



ガラス面の精密加工法に関する研究 (総合報告第1報)

豫 備 實 験

久 本 方*

Studies on Finish of Glass Surface

(1st Report, Synthesized)

Preliminary Test

By Tadashi Hisamoto

Hitachi Wire and Cable Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

In order to apply glass for optical use or fitting parts, we must finish the glass surface precisely at room temperature.

Fine finishing operation of to-day is lapping method, and "Roughing" "Grinding" and "Polishing" are the three stage course of glass finish. But operating efficiency of lapping method is worse than present metal finishing technology, for example "Grinding" "Supergrinding" "Honing" "Superfinishing" etc.

Applying these metal finishing technology with abrasive bonded wheel for finish of glass surface is my purpose of these studies. And I have concluded experimentally in the 1st Preliminary Test that surface grinding of glass — as the representative of these technology — is possible to take place of present lapping operation of glass.

(I) 緒 論

ガラスが透明であり、任意の屈折率と分散率をもつたものがある範囲内で選擇出來、鏡仕上がしやすいという

* 日立製作所日立電線工場

性質を活かして光學的用途に用いる場合(例えばレンズ・プリズム・鏡等)、又はガラス同志或はガラスと金屬とを嵌合させて用いるとき(例えばレンズと金具・注射筒等)にはガラスを加熱成型したまゝの面では充分でなく、素材ガラスを成型除歪した後に必ずガラス面を常

温で精密に加工しなければならない。この加工には従来特殊技能をもつたラッピング（レンズ磨き）の熟練工が當つており、最近長足の進歩を遂げつゝある研磨・超研磨・砥上・超仕上等の能率的精密工作法の技術は全然應用されていない。

金屬面の精密工作の常識よりいうと、研磨劑を粒子の形で用いるラッピング法に比べ、研磨劑を砥石の形で用いるこれらの機械工作法の方が能率的であり、且工作機械の精度に従つて均一な製品が出來、又作業者の技術向上の度合も早いことがわかつてゐる。

ところが現在行われているガラス加工法は——光學ガラスに例をとると第1表のようになつてゐるが——未だに殆どラッピング萬能なのでそこに新しい機械工作法の技術を導入したいと考えて始めたのが本研究である。

研究の方法としてはガラス面の平面仕上げ法を究明する

こととし、本報告に於いては新加工方式の代表として平面研磨法を取上げ、その研磨面と在來の加工方式によるラップ面とを比較して豫備實驗とし以下その結果を報告する。

〔II〕 試 験 片

本研究に用いる試験片ガラスとしては、ガラスを化學的組成によつて分類⁽¹⁾したとき最も多く實用されているソーダ石灰ガラスと硼珪クラウンガラスとの2種に、重屈折の光學ガラス・カットガラス等として特殊な用途をもつている鉛アルカリガラスを加えた3系統のガラスを選ぶこととし、それらの分類に屬するガラスの中フロントガラス（F-2）と硼珪クラウンガラス（BK-7）とが何れも光學ガラスとしては最も普通に用いられる種類に當るので、本研究に於いては次のように組成的特徴をもつ

第1表 光學ガラスの現在の加工法（ラッピング法）

加工段階	ラップ工程	目 的	ラ ッ プ 劑	ラップ板	ラップ液	備 考
1	荒 摺 り	能率よく所定の形に近づける。	カーボラマダム 金 剛 砂 (粒度#1000より 荒いもの)	鑄鐵皿	水	
2	砂 掛 け	荒摺り面の砂目を順次細かくして次のベンガラ磨きの下地を作ると共に寸法を精密に仕上げる。	ア ラ ン ダ ム 金 剛 砂 (粒度 # 1000~ #1500 程度)	鑄鐵皿	水	嵌合面では砂掛け面を仕上げ面と考へてよい。
3	ベンガラ磨き	加工面の粗さを光波長に比べて充分小さくすると共に平均度を所要の精度に入れる。	ベ ン ガ ラ	ピッチ皿	水	

ガラスを試験片として選ぶこととした。

- (1) 硼酸分を含む
硼珪クラウン
ガラス
(BK-7)
(光學ガラス)
- (2) 鉛分を含む
フロントガラ
ス (F-2)
(光學ガラス)
- (3) 石灰分を含む
ソーダ石灰ガ
ラス
(厚板ガラス)

第2表 試験片ガラスの分析表 (%)

番 號	ガラスの種類	成 分 酸 化 物										計
		SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	B ₂ O ₃	BaO	PbO	Na ₂ O	K ₂ O	
1	硼珪クラウンガラス BK-7	69.36	0.03	0.62	0.62	0.34	11.24	2.32	—	8.32	7.16	100.01
2	フロントガラス F-2	45.34	0.03	0.27	0.50	Tr	—	—	45.31	2.70	5.66	99.81
3	ソーダ石灰ガラス	73.68	0.03	0.46	14.60	0.03	—	—	—	6.87	4.42	100.09

試験片の寸法は25mm角×10mm厚とし、その裏面は屈折率及び粗さ測定の必要上からニュートン環が見える程度のペンガラ磨きを行つた。

第2表に3種の試験片ガラスの分析結果を示す。

なお各試験片ガラスは偏光を用いて調べるマツダ歪検

第3表 試験片ガラスの屈折率と略記號

番號	ガラスの種類	屈折率(測定)	平均屈折率(参考)	略記號
1	硼珪クラウンガラス BK-7	1.519~1.5167	1.5163 ⁽³⁾	BK
2	フロントガラス F-2	1.6161~1.6199	1.6200 ⁽³⁾	F
3	ソーダ石灰ガラス	1.5218~1.5220	1.523 ⁽⁴⁾	S

査機にかけて歪のないものを選んだ。又個々の試験片については日立アツベ屈折計⁽²⁾でその屈折率を測定して異種ガラスとの取り違いを未然に防止した。第3表にその結果と本論文に於いて用いる略記號とを示す。

〔Ⅲ〕 試験片の固定法

機械工作作業に於いては一般に工作物の取付け方がその加工法の能率に直接影響するので、本研究に於いてもこの問題を豫備実験の重要な題目の一つとして取上げて検討したいと思う。即ち平面研磨盤で能率よく仕事を進めるためには電磁チャックを用いるのが常識であるが、ガラスには磁性がないのでガラスそのままでは電磁チャックが利用出来ない。そこで磁性のある材料へガラスを實用上能率よく接着する方法を考えなければならない。

(1) 固定法に対する要求

試験片の固定法の要點はガラスと平行平面鐵板(プリズムの場合には楔形鐵片)との接着法の研究であり、その接着法は能率・接着力・試験片の平行精度(プリズムでは角度)・ガラス面を傷つけないこと等實用上の要求を満すものでなければならない。

(2) ガラスと鐵との接着法

上質の白蠟と松脂とを一定の割合で混合したものを溶して接着劑とし、試験片と鐵板との間に吉野紙を挟んで接着し放冷した。この接着法で同時に數多く接着作業を行うとガラスと鐵とを極めて能率よく固定出来る。

(3) 接着力

この方法で接着したものゝ接着力を測定するために、接着面に平行な力を加えて接着の破壊點を求める実験を行つた。その結果 25mm 角の試験片で接着破壊荷重は72kgであつた。この接着破壊力は單位面積 (cm²) 當り

11.5kgに相當し、特別な衝撃さえ與えなければ研磨中にはがれる心配の絶無なことを知つた。實用の結果も又所期の成果を得た。

(4) 平行精度

この方法で接着して研磨した試験片の平行精度を試験片上5ヶ所について Zeissバーチカルコンパレーターで測定したところ、接着さえ丁寧に行えば試験片の平行精度は±10μ以内、即ち概ね平面研磨盤の精度の範囲内の製品を得ることがわかつた。

そこで以後の実験にはすべてこの接着法を用いることにした。

〔Ⅳ〕 表面粗さの定義

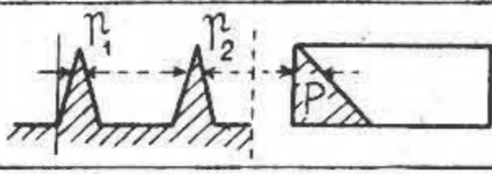
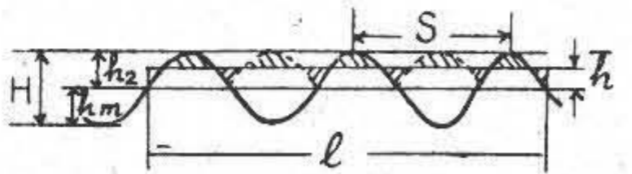
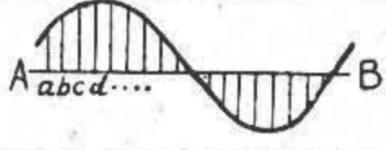
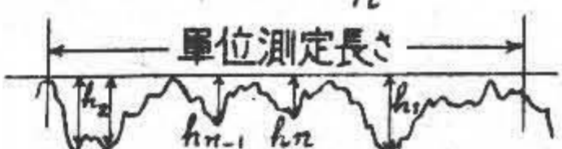
表面粗さについては Fleming⁽⁵⁾・Abbott⁽⁶⁾・Schmaltz⁽⁶⁾・Nicolau⁽⁶⁾・Bodart⁽⁶⁾・Gaillard⁽⁷⁾等が第4表のように定義しているが、これらは何れもガラス加工面に残つた傷(砂目)の深さによつて加工面の良否を判断しなければならない本研究の要求には添わない。

