

VI. 各工場の現状・モデルシステム及び経済性評価

1. 総論

1.1 概要

1章では、モデル工場群（7工場）、第二次工場群（7工場）及び第三次工場群（6工場）の各工場について、下記の項目が示される。

- ① 用水・廃水の現状の分析（水質の分析を含む）及び考察
- ② 水使用合理化のモデルシステムとその経済性の評価
- ③ 廃水処理及び予備処理のモデルシステムとその経済性の評価
- ④ 一部のモデル工場についての財務分析

財務分析を行う工場は、M-1（Svila）、M-2（Marles）、M-6（Kosaki）の3工場とする。理由は、いずれの工場も河川に近い位置に立地し、工場側より希望が出されたためである。

「1. 総論」では、水使用合理化、廃水処理、予備処理及び財務分析のそれぞれにおける共通事項が示される。

「2. 設計条件」では、これらの中で特に重要な、廃水処理及び予備処理のモデルシステムについて、各工場に共通した設計条件が示される。

3.、4.、及び5.においては、モデル工場群、第二次工場群及び第三次工場群の各工場ごとに、上記の各項目（用水・廃水の現状の分析、水使用合理化のモデルシステムの経済性評価及び廃水処理のモデルシステムと予備処理システムの経済性の評価等）が示される。

表1.1.1にモデル工場群の一覧表を、表1.1.2に第二次工場群の一覧表を、表1.1.3に第三次工場群の一覧表を各々示す。また、図1.1.1に各工場の位置を示す。

・調査対象工場選定理由

モデル工場はTable 1.1.4に示す如く、繊維・染色産業1、家具製造業1、機械産業1および食品産業4の7工場が選定されているが、マリボール市の主要産業は繊維・染色、食品および機械であるので、この中から水使用量が多く且つ廃水汚濁負荷量の多い工場が各々選定された。

食品産業はアルコール（ビール、ワイン）、肉食品および乳製品の4工場が

各業種から代表的な工場として選定されている。したがって、これら7工場がマリポール市にとって、各業種を代表する工場であると言える。

第二次工場群および第三次工場群の13工場は繊維・染色4、機械5、食品2および化学2の内訳となっている。これらはモデル工場に次ぐ廃水汚濁量の多い工場として選定された。繊維・染色産業が4工場占めているが、これは水使用量が多く、マリポール市における代表的産業の一つであることによる。

なお、第三次工場群の選定については、調査対象工場をさらに広げ、産業廃水量および汚濁負荷量の実態をできるだけ把握するために、調査段階の途中で追加されたもので、モデル工場および第二次工場群以外の工場群から、廃水汚濁負荷量の多い、もしくは水使用量の多い工場が選定されたものである。これで、合計20工場から排出される廃水量は後述する如くマリポール市全体の産業廃水量のほぼ80%を占めることになる。

Table I.1.1 Outline of the Model Factories

No.	Name (Abbreviation)	Industry	Main Products	Quantity	Capital 1000SIT, Area m ² & Employee	Water Source & Consumption m ³ /d	Waste Water is discharged to
M-1	SVILA TEKSTILNA (SVILA)	Textile (Knitting)	Viscose Rayon Polyester	1000m/y 6,687 330	Capital 2,142,875 Area 15,611 Employee 490	Well Water 1,587	Drava River
M-2	MARLES HOLDING, d.d. MARLES POHISTVO, d.o.o. (MARLES)	Furniture	Kitchen Element	96,552 Pieces/y	Capital 1,509,109 Area 20,000 Employee 482	Well Water 298	Drava River
M-3	LIVARNA Maribor ARMAL (ARMAL)	Machine & Metal Processing	Pipe Fittings Sanitary Fittis. Heating Fittings	184t/y 719t/y 88t/y	Capital 182,287 Area 12,015 Employee 380	City Water 372	Public Sewerage
M-4	STAJERSKA PIVOVARNA, d.d. (PIVOVARNA)	Food (Brewery)	Beer Soft Drinks Juice	6,000 kl/y 5,000 kl/y 8,000 kl/y	Capital 130,000 Area 40,000 Employee 170	Well Water 411	Public Sewerage
M-5	VINAG VINARSTOV- SADJARTVO (VINAG)	Food (Wine Cellar)	Wine	5,000 kl/y	Capital Area Employee 400	City Water 71	Public Sewerage
M-6	KOSAKI TOVARNA MESNIE IZDELKOV (KOSAKI)	Food (Slaughter House)	Cows Pigs	11,500 head/y 48,000 head/y	Capital Area 22,534 Employee 100	City Water 365	Public Sewerage
M-7	MARIBORSKA MLEKARNA, d.o.o. MM MARIBORSKA MLEKARNA, d.o.o. (MLEKARNA)	Food (Dairy)	Milk Cheese Yogurt	16,398 Ton/y 3,153 Ton/y 1,508 Ton/y	Capital 808,790 Area 14,000 Employee 286	City Water 476	Public Sewerage

Table 1.1.2 Outline of the Secondary Beneficiary Factories

No.	Name (Abbreviation)	Industry	Main Products Products	Quantity	Capital 1000SIT. Area m ² & Employee	Water Source & Consumption m ³ /d	Waste Water is Discharged to
S-1	Tovarna Volnenih tkanin MERINKA, p. o. (TVT MERINKA) (MERINKA)	Textile (Dyeing)	Wool Fabric Stoking	650,000m ² /y 20,000,000 Pieces/y	Capital Area Employee 33,430 613	Well Water 760 City Water 425 Total 1,185	Public Sewerage
S-2	Tekstilna Tovarna TABOR, d. o. o. (TABOR)	Textile (Dyeing)	Mixture Fabric	3,140,216m ² /y	Capital 1,005,895 Area Employee 400	Well Water 1,158 City Water 98 Total 1,251	Drava River
S-3	Mariborska tekstilna tovarna Melje, d. d. (MTT MELJE), d. d. Tovarna tkanin MELJE, d. o. o. (MTT)	Textile (Dyeing)	Cotton Mixture Fabric	7,140,000m ² /y 3,060,000m ² /y	Capital 1,369,568 Area Employee 750	Well Water 731 City Water 538 River Water 1707	Public Sewerage
S-4	Tovarna sukancev in trakov TSP, p. o. (TSP)	Textile (Dyeing)	Sewing Thread	182.3 Ton/y	Capital 687,588 Area Employee 198	Well Water 29 City Water 36 River Water 278	Public Sewerage
S-5	METALNA, STROJE- GRADNJA, KONSTRUKCI- JE MONTAZA IN STORI- TVE, d. d. (METALNA)	Machine & Metal Proccs.	Power Plant, Cranes, Pro- cess Equipments, etc.		Capital Area Employee 300,000	City Water 212	Public Sewerage
S-6	MERKATOR-SLOSAD d. d. (SLOSAD)	Food (Drink)	Steel Handled 1,000t/m Concentrated Fruit Juice Cherries in Alcohol	400	Employee 2,100 Capital Area Employee 23,000 90	Well Water 15 City Water 20 Total 35	River
S-7	INTES MLIN TESTENINE (INTES)	Food (Miller)	Wheat Flour Pasta	26,399 Ton/y 3,565 Ton/y	Capital Area Employee 162 180	City Water 162	Public Sewerage

Table 1.1.3 Outline of the Tertiary Beneficiary Factories (1/2)

No.	Name (Abbreviation)	Industry	Main Products	Quantity	Capital Area m ² & Employee	1000SIT. Employee	Water Source & Consumption m ³ /d	Waste Water is Discharged to
A-1	TVT-Tovarna Vozil in toplotne tehnike-Boris Kidric-TIRNA VOZILA (TVT)	Machine & Metal Proces- sing	Rolling Stocks Repairing Diesel Locomotives Diesel Coach Electric Coach	5 20-30 Unit 10 Unit	Capital 448,000 Area 37,000 Employee 553	Well City River Total	Well City River Total	Sewerage
A-2	ELEKTROKOVINA- SVETILA (SVETILKE)	Machine & Metal Proces- sing	Lighting Tool Internal Use Industrial Use Outdoor Use	Units 643,145 282,316 9,450	Capital 1,000,000 Area Employee 266	Well City River Total	Well City River Total	Sewerage
A-3	PRIMAT-Tovarna kovinske opreme (PRIMAT)	Machine & Metal Proces- sing	Safety Safe Metal Wardrobe Annual Shipment	1,220 t 727 t 884,567	Capital Area 17,866 Employee 220	Well City River Total	Well City River Total	Sewerage
A-4	ELEKTROKOVINA Elektromotorji (ELKO)	Machine & Metal Proces- sing	Pumps Sigle Phase Motor Three Phase Motor Annual Shipment	10,484 8,246 38,688 920 MSIT	Capital 882,795 Area 49,421 Employee 252	Well City River Total	Well City River Total	Sewerage

Table 1.1.3 Outline of the Tertiary Beneficiary Factories (2/2)

No.	Name (Abbreviation)	Industry	Main Products Products	Quantity	Capital Area m ² & Employee	1000SIT.	Water Source & Consumption m ³ /d	Waste Water is Discharged to
A-5	HENKEL ZLATOROG (HENKEL)	Chemical Industry	Washing Powder Cosmetics Annual Shipment	16,000 t 6,640 t 8,317.517 1.000 SIT	Capital 5,817,130 Area 28,200 Employee 575	Well City River Total	Well City River Total	Sewerage
A-6	SWATY Tovarna umetnih brusov (SWATY)	Chemical Industry	Grinding Wheels, Vitrified Bond 465t, Reinforced R.B.1 Kt Diamond & CBN 44 KCarats	Resin B.	Capital 2,124,000 Area 39,779 Employee 451	Well City River Total	Well City River Total	Sewerage

Table 1.1.4 Each Factories VS Classified Industry

	Machine & Metal Pro- cessing	Food	Textile	Furni- ture	Chemical Industry	Total
Model Factories	1	4	1	1	—	7
Secondary Beneficiary Factories	1	2	4		—	7
Tertiary Beneficiary Factories	4	—	—	—	2	6
Total	6	6	5	1	2	20

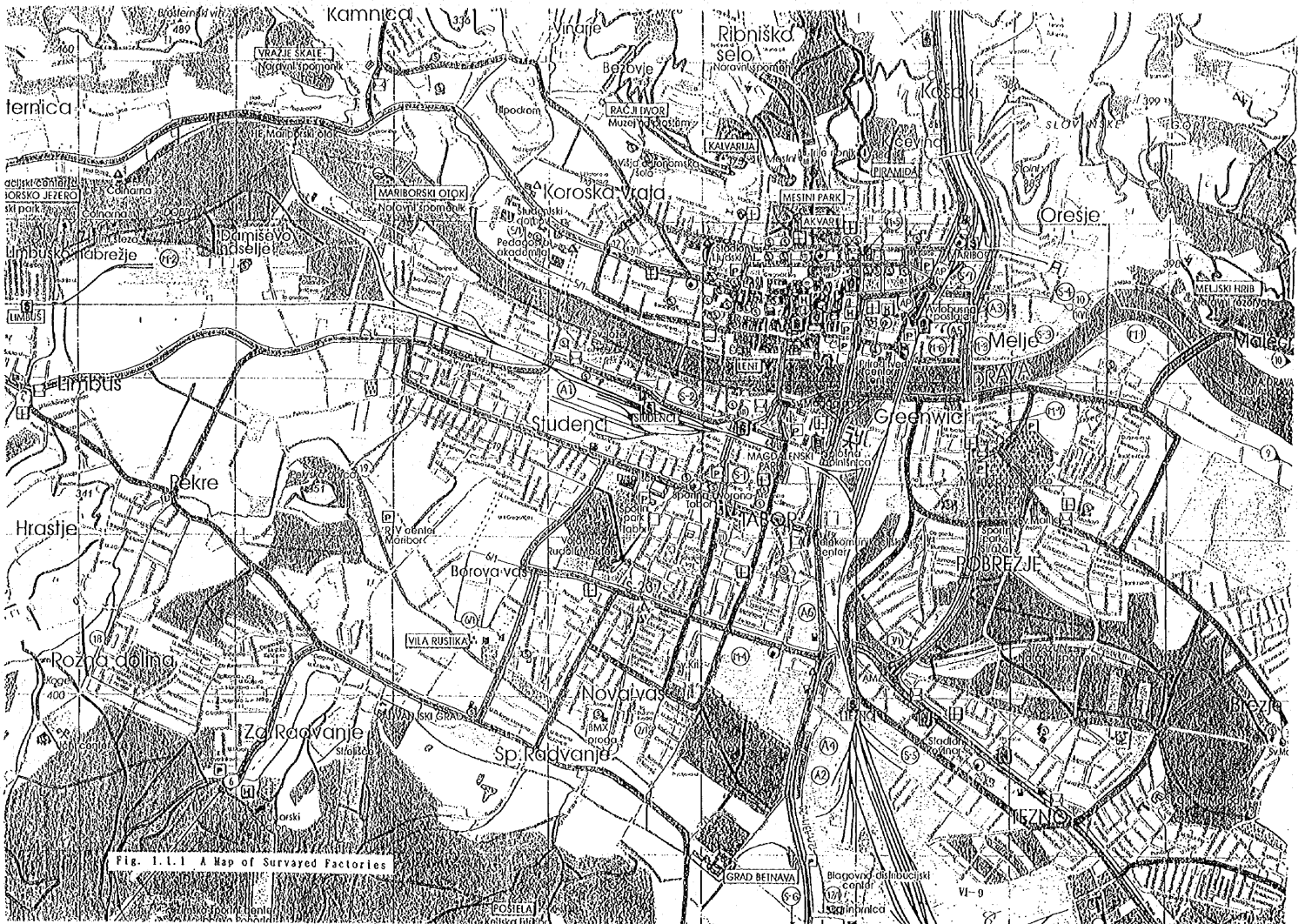


Fig. 1.1.1 A Map of Surveyed Factories

1.2 水使用合理化

個別の工場の項目でそれぞれ言及されているが、調査対象工場における用水量の管理は決して十分とは言えない。全用水量の計量が行われていない工場も少なくない。このような状況では、水使用合理化を検討してもほとんど無意味であり、用水量の管理が厳密に行われることが水使用合理化の第一歩である。

しかしながら、ここでは水使用合理化計画の進め方を例示する意味から、調査表に示された用水量が正しいものとして、水使用合理化の検討を行った。

アンケート調査及び訪問調査に基づいて、まず水使用の現状について解析が行われ、次いで水使用合理化の現状について考察される。この解析及び考察から、水使用合理化の計画が導き出される。

この計画には、以下の項目が含まれる。

- ① 計画の概要、② 機器の概略仕様、③ 所要費用の概算、④ 技術的検討、⑤ 経済性評価、

所要費用は設備費と運転費から成り、現地通貨(SIT)で示される。ただしこれらの値は、合理化に要する費用と用排水に要する費用とを相互に比較して、いずれが有利かをおおざっぱに検討することだけを目的として求められたもので、極めて概略的な値である。従って、実際に合理化が実施されようとする場合には、具体的な検討・計画及び積算が必要となる。

技術的検討においては、主として合理化計画の前提条件について、その妥当性について検討される。

経済性評価においては、合理化に要する費用と、合理化が行われない場合に要する費用(用水及び排水に必要な経費、料金、税金等)との比較が行われ、いずれの方法が経済的に有利かが評価される。

ここに示された水使用合理化方法は、必ずしも経済的に有利な方法だけではないが、種々の合理化方法を例示する目的で示されている。

最後に必要に応じ、合理化のまとめと、用水使用量及びその原単位の変化が示される。

1. 3 予備処理及び廃水処理

1. 3. 1 予備処理

1) WWT P (中央廃水処理場) 放流基準を満足する予備処理

1996年に制定されたスロヴェニア国の工場廃水放流基準に従った場合、工場側がどのような処理装置を設けるべきか、について各モデル工場毎に概念設計を行い、第二次、第三次工場群については概念設計は行わず簡単な処理システムを提案した。

2) 汚濁負荷量削減のための予備処理

現状のWWT P放流基準は一部の重金属などを除いて他の汚濁物質については殆ど規制が設けられていないため、各工場がこのまま放流すると、将来WWT Pの運営に支障を来す恐れがある。そのため、各工場は適切な予備処理装置を設置し、予め汚濁負荷量を削減する必要がある。

そこで、モデル工場、第二次工場群及び第三次工場群の中から、検討の必要のない一部の工場を除き、各工場について汚濁負荷削減量に応じて、いくつかのケースについて概念設計を行った。

予備処理の基本的考え方は、物理化学的処理を主体とし(やむを得ない場合は生物処理)、設備費及び運転コストを、各々のケースについて算出した。この際できるだけ処理コストが安価になるように考慮した。

なお、概念設計は後述する「2項の設計条件」に従って実施した。設計手順は各モデル工場の廃水処理装置を設計した手順と同様であるが、予備処理装置のコスト計算は、このような設備ならおよそどの位の設備コストになるのかを把握するために試算したので、設備費、処理コスト共に概算金額を示す。

1. 3. 2 廃水処理

各モデル工場について、工場廃水を河川放流する場合の規準値を満足する廃水処理設備の概念設計を行った。第二次工場群については、概念設計は行わず簡単な処理システムを提案した。

1. 4 財務分析の前提条件

7モデル工場のうち、Svila、Marles、Kosakiの3工場について、廃水処理

に関して下水放流した場合と河川放流した場合との比較分析を行う。

マリボル市の計画では、下水処理施設（WWTP）の操業開始は最短で2005年を予定している。したがって、廃水処理システムの建設は2004年とし、操業開始は2005年と仮定する。

本節では、3工場に共通に適用できる前提条件について記述する。

1. 4. 1 所要資金

1) 諸前提

(1) 通貨及び交換レート

本分析では、ドイツマルクを基準通貨として使用し、その他の通貨は第二次現地調査においてマリボル市当局より示された1996年6月19日付の次の交換レートにより換算されるものとする。

1 ドイツマルク（DEM）=89.89スロベニアントラール（SIT）

(2) 価格基準

費用及び価格は上述した1996年6月の固定価格とし、その後の価格上昇は見込まないものとする。

(3) 評価年数

本分析の評価年数は建設期間1年及び操業期間15年からなり、16年間と仮定する。

2) 所要資金

次節において、概念設計に基づき見積られるプラント建設費に加えて、ここでは所要資金を構成するその他の費用について記述する。

(1) 土地代

プラント建設に要する用地は工場内で確保できるので、土地代は計上しないこととする。加えて、用地整地費も少ないと考えられるので計上しないこととする。

(2) 物理的予備費

本費用は本積算時点において予知できない原因や見積り精度により生じるであろう所要資金の超過に備える費用である。

第3次現地調査に際して、現地事情を考慮して見積った本調査団による積算コストを現地エンジニアリング会社にクロスチェックすることを委託した結果、両者の間に見積上の差がないことが判明した。以上のことから、現段階では、本費用は計上しないこととする。

(3) 価格予備費

本費用は将来生じるであろう物価上昇に備える費用である。しかしながら、1.4.1 1)(2)項で述べたように固定価格で評価することから、本費用は考慮しないこととする。

(4) 輸入関税

マリホール市当局との協議により、現段階では、輸入設備機器に対する関税は考えないこととする。

(5) 売上税

売上税として国内外調達機器及びサービスに対して一律5%を計上する。

(6) 操業前費用

本費用は、モデルシステム導入準備段階を通じて、実施主体自身が直接行う業務に要する費用を含む。

試運転費用はプラント建設費に計上する。さらに薬品等の初期充填分については、試運転費用に含むものとする。

(7) 建設期間中金利

本プロジェクトに対する資金源は未定ではあるが、次項に記載の資金調達を前提とし、国内の金融機関より融資が利用できるものとする。借入金は、建設期間中、平均的に発生すると仮定する。

(8) 初期運転資金

本費用は少ないと考えられるので計上しないこととする。

(9) 所要資金

所要資金は以上に述べてきた費用の合計である。

1. 4. 2 資金調達

前項で見積られた廃水処理システム建設に係る所要資金は、次の条件に従って調達されるものと仮定する。

1) 資本構成比率

長期借入金と自己資本金の割合は、工場ごとに設定する。

2) 長期借入金の融資条件

本調査の目的のため、国内の借入金は次の融資条件により調達されるものとする。

(1) 金利：マルク建てとし利率は工場ごとに設定する。

(2) 据置期間：建設期間中とする。

(3) 返済条件：据置期間後10年間年賦均等返済とする。

3) その他の条件

本プロジェクトの操業段階において資金不足が生じた場合、一般には短期融資により賄うことになるが、本分析では工場全体の利益から補填されるものと仮定する。したがって、廃水処理費用において短期金利は考慮しないこととする。

1. 4. 3 廃水処理費用

1) 変動費

変動費には、薬品代、電力費、用水費、汚泥処分費等が含まれる。廃水処理のために新規に必要となる物品及び用役については、2.5節から2.6節に示され

た価格を使用する。

2) 固定費

固定費には、人件費、修繕費、下水道料金、汚染税、減価償却費、長期借入金の金利等が含まれる。

(1) 人件費

人件費は工場ごとに設定する。

(2) 修繕費

修繕費は土木・建築工事を除くプラント建設費の5%を計上する。

(3) 下水道料金

下水放流の場合に、WWTP計画実施に伴い、下水道料金として160.0 SIT/m³ (1.78 DEM/m³) が課せられるものとして財務分析を行う。

なを、本料金はWWTPの建設費、運転コストおよび維持費等を考慮したものであるが、現時点では本分析を行うための暫定価格であり、設定されている諸々の変数が変われば、今後変更することもあり得る。

(4) 汚染税

汚染税は、国税と市税がある。市税は水使用に対して一律40.75 SIT/m³ (0.45 DEM/m³) が課せられる。

一方、国税は基準値未滿であれば支払わなくてよいが、本分析では、河川放流及び下水放流いずれの場合も無税とする。

しかしながら、水利用税は一律3.2から4.8 SIT/m³の範囲で課せられる。

(5) 減価償却費

プラント建設費は次の方法により償却する。

設備・機器：15年定額償却

土木・建築：40年定額償却

また、建設中金利は、15年の均等償却を行う。

(6) その他の費用

1.4.2項で述べた長期借入金の金利は本費用として計上する。しかしながら次の費用はプロジェクトの性格により考慮しないこととする。

- 短期借入金の金利
- 法人所得税

1. 4. 4 廃水処理料金

本分析では 廃水処理料金は長期借入金の返済が半分済んだ時点（即ち、2010年）の廃水処理量単位当り費用相当分を操業期間を通じて使用する。

この費用には、変動費、直接固定費、減価償却費に加えて長期借入金の金利の半分が含まれる。

1. 4. 5 財務分析手法

これまで述べてきた前提条件に従って、財務分析のために必要となる次の財務諸表を作成する。

- 廃水処理費用明細表
- 資金繰り表（財務的内部収益率（FIRR）計算を含む）

上記の財務諸表の分析結果に基づき、次の手法を用いて財務分析を行うこととする。

1) 下水放流した場合と、河川放流した場合との経済的有利性は、廃水処理費用の比較による。

本分析における比較検討のために2010年の値を本プロジェクトの平均費用とみなす。本分析に採用する標準原価方式は、逐年原価計算で得られる費用の平均に近い費用と考え、一般に、プロジェクトスキームの選択や費用要素の構成に関する費用分析等に有効に使用できる方法である。

これに関連して、操業初期段階で考慮すべき事項について、次の前提を設けることとする。

(1) 現行水準と同じ廃水量は、操業初年度よりすべて処理できるものとする。

(2) モデルシステム導入までに、廃水処理に関する技術の取得がなされている。

(3) 操業初期段階では、設備を維持するための交換頻度は少なく、その後設備の老朽化に伴い増加する傾向にある。本分析では、類似案件における実績を考慮して、修繕費は操業期間を通じた平均値を計上する。

2) FIRRは、収益性よりも主要な要素が変動した場合の影響度をみるために使用する。

本分析では、その要素としてプラント建設費及び薬品を取り上げる。

FIRRは、プロジェクトの投資に対する収益性を評価する手法の一つではあるが、収入項目である廃水処理料金は便宜的に設定したので、FIRRの値を比較することはあまり重要ではない。しかしながら、本分析で取扱う主要要素は、発生時期が異なるために、FIRRの変化の度合いを比較することはできる。

3) 資金繰り上の健全性の分析方法として、長期借入金返済能力（DSR）を使用する。

DSRは、資金状況の健全性を示す指標であり、次式によって算出される。

$$\text{DSR} = \frac{\text{税引後利益} + \text{償却費} + \text{長期借入金の支払利息}}{\text{長期借入金の返済金と支払利息}}$$

