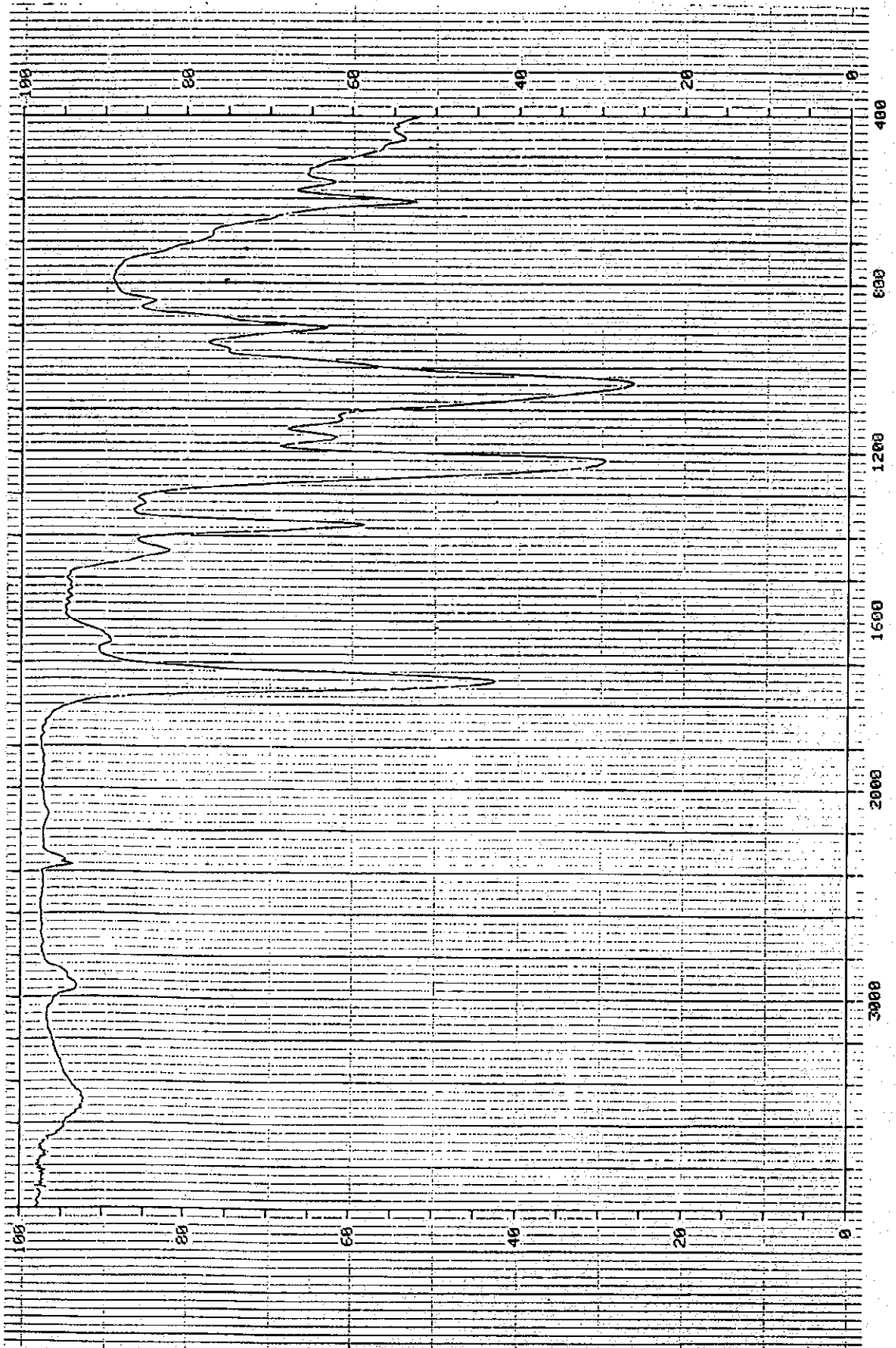


(7.1.2.E)



(7. 1. 2. E)

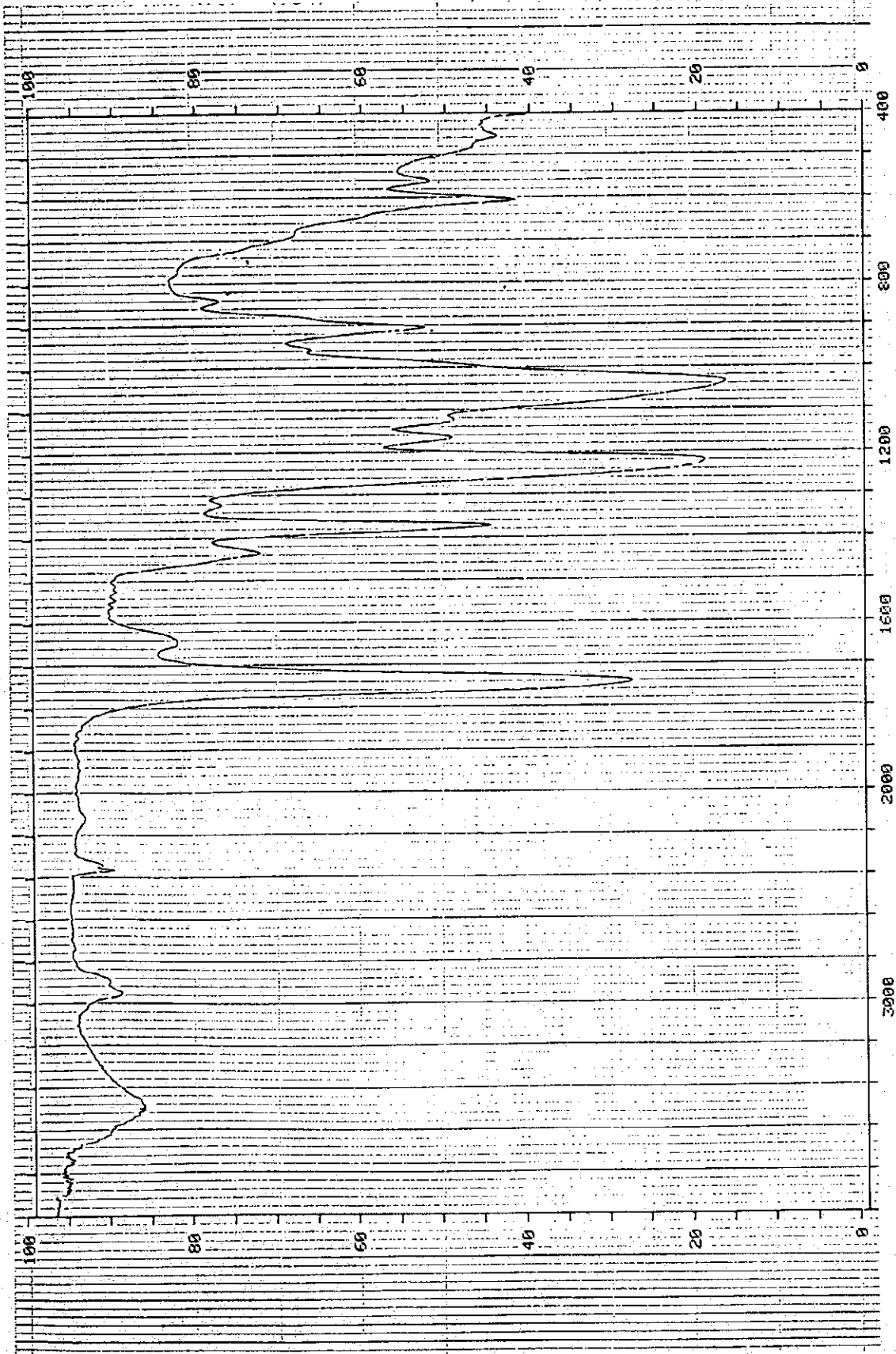


Fig. 4(5) No. 5 サンプルの IR チャート

(7.1.2.E)

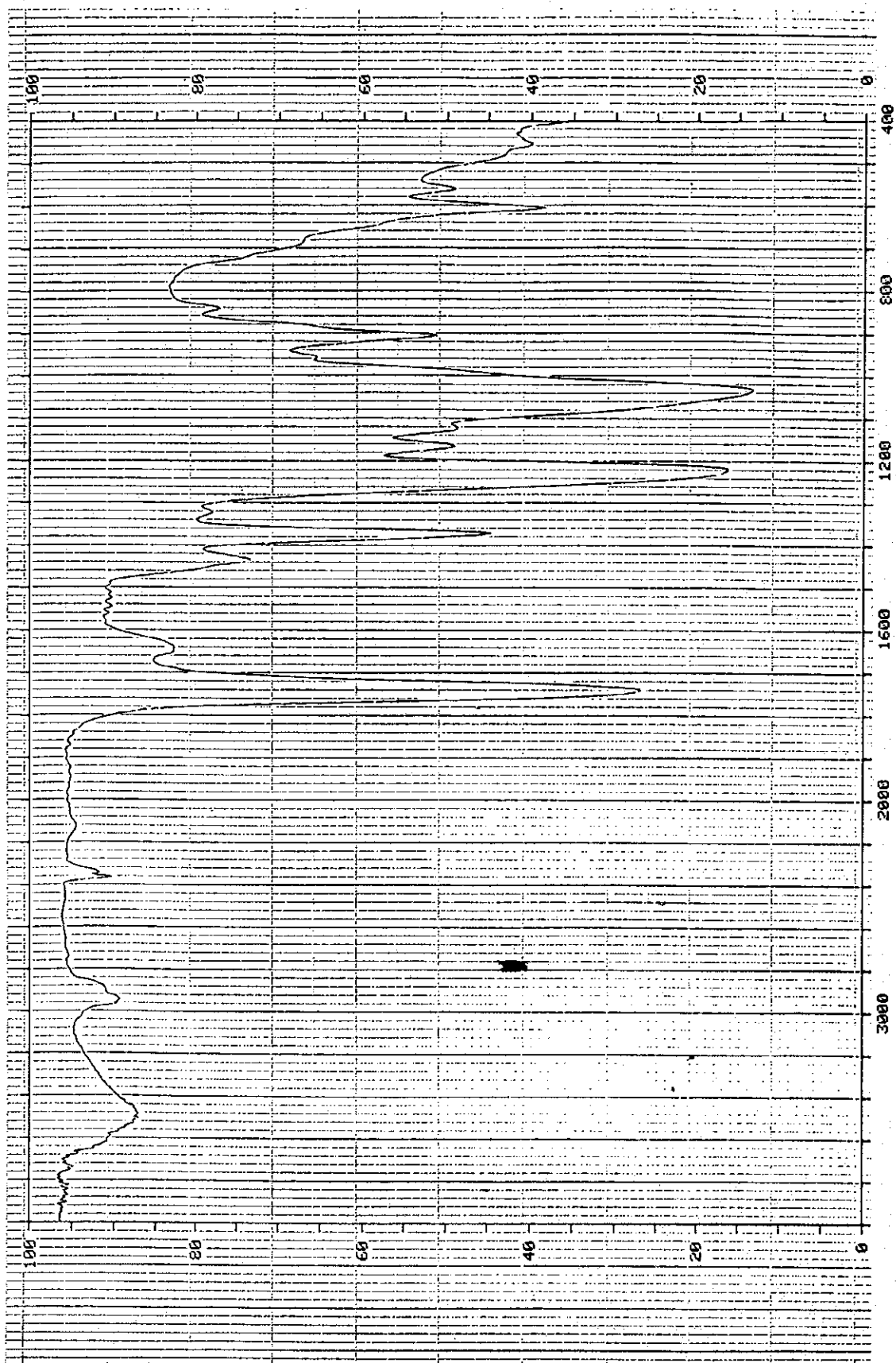


Fig. 4(6) No. 6 サンプルの IR チャート

7.1.3 平膜比較試驗

(7.1.3)

目 次

7.1.3 平膜比較試験	1
1. 目的	1
2. 実験方法	1
3. 実験結果と考察	3

(7.1.3)

表 一 覧

表番	題 名	頁
Table 1	R D T C 試験プラント：ミニ② - RUW - 5 における各種市販海水 R O 平膜シートの実験結果	4

(7.1.3)

図 一 覧

図番	題 名	頁
Fig. 1	ミニモジュール試験装置(2)のフローシート	5
Fig. 2	ミニモジュール試験装置-2 (RUW-5)と平膜セルテストの配置図	6
Fig. 3	ミニモジュール試験装置-2 (RUW-5)	7
Fig. 4	平膜セル	7
Fig. 5	平膜セルの構造断面および外観図	8
Fig. 6	平膜セルにRO平膜を取付ける際の位置関係	9

7.1.3 平膜比較試験

1. 目的

ハイブリッドシステム（MSF-RO）用のRO膜を選択するため市販のRO膜のうち平膜で入手し得る各社の膜サンプルを入手して性能比較を行なう。

2. 実験方法

本実験は清澄海水を用いて実際の温度、圧力に近い条件で実施した。（第一次選択実験）Fluid Systems、東レ、日東電工の平膜について、JICA供与のチラーを使って水温を調節した上で、一連の測定を実施した。

平膜の性能（膜透過流束と脱塩率）は操作圧力が高いと良くなり、水温が1℃高くなると膜透過流束は2～3%高くなる。そのため操作圧力・水温を一定にした試験を実施しないと正しい膜性能を評価することが出来ない。

[実験設備]

① 設備

- (i) ミニモジュール試験装置-2 (RUW-5)
- (ii) 冷却器セット #2
- (iii) pH メータ
- (iv) 電気伝導度メータ

② 器具

- (i) 温度計 (0 - 50℃)
- (ii) ビーカ
- (iii) メスシリンダ (1リットルおよび2リットル)
- (iv) ストップウォッチ

③ 手順

ミニモジュール試験装置-2 (RUW-5) は以下の機器で構成されており、装置全体は必要に応じて自走ホイールで移動可能となっている (Fig. 1、2、3 及び 4 参照)。

- (i) 高圧ポンプ (電源装置に接続されたインバータ)、
- (ii) 冷却装置 #2 からの冷却水との熱交換で供給水温度を制御するための自動制御装置付き水クーラー
- (iii) 実験圧を制御する低圧バルブ
- (iv) 供給および排出ポイントに適合するNPT接続口を備えたフレキシブル入口および出口配管付き平膜セル (Fig. 5)
- (v) 高圧ポンプのサクションヘッドを保持する給水タンクに容易に浸漬するフレキシブル供給配管

(7.1.3)

- (vi) 個別に取り付けられている、コンピュータ化された周波数および作動条件の制御および指示装置
- (vii) 装置と冷却システムおよび他の実験箇所を接続するよう設けられている冷却水フレキシブル接続予備

二番目の主要装置は冷却水を供給する冷却器である。冷却装置は、プロセスにゼロ流量の最小フローを送るのに十分なバイパス付きの冷却水循環ポンプを備えている。また、設定温度範囲での自動制御装置および緊急時に装置を停止するための指示計付きの自動トリップ装置は独立してコントロールパネルに取り付けられている。

連続した4つのセルが連結されており、各セルからでる生産水を別々に集め、測定し、分析した。

直径7.5cmの膜サンプルを、膜の活性面を汚染あるいは破壊しないように注意しながら均等にカットし、Fig. 5に示すようにセルの中に入れた。

原水および生産水の電気伝導度、温度およびpHを標準機器をもちいてモニターしながら測定した。その結果を表Table 1に示す。

(7.1.3)

3. 実験結果と考察

実験データをTable1に示す。

膜透過水流束は膜の面積からO-リングの部分を差し引いた有効面積当たりで算出した。

[結論]

運動圧力56.6kg/cm²の場合、日東電工の70SWC膜は98.62%、Fluid System社の膜は98.9%の除去率を示したのに対し、東レのUTC80S、80Mの膜は99.4%以上の除去率を示した。同じ運動圧力でFluid system社の膜が最大のフラックスである。次いで東レ社の80Sであったが、日東電工の膜が最低のフラックスであった。

Fluid System社の膜と東レの80M膜のみが、運転圧力を高めるとフラックスも高くなった。一般にフラックスは運転圧力の上昇につれて増加することが知られているが、東レの他の膜や日東電工の膜は運転圧力を増加してもフラックスは増加しなかった。試験結果から、一般に云われるように高除去率の膜ほど低フラックスであることが確認された。

(7.1.3)

Table 1 R D T C試験プラント：ミニ②-RUW-5における各種市販海水
RO平膜シートの実験結果

実験条件：濃縮供給水流量：7 リットル/分 温度：25℃±0.1℃ pH：7 海水 EC：59750 μ s/cm				
膜の種類	試験圧 kg/cm ²	流束 M ³ /M ² ・D	塩分除去率 %	有効膜面積換算 M ³ /M ² ・D
TORAY UTC80S	56.6	0.72849	99.43	0.855
	60.3	0.62198	99.51	0.720
TORAY VTC-80M	56.6	0.4856630	99.62	0.570
	60.3	0.51548	99.66	0.600
NITTO NTR 70SWC	56.6	0.60068	98.62	0.705
	60.3	0.58157	98.50	0.675
UOP TFCH - HP	56.6	0.92020	98.89	0.9825
	60.3	1.08209	99.04	1.245

* 実験温度は25℃に制御

* 実験は2種類の圧力56kg/cm²および60kg/cm²で行った。

(7.1.3)

