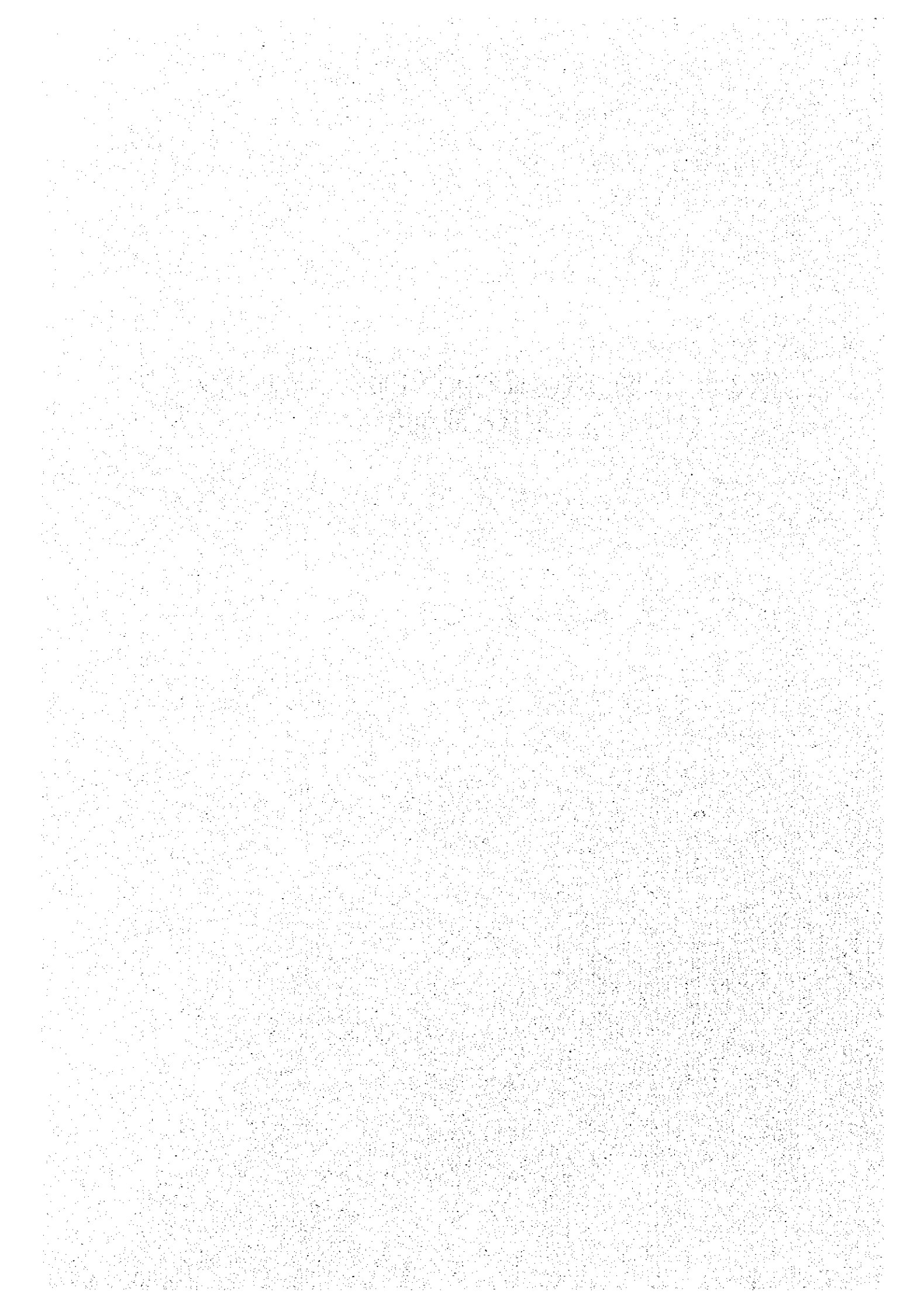


### 第3章 めっき産業および IDB めっきセンターの 現状と問題点



## 第3章 めっき産業およびIDBめっきセンターの現状と問題点

### 3.1 めっき産業の現状と問題点

#### 3.1.1 めっき産業の現状

21工場について実地調査を行った。スリ・ランカには全体でめっき工場は約80社あり、そのうち零細家内工業（micro-cottage industry）が40社ほどで、残りが一応めっき工場といえるものとのことである。訪問した工場は零細家内工業を除く約40工場の半数ではあるが、規模・企業形態・めっきの種類など、各種の工場を訪問し実地に調査できたので、スリ・ランカのめっき工場の全貌を把握するに足る調査ができた。

訪問した21社に対して行ったアンケート調査から取りまとめた結果がTable 3-1である。

これらの工場は、めっき工程の形態と規模から次のように分類される。

- 第一群； 自社の製品製造の加工工程の一つとしてめっき工程を持っていて工場地域に立地している会社（工場規模は比較的大きく、スリ・ランカでは大企業または中堅企業といえ、安全ピン・農業用噴霧器・包装用材料・金属製家具等のメーカー）、
- 第二群； 装飾品または自動車・オートバイの部品を自社で加工しめっきしている工場（部品屋・修理屋を兼ねている場合もあり、都市周辺または地方にある）、
- 第三群； 部品加工業者や装飾品製造会社からめっきだけを引き受けている工場（めっき専業で都市部の商業地域にて営業）で、工場というより街のめっき屋・めっき商店といった方がふさわしい会社。

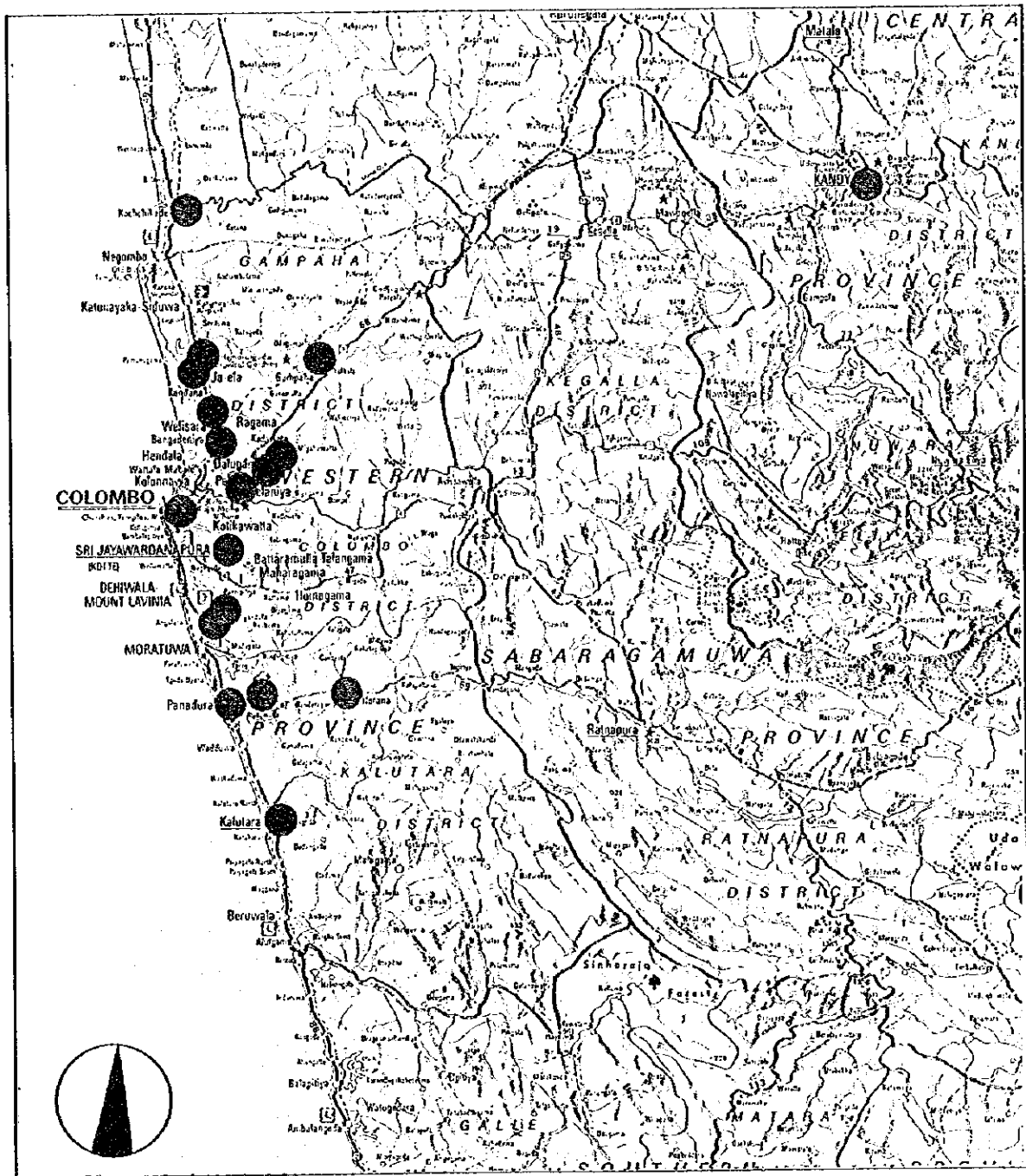
しかし上記のいずれの場合も、めっきの規模は小さく、研磨も含めためっきに従事している従業員数は3～5名程度である。

こうした状況から判断するに、スリ・ランカにはめっき産業といえる産業は現状存在しないといえよう。産業の振興・発展を所管する工業開発省（MID）やその傘下の工業開発庁（IDB）も上述しためっき産業の実情を十分承知しており、また国産金属加工製品の品質・性能や国際競争力を向上するために、‘めっき’は不可欠であるとの観点から、めっき産業を奨励・育成・振興したいとの強い意欲を持っている。

Table 3-1 LIST OF ELECTROPLATING UNITS (Answer for Enquete)

No.	Name of Company	Place	Products	Establishment	Total Area (m <sup>2</sup> )	Building Area (m <sup>2</sup> )	Type of Unit	Employee Total	Employee Electroplating	Material	Kind of Electroplating	Expansion Plan	Waste Water : Cr-6 : CN	Waste Water : Acid/alkali	Waste Water Volume (liter/day)	Treatment Plan
1	M.E. Ferdinandis & Co (Pvt.) Ltd.	Kalutara	Safety Pin	1981	525	225	Integrated	50	1	Mild Steel	Ni-Cr	No	N.A.	N.A.	900 Gallons/day	Own
2	City Cycle Industries	Panadura	Bicycle	1988	15,176	7,366	Integrated	500	Plating (under planning)	Mild Steel	(Ni-Cr) (Zn-chromate)	Yes 1988		○	No	Own
3	D.S. Engineering Company	Panadura	Air Conditioner Parts	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
4	Agro Technica Ltd.	Ekala, Ja-Ela	Agricultural Machinery	1989	N.A.	N.A.	Integrated		4	Brass	Ni-Cr	for Hard Chrome		○	3,100	Own
5	Lloyd Industries	Delatura, Ja-Ela	Motor cycle parts	1986	35 purches	12 purches	Integrated	10	10	Carbon Steel	Cu-Ni-Cr Zn	Yes	○	○	100	Own
6	Metro Industries	Kochchikado	Bolts/Nuts	1967	33,904sq.ft.	18,094sq.ft.	Integrated	76	2	Carbon Steel	Cu-Ni-Cr Zn	No	○	○	50-70	Own
7	E. Francis Perera & Company Ltd.	Kandy	Ornaments	1939	1,600	2,400	Integrated	52		Bronze Brass Silver	Cu-Ni-Cr Ni-Cr, Zn, Au, Ag	Yes 1997	○	○	2,000	No Plan
8	Varna Ltd.	Ratmalana	Packaging Bag (Printing Roll)	1965	25,000	4,000	Rotogravure Printing	160	12	Carbon Steel	Cu-Ni-Cr	Yes		○	10,000	Own Collective
9	Saisco Enterprises	Ratmalana	(no enquete requested)				Plating only									
10	Sirima Industries	Horana	Electrical Parts	1978	5,000sq.ft.	1,200sq.ft.	Integrated	15	4	Carbon Steel, Bronze, Copper, Aluminum	Zn	Yes 1997	○	○	200	Own
11	Duro Metal Industries	Colombo 10		1977	1,600sq.ft.	1,600sq.ft.	Plating only		7	Carbon Steel, Bronze, Copper	Cu-Ni-Cr	No	○	○	200	Own
12	New Lanka Electroplaters	Colombo 6		1962	750sq.ft.	500sq.ft.	Plating only		5	Carbon Steel, Bronze, Copper	Cu-Ni-Cr, Ni-Cr, Ag	No	○	○	150	Own
13	Auto Crafts	Colombo 6	Ornaments, Building Materials	1960	5,000	2,000	Integrated	36	36	Copper, Nickel, Brass	Cu-Ni-Cr	Yes 1997	○	○	100	Collective
14	Flexport (Pvt.) Ltd.	Nugegoda		1980	1.5 acre	10,000sq.ft.	Integrated	70		Copper, Bronze, Silver, Brass	Cu-Ni-Cr, Ni-Cr, Ag, Au	Yes 1997			N.A.	Own, Collective
15	The City Trading Company	Colombo 11		1948	200sq.ft.	100sq.ft.	Integrated		5	Carbon Steel, Bronze, Copper	Ni-Cr, Ni-Cr, Oxidizing	No			60 (Waxy)	Collective
16	Kithushi Metal Industries	Mahabage	Ornaments	1967	2,400sq.ft.	2,400sq.ft.	Integrated		4	Copper, Bronze	Ni-Cr, Zn	Yes 1997	○	○	1,000	Collective
17	Metaray	Kandana		1971	16(1/2) purches	10 purches	Plating only		4	Carbon Steel, Bronze, Copper	Cu-Ni-Cr, Ni-Cr		○	○	?	Collective
18	Alumex (Pvt.) Ltd.	Sepugaskanda, Malkola	Aluminum Sash	1988	26,315	2,187	Integrated	142	23	Aluminum Extrusions	Anodising	No		○	290,000	Collective
19	St. Theresa Industries	Sapugaskanda	Bolts (Electrical Parts)	1987	2.5 acre	2,000sq.ft.	Integrated	60			Hot Galvanizing	Yes 1997		○	7	Collective
20	Weikethya Brass Founders	Kelaniya	Auto Parts Ornaments	1983	6,000sq.ft.	3,000sq.ft.	Integrated	25	12	Carbon Steel, Bronze, Brass, Aluminum	Cu-Ni-Cr, Ni-Cr, Oxidizing	Yes 1996	○	○	100	Own
21	Central Industries	Gampaha	Motorcycle Parts	1976	2,500sq.ft.	5,000sq.ft.	Integrated		2	Carbon Steel, Copper	Cu-Ni-Cr	Yes 1997	○	○	200	Own

N.A. : no answer



1:675,000

### 調査対象工場分布図

(コロンボ市内の4工場は1点で表示)



### 3.1.2 めっき産業の問題点

#### (1) スリ・ランカの企業に関連する問題点

めっき産業を取り巻く問題点にはいかなるものがあるか、訪問し面談できた政府省庁、政府機関、めっき企業等から聴取したところ以下のような問題点が挙げられたが、これらはスリ・ランカのすべての企業に関連する問題点と考えられる。

- 1) 自由貿易体制ゆえ外国から良い品物が入ってくる。同種の品物が国産であるにも拘わらず、品質・性能が悪いため外国製品が多量に入ってくる。したがって、いつまで経っても、国産品の品質・性能はよくなるしない。
- 2) 外国から自由に品物が入ってくるため、国産していない製品が多数ある（あるいは、国産製品がないために外国製品に依存しなければならない）。
- 3) 市場が小さいためもあって欲しい外国製品が入ってこない（化学薬品、女性用装飾品等）。たまに入ってきてても少量であるため高価で、かつすぐに売り切れてしまう。
- 4) 市場に国産品の品質・性能に対する意識がない。(1)にあげた問題点とも関連するが、国産品に対する市場の期待はもっぱら価格の“安さ”で品質・性能に対する期待・意識がない。
- 5) 税金（所得税と取引高税）と国家保安課徴金への負担が大きい。企業規模等により差異はあるものの、所得税と取引高税とを合わせると 50%以上、これに国家保安課徴金（4.5%）が賦課されるため、企業が生産活動により一層精を出そうという環境にはない。
- 6) 自社内にめっき設備を持っているのは、外注すると納期が守られない、外注先の能力が低い、現状自社内で十分対応できる、等の理由による。  
“なぜめっき工程を自社保有しているのか”、“ほかのめっき専門会社に何故外注しないのか”、等の質問に対する回答である。
- 7) 治安の悪化により生産高・販売高が昨年より大きく落ち込んでいる。北部における政府軍とタミール人過激派との武力紛争の結果、同地域向けの商品の売上が激減しそれが企業活動に大きな影響を与えている。
- 8) ほとんどの企業が、環境保護の必要性を認識しながらも自らの公害源の排出量が極めて少なくあえて多額の資金を投下して公害防止機器を設置する必要はないと考えている。

#### (2) めっき産業の問題点

上記の中からあえてめっき産業に関連する問題点を拾い出すと、次のとおりである。

- 1) 市場に国産品の品質・性能に対する意識がなく、これがスリ・ランカのめっきを現状

のレベルに留まらせている。

- 2) 国産のめっきを要する金属加工製品の品種・数量が少なく、かつ信頼できるめっき專業業者が存在しないために多くの企業が自社内にめっき設備を保有しめっきを行っている。
- 3) 現在の操業状態では、利益を生まない公害防止のための投資を行う余裕はない。優遇条件での資金調達方法でもあれば話は別である。



## 3.2 めっき工場の現状と問題点

### 3.2.1 めっき工場の現状

#### (1) 概要

調査した21工場はIDBによって選定された工場(うちめっきを行っているのは17工場)で、自工場製品の製造工程の中で部品をめっきしている製作めっきと、外部からめっき加工の依頼を受けてめっきのみを行っている専業めっきである。前述のように、スリ・ランカには家内工業的なものも含め約80社のめっき工場があるが、種類別にも規模別にも多様な工場を調査したので全般的な実態を把握できたと考える。

#### 1) めっきおよび排水の種類

めっきの種類は、銅、ニッケル、クロムめっきが多く、亜鉛めっきが比較的少なく、一部の工場で金、銀めっきが行われている。

Table 3-2 めっきおよび排水の種類

めっきあるいは排水の種類	工場数	備 考
めっきの種類		
銅めっき	12	(内訳) 酸性銅めっき 1 シアン化銅めっき 11
ニッケルめっき	15	無光沢ニッケルめっきが主体
亜鉛めっき	4	すべてシアン浴を使用 (非シアン浴は用いられていない)
クロムめっき	11	装飾用が主体、一部で工業用(硬質)クロムめっき
排水の種類		
シアン排水	15	
クロム排水	16	(内訳) クロムめっき 11 クロメート処理 5

#### 2) 市場、稼働状況

めっき製品は、安全ピンや農業用噴霧器部品、金属製家具部品などのほかは、主にオートバイや自動車の修理部品であり、市場はすべて国内市場である。

めっき設備の稼働率は極めて低い。昨今の経済情勢の影響もあると思われるが、訪問時に稼働していたのは7工場だけで10工場は全くめっきをしていない状態であった。1日中めっきをするだけの受注がなく、週に2、3日、半日位稼働しているようなところが多いようである。

