<研究論文>

(受理:平成23年3月17日)

PP/エラストマー/シリカ複合材料の力学特性
におよぼすシリカ粒子径の影響

日笠 茂樹*・永田 員也**・中村 吉伸***

要 旨

ポリプロピレン/エラストマー/フィラー複合材料について、力学特性とエラストマーおよびフィラー添加との関連を検討した。エラストマーとしてポリスチレン-*block*-ポリエチレンブテン-*block*-ポリスチレントリブロック共重合体 (SEBS) を用い、フィラーとして平均粒子径 $0.1\sim 3.3\mu\text{m}$ の球状シリカ粒子を用いた。弾性率および引張降伏応力は、粒子径が小さくなるのにつれてやや向上した。SEBS の体積分率が 0.12 以下においては、添加するシリカの粒子径が小さくなるのにもなって、衝撃強度はゆるやかに向上した。一方、SEBS の体積分率が 0.17 以上においては、平均粒子径 $0.1\sim 2.0\mu\text{m}$ のシリカ粒子の添加は、衝撃強度を顕著に向上させた。

1. 緒 言

プラスチック材料へのフィラー添加は、弾性率の向上などを目的として広く行われている^{1~7)}。一方、エラストマーの添加は、衝撃強度を向上させる^{8~13)}。しかし、これは、通常、弾性率の低下を招く。そこで、弾性率と衝撃強度とを両立させるために、マトリクス/エラストマー/フィラー 3 元複合材料が広く検討されてきた^{5~7)}。

著者らは、ポリプロピレン (PP) にフィラーとしての炭酸カルシウム (CaCO_3) とエラストマーとしてのポリスチレン-*block*-ポリ (エチレン-ブテン)-*block*-ポリスチレントリブロック共重合体 (SEBS) とを添加した PP/SEBS/ CaCO_3 3 元複合材料に関して、SEBS 量、SEBS 官能基、 CaCO_3 量、 CaCO_3 粒子サイズなどの諸因子が複合材料の力学特性に及ぼす影響について、一連の研究を行ってきた^{14~19)}。そのなかで、 CaCO_3 粒子に関しては 1) 粒子サイズが複合材料の衝撃強度に大きく影響すること、な

らびに、2) ポリマーが脆性破壊を示す場合と延性破壊を示す場合とでは、衝撃強度に及ぼす粒子サイズの影響が異なることを明らかにした^{18,19)}。

ところで、ここで用いた CaCO_3 粒子はステアリン酸等の高級脂肪酸で表面処理している。衝撃試験片の試験後の破壊表面などの観察から、耐衝撃性の向上は衝撃時に界面が剥離してボイド化し、マトリクス PP の大規模な変形が衝撃エネルギーを吸収したためであることが分った^{18,19)}。つまり、衝撃を受けた際に界面の剥離がいかに効果的に起こるかが重要で、フィラーの体積添加量が同一の場合、衝撃強度は、フィラーの種類に影響されず、サイズに依存すると考えられる。しかしながら、この点についてはまだ確認していない。

そこで、本報告では、平均粒子径が $3.3\sim 0.1\mu\text{m}$ の球状シリカ (SiO_2) 粒子を用い、その粒子添加量や粒子直径が PP 複合材料に及ぼす影響について検討し、既報^{18,19)} の CaCO_3 粒子による結果と比較した。

2. 実験方法

2.1 材 料

マトリクスの PP として、ホモ PP (PM600A, メルトインデックス (MI)=8, サンアロマー (株))を用いた。エラストマーとして SEBS (試作品 F-15, 旭化成ケミカルズ (株), スチレン含量 18wt%, 分子量 65,000)を用いた。

