

日立製作所主催
第1回學術講演會豫稿

電子超顕微鏡の近況と應用

只野文哉*

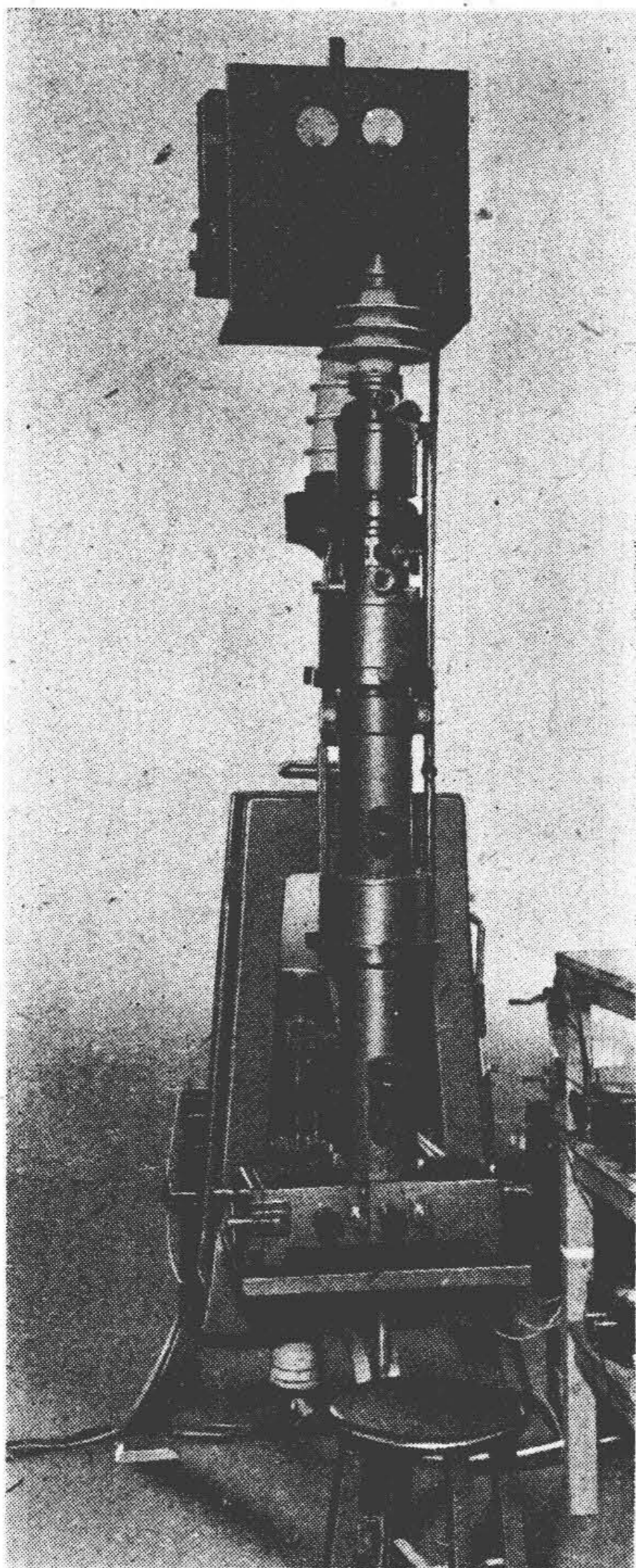
内容梗概

電子超顕微鏡の實用化は各方面から切に要望されてゐるところであるが、今回或る程度この要望に應へ得る性能を有する超顕微鏡の試作に成功した。即ち直接倍率(電子光學的) 10,000倍、寫眞引伸 50,000倍程度の相當明瞭な像を比較的容易に撮影し得られ、檢鏡試料の交換に要する時間約3分、寫眞乾板(大名刺3枚挿入) 交換所要時間20~30分であつて、この種真空機器にありがちの空氣漏洩等の虞れは殆どない。

超顕微鏡の性能に影響を及ぼす要素は、電子加速電壓の安定度、對物レンズに入射する電線の開き角及びその方向對物レンズの中心と絞り孔の中心との合ひ方、對物レンズの開き收差などであるが、加速電壓の安定については既に本誌に報告したので、今回は電子線の開き角と像の鮮鋭度の關係について検討した結果を報告した。又超顕微鏡像の周圍に白い暈が現はれるが、その理由を説明した。本文後半は超顕微鏡應用の現況と二、三の應用問題に就いて説明したが、我が國に於いては未だ見るべき成果なく全く今後の研究に期待がかけられて居る。製作者としては性能の優秀な超顕微鏡をできるだけ早く應用部門の専門家に手渡すことが刻下の急務であると信じてゐる。(*日立製作所 中央研究所)

〔I〕 緒 言

基礎資料を得ることを目標として製作した第一回試作電子超顕微鏡⁽¹⁾に引續き、實用化に重點を置いた超顕微鏡を試作中であつたが昨年10月工作を完了し、各種の豫備的實驗を経て、最近直接倍率(電子光學的) 10,000倍、寫眞引伸 50,000倍程度の相當明瞭な像を比較的容易に撮影出来る域に達した。この程度の倍率は超顕微鏡として十分なものではなく、これが向上に就いては鋭意研究中であるが、50,000倍程度の倍率に於いても最精鋭の光學顯微鏡の倍率を凌駕すること約30倍であつて、光學顯微鏡では爲し得られなかつた廣汎な應用分野を持つてゐる。超顕微鏡の實用化に就いては各方面から切に要望されてゐるところであるが、今回試作した超顕微鏡はある程度これに應へ得たと信ずるものである。吾々はこの機會にその構造及び性能の大要を報告し、併せて諸外國に於ける應用の現況を紹介して我が國に於ける超顕微鏡實用化への一參考資料を提供せんとする次第である



第1圖 磁氣型電子超顕微鏡の外観

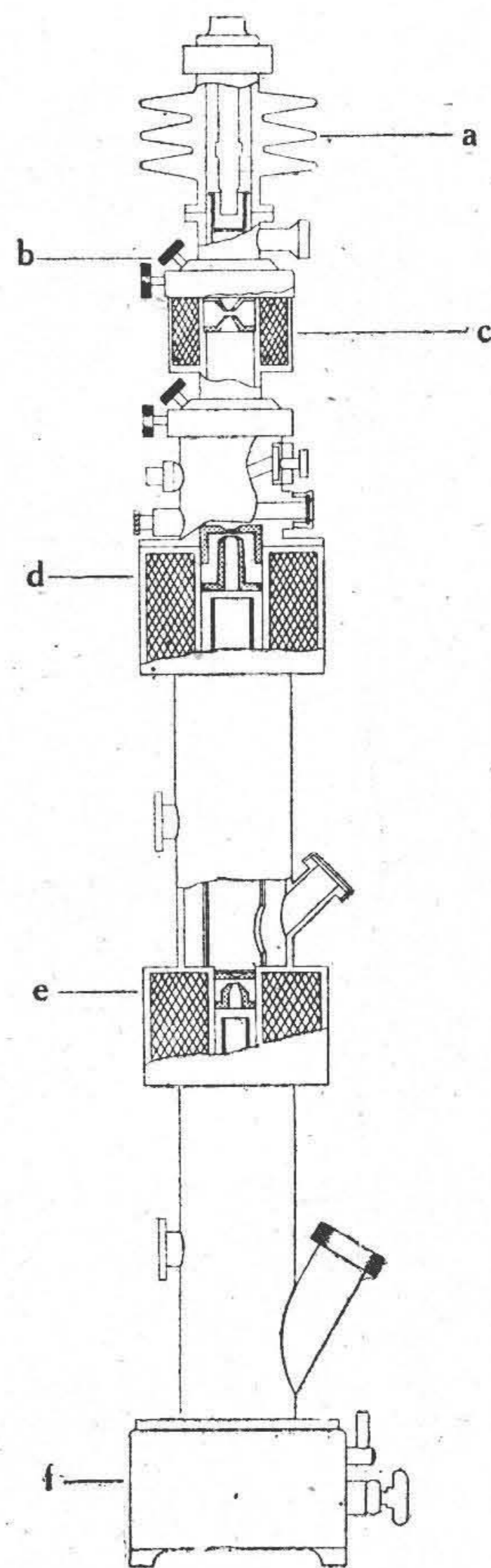
〔II〕 電子超顕微鏡の實際構造

第1圖は今回試作した電子顯微鏡の外観寫眞である。顯微鏡本

體は全高 170 cm で鑄鐵架臺の上に乗つてゐる。架臺の背後底部には排氣用油擴散ポンプが取付けられ、又上部には絶縁用碍子があつて陰極線加熱用電池(6 V, 36 AH 1 ケ)及び格子制御用電池(乾電池 250 V)、計器、抵抗器等を支持してゐる。顯微鏡を操作するに必要な電壓安定裝置、各種電磁レンズ用電源及び加減抵抗器、計器類は總べて兩側の木製臺上に配置され、顯微鏡觀測者が椅子に腰かけたままで實驗が出来るやうになつてゐる。電子加速用高壓電源及び油回轉ポンプは場所の都合上少しく離して置いてある。

第2圖は顯微鏡の断面略圖である。aは電子放射部であつて陰極は磁器碍管で絶縁され、陽極に對し 40~60 kV の負電壓がかけられる。タングステン熱陰極より出た電子線はこの負電壓によつて加速せられ陽極孔を通過してコンデンサレンズcに入る。電子線の強度はウェーネルト圓筒に加へられた負電壓で加減出来る。電子線をコンデンサレンズの軸に一致させるための調整裝置bは真空パツキン用ゴムの弾性を利用し、螺子を廻すことによつて水平方向の調整も出來傾斜も與へられる。

コンデンサレンズcは檢鏡試料へ投射する電子流密度を加減するもので、コンデンサレンズと試料室との間の接合部にも電子線の方向調整裝置がある。試料を透過した電子線は對物レンズdで擴大せられ、投射レンズの直上にある螢光膜に中間像を結ぶ。中間像の一部は更に投射レンズeで擴大せられ寫眞撮影