### 3) 技術レベル、品質

めっき技術のレベルは遅れている。めっき浴の管理、電流密度の計算など、めっきの基本技術が理解されていない。めっき作業は作業者の経験のみに頼っており、細かな作業指示はされていない。職場環境や設備のレイアウトなどに対する関心は払われていない。

製品の品質レベルは低く、目視検査をしているだけで、厚みや耐食性の検査は行っていない。市場の品質意識が低く、外観と価格だけに関心があり品質向上の要求がないので工程改善の意欲が弱い。

### 4) 環境問題

環境問題に関しては、排水処理の必要性に関する意識は持っているが、環境保護ライセンスを受けている工場は3工場だけである。排水処理設備に対する投資意欲は低く、排水負荷を減らすことに対する関心は持っていない。排水基準値を知っているところは皆無といってよく、排水負荷の減少対策や排水処理技術に関する知識はほとんど持っていない。現状では被害が特になく、取締もなく、排水処理設備は利益を生まない投資であるために切実な関心を持っている工場はほとんどない。排水処理設備を持っている工場は3工場に過ぎないが、これらも処理装置としては不十分なものである。

## (2) めっき技術

### 1) 被めっき材料、研磨

最も多く使われているのは、鉄製機械部品と銅合金（青銅、黄銅）である。

多くの工場は2台以上の研磨設備を持ち、めっき前の素地研磨とめっき後の仕上げ研磨を行っている。ある装飾品製造のめっき工場は、12台の研磨機を保有している。

研磨室に集塵装置のある工場は少なく、作業環境保全の配慮は全くなされていない。

### 2) 前処理

めっき前の前処理作業は、市販のアルカリ脱脂液を使用した浸漬脱脂をしている工場もあるが、軽油で加工油を洗浄している程度のところも多い。電解脱脂を行っている工場はない。一般に前処理について関心が払われていない。

### 3) 直流電源

直流電源は、ほとんど整流器が使われている。整流体をそのまま絶縁油に浸漬して露出したまま使用している工場もある。古い工場の中には直流発電機（MG）を使っている工場もある。この種の発電機は、直流波形や騒音の問題があるので今日では一般的には使用されていない。

#### 4) めっき槽

めっき槽は木槽や FRP 槽、丸型の桶、薬品の空き缶を利用を使用している工場が多い。ドラム缶にクロム酸を入れてめっきしている工場もある。幅が狭く細長い形状の槽が比較的多く、角形の槽を設置している工場は少ない。中には PVC (塩化ビニール) ライニングした槽を使用している工場もあるが、PVC に割れが見られる場合もある。

めっきする品物に対してめっき槽が大きいため、液量を減らしているところも少なくない。

#### 5) 引掛け

引掛けを用いているのは 1 社だけであり、一般に引掛けに対する関心はない。どの工場も硬引の細い裸銅線で品物をからげて液中に吊しめっきしている。そのため品物の位置や陽極に対する方向も一定せず、銅線が細いために銅線の電流容量を超えた電流により過熱し発熱している。

#### 6) めっき浴

めっき用薬品は、クロム酸、ホウ酸などは単品で、シアン化銅などは混合塩でめっき材料商から購入している。光沢ニッケル浴には光沢剤を添加しているが、その他の浴には添加剤を用いていない。一般に工場の使用者は液組成に関する知識はあまりもっていない。各工場とも、めっき浴管理の認識は薄く、浴の定期的分析管理はしていない。薬品業者に一ヶ月あるいは数ヶ月に一回程度分析依頼している工場が数社あるが、pH 測定と比重測定だけである。分析を全くせずに経験のみに頼っている工場もある。

現地調査時にサンプリングしためっき浴の分析結果を Table 3-3 に示す。

Table 3-3 めっき浴の分析結果

Bath, Item	Copper			Nickel				Zinc					Chromium			
	CuCN g/l	F-KCN g/l	pH	NiSO <sub>4</sub> · 6H <sub>2</sub> O g/l	NiCl <sub>2</sub> · 6H <sub>2</sub> O g/l	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> g/l	pH	Zn(CN) <sub>2</sub> g/l	T-NaCN g/l	NaOH g/l	T-NaCN /Zn	CrO <sub>3</sub> g/l	Cr <sup>3+</sup> g/l	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> g/l	CrO <sub>3</sub> /H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	
A	-	-	-	77.8	86.1	13.7	4.42	-	-	-	-	-	-	-	-	
B	-	-	-	192.7	47.5	20.6	5.18	-	-	-	-	-	-	-	-	
C	13.2	3.8	10.4	241.6	65.3	-	4.57	30.0	93.3	5.58	-	-	-	-	-	
D	-	-	-	-	-	-	-	65.9	54.0	23.3	-	-	-	-	-	
E	44.3	-	10.2	35.4	18.1	-	6.57	-	-	-	132.7	0.9	2.59	-	51.2	
F	-	-	-	29.1	39.3	1.6	5.48	-	-	-	-	-	-	-	-	
G	-	-	-	79.4	15.9	-	5.41	-	-	-	-	-	-	-	-	
H	-	-	-	-	-	-	-	44.2	43.7	58.6	-	-	-	-	-	
I	37.0	1.9	9.92	22.0	29.0	36.4	6.15	-	-	-	-	-	-	-	-	
J	3.9	0.5	10.0	0.0	64.6	24.7	6.15	-	-	-	240.0	0.7	0.50	-	480.0	
K	-	-	-	43.1	64.3	33.3	5.50	-	-	-	-	-	-	-	-	
L	29.1	1.9	9.78	77.4	67.3	39.5	5.79	-	-	-	-	-	-	-	-	
M	54.4	2.7	10.1	35.1	45.8	37.1	5.46	-	-	-	-	-	-	-	-	
N	-	-	-	-	-	-	-	100.1	51.1	120.0	0.92	-	-	-	-	
O	59.3	2.6	10.0	121.4	57.2	39.5	5.63	84.8	98.2	34.5	2.08	-	0.91	Bright 210.3	231.0	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Hard 254.6	238.0	

めっき浴は全体的に低濃度である。どういう浴組成を目標としていいかわからないままに、材料商から購入する混合塩（シアン化銅浴）を随時加えているだけで済ませている状況と思われる。

各工場ともめっき浴の温度管理およびめっき製品に対応した電流密度、めっき時間の設定が行われていない。また電流密度、陰極表面積の測定がなされておらず、電極の配置や数が適切に管理されていない。

活性炭濾過、空電解、pH 測定はほとんど行われていない。濾過機も使われていない（設置していても十分機能していない）ので、めっき液には埃、異物の混入があり、汚れがひどい。

#### 7) 水洗、乾燥工程

多段向流水洗を実施しているのは1社だけで、そのほかは1槽のみの流水水洗である。多くは桶（バケツ）の溜水による水洗、または床の上でホースで直接水を流しかけている。めっき液の回収や、水洗水の循環使用などは全く行われていない。

乾燥方式は、ほとんど自然乾燥で、熱風乾燥は行われていない。

#### 8) めっき製品の検査

めっきの厚みを決めている工場はないといってよい。検査は外観検査のみで厚み測定はやっていない。当然耐食性試験や密着性試験などは行っていない。国内市場の品質意識が低いため、製品検査、品質管理には関心がない状況である。

#### 9) 無光沢ニッケルめっき

スリ・ランカにおけるニッケルめっきは、ほとんどが無光沢ニッケルめっきを行っており、めっき後研磨をしている。光沢ニッケルめっき槽をもっている工場もあるが、それを使わずに無光沢ニッケルめっきをしている。無光沢ニッケルめっきは室温で行われ、かつめっき量も多くないので、めっき液の汲み出しが少なくめっき液量の変動はほとんどない。

#### 10) スリ・ランカのめっき製品の品質

スリ・ランカのめっき製品の品質状況の概要把握を目的に、第1次現地調査の際に持ち帰った、製品試料の品質調査を行った。試験検査項目として、外観検査、めっき厚さ試験、密着性試験、および耐食性試験（中性塩水噴霧試験のみ）を行った。その結果を Table 3-4 に示す。外観検査、密着性試験、耐食性試験に対する評価基準は Table 3-5 による。

外観検査では A ランクに判定できたものは 21 点の試料中 6 点と少なく、C ランクは 9 点で約半数を占め、中には発錆しているものもあった。市場の要求品質によっても異なるが、総体的に低位のレベルにある。外観はめっきに要求されるあらゆる要因が結果として現れるので、めっき技術の向上を図るとともに、各工場はめっき外観の限度見本をおき、管理していくなどの姿勢が望まれる。

めっき厚さは当事者間協定によって決められるのが普通であるので、一般的レベルに対して比較する。

- (a) 銅めっき厚さは極めて薄く、フラッシュ銅めっきあるいはストライク銅めっきとしか考えられず、一般の銅めっき層とはいえない。
- (b) ニッケルめっき厚さは 10 点の試料中  $10 \mu\text{m}$  といえるものは 2 点だけであり、 $3 \mu\text{m}$  台が 2 点、その他はそれ以下である。この種のめっきでは、めっき厚さは使用環境で異なり、装飾めっきでは一般に  $5\sim 20 \mu\text{m}$  (当事者間協定による) である。
- (c) クロムめっき厚さは 9 点中  $0.1 \mu\text{m}$  前後のものが 7 点、 $0.25 \mu\text{m}$  以上のものは 2 点であった。

以上 Cu-Ni-Cr めっきのめっき厚さを総括すると、装飾めっきとはいえ極めて薄く良質なめっきとはいいがたい。

- (d) 亜鉛めっきについて測定した 9 点中  $10 \mu\text{m}$  以上のものは 6 点であった。亜鉛めっきは防食のため行うのであり、めっき後クロメート処理を行う際、表面皮膜が処理液中で溶解するのでめっき厚さに注意する必要がある。

密着性試験は加熱冷却法で行ったが、判定結果は比較的よかったが、本判定で B、C ランクのもは前処理が悪かったものと思われる。

耐食性試験では A ランクは 21 点の試料中 4 点、C ランクは 14 点であった。C ランクのもは比較的早い時間での発錆が認められた。製品のできばえがそのまま本試験結果に認められる。

上述のように総体的にスリ・ランカのめっき製品の品質は国際水準より低位のレベルにある。



Table 3-4 スリ・ランカのめっき製品の品質評価結果一覧表

※ 各試験結果の判定基準は、Table 3-5による

Unit No.	Sample No.	外観検査	めっき厚さ試験 JIS H 8501 蛍光X線式試験方法		密着性試験 JIS H 8504 熱試験方法		耐食性試験 JIS H 8502 中性塩水噴霧試験方法 塩化ナトリウム濃度 : 40~60g/L pH : 6.5~7.2 試験槽温度 : 35±2℃ 試験時間 : 24時間		試験前後の品質状況
			素地金属	(めっき金属) めっき厚さ (μm)	加熱試験*1	熱衝撃試験*2	中性塩水噴霧試験	コメント	
1	(1)	A	Fe-Cu	(Cu) 0.29, 0.53 - (Ni) 1.30, 1.66	A	A	B	部分的に薄い赤紫色化、および斑点状の赤錆発生	・ 圧着部の内面は、めっきの付き回りが悪いためか試験前に既に赤錆が発生していた ・ 線材の銅めっきおよびニッケルめっき厚さは非常に薄い
	(2)	B	Fe	(Ni) 1.86, 2.10	A	A	C	内面赤錆発生	
2	(1)	C	Fe	(Zn) 10.0, 21.5	C	C	C	白錆発生 ・ 全体面積比の30%が黒色化	・ 試験前に既に黒色に変色しており、クロメート処理が不十分の状況であった
	(2)	C	Fe	(Cu) 0.05, 0.06 - (Ni) 6.7, 10.1 - (Cr) 0.06, 0.09	A	A	C	全体面積比の70%が赤錆発生	・ 表面は素材の傷が多く、この部分が試験前にて既に赤錆を発生していた
3	(1)	C	Fe(nut)	(Zn) 28.8, 40.3	A	A	C	白錆発生および部分的に灰黒色化	・ 試験前は、外面のクロメート色調は良好であったが、内面ネジ部は灰色をしており、一部赤錆が発生していた ・ 試験により内面の錆が加速進行した
	(2)	B	Fe	(Zn) 31.7, 45.5	C	C	C	白錆発生および全体的に灰黒色化	・ めっき厚さが薄く光沢が不足 ・ 密着および耐食性試験にて表面が顕著に変色
4	(1)	B	Cu	(Ag) 0.09, 0.14	B	B	C	黄銅色に変色(素地露出?)	・ めっき厚さが非常に薄く、クロメート処理が施されているかどうか判別できない表面状態であった
5	(1)	C	Fe	(Zn) ①1.42, 6.00 ②0.29, 1.49 ③0.34, 1.32	A	A	C	赤錆の発生および全面が灰黒色化	・ 試験前にて部分的に腐食がひどく、内外面とも錆の発生、進行が顕著であった
6	(1)	C	Fe	(Cu) 0.39, 1.13 - (Ni) 7.2, 10.6 - (Cr) 0.08, 0.17	A	A	C	全体面積比の30%が赤錆 ・ 内面は全面にわたり赤錆	・ 密着性試験にて全体的に薄黄色の変色が発生した程度
7	(1)	A	Brass	(Ni) 1.02, 2.91	A	A	B	発錆、変色等欠陥の発生なし	・ 赤錆発生部分が集中しており、表裏の仕上がり状態に差が顕著であった
	(2)	C	Fe	(Cu) 0.02, 0.07 - (Ni) 2.11, 2.89 - (Cr) 0.08, 0.11	A	A	C	全体面積比の20%が赤錆	・ 新たに錆、変色等欠陥は発生せず、めっき金属被覆部は良好であった
8	(1)	C	Brass	(Ni) 1.26, 1.96 - (Cr) 0.28, 0.35 (Au) 0.01, 0.03	A	A	A	試験前に腐食部分があったが進行は認められなかった	・ めっき厚さが薄く、下地めっきがないため、Au-Cuの合金が形成されている?
	(2)	B	Cu		A	A	B	腐食の発生はなかったが、全面が銅または黄銅色に変色	・ 下地めっきがないため、素材中のZnが拡散して変色したものと考えられる
	(3)	A	Brass	(Au) 0.11, 0.34	A	A	C	腐食の発生はなかったが、全面が銅または黄銅色に変色	・ 製品は、素材の凹凸があるものの試験による欠陥は発生しなかった
9	(1)	B	Brass	(Ni) 2.71, 3.41 - (Cr) 0.35, 0.40	A	A	A	発錆、変色等欠陥の発生なし	・ めっき厚さも十分で、試験前ではクロメート(光沢?)外観も良好であった
10	(1)	A	Fe	(Zn) 8.29, 15.6	A	A	C	白錆の発生および全体が灰黒色化	・ 円筒内部は試験前にて既に発錆があった(めっきの付き回りが悪い)
11	(1)	C	Fe	(Cu) 0.88, 1.52 - (Ni) 3.11, 3.62 - (Cr) 0.04, 0.06	A	A	C	製品エッジ部、円筒内部に赤錆発生 ・ 円筒外面錆発生なし	・ 表裏(研磨有無)による仕上がり外観に顕著な差があるが、試験による新たな欠陥は発生しなかった
12	(1)	C	Brass	(Ni) 0.15, 0.18 - (Cr) 0.06, 0.12	A	A	A	発錆、変色等欠陥の発生なし	・ 表裏(研磨有無)による仕上がり外観に顕著な差があるが、試験による新たな欠陥は発生しなかった
13	(1)	A	Cu	(Ni) 9.11, 13.6 - (Cr) 0.02, 0.04	A	A	A	一部分ににわかな変色	
14	(1)	A	Fe	(Zn) ①11.3, 12.5 ②21.2, 23.5	A	A	C	白錆および灰黒色化 ・ クロメート褪色(灰色)	・ 製品端周囲部分の黒色変化が顕著 ・ めっき厚さは十分であり、試験前は外観も良好であった
	(2)	B	Fe	(Cu) 0.34, 0.45 - (Ni) 0.99, 2.36 - (Cr) 0.06, 0.19	A	A	C	全体面積比10%が赤錆(特に曲げコーナー部分)	・ 素材の凹凸、または羽布研磨材除去不足と考えられるピット状の欠陥あり

\*1: 銅-ニッケル-クロム 300±5℃ ----- 室温放冷  
亜鉛、金 200±5℃ ----- 室温放冷

\*2: 銅-ニッケル-クロム 250±5℃ ----- 常温水中急冷  
亜鉛、金 150±5℃ ----- 常温水中急冷





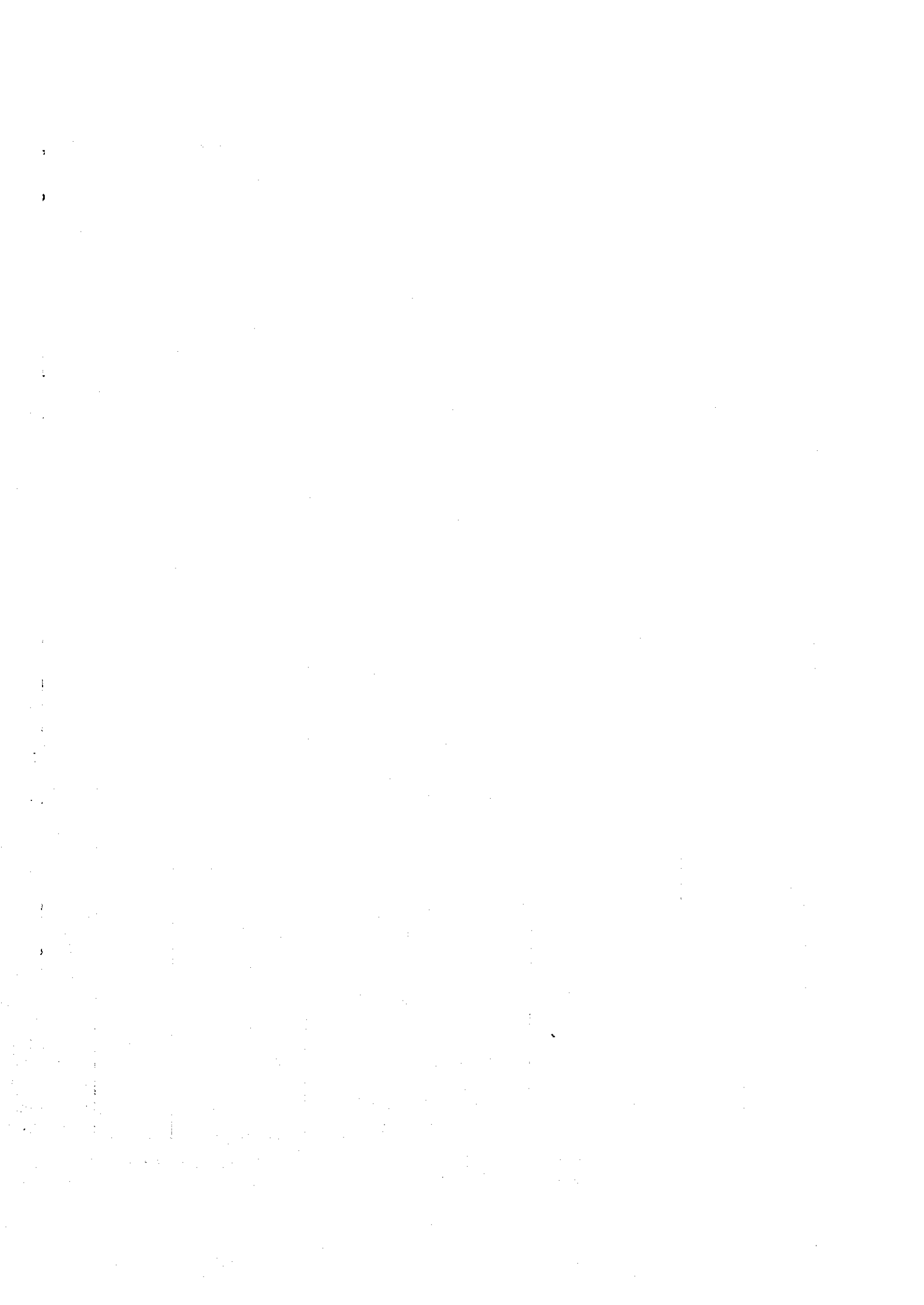




Table 3-5 スリ・ランカのめっき製品の品質評価判定基準

判定 ランク	外 観	密 着 性		耐 食 性
		加熱試験	熱衝撃試験	中性塩水噴霧試験
A	素地露出、剥がれ、膨れ、シミ、ピット、ざらつき、くもり、やけ、光沢むら、色調、平滑性、その他使用上有害な欠陥がほとんど認められないこと。	剥がれ、膨れが認められないこと。	剥がれ、膨れが認められないこと。	白錆または赤錆の発生、および変色、その他試験前状態に対して表面変化がほとんど認められないこと。
B	素地露出、剥がれ、膨れ、その他使用上有害な重欠陥が認められないこと。	剥がれ、膨れは認められないが変色等表面変化が認められる。	剥がれ、膨れは認められないが変色等表面変化が認められる。	白錆または赤錆の発生は認められないが、変色等試験前状態に対して若干の変化が認められる。
C	素地露出、剥がれ、膨れ、その他使用上有害な重欠陥が顕著に認められる。	剥がれまたは膨れが顕著に認められる。	剥がれまたは膨れが顕著に認められる。	白錆、赤錆、変色、その他試験前状態に対して顕著な重欠陥が認められる。
特記 事項	製品の有効面（羽布研磨有無）がはっきりしているため、めっきの仕上がりが状態も表裏の差が顕著である。よってこの点を考慮して評価した。	熱衝撃試験は、加熱試験後に実施したので、すでに熱ストレスの加わった点を考慮して加熱試験後の状態に対して剥がれ、膨れが拡大進行したかどうか、または新たに剥がれ、膨れが発生したかどうかをポイントに評価した。		試験前状態時においてすでに腐食の発生しているサンプルについては、その部分の腐食が拡大進行したかどうか、または良好なめっき面に新たに腐食が発生したかどうかをポイントに評価した。

