

## 7-5 その他の対策に関するケーススタディ

### 7-5-1 海底等の汚泥浚渫の実施

海底や川底に堆積している汚泥を浚渫除去する方法の考え方の試案を示す。

浚渫を行うにあたっては、最適浚渫工法の選定、汚泥粒子の湾外への拡散を防止する方法、堆積汚泥悪質成分の海水への溶出による二次汚染を未然に防止する方法、堆積泥の投棄場所の選定及び構造等について、十分に調査研究することが必要である。

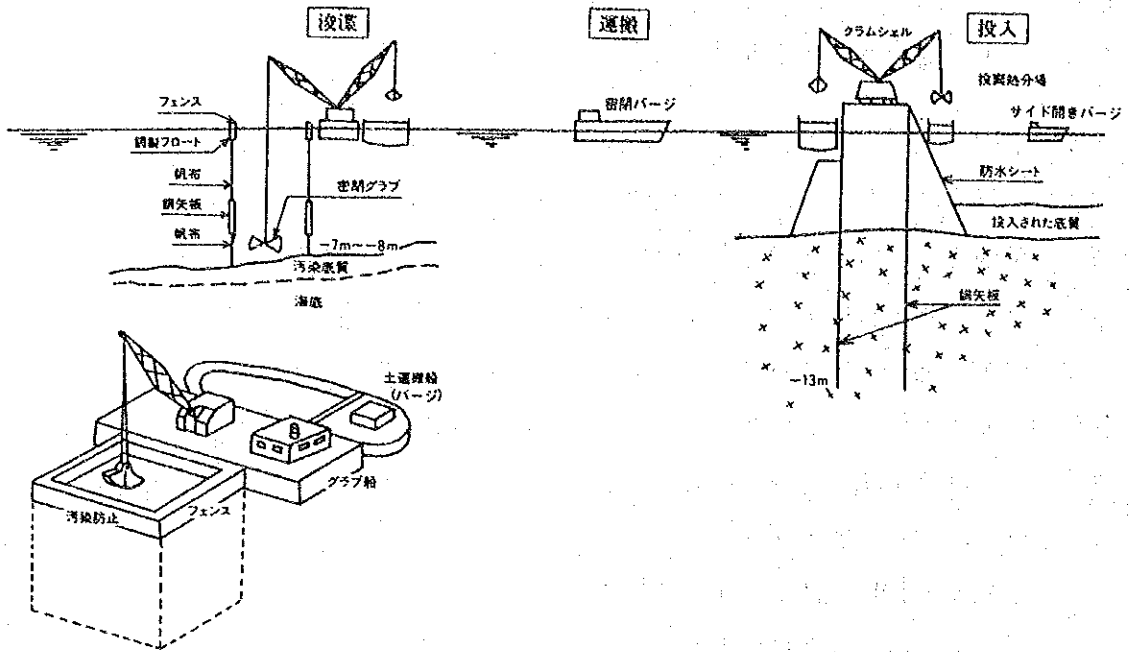
浚渫事業計画を策定するにあたり事前に調査すべき項目は、下記に示した洞海湾での経験がそのまま役立つと思われる。これらの調査結果に基づき、浚渫箇所、投棄場所、浚渫範囲、浚渫工法、二次公害防止対策などについて詳細に検討することが必要である。

- ① 堆積泥の化学成分調査
- ② 堆積泥の物理的及び土質工学的性質
- ③ 堆積泥の浚渫作業に対する最適工法
- ④ 堆積泥の沈降試験及び湾外流出に関する研究
- ⑤ 堆積泥間隙水の水質試験
- ⑥ 堆積泥間隙水の地盤浸透に関する諸問題
- ⑦ 堆積泥成分の海水への溶出試験
- ⑧ 堆積泥投棄地域の堤防、護岸工事及び構造等に関する調査
- ⑨ 投棄海域における上層水の地下圧入法
- ⑩ 堆積泥の小規模投棄試験に関する調査
- ⑪ 浚渫実験

浚渫の実施に伴い、二次公害を引き起こさないよう十分に考慮することが必要である。洞海湾で採用した下記の方法は、大いに参考になると考えられる。(4-5-4(2)汚泥浚渫の項を参照)

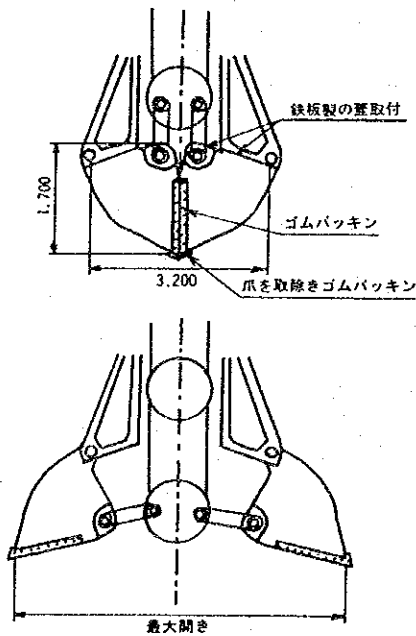
- ① 浚渫時：浚渫船は改良型グラブ式(図7-5-1、図7-5-2参照)
- ② 運搬時：函型の完全密閉式(図7-5-1、図7-5-3参照)
- ③ 投入：防水シート、沈澱濾過処理装置(図7-5-1参照)

図7-5-1 洞海湾の底質処理工程図



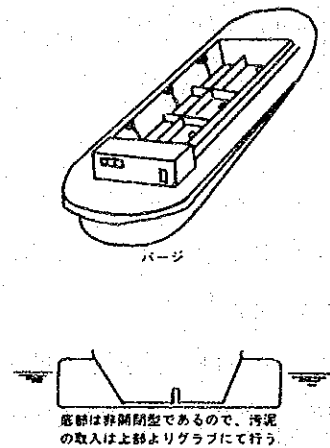
出典：北九州市港湾局「北九州市の港史」(1990)から引用

図7-5-2 洞海湾の汚染底質の浚渫に用いた改良グラブ



出典：北九州市港湾局「北九州市の港史」(1990)から引用

図7-5-3 洞海湾の汚染底質の浚渫に用いた土運搬船(密閉バージ)



出典：北九州市港湾局「北九州市の港史」(1990)から引用

## 参 考 资 料



# 1 工場廃水削減処理対策の技術的ノウハウ

ジャカルタ地域では、今後、既存工場の廃水規制、指導の強化を進めるとともに、新たに設置する工場に対し廃水対策を徹底させることが必要である。

これらの取組みを進めるにあたっては、ただ単に廃水処理施設を設置するだけでは不十分である。効果的かつ経済的に進めるためには、生産工程での廃水量の削減を図った上で、廃水の性状に合致した廃水処理施設を選定し、設置するとともに適切な保守管理を行っていくことが不可欠である。

ジャカルタ地域の工場、行政、民間コンサルタント及び大学等では、公害防止の経験はまだ日が浅く、工場廃水対策に係る技術やノウハウの蓄積はそれ程多くはない。このため、廃水の削減、処理施設の企画・設計、施工、運転、保全、管理等が適切に行われず、処理施設の機能が十分に発揮されない、廃水基準に適合しない、発生したトラブルに十分対応できないなどの問題が生じている。

このような状況に対応するためには、工場の公害対策責任者や技術者、行政の担当官及び民間コンサルタントの技術者等の技術レベルを向上させることが必要であり、第6章では研修やセミナー等、様々な取組みを提案している。しかしながら、これらの施策を実施するに際し、ただ単に廃水対策や処理施設の概念や取扱い方法を一般論的に紹介するだけでは不十分であり、長い経験の中で培われてきた留意点やノウハウを十分に指導し、習得させることが不可欠である。

本項では、工場廃水の削減並びに処理施設の設計・施工、設置及び保守管理等に関し、北九州市等の地方自治体における行政や企業の第一線の現場に蓄積されている技術面の留意点やノウハウについて紹介する。なお、これらのノウハウは、基本的には、ジャカルタ地域の工場廃水対策に適用可能なものであるが、具体的な適用に際しては、個々の工場における公害防止の体制、技術レベル、生産工程の特性や廃水の性状等の実情に応じて適切に応用、修正を行うことが必要である。

## 1-1 工場廃水の効果的削減のノウハウ

### 1-1-1 廃水対策の基本

インドネシアにおいて廃水処理を実施するに際しては、廃水処理の経済性を十分に配慮して行うことが必要である。廃水を処理するにあたり、処理コストが生産コストにあまり影響を与えないか、または処理対策の実施が生産コストを同時に引き下げることが、適用性の高い処理対策、処理技術であると言える。

これまでの廃水対策は、発生した廃水を放流する直前の最終段階でいかにうまく処理するかという検討がほとんどであり、前段の生産工程までに遡って改善を検討することは少ない。生産工程そのものを改善することによる廃水対策は、より効果的で、過大な経費を必要としない、廃水処理コストの低い廃水対策である。

廃水処理施設を設置すること以外の廃水削減対策としては、次のものがある。

- ① 排水量を削減する。
- ② 性質の異なる廃水を混合しない。
- ③ 濃度の異なる廃水を混合しない。
- ④ 処理水を再利用する。
- ⑤ 廃水中から有価物を抽出し、再利用する。
- ⑥ 廃棄物を他の用途に使用する。
- ⑦ 排水への汚濁物質の混入を低減する。(排水中の汚染度を下げる。)
- ⑧ 製造方法を節水型に転換する。

これらの対策は、北九州市をはじめとした日本の中小工場においても十分に採用されているとは言えないものであり、ジャカルタ地域においてもほとんどの工場が、これらの方法を採用してはいない状況にあると思われる。今後、工場側では、これらの方法を積極的に採用していくことが必要であり、また、行政側としては、これらの方法に十分配慮して廃水対策の指導にあたる必要がある。

以下に、これらのうち①から⑥までについて詳細を示す。

### 1-1-2 処理施設を用いない廃水削減対策の例

#### (1) 廃水量の削減

工場用水は、各々の国の水質、水量などの水資源事情により製造コストは大きく異なるが、一般に、工場用水のコストは製品の生産コストのかなりの部分を占めており、工場用水量の削減は低コスト化の極めて有意義な方法である。工場内での用

水消費の抑制は、廃水量の削減をもたらす。このため、まず工場内で多量に使用されている洗浄水の削減について検討を行うことが非常に効果的である。

工場内での洗浄作業としては、原材料の洗浄、原材料運搬容器の洗浄、製造工程機械・機材の洗浄、作業場内床等の洗浄があるが、その必要性、使用量、方法等を精査し、洗浄水量を最小限に抑えることが必要である。以下にその考え方を示す。

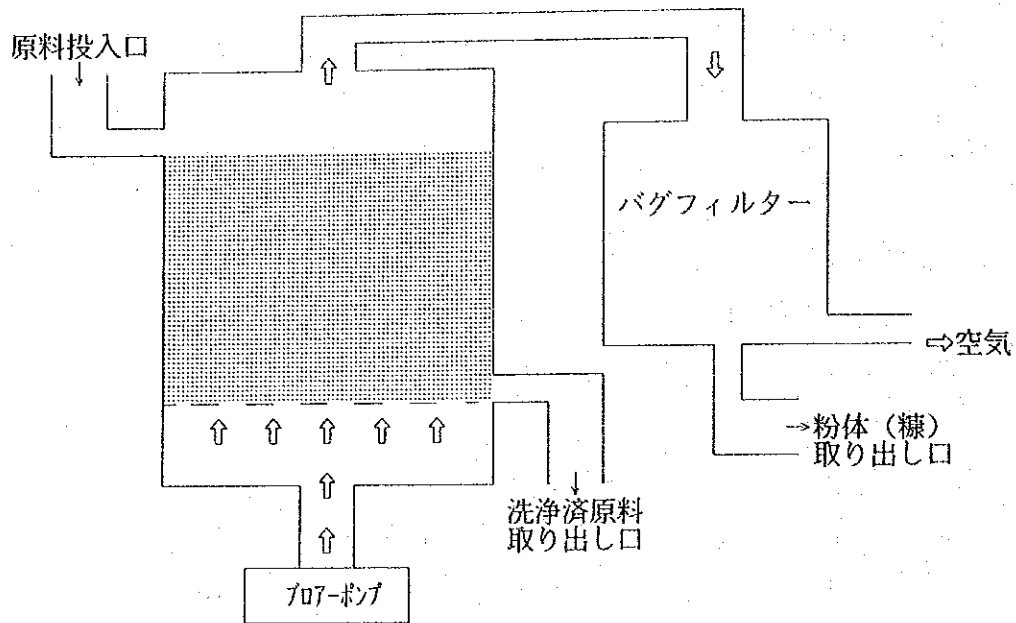
#### ア 原材料の洗浄

工場内に搬入された原材料について、十分な調査もせずに習慣的に洗浄を行っている場合がある。製造工程の次のプロセスで付着物が製品の品質を低下させたり、生成反応を妨害するような可能性がなければ、洗浄作業は中止すべきである。また、洗浄を行わなければならない場合でも、原材料が洗浄水へ溶出することを最小限にする方法で洗浄作業を行うことが必要である。洗浄水への原材料の溶出は、原材料の損失であるとともに汚濁水の発生を意味している。

原材料洗浄水の実践的な削減方法をいくつか紹介する。まず、原材料を原地で洗浄処理する方法が最も簡便で効果的であり、原材料購入に際し、洗浄済であることを品質の条件としておくことによって、清浄な原料を入手できる。特に、農産物や水産物を原料とした場合、原産地での簡易処理を含めた洗浄処理は、工場内での洗浄水削減に極めて効果的である。しかし、洗浄済みの原材料を運搬・保管する過程での再汚染に十分注意しなければならない。

大豆、とうもろこし、コーン、米等の穀類を加工工程に移す前に、通常、水洗浄処理が行われているが、処理後の洗浄廃水は高濃度の有機性廃水となる。しかし、水の代わりに圧縮空気を使った空気洗浄では、穀類から糠等の有価物を容易に取り出すことができる。空気洗浄によって発生する糠等の捕集は、粉じんの除去に汎用されているバグフィルターが効果的である。さらに、ここで得られる乾燥状態の糠等は、そのまま飼料等に利用できる有価物となる。この方法によって、洗浄水の大幅な削減による廃水処理コストの低減と糠等の飼料への販売収入の経済的効果から、空気洗浄装置への設備投資は十分回収できる。(付図1-1-1参照)

付図1-1-1 空気洗浄装置模式図



#### イ 原材料運搬容器の洗浄

原材料が物理的・化学的に安定なものについては、原則として運搬容器は洗浄しないこととする。

メチルアルコールから、酸化反応によりホルマリンやピリジンを合成する工場で、廃水処理コストの削減を検討した例を紹介する。原料のメチルアルコールを運搬するドラム缶は、運搬終了後、空のドラム缶を水で洗浄し、ドラム缶再生業者へ渡している。このとき発生する洗浄廃水が問題となった。ドラム缶1本(200ℓ)あたり、約1リットルのメチルアルコールが残存しており、洗浄廃水は約2,000ℓ、BOD値は約400mg/ℓであった。このため、空き缶の洗浄を中止し、原料の運搬に同じドラム缶を使用することにより、洗浄水の大幅な削減が可能となり、工場全体のBOD排出総量の60%以上が削減できた。



