

#### 7. 1. 1. A. 資料収集・整理および評価



(7.1.1.A)

目 次

1. 目的	1
2. 調査方法	1
3. 調査結果	1
3.1 RO膜に関する調査	2
3.2 テストプラントに用いるROモジュールサンプル	2
3.3 東洋紡のROモジュール (HM8255FI+HR8355FI) に関する資料	2
3.3.1 ROテストプラントの性能予測	7
3.3.2 東洋紡製膜 (HM8255FIおよびHR8355FI) の使用済みエレメントの保管	7
3.3.3 東洋紡製の膜 (HM8255FIおよびHR8355FI) 用のRO供給水の水質	8
3.4 日東電工のモジュール (NTR-70SWC-S8) に関する資料	8
3.4.1 要約	8
3.4.2 テストプラントの設計および運転条件	8
3.4.3 テストプラントに使用する日東電工製のエレメント (NTR-70SWC-S8) 2本の 予測性能	8
3.5 温度補正係数	10
3.6 日東電工製RO/UF試験用セルC70-Fの取扱説明書	10
4. 結論	12

(7.1.1.A)

表 一 覧

表番	題 名	頁
Table 1	海水淡水化用RO膜、東洋紡、東レ、日東電工の技術仕様 .....	3
Table 2	海水淡水化用RO膜、Fluid System の技術仕様 .....	4
Table 3	海水淡水化用RO膜、DuPont の技術仕様 .....	5
Table 4	海水淡水化用RO膜、Hydranautics, Filmtec の技術仕様 .....	6
Table 5	ROテストプラントの運転に提供されたROエレメント .....	2
Table 6	ROテストプラントの運転で予測されるROモジュールの性能 .....	9

## 7.1 調査及び予備実験

### 7.1.1 ハイブリッドシステムの商用ROモジュールの調査

#### A. 資料収集と評価

##### 1. 目的

MSFとROを組み合わせることによる効果を最大限に発揮できるシステムを構築するためには、そのシステムに適したRO膜を選定する必要がある。市販されている膜の中からこのシステム(MSFとROのHybrid System)に最適と考えられる膜、すなわち、低除去率(Low Rejection)で高透過流束(High Flux)の膜を見出すために調査を行った。

##### 2. 調査方法

市販膜に関する国内、海外の情報を調査するために文献検索調査ならびに海水淡水化用逆浸透膜を製造している会社の資料(カタログ、マニュアルなど)を入手して膜性能の比較を行った。

##### 3. 調査結果

調査の結果を整理して次に示す。

(7.1.1.A)

3.1 RO膜に関する調査

ハイブリッドシステム（MSF-RO）に適した市販ROモジュールの最新のカタログおよび基準設計・運転に関する資料を収集した。その資料を市販RO膜の技術仕様として、Table1、Table2、Table3およびTable4にまとめた。

3.2 テストプラントに用いるROモジュールサンプル

市販ROモジュールのサンプルは東洋紡、東レ、日東電工より提供された。Table5に示す新規提供のエレメントを使って、ROテストプラントの運転を実施した。

Table5 ROテストプラントの運転に提供されたROエレメント

メーカー名	型番号	数量
東洋紡	HR8355FI	2
	HM8255FI	4
東レ	SU-820	6 (2)*
日東電工	NTR-70SWC-S8	6 (2)*

\* 注記：既存実験装置のRO供給ポンプの能力を、最新のROエレメントの適正供給流量範囲に調節するために、本来標準6本を2本使用としてプラント運転を実施した。

3.3 東洋紡のROモジュール（HM8255FI+HR8355FI）に関する資料

東洋紡より入手したテストプラント運転の性能予測などは次頁に示す通り。

Table 1 海水淡水化用RO膜、東洋紡、東レ、日東電工の技術仕様

MAKER MODEL	Unit	TOYODO		TOYOBO		TODAY		NITTO DENKO	
		Original Design HM8355F	Design Base HM8255F	New Design JIR8355FI	Base HM8255FI	Original Des SP-120	New Design SUB20	Original Design Base	New Design NTR-70SWC-S8
Module		1	2	1	2	1	2	1	1
Number of elements		OD 305	OD 305	OD 305	OD 298	OD 201	OD 201	OD 201	OD 201
Size, Diameter	mm	L 2640	L 2640	L 1330	L 2640	L 1016	L 1016	L 1016	L 1016
Length	mm			125	205	Composite	Aromatic	Composite	Composite
Weight	Kg	Triacetate	Triacetate	Cellulose	Cellulose	Polyether	Polyamide	Polyamide	Polyamide
Material				Triacetate	Triacetate				
Product Flow Rate	m <sup>3</sup> /D	>25.0	>25.0	12	27.5	9.0	16.0	16.4	16.4
Nominal	m <sup>3</sup> /D			10	25	7.6	14.0	16.4	16.4
Minimum				99.4	99.4	99.7	99.4	99.4	99.4
Salt Rejection	%	99.2	99.2	99.2	99.2	99.5	99.4	99.4	99.4
Nominal	%								
Minimum	%								
Test Conditions		35,000	35,000	35,000	35,000	35,000	35,000	35,000	35,000
Feed Water, NaCl Solution	ppm	55	55	55	55	56	56	56	56
Pressure	Kg/cm <sup>2</sup>	25	25	25	25	25	25	25	25
Temperature	°C	30	30	30	30	40	40	40	40
Concentrate Flow Rate	L/min					6-7	6.5	6.5	6.5
Feed water pH									
Operation Range									
Operations Pressure (Min.)	Kg/cm <sup>2</sup>								
(Normal)	Kg/cm <sup>2</sup>	55	55	60	65	50-65	65	70	70
Maximum Pressure	Kg/cm <sup>2</sup>	60	65	5~40	5~40	70	70	70	70
Temperature (Min, Std, Max)	°C	5, 25, 40	5, 25, 40	15~150	35~120	25, 35	35	35	35
Concentration Flow Rate Range	m <sup>3</sup> /D					34.6~57.6	115	115	115
Feed Water Qualities									
pH (Min, Std, Max)		<4.0	<4.0	<4.0	<4.0	<5	<4.0	<4.0	<4.0
pH (Cleaning)		3, 6, 8	3, 6, 8	6.0~6.5	6.0~6.5	5.0~8.5	3~9	2, - , 10	2, - , 10
Residual Chlorine (short time)	ppm	<1	0.2~1.0	0.1~0.2	0.1~0.2	0	0	<0.1 (1.0)	<0.1 (1.0)
Fe + Mn	ppm			<0.1	<0.1				
Std. Feed Flow Rate	L/min	10.4	24.3			140	200	200	200
Min Brine Flow Rate	L/min					40~60	>40	45, (2.7m <sup>3</sup> /h)	45, (2.7m <sup>3</sup> /h)
Std. Brine Flow Rate	L/min					24~40			
Max Brine Flow Rate	L/min								
Pressure Drop	Kg/cm <sup>2</sup>						<1	<1	0.84/Element

## (7. 1. 1. A)

Table 2 海水淡水化用RO膜、Fluid System の技術仕様

TECHNICAL SPECIFICATIONS OF COMMERCIAL SEA WATER RO MEMBRANES						
Membrane Maker		Fluid System				
		SW	SW	SW	SW	SW
Type		SW	SW	SW	SW	SW
Model	Unit	TFC 1501	TFC 2021 HP	TFC 2031 HF	TFCL 1821 HP	TFCL 2822
<b>Module</b>						
Number of Elements	No.	1	1	1	1	1
Membrane Material		PA	PA	PA	PA	PA
Membrane Area	m <sup>2</sup>					27.87
Size, Diameter	mm	152.4	203.2	203.2	101.6	203.2
Length	mm	1016	1016	1524	1016	1016
Weight	Kg	9.1	18.1	26.4	4.5	18.1
<b>Product Flow Rate</b>						
Nominal	m <sup>3</sup> /d	8	22.7	34.8	4.5	19
Minimum	m <sup>3</sup> /d					
<b>Salt Rejection</b>						
Nominal	%	99.3	99	99	99.4	99.4
Minimum	%	99	98.6	98.6	99.2	99.2
<b>Test Conditions</b>						
Feed water, NaCl Solution	ppm	32800	32800	32800	32800	32800
Pressure	Kg/cm <sup>2</sup>	56.3	56.3	56.3	56.3	56.3
Temperature	deg.C	25	25	25	25	25
Recovery	%	7	7	11	7	7
Concentrate Flow Rate	m <sup>3</sup> /d					
Feedwater pH		5.7	5.7	5.7	7.5	7.5
<b>Operation Range</b>						
Operating Pressure						
Minimum	Kg/cm <sup>2</sup>					
Normal	Kg/cm <sup>2</sup>	56.3	56.3	56.3	56.3	56.3
Maximum	Kg/cm <sup>2</sup>	70.3	70.3	70.3	70.3	70.3
Operating Temp. Range	deg. C	1.0 - 45	1.0 - 45	1.0 - 45	1.0 - 45	1.0 - 45
Concentrate Flow Rate	m <sup>3</sup> /d					
<b>Feed Water Qualities</b>						
pH Range		4.0 - 11	4.0 - 11	4.0 - 11	4.0 - 11	4.0 - 11
pH Range (Cleaning)		2.5 - 12	3.5 - 12	3.5 - 12	2.5 - 11	2.5 - 11
Residual Chlorine	ppm	0	0	0	0	0
Max. SDI (15 min)					5	5
Allowable Turbidity(NTU)		1	1	1	1	1
Rec. Turbidity (NTU)			0.2	0.2	0.2	0.2
Max. Feed Flow Rate	m <sup>3</sup> /d					
Std. Feed Flow Rate	m <sup>3</sup> /d					
Min. Brine Flow Rate	m <sup>3</sup> /d					
Std. Brine Flow Rate	m <sup>3</sup> /d					
Max Brine Flow Rate	m <sup>3</sup> /d					
Pressure Drop	Kg/cm <sup>2</sup>	0.7	0.7	1.05	0.7	0.7



(7.1.1.A)

Table 3 海水淡水化用RO膜、DuPont の技術仕様

TECHNICAL SPECIFICATIONS OF COMMERCIAL SEA WATER RO MEMBRANES								
Membrane Maker		Dupont						
Type	Unit	HF	HF	HF	HF	HF	HF	HF
Model		B-10 / 6410	B-10 / 6440	B-10 / 6440 T	B-10 / 6840	B-10 / 6840 T	B-10 / 6840 TA	B-10 / 6880 T TWIN
<b>Module</b>								
Number of Elements	No.	1	1	1	1	1	1	2
Membrane Material		PA	PA	PA	PA	PA	PA	PA
Membrane Area	m <sup>2</sup>							
Size, Diameter	mm	143	143	152	264	277	264	297
Length	mm	493	1190	1260	1499	1499	1499	2051
Weight	Kg	10	22.7	31.8	102	122	102	286
<b>Product Flow Rate</b>								
Nominal	m <sup>3</sup> /d	0.946	6.06	5.3	23.85	18.9	18.93	52.3
Minimum	m <sup>3</sup> /d							
<b>Salt Rejection</b>								
Nominal	%	> 98.5	> 98.5	99	> 98.5	99	99	99.2
Minimum	%			98.5		98.5	98.5	98.7
<b>Test Conditions</b>								
Feed water, NaCl Solution	ppm	30000	30000	30000	30000	30000	30000	35000
Pressure	Kg/cm <sup>2</sup>	56.25	56.25	56.25	56.25	56.25	56.25	70.31
Temperature	deg. C	25	25	25	25	25	25	25
Recovery	%	30	30	30	30	30	30	35
Concentrate Flow Rate	m <sup>3</sup> /d	2.21	14.14	12.37	55.65	44.1	44.17	97.13
Feedwater pH								
<b>Operation Range</b>								
Operating Pressure								
Minimum	Kg/cm <sup>2</sup>							
Normal	Kg/cm <sup>2</sup>	56.25	56.25	56.25	56.25	56.25	56.25	56.25
Maximum	Kg/cm <sup>2</sup>	70.31	70.31	84.37	70.31	84.37	70.31	84.37
Operating Temp. Range	deg. C	0 - 35	0 - 35	0 - 40	0 - 35	0 - 40	0 - 40	0 - 40
Concentrate Flow Rate	m <sup>3</sup> /d							
<b>Feed Water Qualities</b>								
pH Range		4.0 - 9	4.0 - 9	4.0 - 9	4.0 - 9	4.0 - 9	4.0 - 9	4.0 - 9
pH Range (Cleaning)		2.3 - 11.0	2.3 - 11.0	2.3 - 11.0	2.3 - 11.0	2.3 - 11.0	2.3 - 11.0	2.3 - 11.0
Residual Chlorine	ppm	0	0	0	0	0	0	0
Max. SDI (15 min)		3	3	3	3	3	3	3
Allowable Turbidity (NTU)								
Rec. Turbidity (NTU)								
<b>Max. Feed Flow Rate</b>								
Max. Feed Flow Rate	m <sup>3</sup> /d							
Std. Feed Flow Rate	m <sup>3</sup> /d	3.15	20.2	17.67	79.5	63	63.1	149.43
Min. Brine Flow Rate	m <sup>3</sup> /d	1.55	7.57	7.57	22.71	22.7	22.71	45.79
Std. Brine Flow Rate	m <sup>3</sup> /d	2.21	14.14	14.14	55.65	44.1	44.17	97.13
Max Brine Flow Rate	m <sup>3</sup> /d	9.08	56.78	56.78	151.4	151.4	151.4	76.32
Pressure Drop	Kg/cm <sup>2</sup>	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.63

## (7.1.1.A)

Table 4 海水淡水化用RO膜、Hydranautics、Filmtec の技術仕様

TECHNICAL SPECIFICATIONS OF COMMERCIAL SEA WATER RO MEMBRANES						
Membrane Maker		Hydranautics			FILMTEC	
Type	Unit	SW	SW	SW	SW	SW
Model		4040 HSY-SWC1	6040-HSY- SWC1	8040-HSY- SWC1	30 HR- 8040	30 - 8040
<b>Module</b>						
Number of Elements	No.	1	1	1	1	1
Membrane Material		Composite PA	Composite PA	Composite PA	PA	PA
Membrane Area	m <sup>2</sup>	6.5	14.4	29.27		
Size, Diameter	mm	100.3	151.1	201.9	203.2	203.2
Length	mm	1016	1016	1016	1016	1016
Weight	Kg	8.2	13.6	18.1		
<b>Product Flow Rate</b>						
Nominal	m <sup>3</sup> /d	5.1	9.1	18.9	15	22.7
Minimum	m <sup>3</sup> /d					
<b>Salt Rejection,</b>						
Nominal	%	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5
Minimum	%	99.2	99.2	99.2		
<b>Test Conditions</b>						
Feed water , NaCl Solution	ppm	32800	32800	32800	32000	32000
Pressure	Kg/cm <sup>2</sup>	56.25	56.25	56.25	56.25	56.25
Temperature	deg. C	25	25	25	25	25
Recovery	%	10	10	10	8	
Concentrate Flow Rate	m <sup>3</sup> /d	45.9	81.9	170.1		
Feedwater pH		6.0 - 7.0	6.0 - 7.0	6.0 - 7.0		
<b>Operation Range</b>						
<b>Operating Pressure</b>						
Minimum	Kg/cm <sup>2</sup>					
Normal	Kg/cm <sup>2</sup>	56.25	56.25	56.25	56.25	56.25
Maximum	Kg/cm <sup>2</sup>	70.31	70.31	70.31	70.31	70.31
Operating Temp. Range	deg. C	Max. 45	Max. 45	Max. 45	Max. 45	Max. 45
Concentrate Flow Rate	m <sup>3</sup> /d					
<b>Feed Water Qualities</b>						
pH Range		3.0 - 10.0	3.0 - 10.0	3.0 - 10.0	2.0 - 11.1	2.0 - 11.0
pH Range (Cleaning)					2.0 - 12	2.0 - 12
Residual Chlorine	ppm	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Max. SDI (15 min)		4	4	4	5	5
Allowable Turbidity(NTU)		1	1	1		
Rec. Turbidity (NTU)						
Max. Feed Flow Rate	m <sup>3</sup> /d	86.4	163.2	406		
Std. Feed Flow Rate	m <sup>3</sup> /d	51	91	189	187.5	
Min. Brine Flow Rate	m <sup>3</sup> /d		81.9			
Std. Brine Flow Rate	m <sup>3</sup> /d	45.9		170.1		
Max Brine Flow Rate	m <sup>3</sup> /d					
Pressure Drop	Kg/cm <sup>2</sup>				0.7	

(7.1.1.A)

3.3.1 ROテストプラントの性能予測

アルジュベールのプラントサイトにおける、海水の組成に関する1994年3月にサンプリングされた資料は精度上問題があったので、SWCCが第2回目に実施した、より正確な海水分析のデータを使用して、テストプラントの性能予測計算を行った。

1) ケース1 (原設計)

HM8255FI (エレメント2部) + HR8355FI (エレメント1部)

仮定の運転条件

供給水圧 : 60 - 65 Kg/cm<sup>2</sup>  
供給水量 : 66.7 m<sup>3</sup>/日  
温度 : 25 - 35 °C  
回収率 : 37%  
生産水量 : 24.7 m<sup>3</sup>/日

詳細はAppendix-1の添付資料. 1を参照のこと。以下添付資料はAppendix-1を指す。

2) HM8255FI (エレメント2部)

仮定の運転条件

供給水圧 : 60 - 65 Kg/cm<sup>2</sup>  
供給水量 : 66.7 m<sup>3</sup>/日  
温度 : 25 - 35 °C  
回収率 : 30%  
生産水量 : 20.0 m<sup>3</sup>/日

詳細は添付資料. 2を参照のこと。

3) 提案

(a) 上記 2) 項で示した HR8355FI を迂回した HM8255FI (エレメント2本) が望ましい。

(b) 生産水流バルブのオリフィスプレートが上流に挿入されている。このオリフィスを取り外すか、または穴を広げることが望ましい (所定流量および圧力に制御できない場合)。

4) 海水の組成は季節的に変化する。その変化に応じて運転条件を変更する必要がある。

3.3.2 東洋紡製膜 (HM8255FIおよびHR8355FI) の使用済みエレメントの保管

化学薬品、濃度、pH、温度等

添付資料. 3 ( "HOLLOWSEP (ホローセップ)" モジュールのための予備条件) を参照。

(7.1.1.A)

追加情報は以下のとおり：

- 1) 3日以内：圧力容器内にそのまま保管する
- 2) 3日以上：3日ごとに1-2時間運転する
- 3) 長期保管：0.5%のホルマリン溶液に浸漬

SBSは酸化しやすいため、薦めない。

3.3.3 東洋紡製の膜 (HM8255FIおよびHR8355FI) 用のRO供給水の水質

残留塩素 : 0.1 - 0.2

Fe + Mn : 0.1 ppm 以下

pH : 6.0 - 6.5

3.4 日東電工のモジュール (NTR-70SWC-S8) に関する資料

日東電工から入手した資料 (1994年5月30日付) の要約は以下のとおり：

3.4.1 要約

ROテストプラントの性能予測を計算した。計算結果をTable 6にまとめた。

生産水の設計流量20m<sup>3</sup>/日は日東電工のエレメントNTR-70SWC-S8を2本使用すれば達成できる。

3.4.2 テストプラントの設計および運転条件

(1) テストプラントの設計容量：20 m<sup>3</sup>/日

(2) 高圧ポンプの性能

流量 : 2.0 - 3.5 m<sup>3</sup>/時 48 - 84.0 m<sup>3</sup>/日

圧力 : 50 - 70 Kg/cm<sup>2</sup> x 15 kw

(3) 使用モジュール : NTR-70SWC-S8 (2本エレメント使用)

