

RO 装置前処理法

Pretreatment for RO systems



牛越 健一 環境装置事業部
製品開発室
担当部長
技術士(水道部門)

まえがき

かん水または海水を逆浸透法（RO法）により脱塩を行うプロセスにおいて、膜形状としてスパイラル膜または中空糸膜のように、稠密度の高い膜モジュールを使用する場合、前処理、特に原水の懸濁固形物の除去に注意しなければならない。¹⁾

逆浸透膜を用いた脱塩プロセスにおいて、許容できる膜モジュール供給水の懸濁固形物量を表現する指標としては、従来の懸濁固形物量の表示方法である濁度、SS等はいられずに、メンブランフィルターを用いて測定するSDI値が用いられている。^{1,2,3)}しかし、SDI値は測定できる微量懸濁固形物量の範囲が狭いこと、測定値の意味が捉えにくく、方法もやや煩瑣であること等の問題があった。

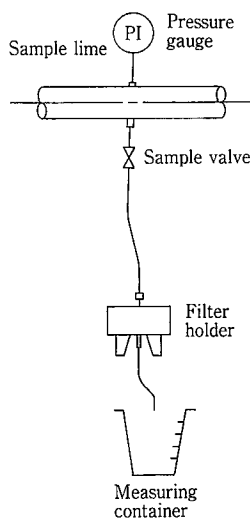
そこで、測定法がより簡素で、測定範囲が広く、測定値の理解がし易い、PN値法を用いることを提

唱している。^{4,7)} PN値は、1.0 μ mのポアサイズを持つ25mm径のニュークリポアフィルターを用いて、0.3MPaの圧力化でろ過を行い、ろ過水が涙滴状(1.0ml/sec.)になる点を終点とし、ろ過水量をリットル(lts)で表したものがPN値である。第1図にPN値の測定法を示す。PN値はSDI値と高い相関関係を有する。第2図にPN値とSDI値の相関図を示す。この関係より、スパイラル型、中空糸

第1表 スパイラル型、中空糸型RO膜入口水質要求値 (SDIおよびPN)

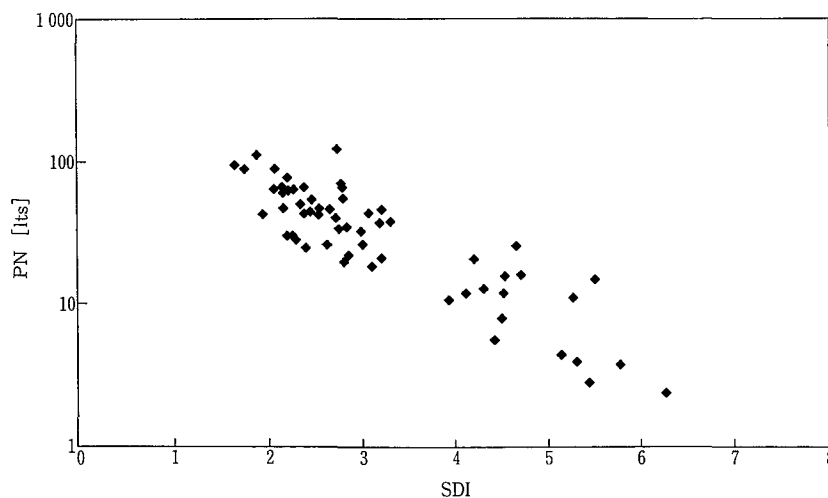
Table 1 Requested inlet water conditions of SDI and PN for spiral wound and hollow fine fiber reverse osmosis membranes

Configuration of membranes	SDI	PN
Spiral wound	4-5 or less ⁵⁾	5-15 or more
Hollow fine fiber	3-4 or less ⁶⁾	15-30 or more



第1図 PN値測定法

Fig. 1 Method of PN measurement for colloidal matter



第2図 PN値とSDI値の関係

Fig. 2 Relationship between PN and SDI

型 RO 膜に要求されている水質を SDI 値と対応させ、PN 値で表すことができる。第 1 表に対比表を示す。

水中の懸濁固形物を除去する方法としては、凝集沈殿、砂ろ過、プレコートろ過、凝集ろ過等幾つかの単位操作およびそれらの組合せが用いられてきた。また、近年になり、精密ろ過、限外ろ過といった膜法を用いたプロセスも、応用されはじめている。