フィラーとして平均粒子径が 0.1, 0.3, 0.7, 1.7 および

* 岡山県工業技術センター 研究開発部高分子グループ
岡山市北区芳賀 5301 〒701-1296

** 旭化成ケミカルズ (株) 樹脂総合研究所

神奈川県川崎市川崎区夜光 1-3-1 〒210-0863

*** 大阪工業大学工学部応用化学科

大阪工業大学ナノ材料マイクロデバイス研究センター

大阪市旭区大宮 5-16-1 〒535-8585

(原稿受付日:平成23年2月17日)

3.3 μm の 5 種類の球状シリカ (SiO_2 , UFP30, SFP20M, SFP30M, FB01SDX, FB03SDX, すべて電気化学工業 (株) を用いた。これらの SiO_2 粒子は、表面を疎水化して粒子の二次凝集を防止するために、ヘキサメチルジシラザン (HMDS; 信越化学工業 (株) を用い、ヘンシェルミキサー (FM20C/I; 日本コークス (株) にて 80°C , 15 分間, 2000 rpm の条件で表面処理を行った。

2.2 試料調製ならびに力学特性の測定

試料調製ならびに力学特性の測定は、既報^{18,19)}に示した手順にて行った。

2.3 相構造の観察

射出成形で得られた試験片を液体窒素中で凍結破断した破断面を、4 酸化ルテニウム (RuO_4) 蒸気で染色し、観察前に白金蒸着した。この面に関して、複合材料中での SEBS および SiO_2 粒子の分散状態を走査電子顕微鏡 (SEM) 観察 (電界放射型走査電子顕微鏡 (FE-SEM), S-4700 型, (株) 日立ハイテクノロジーズ) による目視で評価した。

2.4 衝撃破壊サンプルの観察

2.4.1 破壊面の観察

アイゾット衝撃試験後の破壊表面を、4 酸化ルテニウム (RuO_4) 蒸気で染色し、白金蒸着した。この面を FE-SEM (JSM7500FA, 日本電子 (株) にて観察した。観察面を、Fig. 1a に示した。

Fig. 1 Observed surfaces in Figs. 6 (a) and 7 (b).

2.4.2 衝撃破壊試験後の内部破壊状態の観察

アイゾット破壊面近傍での試験片内部の破壊状態を FE-SEM (JSM7500FA) で観察した。観察面を、Fig. 1b に示した。アイゾット破壊サンプルから破壊面近傍を切り出した後に液体窒素中で凍結破断し、現れた面を酸化ルテニウム (RuO_4) 蒸気にて 25°C , 30 分間染色し、白金蒸着後に観察した。

2.5 フィラー懸濁液の水素イオン指数 (pH) 測定

フィラーの化学的特性として懸濁液の水素イオン指数 (pH) 測定を行った。粉体の 2 wt% 水懸濁液を調製、5 分間攪拌後、この懸濁液を pH メーター (D52 型; (株) 堀場製作所) にて pH を測定した。

3. 結果と考察

3.1 フィラーの化学的特性

フィラーの化学的特性を確認するために、2 wt% 懸濁液の pH 測定を行った。

SiO_2 懸濁液の pH は $6.8 \sim 7.3$ であった。一方、 CaCO_3 懸濁液の pH は $9.0 \sim 10.1$ であった。 CaCO_3 が塩基性を示すのに対し、 SiO_2 はほぼ中性を示した。このように、 SiO_2 と CaCO_3 とは異なる化学的特性を有している。

3.2 PP/SEBS/ SiO_2 複合材料の相構造

Fig. 2 には、PP/SEBS/ SiO_2 3 元複合材料中のフィラーおよび SEBS の分散状態を SEM 観察した結果を示した。エラストマー体積分率 (ϕ_e) = 0.15, SiO_2 体積分率 (ϕ_f) = 0.0375 (a-e) および 0 (f) である。直径数 100 nm の球状白色領域は RuO_4 に染色された SEBS 粒子を示す。(a)-(e) の SiO_2 粒子の平均粒子径は、それぞれ 0.1, 0.3, 0.7, 1.7, $3.3 \mu\text{m}$ である。写真中、それぞれのサイズに対応する球状の粒子は SiO_2 粒子である。

