

水処理用超高速濾過機「日立UHフィルタ」

Ultrahigh Rate Filter for Water Treatment “Hitachi UH Filter”

濾過法は、廃水や用水の高度処理において重要な要素技術の一つであるが、従来の緩速濾過機及び急速濾過機には敷地や設備費の面で難点があった。そこで日立プラント建設株式会社は、この問題に対処するため、濾過速度を大きくするための検討を重ね、先に「日立高速濾過機」を開発し製品化した。更に、コンパクトかつ経済的な濾過装置を指向して、米国ハイドロテック・パシフィック社から超高速濾過機（濾過速度30～70m/h）の技術を導入し、これに一部改良を加え「日立UHフィルタ」と名付け製品化した。

この結果、従来の濾過機に比べ、所要敷地面積の縮減ばかりでなく、設備費でも処理水量100m³/hの場合、急速濾過機に比べ約20%、高速濾過機に比べ約10%の低減が可能となった。

なお、この濾過機はマイクロフロック法への適用も可能である。

桜庭義昭* *Sakuraba Yoshiaki*

横尾弘一郎* *Yokoo Kôichirô*

豊田辰雄* *Toyoda Tatsuo*

1 緒言

従来、用水処理技術として濾過法の用途は、上水や工業用水などの清澄が主であった。

しかし、最近では排水規制の強化及び水資源の不足に対処するため、産業廃水あるいは下水の高度処理及び再利用処理の必要性が増大しつつあり、この分野でも濾過法は重要な要素技術の一つとなっている。

すなわち、凝集沈殿法あるいは活性汚泥法などのいわゆる二次処理のままで排水規制に対応し得ない場合、濾過法による浮遊物（以下、SSと称す）の除去、更には活性炭吸着法による溶存有機汚染質の除去など高度処理が必要となる。また、間接冷却水などのように溶存汚染物質の少ない場合には、濾過法によりSSを除去するだけで再利用も可能である。しかし、大量廃水処理を必要とする自動車工場、製鉄所、化学プラント、製紙工場などでは、敷地及び設備費の面から従来の緩速濾過装置はもとより急速濾過装置でも、しだいに適用が難しくなり、濾過装置のコンパクト化、設備費の低減などが要望されるようになった。端的に言えば、濾過速度を大きくすれば、それに相応して濾過装置はコンパクト化され設備費の低減もできるわけであるが、その実現には、適切な使用濾材の選定、濾材の洗浄方法（以下、逆洗と称す）などの技術的諸問題の解決が前提となる。

日立プラント建設株式会社では、このような課題を克服し、濾過速度を従来の急速濾過装置に比べ、およそ3倍とした「日立高速濾過装置」を製品化した。更に、よりいっそうのコンパクト化、かつ設備費低減化を指向して1973年米国のハイドロテック・パシフィック社から、濾過速度30～70m/hの高性能「UHフィルタ」の技術を導入した。日立プラント建設株式会社は、この技術に一部改良を加えて「日立UHフィルタ」と名付け製品化した。

その後販売拡張に努めた結果、「日立UHフィルタ」は既に国内外に二十数基の納入実績をもち現在すべて順調に稼動している。

以下、「日立UHフィルタ」の構造、特長、性能、適用例などについて、その概要を述べる。

2 構造及び機構

「日立UHフィルタ」には、加圧式及び特殊ケース用として開放式の2形式があるが、加圧式の構造及び機能の概要を図1に示す。以下、主として加圧式フィルタについて説明する。

2.1 構造

円筒形加圧式タンクの内部中央を、底部から上方へ貫通する原水供給管（逆洗水排出管）があり、この供給管（排出管）は、頂部に分配（集水）トラフをもっている。内部下方には、下向きの多数の濾過水流出（逆洗水洗入）ノズルをもつ棚段があり、その上に濾層を支持する砂利層を設ける。濾層は複層式とし上層にアンスラサイト、下層にケイ砂を使用する。アンスラサイトは、濾過速度の超高速化に伴う静圧損失の増大及び逆洗の強力化に起因する濾材の破碎、摩耗などに対処するため、従来材よりも大粒径、かつ硬質のものを採用している。標準的には、有効径3.8mm、均等係数1.55、比重1.50～1.56及び固定炭素含有量80%以上のものが使用される。しかし、廃水の種類によっては、これよりもやや小粒径とすることもある。また、アンスラサイトとケイ砂の充填高さは、濾過機の大小にかかわらず一定である。

2.2 濾過機構

「日立UHフィルタ」は、濾過層の構造によって分類すれば、アンスラサイトと砂を用いた複層濾過であり、比較的粗いSSは主として上層のアンスラサイトによって、また比較的細かいSSは下層のケイ砂で濾過される。

また、このフィルタは濾過機構によって分類すれば完全な全層濾過である。この濾過方式は、使用するアンスラサイトが従来の濾材に比較し、より大粒かつ硬質であるため、SS捕捉量が多く、また強力な逆洗が可能なことに基づくものである。

被濾過原水は、図1中の黒い矢印で示されるように、原水入口から入り、原水供給管を通して分配トラフで分配され、濾層内を下降して濾過水出口から濾過処理水として排出される。

