

# 電子顕微鏡に於けるレプリカ法

土 倉 秀 次\*

## Surface Replicas on Electron Microscopy

By Hidetsugu Tsuchikura

Central Laboratory, Hitachi, Ltd.

### Abstract

The transmission type electron microscope cannot deal directly with massive specimens that are opaque to electron. The surface of such a specimen could be examined, however, through a replica or a cast of the surface formed. On a film sufficiently thin to be pierced by the electron beam.

There are a wide variety of replica techniques today, and they are mostly fit for scrutinizing of various specimens.

This paper fully explains the principle, interpretation and uses of the replica.

### [I] 緒 言

現在普及實用化されて居る透過型電子顕微鏡で電子線不透過性物体の表面を観察しようとする試みは 1940 年 Mahl がアルミニウム及びニッケルの酸化被膜を母体金属表面から分離して之を電子顕微鏡標本とすることに成功したのに始まり、その後多くの研究者に依つて幾多の創意が加えられつゝ、今日謂う所のレプリカが發展した。

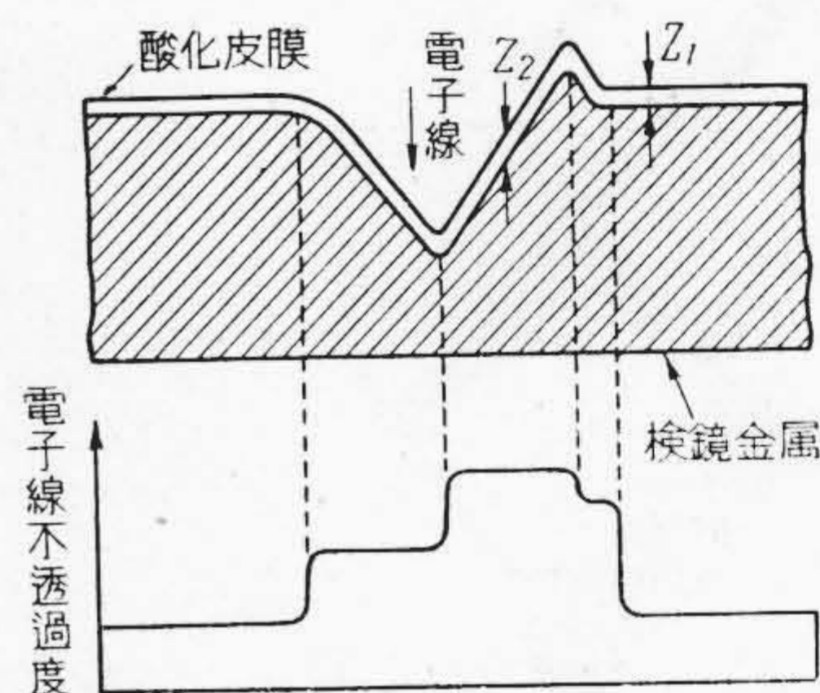
このレプリカによる表面観察は酸化被膜を除いて、すべて被検試料面の微細な立體形態を、電子線透過性被膜に間接に再現したものから得られた像で、被検體そのものゝ電子光學像ではない。之は稍もすると本法で得られた結果に對して危惧の念を抱かせるが、その理解上の立場を形態學的知見に限定し、レプリカの再現限界を知悉すれば不當な結論に走ることはない。レプリカの應用面はかなり廣く、電子顕微鏡標本として今日かなり重用されて居る。

### [II] 各種のレプリカ法

#### (1) 金属酸化被膜を標本とする方法

Mahl に依つて創案されたレプリカの最初の方法<sup>(1)</sup>でこの方法は金属表面に電氣化學的に數10 m $\mu$ 位の薄い被膜層を作り、之を化學的若しくは電氣化學的に分離し、電子顕微鏡標本とするに在る。この酸化被膜は第1圖の如く表面に略均一な厚さの被膜を作ることが、Evans,

\* 日立製作所中央研究所



第1圖 酸化皮膜レプリカ模型圖

Fig. 1 Principle of oxide Replica.

Stockdale<sup>(2)</sup>に依つて説明され、今日實驗的にも慥められて居る。この被膜を電子線が透過する際模型圖に於ける被膜の傾斜部分と平坦部分とでは被膜中に於ける電子線の透過距離が異なるため電子の吸収、散亂に差異を生じコントラストを生ずるものと考えられて居る。酸化被膜法は少數の金属を除いて、如何なる金属にも適用されない。其は被膜の分離が困難であつたり、電子線不透過性残留物が被膜を汚すためである。現在アルミニウム、ニッケル、不銹鋼、一部のニッケル合金、等に用いられる。

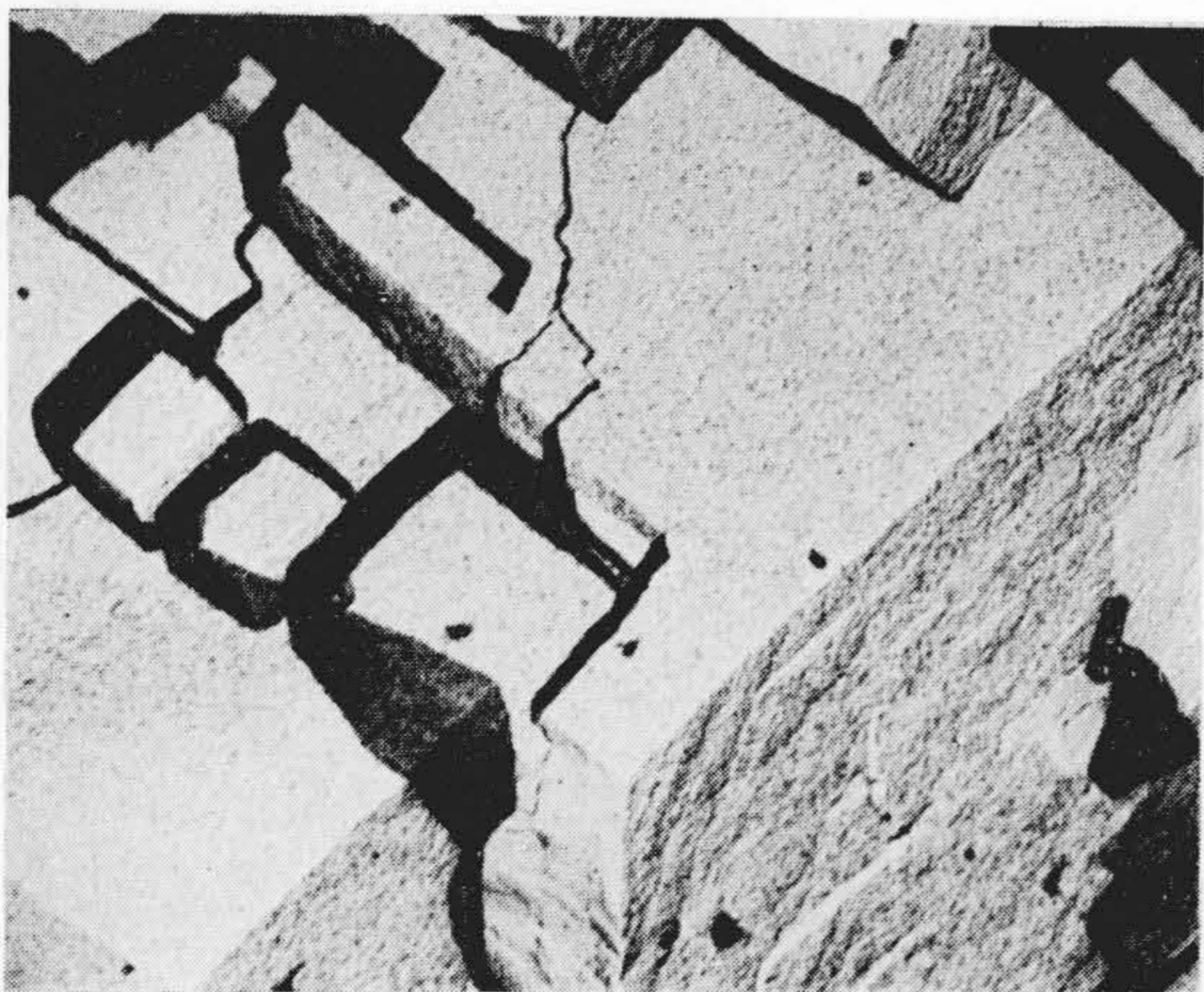
金属表面に酸化被膜を作ることの研究は腐蝕並びにその防護と關聯してかなり古くから行われ、金属を 400~600°C の温度で酸素氣流中で相當時間加熱する方法<sup>(3)</sup>、陽極酸化法、化學的處理法等があり<sup>(4)</sup>被膜の剝離法も又金属防飾研究の一手段として發達し Evans の陽極法、ヨード法<sup>(5)</sup>、Sutton Willstop の鹽化法<sup>(6)</sup>、Wernick の

