ら炭素，ケイ素の吸収効果が推察される。

(3) 鉄含有量少量試料に生ずる強調効果 耐熱鋼試料は他鋼種に比し，モリブデンの補正をおこなつても高値を示す。実験に使用した標準試料の鉄は 90% 以上に対し，耐熱鋼試料 NBS 1187, 1184, 1185 の鉄量は 40%, 80%, 70% である。P $K\alpha$ 線 (6 Å) の質量吸収係数は P: 245 に対し Fe: 1400 であるため，耐熱鋼試料は見かけ上強調効果があらわれていると推察される。

3.4 検量線と分析誤差

検量線はモリブデン，鉄，炭素，ケイ素などの共存元素の影響を考慮して作成した。Table 4 に示すように炭素鋼-低合金鋼，銑鉄および全鋼種共通検量線別に分析誤差を検討したもので，銑鉄試料はケイ素，炭素が未補正のため，炭素鋼-低合金鋼試料に比し誤差が大きく，全鋼種共通検量線では本法は旧法に比し分析精度が 2~3 倍向上した。さらに定量限界について，旧法では 0.010% であったものが，本法では 0.0015% となり，1 桁向上した。また本法では 0.5% のモリブデンに対しリンの定量値に 0.005% の正誤差を与えたので，モリブデン 0.5% 以上の試料に対し，リンの定量値に補正をおこなつた。

3.5 分析感度向上に対する知見

蛍光 X 線分析の分析感度向上には，X 線管球励起条件・スリット巾・分光結晶および検知器の選定が必要で

あり，その要因として測定線と近接線との分離と線強度の向上が考えられる。近接線の分離はスリット巾の狭いもの，分光結晶の分散度の大きい種類の選定が常法であるが，Table 2 に示すように管球の選定により妨害元素の強度を減じることと可能と考えられる。また測定線の強度の向上は適性波長域の検出器を選ぶのは当然であるが，分光結晶の分散度の小さい種類，適性波長域に相応した管球，および Fig. 2 に示すように管電流をできるだけ大きくとる励起条件を選ぶことが考えられる。

4. 結 論

クロム管球，分光結晶 PET を使用して蛍光 X 線分析による鉄鋼中のリンの定量をおこなつた結果，定量限界 0.0015%，平均誤差 0.0029%，標準偏差 0.0034% であった。これを先に報告したタングステン管球による場合と比較すると X 線強度は約 6 倍，分析精度は 2~3 倍，定量限界は 1 桁向上したことがわかつた。

また共存元素の影響として，P $K\alpha$ 線に Mo L_{α} 線の近接。炭素，ケイ素の吸収効果により銑鉄試料は多少分析精度が劣り，耐熱鋼試料は鉄含有量が少ないため，見かけ上の強調効果があらわれた。モリブデンの補正については 0.5% 以上の試料について補正式を作り満足できる結果がえられた。

長谷川：型板ガラスの透過光度測定について

型板ガラスの透過光度測定について

長 谷 川 泰*

(昭和 41 年 3 月 28 日受理)

Measurements on the Transmissive Luminous Intensity of Figured Glasses

Yasushi HASEGAWA*

* Research Raboratory of Central Glass Co., Ltd.
(2805, Imafuku-Nakadai, Kawagoe-shi, Saitama-ken, Japan)

Transmissive luminous intensity of commercial figured glass was measured by a goniophotometer and the light diffusion characteristics were discussed with the goniometrical curves obtained. It was found that curves depend on the pattern of figured glass. Numerical representation of curves by a statistical method was attempted, and the degree of diffusion was classified by the numerical values.

* セントラル硝子株式会社研究所 (埼玉県川越市今福

中台 2805

1. 緒 言

市販されている型板ガラスの多くは、片面に連続模様を製板時に、ローラーでつけたもので、他の面は模様のないなめらかな面（滑面）である。型模様によるガラス面の凹凸で透過光に拡散特性を与えると共に、透視性を低下させている。

形板ガラスの透過光については、ウルブリヒト球を使用し、全透過率を求めた例が知られている¹⁾。しかし透過光の拡がり、拡散特性を数値的に示した例はないようである。そこで本報告は型板ガラス面に垂直入射した平行光束の、透過側における光度分布を変角光度計で測定し、その結果をまとめたものである。

2. 試料、測定装置ならび測定方法

測定に供した型板ガラスは 23 種類で、いずれも片面にのみ模様のある市販品である。厚みにより 2 mm の

Fig. 1. Optical system of goniophotometer

Q : Light source, tungsten filament lamp. 6V, 5A.

