

伸線・製釘工場群から、排木、共同除害施設、設計に決する調査

建設省土木研究所 正員 柏谷 衛

1 序文

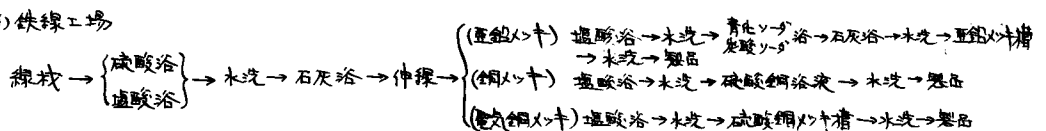
わが国の一都一地区には古くから同一業種の中小工場群がいくつか所にかたまつて存在しているケースがある。一般に単一工場ありの生産量は比較的少ないが、その工場数が数拾、ないし百数拾とまとまって存在するため全体としては大工場のそれと匹敵し、またはそれをはるかに上回るほどの生産量を挙げている。このような工場数および総生産量が多いため、その業種が用水型のものであれば必ずといってよいほど、その排水が排出されてくる河川の下流では水質汚染に関する多くの問題を生ずるにしているのが実情である。しかし単独の工場ではその規模が小さいがために排水処理施設を設けたものの資金の余裕がなく、たとえ設置したとしてもその維持管理を充分に行ないうる人的、資金的な裏付けがなかったため、当該地方公共団体が中心となつて特別都市下水道事業によつて共同除害施設を築造をすすめているケースがある。筆者らもすでにこのような工場群からの排水の共同除害施設築造のための調査の実例として皮革のフロウなめし工場群からの排水の共同除害施設設計のための調査結果について報告したが¹⁾、こゝではN川の汚染源として問題となつており、最近その共同除害施設築造工事に着手した練鰯・蟹倉工場群からの排水の共同除害施設設計のための調査結果について報告するにとした。

この仲俣・鋸工場群のありするH市H地区はすでに工事に着手した流域下水道計画区域内に含まれており、本工場群からの排水も流域下水道築造工事終了後はそれに受入れられて終末処理場で処理したうえでN川に放流されることと予定されている。しかし流域下水道完成前は共同除害施設で処理した後、N川の支流に放流することと定められている。このようなことから共同除害施設の設計として流域下水道への受入れを考慮し、その下水管渠、処理場内の各施設に損傷を与えたり、その生物学的処理性能に障害を与えない水質を有する放流水を得ることを求める共同除害施設の築造を目的として必要な調査を実施したものである。

2. 各工場における排水源と排棄物

H地区の伸線、釜釘工場群では鉄線、銅線、真鍮線、ステンレス鋼線または銅線の素材を用いた地区から購入して、それを錆菜にしたうえで適当な太さに伸線している。更に鉄線では亜鉛メッキ、銅メッキ、ビニール色付などを実施して製品を導いている。また釘は前記伸線作業によって適当な太さにした鉄線と釜釘材によって釘を作り、更に必要に応じて亜鉛メッキなどを実施して製品としている。主たる工程についてこの経路を因循すると下記のとおりである。

(4) 鉄線工場



(四) 伸銅工場

粗銅線→硫酸浴→水洗→加里石鹼浴→製品

(4) ステンレス鋼線工場

線材→塩酸浴→水洗→ $\left\{ \begin{array}{l} \text{王水浴} \rightarrow \text{水洗} \rightarrow \text{石灰浴} \rightarrow \text{伸線} \rightarrow \text{製品} \\ \text{硝酸浴} \rightarrow \text{希酸浴} \rightarrow \text{伸線} \rightarrow \text{製品} \end{array} \right.$

(5) ニャフト鋼工場

棒鋼→硫酸浴→水洗→伸鋼→製品(廢棒鋼)

工場群の規模として従業員数10～300名、1社当りの年間生産量1,000～25,000トン程度である。鉄線工場群では一般にその規模が大きく、設備も近代化している。しかし他の工場群はその規模が小さく、人力による作業が中心となっており、近代の設備を要する製釘、各種メッキ工程などはほとんどない。このようなことから本工場群の主体となるものは鉄線工場であることも過言でないものがある。