2.3 逆洗機構

濾過機性能の良否は、主としてSSによって汚染した濾材をどのようにして洗浄できるかにかかっており、濾過機では

* 日立プラント建設株式会社

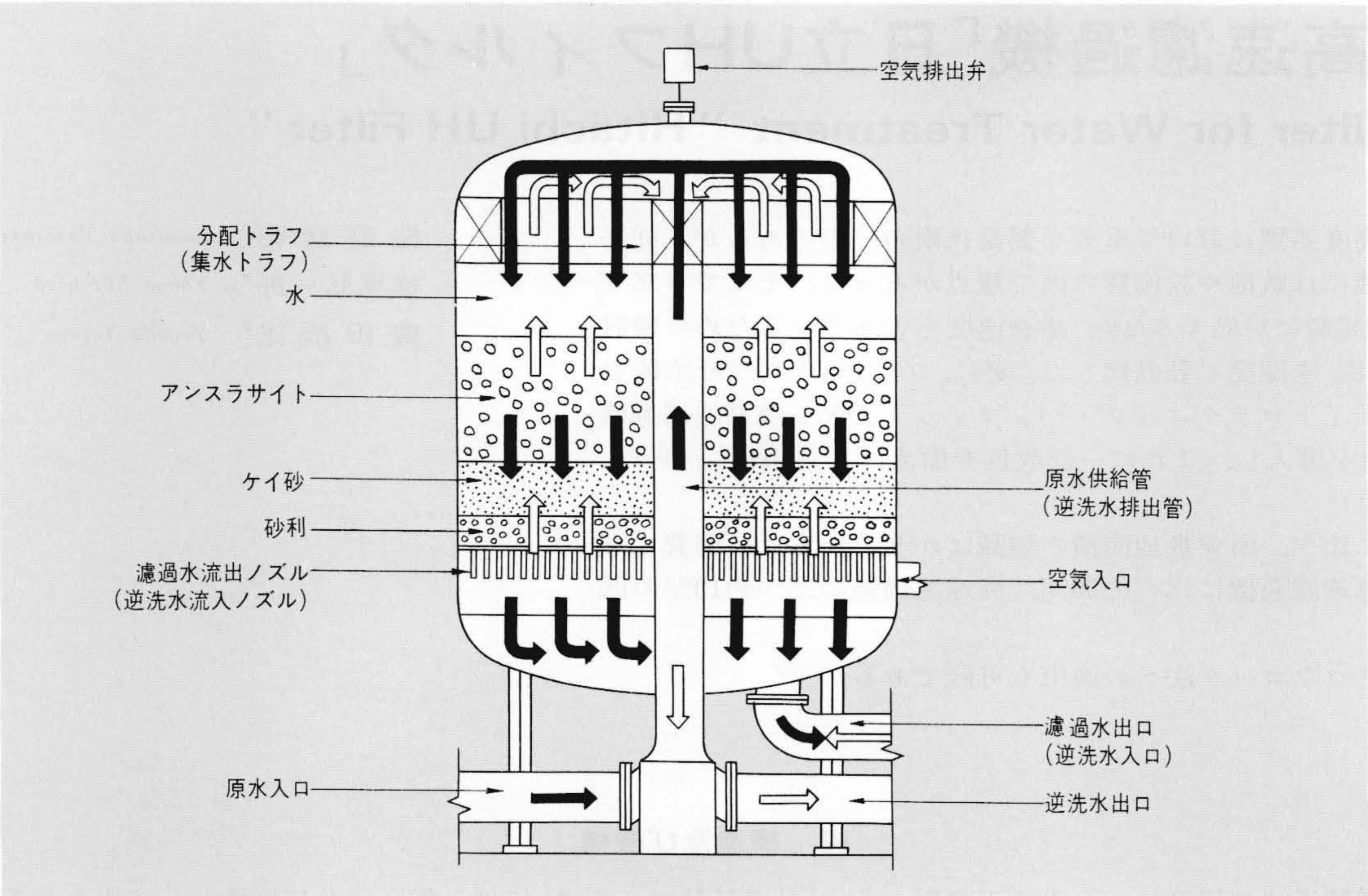


図1 「日立UHフィルタ」構造図 「日立UHフィルタ」には、加圧式と開放式の2種があるがこの図は加圧式の場合を示す。

通常この洗浄は逆洗方式によっている。「日立UHフィルタ」では、洗浄効果を上げるため、空気と水との同時併用による強力な初期逆洗と、水だけによる仕上げ逆洗との2段階に分けている。

逆洗水は、図1中の白い矢印で示されるように、逆洗水入口から入り、濾材を洗浄しながら上昇し、集水トラフに集められて逆洗水排出管を通り、逆洗水出口から排出される。また、初期逆洗で使用される空気は、頂部で水と分離後空気排出弁から排出される。

逆洗水と空気との混合・拡散は、これらの流体をプラスチック製の多数の流出ノズルを通過させることにより行なわれるが、これらのノズルは濾層内の流体の偏流を防止するため、適切なピッチで配列されている。なお、このノズルの上端には縦長のスリットが切られており、空気はこのスリットからノズル内に入るため、ノズル外上部の空気だまりが防止される。

また、逆洗行程進行に伴って混合した濾材は、逆洗終了時には元どおりの層に分離、静止することが必要であるが、前述の濾材の粒径は、この特性を実験により確認した上で選定されたものであり、濾材層の復元は完全に行なわれる。

以上のような機構をもつ「日立UHフィルタ」の逆洗は、従来方式に比べ非常に強力であり、このため「日立UHフィルタ」は若干粘着性の高い不純物を含む廃水にも適用可能である。

標準的な逆洗方法を表1に示すが、この逆洗の組み合わせ

表1 「日立UHフィルタ」の標準逆洗方法 逆洗の組合せや時間は、濾過材に付着する懸濁物質の物性によって変わる。

逆 洗 行 程 種 別	初期逆洗(空気、水混合逆洗)		仕上逆洗(水)
	水	空 気	水
流 速 LV (m/h)	60	110	100
逆洗時間 (min)	50		10

注：LV=Linear Velocity

や時間は、濾材に付着するSSの粘性、比重などの物性によって多少変更される。

3 濾過性能

濾過速度によって分離した各種濾過機の性能を表2に示す。同表から、「日立UHフィルタ」の濾過速度は急速濾過機の6倍以上、また高速濾過機の2倍以上であるにもかかわらず、処理水中の含有SSは他の濾過機とほぼ同程度であることが分かる。

