~~~~~  
分離技術特集  
~~~~~

産業廃水処理における分離技術

赤 羽 皓

1. ま え が き

わが国の産業形態が、時代とともに複雑多岐になるにつれ、産業活動の基本要素の1つである産業用水、廃水の質、量も膨大かつ複雑化し、その取扱技術にも、より進歩した高等な内容のものが要求、実装置化されつつ今日に至っている。従来、わが国では、産業の用廃水コストは、製品コストに占める割合が比較的小さく抑えられるほど水源が豊富にあり、その水質、水量とも生活環境に影きょうを及ぼすほどのものではなかったものが、産業の急速な発展に伴い、それらの要素は全て悪化の一途をたどり、産業界に用廃水処理に対する発想の転換がない限り、自身の破滅を招く情勢におかれるようになった。こうした背景のもとに、産業用水、廃水の処理の一端を担うものとして、隔膜分離技術が産業界に適用されはじめた。本稿では、この分離技術の一分野である逆浸透膜による用廃水の溶解成分分離処理の応用例を挙げ、その分離技術の問題点を中心に述べる。

2. 産業界の用水と廃水

2.1 産業用水の確保と廃水の取り扱い

昭和52年の統計では、工業用水の用途は、全業種使用量の約70%を冷却水、20%を製品、洗浄用、残りが雑用水となっている。従来冷却水は一過性のものとして、取り扱っていたものが、水源(地下水、河川、安価な水道水)確保の困難性、取水コストの上昇から、この膨大な量の冷却水、洗浄水を再利用することが、今日では、常識となりつつある。たとえば、冷却水の3/4は回収循環使用、一過性の洗浄水を高度の水質改良処理により、再使用が、各製品工程の実情に適した工程段階で実施されている¹⁾。

Reverse Osmosis Treatment of Industrial Waste Water

AKIRA AKABANE

NIKKI-UNIVERSAL Co. Ltd.

Manager, Industrial Products Marketing Dept.

日揮ユニバーサル株式会社

さらに、都市下水の還元利用も急務とされ、これに関連した分離技術の適応研究が進められている²⁾。

2.2 産業用廃水への逆浸透膜の適応性と問題点

逆浸透膜が廃水処理に応用される目的には、大きく分けて2通りある。1つは、廃水に含まれる溶解成分を低コストで水と分離、濃縮(脱塩処理)し、脱塩水とともに再利用するものと、他は、単に脱塩処理のみに使用するものがある。後者は、特殊なケースを除き、最近ではほとんどみられない。

一方、都市下水の2次放流水を高度な水質、例えば、低圧ボイラー用水に利用する場合、この逆浸透膜が、よくその目的を果し得ることが、そのパイロットプラントで実証されている(後述)。

いずれにしても、産業界における廃水処理では、いかに効率よく、かつ、低いコストで処理を行うかが常に先行するから、膜分離技術を適用するにあたり、この点に留意する必要がある。参考として表1(神鋼フェウドラーニュースVol.17, No.4より)に工業用水基準例を示す。

3. 逆浸透膜による廃水処理例

以下に挙げる廃水処理例は、逆浸透膜装置が、実用装置、現場実験用パイロット装置および小型実験機の3種類のいずれかで処理されたもので、各装置の仕様は、各各例示ごとに記してある。また、逆浸透膜は米国UOP社製のOSMOTIK型(管型モジュール)およびROGA型(スパイラル型モジュール)である。以下逆浸透膜をRO(REVERSE OSMOSIS)という。

3.1 無機塩類含有廃水処理

3.1.1 硫酸カルシウム濃縮分離(1975実施)

図1に濃縮装置のフローシートならびに表2にROテスト装置の仕様を示す。小型実験機で処理されたベンチテストの結果を表3、図2に示す。この結果から、実装置が図3のように設計されている。