## ウ 製造工程機械・機材の洗浄

一般に、工場内における製造方法には、主として大工場に採用されている連続式と、主として中小工場に採用されているバッチ式がある。

連続式の製造方式では、事故、補修点検、製造工程の改変がない限り、生産ラインを停止しないため、製造工程の機械・機材の洗浄の必要性はない。一方、バッチ式は、多種多様な製品の製造に適用される場合が多く、一回の製造が終了するごとに製造機械の洗浄が行われており、この時発生する洗浄水が高濃度廃水となっている。この洗浄水の中には、原料、中間製品、完成製品の一部分が含まれ、これが汚濁廃水となって廃水処理コストを上げる一因となっている。

製造終了後、機械の洗浄が必要となる場合としては、製造品目が変わる時、前回製造の残留物が、次の製造開始までに腐敗や固着等の変質を起こし、次の製造作業に支障をきたす時、製造の残留物が製造機械・機材を腐食する恐れのある時などが考えられる。しかし、これらの問題点がない場合でも、習慣的に1バッチごとに洗浄を繰り返し、汚濁廃水を作りだしている事例もある。

バッチ式製造工程機械の洗浄水削減対策としては、基本的に少量の水に分けて洗浄し、毎回洗浄廃水を除去して、洗浄作業を繰り返す。また、最初の洗浄水には、高濃度の製品が含まれているため、濃縮して製品として還元するか、あるいは使用レベルを落とした他の目的に使用する等の再利用を検討する。製造品目によっては、1回目、2回目の洗浄廃水は、次の製造工程における原材料の溶解に用いる用水として使用し、汚濁水の削減に努める。

染料等の着色物質の製造においては、発生する高濃度洗浄廃水を色別に貯溜し、これを同色の着色物質を製造する場合に、必要に応じて原材料の溶解用として使用しているケースもある。

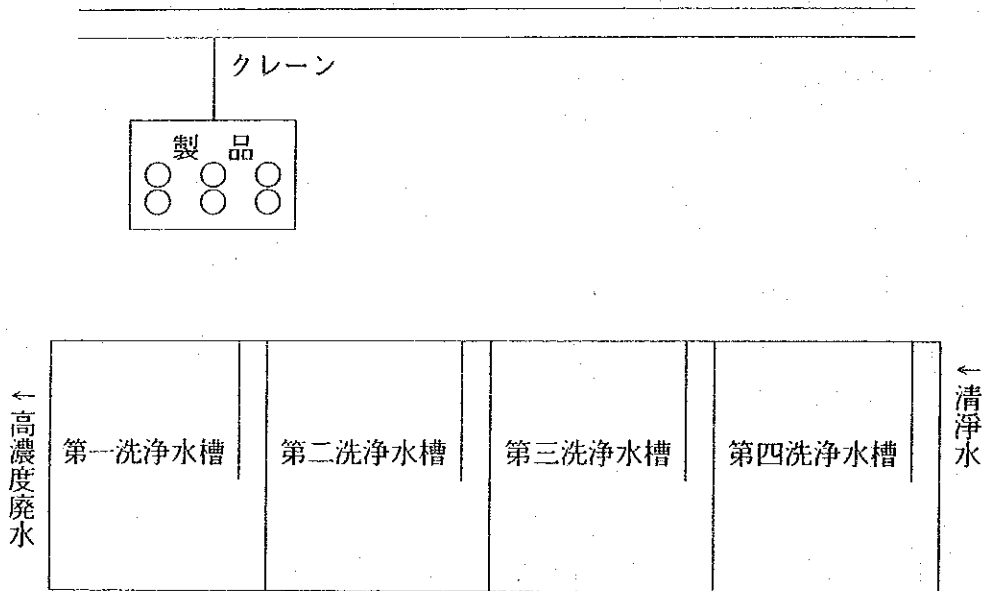
## エ 仕上工程での洗浄

一般に、仕上工程での洗浄は、製品の品質確保のため過剰な洗浄が行われている場合が多い。これを防ぐには、事前に必要な洗浄水量を求め、これに基づいて作業基準を作成して節水に努める。製品が温度に対して安定な物であれば、洗浄力の大きな最小量の温水で洗浄し節水を行う。

洗浄作業は基本的に、使用洗浄水量を一回の洗浄にすべて使用するより、数回に分割して洗浄と排水を繰り返した方が洗浄効率は高い。また、製品を数少ない洗浄水槽に浸漬するより、洗浄水槽を数個準備し、製品を順次浸漬していく多段洗浄方式が最も洗浄効率が高く、洗浄廃水の削減には非常に有効である。ちなみ

に、単純な浸漬法による洗浄と多段式のそれが同程度の洗浄効果を得るために要する洗浄水量を比較すると、3段槽で約1/10、5槽で約1/50となる。ただし、多段式洗浄方式では洗浄水槽の設備費、設置場所、運転管理が必要となる。（付図1-1-2参照）

付図1-1-2 多段式洗浄法



オ 作業場内床の洗浄

液体を多量に使用する化学工場では、配管の継ぎ手やバルブの周辺、反応装置の外回りに、反応液の漏出液が観察されることが多い。この漏れ液は、生産コストには量的にほとんど無視できるが、これが洗浄によって廃水処理装置に流し込まれると、大きな汚濁負荷になる場合が多い。

例えば25%のクロムメッキ液が、メッキ工程で10m<sup>l</sup>漏れたとし、これを洗い流してそのまま環境中に排出しようとするれば、日本の排出基準0.5mg/lに合格するには、5m<sup>3</sup>の水で希釈しなければならない。いかにわずかな液漏れが、汚濁廃水を発生させるものであるか理解できよう。

作業場内における原材料、中間製品、完成製品等の漏出、飛散等は作業環境の

安全衛生の問題から防止しなければならないが、洗浄廃水量を削減する立場からも十分注意しなければならない。また、原材料等の漏出が発生した場合、安易に洗浄水で洗い流してはならず、最初に布や紙でふき取ったり、少量の高圧水で洗浄したり、また可能ならば洗浄しながら洗浄水を吸引回収する装置を使用するなどにより、洗浄廃水量の削減に努めなければならない。

## (2) 性質の異なった廃水の分離

従来から廃水処理設計では、廃水の合併処理を目指して、より総合的な廃水処理装置が考案され製作されてきた経緯がある。しかし、廃水処理の運転操作が簡便で、保全・管理を簡易なものとするには、処理装置をシンプルなものとし、廃水の種類別に分けてそれぞれ適正な処理方法で処理することが必要である。

例えばメッキ工場においては、様々な重金属廃水が発生するが、一般的な凝集沈澱法を使用する限り、鉛、ニッケル、亜鉛等を含む廃水と六価クロムを含む廃水とは混合してはならない。なぜなら、六価クロムを無毒性の三価クロムへ変換処理するには還元反応が必要であるが、他の金属類の共存はこの還元反応を妨害するからである。もし、多種類の金属を同時に処理しようとする、廃水処理装置は非常に複雑なものになり、設備費が高くなるとともにメンテナンスに要する経費も増加する。

また、シアン廃水に厨房から出る雑排水を混合してしまうと、酸化剤が雑排水中の有機物の分解に消費され、シアンの酸化分解反応が円滑に進まず、処理が困難になる。更にシアン廃水を金属廃水と混合することは、極めて危険である。ほとんどの金属廃水は酸性となっており、シアン廃水との混合で液性が酸性に傾くと猛毒のシアンガスが発生する。過去、日本では、異なる生産工程から発生したシアン廃水と酸性廃水を下水溝に廃棄した結果、大量のシアンガスが発生し、これが下水溝内で作業していた技術者を死に至らしめた事例もある。

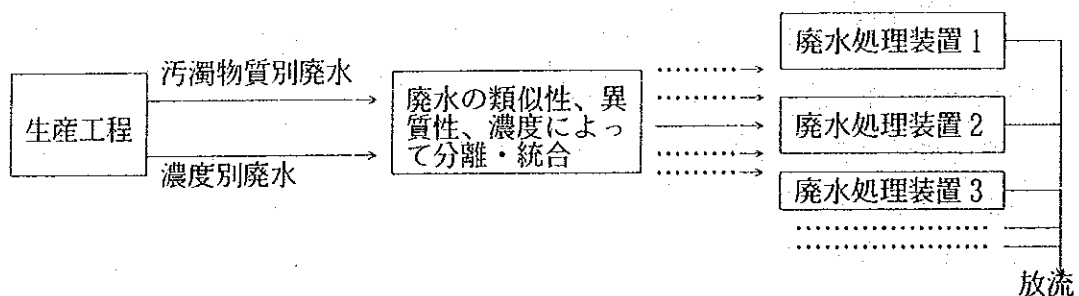
## (3) 濃度の異なった廃水の分離

廃水の質によって分別処理する必要性については、先に紹介したが、同じ汚濁物質を含む廃水でも濃度によって分別処理することが、処理コストの低減に極めて有効である。

経済的な余裕のない中小企業の工場では、廃水処理に対する投資は限られており、多くの場合、処理装置（施設）は非常に貧弱である。その上廃水の濃度に関係なく、すべての廃水は混合され処理されている。結果として廃水量が増え処理コストを増

加させていることになる。例えば高濃度の廃水では、内容物の純度が高ければ原料の溶解液に使用したり、更に濃縮して有価物を回収することができる場合がある。希薄廃液ではpH調整調整後、更に希釈して排出基準以下として環境へ放流することができる。（付図1-1-3参照）

付図1-1-3 廃水の質と濃度による分別処理



#### (4) 処理水の再利用

処理水の再利用には、汚濁度が小さい排水を分離し、pH調整等の簡単な処理をした後で再利用する場合、あるいは通常の廃水処理装置によって得られた処理水を再利用する場合がある。しかし、処理水の再利用については、①安全性、②経済性、③運営管理性（受入れ体制を含めて）等の制約条件があるが、最終的には「どのような水をどのようにして、何に使用するか」によって、処理水再利用の可能性が決定される。

参考として、用水（処理水）中に含まれる不純物によって起こる可能性のある障害とその除去処理法を付表1-1-1に示す。

処理水を再利用する場合に要求される水質を用途別に付表1-1-2に示した。

付表1-1-1 用水中に存在する不純物によって起こる障害及びその除去処理法

成分	障害	除去処理法
濁度	水の濁りであり、沈積を起こし、大部分の製品処理用に困る	凝集、沈殿、ろ過
色	ボイラのあわ立ち、沈殿生成による水処理の障害、製品に色がつく	凝集、ろ過、塩素処理、活性炭による吸着
蒸発残留物	これが大きいとボイラのあわ立ち、その他製造工程に障害を起こす	懸濁物・溶解物質の合計であるからそこを見よ
懸濁物	不溶解性物質で沈積物をつくり管をふさぐ	除濁、凝集、ろ過
溶解蒸発残留物	蒸発残留物の項と同じ	軟化、脱塩、蒸留
pH	2以下は酸性が強く、10以上はアルカリ性が強いので腐食	アルカリまたは酸で中和
導電率	大きいものは腐食が強くなる	溶存物質を減少させる方法
硬度	スケールの生成、せっけんの使用や染色などに障害になる	軟化、蒸留、缶内処理、表面活性剤
アルカリ度	あわ立ち、苛性碱の原因、ボイラのぜい化、蒸気中にCO <sub>2</sub> 、腐食の原因	酸処理、石灰軟化、脱アルカリ、その他
遊離酸	腐食	アルカリ中和
CO <sub>2</sub>	腐食	脱気、アルカリ中和
SiO <sub>2</sub>	スケールの生成、タービン翼の沈積物の生成	脱けい、蒸留など
Ca, Mg	硬度の項と同じ	溶解蒸留残留物の項を参照
Fe <sup>2+</sup> , Fe <sup>3+</sup>	水の変色、沈積物の生成、製品の着色、染色皮なめし、製紙などに障害	エアレーション沈積、ろ過、イオン交換など
Mn	鉄に同じ	鉄に同じ
Cl <sup>-</sup>	腐食性を増す	脱塩、蒸留
Cl <sub>2</sub>	腐食、酸化	還元、脱塩
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Caと化合してスケールをつくる	脱塩、蒸留
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	通常無害	脱塩、蒸留
F <sup>-</sup>	歯、骨に障害を起こす	イオン交換、吸着、沈殿、その他
溶存酸素	腐食	脱気、還元剤の添加
硫化水素	臭気、腐食	エアレーション、塩素処理、イオン交換
アンモニア	可溶性錯塩生成による銅および亜鉛合金などの腐食	イオン交換、塩素処理、脱気
油脂分 (n-ヘキサン抽出分)	材料のスケール、缶泥、あわ立ち、熱交換の効率低下、大部分の製造工程に有害	油分離、凝集ろ過、けいそう土処理など
生物障害	スライム、パイプ閉塞など	各種の方法がある

出典：日本工業用水協会「水処理実験法」(1973)

付表1-1-2 用途別水質限界値

水質		ボイラ	製品処理洗浄	冷却	温湿調整
濁電気伝導度 塩素イオン	腐食	5度以下	10度以下 5度以下	10度以下	5度以下
		10 ppm以下		150 μ以下	150 μ以下
Mアルカリ度 全硬物	スケール	7.0以下	6.0~8.5	7.5以下	7.5以下
		50 ppm以下		50 ppm以下	50 ppm以下
蒸発残留物 シカリ	変色	100 ppm以下	100 ppm以下		
		10~15 ppm以下			
全マangan アンモニウムイオン	スライム		10度以下 0.5 ppm以下	0.5 ppm以下	0.5 ppm以下
			0.1 ppm以下		
B O D	発泡		1 ppm以下	1 ppm以下	1 ppm以下
C O D		2 ppm以下	2 ppm以下	2 ppm以下	2 ppm以下
A B S			0.5 ppm以下		0.5 ppm以下

出典：日本工業用水協会「工業用水水質」（基準制定委員会、1969）

(5) 有価物の取り出しと再利用

すでに述べたように、排水中に水以外の物質が混入することは、環境への排出や水処理の観点から見ると、汚濁廃水を発生させていることになる。一方、製品の生産コストからみると、汚濁廃水の発生は原料、中間生成物、製品等の損失を意味しており、汚濁物質が有価物であれば、回収操作を検討することが必要である。

この場合、回収した有価物の再利用による利益に回収によって削減される廃水処理費を加算したものと、回収に要する経費を比較し、回収コストが低ければ回収操作は実施すべきである。しかし、両者がほとんど同程度で、企業としての経済的メリットがない場合でも、省資源の立場から回収作業は実施されることが望ましい。回収操作を検討する前に最も留意すべきことは、処理廃水を質的に系統分離することである。異質な廃水の混合液から得られるものは、ほとんどの場合価値のない汚泥であり、廃棄物として更に処理しなければならない。

次に代表的な回収方法を紹介する。

ア 常圧蒸発濃縮

回収しようとする有価物の沸点が100℃以上で熱に安定であれば、一般に加熱蒸発による濃縮法が採用される。濃縮後、有価物が結晶性のものであれば、適当な温度まで下げると結晶が析出する。結晶性でなくても一定の濃度になれば、濃縮液の内容に応じて原料や精製前の製品として再利用することができる。蒸発した水も放冷すれば、再利用も可能である。

#### イ 減圧蒸発濃縮

減圧が可能な密封容器に廃水を移し減圧濃縮を行うが、廃水の温度が高ければ容易に濃縮が行える。またこの方法は、熱に不安定な物質の濃縮に有効である。蒸発した水も放冷すれば、再利用も可能である。有機酸を含む廃水を水酸化ナトリウム水溶液で中和し、減圧濃縮して有機酸ナトリウムを回収している例もある。

