逆浸透装置によるメッキ排水の再利用

Recycling of Metal-plating Rinse Waste Water Using RO System

環境装置事業部　技術部
山　本　和　良
Kazuyoshi Yamamoto
斎　藤　正　男
Masao Saitō

A zinc plating rinse waste water recycling system has been introduced to one plating line of N company. In order to get sufficient rinse water quality and a high recovery rate, this system is equipped with an RO unit at the end of the treatment. This system has been effectively used since the beginning of 1984.

当社はこのたび亜鉛メッキライン排水再利用装置をN社に納入した。本装置はメッキラインで使用される水洗水を循環再利用するためのもので，凝集，沈殿，沪過の前処理の後，逆浸透装置を用いることにより，良好な処理水質，高い回収率の運転が確保できた。ここにその運転結果も含め概略を紹介する。

1. まえがき

従来よりメッキ工業には多量の良質な水が必要であると言われてきた。それはメッキの各工程で多量の水洗水を必要とし，水質の良くない水を使用することは脱脂，洗浄，メッキ，後処理という各工程に悪影響を与えるからである。

しかし近年メッキライン各工程の省資源対策として，

1）メッキ浴から品物に付着して持出される液の濃度，量を減少すること。

2）向流多段洗浄やスプレー洗浄などにより水洗水量を低減すること。

3）水洗水中のメッキ浴成分の回収率を高くすること。

の必要性が認識され，メッキラインの諸設備の改善と共に使用水量もかなり減少してきた。メッキラインに付属する水処理設備においても，さらに進んだ水節約，および系外排水量を極力低減させるという立場よりメッキ水洗水の高度な回収再利用が強く要望されている。

今回当社が納入した水処理設備では，逆浸透装置を使用することによりメッキ水洗水の約80%を回収するという高度なクローズド型再利用システムが完成されている。各装置は完全に自動化され，安定した自動運転が1984年1月より行われて今日に及んでいる。

2. メッキラインの概要

今回のメッキ工場の設備は，自動車用部品の亜鉛メッキラインおよびその後に続くクロメート処理ラインであり，**第1図**にその概略工程を示す。

3. 設備の概要

当社が納入した水処理設備に流入する排水は，亜鉛メッキ工程よりの常時水洗水とメッキ浴更新液，およびクロメート処理工程よりのクロム酸浴更新液の3種類である。

これらを総合的に処理するために，水処理設備は以下に示す5設備から構成されている。

1）亜鉛メッキ系水洗水回収設備

2）亜鉛メッキ浴更新液処理設備

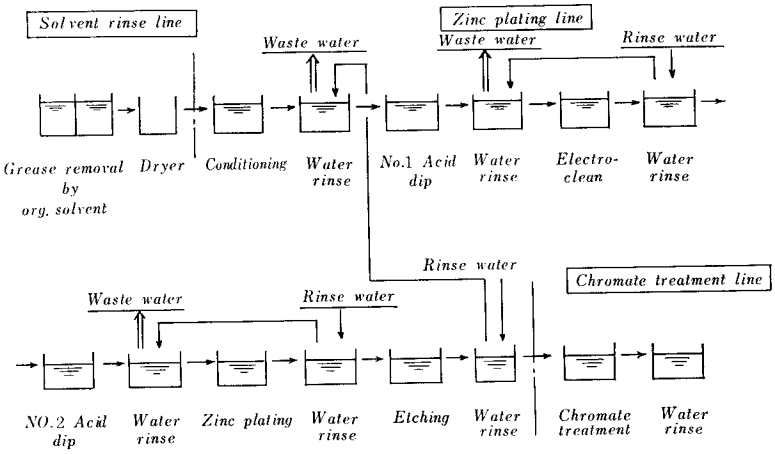
3）クロム酸浴更新液処理設備

4）スラッジ脱水処理設備

5）薬品注入設備

3. 1 亜鉛メッキ系水洗水回収設備

水洗水を回収し再利用するためには水洗水に含まれる濁質や各種イオン濃度を補給工業用水程度に低減する必要がある。また系外排出水量規制により回収率を80%以上確保するためにも，本設備では逆浸透装置(RO装置)を導入している。RO装置の設置にあたっては，鉄イオンや濁質，シリカ成分などのRO膜に悪影響を与える因子を除去し長時間にわたり安定して効率よく使用するためのRO前処理設備が必要である。**第2図**にその処理工程フローシートを示す。

