

光學用ガラスに就て

商工省大阪工業試験所 理學博士 高松 亭

(1940年十一月1日講演要項)

1. 緒 言

光學ガラスの製造は、我國の銘刀や銘陶の製作の如く、甚だ神秘的に、昔より考へられたものであるが、これに、獨乙イエナの住人たる偉人シヨットにより、種々な科學的メスが加へられ、今日の光學ガラスが大成された。

2. 光學ガラスとして要求さるゝ性質

光學ガラスは、文字通りに、光を取扱ふものであるから、普通のガラスと異り、甚だ嚴密な規格に適合するものでなければならぬ。其の要求さるる性質を列擧すれば、次の如きものである。

イ. 化學的の均質性、即ち、脈理無き事

ロ. 色無く、透明清澄なるべき事

ハ. 石なき事

ニ. 泡無き事

ホ. 物理的の均質性を有する事

ヘ. 風化耐久性強き事

ト. 光學的に要求さるる性質を有する事

イ. ロ. ハ. ニ. の各性質は、讀んで字の如きもので、要するに、光が何物にも亂される事なく、均等に透過する爲に必要な性質である。此の、均質なガラスを作る事が、實に困難な仕事であつて、光學ガラスの製造が、神秘と迄、考へられた所以である。

ホ. 物理的の均質性 これは、鑄鐵等と同様に、ガラス中の分子間に、ストレインがあつてはいけないと云ふのである。ストレインがあつて、分子間に粗密の違ひがあれば、光は所謂“遍光”となつて、均質性を失ふ。製造したばかりのガラスは、必ずストレインのあるものであるから、これを除く爲に、甚だ精密なアンニールをやる。

ヘ. 風化耐久性が強い事 これが大きな問題である。現下、兵器に於ても、この耐風化性弱きための、光學ガラスの曇り、即ち光學兵器の曇りは、大きな惱みになつてゐる。光學ガラスは、他のガラスと異り、前述の各性質並びに、要求される光學的の性質を持たしめねばならぬ。たゞ、單に、耐風化性をもたすだけなら、何でもないが、こゝに非常な困難がある。

ト. 光學的性質 光學ガラスと云ふからには、この性質が重要である事は、

勿論である。ガラスは、その調合の如何によつて、種々な、變つた屈折や分散を示すものである。この各種の光學的性質を持つ各種のガラスを組合せて、双眼鏡や顕微鏡や寫眞機のやうな光學系をつくるのである。

色収差、球面収差、コマ、非點収差、像の歪曲、像の彎曲等の、各収差を除くべく、適當な厚みの適當なカーブの何枚かの異つた種類のガラスによるレンズを甚だ面倒な設計によつて組合せるものである。

光學的性質の違いによつて、外見は殆んど變らぬガラスも、二百種に上る種類があるものであつて、大體次の各種に大別する。

光學ガラスの種類

種類	附號	主成分
弗珪クラウン	F K	B_2O_3 , F
燐酸クラウン	P K	B_2O_3 , P_2O_5 , Al_2O_3
重燐酸クラウン	PSK	B_2O_3 , P_2O_5 , Al_2O_3
硼珪クラウン	B K	B_2O_3 (BaO, ZnO)
輕バリウムクラウン	BaLK	BaO, B_2O_3 , ZnO
クラウン	K	CaO, BaO, ZnO, Al_2O_3
亞鉛クラウン	Z K	ZnO, B_2O_3
バリウムクラウン	BaK	BaO, ZnO (B_2O_3)
重バリウムクラウン	S K	BaO, B_2O_3 , Al_2O_3 , ZnO
クラウンフリント	K F	PbO, CaO, ZnO, BaO
輕バリウムフリント	BaLF	BaO, PbO
特重クラウン	SSK	PbO, BaO, ZnO
特輕フリント	LLF	PbO (CaO) (ZnO)
バリウムフリント	BaF	BaO, PbO, ZnO
輕フリント	L F	PbO
フリント	F	PbO
重バリウムフリント	BaSF	PbO, BaO (ZnO)
重フリント	S F	PbO
クルツフリント	KZF	Sb_2O_5 , B_2O_3 , Al_2O_3

註 主成分中、 SiO_2 , Na_2O , K_2O は、あらゆる種類に含まれるものなれば、表に略せり。

3. その創製と發達の經過

眞の意味の光學ガラスが創製される迄は、光學的研究には忍んで粗惡な普通ガラスが使用された。眞の光學ガラスは、瑞西人ピエール・ルイ・ギナン(Pierre Louis Guinand)によつて1800年に至つて作られた。彼れの秘法は其の息子に傳へられた。その息子の一人アンリ I (Henry) は現在の佛蘭西唯一の光學ガラス工場であるパラマントワ (Parra-Mantois) 工場の始祖である。英國唯一