さて、この濃縮分離の例における問題点と、その解決策を述べる。

(1) 図2から、実験室的には濃縮倍率を、約4倍まで

表 1 業種別、用途別工業用水要望標準水質

業 種	用 途 別	濁 度 (ppm)	pH (-log H)	アルカリ度 CaCO ₃ (ppm)	硬 度 CaCO ₃ (ppm)	蒸発残留物 (ppm)	塩素イオン Cl (ppm)	鉄 (ppm)	マンガン Mn (ppm)
食料品製造業	冷 却 用	10	7	35	50	75	30	0.1	0.1
	洗 浄 用	5	7	35	50	80	20	0.1	0.1
	原 料 用	1	7	60	60	80	20	0.1	0.1
	温湿調整用	10	7	50	50	80	30	0.1	0.1
	製品処理用	1	7	40	30	80	10	0.1	0.1
繊維工業（染色 整理を除く）被 服、その他の織 維製品製造業	冷 却 用	20	7	60	50	200	30	0.1	0.1
	洗 浄 用	20	7	50	50	200	20	0.1	0.1
	原 料 用	—	—	—	—	—	—	—	—
	温湿調整用	20	7	60	60	150	20	0.1	0.1
	製品処理用	20	7	50	50	150	15	0.1	0.1
染 色 整 理 業	冷 却 用	20	7	50	50	100	100	0.1	0.1
	洗 浄 用	1	7	50	100	50	20	0.05	0.05
	原 料 用	1	7	50	10	50	10	0.01	0.01
	温湿調整用	1	7	50	20	50	10	0.05	0.05
	製品処理用	1	7	50	10	50	10	0.05	0.05
木材、木製品製 造業 寝具、装備品製 造業	冷 却 用	20	7	60	50	200	30	0.1	0.1
	洗 浄 用	20	7	50	50	200	20	0.1	0.1
	原 料 用	—	—	—	—	—	—	—	—
	温湿調整用	20	7	60	60	150	20	0.1	0.1
	製品処理用	20	7	50	50	150	15	0.1	0.1
パルプ、紙、紙 加工品製造業	冷 却 用	10	7.5	50	100	150	30	0.05	0.02
	洗 浄 用	5	7.5	30	30	100	10	0.05	0.02
	原 料 用	5	7	50	80	80	30	0.05	0.02
	温湿調整用	2	7	50	50	100	10	0.05	0.02
	製品処理用	5	7.5	40	50	100	50	0.05	0.02
出版、印刷同関 連産業	冷 却 用	20	7	60	50	200	30	0.1	0.1
	洗 浄 用	20	7	50	50	200	20	0.1	0.1
	原 料 用	—	—	—	—	—	—	—	—
	温湿調整用	20	7	60	60	150	20	0.1	0.1
	製品処理用	20	7	50	50	150	15	0.1	0.1
化 学 工 業	冷 却 用	30	7	50	50	200	80	0.1	0.05
	洗 浄 用	10	7	50	50	80	20	0.1	0.05
	原 料 用	10	7	40	40	70	10	0.1	0.05
	温湿調整用	15	7	70	60	130	20	0.1	0.05
	製品処理用	10	7	50	50	100	15	0.1	0.05
石油製品、石炭 製品製造業	冷 却 用	30	7	40	50	200	10	0.1	0.05
	洗 浄 用	6	7	40	50	200	5	0.05	0.01
	原 料 用	6	7	40	50	150	5	0.05	0.01
	温湿調整用	6	7	90	80	200	5	0.1	0.01
	製品処理用	1	7	50	50	100	5	0.05	0.01
ゴム製品製造業 なめし皮同製品 毛皮製	冷 却 用	20	7	60	50	200	30	0.1	0.1
	洗 浄 用	20	7	50	50	200	20	0.1	0.1
	原 料 用	—	—	—	—	—	—	—	—
	温湿調整用	20	7	60	60	150	20	0.1	0.1
	製品処理用	20	7	50	50	150	15	0.1	0.1
窯業、土石製造 業	冷 却 用	15	7	100	70	200	30	0.1	0.1
	洗 浄 用	15	7	20	40	80	20	0.1	0.1
	原 料 用	10	7	30	30	50	10	0.1	0.1
	温湿調整用	10	7	100	70	200	30	0.1	0.1
	製品処理用	10	7	100	70	200	15	0.1	0.1
鉄 鋼 業	冷 却 用	30	7	100	200	300	100	—	—
	洗 浄 用	30	7	100	200	300	100	—	—
	原 料 用	—	—	—	—	—	—	—	—
	温湿調整用	20	7	100	100	200	50	—	—
	製品処理用	20	7	100	100	300	50	—	—
非鉄金属製造業 金属製品製造業	冷 却 用	20	7	40	60	300	20	0.1	0.1
	洗 浄 用	16	7	40	50	300	10	0.1	0.1
	原 料 用	20	7	40	60	200	10	0.1	0.1
	温湿調整用	20	7	40	60	200	10	0.1	0.1
	製品処理用	20	7	40	50	300	10	0.1	0.1

