

プラスチックレンズ用高機能素材の特性解析

Characteristics Analysis of High-Functional Resins for Plastic Lens

江 黒 弥 生*

Eguro, Yayoi

The injection plastic lens has been required high optical stability against environmental change and low birefringence. Recently, some resins are known to have the possibility to satisfy most of the requirements. Then, we developed the analysis procedure of the 'high-functional' resins to attain high performance products. This procedure is very effective to improve the resins with cooperation of resin makers. This paper presents the definition of the 'high-functional' and the schema of our analysis flow.

1 はじめに

プラスチックレンズが、様々な分野に使われていることは周知の通りである。おもちゃのルーペから映像情報機器に至るまで、その数は増加の一途である。

この品種の拡大、高性能化に伴い、レンズ用プラスチック素材に要求される特性も厳しくなり、当社でも1984年の光ディスク用非球面レンズ量産当初に比べ、素材の対環境性(耐湿性、耐熱性)は著しく向上してきている。

例えば、レンズ用プラスチック素材として最もポピュラーなアクリル系樹脂では、PMMA(ポリメチルメタクリレート)の耐熱性改良素材である「アクリベツ WF-100」¹⁾や「オプトレッツ OZ-1000」²⁾等が既に実用化されている。また、流動性を重視した「スミベックス MG-5」³⁾は、高精密な薄肉大型形状に用途を絞り込んだ

樹脂である。近年、非アクリル系樹脂も改良が重ねられており、レンズ用プラスチック素材の中では最も高い熱変形温度を有する「ARTON」⁴⁾や、複屈折がPMMA並の「APEL」⁵⁾「ZEONEX-E48R」⁶⁾等があり、アクリル系樹脂に代わる勢いである。

その他の素材としては、PC(ポリカーボネート)の長所である高屈折率をより伸ばすと共に、短所である複屈折を小さくしたポリエステル系樹脂の「O-PET」⁷⁾や、超軽量耐湿樹脂である「TPX」⁸⁾等が目立つところである。

我々は、これらあらゆるレンズ用プラスチック素材を解析検討し、実用可能なレベルに導くことで、他社にない高付加価値プラスチックレンズの開発、及び量産化を実現している。

以下にその概要を述べる。

Table 1 Specifications for applications and characteristics of plastic materials

	カメラ, VTR カメラ用	光ディスク用	LBP用	PMMA	WF-100	OZ-1000	PC	ARTON
1) Nd (屈折率) vd (アツベ数)	————	————	————	1.492 57	1.497 56	1.500 57	1.585 31	1.510 56
2) 着色 (分光透過率)	90%以上 (可視域)	吸収不可 (780nm)	吸収不可 (780nm)	92% (780nm)	92% (780nm)	92% (780nm)	90% (780nm)	92% (780nm)
3) 熱変形温度 (耐熱温度)	70℃以上	100℃以上	70℃以上	100℃ (75℃)	104℃ (80℃)	103℃ (80℃)	135℃ (120℃)	160℃ (120℃)
4) 飽和吸水率	2.0%以下	0.5%以下	2.0%以下	2.0%	1.2%	1.2%	0.4%	0.5%
5) 複屈折	PC以下	PMMA相当	PMMA相当	1	1	1	8	4
6) 曲げ強度	800kg以上	800kg以上	800kg以上	1100kg	730kg	600kg	1000kg	1250kg
7) メルト フローレート	2g以上	2g以上	2g以上	2~3g	2~3g	3~4g	4~5g	4~5g
8) 線膨張係数	7×10^{-5} 以下	7×10^{-5} 以下	7×10^{-5} 以下	7×10^{-5}	7×10^{-5}	7×10^{-5}	6×10^{-5}	6×10^{-5}

* オプト事業部 光学開発センター

2 プラスチックレンズの用途別要求仕様

Table 1 にプラスチックレンズの製品別要求仕様及び、代表的な素材の特性を示す。

白色光を扱うカメラやビデオカメラ用撮影系レンズの光学設計における素材の重要特性は、屈折率とアッベ数である。プラスチックレンズ用素材は、種類が少ないため、レンズ系における素材の適用箇所が、光学設計上ほぼ確定される。例えば、レンズ系がトリプレットタイプのカメラ用レンズでは、第一レンズに PMMA、第二レンズに PC、第三レンズに PMMA が利用される。

着色については、短波長側の透過率が低い（黄色）樹脂もある。特に耐熱性の高い素材には、一般的に着色が見られ、光ディスク用レンズ等のレーザー光学系に使われている。しかし、このような素材をカメラ用レンズに使うとカラーバランスに影響を与える。そのため、ブルーイングと称し、青色の色素を含ませたグレードもある。しかし、可視全域での透過率は低下する。

