮していた。	5	1>
10		10.27 10:55	10.28 16:00	7,300		5	"			
11		10.27 10:50	10.28 14:00		9,800	5	"		5	1>
12		10.28 10:50	10.29 16:40	17,000		5	"			
13	アルカリ洗浄後	10.27 10:40	10.27 15:30		13,000	5	燃焼に伴う刺激臭	No.13,14は同一試料である。	5	3
14		10.27 10:40	10.28 15:15	7,300		5	"			
15	酸洗浄後	10.27 10:34	10.27 15:50		17,000	5	"	No.15,16は同一試料である。	4.7	2
16		10.27 10:34	10.28 15:56	13,000		5	"			
17	次亜塩素酸ナトリウム 洗浄後	10.27 10:27	10.27 16:10		9,800	4〜5	"	No.17,18は同一試料である。	5	1>
18		10.27 10:27	10.28 14:10	13,000		5	"		4	1
19	電機集塵後	10.27 12:00	10.27 16:10		13,000	5	燃焼に伴う刺激臭+若干焦げ臭	No.19,20及び21,22は同一試料である。		
20		10.27 12:00	10.28 13:05	4,100		5	"			1>
21		10.28 9:40	10.28 15:30		5,500	5	"		4	1>
22		10.28 9:40	10.29 14:25	5,500		5	"			
23	汚泥焼却炉煙突	10.27 11:50	10.27 17:00	(センターに持ち帰ったときに臭気が漏れてしまっていた)	7,300	4	焦げ臭+燃焼に伴う刺激臭	No.24,45は同一試料である。	5	1>
24		10.28 10:00	10.28 14:30		4,300	4	"			1>
25		10.28 10:00	10.29 14:48	7,300		5	"			5>
26		10.28 11:54	10.29 14:12	5,500		4	"			
27	汚泥ホッパー内	10.27 11:45	10.28 13:45	130,000		5	生ごみ腐敗臭+硫化水素臭			

(2) 臭気成分測定結果

汚泥処理施設各処理工程における臭気成分測定結果を表3-58～3-65に示す。

表3-58 T市Y下水処理場汚泥処理施設における
アンモニア測定結果

試料採取場所	試料採取日時	試料採取量 (ℓ)	濃 度 (ppm)
汚 泥 濃 縮 槽 ダ ク ト	10月28日 11:20～13:30	242	0.094
汚 泥 脱 水 機 ダ ク ト	10月28日 11:00～11:30	67	0.19
し尿処理・汚泥処理系 排ガスダクト	10月28日 11:00～11:30	50	2.90
汚 泥 焼 却 排 ガ ス	10月27日 10:59～11:07	20.2	70
	10月28日 13:25～13:32	28.7	150
同 上 ア ル カ リ 洗 浄 後	10月27日	35.8	—
同 上 酸 洗 浄 後	10月27日 11:58～13:15	37.6	—
同 上 次亜塩素酸ソーダ洗浄後	10月27日 10:28～10:42	47.6	12.5
汚 泥 ホ ッ パ ー 室	10月28日 14:45～15:13	35.4	0.071

表3-59 T市Y下水処理場汚泥処理施設における
トリメチルアミン測定結果

(単位: µg)

試料採取場所	試料採取日時	試料採取量	濃 度
汚 泥 濃 縮 槽 ダ ク ト	10月28日	70	N.D. (<0.00007)
汚 泥 脱 水 機 ダ ク ト	10月28日	209	N.D. (<0.00006)
煙 道 出 口	10月27日 14:06～15:07	64	tr (0.0004)
汚 泥 焼 却 排 ガ ス	10月27日 12:00～12:25	28	0.022

表3-60 T市Y下水処理場汚泥処理施設における硫黄化合物測定結果

(単位: ppb)

試料採取場所	試料採取 日 時	硫化水素	メチルメル カプタン	硫化メチル	2-メチル 硫 化 メ チ ル
汚 泥 濃 縮 槽 ダ ク ト	10月28日 11:17	1000	710	170	52
汚 泥 脱 水 機 ダ ク ト	10月28日 11:30	390	450	360	35
し尿処理・汚泥処理系 排 ガ ス ダ ク ト	10月28日 11:32	40000	1200	1200	59
汚 泥 焼 却 排 ガ ス	10月27日 10:20	720	<15	70	250
	10月28日 11:50	1300	<15	130	390
臭気捕集ガス集合ダクト	10月27日 9:50	1700	12	21	200
	10月28日 10:50	2000	<3	<40	82
汚 泥 焼 却 排 ガ ス ア ル カ リ 洗 浄 後	10月27日 10:40	<2	<2	59	82
同 酸 洗 浄 上 後	10月27日 10:34	<2	<2	42	34
同 次亜塩素酸ソーダ洗浄後	10月27日 10:27	<2	3	78	95
同 電 気 集 塵 器 出 口	10月27日 12:00	<5	8	130	170
	10月28日 9:40	<3	<3	130	28
汚 泥 ホ ッ パ ー 室	10月27日 11:45	11000	16000	6800	1100

表 3-61 T市 Y 下水処理場汚泥処理施設の脂肪酸測定結果

(単位: ppb)

試料採取場所	試料採取日時	試料採取量(ℓ)	酢酸	プロピオン酸	イソ酪酸	n-酪酸	イソ吉草酸	n-吉草酸
汚泥焼却炉煙突出口	10月27日	100	22	1.5	<1	<1	N.D.	0.71
汚泥焼却炉排ガス 0.71	10月27日 13:31~14:37	100	98	5.7	<1	<1	<1	N.D.
脱水機室ダクト	10月28日 11:35	244	18	16	1.6	<1	2.3	3.6
汚泥焼却炉煙突出口	10月28日 9:32~10:25	100	28	4.9	N.D.	5.5	1.4	4.0
汚泥濃縮槽ダクト	10月28日 13:45	130	5.2	0.75	<1	<1	N.D.	0.23

表 3-62 T市 Y 下水処理場汚泥焼却炉排ガス中のアルデヒド類測定結果

(単位: µg)

試料採取場所	試料採取日時	試料採取量	ホルムアルデヒド	アセトアルデヒド
多段炉排ガス	10月27日 12:00~12:10	16	9.63	3.02
煙突出口	10月27日 15:07~15:38	52	0.044	1.56
多段炉排ガス	10月28日 12:18~12:32	10	10.7	5.18
煙突出口	10月28日 9:32~10:10	51	0.035	1.64

表3-63 T市Y下水処理場汚泥焼却排ガス中の
低沸点有機物測定結果

試料採取月日 10月27日

(単位: ppb)

物質名	試料採取場所	汚泥焼却排ガス	電気集塵器出口
n - ペン タ ン		—	6
1 - ペン テ ン		—	93
n - ヘ キ サ ン		—	17
1 - ヘ キ セ ン		460	81
フ ラ ン		620	88
プロピオンアルデヒド		—	290
ア セ ト ン		—	2300
イソブチルアルデヒド		340	97
エ タ ノ ー ル		2500	180
メタアクロレイン		330	69
アセトニトリル		2600	450
アクリロニトリル		860	250
2 - プ タ ノ ン		960	200
ベンゼン+1-オクテン		740	290
イソバレルアルデヒド		410	130
プロピオニトリル		150	<50
n-バレルアルデヒド		35	<10
ト ル エ ン		380	160

表4-64 T市Y下水処理場汚泥焼却排ガス中の
高沸点有機物測定結果

試料採取月日：10月27日

(単位：ppb)

物質名	試料採取箇所	汚泥焼却排ガス	電気集塵器出口
n - オ ク タ ン		36	26
エ チ ル ベ ン ゼ ン		110	64
p-キシレン +m-キシレン		100	54
n - ノ ナ ン		150	110
o - キ シ レ ン		—	—
ピ ネ ン		27	18
p-エチルトルエン +m-エチルトルエン		29	—
1.3.5-トリメチルベンゼン		—	—
n - デ カ ン		190	140
1.2.4-トリメチルベンゼン		88	60
p-ジクロロベンゼン		—	89
リ モ ネ ン		—	—
n - ウ ン デ カ ン		120	130
n - ド デ カ ン		24	25
ナ フ タ レ ン		11	11
n - ト リ デ カ ン		13	11
n - テ ト ラ デ カ ン		7.6	6.2
n - ベ ン タ デ カ ン		30	1.3
n - ヘ キ サ デ カ ン		33	0.5
n - ヘ プ タ デ カ ン		35	0.7

表3-65 T市Y下水処理場焼却炉排ガスのGC-MS分析結果

名 称	構 造	名 称	構 造
一 酸 化 窒 素	NO	テトラクロロエチレン	C ₂ Cl ₄
アセトアルデヒド	CH ₃ CHO	フルフラール	C ₆ H ₈ OCHO
ジメチルサルファイド	(CH ₃) ₂ S ₂	ニトロメタン	CH ₃ NO ₂
ア ク ロ レ ン	C ₂ H ₂ CHO	ク ロ ロ ベ ン ゼ ン	C ₆ H ₅ Cl
ア セ ト ン	(CH ₃) ₂ CO	エ チ ル ベ ン ゼ ン	C ₆ H ₅ C ₂ H ₅
イソブチルアルデヒド	(CH ₃) ₂ CHCHO	m,p-キ シ レ ン	C ₆ H ₄ (CH ₃) ₂
メチルエチルケトン	CH ₃ COC ₂ H ₅	ス チ レ ン	C ₆ H ₆
ヘ キ サ ン	C ₆ H ₁₄	o - キ シ レ ン	C ₆ H ₄ (CH ₃) ₂
イソバレールアルデヒド	(CH ₃) ₂ CH・CH ₂ CHO	イソプロピルベンゼン	C ₆ H ₅ CH(CH ₃) ₂
n-バレールアルデヒド	C ₆ H ₅ CHO	ベンズアルデヒド	C ₆ H ₅ CHO
ベ ン ゼ ン	C ₆ H ₆	m, p-エチルトルエン	CH ₃ C ₆ H ₄ C ₂ H ₅
n - ブ タ ノ ール	n-C ₄ H ₉ OH	o-エチルトルエン	CH ₃ C ₆ H ₄ C ₂ H ₅ + C ₆ H ₅ (CH ₃) ₂
ヘ ブ タ ン	C ₇ H ₁₆	+1,3,5-トリメチルベンゼン	C ₆ H ₃ (CH ₃) ₃
テトラクロロメタン	CCl ₄	1,2,4-トリメチルベンゼン	C ₁₀ H ₁₄
エチルメタクリレート	CH ₂ C(CH ₃)COOC ₂ H ₅	リ モ ネ ン	C ₆ H ₅ Cl ₂
トリクロロエチレン	C ₂ H ₂ Cl ₂	ジクロロベンゼン	n-C ₁₂ H ₂₆
メチルクロトネート	C ₆ H ₅ CO ₂ CH ₃	n - ド デ カ ン	C ₆ H ₅ Cl ₃
ト ル エ ン	C ₆ H ₅ CH ₃	トリクロロベンゼン	C ₁₀ H ₈
n - オ ク タ ン	n-C ₈ H ₁₈	ナ フ タ レ ン	C ₁₁ H ₂₄
		n - ト リ デ カ ン	

(3) 汚泥分析結果

汚泥分析結果を表3-66に示す。

表3-66 T市Y下水処理場汚泥分析結果

採 泥 場 所	濃縮槽汚泥	脱水汚泥	焼却汚泥	濃縮槽汚泥	脱水汚泥	焼却汚泥
採泥年月日	57.10.27	57.10.27	57.10.27	57.10.28	57.10.28	57.10.28
採泥時刻	9:40	10:00	10:15	10:00	10:20	11:00
外 観	灰黒色	灰黒色	褐色	灰黒色	灰黒色	褐色
臭 気	下水臭腐敗臭	下水臭腐敗臭	焦 臭	下水臭腐敗臭	下水臭腐敗臭	焦 臭
pH (測定時水温)	6.0 (22°C)	7.9 (22°C)	6.7 (22°C)	5.2 (22°C)	7.6 (22°C)	6.6 (22°C)
VS (%)	65.5	86.5	3.4	84.4	85.9	1.0
VS (mg/ℓ)	6565	86.5	3.4	84.4	85.9	1.0
T-N (mg/ℓ)	50,000	20,000	600	39,000	31,000	150
S (mg/ℓ)	2,100	540	< 2	760	370	< 2
含水率 (%)	95.8	52.3	1.0	91.7	58.2	0.9

(4) 焼却炉排ガス測定結果

焼却炉排ガス測定結果を表3-67、3-68に示す。

表3-67 T市Y下水処理場汚泥焼却排ガス測定結果

	測定項目	測定日時	
		10月27日 10:30~15:00	10月28日 11:54~14:00
ガス組成	二酸化炭素濃度 (%)	7.98	9.6
	酸素濃度 (%)	11.47	9.8
	一酸化炭素濃度 (%)	0.0	0.0
	窒素濃度 (%)	80.55	80.6
	排ガス温度 (°C)	362	360
	平均水分量 (%)	27.7	28.8
	平均流速 (m/a)	5.91	8.76
	排ガス静圧 (mmHg)	-0.186	-0.228
	湿り排ガス量 (m ³ _N /H)	4600	6800
	乾き排ガス量 (m ³ _N /H)	3360	4840
有害ガス	硫酸化物 (ppm)	563	671
	窒素酸化物 (ppm)	275	126(O ₂ 補正值)

表3-68 T市Y下水処理場汚泥焼却炉煙突出口における排ガス測定結果

	測定結果	測定日時	
		10月27日 10:30~15:00	10月28日 11:54~14:00
ガス組成	二酸化炭素濃度 (%)	3.0	1.5
	酸素濃度 (%)	18.6	18.1
	一酸化炭素濃度 (%)	0.0	0.0
	窒素濃度 (%)	78.4	80.4
	排ガス温度 (°C)	65.3	64.8
	平均水分量 (%)	4.97	4.00
	平均流速 (m/s)	9.8	10.45
	湿り排ガス量 (m ³ _N /H)	9460	10100
	乾き排ガス量 (m ³ _N /H)	8990	9700
有害ガス	硫酸化物 (ppm)	0	0
	窒素酸化物 (ppm)	337	317(O ₂ 補正值)

4) 考 察

汚泥焼却炉から排出される臭気について、官能試験法と機器分析法によって測定し、結果を表3-57～3-68に示した。

本施設の汚泥焼却炉排ガス中には、他の豎型多段炉と同じようにアセトアルデヒド、ホルムアルデヒド、プロピオンアルデヒド等のアルデヒド類及び硫化水素等の臭気物質が含まれていた。

汚泥焼却排ガスの臭気濃度は13,000であり、臭気物質の濃度とともに、一般の豎型多段炉のそれらと大差なかった。

また SO_x 、 NO_x についても同様の結果であった。しかし排ガスの風量については、燃燒空気比が 1.5 ± 0.5 程度で運転されているので、一般の豎型多段炉 (燃燒空気比 3 ± 0.5) に比べ約 $1/2$ 程度少なくなっている。脱臭装置の建設費、維持管理費は、排ガス風量の大小に対応するので、排ガス対策等費は安価になるものと判断された。

焼却排ガスについては、臨接のし尿処理場からの臭気と脱水設備等の臭気とともに集合され、アルカリ洗浄塔、酸洗浄塔、次亜塩素酸ソーダ洗浄塔で脱臭される。さらに排ガスは、湿式電気集じん機で除じんされ、軸冷空気と混合されて排出されている。薬液洗浄装置の脱臭効果を薬液洗浄前後の臭気濃度でみると、それら臭気濃度は、脱臭前5,500、脱臭後9,800であった。これは排ガスの臭気は、主としてアルデヒド類と関係深いものと思われ、アルデヒド類の除去には酸、アルカリ、次亜塩素酸ソーダによる洗浄が不向きであることを示唆していた。

4. 下水処理施設の臭気排出状況

4.1 はじめに

昭和51年度より「臭気と脱臭方法に関する調査」を開始し、現在までに21ヶ所の下水処理場を対象として、水処理、汚泥処理の各工程から発する臭気について調査を実施した。

そこで臭気の排出状況を把握するために、処理工程、処理方式等の区分別に調査データを集計した。

結果を以下に述べる。

4.2 調査方法

4.2.1 調査下水処理場の下水、汚泥処理方式

調査対象下水処理場の下水汚泥処理方式を表4-1に示す。

水処理方式は、標準活性汚泥法が10ヶ所と最も多く、ついでステップエアレーション法7ヶ所、回転円板法2ヶ所及び超深層曝気法、高速エアレーショ沈殿法、純酸素曝気法が各1ヶ所であった。また汚泥処理方式は、嫌気性消化方式10ヶ所、生汚泥脱水方式5ヶ所、熱処理方式2ヶ所であった。

脱水方式は、真空脱水方式11ヶ所、加圧脱水方式4ヶ所、ベルトプレス方式2ヶ所であった。

汚泥乾燥焼却方式は、堅型多段炉4ヶ所、流動燃焼炉1ヶ所、天日乾燥床2ヶ所であった。

4.2.2 臭気調査方法

臭気調査方法は、3.2を参照されたい。

4.3 調査結果及び考察

調査結果を測定値のレンジ、平均値、幾何平均値及び標準偏差として、表4-2にまとめた。以下、処理工程別に結果の考察を行う。

(1) 沈砂池

沈砂池臭気の臭気濃度は、幾何平均値で192であり、硫化水素、メチルメルカプタンが沈砂池臭気と関係深いものと思われる。

(2) 前エアレーションタンク

本槽では、生下水をエアレーションしているので、活性汚泥の入った曝気槽に比べ悪臭物質の濃度及び臭気濃度は高かった。

(3) 最初沈殿池

し尿脱離液の流入する最初沈殿池については、硫化水素、メチルメルカプタンの濃度がし尿脱離液の入らないそれに比べ10倍程度高いことがわかり、臭気濃度についても同傾向にあった。浜松市中部下水処理場では、当初し尿脱離液を沈砂池に入れていたが、悪臭対策のため、エアレーションタンクに脱離液を入れることによって悪臭をなくしているので、このような対策については今後検討する余地がある。

また最初沈殿池のオーバーフロー部では、水が攪拌されたことになるので、臭気濃度、硫化水素、メチルメルカプタンの濃度が高くなることがわかった。

(4) エアレーションタンク

エアレーションタンクについては、流入部が、中間流出部に比べ硫化水素、メチルメルカプタン等の硫黄化合物濃度ならびに臭気濃度が数倍高くなっていた。

処理方式については、標準活性汚泥法とステップエアレーション法とも同程度の臭気濃度及び物質濃度であった。

(5) 汚泥濃縮槽

汚泥濃縮槽については、夏期の臭気濃度と硫化水素、メチルメルカプタンの濃度がその他の季節のそれらに比べ数10倍高かった。

汚泥の腐敗は、水温が高くなると昂進するものと思われる。

(6) 汚泥洗浄槽

汚泥洗浄槽の臭気濃度及び硫黄化合物の濃度は、汚泥濃縮槽のそれらに比べると数10倍低かった。

(7) 脱水機

生汚泥脱水方式に比べ、消化汚泥脱水方式の臭気濃度、硫化水素、メチルメルカプタン等の硫黄化合物、低級脂肪酸の濃度も低かった。しかし塩素性物質のアンモニア、トリメチルアミンについては、消化汚泥脱水方式の濃度が生汚泥脱水方式に比べ高かった。これは、消化汚泥脱水方式の場合、凝集剤として消石灰、塩化第2鉄を使用することが多いので汚泥のpHがアルカリ性となり、塩基性物質が発生しやすくなるためである。

(8) 焼却炉

多段炉焼却排ガスの臭気濃度及び物質濃度は、流動焼却炉のそれらに比べ高かった。

流動焼却炉は、蓄熱量が大きく、流動層の攪拌効果も良いために悪臭物質は分解し発生量も少くなるものと思われる。

流動焼却炉の排ガスの臭気濃度は幾何平均値で267と低く、特に脱臭装置を設置する必要

表 4-1 調査下水処理場の下水、汚泥処理方式

処理場名	処理能力 (m^3)	除砂設備	沈砂方式	水処理方式	汚泥処理方式
福岡中部	350,000 (生し尿 62,640/年)	スクリュウコンベ ア+サイドポンプ	重 力	標準活性汚泥法	沈降濃縮—嫌気性消化—洗浄—真空脱水 —加圧脱水(消石灰、塩化第2鉄)
〃 東部	50,000	バケットコンベア	〃	〃	沈降濃縮—嫌気性消化—洗浄—加圧脱水(消石灰、塩化第2鉄)
横浜中部	84,240	T型バケットエレ ベーター	〃	〃	沈降濃縮—嫌気性消化—洗浄—真空脱水(塩化第2鉄、カーバイトスラリー)
〃 南部	304,200 (生し尿 64,070/年)	ミーグ式	〃	〃	沈降濃縮—嫌気性消化—洗浄—真空脱水(塩化第2鉄、カーバイトスラリー)—回転乾燥焼却炉(水洗) —遠心分離(高分子凝集剤、塩化第2鉄、炭酸カルシウム)
藤沢南部	64,000 (し尿脱離液)	バケットコンベア	〃	ステップエア レーション法	沈降濃縮—熱処理—フィルタープレス—回転乾燥(サイクロン) 施回気流炉
川崎生田	3,300	人力サンドポンプ	〃	高速エアレー ション法 酸素活性汚泥法	沈降濃縮
垂 水	54,720	バケットコンベア	曝気沈降	標準活性汚泥法	沈降濃縮—真空脱水(ベルトプレス)(消石灰、塩化第2鉄) —遠心分離(高分子凝集剤)
江 波	90,000	〃	重 力	ステップエア レーション法	沈降濃縮—真空脱水(消石灰、塩化第2鉄)—堅型多段炉(アルカリ)
豊 平 川	96,000	バケットコンベア フライト運搬機etc	〃	標準活性汚泥法	沈降濃縮—熱処理—加圧脱水—階段式移動床焼却炉(サイクロン)
浜松中部	178,560 (生し尿 109,000/年)	バケットコンベア	〃	ステップエア レーション法	沈降濃縮—嫌気性消化—洗浄—真空脱水—堅型多段炉(サイクロン) (ベルト) (消石灰、塩化第2鉄) —回転乾燥焼却炉
遠 州 浜	6,750	人力	〃	標準活性汚泥法 (機械エアレー ション法)	沈降濃縮—好気性消化
岡崎八帖	16,000	回転式揚上げ機 人力	重 力	高速散水ろ床 回転円板	沈降濃縮—嫌気性消化—洗浄—遠心分離(高分子凝集剤)
沼名川原田	166,900	グラブ式	〃	ステップエア レーション法	沈降濃縮—嫌気性消化—洗浄—真空脱水—堅型多段炉(水、アルカリ、EP) (ベルト) (消石灰、塩化第2鉄)
北多摩1号	135,500	〃	〃	〃	沈降濃縮—(熱処理)—ベルトプレス—流動層焼却炉(サイクロン、EP、水) (高分子凝集剤)
小 台	358,000	バケットコンベア	〃	〃	沈降濃縮—嫌気性消化—洗浄—真空脱水—堅型多段炉(水、アルカリ) (オリバ、ベルト)
高岡四谷	71,000 (生し尿 78,190/年)	〃	〃	〃	沈降濃縮—ベルトプレス(高分子凝集剤)—堅型多段炉
旭 西	150,000	バケットコンベア 走行サンドポンプ	〃	標準活性汚泥法	沈降濃縮—嫌気性消化—洗浄—真空脱水(消石灰、硫酸第1鉄)
伏古川	61,000	バケットコンベア	〃	〃	沈降濃縮—真空脱水(消石灰、塩化第2鉄)
広 島	33,000	〃	〃	〃	沈降濃縮—嫌気性消化—洗浄—真空脱水(消石灰、塩化第2鉄)—汚泥乾燥 (ロータリーキルン)
高 根	1,226	〃	〃	オキシダシ ョンディッチ	二階タンク槽消化—天日乾燥
豊 南	1,830	〃	〃	回転円板法 長時間曝気法	二階タンク槽消化—天日乾燥

はないものかと思われる。

(物質濃度の単位：ppb)

処理工程	処理方式区分	統計処理内容	臭気濃度	硫化水素	メチルメルカプタン	硫化メチル	二硫化メチル	アンモニア	トリメチルアミン	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	全体	平均値	192	151.8	5.3	1.6	0.9	132	0.9	3.1	1.2	0.7	0.9			
		幾何平均値		268.3	4.7	1.2	1.0	83	0.5	2.0	2.6	0.9	1.2			
		標準偏差		14~2300	2~1120	1~18	ND~4	ND~4	26~334	0.4~1.4	ND~6.5	ND~10	ND~3.8	ND~4.8	ND~0.4	ND~0.4
		試験料数		21	19	19	19	19	16	2	13	13	13	13	13	13
最初沈殿池	全体	平均値	236	815.2	37.6	12.1	5.0	204	0.2	3.3	0.35	1.1	0.3			
		幾何平均値		2172.3	86.0	20.2	12.7	162	0	2.7	0.24	1.1	0.3			
		標準偏差		31~13000	2~8700	0.9~300	ND~76	Tr.~60	10~625	—	Tr~7.7	ND~0.5	<0.2~3.8	ND~1.1	ND~0.3	ND~0.7
		試験料数		20	21	21	21	21	14	1	11	11	11	11	11	11
	(a) 尿投入無	平均値	128	54.2	6.4	2.8	1.5	222		4.5	0.3	0.8	0.1			
		幾何平均値		57.7	5.6	3.3	1.1	192	—	2.1	0.1	0.7	0.1	—	—	
		標準偏差		31~550	<2~173	0.9~16	ND~10	<1~2	10~625	—	1.4~7.7	0.1~0.5	<0.2~2	ND~0.25	ND~0.2	ND~0.1
		試験料数		13	13	13	13	13	7	0	7	7	7	7	7	7
	(b) 尿投入有 尿脱離液	平均値	730	2052.0	88.2	26.5	10.6	185	0.2	0.9		1.6	0.5			
		幾何平均値		3148.1	123.4	26.6	19.1	121	0	0.8	—	1.5	0.4	—	—	
		標準偏差		98~13000	28~8700	1~300	1~76	<0.1~60	32~350	—	Tr~2	ND~3	0.2~3.8	0.1~1.1	ND~0.3	Tr~0.7
		試験料数		7	8	8	8	8	9	1	4	4	4	4	4	4
	(c) オーバーフロー (部)流出部	平均値	591	2256.5	82.8	16.5	16.0									
		幾何平均値		3726.6	125.5	16.9	25.4	—	—	—	—	—	—	—	—	
		標準偏差		98~4100	16~8700	5~300	1~45	<1~<60	—	—	—	—	—	—	—	
		試験料数		4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0

表 4-2 のつづき 下水処理場の各処理工程における臭気測定値

(物質濃度の単位: ppb)

処理工程	処理の 方式分	統計処理 内容	臭気濃度	硫化水素	メチルメル カブタン	硫化 メチル	二硫化 メチル	アンモニア	トリメチル アミン	酢酸	プロピ オン酸	イソ酪酸	n-酪酸	イソ- 古草酸	n-古草酸
エアレーションタンク	全体	平均値 幾何平均値 標準偏差 レンジ 試料数	179 23~7300 50	24.1 ND~500 48	13.5 ND~158 48	17.3 <1~160 48	6.6 ND~120 48	172 3~898 34	0.1 0.05~0.2 7	2.7 0.7~11.9 26	0.2 0.04~0.9 26	0.7 0.03~1.6 26	0.4 0.05~2.6 26	ND~0.3 26	ND~0.3 26
	(a) 中間・ 流出部	平均値 幾何平均値 標準偏差 レンジ 試料数	121 41~410 30	4.8 10.3 ND~56 28	5.9 20.8 Tr~113.6 28	5.3 9.7 0.5~40.7 28	1.6 2.3 ND~12.7 28	179 191 3~898 20	0.1 0.1 0.05~0.2 5	2.7 2.7 ND~11.9 16	0.2 0.2 0.04~0.9 16	0.7 0.5 ND~1.5 16	0.4 0.7 ND~2.6 16	ND~0.3 16	ND~0.3 16
	(b) 流入部	平均値 幾何平均値 標準偏差 レンジ 試料数	447 55~1700 10	77.7 144.9 0.3~500 11	35.0 55.1 1~158 11	33.1 38.2 1~130 11	7.8 8.4 0.5~30 11	175 83 97~337 6	0.05 0 — 2	2.4 0.1 2.3~2.4 3	0.2 0.1 0.1~0.2 3	0.5 0.3 0.3~0.9 3	0.2 0.1 0.1~0.3 3	ND~0.1 3	ND~0.1 3
	(c) ショーン 高速エアレ ーション沈 殿池	平均値 幾何平均値 標準偏差 レンジ 試料数	230 — 1	5.5 0 — 1	3.3 0 — 1	26.0 0 — 1	1.0 0 — 1	153 0 — 0	— — — 1	3.2 0 — 1	0.3 0 — 1	0.3 0 — 1	0.2 0 — 1	— — — 1	— — — 1
	(d) 酸素曝 気法	平均値 幾何平均値 標準偏差 レンジ 試料数	3523 1700~7300 2	50.0 40.0 <10~90 2	33.0 17.0 16~50 2	132.0 28.0 104~160 2	88.0 32.0 56~120 2	124 73 51~196 2	— — — 0	3.0 2.1 0.9~5.0 2	0.3 0.2 0.1~0.4 2	0.1 0 — 2	0.1 0 — 2	N.D. 2	N.D. 2

