

技術ノート

航空機整備における工業廃液の処理設備の検討

Investigation of Facilities for Industrial Waste Treatment in Aircraft Maintenance

藪 勉*
Tsutomu YABU比 嘉 弘**
Hiroshi HIGA土 井 正 志***
Masashi DOI田 邊 博 史***
Hirofumi TANABE千 葉 康 司****
Koji CHIBA

Recently, in order to maintain local environment, the regulation of industrial drain is strengthened. Therefore, at the time of planning a factory for the maintenance and assembling of aircrafts, for maintaining safe environment, and also for preventing the occurrence of troubles in the maintenance processes, it is necessary to install the facilities for removing the harmful substances contained in the drainage generated in the factory.

This paper is to report on the outline of the project for waste liquid treatment facilities, based on the experiment of the analysis of the waste liquids generated especially from paint stripping-off process.

Keywords : aircraft, waste disposal, industrial waste, environmental standards

1. まえがき

最近の航空機産業の発展には驚くべきものがある。特に大型航空機、軍用機に用いられる素材および装備に関してはその性能向上が著しく、民間小型航空機もその影響を受けている。特にヘリコプターにおいても、大型旅客機並みの装備や先進複合材料の使用率の急増など、高性能、高信頼性そして大型化が進んでいる。

このような民間小型航空機の急成長と相まって、その運航や整備に要する人材の不足が大きな問題となっている一方、航空機の整備性と保守環境および整備施設面の立ち遅れが問題となりつつある。なかでも小型航空機の整備については、あらゆる航空機材に十分に対応できる施設が民間レベルでは乏しく、その結果、航空機の保守作業そのものも大きく制約を受けているのが現状である。

また、小型航空機部品の検査に関しては、個々の部品の信頼性が高くかつ高価なため、故障などの修理とは別に部品に異常が発生していないことを確認するための定時点検が多く、その結果、検査工程に多くの労力を費している。これらの状況は、部品表面の異常の有無を判断するという検査業務量の多さを裏付ける。したがってその前後処理としての、洗浄、塗装剥離、表面処理等の作

業が増し、さらに、このような作業を多種の素材について行う必要があるため、そこから発生する産業廃棄物や有害廃液の処理施設を設ける必然性が高まっている。

すなわち、航空機の整備、組立工場の計画には、適切な廃水処理設備を設置することが整備上の制約を排除し、かつ安全な地域環境を守るためにも重要である。

本文は、栃木県の整備、組立工場を例に、塗装剥離工程から発生する廃液の分析実験を踏まえた排水処理設備の計画について、その概要を述べるものである。

2. 整備、組立工場から発生する有害物質

工場排水を含む産業廃棄物は、図-1に示す整備工程の洗浄、塗装剥離、腐食除去、表面処理から発生する排水処理が必要な廃液と、固型物として回収が可能な物質とに分けられる。これらの工場排水の中で特に注意すべき点は、剥離工程に関してその下地処理、下地塗装、仕上げ塗装の仕様に未知の物が多いため、排水成分の予測が困難なことである。

以下に、排水発生過程の内容を述べる。

(1) 表面処理

航空機に施される耐腐食目的の表面処理は、主にアルミニウム(Al)、マグネシウム(Mg)、高張力鋼が対象となり、その化成皮膜処理として酸化皮膜処理が一般的であ

*川田工業(株)航空事業部次長 **川田工業(株)航空事業部整備課係長 ***川田工業(株)航空事業部開発課 ****川田工業(株)航空事業部整備課

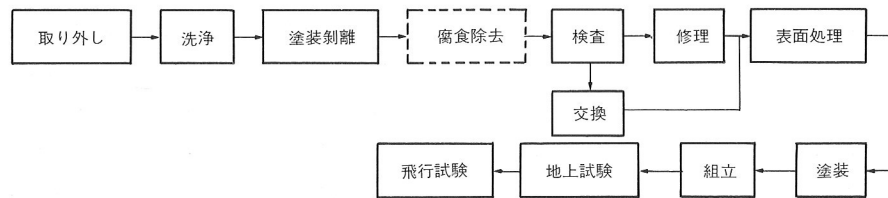


図-1 整備工程全体フロー

る。特にAlにおいては、それ自体空气中で急速に酸化し、その酸化皮膜が内部を保護する。しかしながらこの皮膜は非常に破れやすいため、皮膜をより強靱にする目的でクロム酸処理を施す。この方法は航空機の構造部材や外板に対して最も多く行われており、浸漬または刷毛塗りで処理後水洗いされる。同様な処理が、高張力鋼にはリン酸、Mgにはクロム酸を用いて施される。