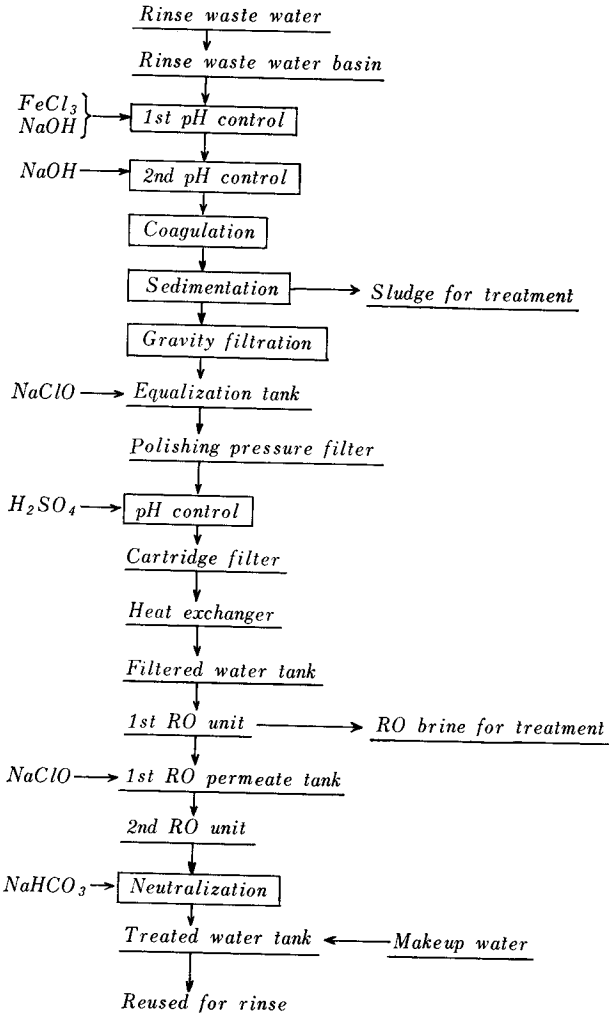


第1図　メッキラインの概略工程
Fig. 1　Process flow for electroplating

1）RO前処理設備

水洗水に含まれる亜鉛や鉄などの金属イオンは金属水酸化物として，懸濁物質(SS)やシリカと共に凝集処理後，沈殿槽にて固液分離される(**写真1, 2**)。pH調整剤には苛性ソーダ(NaOH)，凝集剤には塩化第2鉄($FeCl_3$)を使用している。

沈殿処理水を重力式複層沪過器（**写真3**）に送り滅菌用の次亜塩素酸ナトリウム(NaClO)を注入後，圧力式砂沪過器（**写真4**）により仕上げ沪過をおこなう。



第2図 亜鉛メッキ系水洗水回収工程フローシート
Fig. 2 Flow sheet for zinc plating rinse water recovery

仕上げ沪過後酢酸セルロース系逆浸透膜の加水分解を防止するため，硫酸（H_2SO_4）注入により pH 調整をおこない，さらにカートリッジフィルター（**写真5**）通過後，水温が 20°C 以下の場合は逆浸透膜の透過水量低下を防止するためプレート式熱交換器（**写真6**）にて水温を上昇させ沪過処理水槽に貯留する。