また、濾過速度が大きいにもかかわらず逆洗頻度が高速濾過機と同程度であり、急速濾過機に比べても若干大きい程度で済むのは、完全な全層濾過であるためSS捕捉量が他の濾過機に比べ大きいことを示すものである。

このようなことから、「日立UHフィルタ」は国内では現在主として工場廃水や下水の高度処理及び再利用処理に用いられているが、海外ではこの種のフィルタが上水処理にも使用されるようになってきている。

4 運転操作

「日立UHフィルタ」の装置フローを図2に示す。通常、運転操作は全自動で行なわれる。濾過行程から逆洗行程への移行は、タイムサイクルによる方式と差圧の増大を検出して行なう方式とがある。原水水質が比較的安定している場合には、タイムサイクル方式を主とし、更に安全装置として差圧計を設置する。しかし、原水水質の変動が激しい場合は、差圧検出方式を用いることを標準としている。

逆洗用水としては、処理水を用いるのが標準であるが、原水を用いることもある。

逆洗用空気は、その使用量が比較的多いので、レシーバタンクを設けてあらかじめこれに蓄えておくのが経済的である。設置所内ユーティリティとして別に空気源があれば、逆洗用の圧縮機は省略できる。

なお、原水中のSSが細かすぎると濾過機から漏出するので、この場合は凝集剤を加えてSSを粗大化する必要がある。

表 2 各種濾過機の性能比較* 濾過速度から分類した場合の各種濾過機の性能である。

項 目	緩 速 濾 過 機	急 速 濾 過 機	高 速 濾 過 機	超 高 速 濾 過 機	
日立プラント建設株式会社	—	「日立ノンバルブフィルタ」	「日立高速濾過機」	「日立UHフィルタ」	
濾 過 機 構	表層濾過	表層濾過	全層濾過	全層濾過	
濾 材	ケイ砂	ケイ砂	アンスラサイト+ケイ砂	アンスラサイト+ケイ砂	
濾 材 径 (mm)	0.3~0.6	0.5	アンスラサイト：2 ケイ砂：0.5~1.0	アンスラサイト：3.8 ケイ砂：0.5~1.0	
濾 層 厚 (mm)	700~900	700	1,400+600	1,500+600	
濾 過 速 度 (m/h)	0.15~0.2	5 ~ 8	15~30	30~70	
濾 床 の 洗 浄	表面かき取り	逆 洗	逆 洗	逆 洗	
逆 洗 方 式	—	濾過抵抗による自動逆洗 濾過水だけ使用	タイマ又は差圧による自動逆洗 濾過水及び空気を使用	タイマ又は差圧による自動逆洗 濾過水(原水)+空気及び空気を使用	
逆 洗 頻 度 (回/d)**	—	1 ~ 2	1 ~ 3	標準方式 1 ~ 3	
逆 洗 時 間 (min)***	—	約15	約20	約20	
逆 洗 速 度 (m/h)	—	35	水、空気共70	表 2 参照	
処 理 性 能				(標準方式)	(マイクロUH フィルタ方式)
1. 原水許容水質(濾過機入口)					
(1) S S (ppm)	30	30	50	50	150
(2) 油分 (ppm)	10	10	15	20	50
2. 処理水水質					
(1) S S (ppm)	2 以下	2 以下	3 以下	3 以下	5 以下
(2) 油分 (ppm)	3 以下	3 以下	5 以下	5 以下	5 以下
適 用 範 囲	1. 上水処理	1. 上水、用水処理 2. 工場廃水の高度処理 3. 下水の高度処理	1. 用水処理 2. 工場廃水の高度処理 3. 下水の高度処理	1. 用水処理 2. 工場廃水の高度処理 3. 下水の高度処理 4. 廃水のマイクロブロック法 による処理	

注： * 記入内容のうち緩速濾過は、一般的なもの、その他は日立プラント建設株式会社製品に対するものである。
** 原水許容水質での逆洗頻度を示す。
*** 逆洗時間には、行程の切換時間などを含む。