クロムとリンは公害上問題となる成分であり、また、水質汚染に関して、水素イオン濃度(pH)、生物化学的酸素要求量(BOD)、化学的酸素要求量(COD)についても注意が必要である。

(2) 腐食除去

Al酸化皮膜を除去するには、一般にアルコール性のリン酸に常温で浸漬、またはこれを刷毛塗りし、それに物理的な方法、たとえばサンディングを組み合わせで行う。Mgにはクロム酸を用いる。

公害上問題となる含有成分としては、クロム、リン、フッ素を含むものがあり、水質については、pH、BOD、COD、ノルマルヘキサン抽出物に対する注意が必要である。

(3) 塗装剥離

塗装剥離には物理的方法と化学的方法があるが、従来物理的な方法はAl、Mg、複合材の表面の小さな傷の安全性が十分に立証されていないため用いられず、ほとんどが化学溶剤とケレン作業に依存している。化学的方法では、先に述べたように下地処理の仕様が未知なため、最適な剥離剤を選ぶためには下地処理と塗装の種類、使用環境を踏まえて選定する必要がある。

剥離剤と塗装の適応性を左右する要因として、以下の事が考えられる。

- ① 化成皮膜処理の有無と、その種類。
- ② 塗装の下地処理の有無と、その種類。

一般に、耐食効果の高いジメチルクロメートプライマーと塗装の付着効果の高いウオッシュプライマーがあり、これらには亜鉛、クロム、またはリンが含まれる。

③ 塗装の種類

エポキシ系、ポリウレタン系、エナメル系などの種類があり、剥離剤ごとに効果に差がある。

④ 航空機の使用環境

寒冷地か否か、あるいは直射日光、運用高度、海水による塩害などにより固着状態に変化が起こる。

⑤ 塗装後の経過時間

これらが影響するため、不特定の機体を取り扱う整備では、剥離剤を特定の銘柄に限定することは、剥離作業の効率上問題があり、またその洗浄工程で発生する排水の成分を把握することも難しい。公害上問題となる含有成分としては、下地処理剤の成分のほかに、フッ素、フェノールおよびクロムが該当し、水質に関しては、BOD、COD、pH、ノルマルヘキサン抽出物に対する注意が必要である。

3. 排水の規制

工場排水の水質基準については、水質汚濁防止法に基づく全国的に統一された基準があるが、これによって環境基準の達成が困難な場合や地元市町村の地域環境維持のため、県条例や市町村との協定によってさらに厳しい上乘せ基準が設けられることがある。表-1に、栃木県公害防止条例の水質基準を示す。

これらの規制対象項目の中で、特に航空機整備に関係の深いものについて、その意味と処理方法を述べる。

① 水素イオン濃度(pH)

水の液性を示すもので、水素イオン濃度をイオン数の逆数として常用対数で示したものである。コントロールは、エアレーションまたはアルカリ剤、酸性剤による中和がある。

② 生物化学的酸素要求量(BOD)

水の有機汚濁の程度を示すもので、溶存酸素存在のもとで水中の分解可能な物質が好気性の微生物によって生物化学的に安定するために必要な酸素量。

③ 化学的酸素要求量(COD)

水中の汚物を化学的に酸化して無害なものとするために必要な、酸化剤に対応する酸素の量。BOD、CODの処理方法としては、活性汚泥法、散水ろ床法、凝集沈殿法などがある。

④ 浮遊物質(SS)

水中に浮遊している物質の総称。もともと排水に含まれるものと、排水処理過程で生成するものがある。処理方法としては、凝集沈殿法、加圧浮上法、ろ過などがある。

⑤ ノルマルヘキサン抽出物(*n*-Hex)