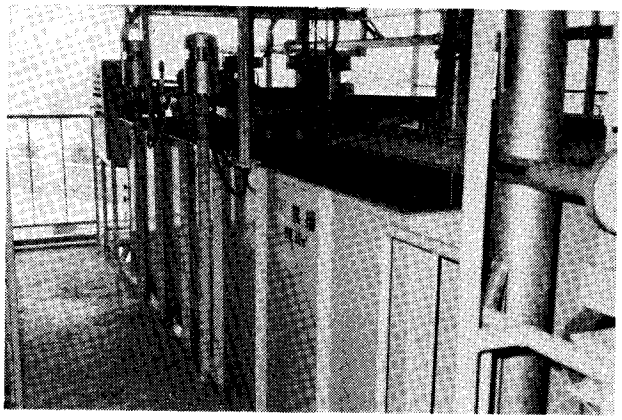
2）RO設備（写真7，8）

メッキ水洗水処理に逆浸透法を採用するにあたっては，

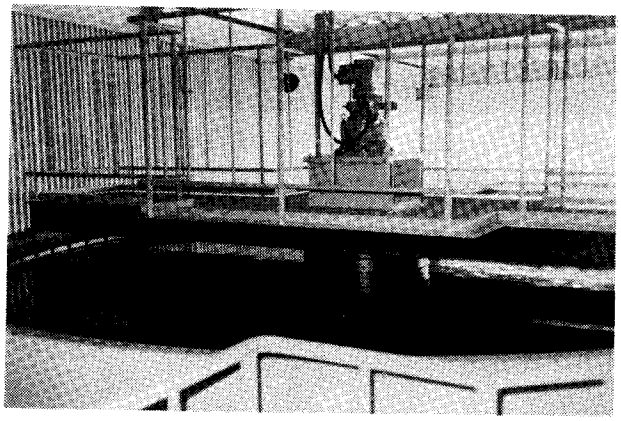
1）脱塩率が高くかつ特定イオンについても除去率が満足される。
2）透過水量が大きい。
3）前処理設備が簡略である。
4）耐塩素性にとみ，殺菌が容易である。
5）膜閉塞に対し種々の洗浄法がとれる。

などの留意点を考慮し，実績のある最適逆浸透膜を選定し装置設計する必要がある。

本装置のRO設備にはきわめて高い脱塩率および回収率も要求され，酢酸セルロース系スパイラル形の逆浸透膜を用い2段処理する方法を採用した。**第1表**に使用した逆浸透モジュールの仕様を示す。



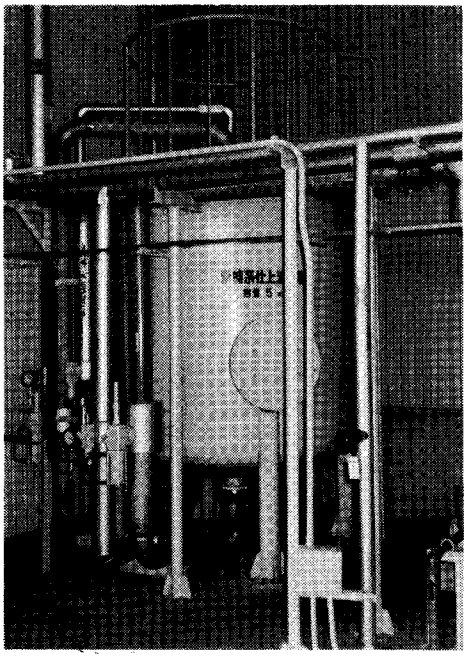
写 真 1 常時系 pH 調整槽および凝集槽
Photo. 1 pH control tank and coagulation tank for rinse waste water



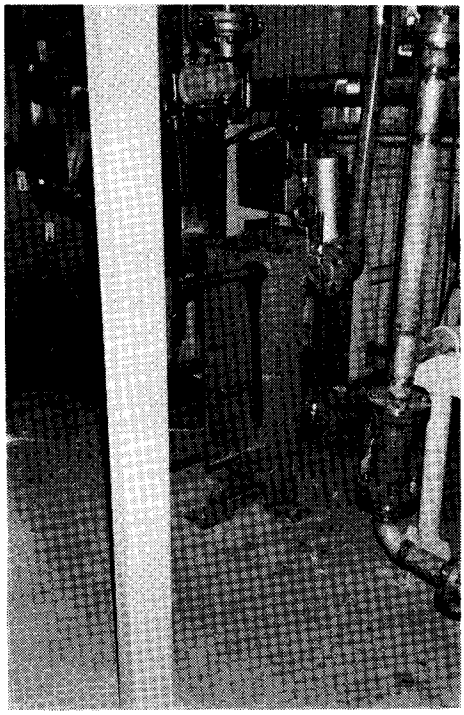
写 真 2 常時系沈殿槽
Photo. 2 Sedimentation tank for rinse waste water