Fig. 2 より、 SiO_2 粒子と SEBS 粒子とが独立して PP 中に分散していることが観察された。また、 SiO_2 粒子は大きな凝集体を形成せず、ほとんど単独粒子として PP 中に分散していた。一方、 SiO_2 粒子径が異なっても SEBS の分散状態は同様であった。つまり、 SiO_2 の粒子径は SEBS

Fig. 2 SEM images of PP/SEBS/ SiO_2 (82.3/15/2.7, v/v) ternary composites (a-e) and PP/SEBS (85/15 v/v) binary blend. SiO_2 mean diameters are 0.1 (a), 0.3 (b), 0.7 (c), 1.7 (d) and $3.3 \mu\text{m}$ (e).

の分散状態に影響を与えないことが分かった。b においては、SEBS 粒子が少ないように見える。これは、観察前の RuO_4 染色時にムラがあり、十分に染色できなかったからと考えられる。

この結果は、フィラーとして CaCO_3 を用いた場合^{18,19)}と同様であり、フィラーの化学的性質や粒子サイズが SEBS の分散状態に影響を与えないことを示している。これは、PP あるいは SEBS といった非極性ポリマーが、 SiO_2 粒子や CaCO_3 粒子のような無機フィラーとほとんど相互作用を持たないことによると考えられる。

3.3 複合材料の弾性率

Fig. 3 には、PP/SEBS/ SiO_2 3 元複合材料の弾性率と SiO_2 の平均粒子径との関係を示した。 φ_e は 0.17, φ_f は 0.073 である。粒子径が小さくなるのに伴って弾性率が若干ではあるが上昇した。

拡張 Lewis-Nielsen 式²¹⁾では、フィラー分散複合材料の弾性率はフィラー粒子径に影響されないことが示されており、 CaCO_3 を用いた場合にはその見解が支持される結果であった¹⁸⁾。これは、 CaCO_3 粒子を用いた場合には、十分な量の脂肪酸が CaCO_3 表面に存在して PP/ CaCO_3 界面の相互作用を阻害するために、弾性率の実験値が界面相互作用がないと仮定したモデル（拡張 Lewis-Nielsen 式）に合致したと考えられる。

一方、本研究において、小粒子径フィラーを用いた複合材料が、若干高い弾性率を示した。このことは以下のように考えられる。

SiO_2 の表面処理には低沸点の HMDS を用いている。そのために、処理中に一部の HMDS が揮発し、 SiO_2 表面に存在する処理剤量が非常に少なくなる。その結果、PP/ SiO_2 界面相互作用が弱いながらも存在し、それによって

マトリクス PP の分子運動が拘束された可能性が考えられる^{22,23)}。このような SiO_2 粒子表面での分子運動拘束層はマトリクス層よりも高い弾性率を示す。小粒子径フィラーは比表面積が大きく、より多くの分子運動拘束層を形成する。そのために、小粒子径フィラーを用いた複合材料は、若干ではあるが、弾性率が高くなったと考えられる。

3.4 複合材料の引張降伏応力

Fig. 4 には、PP/SEBS/ SiO_2 3 元複合材料の引張降伏応力と SiO_2 の平均粒子径の関係を示した。Fig. 3 と同様、 φ_e は 0.17, φ_f は 0.073 である。粒子径が小さくなるのに伴って引張降伏応力が若干ではあるが上昇した。

Nicolais-Narkis²⁴⁾ の式や Pukanszky²⁵⁾ の式でも、フィラー分散複合材料の引張降伏応力はフィラー粒子径に影響されないことが予測されており、フィラーとして CaCO_3 を用いた場合にはその見解が支持される結果であった¹⁸⁾。これは、 CaCO_3 粒子を用いた場合には、十分な量の脂肪酸が CaCO_3 表面に存在して PP/ CaCO_3 界面の相互作用を阻害したためと考えられる。