#### ウ 蒸留分離（分留分離）

廃水中に含まれる有機性有価物のうち、その沸点が水の沸点より低ければ、沸点毎に蒸留分離して目的有価物を取り出すことができる。例えば、従来から蒸留酒製造工程から発生する蒸留廃液を更に精密蒸留し、フーゼル油などの高級アルコールを回収することが行われている。この回収操作はコストが高いため、回収すべき有価物の価値が高い場合しか使用できない。

#### エ 曝気分離

低沸点物質、ガス状物質の分離に使用される。例えば、シアン廃水を酸性とし、遊離したシアンガスを回収している例、アンモニアを多量に含む廃水をアルカリ性とし、これをばっ気してアンモニアを硫酸水溶液にトラップし、硫酸アンモニアとして回収している例等がある。

#### オ 液性調整及び化学反応による分離

廃水のpHを変化させることにより、固体もしくは疎水性の液体として分離し、有価物を回収する。また、廃水を酸化・還元して、有価物を不溶性物質に変換し回収する方法も採用されている。

### (6) 高濃度廃水の燃焼処理

有機性廃水を濃度別に分離して処理したり、あるいは濃縮操作等によって、有価物の回収を試みても、再利用できるまで十分な純度が得られない場合は、通常の有機性廃水として処理しなければならない。しかし、廃水中に微生物処理に対して難分解性を示す有機物が含まれている場合は、燃焼処理によらなければならない。

含水率の高い廃液の燃焼処理は、通常石油等の燃料を使用して強制的に焼却しなければならないが、非常に高い処理コストとなる。例えば、含水率が90%以上の廃水1m<sup>3</sup>を処理しようとする、石油1リットルが50円の場合、水の蒸発潜熱600キロカロリー/kgから計算すると、約3000円必要となる。

有機性廃水で有機物濃度が約12%以上になれば、その廃液は燃料の補助なしで自燃するため、有機物濃度が12%未満であれば、あらかじめ濃縮操作で有機物濃度を上げた後、自燃処理することが可能である。また、有機物の主成分が廃油等の油性成分であれば6%程度で自燃する。

これら廃液の自燃処理によって得られた熱源は、廃水の常圧蒸発濃縮操作に使用すると共に、ボイラーの熱源としても利用できる。

### 1-1-3 廃水削減対策のチェックポイント

工場内における廃水削減を試みる場合のチェックポイント付表1-1-3に示す。

付表1-1-3 廃水削減対策チェックポイント

前処理工程での対策	チェック欄		
	可能	検討	不可
(1) 原材料の過剰洗浄の排除			
(2) 節水型洗浄方式の採用			
(3) 空気洗浄方式の採用			
(4) 汚染の少ない原材料への転換			
(5) 洗浄廃水中固形物の除去			
(6) 低濃度廃水や処理水の再利用			

原材料加工工程での対策	チェック欄		
	可能	検討	不可
(1) 節水型製造方法への転換			
(2) 高収率製造方法の採用			
(3) 高濃度廃水の再利用			

仕上後処理工程での対策	チェック欄		
	可能	検討	不可
(1) 仕上洗浄作業での基準化			
(2) 温水洗浄方式の採用			
(3) 浸漬洗浄から多段洗浄方式の採用			
(4) 洗浄廃水から固形物の除去			

製造機械及び床の洗浄工程での対策	チェック欄		
	可能	検討	不可
(1) 洗浄・清掃作業の基準化			
(2) 用水洗浄から拭き取り方式への転換			
(3) 常温水洗から蒸気洗浄方式への転換			
(4) 洗浄廃水から固形物の除去			



## 1-2 廃水処理施設の設計・施工上のノウハウ

廃水処理施設の設計・施工を実際の現場で行うにあたっては、市販の教科書や参考書を参考にするだけでは不十分である。これまでの経験に裏打ちされた詳細かつ多様なノウハウが必要である。

ここでは、無機性廃水の処理施設として一般に用いられている中和反応装置、連続式沈澱濃縮装置及び濾過装置について、設計・施工上の留意点及びノウハウを述べる。

### 1-2-1 中和反応装置

#### (1) はじめに

廃水処理施設を設置する目的は、廃水について中和、酸化、及び還元や沈降、濃縮及び濾過の処理を行うことにより、廃水中の酸、アルカリ、重金属を回収再利用するとともに、河川や海へ放流できるよう廃水の水質を改善することである。

中和反応装置は、廃水処理装置の中で最も重要なものであり、反応処理の状態が良ければ、後工程で行う沈降濾過の処理は容易なものとなる。従って、中和反応装置の設計にあたっては、後工程で必要とされる操作条件を実機レベルでいかに達成するか、が重要なポイントであり、下記の事項について詳細に検討を行う必要がある。

- ①槽の容量
- ②攪拌動力
- ③槽及び攪拌羽根の構造
- ④接液部の材質

#### (2) 槽の容量

槽の容量は、プロセスの目的を達成するために必要な処理時間に見合うだけのものが必要である。すなわち、槽の容量は、プロセスの要求度、処理液の特性（温度、密度、粘度）、固形物の物性（密度、粒度、溶解性、沈降性）、反応により析出する生成物の物性や成長具合などにより決定される。さらに、槽の容量は、攪拌機の形式、動力消費量を含めた処理コストの妥当性についても検討を行う必要がある。このため、槽の容量の決定は、次のデータを基礎として行われる。

- ①ベンチスケールでの小規模テスト
- ②パイロットプラントでの中規模テスト

### ③同種プラントの実操業の例

ベンチスケールでのテストは、ガラス製ジャーを用いたバッチ操作の場合が多く、スケールアップ用のデータとして使用するには豊富な経験が要求される。中規模テスト、または実操業のデータを用いる方が安全であり、処理に要する滞留時間（反応時間）に見合う容量を確保することに留意するだけで十分である。

スケールアップ率は、50倍程度が妥当であり、一気に100～1,000倍ものスケールアップを行う時には、予測できない結果を生じる場合がある。

従って、スケールアップ率が余りにも大きい場合は、槽を複数並列に並べた方が良いが、その場合には、他の周辺設備を含めた設備コストを検討し、過大なコスト高にならないよう注意する必要がある。

攪拌槽の滞留時間は、槽容積を処理流量で除した値であるが、これは「見掛けの滞留時間」である。一般に単段槽の場合、「真の滞留時間」は、見掛けの滞留時間の $\frac{1}{4}$ 以下であり、段数が増加するにつれ見掛けの滞留時間に近づいてくる。従って、pH中和反応槽等において特に石膏や水酸化物の結晶生成を伴う場合には、単段より2段、3段の中和反応槽を直列に配し、真の滞留時間不足による成長不良を防止する。

結晶の成長を促進させるため、後工程設備のシックナーのアンダーフロースラリーの一部を中和槽の1段目に戻して、種として利用することもある。石膏生成ではこの方法を採用している場合が多い。結晶が大きく成長すれば沈降性も良くなり、濾過特性も改善され、全表面積が小さくなり洗浄効果があがるなど、副生成品としての品位が良くなり販売しやすくなる。

### (3) 攪拌動力

反応槽では、プロセスの欲求に従って攪拌機を取付けて攪拌を行う必要がある。同種プラントの場合には、単位容積当たりの攪拌動力を一定としてスケールアップを行っている。実機での実績がない場合には、小規模テストからのスケールアップとなるが、この場合、理論的な設計は困難であり、類似の反応槽等の実績を考慮して攪拌槽容量に見合う攪拌動力を設計する方が安全である。

小規模テストでは、使用する機具が実機に比べて特殊な場合が多いので注意が必要である。実機の $\frac{1}{50}$ 程度の中規模テストが実施できれば、スケールアップの成功率が高くなる。中規模テストでは、使用する攪拌機のモーターは可変速とし、さらに攪拌羽根は数種類を準備し、最も有利な攪拌条件を求めることが要求される。

このように攪拌動力はプロセスの要求に従って先に決定され、次に、この攪拌動

力を消費する攪拌羽根の形状寸法、回転数等が決定される。この場合、攪拌動力は次式で表される。

$$P = P_0 \cdot \rho \cdot n^3 \cdot d^5$$

$P$  : 攪拌動力 (KW)

$P_0$  : 攪拌動力数 (KW)

$\rho$  : 処理液の密度 (kg/ m<sup>3</sup>)

$n$  : 羽根の回転数 (rpm)

$d$  : 羽根の径

動力数  $P_0$  は実操業でのデータから容易に求められるが、理論的には様々な要素を含んでおり、専門技術者から各種の計算式が提案されている。

#### (4) 槽と攪拌羽根の形状

槽の形状は、角筒形と円筒形が大部分である。角形は、コンクリート製槽などにおいて採用されることが多いが、鋼板製は、強度の面から円筒形が多い。

槽の径高比は、特に制限する必要はないが、通常 1 : 1.5 ~ 2 であり、あまり大きい比にすると攪拌軸が長くなり、構造上で高価となるため必要以上には大きくすべきではない。反応促進のため、槽の外側から加熱したり冷却する場合は、伝熱面積確保のため径高比を大きくとる。また、空気等のガスを槽底部より吹込んで反応させる場合も、気泡の接触滞留時間を十分にとるため径高比を大きくする。逆に反応で多量のガスを発生する場合は、ガスを早く逃がす必要があるため、径高比を小さくすることもある。

円筒形の槽は、内側円筒方向にバックルプレートを設け攪拌効率をあげている。バックルプレートは、通常、直径の 1/10 程度の高さに 4 ヶ所ほど設けている。角筒槽の場合は不要である。

攪拌槽内は、生成物が付着成長して滞留時間が小さくなることがあるので、槽下部にはマンホールを設けておく。腐食性ガスまたは H<sub>2</sub> 等のガスが発生する場合は、天井部は密閉型にして排気設備を設置する。

攪拌羽根は、前述の攪拌動力を消費する形状、寸法及び回転数を設計する必要がある。羽根の形状には、平羽根タービン型、パドル型、プロペラ型、錨型等があり、処理液の性状によって使い分けられる。いずれも、槽内で混合攪拌が十分に行われることが必要であり、処理液の粘度が低く、固形物を含まないか少ない場合は、タービン型やプロペラ型を使い、径を小さくし高速で回転させる。逆に高粘度の処理液に対しては、パドル型や錨型を採用し、羽根径や巾を大きくし低速で回転させる。

これは、低粘度の液はの方が拌による流動が容易に伝達されるためである。

一般に設備コストは、大型羽根、低回転の攪拌機ほど高くなるので、羽根径、回転数は、最適条件を十分に検討する必要がある。また羽根は、槽高に対して単段～数段の羽根を付ける。攪拌反応槽の操作がバッチ式の場合は、槽内の液位が変動する。この場合、空転による軸振動が発生することもあり、満液条件で操作する場合に比べて、軸の強度を大きくして曲り等の変形を防ぐ必要がある。

#### (5) 接液部の材質

接液部の材質の検討は、磨耗や腐食を防ぎ、設備の寿命を延ばすために行う。腐食に対しては、処理原液の性状について検討し、磨耗に対しては、含まれる固形物の性状に対して設計を行う。

処理液が酸性の場合には、鉄鋼製にゴムライニングやFRPライニングを施工する。また、磨耗に対しては、耐磨耗性のゴムライニングを施工する。羽根と軸を取り付けるため、ボルトやナットを使用する場合は、金属材料を使用するので耐食性について慎重に検討する必要がある。いずれにしても接液部の材質については、実績のあるものを採用するか、耐食材料のメーカーと良く打ち合わせて決定する必要がある。

#### (6) 処理液添加設備

反応槽では、処理液に対して中和剤や酸化還元剤を添加して処理するのがほとんどであり、その添加設備の設計と添加量のコントロールが必要である。

通常、反応槽の処理液出口部にpH計やORP計を設置し、自動制御や記録を行う。pH計やORP計は、処理液に浸して測定するため検出部に生成物が付着したり腐食したりする。このため、メンテナンスが容易に行えるよう構造と取付位置を決定する必要がある。

## 1-2-2 連続式沈澱濃縮装置（シックナー）

### (1) はじめに

廃水処理において、中和反応槽等で反応させると固形物を生成することが多く、これを濾過分離する必要がある。固形物の濾過処理を行う前段の処理として、多くの場合、シックナー等の重力沈澱による濃縮装置を設置する。また、シックナーでSSが除去されることによって上澄液を得ることができる。

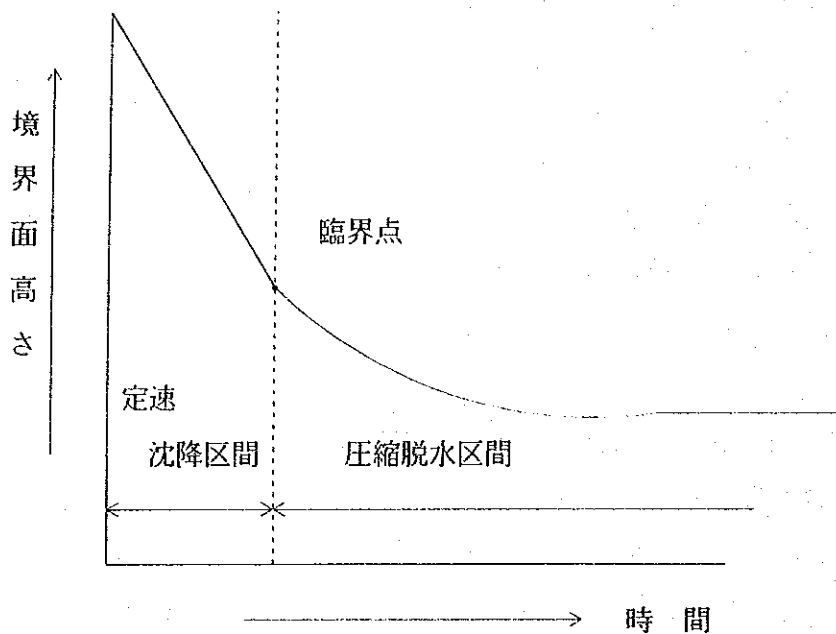
沈澱濃縮装置としては、バッチ式装置とスラリーの供給や分離した澱物と上澄液の排出を連続的に行う連続装置がある。前者を単に沈降槽(Sedimentation Tank)と呼び、後者をシックナー(Thickner)という。また、シックナーの下部にたまった澱物を機械的にかき寄せて排出する方式と、底部に大きな傾斜をもたせて自然沈降を容易にし排出する方式がある。これらは、処理液と含まれる固形物の性状によって使い分けられる。

一般に沈降槽は、処理対象液が少量で、固形物の濃度が低く沈降しにくいものを処理する場合に用いられ、沈降槽にスラリーを満たして長時間放置して沈降分離する。沈降した澱物は定期的に上澄液を除いて取り出す。処理対象液が多量の場合は、連続式シックナーが有効である。沈降した固形物が濃縮し、流動性が低いものに対しては機械的に掻出しを行う装置が必要となる。

### (2) 沈降テスト

沈澱濃縮装置の設計にあたっては、処理液中の固形物が重力によって沈降する速さを知る必要がある。スラリーをガラス製のメスシリンダーにとり、十分混合した後静置すると、やがて上澄液と懸濁液との間に明瞭な境界面が生じ、粒子群が一团となって沈降する。この境界面の高さや時間との関係を表した曲線をバッチ沈降曲線といい、沈澱濃縮装置の設計データとする。通常メスシリンダーは、直径100mm、有効高さ500～1000mmのものを使用する。沈降曲線を付図1-2-1に示す。

