医科大学，病院より排出される廃棄物の 微生物学的処理に関する研究

第1報 クレゾール，フェノール，ホルマリン の処理に関する基礎的実験

Microbiological Studies on Waste Water Treatment by Medical Schools and Hospitals

(I) Basic experimental studies on the treatment of cresol, phenol and formalin

京都大学医学部衛生学教室

狭 山 信 矩

Nobunori Sayama

*Department of Hygiene, Faculty of Medicine, Kyoto
University, Kyoto*

Recently, public attention has increasingly been drawn to environmental contamination by wastes from universities and research institutions. Counterplans carried out by several universities were designed mainly to treat wastes as are usually given off by schools of technology or science. However, the wastes from medical schools and hospitals differ from those of schools of technology and science, because the former contain large quantities of disinfectants, and biological materials, to give two specific examples.

In this experiment, the author attempted to design a counterplan for the treatment of wastes from medical schools and hospitals specifically. In the present study, the author describes the results of laboratory experiments on the treatment of the disinfectants, cresol, phenol and formalin. In an apparatus (capacity 2liters) containing intalox saddles, an activated sludge (20%) was introduced a bacterial source, and bacterial nutrients, various concentrations of disinfectant and water were added and aerated.

The results were that each unit of 1,000 ppm of cresol, phenol and formalin could be decomposed within 24 hours using this apparatus continuously. However, when more than 1,000 ppm of these disinfectants were introduced in the apparatus, the disinfectants were still detectable in the effluent after 24 hours.

Upon termination of the action of the apparatus, the maximum decomposition level for a 500 ppm cresol solution was found to be 1,700 ml per 24 hours.

In the same manner, a mixture of cresol and phenol or mixture of cresol and formalin could be decomposed using the same apparatus.

我国における急激な工業の発展によっておこった公害の発生は、環境庁の設立等の契機をつくり、今日では国をあげての生活環境を守る体勢に向っている。このため環境保全のための規制は年々きびしさを加え、教育、研究機関といえども公害防止の努力を怠ることは許されない状況であり、各大学でも廃棄物に対する処理方法について検討が加えられつつあるが、これらは主として工学部、理学部など化学系研究室より廃棄される場合の対

策が主体となっていた。しかし医科大学、病院等から排出される廃棄物は大量の消毒薬をはじめ、動物の屍体や組織片等の有機物質も多量に含まれるという特徴があり、工学部、理学部より排出される廃棄物とは大きく趣きを異にしている。したがって理学部や工学部などで行っている廃棄物処理対策のみに従ってはいその処理は不可能であると言ってよい。著者はこの現状にかんがみ、医科大学、病院より排出される特殊な物質の廃棄物処理に

関する研究を開始することにし、まず最初に廃棄物中で量、質共に最も問題が大きいと考えられる消毒薬について検討を加えることにした。本報においては、これらの物質の具体的な処理方法を確立するために行ったクレゾール、フェノール、ホルマリンの微生物学的処理についての基礎的な研究について報告する。なお、微生物によってこれらの物質が分解される過程については比較的多くの研究成果があり¹⁻⁷⁾、その分解は図1に示すような式を経ていると考えられている。

実験材料ならびに実験方法

(1) 実験装置

本実験に用いた装置は図2及び写真1に示すような小型のプラスチック製浸水濾床塔である。濾床塔は直径12 cm、高さ35 cmでその中心に直径2 cmのパイプがあり、この最下部より曝気を行い、同時に気泡の上昇により対流を起し、装置内の2 lの水を循環させるようになっている。塔内には磁器製のインターロックサドル（写真

図1 クレゾール、フェノール、ホルマリンの微生物による分解想定図

図2 浸水式濾床塔の模式図

写真1 本実験に用いた浸水式濾床塔

写真2 インターロック・サドル
(本装置に充填した濾床)

2) が充填しており，これに付着した微生物と循環水が接触する仕組みになっている。連続処理を行う場合にはマイクロチューブポンプを付加して試料等を一定量この装置内に滴下し，ドレインパイプより処理水が排出されるようになっている。

