

# ガラスモールドレンズの成形技術

HOYA 株式会社 オプティクス事業部 技術開発部

近江 成明

## Precision Molding Technology of Glass Lens

Shigeaki Omi

Engineering Development Department, Optics Division, HOYA CORPORATION

### 1. はじめに

レンズの起源は 13 世紀後半にイタリアで開発されたメガネレンズと云われている。この 700 年余の間に様々な技術革新がなされ、レンズは現在ではデジカメやビデオなどに幅広く利用されている。たとえば、1 枚のレンズでは、赤い光と青い光では屈折が異なるため像がにじんでしまう。18 世紀から 2 枚のレンズを組み合わせる色消しが行われ、望遠鏡や顕微鏡の性能が格段に向上し、天文学や細菌学の発展に多大な貢献を与えた。さらに、19 世紀期末の Schott 社による新種光学ガラスの開発を起点としてガラス組成開発が進められ、光学ガラスの光学恒数およびレンズ形状の様々な組み合わせにより諸収差の除去が可能になった。レンズの形状を非球面とすることにより、球面収差の除去が容易になり、レンズ系をコンパクトに、しかも、高性能にすることができる。しかしながら、従来の研磨によるレンズ加工では、非球面加工が困難であり、量産化は不能であった。

この非球面レンズの量産を可能にした技術革

新が、ガラスモールドレンズの成形（以下、「モールド成形」と略す）である<sup>1)</sup>。モールド成形は、軟化ガラスを精密に成形された型でプレスして、最終レンズ形状へ一発で成形する技術である。モールド成形の技術は、20 余年前に開発され、1982 年にイーストマンコダック社からモールド成形による非球面レンズを組み込んだディスクカメラが発売された<sup>2)</sup>。モールド成形法の基本は、融着が生じない鏡面加工した型を用い、 $0.1\sim 0.2\ \mu\text{m}$  の高精度な形状精度でレンズを成形することである。さらに、高精度のレンズを得るために、形状精度のほかに外径、肉厚などの寸法精度、光軸の軸ずれや傾き、表面粗度、表面欠陥などに対しても高い要求を満たさねばならない。

本稿では、モールド成形のプロセスとモールド成形の key 技術であるモールド成形用の型およびガラスについて概説する。

### 2. モールド成形プロセス

モールド成形の基本として、図 1 に示す等温プレス法のプロセスを紹介する。

- ① 室温で、形状がレンズに近いガラス（以下、プリフォーム）を精密に研磨された型の中にセットする。

〒399-3103 長野県下伊那郡高森町下市田 3111-1

HOYA 株式会社 オプティクス事業部

TEL 0265-35-8749

FAX 0265-35-8599

E-mail: Shigeaki\_Ohmi@sngw.els.hoya.co.jp

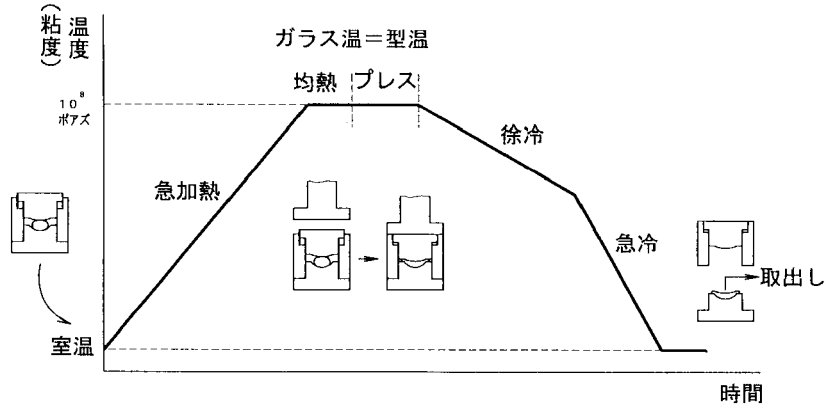


図1 モールド成形プロセスの一例（等温プレス法）

- ② プリフォームと型をガラスの粘性が  $10^8 \sim 10^{12}P$  相当の温度に昇温し、均熱化するまで保持する。
- ③ 型に加圧してプリフォームを所定形状までプレスする。
- ④ Tg 付近の温度まで徐冷，その後急冷し，成形体を型から取り出し，精密アニールを行う。

