

7. 1. 2. C. 海水淡水化RO装置(ドバ、ジェットプラント)の汚染膜分析

(7. 1. 2. C)

目 次

1. 目的	1
2. 実験方法	1
2.1 実験設備	1
2.2 実験材料	1
2.3 実験手順	1
3. 実験結果と考察	2
3.1 実験結果	2
3.2 考察	2
4. 結論	3

(7.1.2.C)

表 一 覧

表番	題 名	頁
Table 1	東洋紡製中空糸膜付着物の無機物定量分析データ	4

(7.1.2.C)

図 一 覧

図番	題 名	頁
Fig. 1	汚染したスパイラル型RO膜の電子顕微鏡写真と付着物の EDX法分析スペクトル	5
Fig. 2	汚染したスパイラル型RO膜表面に蓄積した元素のX線ドットマップ	6
Fig. 3	汚染した中空糸膜モジュールの分解手順と汚染状況の写真	7
Fig. 4	汚染した中空糸膜モジュールの内層より採取した試料の 電子顕微鏡写真とEDX法分析スペクトル	10
Fig. 5	汚染した中空糸膜モジュールの中層より採取した試料の 電子顕微鏡写真とEDX法分析スペクトル	11
Fig. 6	汚染した中空糸膜モジュールの外層より採取した試料の 電子顕微鏡写真とEDX法分析スペクトル	12
Fig. 7	汚染した中空糸膜モジュールを水洗浄した試料の電子顕微鏡 写真とEDX法分析スペクトル	13
Fig. 8	汚染した中空糸膜モジュールをSHMP薬品で洗浄した試料の 電子顕微鏡写真とEDX法分析スペクトル	14
Fig. 9	汚染した中空糸膜モジュールを塩酸洗浄した試料の 電子顕微鏡写真とEDX法分析スペクトル	15
Fig. 10	汚染した中空糸膜モジュールをEDTA薬品で洗浄した試料の 電子顕微鏡写真とEDX法分析スペクトル	16
Fig. 11	汚染した中空糸膜モジュールをクエン酸洗浄した試料の 電子顕微鏡写真とEDX法分析スペクトル	17
Fig. 12	汚染した中空糸膜モジュールを蓚酸洗浄した試料の 電子顕微鏡写真とEDX法分析スペクトル	18
Fig. 13	汚染した中空糸膜に付着した黒色粒子のEDX法分析スペクトル	19
Fig. 14	汚染した中空糸膜に付着した繊維状物質のEDX法分析スペクトル	19

(7.1.2.C)

7.1.2.C. 海水淡水化RO装置（ドバ、ジェッダプラント）の汚染膜分析

1. 目的

化学および生物的ファウリングによるSWRO膜の劣化はROプロセスによる淡水化にとって重要な関心事である。本研究の目的は汚染膜表面の劣化物質と膜劣化の原因を確認することにある。膜表面の外観検査に加えて、走査電子顕微鏡（SEM）、エネルギー分散X線分光器（EDX）、原子吸光光度計（AAS）およびイオンクロマトグラフィを用いて性能劣化した膜およびそれらの表面にある劣化物質について分析を行った。また、汚染膜の性能回復に使用できる各種の化学洗浄剤の効果についても評価を行った。本報告書ではSWROジェッダプラントから入手したSWRO中空糸膜とSWROデュバプラントの2段階目ROから入手したかん水スパイラル型膜の検査および分析を行った。

2. 実験方法

2.1 実験設備

走査電子顕微鏡（SEM）およびエネルギー分散分光器（EDX）を用いて劣化物質分析を行った。無機劣化物質の定量分析には原子吸光光度計（AAS）およびイオンクロマトグラフィを用いた。

2.2 実験材料

およそ5年間運転してきたSWROプラントのSWCCジェッダのE系列、No.19モジュールから回収した東洋紡中空糸膜エレメントならびにドバプラントから入手したスパイラル型エレメントについて分析を行った。後者の膜はかなり以前に取り外されており、検査分析のために適切に保管されたものではない。

ヘキサメタリン酸塩ナトリウム（SHMP）（1%、wt）、シュウ酸（0.2% wt、pH=4）、塩酸（pH=4）、クエン酸（2%wt、pH=4）およびエチレンジアミンテトラ-酢酸塩二ナトリウム（EDTA）（1.5%）を膜洗浄に用いた。

2.3 実験手順

スパイラル型膜はSEMおよびEDXを用いてその劣化物質を分析した。中空糸エレメントは切り開いて、物理的検査を行った。長さ50cmの中空糸サンプルを（給水管に近い）内層部、中層部および外層部から切り取り、プラスチックバッグ中の0.5%ホルマリン溶液中に保存した。

SEMおよびEDXによる分析に先だて、一部の汚染のひどい膜を上記洗浄剤の一つに24時間浸して洗浄した。AASおよびイオンクロマトグラフィ分析は水、シュウ酸また

(7.1.2.C)

は塩酸に溶解させたサンプルについて行った。

3. 実験結果と考察

3.1 実験結果

SEMで750倍に拡大した膜表面の概観は、EDX法で測定した劣化物質の元素分析とともにFig. 1に示す。X線元素ドットマップではFig. 2に示した劣化域に分布する元素を表示している。各段階の分析の中空糸エレメントの外観はFig. 3に示した。中空糸膜の物理的検査では、給水管付近の膜に赤茶色の粒子が多量に付着していることが判明した。付着物の色合いも量も給水管から離れるにつれて薄く、少なくなる。エレメント外層部の膜はやや黄色味がかっており、わずかな量しか付着物がなかった。定性分析の結果、この赤茶色の付着物はおもに鉄化合物を含むことが判った。この赤茶色の付着物の他に、給水管付近には黒色の粒子および繊維質の粘着性の物質も見られた。内層、中層および外層部から採取した繊維、洗浄繊維、黒色粒子および粘着性繊維質物質のSEMおよびEDX分析の結果はFig. 4からFig. 14に示す。また、東洋紡製中空糸から採取された劣化物質の定量無機分析の結果はTable 1に示した。

3.2 考察

スパイラル型膜に存在するおもな劣化物質は、C（炭素）、O（酸素）、Si（ケイ素）、Al（アルミニウム）、Fe（鉄）およびCr（クロム）である。Na（ナトリウム）、Mg（マグネシウム）、Cl（塩素）、K（カリウム）およびCa（カルシウム）などの他の元素は低濃度であった。劣化膜表面のFeおよびCrの分布は互いに類似しているだけでなく、Fig. 2の第1写真の後方散乱電子像として表示してあるものと全体的に同じ外観を持っている。同じ様な全般的な分布はAlおよびSiについても見られ、程度の差は小さいがCおよびOについても同様の分布が見られる。元素分布が似かよっていることはそれらが結合または組合わさった形で存在していることを示している可能性がある。このように、FeおよびCrはステンレス鋼腐食生成物から発生する可能性がある。Feが前処理段階で用いられる鉄凝集剤（ $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ ）の極微量が付着して生じるとする可能性は除外できる。なぜなら、デュバ第2段階膜への生成物が送り込まれるのはFeを通過させないSWRO第1段階からであるためである。CおよびOは膜表面に付着した CO_2 （炭酸）分子から生じると考えられる。

中空糸劣化膜に関するSEM結果は、多量の劣化付着物がおもにC、O、Fe、Al、Siおよび塩結晶からのNaおよびCl、さらに比率は小さいもののMg、K、Caから構成されていることを示している。マイクログラフによれば、給水管付近の中空糸膜（Fig. 4）には多量の劣化物質が付着しているのに反して、給水管から離れば離れるほど、すなわち中層部

(7.1.2.C)

(Fig. 5) や外層部 (Fig. 6) では劣化の程度が小さくなっている。各種の化学洗浄剤を使用した洗浄では、SEMマイクログラフやEDX (Fig. 7からFig. 12) で見られたようには劣化物質を完全に除去することはできなかった。シュウ酸はほとんどの劣化物質を除去したので、これがもっとも効果的な洗浄剤であることが判った (Fig. 12 参照)。

水、シュウ酸および塩酸を用いて抽出された中空糸膜の付着物はTable 1に示した。EDXを用いて得られたエレメントに加えて、化学分析の結果、Mn、Zn、Cu、Ni、Sr、CrおよびPが存在していることが判った。付着物の化学分析でSO₄が存在していないことが観察されたのは意外であった。多量のCおよびOが存在しているのは中空糸膜それ自身あるいは生物物質からの炭酸塩または有機物が存在しているからであると思われる。Feはろ過装置をすり抜けさせて集められた凝集剤としてのFeCl₃によるものである。Al、SiおよびMgの成分はシルトからのものである。EDXを用いた黒色粒子の分析からは、これがおもに炭素から構成されており、ろ過装置として用いられたアンスラサイト粒子であると考えられる。これに対して、繊維質物質はおもに Si、MgおよびFeからなっており、SiとMgはアスベストの主要成分である。

4. 結論

SEMおよびEDXを用いたスパイラル型膜の劣化物質に関する分析の結果、これらの劣化物質がFe、Cr、C及びOを含んでおり、それらはステンレス鋼部分の腐食と炭酸塩の膜への付着の結果生成されたものであることが判った。

中空糸膜分析では、これには凝集剤からの鉄分付着物が多く含まれていることが判明した。また、これには膜表面の物質としてシルト、アンスラサイトおよびアスベストも含まれていた。この研究の結果、シュウ酸がほとんどの劣化物質を除去することから洗浄剤として使用できることも判った。

(7.1.2.C)

TABLE 1 : QUANTITATIVE INORGANIC ANALYSIS DATA OF MEMBRANE DEPOSITS ON
HOLLOW FINE FIBER TOYOBO
(Amount with respect to fiber)

Analyte	Water extract (ppm)	Oxalic acid (2%) extract (ppm)	Hydrochloric acid (1:1) extract (ppm)
Fe	19	14963	17449
Mn	5	5.5	5.4
Zn	ND	3.3	3.4
Cu	1	8.5	8.4
Ni	ND	6.6	9.2
Na	3994	2752	6011
Ca	154	224	327
Mg	360	468	589
K	231	170	192
Al	ND	481	483
Sr	18	30	37
Cr	ND	17	18
Cl	7135	4826	NA
Po ₄	131	150	141
SiO ₂ (insoluble)	ND	664	560
NO ₃ -N	16	20	52

Note: ND = Not Detected
NA = Not Analyzed

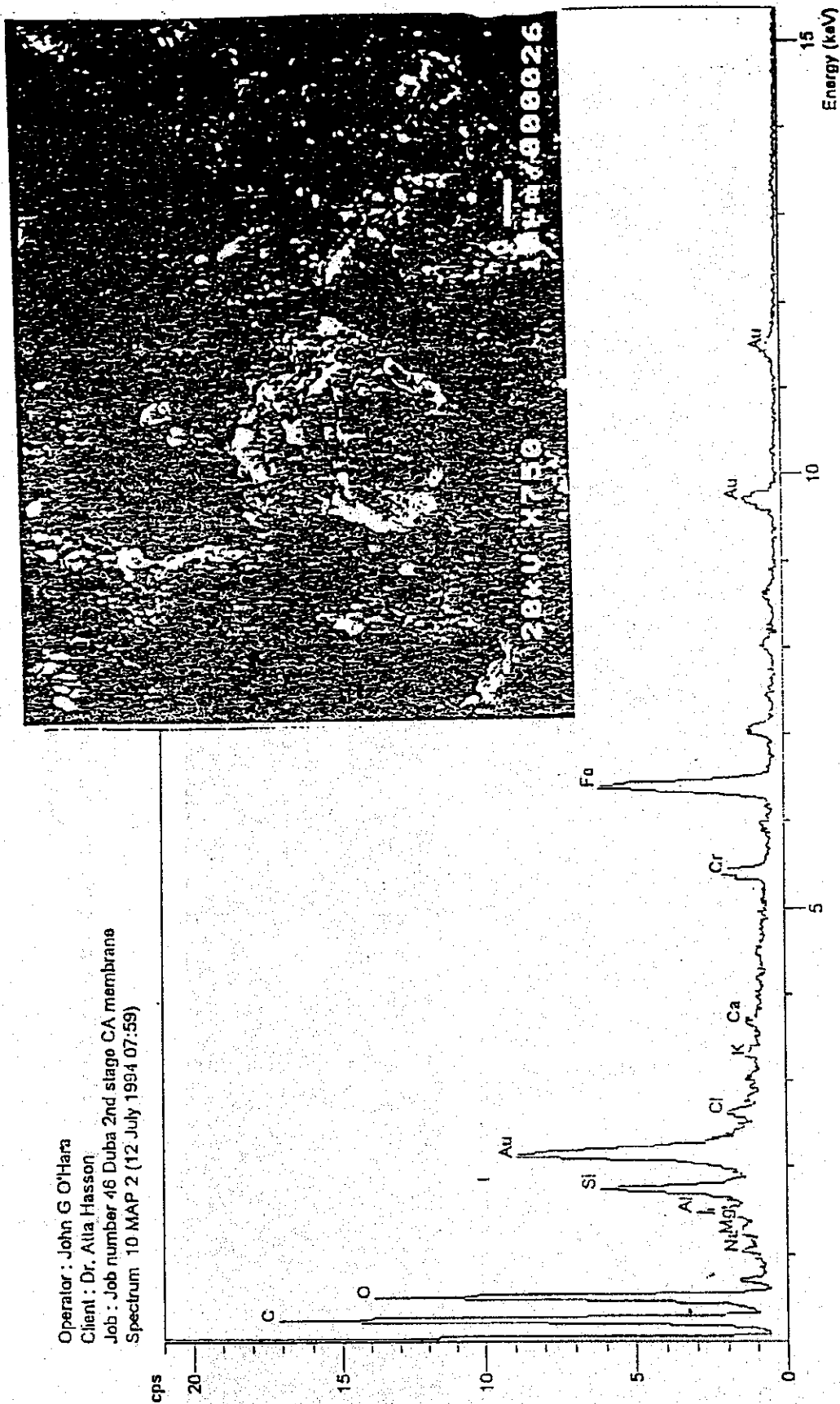


Figure 1 : SEM Micrograph and EDX Spectrum of Fouled Spiral Wound Membrane

(7. 1. 2. C)

Operator: John G O'Hara
Client: Dr. Atta Hasson
Job: Job number 46 Duba 2nd stage CA membrane
Label: MapGroup 2 (3 Jul 94 13:07:25)