(2) 微生物源

京都市鳥羽下水処理場より採取した活性汚泥を微生物源としてこの一定量を装置に投入した。

(3) 試験排水（模擬排水）

局方のクレゾール石けん液及び局方のフェノール，ホルマリン水をそれぞれ所定の濃度にして装置内に注入した。

(4) クレゾール，フェノール，ホルマリンの測定

クレゾール及びフェノールはガスクロマトグラフィー（島津 GC4BMPFE 型）によった。すなわちクレゾール及びフェノールの水溶液 5 μ l を直接ガスクロマトグラフに注入し，検出器として FID を用いた。検出器温度 200℃，カラム温度 170℃，キャリアガス（N₂）流量 60 ml/min の条件で，充填剤として 10% FFAP on Cromosorb W を 2m ガラス管カラムに充填して分析を行った。図 3 にガスクロマトグラムの 1 例を示す。ホルマリンの測定は，アセチルアセトン法⁸⁾によった。

(5) 配合栄養剤の投与方法

クレゾール，フェノール，ホルマリンを分解する微生物を増殖させるために窒素，リン，マグネシウム等の無機塩類を表 1 に示すような配合で 2 日に 1 回投与した³⁾。

実 験 結 果

I. クレゾールの処理実験

(1) 処理方法の検討

クレゾールを用いてその分解時間を測定することによ

図3 クレゾール及びフェノールの
ガスクロマトグラム

表 1 配合栄養剤の組成

(NH ₄) ₂ SO ₄	0.5 g/l (circulating water)
K ₂ HPO ₄	1.0
MgSO ₄	0.2
NaCl	0.1
CaCl ₂	0.1
FeCl ₃ ·6H ₂ O	0.02

り，最適処理条件を求めた。

i) 活性汚泥濃度

装置内に微生物源として投入する活性汚泥量の変化に対する処理能力をみるために，活性汚泥を装置内に 2 l（全循環水量 2 l に対して 100%），1 l（50%），0.4 l（20%）の割合で投入した。50% と 20% の場合には水道水を加えて全量を 2 l とした。装置内循環水温を 20℃ に保ち，循環水 2 l に対して 100 ppm となるようにクレゾールを加えて実験を行ったところ，100% と 50% では 8 時

間で循環水中のクレゾール量は0となったが、20%では10時間を要した。ひき続き汚泥量20%の装置に再び100 ppm となるようにクレゾールを加えたところ、処理時間は7時間に短縮した。図4にその結果を示す。

ii) 処理温度

活性汚泥量を1l (50%) とし、循環水中にクレゾールを50 ppm になるように加え、循環水の温度を5℃, 10℃, 20℃, 30℃, 40℃, 45℃に保ち処理時間を比較した。その結果は図5に示すように5℃では30時間、10℃

図4 活性汚泥量とクレゾール分解時間との関係
(クレゾール 100 ppm)

図5 循環水温度とクレゾール分解時間の関係
(クレゾール 50 ppm)

図6 曝気量とクレゾール分解時間との関係
(クレゾール 50 ppm)

では22時間、20℃では5時間、30℃及び40℃では4時間で循環水中クレゾールは0となったが、45℃では全く処理できなかった。すなわち20℃から40℃が至適温度と考えられる。

iii) 曝気量

曝気量と処理時間の関係について検討するために、活性汚泥濃度50%, 水温20℃, 循環水中のクレゾールが50 ppm となるようにし、曝気量をそれぞれ50 ml/min, 100 ml/min, 500 ml/min, 1,000 ml/min にして実験を行った。その結果は図6に示すように50 ml/min では12時間であったが、100 ml/min では6時間、500 ml/min, 1,000 ml/min では5時間でクレゾール濃度が0となった。

iv) 循環水の pH 値

活性汚泥濃度50%, 水温20℃, 循環水中のクレゾールが50 ppm となるようにし、pH 値と処理時間との関係を検討した。その結果、図7に示すように pH 5.5 では28時間で循環水中のクレゾール濃度が0となったが、pH 6~8 では5時間、pH 8.5 では7時間で処理可能であった。pH 5 以下及び pH 9 以上では循環水中のクレゾール濃度の低下はなく、処理不可能であった。

v) 循環水中の BOD 値

活性汚泥濃度50%, 水温20℃, 循環水中にクレゾールを100 ppm になるように加え、クレゾールの処理経過と循環水の BOD 値との関係を調べたところ図8に示すごとくであった。すなわちクレゾール処理完了と同時に BOD 値もほぼ最低値を示した。