この方法では1サイクルに長時間を要し，生産性が悪い。ちなみに，非球面型は高価であり，1型当たりの生産性の向上や型の長寿命化が望まれる。そこで，1つのプレス装置内で多数の型を順次プレスする方法や熱プリフォームを比較的低温の型でプレスする非等温プレスなどの技術改良が日々進められている<sup>1)</sup>。

### 3. モールド成形用型

モールド用型材料に要求される基本条件は，

- ① 光学的鏡面が得られる。(平滑性，気孔フリー)
  - ② 高温で安定。(表面維持，耐酸化性)
  - ③ 高温で硬度，強度が高い。
  - ④ ガラスの離型性が良い。(融着フリー)
- の4点である。しかしながら，型材料のみではこれら4条件の全てを満足することは困難

表1 DLC 離型膜のプレス耐性

基板温度	プレス回数	プレス結果
室温	～50	○
	～100	×
200℃	～100	○
	～200	○
	1000以上	○
300℃	～100	○
	～200	○
	1000以上	○
400℃	～100	○
	～150	○
	1000以上	○
500℃	～50	○
	～500	×

である。そこで，型の成形面離型膜を成膜して，①～③の条件を満足する型材へ④の機能を付与する工夫が行われている。典型的なモールド型材料と離型膜の組合せは，型材：炭化ケイ素(SiC)/離型膜：硬質炭素膜<sup>3)</sup>，型材：超硬(WC)/離型膜：硬質炭素膜<sup>4)</sup>，貴金属合金膜<sup>5)</sup>や窒化膜<sup>6)</sup>，である。

離型膜の一例として，表1に，硬質炭素膜(DLC膜)のプレス耐性を紹介する<sup>7)</sup>。DLC膜はC<sub>6</sub>H<sub>6</sub>をイオン化し，負にバイアスされた基板へ被成膜イオンを直接加速するイオンプレー

ティング法で成膜した。SiC 基板に室温成膜した DLC 膜では、100 回後には膜の酸化消失が認められた。成膜温度 200°C~400°C では大きく改善し、1,000 回以上のプレスでも劣化が認められない良好な結果となった。しかし、成膜温度を 500°C に上げると、プレス 500 回後に繊細な点状剥離が発生するようになった。離型膜の適性は、DLC 膜の構造や緻密性に依存すると推定される。

成形面の精密加工には、0.01  $\mu\text{m}$  以下の高分解能の超精密 CNC 非球面加工機が用いられる。初めにダイヤモンド砥石による研削加工で所望の形状精度を得る。

その後、わずかに研磨することにより光学面に仕上げる。なお、高精度の非球面加工を行うにも、成形された非球面レンズを評価するにも、当然ながら、非球面形状の測定・評価技術が重要となる。

#### 4. モールド用ガラス<sup>8)</sup>

型材料やプレス機の耐熱性の観点から、比較的低温 (700°C 前後以下) でプレス成形が可能な光学ガラスが開発され、使用されている。モールド成形用ガラスの粘性曲線の一例を図 2 に示す。ちなみに、PbO 高含有ガラスの Ts は低い、環境汚染対策の観点から PbO フリーの組成のガラスが求められている。なお、レン

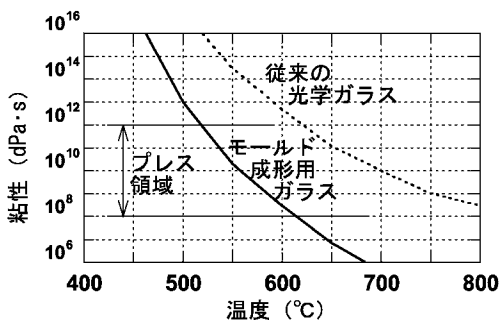


図 2 モールド成形用ガラスと従来の光学ガラスとの粘性曲線の比較 (模式図)

ズ系をコンパクトかつ高性能化するためには、高屈折率低分散ガラスである TAF 系や高屈折率高分散ガラスである FD・FDS 系の非球面レンズが求められる<sup>9)</sup>。HOYA で開発した TAF 系および FD・FDS 系のモールド用ガラスの特性を、従来の光学ガラスと比較して表 2 にまとめる。光学恒数をほぼ維持しながら、Tg や Ts を 60°C~120°C 低温化している。