表4-2のつづき 下水処理場の各処理工程における臭気測定値

(物質濃度の単位: ppb)

処理工程	処理の区分	統計処理内容	臭気濃度	硫化水素	メチルメルカプタン	硫化メチル	二硫化メチル	アンモニア	トリメチルアミン	酢酸	プロピオン酸	イソ-酪酸	n-酪酸	イソ-吉草酸	n-吉草酸
エプレーションタンク	(a) 超深層曝気法	平均値 幾何平均値 標準偏差 レンジ 試料数	48 31~73 2	3.0 0 — 1	1.0 0 — 1	<1.0 0 — 1	<1.0 0 — 1	53 21 32~74 2	— — — 0	6.5 0 — 1	0.6 0 — 1	0.3 0 — 1	0.2 0 — 1	0.06 0 — 1	0.06 0 — 1
	(c) 回転式曝気法	平均値 幾何平均値 標準偏差 レンジ 試料数	78 23~170 4	1.6 0.7 <0.4~2 4	1.1 0.2 1~1.4 4	4.4 5.6 0.5~14 4	1.8 1.6 0.5~4.6 4	61 6 55~66 2	— — — 0	1.2 0.4 0.86~1.7 3	0.2 0.1 0.11~0.39 3	1.1 0.6 0.3~1.6 3	ND~0.12 3	<0.4 0.4 <0.1~<1 3	<0.4 0.4 <0.1~<1 3
	(d) ステーションエプ法	平均値 幾何平均値 標準偏差 レンジ 試料数	180 390 31~1700 19	11.9 27.4 <1~120 19	15.5 31.5 <1~113.6 19	14.2 21.7 0.5~64 19	4.2 7.1 0.05~30 19	279 230 32~898 10	— — — 0	2.3 1.8 ND~2.7 9	0.2 0.1 0.04~0.6 9	0.3 0.3 ND~0.9 9	0.1 0.1 0.05~0.3 9	— — ND~0.06 9	— — ND~0.06 9
	標準活性汚泥法	平均値 幾何平均値 標準偏差 レンジ 試料数	159 41~1700 25	32.5 103.8 ND~500 24	16.9 39.7 Tr~158 24	13.4 27.0 1~130 24	2.9 3.8 ND~12.7 24	115 67 3~320 24	0.1 0.1 0.05~0.2 16	3.5 3.2 0.7~11.9 7	0.2 0.2 Tr(±0.06) ~0.9 10	0.8 0.6 0.1~1.5 10	0.6 0.8 ND~2.6 10	ND~0.3 10	ND~0.3 10
汚泥濃縮槽	全体	平均値 幾何平均値 標準偏差 レンジ 試料数	5356 230~23000 13	10490.6 19408.0 Tr~65400 14	422.0 830.5 ND~3200 14	38.6 57.8 ND(<1) ~170 14	12.4 18.4 ND~60 14	271 256 39~852 14	0.07 0 — 1	8.2 14.2 ND~52.7 11	3.6 9.0 ND~31.7 11	1.7 2.0 ND~6.5 11	2.4 6.4 0.11~22.5 11	— — ND~7.3 11	— — ND~7.1 11

表4-2のつづき 下水処理場の各処理工程における臭気測定値

(物質濃度の単位: ppb)

処理工程	処理方式区分	統計処理内容	臭気濃度	硫化水素	メチルメルカプタン	硫化メチル	二硫化メチル	アンモニア	トリメチルアミン	酢酸	プロピオン酸	イソ-酪酸	n-酪酸	イソ-吉草酸	n-吉草酸
汚泥濃縮槽	(a)夏季	平均値 幾何平均値 標準偏差 レンジ 試料数	35630 9800~23000 4	19025.0 16433.3 500~44000 4	1122.8 1269.2 ND~3200 4	48.8 50.2 ND~130 4	20.3 23.2 ND~60 4	490 172 335~780 4	— — 0	5.5 2.3 2.2~7.7 4	1.2 0.9 0.3~1.7 4	1.2 0.7 0.4~1.8 4	0.4 0.1 0.2~0.6 4	ND~0.2 4	ND~0.1 4
	(b)春秋冬季	平均値 幾何平均値 標準偏差 レンジ 試料数	2307 230~31000 9	7752.0 20396.7 Tr~65400 9	78.6 107.3 Tr~328 9	19.3 32.4 ND~96 9	4.6 4.7 ND~15 9	194 241 39~852 9	— — 0	10.5 18.9 ND~52.7 6	5.6 11.6 0.1~31.7 6	2.2 2.6 ND~6.5 6	4.0 8.3 0.2~22.5 6	ND~7.3 6	ND~7.1 6
汚泥洗浄槽	全体	平均値 幾何平均値 標準偏差 レンジ 試料数	124 <10~980 6	39.8 53.7 3~155 6	3.8 2.2 ND~6 6	2.5 2.9 ND~8.9 6	0.9 0.6 — 6	366.8 259.5 85~800 5	12.0 11.8 0.2~23.7 2	2.7 1.9 ND~5.8 4	0.3 0.2 0.1~0.62 4	— — ND~0.2 4	0.4 0.5 Tr(≦0.08) ~1.2 4	ND~0.1 4	ND~0.2 4
脱水機	全体	平均値 幾何平均値 標準偏差 レンジ 試料数	95 <10~13000 12	660.7 1387.0 ND(<0.1) ~3900 12	247.8 470.6 ND~1400 12	40.0 98.2 ND(<0.1) ~360 12	44.0 102.0 ND(<0.1) ~350 12	2461 3570 61~12000 11	0.5 0.6 ND~1.6 4	5.6 5.2 Tr~18 9	2.5 5.0 0.29~16 9	0.8 0.7 0.57~22 9	0.5 0.6 0.09~2.1 9	ND~6.9 9	ND~5.1 9
	(a)汚泥が良好で脱水機	平均値 幾何平均値 標準偏差 レンジ 試料数	7326 5500~13000 3	2630.0 1588.6 390~3900 3	986.7 397.5 450~1400 3	153.3 146.4 ND40~360 3	173.3 139.1 ND(<0.1) ~360 3	134 54 69~190 3	0.2 0.1 ND(<0.06) ~0.3 2	13.7 4.4 9.3~18 2	10.3 5.7 4.6~16 2	1.9 0.3 1.6~2.2 2	1.6 0.6 ND(<1) ~2.1 2	4.6 2.3 2.3~6.9 2	4.4 0.8 3.6~5.1 2

表4-2のつづき 下水処理場の各処理工程における臭気測定値

(物質濃度の単位: ppb)

処理工程	処理方式	統計処理内容	臭気濃度	硫化水素	メチルメルカプタン	硫化メチル	二硫化メチル	アンモニア	トリメチルアミン	酢酸	プロピオン酸	イソ-酪酸	n-酪酸	イソ-吉草酸	n-吉草酸
脱水機	(b) 消化汚泥脱水	平均値	22	4.2	1.5	2.2	0.9	3334	0.9	3.3	0.3	0.5	0.2		
		幾何平均値													
汚泥焼却炉	(a) 多段炉排ガス	標準偏差													
		レンジ													
前アレーション槽	全体	試料数	<10~310 9	ND(<0.1) 7	0.6~5 9	ND(<0.1) 11	ND(<0.1) 11	308~12000 8	0.2~1.6 2	Tr~7.5 7	0.1~0.6 7	ND~0.57 7	0.09~0.6 7	ND~0.1 7	ND~0.2 7
		平均値	3262	143.5	9.3	52.5	101.9	33680	40.4	22.8	1.3	0.4	0.3		
前アレーション槽	(b) 流動床炉排ガス	幾何平均値													
		標準偏差													
前アレーション槽	全体	レンジ	130~55000	ND~1300	ND(<1) ~40	ND(<1) ~130	ND~410	88~150000	1~85	ND~79.4	ND~3.5	Tr(≒0.1) ~0.57	0.05~0.3	ND~0.7	ND~0.12
		試料数	15	15	13	13	15	11	4	4	4	4	4	4	4
前アレーション槽	(a) 多段炉排ガス	平均値	16190	509.5	10.5	54.0	165.3	80023	53.5	98	5.7	1	1		
		幾何平均値													
前アレーション槽	(b) 流動床炉排ガス	標準偏差													
		レンジ	3100~55000	ND(<10) ~1300	5.3 2~15	50.7 6~130	162.6 ND~390	53823 1090~150000	31.5 22~85	0 —	0 —	0 —	0 —	— —	— —
前アレーション槽	全体	試料数	4	4	4	4	4	4	2	1	1	1	1	1	1
		平均値	267	2.0	1	1	205.5	18050	37.2	1.6	0.2	0.3	0.08		
前アレーション槽	(b) 流動床炉排ガス	幾何平均値													
		標準偏差													
前アレーション槽	全体	レンジ	130~550	ND(<1) ~Tr(3)	0 —	0 —	204.5 Tr(≒1) ~410	16950 1100~35000	37.1 1~74.2	0.6 ND~2.2	0.2 ND~0.3	0.2 Tr(0.1) ~0.57	0.03 0.05~0.1	— ND~Tr(≒0.05)	—
		試料数	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
前アレーション槽	全体	平均値	2306	862.3	67.0	23.6	3.5	1435		2.5	1.1	1.2			
		幾何平均値													
前アレーション槽	全体	標準偏差													
		レンジ	730~7300	63~2400	26~140	6~36.9	1~6	24~4150		1.1~3.4	0.4~2	ND~1.7	Tr~0.5	ND~0.2	Tr~0.2
		試料数	3	3	3	3	3	3	1	3	3	3	3	3	3

5. 臭気捕集実験

5.1 実験の目的

下水処理等の下水処理施設から発生する臭気は、作業環境および施設周辺の生活環境に大きな影響を与えており、十分な効果を有し、しかも安価な費用で行える臭気対策が待望されている。本実験は有効な臭気対策をめざす基礎的な実験として、臭気が汚水から放散する現象を量的な面から解明することを目的としている。

今年度は開水路における悪臭物質の放散速度と酸素の溶解速度を比較し、水の流速、換気量に関する相関を調査した。

5.2 実験の概要

5.2.1 1重覆蓋の実験

1重覆蓋の臭気捕集実験のモデルを図5-1に示す。この実験では、硫黄化合物と酸素の液体境膜における移動係数を以下の内容について調査した。

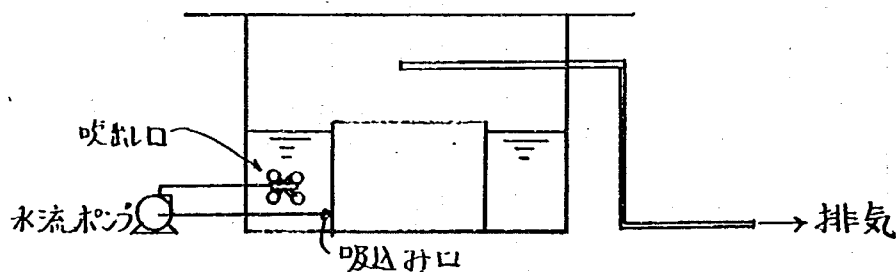


図5-1 1重覆蓋実験のモデル

- (1) 水の流速 U と移動係数 K_{Ly} が $K_{Ly} \propto U^{0.8}$ の相関にあることを確認する。
- (2) 硫黄化合物と酸素の移動係数の比について理論式 $\left[\frac{K_{Ly}}{K_{Lz}} = \left(\frac{V_{Cz}}{V_{Cy}} \right)^{0.3144} \right]$ と実験値とを比較検討する。ここで V_c は圧力、温度をいくら上昇させても液体として存在できない体積として定義される臨界体積を示す。
- (3) 1重覆蓋内の換気量が硫黄化合物および酸素の移動係数に与える影響について調べる。

なお、上記の硫黄化合物は(1)、(2)については二硫化炭素を、(3)については二硫化炭素、硫化水素、メチルメルカプタン、硫化メチル、二硫化メチルを用いる。

5.2.2 2重覆蓋の実験

2重覆蓋の実験モデルを図5-2に示す。この実験では二硫化炭素と酸素の液体境膜における移動数が2重覆蓋内の換気量によってどのように影響されるかを調査した。

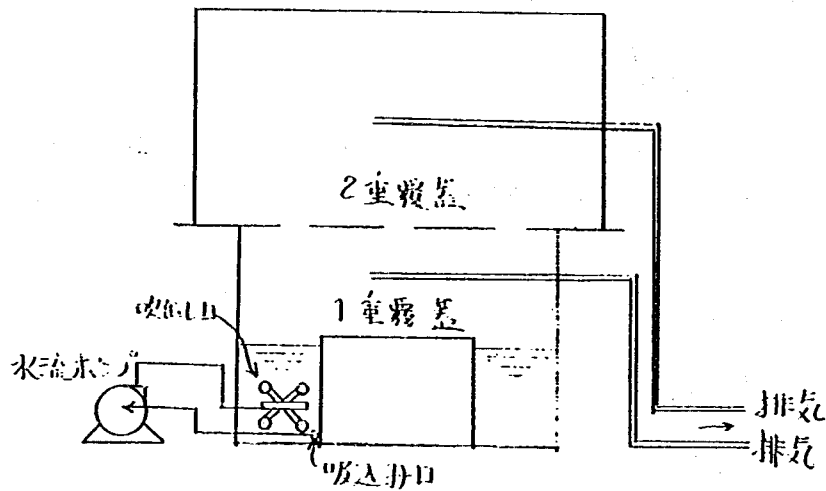


図5-2 2重覆蓋実験のモデル

5.2.3 放散の基本式

(1) 放散の基本式

吸収と放散は逆方向の現象として、その理論的機構については同じ取扱いができる。

すなわち、気相と液相との界面付近においてその両側に乱れない薄い境膜が存在するため、物質はこの両境膜内を分子拡散によって移動しなければならない。そしてこの境膜は拡散に対して大きな抵抗を示すため、この部分の拡散速度は非常におそい。これを2重境膜説といい、図5-3の P_i と C_i は気液平衡にある。

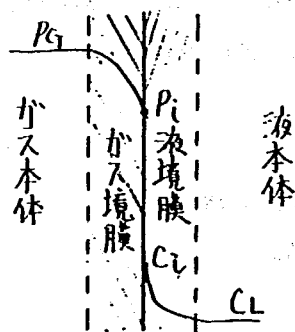


図5-3 2重境膜説のモデル

物質yの放散量 m_y は次式で表わされる。 K_{oy} はガス

$$m_y = K_{oy} \cdot A (C_{Ly} - P_y/H_y) \quad (5.1)$$

境膜と液境膜の抵抗の和であり、次式の関係にある。

$$\frac{1}{K_{oy}} = \frac{1}{K_{Ly}} + \frac{[RT]}{[H_y^* \cdot K_{cy}]} \quad (5.2)$$

H_y^* が $1.6 \times 10^{-4} \text{ atm} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$ 以上の物質では (5.2式) の第2頁目が無視でき、液境膜の抵抗が律速となる。また、 P_y が無視できるほど小さいとすると、(5.1) 式は、次のようになる。

$$m_y = K_{Ly} \cdot A \cdot C_{Ly} \quad (5.3)$$

$$m_y = \frac{-d(C_{Ly})}{dt} \cdot V \text{ であるから,}$$

$$\frac{[C_{Ly}]_t}{[C_{Ly}]_0} = \exp, [-K_{Ly} \cdot \frac{A}{V} \cdot t] \quad (5.4)$$

(2) 移動係数 $\cdot K_L$

移動係数 $\cdot K_L$ を求める式として村上の式を用いる。

$$K_L = C' \cdot \frac{g^{\frac{3}{8}} \cdot \rho^{\frac{1}{2}} \cdot \nu^{\frac{3}{8}} \cdot D_L^{\frac{1}{2}} \cdot n^{\frac{3}{4}}}{\sigma} \cdot \frac{U^{\frac{9}{8}}}{R'^{\frac{1}{2}}} \quad (5.5)$$

(3) 分子拡散係数 D_L

分子拡散係数の推定式のひとつに次の式がある。

$$D_L = 7.4 \times 10^{-12} \cdot \frac{T \cdot (xM)^{\frac{1}{2}}}{\mu \cdot V_y^{0.6}} \quad (5.6)$$

(4) 放散量の推定

(5.5) 式の右辺のうち、 D_L 以外は溶媒と水理学的条件により決定されるので、これらが同一条件であれば、物質 y, Z の移動係数の比 ($\beta_{y,z}$) は、(5.7) 式で表わされる。

$$\beta_{y,z} = \frac{K_{Ly}}{K_{Lz}} = \left(\frac{D_{Ly}}{D_{Lz}} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (5.7)$$

また、(5.6) 式の右辺の V_y 以外は溶媒によって決まる値であるから、物質 y, Z の分子拡散係数の比は次のようになる。

$$\frac{D_{Ly}}{D_{Lz}} = \left(\frac{V_z}{V_y} \right)^{0.6} \quad (5.8)$$

(5.7) 式、(5.8) 式より物質 y, Z の移動係数の比 ($\beta_{y,z}$) は、

$$\beta_{y,z} = \frac{K_{Ly}}{K_{Lz}} = \left(\frac{D_{Ly}}{D_{Lz}} \right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{V_z}{V_y} \right)^{0.3} \quad (5.9)$$

通常の沸点における体積 V は臨界体積 V_c と次に示す関係がある。

$$V = 0.285 (V_c)^{1.013} \quad (5.10)$$

(5.9) 式に (5.10) 式を代入すると

$$\beta_{y,z} = \frac{K_{Ly}}{K_{Lz}} = \left(\frac{V_{cz}}{V_{cy}} \right)^{0.3144} \quad (5.11)$$

したがって、水理構造物のガス境膜が無視できる物質 Z の K_{Lz} がわかっている場合、 Z と放散量を求めようとする物質の V , V_c を知ることによって、 K_{Ly} は求められる。酸素は水に難溶性でガス境膜の抵抗は無視でき、酸素の移動については良く研究され、酸素の測定が容易なことから、物質 Z として酸素を用いることは実用性が大きい。

記 号

C'	: 定数	T	: 絶対温度 [°K]
C_{Ly}	: y の液中濃度 (g/m ³)	V	: 溶質の通常の沸点における体積 (cm ³ /mole)
$(C_{Ly})_0$	: C_{Ly} の初期値 (g/m ³)		
$(C_{Ly})_t$	: t 時間後の C_{Ly} の値 (g/m ³)	$\beta_{y,z}$	: y, Z の移動係数の比
H_y	: y のヘンリー一定数 (atm · m ³ /g)	ρ	: 密度 (kg/m ³)
H_y^*	: y のヘンリー一定数 (atm · m ³ /mol)	σ	: 表面張力 (kg/Sec ²)
K_{cy}	: y のガス境舎の移動係数 (m/hr)	ν	: 動粘性係数 (m ² /sec)
K_{Ly}	: y の液境膜の移動係数 (m/hr)	V_c	: 臨界体積
K_{oy}	: y の総括移動係数 (m/hr)	U	: 平均流速 (m/sec)
my	: y の放散量 (g/hr)	X	: 溶媒によってきまる係数
R	: 気体定数 $8.2 \times 10^{-5} \text{ m}^3 \cdot \text{atm/mol} \cdot ^\circ\text{K}$	t	: 時間 (hr)
R'	: 径深 (m)	A	: 気液境膜の面積 (m ²)
g	: 重力加速度 9.8 m/sec^2	P_y	: y の気体中の分圧 (atm)
n	: マニングの粗度係数 (m ² /sec)		
M	: 溶媒の分子量		

5.3 実験方法

5.3.1 1重覆蓋の実験方法

1重覆蓋実験のフローシートを図5-4に、装置図を図5-5に示す。装置は外径734mm,

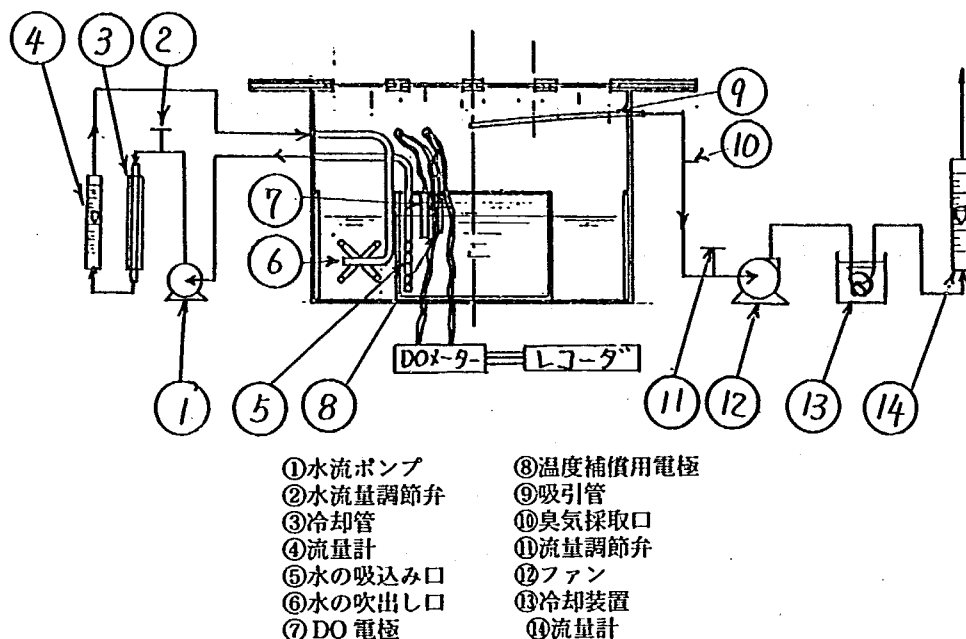


図5-4 1重覆蓋の実験フローシート

内径370mmのドーナツ型の水路に深さ20cmまで水を満し、ポンプで水流をつくる機構である。

実験手順は、装置、機器設置後、水深30cm、水温21°Cに調整し、水流ポンプおよびファンを調節弁でそれぞれの流量に設定する。次に塩化コバルト0.5ppm、亜硫酸ナトリウムを加えた後、硫黄化合物15ppmを加えるDOメーターにより溶存酸素を測定する。なお、実験室内は換気及び温度制御が行なわれている。

DOが0点から増加するとともに、液中の硫黄化合物濃度を測定し、これを実験終了まで30分毎にくり返す。硫黄化合物の測定は採取口より注射器で1mlの水を取り、5mlほどのアセトンを入れた10mlのメスフラスコに入れ、アセトンで10mlにメスアップする。このうちの8 μ l程度をガスクロマトグラフに注入する。

実験は、DOメーターの指示が6ppmを超えたら終了とし、DO測定用の採水ホースを通じて溶存酸素測定ビンに採水し、ウィンクラーアジ化ナトリウム変法でDOを測定する。滴定で求めたDO値をもとにレコーダーから読んだDO値を補正する。

実験終了前に1重覆蓋内の硫黄化合物濃度 C_{ri} を測定する。表5-1,2,3に実験の設定条件を示しておく。

なお、硫化水素を硫黄化合物とする実験では、硫化水素と塩化コバルトの反応が起るため、DOの測定を行わなかった。

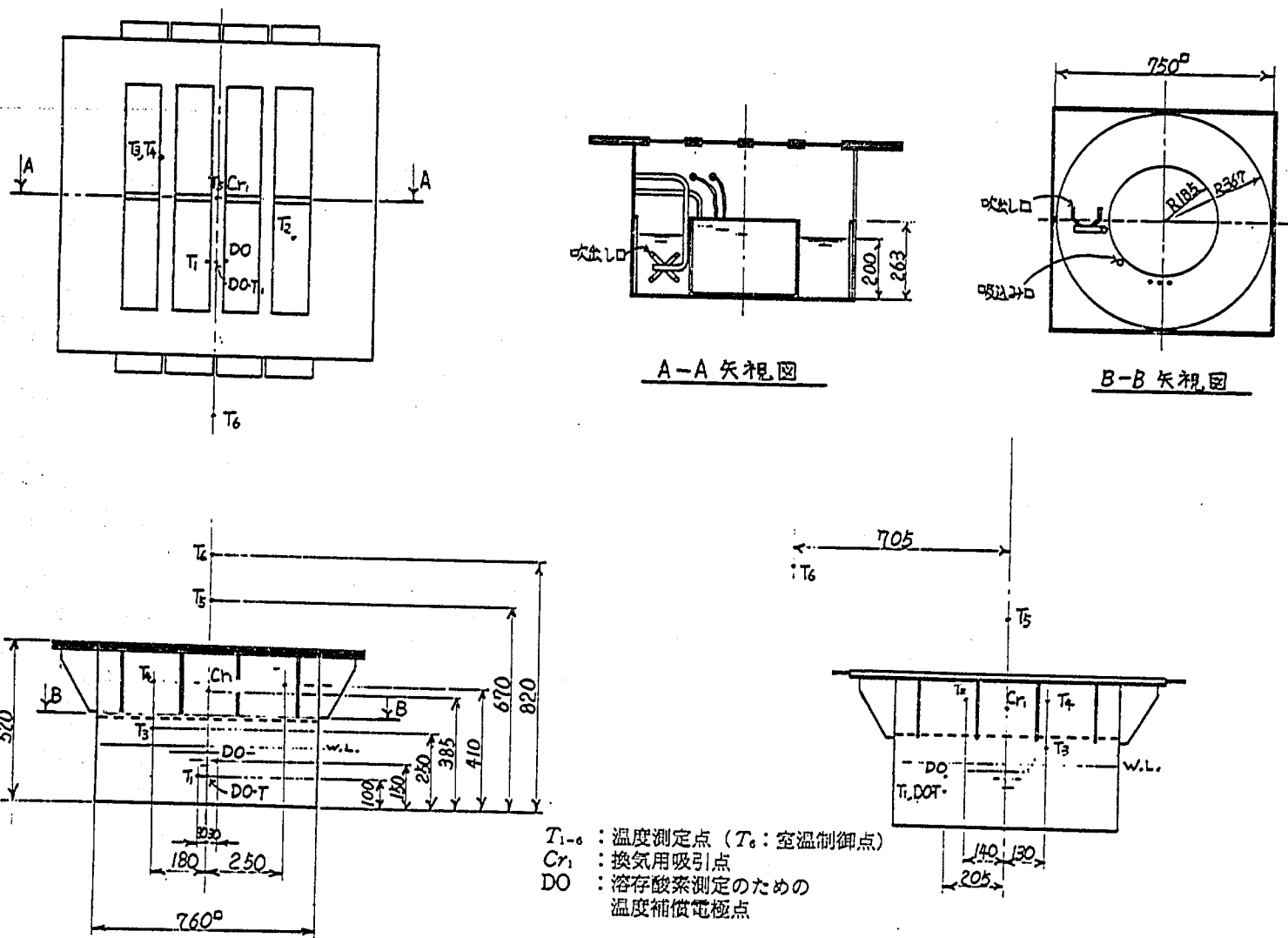


図 5-5 1 重覆蓋実験の装置図

表5—1 水の流速 U と移動係数 K_L

	設 定 条 件
汚 水	流量(ℓ/min): 2.5, 5.0, 8.0, 10.0, 13.0, 16.0 水温: 21°C, 水量: 65.4 ℓ 水深: 20cm 二硫化炭素 15ppm
室 温	22°C
1 重覆蓋開口面積	S_1 (cm^2): 56.3
1 重 覆 蓋 容 積	V_1 (m^3): 0.153
1 重覆蓋吸引量	Q_1 (ℓ/min): 60.0
温 度 測 定 点	T_1 : 水温 T_2 : 1 重覆蓋の角 T_3 : 水路直上 T_4 : T_3 の160mm 直上 T_5 : 装置直上 T_6 : 実験室中央 (室温制御点)

表5—2 硫黄化合物と酸素の移動係数の比 $\beta_{y,z}$

	設 定 条 件
汚 水	流量(ℓ/min): 8.0 16.0 水温: 21°C 水量: 65.4 ℓ 水深: 20cm 硫化水素, メチルメルカプタン, 二硫化炭素, 硫化メチル, 二硫化メチル
室 温	22°C
1 重覆蓋開口面積	S_1 (cm^2): 56.3
1 重 覆 蓋 容 積	V_1 (m^3): 0.153
1 重覆蓋吸引量	Q_1 (ℓ/min): 60.0
温 度 測 定 点	T_1 : 水温 T_2 : 1 重覆蓋の角 T_3 : 水路直上 T_4 : T_3 の160mm 直上 T_5 : 装置直上 T_6 : 実験室中央 (室温制御点)

