解 説

UDC 66.067.3:628.33

インデプスフィルタ

富永 新一*, 市川 修 一*

In-Depth Filter

Shinichi Tominaga and Shûichi Ichikawa

Synopsis

Industrial waste water has been usually treated by sedimentation and flotation.

High technology of tertiary treatment is now required to meet stricter environmental regulations. In-depth filter uses less water by adopting a new backwash mechanism, which is different from the conventional rapid filtration using anthracite and has its filtration speed three or four times as high as that of the conventional filter by using a polyvinyl chloride filter media. These characteristics can also make the system compact. This system was developed by Hydromation Filter Co., U.S.A. and now attracts public attention as a unique filtration system of Daido-Hydromation Corp..

1. はじめに

昨今、公害問題が新聞紙上ににぎわし、水質汚濁、大気汚染が大きくクローズアップされている。

昭和46年7月政府内に環境庁が設置され、公害防止に腰の重かった政府も本格的に動き出し、人間性の回復、自然保護といったキャッチフレーズと共に、公害防止に日本中が動き出したわけである。公害といっても企業が真剣に考えればほとんどが解決するものが多くであり、これからの企業は社会的な責任として、どうしても公害防止投資をせざるを得ない現状となっている。公害といえば大別して水質汚濁、大気汚染、産業廃棄物、騒音、振動と分類されよう。この内で水質汚濁を例にとれば、産業排水処理——含油排水、重金属排水を含む——と生活污水处理にわけられる。

これから述べるインデプスフィルタは、大同製鋼と米国ハイドロメーションフィルタ社との合併会社であ

る大同ハイドロメーション社のユニークな製品で、産業排水処理装置における高度な第三次処理装置として排水の清澄化に大きな期待がよせられている。

2. 排水処理技術の概要

排水処理方法はその工程で範囲が広く、一概に述べることはできないが、大きく分類すれば物理的方法、化学的方法の二つの処理法にわけられる。

物理的方法：

スクリーニング、沈降分離、浮上、ろ過
遠心分離

化学的方法：

中和、凝集、重金属化学処理、イオン交換、生物学的活性汚泥

一例として、圧延工場の排水処理施設のフローシートを述べてみる。(第1図)

一次処理として粗大な固型物は原水槽でとり除かれる。二次処理では、凝集剤添加による化学処理、凝集沈殿法を用いオイル分は浮上分離させている。

三次処理として急速ろ過法を取り入れ、再循環に耐

昭和48年2月7日受付

*大同ハイドロメーション(株)

第1図 フローシート

えうる清澄水を放流，または再循環使用するシステムである。現在のシビアな規制以前は，第二次処理までが各社の技術の概要で 凝集沈殿，固液分離装置のクラリファイヤが主要な装置であった。このクラリファイヤとしての清澄能力は，機構上に違いはあっても，最大，SS 20ppm，オイル分（鉱物油）2 ppm，といった規制の条件を満足することは難しく，第三次処理としての急速ろ過法が昨今急激にクローズアップされている。

3. 深床式ろ過の概要

現在一般に用いられているろ過方式の分類はつぎのようになる。

(1) 深床式ろ過法	$\left\{ \begin{array}{l} \text{緩速ろ過} \\ \text{（粒状ろ材使用）} \\ \text{急速ろ過} \end{array} \right.$
(2) 助剤ろ過法	
	$\left\{ \begin{array}{l} \text{プレコートろ過} \\ \text{ポディフィードろ過} \end{array} \right.$
(3) 直接ろ過法	$\left\{ \begin{array}{l} \text{布，またはろ紙によるろ過} \\ \text{多孔質固定ろ材によるろ過} \end{array} \right.$
(4) イオン交換ろ過法	
(5) 吸着ろ過法	

排水処理プロセスの一工程としてのろ過工程は，清澄ろ過，濃縮脱水ろ過に大別される。清澄ろ過には，深床式ろ過法が用いられ，おもに，上水道，工業用水また排水処理の第三次処理のような濃度の希薄な懸濁液の固液分離に採用されている。

