

1. 3 産業別予備処理

マリボール市の主要産業別に、廃水の状況と予備処理の検討結果をまとめる。各工場個別の検討詳細を第二部に示す。また、前述の通り予備処理の検討結果を Table 1.2.2の一覧表にまとめた。

1. 3. 1 繊維・染色産業

(1) 業種の位置づけ

マリボール市の繊維産業は、企業数で5社に過ぎないが、その廃水水量が下水全量の20%を占める重要な産業である。これら5社にはそれぞれ個性があり一概に論ずるのは難しい。しかし、廃水が着色しているとか、廃水の量・汚濁負荷に変動が多いなどは共通の問題である。

(2) 河川放流の可能性

繊維産業については排出基準が別途厳しく決められており、廃水処理の設備やコストが下水放流の場合よりも非常に高くなる。Table 3.1.1に見るとおり、今のところ2社が廃水を河川に直接放流している。S-2 Tabor は、既に排出基準をほぼ満足させている。

(3) WWT P 放流基準への抵触の有無

WWT Pに放流する場合は、排出基準に、温度、pH、重金属、油分、硫黄分、ハロゲンの規制がある。一部にpHに注意を要するところがあるが、その他は問題にならない程低い濃度である。

(4) 汚濁負荷量削減のための方法

繊維産業に特有な汚濁に廃水の着色がある。着色は、時間変動が大きいですが、総合すれば、規制値が最も厳しい620nmの吸光度について30以下と見込まれる。他の下水で5倍に希釈され、更にWWT Pで半減すると、合わせて1/10まで低下する。すなわち排出基準を満足することになる。吸光度による色の測定値は、薄い領域では、ほぼ濃度に比例する。もしWWT Pに凝集沈殿処理が採用されれば

Table 1.3.1 Wastewater of Textile Industries

Company	M-1		S-1		S-2		S-3		S-4		Emission Standard	
	SVILA	Rayon	MERINKA	Wool	TABOR	PET	MTT	PET	TSP	PET	Discharge to River	Discharge to Sewage
Quantity m ³ /d	1,587		1,200		1,250		3,000		343			
Discharge to	River		Sewage		River		Sewage		Sewage			
Sampling date	Jun.05,1996		Dec.10,1996		Dec.08,1996		Dec.16,1996		Dec.05,1996			
pH	7.8 - 10.0		8.2		7.9		11.3		8.8		6.5 - 9.0	6.5 - 9.5
SS mg/L	< 30		37		< 30		340		32		80	
Color												
α (436nm) m ⁻¹	42 / 14		37		2.6		17		31		7	
α (525nm)	33 / 15		30		1.9		14		30		5	
α (620nm)	25 / 18		25		1.5		13		27		3	
T-N mg/L	13.5 / 7.3		24		23		22		14			
T-P mg/L	0.3 / 8.7		3.1		1.3		0.5		0.7		1.0	
COD _{Cr} mg/L	140		650		34		340		360		200	
COD _{Mn} mg/L			300		15		120		190			
BOD ₅ mg/L	50		150		25		140		100		30	
T-Fat mg/L	5		30		30		12		19			
mineral oil											10	20

ば、色は更に大幅に低減する。合成繊維によく使用されるアゾ系染料が、嫌気性生物処理によって効率よく分解するという知見がある。もしWWTPに嫌気性生物処理が採用されれば、更に色の問題が軽減される。以上の推論によれば、各工場における色除去を目的とする予備処理は必要ない。

しかし将来WWTPが河川への排出基準を満足させるために、着色廃水を放流する繊維工場に対して、脱色のための然るべき予備処理を要請する可能性がある。染色工場廃水の脱色処理として一般的に適用される方法を列挙すると、

- ① 活性炭吸着： 活性炭の持つ物理化学的吸着能力による脱色
- ② オゾン処理： オゾンの持つ酸化分解能力による脱色
- ③ 凝集沈殿処理： 無機・有機の凝集剤を混合して色成分をフロックに凝集する
- ④ Phenton 処理： 鉄触媒の存在下で過酸化水素の酸化分解能力による脱色

などがある。

①活性炭吸着と②オゾン処理は、いずれも90%程度の良い除去率が得られ、汚泥も発生しない。CODやSSがあると効率が悪いので、それらを除去した後の最終処理として適用される。処理コストは濃度によるが一般に相当高い。

日本で廃水の色に規制がある場合には、その規制値が非常に厳しいので、この二つの方法のいずれかが適用される。

③凝集沈殿処理は、廃水の性状によって、無機凝集剤だけでも良好な脱色ができる場合、ジシアンアミド系の脱色用有機凝集剤を追加すると効果的な場合、あるいは特別な場合では凝集剤がフロックを形成せず処理ができない、などいろいろの事態が生ずる。一般に、色の除去と同時にBOD・COD・SS、特にPの除去ができるので、日本では染色廃水の予備処理として適用することが多い。

④Phenton 処理は、条件が合えば良好な脱色ができる場合、鮮やかで目立つ色を目立ちにくい灰色や白色に変える場合などの効果がある。反応pH条件が3.5程度と酸性側にあり、pH調整用の酸・中和用アルカリのコスト、酸化剤である過酸化水素のコストがかなり掛かる。また脱色後に凝集分離をしなければ、例え見掛けの脱色ができていても総合的な汚濁成分が増加してしまう、という問題がある。

(5) 凝集処理のテスト

前述の通り最も一般的でかつ経済的な予備処理方法は凝集沈殿処理であるが、

染色後の濃厚廃水だけを分離して処理すれば、更に経済的になる可能性がある。しかし、染色液だけを分離すると、凝集剤がフロックを形成しないことがある。第1洗浄水と混合する方が、pH中和・減色が進み凝集もしやすくなることが多い。また界面活性剤を多く含む廃水については、凝集処理が難しい場合があるので、注意を要する。

色は低下させる必要があるが、SSについては余裕がある場合には、凝集処理をして色をフロックに凝集させた後、沈殿分離をせずにそのまま放流する方法がある。脱水機が設置されないのでコスト・手間が共に掛からない。下水放流ならではの方法である。

今回の調査に際して5社の排水について凝集沈殿と、一部については Phenton 処理のジャーテストを実施した。将来実際に予備処理設備を設計する場合は、更に廃水処理のテストを実施して、処理条件と処理効果を充分確認する必要がある。

1. 3. 2 食品産業

食品産業として4種類の工場を検討したが、その合計水量は今回調査した20工場の約10%を占める。いずれも汚濁負荷が高く、特にBODおよびCODについては各々約40%、を占める。以下、各々の項目について産業別にまとめた。

1) ビール製造業 (M-4、STAJERSKA)

(1) 業種の位置づけ

マリボール市では、唯一のビール生産工場で、マリボール国において生産量第二位の工場と言われているが、その生産量は比較的少ない。

20工場に対する汚濁負荷量の割合は、水量で3.6%、CODで6.3%、BODで4.3%占めている。主な廃水発生源は洗びん機械からで、設備が古いため、生産量と比較すると多くなっている。

(2) 河川放流の可能性

河川放流基準が厳しいために(特にT-Pが2mg/L)、処理コストは223 SIT/m³となること、および工場から河川迄かなり離れているため、配管施工費用を考慮すると、現時点では、WWTP放流の方が有利となり河川放流の可能性は少ない。

(3) WWT P 放流基準への抵触の有無

調査の結果、最終廃水の水質はWWT P 放流基準値以内に入っており、特に問題はない。

(4) 汚濁負荷量削減のための方法

汚濁負荷量削減のための予備処理システムは、一般的には物理化学的処理法（凝集沈澱法）が多用されているが、本廃水の場合、SSの除去はできるが溶解性有機汚濁物の除去はあまり期待できないので、生物処理法を検討した。即ち、濃厚廃水を分別して嫌気性処理（Case-1）と好気性処理（Case-2）した場合と、さらに総合廃水を好気性処理（Case-3）した場合の3 Caseについて、各々概念設計を行った。

その結果、Case-2の処理コストが61 SIT/m³と最も安くなった。これは、好気性処理法として高負荷がとれる生物膜ろ過方式（Bio Film Filter）を選定したことにより、電気代は高くなるが設備コストが安くなったことと、原廃水加温用の熱源が不要になったことによる。

以下、Case-2 < Case-3 < Case-1の順となった。

また、嫌気性処理法が最も高くなったが、これは処理コスト中に占める原廃水を加温するための熱源費の比率が高いためである（有機性汚濁濃度が高い場合は嫌気性処理法が有利となる）。

なお、好気性処理槽で発生した余剰汚泥は量的に少ないので、極力設備費を安くするために汚泥処理設備は設けず、そのまま処理水と共にWWT Pに放流することとした。その分だけ処理水中のSS濃度は若干増加する。

2) ワイン製造業（M-5、VINAG）

(1) 業種の位置づけ

マリボール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。

生産規模は小さく、20工場に対する汚濁負荷の割合は、水量で0.6%、CODで0.9%、BODで1.5%、各々占めるに過ぎない。

(2) 河川放流の可能性

ビール製造工場と同様に河川放流基準が厳しいために（特にT-P、 2 mg/L ）処理コストは 711 SIT/m^3 と高くなった。処理量が少なく、工場の年間稼働日数が短いことも（216 d/年）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WWTPの方がはるかに有利となる。また、本工場は市の中心部に位置しているために、河川までの放流配管を施工することは困難で、事実上河川放流は不可能である。

(3) WWTP放流基準への抵触の有無

中和設備がすでに設置されており、処理水質もWWTP放流基準値以内に入っており、特に問題はない。工場から発生する廃水を酸性廃水とアルカリ廃水に分離して各々貯留槽に溜め、両液を混合して排出すれば中和剤が現在より若干減少する可能性があるので検討の余地がある。

(4) 汚濁負荷量削減のための方法

汚濁負荷量削減のための予備処理について、物理化学的処理法（凝集沈澱法）ではビール製造廃水と同様SSの除去はできるが、溶解性有機汚濁物質の除去はあまり期待できないので、生物処理法を検討した。

生物処理方式としては、好気性処理法と嫌気性処理法があるが、本廃水の場合、嫌気性処理を選定するには有機性汚濁濃度が低いのでBio Gasの発生量が少なく、そのため原廃水を加温するための熱源が必要となり、むしろ処理コストは嫌気性処理法の方が高くなる。

したがって、予備処理システムとしては電気代は高くなるが、パルキングの生じない、高負荷がとれるので価格が安い生物膜ろ過方式が適切である。

なお、好気性処理槽で発生した余剰汚泥はビール製造廃水と同様に量的に少ないので、極力設備費を安くするために汚泥処理設備は設けず、そのまま処理水と共にWWTPに放流することとした。その分だけ処理水中のSS濃度は若干増加する。

3) 食肉製造業 (M-6、KOSAKI)

(1) 業種の位置づけ

本工場はマリホール地区唯一の屠場であり、牛豚の生鮮食肉の生産を行っている。工場の立地はドラバ川に非常に近い。

廃水は生産が昼間だけであるので、その時間帯に集中して発生する。汚濁負荷は高く、20工場に対する割合は、水量で3.2%、CODで9.5%、BODで15%占めている。

(2) 河川放流の可能性

工場が河川に近いので放流配管施工費用は安く済むと思われるが、放流基準が厳しいため、処理コストは565 SIT/m³と高くなり、WWTP放流の方がはるかに有利となる。

(3) WWTP放流基準への抵触の有無

すでに設置されている油水分離装置がよく機能しており、処理水質はWWTP放流基準値以内に入っているため、特に問題はない。

(4) 汚濁負荷量削減のための方法

汚濁負荷量削減のための予備処理については、物理化学的処理法である凝集加圧浮上法を検討した。凝集沈殿法でなく凝集加圧浮上法を適用する理由は、元々浮上性のある油分の除去に適しているからである。凝集加圧浮上法で分離した汚泥は油分を多く含む。これを脱水しないでそのまま廃棄する場合と、脱水して廃棄する場合を比較対比した。設備費・運転コストは当然前者の方が安い。脱水していない汚泥の引き取りが可能か、そのコストは幾らか、など不明確な点がある。

さらに、BOD、CODを削減しなければならない場合は、生物処理を適用する。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。凝集加圧浮上処理した後では、負荷が下がっているため、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ため、固定床接触酸化生物処理が好適である。好気性処理槽で発生する余剰汚泥は量的に少ないため、分離することなくそのまま処理水と共に放流する。

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、WWTP放流基準の上乗せ規制がない限り、少々の追加料金ならば、下水料金を支払う方が経済的である。

4) 乳製品製造業 (M-7 MLEKARNA)

(1) 業種の位置づけ

マリボル市に立地する乳製品製造業は、MARIBORSKA MLEKARNA p. o. の 1 社である。当該工場の総使用水量は756 m³/日であり、そのうちボイラ用水と冷凍用水に280 m³/日が回収使用され、補給水量は476 m³/日である。廃水量は補給水量に等しく476 m³/日で、産業廃水量の4.1 %、総合下水量の1.3 %を占める。

廃水の汚濁原因は、洗浄による乳製品の損失と、酸・アルカリ洗浄剤である。市乳・クリーム製造ではCIP廃水、チーズ製造ではホエー廃水とチーズの損失であり、とくに後者の製造廃水はCOD及びBOD濃度がともに高い。また、廃水中のN及びPは主に洗剤に基因する。廃水の汚濁負荷量を低減させるためには、チーズ製造においてホエーとチーズの損失をできるだけ排出しないよう、製造現場の作業方法及び排出方法を改善し、それを徹底することに尽きる。

(2) 河川放流の可能性

廃水に中和処理を施してWWTPに放流する予備処理装置(ケース-1)の廃水処理費は205 SIT/m³で、河川放流を目的とする廃水処理装置の廃水処理費が208 SIT/m³であることから、チーズの損失を防止する作業改善が成功すれば、WWTPに放流する方法が安価である。しかし、汚濁負荷量を削減する予備処理装置の廃水処理費は、河川放流を目的とする廃水処理装置の廃水処理費と比べて高価であるから、河川放流を目的とする廃水処理装置を設置する可能性はある。

乳製品製造廃水は、低負荷で運転する生物処理を施すことによりCODを低い値まで除去することができる。河川放流を目的とする廃水処理装置では、バルキングの発生を防止することを考慮して、嫌気/好気(AO)法を提案した。しかしながら、生物処理を施した処理水にはCODが残存し、その40~50%が生分解性のないフミン酸様物質である。そのため、処理水の再生利用は技術的な問題より経済性、安全性の点から困難であると言われている。

(3) WWTP放流基準への抵触の有無

廃水の排出状況によっては、WWTP放流基準に抵触する恐れがある水質

項目は pH と油分である。チーズの損失を防止することができれば pH のみとなる。

(4) 汚濁負荷量削減のための方法

廃水に中和処理を施すとともに油分及びSSを除去する凝集加圧浮上法による予備処理装置をケース-2として提案した。これは、チーズの損失の防止効果が低い場合を想定したものである。

さらに、有機物によるBOD及びCOD汚濁負荷量を低減するために、嫌気性生物処理を加えたケース-3ならびに生物膜ろ過処理を加えたケース-4を提案した。生物膜ろ過法は除去率が低いものの、設備費及び処理費はともに安価である。