表5—3 換気量 Q_1 と移動係数 K_L

	設 定 条 件
汚 水	流量(ℓ/min): 16.0 水温: 21°C 水量: 65.4 ℓ 水深: 20cm
室 温	22°C
1 重覆蓋開口面積	S_1 (cm^2): 56.3
1 重 覆 蓋 容 積	V_1 (m^3): 0.153
1 重覆蓋吸引量	Q_1 (ℓ/min): 30.0 60.0 90.0 120.0 150.0
温 度 測 定 点	T_1 : 水温 T_2 : 1 重覆蓋の角 T_3 : 水路直上 T_4 : T_3 の160mm 直上 T_5 : 装置直上 T_6 : 実験室中央 (室温制御点)

5.3.2 2重覆蓋の実験方法

2重覆蓋実験のフローシートを図5-6に、装置図を図5-7に示す。

実験手順は1重覆蓋実験に準じ、表5-4の設定条件に設定後、液中濃度 C_L と1重覆蓋内および2重覆蓋内の硫黄化合物濃度 Cr_1 , Cr_2 を30分毎に測定する。

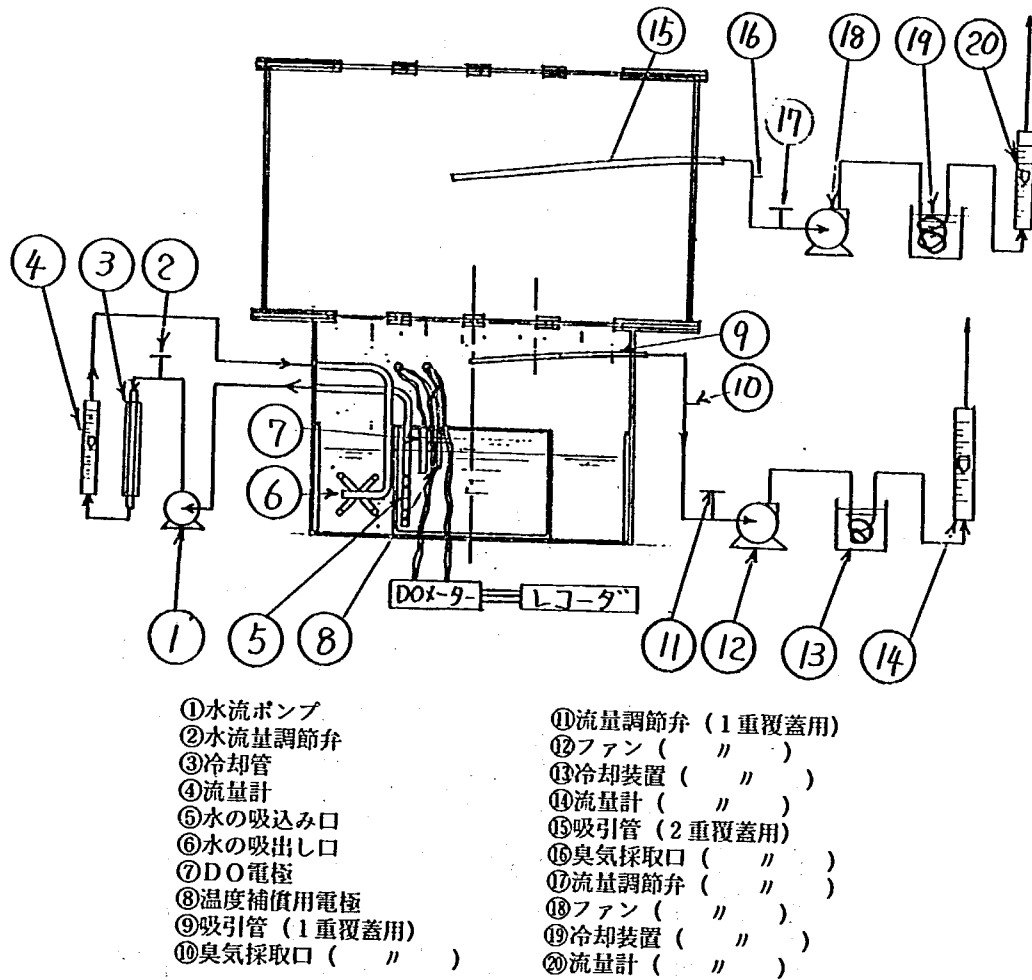


図5-6 2重覆蓋の実験フローシート

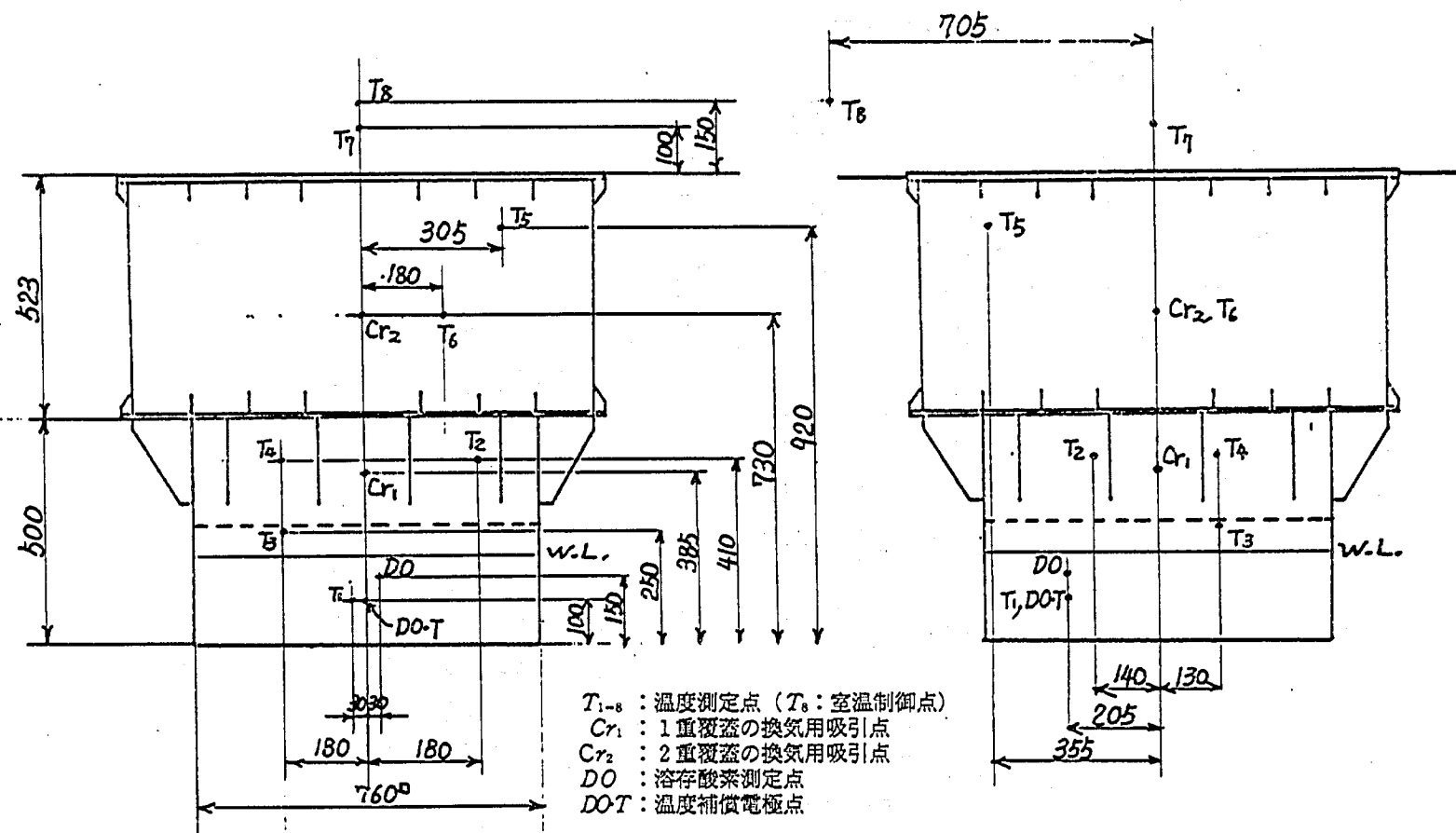


図5-7 2重覆蓋実験の測定点

表5-4 2重覆蓋の換気量 Q_2 と移動係数 K_L

設 定 条 件	
汚 水	流量: 16.0 (ℓ/min) 水温: 21°C 水量: 65.4 ℓ 水深: 20cm
室 温	22°C
1 重覆蓋開口面積	$S_1 [\text{cm}^2]$: 563
2 重覆蓋開口面積	$S_2 [\text{cm}^2]$: 56.3
1 重 覆 蓋 容 積	$V_1 [\text{m}^3]$: 0.153
2 重 覆 蓋 容 積	$V_2 [\text{m}^3]$: 0.510
1 重 覆 蓋 吸 引 量	$Q_1 [\ell/\text{min}]$: 10
2 重 覆 蓋 吸 引 量	$Q_2 [\ell/\text{min}]$: 30 60 90 120 146
温 度 測 定 点	T_1 : 水温 T_2 : 1重覆蓋の角 T_3 : 水路の直上 T_4 : T_3 の160mm 直上 T_5 : 2重覆蓋の角 T_6 : 2重覆蓋のほぼ中央 T_7 : 装置直上 T_8 : 室温 (温度制御点)

5.3.3 水の流量と流速

水流ポンプから吐出する水の流量と4個の吹出し口から出る水の勢いによってつくられる水路内の流速との関係調べた。図5-8に示すように、円形水路を4等分し L_1 ~ L_4 の位置で水路幅を1 cm および3 cm ごとに水深3 cm の位置の流速を電磁誘導型流速計を用いて測定した。DO 電極、温度補償電極および温度計は所定の位置に設置して行った。その結果を図5-9から図5-15に示した。これらのグラフの値を平均し、図5-16にまとめて示した。流速は、内側から外側へいくほど速くなり流速分布は不均一であるが、再現性があり今回の実験に支障はないと考えられる。

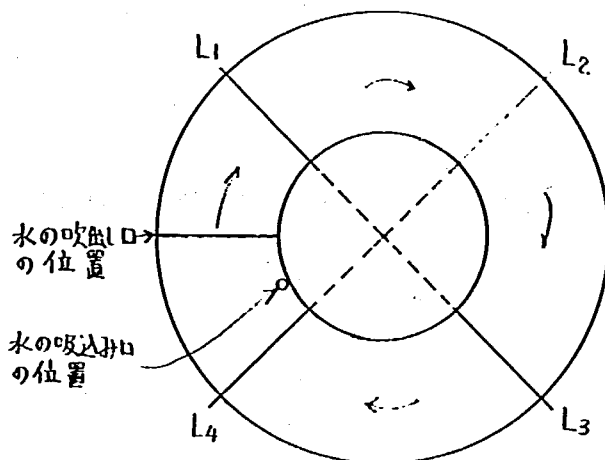


図5-8 流速の測定位置

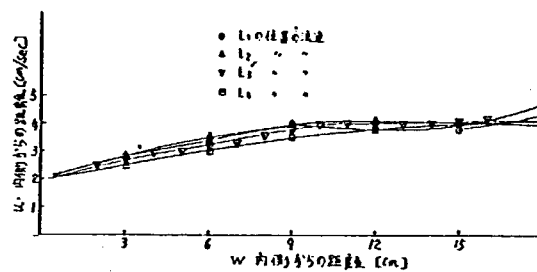


図5-9 2.5 l/minのときの流速分布

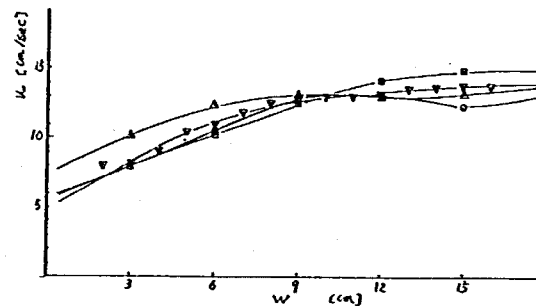


図5-11 8 l/minのときの流速分布

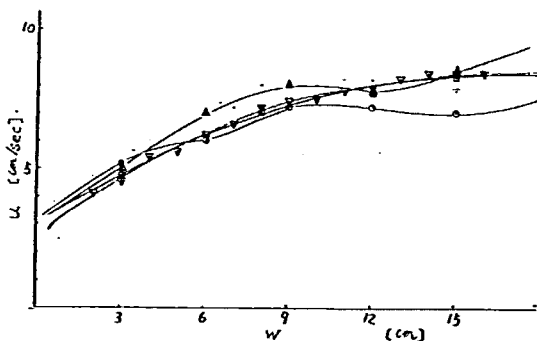


図5-10 5.0 l/minのときの流速分布

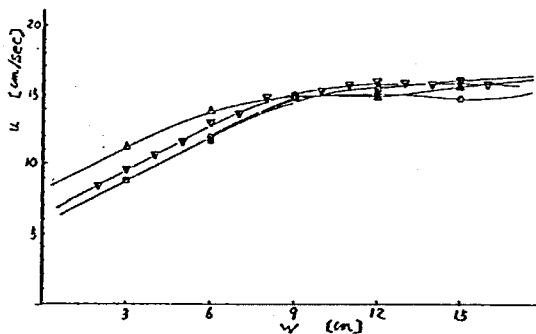


図5-12 9 l/minのときの流速分布

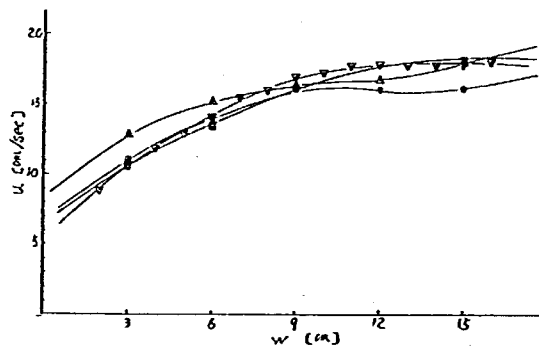


図5-13 10 l/minのときの流速分布

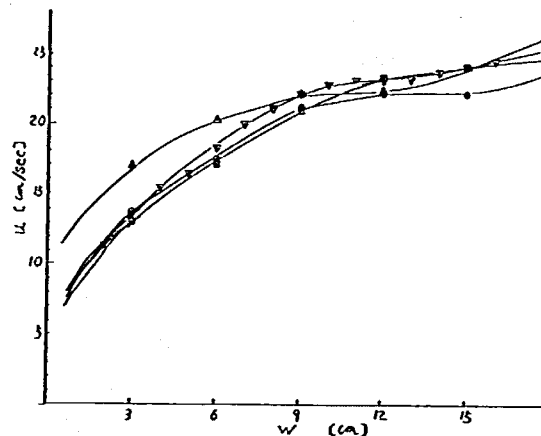


図5-14 13.0 l/minのときの流速分布

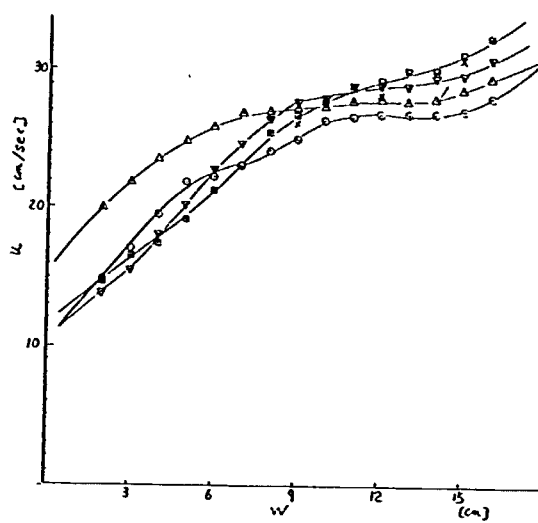


図 5-15 16.0 l/min のときの流速分布

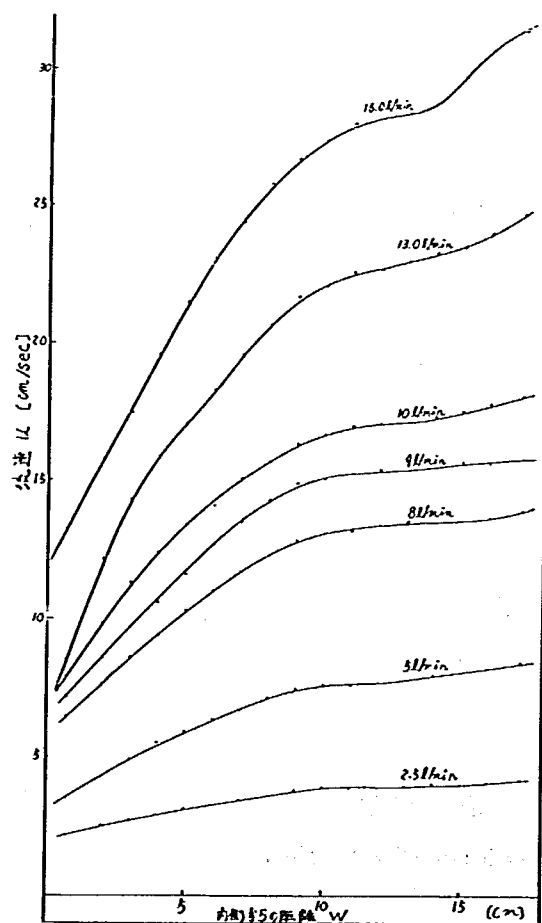


図 5-16 流速分布 (4 点の平均)

5.3.4 機器仕様

装置本体および付属機器の仕様を以下に示す。

(1) 実験装置本体

a 汚水槽 1 槽

寸法：750mm[□]×500mm[〃]

材質：アクリル樹脂

b 水路補助水槽 1 式

・水路補助内槽 1 槽

寸法：370mm^φ×260mm[〃] (図5-17参照)

材質：塩化ビニール

・水路補助外槽 4 槽

寸法：図5-18参照

材質：塩化ビニール

c 1重覆蓋 1 式

寸法：1060mm[□]×10mm 1 枚

1060mm[□]×5mm 1 枚

材質：アクリル樹脂

付属品：開閉板 159mm×585mm 8 枚

d 2重覆蓋 1 式

側壁部分

寸法：1060mm[□]×500mm[〃]

材質：アクリル樹脂

覆蓋部分

寸法：1060mm[□]×10mm

1060mm[□]×5mm

材質：アクリル樹脂

付属品：開閉板 159mm×589mm 8 枚

(2) 水流装置 1 式

a 水流ポンプ 1 台

型式：マグネット駆動，耐薬性

能力：40ℓ/min×5.0m (揚程)×250W

b 流量調節弁 1 個

材質：ガラス，テフロン

c 冷却管 1 個

型式：2 重管式，水冷

寸法：50mm ϕ × 450mm $^{\prime\prime}$

材質：アクリル樹脂

d 流量計 1 個

型式：フローメーター型

能力：2.5～25.0 ℓ /min

材質：ガラス，ステンレス

e 吹込み口 1 個

材質：アクリル樹脂

f 吸込み口 1 個

材質：塩化ビニル

(3) 換気装置

a 吸引ファン

(型 式)	(送風量)	静 圧)	(電力)	(台数)
ダイヤフラム	15 ℓ /min	× MAX1.0kg/cm ^{2} ×	50W ×	1 台
ロータリーコンプレッサ	55 ℓ /min	× 0.4kg/cm ^{2} ×	200W ×	1 台
ロータリーコンプレッサー	130 ℓ /min	× 0.4kg/cm ^{2} ×	400W ×	1 台

b 流量調節弁 4 個

材質：ガラス，テフロン

c 冷却装置 3 個

型式：水冷

材料：ポリバケツ，ガラス管

d 流量計 4 個

(型 式)	(材 質)	(測定範囲)	(個数)
フローメーター型	ガラス，	1～10 ℓ /min	2 個
フローメーター型	ガラス，ステンレス	10～100 ℓ /min	2 個

e 吸引管

寸法：9 mm ϕ

材質：テフロン

(4) DO 測定機器 1 式

a DO 電極 1 個

型式：ガルバニ電池式隔膜セル型

- b 温度補償電極 1 個
- c DO メーター本体 1 個
測定範囲：0～15ppm
測定温度範囲：0～40℃
- d レコーダー 1 台
記録範囲：1-05mV
- (5) 室温調節機 1 台
型式：ガスストーブ (GJ-280)
燃焼方式：ブンゼン式
給排気方式：開放式
放熱方式：強制対流式
ガス消費量：2,700Kcal/hr
付属機能：安全，温度調節

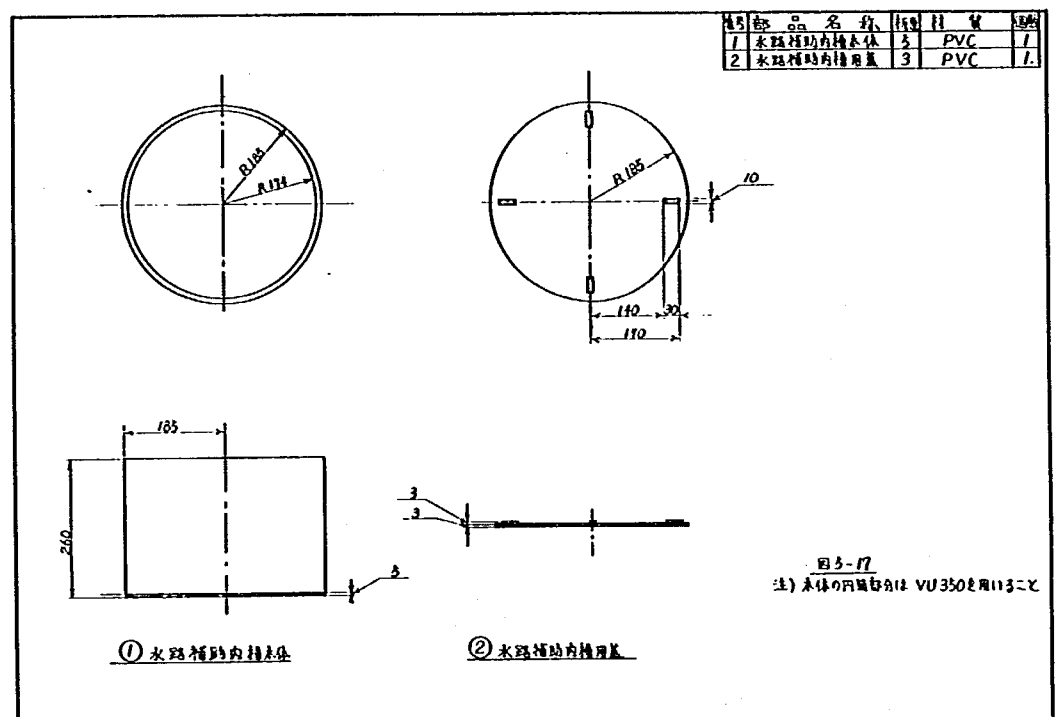


図 5-17

ここで、(5.13)式の右辺のうち、 U_i 以外は1水路においては一定であるから、 C'' を定数とすれば、(5.13)式は、(5.14)式となる。

$$K_{Ly} = C'' \cdot U_i^{\frac{2}{3}} \quad (5.14)$$

これを(5.12)式に代入すると、

$$m_{yi} = K_{Ly} \cdot A_i \cdot C_{Ly} = C'' \cdot U_i^{\frac{2}{3}} \cdot A_i \cdot C_{Ly} \quad (5.15)$$

したがって水路全体の放流量 m_y は、(5.16)式となり

$$\begin{aligned} m_y &= \sum m_{yi} = K_{Ly} \cdot A \cdot C_{Ly} \\ &= \sum K_{Ly} \cdot A_i \cdot C_{Ly} \\ &= \sum C'' \cdot U_i^{\frac{2}{3}} \cdot A_i \cdot C_{Ly} \end{aligned} \quad (5.16)$$

水路全体の移動係数 K_{Ly} には(5.17)式が成立つ。

$$K_{Ly} = \frac{C''}{A} \cdot \left[\sum A_i \cdot U_i^{\frac{2}{3}} \right] \quad (5.17)$$

この実験では、水路全体の移動係数 K_{Ly} と $\left[\sum A_i \cdot U_i^{\frac{2}{3}} \right]$ の相関を確かめるため、 K_{Ly} および $\left[\sum A_i \cdot U_i^{\frac{2}{3}} \right]$ を求め、図5-17に示した。 K_{Ly} については、(5.4)式より、(5.18)式となり最小2乗法により求めた。この他の実験においても、この方法により K_{Ly} を算出した。

$$\frac{\{C_{Ly}\}_t}{\{C_{Ly}\}_0} = \exp. \left\{ - K_{Ly} \cdot \frac{A}{V} \cdot t \right\} \quad (\text{再掲}) (5.4)$$

$$\ln \frac{\{C_{Ly}\}_t}{\{C_{Ly}\}_0} = - K_{Ly} \cdot \frac{A}{V} \cdot t \quad (5.18)$$

また、 $\left[\sum A_i \cdot U_i^{\frac{2}{3}} \right]$ については、水路を水路幅の方向に1 cm ごとに区切り、図5-16の流速分布よりそれぞれの区間の平均流速を求め、それにその区間の面積を乗じて $A_i \cdot U_i^{\frac{2}{3}}$ を算出し合計して $\left[\sum A_i \cdot U_i^{\frac{2}{3}} \right]$ を出した。流量と $\left[\sum A_i \cdot U_i^{\frac{2}{3}} \right]$ の値を表5-5に示しておく。

水の流量別の実験結果を図5-19から図5-24に示した。それぞれ実験の相関係数 r は、 $-0.9984 \sim -0.999$ と高く、また β_{cs}, α_2 は $0.689 \sim 0.754$ (平均: 0.724 , 標準偏差:

表5-5 流量の $\left[\sum A_i \cdot U_i^{\frac{2}{3}} \right]$

流量 (ℓ/min)	2.5	5.0	8.0	10.0	13.0	16.0
$\sum A_i U_i^{\frac{2}{3}}$	0.00735	0.0156	0.0286	0.0381	0.0512	0.672

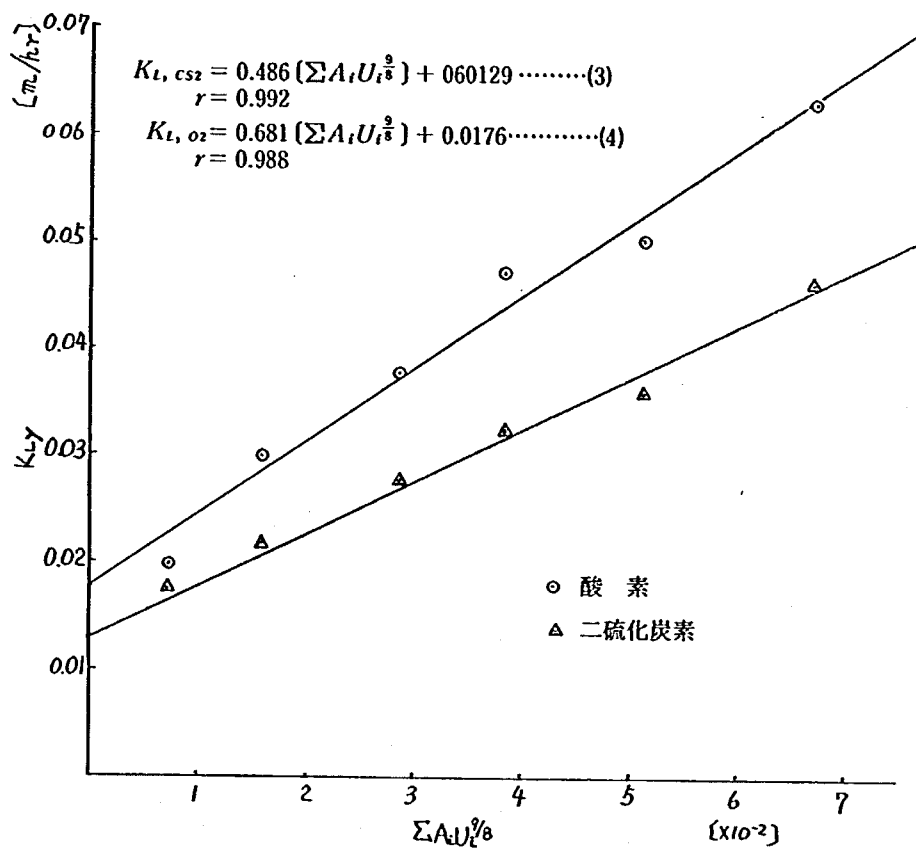


図5-17 $(\Sigma A_i \cdot U_i^{1/2})$ と K_{Ly}

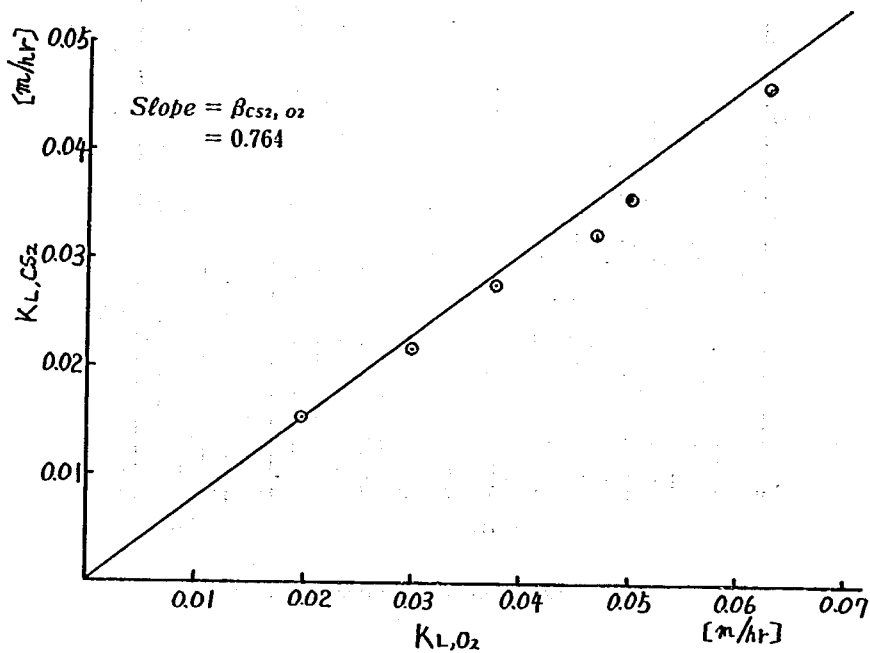


図5-18 二硫化炭素と酸素の移動係数

0.020) となった。 $K_{L, o'}$ と $K_{L, cs'}$ の関係を図示した図 5-18 の直線は (5.11) から求めた直線で、この実験結果によく一致していた。

$$\beta_{cs', o'} = \left(\frac{73.4}{173} \right)^{0.3144} = 0.764$$

また、図 5-17 に示した K_{Ly} と $(\sum A_i \cdot U_i^{\frac{2}{3}})$ の関係は、直線性がよく、 $K_{L, cs'}$ と $K_{L, o'}$ の相関係数は、0.992, 0.988 と高かった。しかしながら、回帰直線は原点をとらないので、 K_{Ly} を求める (5.5) 式は、次に示すように 2 頁式にする必要があると思われる。

$$K_{Ly} = C' \cdot \frac{g^{\frac{3}{8}} \cdot \rho^{\frac{1}{2}} \cdot \nu^{\frac{3}{8}} \cdot D_L^{\frac{1}{2}} \cdot n^{\frac{3}{8}}}{\sigma} \cdot \frac{U^{\frac{9}{8}}}{R^{\frac{1}{2}}} + b \quad (5.19)$$