DSRは、毎年1.15以上あれば、一般に安全な値であると言われている。

本分析では、第1)項と同様に、2010年の値を本プロジェクトの平均値とみなすとともに、特に、費用を削減した場合の資金繰り上の影響度をみるために使用する。

1. 5 経済性評価の前提条件

財務分析を行った3工場（Svila、Marles、Kosaki）を除いた、その他の工場についても、設備を設置した場合の簡単な経済性評価を次の条件で行った。

（1）原価償却年数：機器類 15年

建屋・土木 40年

（2）金利：10%/年

（3）償却方法：均等償却

2. モデル工場

2.1 M-1 SVILA, TEKSTILNA TOVARNA d.d. (繊維)

2.1.1 工場概要

資本金 :	2,142,875 千SIT
工場敷地面積 :	15,611 m ²
従業員数 :	490人
操業条件 :	252日/年、8時間/日
生産品目 :	レイヨン織物 ポリエステル ポリアミド 混紡織物
年間生産量 :	6,686,805 m 329,578 m 481,236 m 119,411 m
年間売上高 :	2,404,476 千SIT

2.1.2 水使用合理化

(1) タービン発電機用油冷却器の間接冷却用水の循環使用

(a) 計画の概要

油冷却器の間接冷却用水は現在一過式に使用されており、出口の温度はおおむね20℃程度である。この排水を冷却塔を使用して循環使用する。

(b) 基本条件

	水量 m ³ /d	操業時間 h/d	水量 m ³ /h	水温℃		回収率 %	節水量 m ³ /d	所要熱量 Kcal/h
				入口	出口			
現状	64	24	2.53	12	20			20,270
計画	64	12	5.0	25	35	95	60.8	50,000
年間操業日		208						

(c) 所要費用の概算

・ 設備費	1,750 (千SIT)
・ 運転費	66.4 (千SIT/y)
・ 所要費用	29.8 (SIT/m ³)

(2) 空気調節機用温調用水の節水

空気調節機に使用されている温調用水の補給水量を、流量制御器を設置することにより、必要な限度以内の水量に制御する。

・設備費 500 (千SIT)、・運転費 0、・所要費用 7.5 (SIT/㎡)

(3) 廃水の再生使用

i. 原料水の選択

色を含む廃水は避ける方が良いので、選択は下記のようなになる。

- ①色を含まない予備洗浄工程及び漂白工程の排水。
- ②回分式染色工程の排水の内、汚れの少ない部分を分離した排水。

ii. 原料水と処理水の水質

原料水の水質は、実際に発生する排水の水質・水量とその時間的変動に基づき、処理水の目標水質を考慮しながらきめる。

処理水の目標水質は、使用目的（例えば染色工程の洗浄用）に依って決まるが、実際には使用目的別の使用可能な水質は不明なことが多い。その場合には実験によって確認する必要がある。

iii. 再生処理プロセス

原料水－pH調整－2段生物処理－凝集・砂ろ過－活性炭吸着－処理水

(c) 所要費用の概算

・設備費 160,000 (千SIT)
 ・運転費 8,669 (千SIT/y)
 ・所要費用 234.8 (SIT/㎡)

(4) 水使用合理化計画のまとめ

No.	合理化計画の内容	節水量 ㎡/日	回収水当 りの費用 SIT/㎡
1	油冷却器用間接冷却用水の冷却塔による 循環使用	60.8	29.8
2	温調用水の流量制御器による節水	32	7.5
3	染色排水の高度処理による再生使用	500	234.8
	合計	593	201.4

2.1.3 廃水処理および予備処理

1) 廃水処理

河川直接放流の場合は、NH₄-N、P、色の規制が厳しいので注意を要する。

システムの概略フロー

(waste water) → Collecting pit (present) → Stabilization tank
→ Neutralization tank → Aeration tank → 1st. Sedimentation tank
→ Aeration tank → 2nd. Sedimentation tank → Anaerobic tank
→ Aeration tank → Coagulation tank → 3rd. Sedimentation tank
→ Sand filter → Ozonizing tube → Activated carbon adsorber
→ Treated water tank → Discharge to the river

(coagulated sludge) → Sludge storage tank → Sludge dehydrator
→ Cake hopper → Truck

廃水処理システム選定の理由は、

- ① 繊維工場については、排水基準が別途に決められている。
- ② 河川へ直接放流する場合は、繊維工業に別途決められた排水基準では、色、Pの規制が特別に厳しい。色対策として、オゾン処理、活性炭吸着を適用する必要がある。これにより、BOD、COD、SS、油分などは自ずと規制値をクリアする。
- ③ 第一次の処理方法として化学的凝集分離も考えられるが、BOD規制が 30 mg/l であるから、生物処理が妥当である。NH₄-Nは標準活性汚泥処理で容易に低下する。界面活性剤の影響で泡が発生するので消泡設備が必要となる。
- ④ Pの除去は凝集沈殿法で行う。後工程のためにも砂ろ過が必須である。
- ⑤ 脱色の完全さでは、オゾン処理よりも活性炭の方が優れている。活性炭の吸着負荷を軽減する目的で、オゾン処理を前にする。色が濃い段階ではオゾン処理が有効である。オゾン処理だけでも色の規制をクリアする可能性もあるが、活性炭吸着で脱色の仕上げを行う。活性炭吸着は、CODの低下のためではなく、脱色の念押しが目的で設置するので、最小限の規模とする。

2) WWT Pに放流するための予備処理

下水放流の場合、染色排水のpHが時に規制値を超えることがあるので、予備処理設備が必要である。その他の排水についてはそのまま放流しても問題無い。

染色排水について、次の2ケースを比較検討した。

Case A 既存の集水ピットに pH検出、薬剤注入、攪拌など中和処理装置を設置する。設備費が安いという利点がある。薬品代、薬品補充作業が必要である。

Case B 1/3 日相当の容量の調整槽を設ける。中和用の薬品が不要という利点がある。水量当たり運転コスト 1.6 SIT/m³

3) 汚濁負荷量削減のための予備処理

① Case-1 全排水をまとめてpH調整・凝集沈殿処理する

汚泥は脱水し外部処分する

この場合は、集水管から集水ピットまで既設の設備がそのまま適用できる。全排水を処理するので、設備規模が大きく薬品コストも高く付く。色については非常に良好なレベルまで低下する。

② Case-2 色の濃い排水だけを集めて凝集沈殿処理する

汚泥は脱水し外部処分する

この場合は、集水管から集水ピットまで、濃厚排水用のものを、既設の設備とは別に新設しなければならない。実際上は非常に難しい工事になるであろう。但し、その工事さえ完了すれば、処理すべき水量が少なくてすむので、処理設備、運転コストとも、大幅に安くなる。色についても効率良く除去でき、他の水による希釈効果により、河川への排出基準を満足する程まで低下すると見込まれる。

③ Case-3 色の濃い排水だけを集めて凝集処理し、そのまま放流する

この場合は、② Case-2 で色成分を吸着したフロックを分離除去することなく、そのまま排水として放流するのである。SSの増加をもたらすものの、色の排出基準を満足し、最も経済的である。

Table 2.1.1 廃水および処理水の水質ならびに汚濁負荷量

Kind of wastewater	Quantity m ³ /d	CODcr mg/L (kg/d)	BOD mg/L (kg/d)	SS mg/L ()	color (1/m)	T-N mg/L (kg/d)	T-P mg/L (kg/d)
*1(for design) Raw total wastewater	1,500	500 (750)	300 (450)	40 (60)	30	20 (30)	10 (15)
*2 Case-1 Treated total wastewater	1,500	300 (450)	200 (300)	30 (45)	3	20 (30)	1 (1.5)
*3 Thick wastewater (Raw water)	400	800 (320)	400 (160)	100 (40)	60	20 (8)	10 (4)
*4 CASE-2 Treated thick wastewater	400	400 (160)	200 (80)	30 (12)	3	20 (8)	1 (<1)
*5 CASE-3 Treated thick wastewater	400	400 (288)	200 (80)	300 (120)	3	20 (8)	1 (<1)
*6 Case-3' Mixed total discharge	1,500 Design base	200 (300)	100 (150)	100 (150)	2	20 (30)	1 (2)

注) *1: 総合排水の水質(モデルシステムの設計値)

*2 CASE-1: 総合排水を予備処理した場合

*3: 染色工程の着色排水だけを分離した場合の水質

*4 CASE-2: 着色排水だけをを予備処理した場合

*5 CASE-3: 着色排水だけをを予備処理した場合 フロックの分離なし

*6: 処理した着色排水をその他の廃水と混合した場合の総合廃水

Table 2.1.2 処理装置の設備費と処理費

	Equipment cost SIT	Depreciation & Interest SIT/m ³	Running Cost SIT/m ³	Total treat- ment cost SIT/m ³
CASE-1	154,400,000	40	107	147
CASE-2	55,000,000	15	88	103
CASE-3	43,200,000	12	70	82
Discharge to River	506,117,000	144	404	548

CASE-1：総合排水を予備処理した場合

CASE-2：着色排水だけをを予備処理した場合

CASE-3：着色排水だけをを予備処理した場合 フロックの分離なし

4) まとめ

排水全量进行处理するよりも、濃厚排水だけを集めて凝集処理の方が経済的である。色成分を吸着したフロックを分離除去することなく、そのまま放流することが許されれば、更に経済的になる。

2.1.4 財務分析

河川放流するケース（Case 1）に加えて、下水放流については、2ケース（Case 2-A、2-B）の技術的検討がなされ、この結果をふまえて財務分析を行う。

前述したプラント建設費に加えて、1.4.1項で述べた前提条件に基づく所要資金は、6,267千DEM（Case 1）、168千DEM（Case 2-A）、413千DEM（Case 2-B）となる。所要資金の全額は長期借入金により融資されるものとし、金利は12%とした。

以上の前提条件に従って、基本ケースに関して廃水処理費用明細表及び資金繰り表を作成し、その結果について以下に概要する。

廃水処理費用に関しては、下水放流するケースにおける償却及び金利を含む費用は、ほぼ同じ結果（2.4 DEM/m³）となり、直接河川放流するケースの費用（6.8 DEM/m³）と比べて、4.4 DEM/m³安くなる。

資金繰りに関しては、長期借入金返済能力（DSR）は、いずれのケースも1.00を下廻っており、債務の返済に対して現金が不足していることを示した。

次に、本プロジェクトの主要要素であるプラント建設費及び薬品が変動した場合の感度分析を行った。Case 1では、プラント建設費より薬品が感度が高い一方、Case 2-Aでは、薬品よりプラント建設費が感度が高いことを示した。

更に、低利の融資が利用できると想定した場合のケーススタディを行った。金利は6%になると仮定した。いずれのケースもプラント建設費が20%削減した場合と同じ効果が期待できる。

以上述べてきた分析から、下水放流するケースが、直接河川放流するケースより経済的に有利であることが示された。

下水放流については、技術面から2ケースの提案がなされた。これらの廃水処理費用が同じ結果になったことから、この選択は当工場の経営上の判断に委ねることとする。

近年、繊維の輸出不振が続き、当工場は厳しい経営状況にあり、将来低利の融資の利用は当工場にとって、資金負担の軽減に寄与すると考える。

2. 2 M-2 MARLES POHISTVO d.o.o. (家具)

2. 2. 1 工場概要

(1) 概要

MARLES HOLDING MARIBOR d.d.o. は、一般製材業から、合板製造業、木製家具製造業及び木造建築業に至る住宅産業を一環して営むグループ会社である。その中で、MARLES ZAGA d.o.o は木材製造業を、MARLES HISE d.o.o は木造建築業を、MARLES POHISTVO d.o.o は家具製造業を営み、そして事業全体のサービスをMARLES STORITVE d.o.o が行っている。

MARLES POHISTVO d.o.o. で生産されているテーブル、椅子、食器棚及び調理台等の塗装家具は、生産量の30%がオーストリア等の諸外国に輸出されている。

(2) 規模

資本金： 1,509,109 SIT
工場敷地面積： 20,000 m²
従業員数： 482 人
生產品目： 木製家具
年間生産量： 96,552 台
操業条件： 239 日/年, 8 時間/日

2.2.2 水使用合理化

(1) 用水量管理の実施

現状では正確な井戸水の揚水量が計測されていないので、用水量の管理は行われていないに等しい。まず井戸水の水量計を設置して、工場全体の用水量の管理が実施されなければならない。これが水使用合理化の基本である。

(2) 空気圧縮機の間接冷却用水の循環使用

(a) 計画の概要

空気圧縮機の間接冷却用水は現在一過式に使用されており、この排水を冷却塔を使用して循環使用する。ただし出口の水温は不明なので、20℃と仮定する。なおここでは、調査表記載の用水量が正しいものとして、計画した。

(b) 基本条件

	水量 m ³ /d	作業時間 h/d	水量 m ³ /h	水温℃		回収率 %	節水量 m ³ /d	所要熱量 Kcal/h
				入口	出口			
現状	45	8	5.6	15	25			56,000
計画	45	8	5.6	25	35	95	42.8	56,000
年間操業日		239						

(c) 所要費用の概算

- ・ 設備費 1,883 (千SIT)
- ・ 運転費 89.1 (千SIT/y)
- ・ 所要費用 39.5 (SIT/m³)

(d) 経済性評価

① 現状では用排水に関して支払われている費用は62.9 SIT/m³なので、回収使用は明らかに有利である。なおこの費用は、国及び市の規定によれば、約57 SIT/m³になるはずである。

② 将来排水が下水道に放流される場合には、下水道料金として前記の費用以外に160 SIT/m³以上が徴収される見込みなので、回収使用はさらに有利となる。

2. 2. 3 廃水処理および予備処理

1) 河川放流のための廃水処理

(1) 処理システム

塗装水洗ブース廃水と接着機水洗廃水を凝集沈殿法による処理を行った後、その処理水に生活排水と軟化設備の再生廃水とを混入させて接触曝気処理を施してから凝集沈殿処理を行い、その処理水にコンプレッサ冷却水とボイラブロース水を混入させて放流するものである。

(2) 廃水処理費

1 m³当たりの廃水処理費の内訳をTable 2. 2. 1に示す。したがって、総合廃水1 m³当たりの処理費は次の値になる。

$$(\text{①} + \text{②} + \text{③} + \text{④}) \div (304 \text{ m}^3/\text{日} \times 239 \text{ 日/年}) = 238 \text{ SIT/m}^3$$

Table 2. 2. 1 1 m³当たりの廃水処理費の内訳

項 目	内 容		金 額
原 価 償 却	機 器 類	62,779,000 SIT ÷ 15年	① 4,185,267 SIT/年
	建屋、土木	30,000,000 SIT ÷ 40年	② 750,000 SIT/年
金 利	92,779,000 X 0.05		③ 4,638,950 SIT/年
ランニングコスト			④ 7,699,000 SIT/年
(\text{①} + \text{②} + \text{③} + \text{④}) ÷ 18,881			915 SIT/m ³

2) WWT P放流のための予備処理

(1) 処理システム

塗装水洗ブース廃水と接着機洗浄廃水を対象に凝集沈殿法による処理を施すものである。(ケース-1)

(2) 廃水処理費

1 m³当たりの廃水処理費の内訳をTable 2. 2. 2に示す。したがって、総合廃水1 m³当たりの処理費は次の値になる。

$$(\text{①} + \text{②} + \text{③} + \text{④}) \div (304 \text{ m}^3/\text{日} \times 239 \text{ 日/年}) + 176.56 \text{ SIT/m}^3$$

$$= 240 \text{ SIT/m}^3$$

Table 2.2.2 1 m³当たりの廃水処理費の内訳

項 目	内 容		金 額
原価償却年数	機 器 類	16,155,000 SIT ÷ 15年	① 1,077,000 SIT/年
	建屋、土木	7,800,000 SIT ÷ 40年	② 195,000 SIT/年
金 利	23,955,000 X 0.05		③ 1,197,750 SIT/年
ランニングコスト			④ 2,108,000 SIT/年
(① + ② + ③ + ④) ÷			2,227.48
			2,055 SIT/m ³

3) 汚濁負荷量削減のための予備処理

(1) 処理システム

塗装水洗ブース廃水と接着機水洗廃水を凝集沈殿法による処理を行った後、その処理水に生活排水と軟化設備の再生廃水とを混入させて接触曝気処理を施すものである。(ケース-2)

(2) 廃水の水質および汚濁負荷量

廃水および処理水の水質・水量ならびに汚濁負荷量をTable 2.2.3に示す。

(3) 設備費および処理費

ケース-1およびケース-2の設備費と処理費をTable 2.2.4に示す。

Table 2.2.3 廃水および処理水の水量・水質ならびに汚濁負荷量

Kind of Waste Water	Case	Quantity	pH	COD _{Cr}	BOD	SS	T-N	T-P
		m ³ /d		mg/ℓ (kg/d)	mg/ℓ (kg/d)	mg/ℓ (kg/d)	mg/ℓ (kg/d)	mg/ℓ (kg/d)
Booth & Gluing	Raw Waste Water	1.32	7	10,600 (14.0)	2,880 (3.80)	5,150 (6.80)	735 (0.97)	2.7 (0.004)
	Case-1			5,300 (7.00)	2,010 (2.65)	30 (0.04)	735 (0.97)	2.0 (0.003)
	Case-2			120 (0.16)	25 (0.03)	30 (0.04)	10 (0.01)	6.2 (0.008)
Domestic	Raw Waste Water	70	7	400 (28.0)	200 (14.0)	50 (3.5)	40 (2.8)	7 (0.49)
	Case-2			120 (8.4)	25 (1.75)	30 (2.1)	10 (0.7)	6.2 (0.43)
Compressor	Raw Water	45		— ()	— ()	— ()	— ()	— ()
Boiler	Raw Water	182		— ()	— ()	— ()	— ()	— ()
Total Waste Water	Raw Waste Water	298	7	141 (42.0)	60 (17.8)	35 (10.3)	13 (3.8)	1.5 (0.46)
	Case-1			117 (35.0)	56 (16.7)	22 (6.7)	12 (3.7)	1.5 (0.43)
	Case-2			28 (8.51)	1 (0.30)	6 (1.82)	2 (0.61)	1.0 (0.30)
	Discharge to River			28 (8.51)	1 (0.30)	6 (1.82)	2 (0.61)	1.0 (0.30)

Table 2.2.4 処理装置の設備費と処理費

	Equipment Cost	Depreciation &	Running Cost	Total Treatment Cost
	SIT	Interest SIT/m ³ ①	SIT/m ³ ②	SIT/m ³ ①+②
Case-1	23,955,000	34	29	63
Case-2	44,000,000	96	78	174
Discharge to River (Design Base)	92,779,000	132	106	238

4) まとめ

WWTPに放流する場合は、表2.2.3に示す廃水処理費に176.56 SIT/日を加えた費用が必要となるため、河川に放流する方法が最も安価となる。

しかし、河川放流の場合の廃水処理は、ボイラブロー水とコンプレッサ冷却水によって処理水が希釈されて、基準が満足されているものである。将来、製造技術の発展、時代の変化、顧客の要望等により、使用される設備、原材料等が変化することが予想される。また、水使用の合理化が進むと、これらの希釈水は減少するであろう。これらのことから、河川に放流する場合の廃水処理装置は、将来に改善の必要が生じるであろう。

以上のことから、凝集処理法による前処理を行ってWWTPに放流する方法が現状では得策であると考ええる。また、将来にWWTPの放流基準の見直しか、または汚濁負荷量に応じた料金体系が採用されれば、次のレベルの予備処理装置の検討を、また、より基準が厳しくなったときにはじめて河川放流を検討すればよいと考える。

2.2.4 財務分析

河川放流するケース（Case 1）と下水放流するケース（Case 2）について財務分析を行う。

前述したプラント建設費に加えて、1.4.1項で述べた前提条件に基づく所要資金は、1,111千DEM（Case 1）と284千DEM（Case 2）となる。所要資金の50%は自己資本金で調達し、残りは長期借入金により融資されるものとし、金利は10%とした。

以上の前提条件に従って、基本ケースに関して廃水処理費用明細表及び資金繰り表を作成し、その結果について以下概要する。

廃水処理費用に関しては、下水放流するケースにおける償却及び金利を含む費用は2.9 DEM/m³となり、直接河川放流するケースの費用（2.8 DEM/m³）と比べてわずかに高くなるが、その差はない。

資金繰りに関しては、長期借入金返済能力（DSR）は、両ケースとも1.00をわずかに上廻っており、債務の返済に対して現金を有していることを示した。

次に、本プロジェクトの主要要素であるプラント建設費及び薬品が変動した場合の感度分析を行った。両ケースとも薬品よりプラント建設費が感度が高いことを示した。

更に、低利の資金が利用できると想定した場合のケーススタディを行った。金利は5%になると仮定した。両ケースともプラント建設費が10%削減した場合と同じ効果が期待できる。

以上述べてきた分析から、当工場はモデル工場のうち唯一河川放流するケースと下水放流するケースとの廃水処理費用が同じ結果になった。

他の工場と同様に下水放流は選択の一つである。一方、河川放流の利点は、資金余剰が生じればWWTPの操業にかかわりなく投資機会があること、これに伴い現行の下水道料金は支払わなくてよくなること、更に低利融資が利用できれば、下水放流より資金負担の軽減が図られること等が考えられる。

河川放流か下水放流かの選択は、今後の経済動向を勘案した上で決定すべきである。

2. 3 M-3 MARIBORSKA LIVARNA MARIBOR, p.o.,
group, ARMAL d.o.o. (機械金属加工)

2. 3. 1 工場概要

(1) 概要

MARIBORSKA LIVARNA MARIBOR, p.o. は1925年にキリスト教会の鐘の鋳造を起業とし、その後は各種銅加工製品の製造へと発展する。第二次世界大戦で工場のほとんどが破壊されるが、再び、銅の溶接棒、水道管蛇口、シャワー等の生産を開始する。1974年、法の改正に伴って以下の5社への分割が行われ、現在に至っている。

- ① AKLIMAT (アルミニウム製ラジエータの製造)
- ② PREDELAVA BAKRA (銅合金の製造)
- ③ ARMAL (水道管蛇口、水洗トイレ取付け口、暖房及び冷房用鋳物等の製造)
- ④ VZDRZEVANJE (グループ会社のユーティリティ供給及びメンテナンス)
- ⑤ MLM (グループ会社製品のマーケティング及び輸入業務)

5社はMARIBORSKA LIVARNA MARIBORグループとして協力体制で運営されているが、電気めっき工場を有するARMAL d.o.o.からは有害物質を含有する廃水が発生し、廃水量の大半を占めていることから、本調査の対象を当会社に限定した。

(2) 規模

資本金 :	182,287,000 SIT
工場敷地面積 :	12,150 m ²
従業員数 :	380 人
生產品目 :	水道蛇口, 水洗トイレ取付け口, 暖房, 冷房鋳物
年間生産量 (t) :	184.4 719.2 88 68.7
操業条件 :	256 日/年, 8 時間/日

2.3.2 水使用合理化

(1) PEC再生設備の間接冷却水を製品漏水試験用として再利用

(a) 計画の概要

PEC 再生設備の間接冷却水は現在一過式に使用されており、出口の温度は約25℃であり、水質の変化はない。この排水を同じ建屋内の組立工場にて実施される製品の漏水試験用に再利用する。

(b) 基本条件

	水 量 m ³ /d	操業時間 h/d	水 量 m ³ /h	操業日数 d/y	節水量 m ³ /d
現状PEC 再生設備	100	16	6.25	229	
現状漏水試験設備	49	8	6.13	235	
再利用水量と期間	(49)	(8)	(6.25)	(229)	(48)

(c) 所要費用の概算

- ・ 設備費 750 (千SIT)
- ・ 運転費 0 (現状と変化なし)
- ・ 所要費用 7.99 (SIT/m³)

(2) PEC 再生設備の間接冷却水を鋳造工場直接冷却水として再利用

(a) 計画の概要

PEC 再生設備の間接冷却水の排水を、別の建屋内の鋳造工場にて使用されている直接冷却水として再利用する。

(b) 基本条件

	水 量 m ³ /d	操業時間 h/d	水 量 m ³ /h	操業日数 d/y	節水量 m ³ /d
現状PEC 再生設備	100	16	6.25	229	
現状鋳造用冷却水	96	21.6	4.44	202	
再利用水量と期間	(71)	(16)	(4.44)	(202)	(71)

(c) 所要費用の概算

・設備費	2,300	(千SIT)
・運転費	58.2	(千SIT/y)
・所要費用	30.79	(SIT/m ³)

(3) ケース 1、2 についての検討及び評価

(a) 技術的検討

- ① PEC 再生装置に使用されている間接冷却水は一過式であるため、出口の温度は約25℃で、水質の変化はない。
- ② この排水を再利用する計画（ケース 1、2）は、いずれも水量、作業時間、作業日数に若干の差異はあるが、技術的に対応出来る問題であり節水の効果は十分あると考えられる。