### (3) 排水処理

#### 1) 環境保護ライセンス

めっき工業はCEAによって高汚染工業に指定され、CEAの環境保護ライセンスを受け、環境基準にしたがっていないければ汚染を生じせしめる廃棄物の排出が禁止されている。めっき工場はCEAに環境保護ライセンス交付の申請を行い、CEAはこの申請を受けて、施設の検査を行いその結果により必要な条件を付してライセンスを交付することになっている。

調査した工場の中で3社がCEAのライセンスを受け、毎年更新している。しかしこれらの工場の内2社は排水処理を全く行っておらず、3社ともCEAによる排水の分析は行われていない。これはおそらく既存の工場であることと、汚染源となる薬品の使用量から排出される汚染物の量を推定し、環境に与える影響が少ないと判断して交付されたのであろう。

#### 2) 排水の種類

調査した17工場中シアン排水を排出している工場が15社、クロム排水を排出している工場が16社である。めっき工場の排水には、何らかの事故でめっき液を更新した場合の濃厚廃液、めっき浴から持ち出された液を回収した準濃厚廃液および洗浄水がある。濃厚廃液の排出はなく、準濃厚廃液はめっき液の回収されずに水洗工程に持ち込まれているので、めっき工場の排水の主体は水洗工程から排出される排水である。

#### 3) 水洗方式、排水量

水洗工程で多段向流水洗を行っているのは1工場だけで、そのほかの工場は1槽の流水水洗、あるいは小さい桶の溜水で洗浄し定期的にあけかえている。水洗槽も桶もなく床の上でホースで直接水を品物にかけている工場も多く、このような工場では排水分析のサンプルも採取できない状態である。

各社の排水量は前述のようにめっき作業が常時は行われておらず、作業が極めて不安定でかつ当日めっき作業を全く行っていなかったり、ごく一部の企業しか行っていなかったため、測定は不可能であったし、工場側でも正確に把握しておらず口述に相違が見られる状態であった。企業側の報告によればTable 3-6に示すようにほかの汚染産業排水に比べ極めて微量である。

Table 3-6 排水量

排水量 (L/day)	工場数
Less than 100	7
101 ~ 1,000	8
More than 1,000	2

#### 4) 排水処理

調査した工場のうち3工場だけが、処理槽と称する槽を設置して定期的に中和処理をしている。しかし、排水溝の途中に槽を設け定期的に薬品を添加しているとのことであり、不十分な処理装置である。また1工場はアルカリ性のめっき排水をほかの工程の酸性液の洗浄に用いていて、排水はほぼ中性を示していたが、両方の作業が同時に行われているとは限らず、一方の作業が休止した場合には当然排水は基準値を越える懸念があるので、混合排水について処理を行うのが妥当な方法である。

そのほかの工場は排水を処理することなく直接下水溝に流したり、地下浸透させたりしている。

工場排水（めっきセンターを含む）の分析結果を Table 3-7 に示す。

多くの工場でめっき作業が正常に行われていない時点での排水であるため、分析値はあくまでも参考値である。表中で作業が行われていた工場でも一部のめっき作業が行われていたにすぎない。操業の状態によってはより高い値となるものと思われる。この分析結果から平均的な排水濃度を推定することは困難であるが、上記事情を勘案して分析結果を見ることにより、排水の実態を概略把握できる。

Table 3-7 排水の分析結果 (mg/L, pHを除く)

Unit	Total CN	Cu	Ni	Zn	Total Cr	pH	Remarks
A			10.8		6.2	8.0	Operating
B				27.6	0.32	6.5	Not in operating
C		40.6	57.2	344	32.8		Operating
D	65.0	19.4		24.8	0.12	5.8	Operating
E	54.5	14.6	0.66		0.02		Not in operating
F		ND	0.12		ND		Not in operating
G	0.64	0.44	1.03				Not in operating
H	75	3.91	244	0.72	ND	5.9/7.6	Not in operating

\*ND : Not detected

：一般排出基準値を越えている

表中C, E, F, Gは無処理の排水であり、Cは希釈して排水する前の溜水水洗水であるため、当然のことながら環境基準を遥かに超えている。A, B, D, Hは間欠的に処理しているといっている工場の排水であるが、実状は全く作業をしていなかったE, F以外は一樣に基準値を遥かに越している。

ちなみに内陸における排水の一般的排出基準ならびに表面処理排水に対する推奨される標準はそれぞれ Total CN: 0.2, 1.0ppm, Cu: 3.0, 1.0ppm, Ni: 3.0, 1.0ppm, Zn: 5.0,

1.5ppm, Crは一般基準で Total Cr: 0.1ppm、表面処理排水で Cr<sup>3+</sup> 1.0ppm である。

上述の分析結果からわかるようにほとんどの工場の排水が CEA の定めた排水基準を遙かに超えている、しかし排水量が極端に少ないこと、下水溝で多量のほかの排水に希釈されたり、地下浸透の付近で地下水を汲みあげていないことなどから、現状では排水中の有害物質による目に見える事故の発生は見られていないようである。

#### 5) 排水処理に関する知識

めっき工場で、排水処理に関する正しい知識を持っている工場はほとんどない。

排水処理計画について希望を聞いたところでは、大多数が工場団地に移って共同処理をしたり、排水をタンクローリーで集めて集中処理をするより、自社内に処理装置を設置し自社で処理したいという意見が多かった。共同処理、あるいは集中処理よりも自社で処理したいという意見が多かったのは、めっき排水の処理方法についての知識がなく、排水処理設備を設置するのに必要な投資金額や、集中処理の方法や負担する経費もわからない状況を考慮しなければならないと思う。設備投資額や処理経費は簡単に算出できないが、何よりも排水処理の方法について一定の知識を持つように教育をする必要がある。

### 3.2.2 めっき工場の問題点

めっき工場の現状で詳述した点から、めっき工場の問題点および課題は、以下のように要約される。

#### (1) めっき技術

- 1) 国内市場の品質意識が低いので外観と価格以外には関心がなく品質向上の意欲が薄い。
- 2) 電流密度の設定、めっき浴の管理などめっきの基本となる技術に関する知識を理解していない。めっき作業は作業者の経験に任されている。
- 3) めっき浴の定期的な分析は行われず、めっき浴の濃度は一般に低い。濾過機を使用していないのでめっき浴が汚れている。
- 4) 品物は裸銅線でからげて液中に吊し、めっきしている。引掛けを使用している工場は1工場だけで引掛けについての関心がない。
- 5) 電解脱脂を行っていないなどめっきの前処理が不十分である。
- 6) 無光沢ニッケルめっきを行ったのち研磨している。光沢ニッケルの普及が遅れている。
- 7) 水洗作業は大多数の工場がバケツ水洗またはホースで水をかけ、垂れ流ししている。めっき液の回収は行われていない。
- 8) 製品の検査は外観検査だけで、厚み、耐腐食性などの試験を行っていない。

## (2) 排水処理

- 1) めっき産業は高公害産業に指定され環境保護ライセンスの取得が義務付けられているが、ライセンスを受けている工場が少ない。
- 2) 各経営者は排水処理をしなければならないという意識はあるが、工場は排水基準値や排水処理技術について正しい知識を持っていない。排水処理設備は利益を生まない投資であることから、処理設備の投資に切実な関心が少ない。
- 3) 排水の発生源である水洗工程において、水洗槽へのめっき液の持ち出しを減らしたり、めっき液の回収や、水洗に必要な水量の節減などについて配慮していない。シアン系とクロム系の排水を分別することができていない。
- 4) 排水処理を実施していない工場が多い。また排水処理を実施している工場でも、適正な処理をしている工場はない。現状では、ほかの排水によって希釈されているか、地下浸透させているが、将来有害物質による事故や、土壌中への蓄積による地下水汚染の原因となる危険性がある。

## (3) めっき工場の課題

- 1) 水洗工程、水洗作業の改善  
めっき液の回収、多段水洗、排水の分別
- 2) 排水処理の実施  
排水処理設備の設置、または集中処理への参加
- 3) めっき工程、めっき作業の改善  
電流密度の設定、引掛けの採用、濾過、攪拌の実施、めっき浴の濃度・温度管理
- 4) 前処理工程、前処理作業の改善  
浸漬脱脂、電解脱脂
- 5) 製品検査をもとにした品質管理の実施  
厚み測定、腐食試験、測定データの管理・活用

上記のほかに一般的な課題として下記の事項がある。

- めっき技術、排水処理技術について一定の理解を持つこと
- 職場環境を改善すること（めっきの作業環境は埃やゴミを嫌う）
- 作業員の訓練をすること（作業員の正しい作業が重要である）



### 3.2.3 めっき技術、排水処理の関連事項

めっき工場の現状および問題点に関連するめっき技術、排水処理に関する事項を以下にまとめて説明する。なお、めっき技術、排水処理技術に関する専門的内容を巻末に補遺として添付した。以下の関連事項とともに、めっき技術、排水処理の基本技術を理解するのに参考になると信ずる。

#### (1) 前処理工程

めっきされる品物の表面に付着した機械加工、板金、溶接などの加工時に使用された加工油の汚れや、素地研磨の研磨かすなどを除去し表面を清浄にする工程が脱脂である。

めっきする品物の脱脂洗浄が不十分であると、めっきの素地金属に対する密着が悪く剥離することになる。とくに光沢ニッケルめっきは純ニッケルより硬く脆いので、大きい密着力を得るためには清浄な表面にしなければならない。脱脂には予備脱脂、煮沸脱脂、電解脱脂の三段階がある。

予備脱脂：ひどい油とか研磨材などを下洗いする予備工程である。塗装下地の前処理はこれでよいが、めっきの場合には煮沸脱脂、電解脱脂をしなければならない。

煮沸脱脂（アルカリ脱脂）：水酸化ナトリウム、珪酸ナトリウム、リン酸ナトリウム、炭酸ナトリウム、活性剤などを組み合わせ加熱した浴中に浸漬し、品物についている油を鹸化、乳化したり、固着した油を膨潤させて取り除く。

電解脱脂：浸漬脱脂で取り除けなかった表面の微細な凹凸面に付着したバフかす、油、焼き入れのスケール、錆などを除く。めっきの密着をよくするために必要である。

#### (2) めっき工程

##### 1) めっき浴

銅、ニッケル、クロム、亜鉛、クロメート処理浴などの浴組成の基本は世界共通であるが、濃度、光沢剤その他の添加剤は各工場で独自に選択している。

##### 2) 電流密度

めっきはそれぞれのめっき浴に応じた電流密度があり、めっきする品物の総面積より全電流を計算する。電圧を見てめっきを行うのではなく電流で制御する。品物の数量が変われば、総面積が変わるので電流も変えなければならない。

##### 3) 不純物の除去

めっき液には、不純物が混入してはならない。光沢ニッケル浴にクロム酸が入るとめっきがつかなくなる。亜鉛や銅が入ると光沢がなくなり鉛色となる。不純物を除去する

には空電解をする。有機物を除くには活性炭濾過を行い、吸着除去する。めっき液を新しくした場合も活性炭濾過を行い、空電解をする。

#### 4) 引掛け (Rack)

引掛けは、電流を正常に流して均一にめっきする品物の上に分布させ、隣接の品物同志を同じ電流密度にすることにより同じめっき厚さにするための重要なジグである。

引掛けはめっき電流が計算通りに流れるように作られなければ、よいめっきができるはずがない。断面は鋼線として必要な電流を流すだけの容量が必要である。材料は銅、チタニウム、リン青銅線、鋼線などが用いられ、表面は絶縁コーティングをする。

一般には、引掛けは自社で品物に合わせて設計するか、専門業者に外注する。

#### 5) 濾過と攪拌

シアン化銅、シアン化亜鉛、銀、金などのめっき浴は、めっき槽の底まで見えるように透明でなければならない。ニッケルめっき浴や硫酸銅浴は色がついているから底は見えないが濁ってはいけい。そのために濾過機を設置して、めっきをしていないときも昼夜めっき液を循環濾過している工場もある。

空気攪拌は、めっき液を攪拌することによりピッチングを防ぎ、高電流を流せるので、めっき作業には欠かせない。電流が均一に流れるようにするためには電極の間隔は30cm以上にすることが望ましい。(工業用クロム浴を除く)。攪拌をするためには、引掛けを使用し品物が動かないようにしなければならない。また、めっき浴は攪拌によって不純物やゴミが液中に拡散して品物の表面に付着しないように正常にしておかなくてはいけい。

### (3) 水洗工程

水洗が不完全であると、めっきにしみ、むら、密着不良、ピンホールのような問題が発生する。また水洗は排水処理と関係が深く、少ない水量で水洗効果を上げるようにする工夫が行われている。

#### 1) めっき液の持ち出し量の削減、回収

めっき液の持ち出し量を削減し、さらに回収再利用することにより、薬品の使用量を減らせるだけでなく、水洗工程への薬品の持ち出しが少なくなるので、必要な水洗水量を減らし結果として排水量を減らすことができる。

水洗槽へ薬液の持ち出しを少なくするには、液切り時間、液溜まりの振り切り、エアブロー、スプレー水洗を検討する必要がある。薬液の回収再利用のために回収槽を設ける。

## 2) 多段水洗

現状は一つの水洗槽で、複数のめっき槽から取り出した品物の水洗を行っている。

水洗工程を多段向流水洗（2段あるいは3段）にすることにより、水洗に必要な水量を削減できる。めっき系列ごとに2槽または3槽の水洗槽を一つのラインに並べて使用するようにする。

例えば、クロムめっき後の品物は、引掛けにつけたまま回収用の水槽に入れ、最初にクロムめっき液を洗い、第2の回収槽で今一度引掛けを洗うが、この段階でもかなりのめっき液が残っており、3槽目で初めて本来の水洗ができる状態になる。

したがって、前の2槽を回収槽と呼び、クロムめっき液が蒸発し、液面が下がったときの補給水として使い、さらに第2の回収槽の水を最初の回収槽へ補給する。

この方式は、ニッケルめっき槽の汲み出し液（めっき液から取り出した品物や引掛けに付着しているめっき液）の場合も同様で、回収槽とし、蒸発や汲み出しによる液面の低下に対して補給するときを使う。

したがって、回収槽はニッケル、クロムどちらの場合も、PVC内張りあるいは厚板によるPVC槽を用いなければならない。

なお、水洗槽の型式には、単1槽、2槽、3槽（内部を仕切ったものもある）のものがある。複数の水洗槽を一体の構造にしたものをカスケードタイプあるいは多段水洗と呼んでいる。

多段バッチ水洗と多段向流水洗があるが、一般には多段向流水洗が行われている。

多段バッチ水洗：最終段の水洗水の汚染度を管理することによって第一段の水洗槽の水を廃棄し、水を順送りして空になった最終段の水洗槽に新水を入れる方法である。最終段の水洗水の汚染度を管理するのが難しい。

多段向流水洗：連続的に水洗水を最終段に入れ、第一段からオーバーフローさせた排水を処理装置に送る。

品物を水中に漬けるだけでは水洗は不十分で、水中で品物を揺り動かしたり、水洗槽の底から空気攪拌を使用するなどの方法を取る。水洗効果を上げるにはスプレー水洗も有効である。

## 3) 排水の分別

シアン系の排水とクロム系の排水は処理方法が異なり、別々に処理しなければならないので排水の分別は処理の必要条件である。集中処理に出す場合でも、各工場で排水の区分を行うことが前提条件である。

水洗槽からオーバーフローした排水は、床に直接流さずに配管でシアン系、クロム系、酸・アルカリ系またはアルカリ・シアン系、酸・クロム系に分別してそれぞれの受槽に

移送しなければならない。

品物をめっき槽から水洗槽へ移動するときなどに薬品が床に落ちるのを防ぐために、工程間を離さないような設備配置の変更、槽間にドリップボードの設置などの改善が必要である。さらに作業場の床にシアン系、クロム系別に作業場を分け、床に堰を設けて、床面で両者が混合しないようにし、各々にポンプピットを設け、集めた排水をポンプアップしてそれぞれの受槽に送る。

#### (4) 製品検査

通常行われるめっき製品の主な検査項目は、外観検査のほか、めっき厚さ、密着性および耐食性の試験がある。各々の検査にそれぞれいくつかの方法があるが、工場などで最も一般に行われている方法は次のとおりである。

##### • めっき厚さ試験方法

電解式試験方法： 定電流電解によってめっきの微少な一定面積を陽極的に溶解し、除去されるのに要する時間が厚さに比例することを応用して厚さを計る。

蛍光 X 線試験方法： 試料に励起 X 線を照射することにより物質を構成する元素特有の蛍光 X 線を発生させ、その特性からめっき厚さを求める方法。皮膜厚さを非破壊、非接触で知ることができる。

