

皮革工場群からの排水の除害施設の設計に関する調査

建設省工本研究所・柏谷 衛, 菅原正孝, 小堀和夫
柳川富雄, 長谷川清

(1) 序文

関西の数地帯には皮革工場群があり、これらの工場群の排水による河川の水質汚染が問題となっている。これらの皮革工場群のうち、W市内のものは目下工事中の下水処理場で、他の工業排水や家庭下水と共に処理される。¹⁾ ここで述べる実例はW市内やH市内にあるものとは異なり、クロムなめし専業の工場群からの排水の処理についてのものである。

K市内の一部には約90のクロムなめし専業の工場群があり、これらの排水は農業用排水路に排出されてI川に放流されている。このI川の下流部には上水道および農業用水の取水口があり、この皮革工場群からの排水を処理して放流して欲しいという要望は非常に強い。またこのI川流域は流域下水道と建設する計画が進められており、近い将来工事に着手する予定となっている。このI川流域下水道が完成すると、このK市の皮革工場群が存在する地区もその処理区域内に含まれることになる。それ故、この皮革工場群からの排水を処理するに当たっては、流域下水道が完成して本排水が受け入れられるようになってからも無駄のない施設で処理することを目標とし、更に流域下水道が本排水を受け入れても管渠、処理装置に障害を与えないような施設、すなわち除害施設の設計に必要な調査を行ったものである。

(2) 計画排水量の推定

一般に工場群からの排水を1ヶ所に集めて処理する場合に問題となるのは計画排水量の見積りであり、更にその時間変化である。本排水の場合にも約90の工場群の各々について、その排水量および時間変動を調査することは不可能であった。現在大多数の工場がその排水を排出している農業用排水路は非灌漑期といえども維持用水や他の下排水が流れしており、皮革工場群からの排水量のみを測定することは不可能であったので、一部の工場群について排水量の実測を行って、この実測値より全体の排水量を推定することとした。調査を行った地帯は5地帯で、工場数は33であった。これは共同排水路(工場数20) 大工場2ヶ所、中工場1ヶ所(工場数5) 小工場群1ヶ所(工場数6)で、調査を実施した工場群では実測値をそのまま用い、調査を実施しなかった工場群については、大工場、中工場、小工場群に分けて、その排水量が各調査地帯の実測と相似するものと仮定した。

この皮革工場群は17日間かけて皮革から製品に仕上げており、その製造工程は各規模とも大差はない。すなわち規模の大小にかかわらず、各工場では水洗、クロムなめし、染色などに木製の回転ドラムを使用しており、この回転ドラム部分からの排水が大部分をしめている。この回転ドラムの大きさは大、中、小工場の各々についてほぼ等しかったので、各工場のドラム数およびその大きさが排水量と一定の関係があるものとした。工場群では仕事の開始が7~8時で、処理場到達時間は0~30分の範囲にあると考えられる。毎日の就業開始は個人企業のため日々若干異なるが、これを調査日と同一と考えて、処理場到達時間の水15分以内、と30分以内に2区分して時間別の処理場流入予想