1. 3. 3 化学産業

(1) 業種の位置づけ

マリボール市の化学産業は、原材料に化学品を使用する工場しかない。今回の調査では2つの工場を調査した。一つは家庭用化学品メーカーで、化学品を調合して容器に封入する業種である。製品切替時に機器の洗浄排水がでる。他の一つは回転砥石のメーカーであり、バインダーなど化学品素材を使用する。

(2) 河川放流の可能性

いずれも下水へ放流している。将来も河川へ直接放流する可能性はない。

(3) WWT P放流基準への抵触の有無

前者は、汚濁負荷は高いものの、現状はWWT Pの放流基準を満足している。後者は、砥石原料のミキサーの排水以外は、汚濁成分が非常に低い。ミキサーの排水は日量高々数 m^3 しかなく、単独でもWWT Pの放流基準を満足している。

(4) 汚濁負荷低減の方法

汚濁負荷の高い前者について、将来COD、BOD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の予備処理の検討を、以下の方法について行った。

回収再利用：	クローズド化
分離除去：	濃縮分離 凝集分離
分解：	化学分解（Phenton処理） オゾン処理 嫌気性生物処理

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 $1-2 m^3$ 程度の回収水を吸収する余裕ができる。

②濃縮分離は、化粧品の場合は廃水量が $180 m^3/d$ 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 $1 \text{ m}^3/\text{d}$ 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固形廃棄物として焼却あるいは廃棄処分にする。もし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、廃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 Phenton 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、等々の問題があり適当でない。

⑤オゾン処理による分解も、Phenton 処理のテスト結果から見て難しい。

⑥嫌気性生物処理は、化粧品の廃水処理の場合、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。

以上の考察より予備処理設備として、化粧品廃水主体の嫌気性生物処理を計画した。これは非常に高い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。反応槽は固定床方式とした。加温用熱源を節減するために、処理水と廃水を液・液熱交換し、不足分をスチームで補う。反応槽で発生するガスはボイラーの熱源として回収できる。

処理水質は、CODが $1/4$ 、BODが $1/5$ 程度まで低減する。処理コストは、化粧品排水量 300 m^3 に対して $117 \text{ SIT}/\text{m}^3$ 、その他の排水も含む総排水量 700 m^3 に対する値に換算すると、 $50 \text{ SIT}/\text{m}^3$ になる。

1.3.4 機械金属加工業

機械金属加工業の廃水の発生源は、金属加工、表面処理（めっきを含む）及び塗装の各工程に大別される。また、木製家具製造業を営むMARLES POHISTVOにも塗装工程があることから、ここでは当業種を含めてまとめることとする。

1) 業種の位置づけ

マリボル市内に立地する機械金属加工業には、ARMAL（水道管蛇口、水洗トイレ取付け口、暖房及び冷房用铸件等の製造）、METALNAグループ（タービンを除く全ての水力発電機器、建設・輸送機器及び産業機械の製造）、TVIグループ（鉄道車両の製造及び修理）、ELEKTROKOVINA SVETILKE（照明機器、電動モーター及び発電機の製造）、PRIMAT（金庫及び鉄製家具の製造）およびELKO ELEKTROKOVINA（モーター及びポンプの製造）の6社がある。そのほかに、自動車を製造するTAMグループがあるが、工場訪問調査及び資料収集の実施が不可能な状況下にあったため、ここでは言及しないこととする。

機械金属加工業を総合すると、総使用水量は3,431 m^3 /日であり、そのうち再生または回収使用されている水量は1,789 m^3 /日である。廃水量は1,598 m^3 /日で、産業廃水量の13.8%、総合下水量の4.4%を占める。

(1) ARMAL

総使用水量は492 m^3 /日であり、そのうち水洗水に120 m^3 /日が再生使用され、補給水量は372 m^3 /日である。廃水量は補給水量に等しく372 m^3 /日で、産業廃水量の3.2%、総合下水量の1.0%を占める。

(2) METALNAグループ

総使用水量、補給水量ともに212 m^3 /日である。廃水量は補給水量に等しく212 m^3 /日であり、産業廃水量の1.8%、総合下水量の0.6%を占める。

(3) TVIグループ

総使用水量は2,169 m^3 /日であり、そのうちボイラ用水、水洗水及び冷却用水に1,549 m^3 /日が回収利用され、補給水量は620 m^3 /日である。廃水量は補給水量に等しく620 m^3 /日であるが、16 m^3 /日が漏水しているので600 m^3 /日となっている。廃水量は産業廃水量の5.4%、総合下水量の1.7%を占める。

(4) ELEKTROKOVINA SVETILKE

総使用水量は250㎥/日であり、そのうち冷却用水に120㎥/日が回収利用され、補給水量は130㎥/日である。廃水量は補給水量に等しく130㎥/日であり、産業廃水量の1.1%、総合下水量の0.4%を占める。

(5) PRIMAT

総使用水量、補給水量ともに109㎥/日である。廃水量は補給水量に等しく109㎥/日であり、産業廃水量の0.9%、総合下水量の0.3%を占める。

(6) ELKO ELEKTROKOVINA

総使用水量、補給水量ともに199㎥/日である。廃水量は補給水量に等しく199㎥/日であるが、そのうち44㎥/日を共同廃水処理場で処理を行い、残りの155㎥/日を排出している。したがって、廃水量は産業廃水量の1.3%、総合下水量の0.4%を占める。

(7) MARLES POHISTVO

木製家具製造業はMARLES POHISTVOの1社である。当該工場の総使用水量は519.7㎥/日であり、そのうちボイラ用水に222㎥/日が回収利用され、補給水量は297.7㎥/日である。廃水量は補給水量に等しく297.7㎥/日で、産業廃水量の2.6%、総下水量の0.8%を占める。

2) 河川放流の可能性

河川放流の可能性を持つ工場は、木製家具製造業を営むMARLES POHISTVOの1社である。

(1) ARMAL

廃水処理の対象となる廃水は、廃切削油、廃テトラクロロエチレン(PEC)及びめっき廃水である。廃切削油は回収され、産業廃棄物として委託処分されている。廃PECは回収され、溶剤再生装置で不純物を取り除かれて、再び使用されている。めっき廃水は、廃水処理装置で処理が行われている。したがって、河川放流を検討する必要はない。

(2) METALNAグループ

廃水処理の対象となる廃水は廃切削油及び塗装水洗ブース廃水である。廃切削油は回収され、産業廃棄物として委託処分されている。塗装水洗ブース廃水はCOD濃度が高く、難生分解性の有機化合物を含有するが、廃水の発

生類度は極めて少ない。このため、河川放流を目的とする廃水処理は生活排水が中心となるため、総合廃水の処理装置を設置することは経済的でない。したがって、河川放流の可能性はない。

(3) TVIグループ

河川放流を目的とする廃水処理の対象となる廃水の排出はない。めっき廃水は廃水処理装置による処理が行われており、また、洗車廃水は回収利用されている。したがって、河川放流を検討する必要はない。

(4) ELEKTROKOVINA SVETILKE

廃水処理の対象となる廃水は共同廃水処理施設で処理を行っている。したがって、河川放流を検討する必要はない。

(5) PRIMAT

河川放流を目的とする廃水処理の対象となる廃水は、塗装水洗ブース廃水及び塗装前処理廃水である。塗装前処理廃水の汚濁濃度は低い。また、塗装方法は現状の水洗ブース方式から乾式の粉体塗装方式に変更することから、この廃水の発生はなくなる。このため、河川放流を目的とする廃水処理は生活排水が中心となるため、総合廃水の処理装置を設置することは経済的でない。したがって、河川放流の可能性はない。

(6) ELKO ELEKTROKOVINA

廃水処理の対象となる廃水は共同処理施設で処理を行っていることから、河川放流を検討する必要はない。

(7) MARLES POHISTVO

河川放流を目的とする廃水処理装置の廃水処理費は、汚濁負荷量を削減する予備処理装置の廃水処理費より安価であることから、河川放流の可能性は高い。河川放流を目的とする廃水処理装置は、塗装水洗ブース廃水と接着機洗浄廃水を凝集沈殿処理して生活排水と混合させ、それを接触曝気法による処理を施した後に、P除去のために凝集沈殿処理をさらに施すものである。

3) WWTP放流基準への抵触の有無

総合廃水がWWTP放流基準に抵触する水質項目は、PRIMATにおける塗装前処理廃水に基因するpHならびにMETALNA、PRIMAT及びMARLES POHISTVOにおけ

る塗装水洗ブース廃水に基因する重金属及び有機化合物である。

(1) ARMAL

総合廃水にWWTP放流基準に抵触する水質項目は基本的にない。しかし、めっき廃水処理装置では、処理水に基準をやや上回る重金属が検出されるという問題を抱えている。この原因として、①不十分なpH調整、②廃水の混合排出による錯体の生成、③重金属の水酸化物を含むSSの流出などが考えられる。その対策として、①使用薬品の見直し、②運転条件の変更、③廃水の分別排出及び分別処理、④適切な高分子凝集剤の使用、⑤ろ過塔の設置、⑥キレート樹脂塔の設置などが挙げられる。これらの原因を明らかにして、適切な対策方法を選定することにより、より合理的な処理システムに改善することが望まれる。

(2) METALNAグループ

塗装水洗ブース廃水が排出されるときに、廃水が含有する重金属及び有機化合物がWWTP放流基準に抵触する。

(3) IVTグループ

総合廃水にWWTP放流基準に抵触する水質項目は基本的にない。しかし、めっき廃水処理装置では、処理水に基準をやや上回る重金属が検出されるという問題を抱えている。この原因として、①不十分なpH調整、②廃水の混合排出による錯体の生成、③重金属の水酸化物を含むSSの流出などが考えられる。その対策として、①使用薬品の見直し、②運転条件の変更、③廃水の分別排出及び分別処理、④機器による制御、⑤適切な高分子凝集剤の使用、⑥反応槽の完全混合型への改善、⑦ろ過塔の設置、⑧キレート樹脂塔の設置などが挙げられる。これらの原因を明らかにして、適切な対策方法を選定することにより、より合理的な処理システムに改善することが望まれる。

(4) ELEKTROKOVINA SVETILKE

WWTP放流基準に抵触する水質項目は、廃切削油に基因する油分及び重金属と塗装ブース廃水に基因する重金属及び有機化合物である。これらの廃水は共同処理施設で処理が行われていることから、WWTP放流基準に抵触する水質項目はない。

(5) PRIMAT

WWTP放流基準に抵触する水質項目は、塗装前処理廃水に基因するpHである。現状では、塗装水洗ブース廃水に基因する重金属及び有機化合物があるが、塗装方法の変更により、この問題はなくなる。

(6) ELKO ELEKTROKOVINA

WWTP放流基準に抵触する水質項目は、廃切削油に基因する油分及び重金属、アルマイト加工廃水に基因するpH及び重金属ならびに塗装ブース廃水に基因する重金属及び有機化合物である。これらの廃水は共同処理施設で処理が行われていることから、WWTP放流基準に抵触する水質項目はない。

(7) MARLES POHISTVO

WWTP放流基準に抵触する水質項目は、塗装ブース廃水に基因する重金属及び有機化合物である。

4) 汚濁負荷量削減のための方法

機械金属加工工業の総合廃水はBOD及びCOD濃度がともに低いことから、汚濁負荷量削減のための予備処理装置の設置は不要である。

なお、木製家具製造業のMARLES POHISTVOでは、少量ではあるがBOD及びCOD濃度がともに高い塗装水洗ブース廃水と接着機洗浄廃水があることから、これらの廃水を凝集沈殿処理をして生活廃水を混合させ、それを接触曝気法による処理を施す予備処理装置を提案した。

2. 水使用の合理化

2. 1 用排水に要する費用

企業が用排水のために必要とする費用は、下記の通りである。

① 水道料金	97.4 SIT/m ³
② 下水道料金	58.8 SIT/m ³
③ 廃水に関する地方税	40.8 SIT/m ³
④ 廃水に関する国税	16.6 SIT/m ³

この外に、企業内部で発生する動力費、設備の補修費、人件費等があるが、それについてはここでは触れない。

今回調査した工場の内、製品の出荷額が判明した12工場について用排水に要する費用を算出し、製品の出荷額に対する比率を求めた。その結果をTable2.1に示す。この表より以下のことが分かる。

- ① 出荷額に対する比率は12工場平均では0.98%であるが、業種によってかなりの差がある。
- ② 比率が最も高いのは繊維工業であり、2.15%に達している。これはこの業種が出荷額当たりの用水量が多い、多用水型産業であるためである。
- ③ 化学及び家具は比率が最も低い。これらの工場は製品が特異なので、比較出来るデータがない。ただ非用水型産業である機械・金属加工と比較してもかなり低い値なので、非用水型と言えるであろう。
- ④ 機械・金属加工は典型的な非用水型産業であるが、出荷額に対する比率は0.82%である。この値は多用水型産業である繊維工業の約40%であり、日本における同様な値（約20%）に比べるとかなり高い。
- ⑤ 上記の比率を日本の同じ業種の工場と比較すると、繊維工業では2倍以上、機械・金属加工では4倍程度となっており、非常に高い。
- ⑥ 食料品の1工場については、同種の工場（ビール製造）の日本におけるデータが乏しいので、明確な比較は出来ないが、ほぼ同水準にあるのではないかと推定される。日本の食料品や飲料の工場においては、価格の高い上水道が使用される率が高く、他の業種に比べると出荷額に対する用排水費用の比率が高い。

Table 2.1 Ratio of Water Use and Waste Water Discharge Cost to Production (1/3)
 Unit of Water Volume: m³/day, Unit Cost of Water: SIT/m³

Industry	Metal & Machine Processing										
	M-3 ARMAL		A-1 TVT		A-2 SVETILKE		A-3 PRIMAT		A-4 ELKO		Sub-Total
Name of Factory	Water Volume	Unit Cost	Water Volume	Unit Cost	Water Volume	Unit Cost	Water Volume	Unit Cost	Water Volume	Unit Cost	Water Volume
City Water	372	213.5	517	213.5	130	213.5	109	213.5	155	213.5	1.283
Well Water			103	116.1							103
River Water			620	197.3	130		109		155		1.386
Total	372		620	197.3	130		109		155		1.386
Waste Water is discharged to					Sewerage					Sewerage	
Total Water Cost	19.856		30.584		6.939		5.818		8.273		71.470
1,000 SIT/yea											
Annual Production	2.675		2.000		2.269		885		920		8.749
Million SIT/year											
Cost/Production	0.75		1.53		0.31		0.66		0.90		0.82
Ratio %											

Table 2.1 Ratio of Water Use and Waste Water Discharge Cost to Production (2/3)
 Unit of Water Volume: m³/day, Unit Cost of Water: SIT/m³

Industry Name of Factory	Food		Textile						Sub- Total	
	M-4 PIVOVARNA		M-1 SVILA		S-2 TABOR		S-3 MTT		S-4 TSP	
Water Source	Water Volume	Unit Cost	Water Volume	Unit Cost	Water Volume	Unit Cost	Water Volume	Unit Cost	Water Volume	Unit Cost
City Water			93	154.7	538	213.5	36	213.5	667	
Well Water	411	116.1	1,587	57.3	731	116.1	29	116.1	3,505	
River Water					1,707	116.1	278	116.1	1,985	
Total	411		1,587		2,976	133.7	343	126.3	6,157	
Waste Water is discharged to	Sewerage		River		Sewerage		Sewerage			
Total Water Cost 1,000 SIT/yea	11,929		22,734		99,479		20,185		153,231	
Annual Production Million SIT/year	1,900		2,404		3,200		941		7,142	
Cost/Production Ratio %	0.63		0.95		3.11		2.15		1.82	

Table 2.1 Ratio of Water Use and Waste Water Discharge Cost to Production (3/3)

Industry Name of Factory	Unit of Water Volume: m ³ /day, Unit Cost of Water: SIT/m ³						Total Water Volume
	Furniture & Chmical Industry			Sub- Total			
	M-2 MARLES	A-5 HENKEL					
Water Source	Water Volume	Unit Cost	Water Volume	Unit Cost	Water Volume	Unit Cost	Water Volume
City Water			339	213.5		339	2.289
Well Water	298	57.3				298	4,214
River Water			312	116.1		312	2,400
Total	298		651	166.8		949	8,903
Waste Water is discharged to	Rive		Sewerage				
Total Water Cost 1,000 SIT/yea	4.259		27.150			31.419	268.049
Annual Production Million SIT/year	1.155		8.317			9.472	27.263
Cost/Production Ratio %	0.37		0.33			0.33	0.98

Note:

1. The Costs of Water Use and Waste Water Discharge here mean payment to the outside, and do not include the inside cost, e.g. power, maintenance, labor etc.
2. The costs are estimated on the assumption that necessary charge, tax etc. are paid.