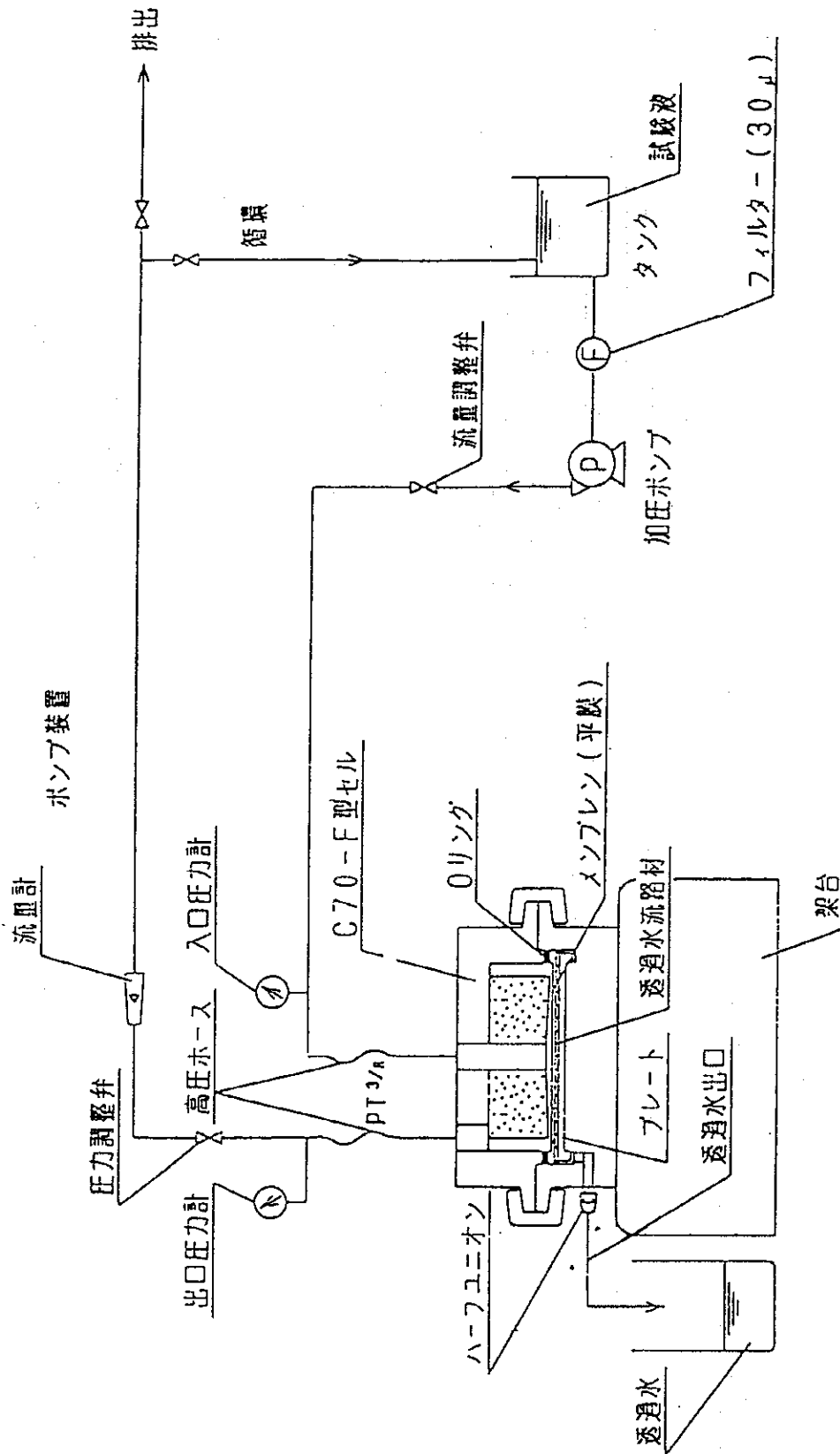


Fig. 2 ミニモジュール試験装置-2 (RUW-5) と平膜セルテストの配管図

(7.1.3)

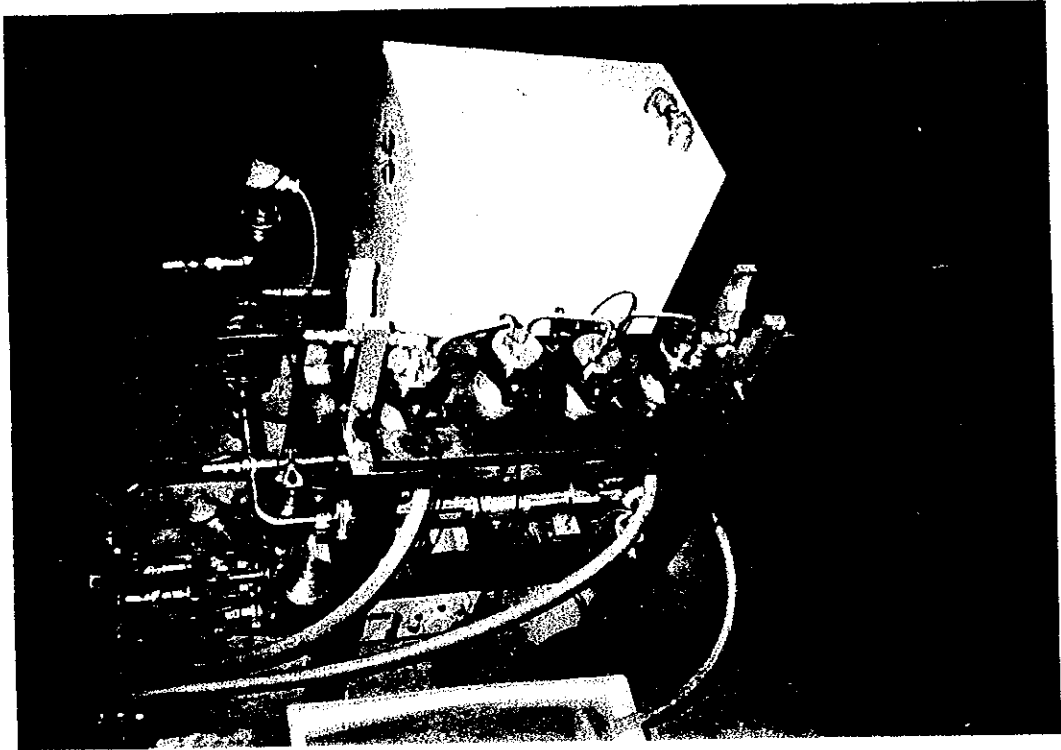


Fig.3 ミニモジュール試験装置-2 (RUW-5)

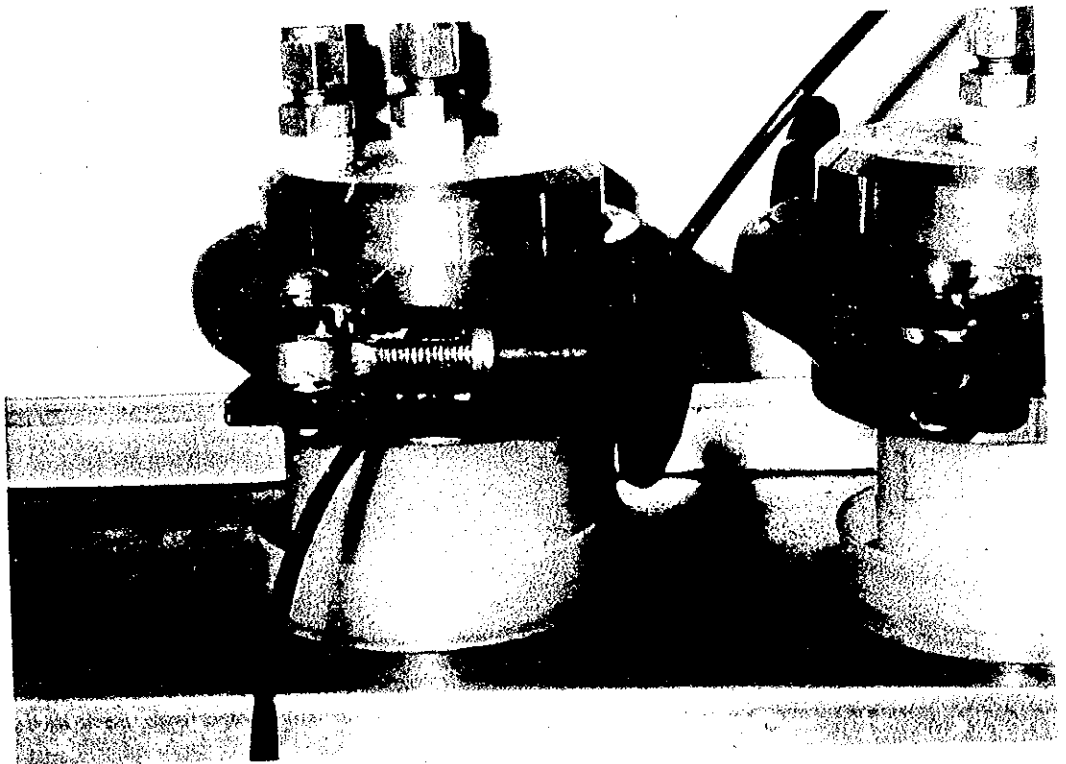


Fig.4 平膜セル

(7.1.3)

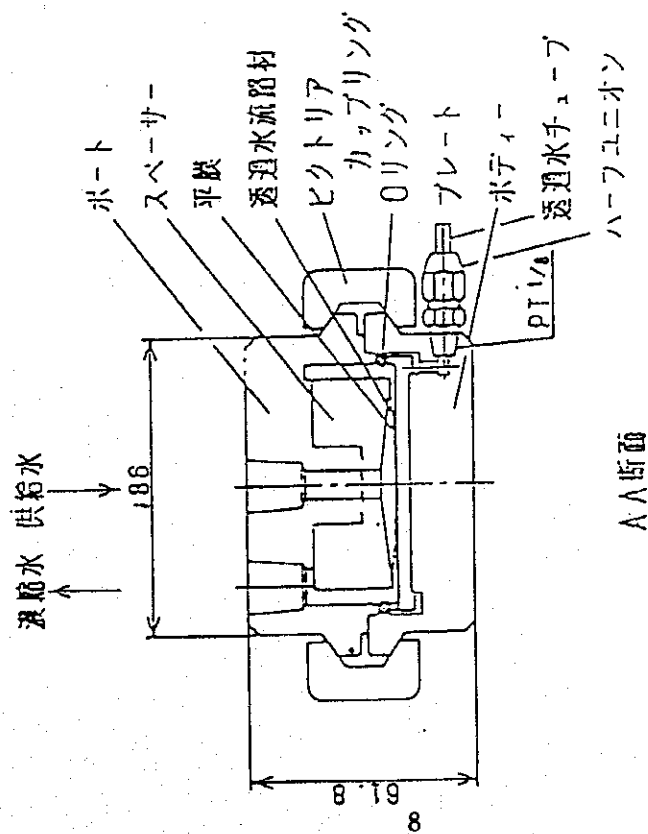
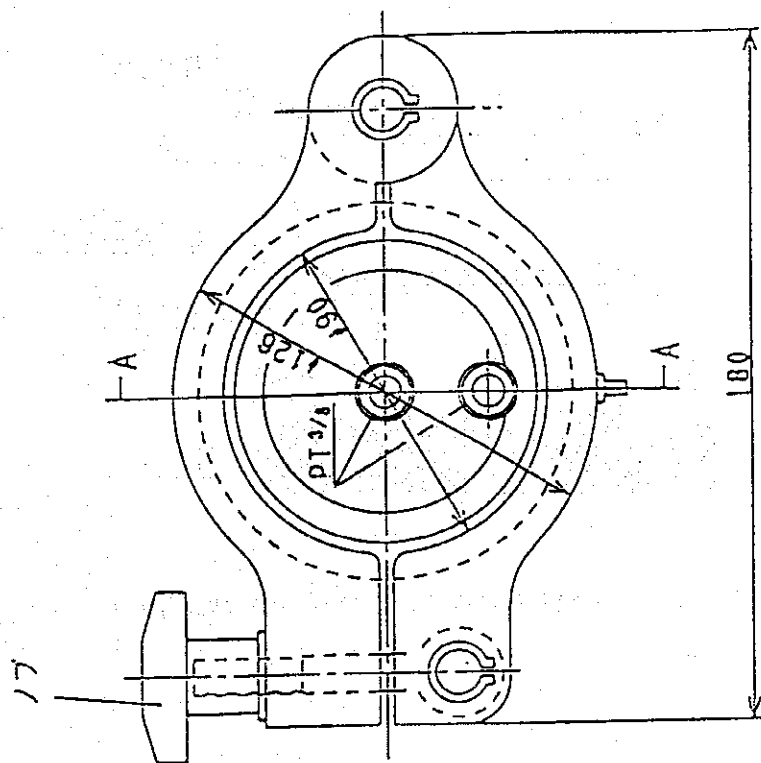


Fig. 5 平膜セルの構造断面および外観図

(7.1.3)

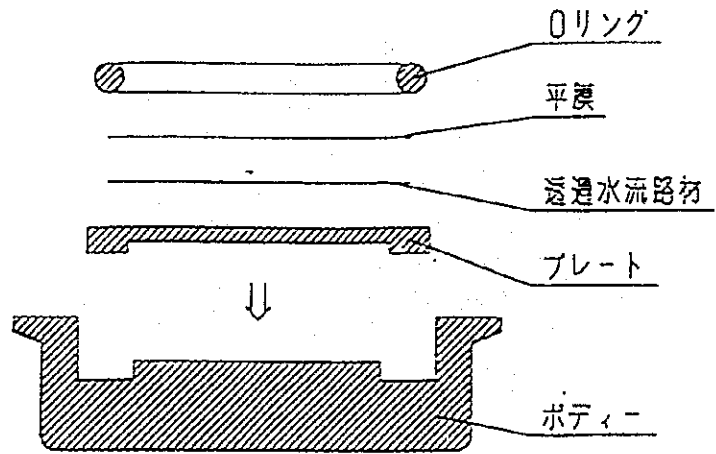


Fig. 6 平膜セルにRO平膜を取付ける際の位置関係

7. 1. 4 平膜による塩素および濁質に対する耐性試験

7.1.4.A. 塩素耐性試験

(7.1.4.A)

目 次

A. 塩素に対する耐性試験	1
1. 目的	1
2. 実験概要	1
3. 実験方法	1
4. 実験結果と考察	2
5. 結論	3

(7.1.4.A)

表 一 覧

表番	題 名	頁
Table 1	平膜の耐塩素性試験結果 (塩素濃度 = 10ppm)	7
Table 2	平膜の耐塩素性試験結果 (塩素濃度 = 5 ppm)	9

(7.1.4.A)

図 一 覧

図番	題 名	頁
Fig. 1	SWCC平膜試験装置のフローチャート	4
Fig. 2	SWCC平膜試験装置の写真	5
Fig. 3	SWCC平膜試験装置セルの内部詳細図	6
Fig. 4	膜の耐塩素性試験結果（塩素濃度=10ppm）	8
Fig. 5	平膜の耐塩素性試験結果（塩素濃度=5 ppm）	10
Fig. 6	平膜の耐塩素性試験結果（塩素濃度=1 ppm）	11
Fig. 7	平膜の耐塩素性試験結果（塩素濃度=0.3ppm）	12

7.1.4 平膜による塩素および濁質に対する耐性試験

A. 塩素に対する耐性試験

1. 目的

塩排除率と透過水流束はハイブリッド海水淡水化システムに使用するRO膜の基本特性として2つの最も重要なものである。塩素および濁質に対する耐性も、これら2つの基本特性に影響を与え、その結果としてRO膜の性能に影響を及ぼす重要な特性である。この研究の主な目的は、ハイブリッド海水淡水化システムに用いる耐塩素性RO膜選定の実験的方法を確立することにある。この目的に限定して、いくつかの予備実験を行った。塩素濃度0.3~10ppmの原水を通してSWCC所有の平膜試験装置を運転し、塩素および濁質に対する耐性を試験した。3種類のRO膜サンプルについて耐性試験を行った。

2. 実験概要

塩素耐性試験は3種類の平膜、すなわちToray 80S、Toray 80MおよびNitto Denkoについて、SWCC所有平膜試験装置を用いて行った。原水の塩素濃度は、10ppm、5ppm、1ppmおよび0.3ppmである。SDI 2.5 ± 0.5 の前処理済み原水はSWCCパイロットプラントより採取した。原水の温度およびpHはそれぞれ25℃および 6.7 ± 0.2 に維持した。試験を行ったいずれの膜も塩排除率が低下した（すなわち透過水電気伝導率が上昇した）が、その程度は塩素濃度と膜の種類に応じて異なる。塩素濃度10ppmの原水で5時間運転した後、塩素を加えない原水では95%であった塩排除率がToray 80S、Toray 80MおよびNitto Denko膜についてそれぞれ57.37%、87.73%および78.17%に低下した。実験を200時間にした場合、さらなる低下が見られた。塩素濃度を5ppmおよび1ppmに下げた時も塩排除率の低下は見られたが、その低下速度は遅くなった。原水中に0.3ppmの塩素が残留している場合、膜の塩排除率は徐々に低下するものの、前記3つのケースに比べ、その低下速度はきわめて遅い。

一般に、膜劣化の速度は原水中の塩素濃度が高いほど速い。Toray 80MとNitto Denko膜は塩素に対する同程度の耐性を示すが、Toray 80Sは塩素耐性が低い。原水中の同程度の塩素濃度で他の膜に比べてより多くの膜透過流束を示すToray 80S膜は、原水中の塩素により透過水流束にも影響を及ぼす。

3. 実験方法

Fig. 1はSWCC平膜試験装置のフローチャートを示す。この試験装置はブースターポンプ、高圧ポンプ、カートリッジフィルター、ウルトラフィルター、平行に設置された12基の試験セルから構成され、これに共通の原水を循環させた。各セルはそれぞれ圧力計および流

(7.1.4.A)