本報は、逆浸透膜を用いて感潮湖沼水の脱塩を行うプロセスにおいて、膜に対する必要な水質を得るため、従来法による適切な前処理方法の、検討結果を報告する。⁸⁾ また、水質の評価としては、PN 値を用いた。

1. 実験装置と方法

1.1 実験装置

実験装置のブロックフローを第 3 図に示す。プロセス A は、凝集沈殿、砂ろ過、活性炭ろ過を基本とするプロセスで、プロセス A₀ は基本プロセス、A₁ はろ過機能を向上させるために、砂ろ過器に水酸化アルミニウムのフロックをプレコートしたもの、A₂ は凝集沈殿槽よりのキャリアオーバーフロックを再凝集するために、砂ろ過器手前に少量の凝集剤を再注入したプロセスである。

凝集沈殿槽としては、スラッジブランケット型凝

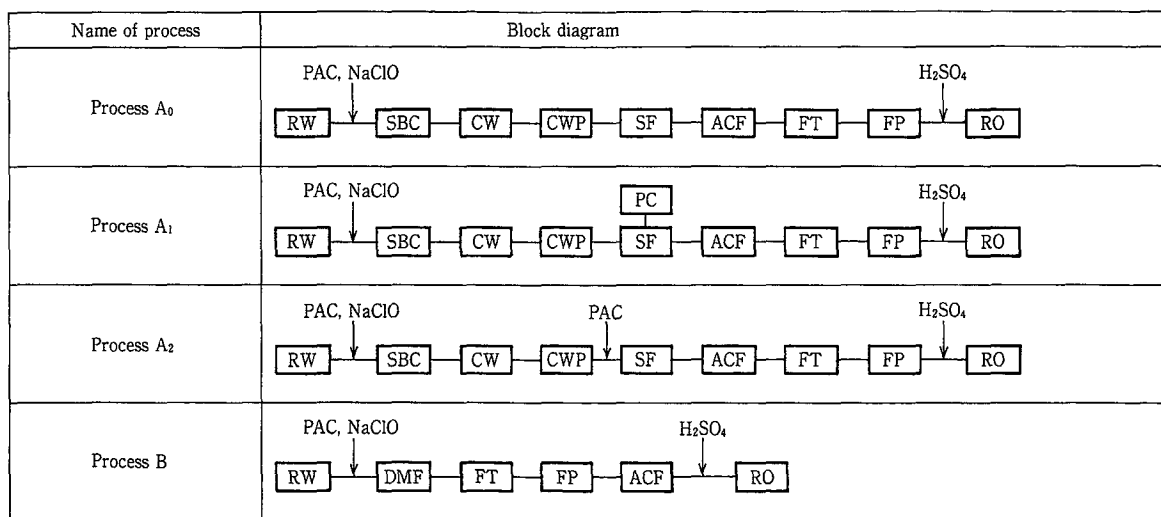
集沈殿装置を、砂ろ過器として堅型圧力式砂ろ過器を用い、ろ材はアンスラサイトで有効径 0.6—0.7 mm、均等係数 1.7、ろ材充填高は 0.6 m である。活性炭ろ過器は堅型圧力式ろ過器の中に、有効径 0.6—0.7 mm、均等係数 1.6 のヤシ殻粒状活性炭を高さ 0.9 m に充填し使用した。

プロセス B は、インライン凝集ろ過、活性炭ろ過を基本とするプロセスである。凝集ろ過、活性炭ろ過にはプロセス A で用いた砂ろ過器、活性炭ろ過器を使用した。ただし砂ろ過器はろ材を変更し、有効径 0.9—1.0 mm、均等係数 1.6 のアンスラサイト層 0.4 m と、有効径 0.4—0.5 mm、均等係数 1.6 のろ砂層 0.2 m の複層ろ過器とし、かつ空気洗浄を併用できるようにした。

第 2 表に使用した原水水質の分析例を示す。感潮湖沼であることより、電気伝導度が 1 190.0 μS/cm と高く、海水逆流の影響をうけている。また湖沼水であることより、濁度が 1.5 度と低く、*Oscillatoria* 等藻類が相当数発生しており、軽質の濁質と考えられる。

