

FM (Floating Media) フィルタと洗浄排水からの水回収技術

FM (Floating Media) filters and water recovery technology

from cleaning wastewater

水ingエンジニアリング株式会社 エンジニアリング事業本部 PE技術第一統括部 PE技術四部

Swing Engineering Corporation PE Engineering Unit No.4

PE Engineering Dept.No1 Engineering Div.

外川 駿介

Shunsuke Togawa

キーワード：節水(Water conservation)、水処理(Water Treatment)、FMフィルタ(FM Filter)、逆洗排水回収装置(Backwash waste water recovery device)、洗浄工程(Cleaning process)

1. はじめに

水資源は様々な産業に必須である。国土交通省のデータによると世界規模での水需要は2000年から2050年までの間に55%、工業用水だけでは400%の増加が見込まれており、経済の発展に伴い加速度的に増加する。^{*1)}工場からの排水は排水処理を行った後に放流ないし再利用されることが一般的であるが、排水処理装置を継続的に運用するための洗浄にも別途水が必要となり、水を効果的に使用することは環境的な観点に加え、排水処理にかかるコスト面でも課題となり得る。本文では産業排水の処理工程における節水に着目し、処理の過程で用いられる圧力式ろ過装置について洗浄水量を削減可能なFMフィルタと、逆洗排水回収装置を紹介する。

2. FM フィルタ

2.1 FM フィルタの特徴

砂・アンストラサイトをろ材とした圧力式ろ過装置は懸濁物（以下SSという）除去を目的とした処理装置であり、広く利用されている。当社のFMフィルタは専用浮上ろ材を使用した上向流のろ過装置である。ろ過性能は砂ろ過装置とほぼ同等であり、塔外からの洗浄用水を必要とする砂ろ過装置に比べ、洗浄を塔内保有水の攪拌により行うため洗浄排水量が少なく節水を可能としている。

図1にFMフィルタの構造図を示す。FMフィルタの上部に複数の集水ノズルと集水口が設けられている。集水ノズルにはろ材流出防止用のストレーナが取り付けられており、処理水は集水ノズルを經由して集水口で合流する。ろ過装置内には浮上ろ材が充填されており、下部には原水流入口・洗浄排水口及び洗浄用攪拌機が設置されている。従来のろ過装置に必要である洗浄用ポンプ・ブロウ・洗浄水貯槽が不要となるため、ろ過装置と制御盤のみのシンプルな構成となり省スペース化が図れる。また内部構造もシンプルでありメンテナンスが容易である。

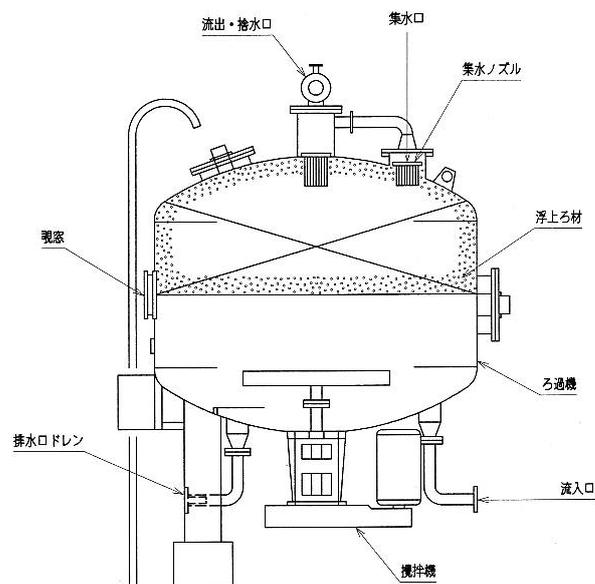


図1 FMフィルタ構造図



図2 専用浮上ろ材

図2はFMフィルタ専用の浮上ろ材である。材質はポリスチレン製を採用しているため洗浄性・耐久性に優れている。

2.2 FMフィルタの洗浄プロセス

図3に洗浄プロセスの各主要工程における挙動を示す。主要工程は5工程（①ろ過工程、②攪拌工程、③静置工程、④排水工程、⑤捨水工程）から成り、1回の洗浄につき一連の工程を1~4回程度繰り返し行う。

2.2-1 ①ろ過工程

原水をろ過装置下方より圧送し、浮上ろ材でSSを捕捉する。ろ過された水は集水ノズルに集められ、流出弁を通り処理水が得られる。6~48時間程度通水後、2.2-2の工程へと移行する。