一般には動植物油脂類、鉱物油類を指し、ノルマルヘキサンによって抽出される物質の含有量を示す。処理方法としては、水に浮く性質を利用した浮上法が一般的で、活性剤により乳化した油は、凝集沈殿、加圧浮上法などで除去する。

⑥ 重金属類

カドミウム、亜鉛、クロムなどを指すが、排水中では、固体、金属イオン、金属錯イオンなどとしてさまざまな形で存在する。処理方法は、酸、アルカリ剤を加えてpHを調整後、水酸化物として沈殿除去するが、6価クロムは3価クロムに還元した後に中和する。

⑦ フェノール類

ベンゼン環、ナフタリン環、その他芳香族の環に結合する水素原子を水素基で置換した化合物の総称である。臭気が強く天然水中に存在しない。処理方法は、活性汚濁法、塩素、オゾン、二酸化炭素による酸化、溶媒抽出と活性炭吸着などがある。

表-1 水質基準

項 目	基準値	項 目	基準値
カドミウムおよびその化合物	不検出	ノルマルヘキサン抽出物質含有量(鉱油類含有量)	5
シアン化合物		ノルマルヘキサン抽出物質含有量(動植物油脂類含有量)	10
有機リン化合物(パラチオン、メチルパラチオン、メチルジメトン、EPNに限る)		フェノール類含有量	1
鉛およびその化合物		銅含有量	3
6価クロム化合物		亜鉛含有量	5
ヒ素およびその化合物		溶解性鉄含有量	3
水銀およびアルキル水銀その他の水銀化合物		溶解性マンガン含有量	3
アルキル水銀化合物		クロム含有量	2
P C B		フッ素含有量	8
水素イオン濃度(pH)		大腸菌群数	3 000
生物化学的酸素要求量(BOD)	25(20)	窒素含有量	20(10)
化学的酸素要求量(COD)	25(20)	リン含有量	2(1)
浮遊物質(SS)	50(40)	トリクロロエチレン	不検出
		テトラクロロエチレン	
		1,1,1-トリクロロエタン	

※・単位1 000m³につきmg (ppm)
 ・水素イオン濃度は水素指数
 ・大腸菌群数は単位1cm³につき個(日平均)
 ・() 内は日平均

4. 廃水処理設備計画

(1) 計画概要

排水処理設備を設計するには、排水成分と水量を実験的にを行い、その日平均と変動幅を推測することが必要となる。設備計画のフローチャートを図-2に示す。

本計画では、使用薬剤と水量を正確に把握するため、共通試験片としてA1-2024材の20 cm角圧延材を単位として、すべて単位面積当たりの値で管理した。

手順としては、予備実験によって単位面積当たりの薬剤使用量を求め、次に本実験で排水の回収を行う。この

場合、本実験には洗浄用蒸留水を必要とするが、十分な量の確保が困難なため一律5 lの蒸留水で行う。したがって分析によって得られたデータは、実際の使用水量に応じて希釈するための補正が必要となる。そのため、本実験とは別に実際の作業と同じ状況を再現し、単位材料当たりの使用水量を決定して希釈率を求めた。一方、総排水量は、工場の1日当たりのA1材作業面積に先に求めた単位材料当たりの使用水量を掛け合わせて求めた。以上の作業を工場で排水の発生するすべての工程について行うべきであるが、化成処理工程、腐食除去工程に関しては、使用薬剤を水で希釈した成分と実際の作業排水成分がほぼ合致するため、薬剤を直接分析した後に使用水量に応じて希釈することとした。

