

サステナブル社会に対応するプラスチック添加剤の開発と展開

2022年4月27日

ビックケミー・ジャパン株式会社

プラスチック添加剤部

宮崎 隼人

はじめに

全世界において持続可能(サステナブル)な社会を実現するべく、様々な製品の素材となりうるプラスチックについてもサステナブルであることが求められている。また、プラスチックは多くの添加剤技術によって支えられている側面も有するため、これら添加剤の使い方次第ではよりサステナブルに貢献するプラスチック製品の開発、活用が可能になると考えられる。本稿では添加剤製品を取り扱う当社ビックケミーとしてプラスチックコンパウンド、とりわけ熱可塑性樹脂コンパウンドのサステナブル貢献について概念や事例を紹介したい。

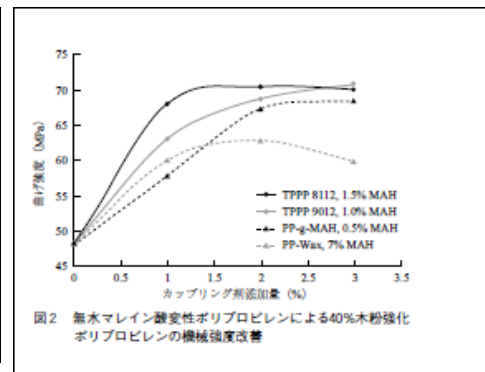
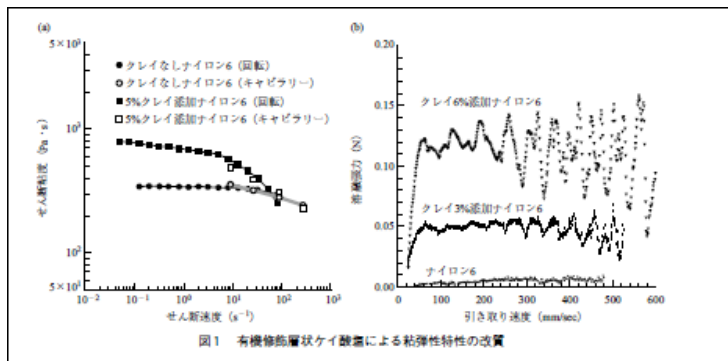
当社で考える添加剤によるサステナブル社会への貢献は主に二つに分類される。1つは2020年初頭よりにわかに活気付いたカーボンニュートラルに関連するもの、もう1つは環境への残留抑制に貢献する生分解性プラスチックに関連するものである。当社の貢献の多くは前者に該当するため、本稿では前者について当社の見解を述べることとする。

カーボンニュートラル

カーボンニュートラルとは温暖化ガスの一つといわれる二酸化炭素(CO₂)の環境中への放出を抑制するために取られる各種施策の結果、達成される状態をさす。例えば自動車業界においては製造時、走行時、そして廃棄時に発生するCO₂と分けて議論される。詳細の議論については誌面の都合上省略させていただく。プラスチック添加剤は適切に使用することでこれらすべてのCO₂排出ステージに寄与することができる。当社では、①植物由来樹脂の活用 ②植物繊維フィラーの有効活用 ③ガラス繊維・炭素繊維の使用量低減 ④マテリアルリサイクル ⑤無塗装化への提案を進めている。以下、それぞれについて当社添加剤の可能性について詳述する。

1. 植物由来樹脂の活用(層状ケイ酸塩の活用)

ポリ乳酸(PLA)に代表される植物由来樹脂はCO₂を吸収するマイナスカーボン材料を原料とするため、カーボンニュートラルの実現に向けて注目されている樹脂材料の一つである。一方で、PLAはそのリニアな分子構造に由来して熱安定性や加工特性、特に溶融張力に課題があるとされている。当社ではベントナイトといわれる層状ケイ酸塩(クレイ)の製品を各種展開しているが、有機修飾クレイは低せん断領域において溶融粘度及び溶融張力を改質する効果がある(図1)。クレイはせん断速度によって粘度が変化する“*Shear Thinning*”を示し、押出加工やブロー成形などの低いせん断域において特異的にせん断粘度を向上する効果を有する一方、射出成形などの高せん断速度の領域では非充てんコンパウンドと同様の粘度を示す。また、クレイを添加することにより溶融張力は増強される。当社ではポリオレフィンなどの非極性樹脂への相溶を意図した有機修飾処理を施した「[CLOISITE-20 A](#)」「[BYK-MAX CT 4260](#)」、ポリアミド(PA)やポリエステルなど極性樹脂への相溶を意図した「[BYK-MAX CT 4255](#)」を展開している。コンパウンドのマトリクス樹脂に応じて、製品を使い分けていただきたい。