出荷額に対する比率が高い理由としては、回収使用があまり行われていない事、製品の出荷額が低い事及び用排水の単価が高い事が考えられる。

繊維工業の場合は、生産量当たりの用水使用量が日本に比べてほぼ同等であることから、理由は出荷額と用排水の単価にあるものと推定される。

機械・金属加工の場合も、工場の規模から見て用水量が多いとは考えられない。従って、理由は繊維工業の場合と同様と思われる。ただ、回収使用はあまり行われていないので、水使用の合理化でこの比率を低下させる余地は大きい。

参考として、調査した20工場について、業種別の平均用排水単価をTable 2.2に示す。

Table 2.2 Average Cost of Water Use and Waste Water Discharge

Unit of Water Volume: m³/day,

Industry	Machine & Metal Processing	Food	Textile	Furniture & Chemical Industry	Total
No. of Factories	6	6	5	3	20
City Water	1,495	1,094	1,092	488	4,169
Well Water		426	4,265	298	4,989
River Water	103		1,985	312	2,400
Total	1,598	1,520	7,342	1,098	11,558
Total Water Cost 1,000 SIT/year	82,786	70,243	180,555	39,372	381,956
Average Water Cost SIT/m ³	207.2	184.9	98.4	143.4	132.2

2. 2 個別工場の合理化検討結果

モデル工場 7、第二次工場群 7、第三次工場群 6、合計20工場について、それぞれ水使用の合理化の可能性が検討された。その結果をTable2.3～2.5に示す。

この表に示された節水量は、現在の用排水の価格のもとで十分経済的に成り立つ節水可能な水量を表している。

可能な節水率は、モデル工場では25.1%、第二次工場群では14.7%、第三次工場群では30.3%となった。この差は以下に述べるように、主として業種構成の差によるものである。

合理化方法の中で「量水計の設置」については、合理化検討の基本的な方法として記載されている。従って、それによる節水の可能量は計上されていない。

節水の可能性の判断基準となっているのは、2.1に示されている用排水に要する費用であり、この値は下水道料金が上昇すれば当然上昇する。その結果、節水の可能性は広がり、節水可能な水量は増加するはずである。しかし節水に要する費用については、以下に示されるような特性がある。

- ① 間接冷却用水、温調用水等、ほとんど汚れない用水を節水する場合の費用はかなり安い。
- ② 製品処理用水、洗浄用水等、廃水が汚れており、かつその水質が製品の品質に直接影響を与えるような用水の節水は高価となる。
- ③ この両者の間にはかなりの費用の格差があり、費用面から見た節水の可能性は、明らかに二つのグループに分けられる。

今回の合理化方法の検討結果では、現在の用排水費用の水準において、①に示す間接冷却用水や温調用水等は、大部分が節水可能であることが明らかになった。

②に示す用水の合理化方法としては、繊維工業における廃水の再生使用がM-1、S-3及びS-4の各工場で検討されている。この内、M-1についてのみ実施の可能性があるものとして、Table2.3に示されている。

将来下水道料金が上昇すれば、他の繊維工業の工場においても廃水再生利用の可能性が大きくなるものと思われる。

繊維工業以外における廃水再生使用は、水量が少ないこと、必要とされる水質が厳しいこと（食料品、表面処理等）、廃水の汚れが厳しいこと（化学）等のため、下水道料金が上昇してもあまり期待できない。

Table 2.3 モデル工場の節水の可能性

		水量の単位: m ³ /日						
工場名	M-1 SVILA	M-2 MARLES	M-3 ARMAL	M-4 PIVOVARNA	M-5 VINAG	M-6 KOSAKI	M-7 MLEXARNA	合計
水道水	1,587	298	372	411	71	365	476	1,284
井戸水								2,296
河川水								
計	1,587	298	372	411	71	365	476	3,580
合理化方法	1. 油冷却器用冷却用水の循環使用。 2. 温調用水の節水。 3. 染色廃水の再生使用 (500)	1. 量水計の設置 2. 空気圧縮機用冷却用水の循環使用。	PEC用冷却用水を鋳造用冷却用水へカスケード使用。	1. 量水計の設置 2. 洗びん機の更新。	洗びん機の更新		用水量の十分な管理	
節水量	593	43	71	120	20		50	897
節水率 %	37.4	13.7	19.1	29.2	28.2		10.5	25.1
備考	3. の再生使用実施の可能性は低い。			設備の更新時には可能性あり	設備の更新時には可能性あり	節水の余地はない。		

Table 2.4 第二次工場群の節水の可能性

工場名		S-1 MERINKA	S-2 TABOR	S-3 MTT	S-4 TSP	S-5 METALNA	S-6 SLOSAD	S-7 INTES	合計
用水 水量	水道水	425	93	538	36	212	20	162	1,486
	井戸水	760	1,158	731	29		15		2,693
	河川水			1,707	278				1,985
	計	1,185	1,251	2,976	343	212	35	162	6,164
合理化方法		1. 染色用水量の十分な管理。 2. 生活用水量の十分な管理。 3. 漏水の防止。	1. 井戸水に水量計を設置する。 2. 染色用水量の十分な管理。	1. 井戸水に水量計を設置する。 2. 空気圧縮機の冷却水の循環使用。 3. 染色用水量の十分な管理。 4. 生活用水量の十分な管理。		冷却水の循環使用	井戸水に水量計を設置する。		
節水量		182	188	458		80			908
節水率	%	15.3	15.0	15.3		37.8			14.7
備考		染色用水量の節水率を15%、生活用水の節水率を20%と見込む。	平均の節水率を15%と見込む。	冷却水の節水率を95%、染色水の節水率を15%、生活用水の節水率を20%と見込む。	節水の余地はない。	冷却水の節水率を80%と見込む。	節水の余地はない。	節水の余地はない。	

Table 2.5 第三次工場群の節水の可能性

水量の単位：m³/日

工場名	A-1 TVT	A-2 SVETILKE	A-3 PRIMAT	A-4 ELKO	A-5 HENKEL	A-6 SWATY	合計
水道	517	130	109	155	339	149	1,399
井戸水	103				312		415
河川水	620	130	109	155	651	149	1,814
計							
合理化方法	1. グループ内の小規模事業所の用水状況の把握 2. 水道水の損失の減少。	1. 独自の量水計を設置する。	1. 溶接機の冷却用水の循環使用	1. 独自の量水計を設置する。 2. 鑄造の冷却水の循環使用。 3. 成形機の冷却用水の循環使用	1. 河川水にも量水計を設置する 2. 圧縮機の冷却用水の循環使用	1. 成形機の冷却用水の循環使用	
節水量	約100	0	約60	約100	約220	約70	約550
節水率 %	16.1	0	55.0	64.5	33.7	47.0	30.3
備考	グループ内の小規模事業所は、それぞれ独立した企業である。	現在量水計はグループ内で共通		現在量水計はグループ内で共通		成形機は分散配置され、完全な循環使用は困難。	

2. 3 業種別の節水可能量

上記の20工場を業種別に分けて、節水可能量と節水率を示したのがTable 2.6である。この表から以下のことが分かる。

① 節水率が最も高いのは化学であり、機械・金属加工がそれに次いでいる。

この両業種は冷却用水の使用比率が高く、しかもまだ循環使用が十分行われていないことが、節水率が高くなった理由である。

2.1で述べられているように、機械・金属加工における用排水の費用の出荷額に対する比率は、日本の同じ業種の工場と比較して非常に高いが、水使用の合理化を進めることにより、この比率をかなり低下させることが可能である。

② 繊維工業の節水率が20%近くに達しているが、これには技術的・経済的に問題の多い廃水の再生使用が含まれているためである。これを除けば、節水率は食料品と同様の12.5%となる。

繊維工業では製品の品質を良好に保つため、多量の洗浄用水が使用されている。その節水が困難なため、可能な節水率が低くなった。

この業種における用排水の費用の出荷額に対する比率はかなり高いが、節水の可能な水量が少ないことから、この比率を低下させるためには技術的・経済的に問題の多い廃水の再生使用を進めるか、出荷額の増加、すなわち製品の高付加価値化が必要であろう。

③ 食料品の節水率は12.5%で、各業種中で最低となった。その理由は、食料品では衛生状態を良好に保つため多量の洗浄用水が使用されており、その節水が困難なためである。

将来下水道料金が上昇した場合の影響は2.2に述べられているとおりであるが、業種別に見れば、繊維工業の節水可能水量が、廃水の再生使用により増加することが予想される。

Table 2.6 Expected Water Conservation for Industries

Unit of Water Volume: m^3/day .

Industry	Machine & Metal Processing	Food	Textile	Furniture & Chemical Industry	Total
No. of Factories	6	6	5	3	20
City Water	1,495	1,094	1,092	488	4,169
Well Water		426	4,265	298	4,989
River Water	103		1,985	312	2,400
Total	1,598	1,520	7,342	1,098	11,558
Conserv. Volume	411	190	1,421	333	2,355
Conserv. Rate %	25.7	12.5	19.4	30.3	20.4
Note	There are many cases of once through use of cooling water.	Change of bottle washers is required.	1. Control of dyeing water is insufficient 2. Including reclamation of dyeing waste water	There are many cases of once through use of cooling water.	

2. 4 産業用水全体の節水可能量

今回の調査対象とならなかった工場の内、主なものは、MPP Group (旧 TAM) を含む機械・金属加工の工場である。そこで使用されている産業用水の水量は、約3,000 $\text{m}^3/\text{日}$ と推定される。この業種における可能な節水率は、Table 2.6に示されるように25%程度であるから、これらの工場における節水可能量は約750 $\text{m}^3/\text{日}$ と推定される。

この推定値と、Table 2.6に示された20工場の節水可能量 (約2,355 $\text{m}^3/\text{日}$) を合計した値 (約3,100 $\text{m}^3/\text{日}$) が、産業用水全体の節水可能量と推定される。

3 WWT P 計画

背景

次のような理由でWWT P 計画の概要調査を行った。

(1) WWT P 計画立案の際、流入廃水量のうち工場廃水の割合が高いため、工場廃水の流量、汚濁負荷量 (COD_{cr}、BOD、SS など) を極力正確に把握する必要がある。今回 JICA 調査団は全体工場廃水の 80% を占めると思われる 20 工場の調査を行った。そのデータに基づいてマリポール市が立案している WWT P 計画に対して、調査団としてコメントできる点があればコメントする。

(2) 難分解性の COD_{cr} を多く含む繊維・染色工場廃水の占める割合が高いため、その対策について。

3. 1 計画概要

WWT P 建設に関して、1995 年にプロポーザルが各企業に提出され、現在マリポール市で検討中である。プロポーザルの概要はつぎの通りである。

(1) 入口条件

廃水量	: 36,600 m ³ /d
COD	: 691 mg/L 25,517 kg/d
BOD	: 311 mg/L 11,400 kg/d
SS	: 342 mg/L 12,517 kg/d
T-P	: 15 mg/L 550 kg/d
T-N	: 47 mg/L 1,730 kg/d

(2) 処理水条件

	Phase 1	Phase 2	Phase 3、4
COD mg/L	—	100	100
BOD mg/L	—	20	20
SS mg/L	—	35	35
T-P mg/L	—	—	2
T-N mg/L	—	—	10

(3) 人口増加率

1,996 年 ~ 2,000 年 0.25%

2,000年～2,020年 0.5%

(4) 下水道配管布設率

1,996年	78%
1,997	81%
1,998	83%
1,999	85%
2,000	89%
2,001	91%
2,002	93%
2,003	95%
2,004～2,020	95%

(5) 工業用水使用量増加率

1,996年～1,997年	0%
1,999～2,000	2%
2,001～2,020	1%

(6) 各家庭からの下水道使用料金徴収率

1,996年～2,000年	80%
2,001	83%
2,002	86%
2,003	89%
2,004	92%
2,005～2,020	95%

(7) 建設スケジュール

Phase 1	2000年
Phase 2	2002年
Phase 3、4	2004年

3. 2 料金体系の検討

3. 2.1 料金体系と汚濁負荷削減のための予備処理

マリボール市全体の廃水に関するトータルシステムはWWTPと工場に分けることができる。従って、もし何らかの評価関数（予備処理およびWWTP合計の建設費、処理コストなど）を用いてマリボール市全体のトータルシステムを最適化しようとするれば、工場およびWWTPの両方の詳しいデータが必要である。しかしWWTPは現在入札の段階であり詳しいデータがないので、トータルシステムの最適化の検討ができない。そこで詳しいデータがある工場について、種々の料金体系が工場側の対応にどのような影響を与えるかを調査し、マリボール市として将来どのような料金体系を採用したらよいかの判断資料を提供することにした。すなわち、最終的に工場側の予備処理が妥当か否かの判断と、その結果による最適な予備処理方案の作成は Figure 3.2.1(1)に示すフローチャートのような手順に従ってなされるべきであるが、本節での検討はこのうちのWWTP料金算定式設定と予備処理のシュミレーションの部分を実施するものである。

料金体系が工場に与える影響は、定められた料金体系のもとで工場側が自己負担で廃水の予備処理をしWWTP放流の料金を下げた方が有利かどうかの判断で示される。このため、試案としてスロヴェニアおよび日本の実状を参考にした料金体系を仮に設定し、その料金体系を適用した場合に、各工場がどのような対応（予備処理）をすることが予想されるかについて検討を行った。また、その結果に基づき予備処理をする工場の数、全投資金額、削減される汚濁負荷量などを求めた。