(4) ブラインの最低流量 : 2.7 m<sup>3</sup>/時 64.8 m<sup>3</sup>/日

(5) 生産水量 : (2) - (4) = 84.0 - 64.8 = 19.2 m<sup>3</sup>/日

3.4.3 テストプラントに使用する日東電工製のエレメント (NTR-70SWC-S8) 2本の予測

性能：

エレメント数 : 2本 (NTR-70SWC-S8)

供給海水の組成分 : アルジュベイル・パワープラント1993年2月20日

pH (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> で調整) : 7.0

温度 : 30°C

生産水量 : 19 m<sup>3</sup>/日

供給水量 : 84 m<sup>3</sup>/日

ブライン流量 : 64.8 m<sup>3</sup>/日

回収率 : 22.8 m<sup>3</sup>/日

透過水の水質 (TDS) : 224 ppm

Table 6 R0テストプラントの運転で予測されるR0モジュールの性能

Elements:NITTO DENKO NTR-70SWC-S8

No. of elements:Two and four

Feed seawater :at AL-JUBAIL POWER PLANT on 20/02/1993

Feed TDS :47,660 ppm

Feed pH :adjusted with H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

No. of Elements	Product Flow Rate		Temperature °C	Recovery %	Feed Flow Rate m <sup>3</sup> /Hr	Brine Flow Rate m <sup>3</sup> /Hr	Inlet Pressure Kgf/cm <sup>2</sup>	Outlet Pressure Kgf/cm <sup>2</sup>	Permeate ppm	Remarks
	m <sup>3</sup> /day	m <sup>3</sup> /Hr								
2	19	0.792	25	22.8	3.5	2.7	66.7	66.6	193	
2	19	0.792	30	22.8	3.5	2.7	64.4	64.3	224	
2	19	0.792	35	22.8	3.5	2.7	62.4	62.3	259	
2	16	0.666	25	19.0	3.5	2.8	59.5	59.4	259	
2	16	0.666	30	19.0	3.5	2.8	58.4	58.3	300	
2	16	0.666	35	19.0	3.5	2.8	58.4	58.3	300	
2	20	0.833	25	23.0	3.633 *	2.8	68.8	68.7	184	* Feed flow rate exceeds the Maximum flow rate of the high pressure pump
2	20	0.833	30	23.0	3.6 *	2.8	66.4	66.2	214	
2	20	0.833	35	23.0	3.6 *	2.8	64.3	64.2	248	
4	20	0.833	25	23.0	3.633 *	2.8	56.1	55.8	371	
4	20	0.833	30	23.0	3.6 *	2.8	56.0	55.7	434	
4	20	0.833	35	23.0	3.6 *	2.8	54.8	54.5	501	

(7.1.1.A)

\* 高圧ポンプの容量の限界により、生産水量は 19 m<sup>3</sup>/日に制限される。

3.5 温度補正係数

RO膜の透過水量の温度補正係数について収集した資料は以下のとおり：

- (1) “逆浸透膜エレメントおよびモジュールの透過水量性能データの標準化方法”  
各種溶質の水溶液を用いた逆浸透膜エレメントの溶質排除および水流束の J I S  
(日本工業規格) 試験法、JIS K 3805-1990、日本規格協会で翻訳出版 (添付資料 4)
- (2) 逆浸透性能データ標準化のための標準的実践  
ASTM D 4516-85 (1989年に再証明)  
(添付資料 5)
- (3) 日東電工製 RO 平膜の温度補正率  
(添付資料 6)
- (4) 東洋紡製中空糸膜型モジュール HM8255FI の温度補正率  
(添付資料 7)
- (5) 日東電工製スパイラル型モジュールの温度補正率  
(添付資料 8)

3.6 日東電工製 RO / UF 試験用セル C70-F の取扱説明書

(添付資料 9)

添付資料リスト

添付資料 1

テストプラントの RO 性能予測  
モジュール：東洋紡 HM8255FI + HR8355FI

添付資料 2

テストプラントの RO 性能予測  
モジュール：東洋紡 HM8255FI

添付資料 3

“HOLLOWSEP (ホローセップ)” モジュールの予備条件

添付資料 4

各種溶質の水溶液を用いた逆浸透膜エレメントの溶質排除および水流束の J I S (日本工業規格) 試験法、JIS K 3805-1990、日本規格協会で翻訳出版

(7.1.1.A)

添付資料 5

逆浸透性能データ標準化のための標準的方法ASTM D 4516-85 (1989年に再証明)

添付資料 6

日東電工製RO平膜の温度補正率

添付資料 7

東洋紡製中空糸膜型モジュールHM8255FIの温度補正率

添付資料 8

日東電工製スパイラル型モジュールの温度補正率

添付資料 9

日東電工製RO/UFテストセルC70-Fの取扱説明書

(7. 1. 1. A)

4. 結論

- (1) 東洋紡、東レ、日東電工、Fluid system, Du-pont, Hydranautics, Filmtec の7社の海水淡水化用RO膜 (SWRO) の性能調査を行ったが、市販されている従来のRO膜はほとんどが高脱塩率 (High-Rejection) を目指しており、Hybrid Systemに必要なLow-Rejectionで High-Fluxの膜を試験するには特注品 (Order-made) となり入手困難である。
- (2) 調査した7社のSWROは、いずれも海水濃度30,000~35,000ppmの性能しか表示していなかった。したがって、サウディ近海の43,000~46,000ppmの性能については不明確であり、物理的、化学的、生物学的な耐久性を試験する必要がある。
- (3) 入手できたSWRO (TORAY;SU-820, NITTO DENKO;NTR-70SWC-S8, TOYOBO;HM8155E1など) の性能試験を行うことにより、Hybrid Systemに適したSWRO膜を製造する時に役立つ情報を得ることができた。
- (4) SWRO膜を取り扱う上で必要な多くの情報を入手することが出来た。また今後の研究を継続する上で大いに役立つ情報、資料が収集出来た。



### 7. 1. 1. B ハイブリッドシステムのシミュレーション



(7.1.1.B)

目 次

1. 目的 .....	1
2. 設計諸元 .....	1
2.1 ROエレメント .....	1
2.2 ROモジュール .....	2
2.3 ROシステムの原水条件 .....	2
3. ROモジュールの予測設計性能 .....	2
3.1 使用ソフトウェア .....	2
3.2 ROプラントの性能シミュレーション .....	2
4. シミュレーションの結果 .....	3
5. 考察 .....	4
6. まとめ .....	4
6.1 MSF-ROハイブリッドの限界 .....	4
6.2 ハイブリッドMSF-RO法の意義 .....	5

(7.1.1.B)

表 一 覧

表番	題 名	頁
Table 1(a)	サウディ海水のROプラント10,000m <sup>3</sup> /d規模での RO設計パラメーターとRO性能のシミュレーションの結果 .....	7
Table 1(b)	サウディ海水のROプラント10,000m <sup>3</sup> /d規模での RO基本性能RejectionパラメーターとRO性能のシミュレーション ...	8
Table 1(c)	サウディ海水のROプラント10,000m <sup>3</sup> /d規模での RO基本性能FluxパラメーターとRO性能のシミュレーション .....	9

(7.1.1.B)

図 一 覧

図番	題 名	頁
Fig. 1	各設計Flux値について、原水温度と生産水TDSおよび モジュール入口圧力のシミュレーションの結果 .....	10
Fig. 2	原水温度30℃における設計Flux値の変化に対する精算水TDSと モジュール入口圧力のシミュレーションの結果 .....	11
Fig. 3	原水温度35℃における設計Flux値の変化に対する生産水TDSと モジュール入口圧力のシミュレーションの結果 .....	12
Fig. 4	原水温度40℃における設計Flux値の変化に対する生産水TDSと モジュール入口圧力のシミュレーションの結果 .....	13
Fig. 5	原水温度35℃、設計Flux値 $0.281\text{m}^3/\text{m}^2/\text{d}$ における回収率変化 に対する生産水水質TDSと $\text{Cl}^-$ のシミュレーションの結果 .....	14
Fig. 6	原水温度35℃、設計Flux値 $0.281\text{m}^3/\text{m}^2/\text{d}$ 、回収率40%における RO基本性能Rejectionの変化に対する生産水水質TDSと $\text{Cl}^-$ の シミュレーションの結果 .....	15
Fig. 7	原水温度35℃、設計Flux値 $0.281\text{m}^3/\text{m}^2/\text{d}$ 、回収率40%における RO基本性能Fluxの変化に対する生産水TDSと $\text{Cl}^-$ 及びモジュール 入口圧力のシミュレーションの結果 .....	16

1. The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions and activities. It emphasizes that this is crucial for ensuring transparency and accountability in the organization's operations.

2. The second part outlines the various methods and tools used to collect and analyze data. This includes both traditional manual methods and modern digital technologies, highlighting the benefits of each approach.

3. The third section focuses on the challenges faced in data management and analysis. It identifies common issues such as data inconsistency, incomplete information, and the complexity of large datasets, and offers strategies to overcome these obstacles.

4. The fourth part describes the process of data integration and how it facilitates a more comprehensive view of the organization's performance. It explains how different data sources are combined to provide a unified and accurate picture of the business.

5. The fifth section discusses the role of data in decision-making and strategic planning. It shows how data-driven insights can help leaders make informed choices and identify new opportunities for growth and innovation.

6. The sixth part addresses the security and privacy concerns associated with data handling. It provides guidelines for protecting sensitive information and ensuring compliance with relevant regulations and standards.

7. The seventh section explores the future of data management, including emerging trends like artificial intelligence and cloud computing. It discusses how these technologies will continue to shape the way organizations collect, store, and analyze their data.

8. The final part of the document concludes with a summary of the key points and a call to action. It encourages the organization to embrace a data-driven culture and invest in the necessary resources to maximize the value of its data.

(7.1.1.B)

7.1.1.B ハイブリッドシステムのシミュレーション

1. 目的

ここではハイブリッドMSF-ROを目的とする生産水量10,000m<sup>3</sup>/日規模の実用ROプラントを想定し、現在入手可能な商用の海水淡水化用芳香族ポリアミド系複合膜のスパイラル型ROモジュールを用いることを前提として、既存のコンピューターソフトを用いて、ROプラントの性能シミュレーションを行った結果を示す。

特に、ROプラントの初期性能を規定する設計因子の影響把握として、数種の単位膜面積当たりFluxで設計したROプラントを想定したケースにおける；

- (a) 原水温度とプラント運転圧力、生産水質の関係
- (b) 単位膜面積当たりFluxとプラント運転圧力および生産水質の関係
- (c) ROプラントに使用するROエレメントの標準条件でのRejection基本性能と運転圧力および生産水質の関係
- (d) ROプラントに使用するROエレメントの標準条件でのFlux基本性能と運転圧力および生産水質の関係

を検討しハイブリッドMSF-ROに適用すべきROモジュールの基本性能を明らかにすることを目的とした。

2. 設計諸元

ROプラントの設計諸元を以下に示す。

2.1 ROエレメント

モデルRO膜エレメントとしてインプットした数値は市販のHydranautics製の標準仕様8インチ・エレメントに準ずる。

形式：8"×40" Spiral wound type, Composite RO Membrane

基本性能仕様：

\* 標準タイプ8040-HSY-SWC1

Rejection = 99.5%

Flux = 約 5000 gpd, (約19 m<sup>3</sup>/日)

\* 種々の塩分阻止率を有する仮想上の基本性能を有する上記仕様に類似した8インチ・エレメントのモデル

但し、Flux は一定とした。

Rejection = 99.0%~99.75%

Flux = 5000 gpd (18.9 m<sup>3</sup>/d)

標準試験条件： 原水 32,000ppm NaCl

(7.1.1.B)

圧力 56kgf/cm<sup>2</sup>  
回収率 7%、  
pH 6~7

## 2.2 ROモジュール

ROモジュールは前記のROエレメント6本を圧力容器内に直列に収め、この最小単位を10,000m<sup>3</sup>/日生産水量の規模となるように膜面積当たりの設計Fluxよりモジュール本数を決定してROプラントを構成した。

## 2.3 ROシステムの原水条件

原水 : サウジアラビア海域の標準海水TDS 4.2%  
付近のTypicalな海水水質分析の結果を用いた。

水温 : 25~45°C

SDI : 4.0以下

回収率 : 30~45%

## 3. ROモジュールの予測設計性能

### 3.1 使用ソフトウェア

ROシステム設計計算ソフト  
(Hydranautics製 RODES version 4.50, 1993  
および RODES version 4.05, 1990) を使用した。

### 3.2 ROプラントの性能シミュレーション

サウディアラビア近海のモデル海水について10,000m<sup>3</sup>/日ROプラントを前提として下記の運転パラメーターを変動させRO性能を求めた。

(1) 原水温度 ; 25~45°C

(2) Average Specific Flux Rate

(膜面積当たりの設計FluxまたはDesign Flux Loadと称する) ;

0.225~0.549m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/日 (or 5.5~13.5 gfd)

ROプラントに使用するROエレメント

(膜面積を29m<sup>2</sup>として) の使用本数を624~1524本の範囲で変えて、所定の膜面積当たりの設計生産水量を設定した。

(3) 回収率 : 35~45%



## 4. シミュレーションの結果

運転初期のRO性能として、運転圧力、生産水水質(TDSおよびCl<sup>-</sup>)のシミュレーション値をTable 1(a)、1(b)、1(c)に示した。

## (1) 原水温度 VS. 圧力および生産水のTDS濃度の関係

Table 1の資料No. 1~19の結果に示すように、回収率40%、次の各設計Flux: 0.225、0.281、0.352および0.439m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/日(または5.5、6.9、8.6or10.8gfd)とした場合の原水温度とモジュール入口部運転圧力および生産水のTDS濃度の関係をFig. 1に示した。

(2) 原水温度30°Cでの設計Flux VS. 圧力と生産水のTDS濃度の関係資料No. 4~8の結果に示すように、原水温度30°C、回収率40%での、設計Flux: 0.225~0.439m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/日とした場合のモジュール入口部運転圧力および生産水のTDS濃度の関係をFig. 2に示した。

(3) 原水温度35°Cでの設計Flux VS. 圧力と生産水のTDS濃度の関係資料No. 9~12の結果に示すように、原水温度35°C、回収率40%での、設計Flux: 0.225~0.439m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/日とした場合のモジュール入口部運転圧力および生産水のTDS濃度の関係をFig. 3に示した。

(4) 原水温度40°Cでの設計Flux VS. 圧力と生産水のTDS濃度の関係資料No. 13~16の結果に示すように、原水温度40°C、回収率40%での、設計Flux: 0.225~0.439m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/日とした場合のモジュール入口部運転圧力および生産水のTDS濃度の関係をFig. 4に示した。

(5) 原水温度35°Cでの設計Flux 0.281m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/日における回収率VS. 圧力と生産水の溶質濃度の関係資料No. 20~22の結果に示すように、原水温度35°C、設計Flux 0.281m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/日での回収率を変化させた場合のモジュール入口部運転圧力および生産水のTDSとCl<sup>-</sup>濃度の関係をFig. 5に示した。

(6) ROエレメント基本性能Rejection VS. 生産水の溶質濃度の関係資料No. 23~32の結果に示すように、原水温度35°Cでの、設計Flux 0.281m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/日、回収率40%の条件下で使用するエレメント基本性能Rejectionの変動に対する生産水の溶質濃度への影響の関係を原水温度35°C、設計Flux 0.281m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/日、回収率40%の運転条件でエレメントの塩分阻止性能を変化させた場合の生産水のTDSとCl<sup>-</sup>濃度の関係をFig. 6に示した。

(7) ROエレメントのFlux基本性能VS. 生産水の溶質(TDS)濃度の関係資料No. 25およびNo. 33~37の結果に示すように、ROプラントが原水温度35°C、設計Flux 0.281m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/日、回収率40%の条件下で、使用するエレメントの基本性能Rejectionが一定の99.5%値であることを前提とし、また一方、エレメントの基本性能Fluxが、4000~6500gpd(gallon per day) 即ち、基本性能Flux約15~25m<sup>3</sup>/日からなる仮想

### (7.1.1.B)

のROエレメントを用いて、運転される場合をシミュレーションした。このときの出力結果をROエレメントの基本性能Flux VS. 生産水の溶質(TDS)濃度の関係としてFig. 7に示した。

## 5. 考察

MSF-ROハイブリッドとして想定される、RO生産水1000ppm as TDS近辺を安定して確保することを可能とするROプラントを前提に、これに適用するスパイラルROの基本性能をROシステム設計計算ソフト(Hydranautics製RODES)に入力して、サウディアラビア近海のモデル海水についてシミュレーションした。

現在市販されている標準仕様のポリアミド系複合RO膜の基本性能 Rejection=99.5%、 $18.9\text{m}^3/\text{d}$ のタイプが、約 $35^\circ\text{C}$ 、回収率40%、膜面積当たりの設計Flux $0.28\sim 0.23\text{m}^3/\text{m}^2/\text{日}$ にて適応可能であることが判明した。

また、運転初期性能で生産水の水質TDS $1000\text{ppm}\pm 200\text{ppm}$ を得るための基本性能Rejectionの変動許容範囲として、 $56\text{kgf}/\text{cm}^2$ 、3.2%NaCl標準測定条件でのROエレメントのRejectionが99.55~99.32%と比較的狭い範囲の性能仕様が必要となることがFig. 6より推測される。一方、基本性能Fluxの変動許容範囲として、基本性能Rejectionが一定とするならば、約 $4600\sim 6700\text{gpd}$  ( $17.4\sim 25.4\text{m}^3/\text{日}$ )のFluxの変動が許容されることをFig. 7より推測できる。

RO法は原水温度の運転パラメーターが運転圧力と生産水水質に大きな影響を及ぼすことがFig. 1により示されている。とくに、サウディアラビア地域でのROプラントを想定した場合、季節による温度変化に係わらず、生産水水質を一定に保つことは運転操作上、ROプラントの運転圧力と設計Fluxの複雑な調節が必要となる。一般に温度上昇に伴い運転圧力が低下して、透過水水質の濃度上昇が見られるので、対応策として、運転圧力を上昇させるために運転ROモジュールの一部を休止することで設計Fluxを大きくすることにより透過水水質の濃度維持する。しかし、極端に設計Fluxを大きくすることは膜面汚染を促進することになり頻繁な膜面洗浄を要することになり好ましくない。

