# 火山専用空中赤外映像装置の開発研究（第４報）－ミラーテストピースの火山ガス暴露試験による表面腐蝕状況の電子顕微鏡による観察－


| | |
|---|---|
| 著者 | 植原 茂次，熊谷 貞治，三輪 卓司，源田 秀三郎，加茂 幸介，北村 慎一 |
| 雑誌名 | 国立防災科学技術センター研究速報 |
| 号 | 71 |
| ページ | 1-37 |
| 発行年 | 1985-09-02 |
| URL | http://id.nii.ac.jp/1625/00002808/ |

528.74 : 551.21

# 火山専用空中赤外映像装置の開発研究（第4報）
## — ミラーテストピースの火山ガス暴露試験による表面腐蝕状況の電子顕微鏡による観察 —

植原茂次*・熊谷貞治*・三輪卓司**・源田秀三郎**・
加茂幸介***・北村慎一****

国立防災科学技術センター

# Developmental Study on New Airborne Multi-spectral Scanner System Specifically Oriented to Thermal Observation of Volcano (Fourth Report)
## – Observation of Corrosion on the Mirror Surfaces of Test Pieces Due to Exposure in Volcanic Gasses by Means of Electron Microscope –

By

**S. Uehara, T. Kumagai**

*National Research Center for Disaster Prevention, Japan*

**T. Miwa, H. Genda**

*Chiba University*

**K. Kamo**

*Kyoto University*

**S. Kitamura**

*Fujitsu Limitedn, Japan*

**Abstract**

As to effects of volcanic gasses on the reflectivity of scanning and converging mirrors of the airborne MSS (multi-spectral scanner system) which is being developed to observe volcanic phenomena, twice exposure experiments on the mirror test pieces were conducted by the NRCDP. And the results obtained were already included in the First Report (Research Note of NRCDP, No. 62 in 1984).

This report shows many photographs indicating various states of corrosion of the mirror test pieces due to first exposure experiment in volcanic gasses. The photographs were taken by means of electron microscope with the magnifications from 100 to 10,000.

The first exposure experiment was conducted under following conditions.

* 第3研究部，** 千葉大学工学部天然色工学研究施設，
*** 京都大学防災研究所桜島火山観測所，**** 富士通株式会社

1. Gas chamber exposing
   test pieces: 3 nickelled metal mirrors
   3 aluminum evaporated glass mirrors
   gasses : HF gas of 10 ppm concentration
   $SO_2$ gas of 100 ppm concentration
   duration : 3 hours exposing and stored 30 days in Ordinary air in desiccator
2. Field exposing
   test pieces: 17 nickelled metal mirrors
   place : Harutayama volcanic ob. st. 2.7 km west from the carter of Sakurajima Volcano.
   Kurokami volcanic ob. st. 5.4 km west from the crater.
   duration : 15, 30, 45, 59 and 90 days.

Corrosion states of mirror test pieces are observed from the photographs as follows.

(1) Test pieces exposed to HF and $SO_2$ gasses in the gas chamber don't appear any changes on their mirror surfaces, though the results of reflectivity measurement indicated slight decrease of reflectivities in short spectral bands (0.4 and 0.55 $\mu$m) of nickelled metal mirrors as indicated in the First Report.

(2) As to test pieces exposed in field volcanic gasses, significant accumulation of addhesive materials on the mirror surfaces can be observed, and mirror surfaces seem to be covered with uneven films. This state developes and the corrosion of nickelled layer progresses harder corresponding to longer exposing duration.

The reflectivities of the mirrors were remarkably decreased by this exposure experiment as indicated in the First Report.

From the viewpoint of actual operational use of the MSS, the conditions specified for field exposure experiment were considered to be too severe for the evaluation of the effects of volcanic gasses on the reflectivity of scanning and converging mirrors, the second exposure experiment was conducted under easier conditions than the first ones taking into consideration of ther results obtained.

## 目　次


1. まえがき …… 3
2. ミラーテストピースと暴露条件 …… 3
3. 観察方法 …… 5
   3.1 観察テストピース …… 5
   3.2 使用機器および使用条件 …… 5
   3.3 拡大率 …… 6
   3.4 試料の傾斜撮影 …… 6
   3.5 表面観察 …… 6
   3.6 断面観察 …… 6
4. 観察結果 …… 6
   4.1 ニッケルメッキ金属鏡テストピースの表面観察 …… 6
   4.2 ニッケルメッキ金属鏡テストピースの断面観察 …… 8
   4.3 アルミ蒸着ガラス鏡テストピースの表面観察 …… 8
   4.4 アルミ蒸着ガラス鏡テストピースの断面観察 …… 8
5. あとがき …… 9

## 1. まえがき

本報告は，火山専用空中赤外映像装置の開発研究の内で，既に第1報(国立防災科学技術センター研究速報，第62号，1984)で報告した航空機搭載MSSミラーの火山ガス暴露試験の一成果として，暴露後のテストピースの腐触状況を電子顕微鏡により観察した結果をとりまとめたものである．

MSSの走査鏡及び反射鏡の光学的性能は，鏡面の反射率に大きく依存しているが，火山専用としてのMSSは，火山観測中に火山噴気及びガスの影響を受ける機会が多く，鏡面の腐蝕等による反射率の低下は，火山の測温上も重要な問題と考えられたので，本研究ではこれらミラーの耐環境性能を重視し，ニッケルメッキ及びアルミ蒸着の表面処理法の比較を火山ガスの暴露試験により調査した．その結果は第1報に報告したが，第1面暴露試験調査の結果，桜島火山近傍等の現地に長時間暴露したテストピースは，一定濃度の火山ガス($SO_2$, HF)に一定時間暴露したものに比して，著しい腐蝕がみられたので，その状況を更に詳しく観察するため，走査型電子顕微鏡による観察を行った．

このような試験は例がなく，得られた資料は貴重なもので，今後火山ガス等の影響を考える場合の参考資料となり得ると思われたので，ここに報告としてとりまとめたものである．

なお，本報告に示す電子顕微鏡写真は，千葉大学工学部天然色工学研究施設の三輪卓司，源田秀三郎(現在名誉教授)が撮影及びプリントを担当した．

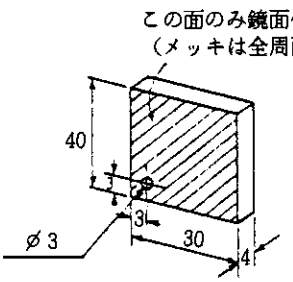
また，テストピースの作成，暴露試験，反射率測定は第1報で既に報告したが，富士通株式会社が担当した．特に桜島の現地暴露試験は，京都大学防災研究所桜島火山観測所，加茂幸介が担当した．

電子顕微鏡によるテストピース腐蝕状況の観察については，三輪の説明に基づき，下記の火山専用空中赤外映像装置に関する研究委員会において検討された．

委員長　専門委員　加茂幸介　　京都大学防災研究所教授，桜島火山観測所所長
専門委員　源田秀三郎　千葉大学名誉教授
専門委員　提　捨男　　京都工芸繊維大学工芸学部教授
専門委員　三輪卓司　　千葉大学工学部教授
職　　員　所長（前第2研究部長）高橋　博
第3研究部　植原茂次，熊谷貞治
第2研究部　高橋末雄
第4研究部　幾志新吉，矢崎　忍

## 2. ミラーテストピースと暴露条件

本報告で観察したミラーのテストピースは，第1回暴露試験に供したもので，ニッケルメッキ金属鏡とアルミ蒸着ガラス鏡である．テストピースの構造・仕様及び暴露条件は既に第




1）材　料　　F4－A5052P－H34－4

2）製作工程，性能

(1) ブランク加工：6.3z

(2) 加工歪取り熱処理

(3) 鏡面側ラッピング　0.8z

(4) 無電解ニッケルメッキ50～100μm

(5) 鏡面研磨　0.2～0.4z

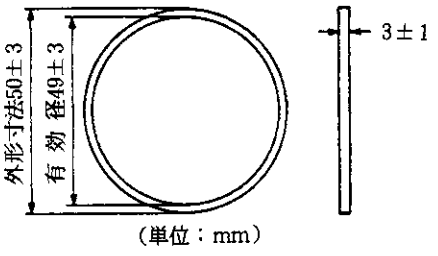
3）形　状

大きさ：30×40×4（mm）

加　工：φ3吊り下げ用穴1ケ所

全周0.3以下面取り

**図2.1**　ニッケルメッキ金属鏡
**Fig. 2.1**　Test piece of nickelled metal mirror




1）材　　料：青ガラス
2）表面処理：アルミ蒸着
3）保 護 膜：SiOコーティング
4）反 射 率：70%以上(0.4～14μm)
5）形　　状：外形寸法50±3×3

**図2.2**　アルミ蒸着ガラス鏡
**Fig. 2.2**　Test piece of aluminum evaporated glass mirror

**表2.1**　第1回調査暴露条件
**Table 2.1**　Specifications for exposure experiment of mirror test pieces (first investigation).

| 条　件 | 火山ガス暴露 | 定濃度ガス暴露 |
|---|---|---|
| 1. テストピース | ニッケルメッキ金属鏡<br>現地用　15個<br>塩地用　2個 | c. ニッケルメッキ金属鏡　3個<br>d. アルミ蒸着ガラス鏡　3個 |
| 2. 暴露場所 | 京都大学桜島火山観測所<br>a. 春田山観測室屋上<br>（火口から西方約2.7 km）…現地<br>b. 黒神観測室屋上<br>（火口から西方約5.4 km）…遠地 | 富士通K.K. 明石工場　分析課 |
| 3. 暴露時間等 | 昭和56年8月11日～11月9日<br>a. 15日，45日，90日<br>b. 30日，59日， | $SO_2$ガス（100 ppm）<br>HFガス（10 ppm）<br>c. 3時間暴露後及びデシケータ保存30日経過後<br>d. 3時間暴露後 |

1報で示しているが，改めて再掲し，図2.1，2.2にニッケルメッキ金属鏡及びアルミ蒸着ガラス鏡の構造仕様を，また，表2.1には暴露条件を示す．

## 3. 観察方法

### 3.1 観察テストピース

観察はテストピースの表面及び断面について行ったがその番号を表3.1に整理した．

### 3.2 使用機器および使用条件

機器名：島津走査型電子顕微鏡 ASM－SX型

加速電圧：25 KV

走査速度：80 sec

撮影カメラ：ニコンF－2，又はニコンF

撮影レンズ：マイクロニッコール

表3.1 観察テストピース

Table 3.1 Observed test pieces

| ミラー | グループ | 暴露条件 | 資料番号 | 写真番号 |
|---|---|---|---|---|
| 走査鏡 | 表面 | | No. | |
| (ニッケルメッキ金属鏡) | MMS－1 | 非暴露 70日 | 20 | 1 |
| | | HFガス定濃度(10 ppm) 3時間暴露後 30日 | 19 | 2 |
| | | $SO_2$ガス定濃度(100 ppm) 3時間暴露後 30日 | 18 | 3 |
| | MMS－2 | 春田山 15日 | 1～3 | 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 |
| | MMS－3 | 〃 30日 | 4～6 | 11, 12, 13, 14 15, 16 |
| | MMS－4 | 〃 45日 | 7～9 | 17, 18 |
| | MMS－5 | 〃 59日 | 10～12 | 19, 20 |
| | MMS－6 | 〃 90日 | 13～15 | 21, 22 |
| | MMS－7 | 黒神 30日 | 16 | 23, 24, 25 |
| | MMS－8 | 〃 59日 | 17 | 26 |
| | 断面 | | | |
| | MMC－1 | 非暴露 70日 | 20 | 27, 28, 29, 30 |
| | MMC－2 | 春田山 15日 | 1 | 31, 32 |
| | MMC－3 | 〃 30日 | 5 | 33, 34, 35, 36 |
| | MMC－4 | 同上のメッキ部剥離片の断面 | 6 | 37, 38 |
| 反射鏡 | 表面 | | | |
| (アルミ蒸着ガラス鏡) | GMS－1, 2 | 非暴露，HFガス，$SO_2$ガス条件はMMS－1と同じ | 1, 2, 3 | 39, 40, 41 |
| | 断面 | | | |
| ＊ | GMC－1, 2 | $SO_2$ガス，同上 | 1 | 42, 43 |

＊$SiO_2$コーティングを施している．

撮影フィルム：コダック・プラスX

現　像：D－11（1：1），20℃，4 min

### 3.3　拡大率

電子顕微鏡に付属の標準試料(グレーティング)を撮影し，拡大率を定める．写真に示されている×10,000等は，電顕のCRT上での拡大率であり，同じく写真に示されているスケールは写真画上の拡大率である．

### 3.4　試料の傾斜撮影

検鏡用試料を電子ビームと垂直方向に置いたときを水平位置と称する．これに対し試料表面を2次電子収集用のホトマルの方向に傾けた場合を一般的な傾斜撮影とし，逆方向に傾けた場合をマイナス角度で表した．

### 3.5　表面観察

できるだけそのままの状態で観察することとし，金属試料で表面状態の良いものは全くそのままで観察し，表面が剥離したもの，又はそれに近いものは表面メッキ層の小片を試料台上に固定して観察した．

ガラス試料はそのままでは試料室に入らないので，約1／3に切断した．

### 3.6　断面観察

金属及びガラス試料共，メッキ又は蒸着面を内側として折り，その破断面を観察した．

## 4.　観察結果

### 4.1　ニッケルメッキ金属鏡テストピースの表面観察

(1)　MMS－1（No. 20, 19, 18）

写真撮影に際してはピントを合せ易くするために，表面に異物のあるところを選んでいる．また試料の傾斜角はその寸法から12.5°とした．

非暴露，HFガス定濃度(10 ppm)3時間暴露後30日，及び$SO_2$ガス定濃度(100 ppm) 3時間暴露30日の3試料については，写真1, 2, 3に見る如く全般に表面は滑らかで，ガスによる表面腐蝕はみられない．この試料の反射率測定結果は，第1報に述べているが，反射率の劣化は，HF，$SO_2$ガス暴露試料において，可視域の短波長帯に多少表われており，0.4$\mu$mで12%程度，0.55$\mu$mで8%程度，0.7$\mu$mで4%程度の劣化となっている．

