

ISSN 0386-5878
土木研究所資料第2199号

臭気と脱臭方法に関する調査報告書

——第6次中間報告——

昭和60年3月

建設省土木研究所
下水道研究室

Copyright © 1985 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追われたため、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だろう。

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—予備調査編一」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）・沈泥池・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、ぼ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。

また、前年度は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を行うとともに、臭気発生機構を解明するため、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行った。

本年度は、下水処理場・臭気の原因物質である硫黄化合物について水処理、汚泥処理系内での挙動を明らかにするため実態調査を開始した。

また前年度に引き続き、臭気発生機構を解明するためセキからの臭気発生量に関する室内実験を行った。更に臭気的环境中への拡散を予測する手法を検証するため、既に臭気に関する環境予測を実施したし尿処理場において、現況調査を行った。

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58年度下水道関係調査研究年次報告書集（昭和59年7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60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 調査の期間	1
2.2 調査の内容	1
3. 下水・汚泥処理施設から排出される臭気の発生量の検討	2
3.1 調査目的	2
3.2 調査内容	2
3.2.1 調査内容	2
3.2.2 調査期間	2
3.3 測定方法	6
3.3.1 臭気測定方法	6
3.3.2 水質測定方法	6
3.4 分析方法の検討	7
3.5 中部下水処理場における調査	9
3.5.1 処理運転状況	9
3.5.2 調査方法	9
3.5.3 調査の状況	13
3.5.4 調査結果	14
3.5.5 考 察	20
3.6 神奈川下水処理場における調査	26
3.6.1 処理運転状況	26
3.6.2 調査方法	26
3.6.3 調査の状況	27
3.6.4 調査結果	33
3.6.5 考 察	39
3.7 総 括	44

4. 臭気捕集実験	45
4.1 実験の目的	45
4.2 実験の概要	45
4.2.1 理 論	45
4.2.2 実験の概要	46
4.3 実験方法	47
4.3.1 実験装置	47
4.3.2 実験方法	58
4.3.3 データの処理方法	61
4.4 実験結果および考察	61
4.4.1 落下高さと不足量減少率, 二硫化炭素の減少率	61
4.4.2 流量と再曝気係数, 二硫化炭素の移動係数	78
4.4.3 硫黄化合物の移動係数	82
4.5 まとめ	86
記号, 参考文献	87
5. 悪臭の環境影響評価手法の検討	97
5.1 はじめに	97
5.2 調査方法	97
5.2.1 調査内容	97
5.2.2 測定方法	97
5.3 調査対象し尿処理場の概要及び運転状況	99
5.3.1 し尿処理場の概要	99
5.3.2 処理場の運転状況	100
5.4 調査結果及び考察	107
5.4.1 調査期間中の気象観測結果	107
5.4.2 臭気調査結果	115
5.4.3 臭気の拡散予測	116

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、効率的な捕集方法や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58年9月1日から昭和59年3月25日まで

2.2 調査の内容

(1) 下水処理場における臭気発生量の検討

下水処理場から排出される臭気の主原因物質は硫化水素、メチルメルカプタン等の硫黄化合物である。そこで本調査では下水処理過程の悪臭発生のメカニズムを解明し、脱臭対策の基礎資料を得るために、下水の流入から流出までの各処理施設の水中・気中における硫黄化合物を測定し、硫黄化合物の物質収支を調査した。

(2) 臭気捕集方法に関する調査

本年度は沈殿池、濃縮槽等、越流堰を有する水理構造物による臭気発生量を予測し、合理的な臭気捕集方法を確立するため、越流堰における悪臭物質の放散量を求めるためのモデル実験を行った。

実験は堰モデルにおいて、酸素の再曝気係数と、各悪臭物質の放散係数との相関、悪臭物質の放散係数と換気量との相関、悪臭物質の放散係数と流量との相関を求めた。

(3) 悪臭の環境影響評価手法の検討

本調査は下水処理場における悪臭の環境影響評価手法を検討する一環として、過去に悪臭の影響評価を実施したし尿処理場において、臭気物質の測定及び悪臭のシュミレーション手法について検討した。

3. 下水・汚泥処理施設から排出される臭気の発生量の検討

3.1 調査目的

下水処理場から排出される臭気の原因物質は、硫化水素、メチルメルカプタン等の硫黄化合物である。そこで本調査では、下水処理過程の悪臭発生メカニズムを解明し、脱臭対策の基礎資料を得るために、下水の流入から流出までの各処理施設の水・気中における硫黄化合物を測定し、硫黄化合物の物質収支を調査した。

3.2 調査内容

3.2.1 調査内容

汚水または汚泥中の硫黄化合物の存在形態としては、 SO_4^{2-} 、 S^{2-} 、 S 、有機硫化合物、金属硫化合物が考えられる。

硫酸イオンは無酸素状態で、硫酸還元菌の作用により硫化水素に還元され、悪臭発生の要因となる。また、硫化物は好気性状態で硫黄細菌により酸化され、硫黄粒となる。

そこで本調査では、各施設の汚水（汚泥）中の硫酸イオン、硫化物及び硫化水素、メチルメルカプタン等の悪臭硫黄化合物と気中の悪臭硫黄化合物を測定し、悪臭発生のメカニズムを解明し、物質収支を調べた。

なお、調査はY市T下水処理場及びK下水処理場で行った。測定項目及び検体数をそれぞれ表-3.1、表-3.2に示す。

3.2.2 調査期間

昭和58年10月26日～10月27日（T下水処理場）

昭和59年3月21日～3月22日（K下水処理場）

表-3.1 試料採取箇所及び試料検体数 (T下水処理場)

区分	測定項目 調査箇所	※ 参照番号	注1) 悪臭硫黄化合物	臭気濃度	注2) 水質分析
汚 水 ま た は 汚 泥	沈砂池				
	流入汚水	1	1		1
	流出汚水	2	1		1
	返送汚水 (消化槽脱離液, その他)	18	1		1
	最初沈殿池				
	流入汚水	3	1		1
	流出汚水	4	1		1
	エアレーションタンク				
	流入部混合液	5	1		1
	流出混合液	6	1		1
	返送汚泥	8	1		1
	最終沈殿池				
	流出水	7	1		1
	汚泥濃縮槽				
	流入汚泥	9	1		1
	流出汚泥	10	1		1
	越流水	14	1		1
	消化槽				
	消化汚泥	11	1		1
	脱離液	15	1		1
気 中	汚泥洗浄槽				
	洗浄汚泥	12	1		1
	洗浄排水	16	1		1
	真空脱水機				
	脱水ケーキ	13	1		1
	ろ液	17	1		1
小 計			18		18
気 中	沈砂池		2	2	
	最初沈殿池				
	流入部 中間部		2 2	2 2	

* 番号は図-3.2 フローシート参照

表-3.1 つづき

区分	調査箇所	測定項目	注 1)		注 2)
			悪臭硫黄化合物	臭気濃度	水質分析
気中	流出部		2	2	
	エアレーションタンク				
	流入部		1	1	
	中間部		1	1	
	流出部		1	1	
	汚泥濃縮槽		1	1	
	真空脱水機				
	ろ布表面上		1	1	
	真空ポンプ排気		1	1	
	消化ガス		1	1	
	消化ガス脱硫後		1	1	
小計			16	16	
合計			34	16	18

表-3.2 試料採取箇所及び試料検体数 (K処理場)

区分	調査箇所	測定項目	注 1) 硫 黄 化 合 物	注 2) 水 質 分 析	流 量
汚 水 ま た は 汚 泥	流 入 水				
	高 段 流 入 水	1	1	1	
	低 段 流 入 水	1	1	1	
	エアレーション沈砂池				
	流入水 (返送水含む)	1	1		
	流 入 水	1	1		
	最 初 沈 殿 池				
	流 出 水	1	1		
	エアレーションタンク				
	流入部混合液	2	2		
	流出部混合液	2	2		
返 送 汚 泥	2	2	1		
最終沈殿池					

表-3.2 つづき

区分	調査箇所	測定項目	注1) 硫黄化合物	注2) 水質分析	流 量		
汚水 または 汚泥	汚泥濃縮槽 濃縮汚泥 越流水 脱水機 脱水ケーキ 分離液	流 出 水	1	1	1 1(積算流量計より読みとり) " 1(計算値) 1(積算流量計より読みとり) 1 1 1(計算値)		
		投 入 汚 泥	1	1			
		遠 心 系	1	1			
		加 圧 系	1	1			
		遠 心 系	1	1			
		加 圧 系	1	1			
		遠 心 系 (No.1)	1	1			
		加 圧 系	1	1			
		遠 心 系	1	1			
		加 圧 系	1	1			
小 計			18	18			
区分	調査箇所	測定項目	硫黄化合物		臭 気 濃 度		
気 中	エアレーション沈砂池 最初沈殿池 流 入 部 流 出 部 エアレーションタンク (2系列) 流 入 部 流 出 部 汚泥濃縮槽		2		2		
		流 入 部	1		1		
		流 出 部	1		1		
		流 入 部	4		4		
		流 出 部	4		4		
		汚泥濃縮槽	1		1		
		小 計			13		13
		合 計			29	17	13

注1) 汚水または汚泥中の硫化水素、メチルメルカプタン、硫化メチル、二硫化メチル等を言う。

注2) 水質分析項目は、水温、pH、硫化物及び硫酸根である。

但し、T下水処理場においては、DOの測定も行った。

3.3 測定方法

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

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

3.3.1 臭気測定方法

(1) 臭気濃度

臭気濃度の測定は、三点比較式におい袋法を用いた。まず悪臭発生源や環境大気中で、悪臭を含んだ空気を試料採取バックに採取し、これを無臭空気を満した3個のおい袋の内の1つに、所定の希釈倍数になるように入れる。次にこの3個のおい袋を6人のパネル（嗅覚が正常な測定者）に渡し、どれ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。

(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、硫黄化合物を低温濃縮し、ガスクロマトグラフィ（以下GC法とする）により分離定量を行った。本法は、環境庁告示7号に示す悪臭物質の測定方法に準ずるものである。

3.3.2 水質測定方法

(1) pH, DO

下水試験方法によった。

(2) 硫酸イオン

下水試験方法（クロム酸バリウム－酸懸濁法）によった。

(3) 硫化物

試料を100 ml～500 ml（脱水ケーキは50 g）とり、下水試験法に準じて硫化水素を摘集・固定した。この吸収液50 mlを図－3.1のガス発生ビンに入れ、更に塩酸2 mlを加えた。これを室温で500 ml/minの空気で10分間バブリングし、発生した硫化水素を採取バッグ（5 l）に捕集し、ガスクロマトグラフ分析を行い、採取バッグ中の硫化水素濃度より硫化物を求めた。

(4) 汚水・汚泥中の硫黄化合物（硫化水素・メチルメルカプリン等）

ガス発生装置を図－3.1に示す。汚水100 ml～200 mlをガス発生ビンに入れ、ガス試料採取バッグを付ける。40℃の湯浴中で10分間放置した後、空気を用いて500 ml/minの速度で

10分間バブリングし、汚水中の硫黄化合物をガスとしてバッグに採取した。このガスをガスクロマトグラフ分析し、汚水中の硫黄化合物の濃度を求めた。

汚泥は100 mlをとり遠心分離し、水相と固形物相に分ける。固形物相については、75 mlの蒸留水で2回抽出し水相をとる。これらの水相を汚水の場合と同様にして分析し、それぞれの硫黄化合物濃度を求め、それらの和を汚泥中の硫黄化合物濃度とした。

脱水ケーキは30 gをとり、75 mlの蒸留水で2回抽出し水相をとる。これから上記と同様の方法により、ケーキ中の硫黄化合物濃度を求めた。

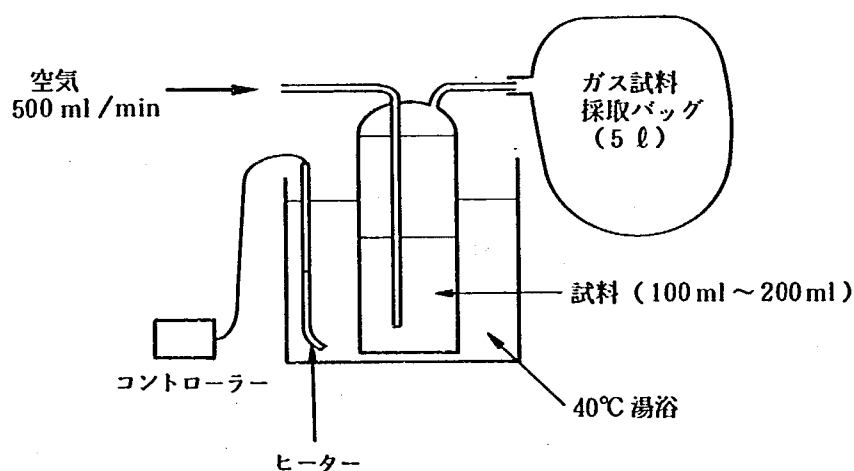


図-3.1 ガス発生装置

3.4 分析方法の検討

(1) 汚水・汚泥中の硫黄化合物の分析方法の検討

1) 汚水中の硫黄化合物の分析方法の検討

Y市T下水処理場の流入下水を用いて検討した。3.3.2(4)で示した方法で通気量5 lで採取バッグを交換し、続けて5 l通気し、それぞれの採取バッグ中の硫黄化合物濃度を測定した。結果を表3.3に表す。

表-3.3 検討結果

	通気量	硫黄化合物濃度 (ppb)			$n_1 / n_1 + n_2$		
		硫化水素	メチルメル カブタン	硫化メチル	硫化水素	メチルメル カブタン	硫化メチル
①	0 ~ 5 ℓ (n_1)	8.9	9.6	3.2			
	5 ~ 10 ℓ (n_2)	<0.1	3.0	1.6	0.99	0.97	0.95
②	0 ~ 5 ℓ (n_1)	8.6	9.5	3.2			
	5 ~ 10 ℓ (n_2)	<0.1	3.1	1.5	0.99	0.97	0.96
③	0 ~ 5 ℓ (n_1)	8.8	9.6	3.3			
	5 ~ 10 ℓ (n_2)	<0.1	3.1	1.6	0.99	0.97	0.98

以上のように、再現性は良好であり、また、通気量も5ℓで十分である。

2) 汚泥中の、硫黄化合物の分析方法の検討

Y市T下水処理場の濃縮汚泥を用いて検討した。

濃縮汚泥を遠心分離し、水相と同形物相に分ける。この水相を3(IIa)で示した方法で5ℓ通気し、発生ガスをバッグに採取する。続けて、再び5ℓ通気し、発生ガスをバッグに採取し、それぞれの採取バッグ中の硫黄化合物濃度を測定した。結果を表3.4に示す。

表-3.4 検討結果

	通気量	硫黄化合物濃度 (ppb)			$n_1 / n_1 + n_2$		
		硫化水素	メチルメル カブタン	硫化メチル	硫化水素	メチルメル カブタン	硫化メチル
①	0 ~ 5 ℓ (n_1)	2.9	2.8	1.1			
	5 ~ 10 ℓ (n_2)	0.86	0.074	0.061	0.97	0.97	0.95
②	0 ~ 5 ℓ (n_1)	2.7	2.4	1.2			
	5 ~ 10 ℓ (n_2)	0.99	0.065	0.024	0.96	0.97	0.98
③	0 ~ 5 ℓ (n_1)	2.8	2.7	1.1			
	5 ~ 10 ℓ (n_2)	1.0	0.070	0.024	0.97	0.97	0.98

一方、遠心分離した固形物相は、蒸留水 75 ml を加え振とうし、水相をとる。これを 2 度行い水相を合わせる。この水相を 3.3.2(4) で示した方法で分析し、発生ガス濃度を調べる。これを繰り返し行い固形物相からの水の抽出効率を調べた。結果を表 3.5 に示す。

表 3.5 水による抽出効率

	操作回数	硫黄化合物濃度 (ppm)			$n_1 / n_1 + n_2$		
		硫化水素	メチルメルカプタン	硫化メチル	硫化水素	メチルメルカプタン	硫化メチル
n_1	1 回目	2.8	<0.01	0.085			
n_2	2 回目	0.19	<0.01	<0.01	0.94	—	>0.90

以上のように汚泥については、遠心分離して、水相と固形物相に分ける。水相については、3.3.2(4) で示した方法により良好な再現性が得られ、通気量も 5 l で十分であった。また、固形物相については、75 ml の蒸留水で 2 回抽出し、これを 3.3.2(4) で示した方法により通気すれば十分であった。

3.5 T下水処理場における調査

3.5.1 処理運転状況

T下水処理場フローシート及び運転タイムチャートを図 3.2、図 3.3 に示す。汚泥は嫌気性消化方式により処理され、真空脱水機により脱水される。余剰汚泥は初沈に返送され、濃縮槽越流水、消化槽脱離液、汚泥洗浄槽洗浄水及び脱水ろ液、ろ布洗浄水は場内排水と共に沈砂池に返送される。

また、図 3.3 に示した様に、濃縮槽での汚泥の投入、引抜きは断続的に定時に行われるため、濃縮槽越流水、消化槽脱離液の沈砂池への返送も断続的となる。なお、脱水機の運転は 9 時 30 分～11 時 30 分、13 時～15 時であり、脱水ろ液及びろ布洗浄水が沈砂池に返送されるのもこの時間帯となる。

3.5.2 調査方法

昭和 53 年度水質試験年報によると、単位時間当りの流入下水量は、9 時～0 時ではあまり変動がなく、0 時～7 時では、9 時～0 時に比べて少なくなっている。また、沈砂池返送水についてみると、脱離液は 9 時～15 時を除く時間帯に断続的に返送され、脱水ろ液は 9 時～15 時に

ほぼ連続的に返送される。また、濃縮槽越流水は、断続的ではあるが全時間帯に返送される。

そこで、これらの影響を調べるために、水質試料は、流入下水、沈砂池流出水については、0時～9時、9時～16時、16時～24時の3区分に分けることにした。また、沈砂池臭気についても、9時～16時、16時～24時の区分で行った。試料採取タイムチャートを図-3.4に示す。

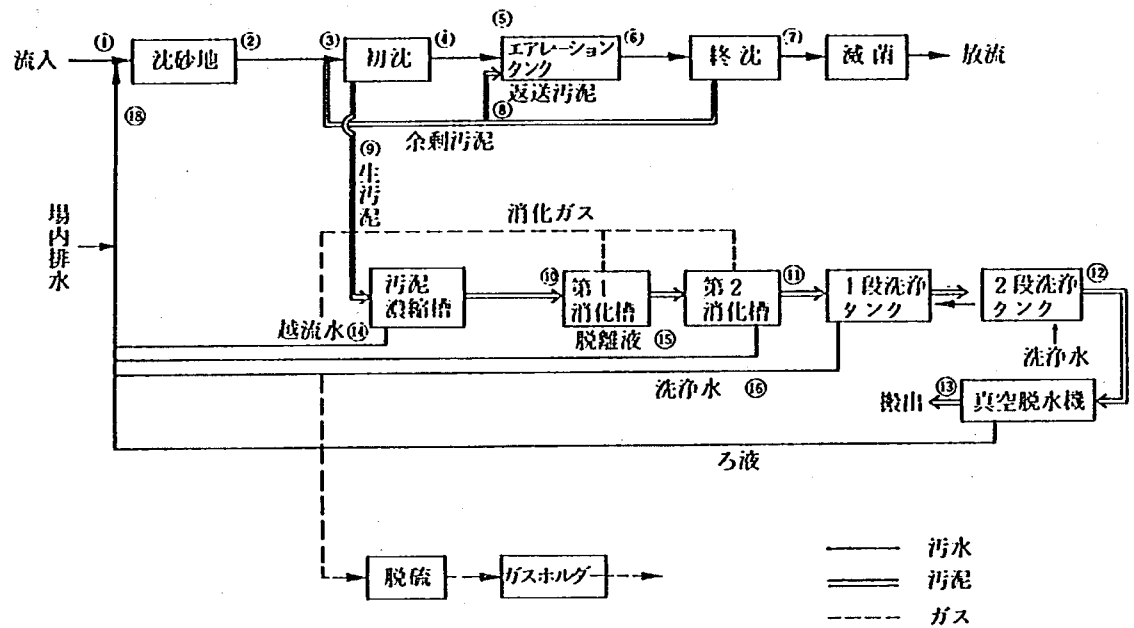


図-3.2 Y市T下水処理場フローシート

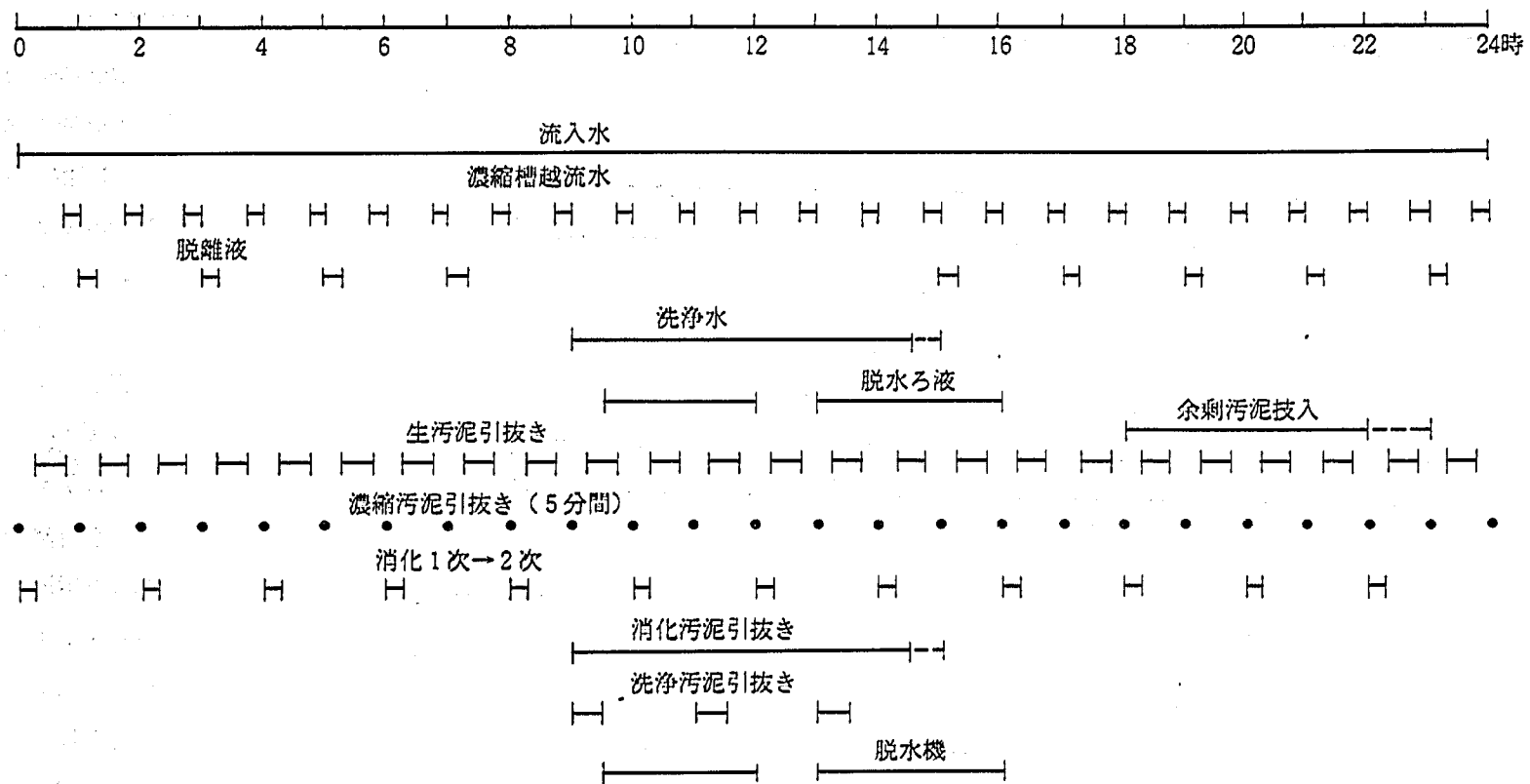


図-3.3 T下水処理場 運転タイムチャート

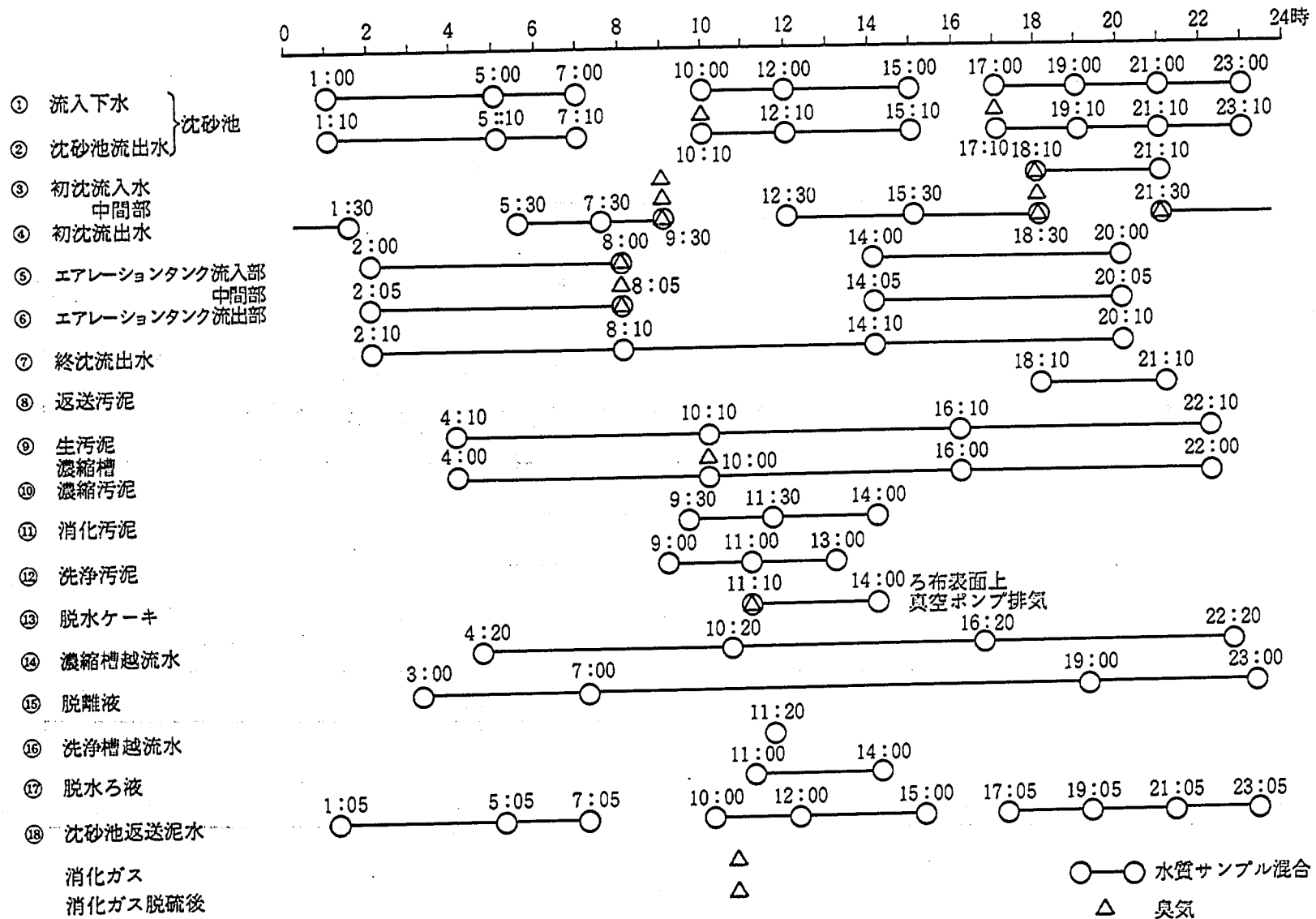


図-3.4 試料採取 タイムチャート

3.5.3 調査の状況

10月26日9時より試料採取を開始した。午前中は晴天であったが、午後より曇天となり23時頃から小雨となった。10月27日1時頃には雨が激しくなったため10月27日2時で調査を中止した。

T下水処理場における10月26日9時より10月27日9時までの運転データを表-3.6(1)に水質データを表3.6(2)に、流入下水量(沈砂池返送水含む)の経時変化を表-3.7に各汚泥及脱水ケーキの汚泥濃度及び含水率を表-3.8に示す。

表-3.6(1) 運転データ

流入下水量(沈砂池返送水含む)	138,800	㎥/日
二次処理水量	94,600	㎥/日
返送汚泥量	23,520	㎥/日
余剰汚泥量	1,100	㎥/日
初沈引抜汚泥量	1,500	㎥/日
濃縮汚泥量	280	㎥/日
濃縮槽越流水量	1,220	㎥/日
消化汚泥量	132	㎥/日
脱離液量	148	㎥/日
洗浄汚泥量	109	㎥/日
洗浄槽越流水量	109	㎥/日
脱水ケーキ量	25.0	t/日
脱水ろ液量	※1) 90	㎥/日
ろ布洗浄水量	270	㎥/日
沈砂池返送水量	※2) 1,837	㎥/日
消化ガス量	2,620	㎥/日

※1) 脱水ろ液量は概算値

※2) 沈砂池返送水量は濃縮槽及び洗浄槽の越流水量、脱離液量、脱水ろ液量、ろ布洗浄水量の和

表3.6(2) T下水処理場(昭和58年)10/26~10/27 通日試験

採水時刻		9:00	11:00	13:00	15:00	17:00	19:00	21:00	23:00
流入下水量(㎥/時)		3,500	3,400	3,400	3,200	3,000	3,000	3,200	2,800
BOD (mg/l)	沈砂池流入水	190	120	140	170	130	160	120	94
	初沈 流入水	180	97	120	140	180	310	220	100
	初沈 流出水	87	78	80	87	100	95	88	98
	終沈 流出水	14	17	13	14	19	23	23	19
SS (mg/l)	沈砂池流入水	220	100	79	150	110	87	83	77
	初沈 流入水	230	78	66	80	140	300	160	61
	初沈 流出水	47	38	40	29	60	55	48	62
	初沈 流出水	6	6	5	4	10	12	7	6

なお、流入下水量及び沈砂池流入水は返送水を含む。

表-3.7 流入下水量の経時変化

時 刻	10/26 9:00	11:00	13:00	15:00
流入下水量 (m ³ /時) (返送水含む)	3,500	3,400	3,400	3,200
時 刻	17:00	19:00	21:00	23:00
流入下水量 (m ³ /時) (返送水含む)	3,000	3,000	3,200	2,800

表-3.8 汚泥濃度と脱水ケーキ含水率

初沈引抜汚泥	汚 泥 濃 度	0.44	%
濃縮汚泥	〃	2.2	%
消化汚泥	〃	4.4	%
洗浄汚泥	〃	4.6	%
脱水ケーキ	含 水 率	77	%

3.5.4 調査結果

臭気濃度測定結果を表-3.9に、気中硫黄化合物測定結果を表-3.10に示す。

沈砂池においては、脱離液が返送されている時刻（17:20）と返送されていない時刻（10:10）に臭気を採取した。結果からは、脱離液が返送されている場合の方が硫化水素は高濃度となっているが、後に示す水質分析結果からは脱離液中の溶存硫化水素は全んどなく、濃縮槽越流水中の硫化水素がかなり多い。そこで、この差は採取時刻にずれがあったため、濃縮槽越流水の影響が強く表われたためと思われる。

初沈においては、余剰汚泥の投入されている時刻とされていない時刻に臭気を採取した。結果は、余剰汚泥の投入されている場合の方が、臭気濃度、硫黄化合物濃度共にやや低い値となっており、余剰汚泥の初沈への投入は臭気としては問題ないといえる。また、2ケースとも流出部で最も高い値となっており、これは、堰の影響であると考えられる。

エアレーションタンクの臭気は雨天時に採取したものであるが、流入部に比べて流出部でやや低い値となっている。

脱水機ろ布表面上については、洗浄汚泥中に溶存硫化水素が全んど含まれていない事、凝集剤として塩化第2鉄及びカーバイトスラリーを用いている事から、臭気は低く、硫黄化合物も全んど検出限界以下であった。

次に、汚水、汚泥の分析結果を表-3.11に、これを図示したものを図-3.5に示す。水処理系では、硫酸イオン 100 mg/ℓ 以上、硫化物 0.1 mg/ℓ 以下であるが、汚泥処理系で嫌気性になるに従い、硫酸イオンは減少し、硫化物及び汚泥中の溶存硫黄化合物も増加している。返送汚泥の硫化物及び溶存硫黄化合物が汚水に比べ高濃度となっているため、余剰汚泥投入時の初沈流入水及びエアレーションタンク流入部汚水では硫化物及び溶存硫黄化合物が他の水処理系に比べ高い値となっている。また、エアレーションタンクにおいて流入部混合液と流出部混合液を較べると、硫化物及び溶存硫黄化合物が流出部で減少しており、硫黄細菌により硫化物が酸化されたものと考えられる。

濃縮槽では、越流水の硫化物及び溶存硫黄化合物が濃縮汚泥の $1/5$ 程度あり、かなり高濃度といえる。これが、沈砂池に返送されると沈砂池での悪臭発生の原因となると考えられる。

消化汚泥及び脱離液は、硫化物としては高濃度であるが、溶存している硫黄化合物は低濃度であり、流入下水と同程度かそれ以下の濃度となっている。そこで、それ以降の処理工程での汚泥、汚水、ケーキも溶存している硫黄化合物は低濃度となっている。

表-3.9 Y市T下水処理場臭気濃度測定結果

日付	試料採取		臭気濃度	臭気強度およびにおいの質
	箇所	時間		
10月26日	沈砂池	10:10	130	臭気強度 2 ごみ臭
	最初沈殿池（流入部）	9:39	230	臭気強度 3 ややかびくさい 硫黄化合物臭
	最初沈殿池（中間部）	9:33	98	臭気強度 4 下水臭
	最初沈殿池（流出部）	9:30	410	臭気強度 3 くさみのあるにおい 硫黄化合物臭
	汚泥濃縮槽	10:25	55,000	臭気強度 5 硫化水素臭
	ろ布表面上	10:54	55	臭気強度 3~4 かび臭
	真空ポンプ排気	11:00	98	臭気強度 4 ジオスミン臭
	消化ガス	10:23	980,000	臭気強度 5 硫化水素臭
	沈砂池	17:20	310	臭気強度 1~2 汚泥臭
	最初沈殿池（流入部）	18:10	55	臭気強度 1~2
	最初沈殿池（中間部）	18:20	10未満	臭気強度 1 汚泥臭
	最初沈殿池（流出部）	18:30	230	臭気強度 2 汚泥臭
10月27日	エアレーションタンク（流入部）	7:40	130	臭気強度 2~3 サルファイド臭
	“（中間部）	7:40	130	臭気強度 2 サルファイド臭
	“（流出部）	7:40	31	臭気強度 2 サルファイド臭

表-3.10 T下水処理場気中硫黄化合物濃度測定結果

採取箇所	採取日	採取時刻	硫黄化合物濃度 (ppm)			
			硫化水素	メチルメル カブタン	硫化メチル	二硫化メチル
沈砂池 (1)	10/26	10:10	0.028	ND (0.001以下)	0.001	0.001
" (2)		17:20	0.196	0.001	0.004	0.002
初沈流入部 (1)	10/26	9:36	0.055	0.006	0.004	0.004
中間部 (1)		9:33	0.025	ND (0.001以下)	0.002	ND (0.001以下)
流出部 (1)		9:30	0.081	0.011	0.004	0.004
初沈流入部 (2)	10/26	9:39	0.013	ND (0.001以下)	0.001	ND (0.001以下)
中間部 (2)		9:33	0.011	"	ND (0.001以下)	"
流出部 (2)		9:30	0.269	"	0.002	0.001
エアレーション流入部 タンク	10/26	7:40	0.006	"	0.001	ND (0.001以下)
中間部		7:40	0.002	"	0.001	"
流出部		7:40	0.004	"	ND (0.001以下)	"
汚泥濃縮槽	10/26	10:25	2.7	0.07	"	0.06
脱水機ろ布表面上		10:54	ND (0.001以下)	ND (0.001以下)	trace (0.0005)	ND (0.001以下)
真空ポンプ排気		11:00	"	"	0.002	"
消化ガス		10:23	1.070	0.17	0.26	ND (0.01以下)
消化ガス脱硫後		10:25	53	0.03	0.06	ND (0.01以下)

表-3.11 水質分析結果

試料Na	試料No	硫酸根 (SO ₄) (mg/ℓ)	硫化物 (S ²⁻) (mg/ℓ)	汚水中硫黄化合物 (mg/ℓ)				pH	DO (mg/ℓ)	水 温 (℃)	採取 時刻	備考
				硫化水素	メチルメル カブタン	硫化メチル	二硫化メチル					
流入汚水	1-1	130	0.0082	0.00058	0.00047	0.0017	<0.0001	7.3	2.3. 1.5. 2.1	18.0.18.0. 18.8	10~15	「余剰汚泥投入時
	1-2	130	0.042	0.00020	0.00040	0.0029	<0.0001	6.8	1.4. 2.2. 2.0 2.3	19.3. 19.0. 19.0. 19.0	17~23	
沈砂池流出水	2-1	120	0.040	0.00028	0.00032	0.0018	<0.0001	7.6	2.2. 1.4. 2.0	18.2. 18.0. 19.0	10~15	
	2-2	120	0.012	0.00010	0.00010	0.0029	<0.0001	7.2	1.8. 2.4. 1.9 2.3	19.0. 19.0. 19.0. 19.0	17~23	
初沈流入水	3	120	0.23	0.0021	0.0018	0.0059	0.00086	7.2	0.71. 0.26	19.0. 19.2.	18~21	
初沈流出水	4-2	100	0.12	0.00029	0.0035	0.0026	0.00020	7.2	1.3. 1.2. 0.93	19.5. 19.0. 19.0	12~18	
	4-3	110	0.019	0.00005	0.00019	0.0025	<0.0001	7.3	0.52. 0.58.	19.0. 19.5. 19.0	21~1	
エアレーションタンク 流入部	5-1	110	2.0	0.0014	0.031	0.0089	0.0026	7.2	0.75. 1.0	19.0. 19.0	14~20	
エアレーションタンク 流出水	6-1	120	0.8	0.00034	0.0072	0.0041	0.0057	7.1	8.0. 3.7	19.0. 19.0	14~20	
終沈流出水	7	120	<0.006	<0.00001	0.00004	0.00072	0.00014	7.2	1.7. 2.0	19.0. 19.0	14~20	
返送汚泥	8	130	2.9	0.0066	0.074	0.017	0.0069	7.1		18.0. 19.0	18~21	
生汚泥	9	90	11	0.41	0.14	0.041	<0.07	6.4		19.5.19.5.19.0 18.7	10~22	

試料名	試料No.	硫酸根 (SO ₄) (mg/ℓ)	硫化物 (S ²⁻) (mg/ℓ)	汚水中硫黄化合物 (mg/ℓ)				pH	DO (mg/ℓ)	水温 (℃)	採取 時刻	備考
				硫化水素	メチルメル カブタン	硫化メチル	二硫化 メチル					
濃縮汚泥	10	29	42	2.1	0.60	0.13	<0.07	6.1		19.5, 19.0, 19.7, 18.7	10~22	
消化汚泥	11	49	138	<0.00008	0.00025	0.00013	<0.0001	6.9		29.0, 33.5, 31.0	9~14	
洗浄汚泥	12	36	48	<0.00008	0.00018	0.00020	<0.0001	7.0		22.0, 22.0, 22.7	9~13	
脱水ケーキ	13	—	0.045 (mg/g)	0.00025 (mg/g)	0.00009 (mg/g)	0.00039 (mg/g)	<0.0003 (mg/g)	—		23.0, 23.0	11~14	
濃縮槽越流水	14	140	6.4	0.40	0.14	0.025	<0.023	6.9		19.0, 19.0, 18.0, 17.5	10~22	
脱離液	15	100	34.3	0.00014	0.00027	0.00021	<0.0002	7.2		32.0, 30.5, 31.0, 31.5	19~7	
洗浄槽越流水	16	130	0.17	<0.00004	0.00006	0.00045	<0.0002	7.0		21.7	11~20	
{ 脱水ろ液 ろ布洗浄水	17	88	0.18	0.00010	0.00012	0.0015	0.00039	12		21.0, 23.0	11~14	
沈砂池返送水	18-1	130	0.090	0.0002	0.00017	0.0011	0.00039	9.1		19.5, 20.0, 21.0	10~15	
	18-2	150	0.095	0.00021	0.0019	0.0035	0.00032	7.2		19.5, 20.0, 19.5, 19.5	17~23	

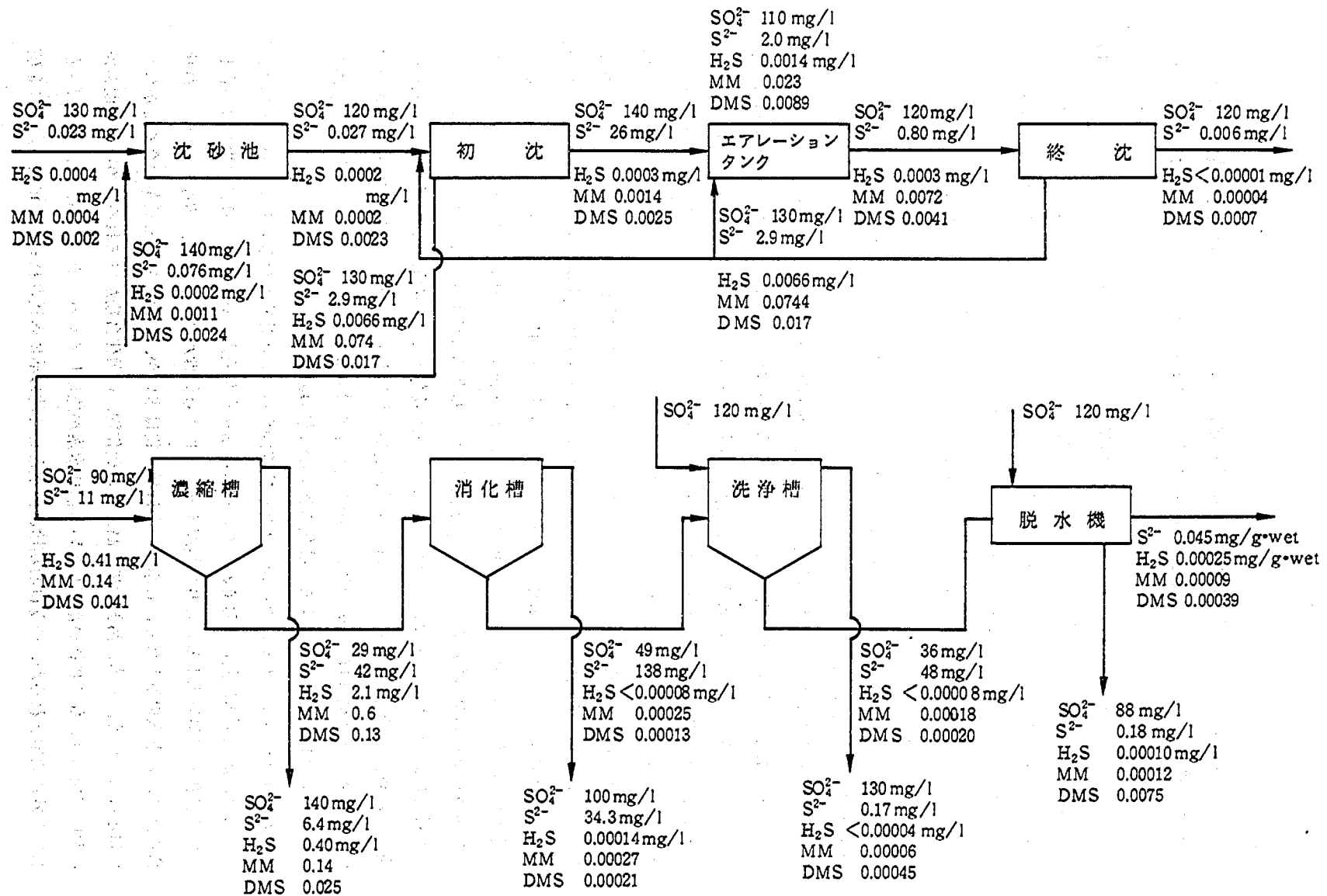


図-3.5 水質分析結果 (流量を荷重した平均値)

3.5.5 考 察

3.5.4の調査結果より得られた汚水・汚泥中の硫酸イオン、硫化物及び溶存硫黄化合物の値に処理量を乗ずることにより、各採水箇所での1日当りの総量を求め、処理施設における各物質の挙動を考察してみる。

なお、水処理系の処理量については、調査当日降雨により流入量が急増したため、この値を用いず10月25日の値（流入下水量73,200 m³/日（沈砂池返送水含む））を用い、水質サンプルごとの汚水量、汚泥量を図-3.6のように設定した。（深夜の資料について採水不可能のため降雨以前に採水したサンプルの平均濃度と前日の流量より設定した。）

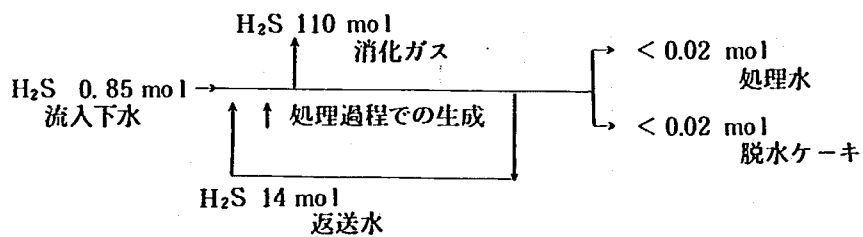
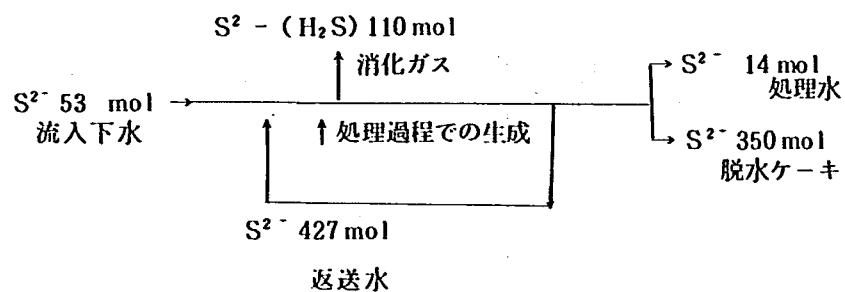
各採水箇所での硫酸イオン、硫化物及び溶存硫黄化合物の1日当りの総量を図示したものを図-3.7、図-3.8に示す。

水処理系では、硫化物に比べ硫酸イオンが多量であるため、硫酸イオンと硫化物との対応をみることは困難であった。

硫化物及び各溶存硫黄化合物の関係については、沈砂池の流入水、流出水と比較すると、溶存している硫化水素については硫化物ほどの対応がみられない。これは、pHの影響と思われる。エアレーションタンクで、流入部汚水と流出部汚水と比較すると、硫化物は約1/3に減少し、溶存している硫黄化合物もやや減少している。これは一部が硫酸根或いは硫黄粒に酸化され、一部はエアレーションにより系外に放出されたものと思われる。但しタンク気中の硫黄化合物濃度は高々数ppbであることから、全んどが酸化されたものと推定される。また、濃縮槽、消化槽においては、流入と流出を比較して硫化物、溶存している硫黄化合物が対応していない。これは、嫌気性細菌により有機性の硫黄化合物が分解して硫化物が増加し、それに伴い溶存している硫化水素も増加したためと思われる。消化槽では、流入及び発生した硫化水素は消化ガスとして系外に放出されるため全んど問題ないが、濃縮槽では増加した溶存硫黄化合物の殆んどが越流水として沈砂池に返送される。また、この総量は流入下水と比較すると溶存している硫化水素で約16倍もあるため流入下水のpHによっては、沈砂池臭気に影響がでてくる。実際、濃縮槽越流水が沈砂池に流入する時刻（17:20）では、気中の硫化水素は0.2 ppmとなっており、脱水ろ液が流入している時刻（10:10）と比較すると硫化水素で約6倍の濃度となっている。

処理場全体の収支をみるために図-3.9に模式図を示す。硫化物及び溶存している硫黄化合物でみると、流入下水は共に少量であるが、沈砂池返送水が流入することにより硫化物及び溶存している硫化水素が急増する。これを処理することにより処理水は、硫化物、溶存している硫黄化合物共に流入下水以下となり、脱水ケーキは硫化物は多いが、溶存している硫黄化合物はかなり少量となっている。一方、汚泥中には高濃度の硫化物、硫黄化合物が含まれるため汚泥処理施設において嫌気性になるに従い溶存している硫化水素が急増してくる。その殆んどは、消化ガスとして系外に放出されるが、一部は濃縮槽越流水として沈砂池に返送されることになる。これを硫

