

# 射出成形品の強度および寿命の予測に関する研究 —樹脂流動性評価装置を用いた成形品の強度予測法についての研究— (第2報)

阿部 治・寺澤 章裕・山田 博之・尾形 正岐・長田 和真

## Study on Estimation of Strength and Life Time of Injection Molding Parts

### - Study on Strength Estimation Method of Injection Molding Parts with Capillary Rheometers - (2nd report)

Osamu ABE, Akihiro TERASAWA, Hiroyuki YAMADA, Masaki OGATA and Kazuma OSADA

#### 要 約

乾燥条件を変えた ABS 材料について、樹脂流動性評価装置による評価時に排出された棒状樹脂と、射出成形した材料試験片の 3 点曲げ試験を行ったところ、0.2%耐力および曲げ弾性率について、基準となる乾燥条件での測定値からの変化が同じ傾向を示すことがわかった。そのため射出成形を行う前に、樹脂流動性評価装置による評価を行うことにより、成形品の強度変化を予測可能と考えられる。

#### 1. 緒 言

プラスチック射出成形では、加工時に成形される製品部分以外のゲート、ランナー、スプルー等の不要部分を粉砕して再生材として再利用することが多いが、再生材の再利用回数や混合割合により、成形品の分子量や添加剤の成分割合等に変化が生じる。バージン材の場合でも、材料メーカー、製造ロット、乾燥条件などが変わると同様に違いが生じる。これらの違いは成形品の強度に影響するため、射出成形前に樹脂材料の分子量を測定したり、テスト成形した部品の強度評価を行い、成形品の強度を管理する必要がある<sup>1)</sup>。しかし分子量測定装置 (GPC) は高価であり中小企業では導入が困難であるため、テスト成形と強度試験を繰り返し、最適な射出成形条件を決定しており、コストがかかっている。その対策の一つとして、製造現場において、簡便な方法で成形品の強度を予測したいという要望が多い。

そこで、射出成形の製造現場の多くで導入されている樹脂流動性評価装置 (メルトインデクサまたはフローテスタ) を利用して、成形品の強度を簡便に予測する新たな評価方法を確立することを目的とし、研究を行った。

成形品の強度の変化を予測するためには、基準に対して強度がどのように変化するかを正確に把握することが必要である。樹脂材料に熱履歴を与えることで成形品の分子量や添加剤成分が減少し<sup>2)3)</sup>、材料強度に影響すると考えられる。そこで前報<sup>4)</sup>では、乾燥条件を変化させた樹脂ペレットにおいて、射出成形した材料試験片の引張強度と、フローテスタで測定した熔融粘度を測定したとこ

ろ、両者の変化傾向に相関が見られたことを報告した。

しかしフローテスタは比較的高価な材料評価装置であり、射出成形の現場ではより安価なメルトインデクサが多く用いられている。そこで本報では、乾燥条件を変化させた樹脂ペレットについて、メルトインデクサによる流動性評価を行うとともに、その際に排出される棒状の樹脂および射出成形した材料試験片について 3 点曲げ試験を実施したので報告する。

#### 2. 実験方法

##### 2-1 試験材料、乾燥条件

前報に引き続き、試験には汎用グレードの ABS 樹脂である旭化成ケミカルズ(株)製のスタイラック 191 を用いた。このバージン材の樹脂ペレットを 70°C4 時間、90°C4 時間、90°C24 時間、90°C48 時間および 90°C72 時間の 5 条件で乾燥を行う熱履歴を与え、基準条件である 70°C4 時間乾燥の場合からの変化を捉えることを目的とした。

##### 2-2 材料試験片に対する 3 点曲げ試験

乾燥された ABS バージン材ペレットを用いて、図 1 に示すダンベル形状の試験片を、射出成形機 (ファナック(株)製 ROBOSHOT  $\alpha$ -30C) により、表 1 に示す条件で射出成形した。

この材料試験片について、精密万能試験機 ((株)島津製作所製オートグラフ AG-50KNIS) を用いて、表 2 に示す条件で 3 点曲げ試験を 5 回ずつ行った。試験は室温で実施し、温度は 23~25°C であった。