水洗は酸浴、青止ソーダ浴を行なった後に必ず行われるので、排水中には各種酸、鉄錆、ニッケル、亜鉛などが含有する。また使用した工場用水はすべて排水となる。使用剤の酸は一部は原料の鉄成を溶かし硫酸第一鉄、硫酸第二鉄などの塩を形成するが、大部分は酸の状態のまま排出されることになる。洗浄排水中のpHは常時は2.0～2.5の範囲にあることが多い。pHが極端に低下するのは酸の浴槽が浴液交換のために開放されるときに生ずる。この浴液の交換は週1～2回の割合で1時に多量に廃棄される。この時の洗浄排水のpHは4.0まで低下することがある。廃棄される浴液中には鉄成の粉末、錆などの塩を形成した沈殿物があるが、これらの塩も浴液更新時には廃酸と共に排出されるので、一般的には酸濃度が高いときには溶存鉄の濃度も高いという状態を示している。いくつかの工場についてこの浴液交換時の排水の調査を行ったところ、錆を除去するために使用する酸としては硫酸が圧倒的に多く、またステンレス鋼線工場の浴液中にはフッ素および亜鉛の含有量が多いこと、伸鋼工場の浴液として硫酸を使用している場合には銅の含有量が極端に多いことなどがわかった。

3. 工場群からの排水の水量と水質

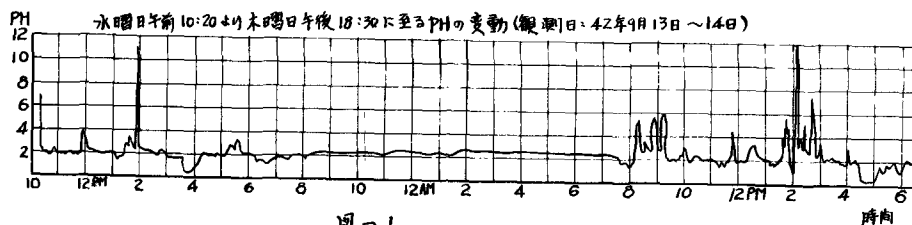
工場群からの排水の水量および水質の調査は既設排水路を利用して延13日間にわたって終日調査を行った。このうち各4回毎月、水、土曜日に実施したものであり、1回は旧正月の日曜日に実施したものである。終日調査では11～16回にわたって水量の測定および排水を実施した。調査結果の範囲は表-1に示すとおりである。またpHの変動は非常に大きく、その範囲は1.2～4.5と広いものがあるため自記測定装置により観測を行った。その結果の一部を図-1に示した。水量、水質調査結果を概括すると次のとおりである。

1) 排水量の日変化は月曜日、水曜日、土曜日がいずれにてもほぼ等しい。その時間変化もほぼ同様傾向を示しており、昼間流量は夜間流量の3倍に達する。小企業では夜間作業は行われていないが、中企業では24時間操業を行なうものがある。酸度および鉄の含有量は月曜日、水曜日と土曜日とは大きな差が示されている。これは工場における浴液の交換の多くは土曜日に行われることが多く、これを表している。

表-1 排水量、水質調査結果

事項	項目	日 曜 日	水 曜 日	土 曜 日	日 曜 日
調査結果	pH	6.3 ~ 1.2	11.5 ~ 1.2	11.7 ~ 0.7	5.8 ~ 1.9
	全酸度 (mg/l)	22,750 ~ 7.0	23,875 ~ 0.0	58,300 ~ 3.0	2,865 ~ 50
	硫酸酸度 ()	6,015 ~ 0.0	5,525 ~ 0.0	20,570 ~ 0.0	2,620 ~ 0.0
	全鉄 ()	8,322 ~ 0.07	14,220 ~ 0.1	20,800 ~ 0.05	219 ~ 0.7
	第1鉄 ()	7,759 ~ 0.03	13,620 ~ 0.02	14,870 ~ 0.01	219 ~ 0.7
最大最小	亜鉛 ()	16.0 ~ 0.01	3.9 ~ 0.02	24.4 ~ 0.02	9.77 ~ 0.00
	銅 ()	2.1 ~ 0.0	1.9 ~ 0.02	2.3 ~ 0.03	0.32 ~ 0.11
	硫酸イオン ()	10,246 ~ 27	6,107 ~ 35	64,400 ~ 25	2,903 ~ 170
範囲	全ニアン ()	19.3 ~ 0.0	34.4 ~ 0.2	22.4 ~ 0.0	1.5 ~ 0.0
	排水量 (t/s)	144 ~ 25	156 ~ 50	178 ~ 50	45 ~ 23

日平均	全酸度 (mg/l)	1,120	1,350	4,958	517
排水量	硫酸酸度 ()	436	352	2,024	348
硫酸酸度	全鉄 ()	513	624	2,299	98
	第1鉄 ()	468	558	1,778	82
	排水量 (m ³ /d)	7,123	7,695	7,560	2,460