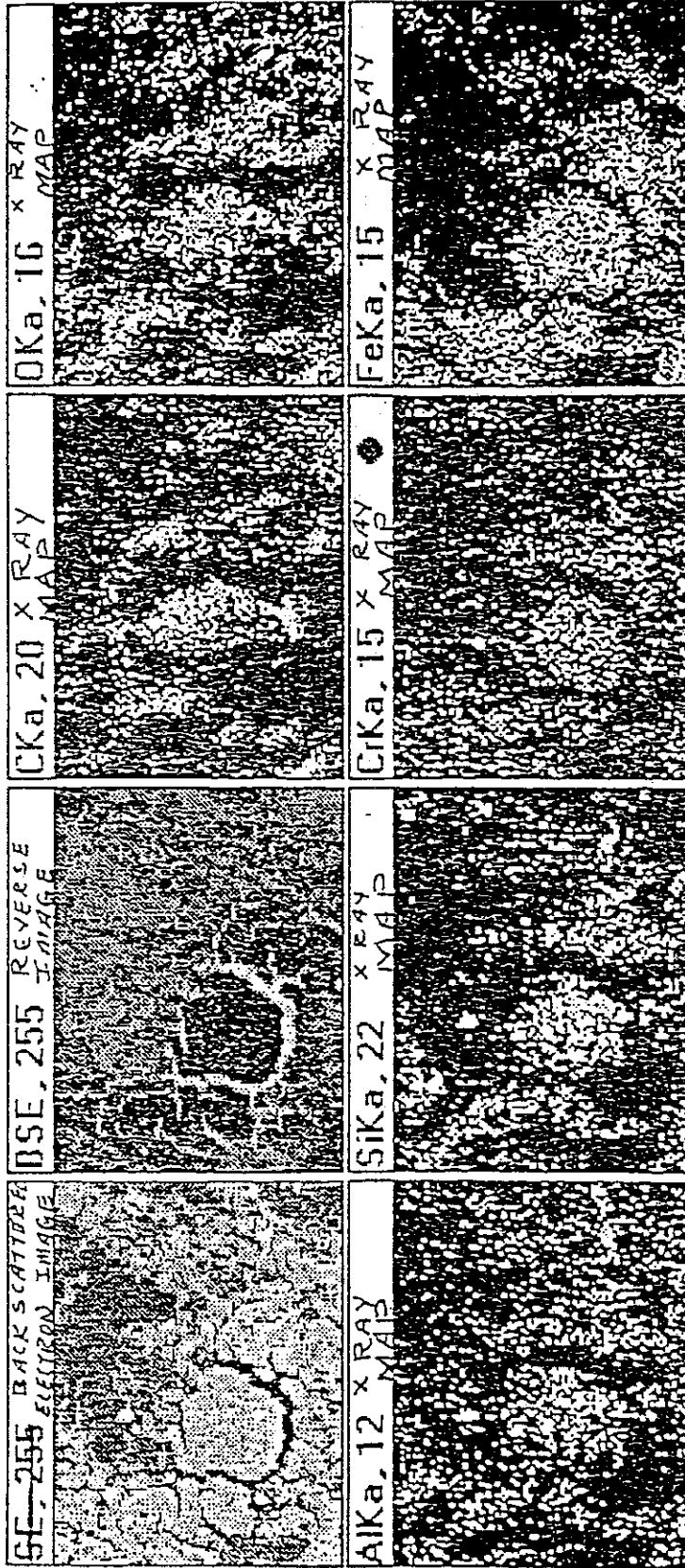
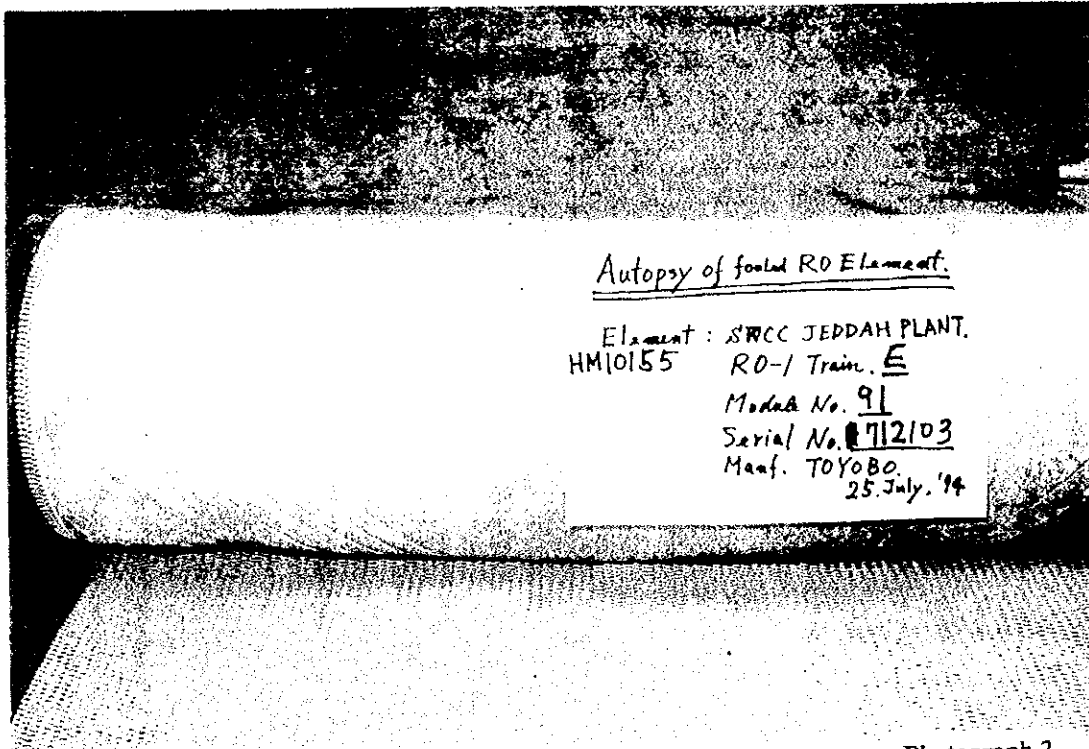


Figure 2 : The X-ray Dot Mapping of Elements Accumulated on the Surface of Fouled Spiral Wound Membrane

(7.1.2.C)



Photograph 2

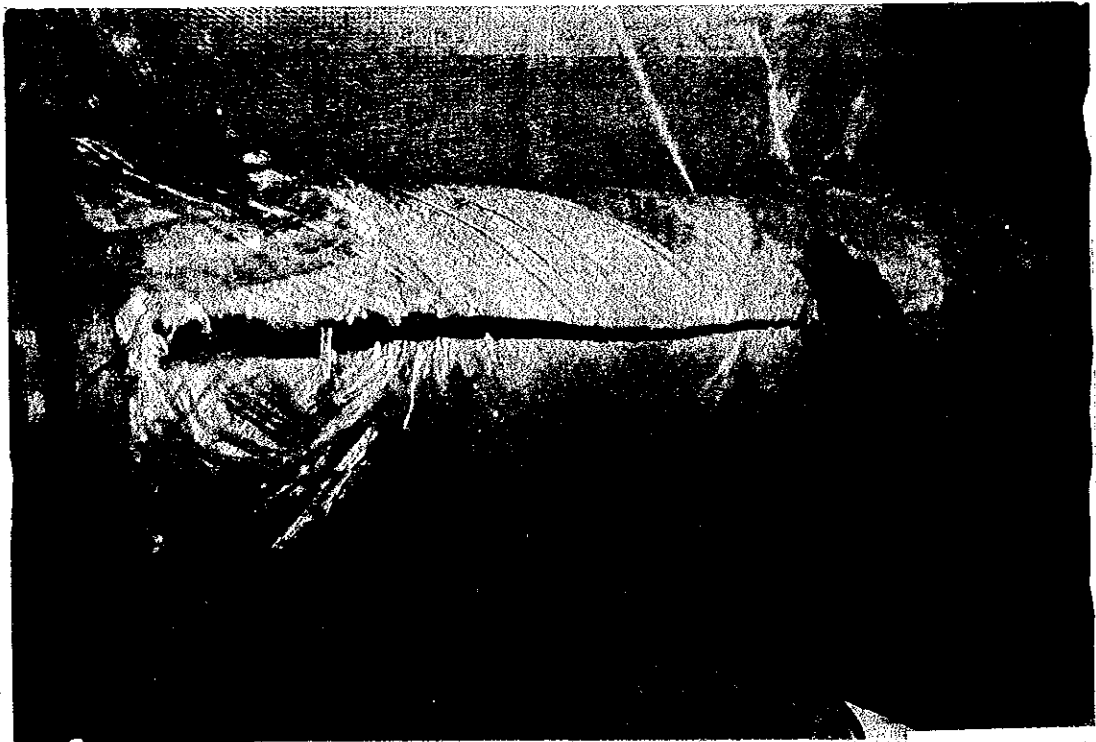
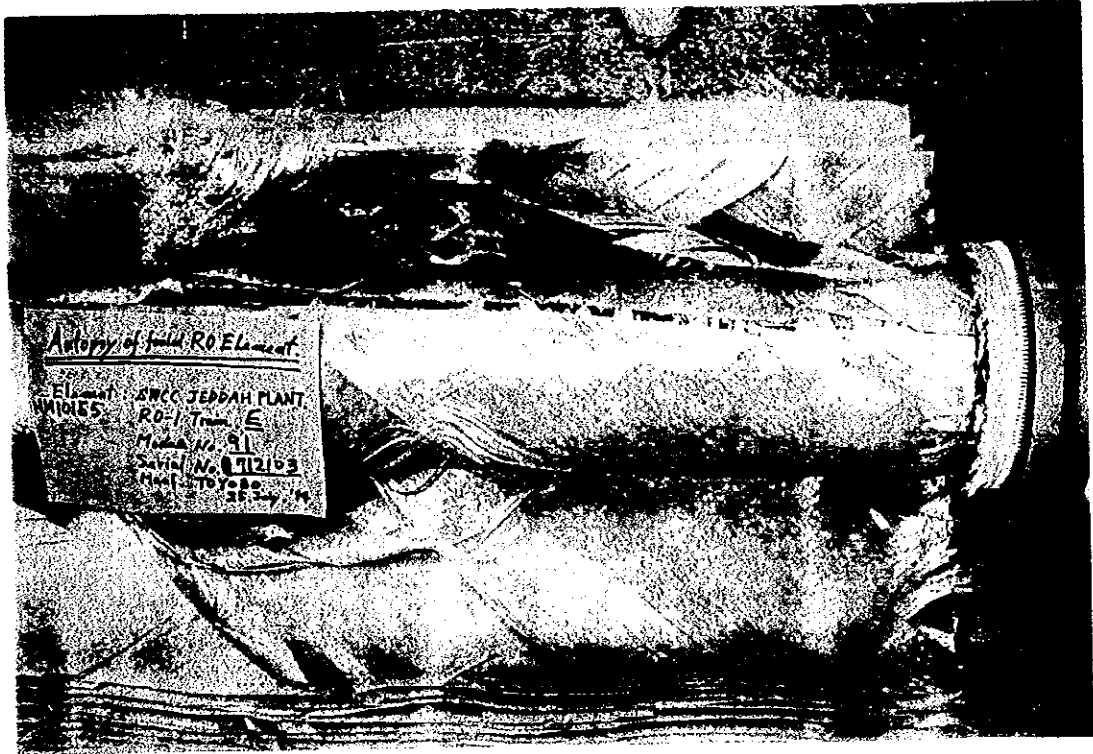


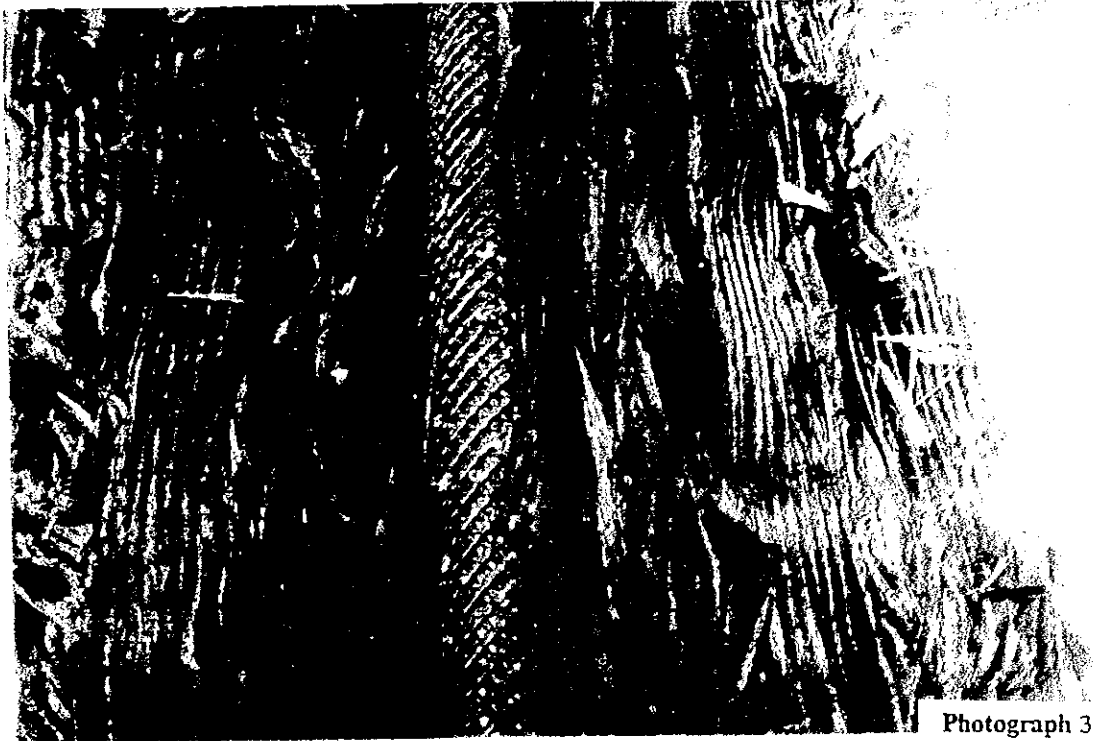
Figure 3 : Various Stages of Fouled Hollow Fine Fiber Autopsy

Photograph 1

(7.1.2.C)



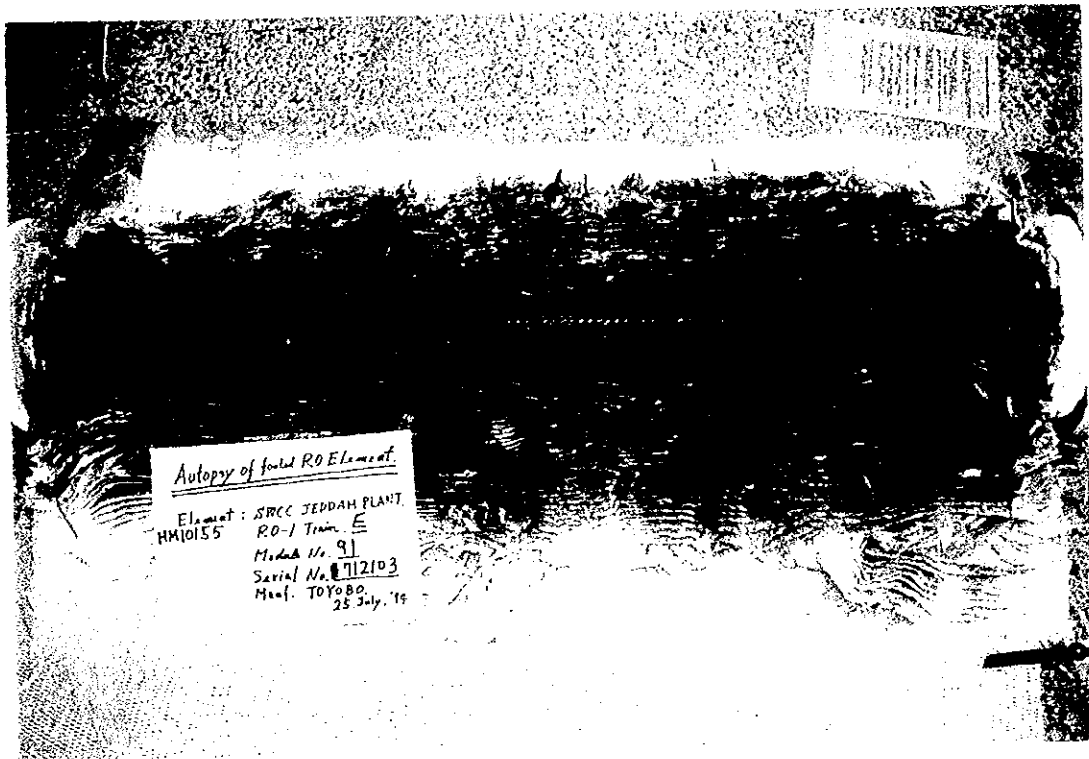
Photograph 4



Photograph 3

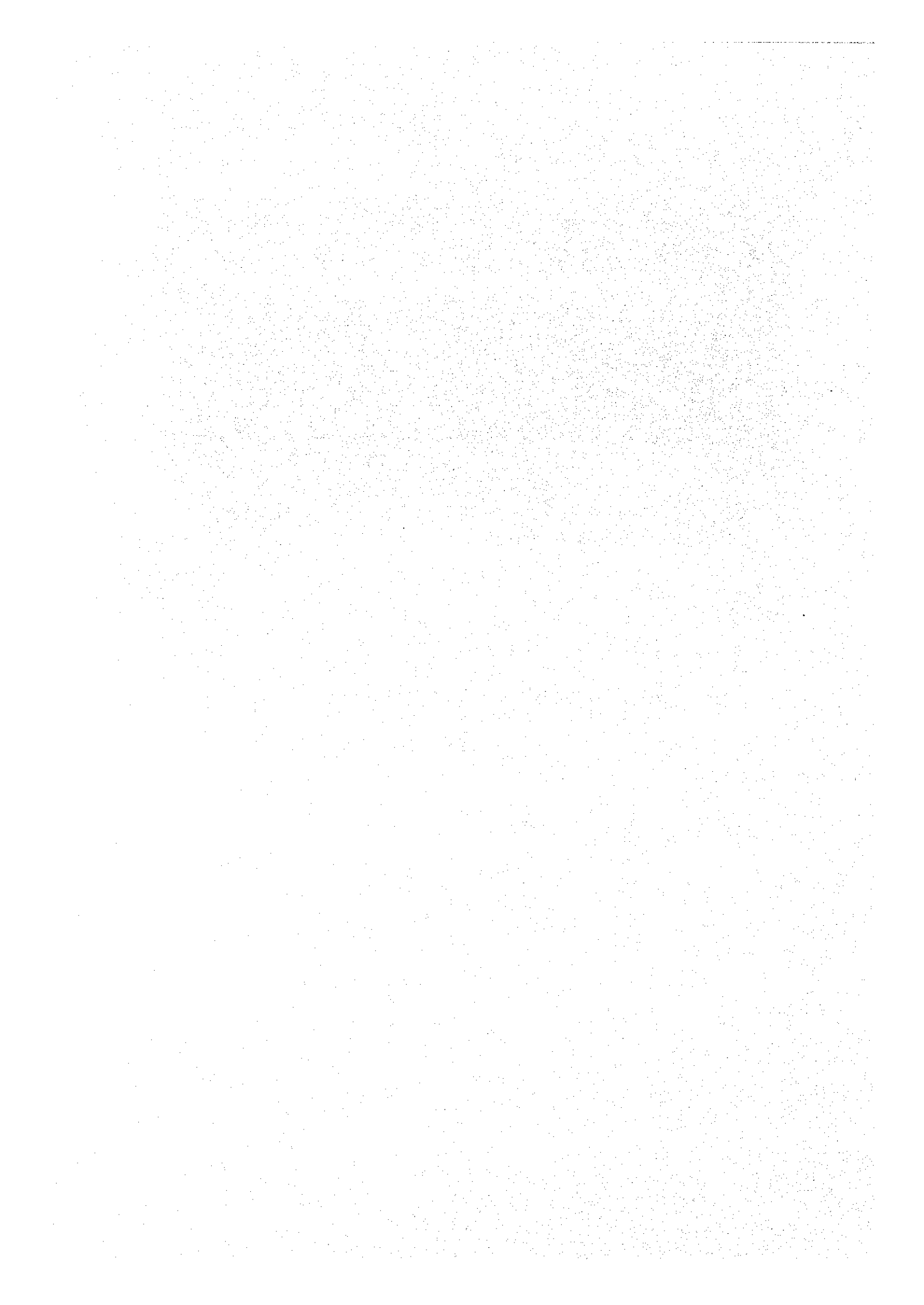
Figure 3 : Various Stages of Fouled Hollow Fine Fiber Autopsy