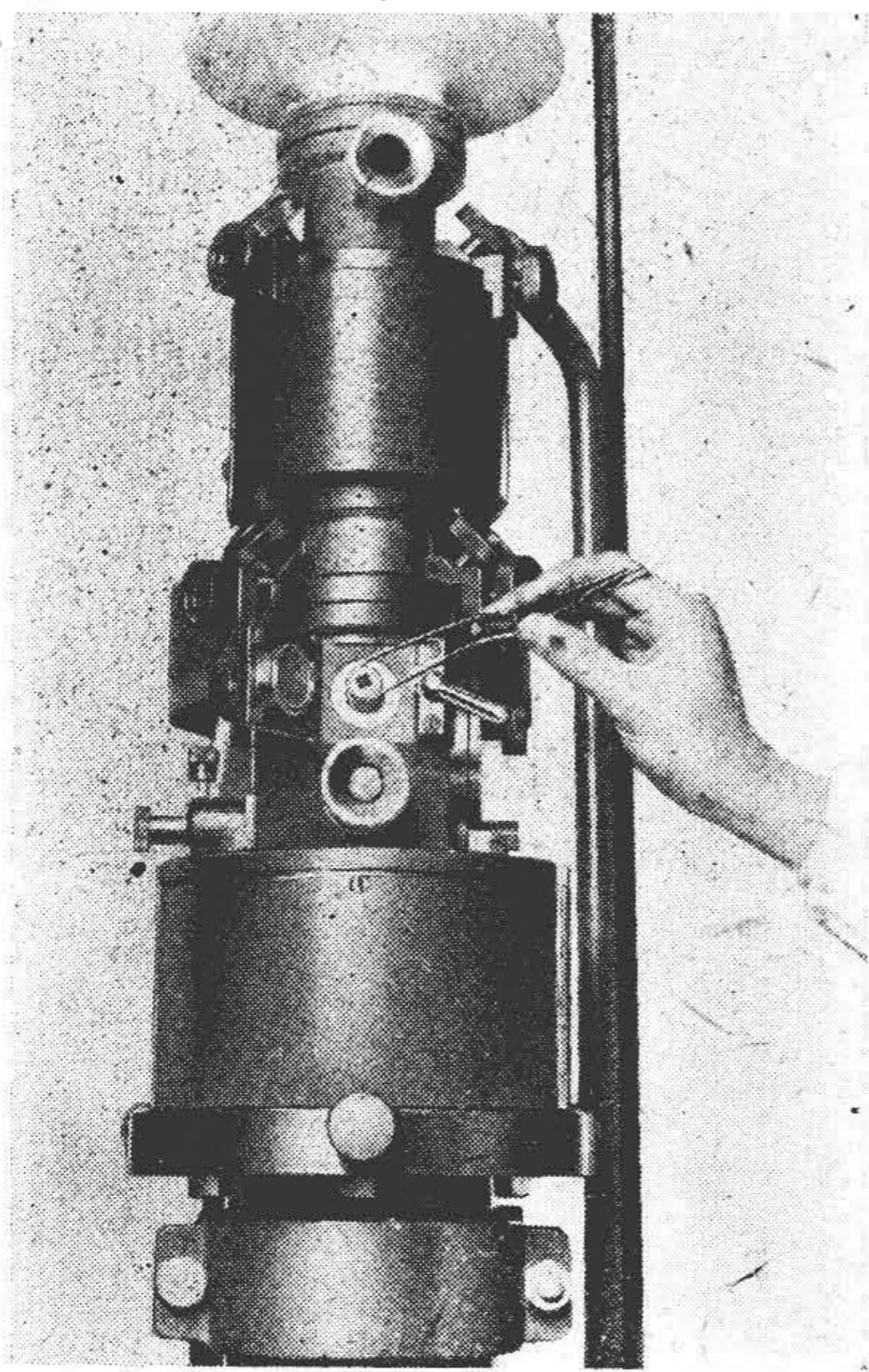
a 電子放射部
b 位置調整ねじ
c コンデンサレンズ
d 對物レンズ
e 投射レンズ
f 寫眞撮影室(カメラ部)

第2圖 磁氣型超顕微鏡断面略圖

室 f の螢光膜上に終像を結ぶ。終像螢光膜の直下には寫眞乾板が置かれ、撮影の際は把手で螢光膜を上げ露出する。中間像の倍率は加速電圧 50 kV で約100倍、投射レンズの倍率は 70~300倍で普通 100 倍近くで使つてゐる。従つて綜合倍率は約 10,000倍である。撮影された像のピントがよく合つてゐれば寫眞引伸により 3~5 倍に擴大することは容易であるから小さい倍率で像を明るくし、露出時間を短かくして寫し、所要部分を光學的に大きくして見るがよい。例へば 0.5μ 前後の大きさのものは數千倍で、 0.05μ 程度のものは 2~3 萬倍が適當である。

超顯微鏡の内部は壓力 10^{-4} ~ 10^{-3} mm Hg の眞空に保たねばならぬ。特に電子放射部が十分排氣出來ぬと陰陽兩極間で放電を起し高い加速電圧が掛けられない。従つて顯微鏡全體の耐眞空設計製作は極めて重要である。今回の試作に當つては空氣漏洩のおそれある鑄物を全然使用せず、全部管と板を加工したものを適宜硬鐵、軟鐵、ゴムパツキンで組立グリースを使ふ摺合せは止むを得ざる箇所を除き極力避けるやうにした。そのため眞空保持状態は良好である。

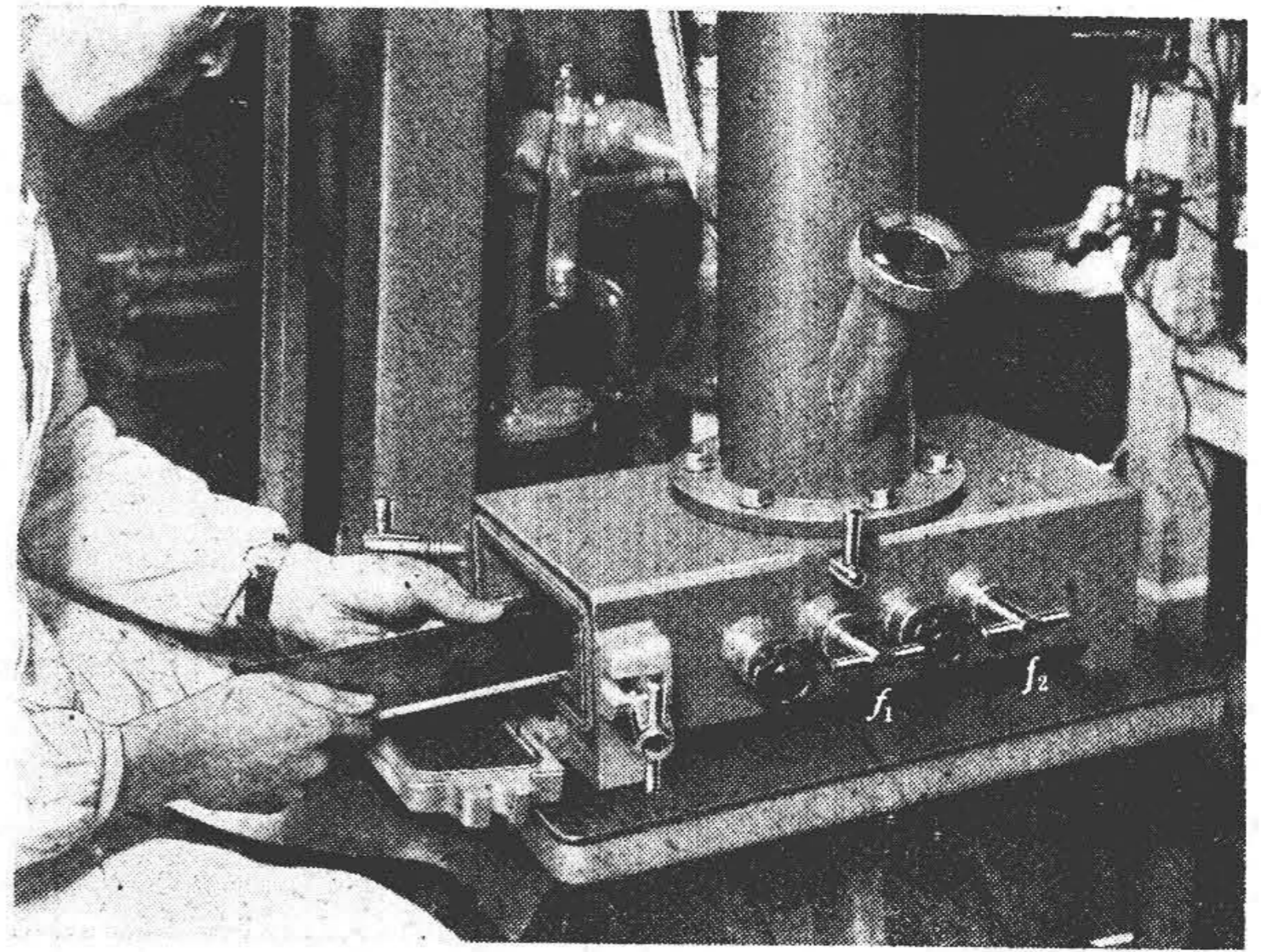
觀測する場合、檢鏡試料は眞空房内に入れねばならぬが試料交換の度毎に顯微鏡全體の眞空を破るのでは排氣に長時間を要し實驗上不便である。これを避けるため試料部に特殊の活栓を用ゐる試料交換の際はこれを回轉して主眞空室と絶縁し第3圖の要領で試



第3圖 檢鏡試料を挿入するところ

料を交換しこの小室の豫備排氣を行つて再び活栓を回轉し主眞空室につなぐ。所要時間は約3分である。終像の視野を變へるには試料支持臺を外部から突いて動かすやうにしてある。寫眞撮影後の乾板の取かへも全體の眞空を破らずに第4圖の把手 $f_1 f_2$ を廻し主眞空室とカメラ部とを絶縁して行ふやうになつてゐる。乾板の大きさは大名刺 (6.5×9 cm) で1回3枚挿入出来る。

電子顯微鏡の附近に磁氣漏洩の多い電磁装置があればその漂游磁界が電子線に作用し像を不鮮明ならしめる。第一回試作顯微鏡では相當苦い經驗があるので、試料室以下カメラ部まで μ メタル圓筒により十分遮磁した。その結果顯微鏡に相當強い永久磁石を近づけても像は殆ど動かず、小型變壓器スライダク等の漏洩磁界による悪影響もない。



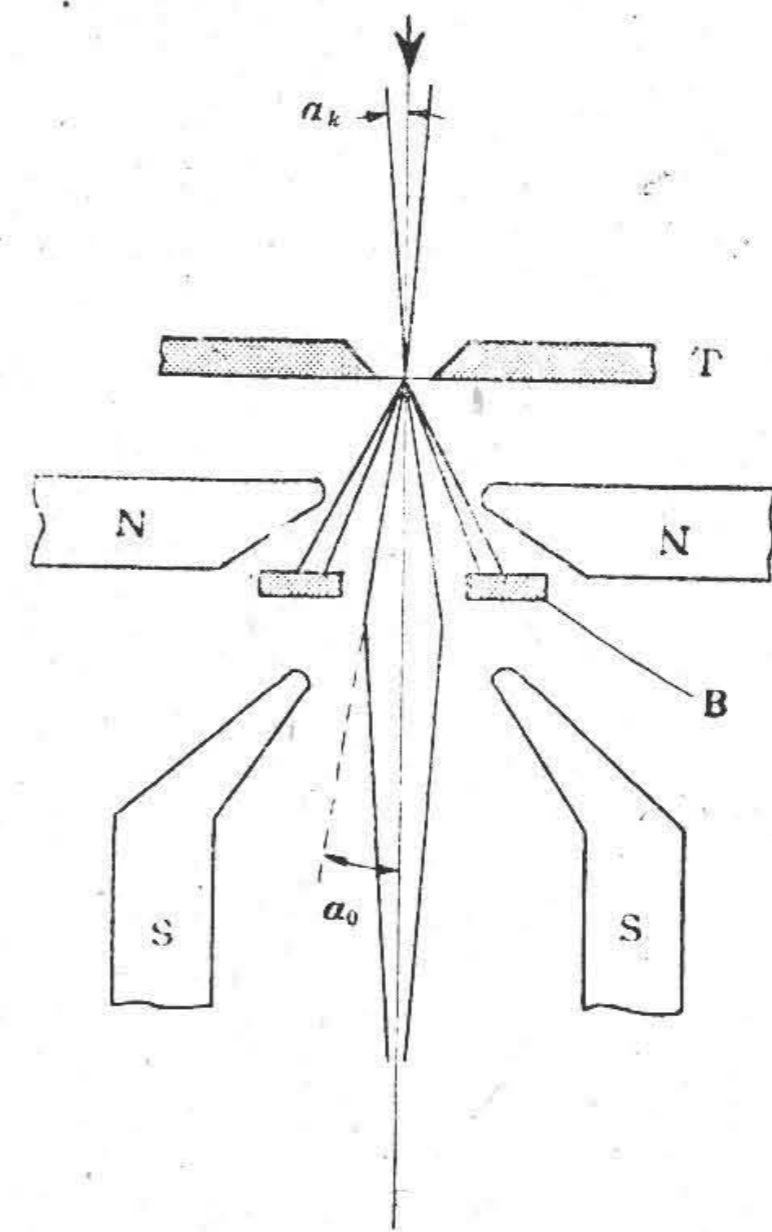
第4圖 寫眞乾板を取りかへるところ
 $f_1 f_2$ は寫眞遮斷用把手

〔III〕 對物レンズに関する實驗

電子顯微鏡の製作が成功するか否かは對物レンズの設計とその工作法にあると云つても過言でない。吾々は對物レンズを改善すべく準備を進めてゐるが、取敢へず現在のレンズに就いて二三豫備的な實驗を行つた。

