

膜法によるボイラ補給水の前処理

Pretreatment of Boiler Make-Up Water Using Membrane Separation Method



(環)製品開発室
杭出 義也
Yoshiya Kuide
(環)設計部設計第1課
梶山 吉則
Yoshinori Kajiyama

ボイラ補給水の前処理装置に、従来法の代替技術として膜法が適用可能である。従来法である凝集沈殿一ろ過と、精密ろ過膜法及び限外ろ過膜法を比較した結果、処理水質安定性や維持管理の簡便さなどにおいて凝集沈殿一砂ろ過よりも精密ろ過膜法及び限外ろ過膜法が優れている結果が得られた。

Three filtration methods of coagulo-sedimentation(CS), microfiltration(MF) and ultrafiltration(UF) were compared for application to pretreatment of boiler make-up water. The test using river water confirmed that MF and UF were superior to CS in view of stable performance and easy maintenance.

Key Words :

精密ろ過
限外ろ過
ボイラ補給水

Microfiltration
Ultrafiltration
Boiler make-up water

まえがき

ボイラ補給水処理システムは、工業用水や水道水または河川表流水などを原水とし、原水中の濁質を除去する前処理装置と、原水中の塩類を除去する純水装置で構成される。

前処理装置は凝集沈殿一ろ過が一般的であるが、大きな設置スペースが必要である。また設置スペースをより小さくする目的でスラッジブランケット型

凝集沈殿装置などを採用する場合は、運転管理が難しく、水質不安定などの問題も生じる場合がある。

これらの課題に対し膜分離技術を使用した水処理システムが注目されており、補給水処理設備の省スペース化、維持管理の簡易化、前処理水質の向上による純水装置負荷低減などが期待できる。

当社はボイラ補給水の前処理装置に従来法の代替技術として膜法が有効であることを確認するため、

約1年間の実証試験を行った。ここにその結果を報告する。

1. 試験概要

従来法の代替技術として膜法が適用可能であることを確認することを目的とし、既設ボイラ補給水前処理設備の原水を用いて膜処理試験を行った。試験用の膜として懸濁物の除去に用いる精密ろ過膜(MF膜)、懸濁物及びコロイド物の除去に用いる限外ろ過膜(UF膜)を選定した。

1.1 ボイラ補給水前処理設備

既設ボイラ補給水前処理設備のフローを第1図に示す。原水は工業用水、凝集沈殿装置はスラッジ・ブランケット型、ろ過装置は圧力式縦型急速砂ろ過である。処理水質を良好に保つためには凝集沈殿装置のブランケット層を正常な状態で維持する必要があり、原水性状が大きく変動する場合はブランケット濃度管理など多少運転上の配慮が必要である。

1.2 膜試験装置

試験に用いた膜の仕様を第1表に示す。MF膜はSP-MEMCOR膜ろ過装置を用いた。膜はポリプロピレン製中空糸膜で公称孔径 $0.2\ \mu\text{m}$ 、ろ過方式は外圧式、圧縮空気を用いて膜を膨張・解放することで膜の汚れをはじき飛ばすという物理洗浄が特徴である。

UF膜は酢酸セルロース製中空糸膜で分画分子量150000である。ろ過方式は内圧式、微生物の繁殖により膜が損傷する恐れがあるため、定期的に行う物理洗浄の際に洗浄水中に次亜塩素酸ナトリウムを

添加した。

膜試験装置のフローシートを第2図に示す。原水中に含まれるきょう雑物を除去するため目開き $0.2\ \text{mm}$ のプレフィルターに通水した後、それぞれMF膜装置、UF膜装置に送水した。

運転制御方式はMF膜UF膜共に透過水量を一定に制御する定流量運転とした。

MF膜は処理水質向上を図る目的で凝集剤を注入し凝集槽で反応させた後、全量ろ過方式で通水した。膜のファウリング防止のため物理洗浄として60分間隔で $600\ \text{kPa}$ の圧縮空気を用いて逆圧空気洗浄を行った。

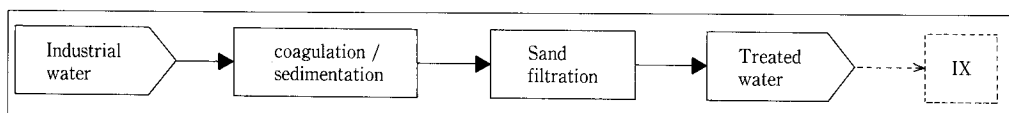
UF膜は原水のきょう雑物除去のみで、凝集剤の注入は行わずに膜に供給し、通水方式は供給水を中空糸内で循環させながらろ過を行うクロスフローろ過とした。物理洗浄方法は、UF膜透過水の一部をUF膜透過側から供給側へ逆方向に加圧通水し、UF膜に付着した汚れを除去する逆圧水洗浄方式を用いた。その際、UF膜を殺菌する目的で微量の次亜塩素酸ナトリウムを洗浄用水中に注入した。