Sp₁ : Slit, 10 mmφ.

Sp₂ : Slit, 20 mmφ.

Sp₃ : Slit, 30 mmφ.

F₁ : Interference filter. $\lambda_{\max}=544$ nm; $T_{\max}=35\%$; $\delta\lambda_{1/2}=10$ nm.

F₂ : Neutral density filter. T-50, -25, -12.5 (%) optionally used.

L₁, L₂ : Lens. 225 mmφ, $f=225$ mm.

G : Sample. 300×300 mm large. Diameter of illuminated area: 150 mm. Flat side of figured glass against incident luminous flux vertically set.

Sp₄ : Slit, 2 mmφ.

SPD: Silicon photoelectric diode. 20 mm. (Hayakawa Electronic Co., Ltd.)

R : Recorder. EPR-2T (Towa Electronic Ltd.).

ものを薄型板（うすかたいた、Sで示す）、4 mm のものを厚型板（あつかたいた、Dで示す）に分けた。他に金網入りの型板ガラスがこの中に含まれ、これの厚みは約 7 mm (DD の示す) である。また比較のため厚み 6 mm の磨板ガラスと、厚み 1.9 mm の摺板（すりいた）ガラス*をも測定に供した。試料の大きさは 30×30 cm であった。

型板ガラスの光線透過特性を測定するに当つては型模様と比較し充分な大きさの断面をもつ光束を使用する必要がある。ここでは直径約 150 mm の平行光束を使用した。

つぎに型模様面を光束の入射側におくか、透過側におくかで、透過光の光度も若干異なる。此処では型板ガラスの実用例にならって、型模様面を透過側に、滑面を入射側においた。

また型模様に方向性のある場合には、透過光の光度分布も方向性を示したので、測定時における模様の方角と受光器の回転面（測角面）とが一致した場合を（H）、直角な場合を（V）で区別して示すことにした。模様の配列に方向性のない場合はこの必要がないので一つの測定例のみ示した。

Fig. 1 に、測定に使用した試作変角光度計の光学系の概略図を示す。この光度計により、型板ガラス（30×30 cm）の滑面側に直径約 150 mm の平行光束（中心波長 545 nm とする緑色光）を垂直入射させ、反対側の模様面より射出される透過光束について、光軸を中心に 5° 間隔で ±70° の範囲にわたり光度分布を測定した。

光度分布は受光器スリットにより制約される受光光束による照度測定から得られるもので、ここで示す光度は相対的な値である。

円形光束の光源側、受光側の開き角は約 2° である。

受光器の光電変換素子による電気的出力は記録計に接続しデーターの整理を容易にした。入射光度と記録計の電圧（mV）指示との関係は記録計の感度切換（5, 10, 25, 100 mV）と、受光器への入射光をフィルター（透過率 50, 25, 12.5% の ND フィルター）で減光することを併用して、 $1:10^3$ の範囲で直線性を保持した。また角度は受光器をモーターで定速回転（20°/min）させ、その変角度は記録紙上にマーカーで 5° 毎にチェックした。記録紙の送り速度は 60 mm/min とした。

3. 測定結果と考察

3.1 対変角透過光度分布曲線と型模様

1) W. Eitel, M. Pirani und K. Sheel: Glastechn. Tabellen. S. 502~505, 1931.

* 一般にくもりガラスと呼ばれている普通板の片面を研磨材で砂摺した板ガラスである。

供試板ガラスの透過光における拡散状態を対変角半対数極座標表示で Fig. 2~5 に示す。同時に測定条件下に透過側より撮影した型模様の写真をもあわせて示す。

Fig. 2 に示すものは供試板ガラスのなかで、拡散の比較的大きい例であり、Fig. 3 に示すものはついで大きなものである。Fig. 4 には方向性のある型模様とこれに他

の模様を組み合わせた例を示す。Fig. 5 には拡散の小さな例を示すもので、その内 1 例は磨板ガラスである。なお比較のため測定した摺板ガラスは拡散が大きく、Fig. 2 に示してある。