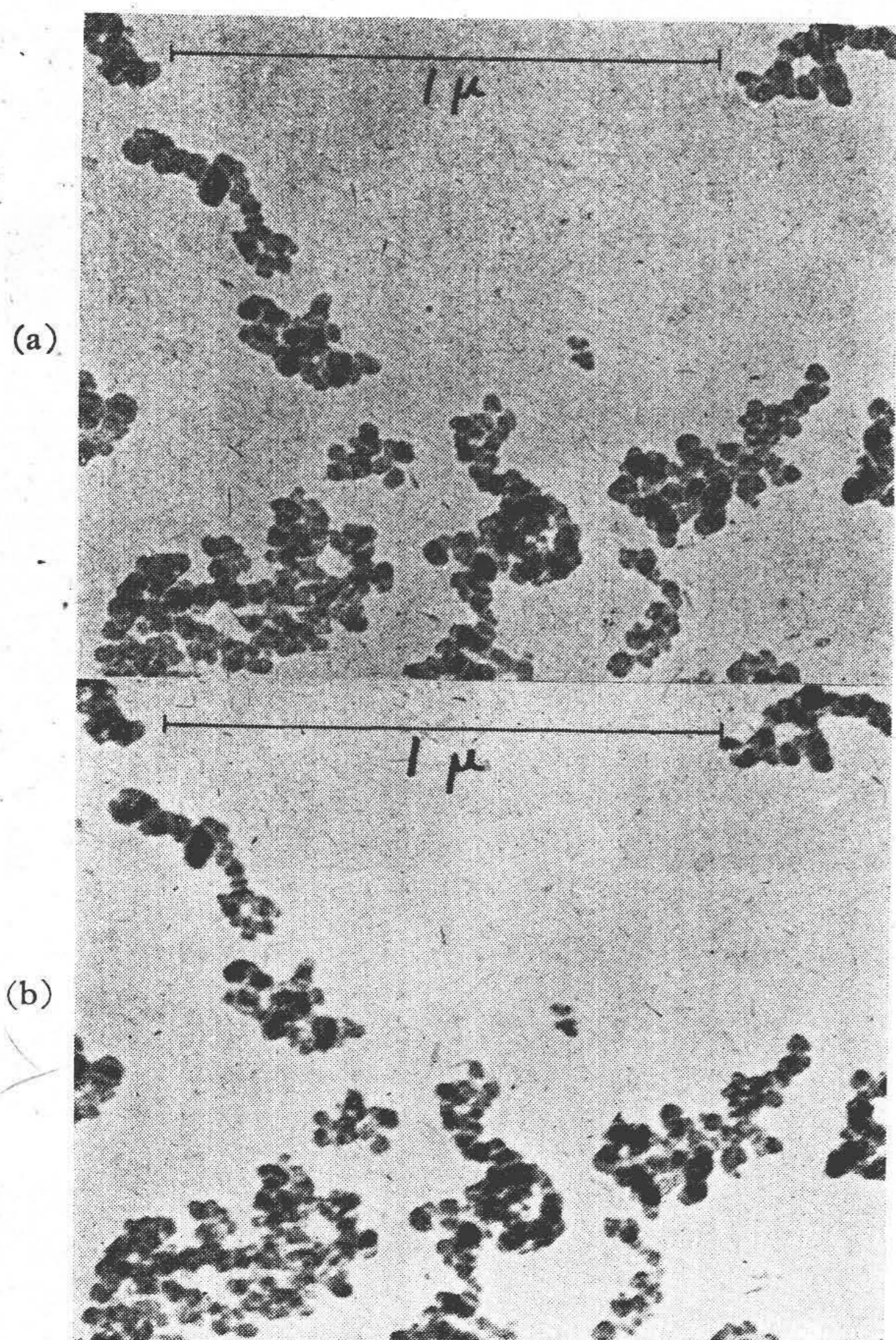
(1) コンデンサレンズによる電子線の集束と收差に就いて

超顯微鏡の場合は試料 T が著しく薄いので第5圖の如く投射せられた電子線は殆ど方向を變へずに透過し、一部分のみが散亂す



第5圖 對物レンズ開き收差説明圖

る。散亂を受けた電子線は對物レンズの絞り B に捕へられ、略眞直に通過したもののみが結像に役立つのである。今試料の側から電子源の方向に見た電子線の開口角を α_k とすれば、試料透過後は回折散亂その他によりこの角が幾分大きくなり α_0 が對物レンズに於ける開口角となる。B.V. Borries 及び E. Ruska⁽²⁾ によれば對物レンズの開き收差は $\delta_0 = C\alpha_0^3$ で與へられ、 α_0 従つて α_k が小さい程收差が小さくなる。Cは對物レンズの收差常數でレンズの構造によつて異なる。 α_k が小さいといふことは試料上に投射する電子線を集束しないことでコンデンサレンズを使はぬときが最も小さい。しかしそれでは電子線が擴散し過ぎ終像が暗くなつて高倍率でピント合せが出来なくなる。結局ある程度集束することになるが、收差の大きいレンズであると像が著しく不鮮明にな



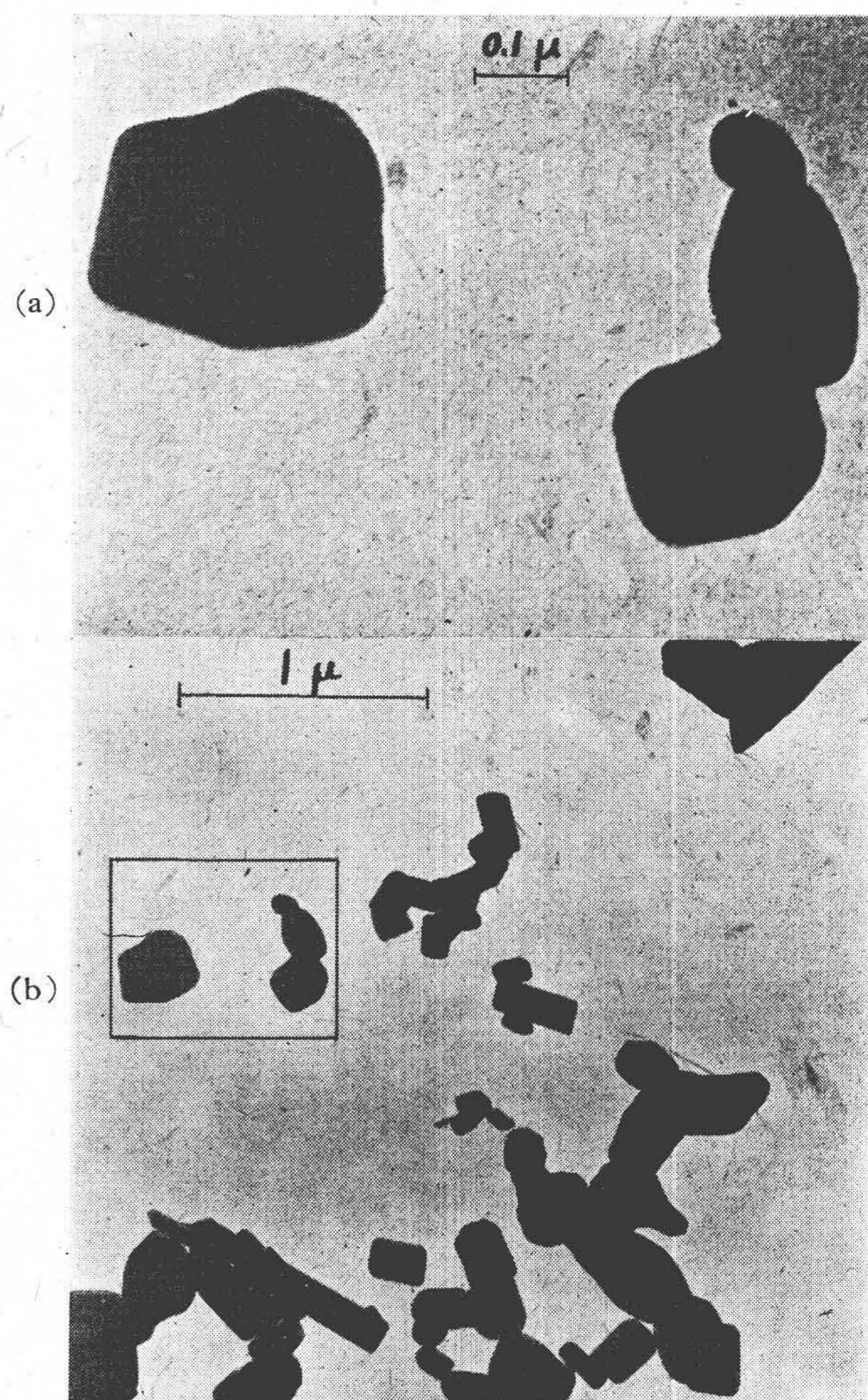
第6圖 電子線の開き角と像の鮮鋭度
(a) コンデンサレンズの絞り適當時
(b) 絞りすぎたとき

試料はカーボンブラック (マイクロネックス、×48,000)