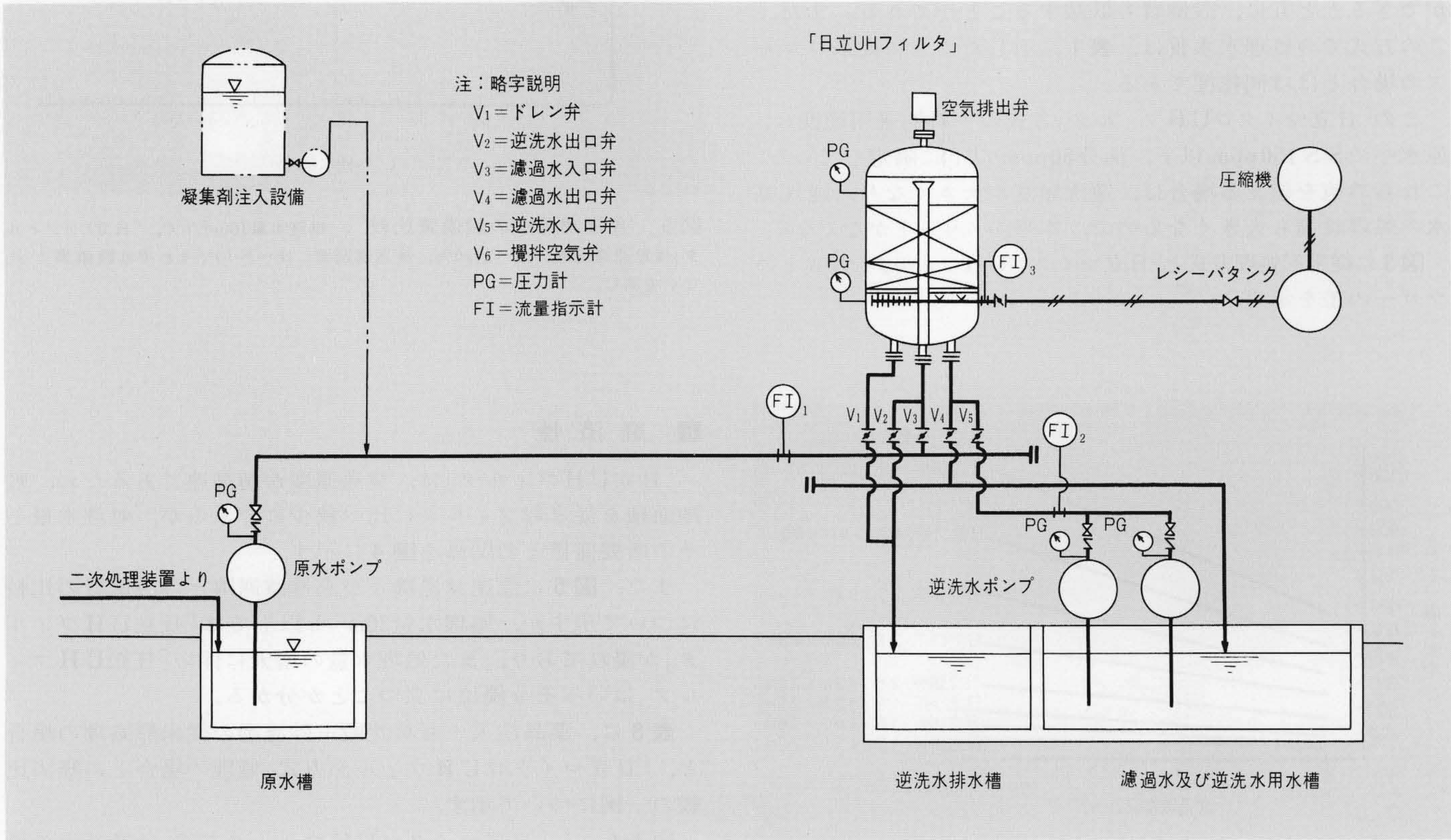


図 2 「日立UHフィルタ」の装置フローシート 逆洗は、タイマ又は差圧検出方式で行なう。逆洗用水には、原水を用いることもある。

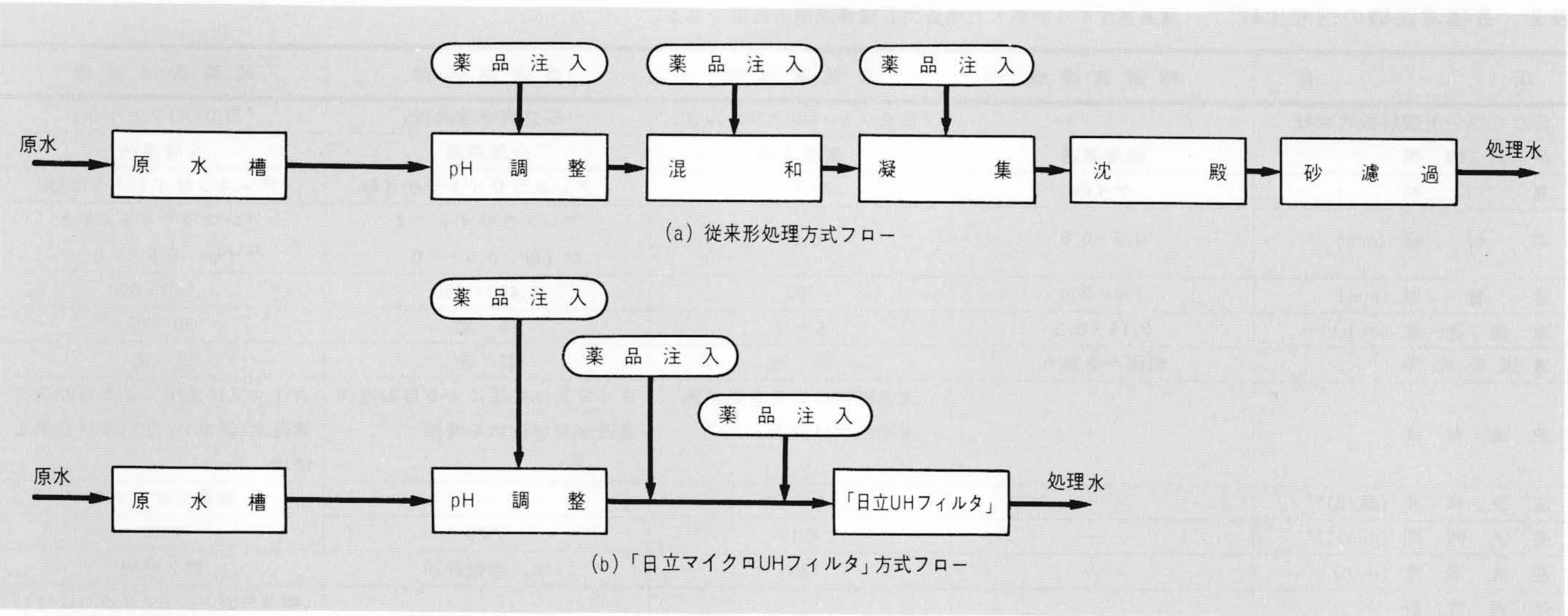


図3 SS処理方式の比較 原水によってはpH調整の必要のないものもある。

5 「日立マイクロUHフィルタ」方式

「日立UHフィルタ」は、特殊な使用法として、マイクロフロック法による処理に用いることもできる。これは、従来の薬品(凝集剤)注入+凝集沈殿+濾過のプロセスに代わり、薬品注入+UHフィルタだけで対応できるものであり、標準使用方式のものと区別して「日立マイクロUHフィルタ」方式と称している。

