



応用情報  
リサイクル用途のための添加剤

## 目次

- 03 再生材の新しい命
- 04 熱可塑性プラスチックの効率的なリサイクルへのBYKの貢献
- 06 再生熱可塑性プラスチックの再安定化
- 09 自動車産業からのリサイクル
- 12 包装産業からのリサイクル
- 16 繊維強化プラスチックリサイクル材
- 18 VOC・臭気の低減

## 再生材の新しい命

熱可塑性プラスチック材料は、その汎用性から需要が高く、自動車・電子製品から建築・フィルム・包装産業まで、世界中の幅広い産業・応用で使用されています。

これらの製品が最終使用に達すると、最終埋立地や焼却炉に入ることなく、再利用されるようにリサイクルされています。

ペットボトルのリサイクルは、同時に高品質材料のフローで非常に高い戻り率を達成する最近数十年の注目すべき例です。理想的には、これは、100%再生PETから作られた飲料ボトルをもたらします。

環境的および経済的関心、政策からの規制要件、および公衆の見解は、プラスチックのリサイクルおよび全般的な持続可能性の改善において、産業を横断して関心が高まっています。使用量削減、軽量化、生分解性材料、有害性の少ない化学物質などのサブトレンドは、リサイクル市場周辺のよりグリーンな経済を創出することが期待されます。

添加剤および技術トピックスに関する追加情報については、当社にお問い合わせください。

[Thermoplastics.BYK@altana.com](mailto:Thermoplastics.BYK@altana.com)



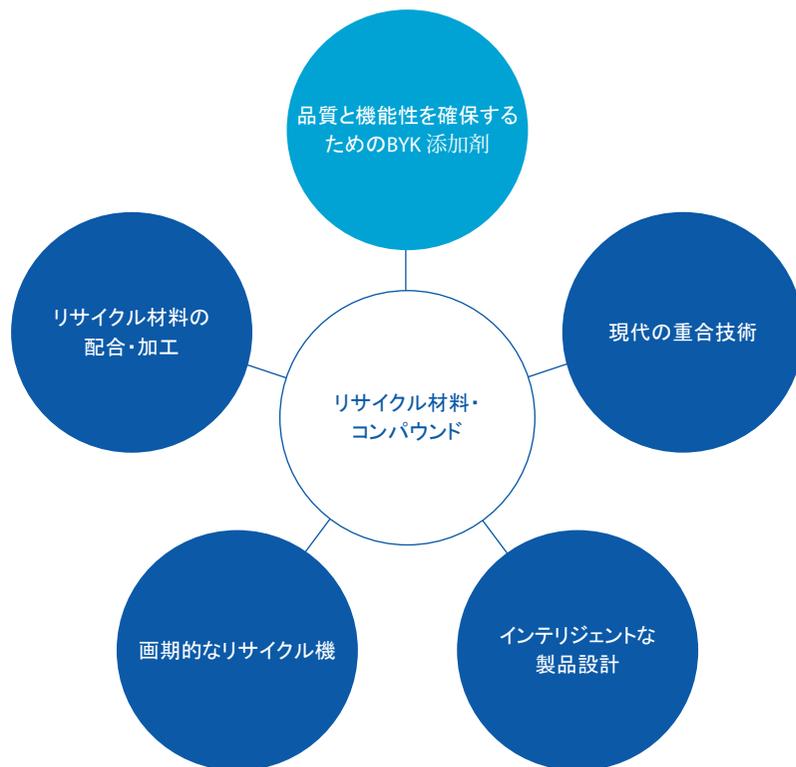
熱可塑性プラスチックのリサイクルのための提案された添加剤は、パンフレットTP-G 2: 熱可塑性プラスチックのリサイクル用添加剤をご覧ください。

## 熱可塑性プラスチックの効率的なリサイクルへのBYKの貢献

最終配合物中のリサイクルポリマーの使用量を増やす必要性、およびほとんど無数の異なるポリマーの組み合わせ、充填剤、および他の成分を使用する必要性は、多くの課題に直面します。

これらの課題を克服するためには、全ツールボックス(各種技術)と、所望の特性を達成するための多レベルアプローチが必要で

### リサイクル課題を克服するツールボックス



BYKは、スペシャリティケミカルズの世界有数のサプライヤーの  
一社です。 弊社の革新的で差別化された添加剤は、製品  
および材料の特性ならびに生産および適用プロセスを最適化  
します。熱可塑性プラスチックのリサイクルに、BYK添加剤が  
貢献いたします。

BYKKは、新しい添加剤を継続的に開発し、顧客と協力して、  
現在および将来の課題に対する新しい解決策を見出します。  
現代の専門的に装備された研究所では、現実的な応用で有  
効性を試し、テストすることができます。

研究所



二軸押出機  
(Ø 25 mm,  
LD 40)



