

現行砂ろ過器の複層化による改善効果について

麻田 拓矢, 瀧脇 哲司, 吉川 直人

要旨

複層ろ過が可能なる材としてシャモットを選定し、シャモットを用いた複層ろ過について工程への適用性を検討した。

工程試験の結果、複層化によりろ過器の圧損上昇速度を抑制することができたため、逆洗頻度の大幅な低減が可能であった。また、逆洗によるシャモットの層高の経時変化を検討した結果、2年相当の運転でシャモットが磨耗する可能性が示唆されたが、その場合においても圧損上昇速度を抑制することが可能であった。

1. 緒言

イオン交換膜電気透析槽（以下、電槽）の流路閉塞を抑制し、電槽の解体洗浄間隔を延長させるためには、電槽供給海水中の濁質を低減させる必要がある。製塩工程では一般に砂ろ過器が用いられ、この場合には使用するろ過砂の粒径を小さくすることが有効である¹⁾。

一方、ろ過器の圧損上昇は使用するろ過砂の粒径に反比例するため、粒径の小さなろ過砂を使用した場合、圧損上昇速度が速くなって逆洗頻度が高くなり、安定したろ過性能を得にくいといった問題が生じる。

そこで、本研究では、圧損上昇速度の抑制が可能であると考えられる複層ろ過に着目し、ろ過砂との複層構成に適したろ材を選定するとともに、複層ろ過を工程へ適用した場合の改善効果を検証するため工程試験を実施した。

2. モデル試験

2.1 試験装置および方法

モデル試験には、内径100 mm、高さ1000 mmのろ過カラムと内径19 mm、高さ6000 mmの水頭管からなるろ過器を3基使用した。各ろ過カラムには、Table 1に示す条件でろ材を充填した。複層構成のろ材は、下層にろ過砂、上層にメサライトを充填し、充填後は逆洗操作を行わず完全な2層構成とした。供給液には原海水を用い、カラム内流速18 m/hでろ過カラム上部より送液し

Table 1 Filter used in the model experiments

Series	Filter	Effective size (mm)	Filled height (mm)
No.1	Sand	0.26	500
No.2	Sand	0.45	500
No.3	Mesalite (upper) Sand (lower)	0.70 0.26	250 500

た。ろ過器の供給液入口配管には圧力計を設置し、ろ過器入口圧力を連続的に測定した。

2.2 結果

ろ過器入口圧力の経時変化をFig. 1に示す。有効径0.26 mmのろ過砂を単層で用いた場合には、0.45 mmの場合と比較して圧損上昇速度は速かった。また、0.70 mmのメサライトを積層して複層化させた場合には、有効径0.26 mmのろ過砂を単層で用いた場合と比較して圧損上昇速度を大幅に低減できた。

ろ材有効径と圧損上昇速度の関係をTable 2に示す。複層構成の圧損上昇速度は、有効径0.26 mmのろ過砂を単層で用いた場合と比較して、約1/80に低減できた。また、有効径0.45 mmを単層で用いた場合と比較しても圧損上昇速度は小さかった。これより、複層においては、圧損上昇速度は上層のろ材の粒径に依存していると考えられ、粒径の小さなろ材を用いる場合には、上層にそれより粒径の大きいろ材を積層することにより、圧損上昇速度を抑制することが可能と考えられる。

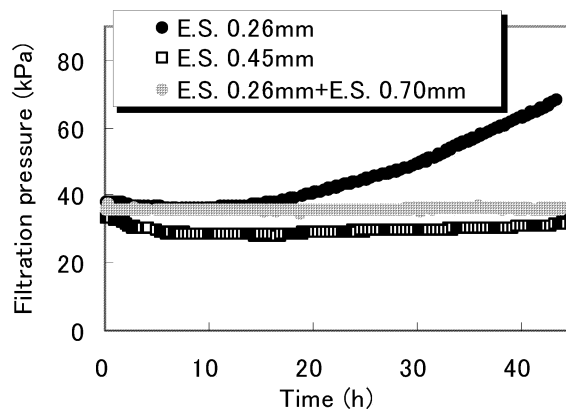


Fig. 1 Change of filtration pressure with filtration time in the model experiments