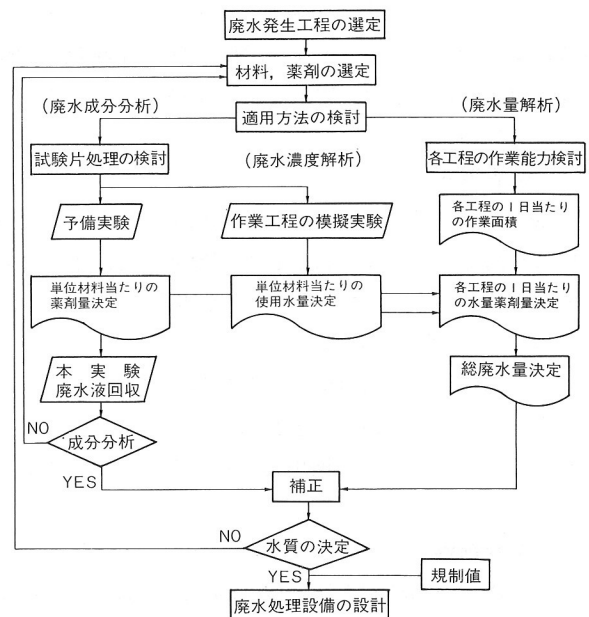


図-2 設備計画フローチャート

(2) 使用薬剤と工場能力

表-2に工場で使用できる可能性の高い薬剤を示す。

表中の水質基準に係わる該当成分は、各薬剤メーカーが公表している水質汚濁防止法に該当する項目である。

(3) 回収実験

廃水を回収するための採取プランを表-3に示す。

種別No.14~21は塗装剥離工程の洗浄水であるが、下地処理により排水成分が変化するため、化成処理、下地塗装、仕上げ塗装を数種類組み合わせで行った。排水の回収に関しては、実際の処理設備のようなバースクリーンによる大型固型物の回収装置がないため、1.6 mmの回収網にて剥離した塗装膜を除去することとした。また本実験では、各メーカーの剥離剤による効果を下地処理を変化させて比較観察した。剥離作業の様子を写真-1に、剥離洗浄水の回収の様子を写真-2に示す。

(4) 排水成分の分析値と水質の決定

表-4 に分析方法, 表-5 に回収した廃水の成分を示す。表-5 に示す排水成分に対して, 模擬実験による希釈倍率を掛け合わせ, さらに各工程ごとの水量より総排水量とその変動幅を推測したのが表-6 である。

同水質の特徴としては, 亜鉛, クロム, 窒素, リンを多少含み, またCOD値, BOD値が非常に高く, これについてはフェノール類の影響があるためと思われ, 曝気処理などの生物化学的処理が必要と思われる。さらに規制値との開きを見ると, 6 価クロムおよびリンなどの処理が必要と思われる。

(5) 排水処理設備

表-2 薬剤リスト

番号	薬剤種類	メーカー	水質基準に係わる該当成分
1	剥離剤(アルミ)	A 社	pH, n-Hex, SS, COD, BOD, Cr ⁶⁺ , Cr
2	"	"	pH, n-Hex, SS, COD, BOD
3	" (適ポリウレタン系)	B 社	pH, n-Hex, SS, COD, BOD, Cr ⁶⁺ , Cr, フェノール
4	" (弱アルカリ)	"	pH, n-Hex, SS, COD, BOD, N

薬剤 B 化成処理剤

番号	薬剤種類	メーカー	水質基準に係わる該当成分
1	化成処理剤(黄金色)	A 社	pH, SS, COD, BOD, Cr ⁶⁺ , シアン, フッ素
2	" (無色)	"	pH, SS, COD, BOD, Cr ⁶⁺ , Cr, フッ素, リン
3	" (黄金色)	B 社	pH, SS, COD, BOD, Cr ⁶⁺ , Cr, フッ素
4	" (無色)	"	pH, SS, COD, BOD, Cr ⁶⁺ , Cr, フッ素, Zn

薬剤 C 腐食除去剤

番号	薬剤種類	メーカー	水質基準に係わる該当成分
1	腐食除去剤(アルミ)	A 社	pH, n-Hex, SS, COD, BOD, フッ素
3	" (アルミ)	B 社	pH, n-Hex, SS, COD, BOD, フッ素
2	" (スチール)	A 社	pH, n-Hex, SS, COD, BOD, リン
4	" (スチール)	B 社	pH, n-Hex, SS, COD, BOD, リン

薬剤 D カーボンリムーバー

番号	薬剤種類	メーカー	水質基準に係わる該当成分
1	カーボンリムーバー	B 社	pH, n-Hex, SS, COD, BOD, Cr ⁶⁺ , Cr

薬剤 E プライマー

番号	薬剤種類	メーカー	水質基準に係わる該当成分
1	ウォッシュプライマー	C 社	pH, n-Hex, SS, COD, BOD, リン
2	ジシクロメートプライマー	D 社	pH, n-Hex, SS, COD, BOD, Cr ⁶⁺ , Zn