(7. 1. 2. C)

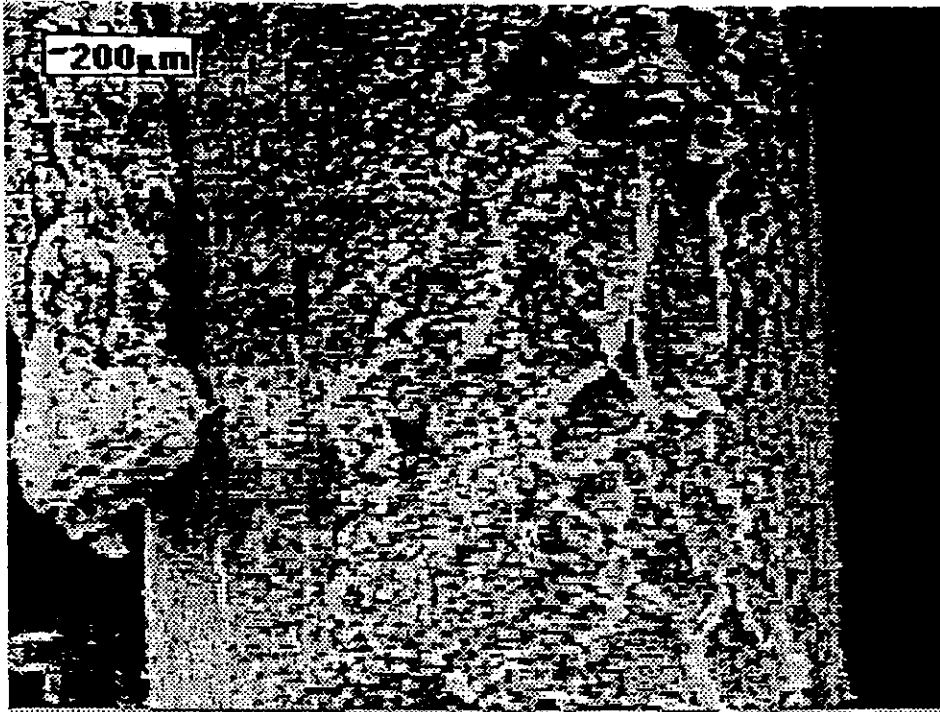


Photograph 5

Figure 3 : Various Stages of Fouled Hollow Fine Fiber Autopsy



(7.1.2.C)



Operator : John G O'Hara
Client : Dr. A. M. Farooque
Job : Job number 3 Hollow fibers from Jeddah
Spectrum 3 speciman U scale (08 August 1994 08:44

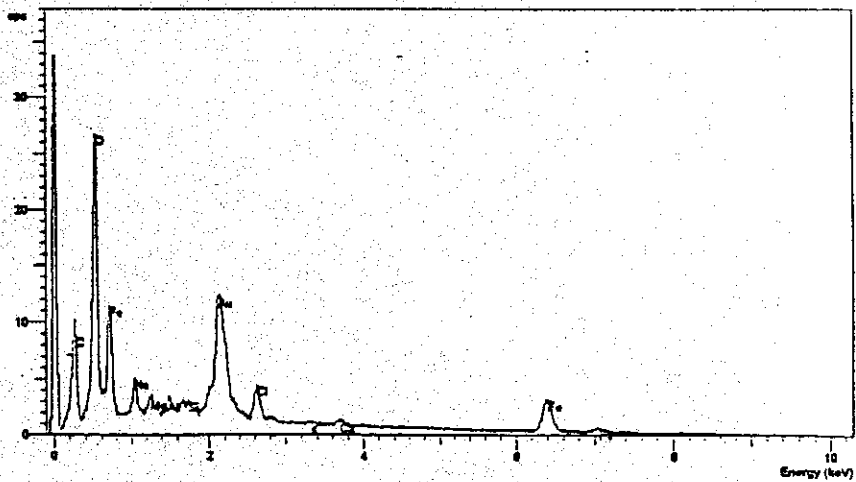


Figure 4 : SEM Micrograph and EDX Spectrum of Fouled Inner Hollow Fine Fiber

(7. 1. 2. C)

Operator : John G O'Hara
Client : Dr. A. M. Farooque
Job : Job number 3 Hollow fibers from Jeddah
Spectrum 1 Speciman M scale (08 August 1994 07:49)

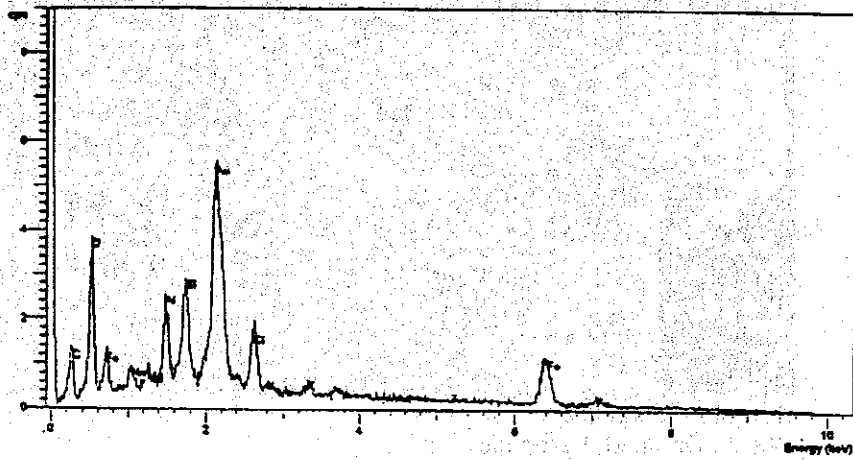


Figure 5 : SEM Micrograph and EDX Spectrum of Fouled Middle Hollow Fine Fiber

(7.1.2.C)

Operator : John G O'Hara
Client : Dr. A. M. Farooque
Job : Job number 3 Hollow fibers from Jeddah
Spectrum 4 Speciman T scale (08 August 1994 10:12)

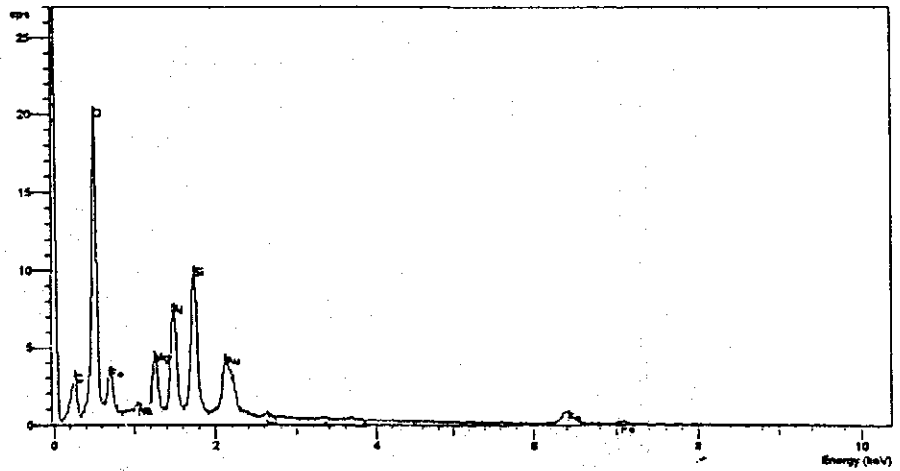


Figure 6 : SEM Micrograph and EDX Spectrum of Fouled Outer Hollow Fine Fiber

(7.1.2.C)

Operator: John G O'Hara
Client: Dr. A. M. Farooque
Job: Job number 3 Hollow fibers from Jeddah
Res: Fine
Label: Image 13 Speciman W scale (21 Aug 94 10:40:24)

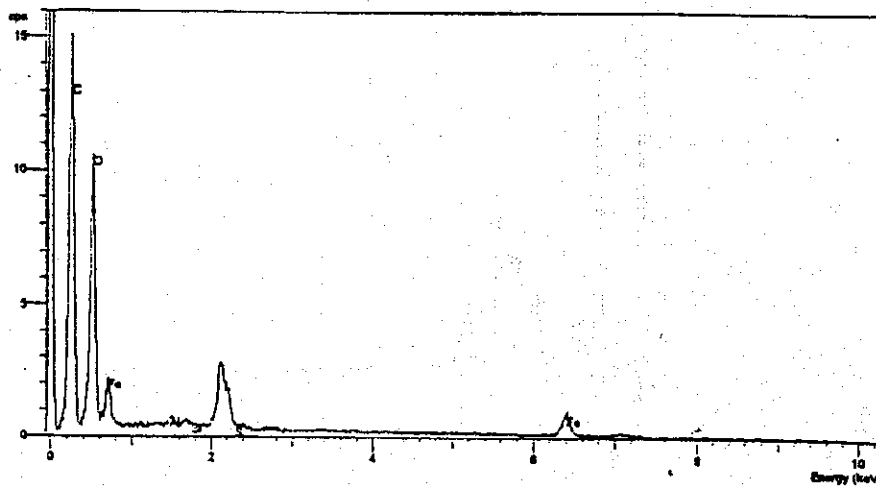
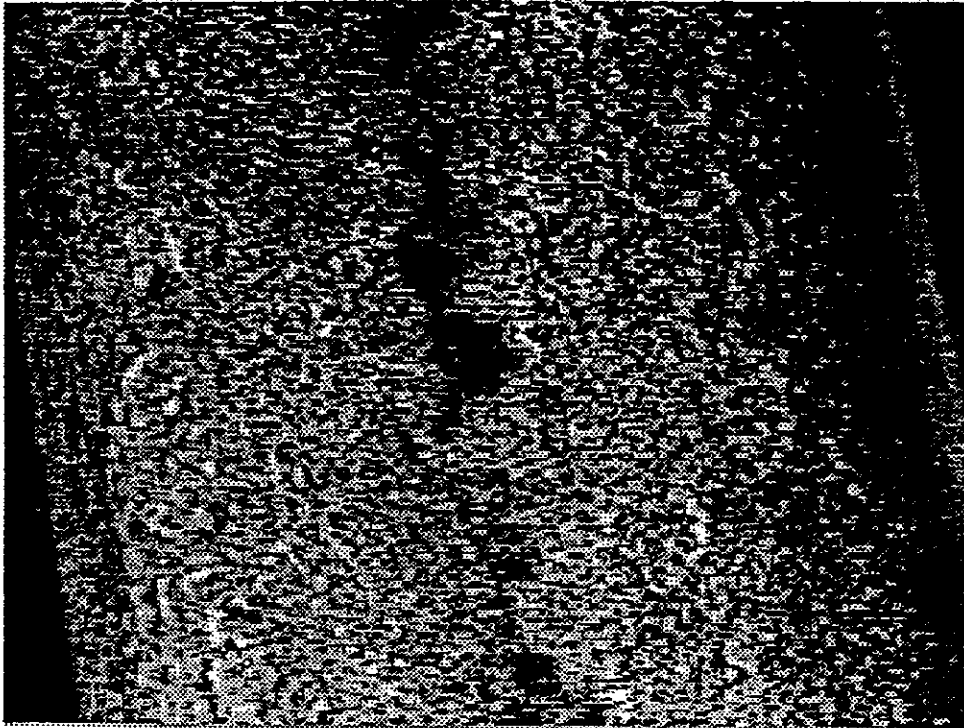


Figure 7 : SEM Micrograph and EDX Spectrum of Water Cleaned Fouled Hollow Fine Fiber

(7.1.2.C)

Operator : John G O'Hara
Client : Dr. A. M. Farooque
Job : Job number 3 Hollow fibers from Jeddah
Spectrum 6 Speciman S scale (08 August 1994 11:14)

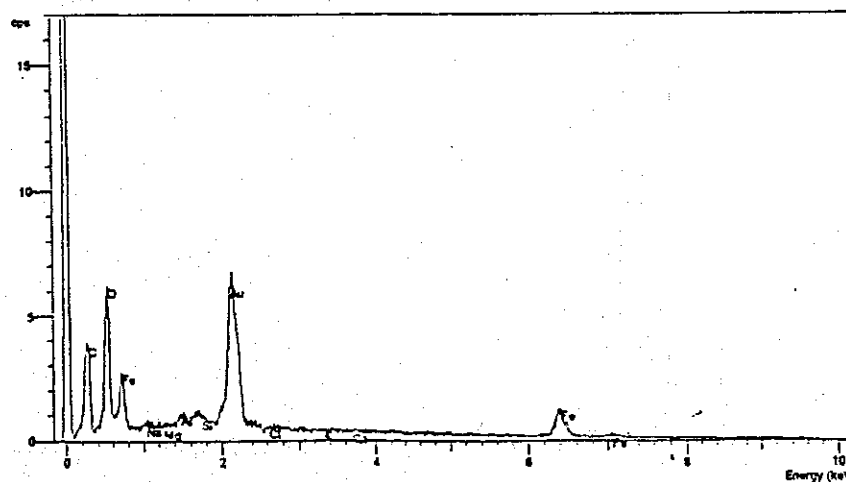
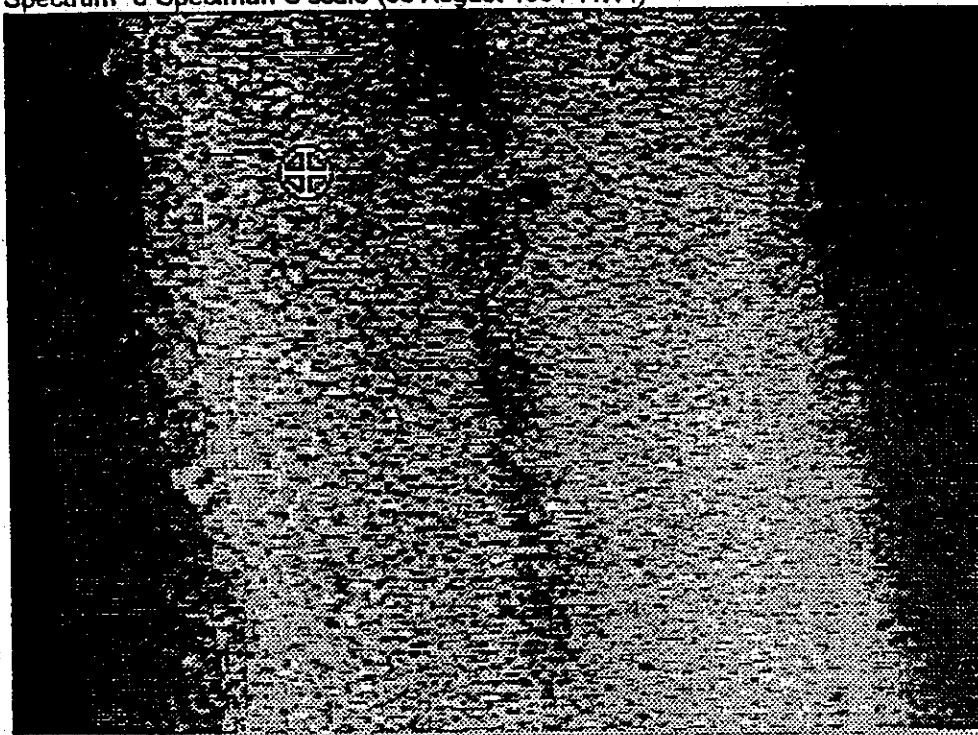