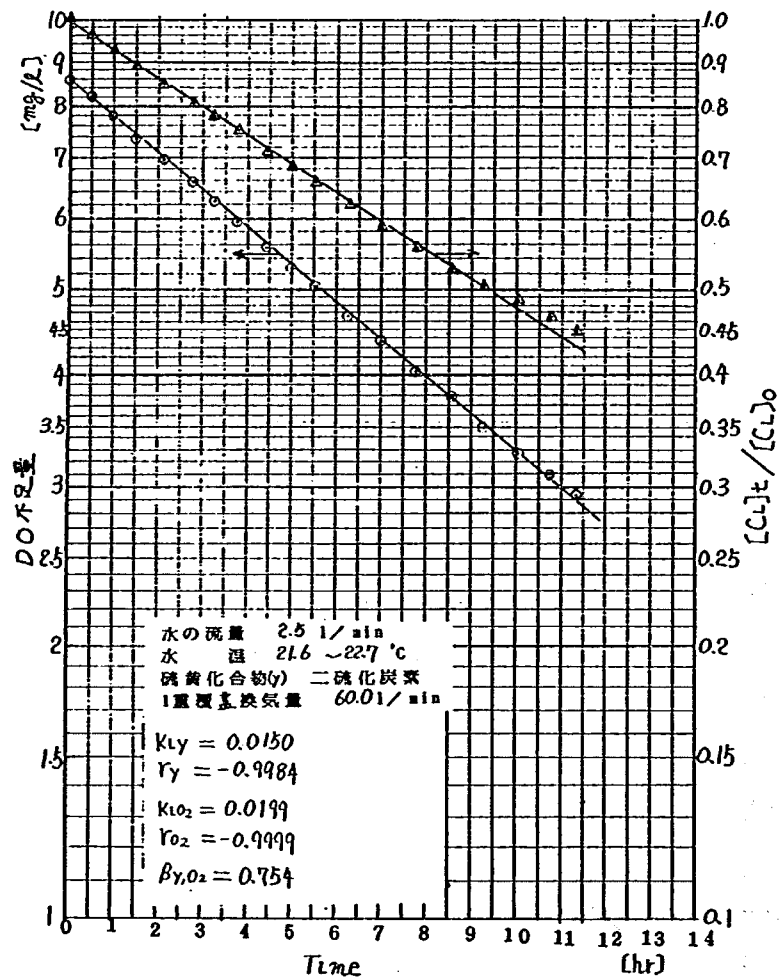


図 5-19 流量 2.5 l/min の実験結果

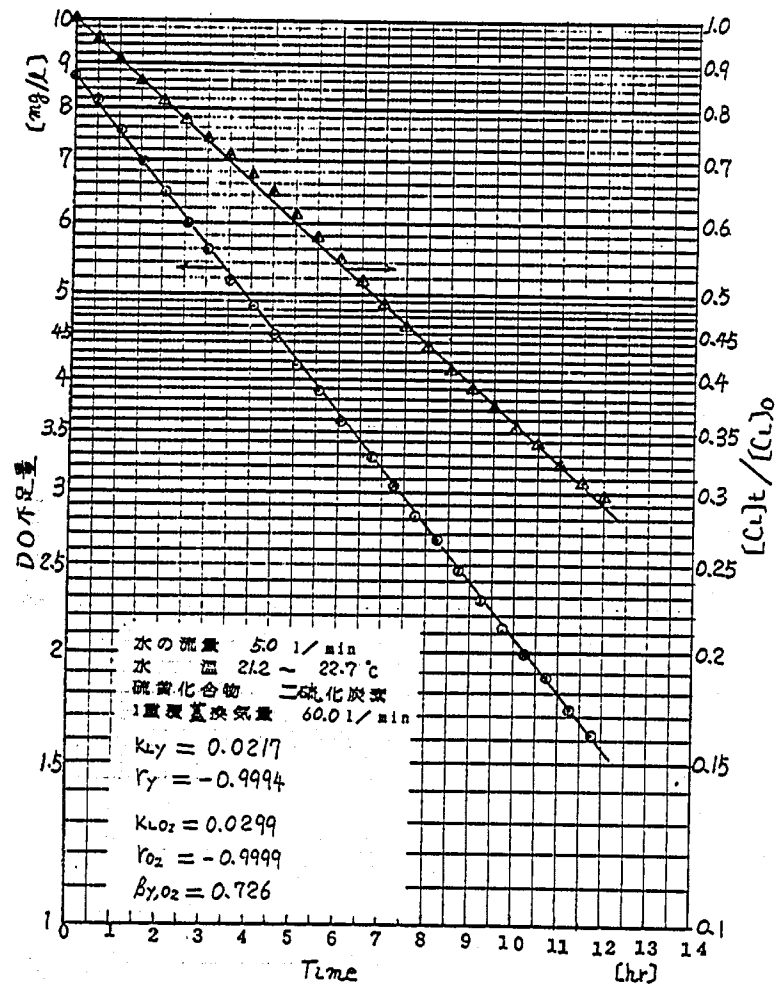


図 5-20 5 l/minの実験結果

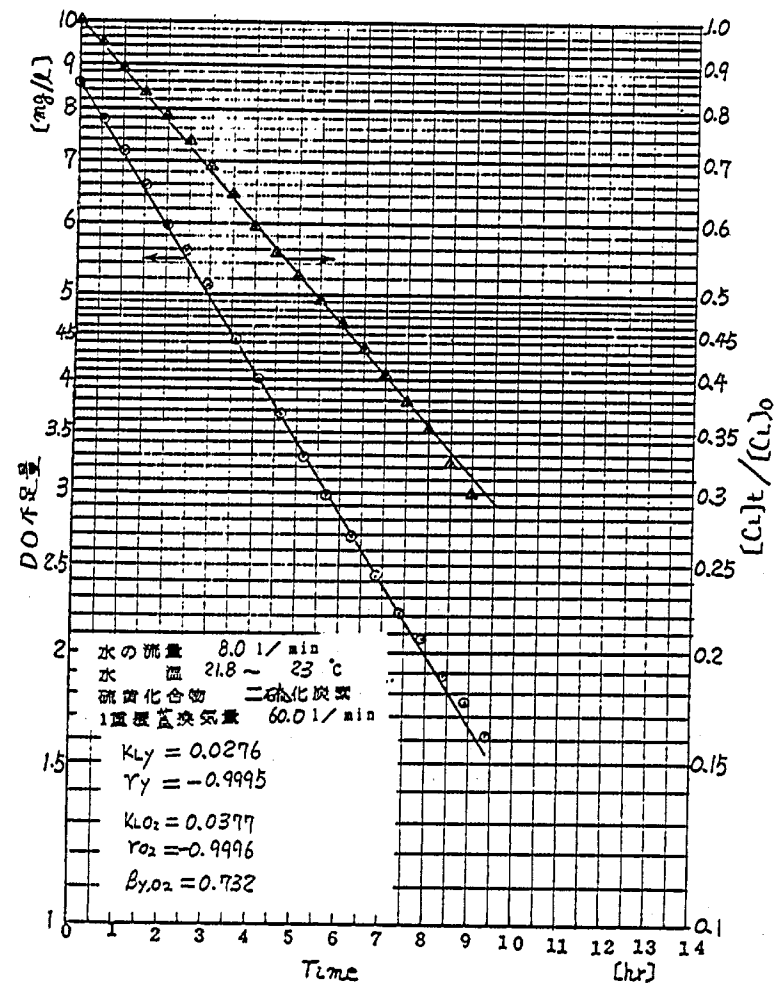


図 5-21 8.0 l/minの実験結果

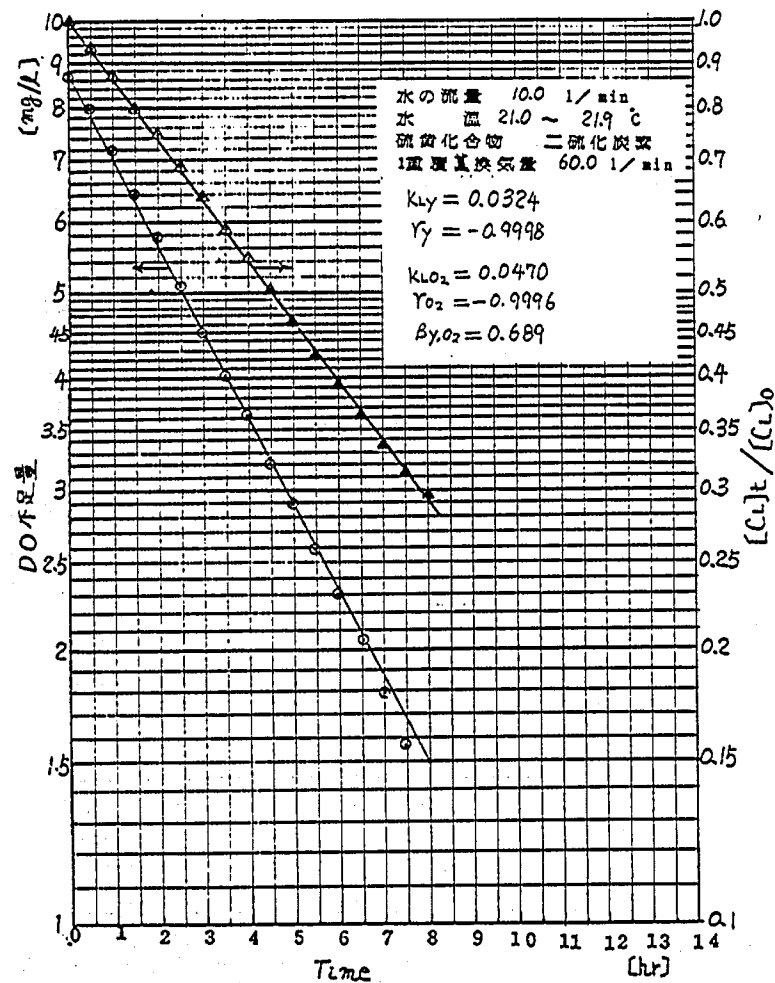


図 5-22 10 l/min の実験結果

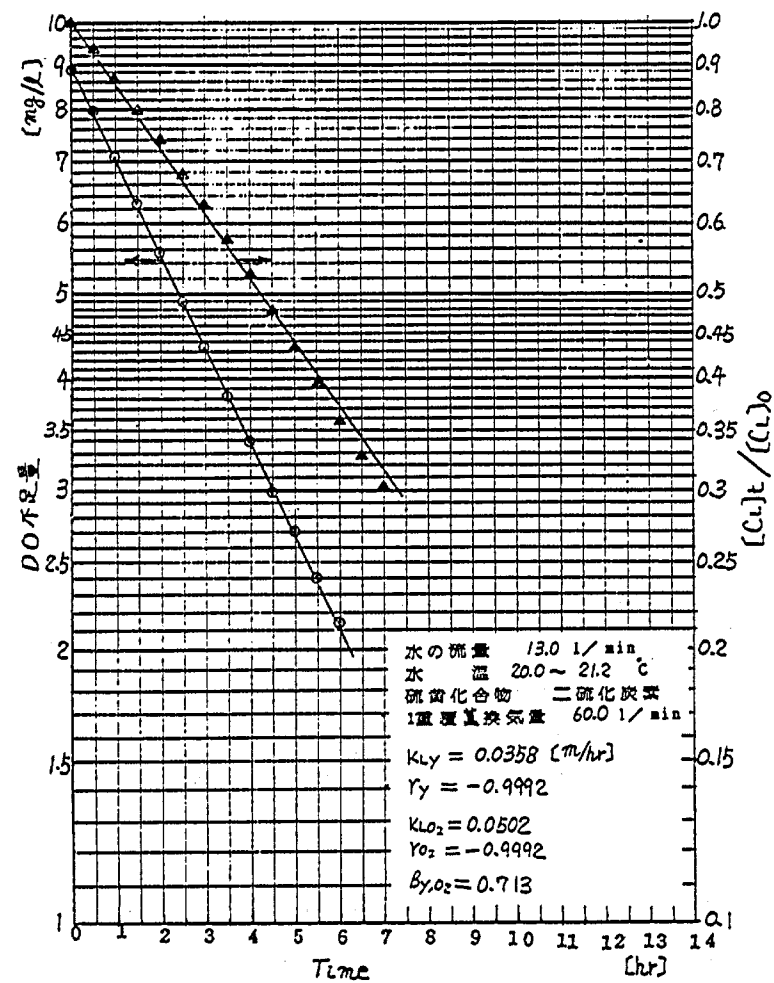


図 5-23 13 l/min の実験結果

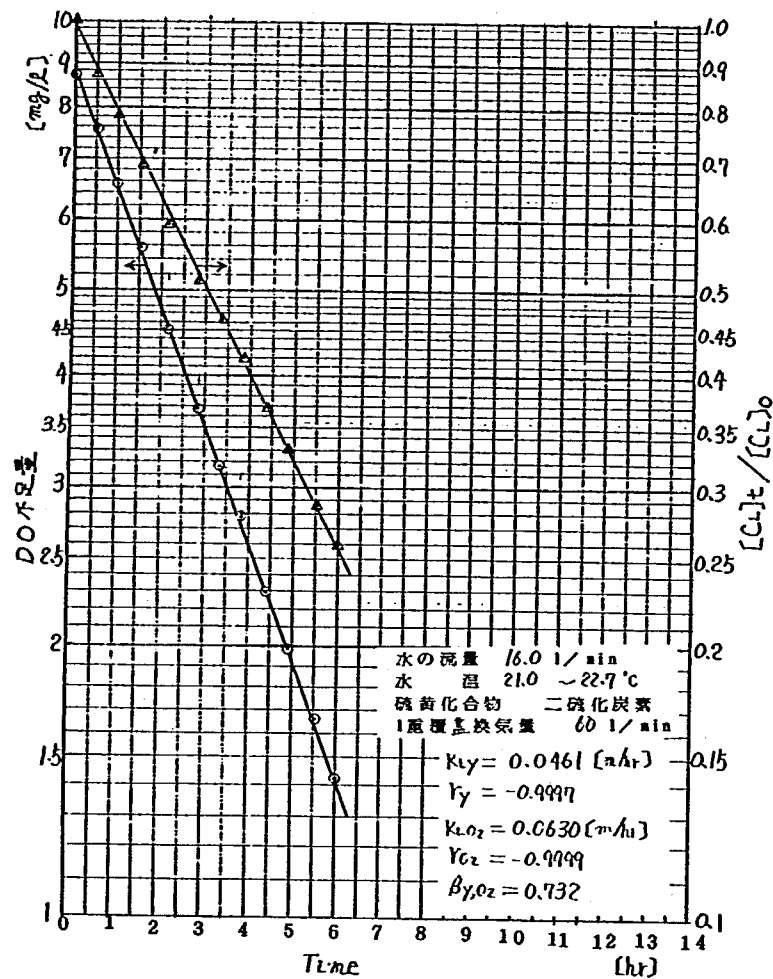


図 5-24 16 l/min の実験結果

(2) 硫黄化合物と酸素の移動係数の比

メチルメルカプタン、硫化メチル、二硫化メチル、二硫化炭素の硫黄化合物と酸素の移動係数の実験結果を表 5-6 に示した。硫化水素については硫化水素の移動係数の実験結果を示し、それぞれの実験結果を図 5-25~図 5-31 に図示した。相関係数 r は、硫化水素、 -0.986 その他の硫黄化合物および酸素が $-0.997 \sim -1.000$ ときわめて高かった。

硫黄化合物と酸素の移動係数の比 β は、実験値が計算値の約 85~130% となっているが、それぞれの物質については、水の流速を 8 l/min と 16 l/min に変化させた実験の 2 つの β がほぼ一致していた。

表5-6 硫黄化合物と酸素の移動係数の比

物質		水の流量	臨界体積	移動係数		β		実験値
化学式	物質名	(l/min)	cm ³ /g-mol	K_{L,O_2} (m/hr)	$K_{L,S}$ (m/hr)	実験値	計算値	(%)
H_2S	硫化水素	16.0	98.5*	0.0666	—	—	0.912	—
CH_3SH	メチルメルカプタン	8.0 16.0	145*	0.0333 0.0453	0.0360 0.0494	0.925 0.917	0.807	115 114
CH_3SCH_3	硫化メチル	8.0 16.0	201*	0.0272 0.0483	0.0300 0.0488	0.907 0.990	0.728	125 136
CH_3SSCH_3	二硫化メチル	8.0 16.0	260**	0.0209 0.0307	0.0355 0.0557	0.589 0.551	0.672	88 82
CS_2	二硫化炭素	—	173*	—	—	0.750	0.764	93
O_2	酸素	—	73.4*	—	—	—	—	—

注1) 硫化水素については、塩化コバルトと化学反応をおこすため、酸素の移動係数の測定は行わなかった。

注2) 二硫化炭素の β の実験値は、(1)の「流速と移動係数」、(3)の「1重覆蓋の換気量と移動係数」、5.4.2の「2重覆蓋の換気量と移動係数」の実験結果の平均値。標準偏差0.033

* 日本化学会編 化学便覧 p. 698~701

** 化学工学協会編 化学工学便覧 p. 12 「臨界定数の推算」

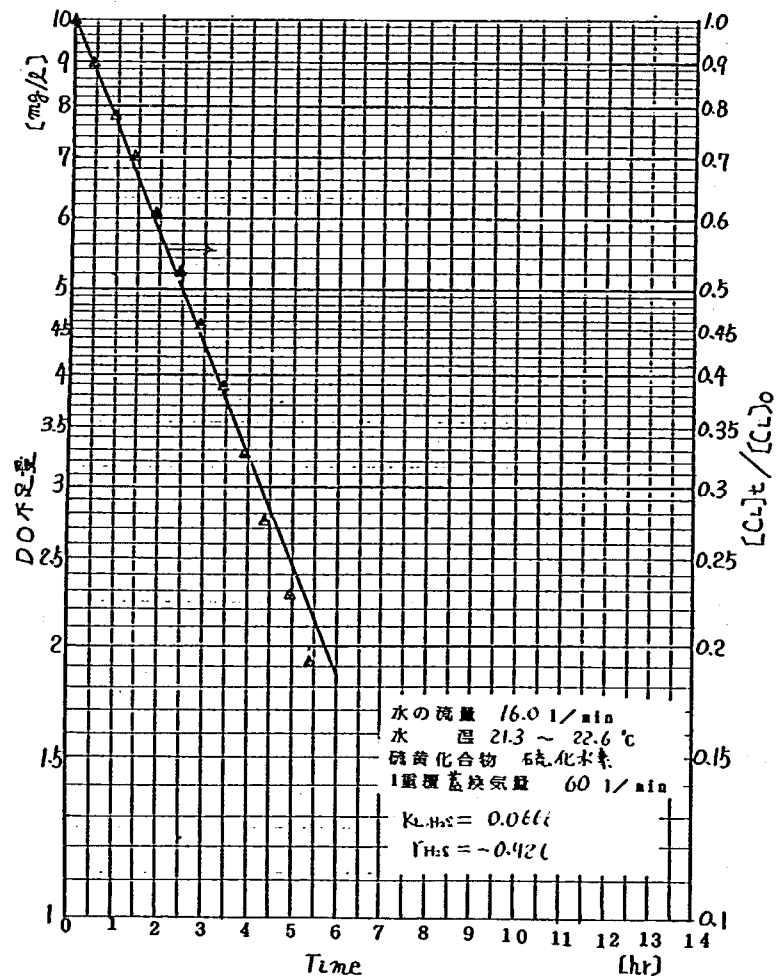


図5-25 硫化水素の実験結果

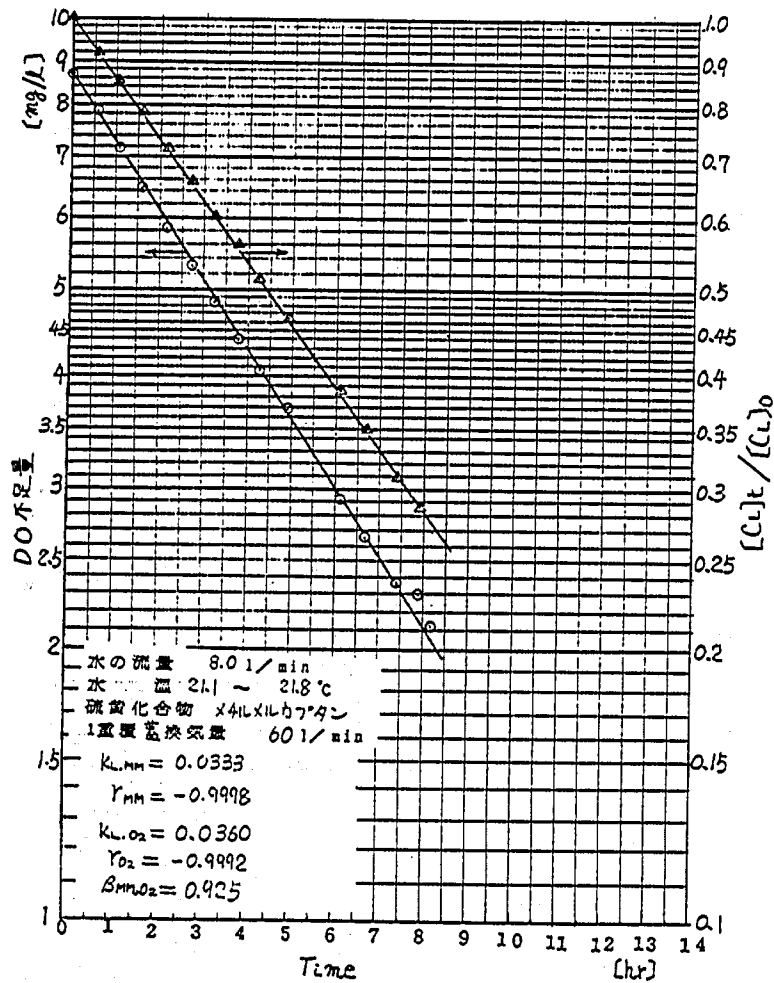


図 5-26 メチルメルカプタンの実験結果(1)

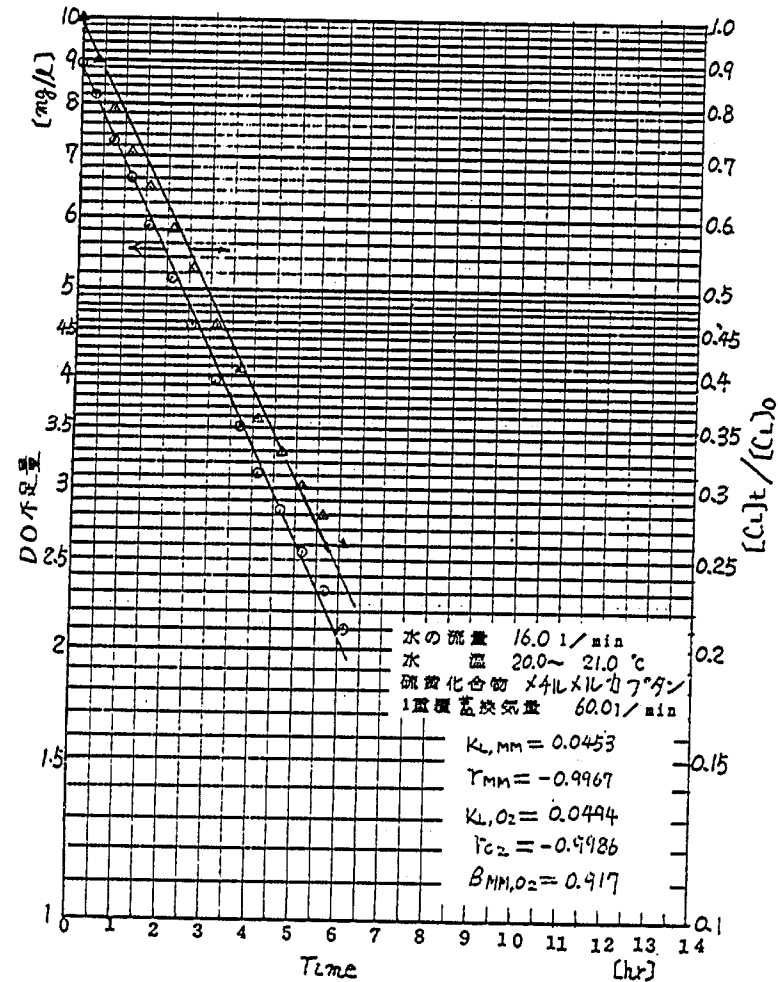


図 5-27 メチルメルカプタンの実験結果(2)

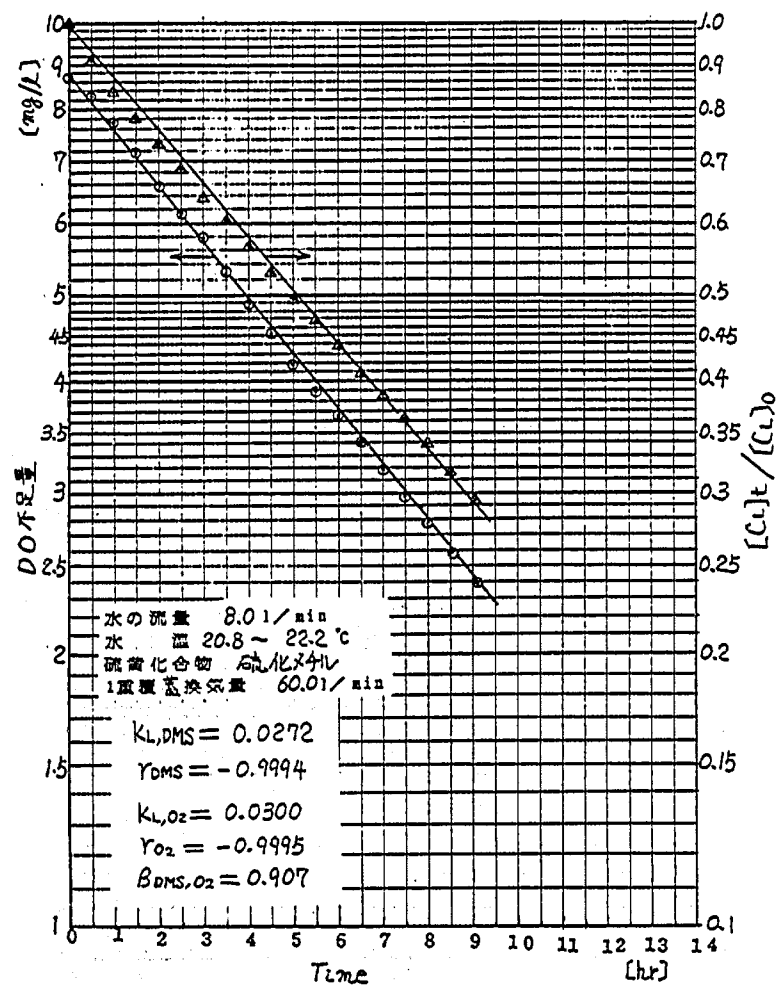


図 5-28 硫化メチルの実験結果(1)