アマルガム法<sup>(7)</sup>等が知られて居る。

これ等の中、電子顕微鏡標本として實用に供し得るものについて略述する。

#### (A) アルミニウムの実験<sup>(8)</sup>

試料表面の酸化膜生成は陽極酸化法に依つた。即ち試料のアルミニウム板を陽極とし、同面積のアルミニウム板二枚を陰極として陽極の両側に置き 28% アンモニア液と 0.05 mol 硼砂液を等量に加えた電解液中で端子電圧 15 V, 15~30 秒通電して酸化被膜を作る。陰極板を陽極の両側に置いたのは試料面に於ける電流密度の不均一を成可く避けるためである。化成液は電子顕微鏡的に構造を有する被膜を作るものは適しない。酸化し終つた試料は充分水洗して乾燥後、被膜層に 1 mm<sup>2</sup> 位の格子状の傷を入れ、Wernick の方法に倣つて HgCl<sub>2</sub> の飽和水溶液中に暫次浸漬する。分離浮上した被膜細片を稀鹽酸中に移行して残留金属を溶解除去、よく洗滌して電子顕微鏡標本とする。第2圖に電解コンデンサー電極に用



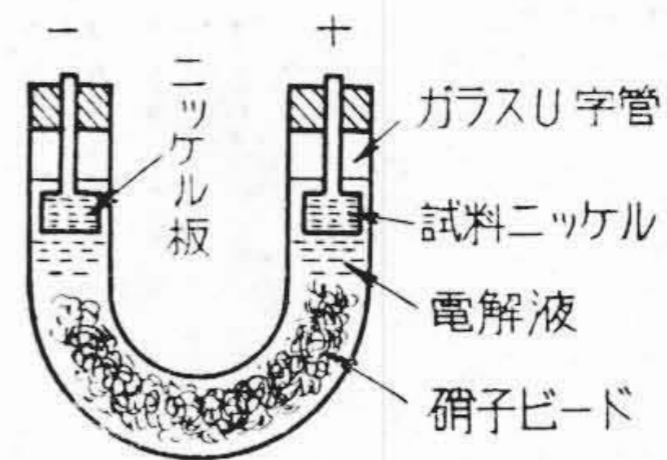
第2圖 アルミニウムの電解腐蝕面  
(酸化被膜法)×10,000

Fig. 2 Electro Etching Surface of Aluminium Foil. (Oxide Film Replica)

いられるアルミニウム箔の電解腐蝕面のレプリカ像を示す。

#### (B) ニッケルの実験<sup>(9)</sup>

酸化被膜の生成は管状電気爐を用い大氣中で加熱酸化を行つた。被膜の生長に伴ない膜の干渉色は漸次微褐色から暗褐色、青色を経て黒紫色となるが、レプリカとしての最適條件は 530°C—50~100 秒でニッケル被面は僅かに微褐色を呈する程度である。被膜分離は Evans の舊電解法に依り、格子状の傷を入れた試料を陽極として第3圖の U 字管で電解する。電解液には鹽化加里の飽和水溶液、陰極にはニッケル、若くは鉛板を用いた。直



第3圖 電解剝離装置

Fig. 3 Apparatus of Stripping Oxide Film for Nickel.

流 5~6 V, 陽極電流密度 60~80 mA/cm<sup>2</sup>, 5~15 分間で被膜がゆるみはじめる。この際 U 字管底部に径 2~3 耗の硝子小球を入れると電解時生成するニッケル水酸化物の隔膜を此所に生成し、陽極管内に電解生成物の侵入するのを防ぐ。ゆるみ初めた被膜は陽極から脱落しない中回路を開き、試料を静かに蒸留水中に移行して攪拌すると被膜片は分離浮上する。ニッケル酸化被膜中に金属ニッケルが抱合されて、電子顕微鏡的に黒點が觀察されることがある。酸化被膜中の残留金属はデメチルグリオキシムでその存在が確められた。第4圖に鹽化第二鐵—鹽酸液で腐蝕したニッケル蝕面を示す。

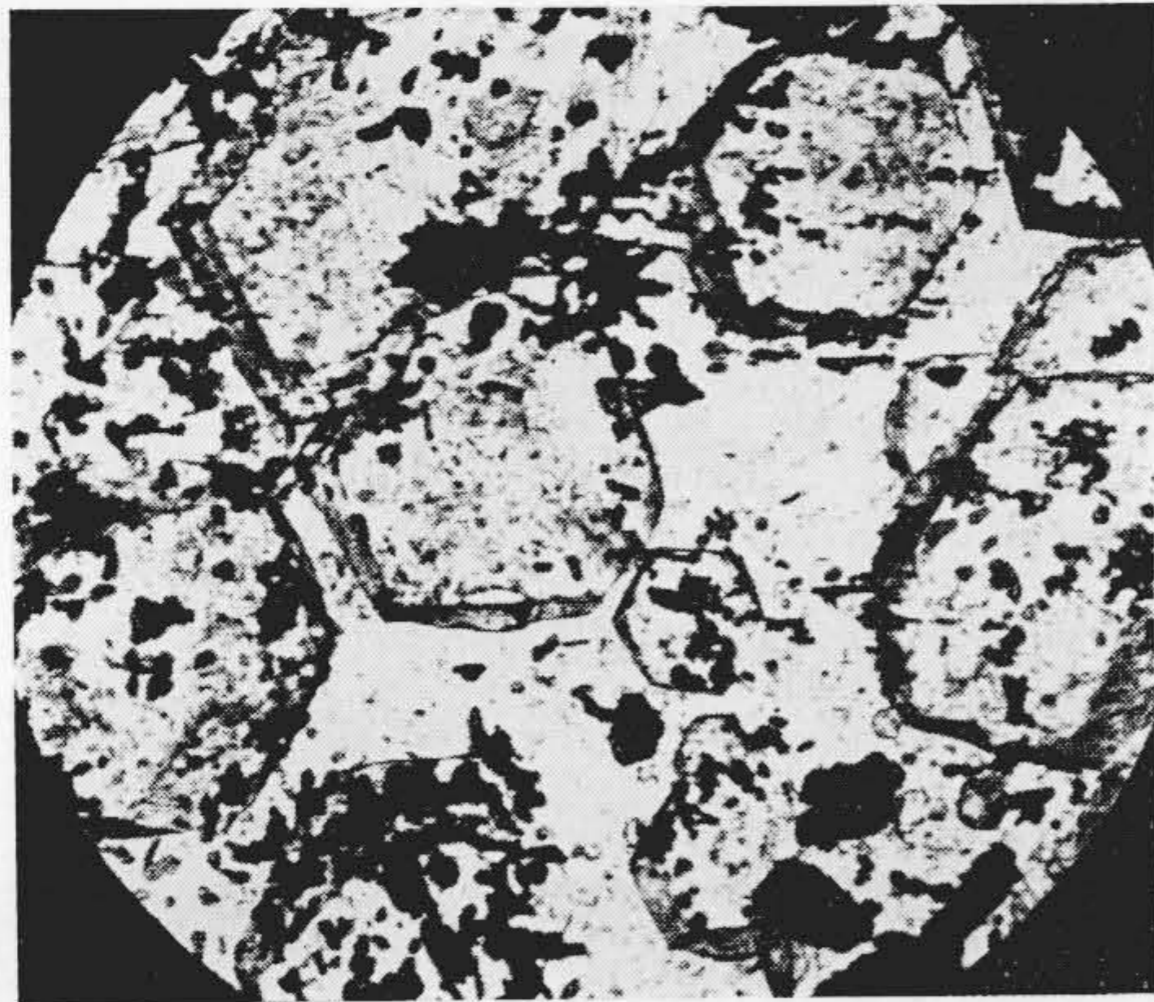


第4圖 ニッケルの腐蝕面  
(酸化被膜法)×5,000

Fig. 4 Chemical Etching Surface of Nickel. (Oxide Film Replica)