##### • めっきの耐食性試験方法

中性塩水試験方法： 塩水噴霧試験装置を使用して塩化ナトリウム溶液を噴霧した雰囲気において、めっきの耐食性を調べる。評価は試料の腐食発生状況を標準図表と比較する。

##### • めっきの密着性試験

熱試験方法： 試料を加熱によってめっきの密着性を調べる。

熱衝撃試験： 試料を加熱する熱衝撃によって、めっきの密着性を調べる。

いずれも目視によって観察し、めっきの剥離または膨れが明らかなきは密着不良とする。

#### (5) 光沢ニッケルめっき

##### 1) 光沢ニッケルめっきはめっき技術の出発点である

光沢ニッケルめっきは、40年以上前（1953）に、光沢銅めっきとともに工業化され、

めっき技術の画期的発展の基礎を築いた技術である。それまでの無光沢ニッケルめっきではめっき後研磨しなければならず、研磨工数がかかるばかりでなく、研磨によりめっき皮膜を削り取るので、めっき厚さ、耐食性など品質上問題があった。光沢ニッケルめっきは、めっき後研磨しなくてよいのでそのような品質の問題がない。さらに、光沢めっきの場合には、めっき浴の温度を上げ空気攪拌をすることにより、高電流密度でのめっき作業即ち高速めっきが可能であり、生産性が向上した。めっき浴を加温するので蒸発によって液の減量がある。そのため回収しためっき液を戻すことができる。

このように研磨工数低減、品質向上、生産性向上の利点があるので、光沢剤の進歩と、めっき浴の加温、空気攪拌、循環濾過などめっき作業の改善により、光沢ニッケルめっきはめっき技術の基本的な技術となって普及した。光沢ニッケルのめっき浴のすべての作業と設備の使い方に熟達することが、亜鉛めっき、金・銀などの貴金属めっき、さらに高度の工業用（硬質）クロムめっき、プラスチック上のめっき、無電解めっきに進む基本である。

自動車や自転車の部品のように、外観よりも耐食性が重視される場合は、半光沢ニッケルと光沢ニッケルを併用した二層ニッケルあるいは三層ニッケルめっきを行い、さらにポーラスクロムまたはマイクロクラッククロムめっきを行うことにより、優れた耐食効果を得られる。

光沢ニッケルめっきの作業工程の例を Figure 3-1 に示す。

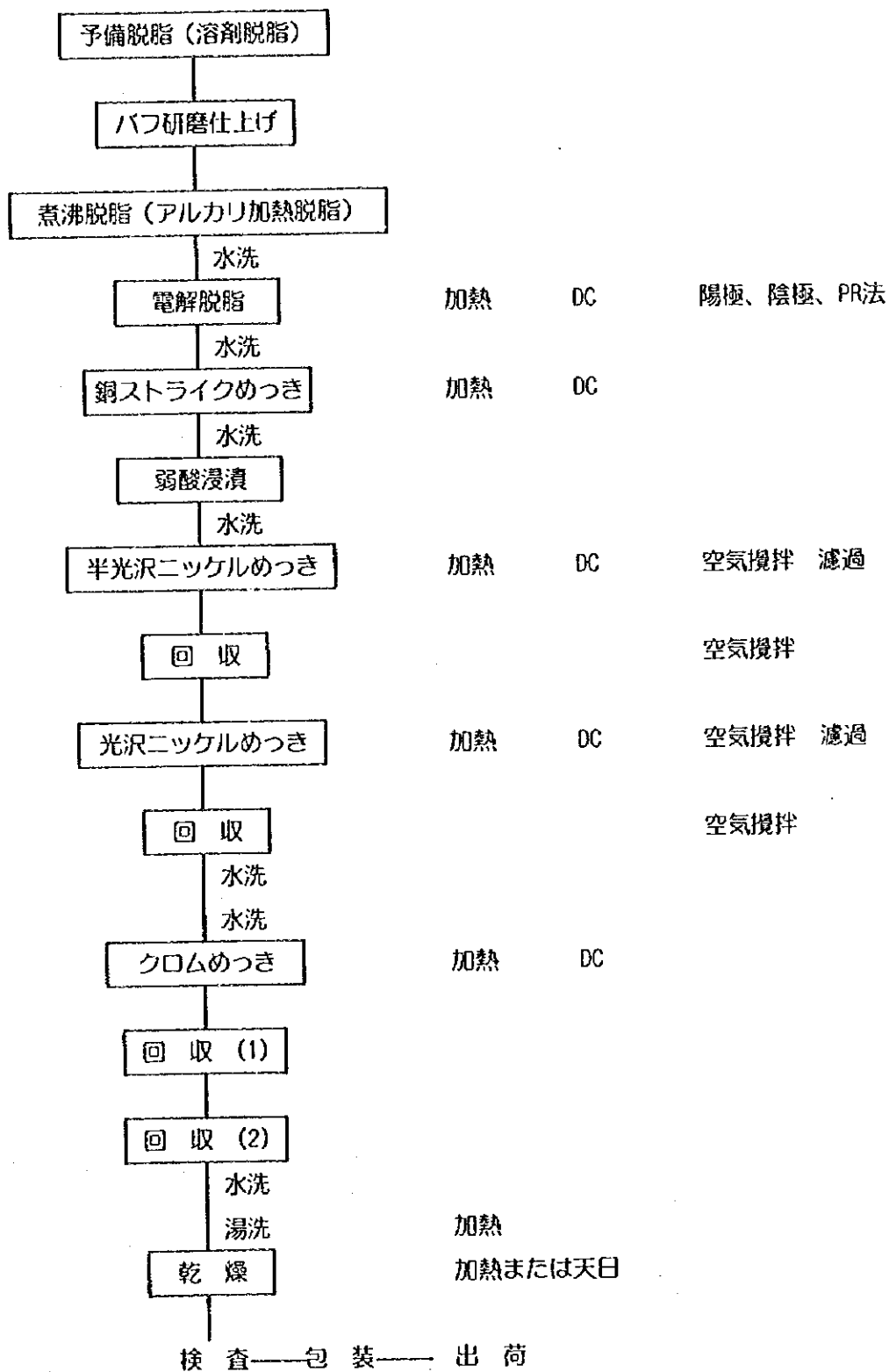


Figure 3-1 ニッケル—クロムめっきの作業工程

## 2) 光沢ニッケルめっき作業

光沢ニッケルめっきでは、電流密度が適正であり電流分布が均一であれば、同一条件でめっきして光沢が維持できている限り何個めっきしてもめっき厚さは均一である。そして、析出物中に銅、亜鉛などの金属不純物が一定限度以上混入していないことを示している。

光沢ニッケルめっきのめっき浴には複数の光沢剤を加えるが、そのためにはめっき浴やめっき作業の管理が重要である。各槽毎に濾過機、空気攪拌装置を設置することは必須の条件である。引掛けを使用することは当然である。

日々の作業で、光沢不良やピットが発生したりすることが時々起こる。このような場合に微量な不純物を分析して対策をとるよりも、現場でハルセル試験をする方が迅速に対処できる。めっき開始時やハルセル試験で試験片の低電流密度部に灰黒色のめっきが出たときには空電解 (dummy plating、アコーデオンプリーツ状の銅または鉄の薄板を陰極として捨てめっきをすること) を行い、ニッケル浴中の銅、亜鉛などの不純物を除去しなければならない。

## 3) 仕上げバフの省略

光沢ニッケルめっきが完全についていれば、めっき浴のレベリング作用で表面の微細な粗さは平滑化しているので、仕上げバフはかけない。析出させたニッケルめっき層をバフで削り取らないのでめっき厚さが保証できる。

研磨作業は、エメリーバフの研磨音や研磨機、サイクロンコレクターの騒音などが発生し作業環境はよくない。また、バフ研磨は粉塵の発生源であり埃を嫌うめっき工場から隔離した方がよい。光沢ニッケルめっきにすることによりめっき後の研磨作業を省略できるのでこのような問題が軽減される。

## (6) 排水処理

### 1) 排水処理方法

有害物質を含む未処理の排水を地下浸透させると、有害物質の土壤中への蓄積により地下水汚染の原因となる。希釈して排水することは、排水基準値にするために膨大な量の水で希釈しなければならない。例えば  $\text{Cr}^{6+}$  濃度が  $12\text{g/L}$  のクロムめっき回収液を  $0.1\text{ppm}$  の排水基準値にするには、 $120,000$  倍に希釈しなければならないことになり、希釈に頼ることは非現実的である。

めっきの排水処理は、有害成分によって処理方法が異なる。シアン系、クロム系の排水は分別してそれぞれの排水ごとに薬品による処理方法をしなければならない。シアン系、クロム系、酸・アルカリ系の3者の排水が互いに混入しないようにしなければならない。

## 2) 連続処理とバッチ処理

めっき作業が間欠的で排水量が少ない工場では、連続処理でなくバッチ処理の方が適切である。バッチ式は、シアン含有量 300ppm 以上、 $\text{Cr}^{6+}$ 含有量 200ppm 以上で、一日の排水量が 6~10 $\text{m}^3$  以下の場合に適している。

Figure 3-2 に連続式、Figure 3-3 にバッチ式のフローシートを示す。

バッチ式では、流入する排水を受槽に受けておき、反応槽でバッチごとに処理をして排水する。反応槽には電動攪拌機をつけ、薬品添加装置を設置して注入しやすくし排水基準に適合した排水を排出するために少なくともポータブル測定器 (pH、ORP) で測定しながら薬品の添加量を制御する。

連続式では、連続して処理槽に流入する排水に連続的に薬品の投入を行って処理し、連続的に排水濃度を確認しなければならない。めっき作業の稼働率が高く、水量が多い場合はバッチ式では槽が大きくなるので、連続式が適している。

現在スリ・ランカで実施している処理は、受槽や処理槽がなく、めっき中連続的に排出される排水に一日 1 回か 2 回、間欠的に薬品を投入しているだけで、薬品の投入されていない間は排水は処理されないで排出されてしまう。このような処理方法では、処理をしても排水基準を守ることはできない。



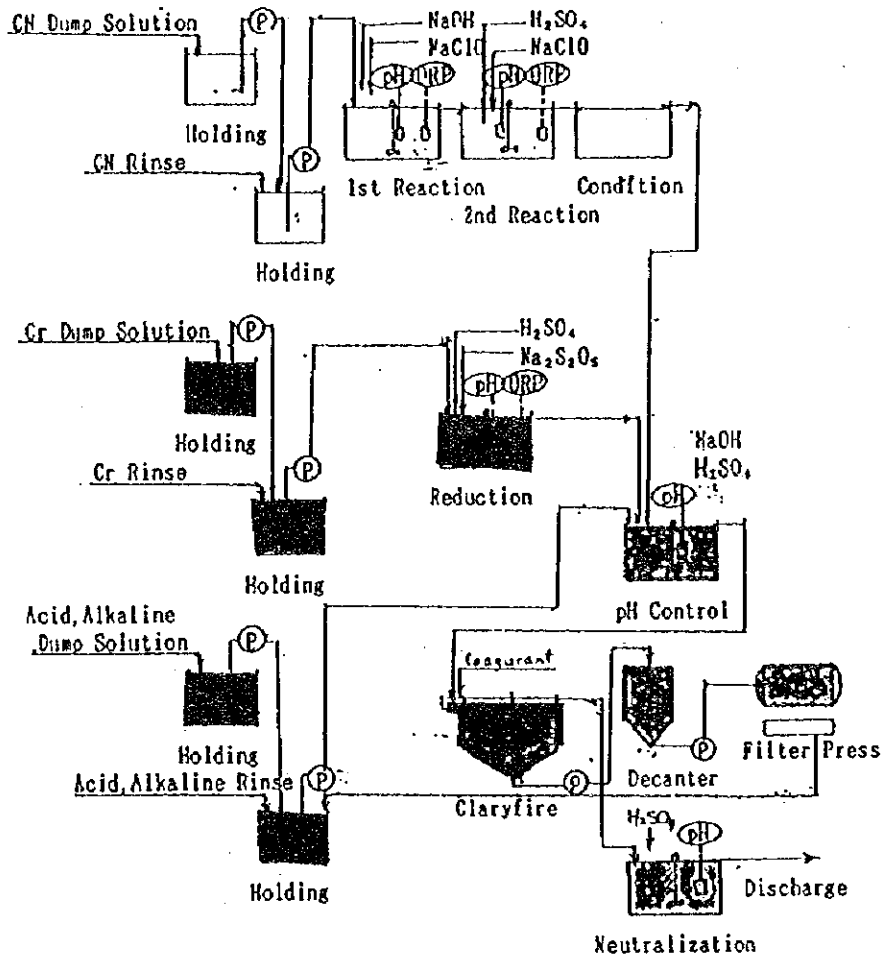
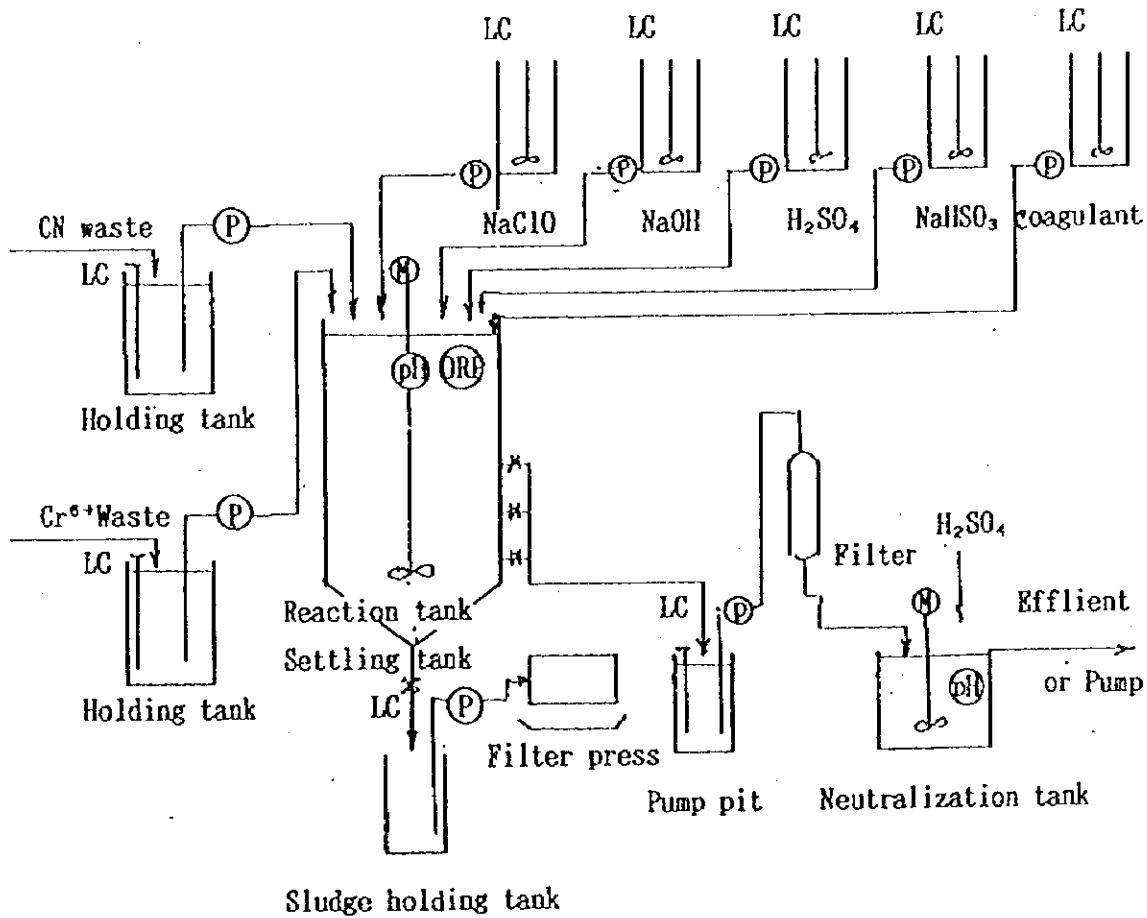


Figure 3-2 連続処理のフローシート



Sludge holding tank

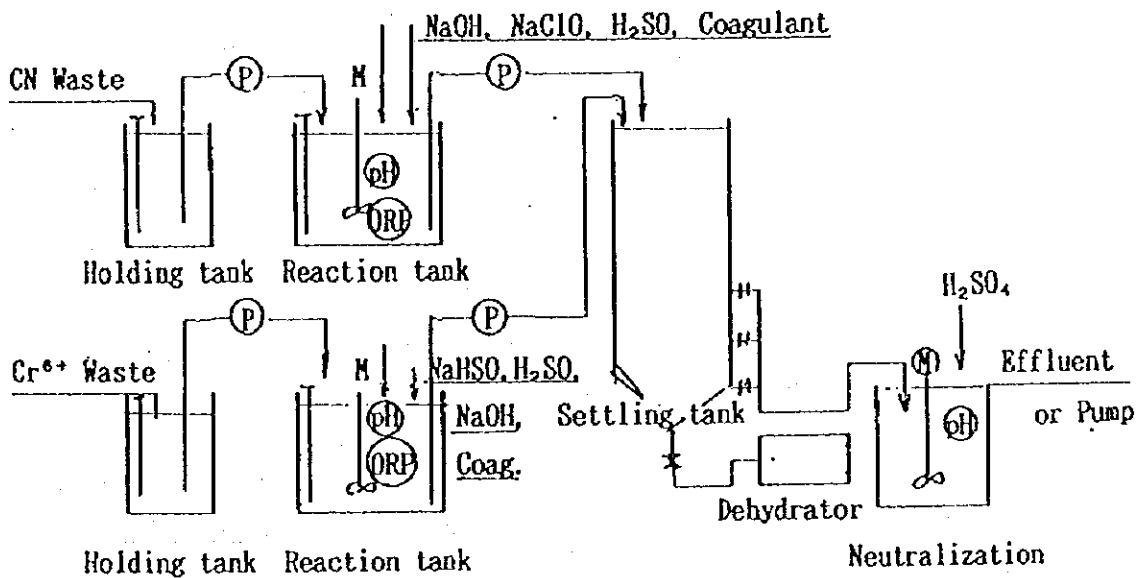


Figure 3-3 回分処理のフローシート

## (7) 排水処理設備の設置計画

排水処理設備の設置計画には、次のような方法がある。

- 個々の工場ごとに処理する
- 工場団地をつくり共同処理する
- 個々の企業から排水を集めて集中処理する
- 個々の企業で、有害物質をイオン交換樹脂により交換吸着させて、集中再生処理をする

排水処理の原則は自工場内に処理装置を設置して処理することが望ましい。中規模以上の工場は処理設備を設置して処理すべきである。

規模の小さい工場の場合には、処理設備への投資資金、設置場所、処理技術を自工場内で持つことは中央処理場に運んで処理するのが適していると考えられる。工業団地に移転して共同処理する方法は、工場の移転費、顧客の維持など個別企業の問題が大きく、ただ公害処理の解決ということだけの問題ではないので、小企業では簡単なことではない。集中処理は工場移転の必要はなく問題が排水処理に絞られるので、既存企業の処理計画としては工業団地に移転するよりは現実性がある。

### 1) 個々の工場に設置する計画

(6) 排水処理で述べたように、めっき作業の稼働状況や排水量を勘案して、バッチ式か連続式の選択をする。どちらの方式を選択するにしても、排水設備を設置する前あるいは同時に(3)水洗工程で説明した発生源対策により排水量、排水中の薬品濃度を下げる努力が必要である。水量を減らせばバッチ処理が可能である。