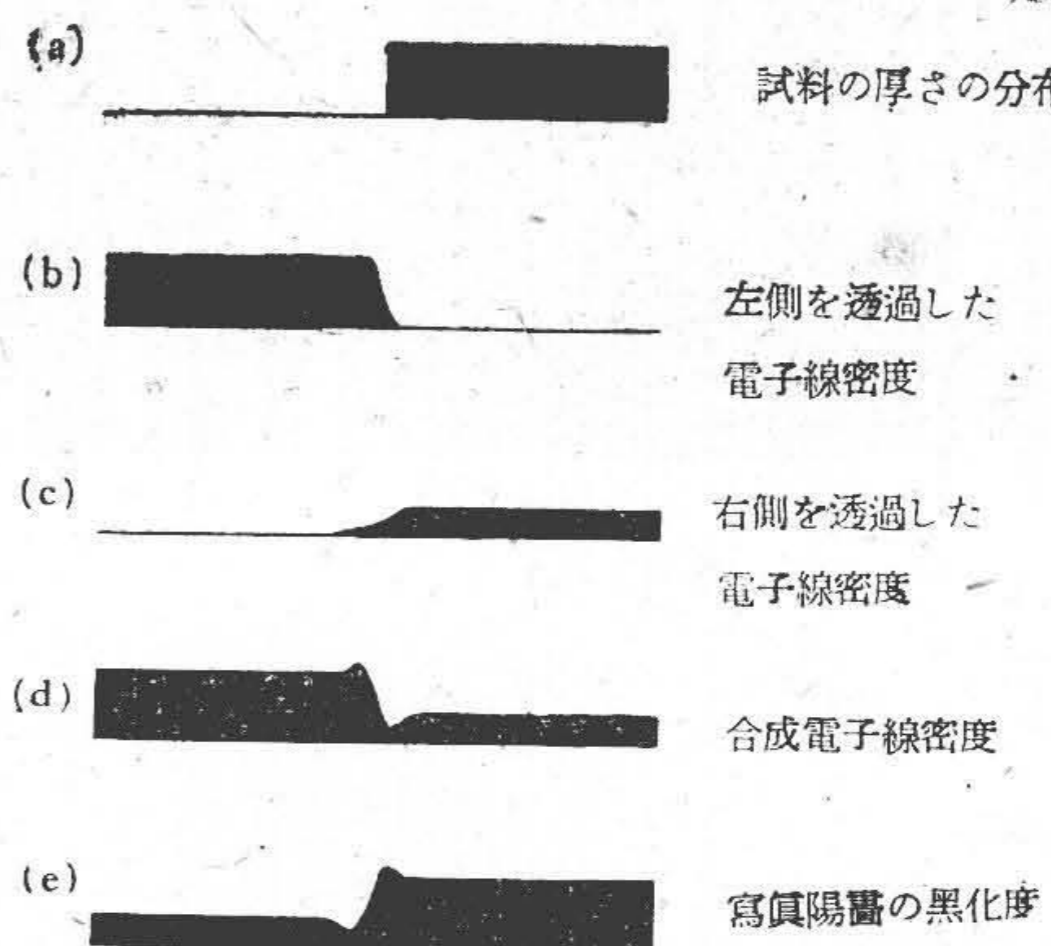
る。第6圖はコンデンサレンズの集束状態を變へて同じ試料を撮影した場合であるが、像の鮮鋭度に於いて相當相違してゐるのが判る。

(2) 像の輪廓に出来る暈に就いて 電子顕微鏡寫眞を見ると第7圖(a)のやうに輪廓に暈が出来る。これは次のやうに説明⁽³⁾されてゐる。物体は第8圖(a)の如く孔の部分から物体の部分へ移るものとする。今孔を通過した電子線のみを考えると、電子線はそのまゝ通過するが對物レンズの収差のため(b)圖の如く像面に分布され輪廓の部分に傾斜がつく。又物体の部分を通り抜けた電子線のみを就いて考えると、同じ収差のため(c)圖の如くなる。これらを合成したものが像面に於ける電子線密度で(d)圖の如くなる。結局寫眞乾板黒化度の分布は(e)圖の如くなり輪廓に暈が出来る理由が説明される。この外電子線が試料を透過する際の減速に基づく色収差が原因であるとか、回折収差によるものであるとか種々説明されてゐるが、2, 3萬倍の低倍率に於いても暈ができる場合があること、及び同一試料でも電子線の方向、對物レンズと絞り孔の中心合せ等を變へると暈の程度が相當變化することから見て第一の理由が主原因の如く考へられる。

以上(1)及び(2)の問題は何れも對物レンズの収差のために起る現象で、これを避けるには収差の小さいレンズを作ること、電子源を改良して電子流密度を上げコンデンサレンズによる集束を出来るだけ避けること、終像螢光膜に發光能率の高いものを用ゐることが肝要である。



第7圖 像の輪廓に現はれる暈 (試料は亜鉛華)
(a) ×80,000, 輪廓に暈が認められる
(b) ×22,000, 輪廓の暈は認められない

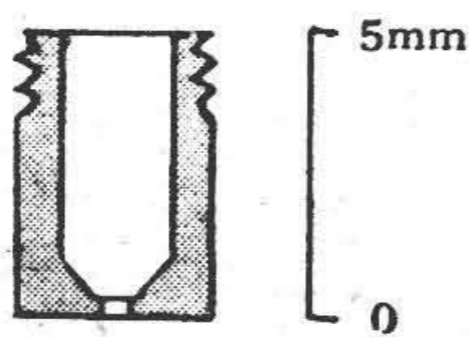


第8圖 輪廓の暈の説明圖
(Borries Ruska 原圖)

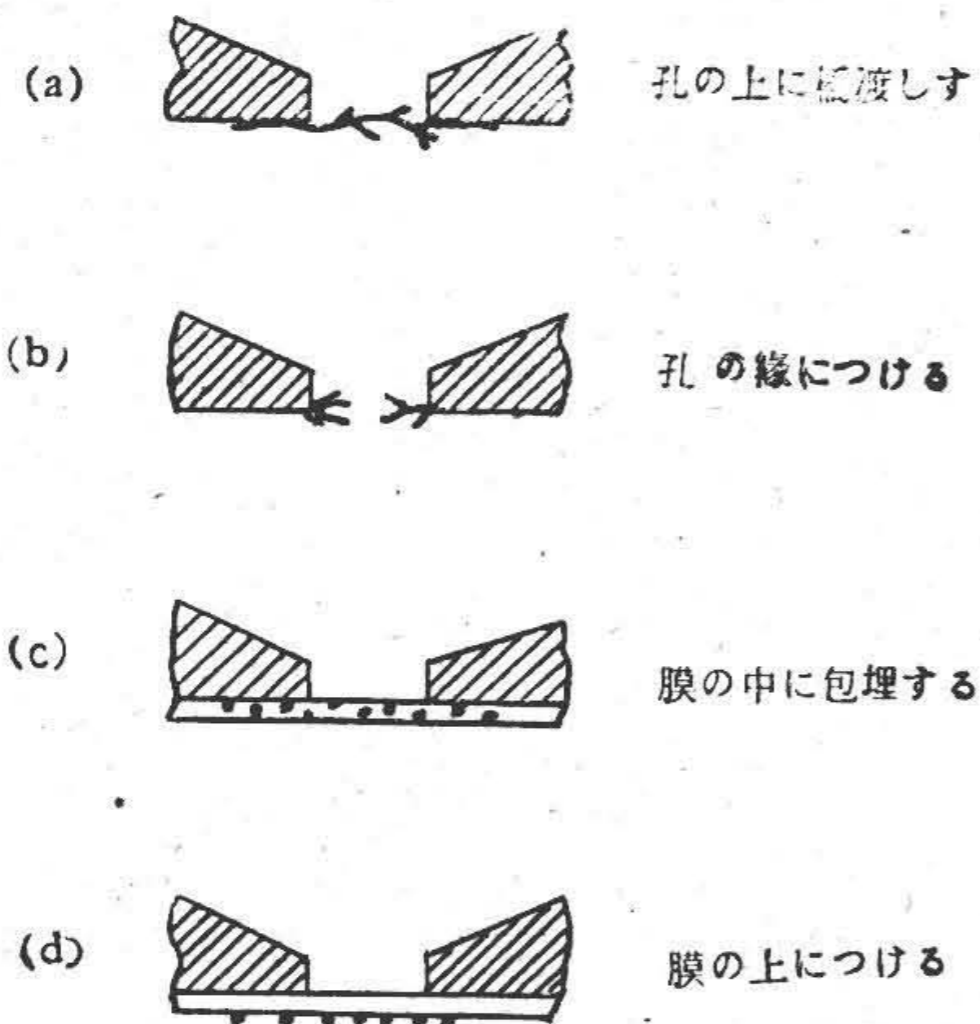
〔IV〕 檢鏡試料の作製

電子超顕微鏡を利用して各種の應用問題を研究する場合最も問題となるのは檢鏡試料を作る方法である。檢鏡試料をのせる支持臺は眞鍮製で中心に 0.07~0.2 mm の小孔のある第9圖の如き構造のものを使用してゐる。第10圖は一般に用ゐられる試料支持方法⁽⁴⁾を示したもので、(a)は孔の上に橋渡しをする方法で纖維、薄い箔等の比較的大きい試料に用ゐられる。(b)は孔の周縁につける方法で各種金屬を氣化した場合に生ずる煙、珪藻、微細な針

状結晶等をつける場合に用ゐる。(c)は光學顯微鏡のデツキグラスに相當する試料支持膜の中に試料を包埋する方法で、分散し難い微粒子、例へばカーボンブラック、コロイド粒子等の研究に用ゐられた例⁽⁶⁾がある。この方法は試料の大きさが膜の

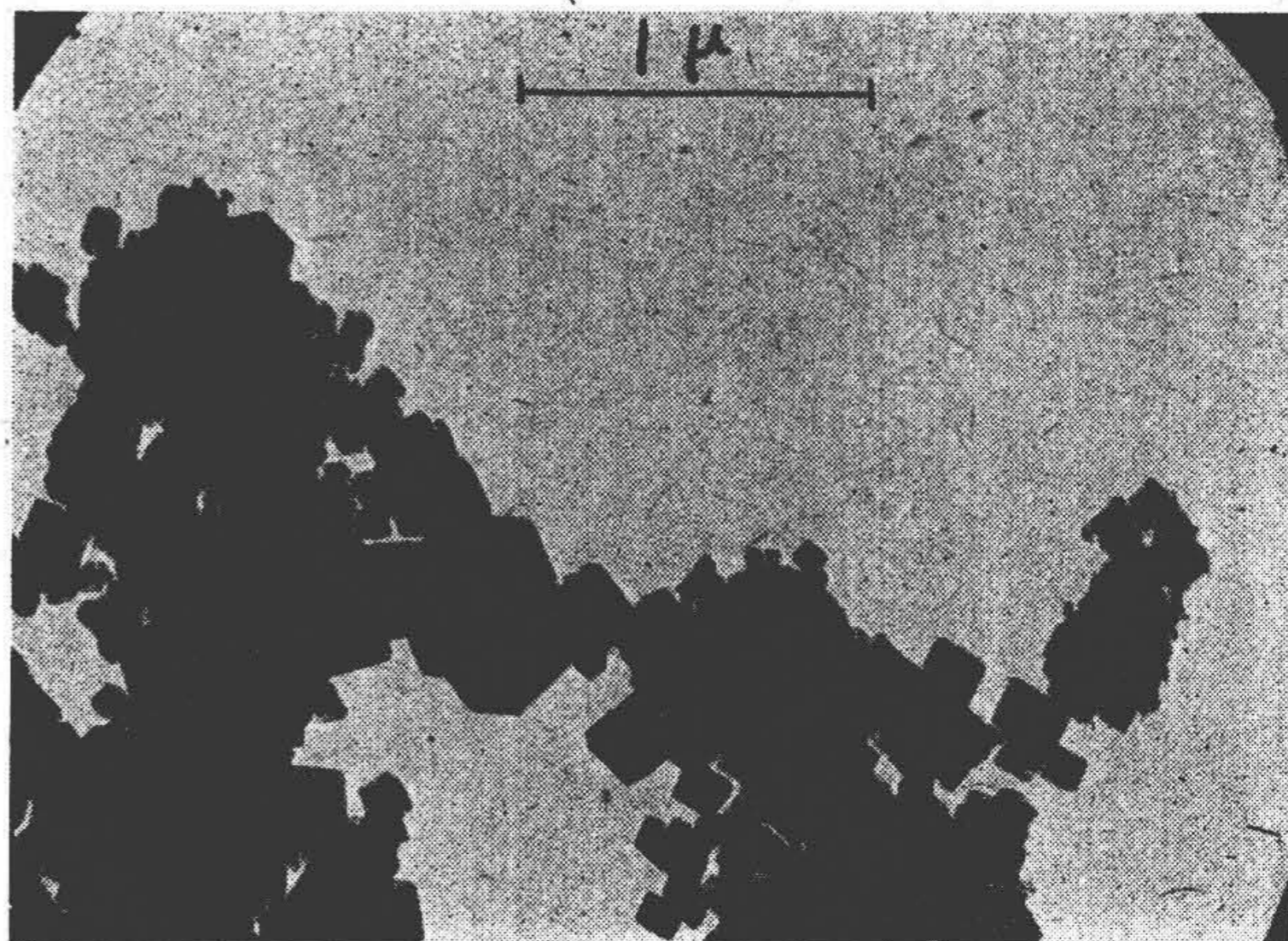


第 9 圖 檢鏡試料支持臺 (objectträger)