キャストフィル  
ムライン



射出成形



燃焼試験室



材料試験室



## 再生熱可塑性プラスチックの再安定化

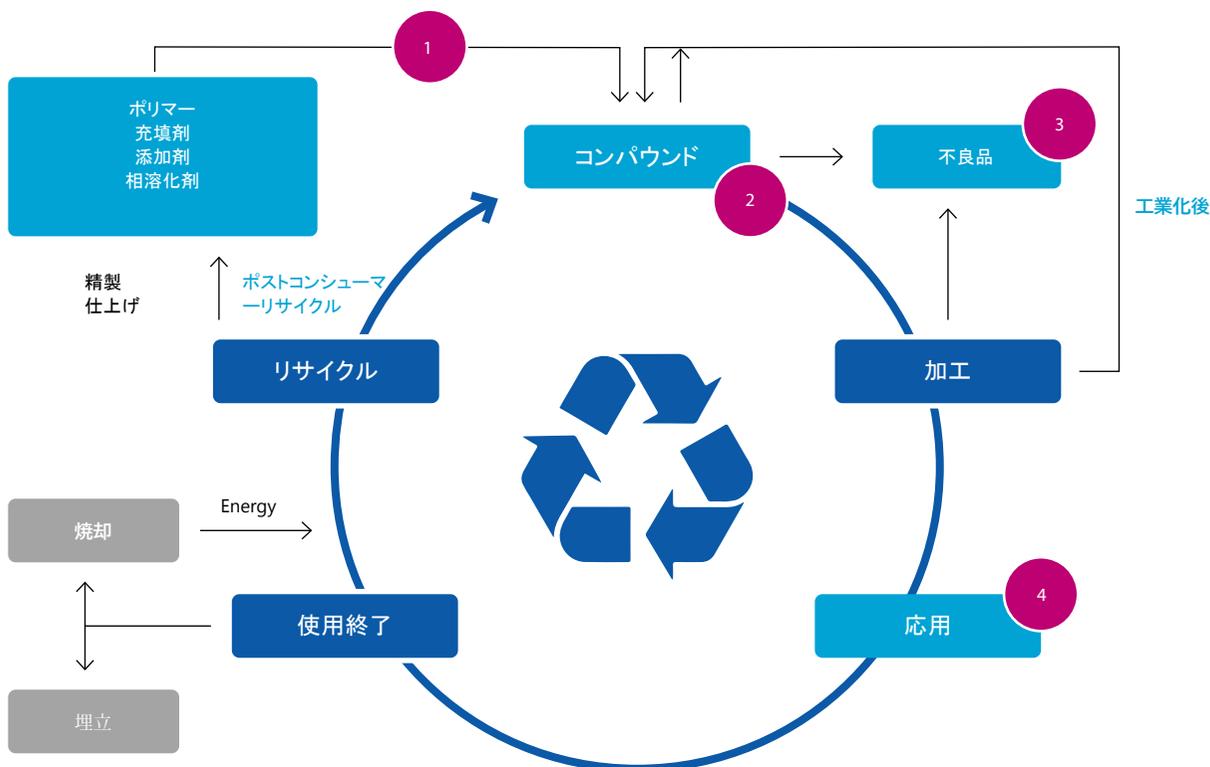
最初の使用サイクルの最初に、熱可塑性プラスチックは、それらの意図された使用のために調製するために、種々の原料および添加剤を装備します。これらは、例えば、UV安定剤または機械的および熱的特性を増加させるための添加剤を含みます。プラスチック部品が使用され経年すると、成分はその

有効性を失い、枯渇します。使用終了時には、様々な選択肢があります。:

- 埋立地での保管
- エネルギー製造用焼却
- ポリマー/ポリマーブレンドの再使用のためのリサイクル

リサイクルの過程での再処理の間、原料混合物を通して以前に望まれた効果は、再使用が不可能であるほど強く妨害する可能性があります。例えば、典型的な課題は、多層フィルムにおいて生じるような、異なるプラスチックの元々捕捉的な組み合わせです。ポリマーは、再び分離することが非常に困難で、しばしば不可能なこともあります。混合物-ポリマーブレンドとして、それらは、相溶化せずには実質的に使用不可能です。さらに、不純物、顔料残留物、または充填剤による負荷は、さらなる使用のためには高すぎたり間違っているため、性能をさらに低下させることがあります。この方法での直接加工されたリサイクル材コンパウンドは、しばしば、低コストで低品質の製品の製造にのみ適用されています。