一方、プリフォームとしては光学ガラスとしての品質のほか、

- ① 平滑でクリーンな表面
- ② 適切な形状
- ③ 所望の容量

が求められる。プリフォームについても、図 3 に示す様な方法で、熱間成形により、熔融ガラスから、直接、プリフォームを製造する方式が実用化されている。

#### 5. まとめ

モールド成形はガラスレンズにおける三大技術革新の一つに値する技術である。また、形状精度や肉厚精度など、従来の研磨加工を上回る高精度を既に実現するなど、この技術の潜在能力は極めて高い。

本講義では、モールド成形および key 技術の基本を紹介した。最後に、硝種や形状の拡大 (小型化、大型化……)、高精密化など、モールド成形技術は現在も進化し続けていることを強調したい。

#### 参考文献

- 1) 広田慎一郎; ガラスモールドレンズの成形技術と最近の応用 光技術コンタクト, 40 巻, 10 号, p. 609-616 (2002).
- 2) 田島 晃, 横田秀夫; 非球面レンズの最近の技術動向, 写真工業, 10 号, p. 22-28 (1982).
- 3) 特開平 1-83529.
- 4) 特開昭 61-183134.
- 5) 特開昭 60-246230.
- 6) 特開昭 60-118638.

表 2 新規に開発されたモールド成形用光学ガラスの特性<sup>3)</sup>

(1) TAF 系新規開発ガラス

硝種名	モールド成形用ガラス		従来光学ガラス	
	M-TAF101	M-TAF401	TAF101	TAF401
屈折率 $n_d$	1.76802	1.77325	1.77250	1.78800
アッベ数 $\nu_d$	49.2	47.3	49.6	47.5
$n_F-n_C$	0.015597	0.016344	0.015567	0.016592
ガラス転移点 $T_g$ (°C)	595	570	660	660
屈服点 $T_s$ (°C)	635	615	695	690
線膨張係数 $\alpha$ ( $\times 10^{-7}$ )	73	75	71	77

(2) FD-FDS 系新規開発ガラス

硝種名	モールド成形用ガラス			従来光学ガラス		
	M-FD80	M-FD60	M-FDS91	FD80	FD60	FDS90
屈折率 $n_d$	1.68893	1.80504	1.82114	1.68893	1.80518	1.84666
アッベ数 $\nu_d$	31.2	24.7	24.12	31.2	25.5	23.8
$n_F-n_C$	0.022109	0.032534	0.034132	0.022109	0.031630	0.035597
ガラス転移点 $T_g$ (°C)	455	470	475	570	595	615
屈服点 $T_s$ (°C)	500	515	525	615	635	650
線膨張係数 $\alpha$ ( $\times 10^{-7}$ )	143	120	120	113	108	104

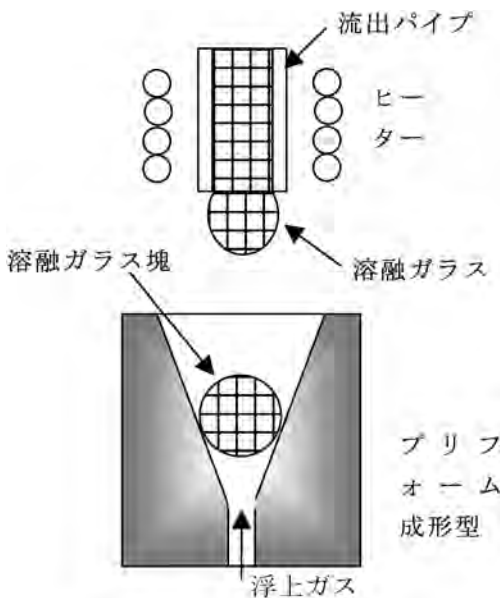


図 3 プリフォーム成形の一例

- 7) 宇野 賢；ガラスモールド技術へのカーボン膜の応用 月刊トライポロジ，9号，p. 50-53 (2000).
- 8) 広田慎一郎，NEW GLASS，Vol. 17，No. 2，p. 53 (2002).
- 9) 高瀬 弘；ガラスモールド技術の現状と将来への期待 光技術コンタクト，40巻，10号，p. 594-600 (2002).