RO法の弱みとも言える溶質透過性能の温度変化と膜面汚染に伴う水質の変動に対処する手段として、ROの原水をMSFの廃熱を利用して年間を通じて比較的高温度( $35\sim 40^\circ\text{C}$ )にコントロールできれば、MSF-ROハイブリッドの利点の一つとなろう。

## 6. まとめ

### 6.1 MSF-ROハイブリッドの限界

#### (1) 適用可能な新膜の入手

RO水のTDSが500ppmまたは、ある一定の規格水質値未満で、MSF水での希釈が必要ない場合には本法適用除外となる。(即ち、海水淡水化用ROの新膜その物

### (7.1.1.B)

で、本ハイブリッドに適用できる商用のRO膜は、現時点でない。これらの膜のRejection性能が劣化して、生産水の水質が規定水質を越える時から本方法の適用が可能となる。)

#### (2) ブレンド用水量の変動

RO水のTDSが500ppmを超える場合、RO水のTDSに基づいて希釈倍率が設定されるが現実のMSF水のブレンド比率(全水量に対するMSFの生産水の混合比率)はMSF/RO水の相互供給可能水量の制限を受ける。

一例としてMSF水のTDSは一般に20ppm程度であることから、近似的に純水とRO水をブレンドしてTDS 500ppmの水質を得るための希釈混合比とMSF水のブレンド比率の関係を下記に示す。

RO透過水水質	希釈倍	混合比 (RO:MSF)	MSF水ブレンド比率(%)
500ppm	x1	1 : 0	0
600ppm	x1.2	1 : 0.2	16.6
750ppm	x1.5	1 : 0.5	33.3
1000ppm	x2	1 : 1	50
1250ppm	x2.5	1 : 1.5	60.0
1500ppm	x3.0	1 : 2	66.7
2000ppm	x4	1 : 3	75.0
2500ppm	x5	1 : 4	80
4200ppm	x84	1 : 83	98.8

#### (3) ブレンド操作に関するエンジニアリング

サウジアラビア海域の海水を原水としたROプラントのシミュレーションより、温度35°C、回収率40%、60kgf/cm<sup>2</sup>の運転圧力となる設計Flux 0.28~0.23 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/日の条件にてRO水のTDSが860~1100ppmの結果が得れたことを踏まえるとRO水の水質1250ppmを上限に設定してR : MSF = 1 : 1.5の混合比、あるいはMSF水ブレンド比率60%が大まかな適用上限と見られる。今後、具体的なブレンド操作上の制約やエンジニアリングの検討に基づき現実的な適用可能範囲を設定する必要がある。

## 6.2 ハイブリッドMSF-RO法の意義

### (1) ROの性能変化のデメリットを補う。

- 原水温度上昇に伴うRO生産水TDS増加をMSF水ブレンドで水質を均一化する。
- 経年変化によるRO生産水TDS増加をMSF水ブレンドで水質を均一化する。
- RO生産水のTDS変動の許容範囲を広く取れるのでROオペレーションが容易

(7.1.1.B)

になる。

(2) MSFの特徴を活用、あるいはデメリットを補う。

(d) MSFの発電プラントで得られる電力をROプラントに利用できる。

(e) 需要変動に対応したMSF運転休止、開始が取りにくい部分をROで供給水量をフレキシブルに調整できる。

(f) 比較的安価な投資により、短い建設期間で、給水能力を増やせる。

(3) 次の2項目は、本Hybridの特徴より派生する経済効果となる。

(g) MSF廃熱利用で安定な高温度(35°C) Feedが年間を通じて得られ、低圧60 kgf/cm<sup>2</sup>の運転操作設定のため電力費低減の可能性あり。

(h) 通常のRO条件に比べ約2倍RO膜使用期間(膜寿命)の延長可能となる。

(i) ROプラント透過水のTDSが経時的に増加した場合、MSF生産水と混合することによりこの影響を低減することができる。

Table1 (a) サウディ海水のROプラント10,000m<sup>3</sup>/d規模でのRO設計パラメーターとRO性能のシミュレーションの結果

資料 NO	RO膜 基本性能 Rejection	膜 使用本数 (本)	RO設計Flux 膜面積当たり (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /日)	回収率 (%)	原水温度 (°C)	運転圧力 (kgf/cm <sup>2</sup> )		透過水水质	
						入口	出口	TDS (mg/L)	Cl <sup>-</sup> (mg/L)
1	ILMNT Flux 約 99.5%	19 m <sup>3</sup> /d	(約5000gpd)	40	25	67.4	66.6	499	290
2	同上	976	0.352	40	25	62.3	61.7	624	363
3	同上	1218	0.281	40	25	60.0	59.6	798	465
4	同上	1524	0.225	40	30	76.2	74.7	369	215
5	同上	624	0.549	40	30	69.8	68.6	462	269
6	同上	780	0.439	40	30	65.5	64.7	581	339
7	同上	972	0.352	40	30	61.9	61.3	736	429
8	同上	1218	0.281	40	30	59.9	59.5	942	548
9	同上	1524	0.225	40	35	68.9	67.8	542	316
10	同上	780	0.439	40	35	63.8	63.0	674	393
11	同上	972	0.352	40	35	61.7	61.1	864	503
12	同上	1218	0.281	40	35	58.9	58.5	1091	635
13	同上	1524	0.225	40	40	65.9	64.8	618	360
14	同上	780	0.439	40	40	63.6	62.8	788	459
15	同上	972	0.352	40	40	60.5	60.0	996	580
16	同上	1218	0.281	40	40	59.1	58.7	1276	743
17	同上	1524	0.225	40	45	65.6	64.5	719	418
18	同上	780	0.439	40	45	63.6	62.8	916	533
19	同上	972	0.352	40	45	60.7	60.2	1159	675
20	同上	1218	0.281	30	45	55.4	54.4	764	445
21	同上	1218	0.281	35	35	58.3	57.6	805	469
22	同上	1218	0.281	45	35	65.6	65.1	928	540

(注) サウディアラビア近海の原海水として暫定的にTDS=43129 mg/L、Cl<sup>-</sup>濃度=23500 mg/Lの典型的な組成を用い、スケール形成防止にH<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>でpH7に調節した原水を用いることを前提とした。

## (7.1.1.B)

Table 1(b) サウディ海水のROプラント10,000m<sup>3</sup>/d規模でのRO基本性能RejectionパラメーターとRO性能のシミュレーション

資料 NO	ROプラント 基本性能 Rejection	エレメント 使用本数 (本)	RO設計Flux 膜面積当たり (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /日)	回収率 (%)	原水温度 (°C)	運転圧力 (kgf/cm <sup>2</sup> )		透過水水质	
						入口	出口	TDS (mg/L)	Cl <sup>-</sup> (mg/L)
23	99.75%	1218	0.281	40	35	62.8	62.3	442	257
24	99.60%	1218	0.281	40	35	62.8	62.3	706	411
25	99.50%	1218	0.281	40	35	62.8	62.3	882	514
26	99.45%	1218	0.281	40	35	62.8	62.3	970	565
27	99.40%	1218	0.281	40	35	62.8	62.3	1058	616
28	99.35%	1218	0.281	40	35	62.8	62.3	1146	667
29	99.30%	1218	0.281	40	35	62.8	62.3	1234	718
30	99.25%	1218	0.281	40	35	62.8	62.3	1321	769
31	99.20%	1218	0.281	40	35	62.8	62.3	1409	820
32	99.00%	1218	0.281	40	35	62.8	62.3	1759	1024

(注) サウディアラビア近海の前海水として暫定的にTDS=43129mg/L、Cl<sup>-</sup>濃度=23500mg/Lの典型的な組成を用い、スケール形成防止にH<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>でpH7に調節した原水を用いることを前提とした。

Table 1 (c) サウディ海水のROプラント10,000m<sup>3</sup>/d規模でのRO基本性能FluxパラメーターとRO性能のシミュレーション

資料 NO	RO膜 基本性能 Flux (gpd)	膜 使用本数 (本)	RO設計Flux 膜面積当たり (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /日)	回収率 (%)	原水温度 (°C)	運転圧力 (kgf/cm <sup>2</sup> )		透過水水質	
						入口	出口	TDS (mg/L)	Cl <sup>-</sup> (mg/L)
33	Rej=99.50% 4000 gpd	1218	0.281	40	35	65.1	64.5	695	405
34	4500 gpd	1218	0.281	40	35	63.8	63.3	788	459
35	5500 gpd	1218	0.281	40	35	62.0	61.4	976	568
36	6000 gpd	1218	0.281	40	35	61.3	60.7	1070	623
37	6500 gpd	1218	0.281	40	35	69.8	68.6	1165	678

(注) サウディアラビア近海の前海水として暫定的にTDS=43129mg/L、Cl<sup>-</sup>濃度=2350mg/Lの典型的な組成を用い、スケール形成防止にH<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>でpH7に調節した原水を用いることを前提とした。

(7.1.1.B)

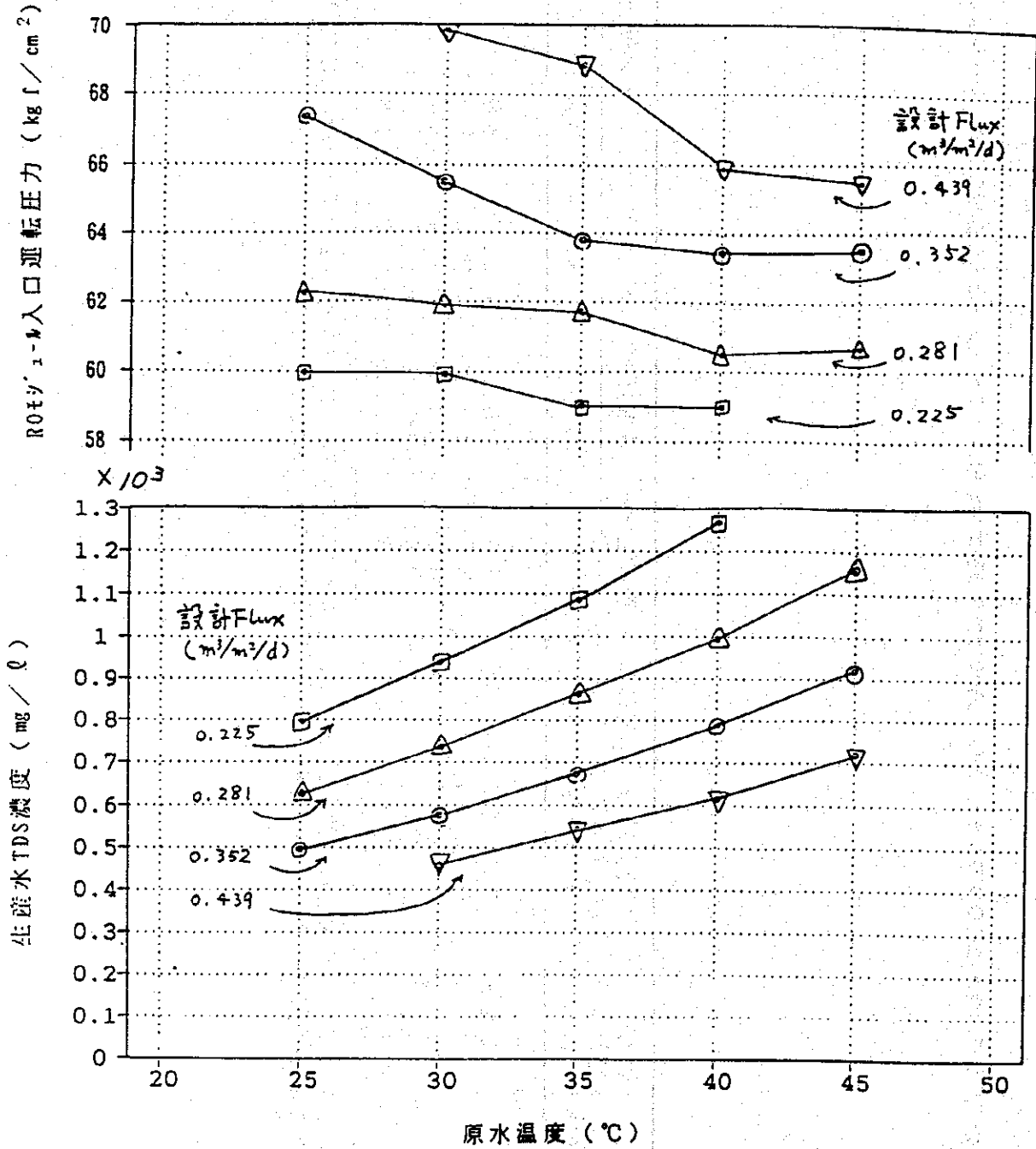


Fig. 1 各設計Flux値について、原水温度と生産水TDSおよびモジュール入口圧力のシミュレーションの結果



(7.1.1.B)

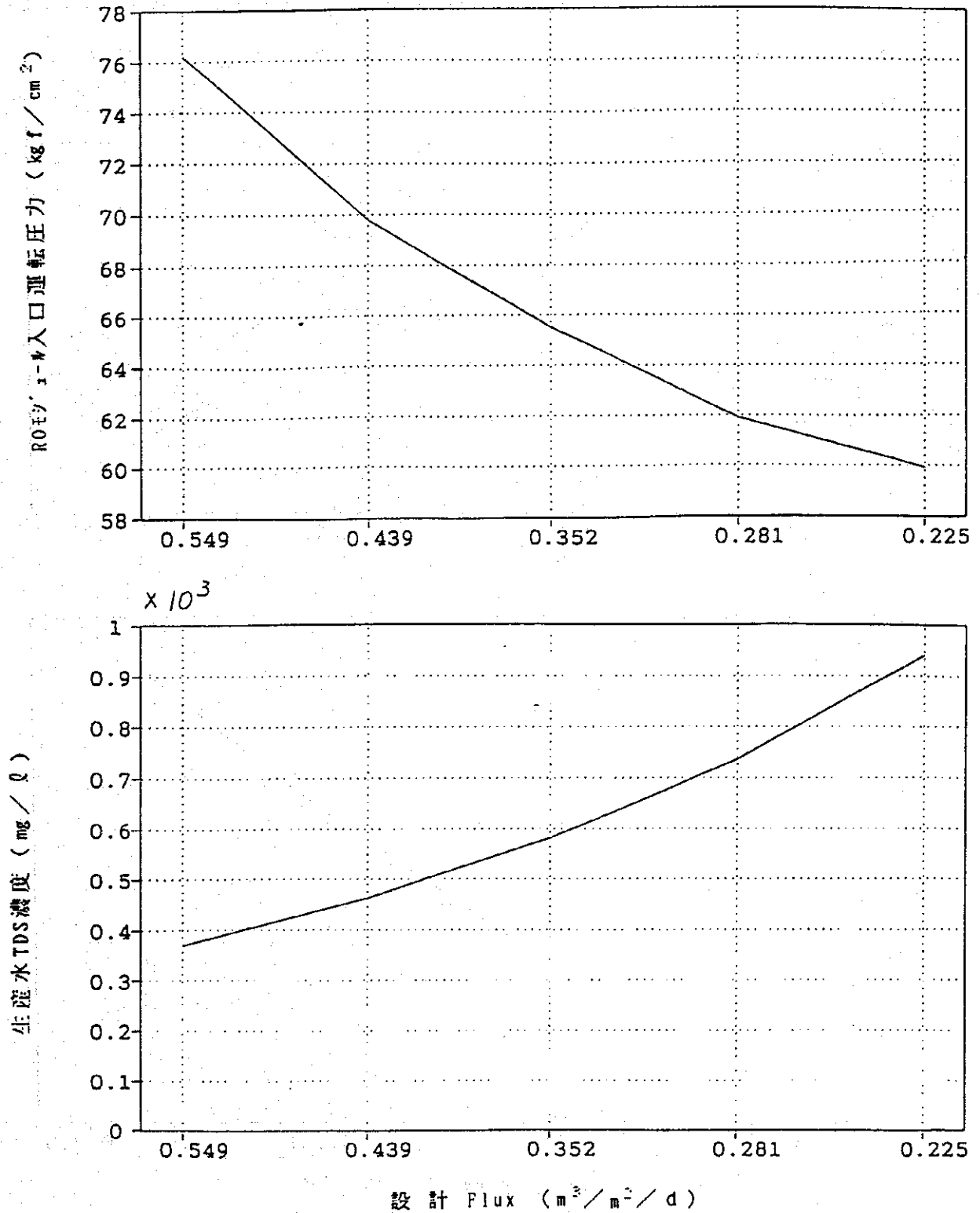


Fig. 2 原水温度30℃における設計Flux値の変化に対する精算水TDSとモジュール入口圧力のシミュレーションの結果

(7.1.1.B)

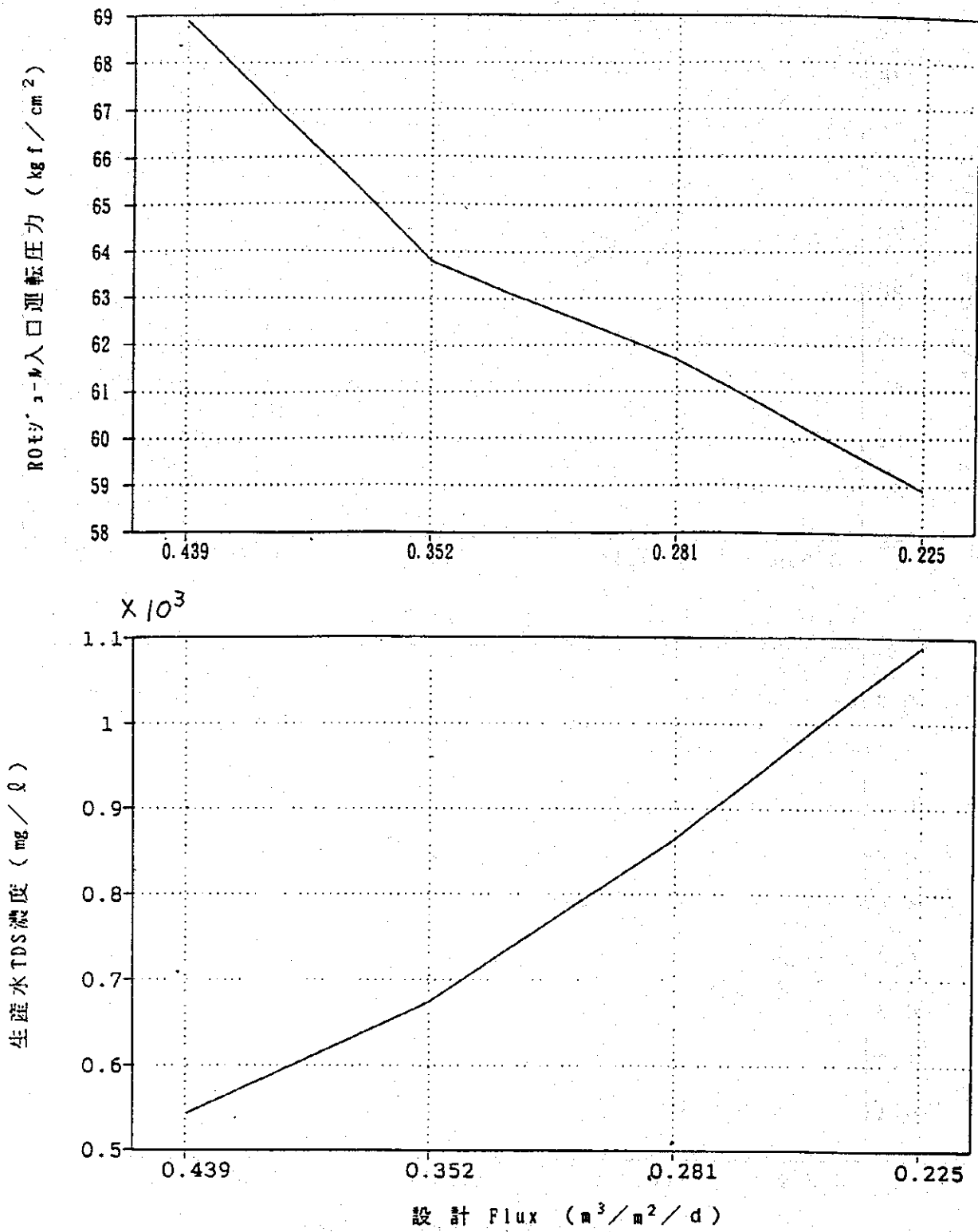


Fig. 3 原水温度35°Cにおける設計Flux値の変化に対する生産水TDSとモジュール入口圧力のシミュレーションの結果

(7.1.1.B)