#### (C) 不銹鋼の実験

Mahla, Nielson<sup>(10)</sup> は NaNO<sub>3</sub> と KNO<sub>3</sub> の等量(重量)混合熔融液に金属試料を懸垂、酸化被膜を作つてこの被膜を臭素メタノール液で分離、不銹鋼、ニッケル合金についての結果を報告した。不銹鋼の酸化程度は 380~400°C, 3~5 分、表面が少々褐色の干渉色を示す程度がよい。被膜分離は 7% 溶液で 5 分位で被膜が浮き上る。ニッケル合金には 2~3% 溶液がよいと云われる。第5圖は臭素メタノール液で腐蝕を行つた不銹鋼表面で



第5圖 不銹鋼の腐蝕面  
(酸化被膜法)  $\times 2,500$

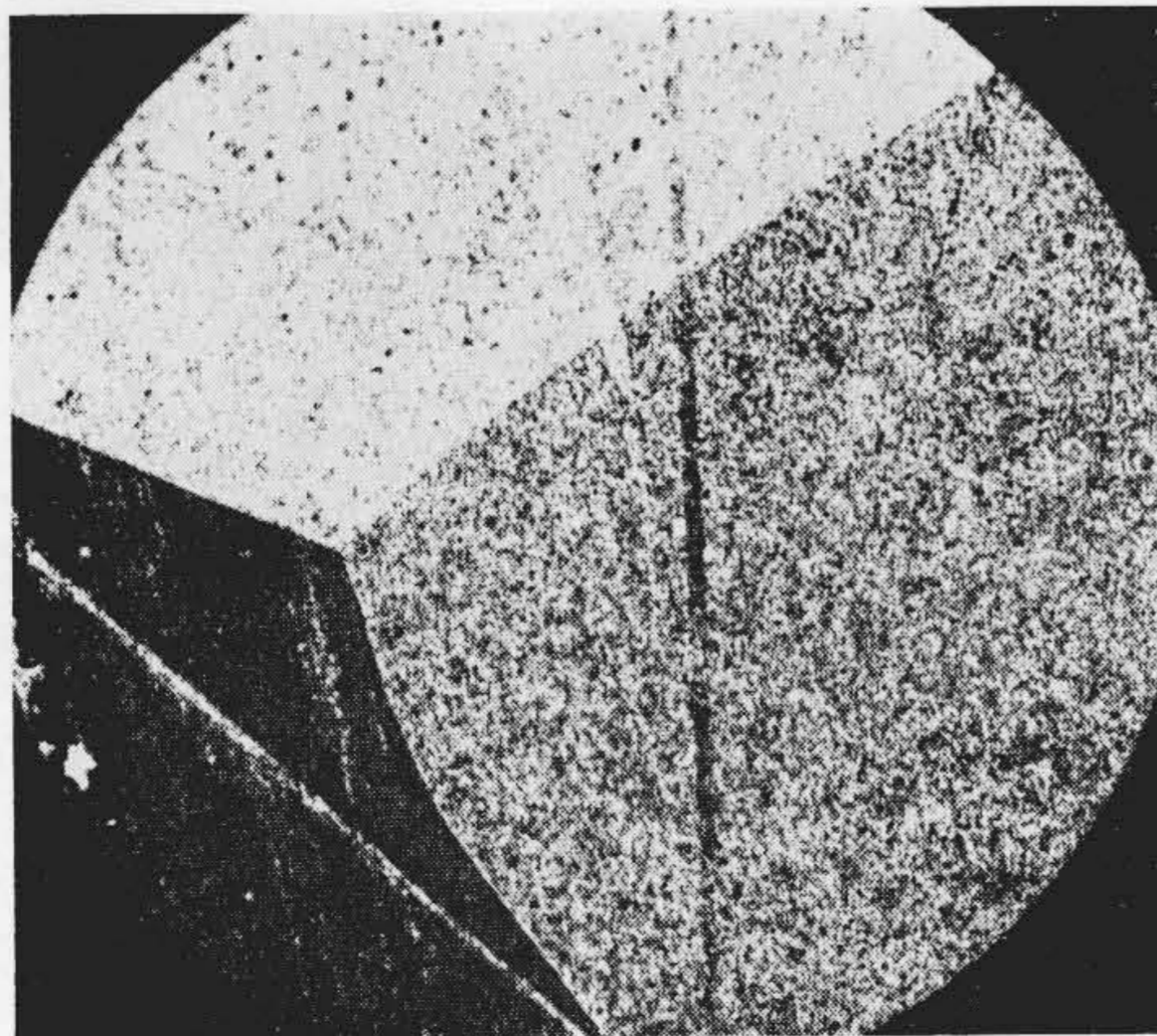
Fig. 5 Chemical Etching Surface of Stainless Steel. (Oxide Film Replica)

黒點は残留金属粒子か、或はグラファイトが被膜中に移行したものであろう。

#### (D) 銅及び純鐵の實驗

銅はニッケルの場合の電解液を、硫酸加里の飽和水溶液を用いて略ニッケル同様な方法で酸化被膜を分離出来る。但し被膜内含有物が多く、実用的なレプリカではない。

純鐵の場合、被膜分離がかなり困難で、特に被膜分離中及び、試料洗滌中酸素に觸れないように取扱はないと被膜に水酸化物の含有が甚だしくなる。これを防ぐため試料室に耐えず水素を送りつゝ電解を行う特殊な装置が必要で、これも又レプリカとしてこの實用に遠い。第6圖は純鐵を Jaquet 液で電解研磨後、この方法で得られたもので、興味深いのは結晶粒に依つて像の黒化度が異



第6圖 純鐵の電解研磨面  
(酸化被膜法)  $\times 2,500$

Fig. 6 Electro Polishing Surface of Electrolytic Iron. (Oxide Film Replica)

なることである。之は恐らく結晶粒に依つて酸化被膜生成に遲速を生ずるものであろう。

之等の金属はレプリカとしての實用性に遠いが、酸化被膜の性質を對象として電子顕微鏡的に検索することは無意義ではない。

#### (2) 合成樹脂被膜を標本とする方法

之は物體表面に合成樹脂被膜を作り、之を機械的に剝がして鏡檢試料とする方法で、剝離の少々困難な點を除いて比較的簡單に多くの試料に利用出来る。この種のレプリカの解像度の良否は厚さの影響に支配され、被膜の分離及び電子線照射の際變形を伴ない易いのは大きな缺點である。Mahl<sup>(11)</sup>はザボンラックを Zworykin, Ramberg<sup>(12)</sup>はコロヂオン、ヴィニライトラッカーを、Shaefer Harker<sup>(13)</sup>はポリヴィニール、フォルマールを用いて居るが著者はコロヂオン醋酸アミール溶液に依る二三の實驗を行つた。

本法を應用する試料面は清潔であることを要し、特に塵埃、油脂類の残留は被膜を被檢體から分離することを愈々困難にする。良好なコントラストを生ずる被膜厚さは  $50 \text{ m}\mu$  前後でこれより厚いとレプリカ像は鮮鋭さを欠き、薄いと電子線照射の際破れ易い。著者は  $0.1\%$ コロヂウム醋酸アミール溶液を用い滴下量約  $0.01 \text{ cc/cm}^2$  で第7圖を得て居る。溶液滴下後大氣中で加熱風乾、次