Flow Diagram

図1 硫酸カルシウム濃縮装置

表2 OSMOTIK-620仕様

操作圧力	:	42~45 kg/cm ²
操作温度	:	20~30℃
4500 ppm NaCl 排除率	:	97~98%

とすることはできるが、水の透過速度(Flux Rate、工業的単位では、m³/m²・Day)が、初期速度の2/3に急減する。実装置設計上、これを考慮し、透過速度が定常維持される濃縮倍率点を選択する必要がある。

(2) 無水硫酸カルシウムの水に対する溶解度は、常温で、3,000 ppmで³⁾、いわゆるスケーリング-膜表面の汚染から透過速度を減少させる原因となる一の生成速度

表3 硫酸カルシウムRO膜分離例

	原水*	濃縮水	脱塩水**	脱塩率	備 考
pH	5.0	5.0	5.0		
Ca (ppm)	520	2,100	3.0	99.4%	(濃縮倍率4倍)
Na (ppm)	1,600	—	20.0	98.7%	
SO ₄ (ppm)	4,000	—	10.0	99.5%	

* カルシウム抑制剤 40 ppm添加
(CALGON-214 商標)

** 脱塩水回収率 73%

図2

が、この処理ケースでは遅いと予見されていたが、予備テストで、原水を直接濃縮分離すると、Caの除去率94%の時点で、膜表面に沈でん物が発生し、スケーリングの兆候を示した。

(3) このため、本テストでは、スケール抑制剤(CAL-NOX-214)を添加した。これにより、一定のFlux Rateを保持し、濃縮倍率を少なくとも、3倍まで伸ばすことができた。

(4) 一般的に無水硫酸カルシウムは過飽和になる傾向が強いから、濃縮が進行しても、これが急速に析出沈でんはしないであろうが、工業廃水は、溶解成分が単一であることは、きわめて稀であり、他の成分の濃縮による相互影きょうで、スケーリング速度など、膜汚染の状況が、個々の廃水水质によって異なってくるが、この処理例で示される。

3.2 都市下水2次放流水処理(実証プラント運転例1977~1978)⁴⁾

図4にフローシートを示す。この処理例は、単なる廃水処理ではなく、いわば工業用水の造水処理の範ちゅうに入る。即ち、都市下水は、活性汚泥処理を中心とした水処理により、生下水を、一定の水質基準に適合した水にまで浄化して、河川に放流(表4に2次放流水水质を示す)している。その水质は、この表にみられるように、含有成分は無機質が多く、それも、逆浸透膜で、きわめてよく水と分離されやすいものが多い。このことは、下水2次放流水が、技術的には、容易に工業用水などに転用できる見通しを与えるものではあるが、ここにも問題がいくつかある。

(1) 工業用水は、使用目的にもよるが、一般にはその単価が安価であることが第一

図3 RO実装置ダイアグラム

図4 都市下水2次放流水RO処理フローシート

条件である。例えば、都市部で、小型低圧ボイラー用水を得る場合、上水道を水源としているのが普通であるが、最近の上水の料金は、1トン当り200～300円の間にある。従って、下水からボイラー用水を造水するにも、あらゆる経費を含めて、この価格より安価な造水コストが得られるようなものであることが必要である。

(2) 逆浸透膜が工業化されて以降、膜分離装置では、処理水量が、1,000トン/日クラスにならない以上、逆浸透膜自体の価格が高価(8～9万円/ m^2 、輸入品、国産品とも)のため、造水、あるいは、水処理コストが、意外に高い。ここに挙げた処理例で、造水コストは、およそ180～200円/ m^3 (30 m^3 /日造水)である。

(3) 膜分離された水は、普通水質的に高級なものとなり、分離後、直ちに、工業用水として使用し得るが、ボイラー用水などは、安全のために、処理水をさらに、イオン交換など後処理をして用水工程に送る例が多い。冷却水、雑用水、園芸用水などは、下水からの処理水で、十分その目的を達せるだけの水質をもつ。言いかえれば、水の使用目的に応じた水質を得るに適した塩類分離性能を持ち、かつ、経済性のある分離膜を選択することが必要である。表5に性能の異なる膜による脱塩結果を示す。