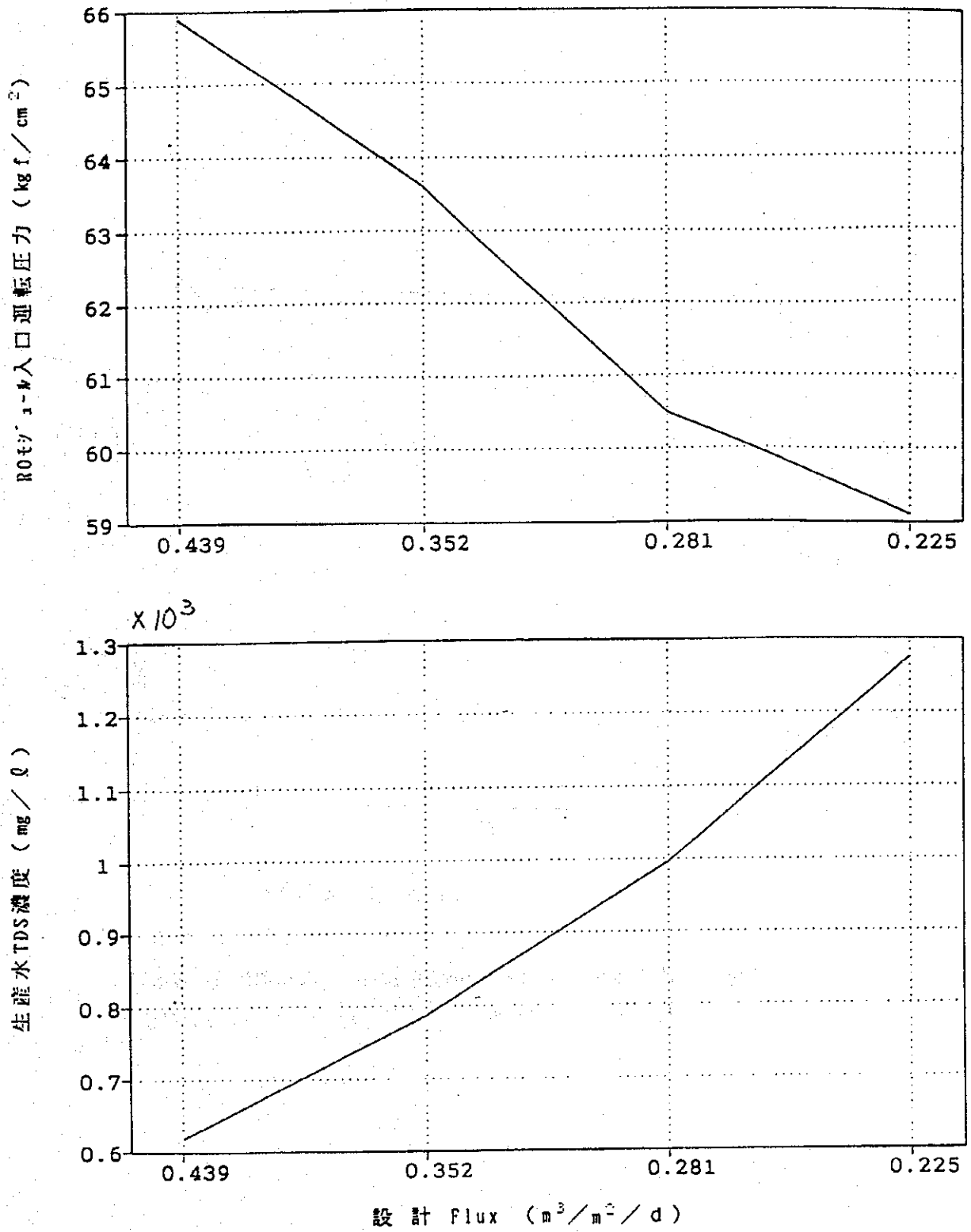


Fig. 4 原水温度40°Cにおける設計Flux値の変化に対する生産水TDSとモジュール入口圧力のシミュレーションの結果

(7. 1. 1. B)

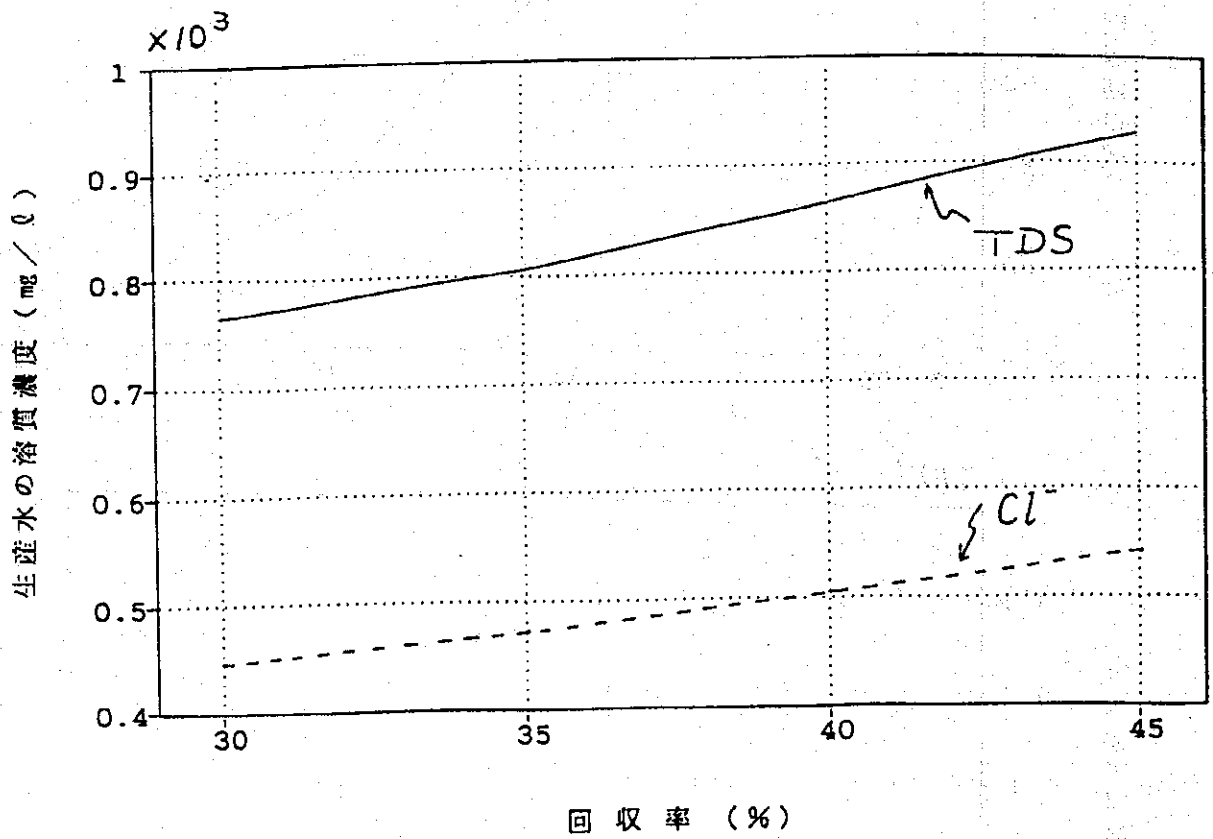


Fig. 5 原水温度35°C、設計Flux値0.281m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/dにおける回収率変化  
に対する生産水水質TDSとCl<sup>-</sup>のシミュレーションの結果

(7.1.1.B)

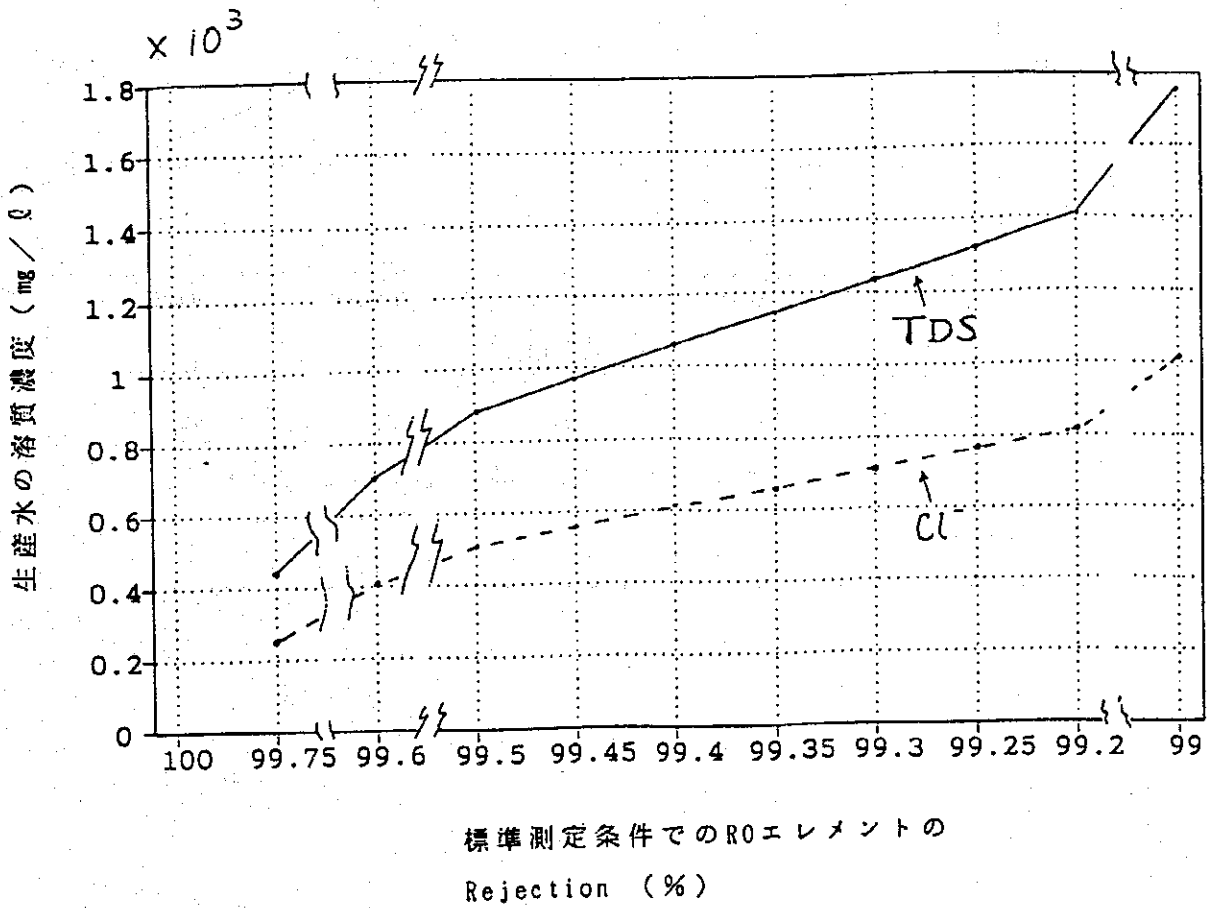


Fig. 6 原水温度35°C、設計Flux値0.281m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/d、回収率40%におけるRO基本性能Rejectionの変化に対する生産水水質TDSとCl<sup>-</sup>のシミュレーションの結果

(7.1.1.B)

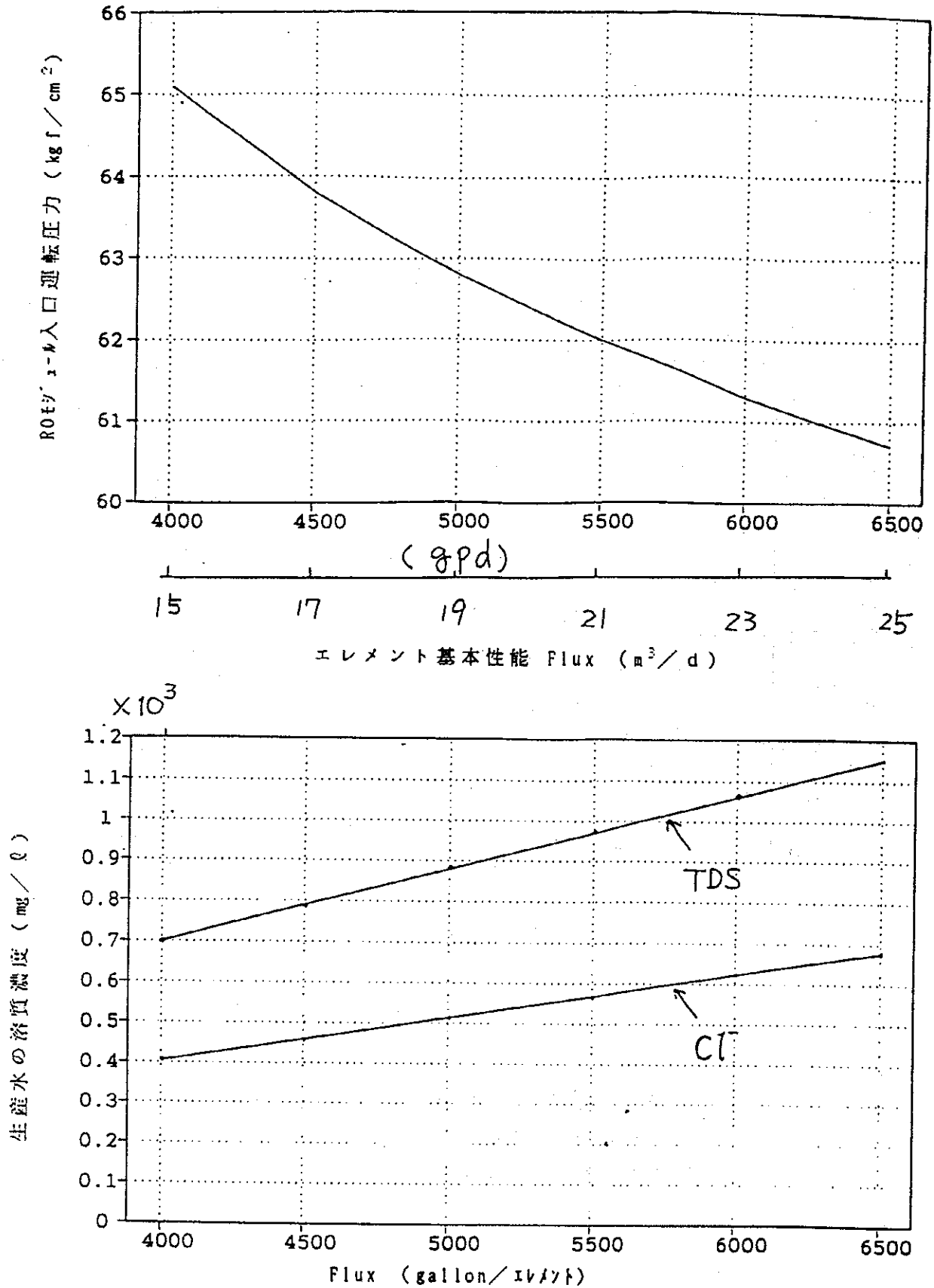


Fig. 7 原水温度35℃、設計Flux値0.281m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/d、回収率40%における  
RO基本性能Fluxの変化に対する生産水TDSとCl<sup>-</sup>及びモジュール  
入口圧力のシミュレーションの結果

## 7.1.2 汚染膜の性能評価





#### 7.1.2.A. SWCCの海水淡水化



(7.1.2.A)

目 次

1. 目的	1
2. 訪問先	1
3. 結果	1
3.1 SWCC逆浸透法海水淡水化プラント訪問調査報告書	6
3.2 SWCC逆浸透法海水淡水化プラント訪問調査報告書	7
3.3 SWCC逆浸透法海水淡水化プラント訪問調査報告書	8
3.4 SWCC逆浸透法海水淡水化プラント訪問調査報告書	10
3.5 SWCC逆浸透法海水淡水化プラント訪問調査報告書	11

(7.1.2.A)

表 一 覧

表番	題 名	頁
Table 1	SWCCのRO装置訪問先リスト(平成6年2月訪問) .....	3
Table 2	SWCC、RDTC (Viper-M)での講演出席者名簿 .....	5

## 7.1.2 汚染膜の性能評価実験

### A SWCC海水淡水化RO装置訪問調査

#### 1. 目的

RO汚染膜の分析法指導に関連して、SWCC側のROプラントから汚染膜を入手出来るか否かの打診及び、今後ROプラントの傍にSWCCのRDTCの研究用ROテストプラントを設置できるか否かの打診と現地調査のため、4箇所のROプラントを訪問した。  
(MEMORANDUM添付)

#### 2. 訪問先

Table 1 に示す4箇所のプラントを訪問し運転状況を調査した。

#### 3. 結果

各プラントの訪問調査の概要を別紙に記す。

全体として運転記録が完璧であり、稼働率が高く海水の前処理水はFI = 1 ~ 3 で良好であった。

また、すべてのROプラントで汚染膜、劣化膜の提供は可能であり、現地サイトでの試験も可能であるとの回答を得た。今後SWCC/JICA Teamで最適箇所を選定する必要がある。

いずれの箇所でも熱心な質疑応答が行なわれ、友好的な技術交換が出来た。

尚、SWCC、RDTC(ジバール)では、別添の通りのJICA側から講演が行なわれ多数の出席者 (Table 2 参照) によって、質疑応答がなされた。

**MEMORANDUM**

Re : RO-Plant Site Survey

**1. Objectives of the RO-Plant Site Survey**

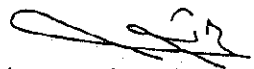
- A. To obtain fouled membrane elements with their operation history and to analyze contaminants on their surface.
- B. To investigate the possibility of conducting membrane evaluation test at selected SWRO plants in fiscal year, 1994.