量を計算すると図-1に示すとおりである。これより操業時間内の処理場流入排水量の平均は0.105%、最大は0.19% となるものと推定した。

(3) 流入水質の推定

一部の排水路について午前7時より午後6時までの間1時間毎の水質を調査して次の結果を得た。

透視度 0~6 cm

PH 5.8~12.6

懸濁残留物 3841~38511 mg/l

浮遊物質 64~3,025 mg/l

NH₃-N 13~6,400 mg/l

Alb-N 2~160 mg/l

汚素消費量 11~267 mg/l

塩素イオン 518~5,886 mg/l

COD 52~3,600 mg/l

BOD 73~4,075 mg/l

クロム(3価) 0.1~480 mg/l

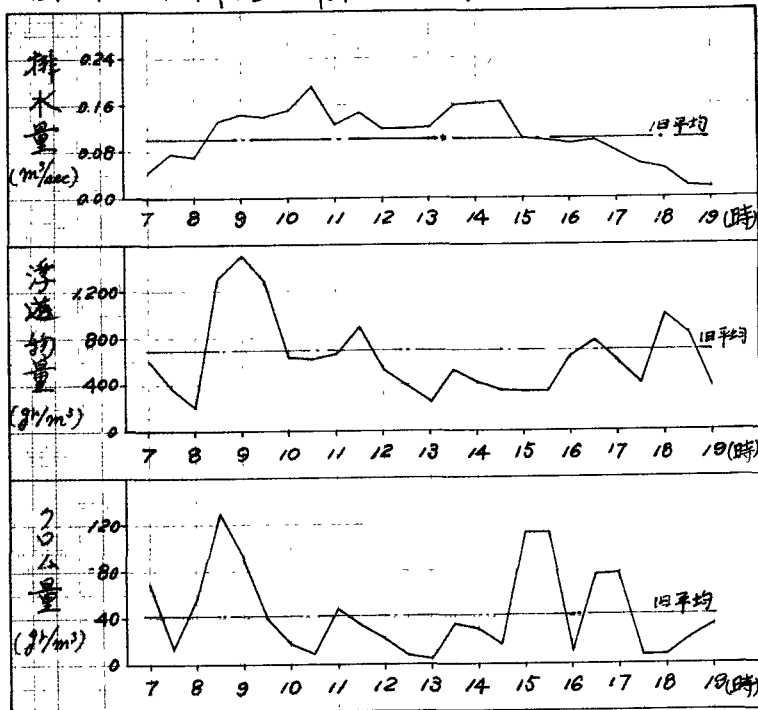
上記のように排水の水質は非常に悪化したものであったが、この排水を流域下水道に受け入れた場合、特に問題となるのはPH、浮遊物質、汚素消費量、BOD、クロムであろう。このうち、汚素消費量、BODは除

害施設の設置規準の水質を上回る時間は非常に短かいし、また浮遊物の除去によって、その大巾な減少が期待出来るので調査項目から一応除外することとした。PHについてはこの排水が石灰を含むことともあり、この石灰は硫酸イオンが存在において石膏を生じ、管渠内面に付着することになるので除去することを考慮することとした。それ故除害施設にて除去する主目的は浮遊物、クロムおよびカルシウムとなる。このうち浮遊物、クロムについて処理場に到達する総量および時間変化量を(2)の排水量の推定と同様な方法によって、回転ドラム1台当りの量から計算して、その時間変化を求めてみた。この結果は図-1に示す。これより処理場に到達する排水中の浮遊物の平均は675 mg/l、最大は1,506 mg/l、クロムの平均は224 mg/l、最大が320.5 mg/l となる結果を得た。

(4) 処理方法について

浮遊物除去の目的で過去に試みられた方法には、長時間の普通沈殿、硫酸バンド、塩化第2鉄などによる薬品凝集沈殿がある。²⁾³⁾ また皮革排水中のカルシウム除去の目的では煙道ガス、炭酸ガスによる方法が試みられている。⁴⁾⁵⁾ また最近の米国の研究によると短時間の普通沈殿による方法、硫酸の注入による凝集沈殿法もあり、良好な成績が得られたことが報告されている。⁶⁾ このうち煙道ガスによる方法は、処理場予定地附近に煙道ガスが得られないので採用することは出来ないし、硫酸バ

図-1 計画排水量と計画含有浮遊物及びクロム量の変化

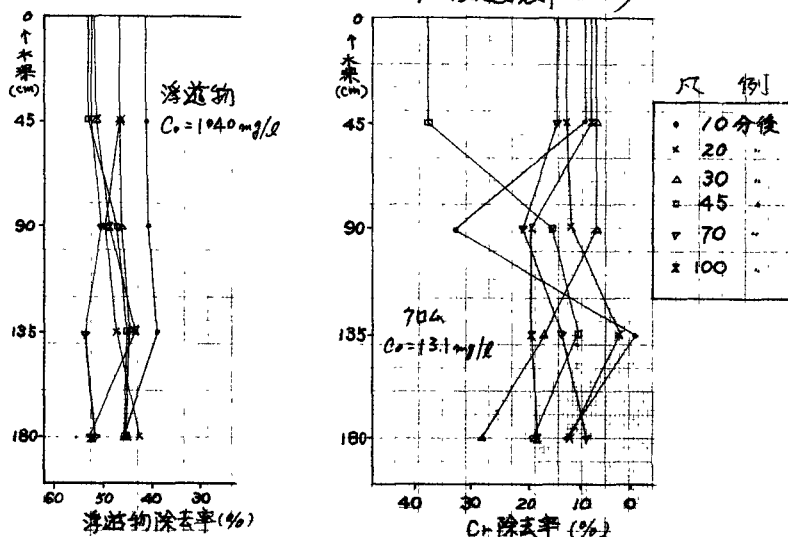


ンド、塩化第2鉄による方法も運転コストの面で問題があるため、短時間の普通沈殿と硫酸を用いた凝集沈殿について主として実験を行うこととした。

(5) 普通沈殿の実験

実験は内径30cm、高さ225cmの塩化ビニール製沈殿筒で、パイプの途中に3〜4ヶ所の採水口を設けたものを用いた。実験は2ヶ所の採水地点から集めたサンプルを混合したものである。実験結果の一例は図〜2に示す。これらの実験によると浮遊物の除去率はいずれも50〜65%で、しかも沈殿時間が20分以上では大巾な除去率の変化がない。浮遊物の除去率自体についてはSpoulなどの調査結果より相当優れた成績が得られた。⁶⁾ しかしクロムの除去に関しては全く不良であった。クロムは排水路中ですでに水酸化クロムのフロックを形成しているが、このフロックは非常に微細であり、緩速攪拌なしでは沈降槽内では沈殿しない。これらの実験結果より、本調査の主目的の一つであるクロム除去に関しては、普通沈殿による処理方式は適当でないことがわかった。