(4) 下水放流水の膜分離処理で技術的問題の1つに、スライム(藻類)の抑制処置をいかに、経済的にするかがある。図4に示すフローシートで、スライムの発生し易い機器は、フロート式流量計内壁面、砂濾過器内、RO膜の原水接液表面が主なものである。

本例で最も効果的なスライム処理剤と、その方法は、ホルマリン(最高濃度1wt%)溶液を、RO膜系では、透過水側に注入し約10時間放置する。他の機器は、装置の移動中に、原水に適量混入することで目的を達し得た。

(5) 砂濾過器の汚染が次の問題となる。本例の濾材は、アンスラサイトおよび砂であるが、バクテリアを主体とする粘性有機物が、濾材をブロッキングし、原水のチャンネリングが生起する、定期的な、空気によるブロー、水逆洗を施しても、なおかつ、こうしたトラブルを防ぐには、ケミカルを使用せざるを得ない。比較的有效なものとして、ホウ酸ソーダ2%、CMC 20ppmの混合溶液が、コロイド物質の除去に挙げられる。

砂濾過の性能と、RO膜の洗浄による透過性回復率とが、若干の相関性を持ち、これを図5に示す。Run ⑤～⑥で、砂濾過器の差圧が一定となり、原水のチャンネリングを示しており、これに相当する時期の、RO膜の

表4 都市下水2次放流水水質分析例

	2nd Sewage Effluents				
	Spring	Summer	Fall	Winter	Average
Temperature (°C)					
Atmosphere	20.5	27.8	16.7	7.8	—
Effluent Water	21.8	27.5	20.2	12.7	—
Transparency (cm)	30.0	50.0	40.0	50.0	—
pH	7.3	7.3	7.3	7.3	—
BOD (20°C, 5 Days, ppm)	12	8.9	7.3	8.2	9.2
COD (KMnO ₄ , ppm)	55	29	34	22	35
SS (ppm)	20	16	10	5.0	13
DS (ppm)	584	584	700	340	552
Evaporation Residue (ppm)	604	600	710	345	565
Ignition Residue (")	364	397	472	166	350
" Loss (")	240	202	238	179	215
DO (")	1.8	0.8	2.5	3.6	—
Total N (")	33	21	42	46	35
Ammonium N (")	27	16	31	36	28
Nitrite N (")	0.91	0.61	0.59	0.77	0.72
Nitrate N (")	0.84	0.79	0.52	1.86	1.00
Organic N (")	—	—	—	—	—
PO ₄ (")	6.2	3.8	12	10	8.2
Cl ⁻ (")	119	113	136	94	115
Sulfide (")	17	13	15	21	16
A B S (")	2.2	0.9	1.2	0.7	—
n-Hexane Ext.* (")	—	—	7.1	3.2	5.2
Phenol (")	—	—	0.05	—	—
Fe (")	—	—	—	0.2	—
Colitis Germ (per cc)	2100	2800	1380	1530	—
HCN (ppm)	0.036	0.020	0.038	0.017	0.028
Pb (")	—	—	—	0.10	—

汚染度合が高く、洗浄効果が、前期までの各Runにおけるものより悪く、回復率が、およそ20%低下している。このように、工業廃水のRO処理では、RO膜の機能を十分に働かせる1つの重要なファクターとして、RO供給水の前処理装置を完全なものにしておかねばならない。

(6) 膜分離操作では、被処理水に応じた膜汚染防止、あるいは、それに適する膜洗浄技術を確立しておくことが肝要である。膜表面の汚染により水の透過性が劣化するの、工業廃水の処理では宿命でもあるから、この技術そのものが、RO処理の効率を左右する。本例では、(5)に述べた前処理技術と共に、膜洗浄技術として、洗剤およびその適正濃度、洗剤溶液の系内での流速および膜への浸漬時間、廃液の処理などを中心に、種々検討され、図5に示されるような膜透過性の一定レベルの維持が得られる結果をみた。それらの詳細は、割愛する。

(7) このプラントからの透過水(ボイラー給水)の水質分析を、一般のボイラー給水水質基準と共に表6に示す。プラントでは、RO膜には、OSMOTIK-320が使用された。