**2. Proposed Work**

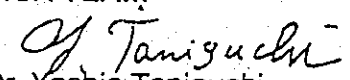
- A. Fouled membrane elements brought from the plants are to be analyzed at SWCC R&D Center by SWCC Researchers in cooperation with JICA team. Complete autopsy is to be performed and results are to be communicated to both parties SWCC and JICA including the sample source.
- B. If membrane testing at SWCC plants is allowed, the following items requires clearance from both parties :
  - (a) Name of site
  - (b) Name of membrane to be tested
  - (c) Who will operate the test unit and collect data?
  - (d) Budget required to purchase the test equipment, to install plant, etc.
  - (e) Test duration

At the conclusion of the visit, both teams will submit a report summarizing their views on the plant survey and regarding the above objectives.

SWCC TEAM

  
Abdulrahman Abanmy  
Mr. Ahmed Al-Amadi

JICA TEAM

  
Dr. Yoshio Taniguchi  
Mr. Masahiro Kitagawa

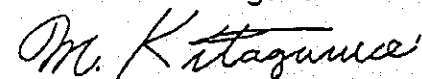


Table 1 SWCCのRO装置訪問先リスト (平成6年2月訪問)

Date	Plant	Capacity m <sup>3</sup> /D	Commissioning Date	Builder	Membrane System	COAGULANT PRETREATED FEED SDI
FEB. 1	JEDDAH I	56,800	APRIL 1989	MITSUBISHI	HFF(TOYODO)	FeCl <sub>3</sub> 6H <sub>2</sub> O
FEB. 2	JEDDAH II	56,800	FEB. 1994	MITSUBISHI	HFF(TOYODO)	2 - 3
FEB. 5	UMM LULJ	4,400	MAY 1986	FSD/UOP	TFC/SW	NONE
FEB. 6						3 - 4
FEB. 6	DUBA	4,400	JUNE 1989	ENVIROGENC AL-KAWTHER AL-MAWAED	HFF(TOYODO) & SW(ENRO)	Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>
FEB. 7						1.7
FEB. 8	HIAQL	4,400	OCT. 1989	ENVIROGENC AL-KAWTHER AL-MAWAED	HFF(TOYODO) & SW(ENRO)	Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>
FEB. 9						1 - 2

(7.1.2.A)



SWCC RESEARCH CENTER  
AL-JUBAIL

---

SUB : A PRESENTATION ON ANALYSIS OF FOULED MEMBRANES

This lecture which is given as a part of the SWCC/JICA Cooperative Program will be presented at R&D Center, Al-Jubail:

TIME : 12:30 - 2.00

DATE: February 14, 1994

PLACE: R&D Center (Lecture Room 1022)

SPEAKER: DR. Yoshio Taniguchi

The lecture will cover the following topics:

1. Membrane fouling mechanism
  - (a) Feed flow pattern through membrane  
Cross flow filtration (tangential flow filtration)  
Dead end flow
  - (b) Concentration polarization
  - (c) Fouling materials
2. Membrane materials and membrane performance
3. Membrane module configuration
4. Sampling point of fouled membrane module
  - (a) RO plant design and pressure vessel arrangement
  - (b) Membrane performance in a pressure vessel at one unit
  - (c) Probing device to check a membrane performance in a pressure vessel.
  - (d) Disassembling a fouled membrane element to analysis
5. Inspection of fouled membrane
6. Analysis data of deteriorated membrane
7. How to analysis fouled membrane:
  - (a) SEM
  - (b) FTIR

Those who are interested are welcome to attend. Please contact Dr. Mayan Kutty, Manager, Research Center, on or before 9th February, 94 confirming your attendance on the following:

Tel: (03) 361-3577.

Fax: (03) 361-1615.

  
(Dr. Mayan Kutty)  
Manager, Research Center



Table 2 SWCC, RDTC (Jubail)での講演出席者名簿

Dr. ATA M. HASSAN	R&D
Engr. Abdulaziz <del>Al-Kutbi</del> Kutbi	SWCC
Abdulsalam A. Mobayed	SWCC Fax: 361-1737
Mayankul	SWCC R&D Center
K. P. Abdul	SWCC R&D Center
A. M. Farooque	SWCC R&D Center
HASSAN SALMAN	SWCC - Jubail PLANT
Prof. P.K. Abdul Aziz	R&D
SUBBA RAJAN	SWCC CENTRAL LAB JUBAIL
MANSOOR AHMAD	RDC Jubail
M. N. Sarikumar	RDC Jubail
John O. Oluwa	RDC Jubail
Dr. Anees U. Malik	RDTC Jubail
ABDULRAHMAN AL-SUWAILEF	ENGR. DEPT SWCC EP
MOHAMMAD AK. AL-SOFI	SWCC SWCC EP
ESSAM E. F. EL-SAYED	SWCC SWCC R&D
AZHAR AMIN NOMANI	SWCC SWCC R&D
M. ANWAR AHYAN	SWCC Al-Jubail Plant
HAMAD ALABRUBAW (Mech. Engr.)	SWCC (Jubail) Mech. Maint
Hossain A. Muzlu	R&D
A.T.M. Jamal Uddin	R&D Jubail
DR T. L. Prakash	RDC Jubail
Prof. L. OLIVER	SWCC Se. Mech. Engr.
AbdulRahman Abanmy	RDC
Kitazawa Masahiko	JICA WRPC
Shigeru Haseba	JICA WRPC
IBRAHIM ALTISAN	SWCC RTDC Jubail
Joseph P. Chandy	RDC Jubail
T. S. Thambas	RDC Jubail
Radwan Al-Rashed	RDC =
Ahmed Ali Al-Jhrani	SWCC Jubail

(7.1.2.A)

3.1 SWCC 逆浸透法海水淡水化プラント訪問調査報告書

訪問日：平成6年2月1日

訪問先：SWCC、ジェッタプラント（ジッタ-I）

面会者：Mr. Yousef yahya Ayyash, Operation Division Head

Eng. Mohammad A. Farhan Al-Ghamdi, Operation manager

訪問者：Mr. Abudulraham Abanny(RD-Center)

Mr. Ahemed Saleh Al-Amoudi(RD-Center)

Dr. Taniguchi Yoshio(JICA TEAM)

Mr. Kitagawa Masahiro(JICA TEAM)

(1) ROプラント（15MGPD RO-Plant ジッタ-I）の概要

原海水のSDI：5～6.5

前処理

塩素処理：残留塩素0.2ppmになるように次亜塩素酸ソーダを原海水に添加

凝集剤：塩化第2鉄を1～2mg/l配管中に添加

ろ過器：アンスラサイト・砂をろ過材とする重力式二層ろ過、逆洗は差圧に基づいて24～72時間おきに行う。ろ過水SDIは3以下

カートリッジフィルター：10mμ、3ヶ月1回交換

ROエレメント：東洋紡製中空糸膜、10インチモジュール

(2) 実験室での研究概要

10インチ東洋紡製中空糸膜2本入りの圧力容器2系列からなるテスト装置を用いて、SBS注入による脱塩素法給水と連続塩素注入法との比較運転を行っていた。

(3) 質問事項に関する回答

1) 汚染膜の入手について

分析の時期を提示すれば汚染膜（東洋紡製中空糸膜）は提供し得る。

2) 新規膜の現地テストの可否について

A. 現在は東洋紡製の中空糸膜のみを採用しており、他の膜を評価する理由はない。ジェッタプラントの運転グループの見解として、他の膜メーカーのRO膜を評価するよりも、将来的には東洋紡の膜の改良の方が先になされるべきであると言われた。

B. テストする場所の提供は可能である。

第1案：実プラント（ジッタ-I）から給水をブランチする。

第2案：プラントの実験室でテストする。

(7.1.2.A)

3.2 SWCC 逆浸透法海水淡水化プラント訪問調査報告書

訪問日：平成6年2月2日

訪問先：SWCC、ジェッタプラント(ジェッタ-I)

SWCC、ジェッタプラント(ジェッタ-II)

SWCC、Satellite plant managing office

面会者：Mr. Yousef yahya Ayyash, Operation Division Head

Eng. Mohammad A. Farhan Al-Ghamdi, Operation manager

Mr. Abudul Rahman Al-Mohamadi, Acting Satellite plant manager

訪問者：Mr. Abudulrahman Abanmy(RD-Center)

Mr. Ahemed Saleh Al-Amoudi(RD-Center)

Dr. Taniguchi Yoshio(JICA TEAM)

Mr. Kitagawa Masahiro(JICA TEAM)

(1) ジェッタ-Iのコントロールルームの見学

コントロールルームの標示画面によると生産水のTDSが2400mg/l、回収率36.5%であった。ジェッタ-Iの膜の性能が劣化していると言われていることが確認できた。

(2) ジェッタ-IIの見学

その後4日後に運転開始する予定のプラントを見学した。ジェッタ-IIはジェッタ-Iの全くのコピーであり、容量、方式、膜の種類、構成等全くジェッタ-Iと同一である。このため、建設期間が短く、2ヶ年であったとのことである。

(3) Satellite Plant managerと今後のプラント訪問調査詳細打合わせ

ウムルジ、ドバ、ハッケル等の小規模プラントはジェッタにいるSatellite plant managerが一括管理する体制になっている。Satellite plant managerが不在のため、Acting Satellite plant manager に面会して、訪問調査の詳細について説明して、調査に対する協力を要請し、手配の詳細打合わせを行った。

各プラントの汚染劣化膜を提供できる旨の回答を得た。また、RO技術者がジェッタから同行してくれることになった。

同行予定のRO技術者氏名：Mr. Lutfi Bakhiet, desal. engineer

(7.1.2.A)

3.3 SWCC逆浸透法海水淡水化プラント訪問調査報告書

訪問日：平成6年2月5日～6日

訪問先：SWCC、ウムルジプラント

面会者：Abdallaf A. Al-Hajouri, Plant manager

Mr. Lutfi Bakhiet, Desal. engineer (Jeddahから同行)

訪問者：Mr. Abudulrahman Abanmy (RD-Center)

Mr. Ahemed Saleh Al-Amoudi (RD-Center)

Dr. Taniguchi Yoshio (JICA TEAM)

Mr. Kitagawa Masahiro (JICA TEAM)

(1) ウムルジプラントの概要：

生産量：4400m<sup>3</sup>/d、運転開始：1986

前処理：凝集剤無添加の重力式アンストラサイト/砂2層ろ過と、7μsサイト/砂2層ろ過加圧式急速ろ過の2段ろ過、CuSO<sub>4</sub> 0.5mg/l 添加殺菌、前処理水SDIは3～4。

ROプラント：UOP製スパイラル式エレメント、1段目6インチ、2段目8インチモジュールによる2段脱塩。

(2) 質問事項に関する回答

1) 汚染膜の入手について

性能劣化したモジュールをその運転経歴と共に保管してあるので、提供することが可能である。

2) 新規膜の現地テストの可否について

現地テストは既存のテスト装置の場所で実施可能であり、場所によっては既存の圧力容器を用いてメインプラントから海水を直接供給することができる。

(3) 質問と討議

1) スパイラル膜の圧力容器に装填されている6本エレメントの各エレメントの透過水を測定する方法について討議した。そしてJICA側から、この測定法の改善についてのサジェスションが示された。

2) 高圧ポンプの吐出圧力が能力過剰の場合、発生した超音波振動によって、モジュールの膜面がスパーサーによって傷つけられ、性能低下の原因となることがあることを説明した。

3) ドバ、ハッケルのプラントでは、運転開始までに5ヶ月間の空き期間があった。その間保管されていたモジュールが使用されたが、特に性能劣化は見られなかった。

4) 冬期の生産水水量が夏期に比べて、低下する現象が見られる旨のプラント側の説明に対し、JICA側から10度Cの温度低下による生産水水量低下は25%程度となる旨を説明した。

5) 新しいモジュールを装着した後、24時間後に除去率が急激に低下する現象がみられ

(7.1.2.A)

る場合がある旨プラント側から説明があった。

6) プラントの年間プラント停止期間は建設後次第に低下し、1993年における延べ停止時間は50時間とのことであり、年間稼働率が非常に高い。

(4) 汚染膜の分析と解析に関し、谷口が講義

### 3.4 SWCC逆浸透法海水淡水化プラント訪問調査報告書

訪問日：平成6年2月7日～8日

訪問先：SWCC、ドバプラント

面会者：Mr. Mohd K. Alkhaieb, Plant manager

同行者：Mr. Lufty M. Bakheet, Desal. engineer

訪問者：Mr. Abdulraham Abanmy(RD-Center)

Mr. Ahemed Saleh Al-Amoudi(RD-Center)

Dr. Taniguchi Yoshio(JICA TEAM)

Mr. Kitagawa Masahiro(JICA TEAM)

#### (1) ドバプラントの概要

生産量：4,400m<sup>3</sup>/d、生産開始：1989

前処理：7ノズル付/砂2層急速ろ過

海水のSDI=4、前処理水のSDI=1.7 と原海水の濁質濃度も少なく非常によい前処理水が得られている。

ROプラント：東洋紡の中空糸膜とエンパイロテックのスパイラル膜の2段脱塩  
第2段の第1エレメントの性能が劣化する問題がある。この問題について討議を行うと共に、性能の劣化した膜を解体して、RO膜を取り出して劣化原因究明のための染色法による試験を行った。試験の結果は膜が機械的に損傷を受けていることを示しており、ポンプから発生する超音波が原因である可能性のあることを谷口が指摘した。

#### (2) モジュール性能試験装置

膜モジュールの性能試験を実施することができる試験装置を保有している。

#### (3) 質問事項に関する回答

##### 1) 汚染膜の入手について

性能劣化したモジュールをその運転経歴と共に保管してあるので、試験用として提供することが可能である。

##### 2) 新規膜の現地テストの可否について

新規膜を現地に取り付けて試験を実施することができる。

#### (4) 講義

汚染膜の分析と解析に関し谷口が講義を行った。同プラントでは第2段の第1エレメントの性能が劣化する問題を持っているため、この問題に対する関心が高く、引き続き熱心な討議が行われた。

(7.1.2.A)

3.5 SWCC 逆浸透法海水淡水化プラント訪問調査報告書

訪問日：平成6年2月8～9日

訪問先：SWCC、ハッケルプラント

面会者：Mr. Abdulaaziz M. Algherier, Plant manager

Mr. Abdul Majeed S. Altwaim

同行者：Lufty M. Bakheet, Desal. engineer

訪問者：Mr. Abdulrahman Abanmy(RD-Center)

Mr. Ahemed Saleh Al-Amoudi(RD-Center)

Dr. Taniguchi Yoshio(JICA TEAM)

Mr. Kitagawa Masahiro(JICA TEAM)

(1) ハッケルプラントの概要

ハッケルプラントはドバプラントと全く同仕様のコピーとして同プラントに遅れること4ヶ月で運転を開始した。

生産量：4,400m<sup>3</sup>/d、 生産開始：1989

前処理：7メッシュ/砂2層急速ろ過

ROプラント：東洋紡の中空糸膜とエンバイロテックのスパイラル膜の2段脱塩

第2段の第1エレメントの性能が劣化する問題があることは、双子のプラントであるドバプラントと全く同様である。そのため第1段目のメンブレンが選択的に劣化する現象の原因が、ポンプの絞り弁における急激な圧力変動によって発生する超音波に起因することを示した谷口の講義、およびDUBAで実施した劣化原因究明のための染色法による試験結果に対する関心が高く、この問題について討議を行った。

(2) モジュール性能試験装置

膜モジュールの性能試験を実施することができる試験装置を保有している。

(3) 質問事項に関する回答

1) 汚染膜の入手について

性能劣化したモジュールをその運転経歴と共に保管してあるので、試験用として提供することが可能である。

2) 新規膜の現地テストについて

新規膜を現地に取り付けて試験を実施することができる。

(4) 講義

汚染膜の分析と解析に関し谷口が講義を行った。同プラントでもドバと同様に第2段の第1エレメントの性能が劣化する問題を持っているため、この問題に対する関心が高く、ドバで実施した染色法による劣化原因究明試験結果と共に、引き続き熱心な討議が行われた。





### 7. 1. 2. B. 海水淡水化RO装置 (ウムルジプラント) の汚染膜分析



目 次

1. 目的	1
2. 実験	1
2.1 汚染RO膜サンプル	1
2.2 ROエレメントの解体	1
3. 分析項目	1
3.1 RO性能評価試験	1
3.2 化学洗浄	2
3.3 無機性汚染物質の観察および同定	2
3.4 有機性汚染物質の同定	2
4. 結果	2
4.1 外観観察	2
4.2 ROエレメントの性能測定	2
4.3 SEMとEDXによる膜面分析	2
4.4 FT-IRによる膜面分析	2
4.5 化学洗浄	3
4.6洗浄膜の表面分析	3
5. 要約	5

(7.1.2.B)

表 一 覧

表番	題 名	頁
Table 1	汚染膜サンプルの化学洗浄前後の膜性能測定結果 .....	3

(7.1.2.B)

図 一 覧

図番	題 名	頁
Fig. 1-1	汚染された膜サンプル膜面のSEMとEDX分析(1) .....	6
Fig. 1-2	汚染された膜サンプル膜面のSEMとEDX分析(2) .....	7
Fig. 2-1	NaOH洗浄膜サンプル膜面SEMとEDX分析(1) .....	8
Fig. 2-2	NaOH洗浄膜サンプル膜面SEMとEDX分析(2) .....	9
Fig. 3-1	HCl洗浄膜サンプル膜面SEMとEDX分析(1) .....	10
Fig. 3-2	HCl洗浄膜サンプル膜面SEMとEDX分析(2) .....	11
Fig. 4-1	シュウ酸洗浄膜サンプル膜面SEMとEDX分析(1) .....	12
Fig. 4-2	シュウ酸洗浄膜サンプル膜面SEMとEDX分析(2) .....	13
Fig. 5	元の汚染膜サンプルのIRチャート .....	14
Fig. 6	NaOH洗浄膜サンプルのIRチャート .....	15
Fig. 7	HCl洗浄膜サンプルのIRチャート .....	16
Fig. 8	シュウ酸洗浄膜サンプルのIRチャート .....	17
Fig. 9	NaOH洗浄により除去された汚染物のIRチャート .....	18
Fig. 10	HCl洗浄により除去された汚染物のIRチャート .....	19
Fig. 11	シュウ酸洗浄により除去された汚染物のIRチャート .....	20



(7.1.2.B)

7.1.2.B. 海水淡水化RO装置（ウムルジプラント）の汚染膜分析

1. 目的

サウディ・アラビアSWCCのウムルジ海水淡水化プラントで使用されたRO膜を入手して、汚染膜サンプルの典型的な例として膜面汚染物質の分析および膜洗浄効果の確認実験を行った。

2. 実験

2.1 汚染RO膜サンプル

場所：サウディ・アラビアウムルジに所在する海水淡水化プラント

採取日： 1993年2月22日、 1:30pm

膜のタイプ： 海水淡水化用ポリアミド系Composite RO膜

製造元： Fluid Systems(UOP)

