

韓国産業廃水処理・再生利用計画調査

報告書

(要約)

1993年8月

国際協力事業団

鉱調工

J R

93-093

韓国産業廃水処理・再生利用計画調査報告書（要約）

1993年3月

国際協力



JICA LIBRARY



1109006(5)

国際協力事業団

25587

韓国産業廃水処理・再生利用計画調査

報告書

(要約)

1993年8月

国際協力事業団

序文

日本国政府は、大韓民国政府の要請に基づき、同国の産業廃水処理・再生利用計画にかかる開発調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施いたしました。

当事業団は、平成2年3月から平成5年5月までの間4回にわたり、(財)造水センターの後藤 藤太郎氏を団長とする調査団を現地に派遣しました。

調査団は、大韓民国政府関係者と協議を行うとともに、計画対象地域における現地調査を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

この報告書が、本計画の推進に寄与するとともに、両国の友好・親善の一層の発展に役立つことを願うものです。

終わりに、調査にご協力とご支援をいただいた関係各位に対し、心より感謝申し上げます。

平成5年8月

柳谷謙介

国際協力事業団
総裁 柳谷 謙介

韓国廃水処理・再生利用計画調査報告書 要約 目次

項 目	頁
I. 総論	1-1
1. 1 緒論	1-1
1. 2 調査対象地域及び調査の目的	1-1
1. 3 調査の内容	1-2
1. 4 作業の実施状況	1-3
II. メッキ工業団地	2-1
1. 工業団地の状況	2-1
1. 1 工業団地の概要	2-1
1. 2 廃水、廃水処理、再生利用の状況	2-3
1. 3 用排水系統の状況	2-4
1. 4 廃水処理施設及び再生処理施設の状況	2-6
2. 現在の廃水処理・再生利用システムの検討	2-9
2. 1 現在のシステムの評価と問題点	2-9
2. 2 現在のシステムの改善案	2-10
3. 最適システムの検討	2-13
3. 1 基本方針	2-13
3. 2 廃水量の低減対策	2-15

項 目	頁
3. 3 廃水処理システムの選定	2-19
3. 4 再生利用システムの選定	2-25
3. 5 最適システムの経済性	2-28
4. 財務・経済分析	2-31
4. 1 所要総資本及び運転費	2-31
4. 2 財務分析	2-33
4. 3 経済分析	2-35
Ⅲ. 染色工業団地	3-1
1. 工業団地の状況	3-1
1. 1 工業団地の概要	3-1
1. 2 廃水、廃水処理、再生利用の状況	3-2
1. 3 用排水システムの状況	3-5
1. 4 廃水処理施設及び再生処理施設の状況	3-8
2. 現在の廃水処理・再生利用システムの検討	3-11
2. 1 現在のシステムの評価と問題点	3-11
2. 2 現在のシステムの改善案	3-13
3. 最適システムの検討	3-14
3. 1 基本方針	3-14
3. 2 廃水量の低減対策	3-16

項 目	頁
3. 3 廃水処理システムの選定	3-18
3. 4 再生利用システムの選定	3-25
3. 5 最適システムの経済性	3-39
4. 財務・経済分析	3-32
4. 1 所要総資本及び運転費	3-32
4. 2 財務分析	3-34
4. 3 経済分析	3-37
IV. 総合評価	4-1
1. メッキ工業団地	4-1
1. 1 最適システムの評価と問題点	4-1
1. 2 最適システム導入に関する提言	4-5
1. 3 その他の問題点と提言	4-7
2. 染色工業団地	4-8
2. 1 最適システムの評価と問題点	4-8
2. 2 最適システム導入に関する提言	4-12
2. 3 その他の問題点と提言	4-13
3. 評価のまとめ	4-15

V. 廃水処理、再生利用のためのガイドライン	5-1
1. 緒言	5-1
2. メッキ工業	5-2
3. 染色工業	5-4

以上

I. 総論

I. 総論

1.1 緒論

1962年最初の5か年計画を実施して以来、韓国は経済政策の中心を輸入から輸出へと改め、顕著な経済成長を遂げてきた。

しかしながら、この急速な経済発展に伴い、環境汚染、自然破壊、その他の好ましくない事柄が浮上し、産業廃水による環境破壊が韓国のある地域では深刻な社会問題として表面化してきた。

なお、この急速な経済発展の直接の影響として、水資源の不足と地盤沈下が発生するのではないかと予測されている。

韓国政府が日本に対して産業廃水の処理及び再生利用にかかる調査の実施を要請したことが、本調査の背景となっている。

韓国側の要請に応え、JICAは1990年12月に最初の調査団を韓国に派遣し、この問題に関して韓国側と協議し、その結果、日本側、韓国側の双方で調査の内容に合意し、調査の実施細則を決定した。

この実施細則に基づいて、JICAは1991年3月に調査団を結成し、最初の現地調査を行ったところ、以前に調査地域として指定されたテグーにある染色工業団地の調査は状況的に難しいということが分かった。

新たな状況の変化に対応するため、韓国側は、1991年8月に調査対象を半月染色工業団地に変更したいとの意向を伝えてきた。JICAは、提案された工業団地の状況を直接訪問して確認するために、第2の調査団を1991年12月に安山市に派遣したのち、対象地域の変更に同意した。

1.2 調査対象地域及び調査の目的

1.2.1 調査対象地域

本調査は以下の工業団地及び業種を対象として実施する。

(1) 工業団地

- 1) 仁川市内の小規模なメッキ工業団地
- 2) 半月工業団地内にある染色工業団地

(2) 業種

- 1) 電気メッキ業
- 2) 染色業

1.2.2 調査の目的

両国で同意された事柄に基づき、以下の目的で調査を行う。

- 1) 調査対象である両工業団地の廃水処理施設の実態を調査し、問題点を指摘すると共に改善案を提示する。
- 2) 一つのケーススタディとして実施された上記の工業団地の実態を、韓国における各業種の工業団地のモデルと考え、その各々について廃水処理・再生利用の最適システムを選定する。
- 3) 上記の調査結果に基づいて、両業種の排水処理・再生利用のためのガイドラインを作成する。

本調査の過程で、関連する技術はカウンターパートに対し、移転されるものとする。

1.3 調査の内容

1.3.1 調査の原則

- (1) 廃水汚濁負荷量の軽減
- (2) 工場における水バランスの現況調査
- (3) 廃水処理工程の選定
- (4) 日本における廃水処理・再生利用システムの紹介

- (5) 各工業団地における個々の工場に関する調査
- (6) 廃水処理及び再生利用のガイドラインの作成
- (7) 技術の移転

1.3.2 調査の準備

調査を実行するために、表1.3.1.に示す専門家のチームが結成された。
本調査に参加するKISTのメンバーは表1.3.2.に示してある。

1.4 作業の実施状況

図1.4.1.に示すフローチャートに従い作業を実施した。実施した作業のスケジュールは図1.4.2.に示す。

表1.3.1 調査団メンバー及び任務(1/2)

氏名	担当	業務内容
後藤 藤太郎	団長、業務総括	業務全体の取りまとめ責任者 国内業務：同上 現地業務：カウンターパートとの交渉 調査団取りまとめ
長谷場 滋	廃水処理技術総括	「対象地域の現状と将来計画調査」の総括 国内業務：現地調査結果に付き纏める。 現地調査：上記調査に必要な資料の収集及び 現地調査事項の取りまとめ 団長不在時の代行
橋本 尚人	プラント設計に関する 総括業務	廃水処理・再生利用に関する技術とシステムの 検討に関する総括 国内業務：同上 現地業務：上記に関する現地調査
田中 良弘	水質分析総括 及び メッキ廃水処理プラント 設計	現地における水質分析の総括業務及びメッキ 廃水処理に関するプラント設計業務 国内業務：現地調査結果の取りまとめ検討及 びメッキ廃水処理装置の検討及び プラント概念設計業務 現地業務：水質分析の総括業務及びメッキ廃 水処理に関する検討及び概念設計 に必要な資料の採集
平松 哲也	国内関連技術調査	①メッキ・染色廃水処理に関する国内関連技術 の調査、検討及びまとめに関する補佐業務 ②廃水処理・再生利用に関する技術とシステム に関する検討、まとめ補佐業務 (国内業務のみ)
久保 幸彦	水処理技術	①メッキ・染色廃水処理に関する国内関連技術 の調査、検討及びまとめに関する総括業務 ②「対象地域の現状と将来計画調査」の検討、 まとめ補佐業務 (国内業務のみ)

表1.3.1 調査団メンバー及び任務(2/2)

氏名	担当	業務内容
長 沢 末 男	水質分析(有機)	現地における水質分析業務及びおもにメッキ工場の現状調査、検討、まとめ 国内業務：上記調査の検討及びまとめ業務 現地調査：有機水質分析及びおもに染色工場の現状調査・解析
藤 川 学	財務・経済分析	最適メッキ・染色廃水処理・再生利用システムの財務・経済分析関連資料の作成 国内業務：現地調査結果に基づく財務・経済分析の実施 現地業務：財務・経済分析に必要な事項の調査、訪問調査などの実施
藤 岡 哲 雄	メッキ及び染色廃水処理関連技術調査	①メッキ・染色廃水処理に関する国内関連技術の調査、検討及びまとめに関する補佐業務 ②概念設計に関する補佐業務 (国内業務のみ)
岡 田 達 治	水処理技術 (おもに、染色廃水処理の検討及びプラント設計)	現地における染色廃水処理・再生利用に関する調査及びプラント設計業務 国内業務：現地調査結果の取りまとめおよび染色廃水処理に関する検討及びプラント設計業務 現地業務：おもに染色廃水処理装置の調査・解析(補佐業務)

表1.3.2 K I S T の 構 成 員

Name	Title	Division
Won-Hoon Park, Ph. D.	Director	Division of Environment & Welfare Technology
Kil-Choo Moon, Ph. D.	Director	Environment Research Center
Kyu-Hong Ahn, Ph. D.	Professor	Environment Research Center
Daewon Pak, Ph. D.		Environment Research Center
Kyung-Guen Song		Environment Research Center

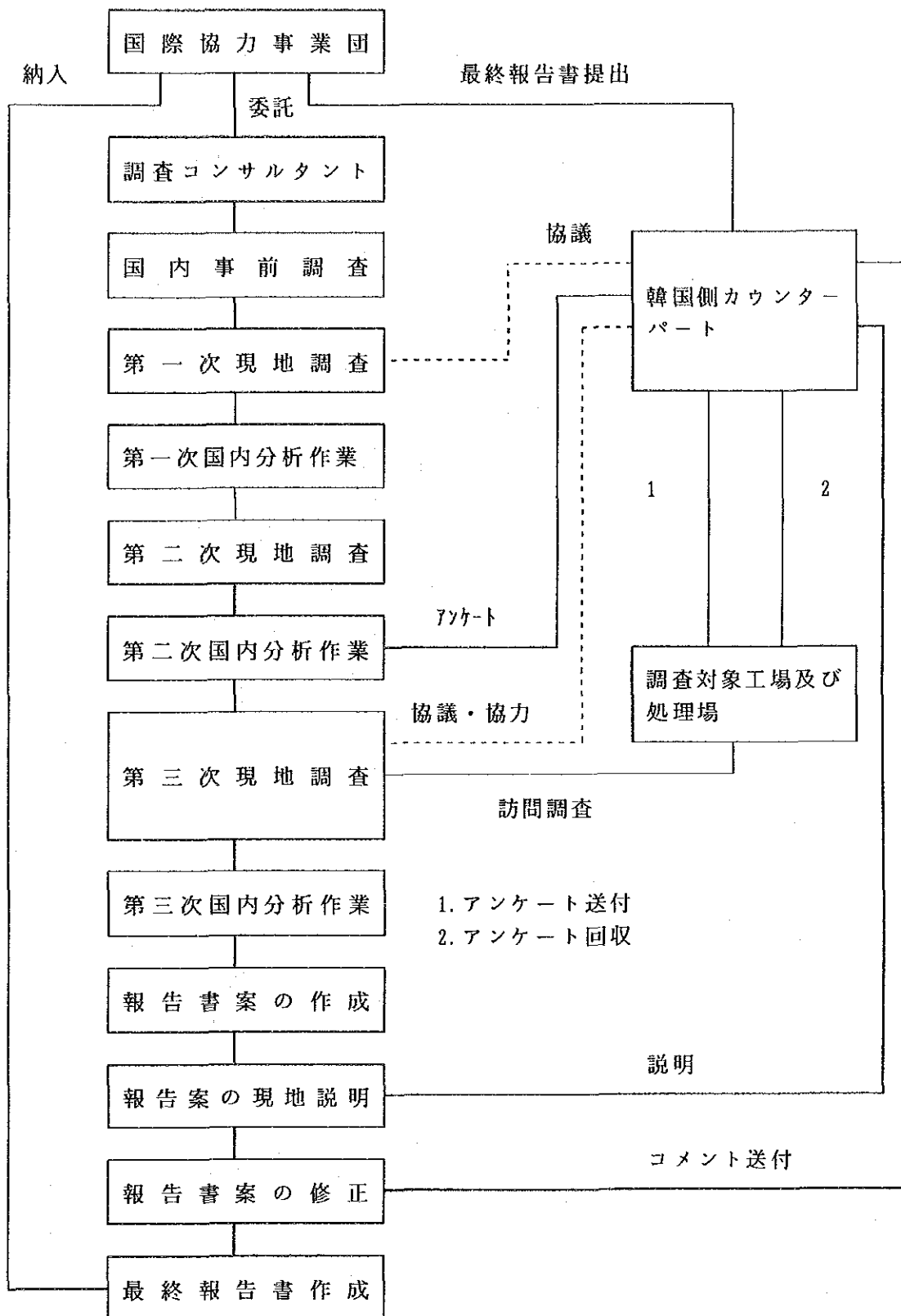


図 1.4.1. 作業のフローチャート

Study Team	Year		1992												1993											
	Month	Year	Apr~Dec	Mar	Feb	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	
Preparatory Office Work				□																						
Inception Report				△																						
1st Step Field Work				■																						
1st Step Office Work							□																			
2nd Step Field Work								■																		
2nd Step Office Work												□														
3rd Step Field Work													■													
Progress Report															△											
3rd Step Office Work																										
Presentation of Draft Final Report																					△	■				
Presentation of Final Report																										△

図 1.4.2. 調査スケジュール

II. メッキ工業団地

II. メッキ工業団地

1. 工業団地の状況

1.1 工業団地の概要

S社の経営するメッキ工業団地は、仁川市の西側のはずれに位置し、共同廃水処理場を有する事業場は1事業場及び、第2事業場である。

(1) メッキ工業団地の位置

各事業場の所在地は次のとおりである。

第1事業場 ; 178-35 KA JWA DONG, SUH KU INCHON

TEL (032)575-7438~9

第2事業場 ; 223-42 SUK NAM DONG, SUH KU INCHON

TEL (032)573-7250, 7260

(2) メッキ工業団地の規模

第2事業場は総敷地面積を約4,600 m²有し、その中に敷地約1,200 m²の3階建てのビル、敷地約780m²の平屋建てのメッキ工場、及び約460 m²の共同廃水処理場がある。3階建てのビルはアパート形式になっており、1階に10社、2階に13社の計23社のメッキ工場が入居し、3階は事務室及び試験・分析室となっている。平屋建てには8社のメッキ工場が入居している。各メッキ工場の廃水はこの共同廃水処理場に排出され、処理されて下水道に放流されている。

第1事業場は第2事業場とほぼ同様な規模を有し、敷地内には3階建ての新築ビル、旧館平屋建て（一部2階建て）のメッキ工場、変電室及び共同廃水処理場がある。3階建ての新築ビルはアパート形式になっており、1階に5社、2階に各5社、3階に4社の計14社のメッキ工場が入居し、3階には事務所及び試験・分析室もある。また、地下には社員食堂がある。旧館の1階には14社のメッキ工場、2階には3社のメッキ工場がある。各メッキ工場の廃水は共同廃水処理場に排出され、処理されて下水道に放流されている。

上述の他に共同廃水処理場を持たない1991年に建設された第3事業場があり、

1 社の表面処理工場を調査した。当事業場に入居する工場の廃水は、事業場敷地内にある貯留槽に排出され、貯えられた後、タンクローリーで第1事業場に運搬して処理が行われている。

第1事業場、第2事業場及び第3事業場とも、入居しているメッキ工場の規模は、敷地100～200m²、従業員 3～16人と、いずれも小規模事業である。

(3) 組織

S社は廃水処理に関する技術を有し、環境装置の製造事業を営む一方、事業の一環としてメッキ工業団地を経営している。

メッキ工業団地は、小規模のメッキ会社を対象に規則の遵守を原則にして無償で入居させ、工場からの廃水及び排出ガスをメッキ工業団地に設置した共同処理場で有償で処理をすることにより経営を行っている。

1.2 廃水、廃水処理、再生利用の状況

当共同廃水処理場はS社によって設計、建設され、第1事業場及び第2事業場にそれぞれほぼ同規模の施設が設置されている。

処理対象の廃水は各メッキ工場から直接共同廃水処理場に流入されるものと、他の事業場及びメッキ工業団地の外部に位置するメッキ工場からタンクローリー(5t)で運送されてきたもので、廃水の処理を有償で行っていることから産業廃棄物処理場として位置付けられる。

以下に第2事業場の共同廃水処理施設について述べる。

現在の廃水処理量は以下のとおりであり、施設の処理能力の60%となっている。

シアン系廃水	；	1,240 m ³ /月	（外部から受託	217 m ³ /月）
クロム系廃水	；	1,888 m ³ /月	（外部から受託	362.4 m ³ /月）
酸・アルカリ系廃水	；	1,842 m ³ /月	（外部から受託	657.2 m ³ /月）
（合計）		4,370 m ³ /月	（外部から受託	1,236.6 m ³ /月）

設計時には1日12時間稼働で、シアン系廃水 100m³、クロム系廃水 100m³、酸・アルカリ系廃水120m³の計 320m³/日の廃水処理量であったが、現在では8時間/日（9時～17時）、25日/月稼働で、平均180m³/日の廃水処理量となっている。

1.3 用排水系統の状況

(1) 用水系統

メッキ工業団地で使用されている用水は、第1事業場、第2事業場及び第3事業場とも全て上水道である。

上水道の用途を大別すると、①生産に関わる用水と、②生活に関わる用水である。

生産に関わる用水には、①各メッキ工場の生産用水、②共同廃水処理場の用水がある。一方、生活に関わる用水には、①厨房用水、②水洗便所用水、③洗濯用水がある。

各メッキ工場で使用される水は、①浴建て、②洗浄、③床洗浄、④冷却等に使用される。また、工場内の作業環境対策として設置されている室内フードからの排出ガスを浄化する共同排ガス洗浄塔の洗浄循環水にも使用される。