極座標による実測の対変角光度分布曲線が示すように板ガラスの拡散光は光軸に対し $\pm 20^\circ$ から 50° 以上の

Fig. 2-1

Fig. 2-2

Fig. 2-3

Fig. 2-4

Fig. 2-5

Fig. 2-6

Fig. 2. Goniometrical curves and patterns of glasses measured

Fig. 3-1

Fig. 3-2

Fig. 3-3

Fig. 3-4

Fig. 3-5

Fig. 3-6

Fig. 3. Goniometrical curves and patterns of glasses measured

領域で、光度が急激に低下し、閉曲線となる。完全拡散の場合にはこの表示法にしたがえば半円形になるはずである。

比較的拡散の大きな例では丸みをおびた楕円形に近く、拡散が小さくなるにしたがつて丸みが少なくなり、

磨板ガラスに見られるように細長い、光軸近傍の尖った曲線形（紡錘形）を示す。方向性のある模様では板に対する方向により拡散の度合が異なる。このようなものの中に拡散の最も大きな例が見られる（試料 No. 21(V)）。この場合でも光軸方向の強度を1とすれば、光度1/2の

Fig. 4-1

Fig. 4-2

Fig. 4-3

Fig. 4. Goniometrical curves and patterns of glasses measured

Fig. 5-1

Fig. 5-2

Fig. 5. Goniometrical curves and pattern of glasses measured

所は 30° 近傍, $1/10$ の所は 65° である. 他の型板ガラスでは 20° 以内で $1/2$, $30 \sim 50^\circ$ で $1/10$ 以下に光度が低下する.

これら型板ガラスの透過光の光度分布曲線は窓に型板ガラスを使用する際, 壁の反射を考えない室内空間における光度分布を知る手がかりとなろう.

分布曲線中には部分的に変形を生じているものがある。これらは1例を除いて、型模様が大型の模様と小さな模様の組み合わせか、方向性のある模様について見られる。大形の模様小さな模様を組み合わせたものでも曲線が紡錘形をとり、局所的な変化を示さない場合もある。拡散特性が組み合わせるべき模様は左右されることは明らかなことである。

3.2 分布曲線の解析と拡散度分の種類

型板ガラスの透過光度分布を、ガラス面に垂直な光軸方向を原点にとりその左右における変角度を横軸に、それに対する光度を縦軸にとつて示すと、多くは鐘型の曲線型となる。このような鐘型分布曲線は統計学的に正規分布曲線と呼ばれる。Gaussの誤差曲線として知られるものはこれの特殊例で標準正規分布曲線として区別されている。今これらの曲線について、変角度(x_i)が等間隔であり、これに対する光度を $f(i)$ 、測定点の総数を n とすれば、次式から求められる標準偏差(σ)やとがり(α_4)はそれぞれ変角度に対する透過光度の度数分布を示す重要な尺度になる。

$$\text{標準偏差, } \sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n f_i (x_i)^2}{\sum_{i=1}^n f_i}},$$

$$\text{とがり, } \alpha_4 = \frac{\sum_{i=1}^n f_i (x_i)^4}{\sum_{i=1}^n f_i \sigma^4}$$

標準偏差(σ)は分布曲線のひろがりを、とがり(α_4)はとがり具合をそれぞれ数値的に示すことができる。 α_4 は曲線自身がとがった場合程大きくなり、頂部の低い末広がりの場合には小さくなる。 σ は曲線が広がるほど大きくなり、 α_4 とは逆の傾向を示す。

拡散特性を光度分布曲線のひろがりの大小から示す場合、その数量表示には、 σ と $1/\alpha_4$ で示すと都合がよいのでここではこれにしたがつて示すことにする。