各工場が行う予備処理のプロセス、装置の建設費（投資額）、処理費などは、第二部の汚濁負荷量削減のための予備処理のデータ (Table 1.2.2) を採用した。

現在マリボール市では、工場廃水に対するWWTP建設後の下水料金を暫定的に平均で 160 SIT/m³ としている。これは、平均 160 SIT/m³ の下水料金で WWTP の管理運営が出来るとのマリボール市の現時点での見通しである。また廃水の汚濁指標を設定しそれに比例して増加する料金体系を採用する予定といわれている。すなわち料金を Y、汚濁指標を X とすると、次の式で表される。

$$Y = A \cdot X \quad (A \text{ は 常 数 で、汚 濁 指 標 に 対 す る 勾 配 })$$

ここでは、上の式を更に一般化し、次の式を採用する。

$$Y = A \cdot X + B \quad (B \text{ は常数で、基本料金である})$$

WWTPへ流入する工場廃水が、流入基準を満足するとすれば汚濁指標 X は、WWTPで処理できる汚濁成分、すなわち COD、BOD および SS で構成するのが合理的である（第二期で処理するリンと窒素は除外する）。ここでは COD が BOD および SSに比較して一般に大きい値をとることとマリボール市が考えている汚濁指標では COD に対して BOD に二倍の重みを付けていることから、汚濁指標を次の式で設定した。

$$X = (COD + 2 \cdot BOD + 2 \cdot SS) / 5$$

以上のような条件下での種々の料金体系に対する工場側の対応をコンピュータによる計算で予測した。その結果、予備処理後における下水料金が調査した20工場の加重平均で 160SIT/m³となることを条件とした。もちろん上記の条件、例えば平均の料金 160 SIT/m³ や汚濁指標の係数を変えることも可能である。Figure 3.2.1(2)にプログラムのフローチャートを示したが、実際の計算については添付したコンピュータプログラムを参照されたい。

1) ケースの設定

下水道料金の決め方には、次の節で述べるように様々な考え方がある。ここでは前に述べたように高濃度汚濁負荷の廃水を出す工場に水質改善への努力を促すため、汚濁指標の高い廃水に高い料金を課す方式を採用している。また、生活排水の料金は一律 80 SIT/m³と想定されているので、それとのバランスを考慮し、汚濁の濃度が低いため、料金算定式を適用した結果、料金が 80SIT/m³ 以下になる場合は、一律 80 SIT/m³とし、それ以上の料金については算定式どおりとするケースも調査の対象とした。更に、WWTPへの汚濁負荷を積極的に減少させる政策をとる場合は、COD, BOD, SSについても規制値を設けることが最も効果的と思われるので、仮に規制を設ける案についても検討した。以上をまとめるとケースの設定は下記の通りである。

ケース-1: $Y = A \cdot X + B$ の算定式で各工場の下水料金を決める方式

ケース-2: 同様に下水料金を決めるが、最低料金を 80 SIT/m³とする方式

ケース-3: COD, BOD, SS に規制値を設け、且つ下水料金を $Y = A \cdot X + B$ の算定式で決める方式

2) 調査方法および結果

料金算定式は下記の通りとし、各ケースそれぞれにつき都合96の算定式を設定した。

$$\begin{aligned} \text{料金算定式} \quad Y &= A \cdot X + B \\ X &= (\text{COD} + 2 \cdot \text{BOD} + 2 \cdot \text{SS})/5 \\ A &= 0.3 \sim 1.0 \quad (0.1 \text{ きざみ}) \\ B &= 0 \sim 110 \quad (10 \text{ きざみ}) \end{aligned}$$

ケース-1およびケース-2については、各算定式毎に各工場の予備処理の採算（予備処理の結果による下水料金の削減が予備処理コストを上回るか否か）を検討した。この際に、1工場で複数の予備処理方案がある場合は、下水料金節減額が最も多い案を選ぶものとしたが、投資額が最も低い案を選ぶ方法を選択することも出来るプログラムになっている。

なお、変数 A, B のうち変数 A は各工場の予備処理の採算を左右する決定要因であり、変数 B は下水料金レベルを決定する要因となる。

(1) ケース-1 の調査結果

ケース-1 について 96の算定式で検討したが、各工場が採算のとれる予備処理を実施した結果の下水料金が平均でほぼ160 SIT/m³となる算定式の例を各勾配(A)毎に抽出し Table 3.2.1(1), (2)に示した。同表にそれぞれの算定式を適用した場合の予想される工場の対応、その効果及び下水料金の状況を示す。

Table 3.2.1(1) 予備処理の採算がとれる工場

	算定式	予備処理の採算がとれる工場		全投資額(千SIT)
		工場数	工場名	
Case-1a	0.3X+100	3	M-6, 7, A-5	138,300
Case-1b	0.4x+ 90	4	M-4, 6, 7, A-5	195,260
Case-1c	0.5X+ 70	4	M-4, 6, 7, A-5	195,260
Case-1d	0.6X+ 50	4	M-4, 6, 7, A-5	195,260
Case-1e	0.7X+ 30	4	M-4, 6, 7, A-5	195,260
Case-1f	0.8X+ 30	5	M-1, 4, 6, 7, A5	238,460
Case-1g	0.9X+ 10	5	M-1, 4, 6, 7, A5	238,460
Case-1h	1.0X	6	M1, 4, 5, 6, 7, A5	263,090

Table 3.2.1(2) 予備処理による効果及び下水料金

	汚濁負荷削減量(kg/d)			処理費原単位 (注)	下水料金(SIT/m ³)		
	COD	BOD	SS		最大	平均	最小
Case-1a	1,258	695	579	182	241	162	102
Case-1b	1,963	944	548	197	246	164	93
Case-1c	1,963	944	548	197	265	162	74
Case-1d	1,963	944	548	197	284	160	54
Case-1e	1,963	944	548	197	303	159	35
Case-1f	2,413	1,244	458	205	342	163	36
Case-1g	2,413	1,244	458	205	361	160	17
Case-1h	2,461	1,281	450	222	260	164	7

(注) 全投資額(千SIT)/汚濁負荷削減量指標[(COD+2BOD+2SS)kg/d/5]

Figure 3.2.2 に上表に基づく総投資額と汚濁負荷削減量の関係グラフを示すが、投資金額に対する削減効果はSSは低く、CODは高いが、2.4億SITあたりから飽和の傾向がある。

以上の 8算式では、勾配(A) が小さい場合は、予備処理の採算がとれる工場が少ないと言う欠点があり、勾配(A) が大きいケースでは、予備処理の採算が

とれる工場の数は増えるが、下水料金の最小料金が過小になると言う欠点がある。したがって、Case1b, 1c, 1d, 1e が妥当なところと思われるが、勾配(A)が最も低く(予備処理前の下水料金が過大にならない)、かつ最小下水料金が妥当な Case-1bがこの方式の代表ケースと思われる。

(2)ケース-2 の調査結果

ケース-2 は、ケース-1 のうち下水料金が 80 SIT/m³ を下回る工場が現出する場合について、それらを 80SIT/m³として計算するものであるが、これに当てはまる算定式は下表の Table 3.2.2(1), (2)に示す 5式であった。同表に各式を適用した場合の予想される工場側の対応、その効果、下水料金の状況を示す。

Table 3.2.2(1) 予備処理の採算がとれる工場

	算定式	予備処理の採算がとれる工場		全投資額(千SIT)
		工場数	工場名	
Case-2a	0.5X+ 70	4	M-4, 6, 7, A-5	195,260
Case-2b	0.6X+ 50	4	M-4, 6, 7, A-5	195,260
Case-2c	0.7X+ 30	4	M-4, 6, 7, A-5	195,260
Case-2d	0.8X+ 20	5	M-1, 4, 6, 7, A5	238,460
Case-2e	0.9X	5	M-1, 4, 6, 7, A5	238,460

Table 3.2.2(2) 予備処理による効果及び下水料金

	汚濁負荷削減量(kg/d)			処理費原単位 (注)	下水料金(SIT/m ³)		
	COD	BOD	SS		最大	平均	最小
Case-2a	1,963	944	548	197	265	162	80
Case-2b	1,963	944	548	197	284	163	80
Case-2c	1,963	944	548	197	303	164	80
Case-2d	2,413	1,244	457	205	332	160	80
Case-2e	2,413	1,244	457	205	351	160	80

(注) 全投資額(千SIT)/汚濁負荷削減量指標[(COD+2BOD+2SS)kg/d/5]

以上のなかでは Case-2d, 2cが汚濁負荷削減量が大きい。このうちCase-2dが勾配(A)がゆるやかなため Case-2の代表とする。

(3)ケース-3 の調査結果

ケース-3 では、COD \leq 600, BOD \leq 300, SS \leq 300の規制値を設けると仮定して検討した。これらの規制値は、日本の下水道法の基準値に準じたものである。また、マリボール市の現在の下水の水質レベルを若干上回る値であり、規制するとした場合に妥当なレベルであると考えられる。

今回調査した20工場のなかで、廃水の汚濁濃度がこの基準を超えている工場は7工場存在したが、このうち2工場(S-1, S-3)については超過濃度ごく僅かであったため、予備処理を必要とする対象工場から外した(実際の検討では、COD $>$ 650 またはBOD $>$ 350 またはSS $>$ 350 以上で予備処理必要とした)。このケースでは工場側の対応は規制を満足させることが条件なので一律となり、算定式により下水料金だけに変化する。このうちの代表的な算定式例をTable 3.2.3に示す。

Table 3.2.3(1) 予備処理を必要とする工場

	算定式	予備処理を必要とする工場		全投資金額 (1000SIT)
		工場数	工場名	
Case-3a	0.3X+110	5	M4, 5, 6, 7, A5	219, 890
Case-3b	0.5X+ 80	5	M4, 5, 6, 7, A5	219, 890
Case-3c	0.6X+ 60	5	M4, 5, 6, 7, A5	219, 890

Table 3.2.3(2) 予備処理による効果及び下水料金

	汚濁負荷削減量(kg/d)			処理費原単位 (注)	下水料金(SIT/m ³)		
	COD	BOD	SS		最大	平均	最小
Case-3a	2,011	981	541	217	188	160	112
Case-3b	2,011	981	541	217	210	163	84
Case-3c	2,011	981	541	217	216	160	64

(注) 全投資額(千SIT)/汚濁負荷削減量指標[(COD+2BOD+2SS)kg/d/5]

以上のうち、Case-3b が最小下水料金がほぼ80SIT/㎥³であるのでこのケースの代表例とする。

(3)調査結果のまとめ

前記した調査で得られた各ケースの代表算定式例である Case-1b、Case-2d、Case-3b の比較をTable 3.2.4 に示す。

このうち、まず Case-1bと Case-2d の比較では、Case-2d は工場の予備処理促進効果が大きくなるが、下水料金が過大（特に予備処理前）になるという問題がある。予備処理前の 20工場の下水料金の最大最小比は Case-1bで5.7倍であるが、Case-2dでは 11倍である。いずれにせよ料金体系の公平性の説明が求められる。

Case-3b は汚濁負荷削減効果は、Case-1b, 2dとさほどは変わらない。この方式は汚濁負荷を積極的に削減することを推進するものであり、日本で実施している方式である。

3)将来の課題

工場側での予備処理による汚濁負荷の削減を推進することを前提とした調査を実施したが、どのような料金算定式を採用すればどの程度の予備処理が期待できるか、その結果どの程度の投資額でどの程度の汚濁負荷の削減が図れるかが明かとなった。最終的にどの程度の予備処理が適切であるかを判定するためには、前に述べた Figure 3.2.1(1)に示すような手順で、予備処理を実施することが、WWTPの建設費、運転管理費の節減にどの程度のインパクトを与えるか、また将来のマリボール市の産業の発展、産業構造の変化などによる起こり得る汚濁負荷の増大をどのように予測し、それに対する先取り対策として有効となりうるかなどを検討し、WWTP を含めたトータルでの評価を慎重に実施することが必要がある。

Figure 3.2.1(1) 予備処理および水使用合理化検討フローチャート

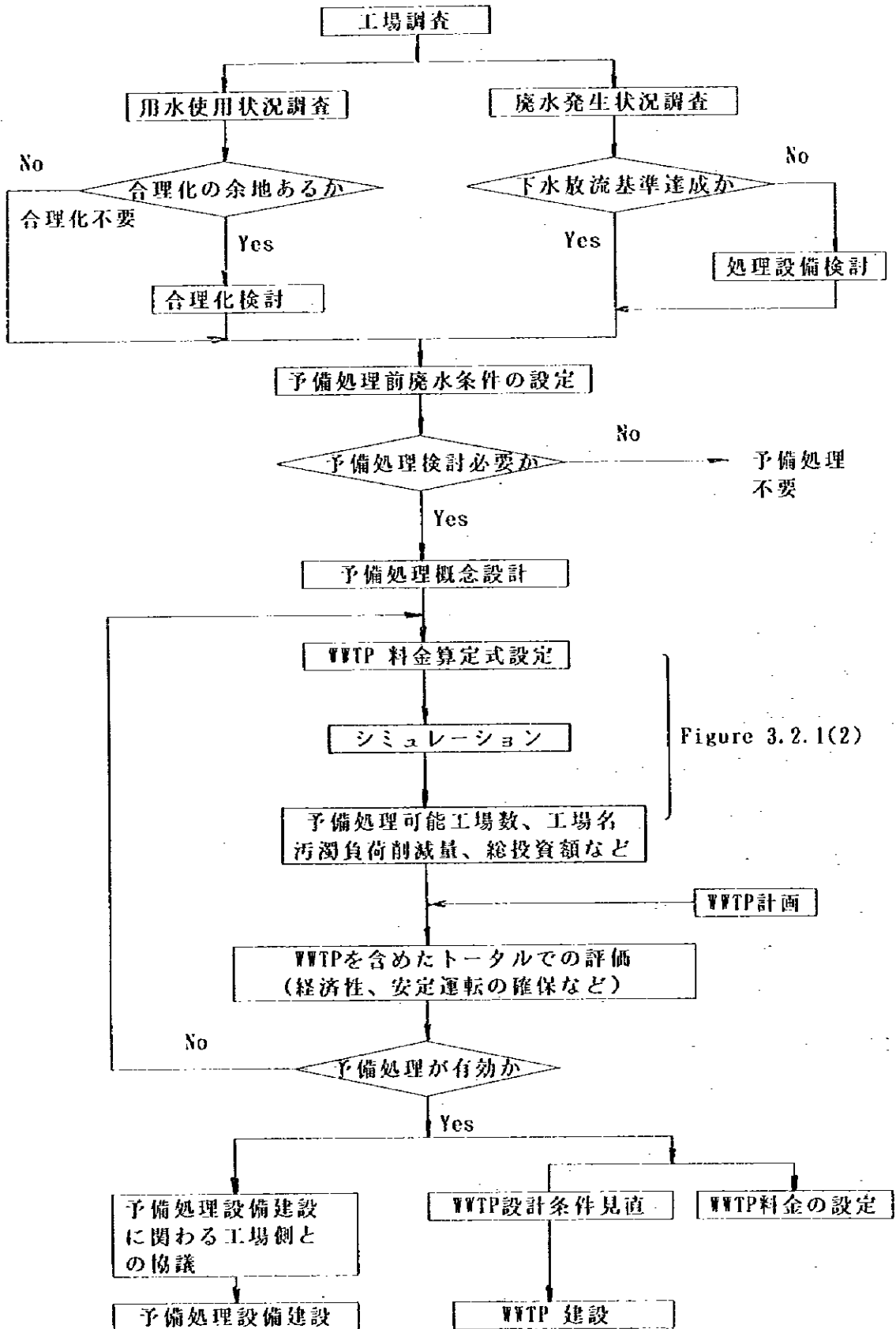


Figure 3.2.1(2)