2.2-2 ②攪拌工程

流入弁、流出弁を閉とし攪拌機によって塔内保有水を水流により攪拌し、ろ過層に捕捉されたSSを剥離する。2~10分程度攪拌後、2.2-3の工程へと移行する。

2.2-3 ③静置工程

FMフィルタ専用浮上ろ材の水に浮かぶ性質を利用し、攪拌機を停止してろ材と剥離した比重の大きいSSを沈降分離する。4~10分静置後、2.2-4の工程へと移行する。

2.2-4 ④排水工程

静置工程終了後、下部排水口より剥離したSSを排出する。5~20分で排水工程が終了し、2.2-5へと移行する。

2.2-5 ⑤捨水工程

下部から通水し、ろ過装置内部に残存したSSを捨水弁より排出する。この工程で塔内部を満水とする。2~10分で工程を終えたのち、洗浄を繰り返す場合は2.2-2へ、洗浄を終える場合は2.2-1へと移行する。

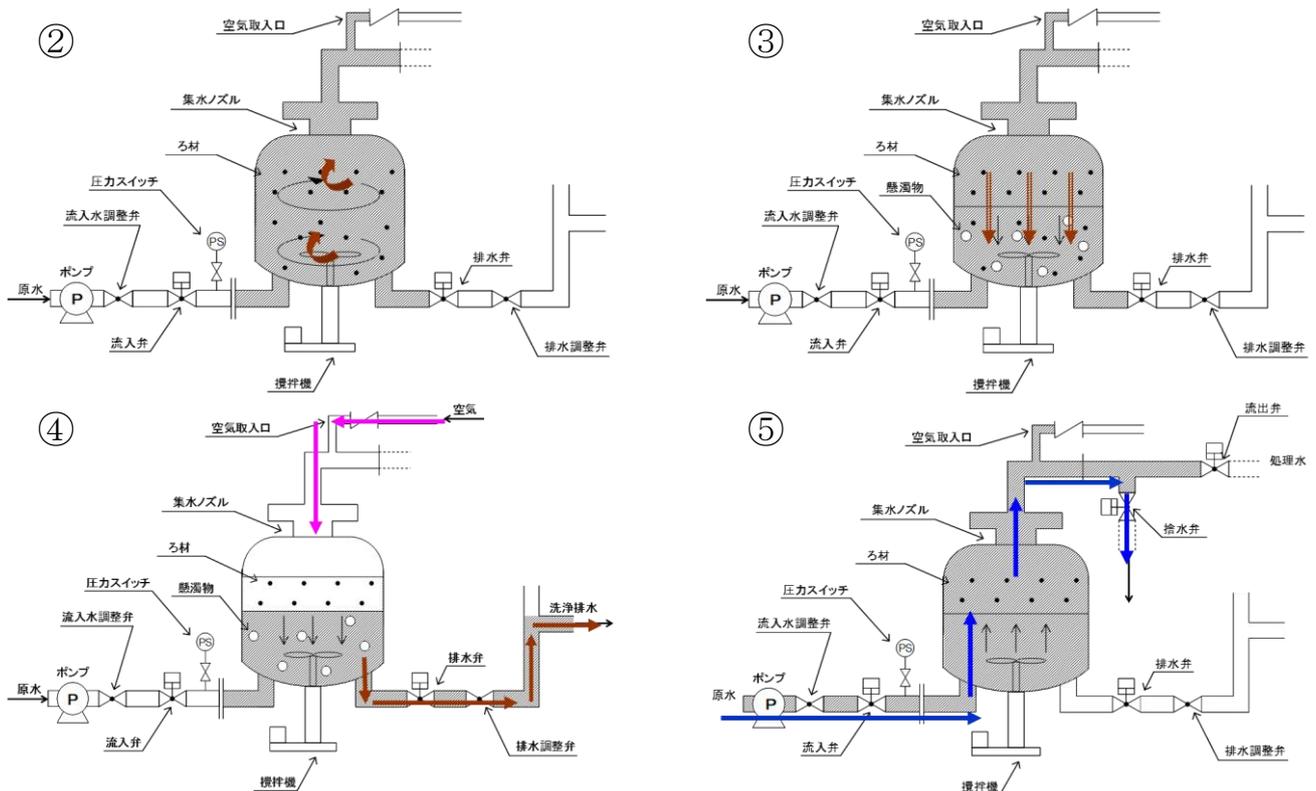


図3 洗浄プロセスにおける各工程における挙動

2.3 FM フィルタの性能

表 1 に FM フィルタと一般的な砂ろ過装置との比較データを、表 2 に FM フィルタ実機運転条件とデータ事例を示す。表 1 に示す通り、1 回あたりの洗浄排水量に着目すると、一般的な砂ろ過機では約 48m³（当社調べ）排水量に対し FM フィルタが約 20.8m³ の排水量と、約 60% の洗浄排水削減が可能であることがわかる。表 2 に示す通り、処理能力に関しても砂ろ過機と遜色なく、海水取水ろ過を目的とした実機運転においては 80% 程度の SS 除去率を示している。

2.4 FM フィルタの適用範囲

表 3 に FM フィルタの適応対象例を示す。FM フィルタは水族館や水産試験場を対象とした海水の排水をはじめ、飲料・食品加工等の有機系排水や下水、し尿、精密機械や半導体等の無機系排水など幅広い原水に対して適応可能であり、納入実績は全国で 100 件を超える。

3. 逆洗排水回収装置

3.1 逆洗排水回収装置の特徴

ろ過装置を継続的に使用するためにはろ材の洗浄が必須であり、一般的には水・空気を用いて逆洗浄がかけられる。逆洗排水は逆洗後半で清澄な排水となるため、懸濁質を濃縮して分離水を回収することは節水の有効な手段である。図 4 に当社の逆洗排水回収装置の実機画像を示す。当社の逆洗排水回収装置は公称径 0.02 μm の親水化 PVDF 中空糸膜（外圧式）を用いており、原水を通すことで、0.02 μm 以上の粒子を捕捉することができる。ろ過膜は強度と耐汚染性が高く、空気による高効率な逆洗が可能である。空気洗浄であることから、逆洗時に原水または処理水の供給を必要とせず、逆洗