写 真 3 常時系重力式沪過器
Photo. 3 Gravity filter for rinse waste water

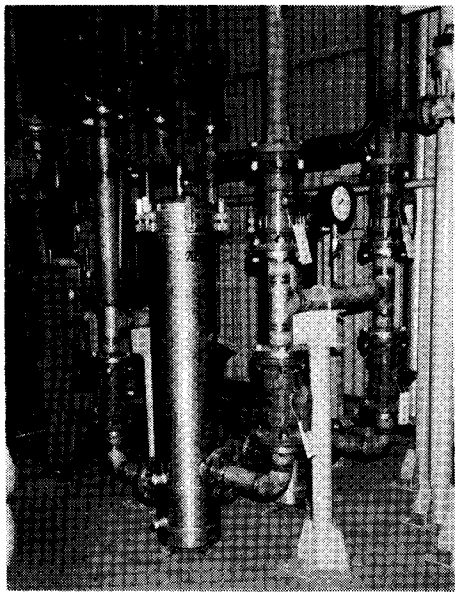
次にRO設備廻りの概略フローシートを**第3図**に示す。pH 調整ならびに加温された後，沪過処理水槽に送られた前処理水（RO原水）は，NO. 1加圧ポンプ（**写真9**）によ



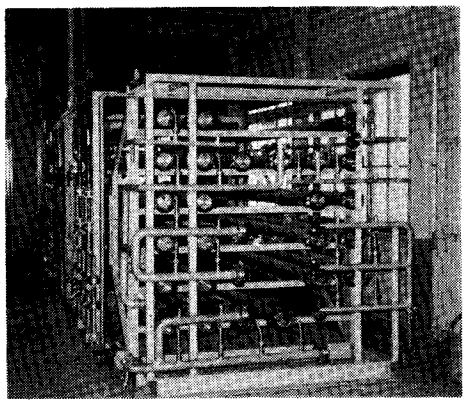
写 真 4
常時系仕上沪過器
Photo. 4
Polishing pressure filter for rinse waste water



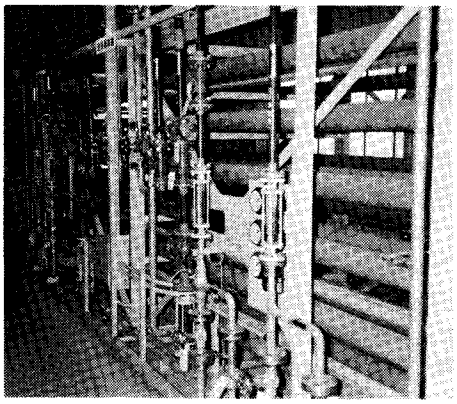
写 真 6
熱交換器
Photo. 6
Heat exchanger



写 真 5
カートリッジフィルター
Photo. 5
Cartridge filter



写 真 7
逆浸透装置
（RO装置）
Photo. 7
Reverse osmosis unit (RO unit)

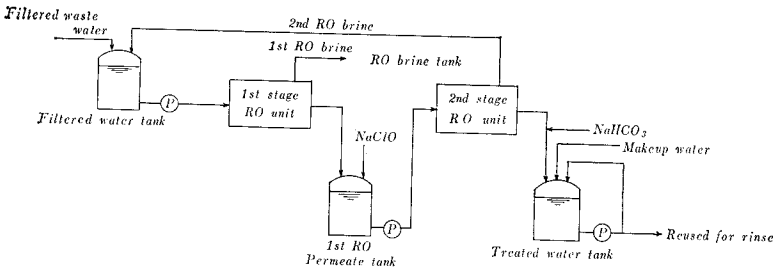


写 真 8
逆浸透装置前面配管
Photo. 8
Face piping of RO unit

第 1 表 RO モジュール仕様
Table 1 Specification of RO module

Configuration	Spirally-wound		
Material	Cellulose acetate		
Salt rejection (NaCl)	Average	95%	
	Minimum	94%	
Output capacity	Average	23 m^3/d	
	Minimum	21 m^3/d	
(Physical data)	Operating pressure		30 kg/cm^2
	Operating temperature		25℃
	Feed concentration (NaCl)		0.15%
	Feed pH acceptable		5 ～ 6
	Brine flowrate		40 1/min

り 25 kg/cm^2 程度まで昇圧され1段目ＲＯ装置に送られる。そこで処理されたＲＯ透過水はＲＯ中間槽に貯えられた後 NO. 2 加圧ポンプにより同様に2段目ＲＯ装置に送られる。またＲＯ濃縮水はＲＯブライン槽に送られ亜鉛メッキ系更新液と混合処理される。2段目ＲＯ透過水は重炭酸ナトリウム($NaHCO_3$)によって pH を6～8に調整され回収水槽（**写真10**）に貯えられた後，回収水ポンプによって