化物、溶存している硫化水素でみると以下ようになる。



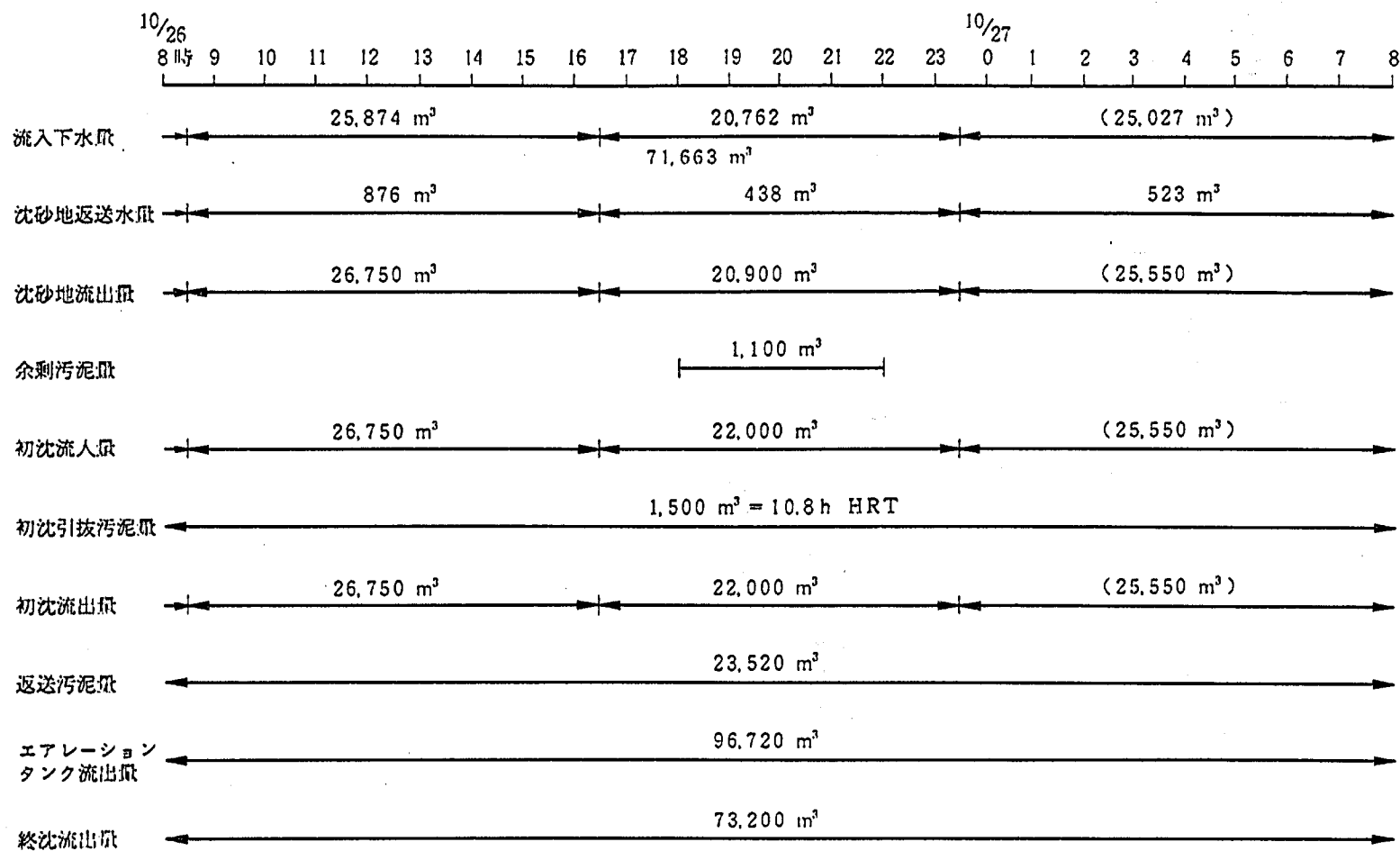


図-3.6 水質サンプルごとの汚水量、汚泥量

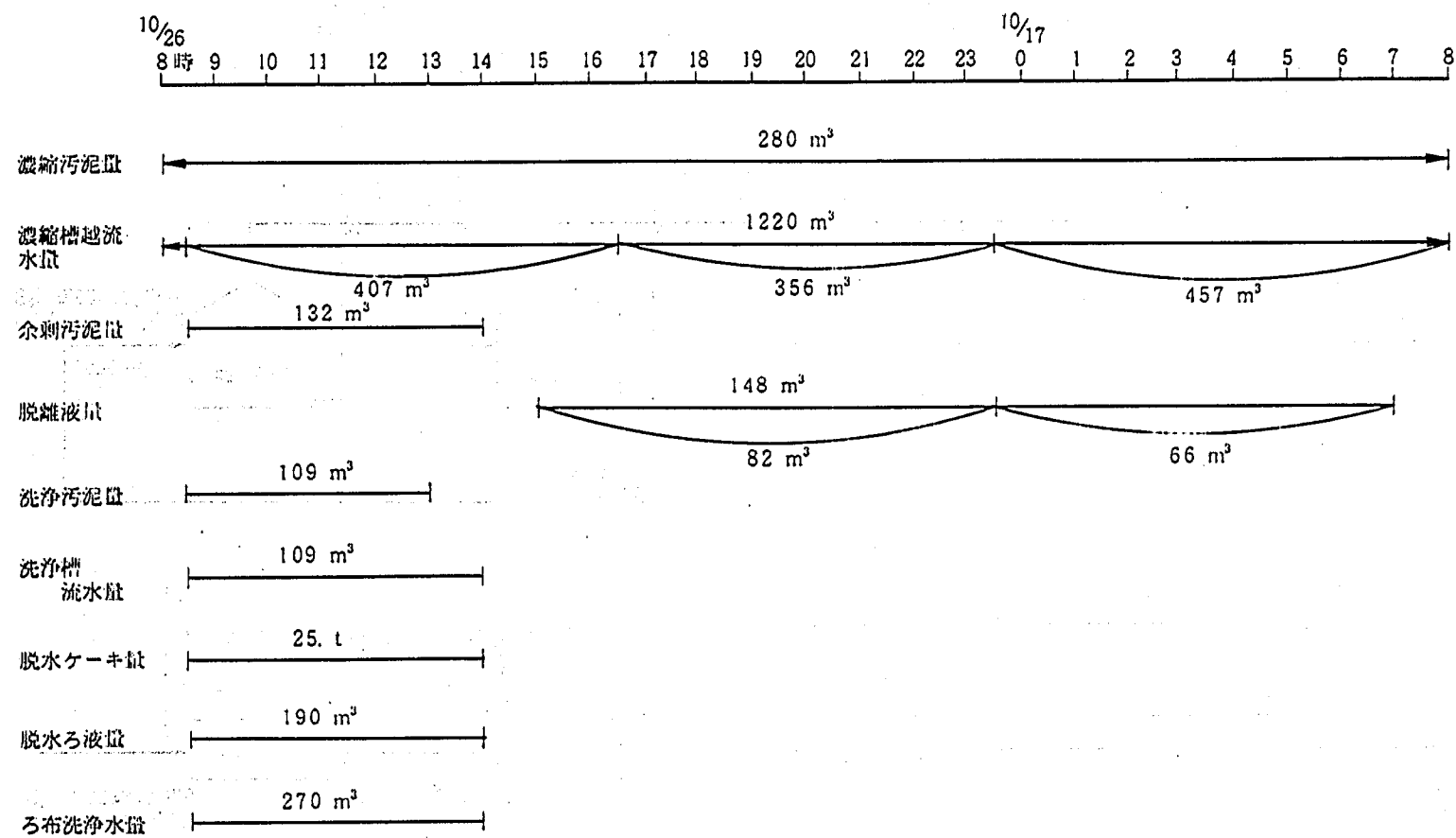


図-3.6 続き

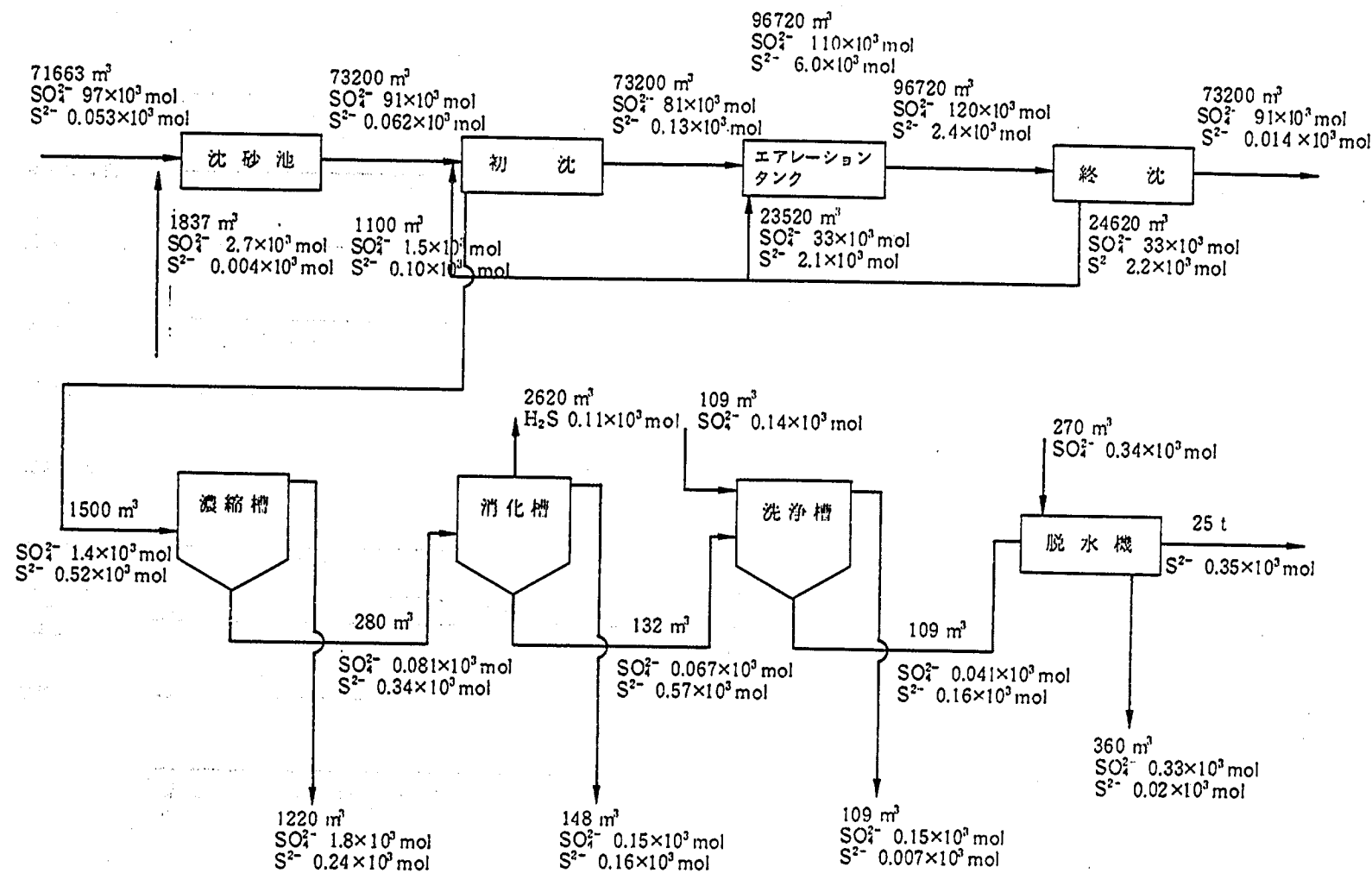


図-3.7 各採取場所での硫酸根、硫化物の1日当りの総量

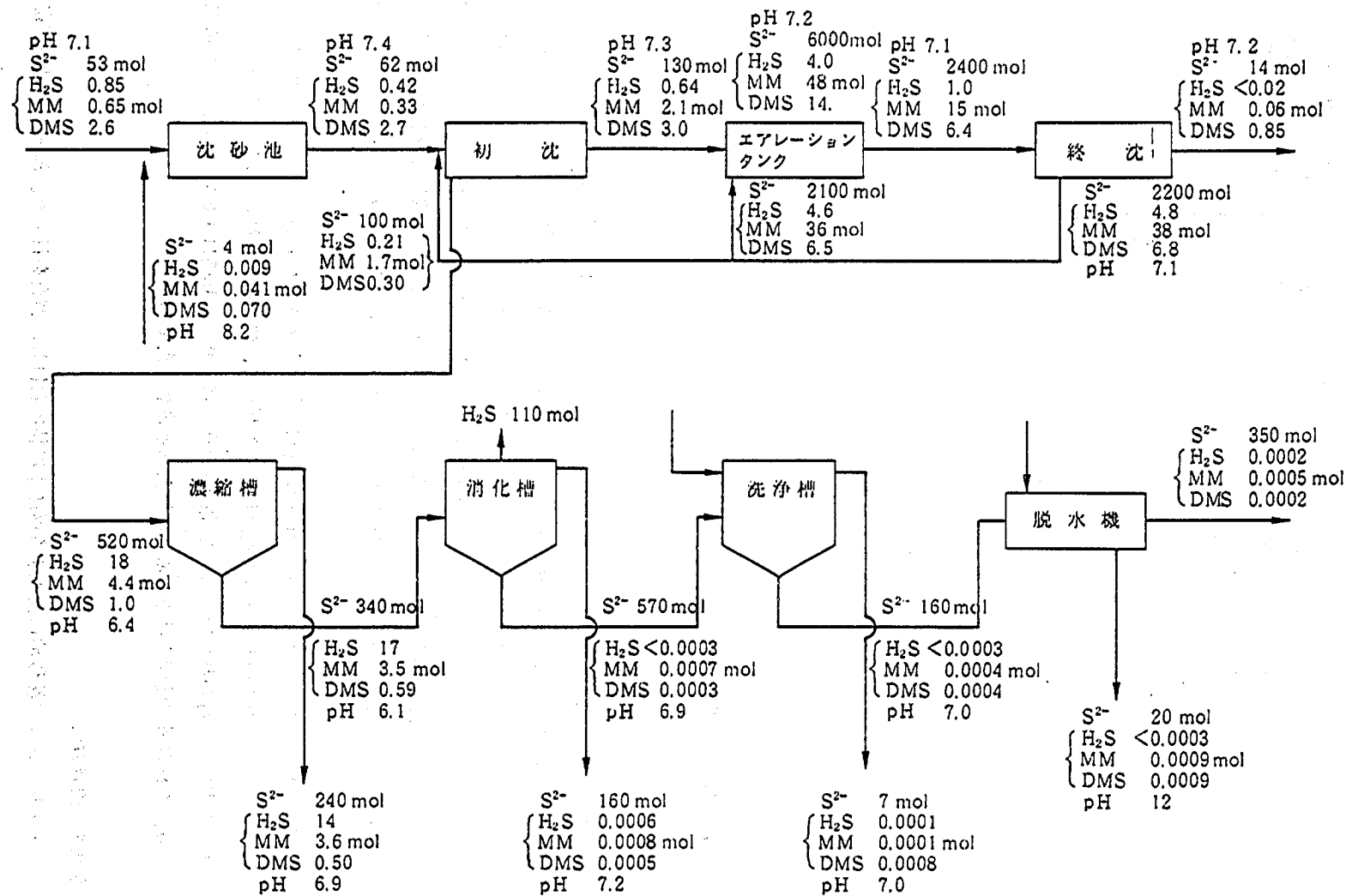


図-3.8 各採取場所での硫化物、各硫黄化合物の1日当りの総量

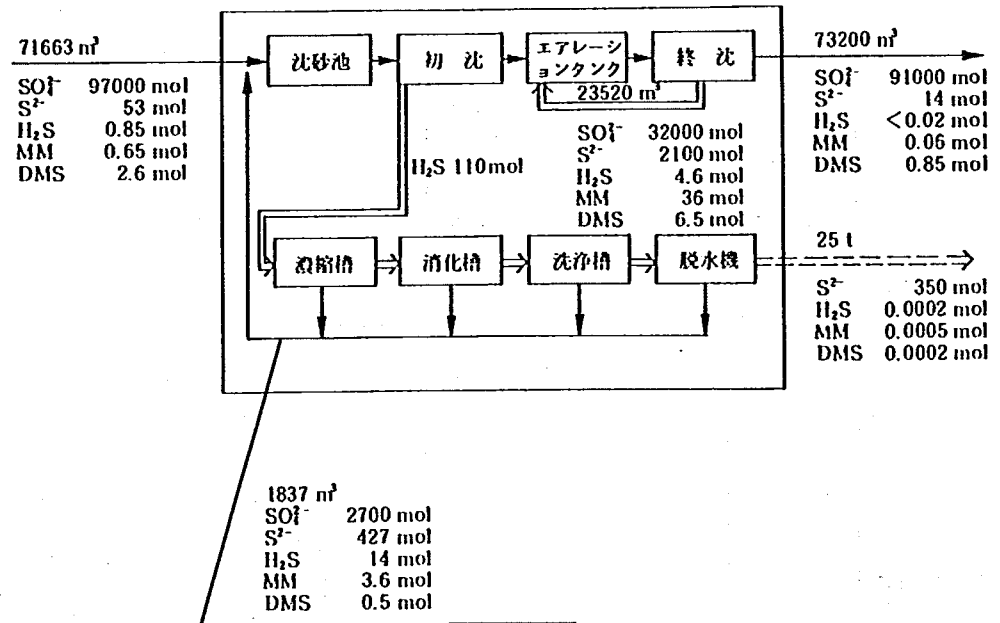


図-3.9 処理場全体の収支

3.6 K下水処理場における調査

3.6.1 処理運転状況

K下水処理場フローシート及び運転タイムチャートを図-3.10、図-3.11に示す。

流入下水は高段、低段の2系統で流入し、返送水（余剰汚泥、濃縮槽越流水、脱水ろ液）と合流後、エアレーション沈砂池に流入する。エアレーションタンクは、1系と2系で処理方法が異なっており、2系では流入部分が嫌気性反応槽として運転されている。一方、初沈から引抜かれた生汚泥は、濃縮槽で濃縮され、遠心脱水機及び立型加圧脱水機により脱水される。凝集剤としては、遠心系は高分子凝集剤を用い、加圧系では、塩化第2鉄、カーバイトスラリーを用いている。

図-3.11に示したように、生汚泥の引抜きは連続運転であるのに対して濃縮汚泥の引抜きは汚泥サービスタンのレベル計と連動しているために、脱水機が稼動していない時間は、濃縮汚泥の引抜きは行われない。よって沈砂池返送水は、9時～15時は主に脱水ろ液と余剰汚泥であり、それ以外の時間帯は主に濃縮槽越流水と余剰汚泥である。

3.6.2 調査方法

エアレーション沈砂池に流入する返送水に特に着目し、調査を行った。流入下水量が深夜(1

時頃)から朝(8時頃)にかけて減少してくること、及び沈砂池返送水が時間帯により異なることから、水処理系統(流入水～初沈流入水)においては、8時～16時、16時～1時、1時～8時の3区分に分けて試料を採取した。エアレーションタンク混合液及び返送汚泥は1系と2系それぞれ別に採取した。

また、エアレーション沈砂池、初沈、エアレーションタンクの気中ガスの採取は、脱水ろ液が返送される時間帯と濃縮槽越流水が返送される時間帯にそれぞれ行った。試料採取タイムチャートを図-3.12に示す。

3.6.3 調査の状況

調査期間(3月21日～3月22日)は曇天で降雨はなかったが、前日まで雪や雨が降っており、流入下水量も晴天時の2割増程度の量であった。また、3月21日9時30分頃から10時30分頃まで、脱水機の故障により、濃縮汚泥、エアレーション沈砂池流入、流出水及び初沈流出水の採取はできなかった。

K下水処理場の3月21日の運転データを表-3.12に、3月21日9時より3月21日8時までの流入下水量の経時変化を表-3.13(1)に水質データを表3.13(2)に示す。また、各汚泥及び脱水ケーキの汚泥濃度、含水率を表-3.14に示す。

表-3.14 汚泥濃度とケーキ含水率

	汚 泥 濃 度 (%)	含 水 率 (%)
生 汚 泥	1.2	
濃 縮 汚 泥	5.0	
脱 水 ケ ー キ		
遠 心 系		78
加 圧 系		60

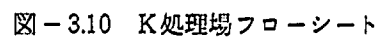
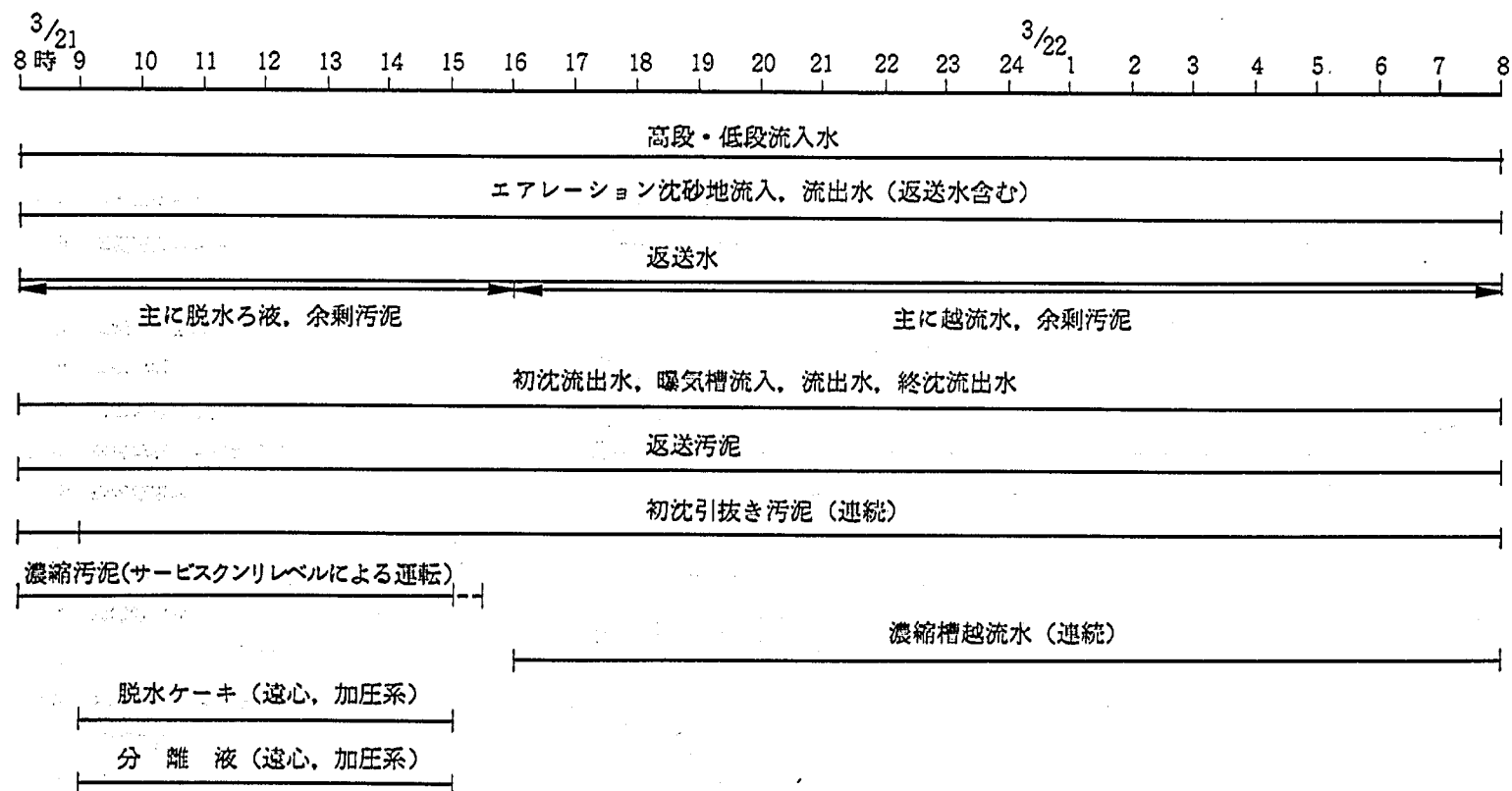


図-3.10 K処理場フローシート



図－3.11 K処理場 運転タイムチャート

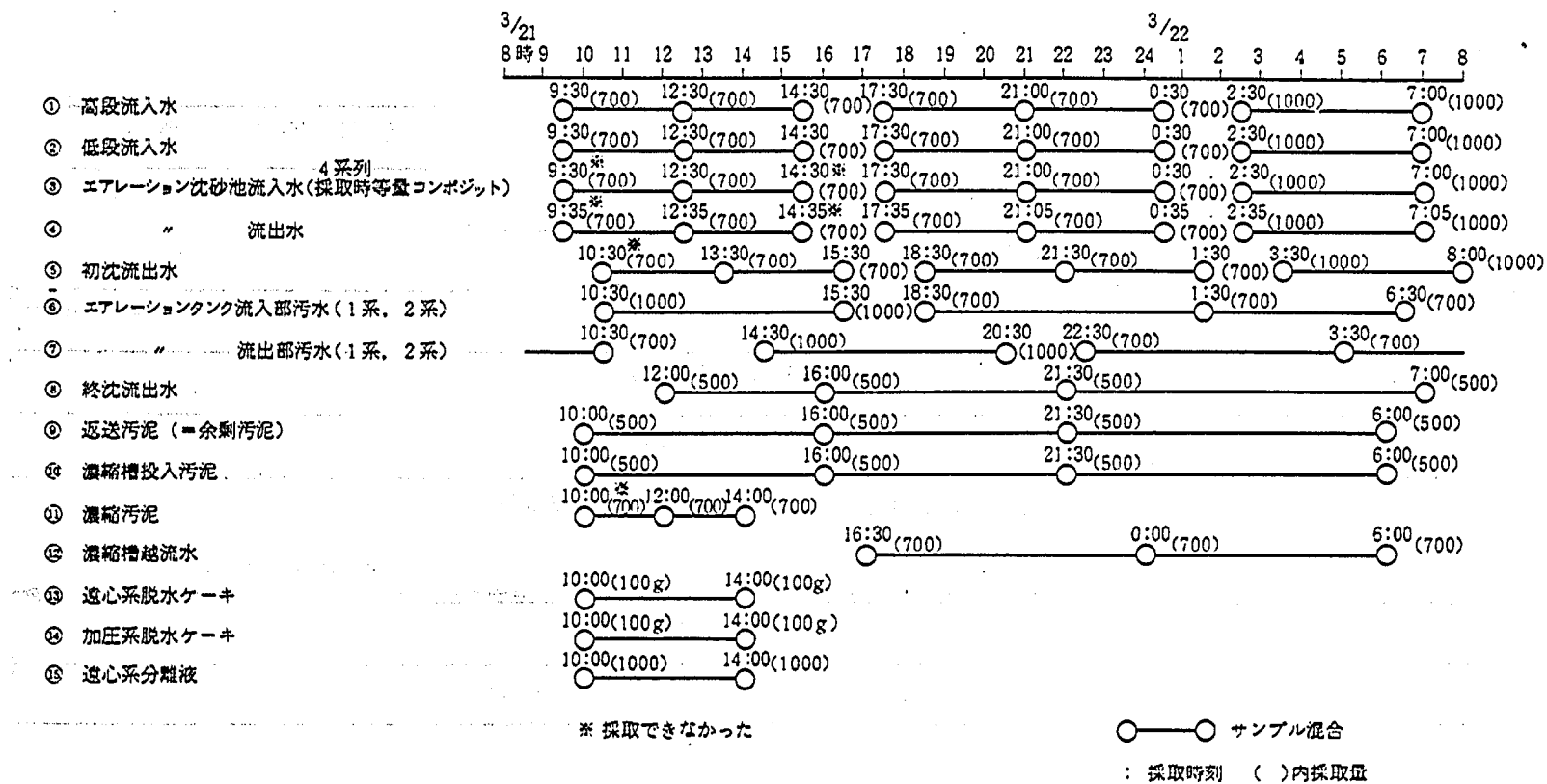


図 3-12 試料採取タイムテーブル

表-3.12 K下水処理場 3/21 0時~24時 運転データ

		流 量 (m ³ /日)	
流入下水量	(高 段 系)	98,500	} 199,800
"	(低 段 系)	101,300	
二次処理水量			199,800
返送汚泥量	(1 系)	37,800	} 75,100
"	(2 系)	37,300	
余剰汚泥量	(1 系)	1,080	} 2,130
"	(2 系)	1,050	
初沈引抜汚泥量	(1 系)	1,000	} 2,880
"	(2 系)	1,880	
脱水機供給汚泥量	(遠 心 系)	419.8	} 503.2
"	(加 圧 系)	83.4	
濃縮槽越流水量			2,371
脱水ケーキ量	(遠 心 系)	89.0(t)	} 106.7(t)
"	(加 圧 系)	17.7(t)	
脱水ろ液量	(遠 心 系)	329	} 398
"	(加 圧 系)	69	
エアレーションタンク消泡水量			9,360
エアレーション沈砂池返送水量			4.899
エアレーション沈砂池曝気量			
	(1 系)	14,400	} 27,900
	(2 系)	13,500	
エアレーションタンク送風量			
	(1 系)	325,000	} 529,000
	(2 系)	204,000	

表 3.13(1) 3 / 21 9 : 00 ~ 3 / 22 9 : 00 の流入下水量

(m^3/hr)

時刻	9 : 00	10 : 00	11 : 00	12 : 00	13 : 00	14 : 00	15 : 00	16 : 00	17 : 00	18 : 00	19 : 00
高段系	4,040	3,650	4,200	4,810	4,460	5,490	5,700	5,910	5,840	5,370	4,610
低段系	4,890	5,760	6,210	6,030	5,430	4,800	4,590	4,290	4,260	4,170	4,380
合 計	8,930	9,410	10,410	10,840	9,890	10,290	10,290	10,200	10,100	9,540	8,990
	20 : 00	21 : 00	22 : 00	23 : 00	0 : 00	1 : 00	2 : 00	3 : 00	4 : 00	5 : 00	6 : 00
高段系	4,500	3,740	3,740	4,390	3,650	4,030	4,630	3,910	3,860	2,370	2,200
低段系	4,290	4,500	4,470	3,900	4,560	4,230	2,970	2,790	2,460	2,310	2,220
合 計	8,790	8,240	8,210	8,290	8,210	8,260	7,600	6,700	6,320	4,680	4,420
	7 : 00	8 : 00		合 計							
高段系	2,110	2,580		99,790							
低段系	2,460	3,300		99,270							
合 計	4,570	5,880		199,060							

表 3.13(2) K下水処理場 水質データ (昭和59年)

(mg/ℓ)

	採 取 日 時	BOD	SS	採 取 日 時	BOD	SS
流入下水 (高 段)	3 / 21 (水)	150	120		260	320
流入下水 (低 段)	10 : 00	150	140	3 / 7	210	270
初沈流入水	(前日まで雪, 当日曇)	230	240	10 : 00	200	190
初沈流出水	(調査当日)	60	39	晴天時	89	45
終沈流出水		11	10		13	8

なお, 通常は BOD, SS 共に $100 \sim 200 \text{mg}/\ell$ の程度であり 3 / 7 のデータは高めの値と言える。

3.6.4 調査結果

臭気測定結果を表-3.15に示す。調査前日まで雨が降っていた事、水温が9℃～11℃と低かった事等により、水処理系の気中硫黄化合物は殆んどが検出限界以下であった。また、濃縮槽臭気についても、T下水処理場に比べて、臭気濃度、硫化水素は1オーダー低い値であった。

沈砂池返送水が、主に脱水ろ液、余剰汚泥の場合(3/21 9:34採取)と主に濃縮槽越流水と余剰汚泥の場合(3/22 7:00採取)にエアレーション沈砂池の臭気を測定した。結果は、共に低濃度であり変化なかった。これは、濃縮槽越流水の硫化物及び溶存している硫黄化合物濃度が低く、中部下水処理場の場合と比べると溶存硫化水素濃度で約1/20となっていること、また1日当りの総量でみると、濃縮槽越流水の硫化物、溶存している硫黄化合物共に流入下水のそれより少量であることによるものである。

曝気槽については、1系、2系で処理方法が異なっているが、臭気としては共に低濃度で変化はみられなかった。

次に、汚水、汚泥の分析結果を表-3.16に示す。流入水についてみると、硫化物濃度では、低段の方が高段より1オーダー高く、pHも弱干低い。それで溶存している硫化水素、メチルメルカプタンの濃度も高くなっている。また、高段、低段共に、午前1時～8時に採取した試料が他の時間帯と比べて硫化物濃度で最も低い値となっている。硫酸イオンの濃度はT下水処理場に比べて6割ぐらいの濃度である。

処理方法の異なる1系、2系曝気槽の返送汚泥についてみると、無曝気部のある2系の返送汚泥の硫化物、溶存硫黄化合物濃度は、1系と比べ高い値となっている。

次に、各試料ごとの処理水量を図-3.12に、流量を荷重した1日の平均濃度を図示したものを図-3.13に示す。

全体の傾向としてはT下水処理場と同様で、返送汚泥の硫化物、溶存している硫黄化合物が、流入下水に比べ高濃度であるために、曝気槽において濃度として高くなっている。処理水の硫化物、溶存硫黄化合物の濃度は流入下水以下となっている。生汚泥についてみると、硫化物、溶存硫化水素はT下水処理場に比べかなり低濃度となっており、濃縮汚泥、濃縮槽越流水も低濃度となっている。汚泥中に溶存しているメチルメルカプタン、硫化メチルがT下水処理場と同程度の濃度であることから、これは、濃縮槽の運転方法及び水温の差によるものと思われる。また、脱水ケーキの硫化物、溶存硫黄化合物については、高分子凝集剤を用いる遠心脱水ケーキの方が、塩化第2鉄、カーバイトスラリーを用いる加圧脱水ケーキよりかなり高濃度となっている。

表-3.15 Y市K処理場 臭気測定結果

月 日	採取箇所	採取時刻	硫黄化合物濃度〔ppm〕				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	
3/21	エアレーション 沈砂池	9:34	0.002	< 0.001	0.002	< 0.001	230
	初沈流入部	9:40	0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	41
	〃 流出部	9:45	0.005	< 0.001	0.001	< 0.001	98
	曝気槽1系						
	流入部	9:51	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	23
	流出部	9:57	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	10未満
	曝気槽2系						
	流入部	10:00	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	17
	流出部	10:05	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	10未満
3/22	濃縮槽	10:15	0.54	0.18	0.010	0.017	7,300
	エアレーション 沈砂池	7:00	0.003	< 0.001	0.003	< 0.001	230
	曝気槽1系						
	流入部	7:00	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	10未満
	流出部	7:00	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	10未満

表-3.16 汚水、汚泥の分析結果

試料名	試料No.	硫酸根 (SO_4^{2-}) (mg/ℓ)	硫化物 (S^{2-}) (mg/ℓ)	汚水中悪臭硫黄化合物 ($\mu\text{g}/\ell$)				水温 ($^{\circ}\text{C}$)	pH	採取時刻 (時)	備考
				硫化水素	メチルメル カブタン	硫化メチル	二硫化 メチル				
高段流入水	1-1	68	0.0064	< 0.040	0.71	1.9	0.27	9.2~10.0	7.8	9~16	※ 9時~ 11時脱水 機故障の ため試料 採取でき ず。
	1-2	58	0.0020	< 0.040	0.059	1.1	0.086	10.0~11.0	7.8	17~1	
	1-3	80	< 0.0002	< 0.040	0.094	0.33	0.37	9.5~11.0	7.8	2~8	
低段流入水	2-1	92	0.021	0.050	2.2	2.3	0.21	10.2~11.0	7.7	9~16	
	2-2	74	0.049	5.8	1.7	2.0	0.22	10.0~11.0	7.4	17~1	
	2-3	94	0.0070	< 0.040	0.11	1.2	0.17	10.0~11.0	7.4	2~8	
エアレーション 沈砂池流入水	3-1	66	0.0034	< 0.040	4.1	2.2	0.44	10.8	8.0	12※	
	3-2	65	0.0082	< 0.040	1.3	2.1	0.12	9.0~10.0	7.6	17~1	
	3-3	78	0.0020	< 0.040	0.70	0.89	0.35	9.0~10.0	7.6	2~8	
エアレーション 沈砂池流出水	4-1	66	0.0075	< 0.040	3.9	2.4	2.7	10.5	8.0	12※	
	4-2	69	0.0059	< 0.040	0.58	2.1	0.12	9.0~10.5	7.6	17~1	
	4-3	72	0.0022	< 0.040	0.86	0.86	0.37	9.0~10.0	7.6	2~8	
初沈流出水	5-1	76	< 0.0002	< 0.040	0.64	1.9	1.1	10.0	8.0	13※	
	5-2	68	< 0.0002	< 0.040	0.098	2.0	0.13	10.0~10.3	7.5	18~2	
	5-3	71	< 0.0002	< 0.040	0.056	1.1	0.16	6.0~11.5	7.7	3~8	
曝気槽1系 流入部混合液	6-①-1	87	0.015	0.19	16	4.4	5.7	10.5~10.8	7.2	10~17	
	6-①-2	74	0.039	< 0.040	5.5	2.4	4.8	10.0~10.5	7.3	18~7	
曝気槽2系 流入部混合液	6-②-1	80	0.091	< 0.040	34	12	6.8	10.3~10.5	7.3	10~17	

試料名	試料No	硫酸根 (SO ₄ ²⁻) (mg/ℓ)	硫化物 (S ²⁻) (mg/ℓ)	汚水中悪臭硫黄化合物 (μg/ℓ)				水温 (°C)	pH	採取時刻 (時)	備考
				硫化水素	メチルメル カブタン	硫化メチル	二硫化 メチル				
曝気槽 1 系 流出部汚水	6-②-2	80	0.14	< 0.040	25	4.1	3.7	10.0~10.5	7.3	18~7	
	7-①-1	74	0.043	< 0.040	13	4.0	20	10.0~10.5	7.1	14~21	
	7-①-2	77	0.0086	< 0.040	17	4.8	25.	10.0~11.0	7.1	22~10	
曝気槽 2 系 流出部汚水	7-2-1	94	0.12	< 0.040	51	8.4	4.5	10.0~10.5	7.2	14~21	
	7-2-2	83	0.020	< 0.040	41	7.4	5.8	10.0~11.0	7.2	22~10	
終沈流出水	8	82	< 0.0002	< 0.040	< 0.050	0.088	0.098	8.0~11.0	7.5	12~7	
返送汚泥 1 系	9-①	110	0.13	0.96	26	8.4	4.1	9.0~12.0	6.9	10~6	
2 系	9-②	94	0.35	6.0	84	15	0.88	9.0~12.0	6.9	10~6	
初沈引抜き汚泥	10	58	0.57	24	120	14	33	10.0~11.0	7.2	10~6	
濃縮汚泥	11	91	2.0	35	420	77	37	10.0	6.4	12※	
濃縮槽越流水	12	91	0.087	19	47	5.8	1.1	8.0~10.5	7.3	16~6	
遠心系脱水ケーキ	13	—	28 mg/kg•wet	29 μg/kg•wet	62 μg/kg•wet	37 μg/kg•wet	3.8 μg/kg•wet	—	—	16~14	
加圧系脱水ケーキ	14	—	0.47 mg/kg•wet	< 0.6 μg/kg•wet	< 0.17 μg/kg•wet	1.0 μg/kg•wet	0.8 μg/kg•wet	—	—	10※	
遠心系分離液	15	57	0.086	0.8	93	11	14	11.0	7.0	10※	

3/21												3/22																																															
9時	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9																																			
流入下水量 (高段系)												38260 m ³												35840												25690												99790 m ³											
(低段系)												39000 m ³												34530												22740												96270 m ³											
余剰汚泥量												710 m ³												710												710												2130 m ³											
脱水ろ液量												398 m ³																																															
												遠心系 329, 加圧系 69.												1186 m ³												1185												2371 m ³											
濃縮槽越流量																								72266												50325												200959 m ³											
エアレーション沈砂地流入量												78368 m ³												72266												50325												200959 m ³											
初沈引抜汚泥量												960 m ³												HRT 8.3 h 960												960												2880 m ³											
初沈流出量												77408 m ³												71306												49365												198079 m ³											
返送汚泥量 1系												12600 m ³												12600												12600												37800 m ³											
2系												12433 m ³												12433												12433												37300 m ³											
曝気槽流入量 1系												51304 m ³												48253												37283												136840 m ³											
2系												51137 m ³												48086												37116												136339 m ³											
終沈流出量												77260 m ³												70370												48430												196060 m ³											
脱水機供給汚泥量 (遠心系)												419.8 m ³																																															
(加圧系)												83.4 m ³																																															
脱水ケーキ量(遠心系)												89.0 t																																															
(加圧系)												17.7 t																																															
曝気槽消泡水量												3120 m ³												3120												3120												9360 m ³											
曝気槽流出量 (1系)												52864 m ³												49813												38843												141520 m ³											
(2系)												52697 m ³												49646												38676												141019 m ³											

図-3.12 各試料ごとの処理量

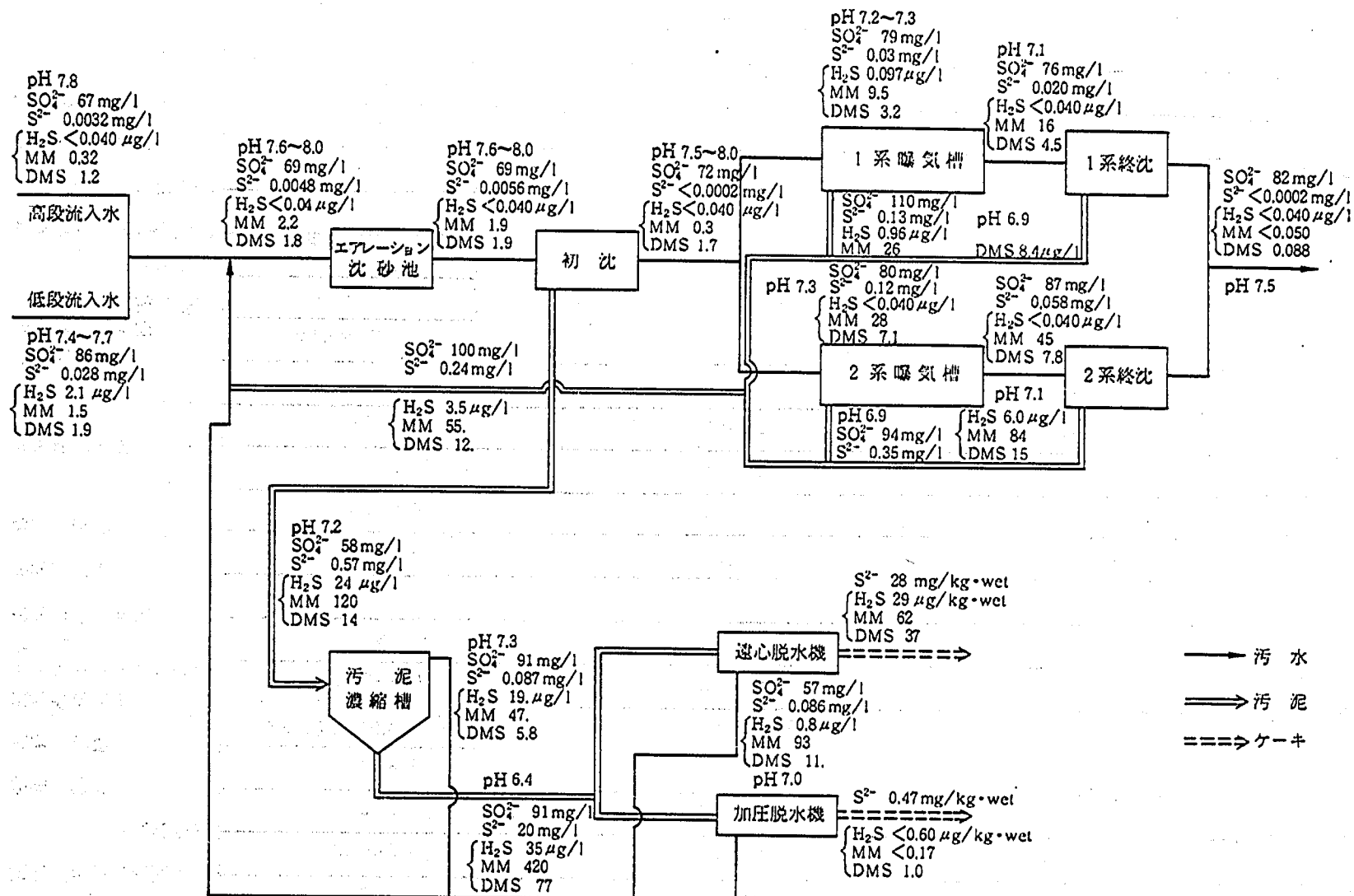


図- 3.13 各採水箇所での平均濃度 (流量荷重)

3.6.5 考 察

3.6.4で示した水質分析結果と各試料ごとの処理水量から各採取箇所での硫酸イオン、硫化物及び溶存硫黄化合物の1日当りの総量を求めた。これを表-3.17, 図-3.14, 図-3.15に示す。これより処理施設での硫酸イオン、硫化物及び溶存硫黄化合物の対応を考察してみる。

硫酸イオンと硫化物についてみると、T下水処理場と同様に、硫酸イオンが硫化物より高濃度であるため、それらの対応をみることは困難であった。

次に硫化物と溶存硫黄化合物について考察する。

K下水処理場では、流入下水が2系統で流入し、別箇採取したため、合流後の溶存硫化水素濃度はpHの変化があるため不明であるが、その他については高段と低段の値の和で良いと思われる。また返送水については、余剰汚泥、濃縮槽越流水及び脱水ろ液が合流した試料を採取できなかったため、それぞれの和とした。

返送水の合流前後でみると、合流後の試料をエアレーション沈砂池流入部で採取したためか、溶存しているメチルメルカプタン、硫化メチルに比べ硫化物の対応がとれていなかった。初沈の流入、流出（生汚泥含む）と濃縮槽の流入、流出（越流水含む）をみると、T下水処理場に比べ、硫化物及び溶存硫黄化合物においてかなり対応がとれている。これは、初沈、濃縮槽において嫌気性下における有機硫黄化合物の分解、腐敗がそれほど進行しなかったためと思われる。この原因としては、二つ挙げられる。一つは、調査が冬期に行われたこと及び調査前日まで降雪があったことにより水温、汚泥温度が低かったことである。もう一つは、生汚泥は連続して引抜かれ、濃縮槽への汚泥投入も連続して行われるが、濃縮汚泥の引抜きは脱水機稼動時のみ行われるため、その他の時間帯では投入した分が越流水として流出してしまうことが考えられる。実際に濃縮槽型蓋内の臭気は硫化水素で0.5ppmでありT下水処理場の2.7ppmよりかなり低い値であった。

また、濃縮槽越流水としての硫化物及び溶存硫黄化合物の総量も小さく、T下水処理場と比べると、硫化物で1/6、溶存硫化水素で1/10の量である。また流入下水と比べても硫化物、溶存硫化水素は総量で少ない。

そこで、返送水についてみると、余剰汚泥と脱水ろ液が流入する時間帯の場合も、余剰汚泥と濃縮槽越流水の場合も共に硫化物、溶存硫化水素は流入下水よりも総量として少なく、エアレーション沈砂池の臭気として返送水による影響はないものと考えられる。実際、エアレーション沈砂池での臭気は、脱水ろ液が流入する場合と濃縮槽越流水が流入する場合とで殆んど変化なく、共に低濃度であった。

図-3.16に処理場全体としての硫酸イオン、硫化物及び溶存硫黄化合物の収支を示す。

処理場全体としての流入、流出を比べると、硫酸根は流出量がやや多く、硫化物は流出量がやや少なくなっている。硫化物及び溶存硫化物の減少量は酸化及び気中への放散によるもので

あると思われる。

表- 3.17 1日当りの総量

試 料 名	試料No	硫酸根 (SO_4^{2-}) (mol)	硫化物 (S^{2-}) (mol)	汚水中悪臭硫黄化合物(mol)			
				硫化水素	メチルメル カブタン	硫化メチル	二硫化 メチル
		($\times 10^3$)	($\times 10^3$)				
高段流入水	1	70	0.010	< 0.12	0.67	1.9	0.24
低段流入水	2	86	0.084	5.9	3.0	3.0	0.20
エアレーション沈砂池 流入水	3	140	0.030	< 0.23	9.2	5.8	0.64
エアレーション沈砂池 流出水	4	140	0.035	< 0.23	8.0	6.2	2.6
初沈流出水	5	150	<0.0012	< 0.23	1.2	5.4	1.1
エアレーションタンク							
“ 1系流入部汚水	6-①	110	0.13	0.39	27	7.1	7.6
“ 2系流入部汚水	6-②	110	0.51	< 0.23	80	16	7.1
“ 1系流出部汚水	7-①	110	0.086	< 0.23	46	9.9	33
“ 2系流出部汚水	7-②	120	0.25	< 0.23	130	17	7.7
終沈流出水	8	170	<0.0012	< 0.23	< 0.20	0.28	0.20
返送汚泥1系	9-①	43	0.15	1.1	20	5.1	1.6
“ 2系	9-②	37	0.41	6.6	65	9.0	0.35
初沈引抜き汚泥	10	1.7	0.051	2.0	7.2	0.65	1.0
濃縮汚泥	11	0.48	0.031	0.52	4.4	0.62	0.20
濃縮槽越流水	12	2.2	0.006	1.3	2.3	0.22	0.027
遠心系脱水ケーキ	13	—	0.033	0.076	0.11	0.053	0.0036
加圧系脱水ケーキ	14	—	0.00026	< 0.0003	<0.00006	0.0003	0.0002
遠心系分離液	15	0.20	0.00088	0.0077	0.64	0.058	0.049