非暴露試料の×10,000には不規則な模様が観察されるところがあるが，これは当初からの

ものか，試験中のものかわからない．また，HF暴露試料の×1,000に見られるスジは，エアブラシ等によるスリキズの様である．

(2) MMS－2（No. 1, 2, 3, 春田山15日）

桜島火山近傍における現地暴露試験は，火口より西方2.7 kmにある京都大学桜島火山観測所春田山観測室の屋上に，雨滴がかからないように吊下げて暴露したため，水蒸気や火山灰の粒子を含む火山ガスに直接曝されるという厳しい暴露条件であったので，試料表面には第1報で述べたような種々な微粒物質が付着し，また表面の腐蝕も暴露日数に応じて可成り進んでいることが電顕写真から観察できる．

暴露15日の試料No. 1, 2, 3, には，肉眼で茶色に変色している部分が見えるので，変色の少ない部分とを電顕の倍率を上げながら比較観察した(写真4～8)．しかし，特に著るしい違いはなく，凸部は白，凹部は黒く表現されており，その凸凹部の周辺及び凹部の内部に亀裂がみられる．また，表面全体にわたり，かなり微細な凹凸が観られる．

ヒビ割れの状況等の表面の状態は傾斜をかけた電顕による観察で可成り良く観察できる(写真9, 10)．

(3) MMS－3（No. 4, 5, 6, 春田山30日）

暴露日数がMMS－2の2倍の30日であるため，×100でもMMS－3の試料表面はMMS－2のそれに比して可成り荒れた様子が観察される．

白色の凸部，黒色の凹部は，MMS－2では孤立的に散在しているが，MMS－3では数が多くなり規模も拡大して，連続あるいは集団的になっており，亀裂も大きくなっている．

(4) MMS－4, 5, 6（No. 7～15, 春田山45, 59, 90日）

MMS－4, 5, 6, 即ち暴露日数45日，59日，90日の×100の写真でみると，MMS－4と5とではあまり差がないようにみえるが，MMS－6となると凸部は更に密に集積しておりMMS－3で観察された凹部が不明瞭か或は少くなっているようにみえる．MMS－2とMMS－5及び6の×1,000の写真を比較すると，表面の凸凹の形状は後者は著るしく大きくなっており，亀裂も拡大している．

第1報で述べたように，春田山での現地暴露試料の反射率測定では，MMS－2(15日)が6 $\mu$mで当初の反射率の87.0％が59.0％へ，10 $\mu$mで90％が72.0％へ低下したが，その他の短波長帯の反射率及びMMS－4，6の全波長帯の反射率の劣化は激しく，最大でも当初の反射率の20%，最小では1％程度まで反射機能が低下しており，暴露条件が厳し過ぎるとは云え，火山ガスの影響を実機運用上でも十分配慮する必要性があることを示している．

(5) MMS－7, 8（No. 16, 17, 黒神30日，59日）

これからの試料は，火口から西方約5.4 km離れた黒神観測室屋上に春田山と同様に暴露したものである．

距離が春田山より遠く，火山ガスの影響が少ないためか，MMS－7はMMS－2(春田山15日)

と同じく，付着物は少ないが表面の凹凸はMMS－2の場合より大である．またMMS－8とMMS－5(春田山59日)では，前者の方が表面付着物や凹凸は細かい．以上の結果に対応して，第1報の反射率測定結果は，MMS－3，5，6の反射率に対して，やや大となっている．

### 4.2 ニッケルメッキ金属鏡テストピースの断面観察

(1) MMC－2（No. 1 春田山15日）

MMC－1(非暴露)とMMC－2を比較すると，ニッケル層表面に付着物がMMC－2の場合観察されるが，ニッケル層の強い腐触は×800の写真でもみられない．しかし，ニッケル層が暴露試験中に剥離した面には，表層と同じ様な付着物がみられる．従って表面観察で表面を覆った凹凸は，ニッケル表層を覆って付着した物質及び軽度の腐蝕によるとみられる模様が観察される．

(2) MMC－3（No. 5 春田山30日）

MMC－3の場合は，ニッケル層表面に著るしい付着物の集積がみられる他，ニッケル層に腐蝕が進入し損傷している箇所がみられ，そこは表面観察で凹部に相当する箇所であることが観察される．また表面の平滑さは，付着物によるばかりでなく，全般的腐蝕により失われているようにみえる．

(3) MMC－4（No. 6 春田山30日 メッキ剥離部）

ニッケル層が剥離した面にも，ニッケル層表面に付着した物と同様な付着物の集積がみられる．写真38は，メッキ層内を詳細に拡大観察するとき，表裏の付着物とメッキ層の輝度差が大きすぎて見にくくなるので，電気的信号処理によりレリーフ像のごとき表現で示した．

### 4.3 アルミ蒸着ガラス鏡テストピースの表面観察

GMS－1，2，3はMMS－1の暴露条件と同じである．写真はいずれもピントを合わせ易くするために表面に異物のあるところを選んで撮影した．非暴露，HFガス及び$SO_2$ガスの各テストピースとも拡大しても鏡面の変化はみられず，暴露の影響は殆んどないとみられる．第1報で述べた反射率測定の結果でも，反射率の劣化は殆んど起っていない．

### 4.4 アルミ蒸着ガラス鏡テストピースの断面観察

GMC－1，2とも$SO_2$定濃度3時間暴露後30日の試料であるが，拡大率を変えても，撮影方向を変えても，ガラスの割れ方による模様と表面を示していると思われる線が観察できるだけであり，蒸着膜層は判別できない．

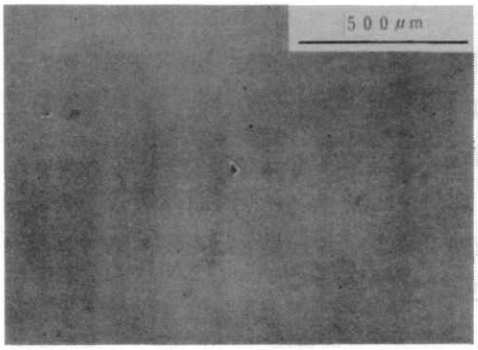
## 5. あとがき

本報告で，火山ガスの現地暴露試験は，実機運用上からみて厳し過ぎる条件であったが，火山活動が盛んで，噴煙が多いときの走査鏡，集光鏡など，直接噴煙に触れる光学系に対しては，その光学的機能保持のために，十分な配慮が必要であることが明らかとなった．

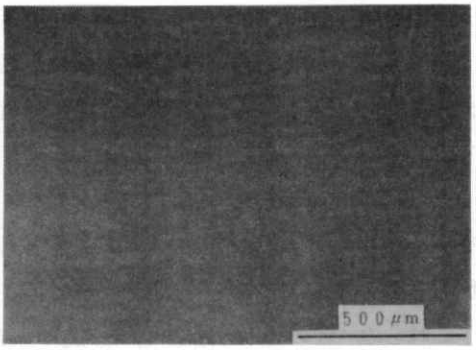
また，アルミ蒸着ガラス鏡のテストピースは，$SiO_2$のコーティングを施したが，その効果をニッケルメッキ金属鏡のテストピースと比べると，電顕観察上は殆んど識別できないが，反射率測定試験の結果から非常に良好であることが判明した．

これらの一連の結果を踏まえ，$SiO_2$コーティングのアルミ蒸着鏡のテストピースをニッケルメッキ金属鏡と同様に，短縮された期間の現場暴露試験を行うことや，イソプロピルアルコールで鏡面を毎日脱水清浄化を行うなどの，より実際的な条件での第2回暴露試験を行うこととした．それらの結果は，第1報に述べてあるので参照されたい．

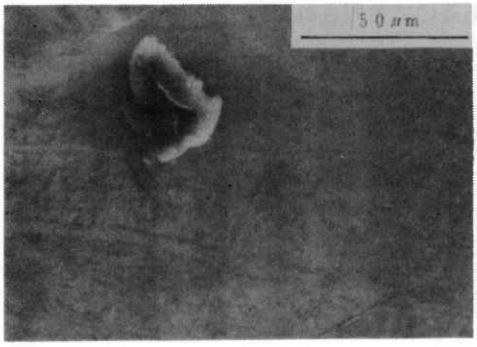
(1985年7月12日　原稿受理)



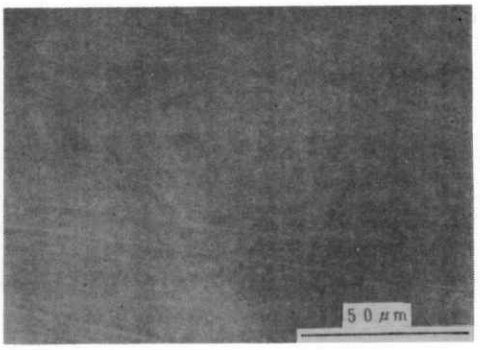

×100



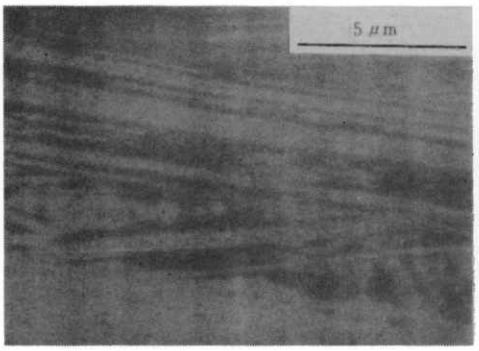

×100



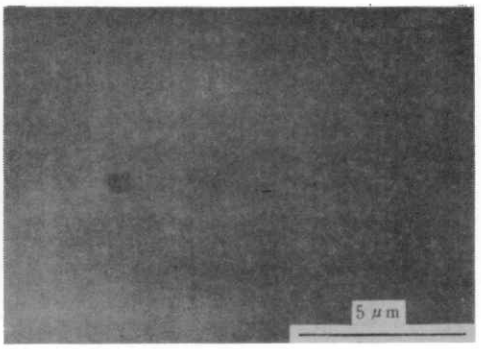

×1,000




×1,000




×10,000



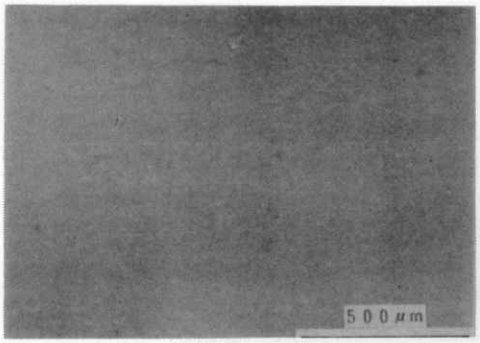

×10,000

**写真 1**　MMS－1（非暴露 70 日），No. 2，傾斜 12.5°

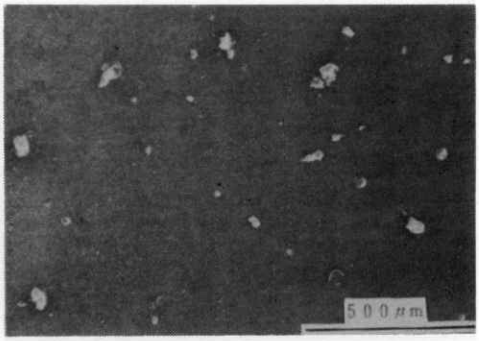
**Photo 1**　MMS-1 (non-exposed 70 days), No.2, inclination 12.5°.

**写真 2**　MMS－1（HF 定濃度 3 時間暴露後 30日），No.19，傾斜12.5°

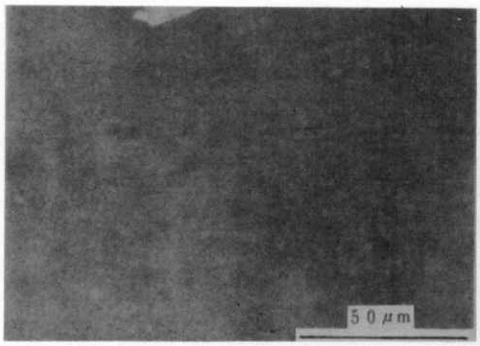
**Photo 2**　MMS-1 (HF gas 10 ppm 3 hours exposing, 30 days after) No.19, inc. 12.5°



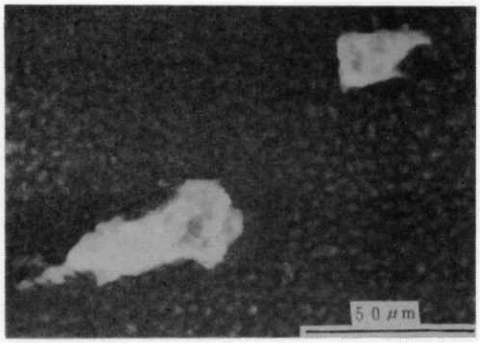

×100



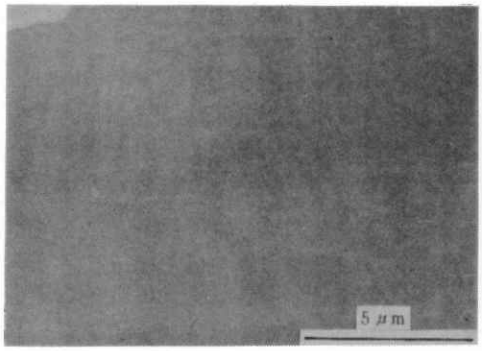

×100



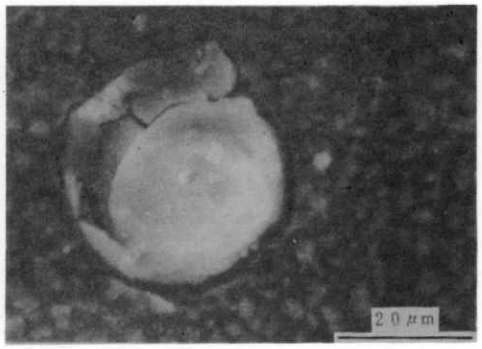

×1,000




×1,000




×10,000



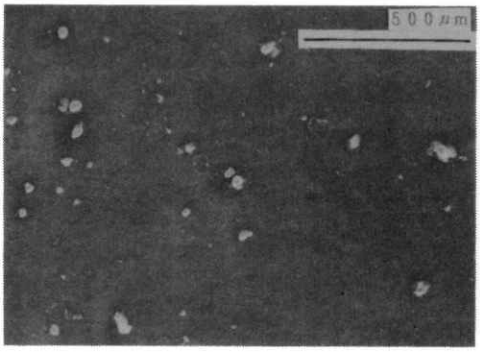

×2,000

**写真3** MMS－1($SO_2$定濃度3時間暴露後30日), No.18, 傾斜12.5°

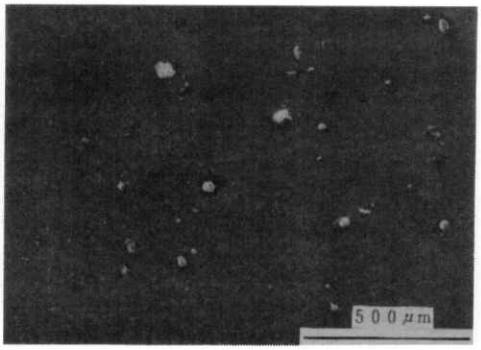
**Photo 3** MMS-1 ($SO_2$ gas 100 ppm 3 hours exposing, 30 days after) No.18, inc. 12.5°