第3図 RO設備廻りの概略フローシート
Fig. 3 Flow sheet for RO unit

再利用水としてメッキラインの水洗槽(3槽)に送られる。また2段目RO装置におけるバクテリア発生防止のため中間槽にも次亜塩素酸ナトリウム注入可能となっている。

3. 2 亜鉛メッキ浴更新液処理設備

第4図に亜鉛メッキ浴更新液処理設備の処理工程フローシートを示す。亜鉛と鉄イオンを多量に含んだ更新液は塩類濃度の高いRO濃縮液と均一に混合され，水洗水回収設備と同様に2段 pH 調整および凝集反応の後（**写真11**），高分子凝集剤が添加され沈殿槽で固液分離される。

沈殿槽処理水は重力式複層沪過器に送られた後，硫酸(H_2SO_4)にて中和され放流管理槽（**写真12**）に一時貯留される。そこで処理水は水質チェックされ水質に異常がないことが確認されるとN社内にある総合排水処理設備に移送される。

3. 3 その他の付属設備

クロメートラインより排出されるクロム酸浴更新液は処理工程フローシート（**第5図**）に示すようにクロム系原水槽に貯留された後，重亜硫酸ナトリウム($NaHSO_3$)による6価クロムの還元，中和処理が回分式に反応槽（**写真13**）にて行われ，ドラムドライヤー（**写真14**）により全量蒸発乾固処理される。ドラムドライヤー排風ダクトにはダストキャッチと白煙防止のため加温ジャケット式サイクロンが設備されている。

亜鉛メッキ系水洗水回収設備と同更新液処理設備より排出されるスラッジはそれぞれスラッジシックナー(**写真15**)および更新液沈殿槽からスラッジ貯槽に送り均一混合貯留される。混合スラッジは高分子凝集助剤を添加し横型遠心脱水機（**写真16**）にて脱水処理される（**第6図**参照)。

薬品注入設備（**写真17**）の設計においては日常管理の省力化が図られ，pH 調整用の苛性ソーダ (NaOH)，硫酸(H_2SO_4)は適当な濃度に希釈後自然流下にて各注入点に自動注入可能となっている。

4. 亜鉛メッキ系水洗水回収設備の運転結果

第2表に亜鉛メッキ系水洗排水および回収水の水質分析値の一例を示す。1984年1月より連続運転に入っているが，回収水の水質分析値はすべて要求水質を十分満足しており良質な回収水が再利用水として得られている。

RO装置については2段処理により80%以上という高い回収率にて運転されているが透過水水質は電気伝導度で30 μS/cm at 25 °C，Cl^- 濃度は 5 mg/ℓ以下という結果を得ている。また運転開始以来4か月以上を経過しているが，1段目，2段目RO装置共運転データ（水質，各バンクの圧力，処理水量など）は初期値とほとんど変化なく目詰りの傾向は現れていない。これはRO前処理設備でのゆきとどいた水質管理の結果である。