一般に清澄ろ過機のろ材は，古くから砂，小石が大半を占めていたが，現在はアンスライト（Anthracite），ゼオライト，活性炭，PVC，（塩化ビニール樹脂）などの人造ろ材から，ケイソウ土，白土のようなきわめて細かい粒子の天然のろ材も用いられている。ろ過は水処理工程では大半が最終工程となり，処理の成功，不成功に大きく関与するのできわめて重要な役割をめている。

凝集沈殿工程は前処理として，いかにしてろ過がうまく行なわれるかの補助的手段として存在するにとどまり，ろ過工程の入った水処理では重要性は二次的なものとなる。製品であるろ液の状態は，処理すべき懸濁液の性状，とくに固型物濃度あるいは前処理工程のいかんなどに大きく依存する。また一定のろ過スピード，一定のろ材粒子の条件においてさえ，ろ液の状態は形成されているブロックの大きさ，粘着力などの変化によってかなりの変動があり，ろ材の種類，ろ材の高さ，ろ過スピードなどでろ液の状態を一元的にとらえることは困難である。

粒子ろ材による深床式清澄ろ過の捕捉機構は，Craaps¹⁾によればつぎの物理化学的8項目が主体をなしている。

(1) ふるい分け	(5) 粒子またはろ材との接触捕集
(2) 沈降	(6) 拡散
(3) 慣性	(7) ファンデルワールス引力
(4) ブラウン運動	(8) 静電気的效果

このうち粒子の捕捉にとくに大きく効果があると考えられるのは，ふるい分け，重力による沈殿，接触捕集，電気的捕集である²⁾。また，ろ過機構を捕捉機構および保持機構にわけて，おのおの捕捉される粒子寸法にて3段階にわけて述べてみるとつぎのようになる³⁾。

(a) 1μ 以下の粒子について

捕捉機構：

粒子とろ材の間の直接接触を作る無作為運動が粒子をろ材表面上に運び，粒子が $0.05\sim 0.1\mu$ の時は，ファンデルワールスの力（分子間引力）が実際の捕捉を行ない，非常に微細な粒子に対しては，ブラウンの拡散力が重要になる。

保持力：

多くの場合はファンデルワールスの力で保持されるが，非常に微細な粒子は静電気的力によって保持され

る。また化学的吸着、イオン交換、および化学的結合も原子のあるいは分子の大きさの範囲で作用し合う。

(b) 1～50 μ の粒子

捕捉機構：

大部分の粒子は直接接触と沈降の共同作用により捕捉され、粒子の寸法と密度が減少するに伴ってファンデルワールスの力がより重要となる。

保持力：

やや大きな粒子の保持は摩擦と流体の圧力が役割をはたすが、電荷をおびた小さな粒子に対しては、静電的な力が支配的である。またこれらの間の大部の粒子に対しては、ファンデルワールスの力と重力が粒子の保持に支配的である。

(c) 50 μ 以上の粒子

捕捉機構：

直接接触捕集が支配的でありそのつぎに沈降が重要である。大きな粒子の捕捉はろ材の間の通路をふさぐから次第により細かい粒子が捕捉されることになる。ろ材粒子の底の方ではファンデルワールスの力があずかっている。

保持力：

ここではフロック化された粒子の静電的な力は影響力が小さく摩擦力および流体の圧力が粒子の捕捉された保持を助ける。

ろ過機構の分類

清澄ろ過を現象面にとらえたとつぎの三つになる。

(第2図)

粒状ろ材による深床式ろ過法は、そのろ過スピード

第2図 清澄ろ過における3機構

により緩速ろ過と急速ろ過にわかれる。おのおのはつぎに述べるような特徴をもっている。

○緩速ろ過法

- (1) 普通は 3～6 m/day というゆるいろ過速度。
- (2) 薬品による前処理をしない。
- (3) 浄化力強大であり溶解性物質や臭気まで取れる。
- (4) 管理が比較的容易

○急速ろ過法

- (1) 水頭圧を大きくとることができるのでろ過スピードを速くすることができる。すなわち多量の水を短時間で処理できる。
- (2) ろ過面積が小さくてよいので用地面積が小さくてすむ。
- (3) 凝集剤を用いて前処理を行ない残りをろ過するのが一般的。
- (4) 全自動化が可能。