図7 循環水の pH 値とクレゾール分解時間の関係
(クレゾール 50 ppm)

図8 クレゾールの分解に伴う BOD 値変化
(クレゾール 100 ppm)

vi) 薬剤添加量の限度

本来，細菌に対して強い毒性を有する消毒薬をどれくらい投入すれば活性汚泥そのものがその活性を失うかをみるために本実験を行った。水温 20℃ において循環水中クレゾールが 100 ppm，500 ppm，1,000 ppm，2,000 ppm，3,000 ppm となるようにし，これを活性汚泥濃度 50% の処理装置に投入して，それぞれの処理時間を測定

図9 活性汚泥のクレゾール，フェノール，ホルマリンによる不活性化の限度

した。その結果は図9に示すように 100 ppm の場合には8時間，500 ppm では49時間で循環水中のクレゾールは0となったが，1,000 ppm 以上では処理能力がなくなった。

(2) 活性汚泥のクレゾールへの馴化

細菌に毒性を示す薬剤でもその濃度を徐々に増加させて投与すると，細菌の特性として馴化現象がおり，かなりの濃度でも処理できるようになることが考えられるので，その限度をみるために以下の実験を行った。すなわちクレゾール石けん原液を第1日目には 0.1 ml (循環水 2 l に対して 50 ppm となる) 投与し，24時間後に循環水中にクレゾールが検出されないのを確認後2日目には 0.2 ml (100 ppm) というように徐々に濃度を増加していった。その結果，このような方法で濃度を増した場合には1日で 2.2 ml のクレゾール石けん原液 (循環水中濃度になると 1,100 ppm) を処理できるようになるまで細菌が馴化することがわかった。しかし 2.4 ml (1,200 ppm) 以上のクレゾールを投与すると24時間以内に処理できなかった残留クレゾール量が次第に増加する傾向が見られた (表2)。そしてこのように馴化した活性汚泥にクレゾール石けん原液を 0.1 ml (50 ppm) に減少して加えるとわずか15分で完全に分解することがわか

表2 クレゾール、ホルマリン、フェノールの馴化

日	投与量 (mg)	循環水中濃度 (ppm)	24時間後の循環水中濃度		
			クレゾール (ppm)	フェノール (ppm)	ホルマリン (ppm)
1	100	50	0	0	0
2	200	100	0	0	0
3	400	200	0	0	0
4	600	300	0	0	0
5	800	400	0	0	0
6	1,000	500	0	0	0
7	1,200	600	0	0	0
8	1,400	700	0	0	0
9	1,600	800	0	0	0
10	1,800	900	0	0	0
11	2,000	1,000	0	0	0
12	2,200	1,100	0	0	8
13	2,400	1,200	22	0	8
14	2,600	1,300	28	0	31
15	2,800	1,400	91	0	54
16	3,000	1,500	108	6	110
17	3,200	1,600	111	42	170

った。しかしこの際、クレゾール投与を3日間休止し、再び0.1 ml (50 ppm) を投与すると、ほぼ馴化前と同じ程度にまで処理能力が低下しており、それを完全に分解するまでに4時間を要した。

(3) 連続処理実験

実用的にクレゾールを処理する場合には、ポンプ等を使用して持続的にクレゾールを投入する方法が便宜であるため、その基礎資料を得るために、上述のように1,100 ppm まで処理可能となった、クレゾールによく馴化した活性汚泥に、一定濃度のクレゾール石けん液を連続的に投与する場合の処理能力について検討した。すなわちマイクロチューブポンプを用いて循環水中に500 ppm のクレゾール石けん液を一定量、持続的に投入し、処理排水中に出てくるクレゾール濃度を測定した。この結果、第1日目には50 ml を24時間かけてゆっくり注入したところ処理排水中にクレゾールを認めなかったが2日目にはその量を100 ml に増加して行った。このようにして行った結果は図10に示すように毎日の投入量が1,700 ml (500 ppm クレゾール水) まで処理可能であることが判明したが、1,700 ml/日以上に増量するとそれにつれて処理水中へのクレゾールの漏れも増加した。