Figure 3.2.1(2) 予備処理シュミレーションプログラムフローチャート

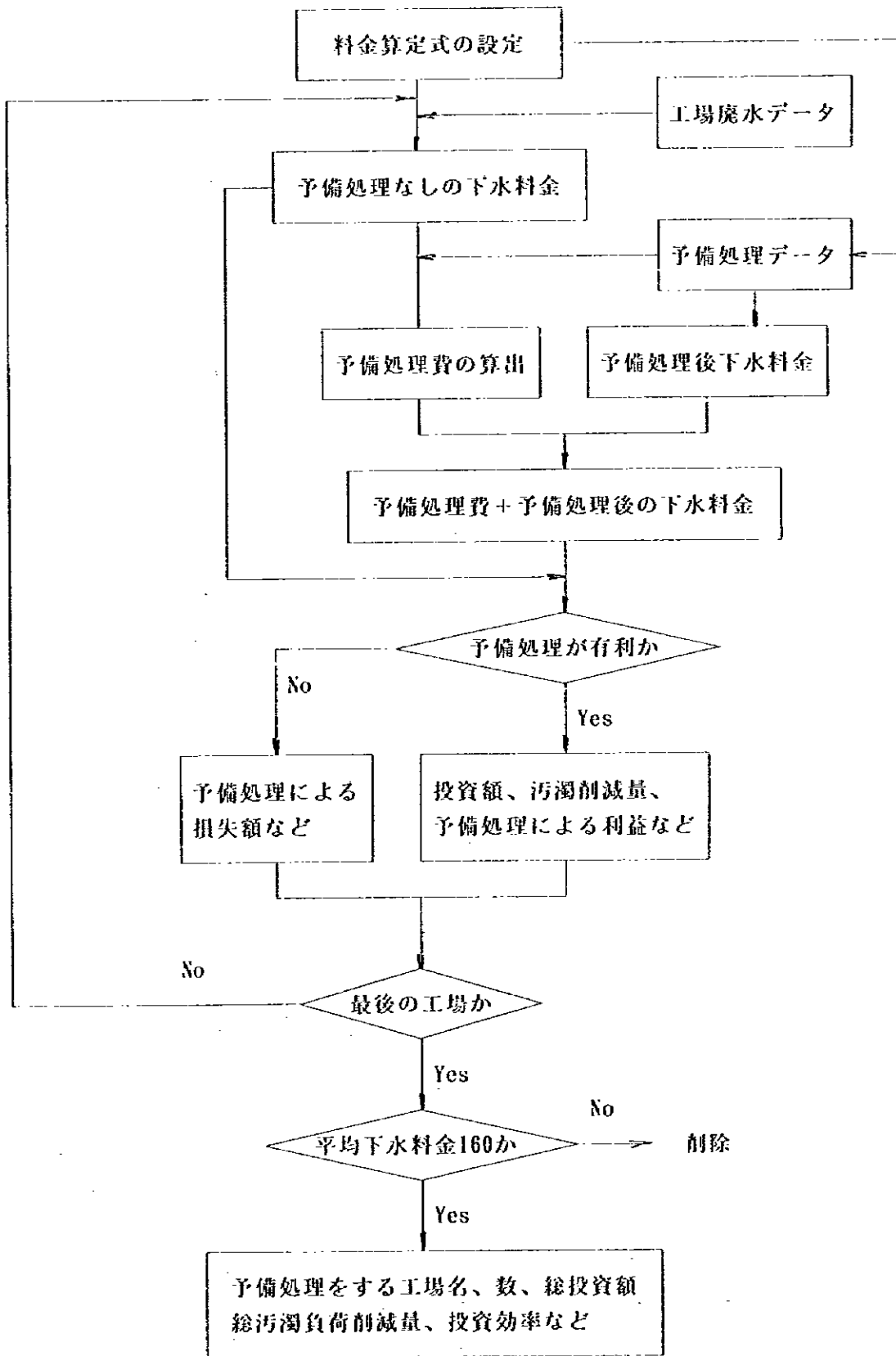


Fig. 3.2.2 Pollutant Reduction vs. Investment

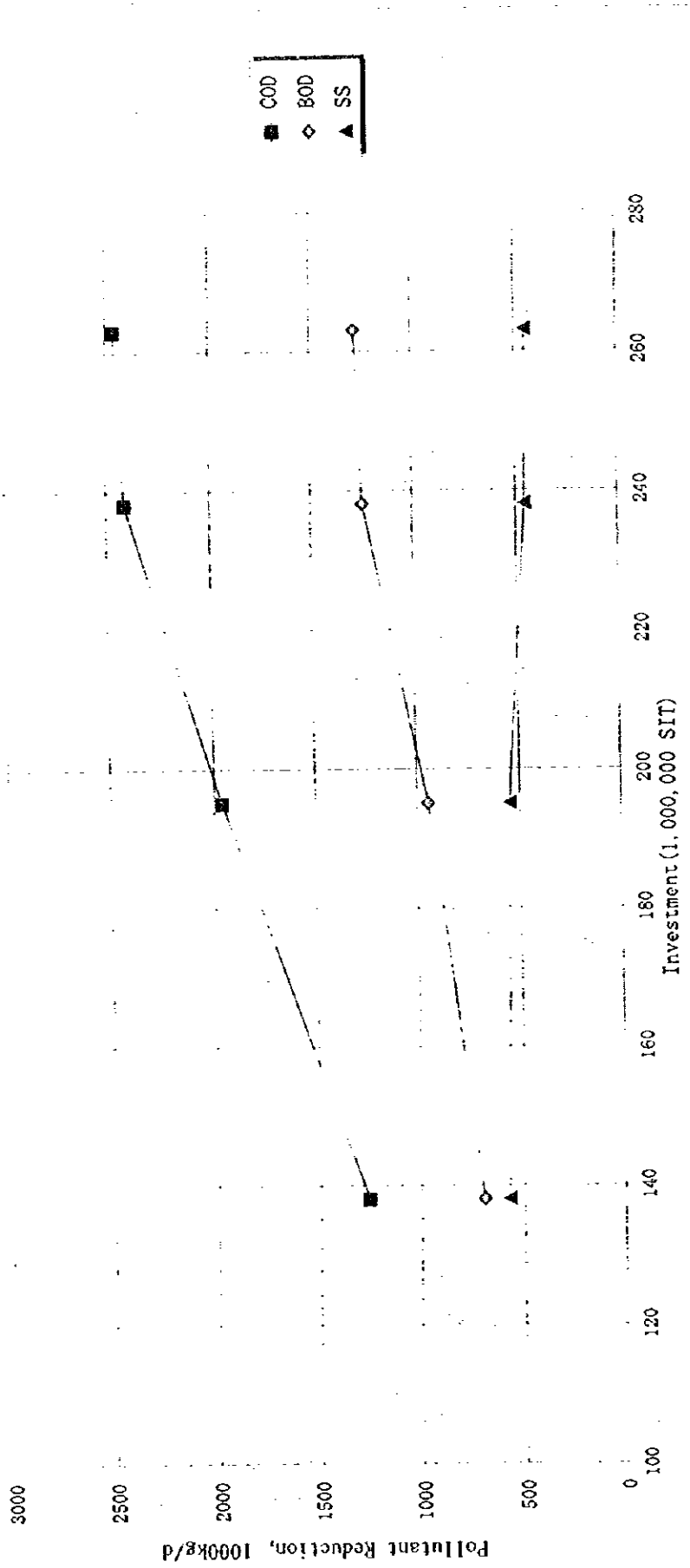


Table 3.2.4 調査結果のまとめ

	ケース-1	ケース-2	ケース-3
(1)規制値	設けない	設けない	COD ≤ 600 BOD ≤ 300 SS ≤ 300
(2)最低料金	設けない	80 SIT/m ³	設けない
(3)代表例	Case-1b	Case-2d	Case-3b
算定式	0.4X + 90	0.8X + 20	0.5X + 70
予備処理設置 設置工場数	4	5	5
同工場番号	M-4, 6, 7 A-5	M-1, 4, 6, 7 A-5	M-4, 5, 6, 7 A-5
総投資額(千SIT)	195,260	238,460	219,890
下水料金： 最大 (予備処理後) 平均 (SIT/m ³) 最小	246 164 93	332 160 80	210 163 84
COD 削減量(kg/d)	1,963	2,413	2011
BOD 削減量(kg/d)	944	1,244	981
SS 削減量(kg/d)	548	458	541
処理費原単位(千SIT/kg/d)	197	205	217
総投資額(SIT) 汚濁負荷削減量指数 (COD+2BOD+2SS)kg/d/5			
(4)特徴および問題点	予備処理前の下水料金は最大で530 SIT/m ³ であり最大最小比は5.7倍である。比較的現実的な体系と思われるが、料金体系の公平性の説明が求められる。	勾配(A)が大きいため下水料金が過大になる。予備処理前最大は900SIT/m ³ であり、最大最小比は11倍と大きい。公平性の説明が求められる。	日本で実施している方式であり、自己責任での汚濁負荷削減を積極的に推進する方式である。



Table 3.2.5 Feasibility Study Result for Pretreatment in Case-1b
 [Sewage charge(SIT) = 0.4X190]

NO	Factory		Pretreatment Equipment				Sewage charge			Daily Expense			Pretreatment Feasible or not	Invest. SIT	Sewage Charge			COD Reduction			BOD Reduction			SS Reduction		
	Name	Industry	Case	Process	Const. Cost 1000SIT	Treat. Cost SIT/m ³	Quantity m ³ /d	before SIT/m ³	after SIT/m ³	before 1000SIT/d	after 1000SIT/d	Balance 1000SIT/d			Quant. m ³ /d	Charge SIT/m ³	before kg/d	After kg/d	Reduct. kg/d	before kg/d	After kg/d	Reduct. kg/d	before kg/d	After kg/d	Reduct. kg/d	
M-1	SVILA	Textile	Case-1	Aerobic	154.400	147	1500	134	151	277	447	170	No	-	1500	184	750	750	0	450	450	0	60	60	0	
			Case-2	Coa&Sedi.	55.000	103	1500	134	138	277	362	85														
			Case-3	Neutra.	43.200	82	1500	134	138	277	330	53														
M-2	MARLES	Furniture	Case-1	Coa&Sedi.	23.955	63	298	117	112	35	52	17	No	-	298	117	42	42	0	18	18	0	11	11	0	
			Case-2	Aero.	44.000	174	298	117	93	35	80	45														
M-3	ARVAL	Metal	-	-	-	-	372	93	93	35	35	0	No	-	372	93	7	7	0	3	3	0	0	0	0	
M-4	PIVOVARNA	Food	Case-1	Anaerobic	39.300	117	515	215	134	111	129	19	Yes	35.960	515	152	458	206	252	134	38	96	39	58	19	
			Case-2	Aerobic	35.960	61	515	215	152	111	110	-1														
			Case-3	Aerobic	43.500	71	515	215	152	111	115	4														
M-5	VINAG	Food	Case-1	Aerobic	24.630	226	90	246	151	22	34	12	No	-	90	246	68	68	0	46	46	0	8	8	0	
M-6	XOSAKI	Food	Case-1	Dil Sepa.	0	0	400	530	434	212	174	-38														
			Case-2	Coa & Flo	50.000	140	400	530	223	212	145	-67														
			Case-4	R Cont. Oxi	80.000	188	400	530	131	212	128	-84	Yes	80.000	400	131	600	100	500	400	40	360	400	12	388	
			Case-1	Neutra.	13.605	28	476	490	490	233	247	13														
M-7	MLEKARNA	Food	Case-2	Coa & Flo	19.000	65	476	490	278	233	163	-70	Yes	40.000	476	154	1163	212	951	412	67	345	197	18	179	
			Case-3	Anaerobic	40.000	158	476	490	154	233	149	-85														
			Case-4	Case2/Aero	36.000	106	476	490	254	233	172	-62														
			Case-1	Coa & Sedi	143.800	152	1200	172	136	206	345	139	No	-	1200	172	780	780	0	180	180	0	44	44	0	
S-2	TAROR	Textile	Case-1	Coa & Sedi	50.000	265	1200	107	107	128	149	21	(Yes)	(18000)	(400)	107	120	40	(80)	30	10	(20)	36	12	(24)	
S-3	MIT	Textile	Case-1	Coa & Sedi	50.000	18	3000	194	192	582	629	47	No	-	3000	194	1020	1020	0	420	420	0	1020	1020	0	
S-4	TSP	Textile	Case-1	Coa & Sedi	40.000	205	200	160	128	32	67	34	No	-	200	160	80	80	0	40	40	0	8	8	0	
S-5	METALNA	Metal	Case-1	Coagulat.	24.000	95	222	117	114	26	47	21	No	-	222	117	32	32	0	14	14	0	7	7	0	
S-6	SLOSAD	Food	Case-1	Anaerobic	12.000	140	35	738	414	26	19	-6	No	-	(35)	(870)	27	27	0	49	49	0	8	8	0	
S-7	INTES	Food	-	-	-	-	126	131	131	16	16	0	No	-	126	131	27	27	0	10	10	0	8	8	0	
A-1	TYT	Metal	-	-	-	-	620	99	99	61	61	0	No	-	620	99	16	16	0	6	6	0	21	21	0	
A-2	SVETILKE	Metal	-	-	-	-	130	101	101	13	13	0	No	-	130	101	9	9	0	1	1	0	4	4	0	
A-3	PRINAT	Metal	Case-1	Coagv.	10.000	64	109	113	109	12	19	7	No	-	109	113	18	18	0	5	5	0	2	2	0	
A-4	ELKO	Metal	-	-	-	-	155	97	97	15	15	0	No	-	155	97	7	7	0	1	1	0	3	3	0	
A-5	HENKEL	Chemical	Case-1	Anacro.	39.300	50	651	245	178	160	148	-11	Yes	39.300	651	178	482	221	260	260	117	143	130	130	0	
A-6	SWATY	Chemical	-	-	-	-	149	116	116	17	17	0	No	-	149	116	19	19	0	7	7	0	7	7	0	
Total													195.260	10.213		5698	3655	1963	2497	1522	944	2005	1433	548		
Average															164											
Max.															246											
Min.															93											
Rate(%)																		31			38			27		

Note: S-2(TAROR) and S-6(SLOSAD) are not included in the simulation.
 Pretreatment for SLOSAD is not feasible because of short period(1-2X/Yr) for high concentration effluent.
 Pretreatment for TAROR aims at water conservation for dilution.