Table 1 に供試板ガラスの分布曲線について得られた標準偏差ととがり逆数値を示す。

すでに述べたように試料により、その分布曲線が部分的に変形し、厳密には正規分布形をとらないものがあるがこれらの曲線についても一様に統計学的解析を行なつた。

ガラス面などの反射における光度分布についてのこの

ような統計学的解析は I. Nimeroff²⁾, A. Dinsdale と F. Malkin³⁾, 長谷川と川久保^{4,5)}により行なわれている。

表に示す値は光軸を中心に $\pm 45^\circ$ の範囲で 5° 間隔について計算したものである。I. Nimeroff の計算例にしたがえば、測定点が19個であるので、 σ と α_4 の範囲はつぎのようになる。

$$5.5 \geq \sigma \geq 0$$

$$1.8 \leq \alpha_4 \leq \infty, \text{ したがって } 0.56 \geq 1/\alpha_4 \geq 0$$

理想的な完全拡散の場合、直角座標表示では光度一定の、横軸に平行な線となるが、その場合

$$\sigma = 5.5, \quad 1/\alpha_4 = 0.56.$$

非拡散の場合、直角座標表示では横軸の光軸位置に垂直に立つ直線となり、

$$\sigma = 0, \quad 1/\alpha_4 = 0$$

したがって、型板ガラスの透過光度分布曲線について得られた統計値、標準偏差と、とがりの逆数の大きさから拡散の大きさを数値で示すことができる。

Fig. 6 には供試ガラスの分布曲線から得られた σ と $1/\alpha_4$ の関係をプロットして示した。各試料について得ら

Fig. 6. Relation between dispersion indices and kurtosis indices obtained from goniometrical curves.

- 2) I. Nimeroff: *J. Research of N.B.S.* **48**, 441 (1952).
- 3) A. Dinsdale and F. Malkin: *Trans. Brit. Ceram. Soc.* **54**, 94 (1955).
- 4) 長谷川泰, 川久保正一郎: 分光研究 **7**, 16 (1959).
- 5) 長谷川泰, 川久保正一郎: 分光研究 **11**, 245 (1963).

Table 1. Statistical indices of goniometrical curves

Sample		Thick- ness**	Index***		Grade	Ref.
No.	Designation*		σ	$1/\alpha_1$		
1	Nashiji	S	2.93	0.268	A	Fig. 2-1
2	Hatsushimo	D	1.95	0.197	B	
3	Daiya	S	2.72	0.320	A	
4	Teori	S	3.12	0.257	A	Fig. 2-2
5	Mōru Ral (V)*	S	1.45	0.108	C	Fig. 4-1
	(H)*		1.32	0.067	C	
6	Soft Mōru (V)*	D	1.58	0.166	C	Fig. 4-2
	(H)*		1.69	0.074	C	
7	Shikishi	S	2.32	0.231	B	Fig. 2-3
8	Shigeri	S	2.78	0.217	A	
9	Soft Ral	S	2.74	0.265	A	
10	Kasuri	S	2.48	0.214	B	Fig. 3-1
11	Ishigaki	D	2.25	0.177	B	Fig. 3-2
12	Shikishi	D	1.66	0.154	C	
13	Soft Ral	D	2.53	0.223	B	Fig. 3-3
14	Konoha	S	2.07	0.166	B	
15	Shin Shikishi	S	2.16	0.200	B	
16	Kirara	S	2.46	0.170	B	Fig. 3-5
17	Karuta	D	1.67	0.091	C	Fig. 5-1
18	Rock Ral	D	3.24	0.312	A	Fig. 2-5
19	Pearl Mōru (V)*	S	3.20	0.310	A	
	(H)*		1.93	0.158	C	Fig. 4-3
20	4-Bu Pearl Mōru (V)*	D	2.83	0.316	A	
	(H)*		1.66	0.108	C	
21	8-Bu Pearl Mōru (V)*	D	4.34	0.415	A	
	(H)*		2.06	0.132	B	
22	Rock Wire	DD	2.98	0.332	A	Fig. 3-6
23	Hatsushimo Wire	DD	2.63	0.251	B	
24	Ground Glass	GS	3.78	0.353	A	
25	Polished Glass	P	1.01	0.092	C	Fig. 5-2

Foot note of Table 1.