薬剤 F 塗料

番号	薬剤種類	メーカー	水質基準に係わる該当成分
1	ポリウレタン塗料	C 社	pH, n-Hex, SS, COD, BOD

表-3 採取プラン

種別 No.	腐食除去	カーボンリムーバー	化成処理	プライマー	塗装	剥離剤	成分分析
1	C-1						pnsCB Fフェ リンCr cr
2	C-2						pnsCB Fフェ リンCr cr
3	C-3						pnsCB Fフェ リンCr cr
4	C-4						pnsCB Fフェ リンCr cr
5		D-1					pnsCB Fフェ リンCr cr
6			B-1				pnsCB Fフェ リンCr cr
7			B-2				psCB Fフェ リンCr cr シ
8			B-3				psCB Fフェ リンCr cr シ
9			B-4				psCB Fフェ リンCr cr シ
10						A-1	psCB Fフェ リンCr cr シ
11						A-2	pnsCB Fフェ リンCr cr
12						A-3	pnsCB Fフェ リンCr cr
13						A-4	pnsCB Fフェ リンCr cr
14				E-2	F-1	A-3	pnsCB ZFフェ リンCr cr
15				E-2	F-1	A-4	pnsCB ZFフェ リンCr cr N
16				E-1	F-1	A-3	pnsCB ZFフェ リンCr cr
17				E-1	F-1	A-4	pnsCB ZFフェ リンCr cr N
18			B-3	E-2	F-1	A-3	pnsCB ZFフェ リンCr cr
19			B-3	E-2	F-1	A-4	pnsCB ZFフェ リンCr cr N
20			B-3	E-1	F-1	A-3	pnsCB ZFフェ リンCr cr
21			B-3	E-1	F-1	A-4	pnsCB ZFフェ リンCr cr N

p : pH C : COD フェ : フェノール cr : Cr シ : シアン
 n : n-Hex, B : BOD リン : 全リン N : NH₄-N
 s : SS F : フッ素 Cr : Cr⁶⁺ Z : 亜鉛

表-4 分析方法

項 目	規 格	分 析 法
pH	JIS-Z-8802	ガラス電極法
ヘキササン抽出物質	環境庁告示第65号 附表5	重量法
浮遊物質	環境庁告示第65号 附表4	GFP法
化学的酸素要求量	JIS-K-0102	100℃ KMnO ₄ 法
生物化学的酸素要求量	JIS-K-0102	隔膜電極法
フッ素(F)	JIS-K-0102	ランタン-アリザリンコンプレキソン法
フェノール類(ph)	JIS-K-0102	吸光度法 4-アミノアンチピリン法
全リン(T-P)	JIS-K-0102	モリブデン青抽出吸光度法
6 価クロム(Cr(VI))	JIS-K-0102	吸光度法
総クロム(T-Cr)	JIS-K-0102	原子吸光法
シアン(CN)	JIS-K-0102	4-ピリジンカルボン酸-ピラゾロン吸光度法
全窒素(T-N)	JIS-K-0102	還元蒸留法 ケルダール法



写真-1 剥離作業

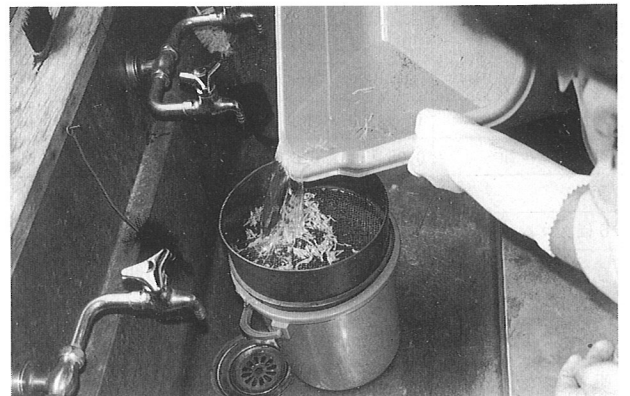


写真-2 排水回収

表-6に基づいて設計した整備、組立工場の排水処理設備フローチャートを図-3に示す。

① 処理方式

Cr⁶⁺還元・凝集沈殿処理＋スイオ－SBR回分活性汚泥処理＋凝集沈殿処理＋活性炭吸着処理方式

② 処理水量

8.0(m³/日)=1.0(m³/時)×8(時間/日)