すなわち、「日立マイクロUHフィルタ」方式は、原水送水配管中に薬品を注入し、SSをマイクロフロック化して直接UHフィルタに送り、濾過するものである。これにより、薬品混和、凝集、沈殿などの処理行程を省略又は縮小することができるとともに、設備費も低減することができる。また、この方式での処理水水質は、表1に示したように従来プロセスの場合とほぼ同程度である。

この「日立マイクロUHフィルタ」方式の一般的適用範囲は、原水中のSS 150ppm以下、油分50ppm以下に限定している。これらの値を超える場合は、逆洗頻度が大きくなり、逆洗廃水の処理設備も大きくなるので、本来のメリットがなくなる。

図3に従来形処理方式と「日立マイクロUHフィルタ」方式とのフローの差を示す。

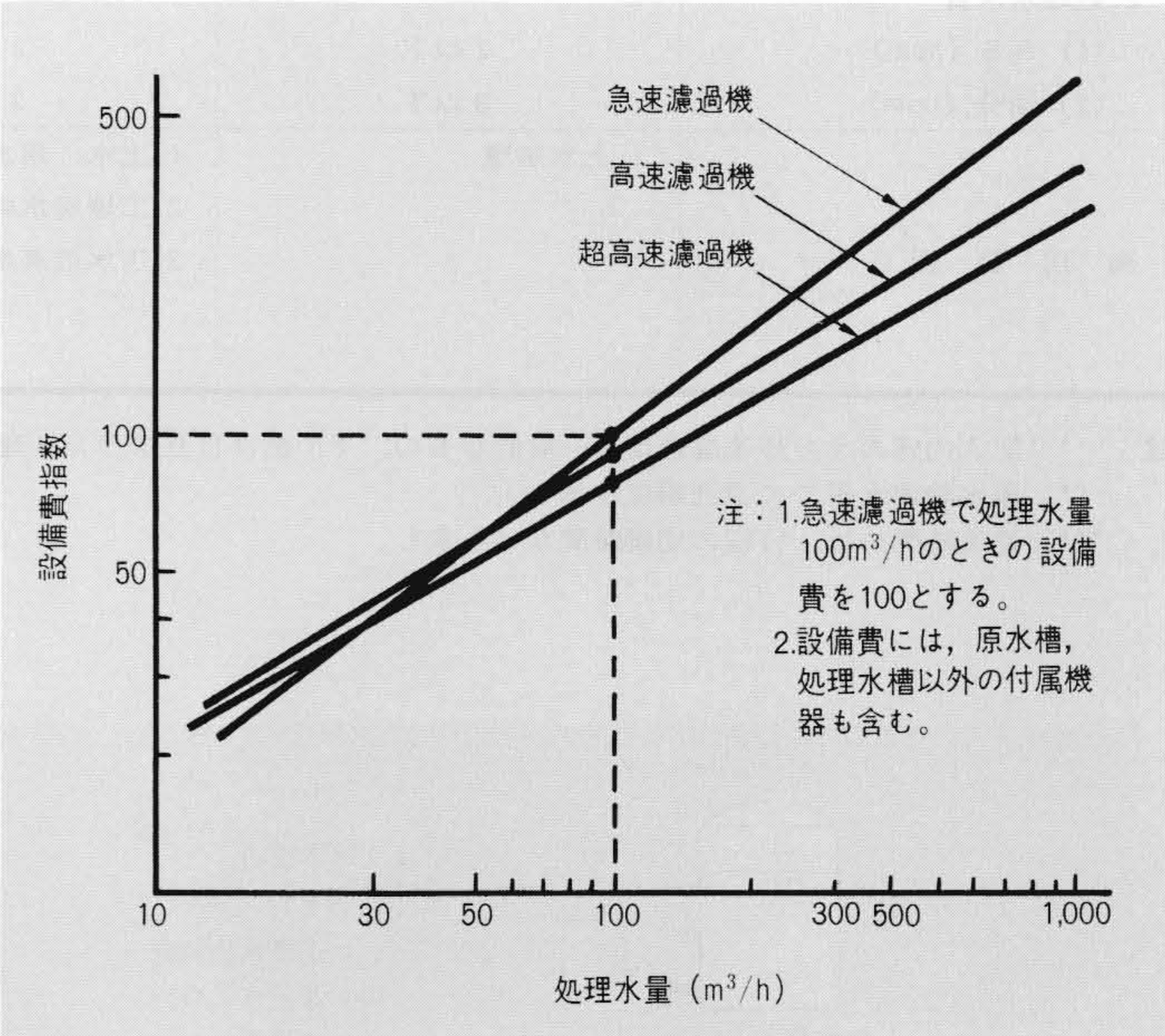


図5 各種濾過機の設備費比較 処理水量100m³/hで、「日立UHフィルタ」は急速濾過機に比べ約20%、高速濾過機に比べ約10%それぞれ設備費が少なく済む。

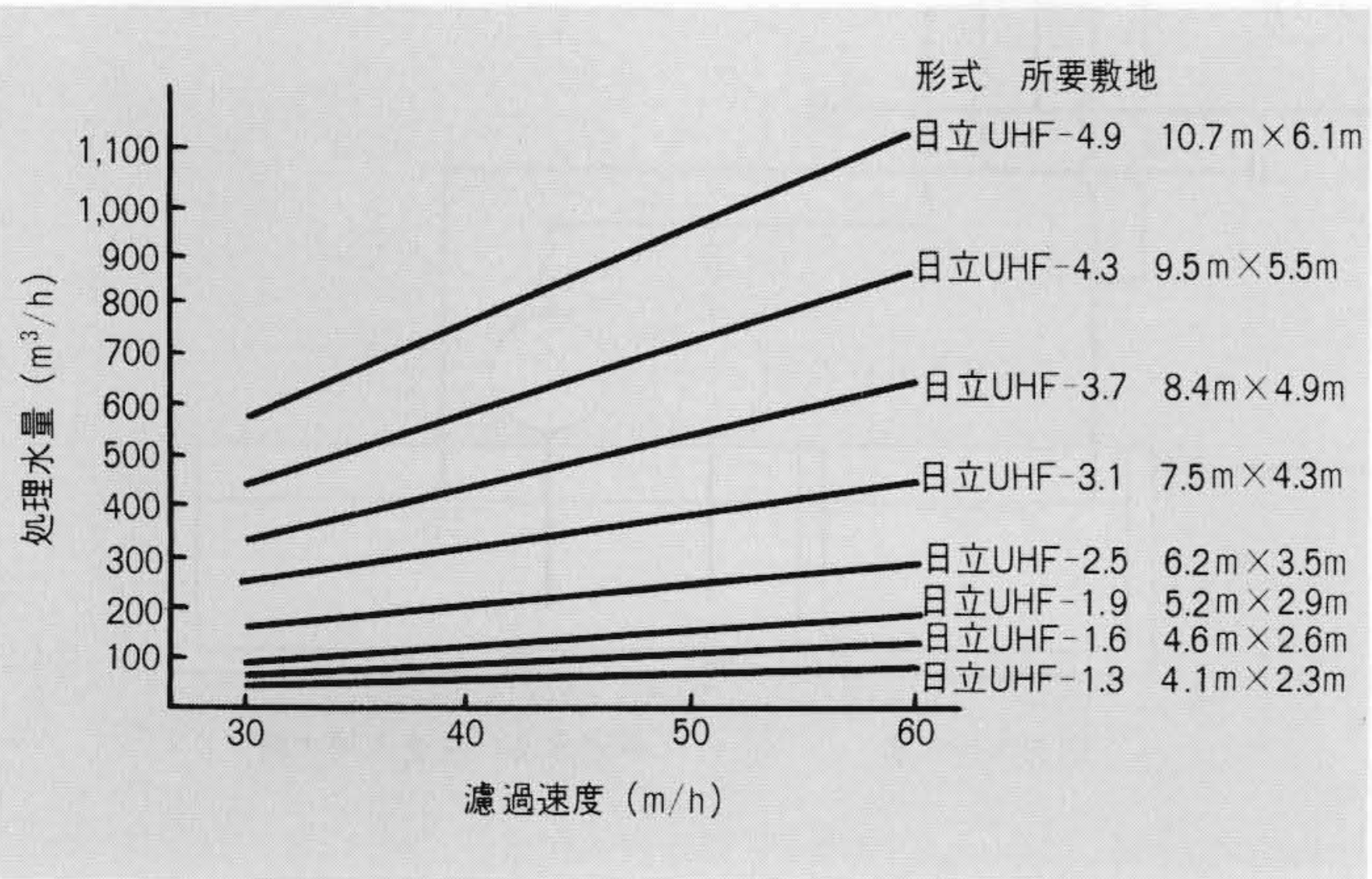


図4 「日立UHフィルタ」標準機種の処理水量と所要敷地 所要敷地は、本体及び本体回りの架台のものである

6 経済性

「日立UHフィルタ」は、濾過速度が超高速であるため、敷地面積を従来形フィルタに比べ狭小にできるが、処理水量とその所要面積との関係を図4に示す。

また、図5に急速濾過機及び高速濾過機との設備費の比較について示すが、処理水量30m³/h以上では「日立UHフィルタ」が優れており、また処理水量の増大に伴い「日立UHフィルタ」はいっそう優位に立つことが分かる。