第 10 圖 檢鏡試料のつけ方

厚さと同程度になるため像の對照が悪くなるのが缺點である。最もよく使はれ且好結果が得られるのは(d)の方法である。これは孔に厚さ 10~20 m μ の支持膜(コロヂウム膜が使はれる)を張り



第 12 圖 支持臺の孔の縁に試料をつけた例 (酸化マグネシウム)

その上に試料をのせるもので有機無機の微粒子、細菌、コロイド、ウイルス等の研究に今日最もよく利用されてゐる。第11圖、第12圖、第13圖はそれぞれ上記の(a)(b)(d)に相當する試料支持法で撮影した寫眞である。第14圖はコロヂウム膜上に試料をのせる狀況である。

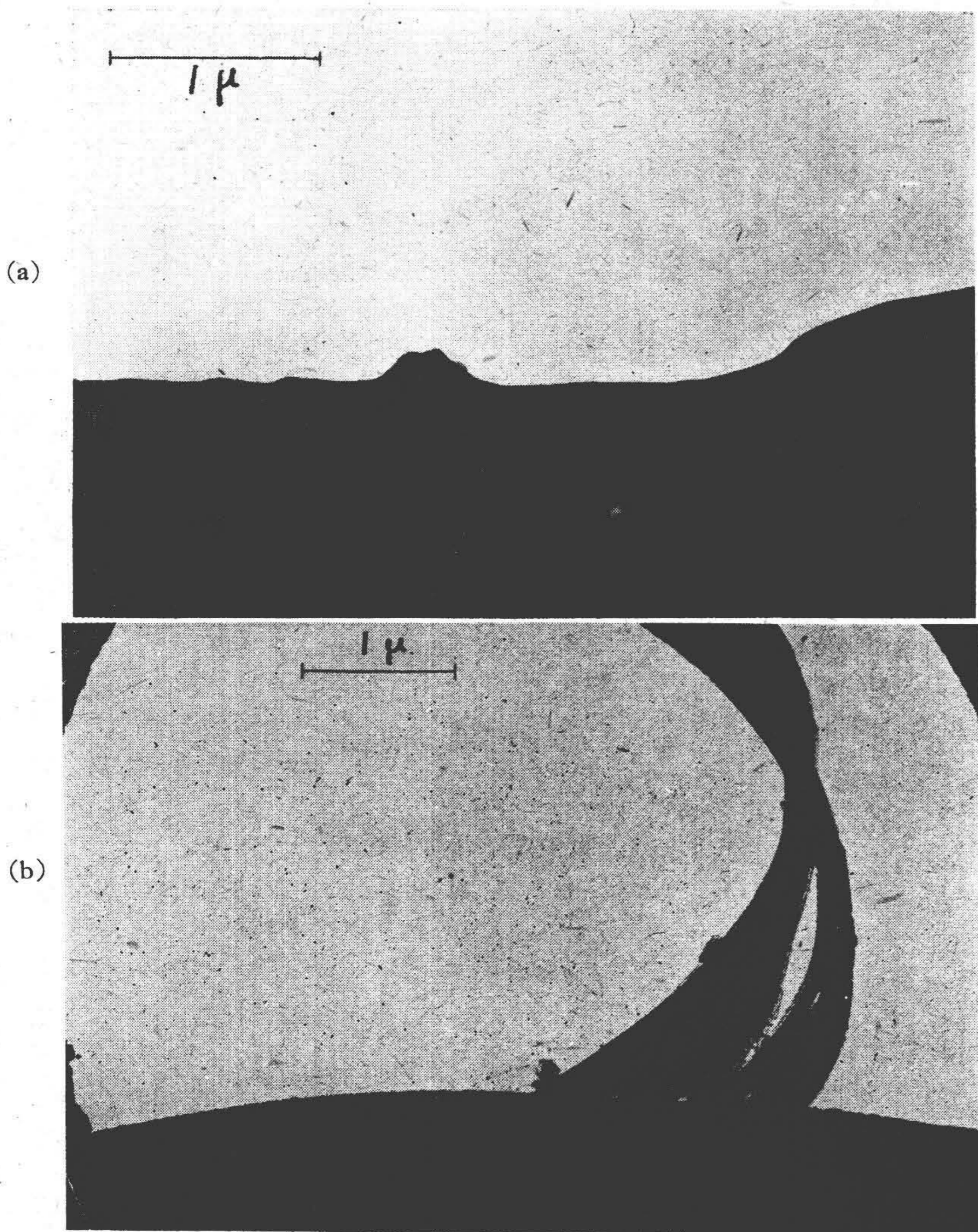
〔V〕 應用の現況

ドイツに於いては Siemens 會社の磁氣型顯微鏡及び AEG 社の靜電型顯微鏡は研究者の手を離れそれぞれの應用部門の専門家に手渡されて機能を發揮し續々と新しい業績を擧げてゐる。尙 Siemens Forschungs Institute 内に最近超顯微鏡研究部が開設され、最も優秀な操作者と顯微鏡を置いて應用部門の専門家と協力研究を行つてゐる。一方米國に於いては RCA 會社で一昨年商品化し、昨年度に於いて15臺作り Eastman Kodack 社その他、物理、化學、醫學の各方面で廣く利用し始めたとのことであるが獨逸に比し基礎及び應用に就いて相當の懸隔があるやうに見受けられる。

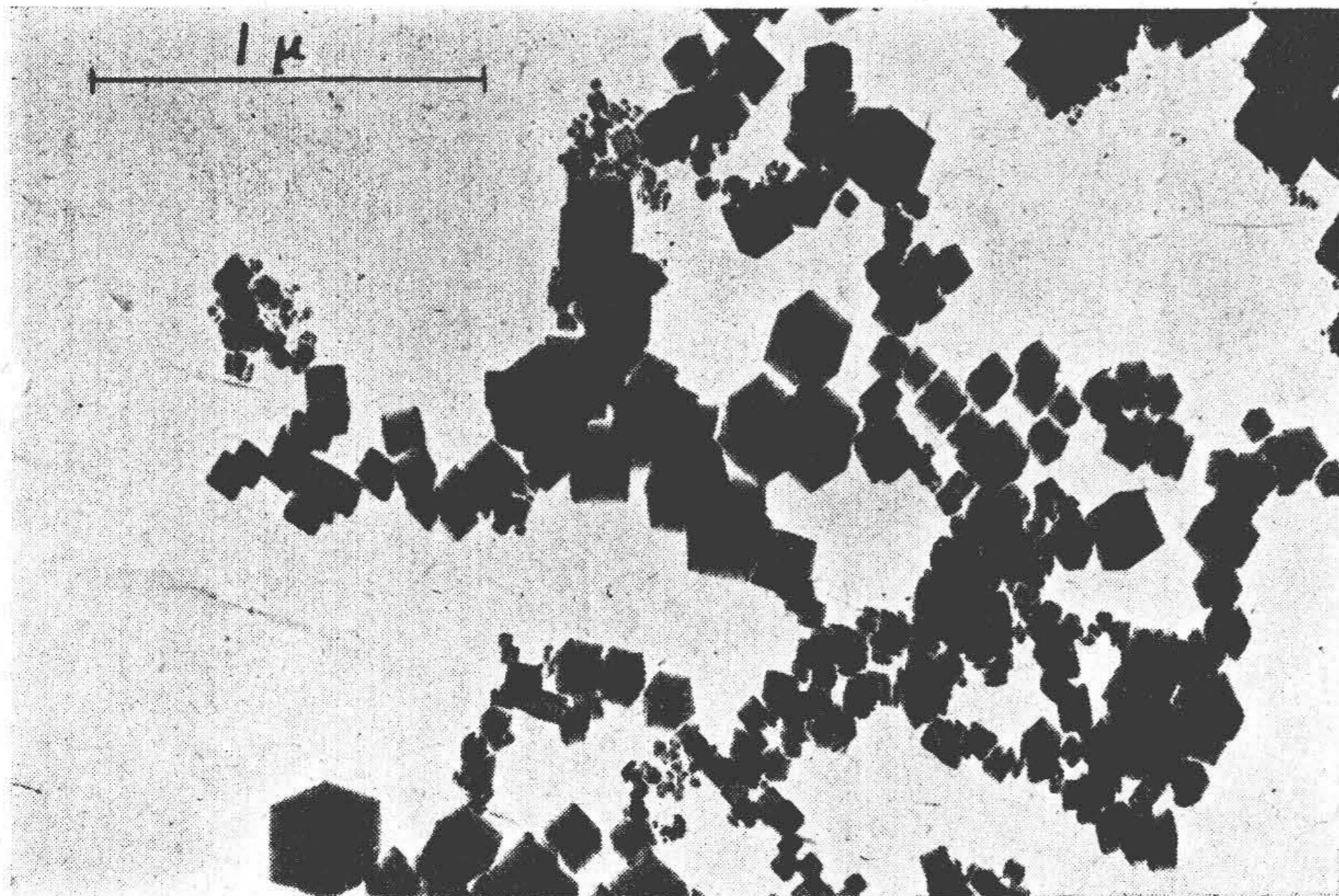
倭、我が國に於いては數年前日本學術振興會第三十七小委員會が結成され、各方面の専門家を集めて電子超顯微鏡の研究に邁進しつつあるが、協力宜しきを得て近來急速に業績が擧り、遠からず本格的な應用研究に入るものと思はれる。