水タンク等が不要となるため省スペース化も図ることができる。また、PVDF は一般的に疎水性であるため、水中の汚染物質が付着する（タンパクの疎水付着等）ファウリング現象によって目詰まりが起りやすいとされるが、当社の逆洗排水回収装置に用いられる膜は独自の親水化技術で、PVDF の強度特性を保持したまま従来の親水化 PVDF 膜に比べてより低ファウリング化を実現した。従来 PVDF と比較して約 90% 付着率を低減している（当社調べ）。また高濁度の原水の場合にも、一時的に差圧が高くなる場合があるが、逆洗により回復が可能である。逆洗により洗浄回復できない汚れも存在す

表 1 FM フィルタと砂ろ過装置との比較データ

	FMフィルタ	砂ろ過装置
ろ材	浮上ろ材（ポリスチレン）の複層	砂、アンラサイト
原水濁度	通常10度程度まで処理可 最大20度程度まで処理可	通常10度程度まで処理可 最大20度程度まで処理可
処理水濁度	2度以下	2度以下
洗浄装置	攪拌機 (洗浄5分 0.15kWh/日)	逆洗ポンプ、空洗プロフ (逆洗、空洗10分 6.8kWh/日)
逆洗ポンプ	無し	4.8m ³ /min×20mH×30kW
空洗プロフ	無し	8.0m ³ /min×30kPa×11kW
攪拌機	18.5kW	無し
設置スペース	W5000 ×L5000 (ろ過機+メンテナンス)	W5000 ×L8500 (ろ過機+補機+メンテナンス)
洗浄排水量	約20.8m ³	約48m ³
特徴他	・保有水のみで洗浄を行うため、洗浄排水が少ない ・洗浄水槽、逆洗ポンプ、空洗プロフ等の付帯設備が不要	・あらゆる用途に使用しており、実績が非常に多い。 ・ランニングコスト面、設置スペースにおいてFMフィルタより劣る（特に下水道放流の場合コスト面で大きな差が出る）

※ φ 3200 での比較

表 2 FM フィルタの実機運転条件とデータ事例

運転条件	
ろ過水量	200 m ³ /h/基
ろ過速度	28.5 m/h
基数	2 基
サイズ	φ3000 × H1200（直胴部）
用途	海水取水ろ過

項目	原水	ろ過水
SS(mg/l)	0.9	0.2
濁度(度)	<0.5	<0.5
色度(度)	1	1
10μm以上粒子(N/ml)	17	2
20μm以上粒子(N/ml)	145	22