Table 3.2.6 Feasibility Study Result for Pretreatment in Case 2d
 [Sewage charge(SIT) = 0.8x20, Min.80 SIT/m3]

NO	Factory Name	Industry	Pretreatment Equipment		Sewage charge			Daily Expense			Pretreatment Feasible or not	Invest. SIT	Sewage Charge		COD Reduction			BOD Reduction			SS Reduction								
			Case	Process	Const. Cost 1000SIT	Treat. Cost SIT/m3	Quantity m3/d	before SIT/m3	after SIT/m3	before 1000SIT/d			after 1000SIT/d	Balance 1000SIT/d	Quant. m3/d	Charge SIT/m3	Before kg/d	After kg/d	Reduct. kg/d	Before kg/d	After kg/d	Reduct. kg/d	Before kg/d	After kg/d	Reduct. kg/d				
M-1	SVILA	Textile	Case-1	Aerobic	154.400	147	1500	209	142	313	433	120																	
			Case-2	Coa&Sedi.	55.000	103	1500	209	116	313	329	15																	
			Case-3	Neutra.	43.200	82	1500	209	116	313	297	-16	Yes	43.200	1500	116	750	300	450	450	150	300	60	150	90				
M-2	MARLES	Furniture	Case-1	Coa&Sedi.	23.955	63	298	80	80	24	43	19	No		298	80	42	42	0	18	18	0	11	11	0				
			Case-2	Aero.	44.000	174	298	80	80	24	76	52																	
M-3	ARKAL	Metal	-	-	-	-	372	80	80	30	30	0	No		372	80	7	7	0	3	3	0	0	0	0				
M-4	PIVOVARNA	Food	Case-1	Anaerobic	39.300	117	515	270	108	139	116	-23																	
			Case-2	Aerobic	35.960	61	515	270	144	139	105	-34	Yes	35.960	515	144	458	206	252	134	38	96	39	58	-19				
			Case-3	Aerobic	43.500	71	515	270	144	139	111	-28																	
M-5	VINAG	Food	Case-1	Aerobic	24.630	226	90	332	142	30	33	3	No		90	332	68	68	0	46	46	0	8	8	0				
M-6	KOSAKI	Food	Case-1	Oil Sepa.	0	0	400	900	708	360	283	-77																	
			Case-2	Coa & Flo	50.000	140	400	900	286	360	170	-190																	
			Case-4	& Cont. Oxi	80.000	188	400	900	102	360	116	-244	Yes	80.000	400	102	600	100	500	400	40	360	400	12	388				
M-7	MLEKARNA	Food	Case-1	Neutra.	13.605	28	476	820	820	391	404	13																	
			Case-2	Coa & Flot	19.000	65	476	820	396	391	220	-171																	
			Case-3	Anaerobic	40.000	158	476	820	149	391	146	-245	Yes	40.000	476	149	1163	212	951	412	67	345	197	18	179				
			Case-4	Case2/Aero	36.000	106	476	820	349	391	217	-174																	
S-1	MERINKA	Textile	Case-1	Coa & Sedi	143.800	152	1200	184	111	221	316	95	No		1200	184	780	780	0	180	180	0	44	44	0				
S-2	TABOR	Textile	Case-1	Coa & Sedi	50.000	265	1200	80	80	96	138	42																	
			Case-2	Coa & Sedi	18.000	55	1200	80	80	96	54	-42	(Yes)	(18000)	(400)	80	120	40	(80)	30	10	(20)	36	12	(24)				
S-3	MIT	Textile	Case-1	Coa & Sedi	50.000	18	3000	228	223	684	724	40	No		3000	228	1020	1020	0	420	420	0	1020	1020	0				
S-4	TSP	Textile	Case-1	Coa & Sedi	40.000	205	200	161	95	32	60	28	No		200	161	80	80	0	40	40	0	8	8	0				
			Case-2	Coa & Sedi	10.000	55	200	161	138	32	39	7																	
S-5	METALNA	Metal	Case-1	Coagulat.	24.000	95	222	80	80	18	39	21	No		222	80	32	32	0	14	14	0	7	7	0				
S-6	SLOSAD	Food	Case-1	Anaerobic	12.000	140	35	(1316)	668	46	28	-18	No		(35)	(870)													
S-7	INTES	Food	-	-	-	-	126	102	102	13	13	0	No		126	102	27	27	0	10	10	0	8	8	0				
A-1	TYT	Metal	-	-	-	-	620	80	80	50	50	0	No		620	80	16	16	0	6	6	0	21	21	0				
A-2	SVETILKE	Metal	-	-	-	-	130	80	80	10	10	0	No		130	80	9	9	0	1	1	0	4	4	0				
A-3	PRIMAT	Metal	Case-1	Coagu.	10.000	64	109	80	80	9	16	7	No		109	80	18	18	0	5	5	0	2	2	0				
A-4	ELKO	Metal	-	-	-	-	155	80	80	12	12	0	No		155	80	7	7	0	1	1	0	3	3	0				
A-5	HENKEL	Chemical	Case-1	Anacro.	39.300	50	651	330	196	215	160	-55	Yes	39.300	651	196	482	221	260	260	117	143	130	130	0				
A-6	SVATY	Chemical	-	-	-	-	149	80	80	12	12	0	No		149	80	19	19	0	7	7	0	7	7	0				
Total																													
Average												238.460	10.213		5698	3205	2413	2487	1222	1244	2005	1523	458						
Max.																													
Min.																													
Rate(%)																													

Note: S-2(TABOR) and S-6(SLOSAD) are not included in the simulation.
 Pretreatment for SLOSAD is not feasible because of short period(1-2M/Yr)
 for high concentration effluent.
 Pretreatment for TABOR aims at water conservation for dilution.



Table 3.2.7 Expected Factory's Behavior and Sewage Charge with Regulation for COP, POP, SS in Case 3
(Conditions to be required Pretreatment: COP>850 or POP>850 or SS>850)

NO.	Factory Name	Industry	Quantity			Wastewater Quality			SS Required mg/L or No/L	Process Const. S.I.T/m ³	1000SS/T	Pretreatment Equipment			Conditions after Pretreatment			Sewage Charge(S.I.T/m ³)		
			m ³ /d	COD mg/L	BOD mg/L	mg/L	mg/L	mg/L				mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
M-1	SVILLA	Textile	1500	500	300	40	40	No	-	1000SS/T	-	1,500	500	300	40	40	181	198	202	0.6X160
M-2	MANLES	Furniture	298	141	60	36	36	No	-	-	-	298	141	60	36	36	130	113	100	0.5X180
M-3	ARMAL	Metal	372	20	8	0	0	No	-	-	-	372	20	8	0	0	112	84	64	0
M-4	PIVOVARA	Food	515	890	260	76	76	Case-2	Acrobic	35,960	61	515	400	74	113	113	156	157	153	0
M-5	VINAG	Food	90	750	510	90	90	Case-1	Acrobic	24,630	226	90	220	100	172	172	156	156	152	0
M-6	KOSAKI	Food	400	1500	1000	1000	1000	Case-4	Contn.Oxi	80,000	188	400	250	100	30	30	141	131	121	0
M-7	MEKARVA	Food	476	2443	866	414	414	Case-3	Anaerobic	40,000	158	476	446	141	38	38	158	160	156	0
S-1	MERTINA	Textile	1200	650	150	37	37	No	-	-	-	1,200	650	150	37	37	171	182	182	0
S-2	FABOK	Textile	1200	100	25	30	30	No	-	-	-	1,200	100	25	30	30	123	101	85	0
S-3	MIT	Textile	3000	340	140	340	340	No	-	-	-	3,000	340	140	340	340	188	210	210	0
S-4	TSP	Textile	200	400	200	40	40	No	-	-	-	200	400	200	40	40	163	168	166	0
S-5	METALMA	Metal	222	146	62	32	32	No	-	-	-	222	146	62	32	32	130	113	100	0
S-6	SLOSAD	Food	35	4300	1400	500	500	No	-	-	-	4,300	1,400	500	500	500	130	113	100	(1032)
S-7	INTES	Food	126	212	82	67	67	No	-	-	-	126	212	82	67	67	141	131	121	0
A-1	TVT	Metal	620	26	10	33	33	No	-	-	-	620	26	10	33	33	17	91	73	0
A-2	SVETLANE	Metal	130	70	5	30	30	No	-	-	-	130	70	5	30	30	118	94	77	0
A-3	PRIMAT	Metal	109	161	46	17	17	No	-	-	-	109	161	46	17	17	127	109	94	0
A-4	BLKO	Metal	155	47	5	18	18	No	-	-	-	155	47	5	18	18	116	89	71	0
A-5	HEWEL	Chemical	651	740	400	200	200	Case-1	Anaerom	39,300	50	651	340	180	200	200	176	190	192	0
A-6	SWATY	Chemical	149	130	50	47	47	No	-	-	-	149	130	50	47	47	129	112	99	0
Total			11448									219,890								
Average																				
Max																				
Min																				

NO.	Factory Name	Industry	COD Reduction		POP Reduction		SS Reduction		Reduction kg/d
			Before	After	Before	After	Before	After	
M-1	SVILLA	Textile	750	750	0	450	0	60	0
M-2	MANLES	Furniture	42	42	0	18	0	11	0
M-3	ARMAL	Metal	7	7	0	3	0	0	0
M-4	PIVOVARA	Food	458	206	252	134	96	39	58
M-5	VINAG	Food	68	20	48	46	37	8	15
M-6	KOSAKI	Food	600	100	500	400	400	400	12
M-7	MEKARVA	Food	1163	212	951	412	345	197	18
S-1	MERTINA	Textile	780	780	0	180	0	44	44
S-2	FABOK	Textile	120	120	0	30	0	36	36
S-3	MIT	Textile	1020	1020	0	420	0	1020	0
S-4	TSP	Textile	80	80	0	40	0	8	8
S-5	METALMA	Metal	32	32	0	14	0	7	7
S-6	SLOSAD	Food	151	151	0	49	0	18	18
S-7	INTES	Food	27	27	0	10	0	8	8
A-1	TVT	Metal	16	16	0	6	0	21	21
A-2	SVETLANE	Metal	9	9	0	1	0	4	4
A-3	PRIMAT	Metal	18	18	0	5	0	2	2
A-4	BLKO	Metal	7	7	0	1	0	3	3
A-5	HEWEL	Chemical	482	221	260	260	143	130	130
A-6	SWATY	Chemical	19	19	0	7	0	7	7
Total			5849	3838	2011	2487	1506	1483	541
Rate(%)					34		39		27

Note: (1) [] : required Pretreatment.
(2) S-6(SLOSAD) is not included in the study because of low quantity.

3.2.2 日本における下水道使用料金算定の基本的考え方

第4次調査の結果によれば、現在マリポール市はWTPの料金体系をの同国既存のDomzale下水処理場の料金体系を基本に設定することを一つの方法と考えている。同下水処理場の料金体系は、廃水の汚濁濃度の増加によって処理料金を高くする方式である。また、汚濁指標の一部にCOD/600+BOD/300を加え、CODに対してBODに2倍の重みをつけている。

一方、マリポール市より日本方式紹介の要請があったので、前項の料金体系との関連を明かにしたい。

工場排水の下水道使用料金に関する日本での標準的な考え方の概要は以下の通りである。

(1)一般排水と特定排水の区分

企業活動に伴い工場や事業所から下水道に排出される汚水のうち一定量以上のものを特定排水として区分し原因者負担の原則により高料金を課す方式である。一部の下水処理場で採用している。一定量の基準は500~1000m³/月程度が多い。

(2)基本使用料と累進使用料

基本使用料と累進使用料を併置して使用料の増加に応じて使用料単価が高くなる方式である。需要抑制のインセンティブが働く。多くの下水処理場で採用している。実施例を次に示す。

(1ヶ月当たり)

区 分	使 用 料
0m ³ ~ 10 m ³	基本使用料 600 円
11 ~ 50	1m ³ あたり 80 円
51 ~ 200	同 100 円
201 ~ 500	同 125 円
501以上	同 150 円

累進使用料

(3)水質使用料

一定の基準の濃度を超える汚水を排出する者に対して、一般使用者との負担の公平を図るため水質濃度に応じて賦課するものであり、水質改善への努力のインセンティブとして働く。累進使用料と併せて設けうる。水質使用料は、処理場で処理可能な項目を対象として課すべきであり、COD, BOD, SSを対象とするのが一般的である。水質使用料単価の設定には、各水質項目毎に行う方法と、各水質項目を総合した濃度算式による濃度指数毎に行う方法とがある。また、対象となる水質濃度は、家庭汚水の濃度を超える汚水を対象にするものとし、BOD が200mg/L以上の汚水、SSが200mg/L以上の汚水を対象にするのが一般的である。工場排水の多い一部の下水処理場で採用している。

以上が下水道使用料の算定の標準的な考え方であるが、その組み合わせは下記の通りに大別される。また、それぞれについて、基本使用料と累進使用料に前に述べた一般排水と特定排水の区分をしているところがある。

第3部に具体例を示す。

(1)基本料金+累進料金制	第3部	8.3 有明処理場	参照
(2)基本料金+累進料金+水質料金制	第3部	8.1 和歌川処理場	参照
(3)基本料金+水質料金制	第3部	8.2 鹿島処理場	参照

上記のうち(1)は水量節減を促す方式であり、(3)は水質改善を促す方式であり、(2)は両者を兼ね合わせた方式である。3-2-1で試案とした算式はこのうちの(3)に属するものである。なお、日本では下水道法により下水排除基準が定められているが、BODとSSも規制対象項目に入っている。同基準では、50m³/日以上排水量の製造業者に対しては、BOD, SS 濃度それぞれ300mg/Lが制限値となっている。ただし、自治体でこの基準を下限とした条例設定が可能となっており、実態は、BOD, SS それぞれが 300mg/Lのケース、COD_{Mn}, BOD を600mg/Lまで許容しているケースなどがある。したがって、上記した使用料算定の考え方は当然 BOD, SSに規制があることを前提としている。なお、CODについては下水処理場の排水を河川へ放流する場合は原則として制限を設けていない。

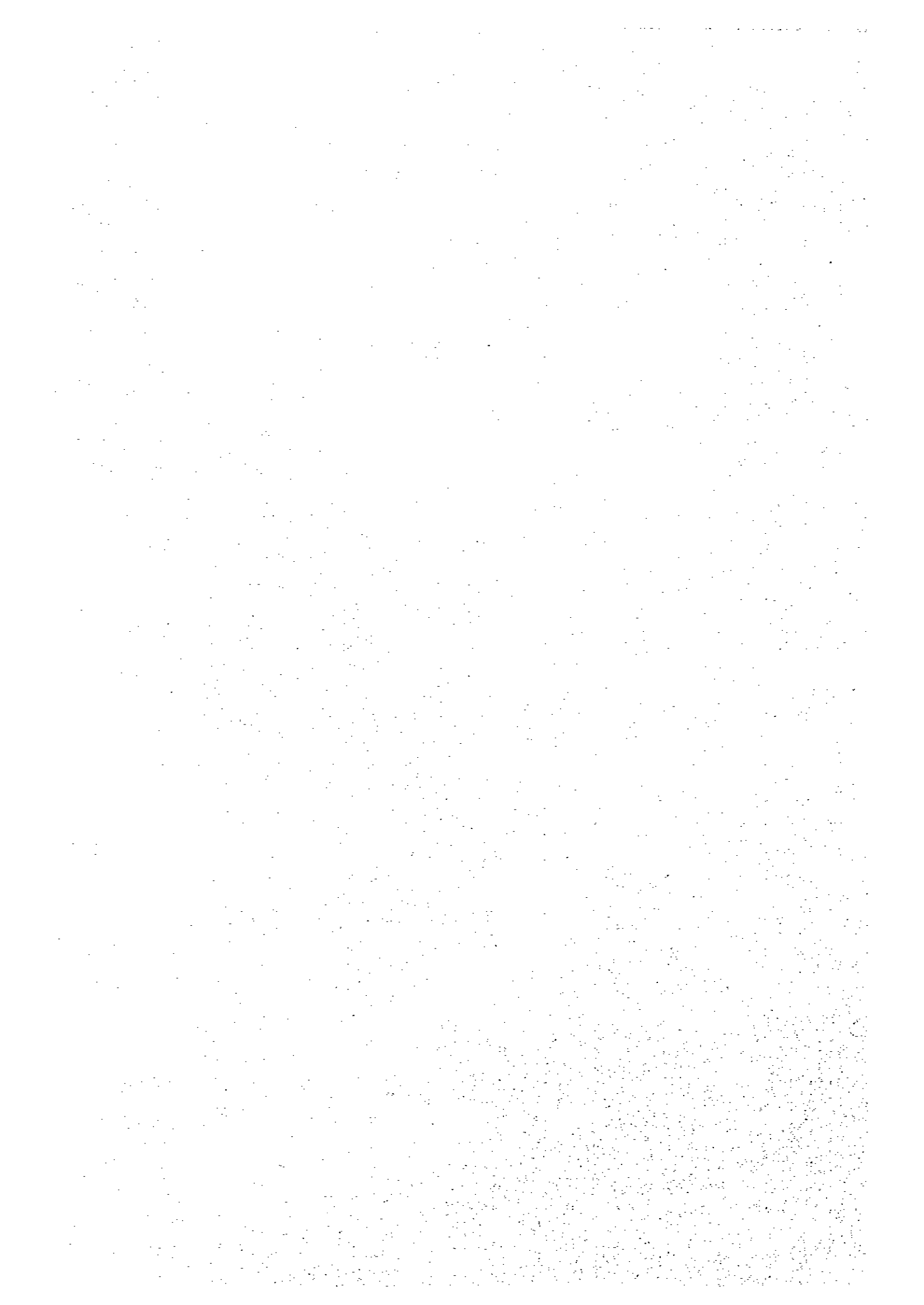
3. 3 窒素・リンの除去

工場廃水におけるT-Pの河川放流規準は、一般の場合で2mg/L、繊維産業の場合は1mg/Lと非常に厳しい値となっている。今回調査した工場のうち、それを超えている工場の方が多いが、超えていると言っても2桁の数字になっている工場はごくわずかで、概ね1桁の数字となっている。しかしマリポール市全体の廃水中のリン濃度はさらに低くなるものと思われる。

