

## 受託研究

# 高濃度セルロース繊維複合樹脂の射出成形における成形条件が 外観、物性に及ぼす影響

小林 愛雲\* 渡辺 克人\*

Influence of Injection Molding Conditions on Appearance and Mechanical Properties of Cellulose Fiber/Polypropylene Composites

KOBAYASHI Azumi and WATANABE Katsuto

委託者である日本コークス工業(株)がロール機を用いて作製した 50 wt% セルロース繊維 (CeF) /ポリプロピレン (PP) ペレット (以下 CeF/PP ペレット) を、射出成形した。CeF/PP 成形品は、射出速度が遅いとショートショットとなり、成形できなかつた。CeF/PP 成形品は全体的に黄変しており、シリンダー温度が高くなると黄褐色化した。また、CeF/PP 成形品には CeF 凝集物とみられる白色部が点在しており、この白色部は射出速度が速いほど少なかつた。CeF/PP 成形品の引張強さ、曲げ強さ、弾性率は、同条件で成形したニート PP よりも高かつた。また CeF/PP 成形品の引張強さ、曲げ強さは、成形時の射出速度が速く、シリンダー温度が低いほうが、高い傾向があつた。

Key words: セルロース, 複合樹脂, 射出成形, 変色, 物性

## 1 はじめに

プラスチック関連企業では、近年 SDGs を背景に環境に配慮したフィラーの配合等によるプラスチック使用量の削減が求められており、高濃度のフィラーを配合したペレットが注目されている。委託者である日本コークス工業(株)では、植物由来のセルロース繊維 (CeF) (幅: 数  $\mu\text{m}$ ~数十  $\mu\text{m}$ ) を高濃度に樹脂に混練したいという問い合わせが増えていることから、二軸オープンロール機「ニーデックス」(以下ロール機)を用いて、CeF を 50 wt%以上配合したポリプロピレン (PP) ペレットを作製した。しかし作製したペレットには、流動性不足によるショートショットや、CeF から発生するガスによると考えられるヤケ等の成形不良や成形品の変色、強度低下が発生する等の課題がある。そこで本研究では、委託者が材料 (PP のグレード、相溶化剤の種類等) とロール機による混練条件を検討して作製した高濃度 CeF 複合樹脂ペレットについて、射出成形条件と、成形品の外観、物性の関係を明らかにする。これにより射出成形可能な高濃度 CeF 複合樹脂ペレットの作製を目指す。

## 2 研究の方法

### 2.1 高濃度 CeF 複合樹脂ペレットの流れ試験

委託者がロール機を用いて作製した 4 種類の 50 wt%

\* 栃木県産業技術センター 県南技術支援センター

CeF/PP ペレット (以下 CeF/PP ペレット) (原料: CeF, PP (PP1 (押出成形グレード), PP2 (射出成形一般グレード), PP3 (射出成形耐衝撃グレード), PP4 (射出成形耐衝撃グレード)), 相溶化剤) のメルトマスフローレイト (MFR) は、メルトインデキサ (宝工業(株)製 L-207) を用いて、試験温度 190°C、公称荷重 2.16 kg で測定した (JIS K7210:1999 A 法参考)。

### 2.2 高濃度 CeF 複合樹脂ペレットの射出成形

CeF/PP ペレットを箱形乾燥機 ((株)松井製作所製 PO-50SH-J) で 80 °C、6 h 予備乾燥した後、射出成形機 (日精樹脂工業(株)製 NEX 80IV-9EG) を用いてシリンダー温度 180, 195°C、射出速度 (v) 1, 3, 5, 10, 100 mm/s、金型温度 48°C (固定側ミラープレートの熱電対により計測し調整) で成形した。CeF を含まない PP (以下ニート PP) ペレットについても同様に射出成形した。なお物性評価用試験片 (v=10, 100 mm/s) 成形時の保圧は次のとおりとした。

PP2, CeF/PP2 : 27 MPa (シリンダー温度 180°C)

24 MPa (シリンダー温度 195°C)

PP3, CeF/PP3 : 37 MPa (180°C), 30 MPa (195°C)

PP4, CeF/PP4 : 43 MPa (180°C), 36 MPa (195°C)

### 2.3 成形品の外観評価

成形品の成形不良の有無を目視により確認した。また CeF/PP 成形品の分光反射率は、分光測色計 (コニカミノ

ルタセンシング(株)製 CM-2600d) を用いて光源 D65, 視野 10°, 測定径 8 mm, 正反射光除去 (SCE) 方式で測定した。

## 2. 4 成形品の物性評価

射出成形により得られた成形品をゲートカットして JIS K7139:2009 のダンベル形引張試験片タイプ A1 を作製した。またダンベル形引張試験片の一部を樹脂試験片ノッチ加工機 ((株)安田精機製作所製 No.189-PNCA) を用いて加工し, 短冊形試験片を作製した。

作製したダンベル形引張試験片の引張強さ, 弾性率は, JIS K 7161-1:2014 により万能材料試験機 (50 kN) ((株)島津製作所製 AG-50kN-XV (特型)) を用いて, 試験速度  $v_1=0.5$  mm/min,  $v_2=5$  mm/min (速度切替位置: ひずみ 0.3%) で測定した。引張弾性率の測定には接触式伸び計 ((株)島津製作所製 SSG50-10SH, 標線間距離 50 mm) を用いた。短冊形試験片の曲げ強さ, 弾性率は JIS K 7171:2016 により万能材料試験機 (50 kN) を用いて, 支点間距離 64 mm, 試験速度 2 mm/min で測定した。曲げ弾性率の測定にはたわみ測定装置 ((株)島津製作所製 3 点曲げ試験用たわみ測定装置) を用いた。