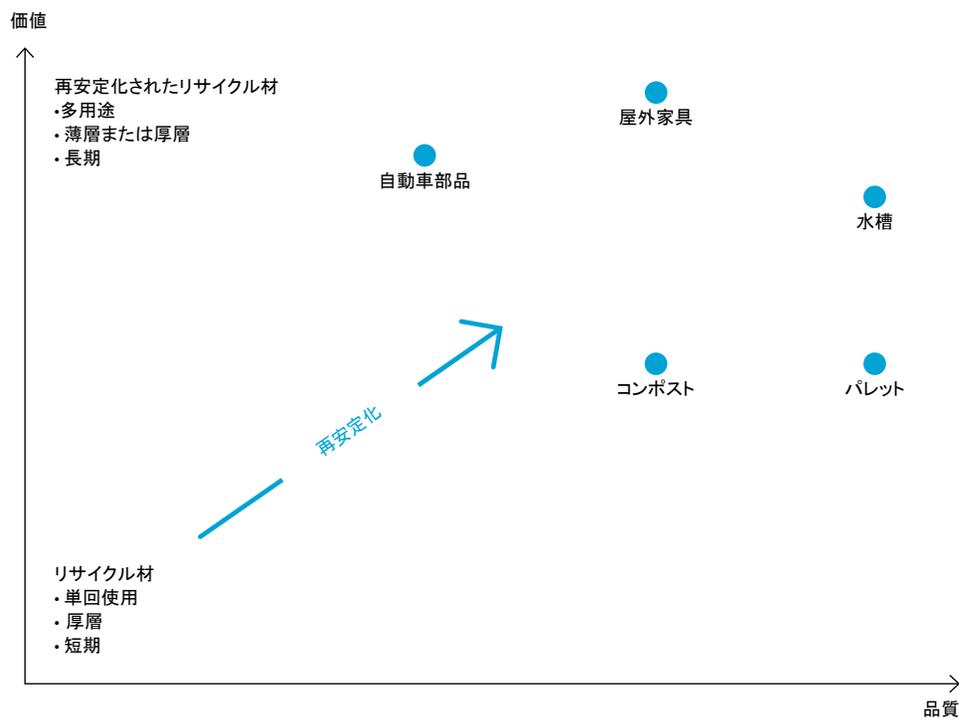
### リサイクルサイクル



BYKK添加剤の使用は、リサイクル・バリューチェーン全体を通して付加価値を生み出します。BYK製品の粒状化された、非粉塵性の供給形態は、安全な取り扱いおよび安全を保証します。① また、加工性が向上し、プロセスの最適化、リードタイムの短縮が可能 ② 不良品の減少 ③ 臭気を低減し物性を向上させることにより製品の品質が向上する ④。

BYK は、リサイクルプラスチックの再安定化や力学特性の改善のために、さまざまな製品を提供しています。溶融粘度特性を維持しながら、機械的強度および長期熱安定性を改善することは、リサイクル物の潜在的な使用を増加させる。したがって、最終製品は、高品質の用途にも使用することができます。

## 再安定化されたリサイクル材の利用



## 適用例

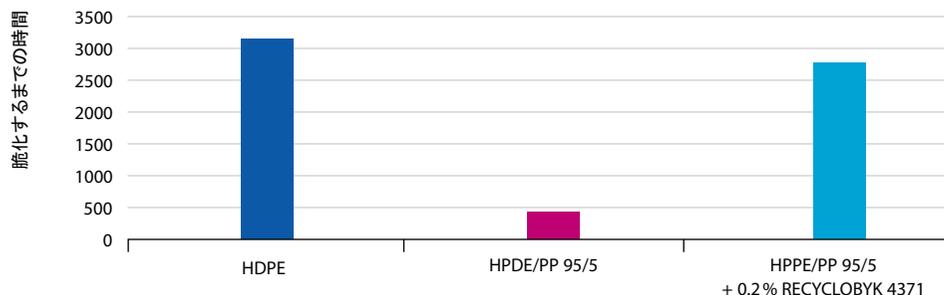
- ・異なる組成を有するポリオレフィンブレンド、例えば、ボトル各部分または多層フィルム
- ・他のポリマーが混ざったポリプロピレン
- ・電池ケースのリサイクル材のように、攻撃的な物質にさらされたポリプロピレン
- ・家庭廃棄物と産業廃棄物からの混合プラスチック
- ・屋外用途、例えば、格子、バレル、パレット、庭園家具に使用するために長期間紫外線に暴露されたポリオレフィン

## リサイクルプラスチックの再利用-実用例

### EmbrHDPE/PPブレンドの脆化 (ボトル各部分混合など)

例えば、ボトルリサイクルから生じる典型的なブレンドは、HDPE(ボトル)およびPP(蓋)の混合物です。純粋なHDPEは、熱エージングの脆化に対して良好な耐性を示します。安定性は、PPのブレンド比(HDPE/PP95/5)でも、PPとブレンドすることによって有意に低下します。RECYCLOBYKを使用することによって、ブレンドの脆化までの時間をほぼ6倍増加させることができます(G.04)。

### HDPE/PPブレンドの脆化(120°Cでのエージング)

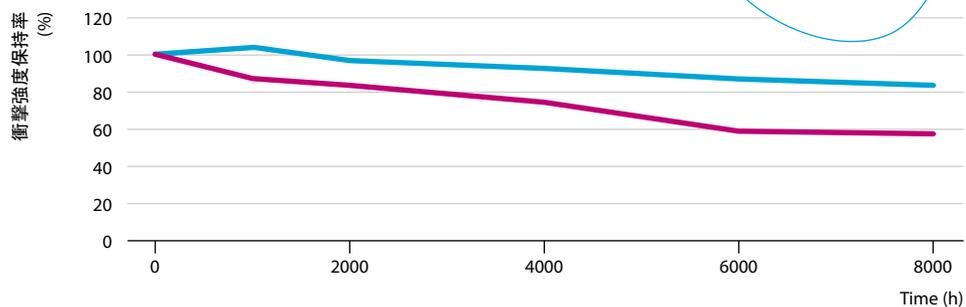


G.04

### リサイクルHDPE(庭園家具など)の 経年劣化

再生HDPE(rHDPE)は、経時的に脆くなります。例えば、庭園家具は、さまざまな気象条件に曝されるので、屋外でのrHDPEの使用は、限られた時間でしか可能ではありません。約3000時間の促進耐候後、衝撃強度は初期値の80%にすぎません。RECYCLOBYKは、rHDPEをこの領域で使用することも可能にします。8000時間後でも、衝撃強度は依然として初期値の80%を超えています(G.05)。