表 3 FM フィルタの適応対象例

対象水	用途	代表業種
有機系排水 下水 し尿	活性汚泥処理後の高度処理	飲料 食品加工 製紙
無機・有機系排水	冷却水の循環処理	
無機系排水	凝集沈殿処理後の高度処理	精密 半導体
雨水 雑排水	水回収、再利用	中水道
公共水域	富栄養化防止	親水公園 湖沼・河川浄化
海水	除濁	水族館 水産試験場

るため、膜の性能を長期間維持するためには、3か月に1回程度の定期的な薬品洗浄を行う必要がある。図5に示す通り、膜モジュールは片側フリー構造となっているため、濁質の溜まりやすい両側固定構造に比べ濁質の排出性に優れる。

2.2 逆洗排水回収装置の洗浄プロセス

図6に逆洗排水回収装置の洗浄プロセスを示す。プロセスの主要工程は5工程（①ろ過工程、②逆洗工程、③バブリング、④排水工程、⑤充水工程）から成る。各工程の所要時間は試運転時に調整となるが、目安として某飲料メーカー様の処理設備に納入した際の所要時間を記載する。

3.2-1 ①ろ過工程

原水を中空糸膜でろ過し不純物を取り除く。1200秒ろ過後、3.2-2以降の洗浄プロセスへと移行する。

3.2-2 ②逆洗工程

エアバックウォッシュと呼ばれる工程で、二次側から圧縮空気で加圧し、中空糸内の処理水を押し出し逆洗する。40秒逆洗後、3.2-3の工程へと移行する。

3.2-3 ③バブリング

エアによって中空糸膜を下部より揺らし、膜表面に付着した不純物を剥離させる。その後、エアで中空糸膜を上部より揺らし、膜表面に付着した不純物を剥離させる。90秒バブリング後3.2-4へと移行する。