## 2. 5 成形品の走査型電子顕微鏡観察

成形品の表面, 引張破断面を金 (Au) 蒸着後, 走査型電子顕微鏡: SEM (日本電子(株)製 JSM-IT200LA) を用いて加速電圧 5 kV で観察した。

## 3 結果及び考察

### 3. 1 高濃度 CeF 複合樹脂ペレットの流れ試験

JIS K6921-2:2018 では PP の MFR は試験温度 230°C, 公称荷重 2.16 kg で求めると記載されている。しかし, セルロースの熱分解反応は 200°C 以下でも進行することが知られており<sup>1)</sup>, また成形温度付近における MFR を求めるため, 今回は試験温度を 190°C とした。ニート PP,

CeF/PP ペレットの MFR を表 1 に示す。一般的に MFR $\geq$ 1 であれば射出成形可能とされるが, 同様の CeF/PP ペレットで MFR=0.6 のペレットを成形した経験があることから, 今回は MFR $\geq$ 0.6 の CeF/PP2, CeF/PP3, CeF/PP4 ペレットと各ニート PP ペレットについて, 射出成形を行った。

### 3. 2 高濃度 CeF 複合樹脂成形品の外観評価

ニート PP, CeF/PP ペレット (PP2, PP3, PP4) をそれぞれシリンダー温度と, 射出速度 ( $v$  [mm/s]) を変えて射出成形し, ペレットの成形可否と成形品の外観を評価した。

CeF/PP2 ペレットと成形品 (シリンダー温度 195°C) の外観を図 1 に, 各ペレットの成形可否を表 2 に示す。ニート PP は, すべて低射出速度でボイドやシワ等の外観不良が見られたが, 今回検討したすべての条件において成形可能であった。一方, すべての CeF/PP は射出速度が遅いと, ショートショットとなり成形できなかった。これは CeF/PP の MFR がニート PP よりも小さいためと考えられる。また CeF/PP4 においては, シリンダー温度 195°C の時は  $v=3$  mm/s で成形できたが, シリンダー温度 180°C の時は成形できなかった。これは, シリンダ

表 1 ニート PP, CeF/PP ペレットの MFR (試験温度 190°C, 公称荷重 2.16 kg)

名称	MFR [g/10min]	
	ニートPP	CeF/PP
PP1	0.2	0.04 <sup>*)</sup>
PP2	8.3	4.7
PP3	34.1	1.3
PP4	49.4	0.6

<sup>\*)</sup> 切り取り片の秤量の最大値と最小値の差が平均の15%超

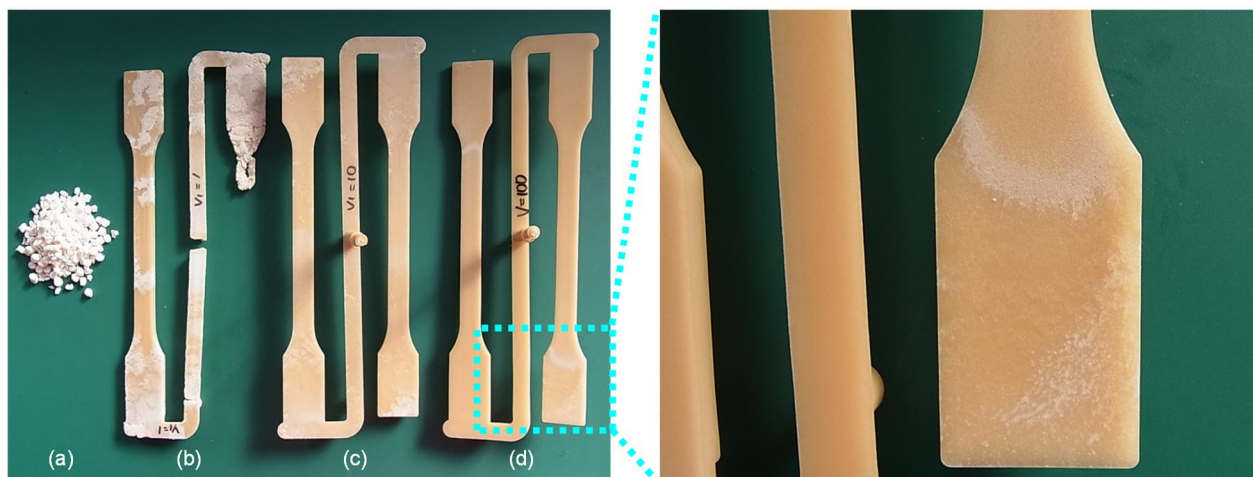


図 1 CeF/PP2 ペレットと成形品 (シリンダー温度 195°C) の外観  
(a)ペレット, (b) $v=1$  mm/s, (c) $v=10$  mm/s, (d) $v=100$  mm/s

表2 ニート PP, CeF/PP ペレットの成形条件と成形可否

	シリンダー温度 [°C]	射出速度: v [mm/s]				
		1	3	5	10	100
ニートPP2	180	ボイド	○	○	○	○
	195	ボイド	○	○	○	○
CeF/PP2	180	—	×	○	○	○
	195	×	—	○	○	○
ニートPP3	180	—	シワ	シワ	○	○
	195	シワ	○	○	○	○
CeF/PP3	180	—	×	○	○	○
	195	×	—	○	○	○
ニートPP4	180	—	シワ	○	○	○
	195	シワ	○	○	○	○
CeF/PP4	180	—	×	○	○	○
	195	×	○	○	○	○

○:成形不良なし ×:成形不可(ショートショット)