の光學ガラス工場たるチャンス・パーソン會社は、彼れの共同者であつたボンタン (Bontempo) によつて、その秘法を傳へられたものである。獨乙の有名なイエナのショット工場は、これより後、1882年にオト・ショット (Otto Schott) が、ガラス研究所を作つたのに始つたものである。

佛、英の工場が、創立は、ずつと古かつたにも拘らず舊態依然たる間に、オト・ショットは科學的に整備された實に偉大、廣汎な研究を行つて、今日の光輝ある光學ガラスを完成したのである。

ショット以後の進歩は、彼により殆んど極度迄完成されたので、甚だ遅々たるものである。

4. 戦争と光學ガラス

光學ガラスは、其の始めは、純學術研究のために切に要望されて出來たものであるから、今日、戦の野で最も重要なものにならう等とは、其の創製者は夢にも考へなかつたであらう。然し、現今では、巨艦の眼であり、巨砲の眼であり、航空機の眼である。前歐洲大戰當時、獨乙を除き甚だ心細い状態にあつた、各國共に現今では、大いに整備してゐる。今次大戰の試練を経て、光學ガラスの技術が如何に生長するであらうか。

5. その製造法

光學ガラスの製造順序は、次の通りである。

光學ガラス製造順序

1. 坩堝製造
2. 坩堝炙り (熔融爐中にて行ふ)
3. 温度上昇
4. 坩堝焼締メ
5. 原料装入 ← 混和 ← 秤量 { 珪砂, 炭酸ソーダ, 炭酸カリ, 亞鉛華, 炭酸バリウム, 炭酸石灰, 酸化アンチモン, 硼酸, 光明丹, 硝酸カリ, アルミナ
6. 熔 融
7. 攪 拌
8. 冷 却
9. 坩堝破壊原塊取出
10. 選 塊
11. 型 入 レ (角塊とす)
12. 兩端面研磨
13. 精 査
14. 不良部分切斷
15. 除 冷 (アン=ール)
16. 製 品

製造順序は、大體、前表のやうであるが、簡単に説明すれば、第一に坩堝を作る。これは約1珽以上のガラスを容れるもので、國産の粘土各種を以て製造する。これを熔融爐に容れて、龜裂が入らない様に、極く徐々に豫熱し、ついで高温に溫度を上げ、1500度以上に燒き締める。その上で、調合された原料を装入して、これを熔融し、溫度を上げて、泡をとり、光學ガラス獨特の操作である“攪拌”を行ふ。これは、粘土の棒で行ふもので、ガラス中の脈理を無くして、均質にする爲、行ふものである。攪拌が終れば、窯の火をとめて、ガラスは坩堝に入つた儘、極く徐々に冷却する。常溫近く迄、約10日を要するものであるが、常溫近く迄冷めたら、坩堝を取り出して、これを破壊して、中のガラス原塊を取り出して、この脈理のない良好な部分のみを選塊して、これを四角にする爲、粘土の型に入れて、850度から900度に熱する。ガラスは、柔くなつて、自重によつて型に入る。この角塊の兩端を、研磨機で磨いて、中を透視出来るやうにして、光を透して、その不均質部分を精密に検査し、不良部分は切斷機で切つて、除いて、良好な部分のみを、アン=ールする。これは、自動溫度調整装置付きの電氣爐を使つて、極く精密に行ふものであるが、大きな塊の如きは、數ヶ月を要する場合があらう。

斯くして、製品を得るのであるが、優秀な技術をもつ工場でも、其の收率は平均20%に過ぎないもので、熔融ガラスの八割は廢棄せねばならぬ。

6. 今後の豫想

光學ガラスの新種は、超高温が自由に得らるるやうになり、製造方法の完全なる革新が行はれない限り、望み薄であるが、收率を増し、更らに優良なる品質のものを得る事には、今後、大いに努力さるるであらう。今次大戰の經驗によれば、光學ガラスの需要量は、驚くべき數字であるから、今後、何とかして大量生産の方向へ進むべきであらう。

7. 結 言

光學ガラスも、他の各種材料と同じく、我國では外國の跡を必死に追つたに過ぎぬ。今後、水準を越へる爲めには、今迄に十倍する人と努力が必要であらう。(終り)

ケプラが1620年に著した「換算表」といふ書物は、對數表の發明者ネイピアに捧げられてゐて、その口繪には、ガリレオの望遠鏡、ケプラ自身の發見した橢圓形の遊星軌道、コペルニクスの太陽系の圖等が書いてあり、それに、圓の半徑の半分の自然對數を、自分の頭上に、後光の形にくつつけたマネキン嬢(?)が描いてある。これは當時の新興科學(數學を含む)の全野を遺憾なく象徴してゐる。(吉岡修一郎著“數のユイモア”より)