(b) 経済性評価

この再利用計画における回収水当たりの費用は、約 8 SIT/m³（ケース 1）、約32 SIT/m³（ケース 2）である。この値を以下の条件において検討してみる。

- ① 現状でも用排水に関して支払われている費用は約 200 SIT/m³であるのでケース 1、2 とともに経済的に成り立つ。
- ② 将来は下水道料金として 100 SIT/m³以上が徴収される見込みであるのでケース 1、2 とともに経済的に成り立つ。
- ③ ケース 2の設備費用でも年間出荷額の約 0.1 %程度であり事業所において詳細に検討されるようリコメンドしたい。

2. 3. 3 廃水処理および予備処理

廃水処理装置が設置されており、総合廃水の水質は河川およびWWTPの基準を満足しているため、廃水処理および予備処理装置の設置の必要はない。

2. 3. 4 モデルケース

めっきの基本工程を銅めっき、ニッケルめっきおよびクロムめっきと定め、そこで使用される薬品に同種のものを選定して、めっき工場としての一般性を持たせる。また、ARMAL d.o.o.は廃水量30 m³/日、年間操業日数256日であるので、この条件によるめっき工場のモデルケースとして、廃水処理と再生利用処理を行う場合と、全ての廃水を単に処理する廃水処理の場合の2つを示す。

1) 廃水処理および再生利用処理

(1) 処理システム

銅、ニッケルおよびクロムめっきの水洗廃水ならびに酸・アルカリ液の水洗廃水をイオン交換樹脂により再生処理を行って再利用する。一方、シアン系廃水は酸化、クロム系廃水は還元、また、酸・アルカリ系廃水および重金属はpH調整の処理を行って放流するものである。また、B系廃水は凝集沈殿処理を施してから、B吸着樹脂による処理を行って放流する。

(2) 廃水処理および再生処理費

1 m³当たりの処理費の内訳をTable 2.3.1に示す。

Table 2.3.1 1 m³当たりの処理費の内訳

項 目	内 容		金 額
原 価 償 却	機 器 類	195,192,000 SIT ÷ 15年	① 13,012,800 SIT/年
	建屋、土木	48,125,000 SIT ÷ 40年	② 1,203,125 SIT/年
金 利	243,317,000 × 0.05		③ 12,165,850 SIT/年
ランニングコスト			④ 23,185,000 SIT/年
(① + ② + ③ + ④) ÷ 38,400			1,291 SIT/m ³

2) めっき工場の一般的な廃水処理

(1) 処理システム

シアン系廃水は酸化、クロム系廃水は還元、また、酸・アルカリ系廃水および重金属はpH調整の処理を行って放流するものである。

(2) 廃水処理費

めっき工場の一般的な廃水処理装置の設備費および処理費をTable 2.3.2に示す。

Table 2.3.2 処理装置の設備費と処理費

	Equipment Cost	Depreciation &	Running Cost	Total Treatment Cost
	SIT	Interest SIT/m ³ ①	SIT/m ³ ②	SIT/m ³ ①+②
Pretreatment	35,000,000	480	350	830

3) 現状の汚濁負荷量

現状の汚濁負荷量をTable 2.3.3に示す。

Table 2.3.3 廃水の水量・水質ならびに汚濁負荷量

Kind of Waste Water	Quantity m ³ /d	pH	COD _{Cr} mg/ℓ (kg/d)	BOD mg/ℓ (kg/d)	SS mg/ℓ (kg/d)	T-N mg/ℓ (kg/d)	T-P mg/ℓ (kg/d)
Total Waste Water (Livarna Group)	1,193		20 (23.9)	8 (9.5)	-- (--)	-- (--)	-- (--)
Total Waste Water (Armal d.o.o.)	372		20 (7.44)	8 (2.98)	-- (--)	-- (--)	-- (--)

4) まとめ

廃水処理および予備処理装置の設置の必要はない。なお、めっき廃水処理装置から排出される処理水の水質は、重金属が基準をやや上回っている。いくつかの原因とその対策を挙げることができるため、原因を明らかにして、合理的な処理システムに改善することが望まれる。

2.4 M-4 STAJERSKA PIVOVARNA d.d. (食料品)

2.4.1 工場概要

資本金：	130,000	千SIT	
工場敷地面積：	40,000	m ²	
従業員数：	170	人	
操業条件：	216日／年、8時間／日		
生産品目：	ビール	清涼飲料	ジュース
年間生産量 hℓ：	60,000	50,000	80,000

2.4.2 水使用合理化

(1) 用水量管理の実施

現状では正確な井戸水の揚水量が計測されていないので、用水量の管理は行われていないに等しい。まず井戸水の水量計を設置して、工場全体の用水量の管理が実施されなければならない。これが水使用合理化の基本である。

(2) 洗びん機の節水型への交換

(a) 洗びん機の現状

洗びん機は2台あり、大型は Double End 型、小型は Single End 型になっているが、洗浄のシステムは同一である。

洗びん機に使用されている洗浄用水量は不明であるが、工場側の測定値が正しいとすれば2台稼働時において350 m³/d 程度と推定される。

この推定に基づいて、びん一本当りの洗浄用水量を求めると、約 1.5 ℓ となる。この値は最近の洗びん機の使用水量に比べると、かなり大きい。

(b) 計画の概要

洗びん機を、使用水量の少ない機種（節水型）に交換する。ただし、洗びん機は極めて高価（数千万SIT位）なので、直ちに実行されるのは無理と思われる。現在使用中の機械が将来廃棄される場合には、節水型と交換されることが好ましい。

この機械の用水面から見た特徴は下記の通り。

① 補給水（新水）は仕上水洗の部分にのみ供給され、他の水洗は全て回収水が使用されている。

②水の流れは、仕上水洗から始まって二次水洗、一次水洗、最終浸漬槽、予備水洗の順になっている。これは、びんの流れ方向に対し向流（Counter Current）であり、多段向流洗浄方式が採用されている。

びん一本当りの洗浄用水量は約 0.4ℓとなり、現在の洗びん機に対する推定値（約 1.5ℓ／本）に比べてはるかに少ない。ただし、これはかなり大容量の機械についての数値であり、小容量の場合は 1.0ℓ／本程度であろうと推定される。しかし、いずれにしても大幅な節水となることは間違いない。

(c) 技術的検討

節水型洗びん機は単に節水となるだけでなく、びんの洗浄効果が高い、はがされたラベルの処理が容易となる、等の優れた効果を有する。

現在の洗びん機では、洗びん作業が終了した後、はがされたラベルの処理に多大の労力と水が使用されているように見受けられるので、節水型洗びん機の採用は、さらに多くの節水や労力の低減につながるものと考えられる。

(d) 経済性評価

節水型洗びん機の価格や節水量の正確な値を求めることが困難なので、この方法について経済性評価を行うのは難しい。しかし、以下のような仮定を置いて検討してみる。

- ・節水量；120 m³／日（洗びん機用水量の約 1/3）
- ・将来の下水道料金及び用水に係わる費用；217 SIT／m³
- ・年間稼働日；216 日、

この仮定よれば、節水により得られる利益は年間約 5,625 千SITに達する。

一方洗びん機の運転費用は、現在の機械よりも増えるとは考えられないので、この利益は機械の償却費に当てられると想定される。

この仮定より、得られる利益（5,625 千SIT／年）に相当する機械の設備費を計算すると、約 33.7 百万SITとなる。

この外に、前述の様に節水型の採用には、さらに多くの節水や労力低減の効果があるので、これらを含めて総合的に考えれば、経済的效果が得られる場合もあるのではないかと考えられる。

2. 4. 3 廃水処理および予備処理

1) 河川放流のための廃水処理

(1) 廃水処理費

廃水 1 m³当たりの処理費 (Table 2.4.1)

Table 2.4.1

項目	内容		金額 SIT / m ³
原価償却	機械類	79,823,000 SIT ÷ 15年 ÷ 155,520 m ³ /年	① 34
	建屋・土木	109,750,000SIT ÷ 40年 ÷ 155,520 m ³ /年	② 18
金利	189,573,000 SIT×0.05 ÷ 155,520 m ³ /年		③ 61
ランニング コスト			④ 110
合計 処理コスト ① + ② + ③ + ④			223

(2) まとめ

河川放流の場合は放流基準が厳しいため（特にT-Pが2.0mg/L）、設備コストおよびランニングコスト共に高くなった。したがって、現時点では、自工場で廃水処理設備を設置する場合の方が、工場側にとって不利となる。

2) WWT P放流のための予備処理

廃水を分析した結果、WWT P放流基準値以内に入っており、予備処理設備の設置の必要はない。

3) 汚濁負荷量削減のための予備処理

(1) 廃水の水質および汚濁負荷量

Case-1、Case-2およびCase-3について、各々検討した結果をTable 2.4.2 に示す。

Table 2.4.2 廃水および処理水の水質ならびに汚濁負荷量

Kind of waste water	Quantity m ³ /d	CODcr mg/L (kg/d)	BOD mg/L (kg/d)	PH	SS mg/L (kg/d)	T-N mg/L (kg/d)	T-P mg/L (kg/d)
*1 Raw thick waste water	400	1400 (560)	400 (160)	7	100 (40)	14.4 (5.8)	8.3 (3.3)
*2 Treated thick waste water							
Case-1	400	300 (120)	80 (32)	7	100 (40)	14.4 (5.8)	8.3 (3.3)
Case-2	400	560 (224)	80 (32)	7	164 (66)	10 (4)	5 (2)
*3 Total waste water (Raw water)	720	890 (641)	260 (187)	Ave 7.4	76 (55)	12 (8.6)	6 (4.3)
CASE-1	720	249 (201)	74 (59)	7	76 (39)	12 (6.2)	6 (3.1)
CASE-2	720	424 (305)	82 (59)	7	113 (81)	9.4 (6.8)	4.2 (3)
CASE-3	720	400 (288)	74 (53)	7	114 (82)	8 (5.8)	3.6 (5)
*4 Discharge to River	720 Design base	120 (86)	25 (18)	Ave 7.8	80 (58)		2. (1.4)

注記

・CASE-1: 濃厚廃水をAnaerobicシステムにて予備処理した場合。

- ・ CASE-2 : 濃厚廃水を Aerobic システムにて予備処理した場合。
- ・ CASE-3 : 総合廃水を Aerobic システムにて予備処理した場合。
- ・ * 1 : 総合廃水の内、濃厚液部分の水質。
- ・ * 2 : 濃厚廃水を各々の CASE で処理した場合の水質。
- ・ * 3 : 処理した濃厚廃水をその他の廃水と混合した場合の総合廃水の水質。
- ・ * 4 : 河川放流した場合の水質。

(2) 設備費および処理費

各 Case についての設備費および処理費を Table 2.4.3 に示す。

Table 2.4.3 処理装置の設備費と処理費

	Equipment cost SIT	Depreciation & Interest SIT/m ³	Running Cost SIT/m ³	Total treat- ment cost SIT/m ³
CASE-1	39,300,000	36	81	117
CASE-2	35,960,000	33	28	61
CASE-3	43,500,000	40	31	71
Discharge to River	189,573,000	113	110	223

(3) まとめ

河川放流の場合と比較して、大幅に処理コストが安くなったが、これは、T-P 処理のための凝集沈殿装置がないこと、また、薬品を使用する必要がないこと及び BOD、COD_{cr} の除去率を低く押さえて、極力設備費を安くしたことが要因である。

2.5 M-5 VINAG VINARSSTVO-SADJARSTVO (食料品)

2.5.1 工場概要

Maribor市の中心部に位置するワイナリーで、タンクローリーで運び込んだ搾汁液は地下タンクで醸造、熟成され、熟成されたワインはびんに詰めて出荷される。

従業員数:	400人
操業条件:	8hrs/day, 251days/year
生産品目:	Wine(white, Red)
年間生産量:	5000 m ³

2.5.2 水使用合理化

1) 水使用及び合理化の現状

(1) 水使用の特徴

- ① 水源は上水のみであり、流量計で計量されている。
- ② 用水使用量の殆ど(約 86%)は洗浄用水であり、残りは雑用水、ボイラ用水アンモニア冷凍機用蒸発凝縮器(1台)への補給水である。
- ③ 洗浄水の用途は、びん洗浄機(1台)及びろ過器・槽類等の洗浄用である。
- ④ ボイラ用水の回収はかなり実施されている。(推定回収率約 80%)

(2) 合理化の現状

- ① ボイラ用水の回収使用、冷凍機用蒸発凝縮器の採用、CIPの採用等部分的な節水は実施されている。
- ② 用水管理は十分とはいえず、床・装置等の洗浄に使用されるホースの先端に手元制御弁が付いていないものが多い。
- ③ 用水使用量の最も多いびん洗浄機の型式は節水型ではあるが、その水使用量は約 1.5(l/bottle)とやや多い。
- ④ 一日当たり4~5万本(約 10,000 bottle/h以下)の洗びん数で、びん洗浄機としては小型であることを考慮しても、その水使用量はやや多い。

2) 検討及び評価

(1) 技術的検討

- ① びん洗浄機・びんコンベヤ廻りのびんの流れが余りスムーズでなく、洗浄効率を低下させている一因とも考えられる。
- ② びん洗浄機・びんコンベヤ廻りの設備更新によって、使用水量は約 20 m³/dの節水になると推定される。しかし、その設備投資額は約50,000(千SIT)程度であり、水使用合理化だけでは経済的に成り立たないことが明白である。従って、工場設備の合理化投資や老朽化設備の更新投資が実施される時に節水型に交換されることが好ましい。
- ③ 当面の節水対策としては、管理者及び作業者の節水意識の向上が最も大事であろう。
- ④ 洗浄用ホースには手元制御弁をつけること。約 10(千SIT/個)である。

(2) 経済性評価

- ① 当面は、管理者及び作業者の節水意識の向上によって使用水量の削減を図ることが肝要であるので、経済性評価はできない。

2. 5. 3 廃水処理および予備処理

1) 河川放流のための廃水処理

(1) 廃水処理費

廃水 1 m³ 当たりの処理費 (Table 2.5.1)

Table 2.5.1

項目	内容		金額 SIT/m ³
原価償却	機械類	48,089,000 SIT ÷ 15年 ÷ 22,590 m ³ /年	① 142
	建屋・土木	33,125,000 SIT ÷ 40年 ÷ 22,590 m ³ /年	② 37
金利	81,214,000 SIT × 0.05 ÷ 22,590 m ³ /年		③ 179
ランニングコスト			④ 353
合計 処理コスト ①+②+③+④			711

(2) まとめ

河川放流の場合は、放流基準が厳しいため（特に T-P が 2 mg/L）、設備コスト及びランニングコスト共に高くなった。また、処理量が少なく、年間稼働日数が短いこと（216 d/年）も、相対的に単位処理量当たりのコストが高くなった大きな要因である。

したがって、現時点では、自工場で廃水処理設備を設置する場合の方が、工場側にとって、はるかに不利となる。

2) WWTP 放流のための予備処理

中和処理設備がすでに設置されており廃水を分析した結果、WWTP放流基準値以内に入っており、予備処理設備の設置の必要はない。

3) 汚濁負荷量削減のための予備処理

(1) 廃水の水質および汚濁負荷量 (Table 2.5.2)

Table 2.5.2 廃水及び処理水の水質ならびに汚濁負荷量

Kind of waste water	Quantity m ³ /d (kg/d)	CODcr mg/L (kg/d)	BOD mg/L (kg/d)	PH	SS mg/L (kg/d)	T-P mg/L (kg/d)
Total Raw waste water (After neutralization)	90	750 (68)	510 (46)	Ave 7.8	90 (8)	17 (1.5)
Pretreated water (Discharge to WWTP)	90	220 (20)	100 (9)	7	172 (15)	10 (0.9)
Treated water (Discharge to River)	90	120 (11)	25 (2.3)	7	80 (7)	2 (0.2)

(2) 設備費および処理費 (Table 2.5.3)

Table 2.5.3 処理装置の設備費と処理費

	Equipment cost SIT	Depreciation & Interest SIT/m ³ ①	Running cost SIT/m ³ ②	Total Treatment cost SIT/m ³ ①+②
Pretreatment	24,630,000	112	114	226
Discharge to River	81,214,000	358	353	711

(3) まとめ

河川放流の場合と比較して、大幅に処理コストが安くなったが、これは、T-P処理のための凝集沈殿装置がないこと、また、薬品を使用する必要がないこと及び予備処理の考え方から、BOD、COD_{cr}の除去率を低く抑さえて、極力設備費を安くしたことが要因である。

2.6 M-6 KOSAKI TOVARNA MESNIH IZDELKOV p.o MARIBOR (食品：屠場)

2.6.1 工場概要

工場敷地面積：	22,534 m ²	
従業員数：	100 人	
操業条件：	250 日／年	5 時間／日
生産品目：	牛	豚
年間生産量：	11,500 頭	43,000 頭

(1995)

2.6.2 水使用合理化

1) 水使用及び合理化の現状

(1) 水使用の特徴

- ① 水源は市水のみであり、流量計で計量されている。
- ② 用水使用量の殆ど(約96%)は洗浄・製品処理用水であり、残りは冷却水、ボイラ用水、雑用水である。
- ③ 洗浄・製品処理用水の用途は、屠殺・解体時の洗浄及び床・解体用器具等の洗浄用である。

(2) 合理化の現状

- ① アンモニア冷凍機(3台)の冷却水は蒸発凝縮器(3台)の採用により節水されている。
- ② ボイラ用水は蒸気の直接吹込みによる温水の製造に使用されている。
- ③ 放血後の製品は温水槽(1槽)を移動する間に洗浄される。
- ④ 床・解体用器具等は水による洗浄で高圧噴射式洗浄機および手元制御弁付きのホースが使用されている。然し、手元制御弁のついていないホースも散見された。

2) 検討及び評価

(1) 技術的検討

- ① 用水使用量の約96%を占める洗浄・製品処理用水量について、日本にお

ける平均的な洗浄・製品処理用水量と比べてみると約2倍となっている。ただし、日本とは製品処理方法が異なるので単純に断定することは出来ない。

- ② 洗浄・製品処理水を再生利用することは衛生上の観点を考慮すれば、不可能と言えよう。また、再生水を冷却水や雑用水等に使用することも考えられるが、使用量が少ないので経済的に成り立たないことは明白である。
- ③ 洗浄・製品処理作業は殆ど手作業であるので、作業者の節水意識の向上によって使用水量の削減が可能と考えられる。

(2) 経済性評価

- ① 管理者及び作業者の節水意識の向上によって使用水量の削減を図ることが肝要であるので、経済性評価は特に出来ない。

2.6.3 廃水処理および予備処理

1) 現状

全排水が3ヶ所の排水ピットから下水へ放流されている。

食肉工場の排水は2ヶ所の油水分離装置を通して放流している。

下水放流の場合の前処理としては、何もしなければ油分が規制を超過する恐れがあるが、既存の油水分離装置が好適に機能しており、追加する必要はない。

2) 廃水処理

システムの概略フロー

(waste water)

- Collecting pit → Screen → Stabilization tank(anaerobic)
- Oil separator → Mixing Tank → 1st. Aeration tank
- 2nd. Aeration tank → 1st. Sedimentation tank
- Contact Aeration tank → Contact Anaerobic tank
- Coagulation tanks → 2nd. Sedimentation tank
- Treated water tank → Discharge to the river

(coagulated sludge)

- Sludge storage tank → Sludge dehydrator → Cake hopper
- Truck

廃水処理システム選定の理由

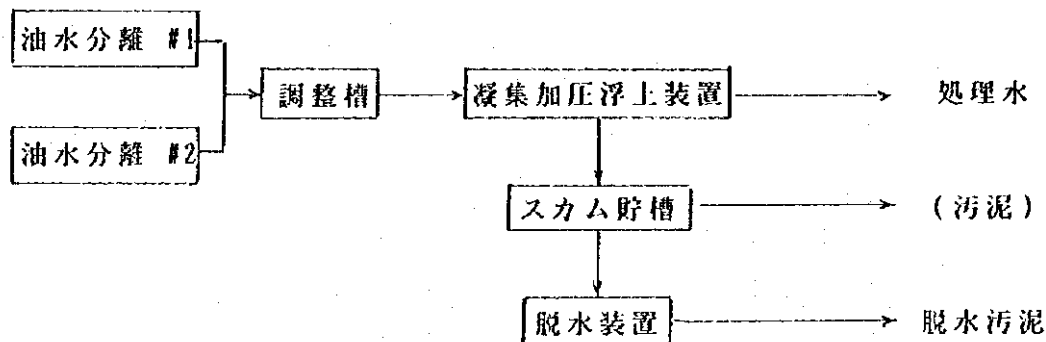
- ① 屠場は、排水基準では一般に属する。屠場の排水の汚濁物質は基本的に生物系なので、処理システムとしては公共中央処理場で採用される活性汚泥処理法が適している。
- ② 河川へ直接放流する場合は、NとPの規制値が厳しく、これをクリアするように排水処理システムを設計すれば、BOD、COD、SS、油分などは自ずと規制をクリアする。
- ③ $\text{NH}_4\text{-N}$ は活性汚泥処理で容易に低下する。 $\text{NH}_4\text{-N}$ が $\text{NO}_3\text{-N}$ に変換している。これを除去するためには、嫌気性の脱窒処理が必要となる。
- ④ Pの除去は凝集沈殿法で行う。

⑤SS、CODの規制値から見て、砂ろ過、活性炭吸着は必要ない。

⑥屠場の排水は、時間変動・濃度変動が大きいので、処理を安定に行うために1日分に相当する容量の調整槽を設ける。集水ピットに既存の油水分離装置は、活用すれば油分負荷の軽減に貢献するが、スカムの除去作業を軽減するためにこれを短縮して直接調整槽に送液してもよい。それに対応するために、加圧浮上設備を設ける

3) 汚濁負荷削減のための予備処理

汚濁負荷量の削減を図ることが要請される場合には、凝集加圧浮上を導入する。生物処理法が適用される下水処理場に対して、過大な負荷が掛からないようにするための前処理設備であるから、生物処理ではなく物理的な処理方法を適用する。凝集沈殿でなく凝集加圧浮上を適用する理由は、元々浮上性向のある油分の除去を配慮するからである。



Case 1 油水分離装置のみ

油水分離については、既設の設備を活用することでよい。浮上油の処理については、現在専門業者が毎週1回程度回収し、石鹼工場へ原料として納入している。現状の処理コスト（或いは収入）としてはゼロである。

Case 2/3 凝集加圧浮上装置を追加

運転時間を12時間以下になるようにし、夜間の人件費負担をなくする。次のチョイスは、脱水機を使用するか・しないかである。脱水機がなければ、その分設備費が安くなり、運転の手間も脱水用の凝集剤のコストも不要となる。

Case 3 固定床接触酸化生物処理を追加

更にCOD、BODを削減しなければならない場合は、生物処理を行う。
汚濁負荷が高い場合に、よく嫌気性生物処理が採用されるが、油分が多いとうまくいかない。凝集加圧浮上処理をした後では、負荷が下がっているので、好気性生物処理の方が有利になる。SSが少なくなっているので、固定床接触酸化生物処理が好適に適用できる。

Table 3.6. 廃水および処理水の水質ならびに汚濁負荷量

Kind of wastewater	Quantity m ³ /d	CODcr mg/L (kg/d)	BOD mg/L (kg/d)	Fat mg/L ()	SS mg/L (kg/d)	T-N mg/L (kg/d)	T-P mg/L (kg/d)
*1 Case-1 Oil separator	400	1,500 (600)	800 (320)	60 (24)	600 (240)		20 (8)
*2 CASE-2/3 + Coagulation & floatation	400	800 (320)	400 (160)	20 (8)	< 30 (12)		< 2
*3 CASE-4 + Contact Oxidation	400	250 (80)	100 (40)	10 (4)	< 30 (12)		< 2

注) *1 CASE-1: 油水分離の予備処理をした場合

*2 CASE-2: 更に凝集加圧浮上処理をした場合 脱水機あり

CASE-3: 脱水機なし

*3 CASE-4: CASE-2 に接触酸化処理を追加した場合

Table 3.6. 処理装置の設備費と処理費

	Equipment cost SIT	Depreciation & Interest SIT/m ³	Running Cost SIT/m ³	Total treat- ment cost SIT/m ³
CASE-1	exsited	0	0	0
CASE-2	50,000,000	55	85	140
CASE-3	43,000,000	48	72	120
CASE-4	80,000,000	88	100	188
to River	296,076,000	299	266	565

4) まとめ

Table 3.6. に、予備処理で得られる水質とそのコストの推定値をまとめた。参考として、河川に直接放流する場合の排水処理設備の場合も併記した。河川へ直接放流する場合は、排出基準が厳しいため廃水処理のコストが非常に高くなり、下水に放流する場合の料金と比較すると、全く勝負にならない程である。