- ii) 旧正月の日曜日はずべてこの工場が休業するといわれ、この日、調査結果によればその排水量は前日の3割を越えており、かつ午後にはpH 2.0を下廻ることを認められた。これからみて本工場からの排水は貯えなく共同排水施設に流入したことを予想される。
- iii) 排水のpHは2~2.5の範囲にあることが多いが、硫酸・塩酸が比較的規模の大きい工場群で行なわれた時には2.0まで低下することがある。また伸線工程などで石灰が使用されていることから、この排水中に流れて、時的にpHが12まで上昇することを認められた。
- iv) 排水中の酸度は主として硫酸によるものであり、硫酸イオンの濃度は非常に高いものであった。排水中には多量の第1鉄イオンが含有するが、硫酸酸度が高いほど溶存鉄含有量も増加する傾向が認められた。この溶存鉄は表-1に示したように多量に含有するが故に本排水中の汚濁物質として重要なものである。
- v) 排水中の亜鉛含有量は極くまれに15~25mg/lを示したことがあり、一般には2mg/l以下であり、亜鉛による障害はほとんど無いと考えられる。このように亜鉛使用量が多いにもかかわらず、排水中の亜鉛濃度が低いのは亜鉛メッキの槽に硫酸を1として使用せずに加熱融解した状態で使用するためと推定される。銅の含有量は亜鉛のそれと比べて低く、これによる障害は全く考えられぬ。
- vi) 全ニアン含有量は15mg/l以上を示している場合もかなり多く、時には30mg/lを越えていたことがある。ニアン含有が皆無が、また極く微量な時には排水の色調は褐色または黄褐色を呈するが、3mg/l以上になるとニアンの影響を受けて青色または緑色となる。ニアン含有が多くなると第1鉄塩、第2鉄塩と共存する場合に鉄のニアン錯塩を形成し、毒性はかなり減じられるが、この鉄ニアン

二階層が再び分解された時を規定するならば、共同除害施設で除去すべき重要な物質であるといふことが出来る。

④ 排水中のCODは比較的高い数値が示されているが、これは第一鉄塩などの酸化に要したものであり、今この二つの有機物の含有はほとんど無いて考えられる。しかし当該地方の共同体ではこの排水管を用いた工場群の所在地区に存在する家庭からの汚水も受入れる考えがあるので、流域下水道への持込が終了した後では有機物の含有が増加するようになる。

4. 排水の中和

共同除害施設における処理として先が重要なものは中和である。本排水中には硫酸と共に多量の溶存鉄が含有されているので、その溶存鉄の含有量の多少が所要するアルカリ剤の量に大きな影響を及ぼしている。図-2は中和滴定曲線の例を示したものである。

この二つの種の排水のpHは表-2に示すようにそのpHが1.85～2.0と近似したものであったが、試料No.I、No.IIと試料No.Xとは中和滴定曲線の形は非常に異なるものとなっている。すなわち試料No.I、No.IIは硫酸の中和に相当量のアルカリ剤を消費しているのに対し、試料No.Xでは硫酸の中和のために消費したアルカリ量は非常に少ないがpH7前後において硫酸第一鉄を中和するに要するアルカリ量が非常に増加している。

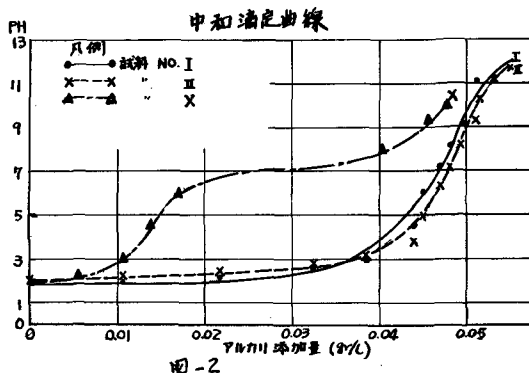


表-2 中和および沈殿の実験に用いた試料の分析値

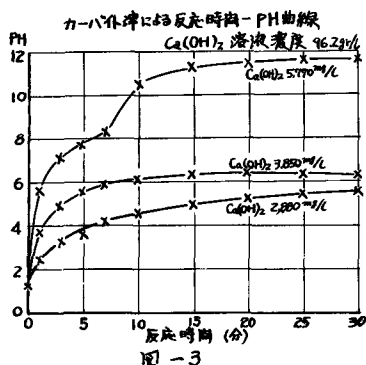
項目 試料	pH	全酸度 (mg/L)	全アルカリ (mg/L)	全鉄 (mg/L)	溶存鉄 (mg/L)	第一鉄 (mg/L)	第二鉄 (mg/L)
I	1.85	2,112	2.2	362	332	280	52
II	2.00	2,218	2.3	372	344	274	50
III	2.95	202	0.3	38	34	30	4
IV	3.10	277	0.5	219	210	194	16
V	0.50	7,205	7.3	1,526	1,509	1,367	142
VI	1.70	4,200	5.1	2,350	2,326	2,128	198
VII	1.25	4,002	6.3	3,371	3,370	2,128	1,242
IX	2.35	385	2.8	188	168	126	42
X	1.95	630	5.9	984	752	722	30