個別工場の排水処理を普及するには、業界の中から排水処理の普及に協力してくれる工場をモデル工場として選定し、工程内改善、処理設備の設置、運転を行い、業界に実際の設備や作業を公開して、ワークショップを開催するなど、広く技術を普及させる方法がある。モデル工場の計画から運転までめっきセンターが技術指導をし、支援するのがよい。めっきセンターをモデル工場に選定することも考えられるが、現在のめっきセンターの排水量は400L/日である。将来めっき量が増えると、酸系400L/日、クロム酸系400L/日、アルカリ・シアン系700L/日、合計1.5m<sup>3</sup>/日とのことであるが、水洗工程で薬液回収、節水対策を行うことにより排水負荷が減るはずであり、排水量が少なすぎて毎日運転する必要がないと思われる。めっきセンターの排水処理装置の改善は必要であるが、モデルプラントは毎日排水処理作業が行われなければ意味がない(めっきセンターの排水設備の改善については第6章で述べる)。設備はしたが、排水量が不足して運転できず、モデルプラントの役目を果たさないことのないように事前の検討が必要である。モデル工場は、めっき作業が毎日常に一定量以上確保され、一日1回以上排水処理するだけの排水量がある工場を選定した方がよい。

## 2) 工場団地化による共同処理

めっき工場を工場団地に集め、協同組合をつくって各工場の排水を一括処理する方法である。排水処理設備については、各工場に設置する場合よりも共同処理設備の方が投資金額が少なくなるはずである。しかし、団地に移転するための経費、移転による顧客の維持などの問題があり、一方的に公害処理の解決だけを考えることはできない。

団地化は単に排水の共同処理が目的では成功しない。団地化、協同組合化のメリットを企業経営面で活かすことが重要である。例えば、共同体として下記のような施策について合意があれば、団地化の意味がある。

- 団地内企業のめっき加工の分類化
- 資材の一括購入
- 加工単価の統一
- 資金体系の統一
- 福利厚生面の集約化
- 技能教育制度

特に排水の共同処理を成功させるためには、以下の条件が必須であり、団地を構成する各工場に、排水処理が楽になるという考えでなく、ほかの組合員に迷惑をかけないように一層排水処理に注意し、共同化の体制を維持するという心構えが要求される。

- 団地組合の中に強力なリーダーシップを持った企業が必要である
- 各社とも自工場の排水に責任を持つ
- 排水処理経費の分担根拠を正確、合理的に算出する

参考までに日本の実例を説明すると、東京都にめっき専業者743社あるが、めっき工業団地をつくって共同処理しているのは2団地だけである。また、千葉県には2団地ができたが、その一つは経営不振により閉鎖し、協同組合は解散し代表企業がその一部を吸収して傘下の企業だけで運営している。

スリ・ランカの小企業の現状から判断すると、これらの工場（めっき屋）が現在の場所から団地に移転することは、資金面、営業面から不可能であろうと考えられる。

## 3) 集中処理

各工場の排水量が極端に少ない場合に、各社の排水をタンクローリーで集中処理場へ運び処理する方法である。処理技術者がいない、処理設備を設置する資金がない、設備を設置する場所がないなど、小工場の排水処理の問題を解決する方法である。

各工場は集中処理場の処理を経済的に行えるように、シアン系、クロム系に排水を分別して貯槽に保管しなければならない。また工場から処理場までの輸送費と処理費用を負担しなければならない。

集中処理場は団地化の協同処理場と同じであるが、各工場は移転しないので、団地化のデメリットはない。自工場に設置する場合の設備資金の負担もなく、処理作業の運転管理を各工場で行う必要がないなどの利点がある。

集中処理の実施については、利用する企業数、処理水量、処理方法、集中処理設備の設置場所、設備する機関、運営する機関、技術指導機関、排水の運搬方法、輸送費と処理コスト、発生するスラッジの処分について十分な検討が必要である。処理費の設定は処理量と関係があるので、運営費を確保できるように補償制度などを検討する必要がある。

すでにタイのバンコクでめっき排水（表面処理工業を含む）の集中処理を実施した実績がある（5.1.2を参照）。スリ・ランカのめっき工場は、排水量が一日  $1\text{m}^3$  以下の小工場が多いので、集中処理は現実的な方法として検討に値すると考えられる。集中処理設備の設置場所は、めっき工場が散在しているため輸送を考慮しなければならないが、地域別に北部、南部などと分けて、段階的に設置することも考えられる。設備資金には、国の援助が必要であろうし、設備、運転はめっきセンターの技術指導の下で行うことが望ましい。

#### 4) イオン交換樹脂による集中再生処理

多量の希薄な排水をイオン交換樹脂により少量の濃厚な液に凝縮する原理を利用した方法である。排水中のすべてのイオンを樹脂に吸着させ水を回収循環利用する方法と、金属（塩）のみを吸着し金属を回収再利用する方法がある。

排水を樹脂塔に通すと、排水中の  $\text{Cu}^+$ 、 $\text{Ni}^{2+}$  などのカチオン、 $\text{CN}^-$ 、 $\text{CrO}_4^{2-}$  などのアニオンはそれぞれの樹脂に吸着され、排水中から除かれる。飽和した樹脂から酸またはアルカリでイオンを溶離すると、溶離液として濃厚な溶液が得られる。溶離作業および濃厚な溶離液の処理には、特殊な技術が必要なので、樹脂を可搬式の樹脂塔とし、飽和した樹脂塔を集めて集中再生、溶離液の集中処理を行う。めっき工場はメーカーから借用した樹脂塔を配水管に接続して排水を通す。飽和したら別の樹脂塔に繋ぎかえ、飽和した樹脂塔をメーカーに返却する。

金属塩の回収の場合は、ニッケルやクロム排水を樹脂塔に通し金属イオンを吸着させる。メーカーは飽和吸着した樹脂からニッケル塩あるいはクロム酸塩を回収し、ニッケルあるいはクロム酸の原料として再利用する。ただし、金属の回収量が少ないと原料としての利用ができない。

金属回収の利用ができない場合でも、イオン交換樹脂を用いることにより、排水量を低減させることができ、排水処理装置の小型化、設置面積の削減が可能になる。香港の例では、処理設備の設置場所が狭いので、イオン交換樹脂による排水の濃縮を推奨している。バンコクの例では、排水の集中処理で排水の運搬量を減らすため、各工場にイオン交換樹脂を設置し濃縮することを考えている。

## (8) 低公害薬品

環境対策を経済的に行うには、有害物質の処理に目を向けるだけでなく、有害物質や処理の難しい薬品をできるだけ使用しない方法も検討する必要がある。

低濃度のめっき液およびクロメート液、シアン濃度の低い（中濃度、低濃度）亜鉛めっき液、シアンを全く用いない非シアンめっき液などが開発され、用途によっては普及しつつある。前処理液では、処理の困難なキレート剤を使用しない処理液、脱脂液と分離しやすくした長寿命の液、非シアンの電解脱脂液、ニッケル剥離液などが開発されている。

しかし、これらの無公害薬品は、（例えば非シアンの亜鉛めっき浴に切り替える場合）酸性浴とアルカリ浴では均一電着性、電流効率、皮膜の性質が異なるので、特性を十分認識し用途や目的を考えて適用する必要がある。



### 3.3 IDB めっきセンターの現状および問題点

#### 3.3.1 めっきセンターの現状

##### (1) 概要

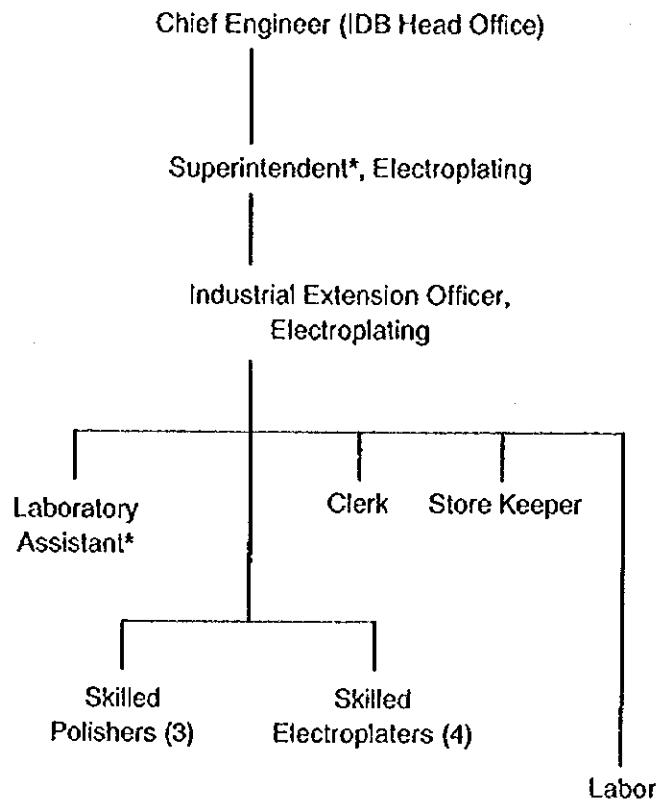
めっきセンターは IDB に 12 ある部の一つであるエンジニアリング部に属し、スリ・ランカ国のめっき技術を向上させるために主として中小のめっき業者に対して、めっき技術・排水処理技術を指導し、技能訓練を授けることを目的に、約 10 年前に設立された。世界銀行が、スリ・ランカ国の中小企業の振興、雇用・輸出の拡大を支援する第 2 次プロジェクトの中の一つとして、実現したものである。

めっきセンターはモラトワ (Moratuwa) にある IDB 本部とは別に、コロンボ (Colombo) の北東部に隣接したペリヤゴダ (Peliyagoda) の IDB 施設の中にある。ここにはめっきセンターのほかにゴム部の作業場・分析実験室も併設されている。めっきセンターは現在めっき技術の指導・普及活動のほかに、センター内の設備を利用してめっき加工を外部から受注して、めっきセンターの運営に必要な経費のほぼ 1/3 を稼いでいる。

##### (2) 組織

めっきセンターはエンジニアリング部の主任技師 (Chief Engineer) の下に主任 (Superintendent) 以下 13 名で構成されている。その内訳は主任 (Superintendent) 1、技術指導員 (Industrial extension officer) 1、実験助手 (Laboratory assistant) 1、研磨工 (Polisher) 3、めっき工 (Electroplater) 4、事務員 (Clerk) 1、倉庫係 (Store keeper) 1、雑役夫 (Labor) 1 である。この内技術スタッフといえるのは Figure 3-4 に\*印を付けた 3 人だけで他は作業者あるいは事務員である。





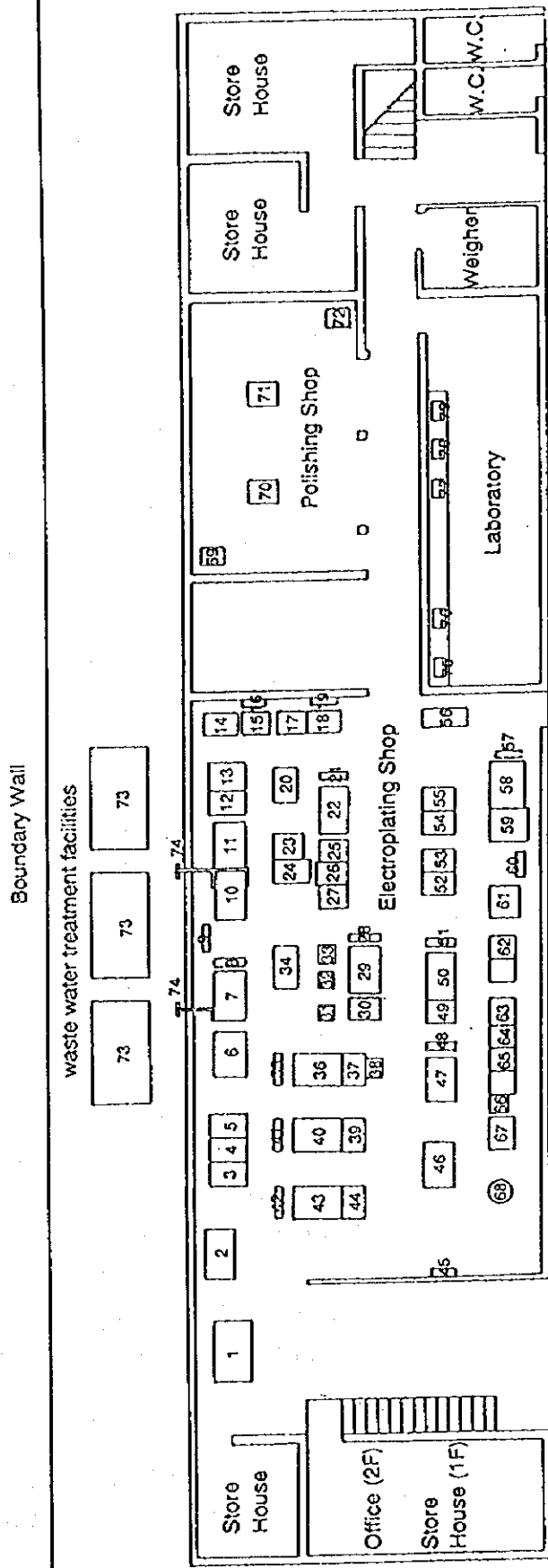
\* : Technical Staff

**Figure 3-4 ORGANIZATION STRUCTURE OF IDB ELECTROPLATING CENTER**

**(3) 設備**

めっきセンターには研磨作業場、めっき作業場、分析室、薬品・備品倉庫および事務室がある。めっき設備・排水処理設備はめっきセンターの設立時に設置されたものであるが、亜鉛・銅・ニッケル・クロム・硬質クロムなど一通りのめっき加工ができる設備である。黄銅めっきおよびアルミニウム上のめっきのためのジンケート処理用「ボンダル」槽もあるが全く使われていない。「ボンダル」関連の処理槽には液も入っていない。しかし、現地調査した一般のめっき工場のめっき装置と比べて、充実した設備を持っている。めっきセンターの平面図を Figure 3-5 に示す。修理すべき装置・改造すべき設備もあるが、当面の使用には支障なく、現在の状況でこの設備の更新を急ぐ必要はない。設備更新を急いで行うよりも、ほかにやらなければならないことが多くある。

研磨・めっき装置、排水処理設備および分析・実験機器の一覧表を Table 3-8, 3-9 および 3-10 に示した。分析・実験機器はここに示したのものだけでは十分でなく、同じ敷地内にあるゴム部の機器を借りて作業することもある状態である。



scale 1:141

Figure 3-5 GROUND PLAN OF IDB ELECTROPLATING CENTER  
(REFER TO TABLE 3-8 to 3-10)

**Table 3-8 ELECTROPLATING EQUIPMENT**

1	M.C.B. Panel (920 x 1,600)	37	Water Rinsing (600 x 850)
2	Rectifier (440 x 1,300)	38	Filter (450 x 500)
3	Hot Water Rinsing (850 x 600)	39	Water Rinsing (600 x 850)
4	Cool Water Rinsing (850 x 600)	40	Dull Nickel Plating (1,220 x 760)
5	Chrome Neutralizer (850 x 600)	41	Resistant Board (200 x 700)
6	Drag Out Tank (900 x 1,350)	42	Resistant Board (200 x 700)
7	Bright Chromium Plating (900 x 1,350)	43	Brass Plating Bath (1,220 x 760)
8	Resistant Board (700 x 200)	44	Water Rinsing (600 x 850)
9	Resistant Board (200 x 700)	45	Deionizer (650 x 200)
10	Hard Chromium Plating (900 x 1,350)	46	Water Rinsing (760 x 1,220)
11	Nickel Stripping (750 x 1,350)	47	Hot Metal Cleaning (760 x 1,220)
12	Water Rinsing (850 x 600)	48	Resistant Board (700 x 200)
13	Neutralizer (850 x 600)	49	Water Rinsing (850 x 600)
14	Water Rinsing (850 x 600)	50	Anodic Cleaner (760 x 1,220)
15	Chromium Stripping (850 x 600)	51	Resistant Board (700 x 200)
16	Resistant Board (700 x 200)	52	Cyanide Dipping (850 x 600)
17	Water Rinsing (480 x 480)	53	Water Rinsing (850 x 600)
18	Nickel Stripping (850 x 600)	54	Water Rinsing (850 x 600)
19	Resistant Board (700 x 200)	55	Cyanide Dipping (850 x 600)
20	Minco Cleaner (620 x 910)	56	Barrel Polisher (1,500 x 600)
21	Resistant Board (700 x 200)	57	Resistant Board (700 x 200)
22	Cyanide Copper Plating (760 x 1,220)	58	Zinc Plating (760 x 1,220)
23	Bondal Dipping (610 x 610)	59	Water Rinsing (1,050 x 880)
24	Water Rinsing (550 x 700)	60	Resistant Board (200 x 700)
25	Water Rinsing (850 x 600)	61	Zinc Plating Barrel (880 x 880)
26	Acid Dipping (850 x 600)	62	Water Rinsing (610 x 1,220)
27	Water Rinsing (850 x 600)	63	Nitric Acid Dipping (610 x 610)
28	Resistant Board (700 x 200)	64	Blue Passivation (610 x 610)
29	Acid Copper Plating (760 x 1,220)	65	Water Rinsing (610 x 1,220)
30	Water Rinsing (850 x 600)	66	Yellow Passivation (480 x 480)
31	Filter (450 x 500)	67	Hot Water Rinsing (600 x 850)
32	Air Blower (400 x 400)	68	Dryer (500 $\phi$ )
33	Filter (480 x 480)		
34	Water Rinsing (600 x 850)	70	Polishing Machine (700 x 1,600)
35	Resistant Board (200 x 700)	71	Polishing Machine (700 x 1,600)
36	Bright Nickel Plating (1,220 x 760)		

**Table 3-9 WASTE WATER TREATMENT FACILITIES, AND OTHERS**

69	Dust Collector (1,250 x 700)
72	Dust Collector (1,250 x 700)
73	Waste Water Treatment Tank (1,500 x 2,700) x 3
74	Exhaust System (250 $\phi$ Pipe)

**Table 3-10 LABORATORY EQUIPMENTS**

75	Oven
76	Muffle Furnace
77	pH meter
78	Thickness Tester
79	Chemical Balance

(4) 対外活動状況

めっきセンターのめっき技術の指導・訓練活動は次のような訓練コースの開催を通して行われている。

一つは2日間の訓練コースで、昨年(1995)は3回、本年(1996)は8月までに1回開催され、修了者には終了証書が発行される。このコースはこれからめっき作業に従事しようとしている人あるいはめっき作業経験の少ない人を対象として毎回10~15人位を対象としている。講師はめっきセンターの3人の技術スタッフが担当し、午前中に電気めっきの概略・化学薬品の取扱・めっき作業手順などの講義が行われる。午後はめっきセンターの作業員が行う研磨・めっき作業を見学する。訓練生に実際の作業を体験させることはしていない。このコースで使用されているテキストの内容は、めっきセンターの実際のめっき作業では実行されていないように観察された。

もう一つのコースはいわゆる現場の問題解決型のノウハウ・プログラムで、本年(1996)は8月までに1回実施したということである。このプログラムには毎回5~8名が参加しているが、修了者に修了証書は発行されない。具体的な内容は一般のめっき工場からの極めて初歩的な相談が多いようである。

#### (5) 生産状況（めっきの受託加工）

めっきセンターも IDB 本部の基本的な方針にしたがって、外部からめっき加工を受注し、収入をあげている。昨年度（1995）の実績では、毎月約 30 の顧客から 70～80 件を受注し、受注額は年間約 50 万ルピーで、めっきセンター全体の支出約 150 万ルピーの 1/3 を補填している。