2. 試験結果

2.1 MF膜処理方式

MF膜装置の膜間差圧の経日変化を第3図に示す。期間中の装置運転日数は169日間で、図中のChemical cleaning表示は薬品洗浄実施を意味する。

透過流束 $4\ \text{m}/\text{d}$ で運転した場合は、膜間差圧の上昇が早く不安定な運転となったが、透過流束 $3\ \text{m}/\text{d}$



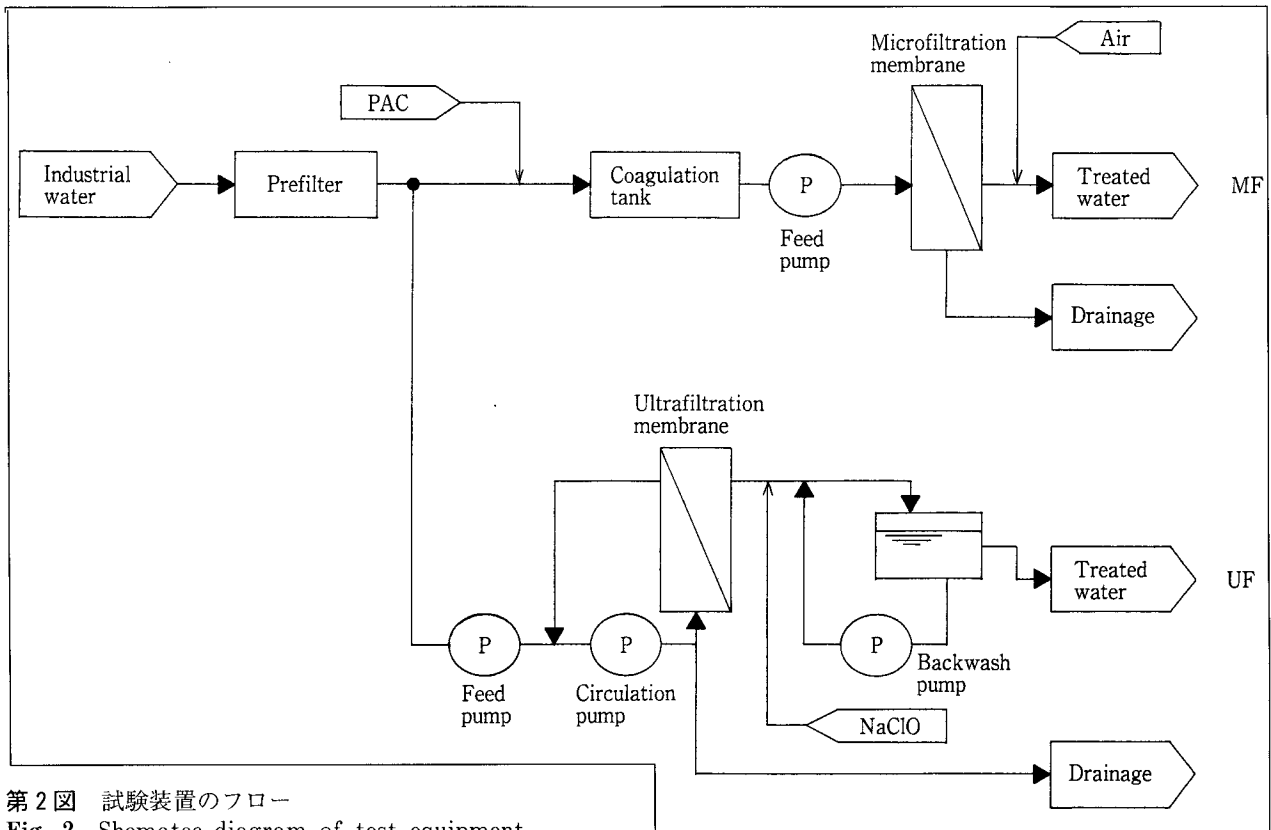
第1図 ボイラ補給水前処理設備フロー

Fig. 1 Schematic diagram of make-up water treatment system

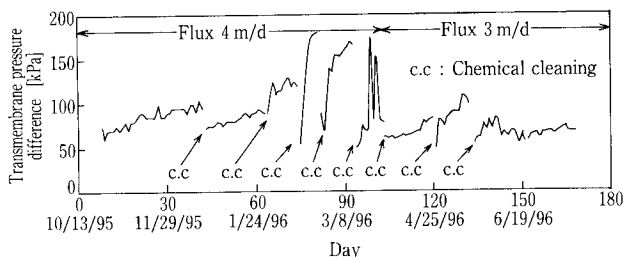
第1表 膜仕様

Table 1 Specifications of membrane

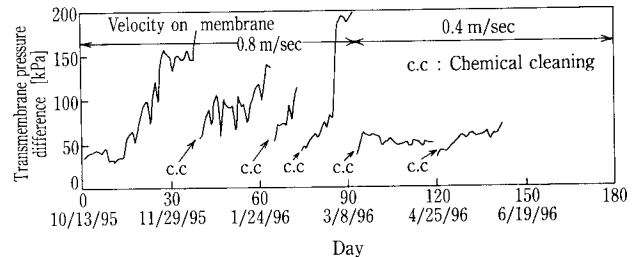
	MF	UF
Type of membrane	Microfiltration	Ultrafiltration
Pore size	$0.2\ \mu\text{m}$	—
Molecular weight cutoff	—	150 000
Material	Polypropylene	Cellulose triacetate
Type of module	Hollow fiber type	Hollow fiber type
	External pressure type	Internal pressure type