〔VI〕 應用例

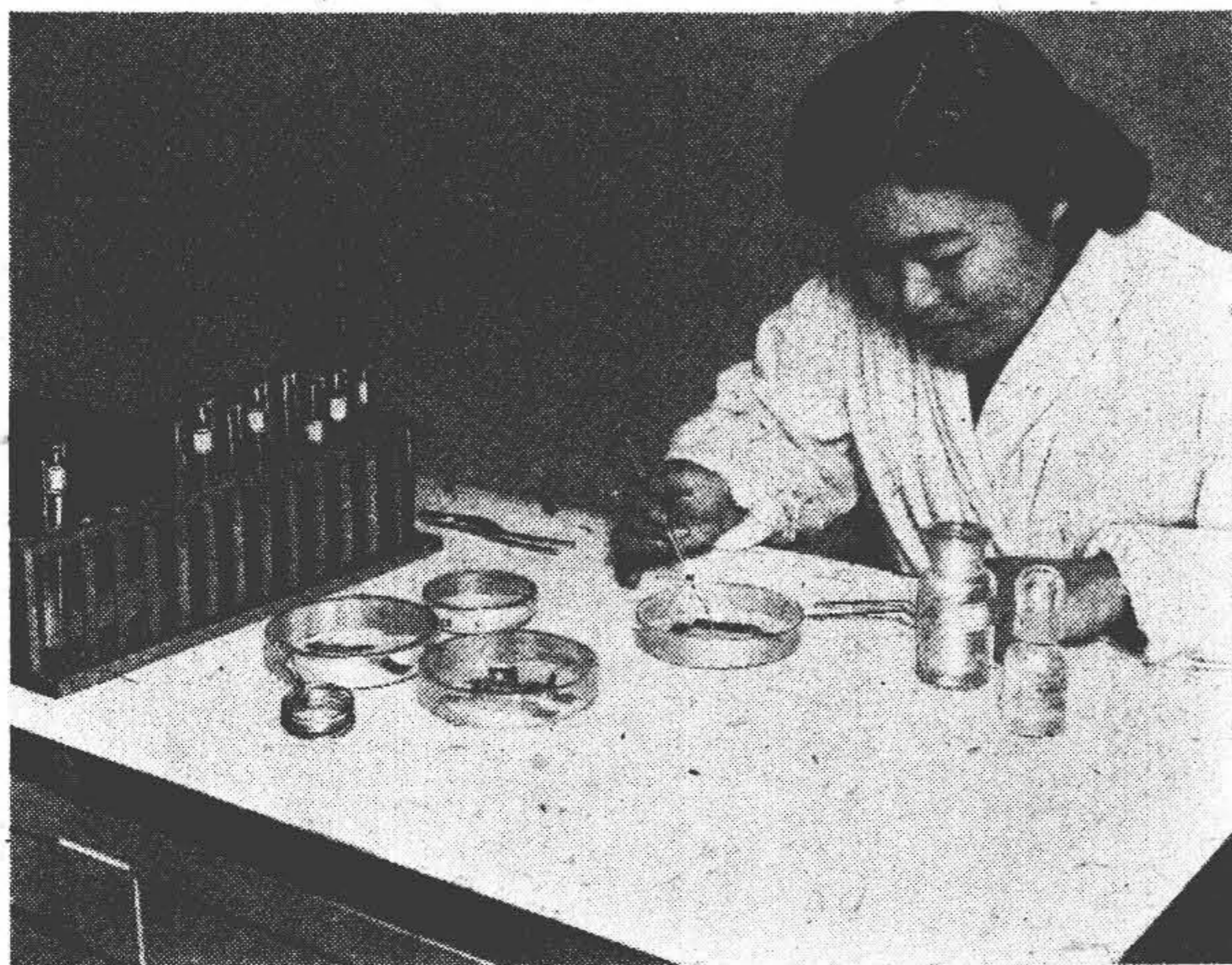
(1) 應用に関する概念 電子超顯微鏡は光學顯微鏡に比べて分解能が著しく高いので、光學顯微鏡ではなし得られなかつた新しい領域に科學を展開せしめ得る能力はもつて



第 11 圖 支持臺の孔に橋渡しして作った試料
(a) 新しい安全剃刀の刀先の凸凹
(b) アスベスト繊維の一部



第 13 圖 コロチウム膜上に試料をのせた例 (×30,000)
試料は酸化マグネシウム、一ヶヶが正しい等軸晶系をしてゐる。結晶の稜も見える。



第 14 圖 試料支持臺に檢鏡物をつけてゐるところ

あるが、さてそれならば今日までどれだけの新事実を発見し得たかと考へて見ると期待されたほどでないのである。その原因はどこにあるであらうか、装置が新しく且精鋭なために應用部門の専門家が十分活用する機會に恵まれないためと思はれる。光學顯微鏡の歴史が示す如く、この装置を自家藥籠中のものとするには超顯微鏡の利用に關する新しい研究が遂行されねばならない。現在の様に微小物や薄膜のみを觀察するのでは不十分で、金屬面、生きてゐる細菌、現象進行中の觸媒、大氣壓に於ける物質等それぞれ異つた條件の下に於ける物の觀察が必要である。そのためには超顯微鏡自體の改造も必要となるであらう。超顯微鏡の應用問題として今日取上げられてゐるものは以下述べるやうに比較的やり易いもの許りである。將來の發展こそ刮目に値するものと思はれる。

(2) 微小粒子の研究

微小粒子の研究には從來

透過光線、暗視野照明又は紫外線による普通顯微鏡を利用するもの、限外顯微鏡又は Debye-Scherrer法のスペクトル線の半價幅から粒子の大きさを判定するもの、その他沈澱法、混濁法等種々ありそれぞれ特徴を有するが、超顯微鏡に於いては物自身を直接觀察出来るところに強味がある。その一例がカーボンブラックの研究である。

ゴムに配合することによつて著しくゴム製品の強度を増し耐磨耗性を増大し或は引張強さを大ならしめる配合剤を増強劑と云つてゐる。その主なものにカーボンブラック、亜鉛華、炭酸マグネシウム等がある。カーボンブラックは増強劑中最も効果大なるものであつてタイヤの製造に多く利用される。増強劑としてのカーボンブラックの良否は粒子の大きさ及び粒の揃ひ方に密接な關係がある。このやうな意味で從來より各種の方法で大きさの推定をしてゐたが粒子が小さいことゝ分散が

悪いためにはつきりした結論が得られなかつた。

こゝに電子超顯微鏡が登場し今日まで數種の重要な報告⁽⁶⁾がなされてゐる。第 1 表はその一例で Siemens 會社超顯微鏡研究所で行はれた實驗結果である。この問題は學振第三十七小委員會でも取上げられ學振カーボンブラック委員會と連絡して研究を進めることゝなつた。第 15 圖は本邦製カーボンブラックの寫眞で、(a) 性能劣悪なもの、(b) 中程度のもの、(c) 最優秀なものが大きさの順序と一致して居り、一見して優劣の判定が出来る。

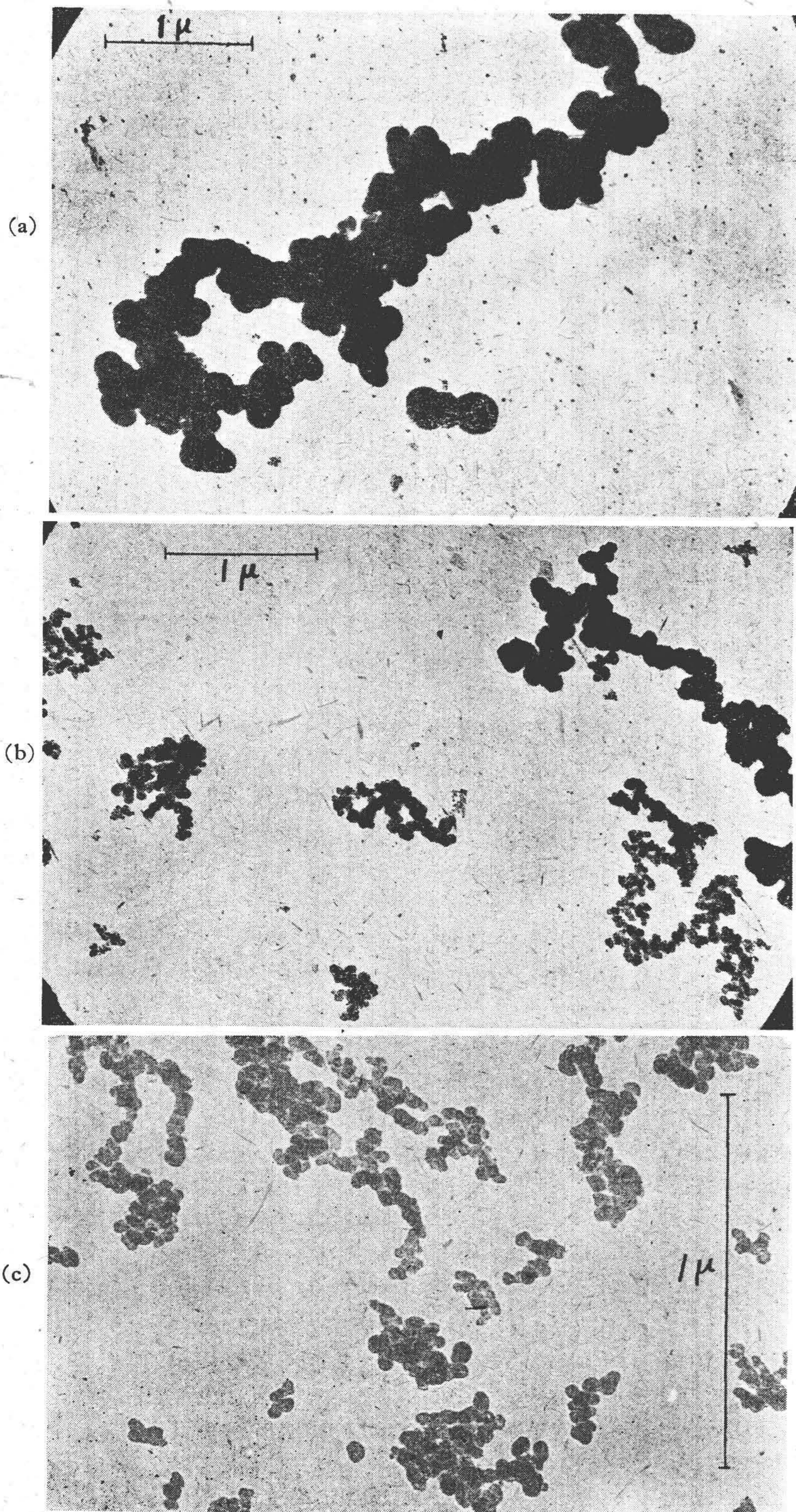
近來機器が精銳化するにつれて研磨劑の研究が重要な問題となつて來た。例へば光學レンズ研磨用、精密機器ラッピング用の研磨劑などはその好例である。研磨材の良否は粒子の形、大きさ、粒の揃ひ方に關係するところ多く、この點超顯微鏡の好箇の應用問題である。

コロイドの研究には粒子の大きさが少くとも一方向に 1 mμ から 500 mμ 位までの間のものゝ集合したものが取扱はれてゐてコロイドの大抵の性質はそれらの粒子の大きさや形によるものゝやうである。これに對し從來は限外顯微鏡、Tyndal 現象、Debye-Scherrer法などからコロイド粒子の形態を憶測してゐたが直接粒子の形を寫すことが出来ればそれに優るものはない。超顯微鏡の出現はコロイド化學の研究にとつて大きな武器となつて來た。今迄調べられてゐる金屬コロイドとしては金、銀、白金、鐵、ニッケルの如きものがあり、金、銀のコロイドは骰子状に近い粒子で

第 1 表 カーボンブラックの粒子の大きさと抗張力、伸、比抵抗の關係 *

商 品 名	種 類	粒子徑 (μ) 最小~最大	引張強さ (kg/cm ²)	伸 (%)	比抵抗 (Ωcm)
Thermax	不活性、アメリカ、ガスカーボン	0.1—0.7	80	450	10 ¹²
P 33	不活性、アメリカ、ガスカーボン	0.1—0.2	100	480	10 ¹¹
Elastik	ドイツ、油煙	0.08—0.14	130	410	10 ²
Inca	ドイツ、油煙	0.03—0.4	180	390	10 ⁸
Ultra micronex	活性、アメリカ、ガスカーボン	0.02—0.05	220	440	10 ⁵
P 1101	活性、ドイツ、アセチレンカーボン	0.03—0.04	200	400	10 ¹
Anacarbon41284	活性、ドイツ、アセチレンカーボン	0.03—0.04	200	600	10 ¹
CK 3	活性、ドイツ、ナフタリンガスカーボン	0.02—0.03	220	410	10 ²

*Kautschuk, 17, 55, 1941 より抜萃



第 15 圖 ゴム充填用カーボンブラック(國産)