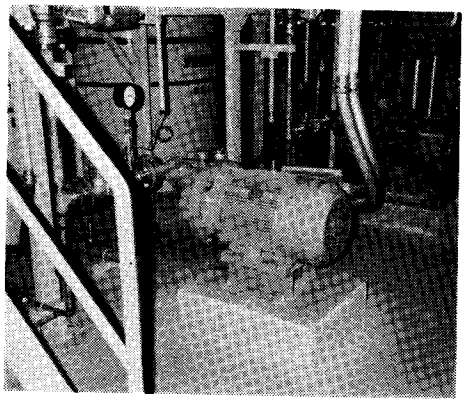


写真 9 加圧ポンプ
Photo. 9 High pressure pump

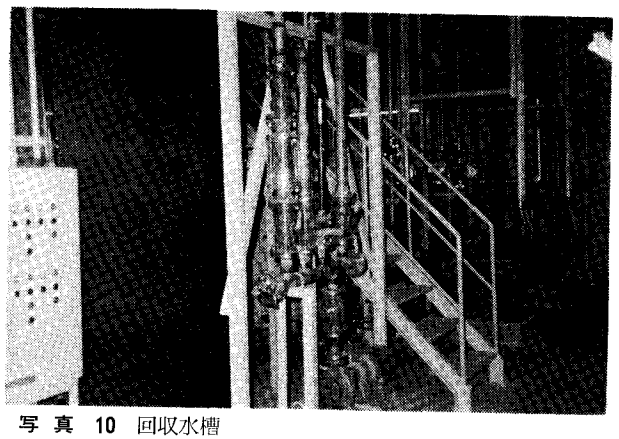


写真 10 回収水槽
Photo. 10 Treated water tank

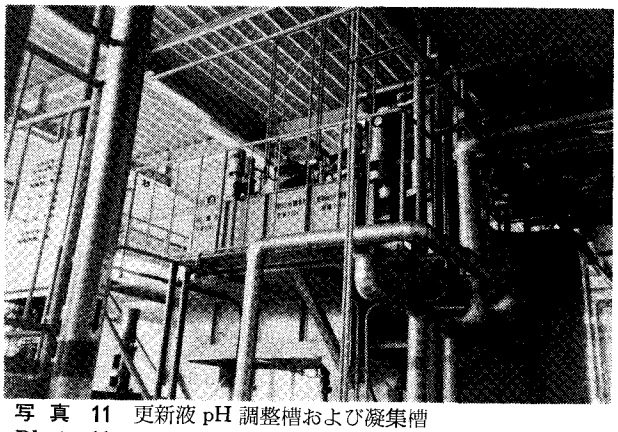
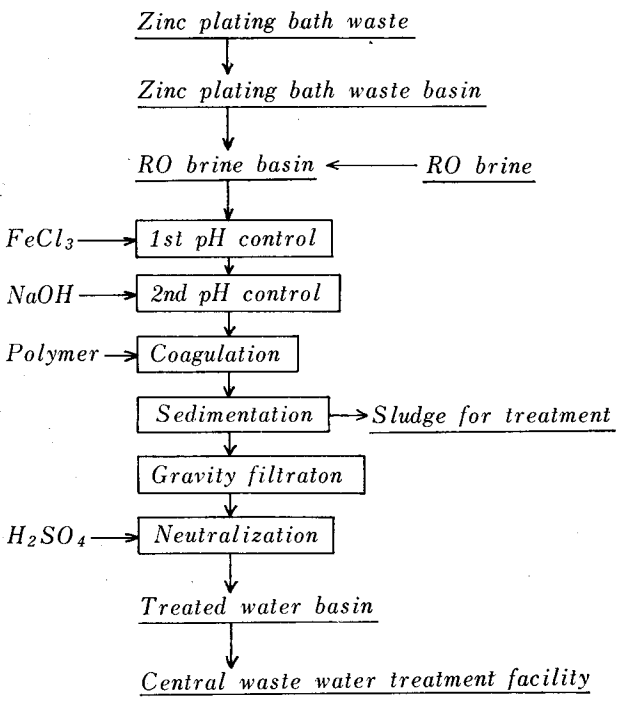
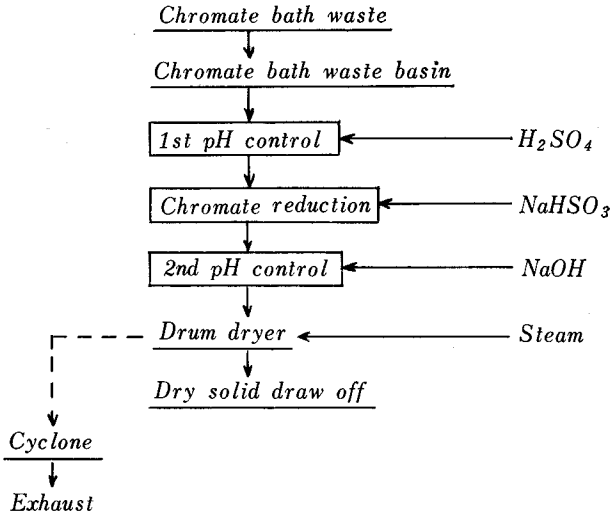


写真 11 更新液 pH 調整槽および凝集槽
Photo. 11 pH control tank and coagulation tank for zinc plating bath waste water