そこで第4表に示すように單位測定長さ當りについて傷の最も深いものより一定數をとり、その傷の深さの平均値をもつてその面の粗さを定義することにした。

なお本報告の豫備実験に於いては、倍率縦方向1000倍・横方向50倍の觸針法記録に對し、測定長1mm(記録線の長さ50mm)につき傷5ヶを測定し平均してその粗さとした。

〔Ⅴ〕 ラップ面と平面研磨面の粗さ

3系統のガラスの代表として硼珪クラウンガラス(BK-7)をとり、そのラップ面と平面研磨面の粗さ及びそ

第4表 表面粗さの定義	
発案者	表面粗さの定義
H. Fleming	単位測定長さ当りの凹凸: $r = \frac{\sum h}{S}$ S: 測定長さ 山の粗密: $\frac{n}{S}$ $\sum h$: 山の高さの集積 n: S上にある山の数
E.J. Abbott	擔い曲線: $P = \sum r_n$ 
G. Schmaltz	充満度: $\frac{h_m}{H}$ h_m : 平均粗さ ($\frac{\sum h}{n}$) H: 最大山の高さ
Nicolau	空虚度: $\frac{h_2}{H}$ 
Bodert	尖り度: $\frac{H}{h_m} \times \frac{H}{h} \times \frac{H}{S} = \frac{H^3}{h_m \times h \times S}$ h: h_m よりの絶対的 平均偏差 S: 山の間隔
J. Gaillard	平均粗さ: $S = \sqrt{\frac{a^2 + b^2 + c^2 + d^2 + \dots}{n}}$ 
久本	単位測定長さ(1mm)当りにつき凹みの最も深いものより一定数(nヶ)をとりその平均値をもつて粗さを表わす 即ち 粗さ = $\frac{h_1 + h_2 + \dots + h_n}{n}$ 

件で平面研磨して試験片とした。

なお乾研磨を行うとガラス面に熔融磨耗・ひび割れ等の現象が発生するので本研究に於いては常に冷却剤を用いることとし、その量もポンプの全能力を活用して乳化油 7l/min 宛注ぎかけることとした。

(3) 兩加工面の粗さ測定

日本光學式仕上面検査機⁽⁸⁾を用いて第5表及び第6表の試験片の粗さを縦 1000 倍・横 50 倍に擴大して測定した結果第1圖及び第2圖となつた。この粗さ記録を第4表に示した表面粗さの新定義に従い、假に $n=5$ とし整理すると第7表となる。なお平面研磨面には方向性があるので研磨面の粗さは研磨方向に對し直角な方向に測定することにした。

この結果金屬研削用の砥石そのままでもこれをガラス研磨に用いると砂掛け程度には仕上つてることがわかつた。

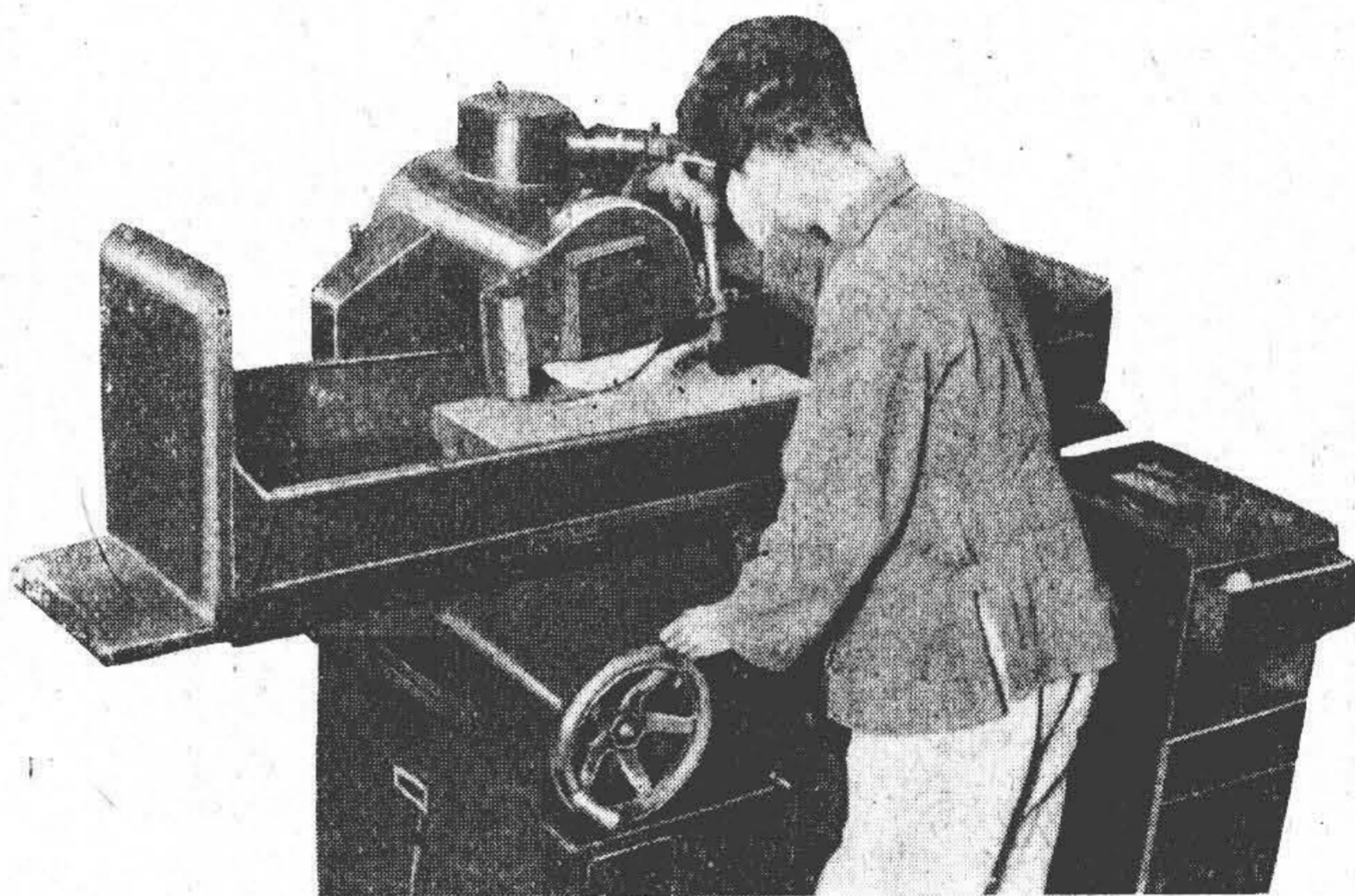
の特徴を比較する次の実験を行つた。

(1) ラツピング

水をラツプ液とし第5表の6種の試験片をレンズ磨きの熟練者にラツピングさせて比較実験に用いる試験片にした。

(2) 平面研磨

寫眞1のように Brown & Sharpe 油壓式平面研磨盤に、第6表に示す外径 250 mm の研削砥石を取付け、冷却剤として乳化油を使用し、研削速度 25m/sec・送り 5.5m/min の加工條



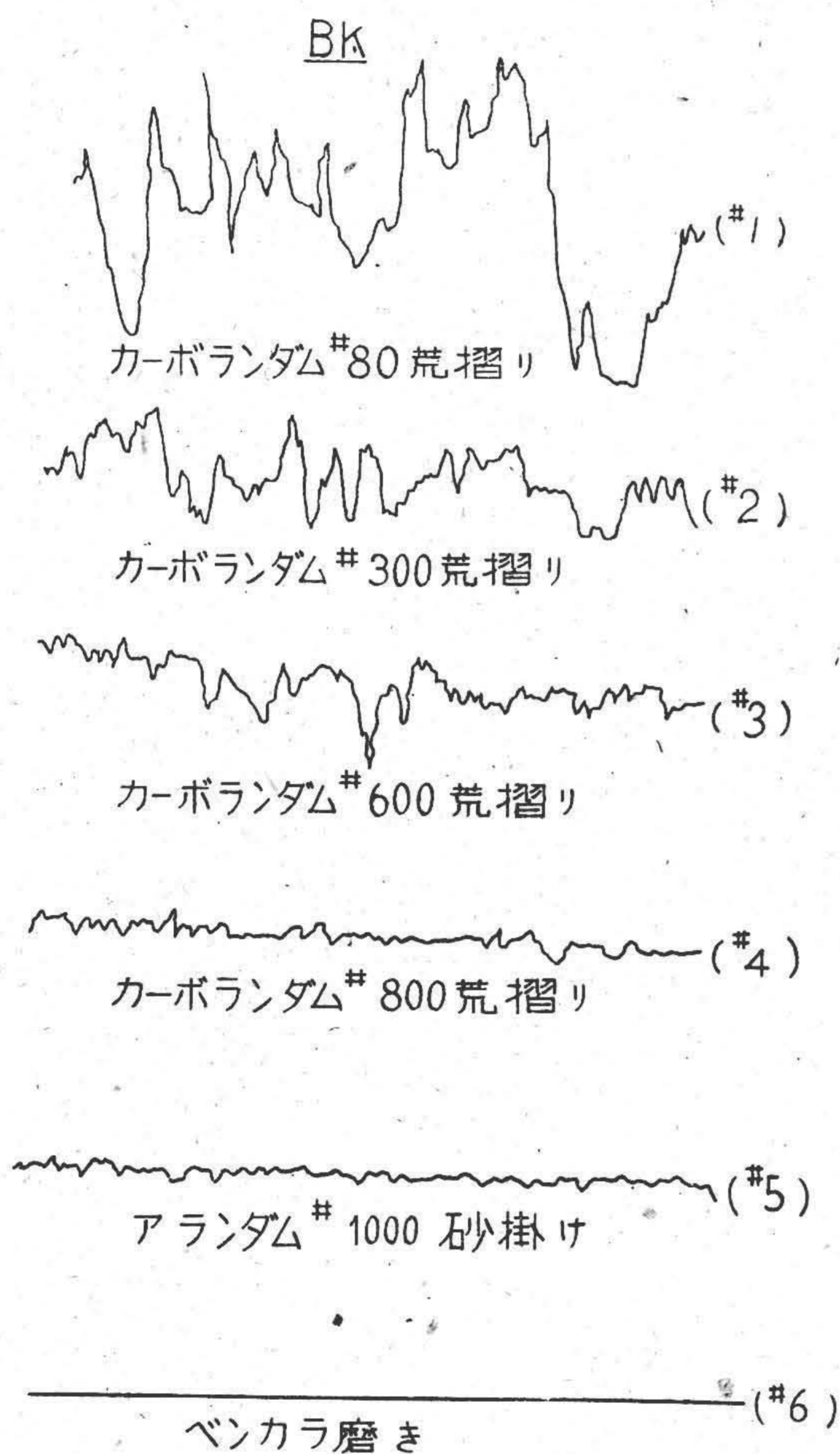
寫眞1 ガラス面の平面研磨
Photo. 1 Surface Grinding of Glass.