第2図 試験装置のフロー
Fig. 2 Schematic diagram of test equipment



第3図 膜間差圧の経日変化 (MF)
Fig. 3 Transmembrane pressure difference (MF)



第4図 膜間差圧の経日変化 (UF)
Fig. 4 Transmembrane pressure difference (UF)

に下げて運転を行うことにより、膜間差圧は安定して運転することが可能であった。

2.2 UF 膜処理方式

UF 膜装置の膜間差圧の経日変化を第4図に示す。期間中の装置運転日数は140日間であった。透過流速は3 m/dで運転したが、試験の前半は差圧の上昇が早くファウリング防止効果が低い結果となった。膜のファウリング状態を観察した結果、この時の運転条件はクロスフローによる膜面流速を0.8 m/sとしたが、膜面流速を上げたため中空糸内で循環入り口と出口の差圧が大きくなり、循環入り口付近の膜間差圧が高く負荷が集中していることがわかった。そこで膜面流速を0.4 m/sに下げて運転した結果、

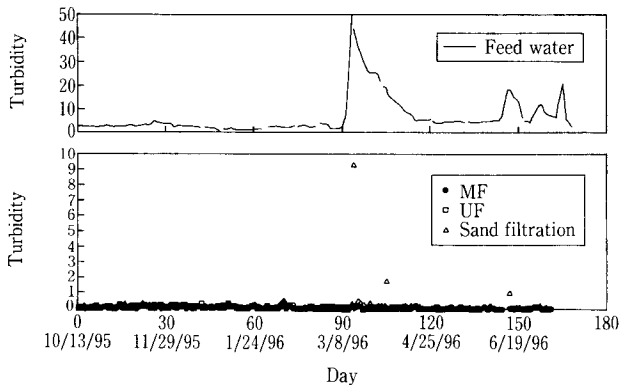
透過流速3 m/dで膜間差圧は安定した。

2.3 従来法及び膜法の処理水質

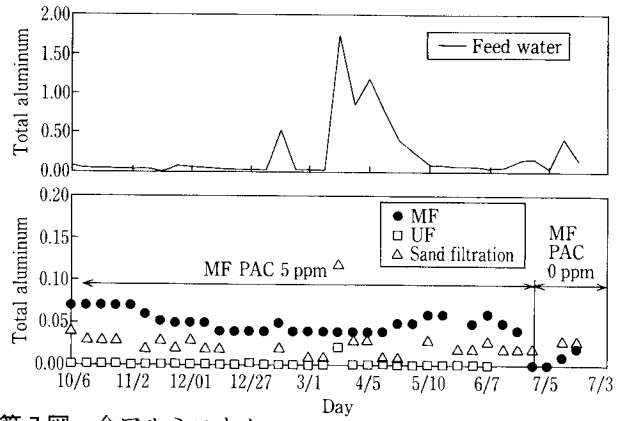
原水、MF 膜透過水、UF 膜透過水及び凝集沈殿—砂ろ過水（以後砂ろ過水）の濁度を第5図に比較する。