表3に、薬品注入+凝集沈殿+砂濾過の従来形処理の場合と、「日立マイクロUHフィルタ方式」処理の場合との経済比較の一例について示す。

同表から、「日立マイクロUHフィルタ方式」は逆洗水の処理設備を含めても、従来形よりかなり有利であることが分かる。

表3 従来形(凝集沈殿+砂濾過)と「日立マイクロUHフィルタ」との経済性比較例 「日立マイクロUHフィルタ」の場合は、逆洗水の処理設備も含む。

項 目	従来形(凝集沈殿+砂濾過)	「日立マイクロUHフィルタ」
建 設 費	100	90
運 転 経 費	100	75
敷 地 面 積	100	80

注：比較条件

- 1.原水量 960m³/d (24h/d)
- 2.原水水質
 - pH ; 6.8~8.6
 - SS ; 70ppm以下(平均)
 - SS ; 100ppm以下(最大)
 - 濁度 ; 80度以下(平均)
 - 濁度 ; 100度以下(最大)
- 3.処理水水質(濾過処理水, 逆洗処理水とも)
 - SS ; 5 ppm以下
 - 濁度 ; 5 度以下
- 4.濾過速度
 - 砂濾過 ; 5~8m/h
 - UHフィルタ ; 30~50m/h

7 適用例

「日立UHフィルタ」の納入実績は、国内外に既に二十数基を数えるに至っているが、そのうちの幾つかについて紹介する。

7.1 機械工場廃水の処理¹⁾

一概に機械工場といってもその種類は多いが、代表的なものに自動車工場がある。自動車工場は種々の工程をもち、排出される廃水の種類も多い。この中で特に多量の廃水を排出するのは塗装工程である。

この工程の廃水を、その質から無機系廃水と有機系廃水とに分け、無機系廃水は凝集沈殿法又は加圧浮上法で、また有機系廃水は加圧浮上法で前処理後、活性汚泥法で処理するのが一般的である。