(註) アルカリ物の分析方法は「下水の水质の検定方法に關する法令」(昭和37年12月17日)による。

本排水の中和処理に石灰石を用いるべくいくつかの実験を行なったが、いずれの場合も良好な結果を導くことが出来なかった。これは溶存第一鉄を除去するために理論量よりかなり多量の石灰石を必要とするため、多量の生臭が原因であるためである。

中和剤として石灰を用いることは適当であるが、排水量が非常に多いため維持管理のための経費がかさむことになるため、附近の工

場から得られるカーバイト率を中和剤として用いるべく調査を行なった。このカーバイト率は表-3に示すように硫酸含有量が少なく、他にも需要があるため工場側においてドライヤーで人工的に乾燥したものを入手出来るものであり、かつその価格は選別状態のもので消石灰の約1/6、工場側で人工的に乾燥したもので消石灰の1/2で入手出来ることになった。カーバイト率による中和のための反応時間は消石灰のそれと大差ないものであった。図-3にはカーバイト率による反応時間-pH曲線の一例を示した。



前記のように本工場群からの排水は硫酸酸性であるため、多量にカーバイドを加えた場合には多量の硫酸カルシウムが生成され、その濃度が一定の割合を越えざるに析出して末に沈殿池における泥の分量が増加することが予想される。このためカーバイドを添加出来る最大濃度は生成される硫酸カルシウムの溶解度を越えざるなり。この硫酸カルシウムの溶解度は理論的には20℃の水に対して2,980 mg/l になるとい

われているが、本工場群からの排水のように硫酸第一鉄など多量に含有する排水の場合には硫酸カルシウムの溶解度が異なることが予想され、実際の排水を用いてその溶解度を求めた。実験結果の一例は表-4に示すように排水のそれと相当上廻るものとなった。同表の結果からみて排水中の硫酸イオン濃度が3,000 mg/l 程度までは硫酸カルシウムの析出に中和処理を行わなければならない。また硫酸イオン濃度が3,000 mg/l を越える場合にはさらに苛性ソーダ溶液投入の設備を設ける必要がある。

5. 第一鉄塩の除去

本工場群からの排水には多量の硫酸第一鉄、硫酸第二鉄などの鉄塩が含有している。その濃度はpHが低いほど増加する傾向を示している。この鉄塩のうち第二鉄イオンは比較的低いpH値で水酸化第二鉄のフロックを形成し沈殿除去出来ることが知られており、第一鉄イオンはそのpH値をかなり高い位置に調整しなければ水酸化第一鉄として除去することは出来ないといわれている。この第一鉄イオンは酸性溶液中でも、またアルカリ溶液中でも次式のような反応方程式により水中の溶存酸素を奪い第二鉄に酸化される傾向があり、河川中の溶存酸素平衡に大きい影響を及ぼすことになる。また流域下水道の管渠内に受入れられた場合には、下水中の溶存酸素

表-3 カーバイドの分析例

項目	材料	A	B	C
水分含有率 (%)		41.86	3.41	2.74
450℃ 燃焼減量 (%)		2.97	10.08	5.18
900℃ 燃焼減量 (%)		16.78	27.80	26.54
SiO ₂ (%)		1.23	1.48	1.92
P ₂ O ₅ (%)		0.0	0.0	0.0
SO ₃ (%)		0.21	0.09	0.41
S (%)		0.04	0.02	0.05
Fe ₂ O ₃ (%)		0.31	0.10	0.22
CaO (%)		37.50	46.34	67.62
MgO (%)		痕跡	"	"
酸消費量 (%)		14.59	60.93	86.53

(註) A: 検査した直後のもの

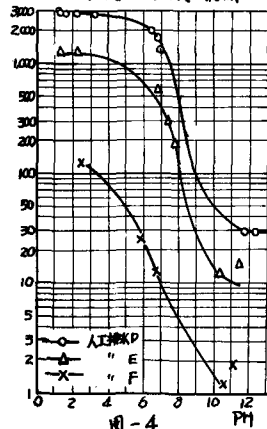
B: もともと湿潤状態にあったものの時間が経過して自然に乾燥したもの

C: 工場側で販売するもの人工的に乾燥したもの

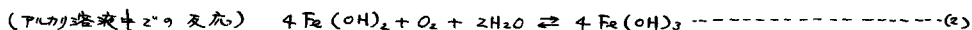
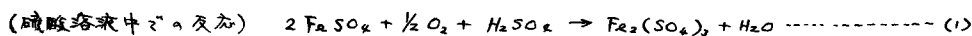
表-4 カルシウムイオンおよび硫酸カルシウムの溶解度実験