Table 2 Raising rate of filtration pressure loss in the model experiments

Series	Effective size (mm)	Pressure loss rate (kPa/h)
No.1	0.26	0.746
No.2	0.45	0.054
No.3	0.70 (upper) 0.26 (lower)	0.009

3. 上層に適用するろ材の選定

3.1 ろ材の選定

製塩における砂ろ過器の複層化については、従来アンスラサイトが用いられることが多かったが、アンスラサイトの場合、比重が軽いため、逆洗時に系外に溢流し易いことがいわれており、最近では用いられている例は見当たらない。

そこで、比重がろ過砂（比重2.6）より小さく、また、アンスラサイト（比重1.4）より大きいろ材を市販品の中から選定した。本試験では、メサライト（比重1.8）およびシャモット（比重1.5）を選定し、選定したメサライトおよびシャモットとろ過砂との層分離性について評価を行った。評価試験には、内径40 mm、高さ1000 mmのろ過カラムを用い、カラム内流速が50 m/hとなるようろ過カラムの下部から海水を送液し、逆洗操作を行った。その後、静置してろ層の状態を観察する方法により層分離性を評価した。メサライトについては、有効径0.70 mmと0.35 mmの2種類を用い、シャモットについては、有効径0.60 mmを用いた。上記試験の結果、メサライトについては、有効径0.70 mmと0.35 mm共にろ過砂との層分離はできなかったが、シャモットについては、良好な層分離が可能であった。以上の結果より、上層に適用するろ材として、シャモットが適切であると考えられた。

3.2 選定したろ材の耐久性に関する試験

内径100 mm、高さ1000 mmのろ過カラムに有効径0.60 mmのシャモットを充填し、カラム内流速50 m/hで水道水をろ過カラムの下部から送液し、シャモットの連続逆洗を実施した。カラムからの溢流液はタンクに一旦溜めた後、上澄み液をろ過カラムに循環させた。試験は23日間連続して実施したが、これを逆洗操作時間（4分間、1回/日）に換算すると22年分に相当する。試験終了後、タンク内の沈降物を採取し、10000 rpm、10 minで遠心分離した後、遠沈体積を測定した。また、試験前後において、シャモットの粒径分布をふるい分け法²⁾により測定した。

耐久性試験前後におけるシャモットの粒径分布測定結果をTable 3に示す。

試験前後において、シャモットの有効径はほぼ同程度

Table 3 Change of the particle size of chamotte before and after agitation experiment

Particle size (mm)	Before experiment (%)	After experiment (%)
1.400	3.1	3.4
1.180	17.9	20.1
1.000	8.0	8.7
0.850	32.8	33.5
0.710	22.1	21.7
0.600	14.6	11.9
0.500	0.5	0.3
0.425	0.3	0.2
0.425 >	0.8	0.1
Effective size (mm)	0.66	0.69

であった。また、試験終了時におけるタンク内への溢流量は、充填量の1%以下であった。これより、シャモットの耐久性は良好であると考えられ、以降の工程試験には上層のろ材にシャモットを採用した。

4. 工程試験

4.1 試験環境および期間

工程試験は平成18年1月19日～2月20日の約1ヶ月間、瀬戸内海の製塩企業で実施した。

4.2 試験装置

試験に使用した装置の概要をFig. 2に示す。ろ過器は、内径500 mm、高さ1200 mmのろ過カラムと内径40 mm、高さ5000 mmの水頭管から構成され、2基を使用した。充填したろ材をTable 4に示す。ろ過器の1基には、有効径0.55 mmのろ過砂を層高が500 mmとなるように充填し、他方の1基には、有効径0.55 mmのろ過砂と有効径0.90 mmのシャモットを層高が各々500 mmと100 mmとなるように充填し、複層構成とした。

4.3 試験方法

4.3.1 ろ過性能の検証

供給海水には原海水を用い、カラム内流速8 m/hでろ過器へ送液した。逆洗水にはろ過砂でろ過した海水を使用し、カラム内流速40 m/hでろ過カラム下部から送液した。逆洗時間は4分間とした。逆洗はろ過器入口圧力とろ過初期圧力との差が16 kPaに達した場合に行った。なお、試験開始14日目以降は実装置に近い運転状態を想定し、初期圧力との差を9 kPaに設定した。また、ろ過器入口圧力と初期圧力との差が設定値に達しない場合には、直前の逆洗から24時間経過後に逆洗を行った。