曲線は、当初直線関係を示し、その後臨界点を過ぎると徐々に速度が小さくなり、最終沈降高さに達する。臨界点の前を定速沈降区間、後を圧縮脱水区間という。シックナーの排泥濃度は出来るだけ高い方が次の工程では都合が良いが、図に示すように沈降速度が遅く、沈降時間が大きくなる場合は、シックナーの濃縮スラリー滞留量が増える。従って、沈降速度は臨界点を過ぎた点での数値を使用することが多い。



付図1-2-1 沈降曲線

(3) シックナーの所要面積

シックナーの所要面積の概略は、次の式で求められる。

$$A = \frac{\left( \frac{100 - D_f}{D_f} - \frac{100 - D_u}{D_u} \right) \cdot S}{R_m \cdot P} \times (1.0 \sim 1.3)$$

A : シックナーの面積  $m^2$

$D_f, D_u$  : 給泥及び排泥の濃度 wt%,  $(t\text{-solid}/T\text{-liq}) \times 100$

S : 処理固形物量 T/hr (乾量)

$R_m$  : 清澄液の上昇速度 m/hr

P : 清澄液の密度 T/ $m^3$

ここで清澄液の上昇速度は、ビーカーによる沈降テストでの界面沈降速度と等しいか、または小さ目の値を採用する。また、(1.0~1.3)の数値は、静置沈降テストにより求められた値であり、実際のシックナーでは流動状態であり、また底部では排泥レーキによる外乱が作用しているので適当な安全率である。

従ってビーカーテストは、まず母液の密度と供給スラリーの固形物濃度を測定した後に実施する必要がある、テスト結果から沈降速度と濃縮液の固形物濃度を求めて上の式にて固形物1トン当たりのシックナー所要面積を求めて、さらに処理固形

物量を乗じて求める。

(4) シックナーの深さ

シックナーの深さは、処理固形物が排泥される濃度まで濃縮に要する滞留時間が、給泥と同じスラリーのビーカーテストによるバッチ回分沈降曲線において、圧縮脱水状態に入ってから、その濃縮スラリーの平均固形物濃度になるまでに要する時間に等しいと仮定したときの滞留に要するシックナーの容積を所要面積で除いた値で求め、さらに、排泥レーキによる外乱等のファクターを加算して決定する。

$$V = AH$$

$$V_{pm} = stu + \left( V - \frac{stu}{\rho_p} \right) \rho$$

$$V = \frac{tu (\rho_p - \rho) S}{\rho_p (\rho_m - \rho)}$$

- V : シックナーの容量 (m<sup>3</sup>)
- $\rho_m$  : 給泥及び排泥の平均密度 (T/m<sup>3</sup>)
- S : 処理固形物量 (T/hr)
- $t_u$  : 濃縮に要する時間 (hr)
- $\rho$  : 母液の密度 (T/m<sup>3</sup>)
- $\rho_p$  : 固形物の密度 (T/m<sup>3</sup>)
- H : シックナー深さ (m)
- A : シックナー所要面積 (m<sup>2</sup>)

(5) 計算例

下表に示す回分沈降曲線を示す固体 ( $\rho_p = 2.7 \text{ T/m}^3$ ) の固形物濃度10wt%のスラリーを55wt%に濃縮するのに必要な円形のシックナーの寸法を求める。固形物処理量は20t/Hr、母液の密度は1T/m<sup>3</sup>とする。

時間 t (min)	0	2	4	6	8	10	20	30	40	50
境界面高さ (cm)	60	54.5	48.8	43.3	38.0	34.5	24.8	17.6	14.0	12.0

60	70	80	90	100	120	140	160	180
10.5	9.8	9.3	9.0	8.7	8.2	7.9	7.7	7.55

臨界点 静置後 8分

$$\begin{aligned} \text{沈降速度 } R &= \frac{60-38}{8} = 2.75 \text{ cm/min} \\ &= 1.65 \text{ m/hr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{上澄液の量} &= \left( \frac{100-D_f}{D_f} - \frac{100-D_u}{D_u} \right) S \\ &= \left( \frac{100-10}{10} - \frac{100-55}{55} \right) \times 20 = 163.6 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{よって } A = \frac{163.6}{1.65 \times 1} = 99.2 \text{ m}^2$$

シクナー径

$$D = \sqrt{99.2 \times \frac{4}{3.14}} = 11.3 \text{ m } \phi \quad \text{余裕を見て } 12 \text{ m } \phi \text{ とする。}$$

シクナー深さ

$$\text{給泥の密度} = \frac{1}{\frac{0.1}{2.71} + 0.9} = 1.067 \text{ (T/m}^3\text{)}$$

$$\begin{aligned} \text{圧縮点の密度} &= \frac{(1.067) \times (60) - (60-38)}{3.8} \\ &= 1.11 \text{ (T/m}^3\text{)} \end{aligned}$$

$$\text{排泥の密度} = \frac{1}{\frac{0.55}{2.77} + 0.45} = 1.53 \text{ (T/m}^3\text{)}$$

排泥の密度に相当する沈降テストの境界面の高さ

$$Z_u = \frac{(1.067 - 1) \times 60}{1.530 - 1} = 7.6 \text{ (cm)}$$

境界面高さが 7.6cmまでに沈降するに要する時間

$$T_s = 3 \text{ 時間}$$

$$\rho_m = \frac{1.067 + 1.53}{2} = 1.30 \text{ (T/m}^3\text{)}$$

$$\begin{aligned} \text{シクナー容量 } V &= \frac{T_u (\rho_p - \rho) S}{\rho_p (\rho_m - \rho)} \\ &= \frac{3 \times (2.71 - 1) \times 20}{2.71 \times (1.30 - 1)} = 126 \text{ m}^3 \end{aligned}$$



$$\text{深さ } H_0 = \frac{126}{99.2} = 1.27 \text{ mH とする。}$$

排泥レーキの構造から攪乱部 1 m 以上として

$$H = 2.5 \text{ mH とする。}$$

よってシックナーは 12m  $\phi$   $\times$  2.5 mH とする。

#### (6) 凝集剤の使用

一般に懸濁しているスラリー中の固形物粒子が

- ① 微細な場合
- ② 粒子の密度が母液の密度に近い場合
- ③ 粒子が水和している場合
- ④ 粒子の荷電が同符号で反発しあっている場合

上記のような場合においては、粒子は容易に沈降しないし、また、濾過も困難である。

これらの現象を改善し、沈降濃縮を促進させるため、しばしば凝集剤を使用する。凝集剤は無機系のものと有機系のものがあり、それぞれ処理スラリーの生成濃度、攪拌条件、pH 値、温度などの性状により、単独または併用して添加するので、凝集剤の選定はビーカー等でのテストが必要である。

通常沈降テストでは、凝集剤は使わないで実施し、そのデータを基にシックナーの設計製作を行い、実操業では凝集剤を使用し上澄液の清澄度を上げることが多い。従って、沈降テストの段階で凝集剤を使用するのは、著しく固形物の沈降分離が悪い場合のみであり、テストで使用する凝集剤は、実操業で使用でき、入手しやすく、適当な価格のものを選定する必要がある。(付表 1-2-1 参照)

付表 1 - 2 - 1 有機及び無機高分子凝集剤の特性と効果の比較

凝集特性		効果の比較		摘要
項目	細目	有機高分子凝集剤	無機高分子凝集剤 (PAC)	
濁質	浮遊物質	架橋吸着大	架橋吸着大	イオン性、荷電によって異なる。
	有機性濁質 無機性濁質	◎凝結、凝集大 やや劣る	やや劣る 凝結、凝集大	"
懸濁物 粒度	粗大粒子	◎極めて効果的	———	高濁度の場合顕著
	コロイド性物質	普通	◎極めて効果的	
凝集性 能と除 濁効果	清澄性	劣る	◎極めて効果的	相乗効果大
	フロックの大きさ	◎巨大化する	硫酸バンドの場合より大	"
	吸着活性度	◎大	やや劣る	"
	フロック強度	機械強度が弱く崩壊し易い	◎極めて大	"
処理 能力	フロック生成速度	◎極めて大	劣る	相乗効果大
	フロック沈降速度	◎ "	"	"
	濾過速度	大	普通	"
処理作 業条件 と安全 性	希釈性	希釈度の安定性が悪い	普通	有機高分子の溶解に極めて長時間を要し困難
	安定性	余りよくない	6ヶ月保証 (原液)	
	攪拌条件	高速度攪拌を避ける	急速攪拌後緩速攪拌	
	注入の順序	無機高分子液注入後	最初に注入	
	添加濃度	希釈濃度0.1~0.01%	◎原液注入	
	添加位置	多点注入	1点又は多点注入	
凝集剤 の選択 と役割	主眼的役割	懸濁液による	懸濁液による	ケースバイケースで処理
	助眼的役割	"	"	"
	イオン性の選択	アニオンまたはノニオン	ポリカチオン	カオチン系有機高分子との併用不可
	pH	◎比較的広範囲の幅	狭い	酸性側、アルカリ側で相違する場合がある
沈殿と 濾過	色度除去	僅少の除去	◎リグニン、フミン質に 顕著その他は僅少	
	沈降速度	◎極めて大	劣る	
	沈降容積	◎小	普通	
	スラッジ圧縮性	◎良い	"	
	濾過速度	◎大	"	
濾過効果	良い	良い		
経済性	薬品費	コスト高	◎安い	相乗効果により廉価となる
	作業処理費	普通	◎僅少	
	作業の簡便性	劣る	◎簡易	有機高分子の溶解に極めて時間を要する

注：◎は優位性を示す

出典：「沈降濃縮」工業操作シリーズ No. 13 化学工業社

## (7) シックナーの構造

シックナーの構造は、沈降テストにより径と高さを決定した後、処理物の性状等を考慮して設計する必要がある。また、シックナーの沈降操作において、沈降テストの結果を再現すること、機械的に製作可能な構造であること、処理液の磨耗性、腐食性に十分耐える材料を選定すること等がポイントとなる。また、処理液が高温の場合は、大気に近い部分が冷却されて対流を生じたり、蒸発する水分やガスにより周辺の設定を腐食したりする場合は、カバーが必要となる。

### ① 給泥部及び上澄液の溢流部

シックナー内の液の流れを均一にするため、給泥部はシックナー中央部とし、フィールドウェルを設けてシックナーの深い所へ供給する。

フィールドウェルは、給泥量に応じた径と高さを持ち、給泥の流れ込みによる乱流を押さえる構造とする。上澄液の溢流部は、シックナーの周辺から均一に流出するようにオーバーフロー樋を設ける。

### ② 排泥レーキ及び排泥

シックナー全面で沈降したスラリーを連続的に排出させるため集泥レーキを設置する。集泥レーキはシックナー底面に沈降したスラリーを掻き取りながらシックナー中央部の排泥口へ運ぶもので、機械的強度と機能性を持たせる必要がある。集泥レーキの駆動方式は、シックナーの大きさによって色々な方法があるが、排泥が滞って集泥レーキが過負荷を受け、破損することがあるので、その防止として過負荷対策を講じておく必要がある。

## 1-2-3 濾過装置

### (1) 濾過装置の選定

#### ア スラリーの濾過特性

濾過装置の選定にあたっては、固液分離を行うスラリーの濾過特性を把握する必要がある。多種多様な濾過機が、メーカーにより製作されているが、それは、また多種多様な濾過特性をもったスラリーに対してそれぞれ対応出来るように開発されたものである。従って、濾過特性がわかっており、濾過機の運転実績のあるものについては、処理量に対する濾過機の能力の計算は容易である。

しかし、プロセスの改造などで新しく濾過装置が必要となった場合や、全く新しく計画されたプラントに使用される場合は、サンプルによる性状分析及び濾過テストが必要である。濾過テスト用サンプルを作る場合は、実プラントで発生するスラリーと誤差が少ないことが条件となる。思わぬ大きな誤差が生じ、濾過機のトラブルが致命傷となることも考えられるので、サンプル作成は非常に重要である。

濾過特性は、スラリーの母液の粘性、固形物の粒度、形状に起因する濾過ケーキ層の通液抵抗の大小によって決定されると思ってよい。

濾過特性の判断には、次のような基礎テストによっても濾過方式の選定することが出来る。濾過方式が決まれば、次の段階で、メーカーテストを行い、濾過機の形式、寸法、付属機器の仕様等を決定する。

メーカーテストでは、スラリーの処理量、性状、組成、脱水ケーキの後工程での取扱目的等の設計条件の提示が必要である。

#### イ 基礎テスト

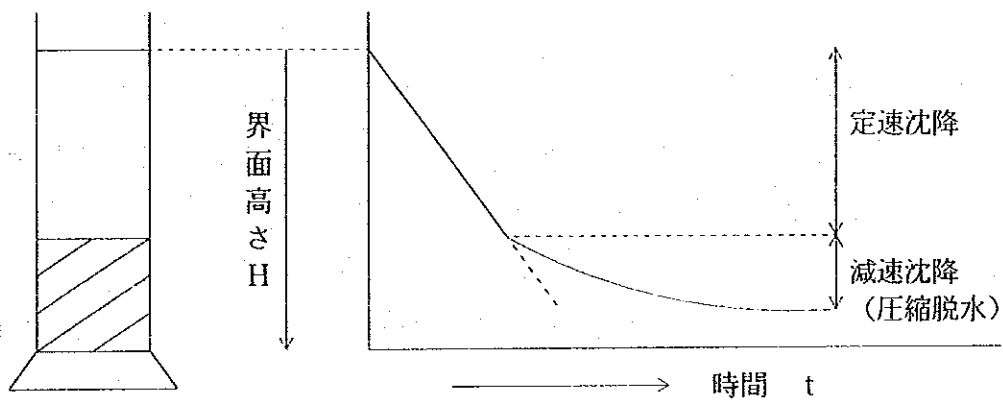
##### (7) 沈降テスト

反応槽等で固形物が生成される場合、母液に対する固形物量割合は少量の場合が多い。このまま全量濾過する場合もあるが、濾過液量をできるだけ減らすことが望ましいため、シックナー等を設けて固形物濃度を高くする。沈降テストでは、固形物粒子の沈降した層の固形物濃度を測定する。

テスト方法は、目盛りのついた透明なシリンダービン（例、有効寸法100φ×1000ℓ）にテスト用のスラリーを入れて、良く振り、懸濁させて静置する。その直後から、経過時間毎にスラリー層の界面のレベルを測定し、バッチ沈降曲線（付図1-2-2参照）をつくる。この曲線は、初めは直線を示し、ある時点からゆるやかな曲線となる。この曲線を利用してシックナーの所要面積を

求める。一方、このテストでは濾過機へ供給するスラリーの固形物濃度を測定する。すなわち、沈降速度が定速沈降区間から、減速区間へ移行した適当な位置で界面上部の上澄液を除いた下部のスラリー層から、固形物濃度を測定する。テストするスラリーは、実機操作にできるだけ近い組成と温度にする必要がある。また、基本テストではさらに静置間時間と、上部上澄液のSS濃度を測定する。これは次工程へ送る上澄液のSS濃度管理に必要なシックナーの滞留時間を決める資料となる。