**写真4** MMS－2(春田山, 15日), No.1, 変色部分

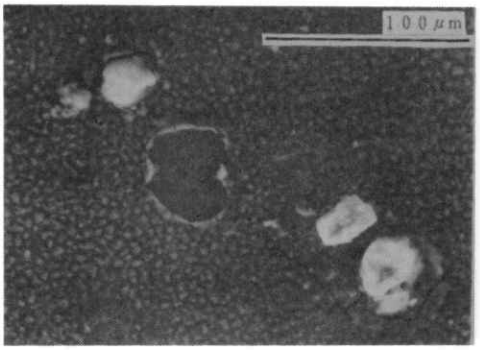
**Photo 4** MMS-2 (Harutayama 15 days) No.1, a part of color chaged.



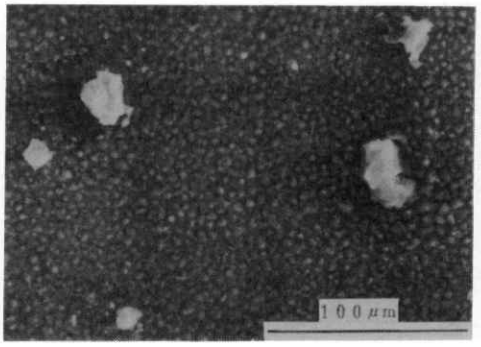

×100



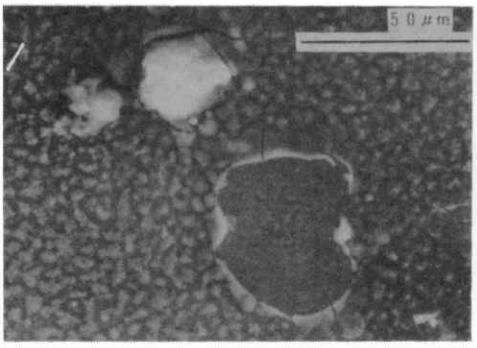

×100




×600




×600



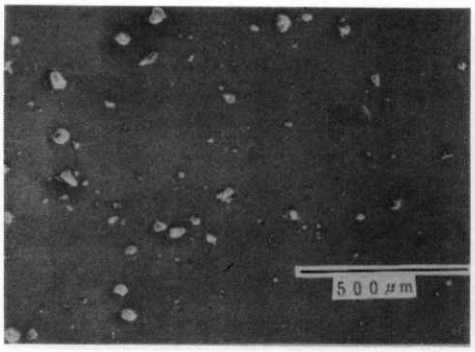

×1,000

**写真5**　MMS－2（春田山，15日），No.1，変色の少ない部分

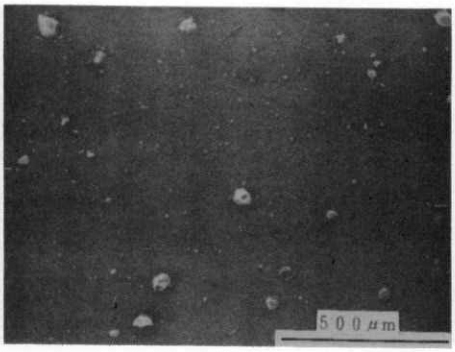
**Photo 5**　MMS-2 (Harutayama 15 days) No.1, a part of color changed slightly.

**写真6**　MMS－2（春田山，15日），No.2，変色部分

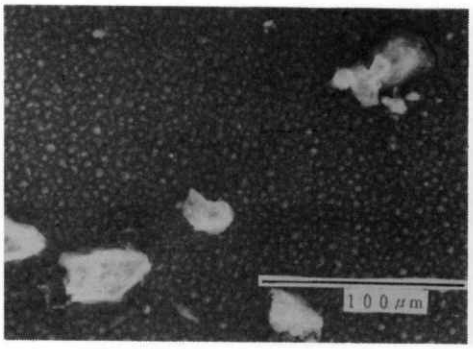
**Photo 6**　MMS-2 (Harutayama 15 days) No.2, a part of color changed.



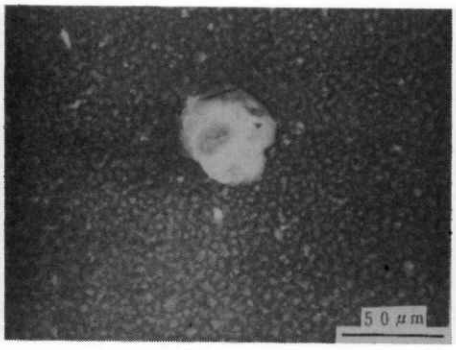

×100



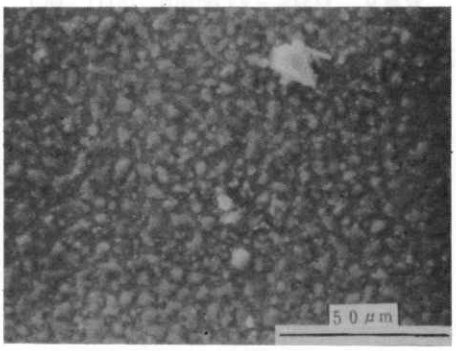

×100




×600




×600



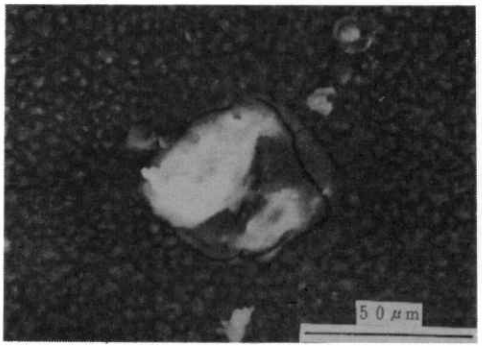

×1,000

**写真7** MMS－2(春田山, 15日), No.2, 変色の少ない部分

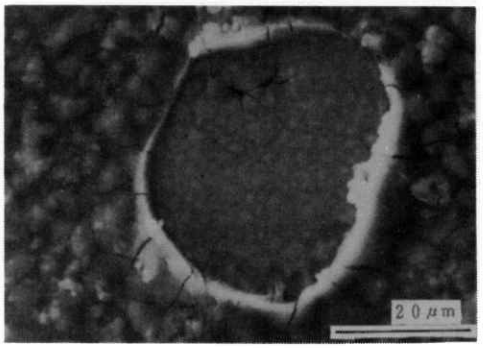
**Photo 7** MMS-2 (Harutayama 15 days) No.2, a part of color changed slightly.

**写真8** MMS－2(春田山, 15日), No.3, 変色部分

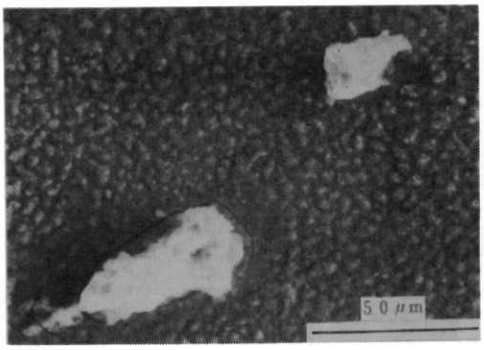
**Photo 8** MMS-2 (Harutayama 15 days) No.3, a part of color changed.



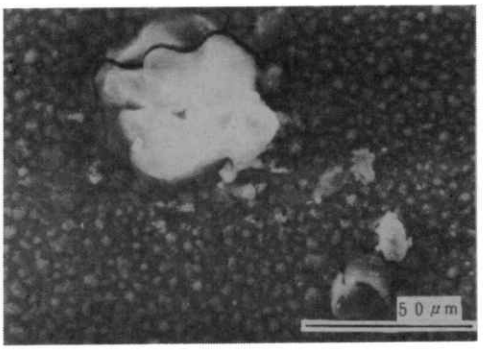

傾斜 12.5°　×1,000




No. 1　傾斜 12.5°　×2,000




×1,000



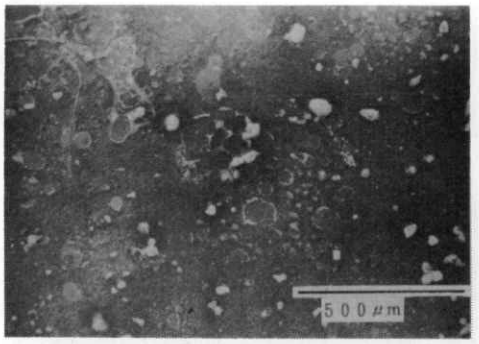

No. 2　×1,000

**写真 9**　MMS－2（春田山，15日），No. 1，ヒビ割れの状況

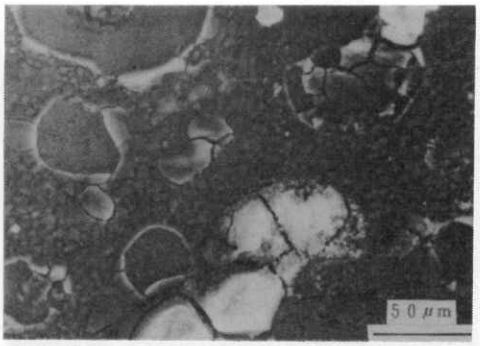
**Photo 9**　MMS-2 (Harutayama 15 days) No.1, a cracked state

**写真 10**　MMS－2（春田山，15日），No. 1，No. 2，ヒビ割れの状況

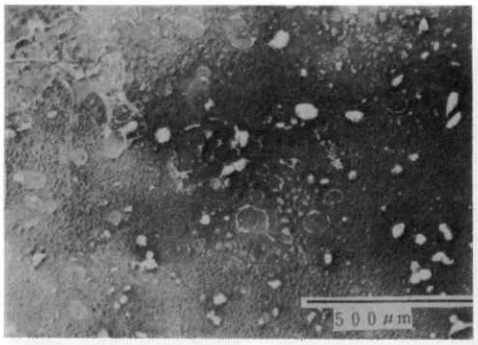
**Photo 10**　MMS-2 (Harutayama 15 days) No.1, No.2, a part of cracked state



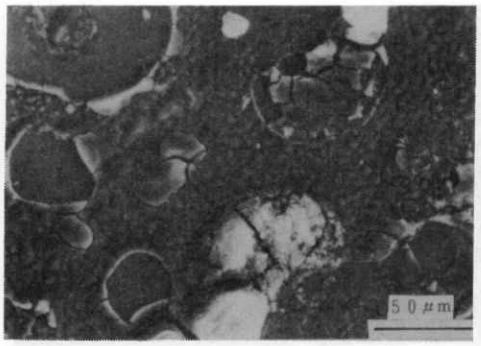

水　平



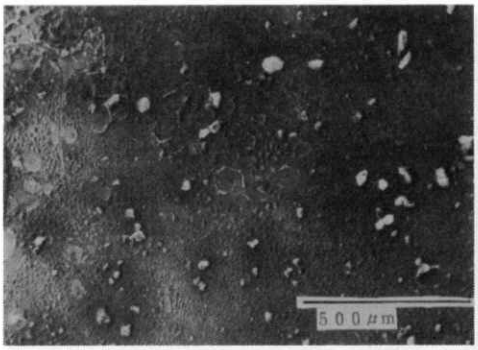

水　平



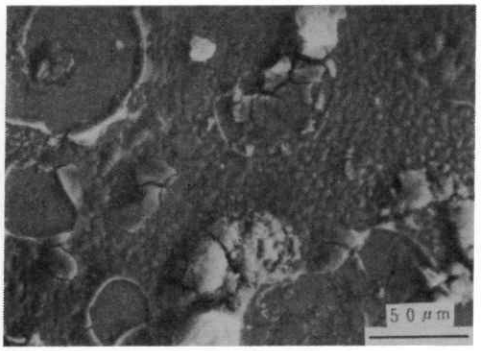

傾斜 12.5°




傾斜 12.5°




傾斜 30°



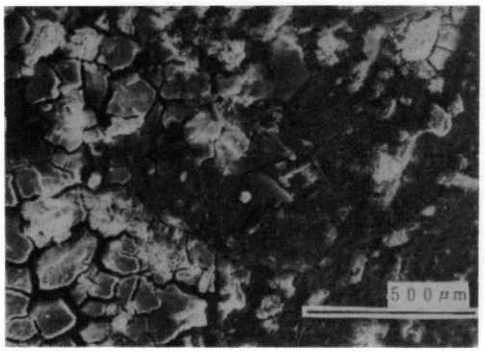

傾斜 30°

**写真 11**　MMS－3（春田山，30日），No. 4，傾斜撮影による様子の変化　×100

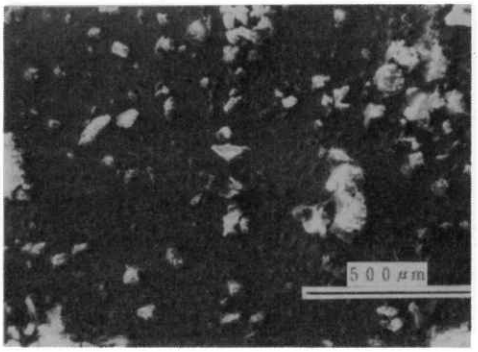
**Photo 11**　MMS-3 (Harutayama 30 days) No.4, effect on state observation due to inclination, ×100.