沈殿生成量 (g/l)	フロックスのpH	上澄水のpH	Ca ⁺⁺ (mg/l)	CaSO ₄ (mg/l)
2.50	8.62	6.10	1,190	4,050
2.53	9.82	8.95	1,350	8,600
2.60	10.60	9.86	1,375	9,690
2.80	11.48	11.30	1,290	4,390

PHと溶存酸素の関係



素を奪い、その溶存酸素が消費された後では下水管内で不溶性性の酸化第1鉄を形成するため、その含有量も未だだけ減少させることが必要である。



第1鉄塩の溶解度を知るための実験は下記に示す種類の人工排水を用いて行った。この人工排水の濃度は既設排水管内を流下する排水の水質調査時における最高濃度、平均濃度、およびその中間の濃度と選んだものである。pHと溶存第1鉄との関係は図-4に示すとおりである。

人工排水D:

pH	1.22
全酸度	13,000 mg/l
硫酸酸度	9,700 mg/l
第1鉄	3.020 mg/l

人工排水E:

pH	1.34
全酸度	7,300 mg/l
硫酸酸度	5,400 mg/l
第1鉄	1,338 mg/l

人工排水F:

pH	2.53
全酸度	449 mg/l
硫酸酸度	332 mg/l
第1鉄	123 mg/l

この実験より次の結果が得られた。

- i) 3種類の人工排水のうち、酸度が低く、第1鉄含有量の少ないものは低いpH値において第1鉄除去率は高くなる傾向がある。pH 6.8~6.9における溶存第1鉄の減少率は人工排水Dで42%、Eで55.5%、Fで89.7%を示した。
- ii) 第1鉄除去率が90%になると期待されるのは人工排水DでpH 2.7、EでpH 8.0、FでpH 6.9であり、pHが比較的低い位置で高い第1鉄の除去が期待出来る。しかし人工排水Dの多量の溶存第1鉄を含有する場合には第1鉄の除去率は70%では不足である。つまり第1鉄除去率を99%にするものとする、その調整後のpHは11.0以上としなければならぬ。

6. 鉄ニアン錯塩の除去

既設下水路から採取した試料の多くは青色または緑青色の色相を帯び、しかもそのうち多くははフロフロ状の物質の懸濁しているのが認められた。この試料中に含有する全ニアン化合物の分析を行ったところ、多量のニアンが検出され、上記の色相はニアン含有によるものであることがわかった。このため水質のために採取した試料のうち、種々の濃度のニアン含有量と有するもの6本について排水中の全ニアン化合物、つまり沈殿した時の上清および中和沈殿した時の上清について全ニアン化合物と遊離性ニアン濃度の測定を行った。その測定結果は表-5に示すように全ニアン化合物濃度20~130 mg/lのうち排水で沈殿した上清中に含有する全ニアン化合物はそのうちの10~60%を占めているが、遊離性ニアンは僅かに6~27%であり、排水中に含有するニアンのうち、上清中に含有するものもその多くは錯塩化合物を形成していることがわかった。排水で中和沈殿した上清中に含有する全ニアン化合物の百分率は前者より少なく、僅かに4~8%であり、中和によって更にフロフロが形成され沈殿した量が増加することを示された。そしてこの場合の遊離性ニアン百分率は僅かに2~5%で中和した場合に遊離性ニアンは極く微量しか含有されることが見い出された。このようなことから本工場群から排出された既設排水路を流下している排水中のニアンが多く

は鉄ニアン錯塩を形成してゐることを推定した。この鉄ニアン錯塩の形で存在するニアンは遊離ニアンに比べてその毒性もかなり弱いことが知られてゐる。その酸止したときの性質、好気性あるいは嫌気性微生物によって受け影響などに因りては不明である。出来れば除去するのが望ましいことは確かである。

表-5の実験結果からみると、本工場排水の排水中のニアンは浮遊出来るものが多い。すなわちその溶解度は非常に低いものであることがわかった。で、次段で次段分離することが充分に期待出来るものである。

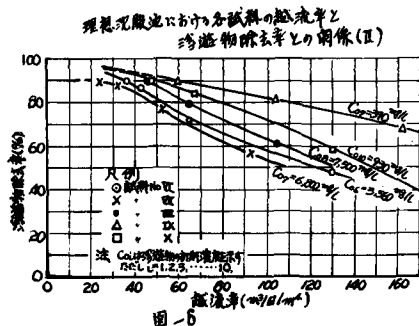
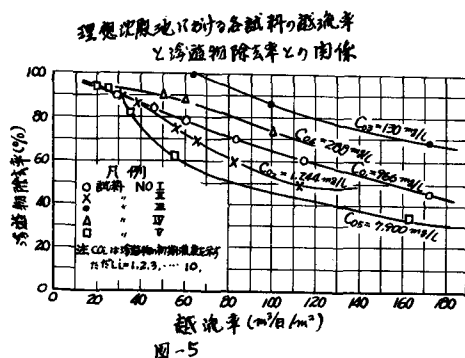
表-5 排水中に含有する全ニアン化合物、遊離ニアン化合物の濃度および百分率