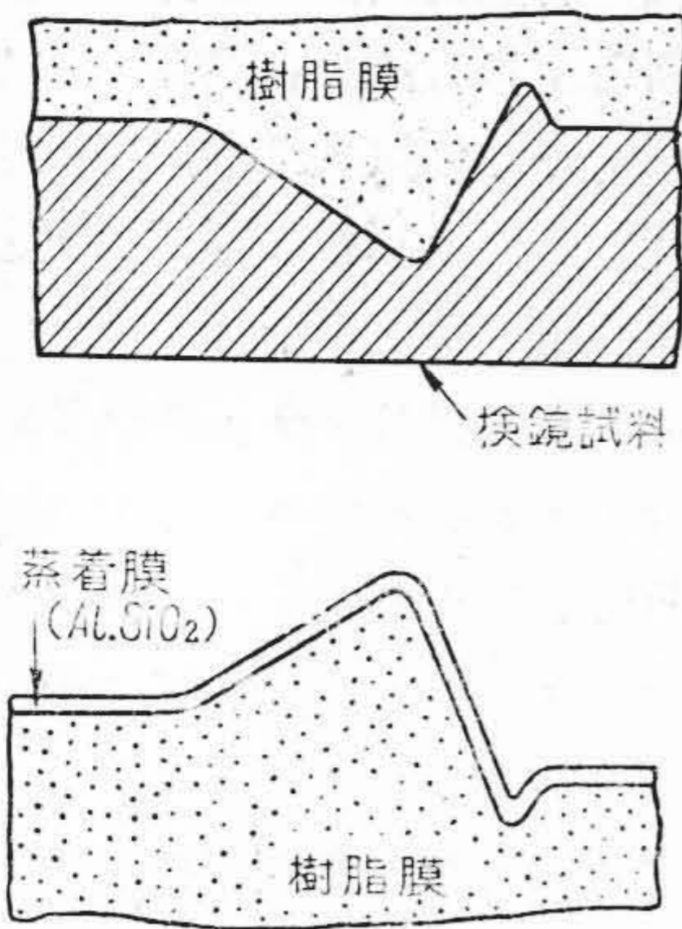
第7圖 人類齒牙珐瑯質斜斷面  
(コロヂオン一段法)  $\times 1,500$

Fig. 7 Etching Surface with HCl of Human Tooth Enamel. (Collodion One Step Replica)

で蒸溜水中に移行して暫く放置すると被膜がゆるみ始める。これを針かピンセットの先で分離、膜を水面に浮上せしめ電子顕微鏡標本臺にすくい上げる。この場合被檢體が一回の實驗で不要になるものがあれば適當な藥品で試料を溶解すれば簡單にレプリカが得られる。但しこの場合不溶解性表面介在物は被膜中に移行する。Shaefer, Harker 等に依ればフォルムバール膜の方がコロヂウム膜より電子線に對する強度が幾分強いと報告されて居る。因みに彼等の方法は  $3\%$ ポリヴィニールフォルマールのエ

チレンダイクロライド若しくはディオキサン溶液が用いられこの中に試料を浸漬、引き上げて垂直に保ちつゝ乾燥すれば略 50~75 m $\mu$  の被膜が得られ、よい結果を得たと云う。一般にこの種のレプリカは Shadowing を併用することが望ましい。

### (3) 真空蒸着被膜を標本とする方法



第 8 圖 二段法レプリカ模型

Fig. 8 Principle of Two Step Replica.

上述の合成樹脂を用いるレプリカは試料に依つては剥し難く、解像度もあまりよくない缺點を克服するため、Heidenreich, Peck<sup>(14)</sup> は先づポリスチレン板を試料面に加熱壓着して合成樹脂の可塑性を利用し、第 1 次の轉寫面を得、次いでこの面に SiO<sub>2</sub> を真空蒸着して略均一な厚さの被膜を作り、ポリスチレンを溶解し去つて SiO<sub>2</sub> 膜を電子顕微鏡標本とする方法を考えた。その後この方法に改良が加えられ、略同様の原理に基いた方法がかなり廣く應用研究に利用されて居る。

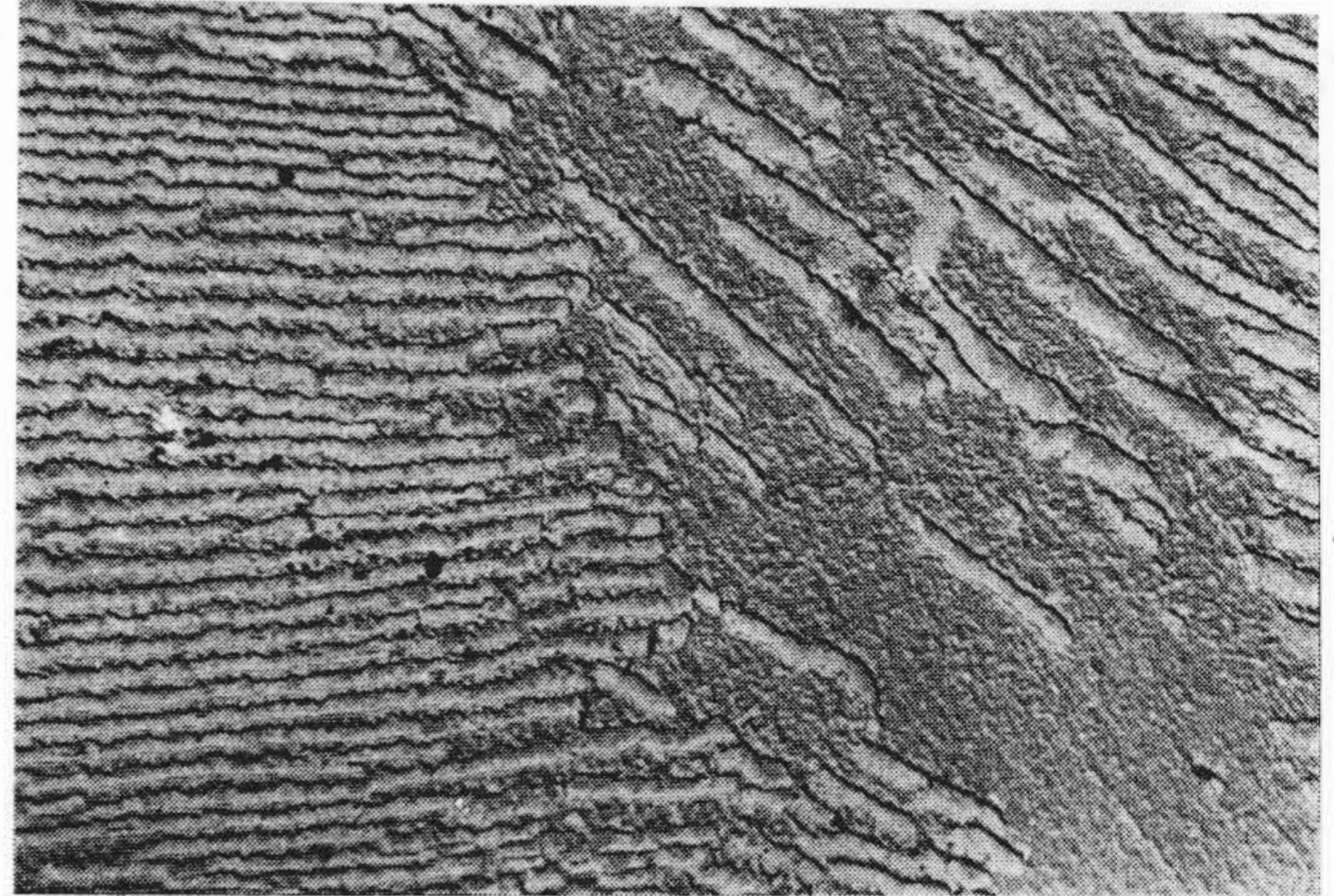
これ等の中、常時吾々が實用して居るものについて簡単に述べる。

#### (A) メチルメタクリルアルミニウム法<sup>(15)</sup>の實驗

第一次レプリカにメタクリル酸メチルエステル塊状重合方式を採用した點に特色がある。本法の大要を述べると先づ精製されたメタクリル酸メチルエステルに重合觸媒として 0.3~0.5 wt% の過酸化ベンゾールを加え、60~80°C 湯煎上で 10~15 分間加熱する。重合が稍進んで僅かに粘調に ( $\eta^{25} = 1.65$   $d_4^{25} = 0.97$  程度がよい) なった液 (前重合液) を物體面上に注射器或は硝子棒で流し全面に擴げる。これを恒温器中に水平に保ち徐々に温度を高めて 80°C, 3~4 時間保つと重合は完了して透明な被膜となる (後重合)、冷却後安全剃刃の刃先、ピンセット等で靜かにこの膜を剝離させる。エステルは常温に於ても重合し、紫外線照射は更に之を促進する。