第4図 亜鉛メッキ浴更新液処理工程フローシート
Fig. 4 Flowsheet for zinc plating bath waste treatment



第5図 クロム系更新液処理工程フローシート
Fig. 5 Flowsheet for chromate bath waste treatment

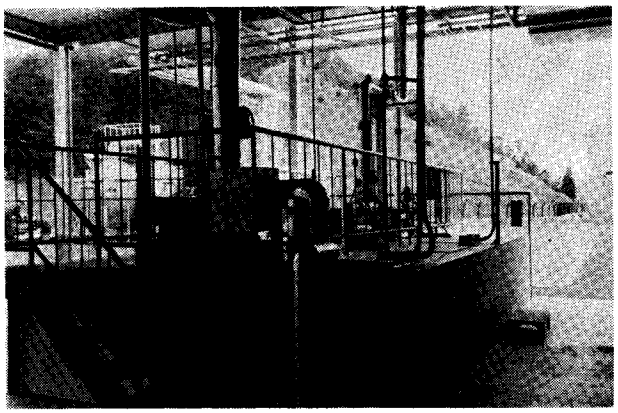


写真 12 処理水管理槽
Photo. 12 Treated water monitoring basin

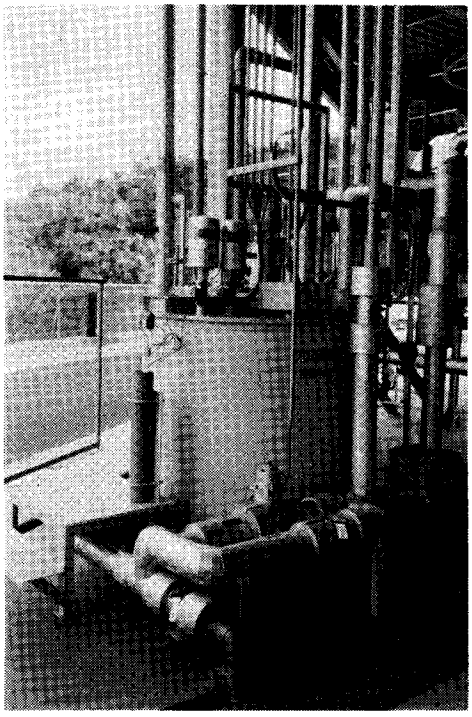
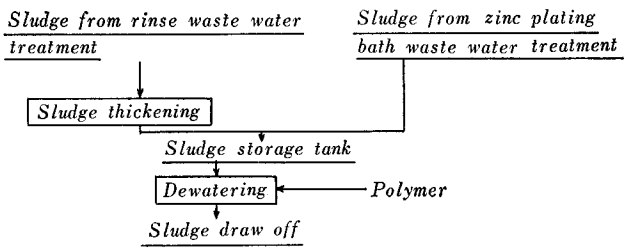