* Sample No. 1-23: Japanese designation

(V): Ribbed pattern of figured glass is vertically set

(H): Ribbed pattern of figured glass is horizontally set

** S: 2 mm; D: 4 mm; DD: 7 mm (wired glass); GS: 1.9 mm; P: 6 mm

*** Statistical index

 σ : Dispersion index; $1/\alpha_1$: Kurtosis index

れた σ と $1/\alpha_1$ の相関性は図からもかなりよいと見られる．ここでは標準偏差の値の大小により拡散度を分類することにする．

完全拡散時の分布曲線における σ の値を基準にとり， $\sigma=5.5$ (100%)，2.75 (50%)，1.65 (30%) を目安として拡散度を A, B, C 3 段階に分けた．

5.5 $\geq \sigma \geq 2.75$ のときの拡散度を A,

2.75 $\geq \sigma \geq 1.65$ のときの拡散度を B,

1.65 $\geq \sigma$ のときの拡散度を C とする．

この3段階で供試ガラスを拡散度合により分けると，

A に属するもの：

No. 1, 3, 4, 8, 9, 18, 19 (V), 20 (V), 21 (V),
22, 24

B に属するもの：

No. 2, 7, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 19 (H), 21 (H),
23

C に属するもの：

No. 5 (V, H), 6 (V, H), 12, 17, 20 (H), 25

完全拡散を基準にとれば，拡散が半分以上のものが11, 1/3 以下のものが6あり，中間が11あることになる．百分率で示せば，最大が No. 21 (V) で 79%，最低が No. 25 の 18% である．

3.3 型模様と拡散度との関係

供試型板ガラスの型模様を分類すると，まず小さな凹凸の集合，または直交線群による基本的な模様と，方向性のあるリブ状の型模様があり，これに比較的大型な模様または方向性のある模様に基本的な模様を組み合わせた例が見られる．

方向性のない基本的な型模様の場合，いずれも拡散度が大きい．方向性のない研磨材粒子による微細な衝撃破砕素面の集合である摺板（すりいた）ガラス面もこれに入る．

大型の模様に基本的な小さな模様を組み合わせた型板ガラスの透過光拡散度は，厚みの小さい（2 mm）場合，ほとんど組み合わせに関係なく大きい，厚みの大きい（4 mm）場合には組み合わせる小さな模様いかんにより拡散度が大きく左右される傾向が見られる．同じ型模様で厚みの相違による例をとれば No. 7 と No. 12 がこれである． $\sigma_{\text{No. 7}} : 2.32$, $\sigma_{\text{No. 12}} : 1.66$.

また金網入り型板ガラス（厚み 7 mm）の拡散度もかなりよい．同じ型模様で例をとれば

No. 2 厚み 4 mm, $\sigma_{\text{No. 2}} : 1.95$

No. 23 厚み 7 mm, $\sigma_{\text{No. 23}} : 2.63$ (金網入り)

ただし No. 18 と No. 22 のように型模様が同じ厚型板と金網入りのように網入りでない方が拡散の大きい場合もあるが，いずれも拡散度は A クラスに属する．

方向性のある模様も他の模様との組み合わせで拡散特性が大いに異なることは Fig. 4 から明らかである．このリブ状模様単独でも，リブ間隔が異なると拡散度も異なる（No. 20 と 21）．方向により拡散度が犬いに異なることは図より明らかで，例を No. 21 にとると（V）方向と（H）方向では $\sigma_{(V)} : \sigma_{(H)} = 4.34 : 2.06 \approx 2:1$ である．このような型板ガラスの取り付け方向は使用目的により注意する必要がある．

4. 結 論

市販型板ガラスと磨板ガラス，摺板ガラスの垂直入射光による透過光拡散の度合を対変角光度分布曲線形から評価した結果をまとめるとつぎのようになる．

透過光の特性は型模様，厚みに影響を受け，例外を除いて，供試型板ガラスの透過光拡散の度合は磨板ガラスと摺板ガラスとの中間にある．

拡散度合の大きい型板ガラスは小さな凹凸模様または線群模様単独か，さらにはこれに他の模様を組み合わせたものに多い．

同系の模様ならば，板厚の小さい方が拡散の大きい傾向が認められた．

透過光拡散の度合は光軸方向の光度を基準にとると，拡散度のよいもので，約 20° の方向で光度が 1/2，30～40° で 1/10 になる．拡散度の小さい場合には約 10° で光軸方向の 1/10 の光度になる．

方向性のある型模様では透過光の光度分布にも方向性が認められた．

本研究の実施にあたりセントラル硝子(株)研究所硝子研究室の諸氏の協力を得た．また統計値の計算には日本計算販売(株)の好意によるところが多い．併記し謝意を表する．