得られたレプリカは次で真空鐘内に於てアルミニウム

被膜の蒸着を行なう。この場合もアルミニウム膜の厚さを適當にしないと解像度が悪くなつたり、電子線照射の際破れ易い。適當膜厚は 20~50 m $\mu$  で蒸着後レプリカを 1mm<sup>2</sup> の大きさに切りアセトン浴中に置く。約 4~5 時間でアクリル樹脂は完全に液解してアルミニウム被膜片が浮上する。この際アクリル樹脂の残留は鏡檢時、黒い半透明状の汚れを生ずる。以上の操作を経たアルミニウム片を電子顕微鏡試料支持臺にすくい上げて鏡檢に供せられる。本法は加壓を嫌う被檢試料にとくに効果的である。レプリカとして吾國に最も普及し金屬表面、硝子



第 9 圖 スウェーデン鋼パーライト組織

(メチルメタクリル、アルミニウム法)  
(クロームシャドウ)  $\times 2,000$

Fig. 9 Pearlite Structure of Swedish Steel.  
(Methylmethacryl Al Replica Shadowed with Cr.)



第 10 圖 人類齒牙琺瑯質表面に於ける平滑面齲蝕の發生 (中期)

(メチルメタクリル、アルミニウム法)  
(金シャドウ)  $\times 2,000$

Fig. 10 Fusion of Rod Ends Caused by Dental Caries. (Methylmethacryl Al Replica Shadowed with Au.)

表面、生物體表面、微粒體表面の研究に用いられて居る。

第9圖及び第10圖はその應用例である。

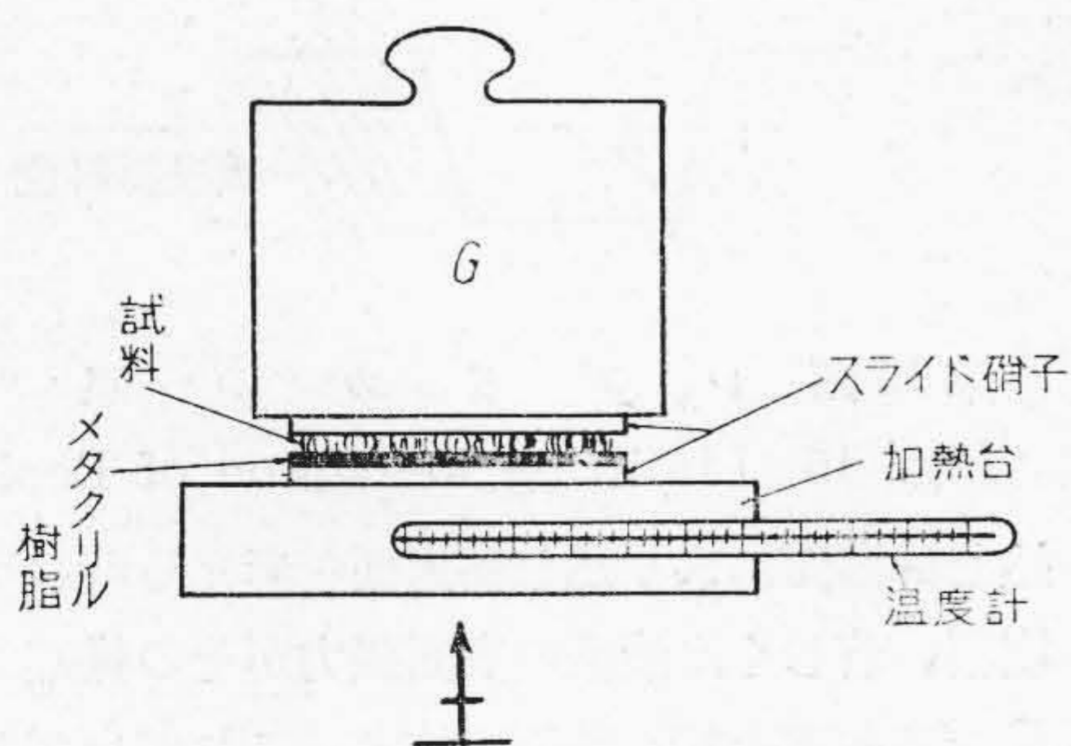
(B) エチル及び n-ブチルメタクリルアルミニウム法<sup>(16)</sup>の實驗

Heidenreich, Peck のポリスチレンシリカ法は轉寫面を作るのに 1,500 lb/in<sup>2</sup> の高度の加壓を要するため、機械的に弱い被檢試料には適當でない。又メチルメタクリル法は始め液状のものを試料面に流すため、纖維のような浸潤性のもの、多孔性のもの、或は重合後、樹脂膜中に埋没されるような試料には適しない。このような試料のため軟化點の低い熱可塑樹脂を利用する方法が考えられた。メタクリル酸のエチル及び n-ブチルエステルの重合體は第1表の如く軟化點がかなり低い。但しブチルの方は軟化點が低過ぎて夏季は適せず、又取扱に注意をしないと變形を生じ易い。

第11圖の如き装置に試料と樹脂膜をサンドイッチして數 kg/cm<sup>2</sup> の加壓と 100~120°C の加熱を行う。メタクリル樹脂はスライド硝子に豫め重合固化させたものを

第1表 メタクリル樹脂の物理的性質  
Table 1 Physical Property of Polymerized Methacrylate.