### 促進耐候試験でのリサイクルHDPEの 衝撃強度保持率



● リサイクルHDPE + 0.2% ● リサイクルHDPE

G.05

## 自動車産業からのリサイクル材

特に自動車産業では、今やプラスチック部品が多くのオリジナル材料に取って代わっています。プラスチック製の部品は軽量化されており、設計要求に応じた形状にすることができます。しかし、ヨーロッパでは、自動車産業はリサイクル材料からこれらのプラスチックの増加する割合を製造する義務があります。

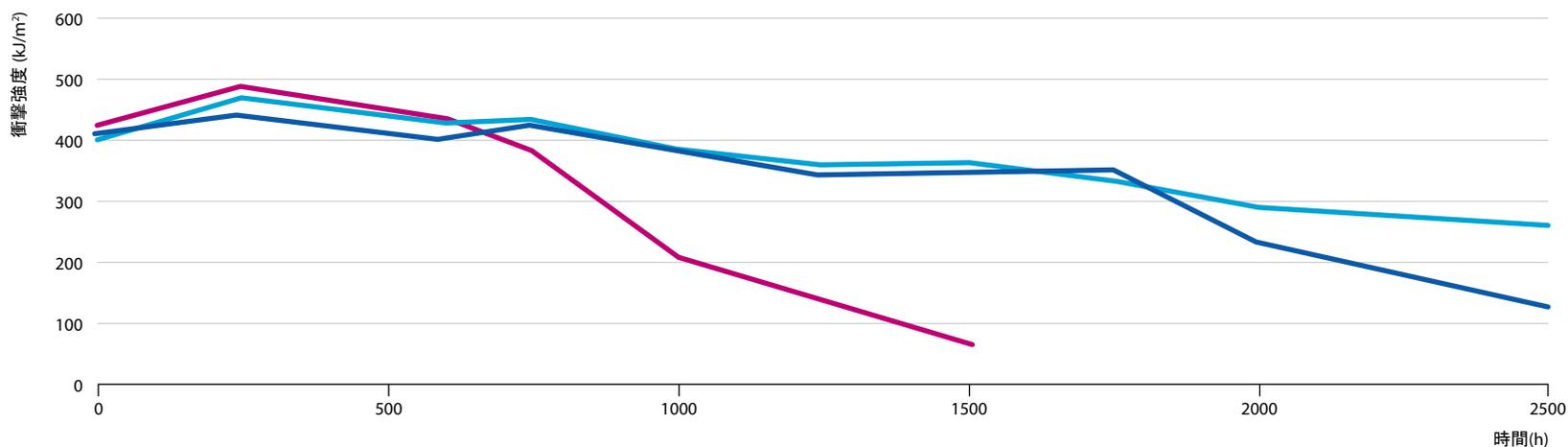
バンパーは、これの典型的な例です。使用されるPPは、衝撃強度に関してEPDMで修飾され、充填剤は、所望の価格および強度レベルを達成するために添加されます。

リサイクル材は、塗料残渣などの固体不純物を含有することがあります。BYK製品は、これらの不純物の負の効果を中和し、したがって衝撃強度を増加させる。

リサイクル物中の0.2%の塗料残留物でさえ、老化中の衝撃強度の顕著な低下を引き起こします。約1500時間後、元の値の15%前後の衝撃強度を測定することができます。RECYCLOBYK製品は、塗料不純物の相溶化および再安定化をもたらし、したがって、1500時間後に、原本の衝撃強度の90%が保持されます(G.06)。