凝集加圧浮上処理によって、汚濁負荷が大幅に低減するが、処理コストがほぼ標準の下水料金と同程度になる。汚濁負荷による累進料金が標準の2倍程度高い、という事態にでもならないと、負荷削減を目的とする予備処理の経済性はない。言い換えると、少々の追加料金ならば、高い下水料金を支払う方が経済的である。

2.6.4 財務分析

技術的検討の結果から、下水放流するケース（Case 2）については既存の油水分離装置が機能し、前処理なしで放流できるので、廃水処理のための追加費用が生じないことがわかった。したがって、河川放流するケース（Case 1）について主として財務分析を行う。

前述したプラント建設費に加えて、1.4.1項で述べた前提条件に基づく所要資金は、3,665千DEM（Case 1）となる。所要資金の全額は長期借入金により融資されるものとし、金利は12%とした。

以上の前提条件に従って、基本ケースに関して廃水処理費用明細表及び資金繰り表を作成し、その結果について以下概要する。

廃水処理費用に関しては、下水放流するケースは廃水処理のための追加費用は生じないが、下水道料金及び汚染税として、2.29 DEM/m³を支払うことになる。一方、河川放流するケースにおける償却及び金利を含む費用は7.63 DEM/m³となり、上記の費用と比べて、5.34 DEM/m³高くなる。

Case 1の資金繰りに関しては、長期借入金返済能力（DSR）は、1.00を下回っており、債務の返済に対して現金が不足していることを示した。

次に、本プロジェクトの主要要素であるプラント建設費及び薬品が変動した場合の感度分析を行った。Case 1では、薬品よりプラント建設費が感度が高いことを示した。

更に、低利の融資が利用できると想定した場合のケーススタディを行った。金利は6%となると仮定した。Case 1では、プラント建設費が20%削減した場合と同じ効果が期待できる。

以上述べてきた分析から、当工場にとっては前処理を必要としない下水放流するケースが、直接河川放流するケースより経済的に有利であることが示された。

2. 7 M-7 MARIBORSKA MLEKARNA p.o. (食料品)

2. 7. 1 工場概要

(1) 概要

MARIBORSKA MLEKARNA p.o. は、紙容器詰め市乳、紙容器詰め発酵乳及び各種チーズ等を一貫して製造している会社である。使用する原乳量は毎年、約3.5%の増加がみられ、近代的、衛生的な生産設備によって少量多品種の製品が生産されており、その一部はクロアチア等に輸出されている。

(2) 規模

資本金：	808,790,000 SIT
工場敷地面積：	14,000 m ²
従業員数：	286 人
生産品目：	市乳， チーズ， フレッシュチーズ， 発酵乳
年間生産量(kg)：	16,393,777 2,066,470 1,086,857 1,507,745
操業条件：	365 日/年， 7 時間/日

2.7.2 水使用の合理化

(1) 技術的検討

- ① 各設備の水使用量を出来るだけ正確に把握し、それらの使用量が適正であるか否かを調べる必要がある。

この調査結果を基に現状の設備に若干の費用を投じて、各設備の使用水量の適正化を図ることにより、約10～15%（約50 m³/d 程度）の節水は可能であろう。

- ② 水使用合理化のために投ずる人員、設備費及び予想される効果を次のように想定する。

技 術 者： 2人

期 間： 1年（現在の業務と兼任し、従事率を50%とする）

設 備 費： 1,000 千SIT（手元制御弁、配管部品、計器類等）

節 水 効 果： 50（m³/d）

- ③ なお、投入する技術者（2人）と期間（1年）は限定し、任務終了後は運転マニュアル等により日常業務に移管して節水を実施するものとする。

(2) 経済性評価

- ① 上記の条件を基に経済試算をする。

(a) 1年間の投資額

人 件 費 3,000,000 SIT × 2人 × 50% = 3,000（千SIT/y）

設 備 費 1,000

合 計 4,000（千SIT/y）

(b) 予想される節水効果

50 m³/d × 200 SIT/m³ × 365 d/y = 3,650（千SIT/y）

以上のように約1年で回収できる結果となり、経済的に十分成り立つことが予想される。

2. 7. 3 廃水処理および予備処理

1) 河川放流のための廃水処理

(1) 処理システム

製造工程の廃水を中和処理した後、その処理水に生活排水と軟化設備の再生廃水とを混入させて嫌気/好気(AO)法による処理を施してから凝集沈殿処理を行い、その処理水に冷却水を混入させて放流するものである。

(2) 廃水処理費

1 m³当たりの廃水処理費の内訳をTable 2. 7. 1に示す。したがって、総合廃水1 m³当たりの処理費は次の値になる。

$$(\text{①} + \text{②} + \text{③} + \text{④}) \div (474 \text{ m}^3/\text{日} \times 365 \text{ 日/年}) = 208 \text{ SIT/m}^3$$

Table 2. 7. 1 1 m³当たりの廃水処理費の内訳

項 目	内 容		金 額
原 価 償 却	機 器 類	99,995,000 SIT ÷ 15年	① 6,666,333 SIT/年
	建屋、土木	48,125,000 SIT ÷ 40年	② 1,203,125 SIT/年
金 利	148,120,000 × 0.05		③ 7,406,000 SIT/年
ランニングコスト			④ 20,718,800 SIT/年
(\text{①} + \text{②} + \text{③} + \text{④}) ÷ 165,710			217 SIT/m ³

2) WWT P放流のための予備処理

(1) 処理システム

製造廃水と軟化設備の再生廃水に中和処理を施して、放流するものである。

(ケース-1)

(2) 廃水処理費

1 m³当たりの廃水処理費の内訳をTable 2. 7. 2に示す。したがって、総合廃水1 m³当たりの処理費は次の値になる。

$$(\text{①} + \text{②} + \text{③} + \text{④}) \div (474 \text{ m}^3/\text{日} \times 365 \text{ 日/年}) + 176.56 \text{ SIT/m}^3 \\ = 205 \text{ SIT/m}^3$$

Table 2.7.2 1 ㎡当たりの廃水処理費の内訳

項 目	内 容		金 額	
原価償却年数	機 器 類	10,958,000 SIT ÷ 15年	①	730,533 SIT/年
	建屋、土木	2,647,000 SIT ÷ 40年	②	66,175 SIT/年
金 利	13,605,000 × 0.05		③	680,250 SIT/年
ランニングコスト			④	3,394,000 SIT/年
(①+②+③+④) ÷ 68,620				71 SIT/㎡

3) 汚濁負荷量削減のための予備処理

(1) 予備処理システム

a. ケース-2

WWTPの処理に生物処理法が採用されることが予想されるが、廃水が油分を多く含有していると、この生物処理の運転を困難にする。このため、油分を除去する予備処理装置が必要で、一般に加圧浮上法が用いられる。この加圧浮上法をケース-2とする。

b. ケース-3

ケース-2の処理水を嫌気性生物処理のUASB法によって処理を行い、BODおよびCODを削減するものである。

c. ケース-4

ケース-2の処理水を好気性生物処理の生物膜ろ過処理法によって処理を行い、BODおよびCODを削減するものである。

(2) 廃水の水質および汚濁負荷量

廃水及び処理水の水質・水量ならびに汚濁負荷量をTable 2.7.3に示す。

(3) 設備費および処理費

ケース-1～4の設備費と処理費をTable 2.7.4に示す。

Table 2.7.3 廃水及び処理水の水質・水量ならびに汚濁負荷量

Kind of Waste Water	Case	Quantity m ³ /d	pH	CODe _r	BOD	SS	FAT	T-P
				mg/ℓ (kg/d)	mg/ℓ (kg/d)	mg/ℓ (kg/d)	mg/ℓ (kg/d)	mg/ℓ (kg/d)
Waste water from manufactur- ing process	Raw Waste Water	175	7	5,700 (998)	2,000 (300)	930 (163)	300 (52.5)	11 (1.9)
	Case-1			5,700 (998)	2,000 (300)	930 (163)	300 (53.5)	11 (1.9)
	Case-2			2,850 (499)	1,000 (175)	30 (5.25)	10 (1.75)	11 (1.93)
	Case-3			570 (100)	100 (17.5)	30 (5.25)	10 (1.75)	10 (1.75)
	Case-4			1,900 (333)	100 (17.5)	30 (5.25)	10 (1.75)	10 (1.75)
Car Washing	Raw Waste Water	35	7	2,100 (73.5)	450 (15.8)	650 (22.8)	500 (17.5)	130 (4.55)
	Case-3			570 (20)	100 (3.50)	30 (1.05)	10 (0.35)	10 (0.35)
	Case-4			1,900 (66.5)	100 (3.50)	30 (1.05)	10 (0.35)	10 (0.35)
Domestic	Raw Waste Water	231	7	400 (92.4)	200 (46.2)	50 (11.6)	— ()	— ()
Total Waste Water	Raw Waste Water	476	5	2,443 (1163)	866 (412)	414 (197)	147 (70)	14 (6.45)
	Case-1		7	2,443 (1163)	866 (412)	414 (197)	147 (70)	13 (6.45)
	Case-2		7	1,397 (665)	464 (221)	13 (6.41)	6 (2.96)	10 (4.93)
	Case-3		7	446 (212)	141 (67.1)	38 (17.9)	4.4 (2.1)	4.4 (2.1)
	Case-4		7	1,032 (491)	473 (225)	38 (17.9)	4.4 (2.1)	4.4 (2.1)
	Discharge to River		7	119 (56.8)	25 (11.8)	40 (18.9)	4.4 (2.1)	2.0 (0.95)

Table 2.7.4 処理装置の設備費と処理費

		Equipment Cost	Depreciation &	Running Cost	Total Treatment Cost
		SIT	Interest SIT/㎡①	SIT/㎡ ②	SIT/㎡ ①+②
Pretreatment	Case-1	13,605,000	8	20	28
	Case-2	19,000,000	34	31	65
	Case-3	40,000,000	50	102	158
	Case-4	36,000,000	47	49	106
Discharge to River (Design Base)		148,120,000	88	120	208

4) まとめ

廃水の河川放流を目指すと、全廃水を対象に処理を行うこととP除去に凝集沈殿装置を設置する必要がある。そのため廃水処理装置は設備費及び処理費ともに高価となる。WWTP放流では、廃水が有害物質を含有していないことから、有機物の汚濁負荷量を削減する予備処理装置を検討することになる。

WWTP放流基準の規制動向に応じて、油分除去の凝集浮上処理装置、汚濁負荷量（特にCOD）削減のための生物処理装置の検討を段階的に進めることになる。そのときを想定して、運転方法を変更することによって除去効率を高めることが可能な生物処理法を採用しておくことが望ましいと考える。

3. 第二次工場群

3.1 S-1 TOVARNA VOLNENIH TKANIN, MERINKA TKANINA (繊維)

3.1.1 工場概要

MERINKA はスロベニアでWoolを扱う繊維工場として最大の規模である。素材のスライバーを輸入し、糸染・製織・布染などの加工しており、製品の80%を北米などに輸出している。ストッキングは全量外国の会社の下請けで、縫製・染色・仕上・包装をしている。素材・加工機などすべて支給され MERINKAは場所と労力だけを提供している。工場は全般にうまく運営されている。

工場敷地面積：	333,430 m ²	
操業条件：	3 shifts	1 shift
生産品目：	毛織物	ストッキング
年間生産量：	650,000 m	20,000,000 足
年間売上高：	11,000,000 DM	4,000,000 DM (加工費のみ)
従業員数：	約 330 人	約 280 人

3.1.2 水使用合理化

(1) 技術的検討

- ① 上水を使用する空調用水及び雑用水について各設備の水使用量を出来るだけ正確に把握し、それらの使用量が適正であるか否かを調べる必要がある。

この調査結果を基に若干の設備費を投じて、各設備の使用水量の適正化を図ることにより、約 10~15% (約 50 m³/d 程度) の節水は可能であろう。

- ② 水使用合理化のために投ずる人員、設備費及び予想される効果を次のように想定する。

技術者	1 人
期間	1 年 (現在の業務と兼任し、従事率を50%とする)
設備費	2,000 千SIT (水道用部品、配管部品、計器類等)
節水効果	50 (m ³ /d)

③なお、投入する技術者（1人）と期間（1年）は限定し、任務終了後は運転マニュアル等により日常業務に移管して節水を実施するものとする。

(2) 経済性評価

① 上記の条件を基に経済試算をする。

(a) 1年間の投資額

人件費	$3,000,000 \text{ SIT} \times 1人 \times 50\%$	$= 1,500$	(千SIT/y)
設備費		2,000	
合計		3,500	(千SIT/y)

(b) 予想される節水効果

$$50 \text{ m}^3/\text{d} \times 200 \text{ SIT}/\text{m}^3 \times 240\text{d}/\text{y} = 2,400 \text{ (千SIT/y)}$$

以上のように約 1.5年で回収できる結果となり、経済的に十分成り立つことが予想される。

3.1.3 廃水処理および予備処理

1) 現状

- ①全排水が下水に放流されている。
- ②水質分析データによれば、WWTP放流基準を満足している。
- ③河川直接放流は、工場が河から離れているので、明らかに経済的でない。

2) 汚濁負荷量削減のための予備処理

凝集沈殿処理テストの結果から、濃厚染色排水を分離して処理することは困難である。総合排水について凝集沈殿処理を行う。

Table 3.1. S-1 Merinka 廃水および処理水の水質ならびに汚濁負荷量

Kind of wastewater	Quantity m ³ /d	CODcr mg/L (kg/d)	BOD mg/L (kg/d)	SS mg/L ()	color (l/m)	t-Fat mg/L (kg/d)	t-P mg/L (kg/d)
*1 Raw total wastewater	1,200	650 (780)	150 (180)	40 (48)	37	30 (36)	3
*2 Case-1 Coagulation & sedimentation	1,200	350 (420)	80 (96)	< 30	< 3	< 20	< 1

注) *1: 総合排水の水質

*2 CASE-1: 総合排水を予備処理(凝集沈殿)した場合

Table 3.1. S-1 Merinka 予備処理装置の設備費と処理費

	Equipment cost SIT	Depreciation & Interest SIT/m ³	Running Cost SIT/m ³	Total treatment cost SIT/m ³
CASE-1	143,800,000	47	105	152

3.2 S-2 TEKSTILNA TOVARNA TABOR (繊維)

3.2.1 工場概要

資本金:	1,005,895	千-SIT
操業条件:	3 shifts	249 日/年
生産品目:	ポリエステル主体の混紡織物	
年間生産量:	3,140,216	m ²
	(1995)	
年間売上高:	940,725	SIT (加工費のみ)
従業員数:	400	人

3.2.2 水使用合理化

1) 水使用および合理化の現状

(1) 水使用の特徴

- ① 水源は上水及び井戸水を使用している。上水は雑用水に使用され、井戸水は計量されて工程用水として使用されている。
井戸水は2本の井戸から揚水し、それぞれ水圧調整されて主管に合流し各工程に給水されていて貯水槽はない。
- ② 染色工程の洗浄・製品処理用水が最も多く約85%を占める。
- ③ 空調用水は紡績・織物工場の湿度調整設備の補給水であり、その量は多くない。これは、設置された機器（紡績機、織機等）の台数が少なく、発熱量が少ないためと考えられる。

(2) 合理化の現状

- ① 井戸水は2本の井戸からそれぞれ水圧調整されて給水されているので無駄な揚水は少ない。
- ② 染色工程の主要設備は次のとおり
 - (a) 布染用：ウインズ式 8台 (内5台は前洗浄用)
 - 高圧液流式 2台 及び同小型試験機 1台
 - ジェット式 2台 (排水の熱回収設備あり)
 - P A D式 1台 (最近使用していない)

(b) 糸染用：染色釜(2)と乾燥釜(1)のセット 2式

(c) 綿染用：常圧釜 2台

- ③ 染色工程の洗浄・製品処理用水の水使用原単位は約 $78\text{m}^3/\text{千m}^2$ で、日本の染色工場と同程度である。しかし、原単位は製品の種類・品質等が変わるのでこの値のみで工場の合理化の程度を判断することは難しい。
- ④ ボイラ用水の回収は実施されており、回収率は約60%程度である。
- ⑤ 空調用水は砂ろ過装置を使用して循環利用されており、その補給水は砂ろ過槽に供給されているが水量の調節はされていない。

2) 検討および評価

(1) 技術的検討

- ① 工場の操業度が低いので、この調査結果によってこの工場の水使用合理化の状況を判断することはやや困難である。
- ② しかしながら、各設備の水使用量があまり把握されていないこと、染色工程の水使用合理化や用水管理が十分とはいえないことを考慮すると節水の余地はかなり大きい。
- ③ マリポール大学のグループによる研究成果として、電力、水、蒸気、染料、廃水等についての合理化策が既に提案されていて、資金の準備ができればさまざまな合理化が実施されるであろう。

(2) 経済性評価

- ① 上記の状況であり、特に評価はできない。

3.2.3 廃水処理および予備処理

1) 現状

- ①木炭を使用したろ過槽があり、かなりの効果をあげている。
- ②下水放流の場合の前処理設備としては十分な機能がある。
- ③河川直接放流のための処理設備としては勿論不十分である。

2) 汚濁負荷量削減のための予備処理

木炭濾過の効果は、前後がかなり薄い状況ではあるが、色・CODは半減している。BOD・油分が逆転しているので、これだけでその効果を確認したと言うのは躊躇される。しかし、調査当日の水質は河川へ直接放流する場合の排出基準さえもほぼ満足しており、勿論下水放流の場合の排出基準は充分満足している。興味深い処理である。今後注意深く観察するとよい。

3) 廃水処理・予備処理設備による水消費量・水コストの削減

染色後の濃厚排水だけを分離して脱色処理すれば、現在希釈のために多めに使用している洗浄水を節減して水コストを削減できる可能性がある。その観点から凝集沈殿分離のテストを実施した。

サンプルは織布染色機の最も濃い状態のものと、対比用に最終放流口の排水を採取した。ジャーテストの結果によると、凝集処理の効果はかなり大きい。しかも、脱色用のカチオンポリマーを使用せず無機凝集剤だけでも良好な脱色ができている。テストは理想的なバッチ処理のケースに相当する。この工場の場合は3台の染色機をバッチ運転しているので、排水処理もバッチ運転をするように設計することも可能であるが、運転の便宜の点からは、貯水槽の液面を検知して自動運転するのが实际的である。

4) 廃水処理設備および予備処理設備の概要

CASE-0: 総合排水を現状通り、河川へ直接放流する

CASE-1: 用水を 1/3 に節水し、凝集沈殿処理を追加して河川へ直接放流する

CASE-2: 着色排水だけを凝集沈殿処理し、用水を 1/3 に節水する

CASE-1 の場合は、既設の木炭濾過設備の上流に凝集沈殿処理を追加する。

CASE-2 の場合は、染色機の濃厚排水だけを集水する配管と貯水槽を新設し、貯水槽の液面を検知して凝集沈殿装置に自動給水させる。

Table 3.2. S-2 TAVOR 廃水および処理水の水質ならびに汚濁負荷量

Kind of wastewater	Quantity m ³ /d	CODcr mg/L (kg/d)	BOD mg/L (kg/d)	SS mg/L ()	color (1/m)	T-N mg/L (kg/d)	T-P mg/L (kg/d)
*1 Case-0 total water	1,200	100 (120)	25 (30)	< 30	3	23 (28)	< 2
*2 three times concentrated	400	300 (120)	75 (30)	80	9	70 (28)	2
*3 Case-1 coagul-sedim'n	400	100 (40)	25 (10)	< 30	< 3		< 1
*4 thick color wastewater	40	3,000 (100)	750 (30)	100 (2)	60	600 (24)	10
*5 Case-2 coagul-sedim'n	40	1,000 (40)	250 (10)	< 30	7		2
*6 CASE-2' mixed total	400	100 (40)	25 (10)	< 30	< 3		< 1

- 注) *1: 総合排水の水質
 *2: 用水を1/3に節水した場合の総合排水
 *3 CASE-1: 用水を1/3に節水した総合排水を凝集沈殿処理した場合
 *4: 染色工程の着色排水だけを分離した場合の水質
 *5 CASE-2: 着色排水だけをを予備処理(凝集沈殿)した場合
 *6 CASE-2': 処理した着色排水をその他の排水と混合した場合の総合排水

Table 3.2. S-2 Tabor 予備処理装置の設備費と処理費

	Equipment cost SIT	Depreciation & Interest SIT/m ³	Running Cost SIT/m ³	Total treat- ment cost SIT/m ³
CASE-1	50,000,000	55	80	135
CASE-2	18,000,000	20	35	55

処理コストは、400m³/d に対して算出した数値である。

CASE-1: 用水を1/3 に節水した総合排水を凝集沈殿処理する場合

CASE-2: 着色排水だけをを予備処理（凝集沈殿）して他の排水と混合する場合

CASE-1 の場合、1日当り $400 \times 135 = 54,000$ SIT の処理コストになる。一方、これによって1日当り 800m³ 節水できるので、井戸水の総コストが 65 SIT なら丁度バランスする。

CASE-2 の場合、1日当り $400 \times 55 = 22,000$ SIT の処理コストになる。これで1日当り 800m³ の節水できるのであれば、引合う話である。

5) まとめ

現状でも河川放流の場合の放流基準をほぼ満足している。

自家井戸が潤沢に使用できるので、いわば薄めて放流する戦略を採用している。薄める代わりに廃水処理を設置して、用水の消費量を下げ、コストを削減することを考えるには、染色工程の着色排水だけを分離して凝集沈殿処理するとよい。その処理水は他の排水と混合して、既設の木炭濾過処理を通して河川に放流する。

3.3 S-3 MARIBORSKA TEKSTILNA TOVARNA, TXANIN MELJE (繊維)

3.3.1 工場概要

資本金：	1,369,568	千SIT
従業員数：	750	人
操業条件：	8時間	/日
生産品目：	綿織物	ポリエステル混紡
年間生産量(1995)：	7,140,000 m	3,600,000 m

3.3.2 水使用合理化

(1) 用水量管理の実施

現状では井戸水の揚水量が計測されていないので、用水量の管理は行われていないのに等しい。まず井戸水の水量計を設置して、工場全体の用水量の管理が実施されなければならない。これが水使用合理化の基本である。

(2) 空気圧縮機用間接冷却用水の循環使用

(a) 計画の概要

空気圧縮機の間接冷却用水は現在一過式に使用されており、出口の温度はおおむね22℃程度である。この排水を冷却塔を使用して循環使用する。

(b) 所要費用の概算

・設備費	約1,900	(千SIT)
・運転費	94.4	(千SIT/y)
・所要費用	33.8	(SIT/m ³)

(c) 経済性評価

このシステムにおける回収水当りの費用が、34 SIT/m³程度と推定されるのに対し、水道水が使用される場合の用排水に要する費用は、200 SIT/m³を超えるので、回収使用は経済的に成り立ものと考えられる。

(3) 廃水の再生使用

(a) 再生使用計画

i. 原料水の選択

色を含む廃水は避ける方が良いので、選択は下記のようなになる。

① 冷却用水の排水。

②色を含まない予備洗浄工程及び漂白工程の排水。

ii. 処理水の水質

処理水の目標水質は、使用目的（例えば染色工程の洗浄用）によって決まるが、実際には使用目的別の使用可能な水質は不明なことが多い。その場合には実験によって確認する必要がある。

iii. 再生処理プロセス

原料水－pH調整－2段生物処理－凝集・砂ろ過－活性炭吸着－処理水

(b) 経済性評価

①再生処理を行うに必要な費用は相当高価となり、恐らくの200 SIT/ m³ を超えるであろう。

②再生処理以外に必要な費用としては、原料となる廃水を収集する為の設備、原料廃水及び再生水を一時溜めておく貯水槽、再生水を供給する為の設備（配管・ポンプ等）等に要する費用がある。

これらの費用を考慮すれば、再生使用の費用はさらに高価となることが予想される。

③将来中央処理施設が完成した場合、下水道料金として160 SIT/ m³ 程度が徴収される見込みである。しかし、この外に水の使用に付随する税金約 57 SIT/ m³ が支払れるとすれば、条件によれば再生使用が経済的に成り立つかもしれない。

3.3.3 廃水処理および予備処理

1) 現状

①下水放流口が8ヶ所あり、6ヶ所を使用している。最下流にある放流口で全部の排水が集合するが、最近の分析データによれば、pHが時に排出基準を超過する。前処理設備が必要であるが、容量の大きな調整槽よりも中和設備の方が安価である。