2. 植物繊維フィラーの有効活用

植物由来樹脂と同様に、植物繊維もフィラーとしてコンパウンドに配合することでマイナスカーボンに寄与する。植物繊維にもミクロンスケールのある程度大きなパルプ様のものと、これらパルプを解繊した数十nm程度の繊維径を有するセルロースナノファイバー(CNF)がある。当社では酸変性グラフトポリマー「SCONA」により、ポリオレフィン等の非極性樹脂コンパウンドにおける樹脂マトリクスと植物繊維表面との密着性改良、これによる機械強度の向上を訴求している。「SCONA」は樹脂を溶融させない固相グラフト法により製造されるが、無水マレイン酸変性率が1.5重量%と高い「SCONA TPPP 8112 GA」において優れた曲げ強度の改善効果が得られており(図2)、WPC(Wood Plastics Composite;木粉強化プラスチック)にて実績がある。植物繊維と基材樹脂の密着性向上においては、高マレイン酸変性品であるほど少量で密着性向上による機械強度の改善効果を示す。植物繊維表面には水酸基が豊富に存在しており、これらとの反応点を確保するうえで高変性グラフトポリマーが有効であると考えられる。

一方、CNFコンパウンドではすでに述べたミクロンスケールの植物繊維へのアプローチに追加して、CNF自体を効果的に基材中に分散させる分散剤が必要であると認識している。当社では微粉碎されたポリエチレンワックス「CERAFLOUR 991」、ポリプロピレンワックス「CERAFLOUR 970」、水分散ポリエチレンワックスディスパージョン「HORDAMER PE 02」などを市場に展開している。これら分散剤を使用した取組みは各社で進行しており、結果を待ちたい。

3. ガラス繊維・炭素繊維強化コンパウンドにおける繊維使用量低減

金属材料の代替材料として、高い弾性率を示すガラス繊維コンパウンドは自動車や産業部品など様々な構造部材として使用されている材料である。一方、その優れた軽量性・高弾性率から炭素繊維を強化材料とした各種炭素繊維コンパウンドも徐々に市場シェアを伸ばしている。これら繊維材料は製造にあたり多くのエネルギーを消費するため、使用量の低減によりマイナスカーボンに寄与できる可能性がある。ただし、単純に使用量を低減するだけでは求められる機械物性を満たせない可能性があり、解決策が求められる。

当社ではこれらガラス繊維・炭素繊維向け密着性改良材として固相グラフトポリマー「SCONA」を展開しており、引張り強度やシャルピー衝撃強度の向上を訴求している。「SCONA」はその高酸変性率から少量添加での改善効果を訴求しているが、同時にこれら強化材料の使用量を低減しつつ同程度の機械物性を実現する可能性が示唆されている。このようなアプローチを望まれる場合は当社にご相談をいただきたい。

4. マテリアルリサイクル

製造時のCO₂低減策の一つとして、リサイクルが挙げられる。リサイクルにも熱循環によるサーマルリサイクル、工場端材や市場流通品を回収して再利用するマテリアルリサイクル、そして樹脂材料をモノマー

単位まで分解後に再構築するケミカルリサイクルの大きく3つに大別される。添加剤として訴求できるのはこれらのうちマテリアルリサイクルであるが、様々な課題が散見される。本項ではこれら課題への当社の見解、提案を示したい。