**写真 12**　MMS－3（春田山，30日），No. 4，傾斜撮影による様子の変化　×600

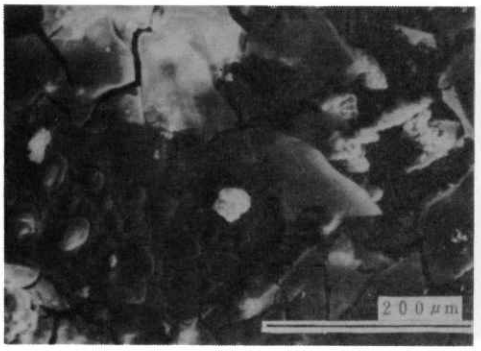
**Photo 12**　MMS-3 (Harutayama 30 days) No.4, effect on state observation due to inclination, ×600.



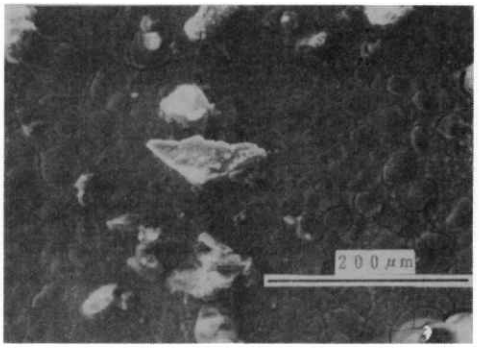

×100



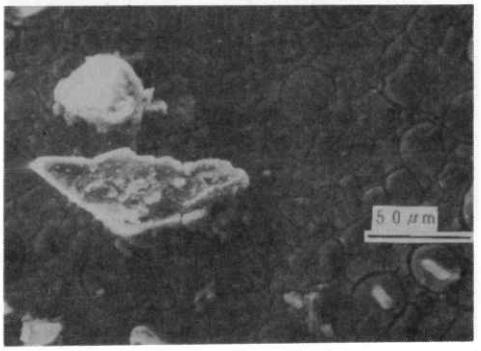

×100




×300




×300



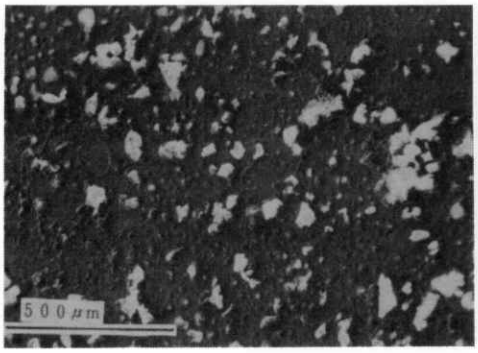

×600

**写真 13**　MMS－3（春田山，30日），No. 5，白点の集団部分，傾斜12.5°

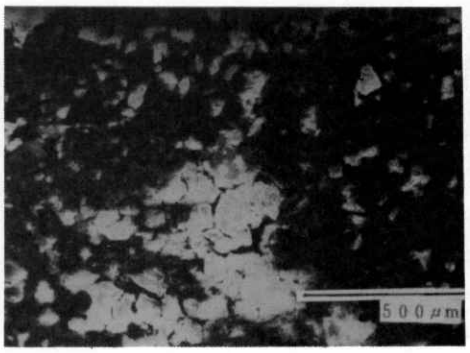
**Photo 13**　MMS-3 (Harutayama 30 days) No.5, a part of aggregated white points, inc. 12.5°.

**写真 14**　MMS－3（春田山，30日），No. 5，表面の損傷が大と思われる部分，傾斜 12.5°

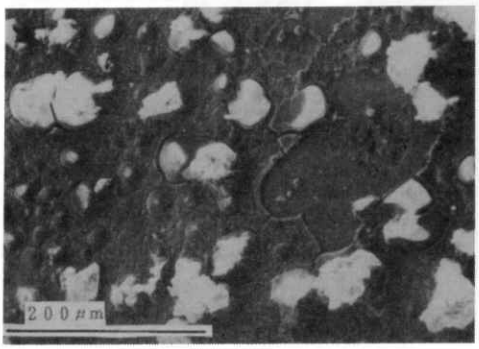
**Photo 14**　MMS-3 (Harutayama 30 days) No.5, a part with remarkably damaged surface, inc. 12.5°.



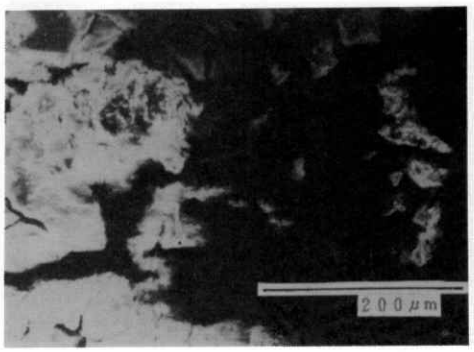

×100



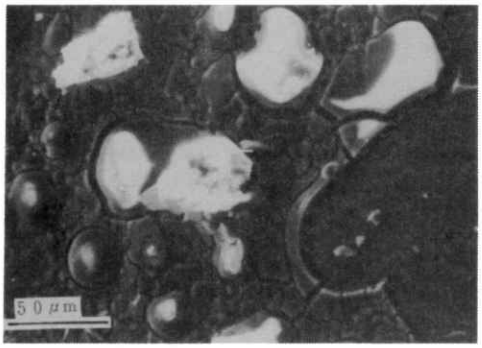

×100




×300




×300



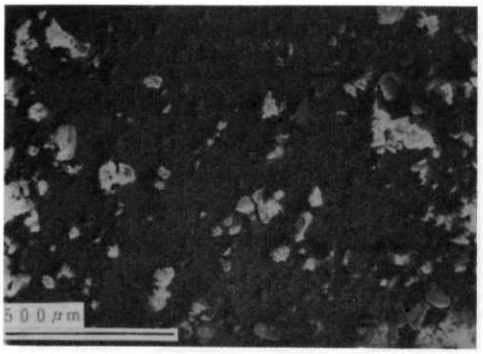

×600

**写真 15** MMS－3（春田山，30日），No. 6，傾斜30°

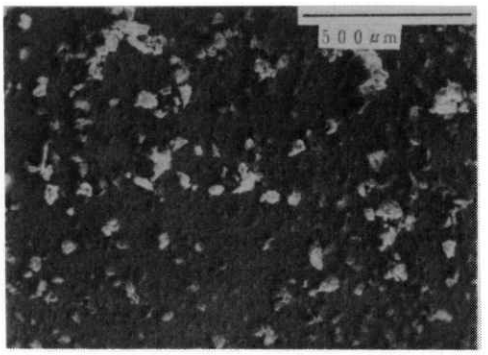
**Photo 15** MMS-3 (Harutayama 30 days) No.6, inc. 30°.

**写真 16** MMS－3（春田山，30日），No. 6，白点の集団部分，水平

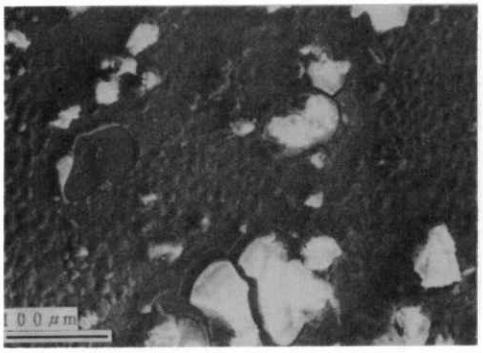
**Photo 16** MMS-3 (Harutayama 30 days) No.6, a part with aggregated white points, level.



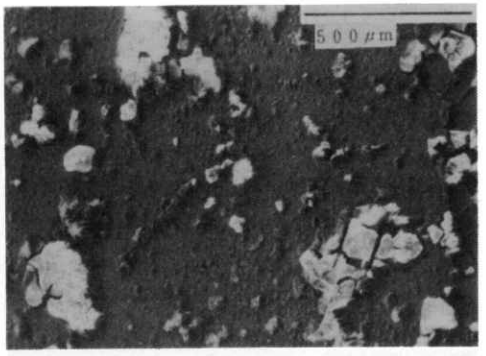

×100



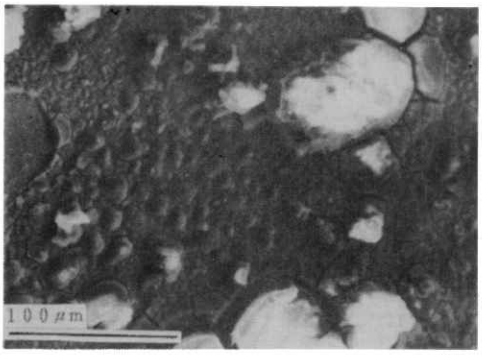

No. 8




×300




No. 9



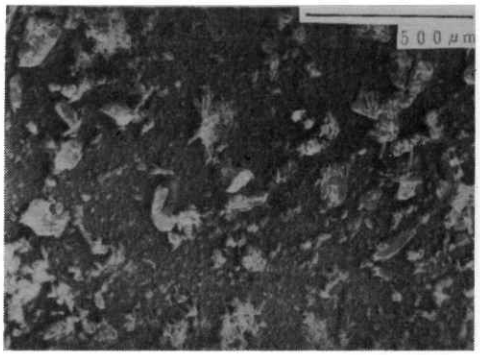

×500

**写真 17**　MMS－4（春田山，45日），No. 7，傾斜30°

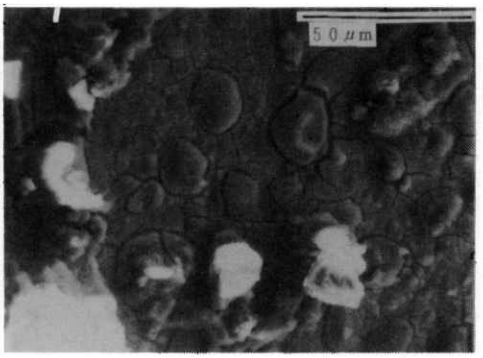
**Photo 17**　MMS-4 (Harutayama 45 days) No.7, inc. 30°.

**写真 18**　MMS－4（春田山，45日），No. 8，No. 9，×100，傾斜30°

**Photo 18**　MMS-4 (Harutayama 45 days) No.8, No.9, ×100, inc. 30°.



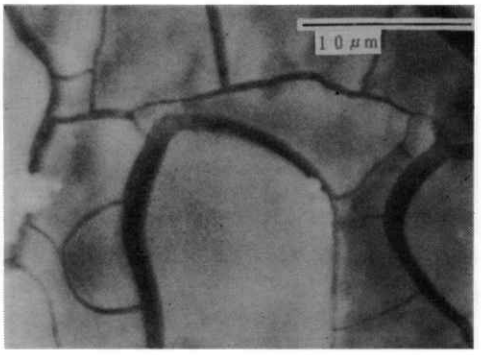

No.10



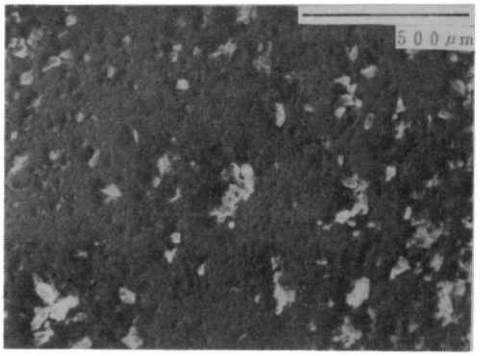

×1,000




No.11




×5,000



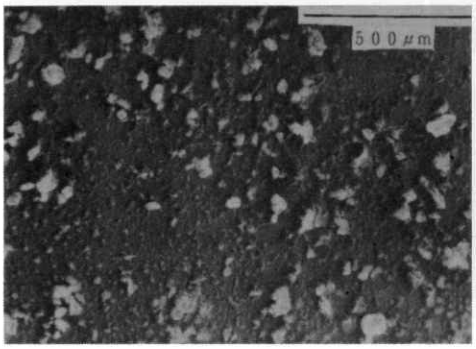

No.12

**写真 19** MMS－5（春田山，59日），No.10，11，12，×100，傾斜30°

**Photo 19** MMS-5 (Harutayama 59 days) No.10, 11, 12, ×100, inc. 30°.

**写真 20** MMS－5（春田山，59日），No.12 における凹状場所の拡大

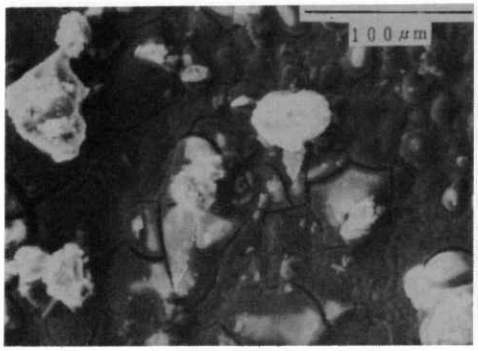
**Photo 20** MMS-5 (Harutayama 59 days) No.12, Magnified uneven part.

