

製鋼工場における廃水処理システム

Wastewater Treatment System in Steel Mills

Because of its profuse use of water - from 100 to 200 m³ per ton of blister steel - it has been a usual practice for a steel mill today to own a wastewater treatment system which allows to re-use the wastewater. This article deals with such treatment system for wastewater from a continuous caster which is finding wide application in steel mills. The most recommended process of wastewater treatment by this system consists in a combination of natural sedimentation and high speed filtering and for that purpose a high speed filter and a travelling and traversing type pump-up collector are employed. In an experiment using a prototype treatment system of this type developed by Hitachi very satisfactory results were obtained in respect of system performance.

小松康宏* Yasuhiro Komatsu

松野正一* Shōichi Matsuno

藤田博志** Hiroshi Fujita

1 緒 言

製鋼工場の廃水処理を考える場合、再使用ということを切り離しては考えることができない。すなわち、(1)その廃水の処理は他の廃水に比べて原理的に容易な物理的处理により可能であること、(2)粗鋼生産トン当たり100~200m³という膨大な水量が必要であること、(3)近年、水資源の不足が一段と厳しさを増していること、(4)総量規制など産業廃水の環境汚染に対する規制がしだいに厳しくなってきたこと、それらを併せ考えると、必然的に廃水の再利用ということが非常に重要な課題であり、製鋼工場における廃水処理の基本となる。

そこで、ここでは製鋼工場の廃水のなかでも代表的な一例として連続鋳造装置の廃水(以下、連鋳廃水と略す)を取り上げ、再使用のための処理過程及びその主要機器である高速ろ過器と走行式スラッジ吸上げ装置の概要について述べる。

2 連鋳廃水の処理装置

2.1 生産工程と水サイクル

連鋳機を使用する工場の生産工程と水の循環過程は図1に示すとおりである。モールドとマシンには間接冷却、その他スプレーなどに直接冷却が行なわれる。マシンは冷却水出口

が開となっており、その廃水はほかの直接冷却水とともにスケールピットへ入る例が多い。

スプレーでは高温の鋼片に直接冷却水をスプレーするため、表面に生成した薄い酸化鉄がはく離し、ミルスケールとして廃水に混入する。また、水の蒸発損失を伴う。

搬送設備は冷却床をも兼ねており、冷却やスケール流しのため多量の冷却水を使う。このとき、ロール部などの機械油がこの廃水の中に混入する。

従って、連鋳廃水はミルスケールと機械油を含んだ廃水であり、スケールピット出口で、ほぼ表1に示すような水質となる。

また、この廃水进行处理する場合、連鋳機側からみた再使用水の水質としては、スプレーノズルの詰まりや配管内における累積を考え、浮遊物質濃度30ppm以下、油分3ppm程度が目安となる。

2.2 設計・計画

連鋳廃水の処理装置を設計するとき、まず考えるべきことは、一般に大量の廃水中のミルスケールと油分の除去、沈殿池底のスラッジの除去などをいかに効率よく行なうか、とい

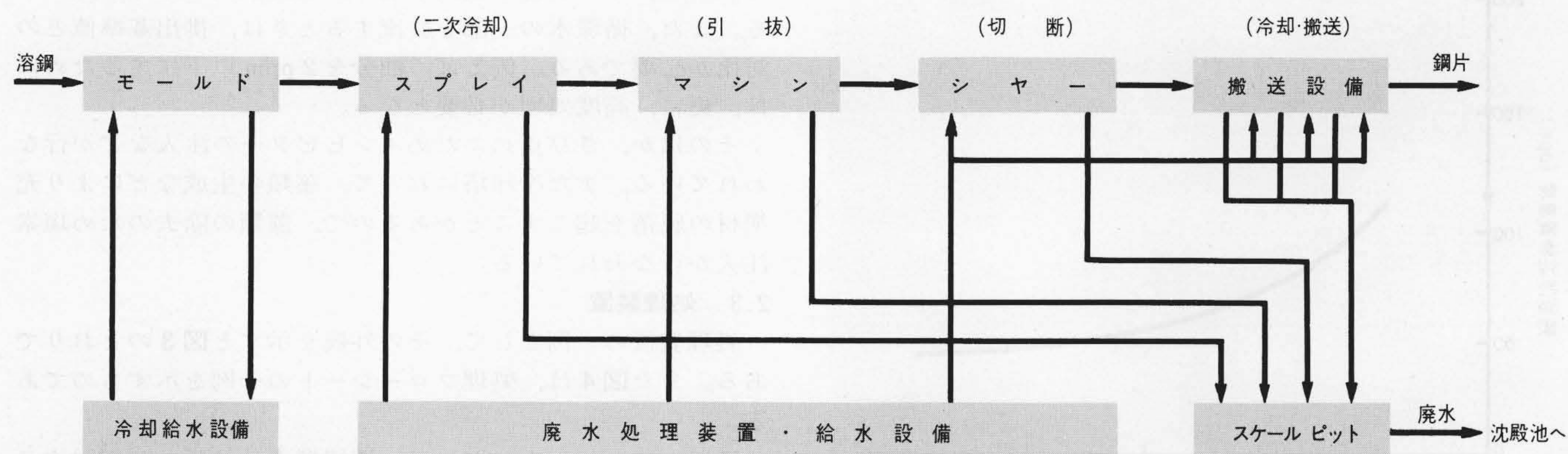


図1 生産工程と水の循環 連続鋳造機における冷却給水と廃水の流れを示している。

Fig. 1 Casting Process and Water Circulation

* 日立プラント建設株式会社

** 日立プラント建設株式会社 理学博士

表1 連鑄廃水水質の一例 K工場における連鑄機からの廃水水質の例を示す。

Table 1 One Example of Wastewater from Continuous Caster

浮遊物質 (ppm)	濁度 (度)	油分 (ppm)
100~250	30~100	10~20

うことである。一方、この処理装置は回収水を再使用するための装置であるから、排水の規制とは別に切り離して考えることができる。

2.2.1 沈 殿

廃水中のミルスケールは、粒度が比較的粗いので沈降速度も速く、浮遊物質を含有する廃水から浮遊物質を沈降させたときの沈降時間と、残留浮遊物質濃度との間にはほぼ図2に示すような関係がある。従って、自然沈殿による処理のみでも40~50ppmとすることができるが、それ以下にすることは難しい。また油分の除去においては、油分の密度が水に近く、そのため微細なミルスケールに付着して水中を懸濁し浮上しないものなどあり、パイプスキーマなどによる表流水の除去だけでは処理しきれない。

硫酸バンドと消石灰の添加や、高分子凝集助剤の添加による凝集沈殿処理の場合は、滞留時間を90分程度とすることにより、その浮遊物質濃度を20ppm以下とすることができるが、塩類濃度が上昇すること、また油分の処理が多少不十分となることが懸念される。

沈殿池の形式は角形横流式とし、流入側には整流壁を設けるが、流出側には特に越流トラフを必要としない。また沈殿池を横流式としているのは、円形沈殿池に比較して、水温の変動に対する影響を受けにくいとされているためである。