No.	排水中に含有する全ニアン化合物	そのうち浮遊したニアン		中和後浮遊したニアン	
		全ニアン化合物	遊離ニアン化合物	全ニアン化合物	遊離ニアン化合物
1	43.8	18.7 (42.6)	5.9 (13.5)	3.5 (8.0)	1.3 (2.8)
2	42.4	23.6 (55.6)	7.2 (17.0)	3.3 (7.8)	2.1 (5.0)
3	126.2	29.1 (23.1)	11.1 (8.8)	6.2 (4.9)	4.9 (3.9)
4	62.4	40.1 (64.3)	17.1 (27.4)	1.5 (3.7)	1.1 (1.8)
5	49.6	27.6 (55.7)	9.7 (19.5)	3.5 (7.1)	2.5 (5.0)
6	19.4	1.8 (9.3)	1.2 (6.2)	—	—

(註) 表中に示した数値の33%は項中ニアン濃度(444), 下項()内は排水中の全ニアン化合物に対する割合(%)を示す。

7. pH調整次段による処理効果

いづれで述べたように本工場排水の排水中に含有する第1鉄イオン、第2鉄イオン、鉄ニアン錯塩などは排水のpHを中性またはアルカリ性に調整することによって次段分離が期待出来ることがわかった。しかし今で実施したものは不溶解生成物を浮遊液によって分離除去した室内実験の結果であり、排水の次段によって生成物を分離したものでない。このためO'Connor & Eckenfelderが実施した同様のフロッグ次段速度測定用次段筒を用いて理想次段と1つの逆流度、次段時間を知りたい。実験を行なった。2) 3) 実験方法として電動攪拌器をセトした容量200ℓの耐酸ドラム缶に既設下水路より採取した排水を入れて、それにカーバイト率を除去に加えたが攪拌を行なった。そして排水のpHを原則として約6.0に調整した後、小型ポンプにより次段筒に移し、約15分に行なつた攪拌を行なった後に静置次段させた。そしてあらかじめ定められた時間ごとに試料採取口より採り、その浮遊物を分析して次段速度の解析を行なった。この次段筒は内部に手動による攪拌攪拌装置をセトし、外部に合成樹脂製の断熱材を巻いて保温し、上下の温度差による対流が起らないようにしたものである。試料採取口は水面下45cm, 90cm, 135cm, 180cmの4箇所に取り付けてある。1回の実験は7〜8回行なつて4箇所の試料採取口から採り、その浮遊物の分析を行なった。この実験に用いた試料は表-2に示した成分を有するものである。



求股筒からあらかじめ測定した時間ごとに採取した排水は浮遊物の分析を行って、浮遊物除去率を求め、O'Connor & Eckenfelder の凝集性浮遊物の理想沈殿池における沈降解析と同様の方法によってその沈降経路図を画いた。そしてこの図より浮遊物粒子の有効沈降速度、最小沈降速度およびその比率、視浮遊物除去率などを計算し、表-2 に示した試料の各々についてその沈降率と浮遊物除去率との関係を求めた。図-5、図-6 に示すとおりである。なお試料 NO. VII は NO. VI と同様のものであるが中和後の pH を約 8.0 としたものである。(他の 9 試料は前記のようにその pH を約 6.0 に調整した) 図-5 および図-6 に示した沈降の実験から次のことがわかった。