共同廃水処理場で使用される水は、①薬品溶解、②脱水機の洗浄、③ろ過塔の逆洗、④イオン交換樹脂の再生、⑤その他装置の洗浄、⑥床洗浄等に使用される。

厨房用水は第1事業場で使用されている。

水洗便所用水及び洗濯用水は、第1事業場、第2事業場及のいずれでも使用されている。

(2) 排水系統

生産工程からの廃水は、各工場から分別されて、事業場に設置されている共同廃水処理場のシアン系廃水受槽、クロム系廃水受槽及び酸・アルカリ系廃水受槽にそれぞれに排出される。排出状況は、床こぼれ水が常時に、水洗水が常時または1日ごとに、また、浴液が年1回以上の頻度で排出される。さらに、共同の排出ガス洗浄塔の洗浄用循環水が排出される。廃水量は、生産に関わる用水量から外部に委託処分する一部の高濃度廃水量、温浴及び冷却水の蒸発量、さらに排出ガス洗浄塔での蒸発量を差し引いた量である。一方、共同廃水処理場では、メッキ工業団地の外部に立地するメッキ工場から運搬されてくる廃水を受けて処理をしている。そのため、当該廃水処理施設より放流される処理水量は、生産工程からの廃水量を上回る。廃水の処理水は下水道に放流される。

生活廃水は、し尿が通性嫌気性菌による嫌気性浄化槽で処理がなされて、その他の生活雑排水とともに下水道に放流される。

1.4 廃水処理施設及び再生処理施設の状況

S社の経営するメッキ工業団地の3事業場の中で、廃水処理施設を有する工場は第1事業場及び第2事業場である。

再生処理施設はいずれの事業場にも設置されていない。

第1事業場及び第2事業場に設置されている廃水処理施設は、①廃水処理のシステム、②施設の構造及び規模、③処理施設に設置されている単位機器、④運転の方法、⑤運転に関わる作業員数等がほぼ同様であることから、第2事業場の廃水処理施設を選んで状況を説明する。

廃水処理施設のフローシートを図1.4.1.に、レイアウトを図1.4.2.に示す。

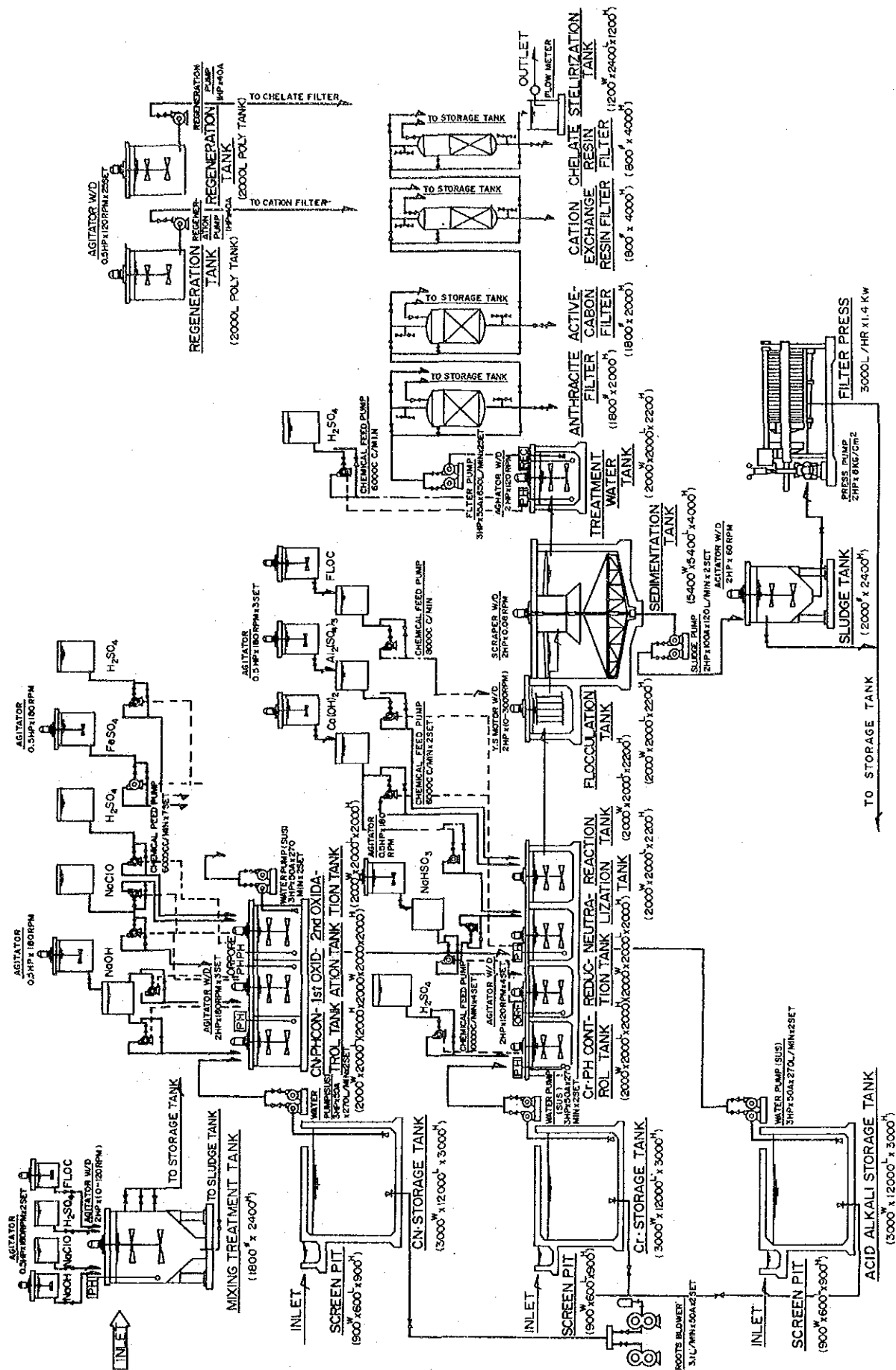


図 1.4.1. 共同廃水処理場のフローシート (第 2 事業場)

NO	N E M E	S I Z E
13	SEDIMENTATION TANK	5600 x 5600 x 4000
14	TREATMENT WATER TANK	2800 x 2800 x 2800
15	ANTHRACITE FILTER	2000 x 2400
16	ACTIVE CARBON FILTER	2000 x 2400
17	CHELATE RESIN FILTER	800 x 4600 x 2 SET
18	EFFLUENT TANK	900 x 900 x 900
19	MACHINE ROOM	5600 x 1600 x 1600
20	SLUDGE TANK	2000 x 2400
21	FILTER PRESS	3000L/HR x 2 SET
22	MIXING TREATMENT TANK	1600 x 3200
23	REGENERATION TANK	2000L x 2 SET

NO	N E M E	S I Z E
1	CN SCREEN PIT	600 x 800 x 1800
2	Cf SCREEN PIT	600 x 800 x 1800
3	ACID ALKALI SCREEN PIT	600 x 800 x 1800
4	SCREEN PIT (STANDBY)	600 x 800 x 1800
5	CNPH CONTROL TANK	2000 x 2000 x 2000
6	1st OXIDATION TANK	2000 x 2000 x 2000
7	2nd OXIDATION TANK	2000 x 2000 x 2000
8	Cf PH CONTROL TANK	2800 x 2800 x 2800
9	REDUCTION TANK	2800 x 2600 x 2800
10	NEUTRAUZATION TANK	2800 x 2800 x 2800
11	REACTION TANK	2800 x 2800 x 2800
12	FLOCCULATION TANK	2800 x 2800 x 2800

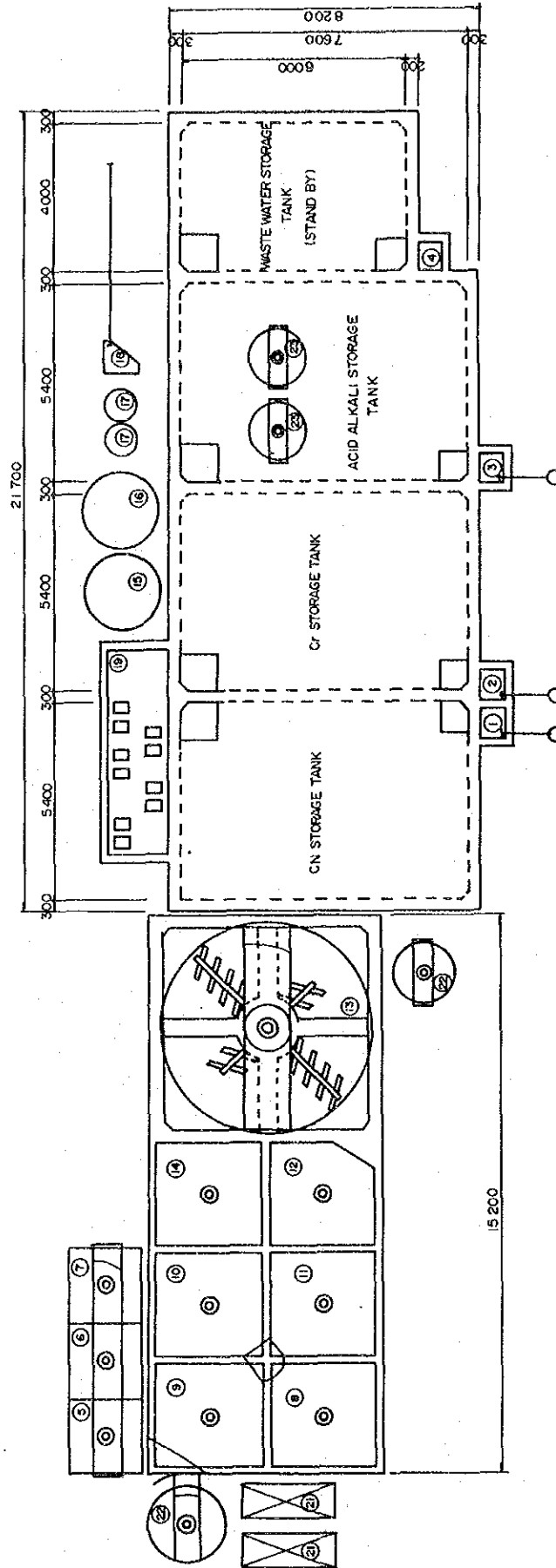


図 1.4.2. 共同廃水処理場のレイアウト (第2事業場)

2. 現在の廃水処理・再生利用システムの検討

2.1 現在のシステムの評価と問題点

現在の廃水処理施設の概要は、1.5 廃水処理施設及び再生処理施設の状況で報告したとおりである。

また、廃水の再生利用を行っているメッキ工場もなく、第1事業場及び第2事業場の共同廃水処理場においても廃水の再生利用は行っていないことは、先に報告したとおりである。従って、ここでは共同廃水処理場の評価を行い、問題点を抽出することとする。

当メッキ工業団地の共同廃水処理場の施設は、各工場から①シアン系廃水、②クロム系廃水、及び③酸・アルカリ系廃水の3種に分別されて排出されてくる廃水を受け入れ、無害化処理をするシステムと、その処理水に残存するCOD、BOD等の有機物質を除去するシステム、さらに処理後に微量に残存するおそれのあるキレート化合物となった重金属を除去するシステムから構成されている。

また、廃水処理に伴って発生する汚泥は脱水処理をして、脱水ケーキを外部に搬出して委託処分するシステムが採られている。

本廃水処理システムは、メッキ工業団地の総合廃水を安全に処理し、処理水を下水道に排出する合理的なものである。

しかしながら、当該廃水処理施設はメッキ工業団地に入居している各メッキ工場からの廃水を処理する廃水処理施設であるばかりでなく、メッキ工業団地の外部に立地するメッキ工場の廃水をタンクローリー車で受け入れて、有償で処理・処分をする産業廃棄物処理施設を兼ねている。そのために、廃水処理施設の運転・管理に従事する作業員においては、廃水の水質、水量の変動に対して適切に処理していくための運転に問題を抱えている。

以上の実状を踏まえて、現在の廃水処理施設における問題点を抽出し、その中でも特に基本的項目について以下に示す。

2.2 現在のシステムの改善案

現在の共同廃水処理場の処理システムは合理的なものであるが、抽出された問題点は分別の不完全な廃水の排出と、施設の運用上に起因するものが多い。

メッキ廃水処理は、産業廃水のなかでも最も注意を要して行わねばならぬもののひとつである。また、メッキ工業団地の廃水は、多くのメッキ工場から排出されてくる各種廃水からなる総合廃水であるため、廃水は極めて複雑な性質を持っている。その上、同一の廃水処理施設で産業廃棄物処理業を併せて行っていることから、それらの廃水を処理するには高度の技術を要することになる。

そのため、メッキ工業団地に入居しているメッキ工場は言うまでもなく、メッキ工業団地の外部の立地しているメッキ工場においても、廃水の排出に際しては分別されていること、廃水の排出元がはっきりしていること等が徹底して実施されていることが、受け入れ側である共同廃水処理施設においては前提条件となる。

また、メッキ工場は小規模事業であり、経済的にも十分な余裕がないのは、韓国ばかりでなく日本や欧米においても同様である。

以上の現状を踏まえて、既設の装置を生かした方法により、抽出された問題点に対処すべき改善案を提案するものとする。

(1) 研究室の整備

廃水の受入れ、廃水処理性の確認、廃水処理技術及びメッキ技術等の研究・開発を目的として、以下を整備されることが望ましい。

① 廃水種別の組成、処理技術に関する資料の整備

② 自動分析装置の設置

共通；pH計、OPR計、導電率計、吸光光度計等

重金属；原子吸光分析装置

誘導結合プラズマ発光分光分析装置（ICP）

アニオン；イオンクロマトグラフ

シアン；シアン自動分析装置（錯体の確認も可能）

③ 技術者の養成

(2) 廃水受槽の改善

① 酸・アルカリ系廃水受槽を酸系廃水受槽とアルカリ系廃水受槽に分別

② 各廃水系ごとの高濃度用廃水受槽の設置または既設槽の分割

高濃度廃水は少量ずつ低濃度廃水とともに処理、またはアルカリ系廃水の中和処理に向けて有効利用を図る。

(3) 鉄シアン錯体含有廃水の処理

現状の廃水処理システムでは、鉄シアン錯体を含有する廃水のシアンの処理は期待できない。

現状のシアン分解工程の後に、亜鉛白法による処理操作を追加することが望ましい。

処理の原理、条件等については、V. 廃水処理・再生利用のためのガイドラインを参照のこと。

(4) バッチ用反応槽の機能付加

バッチ用反応槽 (MIXING TREATMENT TANK) に pH 計、ORP 計等を設置し、また、現状のフローにある水酸化ナトリウム、次亜塩素酸ナトリウム、硫酸及び高分子凝集剤以外に水酸化カルシウム、無機凝集剤、亜硫酸ナトリウム等の還元剤、及びその他の酸化剤等が注入できるようにし、さらに加温できるようにして、別途処理をすべき廃水の処理や資源回収に対応できるようにする。

処理の対象として考えられるものは次のとおりである。なお、処理の原理、処理の条件等については後述のガイドラインを参照のこと。

① ニッケルシアン錯体を含むメッキ浴液の処理

② 重金属錯体を含む脱脂液、メッキ剝離液の凝集沈殿処理

③ 無電解メッキ浴液のフェントン法等による COD 酸化処理、及びりんの凝集処理

④ ホウフッ酸の処理

⑤ 粉末活性炭吸着法による有機溶剤含有廃水、キレート含有廃水の処理、COD、BOD の処理

⑥ 重金属のフェライト化処理

⑦ EDTA含有の脱脂液、メッキ剝離液からEDTAの回収EDTAが低pHで析出する性質を利用して、分離回収する方法である。

(5) 自動化

① 廃水受槽に水位計の設置

水位を表示するとともに揚水ポンプのON-OFFと連動させる。

② 高分子凝集剤供給ポンプと揚水ポンプとの連動

③ 現状把握用のグラフィックパネルの設置

3. 最適システムの検討

3.1 基本方針

廃水処理施設においては、現在、韓国で実施されているか、近く実施が予定されている各種の公害関連の規制を満足させる、最も経済的な廃水処理システムを最適システムとする。また、再生利用システムにおいては、再生水として現在を使用している上水道の水質以上の用水が得られる、最も経済的なシステムを最適システムとする。

最適システムの検討の対象とするメッキ工業団地は、第2事業場とする。その理由は、第1事業場、第2事業場の各々に入居するメッキ工場の数、内容、規模等及び各事業場の共同廃水処理場はほぼ同じであること、第2事業場はメッキ工業団地としてコンパクトにまとまっていること、同事業場について提供を受けた情報が豊富であること、第2事業場は産業廃棄物の処理量が少なく現状の把握が容易であること等である。

検討の基本方針は次の通りである。

A. 最適システムの検討は、現在、S社が行っている産業廃棄物処理の事業は除外し、入居しているメッキ工場の廃水のみを対象とする共同廃水処理、再生利用について実施する。

B. 各メッキ工場は作業面積が狭く、メッキ工場個別に廃水処理装置または再生利用装置を設置することは不可能である。そのため、処理の対象とする廃水はメッキ工業団地の総合廃水とする。

C. 処理の対象とする廃水の水量、水質については、訪問調査で得られた資料及び日本における各種の資料を基に検討を加えて想定する。

まず、廃水の分別が完全に実施されて排出されたときの水量・水質を定め、これを現状の廃水とする。次に、低減対策がなされ、廃水を浴液の更新時に排出される高濃度廃水と現状の水洗廃水とに分別して排出された場合の水量、水質を定める。これを低減対策後の廃水として廃水処理システムを検討する対象とする。

さらに、水洗工程に向流多段洗浄方式を採用した場合の水洗廃水を半高濃度廃水と水洗廃水とに分別する。このときの廃水に向流多段洗浄方式後の廃水とし、再生利用システムを検討する対象とする

D. 提案する最適システムに一般性を持たせるために、第2事業場の持つ地域の特殊性は除外し、処理施設の設置場所を仁川市内とする。

E. 建設費、運転費等の経済試算においては、設置場所を配慮した韓国における標準的な価格を採用する。

3.2 廃水量の低減対策

3.2.1 具体的な方策

(1) 用水管理の徹底

各工場共水源としては上水道のみが使用されており、配管径はおおむね25mm程度である。水栓は一個しかなく、末端に近い所に量水計（積算流量計）が設置されている。この計器で使用水量の積算値は明らかになるが、瞬間的な流量を知ることがはむつかしい。しかし、工場が小規模で用水量が少ないため、用水の各使用箇所に流量計を取り付けることは不可能に近い。

比較的实现可能な用水管理の方法として、水栓の出口に瞬間流量が計れる流量計、例えば面積式流量計（ロタメーター）、を取り付けることが考えられる。

こうすれば、少なくともある時点における使用水量が明らかになり、その時の作業状況と対比して、使用水量が適当であるか否かを監視することができる。

ただし、これを可能にするためには前述したように、洗浄工程毎に使用水量に関する作業基準を作成して置くことが必要である。

この程度の用水管理でも、現在の極めて大まかな管理に比べれば相当な廃水量の低減が可能になるとと思われる。

この形式の流量計は、価格が比較的安く（200～300千 Won位）取付も容易なので、今回の調査対象工場でも十分使用可能である。

(2) 向流多段洗浄方式の採用

調査対象工場では、表3.2.2.に示したように洗浄方式は一部を除いて多段方式が採用されているが、ほとんどが”溜め洗い”方式であり、”流し洗い”方式はごく一部で採用されているに過ぎない。