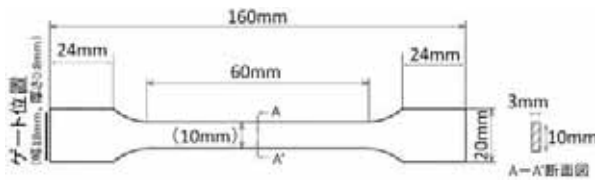


図1 材料試験片形状

表1 成形条件

射出速度	35 mm/sec
射出圧力	1100 kg/cm <sup>2</sup> (108MPa)
保圧	500 kg/cm <sup>2</sup> (49.0MPa)
保圧時間	5秒
冷却時間	20秒
成形温度 (ノズルヒータ部温度)	220℃
金型温調の設定温度	40℃

表2 材料試験片の3点曲げ試験条件

試験速度	5 mm/min
支点間距離	60mm
支持台のコーナーの半径	2mm
加圧くさび半径	5mm
0.2%耐力および曲げ弾性率の 計算に用いた荷重の範囲	5N~15N

### 2-3 メルトインデクサによる評価

乾燥された ABS バージン材ペレットについて、メルトインデクサ (株)東洋精機製作所製 G-01) により、試験温度 220℃、予熱時間 360 秒、試験荷重 10kg の条件で、ピストンが 25mm 移動する時間を測定する B 法により、メルトボリュームフローレート (MVR) を測定した。

また本実験で使用したメルトインデクサでは、MVR 測定が終了すると同時に、自動カット機能によりオリフィスから排出された樹脂が切断される。その切断後に排出される樹脂を図 2 に示すように手で保持し、その場で固化させた後に、先端から 50~70mm 程度の長さで切断し、図 3 に示すような 3 点曲げ試験に用いる棒状の樹脂 (以下、棒状樹脂と記す。) を用意した。この棒状樹脂について、材料試験片の場合と同様に、精密万能試験機を用いて表 3 に示す試験条件により 3 点曲げ試験を 3 回ずつ行った。試験条件は、棒状樹脂が自重でたわむことを防ぐために、支点間距離を 60mm から 20mm に変更するとともに、試験速度の影響を排除するために、試験速度を 5mm/min から 1mm/min に変更した。試験は室温で実施し、材料試験片の場合とほぼ同じ温度であった。

図 4 に棒状樹脂の 3 点曲げ試験の様子を示す。棒状樹脂の荷重印加場所の直径は 2.0~2.3mm 程度であり、ばらつきがあるため、荷重印加場所の直径を実測するとともに、試験荷重値そのものではなく 0.2%耐力と曲げ弾性率を評価することとした。

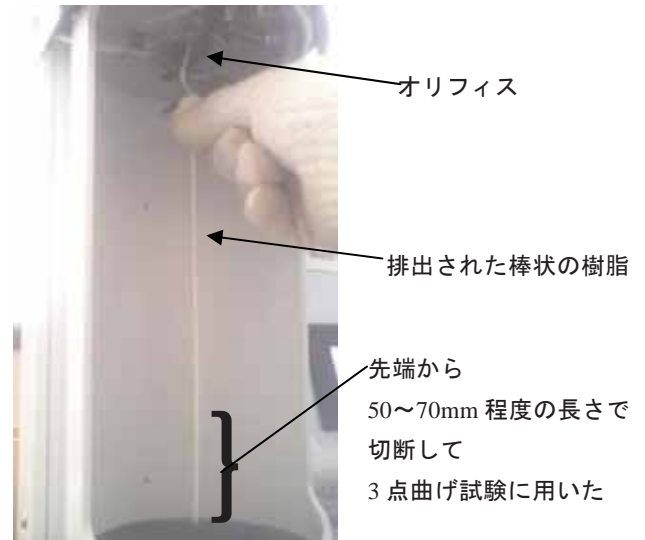


図2 メルトインデクサから排出される樹脂



図3 3点曲げ試験を行った棒状樹脂

表3 棒状樹脂の3点曲げ試験条件

試験速度	1 mm/min
支点間距離	20mm
支持台のコーナーの半径	2mm
加圧くさび半径	5mm
0.2%耐力および曲げ弾性率の 計算に用いた荷重の範囲	1N~5N