2.2.2 ろ 過

高速ろ過器は、ミルスケールと油分の除去に適用して非常に良好である。廃水処理装置の占有面積や沈殿処理における諸問題を考える場合、高速ろ過器を組み入れて、処理水質の安定と占有面積の縮小を図ることが賢明である。高速ろ過器

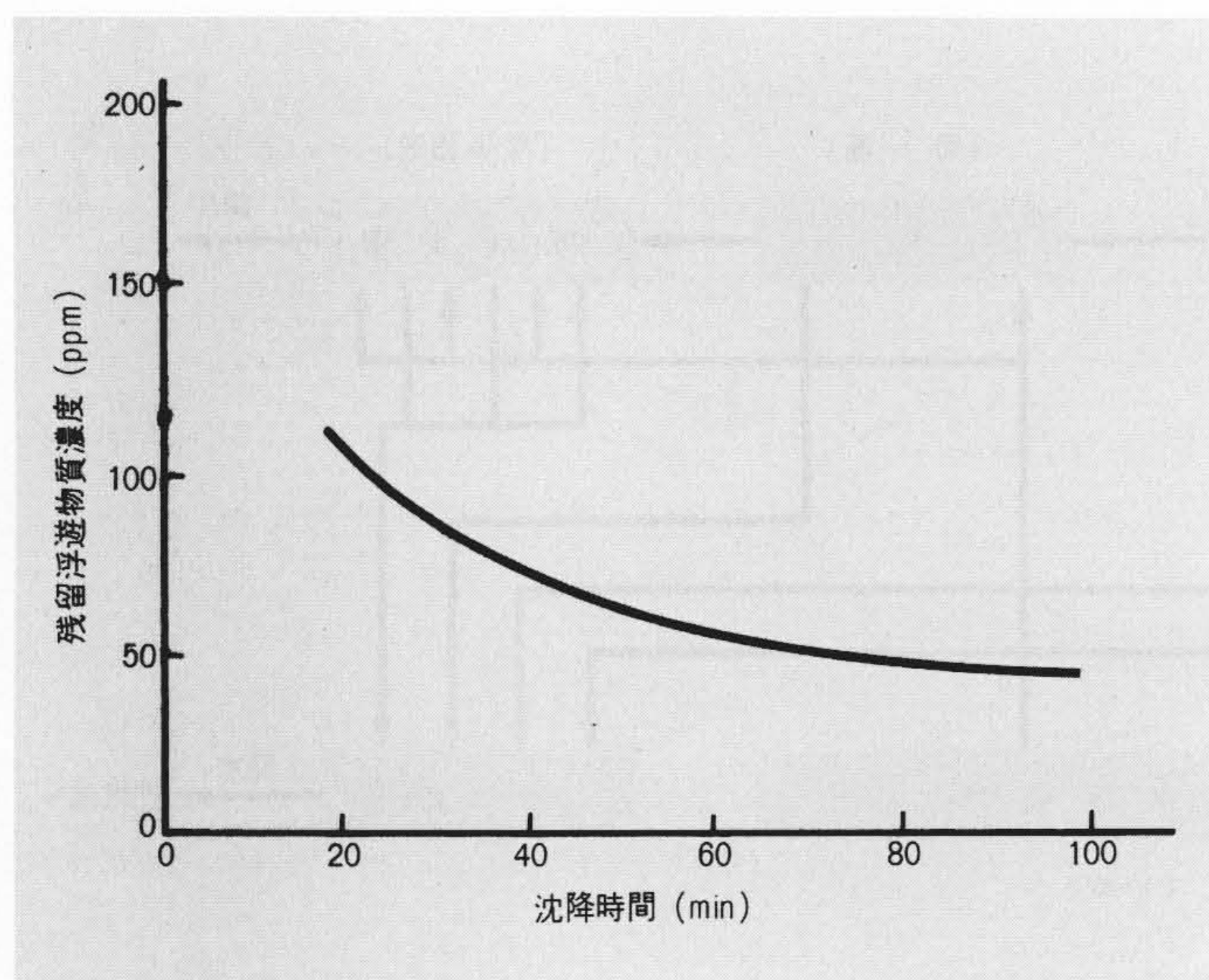


図2 残留浮遊物質濃度と沈降時間の関係 沈殿池で廃水中の浮遊物質を沈降させたときの沈降時間と残留浮遊物質濃度との間の関係を示す。

Fig. 2 Relation between Residual Suspended Solid and Settling Time

の場合、ろ過原水の浮遊物質濃度を100 ppm以下とすると、ろ過持続時間を長くとることができ、水質的にも良好な結果を得る。この場合、前処理沈殿池としては30分程度の滞留で十分であり、薬品注入は必要としない。

2.2.3 スラッジ処理

沈殿池の底に沈殿したスラッジの除去には、集泥装置と汚泥ポンプの組合せが一般的である。従来のスラッジ処理装置としてはミダ形やチェーンコンベヤ形が多く使用されてきたが、これらの装置は蛇行、脱線などの機能の不安定、沈殿池の水抜きのような保守の困難さ、配管の詰まりなど汚泥のトラブルの難点があり問題となっていた。

それらの問題を解決するために考案されたのが走行式スラッジ吸上げ装置である。本装置はミダ形のような走行台車タイプであるが、つり下げている水中サンドポンプがスラッジを吸い上げるようになっている。従って、走行台車に対する負荷がほとんどなく、また水中サンドポンプにより直接スケールを吸引するため、汚泥の詰まりなどの問題は皆無である。また機械部分が水中にないため、故障も少なく保守管理上も有利である。

2.2.4 用水と水質の管理

処理水槽の容量設定上大切なことは次のとおりである。

- (1) スケールピットや配管内の保有水量
- (2) 高速ろ過器の逆洗水量
- (3) 送水ポンプの保護（頻繁な運転の繰返し防止及び空転防止など）に必要な水量
- (4) 余裕水量

実際には、廃水処理装置と連鑄機の運転方法をも十分に考慮して、処理水槽内保有水量の経時変化曲線を作成し、容量を設定する必要がある。また、中間水槽を設けることなく連鑄機へ送水することが多いので、廃水処理装置のトラブルが直接、生産トラブルとなりやすい。従って、処理水槽の容量をできるだけ大きくすることが望ましく、通常は連鑄機運転の最大送水で30分以上持続できる容量を一つの目安としている。

また、連鑄機や廃水処理設備に対する水質の影響についても忘れてはならない。すなわち、連鑄機や冷却塔で水の循環再使用の場合、蒸発損失に伴い塩類濃度が上昇し、スケール付着や腐食事故に発展することが多い。このため、濃縮倍数に基づいた管理として、循環水の一部を放流する方法がとられている。この場合の放流量は、蒸発損失の30~50%となる。また、循環水の一部を放流するときは、排出基準値との対比が必要である。例えば、油分を2 ppm以下にするためには、更に、高度処理が必要となる。