”溜め洗い”方式でもかなりの節水の効果はあるが、水槽中の洗浄用水の水質が時間の経過にしたがって次第に悪くなるので、早めに交換する必要があり、節水の効果は必ずしも十分とは言えない。

従って、現在使用されている”溜め洗い”水洗槽を少なくとも2段向流式の”流し洗い”方式に改良し、水量を良く管理すれば相当効果的な節水（廃水量の低減）

が達成できると思われる。

ただ、向流多段洗浄方式を採用するには次のような問題点がある。

A. 場所が極めて狭いため、向流多段洗浄槽を作業効率良く配置することはかなり困難である。

B. 前述のように、給水用の水栓は一箇所しかないので、そこから各水洗槽に連続的に給水することは、狭い床面に多くの配管を設置せねばならないためかなり難しい。

C. 従来使用されてきた単一槽は簡単に移動でき、用途も容易に変更できるが、向流多段洗浄槽はいったん設置されてしまうと容易に移動も用途変更もできないので、作業の柔軟性が失われる。

向流多段洗浄槽は通常合成樹脂製（塩化ビニール等）で、価格はあまり高価ではない。従って、上記の問題点を少しずつ解決しながら順次改良をおこなえば、現在の狭い作業面積内でも実施可能と考えられる。

（3）カスケード使用

カスケード使用では、前述のように間接冷却用水の排水を洗浄用水に使用するのが、最も容易で効果のある方法である。しかしながら、調査対象工場では冷却用水はほとんど使用されていないので、この方法が適用できる箇所が見当たらない。冷却用水が使用されている2工場では、すでに冷却塔が設置され循環使用が実施されているので、カスケード使用の必要性はない。

(4) 水洗槽自動給水装置

この装置は前述のように単一槽にも多段槽にも適用可能であるが、多数の装置を設置するには価格がやや高価過ぎるので（日本国内価格で80千円位）、今回の調査対象工場のように用水量に比べて水洗工程が多い場合には適用が難しい。もっと規模の大きい工場に適した装置である。

(5) 手元制御弁

今回の調査対象工場では、水洗槽等への給水を固定した配管ではなく、可動式の長いホースを使用している例が多い。このような場合には、その先端に手元制御弁を取り付けると節水には効果がある。

弁の価格は日本国内で一個5千円程度なので、十分使用可能である。

(6) 廃水量の低減可能量

前記の(1)～(5)の方法を用いることによって、どの程度廃水量が低減可能かを個々の工場について具体的に検討することは難しい。

しかしながら、訪問調査の際の聞き取り・観察等によって得られたデータ、過去の多数の工場調査によって得られた経験等により総合的に検討すれば、上記の方策のうち(1)(2)(5)、特に(1)(2)が実施されれば、現在の廃水量の20～30%は十分低減され得るものと考えられる。

低減可能な廃水量は、工業団地全体で見れば相当な水量（40～60m³/日）になるが、個々の工場では僅かな水量に過ぎないので、各工場が良く事情を認識して、僅かな水量の節水についても努力しないと、全体での廃水量低減は達成され得ないと思われる。

3.2.2 現在の廃水の排出特性の設定

訪問調査により得られた資料に基づき、メッキ工業団地の総合廃水の排出特性を次のとおりに定める。ただし、廃水の濃度別分別排出、用水管理の徹底、手元制御弁の取付け等による廃水量の低減対策、並びにくみ出し量の削減による汚濁負荷量の低減対策が施されたものとする。

A. メッキ工業団地の総合廃水量を $200 \text{ m}^3/\text{日}$ とする。

B. 浴液の更新廃水は、水洗廃水と分別して排出する。

その量は上記の廃水量の2%とし、この水量が総合廃水に付加されるものとする。

C. 酸・アルカリの水洗廃水は、分別しないで排出される。

D. 現在メッキ工業団地内で実施されているとおり、第1水洗槽は回収槽として使用して廃水は排出せず、浴建てに使用する。

E. 第2水洗槽以降の水洗廃水は排出される。

3.2.3 向流多段洗浄方式による低減対策を行った場合の廃水の排出特性の設定

水洗方式を次のとおり改善することにより、廃水量の削減対策を実施するものとする。

A. 第2水洗槽はバッチ式とする。当廃水は半高濃度廃水と称し、分別排出して処理を行う。

水量は現状の廃水量の40%で、汚濁負荷量は現状の汚濁量の90%を占めるものとする。

B. 第3水洗槽以降は、向流多段水洗槽を用いる。この廃水は水洗廃水と称し、分別して再生利用を行う。水量は現状の廃水量の60%で、汚濁負荷量は現状の汚濁量の10%を占めるものとする。

3.3 廃水処理システムの選定

3.3.1 廃水の水量・水質

廃水の分別が完全に実施され、さらに浴液の更新時に排出される高濃度廃水と現状の水洗廃水とに分別して排出されたものとする。

3.3.2 処理水の水質

韓国の排水基準に従い、処理水の水質を表3.3.1.に示すとおりに定める。

3.3.3 最適システムの選定

(1) 現行の排水基準に適合する廃水処理システム

メッキ廃水の処理システムの中で、最も確実で、建設費・処理費の安価なものは次に示すもので、最も普及しているものである。

A. 有害物質を無害化する。

シアンは次亜塩素酸ナトリウムを用いて酸化して、窒素と炭酸ガスに分解する。また、六価クロムは亜硫酸ソーダ等を用いて還元して、三価のクロムとする。

B. 鉄シアン錯体の処理工程を加える。

C. 重金属、アルミニウム、フッ素、りんは、凝集沈殿処理を行って除去する。

D. 酸、アルカリは中和処理をする。

E. 有機物質に起因するCOD、BODは、凝集沈殿処理を行って除去する。

F. 凝集沈殿処理水中に微量に残存する重金属は、キレート樹脂によって吸着除去する。

表 3.3.1. 処理水の水質

項 目 (単 位)	基 準 値
B O D (mg/ℓ)	3 0
C O D (mg/ℓ)	1 3 0 (4 0) * -1
S S (mg/ℓ)	3 0
p H (mg/ℓ)	5 ~ 9
n - H e x (鉱油) (mg/ℓ)	5
n - H e x (動植物油) (mg/ℓ)	3 0
フェノール (mg/ℓ)	3
C N (mg/ℓ)	1
T - C r (mg/ℓ)	2
F e (mg/ℓ)	1 0
Z n (mg/ℓ)	5
C u (mg/ℓ)	3
C d (mg/ℓ)	0. 1
H g (mg/ℓ)	0. 0 5
O r g - P (mg/ℓ)	1
A s (mg/ℓ)	0. 5
P b (mg/ℓ)	1
C r ⁶⁺ (mg/ℓ)	0. 5
M n (mg/ℓ)	1 0
F (mg/ℓ)	1 5
P C B (mg/ℓ)	0. 0 0 3
トリクロロエチレン (mg/ℓ)	0. 3
テトラクロロエチレン (mg/ℓ)	0. 1
T - N (mg/ℓ)	6 0
T - P (mg/ℓ)	8

* - 1 高度処理の場合の排水基準

G. 浴液等の高濃度廃水は分別して廃水貯槽に貯留し、少量ずつ同系の水洗廃水に定量注入して処理する。

これらの工程の内、鉄シアン錯体の処理工程は組み込まれていないのが一般的であるが、訪問調査の結果を踏まえ、メッキ団地の総合廃水を処理する観点から、本操作を付加することとする。処理の原理は、V. 廃水処理・再生利用のためのガイドラインを参照のこと。

廃水にアルミニウムが含有されることから、重金属を凝集沈殿処理を行うためのpH調整を弱アルカリとする。そのため微量の重金属が残存するおそれがある。また、錯体化している重金属の存在も予想されることから、凝集沈殿処理の後にキレート樹脂塔を設置してそれらを除去するシステムとする。

現行の排水基準を満足する廃水処理システムの、フローダイヤグラムを、図3.3.1.に示す。

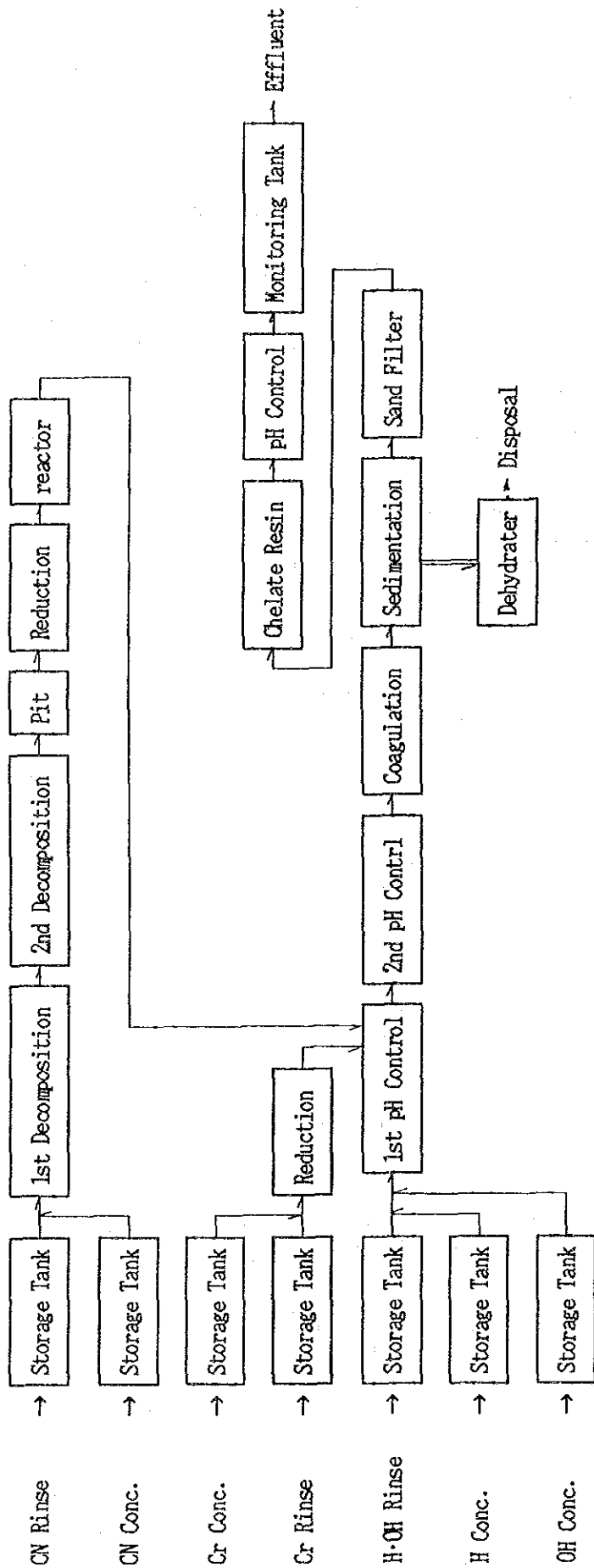


Fig. 3.3.1. Flow-diagram of the treatment system satisfying the present effluent standards

(2) COD成分の高度処理システム

現行の排水基準に適合する廃水処理システムにおいて、凝集沈殿処理水中に残存するCOD源のほとんどは有機物質である。この有機物質の汚濁発生源は、脱脂工程で除去された油等や浴液に含有している添加剤である。これらの有機物質の除去は、活性炭による吸着法が最も普及されている。

一方、プリント配線板の製造や、プラスチックメッキを行っているメッキ工場では、化学メッキが行われており、無機物質や有機物質の還元剤を含む廃水が排出される。これらの還元剤はCODとして測定される。

一般には、濃厚廃水は少量ずつ水洗廃水に添加して処理をしたり、別途に処理・処分をしている。水洗水として排出されるものについては、低減化対策により濃度が低下しているため、ほとんどの場合に問題になっていない。

以上のことから、次に示すシステムを採用することとする。

A. 現行の排水基準を満足する廃水処理システムに、活性炭吸着塔をキレート樹脂塔の前段に設置する。

廃水の高度処理システムのフローダイヤグラムを、図3.3.2.に示す。

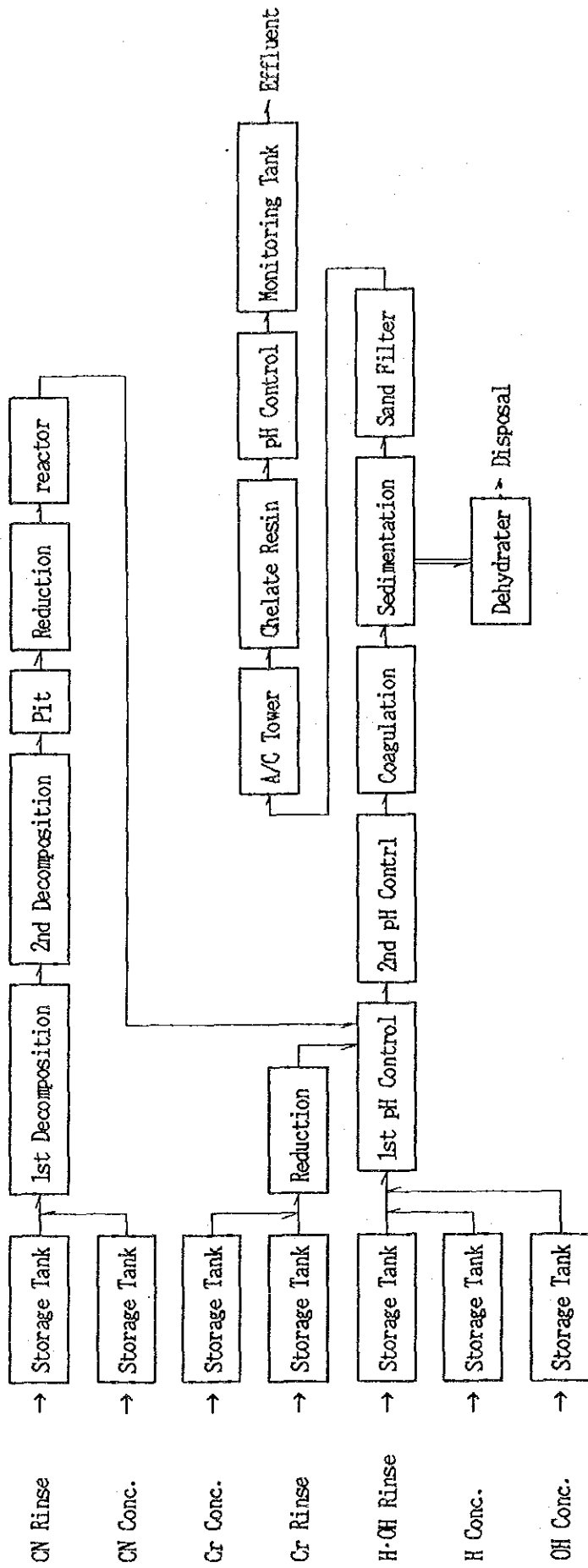


Fig. 3.3.2. The flow-diagram of the advanced treatment system

3.4 再生利用システムの選定

3.4.1 廃水の水量・水質

水洗工程に向流多段洗浄方式が採用されることによって、この水洗廃水が半高濃度廃水と水洗廃水とに分別されて排出されるとする。

3.4.2 処理水の水質

廃水の処理水質は、表3.3.1.に示すとおりとする。

再生利用水の処理水質は、導電率で $20\mu\text{S}/\text{cm}$ 以下とする。

3.4.3 最適システムの選定

再生利用システムと現行の排水基準に適合する廃水処理システムの組合せ。

A. 再生利用を図る対象廃水

第3水洗槽以降の向流多段水洗槽からの水洗廃水とする。水洗廃水の分別は、酸・アルカリ系水洗廃水、クロム系水洗廃水及びシアン系水洗廃水とする。

B. 廃水処理の対象となる廃水

a. 浴液の更新廃水

浴液の分別は、酸系高濃度廃水、アルカリ系高濃度廃水、クロム系高濃度廃水及びシアン系高濃度廃水とする。

b. 第2水洗槽の半高濃度廃水

半高濃度廃水の分別は、酸・アルカリ系半高濃度廃水、クロム系高濃度廃水及びシアン系高濃度廃水とする。

c. イオン交換樹脂の再生廃水

C. 再生利用水量

a. 再生利用を目的とする処理の対象となる水量は、現状の廃水量の60%とする。

ただし、再生利用水として回収される水量は、イオン交換樹脂の再生用水を

差し引いて、現状の廃水量の 50%と設定する。

低減対策を行った後の水洗水のような希薄廃水を再生利用すめ場合には、イオン交換樹脂を用いて廃水中の重金属を含む塩の吸着除去を行う方法が広く用いられている。

イオン交換樹脂塔は、第 1塔が強カチオン交換樹脂のみの単床式、第 2塔が弱アニオン交換樹脂と強アニオン交換樹脂の複床式である。通水方式は上向流式で、樹脂の再生方式は下向流である。

イオン交換樹脂による本処理システムと従来のシステムとを比較すると、得られる処理水質は従来方式が導電率 $10\sim 50\mu\text{S}/\text{cm}$ であるのに対し、本方式では $2\sim 10\mu\text{S}/\text{cm}$ であり、また、樹脂の再生薬品量は本方式は従来方式の $1/2$ に低減されている。このような利点によって廃水の再生利用が広く普及されたわけである。