Figure 8 : SEM Micrograph and EDX Spectrum of SHMP Cleaned Fouled Hollow Fine Fiber

(7. 1. 2. C)

Operator : John G O'Hara
Client : Dr. A. M. Farooque
Job : Job number 3 Hollow fibers from Jeddah
Spectrum 8 Speciman H scale (20 August 1994 14:29)

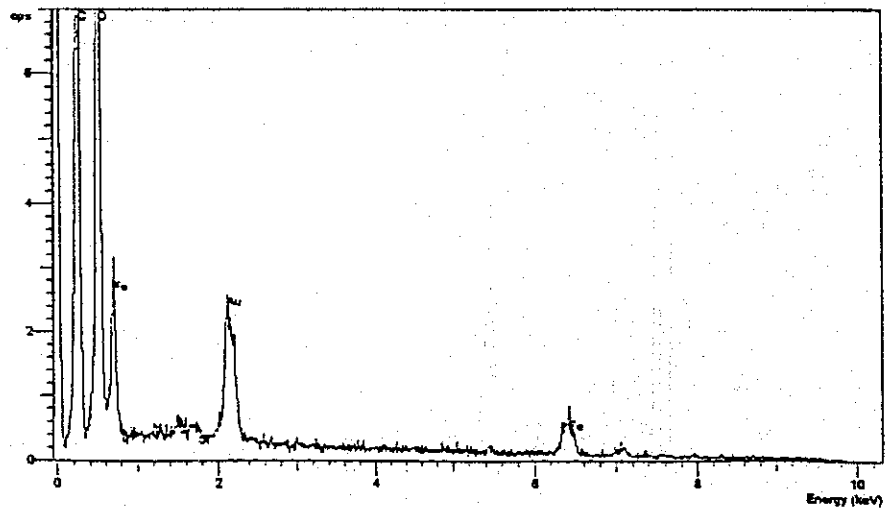
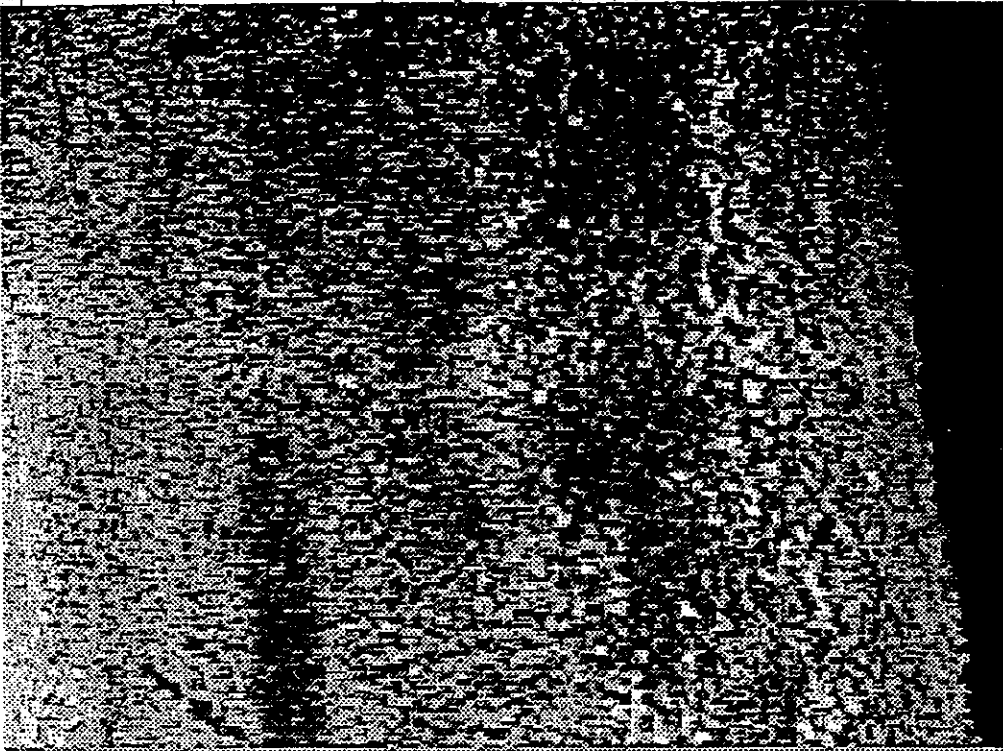


Figure 9 : SEM Micrograph and EDX Spectrum of HCl Cleaned Fouled Hollow Fine Fiber

(7.1.2.C)

Operator : John G O'Hara
Client : Dr. A. M. Farooque
Job : Job number 3 Hollow fibers from Jeddah
Spectrum 7 speciman E scale (20 August 1994 13:14)

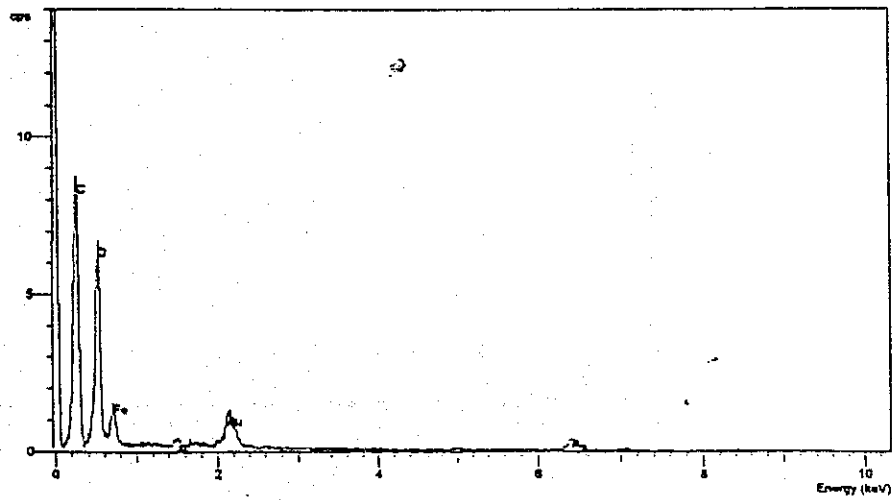
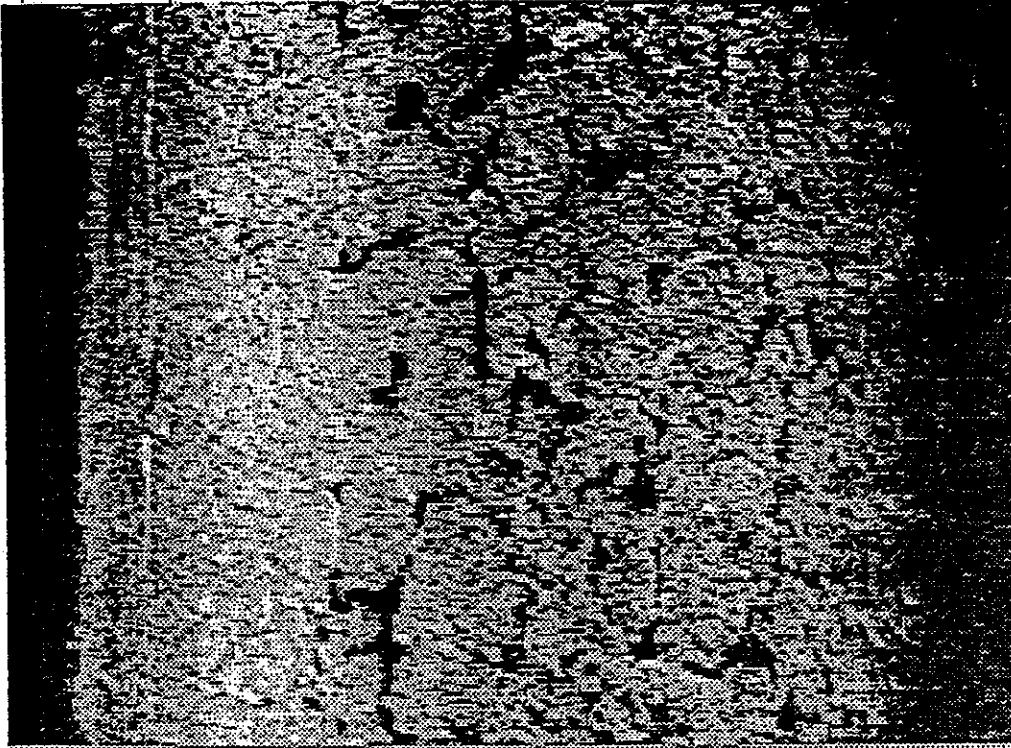


Figure 10 : SEM Micrograph and EDX Spectrum of EDTA Cleaned Fouled Hollow Fine Fiber

(7.1.2.c)

Operator: John G O'Hara
Client: Dr. A. M. Farooque
Job: Job number 3 Hollow fibers from Jeddah
Res: Fine
Label: Image 10 Speciman C scale (21 Aug 94 08:53:33)

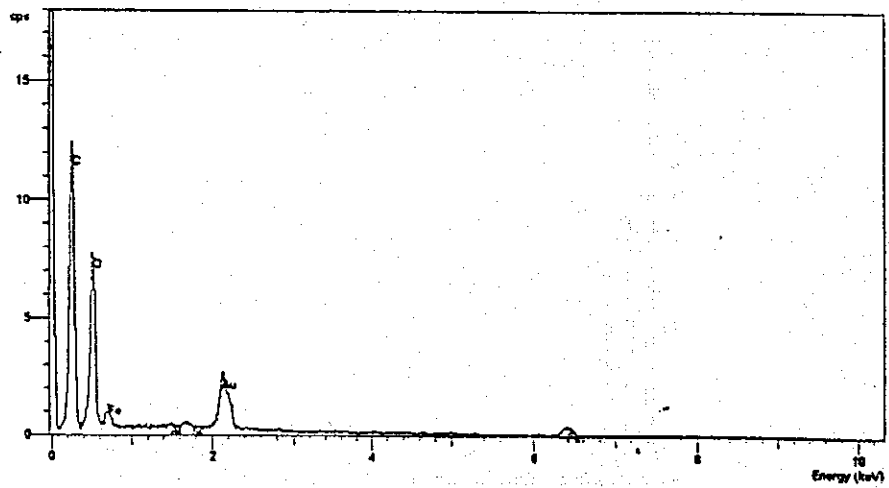
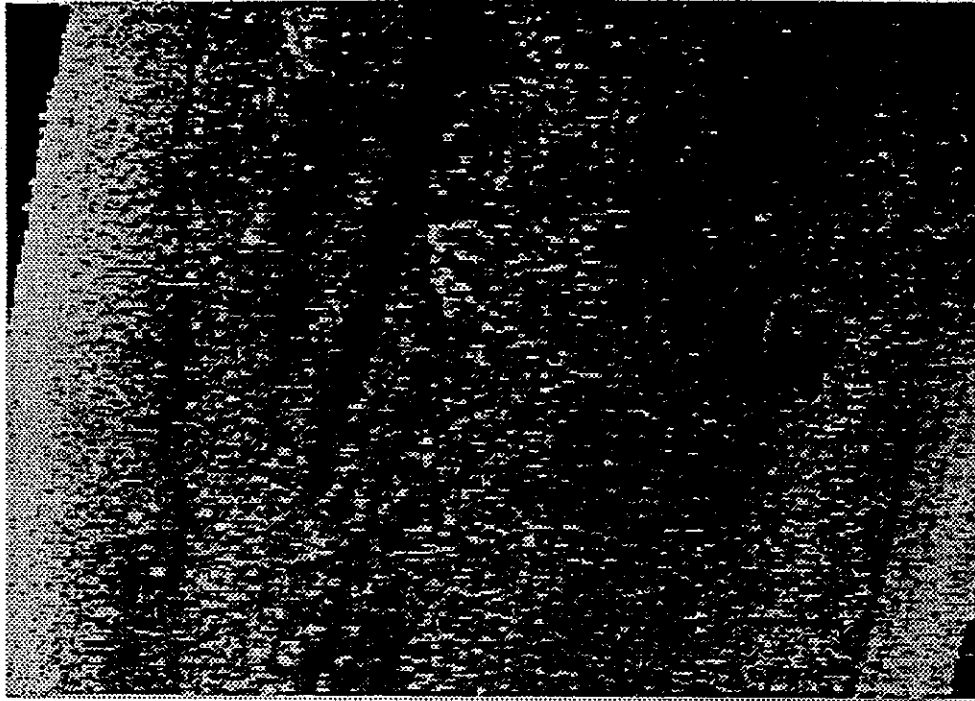


Figure 11 : SEM Micrograph and EDX Spectrum of Citric Acid Cleaned Fouled Hollow Fine Fiber

(7. 1. 2. C)

Operator : John G O'Hara
Client : Dr. A. M. Farooque
Job : Job number 3 Hollow fibers from Jeddah
Spectrum 9 Speciman O scale (21 August 1994 07:47)

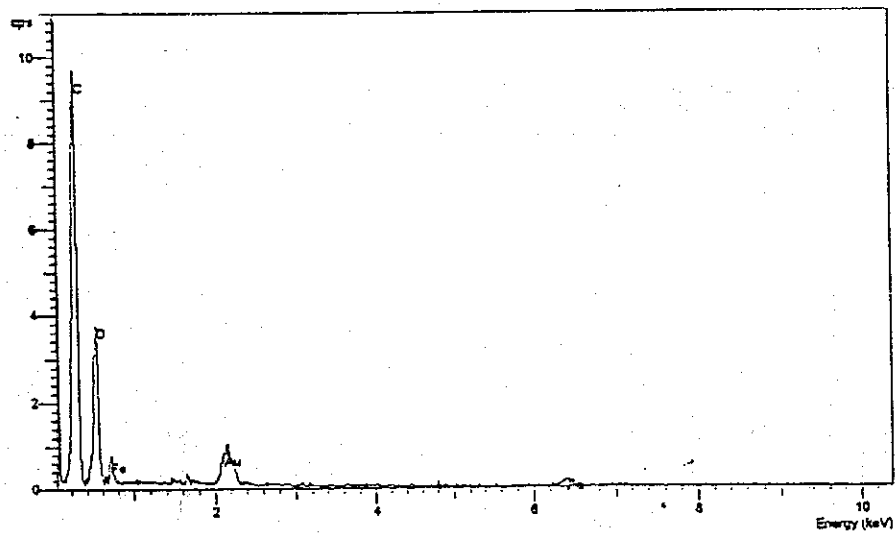
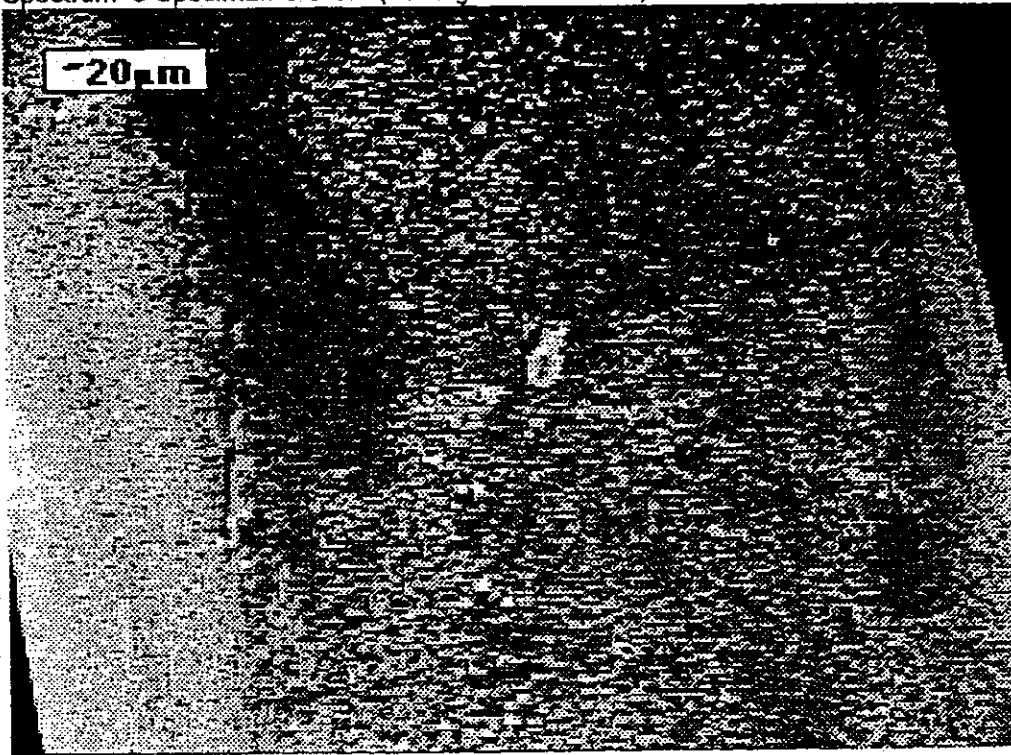