Model No: TFC1501PA

Serial No: 149096

サンプルの履歴：ウムルジ海水淡水化プラントで57678hrs使用

サンプル採取位置：

Train No. : R0100 ; Tube No. : C-3

2.2 ROエレメントの解体

サウディアラビアの現地にて、ROエレメントの解体を行い、RO平膜サンプルを採取し、サンプルを湿潤状態に保つためにポリエチレン袋に密封して分析地まで送付された。

3. 分析項目

下記の項目について汚染膜の膜面化学洗浄の前後で分析を実施した。  
膜性能として標準試験条件にて塩分除去率および透過水量の測定

3.1 RO性能評価試験

つぎの条件にてRO性能の評価を行った。

評価機：クロスフロー式のΦ75mmサイズ平膜試験機

評価液：3.5% NaCl

評価条件：圧力 56kgf/cm<sup>2</sup>； 流量 5L/min

運転30分後に透過水をサンプリング

## (7.1.2.B)

### 3.2 化学洗浄

#### 1) サンプル調製

Φ75mmサイズの円盤状に切り出して洗浄実験用のサンプルとした。

#### 2) 洗浄試験

つぎの洗浄剤を用いた。

(a) NaOH (pH 12), (b) HCl (pH 2)

(c) シュウ酸 (0.2%)

#### 3) 洗浄条件

各洗浄液に24hrs浸漬、水洗後に性能評価および膜の表面分析を行った。

### 3.3 無機性汚染物質の観察および同定

SEM: 走査型電子顕微鏡およびEDX: エネルギー分散型エックス線マイクロアナライザーにて、膜面に付着した無機性物質の観察および同定を実施した。

### 3.4 有機性汚染物質の同定

FT-IR: フリエ変換赤外分光光度計にて膜面に付着した有機性物質を主に観察および同定を実施した。

## 4. 結果

### 4.1 外観観察

サウディアラビアの現地にてサンプリングのため解体されたのでエレメントの外観についての詳細な情報なし。なお、RO膜面を目視観察する限り著しい変化を示す所見なし。

### 4.2 ROエレメントの性能測定

本サンプルのROエレメントとしての性能データ未入手。

### 4.3 SEMとEDXによる膜面分析

汚染された膜サンプルのSEMとEDX膜面分析の結果をFig. 1-1およびFig. 1-2に示した。微生物の堆積、Fe化合物、Si-Al化合物および無機塩類が膜表面全体に観察された。細菌の菌体は認められず、数ミクロンの大きさの微生物が主である。

特にPがEDXで検出されているので微生物によるものと判定される。

### 4.4 FT-IRによる膜面分析

FT-IRによる汚染された膜サンプルの膜面分析の結果をFig. 5に示した。汚染物



(7.1.2.B)

の堆積が厚いために膜それ自体の吸収ピークは見られなかった。チャート上に示したマークは微生物に由来するアミドおよび水酸基に特徴的な吸収； $1650\text{cm}^{-1}$ (-NHC0-)； $1050\text{cm}^{-1}$ 、 $3300\text{cm}^{-1}$ (-OH)が認められた。

$400\text{cm}^{-1}$ のピークはFe化合物および付着物の着色による影響である。

全般的な所見として、この膜サンプルの主要な汚染物質は鉄化合物と海洋生物である。また、その汚れの程度はかなり進行しているものと考えられる。

#### 4.5 化学洗浄

Table 1 に汚染膜サンプルについての標準試験条件での塩分除去率および透過水量の測定結果を示した。

シュウ酸洗浄はある程度の塩分除去率の回復を示したが、NaClとHClは、効果的に膜を洗浄できなかったことを示した。新膜の性能は不明であるが、洗浄により非常に大きなFlux値が示すほど膜劣化が生じていたことから、元の膜性能にまで回復させることは不可能と考えられる。

推定される新膜の性能に比較して、塩分除去率の低下と比較的大きな透過水量の増加を示した。これらは典型的な膜面汚染および膜劣化の結果と考えられる。

Table 1 汚染膜サンプルの化学洗浄前後の膜性能測定結果

RO性能 サンプルの種類	Rejection(%)	Flux( $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{d}$ )
(Original performance)*	(98.9)	( $8.3 \text{ m}^3/\text{day } 6'' \text{ element}$ ) (推定膜面積@ $15\text{m}^2$ として、 $0.52 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$ )
汚染膜	80	0.76
NaOH洗浄膜	77	1.39
HCl洗浄膜	83	0.79
Oxalic acid洗浄膜	93	0.89

\* Fluid systemsのTFC1501PAのデータシートより得られた名目数値であり、本サンプルの実測値で無い。

#### 4.6 洗浄膜の表面分析

##### (1) SEMとEDXの分析

SEMとEDXによる洗浄膜サンプルの膜面分析の結果を Fig. 2-1～ Fig. 4-2に示した。

##### 1) NaOH洗浄

Fig. 2-1とFig. 2-2示すように、付着物がまだ残存し、EDXチャート上で強いFeの吸収ピークが検出された。これは、Fe化合物に対しNaOHの洗浄効果がほとんど無い

(7.1.2.B)

ことを示すものである。Crも洗浄により顕著に見られるようになった。これは洗浄により表層の微生物層が除去され吸収ピークの強度が高められたと考えられる。Fe-Crでステンレス部材など金属配管由来のコロイドなどの微粒子の流入が考えられる。

2) HCl洗浄

Fig. 3-1 およびFig. 3-2に示すように、EDXチャート上にかなりのFe吸収ピークが残存している。SEM写真に示すように微生物汚れに対し、HClの洗浄効果がほとんど無いことを示した。

3) シュウ酸洗浄

Fig. 4-1 およびFig. 4-2に示すように、EDXチャート上に主要汚染物であるFe吸収ピークがほとんど消失していたが、Si化合物は多く残存した。SEM写真に示すように、元の汚染膜に比較してシュウ酸洗浄膜の汚れはほとんど認められなかった。

多くのEDXチャートのI、K、Pのピークは膜表面上に海洋微生物の付着を示す。Sのピークは膜それ自体の高分子に由来し、AuはEDXのサンプル調製に由来している。従い、これらのピークは膜表面の汚れに関係しない。

(2) FT-IRの分析

\*\*\* FT-IRのATRスペクトル \*\*\*

FT-IRにより各薬品での洗浄膜サンプルの膜面分析の結果をFig. 6~Fig. 8に示した。

1) NaOH洗浄

Fig. 6に示すように、前述の汚染膜の分析では汚染物の異常な厚みのために認められなかった膜それ自体の吸収がNaOHの洗浄効果により検出された。これは有機性の付着物の層がこの薬品によりある程度まで除去されたことを示している。

2) HCl洗浄

Fig. 7に示すように、HCl洗浄膜のIRチャートは元の汚染膜と非常に相違していた。

3) シュウ酸洗浄

Fig. 8に示すように、シュウ酸洗浄膜のIRチャート上に微生物由来の汚染物が残存しているが、膜それ自体の吸収が検出された。Si化合物の強い吸収ピークのも検出され、シュウ酸洗浄膜のSEMとEDXの結果とよく一致している。

\*\*\* FT-IRの差スペクトル \*\*\*

汚染膜から各洗浄液により洗浄された汚染物膜の吸収を引いた差スペクトル分析の結果をFig. 9~Fig. 11に示した。

これらのスペクトルは化学洗浄により除去された汚染物の吸収を示す。

1) NaOH洗浄

Fig. 9に示すように、微生物由来およびSi化合物( $1000\text{cm}^{-1}$ )の吸収が検出されている。これは汚染物が膜面より効果的に除去されたことを示す。

(7.1.2.B)

2) HCl洗浄

Fig. 10に示すI-R吸収のピークはあまり特徴的でなかった。微生物由来の吸収およびCa塩 ( $1400\text{ cm}^{-1}$ )の吸収が若干認められる程度であった。

3) シュウ酸洗浄

Fig. 11に示すように、 $400\text{ cm}^{-1}$ の吸収はFig. 9およびFig. 10のものに比べて多く、Feがよりよくこの薬品洗浄で除去されたことを示した。微生物由来の有機化合物およびCa塩類の吸収も検出されている。

5. 要約

Umm Lujj海水淡水化プラントで使用されたRO膜サンプルを入手して、化学洗浄テスト前後でのSEM、EDXおよびFT-IRの分析を行った。

元もとの汚染膜は、相当な膜汚染と劣化を示す、非常に低い塩分除去率と高いFlux性能を有した。

汚染膜の表面分析を通じて、種々の有機性および無機性の汚染物質が同定された。海洋微生物と鉄化合物が主要な膜汚染物であった。汚染物の量もかなりの程度と見られた。

化学洗浄テストで、シュウ酸はある程度の性能の回復を可能にした。

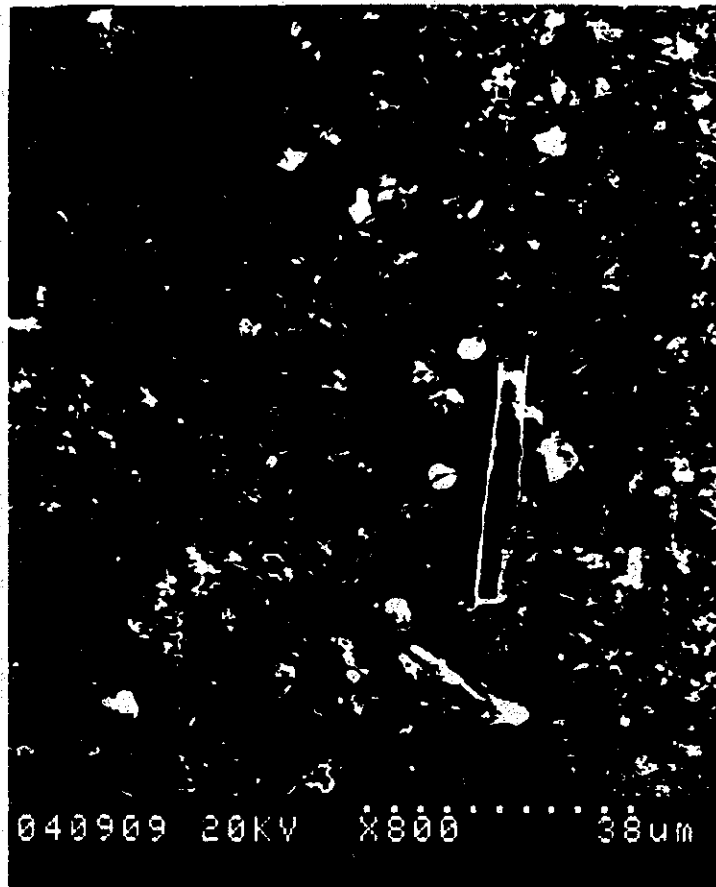
洗浄膜のSEM、EDXおよびFT-IR分析により、シュウ酸は効果的に鉄化合物を除去した。しかし、Si化合物や生物汚染物には、シュウ酸洗浄膜から依然これらの汚染物が同定されたことから、シュウ酸の洗浄効果が十分で無いことを示した。

従い、ここで得られた化学洗浄の結果より更なる効果を引き出すために、Si化合物と生物汚染を除去できるNaOHをシュウ酸の次に組み合わせることが推奨される。

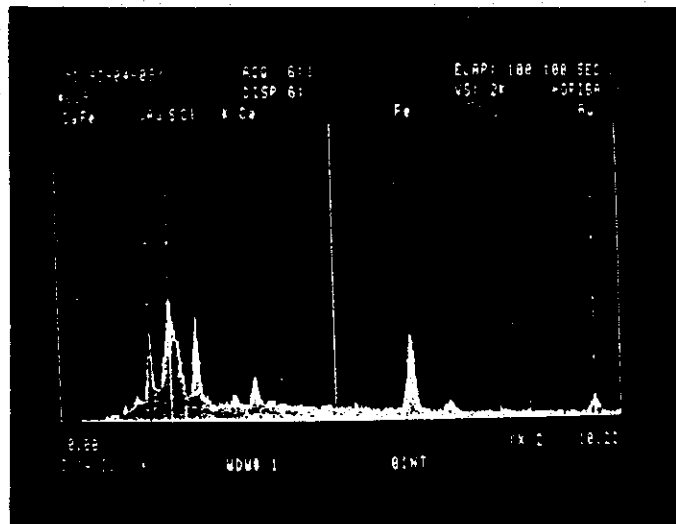
元の新膜の性能は明かではないが、洗浄された膜のFlux性能が非常に大きいことから示された膜劣化のために本来の膜性能に完全に回復することは不可能と思われる。

さらに重要にこととして、膜の汚染は相当進んでいることより、化学洗浄の技術を考慮することだけでは十分でない。鉄の汚染は、前処理における、凝集および砂ろ過工程としばしば関連する。一方、生物学的な汚染は殺菌が無効であることによって通常引き起こされる。故に、頻繁な洗浄の実施よりも汚染それ自体の防止のために、前処理システムの見直しが提案される。

(7.1.2.B)



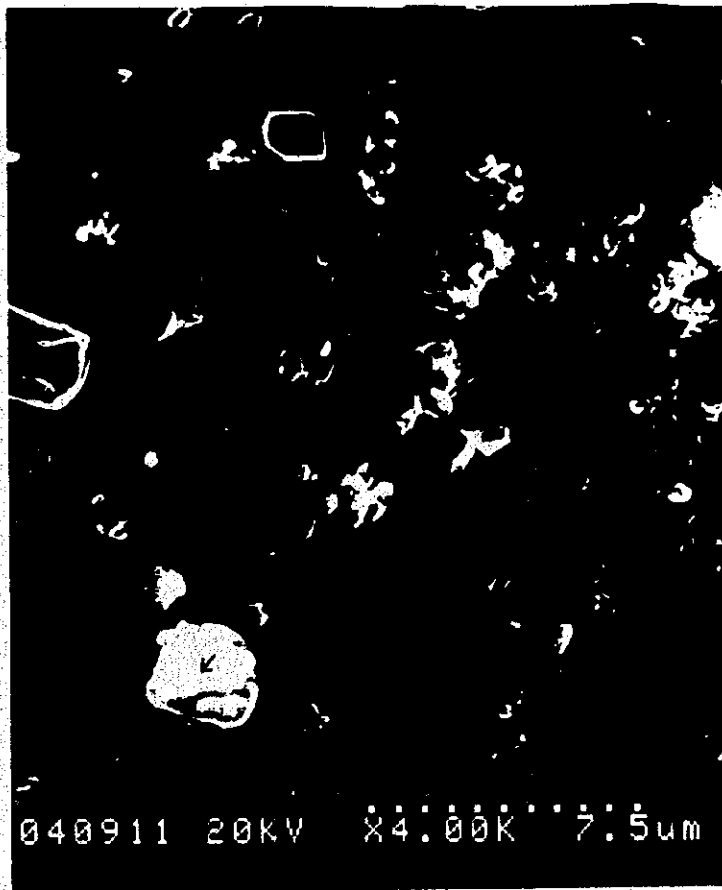
SEM (X800)



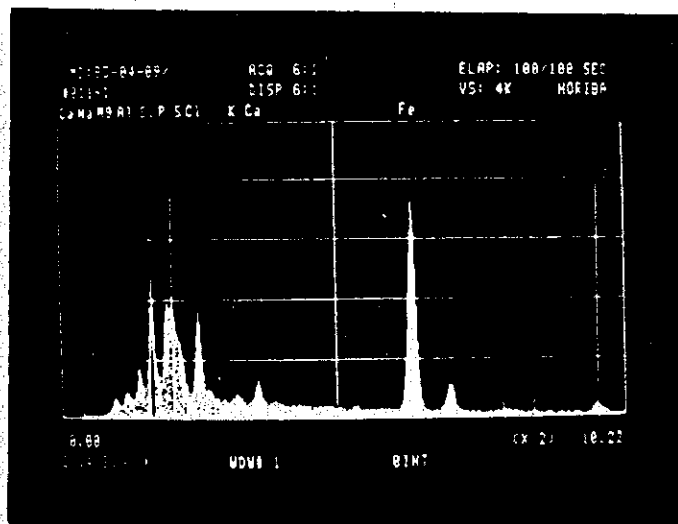
EDX SPECTRUM OVER THE ABOVE SCOPE

Fig. 1 - 1 汚染膜のSEM及びEDX(1)

(7.1.2.B)



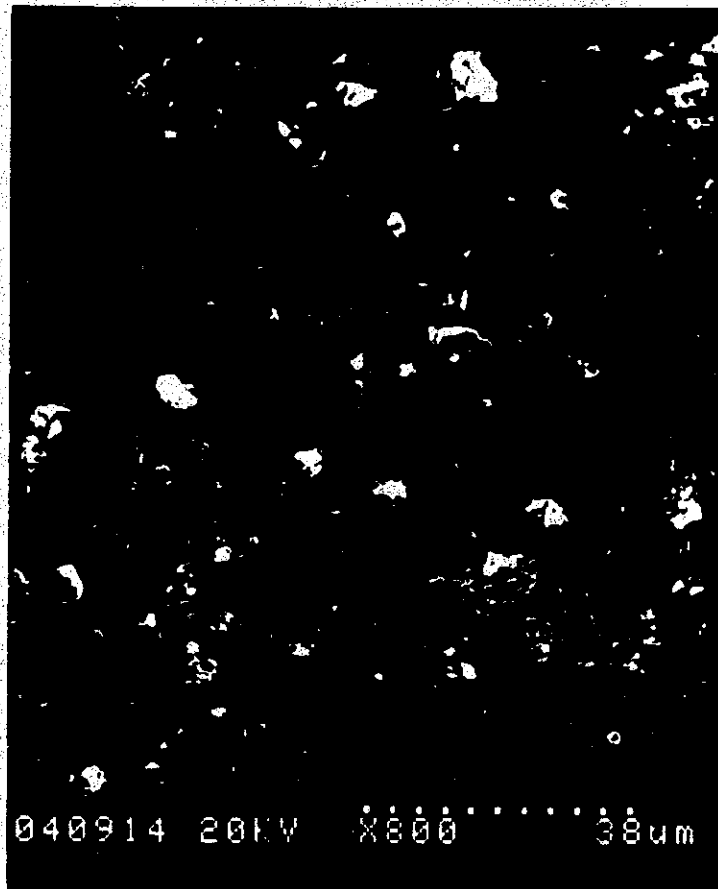
SEM (X4000)



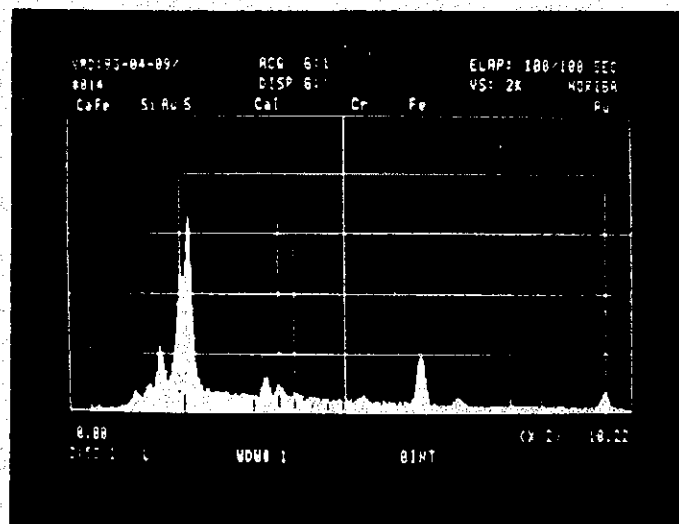
EDX SPECTRUM OF THE ARROWED SPOT

Fig. 1-2 汚染膜のSEM及びEDX(2)