最近、これらの処理水を「日立UHフィルタ」などで濾過した後、活性炭吸着処理、更に脱塩処理を行なって用途別にクロード化を図るケースが増えてきた。図6はA自動車工場に納入した「日立UHフィルタ」を示すもので、ここでは濾過

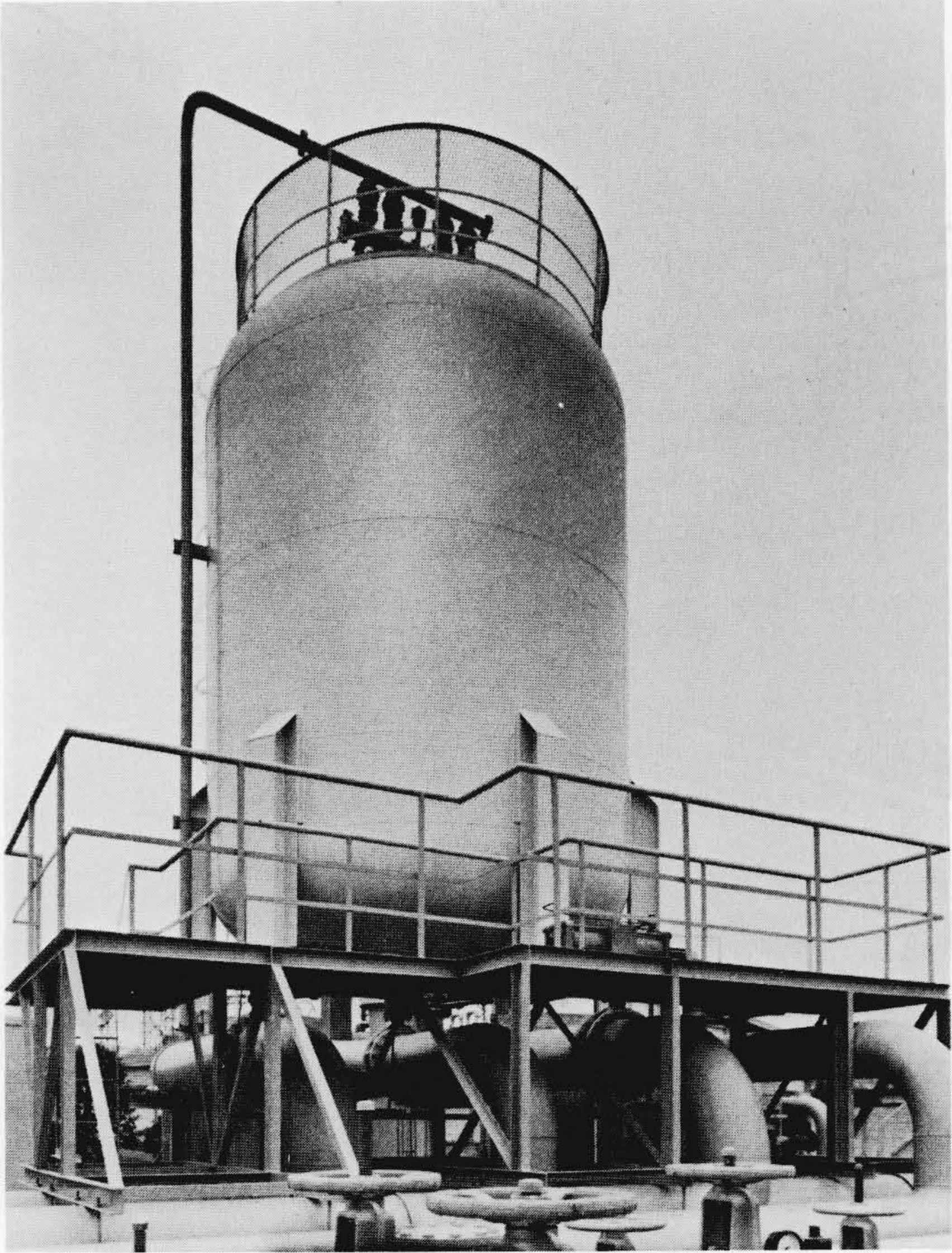


図6 装置の外観(1) A自動車工場納入のもので、処理能力は6,000m³/dである。

後更に活性炭吸着処理及びイオン交換処理を行ない、塗装工程用水として再利用している。

7.2 製鉄所廃水の処理²⁾

製鉄所、特に製鋼工場では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。しかし、この廃水は比較的容易な物理化学処理法により処理できるので、製鋼工場ではいち早く処理水の再利用化が実施されてきた。