第5表 ラツピング試験片(BK)

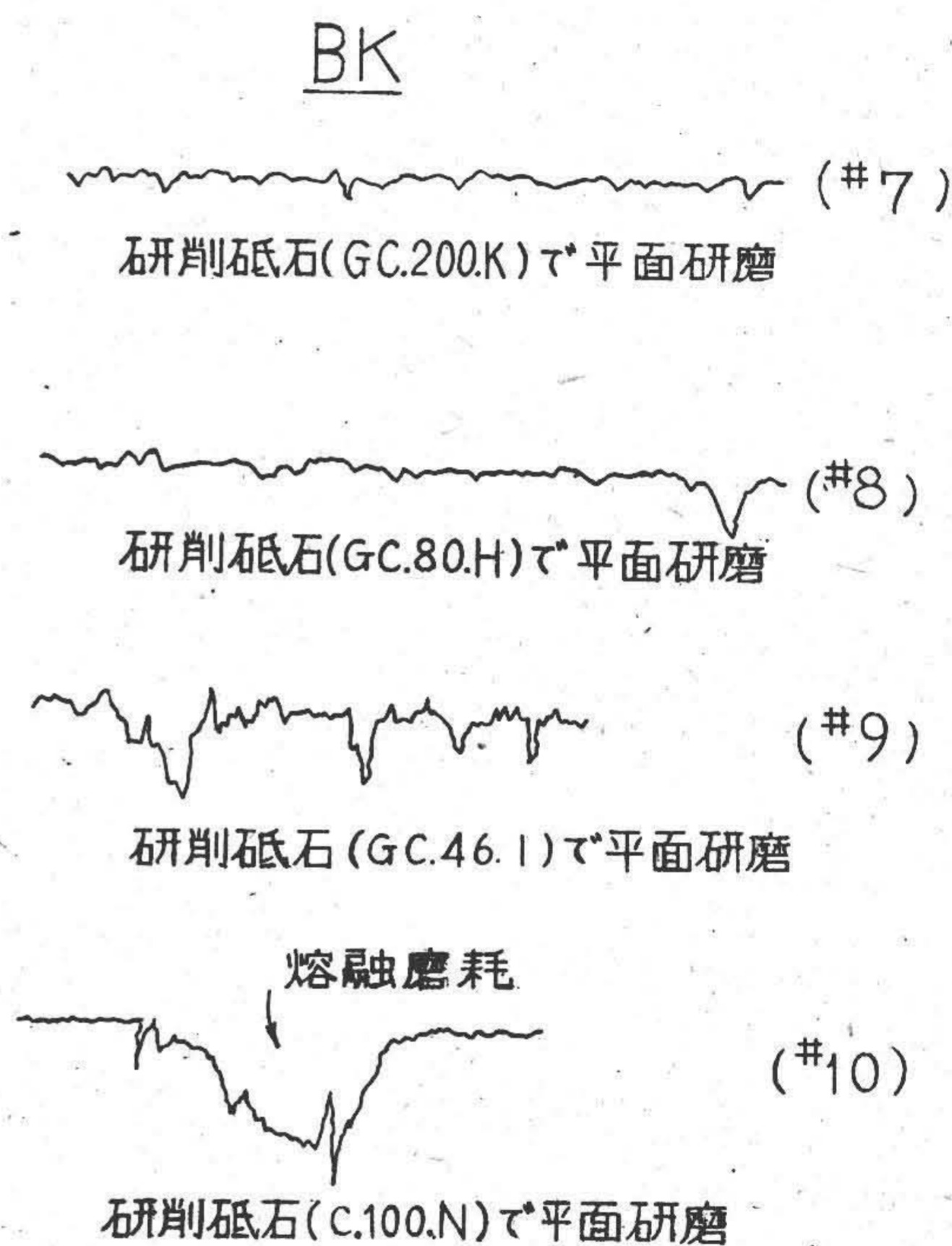
番 號	ラ ツ プ 劑	粒 度	ラ ツ プ 工 程	ラ ツ プ 板	研 磨 機
1	カーボランダム	# 80	荒 摺 り	鑄 鐵 皿	荒 摺 機
2	〃	# 300			
3	〃	# 600			
4	〃	# 800			
5	ア ラ ン ダ ム	# 1000	砂 掛 け	鑄 鐵 皿	手 磨 き
6	ベ ン ガ ラ	—	ベンガラ磨き(20分)	ピ ッ チ 皿	自 動 研 磨 機

第6表 平面研磨試験片(BK)

番 號	研 削 砥 石				
	砥 料	粒 度	結 合 度	結 合 劑	メ - カ -
7	GC	# 200	K	ピトリフアイド	日 本 陶 器
8	GC	# 80	H	〃	日 本 人 造 黒 鉛
9	GC	# 46	I	〃	三 德
10	C	# 100	N	ラバ-	三井鑛山・目黒砥石



第1圖 ラップ加工面の觸針法による粗さ記録
(日本光學式仕上面検査機)
縦×1000 横×50
Fig. 1 Roughness Record of Lapped Surface
by Tracer Method (Nippon Kogaku
Type Profilometer)
Vertical magnification×1000
Horizontal " × 50