4.3.2 逆洗に伴うシャモット層高の経時変化

逆洗に伴うシャモットの層高の経時変化を検討するため、9分間隔で約700回（2年相当の回数）の逆洗を繰り返した。

4.4 評価方法

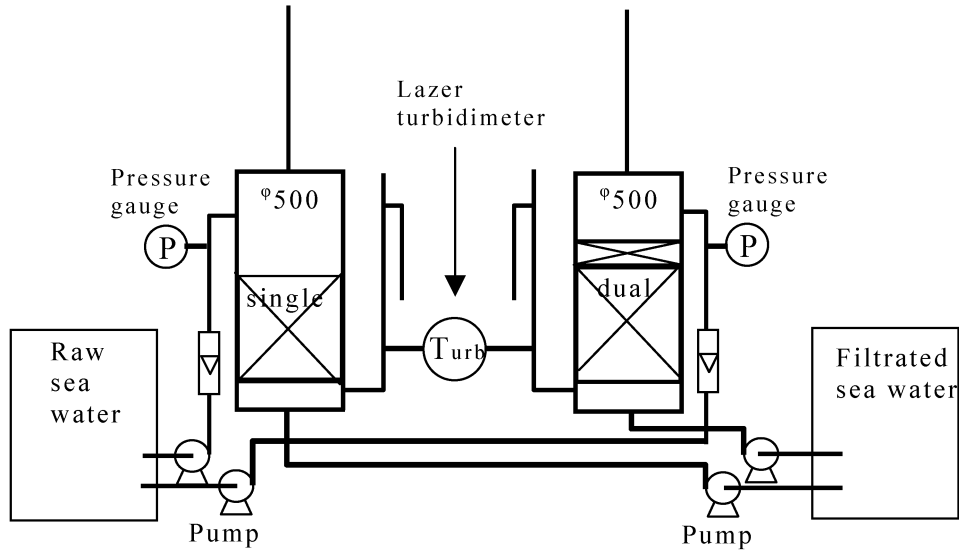


Fig. 2 Schematic diagram of experimental apparatus

Table 4 Filter used in the field experiment

Series	Filter	Effective size (mm)	Filled height (mm)
No.1	Sand	0.55	500
No.2	Chamotte (upper)	0.90	100
	Sand (lower)	0.55	500

ろ過性能を評価するために、ろ過器の供給液入口配管に圧力計を設置し、ろ過器入口圧力を測定した。また、レーザー濁度計ANA-001A（東京光電機製）を用いてろ過海水の濁度を連続的に測定した。

シャモットの耐久性を評価するため、約700回の逆洗前後のろ材層高およびろ過器入口圧力を測定した。

4.5 結果

4.5.1 水質安定時のろ過性能

水質安定時におけるろ過器入口圧力の経時変化を Fig. 3 に例示する。ろ過初期の入口圧力は単層 47.8 kPa、複層 48.0 kPa であった。圧損上昇速度は単層 0.50 ~ 0.70 kPa/h、複層 0.13 ~ 0.14 kPa/h であり、複層化した場合、単層の 1/3 以下であった。ろ過持続時間は、単層 10.1 ~ 13.6 h に対して複層 64 h（圧損上昇速度からの推定値）であり、約 6 倍の長期運転が可能であった。また、本試験期間を通して圧損上昇速度は、単層 0.46 ~ 2.25 kPa/h、複層 0.13 ~ 0.64 kPa/h であった。

ろ過海水濁度の経時変化を Fig. 4 に例示する。ろ過海水の濁度は単層、複層ともに逆洗操作直後には逆洗前に対して約 3 ~ 4 倍高くなり、ろ過時間の経過とともに低下し、安定する傾向を示した。濁度安定時の値は単層、複層ともに同程度であった。また、複層は、単層と比較して逆洗頻度が少ないため、ろ過海水濁度が上昇する頻