### 塗料残渣で汚染されたリサイクル材の衝撃強度(135°Cでのエージング)



● 塗料残渣混入リサイクル材 ● + 0.7% RECYCLOBYK 4373 ● + 1.2% RECYCLOBYK 4373

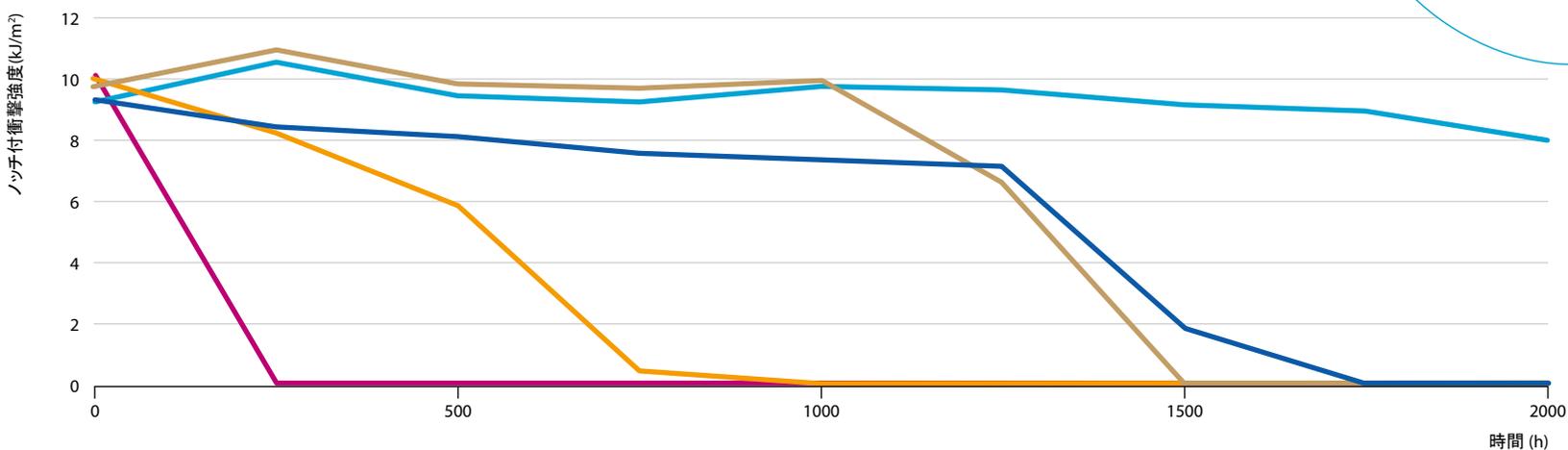
G.06

もう一つの特別な応用例は、使用済みバッテリーケースのリサイクルです。回収システムにより、自動車からのバッテリーは、非常に高い返却率を有する製造業者または契約会社によって収集され、そこでリサイクルされます。電気自動車でも、電源を切るとメインバッテリーが車両ネットワークから切り離されるため、駆動用の高電圧バッテリーに加えて、12Vバッテリーが使用され続けています。

ケース(この場合、PP)に使用されるポリマーは、使用時に攻撃的な物質に暴露され、これは、得られたリサイクル材が、洗浄にもかかわらず、依然として酸および金属残渣を含有し得ることを意味します。直接の再使用では、プラスチックの老化を著しく促進します。このため、再安定化のためには、RECYCLOBYK製品などの特別な添加剤の使用が必要です。

試験のために、試験片を135°Cまたは155°Cで促進熱老化条件に供し、脆化するまでの時間を測定します。添加剤を含まない場合、示された実施例における促進熱老化寿命は、不安定化合物について250時間未満です。0.2~1.0%のRECYCLOBYKを使用することによって、この時間を2000時間以上に延長することができ、一般的な安定剤パッケージ(1250時間)(G.07)を大幅に超えます。

### 酸および金属残渣で汚染されたりサイクル材の衝撃強度 (135°Cでのエージング)



結果は、一般的な安定剤パッケージの使用が老化特性を改善しますが、1%でさえ、0.2%のRECYCLOBYKとほぼ同じ性能しか果たさないことを示します。

性能向上は、シャルピー衝撃強さと同様に、伸び、引張強さ、および弾性率に関して明らかです。

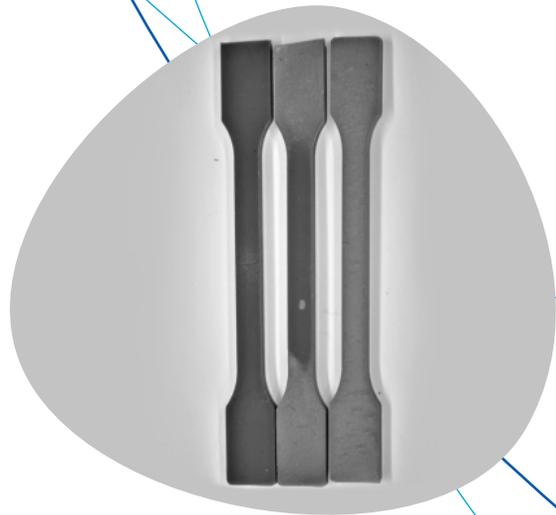
エージング前の非安定化サンプル(=100%)と比較した添加剤

135 °C での時間	コントロール	標準安定剤パッケージ			RECYCLOBYK 4371		
		0.2%	0.5%	1.0%	0.2%	0.5%	1.0%
250	0	101	108	111	105	110	114
500	0	89	100	108	99	109	108
1000	0	0	96	107	92	109	110
1250	0	0	46	89	89	105	107
1500	0	0	0	0	5	105	105
2000	0	0	0	0	0	99	102

標準安定剤パッケージ: B-2

T.01

結果は、非安定化例サイクル材(=100%)と比較して、伸び、引張強さ、および引張弾性率、ならびにシャルピー衝撃強さに関して組み合わせた相対的性能を示しました。  
標準的な安定剤パッケージの使用は、老化特性を改善しますが、1%でさえ、RECYCLOBYK の0.2%とほぼ同じ性能を達成するだけです。