第2圖 平面研磨面の觸針法による粗さ記録
Fig. 2 Roughness Record of Ground
Surface by Tracer Method

なお参考迄に第7表のラップ加工面の粗さとラップ劑の粒度との關係を圖示すると連續的關係があり第3圖のようになった。

〔VI〕 平面研磨面の特徵

平面研磨面とラッピング面とを比較すると第7表よりわかるように平面研磨面には目で見てもわかる程度の方

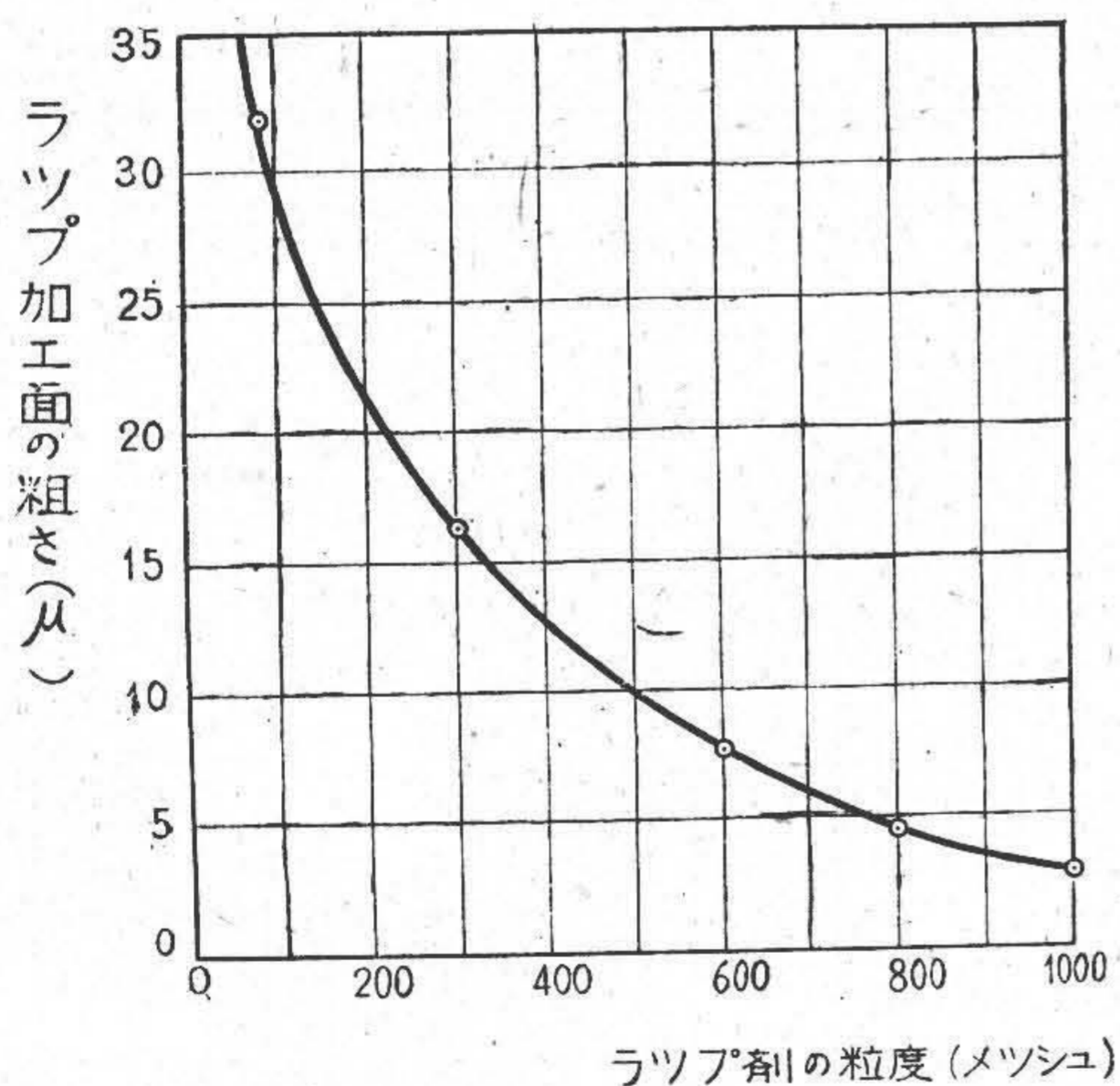
第7表 兩加工面の粗さ測定

番 號	加 工 法	ラ ッ プ 劑・研 削 砥 石	粗 さ (μ)	JES 粗 さ 表 示	加 工 面 の 特 徴
1	ラ ッ ピ ン グ	カ ー ボ ラ ン ダ ム # 80	32.0	40 S	方 向 性 な し
2	〃	〃 # 300	15.7	20 S	
3	〃	〃 # 600	7.6	10 S	
4	〃	〃 # 800	4.5	10 S	
5	〃	ア ラ ン ダ ム # 1000	2.5	4 S	
6	〃	ベ ン ガ ラ	0	1S又は 1S以上	
7	平 面 研 磨	GC・200・K	2.3	4 S	方 向 性 あ り
8	〃	GC・80・H	3.2	4 S	
9	〃	GC・46・I	7.7	10 S	
10	〃	C・100・N ラバー	(9.9)	10 S	方 向 性 あ り 熔 融 磨 耗

向性があり、又ガラス面が溶けてむしりとられたような傷即ち熔融磨耗を起すことがある。これらはガラスのラッピング面には一寸見受けられない特徴であり、次にこの2点について論及する。

とつて観察すると(写真2及び写真3にその一例を示す)、ラッピング面には方向性がないが平面研磨面には方向性があることがよくわかる。

この兩加工面の光澤度を第4圖のような構造の Goerz⁽⁹⁾ 光澤計⁽⁹⁾ を用いて測定することにした。光澤計の原理はガラスの被測定面に光を当てその正反射する光の強さを

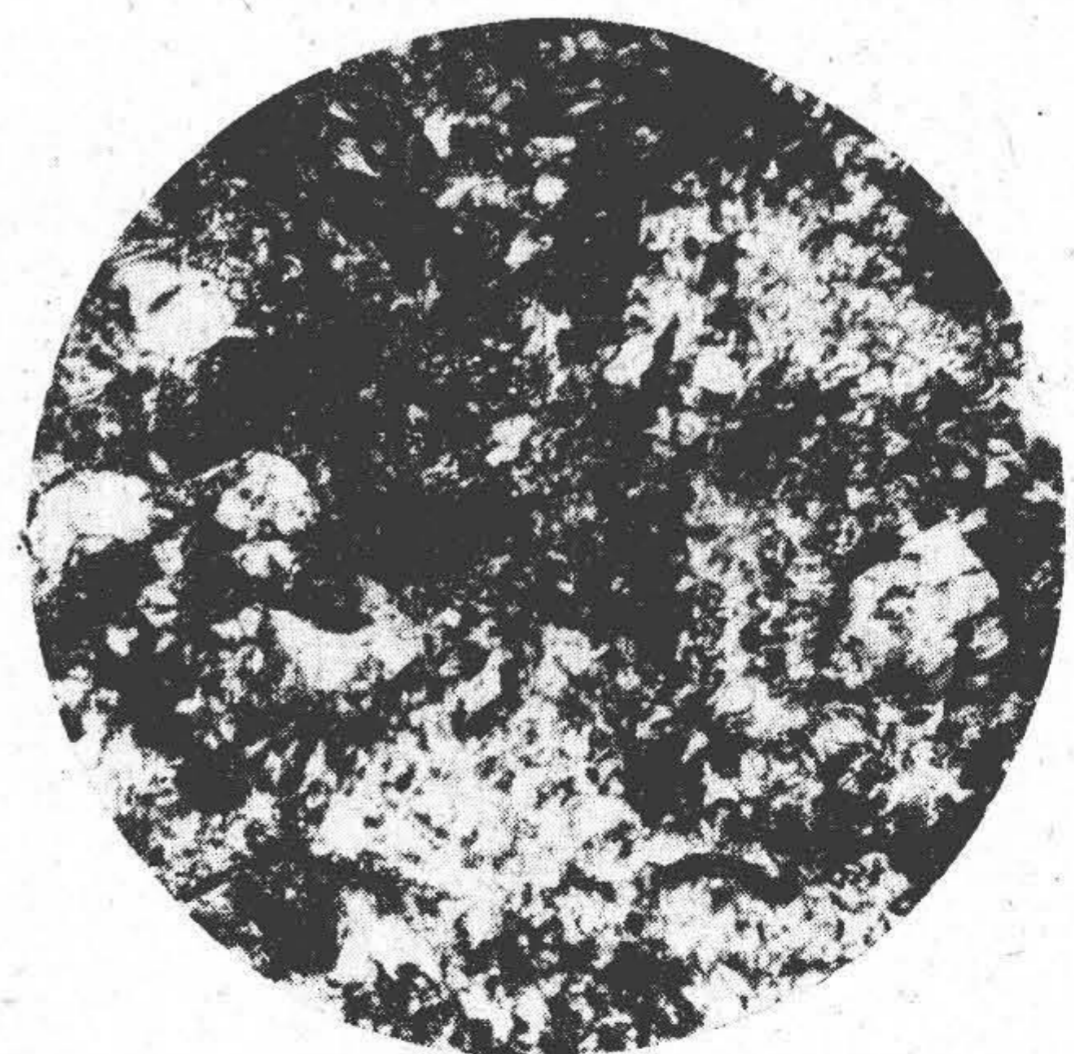


第3圖 ラップ面の粗さとラップ剤の粒度との関係 (日本光學式仕上面検査機)

Fig. 3 Relation between Roughness of Lapped Surface and Grain Size of Lapping Powder (Nippon Kogaku Type Profilometer)