図4 棒状樹脂の3点曲げ試験の様子

### 3. 結果および考察

#### 3-1 流動性評価

乾燥条件別の MVR 測定結果を図 5 に示す。図中の値は各乾燥条件での平均値である。MVR の変化はわずかであり、ばらつきの範囲内で重なっている。MVR は分子量に比例するため、本実験で与えた熱履歴は分子量が変化するほどではないと考えられる。そのため、MVR の変化から、成形品の強度を予測することは難しいと考えられる。

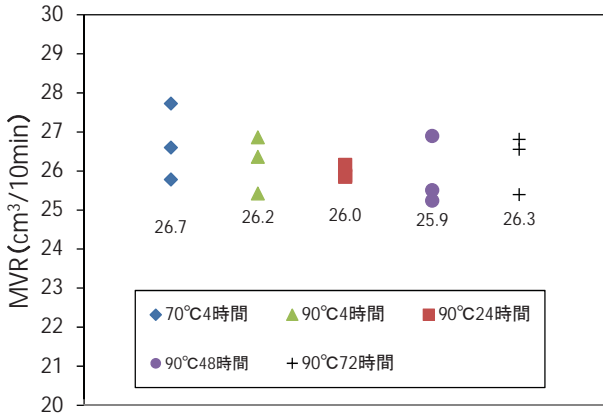


図 5 乾燥条件別の MVR 測定結果

#### 3-2 3点曲げ試験

材料試験片および棒状樹脂の 3 点曲げ試験の、各乾燥条件での平均的な変位-荷重曲線を図 6 および図 7 にそれぞれ示す。また 0.2% 耐力および曲げ弾性率を図 8 および図 9 にそれぞれ乾燥条件別に示す。図中の値は各乾燥条件での平均値である。材料試験片の 0.2% 耐力および曲げ弾性率は、90°C 48 時間までは変化は小さいが、乾燥時間が長くなると 0.2% 耐力および曲げ弾性率が減少する傾向が見られた。棒状樹脂においても、曲げ弾性率のばらつきが大きいものの、乾燥時間が長くなると 0.2% 耐力および曲げ弾性率が減少する傾向が見られた。

上記の実験では、熱履歴を与えた場合に、3 点曲げ試験の 0.2% 耐力および曲げ弾性率が減少する結果となったが、熱履歴を与えた場合に、3 点曲げ試験の 0.2% 耐力および曲げ弾性率が増加する実験結果が得られる場合もあった。その場合の材料試験片および棒状樹脂の 3 点曲げ試験の各乾燥条件での平均的な変位-荷重曲線を図 10 および図 11 にそれぞれ示す。また 0.2% 耐力および曲げ弾性率を図 12 および図 13 にそれぞれ乾燥条件別に示す。図中の値は各乾燥条件での平均値である。乾燥条件ごとの 0.2% 耐力および曲げ弾性率は、70°C 4 時間の場合と比較して大きくなった。しかし 0.2% 耐力点での変位はほとんど変化しておらず、弾性率の上昇に伴い 0.2% 耐力が増加したが、伸び量は増えていないことがわかった。