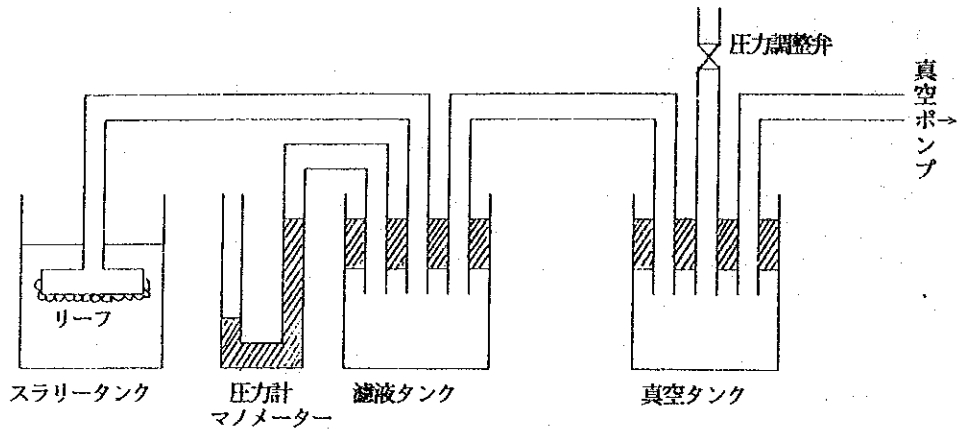
付図1-2-2 バッチ沈降曲線



#### (4) リーフテスト

リーフテストは、前記の沈降テストにより、シックナーの排泥固形物濃度を推定し、それと同じ濃度のものが濾過機へ供給されるとしてリーフテストを行う。リーフテストは真空式回転濾過機のスケールアップ用に行うものであるが、このテストの状況で他の濾過機種への道標ともなる。

付図1-2-3 リーフテスト装置



リーフをスラリータンクに付図1-2-3のように浸漬し適当な真空圧で一定時間吸引した後、引き上げてさらに大気を吸引脱水し、リーフ表面に形成されたフィルターケーキの厚み、質量、水分等を測定する。リーフテストの操作条件はスラリー濃度、温度において実際の操業ベースと等しいことが重要である。

リーフテストに使用する濾過面は、径が100m/m以上とし、濾布は何種類か用意してテストを繰返しながらか適当なものを選定する。

濾過機の濾布は、布の繊維の材質、織型及び通気度によって多く種類が販売されている。

リーフテストでの浸漬時間は、ケーキの厚さが3m/m以上になるように行うが、1分以上浸漬しても3m/mに満たない場合は、ほとんどドラムフィルターは適用できないと考えて良い。この場合は、加圧濾過方式を検討する。

また、ケーキ厚が浸漬時間10秒ぐらいで30m/m以上も形成される場合は、遠心分離機等の濾過機が使用出来る。その中間域でのケーキの厚さや濾布からの剝離性等によりドラムフィルターの形式を選定する。

一般にリーフテストにより、ケーキの形成が良い程、濾過装置に要する設備コストは安価になると考えて良い。また、濾過特性を知ること、濾過方式、形式をあらかじめ決定し、それぞれ適用できる濾過機メーカーへ、テストサンプルのスラリーと濾過条件を提供して、実機のスケールアップを依頼し、機器

の選定をすることが必要である。ここでの選定にはケーキの取り扱いの容易さ、付属機器の選定及び設備費用、設置に要する面積、動力消費量等の処理コストも合わせて検討する必要がある。

(9) リーフテストによるドラムフィルターのスケールアップ

$$W = \frac{G}{A} \times \frac{100-D}{100} \times \frac{60}{T \times 4}$$

W : 濾過速度 (kg/m<sup>2</sup>Hr : 乾量)

G : 吸着ケーキ量 (kg : 湿量)

A : リーフ濾過面積 (m<sup>2</sup>)

D : 吸着ケーキの成分 (%)

T : 浸漬吸着時間 (分)

ドラムフィルターでは、その形状から吸着、洗浄、脱水、ケーキ剥離の工程をドラム1周の間で行うことから、吸着で1/4周、他の工程を3/4周とする。また、ドラムフィルターの所要濾過面積は、

$$F = \frac{S}{W} \times (1.1 \sim 1.3) \text{ m}^2 \quad \text{として求める。}$$

F : 所要濾過面積

S : 処理固形物量

(1.1~1.3) : ケーキの剥離率を含めた安全率

リーフテストによるスケールアップは、スラリーの濾過条件がテストと実操業が同等であることを条件として成り立っている。従って、固形物は同じものでも固形物濃度が変化すると、必要な濾過面積は変わるので注意することが必要である。

濾過実績のあるスラリーで濃度が違う場合は、ケーキ中の濾液の通液速度を基準として濾過面積を計算する必要がある。この場合は

$$F = \frac{\left\{ \left[ \frac{100-D_f}{D_f} \right] - \left[ \frac{100-D}{D} \right] \right\} S}{R} \times (1.1 \sim 1.3)$$

F : 濾過面積 (m<sup>2</sup>)

R : ケーキ中の通液速度 (kg/m<sup>2</sup>hr : 実績値を使うこと)

D<sub>f</sub> : 供給スラリーの固形物濃度 (%)

D : 吸着ケーキの水分 (%)

S : 処理固形物量 (kg/Hr )

で算出する。

濃度がうすい場合は必要濾過面積が大きくなるので、前処理のシックナー等を見直す必要がある。

(1) ドラムフィルター以外の濾過器のスケールアップ

濾過圧力を一定とする真空式のドラムフィルターに比べて、加圧濾過機及び遠心分離機については、濾過圧力を適当に変えて行うもので、各メーカーの機器の特徴によって能力差が生じやすい。従って、これらの濾過機を使用する場合は、メーカーテストを依頼し、その結果で判断するのが安全で、メーカーテストも2社以上行い比較する必要がある。実績があり増設する場合等は、単位濾過面積あたりの処理量から算出することも可能である。



### 1-3 北九州市の工場廃水対策の実情

廃水処理施設の選定、設計条件、保守管理のポイントなどについて、北九州市における具体的な実施例（5例）を参考にして述べる。

なお、選定した工場は、業種別排水基準が設定されている15業種の中からメッキ工場、砂糖製造工場、ホテル業を選び、また、今後規制強化が必要と考えられている事業所の中からと畜処理場、スーパーマーケットを選定した。

#### 1-3-1 メッキ工場

##### (1) 廃水処理施設の概要

処理方法	還元、凝集沈澱、濾過			
処理能力	水量	最大 300m <sup>3</sup> /日		
	水質	処 理 前	Cr <sup>6+</sup> : ND ~ 427mg/ℓ Cr : ND ~ 842mg/ℓ Cu : 0.8 ~ 210mg/ℓ Zn : 0.8 ~ 2,000mg/ℓ Pb : ND ~ 30mg/ℓ F : ND ~ 880mg/ℓ	処 理 後

##### (2) 廃水処理フロー

メッキ工場の処理フローを付図1-3-1 に示す。

##### (3) 保守管理上のポイント

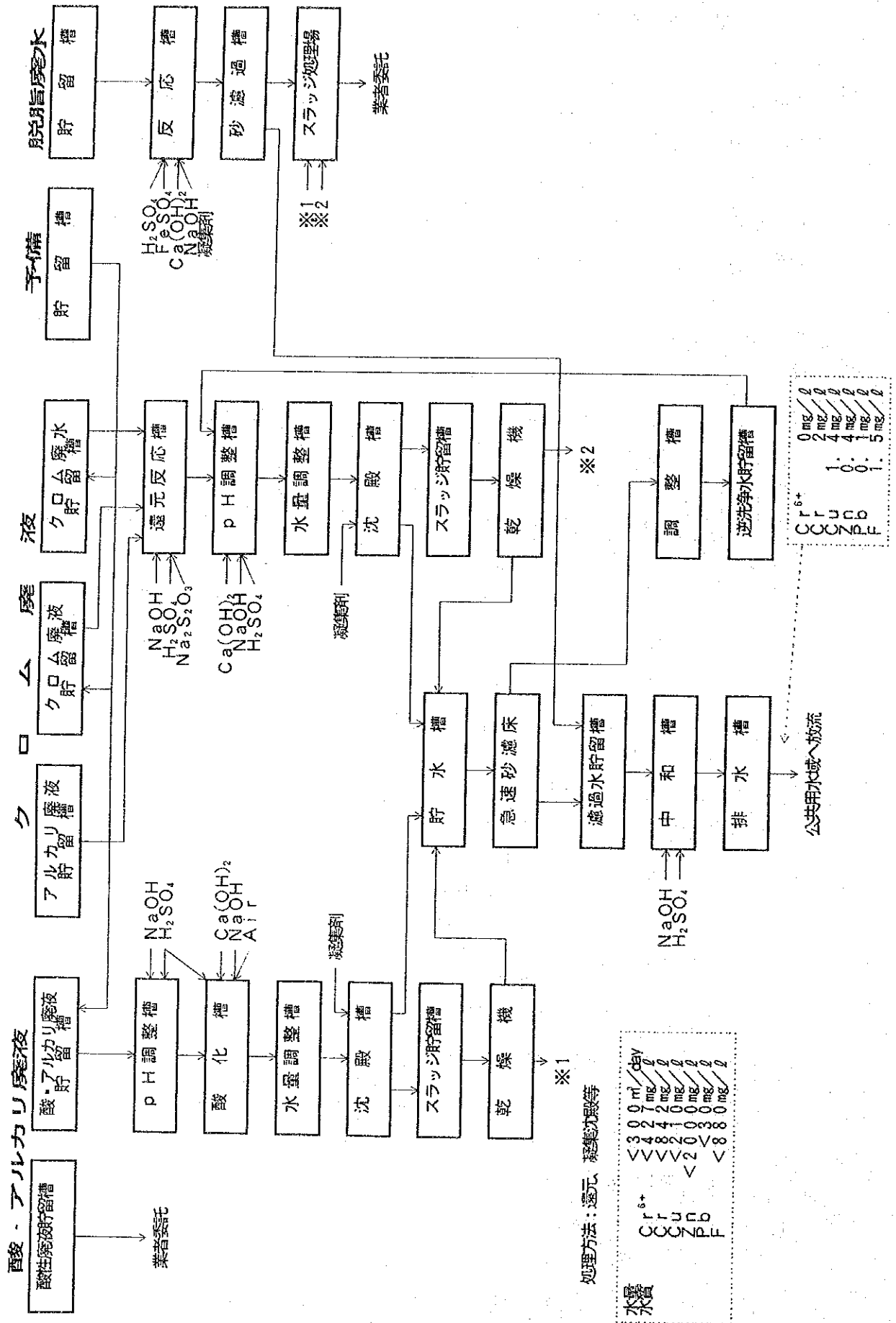
###### ア クロム系廃液の処理

クロム廃液の処理は、還元剤により6価クロムを3価クロムに還元した後、水酸化クロムとして沈降分離する。上澄液は放流し、スラジは脱水処理した後、廃棄処理する。

###### 保守管理上のポイント

- ① クロム廃液が、シアン、酸、アルカリ等、他の系統の廃水に混入しないよう注意する。
- ② クロム還元処理水がシアン処理水と混合して重金属処理する場合、シア

付図 1-3-1 メッキ工場の廃水処理フロー



※1

処理方法: 還元、凝集沈殿等

Cr <sup>6+</sup>	< 3	0	0	0	0	0	0	0	0
Cr	< 4	2	2	0	0	0	0	0	0
CU	< 8	4	1	0	0	0	0	0	0
CO	< 2	0	0	0	0	0	0	0	0
Pb	< 8	0	3	8	0	0	0	0	0
F	< 8	0	0	0	0	0	0	0	0

水量

※2

Cr <sup>6+</sup>	0	mg	/	l
Cr	2	mg	/	l
CU	4	mg	/	l
CO	1	mg	/	l
Pb	0	mg	/	l
F	5	mg	/	l

ン処理水の過剰塩素によりクロムが再酸化する場合がある。

クロム系の還元剤添加量を多めにし、塩素によって3価クロムが6価クロムに酸化されないよう配慮する。

#### イ 重金属含有廃液の処理

重金属を含有する廃水液、酸、アルカリにより中和し、金属酸化物を沈降分離、濾過分離し、上澄液はpH調整後、放流する。

保守管理上のポイント

- ① 廃水の処理装置を一定の水量、濃度で運転出来るよう廃液の流入を管理する。
- ② 濃厚廃液を一度に廃水処理装置に流さない。
- ③ 過酸化水素含有廃液は、直接混入させず、あらかじめ過酸化水素を分離した後、少量ずつ混入処理する。
- ④ 沈降槽でのスラッジの沈降が悪い場合は、凝集槽での凝集状態をチェックする。
- ⑤ 処理水中に溶存金属が残留する場合は、キレート剤を含有した廃水が混入していないかを調べ、分別処理する。

#### (4) 廃水処理施設の詳細

処理設備名	酸アルカリ廃液貯留槽	pH調整槽	沈澱槽（酸・アルカリ）
処理方法	貯留	pH調整	凝集沈澱
処理能力	—	9 m <sup>3</sup> /時	6.5 m <sup>3</sup> /時
設備の構造	鉄筋コンクリート製 （樹脂ライニング）	鉄筋コンクリート製 （樹脂ライニング）	鋼板製
主要寸法 （m）	長さ 幅 高さ 3.1 × 1.1 × 2.2 1.1 × 0.85 × 2.2	長さ 幅 高さ 1.2 × 0.9 × 2.2	直径 1.5
容量 滞留時間	1.7 m <sup>3</sup> —	3 m <sup>3</sup> 20分間	— —

アルカリ廃液貯留槽	クロム廃液貯留槽	クロム廃水貯留槽
貯留	貯留	貯留
—	—	—
樹脂ライニング	樹脂ライニング	樹脂ライニング
長さ 幅 高さ 2.35×5×2.2	長さ 幅 高さ 1.85×3.65×2.2	長さ 幅 高さ 2.55×1.45×2.2
2.4 m <sup>3</sup> —	1.4 m <sup>3</sup> —	7 m <sup>3</sup> —

処理設備名	還元槽	pH調整槽	沈澱槽 (クロム 廃液用)
処理方法	還元	pH調整	凝集沈澱
処理能力	5 m <sup>3</sup> /時	10 m <sup>3</sup> /時	12 m <sup>3</sup> /時
設備の構造	鉄筋コンクリート製 (樹脂ライニング)	鉄筋コンクリート製 (樹脂ライニング)	鋼板製
主要寸法 (m)	長さ 幅 高さ 1.3×0.9×2.2	長さ 幅 高さ 1.2×1.45×2.2	直径 2
容量 滞留時間	2.5 m <sup>3</sup> 30分間	3.5 m <sup>3</sup> 20分間	— —

マンガノ電極電気分解槽	反応槽
貯留	凝集沈澱
—	8 m <sup>3</sup> /時
鉄筋コンクリート製 (樹脂ライニング)	鋼板製
長さ 幅 高さ 0.75×5×2.2	直径 高さ 2.4×2.2
1.0 m <sup>3</sup> —	1.0 m <sup>3</sup> —

処理設備名	砂濾過槽	貯留槽	急速砂濾床
処理方法	濾過	貯留	濾過
処理能力	—	—	12 m <sup>3</sup> /時
設備の構造	鉄筋コンクリート製	鉄筋コンクリート製	鋼板製
主要寸法 (m)	長さ 幅 高さ 3.2 × 3.5 × 1	長さ 幅 高さ 1.15 × 3 × 2.2	直径 1.6
容量 滞留時間	11 m <sup>3</sup> —	7.5 m <sup>3</sup> —	— —