めっきセンターは、整流器 2 台の増設と作業員の増員を計画しているが、調査団の観察では、現在程度の稼働状況ではまだ加工量に余力があると思われる。無投資で作業員の増員なしでも、技術・技能を向上させ、作業手順を標準化して労働密度を上げれば、生産性は飛躍的に上げられると考えられる。

しかしめっきセンターはめっき産業の技術向上と育成が使命であるはずである。民営のめっき工場と競合して同じことをやっていたのでは、めっきセンターの本来の使命にマイナスになりかねない問題がある。

企業横断的労働者で組織され、支持政党との係わりが深い組合を持つスリ・ランカでは、作業管理上のシステムを変更するなど労働条件に影響を与える改変に対しては、EPC は IDB 長官の承認を得なければならない。長官は改変に対する各組合の対応を推測しながら、問題がないようにしなければならないから承認までに時間を要するようである。

#### (6) 排水処理状況

めっきセンターにおけるめっき作業の稼働率は極めて低く、ほとんどの槽が遊休化している。排水量は 400L/day 程度である。排水はすべて流水水洗槽からパイプを経てオーバーフローし、アルカリ・シアン系列と酸・クロム系列に 2 分別してそれぞれ 500L の受槽に受け、月に 1～2 回薬液処理を実施している。処理後の排水は中和槽を経て地下浸透している。

継続的に連続して流出する排水を、処理槽で間欠的に処理しても効果的がないのは明らかである。薬液の投入されていない間の流入排水は処理されることなく排出される。

設備的にはめっき槽と処理槽との間に十分な圧力頭差が取れていないので排水がスムーズに流れていない。

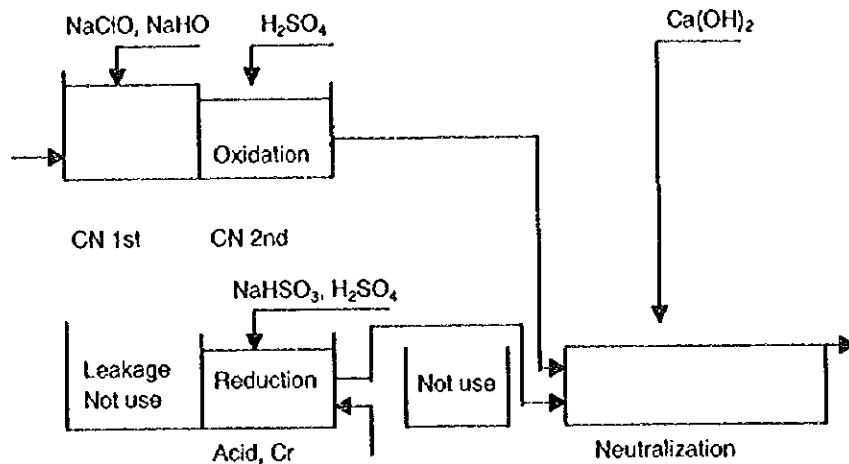


Figure 3-6 めっきセンターにおける排水処理フローシート

(7) 技術・技能水準

技術スタッフ3名はめっきセンターに入所した時に英国(1名)およびインド(2名)でめっき技術の研修を受けているが、調査団が主任代理および実験助手から聴取した限り、めっき技術の基本的知識の応用および実際の作業の経験が不足していると見られた。訓練コースのテキストに書かれていることが正しく理解されていたとしても、少なくとも作業の現場に活かされていないことは事実である。作業現場では研磨から排水処理を含むめっき作業全体に計測機器などの基本装備が欠けており、作業手順・作業条件の設定などの基本的事項が技術として確立していない。

例示すれば、前処理において活性化処理が行われていない。めっき作業でめっき対象物への通電に適した形状の引掛けがなく、銅線を適当に折り曲げて使用している。めっき浴でのめっき対象物が適正に配置されていない。最も重要なめっき浴の浴組成・濃度・温度・時間などがコントロールされていない。めっき浴の分析は2週間毎に実施しているということであるが、記録は不完全で、それを基にめっき浴をコントロールしているようには思えない。このことはめっき浴の組成変化の時系列表示も管理図もなかったことから推察できる。めっき液の空気攪拌は行われておらず、めっき槽内の薬液濃度分布に無関心である。まためっき液を循環濾過していないので、めっき液の汚濁が進行していることが観察された。こういう状況でのめっき作業なので電流密度・電圧は、通常適用されている範囲を逸脱している。

めっき製品について目標とする厚みは決めているが、品質目標達成のための作業指示がなく、検査は作業者の肉眼による外観検査だけである。めっき厚み・めっきの剥離強度などの物理特性は全く測定していない。市場がそこまで要求することがなく、外観で満足しているからであろう。めっき対象物も自動車バンパーのめっき修理、計器パネルの補強板のめっき、ボルト類のめっきといった種類のもので、高品質を要求するようなものは少な

くとも調査団の滞在中には見られなかった。

調査団は技術の潜在能力から判断するのではなく、実際に観察した事実によって評価する。以上のような点からめっきセンターのめっき加工は、一般のめっき工場と大差ない水準で行われているとあってよい。

#### (8) 管理状況

めっきセンターが IDB 本部から地理的に遠く離れており、現状では交通手段も限られている。IDB の本部とめっきセンターとのコミュニケーションが手軽に行えないのは否定できない。めっきセンターを統括する主任技師も頻繁に往来できていないのが現状である。

めっきセンターのめっき加工は、理論に裏付けられた基本的な技術に基づいて行われているというより、経験的技能によって行われている状態にあるので、工業的な生産管理は実施されていないとあって過言ではない。

作業は標準化されていないし、マニュアルも整えられていない。標準書あるいはマニュアルに代替するものとして、化学薬品会社のハンドブックや分析書<sup>1)</sup>が使われている。

新しい受注物件に対する作業開始前の作業指示書の類は見当たらなかった。めっき浴の管理も実際には定期的には行われていないようである。めっき製品の検査は肉眼による外観チェックと数量チェックが行われている。

第 2 次現地調査の結果、めっきセンターの主任は作業指条件を作業指示書に明示して作業者に伝達するシステムを採用するよう IDB 長官に提案しているが、多くの関係者との折衝が必要で、実施段階に至っていないことが判明した。

設備・装置の維持管理は十分に行われていない。研磨工程のバッグ・フィルターは故障したまま放置され、ダクトや配管は破損した状態である。研磨作業員はマスクをして粉塵の吸入を防止していたが、作業環境上好ましくない。めっき工程の換気装置も働いていない。設置した当初はいずれも稼働していたものと想像されるが、メンテナンスが十分でなかったために、その機能を発揮していない。

排水処理工程への配管にも破損が見られる。設備の不備は作業現場の工夫、例えば排水ポンプの設置で解決する問題もある。めっき工程では酸・アルカリを多用することから装置・配管材料にポリ塩化ビニル (PVC) が使われることが多い。この補修は現場で行えるよう要員を確保し、PVC 溶接技術の習得、用具の準備をすることが必要なことである。

---

1) "The Canning Handbook" Surface Finishing Technology, W. Canning plc. Birmingham (1982)

2) K.E.Langford & J.E. Parker, "Analysis of Electroplating and Related Solutions", 4th Ed., Robert Draper Ltd. (1971)

メンテナンスの不十分なことは分析実験室の装置にも見られる。分析機器は精密であるだけに、特に注意して最良の状態に維持しなければならない。最も基本的な分析機器である化学天秤が使用できない状態で、調査期間中にも直らなかつたが、分析が定期的に行われているのならばこのような状態に放置されることはあり得ないはずである。

しかし第2次現地調査時点ではこの化学天秤は修理され、めっき浴の分析も定期的・系統的に実施されて記録が残されるようになっていた。この点に関しては第1次現地調査のとき主任技師からの要望に応える形で調査団がアドバイスした事柄を迅速・忠実に実施したものと評価したい。

化学薬品は危険物・劇毒物の種類によって区分されて、施錠できる倉庫に保管されている。シアン化合物を取り扱う事業所では特に薬品管理は重要であるが、第2次調査で帳票と在庫量は管理されていることを確認した。

作業用の消耗品類も薬品同様に倉庫内に保管されている。

### 3.3.2 めっきセンターの問題点

- (1) めっきセンターの存在意義は、スリ・ランカ国のめっき技術・排水処理技術を向上させ、普及することにある。しかしそのためにはまずめっきセンター自身がこの目的を遂行できる技術・生産管理能力を備えることが第一である。めっき技術・排水処理技術の基本技術を知識として習得するだけでなく、実際にめっき作業・排水処理の実務に応用でき、業界を指導できる人材が養成されなければならない。
- (2) めっきセンターはスリ・ランカ国におけるめっき技術・排水処理技術のモデルとならなければならないから、技術者は習得した技術・技能を基本的な作業に応用しめっきセンターの作業員を再訓練することから始めなければならない。
- (3) マーケットの品質要求が低いことに甘んじていては進歩がない。将来めっき加工製品の輸入代替、公害防止、環境保護に備えてめっき技術・排水処理技術を向上し、実施できる能力を蓄えておかなければならない。指導機関が高品質のめっき加工ができた上、生産性も高く環境保護対策も万全であるというモデルを示さなくてはならない。
- (4) 生産技術は標準化することで普及も容易になるし、作業の合理化も進められる。現在のめっきセンターのめっき加工の生産性は極めて低いので需要を開拓すれば作業員を増員しなくても加工量はもっと増え、増収になる余裕がある。しかしめっきセンターの本来の目的は貸加工にあるのではなく、技術の導入・指導・普及にあることを忘れてはならないだろう。生産性の向上はあくまでも他の工場の規範となる高生産性のモデルと



して考えるべきである。

- (5) IDB 本部では生産性の向上運動の一つに 5S 運動を取り上げようとしている。めっきセンターでも生産管理を実施する端緒として是非この運動を展開することを勧める。
- (6) 生産活動を継続していくのに不可欠な設備機器のメンテナンス技術あるいはメンテナンスの実行が不足している。設備機器は設置した時からメンテナンスに注力しないと本来の機能を十分に発揮しない。高価な設備機器がメンテナンス不良のために十分に働かないとすれば、モデルプラントとしての役割を果たせず国家的な損失である。
- (7) めっき業界を指導する立場のめっきセンターは、客観的に見れば現在の状態では生産管理を含むめっき加工の面でも、排水処理の面でも業界を指導できる能力（実績に示された能力）を十分に備えているとはいえない。
- (8) めっきセンターには将来に備えてめっき業界に対してコミュニケーション網を構築しようとする意図があるように見受けられる。業界組織化を実現するためにめっきセンターが技術的な面から支援することは業界の発展に必要なことである。

### 3.3.3 めっきセンターの技術的問題点の具体的事項

#### (1) めっき技術上の問題点

- 1) めっきセンターの技術は約 10 年前に導入されたのに、何故無光沢ニッケルめっきをした上で研磨して光沢を付与する工程を取っているのか。光沢ニッケルめっきは 1953 年に工業化されタイ、フィリピン、パキスタンでもすべて光沢ニッケルめっきである（一部で半光沢・光沢ニッケルの 2 層ニッケルめっきが使われている）。無光沢ニッケルめっき－研磨のプロセスは、研磨工程が必要なばかりか折角のめっき皮膜を部分的に削り取ることになる。
- 2) めっき作業の前処理がほとんど行われていない。めっき対象物に磨粉をつけて素手で擦っている。スマット（smut、酸洗後の黒い汚れ）も素手で擦って除いている。こうした前処理後のめっき対象物を導線（銅線）でからげ、一部に錆が出始めているのをそのままめっきしている。
- 3) 基本的なめっき工程が守られていない。たとえば銅めっきではめっき対象物を素手で擦って、めっき槽（電流密度  $13\text{A}/\text{dm}^2 \times 3\text{sec}$ ）へ入れ、めっき後、磨粉をつけて素手で擦る。銅ストライクめっきも行われていない。  
光沢ニッケルめっきではめっき前の活性化処理がされていないし、空気攪拌も行っていない。引掛けがないのでめっき対象物を固定できない。
- 4) めっき条件が不明確である。たとえば亜鉛めっきでは電流設定が不明確で、電圧は高

すぎる(80A、11-12V)。めっき途中でめっきされた製品を取り出しても電流を調節せず、従って導線(銅線)が熱くなる。

めっき時間、めっき温度の指示も不明確である。めっき厚さを予測して作業していない。

- 5) めっき浴の管理(めっき液の組成・温度)ができていない。分析を定期的に行っていないし、管理図もない。

めっき液を濾過していないから、たとえば亜鉛めっき浴の液面にスライムが浮いている。

- 6) めっき後のめっき液の回収、水洗水の節減(向流水洗)はほとんど行われていない。  
7) めっき厚さに対して全く無関心である。めっき面積、電流密度、めっき時間の管理が行われていない。

実際に無光沢ニッケルめっきで目標めっき厚さ  $20 \mu\text{m}$  に対し、 $1.5\sim 2\text{A}/\text{dm}^2$ 、30分(めっき厚さ理論値  $9.2\sim 12.7 \mu\text{m}$ )、光沢ニッケルめっきで目標めっき厚さ  $20 \mu\text{m}$  に対し、 $2.5\sim 3\text{A}/\text{dm}^2$ 、20~30分(めっき厚さ理論値  $10.2\sim 18.4 \mu\text{m}$ )と条件そのものも間違っているし、抜き取りサンプルの厚さは目標値にはほど遠い  $0.99$ 、 $2.33 \mu\text{m}$  と極端に薄く、全く管理されていない。

- 8) 引掛けが使われていないため、部品が固定されておらず、このためニッケルめっきで空気攪拌が用いられない。現在空気を入れるとアノード側に空気が上がり、本来の目的が果たせていない。

- 9) めっき厚さに対する関心が低いので、均一性に対する関心も乏しい。引掛けで固定していないため、部品が電極に対していろいろの方向を向いて、めっき厚さの均一性が悪い。クロムめっきでは周辺が焦げているもの、めっきがカバーリングしていないものが見受けられる。

引掛けの重要性を認識することが重要である。

- 10) めっき厚さの均一性に影響するアノードの管理ができていない。一次電流分布を配慮したアノードの配置が必要である。

めっき厚さの基本、均一電着性に関する基本の教育が必要である。

- 11) 5) に述べられている濾過に関して、ニッケルめっきでは空気攪拌すればその重要性が明確になる。銅、亜鉛めっきもアノードバッグを用い、4~5回/時程度の連続濾過をしなければならない。

## (2) 排水処理上の問題点

- 1) 排水処理槽に排水が連続的に流入するのに対して処理薬品の投入は間欠的であるので、十分排水処理は行われていない。

CNの酸化反応で2次反応に必要な  $\text{NaClO}$  が添加されていない。また  $\text{CN}^-$  の還元反応の進行状況は溶液の色調の変化で判断しているようであるが、不正確になる(pH計と

ORP 計を用いて行うべきである)。

中和槽では生成する重金属の水酸化物の沈澱の沈降分離を促進するための凝集剤が添加されていない。

- 2) 工程内の水洗槽と処理槽の間に液面の高低差が小さすぎるので、排水の流れが悪い。一般に各槽への排水は槽の側面下部から入っている(液面の高低差を利用するようすべきである)。

中和槽からの排出は槽全面からオーバーフローして地下浸透している(配管により下水溝に排出すべきである)。

配管が破損して CN の酸化処理の終わった排水が中和槽に行く途中から漏れて地下浸透している箇所もある(破損したら早急に修理すべきである)。

- 3) 中和槽は容量が大きすぎて、処理薬品を添加しても十分な混合攪拌が困難である(中和槽と沈降槽とを分離する。中和槽では薬品を添加、攪拌して重金属の水酸化物の沈澱を作り、沈降槽では凝集剤を加え、流速を遅くして沈澱を沈降させ上澄みだけを排出するようにする)。

### (3) 設備上の問題点

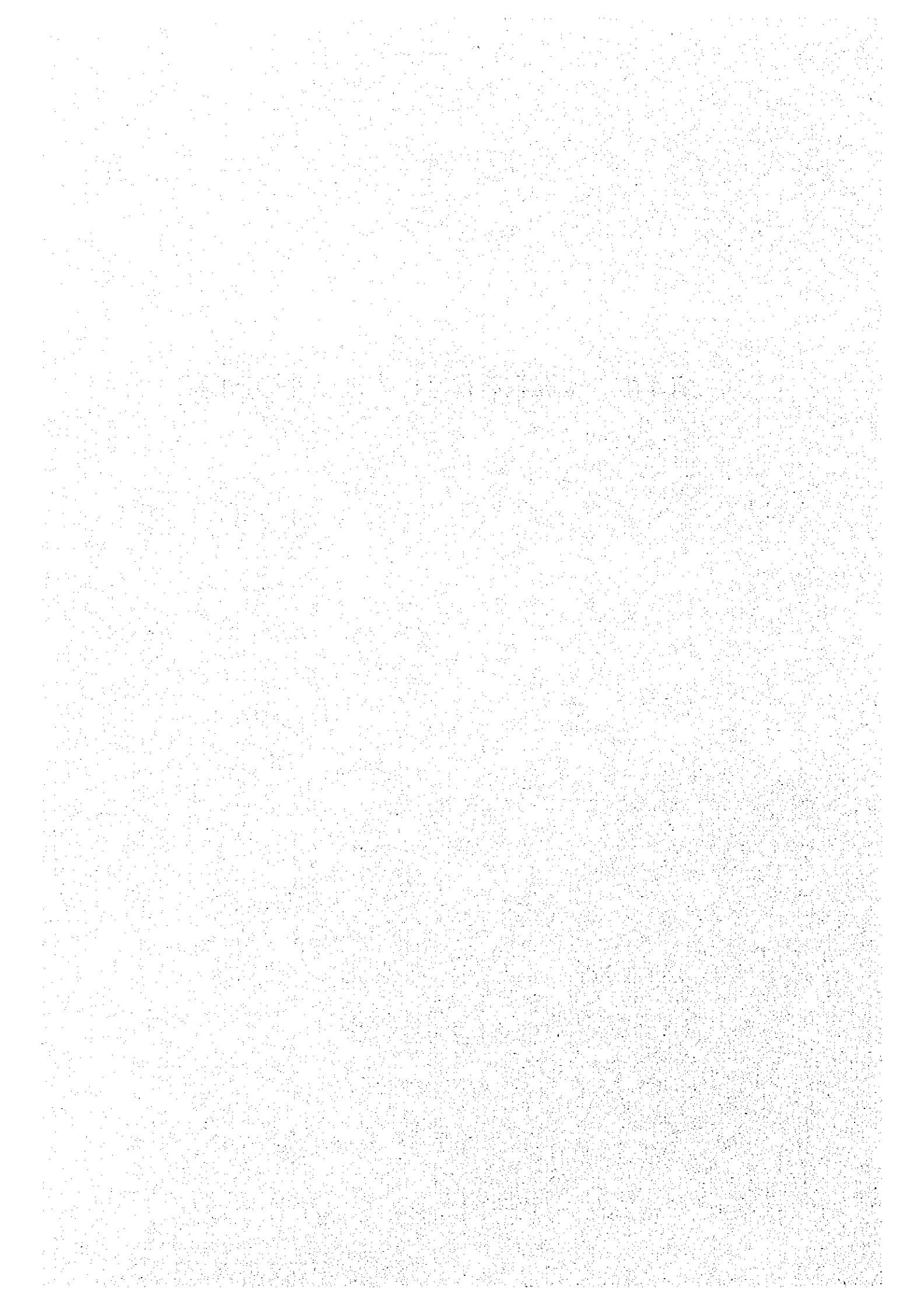
- 1) 最も基本的な問題は、引掛けが使用されていないことである。めっき対象物は導線(銅線)でからげられているだけのため固定できず、空気攪拌して液を循環均一化することができない。
- 2) 前処理とめっき槽の間が離れているために、溶液の床落ちがある。床落ち対策として、液切り板を設けること、床に堰をつくりポンプピットを設けることなどが考えられる。