製鋼工場の中で、代表的設備である連続鋳造機から排出される廃水は、ミルスケールと機械油とを含んだ廃水であり、

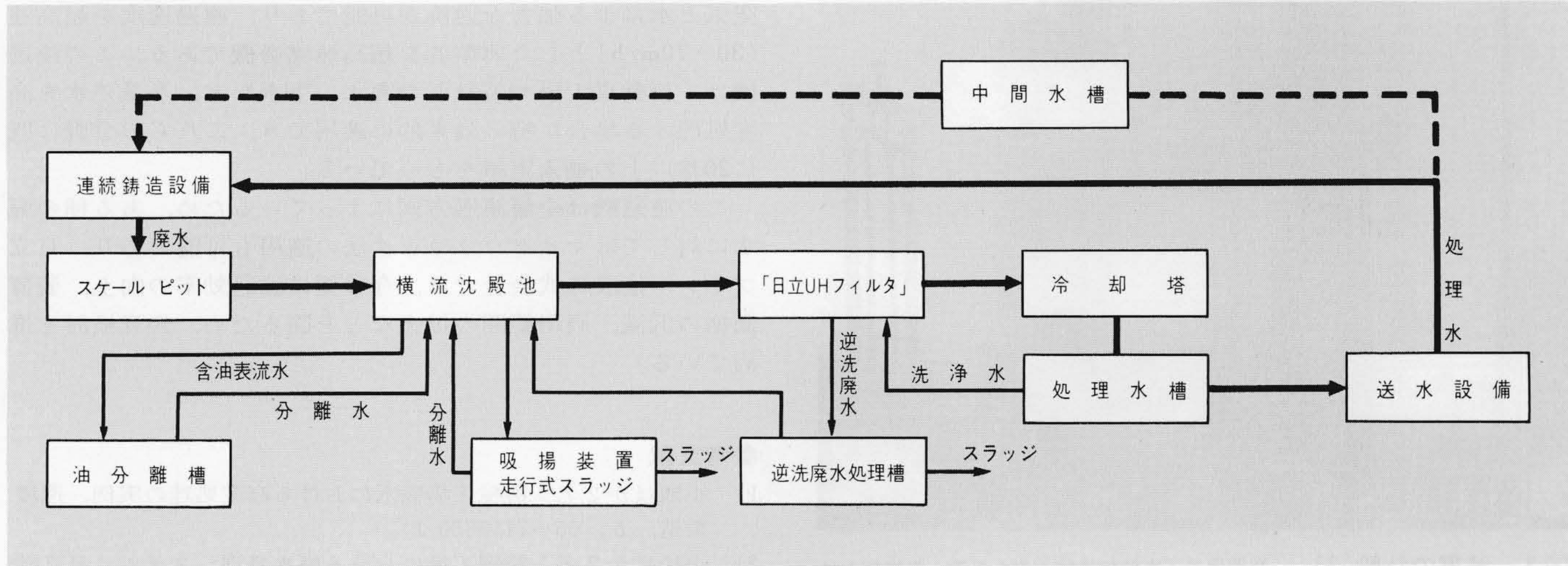


図7 連続鋳造廃水の処理フローシート 連続鋳造廃水のうち、直接冷却用廃水処理のフローを示す。



図8 装置の外観(2) 国外B社C製鉄所の圧延廃水処理用として納入したもので、処理能力は570m³/h/基×12基である。

更利用するためには、これらを取り除く必要がある。このような用途に、「日立UHフィルタ」は最適であり、図7にこれを組み込んだ連続鋳造廃水の処理フロー例を示す。

また、図8に日立プラント建設株式会社が国外のB社C製鉄所の圧延廃水処理用に納入した「日立UHフィルタ」の全景を示す。

7.3 下水の三次処理

工場廃水の高度処理のほかに、下水の富栄養化防止又は中水として再利用する目的で、下水二次処理水を更に高度処理



図9 装置の外観(3) 福岡県D下水処理場納入のもので、処理能力は60m³/h/基×2基である。

表4 UHフィルタのアメリカにおける実施例及び性能 油田で使っている例であり、処理水は地下にもどしている。

設 置 場 所	アメリカスムース	アメリカアーコ	アメリカモービル
原 水 種 別	石油廃水	石油廃水	石油廃水
原 水 量 (m ³ /h)	1,370	477	700
処 理 目 標(ppm)	SS：6以下 油分：2以下	SS：6以下 油分：2以下	SS：6以下 油分：2以下
前 処 理	浮 上	浮 上	浮上(平行板処理法)
濾過原水水質(ppm)	SS：20～40 油分：5～10	SS：20～40 油分：5～10	SS：20～40 油分：5～10
処 理 水 水 質	SS：5以下 油分：1以下	SS：5以下 油分：1以下	SS：5以下 油分：1以下
濾 過 速 度(m/h)	28～37	40～45	42～56
濾過継続時間(h)	6～12	6～12	6
逆 洗 方 式	タイムサイクル	差 圧	タイムサイクル
逆 洗 状 況	2段逆洗	2段逆洗	2段逆洗
初 期 逆 洗	水+空気	水+空気	水+空気
仕 上 逆 洗	水	水	水

(三次処理)する必要性が大きくなっている。
現状での下水三次処理の方式としては、二次処理水を凝集沈殿処理後濾過処理したり、あるいは二次処理水を直接濾過処理することが多い。

図9に、二次処理水中のSSを除去することを目的とし、福岡県D下水処理場へ納入した「日立UHフィルタ」の全景を示す。ここでは二次処理水を、直接UHフィルタで処理している。

7.4 そ の 他

表4は米国の油田で、原油から油分を取り出した廃水を、地下還元する前にUHフィルタで処理している実施例を示すものである。

以上述べたような廃水のほか、製油所、石油化学工場、パルプ工場など、多量の水を処理する必要のある場合には、「日立UHフィルタ」は極めて有利と考えられる。

8 結 言

「日立UHフィルタ」は、濾材に硬質で大粒のアンスラサイトを使用し、また棚段に特殊なノズルを配列しているため、空気と水による強力な逆洗が可能であり、濾過速度を超高速(30～70m/h)とした典型的な超高速濾過機である。この濾過機は、自動車工場や製鉄所の廃水、下水など、多量の水を高度処理する場合に特に効果的に適用でき、これらの分野に既に20基以上の納入実績をもっている。

この濾過機は全層濾過方式によっているため、ある種の廃水に対してはマイクロブロック法の適用も可能であり、日立プラント建設株式会社では、今後更に濾過効率の向上、装置価格の低減、適用範囲の拡大などを図るため、鋭意検討を進めている。

参考文献

- 1) 小池ほか2名：機械工場廃水における高度処理の実例，環境創造，5，65～71(昭50-1)
- 2) 小松ほか2名：製鋼工場における廃水処理システム，日立評論，56，1007～1012(昭49-10)