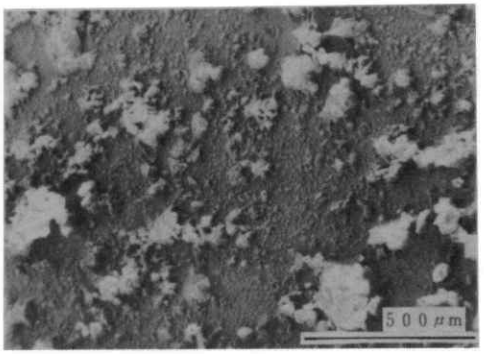




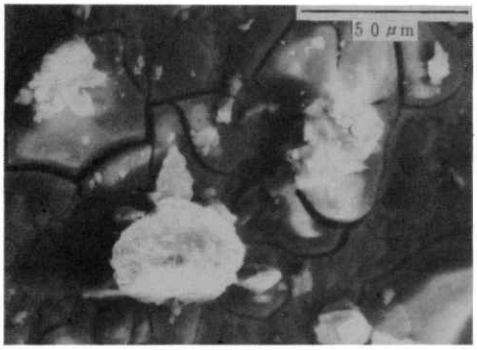


×100




×500



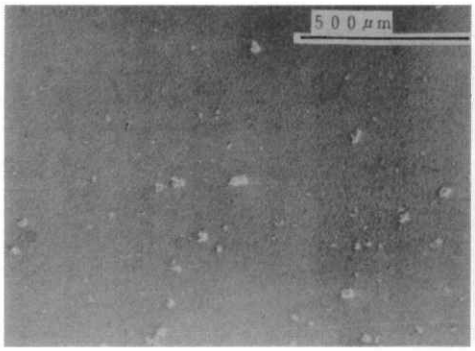

×1,000

**写真 21**　MMS－6（春田山，90日），No.13，傾斜30°

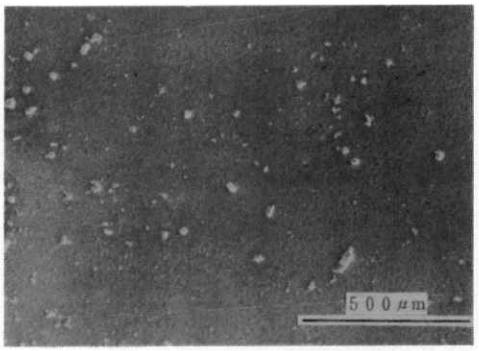
**Photo 21**　MMS-6 (Harutayama 90 days) No.13, inc. 30°.

**写真 22**　MMS－6（春田山，90日），No.14，15，×100，傾斜30°

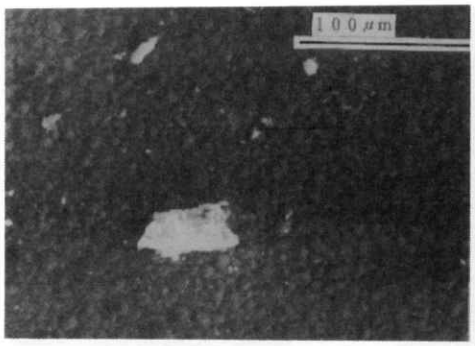
**Photo 22**　MMS-6 (Harutayama 90 days) No.14, 15, ×100, inc. 30°.



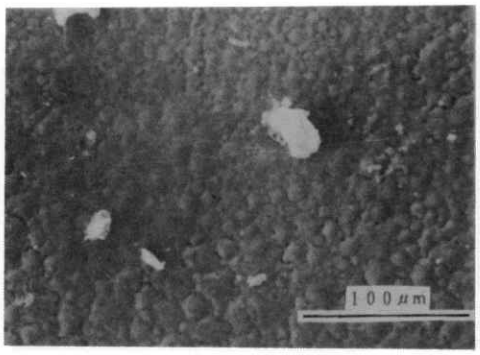

×100



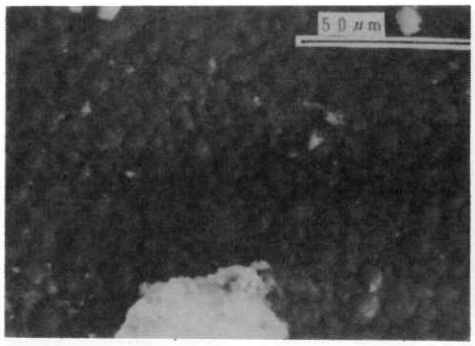

×100



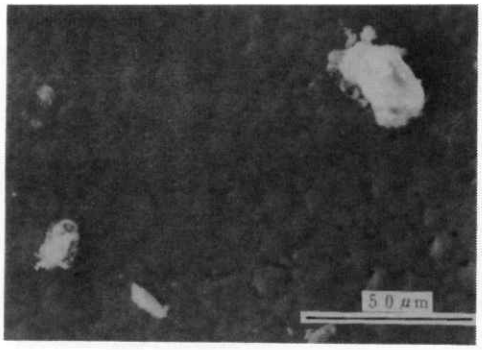

×500




×500




×1,000



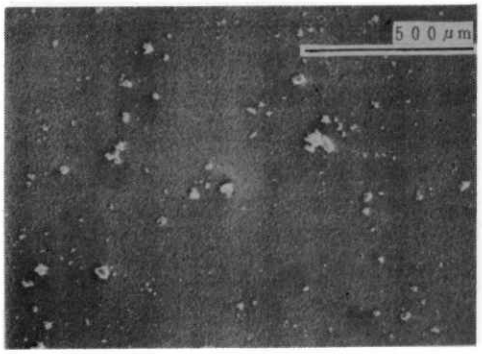

×1,000

**写真 23** ＭＭＳ－７（黒神，30日），No.16，変色部分

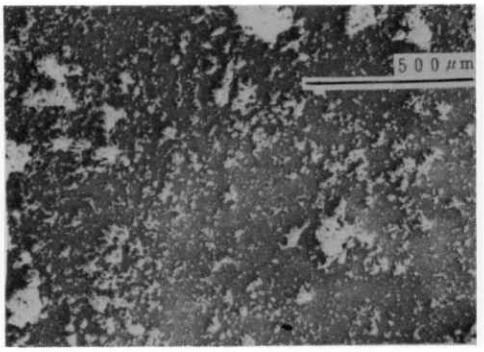
**Photo 23** MMS-7 (Kurokami 30 days) No.16, a part of color changed

**写真 24** ＭＭＳ－７（黒神，30日），No.16，変色の少ない部分

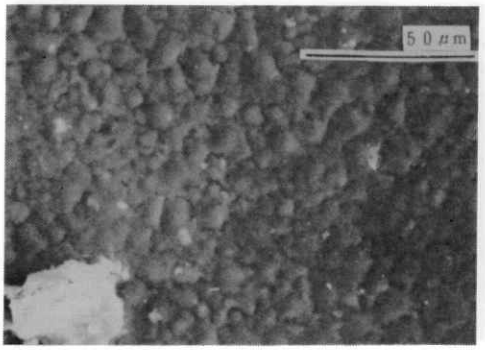
**Photo 24** MMS-7 (Kurokami 30 days) No.16, a part of color changed slightly.



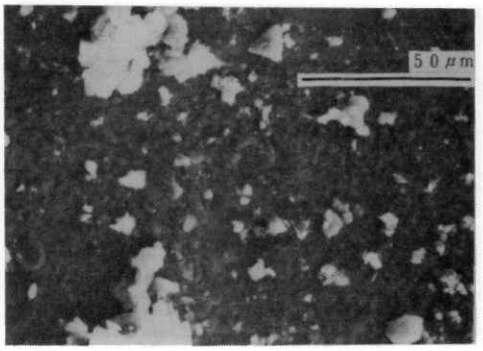

×100



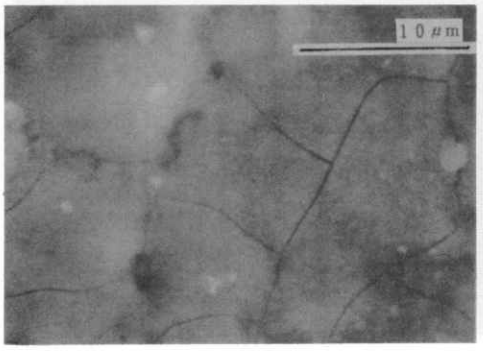

×100



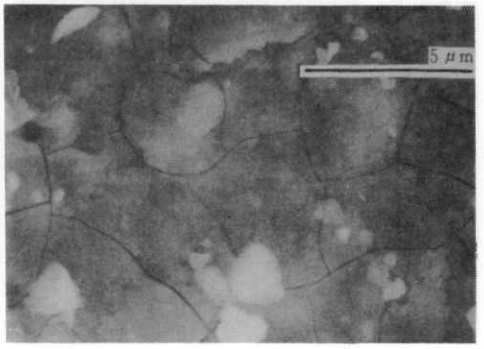

×1,000




×1,000




×5,000




×5,000

**写真 25**　MMS－7（黒神，30日），No.16，
**Photo 25**　MMS-7 (Kurokami 30 days) No.16.

**写真 26**　MMS－8（黒神，59日），No.17，
**Photo 26**　MMS-8 (Kurokami 59 days) No.17.



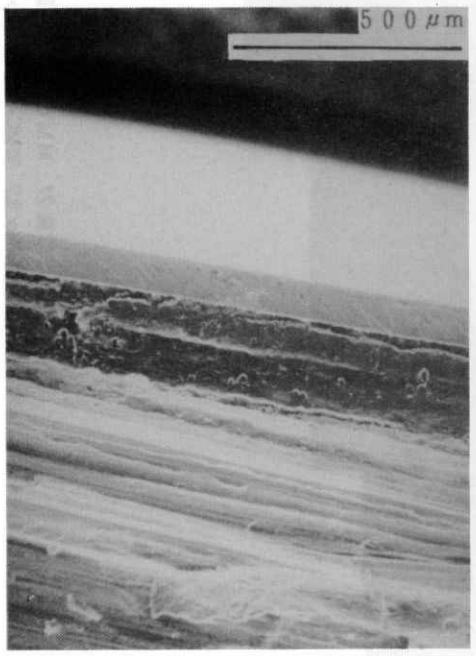

**写真 27**　MMC－1（非暴露70日），№20，×100，水平
**Photo 27**　MMC-1 (non-exposed 70 days) No.20, ×100, level.




傾斜－5°




水　平



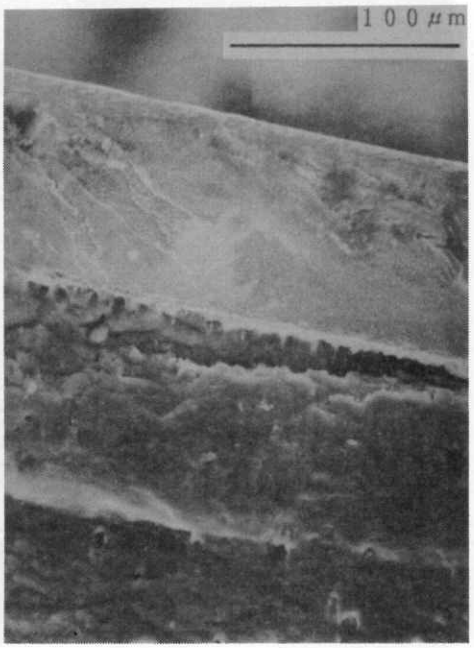

傾斜 5°



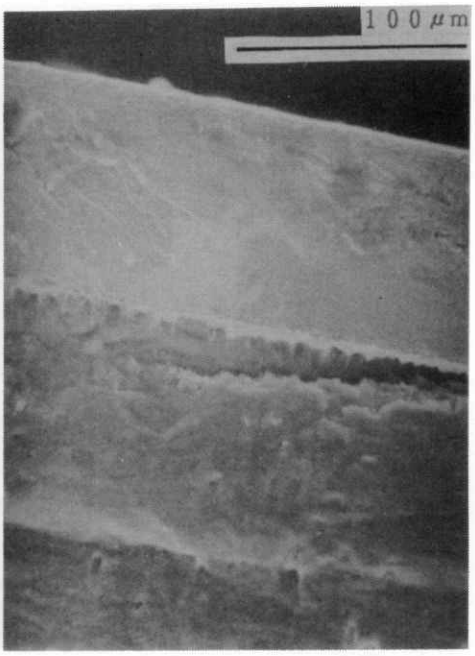

傾斜 15°

**写真 28**　MMC－1（非暴露70日），№20，×100

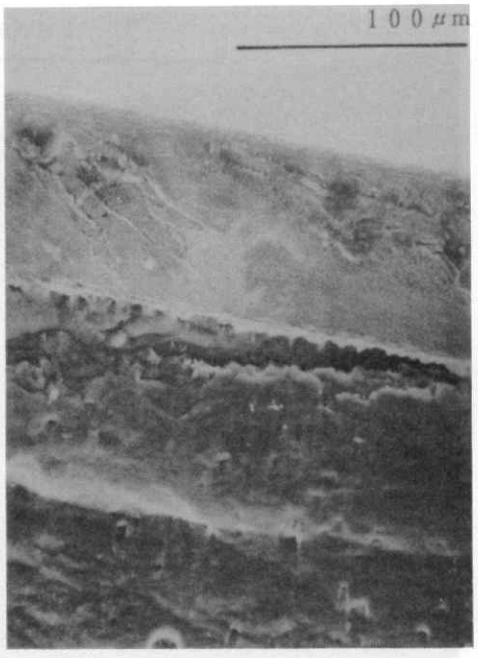
**Photo 28**　MMC-1 (non-exposed 70 days) No.20, ×100.