一方、本研究において、粒子径が小さくなるのに伴って引張降伏応力がやや上昇したことは以下のように考えられる。引張降伏時には、ほとんどの SiO_2 粒子において PP/ SiO_2 界面が剥離し、ボイドが形成されていると考えられる²⁶⁾。しかし、粒子径が小さくなるのに従って、界面での応力集中は小さくなる。そのために、小粒子径フィラーではボイドが形成されにくくなる。すなわち、小粒子径フィラーでは、同一応力で大粒子径フィラーと比較して応力伝達が行われやすくなる可能性が考えられる。

また、粒子径が小さくなるにつれて、フィラーの周囲に形成される分子運動拘束層が多くなると考えられる。この層はマトリクス層よりも弾性率が高いために、変形時に

Fig. 3 Relation between SiO_2 mean diameter and modulus for PP/SEBS/ SiO_2 ternary composites. φ_e is 0.17 and φ_f is 0.073.

Fig. 4 Relation between SiO_2 mean diameter and tensile yield stress for PP/SEBS/ SiO_2 ternary composites. φ_e is 0.17 and φ_f is 0.073.

より大きな応力を担うことができる。

これらの理由により、粒子径が微細な SiO_2 では、引張降伏応力が若干向上したものと考えられる。

3.5 複合材料のアイゾット衝撃強度

フィラー複合プラスチック材料では、フィラー粒子径が衝撃強度に大きく影響する例が知られている^{2~4)}。これらの研究においては、粒子径が小さくなるにつれて衝撃強度が向上するとの報告が多い^{3,4)}。また、粒子径数百 nm で最大の衝撃強度を示す例も報告されている²⁾。著者らの検討においては、ポリマーが脆性破壊を示す場合には粒子径が小さくなるにつれて衝撃強度が向上し、ポリマーが延性破壊を示す場合には粒子径数百 nm で最大の衝撃強度を示した^{18,19)}。

Fig. 5 には、PP/SEBS/ SiO_2 3 元複合材料の衝撃強度に及ぼす SiO_2 平均粒子径の影響を示した。 SiO_2 の平均粒子径の範囲は 0.1 から 3.3 μm である。SEBS の体積分率 (ϕ_e) は 0.10 から 0.20 とし、それぞれの SEBS 量について SiO_2 の平均粒子径が衝撃強度に及ぼす影響を比較した。 SiO_2 の体積分率 (ϕ_f) は約 0.04 となるようにした。衝撃強度はエラストマー量と SiO_2 の平均粒子径に大きく影響を受けた。 $\phi_e=0.10, 0.12$ では、 SiO_2 の粒子径が大きくなるのにもなって衝撃強度がゆるやかに低下した。これらに対して $\phi_e=0.15, 0.17, 0.20$ では、衝撃強度ははるかに高かった。衝撃強度は平均粒子径 0.7 μm で最大値を示した。また、平均粒子径が 2 μm を越えると大きく低下した。このように、 SiO_2 粒子径が複合材料の衝撃強度に及ぼす影響は、 $\phi_e \leq 0.12$ と $\phi_e > 0.15$ とでは大きく異なった。この結果は、フィラーに CaCO_3 を用いた場合とほぼ同様

Fig. 5 Relation between SiO_2 mean diameter and Izod impact strength for PP/SEBS/ SiO_2 ternary composites. ϕ_f is about 0.04. ϕ_e are 0.10 (○), 0.12 (□), 0.15 (▲), 0.17 (●) and 0.20 (■).