4. 急速ろ過とインデプスフィルタの特徴

急速ろ過は操作方法により重力式と圧力式に大別される。

重力式：重力による水圧を利用してろ過する方法で上水道にてもっともよく用いられている開放型ろ過方式。ろ過スピードは 10m/hr 以内が多い。

圧力式：ポンプなどで加圧してろ過する方式で工場内の水処理に多く用いられる密閉型筒型ろ過方式。

インデプスフィルタ

インデプスフィルタは米国ハイドロメーション社の長年にわたる研究開発の結果生まれた装置で種々の特許をもった圧力式急速ろ過機である。本装置は世界各国に設置され好評を得ているが、つぎにその特徴について述べてみたい。

- (1) 効果的な逆洗方式の採用
- (2) ろ過スピードを速くすることができる。
- (3) 新しいろ材の採用。

(1) 効果的な逆洗方式の採用

ろ過機において、カートリッジ方式ではない限り逆洗は不可避の問題であり、いかにうまく効率よく逆洗できるかが、ろ過機の性能に大きく関係する。

インデプスフィルタはろ材を砂、アンスラサイトによるものと比較して、逆洗スピードを大きくとり逆洗を完全に行なうことを特徴とする。またこの場合清浄水ではなく原水にても充分逆洗効果が上るのも大きな特徴である。すなわち激しいかくはん、逆洗によっ

第3図 一般のフィルタとインデプスフィルタの比較

て、SS、およびオイル分をろ材から分離させることにより従来型の致命的な欠点であるマッドボール現象の形成がなく運転することができる。第3図は従来の一般のろ過機とインデプスフィルタの逆洗工程を示している。(第3図)

特徴あるインデプスフィルタの逆洗機構はつぎのようである。逆洗ポンプにて激しくろ材と汚濁スラッジはスラリー状でかくはんされ、ろ材と汚濁スラッジの離反を容易にし、本体と洗浄筒をろ過と反対方向に循環する。

第4図 ウェッジワイヤ逆洗機構

環する。そして洗浄筒内のクサビ型をしたウェッジワイヤにて、ろ材と汚濁水は分離され汚濁水のみ外部に流出する。(第4図)

一定の時間の逆洗後、ろ材をろ過方向と同方向に循環させもとの状態にもどす。(ろ材回収工程)これらの操作は短時間に、かつ全自動で行なわれる。

(2) ろ過スピードを速くすることができる

通常重力式急速ろ過は5~10m/hrのスピード、圧力式ろ過でアンスラサイトの場合でも10~20m/hr以内がだいたいの基準であるがインデプスフィルタの場合新しいタイプのろ材の使用、前記の逆洗機構の採用により通常40~50m/hrの急速で工場排水などを処理している。したがって従来型に比べコンパクトな設計が可能で設置面積を小さくすることができる。

(3) 新しいろ材の採用

従来ではろ材に砂が最も広く用いられ、近年はアンスラサイトも使用されるようになってきたが、インデプスフィルタでは一定のメッシュに精製されたまったく新しいタイプのろ材である合成樹脂、塩化ビニル樹脂(PVC)や、天然のブラックウォールナツシェル(Black walnut shell)を用いている。これらは汚濁粒子の捕捉能力が砂に比べすぐれ、また激しい逆洗にも耐えるので、インデプスフィルタによくマッチしたろ材である。

5. インデプスフィルタ実際使用例

写真1はインデプスフィルタの外観を示す。

つぎの例は大同製鋼星崎工場にインデプスフィルタ

写真1 インデプスフィルタの外観

を設置するに先立ち種々の実験を行ない検討を行なったときの資料である。

実施にあたっての仕様は、処理量 $600\text{m}^3/\text{hr}$
ろ過機入口で
(SS : 最大 100ppm 通常 $20\sim 50\text{ppm}$
オイル : 10ppm
ろ過機出口で
(SS : 20ppm 以内
オイル : 2ppm 以内

名古屋市内の本工場では、愛知県条例4号(昭和47年3月29日)名古屋市内水域に係る上乗せ排水基準として、水質汚濁防止法による規制値以上の値がかせられている。

(SS : 最大 30ppm , 日間平均 20ppm
オイル : (鉍物油, nヘキサン抽出物質)
 2ppm

インデプスフィルタの実際の排水に対する特性を調べるのと平行して、一般のアンスラサイト方式による

第5図 実験データ、SS 対 時間

ろ過と比較検討を行なうため二つのタイプの実験装置によるろ過の最適化条件を求めた。(第5～8図)