- i) 理想沈殿池としての沈降率が $30 \text{ m}^3/\text{日}/\text{m}^2$ 以下の場合には浮遊物除去率はその初期濃度の関係なく 90% 以上となる。沈降率が增加するにしたがって浮遊物除去率は低下していき、その低下率は初期濃度が高いほど著しい。そして理想沈殿池としての沈降率が $100 \text{ m}^3/\text{日}/\text{m}^2$ を上廻るときには初期濃度 $1,000 \text{ mg/l}$ 以上の場合にはその浮遊物除去率が 50% を下廻る。しかしながら初期濃度 400 mg/l 以下では同様の条件下で浮遊物除去率は 75% 以上が保たれ、浮遊物除去率の低下はそれほど大きなものとはならない。
- ii) 図-5、図-6 の沈降率のかわりに滞留時間と浮遊物除去率との関係を示した図からみて、理想沈殿池としての滞留時間は 80 分以上にしたければ浮遊物除去率は 90% 以上は保つておける。しかし初期濃度 400 mg/l 以下の試料は 40~50 分の滞留時間で 90% 以上の浮遊物除去率が得られ、初期濃度の差によって滞留時間の設計値は大きく変化する。
- iii) 上記の浮遊物初期濃度が高いということは溶存鉄および全酸度が高いことを意味するが、溶存鉄および全酸度の高い試料 NO. V, VI, VII は一般に沈降除去率は他に比べて不良なことが顕著に認められる。また溶存鉄の含有量の少ない試料でも試料 NO. I および II のように比較的酸度の高い試料の場合にも全酸度の低い試料からみると沈降効率の低下していき、が認められる。
- iv) 同一試料(試料 NO. VII および VIII) の pH を調整して 6.0 と 8.0 とに変化させたものについて、pH 8.0 に調整したものの方が沈降効率の向上に浮遊物除去率は 12% 程度良好なる結果が得られた。

8. pH 調整沈降時のエーソンの挙動

上記のように沈降筒を用いた沈降解析は浮遊物除去率をパラメータにして実施した。この場合浮遊物を形成する水酸化第 1 鉄、第 2 鉄などは沈降筒内で沈降させることは出来たが、排水中に含有するエーソ化合物も第 1 鉄、第 2 鉄と同時に除去されるのかを確認するため、あらかじめ次のようなエーソ除去に肉する予備試験を行った。予備試験は既設排水路から得られた排水と相似の人工排水を用いて行ったものである。この人工排水にカーバイトを加えてその pH 値を 5.5~6.0 に調整し、更に 15 分間の緩速攪拌を行った後、静止沈降を行って 5 分間、15 分間、30 分間後、上澄水を採取して、その浮遊物およびエーソの分析を行って浮遊物除去率とエーソ除去率との関係を求めたものである。なおエーソの分析方法は「下水の水量、検定方法に因する者令」(昭和 39 年 12 月 17 日) に準拠して実施した。なお則排水のエーソ分析は 3~4 回にわたって実施し、その平均値を採用したものである。

(I) 予備試験-I

○ 人工排水組成 (下記、試薬を含む)

FeSO_4	138 mg as Fe/l
$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$	41 mg as Fe/l
KCN	4.5 mg as CN/l
H_2SO_4	266 mg as CaCO_3 /l
(pH 6.0 まで調整)	

○ カーバイト率で中和後のニアンニ浮遊物

pH	5.9
全ニアン	3.6 mg/l
浮遊後のニアン	0.9 mg/l
浮遊物	130 mg/l

表-6A 浮遊物除去率と浮遊物中に含まれたニアン除去率 (予備試験-I)

静止水 観時 (分)	浮遊物		ニアン		
	測定値 (mg/l)	除去率 (%)	全ニアン (mg/l)	浮遊物中の ニアン (mg/l)	浮遊物中の ニアン除去率 (%)
0	130	—	3.6	2.7	—
5	45	65	1.9	1.0	63
15	15	88	1.4	0.5	82
180	0	100	0.6	0	100

(II) 予備試験-II

○ 人工排水組成 (下記、試薬を含む)

FeSO_4	523 mg as Fe/l
$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$	86 mg as Fe/l
KCN	13.3 mg as CN/l
H_2SO_4	510 mg as CaCO_3 /l
(pH 6.0 まで調整)	

○ カーバイト率で中和後のニアンニ浮遊物

pH	6.3
全ニアン	10.4 mg/l
浮遊後のニアン	1.2 mg/l
浮遊物	285 mg/l

表-6B 浮遊物除去率と浮遊物中に含まれたニアン除去率 (予備試験-II)

静止水 観時 (分)	浮遊物		ニアン		
	測定値 (mg/l)	除去率 (%)	全ニアン (mg/l)	浮遊物中の ニアン (mg/l)	浮遊物中の ニアン除去率 (%)
0	285	—	10.4	9.2	—
5	115	60	5.5	4.3	53
15	55	81	3.3	2.1	77
180	0	100	1.1	0	100

以上上記の予備試験の結果からみて浮遊物に含有されるニアン比率は浮遊物除去率とは同一の傾向を示しているが、その割合は浮遊物除去率より下廻り傾向があることが認められた。その下廻り割合は2~7%程度とみられた。このようなことから表-2に示した試料について原木、カーバイト率を用いて中和前後のニアン含有量を求めた。その結果は表-7に示すとおりである。同表から中和するだけで排水中に含有されるニアンは約10~80%が除去したものとあり、また中和後の浮遊物中には浮遊前のニアン約10~20%が残留するものがあることが認められた。その中和浮遊後のニアン含有量は0.1~1.1 mg/lであり、除害施設からの放流水中のニアン濃度の標準値たる2 mg/lを下廻るものがあることが認められた。