一温度が低いほど樹脂の温度が低く、粘度が高いためと考えられる。

なお、図は示していないが、検討したすべての条件において、ニート PP 成形品はペレット同様白色であるのに対し、CeF/PP 成形品は黄変した。しかし、CeF/PP 成形品は一概に黄変せず、一部白色部が点在しており、この白色部は射出速度が速いほど少ない傾向があった。さらに v=100 mm/s の成形品において、白色部は、平行部からタブに樹脂が流れる部分と、流動末端に見られる傾向があった(図 1 (d))。この 2 点について、以下詳細に調査した。

### 3. 2. 1 CeF/PP 成形品の黄変

図 2 にシリンダー温度 180, 195°C, v=10, 100 mm/s で成形した CeF/PP 成形品の分光反射率を示す。なお、目視に近い評価をするため、測定は SCE 方式で行った。シリンダー温度が高いほど、a\*値(値が正に大きいほど赤色が強い)及び b\*値(値が正に大きいほど黄色が強い)は上昇する傾向があり、成形品がより黄褐色化していることが分かった。また CeF/PP3 と CeF/PP4 は射出速度が速いほど明暗を示す L\*値が低下しており、暗色化していることが分かった。これは射出速度が速いほど、CeF/PP にかかるせん断熱が大きくなったためと考えられる。

CeF/PP の黄変原因を探るため、CeF/PP4 ペレット、CeF、ニート PP4 ペレット、相溶化剤 4 mg をそれぞれ示差熱分析装置((株)日立ハイテクサイエンス製 TG/DTA7200)を用いて乾燥空気雰囲気中 195°C, 30 min 加熱した(温度プログラム:初期温度 35°C, 到達温度 195°C, 30 min 保持(昇温速度 100°C/min))。その結果、CeF/PP4 ペレ

ットと CeF は黄変したのに対し、ニート PP4 ペレットと相溶化剤は、明らかな変色は見られなかった(図 3)。また図は示していないが、窒素雰囲気中同条件で加熱した際にも同様の傾向が見られた。このことから、CeF/PP 成形品の黄変は、熱による CeF の変色が原因と考えられる。なお、セルロースは無彩色だが、加熱により変性し共役二重結合が生成すると変色することが報告されている<sup>2)</sup>。また、CeF を加熱すると CeF の表面は黄変するが、内部は元の色(白色)に近いことから、内部は空気により断熱され、変色しにくいと考えられる。

### 3. 2. 2 CeF/PP 成形品の白色部

CeF/PP2 成形品(シリンダー温度 180°C, v=10 mm/s)表面の SEM 像を図 4 に示す。白色部は配向していない繊維が多数見られることから、CeF 凝集物と考えられる。なお CeF 凝集物は空気を含むため、成形時の熱で変色しにくく、白く見えていると考えられる。また図は示していないが CeF/PP ペレットを 180°C, 195°C で圧縮成形して得られた板には、同様の白色部(CeF 凝集物)は見られなかった。このことから、射出成形の計量時(スクリー回転時)に CeF が凝集したと推測される。また、射出速度が速いと、白色部分が少なくなったことから、せん断力によって CeF が再分散したと推察される。なお、今回検討した射出成形条件において、PP は熔融するが、CeF は熔融しないため流動性がなく、CeF/PP ペレットを射出成形すると、CeF は PP の流れに乗って、金型内に充填される。CeF/PP は射出速度が遅いと、ショートショットとなり成形できなかったことから(表 2)、CeF は PP の流れがある速度以上でないと、流れに乗れないと考え