写真 13 クロム反応槽
Photo. 13 Chromate reduction tank



第6図 スラッジ脱水処理工程フローシート
Fig. 6 Flowsheet for sludge dewatering treatment

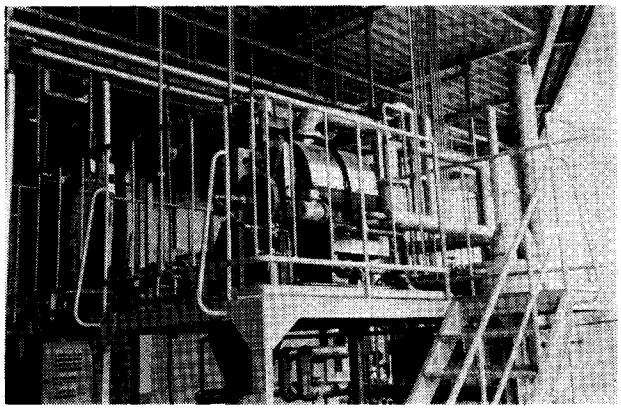
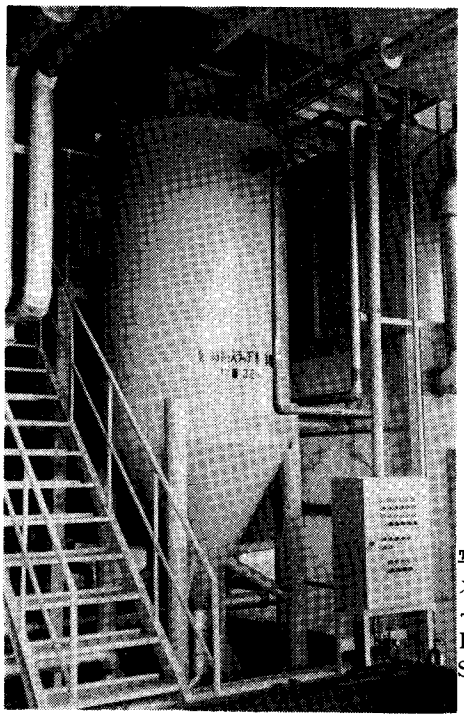
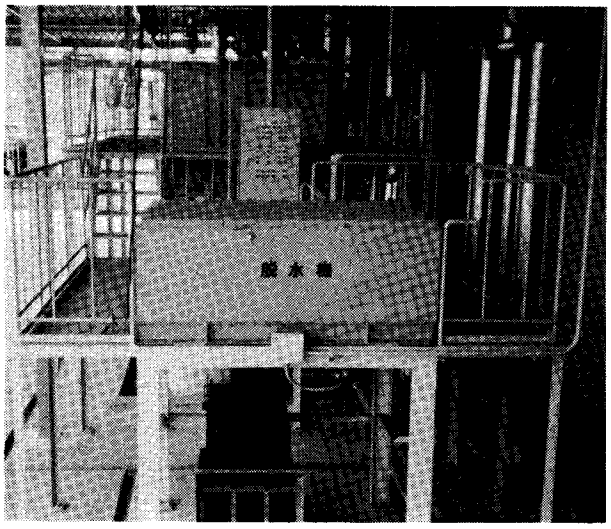


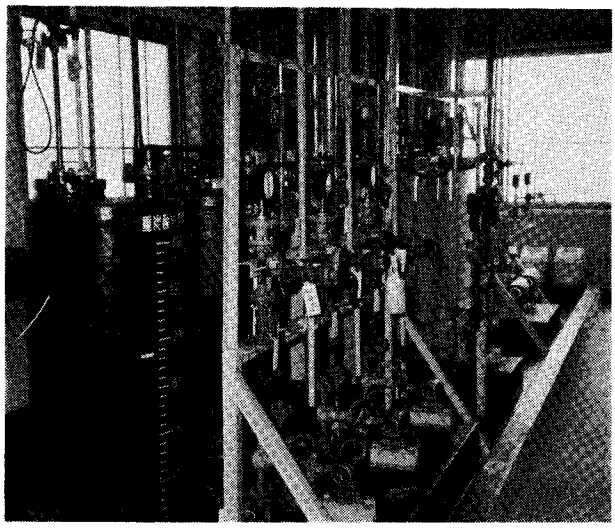
写真 14 ドラムドライヤー
Photo. 14 Drum dryer



写 真 15
スラッジシックナー
Photo. 15
Sludge thickener



写 真 16 遠心脱水機
Photo. 16 Decanter



写 真 17 薬品注入設備
Photo. 17 Dosing facilities

第 2 表 亜鉛メッキ系水洗排水および回収水の水質分析
Table 2 Composition of zinc plating rinse waste water compared with that of treated water by RO

	Zinc plating rinse waste water	Treated water by RO
pH	2.7	6.6
Electric conductivity (μS/cm, at 25°C)	1970	30.2
M-Alkalinity ($CaCO_3$, mg/ℓ)		4.2
Total hardness ($CaCO_3$, mg/ℓ)	3.4	< 0.3
TDS (mg/ℓ)	519	< 50
COD_{Mn} (〃)	0.5	< 0.5
TOC (〃)	< 10	< 10
Cl^- (〃)	332	4.0
NO_3^- (〃)	16.8	4.2
Zn^{2+} (〃)	1.4	< 0.02
Fe^{2+} (〃)	3.6	< 0.02

5. む す び

N社納入亜鉛メッキライン排水再利用装置の概要を述べたが，RO装置を用いた本プロセスは亜鉛メッキ以外のメッキライン水洗水の回収装置や他分野の排水回収設備にも参考になりえるものと確信する。またメッキ排水の処理においては，有価物の回収と水洗水の再利用を同時に安価におこなう完全クローズド処理技術の確立が急がれておりRO装置を用いる技術はその有効な手段として利用されるものと考えている。

最後に本設備の建設，運転に際し多大な協力と助言をいただいたN社関係諸氏に対し深く感謝の意を表する次第である。