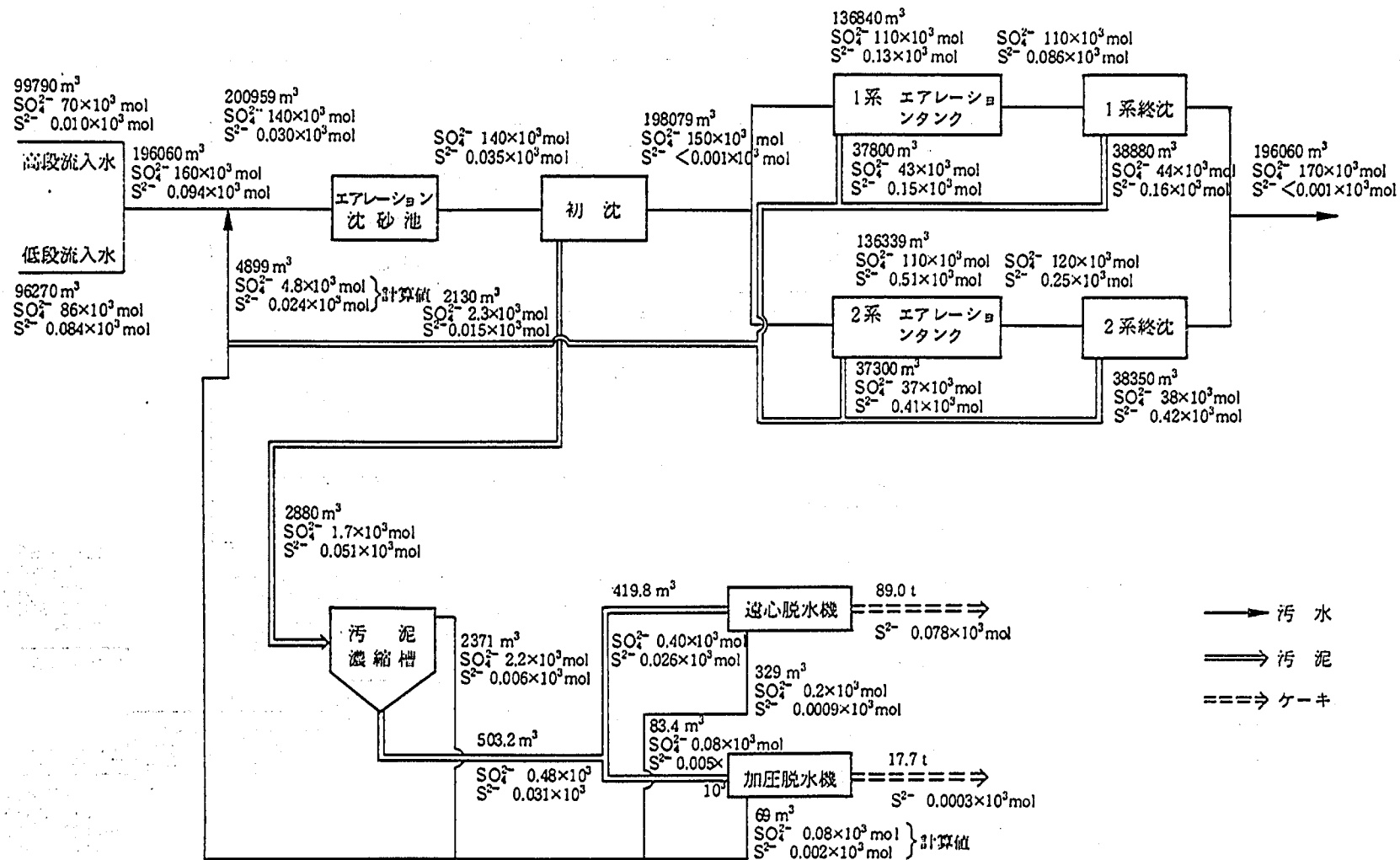


図- 3. 14 各採取箇所での硫酸根、硫化物の1日当りの総量

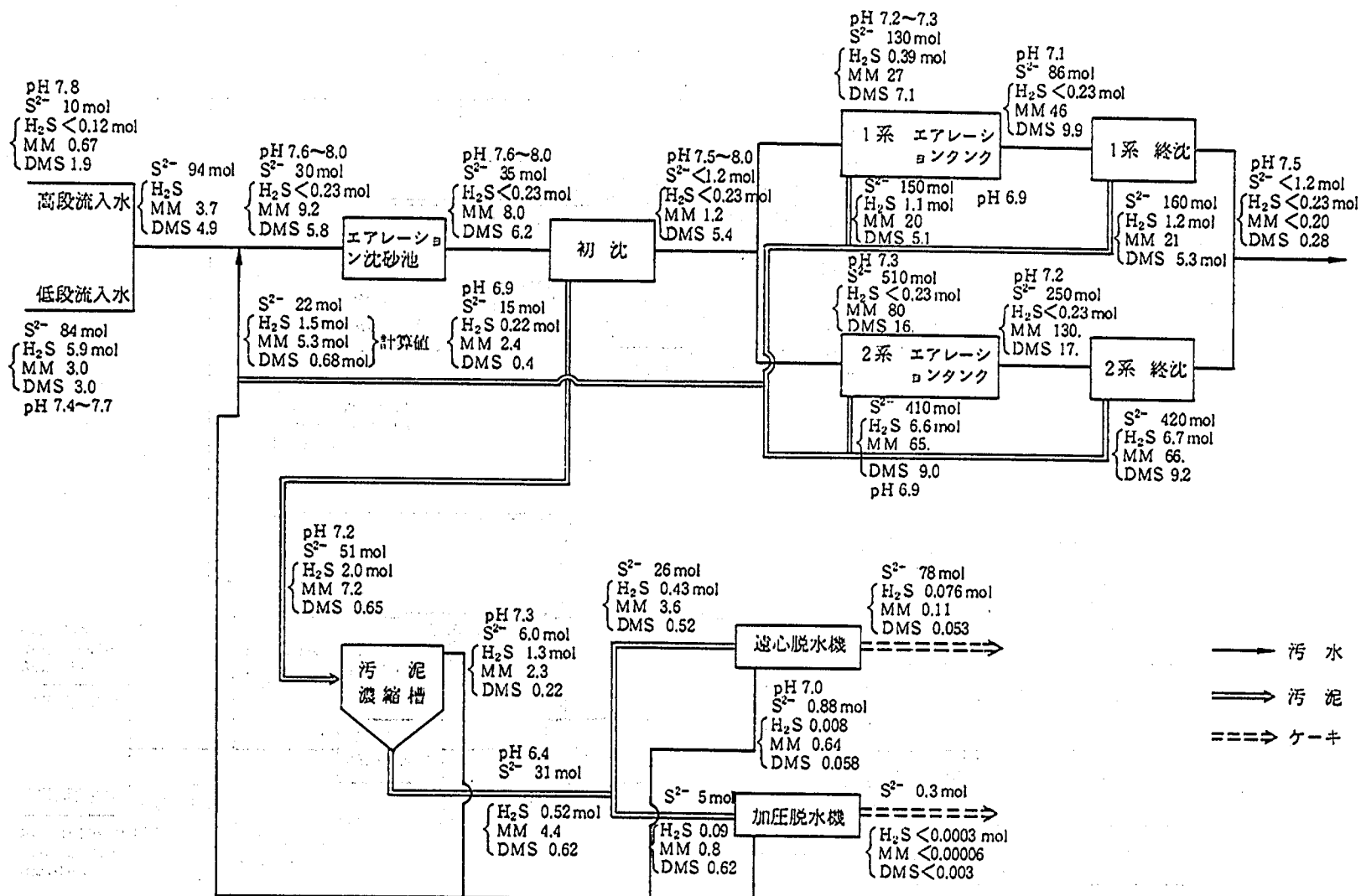


図-3.15 各採取箇所での硫化物、溶存硫黄化合物の1日当りの総量

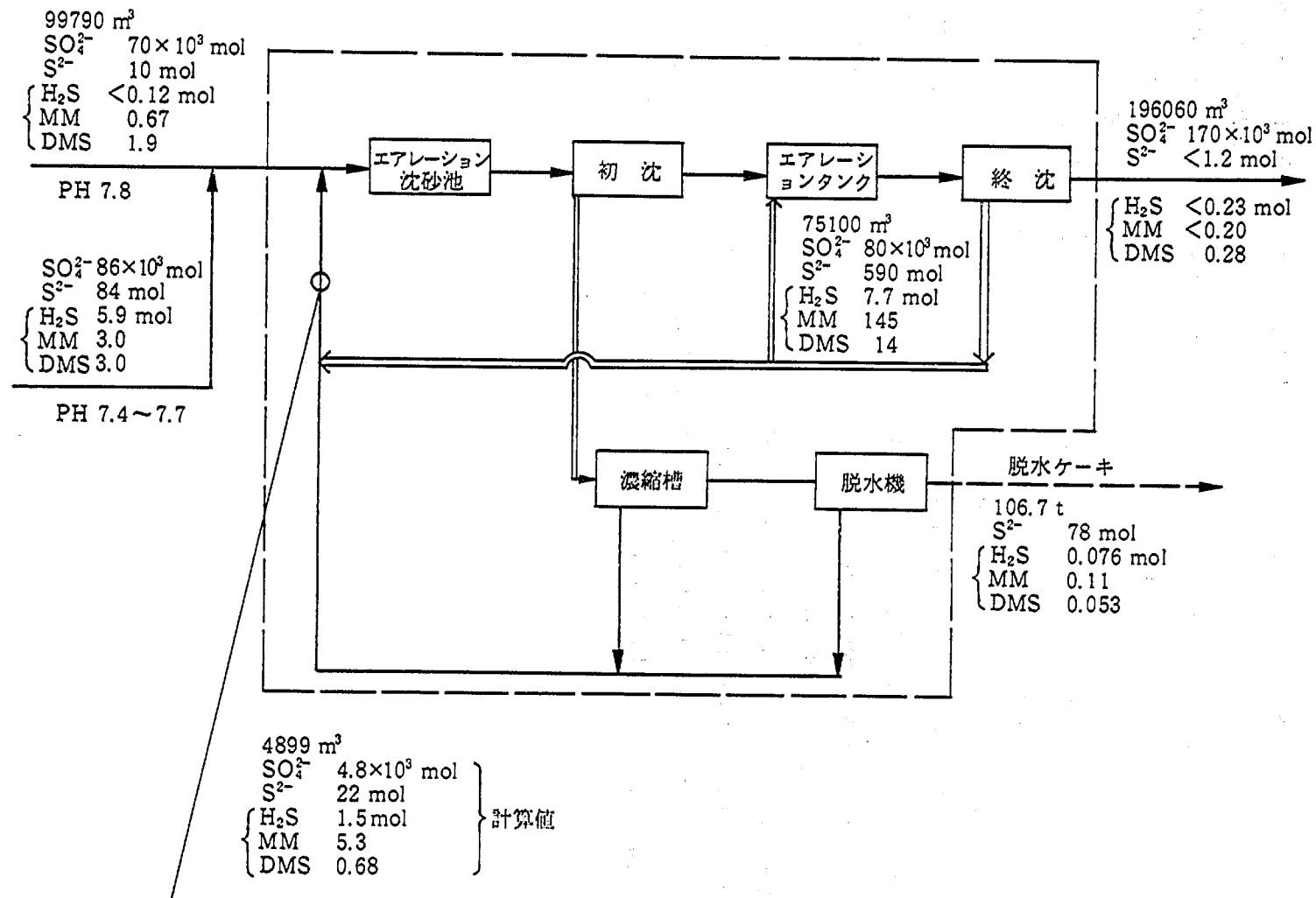


図- 3.16 処理場全体の収支

3.7. 総 括

Y市T下水処理場の調査により汚泥には高濃度の硫化物及び溶存硫黄化合物が含まれており、汚泥処理工程で嫌気性になるに従い、それらが更に高濃度となることがわかった。そのため、濃縮槽越流水として、流入下水に比べ多量の硫化物、溶存硫化物が沈砂池に返送されることになり、沈砂池臭気に悪影響を及ぼすという知見が得られた。また、嫌気性消化槽の脱離液は硫化物としては高濃度であるが、溶存硫黄化合物としては非常に低濃度であるため通常は影響ないと判断された。

そこで、返送水中の硫化物、溶存硫黄化合物がより高濃度となると予想される生污泥脱水を行っているK処理場で調査を行った。K処理場ではエアレーション沈砂池に流入する返送水は、9時～15時は主に余剰汚泥と脱水ろ液であり、それ以外の時間帯では主に余剰汚泥と濃縮槽越流水であるため、T下水処理場で得られた知見を確認するに好都合であると思われた。しかし、調査を冬期に行った事、濃縮槽の運転が変則的であったこと等により、返送水としての硫化物、溶存硫黄化合物の1日当りの総量が流入下水のそれより小さく、この調査では返送水はエアレーション沈砂池臭気に影響を及ぼさないという結果となった。

今後は、再度濃縮槽越流水の影響を調べるために調査を行う必要があると思われる。実施時期は水温の高い夏とし、汚泥処理は生污泥脱水を行っている所が良いと思われる。また、各施設（沈砂池、初沈、濃縮槽）を覆蓋し、臭気を捕集している施設で行えば、捕集量と気中硫黄化合物濃度より、硫黄化合物発生量を計算し、気中・汚水中の各硫黄化合物の物質収支についても検討できると思われる。

4. 臭気捕集実験

4.1 実験の目的

下水処理場の最初沈殿池等の堰において、汚水の再曝気効果に伴って悪臭物質が放散するため、昨年度まで実験を行った水路と異なり、堰における悪臭物質の放散に関する関係式が必要となる。今年度は堰における悪臭物質の放散量を算出できる関係式、数値等を求めることを目的として実験した。

4.2 実験の概要

4.2.1 理 論

水中の溶存酸素の変動量の大部分は、有機物の分解に消費される酸素量と再曝気効果により空気中から供給される酸素量からなり、(4.1)式で表わされる。

$$\frac{dD}{dt} = K_1 \cdot L - K_2 \cdot D \quad \dots\dots (4.1)$$

実験では清水を用いるため酸素要求量・Lが0であるから、(4.1)式は、次のようになる。

$$\frac{dD}{dt} = -K_2 \cdot D \quad \dots\dots (4.2)$$

(4.2)式を $t=0$ のとき $D=D_0$ として積分すると $\dots\dots (4.3)$

$$D = D_0 \cdot e^{-K_2 \cdot t}$$

一般に曝気効果を表わすパラメータとして再曝気係数・ K_2 、あるいは不足量減少率・ R が用いられる。循環型の実験装置を用いた場合、堰における1循環当りの不足量減少率 R は、(4.3)式より(4.5)式で与えられる。

$$R = \frac{\text{一循環後の溶存酸素不足量}}{\text{循環前の溶存酸素不足量}} \quad \dots\dots (4.4)$$

$$R = \frac{D_0 \cdot e^{-K_2 \cdot (t_1 + \Delta t)}}{D_0 \cdot e^{-K_2 \cdot t_1}} = e^{-K_2 \cdot \Delta t} \quad \dots\dots (4.5)$$

ここで Δt 〔day〕は、一循環に要する時間(実験水量÷流量)で、循環方式の実験装置では採水間隔を t^* 〔分〕とすると、一循環当りの不足量減少率・ R は(4.6)式で求められる。

$$R t^* = e^{-K_2 \cdot \frac{t^*}{24 \times 60}} \quad \dots\dots (4.6)$$

$$\therefore R = [Rt^*] \frac{\Delta t \times 24 \times 60}{t^*} \quad \dots\dots (4.6)$$

不足量減少率・Rについては、(4.7)式が成り立つ

$$R = 10^{-C \cdot H} \quad \dots\dots (4.7)$$

悪臭物質についても、これまでの理論が成立すると仮定する。水中の悪臭物質は、分解と放散により減少するとし、分解による変動がなければ悪臭物質の減少量は、(4.9)式で表わされる。

$$\frac{d(C_{Ly})}{dt} = -K_{2y} \cdot (C_{Ly}) \quad \dots\dots (4.9)$$

$t = 0$ のとき $(C_{Ly}) = (C_{Ly})_0$ として積分すれば

$$(C_{Ly}) = (C_{Ly})_0 \cdot e^{-K_{2y} \cdot t} \quad \dots\dots (4.10)$$

堰における一循環当りの減少率を次のように定めると

$$\frac{(C_{Ly})^{t_1 + \Delta t}}{(C_{Ly})^{t_1}} = \frac{\text{一循環後の水中濃度}}{\text{循環前の水中濃度}} = Ry \quad \dots\dots (4.11)$$

$$Ry = e^{-K_{2y} \cdot \Delta t} \quad \dots\dots (4.12)$$

ここで Δt [day] は一循環に要する時間であり、採水間隔を t^* [分] とすると

$$Ry = [Ryt^*] \frac{\Delta t \times 24 \times 60}{t^*} \quad \dots\dots (4.13)$$

悪臭物質の放散量 m_y は (4.14) 式で求められる。

$$m_y = (1 - e^{-K_{2y} \cdot t}) (C_{Ly})_{t_1} \cdot V \quad \dots\dots (4.14)$$

4.2.2 実験の概要

堰における悪臭物質の放散に関する実験を循環方式で行い、その装置概要を図 4.1 に示した。実験は次の 3 項目について実施した。

- (1) 落下高さと溶存酸素の不足量減少率および二硫化炭素の減少率の相関
- (2) 流量と溶存酸素の不足量減少率および二硫化炭素の減少率の相関、又は曝気係数、移動係数との相関
- (3) 硫化水素、メチルメルカプタン、硫化メチル、二硫化メチルの減少率、移動係数

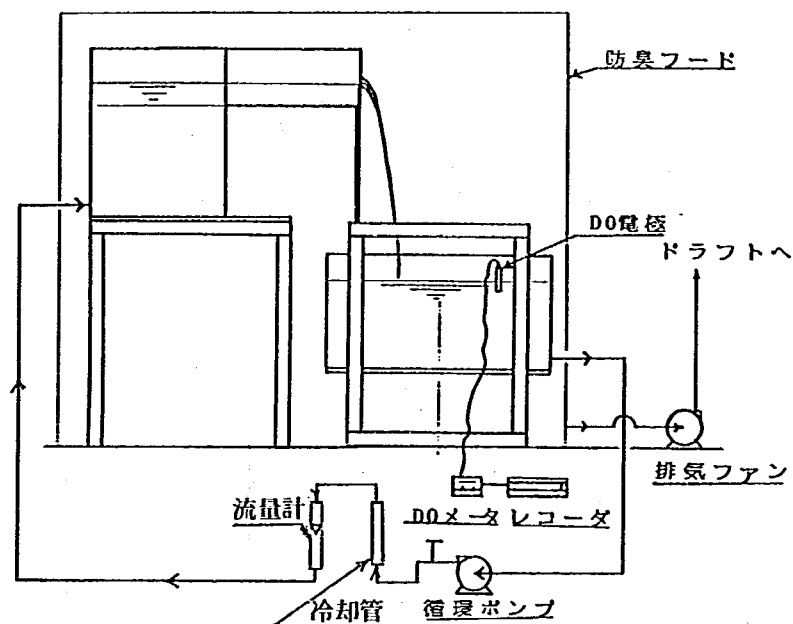


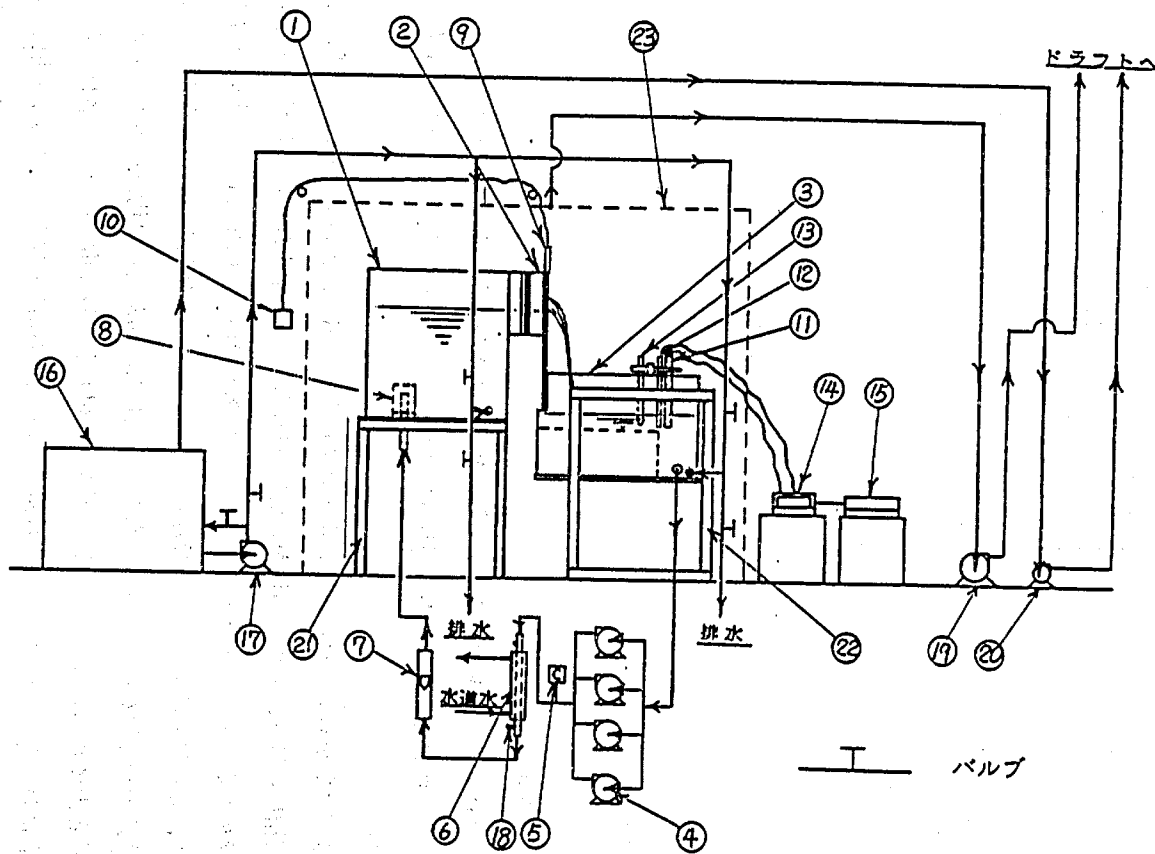
図 4.1 実験装置の概要

4.3. 実験方法

4.3.1 実験装置

実験のフローシートを図 4.2 に示した。装置は汚水調整系統と本実験の主体となる循環系統および放散した悪臭物質が室内に漏れないように、強制的にドラフトへ吸引する防臭系統からなっている。

循環系統は堰から落ちた汚水を循環ポンプにより吸引し、流量調節弁、冷却管、流量計を通じて越流槽に移送し、直角三角堰から受槽へ越流させる。落下高さに応じて、直角堰の取替および受槽の高さの変更ができるようにした。汚水の吸込み、吹出しによる水面の波立を押さえるために、吸込管、噴流緩衝器を設けた。ポンプによって加熱された汚水を冷却するために、二重管構造の冷却管を取付け外管に水道水を流した。冷却管には汚水採取のための5mmφのシリコン栓と内径8mmφのシリコン管（ガラス管付）を内管に取付けた。前者は硫黄化合物の分析、後者はDOの分析のための汚水採取口である。堰には実験を開始するまで堰から汚水が流れ落ちないように、堰止め板を設け、ロープでおもりと結び、おもりの上げ下げにより操作できるようにした。



- ① 越流槽
- ② 直角三角堰
- ③ 受槽
- ④ 循環ポンプ
- ⑤ 流量調節弁
- ⑥ 冷却管
- ⑦ 流量計
- ⑧ 噴流緩衝器
- ⑨ 堰止め板
- ⑩ 堰止め用おもり
- ⑪ D O電極
- ⑫ 温度補償用電極
- ⑬ 温度計（水温）
- ⑭ D Oメーター
- ⑮ 記録計
- ⑯ 調整槽
- ⑰ 供給ポンプ
- ⑱ 採取口
- ⑲ 排気ファン（堰用）
- ⑳ 排気ファン（調整槽用）
- ㉑ 越流槽架台
- ㉒ 受槽架台
- ㉓ 防臭フード

図 4.2 フローシート

DO電極，温度補償用電極，温度計を受槽に取付け，DOメータおよび記録計に接続し，連続してDOが測定できるようにした。

装置本体および付属機器仕様を以下に示す。

(1) 循環系統

- | | |
|--|-----|
| イ 実験装置本体 | 1 式 |
| 組立図を図 4.3 に示す。 | |
| a 越流槽（製作図を図 4.4 に示す。） | 1 槽 |
| 寸法：370 mm [□] × 430 mm ^H | |
| 材質：アクリル樹脂 | |
| b 直角三角堰（製作図を図 4.5 に示す。） | 3 回 |
| 寸法：製作図参照 | |
| 材質：アクリル樹脂 | |
| c 受槽（製作図を図 4.6 に示す。） | 1 槽 |
| 寸法：216 mm ^W × 516 mm ^L × 260 mm ^H | |
| 材質：アクリル樹脂 | |
| d 越流槽架台（製作図を図 4.7 に示す。） | 1 台 |
| 寸法：410 mm × 450 mm × 300 mm ^H | |
| 材質：木材 | |
| e 受槽架台（製作図を図 4.8 に示す。） | 1 台 |
| 寸法：386 mm ^W × 466 mm ^L × 520 mm ^H | |
| 材質：木材 | |
| ロ 循環装置 | 1 式 |
| a ポンプ | 1 式 |
| 型式：マグネット駆動，耐薬性 | |
| 能力：40ℓ/分 × 5.0 m × 250 W × 1 台 | |
| 32ℓ/分 × MAX 38 m × 52 W × 3 台 | |
| b 流量調節弁 | 1 個 |
| 材質：硬質塩化ビニル | |
| c 冷却管 | 1 個 |
| 型式：2 重管式，水冷 | |
| 寸法：内管 内径 30 mm ^φ × 570 mm ^L | |
| 外管 内径 45 mm ^φ × 450 mm ^L | |
| 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/分

材質：ガラス、ステンレス

e 堰止め板 1 枚

寸法：180 mm^W × 120 mm^H

材質：アクリル樹脂

f 配管

寸法：内径 30 mm ϕ ，16 mm ϕ

材質：軟質塩化ビニル

(2) 汚水調整系統

a 汚水調整槽 1 槽

寸法：450 mm^W × 600 mm^L × 500 mm^H

材質：ポリエチレン

b 配管

寸法：内径 10 mm ϕ

材質：軟質塩化ビニル

c 汚水供給ポンプ 1 台

型式：マグネット駆動，耐薬性

能力：32 ℓ/分^{MAX} 3.8 m × 52 W

(3) 防臭系統

a 防臭ブース 一式

寸法：560 mm^W × 1260 mm^L × 1115 mm^H

材質：アクリル樹脂

b 汚水調整槽用蓋 1 枚

寸法：750 mm × 550 mm

材質：アクリル樹脂

c 吸引ファン 1 式

型式：ダイヤフラム

能力：15 ℓ/分 × 1.0 kg/cm² × 50 W

型式：ロータリーコンプレッサー

能力：55 ℓ/分 × 0.4 kg/cm² × 200 W

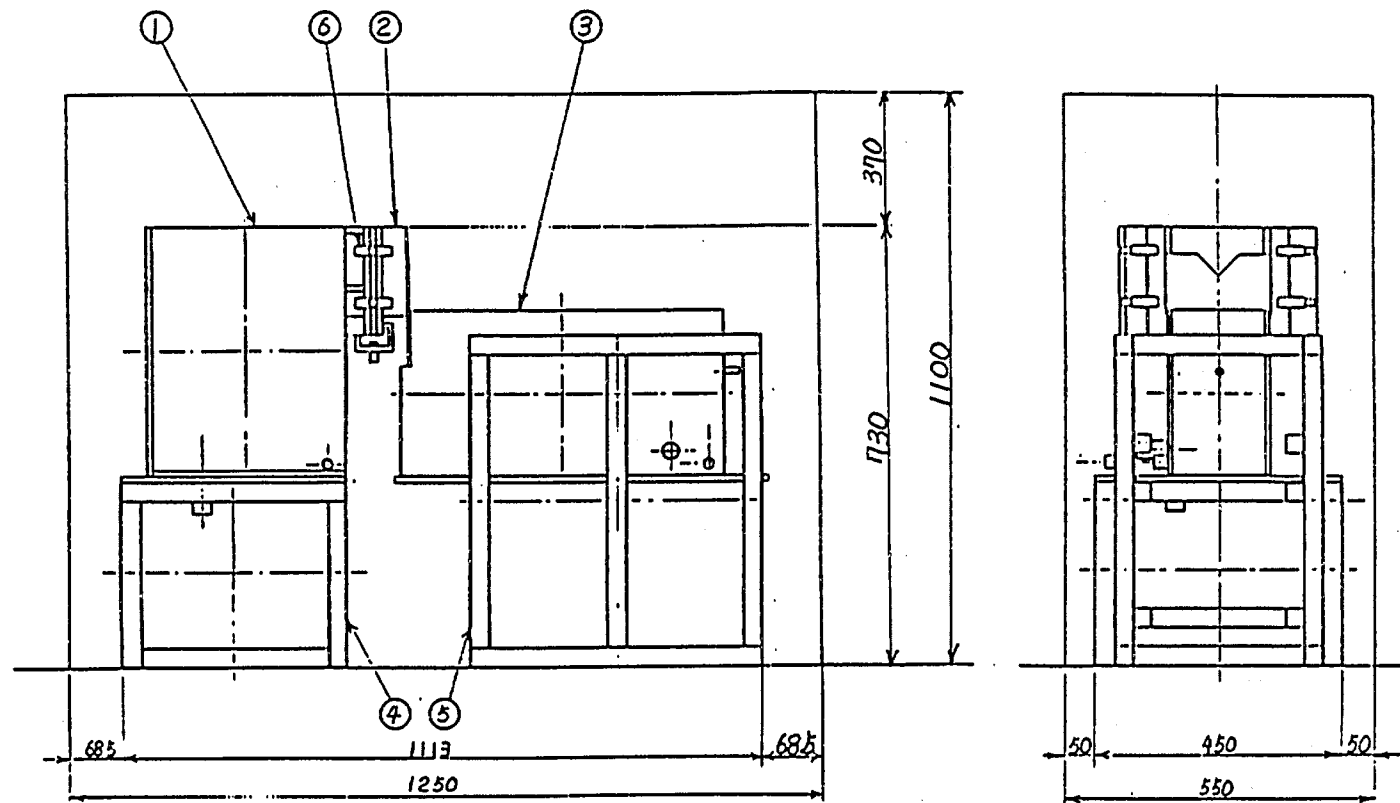
d 配管

寸法：内径 16mmφ

材質：シリコンおよび軟質塩化ビニル

(4) 測定機器

- | | | |
|---|--------------------|----|
| a | DOメーター | 1式 |
| | 型式：ガルバニ電池式隔膜セル型 | |
| | 能力：0～15 ppm, 0～40℃ | |
| b | 記録計 | 1台 |
| c | ガスクロマトグラフ | 1台 |
| | 型式：島津 GC-6AM | |
| d | ガスクロマトグラフ用記録計 | 1台 |
| | 型式：島津 C-R1A | |



番号	部品名称
1	越流槽
2	堰
3	受槽
4	越流槽架台
5	受槽架台
6	紋め具
7	防臭用覆蓋

図-4.3 組立図

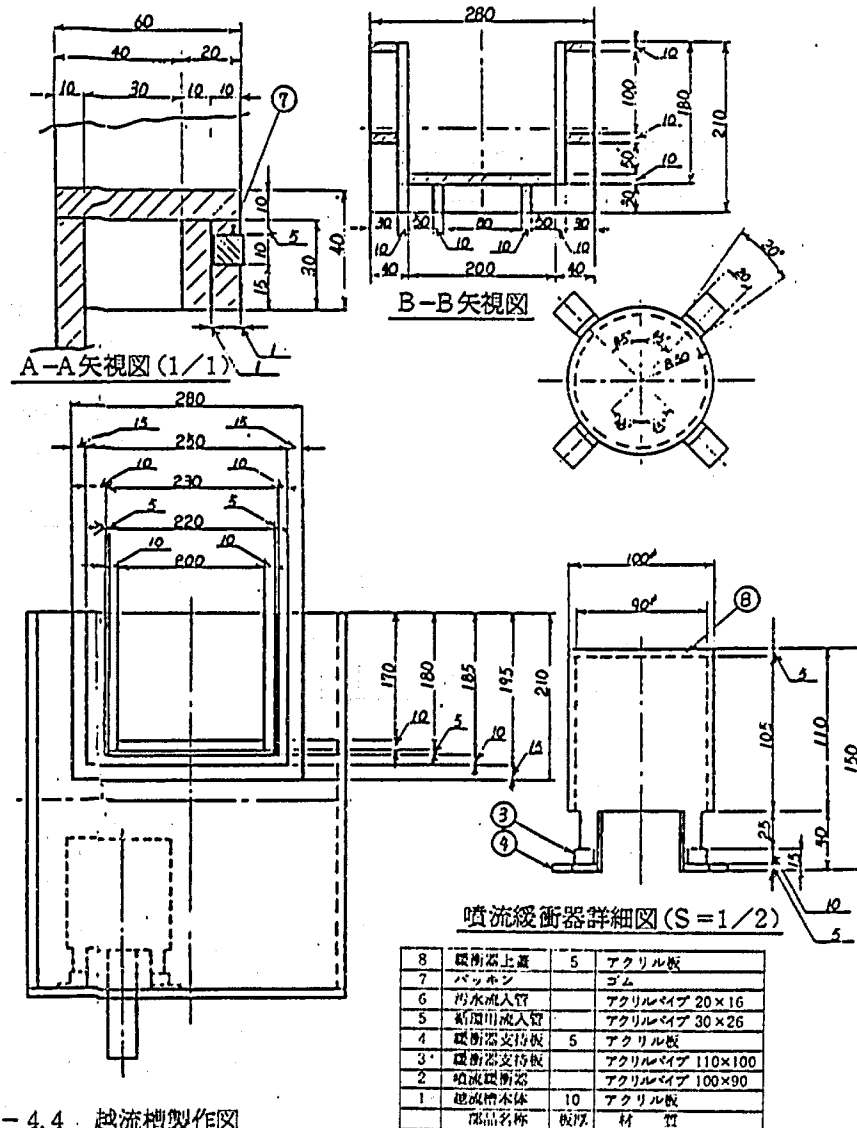
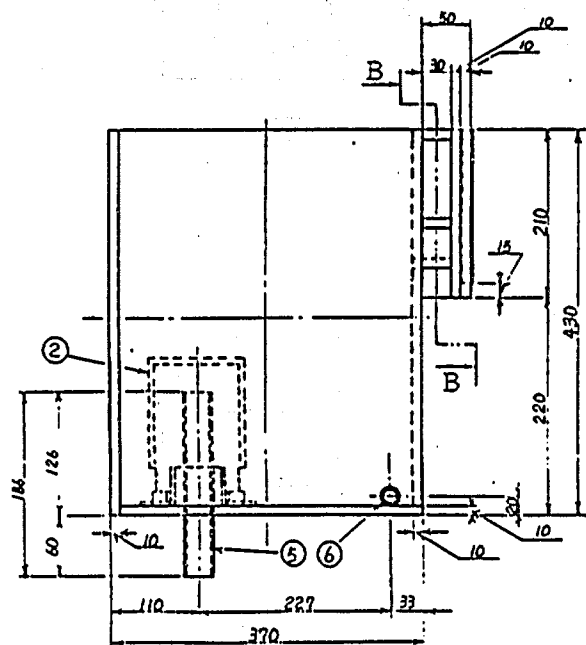


图-4.4 越流槽製作图

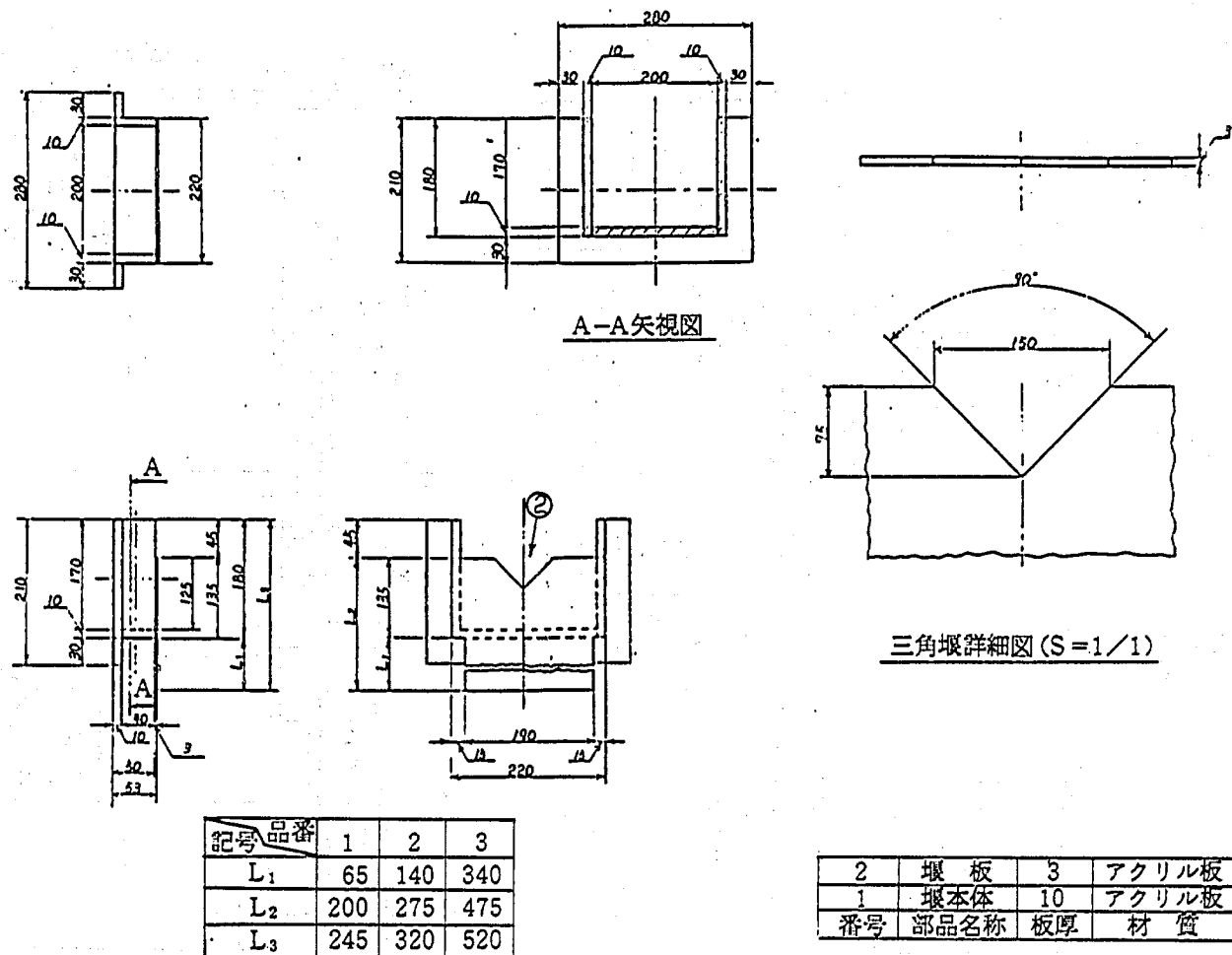
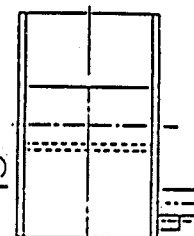
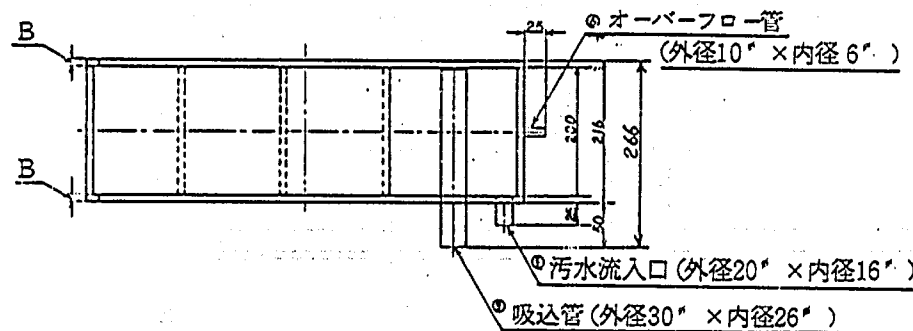
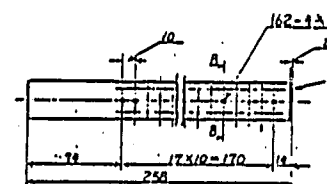
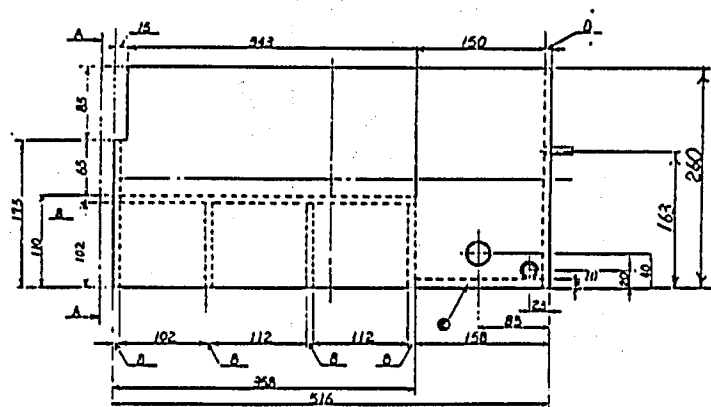


図-4.5 堰製作図

番号	部品名称	板厚	材 質
1	受槽本体	8	アクリル
2	受槽本体底部	10	アクリル
3	吸込管		アクリル 30φ×26φ
4	汚水流入管		アクリル 20φ×16φ
5	吸込管の底蓋	2	アクリル
6	オーバーフロー管		アクリル 6φ×10φ



A-A矢視図

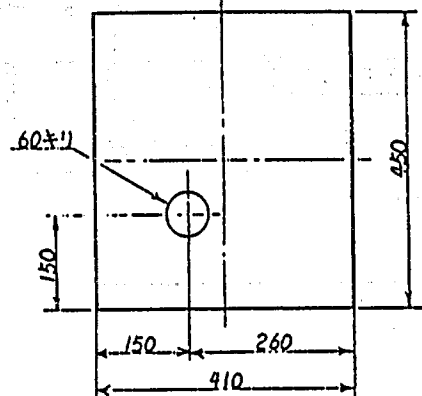


吸込管詳細図



B-B矢視図

図 - 4.6 受槽製作図



番号	部品名称		材材質
1	越流槽架台本体	30	角 材
2	架台上蓋	10	ラワン材

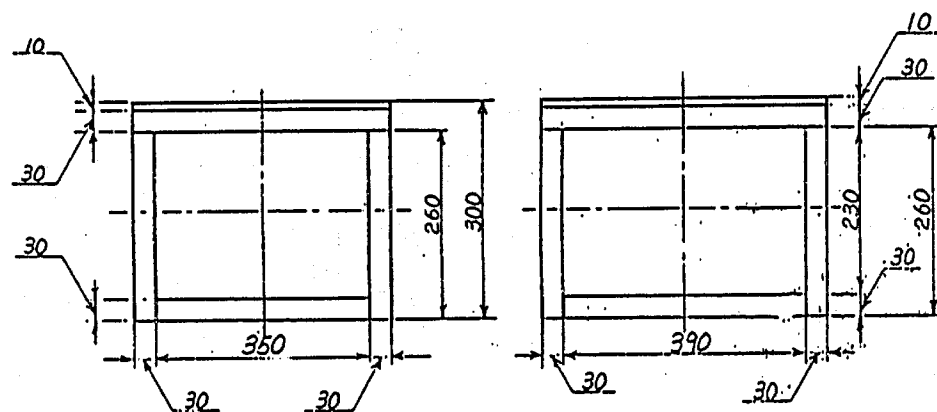


図 - 4.7 越流槽架台製作図

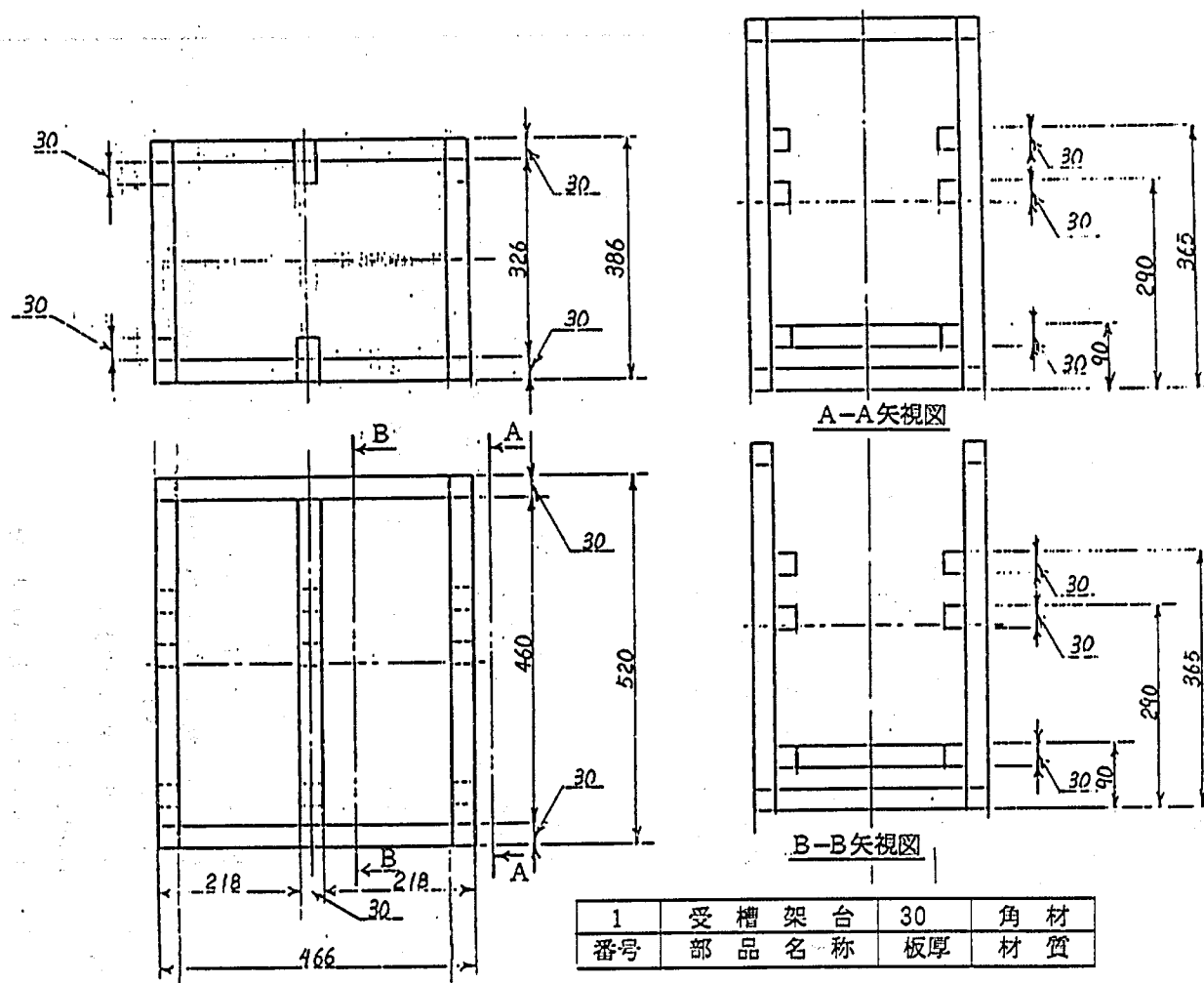


图 - 4.8 受槽架台製作図

4.3.2 実験方法

実験手順を以下に示し、実験の設定条件を表 4.1 と表 4.2 に示す。

(1) DOメーターの調節

- ① 調整槽に20℃、60ℓの水を調整し、堰止め板を下げた越流槽および受槽へ、供給ポンプを用いて所定量以上の水を移送する。

表 4.1 落下高さ、流量と減少率の関係を調べる実験条件

	設 定 条 件
試 水	試水量：52.3 ℓ (6.0 ℓ/分) , 53.5 ℓ (12.0 ℓ / 分) , 54.8 ℓ (23.5 ℓ / 分) , 55.1 ℓ (29.7 ℓ / 分) 水 温：20℃ 溶存酸素濃度：0～2 ppm 硫黄化合物：二硫化炭素 硫黄化合物濃度：10 ppm
堰	堰の型式：直角三角堰 堰の幅：150 mm 落下高さ：75 mm, 150 mm, 350 mm 落下地点の水深：50 mm 循環流量：6.0 ℓ/分, 12.0 ℓ/分, 23.5 ℓ/分, 29.7 ℓ/分
DO分析	溶存酸素計, ウィンクラーアジ化ナトリウム変法
硫黄化合物分析	分析方法：ガスクロマトグラフ法 検出器：炎光光度検出器 カラム：3 m×3 mmφ ガラスカラム 充填物：25% 1,2,3 TCEP Shimalite Aw DMCS 80~100mesh カラム温度：80℃ 試料気化室温度：130℃ 検出器温度：250℃ キャリアーガス：N₂ 50 ml / 分 水素ガス流量：50 ml/分 空気流量：27 ml/分

表 4.2 硫黄化合物の減少率を調べる実験条件

	設 定 条 件
試 水	試水量：53.5 ℓ / 分 (12.0 ℓ / 分) 54.8 ℓ / 分 (23.5 ℓ / 分) 水 温：20 ℃ 溶存酸素濃度：0 ～ 2 ppm 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 硫黄化合物濃度：10 ppm
堰	堰の型式：直角三角堰 堰の幅：150 mm 落下高さ：150 mm 落下地点の水深：50 mm 循環流量：12.0 ℓ / 分、23.5 ℓ / 分
DO分析	溶存酸素計、ウィンクラーアジ化ナトリウム変法
硫黄化合物分析	分析方法：ガスクロマトグラフ法 検出器：炎光光度検出器 カラム：3 m × 3 mm φ ガラスカラム 充填物：25% 1,2,3 TCEP Shimalite Aw DMCS 80～100mesh カラム温度：80 ℃ 試料気化室温度：130 ℃ 検出器温度：250 ℃ キャリアガス：N₂ 50 ml / 分 水素ガス流量：50 ml / 分 空気流量：27 ml / 分

② 堰止め板を上げ、循環ポンプを運転し、流量調節弁で設定流量に調節し、受槽中の水を排水して受槽の水深を 5 cm にする。(供給ポンプを OFF にする。)

③ 冷却管に水道水を流し、DOメーターをONにして3時間ほど待ち、DOメーターの0点を合わせた後、水温に対応する飽和溶存酸素濃度に調節する。

④ DOメーターをそのままにし、越流槽および受槽の水を排水する。(循環ポンプをOFFにする。)

(2) 本実験

- ① DOメーター調節後、直ちに調整槽に20℃、60ℓの水を入れ、塩化コバルト水溶液および亜硫酸ナトリウム水溶液を加え、塩化コバルト0.5 ppm DO 0.0 ppmにし、硫黄化合物を加えて硫黄化合物の水中濃度を10mg/ℓに調整する。(硫黄化合物は、二硫化炭素、硫化メチル、二硫化メチルはアセトン溶液として、硫化水素、メチルメルカプタンは水溶液として加える。)
- ② 堰止め板を下げ、越流槽、受槽へ調整した試水を供給ポンプを用いて移送する。
- ③ 排気ファンを運転する。(供給ポンプをOFFにする。)
- ④ 記録計をONにし、堰止め板を上げ循環ポンプを運転し設定流量に調節後、受槽の水深を5cmにする。
- ⑤ DO濃度がほぼ一定の割合で増加していくのを待って、注射器で試水を1ml採取し、10mlの試験管に入れアセトンで10mlにメスアップし、8μℓ程度をガスクロマトグラフに注入して水中の硫黄化合物を分析する。同時に受槽の水温を測定し、記録計のチャートに、採取時刻と水温を記入する。
- ⑥ DOの増加割合に応じて、⑤の操作を5～30分間隔で行い、DOが飽和溶存酸素濃度になり、かつ硫黄化合物濃度が0.0mg/ℓになったら、⑦以下の操作を行う。
- ⑦ 試水採取口のガラス管から溶存酸素測定ビンに試水を採取し、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値をもとにチャートから読んだDO値を補正する。(DOメーターをOFFにする。)

(3) 後処理

- ① 循環ポンプを止め、越流槽、受槽の試水を排水し、調整槽に水道水約60ℓを入れ、越流槽、受槽に移送する。
- ② 循環ポンプを運転し、越流槽、受槽を洗浄した後、循環ポンプを停止し排水する。
- ③ ①～②の操作を繰り返す。

なお、硫化水素の実験では、亜硫酸ナトリウム水溶液を加えて、DOを0 ppmとした後、硫化水素水溶液を加え、越流槽と受槽と堰の上部をビニールシートで囲り、窒素ガスを4ℓ/分で流し込み酸素による硫化水素の消費を抑えた。したがってDOの測定をしなかった。

また、循環流量25ℓ/分以上の実験は、流量計、流量調節弁を取りのぞいて行い、循環流量は直角三角せきの流量式から算出した。

4.3.3 データの処理方法

(1) 再曝気係数・ K_2 ，不足量減少率 R

(4.3) 式を変形して (4.15) 式とし，最小2乗法により，再曝気係数・ K_2 を求めた。

$$D = D_0 \cdot e^{-K_2 \cdot t^*} \quad \dots\dots (4.3 \text{ 再掲})$$

$$\ln \left[\frac{(Dt^*)}{D_0} \right] = -\frac{1}{24 \times 60} \cdot K_2 \cdot t^* \quad \dots\dots (4.15)$$

不足量減少率・ R は，(4.5) 式で表わされ，一循環に要する時間・ Δt は (4.16) 式で求められる。

$$R = e^{-K_2 \cdot \Delta t} \quad \dots\dots (4.5 \text{ 再掲})$$

$$\Delta t = \frac{V}{Q} = \frac{V'}{Q' \times 60 \times 24} \quad \dots\dots (4.16)$$

(2) 移動係数・ K_{2y} ，減少率・ R_y

(4.10) 式を変形して (4.17) 式とし，最小2乗法により，移動係数・ K_{2y} を求めた。

$$(C_{Ly}) = (C_{Ly})_0 \cdot e^{-K_{2y} \cdot t} \quad \dots\dots (4.10 \text{ 再掲})$$

$$\ln \left[\frac{(C_{Ly})t}{(C_{Ly})_0} \right] = -\frac{1}{24 \times 60} \cdot K_{2y} \cdot t^* \quad \dots\dots (4.17)$$

減少率 R_y は (4.12) で表わされる。

$$R_y = e^{-K_{2y} \cdot \Delta t} \quad \dots\dots (4.12 \text{ 再掲})$$

4.4 実験結果および考察

4.4.1 落下高さと不足量減少率，二硫化炭素の減少率

硫黄化合物として二硫化炭素を水に加え，循環流量 6.0 ℓ / 分，12.0 ℓ / 分，23.5 ℓ / 分，29.7 ℓ / 分における落下高さと溶存酸素の不足量減少率および二硫化炭素の減少率の関係を調べる実験を，落下高さ 75 mm，150 mm，350 mm について行い，その結果を図 4.9 から図 4.20 に示した。算出した溶存酸素の再曝気係数・ K_2 ，不足量減少率・ R および二硫化炭素の移動係数・ K_{2y} ，減少率・ R_y ，移動係数と再曝気係数の比， β' ($= K_{2y} / K_2$) を表 4.3 にまとめた。それぞれの実験結果の相関係数 r および r_y は， $-0.994 \sim -0.999$ と高い。