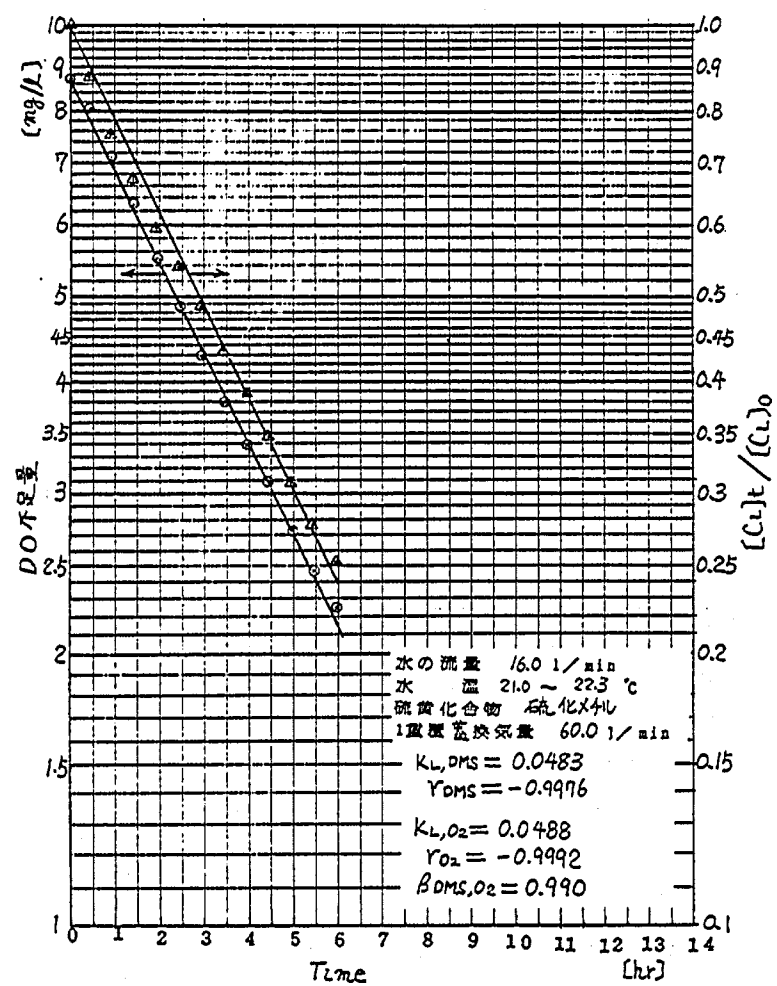


図 5-29 硫化メチルの実験結果 (2)

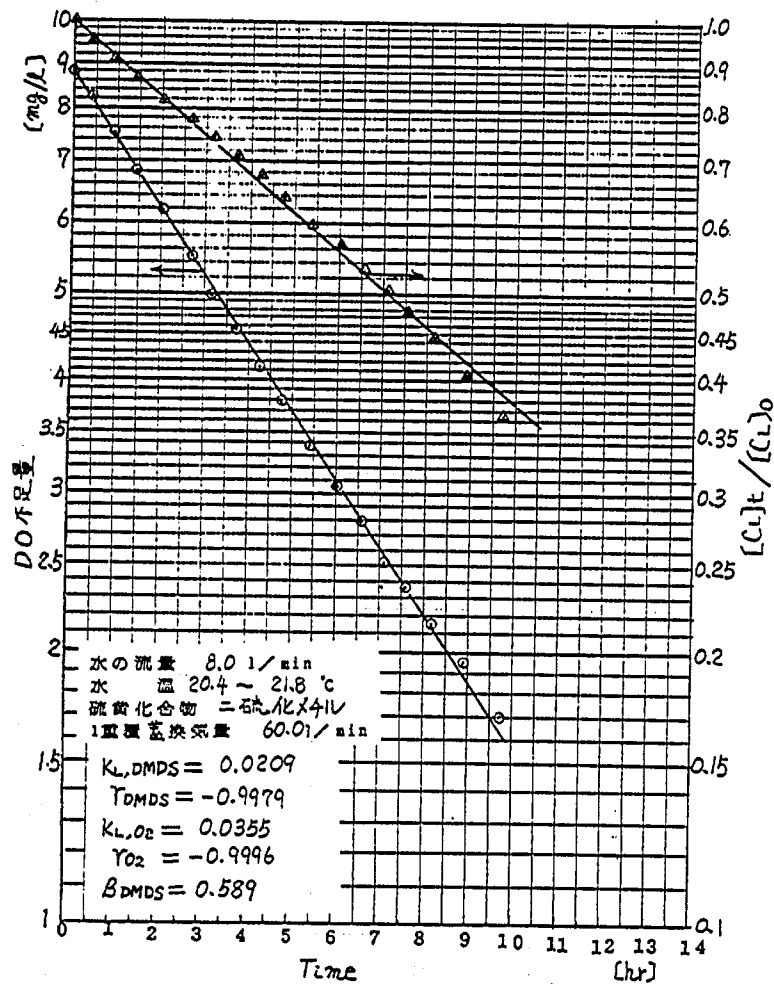


図 5-30 二硫化メチルの実験結果 (1)

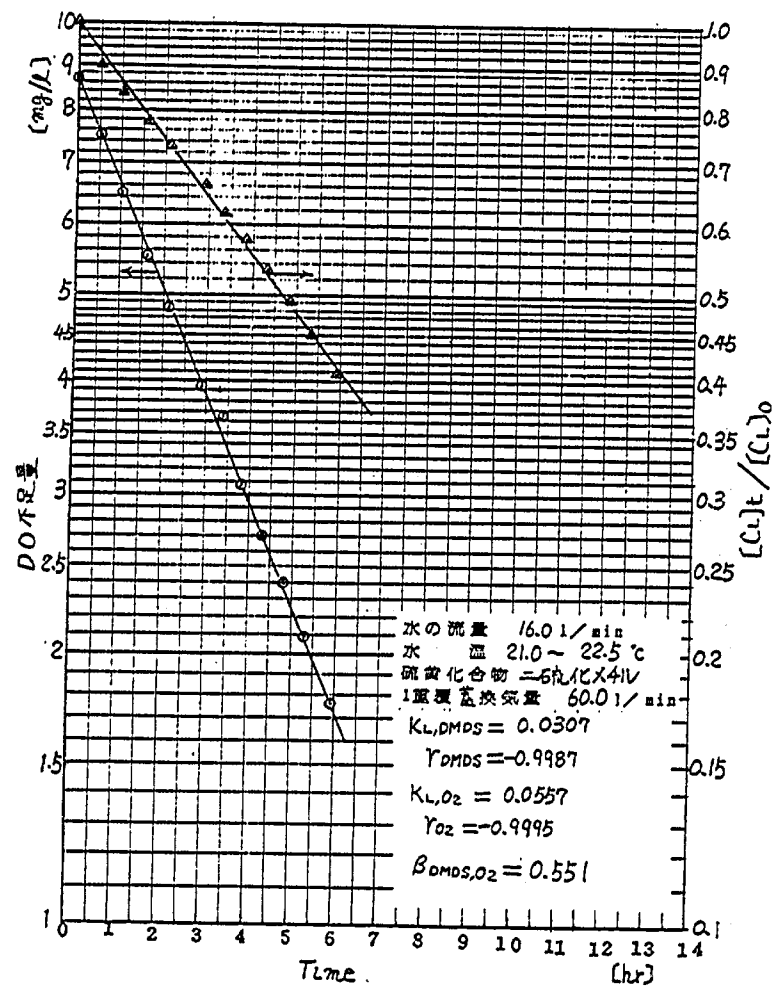


図 5-31 二硫化メチルの実験結果 (2)

(3) 1重覆蓋の換気量と移動係数

1重覆蓋の換気量と二硫化炭素および酸素の移動係数の関係を図5-32にまとめ、それぞれの実験結果を図5-33～図5-37および図5-24に示した。

それぞれの換気量別の実験結果における相関係数 r は、 $-0.9993 \sim -0.999$ と高く、二硫化炭素と酸素の移動係数の比、 β_{CS_2, O_2} は $0.721 \sim 0.780$ (平均: 0.749 , 標準偏差: 0.026) と計算値の 0.764 にきわめて良く一致した。

換気量 Q_1 による移動係数 K_{Ly} への影響は、二硫化炭素についてはほとんどなかった。酸素についても最小2乗法による回帰直線では、換気量 Q_1 の増加とともにわずかに減少しているが、昨年度の実験結果をふまえて、換気量による影響はない、と判断して良い。

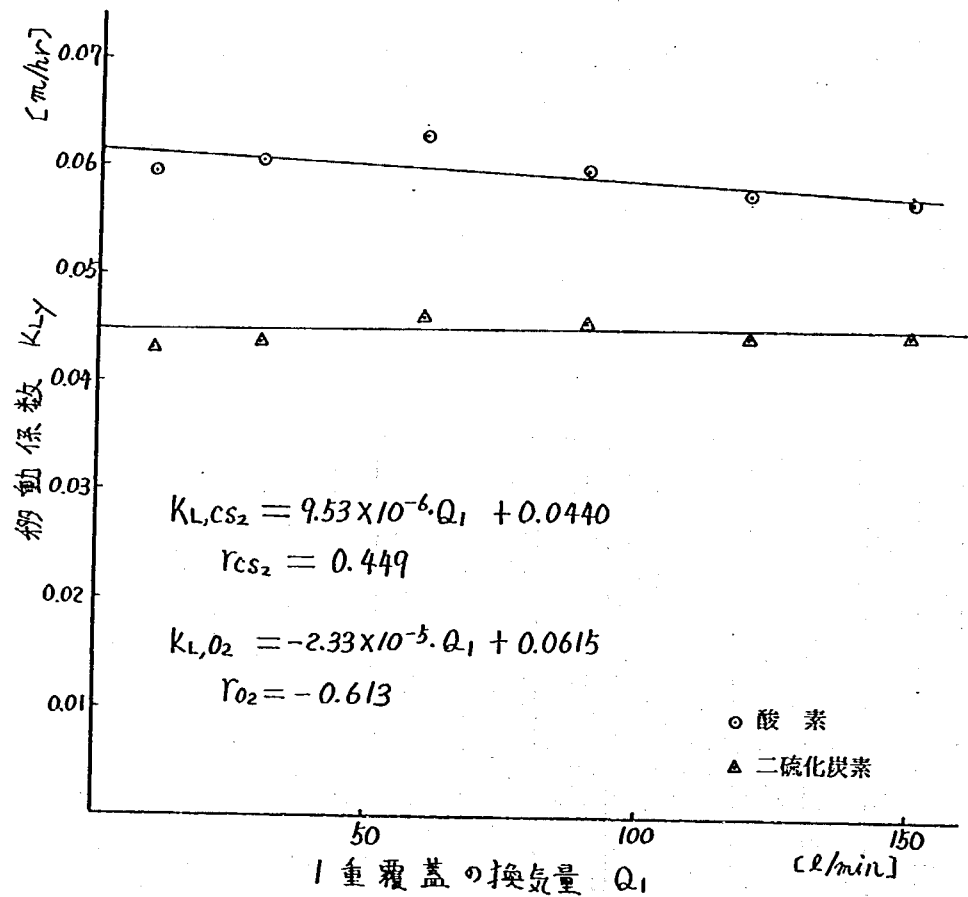


図5-32 1重覆蓋における換気量 Q_1 と移動係数

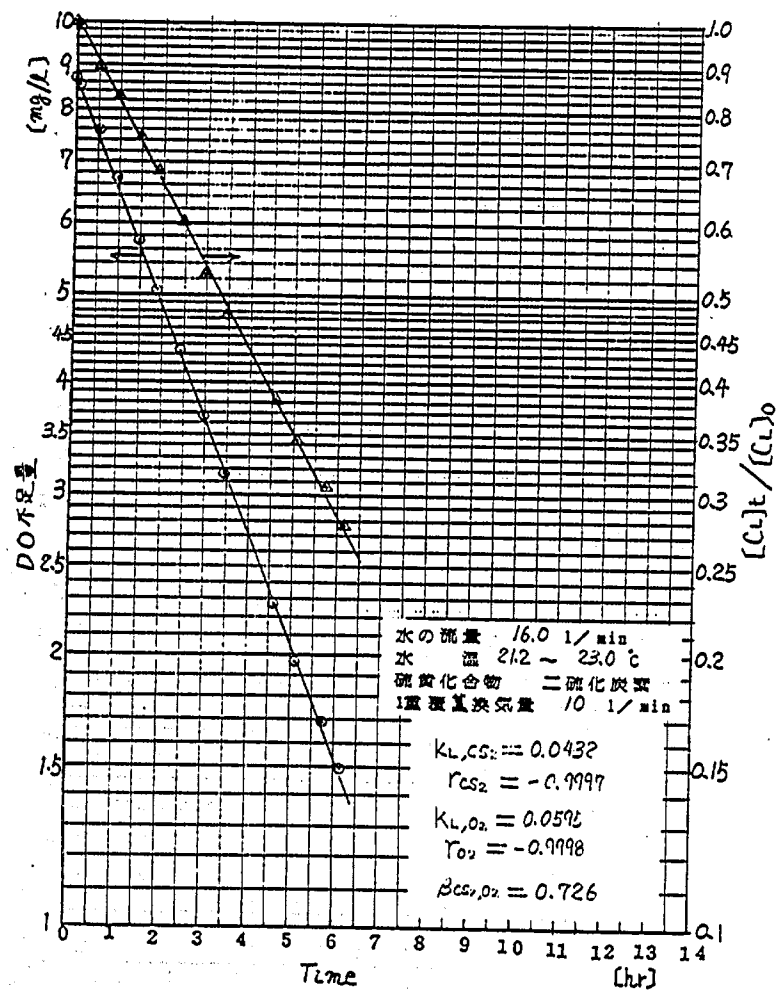


図 5-33 換気量10 l/minの実験結果

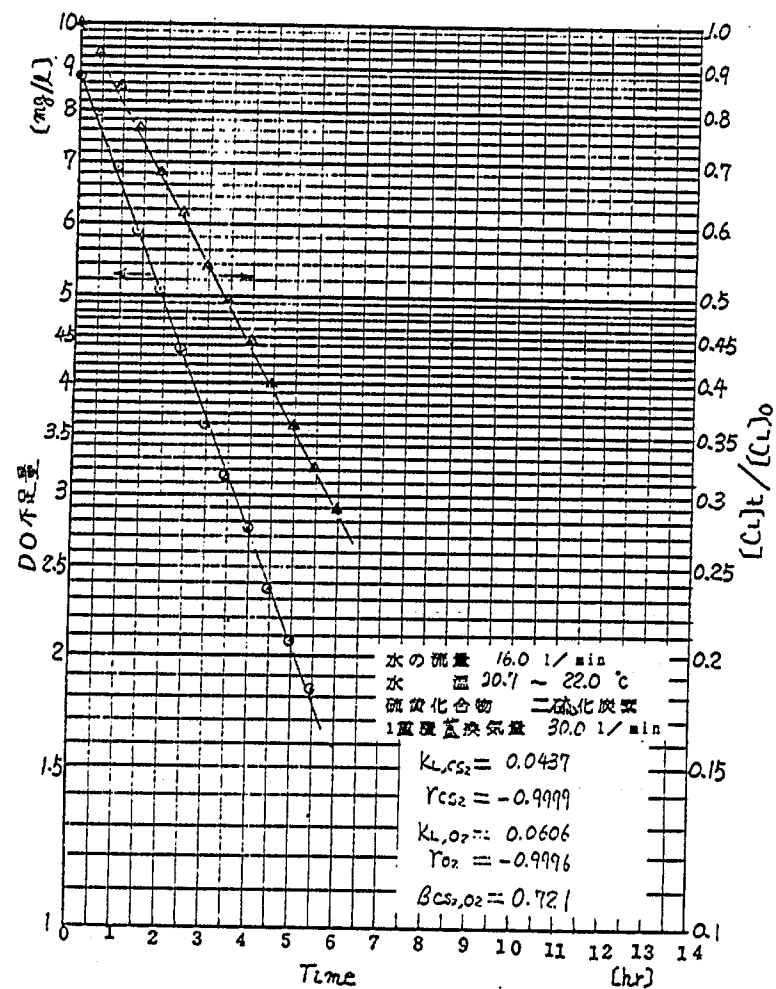


図 5-34 換気量30 l/minの実験結果

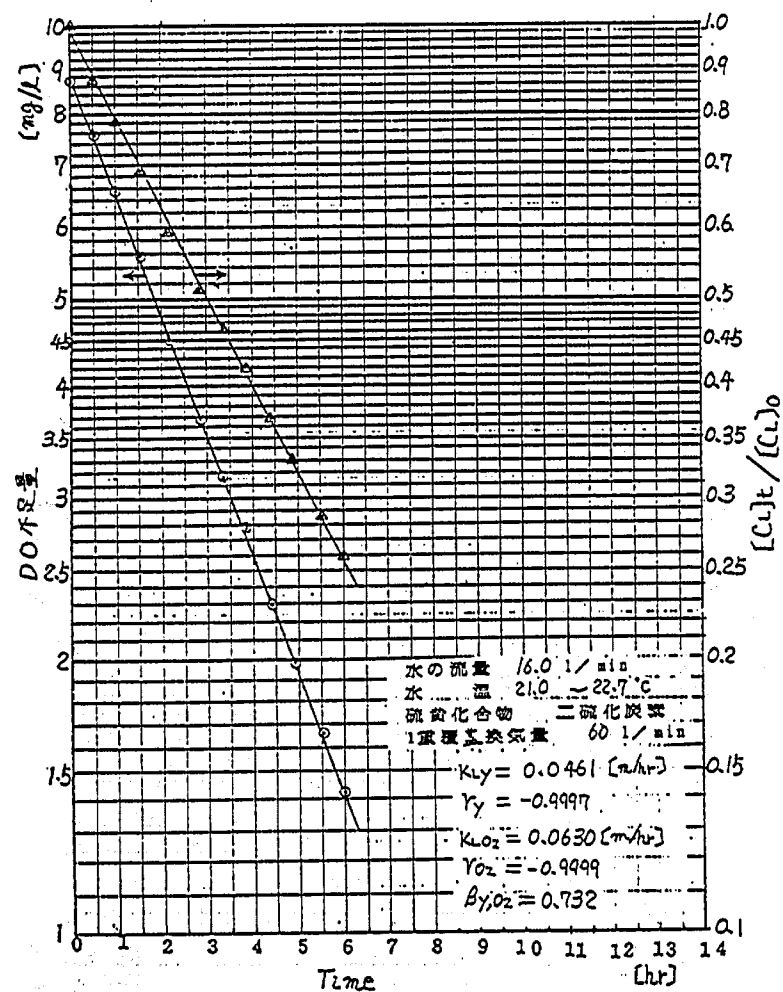


図 5-35 16 l/min の実験結果 (再掲)

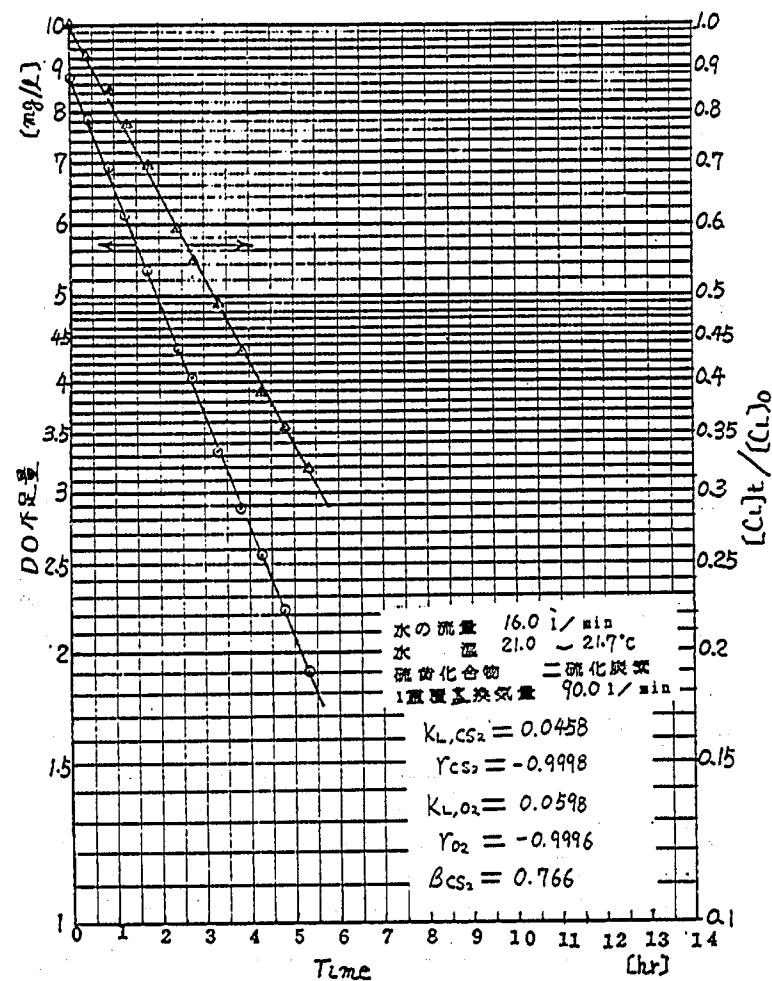


図 5-36 換気量90 l/min の実験結果

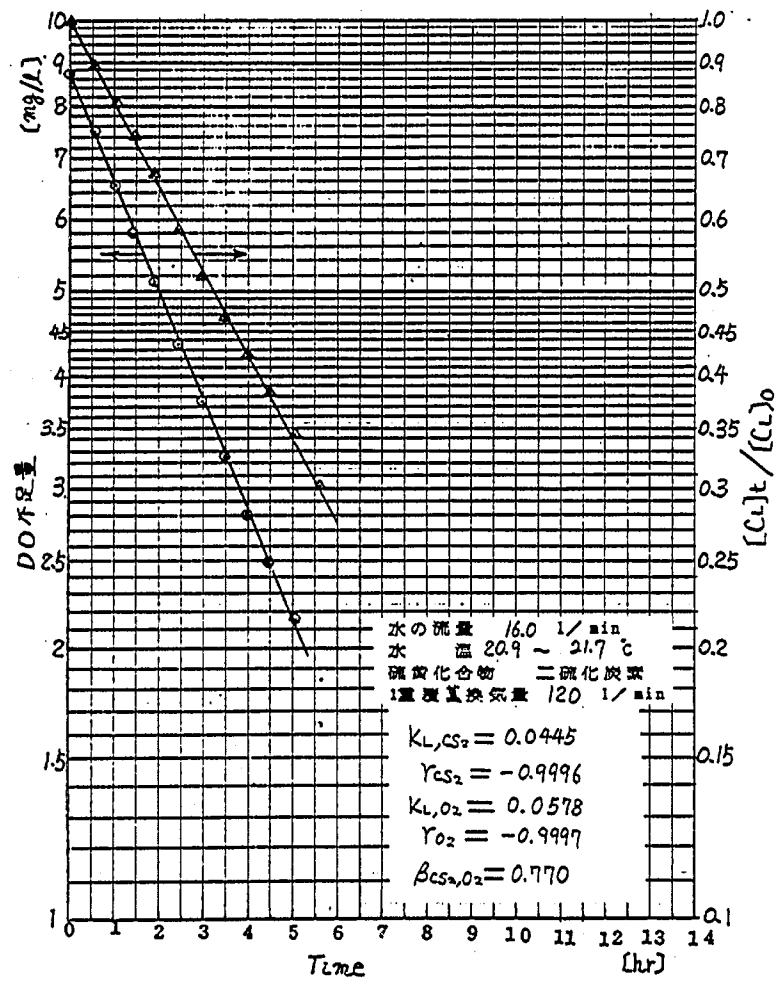


図 5—37 換気量120 l/minの実験結果

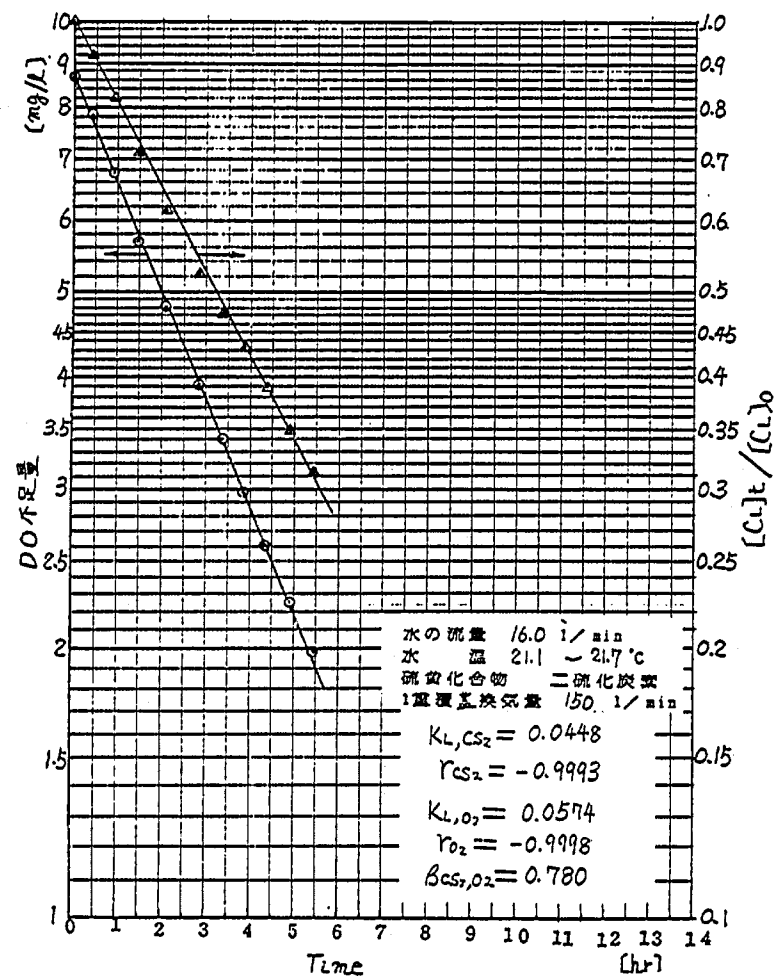


図 5—38 換気量150 l/minの実験結果

5.4.2 2重覆蓋の実験結果および考察

—— 2重覆蓋の換気量と移動係数 ——

2重覆蓋の換気量と二硫化炭素および酸素の移動係数の実験結果を図5-39～図5-43に、そのまとめを図5-38に示した。

それぞれの実験結果における相関係数 r は、 $-0.9990 \sim -0.9999$ ときわめて高く、二硫化炭素と酸素の移動係数の比、 β_{CS_2, O_2} は、 $0.741 \sim 0.819$ (平均: 0.786 , $S_x = 0.031$) と計算値の 0.764 にほぼ一致していた。

換気量 Q_2 による移動係数 K_{Ly} への影響は、二硫化炭素についてはほとんどなかった。酸素についても最小2乗法による回帰直線では、換気量 Q_2 の増加とともにわずかに増加しているが、データのばらつきとデータ数1重覆蓋の結果等を考えると、換気量 Q_2 による影響はない、と判断して良い。