そのほか、さび止めのためインヒビターの注入などが行なわれている。また冷却塔において、藻類の生成などにより充填材の脱落を起こすことがあるので、藻類の除去のため塩素注入が行なわれている。

2.3 処理装置

処理装置の一例として、その外観を示すと図3のとおりである。また図4は、処理フローシートの一例を示すものである。

処理フローシートにおいて、連鑄機本体の近くに設けたスケールピットに入る廃水は数分間の滞留により、粗いスケールを除去した後、廃水処理装置へ送られる。

廃水は、まず、横流式沈殿池で自然沈殿処理が行なわれ、浮遊物質濃度100 ppm以下の安定したろ過原水として高速ろ過器へ送られる。また、沈殿池の下流側でパイプスキーマに

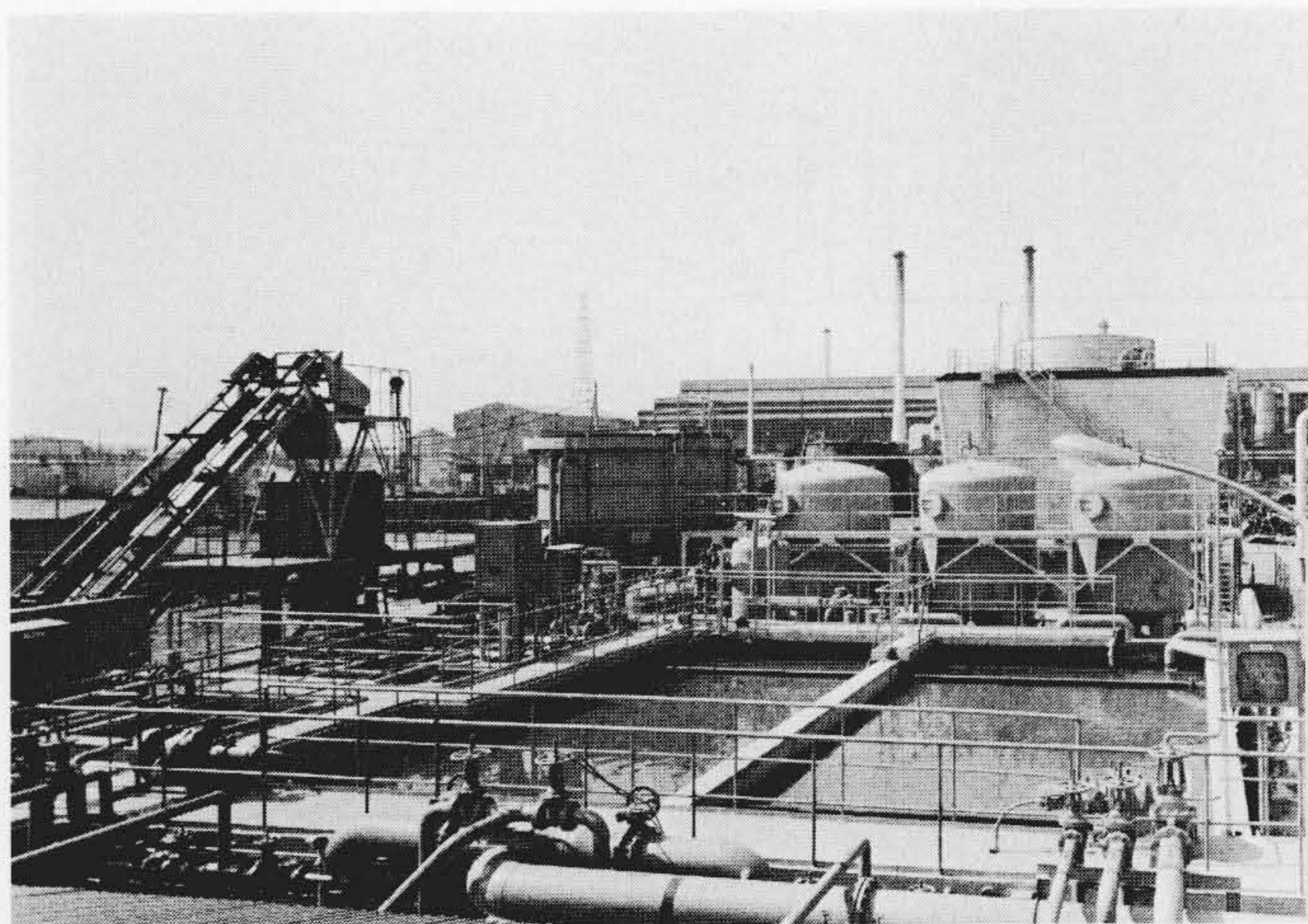


図3 装置の外観 N社に納入した装置の外観で、廃水処理量は $600\text{m}^3/\text{h}$ である。

Fig. 3 An External Appearance of Wastewater Treatment Plant for Continuous Caster Works

より油分はできるだけ除去される。高速ろ過器でろ過した水は、浮遊物質濃度 10ppm 、油分 3ppm 程度の水質となる。

冷却塔への送水は、高速ろ過器への送水ポンプ水頭を利用して行なわれる。処理水は冷却塔の下に設けた処理水槽に貯留し、送水設備により所定の水圧を加えて連铸機各部へ供給される。

パイプスキーマからの含油表流水は油分離槽に入り、浮上分離が行なわれる。分離した水は沈殿池にもどされ、油分は吸油性ベルトを用いた油回収機などにより回収される。

高速ろ過器の逆洗廃水は逆洗廃水槽に入り、一定時間の静置により固液分離が行なわれる。上ずみ水は沈殿池にもどされ、底部に沈殿したスラッジは、必要に応じてバケット、脱水機などにより処理される。

沈殿池の底部には相当量のスラッジが沈殿するが、この除去は走行式スラッジ吸上げ装置により行なわれる。スラッジは連続的に水切りされた後、ケーキホッパにためられ、分離水は池の上流側にもどる。