傾斜－5°




水　平

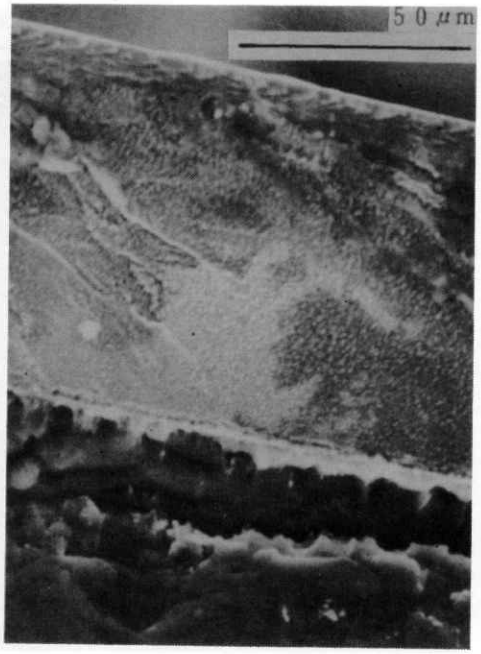



傾斜 5°




傾斜 15°

**写真 29**　MMC－1(非暴露70日), No.20, ×500
**Photo 29**　MMC-1 (non-exposed 70 days) No.20, ×500.



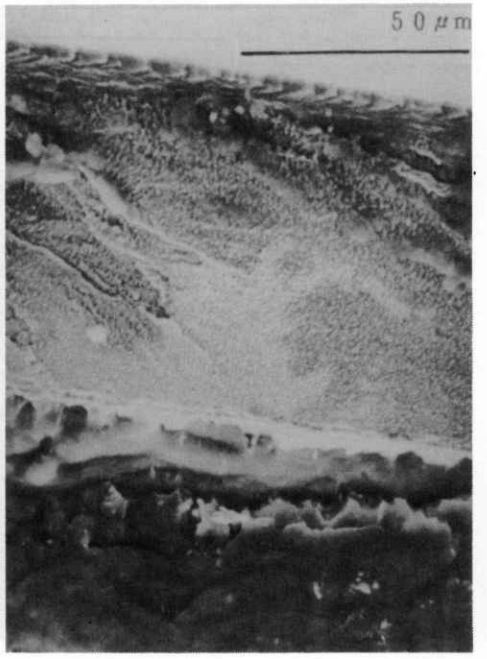

傾斜－5°




水　平




傾斜5°




傾斜15°

**写真 30**　MMC－1（非暴露70日），№20，×1,000
**Photo 30**　MMC-1 (non-exposed 70 days) No.20, ×1,000.

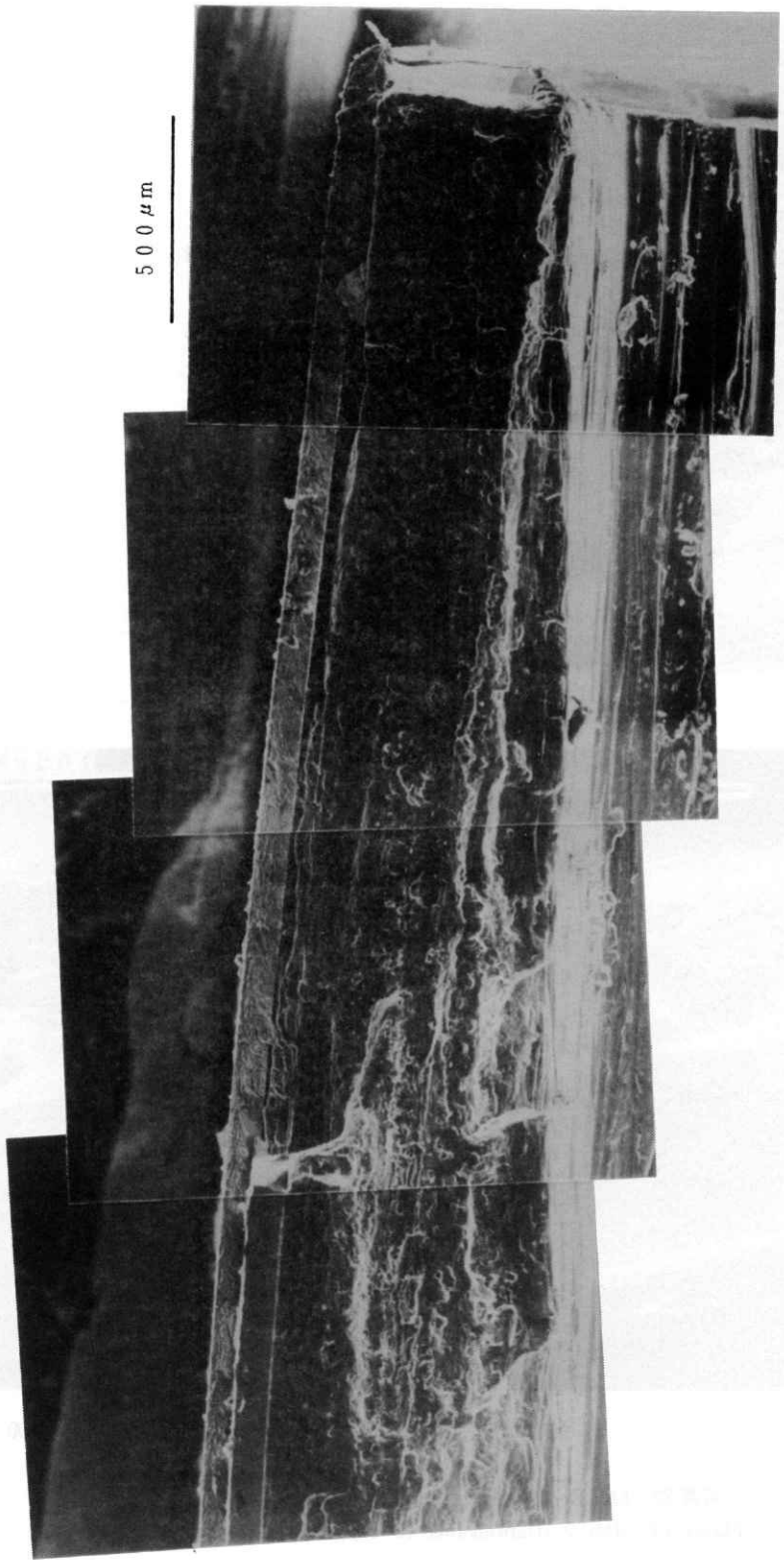
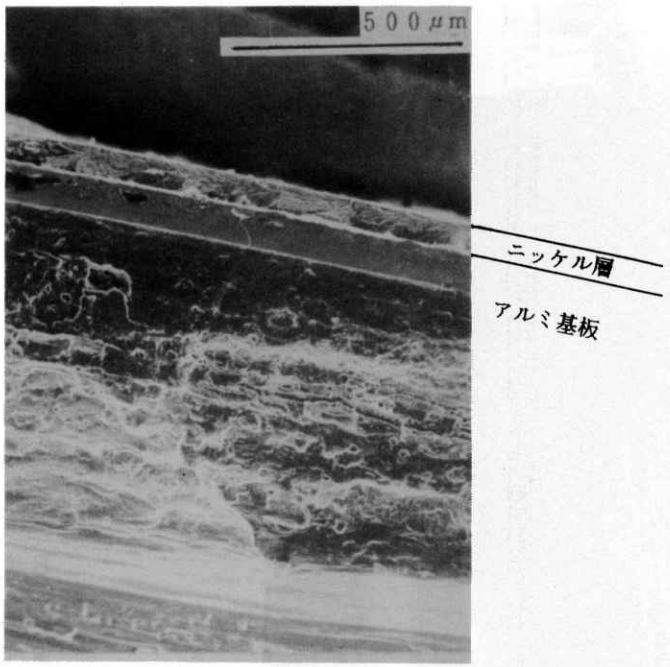
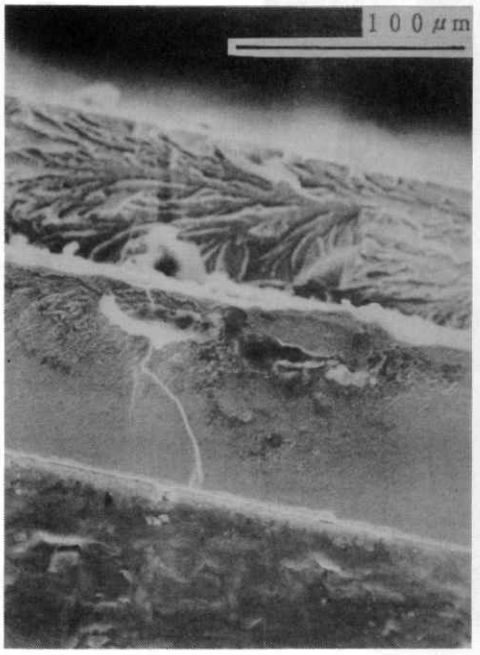



**写真 31**　MMC－２（春田山，15日），№1，×100，水平
**Photo 31**　MMC-2 (Haruta yama 15 days) No.1, ×100, level.




×100




×500




×800

**写真 32**　MMC－2（春田山，15日），No.1，水平
**Photo 32**　MMC-2 (Harutayama 15 days) No.1, level.

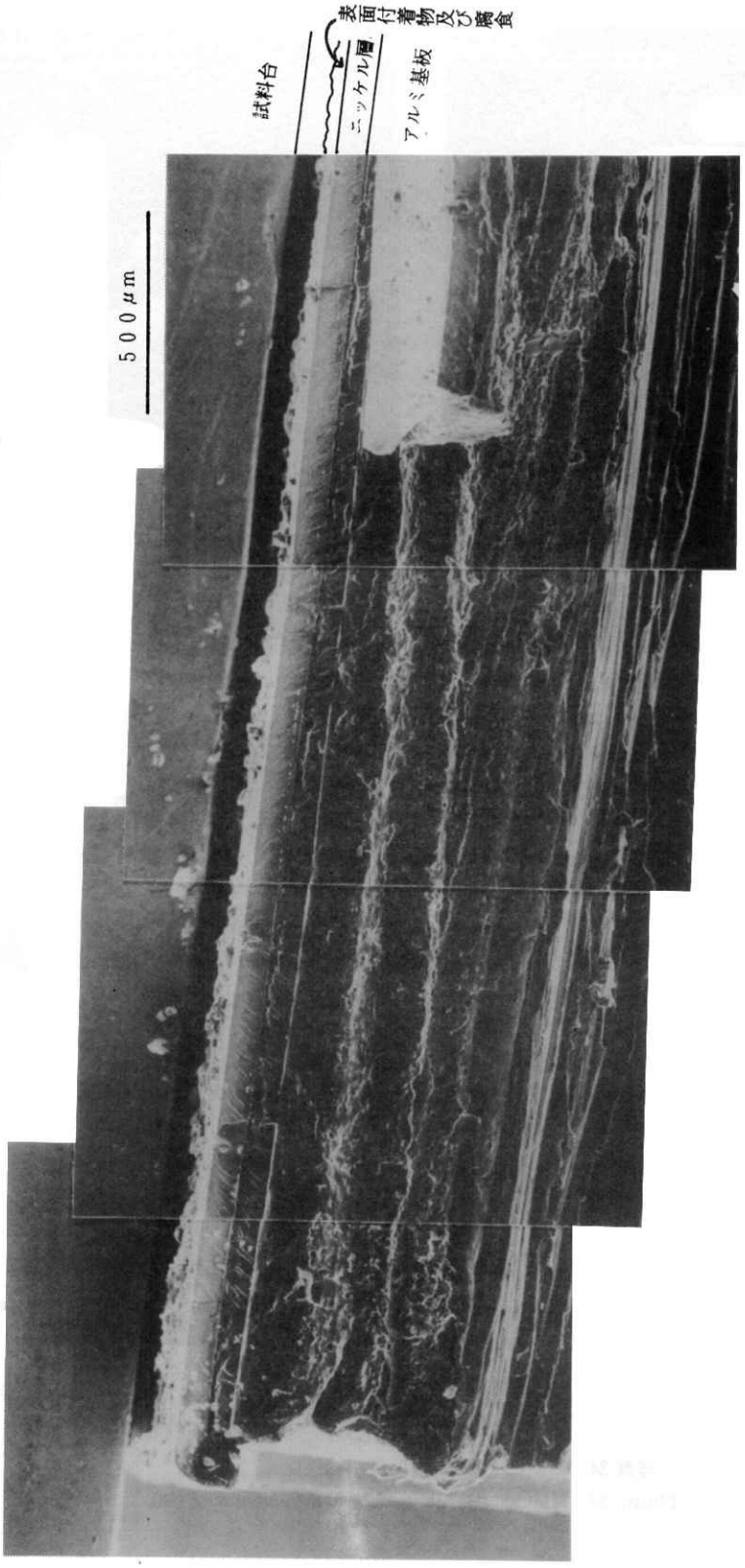
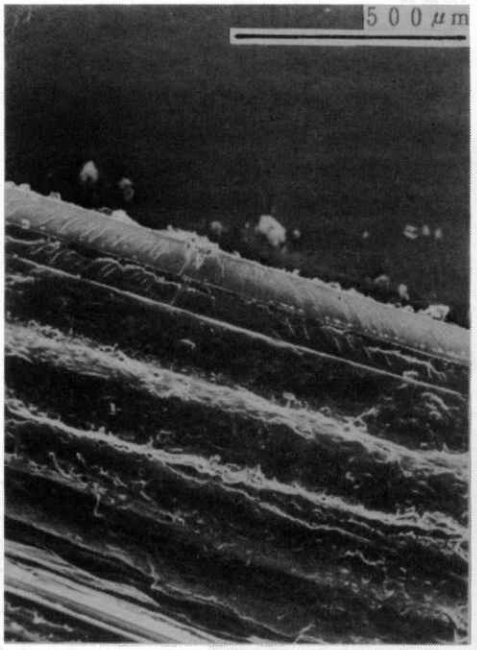
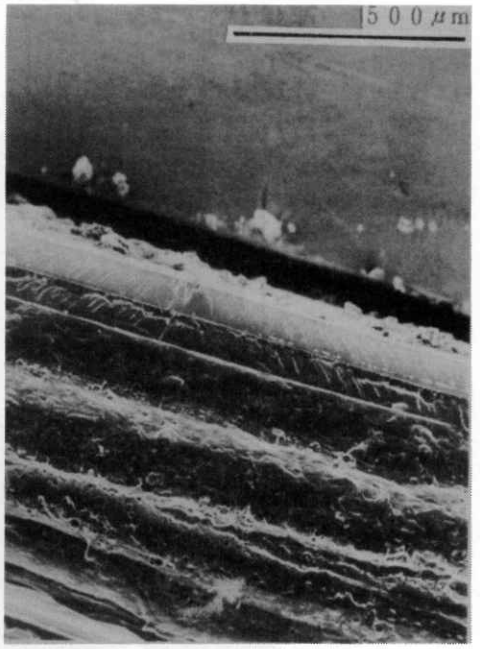



**写真 33**　MMC－３（春田山，30日），№５，×100，水平

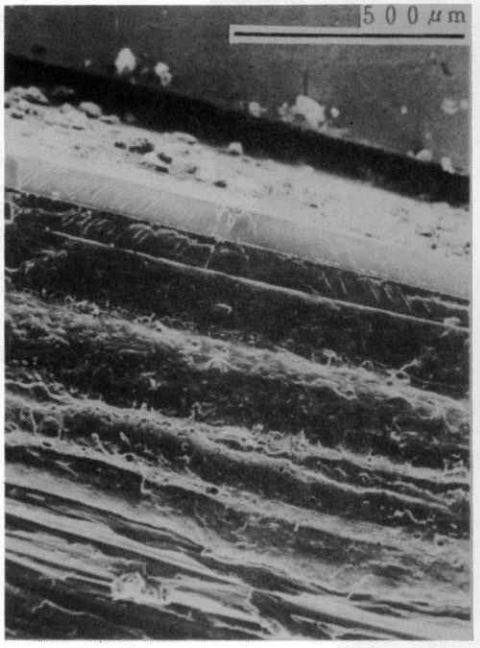
**Photo 33**　MMC-3 (Harutayama 30 days) No.5, ×100, level.