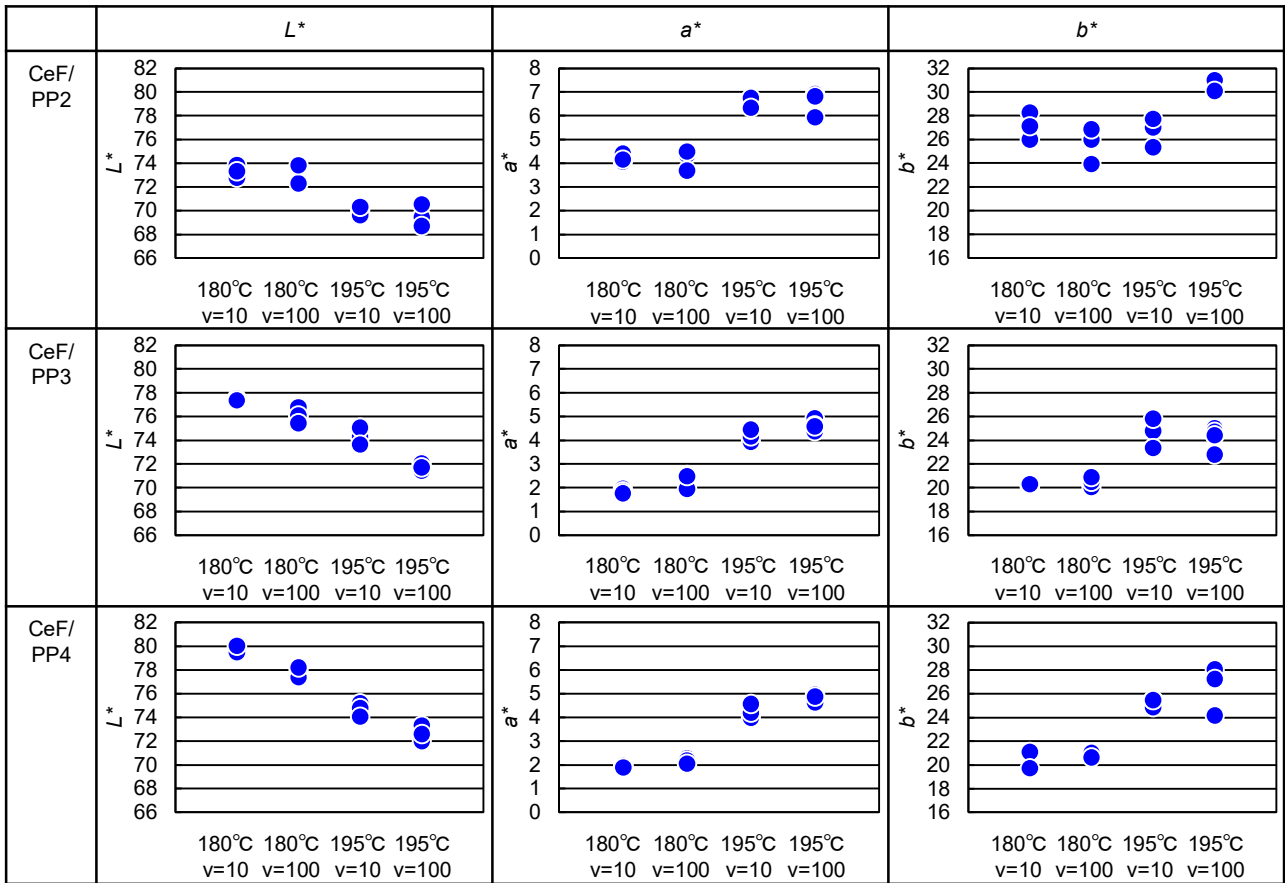


図2 CeF/PP 成形品の分光反射率 (SCE)

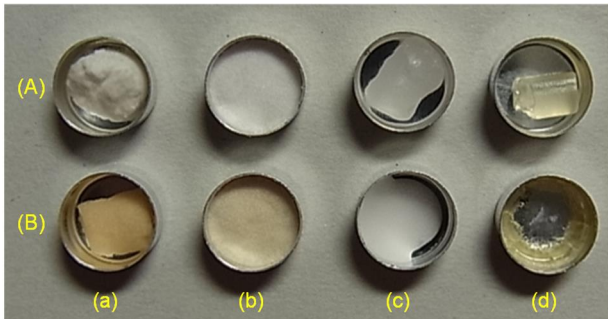


図3 加熱前後の CeF/PP4 ペレットとその原料 (A)未加熱, (B)195°C, 30 min 加熱 (乾燥空気), (a)CeF/PP4 ペレット, (b)CeF, (c)ニート PP4 ペレット, (d)相溶化剤

られる。v=100 mm/s において、CeF 凝集物が、平行部からタブに樹脂が流れた部分と流動末端に見られるのは (図1 (d)), これらの部分で PP の流れが相対的に遅くなり、流れに乗れなくなった CeF が詰まりやすくなるためと考えられる。

3. 3 高濃度 CeF 複合樹脂成形品の物性評価

ニート PP ペレットと CeF/PP ペレット (PP2, PP3, PP4) をそれぞれシリンダー温度 180, 195°C, v=10, 100 mm/s で射出成形して得られた成形品の引張強さ, 引張弾性率, 曲げ強さ, 曲げ弾性率を測定した。なおニート PP ペレットと CeF/PP ペレットでは, 最適な保圧は異なると考えられるが, 今回は比較のため, ニート PP2 と CeF/PP2, ニート PP3 と CeF/PP3, ニート PP4 と CeF/PP4 はそれぞれ同じ条件で成形している。