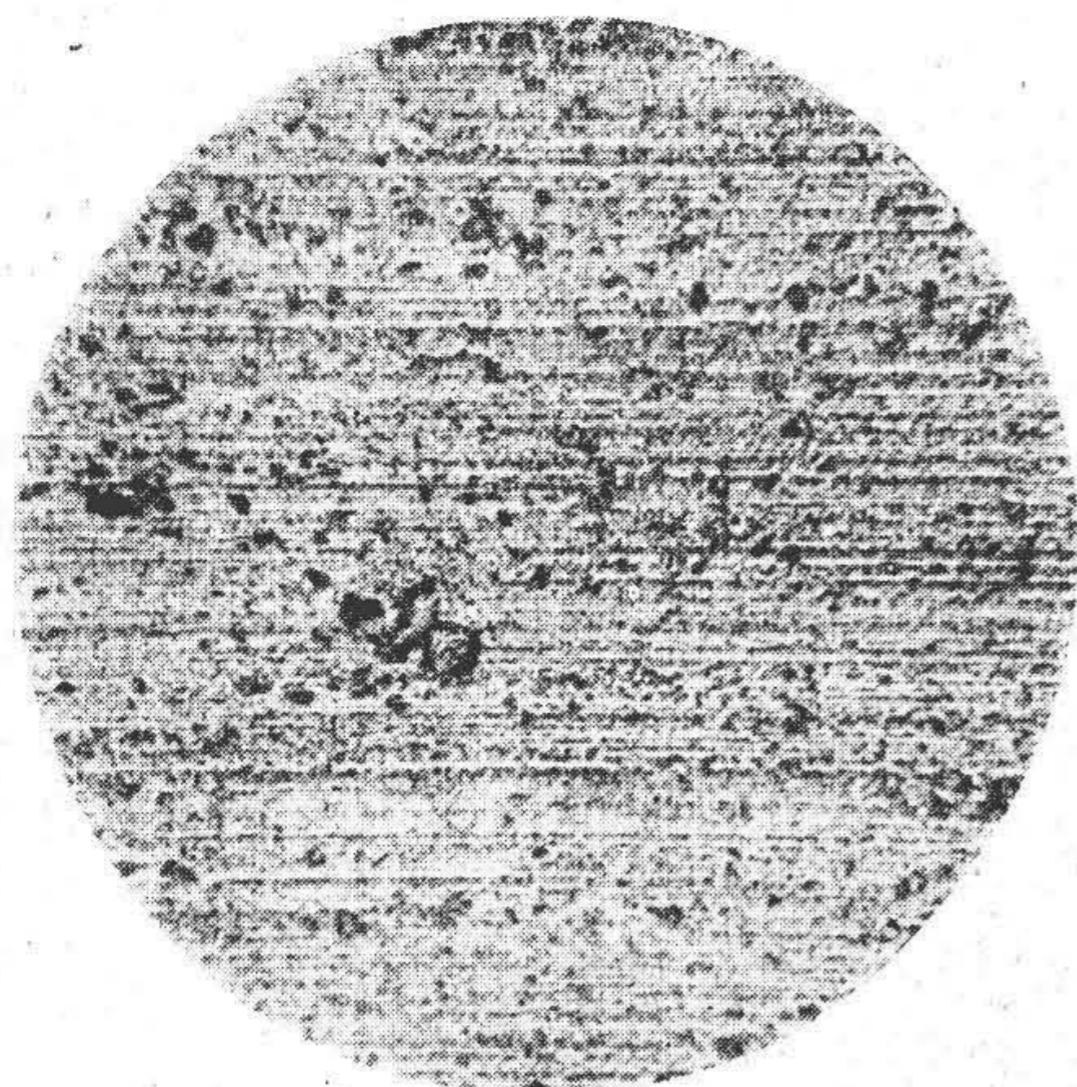
(1) 方向性

ガラスのラッピング面と平面研磨面とを顕微鏡写真に



寫 眞 2 ガラスのラッピング面 (硼硅クラウンガラス×50)

Photo. 2 Lapped Surface of Glass. (Borosilicate crown Glass×50)



寫 眞 3 ガラスの平面研磨面 (×100)
Photo. 3 Ground Surface of Glass.

(2)式によつて光澤度 G を算出する。

$$\log (G+1) = 0.001962 \cdot \alpha \quad (2)$$

そこで第 8 表の試験片の光澤度を測定し、その結果を第 5 圖に圖示した。

この圖表よりもラッピング面には方向性がなく、平面研磨面にのみ方向性が表われること、及び同じ平面研磨面でもガラスの種類と加工条件によつて光澤度にも大小の差のあることがわかる。

しかし平面研磨面には方向性はあつても殊更深い傷がある譯でもなく (第 7 表参照)、又平面研磨面を 2 時間ベンガラ磨きして仕上げたガラス加工面をメチールメタ

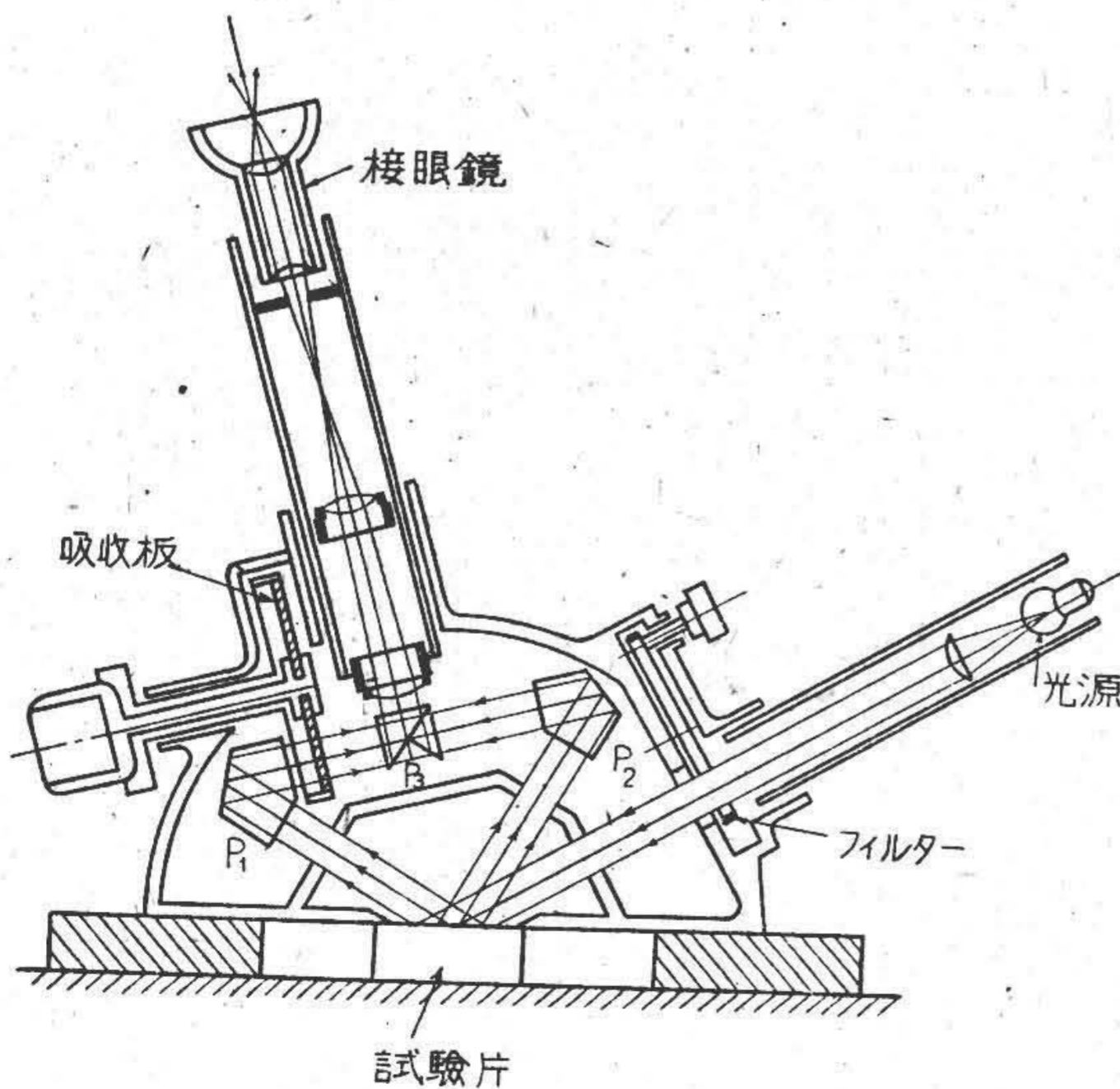
R、これと直角方向の亂
反射光の強さを D とする
と、

$$\text{光澤度 } G \equiv \frac{R}{D} \quad (1)$$

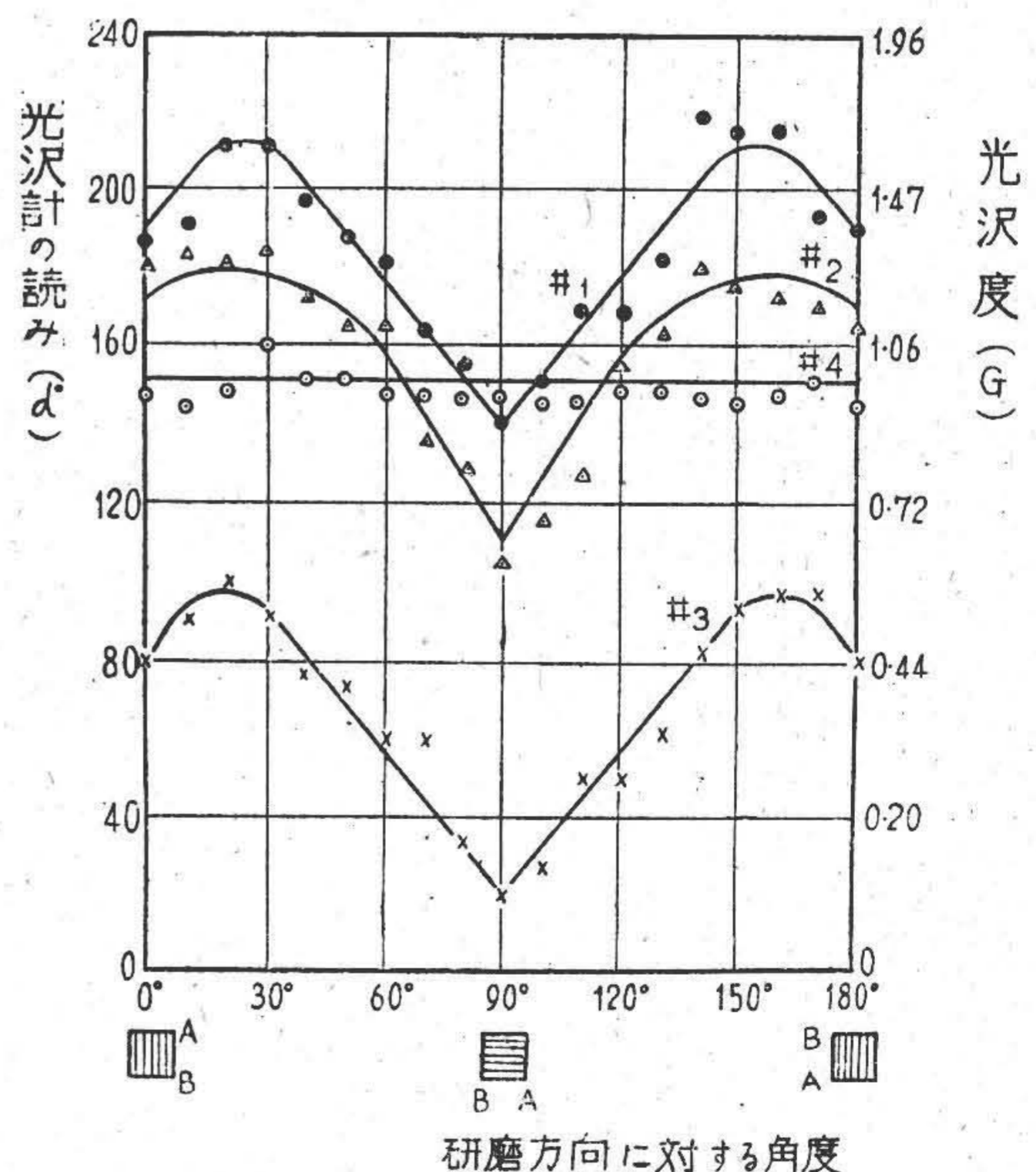
となる。実際にはこの R を各點で厚さの違う黒色ガラス製の吸収板を通して R=D となつたときの吸収板の廻轉角 α° を測り