3.2-4 ④排水工程

エアにより不純物を含んだ水をモジュール下部より加圧排水する。80秒排水後3.2-5へと移行する。



図4 逆洗排水回収装置実機画像



図5 膜モジュール 片側フリー構造

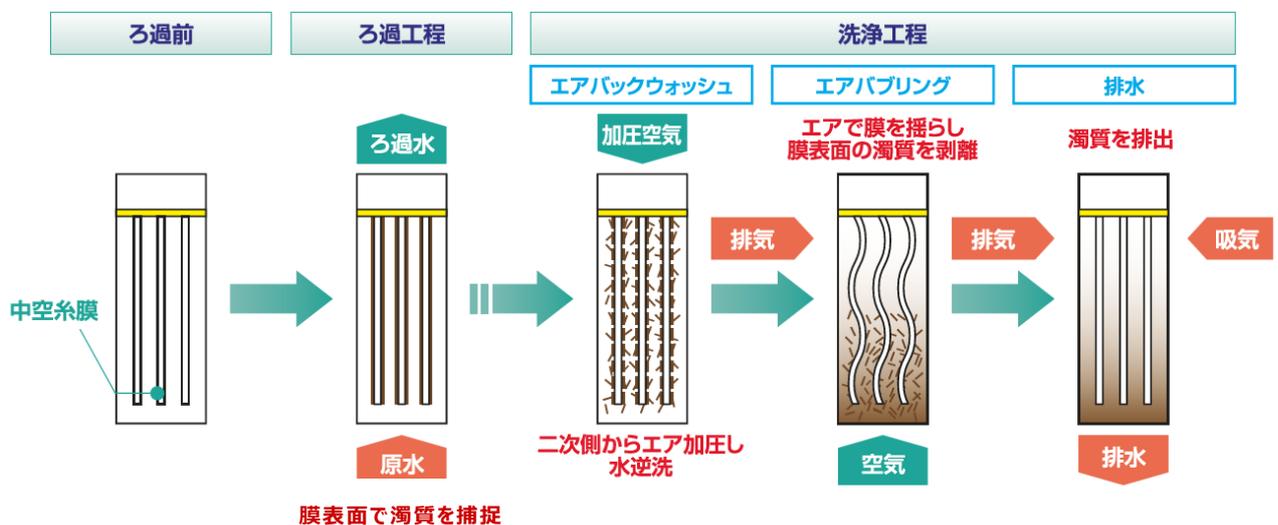


図6 逆洗排水回収装置の洗浄プロセス

3.2-5 ⑤ 充水工程

モジュール内部（一次側）へ原水を充水する。70 秒充水後、3.2-6 へと移行する。

3.3 逆洗排水回収装置の性能

図 7 に逆洗排水回収装置フロー事例を、表 4 に処理水の水質データ（某飲料メーカー様処理設備納入時の実績値）を、図 8 に原水と処理水の比較画像を示す。図 7 に示す通り、原水に対する逆洗水量を 10%としたとき、逆洗排水回収装置は 0.5%の濃縮排水を排出し、9.5%の水を回収できる。すなわち、逆洗水に対して 95%相当の回収率を示す。これは下水道放流料金を 350 円/m³、砂ろ過機をφ3000×1 基、逆洗頻度を 1 回/日、逆洗排水 50m³/回、工場稼働日数を 330 日/年と仮定した場合、年間で約 550 万円の下水道放流料金を削減できる計算となる。また、表 4、図 8 に示す通り、処理水の水質も原水に比べ大きく低減することが可能である。

4. まとめと展望

本文では産業排水の処理工程における節水に着目し、処理の過程で用いられる圧力ろ過装置について洗浄水量を削減可能な FM フィルタと、逆洗排水の回収技術として逆洗排水回収装置について紹介した。当社の FM フィルタはろ材の洗浄工程に特徴を持ち、一般的な砂ろ過と同等程度の処理能力を保ちながら、洗浄排水を約 60%削減することが可能である。また、当社の逆洗排水回収装置は独自の親水化 PVDF 膜とその構造から空気洗浄で高い洗浄能力を持ちつつ約 95%の逆洗水回収が可能である。

SDGs のターゲットの 1 つとして水利用効率の大幅な改善が言及されているように^{※2)}、今後も水のリサイクル市場がさらに拡大していくことが予想される。顧客の抱える課題解決のため、当社の総合力を活かしたご提案を行い、その中で節水という観点から社会に微力ながら貢献していきたい。

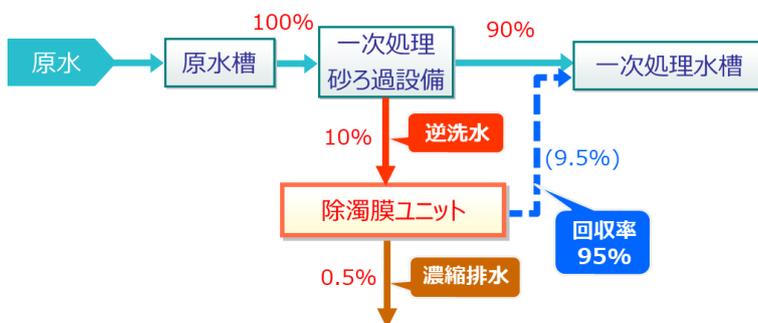


図 7 逆洗排水回収装置フロー事例

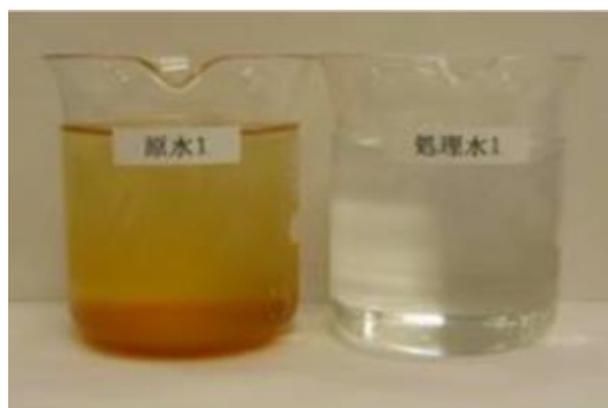


図 8 原水と処理水の比較画像

表 4 処理水の水質データ

項目	単位	逆洗排水	処理水
濁度	度	40~80	<0.05
色度	度	600~900	<1
総鉄	mg/L	40~80	<0.01
総マンガン	mg/L	1~6	<0.005
SS	mg/L	100~400	-

参考文献

- 1) 水資源：水資源問題の原因 - 国土交通省
- 2) 持続可能な開発目標 6：水と衛生
国連広報センター