排出基準を超えている工場にリン除去のための予備処理設備を設けることは、各モデル工場について、河川放流のための概念設計を行った結果でも明かなように、大変高価なものになる。従って、WWTPで一括処理する方が得策である（現在のWWTPの計画でもリン除去を考慮したプロセスとなっている）。

処理方法については、要約文（関連情報）に「1. 窒素・リン除去技術」を添付するので、参考にされたい。

V. 提言



V. 提言

前章の調査結果に基づき、本章では政府および工場への提言を行う。提言内容は（１）産業廃水および予備処理（２）水使用合理化（３）WWTP および（４）政府の採るべき施策に分けられる。

産業廃水および予備処理では、まず工場に対して産業廃水の実態把握をすべきであり、そのための方法として専任の担当者を置き、工場内に用水流量計を設置すること、排水のサンプルを採取しやすくし、定期的に水質および水量の測定を行うべきことなどを挙げた。また若干の工場に対して今後の技術課題を指摘した。さらに WWTP の運営に際して注意すべき有害物質についても言及した。

水使用合理化では、まず水使用合理化が単に工場内での使用量の減少に留まらず、間接的に河川に流入する汚濁量の減少、WWTP で処理する汚濁量の低減および企業経営状況の改善に及ぶことを述べた。次に政府に対する提言として（１）企業への技術的、財政的援助および（２）合理化を妨げないような WWTP の料金体系設定を取り上げた。さらに企業への提言として（１）用排水の量を正確に把握して、完全な水バランスを作成する（２）用途別に必要な最低の量および質を把握する（３）工場の操業状況の変化に対応して水バランスを見直す（４）具体的な合理化法を検討し経済性を確認した後、実施が可能なものから実行するなどを挙げた。

WWTP に関しては、まず産業廃水の料金体系の設定について提案を行った。WWTP 料金体系設定の基本方針として、次の原則を定めた。すなわち（１）WWTP の費用は使用者が支払う料分で賄う（２）処理費を平均で 160 SIT/m³ とし、これを産業廃水の汚濁の程度および量により増減する（３）汚濁の程度を表す指標は COD, BOD および SS とする。以上の原則に則り、料金算定式を汚濁指標の一次関数とした。この算定式に基づいて（１）産業廃水を生活排水と別体系で取り扱う場合（２）産業廃水の最低料金を生活排水料金とする場合（３）産業廃水に汚濁負荷の制限を設ける場合の 3 ケースにつき推奨すべき算定式を提案し、それらの特徴を述べた。また上記の考察を基に行政当局がなすべきことを挙げた。さらに WWTP の運営に際し、高濃度の COD に留意すべきであるとした。

最後に政府の採るべき施策を述べた。まず人材の育成、そのための専門機関の必要性を強調した。また専門機関の位置づけ、主な機能、運営法などを挙げた。さらに専門家認定制度を提案した。このほか環境対策に対する優遇制度として環境設備取得に係わる税の減免制度および環境設備投資に対する低利資金の融資制度についても言及した。さらに環境関係のエンジニアリング会社の必要性および育成法を述べた。

1. 産業廃水処理および予備処理

1.1 産業廃水の実態把握

今回の調査を通じて痛感したことは、一部の優良企業を除いた一般の工場では排水の実態の把握ができていないことであった。排水に限らず用水についても、市水以外の用水、すなわち自家井戸水や河川水の使用量が充分把握されていない。大手の工場でも、工程別はおろか建物別の給水量さえも計測されていない。

以下に関連する提言を列挙する。

(1) 工場廃水を管理する専門の環境対策部門を設け、専任の担当者を置く。

a 経営責任者から担当者を直接任命し、権限を与える

b 手本になる企業(Henkel-Zlatrogなど)をベンチマーキングする

(2) 用水流量計を設置する。

c 自家井戸水や河川水の使用量を計測する水量計を設置する

d 主要工程別の水消費量を計測する水量計を設置する

(水使用合理化など水消費量管理の基本である)

(3) 適正な排水サンプルが採取できるようにする。

e できるだけ排水ピットを設ける

f 排水路に水量計が取り付けられるように、円形断面の排出口を準備する

(水量比例複合サンプルが採取できると、1日の平均水質が得られる)

(4) 水量・水質の定例測定

g 自主管理のために分析する項目を、企業と政府が合意の上で決める

(毎回全項目を分析する必要はない)

h 基準遵守の点検、下水料金の査定に供する水質分析はWWTPが負担する

(InspectorあるいはNIGRADの立入検査を原則とする)

i 放流口の統合を促進する

(総合排水量・水質の把握が経済的になる 補助金支給で義務化する等)

(5) 製造品目や使用原料など排水に大きな変化を来す主要工程の変更の届出

j 特に有害物質と下水料金の算出に影響する項目については事前届出とする

1.2 継続的な技術検討

今回の調査で、同業種に属する工場でもそれぞれ異なる課題が在ることが判った。この報告書では概括的な調査と概念的な検討・設計しかできていない。

実際に廃水処理設備や予備処理設備の設置を計画する場合には、この報告書を参考にして詳細に状況を把握し、小規模実験により効果を充分確認して進めるよう提言する。

また多くの工場で成果を共有しうる興味ある課題について、継続的な研究をするよう提言する。外国からの技術援助などの機会があれば活用するとよい。

以下に研究課題の例を列挙する。(順不同)

- (1) S-2 TABOR に設置されている木炭濾過設備は、第4次現地調査の際に濃度の薄い条件ではあったが効果が確認された。これの性能を長期に観察する。
- (2) S-2 TABOR では、排水の汚濁濃度を低くするために標準より多い水使用量になっているようである。適切な廃水処理をすることにより水使用量を大幅に削減すること、及びその結果に基づき、河川直接放流と下水放流の経済性を詳しく検討する。
- (3) M-1 SVILA の廃水処理モデルシステムは、第2次現地調査時点の情報に基づいて設計されたため、色の除去に関して過大な設備となっている。第4次現地調査(凝集テスト等)の結果を参照すると、凝集沈殿処理をしてから生物処理をすると生物処理設備が大幅に縮小でき、着色対策として組入れたオゾン・活性炭処理も不要になる可能性がある。河川直接放流の廃水処理設備を再検討する。
- (4) S-3 MIT の総合排水は、pHが非常に高く、染色排水よりも汚濁濃度が高い。漂白・精練(ポリエステルアルカリ減量があるのか?)排水の影響が大きい可能性がある。これを確認して対策を取る検討をする。
- (5) A-5 Henkel-Zlatrogの廃水には、生物処理可能な物質ながらCOD、BOD、油分などの濃度が高いものがある。好気性生物処理では発泡が問題になるが、嫌気性生物処理が適用できる可能性がある。嫌気性生物処理の小規模実験を実施する。この技術は他の高濃度廃水の処理にも展開できる。

等々

1.3 WWT P に対する有害物質および要注意物質

WWT P に対して阻害になる物質について、利用者の啓蒙を計るよう提言する。どのような物質が、どの程度あると、どのような阻害をもたらすか、については第3部 4. に、それらに対する除去技術については第3部 3. に収録するので参考にするとよい。

2. 水使用の合理化

2. 1. 水使用の合理化の効果

2. 1. 1 概要

水使用の合理化が実施されることによって得られる効果は、下記の通りである。

- ① 河川に流入する汚濁量の減少
- ② W W T P で処理すべき汚濁負荷量の低減量
- ③ 企業の経営状況の改善

これらについて、以下に簡単に説明する。

2. 1. 2 河川に流入する汚濁量の減少

① 工場内で発生する汚濁量の減少

水使用の合理化が直接汚濁量の減少に結びつくことは少ないが、節水を行うためには作業条件や生産工程の改善が必要となる。その結果、排出される汚濁量が減少することが期待される。

② 廃水処理後の汚濁量の減少

工場で発生した廃水は、W W T P または自己の処理装置において、国の定める排水基準を満足させる水質まで浄化されて、河川に排出される。この場合排水の水質は一定であるから、節水が行われて排水量が少なくなれば、その分だけ河川に排出される汚濁量は減少する。

2. 1. 3 W W T P で処理すべき汚濁負荷量の低減

節水が行われれば、W W T P で処理すべき汚水量が減少されるのみでなく、2. 1. 2. ①の理由で汚濁負荷量も低減される。

将来工業生産が増加して産業排水量が増大し、W W T P の処理能力を超えるような状況になったとしても、節水を進めることにより、その状況を回避することが出来る。

2. 1. 4 企業の経営状況の改善

今回の調査によって、調査対象工場における用排水の費用の出荷額に対する比率は、日本の同じ業種の工場と比較してかなり高いことが明らかになった。

この比率を低下させ、企業の経営状況を改善させるには、当面水使用の合理化を進めるのが有効な方法である。

今回の調査では、現在の用排水の価格のもとで十分経済的に成り立つ節水の可

エネルギーは、全用水量の約20%に達することが分かった。このことは、節水を進めることにより、企業の経営状況が改善される可能性のあることを示している。

用排水の費用の出荷額に対する比率は、日本以外の国、特にヨーロッパにおける値と比較すべきであるが、この値は企業の内部資料に属するもので、日本以外の値はもちろん、日本の値ですら公表されたものは見あたらない。ここで比較に使用されている値は、(財)造水促進センターが保有する非公開データである。

2. 2 水使用の合理化に関する提言

2. 2. 1 国・市に対する提言

水使用の合理化は上述のように多くの効果が期待されるので、一つの政策として推進されるべきである。しかし、合理化を実施するのは企業であるから、国・市は、企業が合理化を実施するのを側面から援助するのが好ましい。

このために、国・市が下記の事項を実施することを提言する。

① 企業に対する技術的な援助

国または市に水使用合理化の専門家を配置し、企業の相談に応じ、さらに積極的に企業を指導する。

② 企業に対する財政的な援助

原則的には、企業が自己資金で水使用合理化を実施すべきであるが、企業の負担を軽減するため、日本で実施されているような低金利による融資制度等が実施されることが、好ましい。

③ 水使用合理化を妨げないような下水道料金体系の設定

産業廃水のほとんどがWWTPに排出されるのであるから、合理化を行うことが経済的に不利になるような下水道料金体系(例えば、排水量が減少すると単位水量当たり料金が高くなる。)は好ましくない。

②に関連して、日本における企業に対する財政的な援助の例を下記に示す。

① 水使用合理化設備に対する低利融資制度

地域・施設を限定し、国または地方自治体が企業の設備費用の一定割合について、市中金利より低利な資金を融資する制度である。

② 省エネルギー型設備に対する優遇税制

エネルギー消費量が特に少ないと国により認定された設備(省エネルギー

型設備)を設置した企業では、税金から設備費の一定割合が控除される。

2. 2. 2 企業に対する提言

個別の企業に対する具体的な提言はすでに本文中に述べられており、一般的な技術的指針は付録に示されているので、ここではごく基本的な提言のみを示す。

① 用排水の費用が、企業の財政に大きく影響することを認識する。

すでに述べられているように、用排水の費用の出荷額に対する比率はかなり高い。この事実が十分認識されて、水使用の合理化が推進されることが重要である。

② 用水及び廃水の水量を正確に把握し、完全な水バランスを作成する。

1.1 に示されているように、今回調査した各工場における用水量の管理は不十分であった。井戸水と河川水を使用している9工場の内、量水計が設置されているのは3工場のみであり、また、共通の量水計を通じて水道水が供給されている工場で、独自の量水計が設置されていない工場が2あった。

この提言はすでに1.1においてなされているが、水使用の合理化の最も基本的な事項なので、ここで重ねて提言して置く。

③ ある用途に必要な最低の水量及び水質を出来るだけ把握する。

節水の最も簡単な方法は、ある用途に必要な最低の水量が供給され、余分な水量が使用されないことである。さらに、回収使用が検討される場合は、回収水が有すべき最低の水質が問題となる。

しかし、これらの値を把握することは技術的にかなり困難である。この課題を解決するためには、水処理技術者と製品を生産する技術者の緊密な協力が必要である。日本においても、濁水等で節水が緊急の課題となった場合等を除いて、あまり実施されていない。

④ 具体的な合理化方法を検討して経済性を確認し、実施が可能なものから実行に移す。

経済性の確認は慎重に行い、設備の製作業者から正確な見積を得ておくことが必要である。

⑤ 工場の操業状況の変化に対応して、水バランスを見直して置く。

水バランスは常に変化するので、一定の方式を決めて定期的に見直しが行われることが好ましい。

水バランスは工場の生産工程や生産状況を示すものなので、通常外部には発表されない。したがって、どのような方式で見直しが行われているかは明かではない。ただ、しばしば渇水が発生する地域に立地する工場では、渇水時に必要とされる節水に備えて、平時から水バランスの見直しが行われているようである。

上記の②～⑤の実行に外部の専門家の援助が得られれば、工場側の専門知識の不足が補われ、また技術の移転が行われることが期待される。

3. WWTP

3.1 料金設定

WWTPに関する提案を行うにあたり、下水料金の設定について前章3.2.1で行ったシミュレーションの結果を再度整理しておく。まずWWTPの料金体系設定の基本方針として次の原則を定める。

- (1) WWTPにおける総合処理費は、使用者が支払う料金で賄うものとする。
- (2) 総合処理費を平均で160 SIT/m³とし、これを工業廃水の汚濁の程度及び量により増減するものとする。
- (3) 汚濁の程度を表す指標は、COD、BOD及びSSとする（WWTPで処理できない汚濁物質および将来WWTPで除去予定のリンと窒素は考えない）。以上の原則に則り、1m³当たりの料金算定式を当面下記のように定めた。

$$\text{料金(SIT/m}^3\text{)} = A \cdot (\text{COD} + 2 \cdot \text{BOD} + 2 \cdot \text{SS}) / 5 + B$$