濾過水貯留槽	中和槽
貯留	中和
—	300 m <sup>3</sup> /時
鉄筋コンクリート製	鉄筋コンクリート製
長さ 幅 高さ 1.7 × 0.9 × 2.2	長さ 幅 高さ 1.7 × 1 × 2.2
2 m <sup>3</sup> —	3.5 m <sup>3</sup> 15分間

(5) 廃水処理施設から発生する汚泥等の量

名称	汚泥	Desludge
汚泥等の量	1,500 t/日	—
性状	含水率99%	—
処理方法	加圧脱水	砂濾過、天火乾燥
処理後の性状	含水率80%ケーキ	含水率70%
処理後の量	7.5 t/日	若干量
最終処分の方法	最終処分場で埋立	

1-3-2 製糖工場

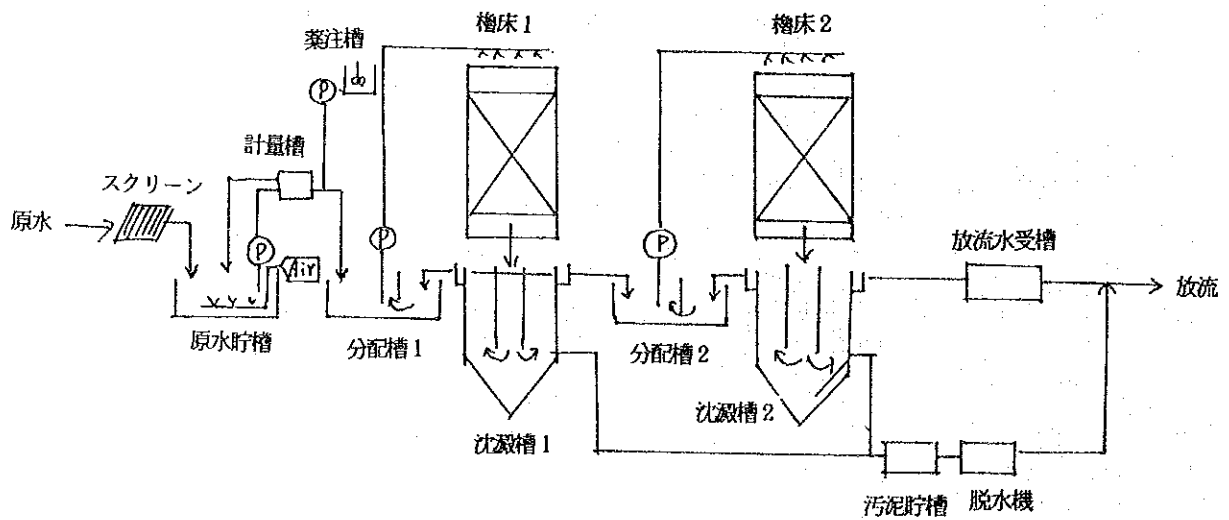
(1) 廃水処理施設の概要

処理方法	散水濾床			
処理能力	水量	通常 730 m <sup>3</sup> /日		
	水処	pH : 5.8 ~ 8.5	処	pH : 5.8 ~ 8.6
	理	COD : 300 ~ 400mg/ℓ	理	COD : 150 ~ 200mg/ℓ
質前	SS : < 270mg/ℓ	後	SS : 75 ~ 100mg/ℓ	
処理水量	通常 680 m <sup>3</sup> /日			
処理を行う 主な廃水	砂糖精製に伴う廃水			

(2) 廃水処理フロー

製糖工場の廃水処理フローを付図1-3-2に示す。

付図1-3-2 製糖工場の廃水処理フロー



(3) 廃水処理施設の詳細

処理設備名	原水貯槽	No. 1, NO. 2分配槽	No. 1, NO. 2濾床	No. 1, NO. 2沈澱槽
処理方法	—	—	静水濾床	沈澱
処理能力	—	—	850m <sup>3</sup> /日	850m <sup>3</sup> /日
設備の構造	鉄筋コンクリート	鉄筋コンクリート	鉄筋コンクリート	鉄筋コンクリート
主要寸法 (m)	たて よこ ふか 10×13.8×4	—	たて よこ ふか 8.4×10×7	たて よこ ふか 8×6.3×4.5
容量 滞留時間	500m <sup>3</sup> (17hr)	15m <sup>3</sup> (40min)	1000m <sup>3</sup> (10数秒)	110m <sup>3</sup> (3.5hr)

(4) 廃水処理施設から発生する汚泥等の量

名称	余剰汚泥
汚泥等の量	160 m <sup>3</sup> /日
性状	含水量99%
処理方法	プレス脱水
処理後の性状	含水量60%
処理後の量	10 t/日
最終処分の方法	最終処分場で埋立

1-3-3 ホテル業

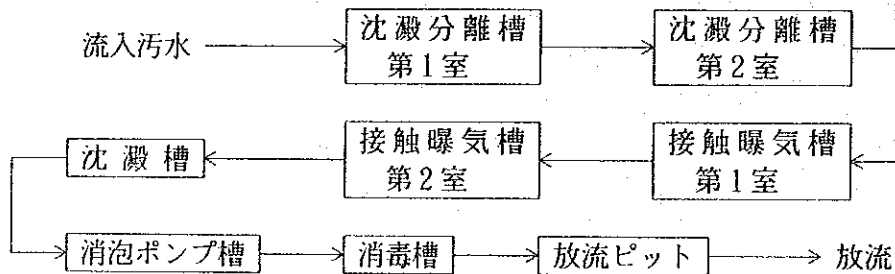
(1) 発生施設、処理施設の概要

発生源	厨房施設、洗濯施設、入浴施設			
処理方式 構造形態	合併処理浄化槽（沈澱分離接触曝気法） 密閉式			
廃水時間	10時間			
汚水量	日平均汚水量	33.0 m <sup>3</sup> /日		
	日最大汚水量	33.0 m <sup>3</sup> /日 × 1.5 = 4.5 m <sup>3</sup> /日		
	時間最大汚水量	49.5 m <sup>3</sup> /日 ÷ 15時間 = 3.3 m <sup>3</sup> /時		
水質	項目	処理前	処理後	除去率
	BOD(mg/ℓ)	200	30	85%
	COD(mg/ℓ)	250	70	72%

(2) 廃水処理フロー

ホテル業の廃水処理フローを付図1-3-3に示す。

付図1-3-3 ホテル業の廃水処理フロー



(3) 対策実施のポイント

ア 工程内対策

- ・油：廃油は紙に吸着、薬品で固形化。

使用後の食器等は紙で拭き取るオイルトラップを設ける。

- ・固形物：三角コーナー、ストレーナー、スクリーン等により除去。
- ・洗剤：適正量の使用。
- ・残余の酒等：可能な限り調味料に使用。



## イ 廃水処理施設

### (7) 処理施設の設置

- ・処理設備の設置に関しては、事前に廃水量、原水濃度を十分に調査し、廃水特性を把握する。
- ・処理を要する廃水と処理を要しない廃水とに分別し、処理水量を削減する。  
処理必要：厨房廃水、浴場廃水、し尿、洗濯水等  
処理不要：洗車廃水、冷却水等
- ・処理方法には、便所汚水と雑排水を合わせて処理する方法と別々に処理する方法がある。
- ・一括に処理する方法：合理処理浄化槽
- ・雑排水の主な専用処理方法  
接触曝気方式：余剰汚泥の発生が少なく維持管理が容易。  
バッチ式活性汚泥法：沈澱槽が不要で、曝気槽が1槽で済む。
- ・処理施設への流入量を一定にするため、流量調整槽を前置する。廃水量が少ない場合は、代わりに沈澱分離槽を列置する。

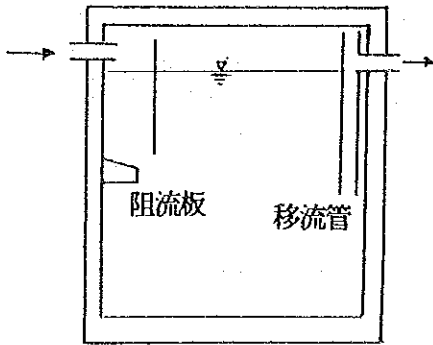
### (4) 処理施設の維持管理

- ・浄化槽は、定期的に保守点検や清掃を行う。
- ・浄化槽の構造は、できるだけ維持管理がしやすい構造とする。
- ・スクリーンかすや油水分離槽の油等は、定期的に除去し、性能が低下しないようにする。
- ・活性汚泥法の場合は、余剰汚泥の引き抜き等を適切に行うなど汚泥管理に留意する。

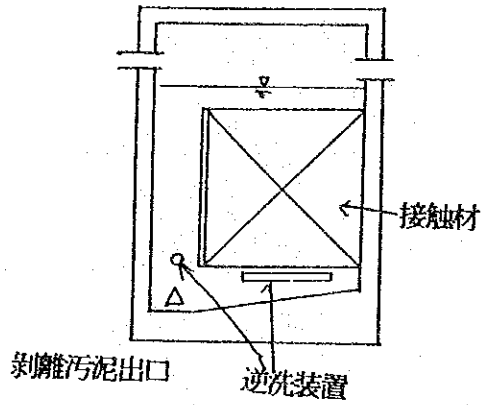
(4) 処理施設の概観

ホテル業の廃水の処理施設である沈澱分離槽、接触ばっ気槽、沈澱槽の外観を付図1-3-4～付図1-3-6に示す。

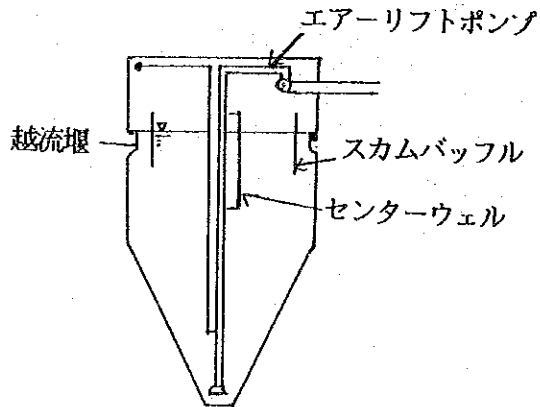
付図1-3-4 沈澱分離槽



付図1-3-5 接触ばっ気槽



付図1-3-6 沈澱槽



### 1-3-4 と畜処理場

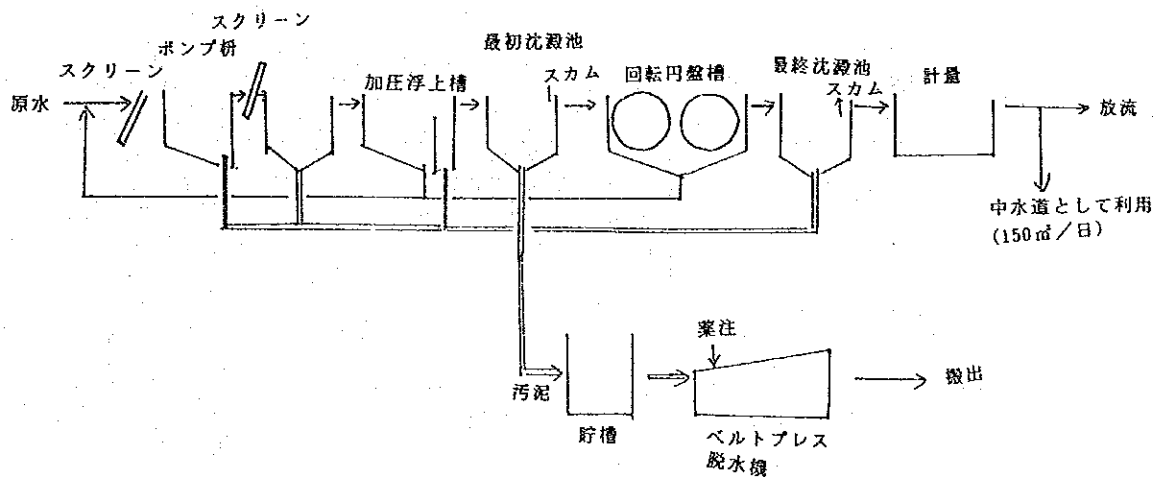
#### (1) 廃水処理施設の概要

処理方法	回転円板（接触酸化）			
処理能力	水量	通常 1100t/日		
	水質	処理前	BOD : 1700 mg/ℓ SS : 1000 mg/ℓ 油分 : 200 mg/ℓ	処理後
処理水量	通常 950t/日			
処理を行う主な廃水	洗浄廃水			

#### (2) 廃水処理フロー

と畜処理場の廃水処理フローを付図1-3-7に示す。

付図1-3-7 と畜処理場の廃水処理フロー



#### (3) 対策実施上のポイント

##### ア 工程内対策

- ・血液の回収：血液のBODは16,000mg/ℓと極めて濃度が高いので、と殺後の放血を十分行い、解体処理場の廃水中に血液の混入を少なくする。
- ・固形物の回収：と殺時の血液、解体時の油、内臓、骨等を回収し、廃水への混入を防止する。

- ・冷却水への水の併用：と体の冷却工程において、冷却水に氷を加え、水量削減する。

イ 廃水処理施設

浮遊物を多く含むため、適正な目開（0.5 mm程度）のスクリーンを設置する。  
BOD、COD、SS、油分等の濃度が高いので、生物処理が適している。

(4) 廃水処理施設の詳細

処理設備名	加圧浮上槽	最初沈澱池	回転円板槽	最終沈澱池
処理方法	加圧浮上	沈澱	生物膜	沈澱
処理能力	1400t/日	1400t/日	1400t/日	1400t/日
設備の構造	鉄筋コンクリート	鉄筋コンクリート	鉄筋コンクリート	鉄筋コンクリート
主要寸法 (mm)	6500×2000 ×5000	9000×8000 ×5000	4000×6000 ×1200×6槽	9000×8000 ×5000
容量 滞留時間	58.4 m <sup>3</sup> (40min)	175 m <sup>3</sup> (3hr)	175 m <sup>3</sup> (3hr)	175 m <sup>3</sup> (3hr)

(5) 廃水処理施設から発生する汚泥等の量

名称	余剰汚泥等
汚泥等の量	3.0 m <sup>3</sup> /日
性状	含水量99%
処理方法	脱水
処理後の性状	ケーキ（含水量80%）
処理後の量	4.6 m <sup>3</sup> /日
最終処分の方法	最終処理場で埋立

(6) 処理水等の再利用について

再利用水の種類	中水道水
用途	トイレ、床洗浄等
水量	150t/日

1-3-5 スーパーマーケット

(1) 廃水処理施設の概要

処理方法	活性汚泥（長時間曝気）・砂濾過				
処理能力	水量	通常	170m <sup>3</sup> /日	最大	255m <sup>3</sup> /日
	水質	処理前	BOD : 200mg/ℓ SS : 250mg/ℓ pH : 5.8 ~ 8.6	処理後	BOD : 5mg/ℓ SS : 10mg/ℓ pH : 5.8 ~ 8.6 大腸菌群数 3000個/cc 以下
処理水量	通常 170m <sup>3</sup> /日				
処理を行う主な廃水	雑排水+し尿				