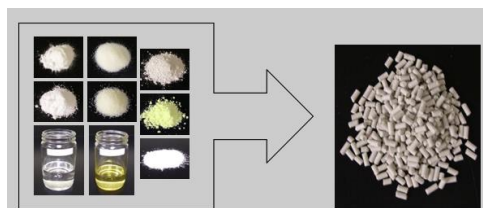


図3 コンパクティング製品の概念

4.1 樹脂製品の安定化

マテリアルリサイクルは工場端材、市場流通品ともに一度加工されていることから、加工時又は使用時に熱履歴や紫外線照射暴露を経ており、これら外部刺激による分子鎖切断や架橋により各種機械物性や流動性など様々な物性への影響が挙げられる。通常の樹脂コンパウンドでは単一回使用が想定されているため、マテリアルリサイクルにあたっては追加で添加剤を添加することを推奨している。当社では粉末や液体など形態の異なる種々の樹脂添加剤を混合し、取り扱いやすい顆粒形態にて提供するコンパクティング製品を展開している(図3)。オレフィンコンパウンド用の耐候安定剤ブレンドを開発した事例を紹介しているが、シリカやタルクなどの無機フィラー、フェノール系及びリン系酸化防止剤、紫外線吸収剤やHALSなどの耐候安定剤、そしてシリコンオイルなどの滑剤など9種類にもわたる添加剤を単一顆粒製品として仕上げた事例である。当社のコンパクティング技術によれば、熱履歴の少ないプロセスで様々な粒径の粉末や液体化合物を反応を起こすことなく混合することができる。コンパクティング製品のなかでもマテリアルリサイクルへの使用を想定した製品は「RECYCLOBYK」として展開している。

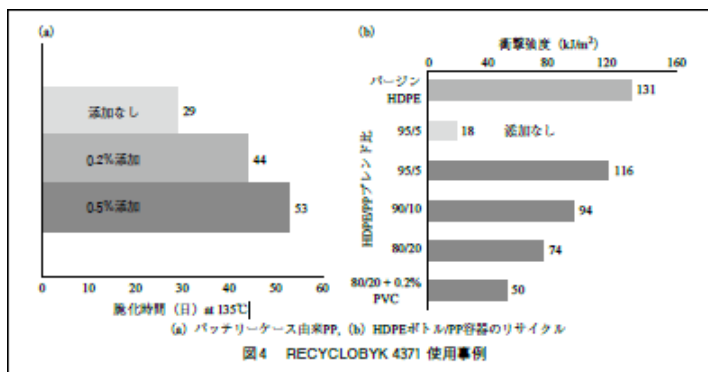


図4 RECYCLOBYK 4371 使用事例

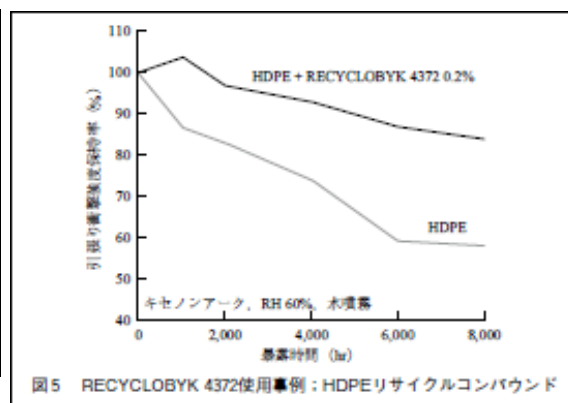


図5 RECYCLOBYK 4372使用事例：HDPEリサイクルコンパウンド

「RECYCLOBYK 4371」はオレフィン材料のマテリアルリサイクルに適しており、熱安定剤・酸化防止剤としての機能付与だけでなく、酸性物質や水分の中和成分、異なるオレフィン同士の相溶化剤が適切な分率で配合されている製品である。図4にその使用事例を示す。バッテリーケースのマテリアルリサイクルにおいて135°Cにおける脆化時間が添加なしの29日と比較して、0.2%添加で15日、0.5%添加で24日の脆化延長効果が確認されている。

また、市場から回収されたHDPEボトルとPP容器のブレンドリサイクルにおいて、添加により衝撃強度が18kJ/m²から116kJ/m²に改善された事例もある。「RECYCLOBYK 4372」は熱安定剤・酸化防止剤に加えて、紫外線吸収剤やヒンダードアミン系耐候安定剤(Hindered Amine Light Stabilizers: HALS)を独自配合した顆粒状製品である(図5)。同添加剤添加なしでは暴露時間8,000時間の時点において60%の引張り衝撃強度の低下がみられるが、同剤の添加により80%強程度まで劣化が抑制される。

いずれの製品も配合成分を単独で使用することを想定した場合、安全衛生対策や高精度での添加には設備投資が必要となるほか、個別の物品管理が必要となる。設備投資費用を抑えたい場合や管理コスト低減を目指す場合にも合わせて検討いただきたい。