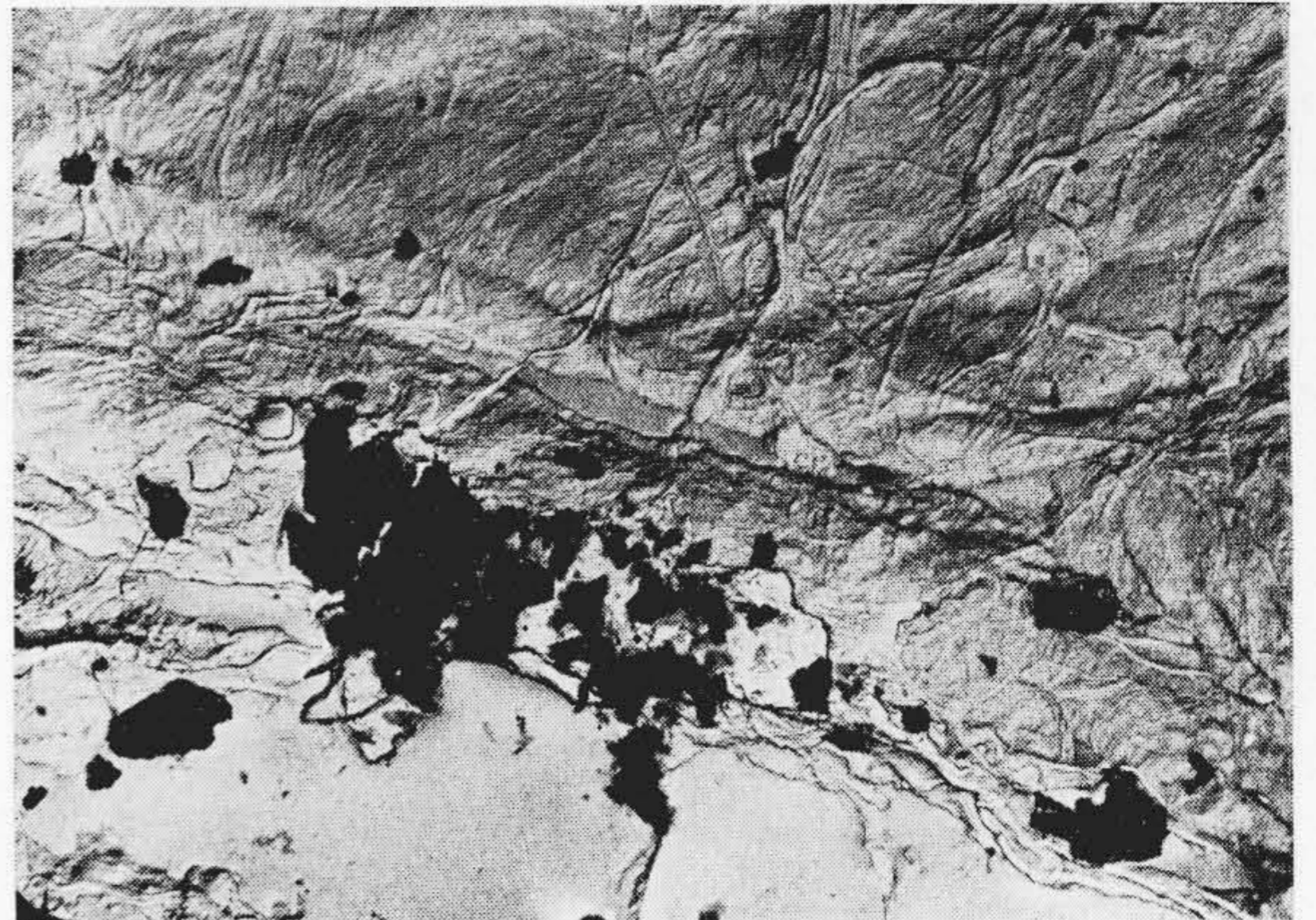
メタクリレート重合體	メチル	エチル	n-プロピル	イソブチル	n-ブチル	ポリスチロール
フント硬度 (25°C, g)	220	141	100	210	1	
軟化點 (°C)	125	65	38	70	30	104~106
抗張力 (lbs/cm <sup>2</sup> )	9,000	5,000	4,000	3,400	1,000	5,500~7,000
5ミル膜の伸張力 (%)	4	7	5	2	230	



第11圖 レプリカ加壓装置  
Fig. 11 Apparatus for Molding Replica Method.

用意して置く。被檢體壓着の際、加重スライド硝子面と被檢體との間にゴムパッキングを用いると被檢體の各部分が、比較的均等に壓着される。加熱冷却は徐々に行わないと樹脂膜中に氣泡を生ずることがある。冷却は加熱臺を水冷すればよい。溶媒はアセトンを用いる。

第12圖は印刷用紙(サルファイトパルプ)の表面を、



第12圖 印刷用紙(サルファイトパルプ)の表面と充填用粘土類 (エチルメタクリル、アルミニウム法) (クロームシャドウ) ×2,250

Fig. 12 Surface of Printing Paper (Sulphite Pulp) and Crays. (Ethylmethacryl Al Replica Shadowed with Cr.)

第13圖はクローム酸鉛を主成分とする黄色インクをアート紙に印刷した面をレプリカで捉えた寫眞である。

[III] レプリカの用法とその限界

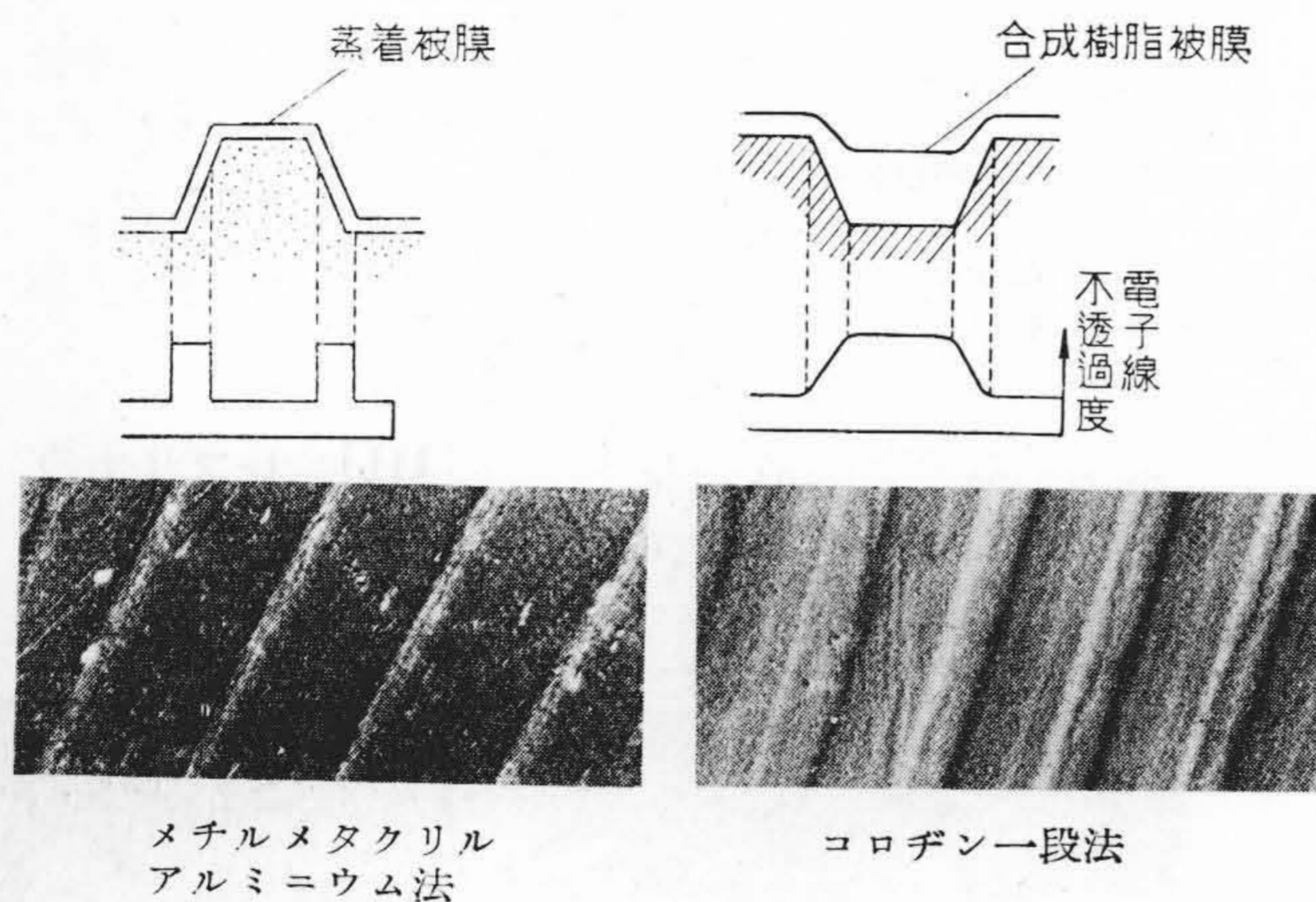
今日少からぬ種類のレプ



第13圖 クローム酸鉛を主成分とする黄色インクをアート紙に印刷した表面 (エチルメタクリルアルミニウム法) (クロームシャドウ) ×5,000

Fig. 13 Surface of Printed Paper (Yellow Ink-Chrome Yellow) (Ethylmethacryl Al Replica Shadowed with Cr.).