耐熱性は、車載向け光ディスク用レンズでは要求される耐熱温度が 120℃ と厳しく、PMMA の熱変形温度 (100℃) を大きく上まわっているため、非アクリル系素材が使われている。

耐湿性は、PMMA では飽和吸水率が 2.0% と大きく、屈折率変化を起こし、性能劣化を招くことが容易に想像される。吸水時の寸法変化も 0.4% あり、偏心誤差感度の厳しいレンズには推奨できない。プラスチックレンズを保持する構造設計の立場からも注意が必要である。この点、非アクリル系樹脂は耐湿性に優れており、その利点を活かして、カメラ用レンズ等に使う動きがでてきている。

複屈折は、レンズの波面収差を劣化させる要因の一つであり、素材により複屈折の発生量が異なる。Fig. 1 に代表的な素材の偏光写真を示す。上段の二つが PC を用いたものであり、白い部分が複屈折の発生している箇所である。下段の PMMA はゲート部に若干見られる程度である。光ディスク用レンズでは、特にこのような成形時に発生するゲート部の配向歪み（複屈折）が問題となる。

その他、機械的強度、線膨張係数、素材の流動性を表すメルトフローレート (MFR) も重要である。

3 プラスチックレンズ用素材として 実用化されるまで

3.1 新素材の探索

素材に関する情報収集は極めて重要である。定期的にメーカーと情報交換することは勿論のこと、文献、雑誌等あらゆる情報網から、これとおもわれる素材を選択し、吟味する。

情報チェックの流れを Fig. 2 に示す。

素材メーカーより入手した情報を、カタログを中心に

基本的な物性をチェックし、成形評価検討をする価値があるかどうかを判断する。

一般的評価としてアクリル系樹脂か非アクリル系樹脂かで特徴が明確であることから、その弱点を改良した素材が各メーカーから次々と作られている。従って、図の 1)～4) の項目が重点的にチェックされる。

コストについては、新しい素材ほど開発レベルが初期段階にあり、一般的に数千円/kg と高価である。しかし、素材の魅力がコストに勝る場合があり、以降の解析検討により、素材の性能と共にコストの見直しも行っている。

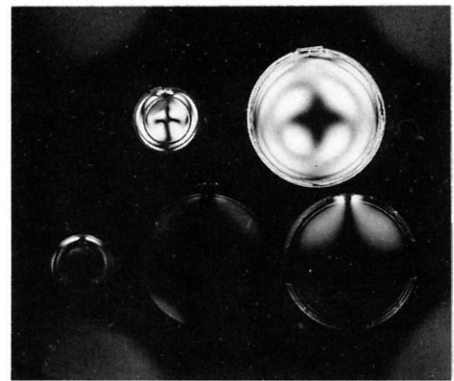


Fig. 1 Birefringence of PC and PMMA (Top : PC, Bottom : PMMA)

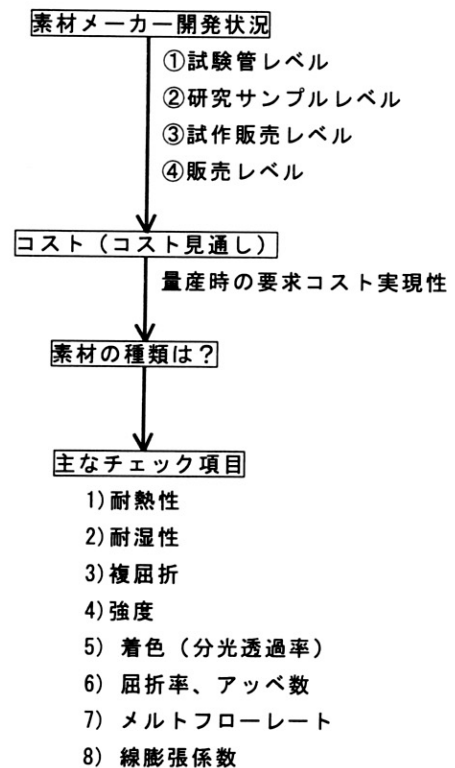


Fig. 2 Check flow

3.2 解析検討方法

光学用途の新素材は、量産に適用できるほどには完成していない場合が殆どである。対象の素材が成形評価検討をする価値があると判断された場合は、Fig. 3, 4, 5に示す解析検討の流れにより、数段階に分かれた評価を経ながら改良を重ね、素材の完成度を高めて行く。

最終的に実用化レベルにあると判断された素材が、量産性を検討され、量産適用されることになる。

(1) 解析検討 I

初期評価及び一次評価の解析検討にて、素材の特性を確認する。そして、検討結果を報告すると共に素材メーカーと改善の可能性について討議し、今後の素材開発の方向付けを行う。