②水関連の諸設備の能力が全般に過大である。現在検討中の生産設備の整理統合の過程で、水関連の設備についても、同時に検討する必要がある。

2) 汚濁負荷量削減のための予備処理

M T Tでは、各工場毎の用水流量計が設置されていないために、工場毎の水消費量が把握できていない。各工場の排水量・水質については、排水ピットがなく、排水溝主体の構成になっており、測定さえも容易でない。この状態でM T T全体の予備処理設備を計画することは無理な話である。

良好な凝集結果が得られた織布捺染工場の場合についてだけ、予備処理設備を計画して参考に供する。

Table 3.3. S-3 M T T 廃水および処理水の水質ならびに汚濁負荷量

Kind of wastewater	Quantity m ³ /d	CODcr mg/L (kg/d)	BOD mg/L (kg/d)	SS mg/L ()	color (1/m)	t-N mg/L (kg/d)	t-P mg/L (kg/d)
*1 Wastewater from Printing	400	230 (90)	150 (60)	60 (12)	40	16 (36)	1
*2 Case-1 Coagulation & sedimentation	400	120 (50)	80 (30)	< 30	< 5		< 1

注) *1: 捺染工場の排水の水質

*2 CASE-1 : 排水を予備処理(凝集沈殿)した場合

Table 3.3. S-3 MTT 予備処理装置の設備費と処理費

	Equipment cost SIT	Depreciation & Interest SIT/m ³	Running Cost SIT/m ³	Total treat- ment cost SIT/m ³
CASE-1	50,000,000	55	80	135

400m³/d の水量に対して算出した値である。

3) まとめ

MTTでは各工場合わせた全体では、数千m³/dという大量な水を消費している。河川へ直接放流するための廃水処理設備を建設する場合ならば、全部まとめて処理する方が処理単価は安くなるが、下水放流の場合の予備処理の場合は、汚濁負荷の大きい排水を局所的に処理する方が、一般に経済的になることが多い。

先ずもって、各工場の水消費の実態を把握することが第一歩である。

3.4 S-4 TOVARNA SUKANECEV IN TSP (纖維)

3.4.1 工場概要

資本金 :	637,588 千SIT
工場敷地面積 :	9,038 m ²
従業員数 :	198人
操業条件 :	8時間/日
生産品目 :	縫糸、リボン、布ベルト、 ポリエステル 95%、綿混紡 5%、
年間生産量 :	182,300 kg
年間売上高 :	470,950 千SIT

3.4.2 水使用合理化

(1) 用水量管理の実施

現状でも一応の用水量管理は実施されているが、井戸水は使用料が無料なので、まだ用水量の管理が不十分な様に思われる。

一方使用料の高い河川水の使用量を減らして、井戸水の使用量を増やす計画がある。しかし、井戸水を使用して下水道の放流する場合、現在でも内部費用以外に 100 SIT/m³ 以上の費用（税金及び下水道使用料として）が必要とされるはずである。また、将来下水道の中央処理施設が完成すれば、この費用は更に 100 SIT/m³ 以上上昇することが予想されるので、安易に井戸水の使用量を増やさない事が必要であろう。

(2) 廃水の再生使用

(a) 再生使用計画

i. 原料水の選択

色を含む廃水は避ける方が良いので、選択は下記のようなになる。

- ① 色を含まない予備洗浄工程及び漂白工程の排水。
- ② 染色工程の洗浄排水の内、比較的色の薄い部分。

この内、①は水量が少ないと推定されるので、相当量の再生水を確保するためには、②が使用される必要がある。

ii. 処理水の水質

処理水の目標水質は、使用目的（例えば染色工程の洗浄用）によって決まるが、実際には使用目的別の使用可能な水質は不明なことが多い。その場合には実験によって確認する必要がある。

iii. 再生処理プロセス

原料水－pH調整－2段生物処理－凝集・砂ろ過－活性炭吸着－処理水

(b) 経済性評価

① 再生処理を行うに必要な費用は相当高価となり、恐らくの200 SIT/m³を超えるであろう。

② 再生処理以外に必要な費用としては、原料となる廃水を収集する為の設備、原料廃水及び再生水を一時溜めておく貯水槽、再生水を供給する為の設備（配管・ポンプ等）等に要する費用がある。

特に廃水収集の設備の内、回分式染色工程の排水から汚れの少ない部分を分離する設備は、分岐管に電磁弁・タイマー等を組み合わせたかなり複雑なシステムとなるので、設備費用が高価となる可能性が高い。

これらの費用を考慮すれば、再生使用の費用はさらに高価となることが予想される。

③ 将来中央処理施設が完成した場合、下水道料金として160 SIT/m³程度が徴収される見込みである。しかし、この外に水の使用に付随する税金約41 SIT/m³が支払れるとすれば、条件によれば再生使用が経済的に成り立つかもしれない。

3.4.3 廃水処理および予備処理

1) 現状

- ①排水冷却用（補給水予熱用）熱交換器と、中和設備が設置されている。
- ②最近3年間の分析データによれば、下水放流の排出基準は、これらの設備を使用しなくてもクリアしている。
- ③河川直接放流は、明らかに経済的でない。

2) 汚濁負荷量削減のための予備処理

凝集沈殿処理結果テストに基づいて、2通りの予備処理設備を計画し比較する。

Table 3.4. S-4 TSP 廃水および処理水の水質ならびに汚濁負荷量

Kind of wastewater	Quantity m ³ /d	CODcr mg/L (kg/d)	BOD mg/L (kg/d)	SS mg/L ()	color (1/m)	T-N mg/L (kg/d)	T-P mg/L (kg/d)
*1 Raw total wastewater	200	400 (80)	200 (40)	40 (8)	30	15 (3)	1
*2 Case-1 Coagulation & sedimentation	200	250 (50)	80 (16)	< 30 (<6)	< 3		
*3 Thick wastewater (Raw water)	40	2,000 (80)	900 (36)	50 (2)	80	45 (2)	5
*4 CASE-2 Coagulation only	40	1,300 (52)	500 (20)	500	7		2
*5 CASE-2' Mixed total discharge	200	300 (60)	120 (24)	100	< 3		< 1

注) *1: 糞合排水の水質

*2 CASE-1 : 糞合排水を予備処理(凝集沈殿)した場合

*3: 染色工程の着色排水だけを分離した場合の水質

*4 CASE-2 : 着色排水だけをを予備処理(凝集のみ)した場合

*5 CASE-2' : 処理した着色排水をその他の排水と混合した場合の糞合排水

CASE-1: 糞合排水を予備処理(凝集沈殿)する

COD、BODが低下し、SSとcolorの低下が非常に大きい

200m³/dをまとめて凝集処理する場合は、フロックの分離が必要である

CASE-2: 着色排水だけをを予備処理(凝集のみフロック分離なし)する

SSは増加するが、colorは非常に低くなる。

40m³/dだけを凝集処理する場合は、色成分を吸着したフロックを分離せずにそのまま放流しても、その他の排水で5倍に希釈されるため、SSの増加が極端な値にはならない。

Table 3.1. S-4 TSP 予備処理装置の設備費と処理費

	Equipment cost SIT	Depreciation & Interest SIT/m ³	Running Cost SIT/m ³	Total treatment cost SIT/m ³
CASE-1	40,000,000	120	105	225
CASE-2	10,000,000	30	25	55

3) まとめ

規模が小さいために、どうしても処理水量当りのコストが高くなり、糞合排水を処理する場合のコストは、下水料金に比べて高くなりすぎる。もしも規制の強化により色の低減が必要になる場合は、染色工程の着色排水だけを分離して凝集処理するとよい。TSPの場合、幸い染色機が2階に設置されており、排水配管が1階にあるので、着色排水専用の配管切替えや貯蔵水槽の設置が比較的容易である。

3. 5 S - 5 METALNA, STROJEGRADNSA, KONSTRUKCIJE,
MONTAZA INSTORITVE, d.d. (機械金属加工)

3. 5. 1 工場概要

(1) 概要

METALNA, STROJEGRADNSA, KONSTRUKCIJE, MONTAZA INSTORITVE, d.d. は、スロベニア最大の重工業を営んでいる。従業員数が4,200の国営工場であったが、METALNAグループとして12社に分割する。そのうち総従業員数2,000人の10社はマリボール市内に立地し、500人の2社はクリスカに立地している。

主要製品は、タービンを除いた全ての水力発電機器、クレーン、リング等の建設・輸送機器及び化学、紙、食料品、染色等の各種産業機械である。

現在、グループとしての協力運営体制で世界をまたに活躍している。将来のWWTP建設では鉄工部門の参画が期待されている。

(2) 規模

資本金：	23,000 DM
工場敷地面積：	300,000 m ²
従業員数：	2,100 人
生産品目：	水力発電機器，建設・輸送機器，産業機械
操業条件：	250 日/年，8 時間/日

3.5.2 水使用合理化

(1) 技術的考察

- ① 現状では用水量の管理が不十分なので、使用個所別の用水量ができるだけ把握され、より厳密な用水量管理が実施されることが必要である。
- ② 一過式使用の冷却用水は、冷却塔により循環使用されることが可能である。ただし、以下の点を考慮すべきである。
 - ・ 冷却に必要な最高の水温と、冷却塔により得られる夏期の最低の水温。
 - ・ 冷却が必要とされる機械類は、分散して配置されていると思われるので、それらをどのようなグループにまとめて、循環使用が実施されるか。

(2) 経済的考察

- ① 十分な用水量管理が行われるためには、流量計等の設備が必要とされるほか、管理を行う人員が必要である。その人件費を回収するために必要な節水量は、ある前提条件の元で以下のように計算される。

ケース	前提条件				費用の回収が可能な節水量	
	稼働日	人件費単価	所要人員	用排水に関する費用	節水量	節水率
	日/年	千SIT/年	人	SIT/㎡	㎡/日	%
現状	250	3,000.0	2x0.5	213	56.3	26.6
*将来	250	3,000.0	2x0.5	310	38.7	18.2

*備考；中央廃水処理施設が完成した場合

現状では費用の回収は難しいが、将来のケースでは経済的に成り立つ可能性が高い。

- ② 冷却用水の冷却塔による循環使用の場合、回収水当たりの費用は100SIT/㎡を超えることはない（概ね30-40SIT/㎡）、現状においても経済的に成り立つものと考えられる

3. 5. 3 予備処理

1) WWT P放流のための予備処理

(1) 処理システム

塗装水洗ブース廃水を凝集沈殿処理を施して放流するものである。

(2) 廃水の水質および汚濁負荷量

廃水および処理水の水量・水質ならびに汚濁負荷量をTable 3. 5. 1 に示す。

Table 3. 5. 1 廃水および処理水の水量・水質ならびに汚濁負荷量

Kind of Waste Water		Quantity m ³ /d	pH	COD _c mg/ℓ (kg/d)	BOD mg/ℓ (kg/d)	SS mg/ℓ (kg/d)	T-N mg/ℓ (kg/d)	T-P mg/ℓ (kg/d)
Case								
Varnishing	Raw Waste Water (1)	10	8.7	1,440 (14.4)	300 (3)	85 (0.85)	20 (0.2)	5 (0.05)
	Pre-Treatment (2)	10	7	1,152 (10.5)	240 (2.4)	30 (0.3)	20 (0.2)	5 (0.05)
Total Waste Water	Raw Waste Water (3)	212	8.2	85 (18.0)	50 (10.6)	30 (6.36)	30 (6.36)	2 (0.42)
	Raw Waste Water (1+3)	222	7	146 (32.4)	62 (13.6)	32 (7.21)	30 (6.56)	2 (0.47)
	Pre-Treatment (2+3)	222	7	128 (28.5)	59 (13.0)	30 (6.66)	30 (6.56)	2 (0.47)

(3) 設備費および処理費

予備処理装置の設備費と処理費をTable 3. 5. 2 に示す。

Table 3. 5. 2 処理装置の設備費と処理費

		Equipment Cost SIT	Depreciation & Interest SIT/m ³ ①	Running Cost SIT/m ³ ②	Total Treatment Cost SIT/m ³ ①+②
Pretreatment	Case-1	24,000,000	52	43	95

2) 汚濁負荷量削減のための予備処理

廃切削油は回収され、委託処分されていることから、汚濁負荷の高い廃水はない。したがって、汚濁負荷量削減のための予備処理装置の設置の必要はない。

3) まとめ

水質測定の結果から、通常は予備処理装置の設置の必要ない。しかし、塗装水洗ブース廃水については予備処理を行ってからWWTPに排出することが望ましい。

3. 6 S-6 MERKATOR-SLOSAD d. d. (清涼飲料)

3. 6. 1 工場概要

(1) 概要

MERKATOR-SLOSAD d. d. は、いちご、りんご、さくらんぼ等の果実を原料として、天然果汁、果汁飲料、果肉飲料及び果汁入り清涼飲料、フルーツシロップ等の果実飲料とアルコール漬けさくらんぼ、冷凍果実等を製造している。工場には冷凍設備があり、年間操業を行っているが、6月初旬から3週間はさくらんぼジュース、9～11月はりんごジュースが最盛期となる。

(2) 規模

工場敷地面積： 23,000 m²

従業員数： 90 人

生産品目： 濃縮ジュース, アルコール漬けさくらんぼ, 冷凍果実

年間生産高(t)： 1,800 400 150

操業条件： 250 日/年, 8 時間/日

3.6.2 水使用合理化

(1) 水使用の特徴

- ① 水源は水道水と井戸水である。前者の水量は計測されているが、後者は計測されておらず、調査表記載の数値は製品の生産量から推定された値である。いずれの水量も極めて少ない。
- ② 井戸水は、ボイラー用水と各種機械の洗浄用水として使用されている。井戸水は水質が悪く、飲料用には使用できない。また揚水量に限界があり、現在以上に揚水することは困難である。
- ③ 水道水は主に冷凍機の冷却用水として、少量が生活用水として使用されている。

(2) 合理化の現状

- ① 果物のジュースを濃縮する際に、蒸発された蒸気の凝縮水が生成するが、これは、原料果物の洗浄用水として使用されている。また、この洗浄用水は大部分が循環使用されている。
- ② 冷凍機の冷却用水は、蒸発凝縮器により循環使用されている。

(3) 考察

既に良く水使用の合理化は実施されており、また用水量が極めて少ないことから、これ以上節水を行う余地はない。

3. 6. 3 予備処理

1) WWT P放流のための予備処理

(1) 処理システム

廃水に中和処理を施して、放流するものである。(ケース-1)

(2) 廃水の水質および汚濁負荷量

廃水および処理水の水質・水質ならびに汚濁負荷量をTable 3. 6. 1に示す。

(3) 設備費および処理費

ケース-1の設備費と処理費をTable 3. 6. 2に示す。

2) 汚濁負荷量削減のための予備処理

(1) 処理システム

廃水を中和処理した後、嫌気性処理を施して放流するものである。嫌気性処理は、廃水を加温しない嫌気性処理装置とした。それは、予備処理であることから、有機物除去率を50%程度の運転で十分であるという考えによるものである。

(2) 廃水の水質および汚濁負荷量

廃水および処理水の水質ならびに汚濁負荷量をTable 3. 6. 1に示す。

(3) 設備費および処理費

ケース-2の設備費と処理費をTable 3. 6. 2に示す。

Table 3. 6. 1 廃水および処理水の水質・水質ならびに汚濁負荷量

Kind of Waste Water		Quantity	pH	COD _{Cr}	BOD	SS	T-N	T-P
Case		m ³ /d		mg/ℓ (kg/d)	mg/ℓ (kg/d)	mg/ℓ (kg/d)	mg/ℓ (kg/d)	mg/ℓ (kg/d)
Pre-treatment	Raw Waste Water	40	5	4,300 (172)	1,400 (56)	500 (20)	50 (2)	5 (0.2)
	Case-1	40	7	4,300 (172)	1,400 (56)	500 (20)	50 (2)	5 (0.2)
	Case-2	40	7	2,150 (86)	700 (28)	250 (10)	15 (0.6)	2 (0.08)

Table 3.6.2 処理装置の設備費と処理費

		Equipment Cost	Depreciation & Interest SIT/㎡ ①	Running Cost SIT/㎡ ②	Total Treatment Cost SIT/㎡ ①+②
Pretreatment	Case-1	1,500,000	13	10	23
	Case-2	12,000,000	125	15	140

3) まとめ

予備処理装置設置の必要はない。

廃水が有害物質を含有していないことから、有機物の汚濁負荷量を削減する予備処理装置を検討する余地はある。将来、WWTP放流基準の見直しか、または汚濁負荷量に応じた料金体系が採用されるならば、ケース-2に付加設備を段階的に設置していくことによって、除去効率の向上が図られると考える。

3. 7 S - 7 INTES MLIN TESTENINE (製粉)

3. 7. 1 工場概要

(1) 概要

INTES MLIN TESTENINEは130年前に創業され、スロベニアで第2の規模を誇る製粉工場である。小麦の製粉から小麦粉を原料とする全ての製品の製造を行っていた。従業員数1,000人規模であったが、5年前にパン工場が別会社に分割されて400人規模となり、その後180人となる。

54,000tのサイロには国内産小麦2,200tが貯蔵され、小麦粉150t/日、コーンスターチ24t/日、その他ライ麦等の製粉が行われている。

パスタ製造は110年の歴史があり、4,500tの製造能力を有している。現在、3,000tの生産量があり、各種の製品が製造されている。

(2) 規模

従業員数： 180人
生産品目： 小麦粉, パスタ
年間生産高(t)： 26,399 3,565
操業条件： 249日/年, 8時間/日

3.7.2 水使用合理化

(1) 水使用の特徴

- ① 水源は水道水のみで、水量は計測されている。使用個所別の用水量は一応示されている。
- ② 用水量を用途別に見れば、原料用（24%）、ボイラー用（22%）及び生活用（34%）の合計で80%を占め、残りは型の洗浄用と空気圧縮機の冷却用に使用されている。

(2) 合理化の現状

- ① 前述のように用水量は計測されており、用水量の管理は一応実施されている。
- ② 空気圧縮機の冷却用水は一過式使用されていると。
- ③ 生活用水の使用比率が高いので、用水量原単位を算出してもほとんど意味がない。

(3) 技術的考察

- ① 空気圧縮機の冷却用水は、冷却塔により循環使用されることが可能である。ただし、冷却に必要な最高の水温と、冷却塔により得られる夏期の最低の水温が考慮されるべきである。
- ② 原料用水及びボイラー用水は生産のために必須な用水であり、節水することは不可能に近い。
- ③ 上記以外の洗浄用水及び生活用水も、節水は極めて困難である。

(4) 経済的考察

冷却用水の冷却塔による循環使用の場合、回収水当たりの費用は $100\text{SIT}/\text{m}^3$ を超えることはなく（概ね $30\text{-}40\text{SIT}/\text{m}^3$ ）、現状における用排水に関する費用約 $213\text{SIT}/\text{m}^3$ よりも安いので、経済的に成り立つものと考えられる

3. 7. 3 予備処理

当事業場は製粉業が主体である。廃水量は126㎡/日であるが、製造工程から排出される廃水が50㎡/日、生活排水が55㎡/日及びコンプレッサの冷却水が21㎡/日となっている。現在、パン製造工場に加えてパスタ製造場も分割され、事業場ごとの廃水量は極めて少なくなっている。また、食料品製造業であることから、廃水はWWTPに影響を与える物質を含有しておらず、廃水の生分解性も良い。従って、予備処理装置は有機物（COD、BOD）の汚濁負荷量を削減するに留まる。しかし、個別にこの予備処理装置を設けることは、装置の規模が小さくなるために割高となり、事業場のみならずWWTPにとっても得策ではない。

以上のことから、当工場の予備処理装置の設置は不要と考え、その提案を控えることにする。

水質、水量の追加調査が不可能であったことから、NIGRADより提供を受けた水質データとそれから求めた汚濁負荷量をTable 3. 7. 1に示す。

Table 3. 7. 1 廃水及び処理水の水量・水質ならびに汚濁負荷量

Kind of Waste Water	Quantity ㎡/d	pH	COD _{Cr} mg/ℓ (kg/d)	BOD mg/ℓ (kg/d)	SS mg/ℓ (kg/d)	T-N mg/ℓ (kg/d)	T-P mg/ℓ (kg/d)
Total Waste Water	126	8.2	212 (26.7)	82 (10.3)	67 (8.4)	— (—)	— (—)

4. 第三次工場群

4. 1 A-1 TVTグループ

Druzba za proizvodnjo in remont tirnih vozil d.o.o. (機械金属加工)

4. 1. 1 工場概要

(1) 概要

TVTは1863年に鉄道車両(蒸気機関車及び客車)の製造及び修理業を営む工場として開始された。現在では30の事業場に分割され、調査対象のDruzba za proizvodnjo in remont tirnih vozil d.o.o.は、車両の製造と修理を主な業務としているが、製造はほとんど行われていない。

車両を分解し、部品の修理・更新、再塗装が主に行われている。廃水の発生源は、洗車及び塗装前処理工程であるが、洗車用水は循環使用され、また、塗装工程では水が使用されていないことから、廃水の排出はない。

(2) 規模

資本金： 448,000,000 SIT

工場敷地面積：37,000 m²

従業員数： 533 人

操業条件： 254 日/年, 8時間/日

4.1.2 水使用合理化

(1) 技術的考察

① 小規模事業所の用水状況の把握

30にも及ぶ小規模事業所の個所別・用途別の用水量を把握することは、極めて困難である。しかし前述の様に用水量が多いので、合理化の観点より見ればは極めて重要な事項である。

主な用途、は大型水槽（100 m^3 位）の水漏れ試験と各種部品の洗浄用と推定される。この内、前者については循環使用は容易である。

② 水道水の損失の減少

水道水使用量の約15%に達する損失がある。構内が広く配管が老朽化しているので、配管からの漏水の可能性が高い。

漏水の防止は技術的には的確な方法がなく、根気のいる作業である。工場の作業が行われていない時に、配管の一部を閉め切って漏水個所を探す、配管更新時に地下配管を極力地上配管に変更する等の方法により、時間をかけて損失を低減させることが必要である。

③ 節水可能な水量

これらの方法が実施されることにより、小規模事業所の使用量237 m^3 /日及び損失量80 m^3 /日の内、100 m^3 /日程度の節水が達成されることは容易である。

(2) 経済的考察

上記に示した合理化の方法は、調査・検討に人手を要するが、設備費や運営に費用を要する方法ではないので、時間をかけて実施すれば十分経済的に成り立つものと考えられる。

(3) 問題点

小規模事業所を含め、敷地全体の用排水を管理しているのはTVTである。しかし用排水の費用は各事業所で分担されているので、節水が実施されてもTVTの利益となる部分は少ない。従って、水使用の合理化が推進されるためには、TVTを中心とし、関係する事業所が参加したプロジェクトチームが結成され、共同で合理化が調査・検討され、推進される必要がある。

4. 1. 3 予備処理

T V Tグループで廃水が発生する主要な製造設備をみると、めっき設備には廃水処理装置が設置されていること、また、洗車設備では用水が循環使用されていて廃水の排出がないことから、予備処理装置の設置の必要はない。なお、めっき廃水処理装置から排出される処理水の水質は、重金属が基準をやや上回っている。いくつかの原因とその対策を挙げることができるため、原因を明らかにして、合理的な処理システムに改善することが望まれる。

T V Tグループにおける放流水の水質・水量ならびに汚濁負荷量の現状を、Table 4. 1. 1に示す。

Table 4. 1. 1 放流水の水量・水質ならびに汚濁負荷量

Kind of Waste Water		Quantity	pH	CODe,	BOD	SS	T-N	T-P
Case		m ³ /d		mg/ℓ	mg/ℓ	mg/ℓ	mg/ℓ	mg/ℓ
				(kg/d)	(kg/d)	(kg/d)	(kg/d)	(kg/d)
Effluent	Raw Water	103	8.4	74	31	29	—	—
RJ I				(7.62)	(3.19)	(2.99)	()	()
Effluent	Raw Water	517	8.4	16	6	34	6.5	2.4
RJ II				(8.27)	(3.10)	(17.6)	(3.36)	(1.24)
Total Waste Water		620	8.4	25.6	10.1	33.2	—	—
(Discharge to Rever)				(15.9)	(6.29)	(20.6)	()	()

4.2 A-2 ELEKTROKOVINA SVETILKE

4.2.1 工場概要

同社の前身は1948年に設立されたELEKTROKOVINA社であり、一時は3,500名の従業員を有する大工場であった。独立後、分割民営化が始まり、現在では3つの中規模工場と、約300の小企業に整理され、従業員総数は約300名に減少している。

同社は、3つの中規模工場の一つであり、その他の2工場は、A-4のELKO ELEKTROKOVINA MARIBORR社と、グループ各社のメンテナンスと用役供給を行っている、ELEKTROKOVINA TEHNIKA社である。当工場のオーナーは現在はドイツのSIEMENS社である。