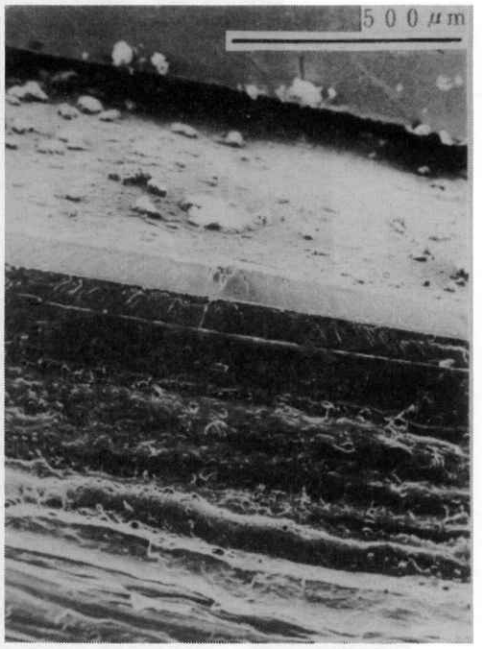

傾斜－5°




水　平

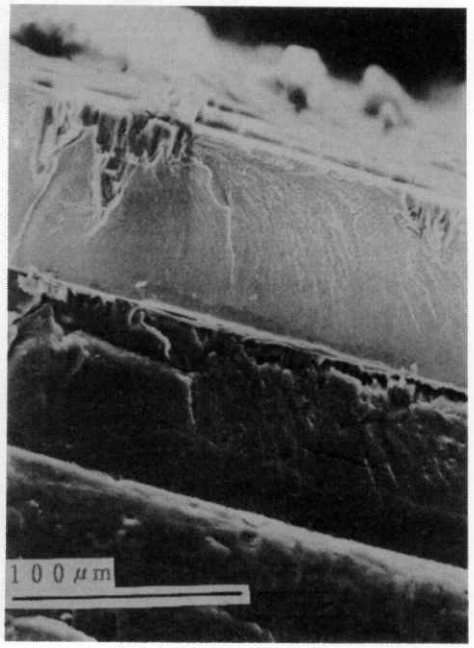



傾斜 5°

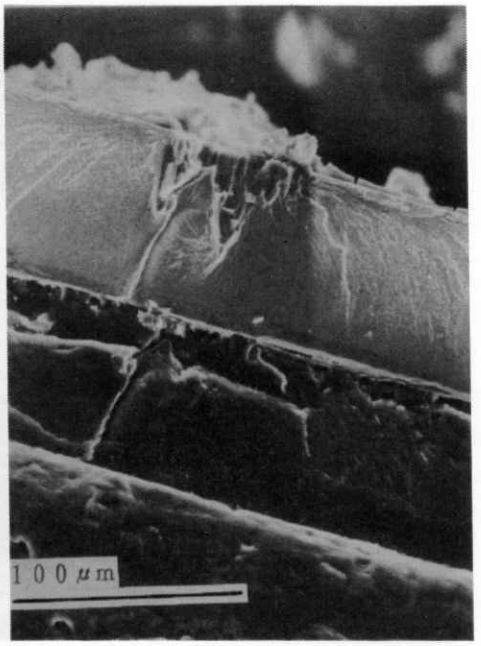



傾斜 15°

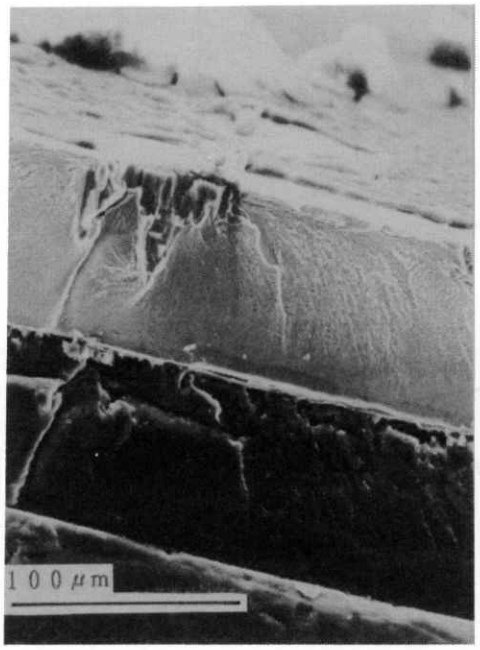
**写真 34**　MMC－3（春田山，30日），No. 5，×100
**Photo 34**　MMC-3 (Harutayama 30 days) No.5, ×100.



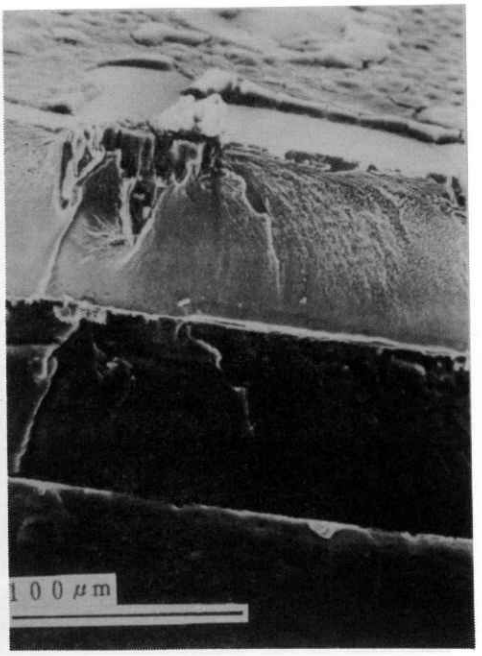

傾斜－5°




水　平

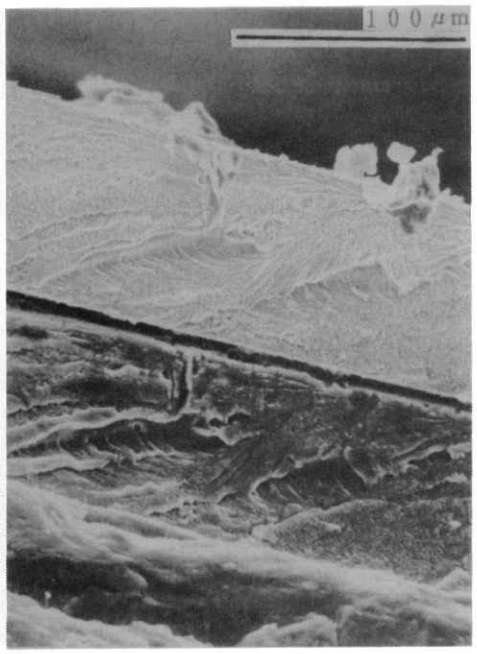



傾斜5°

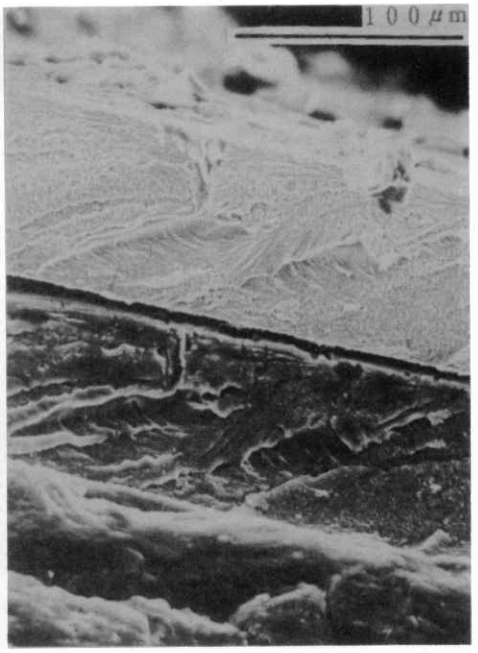



傾斜15°

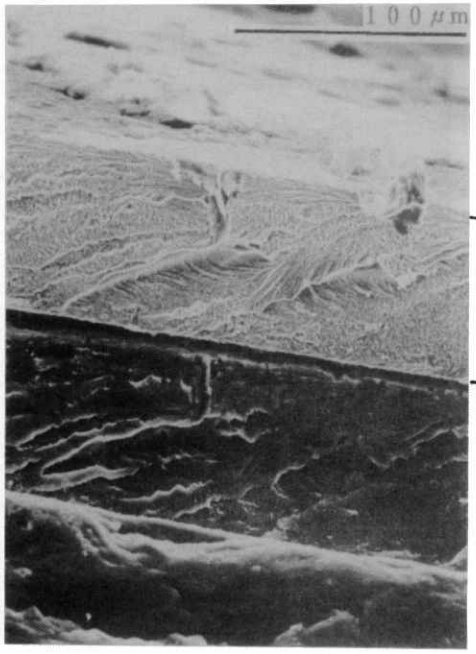
**写真 35**　MMC－3(春田山，30日)，№5，×500
**Photo 35**　MMC-3 (Harutayama 30 days) No.5, ×500.




傾斜－5°



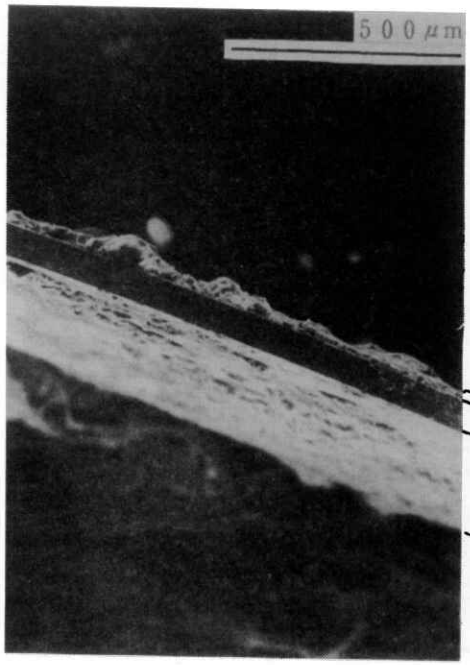

水　平




傾斜5°

**写真 36**　MMC－3（春田山，30日），No. 5，写真35と異なる場所，×500

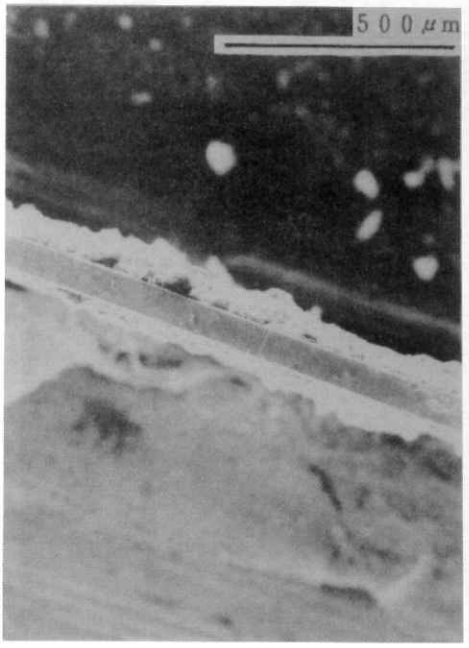
**Photo 36**　MMC-3 (Harutayama 30 days) No.5, an other place than indicated in Photo 35, ×500.