(2) 廃水処理フロー

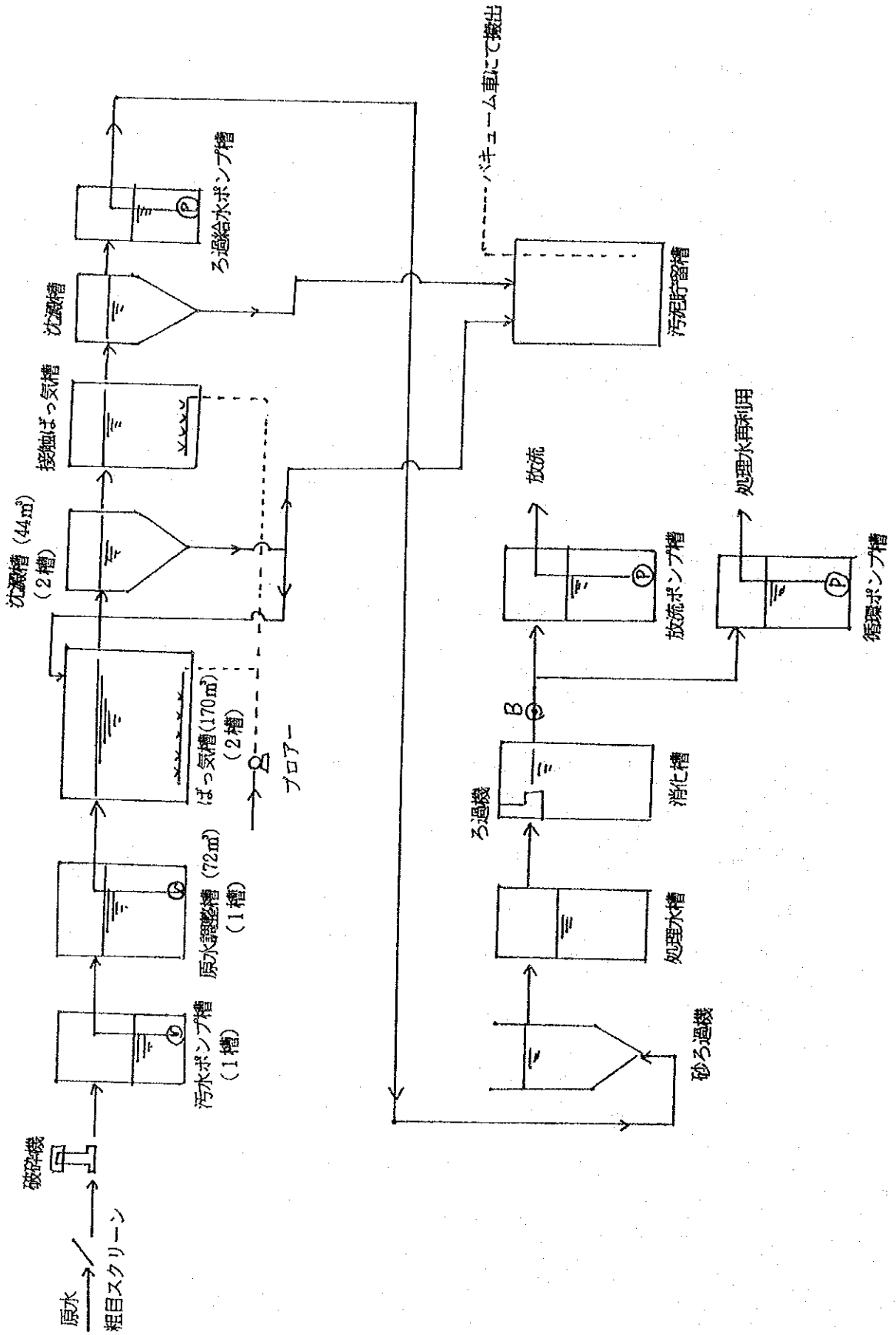
スーパーマーケットにおける廃水処理フローを付図1-3-8に示す。

(3) 廃水処理施設の詳細

処理設備名	原水調整槽	曝気槽	沈澱槽
処理方法	—	活性汚泥（長時間曝気）法	—
処理能力	—	170m <sup>3</sup> /日	—
設備の構造	鉄筋コンクリート	鉄筋コンクリート	鉄筋コンクリート
主要寸法 (m)	たて よこ ぶかさ 3.1 × 6.5 × 4.0 × 1槽	たて よこ ぶかさ 3.5 × 6.5 × 4.0 × 2槽	たて よこ ぶかさ 3 × 3.25 × 4 × 2槽
容量 滞留時間	72.78m <sup>3</sup> (10hr)	174.7m <sup>3</sup> (24hr)	44.57m <sup>3</sup> (6hr)
使用薬品名 用途 使用量	—	—	—

接触曝気槽	急速砂濾過機	汚泥濃縮貯留槽
ハニカムチューブ	縦型円筒式	—
—	260m <sup>3</sup> /日	—
鉄筋コンクリート	鋼板製	鉄筋コンクリート
たて よこ ぶかさ 2.6 × 5.3 × 3.7 × 1槽	直径 高さ 1.41 × 4.4 × 1基	たて よこ ぶかさ 1 × 2.6 × 4.5 × 1槽
42.84m <sup>3</sup> (6hr)	—	10.17m <sup>3</sup> (15日分)
—	—	—

付図 1-3-8 スーパーマーケットの廃水処理フロー



(4) 廃水処理施設から発生する汚泥等の量

名称	余剰汚泥
汚泥等の量	10m <sup>3</sup> /日～20m <sup>3</sup> /日
性状	含水量99%
処理方法	バキューム車にて搬出
処理後の性状	—
処理後の量	—
最終処分の方法	最終処分場で埋立

(5) 処理水等の再利用について

再利用水の種類	高度処理水
用途	トイレ洗浄水
水量	19m <sup>3</sup> /日

## 1-4 廃水処理施設の保守管理上のノウハウ

### (1) 保守管理の手順

一般に保守管理は、次の手順で行われる。

- ① 作業計画の構成、作業の標準化
- ② 作業計画、作業標準に従った作業の実施
- ③ 作業経過、作業結果の記録と成果の検討、評価
- ④ より合理的な作業の標準化、システムの変更

### (2) 作業の標準化

廃水処理の運転、管理における作業は次のように標準化される。

- ① 処理方式、処理水質の設定
- ② 廃水のサンプリング分析
- ③ 処理薬品の購入、保管
- ④ 処理薬品の調整
- ⑤ 運転操作手順
- ⑥ メンテナンス方法、周期、故障対策
- ⑦ スラッジ処分
- ⑧ 作業実施の記録、報告
- ⑨ その他

### (3) 保守管理の内容

保守管理の内容は次のとおりである。

#### ① 装置の保守点検

日常点検：装置の運転状況を比較的簡単にチェックできる項目の検査

（例：装置の注油、薬品の補充、浸清検出器、電極の清掃等

定期点検：年に数度行う点検であり、比較的点検に時間を要するものや頻繁に行う必要がないものを対象として、運休日、冬期や夏期の休暇等で工場が休みのときを利用して精密に行う点検

#### ② 清掃作業：整理、清掃

#### ③ 補修作業：装置の故障、または点検の結果により異常が認められたとき、補修を行う



(4) メンテナンス周期の目安

廃水処理施設のメンテナンス周期の目安を付表1-4-1に示す。

付表1-4-1 メンテナンス周期の目安

メンテナンス周期	装置名	メンテナンス項目
1年	装置全体	固定を完全にする(必要な場合)、腐食・破損部の修理と塗装
	原水受槽、処理槽 基礎床面、沈降槽	漏れ、亀裂、浸食部は補修する
	薬液貯槽	漏れ、腐食部は補修する
3～6ヵ月	自動制御操作板	端子部、絶縁性、盤の腐食
	pH計、ORP計	回路点検、計器ボックスの腐食部塗装
	pH、ORP電極 ポンプ	劣化を調べ交換(必要な場合)、 <small>カニカニソール</small> または <small>グラブパッキン</small> 補修交換グリース注入
	電動機	絶縁性
	脱水機	機会部品点検・オーバーホール(必要な場合)
	ブローワー	吐出量不足の場合オーバーホール
	急速ろ過機	本体、配管系点検補修による泥材補給交換
1ヵ月	配管系	破損、液漏れ
	脱水機	泥材交換
	攪拌機、ブローワー	グリース・オイル補修など
1週	脱水機	泥布洗浄、油性
	pH計、ORP計	飽和塩化カリウム溶液交換、校正
	ポンプ	フート弁清掃

(日常点検を除く)

(5) 運転状況の記録と評価

廃水処理施設の運転状況の記録、チェック等を行うための台帳(案)を付表1-4-2～付表1-4-4に示す。

付表 1 - 4 - 2 毒物劇物（受、払）記録表（例）

項目	日	1	2	～	31	合計
	品名					
毒物 受入量						
毒物 排出量						
劇物 受入量						
劇物 排出量						

付表 1 - 4 - 3 廃水処理施設日常点検記録表（例）

項目	日	1	2	～	31	備考
pH電極の清掃点検						
ORP電極の清掃点検						
濁水ポンプ濁水量点検						
薬品ポンプ正常作動						
圧搾機						
脱水機						

付表 1-4-4 廃水処理施設運転管理チェックシート (例)

項目		日		1	2		3	合計
運転開始時刻								
運転終了時刻								
分析 管理 項目	メ ー ク ー チ エ ッ ク	シ ア ン	一 次	ORP				
				pH				
			二 次	ORP				
				pH				
		還 元	ORP					
			pH					
		中 和	pH					
			pH					
	最終還元		pH					
	排 出 分 析 結 果	pH						
		シアン						
		六価クロム						
		トータルクロム						
		銅						
亜鉛								
処 理 経 費 項 目	使用水量	水 道						
		排水	メータ読み					
			排水量					
	使用電力	100V (kw)						
		200V (kw)						
	薬品 槽 充 量	シアン酸化剤 ( )						
		クロム還元剤 ( )						
		酸 ( )						
	kg/日 ℓ/日	アルカリ ( )						
		凝集剤						
スラッジ発生量	kg							
	袋 数							
スラッジ処分量	kg							
	袋 数							
処 理 業 者 名								
備 考								
管理責任者サイン								

## 2 インドネシアにおける環境研究センターの一覧

No. Environmental Study Centre ( PSL )	Address, Street, Phone, Telex, etc.	Areas of Research Emphasis	Head
<b>ACEH</b>			
1. Environmental Studies and Regional Development Section, Research Centre, Syiah Kuala University (UNSYIAH)	Kopelma Darussalam Jl. Aristoteles, Darussalam, BANDA ACEH Telp. (0651) 22721, 23408, 21977 ext. 153	Human Ecology	Dr.Ir. Zainal Abidin Pian M.S
2. Centre for the Study of Population and Environment, State Institute for Islamic Religion, Jam'ah Ar-Raniry	Darussalam, BANDA ACEH Tel. (0651) 22920, 22921	Religion and Human Ecology	Drs. H. Hasan Basry, M.A.
<b>NORTHERN SUMATRA</b>			
3. Environmental Study Centre, University of North Sumatra (USU)	Jl. Prof. Maas, 3 A Campus USU, MEDAN Tel. (061) 23210 ext. 74	Coastal and Tropical Forest Ecosystems, Plantation Environments	Prof.Dr.Ir. Abu Dardak, M.Sc.
4. Population and Environmental Study Centre, Medan Teachers Training Institute	Jl. Merbau, 38 A MEDAN Tel. (061) 327704, 324404.	Development of Ecological Awareness through Formal and Informal Education	Dr. Usman Pelly M.A.
<b>WEST SUMATRA</b>			
5. Environmental Study Centre, Andalas University (UNAND)	Jl. Perintis Kemerdekaan, 77 P.O. Box 239 PADANG Tel. (0751) 21535	Tropical Forest and Lake Ecology	Dr.Ir. Fachri Achmad (ex. Dir. : Drs. Syahbuddin, MS)
6. Environmental Study Centre, Padang Teachers Training Institute	Campus IKIP Air Tawar, PADANG Tel. (0751) 21160	Urban Formal Education	Dr. Agus Irianto
<b>RIAU</b>			
7. Environmental Study Group, Research Institute, University of Riau (UNRI)	Jl. Pattimura, 9 PEKANDARU Tel. (0761) 25556	Swampland and Coastal Ecology	Drs. Rustam Syam
<b>BENGKULU</b>			
8. Environmental Study Group, Research Institute, University of Bengkulu (UNIB)	Jl. Raya Kandang Limun, BENGKULU Tel. (0736) 31170	Agroforestry Ecology	Ir. Sumardi, M.For.Sc.
<b>JAMBI</b>			
9. Environmental Study Program Group, University of Jambi (UNJA)	Jl. Prof.Dr. Sri Soedewi Masjchun Sofwan SH, Telanajapura, JAMBI Tel. (0741) 25434	Agricultural Ecology	Ir. Bakri Wahab
<b>SOUTHERN SUMATRA</b>			
10. Environmental Study Program, Research Centre, Sriwijaya University (UNSRI)	Central Library, 2nd Floor, Bukit Besar, Jl. Srijaya Negara, PALEMBANG Tel. (0711) 26388	Lowland and Tidal Swamp Ecology	Fachrurozie Sjarkowi, PhD. (ex Dir. : Dr. Tan Malaka PhD, and Dr. Siti Zainab Bakir)
<b>LAMPUNG</b>			
11. Environmental Study Program, Research Centre, University of Lampung (UNILA)	Jl. Soemantri Brojonegoro, BANDAR LAMPUNG Tel. (0721) 53252, 52767	Transmigration and Resettlement Ecology	Ir. Sugeng P. Harianto, M.S. (ex Dir. : Ir. Sutopo Gani Nugroho MSc)
<b>WEST JAVA</b>			
12. Environmental Research Centre, Bogor Agricultural University (IPB)	Campus IPB Darmaga, P.O. Box 145, BOGOR Tel. (0251) 21024	Watershed Ecology, Tidal Agroforestry	Prof.Dr.Ir. Soerarno Partoatmodjo