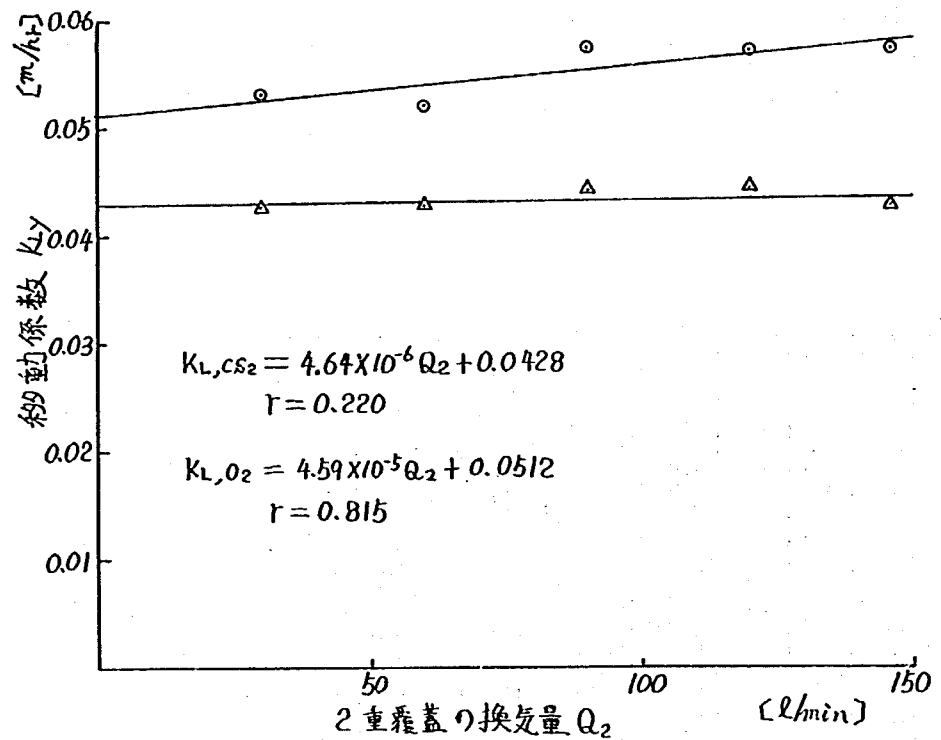


図5-39 2重覆蓋の換気量 Q_2 と移動係数

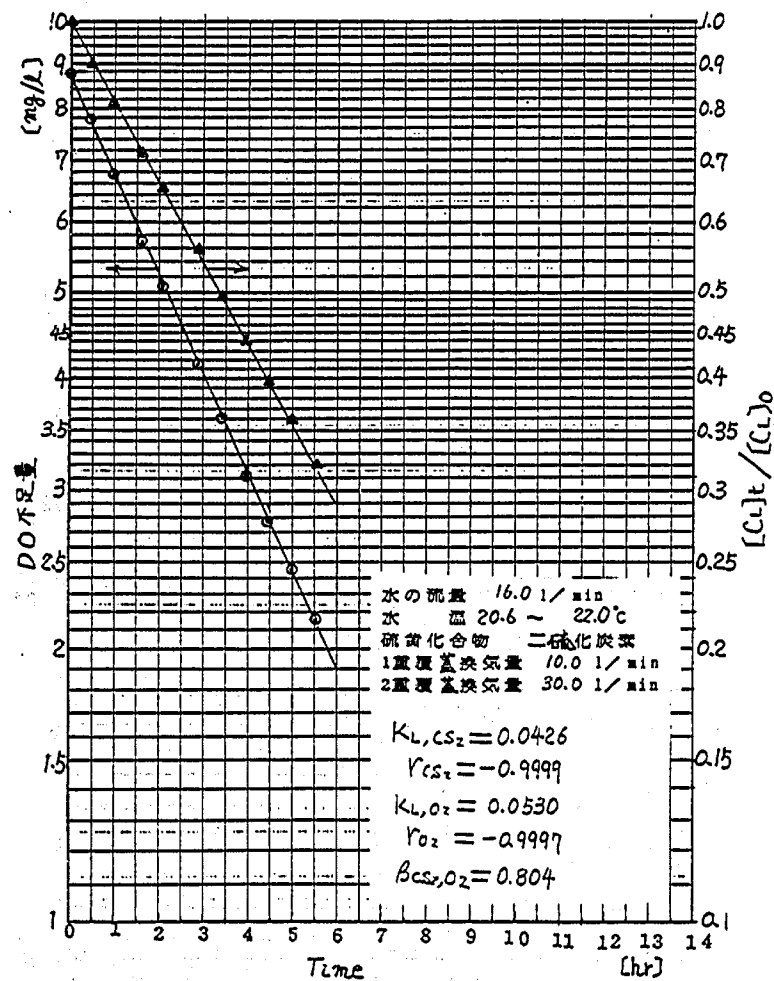


図 5-40 2重覆蓋の換気量30 l/minの実験結果

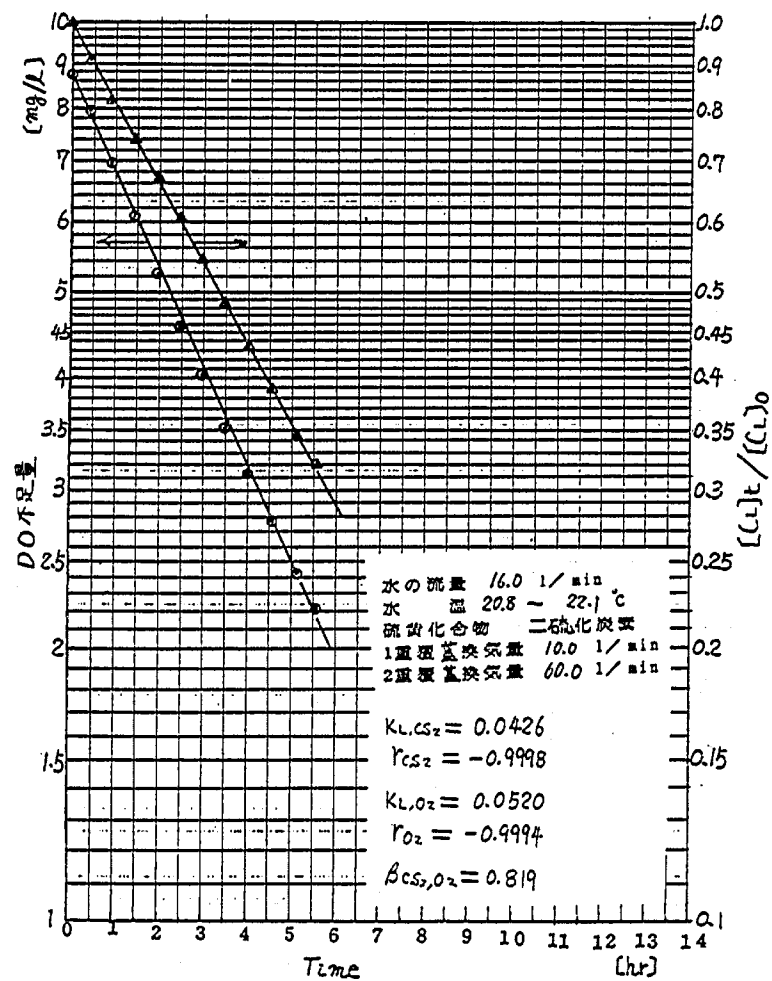


図 5-41 2重覆蓋の換気量60 l/minの実験結果

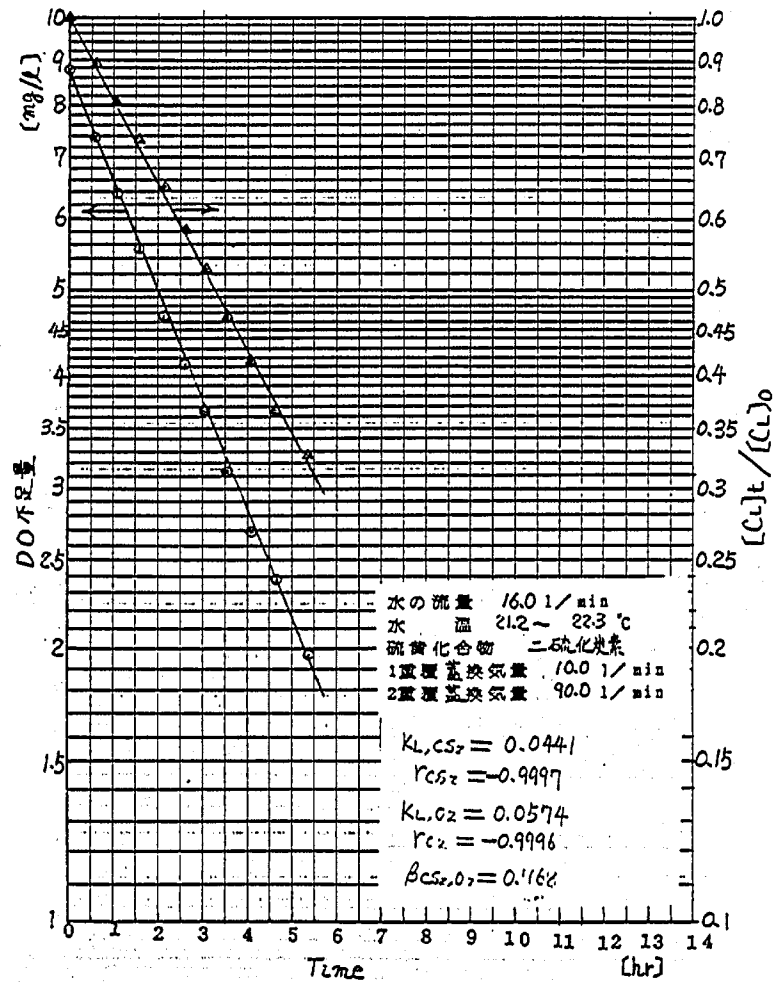


図 5-42 2重覆蓋の換気量90 l/minの実験結果

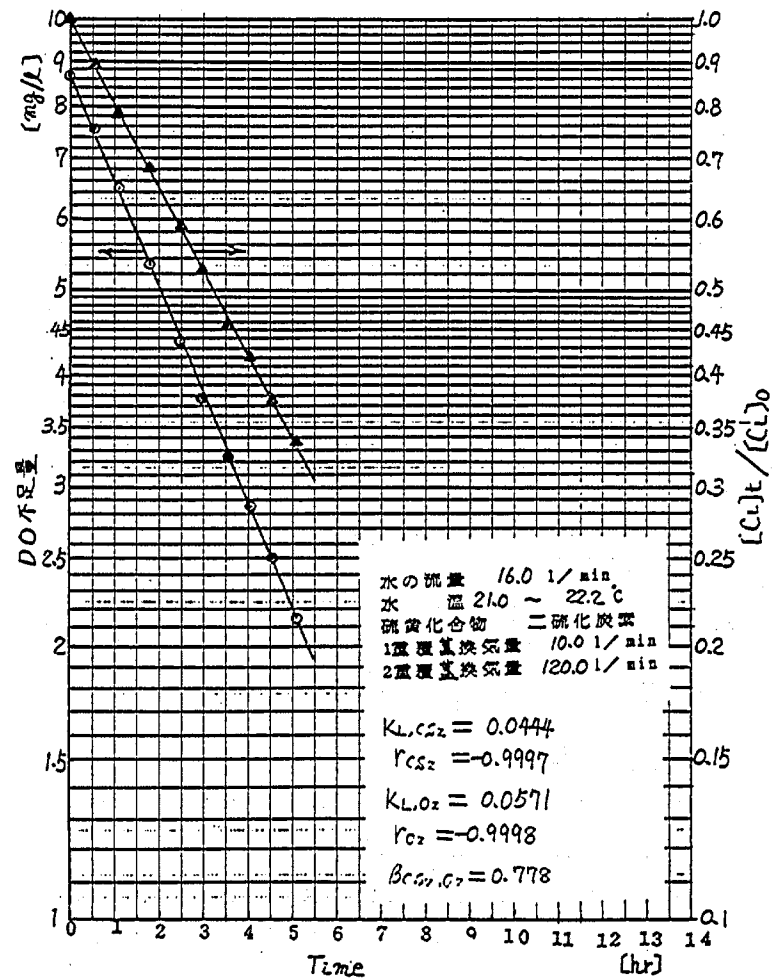


図 5-43 2重覆蓋の換気量120 l/minの実験結果

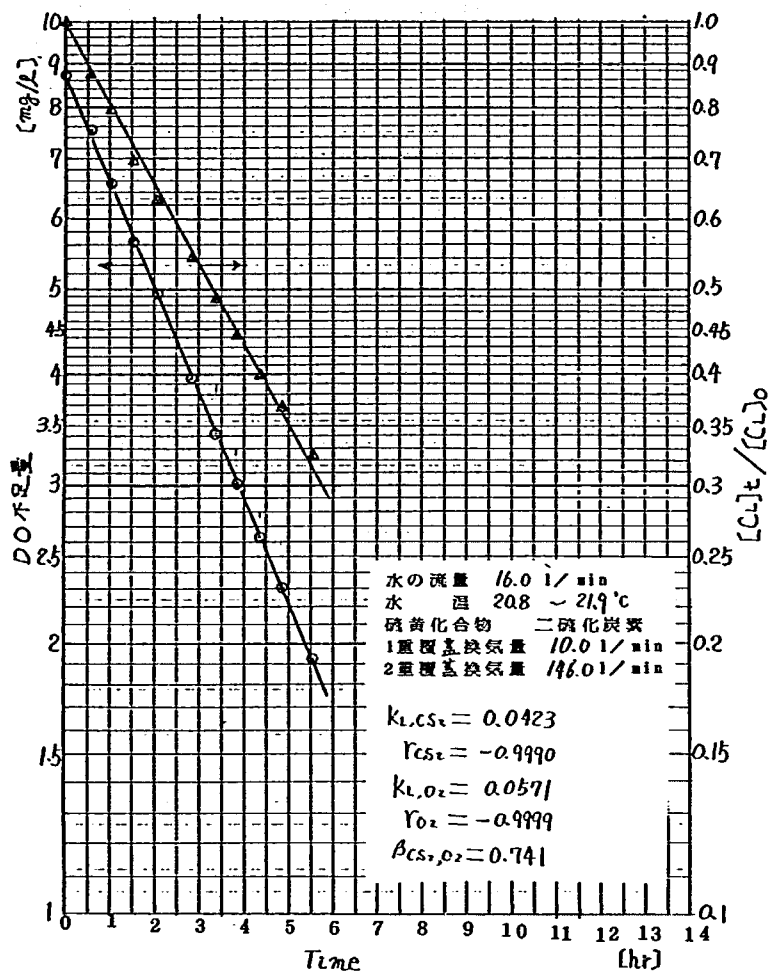


図5-44 2重覆蓋の換気量146 l/minの実験結果

5.5 ま と め

今年度の臭気捕集実験において、次のことがわかった。

① 水の流速 U と移動係数 K_L の間には次の式が成立つ。

$$K_L = a \cdot U^{\frac{2}{3}} + b \quad (5.20)$$

② 硫黄化合物（メチルメルカプタン、硫化メチル、二硫化メチル、二硫化炭素）と酸素の移動係数の比 β の実験値は計算値の約85~130%であったが、それぞれの物質については、水の流速を変化させた場合の2つの β が、ほぼ一致していた。このことから判断すれば、 β の実験値には再現性があると考えられ、データ数をふやしてより高い信頼性のある β を導くことによ

り、酸素の移動の解明から間接的に硫黄化合物の気液間の移動が明らかになる。

③ 1重覆蓋および2重覆蓋の換気量による、移動係数への影響はほとんどない。

参考文献

- 京才俊則（1981）“水中に溶解している揮発性物質の放散に関する研究” p.205～p.210, 水質汚濁研究4-4

6. 官能試験による調査検討経過及び結果の概要 (昭和54年度から同57年度)

6.1 測定方法

においの官能特性として、臭質、臭気強度、認容性（快、不快度）及び広幅性（臭気濃度）がある。

本調査における官能試験の主な役割は、各悪臭発生源のにおいの強さの程度を調べることに第一であることから、これらの官能特性の中で、特に臭気強度と臭気濃度の測定が中心になる。

1) 臭気強度の測定

- ① においの強さを直接判断して表示するという点で、官能試験には欠かせない迅速性を有している。
- ② 特に環境測定のように、刻々と変動するにおいの強さを記録する際に有効である。
- ③ ただし、においが連続して感じられるような場合には、嗅覚疲労の問題がある。
- ④ 臭気成分濃度と臭気強度とは、ある濃度範囲で比例関係にある。
- ⑤ また臭気強度は、嫌悪性とも関連が深い。

本調査では、悪臭防止法等で採用されている六段階臭気強度表示法（表6-1）で測定した。

表6-1 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がわかる弱いにおい
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、臭気強度の測定誤差については、経験的に測定値 ± 0.5 程度とみている（パネル員3～4名）。

2) 臭気濃度の測定

- ① 官能試験法の中で、測定値の客観性が高い。
- ② 広い濃度範囲にわたって測定が可能である。
- ③ O.E.R.の算出に用いられ、また大気拡散式への適用が考えられる。
- ④ ただし、極めて弱いにおい（臭気濃度10未満）の測定には不向きである。

本調査では、三点比較式臭袋法で測定した。本測定方法は、東京都が研究開発したもので、行政上の測定方法としても評価されている。

なお、測定誤差については、経験的に、測定値×3倍（または1/3倍）程度とみている（通常パネル員6名）。

6.2 測定結果の評価

測定結果の評価の概要を図6-1に示す。

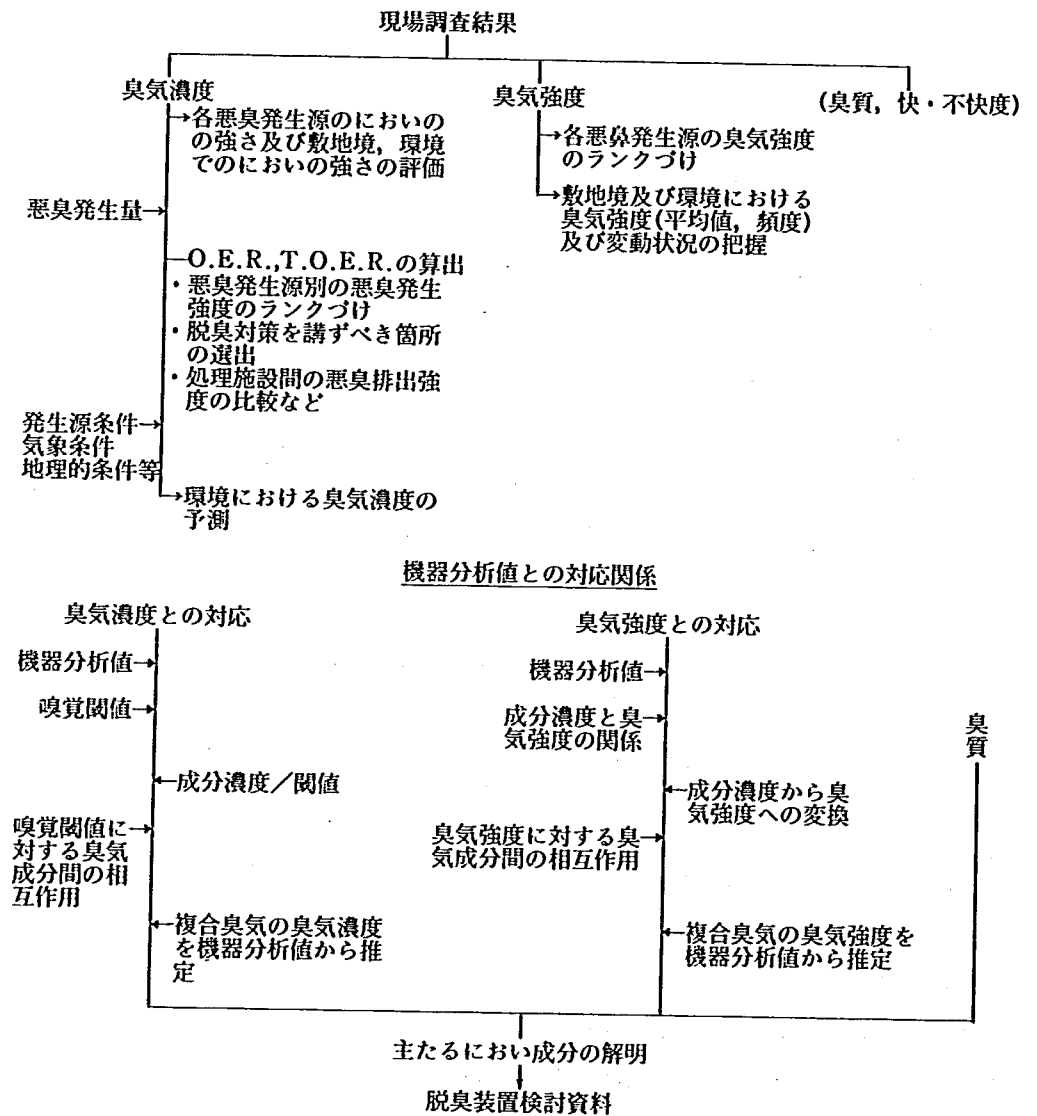


図6-1 測定結果の評価

下水処理施設の臭気実態調査については続行中であり、データの収集整理が進められている。
そこでここでは、現場調査等によって検出された臭気成分の中から主要な成分を選んで実験を行なった嗅覚閾値の測定結果、成分濃度と臭気強度の関係、及びにおいの主成分究明の経過とその結果について報告する。

6.3 簡易測定法による臭気成分の嗅覚閾値及び臭気強度別濃度の測定

下水処理施設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から60成分¹²⁾にものほり、今後さらに追加されることも予想される。

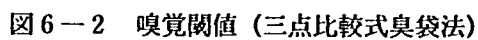
そこで、現場調査等で得られた機器分析結果にすばやく対処できるよう、臭気成分の嗅覚閾値と臭気強度の関係をj知るための簡易的な測定方法について検討した。その結果、におい袋法を用いることにしたり。パネルは、当調査機関職員及び主婦などの熟練パネルである。なお、本調査機関では、成分濃度と臭気強度の関係については、従来専門パネル（調香師）により無臭室法で実験を行なってきた。

1) 嗅覚閾値測定結果

各被験成分の嗅覚閾値を既存データを含め図6-2に示した。³¹⁾ 被験物質全体でみた場合、嗅覚閾値はジオスミンの6.5ppt からジクロロメタンの160ppm まで約250万倍の濃度範囲に存在しており、ジオスミン、スカトールその他硫黄化合物、低級脂肪酸類、アルデヒド類、クレゾール類、アミン類などが相対的に閾値の低い成分であると言える。ただし、硫黄化合物、低級脂肪酸類といった同種類の臭気成分間でも、閾値に十数倍から100倍以上の差が認められ、測定成分が多くなるとその濃度差はさらに大きくなると考えられる。

2) 閾上濃度における臭気強度別濃度の測定結果

におい袋法によって求めた各被験成分の濃度と臭気強度の関係を図6-3に示した。¹³⁾ 図中の直線の傾きは、濃度の変化に対する強度の変化の割合を示しており、これは物質によっても異なる。例えば臭気強度を1段階下げの場合を考えると、イソ酪酸やプロピオン酸などは濃度を1/3程度に減少させればよいことになるが、トリメチルアミンは濃度を1/10以下に減少させねばならない。このようなことも、悪臭対策あるいは悪臭の及ぼす影響範囲を考えるうえでの一つの要因となる。なお、一部無臭室法による結果⁹⁾と直線の傾きが異なる成分があり、測定法の相違による影響が若干認められた。



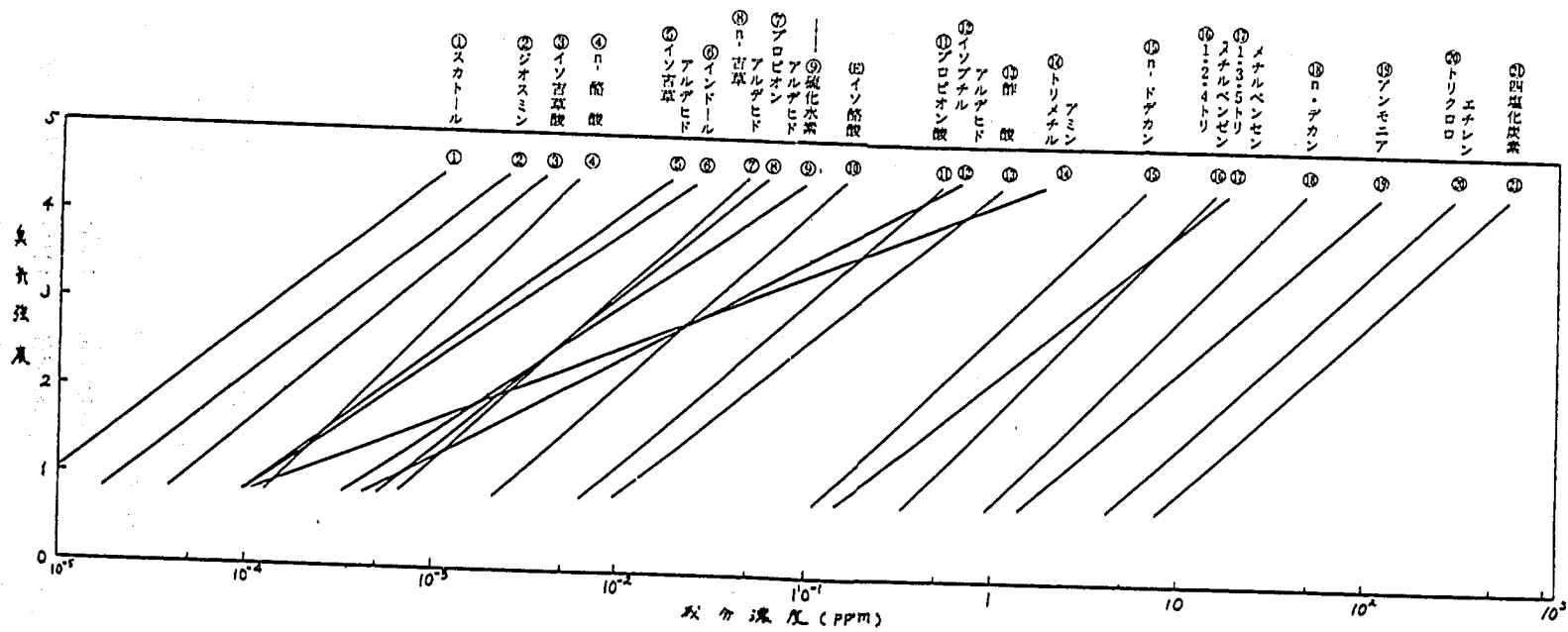


図 6-3 成分濃度と臭気強度との関係 (におい袋法)

6.4 主たるにおい成分の究明

現場調査において検出された数多くの臭気成分の中から、主たるにおい成分を選出することは効果的な脱臭方式を選定するうえで重要である。

そこで既存の現場調査データについて、機器分析値と官能試験値との対応関係について解析するとともに、室内実験として、GC-オルファクトメータ法、固体反応管を用いた硫黄水素、メチルメルカプタンの除去試験などを行ない、下水臭の主たるにおい成分の究明を試みた。

1) 現場調査データにおける成分濃度／閾値と臭気濃度との対応関係

(a) 解析データ

「臭気と脱臭方法に関する調査」については、現在現場調査を続行しており、データの整理が進められている段階である。以下の解析結果は、当調査機関既存の調査データ（昭和49年から54年調査データに、一部「臭気と脱臭方法に関する調査報告書（第2次中間報告）」のデータを加えたもの）について解析したものである。

臭気成分及びその濃度は、処理方式、処理規模、稼動条件、施設の密閉状況、脱臭方法ならびにし尿や工場排水の受け入れ状態によってかなりの差異がみられる。従って、解析の際にもこのような諸条件を考慮し、分類する必要があるが、ここでは単に、測定データを水処理系と汚泥処理系とに大きく分けて解析した。

また解析に用いた臭気成分については、数多くの検出成分の中で、特に硫化水素、メチルメルカプタン、硫化メチル、二硫化メチル及びアンモニアについてのみ解析の対象とした。

臭気採取箇所は、ほとんどが標準活性汚泥処理施設である。水処理関係では、汚泥濃縮槽、脱水機などが主であり、汚泥焼却施設や脱臭後の臭気は対象外とした。また、明らかに工場排水臭の影響のある箇所は除外した。

〈解析データ〉

水処理関係臭気	沈砂池	17試料	計 78試料
	エアレーションタンク	27試料	
	初 沈	16試料	
	その他	18試料	
(流入水調整池、前 <u>エアレーション</u> タンク、水処理系総合ダクトなど)			
汚泥関係臭気	汚泥濃縮槽	31試料	計 61試料
	脱水機関係	13試料	
	そ の 他	17試料	

(汚泥洗浄槽、貯留槽など)

(b) 解析方針

単一成分の場合、臭気濃度の理論値は成分濃度／閾値となる。これを複合臭気にあてはめると、検出された成分の数だけ(成分濃度／閾値) (X_i で表わす)の値が求められる。

- (1) 最大値モデル $Y = [X_i] \max$ あるいは $\log Y = \log [X_i] \max$

X_i が最大となる成分のみが臭気濃度に寄与するものとする。

- (2) 付加モデル $Y = \sum X_i$ あるいは $\log Y = \log \sum X_i$

X_i の合計が臭気濃度に寄与すると考える。これは物質間の感覚的な相加作用を考慮したものといえる。

上記(1), (2)とも、それぞれの臭気成分が多成分系の中でも単一物質としての特性を失なわないという前提に立っている。また、とかく複合臭気の場合に議論される成分間相互の相乗あるいは相殺といった複雑な作用については問題にしていない。これは、このような相互作用に関する研究成果がほとんど2, 3の特定の臭気成分間の組合せについて報告されているのみであり、まして下水臭のように多成分の臭気からなる場合には、数量的に解析に組み込むまでに至っていないと判断するからである。

- (3) 重回帰モデル $Y = a_0 + a_1 x_1 + \dots + a_n x_n$ あるいは

$$\log Y = a_0 + a_1 \log x_1 + \dots + a_n \log x_n$$

検出された成分(説明変数)を用いて臭気濃度を予測する際に最もあてはまりのよい回帰式を推定するもので、変数としては、成分濃度、 X_i 、ガスクロマトグラムのピーク面積など数量的に表わせるものならなんでもよい。ただし、変数間の因果関係を特に問題にしていないので、この式より主要成分は何であるかを直接判断することはできない。