図-2 沈降槽内の浮遊物・クロム除去率変化 (1)
PH11.4 (PH調整, 緩速攪拌なし)



らの実験結果より、本調査の主目的の一つであるクロム除去に関しては、普通沈殿による処理方式は適当でないことがわかった。

(6) ジアテストの成績

排水中のカルシウムを除去する必要性はすでに述べたが、この目的のために本実験では硫酸と使用してみた。この方法によって浮遊物、クロムの除去もよくなると期待したからである。実験は始めに午前8時30分から午後6時までの間30分毎に採水したサンプルについて、PHを調整しないものと、PHを約9、7、5に調整したものについてジアテストを行ない、その上澄液の透視度と比較してみた。この結果PH調整を行わなくとも緩速攪拌によって浮遊物の除去がかなり期待出来ること、

PHの調整によって更に浮遊物の除去率は高くなることが期待出来ることがわかったため、同様な方法によって、浮遊物、クロムの除去についてジアテストを行った。その結果は表〜1に示す。表〜1によるとPHを9まで低下させることによってその透視度は30以上となり、ほぼ石灰は石膏として沈降させることが出来たとみられるほか、浮遊物、クロムの除去率についても非常に良好な成績が得られた。このジアテストの結果では排水中の石灰量が多い程、中和による浮遊物、クロムの除去率は優れたものとなっている。それ故排水中の石灰量が少ない午後のクロム排出時間は午前中の石灰を多量に排出する時間と比べて、その硫酸注入率を増加させて、PHを6.0程度まで低下させる必要があるとみられた。Spoulによると高分子凝集剤の注入によって浮遊物の除去率が良好となることか

報告されているが、本実験でアルギン酸ソーダを1%注入してみた結果では、排水中の石灰量が多い時間ではやや差があるようであるが、一般的にはほとんど硫酸によるPH調整のみによる成績と変わらないものであった。

(7) 硫酸による薬品凝集沈殿の実験

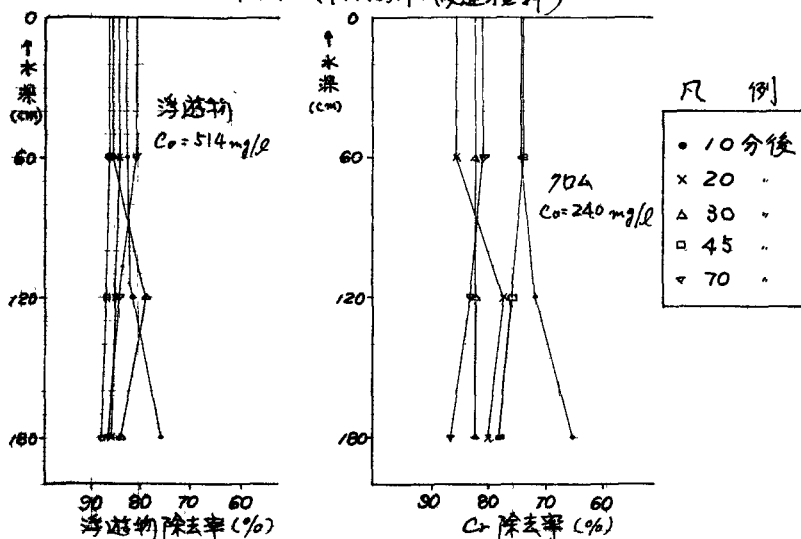
実験は(5)と同じ沈殿筒を用いて行った。排水をドラム缶内でPHを9.0まで調整し、更に攪速搅拌は沈殿筒内に平鋼を入れて、この平鋼を左右に動かすことにより行った。実験結果の1例は図~3に示す。これらの実験はすべてPHを9.0に調整することにより行ったものであり、汚遊物除去率85~90%、クロム除去率75~90%の成績が得られた。クロムの除去はPHを7前後まで低下させることによって、また攪速搅拌を充分に行うことにより更に良好なものとする事が可能であろうと推定された。図~3の場合でもクロムの除去は沈殿時間と

表~1 ジャテスト成績

PH	上澄水 PH	汚泥量 ml/g	透視度	SS		Cr	
				沈殿rpm	除去率%	沈殿rpm	除去率%
13.0	12.7	45	13	—	—	—	—
11.0	10.4	100	146	—	—	—	—
10.0	10.3	130	240	94	95.6	0.7	98.5
9.0	9.0	160	>30.0	107	95.2	0.2	99.3
8.0	8.2	140	>30.0	229	89.7	<0.1	>99.8
6.5	6.8	165	>30.0	125	94.4	1.8	96.0
5.1	5.6	165	>30.0	136	93.9	1.24	72.4