量計を備えている。この装置には再循環ラインを冷却するために、チラー No. 2 に接続した冷却器が付設されている。低圧部および高圧部にはPVCおよびSS316配管を使用した。Fig. 2はSWCC平膜試験装置の写真を示し、Fig. 3は平膜セルの詳細を示している。

原水タンクに次亜塩素酸ソーダを添加して塩素濃度を希望するレベルに維持した。透過水および原水の流速および電気伝導率ならびに原水の温度、残留塩素濃度、圧力などを4時間おきに測定した。

4. 実験結果と考察

原水の塩素濃度10ppmで調査した3種類の平膜 (Toray - UTC 80S、Toray UTC 80M および Nitto Denko) の性能データをTable 1 に示す。塩排除率と透過水流束の経時変化はFig. 4 に示す。試験を行ったいずれの膜も塩排除率が低下 (透過水電気伝導率が上昇) したが、これはおもに試験の開始後数時間に発生し、その後は徐々に低下して200時間の試験期間を終了した。塩素濃度10ppmの原水を通水してから5時間以内に、塩素を加えない場合に99%であった塩排除率はToray UTC 80Sが59.37%、Toray UTC 80Mが81.73%、Nitto Denkoが78.17%に低下した。200時間後、塩排除率はToray UTC 80Sが32.71%、Toray UTC80Mが48.37%、Nitto Denkoが42.02%に低下した。

膜の塩排除率と対比して、Toray UTC 80Sの透過水流束は塩素を加えない場合には57ml/30分であったが、塩素濃度10ppmの原水を使った試験開始時には80ml/30分に上昇した後、200時間後には約56ml/30分まで徐々に低下した。

透過水流束では同様の挙動がToray 80Mについても観察された。200時間の試験終了後には透過水流束は58ml/30分に達するまで低下した。しかし、Nitto Denko膜はそれとは異なり、塩素を加えない原水の場合の透過水流束40ml/30分から31ml/30分に低下した後、200時間の試験期間終了までほぼ一定の水準のままであった。

Table 2 およびFig. 5は原水中に5ppmの塩素が残留するときの上記3種類の膜の性能を示す。このTableから、いずれのケースについても塩排除率が徐々に低下する (透過水電気伝導率が上昇する) と結論づけられる。300時間の運転の中でToray 80Sは95.35%から65.78%、Toray 80Mは96.19%から83%、NittoDenko膜は91.19%から76.60%へ低下した。しかし、低下率は10ppmの塩素濃度の場合より小さい。予測されたように、3つのケースの透過水流束はToray 80Sでは30ml/30分から67ml/30分、Toray 80Mでは22ml/30分から46ml/30分、Nitto Denkoでは16ml/30分から23ml/30分と上昇した。ただし、上昇速度は塩素濃度10ppmの場合に比べて遅い。

(7.1.4.A)

原水中の残留塩素濃度 1 ppmでの透過水の流束と電気伝導率をFig. 6 に示す。いずれのケースでも透過水流束と電気伝導率の急激な上昇はないが、Toray UTC 80Sの透過水のこれらの値の上昇は他に比べて急速である。Toray 80MとNitro Denko膜の塩素耐性は同程度である。このレベルの塩素濃度でも膜劣化は発生するが、塩素濃度10ppmや5 ppmの場合に比べ、その劣化ははるかに遅い。

塩素平均濃度0.3ppmでの1850時間の運転後、Nitro Denko膜の透過水流束にはほとんど変化がなかったが、Toray 80SとToray 80Mでは透過水流束が少しだけ徐々に上昇した (Fig. 7)。Toray 80Mは塩素を添加した最初の段階で、その電気伝導率が急激に上昇し、その後試験終了までほぼ一定水準のままであった。Toray 80S及びNitro Denko膜の透過水電気伝導率は徐々に上昇したが、塩素濃度10ppm、5 ppmおよび1 ppmの場合に比べ、その速度は遅かった。

5. 結論

原水中の塩素による膜劣化の速さは塩素の濃度に応じて異なる。塩素濃度が高ければ高いほど劣化の速度は速い。濃度10ppmでは、急激な膜劣化が生じたのに対して、塩素濃度0.3ppmでは非常にゆっくりとした劣化が認められた。

Toray 80MとNitro Denko膜はともに同様の耐塩素性を示すのに対して、Toray 80Sは耐塩素性がそれらに比べ低く、原水中の残留塩素によって影響を受けやすい。

(7.1.4.A)

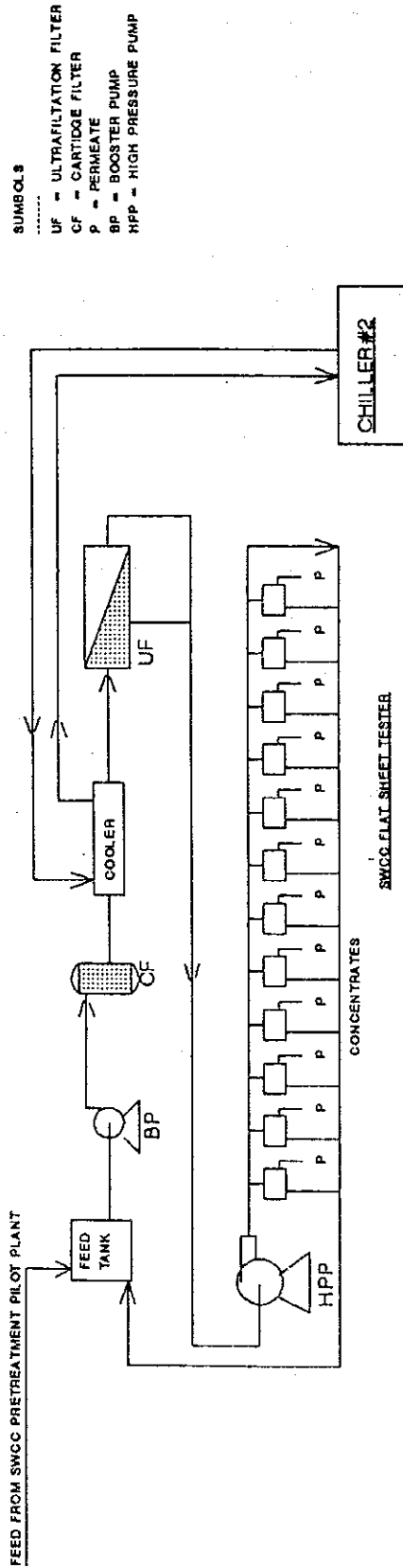


Fig. 1 SWCC平膜試験装置のフローチャート

(7.1.4.A)

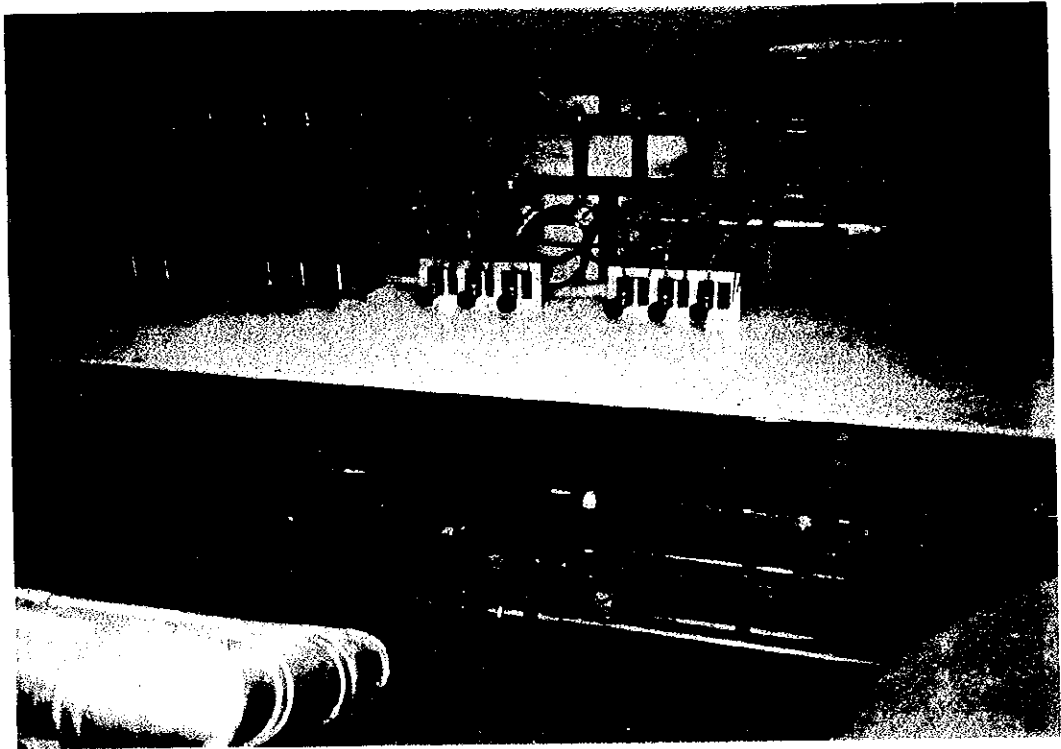
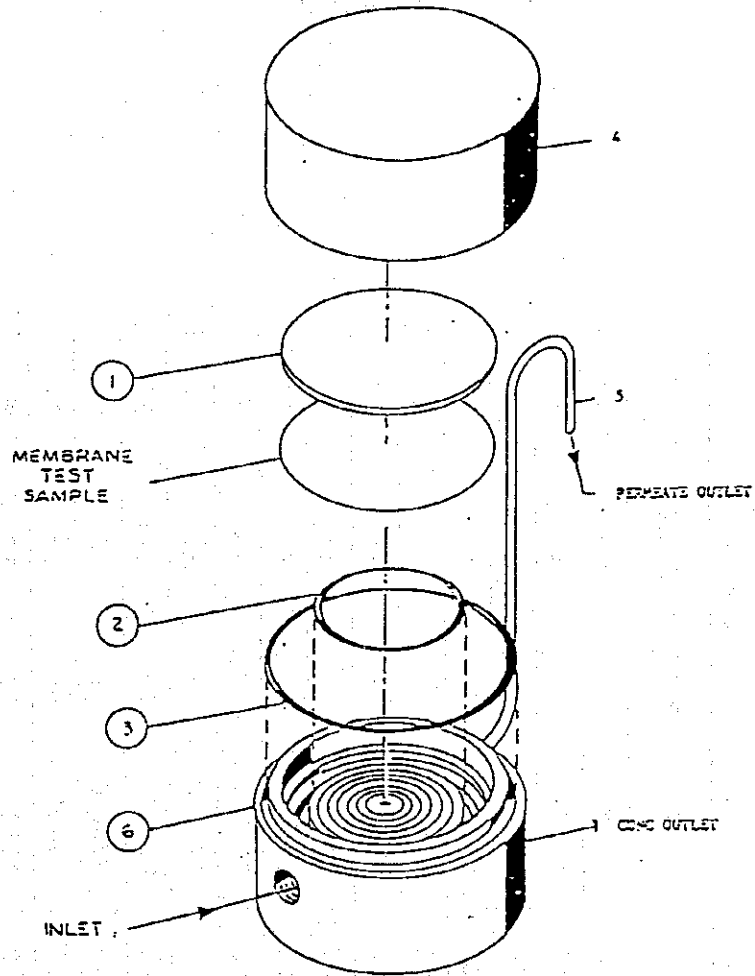


Fig. 2 SWCC平膜試験装置の写真

(7.1.4.A)



1. Porous SS Disc
2. O-Ring
3. O-Ring
4. Upper Cell Block
5. Permeate Outlet Pipe
6. Lower Cell Block

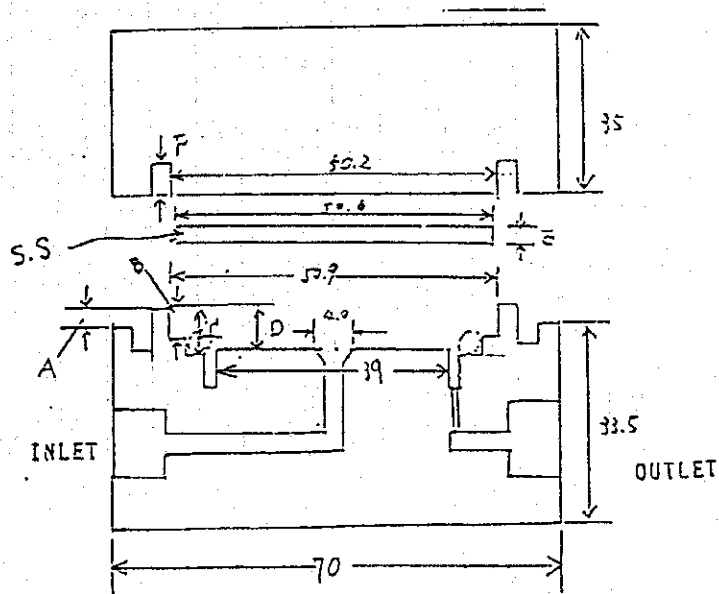


Fig. 3 SWCC平膜試験装置セルの内部詳細図

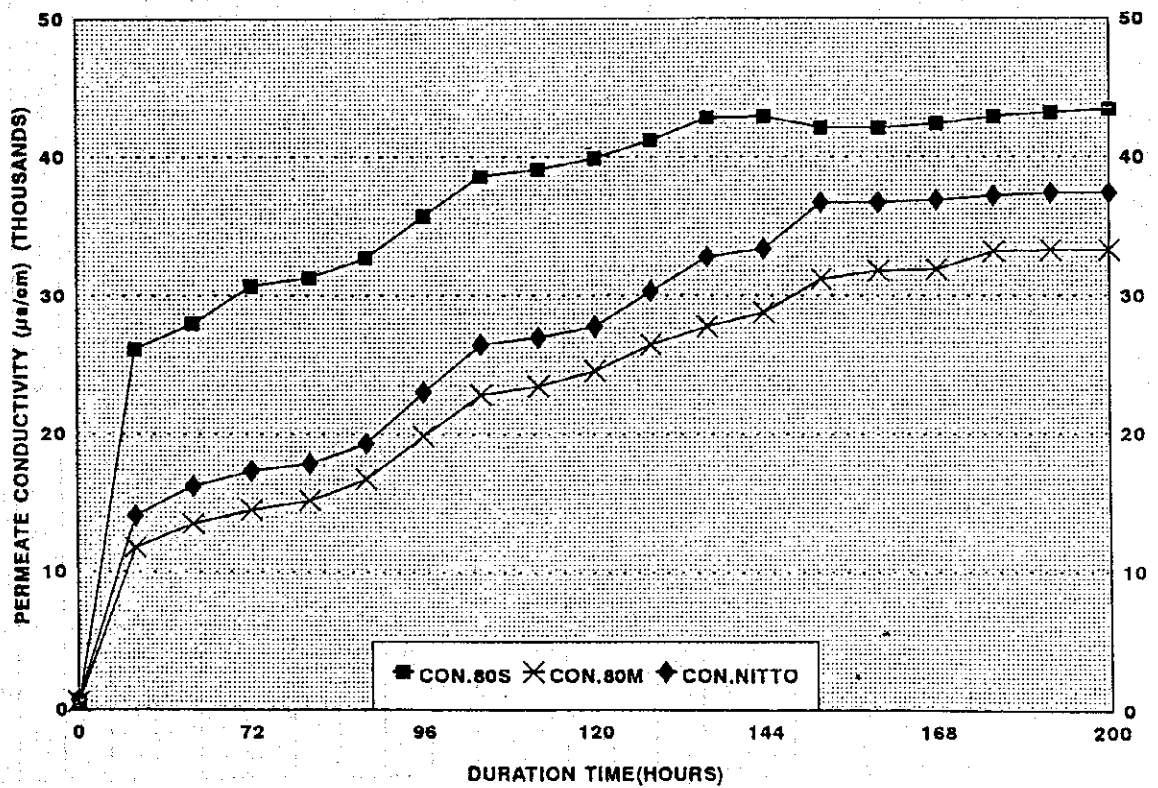
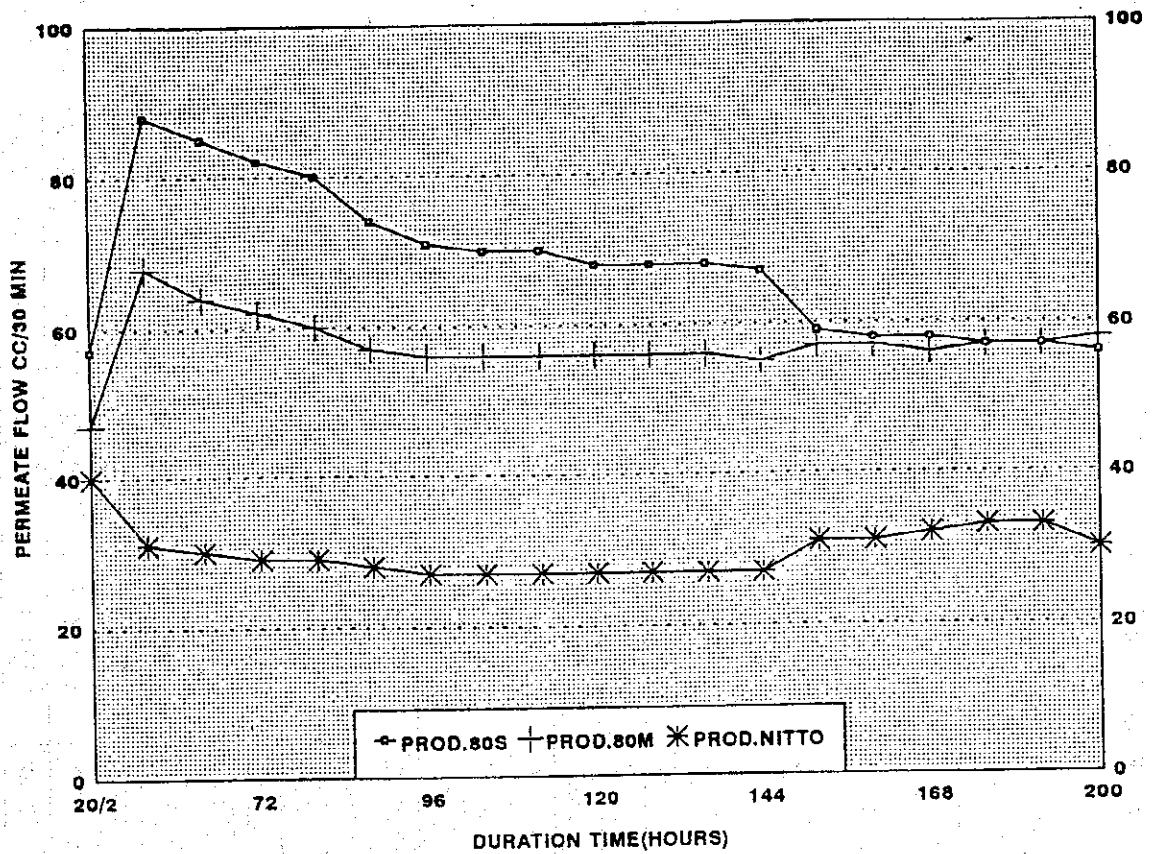
(7. 1. 4. A)

Table 1 平膜の耐塩素性試験結果 (塩素濃度 = 10ppm)

(MEMBRANE: TORAY UTC 80S, 80M, & NITTO NTR 70 SWC.
FEED SDI < 3, PRESSURE = 800 PSI, BRINE FLOW = 3.2GPM, CL2 = 10PPM.)