## 包装産業からのリサイクル

単一ポリマーは、すべての要求特性を直接満たすことはほとんどない。それぞれのポリマーの強度および弱点は非常に異なるので、特性はしばしば組合わせて達成されます。組み合わせは、ブレンド(例えば、PC/ABSまたはHIPS)の形態であるか、または多層フィルム、または硬質軟質複合材料の場合のように、混合されていないポリマーを結合することによる形態などがあります。これらのポリマーの組み合わせは、それらの最初の使用において極めて有益ですが、リサイクルされる場合、大きな課題をもたらします。

### LLDPEと多層フィルムのポリアミド

特に応用の難しい分野は、多層フィルムのリサイクルです。これらは、要求される性能を達成するために、異なるポリマーの特有の性質を組み合わせられている典型的な例です。主な焦点は、酸素および水分に対する良好なバリアを提供することによって、食品の貯蔵寿命を延ばすことです。この目的のために一般的に使用されるポリマー組み合わせの一つは、ポリアミドおよびLLDPEです。ポリアミドの良好なバリア特性および高い強度は、高い衝撃および耐穿刺性などのLLDPEの利点を補完します。

2つのポリマー層の分離は、現在、工業規模での再処理中では不可能です。なぜなら、あまり支配的でない相(この場合、PA)は、異なる表面エネルギーのために、再顆粒化中にLLDPEマトリックス中に大きなポリマー球を形成するからです。これにより、材料の光学特性(特に透明性)を低下させる。2つのポリマーの不十分な相溶性はまた、特に伸びおよび衝撃強度など、機械的強度の低下をもたらします。高度に官能化されたSCONA相溶化剤を使用することにより、非極性LLDPEを極性PAとを相溶化にすることを可能にします。

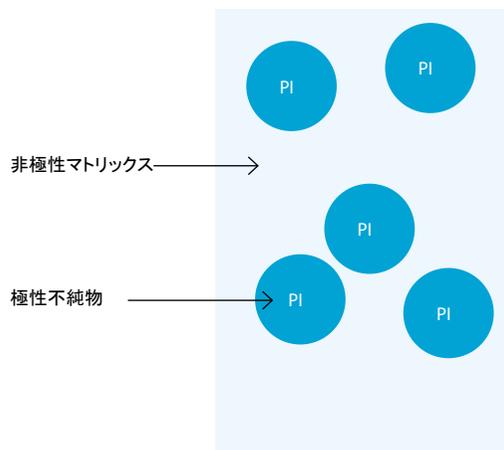


## SCONAによる相溶化

両親媒性相溶化剤のコンパウンド時の形成

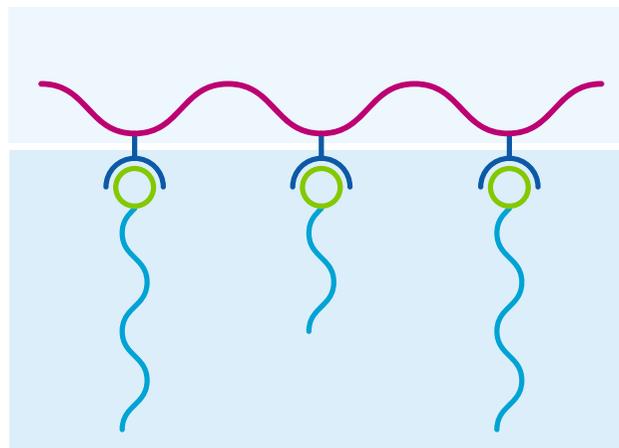


分散不良:  
低界面接着性=力学特性不良

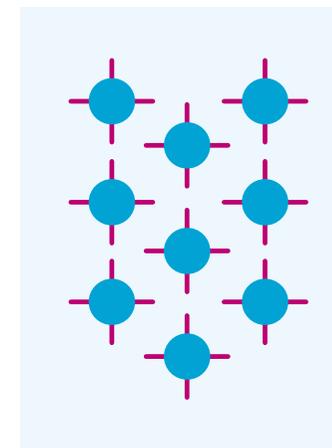


無極性成分

極性成分



良好な分散:  
高い衝撃強さ



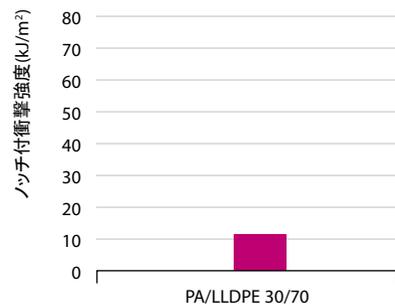
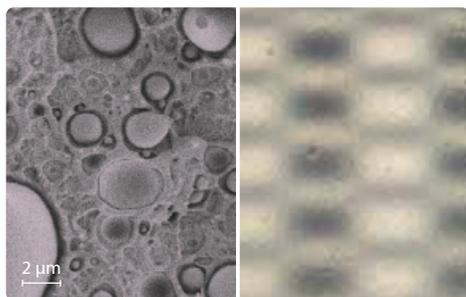
● 酸/無水物基 ● Amine group ● SCONA相溶化剤 ● ポリアミド