給水されたボイラーは低圧(10 kg/cm²)水管ボイラーで、同一の型式のものが2台運転され、1台は上水が、他の1台にRO処理水が各々給水され、6ヶ月連続運転された。その結果、前者にスライム・ソフトスケールの付着がみられ、後者には、それらの付着が全くみられなかった。

さらに、RO膜は、同一条件下での操作で、定常的な水質の水を定量造水するから、装置の自動化が容易であり、ボイラー給水などの造水装置に適している。

3.3 有機物含有廃水処理(1975実施)

有機物を含む廃水は、そのほとんどが、COD(化学的酸素要求量)、TOD(総酸素要求量)が高く、水質悪化の

表 5 都市下水 2 次放流水 RO 膜処理

RO膜タイプ 運転条件*	分析項目	原 水	透過水	排除率(%)	濃縮水
① OSMOTIK-420	pH(原水 7.1~7.3)	6.4	5.3		6.8
② 膜面積 4.7m ²	電導度(μV/cm)	1510	94	93	3100
③ 操作圧力 42 kg/cm ²	COD (ppm)	21.2	2.1	90	45.7
④ 透過速度 0.93m ³ /m ² ・D	M-アルカリ度(")	32.8	4.6	86	64
	NH ₃ -N (")	31.4	2.05	93	67.5
	PO ₄ -P (")	0.0731×25	0.0066	91	0.1325×25
	Cl ⁻ (")	138.2	16.5	88	333.2
① OSMOTIK-320	pH	5.8	5.6		6.2
② 4.7m ²	電導度	1340	455	66	2690
③ 35 kg/cm ²	COD	18.1	4.8	56	37.8
④ 1.02m ³ /m ² ・D	M-アルカリ度	11.5	6.1	47	20.8
	NH ₃ -N	25.3	8.7	66	56.3
	PO ₄	7.55	0.982	87	15.03
	Cl ⁻	143.6	76.2	47	249.9
	全硬度	124	22	82	290
① OSMOTIK-225** (U. F.)	pH	7.1	7.0		7.1
② 3.0m ²	電導度	1300	1000	23	1400
③ 15 kg/cm ²	COD	17.2	9.5	45	20.5
④ 1.3m ³ /m ² ・D	M-アルカリ度	47.8	39.7	17	51
	NH ₃ -N	24.2	18.6	23	27.7
	Cl ⁻				
	全硬度	126	72	43	150

* 各ケースとも 25~28℃

** 限外ろ過膜

図 5 砂ろ過性能と膜透過性

最大要因となる。ここに示す処理例は、COD源の除去、ならびに、分離した有機化合物(エチレングリコール、フェノール)を再利用する2つの目的で、膜分離テストをしたものである。テストフローを図6に示す。

(1) 1975年前後、市販されていたRO膜の大部分が、

アセチルセルロースを原料としたものであった。この膜の溶質分離の選択性能に関する特異点は、水酸基をもつ有機化合物の分離率が低いことである。このことが、本例でよく示されているので、代表的な溶質分離結果を表7に示した。ここで明らかのように、アルコール、フェ

表6 下水RO処理水(ボイラー給水用)水質分析

(単位: ppm)										
MDL	Sample	pH	SS	COD	TDS	NH ₃ -N	Cl ⁻	PO ₄ ³⁻ -P	Total Hardness	Conductivity
OSMOTIK-320	Feed* (Secondary Effluent)	7.1~7.3	6.4 (0.2 ~12.6)	15.9 (9.32 ~18.9)	557 (485 ~755)	13.6 (7.04 ~26.7)		6.57 (4.28 ~8.47)		1128 (1120 ~1481)
	(Sand filtered Effluent)	7.1~7.3	** 2.3 (ND ~6.6)	13.6 (7.42 ~21.6)	535 (170 ~698)	13.6 (7.04 ~23.5)	79 (39 ~149)	5.91 (3.30 ~7.99)	113 (78 ~134)	1125 (562 ~1860)
	Product 透過水	5.5~6.0	ND	3.81 (1.97 ~7.11)	131 (21 ~198)	4.79 (2.03 ~7.94)	36.3 (10.4 ~62.0)	0.37 (0.06 ~1.19)	4.6 (ND ~14.6)	353 (180 ~480)
	Rejection (%)		99.9	72.0	75.5	64.8	54.1	93.7	90.4	68.6
	ボイラー給水 基準	6.7~7.0	—	0.8~3.0	45~130		5~26		Ca: 0.1~1.1	

* Feed contained recycled brine.