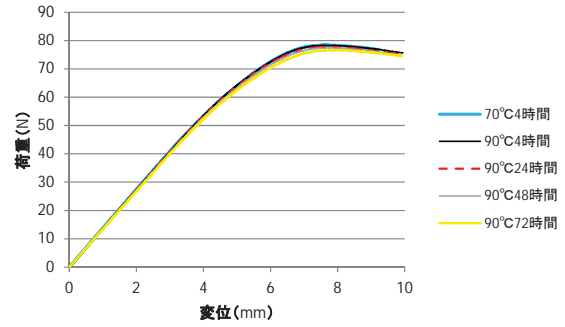


図 6 材料試験片の 3 点曲げ試験の荷重-変位曲線

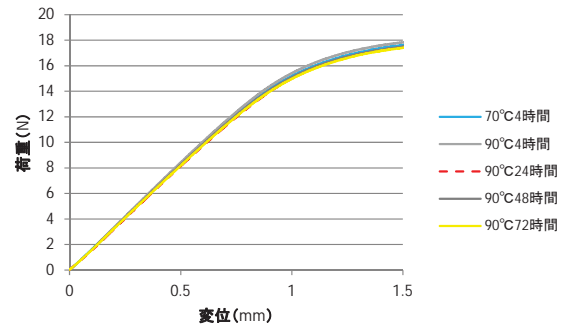


図 7 棒状樹脂の 3 点曲げ試験の荷重-変位曲線

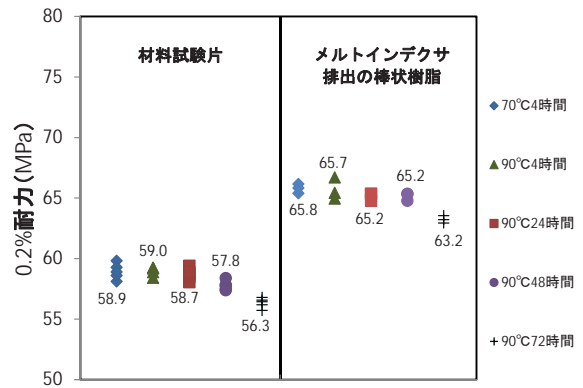


図 8 3 点曲げ試験における 0.2% 耐力

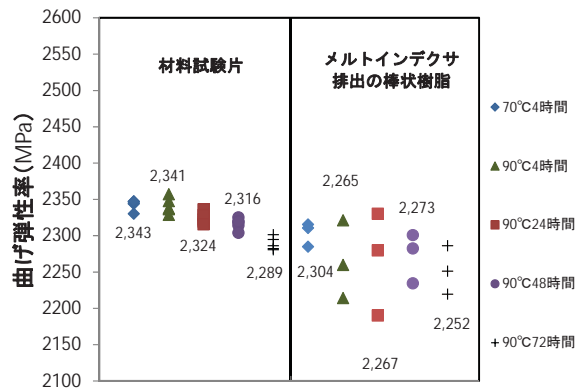


図 9 3 点曲げ試験における曲げ弾性率

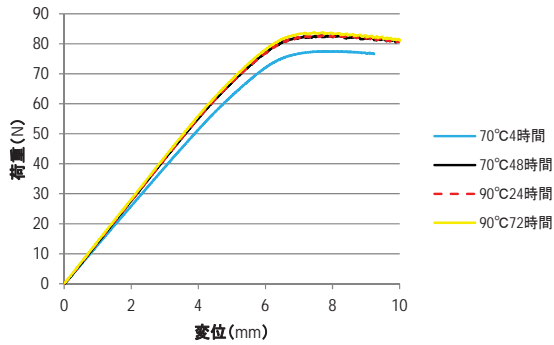


図 10 材料試験片の 3 点曲げ試験の荷重－変位曲線  
(熱履歴により、0.2%耐力等が増加した場合)

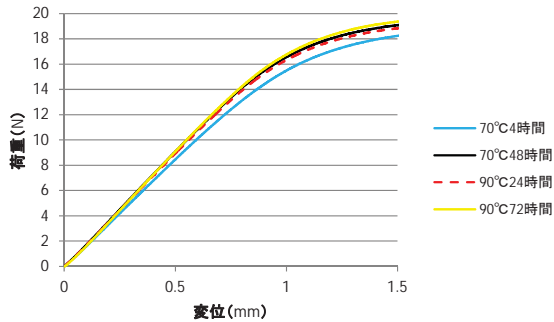


図 11 棒状樹脂の 3 点曲げ試験の荷重－変位曲線  
(熱履歴により、0.2%耐力等が増加した場合)