\* アミン末端基との単純化された反応スキームですが、内部アミド基も反応に関与し得ます。

## PA/LLDPEブレンドの機械的および光学的特性

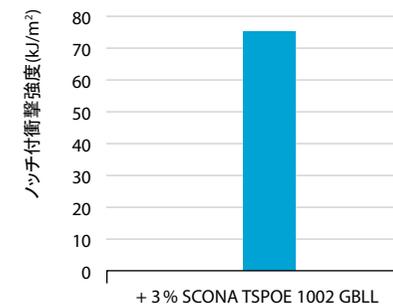
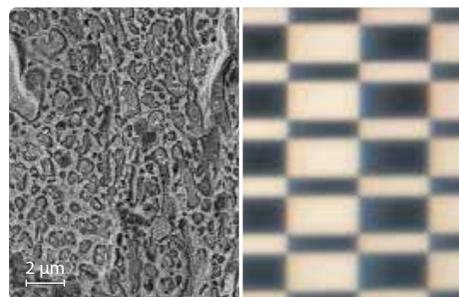
### PA/LLDPE=30/70

相溶性が悪く、光学特性が悪く、機械的  
特性が低い不均質材料。



### SCONA相溶化剤を用いて

高度に官能化されたSCONA相溶化剤で優れた相溶性および改善された機械的および光学的特性を示す。



改質剤の使用は、ポリアミドのポリオレフィン相へのより良好な結合、したがってより微細な分散をもたらします。これにより、機械的および光学的特性が改善されます。可能な限り最良の分散は、2軸押出機を使用することで達成されます。

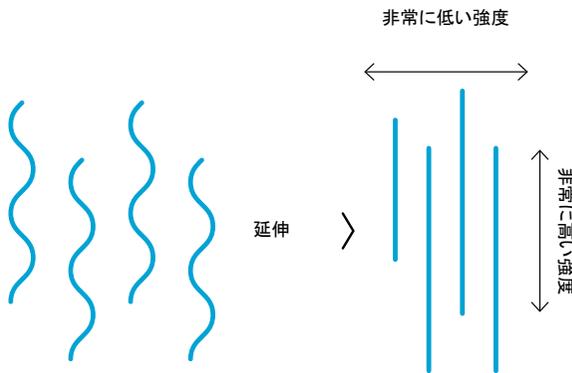
### PET 荷造りテープ

リサイクルPETは、異なる品質グレードで入手可能です。高品質リサイクルPETは、100%rPETから飲料ボトルを製造するために使用することができ、一方、より低品質のグレードは、荷造りテープなどに使用されます。

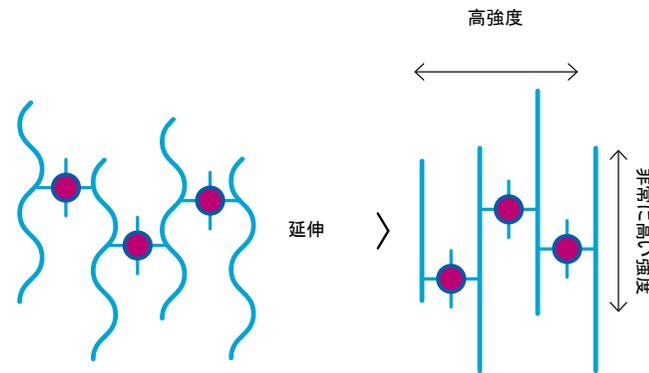
PET荷造りテープは、製造中に流れの方向に5倍まで延伸されます。これは、必要とされる引張強度をもたらしますが、延伸によって平行に整列されたPET分子に沿って、引裂強度の低下を引き起こします。荷造りテープは継ぎ合わせされやすい。SCONA改質剤は、単PET分子鎖間に必要な化学結合を作り出し、さらなる裂けを防止することができます。