の傾向であった^{18,19)}。このように、種類の異なるフィラーを用いても、衝撃強度に及ぼすフィラーサイズの影響はほぼ同じであった。

最大の衝撃強度を示す平均粒子径が SiO_2 を用いた場合には CaCO_3 を用いた場合 (約 0.5 μm)^{18,19)} よりもやや大きかった。この理由としては、1) CaCO_3 と比較して粒子径分布が狭く、粒度が揃っているために、巨大粒子が存在しない、2) CaCO_3 の形状が不定型であるのに対し、 SiO_2 の形状は球状である等の理由によって、マクロな破壊を誘発する破壊基点を形成しにくいからと考えられる。

なお、衝撃強度は SiO_2 量に従って以下のように変化した。3.3 μm の SiO_2 を用いた場合、エラストマー量によって異なるが、おおむね衝撃強度は SiO_2 量とともに徐々に低下した。これは、 SiO_2 粒子が衝撃破壊時に破壊基点を形成しやすいためと考えられる。一方、1.7 μm 以下の SiO_2 を用いた場合、おおむね衝撃強度は SiO_2 量とともに徐々に向上した。これは、粒子径が小さい場合、 SiO_2 粒子が破壊基点を形成しにくく、後述するメカニズムによりエネルギーの消費に寄与するためと考えられる。

Fig. 6 には、PP/SEBS/ SiO_2 3 元複合材料のアイゾット衝撃試験後の破壊面を SEM にて高倍率で観察した結果を示した。(a) では $\phi_e=0.17$, $\phi_f=0$, (b) では $\phi_e=0.17$, $\phi_f=0.073$ (b) である。また、(c) では $\phi_e=0.12$, $\phi_f=0$, (d) では $\phi_e=0.12$, $\phi_f=0.051$ ある。 SiO_2 の平均粒子径は 0.7 μm である。この写真では、エラストマー部は染色されて明るく観察される。明るい領域が細長く伸ばされた部分はエラストマーが引き延ばされた部分であり、延性的に破壊した部分と考えられる。また、明るい領域が球状で観察された部分はエラストマーが引き延ばされず球状で存在する部分であり、脆性的に破壊した部分と考えられる。観察結果より、破壊面には、延性的に破壊した部分と、脆性的に破壊した部分が混在していることが分かる。このような混在は、PP/SEBS ブレンドに関して、破壊全体が延性破壊 (a; $\phi_e=0.17$) を示す場合にも脆性破壊 (c; $\phi_e=0.12$) を示す場合にも観察された。このことは、破壊全体としての脆性/延性に関わらず、微小領域の延性破壊部分と脆性破壊部分とが混在していることを示唆している。また、 SiO_2 を添加した試験片 (b; $\phi_e=0.17$, d; $\phi_e=0.12$) に関しても、延性破壊部分と脆性破壊部分との混在が観察された。さらに、高衝撃強度を示す試験片は、この延性破壊部分が多くなっていた。これらのことから、延性破壊部分の面積が増加することにより全体としての衝撃強度が向上したものと考えられる。

Fig. 7 には、衝撃破壊試験片における破壊面近傍の内部の破壊状態を示した。(a)–(d) の配合組成ならびに用いた SiO_2 粒子は Fig. 6 と同じである。

フィラー粒子によって衝撃強度が大きく向上する場合で

Fig. 6 SEM images of fractured surfaces by Izod impact test for PP/SEBS (83/17 v/v) binary blend (a), PP/SEBS/SiO₂ (75.7/17/7.3, v/v) ternary composite (b), PP/SEBS (88/12 v/v) binary blend (c) and PP/SEBS/SiO₂ (82.9/12/5.1, v/v) ternary composites (d) with high magnification. The SiO₂ mean diameter is 0.7 μm.

Fig. 7 SEM images of internal fracture near the Izod fractured surfaces for PP/SEBS binary blends (a, c) and PP/SEBS/SiO₂ ternary composites (b, d). The compositions and SiO₂ used were the same as Fig. 6.