リカが報告されて居るが、その原理は前項に於て述べたレプリカと大同小異で、徒らに多くのレプリカに習熟する必要はない。これ等のレプリカは何れも用法上次の二つの型のレプリカに分けて考えられる。即ち酸化被膜及び蒸着被膜を用いたレプリカは被膜檢體面の凹凸に對して略均一な厚さの被膜が、傾斜の程度を變えて電子流變化の成因となるのに對し、合成樹脂被膜を用いたレプリカは被膜體の凹部と隆起部に入り込んだ膜厚の相異が終像濃度差の厚因となる。但し後者のレプリカの場合、このレプリカの空間面 (Upper Surface) は完全に水平にはならず、この面も又多少被檢體面の形狀に順應して起伏のあることが實驗的に確かめられた<sup>(17)(18)</sup>。最もこれは前者のレプリカと同じような黒化像を作る程、被膜の空間面に傾斜を伴うのではなく、コントラストの成因は單に被膜の厚さの差だけに依存するのではなく、被膜空間面の傾斜も又之に參與するのであると云う。これ等兩者の型のレプリカの像生成機構の差異は寫眞に依つて簡単に實證される。(第14圖)



メチルメタクリル  
アルミニウム法

コロゲン一段法

(金をシャドウイング陰畫に反轉) 試料平面回折格子

第14圖 レプリカのコントラスト ×5,000

Fig. 14 Difference of Contrast between Two Type Replica of Diffraction Grating. — Au Shadow —

前者のレプリカでは被檢體面の高低が全く逆であつてもその黒化像に變りない。この缺點は Shadowing を併用すれば、陰影の付き方から或る程度是正されるが、それでも規則的な形を持つたものは全く判別出來ない。このような解釋が必要な場合には後者のレプリカが望ましい。

コロヂウム型のレプリカの特徴は Shadowing に依つてよく強調されるが、この場合レプリカに再現される凹

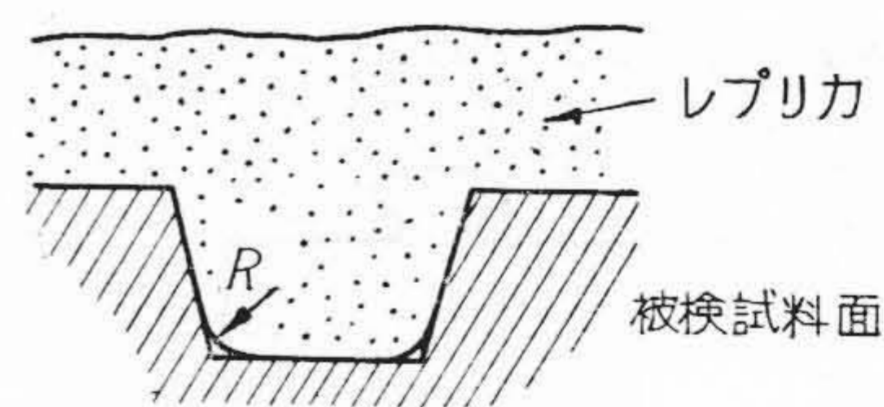
凸の關係は丁度被檢體面に於ける其と逆になる。この種の一段レプリカは Negative Replica と呼ばれ、これに對してレプリカを二段式にして凹凸の關係を逆轉する方法が考えられ、これを Positive Replica と稱する。銀、コロヂウム法<sup>(12)</sup>、ポリヴィニルアルコールフォルムバル法<sup>(19)</sup>、ゼラチンフォルムバル法<sup>(20)</sup>等がある。之等は轉寫を二回行うため忠實度(後出)が多少犠牲にされることが豫想されるが、止むを得ない。

蒸着被膜レプリカに Shadowing を行う場合、電子顯微鏡試料支持臺上に被膜をのせてから、之を行うと被膜のどの面にシャドウを附加したか、混亂を惹き起す。之は寧ろ被膜を作つた面に Shadowing を行つてから被膜を分離すれば Negative Replica の像が得られることになる。

蒸着被膜レプリカに於ける真空蒸發源は、點蒸發源よりも、コイル狀蒸發源のように大いさを持たせた方がよい。この方が被膜の厚さを均等にする。必要に應じて特殊な蒸發源<sup>(21)</sup>、或は蒸發方法<sup>(22)</sup>を利用する。

扱て以上述べたレプリカの中酸化被膜法は金屬の一部分である酸化被膜が觀察の對象となるので問題ないが、他のレプリカは何れも試料面の表面形態を人工的被膜に轉寫させるものであるため、この轉寫被膜に依る形態再現性の正確さがどの程度の微小形態に及ぶかを知ることは應用研究を行う上に缺く可からざる資料である。

今第15圖の如き模型に於て被檢試料面に入り



第15圖 レプリカの限界

Fig. 15 Limiting Resolution of Replica.

込む轉寫面に入り込む轉寫面を考える時、可塑性樹脂、若しくは液體の表面張力はその縁端に半徑  $R$  なる曲率を持つ球面を作り、これがレプリカの形態再現性に限界を作るものと考えられる。多角形結晶をレプリカで撮影すると、この現象のためその頂點が鈍化して圓みを帶び、或る大いさで終に多角形として識別出來なくなる。この大いさをレプリカの形態再限界 (Shapelimination) と名付け、少くともこれ以下の微小形態についての言及は避けなければならない。實際にこの限界を求めるには MgO 結晶のレプリカから四角形として識別出來る最小結晶の一邊を測つて定められ、その値は

ポリスチレンシリカ法、 $-180 \text{ \AA}$ 、メタクリル（メチル、エチル）—アルミニウム法、 $-350 \text{ \AA}$ 、フォルムバル法、 $-530 \text{ \AA}$ 、コロヂウム法、 $-800 \text{ \AA}$  の値が得られて居る<sup>(23)(24)</sup>。

#### [IV] 特殊なレプリカ法

Hunger<sup>(25)</sup>は純アルミニウム板を被検金属面に壓着して轉寫面を作り、このアルミニウム面に酸化膜を作つて酸化被膜の要領で剝離鏡検する方法を發表したが、この方法は相當な高加壓を必要とするので被検體試料は硬い金属面のようなものに限られる。その後 Hass 等<sup>(26)</sup>は被検體試料面に先づアルミニウムを  $1\mu$  以上の厚みに、酸化膜を作つて鏡檢試料とする方法を發表した。又 Kaye<sup>(27)</sup>は先づ試料面に真空中で親水性物質を極く薄く蒸着させこれを剝離層とし次でアルミニウムベリリウム合金 (4:6) を  $10\sim 20 \text{ \AA}$  程度に蒸着し、必要に応じて之に Shadowing を行ないこのレプリカの上に合成樹脂支持膜を作つて強度を持たせ、原試料面とレプリカを剝離層で分離する方法を、又 Hall<sup>(28)</sup>は凍結状態の被検體を液體空氣で冷却しつゝ  $\text{SiO}_2$  を蒸發、真空鐘から取り出した試料の融解に伴つて浮上する  $\text{SiO}_2$  膜を鏡檢する低温レプリカを報告した。Williams, Wyckoff<sup>(29)</sup>は平滑な硝子面上に試料を置きこれに Shadowing を行つて置いてから、コロヂオン液を流し、乾いてからコロヂオン膜を剝すと Shadowing 被膜も共にコロヂオン膜に附着して、これを鏡檢試料とする所謂 Pre-Shadowed Replica を工夫して、特にウィールス、高分子の見事な電子顕微鏡寫眞を撮して居る。これは試料支持膜が持つ  $50 \text{ \AA}$  前後の礫状構造が Shadowing に依つて強調され、小さい被検體がまぎれて認め難くなるのを避けたもので特に Atomic Replica なる名稱を與えて居るが、これはコロヂオンレプリカの效果よりも寧ろ Pre-Shadowing に依る効果が功を奏したものであろう。

又 Barnes 等<sup>(31)</sup>はデリケートな試料のために、先づ試料に銀を真空蒸發して銀の第一次レプリカを作り、之の轉寫面にシリカを蒸發し、銀を酸で溶解する銀シリカ法について報告して居る。