当工場の製品は、室内、屋外及び産業用の照明器具であり、合計で年間270万个を生産し、約70%を近隣諸国を中心に輸出している。現在の従業員数は約260名である。独立前は1000名を擁したが、シーメンスグループになったことによる部品工場の閉鎖などの合理化により減少している。

資本金：	1,000,000 千SIT
工場敷地面積：	
従業員数：	266 人
操業条件：	8 hr/d
生産品目：	照明器具
年間生産量：	764,913 個

4-2-2 水使用の合理化

1) 水使用の特徴

当工場の水の使用は、塗装及びアルマイト処理の前処理工程での使用が大部分で、その他として少量の冷却塔補給水、スポット溶接器冷却水があり全体で約93m³/dである。

なお、当工場の用水は全量水道水を使用しているが、旧ELEKTROKOVINA社時代の供給システムが現在の約30社のグループに対してそのまま使われている。即ち、水道水取水は3ヶ所の地点で行われ、それぞれ量水計が設けられているが、現在はELEKTROKOVINA TEHNIKA社が管理している。水道水を供給されている各社には固有の量水計は設置されておらず、上記3ヶ所の量水計での毎月の計測総量に、工場規模などに応じ決められた各工場毎の割当率を乗じて、各工場の

毎月の使用量としている。当工場の割当率は36.33%と決められている。従って、前記の使用量93m³/dはこの算定に基づくものである。

2) 合理化の現状

① 油圧成形機の冷却水は冷却塔により循環使用されており、既に合理化されている。循環量は120m³/dであり補給水は12m³/dである。

② スポット溶接機の冷却水は一過式であるが、溶接機の稼働率も低く使用量も少なく問題はない。

3) 技術的考察

工場固有の量水計の設置が節減の基本である。また、使用目的別に(製造工程水洗水、冷却塔補給水、生活用水、その他など)流量計を設置し使用量管理をするのが望ましい。冷却塔補給水など節減余地はあるものと思われる。

4-2-3 予備処理及び廃水処理

1) 現状

当工場には約20年前に建設された廃水処理設備があり、製造工程からの水洗水などを処理しており現在も良好に運転管理されている。廃水処理の基本プロセスは油脂分離、中和処理及び凝集沈殿処理である。

処理水水質は、年2回の法定の測定以外に、週に2度 pH, Fe, Cu, Ni, Zn を自主的に測定している。

2) 予備処理

上記の通り、既に下水放流基準を満たした処理をしているので、新たな設備は必要としない。

4. 3 A-3 TKO PRIMAT MARIBOR (機械金属加工)

4. 3. 1 工場概要

(1) 概要

TKO PRIMAT MARIBORは、鉄板を素材に各種の金庫及び鉄製家具を製造している。スロヴェニアに3事業場があり、当事業場はマリボールに位置するOBRAT MELJE 工場である。

製造工程は、主に鉄板の機械加工、塗装及び組立てから構成され、廃水の主な発生源は塗装工程である。

(2) 規模

資本金： 884,567,000 SIT
工場敷地面積： 17,366 m²
従業員数： 220 人
生産品目： 金庫, 鉄製家具
年間生産量(t)： 1,220 727
操業条件： 249 日/年, 8時間/日

4.3.2 水使用合理化

(1) 技術的考察

① スポット溶接機の冷却水の循環使用

溶接機14台が同一場所に配置されていること及びあまり低温の冷却水が必要とされないことから、循環使用の実施は比較的容易である。

循環使用には冷却塔が使用される。ただし、スポット溶接機の先端部分は極めて細いので、通常の開放型冷却塔が使用されると空気中のゴミが循環水中に混入して、先端部分が詰まる恐れがある。

それを避けるためには密閉型冷却塔の使用が好ましい。これは、循環水がパイプの中を流れて空気と直接接触せず、間接的に冷却される形式である。そのため、循環水の汚れは起こらないが、冷却効果が開放型に比べてやや劣ると言う欠点がある。しかし、この欠点は今回の場合では大きな問題とはならない。

② 節水可能な水量

冷却塔使用による節水率は通常90%以上が期待できるが、密閉型冷却塔のため夏期には冷却能力が不足する場合も考えられるので、ここでは冷却水の70%程度と考える。従って、節水可能な水量は約60 m³/日となる。

(2) 経済的考察

密閉型冷却塔使用のため設備建設費が開放型に比べやや高価になり、運転費もやや高くなる。しかし、現在の用排水の費用(約200 SIT/m³)と比較すれば、十分経済的に成り立つものと考えられる。

4. 3. 3 予備処理

1) WWT P放流のための予備処理

(1) 処理システム

a. ケース-1

塗装前処理廃水と塗装水洗ブース廃水を対象に凝集沈殿処理を行って、廃水が含有する重金属、有機物質の一部およびりんを除去を行うものである。

b. ケース-2

塗装方法が粉体塗装に変更される将来を想定して、ケース-1における塗装水洗ブース廃水の処理を除き、塗装前処理廃水のみを対象に処理を行うものである。廃水の処理システムはケース-1と同様である。

(2) 廃水の水質および汚濁負荷量

廃水および処理水の水質・水質ならびに汚濁負荷量をTable 4. 3. 1に示す。

Table 4. 3. 1 廃水および処理水の水質・水質ならびに汚濁負荷量

Kind of Waste Water		Quantity m ³ /d	pH	COD _{Cr} mg/ℓ (kg/d)	BOD mg/ℓ (kg/d)	SS mg/ℓ (kg/d)	T-N mg/ℓ (kg/d)	T-P mg/ℓ (kg/d)
Case								
Pre-Treatment of Varnishing	Raw Waste Water	4.74	5.8	245 (1.16)	225 (1.07)	190 (0.9)	18 (0.09)	1,800 (8.53)
	Case-1	4.74	7	1,880 (8.91)	404 (1.91)	30 (0.14)	25 (0.12)	2 (0.09)
	Case-2	4.74	7	196 (0.93)	180 (0.85)	30 (0.14)	18 (0.09)	2 (0.01)
Varnishing	Raw Waste Water	0.86	9	14,000 (12.0)	2,050 (1.76)	450 (0.39)	55 (0.05)	120 (0.10)
	Case-1	0.86	7	1,880 (1.62)	404 (0.35)	30 (0.03)	25 (0.02)	2 (0.02)
Domestic	Raw Water	11		400 (4.4)	200 (2.2)	50 (0.55)	40 (0.44)	7 (0.08)
Total Waste Water	Raw Waste Water	109	7.7	161 (17.6)	46 (5.03)	17 (1.84)	5.3 (0.58)	80 (8.71)
	Case-1	109	7	137 (14.9)	41 (4.46)	7 (0.72)	5.3 (0.58)	2 (0.19)
	Case-2	108	7	49 (5.33)	28 (3.05)	6 (0.69)	4.9 (0.53)	1 (0.09)

(3) 設備費および処理費

ケース-1 およびケース-2 の設備費と処理費をTable 4.3.2 に示す。

Table 4.3.2 処理装置の設備費と処理費

	Equipment Cost	Depreciation &	Running Cost	Total Treatment Cost
	SII	Interest SII/㎡ ①	SII/㎡ ②	SII/㎡ ①+②
Case-1, Case-2	10,000,000	53	11	64

2) 汚濁負荷量削減のための予備処理

塗装方法が粉体塗装に変更されることにより、汚濁負荷量が削減される。したがって、汚濁負荷量削減のための予備処理装置を設置する必要はない。

3) まとめ

現状の塗装方法では、総合廃水の水質はB T Xが基準を上回る恐れがあるため、凝集沈殿法の採用が必要である。

将来、塗装方法が変更されたときには、塗装前処理廃水に基因するp H及びPの対策は凝集沈殿法で十分である。

4-4 A-4 ELKO ELEKTROKOVINA VARIBOR社

4-4-1 工場概要

同社の前身は1948年に設立されたELEKTROKOVINA社であり、一時は3500名の従業員を有する大工場であったが、現在は独立後の分割、民営化により約30の中小の工場、企業に整理され、従業員総数も約600名に減少している。同社の現在の従業員数は、252名である。同社の製品は、産業用、工事用、ビル、家庭用などの各種のポンプ、モーターであり、サイズは最大15kw程度の小型である。年間の生産台数はポンプ1万台、モーター4万7千台であり約60%を英独を中心に輸出しているスロベニア最大のポンプ、モーターメーカーである。

資本金：	882,795 千SIT
工場敷地面積：	49,412 m ²
従業員数：	252 人
操業条件：	8 hr/d
生産品目：	ポンプ、モーター
年間生産量：	57,000 台

4-4-2 水使用の合理化

1) 水使用の特徴

製造工程の水使用の殆どは鋳造工程の冷却水であり総量は130m³/dである。

用水は水道水を使用しているが、旧ELEKTROKOVINA時代の供給システムが現在のグループ各社に対しそのまま使用されており、ELEKTROKOVINA TEHNIKA社が管理している。即ち、水道水取水は3箇所の地点で行われ、それぞれ量水計が設けられているが、前記TEHNIKA社が一括管理し、供給先各社から使用量に応じて料金を受取り市に対し支払っている。供給先各社の使用料は、個別の量水計がないため、工場の規模等により決められた率を総水道水取水量に乗じて算定している。当工場は37%と決められている。

2) 合理化の現状

① 当工場には遊休の冷却塔が現存している。以前は鋳造用のアルミ合金インゴットを自社で生産していたが、その時には大量の冷却水が使用されており、冷

却塔を設置し循環使用しており合理化はされていた。

② 9基の鋳造機の冷却水は一過式である。出口の水溫管理による水量の調整はなされていない模様である。

3)技術的考察

①工場入り口への量水計の設置

使用水量を明確にするのが節水の基本である。また、鋳造用冷却水への分岐管にも量水計を設置し、毎日の使用量を管理することが望ましい。

②鋳造用冷却水の循環使用

この冷却水は冷却塔を使用して循環使用することが可能であり、既存の遊休冷却塔の有効利用が考えられる。同冷却塔は $100\text{m}^3/\text{h}$ の容量なので、能力は充分である。

③節水可能な水量

冷却塔使用による節水率は通常90%以上を期待できるが、夏期の気温の上昇を考慮して、ここでは冷却水($130\text{m}^3/\text{d}$)の80%程度と考えられる。従って、節水可能な水量は約 $100\text{m}^3/\text{d}$ となる。

4)経済的考察

冷却塔使用による冷却水の循環使用に要する費用は、モデル工場及び第二次工場群における検討結果では概ね $30\text{-}40\text{ SIT}/\text{m}^3$ となっている。従って、現在の川排水の費用($200\text{SIT}/\text{m}^3$)と比較すれば、十分経済的に成り立つものと考えられる。

4-4-3 予備処理及び廃水処理

機械加工の洗浄廃水、塗装ブース廃水が年間それぞれ 10m^3 , 34m^3 発生するが、隣接するELEKTROKOVINA SVETILKE社に処理を委託しており問題はない。

4.5 A-5 HENKEL-ZLATOROG d.o.o. MARIBOR (化学)

4.5.1 工場概要

資本金：	8,317,517 千SIT
工場敷地面積：	28,200 m ²
従業員数：	575人
操業条件：	249日／年、16時間／日（2交代）
生産品目：	粉洗剤 化粧品
年間生産量：	16,000t 6,640t
年間売上高：	130 百万DM (1995)

4.5.2 水使用合理化

(1) 技術的考察

① 河川水に量水計を設置

現在でも水量の推定は行われている。しかし、河川水の利用には相当の費用（100 SIT/m³以上）が必要とされるので、是非量水計が設置されて、十分な用水量の管理がなされる必要がある。

② 空気圧縮機及び容器の射出成形機の冷却用水の完全な循環使用

両者の使用個所が各々一個所に集約されていること及びあまり低温の冷却用水が必要とされないことから、冷却塔使用による完全な循環使用の実施は容易である。

③ 節水可能な水量

冷却塔使用による節水率は通常90%以上が期待できるが、夏期の気温の上昇を考慮し、節水可能量は現在の補給水量の80%程度と考える。従って、節水可能な水量は約220 m³/日となる。

(2) 経済的考察

冷却塔使用による冷却用水の循環使用に要する費用は、モデル工場及び第二次工場群における検討結果では概ね30-40 SIT/m³となっている。従って、現在の用排水の費用（100 SIT/m³以上）と比較すれば、十分経済的に成り立つものと考えられる。

4.5.3 予備処理

1) 現状

①下水放流口は7ヶ所あるが、内2ヶ所は現在排水がない。搬入車両プラットフォーム部分に油水分離装置が設置されている他には、特に予備処理設備がない。

②製造工程からの排水には製品が薄まった状態で含まれる。CODは非常に高いが、下水への放流基準にCODの規制値がないので問題にならない。製品の構成物質は生物易分解性（いわゆるソフト）であるので、中央処理場で処理できるものである。

③工程排水は界面活性剤の影響で泡を発生する。しかし下流にある下水ポンプ場で観察すると、殆ど泡が認められない程度に希釈されている。

④1997年に生産を計画しているヘアダイの排水については、模擬排水サンプルについて水質分析を実施した。

2) 汚濁負荷量低減のための予備処理

将来 BOD、COD等の負荷によって下水料金が決まる事態に対応するため検討した。

①粉末洗剤の場合は、あと僅かな工夫で完全クローズド化が可能である。現在、回収水槽に市水を補給しているが、補給する液面管理を今より低いレベルにすることによって、切替時など非定常時に溢れている 1 - 2 m³ 程度の回収水を吸収する余裕ができる。

②濃縮分離は、化粧品の場合には排水量が 180 m³/d と多いので困難であるが、計画中のヘアダイの場合には排水量が 1 m³/d と小さく実現性がある。また必須の油分対策としても有効である。濃縮分の再利用は、製品ヘアダイの性格上、粉末洗剤とは違って、機能や色が微妙であるために困難と思われる。一般には蒸発乾固して固形廃棄物として焼却あるいは廃棄処分にする。熱量が充分にあれば、濃縮液をボイラー燃料に混合して燃焼することも考えられる。

③化粧品・ヘアダイの場合、排水の凝集処理は困難である。ジャーテストで広範な条件を試行したが、無機凝集剤が全くフロックを形成しなかった。

④ Fenton 処理による酸化分解は、見掛けの色に歴然と変化が認められるが、吸光度・CODの測定値が下がらない。しかも、高コストであること、結局は総合的な汚濁負荷を増やしていること、などの問題があり適当でない。

⑤オゾン処理による分解も、Fenton 処理のテスト結果から見て難しい。

⑥嫌気性生物処理は、化粧品排水処理の場合、検討するに値する方法である。処理結果が良好な場合は、ヘアダイの排水処理にも適用できると思われる。

予備処理設備の概要

Case 1 化粧品排水（4a, 5）の嫌気性生物処理

非常に高いCOD、BODおよびFatの削減を目的とする。原水のpHはほぼ中性であり、粗大なSS分もないので、そのまま約35Cまで加温し、嫌気性生物反応槽で処理する。その型式は固定床方式を選定した。

Table 4.5.1 廃水および処理水の水質ならびに汚濁負荷量

Kind of wastewater	Quantity m ³ /d	CODcr mg/L (kg/d)	BOD mg/L (kg/d)	pH ()	SS mg/L (t/m)	t-Fat mg/L (kg/d)	t-P mg/L (kg/d)
Wastewater outlet 4a	200	660 (132)	300 (60)	9.8	130 (26)		0.6
outlet 5	100	2,400 (240)	1,400 (140)	6.7	310 (31)	900 (90)	6.3
*1 Total (4a + 5)	300	1,240 (372)	670 (200)	9	190 (57)	300 (90)	2.5
*2 Case-1 Anaerobic treated	300	370 (110)	200 (60)	8	190 (57)	< 100	< 2

注) *1: 化粧品排水の水質

*2 CASE-1 : 化粧品排水を予備処理（嫌気性生物処理）した場合

Table 4.5.2 予備処理装置の設備費と処理費

	Equipment cost SIT	Depreciation & Interest SIT/m ³	Running Cost SIT/m ³	Total treat- ment cost SIT/m ³
CASE-1	39,300,000	36	81	117

Table 4.5.2 の処理コスト 117 SIT/m³ は、水量 300m³ に対する値である。
 総排水量 700m³ に対する値に換算すると、50 SIT/m³ になる。

4.6 A-6 SWATY, TOVARNA UMETHIH BRUSOV SWATY, d. d. MARIBOR (化学)

4.6.1 工場概要

資本金 :	2,124,000 千 SIT
工場敷地面積 :	39,779 m ²
従業員数 :	451人
操業条件 :	260日/年、8時間/日 (一部2交代)
生産品目 :	回転砥石 (ダイヤモンド、セラミック、強化レンガ、レンガ)
年間生産量 :	44,000カート 667t 1,072t 465t
年間売上高 :	25 百万 DM

4.6.2 水使用合理化

(1) 技術的考察

① プレス機の冷却水の循環使用

大型プレス機6台がほぼ同一場所に配置されていること及びあまり低温の冷却水が必要とされないことから、冷却塔使用による循環使用の実施は容易である。ただ、小型のプレス機も多数あることから、全ての機械についての循環使用は困難である。

② 節水可能な水量

冷却塔使用による節水率は通常90%以上が期待できるが、全機械についての実施が困難であることと夏期の気温の上昇を考慮して、ここでは冷却水(推定120 m³/日)の60%程度と考える。従って、節水可能な水量は約70 m³/日となる。

(2) 経済的考察

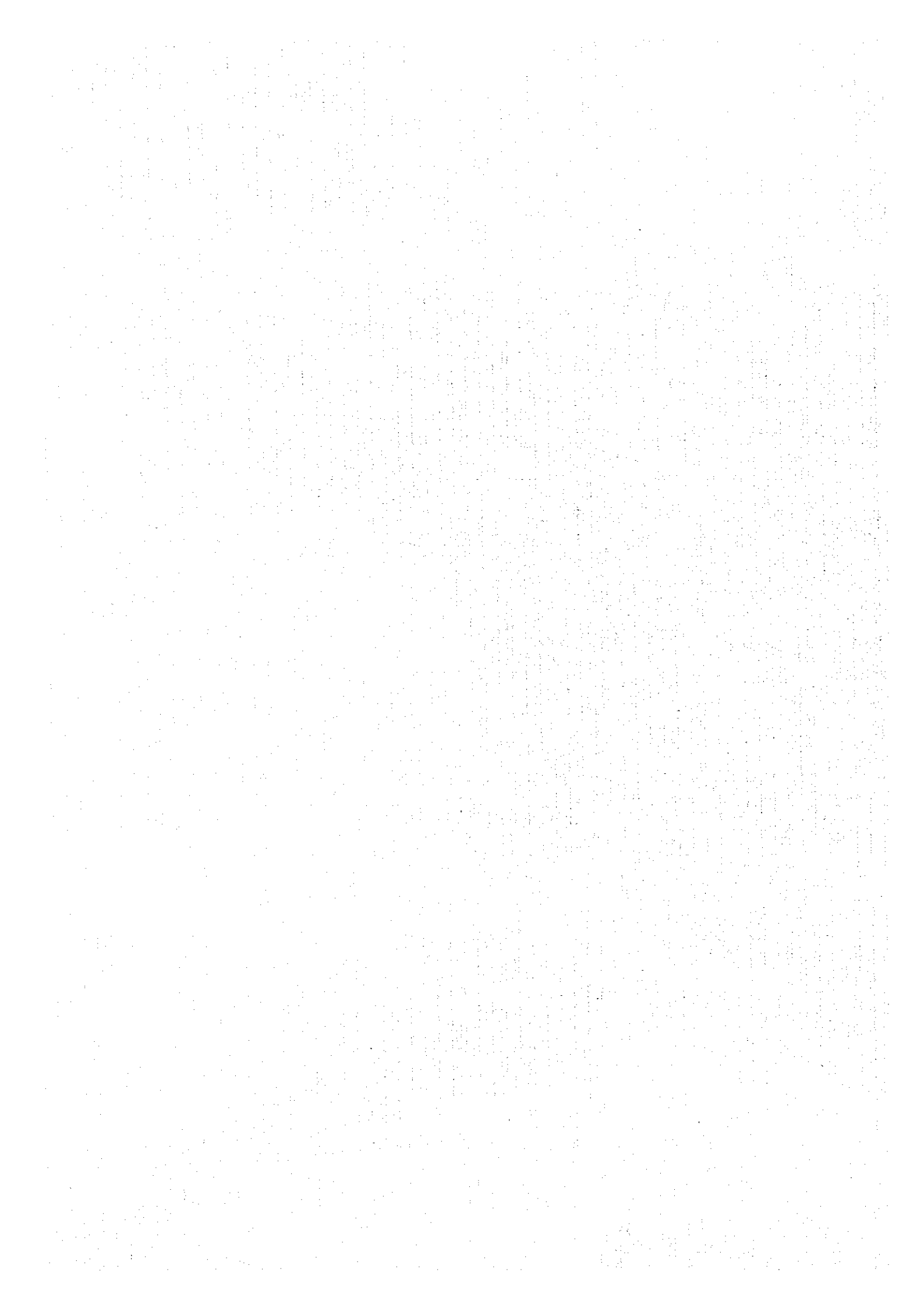
冷却塔使用による冷却水の循環使用に要する費用は、モデル工場及び第二次工場群における検討結果では概ね 30-40 SIT/m³となっている。従って、現在の用排水の費用(200 SIT/m³以上)と比較すれば、十分経済的に成り立つものと考えられる。

4.6.3 予備処理

①排水量の殆どが冷却水であり、ミキサー洗浄水以外は水質上全く問題にならない。ミキサー洗浄水は量が5 m³程度しかなく、単独の水質としても放流基準満足している。全体としては約50倍に希釈されるので、前処理の必要はない。

②レジン系砥石の製造に際して、有機系の排ガスが放出されるが、現状では特に処置をしていない。将来排ガスの規制がなされる場合には、アフターバーナによる無害化か、スクラバーによる水洗が適用されるものと思われる。水洗を適用する場合には、有機系の汚濁成分を検討する必要があるだろう。

VII. 結言



VI 結言

以上、調査対象となったスロヴェニア国並びにマリボル市の自然、社会、経済および環境行政を概観した。次にマリボル市の産業廃水の80%以上を占める20工場について用排水の状況を調査した。その結果、次の事が明らかになった。

- (1) 工場の用排水に要する費用の出荷額に対する比率が比較的高い。
- (2) 産業用水の節水可能量は、平均20%と推定される。
- (3) 現行の放流基準では、ほとんど全ての工場でWWTPへの放流が直接河川へ放流する場合より有利である。
- (4) 廃水を予備処理することにより汚濁量を削減することが可能であるが、削減量はWWTPへの放流料金体系と密接な関係がある。
- (5) 汚濁負荷削減量と放流料金体系との関係は、汚濁負荷による放流料金の算定式を定めれば、各工場の予備処理に対する行動を予測することによって求められる。
- (6) 行政当局は、その政策を放流料金の算定式に反映させ、結果を予測することが可能である。すなわち、WWTPへの汚濁負荷量、料金収入、工場の総投資額、ひいては行政当局と工場側との費用分担額などを推定できる。

提言として 1) 産業廃水処理および予備処理 2) 水使用合理化 3) WWTPの料金設定 4) 政府の採るべき施策をまとめた。なお本調査では各工場について水使用合理化および廃水処理法を提案したが、時間的な制約もあり概括的なものに留まっている。提案の実施に際しては工場毎の更に詳しい検討が必要である。

本調査を通じて調査団が最も感銘を受けたのは、スロヴェニア国およびマリボル市関係者の環境保全に対する真摯な態度と努力である。経済的に困難な状況にありながらも美しい自然が残る国土を何とか保全しようとする意志に至る所で感じた。決して早いペースではないが、将来を見据え長期的な観点から着実に計画を実行しようとしている姿には、ヨーロッパの長い歴史と文化の伝統が息づいているのであろう。今回の日本の調査がスロヴェニア国の環境保全の一助になると同時に日本の考え方や手法がヨーロッパの国々に理解される端緒になれば、望外の喜びである。