2.4 主要機器の概要

2.4.1 走行式スラッジ吸上げ装置

本装置の外観は図5に、構造は図6に示すとおりである。

図6において、走行するけた（走行台車）①の上で横行装置

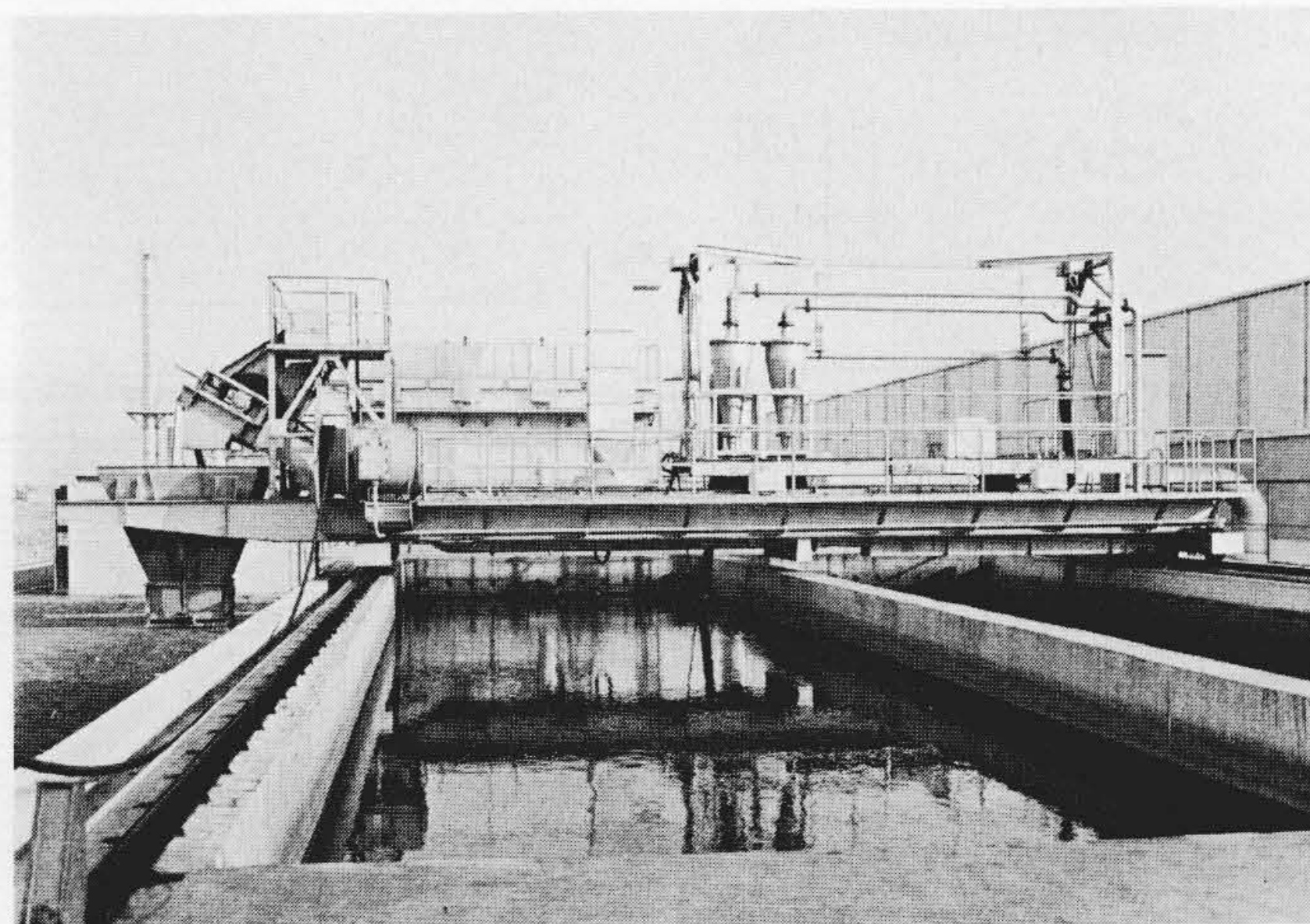


図5 走行式スラッジ吸上げ装置 B社K工場に納入のものである。

Fig. 5 An External Appearance of Traveling and Traversing Type Sludge Pump-up Collector

②が横行しつつ、水中サンドポンプ③によりスラッジを吸い上げて、液体サイクロン④に送る。液体サイクロンの上部から分離水が出て、排水トラフ⑤に入り、沈殿池の側壁に設けた溝を流れ沈殿池の流入側に運ばれる。液体サイクロンの下部からはスラッジを多量に含む廃水が出て、固液分離トラフ⑥に入る。スラッジはフライトコンベヤ⑦でかき揚げられるときに水切りされ、スラッジホッパ⑧に入り、分離水は排水トラフに流入する。

本装置の運転操作はすべて自動的に行なうように設計されている。走行速度は $4\text{m}/\text{min}$ 、横行速度は $1\sim 3\text{m}/\text{min}$ で、走行と横行を順次交互に繰り返して水中サンドポンプをコの字形に運行させ、効果的にスラッジを吸い上げることができる。その特長は次に述べるとおりである。

- (1) 機械部分が水中にないため、故障が少なく、且つ保守管理が容易である。
- (2) ポンプのつり下げ位置の調節が自由にできる。
- (3) スラッジの沈殿量により影響を受けない。
- (4) 集泥と排泥及び水切りを同時に行なうことができる。