落下高さ・ H と溶存酸素の不足量減少率・ R および二硫化炭素の減少率・ R_y の関係を 図 4.21 に示した。落下高さ・ H と不足量減少率・ R ，減少率 R_y の対数値には (4.7) 式，(4.18) 式の関係が成立した。曝気係数・ C ，

表 4.3 二硫化炭素を硫黄化合物とした場合の実験結果

循環流量 落下高さ	6.0 ℓ / 分	12.0 ℓ / 分	23.5 ℓ / 分	29.7 ℓ / 分
75 mm	$K_2 = 10.3$ $K_{2y} = 7.20$ $R = 0.940$ $R_y = 0.957$ $\beta' = 0.699$	$K_2 = 19.3$ $K_{2y} = 11.3$ $R = 0.942$ $R_y = 0.966$ $\beta' = 0.585$	$K_2 = 32.4$ $K_{2y} = 18.8$ $R = 0.949$ $R_y = 0.970$ $\beta' = 0.580$	$K_2 = 44.2$ $K_{2y} = 21.4$ $R = 0.945$ $R_y = 0.973$ $\beta' = 0.484$
150 mm	$K_2 = 22.4$ $K_{2y} = 13.8$ $R = 0.873$ $R_y = 0.920$ $\beta' = 0.616$	$K_2 = 37.3$ $K_{2y} = 21.0$ $R = 0.891$ $R_y = 0.934$ $\beta' = 0.563$	$K_2 = 60.8$ $K_{2y} = 30.0$ $R = 0.906$ $R_y = 0.953$ $\beta' = 0.493$	$K_2 = 67.6$ $K_{2y} = 36.8$ $R = 0.917$ $R_y = 0.954$ $\beta' = 0.544$
350 mm	$K_2 = 59.0$ $K_{2y} = 32.6$ $R = 0.700$ $R_y = 0.821$ $\beta' = 0.553$	$K_2 = 79.9$ $K_{2y} = 49.3$ $R = 0.781$ $R_y = 0.859$ $\beta' = 0.617$	$K_2 = 139$ $K_{2y} = 70.4$ $R = 0.794$ $R_y = 0.890$ $\beta' = 0.506$	$K_2 = 157$ $K_{2y} = 81.7$ $R = 0.814$ $R_y = 0.898$ $\beta' = 0.520$

$$R = 10^{-C \cdot H} \quad \dots\dots (4.7 \text{ 再掲})$$

$$R_y = 10^{-C_y \cdot H} \quad \dots\dots (4.18)$$

および C_y は、以下に示す値をとった。

6.0 ℓ / 分の場合

$$C = 0.450 \text{ (1/m)} \quad (r = -0.998)$$

$$C_y = 0.244 \text{ (1/m)} \quad (r = -0.999)$$

12.0 ℓ / 分の場合

$$C = 0.305 \text{ (1/m)} \quad (r = -0.999)$$

$$C_y = 0.188 \text{ (1/m)} \quad (r = -1.000)$$

23.5 ℓ / 分の場合

$$C = 0.285 \text{ (1/m)} \quad (r = -1.000)$$

$$C_y = 0.143 \text{ (1/m)} \quad (r = -0.998)$$

落下高さ = 75mm
 落下地点の水深 = 50mm
 循環流量 = 6.0 l/分
 水量 = 52.3 l
 水温 = 19.7~21.7 °C
 硫黄化合物 = 二硫化炭素
 K_2 = 10.29 (1/day)
 r = -0.9998
 R = 0.940
 K_2y = 7.2 (1/day)
 ry = -0.9997
 Ry = 0.957

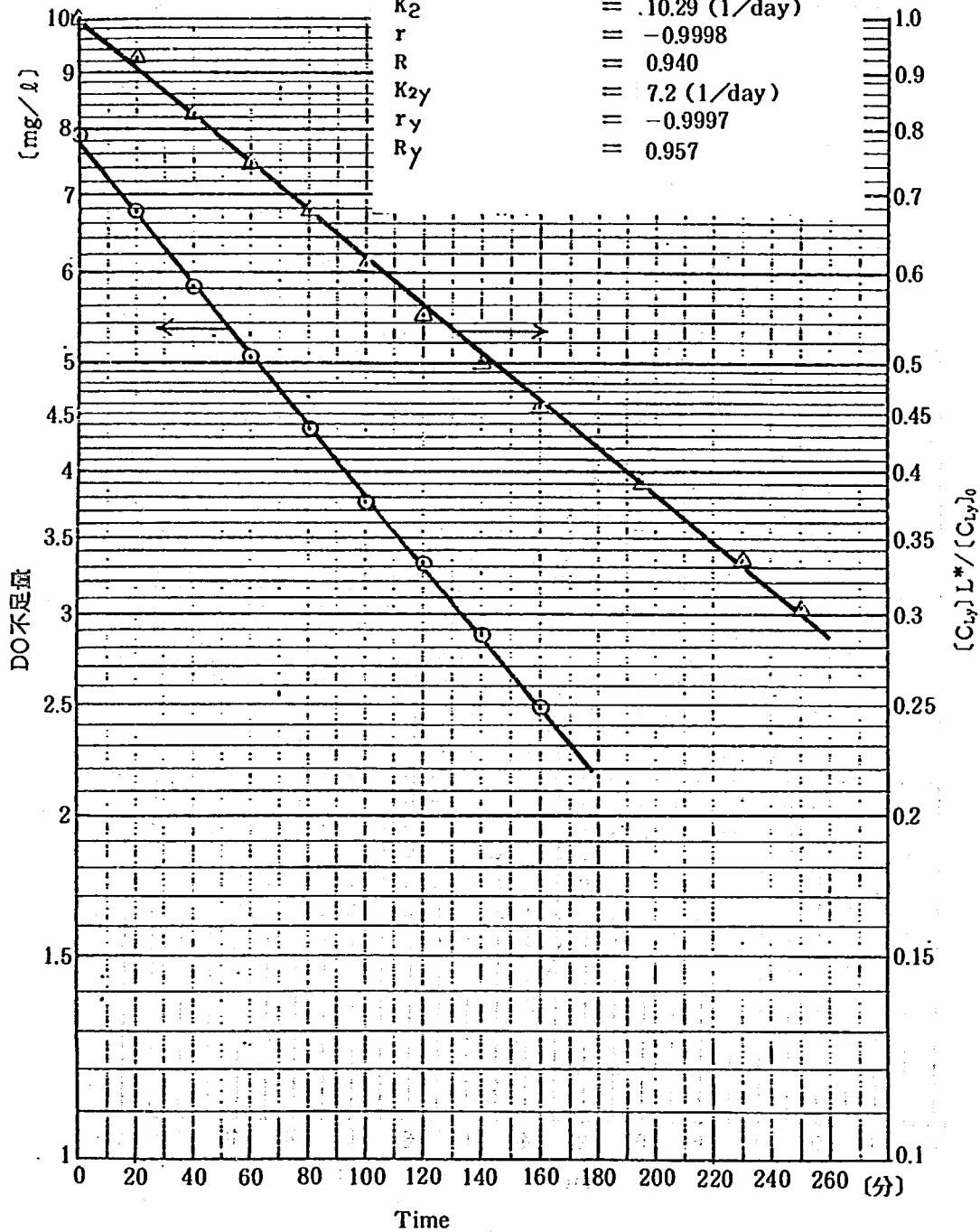


図 4.9 落下高さ 75mm, 循環流量 6.0 l/分の実験結果

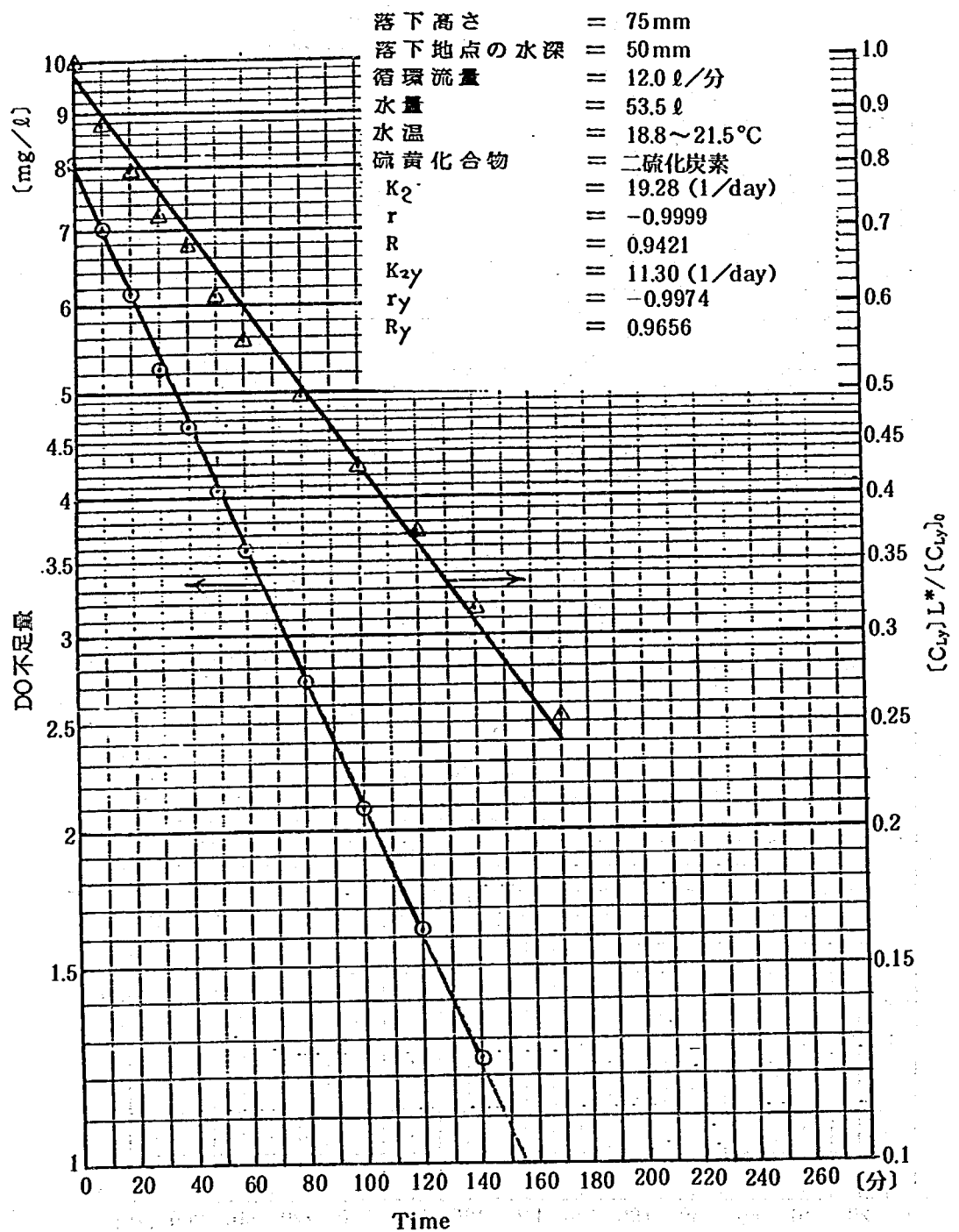


図4.10 落下高さ75mm, 循環流量12.0 l/分の実験結果

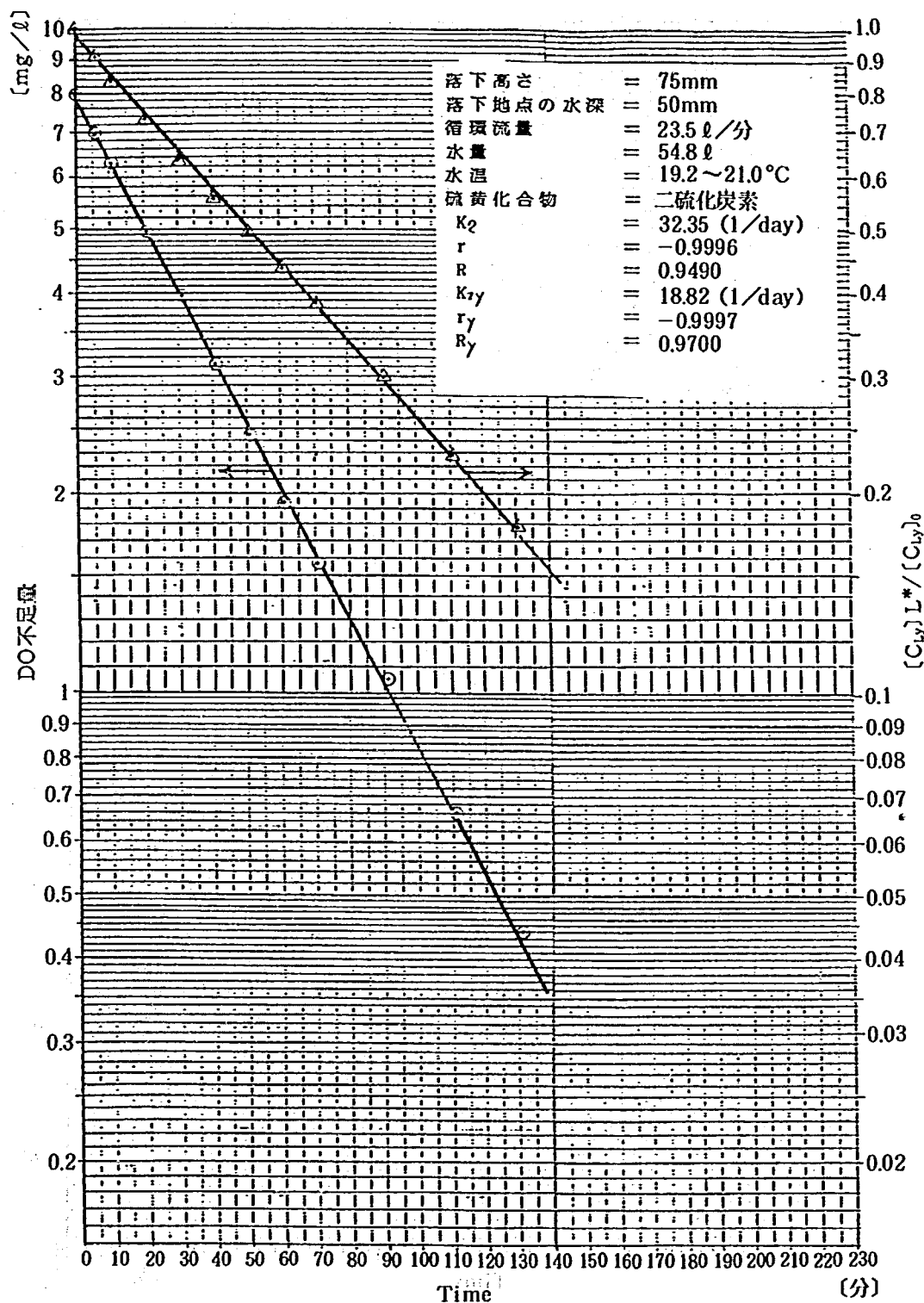


図 4.11 落下高さ 75mm, 循環流量 23.5 l/分の実験結果

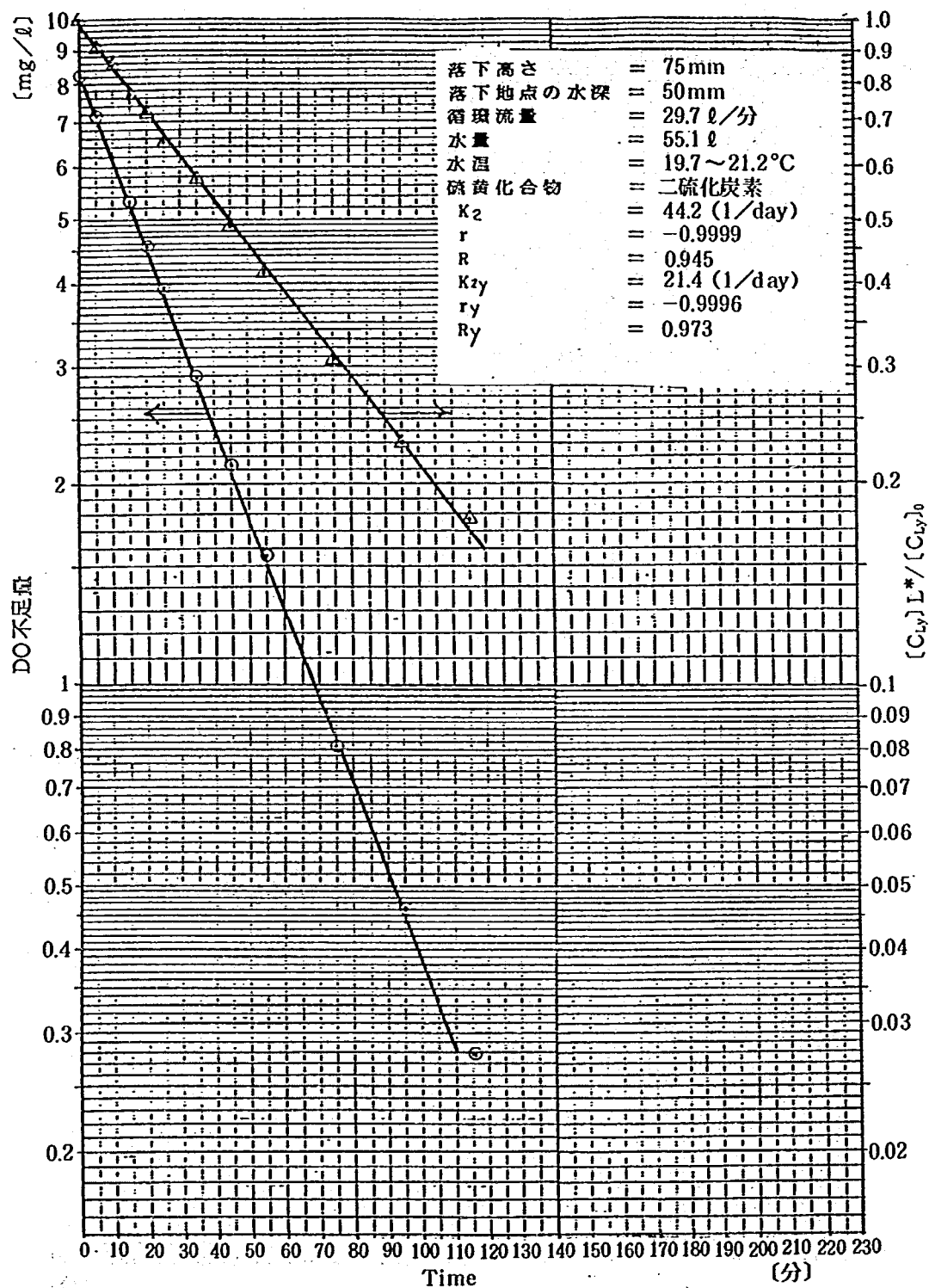


図 4.12 落下高さ 75 mm, 循環流量 29.7 l/分の実験結果

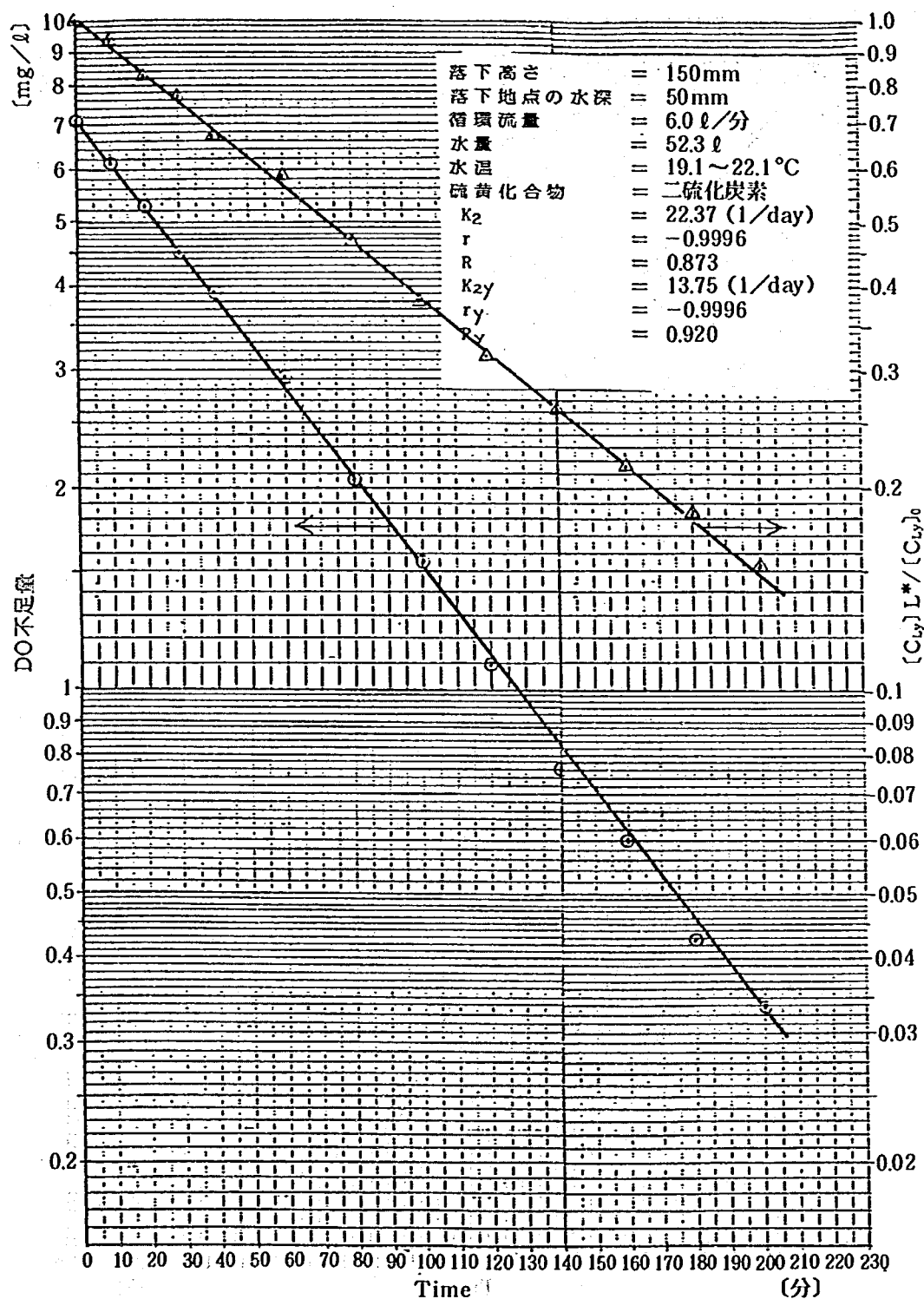


図 4.13 落下高さ 150mm, 循環流量 6.0 l/分の実験結果

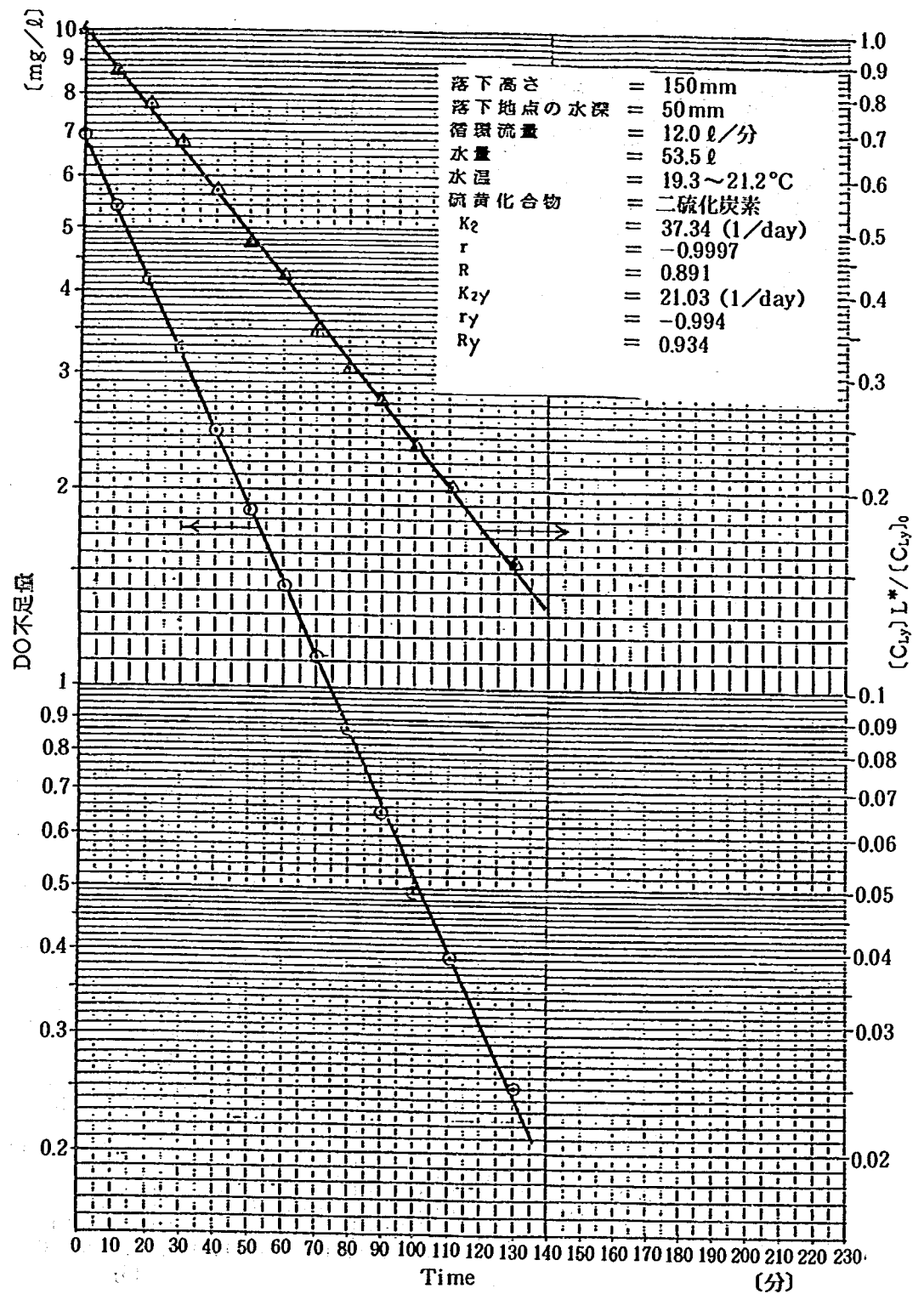


図 4.14: 落下高さ 150mm, 循環流量 12.0 l/分の実験結果

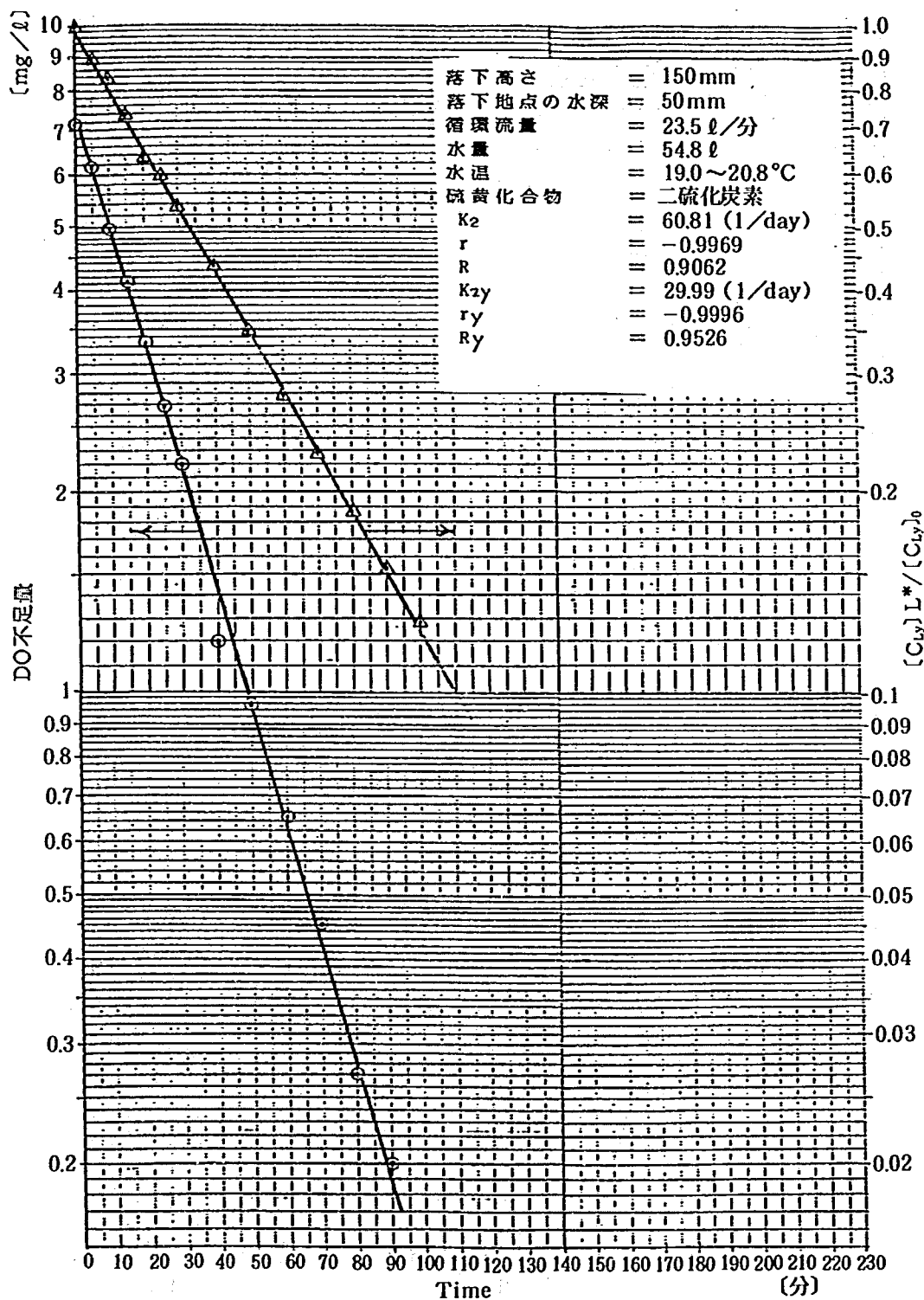


図 4.15 落下高さ 150mm, 循環流量 23.5 l/分の実験結果

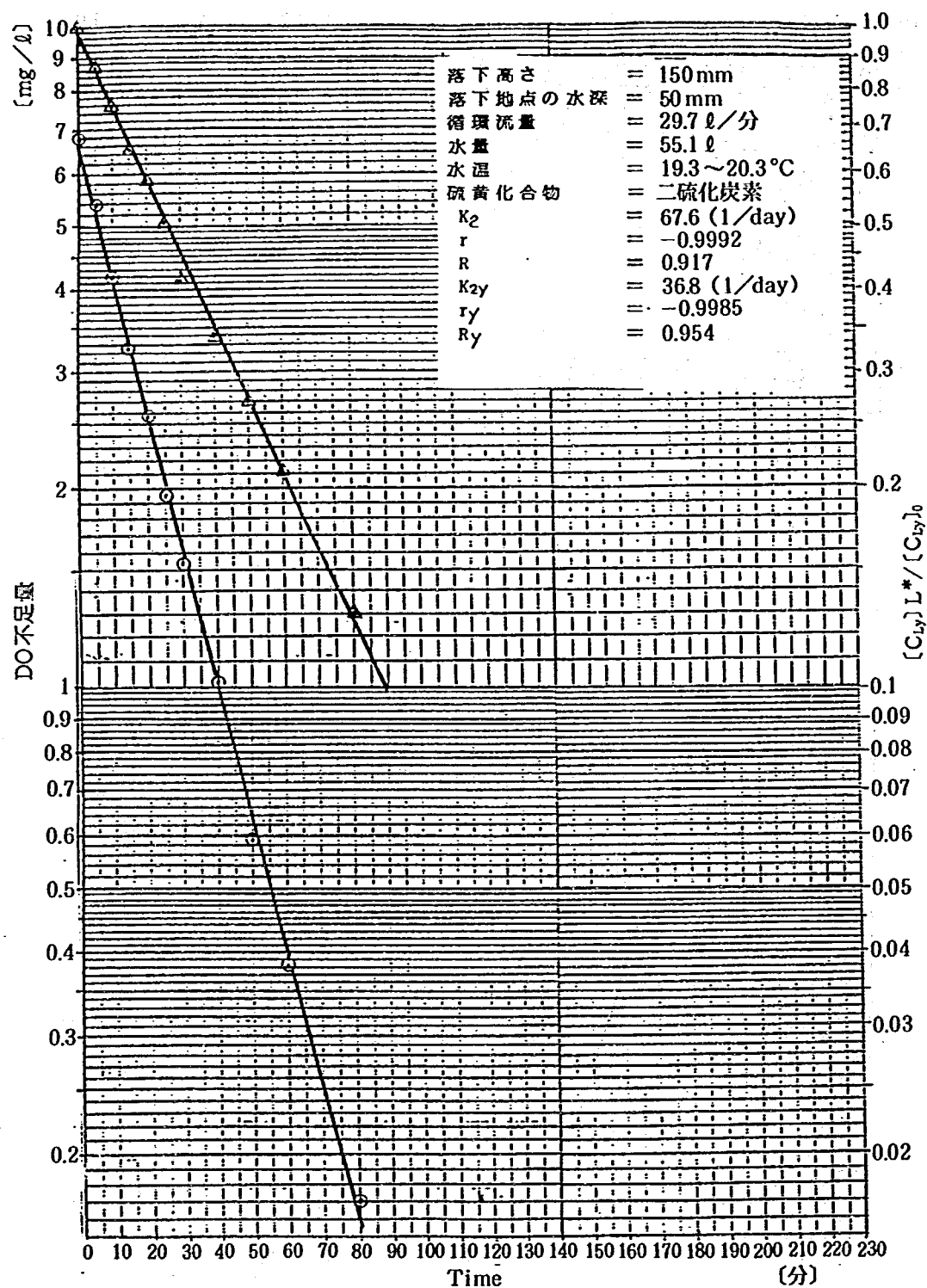


図 4.16 落下高さ 150mm, 循環流量 29.7 l/分の実験結果

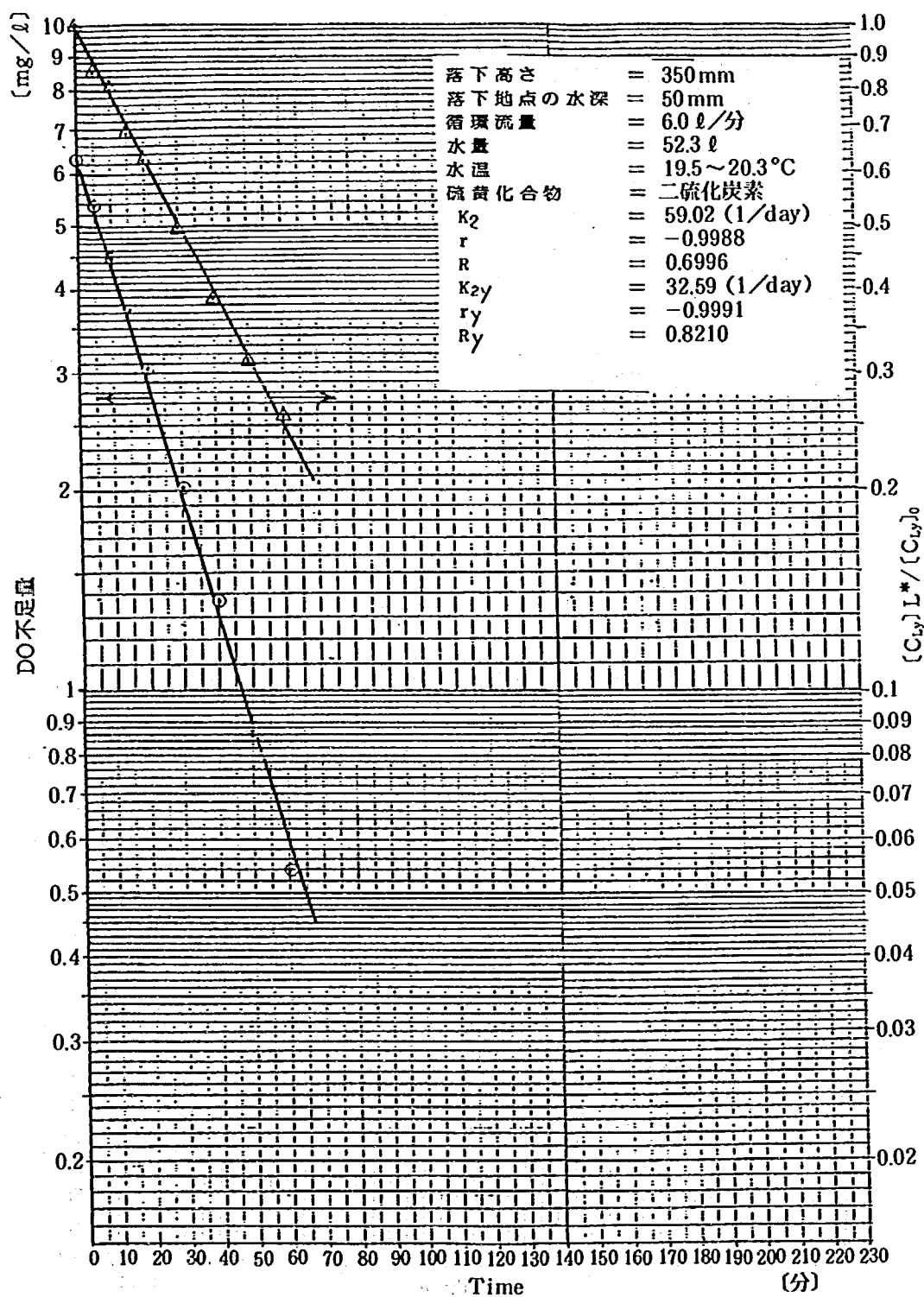


図 4.17 落下高さ 350mm, 循環流量 6.0 l/分の実験結果

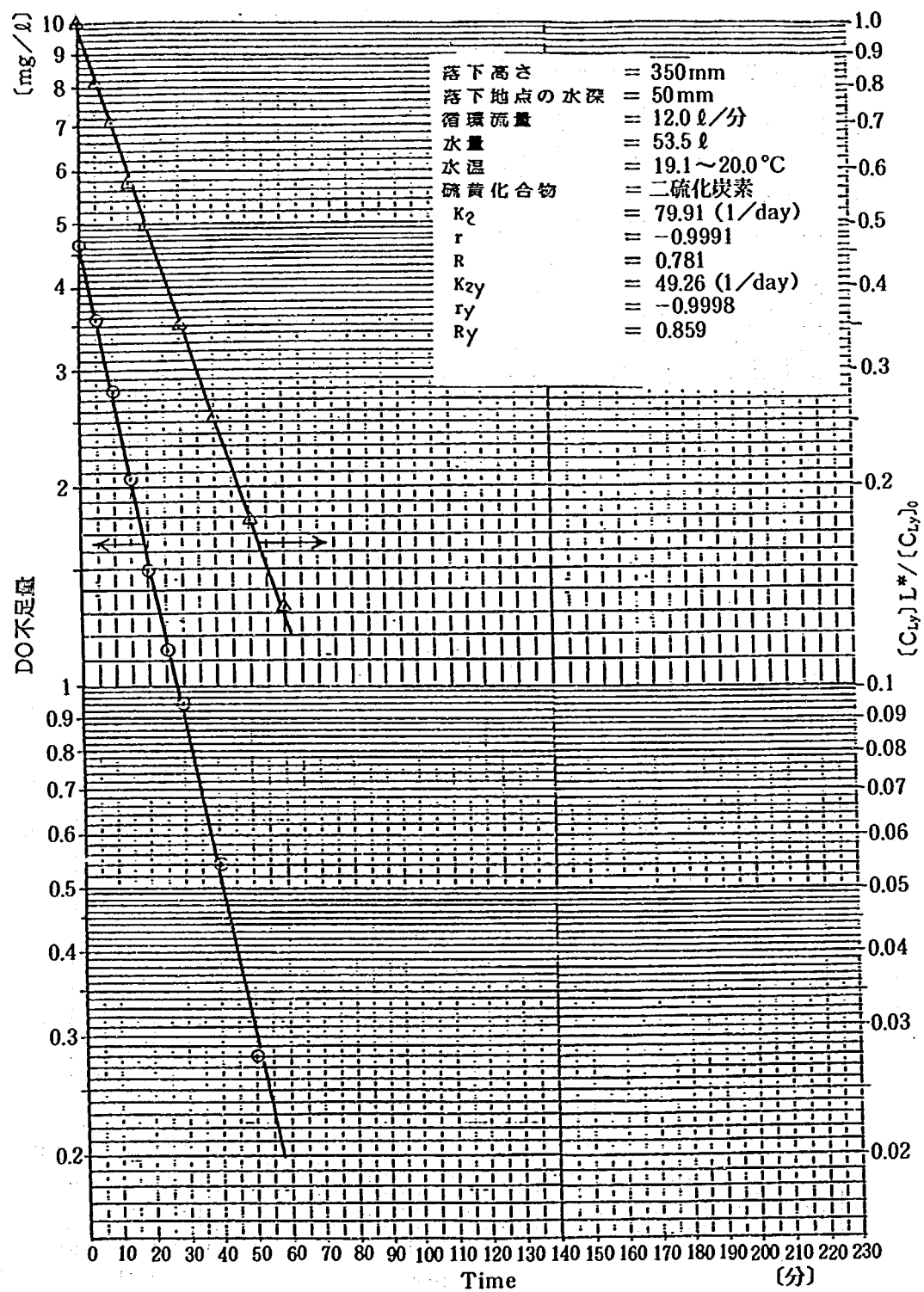


図 4.18 落下高さ 350mm, 循環流量 12.0 l/分の実験結果

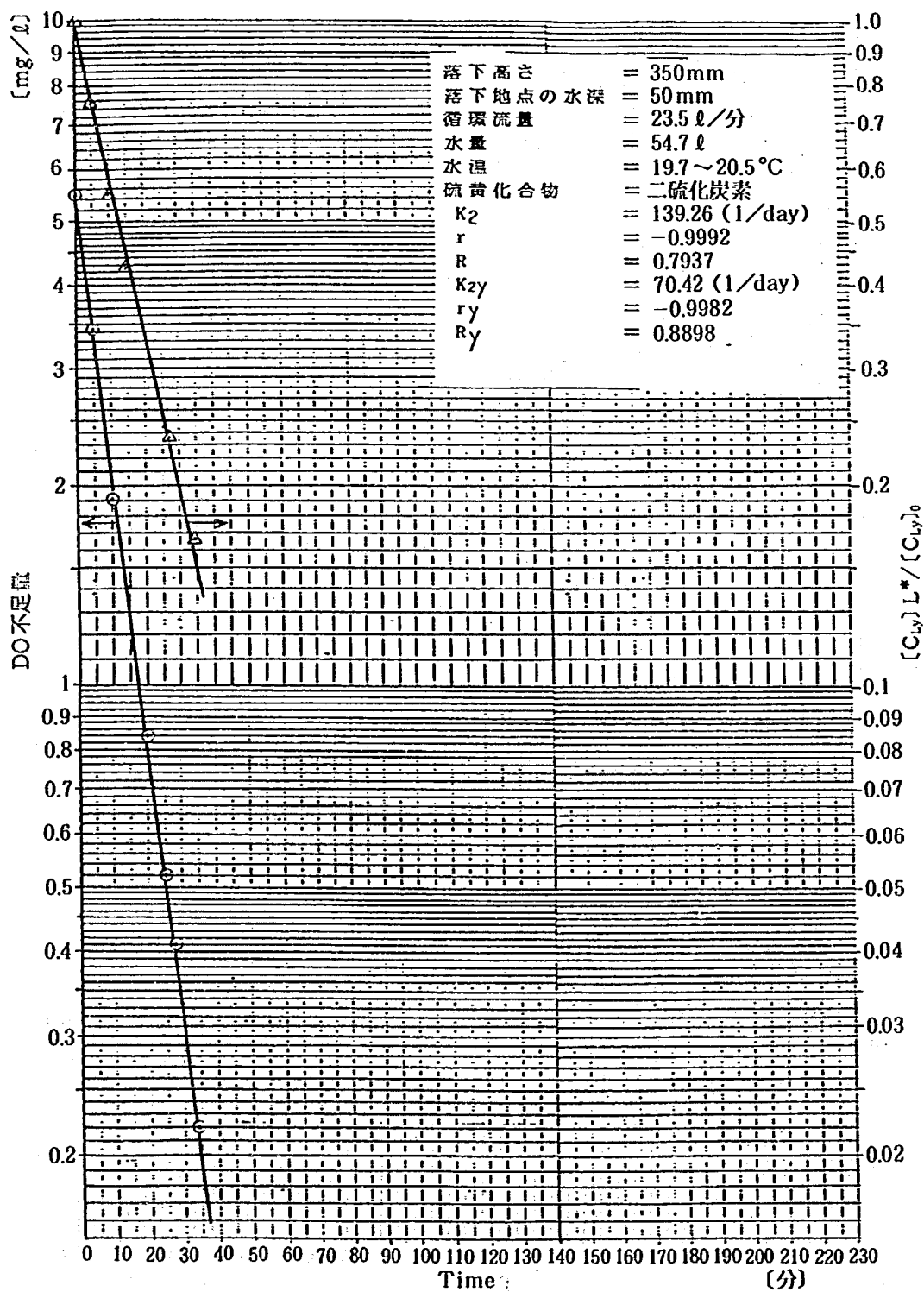


図 4.19 落下高さ 350mm, 循環流量 23.5 l/分の実験結果

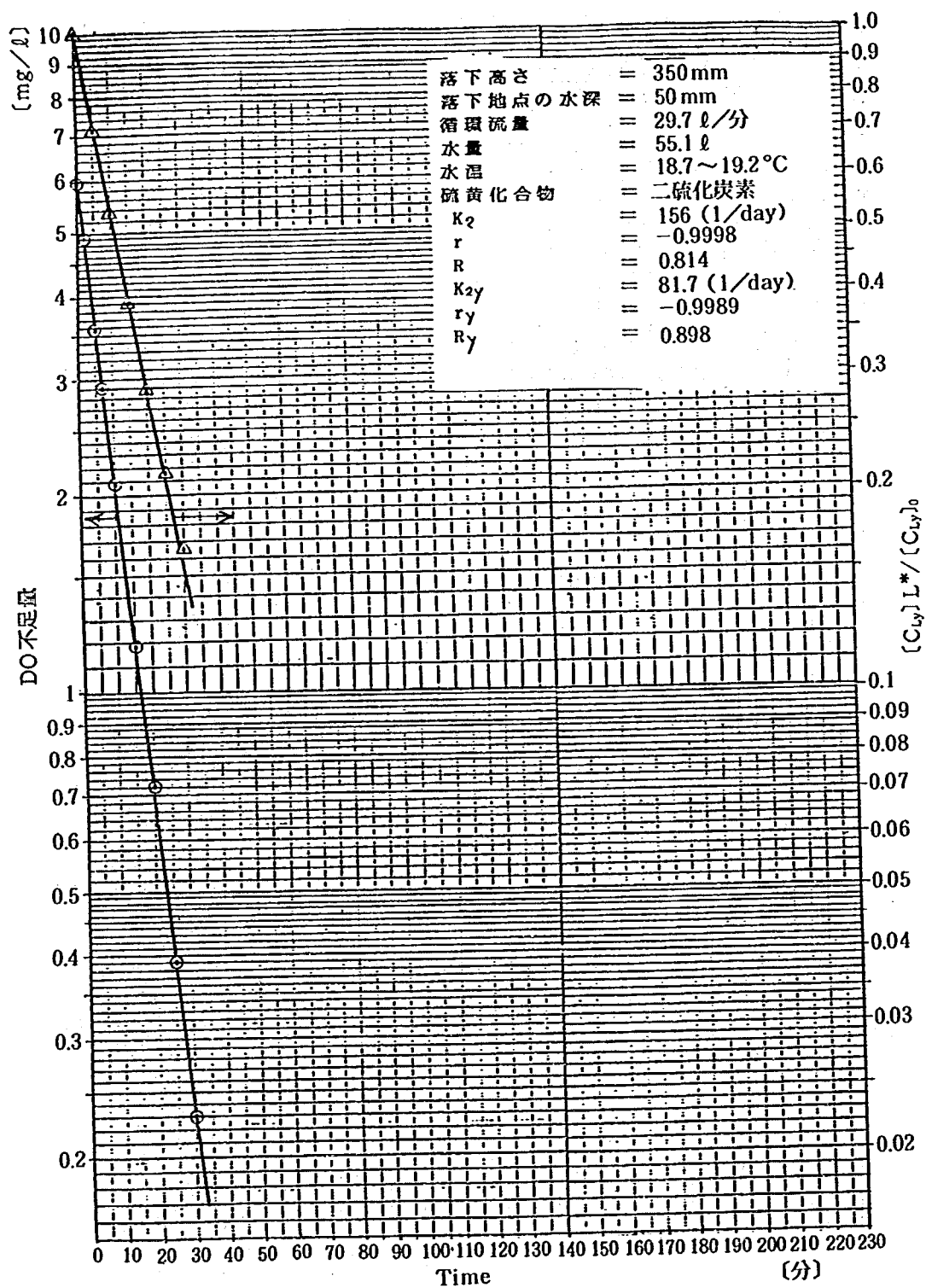


図 4.20 落下高さ 350 mm, 循環流量 29.7 l/分の実験結果

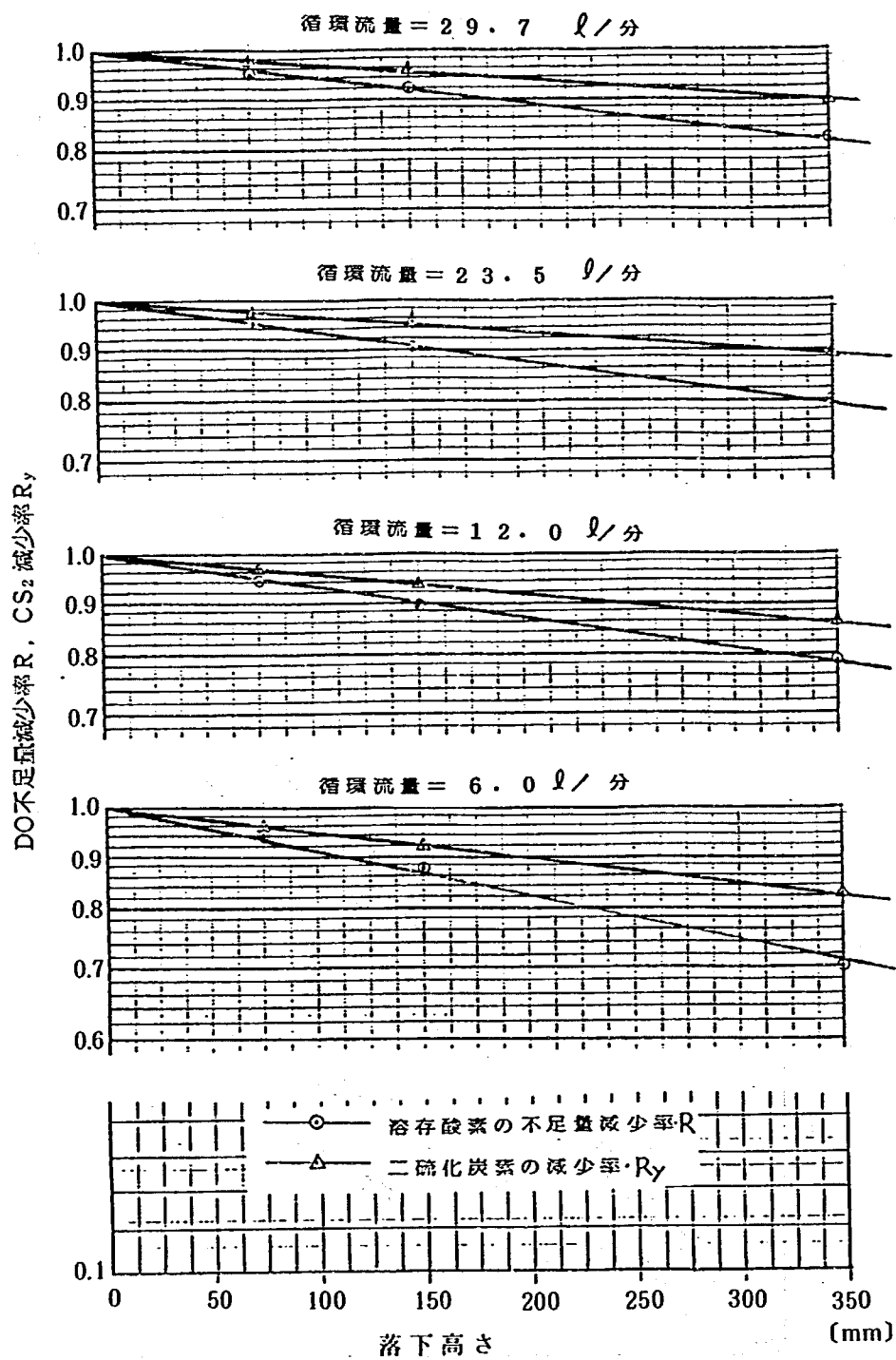


図4.21 落下高さと不足量減少率, 減少率の関係

29.7 ℓ / 分の場合

$$C = 0.251 \text{ [1/m]} \quad (r = -0.997)$$

$$C_y = 0.132 \text{ [1/m]} \quad (r = -0.999)$$

また (4.5) 式および (4.12) 式と (4.7) 式, (4.18) の関係から再曝気係数 K_2 , 移動係数 K_{2y} は (4.19) 式, (4.20) 式で表わされる。落下高さ $\cdot H$ と再曝気係数 $\cdot K_2$, 移動係数 K_{2y} の関係を図 4.22 と 図 4.23 に示しておく。

$$R = e^{-K_2 \cdot \Delta t} \quad \dots\dots (4.5 \text{ 再掲})$$

$$R_y = e^{-K_{2y} \cdot \Delta t} \quad \dots\dots (4.12 \text{ 再掲})$$

$$K_2 = \frac{2.303}{\Delta t} \cdot C \cdot H \quad \dots\dots (4.19)$$

$$K_{2y} = \frac{2.303}{\Delta t} \cdot C_y \cdot H \quad \dots\dots (4.20)$$

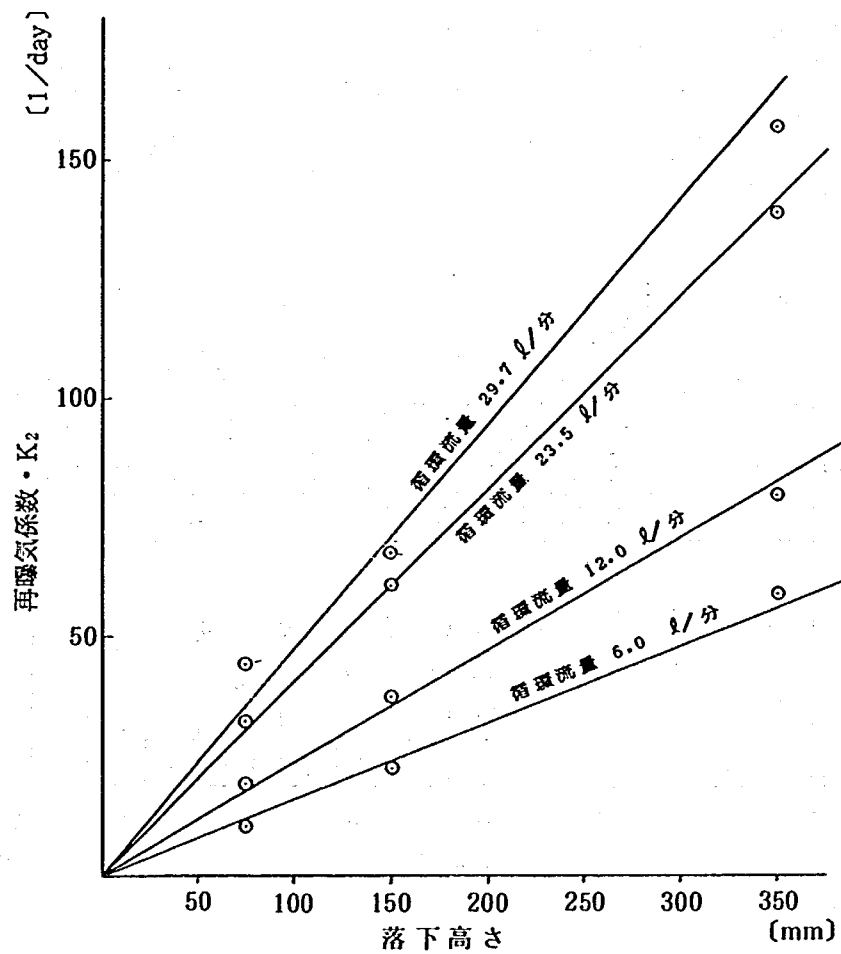


図 4.22 落下高さと再曝気係数

再曝気係数・ K_2 と二硫化炭素の移動係数・ K_{2y} の比 $\beta'_{CS_2, O_2} (=K_{2y}/K_2)$ は、
 0.484 ~ 0.699 (平均: 0.563, 標準偏差: 0.059)の値をとり、再曝気係数・ K_2 との関係
 (図4.24) を調べると再曝気係数・ K_2 が大きくなるにしたがって、 β'_{CS_2, O_2} が0.5付近
 に収束する傾向が見られた。