TIME HRS	Cl2 PPM	TEMP °C	PERMEATE CONDUCTIVITY, $\mu\text{S}/\text{CM}$			PERMEATE FLOW CC/30 MIN		
			T80S	80M	NITTO	T80S	T80M	NITTO
0	0	28	407	590	753	57	47	40
	10	25	26200	11780	14080	88	68	31
	10	25	28000	13490	16230	85	64	30
72	10	24	30700	14500	17350	82	62	29
	10	23	31300	15200	17880	80	60	29
	10	23	32700	16760	19340	74	57	28
96	10	21	35700	19900	23100	71	56	27
	10	22	38600	22900	26500	70	56	27
	10	21	39100	23500	27000	70	56	27
120	10	21	39900	24600	27800	68	56	27
	10	21	41200	26500	30300	68	56	27
	10	21	42800	27800	32800	68	56	27
144	10	21	42900	28800	33400	67	55	27
	10	25	42100	31200	36700	59	57	31
	10	25	42100	31800	36700	58	57	31
168	10	25	42400	31900	36900	58	56	32
	10	25	42900	33200	37200	57	57	33
	10	25	43200	33300	37400	57	57	33
200		25	43400	33300	37400	56	58	30

(7.1.4.A)



MEMBRANES: TORAY 80S, TORAY 80M & NITTO NTR 70SWC. FEED PRESSURE=800 PSI, BRINE FLOW=3.2 GPM

Fig. 4 平膜の耐塩素性試験結果 (塩素濃度=10ppm)

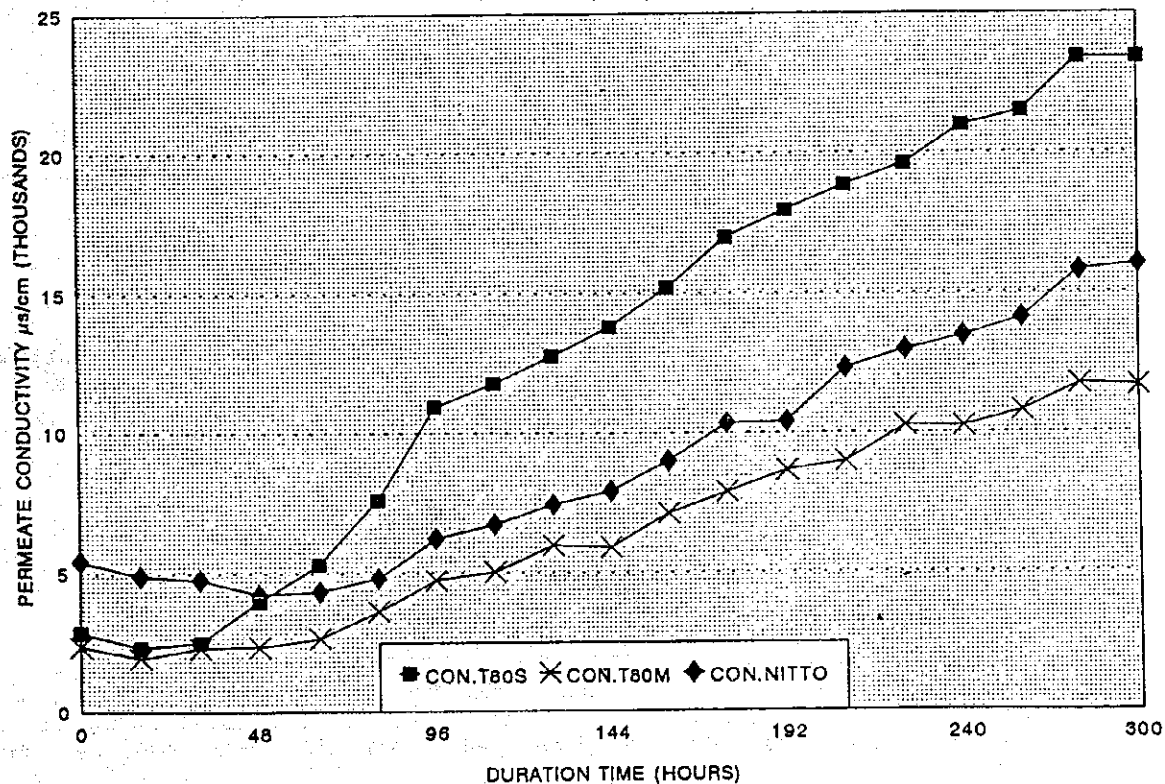
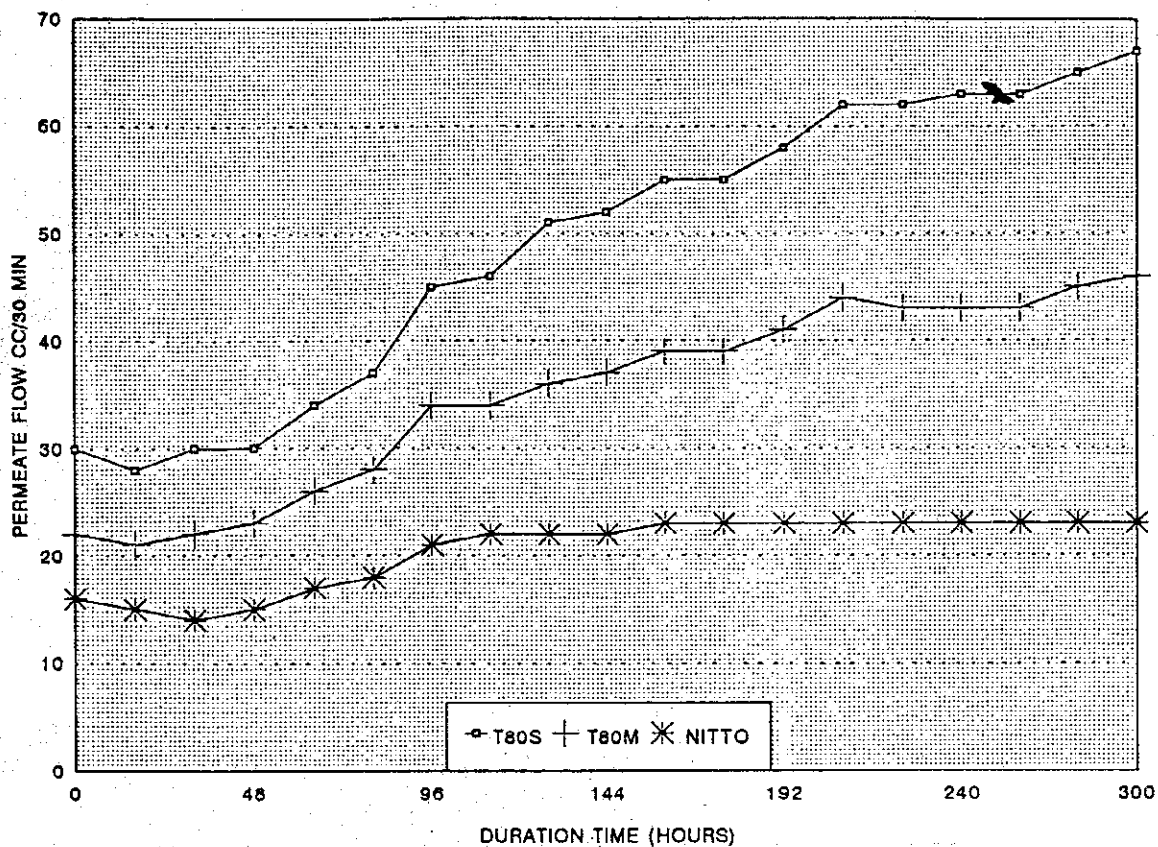
(7.1.4.A)

Table 2. 平膜の耐塩素性試験結果 (塩素濃度 = 5 ppm)

(MEMBRANE: TORAY UTC 80S, 80M & NITTO NTR 70SWC, FLAT SHEET,
FEED SDI < 3, PRESSURE = 800PSI, BRINE FLOW = 3.2GPM, CL2 = 5PPM.)

TIME HOURS	PERMEATE FLOW CC/30 MIN				PERMEATE CONDUCTIVITY μ SEC				CL2 PPM	TEMP
	T80S	T80M	NITTO		T 80S	T 80M	NITTO	FEED.CON. μ s/cm		
0	30	22	16		2870	2370	5440	61800	0	25
	28	21	15		2330	1950	4910	62200	0	24.5
	30	22	14		2510	2310	4750	61800	4	25
48	30	23	15		3990	2340	4230	63300	5	25.2
	34	26	17		5300	2640	4330	63300	5.1	25
	37	28	18		7600	3600	4800	63800	5.9	25
96	45	34	21		10920	4720	6210	64200	6	25.1
	46	34	22		11770	5010	6720	64700	6.5	25.2
	51	36	22		12760	5970	7430	63600	6.8	25
144	52	37	22		13800	5900	7910	63700	4.8	
	55	39	23		15190	7120	9000	64500	6.9	25
	55	39	23		16980	7890	10350	65100		24.8
192	58	41	23		17950	8660	10400	66200		25
	62	44	23		18870	8970	12320	66000	6.8	24.9
	62	43	23		19620	10260	12980	67000	7.9	25
240	63	43	23		21000	10231	13460	66900	4.3	25
	63	43	23		21500	10780	14100	67200		24.9
	65	45	23		23400	11720	15780	68200	4	25.1
300	67	46	23		23400	11650	16000	68400		24.9

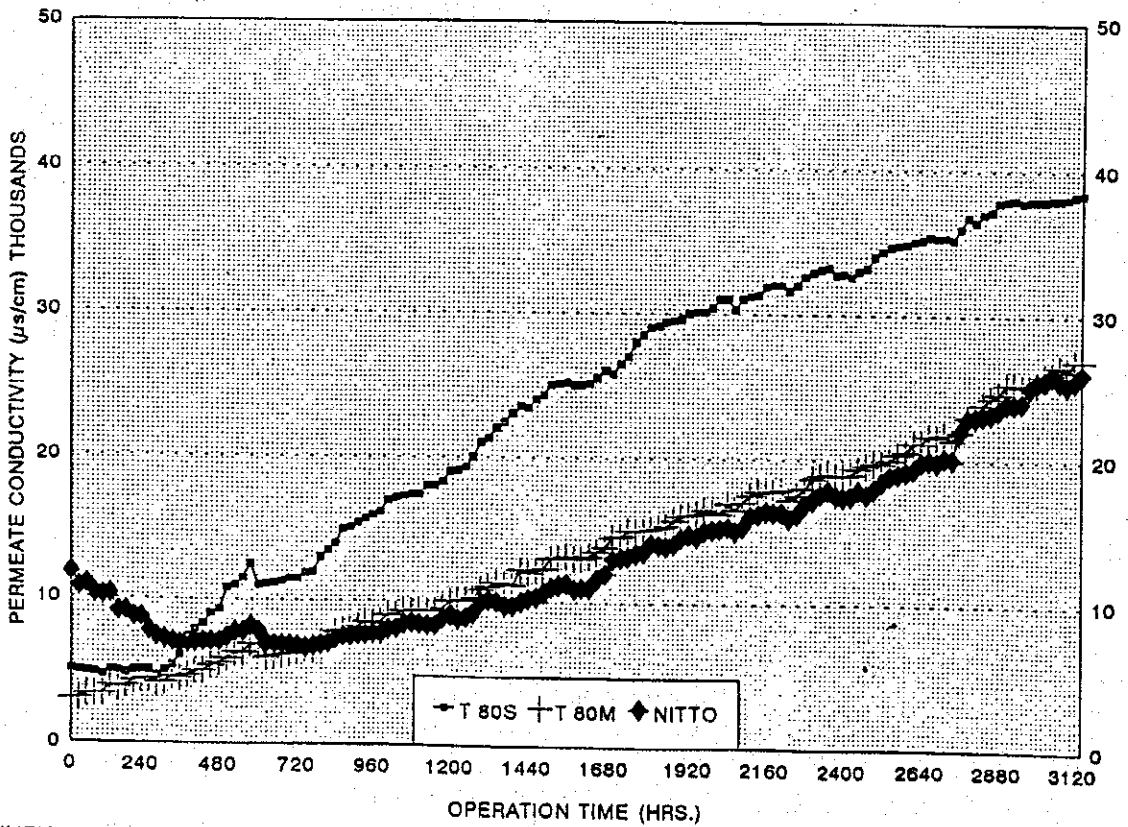
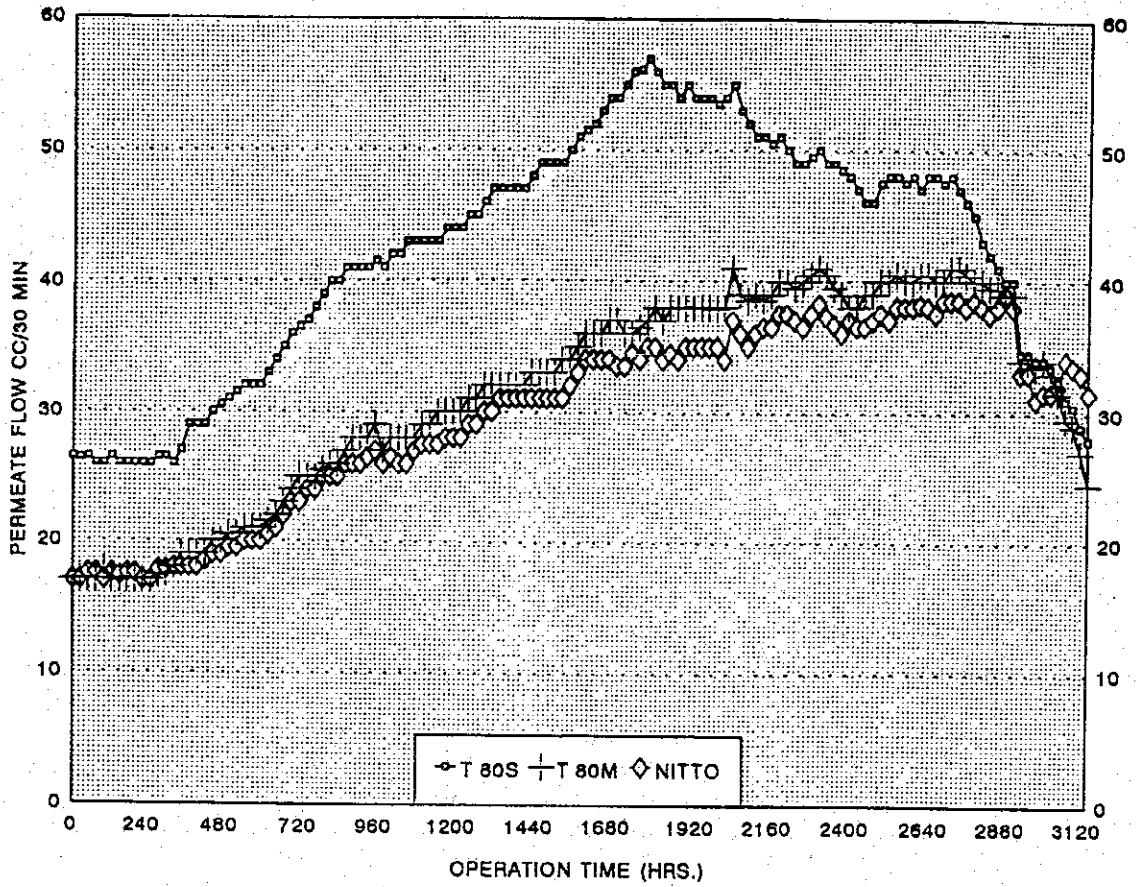
(7.1.4.A)



(MEMBRANES: TORAY 80S, TORAY 80M & NITTO NTR 70SWC. FEED PRESSURE=800 PSI, BRINE FLOW=3.2 GPI)

Fig. 5 平膜の耐塩素性試験結果 (塩素濃度 = 5 ppm)