従って、万一の場合に本装置を長時間停止しても、生産設備の運転に支障を来すことはない。

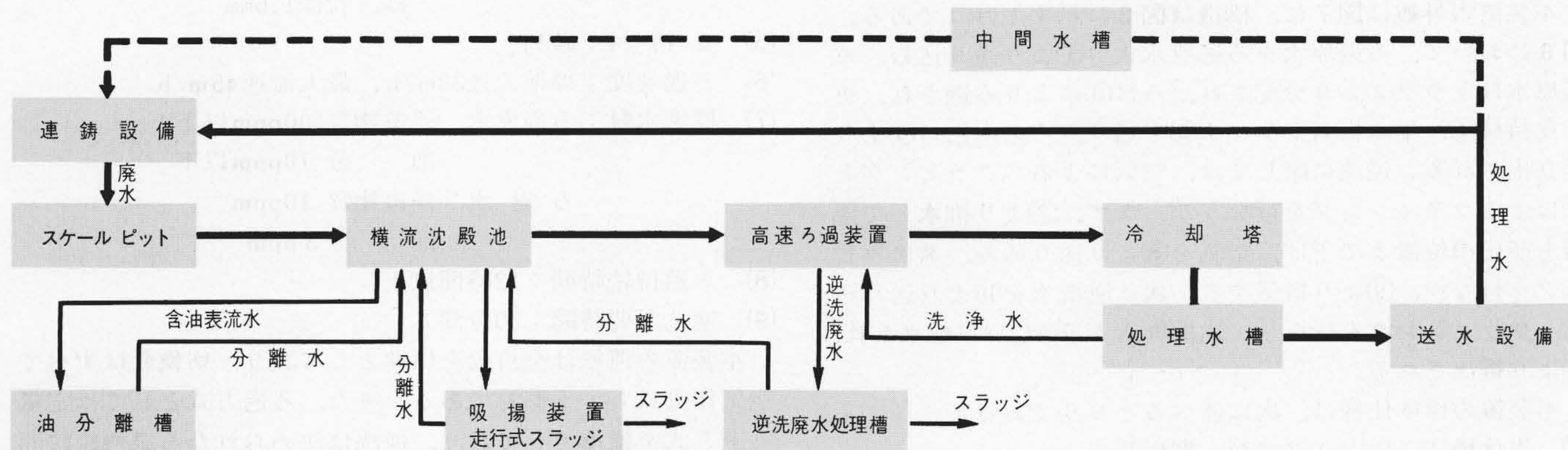
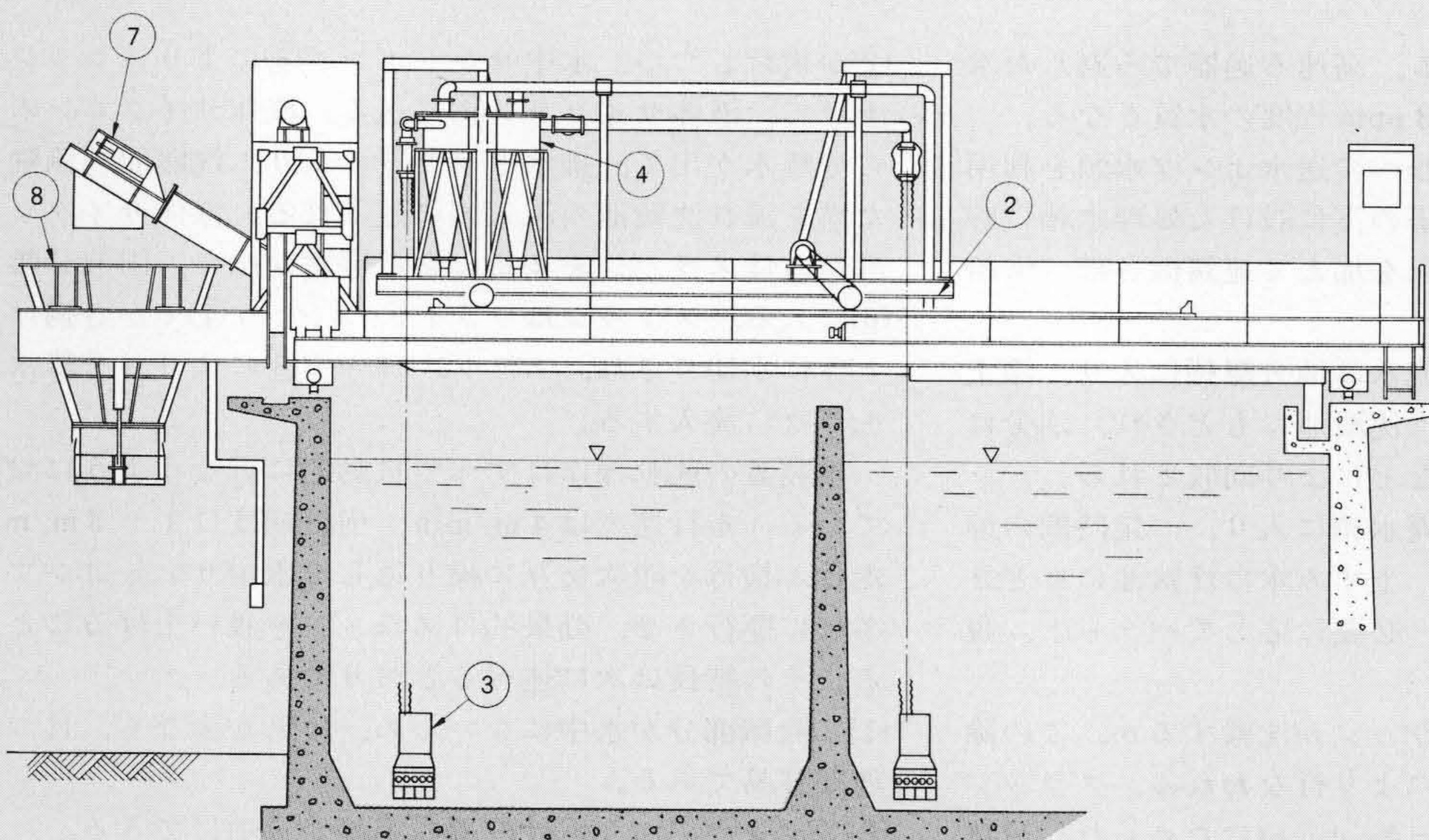
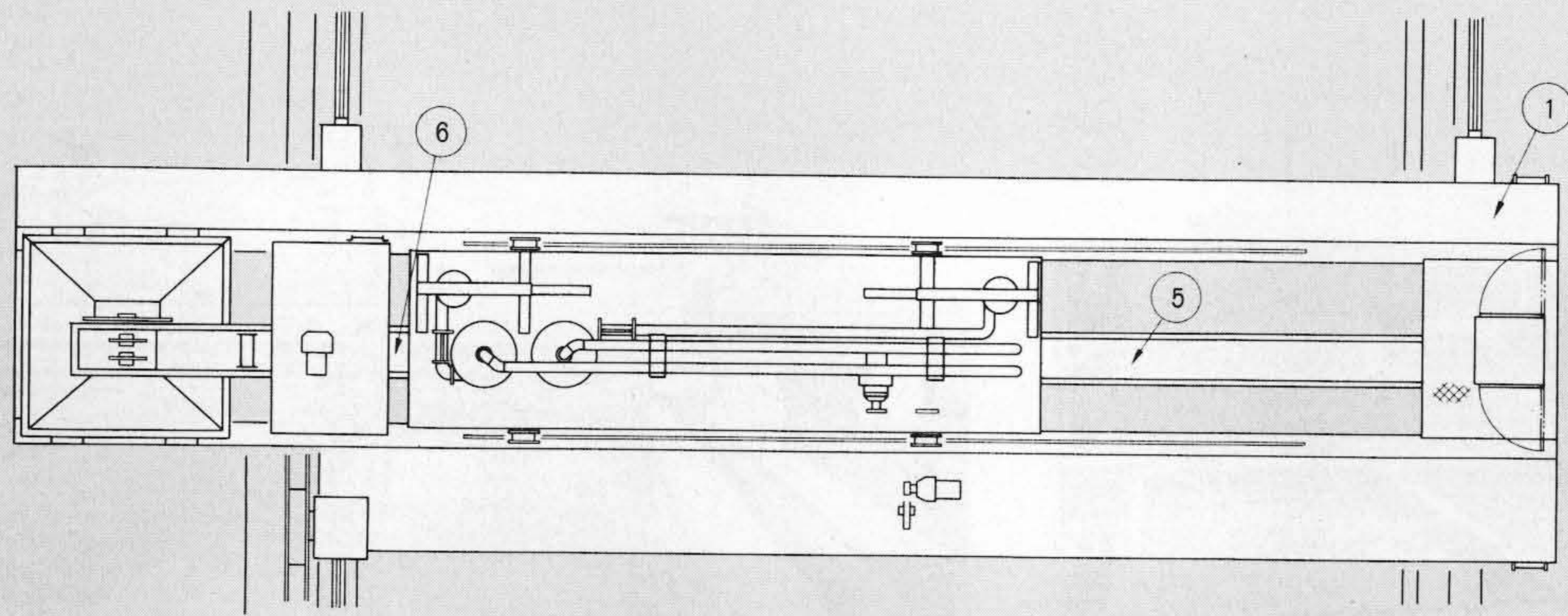