** Reduced to pH = 5~6 with Sulfuric Acid.

図6 有機化合物分離テストフローシート

ノールの濃縮は、アセチルセルロース膜では不可能である。特にアルコール類は、分子量の大小とは無関係に、-OH基が要因となって、膜を透過することがわかる。同時に、無機塩類の分離性がよいことがこの例でも示されている。

(2) 廃水の色相について、この処理例から検討してみる。一般的には、着色した水、とくに廃水は、多量の水質汚濁物質を含有していると考えられ易いが、代表的な汚濁指標であるCOD、TODが高くと、この例が示すごとく、無色透明である場合もあり、呈色物質が必ずしも汚濁源であるとは限らないことも考えられ、光の吸収現象、膜への呈色物質の吸着現象など、複雑な物理化学的現象が廃水処理に絡んでいることを念頭において、水処理にあたる必要があろう。

なお、これに関連して、染料廃水の透明度を改善する目的で、OSMOTIK-320による脱色テストも実施され

ているが、染料発色団、あるいは助色団が、有機物(>C=C<、>C=Oなど)と、無機質(-N=N-、-NO₂、-NH₂など)の差異で、RO膜による脱色性が異なることが判明している⁶⁾。

3.4 微量成分の膜分離

工業廃水には、溶存成分が、極微量であっても、環境汚染の立場からみて、これを分離濃縮して、適正な処理が要求されるものもある。通常の化学反応では、これら微量成分を経済的、かつ、効率的に分離処理できない場合、膜分離による物理的方法が考えられる。

表8に、多種の無機塩類が、各々微量含有した工業廃水と、これをOSMOTIK-520で膜分離テストした結果を示す。ここでは、砒素の除去が求められているが、これは、その成分が、極微量の存在でも、水質汚濁の要素となるからである。こうした水処理での問題点を挙げると、(1)濃縮成分の処理—砒素は硫化物として沈殿処

表7 有機物含有廃水RO膜処理

RO膜タイプ OSMOTIK-520 膜面積 0.1m ² 操作圧力 35 kg/cm ²	1. フェノール含有廃水(pH=5.6)				
	分析項目	原水	透過水	排除率	濃縮水
	COD	3,670	1,390	62%	5,950
	フェノール	1,080	520	52%	1,340
	Na	650	15	98%	
	電導度(μS/cm)	2,200	120	94%	
OSMOTIK-520 膜面積 0.1m ² 操作圧力 35 kg/cm ²	2. エチレングリコール(EG)含有廃水(pH=4.3)				
	分析項目	原水	透過水	排除率	濃縮水
	COD	39,000	20,000	49%	—
	EG	24,000	17,000	19%	24,000
	Na	6,960	620	91%	11,000
	SO ₄	150	4	97%	430
OSMOTIK-320 膜面積 4.7m ² 操作圧力 35 kg/cm ²	3. 高級アルコール(原料: マッコウ鯨油)(pH=8.4)				
	分析項目	原水	透過水	排除率	濃縮水
	TOD	13,000	8,400	35%	14,400
	電導度(μS/cm)	9,700	1,500	85%	10,000

表8 微量成分のRO膜分離(濃縮倍率5倍)

成分	原水	透過水	排除率	備考
砒素	8 ppm	< 1 ppm	最小87%	原子吸光分析
アルミニウム	6 ppm	< 1 ppm	83%	
カルシウム	5	NIL	> 99%	
マグネシウム	2	NIL	> 99%	
鉄	0.5	NIL	> 99%	
電導度	6,200 μS/cm	700 μS/cm	89%	

理がある。これは、水処理のコストを上げる。(2)例えば、水道水の基準では、Asとして0.05 ppm以下となっているが、水質の分析限界も1つの問題で、本例の示すように、一般廃水と異なる特別な微量成分—砒素など—分析値には、一定の限界があり、水質分析の評価には慎重を期させねばならない。(3)結局、本例のような廃水処理は、何れの処理方法を探るにしても、周到、綿密な計画と、予備テストを要する。