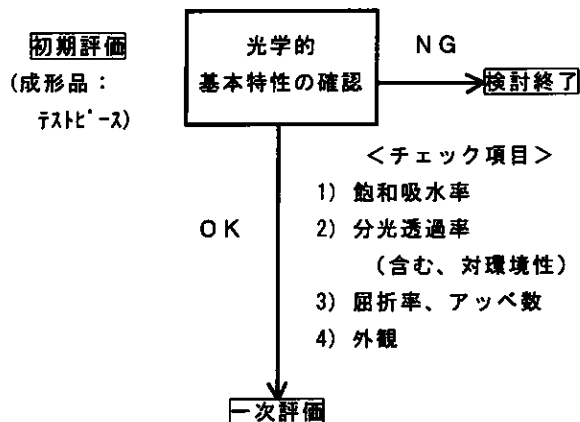


Fig.3 Primary testing

(2) 解析検討 II

この段階では、改良された素材について、フィードバックした問題点を重点的に解析する。素材メーカーと共同で、素材の物性が完成するまで何回も解析検討を繰り返す。

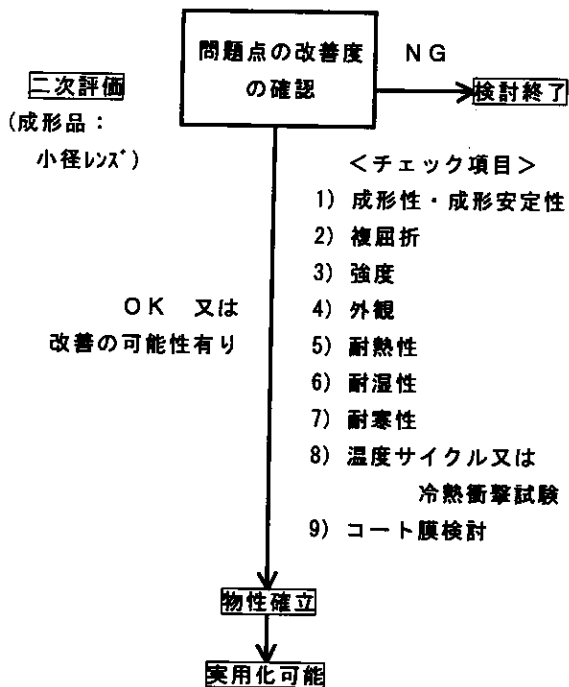


Fig.5 Flow of 2nd analysis

3.3 解析結果例

以上の解析検討により実用化に成功した、非アクリル系素材の複屈折量を Fig. 6 に示す。Fig. 1 と同様の方法で評価しており、数値は複屈折を位相差角度で表している。ゲート部の複屈折が約半分に減少していることがわかる。

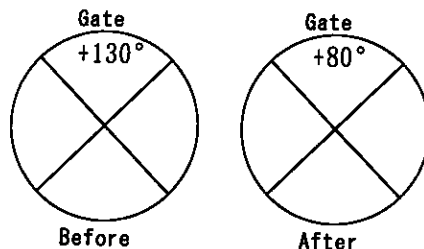


Fig.6 Improvement of birefringence

この複屈折量を、光ディスク用レンズで波面収差としてみると、耐湿性、耐熱性を維持しながら、改善前の性能が $0.06 \lambda \text{ rms}$ から、改善後は $0.03 \lambda \text{ rms}$ に減少していることが判明している。通常、光ディスク用レンズに要

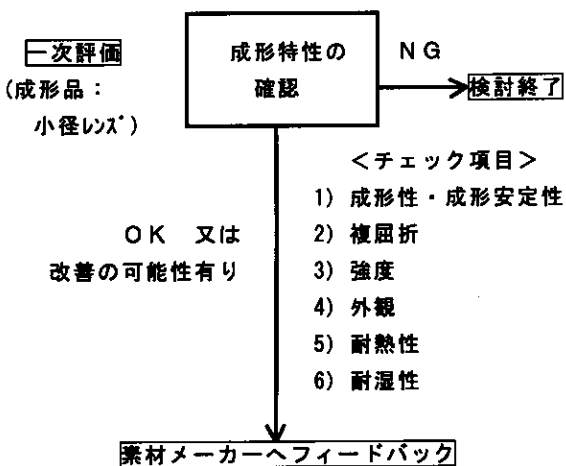


Fig.4 Flow of 1st analysis

求される波面収差は 0.04λ rms以下と言われており、この素材は、上述の解析・改良のフローにより実用可能なレベルに完成された好例である。

その他、現在有望とされる素材4種について、二次評価の耐湿性、及び耐熱性試験結果をFig. 7、Fig. 8に示す。評価量は、成形したレンズの波面収差である。素材A、B、Cは非アクリル系、Dはアクリル系である。Fig. 7の湿度試験より、素材AとDには劣化が見られる。また、Fig. 8の高温試験では、素材Cが劣化する傾向にあり、素材Dは24hで熱変形を起こし測定不能となった。