No.	Environmental Study Centre ( PSL )	Address, Street, Phone, Telex, etc.	Areas of Research Emphasis	Head
13.	Environmental Research Centre Bandung Institute of Technology (ITB)	Jl. Sangkuriang, 42 A P.O. Box 372, BANDUNG Tel. (022) 85606	Settlement and Industrial Ecology	Prof.Dr.Ir. Hasan Poerbo, MCD
14.	Institute of Ecology (Centre for Study of Natural Resources and the Environment) Padjadjaran University (UNPAD)	Jl. Sekeloa, BANDUNG Tel. (022) 84982	Environmental Toxicology and Environmental Law, Agroecosystem Ecology	Prof.Dr.Ir. Otto Soemarwoto
15.	Institute for Population Studies and Research, Bandung Teachers Training Institute	Jl. Dr. Setiabudi, 229 BANDUNG Tel. (022) 81801 ext. 353	Formal and Informal Education for Catchment Areas	Drs. Koesmadji Wirjosoearto, M.Sc
<b>JAKARTA</b>				
16.	Centre for Research on Human Resources and the Environment, University of Indonesia (U I)	Jl. Salemba Raya, 4 JAKARTA PUSAT Tel. (021) 330318, 330337 ext 32 Telex 45680 UI JKT	Human Ecology	Prof.Dr.Ir. M. Soerjani
17.	Urban Ecology Project, Research Institute, University of Trisakti (USAKTI)	Jl. Kiai Tapa, Grogol, JAKARTA BARAT Tel. (021) 591356, 593288	Urban Ecology	Prof.Dr. Maftuchah Yusuf (ex Dir. : Prof.Dr. H. Ma'roef)
18.	Environmental Study Centre, Tarumanagara University (UNTAR)	Jl. Kiai Tapa no. 1, Grogol, JAKARTA BARAT	Urban Ecology	Prof.Dr. W. Wisaksono
19.	Centre for Population and Environmental Studies Research, Jakarta Teachers Training Institute	Complex IKIP, Rawamangun, JAKARTA TIMUR Tel. (021) 4702137, 4890046 ext. 24	Urban Informal Education	Prof.Dr. Dendasurono Prawiroatmodjo
20.	Environmental Study Centre, Syarif Hidayatullah State Institute for Islamic Religion	Jl. Ciputai Raya, JAKARTA SELATAN Tel. (021) 749-1082	Religion and Development	Drs. Jaisj Prasodjo
<b>CENTRAL JAVA</b>				
21.	Centre for Research on Population and Environment, Diponegoro University (UNDIP)	Jl. Imam Bardjo SH no. 3 - 5 SEMARANG Tel. (024) 311519	Ocean and Mangrove Ecology	Prof.Dr.Ir. Sidharta
22.	Environmental and Population Study Centre, Jendral Soedirman University (UNSUD)	Campus Universitas Jend. Soedirman, Krendeng P.O. Box 15, PURWOKERTO Tel. (0281) 21292, 21293, 21294 ext. 117	Coastal and Brackishwater Ecology	Drs. Sanusi Martodigdo (ex Dir. : Ir. J.B. Kamomo W.H.)
23.	Population and Environmental Study Centre Sebelas Maret University (UNS)	Jl. Ir. Soetami no. 36 A SURAKARTA Tel. (0271) 6663 ext. 320	Watershed Ecology	Drs. I. Sutardja (ex Dir. : Drs Rivai Asfari)
24.	Environmental Study Centre, Satya Wacana (Christian) University (UNSW)	Jl. Kartini, SALATIGA	Watershed Ecology	
25.	Population and Environmental Studies Group, Research Centre, Semarang Teachers Training Institute	Jl. Kelud Utara III, SEMARANG Tel. (024) 311502	Informal Education in Rural Areas	Drs. Soerjadi Hadiprajitno
<b>YOGYAKARTA</b>				
26.	Centre for Environmental Research Gadjah Mada University (UGM)	Jl. Sekip Blok K. 8 - 9 , Campus Bulaksumur U G M, YOGYAKARTA Tel. (0274) 88688 ext. 321	Geographical Ecology	Dr. Soengeng Martopo (ex Dir. : Prof.Dr.Ir. Soemantri Sastrosoedaryo)
27.	Environmental Study Centre, Yogyakarta Teachers Training Institute	Jl. Karang Malang, YOGYAKARTA Telp. (0274) 86168	Elementary Schools/ Teachers College in Rural Areas	Drs. Wurdjadi, M.S.
28.	Centre for Population and Environmental Studies, Research and Surveys Institute, Sunan Kalijaga State Institute for Islamic Religion	Jl. Marsda Adisucipto YOGYAKARTA Tel. (0274) 3721 ext. 18	Religion, Environment and Development	Dra. Siti Zawimah SU

No.	Environmental Study Centre ( PSL )	Address, Street, Phone, Telex, etc.	Areas of Research Emphasis	Head
<b>EAST JAVA</b>				
29.	Centre for Environmental Health Research, Research Institute, Airlangga University (UNAIR)	Jl. Darmawangsa Dalam, 2 SURABAYA	Environmental Health	Prof. Hermien Hadiati Kuswadji, SH
30.	Environmental Study Centre, Brawijaya University (UNIBRAW)	Jl. Letjen Harjono MT, 169 MALANG Telp. (031) 51615 ext. 130	Catchment and Coastal Area Development	Ir. Iman Soetrisno Tel. (0341) 51611,
31.	Department of Environmental Systems, Surabaya Institute of Technology (ITS)	Kampus ITS Keputih, Sukolilo, SURABAYA Telp. (031) 597264 597274 ext. 213	Industrial Ecology and Coastal Settlement Ecology	Ir. Happy Ratna Santoso, M.Sc. (ex Dir. : Ir. Ismojowati Tjondronegoro)
32.	Environmental Study Centre, University of Jember (UNEJ)	Jl. Veteran no. 3 P.O. Box 59, JEMBER Tel. (0331) 41422, 21270, 41500	Upland Rehabilitation and Ecology	Ir. Wustamidin, M.Agr.Sc.
33.	Environmental Study Centre, Wijayakusuma University	Dukuh Kupang, SURABAYA	Regional Development	
34.	Environmental Study Centre, Merdeka University	Jl. Terusan Raya Dieng, 62-64 MALANG Telp. (0341) 28395	Regional Development	Dra. Djumiati, M.S
35.	Population and Environmental Study Group, Surabaya Teachers Training Institute	Kampus IKIP Ketintang, SURABAYA Tel. (031) 45907, 42827	Informal Education in Coastal Villages	Drs. Soedarmo
36.	Centre for the Study of Population and Environment, Malang Teachers Training Institute	Jl. Surabaya no. 6 MALANG Telp. (0341) 512513	Curricula for Informal Education	Dr. Saladdin
37.	Environmental Study Centre, PGRI Teachers Training Institute	Jl. S. Supriadi, 48 MALANG Tel. (0341) 22488	Population and Environmental Studies	Drs. Gatot Santoso
38.	Environmental Study Centre, Sunan Ampel State Institute for Islamic Religion	Jl. Jend. A. Yani, 117 Tromol Pos 4 / WO SURABAYA Tel. (031) 810298, 813300	Religion, Environment and Development	Drs. Sjamsudduha
<b>WEST KALIMANTAN</b>				
39.	Environmental Study Centre, Tanjungpura University (UNTAN)	Jl. Imam Bonjol, PONTIANAK. Tel. (0561) 4399	Ecology of Swamps, Peat Soils, and Critical Lands	Anwar Saleh, SH
<b>CENTRAL KALIMANTAN</b>				
40.	Centre for Studies of Population and the Environment, University of Palangkaraya (UNPAL)	Jl. Yos Sudarso, Campus Univ. Palangkaraya, Tanjung Nyaho, PALANGKARAYA Tel. (0514) 21492, 21722	Ecology of Peat Soils and Swampland Forests	Drs. Ngadirin Setiawan, M.Sc. (ex Dir. : Nani Hentingan S.H.)
<b>SOUTHERN KALIMANTAN</b>				
41.	Environmental Study Program Group, Lambung Mangkurat University (UNLAM)	Jl. Jend. A. Yani, P.O. Box 13, BANJARBARU Tel. (05119) 2379	Fresh Water and Swamp Ecology	Ir. H.M. Hazairin Noor, MS
<b>EAST KALIMANTAN</b>				
42.	Environmental Study Centre, Mulawarman University (UNMUL)	Jl. Flores no. 1 SAMARINDA Tel. (0541) 21033	Tropical Rain Forest Ecology	Dr.Ir. H. Hasril Hitam, M.Sc
<b>BALI</b>				
43.	Environmental Study Centre, Udayana University (UNUD)	Jl. Jend. Soedirman, Sanglah, DENPASAR Tel. (0361) 3751	Ecology of Islands, Parks and Tourism	Ir. Putra Sastrawan, M.Agr.Sc.

No. Environmental Study Centre ( PSL )	Address, Street, Phone, Telex, etc.	Areas of Research Emphasis	Head
<b>NUSA TENGGARA BARAT</b>			
44. Environmental Study Centre, University of Mataram (UNRAM)	Jl. Pendidikan no. 37 MATARAM Tel. (0364) 21435	Coastal and Island Ecology	Ir. Abdullah M.T.
<b>NUSA TENGGARA TIMUR</b>			
45. Environmental Study Centre, Nusa Cendana University (UNDANA)	Jl. Jend. Soeharto no. 72 New Campus UNDANA, Penfui, KUPANG Tel. (0391) 21680	Arid Land Ecology	Drs. Hendrik Attaupah, M.A. (ex Dir. : Drs. Boetje Patty)
<b>NORTHERN SULAWESI</b>			
46. Department of Environmental Studies "Wale Sea" Research Centre, Sam Ratulangi University (UNSRAT)	Kampus UNSRAT Bahu, MANADO Tel. (0431) 3586, 3786. Tlx. 74131	Coastal and Marine Ecology	Prof. Ir. Alamsyah
47. Centre for the Study of Population and the Maritime Environment, Manado Teachers Training Institute	Jl. Jusup Hasiru Kampus IKIP Manado MANADO Tel. (0431) 51611	Maritime Environmental Education	Prof. Dr. J. Doda
<b>CENTRAL SULAWESI</b>			
48. Centre for Environmental and Population Research, Tadulako University (UNTAD)	Kampus Tadulako Bumi Bahari, P A L U Tel. (0451) 21590, 22844	Resettlement Ecology	Prof. Dr. H.A. Mattulada
<b>SOUTH SULAWESI</b>			
49. Environmental Study Centre, Hasanuddin University (UNHAS)	Jl. Oerip Soemohardjo, Kampus Tamalanrea, UNHAS UJUNG PANDANG Tel. (0411) 28034	Lake and Coastal Ecology	Dr. Ir. Rusdian Lubis (ex Dir. : Dr. Ir. Muslimin Mustafa, M.Sc)
50. Education of Population and Environment Development, Study Group, Ujung Pandang Teachers Training Institute	Jl. Campus IKIP UJUNG PANDANG Tel. (0401) 83930, 83619, 82653	Agroforestry and Coastal Ecology	Dr. H. Hammado Tantu, M.Pd.
<b>SOUTH-EAST SULAWESI</b>			
51. Environmental Study Centre Halu Oleo University	Jl. Mayjen S. Parman, Halu Oleo University KENDARI Tel. (0401) 21834, 21503	Marine Ecology	Drs. Suleman
<b>MALUKU</b>			
52. Centre for Natural Resources and Environmental Management, Pattimura University (UNPATTI)	Jl. Jend. A. Yani, P.O. Box 95, AMBON Tel. (0911) 2189, 3560	Island Ecology	Drs. J.J. Wenno, M.S. (ex Dir. : Ir. M.K.J. Naromarna M.Sc)
<b>IRIAN JAYA</b>			
53. Environmental Study Centre, Cendrawasih University (UNCEN)	Jl. Gunung Salju, P.O. Box 23, MANOKWARI Tel. (0962) 21065, 21067	Mountain and Alpine Ecology, Conservation and Development	Ir. M. St. E. Kilmaskossu, M.Sc. (ex Dir. : Prof. Dr. R.C. Tarumingkeng, Ir. Y.P. Karafir, M.Ec.)

(インドネシア大学資料)

### 3      参 考 文 献 一 覽

LAPORAN EVALUASI PROKASIH TAHUN KETIGA 1991-1992/DISAMPAIKAN PADA RAPAT KERJA  
EVALUASI PROKASIH TAHUN KETIGA    JAKARTA, 10-12 DESEMBER 1992  
PEMERINTAH DAERAH KHUSUS IBUKOTA JAKARTA

LAPORAN LINGKUNGAN JAKARTA 1989-1990 AIR SUNGAI (KIMIAWI)  
PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERKOTAAN DAN LINGKUNGAN DKI JAKARTA

PROMOTING ENVIRONMENTAL STUDY CENTRES IN INDONESIA IN SUPPORT OF SUSTAINABLE  
DEVELOPMENT

HIMPUNAN SURAT KEPUTUSAN GUBERNUR KDKI JAKARTA MENGENAI PENGELOLAAN LINGKUNGAN  
PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERKOTAAN DAN LINGKUNGAN DKI JAKARTA

STATISTIK INDONESIA 1991/BIRO PUSAT STATISTIK JAKARTA INDONESIA

ATLAS ILMU PENGETAHUAN SOSIAL/PT PEMBINA PERAGA

KLASIFIKASI KOMODITI INDONESIA 1991 BUKU 1A:SEKTOR INDUSTRI PENGOLAHAN  
BIRO PUSAT STATISTIK JAKARTA INDONESIA

STATISTIK AIR MINUM 1990/BIRO PUSAT STATISTIK JAKARTA INDONESIA

DECREE OF THE STATE MINISTER FOR POPULATION AND ENVIRONMENT  
NUMBER:KEP-03/MENKLH/11/1991 RE:EFFLUENT QUALITY STANDARDS FOR EXISTING  
OPERATIONS BAPEDAL ENVIRONMENTAL IMPACT MANAGEMENT AGENCY WITH EMDI  
ENVIRONMENTAL MANAGEMENT DEVELOPMENT IN INDONESIA 1990

JAKARTA STREET ATLAS & NAMES INDEX/GUNTHER W. HOLTORF    PT DJAMBATAN

PENDUDUK INDONESIA HASIL SENSUS PENDUDUK 1990/BIRO PUSAT STATISTIK JAKARTA  
INDONESIA

ATLAS SEJARAH INDONESIA DAN DUNIA/PT PEMBINA PERAGA

LINGKUNGAN & PEMBANGUNAN JURNAL PUSAT STUDI LINGKUNGAN PERGUAN TINGGI SELURUH  
INDONESIA

PROFIL STATISTIK IBU DAN ANAK DI INDONESIA 1991/BIRO PUSAT STATISTIK JAKARTA

LINGKUNGAN BERSIH BERAWAL DI DALAM DIRI KITA SENDIRI PROGRAM KEBERSIHAN KOTA  
ADIPURA/BADAN PENGENDALIAN DAMPAK LINGKUNGAN

PROKASIH CLEAN RIVER PROGRAMME/OFFICE OF THE STATE MINISTER FOR POPULATION AND  
ENVIRONMENT AND CIBA-GEIGY

PEMBANGUNAN BERWAWASAN LINGKUNGAN/EMIL SALIM



GERAKAN CILIWUNG BERSIH/MOHAMAD SOERJANI SEKRETARIAT GERAKAN CILIWUNG BERSIH  
UNIVERSITAS INDONESIA

PUSAT PENELITIAN LINGKUNGAN HIDUP(PPLH, IPB)  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR 1992

STANDARD METHOD FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER  
AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION

JICAインドネシア事務所・国際協力総合研修所「インドネシア共和国セクター別・基礎資料」(1990)

JICAインドネシア事務所・国際協力総合研修所「インドネシア共和国セクター別・基礎資料」(1992)

JICA「インドネシア共和国環境管理センター設立計画基本設計調査報告書」(1991)

北九州市環境局「北九州市環境白書」

北九州市環境衛生研究所「洞海湾総合調査報告書Ⅰ、魚、エビ、カニ類」(1990)

北九州市環境衛生研究所「洞海湾総合調査報告書Ⅱ、底質と底生動物」(1992)

米谷監修・大竹編「日本環境図譜」(1978)

気象庁「海洋観測指針」

土井陸夫編「発展途上国の環境問題」(1987)

西岡秀夫等「地域環境評価のための環境情報システムに関する研究」国立環境研究所報告第  
109号(1987)

JIS-K0102 工場排水試験方法

北九州市港湾局「北九州市の港史」(1990)

日本工業用水協会「水処理実験法」(1973)

日本工業用水協会「工業用水水質」(基準判定委員会、1969)

「公害防止の技術と法規」(1992)

日本工業用水協会編「水処理実験法」(1973)

環境庁水質保全局「改訂・小規模事業場排水処理対策全科」(1991)





JICA