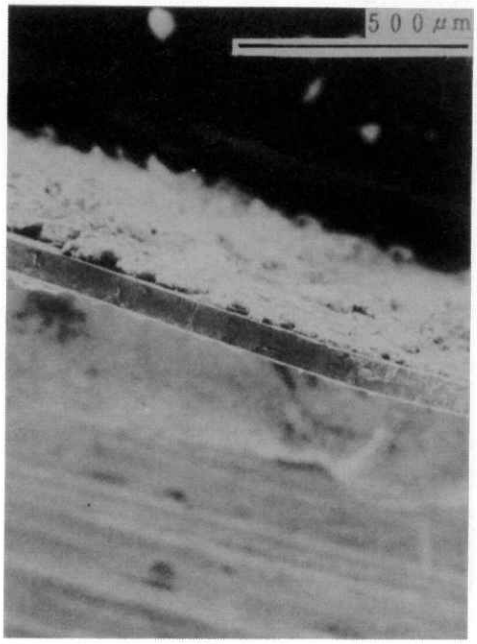




傾斜－5°



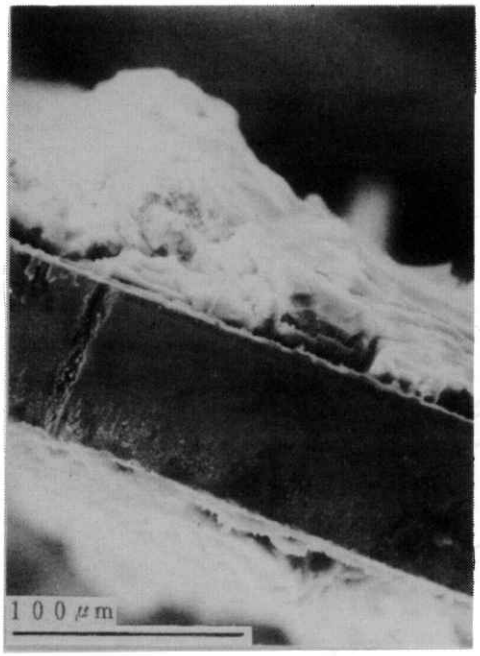

水　平



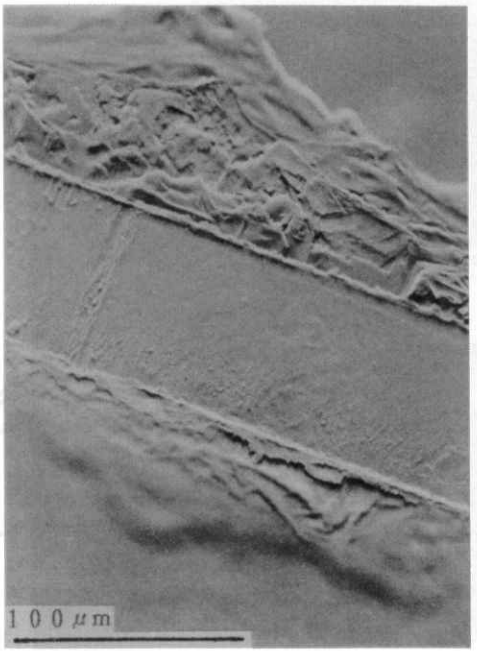

傾斜5°

**写真 37**　MMC－4（春田山，30日），№6，メッキ剥離部，×100

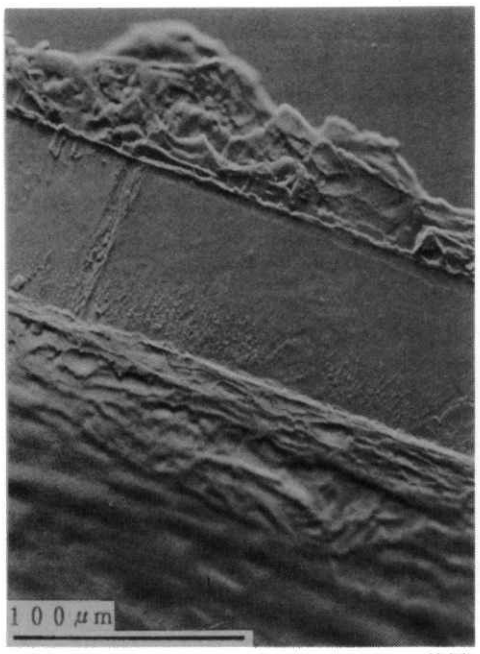
**Photo 37**　MMC-4 (Harutayama 30 days) No.6, a part of separating nickelled layer, ×100.



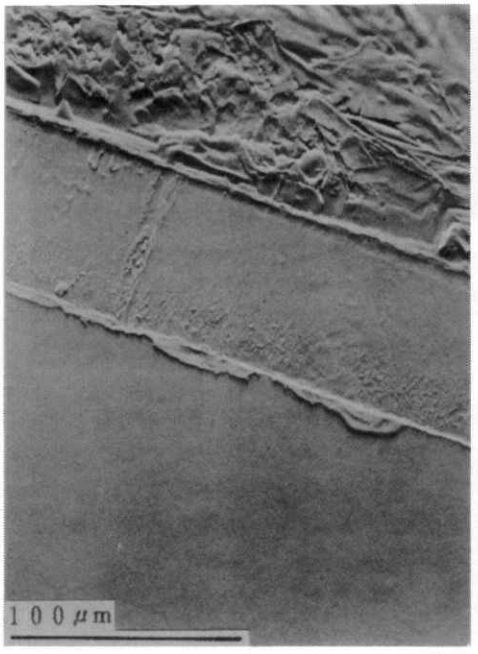

水　平




水平　AC Coupling 使用



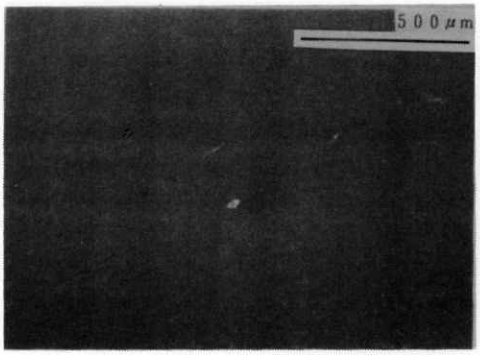

傾斜－5°　AC　Coupling 使用



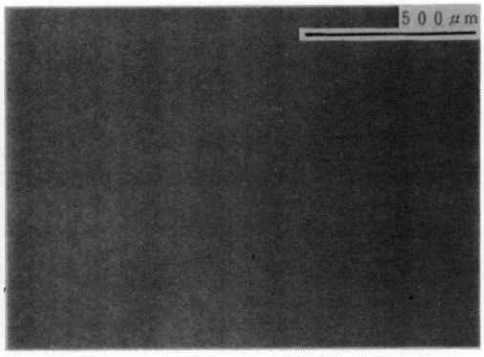

傾斜5°　AC　Coupling 使用

**写真 38**　MMC－4（春田山，30日），No. 6，メッキ剥離部，×500

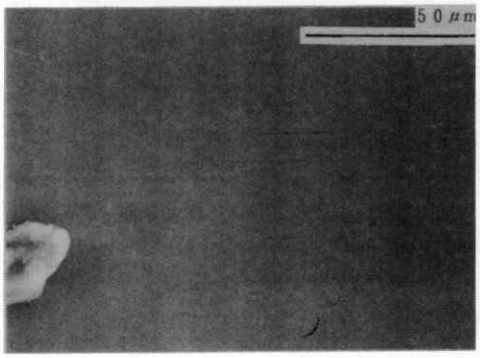
**Photo 38**　MMC-4 (Harutayama 30 days) No.6, a part of separating nickelled layer, x500.



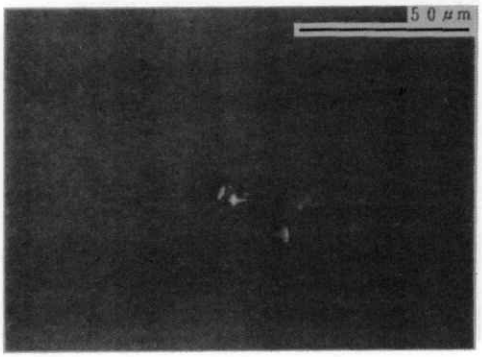

×100



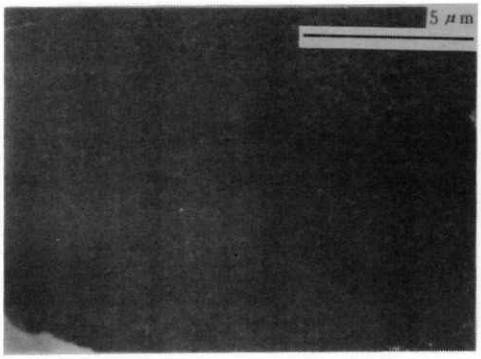

×100



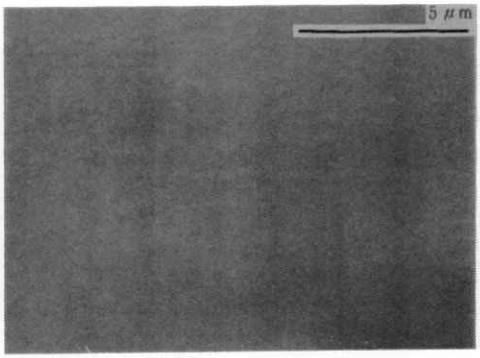

×1,000




×1,000




×10,000



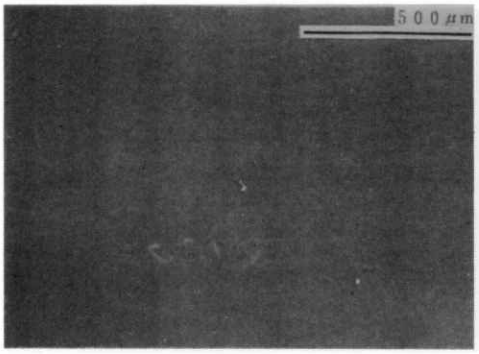

×10,000

**写真 39** GMS－1（非暴露70日），No. 3，傾斜 12.5°

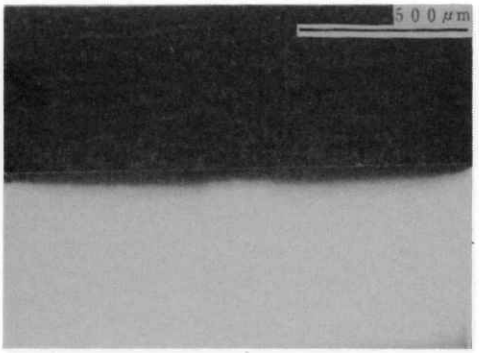
**Photo 39** GMS-1 (non-exposed 70 days) No.3, inc. 12.5°.

**写真 40** GMS－2（HF 定濃度3時間暴露後30日），No. 2，傾斜12.5°

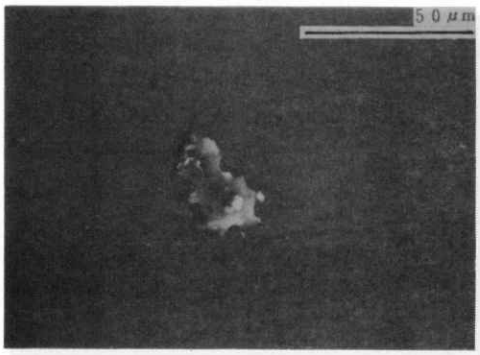
**Photo 40** GMS-2 (HF gas 10 ppm 3 hours exposing, 30 days after) No.2, inc. 12.5°.



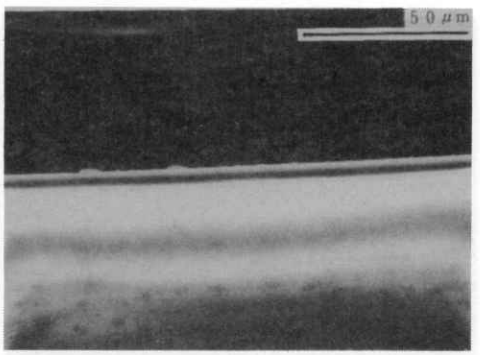

×100



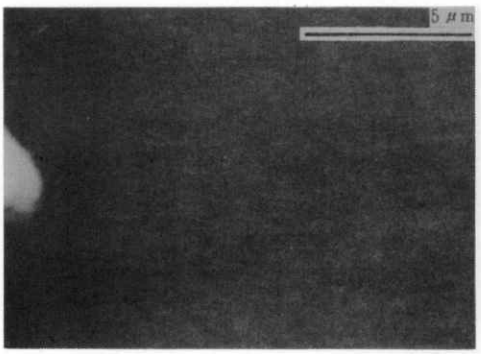

×100



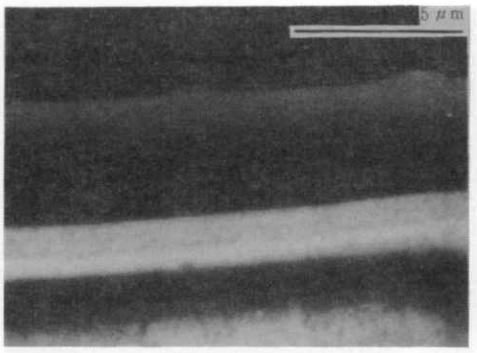

×1,000




×1,000




×10,000



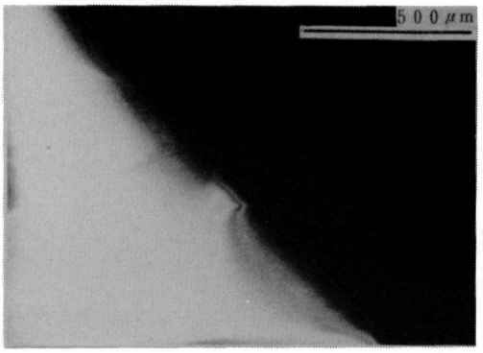

×10,000

**写真 41**　GMS－3（$SO_2$ 定濃度3時間暴露後30日），No.1，傾斜12.5°

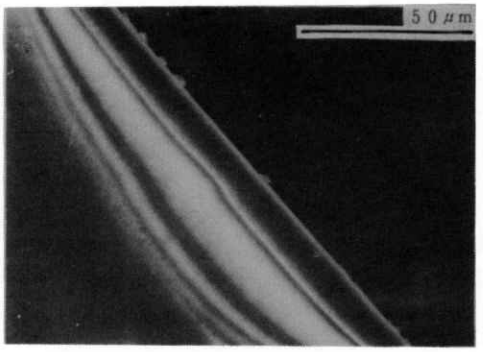
**Photo 41**　GMS-3 ($SO_2$ gas 100 ppm 3 hours exposing, 30 days after) No.1 inc. 12.5°.

**写真 42**　GMC－1（$SO_2$ 定濃度3時間暴露後30日），No.1

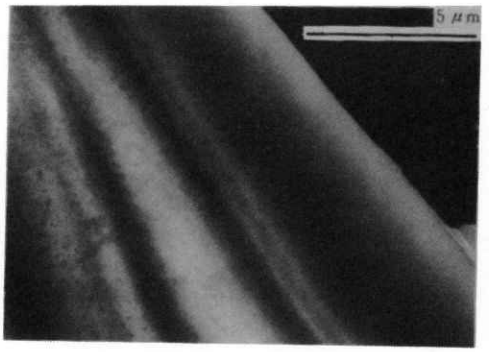
**Photo 42**　GMC-1 ($SO_2$ gas 100 ppm 3 hours exposing, 30 days after) No.1.




×100




×1,000




×10,000

**写真 43** GMC－2（$SO_2$ 定濃度3時間暴露後30日），№1，斜方向

**Photo 43** GMC-2 ($SO_2$ gas 100 ppm 3 hours exposing, 30 days after) No.1, inclined.