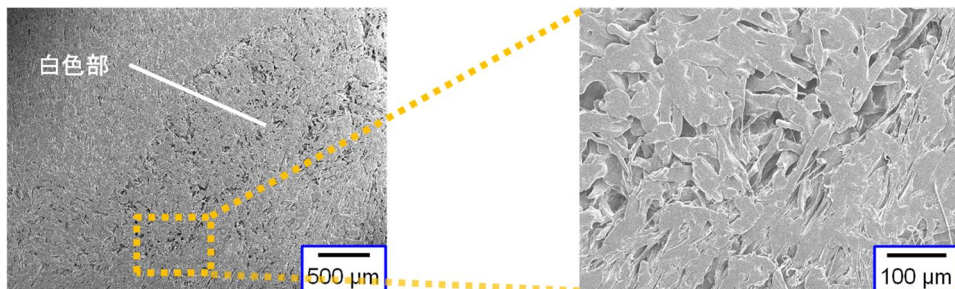


図4 CeF/PP2 成形品 (シリンダー温度 180°C, v=10 mm/s) 表面の SEM 像

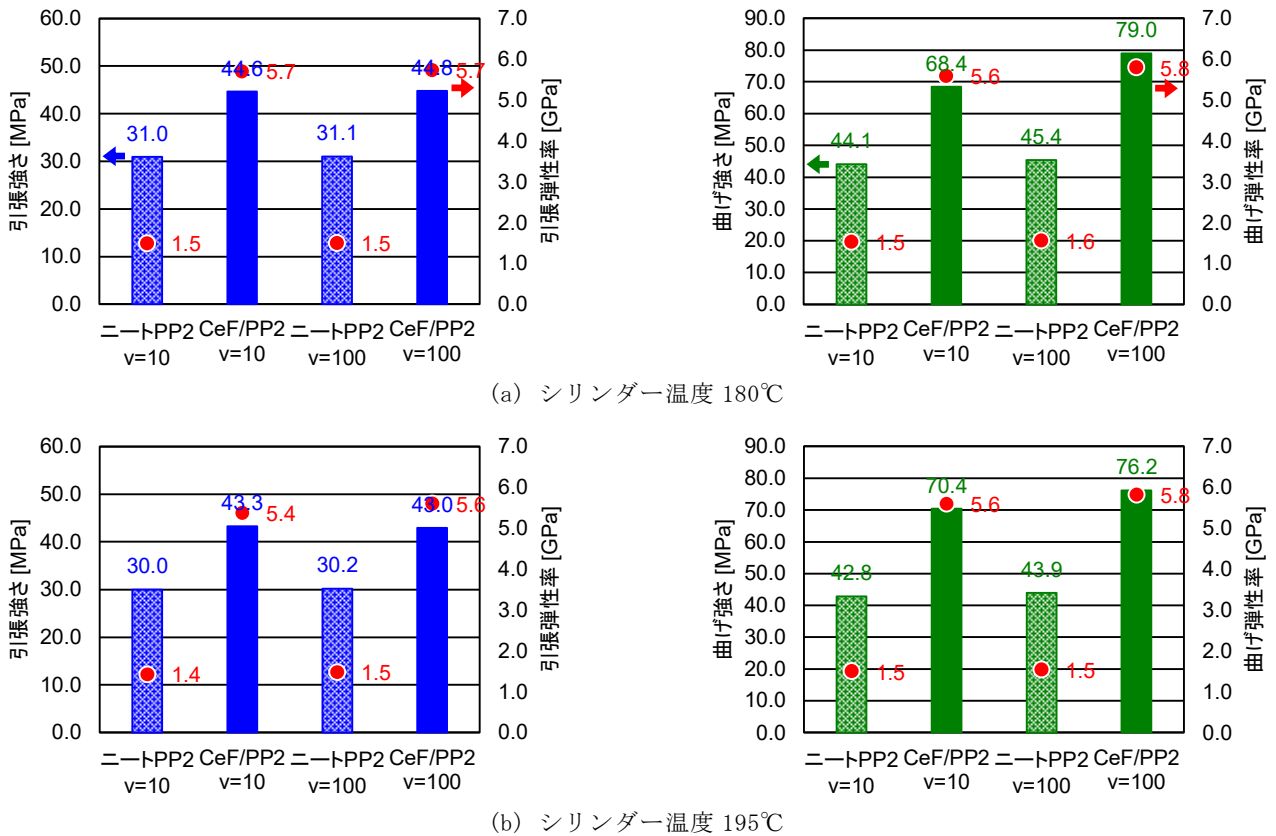


図5 CeF/PP2 成形品の引張強さ、引張弾性率、曲げ強さ、曲げ弾性率

### 3. 3. 1 CeF/PP2 成形品の物性評価

シリンダー温度 180°C で成形したニート PP2, CeF/PP2 成形品の引張試験、曲げ試験結果を図 5 (a) に、シリンダー温度 195°C で成形した成形品の結果を図 5 (b) に示す。シリンダー温度 180°C で成形した CeF/PP2 の引張強さは、射出速度を変えても変わらなかった。一方、180°C, v=100 mm/s で成形した CeF/PP2 の曲げ強さは、v=10 mm/s で成形したものよりも高かった。また 180°C, v=100 mm/s で成形した CeF/PP2 の曲げ強さは、同条件で成形したニート PP2 の曲げ強さの平均値の 1.71~1.78 倍であり、v=10 mm/s の 1.47~1.63 倍より高かった。これは、180°C, v=100 mm/s で成形した CeF/PP2 は、v=10 mm/s と比較して、表面の CeF が配向しているためと推察される。

シリンダー温度 195°C で成形した CeF/PP2 の引張強さは、180°C の時と同様、射出速度を変えても変わらなかった。また 180°C の時と同様、195°C, v=100 mm/s で成形した CeF/PP2 の曲げ強さは、v=10 mm/s で成形したものよりも高かった。

シリンダー温度の違いに着目すると、180°C, v=10 mm/s で成形した CeF/PP2 の引張強さは、195°C, v=10 mm/s で成形したものよりも高く、v=100 mm/s で成形したものについても同様であった。しかし、180°C, v=10 mm/s, 100 mm/s で成形した CeF/PP2 の引張強さは、それぞれ同条件で成形したニート PP2 の 1.4 倍であり、195°C で

成形した時と変わらなかった。このことから、シリンダー温度が低い時に CeF/PP2 の引張強さが高いのは、CeF の配向が原因ではないと考えられる。また、180°C, v=100 mm/s で成形した CeF/PP2 の曲げ強さは、195°C, v=100 mm/s で成形したものよりも高い。しかし、180°C, v=100 mm/s で成形した CeF/PP2 の曲げ強さは、同条件で成形したニート PP2 の 1.7 倍であり、195°C, v=100 mm/s で成形した時と変わらなかった。なお、今回検討したすべての条件において、CeF/PP2 の引張強さ、引張弾性率、曲げ強さ、曲げ弾性率はニート PP2 より高くなった。

### 3. 3. 2 CeF/PP3 成形品の物性評価

シリンダー温度 180°C で成形したニート PP3, CeF/PP3 成形品の引張試験、曲げ試験結果を図 6 (a) に、シリンダー温度 195°C で成形した成形品の結果を図 6 (b) に示す。シリンダー温度 180°C, v=100 mm/s で成形した CeF/PP3 の引張強さは、v=10 mm/s で成形したものよりも高かった。また、180°C, v=100 mm/s で成形した CeF/PP3 の引張強さは、同条件で成形したニート PP3 の 1.97~2.03 倍であり、v=10 mm/s の 1.87~1.93 倍より高かった。これは、180°C, v=100 mm/s で成形した CeF/PP3 は、v=10 mm/s と比較して、CeF が配向しているためと推察される。また 180°C, v=100 mm/s で成形した CeF/PP3 の曲げ強さは、v=10 mm/s で成形したものよりも高かった。しかし 180°C, v=100 mm/s で成形した CeF/PP3 の曲げ強