第6図 実験データ、SS 対 時間

第7図 実験データ、オイル 対 時間

上記データは、種々の変化を基にインデプス方式とアンスラサイト方式によりろ過実験を行なった一例である。星崎工場総合排水処理施設は、凝集沈殿を前処

第1表 インデプス方式とアンスラサイト方式の比較

	処 理 量 (m^3/hr)	ろ過機設置数	基本ろ過流量 (1機当り) (m^3/hr)	ろ 過 時 間 (hr)	ろ過スピード (m/hr)	逆洗用水の 種 類
インデプス	600	3	300	2.5	50	原 水
アンスラサイト	600	5	150	8	15	ろ 過 水

	逆 洗 時 間 (min)	逆洗スピード (m/hr)	1 回 の 量 逆 洗 水 (m^3)	全塔1日当り 逆 洗 回 数	全塔1日当り 逆 洗 水 量 (m^3)	1日当り 全逆洗量 1日当り 全処理量 (%)
インデプス	10	10,000* 90	30	24	720	5
アンスラサイト	20	30	100	15	1,500	10.4

* インデプス方式の上方は逆洗筒内スピード

下方およびアンスラサイト方式はろ過機本体内部スピード

第8図 実験データ, オイル 対 時間

理工程とし、急速ろ過を最終工程にした施設である。ここでインデプスフィルタを用いたろ過と、一般のアンスラサイトをろ材に用いたろ過の二つについて実験に基づき、スケールアップした結果を比較してみる。

(第1表)

インデプスフィルタ方式は、流速を速くすることによりろ過時間は短くなるが逆洗効果がすぐれていることから逆洗水量は少なく済み、逆洗回数は多くなっても全体の逆洗水量はアンスラサイト方式に比べ1/2でよい。このことはフィルタ後の逆洗スラッジの処理工程で、濃縮槽、シクナなどの容量が小さく済み全体のシステムのコンパクト化に寄与する。

ろ材の年間損失について、アンスラサイトでは、20～30%の補充を行わなければならないが、PVCではわずか5%の損失と少なく装置の保守においても有利である。

つぎのデータは施行後運転時の一例である。

図中A, B, Cは第9図のフローシートの個所を示す。(第10および11図)

ろ過機入口でSSは平均20ppm, オイル分は3

第9図 ろ過状態フローシート

第10図 施行後データ, SS 対 時間

第11図 施行後データ、オイル 対 時間

ppmにて混入。総合排水出口で、SSは平均1.1ppm
オイルは 0.3ppmときわめて良好な状態であった。

6. ま と め

インデプスフィルタは公害の規制がますますきびしくなる現在、この方面に大いに貢献し得る公害防止機器である。すなわちユニークな逆洗機構、また超急速でコンパクトな装置といったメリットのもとに産業排水処理で大いに活用が期待される。

とくにオイル分の多い排水に対してブラックウォールナツシェルろ材は、その逆洗において、ろ材と汚濁粒子やオイルがはく離しやすく除去されやすいという特徴から、オイル対策に悩む企業にとって有利である。この点はアンストラサイトろ材において往々にして起こるマッドボール現象 (Mudball phenomenon) がきわめて起こりにくく、2~3%といった高濃度のオイル分の除去にも適用可能である。

フィルタシステムとしては工場排水などに使用する場合、オーソドックスな第三次処理装置としての使用だけでなく、沈殿槽の代わりに第一段には荒いPVCのろ材を用い、第二段に細かいろ材を使用するろ過二段法を用いる排水処理法を研究中である。

本フィルタは、大同製鋼(株)星崎工場に設置されたものがわが国における第一号機で、好調に自動運転中である。

現在、ろ材の開発、ろ過効率の拡大をねらう基礎研究の充実などによって、あらゆる排水処理にマッチしたシステムの中で、インデプスフィルタがさらに高度な清澄水を生み出すことができるよう改良が続けている。

(文 献)

- 1) T. F. Craaps: Jour. A. W. W. A. (1966), 428
- 2) 井出哲夫: 清澄ろ過 (1968) 工学図書
- 3) Joseph G. Selmeizi: Ind. Water. Engi. (1971) June, July