試験期間中の原水濁度は最高50.5度、最低0.2度、平均7.7度であった。原水濁度はほとんどの期間は5.0度以下の値で、梅雨や大雨による急激な河川増水が原因で時々高くなるがあった。

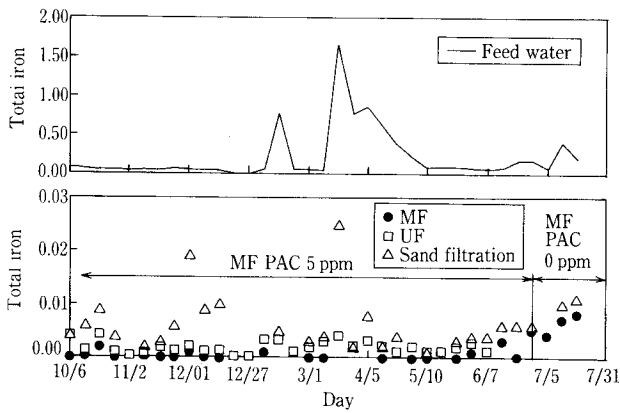
原水低濁度の場合は各処理法ともほぼ濁度測定下限値の0.1度付近であった。原水が高濁度状態では砂ろ過水濁度が1.0度を超えることがあったが、MF 膜及びUF 膜の透過水はそのような場合も常に0.1



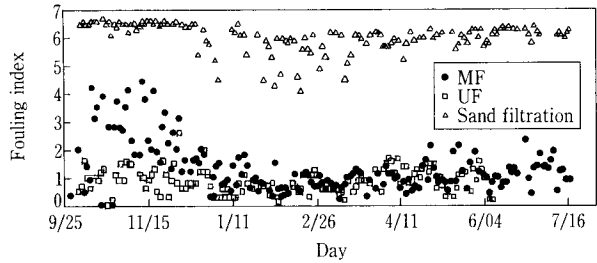
第5図 濁度
Fig. 5 Turbidity



第7図 全アルミニウム
Fig. 7 Total aluminium



第6図 全鉄濃度
Fig. 6 Total iron



第8図 処理水のFI値
Fig. 8 Fouling index of treated water

度以下の良好な値であった。

全鉄濃度を第6図に示す。原水中の全鉄濃度は平均0.2 ppmであった。各処理水ともほぼ0.01 ppm以下であるが、MF膜及びUF膜透過水の値が低い値で安定しているのに対して、砂ろ過水の全鉄濃度はやや変動して高い値であった。MF膜透過水の全鉄濃度はPAC注入有りと無しで異なり、PACを注入した場合の全鉄濃度の値は0.001 ppm~0.004 ppmでありUF膜と同等の値であったが、PAC無しの場合の値は0.008~0.010 ppmと高い値を示した。

全アルミニウム濃度を第7図に示す。UF膜透過水、砂ろ過水、MF膜透過水の順に処理水質が良好であった。UF膜透過水の値は常に測定下限値0.01 ppm付近の値であった。砂ろ過水の値はほぼ0.04 ppm以下の値であったが、原水高濃度時において0.12 ppmと高い値を示した。MF膜透過水の値は0.04 ppmから0.07 ppmであり、砂ろ過水よりも高くなったが、これはPAC注入により溶解性アル

ミニウムが膜を透過すると考えられる。PAC無しの条件におけるMF膜透過水の値は0.01 ppm~0.02 ppmと低い値でありUF膜と同等の透過水質となった。

除濁性能をUF膜とMF膜で比較する場合、透過水濁度では両者の値が測定下限値の0.1度以下を示すため比較が困難である。そこで濁度よりも低濁質の指標に使われているFI値を用いて除濁性能の比較を行った。FI値はSDI値と同じであり、一般的にRO膜処理の前処理除濁指標とされている。FI値を第8図に示す。膜透過水は全期間を通じて砂ろ過水よりも良好であった。MF膜は運転開始後一か月間は不安定であったが、それ以後はほぼFI値2.0以下の値である。UF膜はほぼ全てにおいてFI値2.0以下であった。砂ろ過水は4.2から6.7であった。

3. まとめ

試験結果を次にまとめた。

- 1) MF膜処理方式及びUF膜処理方式共に透過流速3 m/dで運転が可能であり、また膜処理方式の透過水濁度は常に0.1度以下で特に問題なく運転を行い、ボイラ補給水の前処理設備として膜法