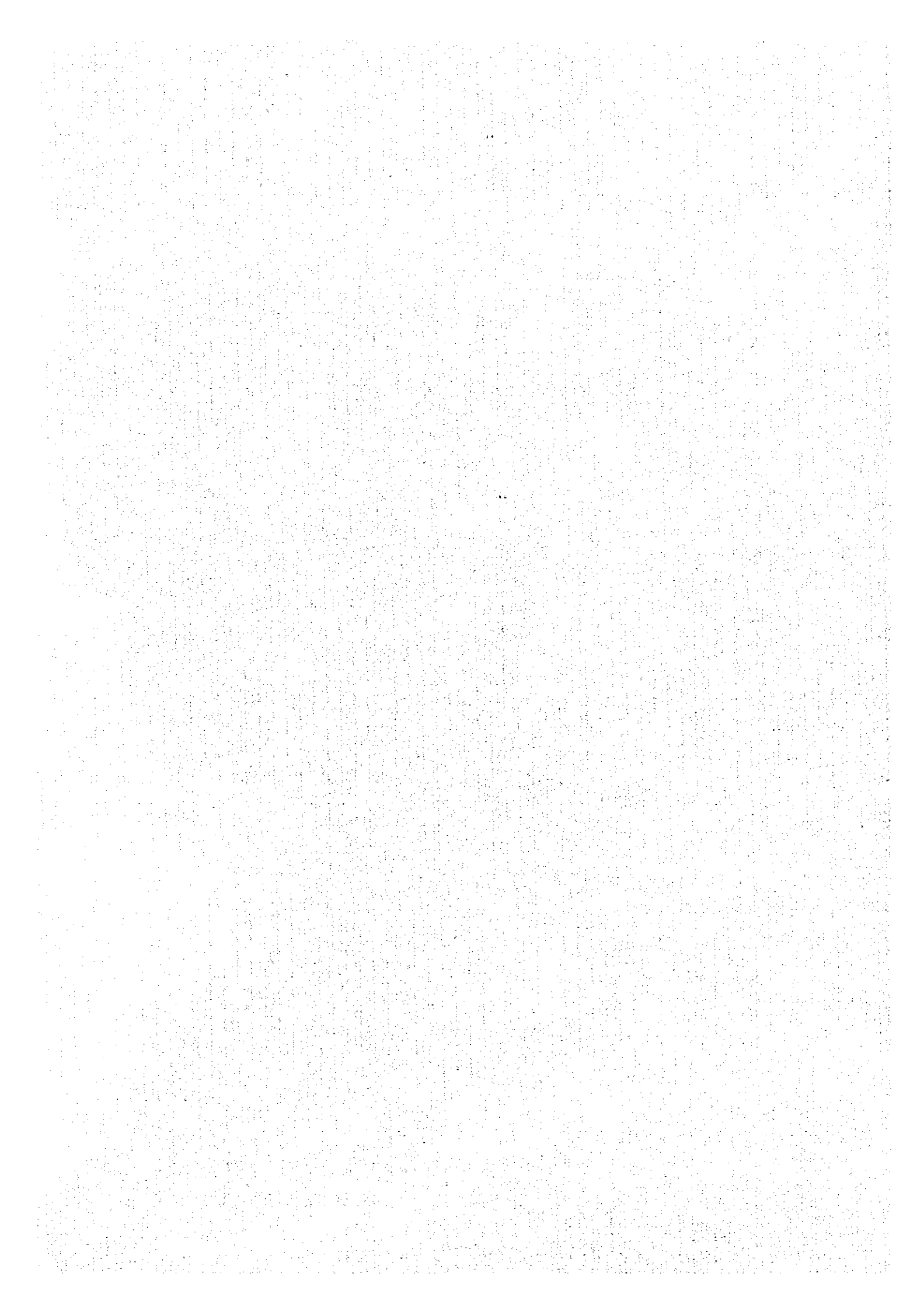
最後にあたり、今回の調査に多大の協力を頂いた関係各位に、心より感謝を申し上げます。

関連情報

関連情報

1. 窒素・りん除去技術	1
2. 色度除去技術	19
3. 有害物質の処理技術	23
4. 有害物質および特に注意を要する化学物質	33
4.1 工場廃水の下水道に及ぼす影響	33
4.2 病院廃水および廃棄物	40
4.3 毒性試験	46
4.4 重金属	48
5. 日本の廃水処理システムの実施例	53
5.1 機械金属加工工業	53
5.2 繊維・染色工業	57
5.3 ビール製造業	60
5.4 食肉工場	64
6. 水使用合理化指針	67
7. 日本の環境行政の紹介	83
7.1 環境行政の推移	83
7.2 環境基準、工場排水基準などの規制	85
7.2.1 環境基準	85
7.2.2 排水基準	90
7.2.3 総量規制基準	91
7.3 地方自治体の役割と上乘せ基準等	92
7.4 地盤沈下の推移と対応策	93
7.5 各種の制度	98
7.5.1 公害防止管理者制度	98
7.5.2 公害防止設備設置に関する優遇措置	99
7.5.3 環境測定網に関する監視	101
7.5.4 環境影響評価制度	103
7.6 民間企業の環境管理体制	106
7.6.1 民間企業の環境管理体制	106
7.6.2 環境監査	107
8. 日本の下水処理場の紹介	109
8.1 和歌川下水処理場	109
8.2 鹿島臨海特定公共下水処理場	114
8.3 東京都有明処理場	119

1. 窒素・リン除去技術



1. 窒素・リン除去技術

1.1 窒素・リン除去の必要性

窒素・リンの除去が必要とされている理由として

- ①閉鎖性水域の富栄養化が進行し、赤潮、青潮、景観悪化が問題となっており、その原因物質である窒素・リンの除去が必要である。
- ②放流先が飲料水源となっている場合、アンモニア性窒素が多量に含まれていると、浄水処理過程で塩素要求量が増加し、さらにTOX（有機ハロゲン化合物：発ガン性物質）の生成量が増加する。
などが挙げられている。

1.2 窒素除去技術

1.2.1 物理化学的窒素除去法

代表的な物理化学的窒素除去法として、ブレイクポイントクロリネーション法、アンモニアストリッピング法、イオン交換、（ゼオライト吸着）法、触媒湿式酸化法、次亜臭素酸法等が挙げられる。1993年現在、既に技術的に確立され窒素除去装置として実用化されているものはブレイクポイントクロリネーション法、アンモニアストリッピング法、ゼオライト吸着（イオン交換）法の3法であり、他の2法は開発段階の技術であり今後注目が必要と考えられる。

アンモニアストリッピング法は排水をアルカリ性にして通気（蒸気を入れ温度を上昇させ効率化をはかる場合もある）によりアンモニアを揮散させる方法であり、ゼオライト吸着法は陽イオン交換能を利用して、アンモニア性窒素を選択的に吸着する方法である。前者ではガス洗浄水として、後者では再生水として濃厚なアンモニア性窒素含有廃液が排出されるので、その処理をさらに考慮する必要がある。一方、ブレイクポイントクロリネーションでは、投入した塩素ガス（次亜塩素酸）の作用で排水中アンモニアは窒素ガスまで変換される。次亜塩素酸ナトリウムを用いて無機排水中のアンモニア性窒素の除去を行う場合、理論的には2モルのアンモニア性窒素を除去するためには、3モルの次亜塩素酸ナトリウムが必要となるが、実際には20%程度過剰に添加が必要となる事が多い。いずれの物理化学的処理法も対象となる窒素形態はアンモニア性窒素に限定されており、硝酸性窒素や亜硝酸性窒素は処理不能である。

原則的には物理化学的処理法はコンパクトで維持管理が容易であるが、ランニングコストが生物学的窒素除去法に比較して高価であると言える。また、注意が必要な点としてはアンモニアストリッピング法、ゼオライト吸着法はアンモニア性窒素の移動（濃縮）技術であり、他の処理法は窒素ガスへの分解技術であること、さらに除去対象とできる窒素の形態が限られていることが挙げられる。

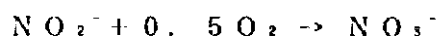
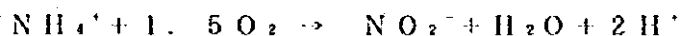
1.2.2 生物学的窒素除去法

生物学的窒素除去法とは、微生物反応により排水中の各形態の窒素を窒素ガスに還元する技術であり、対象の窒素形態がアンモニア性、硝酸性、亜硝酸性、有機性にかかわらず処理可能であることが特徴である。窒素除去を必要とする排水には有機性窒素を含むものもあるが、有機性窒素は生物処理工程で主としてアンモニア性窒素に分解されるため、ここでの説明はアンモニア性窒素を対象として行う。

生物学的窒素除去法は大きく分けて硝化と脱窒の2つのプロセスより成り立っており、原理の説明も各工程毎に行うが、有機性排水中の窒素除去を考える場合は、有機物（BOD）の分解も考慮しなければならない。

1) 硝化工程

硝化とはアンモニア性窒素を微生物の反応によって、硝酸性窒素（亜硝酸性窒素を経由する）に酸化する工程であり、この反応に関与する微生物を総称して硝化菌と呼ぶ。さらにこまかく述べると、アンモニア性窒素を亜硝酸性窒素に変換する亜硝酸化工程（これに関与する微生物を亜硝酸菌と呼ぶ）と亜硝酸性窒素を硝酸性窒素に変換する硝酸化工程（これに関与する微生物を硝酸菌と呼ぶ）から成り立っている。代表的な亜硝酸菌として *Nitrosomonas*（ニトロソモナス）属、硝酸菌として *Nitrobacter*（ニトロバクター）属が知られている。上記の反応を化学量論的に示すと下式のようなになる。

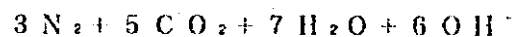
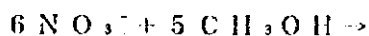


式に示されるように、硝化反応時には酸素が必要であり、1 g の窒素を酸化するためには約4.6 g の酸素が必要となる。また、硝化反応はpH低下（アルカリ度消費）反応であり、1 g のアンモニア性窒素を硝化すると7.14 g (as CaCO₃) のアルカリ度が消費される。

硝化菌は独立栄養性細菌（自栄養性細菌とも呼び、重炭酸イオン等の無機性炭素から細胞合成を行う。偏性独立栄養性細菌であるため有機物を利用して増殖することはできない）であり、増殖速度が遅く（通常の細菌に比較して増えにくい）フロック形成能が低いという特徴がある。至適水温は35℃前後であり、42℃以上では失活することが多いので注意が必要である。15～35℃では微生物活性の変化は少なく、水温が10℃低下すると反応速度は2分の1となる。15℃以下では水温の影響を大きく受けるため、処理時の水温は15℃以上に設定（制御）することが好ましい。硝化菌の至適pHは中性（6.5～7.5）域にあるため、pHが低下しないような制御が必要となる。

2) 脱窒工程

脱窒は硝酸性窒素（亜硝酸性窒素）を微生物の反応によって窒素ガスに還元する工程であり、この反応に関与する微生物を総称して脱窒菌と呼ぶ。硝酸性窒素を窒素ガスに還元する反応は亜硝酸性窒素を経由して行われるが、硝酸性窒素を亜硝酸性窒素に還元する反応も亜硝酸性窒素を窒素ガスに還元する反応も同一の微生物によって行われることが、硝化反応に関与する微生物と異なる点である。代表的な脱窒菌としては *Pseudomonas*（シュードモナス）属、*Alcaligenes*（アルカリゲネス）属、*Hyphomicrobium*（ハイポマイクロビウム）属などがあるが、土壌微生物の約半数が脱窒能力を有していると言われている。脱窒反応には水素供与体（電子供与体）と呼ばれる物質（一般には微生物によって利用可能な有機物。無機物を水素供与体に利用する脱窒菌も存在するがここでは説明を割愛する。）が必要であり、例えば、メタノールを水素供与体とする脱窒反応を化学量論的に示すと下式のように示される。



下水や食品排水のような有機性排水中の窒素を除去する場合は、水素供与体として原水中のBODを利用するが多い（メタノールなどの有機薬品を水

素供与体として外部より添加するとコスト的に不利となるため)。

脱窒反応は溶存酸素(DO)が存在しない条件下で進行する。言い換えれば、水中の微生物が有機物の酸化や呼吸のために必要な溶存酸素が存在しないときに硝酸性窒素中の結合酸素(NO_3^-)を利用する反応である。従って脱窒槽の攪拌は嫌氣的に行う必要があり、曝気攪拌などを行ってはならない。また、脱窒反応はpH上昇(アルカリ度生成)反応であり、1gの硝酸性窒素を窒素ガスに還元すると3.57g(as CaCO_3)のアルカリ度が生成される。

脱窒菌は主として従属栄養性細菌(他栄養性細菌とも呼び、有機物を利用して細胞合成を行う)であり、硝化菌に比較して増殖速度は速く、フロック形成能も高い。至適水温は脱窒菌の種類により異なるが30~40℃であり、42℃以上では失活することが多いので、注意が必要である。水温の反応速度に与える影響は硝化菌とほぼ同様であり、至適pHは中性から弱アルカリ性(7~8)である。

3) 窒素除去プロセス

以上に示した硝化工程と脱窒工程を組み合わせることにより窒素除去が行われるが、対象とする排水の性質により各種の方式が使用されている。微生物の保持形態により浮遊式法と生物膜法に分類されるが、ここでは浮遊式法を中心に説明する。

(原水中BODを水素供与体として利用する場合)

下水や食品排水に代表される有機性排水の窒素除去法として現在主流となっている方式であり、脱窒工程に必要な水素供与体として原水中の有機物(BOD)を利用することにより、大幅な運転経費の削減が可能となっている。原水中のBODによって脱窒を行う場合、BODと窒素の比は3(望ましくは5)以上必要である。

Fig. 1.1は循環脱窒法のフローシートであり、原水は脱窒槽において返送汚泥あるいは循環汚泥に含まれる硝酸性窒素と混合され、原水中のBOD成分が脱窒に利用され、その結果として硝酸性窒素とBOD(硝酸性窒素の脱窒に利用された量)の除去が行われる。このような循環脱窒法の利点としては

- (1) 脱窒用の水素供与体の添加が不要となる
- (2) 硝化工程で必要なアルカリ度の一部に、脱窒槽で生成したアルカリ

度を利用できる

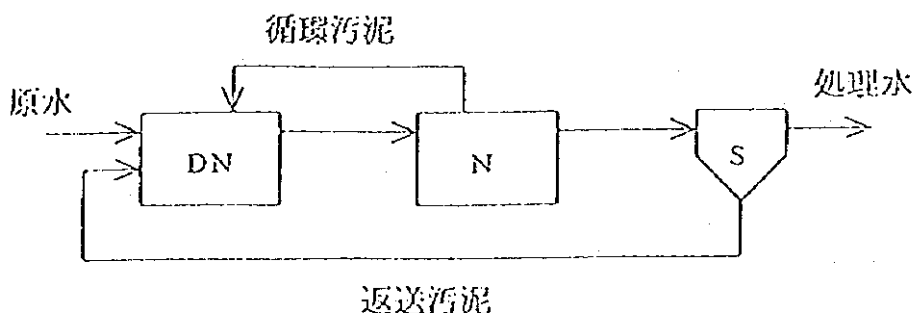
(3) 脱窒時に原水中のBOD成分の一部が除去される

等が挙げられる。

また、原水中のBOD成分を水素供与体として有効利用する方法として、脱窒槽と硝化槽を繰り返し配置して、各脱窒槽に原水を分注するステップ脱窒法も知られている。

〔水素供与体を外部から添加する場合〕

Fig. 1.1 循環脱窒法



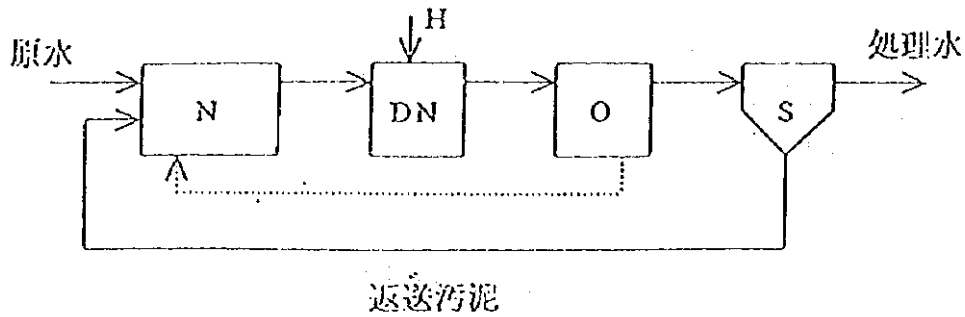
N：硝化槽 DN：脱窒槽 S：沈殿池

主として発電所排水などの無機性排水で使用方法であり、排水中に水素供与体となる物質が含まれていないため外部より有機薬品を添加している。主としてメタノールが水素供与体として利用されるが、エタノール、酢酸などを使用する場合もある。Fig. 1.2に代表的なフローを示す。原水は硝化槽に導入され返送汚泥と混合後、好気性雰囲気下で原水中の窒素成分は硝化菌の作用により硝酸性窒素に変換される。原水中に含まれるアルカリ度にもよるが、ここではpH低下が起こるためNaOHを添加して硝化反応に至適なpHに制御するが多い。その後脱窒槽で水素供与体を添加（メタノールの場合は窒素濃度2.5~3倍量：脱窒反応を速やかに進行させるため一定過剰量添加する。）して脱窒反応を行い、その後余剰の水素供与体（BODとして検知されるため除去必要）を酸化槽で分解除去する。

有機性排水で原水中のBOD除去、硝化を行った後、外部から水素供与体を添加するケースは少なくなっている。また、この場合水素供与体無添加で微生物

物体内物質を使用して脱窒する方法（内生脱窒と呼ぶ）もあるが、脱窒のための反応時間が長時間必要なことから国内で使用されている例は少ない。

Fig. 1.2 無機性排水の浮遊式硝化脱窒法



N：硝化槽 DN：脱窒槽 S：沈殿池
O：酸化槽 H：水素供与体

1.3 リン除去技術

1.3.1 物理化学的脱リン法

物理化学的なリン除去法として凝集沈殿法、晶析法、イオン交換樹脂や活性アルミナによる吸着法が挙げられるが、ここではもっとも実用的な凝集沈殿法と1980年代前半に脚光を浴びた（実装置化はほとんどなされていない）晶析法について示す。

1) 凝集沈殿法

排水中のリンはアルミニウム、鉄、カルシウムなどのイオンと反応し不溶性の沈殿物を生成するのでこれらを含む薬品を適当量添加すれば容易に除去可能である。この目的に適した薬品はTable 1の通りであり、また、これらの薬品を選択するための条件をTable 2に示す。

Table1. 1 リン除去に有効な薬品

塩化第二鉄	FeCl ₃
硫酸第二鉄	Fe ₂ (SO ₄) ₃
塩化第一鉄	FeCl ₂
硫酸第一鉄	Fe(SO ₄)
硫酸アルミニウム	Al ₂ (SO ₄) ₃
ポリ塩化アルミニウム	[Al ₂ (OH) ₂ Cl ₂] _n
アルミン酸ソーダ	NaAlO ₂
ピクルル廃水	FeCl ₂ +FeSO ₄
消石灰	Ca(OH) ₂

Table1. 2 リン除去のための薬品を選択する場合の条件

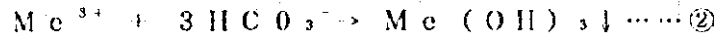
流入下排水中のリン濃度
下排水中の浮遊物およびアルカリ度
輸送費を含んだ薬品費
薬品の供給の確実性
汚泥処理施設
最終処分方法
処理場内の他の処理方法との両立性
放流先の現場に対する逆効果の可能性

アルミニウム塩、鉄塩の必要添加量はほぼ同条件で決定される。この条件のうち重要なものは次式で示すような金属塩とリン酸イオンとの反応である。



①式の反応から明らかなように、1モルのリンに対して1モルの金属塩を必要とする。例えば金属塩がアルミニウムの場合にはアルミニウムとリンのモル比は1:1で反応する。しかし、実際には他の多くの反応が起こり必要な金属塩の添加量は①式の理論量よりも増加する。この1つに排水中のアルカリ度との反応がある。金属塩は排水中のアルカリ度と反応し、次式のように不溶性の

水酸化物を形成する。



この②式の反応で生成した水酸化物は①式で生成した $MePO_4$ を吸着する
と考えられており、また、排水中の濁質も除去するので、②式で消費される金
属塩は有効利用もされていることとなる。

また、 $MePO_4$ の溶解度はpHに影響され、 $AlPO_4$ の最少溶解度はpH
6であり、 $FePO_4$ の最小溶解度はpH4にある。都市下水処理水を硫酸ア
ルミニウムにより処理しリンを除去した結果を1例としてTable1.3に示す。通
常、アルミニウム塩として硫酸バン土やポリ塩化アルミニウム(PAC)が、
鉄塩としては第2鉄塩が使用される。

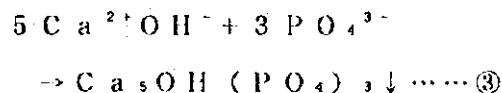
Table1. 3 リン除去率に対するAl:Pの比

リン除去率	Al:P		硫酸アルミニウム*:P 重量比
	モル比	重量比	
75%	1.38:1	1.2:1	15.1
85%	1.72:1	1.5:1	19.1
95%	2.3:1	2.0:1	25.1

〔注〕*硫酸アルミニウム = $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$

リン除去に硫酸バン土、PAC、塩化第2鉄を使用した場合、処理費用はP
AC > 塩化第2鉄 > 硫酸バン土の順になる。しかし、冬期など低水温時にはP
ACが硫酸バン土より凝集性に優れる傾向にあること、また、塩化第2鉄を使
用した場合、処理水に着色現象が起こることもあるので注意が必要である。

カルシウム塩としては消石灰がよく利用され、これを排水に添加すると次式
のようにカルシウムヒドロキシアパタイトが生成される。



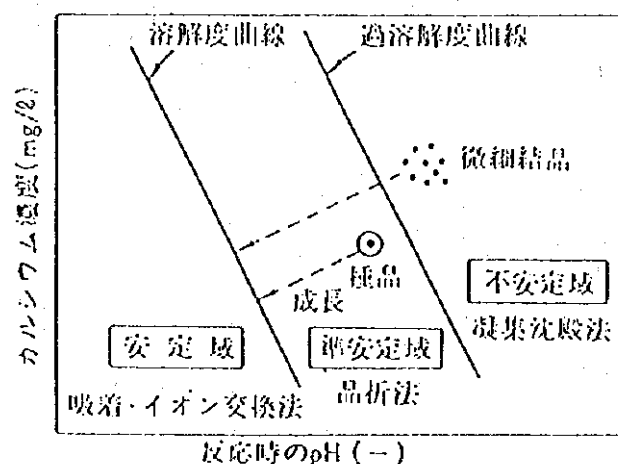
③式の反応はpHに支配され、確実にリンを除去するためにはpHを9.5~1
1.5に上昇させる必要がある。pHが等しければ排水中のリン濃度が変動して
も処理水リン濃度ほとんど変化しない。したがってリン除去に必要な消石灰添

加量は目標とする pH にするために必要な量で決定でき、排水中のリン濃度の影響は少ない。

2) 晶析（接触脱リン）法

凝集沈殿法ではリンの除去に伴って多量の難脱水性の汚泥が発生するため、その処理・処分が課題となっている。このため、汚泥が発生しない方法としてリン鉱石などを種晶（核）に用い、水中に存在するリン酸イオンをカルシウムイオンと反応させ、種晶の表面にカルシウムヒドロキシアパタイトを晶析するリン除去法（晶析法）が開発されている。晶析法におけるリン除去のメカニズムを Fig. 1.3 に示す。図から、ヒドロキシアパタイトは操作溶解度が過溶解度を超えると、すなわち不安定域に入ると、微細結晶を生じヒドロキシアパタイトが沈殿する凝集沈殿法の操作領域となる。しかし、溶解領域と不安定領域の間の領域、すなわち準安定領域では、溶液のみでは不溶物を生成しないが、溶液中に種晶が存在すると種晶の表面にヒドロキシアパタイトが晶析し、種晶は徐々に成長するが新たな微細結晶は発生しないことが知られている。このメカニズムを利用したのが晶析法であり、種晶をカラムに充填し、pH、Ca 濃度を調整した排水を通水することによりリン除去を行うものである。本法は1980年頃に日本のプラントメーカーが下水向けリン除去法として盛んに研究したものであるが、2次処理後の付加設備となることや反応条件が限定されることから実用化には至っていない。

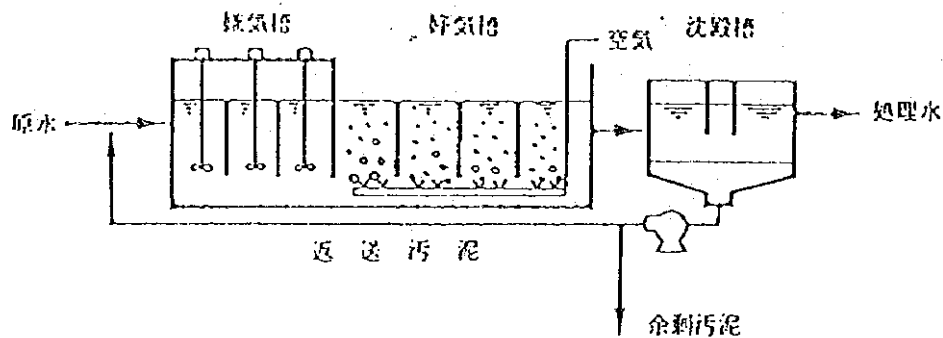
Fig. 1.3 晶析操作条件の概念



1.3.2 生物学的脱リン法

生物学的脱リン法は排水中のリンを微生物に過剰摂取させ、増殖した微生物を系外に取り出すことにより排水中のリンを除去する方法である。一般的なフローはFig. 1.4に示すように通常の活性汚泥法の前半部を嫌気性状態(Anaerobic)に保ち、後半部を好気性状態(Oxic)としたものであり、A/Oシステムとも呼ばれている。