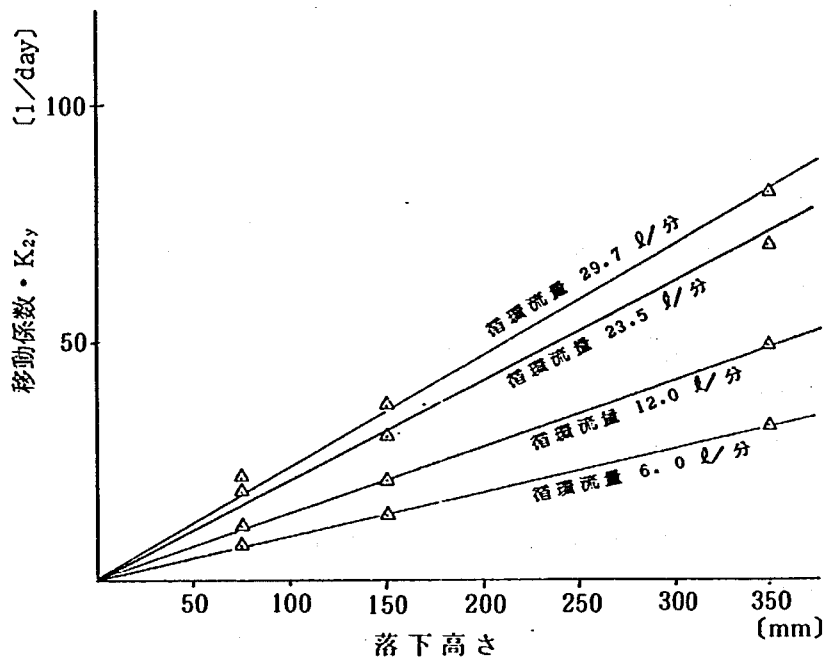


図4.23 落下高さと二硫化炭素の移動係数

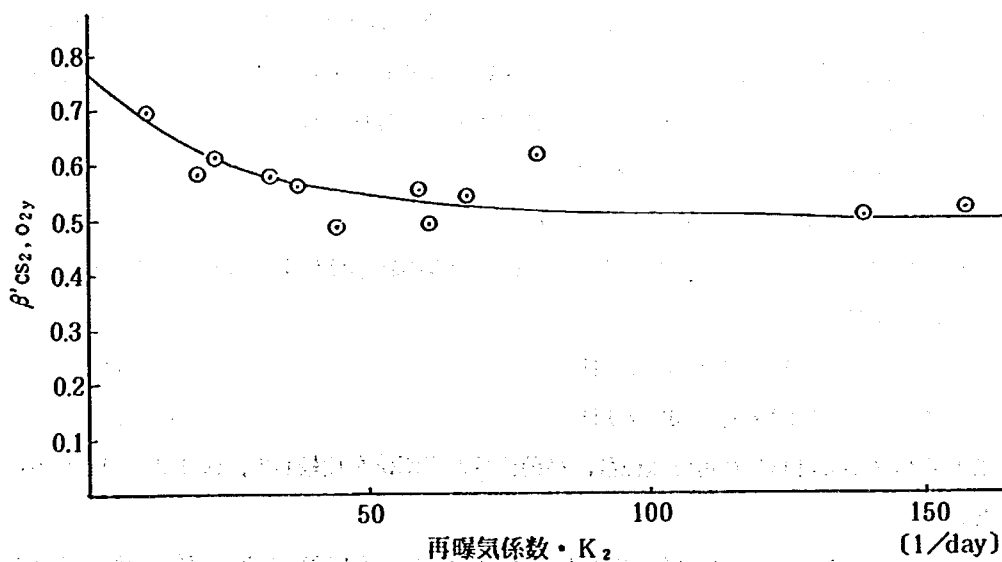


図4.24 再曝気係数と β_{CS_2, O_2}

4.4.2 流量と再曝気係数、二硫化炭素の移動係数

循環流量と再曝気係数、二硫化炭素の移動係数には図 4.25、図 4.26 に示したように相関関係が見い出されるため、回帰式および相関係数を求めた。

この相関の物理的意義は不明であり、本装置の特性に大きなかわりがあるものと考えられる。

(循環流量と再曝気係数)

$K_2 = a Q + b$ とすると、

$H = 0.075$ m の場合

$$a = 0.955 \text{ 1/m}^2, \quad b = 2.07 \text{ 1/day}, \quad r = 0.995$$

$H = 0.15$ m の場合

$$a = 1.34 \text{ 1/m}^2, \quad b = 12.6 \text{ 1/day}, \quad r = 0.993$$

$H = 0.35$ m の場合

$$a = 3.00 \text{ 1/m}^2, \quad b = 31.7 \text{ 1/day}, \quad r = 0.996$$

(循環流量と移動係数)

$K_{2y} = a_y \cdot Q + b_y$ とすると

$H = 0.075$ m の場合

$$a_y = 0.423 \text{ 1/m}^2, \quad b_y = 3.84 \text{ 1/day}, \quad r = 0.997$$

$H = 0.15$ m の場合

$$a_y = 0.649 \text{ 1/m}^2, \quad b_y = 8.77 \text{ 1/day}, \quad r = 0.997$$

$H = 0.35$ m の場合

$$a_y = 1.41 \text{ 1/m}^2, \quad b_y = 22.4 \text{ 1/day}, \quad r = 0.996$$

回帰式の比例定数 a 、 a_y および定数 b 、 b_y と落下高さの関係を図 4.27、図 4.28 に示した。落下高さが 0 の場合、再曝気係数、移動係数は 0 であるからそれぞれのグラフは原点を通ることを原則として、回帰式を求めた。回帰式は次のとおりである。

$$a = 9.40 \cdot H \quad b = 82.7 \cdot H$$

$$a_y = 4.57 \cdot H \quad b_y = 62.7 \cdot H$$

これらの回帰式をもとに、再曝気係数、二硫化炭素の移動係数を求める式にまとめると (4.21) 式と (4.22) 式になる。

$$K_2 = (9.40 \cdot Q + 82.7) H \quad (4.21)$$

$$K_{2y} = (4.57 \cdot Q + 62.7) H \quad (4.22)$$

これらの式から計算した再曝気係数、移動係数と実測値を比較して、図 4.29、図 4.30 に示した。

また、(4.19) 式、(4.20) 式および (4.21) 式、(4.22) 式より曝気係数・ C および C_y は、(4.23) 式、(4.24) 式で表わされる。

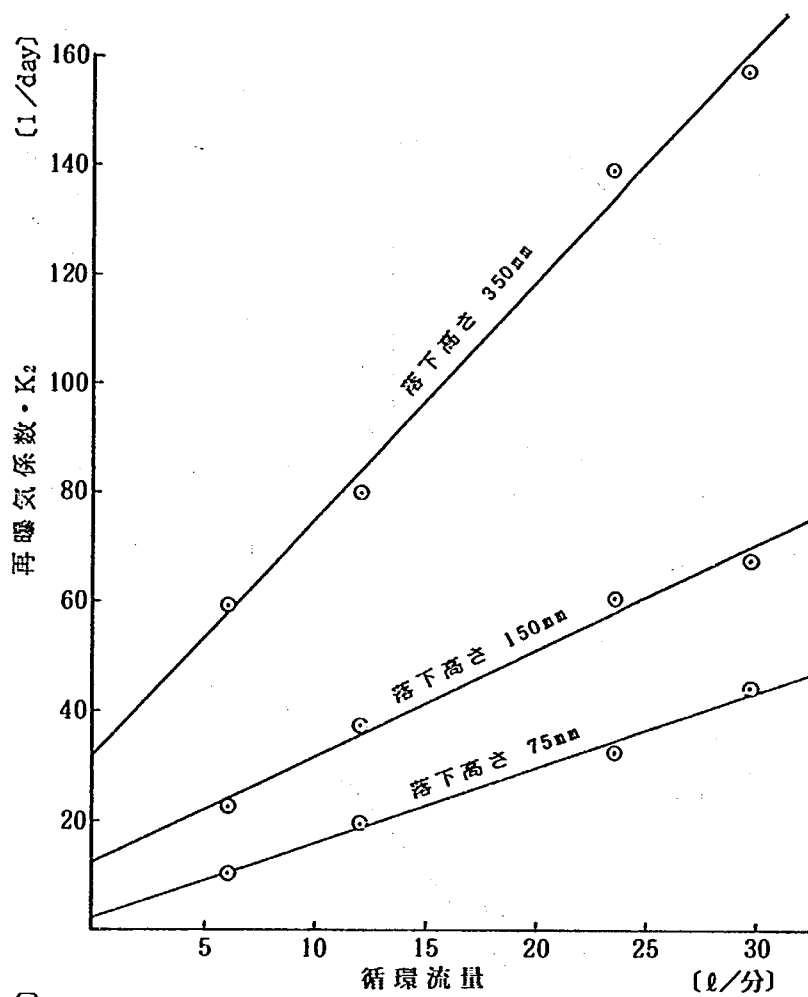


図4.25 循環流量と再曝気係数の関係

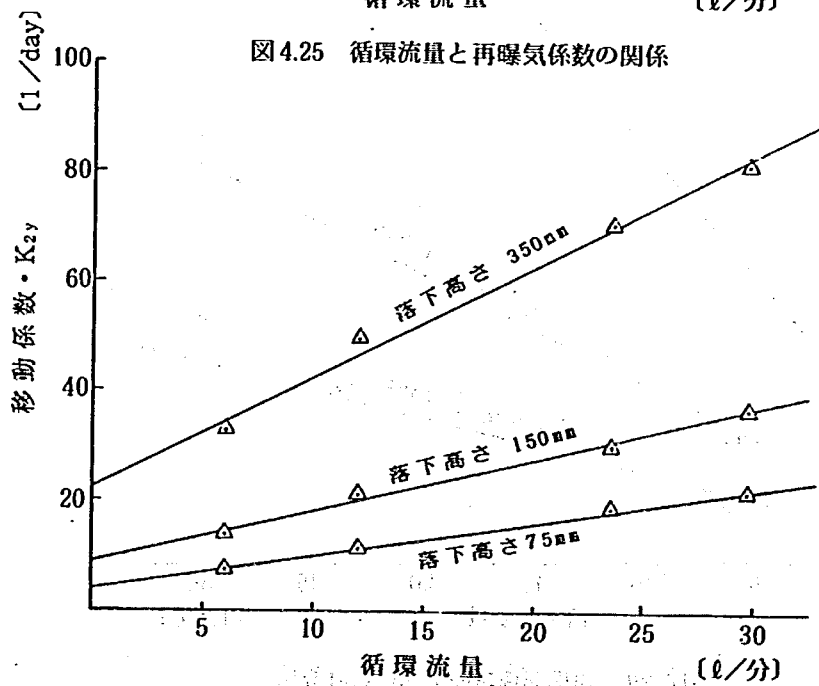


図4.26 循環流量と二酸化炭素の移動係数の関係

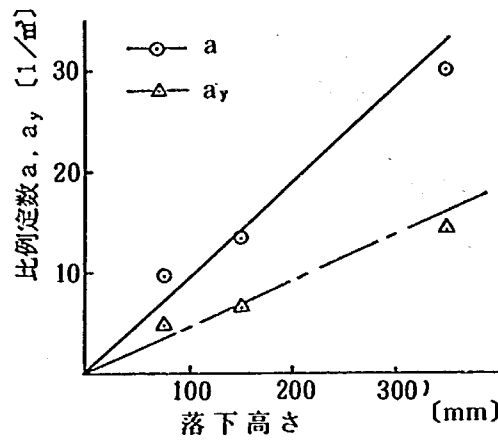


図4.27 落下高さと比例定数 a , a_y

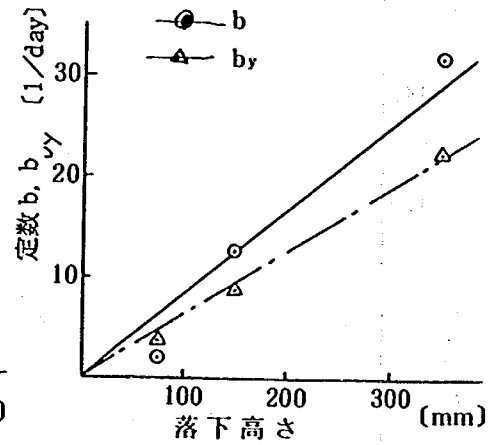


図4.28 落下高さと定数 b , b_y

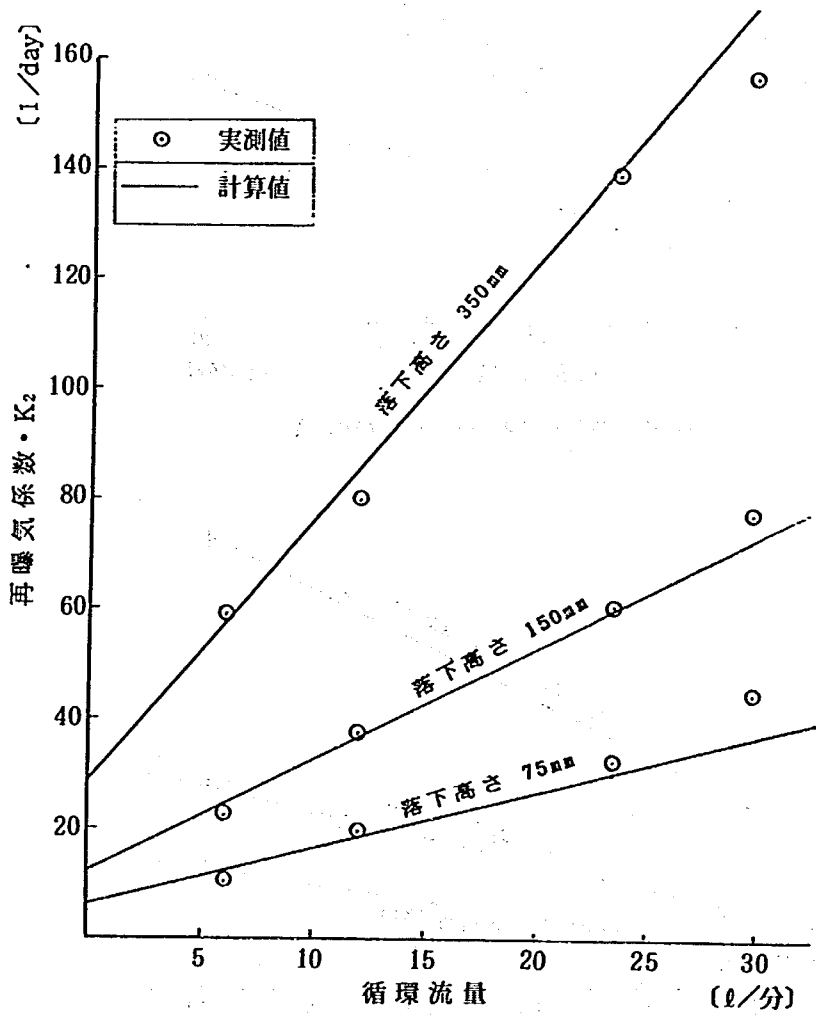


図4.29 再曝気係数の実測値と計算値

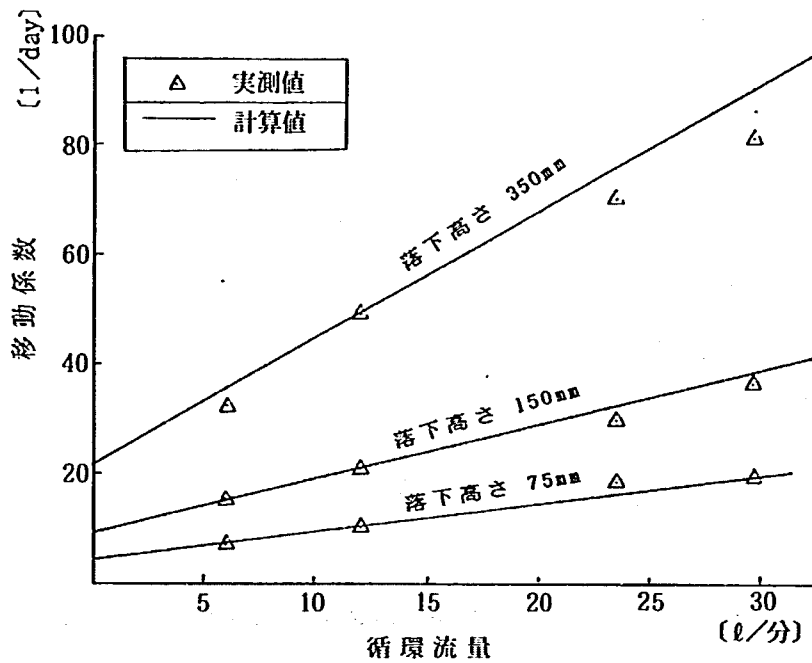


図 4.30 二硫化炭素の移動係数の実測値と計算値

$$K_2 = \frac{2.303}{\Delta t} \cdot C \cdot H \quad (4.19 \text{ 再掲})$$

$$K_{2y} = \frac{2.303}{\Delta t} \cdot C_y \cdot H \quad (4.20 \text{ 再掲})$$

$$C = \frac{\Delta t}{2.303} (9.40 Q + 82.7) \quad (4.23)$$

$$C_y = \frac{\Delta t}{2.303} (4.57 Q + 62.7) \quad (4.24)$$

$C/\Delta t$ と $C_y/\Delta t$ の計算値と実測値を図 4.31 に示した。

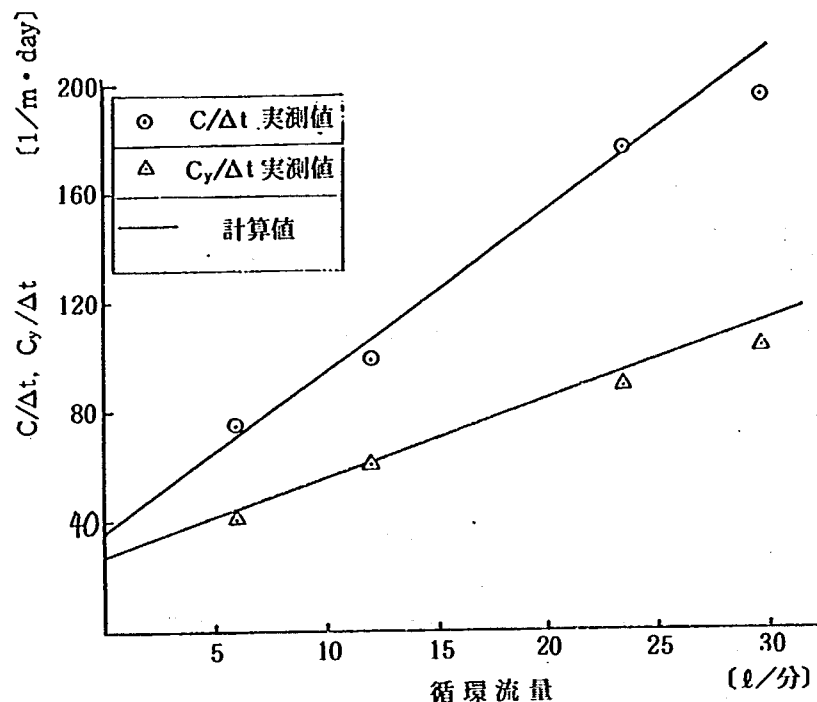


図 4.31 $C/\Delta t$, $C_y/\Delta t$ の実測値と計算値

4.4.3 硫黄化合物の移動係数

硫化水素、メチルメルカプタン、硫化メチル、二硫化メチルの実験結果を図 4.32 から図 4.40 に示した。メチルメルカプタンと硫化メチルにおいては、図 4.32 と図 4.33 に示したように試水中の溶存酸素は、越流開始後増加して、7.8 ppm 程度まで到達し、その後硫黄化合物濃度が 0.0 ppm になるまで減少した。硫黄化合物濃度が、0.0 ppm になると同時に溶存酸素は再び増加した。この 2 物質の実験結果において、溶存酸素の再曝気係数、不足量減少率および硫黄化合物の移動係数、減少率は越流開始直後の溶存酸素の増加範囲で計算した。

硫黄化合物を試水に添加せずに、溶存酸素の再曝気係数、移動係数を調べる実験（ブランク実験）を行い、その実験結果と二硫化炭素の実験結果も含めて、表 4.4 に実験結果をまとめて示した。溶存酸素が途中で減少したメチルメルカプタン、硫化メチルの再曝気係数がブランク実験の再曝気係数に比較して約 10 [1 / day] ほど低くなっており、また前述した「溶存酸素の減少」からメチルメルカプタン、硫化メチルが、溶存酸素に何らかの影響を与えているといえる。このことから硫黄化合物の移動係数と溶存酸素の再曝気係数の比、 β' ($=K_{2y}/K_2$) はこの 2 物質と硫化水素について、ブランク実験の再曝気係数もちいて計算した値を表 4.4

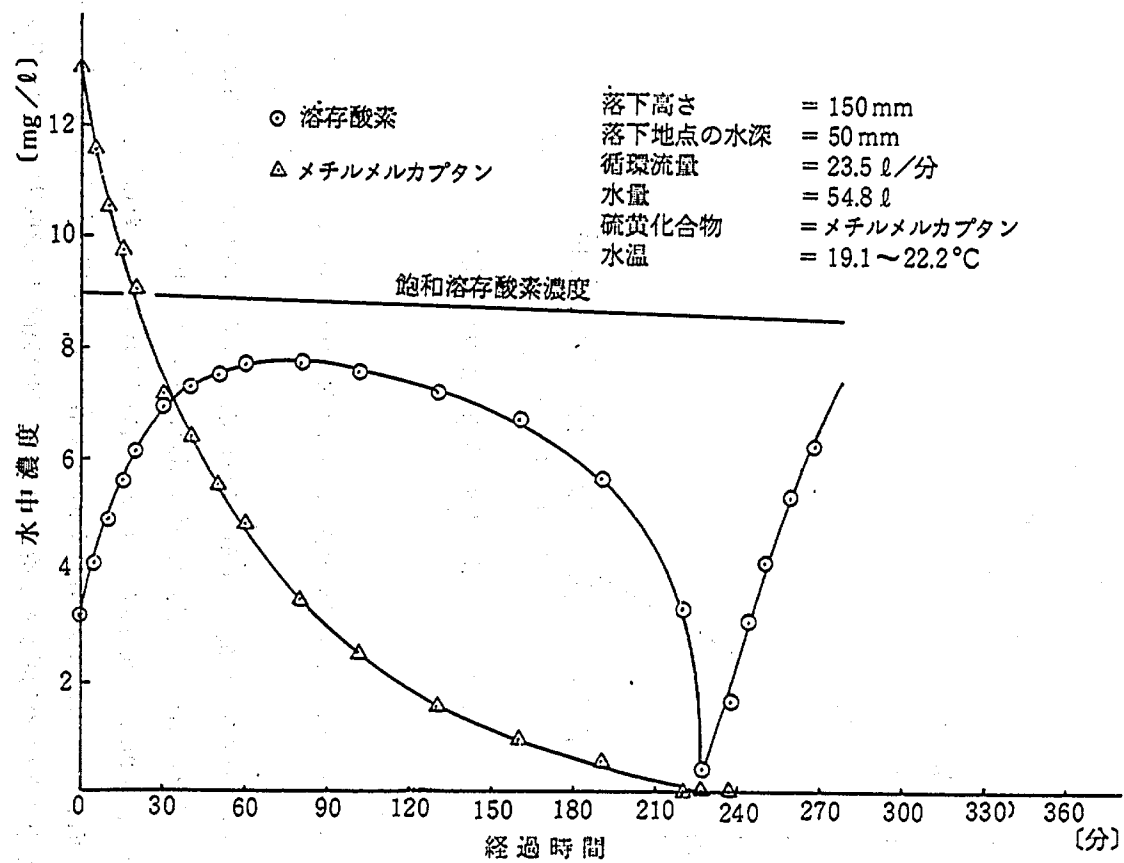


図 4.32 メチルメルカプタンと溶存酸素の経時変化

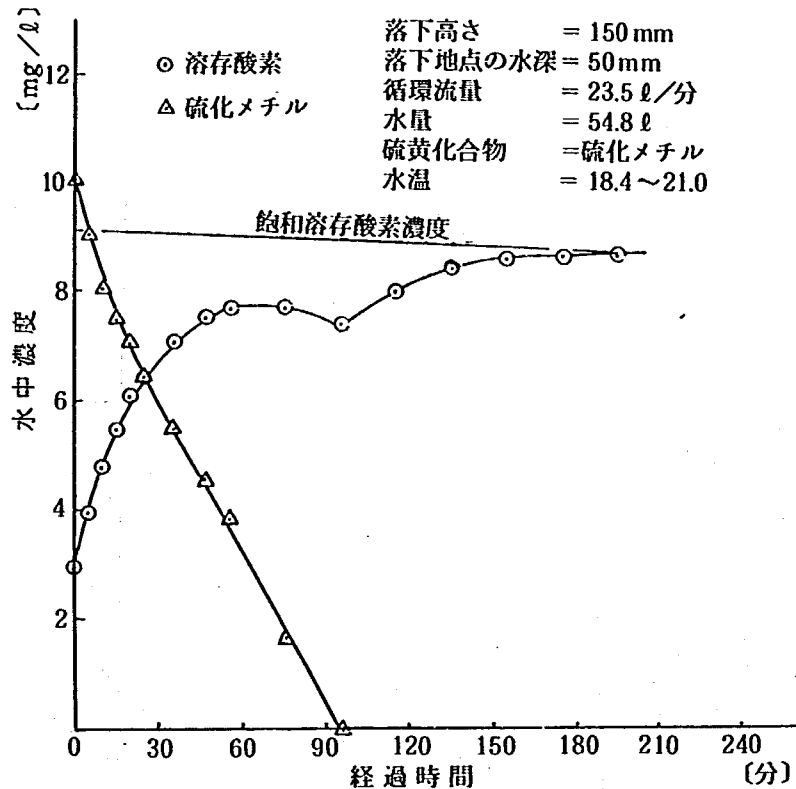


図 4.33 硫化メチルと溶存酸素の経時変化

に載せた。

また、昨年度の「水路からの放散実験」における移動係数の比と、 $\beta_y, o_2 = \left(\frac{V_{c, o_2}}{V_{c, y}} \right)$

0.3144 で与えられる移動係数の計算値と比較して、堰からの放散実験の移動係数の比を表 4.5 に示した。水路における実験値と計算値の比は、0.82 ~ 1.16 と 1 に近い値をとり、堰におけるその比は、0.308 ~ 0.737 と 0.5 に近い値となった。これは試水の落下地点において気泡が水面下にもぐり、再び上昇して水面上で消える間の途中ですでに、気泡中の硫黄化合物濃度が水中の硫黄化合物濃度と平衡に達し、それ以降気泡中へ放散せず、一方、酸素は気泡が消えるまで水中に吸収されるためと考えられる。図 4.12 に示した「再曝気係数・ K_2 が小さくなるにしたがい、 β'_{cs_2, o_2} がしだいに大きくなる傾向」も、これが原因であると思える。すなわち、再曝気係数・ K_2 が小さくなることは気泡が少なくなり、また気泡の滞留時間が短くなることであるから、硫黄化合物が気泡中へ放散する時間の割合（気泡の滞留時間に対する

表 4.4 落下高さ 150 mm における硫黄化合物別の実験結果

硫黄化合物 \ 循環流量	12.0 ℓ / 分	23.5 ℓ / 分
ブ ラ ン ク	$K_2 = 40.3$ $R = 0.883$	$K_2 = 59.2$ $R = 0.909$
二 硫 化 炭 素	$K_2 = 37.3$ $K_{2y} = 21.0$ $R = 0.891$ $R_y = 0.934$ $\beta' = 0.563$	$K_2 = 60.8$ $K_{2y} = 30.0$ $R = 0.906$ $R_y = 0.953$ $\beta' = 0.493$
硫 化 水 素	$K_2 = -$ $K_{2y} = 15.1$ $R = -$ $R_y = 0.954$ $\beta' = -$ 0.375^*	$K_2 = -$ $K_{2y} = -$ $R = -$ $R_y = -$ $\beta' = -$
メチルメルカ プタン	$K_2 = 32.0$ $K_{2y} = 17.7$ $R = 0.906$ $R_y = 0.947$ $\beta' = 0.553$ 0.439^*	$K_2 = 52.7$ $K_{2y} = 27.5$ $R = 0.918$ $R_y = 0.957$ $\beta' = 0.522$ 0.465^*
硫 化 メ チ ル	$K_2 = 28.4$ $K_{2y} = 16.0$ $R = 0.916$ $R_y = 0.952$ $\beta' = 0.563$ 0.397^*	$K_2 = 50.0$ $K_{2y} = 25.6$ $R = 0.922$ $R_y = 0.959$ $\beta' = 0.512$ 0.432^*
二 硫 化 メ チ ル	$K_2 = 38.6$ $K_{2y} = 8.83$ $R = 0.888$ $R_y = 0.973$ $\beta' = 0.229$	$K_2 = 61.9$ $K_{2y} = 12.8$ $R = 0.905$ $R_y = 0.988$ $\beta' = 0.207$

※ K_2 として、硫黄化合物を添加しない場合のブランク値をもちいて計算した値。

割合)——硫黄化合物の気泡中への放散時間と酸素の水中への吸収時間の比——が大きくなり、移動係数の比が計算値に近づく。

図4.12の「再曝気係数・ K_2 と $\beta'cs_2o_2$ の関係」および、表4.4から再曝気係数・ K_2 が40〔1/day〕以上では、それぞれの硫黄化合物の移動係数の比・ β' は、ほぼ一定の値になると考えられる。

表 4.5 硫黄化合物と酸素の移動係数の比

物質名	計算値 $\beta_{y,o_2} = \left(\frac{V_{c,o_2}}{V_{c,y}} \right)^{0.344}$	水路からの放散実験		堰からの放散実験	
		実験値 $\beta = K_{Ly} / K_{L,o_2}$	実験値 / 計算値	実験値 $\beta' = K_{2y} / K_2$	実験値 / 計算値
二硫化炭素	0.764	0.750	0.982	0.563 0.493	0.737 0.645
硫化水素	0.912	1.06*	1.16	0.375**	0.411
メチルメルカ プタン	0.807	0.883* 0.719*	1.09 0.891	0.439** 0.465**	0.544 0.576
硫化メチル	0.728	0.721* 0.767*	0.990 1.05	0.397** 0.432**	0.545 0.593
二硫化メチル	0.672	0.589 0.551	0.876 0.820	0.229 0.207	0.341 0.308

* K_{L,o_2} として二硫化炭素の実験結果の値をもちいて計算した値。

** K_2 として硫黄化合物を添加しない場合のブランク値をもちいて計算した値。

4.5 まとめ

今年度の臭気捕集実験の結果をまとめると以下のとおりである。

- (1) 溶存酸素の不足量減少率、再曝気係数および硫黄化合物の減少率、移動係数と落下高さの間には、次の関係が成立した。

$$R = 10^{-C \cdot H} \quad (4.7 \text{ 再掲})$$

$$R_y = 10^{-C_y \cdot H} \quad (4.18 \text{ 再掲})$$

$$K_2 = \frac{2.303}{\Delta t} \cdot C \cdot H \quad (4.19 \text{ 再掲})$$

$$K_{2y} = \frac{2.303}{\Delta t} \cdot C_y \cdot H \quad (4.20 \text{ 再掲})$$

(2) 本実験の実験条件の範囲内では溶存酸素の再曝気係数および硫黄化合物の移動係数と循環流量の間には、次の関係が成立した。

$$K_2 = (aQ + b') \cdot H \quad (4.25)$$

$$K_{2y} = (a'_y Q + b'_y) \cdot H \quad (4.26)$$

これらの式から溶存酸素の曝気係数および硫黄化合物の C_y は、次の式で表わされる。

$$C = \frac{\Delta t}{2.303} (a'Q + b') \quad (4.27)$$

$$C_y = \frac{\Delta t}{2.303} (a'_y Q + b'_y) \quad (4.28)$$

(3) 溶存酸素の再曝気係数と硫黄化合物の移動係数の比・ β' は、再曝気係数がある値以上の範囲では、ほぼ一定の値をとり、この範囲では再曝気係数を求めることにより硫黄化合物の移動係数が算出できた。

記 号

a : 定数 (1 / m)

a' : 定数 (1 / m')

a_y : 定数 (1 / m)

a'_y : 定数 (1 / m')

b : 定数 (1 / day)

b' : 定数 (1 / m · day)

b_y : 定数 (1 / day)

b'_y : 定数 (1 / m · day)

C : 曝気係数 (1 / m)

C_{Ly} : 硫黄化合物の水中濃度 (mg / l)

$C_T^{\circ C}$: 水温 $T^{\circ C}$ の曝気係数 (1 / m)

C_y : 酸素の曝気係数に当る硫黄化合物に関する値 (1 / m)

D	: 飽和溶存酸素量に対する不足量 (mg / ℓ)
D_0	: D の初期値 (mg / ℓ)
D_t	: t^* 後の D (mg / ℓ)
H	: 落下高さ (m)
h_d	: 落下地点の水深 (m)
K_1	: 脱酸素速度係数 (1 / day)
K_2	: 再曝気係数 (1 / day)
K_{2y}	: 硫黄化合物の移動係数 (1 / day)
K_{L, O_2}	: 酸素の液境膜の移動係数 (m / hr)
$K_{L, y}$	: 硫黄化合物の液境膜の移動係数 (m / hr)
L	: 単位体積当りの酸素要求量 (mg / ℓ)
Q	: 循環流量 (m ³ / day)
Q'	: 循環流量 (ℓ / 分)
R	: 1 循環当りの不足量減少率 (—)
R_{t^*}	: 採水間隔 t^* の不足量減少率 (—)
R_y	: 硫黄化合物の減少率 (—)
R_{yt^*}	: 採水間隔 t^* の硫黄化合物の減少率 (—)
r	: 相関係数 (—)
r_y	: 硫黄化合物に関する相関係数 (—)
t	: 経過時間 (day)
t_1	: 基準時間 (day)
t^*	: 採水間隔 (分)
Δt	: 一循環に要する時間 (day)
V	: 水量 (m ³)
V'	: 水量 (ℓ)
V_{c, O_2}	: 酸素の臨界体積 (cm ³ / g - mol)
$V_{c, y}$	: 硫黄化合物の臨界体積 (cm ³ / g - mol)
β	: 水路実験における移動係数の比 (—)
β'	: 堰の実験における移動係数の比 (—)
β_{y, O_2}	: 水路実験における硫黄化合物と酸素の移動係数の比
β_{y, O_2}	: 堰の実験における硫黄化合物の移動係数と再曝気係数の比 (—)

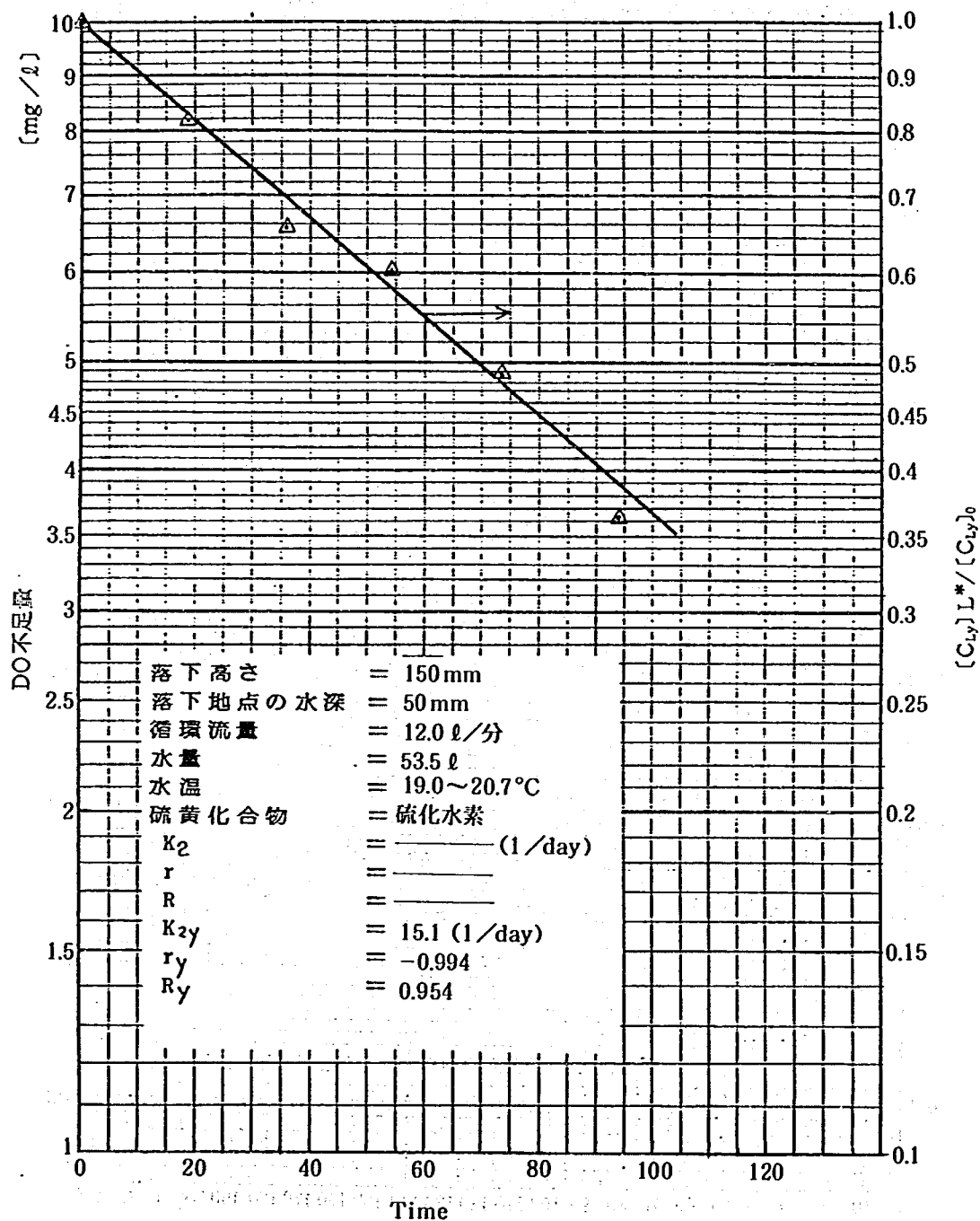


図 4.34 硫化水素の実験結果

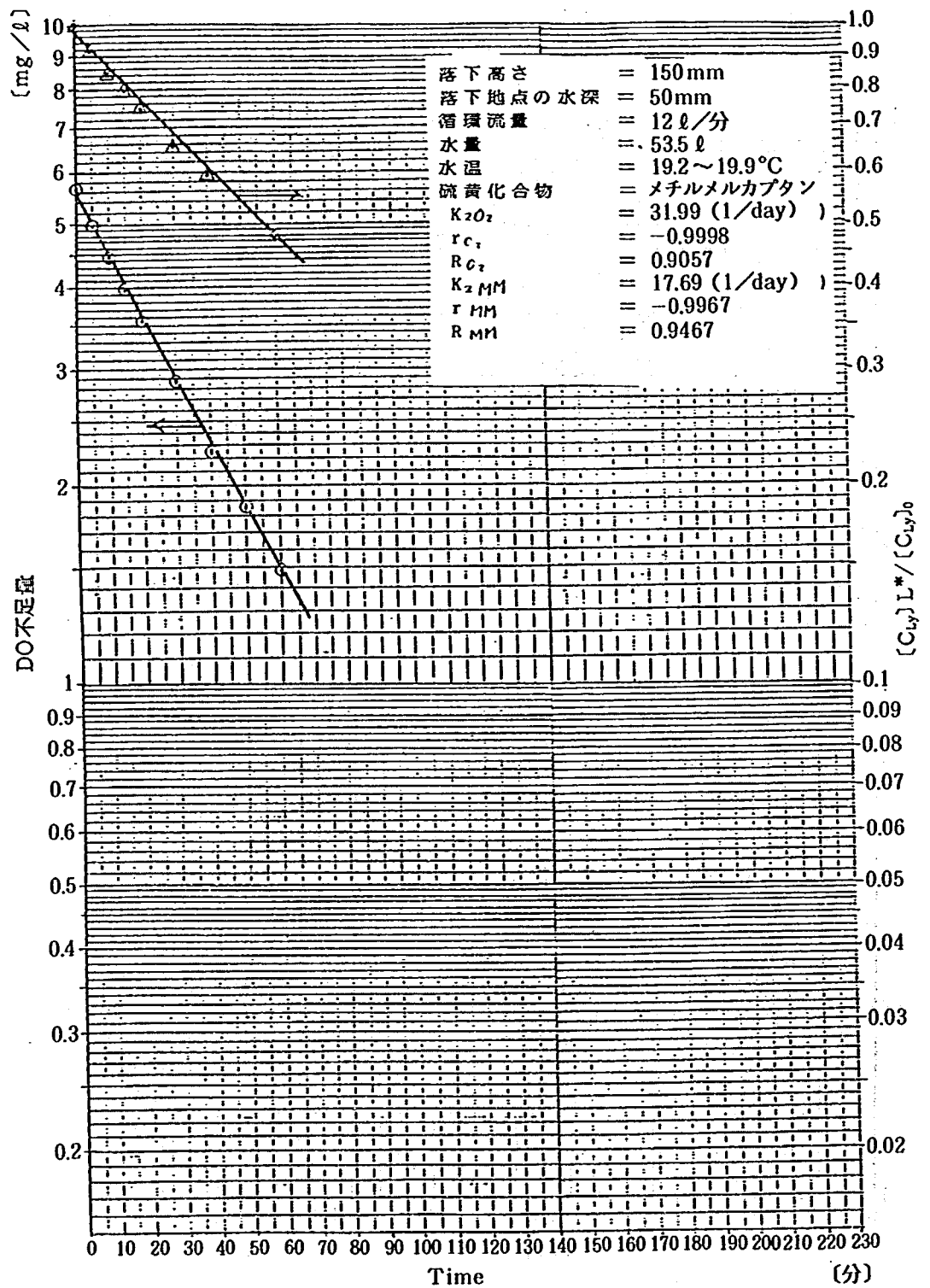


図 4.35 メチルメルカプタンの実験結果 (1)

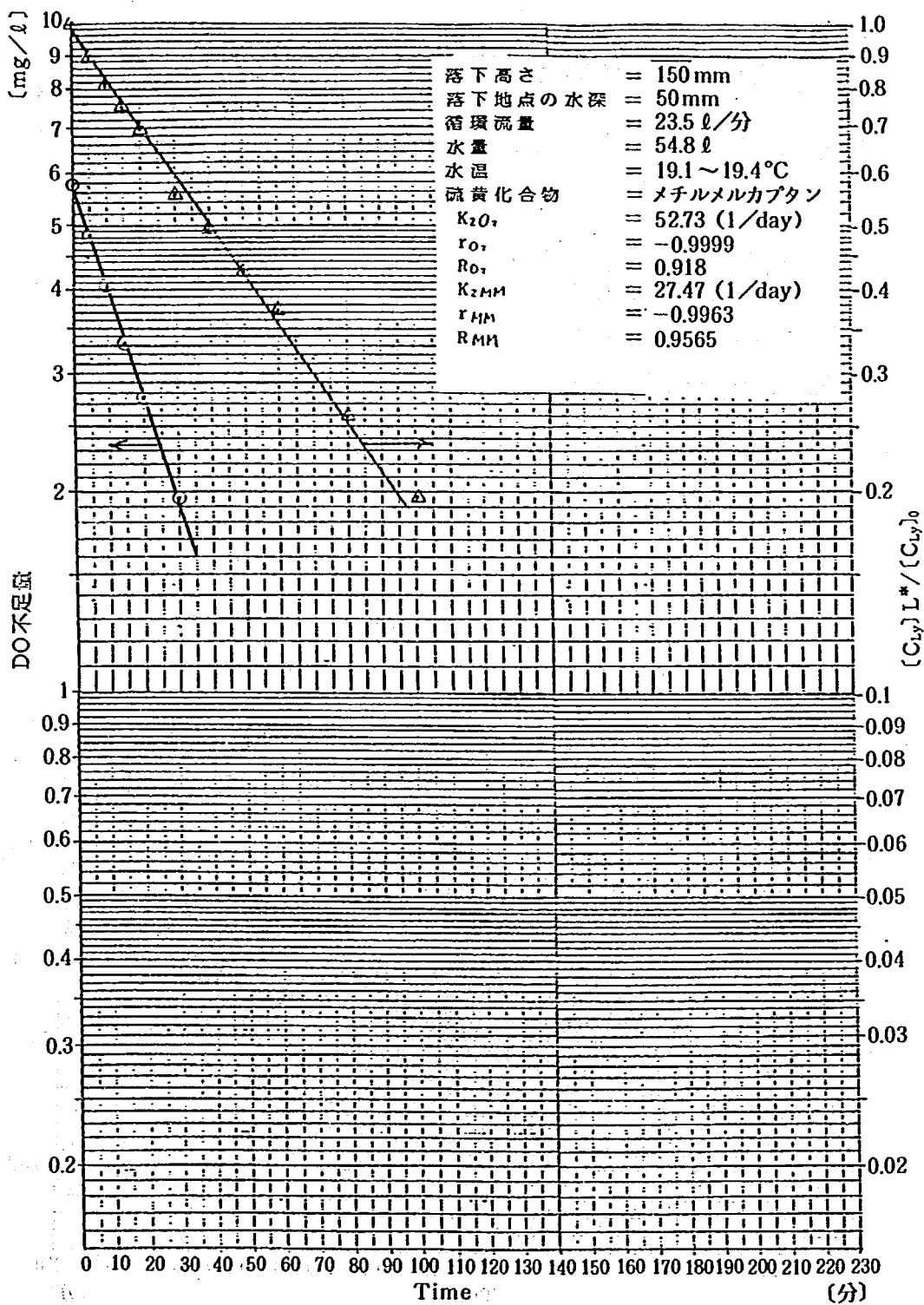


図 4.36 メチルメルカプタンの実験結果 (2)