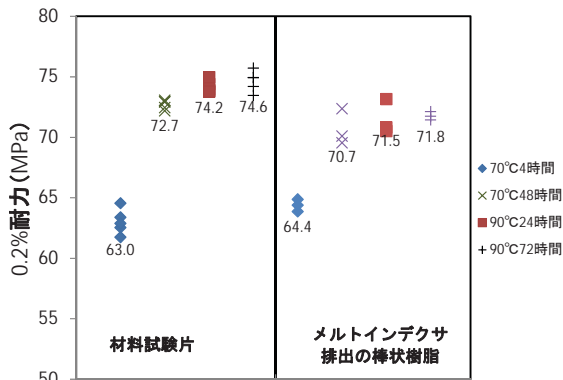


図 12 3 点曲げ試験における 0.2%耐力  
(熱履歴により、0.2%耐力等が増加した場合)

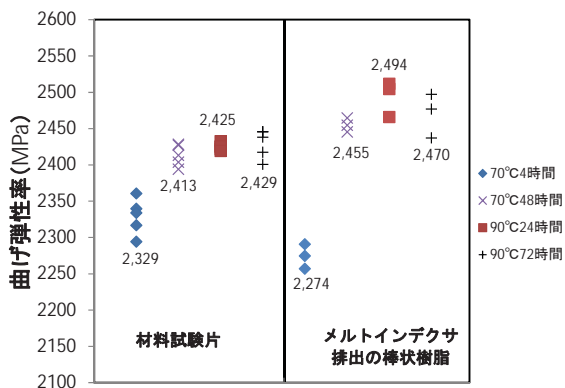


図 13 3 点曲げ試験における曲げ弾性率  
(熱履歴により、0.2%耐力等が増加した場合)

いずれの場合においても、3 点曲げ試験における 0.2% 耐力および曲げ弾性率の基準条件に対する変化は、材料試験片および棒状樹脂で同じ傾向を示した。また 0.2% 耐力および曲げ弾性率の絶対値についても、乾燥条件が同じ場合を比較すると、材料試験片および棒状樹脂の間で最大でも 10% 程度の差であった。

乾燥前の樹脂ペレットは温湿度管理をしていない部屋で保存しているため、乾燥を始める前の樹脂ペレットの状態は様々である。乾燥を行う前の樹脂ペレットの初期状態が異なっているため、熱履歴を与えた場合に、3 点曲げ試験の 0.2% 耐力および曲げ弾性率が増加する場合もあれば、減少する場合もあると考えられる。しかし、初期状態や熱履歴が変化した場合でも、各乾燥条件での 3 点曲げ試験における 0.2% 耐力および曲げ弾性率の基準条件に対する変化が、棒状樹脂と材料試験片で同じ傾向を示すことがわかった。

そのため棒状樹脂の 3 点曲げ試験という簡便な試験を行うことにより、基準条件での成形品の 0.2% 耐力および曲げ弾性率に対する変化を予測可能であると考えられる。

#### 4. 結 言

ABS 材料について、乾燥条件を変えた場合に、樹脂流動性評価装置による評価時に排出された棒状樹脂と、射出成形した材料試験片の 3 点曲げ試験を行ったところ、0.2% 耐力および曲げ弾性率について、基準となる乾燥条件での測定値からの変化が同じ傾向を示すことがわかった。そのため射出成形を行う前に、樹脂流動性評価装置による評価を行うことにより、成形品の強度変化を予測可能であると考えられる。

#### 参考文献

- 1) 大武義人：ゴム・プラスチック材料のトラブルと対策，日刊工業新聞社，P.7-8 (2005)
- 2) 早川 淨：高分子材料の寿命評価・予測法，(株)アイピーシー，P.36-48 (1994)
- 3) 大澤善次郎，成澤郁夫 監修：高分子の寿命予測と長寿命化技術，(株)エヌ・ティー・エス，P.105-108 (2002)
- 4) 阿部治，寺澤章裕，山田博之，中村聖名：山梨県富士工業技術センター平成 25 年度業務・研究報告，P.34-36 (2014)