再生利用システムと現行の排水基準を満足する廃水処理システムのフローダイヤグラムを、図 3.4.1. に示す。

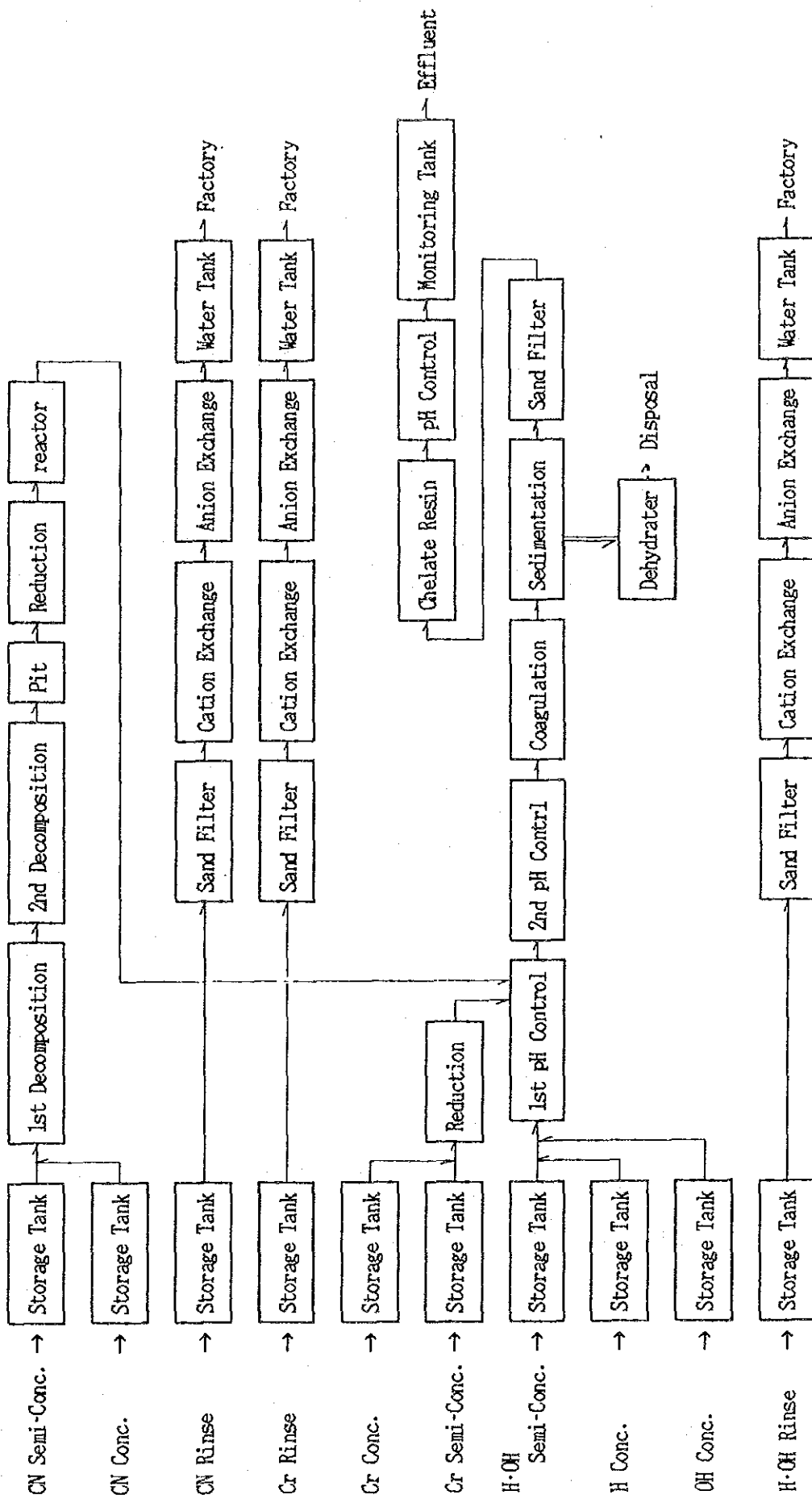


Fig. 3.4.1. The flow-diagram of the reclamation system and the treatment system satisfying the present effluent standards

3.5 最適システムの経済性

3.5.1 建設費

現在の排水基準に適合する処理システムをケース-1、COD成分の高度処理システムをケース-2、再生利用システムと廃水の現行の排水基準に適合する処理システムの組合せをケース-3として、それぞれの建設費を表3.5.1.に示す。

また、再生利用システムとCOD成分の高度処理システムの組合せであるケース-4の建設費は約1,466百万Wonであり、廃水のクローズドシステムであるケース-5の建設費は約314百万Wonである。

3.5.2 運転費

ケース-1～ケース-3の各運転費を表3.5.2.に示す。

また、ケース-4の運転費は約143.6百万Won/年であり、ケース-5の運転費は約152.9百万Won/年である。

表 3.5.1. 建設費

(百万 Won)

	ケース - 1	ケース - 2	ケース - 3
(1) 土 木 ・ 建 築	—	—	—
(2) 機 械 設 備	276	295	322
(3) 電 気 ・ 計 装 工 事	553	590	834
(4) 配 管 工 事	60	64	70
(5) 試 運 転 ・ そ の 他	30	30	40
(小 計)	919	979	1,266
(6) 諸 経 費	138	147	190
(合 計)	1,057	1,126	1,456
敷地面積 (m ²)	820	820	913
(制御室)	(120)	(120)	(120)

表 3.5.2. 運転費

(百万Won/年)

	ケース-1	ケース-2	ケース-3
(1) 薬品費	88.2	117.7	90.8
(2) 用水費	0.7	0.7	0.7
(3) 電力費	7.2	7.2	8.6
(4) 汚泥処分費	12.9	12.9	12.9
(小計)	109.0	138.5	113.0
(5) 人件費	30.5	30.5	30.5
(合計)	139.5	169.0	143.5
水量当たり (Won/m ³)	2,325	2,817	2,392

4. 財務・経済分析

4.1 所要総資本および運転費

4.1.1 建設費と所要総資本額

建設費と総資本の内訳は以下のようにまとめられる。土地代もオプションとして加えられている。土地代の総額はケース 1 および 2 で 451 百万ウォン (820 m²)、ケース 3 で 502 百万ウォン (913 m²) である。土地代単価は仁川・めっき工業団地での実際の取引価格 (平米あたり 550,000 ウォン) に基づいている。

表 4.1.1 プラント建設費

単位： 百万ウォン

	ケース 1	ケース 2	ケース 3
土木・建築費	—	—	—
機械設備費	317	339	370
電気・計装工事費	636	679	959
配管工事費	69	74	81
計	1,022	1,091	1,410

表 4.1.2 所要総資本内訳

単位： 百万ウォン

	ケース 1	ケース 2	ケース 3
プラント建設費	1,022	1,091	1,410
運転前経費	35	35	46
建設期間中金利	39	42	54
計 (1)	1,096	1,168	1,510
土地代	451	451	502
計 (1) + 土地代	1,547	1,619	2,012

4.1.2 運転費

(1) 変動費

変動費には薬品費、用水費、電力費、汚泥処分費が含まれる。費用の内訳は表4.1.3に示されている。尚、詳細は第Ⅲ章に記述されている。

(2) 固定費

固定費には労賃および維持管理費が含まれている。労賃は各ケースとも、年間30.5百万ウォンである。尚、詳細は第Ⅲ章に記述されている。一方、維持管理費はプラント建設費の1%を計上している。内訳は同じく表4.1.3.に整理されている。

表 4.1.3 運転費内訳

単位： 百万ウォン

	ケース1	ケース2	ケース3
変動費			
薬品費	88.2	117.7	90.8
用水費	0.7	0.7	0.7
電力費	7.2	7.2	8.6
汚泥処分費	12.9	12.9	12.9
小計	109.0	138.5	113.0
固定費			
労賃	30.5	30.5	30.5
維持管理費	10.6	11.3	14.6
小計	41.1	41.8	45.1
合計	150.1	180.3	158.1

4.2 財務分析

4.2.1 前提条件

財務分析にあたっては以下のような前提条件を設定した。

(1) プロジェクト分析期間等

- (a) プロジェクト期間 : 建設期間 1年間
: 運転期間 15年間
- (b) 実施機関 : 非営利の工業組合
- (c) 廃水処理施設能力 : 60,000 m³ (年間)
- (d) 回収水生産能力 : 30,000 m³ (年間) (ケース 3のみ)
- (e) 操業日数(年間) : 300 日
- (f) 操業時間(年間) : 2400時間(1日あたり 8時間)

(2) 経費の物価上昇等

この財務分析では全ての経費や価格は1992年末の固定価格で表示され、物価上昇分は見込んでいない。

(3) 法人所得税

事業主体に対する法人所得税は10%とする。これは環境汚染防止施設等の運営主体に対する法規で定めた優先税率である。

(4) 減価償却

減価償却は以下のように設定する。

- (a) 方式 : 定率法
- (b) 期間 : 15年
- (c) 残存価値 : 10%

また、建設期間中の金利は定率法で5年間で償却するものとする。

4.2.2 資金計画

総資本および運転費はすべて内貨（ウォン）で賄われるものとする。総資本のうち自己資金の占める比率は30%、一方、長期借入金の占める比率は70%とする。

単位： 百万ウォン

	比率	ケース1	ケース2	ケース3
自己資金	30 %	329	350	453
負債（長期借入金）	70 %	767	817	1,057
計	100 %	1,096	1,168	1,510

4.2.3 財務分析の手法

（1） 収益率の固定化

今回の財務分析では、財務的内部収益率(FIRROI)を固定化して、その収益率をあげるためには、（各企業から徴収する）廃水処理料金をいくりに設定すれば妥当であるかを検討している。つまり、ある目標の財務的内部収益率を達成するための料金設定を行っている。設定した収益率は10%である。

（2） 財務的内部収益率（適用指標）

2通りの内部収益率を使用する。1つは対総資本内部収益率(FIRROI)であり、もう1つは、対自己資本内部収益率(FIRROE)である。

対総資本内部収益率は、プロジェクトの総資本に対する収益率を示すもので、資金運用表における、建設期間中金利を除く総資本、運転費および収入から算出する。金利や元本返済額には影響されない。

一方、対自己資金内部収益率は、自己資金に対する収益性を示し、総資本、運転費、収入に加えて、返済条件（利子支払額、元本返済額等）も関係する。

4.2.4 財務分析結果

目標収益率(10%)を達成するための処理費水準は以下に示される。また、土地

代を加えた場合の処理費水準も併せて示されている。

	ケース 1	ケース 2	ケース 3
対総資本内部収益率(FIRROI)	10.00	10.00	10.00
対自己資金内部収益率(FIRROE)	12.02	12.04	12.02
廃水処理料(m3あたりウォン)	4.763	5.415	5.750

(土地代を含むケース)			
対総資本内部収益率(FIRROI)	10.00	10.00	10.00
廃水処理料(m3あたりウォン)	5.751	6.165	6.588

4.3 経済分析

財務分析は主に市場価格や資金運用に焦点を向けているが、経済分析は、そのプロジェクトが環境に与えた影響の便益や費用を扱っている。しかしながら、本プロジェクトは、概念設計であり、調査地域や近隣地域に対して、直接的な環境破壊が現実にあるわけではない。その結果、ケース3の再生(回収)水の便益を除き、定量的な便益の測定は不能である。そのため、この経済分析では、評価技法の紹介、ケース3の再生(回収)水の便益、そして定性的な社会経済影響について述べることとする。経済的内部収益率は計算されていない。

4.3.1 適用可能な一般手法*1

費用・便益分析に直接関連した、市場価格を利用する3種類の技法が、環境関連プロジェクトの経済評価では一般的に利用されている。1つ目は「生産高変化」アプローチであり、2つ目は「所得損失」アプローチであり、3つ目は「機会費用」アプローチである。

*1 この節の内容は主にアジア開発銀行の"Economic Analysis of the Environmental Impacts of Development Projects (1986)"によっている。

4.3.2 再生水（回収水）の便益

ケース3は、年間30,000m³の再生水を生産する。この再生水は、前述の「生産高変化」アプローチの示す便益と言える。再生水からの経済便益は、（最も低額で）同質の水を供給する代替資源の節約分である。つまり、再生水と同量の上水の生産費が、再生水のもたらす経済便益である。仁川地域の上水生産費は1m³あたり、268ウォンなので、その便益は年間で8.05百万ウォンとなる。尚、ケース1およびケース2については、この便益は算出されない。

4.3.3 社会経済効果

一般的に、めっき工業団地のような工業開発は、様々なリンケージを経て、物的社会経済的環境に損害を与えがちである。つまり、開発は、まず、気温、溶解酸素、栄養物、含塩量等の変化や沈澱物、廃棄物等によって、水、大気、土壤などに物理的变化をもたらす。このような変化は、次に生物学的転換、構成種の変化、種の多様性の低下、再生産の不可などの生態変化をもたらすこととなる。その結果、収穫減による漁民や農民の収入減、不完全就業や失業の増加、疾病発生の増加などの社会経済的損害を与えることになる。

従って、提案されている、めっき工業団地用の廃水処理プラント建設プロジェクトは、韓国政府による厳格な環境基準・規制があるので、単純にプロジェクトの有無による影響比較（便益・費用比較）を当てはめることはできないにしても、環境保全の点において非常に価値が高い。

Ⅲ. 染色工業団地

Ⅲ. 染色工業団地

1. 工業団地の状況

1.1 工業団地の概要

B工業団地は、ソウル市の南西約40kmに位置し、京畿道安山市に属する。B工業団地は、15,180,000m²の敷地に染色、食品加工、紙・パルプ、金属加工等の業種で合計1,116の工場から成る。

今回調査対象とした染色団地は61工場から成り、染色工場からの廃水は、B染色事業協同組合によって共同処理が行われている。

染色団地の概要は以下の通りである。

総面積	:	588,074m ²
投資額	:	3,000億Won
主要生産品	:	浸染加工、捺染加工
総生産能力	:	繊維類 1億4千万kg/年 布類 6億yard/年
工業用水使用量	:	60,000m ³ /日
生活用水使用量	:	5,000m ³ /日
蒸気使用量	:	440t/日
電気使用量	:	38,000kW/h
LNG使用量	:	2,440m ³ /h
工場数	:	総数61工場
総従業員数	:	10,500名

1.2 廃水、廃水処理、再生利用の状況

廃水の量・水質、廃水処理、再生利用の状況について述べる。

(1) 廃水の量

共同廃水処理場への流入廃水は、各工場の工程排水（スチーム凝縮水を含む）と雑排水であり、雨水の流入は無い。マーセライズ工程からの濃厚排水については、工場内、または専門業者に委託し、水酸化ナトリウムの回収を行っている工場もある。

廃水は、月曜日から土曜日の間流入し、日曜日は工場が休みのため流入は無い。年間を通しての廃水量の変動は、 $55,000 \sim 73,000 \text{ m}^3/\text{日}$ で、平均すると約 $60,000 \text{ m}^3/\text{日}$ となっている。廃水量は今後増大し、1996年には約 $100,000 \text{ m}^3/\text{日}$ となるものと予測されている。

工場は終日稼働のため、廃水は24時間連続して流入するが、夜間は流入水量が減少する。流入水量は、2時から6時までの間、約 $1,400 \text{ m}^3/\text{h}$ と最小となり、10時頃より急増し13時から18時までの間、約 $4,500 \text{ m}^3/\text{h}$ と最大となる。

(2) 廃水の水質

廃水および処理水の水質（計画値）を表1.2.1.に示す。廃水のpHは、9.9～10.9の間で変動し、BODは、 $220 \sim 280 \text{ mg/l}$ 、CODは $220 \sim 350 \text{ mg/l}$ 、SSは、 $80 \sim 110 \text{ mg/l}$ である。廃水の水質の変動は小さく、年間を通じてほぼ一定である。

(3) 廃水処理場の規模

当初理場は、当初 $35,000 \text{ m}^3/\text{日}$ 処理容量でスタートし、1989年増設を行った。現在の共同廃水処理場の処理容量は、 $70,000 \text{ m}^3/\text{日}$ で、旧系列および新系列の2系列で処理を行っている。処理場の概要は以下の通りである。

処理容量： $70,000 \text{ m}^3/\text{日}$

表1.2.1 廃水および処理水の水質（計画値）

Items	Influent	Effluent
pH [-]	11.5	5.8 - 8.6
BOD [mg/ℓ]	300	70
COD [mg/ℓ]	450	85
SS [mg/ℓ]	150	30
N-Hex [mg/ℓ]	20	2
Color [deg.]	400	200
Temp. [°C]	46 - 30	35 - 23

旧系列： 35,000m³/日

新系列： 35,000m³/日

敷地面積： 20,149m²

建設費： 60億 Won

旧系列： 32億 Won

新系列： 28億 Won

施工者： Kolon建設（株）、Kolon Engineering（株）

予備敷地： 3,318m²（確保分）

1.3 用排水系統の状況

各工場への用水供給の系統、再利用および廃水の排出系統の実状などについて以下に記す。

(1) 用水系統

用水系統は、上水、工業用水およびスチームの3系統がある。また、一部の工場では、地下水も利用している。上水および工業用水は安山市と契約し供給を受けており、スチームは染色団地内発電所と契約し供給を受けている。

上水は、主に工場内での生活用水に使用される。用途は、生活用水中でも飲料水のみを使用する工場から、飲料水からトイレの洗浄用水まで広範に使用する工場など様々である。染色団地全体の上水契約量は、 $5,000\text{m}^3/\text{日}$ となっている。

工業用水は、主にプロセス用水（一部生活用水）に使用される。染色団地全体の工業用水契約量は、 $60,000\text{m}^3/\text{日}$ となっている。各工場とも、工場内に工業用水の貯留槽を設けて、工業用水の供給能力の低下（特に夏期）に備えている。また、必要に応じ、砂濾過→活性炭吸着→イオン交換処理等の軟水化処理や、薬剤処理等の前処理を行いプロセス用水として使用している。工場でのヒアリング例によると、硬度 $50\sim 70\text{mg}/\ell$ の原水を、硬度 $8\sim 10\text{mg}/\ell$ 程度まで軟水化処理するとの事であった。工業用水水質は、大体良好であるが、夏期渇水時に若干悪化する場合がある。

スチームは、染色浴液や水洗水などの加温に用いられる。また、スチーム凝縮水は、工業用水に混入し使用される。ある工場では、凝縮水の一部を生活用水として用いる例も見られた。今回調査を行った工場の多くが、ボイラーを備えているが、全て緊急時の対策用である。

地下水は、主に夏期の渇水時の対策として使用されており、組合の中の数社が、利用している。地下水の汲み上げは自由にできるが、その水量は協同組合に申告されている。当染色団地は、海岸埋立て地に立地しているので、浅い井戸では海水が混入するため、井戸の深さは 160m となっている。また、水質も硬度が $200\sim 300\text{mg}/\ell$ と高いため、軟水化処理して使用されている。

(2) 工場内での再利用

工場調査の結果、工場内での用水の再利用例としては次の3パターンが見られる。

A. スチーム凝縮水の再利用

各工場とも、実施している。水質も上水並である。

B. 冷却水の水洗水への再利用

熱回収と併用し、殆どの工場で実施している。冷却水を、熱交換後に水洗水や染色浴液用に再利用する。

C. 水洗水の染色浴への再利用

淡色の染色工程水洗水を濃色の染色浴用に再利用する。工場調査を行った工場のうち、1工場のみが実施している。再利用量は、水使用量の5~10%である。

(3) 排水系統

生活排水は、工場内浄化槽に一時貯留された後、共同処理場へ排出される。浄化槽では、曝気、凝集・沈澱といった処理は特に行っていない。

各工程からの排水は、温排水と冷排水に分けられ、温排水は熱回収され後に冷排水と混合し共同処理場へ排出される。ただし、一部の工場では熱回収を行っておらず、工程排水をそのまま共同処理場へ排出している。

各工場から共同処理場への配管は1系列で、生活排水と工程排水は工場出口で混合され排出される。雨水については、別配管で海に直接放流されるため、共同処理場への流入は無い。

工場側で行っている前処理としては、次の2例が有る。

A. pH調整

調査工場中、1工場のみが、総合排水のpHを連続測定し、pHが11.0以下となるよう制御を行っているが、その他の工場では、全て成り行きまかせとなっている。

(ただし、pHを定期的に測定している工場は有る。)