- (a) 三級品 (×20,000) 粒子径 100~300 mμ
 (b) 二級品 (×20,000) 粒子径 50~200 mμ
 (c) 一級品 (×50,000) 粒子径 20~60 mμ

あること、鐵、ニッケルでは糸状であることなどが知られた。

その他塗料、染料の研究がある。ドイツ研究の報ずるところによると染料の分子凝集状態はその種類、製法などによつて異なり、同一染料で化学的に何等變化のないものでも電子顕微鏡下に観察れば明瞭に差が示されるものなどが知られた。最近

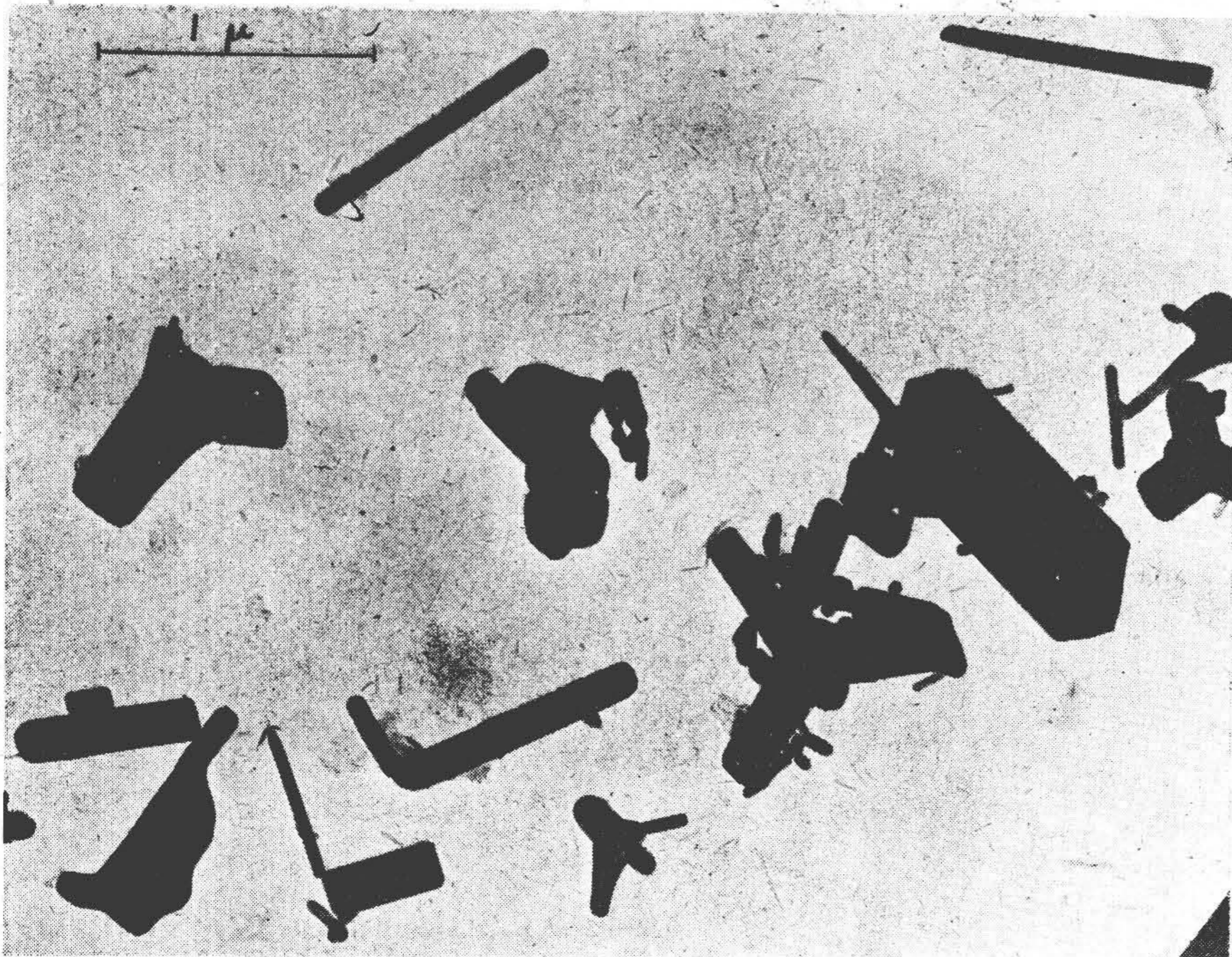
Schmieder⁽³⁾が Azo 染料の粒子の大きさと被覆力の関係について興味ある研究を發表してゐる。猶セメント粒子、觸媒⁽⁹⁾、高重合有機分子⁽¹⁰⁾、各種微細結晶⁽¹¹⁾等の形態學的研究に廣く利用されてゐる。

(3) 纖維に関する研究 超顯微鏡は纖維素研究界からも待望の眼を以て迎へられてゐる。これに關しては東京帝國大學教授厚木勝基博士の電子顯微鏡下の纖維素と題する時評⁽¹²⁾が要をつくしてゐる。即ち「電子顯微鏡が發明されたとき、今まで暗黒であつた極微世界が光明に照されて、物質の微細構造が、明かになるであらう。纖維素の空間格子的構造は見えないにしても、せめてその纖維の微細構造が如實に窺はれ得るであらうと期待された。ミセルの存否、微細纖維の形狀、これらが纖維素を構成する様式とが明かにされて、麻類、綿、人造纖維等の物理的乃至機械的性質の差異のよつて以て生ずる原因も説明されるであらうと期待された。ところが最近になつてさうした研究が二、三現はれるやうになつたが、ドイツの Eisenhut も電子顯微鏡下の纖維素の映像と題する研究を發表してゐる。その研究は大して素晴らしいと云ふほどのものではない。我々の知見の範圍を出ないものである。併し我々の知見に實證を與へる上に有益と考へられる。それによると、綿毛は直徑約 0.02 μ の微細な纖維素中から成り立つてゐるが、普通のステープル・ファイバーにはさうした組織がない。中略。電子顯微鏡の應用は、やつと緒に付いたところだが、纖維界に於ける今後の活躍に大なる期待を寄せる」と。

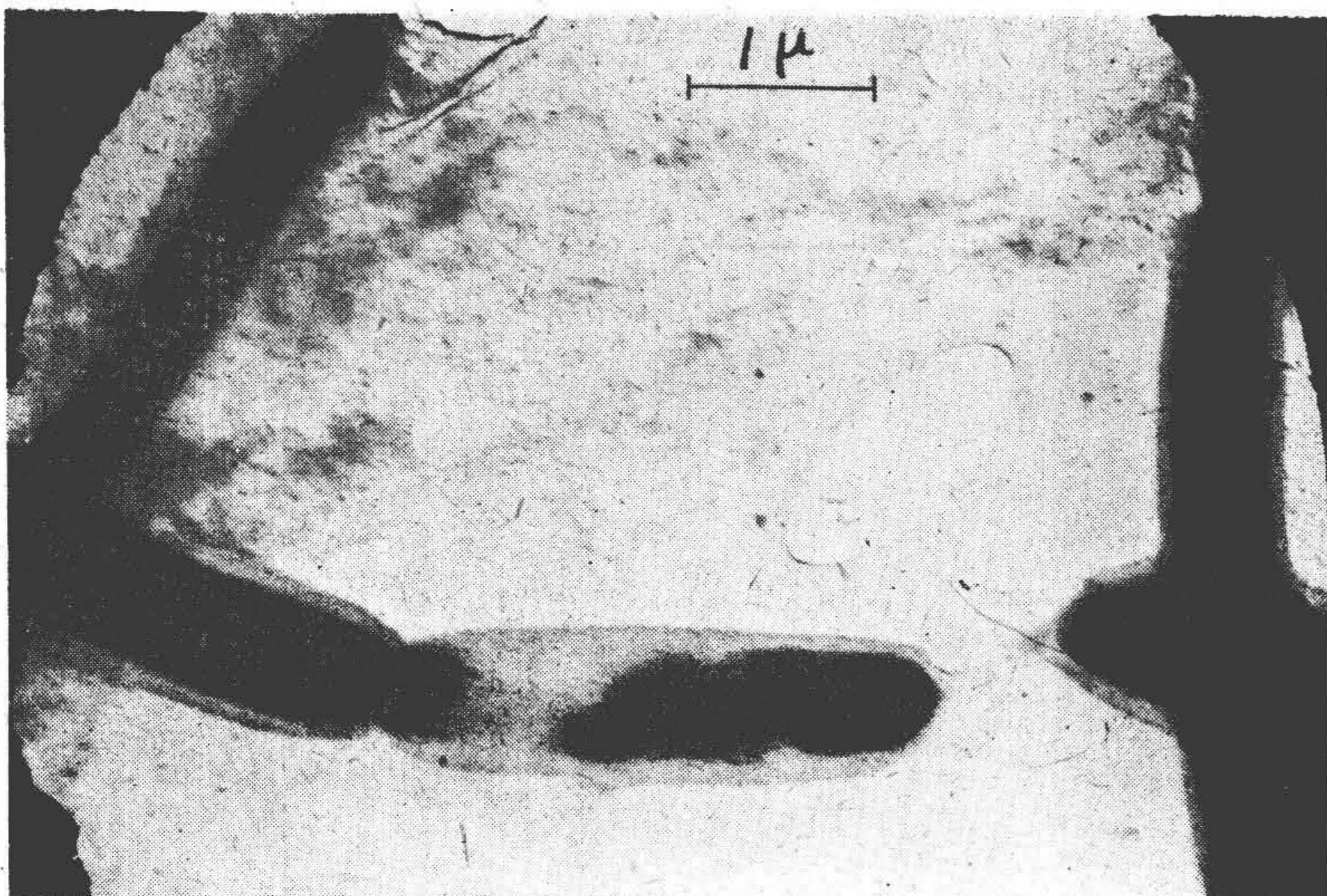
(4) 生物學及び細菌學の研究⁽¹³⁾ 光學顯微鏡で見えないウイルスによる病氣の中でよく知られてゐるのは、インフルエンザ、日本夏季腦炎、麻疹、黃熱、デング熱等で、超顯微鏡の分解能をもつてすれば、病源體の發見は難事でない。この方面に一つの重要な應用分野がある。細菌に於いてはその内部構造を見るのが一つの主要な問題とされてゐる。實際に超顯微鏡で觀察した結果では染色等の手段を経ることなしに内部構造が見え既に桿菌の中の核、細菌の分裂、脱皮鞭毛等が明かにされてゐる。その他生物學への應用などが考へられる。

(5) 金屬學への應用 金屬學の立場から云へば電子超顯微鏡に對する期待は金屬表面の超擴大像を得ることであらう。ところで電子光學的方法で金屬表面の像を得るには反射法と透過