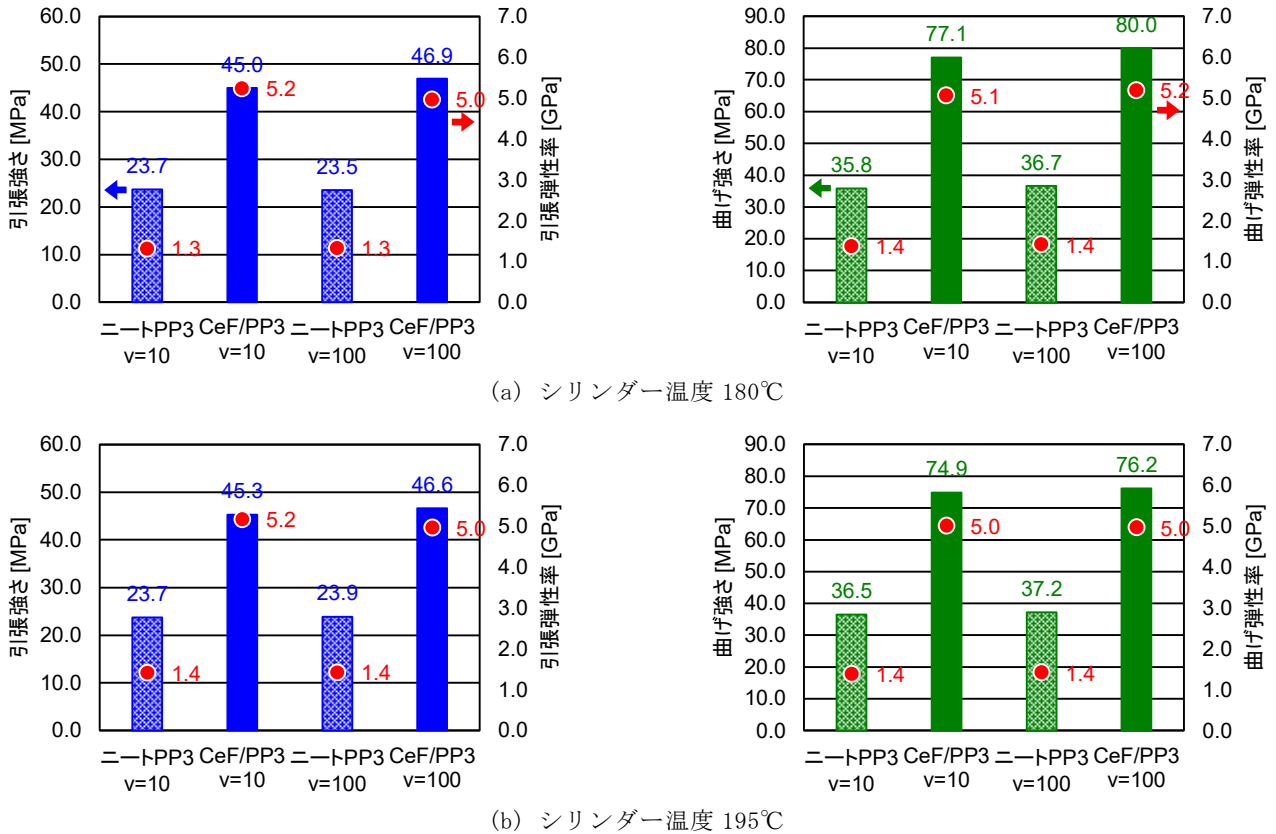


図6 CeF/PP3 成形品の引張強さ、引張弾性率、曲げ強さ、曲げ弾性率

さは、同条件で成形したニート PP3 の 2.2 倍であり、 $v=10$  mm/s で成形した時と変わらなかった。以上のことから、 $180^\circ\text{C}$ 、 $v=100$  mm/s で成形した CeF/PP3 は、 $v=10$  mm/s と比較して、CeF が配向しているものの、表面の CeF の配向については  $v=100$  mm/s 成形品と  $v=10$  mm/s 成形品で大差ないと考えられる。

シリンダー温度  $195^\circ\text{C}$ 、 $v=100$  mm/s で成形した CeF/PP3 の引張強さは、 $180^\circ\text{C}$  の時と同様、 $v=10$  mm/s で成形したものよりも高かった。一方、 $195^\circ\text{C}$  で成形した CeF/PP3 の曲げ強さは、射出速度を変えても変わらなかった。

シリンダー温度の違いに着目すると、CeF/PP3 の引張強さは温度を変えても変わらなかった。一方、 $180^\circ\text{C}$ 、 $v=10$  mm/s で成形した CeF/PP3 の曲げ強さは、 $195^\circ\text{C}$ 、 $v=10$  mm/s で成形したものよりも高く、 $v=100$  mm/s で成形したものについても同様であった。また、 $180^\circ\text{C}$ 、 $v=10$  mm/s、 $100$  mm/s で成形した CeF/PP3 の曲げ強さは、それぞれ同条件で成形したニート PP3 の 2.13~2.20 倍であり、 $195^\circ\text{C}$  の 2.00~2.11 倍より高かった。このことから、 $180^\circ\text{C}$  で成形した CeF/PP3 は、 $195^\circ\text{C}$  と比較して、表面の CeF が配向していると推察される。なお、今回検討したすべての条件において、CeF/PP3 の引張強さ、引張弾性率、曲げ強さ、曲げ弾性率はニート PP3 より高くなった。