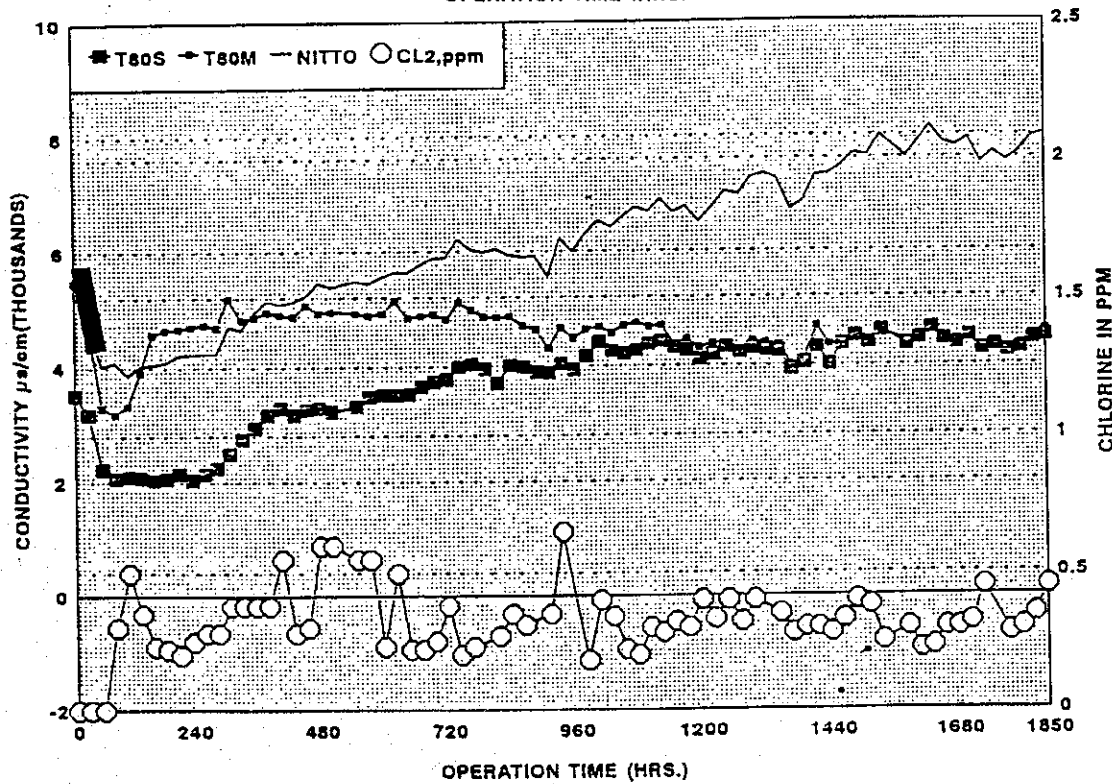
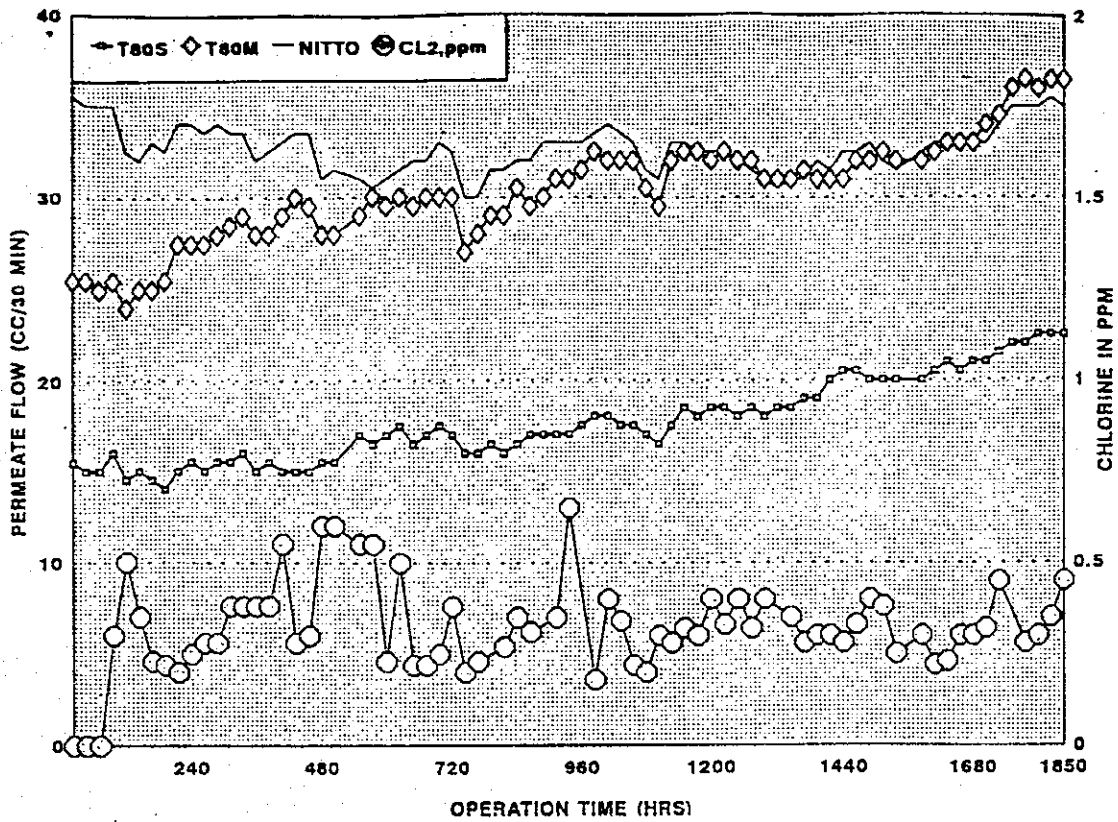
(7.1.4.A)



(MEMBRANES: TORAY 80S, TORAY 80M & NITTO NTR 70SWC. FEED PRESS=800 PSI, BRINE FLOW= 3.2 GPM, CL₂= 1 PPM)

Fig. 6 平膜の耐塩素性試験結果 (塩素濃度 = 1 ppm)

(7.1.4.A)



(OPERATION CONDITIONS: PRESSURE=800 PSI & BRINE FLOW= 3.2 GPM)

CHLORINE TOLERANCE OF VARIOUS SWRO FLAT MEMBRANES (TORAY UTC80S, TORAY UTC80M & NITTO NTR70SWC) VS TIME

Fig. 7 平膜の耐塩素性試験結果 (塩素濃度=0.3ppm)

7.1.4.B. 濁質耐性試験

(7.1.4.B)

目 次

7.1.4.B. 濁質に対する耐性試験	1
1. 目的	1
2. 実験方法	1
3. 運転条件	1
4. 実験結果と考察	2
5. 結論	2

(7.1.4.B)

表 一 覧

表番	題 名	頁
Table 1	各種平膜の濁質耐性試験結果（経時変化） 供試膜：東レ=UTC 80S, UTC 80M, 日東電工=NTR 70-SWC 運転条件：給水SDI=6.4, pH=8.2, 水温=25℃, 操作圧力=56kgf/cm ² ・・・5	

(7.1.4.B)

図 一 覧

図番	題 名	頁
Fig. 1	ミニモジュール試験装置(2)のフローシート	3
Fig. 2	各種平膜の濁質耐性試験結果(経時変化) 供試膜：東レ=UTC 80S, UTC 80M, 日東電工=NTR 70 SWC 運転条件：給水SDI = 6.4, pH=8.2, 水温=25℃, 操作圧力=56kgf/cm ² ..	4

(7.1.4.B)

7.1.4.B. 濁質に対する耐性試験

1. 目的

この実験の目的は、ハイブリッド法海水淡水化システムに使用する、原水中の汚濁物質に対する耐性が比較的強い膜の選定方法を確立することにある。汚濁物質は膜の通水抵抗を増加させて透過水流束を急速に低下させる。これに対処するため、原水流量と汚濁物質堆積の関係を種々の原水流量で調べた。原水はSDI値が6.4の未処理海水を使用し、Toray UTC 80S、Toray UTC 80MおよびNitro Denko 70 SWCの3種類の平膜について評価を行った。

SWROプラントの通常運転中、膜は海水中の懸濁または微量溶存物質によってファウリングの影響を受ける。ファウリングの性質や頻度は供給水の水質、SWROプラントの設計および運転、膜の成分及び構造等に応じて異なる。ファウリングの速さおよび洗浄による膜再生効果もすべての膜について同じというわけではない。膜の耐濁質性は物理的、化学的または生物学的汚れ因子に対する膜の耐性を反映するものである。ハイブリッド法海水淡水化システムに確かな性能を与える寿命の長い膜を見いだすには、まず耐濁質性の高い膜が必要であり、これによって生産の最適化と運転コストの低減が可能となる。

2. 実験方法

Fig. 1は本実験で使用された主要装置であるミニモジュール試験装置-2のフローチャートを示している。これは、4つの平膜試験用セルの代わりに1本の2.5" x 40"膜エレメントと接続し試験ができるようにアレンジできる。コンピュータ制御盤を用いて、高圧ポンプの回転数 (rpm) を制御し、原水圧力を設定レベルに調整した。実験に用いた原水温度は自動温度制御装置で25°Cに保った。

実験には4つの型式C-70F試験用セルと直径75mm、有効膜面積32cm²の膜を用いた。原水温度は、チラーNo. 2に接続される冷却器による再循環冷却水で冷却し、25°Cに保持した。汚濁物質から派生する共通の汚濁水は炭酸カルシウム、硫酸カルシウム、金属酸化物、ケイ酸、有機物および生物物質などを含んでいる。ファウリングの結果透過流束は低下する。こうした挙動を調査するため、SDI値=6.4、pH=8.3、伝導率=60000 μ S/cm、TDS 43000ppmの原海水を汚濁原水として使用した。パイプラインを通過してくる海水を供給水の連続供給のため原水タンクに接続した。

3. 運転条件

運転条件は、圧力56kg/cm²、温度25 \pm 0.2°Cとした。ブライン流量は1L/min、3L/min、7L/minと変化させ、最後に15L/minまで上昇した。試験時間はそれぞれに対応して24時間、

(7.1.4.B)

20時間、4時間および20時間とした。装置を68時間運転したのち、ブライン流量2.7L/minでさらに180時間同一の条件で運転した。

4. 実験結果と考察

さまざまなブライン流量条件下で実験した数種類の膜の性能を、経時変化でFig. 2に示した。また、同様のデータをTable 1に示した。試験結果では、ブライン流量が減少すると通水量が減少することを示している。しかし、ブライン流量が著しく増加して15L/minに達すると、通水量も増加する。一般に、ブライン流量3L/minで固定して運転した結果、膜透過流束が徐々に低下した。ブライン流量3L/minの最初の24時間の運転で、膜透過流束は、Toray 80Sで79ml/30分から70ml/30分に、Toray 80Mで66ml/30分から60ml/30分に、Nitro Denkoで167ml/30分から62ml/30分にそれぞれ減少した。ほぼ同じブライン流量の180時間の運転で、膜透過流束はToray 80Sで40ml/30分から30ml/30分に、Toray 80Mで38ml/30分から27ml/30分、Nitro Denkoで36ml/30分から28ml/30分にそれぞれ減少した。濁質による流束低下はNitro Denkoがもっとも小さく、これにToray 80MとToray 80Sが続く。

きわめて低いブライン流量1L/minでは、24時間以内に、透過水の伝導率はToray 80Sで968から1923 μ S/cmへ、Toray 80Mで1200から2240 μ S/cmへ、Nitro Denko膜で523から1053 μ S/cmへ上昇した。運転の最初の24時間では、ブライン流量が3L/minで維持されているとき、透過水の伝導率はすべての膜において徐々に低下した。しかし、180時間の運転では、伝導率はToray 80Sで1241から1338 μ S/cmへ、Toray 80Mで1557から1678 μ S/cmへ、Nitro Denko膜で767から895 μ S/cmへと徐々に上昇した。

24時間の運転後、透過水の伝導率はすべての膜において徐々に上昇した。非常に低いブライン流量では透過水の伝導率変化が著しかったが、これは低いブライン流量では膜表面のブライン濃度が高くなるためと考えられる。

5. 結論

ブライン流量によってそれほど変化しない塩排除率と違って、透過水量はブライン流量に依存し、ブライン流量が減少すると透過水量は減少する傾向にある。濁質物質による流束低下はNitro Denkoがもっとも小さく、これにToray 80MとToray 80Sが続いた。

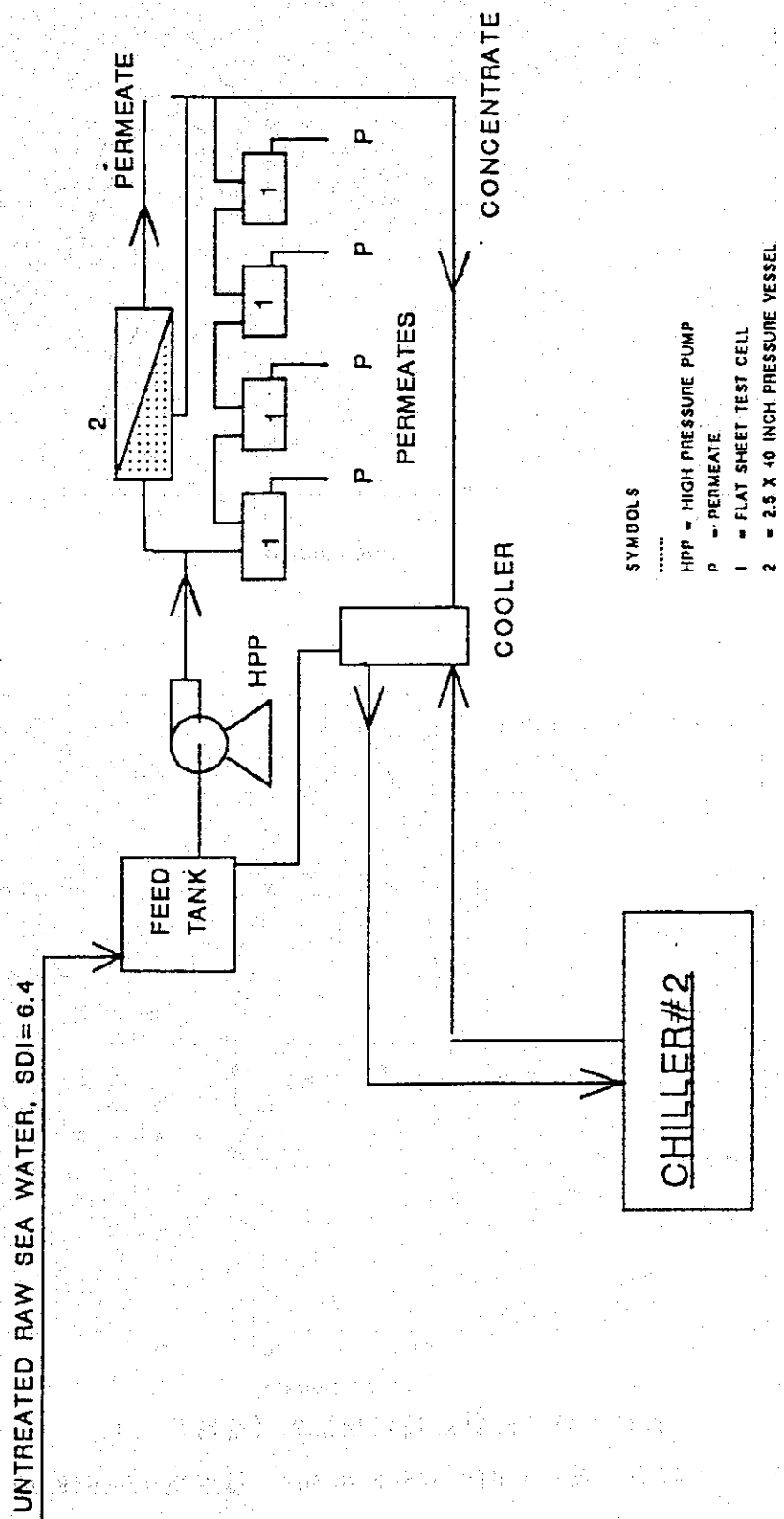


Fig. 1 ニモジュール試験装置(2)のフローシート

(7.1.4.B)