Figure 12 : SEM Micrograph and EDX Spectrum of Oxalic Acid Cleaned Fouled Hollow Fine Fiber

(7.1.2.C)

Operator : John G O'Hara
Client : Dr. Nemani
Job : Job number 64 R.O. Module samples from pilot plant
Spectrum 1 Sample - D (22 October 1994 12:58)

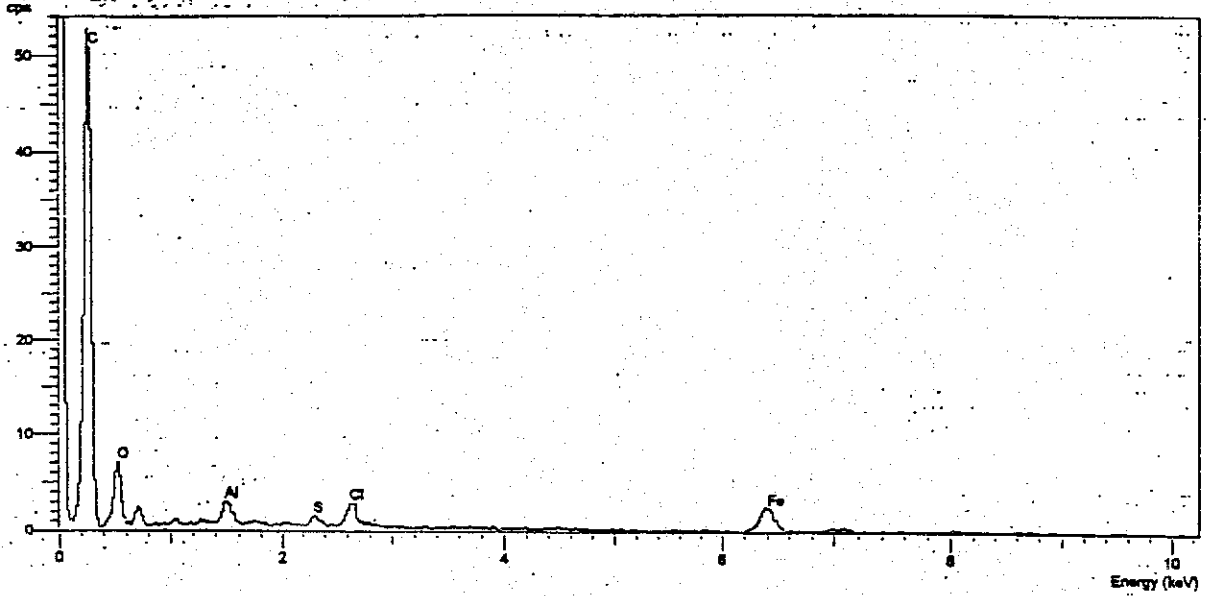


Figure 13 : EDX Spectrum of Black Particle on the Fouled Hollow Fine Fiber

Operator : John G O'Hara
Client : Dr. Nemani
Job : Job number 64 R.O. Module samples from pilot plant
Spectrum 2 Sample - E (22 October 1994 13:33)

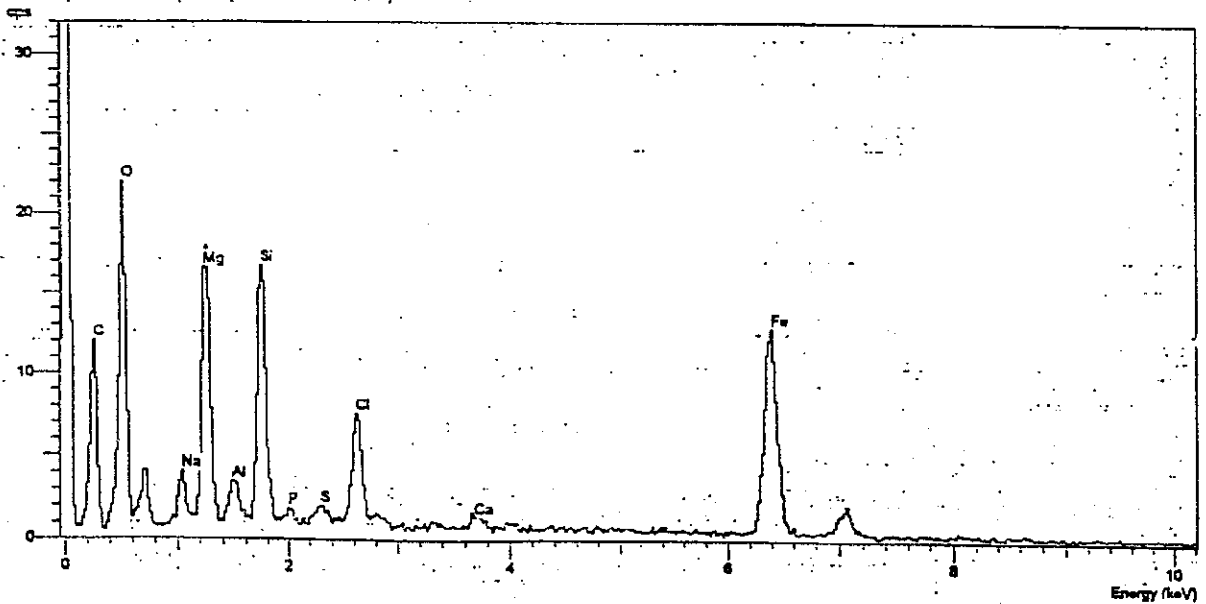


Figure 14 : EDX Spectrum of Fibrous Sticky Material on the Fouled Hollow Fine Fiber

7. 1. 2. D. 汚染RO膜 (ドハプラント) の洗浄試験

(7.1.2.D)

目 次

1. 目的	1
2. 実験方法	1
2.1 試験装置	1
2.2 洗浄溶液	1
2.3 手順	1
3. 結果および考察	1
4. 総論	2

(7.1.2.D)

表 一 覧

表番	題 名	頁
Table 1	洗浄前および洗浄後の膜性能	2

(7.1.2.D)

7.1.2.D 汚染RO膜（ドバプラント）の洗浄試験

本研究は劣化膜の標準洗浄方法を確立するための訓練として行われた。この研究に使用された劣化膜は、リサーチセンターが膜表面の劣化化学物質の分析用にデュバ淡水化プラントから調達したものである。この膜はかなり以前に除去されたもので、検分および分析を目的として保存されていたものでないため、現在の研究で正確な結果が得るとは予想されていない。

1. 目的

本研究の目的は劣化膜の性能回復に利用可能な各種化学洗浄剤の有効性を評価することである。

2. 実験方法

2.1 試験装置

ミニモジュール試験装置(2)―日東電工製平膜試験機RUW-5. 試験機で使用した試験用セルは日東RO/UF試験用セルであった。

2.2 洗浄溶液

ヘキサメタリン酸塩ナトリウム(SHMP)(1%wt)、シュウ酸(0.2%wt, pH=4)、塩酸(pH=3)およびクエン酸(2%wt, pH=4)

2.3 手順

劣化膜の性能（流量および塩分除去）は2000 μ s/cmの通水を行って測定した。膜はその後各種の洗浄剤で（24時間浸して）洗浄してから同様の条件で性能を測定した。

3. 結果および考察

各種の洗浄剤で洗浄する前と洗浄後の劣化膜の性能評価について得られた結果をTable 1に示した。

(7.1.2.D)

Table 1 洗浄前および洗浄後の膜性能

洗浄 溶液	洗浄前の 除去率 (%)	洗浄後の 除去率 (%)	洗浄前の流量 ($\text{m}^3/\text{m}^2/\text{日}$)	洗浄後の流量 ($\text{m}^3/\text{m}^2/\text{日}$)
SHMP	84.1	85.6	5.3×10^{-2}	6.1×10^{-2}
シュウ酸	86	85.4	4.1×10^{-2}	4.2×10^{-2}
HCL	89.3	---	3.1×10^{-2}	---
クエン酸	87	85.5	4.9×10^{-2}	4.7×10^{-2}

この結果から洗浄に使用した薬品は、流量を約15%増加させたことが判明した。ヘキサメタリン酸ナトリウム(SHMP)を除くすべてのものが劣化膜の塩分除去率ならびに流量を改善しなかったことがわかる。塩酸(HCL)は膜を損傷させることが判った。これは膜の加水分解を助長する低pH(pH=3)が原因と思われる。

4. 総論

本研究に使用した洗浄溶液は劣化膜の性能を向上させる効果がなかった。膜が適切に保存されていなかったために膜の劣化が起きているという事実から予想通りの結果になった。

7. 1. 2. E. 汚染RO (ドバプラント) の汚染物分析と平膜性能試験

目 次

1. 目的	1
2. 実験方法	1
2.1 RO膜サンプル	1
2.2 ROエレメントの解体	1
2.3 平膜性能測定サンプル調製	2
2.4 RO性能評価試験	2
3. 分析方法	2
3.1 化学洗浄	2
3.2 無機性汚染物質の観察および同定	2
3.3 有機性汚染物質の同定	2
4. 実験結果と考察	3
4.1 外観観察	3
4.2 SEMとEDXによる膜面分析	3
4.3 FT-IRによる膜面分析	3
4.4 平膜サンプルの膜性能	3

(7.1.2.E)

表 一 覧

表番	題 名	頁
Table 1	平膜サンプルの膜性能結果	4

図 一 覧

図番	題 名	頁
Fig. 1	解体により得られたRO平膜のサンプルの位置関係	2
Fig. 2-1(1)	No. 1 サンプル膜面のSEM (×800) とEDX分析	5
Fig. 2-1(2)	No. 2 サンプル膜面のSEM (×800) とEDX分析	6
Fig. 2-1(3)	No. 3 サンプル膜面のSEM (×800) とEDX分析	7
Fig. 2-1(4)	No. 4 サンプル膜面のSEM (×800) とEDX分析	8
Fig. 2-1(5)	No. 5 サンプル膜面のSEM (×800) とEDX分析	9
Fig. 2-1(6)	No. 6 サンプル膜面のSEM (×800) とEDX分析	10
Fig. 2-2(1)	No. 1 サンプル膜面のSEM (×4000) とEDX分析	11
Fig. 2-2(2)	No. 2 サンプル膜面のSEM (×4000) とEDX分析	12
Fig. 2-2(3)	No. 3 サンプル膜面のSEM (×4000) とEDX分析	13
Fig. 2-2(4)	No. 4 サンプル膜面のSEM (×4000) とEDX分析	14
Fig. 2-2(5)	No. 5 サンプル膜面のSEM (×4000) とEDX分析	15
Fig. 2-2(6)	No. 6 サンプル膜面のSEM (×4000) とEDX分析	16
Fig. 3(1)	No. 1 サンプル膜面の低加速電圧SEM観察	17
Fig. 3(2)	No. 2 サンプル膜面の低加速電圧SEM観察	18
Fig. 3(3)	No. 3 サンプル膜面の低加速電圧SEM観察	19
Fig. 3(4)	No. 4 サンプル膜面の低加速電圧SEM観察	20
Fig. 3(5)	No. 5 サンプル膜面の低加速電圧SEM観察	21
Fig. 3(6)	No. 6 サンプル膜面の低加速電圧SEM観察	22
Fig. 4(1)	No. 1 サンプルのIRチャート	23
Fig. 4(2)	No. 2 サンプルのIRチャート	24
Fig. 4(3)	No. 3 サンプルのIRチャート	25
Fig. 4(4)	No. 4 サンプルのIRチャート	26
Fig. 4(5)	No. 5 サンプルのIRチャート	27
Fig. 4(6)	No. 6 サンプルのIRチャート	28

(7.1.2.E)

7.1.2.E 汚染RO膜（ドバプラント）の汚染物分析と平膜性能試験

1. 目的

サウディ・アラビアSWCCのDuba 3 ROプラントで使用された性能低下を生じたRO膜を入手して、膜面汚染物質の分析、膜面の観察および平膜性能試験などを行い、RO性能低下の原因究明を行った。

2. 実験方法

2.1 RO膜サンプル

場所：サウディ・アラビアドバに所在する海水淡水化プラント

採取日：1994年10月1日

膜のタイプ：2段処理、かん水化脱塩用セルロース系RO膜

製造元：Fluid Systems(UOP)

発売元：American Engineerig Service

Model No：CA/CTA 898-54

Serial No：261955

サンプルの履歴：Dubaの2段処理脱塩プラントで2年間使用

サンプル採取位置

Train No.：II-B

Tube No.：PV #8の先頭エレメント（1年4ヶ月）

PV #8の最後尾のエレメント（8ヶ月）

ROエレメントの最終性能

本ROエレメントの性能データとして添付されていた、最終的な基本性能は次の通り。

Salt Rejection = 61.59% (Salt Passage = 38.4%)

但し、測定圧力=20bar, Feed 5780 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

2.2 ROエレメントの解体

サウディアラビアのアルジュベールRDセンターにて、ROエレメントの解体を行い、ROの同一リーフより図示したように、6箇所の特定された位置から平膜サンプルを採取した。なお、同一位置で各2枚ずつ取り、SWCC側とJICA側で同一膜サンプルを分析することとした。膜サンプルはポリエチレン袋に密封して保管ならびに分析地までの輸送された。

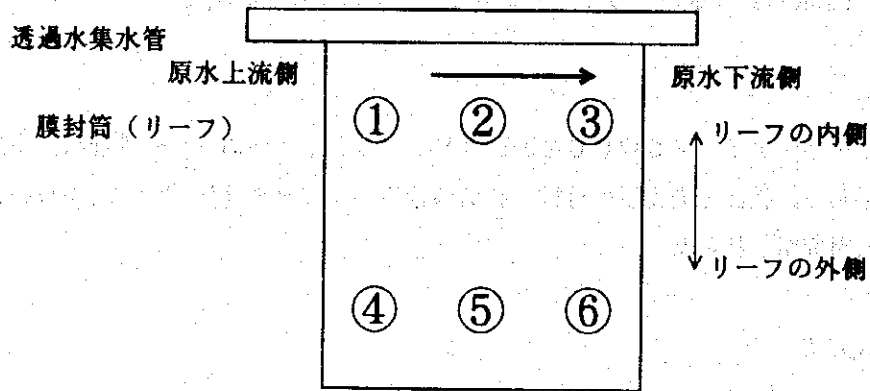


Fig. 1 解体により得られたRO平膜のサンプルの位置関係

2.3 平膜性能測定サンプル調製

各平膜サンプルより2枚ずつΦ75mmサイズの円盤状に切り出して性能テスト用に使用した。

2.4 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, pH = 6.5~6.8

評価条件：圧力 30kgf/cm²

流量 5L/min

運転30分後に透過水をサンプリング

3. 分析方法

3.1 化学洗浄

今回入手した膜サンプルは2段RO処理の第2段目に使用されていたので膜汚染は殆どなかった。従って、化学洗浄は行わずに以下の性能評価および膜の表面分析を行った。

3.2 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。

3.3 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. 実験結果と考察

4.1 外観観察

サウディアラビアの現地にてRO平膜サンプル採取のための解体時にエレメントの外観を観察した。第2段目のRO処理に本エレメントが使われていたので、外観を目視観察する限り、汚れの所見はなかった。

4.2 SEMとEDXによる膜面分析

膜サンプルのSEMとEDX膜面分析の結果をFig. 2-1(1)~(6)およびFig. 2-2(1)~(6)に示した。微生物による著しい汚染は認められなかった。無機物の付着も少なく、いわゆるファウリングは進行していない。サンプル位置による著しい相違を示す検出物質の特徴的な所見も認められなかった。なお、Fig. 3(1)~(6)に示すように、膜表面を低加速電圧での高倍率で観察したとき、物理的な損傷とも考えられるヒダ状のスジが見られた。これが、膜の運転中に生じた機械的なダメージか、或いは観察時の電子線によるダメージの二通りの可能性があるため新膜との比較検討が最終判定に必要となる。ただし、解体時に行った、染料液による膜面染色試験により顕著な着色が認められたことより、膜表面に通常のROレベルを超える大きさの孔が形成されている可能性が大きい。

4.3 FT-IRによる膜面分析

FT-IRによる膜サンプルの膜面分析の結果をFig. 4(1)~(6)に示した。

膜素材はアミロストリアセテート系であり、新品膜を所有していないため差スペクトルをとることが出来なかった。

膜構造の微細な解析にはブランクの対象サンプルは不可欠であり、今後、新膜のサンプル提供があれば、ここで得られたFT-IRの情報が膜劣化の化学分析による別の角度からの検討が可能となろう。