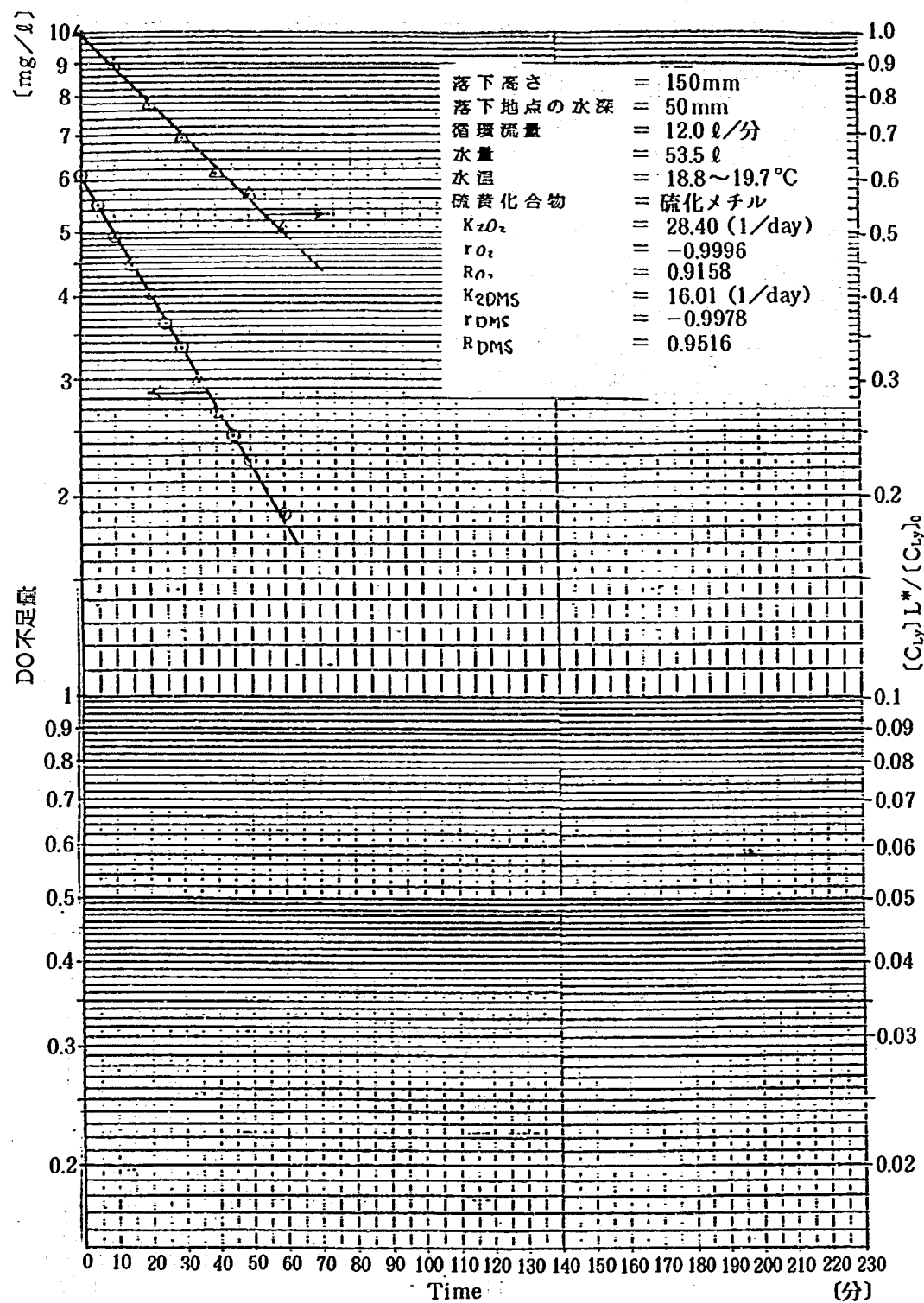


図 4.37 硫化メチルの実験結果 (1)

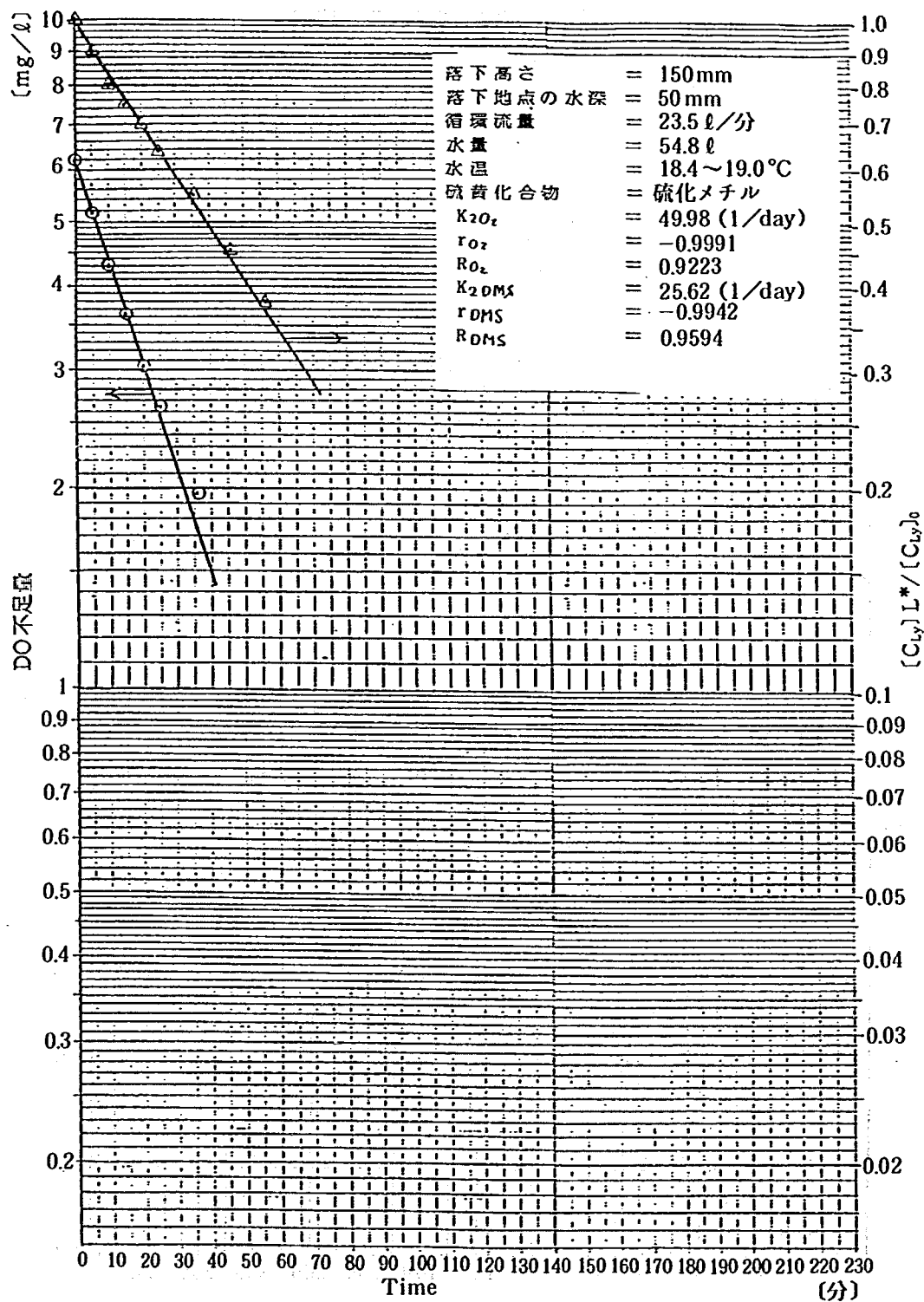


図 4.38 硫化メチルの実験結果 (2)

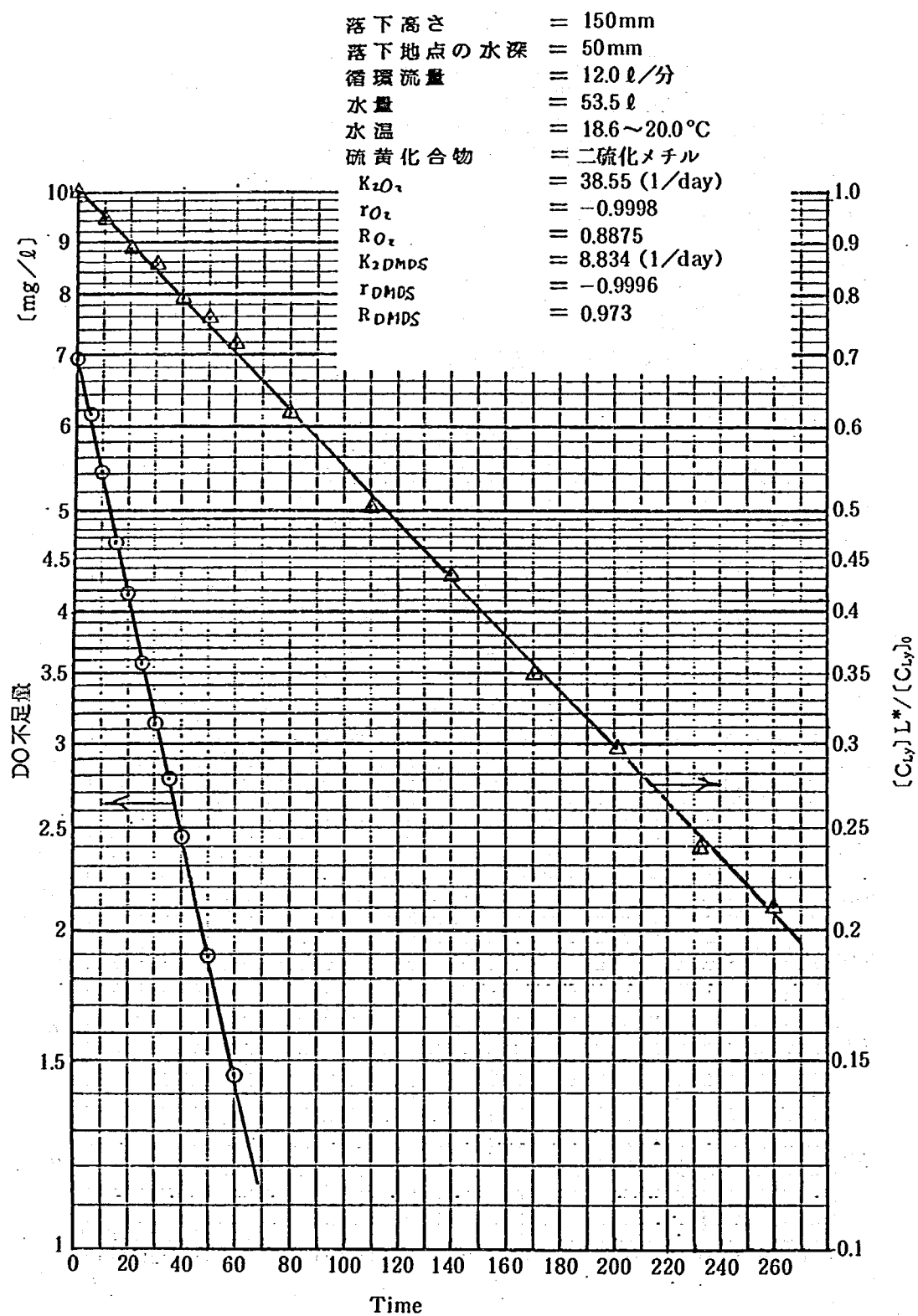


図 4.39 二硫化メチルの実験結果 (1)

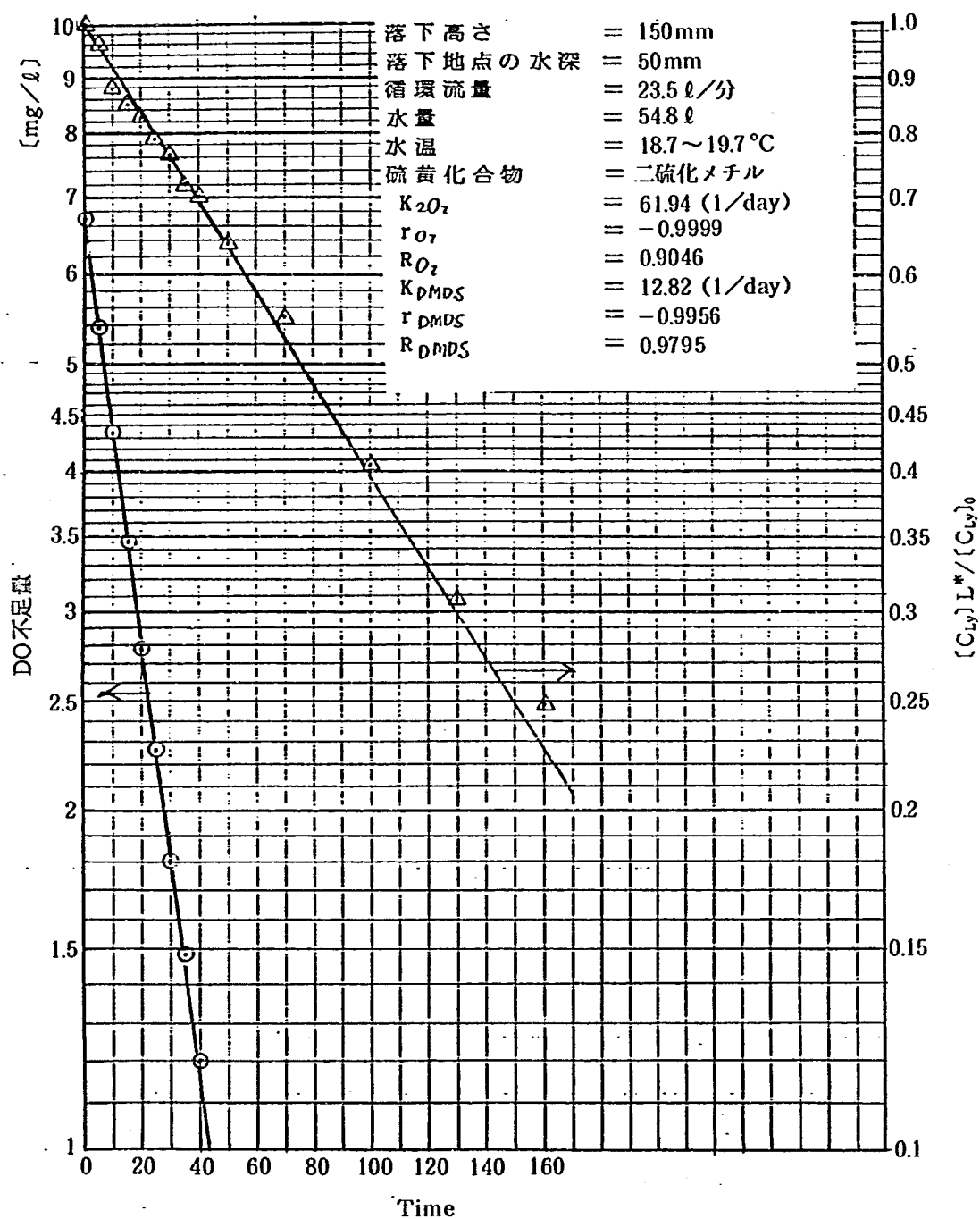


図 4.40 二硫化メチルの実験結果 (2)

参 考 文 献

- 半谷高久・安部喜也：“水質汚濁研究法”，丸善（1972）

5. 悪臭の環境影響評価手法の検討

5.1 はじめに

本調査では下水処理場における悪臭の環境影響評価手法を検討する一環として、過去に影響評価を実施したし尿処理場において臭気物質の測定、気象観測等を行い、大気拡散式を用いる数値予測手法について検討することを目的とする。

5.2. 調査方法

5.2.1 調査内容

調査対象し尿処理場の臭気排出口と風下周辺において臭気調査を行った。臭気調査の測定箇所及び検体数を表5-1に示す。

また調査期間中の気象特性を把握するために、処理場屋上とその周辺で風向・風速、気温・湿度、日射量及び放射収支量の測定を行った。これから発生源条件、大気拡散パラメータを設定し、大気拡散式を用いる予測手法により現況を再現した。この現況再現結果と周辺環境で実施した臭気調査結果とを対比することにより、大気拡散式を用いる予測手法の検討を行った。

表5-1 測定箇所及び検体数

測定箇所	臭気濃度	臭気強度	硫黄化合物
高濃度系脱臭装置脱臭前	1検体/日×2日		1検体/日×2日
同上 脱臭後	3検体/日×2日		3検体/日×2日
低濃度脱臭装置脱臭前	1検体/日×2日		3検体/日×2日
同上 脱臭後	3検体/日×2日		3検体/日×2日
環境		3回×2系列×3 地点×2日	
合計	16	36	16

5.2.2 測定方法

(1) 臭気測定方法

臭気測定方法を表5-2に示す。

表5-2 臭気測定方法

測定項目	測定方法	適用規格等
臭気濃度	3点比較式臭袋法	環境庁大気保全局特殊公害課編「官能試験法調査報告書」に掲げる方法に準拠する。
臭気強度	6段階臭気強度表示法	環境庁「環境影響評価共通技術資料集（悪臭編）」に掲げる方法に準拠する。
硫化水素、メチルメルカプタン、硫化メチル、二硫化メチル	ガスクロマトグラフ法	環境庁告示9号、47号に定める「硫化水素、メチルメルカプタン、硫化メチル及び二硫化メチルの測定方法」に準拠する。

備考 臭気濃度とは、臭気のある空気は無臭の空気です臭気を感じられなくなるまでに希釈した場合の当該希釈倍数をいう。

6段階臭気強度表示法の判定尺度

0－無臭

1－やっと感知できるにおい

2－なん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

(2) 気象観測方法

1) 気象測定器の設置位置

影響測定シミュレーションを実施するに当り必要な調査地域の気象情報を得るため、図5-1に示す位置に気象測定器を設置して気象観測を行なった。

風向・風速計及び温度計は処理棟屋上（GLレベル+10mの高さ）に、また日射計、放射収支計は運動場に設置した。

2) 測定器の型式と精度を表5-3～表5-4に示す。

表 5 - 3 気象測器の型式

風向・風速	移動用微風向風速計	風向：交流トルクシンクロ発振器 風速：マグネット型交流発電機	小笠原計器PR-450
温度	温度計	温度：白金抵抗体ブリッジ	小笠原計器TH-350T
日射量	日射計	熱電対式	英弘精機MS-42
放射収支量	放射収支計	熱電対式	英弘精機CN-11

表 5 - 4 気象測定器の測定範囲と精度

移動用微風向風速計 PR-450	風向：全方向（0～540°） 風速：0.4～10m/s（平均）	平均±5°以内 10m/s ± 0.5 m/s 未満 10m/s 以上その値の±5%
温度計 TH-350T	温度：-10～40℃	
ネオ日射計 MS-42	感度 5 mV/cal・cd・min ⁻¹ 透過特性 0.3～2.8 μm	気温変化による誤差 約-0.1% 1℃ Cosine 特性 約2% (受光面に対し 45°の角度)
放射収支計 CN-11	波長範囲 0.3～100 μm 以上 感度 25mV/cal・cd・min ⁻¹	±5%

5.3 調査対象し尿処理場の概要及び運転状況

5.3.1 し尿処理場の概要

(1) 処理能力

計画し尿日量 300 kℓ（100 kℓ / 日，3系列）

現存処理量 200 ～ 250 kℓ

(2) 処理方式

低希釈二段活性汚泥法+高度処理

受入・貯留 受入→沈砂→破碎→除渣→貯留
し渣は焼却

1・2次処理 低希釈二段活性汚泥法

高度処理 凝集沈殿→オゾン酸化→砂濾過→活性炭吸着

汚泥処理 (1・2次汚泥+凝集沈殿汚泥)→脱水→乾燥→焼却

脱 臭 高濃度臭気 燃焼脱臭

低濃度臭気 酸→アルカリ洗浄→活性炭吸着

(3) 処理工程図

図5-2のとおりである。

5.3.2 処理場の運転状況

調査当日の運転状況及び水質試験成績を表5-5～5-8に示す。なお、これらのデータは処理場から入手したものである。

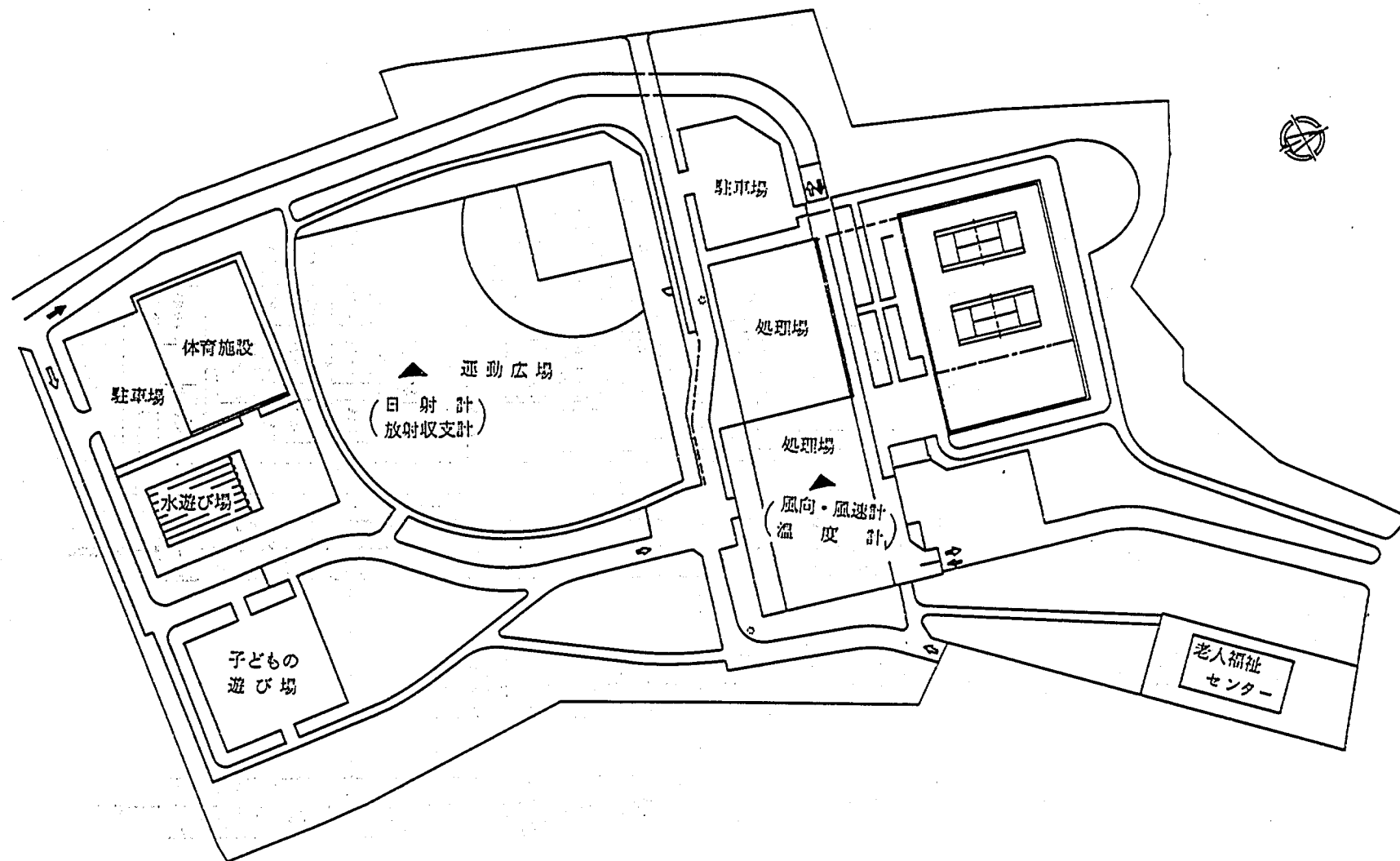


図5-1 気象測定器の設置位置

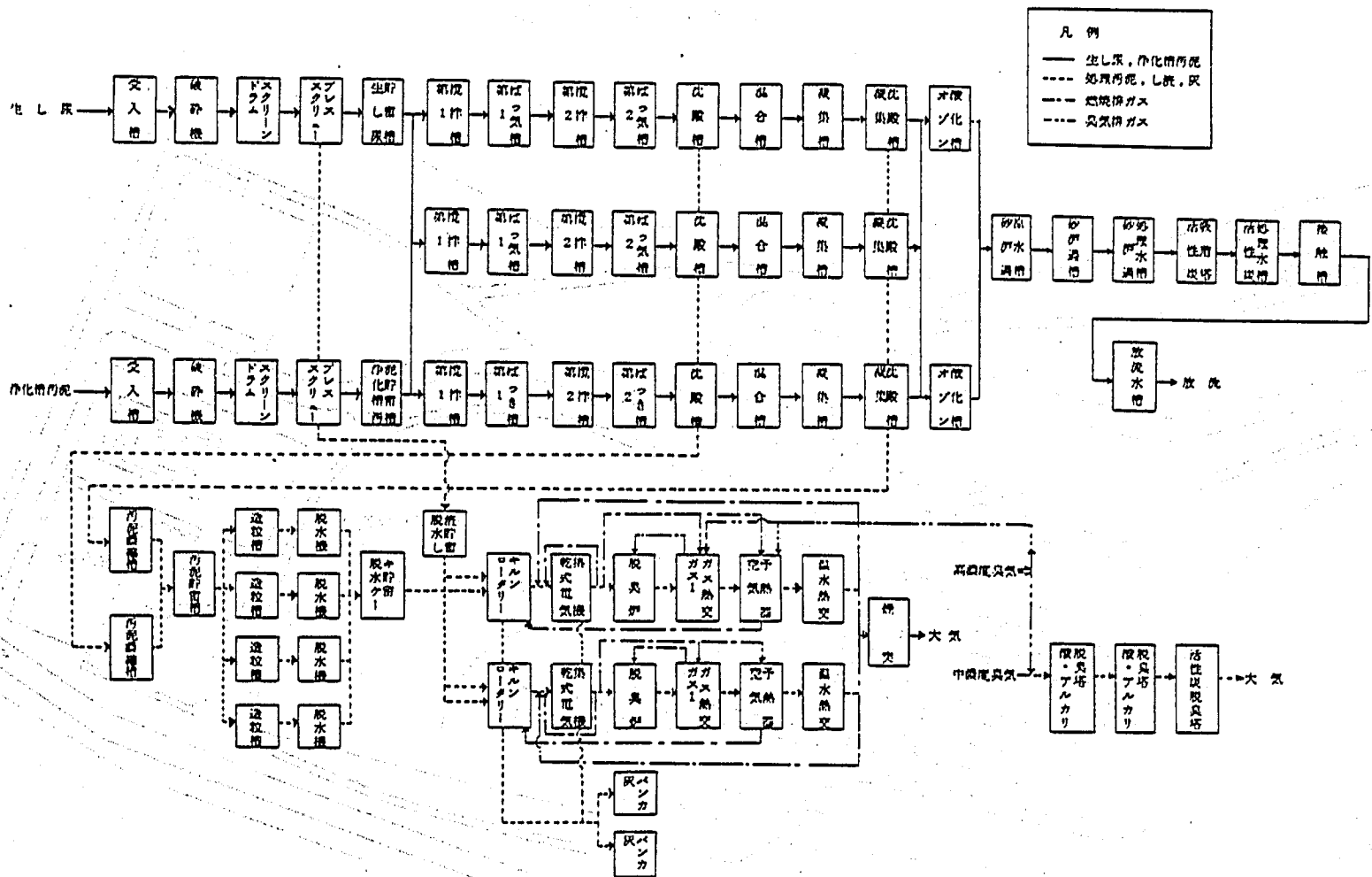


図 5-2 調査対象し尿処理場の処理工程図

表5-5 処理場の運転状況

昭和59年2月1日

	し尿	浄化槽汚泥	合 計
受入量 $k\ell$	153.0	27.2	180.2
投入量 $k\ell$	140.3	60.1	200.4

汚泥脱水量 m^3	156 (2.1%)
脱水ケーキ量 t	22.9 (85.7%)
ポリマー使用量 kg	30

希釈水量 m^3	放流水量 m^3
1729	2074

し 渣 焼 却 量 t	0.7
汚 泥 焼 却 量 t	16.0
キルン灯油使用量 ℓ	1532
脱臭灯油使用量 ℓ	2315
灯 油 総 使 用 量 ℓ	3847
灰 搬 出 量 m^3	0

	1系	2系	3系
し 尿 投 入 量 $k\ell$	70.2		70.1
浄化汚泥投入量 $k\ell$	30.1		30.0
消 泡 水 量 m^3/H	25		26
循 環 水 量 m^3/H	320		325
返 送 汚 泥 量 m^3/H	42		42
硝 酸 化 槽 空 気 量 m^3/H	2950		2450
再曝気槽空気量 m^3/H	290		220
硝 酸 化 槽 pH	6.8		6.6
メタノール注入量 ℓ/H	10.5		0
余剰汚泥引抜量 $m^3/日$	93.6		84.0
凝沈汚泥引抜量 $m^3/日$	21.6		21.6
硫酸ソド注入量 m^3/H	pH・5.3 自動		pH・5.3 自動
硫酸ソド注入率 mg/ℓ	—		—
ポリマー注入量 ℓ/H	20.8		20.8
ポリマー注入率 mg/ℓ	1		1
混 合 槽 pH	5.0		5.2

オゾン発生量 kw	No 1 20	No 2 —
オゾン注入率 mg/ℓ	13.5	

	No 1	No 2	No 3
活性炭通水量 m^3/H	36	35	37
新炭供給量 kg	0	90	0

記 事

搬入車床水使用量 $21 m^3$

時 刻	風 速	風 向
3 : 00	5 m/s	
9 : 00	2 m/s	
15 : 00	2 m/s	
21 : 00	1 m/s	

表5-6 処理場の運転状況

昭和59年2月2日

	し尿	浄化槽汚泥	合計
受入量 kl	174.0	69.0	243.0
投入量 kl	140.1	60.3	200.4

希釈水量 m^3	放流水量 m^3
1730	2014

	1系	2系	3系
し尿投入量 kl	70.1		70.0
浄化汚泥投入量 kl	30.1		30.2
消泡水量 m^3/H	26		27
循環水量 m^3/H	325		335
返送汚泥量 m^3/H	40		42
硝化槽空気量 m^3/H	3000		2450
再曝気槽空気量 m^3/H	285		220
硝化槽 pH	6.8		6.6
メタノール注入量 l/H	10.5		0
余剰汚泥引抜量 $m^3/日$	96.0		84.0
凝沈汚泥引抜量 $m^3/日$	21.6		22.8
硫酸バンド注入量 m^3/H	PH・5.3 自動		PH・5.3 自動
硫酸バンド注入率 mg/l	—		—
ポリマー注入量 l/H	20.8		20.8
ポリマー注入率 mg/l	1		1
混合槽 pH	5.4		5.4

オゾン発生量	Na 1 20	Na 2 —
オゾン注入率	13.8	

	Na 1	Na 2	Na 3
活性炭通水量 m^3/H	37	35	36
新炭供給量 kg	—	—	90

汚泥脱水量 m^3	156(2.2%)
脱水ケーキ量 t	23.5(85.4%)
ポリマー使用量 kg	45

し渣焼却量 t	1.4
汚泥焼却量 t	26.5
キルン灯油使用量 l	1596
脱臭炉灯油使用量 l	2405
灯油総使用量 l	3001
灰搬出量 m^3	—

記事

搬入車床水使用量 $18m^3$

時刻	風速	風向																
3:00	1 m/s	<table><tr><td>●</td><td>●</td><td>●</td><td>●</td><td>●</td><td>●</td><td>●</td><td>●</td></tr><tr><td>E</td><td>S</td><td>W</td><td>N</td><td>E</td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	●	●	●	●	●	●	●	●	E	S	W	N	E			
●	●	●	●	●	●	●	●											
E	S	W	N	E														
9:00	0 m/s	<table><tr><td>●</td><td>●</td><td>●</td><td>●</td><td>●</td><td>●</td><td>●</td><td>●</td></tr><tr><td>E</td><td>S</td><td>W</td><td>N</td><td>E</td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	●	●	●	●	●	●	●	●	E	S	W	N	E			
●	●	●	●	●	●	●	●											
E	S	W	N	E														
15:00	3 m/s	<table><tr><td>●</td><td>●</td><td>●</td><td>●</td><td>●</td><td>●</td><td>●</td><td>●</td></tr><tr><td>E</td><td>S</td><td>W</td><td>N</td><td>E</td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	●	●	●	●	●	●	●	●	E	S	W	N	E			
●	●	●	●	●	●	●	●											
E	S	W	N	E														
21:00	0 m/s	<table><tr><td>●</td><td>●</td><td>●</td><td>●</td><td>●</td><td>●</td><td>●</td><td>●</td></tr><tr><td>E</td><td>S</td><td>W</td><td>N</td><td>E</td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	●	●	●	●	●	●	●	●	E	S	W	N	E			
●	●	●	●	●	●	●	●											
E	S	W	N	E														

表 5 - 7 水質試験成績

昭和 59 年 2 月 1 日

項目	サンプル名	硝 酸 化 槽			沈 殿 槽 上 澄 液			凝 集 沈 殿 処 理 水			砂 3 周 処理水	放流水
		1 系	2 系	3 系	1 系	2 系	3 系	1 系	2 系	3 系		
水 温 (°C)		24.8	—	25.5	23.0	—	23.5	22.6	—	23.0	22.6	21.8
色 度 (度)		—	—	—	212	—	214	51	—	48	9	2
透 視 度 (cm)		—	—	—	14.5	—	17.2	50.0以上	—	50.0以上	50.0以上	50.0以上
PH		6.88	—	6.70	7.29	—	7.05	5.21	—	4.97	5.99	6.45
SS (mg / ℓ)		—	—	—	8.3	—	6.6	4.8	—	4.1	0.7	Tr
MLSS (mg / ℓ)		8400	—	7700	—	—	—	—	—	—	—	—
COD (mg / ℓ)		—	—	—	53.5	—	54.7	21.0	—	21.0	11.5	4.7
BOD (mg / ℓ)		—	—	—	18.6	—	14.1	0.4	—	0.3	0.8	1.4
NO ₂ -N (mg / ℓ)		Tr	—	Tr	0.1	—	Tr	—	—	—	—	Tr
NO ₃ -N (mg / ℓ)		31.4	—	31.2	1.7	—	2.4	—	—	—	—	1.5
NH ₃ -N (mg / ℓ)		1.3	—	1.4	1.1	—	1.1	—	—	—	—	0.2
有機性-N (mg / ℓ)		—	—	—	3.5	—	3.7	—	—	—	—	Tr
T-N (mg / ℓ)		—	—	—	6.4	—	7.2	—	—	—	—	1.7
Cl ⁻ (mg / ℓ)		—	—	—	303	—	325	—	—	—	—	286
PO ₄ ³⁻ (mg / ℓ)		—	—	—	51.4	—	66.6	1.1	—	1.2	—	0.1
M-アルカリ度 (mg / ℓ)		—	—	—	192	—	178	—	—	—	—	—

表 5 - 8 水質試験成績

昭和 59 年 2 月 2 日

項 目	サンプル名	硝 酸 化 槽			沈 殿 槽 上 澄 液			凝 集 沈 殿 処 理 水			砂 3 周 処理水	放流水
		1 系	2 系	3 系	1 系	2 系	3 系	1 系	2 系	3 系		
水 温 (°C)		24.5	—	25.5	23.7	—	24.0	23.0	—	23.4	22.7	22.6
色 度 (度)		—	—	—	212	—	210	48	—	48	8	2
透 視 度 (cm)		—	—	—	15.0	—	16.5	50.0以上	—	50.0以上	50.0以上	50.0以上
PH		(7.0)	(—)	(6.5)	7.14	—	7.03	5.29	—	5.10	6.03	6.25
SS (mg / ℓ)		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.3
MLSS (mg / ℓ)		8300	—	7600	—	—	—	—	—	—	—	—
COD (mg / ℓ)		—	—	—	—	—	—	—	—	—	12.1	6.8
BOD (mg / ℓ)		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
NO ₂ -N (mg / ℓ)		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
NO ₃ -N (mg / ℓ)		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
NH ₃ -N (mg / ℓ)		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
有機性-N (mg / ℓ)		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
T-N (mg / ℓ)		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Cl ⁻ (mg / ℓ)		—	—	—	291	—	315	—	—	—	—	272
PO ₄ ³⁻ (mg / ℓ)		—	—	—	—	—	—	1.0	—	1.5	—	0.1
M-アルカリ度 (mg / ℓ)		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

5.4. 調査結果及び考察

5.4.1 調査期間中の気象観測結果

- (1) 調査項目：風向、風速、日射量、放射収支量、温度
- (2) 期 間：昭和58年1月30日午後～2月2日午前
- (3) 天 気：調査期間中の天気図を図5-3に示す。

1月30日夜半から31日にかけて、東京地方に大雪を降らせた低気圧が去り、悪臭調査を実施した2月1、2日は晴の良い天気であった。

(4) 気象観測結果

気象観測の結果を図5-4～図5-9、表5-10～表5-12及び以下に示す。

1) 風 速

図5-8に風速階級別出現頻度を示すが、関東地方に大雪を降らした低気圧が通過した1月31日は風速階級3.5～5.4 m/sの比較的強い風が吹き、これが去った2月1日、2日の両日は、風速階級0.5～1.4 m/sの出現頻度が最も多い緩やかな日であった。

2) 風 向

気象観測期間中の風配図及び風向出現頻度表を図5-9及び表5-10に示した。1月31日以外の3日間は、風が弱く風向の変動も激しかったが、主風向は北系の風であった。

3) 大気安定度

大気安定度を推定する方法は種々考察されているが、必要情報の入手の容易さ、適用範囲の広さ等の実際的な面からパスキル(Pasquill)の方法が用いられることが多い。表5-9にパスキルの分類法を日本の気象の特徴に合わせて修正したものが示してあるが、これが多く用いられているので、ここでもこの方法を用いて、大気安定度を分類することとする。

本分類法は、風速、日射量及び放射収支量によって大気安定度AからG(強不安～強安定)まで10階級に分けたものである。ただし、風速2 m/s未満の夜間は安定度が設定されていないが、ここでは強安定Gとする(原子力安全研究協議会)

表5-9の分類表に従った気象観測期間中の大気安定度を表に示す。2月1日、2日の日中は、日射が強く、不安定な大気安定度であった。

表5-9 パスキル安定度階級分類表 (原安協報告-40, 1973)

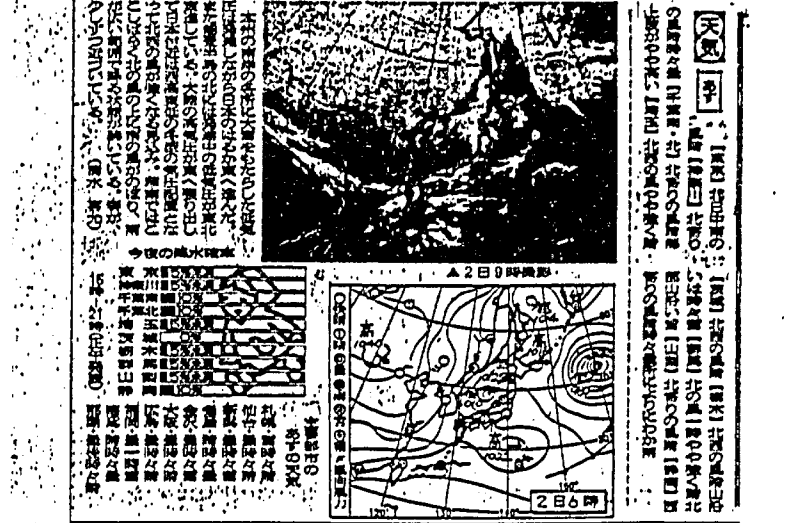
風速 (V) m/s	日射量 (T) cal cm ⁻² hr ⁻¹				放射収支量 (Q) cal cm ⁻² hr ⁻¹		
	T ≥ 50	50 > T ≥ 25	25 > T ≥ 12.5	12.5 > T	Q > -1.8	-1.8 ≥ Q > 3.6	-3.6 ≥ Q
v < 2	A	A-B	B	D	D	G	G
2 ≤ v < 3	A-B	B	C	D	D	E	F
3 ≤ v < 4	B	B-C	C	D	D	D	E
4 ≤ v < 6	C	C-D	D	D	D	D	D
6 ≤ v	C	D	D	D	D	D	D

- 注 (1) 放射収支量は地面から上方へ向う量を負とする。
 なお、夜間の放射収支量はふつうは負であるが、まれに正となることがある。
- (2) 日射量、放射収支量とも観測時前10分間の平均値をとる。
- (3) 日中（日の出～日の入り）は日射量を用い、夜間（日の入り～日の出）は放射収支量を用いる。
- (4) 日射量、放射収支量の単位としては cal cm⁻² hr⁻¹ を用いる。
- (5) 風速区分はパスキル法（日本式）による。

昭和 59 年 2 月 1 日 (水) [曇]



昭和 59 年 2 月 2 日 (木) [晴]



昭和 59 年 1 月 30 日 (月) [曇]



昭和 59 年 1 月 31 日 (火) [雪]



図 5 - 3 気象観測当日の天気図

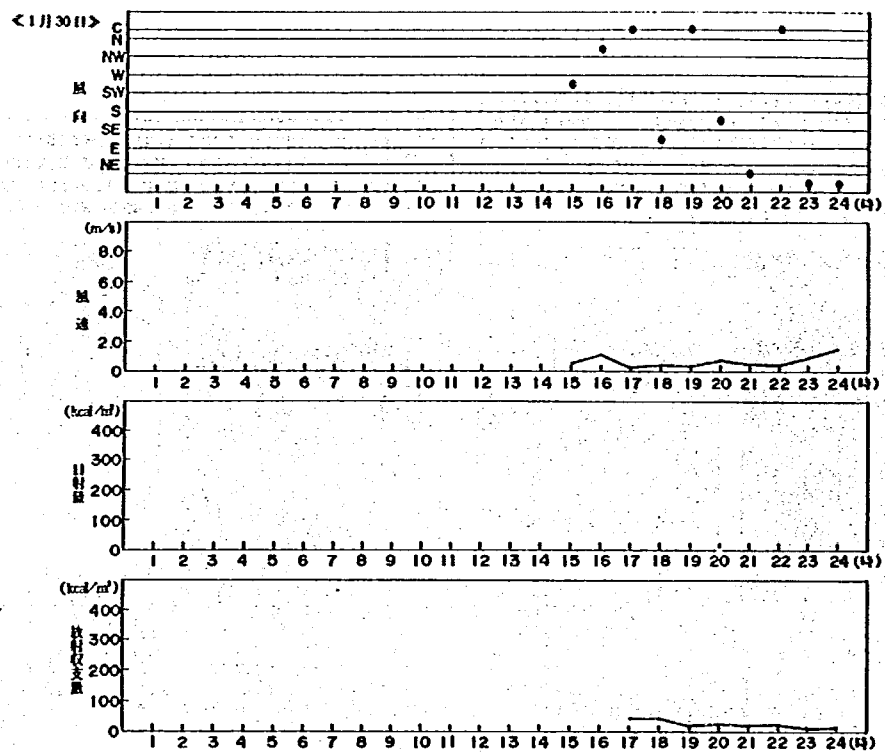


図5-4 気象観測結果 (s59.1.30)

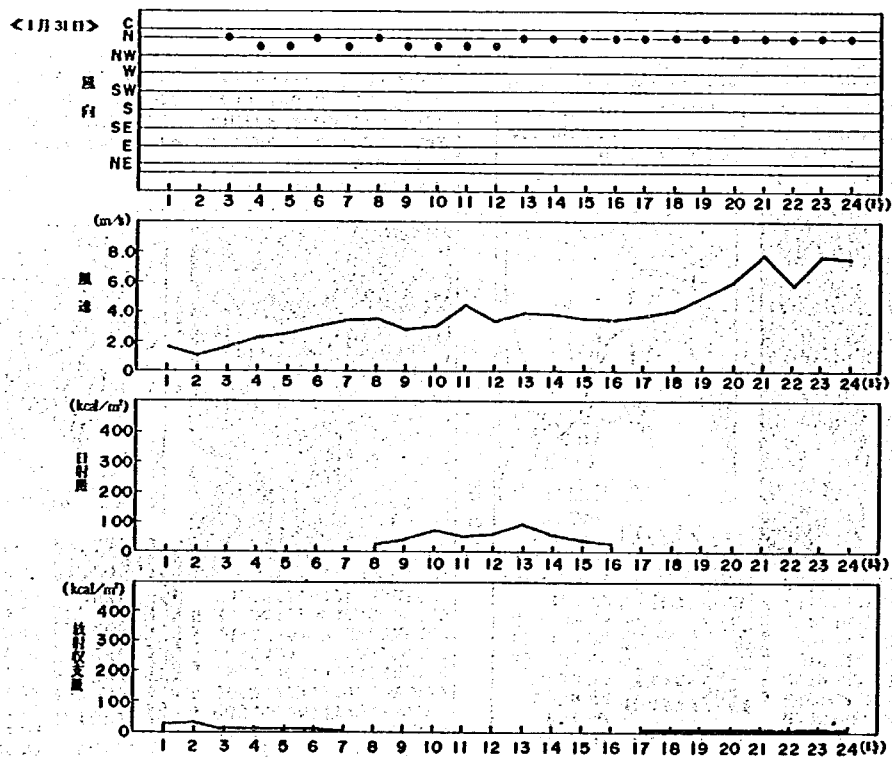


図5-5 気象観測結果 (s59.1.31)

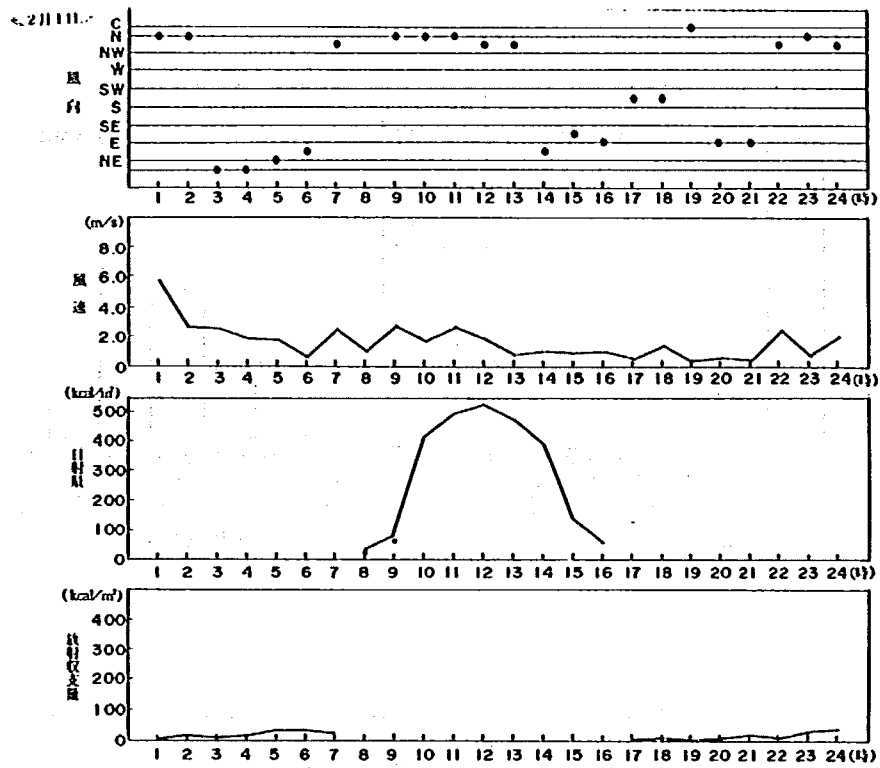


図5—6 気象観測結果 (s59.2.1)

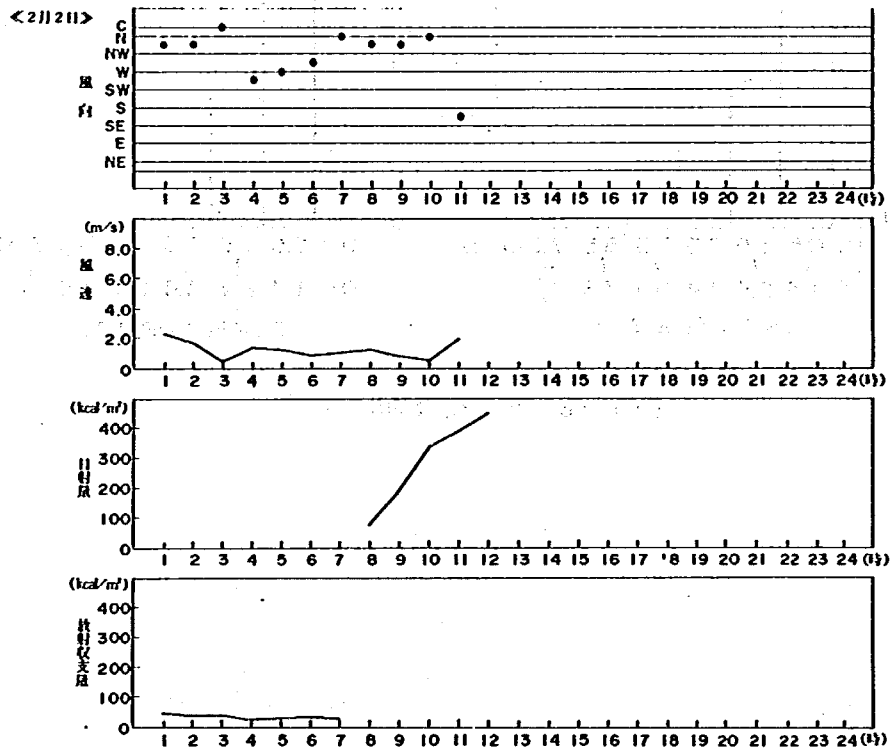


図5—7 気象観測結果 (s59.2.2)