図4 連铸廃水の処理フローシート T社納入のもので、廃水処理量は $330\text{m}^3/\text{h}$ である。

Fig. 4 Treatment Flow Sheet for Wastewater from Continuous Caster



項 番	名 称
①	け た
②	横行台車
③	水中サンドポンプ
④	液体サイクロン
⑤	排水トラフ
⑥	固液分離トラフ
⑦	フライト コンベヤ
⑧	スラッジ ホッパ

図6 走行式スラッジ吸上げ装置の構造 池殿池上に設置されている縦けたと横行台車とから構成されている。横行台車には水中サンドポンプと液体サイクロンを具備している。

Fig. 6 Outline of Traveling and Traversing Type Sludge Pump-up Collector

2.4.2 日立高速ろ過器

本装置の外観は図7に、構造は図8に示すとおりである。図8において、ろ過原水をろ過原水入口①より送り込む。ろ過原水はトラフ②より分配され、ろ材③によりろ過され、更に支持材④、集水板ストレーナ⑤を通り、ろ過水出口⑥より送り出される。逆洗に際しては、空気によるスクラビングと水によるフラッシングを行なうが、まず、⑦より排水して液面を所定の位置まで下げ、空気を⑧より送り込み、スクラビングを行ない、⑨より排気する。次に逆洗水を⑩より送り込み、フラッシングを行なう。逆洗廃水トラフ②より集水され、⑦より排出される。

本装置の標準仕様は、次に述べるとおりである。

- (1) 本体構造：圧力式立て形、鋼板製
- (2) 本体寸法：2,000～5,000φ×5,600H(mm)
- (3) 基 数：3基以上を1組、うち1基逆洗時過負荷運転

- (4) ろ 材：アンスラサイト、粒径2～4mm
砂、粒径1.6mm
- (5) 支 持 材：砂利
- (6) ろ過速度：標準流速30m/h、最大流速45m/h
- (7) 標準水質：ろ過原水、浮遊物質100ppm以下
油 分 10ppm以下
ろ 過 水、浮遊物質 10ppm
油 分 3 ppm
- (8) ろ過持続時間：12時間以上
- (9) 逆洗所要時間：30分間

本装置の運転は全自動を標準としており、切換弁はすべて空気作動式ちよう形弁である。また、ろ過方式としては定量ろ過方式を標準としており、逆洗は決められたろ過持続時間後に行なうようタイマが設定されている。

本装置の処理性能に最も影響を与えるのは逆洗効果であり、

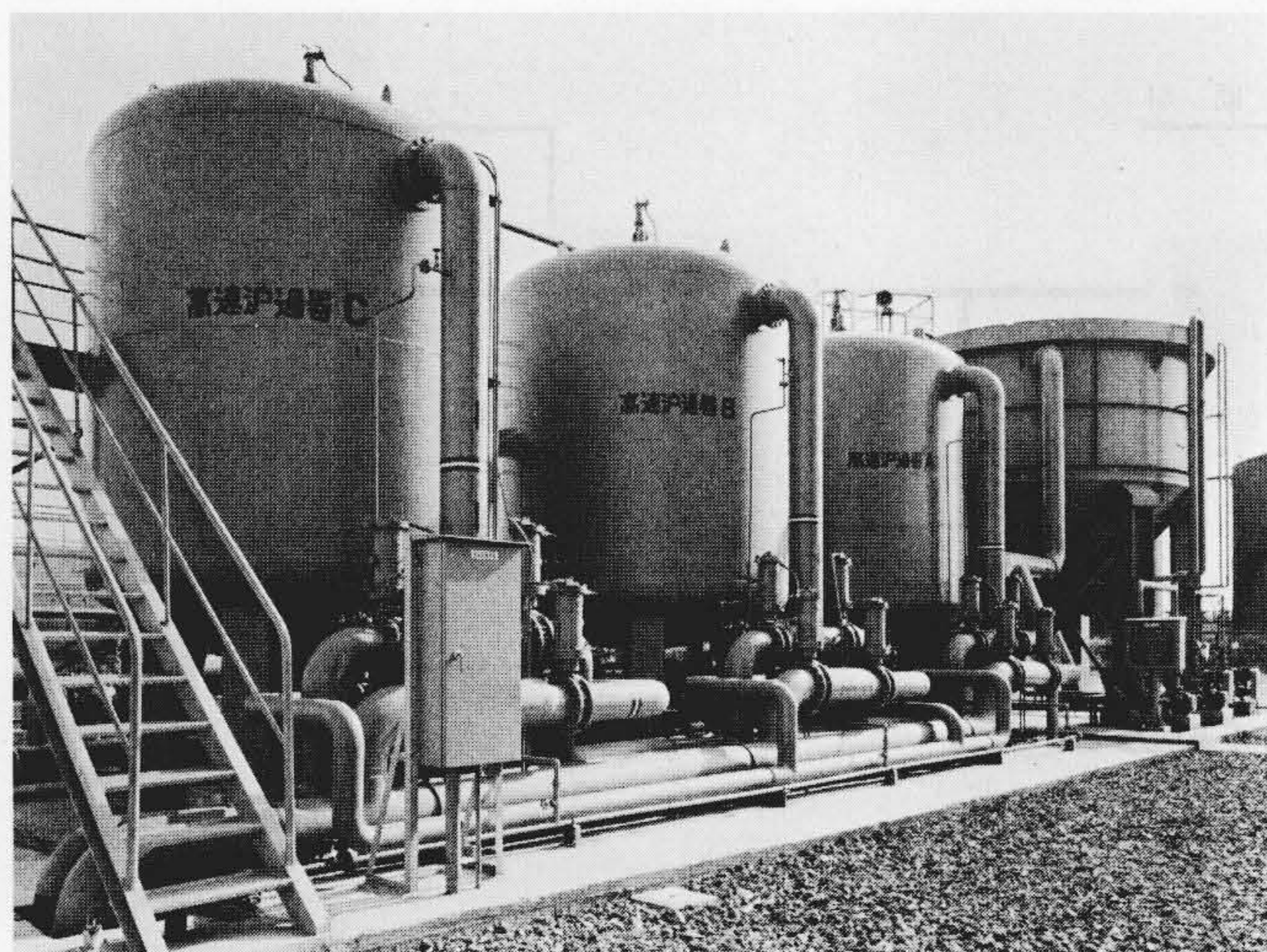


図7 日立高速ろ過器 C社納入のもので、処理量は400m³/hである。

Fig. 7 An External Appearance of Hitachi High Rate Filter

特に空気によるスクラビング（ろ層のもみほぐしや濁質のはく離など）が大切である。従って、本装置には空気源の設備が不可欠である。

2.4.3 日立超高速ろ過器

本装置は日立プラント建設株式会社がアメリカの Hydro-technic Pacific 社と技術提携して生産している製品である。

本装置のろ過速度は32~70m/hである。ろ過速度の設定はそのプロセスに合わせ選定されるが、連铸廃水や熱延廃水の処理装置においては、設備の小形化、敷地専有面積の節約につながり、併せてコスト低減ともなる。