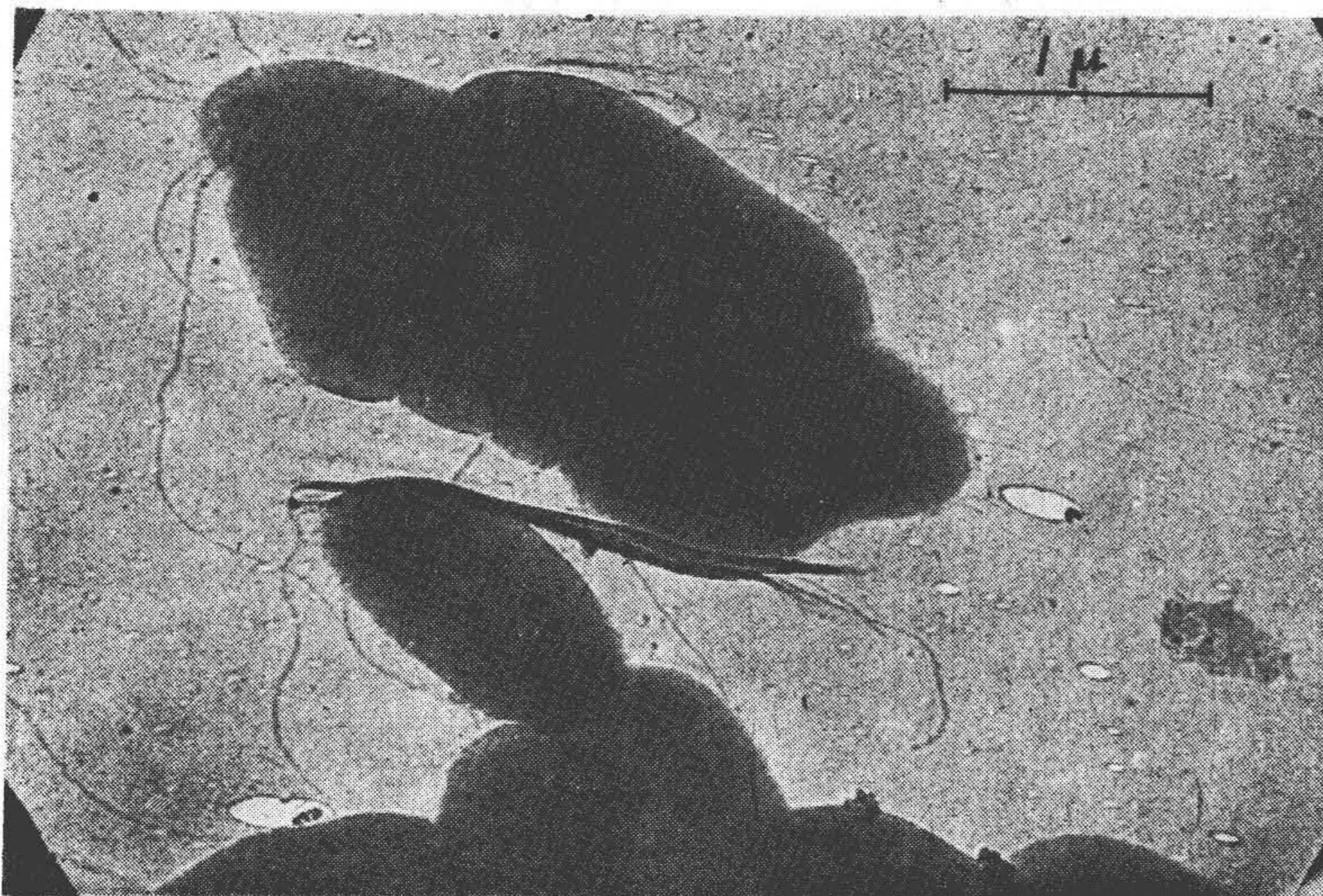
法とがある。反射型電子顯微鏡は面の研究を對象として製作されたもので、透過型顯微鏡の試料部に少しの變更を加へれば作ることが出来る。既に 10,000 倍程度の像が得られて居り、Borries 及び Janzen⁽¹⁴⁾ がこれを使つて仕上面を觀察してゐる。現在仕上面の粗さを測る各種の方法が考案されてゐるが、これに決定的な



第 16 圖 ゴム充填用亜鉛華の一例 (×26,000)



第 17 圖 枯 草 菌
大桿菌にして牛乳、枯草、塵埃等についてゐる非病原性細菌



第 18 圖 變形菌 (*Proteus vulgaris*) の集落
中等大の桿菌にして廣く水中、土中に存在す、太さ約 $15\text{ m}\mu$ の鞭毛が認められる

結論を下すものとしてその活躍が期待されてゐる。透過法⁽¹⁵⁾は被寫表面に薄い酸化膜をつけるか、或はコロチウム膜を流して凹凸の型を取り、それを適当な方法で剝しその膜を超顯微鏡にかけて見るもので、表面の凹凸の極めて精細な像が得られてゐる。この方法でアルミニウム、アルミニウム合金、鐵、ニッケル等の蝕像の微細構造を撮影し種々の結論を得てゐる。

〔VII〕 結 言

以上電子超顯微鏡の近況と應用について概説したが、我が國の現状に於いて緊急を要することは、性能の優秀な超顯微鏡を作つて出来るだけ早く應用部門の専門家に手渡すことである。最近漸く或程度この要望に應じ得る状態になつたことは斯界のため欣快に堪へない。

擧筆に當り各方面に深い感謝を捧げたい。馬場研究所長を初め日立研究所各部課長、楠本戸塚工場長より常に激勵と援助を賜はり、故笠井完博士は今回の試作の基本方針を指示され、設計についても詳細検討下された。日立中央研究所濱田博士は本研究を指導せられ且本文を詳細に校閲下された。日立製作所戸塚工場の明山正元氏、藤井氏外現場各位は設計製作に當られ、面倒な工作を短日月に完成された。同僚大倉、四方研究員は熱心に實驗に協力され、元研究員白神毅氏は前半の實驗に助力された。製圖は柴山修一郎氏石橋五郎氏の努力によるものである。日本學術振興會第三十七小委員會に於いては瀨藤委員長を始め委員一同から種々御教示を得、中村委員よりは螢光膜の提供を受けた。又東京帝國大學醫學部四方博士は細菌を分與された。京都帝國大學醫學部東昇氏よりは試料支持膜作製技術の御教示を得た。筆者はこれら各方面の方々に萬腔の謝意を表する次第である。(完)

参 考 文 献

- (1) 只野・白神：日評 25, 431 (昭17-8)
只野・光石・白神：應用物理 11, 472 (昭17-10)
- (2) B.V.Borries u. E.Ruska: ZS f. techn. phys. 20, 225 (1939)
- (3) B.V.Borries u.E.Ruska: Naturwiss, 27, 281 (1939)
- (4) H. Ruska: Naturwiss, 27, 287 (1939)
- (5) Wiegand: Rev. chem. Tech, 14, 52 (1941)
- (6) Wiegand: 同上
H. Heering, I. v. Gizeyki u. A. Kirs-eck: Kautschuk, 17, 55 (1941)

Th. Schoon u. H.W. Koch: Kautschuk 7, 1 (1941)

(7) 浅尾: 電気日本 30, 21 (昭18-1) 超電子顕微鏡の金屬膠質への應用と題しこの方面の研究の綜合報告である

(8) F.Schmieder: Kolloid ZS., 95, 29 (1941)

(9) M.V. Ardenne u. D. Beischer: Angew. chem, 53, 103 (1940)

(10) M.V. Ardenne u. D. Beischer: ZS. phys. chem. 45, 465 (1940)

M.V. Ardenne u. D. Beischer: Kautschuk 16, 55 (1940)

(11) R. Meldau u. M. Teichmüller: ZS. f. Elektrochem 47, 95 u 191 (1941)

(12) 厚木: 纖維素工業 18, 85 (昭17-3)

H. Jentzen: Kunstseide u. Zellwolle 23, 76 (1941)

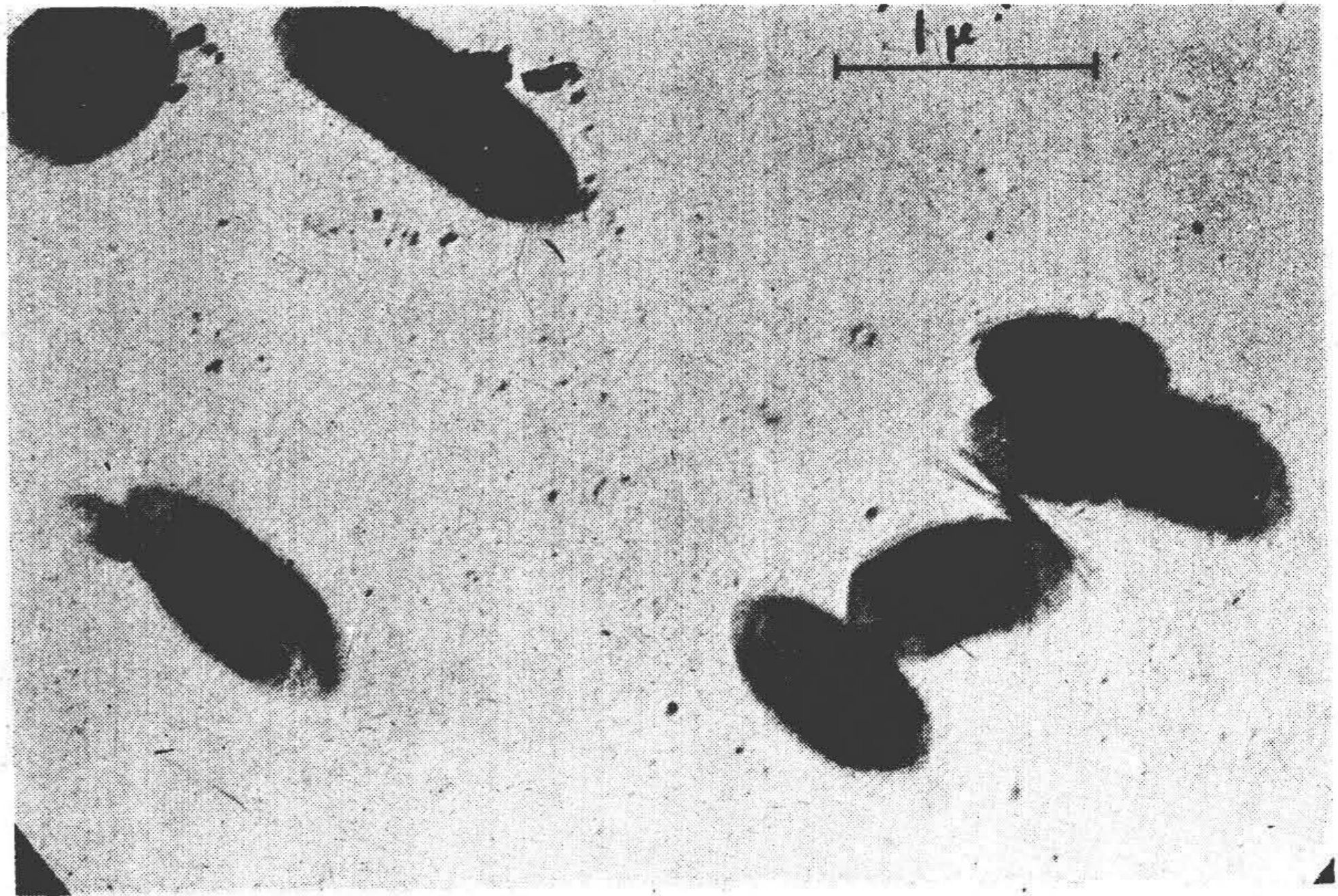
(13) この問題に関する文献は Ergebnisse der Naturwissenschaften 19, 313 以下の文献を参照せられ度し

(14) B.v. Borries n. S. Janzen: VDI 85, 207 (1941)

(15) H. Mahl: ZS. f. Metallkunde 33, 68 (1941)

H. Mahl: ZS. f. techn. phys. 22, 33 (1941)

谷: オーム 30, 17 (昭18-1)



第 19 圖 靈 菌

小桿菌にして水中、土中、空氣中の塵埃等に附着してゐる食パンを赤變させることがある。