(7.1.2.B)



SEM(X800)



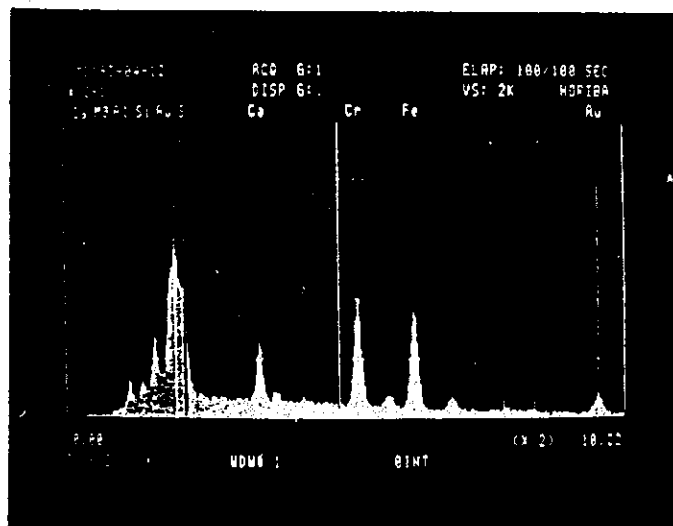
EDX SPECTRUM OVER THE ABOVE SCOPE

Fig. 2 - 1 NaOH洗净膜 (1)

(7.1.2.B)



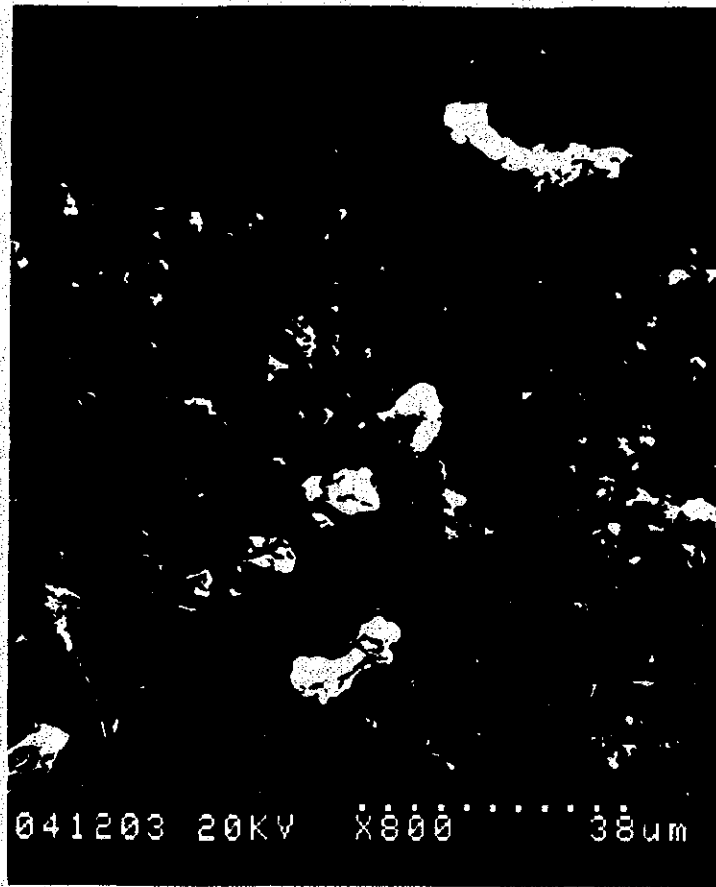
SEM (X4000)



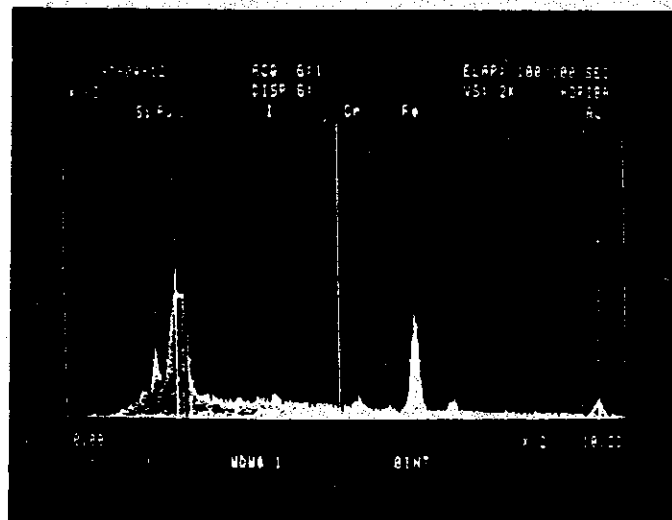
EDX SPECTRUM OF THE ARROWED SPOT

Fig. 2-2 NaOH洗浄膜のSEM及びEDX(2)

(7. 1. 2. B)



SEM (X800)



EDX SPECTRUM OF THE ABOVE SCOPE

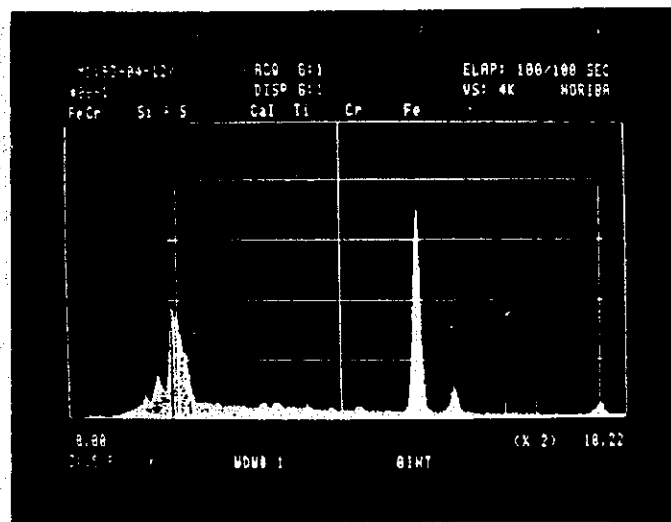
Fig. 3 - 1 HCl洗浄膜のSEM及びEDX(1)



(7.1.2.B)



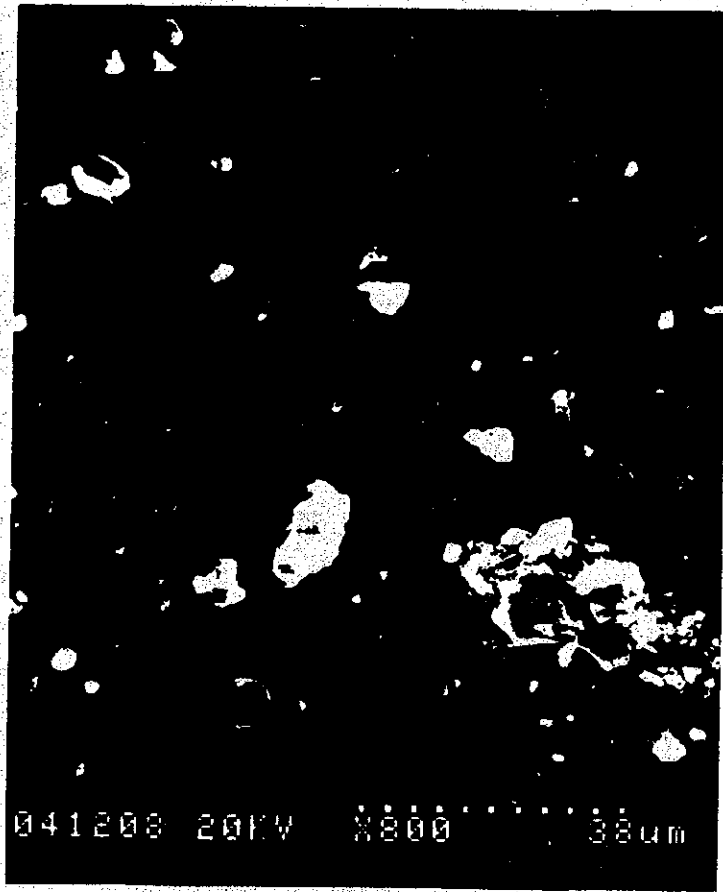
SEM (X4000)



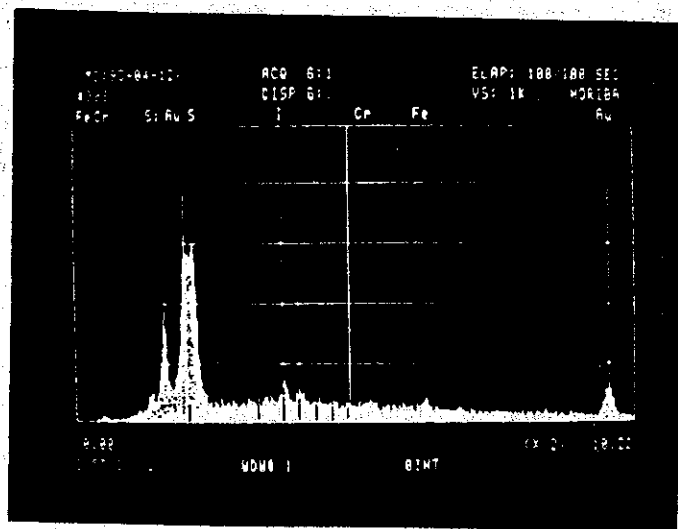
EDX SPECTRUM OF THE ARROWED SPOT

Fig. 3 - 2 HCl洗浄膜のSEM及びEDX(2)

(7.1.2.B)



SEM (X800)



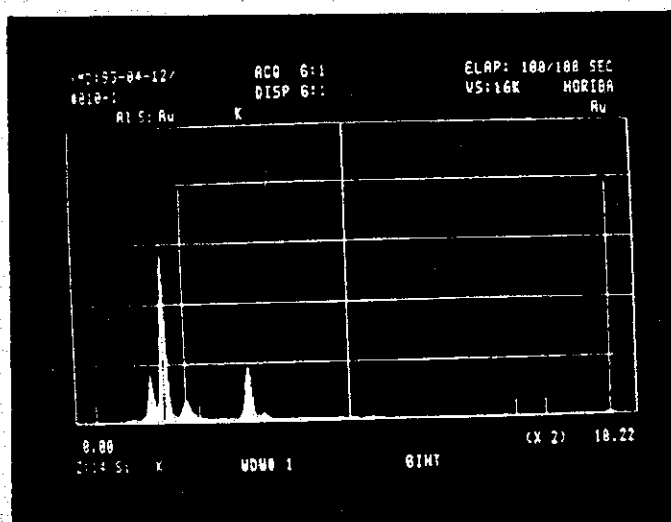
EDX OVER THE ABOVE SCOPE

Fig. 4-1 シュウ酸洗浄膜のSEM及びEDX(1)

(7. 1. 2. B)



SEM (X4000)



EDX OF THE ARROWED SPOT

Fig. 4-2 シュウ酸洗浄膜のSEM及びEDX分析(2)

(7. 1. 2. B)

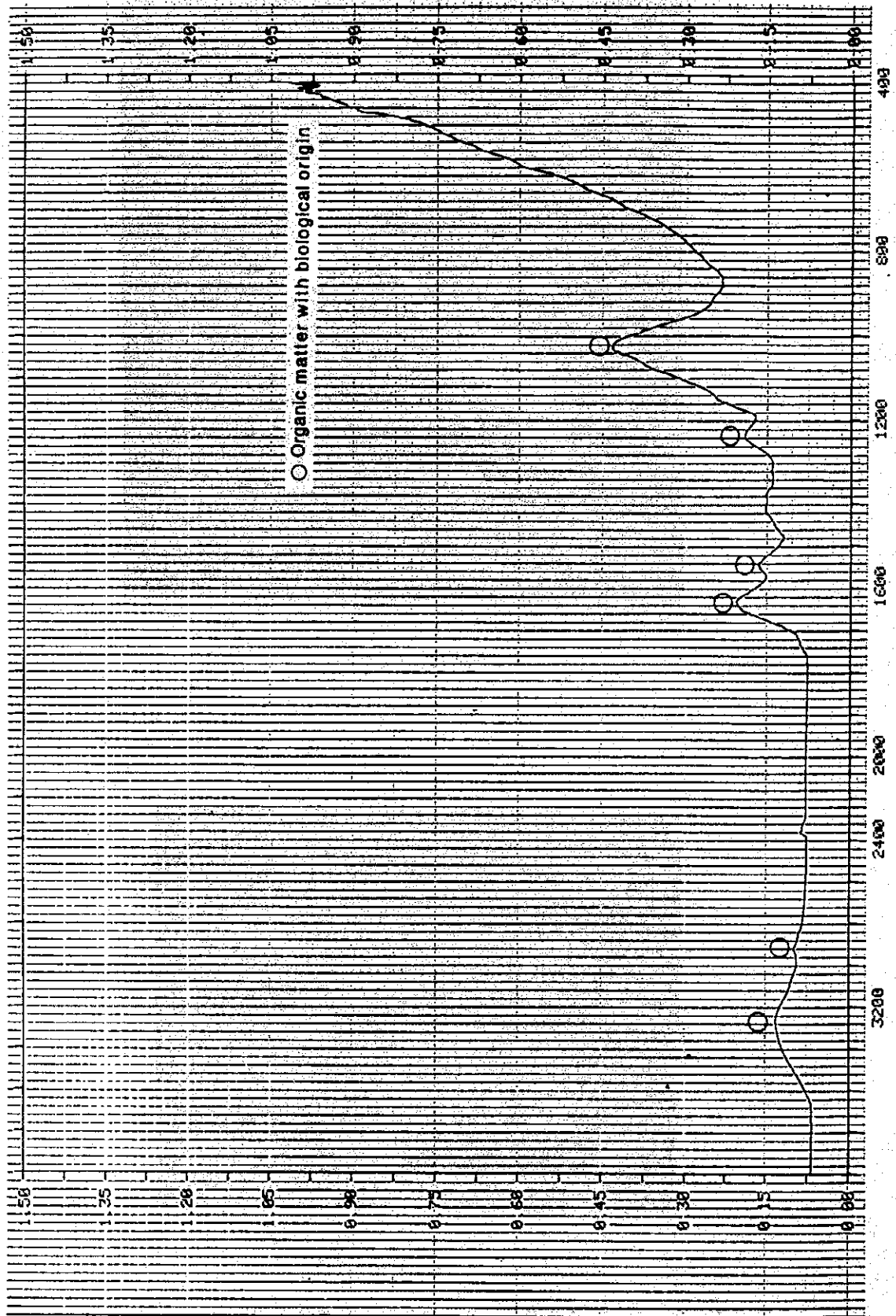


Fig. 5 汚染質のIRチャート

(7.1.2.B)

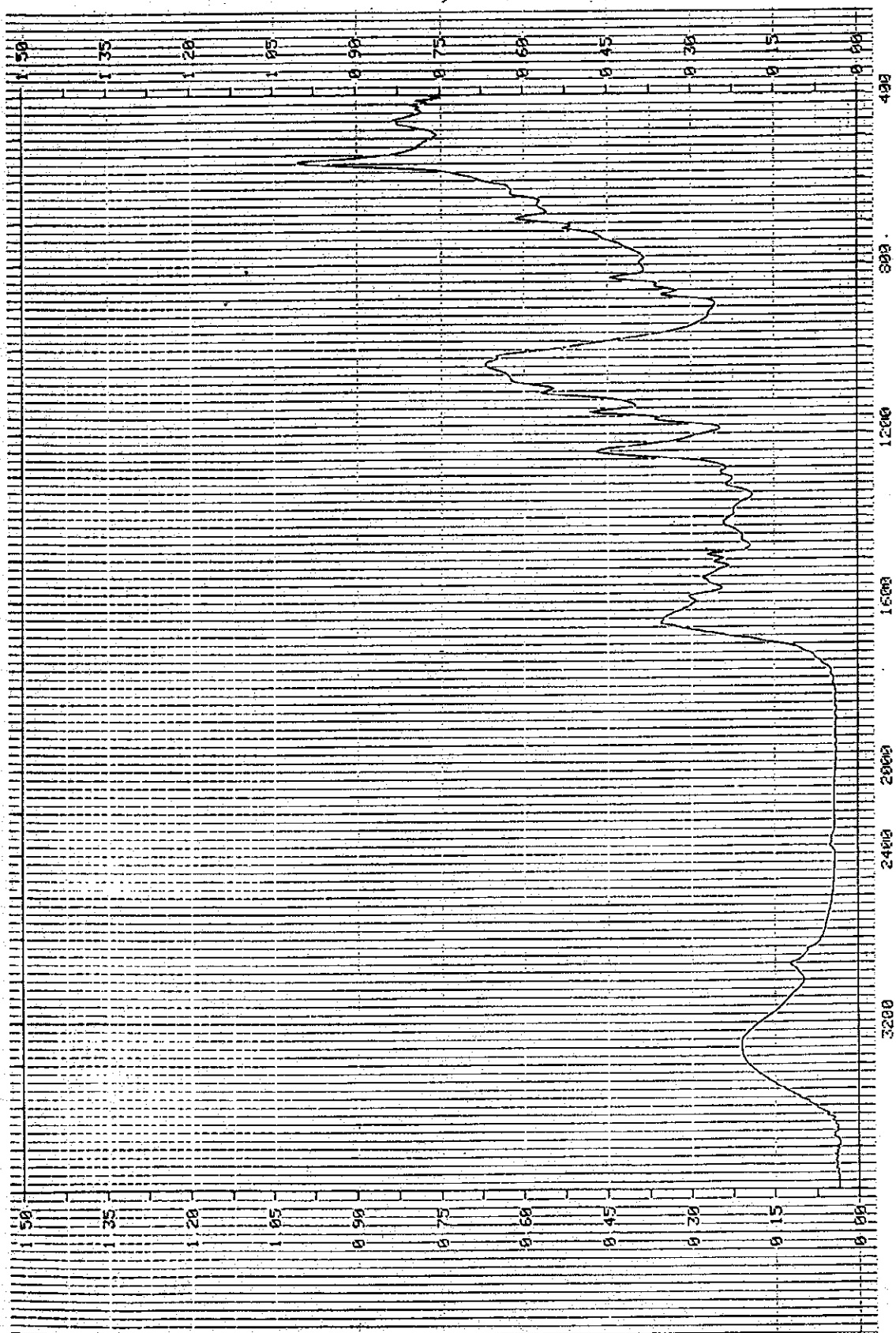


Fig. 6 NaOH洗浄膜のIRチャート

(7.1.2.B)