③ 処理の流れ

流入排水は、最初に自動バースクリーンおよび油分離槽を経由して固型物、浮上油を除去した後には化

学処理工程に入る。原水ピットよりウェアーにて還元槽に注入されて、ここでまず6価のクロムを3価に還元し、次のpH調整槽にて他の重金属類とともに中和されて凝集剤を添加した後に、沈殿槽にて汚泥として回収する。次に生物化学処理工程の準備として原水調整槽に注入され、回分反応槽にてバクテリアによる生物化学処理を行う。回分反応槽はコスト低減のため曝気槽と沈殿槽を兼ねたものであり、したがって嫌気工程、曝気工程、沈殿工程、排出工程の運転サイクルを1日3回行う。同工程にて、BOD、

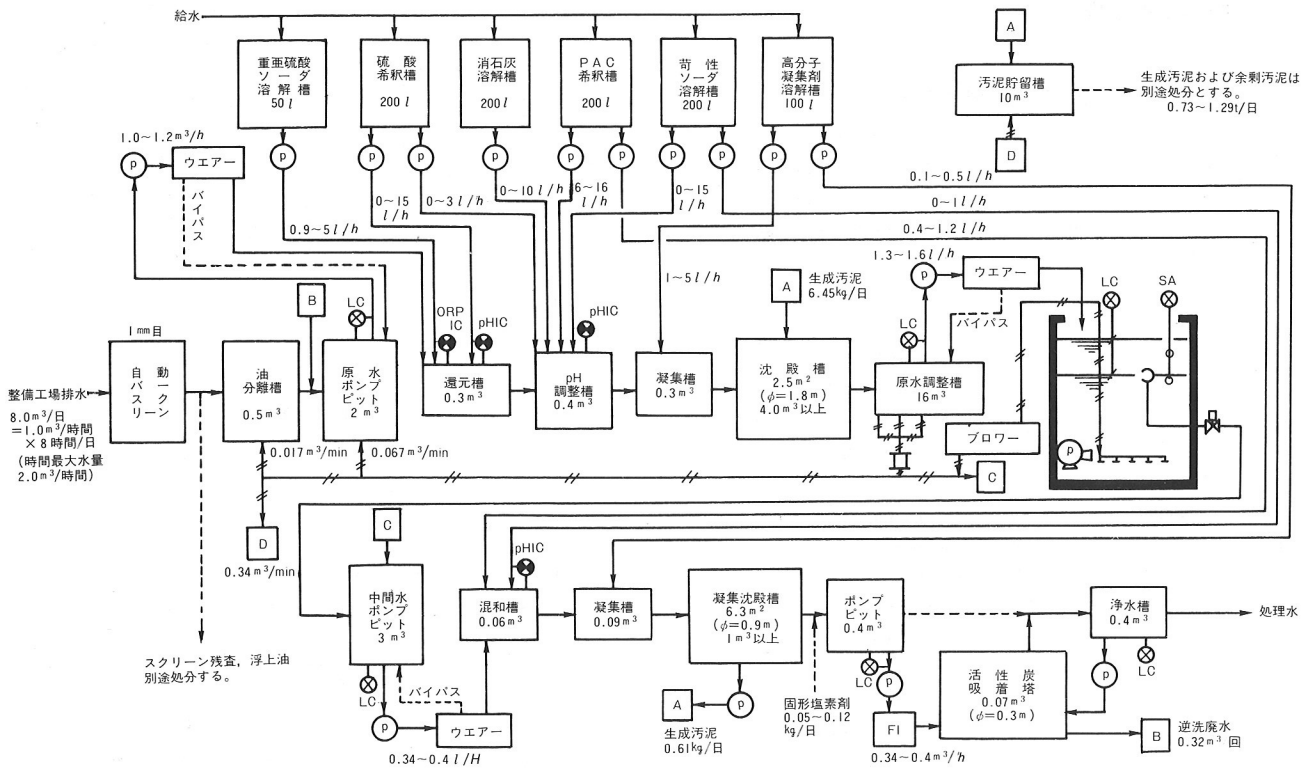


図-3 廃水処理設備フローチャート

表-5 排水成分

種別No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
pH(水温25.5℃)	2.72	2.21	2.22	2.99	8.62	4.20	2.86	4.10	4.22	9.80	6.49	6.80	7.39	7.21	8.94	7.48	8.63	7.15	9.25	7.48	9.47
ヘキサン抽出物質	3	2	7	4	80	—	—	—	—	25	31	17	9	28	12	83	13	100	73	108	68
浮遊物質	<1	<1	<1	<1	1	<1	<1	1	<1	4	40	31	21	46	241	251	373	1260	1130	876	1720
COD	105	51.2	215	14.8	486	1.0	<0.5	<0.5	<0.5	313	313	310	306	1550	512	1730	356	2010	669	2300	423
BOD	316	56.8	126	4.6	6110	35.1	<0.5	<0.5	<0.5	100	389	461	189	898	775	2040	476	2780	1160	2650	887
フッ素	16.9	<0.4	1.0	<0.4	7.8	<0.4	0.28	0.6	1.2	<0.4	1.0	0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4
フェノール類	0.08	<0.02	0.27	0.04	151	0.23	<0.02	0.14	0.20	0.23	0.16	0.48	256	1.34	715	854	2.76	2.07	764	813	12.6
全リン	32.2	49.7	258	4.62	<0.06	<0.06	0.18	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	0.49	0.07	3.49	0.71	4.76	0.07	1.73	1.04	4.23
6価クロム	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	3.71	1.05	2.50	1.82	2.54	<0.05	2.77	<0.05	15.0	7.39	10.3	0.61	33.6	36.6	23.3	2.02