3.5 高浸透圧廃水の処理

多くの産業廃水のなかでも、含有成分によっては、きわめて浸透圧が高い廃水がある。食品加工場(漬物加工、魚貝類(ホタテ貝)加工など)、一般化学工場などからの廃水は、多量の塩素化合物—塩化ナトリウムを主とする無機塩化物—を含むため、原水の浸透圧が高く、さらに、それらは、腐食性が強い。こうした廃水を膜分離法を適

用するにあたって留意する点を述べる。

(1) RO膜を使用する場合、原水の浸透圧に抗するだけの高圧で処理する必要がある。従って原水に与える駆動エネルギー(高圧ポンプに要する電気エネルギー)が相当大きなものとなるから、何らかの方法で、水処理が完了する時点で、エネルギー回収をする必要がある。これに関する技術は、(財)造水促進センターにより開発が進められている。

(2) RO膜そのものも、最近、こうした高浸透圧溶液を、小さい膜面積で処理できる合成膜—ポリアミド膜—米国UOP社PA膜—が開発、市販され、それ以前からみれば、廃水水質に適したRO膜を選択できる余地が次第に広がりつつある。これは、RO膜分離装置の運転コスト—水処理コスト—の低減にもつながることになる。このPA膜は、アセチルセルロース膜(CA膜)などと比

表9 海水、カン水のPA膜による淡水化テスト(抜粋)

	原 水	Single Stage 処理水		
		操作圧力		
	カン水	25 kg/cm ²	35 kg/cm ²	水透過速度@ 25℃ 平均 0.8~1.0 m ³ /m ² ・d
TDS (ppm)	2,800	540	520	
Cl (ppm)	1,800	300	430	
電導度 (μS/cm)	4,900	1,000	1,000	
	海 水	42 kg/cm ²	53 kg/cm ²	水透過速度@ 25℃ 平均 0.7 m ³ /m ² ・d
TDS (ppm)	29,000	8,000	7,600	
Cl (ppm)	15,000	4,900	4,600	
電導度 (μS/cm)	38,000	15,000	12,000	
pH	7.7	6.4		

較すると、遊離塩素を除けば、化学的耐性に優れ、水透過性も高浸透圧溶液に対し性能がよい。たとえば、筆者らの海水またはカン水の淡水化の室内実験によると⁶⁾、CA膜で2段階処理を要する水質を、単一段で、それに近い値を得ている。その一例を表9に示す。但し、このテストをした時点では、PA膜が単一段処理で、真の淡水(水質基準例TDS<300~500)を得るまでの決定的な性能を示すまでには到っていないようであった。なお、テストに供したPA膜仕様は、TFC701 PA-300, 2 $\frac{1}{2}$ φ×1000Lである。

4. あとがき

逆浸透膜が、産業廃水処理に適用されてから、まだ日は浅く、これが充分、各産業界で機能するまでには、幾

多の経験、知見を重ねる余地があると思われる。

膜分離技術の実用面における発展が望まれるところである。

文 献

- 1) 「工業用水」220号, P28, (52年)
- 2) 例えば, 「造水技術」Vol. 7, No. 1, PP2-13, PP14-22
- 3) *J. Am. Chem. Soc.*, 51, 360 (1929)
- 4) Technology Reports of Kansai Univ. No. 20 Mar. 1979 など
- 5) 日揮ユニバーサル開発部 RO Report, 1975
- 6) 日揮ユニバーサル水処理課 RO Report, 1978

(昭和56年6月23日受理)

ATTS レポート発刊!!

繊維製品技術研究会は、繊維流通(川上~川下)ならびに関連業界にまたがる種々の品質問題を取りあげ、共通の問題として解決を図り、繊維業界の発展に貢献することを目的に、昭和52年発足して以来、会員の全員参加の体制で活動を図って来ておりますが、今度、当研究会での調査研究あるいは討議・検討事項等を会報「ATTS レポート」にまとめ発行することにしました。

ATTS レポートが共通の品質問題の改善・解決に広く利用・活用されることは大いに望むところであります。

すので、会員外の方々にもご希望に応じて購読していただけるようにしましたので、ご希望の方は下記事務局へお申し込み下さい。

なお、ATTS レポートは2ヶ月毎に発行し、創刊号には最近の研究会結果のATTS 塩素処理水試験法およびダウンウェアの品質管理等を取り上げて編集しております。

繊維製品技術研究会

事務局 大阪市都島区友淵町1-3-80(〒534)

鐘紡株式会社 商品試験センター内

電話(06)921-1231(内線3772)