4.4 平膜サンプルの膜性能

Table 1に示したように、エレメントを解体して得られた平膜サンプルの運転中の位置関係 (Fig. 1 参照) とRO性能との関係を比較すると、原水上流側から下流にかけて塩分除去率の特異的な分布が認められた。すなわち、上流ほど性能劣化の傾向が大きく、低除去率で大きな透過水量を示す傾向がみられた。またリーフの外と内側には顕著な性能変化を示す傾向は認められなかった。

SEMの表面観察で得られたスジ状がRO運転時に生じたと推測するならば、ポンプより発生する超音波による物理的な破損による、典型的な膜面劣化と考えられ、音波の強い上流側の膜がより顕著に劣化されたとする仮説と一致する。

(7.1.2.E)

Table 1 平膜サンプルの膜性能結果

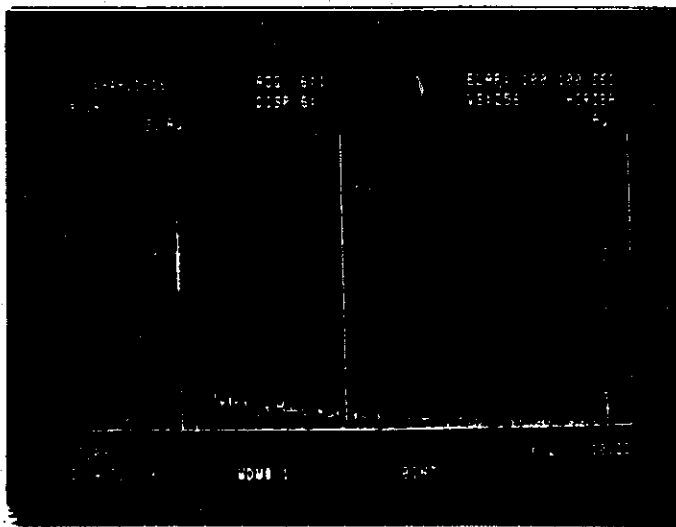
サンプル番号	サンプルの位置	RO性能 (n=2)	
		Rejection(%) (Ave.) 実測値	Flux(m ³ /m ² /d) (Ave.) 実測値
NO. 1	原水上流 内側	(57.9) 58.62	(1.06) 1.04
		57.20	1.08
NO. 2	原水中流 内側	(61.9) 62.00	(0.92) 0.95
		61.83	0.88
NO. 3	原水下流 内側	(67.6) 67.84	(0.66) 0.68
		67.31	0.63
NO. 4	原水上流 外側	(58.6) 56.05	(1.09) 1.18
		61.19	0.99
NO. 5	原水中流 外側	(65.2) 65.75	(0.78) 0.76
		64.66	0.80
NO. 6	原水下流 外側	(68.1) 67.93	(0.65) 0.66
		68.29	0.64

(7.1.2.E)



試料名: ①
観察場所: 表面

上視野 全面・ EDX分析結果



検出元素: Si がわずかに検出.

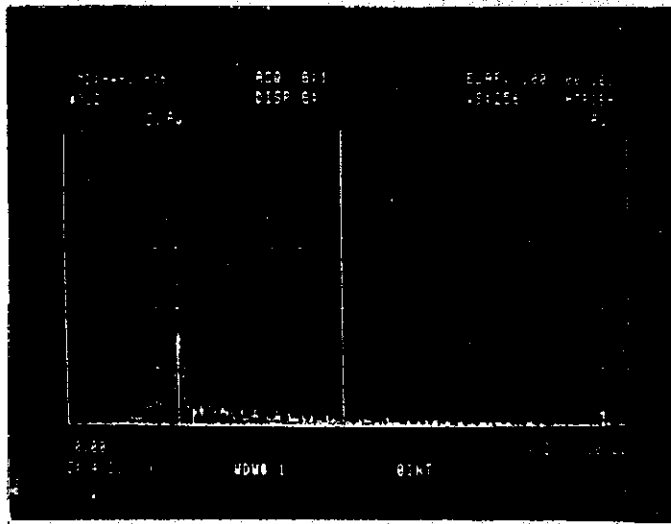
Fig. 2-1(1) No. 1 サンプル膜面のSEM (×800) とEDX分析

(7.1.2.E)



試料名: ②
観察場所: 表面

上視野 全面・ EDX分析結果



検出元素: Si ちりかたうか

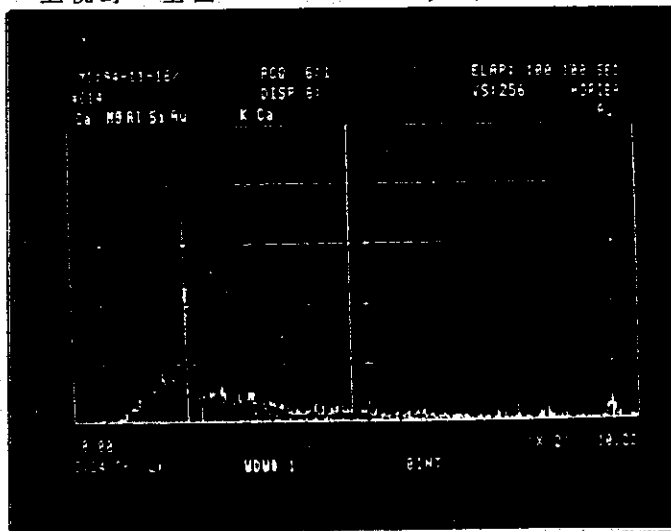
Fig. 2-1(2) No. 2 サンプル膜面のSEM (×800) とEDX分析

(7.1.2.E)



試料名: (3)
観察場所: 表面

上視野 全面 EDX分析結果



検出元素: Si, Al, Mg

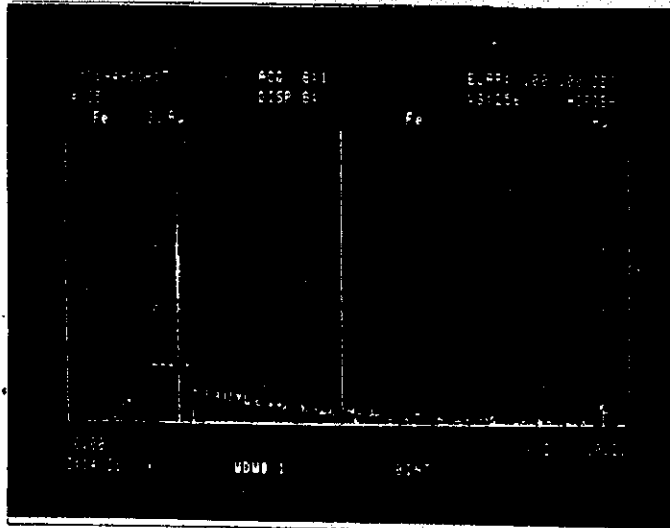
Fig. 2-1(3) No. 3 サンプル膜面のSEM (×800) とEDX分析

(7.1.2.E)



試料名: (4)
観察場所: 表面

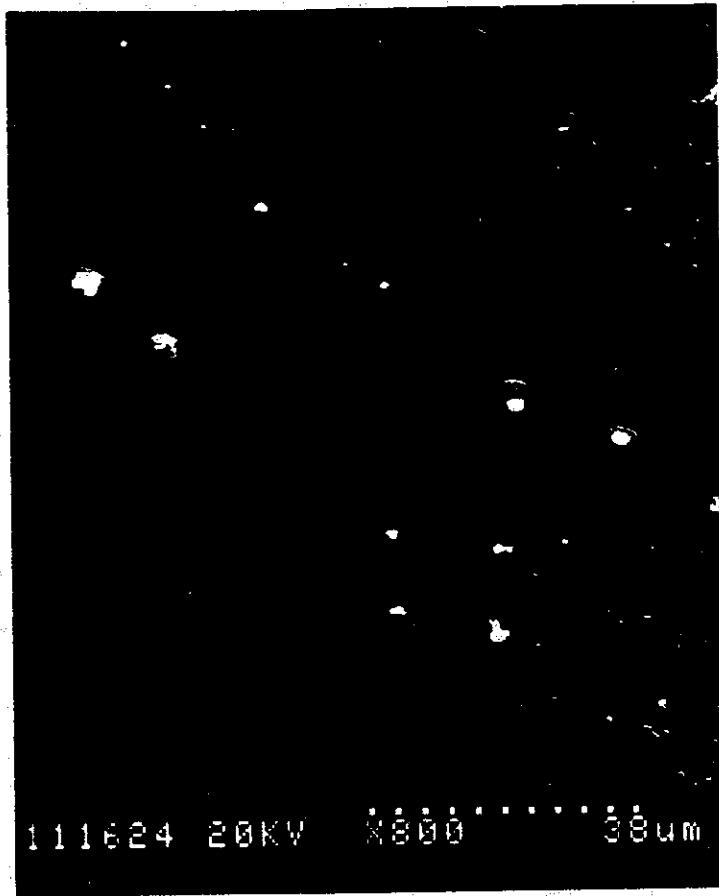
上視野 全面・ EDX分析結果



検出元素: Si, Fe. わずか.

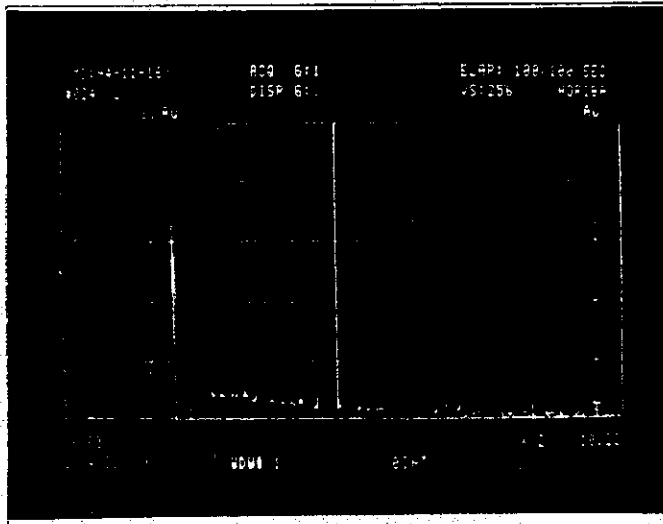
Fig. 2-1(4) No. 4 サンプル膜面のSEM (×800) とEDX分析

(7.1.2.E)



試料名: (5)
観察場所: 表面

上視野 全面 EDX分析結果



検出元素: Si

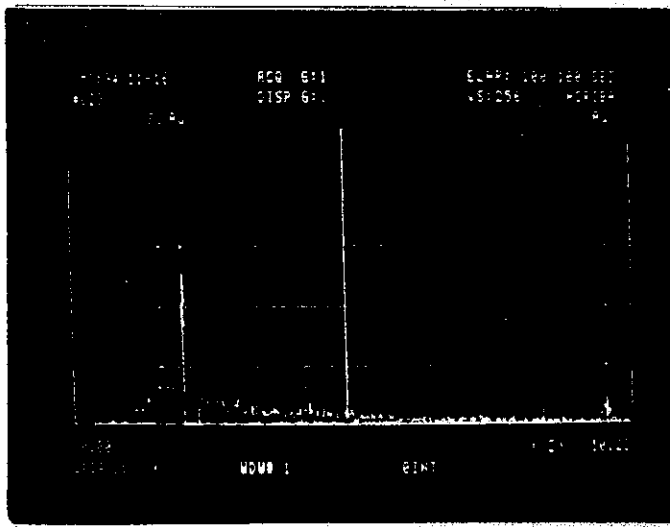
Fig. 2-1(5) No. 5 サンプル膜面のSEM (×800) とEDX分析

(7.1.2.E)



試料名: (6)
観察場所: 表面

上視野 全面・ EDX分析結果



検出元素: Si

Fig. 2-1(6) No. 6 サンプル膜面のSEM (×800) とEDX分析

(7.1.2.E)

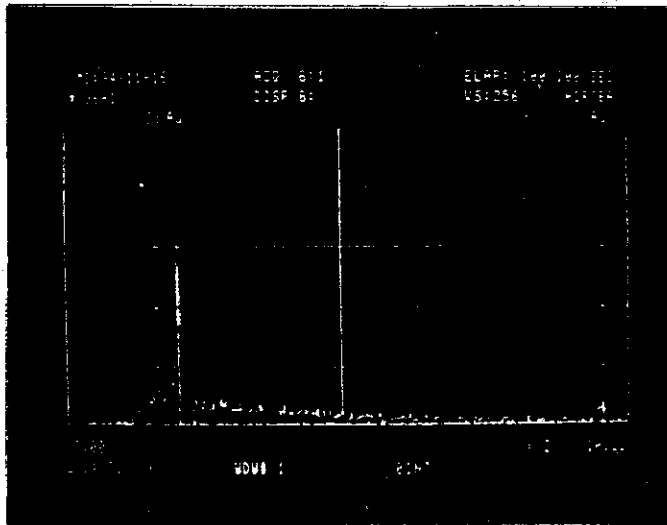


試料名：①

観察場所：表面

← 白色

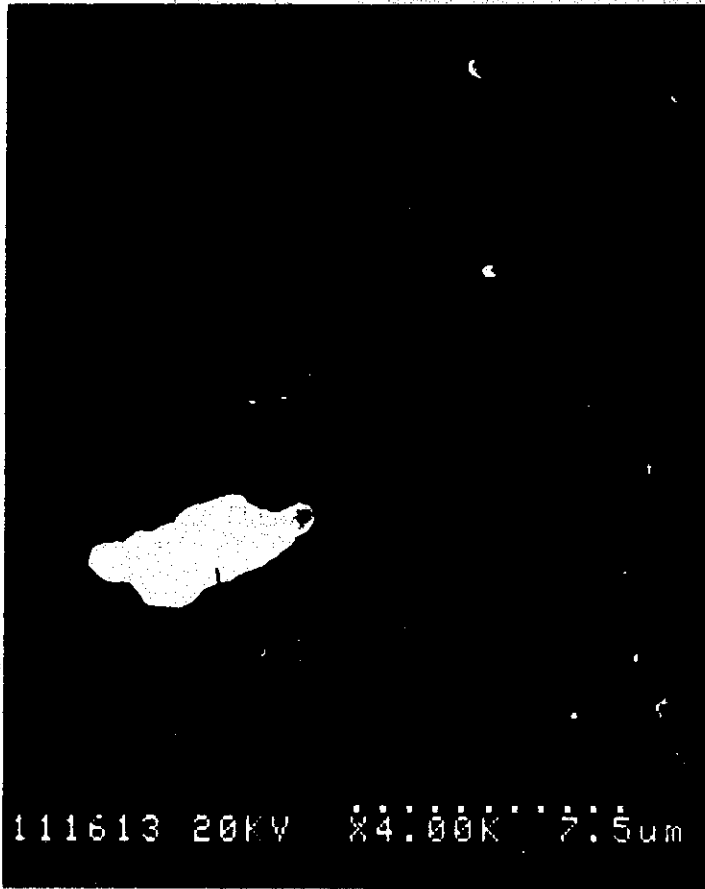
上視野 ↓部 EDX分析結果



検出元素：Si が析出かには検出

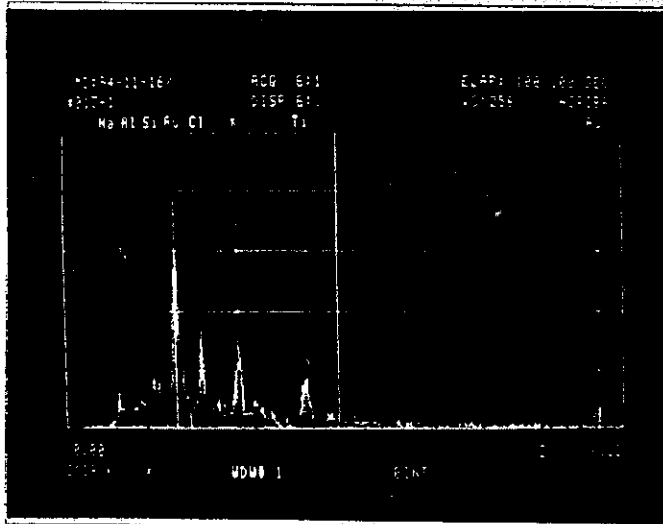
Fig. 2 - 2 (1) No. 1 サンプル膜面のSEM (×4000) とEDX分析

(7.1.2.E)



試料名: ②
観察場所: 表面

上視野 全面・↓部 EDX分析結果



検出元素: Si, Al, K, Ti (Na, Cl)