II. フェノールの処理実験

クレゾールの処理実験を行ったのと同じ条件、すなわち水温20℃、曝気量1,000 ml/min、活性汚泥濃度50%

図10 連続処理実験における処理排水中クレゾール濃度

で、フェノールの処理も同様にできるかどうかをみるために以下の実験を行った。

(1) フェノール投与量の限度

クレゾールの処理実験と同様にして、どれくらいのフェノール濃度で汚泥の活性が失われるかをみるために、循環水中のフェノール濃度がそれぞれ100 ppm, 500 ppm, 1,000 ppm, 2,000 ppm, 3,000 ppm となるようにフェノールを加え、分解に要する時間を比較した。その結果は図9に示すように、100 ppm では8時間で循環水中のフェノールは0となったが、500 ppm では47時間を要した。しかし1,000 ppm 以上では50時間後、さらには72時間後においても濃度の低下はなく、活性汚泥の処理能力がなくなった。

(2) 活性汚泥のフェノールへの馴化

クレゾールの場合と同様にフェノールについても最初は低濃度の分解から始め、次第に濃度を増加した方が有効に馴化できると考えられるので、第1日目には循環水中にフェノールを50 ppm となるように加え、24時間後の循環水中フェノール濃度が0となるのを確かめて次の日には100 ppm に濃度を増した。この結果表2に示すようにフェノールの場合には循環水中の濃度が1,400 ppm までは1日で分解できることがわかったが、1,500 ppm 以上では残留フェノール量も増加した。

III. ホルマリンの処理実験

ホルマリンについてもクレゾールやフェノールと同様に細菌により分解可能かどうか以下の実験を行って検討した。処理条件及び装置はクレゾールの場合と同様に水温20℃、曝気量1,000 ml/min、活性汚泥濃度50%で行った。

(1) ホルマリン投与量の限度

細菌に毒性を示すホルマリンを活性汚泥に作用させた場合，どのような濃度で汚泥の活性が失われるかをみるために以下の実験を行った。装置内の循環水中にホルマリンをそれぞれ 100 ppm, 500 ppm, 1,000 ppm, 2,000 ppm, 3,000 ppm となるように加え，曝気を行い処理時間を測定したところ，図 9 に示すように 100 ppm の場合には 8 時間で循環水中ホルマリン濃度が 0 となったが，500 ppm では 49 時間を要した。しかし 1,000 ppm 以上ではホルマリンは強い毒性を示し，活性汚泥はその活性を失い全く処理能力がなくなった。

(2) 活性汚泥のホルマリンへの馴化

上述のように最初から高濃度のホルマリンを活性汚泥により分解しようとする汚泥は処理能力を失うから，できるだけ低濃度より馴化し，次第に濃度を増せば 1,000 ppm 以上の処理もできると考えられる。そこで第 1 日目には循環水中のホルマリン量を 50 ppm とし，24 時間後にこれが完全に分解されて循環水中にホルマリンが認められないのを確認後，次の日には 100 ppm というように毎日濃度を増加した。その結果は表 2 に示すように 1,000 ppm までは 24 時間以内に処理できたが，1,100 ppm では 24 時間後に 8 ppm のホルマリンが残留しており，投与量を増すにつれこの残留量も増加した。

IV. クレゾール及びフェノール混合液の処理実験

病院ではクレゾール，フェノールの両者の排出が多く，かつ同時に排出される可能性がある。このため実験的にこの両者が同一活性汚泥で処理されるかどうかを検べ

る必要があるので以下の実験を行った。クレゾール及びフェノールの循環水中濃度がそれぞれ 25 ppm となるように両者を加え，24 時間後の循環水中濃度が両者ともに 0 であることを確かめ，次の日には循環水中にそれぞれが 50 ppm となるように投与して処理実験を行った。このようにして順次活性汚泥を両者に馴化した場合，それぞれの循環水中濃度が 750 ppm に達するまでは同時に処理可能であったが，両者がそれぞれ 800 ppm においては 24 時間後にクレゾールが 20 ppm，フェノールが 40 ppm 残留していた。表 3 にこの結果を示す。