本装置の特長は、ろ材粒径が4~7mmと大きいこと、逆洗におけるスクラビングに空気と水を同時併用することである。

3 その他の製鋼廃水の処理装置

3.1 熱延廃水

熱延廃水は連铸廃水と水質が類似しており、その処理装置はほぼ同一となるが、グリース分が多いのでこれに対する考慮が必要である。

3.2 冷延廃水

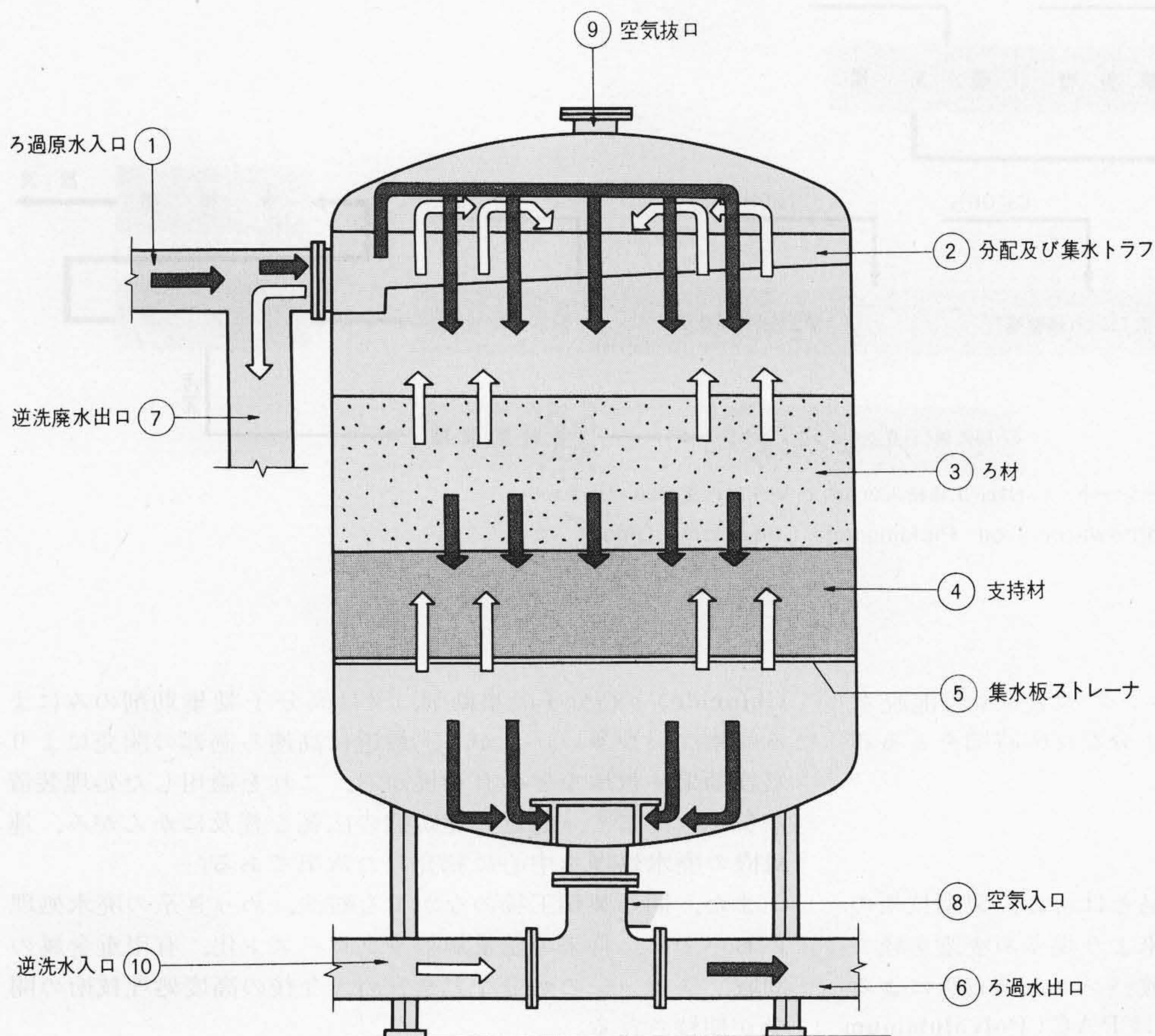
冷延廃水の処理の重点は、ソリブル油の処理である。ソリブル油は機械工場などでも広く用いられているが、その安定したエマルジョンを破壊すればよい。図9は処理フローシートの一例を示すものであるが、硫酸と特殊な高分子凝集助剤により効率よく行なうことができる。エマルジョンの量によっては、この高分子凝集助剤のみでも効果がある。

3.3 転炉集塵廃水

この廃水は転炉の運転に伴い水温やダスト組成及びダスト量が大きく変化するので、凝集剤の使用法が難しい。図10は処理フローシートの一例を示すものである。このプロセスは沈降性の悪いFeOを酸化し、凝集助剤を微量添加凝集後、磁化処理するもので、その沈降速度は従来法に比べ数倍大きくになっている。

3.4 酸洗廃水、めっき廃水

酸洗廃水はpHが相当低く、Fe⁺⁺が多いこと、めっき廃水はCr⁺⁶やZn⁺⁺を含んでいることに留意すればよい。図11は処理フローシートの一例を示すものである。このプロセスはpH調整の前段に消石灰、後段にカセイソーダを使用し、全段空気曝気を行なっていること、Cr⁺⁶の還元にあつた酸洗廃水を利