1.2 実験方法

プロセス A の実験時、原水水温は 21.2—29 °C であった。薬品注入条件としては、凝集剤として PAC



Abbreviations:

RW : Raw Water

SBC : Sludge Blanket Type Clarifier

CW : Clear Well

CWP : Clarified Water Pump

SF : Sand Filter

ACF : Activated Carbon Filter

FT : Filtered Water Tank

FP : Filtered Water Pump

RO : Reverse Osmosis Test Unit

PC : Precoating Unit

DMF : Dual Media Filter

第 3 図 実験装置ブロックフロー

Fig. 3 Block diagram of test processes

第 2 表 原水水質分析値
Table 2 Quality of raw water

Item	Unit	Analytical value
Turbidity	Turb. unit	1.5
Color	Color unit	3.8
pH	-	6.9
Conductivity	$\mu\text{S/cm}$	1 190.0
M-alkalinity	mg/l as CaCO_3	41.2
Total hardness	mg/l as CaCO_3	138.0
Ca hardness	mg/l as CaCO_3	43.0
Mg hardness	mg/l as CaCO_3	95.0
TDS	mg/l	621
COD_{Mn}	mg/l as O	3.1
Cl	mg/l as Cl	301.8
SO_4	mg/l as SO_4	40.2
NO_3	mg/l as NO_3	1.2
PO_4	mg/l as PO_4	<0.1
SiO_2	mg/l as SiO_2	1.6
NH_4	mg/l as NH_4	0.05
Mn	mg/l as Mn	0.02
Fe	mg/l as Fe	0.15
Algae		
Oscillatoria sp.	cells/ml	386
Melosira sp.	cells/ml	246
Navicula sp.	cells/ml	210
Ankistrodesmus sp	cells/ml	105
Schroederia sp.	cells/ml	105
Particles		
1-3 μm	nos/ml	5.67×10^4
3-5 μm	nos/ml	8.40×10^8
5-10 μm	nos/ml	8.40×10^8
10-30 μm	nos/ml	3.92×10^8
30- μm	nos/ml	2.80×10^8
PN	lts	0.13

30 mg/l, 殺菌剤として NaClO 5 mg/l の注入を行った。原水 pH は凝集に適していたため、凝集のための pH 調整は行わなかった。またプロセス A₁ では砂ろ過器プレコート材として PAC をプレコートタンクに溶解し、水酸化アルミニウムのフロックを作り、エジェクターで注入、プレコートした。プロセス A₂ における砂ろ過器手前での補助 PAC 注入量は、10 mg/l であった。

通水流量は 3.0 m³/h, 砂ろ過器, 活性炭ろ過器 LV は各々 10.7, 15.3 m/h であった。砂ろ過器と活性炭ろ過器は、活性炭ろ過水にて定期的に逆流洗浄を実施した。

プロセス B の実験時の原水水温は 19—20.2 °C であった。凝集剤の最適量は本実験装置で検討し、30 mg/l の注入量とした。凝集のための pH 調整は行っていない。殺菌剤として NaClO 5 mg/l を注

入した。

通水流量は 1.5 m³/h, 砂ろ過器, 活性炭ろ過器の LV は各々 5.4, 7.7 m/h であった。砂ろ過器洗浄には空気洗浄を併用した。

2. 実験結果と考察

第 3 表に各プロセスにおける処理水 PN 値, 濁度, 差圧を記す。プロセス A₀ においては、濁度 3.1—6.2 の原水に対し、処理水 1.0—3.0 度であり、差圧上昇は砂ろ過器, 活性炭ろ過器で各々 40 時間ろ過後 0.054, 0.21 MPa と少なかったが処理水 PN 値は最大でも 1.0 程度であり、スパイラル膜, 中空糸膜に各々要求されている PN 値 5—15, 15—30 に遠く及ばない。

プロセス A₀ において、凝集沈殿装置出口水の濁度は 0.5—6.2 度であり、概ね 2.5 度以下にコントロールされていた。しかし、同濁度が 0.5 度といった低

第3表 運転データ

Table 3 Operating results of processes

Processes	Turbidity (Turb. units)		Treated water PN (lts)	Differential pressure (MPa/hrs)	
	Raw water	Treated Water		Sand filter	Activated carbon filter
A ₀	3.1-6.2	1.0-3.0	1	0.054/40	0.021/40
A ₁	1.9-5.9	<0.15	4-11	0.131/88	0.025/88
A ₂	2.8-4.0	0.1-0.3	10-27	0.075/22.5	0.020/22.5
B	2.9-7.5	0.1	50-137	0.206/24	0.015/24