V. クレゾール及びホルマリン混合液の処理実験

前述の実験と同様にしてクレゾール，ホルマリン両者の混合液の処理実験を行った。第 1 日目にはクレゾール及びホルマリンを循環水中濃度がそれぞれ 25 ppm になるように投与し完全に分解されたら次の日にはそれぞれ 50 ppm となるように加えた。このように徐々に循環水中の濃度を増して馴化していくと表 3 に示すように両者とも 750 ppm の場合には 24 時間で循環水中の濃度は 0 となったが，それぞれ循環水中に 800 ppm 含まれるように投与した場合には 24 時間後，クレゾールは完全に分解されたが，ホルマリンは 48 ppm の残留があった。両者を 900 ppm 以上に増量した場合には，24 時間後クレゾールが 145 ppm，ホルマリンが 190 ppm 残留していた。

VI. 交叉処理実験

病院等の排水は常に一定の薬剤を含むとは限らず，クレゾールを主とする排水の処理中に突然ホルマリンを主

表 3 クレゾール及びフェノール，クレゾール及びホルマリンの混合液の処理実験

日	薬剤投与量 (クレゾール+フェノール) (クレゾール+ホルマリン) (mg)	循環水中薬剤濃度 (クレゾール+フェノール) (クレゾール+ホルマリン) (ppm)	24時間後における循環水中濃度			
			クレゾール+フェノール		クレゾール+ホルマリン	
			クレゾール (ppm)	フェノール (ppm)	クレゾール (ppm)	ホルマリン (ppm)
1	50+ 50	25+ 25	0	0	0	0
2	100+ 100	50+ 50	0	0	0	0
3	200+ 200	100+ 100	0	0	0	0
4	300+ 300	150+ 150	0	0	0	0
5	400+ 400	200+ 200	0	0	0	0
6	600+ 600	300+ 300	0	0	0	0
7	800+ 800	400+ 400	0	0	0	0
8	1,000+1,000	500+ 500	0	0	0	0
9	1,500+1,500	750+ 750	0	0	0	0
10	1,600+1,600	800+ 800	20	40	0	48
11	1,800+1,800	900+ 900	82	45	145	190
12	2,000+2,000	1,000+1,000	120	81		

表4 交叉投与における処理能力

	日	投与クレゾールあるいはホルマリン量 (mg)	循環水中のクレゾールあるいはホルマリン濃度 (ppm)	24時間後の循環水中濃度	
				クレゾール (ppm)	ホルマリン (ppm)
馴化期間	1	100	50	0	0
	2	200	100	0	0
	3	400	200	0	0
	4	600	300	0	0
	5	1,000	500	0	0
	6	1,500	750	0	0
	7	2,000	1,000	0	0
交叉投与	クレゾールの処時装置にホルマリンを投入				
	1	1,000	500	0	0
	2	1,200	600	0	0
	3	1,600	800	0	0
	4	2,000	1,000	0	0
	5	2,400	1,200	16	31
	6	2,800	1,400	72	68
	ホルマリンの装置にクレゾールを投入				
	1	1,000	500	0	0
	2	1,200	600	0	0
	3	1,600	800	0	0
	4	2,000	1,000	0	0
	5	2,400	1,200	16	31
	6	2,800	1,400	72	68

とする排水に急変する場合も考えられる。このような場合を想定して以下の実験を行った。すなわち、一方の装置はクレゾールの循環水中濃度が1,000 ppmまで処理できるように馴化しておき、他の装置はホルマリンが同様に1,000 ppmまで処理できるように馴化しておき、前者の方にはホルマリンを、後者にはクレゾールをそれぞれ循環水中濃度が1,000 ppmとなるように投入したところ、両装置とも活性汚泥は活性を失い、クレゾール、ホルマリンは分解されなかった。しかしこのように馴化したものに濃度を下げて500 ppmとなるように加えたところ、24時間後には両者とも完全に分解されていた。そして表4に示すように、ひき続き投入量を増加させていったところ、両者とも循環水中濃度が1,000 ppmまでは24時間で分解されたが、それ以上に濃度を増すと循環水中のそれぞれの薬剤の残留量は増加した。