原水PH 13.0 汚遊物 2220 mg/l, 704 450 mg/l
急速搅拌 180rpm 5分後 攪速搅拌 50rpm 25分
30分間静止沈殿

図-3 沈降槽内の汚遊物・クロム除去率変化(II)
PH 9.0 (PH調整、攪速搅拌)



一定の関係はなく、ばらつきが多い。これらのことから沈殿時間と粒子の沈降速度より求めることは出来ないが、沈降槽について考えみると30~45分の滞留時間が適当ではないかと考えられる。

(8) 汚泥の濃縮

皮革排水の汚泥はその濃縮が不良であることが以前より知られているが、PHを7程度まで低下することによって汚泥の沈降は非常に促進されることも知られている。⁷⁾ 本実験では汚泥のPHを調整しない場合とPH9に調整した場合について実験を行ったが、PH9ではこの両者について差異が認められなかった。この実験はドラム缶内に貯留させた汚泥について実験を行ったものであり、石膏含有量は非常に少ないので、実際池を運転して硫酸を注入し汚泥中に石膏が多量に混入される場合にはその濃縮が実験中に得られた結果よりは相当促進されると考える。実験結果によると、沈殿池排出汚泥の平均濃度を2%とした場合、水面積負荷率は2~3 m³/m²/d、濃縮槽からの排出汚泥が5%の濃度が得られるにすぎない。

(9) 汚泥の脱水

汚泥の脱水に関しては下記の条件によりリーフテストを行った。

濾過面積 $1/100 \text{ m}^2$
 汚泥濃度 5% 及び 7.5%
 濾過時間 1, 2, 3 分 (サイクルタイムで 3, 6, 9 分/回転)
 濾布 ナイロン
 濾過温度 常温 (25°C) 及び 80°C

濾過温度 80°C は汚泥を加熱することによって汚泥中の蛋白質が凝固し、濾過速度が上昇すると期待出来たので、実用上使用出来る見込みはないが、実験を行った。これらの

実験結果は図-4 に示す。全図は濾過機の汚泥接触面積が全面積の $1/10$ になると仮定して計算したものであり、実線は汚泥濃度・温度と濾過速度との関係、実線はケーキ厚についての関係を示した。実験結果によれば、汚泥濃度が 1.5 倍になると、また温度を 80°C とすると濾過速度は 2 倍とすることが可能になること、また常温においてはケーキ厚が 6 mm 以上になると剥離が段々と困難になることがわかった。本実験ではプレコート剤や凝集剤を使用しなかったが、ケーキ厚が 4 mm 以下とするようなサイクルタイムで運転を行えば、汚泥中に多量の石灰、石膏、鉄屑などを含有するので、下水汚泥に比べて、かなり脱水しやすいということがわかった。また脱水汚泥の含水率も実験結果によれば 70~75% に保てることわかった。

(10) 結論

以上の調査・実験結果より、設計上の要英は下記のとおりとなる。

- i) 実測調査と回転ドラム 1 台当りの排水量の換算値より、計画排水量は 1 日 4800 m^3 、最大排水量は 0.191 m^3/sec となること、浮遊物は平均 675 mg/l 、最大 1506 mg/l 、クロムは平均 0.4 mg/l 、最大 120.5 mg/l となること。
- ii) 処理方法としては、現地の状況その他を判断して硫酸を用いる凝集沈殿が適当で、浮遊物除去 85~95%、クロム除去 85~95% が可能なること。実際池としては沈殿時間 90 分、水面積負荷率 4 $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{d}$ が適当であること。
- iii) 汚泥の濃縮に関しては、その水面積比を 2~3 $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{d}$ とすること。汚泥脱水に当たってはケーキ厚 4 mm 以下にするようサイクルタイムを決めること。

(参考文献)

- 1) 杉本、柏谷 下水道協会雑誌 Vol. 2, No. 17 (昭和 40 年)
- 2) W. Rudolfs "Industrial Waste--Their Disposal & Treatment" (1953)
- 3) 豊田春和 "化学工業資料" 第 31 巻 第 4 号 (昭和 38 年)
- 4) H. B. Riffenberg et. al "I & E. C." Vol. 33, No. 6 p. 801 (1991)
- 5) H. W. Clerk "Water Works & Sewerage" Feb 1932 p. 52
- 6) O. J. Spraul et. al "W. P. C. F." Vol. 38, No. 4 p. 508 (1964)
- 7) 井出・林 "化学装置" 1964 年 11 月 p. 44

図-4 サイクルタイムと濾過速度との関係