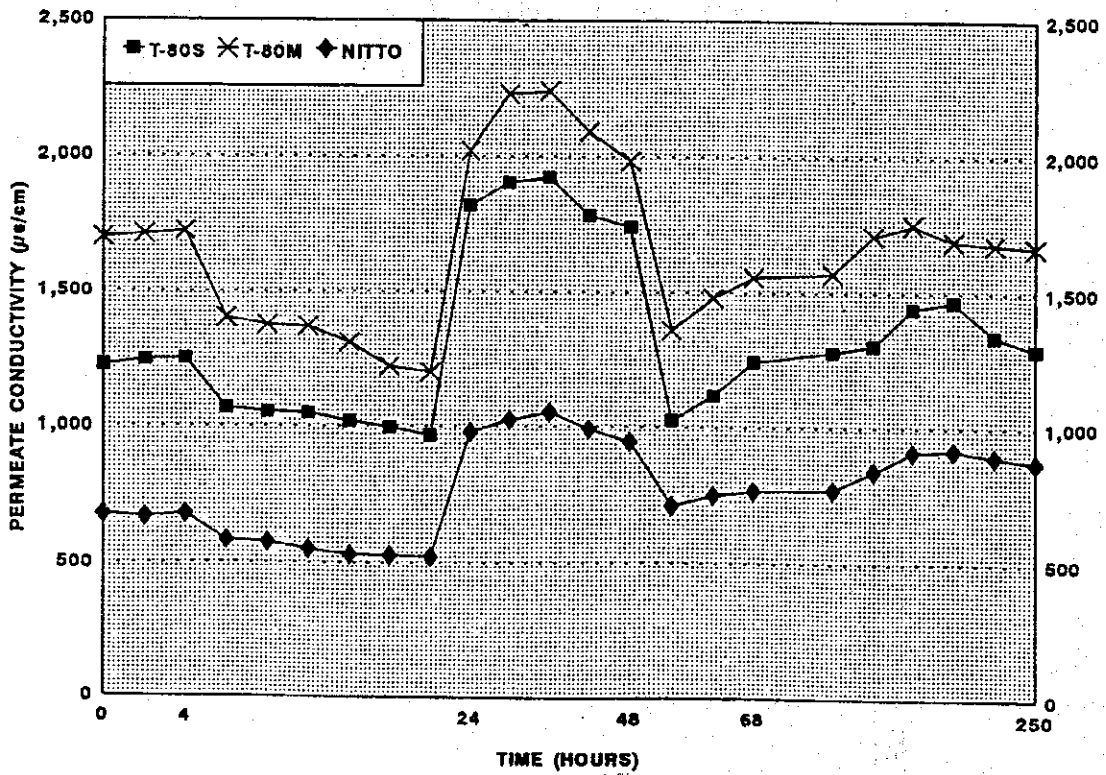
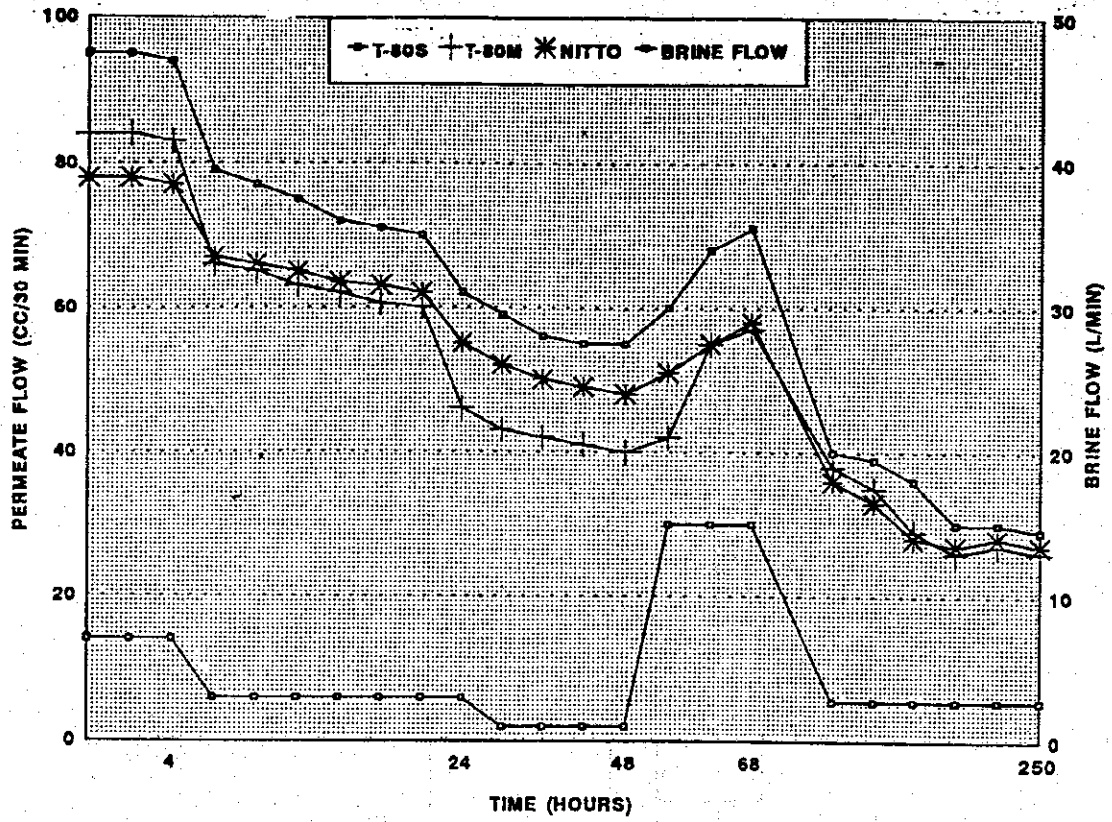


Fig. 2 各種平膜の濁質耐性試験結果 (経時変化)

供試膜：東レ = UTC 80S, UTC 80M, 日東電工 = NTR 70 SWC

運転条件：給水 S D I = 6.4, pH = 8.2, 水温 = 25°C, 操作圧力 = 56kgf/cm² 5

(7.1.4.B)

Table 1 各種平膜の濁質耐性試験結果 (経時変化)

供試膜 : 東レ = UTC 80S, UTC 80M, 日東電工 = NTR 70 SWC

運転条件 : 給水 S D I = 6.4, pH = 8.2, 水温 = 25°C, 操作圧力 = 56kgf/cm² 6(TORAY 80S, TORAY 80M & NITTO NTR 70 SWC) VS TIME
(FEED SDI = 6.4, pH = 8.2, TEMP. = 25°C, PRESSURE = 56 KG/CM²)

TIME HOURS	PERMEATE FLOW CC/30 MIN			PERMEATE CONDUCTIVITY μ S/CM			BRINE L/MIN
	T-80S	T-80M	NITTO	T-80S	T-80M	NITTO	
	95	84	78	1224	1700	678	7
	95	84	78	1245	1712	670	7
4	94	83	77	1250	1723	680	7
	79	66	67	1068	1402	584	3
	77	65	66	1054	1375	577	3
	75	63	65	1050	1370	551	3
	72	62	63.5	1019	1310	531	3
	71	60.5	63	997	1222	529	3
	70	60	62	968	1200	523	3
24	62	46	55	1819	2020	979	3
	59	43	52	1905	2230	1025	1
	56	42	50	1923	2240	1053	1
	55	41	49	1784	2090	991	1
48	55	40	48	1742	1984	946	1
	60	42	51	1025	1360	711	15
	68	55	55	1116	1481	750	15
68	71	57	58	1241	1557	767	15
	40	38	36	1279	1571	771	2.7
	39	35	33	1302	1210	840	2.7
	36	29	28	1442	1750	912	2.7
	30	26	27	1466	1690	919	2.7
250	30	27	28	1338	1678	895	2.7

7. 1. 5. ミニモジュールによる濁質に対する耐性試験

7. 1. 5. A. 供給原海水に含まれる濁質成分の分析

(7.1.5.A)

目 次

A. 供給原海水に含まれる濁質成分の分析	1
1. 目的	1
2. 実験方法	1
3. サンプルの分析	2
4. 結果および考察	2

(7.1.5.A)

表 一 覧

表番	題 名	頁
Table 1	ジバールで1994年7月31日にサンプルした海水の成分	3

図 一 覧

図番	題 名	頁
Fig. 1	前処理海水中の汚濁物質が精密濾過膜で捕捉されたSEM写真 およびEDXスペクトル (Sample 1)	4
Fig. 2	前処理海水中の汚濁物質が精密濾過膜で捕捉されたSEM写真 およびEDXスペクトル (Sample 1)	5
Fig. 3	前処理海水中の汚濁物質が精密濾過膜で捕捉されたSEM写真 およびEDXスペクトル (Sample 2)	6
Fig. 4	前処理海水中の汚濁物質が精密濾過膜で捕捉されたSEM写真 およびEDXスペクトル (Sample 2)	7
Fig. 5	原海水中の汚濁物質が精密濾過膜で捕捉されたSEM写真 およびEDXスペクトル (Sample 3)	8
Fig. 6	原海水中の汚濁物質が精密濾過膜で捕捉されたSEM写真 およびEDXスペクトル (Sample 4)	9
Fig. 7	原海水中の汚濁物質が精密濾過膜で捕捉されたSEM写真 およびEDXスペクトル (Sample 3)	10
Fig. 8	原海水中の汚濁物質が精密濾過膜で捕捉されたSEM写真 およびEDXスペクトル (Sample 4)	11
Fig. 9	原海水中の汚濁物質が精密濾過膜で捕捉されたSEM写真 およびEDXスペクトル (Sample 3)	12
Fig. 10	改造されたミニモジュール試験装置(1)のフロー	13
Fig. 11	改造されたミニモジュール試験装置(1)の写真	14

(7.1.5.A)

7.1.5 ミニモジュールによる濁質に対する耐性試験

海水淡水化用RO膜の供給原海水中に含まれる濁質によって耐久性がどの程度影響するかを調べるため、ガルフ側の原海水の濁質成分を測定し、従来法の前処理装置で処理した海水をROミニモジュールに通水し、その安定性を確認した。また供給海水透過水、濃縮水の分析を行った。

A. 供給原海水に含まれる濁質成分の分析

1. 目的

ミリポアフィルターに捕捉された海水の汚濁物質を分析する主な目的は、原海水の濁度の原因となる懸濁シルトの粒子を確認することである。

前回の調査では、0.45ミクロンのミリポアフィルターの上に溜った海水の汚濁物質を、SEM（走査電子顕微鏡）、EDX（エネルギー分散型X線分析装置）およびFT-IR（フーリエ変換赤外分光光度計）を使って分析した。しかし分析結果から、微小粒子の分析に影響する析出物とともに、 Na^+ 、 Ca^{++} 、 Mg^{++} 、 Cl^- 、 Al^{+++} 等異なる可溶性イオンが非常に多く存在することが明らかになった。

今回の分析の目的は、濾紙の上の析出物に付着した可溶性物質の影響を受けずに、微小な懸濁シルト、海水中の粒子を正確に検出することである。

2. 実験方法

(1) SDI濾紙に沈積した海水汚濁物質サンプルの準備

SDIメスシリンダー（10リットル）に海水を満たし、0.45ミクロンの濾紙の有効表面を上にして挿入する。シリンダー内の圧力を30PSIに維持し、前処理した海水については15分単位で、原海水については10分単位でSDIを測定する。SDI測定時間の終了後、シリンダーに透過水を満たし、30PSIに加圧する。残留物に残る可溶性イオンは、ミリポアフィルタに透過水1リットルを流して洗浄する。その後分析のために濾紙を集める。各サンプルの詳細なデータは以下の通り。

海水の一般的性質

採集地	: アラビア湾アルジュベイル
採集日	: 1994年8月
濾過した海水量	: 10リットル
海水の組成分	: Table 1
濾過した海水量	: 10リットル
SDI	: 6.00

(7.1.5.A)

3. サンプルの分析

用意したサンプルのSEMおよびEDXによる分析をR&Dセンターで行った。

4. 結果および考察

前処理した海水および原海水について、0.45ミクロンのミリポアフィルターの濾紙の表面上に集めた汚濁物質の分析結果をFig. 1～9に示した。Fig. 1およびFig. 3には前処理した海水の濁物質のSEM写真を示し、Fig. 2およびFig. 4に同じくEDXスポット・スペクトルを各々示した。Caは2番目のサンプルより最初のサンプルにやや多く含まれるが、それ以外は、両サンプルの析出物の組成分はほぼ同じである（Fig. 2およびFig. 4）。Fig. 5およびFig. 8には、原海水の汚濁物質析出物を使って採取したサンプルのSEMスペクトルを示した。Fig. 6、Fig. 7およびFig. 9には同じくサンプル各々のEDXを示した。

Fig. 7はNo. 3サンプルの粒子スペクトルである。ほぼすべての分析において、Caのピークが最高値で、次いでSi Al Mgと続き、Feが最少である。供給原海水の濁度（SDI値）は紅海側に比べて高いことが判明した。けん濁物の中で無機成分としてはCa、Si、Alが多く、シルト性のものが含まれると推測される。

(7.1.5.A)

Table 1 Jubailで1994年7月31日にサンプルした海水の成分

		mg/L	mg/L as CaCO ₃
Cation	Na+	12900	28043
	K+	490	627
	Ca++	508	1270
	Mg++	1644.138	6766
	Total Cation	15542.14	36706
Anion	M-alk		129
	Cl-	23500	33145
	SO ₄ --	3030	3156
	Total Anion	26530	36431

Sample-1

Sampling point : after DMF(Dual Media Filter)
 Date of sampling : 7 August, 1994
 Volume of seawater filtered:10 L
 SDI : 2.7

Sample-2

Sampling point : after DMF
 Date of sampling : 8 August, 1994
 Volume of seawater filtered:10 L
 SDI : 1.7

Sample-3

Sampling point :seawater before DMF
 Date of sampling :9 August, 1994
 Volume of seawater filtered:10 L
 SDI :6.05

Sample-4

Sampling point :seawater before DMF
 Date of sampling :10 August, 1994
 Volume of seawater filtered:10 L
 SDI :6.00

(7:1:5.A)

Operator : John G O'Hara
Client : Abdul Rahman Abanmy
Job : Job number 56 SDI filter papers (0.45 micron)
Spectrum 1 Sample 1 whole area (22 August 1994 11:00)

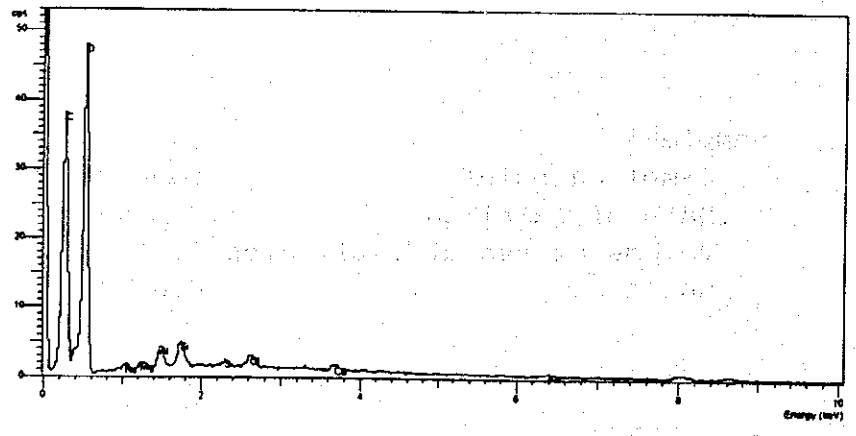
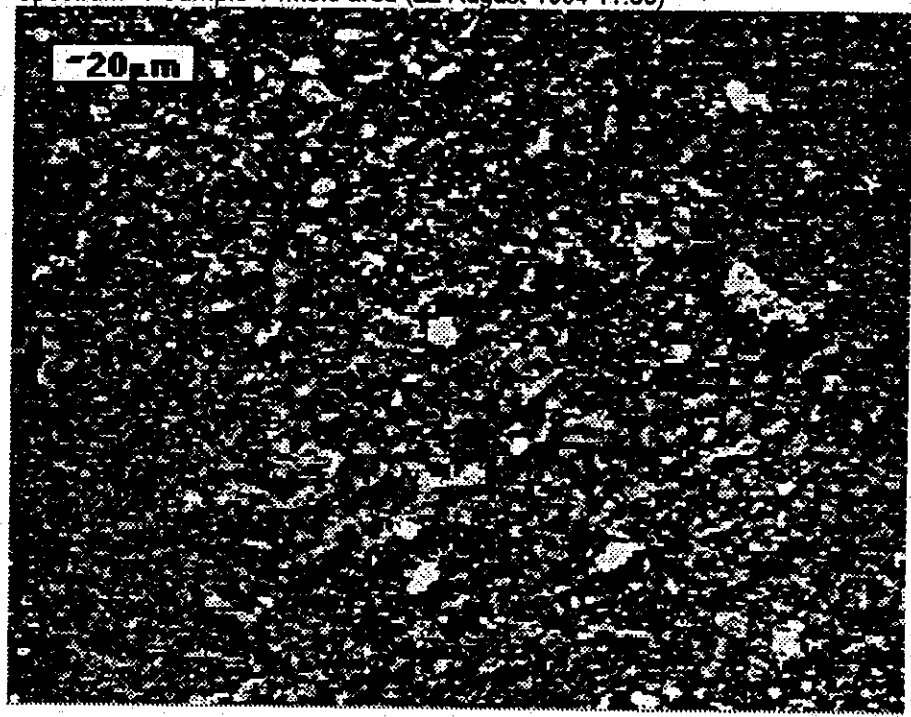


Fig. 1 前処理海中の汚濁物質が精密濾過膜で捕捉されたSEM写真およびEDXスペクトル (Sample 1)

(7.1.5.A)

Operator : John G O'Hara
Client : Abdul Rahman Abanmy
Job : Job number 56 SDI filter papers (0.45 micron)
Spectrum 2 sample 1 Spot (22 August 1994 11:13)