4.2 異物の相溶化及び分散安定化

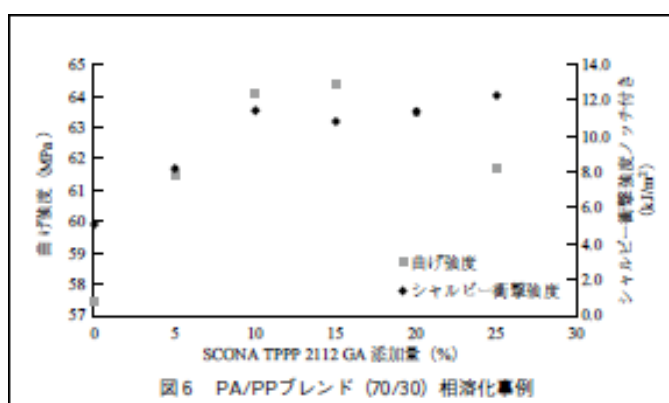
マテリアルリサイクルではバージンコンパウンドでは見られない様々な異物が混入しうる。大別すると金属やセラミックス(砂、土など)の異物、そして異なる樹脂としての異物の2種類がある。前者については外観悪化や衝撃強度などの低下がみられるほか、樹脂コンパウンドの押出工程においてスクリーンメッシュの目詰まりなどが散見される。当社では本来フィラーや顔料の分散用途に訴求している湿潤分散剤があるが、メッシュ目詰まりが改善される事例もある。「[BYK-MAX P 4102](#)」は300°Cまで熱安定性のある湿潤分散剤であり、広い極性範囲の樹脂に適応が期待できる製品である。

一方、異なる樹脂が異物となる場合には樹脂の組合せが相容化剤の選定に際して重要となる。当社ではグラフトポリマー「[SCONA](#)」がこの相容化剤に該当するが、ポリエチレン(PE)・ポリプロピレン(PP)・その他オレフィンエラストマーに無水マレイン酸を変性した製品のラインナップが多い。

配合割合が多い回収物として上記樹脂材料が当てはまれば、これらが有効である可能性がある。当社製品「[SCONA TPPP 2112 GA](#)」により、PP/PA アロイ材料の物性を改善した事例がある(図6)。相容化剤なしではPA中のPP粒子の分散径が大きく外部応力に対する欠陥点を生じるが、相容化剤を添加することによりこれらPP粒子の粒子径が小さくなることで外部応力への対応は軽減され、曲げ強度や衝撃強度が向上する。また、ナイロン及びポリオレフィンで構成される積層フィルムのリサイクルを想定し、ナイロン分散径を改善することにより衝撃強度などの機械強度が改善されるとの研究報告もある¹⁾。

PAやポリエステルのマテリアルリサイクルにおいてはオレフィンエラストマーの酸変性品は衝撃改質・粘度改質の観点でも有効である。当社グラフトポリマーには無水マレイン酸だけでなく、分岐を有するアクリル酸をグラフトした製品もあり、特に粘度改質の観点において優れた効果を発揮する。

また、オレフィン樹脂同士の相容化にあたっては4.1項にて言及した添加剤ブレンド「[RECYCLOBYK 4371](#)」もあわせて参照されたい。



5. 無塗装化

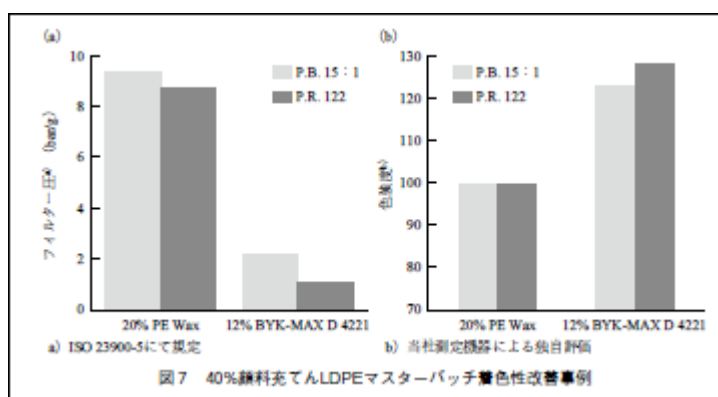
カーボンニュートラルとは原料の調達から生産、使用、廃棄に至るまでのバリューチェーンにおけるそれぞれのステージにて、発生CO₂を低減することで達成が期待される。ここでは生産、とりわけ工程について着目すると塗装工程は非常に多くの電気を使用することとなり、結果としてCO₂使用量も非常に高いといわれている。したがって、塗装工程を省略することはCO₂排出量の低減につながり、更に工数低減にも

寄与できる。一方で、塗装による外観意匠性の向上の側面を考慮すると、単純に無塗装化を図ると製品の価値訴求に負の影響が想定されうる。そこで、当社では着色コンパウンド(Molded in Color: MIC)を想定し、プラスチック成形品における着色性の向上・フローマークの改善を提案している。