第 8 表 光澤度測定用試験片

番 號	ガラスの種 類	加 工 法	ラップ劑又は研 削 砥 石	研削速度	送 り	機 械
1	BK	平面研磨	C・220・K (日本人黒)	17m/sec	2.3m/min	平面研磨盤 (Brown & Sharpe)
2	BK	〃	GC・200・K (日本陶器)	25m/sec	5.5m/min	
3	F	〃	A・220・L (日本人黒)	5m/sec	2.2m/min	
4	S	ラッピング	カーボランダム # 120	手 送 り		荒 摺 機



第 4 圖 Goerz 光 澤 計
Fig. 4 Goerz Type Lustre Meter.

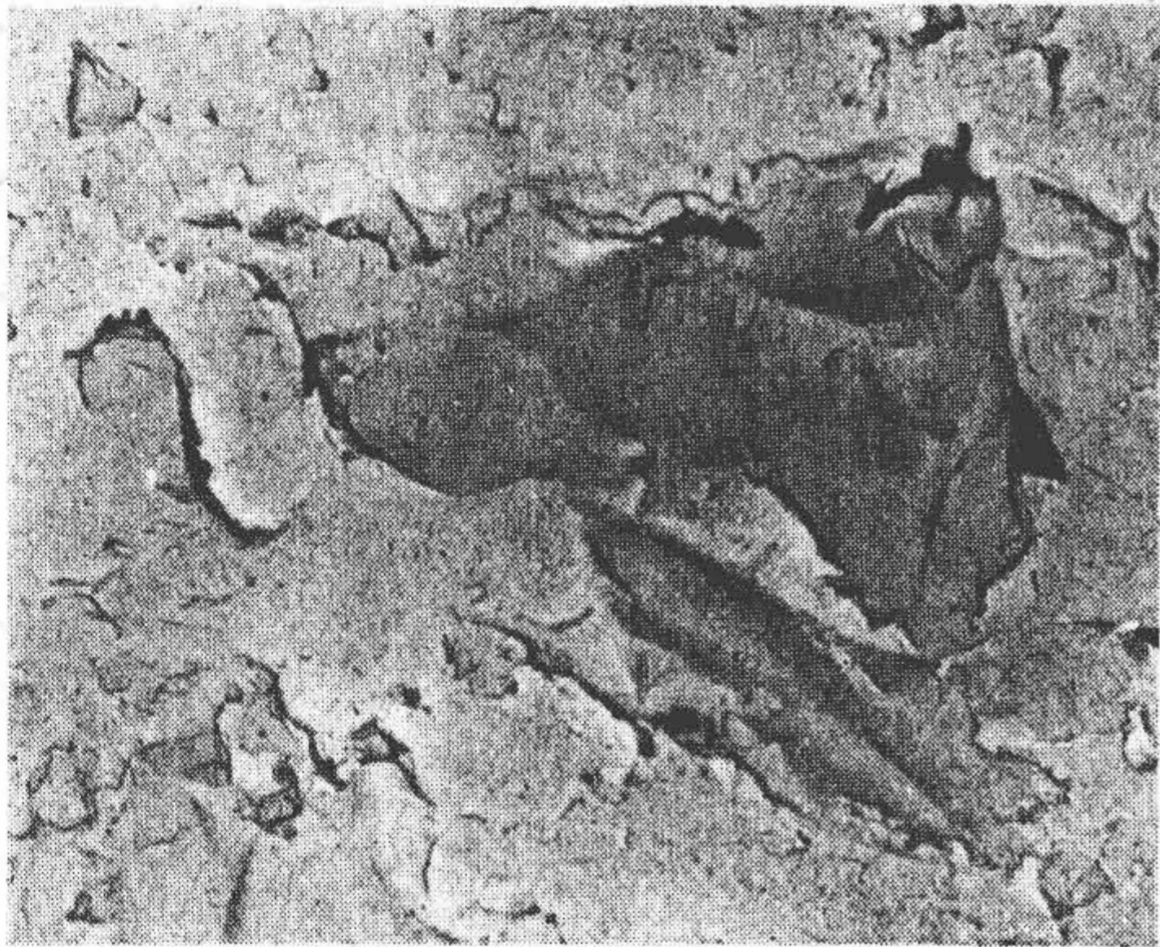


第 5 圖 ガラス加工面の光澤度測定
Fig. 5 Lustre Measurement of Glass Surface.

アクリル樹脂の2段転寫法を用いて電子顯微鏡寫眞にとつてみても（寫眞4及び寫眞5参照）砂目は残らないので方向性は平面研磨面の特徴ではあるが別に缺點とはならないといえる。

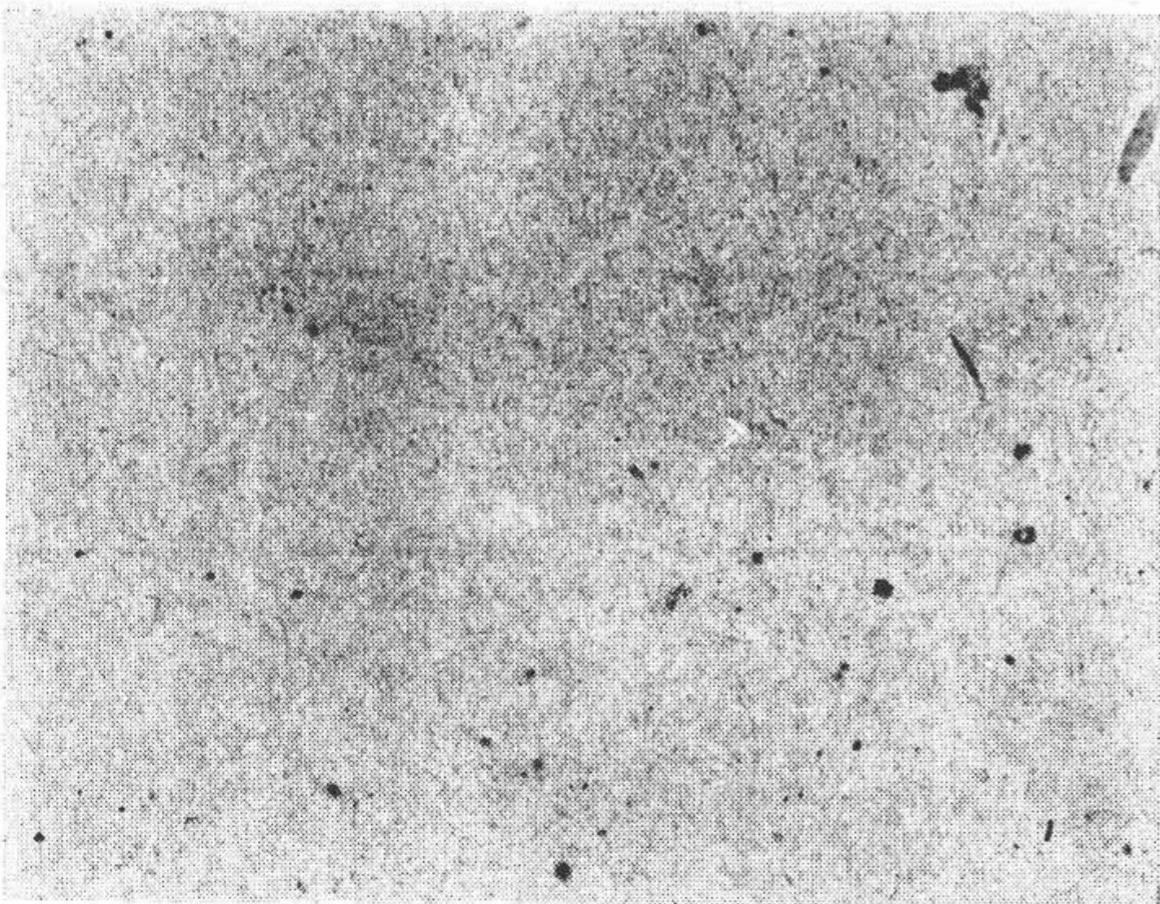
(2) 熔融磨耗

ガラスを平面研磨していると寫眞6及び寫眞7に見られるようにガラス面が熔けて砥石にくつき、ガラス面にはその表面層をむしり取られたような傷を残すことがある。この現象はどうして又どういふ場合に起るかを検