考 察

微生物学的処理の場合、排水処理の中心は装置内の微生物であるから、その処理能力は微生物の生活環境、すなわち pH、水温により、また好気性菌であれば曝気量などによって著しい影響を受ける。したがっていかなる装置を用いて生物学的処理を行う場合にもこれらの最適条件を明確にしておく必要がある。生物学的処理の主役である細菌の作用を最適に保つには pH 7~8、循環水温

は30~37℃がよいとされているが^{3,9)}、今回行った実験においても pH 6 以下及び 8.5 以上において処理能力は極端に失われた。したがって実用的な装置を運転する場合には循環水及び原排水液の pH 調整が重要な要素となると考えられる。水温と処理能力の関係において本装置では20~40℃が実用範囲と考えられた。このような装置では曝気による自然冷却のため、水温が40℃以上になることはないが、冬季には濾床が凍結し、細菌は死滅しなくても濾床に付着した微生物膜が破壊されるので、冬季といえども濾床を最低20℃に加温せねばならないと考えられる。

曝気量に関する報告^{9,11)}によると、その量が大なる程処理能力も大きくなるとしているが、この装置では最低100 ml/minが必要であり、またそれ以上でも処理能力に増加を認めなかった。しかしこの実験に用いた装置の場合、曝気による気泡により水を循環させているので曝気量を減少させると循環水の停滞がおこる。したがって濾床は酸素不足に陥り、処理能力の低下をきたすばかりでなく嫌気性分解による臭気発生をみることもあるので曝気量には充分注意を払わねばならない。

活性汚泥量についてもその量が多い程処理能力も大きくなるとされているが¹¹⁾、本実験の結果もこれと一致した。しかし循環水量の20%の活性汚泥で処理実験を行った場合でも、馴化により処理能力の増大及び汚泥の増殖が認められたので、実装置の場合、充分な量の汚泥が得

写真3 微生物膜の増殖

(右・実験開始時、左・インターロックスサドルに付着した微生物膜)

られなくても20%程度の汚泥で十分な処理能力が得られると考えられる。

クレゾール，フェノール，ホルマリンに馴化されていない活性汚泥に，それぞれの薬剤を循環水中濃度が瞬時に1,000 ppm以上となるように投入すると，汚泥の活性消失がみられたが，低濃度より徐々に投入量を増加させていくと，1日1,000 ppm以上のクレゾール，フェノール，ホルマリンに活性汚泥を馴化できた。これは山内らの行ったフェノール廃液の活性汚泥処理の実験報告³⁾とはほぼ同じ結果であった。また，よく馴化された活性汚泥に低濃度の薬剤を反応させると，極めて短時間で分解されるという現象や，薬剤投与を休止すると処理能力が低下するという現象は，数々の報告が示すように濾床に付着した細菌の持つ酸化酵素によるものであると考えられる。すなわちクレゾール，フェノール，ホルマリンの添加により誘導された酵素系によるものと考えられる。

活性汚泥を馴化する場合に行った回分式投与による処理実験と，ポンプにより持続的に薬剤を投入して行った連続処理実験において両者が同程度の処理能力を示したことは後者においても活性汚泥が流出することなくインターロックサドルに付着，増殖して（写真3）薬剤を有効に処理したと考えられる。したがってこのような連続処理実験の行える装置を使用することにより，パイロットプラントを建設するのに有効な資料を得ることができた。

実際の廃水を取り扱う場合，2種類の薬剤の混合液を処理しなければならない場合も考えられる。このような場合の処理に関して，フェノール及びホルマリンを含むフェノール樹脂工場廃水の活性汚泥による処理の報告¹²⁾があるが今回の実験によりクレゾールとフェノールあるいはクレゾールとホルマリンの混合液の同時処理が可能である事が確実となった。