### (4) 作業教育・訓練上の問題点

- 1) 技術スタッフの実務能力を向上すべきである。知識は実際に応用し得ないと、知識を持っていることにはならない。
- 2) 作業教育が行われていない。作業は OJT(on the job training)で繰り返し教え込まなければならない。そのためには技術スタッフは技能にも優れていないといけない。少なくとも技能を教えること、訓練すること、チェックすることができなければならない。

製品の品質は、作業者が作り込むものであり、書かれた標準書があっても、技術者の頭の中に優れた技術が蓄積されていても、品質は保証されない。作業者が訓練された方法で、正しく作業しなければ意味がない。

## 第4章 提言を行うに当たっての方向



## 第4章 提言を行うに当たっての方向

### 4.1 めっき産業の実態

本調査は、スリ・ランカのめっき産業の技術レベルの向上と、排水処理技術の普及を目的としている。3.1のめっき産業の現状と問題点で述べたとおり、スリ・ランカのめっき企業の規模は小さく、めっき産業は独立した産業の形をなしていない。しかし国内の金属加工工業が未成熟であるため、めっきに対する需要は限られていて、耐食性、耐磨耗性や高硬度を要求する機械部品などの需要は少なく、産業発展のボトルネックにはなっていない。まためっき製品に対する市場の品質要求も低く、技術向上の動機づけが低いのが現状である。しかしながら、将来スリ・ランカで金属加工品が国産化されるときにめっき産業の技術水準が現状のままでは、産業のボトルネックになることは間違いない。現在の製品ではなく工業製品としてのめっき技術を確立しておかなければならない。

環境問題の視点から見れば、めっき産業はシアンやクロムなど人体に有害な物質を取扱い、酸性・アルカリ性の排水を排出する。現在、ほとんどすべてのめっき企業がこれらの排水処理を適正に実施していない状況にある。規模の小さなめっき屋では、めっき後めっき製品を水洗した排水をそのまま無処理で流しているのが実態である。今のところ排水量が少なく間欠的であるため、これらの有害物質の汚染による直接の被害は顕在化していない。また公的機関の監視もないので無処理の排水を流していても、排水処理設備の設置に費用をかける考えはもっていない。しかし、現在でも明らかに排水環境基準を遥かに超える濃度の排水が排出されているので、クロムなど蓄積される物質の影響が将来顕在化する恐れは高い。さらに産業の発展とともにめっきの加工量が増大すれば排水量も増大し、現在のように無処理の状態のまま放置することは問題を生ずる。



## 4.2 提言を行うに当たっての方向

上述のように排水処理の問題は、現状のままでもすでに環境問題を抱えている状況であり、その対策はほとんど未着手といってよい状況である。一方、めっき技術の問題も市場からの品質に対する要求が弱い状況にあり、現状のまま推移すれば工業製品としてのめっき技術が向上せず、将来の産業発展のボトルネックとなる。Figure 4-1 はめっき産業の実態と今後の方向を示す図である。

このような認識の下に、めっき産業の将来の方向を考察すると、めっき産業の品質向上と環境負荷の軽減が正しい方向と考えられる。その方向に向かって、個別企業が進むためには各工場の工程改善が必要であるが、個別企業あるいはめっき業界に対して技術指導をすることは IDB めっきセンターの重要な役割である。IDB がこの役割を遂行するためには、まず IDB 自身の技術能力を向上し、業界を指導できる能力を持つようにならなければならない。このような将来のめっき産業の方向と IDB の役割についてスリ・ランカ側と協議し、本調査の提言および勧告について下記のように設定した。

### 提言を行うに当たっての方向：

スリ・ランカのめっき産業が、工程改善により環境汚染の負荷を低減し、めっき品質を向上すること

排水処理： 同国の環境基準（将来予測される）に適合した排水処理技術を普及させること

めっき技術： 金属加工業発展のボトルネックにならないように、技術を改善・向上させること

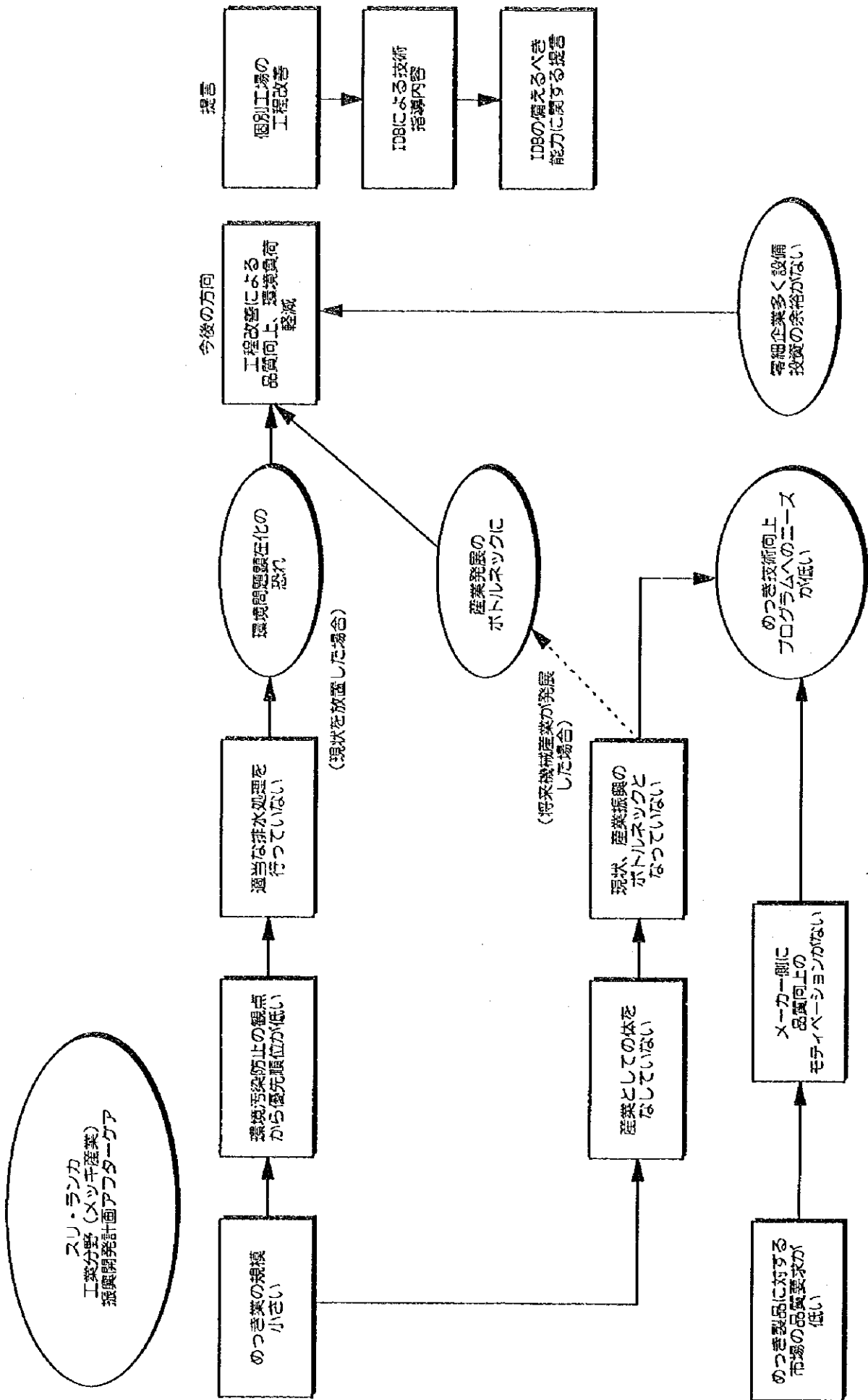
### 本調査の提言および勧告：

上記の方向を踏まえて、下記について提言および勧告を行う。

- IDB めっきセンターが実施すべき排水処理およびめっき技術の指導・普及方法
- IDB めっきセンターの排水処理技術およびめっき技術向上の改善計画
- 関係機関のとりべき方策



Figure 4-1 めっき産業の実態と今後の方向



### 4.3 金属加工業の振興

めっき産業を振興するためには、めっき産業の抱えている諸問題を解決する努力も必要であるが、めっきを必要とする金属加工製品の多様化、品質・性能の高度化がなくては、めっき産業の技術向上の成果は上がらない。金属加工業の振興策については、本調査に先立ち 1993 年に JICA が実施した「工業分野開発振興計画に関する調査」の報告書に述べられている。本件に関し今回フォローアップを実施した結果は第 7 章で詳述する。

現在の金属加工産業は、多種多様の機械製品の製造工業というべき産業であり、加工組立産業の代表的産業である。組立工程と部品工程に大別され、部品工程はさらに部品組立工程と部品加工工程に別れる。先進工業国では、素材の加工から組立まですべて自社内で行うことはなく、その国の産業発展の歴史や慣習などにより、多かれ少なかれ分業体制をとるのが通常の形態である。即ち、金属加工産業は組立産業と多くの部品（組立、加工）工業で形成されるシステム産業である。

金属加工は、鋳造、鍛造、板金、溶接、熱処理、機械加工などの工程を経て、塗装、コーティング、表面処理、めっきなどの仕上加工が行われる。部品組立・加工業は、これらの工程をすべて自社内で実施する場合と、一部をそれぞれの専門業者に出す場合がある。また汎用的な（組立）部品は、それ自体が一つの製品であり、製造業として多くの加工業者の協力の下に作られ、かつ汎用品として独自の市場を持っている。

めっき工程は、主として金属製品の仕上加工の一つであり、板金加工品、機械加工品あるいは鋳鍛造品の表面に光沢を与えたり、硬度をあげたり、耐腐食性、耐摩耗性などを付すために実施する工程である。製造めっきと称する部品工業自体が製品の仕上げのために自社内にめっき工程を持つ場合もあるが、めっきを受注する専門業者に発注する場合もある。通常、狭い意味では後者のようなめっき専門業者をめっき産業と呼ぶが、めっき技術（排水処理技術を含む）はどちらの場合でも同じである。どちらにしてもめっき工程は、付帯した工程でありめっき工場と発注工場との距離はあまり遠くない。また、めっき産業は幾つかの特定の顧客の要求に対応して特定の種類の部品のめっき加工をしていて、通常あまり規模の大きい企業はない。また環境問題が厳しくなるにつれ、排水基準に対応できず、発注先の支援を受けられない企業は、転廃業などにより次第に淘汰されているのが実状である。

このような点から、めっき産業の振興には、スリ・ランカの国内需要が増大するような金属加工業・機械工業を国内に興し（あるいは企業誘致し）、その部品産業を徐々に国産化させていく中で、工業めっきを主体とするめっき産業を育てていくのが本筋であろう。国産の部品産業の高度化が進展した時に、国内のめっき産業が対応できるだけの加工態勢がとれるように、IDB が技術力を高め国内のめっき産業を育てておくことが、スリ・ランカの工業発展のための重要な要素であると考えられる。

本調査は、金属加工業の振興が直接の目的ではないが、めっき産業に関連して金属加工業の振興に関連する事項を以下に付記する。

#### (1) 国内需要に対応した産業の振興が基本である

スリ・ランカは、低廉で比較的教育レベルの高い労働力を持っていることは、潜在的な利点であるが、鉄鋼その他の金属素材産業がなく、水力発電があるとしても特にエネルギー的に有利な点もない。また、輸送などのインフラストラクチャーの発達も不十分である。このように、スリ・ランカは金属加工業に有利な条件が揃っているとはいえない。現在、金属加工業としては、建設材料加工業、家庭用品加工業、オフィス用家具製造業、調理用具製造業、ボルト・ナット、家庭用装飾品業、電力輸送システム（電柱、スイッチ、変圧器）などが国内マーケットを主体としてあるが、めっき産業と関連するものは少なく、高度技術の必要な工業めっきを必要とするようなものではない。

今後、経済発展にともなって国民生活が向上すると、例えば家庭用の電気製品などの需要が増大してくると予想される。現在は、主に輸入品が使用されているであろうが、政府の工業政策にしたがって、国内資本あるいは外国資本との合弁などにより国産化の計画が進むかもしれない。始めは、部品を輸入した組立産業から出発しても、徐々に国内で部品の生産が始まり、やがて部品の専門加工業者が育ってくるようになる。そのためには国家の奨励策も必要になるであろうが、部品製造の技術や生産管理技術の習得も必要になってくる。このようにして、国内の需要を基にした産業ならば、過渡的には政策的な支援をすれば輸入品との競合も克服することができ、企業の努力により産業が力を付けることが可能になるであろう。

スリ・ランカの金属加工業の振興にはやや時間がかかるが、やはり国内需要を基にした製品の製造で力を付けるのが正道であると思う。

#### (2) 部品産業だけを誘致する可能性はあまりない

現在スリ・ランカにある金属加工業は比較的簡単な内容のもので、組立工程と部品加工工程に別れるシステム産業というような産業はない。(1)に述べたように、国内需要があれば、組立産業を起こす一つの条件になるが、組立産業がない状態で部品産業が立地することは難しい。組立産業と部品加工業は一般に密接な関係があり、部品産業に要求されることは、価格以外に品質、納期が重要である。日本の場合、円高により労務費の低い海外を部品の加工基地として進出している例もあるが、多くの場合既に組立産業が先に海外に進出し、後から進出して部品を供給しさらに日本や第三国にも輸出するようになったのである。したがって、品質、納期についての問題がないような状態で進出が計画されている。一般に、部品加工業は海外進出に保守的であり、組立産業とのつながりがないところへ単

独で進出することは、特殊な場合以外は考えられない。

スリ・ランカにおいても、今までに貿易上の関係先であるというような事情で、スリ・ランカをよく知っている外国資本が投資するような場合は例外的にあるかもしれないが、一般には、全量輸出の部品産業だけを誘致することは、難しい点があると思う。距離的に近く、一つの国と同じように人、物の移動が自由にでき、資金のやりくりもできるような環境の整備がなされていれば、可能性はあるかもしれない。実際にいくつかの海外のめっき工程を持つ金属加工企業が、先進国の技術・設備により輸出加工地域に進出している。ただし、現在製品は全量輸出であり国内企業に与えるインパクトや影響は小さいようである。

また、めっき工程を受注することは、部品産業を誘致するよりも難しく成立しない。まず、めっきする素材は既に加工の進んだ物であり、傷を付けないように梱包を丁寧にし、輸送についても注意しなければならない。めっきした製品は素材以上に付加価値のついた物であり、梱包を丁寧にするのはもとより、輸送中の環境条件にも注意しなければならない。簡単なものでは、これらのことをある程度簡易にしてもよいと思うが、製品の付加価値に関係のない梱包・輸送費の占める費用が、めっきの費用に比べ無視できないので、発注者にとってめっき加工だけを、海を越えて依頼するメリットがない。その上、納期についても有利になる条件はないので、めっき加工だけを海外から受注することは成立しない。

## 第5章 めっき工場および IDB めっきセンターの あるべき姿

## 第5章 めっき工場およびIDB めっきセンターのあるべき姿

### 5.1 日本およびアジア諸国の事例

スリ・ランカの今後のめっき産業の姿を描くために、3.2.3に説明した関連事項に加えて、日本の技術進歩の過程やアジア各国の事例を貴重な先例として紹介する。

#### 5.1.1 めっき技術

##### (1) 日本におけるめっき技術の進歩の過程

###### 1) 光沢めっきへの取り組み

日本における電気めっき業が零細企業の域より脱皮し、工業の形態を持ったのは1945年以降のことであり、当初は修理業にほかならなかった。当時めっき工場には、解体した自転車のハンドル、リム、ギヤ、クランクシャフトさらには家庭用電気アイロン等が持ち込まれ、1台ずつ通箱に入れ工場の床に並べてあった。

日本の戦後の復興期に当たって、米国そのほかの国より伝えられた光沢めっき技術を取り入れ、欧米で行われていると同様な光沢めっきを得るために大学、研究機関、業界の総力をあげて取り組んだ。東京、大阪、名古屋等各地で技術研究会が作られ、大学、試験研究機関とめっき企業が協力して実用化研究を行った。その結果、めっき薬品、電極板始めめっき槽の内張りに至るまで改良が加えられ、PVC等合成樹脂、硬質ゴムの発達と相まって光沢めっきはニッケル、銅を中心として急速に普及した。

その後光沢めっきが普及し樹脂材料が大量に使われるようになり、日本国内の電気めっき工場の大部分は、自動機を動かすことができた。

光沢めっき浴の光沢は単に光沢剤を添加すればよいというものではなく、めっき薬品、めっき用電極板は、ほかの金属元素を含まないもので、純度が高くないと行かない。工業薬品のメーカーはこぞってめっき用薬品の純度を上げる改良を行った。電極精錬の会社も同様である。またそのためめっき液の濾過は重要な条件となり、濾過器を作業中は常時動かすようになった。めっき液のアルカリ性、酸性溶液に耐えるめっき液専用の高速精密な濾過器が売り出された。

会社経営者は当然のことであるが直接現場でめっきに携わる作業員には、徹底的に現場教育がなされた。また技能検定機関の整備も進められ、多くの現場作業員は、技能検定受験の現場教育を受け、毎年新人がこれを受験し、技能士の資格を得ることが推進された。その頃導入された品質管理の手法が、めっき工場にも積極的に取り入れられた。

光沢ニッケルめっき技術のために払われたすべての経験を基礎として、従来の方法は見直され再出発した。その結果、光沢ニッケルを基本的に行い得れば、そのほかのめっき技術にも及ぶことが認識された。

ニッケルめっきは、非常に優れた「めっき」で日本のめっき業界の発展は、この技術によって行われたといっても過言ではない。現在でも工業製品のほとんどは、ニッケルめっき加工されている。そして、これに代わる優れた「めっき」は見当たらない。(小林道雄：金属アレルギーと表面処理、表面技術 45,907 (1994) )

## 2) 自動車工業からの品質に対する要求

めっきの目的は自動車部品からの要求に大きな影響を受けた。即ち美観を求めるだけでなく、部品の耐食性を第一のものと考えられるようになってきた。したがって、今日ではめっき厚さ、めっき層の組合せ、めっき方法の確かさが求められている。例えば、従来は銅めっきを鉄とニッケルとの間に挟むことにより、軟質の緩衝として密着性を上げることができると考えられていた。

自動車部品の耐食性の評価が厳しくなり、CASS 試験やコロドコート試験が行われ、大気暴露試験との比較試験が注目されるようになった。この結果、銅めっき層が鉄やニッケル、クロムに対して電気化学的に貴 (noble) であることから、鉄とニッケルの間に銅層があることが鉄の錆を促進することが分かった。これより耐食性を維持するには、鉄上の銅めっきは省いた方がよいと考えられるようになった。