以上、(1), (2)のモデルに(3)のモデルを加えて、成分濃度／閾値と臭気濃度との対応関係について調べた。

なお、臭気濃度は、対数値に変換することによってはじめて正規分布が仮定できるので、臭気濃度、成分濃度／閾値とも常用対数に変換して解析した。

(c) 解析結果及び考察

- (1) 各臭気成分濃度及び臭気濃度間の相関関係

相関係数を表6-2及び表6-3に示す。

水処理系臭気に関して、

臭気濃度に対しては、硫化水素、メチルメルカプタン、硫化メチル、二硫化メチルとも有意な相関が認められた。しかし、アンモニアとは相関が認められなかった。

臭気成分間では、特に硫化水素、メチルメルカプタン、硫化メチルの間で有意な相

表6-2 水処理系臭気の相関表

	硫化水素	メチルメルカプタン	硫化メチル	二硫化メチル	アンモニア	臭気濃度
硫化水素		0.750**	0.435**	0.074	0.162	0.697**
メチルメルカプタン			0.596**	0.283*	0.173	0.643**
硫化メチル				0.599**	0.271*	0.643**
二硫化メチル					-0.044	0.383**
アンモニア						0.102
臭気濃度						

* 危険率1%以下で相関が有意

* 危険率5%以下で相関が有意

表6-3 汚泥処理系臭気の相関表

	硫化水素	メチルメルカプタン	硫化メチル	二硫化メチル	アンモニア	臭気濃度
硫化水素		0.565**	0.438**	0.089	0.052	0.759**
メチルメルカプタン			0.821**	0.366**	0.111	0.734**
硫化メチル				0.434**	0.083	0.720**
二硫化メチル					0.126	0.218
アンモニア						0.198
臭気濃度						

* 危険率1%以下で相関が有意

* 危険率5%以下で相関が有意

関が認められた。

汚泥処理系臭気に関して、

臭気濃度に対しては、硫化水素、メチルメルカプタン、硫化メチルの間で有意な相関が認められた。

臭気成分間では、硫化水素と二硫化メチルとは相関は認められなかったが、その他の硫黄化合物成分間では相関が認められた。アンモニアとはいずれの成分も有意な相関は認められなかった。

(2) 3つのモデルによる回帰・相関分析及び臭気濃度の実測値と推定値との比

解析結果を表6-4に示した。

いずれの解析結果においても、臭気濃度と成分濃度から求めた刺激量との間で有意な相関関係が認められた。そしてこれらの成分で、水処理系臭気の場合、全臭気濃度の変動の約60%が、汚泥処理系臭気の場合、全臭気濃度の変動の約73%が説明できる結果となった。特に、水処理系臭気とも、硫化水素及びメチルメルカプタンの臭気濃度に対する寄与度が大きい。

ただし、水処理系では、沈砂池や初沈、汚泥処理系では汚泥濃縮槽のように嫌気性下で

表6-4 回帰・相関分析及び臭気濃度の実測値/推定値

最大値モデル								
施設	回帰式及びXiが最大となった成分とその数	相関係数	寄与率	臭気濃度の推定値/実測値				
				$\frac{1}{10}$ 以下	$\frac{1}{10} \sim \frac{1}{3}$	$\frac{1}{3} \sim 3$	3~10	10以上
水処理 n=78	$\log Y = 0.508 \log (Xi)_{\max} + 1.46$ H ₂ S: 42, CH ₃ SH: 33, (CH ₃) ₂ S: 3	0.779**	0.607	17	16	40	3	2
汚泥処理 n=61	$\log Y = 0.686 \log (Xi)_{\max} + 0.933$ H ₂ S: 41, CH ₃ SH: 17, NH ₃ : 3	0.856**	0.733	9	6	35	8	3
付加モデル								
施設	回帰式	相関係数	寄与率	臭気濃度の推定値/実測値				
				$\frac{1}{10}$ 以下	$\frac{1}{10} \sim \frac{1}{3}$	$\frac{1}{3} \sim 3$	3~10	10以上
水処理 n=78	$\log Y = 0.484 \log \Sigma Xi + 1.45$	0.757**	0.573	13	15	40	8	2
汚泥処理 n=61	$\log Y = 0.674 \log \Sigma Xi + 1.03$	0.853**	0.728	8	4	35	11	3
重回帰モデル								
施設	回帰式 ^{a)}	相関係数	寄与率	残差分散				
水処理 n=78	$\log Y = 0.323 \log Xi + 0.00119 \log X_2 + 0.571 \log X_3 + 0.362 \log X_4 - 0.929 \log X_5 + 1.71$	0.805**	0.648	0.220				
汚泥処理 n=61	$\log Y = 0.463 \log X_1 + 0.172 \log X_2 + 0.225 \log X_3 + 0.062 \log X_4 + 0.249 \log X_5 + 0.717$	0.892**	0.795	0.280				

** 危険率1%以下で相関が有意

注) X₁: 硫化水素 X₂: メチルメルカプタン X₃: 硫化メチル
X₄: 二硫化メチル X₅: アンモニア

硫化水素あるいはメチルメルカプタンが十数 ppb 以上発生している箇所、臭質でいうと、生下水臭、どぶ臭、腐敗臭といったような臭気では、硫化水素、メチルメルカプタンの成分濃度/閾値との対応関係は良いが、エアレーションタンク、脱水工程などで、臭気濃度が数百以下、硫化水素、メチルメルカプタンの濃度が十数 ppb 以下というような箇所では、両者に対応関係がみられない場合が多い。エアレーションタンク採取試料の約半数は臭気濃度の推定値 ((Xi) max, ΣXi) が実測値の 1/10 にも満たなかった。

2) GC-オルファクトメータ法

(a) 方法

ガスクロマトグラフのカラム出口を二方に分岐し、一方を検出器に、他方を嗅覚測定のための臭気排出口に接続する。パネルはカラムから分離流出してくるにおいを嗅いで、そのにおいの強さ及び臭質を記録する。このにおいの強さを記録したチャートをオルファクトグラムという。⁸⁾

(b) 測定事例

図6-4は、汚泥濃縮槽から採取した臭気のオルファクトグラムである。硫化水素、メチルメルカプタンのにおいが強く、硫化メチルのにおいも感じられる。これらの環元型の硫黄化合物の臭気がにおいの大部分を占めていることが判る。

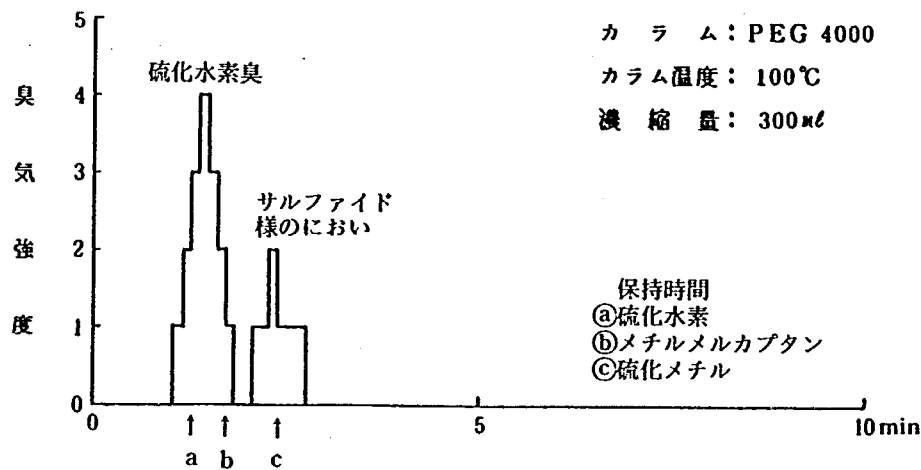


図6-4 汚泥盾縮槽臭気のオルファクトグラム

図6-5は、高速エアレーションタンクから採取した臭気のオルファクトグラムである。生ぐさいにおいとともにかびくさいにおいが感じられた。また、酸素エアレーションタンク採取臭気についても同様の結果が得られた。

かび臭に寄因する成分として、水道水、湖沼などの分析では、ジオスミン、2-メチルボルネオールなどが検出されており、特にジオスミンが注目されている。そこで本実験において、エアレーションタンク臭（活性汚泥臭）特有のかび臭に寄因する成分の解析の一手段として、ジオスミンのGC-MS分析を試みたが、不検出(<10ppt)であった。また、図6-5のオルファクトグラム上で、かびくさいにおいが記録された位置とジオスミンの保持時間とは約3分のずれがあった。

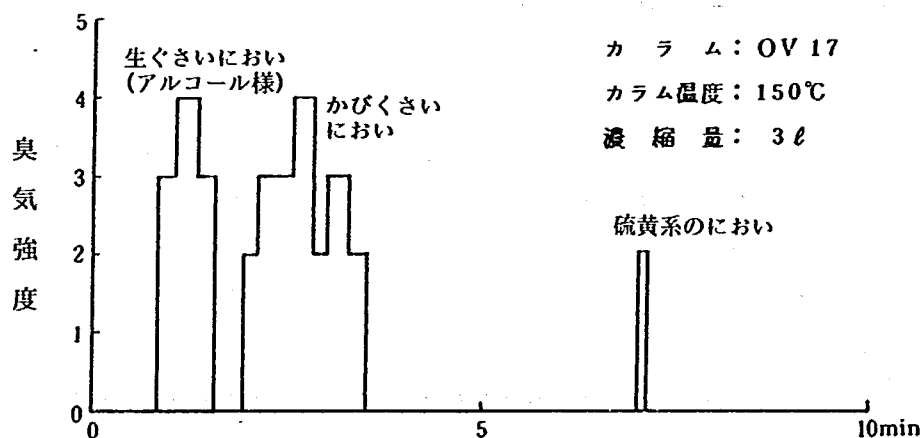


図6-5 高速エアレーションタンク臭気のオルファクトグラム

図6-6は、同一下水処理施設の流入下水（沈砂池）とエアレーションタンク混合液水を70°Cに加熱してエアレーションし発生させた臭気のオルファクトグラムである。両臭気とも広い時間帯にわたって種々雑多なにおいが記録されている。例えば混合液ではアルデヒド様の焦げ臭、草をすりつぶしたような青くさいにおい、いもをふかしたようなにおい、かびくさいにおいなどが記録された。そしてGC-MS分析の結果、オルファクトグラム上②の位置にジメチルサルファイド及びアセトアルデヒド、⑥の位置にブチルアルデヒドが検出され、それぞれオルファクトグラムの応答（甘いにおい、アルデヒド様焦げ臭）と一致していた。その他、飽和、不飽和炭化水素類、有機塩素化合物など30数成分が検出された。

GC-オルファクトメータ法の場合、臭気濃度×試料濃縮量が10⁶ml以上でなければ明確なオルファクトグラムが記録できない。例えば、臭気濃度100の試料ならば10ℓ以上濃縮する必要がある。これをジオスミンの濃度で表わすと、試料を1ℓ濃縮するとして、数ppb存在していなければならない。

3) 固体反応管を用いた硫化水素、メチルメルカプタンの除去

これまでの結果からみて、環元性の硫黄化合物、特に硫化水素、メチルメルカプタンが下水あるいは下水汚泥から発生する臭気の主体になっている事例が多い。

そこで下水処理に関連する臭気から、硫化水素、メチルメルカプタンを選択的に除去し、

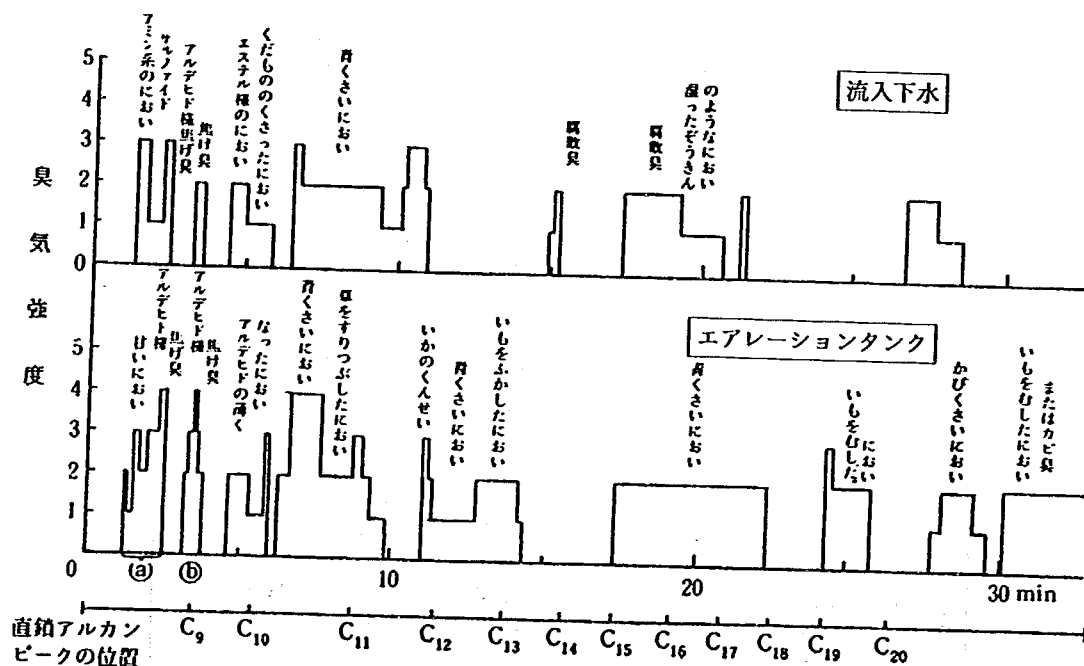


図6-6 流入下水及び混合液から強制的に発生させた臭気のオルファクトグラム

その時のにおいの強さ、質の変化等をとらえることにより、硫化水素、メチルメルカプタンのにおい成分としての寄与度、あるいは他のにおい成分の寄与度を調べた。

そのために事前に数種類の試薬を用いて硫化水素、メチルメルカプタンの除去試験を行ない、その中から水酸化カリウムを両成分の除去試薬として使用した。

(a) 反応管の作成

ガラスビーズ (15~28メッシュ) 3.5g を充填したガラス管に水酸化カリウム50w/v %, グリセリン10w/v%を含む水溶液をビーズが十分浸るように注入し、一端から窒素ガスを注入しながら150°Cで20分間乾燥した。

(b) 試料ガスの反応管通過

試料ガスは約1ℓ/分の速さで反応管を通過させ、約5ℓを採取バッグに捕集した。

(c) 硫化水素、メチルメルカプタンの除去率

除去率は、硫化水素が98.0%以上、メチルメルカプタンが99.5%以上で共に良好な結果が得られた (表6-5)。

(d) 除去対象外物質の反応管通過率

測定結果を表6-6に示す。

表6-5 水酸化カリウム反応管による硫化水素、メチルメルカプタンの除去

成分 \ 濃度	40~100ppb 除去率(%)	600~800ppb 除去率(%)	2~7ppm 除去率(%)
硫 化 水 素	98.0以上	99.7以上	99.9以上
メチルメルカプタン	99.5以上	99.8	99.9以上

表6-6 水酸化カリウム反応管への吸着

	濃 度	70~260ppb 通過率(%)	10~25ppm 通過率(%)
アル コ ー ル 類	エチルアルコール	94.1	94.1
	n-プロピルアルコール	93.6	93.5
	n-ブチルアルコール	95.3	91.3
	n-ヘキシルアルコール	74.4	77.8
アル デ ヒ ド 類	アセトアルデヒド	91.7	92.2
	プロピオンアルデヒド	92.8	90.3
	n-ブチルアルデヒド	86.1	94.4
	イソバレルアルデヒド	91.7	94.1
	n-バレルアルデヒド	84.2	91.7
硫 化 メ チ ル		97.9	97.8
二 硫 化 メ チ ル		94.9	94.6

なお、低級脂肪酸類については、官能試験の結果では、ほぼ100%反応管に捕捉されている。

(e) 測定事例

測定に供した試料は、沈砂池、エアレーションタンク、汚泥濃縮槽、脱水機関係の臭気である。臭気成分については、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4成分についてのみ測定した。

なお、測定試料が限られているのでここではその結果についてのみ言及する。

(1) 沈砂池臭気

測定結果を図6-7から6-9に示す。

硫化水素及びメチルメルカプタンが主たるにおい成分としてあげられる。ただし図6-7及び6-8の試料では、硫化水素及びメチルメルカプタン除去後（正確には、硫化水素、メチルメルカプタンの他にも低級脂肪酸類など酸・アルカリ反応を生ずる臭気も除去される）においても、臭気濃度で10あるいは200程度のにおいが残存しており、このにおいては硫化メチル、二硫化メチル両成分の濃度／閾値からみて、他の臭気成分の影響と考えられる。特に図6-8の試料は、反応管通過後においてもほとんど臭気濃度に変化がみられない。これは後図6-17に示す同処理施設の汚泥濃縮槽臭気についても同様のことが言えるので、工場排水臭など当施設特有の臭気による影響とも考えられる。

また、硫化水素、メチルメルカプタン除去後の臭気濃度は、原臭気の臭気濃度に比べ、試料間のばらつきが大きい。これは、流入下水自体の臭気組成に差があるためであろう。

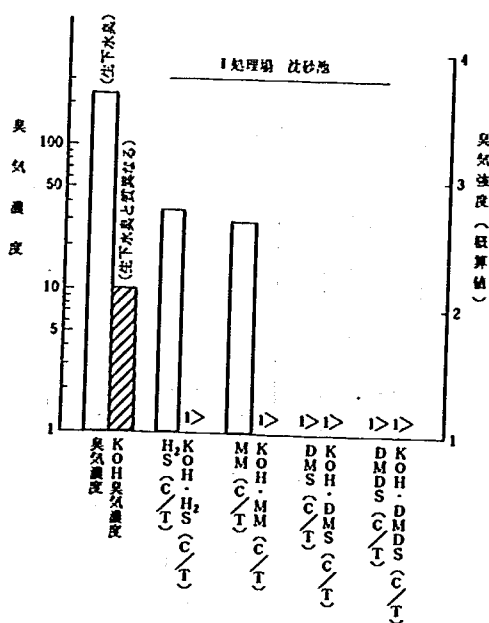


図6-7

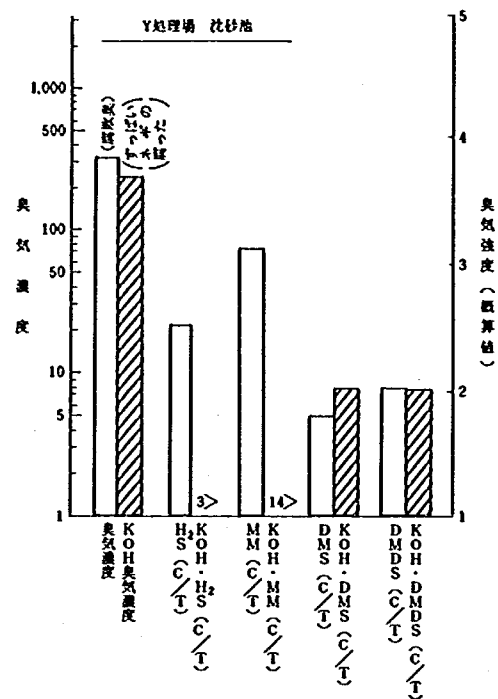


図 6-8

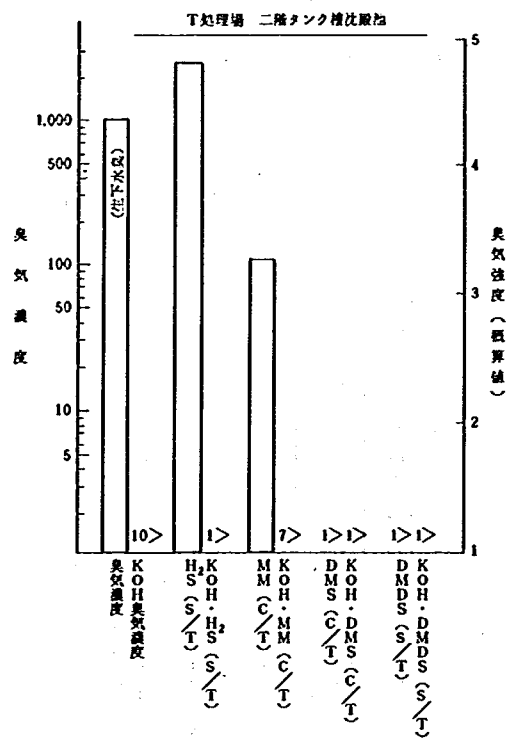


図 6-9

縦軸 臭気濃度：現場臭気の臭気濃度（実測値）及び各成分の濃度／閾値

臭気強度：臭気濃度に対応する臭気強度の概算値。

下水処理施設現場臭気の臭気濃度測定時にオペレーターが判断した数多くの臭気強度測定データ、及び硫化水素、メチルメルカプタン、硫化メチル、二硫化メチルの濃度と臭気強度の関係式の傾きの4成分平均値（臭気強度1に対する濃度を閾値と仮定する）とを考慮し、臭気濃度に対応する臭気強度の概算値を求めた。

横軸 臭気濃度：原臭気（現場臭気）の臭気濃度

KOH臭気濃度：KOH反応管通過後の臭気濃度

$H_2S(C/T)$ ：原臭気の硫化水素濃度／閾値

$KOH \cdot H_2S(C/T)$ ：KOH反応管通過後の硫化水素濃度／閾値

$MM(C/T)$ ：原臭気のメチルメルカプタン濃度／閾値

$KOH \cdot MM(C/T)$ ：KOH反応管通過後のメチルメルカプタン濃度／閾値

$DMS(C/T)$ ：原臭気の硫化メチル濃度／閾値

$KOH \cdot DMS(C/T)$ ：KOH反応管通過後の硫化メチル濃度／閾値

$DMDS(C/T)$ ：原臭気の前二硫化メチル濃度／閾値

$KOH \cdot DMDS(C/T)$ ：KOH反応管通過後の二硫化メチル濃度／閾値

□：原臭気について ▨：KOH反応管通過後臭気について

臭気濃度の実測値

臭気濃度の推定値

(2) エアレーションタンク臭気

硫化水素あるいはメチルメルカプタンの濃度／閾値から原臭気の臭気濃度を推定できる場合と、そうでない場合とがある。即ち、硫化水素あるいはメチルメルカプタンがにおいの主体をなす成分である場合とそうでない場合とがある。少なくとも硫化水素及びメチルメルカプタン除去後の臭気については、硫化メチル及び二硫化メチル以外の臭気成分の影響が大きい。そして反応管通過後試料の臭気濃度は、せいぜい原臭気の1／6程度にしか減少せず、強度的にも六段階法で1段階以上の減少はほとんど認められなかった。従って、硫化水素、メチルメルカプタン、硫化メチル、二硫化メチル以外にエアレーションタンク臭を構成する主要な臭気成分があると考えられる。エアレーションタンク臭特有のかび臭に寄因する臭気成分については炭化水素類であろうなど、いくつか推測されているが、未だ解明に至っていない。

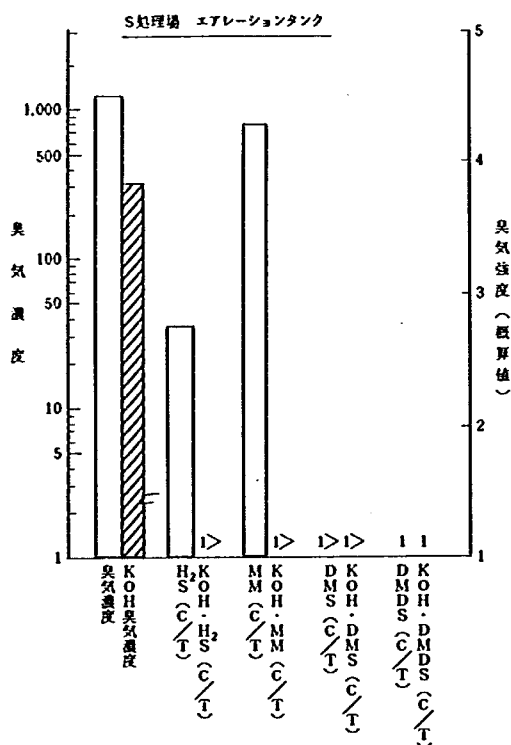


図 6-10

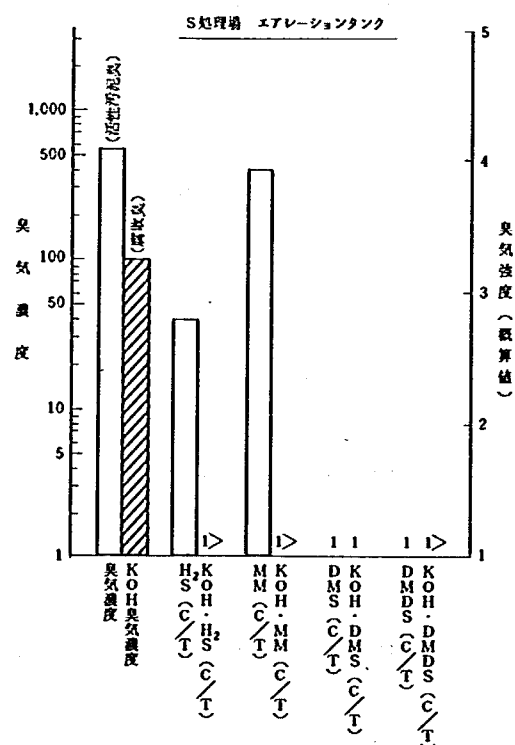


図 6-11

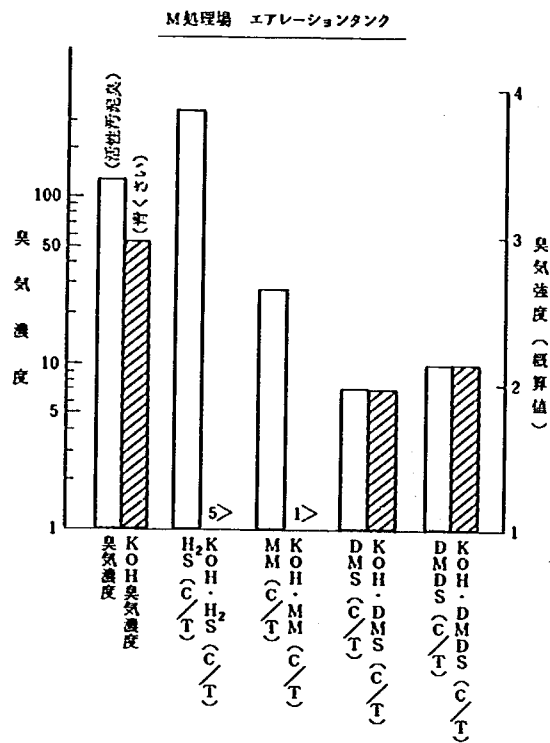


図 6-12

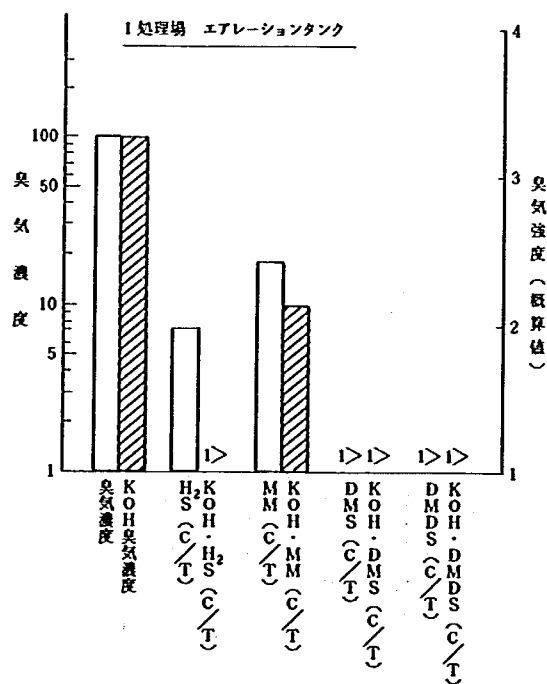


図 6-13

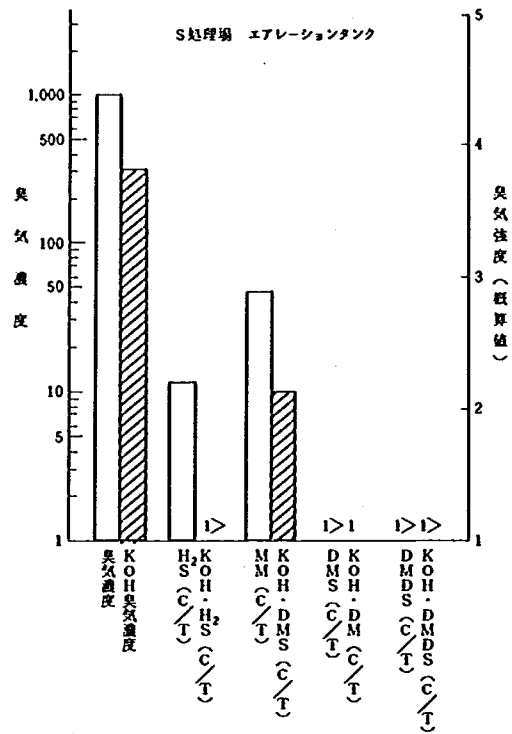


図 6-14

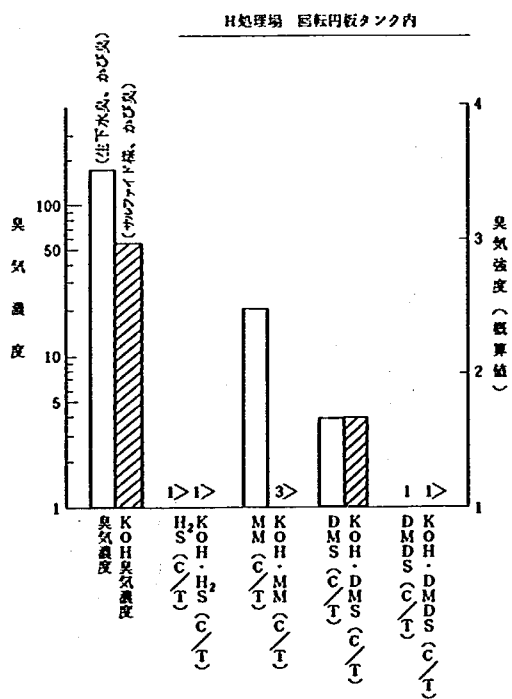


図 6-15

(3) 汚泥濃縮槽臭気

いずれの試料も、硫化水素あるいはメチルメルカプタンの濃度／閾値と原臭気の臭気濃度との間で十分対応関係が認められ、硫化水素、メチルメルカプタンが主要な臭気成分であることが判る。また、硫化水素、メチルメルカプタンを除去することによって、臭気濃度は原臭気の臭気濃度の1/10から1/100とかなりの減少が認められ、臭気強度も1段階ないし2段階は弱くなっている。

