

Separation of Salts from Aqueous Solutions by Reverse Osmosis

(Kazuhiro Uchino)

(Takeshi Ogasawara)

l(-)NaCl

A, NaCl

40kg cm(-2)

B

A**3/B

5000mg

pH,

Synopsis :

Experiments on reverse osmosis (RO) with two sets of tubular membrane were carried out to study the permeation property and separation efficiency of water and aqueous solutions of inorganic salts related to steel plant wastewaters. It has been confirmed that the characteristics of RO system or membranes can be estimated by a test using an about 5000mg l(-) NaCl solution at a pressure of 40kg cm(-2). It is useful to express the membrane characteristics by the membrane index, A^3/B , where A and B are the membrane and salt-permeation constants, respectively. This index can be applied to comparing different membranes and to detecting membrane contamination. The membrane permeability series for these inor

Separation of Salts from Aqueous Solutions by Reverse Osmosis

内野和博*
Kazuhiro Uchino

小笠原武司**
Takeshi Ogasawara

Synopsis:

Experiments on reverse osmosis (RO) with two sets of tubular membrane modules were carried out to study the permeation property and separation efficiency of water and aqueous solutions of inorganic salts related to steel plant wastewaters.

It has been confirmed that the characteristics of RO systems or membranes can be estimated by a test using an about $5,000 \text{ mg/l}^{-1}$ NaCl solution at a pressure of 40 kg/cm^2 . It is useful to express the membrane

200 μm である。製膜時に空気と接触していた側は光沢があり、表面下0.25~1 μm 程度まで非常に緻密なスキン層またはアクティブ・レイヤと呼ばれる層をなしており、脱塩に大きな効果がある。

RO膜を高压に耐えうるユニットにしたものは膜モジュールと呼ばれ、フィルタプレス型（また

$$\frac{R}{100-R} = \frac{\Delta P - \Delta \Pi}{\rho} \times \frac{A}{B} \dots\dots (4)$$

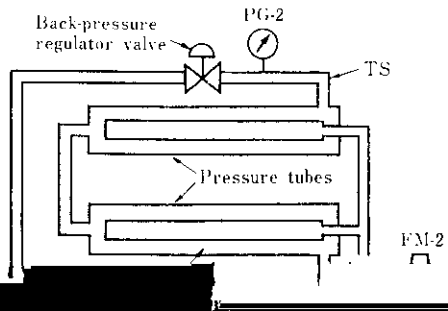
ただし、 ρ ：透過液の密度 ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)、である。

さて、元来、海水や還水の淡水化技術として開発されたROは、膜性能の向上と物理化学的耐久

空繊維型（またはホロー・ファイバ型）、スパイラル型（またはのり巻構造型）の4種類がある。本

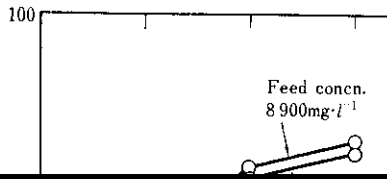
化、高容量の大型膜モジュールの開発と周辺技術の進歩などにより、省エネルギー型の高選択性・

FM: Flowmeter
EC: Electric conductivity cell
PG: Pressure gauge
TS: Temperature sensor
 : Pressurized
 part of feed solution



σ_{12+} (GPa) : 10

0 2 4 6



から、それぞれ 1.26 および $1.19 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ となる。

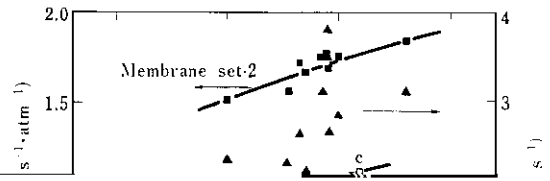
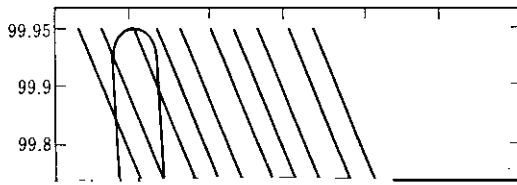
Table 1 の数値を用いると流体力学的相当径は $6.20 \times 10^{-3} \text{ m}$ となるので、 $\Delta P = 20$ および $60 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-2}$ のときのレイノルズ数はそれぞれ 9700 および 9200 となり、 $40 < Re < 10^4$ の範囲にあり、逆浸透膜の透過速度は