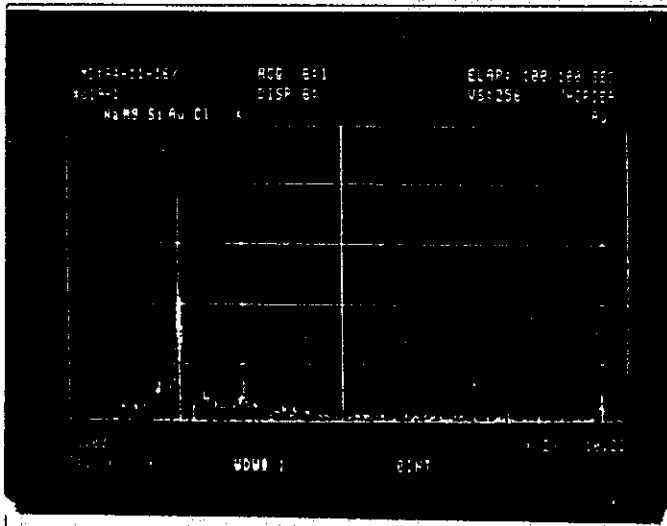
Fig. 2 - 2 (2) No. 2 サンプル膜面のSEM (×4000) とEDX分析

(7.1.2.E)



試料名: ③
観察場所: 表面

上視野 ↓部 EDX分析結果



検出元素: Si, Mg, K

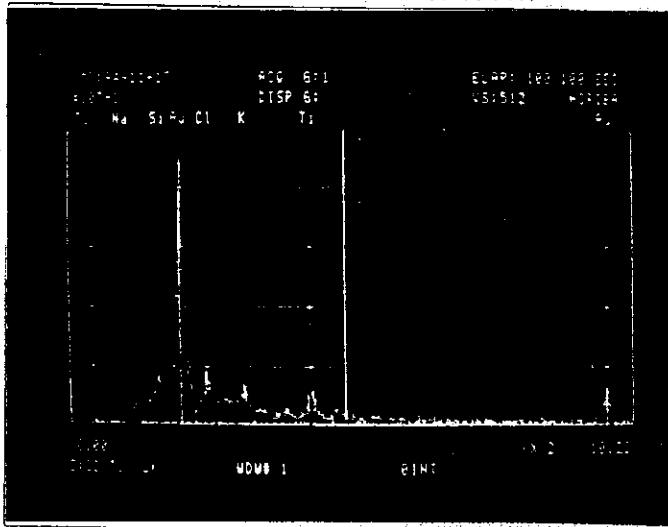
Fig. 2-2(3) No. 3サンプル膜面のSEM (×4000) とEDX分析

(7. 1. 2. E)



試料名: (4)
観察場所: 表面

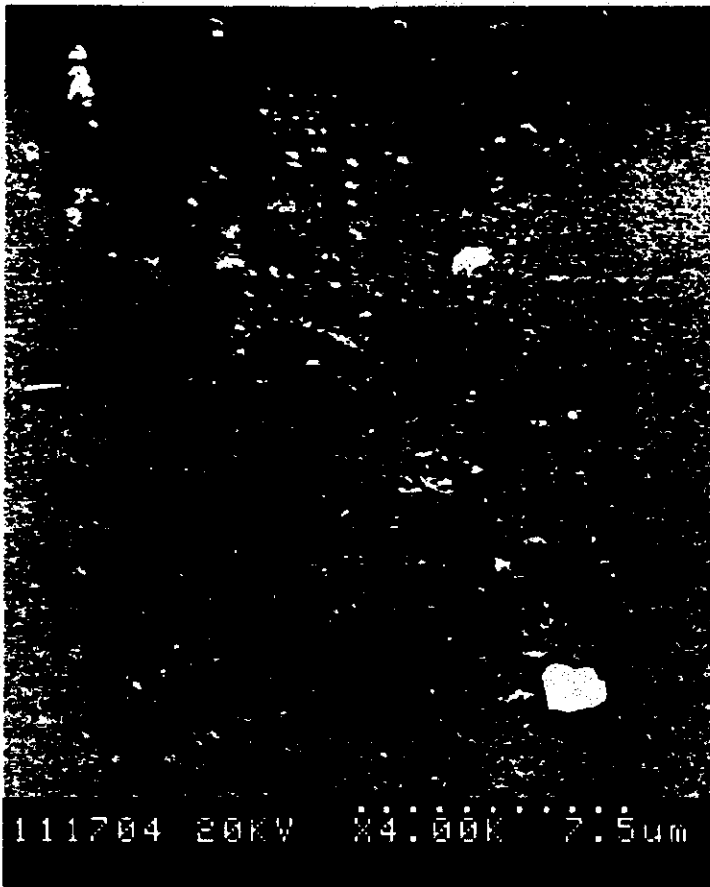
上視野 ↓部 EDX分析結果



検出元素: Si, K, Ti. (Cl, Na)

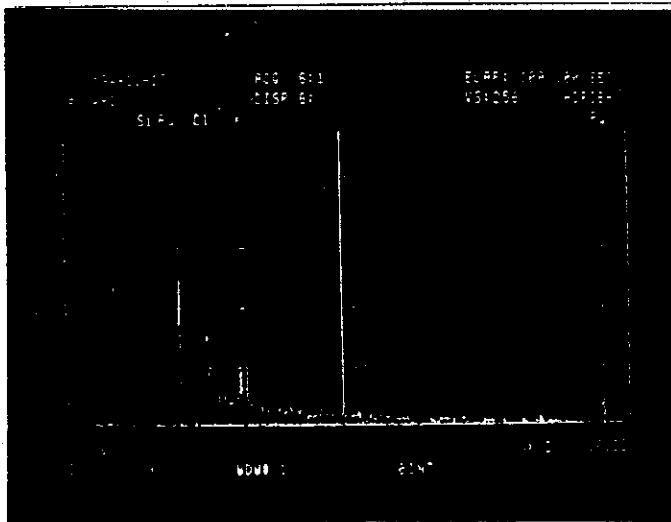
Fig. 2-2(4) No. 4サンプル膜面のSEM (×4000) とEDX分析

(7. 1. 2. B)



試料名： (5)
観察場所： 表(田)

上視野 ↓部 EDX分析結果



検出元素：K, Si (e)

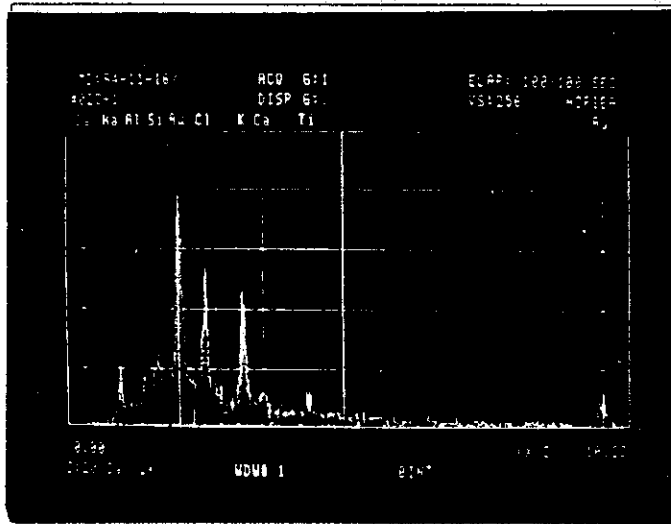
Fig. 2 - 2 (5) No. 5 サンプル膜面のSEM (×4000) とEDX分析

(7.1.2.E)



試料名: (6)
観察場所: 表面

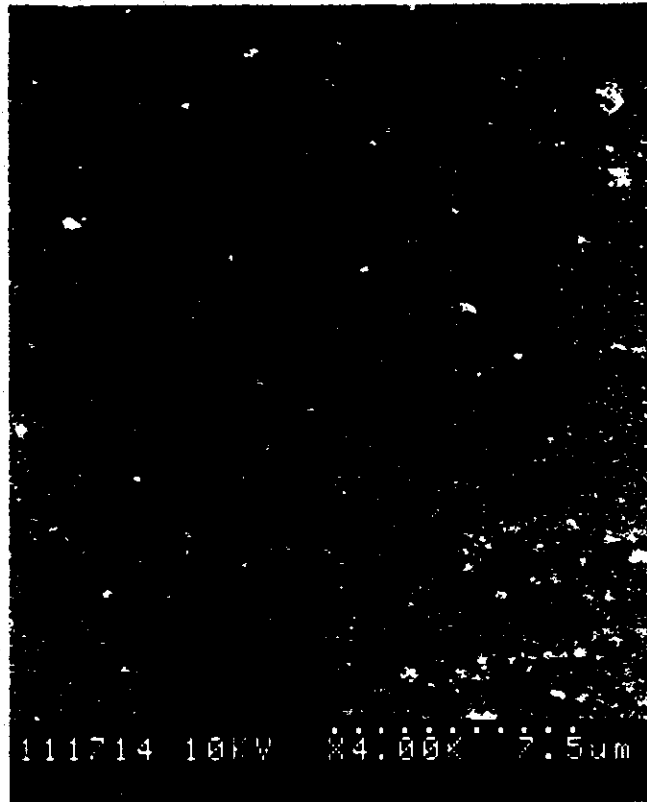
上視野 全面・↓部 EDX分析結果



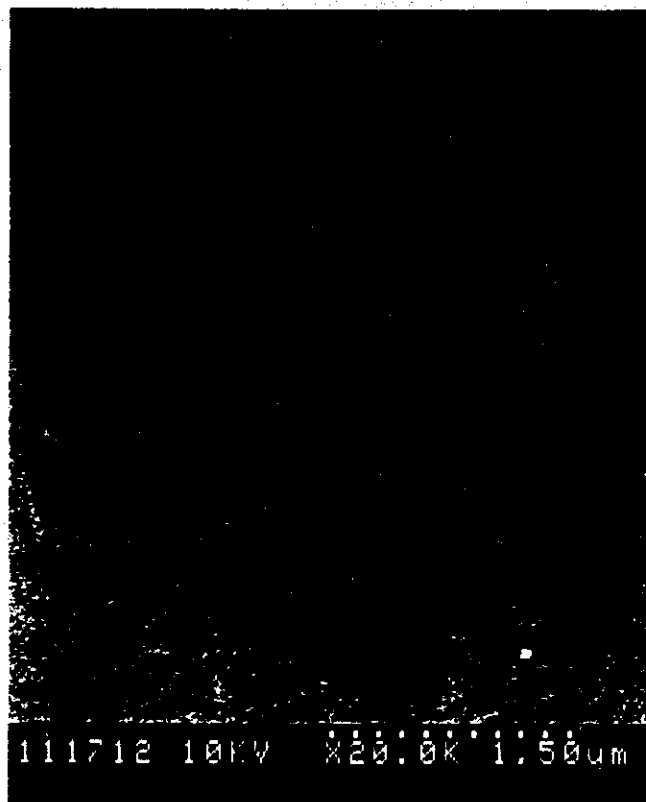
検出元素: Si, Al, K, Ca, Ti, (Na, Cl)

Fig. 2-2(6) No. 6サンプル膜面のSEM (×4000) とEDX分析

(7.1.2.E)



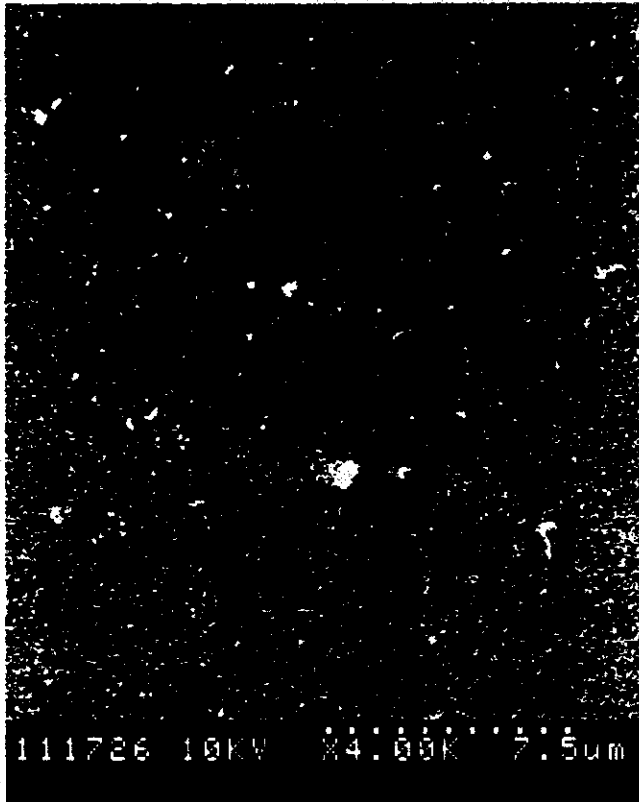
試料名：①
観察場所：表面



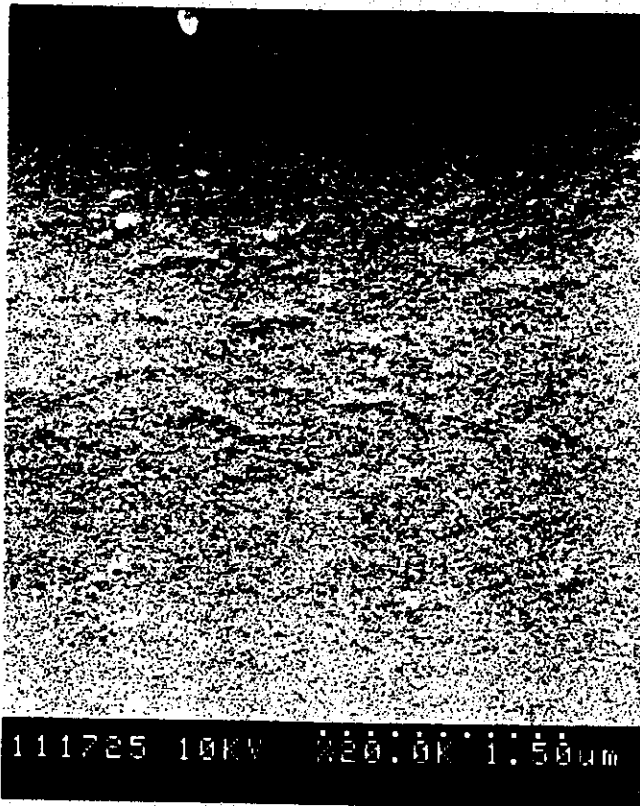
試料名：①
観察場所：同上

Fig. 3(1) No. 1 サンプル膜面の低加速電圧SEM観察

(7.1.2.E)



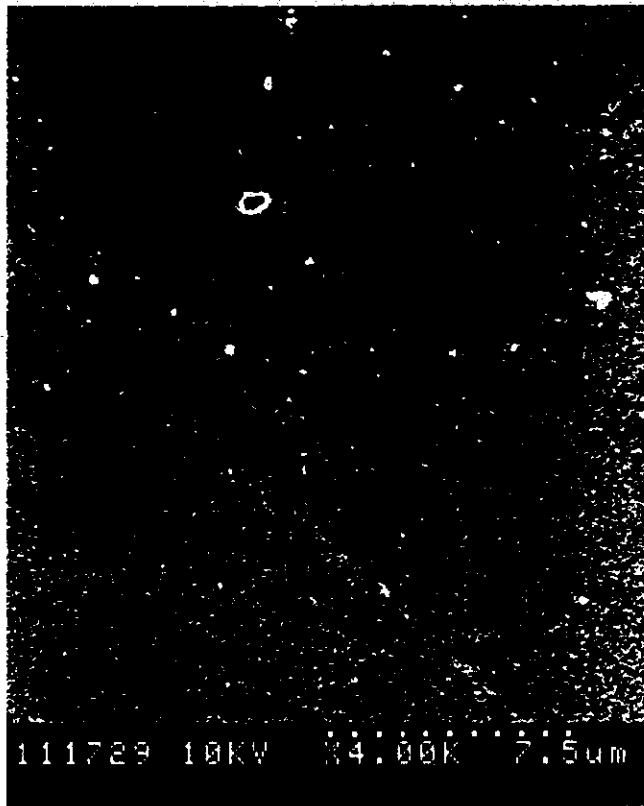
試料名: (2)
観察場所: 表面



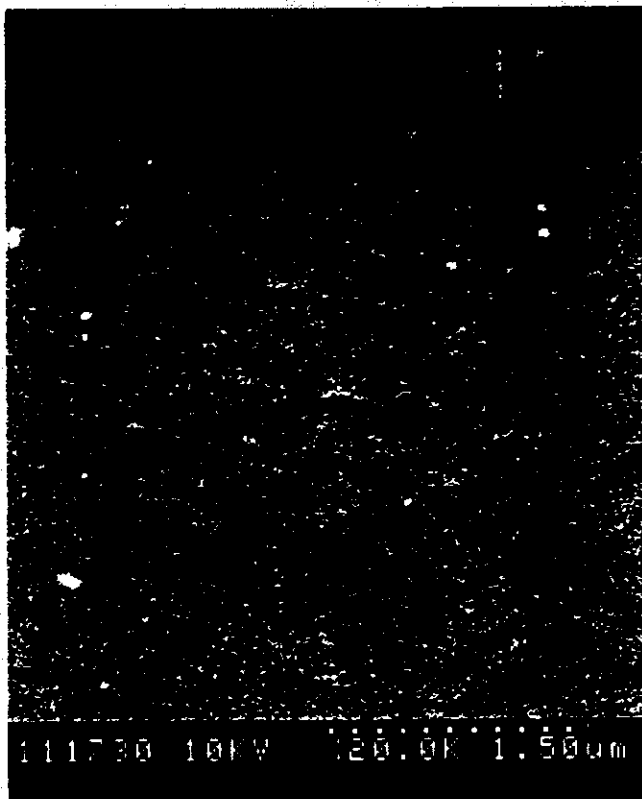
試料名: (2)
観察場所: 同上

Fig. 3(2) No. 2 サンプル膜面の低加速電圧SEM観察

(7.1.2.E)