#### [V] 結 言

レプリカも又一連の電子顕微鏡檢鏡技術の發展過程にエポックを劃した劃期的な發見の一つであつた。これによる檢鏡範圍の擴張は、各界のエキスパートをマイクロな

表面形態研究に忙殺せしめるに至つた。

擱筆に際し、平素御指導、御鞭撻を賜る、鳥山、濱田、只野の三博士に謝意を表する。

#### 参 考 文 獻

- (1) Mahl, H.; Z. tech. Phys. 21, 17(1940)
- (2) Evans, U.R. Stockdale, J.; J. Chem. Soc. 2651 (1929)
- (3) Phelps, R.T. Gulbransen, E.A. Hickman, J.W.; Ind. and Eng. Chem. 18 391 (1946)
- (4) Hedges, E.; 河村譯、金屬防護被膜 (昭 16)
- (5) Evans, U.R.; J. Chem. Soc. 1020 (1927)
- (6) Sutton, H. Willstop, W.; J. Inst. Metals 38 259 (1927)
- (7) Wernick, J.; Electrode Positors Tech. Soc. 9 (1933)
- (8) 只野文哉、土倉秀次：岩波・科學 17 286(1947)
- (9) 只野文哉、土倉秀次：岩波・科學 17 316(1947)
- (10) Mahla, F. M. Nielson, N. A. ; J. App. Phys.; 19 378 (1948)
- (11) Mahl, H.; Z. tech. Phys. 22 33 (1941)
- (12) Zworykin, V.K. Ramberg, E.G.; J. App. Phys. 12 692 (1941)
- (13) Shaefer, V.J. Harker, D.; J. App. Phys. 13 427 (1943)
- (14) Heidenreich, R.D. Peck, V.G.; J. App. Phys. 14 23 (1943)
- (15) 只野文哉：應用物理、16 113 (1947)
- (16) 土倉秀次、赤堀宏：電子顕微鏡學會(1951-7月)
- (17) Deacon, B. M. et al.; J. App. Phys. 19 704 (1948)
- (18) Trotter, J.; Nature.; 164 227 (1949)
- (19) Shwartz, C.M. et al. ; J. App. Phys. 20 202 (1949)
- (20) 谷安正、深見章：學振電子顕微鏡委員會提出資料 52—C—8(1949)
- (21) 土倉秀次：電子顕微鏡學會誌、1, 103 (1950)
- (22) Heinmets, F.; J. App. Phys. 20, 385(1949)
- (23) Heidenreich, R.D.; J. App. Phys. 14 312 (1943)
- (24) 土倉秀次、森戸望：應用物理 (印刷中) (1951)
- (25) Burton, C.J.; Anal. Chem.; 21, 36(1949) より引用
- (26) Hass, G. McFarland, M.E.; J. App. Phys. 21 435 (1950)
- (27) Kaye, W.; J. App. Phys. 20 1209 (1949)
- (28) Hall, C.E.; J. App. Phys. 21 6. (1951)
- (29) Williams, R.C. Wyckoff, R.W.G.; Science. 101 594 (1945)
- (30) Barnes, R. B. Burton, C.J. Scott, R.G. ; J. App. Phys. 16 730 (1945)

特許紹介

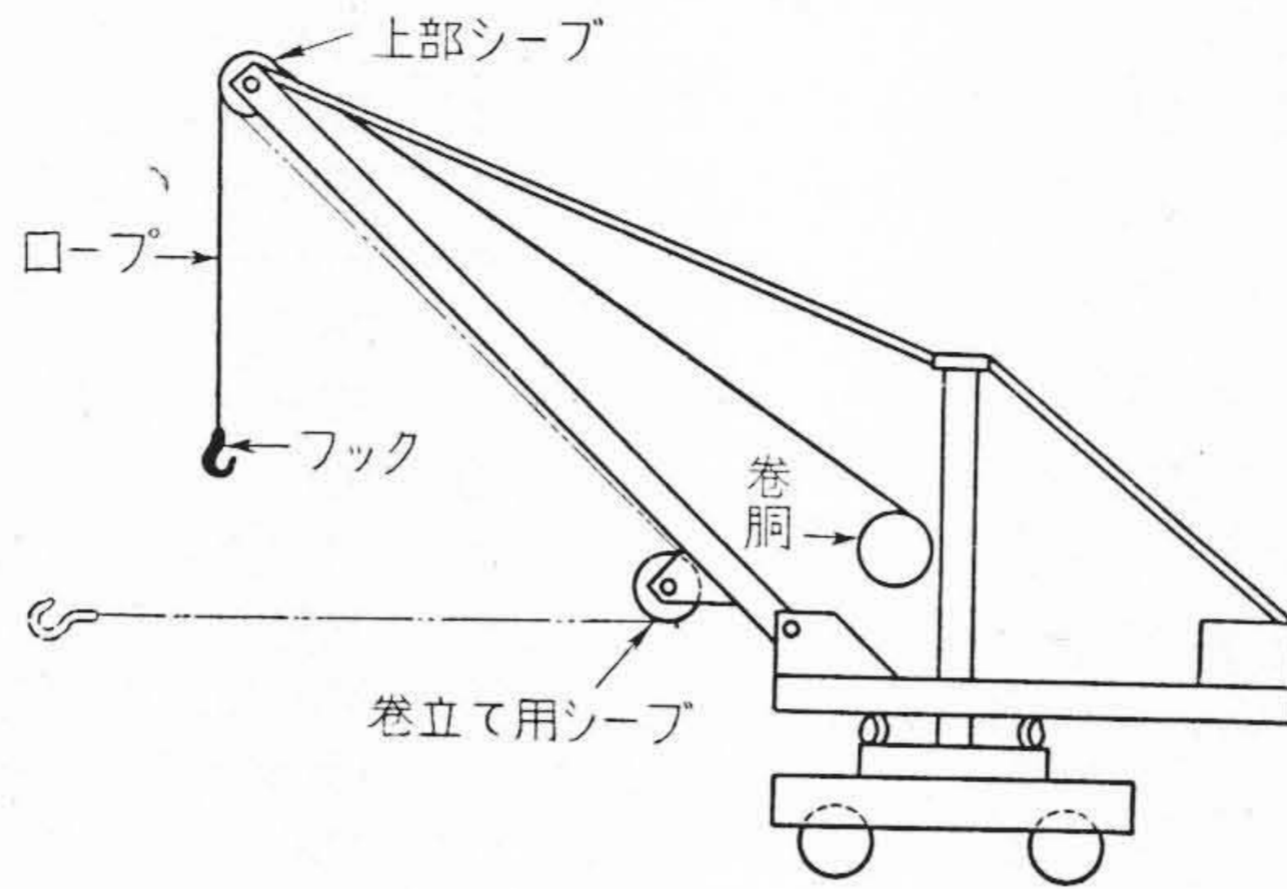
登録新案第381430号

安河内 春雄

集材用ジブ起重機

従来集材作業においては  
巻上はジブ起重機で行い巻  
立て(木材等の手繰り寄せ)  
は別箇の巻上機で行つてい  
た。

この考案は巻上は上部シ  
ープを介して普通のように



行い、巻立てはフックとロ  
ープとをジブの下部に設け  
た巻立て用シープに通すこ  
とにより行うようにしたも  
のである。操作が簡便で作  
業能率をあげることが出来  
る。(富田)

登録新案第380340号

江守 忠哉

レールクランプ

軸を回すことにより軸の右ネジ及び左ネジ部分  
にそれぞれ上端をかん合した挟着腕を作動させる  
レールクランプにおいては、ネジ部に施したグリ  
ースと炭じん・埃などがかたまり、それに加えて  
雨などのために錆を生じ、用立てようとするとき  
にネジを回すことが出来ず、そのために不慮の災  
害を招くことがある。

この考案は、挟着腕の動きに応じて伸縮する覆  
いを軸のまわりに設けたものであつて、防じん・  
防錆を簡単に行い挟着作用を常に確實にすること  
が出来る。(富田)