B. クロム処理

クロム含有廃水を排出する工場（1工場のみ）では、 Cr^{3+} は水酸化物にして一部沈澱除去され、 Cr^{6+} は、キレート処理された後、共同処理場へ排出されている。その他、総合排水出口に、貯留槽と沈砂池を設け、廃水水質の均一化等を行っている工場もある。

1.4 廃水処理施設および再生処理施設の状況

図1.4.1.に処理施設のフローを、図1.4.2.に処理施設のレイアウトを示す。処理プロセスは、物理化学処理と生物処理の組み合わせから成る。廃水は、ポンプピットで、廃水中の重金属をキレート化処理された後調整槽に入る。調整槽以降は、2系列で処理される。

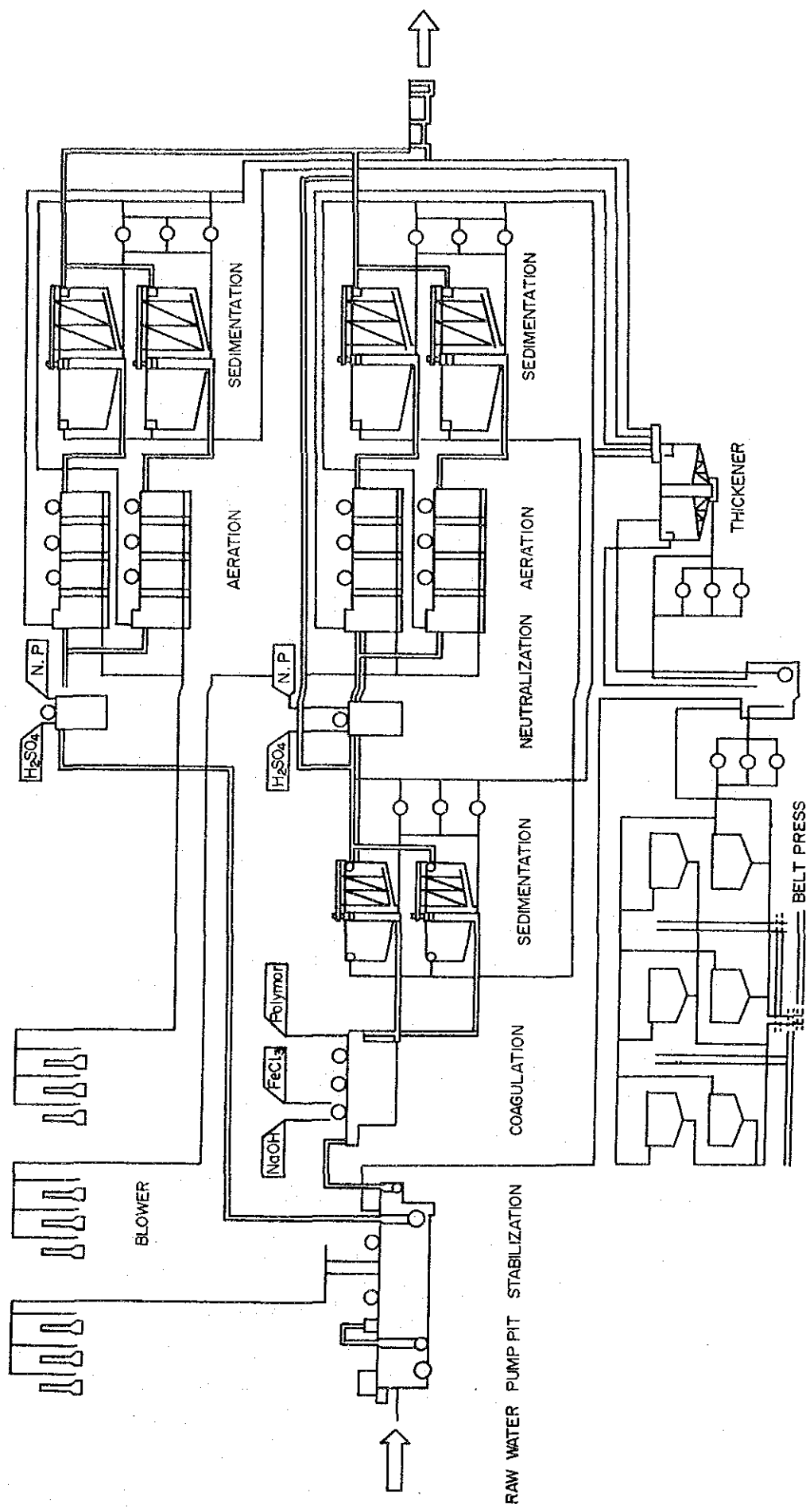


図 1.4.1. 共同処理場の処理フロー

- 1. Stabilization Tank
- 2. Coagulation Tank
- 3. Sedimentation Tank # 1
- 4. Sedimentation Tank # 2
- 5. Neutralization Tank # 1
- 6. Neutralization Tank # 2
- 7. Aeration Tank # 1
- 8. Aeration Tank # 2
- 9. Aeration Tank # 3
- 10. Aeration Tank # 4
- 11. Sedimentation Tank No. 1
- 12. Sedimentation Tank No. 2
- 13. Sedimentation Tank No. 3
- 14. Sedimentation Tank No. 4
- 15. Thickener
- 16. Sludge Tank
- 17. Dehydration Room
- 18. Effluent Tank
- 19. Chemicals Room
- 20. Transformer and Generator Room
- 21. Office, Laboratory
- 22. Director Room, Dining Room
- 23. City Water Tank

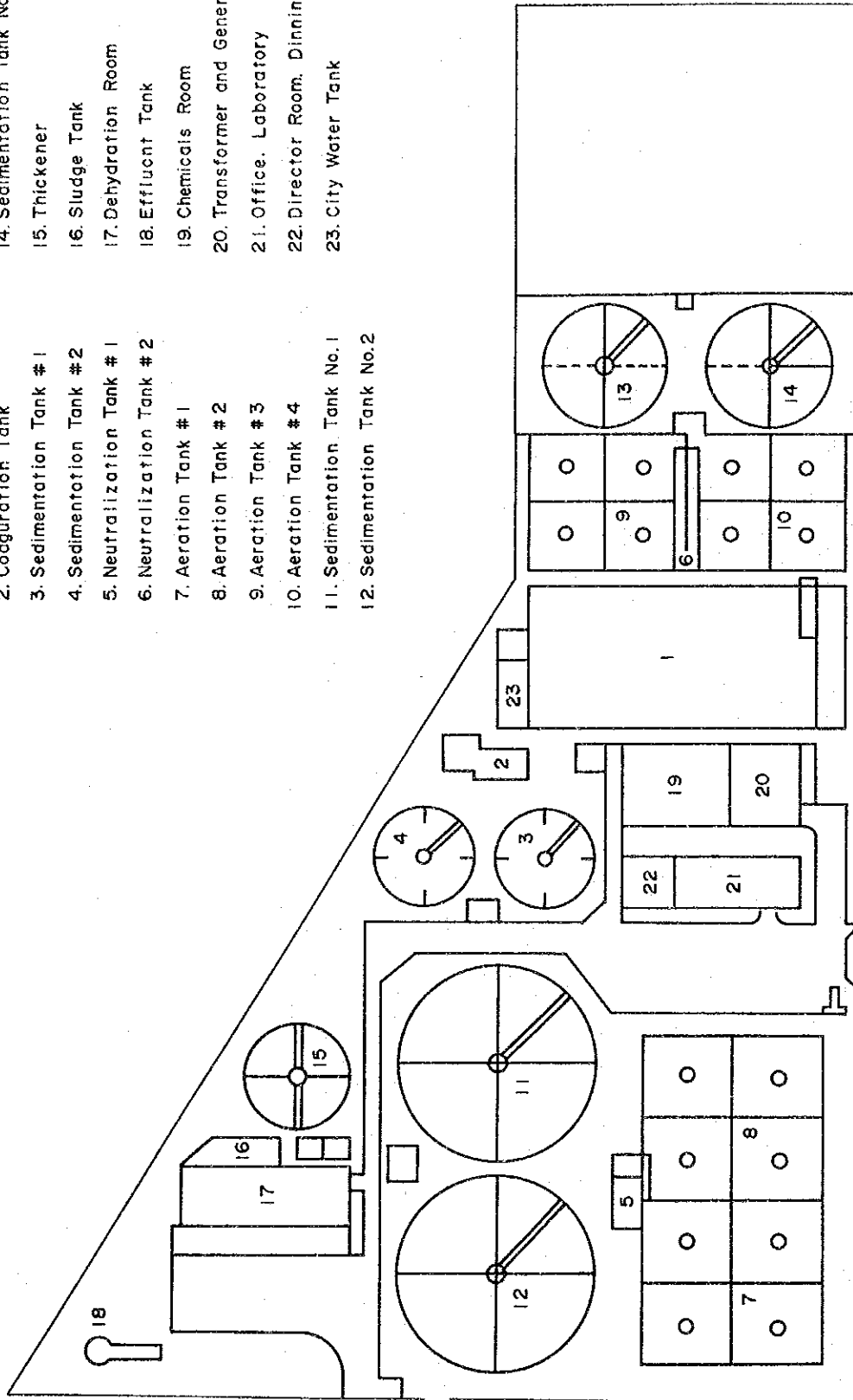


図 1.4.2. 共同処理場の処理施設レイアウト

2. 現在の廃水処理・再生利用システムの検討

2.1 現在のシステムの評価と問題点

現在の処理施設は、概ね良好であり、大きな問題は無いように見受けられるが、なお、以下の問題点が有る。

(1) 夏期の曝気容量不足について

共同処理場に受け入れる廃水の温度は、夏期に40℃を越える場合もある。また、現状のシステムの曝気方式は、表面曝気と散気管の組み合わせであり、曝気効率も必ずしも高くない。そのため、廃水温度が上昇する夏場には、曝気容量が不足しがちとなる。実際に、1991年度には曝気容量の不足が原因と思われるバルキングが発生している。現在、曝気容量不足の対策として、過酸化水素水の添加が行われている。しかしながら、使用量を誤ると、過酸化水素は、曝気槽内微生物の発生を阻害する物質にもなるので、現状の操作方法は、不安定な方法であるといえる。

(2) 廃水中に含有されるクロムについて

共同処理場に受け入れ廃水は、極微量のクロムを含有している。現在、三価クロムは、発生工場にて水酸化物にして沈澱処理されているが、沈澱槽が不備のため、その多くは、共同処理場に流入している。また、流入したクロムは、引き抜き汚泥中にも含有されるため、汚泥の処理時にも問題となる。六価クロムは、キレート処理し無害化しているものの一時的な処理に過ぎない。

(3) 還元剤の添加について

共同処理場では、二次処理水に還元剤を添加し、色度成分の除去を行っている。還元剤は、使用量を誤ると処理水のCOD濃度の増加原因ともなるため、その管理が困難である。当処理場は、還元剤の使用量に細心の注意を払っているが、そのコントロールは、経験と感にたよるところが大きい。

(4) 共同処理場の位置付けについて

当処理場は、廃水の中間的な処理場としての位置付けにあり、その処理水は、安山市の下水終末処理場にて再処理される。しかしながら、前述のように処理水の水質は、終末処理場に比べ当処理場の方が良好である。現在、終末処理場は、二次処理施設を加えた施設の改善工事を計画・実施中であるが、放流水水質を現行のまま維持する目的には、共同処理場だけでも十分な処理が可能である。

2.2 現在のシステムの改善案

ここでは、2.1 で述べた問題点について、現在の処理施設の設備・運営両面からの改善案を示す。

(1) 夏期の曝気容量不足について

現在、エジェクター方式、散気板等の高効率曝気装置が、多数開発されている。改善案として、現在の散気管に変えそれらの適用が考えられる。また、廃水温度を低下させると酸素の水中への溶解度が上昇し、曝気の効率が良くなるので冷却等を設置して、生物処理を行う以前に廃水の温度を低下させることが有効である。

(2) 廃水中に含有されるクロムについて

クロムを含む廃水を排出する工場は、全61工場中の1工場だけである。このような廃水を集中処理場で処理するのは、極めて非効率的である。クロムの処理は、排出工場内で行われるのが望ましい。排出工場内にて、廃水中の六価クロムは還元処理して三価とし、三価クロムは水酸化物にして沈澱除去した後、共同処理場に排出されるべきである。

(3) 還元剤の添加について

余剰に添加された還元剤の処理のため、還元剤で処理した後にさらに曝気処理するなどの改善案が考えられる。また、敷地面積の関係から困難とは思われるが、還元剤添加以外の脱色方法として、活性炭による吸着法、オゾン法やフェントン法などの酸化法、凝集沈澱法などがある。

(4) 共同処理場の位置付けについて

現在の共同処理場は前述のように極めて中途半端な位置づけにあり、むしろ効率が悪い。現在の共同処理場に、高度処理施設を増強し、廃水の終末処理場へ格上げすれば、より効率的な処理ができるものと思われる。

3. 最適システムの検討

3.1 基本方針

基本方針は、Ⅱ. メッキ工業団地と全く同一である。表3.1.1.に、最適システムの選定基準を示す。廃水処理については、CASE-1およびCASE-2の2ケースについて最適システムを概念設計および経済試算を行う。また、参考としてのCASE-4について最適システムを検討し、選定する。再生利用を行う場合については、基準システムであるCASE-1に再生利用を付加したCASE-3について概念設計および経済試算を行う。また、参考としてのCASE-5について最適システムを検討し、選定する。最適システムとは、表3.1.1中の各選定基準を満たす最も経済的なシステムとする。概念設計を行うシステムについては、日本国内での応用事例を参考に選定する。

最適システムの検討および選定する際の、基本的条件（共同処理場の立地および流入廃水等）を以下のように設定する。

場 所 : 安山市半月工業団地
対象廃水 : 安山市半月染色団地61工場の総合排水
水 量 : 10万 m^3 /日
日曜日は流入無し、その他の日は24h流入
平均 4,170 m^3 /h (max. 6,500 m^3 /h、min. 2,100 m^3 /h)

また、建設費、運転費の試算は、設置場所を配慮した韓国における標準的な価格を採用した。なお、運転費等の試算については、共同処理場調査時のデータを参考とする。

表3.1.1 最適システムの選定基準

Case \ Treatment Levels	Existing Standards	High Reduction of COD	Removal of irresolvable materials
Waste water treatment only	⊙	⊙	○
Waste water treatment and recycling	⊙	○	×

⊙ Will be selected

○ Studied for reference

× Will not be selected

3.2 廃水量の低減対策

(1) 検討の仕方

今回訪問調査された15工場の中から、用水の使用状況が明かにされている工場を代表に選び、その工場について具体的に廃水量の低減対策を検討する。

選定された工場の概要は以下の通りである。

工場番号	13	従業員数	130人
敷地面積	17,029m ²	補給水量	2,040m ³ /日
主要製品	綿・混紡編み物（ニット）の染色		
染色機の設置台数	液流式……………	6台	
ウインス式（またはジッガー）……………		13台	
	合計……………	19台	

(2) 廃水量の低減対策

1) 低浴比染色機の採用

この工場で使用されている染色機は、前記のように全部で19台ある。その約70%は浴比の高いウインス式であり、残りの液流式も特に低浴比型とはいえない。その平均的な浴比は概ね10程度である（工場側の説明による）。

この染色機の全部を低浴比型に変えることは不可能であるが、ウインス式の一部を置き換えることによっても、平均的な浴比を20%程度低下させることは困難ではないと思われる。

各工程はすべて回分操作であり、工程毎に別々の装置が使用されるのではなく、染色機が共用されるのが普通である。そのため、浴比が20%低下すれば、各々の洗浄用水の使用量もほぼ同率で減少するものと考えられる。

従って、この方法による節水可能量（廃水量の低減量）は、補給水使用量2040m³/日の約20%程度（400m³/日）になる。

2) カスケード使用

染色工程における冷却水の使用量は明かにされていないが、相当の量が水洗工程の使用水量 $1,200\text{m}^3/\text{日}$ の中に含まれていることは間違いない。

ウインス式の場合は冷却水は洗浄用水中に含まれてしまうが、液流式に置き換えると間接冷却方式となるので、その排水が洗浄用水にカスケード使用されることが可能となる。

水洗工程の用水量 $1,200\text{m}^3/\text{日}$ の内、40%程度（約 $500\text{m}^3/\text{日}$ ）が冷却水と考えると、カスケード使用を徹底することによって $200\sim 300\text{m}^3/\text{日}$ 程度の節水は可能である。

3) まとめ

検討した廃水量の低減対策をまとめると、以下のようなになる。

低減方法	低減可能量 $\text{m}^3/\text{日}$	説明
1. 低浴比型染色機の採用	400	ウインス式染色機を液流式に置き換え
2. カスケード使用の実施	200～300	間接冷却水の排水を洗浄用水に使用
合 計	600～700	

すなわち、廃水量の低減可能量は補給水量の約30%程度になる。

3.3 廃水処理システムの選定

廃水処理システムの2システム（現行の排水基準に適合する処理、COD成分の高度処理）について最適システムを検討し、選定する。

3.3.1 現行の排水基準に適合するするシステム（CASE-1）

（1）処理水質

表3.3.1.に排水基準および処理水質の計画値を示す。排水基準は、1996年1月1日から適用される値であり、処理水質の計画値はこの値を基準として設定した。

（2）処理システム

染色廃水の処理法と言っても特別の方法があるわけでない。対象とする工場の廃水性状や排水基準に応じて、既存の処理技術を組み合わせて対応しているのが現状である。染色廃水中には、種々の汚濁物質が存在する。それらを有機物と無機物に分類した場合、環境保全上主として問題となるのは、有機物である。従って、有機物の除去に有効な方法であれば、基本的には染色廃水処理法として適用が可能である。しかし、染色廃水が他の産業廃水と異なるのは、染料や界面活性剤と言った難生分解性の有機物を含有する点である。

現在行われている染色廃水の主な処理方法は、活性汚泥を代表とする好気性生物処理法、凝集剤による沈降および浮上分離法、活性炭吸着法、オゾンなどによる化学的酸化法などである。一般に、BOD成分の除去に生物処理法が用いられ、COD成分や色度成分の除去にその他の処理法が用いられている。BOD成分のみならずCOD成分、色度成分等の高い除去率が求められた場合、これらの単一の処理では、技術的あるいは経済的に困難であり、いくつかの処理方法の組み合わせにより対応するのが一般的である。

当処理場の場合、処理水量が100,000m³/日と多く、BOD成分の除去は、生物処理法が最も経済的である。ただし、生物処理法のみでは、計画値までの色度およびCOD成分の除去が困難であり、COD成分の除去操作が必要である。COD成分の除去に関しては、経済性から凝集沈澱法を採用する。本システムの主処理方式は、

表 3.3.1 CASE-1 処理水質計画値

Items		Effluent Standards	Design Criteria
pH	[-]	5.8 ~ 8.6	5.8 ~ 8.6
BOD	[mg/ℓ]	<80	30
COD	[mg/ℓ]	<90	80
SS	[mg/ℓ]	<80	50
n-Hexane	[mg/ℓ]		<10
Color	[deg.]	<400	400
Temparaure	[°C]	<40	<40