表-7 既設排水路より得た試料の中和浮遊前後のニアン濃度とその比率 (表-2は同一試料)

項目	試料	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
原木のニアン濃度 (mg/l)		2.2	2.3	0.3	0.5	2.3	5.1	1.3	6.3	3.8	5.8
中和浮遊 前のニアン 濃度 (mg/l)		2.0	2.1	—	0.2	6.2	4.3	3.6	2.8	3.1	3.9
中和浮遊 後のニアン 濃度 (mg/l)		0.3	0.5	—	0.1	1.1	0.7	0.5	0.3	0.3	0.5
中和浮遊 後のニアン 比率 (%)		15	22	—	10	16	16	14	11	10	13

註) i) 中和浮遊前比率 = $\frac{\text{中和浮遊前ニアン濃度}}{\text{原木のニアン濃度}}$

ii) 中和浮遊後比率 = $\frac{\text{中和浮遊後ニアン濃度}}{\text{中和浮遊前ニアン濃度}}$

iii) カーバイト率を用いて中和は試料No. VIIIを除くものについて約6.0に、試料No. VIIIは約8.0にまでpHを調整した。

iv) ニアンの分析方法は「下水の水質の検定方法に関する省令」(昭和37年12月17日)に準拠した。

9. pH調整沈殿処理による設計

本工場群からの排水のpH調整処理を考えた場合、分離除去すべき物質として挙げられるのはアンモニア、アンモニア濃度は共同除害施設からの処理水として 2.0 mg as CN/l 以下にしよう設計しなければならぬ。いま本工場群からの排水として右-8に示す水質が与えられたものとする。次段分離すべき浮遊物中のアンモニア濃度を以下の除去率で次のように求めらる。

○ 工場群からの排水中のアンモニア平均濃度

10 mg as CN/l

○ 共同除害施設送込水中のアンモニア予想平均濃度

7.5 mg as CN/l

[工場群からの排水 $18,000 \text{ m}^3/\text{d}$, 家庭排水 $6,000 \text{ m}^3/\text{d}$ が流入する。]

○ 中和処理後のアンモニア平均濃度

6.0 mg as CN/l

[送込中に 1.2 mg as CN/l , 浮遊物中に 4.8 mg as CN/l]

○ 次段分離後の処理水中のアンモニア平均濃度

2.0 mg as CN/l

[送込中に 1.2 mg as CN/l , 浮遊物中に含有して浮遊物と共に越流するもの 0.8 mg as CN/l]

○ 浮遊物中のアンモニア除去率

83%

表-8 工場群からの排水の水質
の設計値

項目	濃度
酸度	$1,000 \text{ mg/l}$
第1鉄1分	600 mg as Fe/l
第2鉄1分	100 mg as Fe/l
アンモニア	10 mg as CN/l
BOD	10 mg/l
浮遊物	200 mg/l

すなわち浮遊物中に含有するアンモニアのうち、その83%を次段分離出来るような次段池の設計を施さなければならぬことになる。この場合、前章に述べたアンモニア除去の予備実験の結果よりアンモニア除去率は浮遊物の次段除去率よりも2〜3%低くなる結果が得られた。この浮遊物中のアンモニア除去率は83%に保つた場合には次段池における浮遊物除去率を約70%にするよう設計しなければならぬ。理想次段池において浮遊物除去率を70%に保つた場合には図-5および図-6からみてその越流率を $30 \text{ m}^3/\text{d}$, 滞留時間を70分に保たなければならぬ。実際の設計に当たっては適当なスケールアップ係数を考慮する必要がある。

10. 汚泥の処分

本共同除害施設から発生する汚泥は水酸化第1鉄、第2鉄、鉄アンモニウム錯塩、水酸化銅、不溶酸、カーバイド等、重組や比重重金屬を多量に含有するものである。この汚泥は現在この既述の低埋地に埋立てることを考えているが、将来は恒久的の処分法を考慮しなければならぬ。この汚泥の処分法をも兼ねた有効的回收がこの汚泥から出来るならば非常に好都合であるが、これは今後の研究課題として決つておこうである。

(参考文献)

- 1) 柏谷 蒼彦, 小坂「皮革工場群からの排水の除害施設設計に関する調査」第3回衛生工学研究討論会論文集
- 2) D.J. O'Connor & W.W. Eckenfelder Jr. "Evaluation of Laboratory Settling Data for Process Design" Biological Waste Treatment of Sewage & Industrial Wastes Vol.I (1956)
- 3) D.J. O'Connor & W.W. Eckenfelder "Biological Waste Treatment" Pergamon Press (1961)