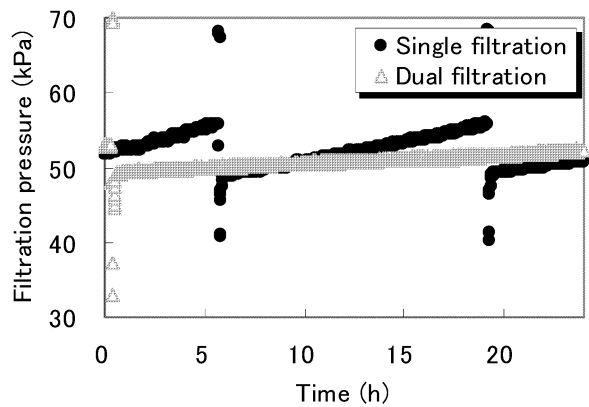


Fig. 3 Change of filtration pressure with filtration time in field experiments

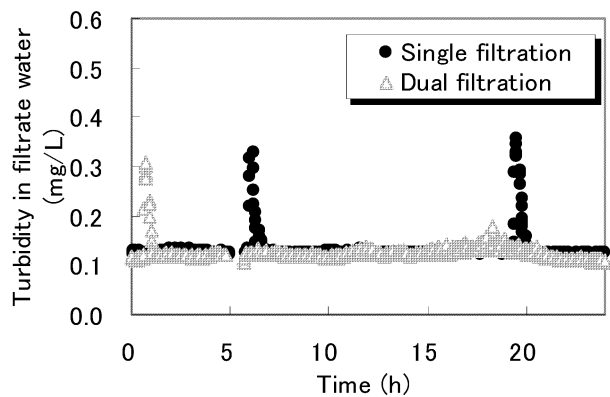


Fig. 4 Change of turbidity of filtrated sea water with filtration time in field experiments

度も少なかった。

4.5.2 水質悪化時のろ過性能

水質悪化時におけるろ過器入口圧力の経時変化をFig. 5に例示する。圧損上昇速度は単層1.57~2.25 kPa/h, 複層0.48~0.64 kPa/hであり, 複層は単層の1/3以下であった。ろ過持続時間は, 単層4.5~5.7 h, 複層14.8~19.9 hであり, 複層は単層の3倍以上の長期運転が可能であった。

ろ過海水濁度の経時変化をFig. 6に例示する。単層, 複層ともに清澄時間に関係なく濁度が上昇する傾向が見られた。このため, 水質悪化時には, 有効径0.55 mmのろ過砂を用いた砂ろ過器では捕捉が困難な濁質が多くなると推測された。

本試験期間における単位ろ過面積, 1日あたりに漏洩する濁質量は, 単層が33.5 g/m²/dayであったのに対して複層は31.4 g/m²/dayであり, 漏洩する濁質量は複層の場合, 単層と比較して6%程度少なかった。これは, 濁度上昇を伴う逆洗の頻度が低減したためと考えられた。逆洗頻度低減の電槽性能への寄与は明らかになっておらず, 今後の検討が必要である。

4.5.3 逆洗に伴うシャモット層高の経時変化

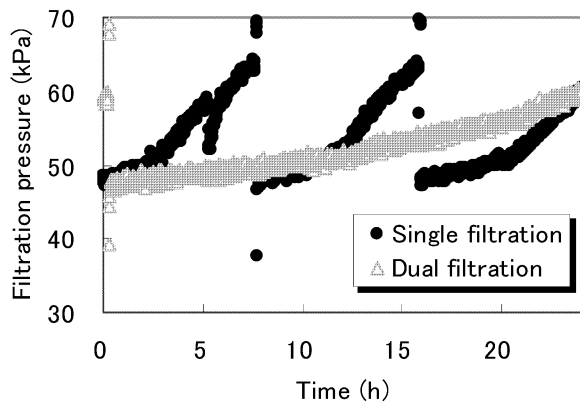


Fig. 5 Change of filtration pressure with filtration time when quality of raw sea water become worse