総クロム	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.13	3.96	1.16	3.05	2.90	3.66	0.01	3.54	<0.01	23.3	8.02	14.9	1.46	39.4	53.2	40.1	3.21
シアン	<0.01	—	—	—	—	0.19	<0.01	0.41	<0.01	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
全窒素	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	22.9	—	42.6	—	52.1	—	33.5
亜鉛	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	61.5	11.8	3.67	8.73	32.5	60.0	14.2	12.0

注) 単位: mg/ℓ (pHについては0~12), <: 定量限界以下を示す。

表-6 工場排水の成分

水質項目	系 統	流入廃水		処理水
		日平均	変動幅	
水温	℃	15～30		—
pH		3～10		5.8～8.6
SS	mg/l	120	10～ 300	50(40)以下
COD	mg/l	650	0～1700	25(20)
BOD	mg/l	750	0～2000	25(20)
n-Hex	mg/l	45	10～ 90	5 以下
フェノール類	mg/l	320	0～ 850	1 以下
亜鉛	mg/l	20	0～ 50	5 以下
6 価クロム	mg/l	15	0～ 30	不検出
全クロム	mg/l	20	0～ 40	2 以下
窒素	mg/l	25	0～ 60	20(10)以下
リン	mg/l	60	0～ 500	2(1)以下
大腸菌群数	個/ml	—		3 000以下

COD, フェノール類をコントロール後, 2 次処理として沈殿処理, 活性炭による吸着を経て排出する。

5. あとがき

本報告で紹介した廃液処理設備は, 環境基準の厳しい河川への放流を前提として計画されたものであり, 特に共同処理設備のない工業団地などにおいて, BOD, COD などのコントロールが可能な本設備は非常に有効なものと思われる。現在, 民間のレベルにおける工業廃液の処理方法としては, 大手を除きほとんどの企業が化学処理のみに依存している。これは一つには生物処理に運用上の問題点が幾分残されているためだが, 今後環境基準が厳しくなるにつれて, これらの問題を一つずつ解決していかななくてはならないと考える。

参考文献

- 1) JIS-K-0102: 工場排水試験法
- 2) 環境庁告示64: 排水基準に係る検定方法
- 3) 栃木県衛生環境部: 栃木県環境保全関係法規集
- 4) 松谷守康: 排水の公害対策