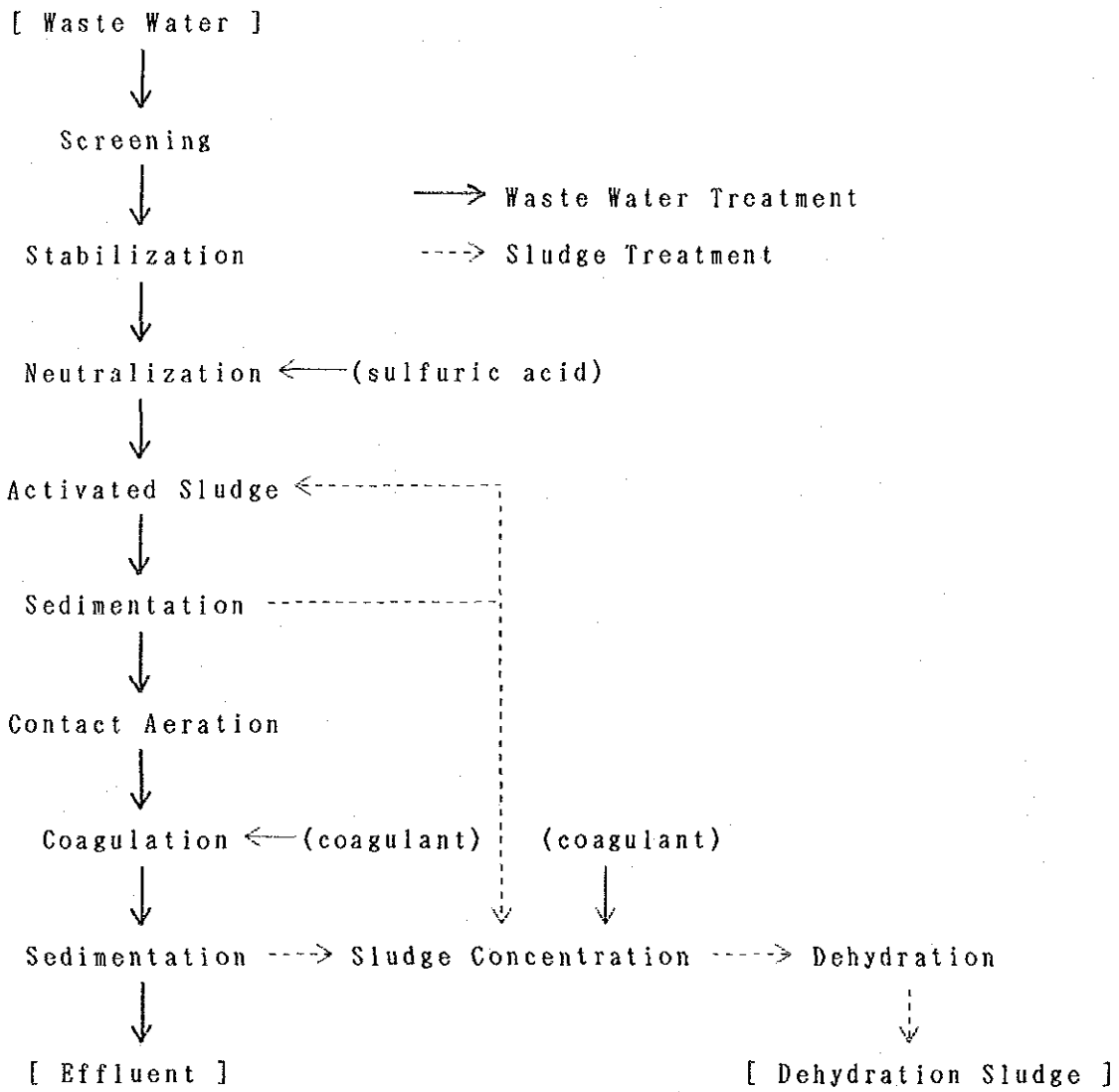


図 3.3.1. CASE - 1 処理フローダイヤグラム

生物処理法と凝集沈澱法の組み合わせとする。

図3.3.1.に選定した処理システムのフローダイヤグラムを示す。主な装置の役割は、以下の通りである。

- ・スクリーン SSのうち繊維屑、布片などの粗大なものの除去。
- ・沈砂池 SSのうち繊維屑、土砂などの中程度の大きさのものの除去。
- ・調整槽 廃水流量、水質などの均一化。
- ・中和槽 pH調製。
- ・活性汚泥槽槽 溶存性BOD、COD成分およびコロイド性BOD、COD成分の生物学的除去
- ・第一沈澱槽 余剰汚泥の沈澱除去
- ・接触酸化槽 溶解性BOD、COD成分およびコロイド性BOD、COD成分の生物学的除去
- ・凝集槽 溶存性、コロイド性 COD成分の凝集
- ・第二沈澱槽 凝集済みの COD成分の沈澱除去
- ・ベルトプレス 発生汚泥の脱水

処理コストの低減のため、廃水中の汚濁物質はできる限り生物処理法で除去するものとする。そこで、生物処理法は、活性汚泥法と接触酸化法の二段で構成した。凝集沈澱を生物処理の後段には配置するのは、固液分離を良くするためと、凝集剤の使用量の低減を目的としたためである。

3.3.2 COD成分の高度処理システム (CASE-2)

(1) 処理水質

表3.3.2.に韓国における工業団地廃水終末処理施設に関する排水基準(1996年1月1日より適用)および処理水質の計画値を示す。本システムは、共同処理場が終末廃水処理施設に格上げされる場合を想定し、処理水質の計画値を設定した。

表 3.3.2. C A S E - 2 处理水质計画値

Items	Effluent Standards	Design Criteria
pH [-]	5.8 ~ 8.6	5.8 ~ 8.6
BOD [mg/ℓ]	<30	20
COD [mg/ℓ]	<40	40
SS [mg/ℓ]	<30	20

(2) 処理システム

処理方式は、CASE-1の処理施設にCOD成分の高度処理施設を加え、CASE-1処理水の部分処理を行うものとした。高度処理水量は、 $80,000\text{m}^3/\text{日}$ とし、未処理分 $20,000\text{m}^3/\text{日}$ と混ぜて放流する。COD成分の高度除去は、経済性から活性炭吸着法を選定した。処理システムのフローダイアグラムを図3.3.2.に示す。

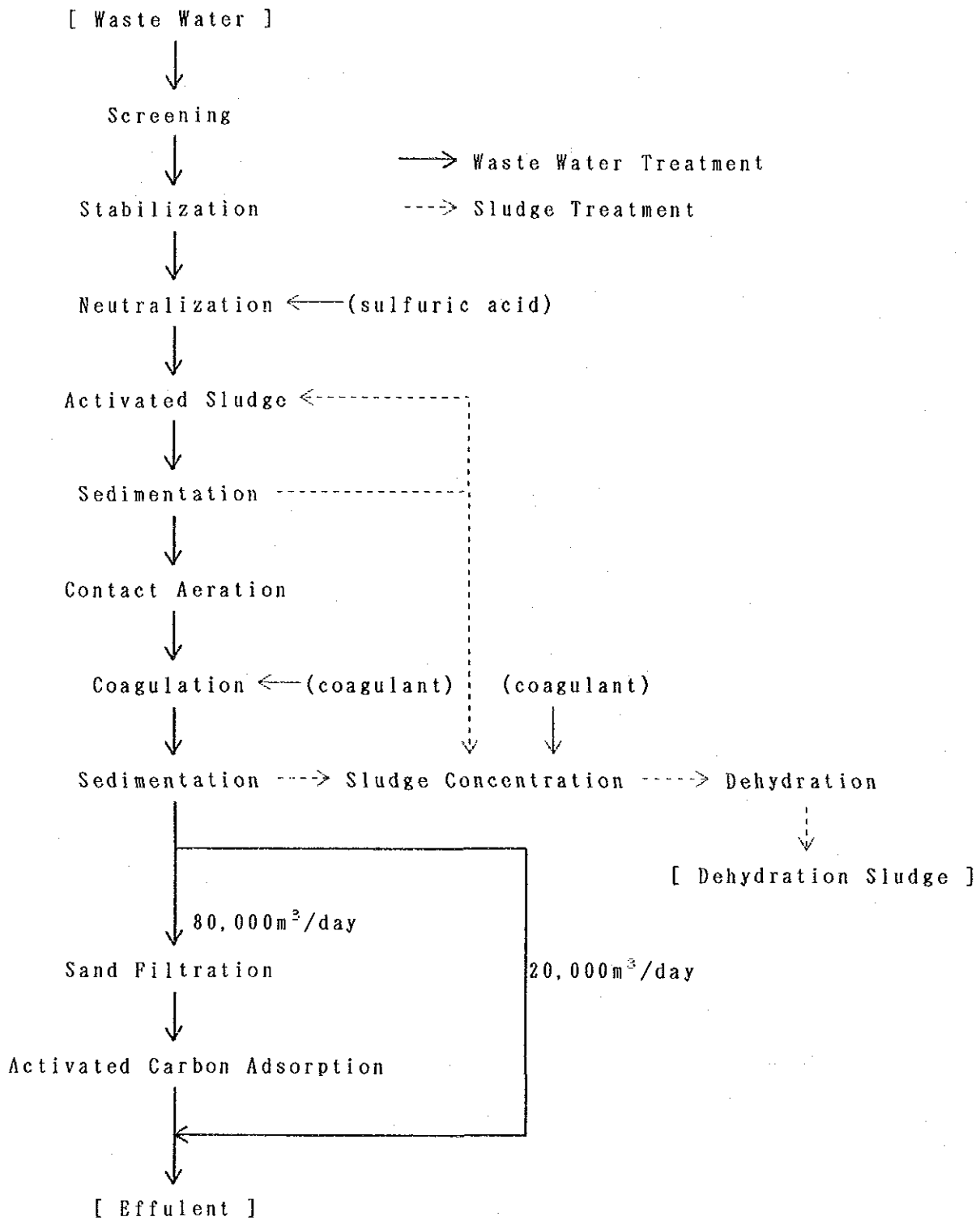


図 3. 3. 2. C A S E - 2 処理フローダイヤグラム

3.4 再生利用システムの選定

現行の排水基準に適合する処理システム（CASE-3）

（1）再生水量

再生水は、製品への影響が比較的小さいと思われる染色の前処理工程（糊抜き工程、精練工程、漂白工程およびマーセライジング工程）に使用するものとする。

安山市染色工業団地で調査した15工場中、工程別水使用量データのある13工場のデータを基に、全水使用量に占める前処理工程での水使用量割合を算出し、再生水使用量を推定する。13工場の前処理工程水使用量の合計は4,800m³/日で、水総使用量 18,600m³/日の約26%を占める。再生水量は、水総使用量の20%（20,000m³/日）とする。

（2）再生水質

日本では、染色廃水処理水を工場内プロセス用水として再利用している例は無い。しかしながら、どの程度の水質にすればどの工程に再利用が可能になるかといった水質面の検討や、処理水を製造工程に使用した場合の製品に及ぼす影響等に関する研究が行われている。ここでは、長沢の行った試験結果を参考に、再生水水質を表3.4.1.の通りとした。なお、廃水処理分の水質は、CASE-1と同等（表3.3.1.）とする。

（3）処理システム

図3.4.1 に、処理システムのフローダイヤグラムを示す。再生処理は、CASE-1の処理後に20,000m³/日のみ行う。再生処理方式は、オゾン酸化法と活性炭吸着法との組み合わせとした。

オゾン酸化法は、選択性を持っており

- ① 不飽和結合を持つオレフィン系やアセチレン系化合物
- ② 芳香族単環・縮合環化合物
- ③ 炭素-窒素二重結合を持つ化合物
- ④ アミン、硫化物など

表 3.4.1 CASE-3再生水水質

Items	Design Criteria
pH [-]	6.7~7.4
Turbidity [deg.]	< 5
COD [mg/l]	<10
SS [mg/l]	< 2

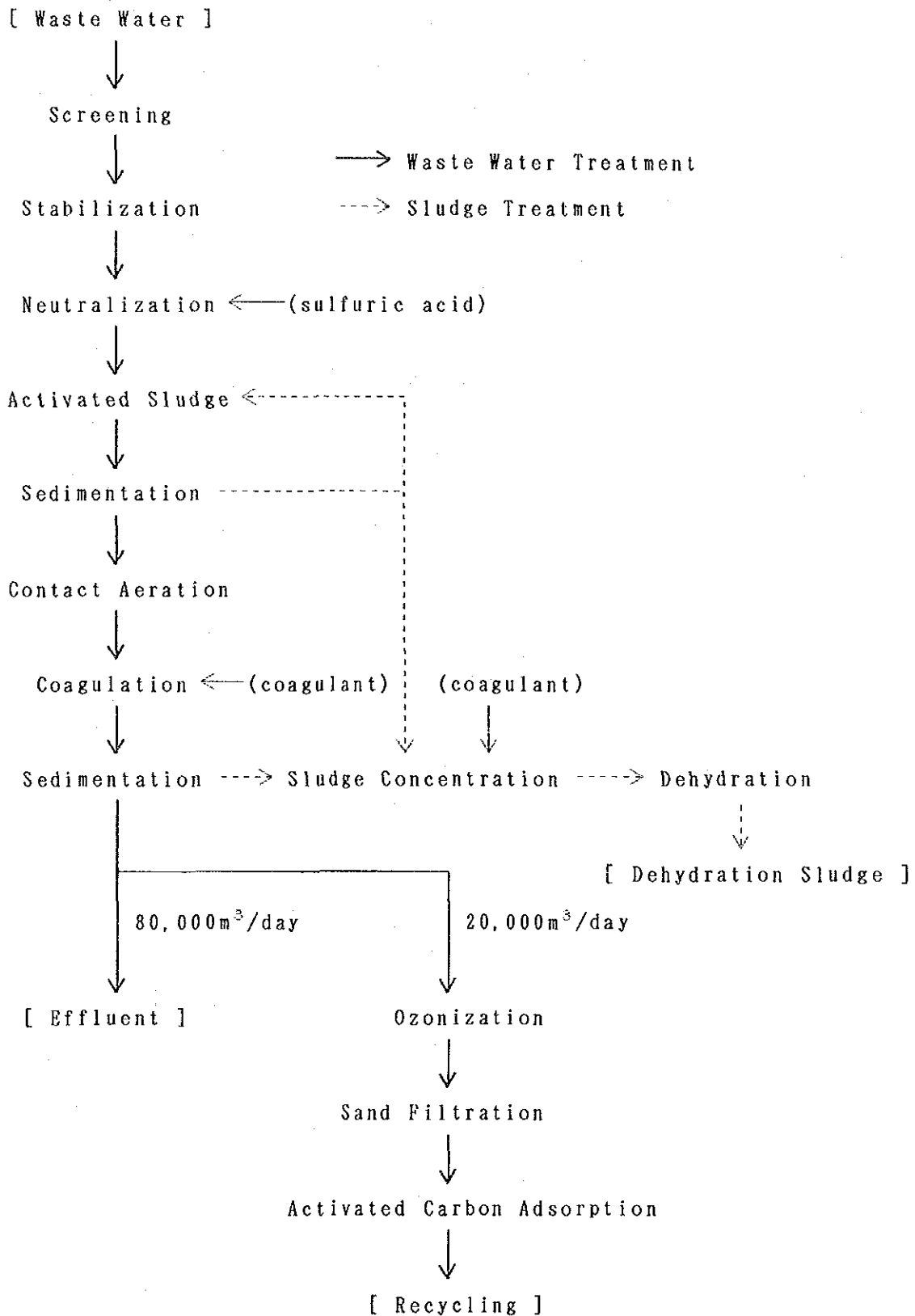


図 3.4.1. CASE - 3 処理フローダイヤグラム

⑤ アルコール、エーテル、アルデヒドなどの酸素を含む化合物等が、選択的に酸化されやすい。ここでは、再生水が製品に及ぼす影響を最小とするよう、これら活性の高い化合物の分解にオゾン酸化法を用いることとした。

ただし、オゾン酸化のみでは、有機物を完全に二酸化炭素と水まで分解するのは困難であり、また、処理コストも高い。そのため、再生水処理の最終処理には、活性炭吸着法を用いるものとした。

3.5 最適システムの経済性

上記で選定した3システム(CASE-1、-2、-3)について経済試算を行い、建設費、運転費等を算出する。

3.5.1 建設費

試算された建設費は、以下の通りである。

CASE-1	654億 Won
CASE-2	777億 Won
CASE-3	854億 Won

積算ベースは、1992年2月韓国価格である。表3.5.1に各ケースの建設費の内訳を示す。

表3.5.1 建設費内訳

(1,000,000Won)

Items	CASE-1	CASE-2	CASE-3
Civil and Architectural Work	45,800	54,500	50,000
Machinery and Equipments	8,200	9,900	20,700
Electrical Work	1,100	1,300	1,500
Piping Work	1,500	1,600	1,700
Test Run etc.	300	300	400
Sub-Total	56,900	67,600	74,300
Overhead(15%)	8,500	10,100	11,100
Total	65,400	77,700	85,400

3.5.2 運転費

運転費の試算値は、以下の通りである。

CASE-1	93.7億 Won/年
CASE-2	188.4億 Won/年
CASE-3	135.4億 Won/年

ただし、処理場の稼働日数は、300日/年とした。

表3.5.2～4に、各ケースの薬品費、用水費、電力費及び汚泥処理費の内訳を示す。

表3.5.2 CASE-1薬品費、用水費、電力費及び汚泥処理費の内訳

Items	Consumption	Unit Price	Cost [Won/m ³]	Cost [10 ⁸ Won/Y]
Chemicals				
H ₂ SO ₄	30,090kg/day	63Won/kg	18.96	5.69
NaOH	10,980kg/day	149Won/kg	16.35	4.91
PAC	49,900kg/day	185Won/kg	92.32	27.70
A-Polymer	283kg/day	1,700Won/kg	48.11	14.43
K-Polymer	83kg/day	3,150Won/kg	26.15	7.85
Sub-Total			201.89	60.57
Industrial Water	500m ³ /day	110Won/m ³	0.55	0.17
Electricity	50,218kW/day	60Won/kW	30.13	9.04
Sludge Disposal	164 t/day	46,800Won/t	76.75	23.20
Total			309.32	92.98

表 3.5.3 CASE-2薬品費、用水費、電力費及び汚泥処理費の内訳

Items	Consumption	Unit Price	Cost [Won/m ³]	Cost [10 ⁸ Won/Y]
Chemicals				
H ₂ SO ₄	30,090kg/day	63Won/kg	18.96	5.69
NaOH	10,980kg/day	149Won/kg	16.35	4.91
PAC	49,900kg/day	185Won/kg	92.32	27.70
A-Polymer	283kg/day	1,700Won/kg	48.11	14.43
K-Polymer	83kg/day	3,150Won/kg	26.15	7.85
A/C Reclamation	20,000kg/day	1,021Won/kg	204.20	61.26
Sub-Total			406.09	154.68
Industrial Water	500m ³ /day	110Won/m ³	0.55	0.17
Electricity	53,674kW/day	60Won/kW	32.20	9.66
Sludge Disposal	164 t/day	46,800Won/t	76.75	23.03
Total			515.59	187.78