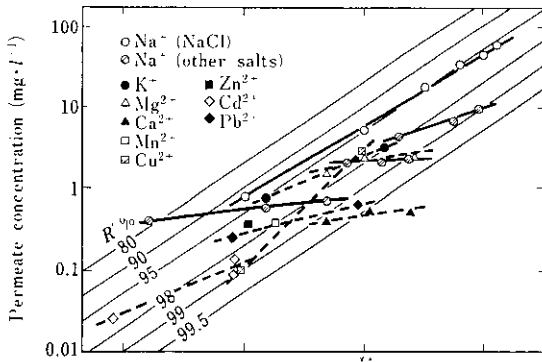
Table 3 Experimental data associated with the permeation of inorganic salts (Test III :
($\Delta P = 40.0 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-2} = 38.7 \text{ atm}$)

1..

Table 4 Influence of NaCl concentration on the permeation of some toxic ions (Test IV)
($\Delta P = 40.0 \text{ kg}\cdot\text{cm}^{-2} = 38.7 \text{ atm}$)

Ion (Formula of salt)	NaCl concn. (planned)	Temp.		Water perm. flux $10^4 J_w$ $\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	Membrane const. $10^3 A$ $\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ $\cdot\text{atm}^{-1}$	Converted NaCl concns*		NaCl rejection R (%)	Ion concns.		Ion rejection R' (%)	Ion perm. const. $10^5 B$ $\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$
		Feed	Perm.			Feed	Perm.		Feed	Perm.		
	$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	$\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	$\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ $\cdot\text{atm}^{-1}$	$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	%	$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	%	
PO_4^{3-} (Na_2HPO_4)	0	26.2	25.8	6.48	1.683	216	2.59	98.8	86.0	0.40	99.5	0.29
	1 000	27.0	26.2	6.41	1.696	1 150	27.0	97.7	85.0	0.30	99.6	0.23
	3 000	28.5	27.6	6.37	1.745	3 000	120	96.0	85.5	1.00	98.8	0.76
	5 000	28.3	27.8	6.00	1.709	4 890	205	95.8	86.0	1.10	98.7	0.78





4.3 膜の汚染とその除去

Table 2の $5000\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}\text{NaCl}$ 水溶液による試験データから膜の汚染状態を知ることができる。このデータをプロットしたFig.7において、 $a \rightarrow b$ および $a' \rightarrow b'$ は水酸化第二鉄による膜の汚染を、 $b \rightarrow c$ および $b' \rightarrow c'$ はスポンジ洗浄による汚染除去をそれぞれ示している。すなわち膜表面への水酸化第二鉄の付着により膜透過係数 A および B は

汚染による透過係数の低下は、スポンジ洗浄により回復される。

因となって発生するが、膜汚染防止のためには付着物の物理的・化学的洗浄による除去だけでなく、付着を防止するための原水の適当な前処理が必要である。

参 考 文 献

1) 井山昭：水処理工学 理論と応用 (1978) 557 (社団法人昭)

2) 大矢：逆浸透法・限外濾過法 I 理論, (1976), 14 (幸書房)

3) 木村：ケミカル・エンジニアリング, 24 (1979) 6, 471

4) 西村：ケミカル・エンジニアリング, 24 (1979) 6, 474

5) 栗原：ケミカル・エンジニアリング, 24 (1979) 6, 484

6) H. K. Lonsdale, U. Merten & R. L. Riley : J. Appl. Polym. Sci., 9 (1965), 1341

7) J. Krasak, P. S. Sauerbrey : J. Appl. Polym. Sci., 13 (1969), 627

8) E. Hindin & P. J. Bennett : Water Sewage Works, 116 (1969), 66

9) 菅原：環境技術, 5 (1976) 11, 947