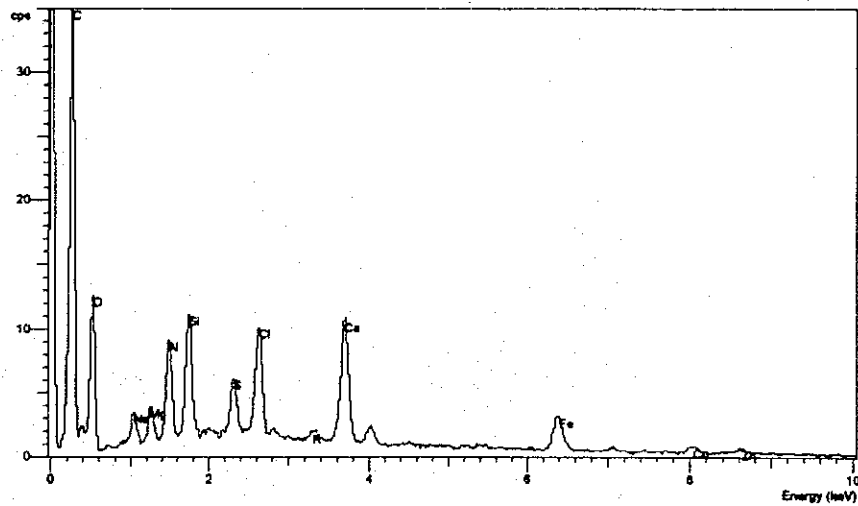
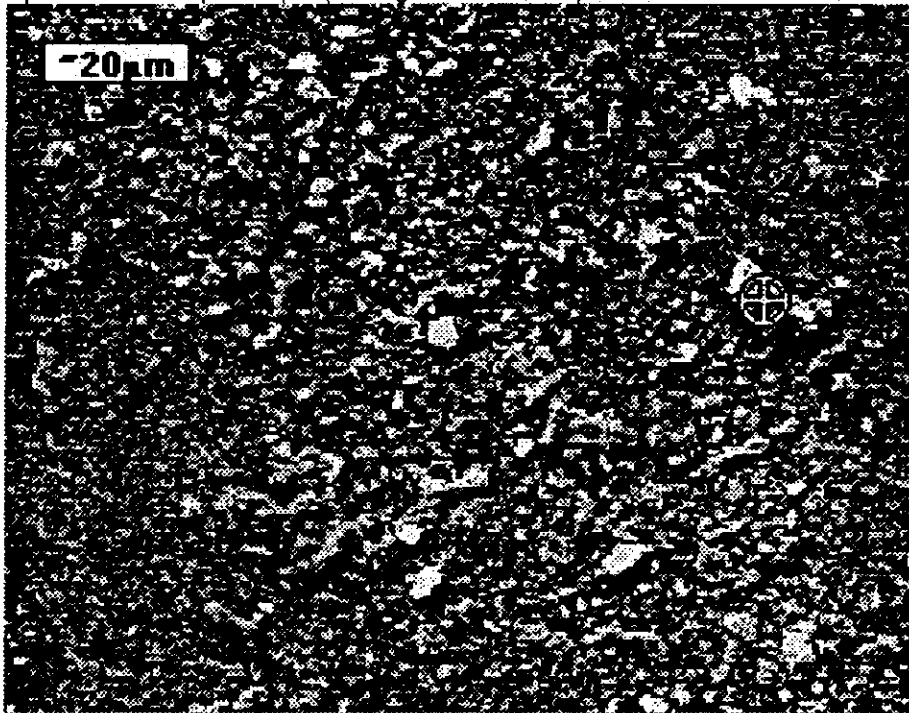


Fig. 2 前処理海水中の汚濁物質が精密濾過膜で捕捉されたSEM写真
およびEDXスペクトル (Sample 1)

(7. 1. 5. A)

Operator : John G O'Hara
Client : Abdul Rahman Abanmy
Job : Job number 56 SDI filter papers (0.45 micron)
Spectrum 3 sample 2 whole area (22 August 1994 11:32)

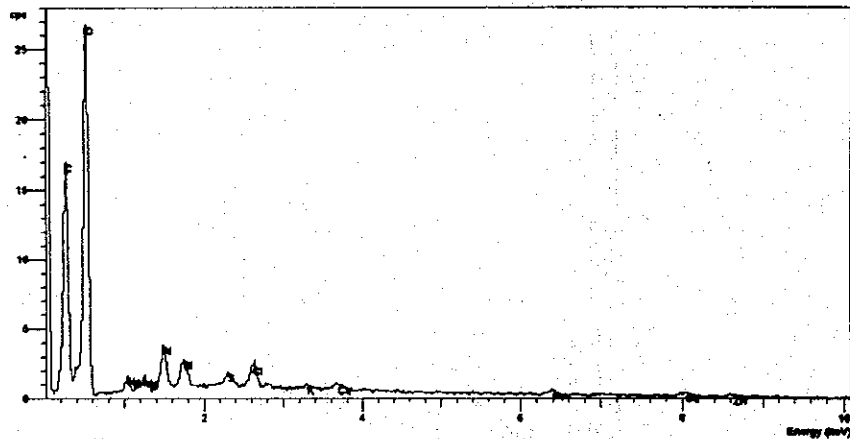
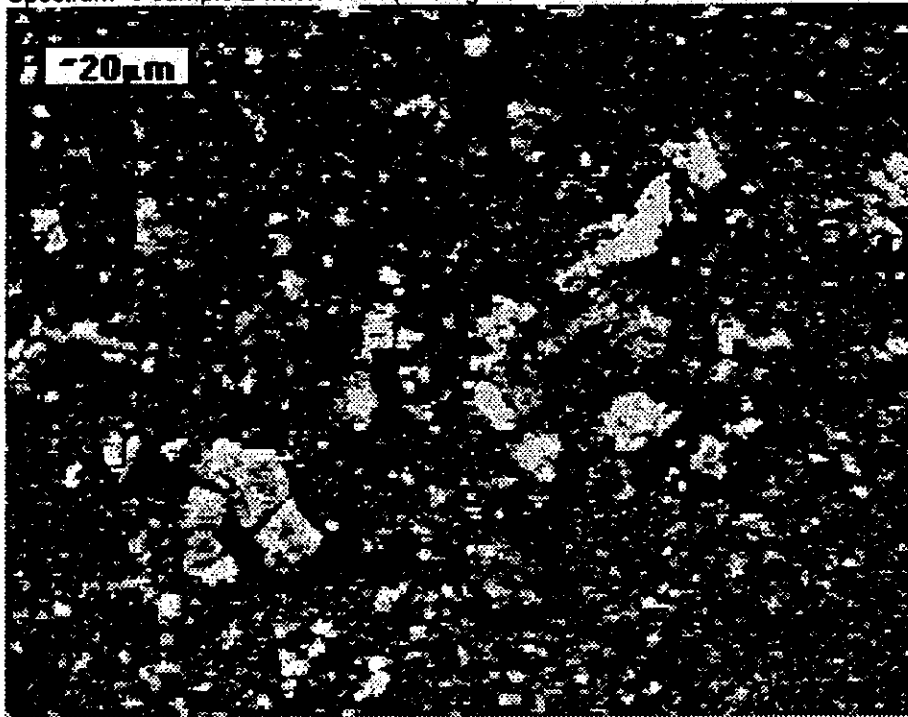


Fig. 3 前処理海水中の汚濁物質が精密濾過膜で捕捉されたSEM写真
およびEDXスペクトル (Sample 2)

(7.1.5.A)

Operator : John G O'Hara
Client : Abdul Rahman Abanmy
Job : Job number 56 SDI filter papers (0.45 micron)
Spectrum 4 sample 2 Spot (22 August 1994 11:49)

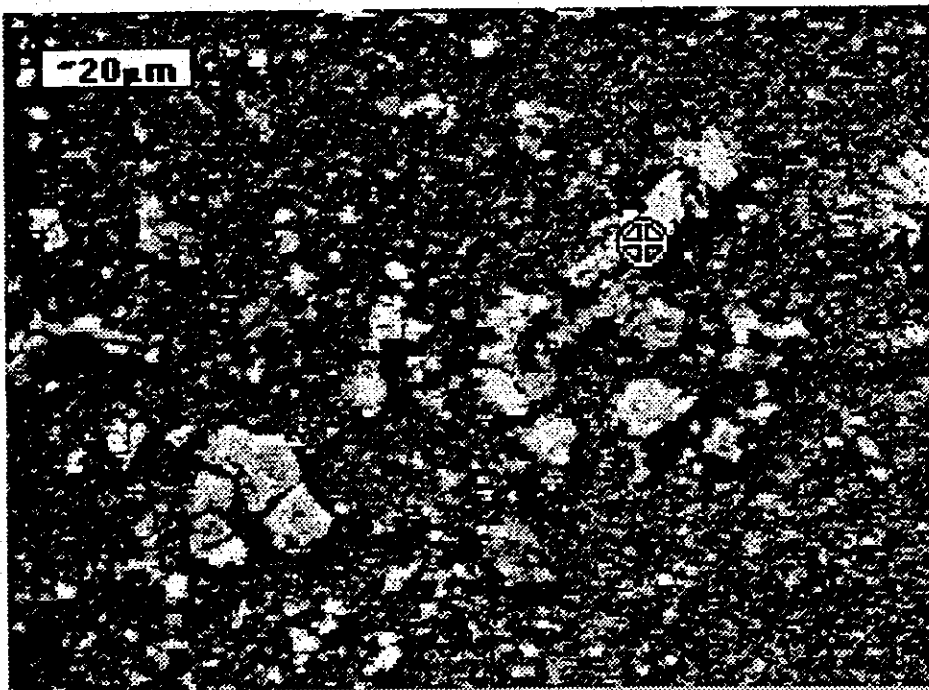
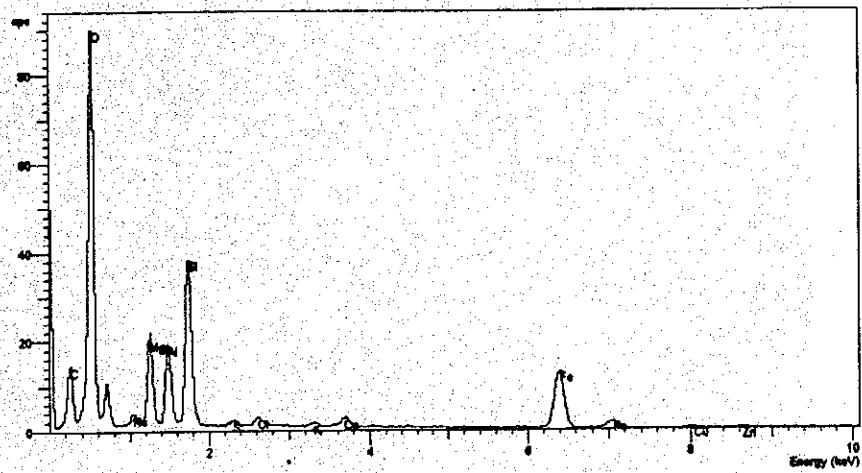


Fig. 4 前処理海水中の汚濁物質が精密濾過膜で捕捉されたSEM写真
およびEDXスペクトル (Sample 2)

(7.1.5.A)

Operator : John G O'Hara
Client : Abdul Rahman Abanmy
Job : Job number 56 SDI filter papers (0.45 micron)
Spectrum 5 sample 3 whole area (22 August 1994 12:53)

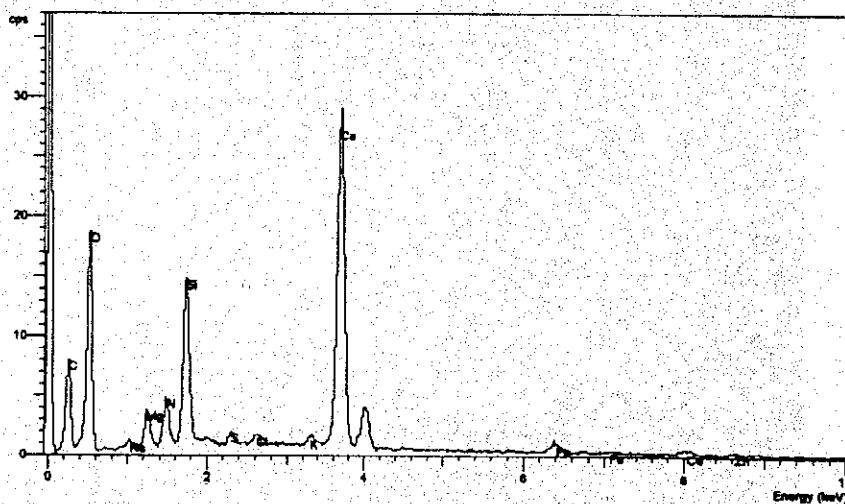
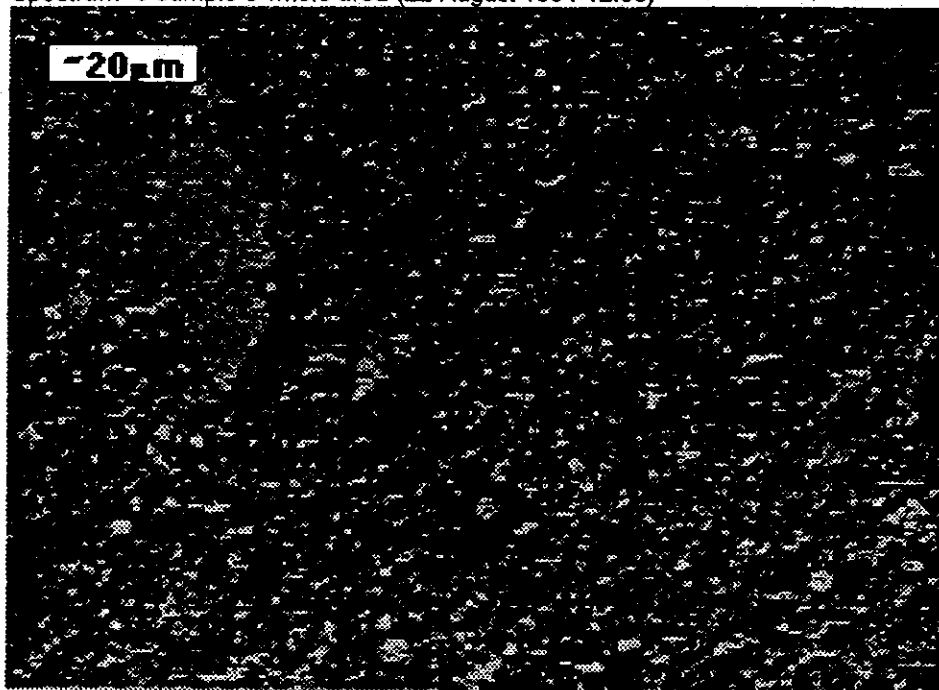


Fig. 5 原海水中の汚濁物質が精密濾過膜で捕捉されたSEM写真
およびEDXスペクトル (Sample 3)

(7.1.5.A)

Operator : John G O'Hara
Client : Abdul Rahman Abanmy
Job : Job number 56 SDI filter papers (0.45 micron)
Spectrum 6 sample 3 Spot (22 August 1994 13:03)

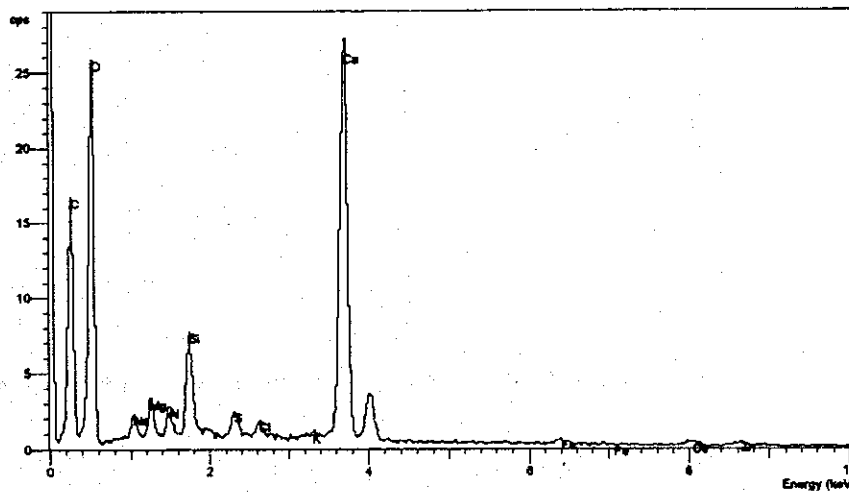
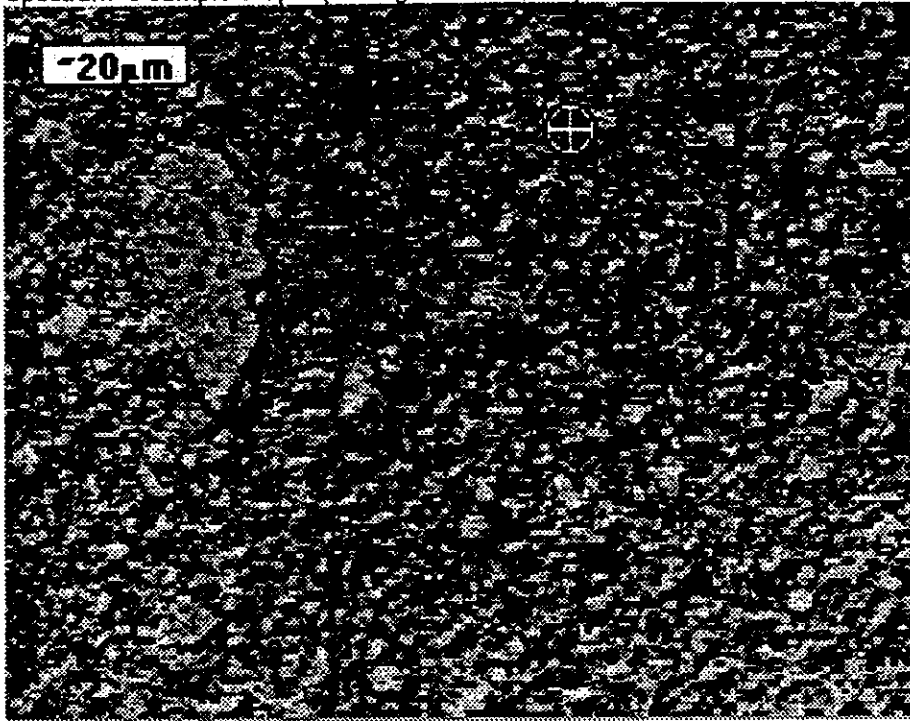


Fig. 6 原海水中の汚濁物質が精密濾過膜で捕捉されたSEM写真
およびEDXスペクトル (Sample 4)

(7.1.5.A)

Operator : John G O'Hara
Client : Abdul Rahman Abanmy
Job : Job number 56 SDI filter papers (0.45 micron)
Spectrum 7 sample 3 particle (22 August 1994 13:15)