表 3.5.4 CASE-3薬品費、用水費、電力費及び汚泥処理費の内訳

Items	Consumption	Unit Price	Cost [Won/m ³]	Cost [10 ⁸ Won/Y]
Chemicals				
H ₂ SO ₄	30,090kg/day	63Won/kg	18.96	5.69
NaOH	10,980kg/day	149Won/kg	16.35	4.91
PAC	49,900kg/day	185Won/kg	92.32	27.70
A-Polymer	283kg/day	1,700Won/kg	48.11	14.43
K-Polymer	83kg/day	3,150Won/kg	26.15	7.85
A/C Reclamation	5,000kg/day	1,021Won/kg	51.05	15.32
Sub-Total			252.94	75.88
Industrial Water	500m ³ /day	110Won/m ³	0.55	0.17
Electricity	196,810kW/day	60Won/kW	118.09	35.43
Sludge Disposal	164 t/day	46,800Won/t	76.75	23.20
Total			448.33	134.68

4. 財務・経済分析

4.1 所要総資本および運転費

4.1.1 建設費と所要総資本額

建設費と総資本の内訳は以下のようにまとめられる。土地代もオプションとして加えられている。土地代の総額はケース1で17,160百万ウォン(42,900 m²)、ケース2およびケース3で19,360百万ウォン(48,400 m²)である。土地代単価は安山市の染色工業団地での実際の取引価格(平米あたり400,000ウォン)に基づいている。

表 4.1.1. プラント建設費

単位： 百万ウォン

	ケース1	ケース2	ケース3
土木・建築費	52,642	62,643	57,470
機械設備費	9,425	11,379	23,792
電気・計装工事費	1,264	1,494	1,724
配管工事費	1,724	1,839	1,954
計	65,055	77,355	84,940

表 4.1.2. 所要総資本内訳

単位： 百万ウォン

	ケース1	ケース2	ケース3
プラント建設費	65,055	77,355	84,940
運転前経費	345	345	460
建設期間中金利	3,727	4,431	4,867
計(1)	69,127	82,131	90,267
土地代	17,160	19,360	19,360
計(1) + 土地代	86,287	101,491	109,627

4.1.2 運転費

(1) 変動費

変動費には薬品費、用水費、電力費、汚泥処分費が含まれる。費用の内訳は表4.1.3.に示されている。尚、詳細は第3章に記述されている。

(2) 固定費

固定費には労賃および維持管理費が含まれている。労賃は各ケースとも、年間70百万ウォンである。尚、詳細は第3章に記述されている。一方、維持管理費はプラント建設費の1%を計上している。内訳は同じく表4.1.3.にまとめられている。

表 4.1.3 運転費内訳

単位： 百万ウォン

	ケース1	ケース2	ケース3
変動費			
薬品費	6,057	15,468	7,588
用水費	17	17	17
電力費	904	966	3,543
汚泥処分費	2,320	2,320	2,320
小計	9,298	18,771	13,468
固定費			
労賃	70	70	70
維持管理費	654	777	854
小計	724	847	924
合計	10,022	19,618	14,392

4.2 財務分析

4.2.1 前提条件

財務分析にあたっては以下のような前提条件を設定した。

(1) プロジェクト分析期間等

- (A) プロジェクト期間 : 建設期間 2年間
: 運転期間 15年間
- (B) 実施機関 : 非営利の工業組合
- (C) 廃水処理施設能力 : 30 百万 m³ (年間)
- (D) 回収水生産能力 : 6 百万 m³ (年間) (ケース3のみ)
- (E) 操業日数 (年間) : 300日
- (F) 操業時間 (年間) : 7,200時間 (24時間操業)

(2) 経費の物価上昇等

この財務分析では全ての経費や価格は1992年末の固定価格で表示され、物価上昇分は見込んでいない。

(3) 法人所得税

事業主体に対する法人所得税は10%とする。これは環境汚染防止施設等の運営主体に対する法規で定めた優先税率である。

(4) 減価償却

減価償却は以下のように設定する。

- (A) 方式 : 定率法
- (B) 期間 : 15年
- (C) 残存価値 : 10%

また、建設期間中の金利は定率法で5年間で償却するものとする。

4.2.2 資金計画

総資本および運転費はすべて内貨（ウォン）で賄われるものとする。総資本のうち自己資金の占める比率は 30%、一方、長期借入金の占める比率は 70%とする。

単位： 百万ウォン

	比率	ケース 1	ケース 2	ケース 3
自己資金	30 %	20,738	24,639	27,080
負債（長期借入金）	70 %	48,389	57,491	63,186
計	100 %	69,127	82,131	90,267

4.2.3 財務分析の手法

(1) 収益率の固定化

今回の財務分析では、財務的内部収益率(FIRROI)を固定化して、その収益率をあげるためには、（各企業から徴収する）廃水処理料金をいくらに設定すれば妥当であるかを検討している。つまり、ある目標の財務的内部収益率を達成するための料金設定を行っている。設定した収益率は 10%である。

(2) 財務的内部収益率（適用指標）

2通りの内部収益率を使用する。1つは対総資本内部収益率(FIRROI)であり、もう1つは、対自己資本内部収益率(FIRROE)である。

対総資本内部収益率は、プロジェクトの総資本に対する収益率を示すもので、資金運用表における、建設期間中金利を除く総資本、運転費および収入から算出する。金利や元本返済額には影響されない。

一方、対自己資金内部収益率は、自己資金に対する収益性を示し、総資本、運転費、収入に加えて、返済条件（利子支払額、元本返済額等）も関係する。

4.2.4 財務分析結果

目標収益率(10%)を達成するための処理費水準は以下に示される。また、土地代を加えた場合の処理費水準も併せて示されている。

	ケース 1	ケース 2	ケース 3
対総資本内部収益率 (FIRROI)	10.00	10.00	10.00
対自己資金内部収益率 (FIRROE)	7.60	7.64	7.62
廃水処理料 (m3あたりウォン)	625	1,000	860
(土地代を含むケース)			
対総資本内部収益率 (FIRROI)	10.00	10.00	10.00
廃水処理料 (m3あたりウォン)	690	1,073	933

4.3 経済分析

財務分析は主に市場価格や資金運用に焦点を向けているが、経済分析は、そのプロジェクトが環境に与えた影響の便益や費用を扱っている。しかしながら、本プロジェクトは、概念設計であり、調査地域や近隣地域に対して、直接的な環境破壊が現実にあるわけではない。その結果、ケース3の再生（回収）水の便益を除き、定量的な便益の測定は不能である。そのため、この経済分析では、評価技法の紹介、ケース3の再生（回収）水の便益、そして定性的な社会経済影響について述べることにする。経済的内部収益率は計算されていない。

4.3.1 適用可能な一般手法*1

費用・便益分析に直接関連した、市場価格を利用する3種類の技法が、環境関連プロジェクトの経済評価では一般的に利用されている。1つ目は「生産高変化」アプローチであり、2つ目は「所得損失」アプローチであり、3つ目は「機会費用」アプローチである。

4.3.2 再生水（回収水）の便益

ケース3は、年間6百万 m^3 の再生水を生産する。この再生水は、前述の「生産高変化」アプローチの示す便益と言える。再生水からの経済便益は、（最も低額で）同等の水を供給する代替資源の節約分である。つまり、再生水と同量の上水の生産費が、再生水のもたらす経済便益である。安山地域の上水生産費は1 m^3 あたり、305ウォンなので、その便益は年間で1,828百万ウォンとなる。尚、ケース1およびケース2については、この便益は算出されない。

4.3.3 社会経済効果

一般的に、染色工業団地のような工業開発は、様々なリンクを経、物的

*1 この節の内容は主にアジア開発銀行の"Economic Analysis of the Environmental Impacts of Development Projects (1986)"によっている。

社会経済的環境に損害を与えがちである。つまり、開発は、まず、気温、溶解酸素、栄養物、含塩量等の変化や沈澱物、廃棄物等によって、水、大気、土壌などに物理的变化をもたらす。このような変化は、次に生物学的転換、構成種の変化、種の多様性の低下、再生産の不可などの生態変化をもたらすこととなる。その結果、収穫減による漁民や農民の収入減、不完全就業や失業の増加、疾病発生が増加などの社会経済的損害を与えることになる。

従って、提案されている、染色工業団地用の廃水処理プラント建設プロジェクトは、韓国政府による厳格な環境基準・規制があるので、単純にプロジェクトの有無による影響比較（便益・費用比較）を当てはめることはできないにしても、環境保全の点において非常に価値が高い。

IV. 総 合 評 価

IV. 総合評価

1. メッキ工業団地

1.1 最適システムの評価と問題点

1.1.1 技術的な評価と問題点

ここに選定された最適システムは、通常の電気メッキが行われている工場から成る工業団地において、その総合廃水を完全に処理できるシステムである。

このシステムは以下のような特徴をもっている。

(1) 予想される廃水の水量及び水質の変動に十分対処できる。

廃水の受水槽の容量をはじめ、処理工程の各所に十分な余裕がとられているので、廃水の水量・水質の或程度の変動に対し、柔軟に対処できる。

(2) 運転操作は完全に自動化されている。

現状のシステムはほとんど自動化されておらず、多数の運転要員が必要とされる。しかし、この最適システムの運転操作は完全に自動化されており、運転要員の数は現状に比べて大幅に少なくなるように計画されている。

(3) 運転制御用の計器が十分に設置されている。

最適システムの各工程には水質等の制御用計器が設置されており、運転員によって常に各部の運転状態が把握できるようになっている。現状のシステムでは制御用の計器は極めて少なく、運転員の目視に頼る部分が極めて多い。このために多くの問題が発生している事はすでに述べた。この最適システムではこのような問題は発生しない。

(4) 極めてコンパクトな配置になっている。

機器の配置は、操作が容易に行うことが出来て、しかも必要な面積はできるだけ少なくなるように配慮されている。その結果、S社の現状(約660m²)とあま

り変わらない面積（約700m²、但し脱水機室及び操作室を除く）に収められ、一方操作性は大幅に向上されている。

しかしながら、いかに完全なシステムでも、計画の前提条件が変わればその機能を十分に果たすことはできない。今回の計画の主な前提条件は下記の通りである。

（1）工業団地を形成している工場は、電気メッキが実施されている工場が主体をなしていること。

今回調査した工業団地においても、電気メッキ以外にアルマイト、化学メッキが行われている工場が各1存在している。しかし、全体の排水量に占めるこれらの工場の比率が極めて小さいため、廃水処理にはほとんど影響がなかった。

同じメッキ工程であっても、電気メッキと化学メッキでは使用されている薬品の種類が大幅に異なり、排出される廃水の性質もまた異なってくる。

従って、工業団地が形成されるばあい、立地する工場は十分に検討されて、ほぼ同一の製造工程を有する工場のみを選んで立地させることが重要である。

（2）各工場では、十分な廃水量の低減対策が実施されていること。

廃水処理が効率的に行われるためには、各工場から排出される廃水量が十分に低減され、少量で濃厚な廃水が共同処理場に流入することが必要である。

この事項は、工場の操業が開始され、廃水が流入し始める時点ですでに実施されていなければならない。

（3）各工場から排出される廃水は、成分・濃度に従って完全に分別されていること。

メッキ工場から排出される廃水は、すでに述べたように①シアン系、②クロム系、及び③酸・アルカリ系、に大別される。廃水処理のシステムは、全てこの分別を前提として計画されており、もしこの分別が崩れることになると、廃水処理は全く不可能となる。さらに、シアン系と酸・アルカリ系が混合されるような事がおこれば、猛毒であるシアンガスが発生する恐れがあるので、この分別は厳密に実施されなければならない。

上記の前提条件に従う範囲において、ここで選定されたシステムは、メッキ工業団地の共同廃水処理システムとして最適のものと言える。

1.1.2 経済的な評価と問題点

Ⅱ. メッキ工業団地、4.2財務分析に示されている通り、この最適システムの経済性はかなり良好である。その理由としては以下の項目が考えられる。

(1) かなり高い処理料金の設定

メッキ工場の廃水は処理が困難で、しかも処理不十分で放流された場合の影響が極めて大きい廃水なので、処理料金をかなり高く設定することができる。実際に法律で定められた処理料金（ただし廃水処理業者の受託手数料）は、今回の算出値（Ⅱの4.2.4.財務分析結果 CASE-1によれば $4,763\text{Won}/\text{m}^3$ ）よりかなり高い値になっている。

(2) 適正な薬品・電力の消費

廃水処理のシステムとしては十分なものが計画されたので、プラント建設費は現状のものよりもかなり高くなったが、一方計器の装備が充実されたので運転管理が十分行えるようになった。そのため無駄な薬品や電力の消費がなくなり、運転費の内の変動費が必要最低限度に抑えられるようになった。

(3) 完全な運転の自動化

運転が完全に自動化されたため、運転に要する人件費が大幅に削減できた。現状の運転要員は6名であるのに対し、このシステムでは僅か2名に過ぎない。

(4) 低金利資金の使用

この財務分析では、低金利（7%）の公的資金が使用できることが想定されている。この金利は、市中一般の金利（12~15%位）と比べるとかなり有利である。

ただ、日本の公的金利に比べるとやや高いが、これは両国の経済的・社会的条件の相違に依ることなので、ここで比較検討する問題ではない。なお、日本の融

資制度及び優遇税制の概略を、Ⅶ. 付属資料、2. 参考資料の(6)(7)に示す。

ただ、この様な良好な経済性が保たれるためには、以下の条件が保たれることが必要である。

(1) 装置の保守・管理の徹底

処理システムが完全に稼働されないことには、健全な経済性は保たれない。そのためには、平生から装置の保守・管理に必要な費用と人手をかけておくことが重要である。

(2) 適正な処理料金の設定

廃水処理に要する費用は、廃水の水質（成分、濃度等）により大幅に異なるので、廃水を排出する工場側と事前に良く協議して、水質に見合った適正な料金を設定しておく必要がある。

(3) 適正な廃水の受け入れ

廃水を受け入れるに際しては、必ずその水質・水量を測定し、料金受取の基礎とせねばならない。また、その水質が処理のために不適切な場合は、受け入れを断ることが、健全な経済性を保つ為に必要である。

(4) 異常な処理状態の発生の防止

(3) に示した処置が実施されていても、廃水を排出する工場側の誤り或いは故意によって異常な廃水が流入し、処理が不能となる場合が予想される。

このような状態に対処する技術的課題とは別に、そのような状態の再発を防ぐために、異常状態発生の原因となった工場にたいし何等かの制裁（例えば廃水の受け入れ拒否、高価な制裁金の徴収等）が行えるよう、予め制度が定められていることが好ましい。

システムの技術的評価と経済的評価は密接に結び付いており、前者に優れたシステムは後者にも優れている場合が多い。今回選定したシステムは、両者に優れ

た最適システムと言える。

1.2 最適システム導入に関する提言

Ⅱ、及びⅣの1.1の各項目において、すでに多くの問題点や提言が示されているので、ここでは箇条書きで簡潔にしめす。

(1) 十分な事前検討の実施

新たに廃水の共同処理場が建設される場合、予想される廃水の水量・水質及びそれらの変動範囲が十分に検討され、基本的な設計条件が正しく設定されなければならない。

ただ、新設される工業団地の場合はまだ工場が立地していないので、実際の工場について調査する事ができない。そのような場合には、本報告書にも示されているような既存工場に関するデータが多く収集され、そのデータに基づいて出来るだけ正確な予想がなされることが必要である。

(2) 廃水処理に関する知識の工場側に対する徹底

共同処理場が良好に運転されるか否かは、処理される廃水が計画通り排出されるか否かにかかっている。そのためには廃水が排出される各工場において、常に廃水処理が考慮されながら生産設備が運転されるなければならない。

共同処理場は常に各工場の生産担当の技術者に対し、廃水処理についての技術・情報を伝え、廃水処理に関する知識の向上を図ることが重要である。

(3) 適正な処理料金体系の設定

既にⅣの1.1.2に述べられているが、いったん設定された料金体系は容易に変更され得ないので、廃水処理が開始される以前に廃水を排出する工場側と協議して、両者によって納得される料金体系が設定されるべきである。

(4) 受け入れる廃水の完全な監視

いかに正しい廃水処理計画や妥当な料金体系が作成されていても、受け入れて

いる廃水の水量や水質が把握されていなければ、良好な共同処理場の運転及び運営は期待できない。

受け入れている廃水の水量及び水質は、常に計測機器によって連続的に計測され、その結果が直ちに装置の運転や処理場の運営に反映されるべきである。

(5) 廃水処理に従事する技術者・運転員の重要視と十分な訓練の実施

これまでの傾向として、廃水処理に従事する技術者や運転員は、生産工程の技術者や運転員に比べて重要視されていない様に思われる。

しかしながら、一定の品質を持つ原料を処理する生産工程とは異なり、廃水処理では原料（廃水）の品質（水量・水質）が大幅に変動しても、製品（処理水）の品質（水質）は常に一定値以上（排水基準値以下）に保たれねばならない。すなわち、排水処理では、排水の水量・水質に柔軟に対応出来る高度な技術が要求される。

そのために、廃水処理に従事する技術者や運転員には優秀な人物が選任され、その上に十分な訓練が受けられる事が好ましい。

(6) 保守・管理の徹底

このことも既にIVの1.1.2に述べられている。いかに正しく建設された最適システムでも、保守・管理が悪いとたちまちに機能が失われてしまう。保守・管理に人手や費用を惜しまないことが、良好な経済性を保つための大きな要因である。

出来れば、生産設備と同様に定期修理（1～2回/年）が実施されるべきである。

(7) 工場と共同処理場との協力体制の確立

既に述べたように、生産工程と廃水処理は緊密に結びついているので、良好な廃水処理状態が維持されるためには、共同処理場と各工場との緊密な協力が不可欠である。その一つの方法として、共同処理場の技術者と各工場の技術者をメンバーとした委員会が組織され、その場で両者に共通な問題について協議・検討・情報交換等が行われる事が考えられる。

(8) 工場の生産工程に対する処理場側の関与

共同処理場は、単に受け入れた廃水を処理するのみでなく、廃水処理の立場から進んで各工場の生産工程にも関与すべきである。そして、良好な廃水処理状態が維持されるために、生産工程の改良等を各工場に積極的に提案すべきである。

1.3 その他の問題点と提言

廃水の共同廃水処理事業以外に、工業団地において考えられる問題点と提言を以下に述べる。

(1) 工業団地の組織

現在の工業団地では、各工場は入居者、共同処理場は家主といった関係にあるが、これでは両者が緊密な関係になるのは難しい。染色工業団地のように、共同処理場は、団地に立地している各工場が会員となった共同組合による運営が好ましい。

(2) 工業団地の運営の拡大

現在の工業団地では、廃水の共同処理と排ガスのスクラバーによる共同処理のみが実施されているが、そのほかにも Utility (工業用水、冷水、蒸気等) の供給、産業廃棄物の処理等が実施されると、工業団地の経営が安定し、また立地工場にも利益になるものと思われる。