濁度の時も、処理水 PN 値は1.0程度であり、凝集沈殿のキャリーオーバーを極度に減らすようコントロールしても、処理水 PN 値を改善できないことが判明した。フロックが凝集沈殿槽内に長時間滞留し、凝集、吸着といった活性度が失われ、砂ろ過で十分捕捉できなくなったことが考えられる。

そこでプロセス A₁において砂ろ過器に、アルミニウムフロックのプレコートを行い、凝集沈殿装置よりキャリーオーバーした微細なフロックを捕捉できるかどうかを検討した。濁度1.9—5.9度の原水に対し、処理水濁度は0.15度と良くなっている。PN 値は4—11と向上したものの、目標値には及ばなかった。差圧はろ過器、活性炭ろ過器で、88時間のろ過時間で0.131, 0.025 MPa と砂ろ過器の圧力上昇は大きかった。

プロセス A₂においては、凝集沈殿装置のキャリーオーバーしたフロックを、砂ろ過器手前に少量の凝集剤を再度注入することにより再凝集を行い、ろ過性能を向上させることを試みた。濁度2.8—4.0の原水に対し、処理水は0.1—0.3度と低く、PN 値は10—27と大幅に向上し、スパイラル膜の要求水質は概ねカバーできたものの、中空糸膜用の水質には一部及ばなかった。差圧は22.5時間のろ過時間に対し、砂ろ過器は0.075 MPa と比較的上昇が早かったが、活性炭ろ過器は0.02 MPa と上昇は少なかった。

プロセス B においては、濁度2.9—7.5度の原水に対し、処理水濁度は0.2度と低く、処理水 PN 値は50—137と極めて高く、スパイラル膜、中空糸膜のいずれの要求水質も十分に満足する値が得られた。差圧上昇は24時間のろ過時間に対し、砂ろ過器は0.204 MPa に達し上昇が速かったが、活性炭ろ過器は0.015 MPa と低かった。

むすび

感潮湖沼水をスパイラルまたは中空糸型逆浸透膜

を用いて脱塩を行うために、前処理法の検討を行った。ここで、PN 値を前処理水質を評価するための指標として用い、目標値としてスパイラル膜、中空糸膜用前処理水の PN 値を各々5—15, 15—30以上とした。

- (1) 凝集沈殿、砂ろ過、活性炭ろ過を用いたプロセスの処理水 PN 値は1.0と低かった。砂ろ過器に水酸化アルミニウムフロックをプレコートしたところ PN 値は4—11と改善された。砂ろ過器手前に少量の凝集剤 PAC を注入し、再凝集したところ処理水 PN 値は10—27となった。
- (2) 凝集ろ過、活性炭ろ過方式では処理水 PN 値は、50—137となり、スパイラル、中空糸型いずれの逆浸透膜用の要求水質を満たす、良好な結果がえられた。感潮湖沼水のように、濁質が少なく、濁質が藻類の様な軽質の場合、逆浸透膜の前処理法として凝集ろ過を主体とする方法が優れていることが判明した。
- (3) 前処理プロセス内において、フロックの滞留時間をあまり長く取らない構造にすることが望ましい。長時間の滞留によりフロックの活性度が失われ、ろ過器に捕捉されず、処理水 PN 値が低下することが考えられる。

【参考文献】

- 1) 大矢晴彦編著：「逆浸透法・限外濾過法Ⅱ応用、膜利用技術ハンドブック」、幸書房、p.19-22.
- 2) D. Comstock: Water & Wastes Engineering, (July 1980), p.47-51.
- 3) ASTM Standard D 4189
- 4) 古賀滋人, 牛越健一：造水技術, 4 (4), p.60-65.
- 5) FilmTec 社, 東レ(株)技術資料
- 6) Du Pont 社, Dow Chemical 社技術資料
- 7) 半導体基盤技術研究会編：「超純水の科学」、リアライズ社, (1990), p.90-95.
- 8) 牛越健一, 松本幹治：膜, 23 (3) (1998), p.140-147.