5.1 湿潤分散剤による着色性の改善

当社の湿潤分散剤「DISPERBYK」シリーズは主に塗料・コーティング用途において、顔料の分散性改善を目的として様々な顧客に愛用いただいている。当社は熱可塑性樹脂向けにも湿潤分散剤をラインナップしており、これらは熱可塑性樹脂の加工温度である 200°C 以上の高温領域においても熱安定性を有している。これらはタルクや炭酸カルシウムなどのミネラルフィラー、無機・有機顔料、最近ではカーボンナチューブなど様々な粒子の分散を助長する優れた分散剤の一種である。適用樹脂としてもポリオレフィンからポリエステルまで幅広く実績がある。

着色性の観点においては「BYK-MAX D 4221」を使用することで 20% 程度の着色性が改善されることを確認している(図 7)。そのほか、無機フィラーを 50% 以上含有した高充填コンパウンドにおいて、「BYK-MAX P 4102」を添加することで表面光沢が改善される事例もある。用途要求に応じて、適切な湿潤分散剤を使用していただきたい。



5.2 複合ケイ酸塩によるフローマーク改善・密着性向上

プラスチック製品の無塗装化を検討する場合には着色性だけでなく、ポイドやフローマークなどの成形に由来する外観問題にも意識を払わねばならない。フローマークはその発生要因として様々なものがあるが、特に大型の成形品の成形末端にてみられるトラ模様(タイガーマーク)は無塗装化にあたっての大きな課題である。このトラ模様の多くはエラストマーやタルクなどが配合されたポリオレフィン材料にてみられるが、これら配合物によってメルトフラクチャーの生成が促進されることにより生じる。タルクはその優れた強化特性によって幅広い用途で使用されるが、この点においては欠点となりうる。

当社は棒状と板状の層状ケイ酸塩の複合品「BYK-MAX CT 4270」を強化材の一つとしてラインナップしており、自動車外装材としてピックアップトラックの荷台部品やフットロッカー、あるいは内装材としてドアトリムなどでの採用実績がある。分散時には寸法が 200nm を下回るため、光散乱の影響を受けずに白化傷として認識しにくくなる利点も持ち合わせている。現在、大型成形部品におけるトラ模様が発生しない要因について調査を進めているほか、オレフィン材料の塗膜密着性改良にも効果が期待されており、こちらにも続報を待ちたい。

まとめ

サステナブル社会に対応するプラスチック添加剤のアプローチとして、主にカーボンニュートラルに貢献する部分について解説した。日本国内だけでなく、全世界的なカーボンニュートラルへの対応の動きはますます加速している一方、これまで品質に重点を置いてきた日本国内メーカー各社は対応を余儀なくされている。品質を維持しつつ、より適切な材料の選択を促進できるように添加剤メーカーとして当社も開発を進めていく所存である。

引用文献

1) 日笠茂樹, “相容化材の主鎖構造が LLDPE/PA6/相容化材系ポリマーブレンドの力学特性に与える影響,” 日本接着学会誌, **57**(9), 355-362 (2021)

本内容は、「[プラスチックエージ](#)」誌様 2022 年 4 月号特集“[添加剤による高機能化・高性能化の追求](#)”に掲載していただきました。

[熱可塑性プラスチック用添加剤](#)

[熱硬化性プラスチック用添加剤](#)

[PVC プラスチゾル用添加剤](#)

[PVC コンパウンド用添加剤](#)

熱可塑性樹脂用 最新ニュースから

[BYK の傷つき防止ソリューション BYK-MAX ASC シリーズ](#)

[BYK の難燃ソリューション BYK-MAX FR \(難燃剤\) / CLOISITE・BYK-MAX CT \(難燃助剤\)](#)

[多機能グラフトポリマー-SCONA 高い分子設計自由度をもち、熱可塑性樹脂コンパウンドの課題解決に著効](#)

[ビックケミー熱可塑性樹脂用添加剤 製品一覧表 2022.02 \(第 6 版\)](#)



BYK 添加剤ガイドアプリ 日本語版

BYK 添加剤ガイドアプリに日本語版が加わりました！

簡単にご用途・適用分野から推奨製品を見つけいただけます。データシート、安全データシート (SDS) など各製品情報のダウンロードやお気に入り機能もご活用ください。

◎BYK ホームページからお問合せ、ご相談をいただけます。

<https://www.byk.com/ja/contact>



ビックケミー・ジャパン株式会社 www.byk.com/jp

e-mail info.byk.japan@altana.com