寫眞4 平面研磨面の電子顯微鏡寫眞 (×5000)
Photo. 4 Electron Microscope Photograph of Ground Surface. (×5000)

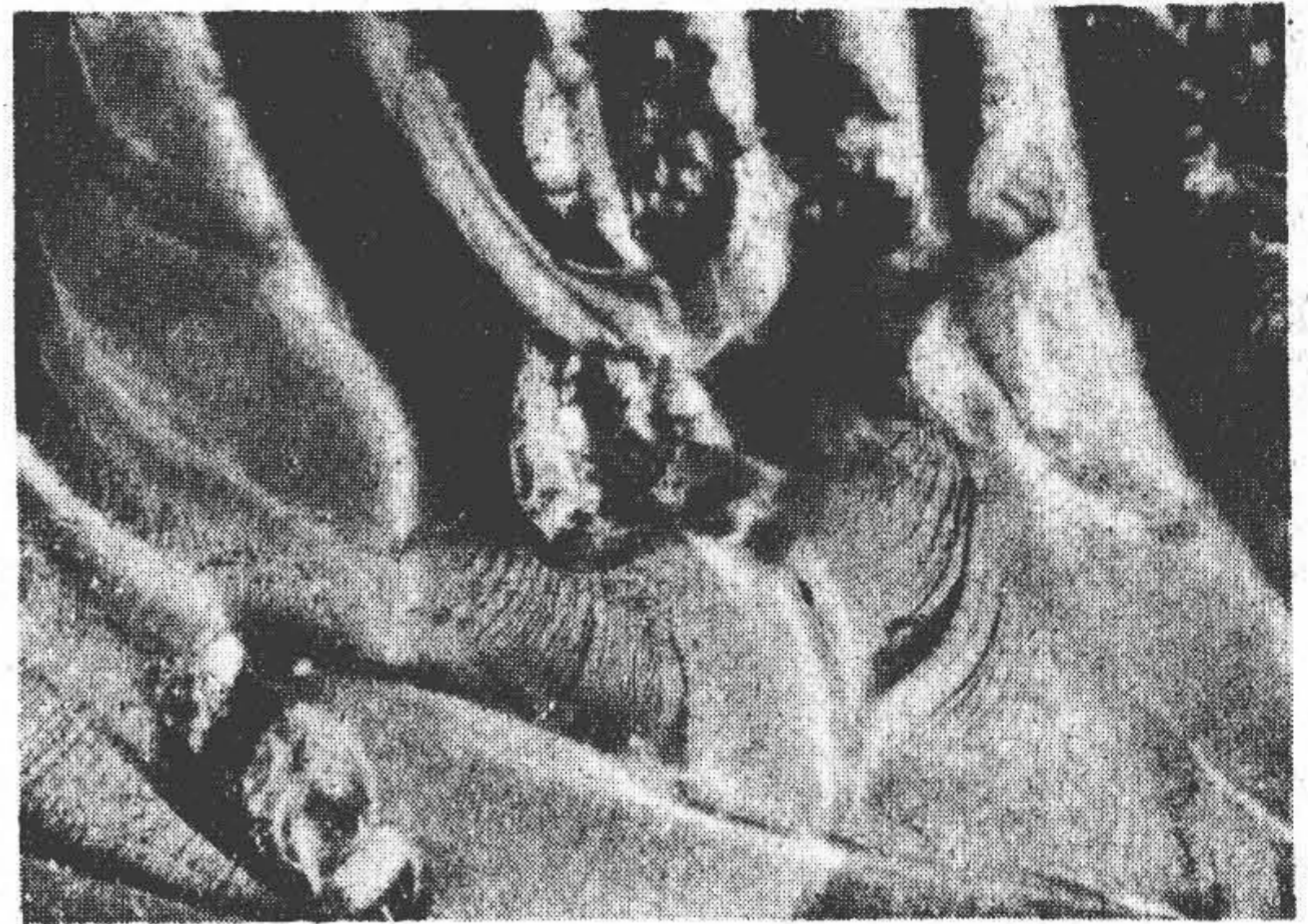
砥石 A 2.00.L	Grinding Wheel A. 220.L
研削速度 25m/sec	Grinding Speed 25m/sec
送り 15.5m/min	Feed 15.5m/min
乳化油 7 l/min	Coolant 7 l/min



寫眞5 ベンガラ磨き面の電子顯微鏡寫眞 (×5000)
寫眞4を2時間ベンガラ磨きしたもの
Photo. 5 Electron Microscope Photograph of Lapped Surface by Rouge (×5000)
Photo 4 Test Piece of lapped (2hrs).

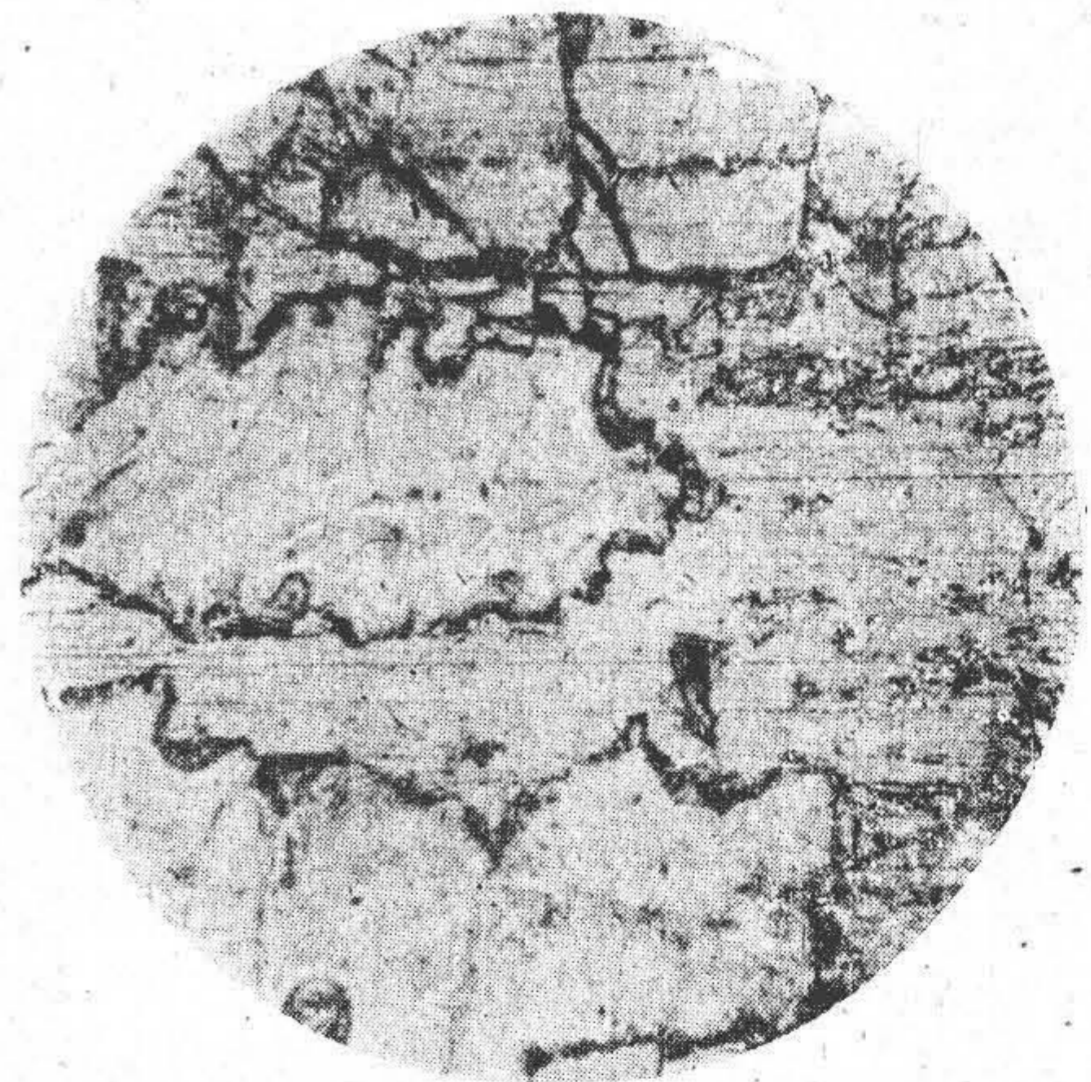
討するに當り、先ずガラスと鐵との熱的性質を比較してみると第9表のようになる。

次にラッピングと平面研磨の場合のガラス面に對する研磨劑の相對加工速度を考察すると、一般にラッピング



寫眞6 熔融磨耗面の一例 (×100)
ラバー砥石によるもの (C. 80. N)
透過光と反射光を併用して撮影

Photo. 6 An example of Molten Wear Surface. (×100)
Ground by rubber wheel (C. 80. N)
Photographed by transmitting and reflecting light.