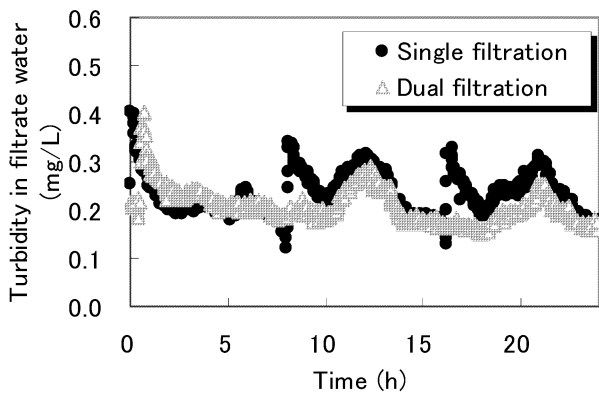


Fig. 6 Change of turbidity of filtrated sea water with filtration time when quality of raw sea water become worse

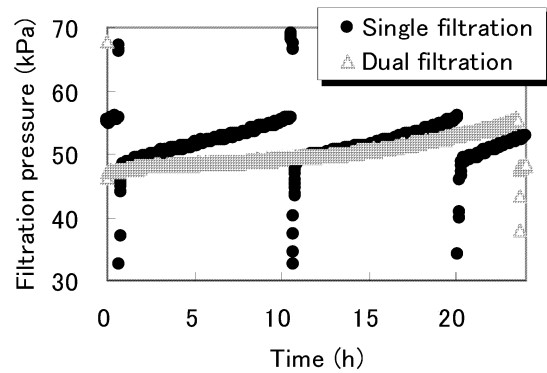


Fig. 7 Change of filtration pressure with filtration time after experiment which imitated the filtration operation for two years

各ろ過器における全体のろ材層高は, 試験の前後で単層, 複層ともに変化は見られなかった。このことから, 2年相当の逆洗を実施した場合においても, ろ材の溢流はほとんど起こらないと考えられた。

一方, シャモットの層高には変化が見られた。シャモットの層高は試験開始時において30 mmであり, 70 mmがろ過砂と混合状態であった。試験後には, ろ過砂との層分離性が向上し, シャモットの層高は75 mmに増加した。これは, 逆洗時にシャモットとろ過砂が接触することにより, シャモットが磨耗し, 粒径が小さくなったためと考えられる。

上記の試験後のろ過器入口圧力の経時変化をFig. 7に示す。複層の圧損上昇速度は単層と比較して約1/2と小さかった。また, 複層のろ過持続時間は単層の2~3倍であった。以上より, シャモットが磨耗している可能性が示唆されたが, 2年相当の逆洗を実施した後も圧損上昇速度の低減効果を認めることができた。

5. 結 言

複層ろ過が可能なる材としてシャモットを選定し, シャモットを用いた複層ろ過について工程への適用性を検討した。

工程試験の結果, 複層化によりろ過器の圧損上昇速度を抑制することができたため, 逆洗頻度の大幅な低減が可能であった。また, 逆洗によるシャモットの層高の経時変化を検討した結果, 2年相当の運転でシャモットが磨耗する可能性が示唆されたが, その場合においても圧損上昇速度を抑制することが可能であった。

引用文献

- 1) A. Otubo, Japan Tokkyo Kaiho JP10-336063 (1999)
- 2) The Salt Industry Center of Japan, "Shioshikenhohou", p. 74 (2002)

Abstract

Improvement of Present Sand Filter Using a Double Layer Filtration System

Takuya ASADA, Tetsushi FUCHIWAKI and Naohito YOSHIKAWA

To reduce the frequency of the washing interval in the present sand filter, the application of a double layer filtration system with a double layer that has arranged chamotte in the upper layer and filtration sand in the lower layer was discussed. By applying this system, filtration pressure decreased markedly, and the frequency of the washing interval of a filter increased 3 to 6 times that of the present filter. Chamotte showed almost no wearing under the condition in which only chamotte existed. In the experiment, which imitated filtration operation for two years, the particle size of chamotte became smaller gradually by collision with filtration sand, chamotte was mixed with filtration sand, and the height of the upper layer decreased. However, frequency of the washing interval under the above-mentioned condition was about 2 times that of the present filter. It is suggested that a double layer filtration system using chamotte can reduce the frequency of the washing interval of the present sand filter.