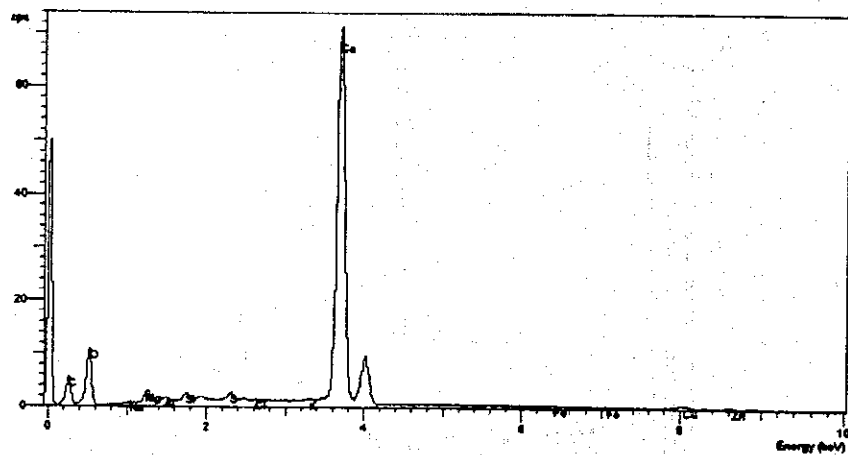
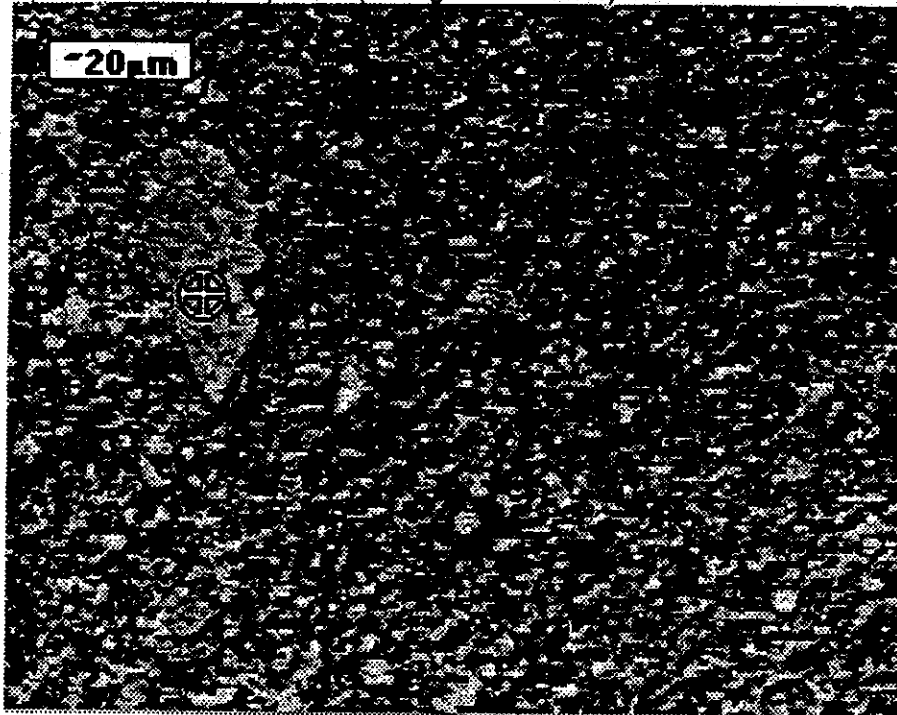


Fig. 7 原海水中の汚濁物質が精密濾過膜で捕捉されたSEM写真
およびEDXスペクトル (Sample 3)

(7.1.5.A)

Operator : John G O'Hara
Client : Abdul Rahman Abanmy
Job : Job number 56 SDI filter papers (0.45 micron)
Spectrum 8 sample 4 whole area (22 August 1994 13:31)

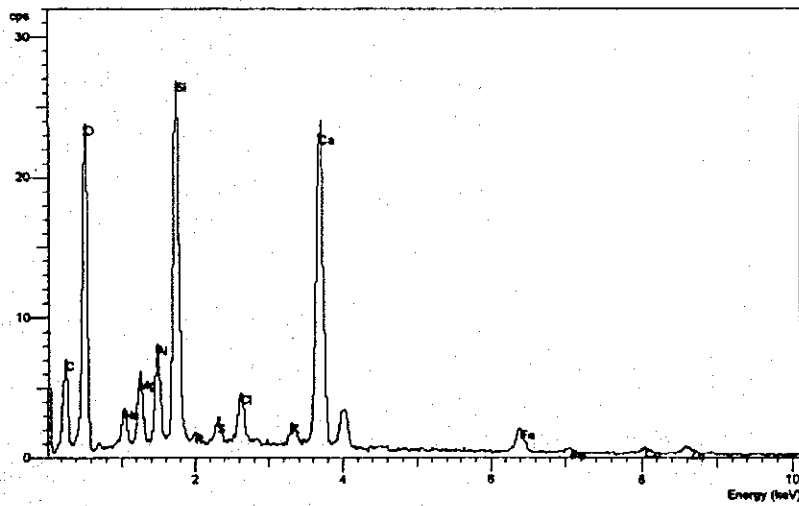
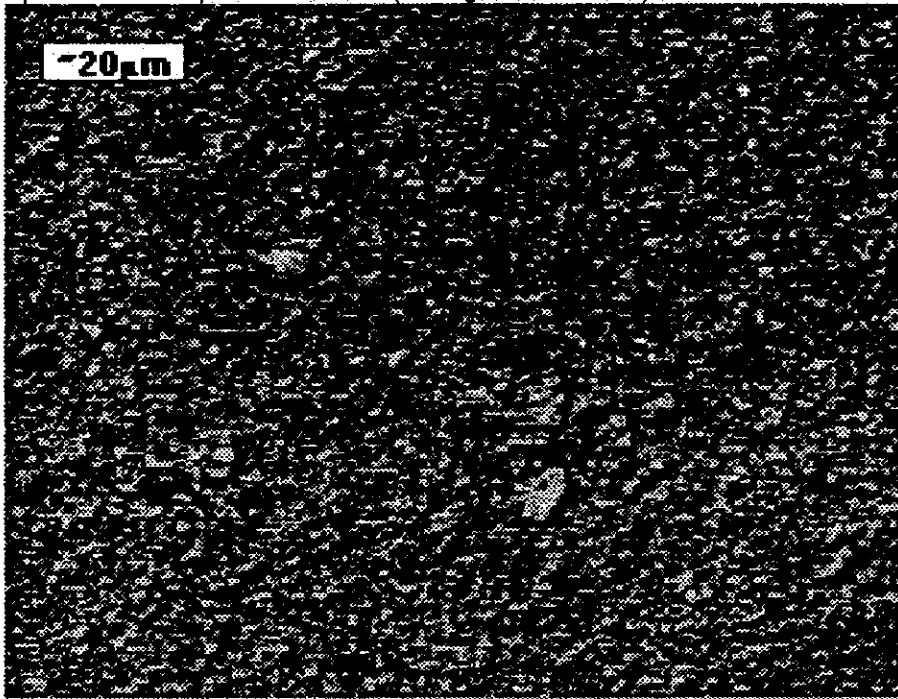


Fig. 8 原海水中の汚濁物質が精密濾過膜で捕捉されたSEM写真
およびEDXスペクトル (Sample 4)

(7.1.5.A)

Operator : John G O'Hara
Client : Abdul Rahman Abanmy
Job : Job number 56 SDI filter papers (0.45 micron)
Spectrum 10 sample 4 Spot (22 August 1994 13:53)

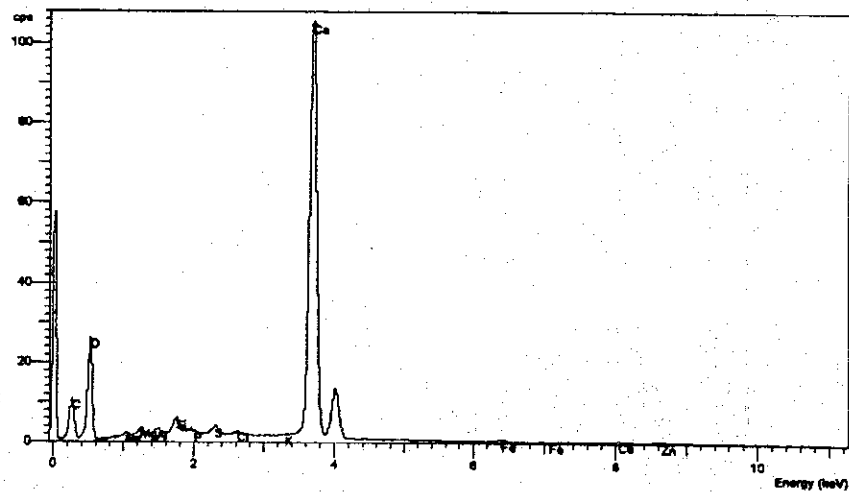
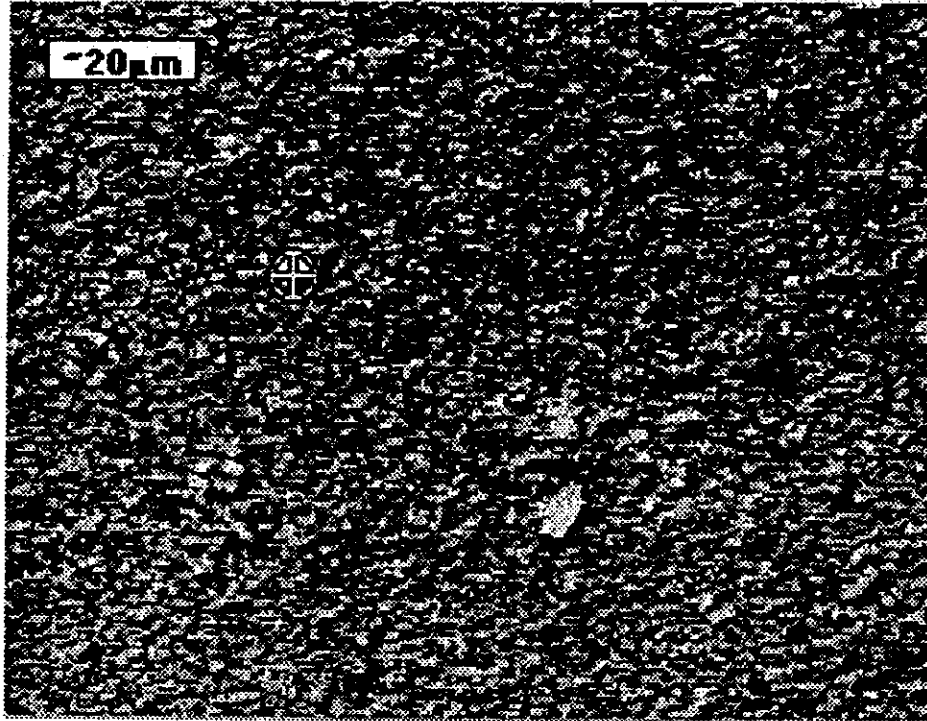


Fig. 9 原海水中の汚濁物質が精密濾過膜で捕捉されたSEM写真
およびEDXスペクトル (Sample 3)

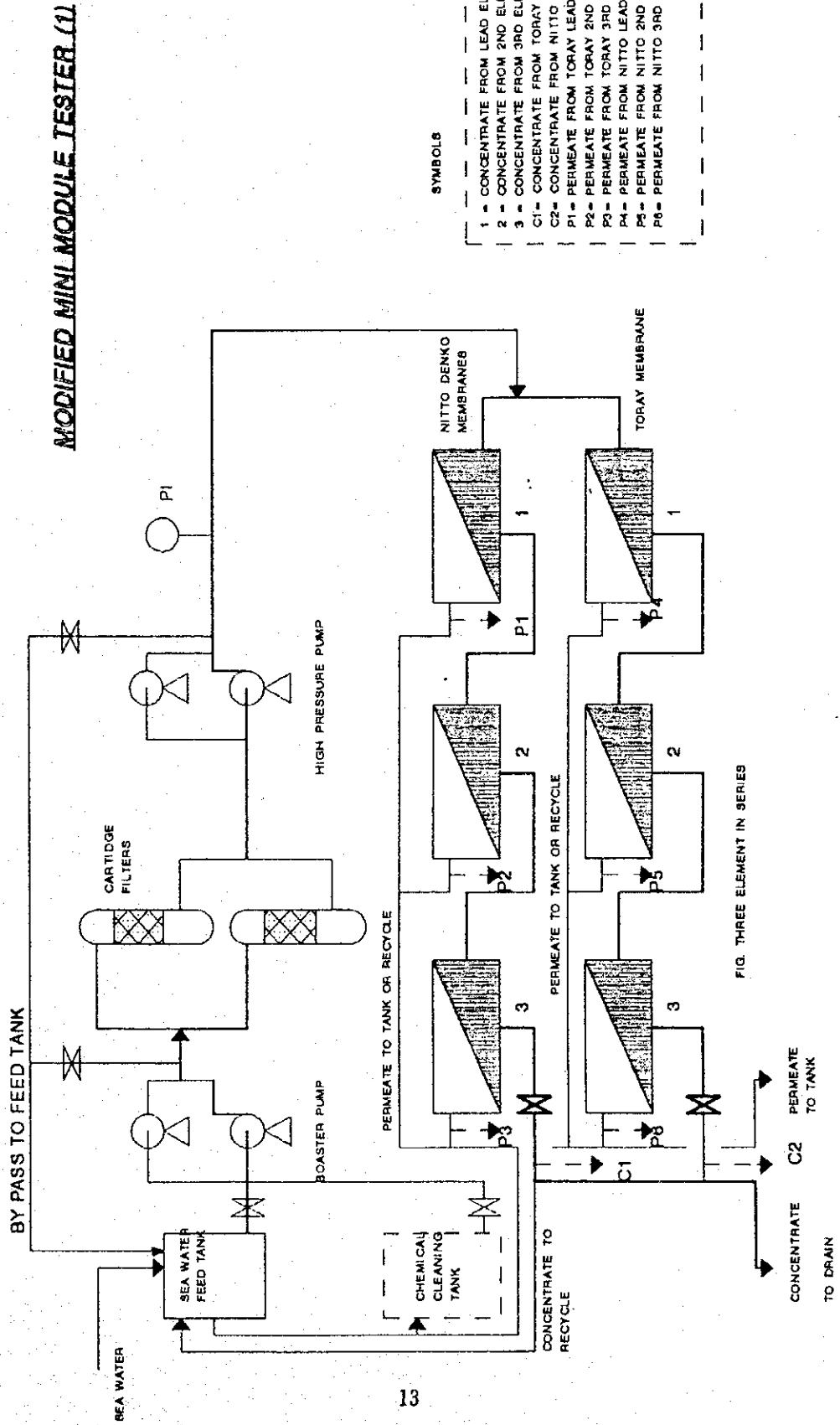


Fig. 10 改造されたミニモジュール試験装置 (1) のフロー

(7.1.5.A)

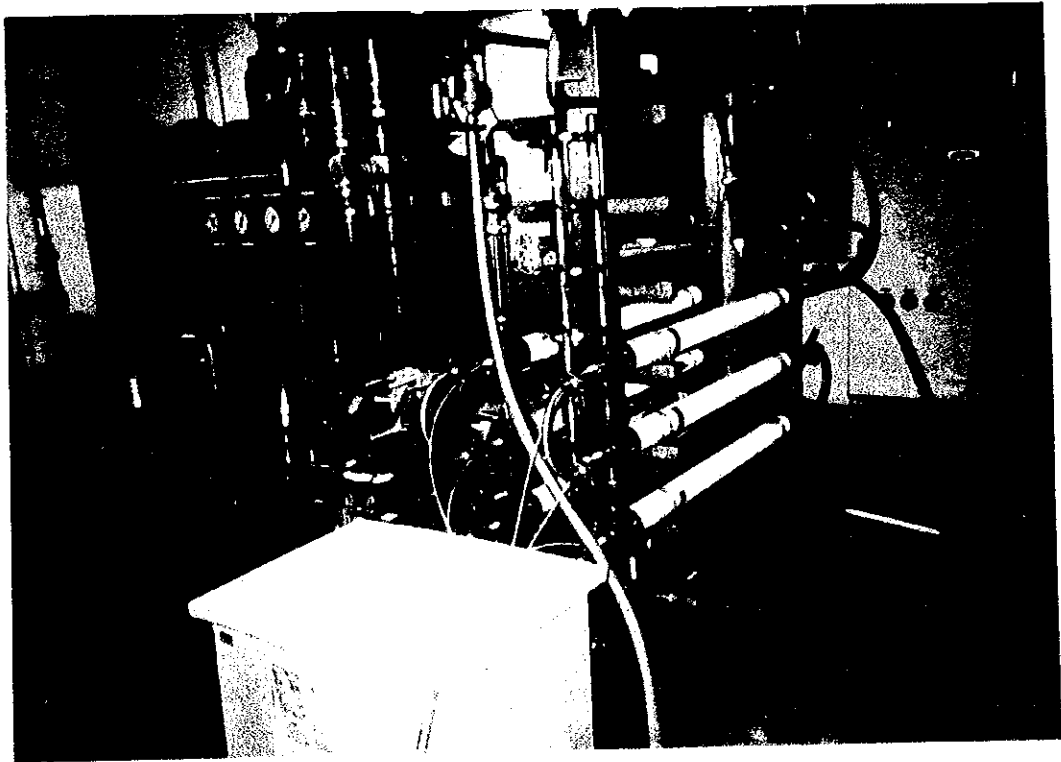


Fig.11 改造されたミニモジュール試験装置(1)の写真