は、フィラー粒子の周りにボイドが観察された。既報^{17,19)}に示したように、このことは、PP/SEBS/フィラー 3 元複合材料では、破壊面の近傍において、アイゾット試験時に試験片内部が破壊され、フィラー粒子の周囲にボイドが発生したことを示している。

以上のことから、破壊のメカニズムは以下のように考え

られる。既報^{18,19)}に示したように、 $\phi_e > 0.15$ では、フィラー由来のボイド形成によってボイド周辺でのマトリクスの延性変形が容易になり、この伸長によってエネルギーが消費される。一方、 $\phi_e \leq 0.12$ では、マトリクス/フィラー界面の剥離時にエネルギーが消費される¹⁹⁾。このようなエネルギーの消費は破壊全体を延性に变化させる。いずれに

してもフィラー添加は破壊を延性的に変化させ、その変化は破壊面に関して延性破壊部の増加となってあらわれる。

この、延性破壊部がエネルギーを大きく吸収するために、衝撃強度が向上する。このメカニズムは、既報¹⁹⁾で明らかにした CaCO_3 の場合と同様であった。

上記の耐衝撃性向上メカニズムでは、フィラーは界面の剥離によるボイド化によってマトリックス PP の大変形を起こしやすくするのみの役割であるため、粒子間距離、つまりフィラーのサイズのみが影響因子のはずである。 CaCO_3 と SiO_2 添加系で衝撃強度に及ぼす粒子サイズの影響がほぼ同様であることは、上記の見解を支持している。

また、このようなメカニズムが機能するためには、ポリマー/フィラー間の相互作用が小さく、界面が容易に剥離することが重要である。本研究に用いた PP や SEBS はフィラーとの化学的相互作用をほとんど示さず、しかも SiO_2 は HMDS で表面処理されているために界面が容易に剥離する。そのため、フィラーの種類(化学的特性等)が複合材料の衝撃強度に影響しなかったものと考えられる。

4. まとめ

PP/SEBS/ SiO_2 複合材料において、 SiO_2 粒子径が複合材料の力学特性に及ぼす影響を検討した。以下の結果が得られた。

- 1) SiO_2 の添加によって、衝撃強度の向上が見られたが、その挙動は SEBS の添加量によって異なっていた。ポリマーが脆性破壊を起こす $\phi_e \leq 0.12$ では、 SiO_2 粒子直径が小さい方が衝撃強度の向上には有利である。一方、ポリマーが延性破壊を起こす $\phi_e > 0.15$ では、 $1\mu\text{m}$ 程度の SiO_2 粒子が最も有効であった。
- 2) フィラーに関する以上の挙動は SiO_2 と CaCO_3 とではほぼ同様であった。このことから、マトリックス/フィラー間の相互作用がほとんどなく、衝撃時に界面が容易に剥離する場合は衝撃強度に影響する因子はフィラーのサイズのみであることが明確となった。