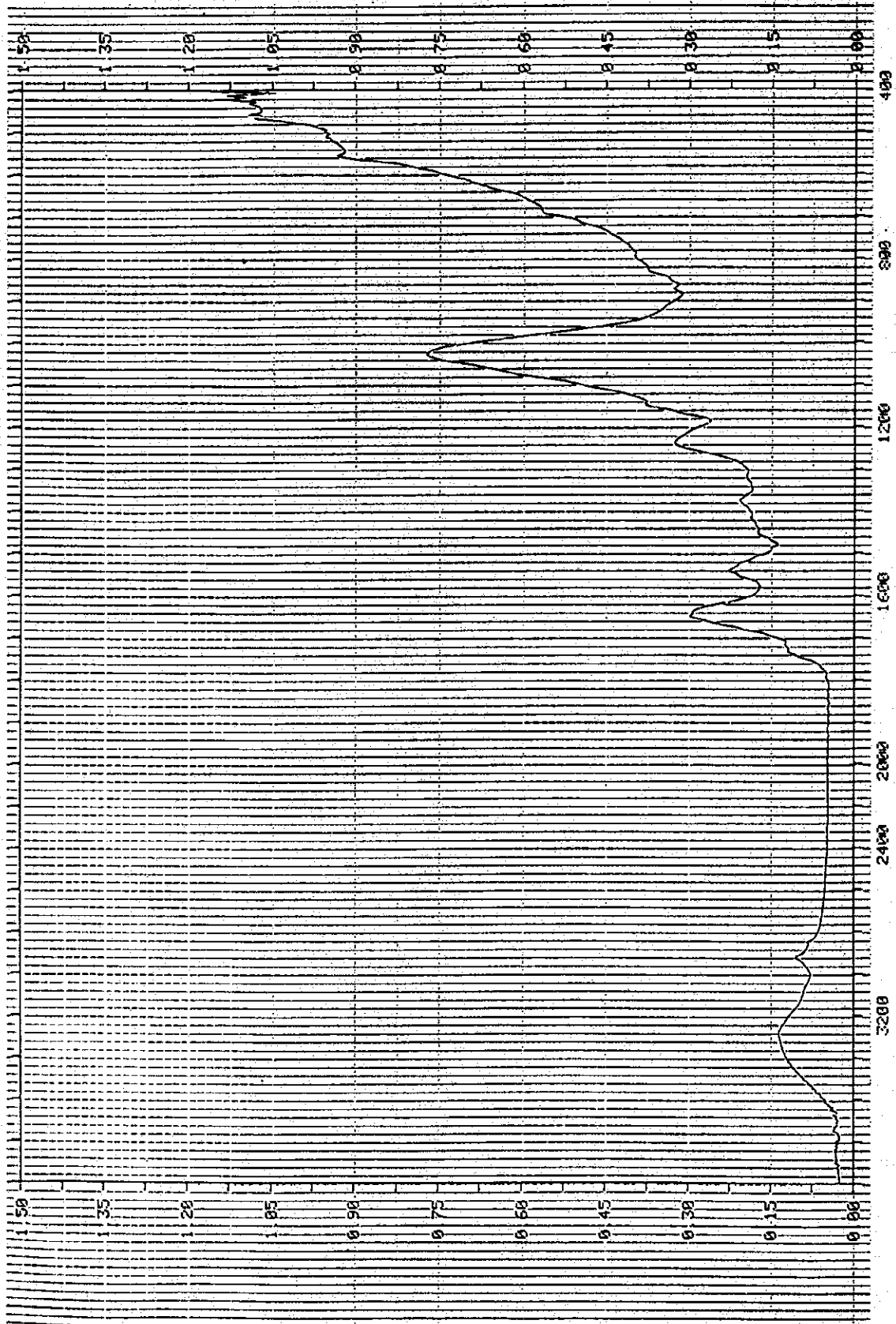
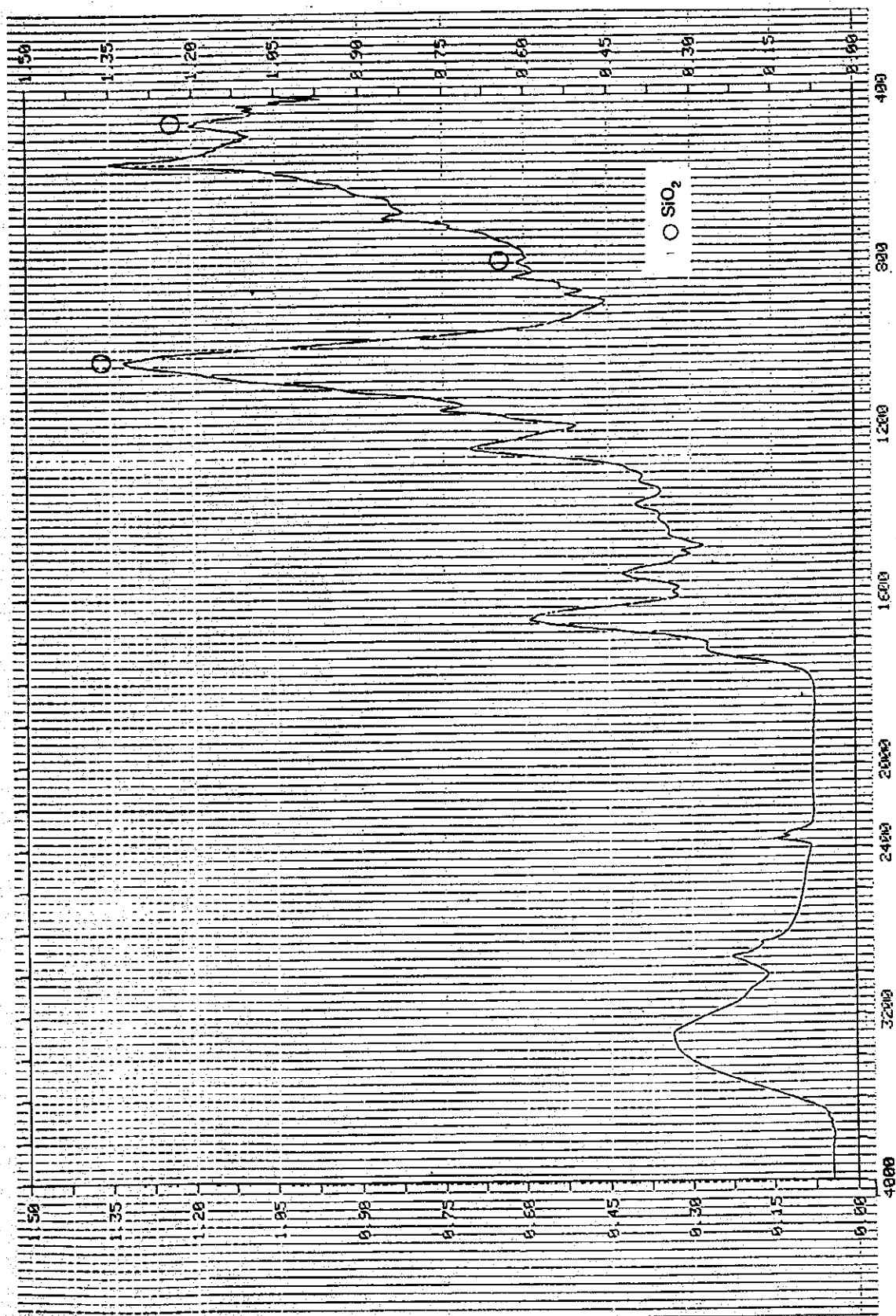


Fig. 7 HCl洗淨膜のIRチャート



(7.1.2.B)

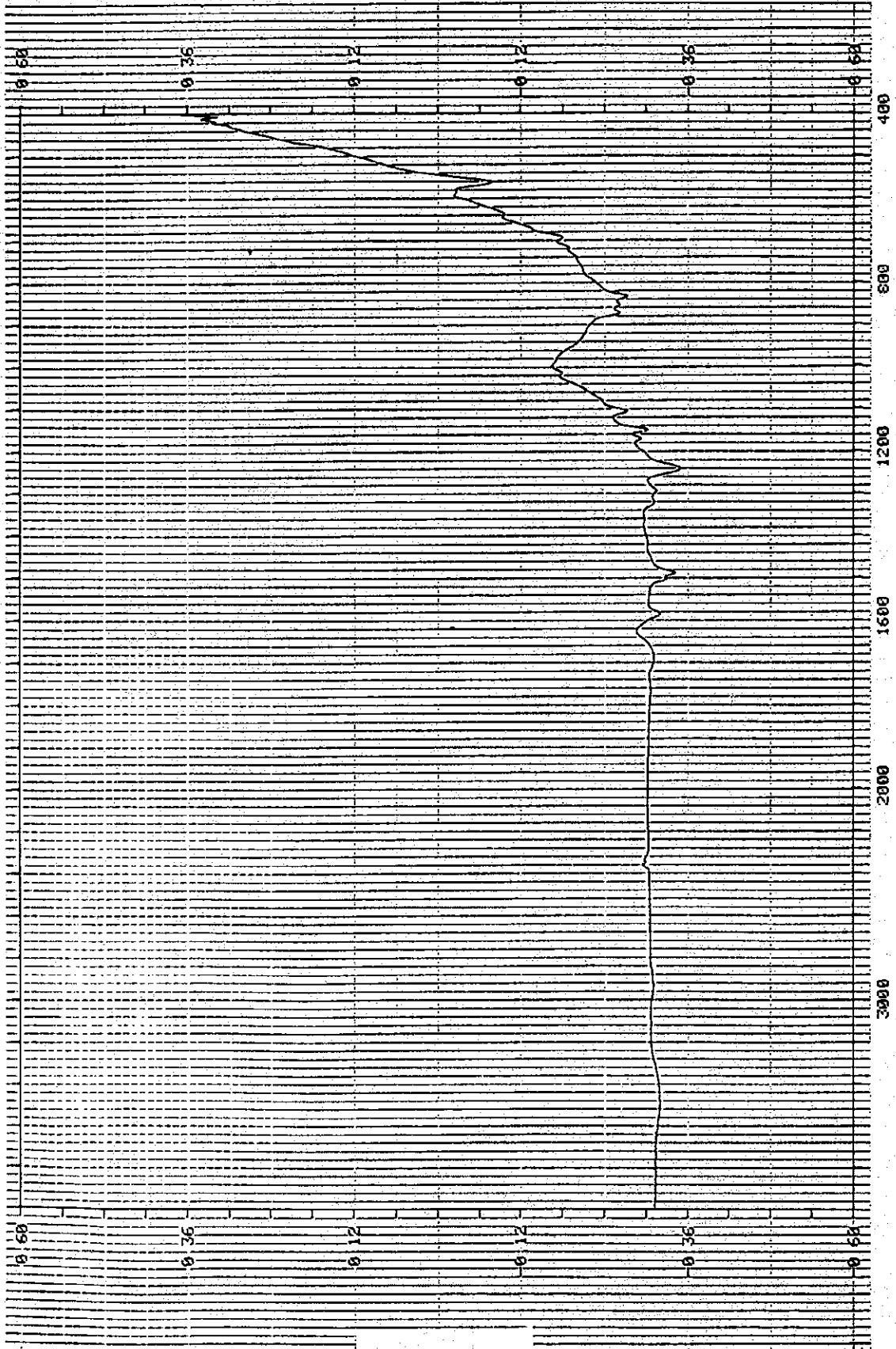


Fig. 9 NaOH洗淨で除去された膜汚染物質のIRチャート



(7.1.2.B)

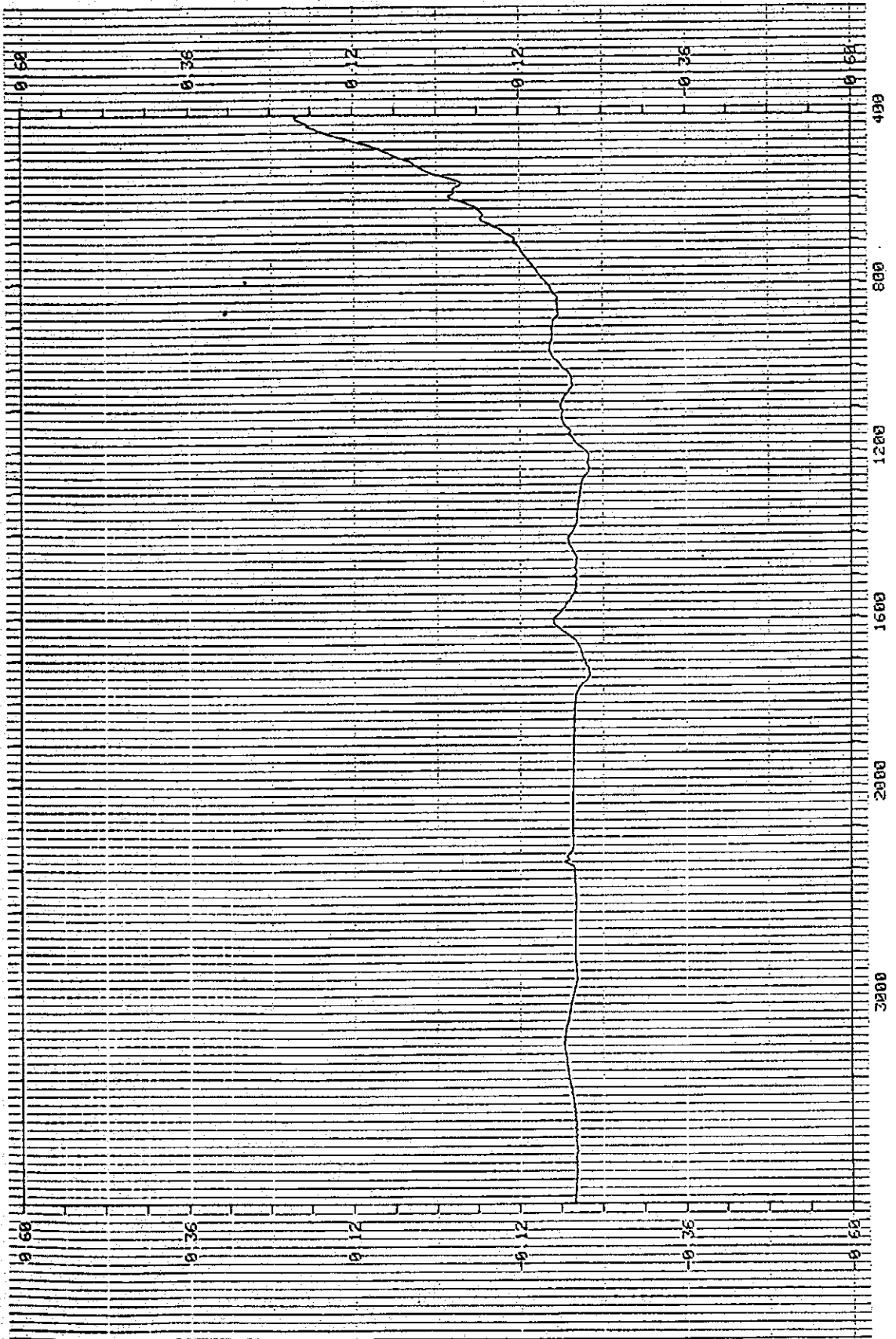


Fig. 10 HC|洗浄で除去された塵汚染物質のIRチャート

(7.1.2.B)

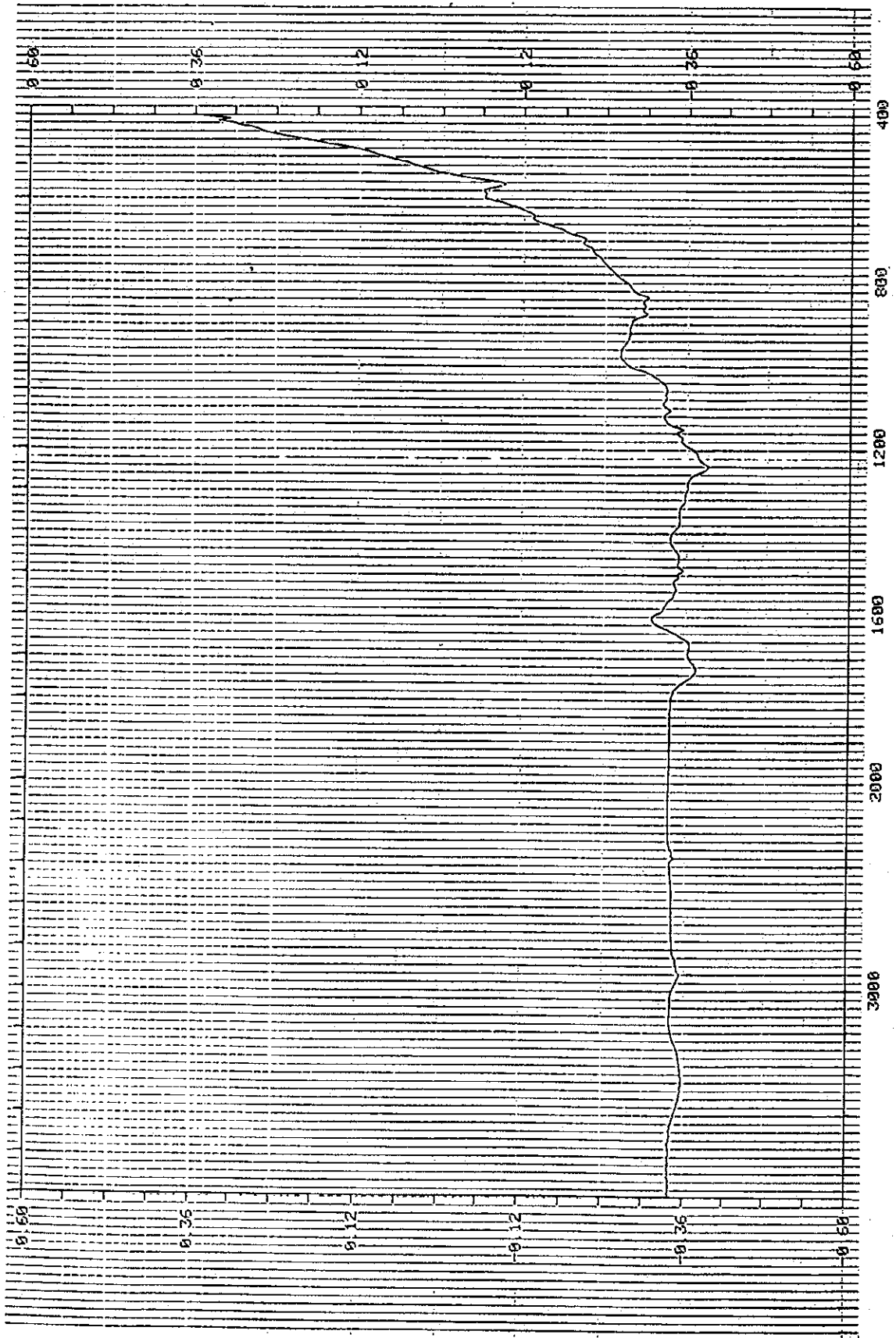


Fig.11 シュウ酸洗浄で除去された膜汚染物質のIRチャート