(3) 工業団地による生産技術の指導

現在の工業団地に立地している工場は、すべて規模の小さい工場であるため、生産技術の改良、最新技術の導入等に熱意を持っているにもかかわらず、それを実現する手段・方法が無くて困っている状態にある。

そのために、工業団地に生産技術に関する技術センターが設置され、各工場に対し生産技術の指導が行われることが望まれる。

これらの事項は、現在の工業団地の組織では実行されることは難しいが、新たに工業団地が組織される場合には、十分に検討されるべき事柄と考えるられる。

2. 染色工業団地

2.1 最適システムの評価と問題点

染色工業団地についての評価と問題点は、基本的には IV. の1. メッキ工業団地と同様である。ここでは、メッキ工業団地と同様な内容は単に項目のみを示すに止め、染色工業団地特有の事柄について、説明を行うことにする。

2.1.1 技術的な評価と問題点

ここに選定された最適システムは、木綿を主とし、ポリエステル等の合成繊維の染色も行われている工場から成る工業団地において、その総合廃水を完全に処理できるシステムである。

このシステムは以下のような特徴をもっている。

(1) 予想される廃水の水量及び水質の変動に十分対処できる。

(2) 運転操作は完全に自動化されている。

現状のシステムは十分には自動化されておらず、かなりの運転要員が必要とされる。しかし、この最適システムの運転操作は完全に自動化されており、運転要員の数は現状に比べて相当に少なくなるように計画されている。

(3) 運転制御用の計器が十分に設置されている。

最適システムの各工程には水質等の制御用計器が設置されており、運転員によって常に各部の運転状態が把握できるようになっている。現状のシステムでも相当数の制御用の計器が設置され、制御室で集中管理ができるようになっているが、この最適システムでは計器の設置についてさらに十分な配慮が払われている。

(4) 装置は十分余裕をもって配置されている。

現在の装置は、敷地面積が狭いため、増設に際してかなり無理な機器の配置が行われているが、今回の最適システムでは運転操作が容易に行えるよう余裕をも

って装置が配置されている。従って、敷地面積は現状に比較してかなり大きくなっている。

このことは、現在の敷地面積が $100,000\text{m}^3/\text{日}$ の処理容量を有するシステムにとって極めて狭小であることを示している。

(5) 下水終末処理場が不用となる。

現在の共同処理場からの廃水は、安山市の下水終末処理場に放流されているが、Ⅲ. の 1.2(5) で述べられているように、この終末処理場は十分にその機能を果たしていない。

今回の最適システムでは、処理水の水質がさらに向上するよう計画されており、下水終末処理場の存在価値はさらに薄いものとなっている。とくに、COD 成分の高度処理システム (CASE-2) は、完全に終末処理場を不用とする計画になっている。

しかしながら、いかに完全なシステムでも、計画の前提条件が変わればその機能を十分に果たすことはできない。今回の計画の主な前提条件は下記の通りである。

(1) 工業団地を形成している工場は、木綿を主とし、一部でポリエステル等の合成繊維の染色が行われている工場であること。

今回調査した工業団地においても、繊維の染色以外に皮革のなめしが行われている工場が 1 存在している。全体の排水量に占めるこの工場の比率は極めて小さいが、この工場から排出される極めて少量のクロム金属が、共同処理場の運転にかなりの影響を与えており、異なった業種の工場が混在した場合の影響の大きさが示されている。

繊維染色の工場においても、羊毛やポリエステルの染色が行われている工場の廃水は、木綿の染色の場合とかなり異なっている。羊毛の染色廃水には羊毛に付随した汚濁物質 (油脂や蛋白) が含まれ、ポリエステルの染色廃水にはマーセライズ加工により溶解するポリエステルの分解物 (エチレングリコール、テレフタル酸等) が含まれる。

前者は生物処理によって容易に処理されるが、後者は生物処理のみでは処理困難な場合がある。その実例が V.3.4.3 の(11)に示されているので参照されたい。

いずれにしても、工業団地が形成されるばあい、立地する工場は十分に検討されて、ほぼ同一の製造工程を有する工場のみを選んで立地させることが重要である。

(2) 各工場では、十分な廃水量の低減対策が実施されていること。

(3) 各工場から排出される廃水は、共同処理場では処理困難な汚濁物質が完全に除去されていること。

(1) で述べられているように、共同処理場では処理困難なクロムのような重金属類等は各工場において完全に除去されていなければならない。

(4) 各工場からの排水量及び水質が大幅に変動しないこと。

既に述べられているように、この最適システムはかなりの変動に耐えられるように計画されている。しかし処理水量が極めて多いため、排水の受水槽 (Stabilization Tank) の滞留時間は約4時間に過ぎない。従って、一時に大量の排水が排出された場合には対応出来なくなる。

上記の前提条件に従う範囲において、ここで選定されたシステムは、染色工業団地の共同廃水処理システムとして最適のものと言える。

2.1.2 経済的な評価と問題点

Ⅲ. 染色工業団地、4.2 財務分析 に示されている通り、この最適システムの経済性は、現行の処理料金よりは高くなるものの (CASE-1で約1.4倍) 概ね良好なものと考えられる。その理由は以下の通りである。

(1) 現在の処理システムが大幅に改善されているので、必然的にコストが高くなっている。

(2) 現在の処理施設は5年前に建設されたものであり、既に或程度償却が進んでいるが、今回の分析は全く新しく処理施設が建設されるものとして行われている。

(3) 今回の分析においても、CASE-1 では9年次以降において処理コストは358 Won/m³ となる。これは現行処理料金の約80%にあたる。

この様に概ね良好な経済性が得られた原因としては、以下の項目が考えられる。

(1) 処理容量が極めて大きい。

今回計画された最適システムの処理容量は100,000m³/日である。この容量は産業廃水の処理場としては最大級のものであり、システム建設費に及ぼす規模効果 (Scale Merit) は大きい。これが、このシステムの経済性を良好ならしめている一つの理由である。

(2) 適正な薬品・電力の消費

(3) 完全な運転の自動化

運転が完全に自動化されたため、運転要員の数が大幅に削減できた。現状の運転要員は、管理者・技術者を除いて約6名であるのに対し、このシステムでは3名に過ぎない。

(4) 低金利資金の使用

この財務分析では、低金利(7%)の公的資金が使用できることが想定されている。この金利は、市中一般の金利(12~15%位)と比べるとかなり有利である。

ただ、日本の公的金利に比べるとやや高いが、これは両国の経済的・社会的条件の相違に依ることなので、ここで比較検討する問題ではない。なお、日本の融資制度及び優遇税制の概略を、VII. 付属資料、2. 参考資料の(6)(7)に示す。

ただ、この様な良好な経済性が保たれるためには、以下の条件が保たれることが必要である。

- (1) 装置の保守・管理の徹底
- (2) 適正な処理料金の設定
- (3) 適正な廃水の受け入れ
- (4) 異常な処理状態の発生の防止

システムの技術的評価と経済的評価は密接に結び付いており、前者に優れたシステムは後者にも優れている場合が多い。今回選定したシステムは、両者に優れた最適システムと言える。

2.2 最適システム導入に関する提言

Ⅲ. 及びⅣの2.1の各項目において、すでに多くの問題点や提言が示されている。そこで、ここではメッキ工業団地と共通の事柄については単に項目のみお示し、染色工業団地特有の事柄については説明を加える事とする。

- (1) 十分な事前検討の実施
- (2) 廃水処理に関する知識の工場側に対する徹底
- (3) 適正な処理料金体系の設定

現在の処理料金は従量制(450Won/m³)であり、廃水の水質については、pHが11をこえた場合にのみ超過料金が徴収される仕組みになっている。

しかし、処理費用に大きく影響する水質項目としては、pH以外にもCOD、色度等がある。従って、これらの水質項目が料金体系の中に組み入れられる事が好ましい。

実際の方法としては、色度は測定が困難でしかも概ねCODの値に比例するので、COD値が料金を決める標準的な水質指標として採用されるのが好ましい。各工場にpHとCODの連続測定装置が設置され、排水のpHとCOD値が連続的に測定・記録される方式が考えられる。さらに、これらの測定値が共同処理場に遠隔指示されると、単に料金徴収に役立つのみでなく、流入排水の水質の監視に極めて有効である。

(4) 受け入れる廃水の完全な監視

現在のシステムにおいても、共同処理場に流入する廃水の水質は良く測定されている。しかし各工場からの排水の水質が監視されないと真に良好な共同処理場の運転は期待されない。

(3) に示されている各工場における連続測定装置の設置は、この目的のために極めて有効である。

(5) 廃水処理に従事する技術者・運転員の重要視と十分な訓練の実施

(6) 保守・管理の徹底

(7) 工場と共同処理場との協力体制の確立

(8) 工場の生産工程に対する処理場側の関与

2.3 その他の問題点と提言

現在行われている廃水の共同処理以外に、工業団地として考慮されるべき問題点と提言を以下に述べる。

(1) 工業団地の運営の拡大

半月染色工業団地においては、廃水処理が共同組合にて行われているほか、工業用水は安山市により、蒸気が工業団地公園によって供給されている。

今新たに工業団地が造成される際して、工業用水、蒸気等の Utility を供給する組織が無い場合には、共同組合がこれらの供給を行うことが考えられる。さらに、産業廃棄物の処理を行う事も考慮に値しよう。

(2) 共同処理場の位置付けの改善

Ⅲ. の 2.1 に述べられているように、現在の共同処理場は下水終末処理場の前処理に位置づけられている。しかし実際の処理水の水質は、下水終末処理場の放流水の水質よりも良好であり、両者を一つのシステムとして見た場合、効率良く運営されているとは言い難い。この状況を改善するには、以下の方法が考えられる。

A. 共同処理場において、Ⅲ. の 3.2.2 に示されているような COD 成分の高度処理を行って、この処理場を処理水が直接公共水域に排出出来る廃水終末処理施設とする。

B. 共同処理場の放流水（下水終末処理場の流入水）の水質基準を緩和して、両処理場の負荷量のバランスを計る。この場合の水質基準としては、日本における下水道の除害基準（Ⅰ. 緒論の表 3.6 参照）が参考になる。

これらの方法にはそれぞれ以下に述べるような長所・欠点がある。

A. 長所 下水終末処理場と無関係に、独自の廃水処理計画が可能。
下水道料金が不用。

欠点 処理費用が高価になる（最適システムの CASE-2 を参照）
既存の下水終末処理場の能力が無駄となる。

B. 長所 共同処理場の運転が容易になり、処理費用も低下する。
下水終末処理場の能力が有効に利用される。

欠点 現在の排出許容基準値が満足されない。法規の改訂が必要。

Bの方法は、現行の法規の元では実施不可能であるが、技術的・経済的にも長所があるので、将来の課題として考慮する価値があろう。

(3) 廃水の再生利用の促進

最適システムのCASE-3において、再生利用が行われる場合が示されている。この場合の再生水の価格は、Ⅲ. の4.2 に示されているように860Won/m³である。この値は現在の工業用水道及び上水道の価格よりかなり高い。

しかし再生利用の効果は経済性のみには無く、以下に示すような経済では計れない効果がある。

A. 用水の供給が十分に行われない地域においても、工業団地の造成が可能となる。

B. 廃水量を減少させることが出来（CASE-3では20%節減）、排出される汚濁負荷量もまた同じ割合で削減される。

C. 用水の水源が地下水である場合は、過剰な揚水による地盤沈下を防止することができる。

このように多くの効果が見込める方式なので、新たな工業団地が造成される場合には、その実施の可否が検討されるべきである。

3. 評価のまとめ

これまで述べたことをまとめると、以下のようなになる。

(1) 技術的な評価

メッキ及び染色の両工業団地について今回選定された最適システムは、現在のシステムの問題点が改良された完全なシステムである。ただし、既にたびたび述べたように、その計画の前提条件が満たされていることが必須の条件である。

(2) 経済的な評価

A. メッキ工業団地については、かなり高い処理料金の設定が可能なこともあり、経済的には十分に経営が成り立つことが明かにされた。ただし、ここでも前述した前提条件が守られねばならない。

B. 染色工業団地については、現在の処理料金よりもやや高い処理費が必要とされる結果になっている。しかし、処理内容の向上、建設時期の相違による物価上昇・償却の進行等を考慮すれば、概ね良好な経済性が成り立つものと考えられる。

(3) 提言

行われた提言は、①最適システムの選定に際して考慮されるべき事項、②工業団地の運営に関する事項、③工業団地の業務の拡大に関する事項、に分かれる。

これらの提言は、現在の工業団地に直ちに適用され得るものも有るが、むしろ将来における実施が期待されるものである。さらに、新たに造成される工業団地においては、より完全に実施されることが期待される。

V. 廃水処理、再生利用のためのガイドライン

V. 廃水処理・再生利用のためのガイドライン

1. 緒言

このガイドライン作成の目的及びその構成は以下の通り。

(1) 目的

既にⅡ. 及びⅢ. に示されているように、この調査ではメッキ工業団地と染色工業団地のモデルを設定し、各々について最適システムを選定した。しかしながら、メッキ・染色の両業種共製品・製造工程は多様であり、Ⅱ. 及びⅢ. の記述のみでは新たに共同処理場を計画する場合の指針としては不十分である。

そこで、メッキ及び染色工業団地において廃水処理・再生利用施設を計画するための、より一般性のあるガイドラインを作成することとした。

ここではⅡ. 及びⅢ. における検討結果が十分に利用されており、韓国の両業種の現状に適合するよう配慮されている。

(2) 構成

ガイドラインはメッキ工業と染色工業に大別され、その各々において、生産工程に関する事項、廃水処理・再生利用に関する事項及び新しい処理技術が述べられている。

従来この種のガイドラインではあまり記述されていない、生産工程と再生利用に関する事項にも力を入れたのが特徴である。

このガイドラインは最適システムの選定と密接に関連しているが、独立した資料としても十分に利用され得るものである。

2. メッキ工業

メッキは装飾、耐食、耐熱、耐摩耗を目的に対象物表面上に金属被膜を形成させるもので、自動車、電車、テレビ、ラジオ、カメラ、電子機器から身辺装飾品まで広い範囲の製品及び部品に対して行われている。

メッキ産業を大きく分類すると、電気メッキ業、熔融メッキ業、メッキ鋼管製造業、その他金属製造業等になるが、用排水処理に特に注意が払われているのが電気メッキ業である。電気メッキは、金属製品を製造する工場で工程の一部として行われている場合と、主として加工のみを受けている専門企業で行われている場合がある。専門企業は賃加工をしており、独立した製品の製造を行っていないため、その立地は母体となる金属製品製造業や自動車製造業等の立地に追従している。これらの専門企業の事業規模は小規模零細で、事業場数は工程の一部としてメッキを行っている大規模な工場よりはるかに多い。

専門企業においては、廃水処理に施設の建設費やランニングコストが大きな経済的負担になっており、さらに処理施設の運転・維持管理に携わる技術者の不足、建設用地の不足あるいは取得困難等、経済的、技術的な両面から問題は深刻なものがある。その上、メッキ工場で発生する廃水や排出ガスには、人の健康に与える物質が多く含まれていることから、これらの物質の処理に問題が生じたときには工場周辺に与える影響は大きく、公害防止には細心の注意が必要となる。

このような観点から、メッキ工業団地において各事業場からの廃水や排出ガスを共同処理施設を設けて処理をするほうが、専門企業がそれぞれ単独で処理をすることよりも経済的、技術的な両面において利点がある。また、専門企業がメッキ工業団地に集中することによって公害発生を面から点にすることができることから、メッキ工業団地の普及が強く望まれるところとなっている。

しかしながら、メッキ工業団地内の各事業場によって行われるメッキの種類はそれぞれ異なり、従って排出される廃水が多種にわたることから、メッキ工業団地に特有な廃水処理における新たな問題が生じやすいことも指摘されている。

以上のことを踏まえて、本ガイドラインではメッキ廃水処理の基礎となる、主要な生産工程と廃水の発生、廃水量及び汚濁負荷量の低減方法等に関する生産工程での対策、廃水の基本的な処理技術ならびに再生利用技術、汚泥の処理ならび

に膜分離を用いた新しい技術の紹介及びその他の留意点について述べる。

ところで、日本ではかつてメッキ廃水による公害問題が多く発生していたが、現在では排出基準を上回る廃水が放流される件数は極めて少ない。これは国及び地方自治体の公設試験研究所における公害防止技術に関する研究・開発をはじめ、環境装置企業における技術開発等、技術の発展に因るところが多いが、その一方で地方自治体の研究機関や公益法人等の技術職員による、メッキ企業に向けた長年にわたる献身的な指導、教育がある。メッキ工場の廃水処理はメッキ技術とも深くかかわっていることから、メッキ企業の従業員は廃水処理の問題と併せてメッキ技術についても彼等職員に相談することにより、廃水処理の問題解決と併せて技術の向上を図っている。大韓民国においても、このような試験研究機関の設置が望まれるところである。

3. 染色工業

染色整理業およびその排水は、以下のような特徴を持つ。

- ① 受託加工が主体であり、加工内容を自由に自社で決定することが難しい。
- ② 加工ロットが小さいため時間帯による繁閑の変動が激しく、しかもシーズン性、ファッション性などにより季節的変動も激しい。
- ③ 加工工程のほとんどが化学処理である。
- ④ 染料、顔料、酸、アルカリ、酸化剤、還元剤、糊剤、界面活性剤、溶剤、各種金属塩など化学的性状の異なる多くの薬剤を使用する。
- ⑤ 染料、顔料および繊維中の不純物などにより、排水は着色する。
- ⑥ 酸性、アルカリ性の作業工程が不規則に継続するので、総合排水のpHが変動する。
- ⑦ カゼイン、ラノリンなどの残留物および糊剤、界面活性剤などにより、排水はBOD、CODが高くなり、発泡性となる。
- ⑧ 各種塩類を使用するため、排水中の塩濃度が高い。
- ⑨ 溶剤等の使用により、排水のフェノール、n-ヘキサン抽出物などの濃度が高い。
- ⑩ 繊維製造、紡績、織編工程で使用された油剤、糊剤の脱落により、排水のBOD、COD、n-ヘキサン抽出物などの濃度が高い。
- ⑪ 繊維屑の脱落などにより排水のSS濃度が高い。
- ⑫ 主要工程はバッチ式が多く、間欠的に濃厚排水を出すなど、水量、水質ともに変動が激しく、排水中の薬剤相互間で化学作用が起こるため排水の水質把握が困難である。

このように、染色整理業の排水処理は、他の製造業の排水処理と比べて難しく、十分な処理を行うためには、数種類の処理プロセスを組み合わせる必要がある。また、染色整理業は、用水型産業であるため排水量も多い。これらの理由で、染色整理業の排水処理は、多額の設備投資や運転費を必要とし、経営上の大きな負担となっている。

ここでは、染色整理業のこのような特徴を整理し、経済的な廃水処理・再生利用を実施するためのガイドラインを述べる。

JICA