文 献

- 1) Martinatti, F., Ricco, T., *J. Mater. Sci.*, **29**, 442 (1994).
- 2) 野村学, 和田薫, 成形加工シンポジウム '90, 129 (1990).
- 3) Fu, Q., Wang, G., *Polymer International*, **30**, 309 (1993).
- 4) Fu, Q., Wang, G., *J. Appl. Polym. Sci.*, **49**, 1985 (1993).
- 5) Long, Y., Shanks, R. A., *J. Appl. Polym. Sci.*, **61**, 1877 (1996).
- 6) Li, Z., Guo, S., Hou, W. S. B.; *J. Mat. Sci.*, **38**, 1793 (2003).
- 7) Molnar, S., Pukanszky, B., Hammer, C. O., Maurer, F. H. J., *Polymer*, **41**, 1529 (2000).
- 8) Takaki, A., Narisawa, I., Kuriyama, T., *Polym. Eng. Sci.*, **40**, 398 (2000).
- 9) Takaki, A., Narisawa, I., Kuriyama, T., *Polym. Eng. Sci.*, **41**, 575 (2001).
- 10) Matsuda, Y., Hara, M., Mano, T., Okamoto, K., Ishikawa, M., *Polym. Eng. Sci.*, **45**, 1630 (2005).
- 11) Matsuda, Y., Hara, M., Mano, T., Okamoto, K., Ishikawa, M., *Polym. Eng. Sci.*, **46**, 29 (2006).
- 12) Wu, S., *Polymer*, **26**, 1855 (1985).
- 13) Wu, S., *J. Appl. Polym. Sci.*, **35**, 549 (1988).
- 14) Hikasa, S., Nagata, K., Miyahara, K., Izumi, T., Suda, T., Toyohara, A., Kato, A., Nakamura, Y., *J. Appl. Polym. Sci.*, **114**, 919 (2009).
- 15) Hikasa, S., Nagata, K., Nakamura, Y., *J. Adhesion Sci. Technol.*, **23**, 1993 (2009).
- 16) 日笠茂樹, 永田員也, 中村吉伸, 日本接着学会誌, **45**, 220 (2009).
- 17) 日笠茂樹, 永田員也, 中村吉伸, 日本接着学会誌, **46**, 40 (2010).
- 18) 日笠茂樹, 永田員也, 中村吉伸, 日本接着学会誌, **46**, 252 (2010).
- 19) 日笠茂樹, 永田員也, 中村吉伸, 高分子論文集, **67**, 615 (2010).
- 20) Stricker, F., Mulhaupt, R., *J. Appl. Polym. Sci.*, **62**, 1799 (1996).
- 21) J. Moczo and B. Pukanszky, *J. Ind. Eng. Chem.*, **14**, 535 (2008).
- 22) B. Pukanszky, E. Fekete and F. Tudos, *Mianyag es Gumi*, **26**, 210 (1989).
- 23) Nicolais, L., Narkis, M., *Polym. Eng. Sci.*, **11**, 194, (1971).
- 24) Premphet, K., Horanont, P., *J. Appl. Polym. Sci.*, **74**, 3445 (1999).
- 25) 中村吉伸, 永田員也, 吉本規寿, 岡部誠司, 奥村浩史, 兒子英之, 飯田健郎, 日本接着学会誌, **36**, 53 (2000).

<Original Paper>

Influence of Inorganic Particle Size on Impact Properties of
PP/Elastomer/SiO₂ Ternary Composites

Shigeki HIKASA *, Kazuya NAGATA ** and Yoshinobu NAKAMURA ***

* Industrial Technology Center of Okayama Prefecture, Japan
5301 Haga, Kita-ku, Okayama 701-1296, Japan

** Laboratory of Plastics, Asahi Kasei Chemicals Corp.,

1-3-1 Yakoh, Kawasaki-ku, Kawasaki-city, Kanagawa, 210-0863 Japan

*** Department of Applied Chemistry and Nanomaterials Microdevices Research Center,
Osaka Institute of Technology

5-16-1, Ohmiya, Asahi-ku, Osaka, 535-8585 Japan

(Accepted for publication : March 17, 2011)

Abstract

Influences of elastomer and filler incorporation on impact properties for polypropylene/elastomer/filler ternary composite were investigated. Silica particles with a diameter in the range from 0.1 to 3.3 μm were used and polystyrene-*block*-poly(ethylene-butene)-*block*-polystyrene triblock copolymer (SEBS) was used as elastomer. In the case that SEBS volume fraction is below 0.12, the impact strength increased gradually with a decrease of the silica particle size. In the case that SEBS volume fraction is above 0.17, the addition of silica particles with a diameter in the range from 0.1 to 2.0 μm improved the impact strength. However, the addition of them with mean size of 3.3 μm never improved the impact strength. The influence of silica particle size on the impact strength was similar to that of CaCO₃ particles previously reported. It was found that the inorganic particle size strongly affects on the impact strength of composite independent on the kind of particles.

Key words : Composite/Impact strength/Polypropylene (PP)/SEBS/Silica

(Received : February 17, 2011)