注：  ろ過原水・ろ過水
 逆洗水・逆洗廃水

図8 日立高速ろ過器の構造
ろ過原水のろ過される過程の流れと逆洗時における逆洗水の流れを示す。

Fig. 8 Section of Hitachi High Rate Filter

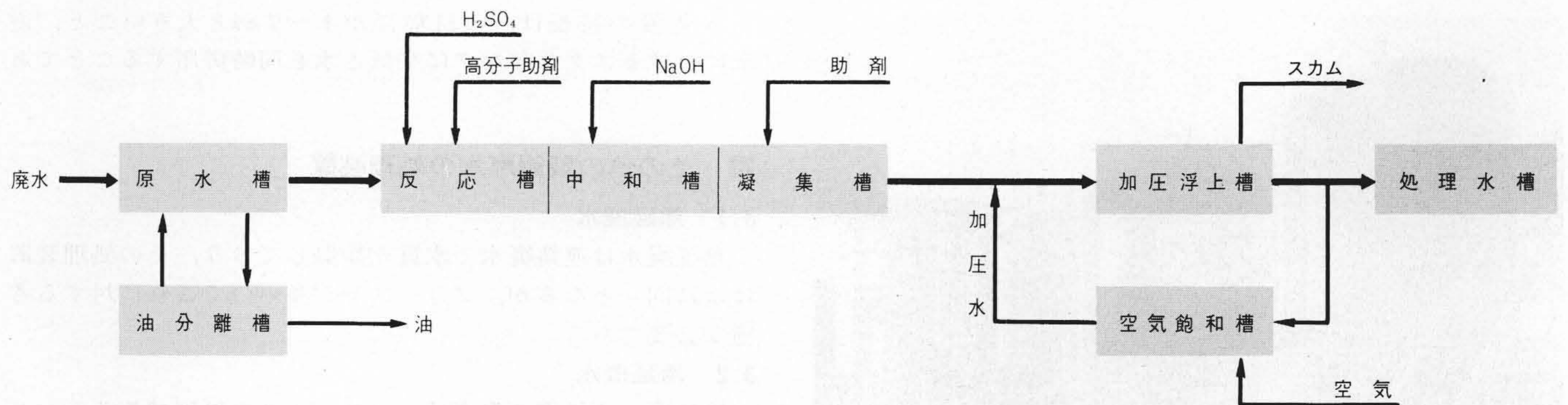


図9 冷延廃水の処理フローシート エマルジョンの破壊に硫酸と特殊な高分子助剤を使用している。

Fig. 9 Treatment Flow Sheet for Wastewater from Cold Rolling Mill

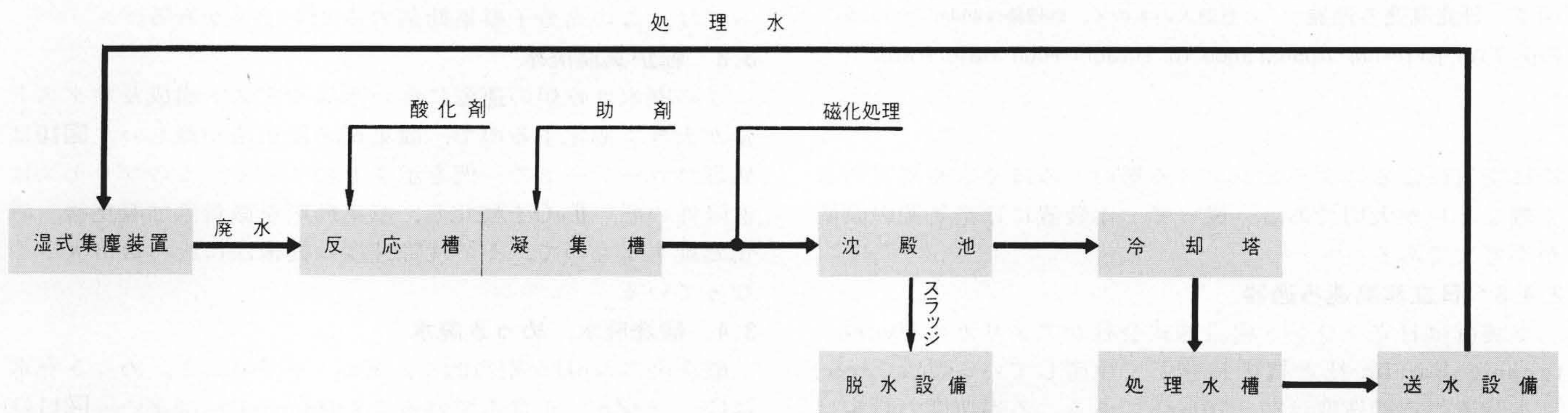


図10 転炉集塵廃水の処理フローシート 酸化凝集後に磁化処理を行なう。

Fig. 10 Treatment Flow Sheet for Wastewater from Converter Gas Washing Line

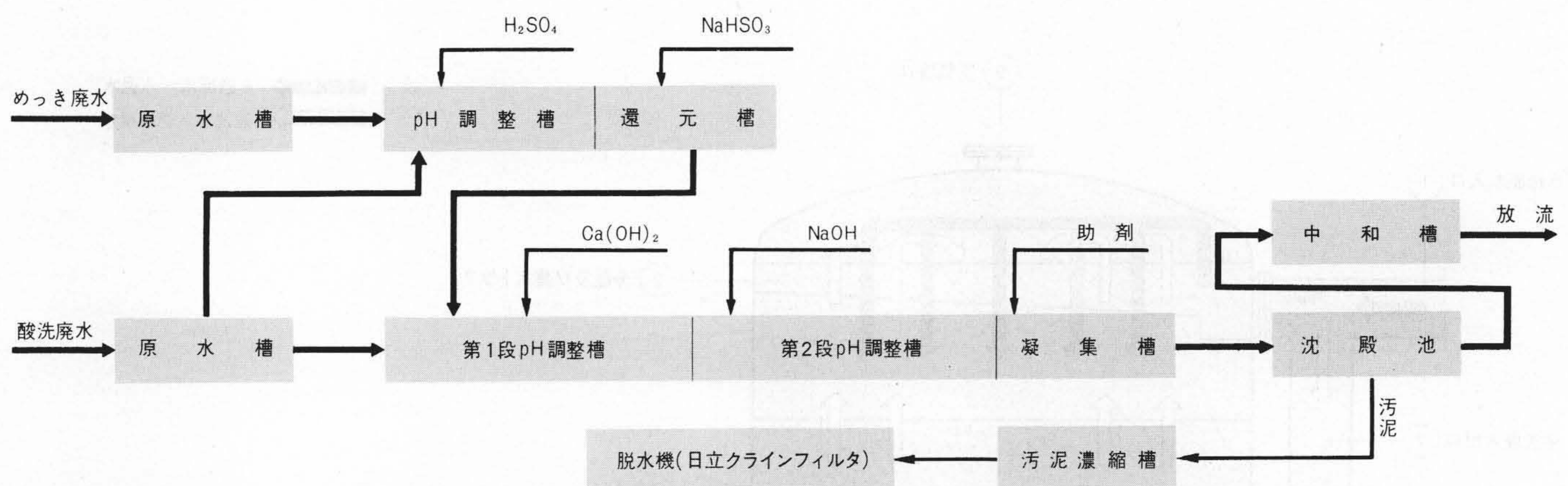


図11 酸洗廃水・めっき廃水の処理フローシート N社F工場納入のもので、廃水処理量は20m³/hである。

Fig. 11 Treatment Flow Sheet for Wastewater from Pickling and Galvanizing Lines

用していることが特長である。ランニングコストや汚泥脱水面から、消石灰を使用しているが、十分な反応時間をとることが大切である。

4 結 言

製鋼工場の廃水の再生は比較的容易とは言え、製鋼技術の発展や水処理技術の発達に伴い、旧来より幾多の変遷を経てきている。熱延廃水においても、硫酸バンドと消石灰による凝集沈殿が過去のものとなり、近年はPAC(Polyaluminum

Chloride)と高分子凝集助剤、又は高分子凝集助剤のみによる凝集沈殿が多い。しかし、最近では高速ろ過器の開発により処理効果や敷地などの有利性から、これを適用した処理装置が多い。そこで、最近の連铸機の広範な普及にかんがみ、連铸機の廃水処理を中心に紹介した次第である。

また、同じ製鋼工場のなかでも酸洗、めっき系の廃水処理においては、将来の総量規制やクローズド化、有用重金属の回収、スラッジの処分などを含め、今後の高度処理技術の開発が期待される。