料金算定式を上記のように定めたところで料金体系設定に際し、政策的に二つの大きな選択をする必要がある。すなわち料金体系に基づいた自由経済の原則だけにするか、あるいは廃水の汚濁負荷に一定の制限を設け、それ以上の汚濁負荷除去を強制的に工場側に実施させるかの選択である。日本の下水処理場では汚濁負荷の制限をしており、この制度が汚濁削減の有効な手段とされている。しかし事情は各国で異なっており、それぞれの国情に照らして判断すべきと考える。以下前章の調査から得られた結果に基づいて推奨すべき料金体系について述べる。

- (1) 企業の行動をすべて自由経済の原則にまかせるとすれば、二つのケースが考えられる。一つは生活排水と工場廃水とを別体系の料金で管理する場合である。この場合、次の料金算定式が考えられる。

$$\text{料金(SIT/m}^3\text{)} = 0.4 \cdot (\text{COD} + 2 \cdot \text{BOD} + 2 \cdot \text{SS}) / 5 + 90$$

調査対象とした20の工場の平均料金は、164 SIT/m³ となり、4工場が予備処理をする。工場側の総投資額は1億9千5百万 SIT であり、この投資によって汚濁負荷はCOD, BODおよびSSでそれぞれ1,963kg/d, 944kg/d, 548kg/dが削減される。

(2)マリポール市では生活排水の料金を一律 80 SIT/m³にする考えといわれる。一方、第一のケースでは、汚濁負荷の低い工場廃水の料金が80 SIT/m³ 以下になる場合があるので、これでは公平性を欠くのではないかという議論が起り得る。そこで第二のケースは、汚濁負荷が低い工場廃水には生活排水の料金を適用し、それ以上の工場廃水には汚濁負荷に従って料金を徴収する場合とした。料金算定式は、次の通りとなる。

$$\text{料金(SIT/m}^3\text{)} = 0.8 \cdot (\text{COD} + 2 \cdot \text{BOD} + 2 \cdot \text{SS}) / 5 + 20$$

予備処理をする工場数は廃水量の多い SVILAを含み 5工場で、平均料金は 160 SIT/m³ となり、総投資額は 2億3千8百万SIT、それによる汚濁負荷削減量は、COD, BOD, SS それぞれで 2413kg/d, 1244kg/d, 458 kg/d である。

(3)WWTPで放流される工場廃水に汚濁負荷の制限(COD:600mg/L, BOD:300mg/L, SS:300mg/L)を設けるとすれば、

$$\text{料金(SIT/m}^3\text{)} = 0.5 \cdot (\text{COD} + 2 \cdot \text{BOD} + 2 \cdot \text{SS}) + 70$$

の算定式となる。この場合、5工場が予備処理をすることになり、平均料金は 163 SIT/m³、工場側の総投資額は2億2千万 SIT、この投資による汚濁負荷の削減量は COD, BOD, SS それぞれで 2011 kg/d, 981 kg/d, 541 kg/d となる。

以上、代表的な 3 ケースについて概要を説明した。なおそれぞれのケースの特徴については前章の 3.2.1 に述べた。一方、WWTPへの負荷削減量に注目する考え方がある。負荷削減量とそれに要する投資額の関係は、同じく前章の Fig. 3.2.1 に示されている。この表によると SSは投資額にかかわらず削減効果はほぼ一定、CODは投資効果が大きく投資額に比例して削減量は増加するが、2億4千万 SIT あたりから飽和の傾向がある。BODも CODと同じ傾向であるが、投資効果はそれほど大きくない。また同じ投資額と削減効果でも複数の料金体系式が存在する。従って、算定式の設定に際しては投資効果と算定式の特徴の双方を考慮する必要がある。どのような考えを採用するにせよ実施に際しては、更に多くのケースを検討

し行政、経済並びに政治的要素を加味して判断すべきである。方法については計算プログラム(FORTRAN)のディスクレットを添付するのでそれを参照されたい。

なお、ここで強調したいのは料金の算定式が行政当局の政策を具体的に表すものであり、本調査によってその政策がもたらす結果をある程度予測する手法が確立されたことである。

以上の考察を基に、今後市当局がなすべきことについて以下に述べる。まず第一になすべきはWWTPシステムの決定である。前章3.2.1項に述べたようにマリポール市全体の廃水処理のトータルシステムは、WWTPと工場に分けられるので、WWTPのシステムが決定されなければトータルシステムの最適化を図ることができない。

第二に行うべきは、工場の汚濁負荷(COD, BOD, SS)をWWTPと工場でどのように分担するか論議である。本調査の結果によれば、現行の排出基準のもとではほとんどの工場がWWTPへ放流すると予想される。もし市当局が工場側にWWTPへの汚濁負荷削減を求めるのであれば、何らかの規制を設けるか料金体系を工場が予備処理をするようなものにする必要がある。その場合、本調査により汚濁削減量、投資額、料金体系などの関係が明らかになっているので、それを利用できる。

第三には、上記の予備処理に関する予想は、コンピュータプログラムの経済計算によるもので、工場側の判断によるものではないということである。従って、予測結果を工場側と話し合い確認と修正を行う必要がある。

以上の議論を踏まえた上で全体システムをどのように構築するかを決めることが可能になる。しかし、ここで留意すべきは、上記の議論はあくまでも現時点のものであり、将来におけるシステムはマリポールの産業廃水の予測データがなければ考えられないということである。因みに日本では、高度成長期に工業用水の大幅な増加を予想したが、実際は再利用が進み実質的な工業用水の需要増加はわずかであった経緯がある。工業の汚濁負荷は生産量に比例するのが原則であるが、産業構造の変化もあり予測は慎重に行う必要がある。

3. 2 COD_{cr}の除去

WWTPに流入する総廃水量に対する繊維・染色工場廃水の占める割合は約20%占める。繊維・染色工場廃水は難分解性COD成分を多く含まれており、WWTP放流基準値100mg/Lを達成されない危険性が考えられるので検討したものである。下記に日本の実例に基づいて提言するので参考にされたい。

1) 廃水の特徴

WWTPに流入予定のマリポール市全体の廃水の特徴として、全体廃水の中の繊維・染色5工場廃水(M-1、S-1、S-2、S-3、S-4)の占める割合が高いことである。すなわち、水量で20%、COD_{cr}で11%占めている。一方、COD_{cr}濃度の高い食品、化学5工場(M-4、M-6、M-7、S-6、A-5)の場合で、全体廃水量中に占める割合は水量で5.3%、COD_{cr}で11%となっている。

また、両者を合わせた場合の比率は水量で25%、COD_{cr}で22%占めている。(Table 3.2.1)。

2) 繊維・染色廃水

(1) 廃水特性

- ①難分解性CODを多く含む
- ②着色度が高い
- ③発泡性がある
- ④窒素、りんおよび硫黄の含有量が高い工程廃水がある
- ⑤BOD/CODが小さい。

特に、難分解性CODを含むため生物処理におけるCODの除去率が低くなるので、WWTPの処理システムの選定にあたって考慮しなければならない事項である。

(2) COD_{cr}除去についての注意事項。

一般生活排水に繊維・染色廃水が混入した廃水を好気性処理すると、混入率が高ければ高いほどCODの除去率が低下する。これは日本における実績から明らかである。そのデータをFig 3.2.1に示す。

Table 3.2.1 全体廃水と繊維・染色廃水およびその他廃水との比較

	m ³ /d	CODcr	
		mg/L	kg/d
(1)全体水量 (WWTP流入予定)	36,600	691	25,517
(2)調査対象20工場廃水	11,558	500	5,784
(3)繊維・染色工場廃水(5工場) 繊維・染色/全体 × 100, %	7,342 20	387	2,838 11
(4)CODcr濃度の高い食品、化学 (5工場) 食品、化学/全体 × 100, %	1,938 5.3	1,400	2,710 11
(5).(3)+(4)/全体 × 100, %	25		22

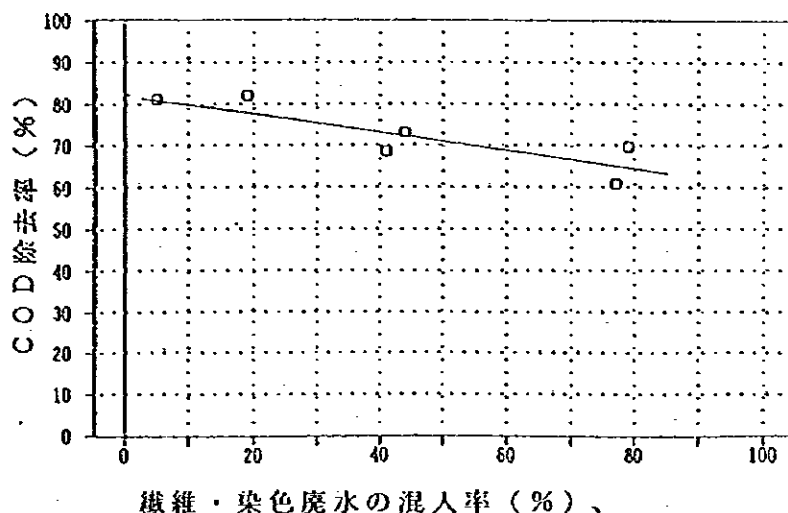
注記：(1)全体水量は マリホール市作成のプロポーザルより引用した。

(2)調査対象20工場の廃水はIV章 Table 1.1.2より計算した。

(3)繊維・染色5工場廃水 (M-1、S-1、S-2、S-3、S-4) の数字はIV章のTable 1.1.2より計算した。

(4)CODcr濃度の高い食品、化学工場廃水 (M-4、M-6、M-7、S-6、A-5) はIV章 Table 1.1.2より計算した。

Fig 3.2.1 受入水量比率とCODMn除去率の関係



繊維・染色廃水の混入率(%)、

出典：日本上下水道設計(株)資料

このデータはCODMnの除去率であり、CODcrの場合のデータではない。しかし、このデータから推定すると、CODcrの除去率は若干低くなる危険性があるので、WWTP計画のためのプロポーザルに示される原廃水のCODcr 691 mg/Lを100 mg/Lまで処理することは非常に難しいものと推定される。処理方法にA₂Oシステムを採用し、凝集剤を添加すれば若干除去率は高くなると思われるが、それでも、CODcr 500 mg/Lを100 mg/Lにするのがぎりぎりであろうと思われる。したがって繊維・染色工場については、あらかじめある程度のCODcr除去を目的とした予備処理設備を設置せざるを得ないことも予想されるので、WWTPにおける処理プロセスの検討の際には注意を要する。

3) CODcr濃度の高い食品、化学工場廃水

食品工場廃水の場合、生物処理で分解されやすい成分を含んでいるので、繊維・染色廃水のCODcrの除去率より高くなると思われるが、CODcrの濃度が極めて高く、絶対量は繊維・染色廃水と同様であるので、WWTPの処理プロセスの検討の際には注意を要する。

場合によっては、CODcrの排出量の多い工場に対してCODcr削減のための予備処理を行う必要があるかも知れない。

各工場毎に汚濁負荷量削減のための予備処理装置の概念設計を行った際にCODcr削減量の予測も行ったので参考にするとよい。

4. 政府の採るべき施策

4. 1 基本方針

公害防止、環境保全をめざし、事業活動の環境への影響を最小限度にとどめるための、第一かつ最小限の努力が規制基準の遵守である。このためには、枠組み、人材、技術、資金の四つの柱がバランスよく用意されなければならない。

スロヴェニア国では、1996年に、工場廃水の河川放流基準およびWWTP放流基準が制定されたが、その基準を各企業が遵守しなければ、また行政側も各工場に対して、適切な管理・指導を行わなければ、環境汚染はますます進行することになる。

いずれにしても、環境保全を効率よく推進していくためには、行政側および工場側に人材の育成および環境対策投資を促進するための金融上の優遇制度の創設、さらに工場側に対してコンサルタントができ、処理設備を設計、施工するためのエンジニアリング会社の育成が不可欠である。

4. 2 人材の育成

水質汚濁防止対策を進める上で、汚染発生のメカニズム、汚染物質の拡散、健康被害、防止対策、測定方法などに関する幅広い分野の知識・技術の習得が必要である。

これらの知識・技術を持った専門家が中央政府、地方都市、企業等に配置されることにより、効果的な環境対策を進めることができる。

環境専門家を迅速に育成するためには、中央政府の主導の下に環境問題や人材育成を専門に取り扱う機関を設置することが重要である。この機関の内容は下記のようなものが望ましい。

1) 位置付け

中央政府直属機関が関与する方式とし、幅広い分野の協力を得るためには、民間を含めた方式が望ましい。

2) 主な機能

- ① 環境技術の普及：汚染発生のメカニズム、汚染物質の拡散、健康被害、防止対策、測定方法等について知識習得のための講

習会を開催する。

② 専門家認定制度の創設：上記講習を修了した者に試験を実施し、合格者に専門家としての資格認定を行う。

③ 環境技術に関するテキストの作成：専門家として必要な知識を網羅したテキストを作成し、講習会での使用はもとより、広く頒布する。

④ 政府の環境対策に関する施策のPR

3) 設立の資金

中央政府、地方都市、産業団体、企業等幅広く資金を集める。

4) 運営

独立採算性を基本とするが、国からの補助金や産業団体からの会費等を運営費に充てることを検討する。

4. 3 環境対策投資に対する優遇制度

企業にとって環境対策の費用負担は生産に寄与しないマイナス投資とみなされている。

しかし、今後、企業が社会と共生していく上で、避けられない投資となっている。したがって、企業の環境対策投資を促進させるための税制、金融上の優遇制度の創設が望ましい。例えば次のような制度が考えられる。

1) 環境対策設備取得に係わる税の減免制度

廃水処理や水使用合理化に関連した環境対策設備を取得した企業に対して、原価償却期間の短縮や設備取得に係わる固定資産税の減免措置を創設し適用する。

2) 環境対策設備投資に対する低利資金の融資制度

廃水処理に関連した環境対策設備は企業の財政を圧迫するので、これを緩和するために、政府系金融機関において低利資金の融資制度または利子補給制度を創設する。

上記財源には環境税（例えば炭素税、上水・河川利用税下水道汚染超過金等が考えられる）を充てることも一方法である。

なお、公共用水域への排水基準を超過することに対して課する罰金を充てることは、ある一定期間はやむを得ないが、これを恒久的制度とすることは、企業間に不公平感を生み、環境対策投資意欲が減退する恐れがあるので、十分な検討が必要である。

4. 4 エンジニアリング会社の育成

現在のスロヴェニアにおいては、今まで廃水処理技術に関する需要が少なかったため、水処理エンジニアリング会社の絶対数の不足、実力が不足しているように思われる。

エンジニアリング会社は各企業に対して、専門知識を提供することにより代償を得、一方企業側は自分の持ち合わせていない技術を提供されることにより、効率化を進めることができる。いわば車の両輪の関係にあると言ってよい。

独自にエンジニアリング会社を育成するには、多くの時間と労力を要する。できるだけそれを早めるために、外国との合併で技術を習得し、育成する方法を検討することが望ましい。

VI. 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踏緒になれば、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。