またクレゾール及びホルマリンの交叉処理実験において，交叉投与する薬剤の濃度は最初からかなり高濃度でもよいことがわかった。この事実から，クレゾールやホルマリンによる酸化酵素の誘導過程に何らかの共通点があるのではないかと考えられる。

クレゾール，フェノール，ホルマリンを分解する細菌が細菌学的に同一のものであるかどうかはさらに検討する必要があるが，実際に病院等の排水を処理するにあたっては原排水中にどのような薬剤が混入しているか，またそれらの活性汚泥に対する毒性を充分検討する必要があると考えられる。

結 論

1. 京都市鳥羽下水処理場より採取した活性汚泥を用いることによって，クレゾール，フェノール，ホルマリンの微生物学的処理が可能であった。

2. インターロックサドルを用いた浸水式濾床塔によるクレゾール，フェノール，ホルマリンの処理実験においては，pH 7～8，水温 20～40℃が最適条件であり，曝気量は最低 100 ml/min，活性汚泥投入量は循環水量の最低20%が必要であった。

3. 上記の処理条件で実験を行った場合，クレゾール，フェノール，ホルマリンはそれぞれ1日2gの割合で分解可能であった。

4. 同一の活性汚泥によってクレゾール及びフェノール，クレゾール及びホルマリンの混合液の同時処理が可能であった。

謝 辞

稿を終るにあたり，御指導，御校閲をいただいた京都大学医学部衛生学教室，藤原元典名誉教授ならびに糸川嘉則教授に深く感謝いたします。

本研究は文部省科学研究費，特定研究“微生物による環境浄化”の補助により行ったものである。

文 献

- 1) John A. BUSWELL: Metabolism of Phenol and Cresol by *Bacillus stearothermophilus*, *J. Bacteriology*, **124**, 1077-1083 (1975).
- 2) D. W. RIBBONS: Metabolism of o-Cresol by *Pseudomonas aeruginosa* strain L, *J. gen. Microbiol.*, **44**, 221-231 (1966).
- 3) 山内大学，遠矢泰典，井出哲夫：フェノール廃液の活性汚泥処理，用水と廃水，**7**, 534-541 (1965).
- 4) 大森俊雄：微生物による芳香族炭化水素の酸化，石油と微生物，**5**, 10-27 (1971).
- 5) Hopper, D. J. and Taylor, D. G.: Pathways of the Degradation of m-Cresol and p-Cresol by *Pseudomonas putida*, *J. Bacteriol.*, **122**, 1-6 (1975).
- 6) Sleeper, B. P. and Stanier, R. Y.: The Bacterial Oxidation of Aromatic Compounds, *J. Bact.*, **59**, 117-127 (1950).
- 7) 大塩敏樹：ホルムアルデヒドを含む廃水の処理，用水と廃水，**6**, 768-777 (1964).
- 8) JIS 工場排水試験方法 JIS KO102-1971: 21-ホルムアルデヒド，21-1吸光度法，62-63 (1971).

- 9) 中塩真喜夫: 活性汚泥法によるガス液のフェノール処理, 水処理技術, **7**(5), 25-32 (1966).
- 10) 福岡誠一, 小野英男, 江藤穂積: フェノール性工場廃水の活性汚泥, 醸酵工誌, **43**(3), 191-197(1965).
- 11) 福岡誠一, 江藤穂積, 小野英男: 特殊産業廃水の微生物処理に関する研究 (第1報), 発酵研究所報告, **28**, 107-115 (1965).
- 12) 福岡誠一, 江藤穂積, 三上栄一, 小野英男: 特殊産業廃水の微生物処理に関する研究 (第6報), 発酵研究報告, **32**, 101-112 (1967).
- 13) 沼沢亮三, 渡辺一穂, 富金原孝: ホルムアルデヒド酸化菌の検索と同定, J. Ferment. Technol., **52**, 799-804 (1974).
- 14) 沼沢亮三, 渡辺一穂, 富金原孝: *Micrococcus flavus* の生成するホルムアルデヒド酸化酵素, J. Ferment. Technol., **52**, 805-810 (1974).

(受付 1979年4月20日)