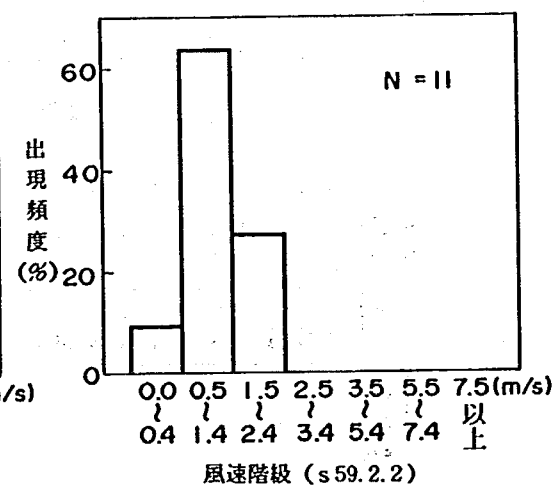
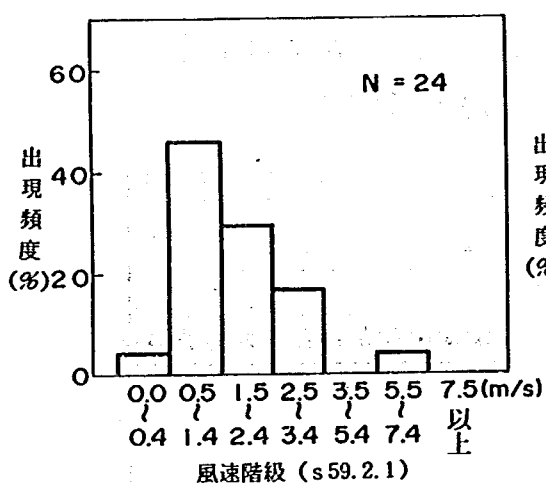
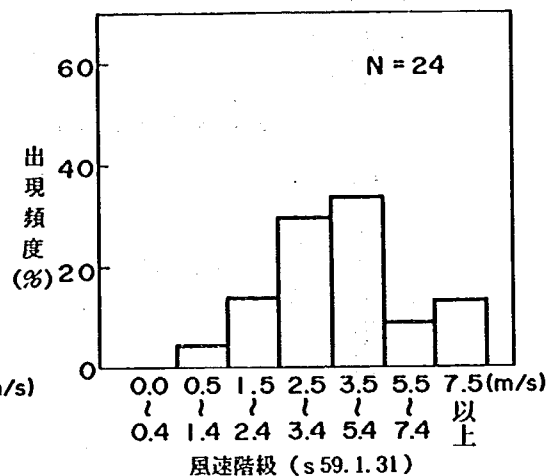
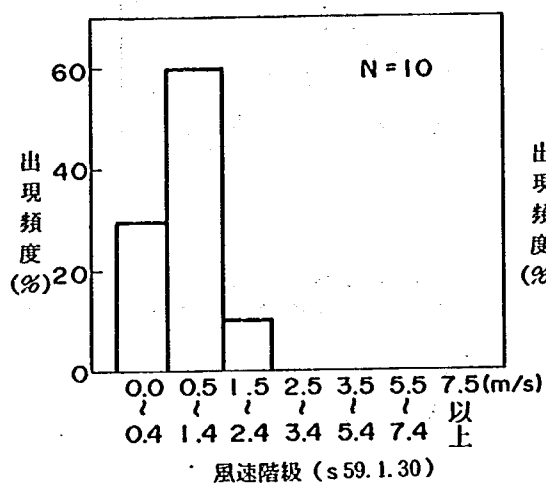


圖 5—8 風速階級別出現頻度

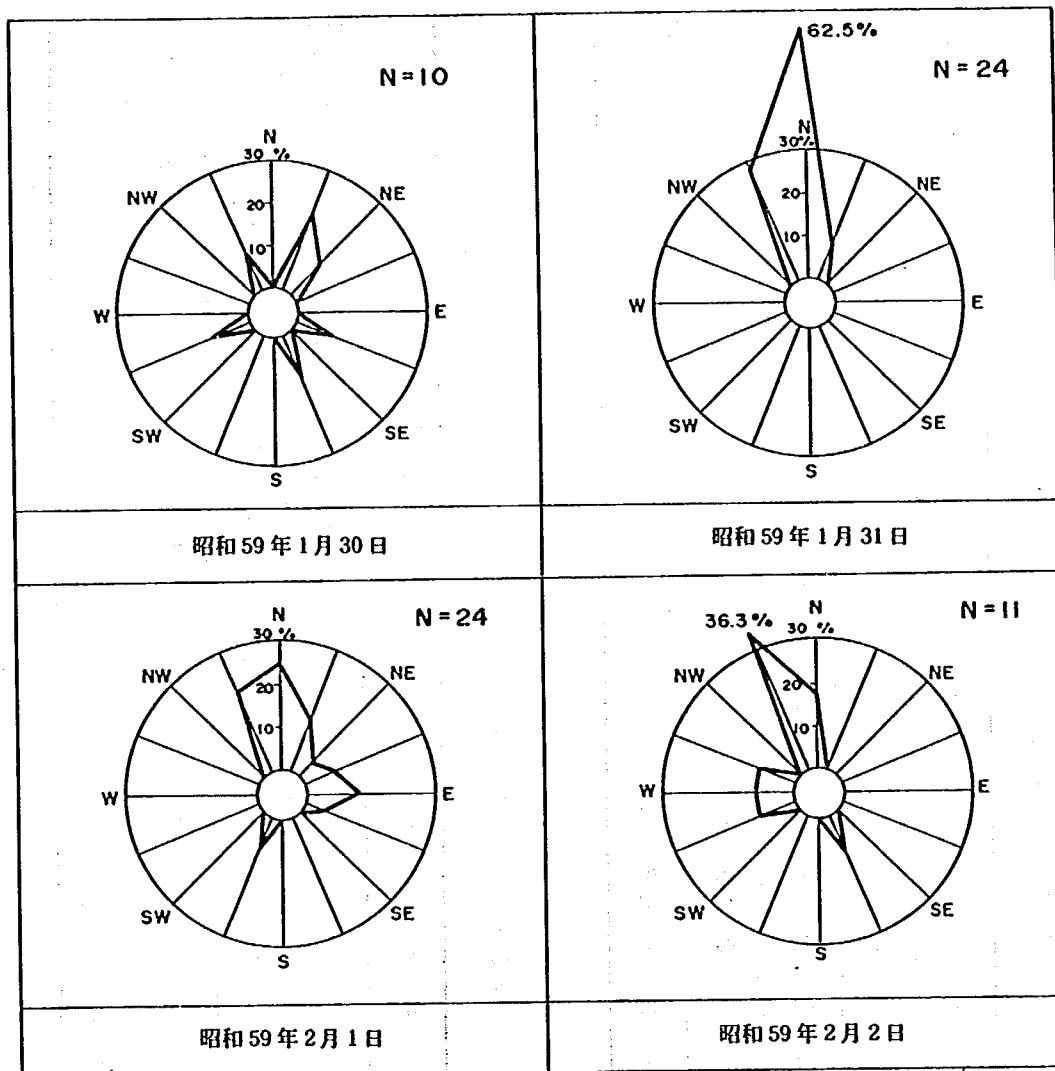


図5-9 風 配 図

表5-10 風向出現頻度表

月 日	観測時間	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	C	計
1月30日	15時 ~ 24時	2 (20.0)	1 (10.0)			1 (10.0)		1 (10.0)				1 (10.0)				1 (10.0)		3 (30.0)	10 (100.0)
1月31日	11時 ~ 24時	2 (8.3)														7 (29.2)	15 (62.5)		24 (100.0)
2月1日	11時 ~ 24時	3 (12.5)	1 (4.2)	2 (8.3)	3 (12.5)	1 (4.2)				2 (8.3)						5 (20.8)	6 (25.0)	1 (4.2)	24 (100.0)
2月2日	11時 ~ 11時							1 (9.1)				1 (9.1)	1 (9.1)	1 (9.1)		4 (36.3)	2 (18.2)	1 (9.1)	11 (100.0)

表5-11 大氣安定度

時刻 月日		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
01	30																D	G	G	G	G	G	G	D	D
01	31	G	G	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
02	01	D	D	D	D	G	G	E	D	D	A-B	B	A	A-B	A-B	B	D	D	D	D	D	G	D	G	F
02	02	F	G	G	G	G	G	G	D	B	A-B	A-B													

表5-12 氣溫觀測結果

単位: °C

時刻 月日		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
01	30															5.0	4.8	3.0	1.1	0.7	0	0	-0.1	0.1	0.3
01	31	0	-0.9	-1.0	-0.7	-0.5	-0.8	-1.1	1.8	-1.4	-1.1	-1.0	-0.9	-0.8	-1.0	-1.0	-0.9	-0.2	0	0	0	0	0	0	0.1
02	01	0.1	0.1	0.8	0.6	0	-1.0	-0.9	0	2.2	3.5	4.0	5.0	6.0	6.6	6.0	5.1	4.1	4.3	3.8	2.2	2.4	2.5	2.0	1.9
02	02	0.6	-0.3	-1.8	-2.2	-1.5	-2.0	-2.5	-1.5	0	2.0	6.0													

5.4.2 臭気調査結果

(1) 発生源調査結果

高濃度系及び低濃度系脱臭装置の入口、出口臭気の測定結果を表5-13、5-14に示す。

高濃度系脱臭装置出口の臭気については、臭気濃度が100程度であったが、悪臭の原因となる硫化水素、メチルメルカプタンがほとんど除去されており、臭気の質も燃焼刺激臭であるので悪臭苦情の原因とはならないものと思われた。また低濃度系臭気については、脱臭装置入口の臭気濃度も低く、出口の臭気濃度も20程度と低いものであった。参考として表5-16に脱臭効率を示す。

表5-13 高濃度系臭気の測定結果

測定箇所	採取日時	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	臭気濃度試験採取時の状況	
							臭気強度	臭気の質
高濃度系脱臭装置入口	2月1日 13時35分	7,300	5.1	0.9	2.5	0.3	4	酸化し尿臭
高濃度系脱臭装置出口	2月1日 13時25分	980	< 0.05	< 0.05	0.14	0.05	3	燃焼刺激臭
同上	2月1日 13時45分	1,300	< 0.05	< 0.05	0.07	0.06	3	燃焼刺激臭
同上	2月1日 14時00分	3,100	0.50	< 0.05	0.17	0.05	3	燃焼刺激臭
高濃度系脱臭装置入口	2月2日 11時12分	17,000	12.5	1.7	3.0	0.3	4	酸化し尿臭
高濃度系脱臭装置出口	2月2日 11時15分	730	0.04	< 0.02	0.03	< 0.02	3	燃焼刺激臭
同上	2月2日 11時30分	1,300	< 0.05	< 0.05	0.05	< 0.05	3	燃焼刺激臭
同上	2月2日 11時45分	310	< 0.05	< 0.05	0.05	< 0.05	3	燃焼刺激臭

表5-14 低濃度系臭気の測定結果

測定箇所	採取日時	臭気濃度	硫化水素 (ppm)	メチルメルカプタン (ppm)	硫化メチル (ppm)	二硫化メチル (ppm)	臭気濃度試験採取時の状況	
							臭気強度	臭気の質
低濃度系脱臭装置入口	2月1日 10時29分	420	0.12	< 0.01	0.008	< 0.01	1~2	し尿臭
低濃度系脱臭装置出口	2月1日 10時35分	20	< 0.001	< 0.001	0.007	0.005	1	燃焼排ガス臭
同上	2月1日 11時05分	36	< 0.001	< 0.001	0.007	0.005	1~2	
同上	2月1日 11時30分	30	< 0.001	< 0.001	0.007	0.006	1~2	
低濃度系脱臭装置入口	2月2日 10時00分	230	0.005	< 0.001	0.001	0.001	2	し尿臭
低濃度系脱臭装置出口	2月2日 10時00分	10	0.001	< 0.001	0.004	< 0.001		
同上	2月2日 10時01分	24	< 0.001	< 0.001	0.003	0.004	0~1	
同上	2月2日 10時17分	17	< 0.001	< 0.001	0.003	0.004	< 1	
同上	2月2日 10時42分	13	< 0.001	< 0.001	0.003	0.003	0~1	

表5-16 脱臭効率

脱臭装置の種類	測定年月日	臭気濃度		脱臭効率 (%)
		脱臭装置入口	脱臭装置出口 (幾何平均値)	
高濃度系脱臭装置	59. 2. 1	7, 300	1, 600	78. 1
	59. 2. 2	17, 000	670	96. 1
低濃度系脱臭装置	59. 2. 1	420	28	93. 3
	59. 2. 2	230	17	92. 6

(2) 環境調査結果

臭気調査を臭気排出口の風下環境で行ったが、臭気はほとんど感知されなかった。そこで本調査では臭気濃度及び臭気物質濃度の測定を行っても測定値を得ることはできないものと思われたので、臭気強度を10秒ごとに5分間判定し、臭気強度から臭気濃度の推定を行うこととした。

臭気強度の測定記録を図5-10～5-21に示す。これによれば各測定点ともに臭気強度の判定結果はほとんど強度0であり、まれに強度1を感知される程度であった。臭気強度の判定尺度は表5-2に示すとおりであり、強度0が無臭、強度1がやっと感知できるに（検知 値）である。

し尿の臭気強度と臭気濃度との関係は現場臭気で試験された結果、次式のように示されている。

$$Y = 1.21 \log X + 0.86$$

ここでYは臭気強度、Xは臭気濃度である。すなわち臭気強度に対応する臭気濃度は、臭気強度1が臭気濃度1.3、臭気強度2が8.8、臭気強度3が59、臭気強度4が390、臭気強度5が2600となっている。したがって調査の結果、臭気強度が1の場合には臭気濃度に換算すると1.3となるが、各測定点における判定強度がほとんど0であるので臭気濃度は以下となる。

5.4.3 臭気の拡散予測

「M市衛生センター」の悪臭拡散予測シミュレーション方法を図5-22に示す。

本拡散計算は、単位時間当りの悪臭排出ガス量（O, E, R）を大気拡散式に適用する方法で、基本的には大気質の影響予測手法と同じである。本プログラムは、日本環境衛生センター

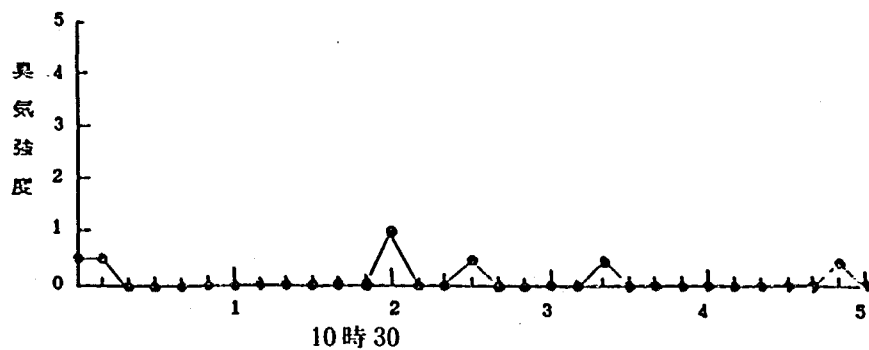


図5-10(a)

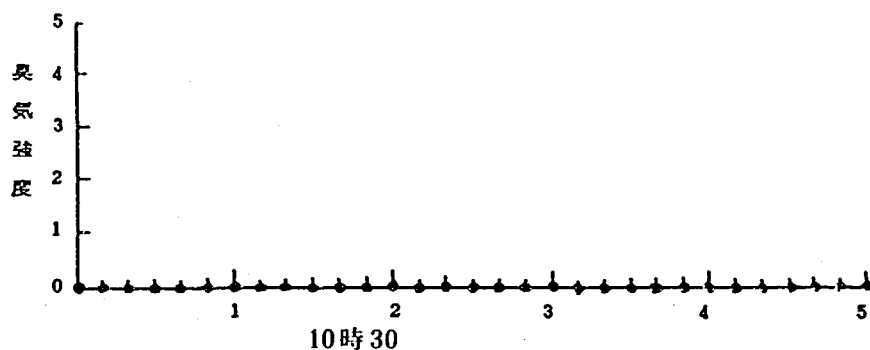


図5-10(b)

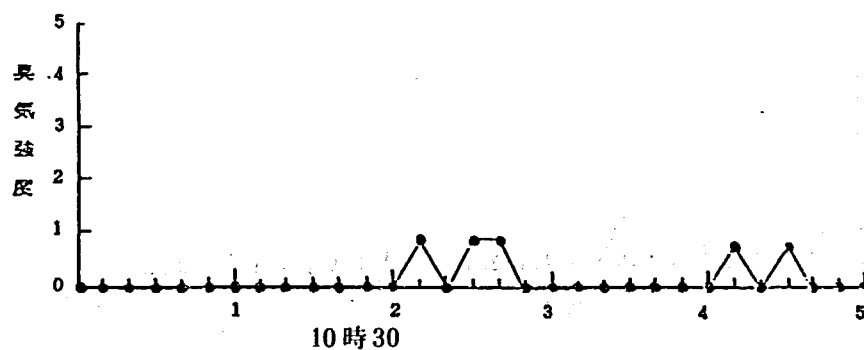


図5-10(c)

測定日 2月1日
風向 NNF~W
風速 0.5m/s

図5-10 低濃度系臭気排出口風下付近における臭気強度記録図

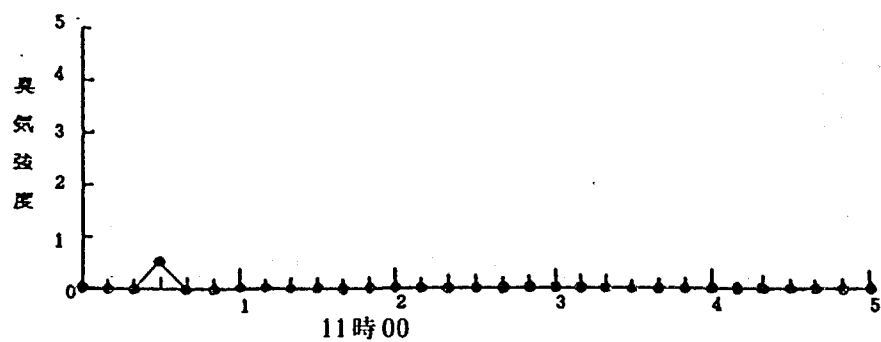


図5-11(a) 風下 50 m 付近における臭気強度

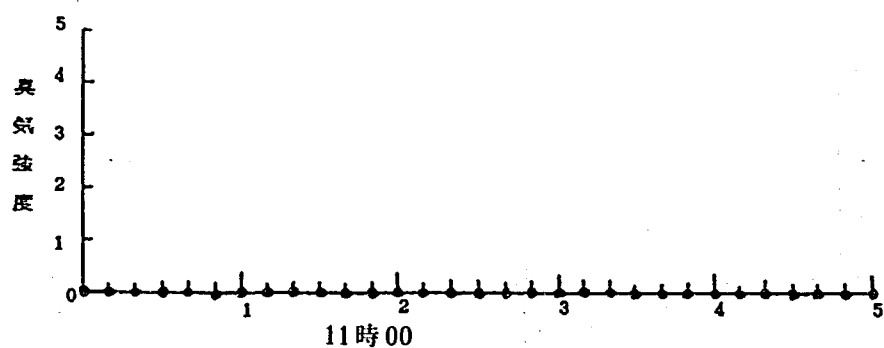


図5-11(b) 風下 120 m 付近における臭気強度

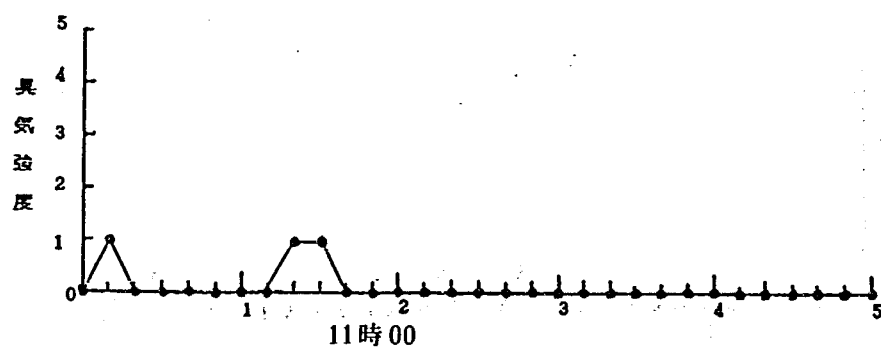


図5-11(c) 風下 170 m 付近における臭気強度

測定日 2月1日
風 向 N~NF

図5-11

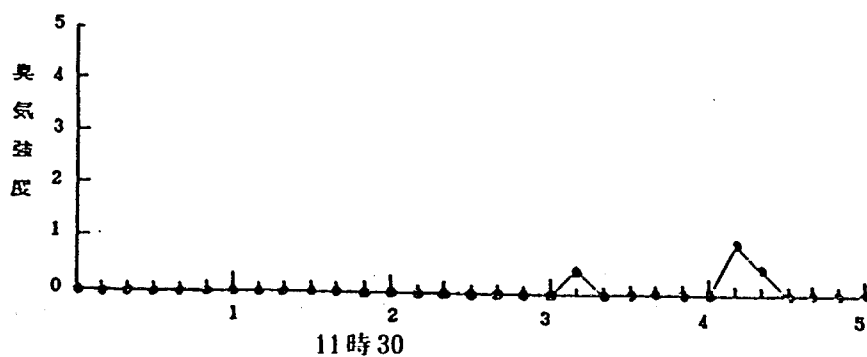


図5-12(a) 風下 50 m 付近における臭気強度

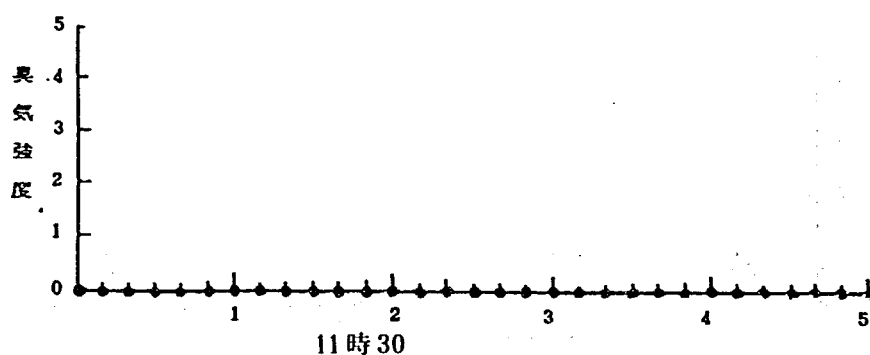


図5-12(b) 風下 120 m 付近における臭気強度

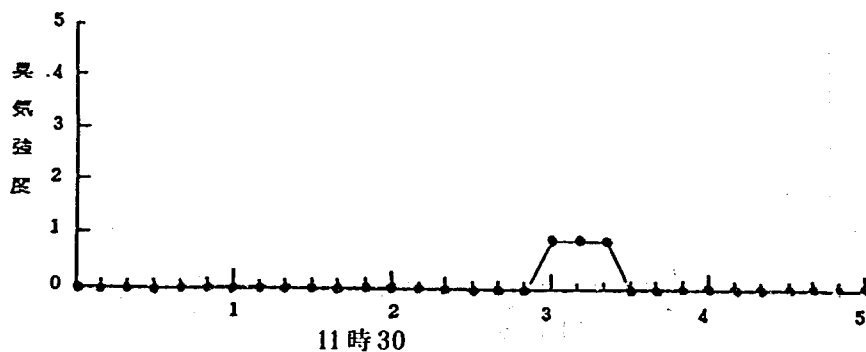


図5-12(c) 風下 170 付近における臭気強度

測定日 2月1日

風向 N

図5-12 低濃度系臭気排出口風下付近における臭気強度記録図

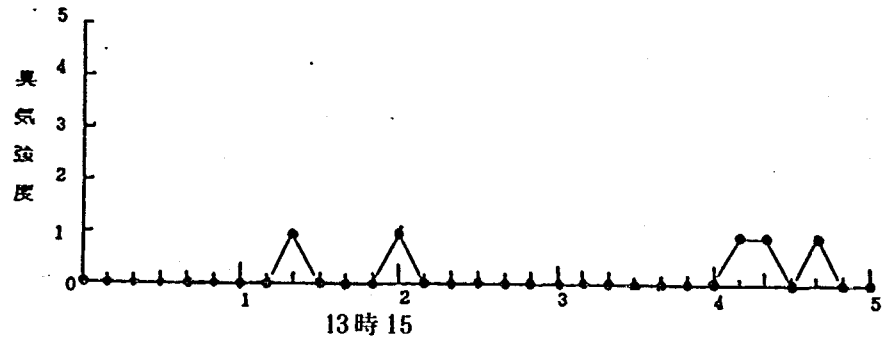


図5-13(a) 風下200 m付近における臭気強度

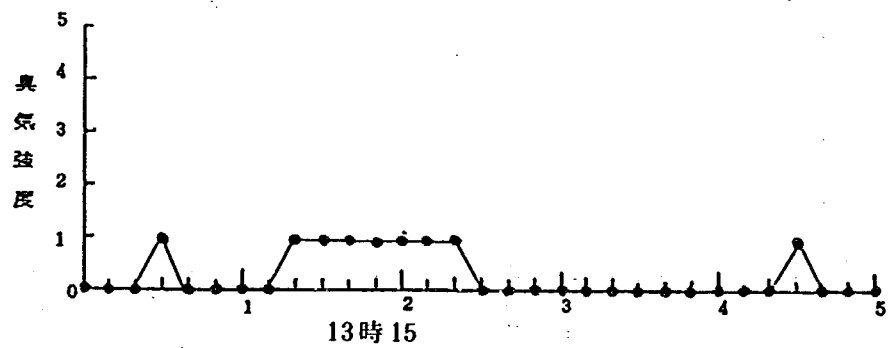


図5-13(b) 風下300 m付近における臭気強度

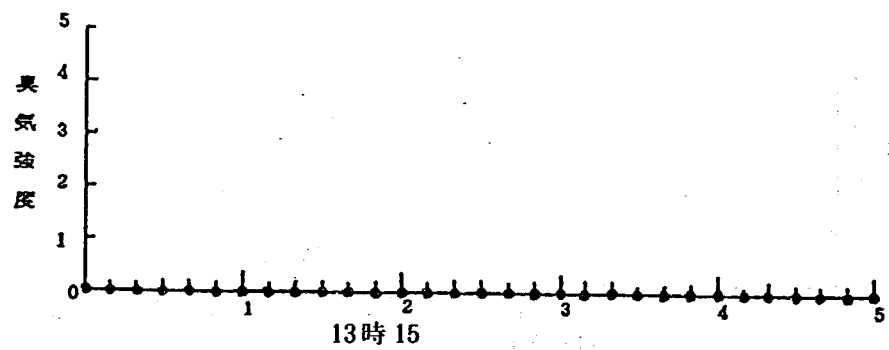


図5-13(c) 風下550 m付近における臭気強度

測定日 2月1日

風向 Calm

図5-13 高濃度系臭気排出口風下付近における臭気強度記録図

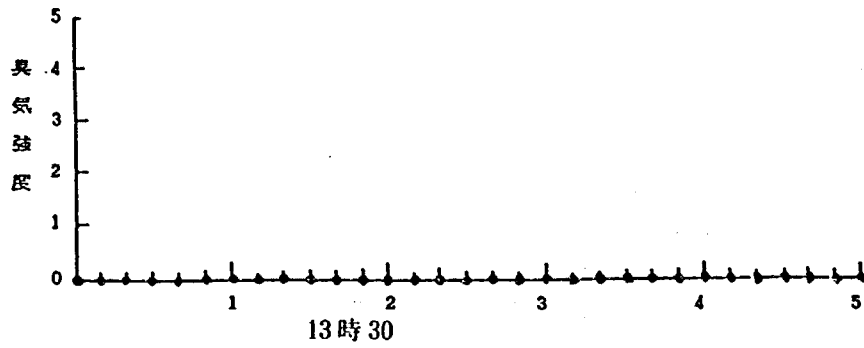


図5-14(a) 風下200 m付近における臭気強度

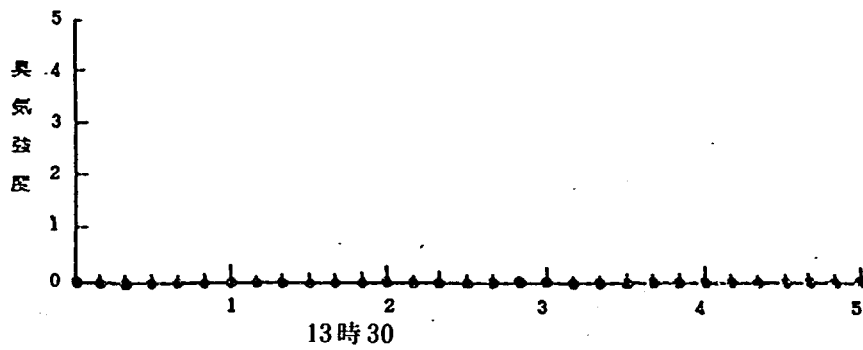


図5-14(b) 風下300 m付近における臭気強度

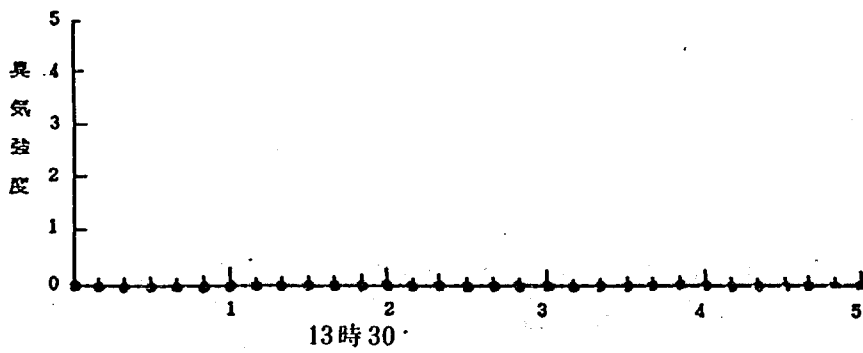


図5-14(c) 風下500 m付近における臭気強度

測定日 2月1日

図5-14 高濃度系臭気排出口風下付近における臭気強度記録図

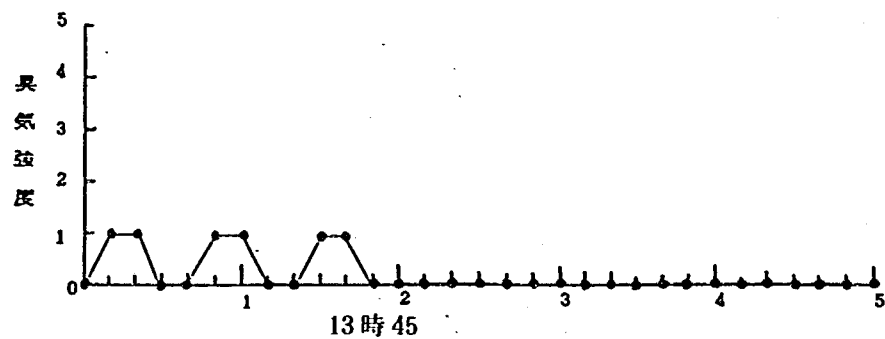


図5-15(a) 風下200 m付近における臭気強度

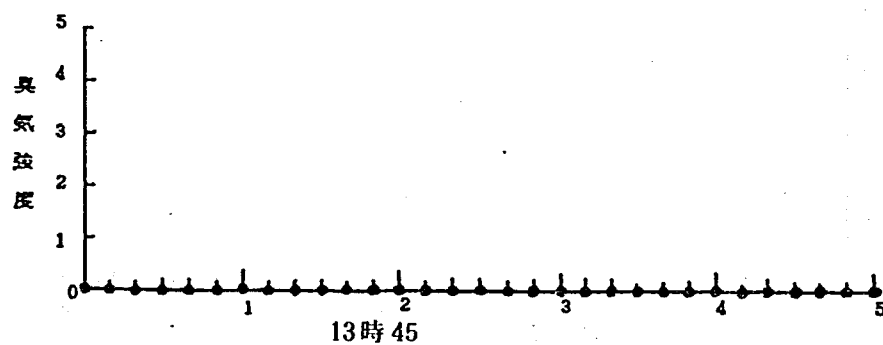


図5-15(b) 風下300 m付近における臭気強度

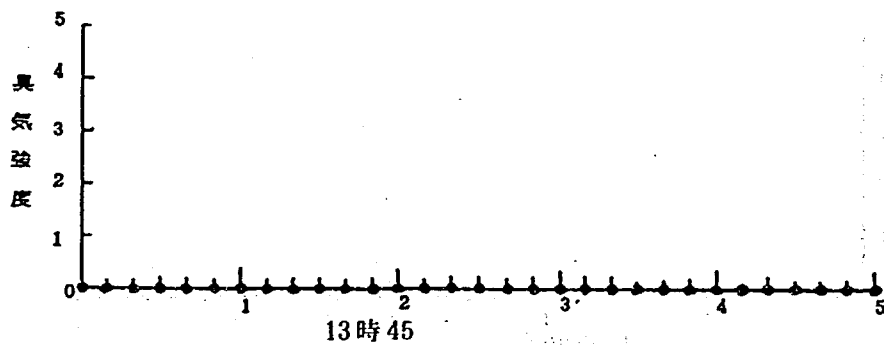


図5-15(c) 風下550 m付近における臭気強度

測定日 2月2日

風向 Calm

図5-15 高濃度系臭気排出口風下付近における臭気強度記録図

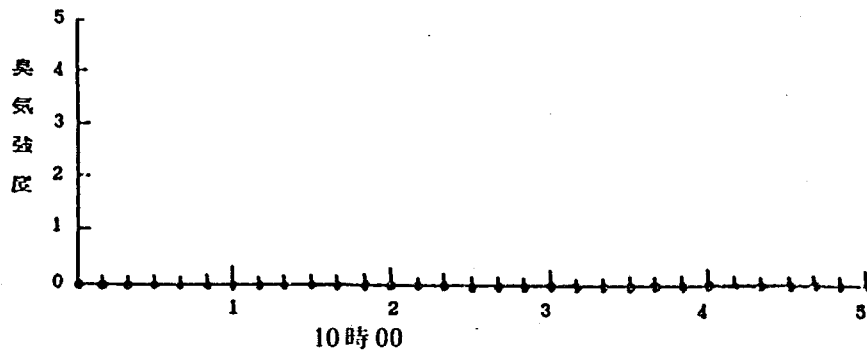


図5-16(a) 風下 50 m付近における臭気強度

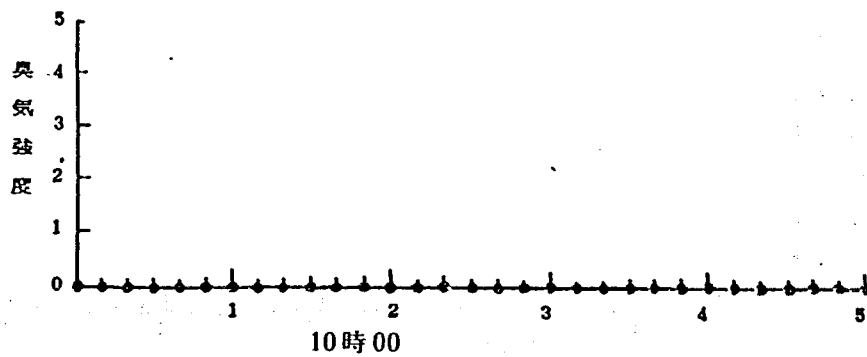


図5-16(b) 風下 70 m付近における臭気強度

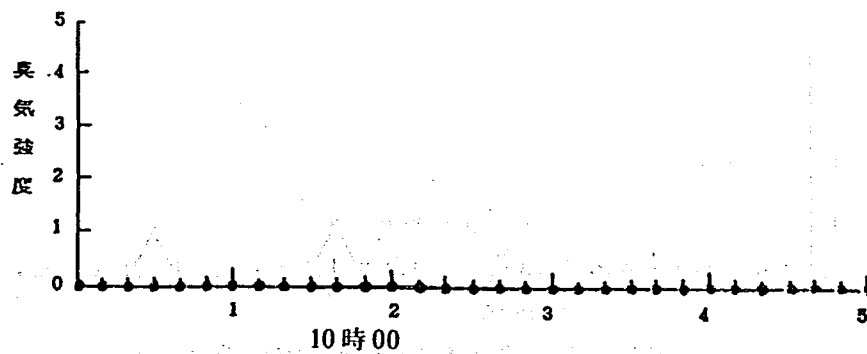


図5-16(c) 風下 120 m付近における臭気強度

測定日 2月2日
風向 Calm

図5-16 低濃度系臭気排出口風下付近における臭気強度記録図

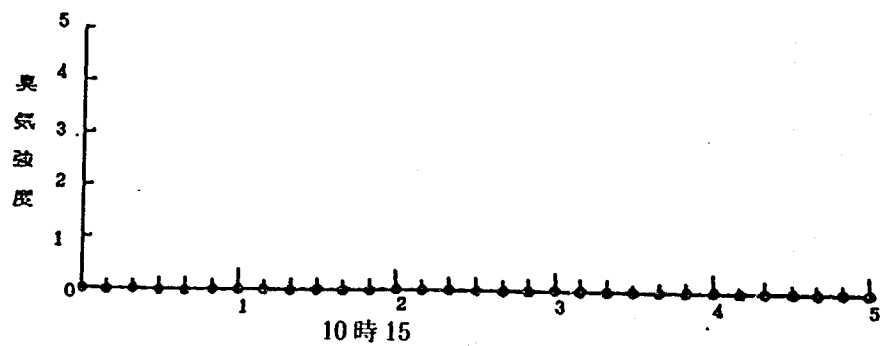


図5-17(a) 風下 50 m付近における臭気強度

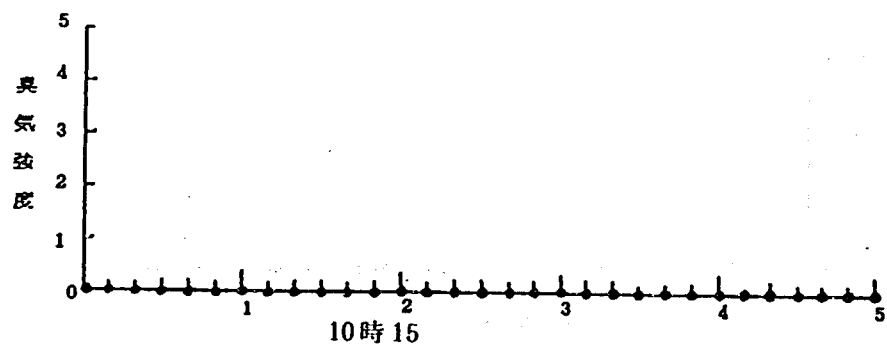


図5-17(b) 風下 70 m付近における臭気強度

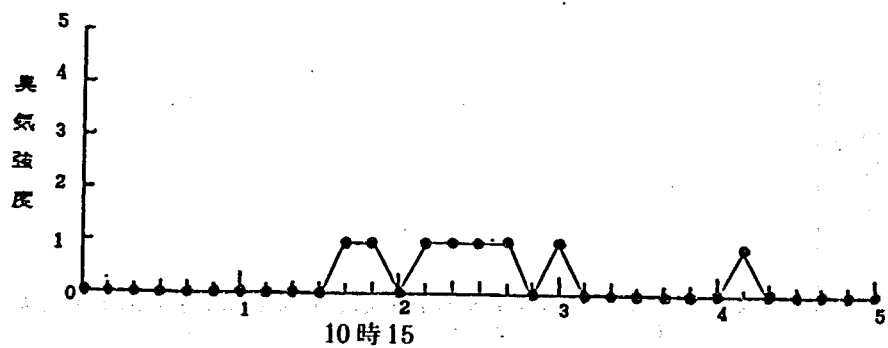


図5-17(c) 風下 120 m付近における臭気強度

測定日 2月2日

風 向 Calm

図5-17 低濃度系臭気排出口風下付近における臭気強度記録図

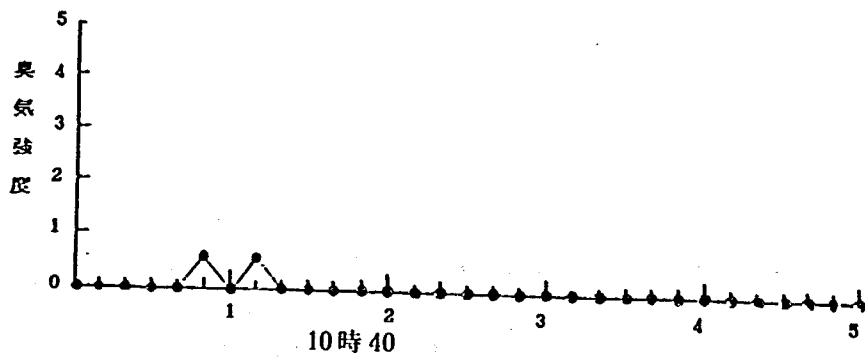


図5-18(a) 風下40 m付近における臭気強度

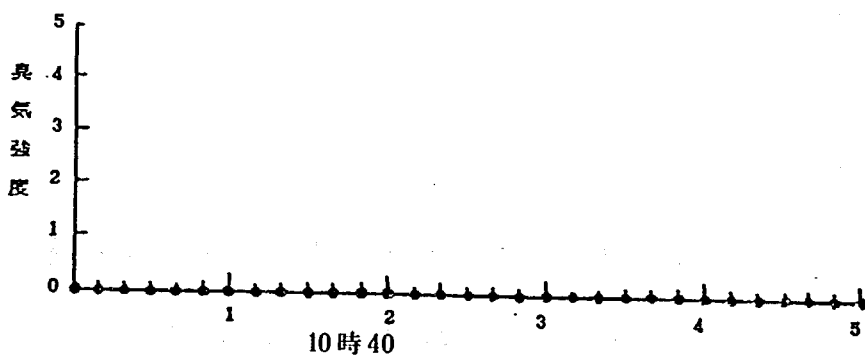


図5-18(b) 風下70 m付近における臭気強度

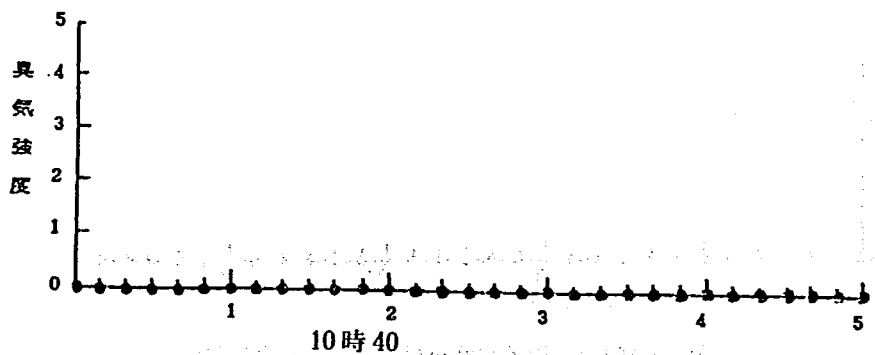


図5-18(c) 風下150 m付近における臭気強度

測定日 2月2日

風向 Calm

図5-18 低濃度系臭気排出口風下付近における臭気強度記録図

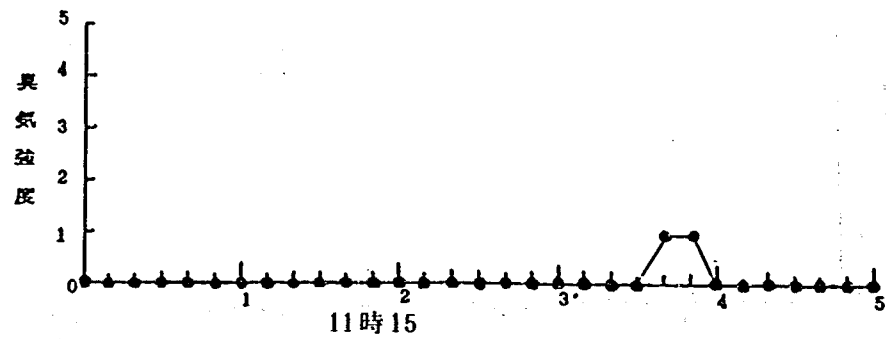


図5-19(a) 風下 150 m付近における臭気強度

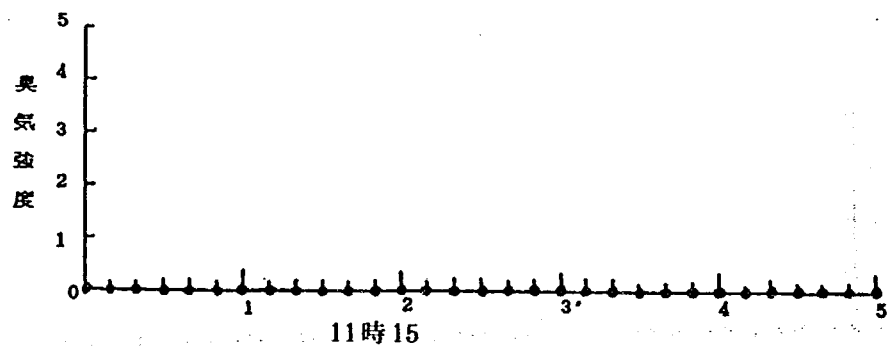


図5-19(b) 風下 300 m付近における臭気強度

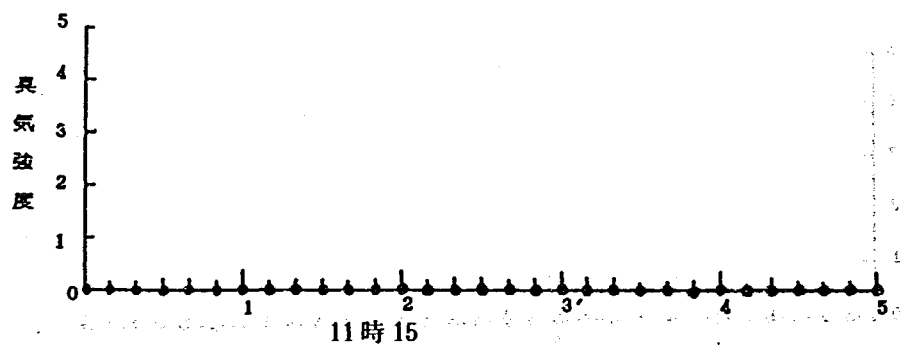


図5-19(c) 風下 600 m付近における臭気強度

測定日 2月2日
風 向 SSE~SE
風 速 1m/s

図5-19 高濃度系臭気排出口風下付近における臭気強度記録図

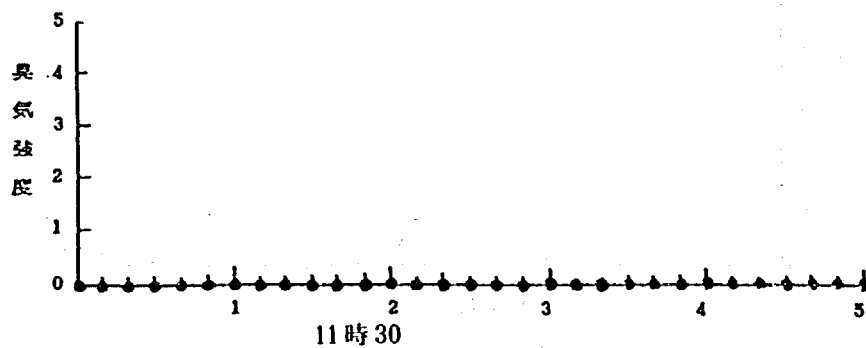


図5-20(a) 風下 150 m付近における臭気強度

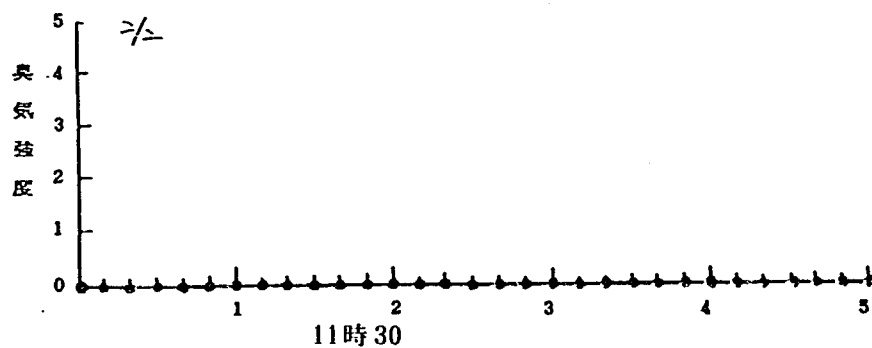


図5-20(b) 風下 300 m付近における臭気強度

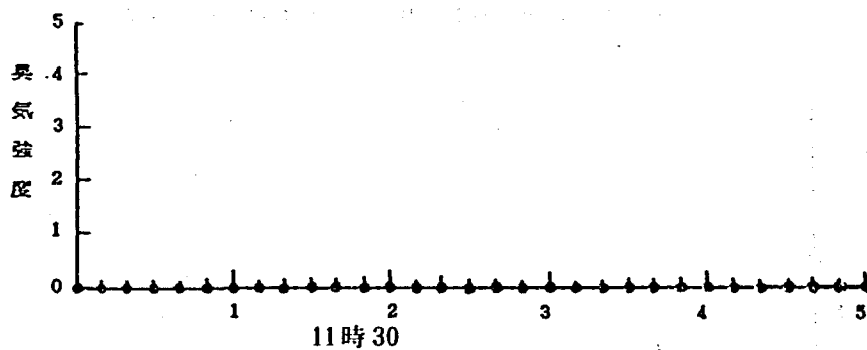


図5-20(c) 風下 600 m付近における臭気強度

測定日 2月2日

風向 Calm

図5-20 高濃度系臭気排出口風下付近における臭気強度記録図

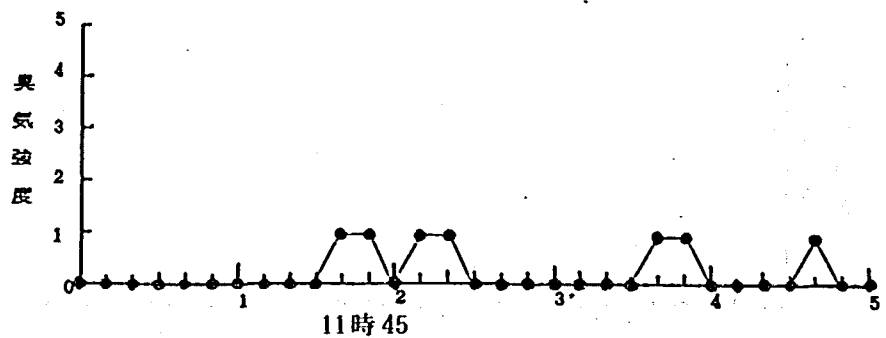


図 5 - 21 (a) 風下 150m 付近における臭気強度

測定日 2月2日

風 向

風 速

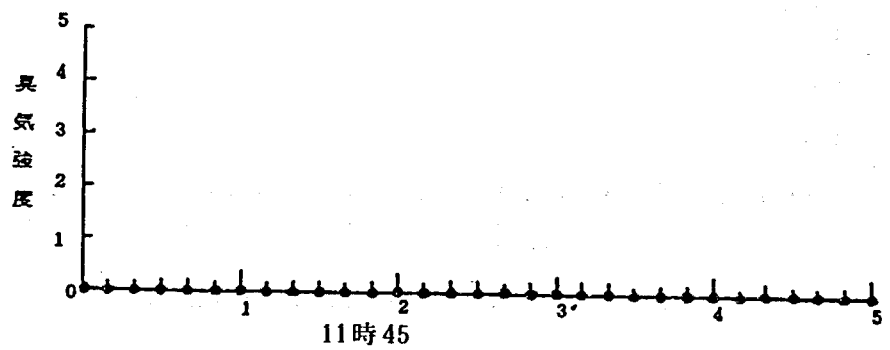


図 5 - 21 (b) 風下 300 m 付近における臭気強度

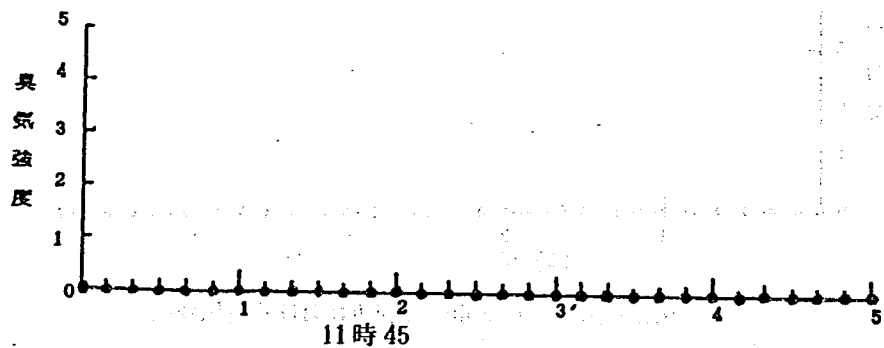


図 5 - 21 (c) 風下 600 m 付近における臭気強度

測定日 2月2日

風 向

風 速

図 5 - 21 高濃度系臭気排出口風下付近における臭気強度記録図

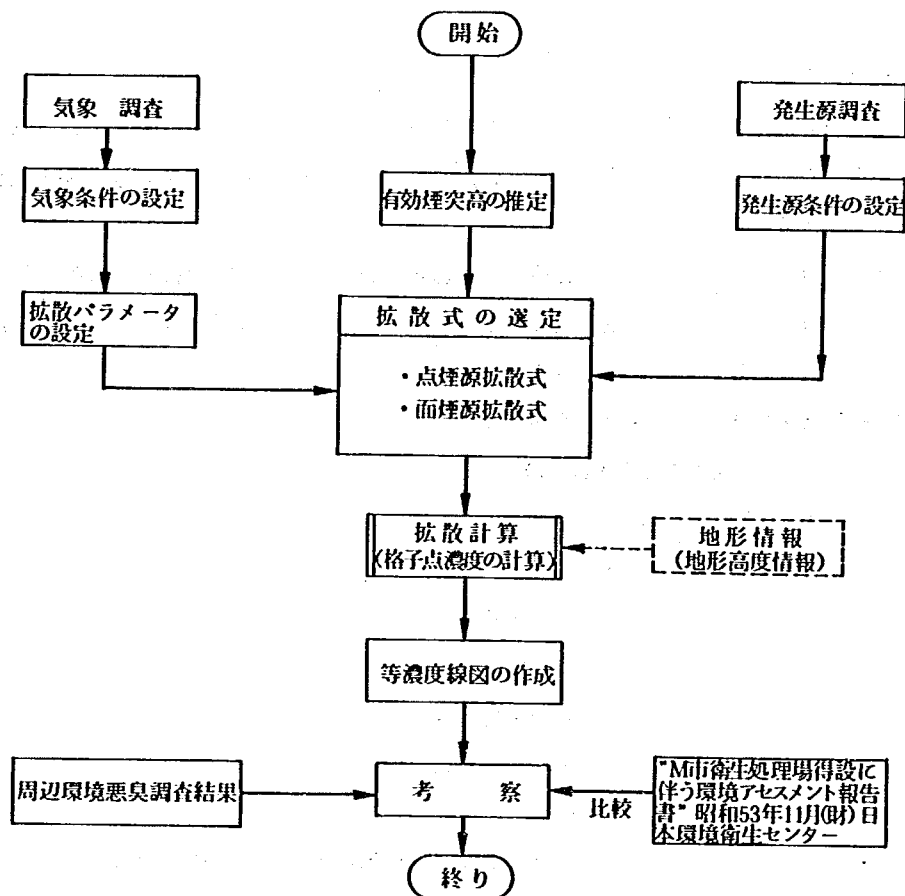


図 5.22 悪臭拡散予測シミュレーション手法の流れ

本拡散計算は、単位時間当りの悪臭排出ガス量（O, E, R）を大気拡散式に適用する方法で、基本的には大気質の影響予測手法と同じである。本プログラムは、日本環境衛生センターが、「窒素酸化物の総量規制マニュアル」（環境庁大気保全局大気規制課編）に沿って悪臭の拡散計算用に作成した。