この試験結果から、素材Aは耐熱性に優れるが、他のB、Cに比べると耐湿性が若干劣ると言える。

Fig. 9はこれらの複屈折の測定結果を示す。素材Cが、アクリル並に優れていることが分かる。

素材Dについては、二次評価を終了し、量産性の検討段階であるが、従来のPMMAに比べ離型性に問題があることから、更に若干の対策を行っている。

この様に、初期評価から二次評価を完了し、実用可能と判断された素材でも、生産部門での長期にわたる成形安定性、品質安定性の確認が行われ、改良が続けられる。

4 まとめ

以上のように、新素材の特性解析を能動的に展開し、各素材メーカーと共にその弱点を改良しながら素材開発をおこない、実用化を図っている。

ガラスに比べ、プラスチックの大量生産に向き、低コスト化が図れ、軽くて割れにくいという特徴は、更に素材の高機能化と相まって、分野を問わずガラスレンズをプラスチックレンズに置き換えていくものと思われる。

今後も、常に情報を把握し、光学用樹脂に限定せず、ニーズの多様化、高精度化に合った、魅力ある素材の探索をしていきたい。

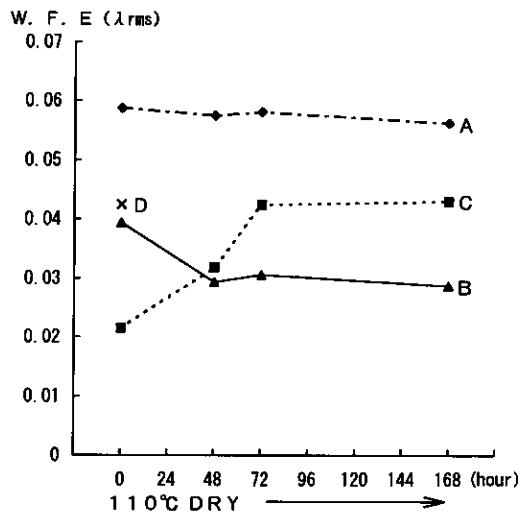


Fig. 8 Experimental result of thermal durability

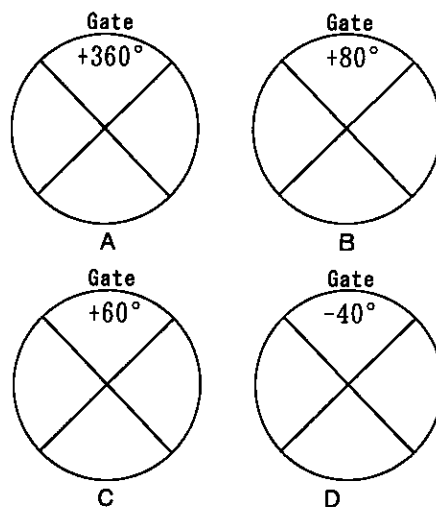


Fig. 9 Birefringence of injection lenses

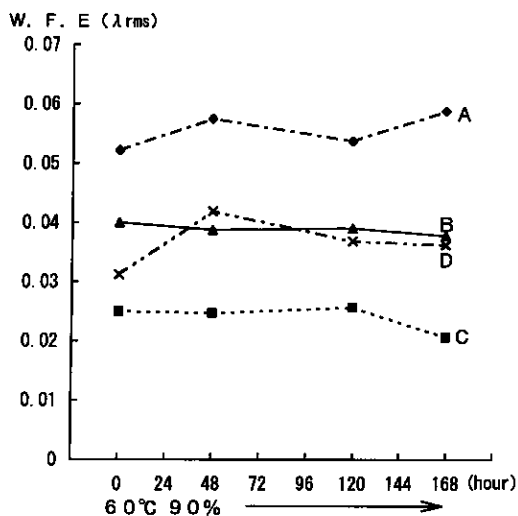


Fig. 7 Experimental result of humidity durability

●参考文献

- 1) 三菱レイヨン; カタログ (No. 6003-15 (H)) 資料 (1993. 12. 15)
- 2) 日立化成; 資料 (1990. 10. 1)
- 3) 住友化成; カタログ (1994. 11)
- 4) 篠原弘信; レンズ用新素材・ファンクショナルノルボルネン系樹脂 "ARTON" (プラスチックス、Vol. 43, No. 7)
- 5) 三井石油化学; カタログ (94. 05. 2-3, 2000. CI)、(94. 03. 3-8, 500. KY)
- 6) 日本ゼオン; カタログ (May'950595010 PS-SE)
- 7) 八百、五十嵐、他; 光学材料用ポリエステル樹脂 (機能材料、1994年10月号 Vol. 14, No. 10)
- 8) 荒井則一; プラスチック非球面レンズ (光技術コンタクト、Vol. 32, No. 8 (1994))