寫眞7 熔融磨耗面の一例、ベトリフアイト砥石 (C.220・K) によるもの 透過光で撮影
Photo. 7 An example of Molten Wear Surface. (×100)
Ground by vitrified wheel (C.220・K)
Photographed by transmitting light.

速度は研削速度の十分の一又はこれ以下である。そのため平面研磨の場合には砥石による研削作用と共に砥石

第9表 ガラスと鐵との熱的性質の比較

熱的性質 (單位)	ガ ラ ス			鐵 類	
	BK	F	S	純 鐵	軟 鋼
熱傳導率 ⁽¹⁰⁾ (Cal ₁₅ /cm/sec)	2.39×10 ⁻³ (45°C)	2.04×10 ⁻³ (45°C)	1.72×10 ⁻³ (20°C)	0.148 (0°C)	0.116 (0°C)
軟化點 ⁽¹¹⁾ (熔 融 點) (°C)	610°C (實測値)	510°C (實測値)	610°C (實測値)	1530°C (熔融點)	—

○ 熔融磨耗發生

(小規模)

× 熔融磨耗發生せず

△ びり

□ われ

第13表及び第14表より
砥粒のこわれ易いカーボラ
ンダム系砥石の方がアラン
ダム系砥石よりも熔融磨耗

とガラスとの間の摩擦熱によつてガラス面の温度は局部的に急に上昇すると考えられる。ところが第9表に示すようにガラスは鐵に比べ熱傳導率が小さく、又ガラスは軟化點以上の温度では金屬の熔融點に於ける性質を表わし始めることはガラスと研削砥石との融着温度を測定する次の實驗によつて充分確認出来る。即ち BK・F・Sの3種のガラス試験片を研削砥石(WA・60・M)の側面上に並べて電氣爐に入れ、300°C迄は10°C/min 300°C以上は2°C/minの割合に温度を上げ、500°C以上になつたとき20°C毎に坩堝挟みでその融着状況を觀察し、同様な實驗を3回繰返した結果第10表を得た。

第10表よりガラスと砥石との間の融着温度を定めると第11表のようになる。

以上を綜合すると、ガラス研磨面のむしり傷は金屬の熔融磨耗現象⁽¹³⁾に相當するので、その名稱をそのまま用いガラスの“熔融磨耗”と呼稱することとした。

ところでこの熔融磨耗はどういう加工条件のときに發生するかを第12表の研削砥石で平面研磨した研磨面を目で見て調べることにした。

實驗はBK・F・Sの3種のガラスについて、冷却劑として乳化油7l/min、切込5μに一定して行つた。その結果を第13表及び第14表に示す。なお表中の符號を次のように定めた。

◎ 熔融磨耗發生

第10表 ガラスと砥石との融着温度の測定

温 度 °C	ガ ラ ス の 種 類		
	BK	F	S
500	異 状 な し	異 状 な し	異 状 な し
540	〃	〃	〃
560	〃	〃	〃
580	〃	僅かに粘着	〃
600	〃	粘 着	〃
620	僅かに粘着	融 着	〃
640	〃	〃	〃
660	粘 着	融着變形	〃
680	〃	〃	〃
700	融 着	〃	僅かに粘着
720	〃	〃	粘 着
740	融着變形	〃	融 着
760	〃	〃	〃

第11表 ガラスと砥石との融着温度

ガ ラ ス の 種 類	融 着 温 度
BK	620~700°C
F	580~620°C
S	70.0~40°C

を発生しにくいことがわかる。

ところで熔融磨耗は確かに平面研磨の特徴であるが、
— 大規模の熔融磨耗はガラスの“ひび割れ”の原因となるので勿論注意は要するが、— 荒研磨の場合に熔融磨耗が小規模に発生することは別に問題ではない。なお精

耗研磨に際しては熔融磨耗の発生しない加工条件を見出して研磨することが必要になってくるのでそれらについては續報に於いて充分検討して行きたいと考えている。

〔VII〕 結 論

以上を總括すると、

(1) 第7表より分る通り
研削砥石 GC・200・Kで平面研磨した面はアランダム #1000でラップ(砂掛け)した面の粗さに匹敵し、GC・80・Hはカーボランダム #800に、又GC・46・Iの研磨面はカーボランダム #600によるラップ(荒摺り)面に近似しており、この結果よりガラスの平

第12表 熔融磨耗の實驗に用いた研削砥石

番 號	砥 料	粒 度	結 合 度	メ - カ -
1	GC	200	K	日 本 陶 器
2	C	220	H	日 本 人 造 黒 鉛
3	C	220	K	日 本 人 造 黒 鉛
4	A	220	K	日 本 人 造 黒 鉛
5	A	220	L	日 本 人 造 黒 鉛

第13表 カーボランダム系砥石と熔融磨耗

研削速度 送り ガラス	砥石 (2) C・220・H			砥石 (3) C・220・K			砥石 (1) GC・200・K									
	10m/min			10m/min			10m/min			2m/min			0.5m/min			
	BK	F	S	BK	F	S	BK	F	S	BK	F	S	BK	F	S	
25 m/sec	◎	◎	◎	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
17 m/sec	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
5 m/sec	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×

第14表 アランダム系砥石と熔融磨耗

研削速度 送り ガラス	砥石 (4) A・220・K			砥石 (5) A・220・L								
	10 m/min			10 m/min			2 m/min			0.5 m/min		
	BK	F	S	BK	F	S	BK	F	S	BK	F	S
25 m/sec	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
17 m/sec	×	×	×	×	×	×	×	×	×	○	○	○
5 m/sec	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×

面研磨法は現在用いられているラッピング法の中荒摺り及び砂掛け作業には今直ぐ取つて代り得ることを示している。即ち金属の精密加工法の技術をガラス

加工法に導入することは充分成算のあることを證明し得たことになる。

(2) ガラスの平面研磨作業に當り電磁チャックを使用して能率よく研磨出来るようにガラスと鐵板との精密接着法を考案し、これを實用化したことも一大收穫である。

(3) ガラスの表面粗さの定義に當り、在來の粗さの定義の不備を補い、傷(砂目)を問題とする本研究の要求に添う方式を案出したのも本報告の新規性の一つである。

(4) 試験片ガラスの選定に當つては、現用のガラスより代表的 3 系統のガラスの品種を選び、それを組成分析及び歪・屈折率等の測定を行い取扱いを充分慎重にした。

(5) 平面研磨面に方向性のあることは研磨面を目で見ても直にわかるが、研磨面の光澤度を併せて測定して加工条件と光澤度との關係を求めた。しかし平面研磨面を 2 時間もペンガラ磨きすると全く傷がとれるので研磨面の方向性は實用上の差支えにはならない。又中央研究所の協力によつてガラス研磨面の電子顯微鏡寫眞を撮影したことは電子顯微鏡の應用という點より一大進歩といわなければならない。

(6) 熔融磨耗も又平面研磨面の特徴であるが、これは加工中の“ひび割れ”等の原因になるので出来る限り最小規模に止めたい。この熔融磨耗はガラスの熱傳導率の小さいこと、軟化點より上の温度ではガラスと砥石とが直に融着し易くなること、研削速度が大きいので砥石とガラスとの間に摩擦熱の發生すること等を考え合わせるとその生成の原因が推測出来る。ところでこの熔融磨耗はラバー砥石を用いるとき、カーボランダムよりもアラ

ンダム系砥料の研削砥石を用いるとき、研削速度が速いときに發生し易いことがわかつた。

終りに臨み本研究實施に當り終始御熱心な御指導を戴いた東大教授兼機械試験所長大越諄博士、御激勵と御援助と御助言とを戴いた眞島正市・菅義夫・馬場桑夫の諸博士及び日立製作所豊田取締役・兼先日立研究所長・中央研究所湯本・只野の兩博士・茂原工場宮城課長・及び終始熱心に實驗に當られた柿崎公男・角田珠吉・安岡修一の諸君に謝意を表わして筆を擱く。

なお本研究は日立製作所水戸工場精器工場内の日立研究所分室に於いて實施したものである。

参 考 文 献

- (1) 上田・太田; 硝子 15 (昭9)
- (2) 日立、8 卷 2 號、5. 6. 10 (昭21.7)
- (3) Schott 光學ガラス表
- (4) W. Morey; Properties of Glass 383. (1938)
(近似ガラス表より)
- (5) V. D. I.; Nr. 25 Bd. 80 20 (1936)
- (6) Werkstattstech. 24 565~566 (1939)
- (7) J. Gaillard; Machine Design Aug. (1939)
- (8) 明智; 機械及電氣, 4 卷 1 號 55~56
- (9) H. Schulz; Tech. Physik 5 135~140 (1924)
- (10) 理科年表 (1947)
- (11) 澤井・和田; ガラスの化學と工學 215 (昭24)
- (12) E. Zschimmer; Silikat Z. 2 129 (1914)
W. Morey; Properties of Glass 170 (1938)
- (13) 大越・坂井; 機械學會論文集 9 35 號 I.
67~85 (昭 18・5)