試料名: ③
観察場所: 表面



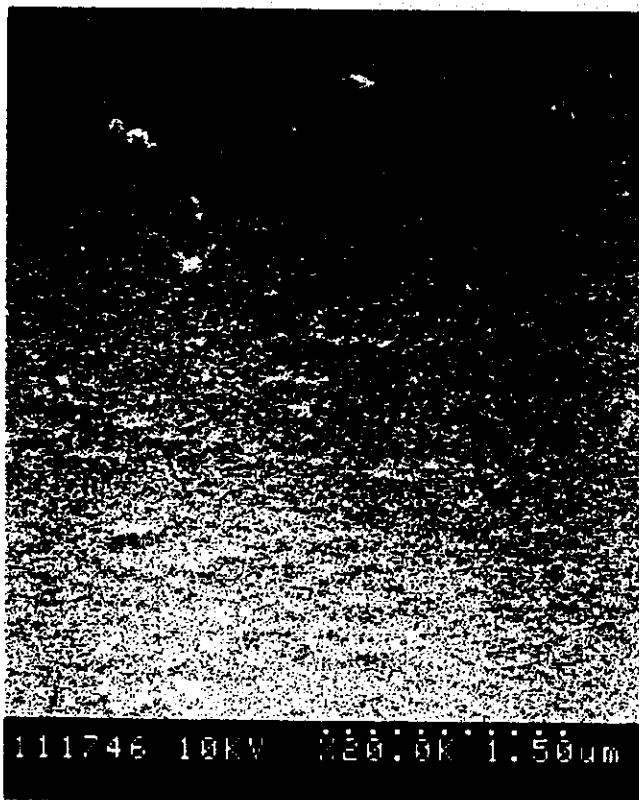
試料名: ③
観察場所: 同上

Fig. 3(3) No. 3 サンプル膜面の低加速電圧SEM観察

(7.1.2.E)



試料名: (4)
観察場所: 表面



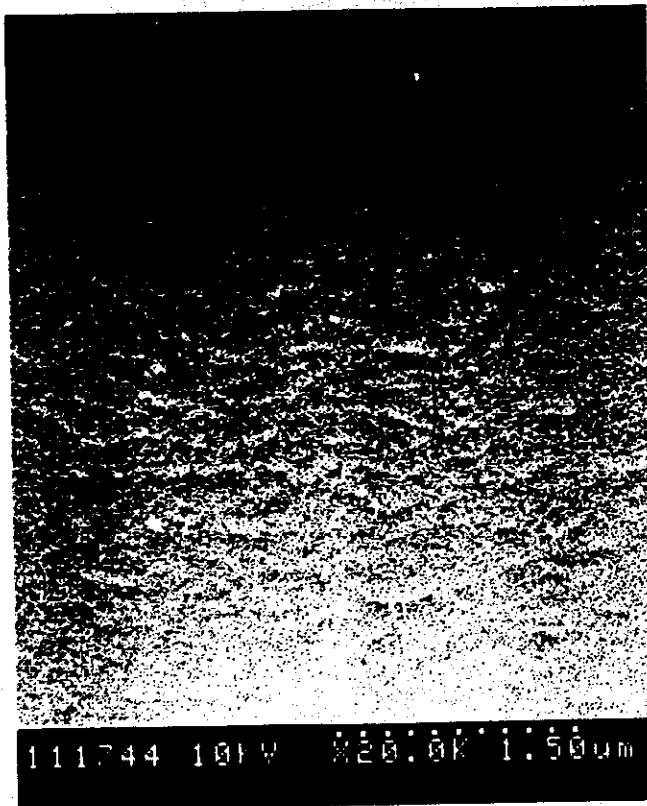
試料名: (4)
観察場所: 同上

Fig. 3(4) No. 4 サンプル膜面の低加速電圧SEM観察

(7.1.2.E)



試料名: (5)
観察場所: 表(田)



試料名: (5)
観察場所: (田) 上

Fig. 3(5) No. 5 サンプル膜面の低加速電圧SEM観察

(7. 1. 2. E)



試料名: (6)
観察場所: 表面



試料名: (6)
観察場所: 同上

Fig. 3 (6) No. 6 サンプル膜面の低加速電圧SEM観察

(7.1.2.E)

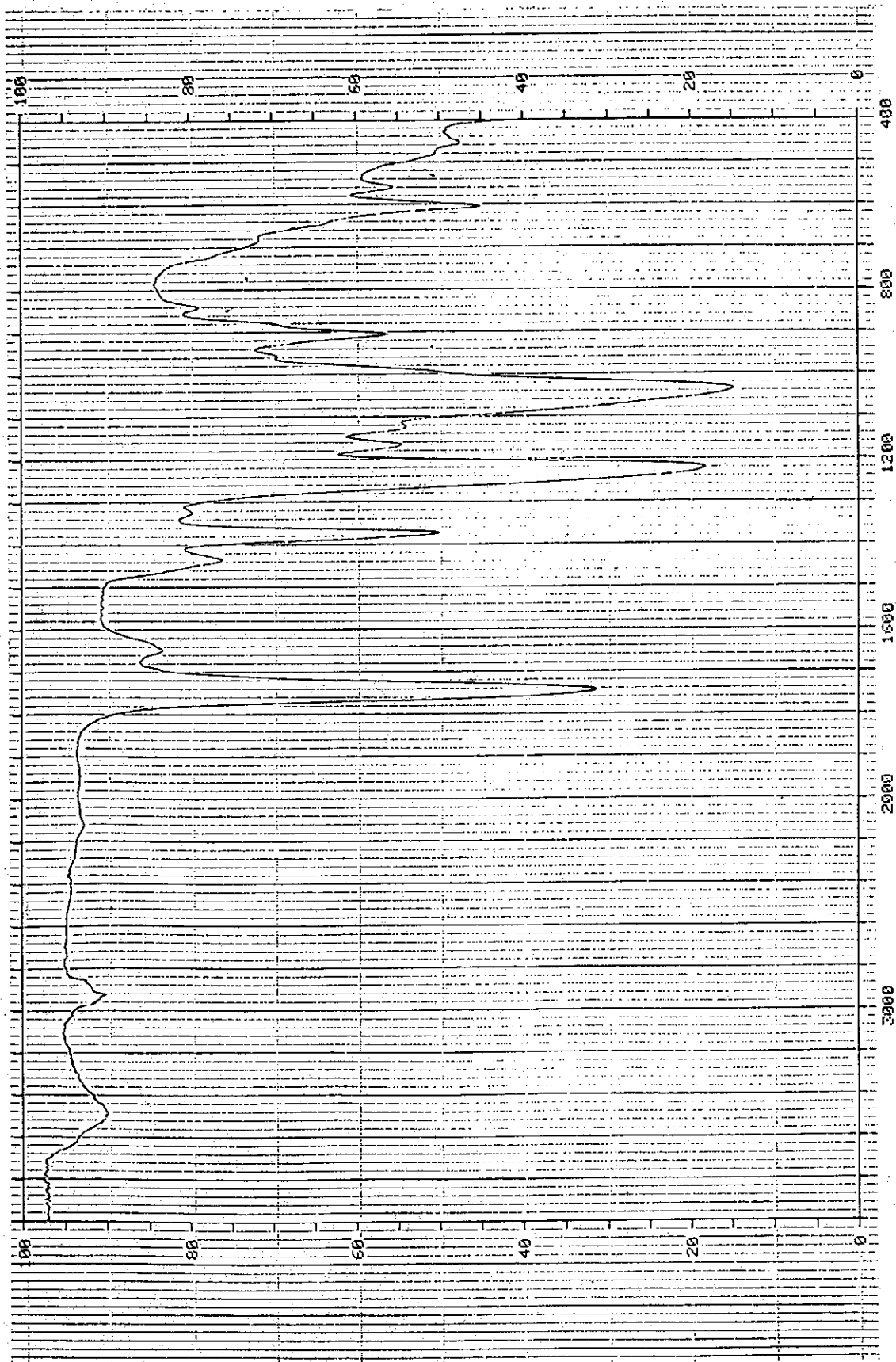


Fig. 4(1) No. 1 サンプルのIRチャート

(7.1.2.E)

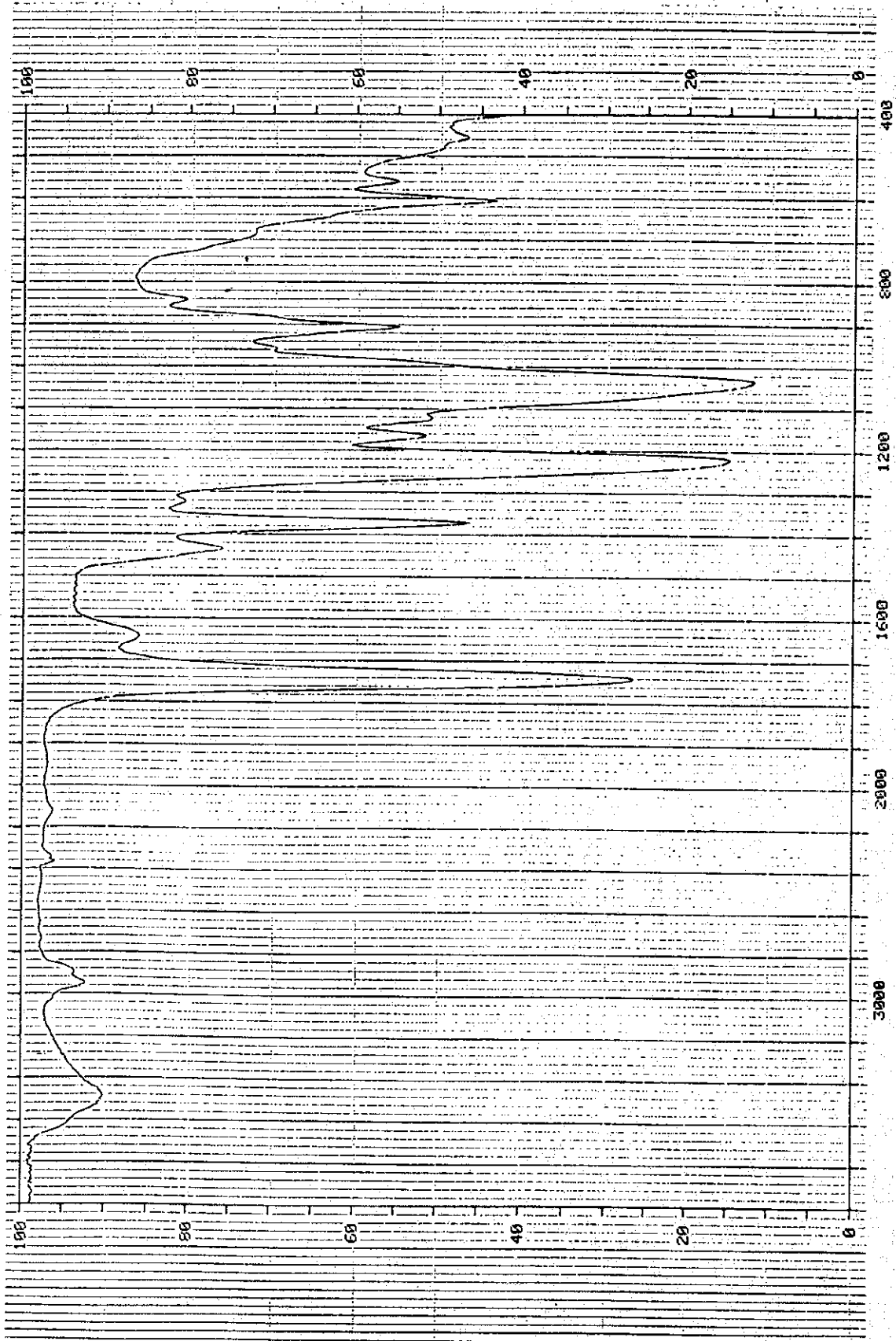


Fig. 4 (2) No. 2 サンプルの I R チャート

(7.1.2.E)

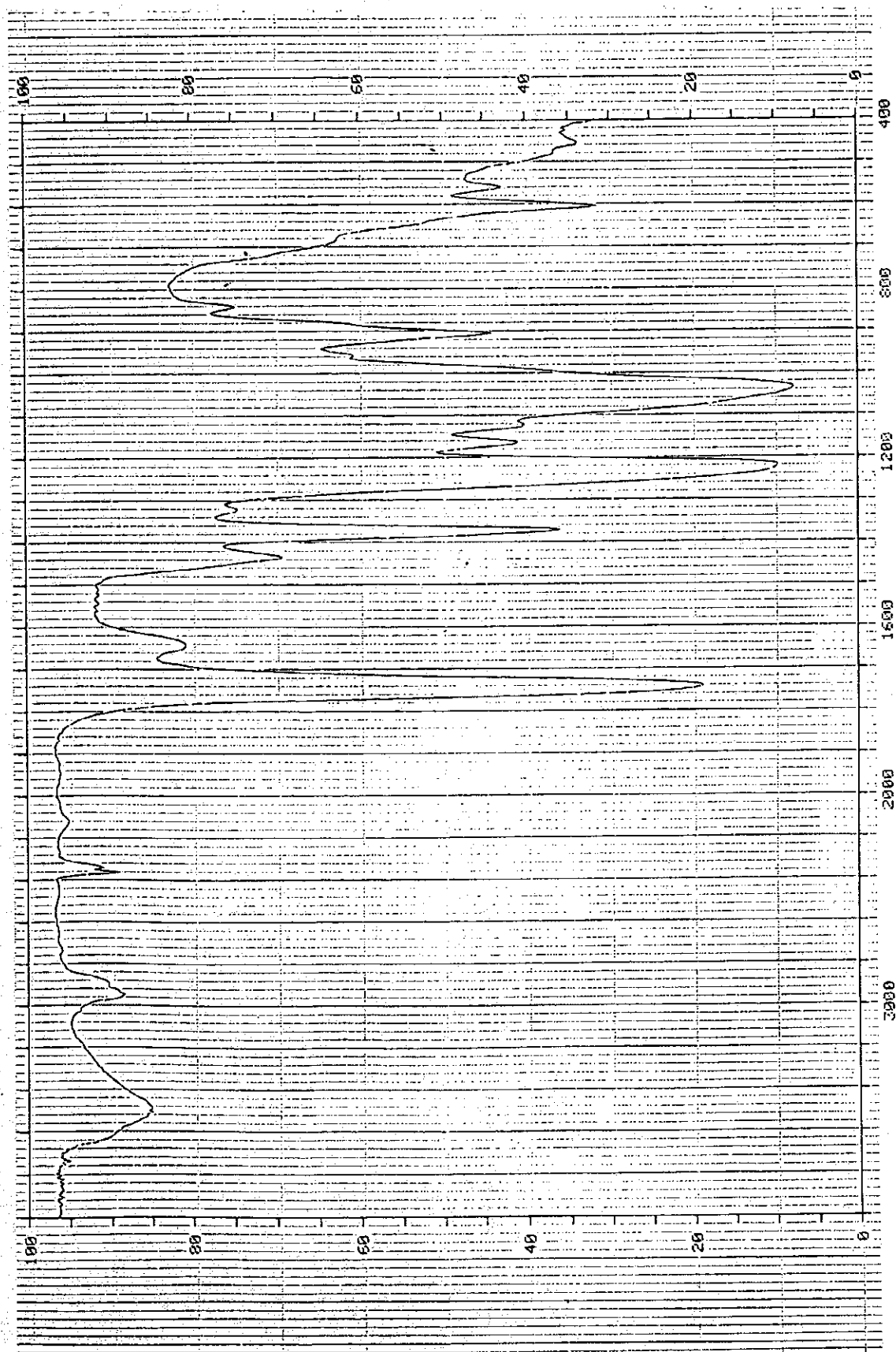


Fig. 4 (3) No. 3 サンプルの I R チャート