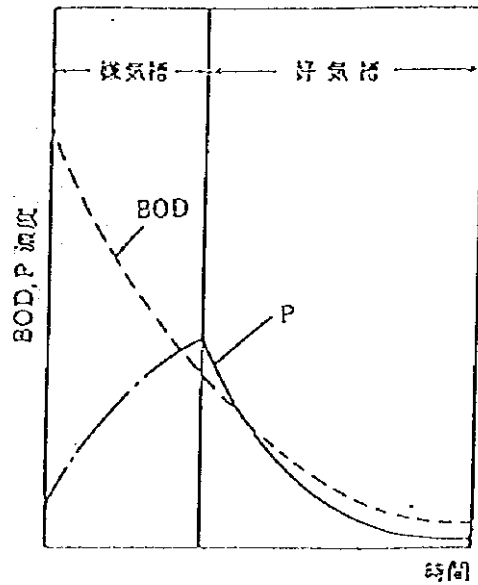
Fig. 1.4 生物学的脱リン法の標準フローシート



リンは微生物にとって必須元素であるので、標準活性汚泥法などにより生物学的に排水中のBOD除去を行う際にも当然のことながら微生物の増殖に伴い一部のリンは除去されるが、ここで、特に生物学的脱リン法と呼ぶ理由は、通常の微生物の増殖、代謝に必要なリン量以上のリンを体内に蓄積し、多量のリンを排水中から除去できるからである。実際、標準活性汚泥法により除去されるリン量の2~4倍のリンが除去されることが知られている。

生物学的脱リン法におけるリンの挙動はFig. 1.5に示すように、嫌気性条件下で微生物体内のリンが一旦放出され液中のリン濃度は上昇し、その後好気性条件下でリンが過剰摂取されるといった経緯をたどる。一方、BODは嫌気性槽で大部分が微生物に吸着、吸収され、好気性槽で酸化分解を受けることによりさらに除去される。

Fig. 1.5 生物学的脱リン法におけるリン、BODの挙動



生物処理法におけるリン除去量は、定常状態において次式のように示される。

$$\Delta P = \Delta BOD \times Y \times P_s = \Delta S \times P_s$$

- ここで、
- ΔP : リン除去量
 - ΔBOD : BOD除去量
 - Y : 除去BOD当たりの汚泥発生量
 - P_s : 汚泥中のリン含有率
 - ΔS : 余剰汚泥発生量

すなわち、リン除去量は余剰汚泥の発生量とそのリン含有率によって決定される。従って、オキシデーションディッチ法、長時間曝気法等の余剰汚泥発生量の少ない処理法ではリンの除去はあまり見込めない。また、標準活性汚泥法のように生物学的脱リン法と同等の余剰汚泥量が発生する処理法においてリン除去量が少ないのは、標準活性汚泥法に於いて、 P_s は0.01~0.02と低い値のためである。生物学的脱リン法において、 P_s は0.04~0.06と高い値を示す。

このように微生物を嫌気-好気を繰り返す状態で培養するとリンを過剰摂取することは確認されているが、そのメカニズムについてはまだ不明な点も多く、

今後の課題と言えよう。現在までの推論、知見などからは以下のように説明されている。

DOもNO_xも存在しない絶対嫌気性条件下では、通常の好気性微生物は有機物を摂取することはできない。しかし、嫌気-好気状態で活性汚泥を馴養することによりある種の微生物（脱リン菌・特定の微生物ではなく脱リン機能をもった微生物の総称）は体内にポリリン酸を蓄積するようになる。そして嫌気性条件下では体内のポリリン酸の加水分解を行いリン酸を体外に放出し、その際に生じるエネルギーを利用し、有機物（BOD）を体内に取り込むことができる。そしてその後の好気性条件下で、脱リン菌は嫌気性槽で体内に取り込んだ有機物や新たに好気性槽で取り込んだ有機物を酸化分解することによりエネルギーを獲得し、液中のリンを過剰摂取する。このような状態で微生物を連続的に培養することにより、嫌気性条件下でも有機物を摂取できる脱リン菌が嫌気性条件下では有機物を摂取できない他の微生物より優先的に増殖し、安定した生物学的脱リンが行われる。

生物学的脱リン法の特長として以下のことが挙げられる。

- (1) BOD除去と同時に脱リンが行える。
- (2) 物理化学的脱リン法で必要とされる薬剤が不要であるためランニングコストが安価である。
- (3) フロック形成菌である脱リン菌が系内で優先的に増殖するため、バルキングが防止できる。

日本国内の下水処理場で数多くの実装置が既に稼動しているが、そのうちの大部分は上述の特長の3番目に挙げたバルキング防止対策として本法を採用している。また、食肉加工排水においてもリン除去及びバルキング防止を目的として導入されている。

本方式の適用範囲はその目的によって異なるが、リン除去を目的とした場合には、排水中のBOD濃度とリン濃度のバランスが重要となり、除去可能なリン量は除去BOD量の4~5%が限界となるので、この点に留意すべきである。バルキング対策として本処理法を考える場合は原水BOD濃度が100~2000mg/L程度の排水が主対象となる。

1.3.3 生物学的リン・窒素同時除去

1) 概要

リンと同様に富栄養化の原因物質であるとされている窒素についてもFig. 1.6に示すような生物学的脱リン・脱窒素法を用いることにより、同時除去が可能となる。

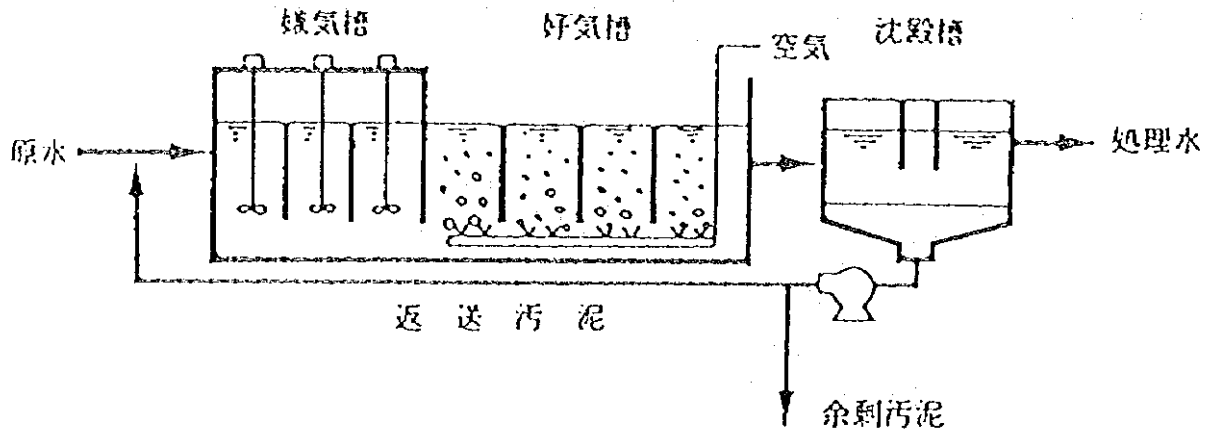
この嫌気-無酸素-好気法は、生物学的リン除去プロセスと生物学的窒素除去プロセスを組み合わせた処理法で、活性汚泥微生物によるリンの過剰摂取現象及び硝化脱窒反応を利用するものである。

本法に適用されるリン除去プロセスは嫌気-好気活性汚泥法であり、窒素除去プロセスは循環式硝化脱窒法である。反応タンクを嫌気タンク、無酸素（脱窒）タンク、好気（硝化）タンクの順に配置し、流入水と返送汚泥を嫌気タンクに流入させる一方、好気タンク混合液を無酸素タンクへ循環するプロセスである。

なお、本法の処理性能、特にリン除去性能は雨天時に低下する傾向があるので、より安定的な放流水のリン濃度を確保する必要がある場合には、補完的設備として凝集剤添加等の物理化学的なリン除去プロセスの併用が必要となる場合が多い。

また、すでに生物反応タンクの末端に凝集剤を添加してリン除去を行っている処理場に本法を採用すると、凝集剤の節減が図れることが知られている。

Fig. 1.6 生物学的脱リン・脱窒法の標準フローシート



2) 設計及び維持管理上の留意点

- (1) 降雨時や供用開始時の初期対策として、嫌気タンクあるいは無酸素タンクで必要な有機物を確保するために、流入水が最初沈殿池を迂回するバイパス水路を設けることが望ましい。
- (2) 標準的な都市下水であれば、脱窒のためのメタノールなどやPH調整用の水酸化ナトリウムなどの添加は必要としないが、流域特性により流入水中のアルカリ度が低い場合や降雨等の影響が大きい場合には、アルカリ剤やメタノールなどの脱窒助剤の注入設備が必要となることがある。
- (3) 硝化液の循環は、基本的には循環ポンプによるが、好気タンクの散気に伴うエアリフト効果による循環法を利用することもできる。
- (4) リン除去を効果的に進めるためには、最初沈殿池汚泥と余剰汚泥の濃縮は分離濃縮が望ましく、汚泥処理系からのリンの返送負荷が小さい汚泥処理プロセスを選択する必要がある。
- (5) 放流水のリン濃度等を安全確保する必要がある場合には、好気タンクの末端に凝集剤(PAC)を添加する設備を設けることが望ましい。

1.3.4 各生物処理法の比較

各生物処理法の特徴ならびに除去対象物質についてはTable1.4に、また、各生物処理法の一般的比較をTable1.5に、各々示す。

これらの比較表は一般的都市下水を対象に作成したものである。

Table 1.4 各生物処理法の特徴ならびに除去対象物質

生物処理法	処理プロセス	特徴	HRT (hr)	除去対象項目と概ねの除去率%	
				BOD	窒素リン
①標準活性汚泥法		有機物質除去を主体とする。	6~8	◎ 80~95	△ 30 30~50
②嫌気-好気活性汚泥法 A/O法		嫌気槽において汚泥泥からりんを放出させ、好気槽においてりんを過剰採取させることによって、りんを除去する。窒素については標準活性汚泥法と同程度の除去率である。	6~8	◎ 80~95	△ 30 70~80
③窒素添加活性汚泥法		生物反応槽に窒素剤を添加し、生物処理の機能にりん除去機能を付加したものである。第一級槽を用いる場合には、第一級が反応槽内で全て酸化されるよう、反応槽の前段部に、A+塩を用いる場合には反応槽の末段部に、各々添加する。窒素添加は、循環式硝化脱窒法や嫌気-無酸素好気法等に採用されている例がある。	6~8	◎ 80~95	△ 30 80~90
④循環式硝化脱窒法		生物学的硝化、脱窒反応に基づきアンモニア性窒素の硝化、硝化態窒素の脱窒を行う。なお、無酸素、好気槽を二段から三段組み合わせるなど多数段階を行い、窒素除去効率を高める方法もある。	12~16	◎ 80~95	◎ 60~70 △ 30~50

生物処理法	処理プロセス	特徴	HRT(hr)	除去対象項目と概ねの除去率%		
				BOD	窒素リン	
⑤嫌気-無酸素-好気活性汚泥法 A ₂ O法		嫌気-好気活性汚泥法と循環式硝化脱窒法の組み合わせにより、生物学的にりん、窒素の同時除去を行う。	13~17	◎ 80~95	◎ 60~70	◎ 70~80
⑥硝化-内生脱窒法		微生物による硝化・脱窒反応を利用するものであるが、脱窒反応の際の水素供与体として、硝化槽で活性汚泥に吸着された有機物、また、細胞内に蓄積された有機物を利用するのが特徴。	18~25	◎ 95~95	◎ 70~90	△ 50
⑦泥集り添加型循環式硝化脱窒法		①の循環式硝化脱窒法の好気槽に凝集剤を添加することによって、りんの除去効率を高めるものがある。	12~16	◎ 80~95	◎ 60~70	◎ 80~90

注記：1. 本表は次の一般的都市下水の水質を基準として作成したものである。
 BOD 150~200mg/L、SS 150~200mg/L、T-N 30mg/L、T-P 4mg/L
 2. ◎印は主たる除去対象を示し、△印は付随的に除去できることを示す。
 3. ◎のA2Oシステムに凝集剤(*印)を添加するケースは、降雨により水質が悪くなった場合、処理水水質のりん濃度を安定化させるために注入する。

Tablel.5 各生物処理法の一般的比較表

	滞留時間 h r	BOD除去率 %	N除去率 %	P除去率 %	設置面積比	処理費 *1	建設費 *2	使用薬品	運転管理	汚泥発生量	設置点校箇所
①標準活性汚泥法	6~8	◎80~95	△ 30	△30~50	1	1	1	—	容易	1	小
②嫌気-好気 活性汚泥法	6~8	◎80~95	△ 30	◎70~80	1	1	1.1	—	極めて 容易	1	小
③凝集剤添加活性 汚泥法	6~8	◎80~95	△ 30	◎80~90	1	1.8	1.2	PAC等 凝集剤	容易	1.1	中
④循環式硝化脱窒 法	12~16	◎80~95	◎60~70	△30~50	1.3	2	1.6	—	容易	0.9	中
⑤嫌気-無酸素- 好気活性汚泥法	13~17	◎80~95	◎60~70	◎70~80	1.3	2.1	1.7	—	容易	0.9	中
⑥硝化-内生脱窒 法	18~25	◎85~95	◎70~90	△50	1.8	2	1.6	—	やや難	0.9	中
⑦凝集剤添加併用 循環式硝化脱窒 法	12~16	◎80~95	◎60~70	◎80~90	1.3	2.8	1.8	PAC等 凝集剤	容易	1	大

注記：(1)*1 ランニングコスト及び原価却費は含むが、汚泥処理費は含まない。

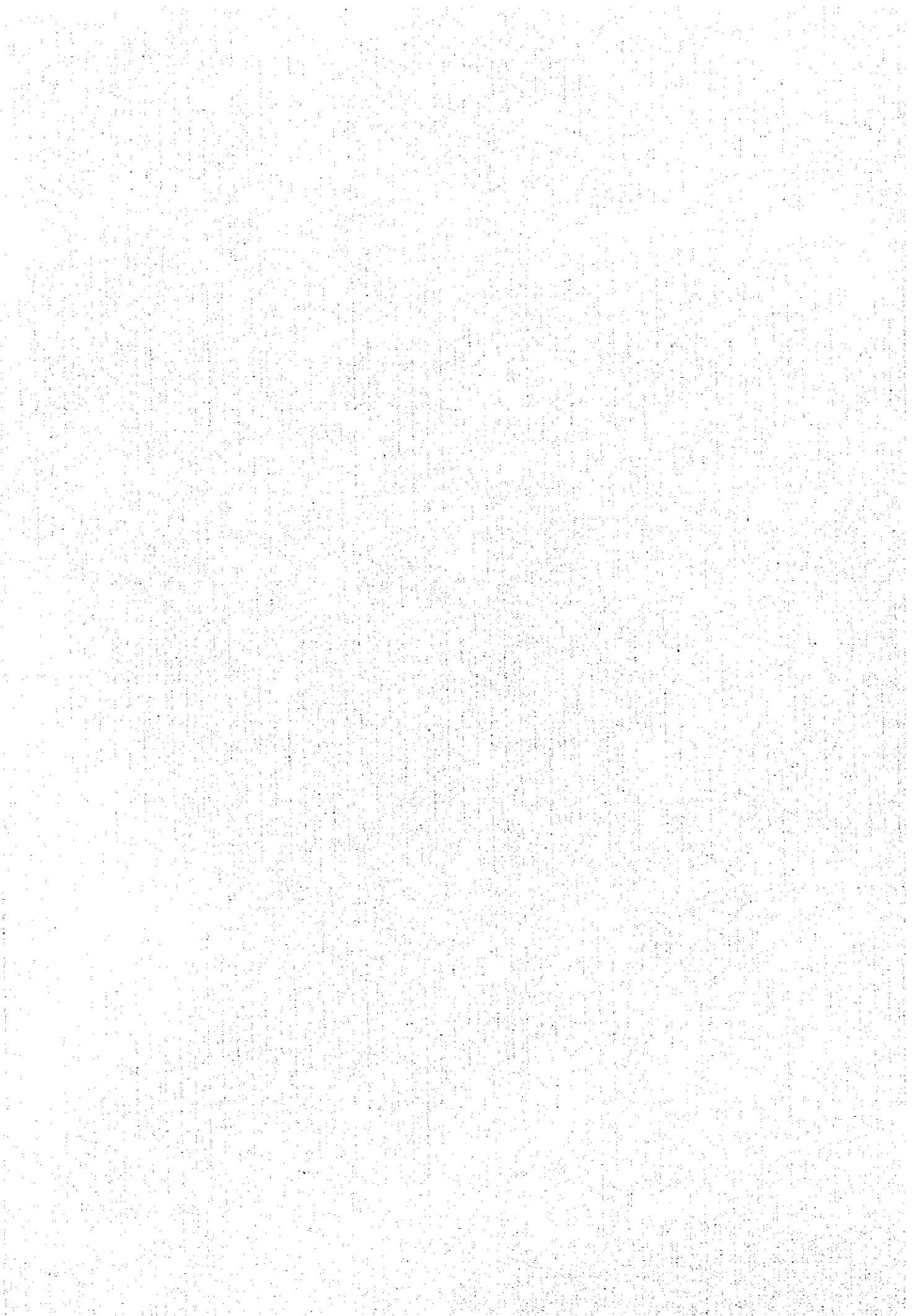
(2)*2 汚泥処理費は含まない。

(3) ◎印は主な除去対象

(4) △印は付随的に除去できる。

(5) 設置面積、処理費、建設費および汚泥発生量の各数値は、①の標準活性汚泥を1とした場合の比を示す。

2. 色度除去技術



2. 色度除去技術

色度除去すなわち脱色処理の方法としては、Table 2.1 に示すように、いろいろな方法が検討されている。

(1) 高度処理として排水処理の最終段階に適用するもの

活性炭吸着とオゾン処理は、汚泥を発生しない方法である。いずれもCODやSSがあると効率が悪くなるので、それらを除去した後の最終処理として適用する。

(2) 予備処理として適用するもの

凝集沈殿は、凝集剤を混合してフロックを形成させ、そのフロックに色度成分を吸着させて分離する方法である。同時にBOD・COD・SS・Pなどが除去できるので、染色工場の予備処理として適用することが多い。

フェントン法は、硫酸第一鉄と過酸化水素によって色素を酸化分解する方法である。見掛け上色が消えるが、排水中の汚濁成分を増やしてしまう。薬品代が高いし、規模が大きいと設備費も高いので、小規模の濃厚排水で見掛けの色だけを薄くしたい時などに適用する。

Table 2.1 Color Removal Technology

処理法名称	処理法の概要	脱色に対する特性	運転コスト*	建設コスト	汚泥処理	規模の有効性	問題点
活性炭吸着	粒状に成形された活性炭を固定床または、流動床として充填して、活性炭の持つ物理化学的吸着能力により、排水中の色素を除去する。	塩基・酸性染料に有効 実排水で日除去率90%	活性炭の自家再生の場合 1.80 活性炭外部再生の場合 3.00	1.00 0.83	不要	自動化が進んでいて大規模設備に向く。	分散・硫化・反応染料で効果低下、運転コストが高い。
けい酸上着吸	微粒子状のけい酸上を排水に混合けい酸上の持つ物理化学的吸着能力により、排水中の色素を除去する。その後、凝集・沈殿処理により、処理水と分離する。	多くの染料に有効	0.59	0.27	必要	粉体を扱うために大規模設備には不向き。	アゾ系染料・反応染料では効果低下。
凝集沈殿	ジシアンジアミド系凝集剤を排水に混合して、その後、硫酸バンドアニオン系凝集剤等添加、混合して、凝集・沈殿処理により、処理水と分離する。	多くの染料に有効 実排水で日除去率60%	0.56	0.27	必要	普及している処理方法で、大規模設備に向く。	処理水中のイオン濃度が増加する、脱色率が低い。
フェントン酸化	過酸化水素の酸化力を利用する方法で、酸媒として硫酸第一鉄の存在下で、過酸化水素により色素を酸化分解する。	ほとんどの染料に有効 実排水で日除去率90%	3.12	0.33	必要	反応工程が複雑で、大規模設備には不向き。	処理水中のイオン濃度が増加する、pH再調整が必要、運転コストが高い。
オゾン酸化	排水中に空気中での無電圧により製造したオゾン含有空気を吹き込み、色素と反応させ脱色する。	多くの染料に有効 実排水で日除去率90%	1.00	1.00	不要	システム化されていて大規模設備に向く。	分散染料で効果低下。
電解酸化	不溶性電極を使用して、排水中に存在する電解質または、電解質を添加して、電気分解時に発生する過酸化水素や電極近傍の酸化、還元反応により色素を分解する。	多くの染料に有効 実排水で日除去率70%	0.91	1.16	不要	電極材料が高価で、大規模設備には不向き。	脱色率が低い、有害な塩素化合物の副成を伴う、建設コストが高い。
電解酸化、凝集	犠牲電極を使用して、排水中に存在する電解質または、電解質を添加して、電気分解時に発生する過酸化水素や電極近傍の酸化、還元反応及び、犠牲電極より溶出する物質による凝集により色素を除去。	多くの染料に有効 実排水で日除去率90%	0.98	0.67	必要	システム化により、大規模設備可能。	有害な塩素化合物の副成を伴う。

注) * : 運転コストは汚泥脱水処分費を除く推計、コストは比較係数による。

2-1 活性炭吸着処理方法

活性炭の持つ物理化学的吸着能力を利用して脱色する技術である。従来、排水の脱色に粉末活性炭を処理水に添加混合し色度成分を吸着させ、その後、凝集沈殿分離するまたは、曝気槽に添加混合し、最終沈殿池で分離する方法が採用された。この方法は、設備が簡易なため数多く実施されてきたが、分離不良による活性炭の流出や、運転コストが高いなどの問題点があり、その後、高性能な成形粒状活性炭の出現などによって吸着塔方法に変わってきた。

成形粒状活性炭は、固定床方式、流動床方式いずれにも使用されている。固定床方式は、砂ろ過器と同様の形式の充填方式がとられ、1段もしくは、2、3段の直列式の活性炭吸着塔を1組として使用する。

一方、流動床方式では、通常1塔の吸着塔で構成され、活性炭は流動状態で、飽和した部分から順に塔外に排出され、再生に回されると同時に、再生済みの活性炭が供給される。こうして、連続的に吸着が行われる。

また、固定床方式と流動床方式の中間的な処理方式として逆移動床方式がある。これらの処理方式は現在、脱色、脱臭およびCOD除去の方式として普及している。いずれの場合も、運転コストの大部分を占める活性炭の使用量低減を目的として、活性炭再生炉を併設するケースが多い。

活性炭の再生は、水蒸気飽和条件の高温で活性炭細孔中の吸着物質を分解することにより行う。運転コストでみると、活性炭再生炉を保有して自家再生を行うと40%の削減が可能となる。活性炭吸着法を染料排水処理に適用した実験例や、染色・塗料工場での実際の処理例をみると、染料の種類により脱色の有効性に差異のあることが分かる。共存する界面活性剤等の加工剤や、加工助剤によっても影響を受けるとともに、反応基によっては一部除去が困難なものがある。また、吸着後の処理水が復色することも分かっている。したがって、有効性については実排水の試験結果によることが重要である。ここで、下水の二次処理水を原水とした試験結果では、通水量1000倍（排水量/活性炭量）程度の場合、COD量換算で、100 mg COD/kg活性炭程度の処理量を得られたとの結果がある。

活性炭吸着法の利点は、工業規模での使用例が多いことから自動化が進んでおり、大規模の施設に適していること、汚泥の発生がほとんどないことが挙げられる。一方、運転コストが他方法に比べて高いことから、凝集沈殿処理などの前処理をした後の仕上げ処理として用いるか、逆に、高濃度排水（浮遊物の少ないもの）を対象とする場合に限定される。

いずれの場合でも採用に当たっては、再生炉の公害対策や活性炭の劣化状況を綿密に把握して管理する必要がある。