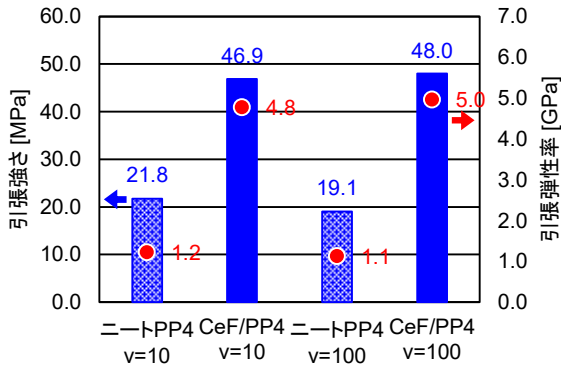
### 3. 3. 3 CeF/PP4 成形品の物性評価

シリンダー温度  $180^\circ\text{C}$  で成形したニート PP4、CeF/PP4

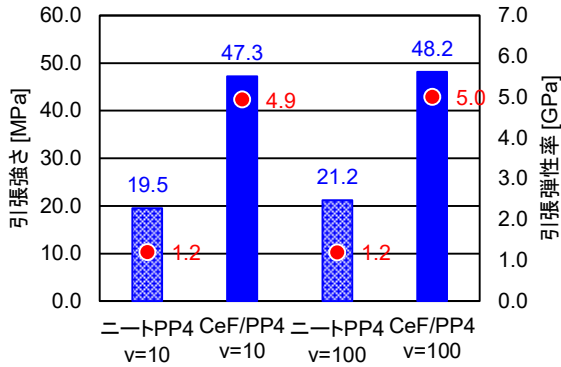
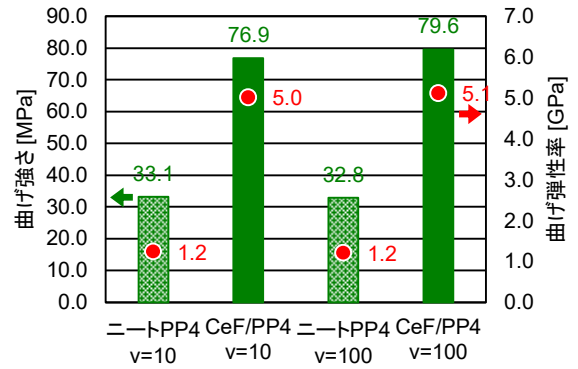
成形品の引張試験、曲げ試験結果を図 7 (a) に、シリンダー温度  $195^\circ\text{C}$  で成形した成形品の結果を図 7 (b) に示す。シリンダー温度  $180^\circ\text{C}$  で成形した CeF/PP4 の引張強さは、射出速度を変えても変わらなかった。一方、 $180^\circ\text{C}$ 、 $v=100$  mm/s で成形した CeF/PP4 の曲げ強さは、 $v=10$  mm/s で成形したものよりも高かった。また  $v=100$  mm/s で成形した CeF/PP4 の曲げ強さは、同条件で成形したニート PP4 の 2.42~2.43 倍であり、 $v=10$  mm/s の 2.28~2.34 倍より高かった。これは、 $180^\circ\text{C}$ 、 $v=100$  mm/s で成形した CeF/PP4 は、 $v=10$  mm/s と比較して、表面の CeF が配向しているためと推察される。

シリンダー温度  $195^\circ\text{C}$ 、 $v=100$  mm/s で成形した CeF/PP4 の引張強さ、曲げ強さは、 $v=10$  mm/s で成形したものよりも高かった。また  $195^\circ\text{C}$ 、 $v=100$  mm/s で成形した CeF/PP4 の曲げ強さは、同条件で成形したニート PP4 の 2.44~2.45 倍であり、 $v=10$  mm/s の 2.22~2.35 倍より高かった。このことから、 $180^\circ\text{C}$  の時と同様、 $195^\circ\text{C}$ 、 $v=100$  mm/s で成形した CeF/PP4 は、 $v=10$  mm/s と比較して、表面の CeF が配向していると考えられる。

なお、CeF/PP4 の引張強さ、曲げ強さは、シリンダー温度を変えても変わらなかった。また PP2、PP3 と同様、今回検討したすべての条件において、CeF/PP4 の引張強さ、引張弾性率、曲げ強さ、曲げ弾性率はニート PP4 より高くなった。



(a) シリンダー温度 180°C



(b) シリンダー温度 195°C

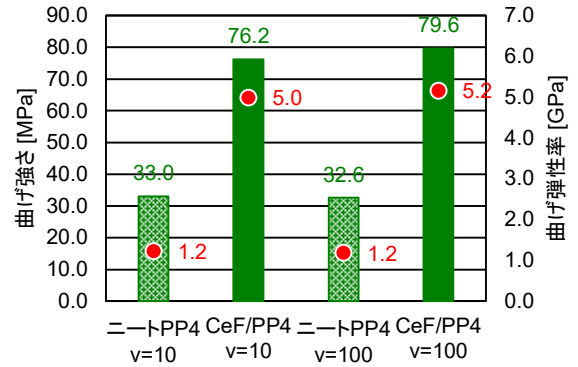


図7 CeF/PP4 成形品の引張強さ、引張弾性率、曲げ強さ、曲げ弾性率

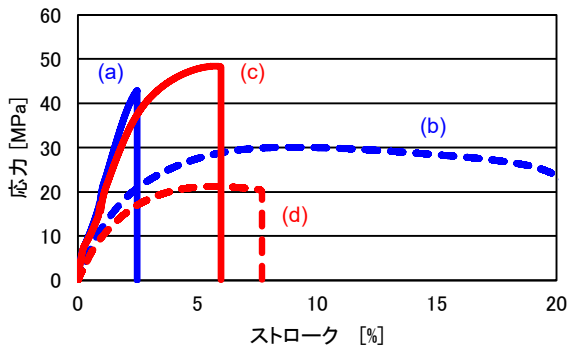


図8 ニートPP, CeF/PP 成形品 (シリンダー温度 195°C, v=100 mm/s) の応力-ひずみ曲線 (a)CeF/PP2 (b) ニートPP2, (c)CeF/PP4, (d)ニートPP4