反応管通過後の臭気濃度及び臭気強度の減少率は、当然原臭気の硫化水素あるいはメチルメルカプタンの濃度と関係する。汚泥濃縮槽臭気のように、硫化水素、メチルメルカプタンが高濃度に存在していれば、それだけ臭気濃度の減少率も大きくなる。ただし汚泥濃縮槽臭気といえども、反応管通過後において、依然臭気濃度で数十から数百程度のおいが残存しており、そのにおいは必ずしも硫化メチルあるいは二硫化メチルによるものではなかった。

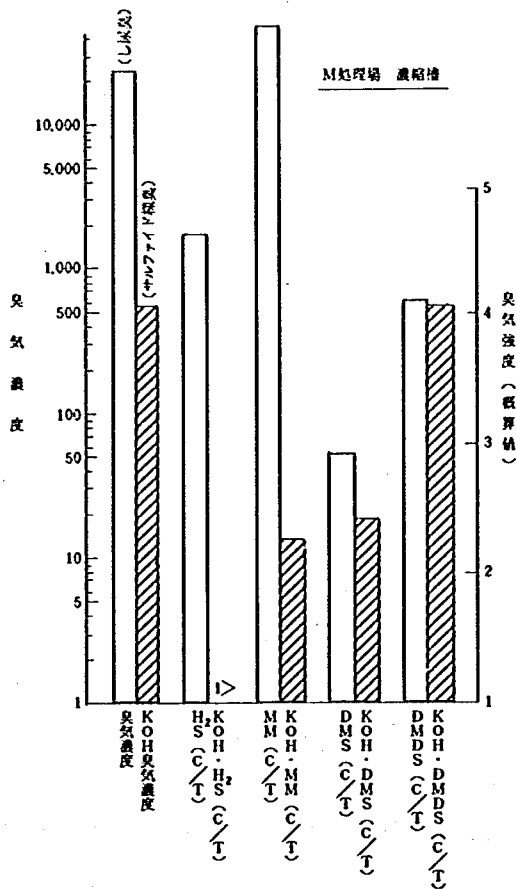


図 6-16

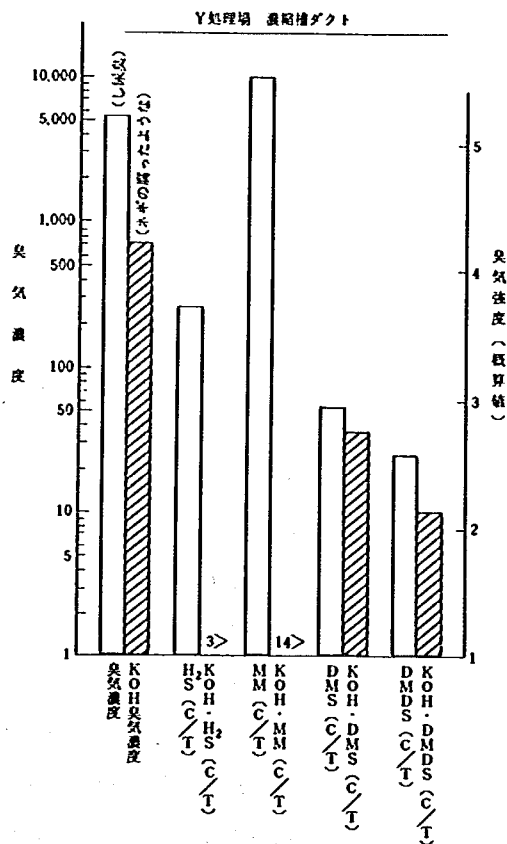


図 6-17

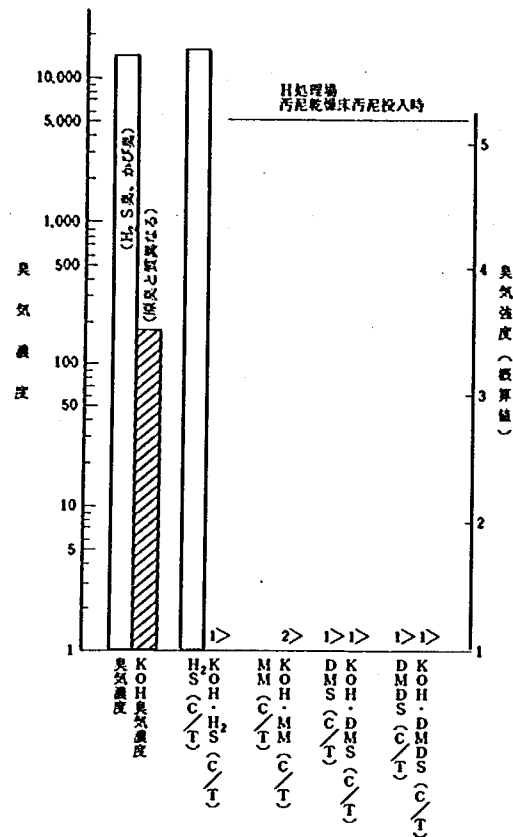


图 6—18

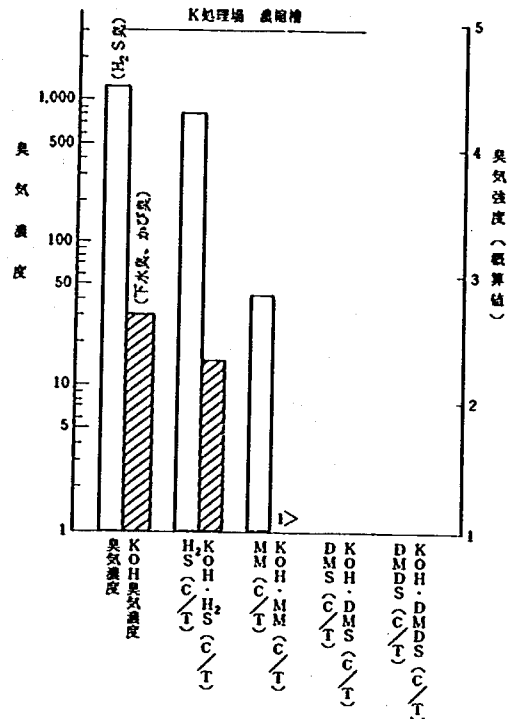


图 6-19

(4) 脱水機関係臭気

原臭気の臭気濃度及び硫化水素濃度、メチルメルカプタン濃度は、一次汚泥、二次汚泥など処理される汚泥の内容、脱水機方式、臭気捕臭の状況等によって異なるが、一般に凝集剤として、高分子凝集剤を使用している場合、消石灰を使用している場合に比べて数十倍高い値を示している。

これは前者が高分子凝集剤のみの混入であるため、汚泥の性状がさほど変化せず、汚泥濃縮槽と同様に硫化水素及びメチルメルカプタンが高濃度に発生すると思われる。一方後者は、消石灰の混入により、汚泥自体が塩基性となり、弱酸性ガスである硫化水素及びメチルメルカプタンの発生が抑えられるものと考えられる。従って、硫化水素、メチルメルカプタンが高濃度に発生している場合は、両成分の濃度／閾値との対応関係が良く、反応管通過後において、臭気濃度は1/5から1/40程度に減少し、臭気強度も1段階から2段階程度弱くなっている。一方、消石灰を使用している場合、硫化水素、メチルメルカプタンから臭気濃度を推定すると、実測値とはかなりのひらきが生じ、また硫化水素、メチルメルカプタンを除去しても、臭気濃度はほと

んど減少していない。消石灰使用のときの測定事例は、2例のみであるが、図6-23及び6-24の試料では、シュウ酸反応管を用いてトリメチルアミンなどのアミン類あるいはアンモニアといった塩基性の臭気成分を除去した後の臭気濃度の方が水酸化カリウム反応管通過後の臭気濃度に比べて1/10程度小さい値を示した。これより塩基性の臭気がにおいの主体になっていることが示唆された。またこれは、原臭気及び反応管通過後の臭質からも推測することができた。

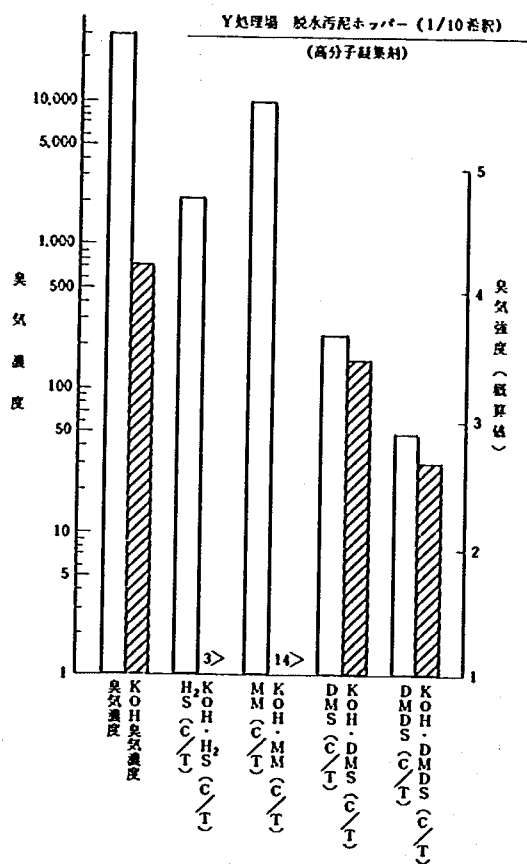


図6-20

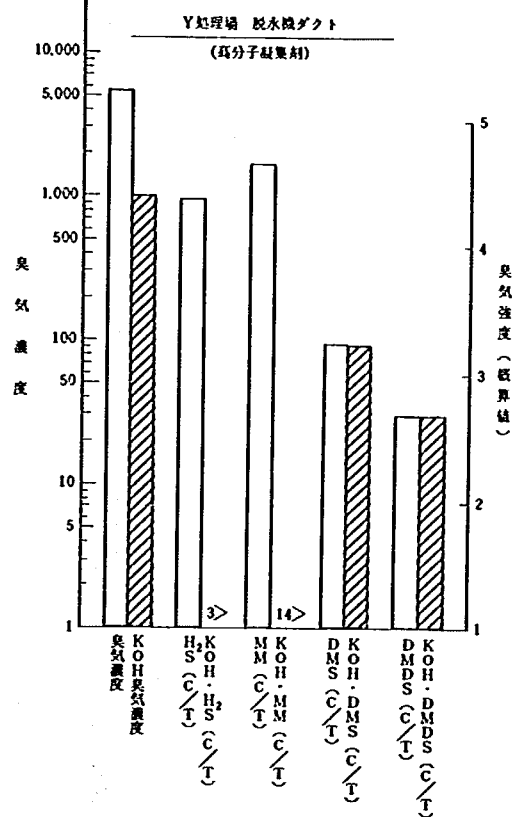


図6-21

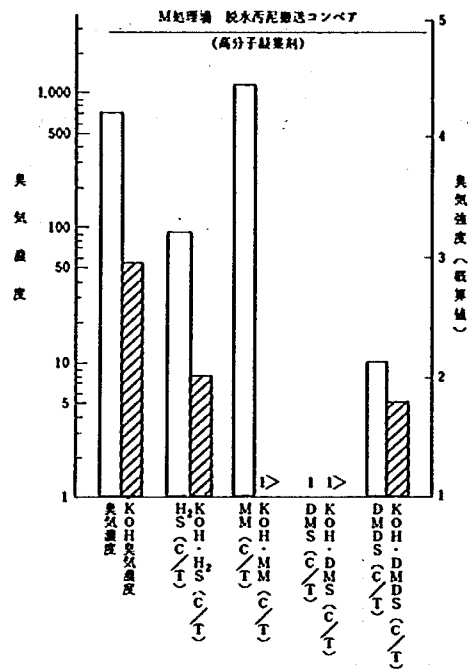


図 6-22

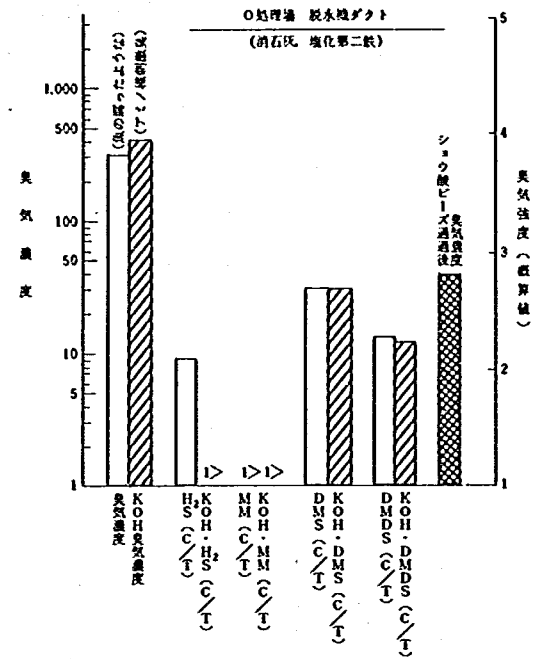


図 6-23

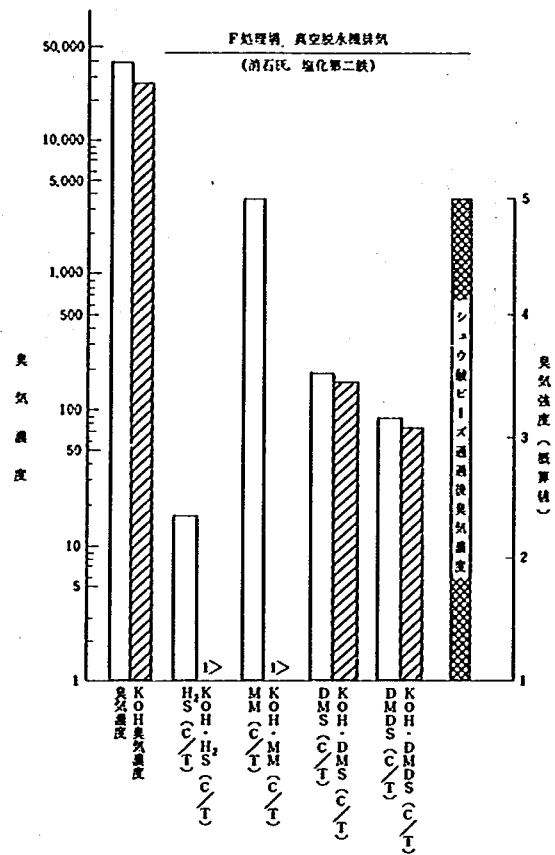


図 6-24

6.5 補足説明（臭気成分間の相互作用について）

1) 2種類の臭気成分を混合したときの臭気強度の変化

本報告において、機器分析値と官能試験値との対応関係をみる際に、すべての臭気が多成分系の中でも単一臭気としての官能的な特性を失わないという前提に立って解析してきた。言い換えれば、臭気成分間に相乗、相殺といった官能的な作用がないとして扱ってきた。

これは前述したように、多成分系臭気の官能的な相互作用¹⁰⁾に関する研究が、ほとんど2、3の限られた臭気成分の組合せについて報告されているのみであり、まして下水臭のように多成分の臭気からなる場合、その複合作用について、数量的に解析に組込むまでには至っていないと判断するからである。

注) A, B 2種の臭気成分を混合した場合のにおいの強さの感じ方

独立 $R_{A+B}=R_A \text{ or } R_B$

相加 $R_{A+B}=R_A+R_B$

相殺 $R_{A+B}<R_A+R_B$

相乗 $R_{A+B}>R_A+R_B$

(a) 研究報告の一例

H.R.Moskowitz は A, B 2種類の臭気を混合した際の強度は、 $A^2+B^2+2AB\cos\alpha=$ (Mixture) というベクトルモデルで表わすことを提案している。そして硫化メチルと二硫化メチルの場合、 $\alpha=105^\circ(\cos\alpha=-0.26)$ になると報告している。ただし、2成分の強度が極端に異なる場合はあてはまりがよくない、3成分以上混合すると強度はあまり大きくならずベクトルモデルからずれる、まれにみられる強度の相乗作用についてはベクトルモデルでは説明できない、と述べている。

(b) 当研究室実験

まず、硫化水素、硫化メチル、二硫化メチルの濃度と臭気強度との関係をにおい袋法で求めた。つぎに、強度がほぼ同じである試料を二種類混合し(硫化水素と硫化メチル、硫化メチルと二硫化メチル)、それぞれ混合前の単一臭気との間でにおいの強さを比較した。

試験結果を表6-7及び6-8に示したが、両混合試料とも、混合前の臭気の強度が共に2以上の場合に、それぞれの単一臭気に比べ、混合試料の方がにおいが強く感じられるという結果が得られた(危険率10%以下で有意)。¹¹⁾

表 6-7 硫化水素と硫化メチルの混合試料と各単一試料とのにおいの強さの比較

比較試料		混合試料の方が においが強いと 判断した回数	においの強さの差				単一試料の方が においが強いと 判断した回数	においの強さの差				判断回数 (計)	においの強さの差の判断回数(計)			
混合試料 (ppm)	単一試料 (ppm)		ほとんど 差がない	少し 差がある	かなり 差がある	非常に 差がある		ほとんど 差がない	少し 差がある	かなり 差がある	非常に 差がある		ほとんど 差がない	少し 差がある	かなり 差がある	非常に 差がある
H ₂ S 0.045 + DMS 0.72	H ₂ S 0.045	12**	0	6	6	0	2	1	1	0	0	14	1	7	6	0
H ₂ S 0.045 + DMS 0.72	DMS 0.72	10 ^Δ	3	5	2	0	4	1	3	0	0	14	4	8	2	0
H ₂ S 0.015 + DMS 0.24	H ₂ S 0.015	11*	4	7	0	0	3	1	2	0	0	14	5	9	0	0
H ₂ S 0.015 + DMS 0.24	DMS 0.24	10 ^Δ	2	5	1	2	4	3	1	0	0	14	5	6	1	2
H ₂ S 0.0045 + DMS 0.072	H ₂ S 0.0045	8	3	4	1	0	6	2	3	1	0	14	5	7	2	0
H ₂ S 0.0045 + DMS 0.072	DMS 0.072	8	1	5	2	0	6	4	2	0	0	14	5	7	2	0
H ₂ S 0.0015 + DMS 0.024	H ₂ S 0.0015	5	3	2	0	0	9	5	4	0	0	14	8	6	0	0
H ₂ S 0.0015 + DMS 0.024	DMS 0.024	9	7	2	0	0	5	3	2	0	0	14	10	4	0	0
H ₂ S 0.00045 + +DMS 0.0072	H ₂ S 0.00045	10 ^Δ	7	2	1	0	4	3	1	0	0	14	10	3	1	0
H ₂ S 0.00045 + DMS 0.0072	DMS 0.0072	6	6	0	0	0	8	8	0	0	0	14	14	0	0	0

• 危険率 1% 以下 • 危険率 5% 以下 Δ 危険率 10% 以下で混合試料の方がにおいが強いと言える。

表 6—8 硫化メチルと二硫化メチルの混合試料と各単一試料とのにおいの強さの比較

比較試料		混合試料の方が においが強いと 判断した回数	においの強さの差				単一試料の方が においが強いと 判断した回数	においの強さの差				判断回数 (計)	においの強さの差の判断回数(計)			
混合試料 (ppm)	単一試料 (ppm)		ほとんど 差がない	少し 差がある	かなり 差がある	非常に 差がある		ほとんど 差がない	少し 差がある	かなり 差がある	非常に 差がある		ほとんど 差がない	少し 差がある	かなり 差がある	非常に 差がある
DMS 2.4 + DMDS 0.75	DMS 2.4	10 [△]	2	7	0	1	4	1	1	2	0	14	3	8	2	1
DMS 2.4 + DMDS 0.75	DMDS 0.75	12**	3	4	5	0	2	0	2	0	0	14	3	6	5	0
DMS 0.72 + DMDS 0.25	DMS 0.72	11*	1	7	3	0	3	2	0	1	0	14	3	7	4	0
DMS 0.72 + DMDS 0.25	DMDS 0.25	13**	2	5	6	0	1	0	1	0	0	14	2	6	6	0
DMS 0.24 + DMDS 0.075	DMS 0.24	11*	0	7	4	0	3	1	1	1	0	14	1	8	5	0
DMS 0.24 + DMDS 0.075	DMDS 0.075	11*	2	5	4	0	3	2	0	1	0	14	4	5	5	0
DMS 0.072 + DMDS 0.025	DMS 0.072	6	2	4	0	0	8	3	5	0	0	14	5	9	0	0
DMS 0.072 + DMDS 0.025	DMDS 0.025	13**	4	9	0	0	1	1	0	0	0	14	5	9	0	0

* 危険率 1% 以下 ** 危険率 5% 以下 △ 危険率 10% 以下で混合試料の方がにおいが強いと言える。

2) 臭気濃度に対する臭気成分間の相互作用

臭気濃度に対する臭気成分間の相互作用は、閾値付近でのにおいの相互作用を表わしている。

これについても、混合成分の種類、成分数、混合濃度比率によって異なると考えられるが、強度的にはほぼ同じである成分を混合させたときに、最も相互作用による影響が大きいと思われる。

当研究室で行なった硫化水素、メチルメルカプタン、硫化メチル、二硫化メチルの4成分混合試料、硫化水素と硫化メチルの2成分混合試料及び硫化メチル、二硫化メチルの2成分混合試料の実験では、単一臭気に対する複合臭気の臭気濃度の比はせいぜい3倍程度であり、10倍以上の値は現在のところ1例も認められていない¹¹⁾。この比は、臭気濃度の誤差範囲であるとも考えられる。

このような理由から、機器分析値と官能試験値との対応関係をもとに、においの主たる成分を見出す場合、臭気濃度の実測値と推定値の比が3倍以内であることを1つの目安としている。

ただし、これらの相互作用の実験は、いずれも限られた臭気成分及び濃度比についてのものであり、一般的な結論を見出せるような段階ではない。

現在、脱臭効果が十分に満たされている所では、においの強さに対する複合効果について特に問題にする必要はないであろう。しかし脱臭効果が十分でない場合、各臭気成分除去効率の見直し、主要臭気成分の再確認、とともに臭気成分間の複合効果についても一応検討してみる必要がある。ただし、すべての現象を臭気成分の複合効果に結びつけて考えるといったような過大評価はさけるべきであろう。

6.6 まとめ

- 1) 下水処理施設において検出された臭気成分を中心に、嗅覚閾値及び成分濃度と臭気強度との関係を、におい袋法を用いて測定した。
- 2) 61成分について測定した嗅覚閾値を整理すると、閾値は数pptから百数+ppmまで約250万倍の濃度範囲に存在しており、同種類の化合物間でも十数倍から100倍以上の差が認められた。
- 3) 下水処理施設から発生する臭気の主たるにおい成分究明のため、機器分析値と官能試験値との対応関係を調べた。
- 4) その方法として、現場調査データをもとにした臭気成分濃度/閾値と臭気濃度の対応関係の解析及び室内実験としてGC-オルファクトグラム法、水酸化カリウム反応管による

- 5) 硫化水素、メチルメルカプタンの除去実験を行なった。また、若干複合臭気の相互作用についても検討した。
- 6) 臭気成分濃度／閾値と臭気濃度との関係については、沈砂池、初沈、エアレーションタンク等の臭気を水処理系臭気、汚泥濃縮槽、脱水機等の臭気を汚泥処理系臭気というように大きく分けて解析した。そして解析対象成分として、特に硫化水素、メチルメルカプタン、硫化メチル、二硫化メチル及びアンモニアの5成分を選んだ。
- 7) その結果、水処理系臭気、汚泥処理系臭気とも、硫化水素、メチルメルカプタン、硫化メチルの濃度間で高い相関関係が認められた。また〔成分濃度／閾値〕の最大値あるいは合計値と臭気濃度との対応を見た場合、水処理系臭気では、全試料の臭気濃度の変動の約60%が、汚泥処理臭気では、約73%がこの3成分で説明できるという結果が得られた。
- 8) ただし、沈砂池、初沈、汚泥濃縮槽の臭気に比べ、エアレーションタンク及び脱水機からの臭気については、上記3臭気成分と臭気濃度との間で十分な対応関係がみられない場合が多かった。
- 9) 以上の結果から、下水臭及び下水汚泥臭に寄因する臭気成分として、特に硫化水素及びメチルメルカプタンがあげられた。
- 10) そこで実際に、下水処理施設から発生する臭気から、硫化水素及びメチルメルカプタンを除去し、どの程度臭気濃度が減少するかを調べた。硫化水素、メチルメルカプタンの除去には、水酸化カリウムを塗布したビーズ管を用いた。
- 11) 硫化水素、メチルメルカプタンの濃度が相対的に高く、そして硫化水素あるいはメチルメルカプタンの濃度／閾値と臭気濃度との対応関係が良い試料については、それだけこの2成分を除去したときの臭気強度の減少率は大きい。しかし、水処理系臭気にしても、硫化水素及びメチルメルカプタン除去後において、臭気濃度10から1000程度の臭気が依然残存しており、その残臭は必ずしも、硫化メチル及び二硫化メチルによるものではなかった。
- 12) 特に曝気槽臭気については、好気性下における新たな臭気成分の発生が考えられた。
- 13) また脱水機関係の臭気については、例えば高分子凝集剤と消石灰というような凝集剤の相違による汚泥のpHの相違によって、臭気の発生量及び臭気組成に変化がみられることなどが推測された。

文 献

- 1) 建設省土木研究所：臭気と脱臭方法に関する調査報告書（第2次中間報告）：5—47, 69—110, 1979.
- 2) 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)：657—666, 1978.

- 3) 建設省土木研究所：臭気と脱臭方法に関する調査報告書（第3次中間報告）：42—74，1980.
- 4) 永田好男他：悪臭物質の強度及び閾濃度の測定事例，大気汚染学会講演要旨集：153，1979.
- 5) 日本環境衛生センター：悪臭物質の測定等に関する研究（昭和54年度環境庁委託研究）：215—266，1980.
- 6) 岡安信二他，悪臭調査における物質濃度と官能試験値との関係，日環セ所報，No6：89—96，1979.
- 7) 永田好男：下水及びし尿処理施設の悪臭測定事例，生活と環境：39—48，1980.
- 8) 竹内教文他：GC—オルファクトグラムによる多成分系臭気中の悪臭物質解明の試み，日環セ所報，No 6：97—102，1979.
- 9) 菊地他：琵琶湖底泥に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—Methyl isorneol の確認ならびに脂肪酸の分析，薬学雑誌，93(5)：658—663，1973.
- 10) 日本環境衛生センター：臭気と脱臭方法に関する調査報告書（中間報告）：1981，1982.
- 11) 日本環境衛生センター：悪臭評価判定法改善検討調査報告書（昭和52年度環境庁委託研究）：1978.

71—6—1（中間報告）：建設省土木研究所：建設省土木研究所：建設省土木研究所（1980）

1981，1981—00

1981，1981—00：（1）建設省土木研究所（建設省土木研究所）：建設省土木研究所（1980）

郵便はがき

四十円切
手をはっ
て下さい

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

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2089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2089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