が、「窒素酸化物の総量規制マニュアル」（環境庁大気保全局大気規制課編）に沿って悪臭の拡散計算用に作成したもの（プログラム名：ODORM）である。以下に拡散計算の概算を示す。

(1) 有効煙突高

煙突から排出される排ガスは、排ガス吐出速度と熱の浮力によってある一定の高さまで上昇する。この高さを排ガス上昇高と言い、この排ガス上昇高と実煙突高さを加えた高さが有効煙突高さである。

有効煙突高度を求める式は、実験式、理論式あわせて多数提案されているが、最も一般的に用いられており、「窒素酸化物の総量規制マニュアル」（環境庁大気保全局大気規制課編）に採用されている以下の式を用いる。

ア 有風時・弱風時（風速 ≥ 0.5 m/s）

コンカウエ（CONCAWE）の式

$$H_e = H_o + \Delta H$$

$$\Delta H = 0.175 \cdot Q_H^{1/2} \cdot U$$

$$Q_H = \rho \cdot C_p \cdot Q \cdot \Delta T$$

ただし、 H_e ：有効煙突高度（m）

H_o ：実煙突高度（m）

ΔH ：排ガス上昇高（m）

Q_H ：排出熱量（cal/s）

ρ ：排ガス密度（近似的に 1.225 g/m³ とする）

C_p ：定圧比熱（近似的に 0.24 cal/g $\cdot$ °K とする）

U ：風速（m/s）（於煙突高さ）

なお、弱風時（ $0.5 \leq U < 1.0$ m/s）の拡散式では、代表風速を 0.7 m/s でコンカウエの式を用いて計算した。

イ 無風時（ $U \leq 0.4$ m/s）

ブリッグス（Briggs）の式

$$H_e = H_o + \Delta H$$

$$\Delta H = 1.4 \cdot Q_H^{1/4} \cdot (d\theta/dZ)^{3/8}$$

ただし、日中： $d\theta/dZ = 0.003$ °C/m（平均的温度勾配）

夜間： $d\theta/dZ = 0.010$ °C/m（等温層）

その他の記号については、コンカウエの式の場合と同じである。

拡散式では、風向が不安定な微風状態でのベクトル的な風速の代表値として無風を扱っているのに対し、理論的な排出ガスの上昇高式では、スカラー量としての風速を扱ってい

る。そこで、拡散式の無風時では、ブリッグスの式の風速零の ΔH と有風時の排出ガス上昇高式で風速1 m/sの ΔH を計算し、無風拡散式に対応するスカラー的な風速として0.4 m/sを設定して線型内挿し、 ΔH の値を推定した。

以上拡散計算式に用いる有効煙突高の計算式をまとめると表5-15のようになる。

表5-15 有効煙突高の算出方法

有風時・弱風時 (風速 $U \geq 0.5$ m/s)	無風時 (風速 $U \leq 0.4$ m/s)
コンカウエの式(ただし、弱風時は風速0.7 m/sで代表する)	ブリッグスの無風時の式とコンカウエの式の線型内挿(風速0.4 m/sで代表する)

(2) 拡散式

1) 点煙源拡散式

ア 有風時

風速(U)が1.0 m/s以上の場合、点煙源拡散式はプルーム(Plume)式を用いるのが一般的である。

プルーム式による濃度は次により表わされる。

$$C(X, Y, Z) = \frac{Q_p}{2\pi \cdot \sigma_y \cdot \sigma_z \cdot U} \cdot \rho \times p \left(-\frac{Y^2}{2\sigma_z^2} \right) \left[\exp \left\{ -\frac{(Z-H_e)^2}{2\sigma_z^2} \right\} + \exp \left\{ -\frac{(Z+H_e)^2}{2\sigma_z^2} \right\} \right] \dots(1)$$

座標は煙源直下の地表面を原点とし、風下方向に X 軸、 X 軸と直角な水平方向に Y 軸、高さ方向に Z 軸をとる。(図5-23 参照)

Q_p : 点煙源排出強度 (m)

U : 風速 (m)

H_e : 有効煙突高 (m)

$C(X, Y, Z)$: 計算点(X, Y, Z)の濃度

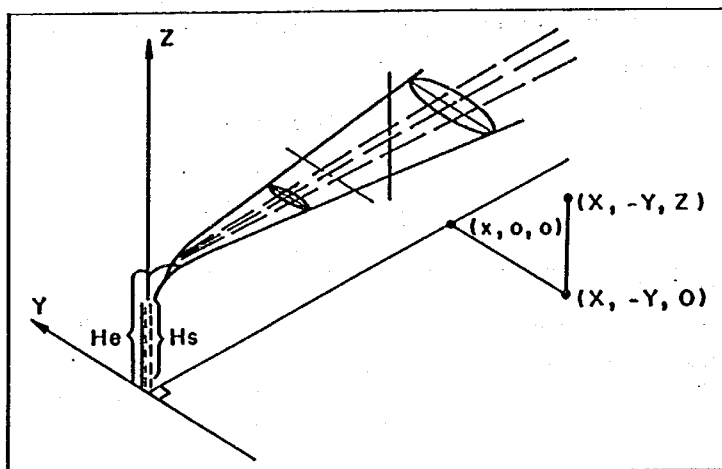


図5-23 拡散モデル座標図

上式に現われる σ_Y , σ_Z は、拡散パラメータと呼ばれており、各々 Y, Z 方向の煙の拡がりを表現するものである。

濃度の計算点を地表面 ($Z=0$) とすると、(1)式から次式が得られる。

$$C(X, Y) = \frac{Q_p}{\pi \cdot \sigma_Y \cdot \sigma_Z \cdot U} \cdot \exp\left(-\frac{Y^2}{2\sigma_Y^2}\right) \cdot \exp\left(-\frac{H_e^2}{2\sigma_Z^2}\right) \quad \dots(2)$$

さらに、主軸上着地濃度を求めるには、 $Y=0$ とおく。

$$C(X) = \frac{Q_p}{\pi \sigma_Y \cdot \sigma_Z \cdot U} \cdot \exp\left(-\frac{H_e^2}{2\sigma_Z^2}\right) \quad \dots(3)$$

次にこの主軸上着地濃度の最大値とその出現位置は、(3)式を X の関数で近似し、X で微分することによって求められる。

すなわち拡散パラメータ σ_Y , σ_Z を次のように X の関数で近似する。

$$\sigma_Y = \alpha X^a, \quad \sigma_Z = \beta X^b$$

次に(3)式を X で微分し、 $dc(X)/dx = 0$ において X について解く。

$$X_m = \left(\frac{b}{a+b}\right)^{\frac{1}{2b}} \cdot \left(\frac{H_e}{\beta}\right)^{\frac{1}{b}}$$

$$C_m = \frac{(1 + \frac{a}{b}) \cdot (\frac{1 - a/b}{2})^{\beta\%}}{\pi \cdot U \cdot \alpha \cdot H_e (1 + a/b)} \cdot \exp\left(-\frac{1 + \frac{a}{b}}{2}\right)$$

C_m : 最大着地濃度 (相対濃度) (m^3 / m^3)

X_m : 最大着地濃度地点 (m)

イ 無風・弱風時

有風時に使用するブルーム式は、導出の過程で風に沿った方向の拡散効果を移流の効果に比較して小さいと考え、この拡散効果を無視している。しかし風が弱くなると、双方の効果は同程度となり、更に風が弱くなると、拡散効果の影響の方が大きくなると考えられており、そのためにブルーム式は風速が小さくなると、精度が悪くなる。したがってブルーム式の適用可能な下限を経験的に 1 m/s に置いたわけである。

ここでは、無風時も含めて、風速 1 m/s 未満に使用できる拡散式について記すことにする。

なお、無風時の風速は、0.0 ~ 0.4 m/s、弱風時の風速は 0.5 ~ 0.9 m/s となっているので、計算に使用する際の代表風速としては、各々 0.0 m/s、0.7 m/s を想定する。

無風・弱風時の拡散式は、次のパフ式による。

$$C(X, Y, Z, T) = \frac{Q_P}{(2\pi)^{3/2} \sigma_x \sigma_y \sigma_z} \cdot \exp\left\{-\frac{(Z - U \cdot t)^2}{2 \sigma_x^2} - \frac{Y^2}{2 \sigma_y^2}\right\} \\ \cdot \left[\exp\left\{-\frac{(Z - H_e)^2}{2 \sigma_z^2}\right\} + \exp\left\{-\frac{(Z + H_e)^2}{2 \sigma_z^2}\right\} \right] \dots (4)$$

(4)式は瞬間点煙源に対応するもので、拡散パラメータ σ_x 、 σ_y 、 σ_z は、時間の関数である。ここで $Z=0$ (地上) とし、更に拡散パラメータが時間 t に比例すると考えて、それぞれの定数を α 、 γ とすれば、 σ_y 、 σ_z は、次のようになる。

$$\sigma_x = \sigma_y = \alpha \cdot t, \quad \sigma_z = \gamma \cdot t \quad t: \text{時間 (秒)}$$

これを連続排水源の定常状態に適用する。このとき X 方向に風が風速 U (m/s) で吹いていると仮定すると、次の式が得られる。したがって、無風時・弱風時には、この式を用

いる。

$$C(X, Y) = \frac{2 Q_p}{(2\pi)^{3/2} \cdot r \cdot \eta^2} \exp \left[-\frac{u^2}{2\alpha^2} \left\{ 1 + \sqrt{\frac{\pi}{2}} \cdot \frac{u \cdot x}{\alpha \cdot \eta} \right. \right. \\ \left. \left. \cdot \exp \left(\frac{u^2 \cdot X^2}{2\alpha^2 \cdot \eta^2} \right) \cdot \operatorname{erf} \left(-\frac{U \cdot X}{2\alpha \cdot \eta} \right) \right\} \right] \quad \dots(5)$$

ただし、

$$\eta^2 = X^2 + Y^2 + \frac{\alpha^2}{r^2} H_e^2, \quad \operatorname{erf}(W) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^W e^{-t^2} dt$$

上式において、有風時の場合と同様に、1つの風向内で濃度が一定であると仮定すると、次の式となる。

$$C(R) = \frac{2}{\pi} \cdot \frac{Q_p}{\frac{\pi r}{8}} \cdot \frac{1}{R^2 + \frac{\alpha^2}{r^2} \cdot H_e^2} \cdot \exp \left(-\frac{U^2 \cdot H_e^2}{2r^2} \right. \\ \left. \cdot \frac{1}{R^2 + \frac{\alpha^2 \cdot H_e^2}{r^2}} \right) \quad \dots(6)$$

ただし、 $R^2 = X^2 + Y^2$ R : 点煙源と計算点の水平距離

Q_p : 点煙源強度 (Nm^3/s)

U : 風速 (m/s)

H_e : 有効煙突高 (m)

また、無風時の全方位内濃度一様式は $U=0$ として次式を用いる。

$$C(R) = \frac{2 Q_p}{(2\pi)^{3/2} \cdot r} \cdot \frac{1}{R^2 + \frac{\alpha^2}{r^2} \cdot H_e^2} \quad \dots(7)$$

2) 面煙源拡散式

ア 有風時 ($U \geq 1.0 \text{ m/s}$)

いま図5-24に示すような1辺2aのメッシュの面煙源(面煙源強度を Q_A とする)

を考え、原点をこのメッシュの中心にとると風下 (x, y, z) における濃度 C (x, y, z) は、

$$C(x, y, z) = \left(\frac{2}{\pi}\right)^{1/2} \frac{Q_A}{U} \int_{x-a}^{x+a} \frac{1}{\sigma_z} \cdot F \cdot Y d\xi$$

$$Y = \int_{\frac{y-a}{\sigma_y}}^{\frac{y+a}{\sigma_y}} \phi(t) dt, \quad \phi(t) = \frac{1}{(2\pi)^{1/2}} \cdot \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right)$$

…(8)

ただし、Fは(1)の下記部分と同じである。

$$F = \exp\left\{-\frac{(Z-H_c)^2}{2\sigma_z^2}\right\} + \exp\left\{-\frac{(Z+H_c)^2}{2\sigma_z^2}\right\}$$

ここで、 Q_A : 面源強度 ($N m^3 / m^2 \cdot sec$)

となる。

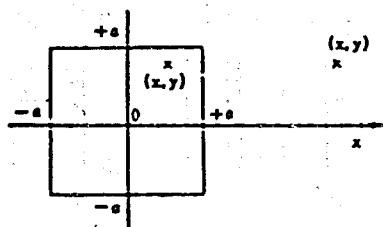


図5-24 面煙源モデル(1)

イ 無風時 ($U < 1 m/s$)

これは、面煙源のバフ・モデルということになり、濃度 C (x, y, z) は次式で示される。

$$C(x, y, z) = \frac{Q_A}{(2\pi)^{3/2} \cdot r} \cdot \exp\left(-\frac{U^2}{2\sigma^2}\right) \int_{y-a}^{y+a} \int_{x-a}^{x+a} F d\xi \cdot d\eta$$

…(9)

(3) 拡散パラメータ（拡散幅）

大気拡散式中で用いられている σ_y, σ_z は、拡散パラメータと呼ばれており、数値計算をする場合、これらのパラメータに一定の値を与える必要がある。この拡散パラメータの推定法は、多数提案されているが、最も一般的であるミードの大気安定度分類に対応するパスキル・ギフォードの拡散パラメータを用いることにする。

1) 有風時 ($U \geq 1.0 \text{ m/s}$)

パスキル・ギフォードの拡散パラメータを図5-25に示す。これはミードの大気安定度階級ごとに、風下距離との関係で、 σ_y, σ_z の値を示したものである。

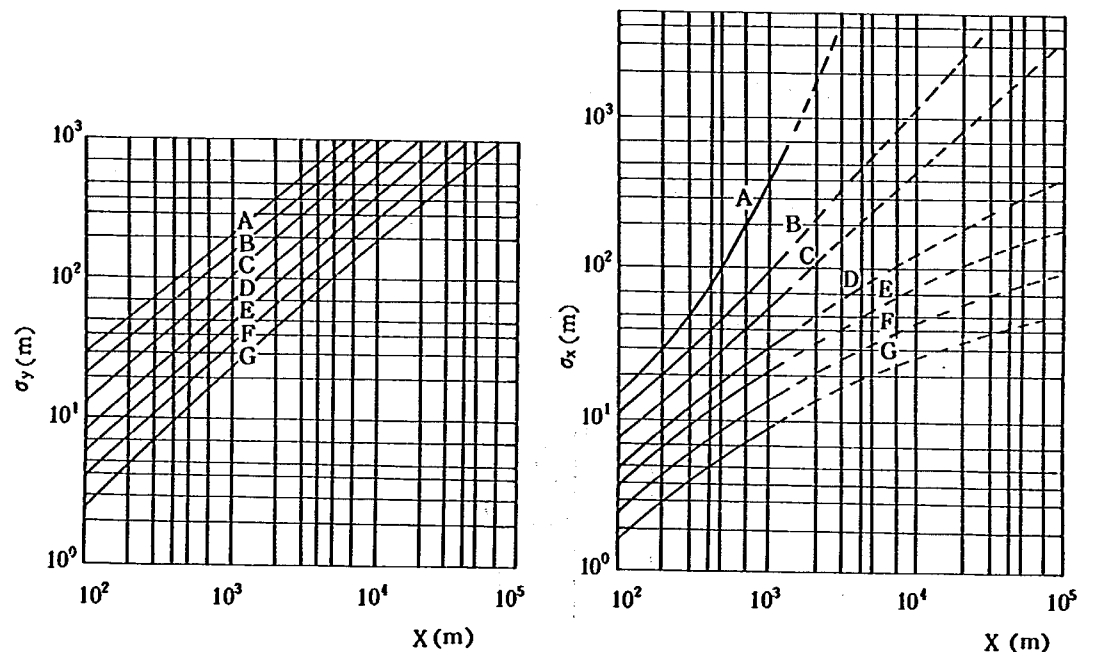


図5-25(a) Y方向拡散幅図（水平）

図5-25(b) Z方向拡散幅図（鉛直）

実際の計算では、これらの図から σ_y, σ_z を X の関数として表わして用いる。

近似関係の係数は表5-16と表5-17のようになる。

表5-16 水平拡散パラメータ係数表

安定度	a	b	風下距離 x (m)
A	0.901	0.426	0 ~ 1,000
	0.851	0.602	1,000 ~
B	0.914	0.282	0 ~ 1,000
	0.865	0.396	1,000 ~
C	0.924	0.1772	0 ~ 1,000
	0.885	0.232	1,000 ~
D	0.929	0.1107	0 ~ 1,000
	0.889	0.1467	1,000 ~
E	0.921	0.0864	0 ~ 1,000
	0.897	0.1019	1,000 ~
F	0.929	0.0554	0 ~ 1,000
	0.889	0.0733	1,000 ~
G	0.921	0.0380	0 ~ 1,000
	0.896	0.0452	1,000 ~

$$\sigma_y = a \cdot X^a$$

表5-17 鉛直拡散パラメータ係数表

安定度	b	β	風下距離 (m)
A	1.122	0.0800	0 ~ 300
	1.514	0.0085	300 ~ 500
	2.109	0.000212	500 ~
B	0.964	0.1272	0 ~ 500
	1.094	0.0570	500 ~
C	0.918	0.1068	0 ~
D	0.826	0.1046	0 ~ 1,000
	0.632	0.400	1,000 ~ 10,000
	0.555	0.811	10,000 ~
E	0.788	0.0928	0 ~ 1,000
	0.565	0.433	1,000 ~ 10,000
	0.415	1.732	10,000 ~
F	0.784	0.0621	0 ~ 1,000
	0.526	0.370	1,000 ~ 10,000
	0.323	2.41	10,000 ~
G	0.794	0.0373	0 ~ 1,000
	0.637	0.1105	1,000 ~ 2,000
	0.431	0.529	2,000 ~ 10,000
	0.222	2.17	10,000 ~

$$\sigma_z = \beta \cdot X^b$$

2) 無風・弱風時 ($U < 1.0 \text{ m/s}$)

従来、硫黄酸化物を対象としてシミュレーションを実施する場合は、 σ_y , σ_z を時間の関数として表示した例がないところから、ターナー安定度階級とその線図を利用して来たが、ターナー線図は、パスキル線図を時間の関数に変換したもので、ここで扱う弱風時や無風時の拡散パラメータに適しているとは言い難い。そのため硫黄酸化物を対象としたシミュレーションにおいて無風時の濃度を再現しようとするときは、地上気象観測値から、分類したターナー安定度をそのまま利用しても再現性が低く、汚染濃度の実態を説明するために、鉛直パラメータ σ_z を縮少し、水平パラメータ σ_y を拡大する等の修正を行って来た。硫黄酸化物を対象としたシミュレーションにおける従来のこのような経験を生かし、ここでは、新しい弱風時、無風時の拡散パラメータを設定することが適切である。したがってターナー安定度分類は使用せず、有風時と同じくパスキル安定度階級を利用する。これを表5-18に示す。

表5-18 無風、弱風時に係る拡散パラメータ

(a) 無風時 ($\leq 0.4 \text{ m/s}$) の α , r

安 定 度			
パスキルの分類	シェアの分類	α	r
A	-3	0.948	1.569
A-B	-3~-2	0.859	0.892
B	-2	0.781	0.474
B-C	-2~-1	0.702	0.314
C	-1	0.635	0.208
C-D	-1~0	0.542	0.153
D	0	0.470	0.113
E	1	0.439	0.067
F	2	0.439	0.048
G	3	0.439	0.029

(b) 弱風時 ($0.5 \sim 0.9 \text{ m/s}$) の α , r

安 定 度			
パスキルの分類	シェアの分類	α	r
A	-3	0.748	1.569
A-B	-3~-2	0.659	0.862
B	-2	0.581	0.474
B-C	-2~-1	0.502	0.314
C	-1	0.435	0.208
C-D	-1~0	0.342	0.153
D	0	0.270	0.113
E	1	0.239	0.067
F	2	0.239	0.048
G	3	0.239	0.029

表5-18(a)に無風時 ($U \leq 0.4 \text{ m/s}$) の拡散パラメータ(b)に弱風時 ($0.5 \leq U < 1.0 \text{ m/s}$) の拡散パラメータを示す。表に示した弱風時の α , r はターナー図における1時間間値を3,600で除したものであり、無風時の α , r は、経験的に α を大きくする必要があり、弱風時の濃度によく連動するように弱風時の α に0.2を加えたものである。

(4) 時間希釈係数

大気拡散濃度の予測を行うとき、最大濃度やその出現地点が注目される。特に短時間サンプリングによる正規型拡散式を利用して最高濃度を論じる場合は、平均化時間に対する考慮が必要となる。

平均化時間の濃度との関係を導き出す一つの方法として最高濃度そのものの比較を行う方法がある。

いまある平均化時間 t_A における最高濃度を C_A 、基準の平均化時間 t_B の最高濃度を C_B とすると、次式が成立する。

$$C_A / C_B = (t_A / t_B)^P$$

上式の P の値については、P. J. Meade は -0.2 になると報告している。一方、日野は Pice の雑音理論を利用して $P = -0.5$ を導いている。環境庁の「窒素酸化物総量規制マニュアル」では、「時間希釈係数は、単に観測時間だけの関数でなく、大気の状態、風速、地形等にも依存しているので、採用する場合は安全側に見積って $P = -0.2$ の数値が参考になる。」としている。

悪臭の場合は、一呼吸 $5 \sim 10$ 秒に感ずる臭気が問題となるので、大気拡散式より求めた値（約10分間値と言われている。）を5秒間平均値に変換することにする。従って下式のようになる。

$$C_A = C_B \times \left(\frac{5}{600} \right)^{-0.2} \div 2.61 \times C_B$$

ここでは、大気拡散式より求めた値を2.61倍した値を求める臭気濃度とした。

(5) 計算条件

1) 臭気排出条件

当処理場の場合、前述したように高濃度系臭気は、35.3 mの煙突から、一方低濃度系臭気は、脱臭処理（薬液洗浄、活性炭吸着処理）後、焼却炉室屋上から面煙源として排出されている。排出源の現況調査結果から、臭気の排出条件を表5-19のように設定した。また排出口の位置関係を、図5-26に示しておく。

なお、当処理場建設前の環境アセスメント調査では、この低濃度系臭気の排出口位置が高濃度系臭気排出口の煙突と同じ位置で高さだけが異なる点煙源として扱われている。

低濃度系排出口は、長方形であるため、予測式の関係上、一辺5.6 m ($a = 2.8$ m) の正方形に近似して計算を行った。

2) 計算領域

計算領域は、処理場をほぼ中心に50 m間隔のメッシュを東西方向に16メッシュ(800 m)、南北方向に28メッシュ(1400 m)とっている。発生源の位置を含めて、これらの計算領域を図5-27に示す。

表 5 - 19 排出条件入力条件（処理場全体）

排出口番号	排出座標		排出源高さ	排 出 条 件					備 考
	X (m)	Y (m)	地上高さ (m)	排出温度 (℃)	排出速度 (m/s)	臭気濃度	単位時間当りの排ガス量 ($\text{m}^3\text{N/s}$, $\text{m}^3\text{N/m}^2\cdot\text{s}$)	排出臭気強 : OER ($\text{m}^3\text{N/s}$, $\text{m}^3\text{N/m}^2\cdot\text{s}$)	
㊸ 高濃度計	462.5	525	35.3	257	2.8	1,800	$\text{m}^3\text{N/s}$ 2.08	$\text{m}^3\text{N/s}$ 3,744	2/1 PM測定
				220	3.7	780	$\text{m}^3\text{N/s}$ 2.95	$\text{m}^3\text{N/s}$ 2,301	2/2 AM測定
㊹ 低濃度計	450.0	532.5	10.0	22.5	1.2	29	$\text{m}^3\text{N/m}^2\cdot\text{s}$ 1.109	$\text{m}^3\text{N/m}^2\cdot\text{s}$ 32.15	2/1 AM測定
				22.5	2.8	18	$\text{m}^3\text{N/m}^2\cdot\text{s}$ 2.587	$\text{m}^3\text{N/m}^2\cdot\text{s}$ 46.56	2/2 AM測定

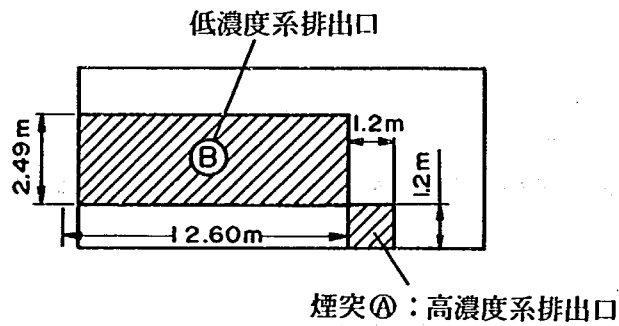


図 5 - 26 臭気排出口配置図（汚泥焼却室屋上）

3) 同辺地形

本プログラムは、地形効果をシミュレーションに反映させることができるようになってきているが、処理場周辺はそれほど起伏も激しくなく、ほぼ平坦地と見なすことができるので、濃度計算地点を0 mとして計算した。

4) 気象条件

周辺環境臭気調査を実施した2月1日及び2月2日の気象状況から次の4ケースについて拡散計算を実施した。

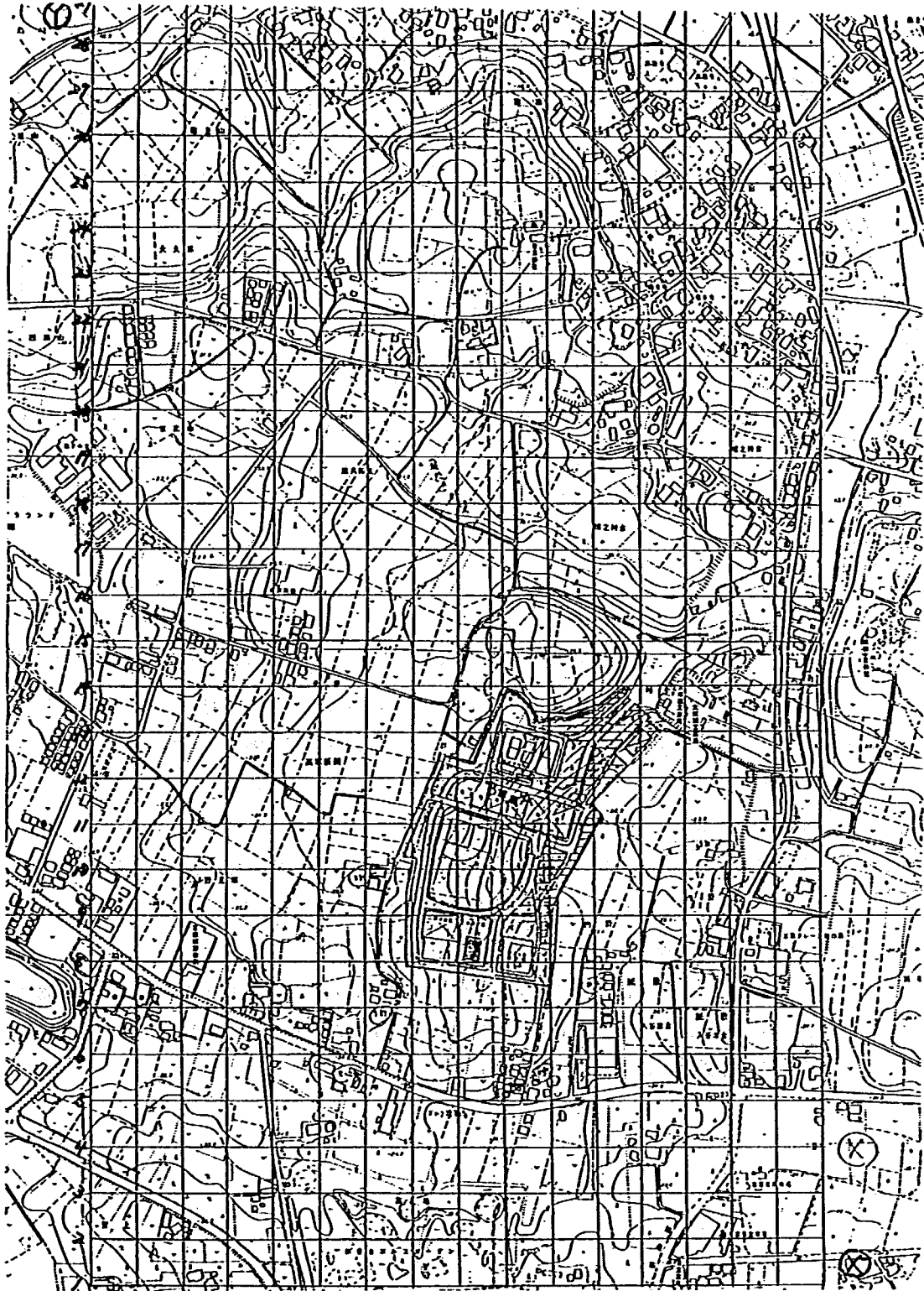


図5-27 計算領域

表 5-20 拡散計算の計算ケース

ケース	風 向	風 速	大気安定度	煙 源	備 考
ケースⅠ	N	1.0 m/s	A-B	㊤：高濃度系 ㊦：低濃度系 } 重合	2/1 の気象条件
ケースⅡ	N	2.0 m/s	B	〃	2/1 の気象条件
ケースⅢ	N	1.0 m/s	A-B	㊦ 低濃度系	2/2 の気象条件
ケースⅣ	S	1.0 m/s	A-B	㊤ 高濃度系	2/2 の気象条件

全てのケースについて有風時とし、また 2 月 2 日は風向の変動に合わせて煙源別に拡散計算を実施した。

(6) 拡散計算結果

拡散計算結果を図 5-28～図 5-31 に示す。

高濃度系と低濃度系臭気の拡散計算濃度を重合した場合（ケースⅠ，ケースⅡ）を図 5-28 及び図 5-29 に示したが、これを見れば解るように、低濃度系の臭気は、面煙源として排出されているために突出速度（有効煙突高）が低く、臭気は煙源から 100m 付近に最大着地濃度が出現している。

一方、高濃度系の臭気は、高度 35.3 m の高煙突から排出されているために最大着地濃度の出現位置は、煙源から 500～600 m 付近となっている。これらは、高濃度系及び低濃度系を別々に拡散計算した結果（図 5-30（ケースⅢ），図 5-31（ケースⅣ））を見れば、より明らかになっている。

ケースⅠ～ケースⅣの各計算結果から、低濃度系の最大着地臭気濃度は 0.7 以下、高濃度系の最大着地臭気濃度は 0.1 以下となっており、いずれの計算ケースにおいても、最大着地臭気濃度は、1 以下という結果になっている。

(ケース I) 高濃度系と低濃度系の重合, 風速 = 1.0m/s, 大気安定度: A-B, 風向: N

-143-

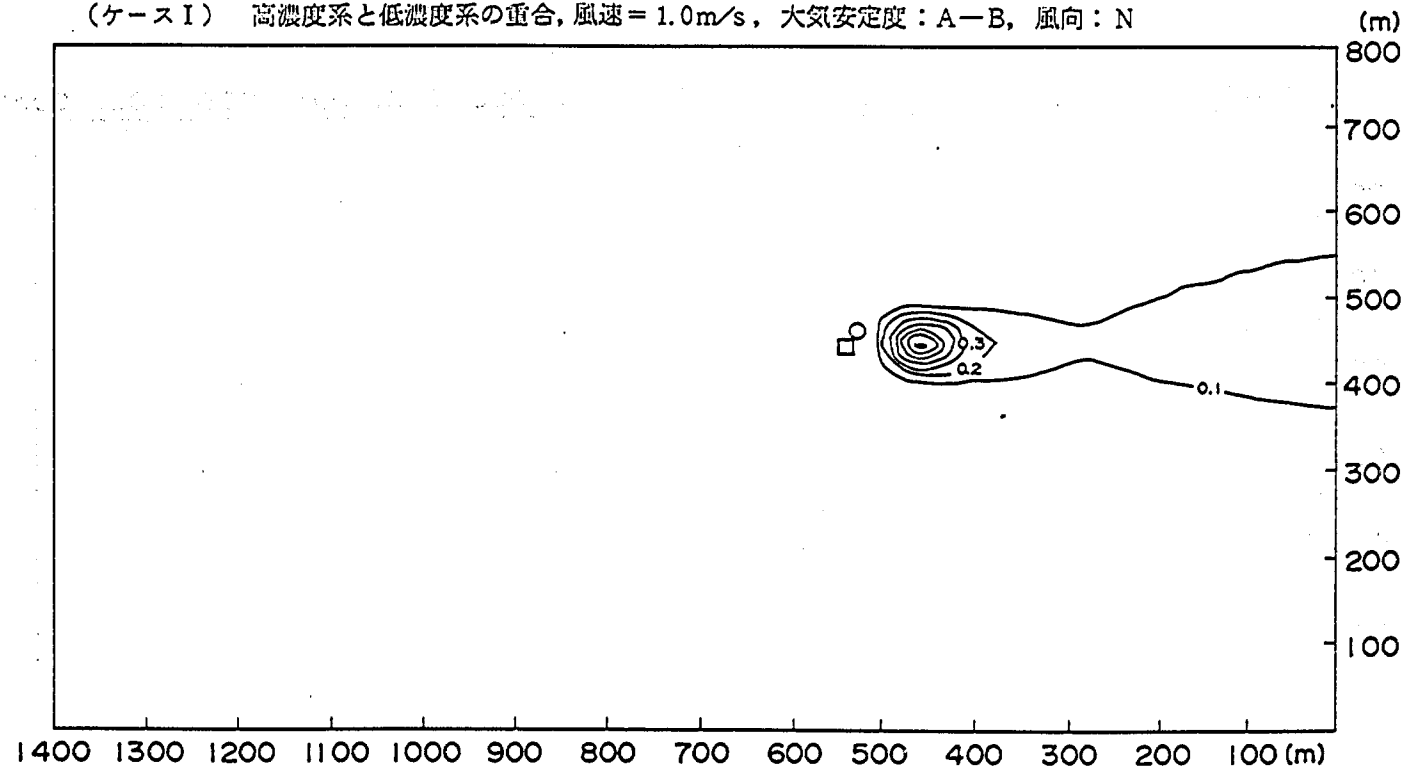
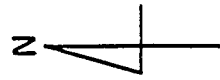


図 5-28 臭気濃度予測図 (ケース I)

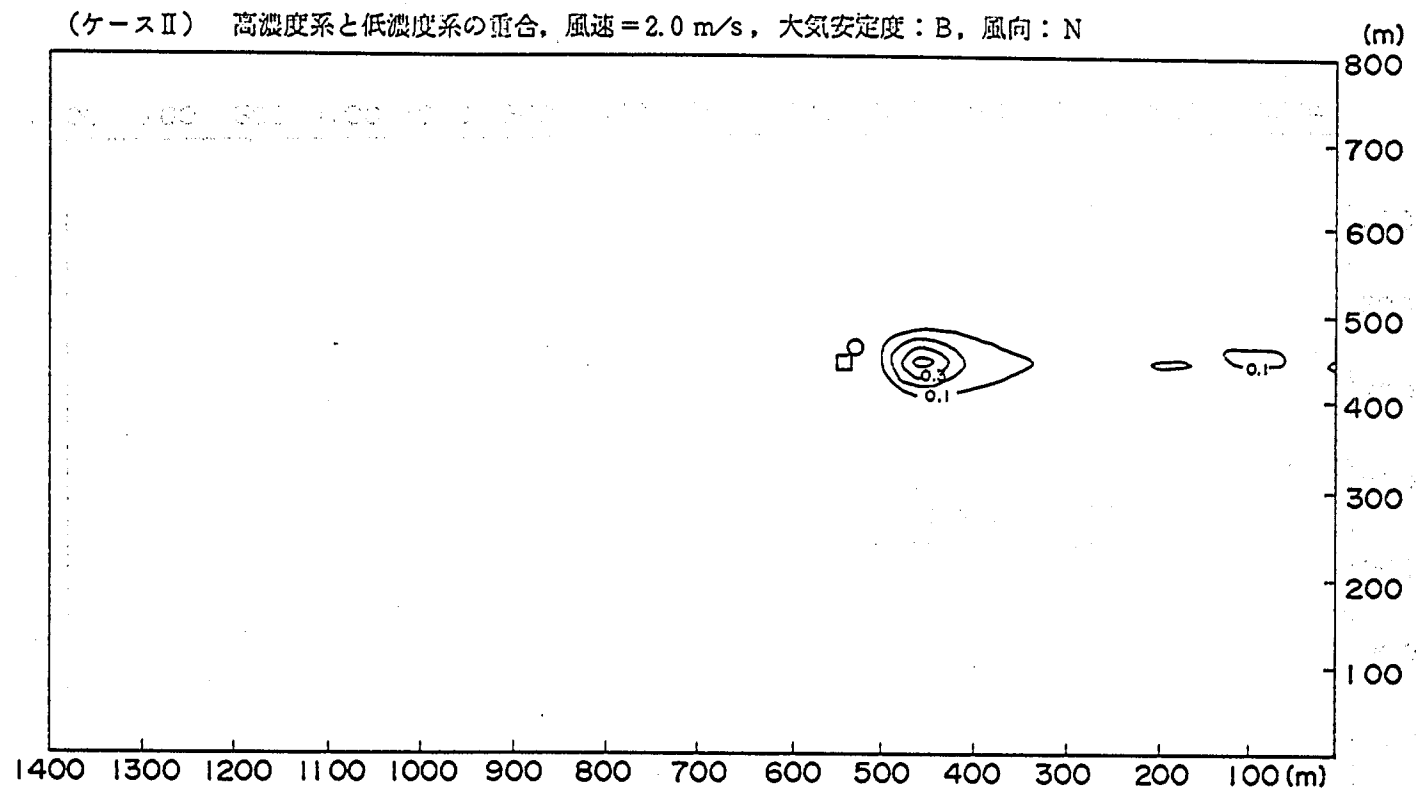


図5-29 臭気濃度予測図 (ケースⅡ)

(ケースⅢ) 低濃度系, 風速 = 1.0 m/s, 大気安定度: A-B, 風向: N

—145—

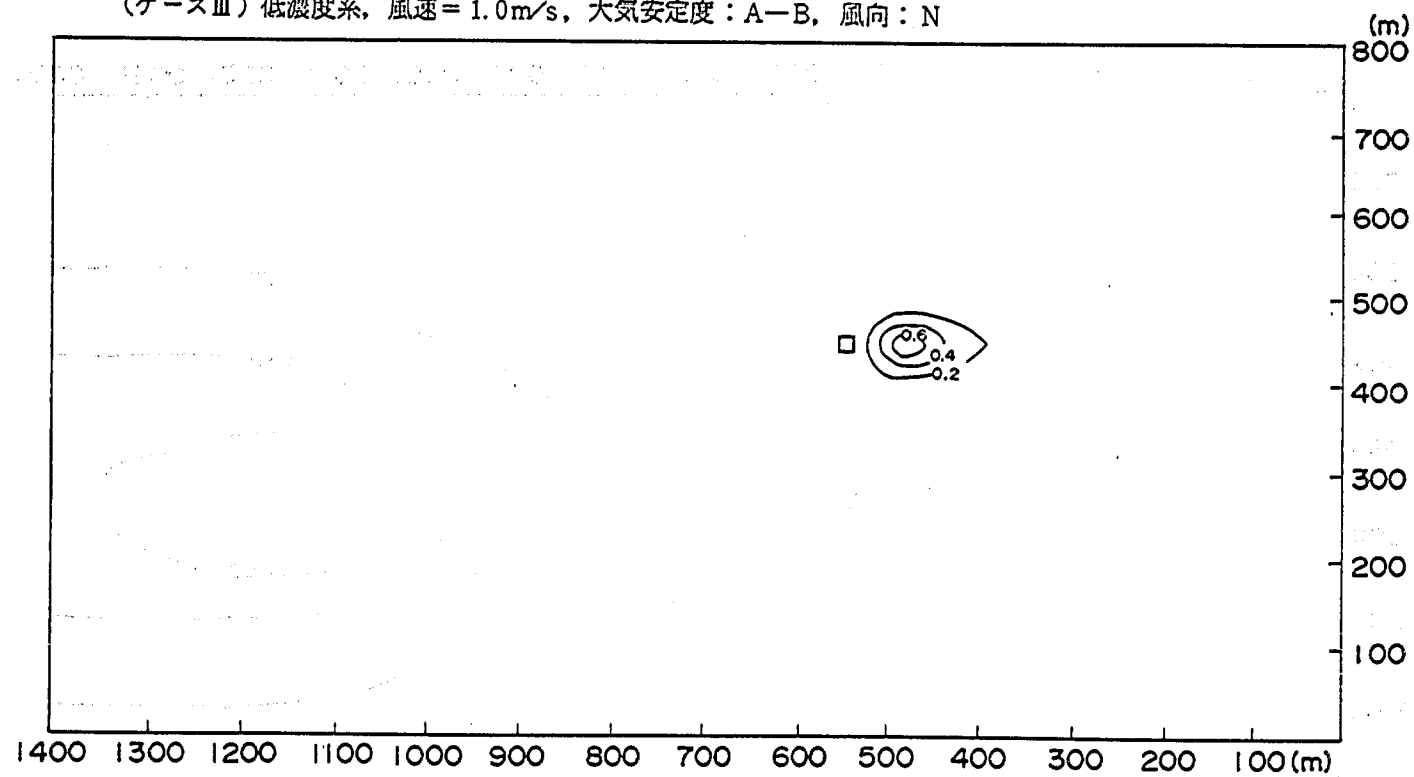


図 5-30 臭気濃度予測図 (ケースⅢ)

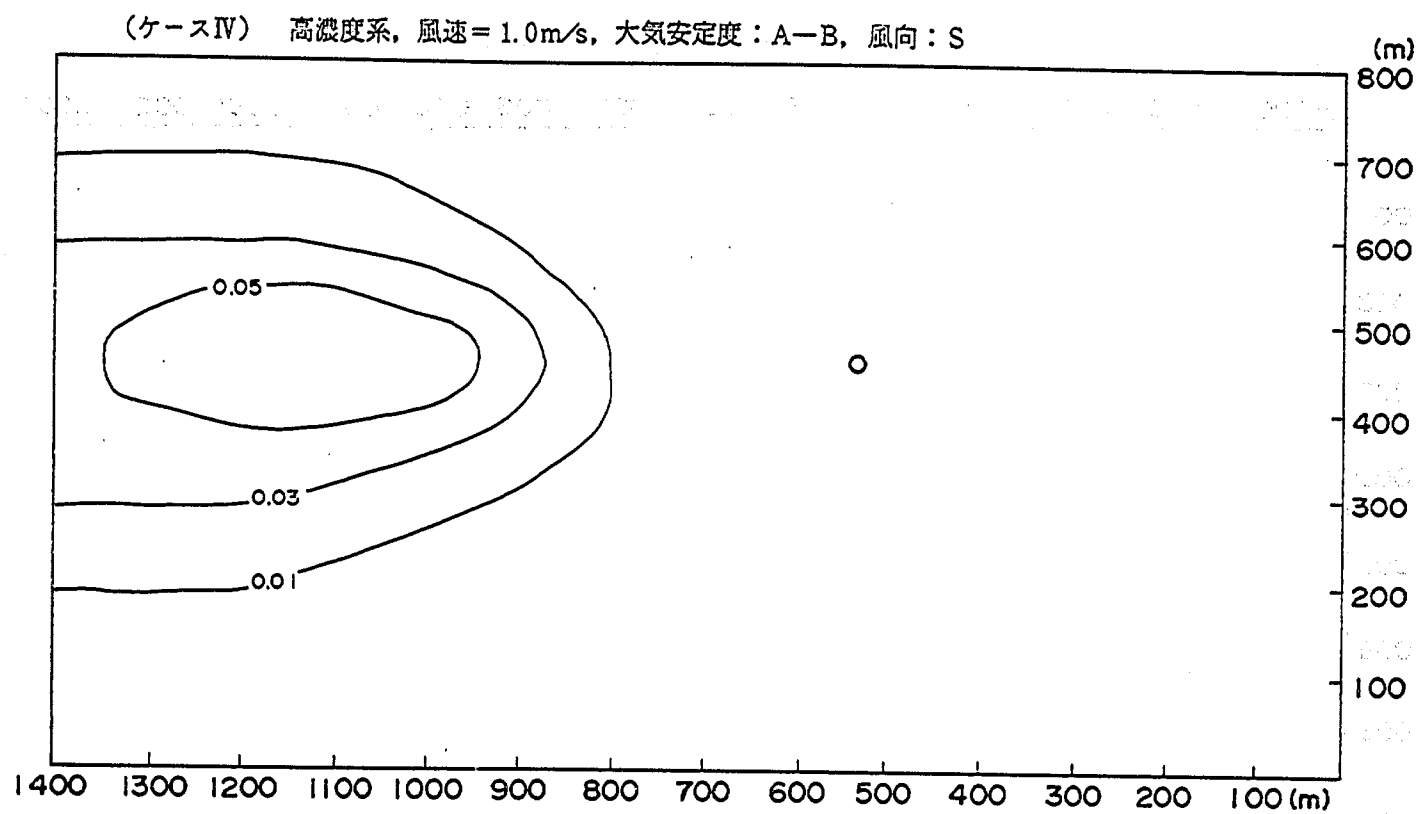


図 5-31 臭気濃度予測図 (ケースⅣ)

(7) 考 察

前述した処理場周辺の環境臭気調査結果で述べたように、排出源調査と同時に実施した環境臭気濃度は、全調査日に渡って臭気強度0であり、これらの結果と拡散計算結果を合わせて考慮する（一般に悪臭を感じる環境臭気濃度は、10程度と言われている。）と、当処理場の場合、悪臭に関しては、良く防止対策がなされていると言える。

また、当処理場に関しては建設前に環境アセスメント調査が実施されている。当時の基本計画と施工段階とで、低濃度系の排出形状及び位置が若干変更になっておりまた、排出条件も異なるので一概に比較はできないが、本報告書結果では、風速1.0 m/sの時に最大臭気濃度3～10程度と予測されており、計画段階でのアセスメント調査と稼動後の現況調査とは整合がとれていると思われる。

以上、下水処理場における悪臭の影響評価手法の検討の一環として、過去に悪臭の影響予測評価を実施した「M市衛生センター」を対象として悪臭のシミュレーション手法の検討調査を実施してきたが、対象施設が“し尿処理場”ということもあって、下水処理場の影響評価手法検討からはずれた感じはあるが、予測手法そのものは、佐野、²⁾白石³⁾らも述べているように官能試験法（臭気濃度）を大気拡散予測式に適用することによって、十分影響予測・評価ができるものと考えられる。

公後の課題として、下水処理場からの発生源条件をいかに大気拡散予測式にパラメータとして導入していくかの検討が必要であろう。

参 考 文 献

- 1) 環境庁大気保全局特殊公害課編，昭和56年度官能試験調査報告書，P 15（1982）
- 2) 下水処理場からの臭気拡散量の日間変化
佐野，J Odor Control vol 12 P 1～5（1983）
- 3) 官能試験法を用いる大気拡散予測法
白石，東房，黒田，環境技術 vol 12，No 11，P 710～713（1983）

郵便はがき

四十田切
手をはつ
て下る

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 2199 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 2199 号
臭気と脱臭方法に関する調査報告書

数 量※ 部

Na※

※ 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