以上のことから、PP2, PP3, PP4 のいずれにおいても、射出速度が速いほど、またシリンダー温度が低いほど、CeF/PP の引張強さ、曲げ強さは高くなる傾向があるといえる。

ここで CeF/PP2 成形品と CeF/PP4 成形品 (引張強さ: CeF/PP2 < CeF/PP4) の引張挙動を比較するため、シリンダー温度 195°C, v=100 mm/s で成形したニート PP2, CeF/PP2, ニート PP4, CeF/PP4 成形品の代表的な応力-ひずみ曲線を図 8 に示す。CeF/PP2 成形品は、ニート PP2 成形品と比べて著しく伸びが低下しており、また降伏せずに破断している。一方、CeF/PP4 成形品は降伏後に破断しており、また CeF/PP2 成形品よりも伸びていることが分かる。前述と同条件で成形した CeF/PP2 成形品の引張破断面の SEM 像を図 9 (a) に、CeF/PP4 成形品の引張

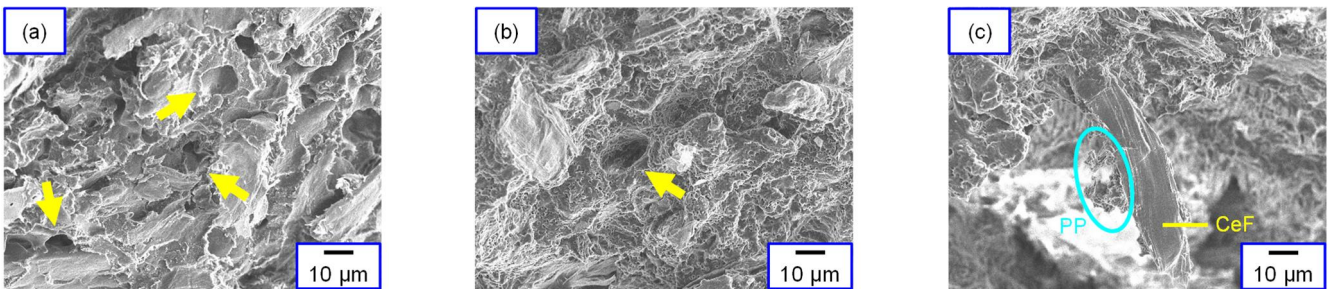


図9 CeF/PP 成形品 (シリンダー温度 195°C, v=100 mm/s) の引張破断面の SEM 像 (a)CeF/PP2, (b), (c) CeF/PP4

破断面のSEM像を図9(b), (c)に示す。CeF/PP2成形品とCeF/PP4成形品のいずれにおいても、引張破断面にはCeFが抜けてきたとみられる孔(図9(a), (b)の矢印部)が観察された。また抜けたCeFの一部にPPが付着している様子が見られ(図9(c))、特にCeF/PP4成形品で多く見られた。さらに、CeF/PP4成形品の引張破断面には、直径1 μm程度の孔が多数見られた。図は示していないが、同様の孔はニートPP4成形品の引張破断面にも見られ、またPP4はエチレンを6 wt%含むことから、この孔はPP4に海島構造のように含まれるポリエチレン(PE)相(島構造)がPP相(海構造)とともに引き伸ばされ、抜けてきたものと考えられる(PP2のエチレン含有率は0 wt%)。以上のことから、成形品を引っ張ると、CeF/PP2ではCeFの引き抜けが瞬間的に起こるのに対し、CeF/PP4ではPEが粘り、CeFの引き抜けが段階的に起こると考えられる。なお、図は示していないが、CeF/PP4同様、CeF/PP3は降伏後に破断しており(伸び(引張破断呼びひずみ): CeF/PP2 < CeF/PP3 ≤ CeF/PP4)、またその引張破断面にはCeFが抜けてきたとみられる孔と直径1 μm程度の孔が観察された。

#### 4 おわりに

委託者である日本コークス工業(株)がロール機を用いて作製した4種類の50 wt% CeF/PPペレット(以下CeF/PPペレット)(PP1, PP2, PP3, PP4)について、MFRを測定した。MFRが0.6以上のCeF/PP2, CeF/PP3, CeF/PP4と各ニートPPについて射出成形を行い、外観、物性を評価し、次の知見を得た。

- (1) CeF/PP成形品(PP2, PP3, PP4)は、射出速度が遅いとショートショットとなり、成形できなかった。CeF/PP成形品は全体的に黄変しており、シリンダ

一温度が高くなると黄褐色化した。また、CeF/PP成形品にはCeF凝集物とみられる白色部が点在しており、この白色部は射出速度が速いほど少なかった。

- (2) CeF/PP成形品(PP2, PP3, PP4)の引張強さ、曲げ強さ、弾性率は、同条件で成形したニートPPよりも高かった。
- (3) CeF/PP成形品(PP2, PP3, PP4)の引張強さ、曲げ強さは、成形時の射出速度が速く( $v=100$  mm/s)、シリンダー温度が低い(180℃)ほうが、高い傾向があった。
- (4) CeFによるPPの補強効果は、PP4が最も高く、シリンダー温度180℃、 $v=100$  mm/sで成形したCeF/PP4の引張強さは同条件で成形したニートPP4の2.5倍、曲げ強さは2.4倍であった。

#### 謝 辞

本事業で用いた測定機の一部は公益財団法人JKAの補助事業によるものであり、競輪マークを記して謝意を表す。

#### 参考文献

- 1) 河本春雄：“木材学会誌”，61(1)，1-24，(2015)
- 2) 哈斯，井上晴洋，木村照夫：“繊維学会誌”，70(5)，89-95，(2014)



本研究は、公益財団法人JKA補助事業により整備した機器を活用して実施しました。