スリ・ランカにおいても将来は銅めっきを省略する方向に進めることを推奨する。例外的に素地が特殊の合金であって表面の活性化が不完全な場合は、銅ストライクめっきを最初に行い、次にニッケルめっきそのほかのめっきをつける。また亜鉛ダイカストの場合は、シアン化銅ストライクめっき上に約 5~7  $\mu\text{m}$  の銅めっきをつける。銅ストライクめっきは、短時間に高い電圧を与え、亜鉛ダイカストのような複雑な凹凸の部分にも厚さは薄いがめっきをつけることができる。

## 3) 近年の状況

近年半導体素子、プリント回路の生産技術の進歩、高度化と自動車工業の爛熟期がめっき工業の形態を実質的に大転換させている。ひところ中小規模の全めっき工場の 80%までがなんらかの形で係わっていた自動車部品のめっきは整理され、現在ではその内ある工場は電子部品の工場に変わってしまっている。電子部品のうちプリント回路基板のめっきに自動車工業では中止された銅めっきが見直され、再び硫酸銅光沢浴、ピロリン酸銅光沢浴が使われ、機能めっきとして注目されるようになってきた。

## (2) 東南アジアにおけるめっき工業

電気めっき業関係者の海外進出実態調査(全国めっき工業組合連合会国際委員会、平成 8 年 4 月)によれば、日本よりシンガポールを始めマレーシア、タイなどに進出している電気めっき関係企業は 49 社である。いずれも中堅以上の企業であるが、自動車部品、通信、電機ならびにプラスチック成形関係が多い。

ベトナムには日本企業の海外進出企業が18件あり、工業団地や輸出加工区に進出している。工業用ミシンを製造しているT社はパーツを日本に輸出し、日本でめっきしている。現地のめっき加工は品質に問題があるからである。

インドネシアの工業団地の一角にある進出企業のD社は、ほかの日本からの進出企業が近所にあり立地条件もよい。スピーカーのフレームや弱電部品に亜鉛めっきを行い、二輪車部品にはニッケルクロムめっきをし、またアルマイトで金色の装飾品を加工している。さらに電着塗装ラインと無電解ニッケルラインを導入する生産増進計画を推進している。進出した企業の多くは、進出先のめっき技術向上のために貢献したいと考えている。進出企業の中には現地でめっきの外注先を探しているが、品質に難点があるのが問題となっている。

フィリピン、タイ、中国、香港などへ進出した企業は公的機関の指導等により現地企業との技術交流を行っており、現地企業へよい影響を与えている。これらの国に共通する特徴は、日本のめっき技術を着実に吸収しており、品質は日本レベルを目指し、価格は台湾レベルを目指すなど、はっきりした目標を持っている。合金めっき浴を十分管理できる体制にあり、新しいめっき技術に関する各企業の関心も高い。めっき装置・設備、めっき薬品など自国生産の割合も高くなっている。これらの国でも、もはや無光沢ニッケルめっきは見当たらず、タイ、フィリピンでもすでに高耐食性の二層ニッケルめっきが行われている。

## 5.1.2 排水処理

### (1) 日本における表面処理業界の排水処理技術の進歩の過程

めっき業界は1970年代はまさに公害との戦いであった。法規制については、1971年の水質汚濁防止法施行に至る間に、水質保全行政の基礎になった水質2法、即ち水質保全部と工場排水規制法が制定された。めっき業界は零細企業が多いが、次々と激しく変わる法規制、日毎にエスカレートする公害に対する世論、住民パワーなどに対処してきた。公害対策なくして企業の存続はあり得ないとして、業界一丸となって意識の高揚と処理技術の研究開発と普及に務めてきた。さらに単に排水処理するのみでなく、省資源、省エネルギーを考慮した工程の改善、工程内回収、水洗方式、資源回収、リサイクルシステム、薬品の開発が行われた。また、関連機関による指導と行政面からの融資、税制面での支援を得て、業界のなみなみならぬ努力によって幾多の困難を乗り越え、環境の浄化、生活環境の保全に務めている。



## 1) 公害に対処して進展した排水処理技術

工場排水規制で指定水域に放流する工場は排水の規制を受け処理設備の設置が義務付けられた。1963年頃から表面処理工場における排水処理が開始され、次第に排水処理施設の設置率は増加した。しかし利益を生まない投資であり、運転経費がかかる、管理不十分などの理由から、設置率は低く、なお公害が多発していた。めっき業界は多くの有毒、有害物質を使用していることと、小規模工場が多いことからその対策が思うように進まず、めっきは公害の元凶のように目されていた。

1964年に毒物および劇物取締法が改正され、公害防止法的色彩が強く打ち出され、シアンは2ppmの規制が行われた。これによりシアン化合物を多く用いているめっき工場のすべてが、この規制を受けることになり、いわゆる2ppm旋風が吹き荒れた。一時業界は騒然となったが次第に排水設備の設置が普及した。

処理技術としては、指定水域においてもシアンは2段階処理までの指導が行われていたが、重金属の処理は中和、沈降程度のものであった。シアンの処理方法、処理条件について技術的検討が行われた。さらに排水処理経費削減のためにめっき工程での薬液の回収、多段水洗による水量の削減などの研究が行われていたが、この時期の処理技術は過渡期といえるものであった。

1968年に公害対策の総合的推進のため、公害対策基本法が制定され、さらに深刻化する公害問題に対処するために、基本法の大幅な改正が行われた。同時に水質汚濁防止法が制定され、全公共水域について基本法の理念に基づき、国民の社会的道義的責務として遵守すべき全国一律の排水基準が決められた。ただし、50m<sup>3</sup>/日以下の排水量の工場は、シアン、六価クロムなど人の健康に係わる有害物質以外は、水質汚濁防止法に定められた基準の適用を除外された。

処理技術は水質汚濁防止法の適用により、抜本的に処理方式の再検討をせざるを得なくなり、従来からのシアンのアルカリ塩素2段階処理、濃厚シアンの電解酸化、クロムの無機還元沈降、重金属の凝集沈降における再溶解などの検討が行われ普及した。通産省、めっき工業会そのほかの民間団体で処理技術、施設、メンテナンス標準を作成して、教育、普及、啓蒙に務めた。これが業界の自主管理の推進に役立ち、行政面からの設備資金貸付、税制特別措置などによる助成とあいまって、排水処理が急速に普及、改善されていった。

またシアン濃厚液の共同処理施設として、東京都の行政指導で城南処理センターが発足した。処理困難なシアン濃厚液の処理に酸分解燃焼、煮詰高温燃焼法が採用された。

千葉県にも排水の共同処理を目的に2ヶ所に工場団地がつくられたが、構成企業の経営基盤が異なるため、団地への移転費用、顧客維持に対処できない企業が脱落し共同処理の目的を達成していない。工場団地化が単に排水の共同処理のみの目的では成功しなかった例である。

## 2) 省資源化の要求に対処した排水処理技術

1973年のオイルショックにより水、薬品、電力などが高騰した後、排出されるものを処理するのではなく、真の公害防止は有害物質をできるだけ排出しないという考え方の転換が行われた。処理技術のクローズドシステム化、即ち工程の見直し、発生源の的確な把握、工程内における有価物回収技術の研究が活発に行われた。水使用合理化の原則として、排水量（ドラッグアウト）の減少、用水の削減、向流多段水洗、単一用途の循環利用などの工程改善が打ち出された。また排水処理によって生ずるスラッジからの金属回収、そのほかの有効利用法の検討も進められた。クローズドシステム関連の各種濃縮法も発表され、とくにイオン交換樹脂による回収、金属回収（特にクロム酸の回収）の採用が目立った。

一方、薬品の面からもできるだけ有害物質を含まぬもの、あるいは低濃度化した薬品の開発が行われ、前処理の非シアン化、亜鉛めっきの非シアン化などが急速に普及した。

## 3) 今後の動向

環境保全を巡る規制強化は、国際的な環境保護の趨勢から今後とも益々強化されるものと考えられる。生産工場は使用する多くの物質の処理、処分に徹底した責任を負うことを求められている。これからも水道水中の有機物と塩素によるトリハロメタン、ロンドン条約による産業廃棄物の海洋投棄の禁止への対応、埋立の制限によるスラッジの再資源化の再検討を真剣に考えていかねばならない。

## (2) タイの例

### 1) 個々の企業に設置する例（モデルプラントによる普及）

工程内改善ならびに処理装置の普及は、タイで行った Green Productivity in Electroplating Industries の Demonstration Factory and Farm Project が参考となる。即ちモデル工場を選定し、専門家による指導を行い、工程内の改善を行った後、関係者を集め排水処理に関する工程内改善、排水処理技術のセミナーとワークショップによる事例研究、改善した工場の見学を行った。処理技術のセミナーのみでは、実際の設備や運転についての理解が困難であるのを、モデル工場で実際に行った改善を見、ワークショップで事例研究を行うことで、広く普及が可能となった。なお、このプロジェクトについての改善の内容と改善による利益についての報告は1996年12月のマニラにおける APO World Conference on Green Productivity において行われている。

### 2) 集中処理の例

タイにおいて集中処理設備がすでに稼働している。バンコク周辺に約200社の中小のめっき工場があり、これらのめっき工場の排水処理は、場所がない、訓練された人がい

ない、資金援助がない、スラッジの廃棄場所が十分でない等の理由から問題があった。これらの理由から工業省は有害工場排水の処理センターを 1988 年にバンコクの西 20km の場所に作った。そしてさらに東、北、西の 3ヶ所に計画している。

ここではめっき排水のほか溶融亜鉛めっきの酸洗排液、蛍光灯工場からの水銀含有排水、繊維の染色排水の処理も行っている。また処理によって生じたスラッジで、有害物質を含むものは、コンクリート固形化の処理も行っている。

めっき排水処理の設備能力は 200m<sup>3</sup>/日で、現在 46 のめっき工場が利用していて、処理量は 100m<sup>3</sup>/日、一社平均 2.2m<sup>3</sup>/日である。Figure 5-1 にフローチャートを示す。

めっき排水はシアン、クロムとほかの重金属含有排水に分別されて持ち込まれる。シアンは通常のアルカリ塩素法でライムによって pH を 11~11.5 に調整し、NaClO を添加して処理、次に pH を下げシアンを N<sub>2</sub> と CO<sub>2</sub> のガスに分解する。この処理はバッチ式で pH と ORP によって自動制御されている。

Cr<sup>6+</sup>排水はバッチ式で、H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> で pH を 2.0~2.5 に調整し、NaHSO<sub>3</sub> を加えて Cr<sup>6+</sup>に還元し、次にライムを加えて pH10 に調整して Cr(OH)<sub>3</sub>として沈澱させる。

ほかの Ni、Cu、Zn 等の重金属排水はライムで pH を 10 に調整し、水酸化物の沈澱を作り、有機高分子凝集剤を用いて沈澱を改善する。

発生したスラッジは砂のろ床で乾燥し、乾燥したスラッジは安定化処理をした後、埋め立てられる。

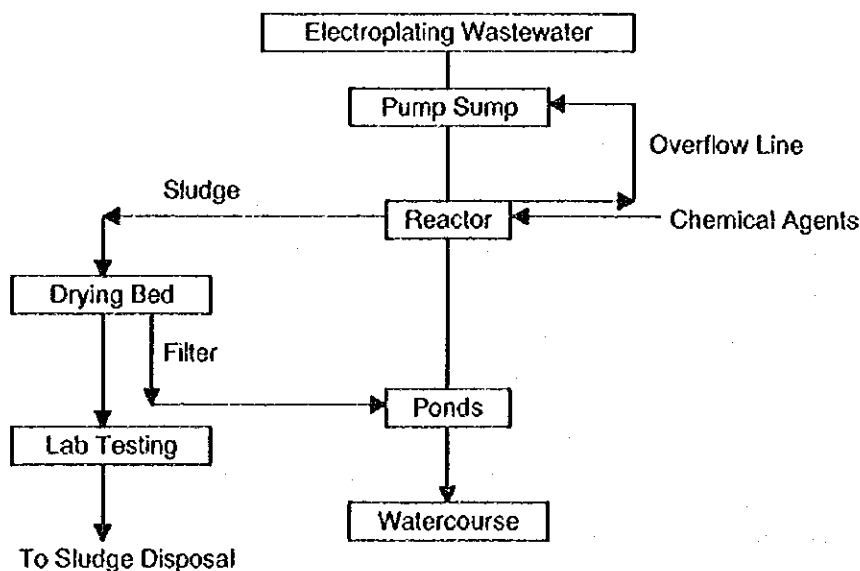


Figure 5-1 めっき排水処理のフローチャート

処理費用は 120B(¥.530)/m<sup>3</sup>と運賃 1B/km/m<sup>3</sup>である。なおスラッジの埋立費用は 100B/ton と輸送費 2B/ton/km である。

処理設備の建設は工業省で行い、設備費は\$1.2 Mill で、現在民間企業がレンタル料とロイヤリティーを政府に払って運営している。

さらに運搬する排水量を減らすため、イオン交換樹脂を用いることを検討している。



## 5.2 めっき工場のあるべき姿

第3章で述べためっき工場の現状および問題点と課題、第4章で議論した提言の方向を踏まえ、3.2.3に説明した関連事項および5.1.1に説明した各国の状況を参考に検討した結果、スリ・ランカのめっき工場のあるべき姿は次のように描かれる。

### 5.2.1 将来目標

第4章で提言の方向は、「スリ・ランカのめっき産業が、工程改善により環境汚染の負荷を低減し、めっき品質を向上すること」と設定した。以下の目標はスリ・ランカの現状から見るとかなり高い目標と考えるが、この最終目標を念頭におくならばいずれ到達しなければならない状態を具体的に示した姿である。

スリ・ランカのめっき工場にとって、環境負荷の軽減が優先課題である。排水処理は、排水処理設備だけでなく発生源対策として、とくに水洗工程（めっき液の回収を含む）の改善が重要である。めっき技術に関しては、今後金属加工産業の発展とともに工程の改善は重要な課題となってくると予想される。中心となるのはめっき工程であるが水洗工程とともに前処理工程の改善も重要である。そうして技術の向上を確実にしていくためには品質管理・工程管理の体制を整えていかなければならないが、そのために検査技術を充実することも大切である。

#### (1) 水洗工程の改善

めっき液の回収、多段水洗、めっき槽および水洗槽のラインの変更が主な内容である。

#### (2) 排水処理設備の設置

基本的には、各工場に完全な処理のできる処理装置を設置する。

自工場に処理設備を設置することが困難な小工場については、業界団体を結成し集中処理をするようにする。

#### (3) 前処理・めっき工程の改善（光沢ニッケルめっき技術）

浸漬脱脂、電解脱脂などの前処理の実施、電流密度の設定、引掛けの採用、濾過・攪拌の実施、めっき浴の濃度・温度管理など、めっきの基本技術にしたがった作業が行われるようにすることである。すべてのめっきが対象であるが、めっき工場の近代化は、現在の無光沢ニッケルめっきから脱皮して、光沢ニッケルめっき技術を確立することが出発点である。

#### (4) 製品の検査体制の整備

検査態勢を整備してめっき製品の品質保証ができるようにするとともに、検査データに基づいた品質管理、工程管理の体制を整える。

#### 5.2.2 当面の対策

上述の目標は、現状からかけ離れており、当面の対策はもっと切実な問題に絞らないと、実行面の焦点がはっきりしなくなる恐れがある。当面の対策は、環境問題を優先し、めっき技術は基本中の基本に絞り、将来目標への第一歩と考えられる現実的な目標に絞る。

とくに小規模工場は、排水量は少なくともシアン塩やクロムなどの有害物質を排出していることが問題であり、一方個別に排水処理装置を設置することは非現実的である。したがって、排水を集めて集中処理するために個別工場がやらなければならないことに絞る。

#### 中規模工場

- (1) 多段水洗の実施、
- (2) 排水処理設備の設置
- (3) 引掛けの採用
- (4) 濾過と攪拌の実施

#### 小規模工場

- (1) 水洗方式の改善（水洗槽の設置）
- (2) 排水の分別貯留（めっき排水の受槽の設置）

## 5.3 IDB めっきセンターのあるべき姿

### 5.3.1 めっきセンターの役割

めっき工場が自社の努力だけで、改善を進めることは非常に困難と思われる。外国の企業と合弁企業を設立したり、技術導入する方法もあるが、一般的でなく簡単にできる方法ではない。国内の指導機関の指導・支援を得て改善を進めるのが、正当な方法であろう。このような指導機関としては、産業界の立場に立って企業の指導・支援をする役割を持つ IDB が適切と考えられる。

めっきセンターは、国内の主として中小めっき業者に対して技術指導を行い、国全体としてのめっき品質・生産性の水準を引き上げる役割を担っている。この目的を支援するために JICA が 1992 年度に実施したスリ・ランカ国の「工業分野開発振興計画調査」の金属加工産業に関する報告書にはめっきセンターの拡充計画案が提言されている。しかし今回再びスリ・ランカ国のめっき技術・排水処理技術の実態を調査した結果、スリ・ランカ国には、未だ独立しためっき産業といえるものは存在しないこと、めっき作業の実態はきわめて初歩的段階で基礎技術を理解をして作業しているというよりは、経験的に作業しているといつてよいこと、排水処理についても必要は認めつつもほとんど行われていないこと、しかし、作業規模が小さいために現実的には周囲の環境への影響は現時点では大きな問題になっていないことなどが分かった。

このような現状認識から、前回調査の方向を踏まえながら本調査では IDB と協議の上、振興開発計画の方向を設定した（第 4 章を参照）。めっきセンターの技術者が、めっき技術・排水処理技術の基礎の上に高度の応用技術までを習得し、新しい技術の導入・開発を行える能力を備えること、そしてそれを中小めっき業者に指導・普及していくことがめっき業界の最も確実な振興策と考えて、本調査ではまずめっきセンターの技術・技能の向上を最優先に置いた。

めっき業界は機械加工産業や電子・電機産業に従属する業界である。将来これらのめっき業界周辺の産業の発展に伴って要求される品質・コストを満足するようなめっき技術を確立し、普及するのがめっきセンターに課せられた使命と考える。

めっきセンターはめっき業界を育成するのが本来の目的である。一般のめっき業者の技術レベルが低くて十分な加工ができない時期には、めっきセンターで生産・加工する意味もあるが、めっきセンターの技術指導・普及努力によってめっき業者に実力がつけば、一般的なめっきはめっき業者に任せるべきである。日本・韓国・シンガポールのいずれの国でも、政府の指導機関は試験設備をもち、新しいめっきについて研究・開発試験を行いながら、同時に指導を行っている。



### 5.3.2 めっきセンターのあるべき姿

このような役割期待から、めっきセンターはめっき技術およびめっき排水の処理技術については、スリ・ランカでは最高・最新の技術をもった研究・開発、試験・検査、普及・指導機関を目指すべきである。めっきセンターのあるべき姿は次のようなものとする。

- (1) めっき工場のめっき技術・排水処理技術のレベル向上について主導的役割を果たすのにふさわしい技術・技能を保有し、それを実際に活用していること。
- (2) めっき技術、排水処理技術を普及・指導するのにふさわしい態勢（技術指導、技術相談、試験・検査、技術・技能訓練などが実施できる）が整備されていること。
- (3) 産業の発展に応じて要求されるめっきの品質水準、およびめっき方法の変遷に対応できるめっき技術を保有あるいは開発する能力を持つこと（めっき技術が産業発展のボトルネックにならないこと）。
- (4) 国内外関係機関・企業と連携を強め、広く技術情報、業界情報を収集し、技術の最先端をフォローしていること。