### PET荷造りテープの強度向上

未改質

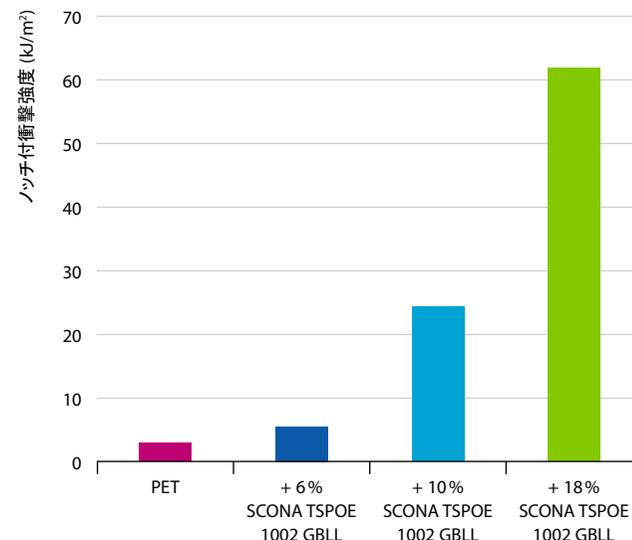
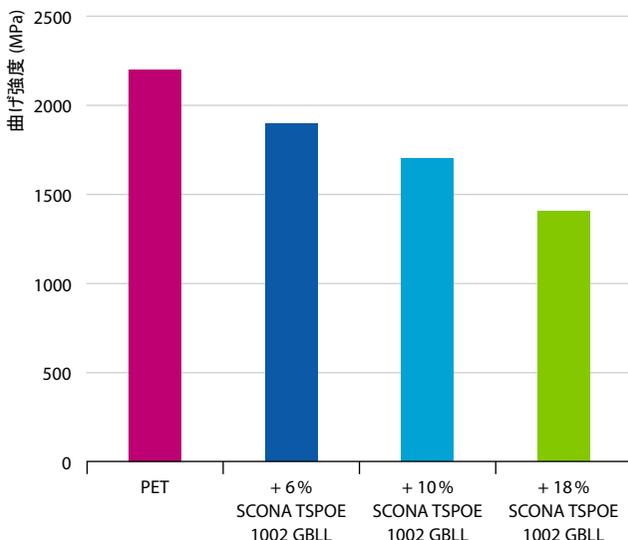
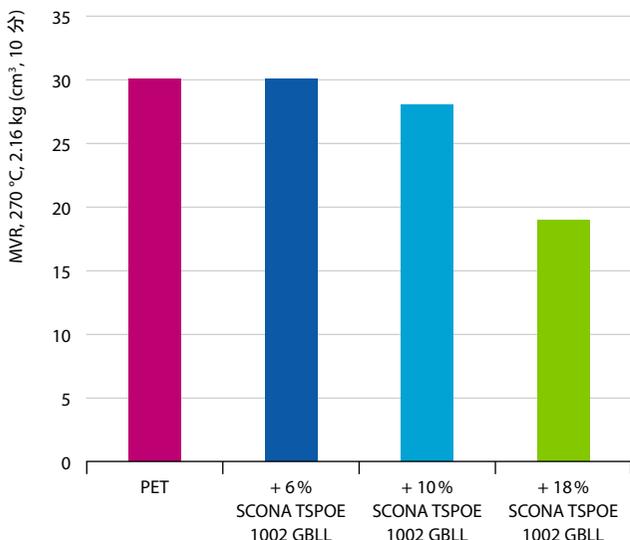


SCONA改質剤添加



G.10

SCONA改質剤の使用は、MVR(溶融粘度)、曲げ強度、およびノッチ付き衝撃強度に影響を及ぼします。



G.11

## 繊維強化プラスチックリサイクル材

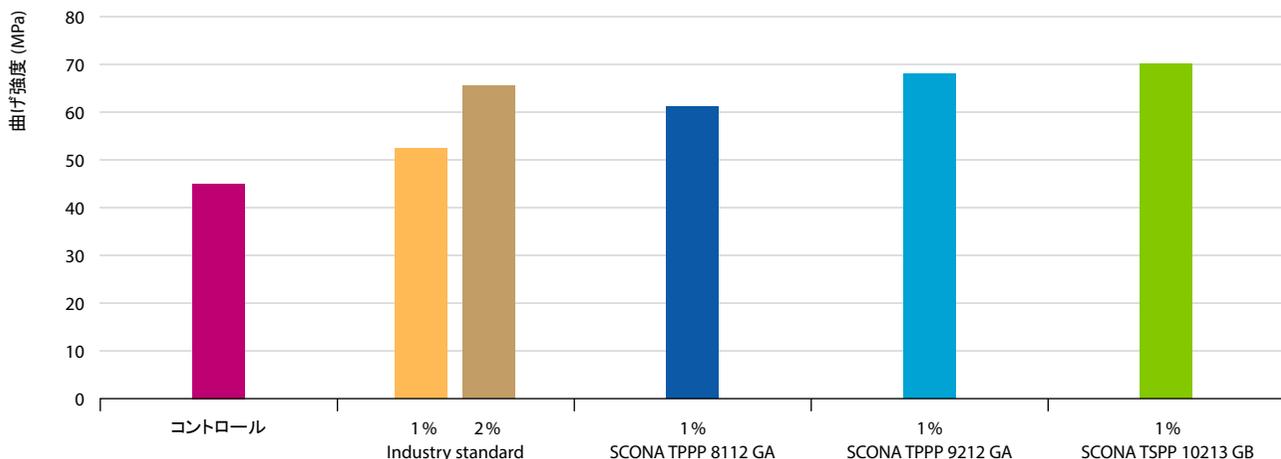
リサイクル材料の特性を改善するために、種々の繊維を使用することができます。野のことに、価格を抑えるだけでなく、環境保護の観点からも、または特性を高めるために行うことができます。基本的には、2つの異なるタイプのリサイクル物が存在します:

その一つは、繊維を、再生ポリオレフィンブレンドをベースとする木質繊維強化プラスチック(WPC)などの熱可塑性リサイクル物に使用することです。もう一つとして、二次的供給のリサイクル炭素繊維(rCF)は、PP(PP-rCF)にも使用することができ、これは特に自動車産業において人気を得ています。

通常、リサイクル材は均一な品質ではなく、PEとPPの混合物がしばしば見出されます。PEおよびPPの非相溶性は、ポリマー劣化、劣化した加工助剤、および消費された光および熱安定剤と組み合わせると、WPC用途における機械的特性を改善するために、従来のカップリング剤で良好な結果を達成することを困難にします。

BYK製品を使用することによって、例えば、非常に高度のグラフト化のために、低い投入量でさえ、木質繊維強化リサイクル物の良好な特性を達成することができます(G.12)。

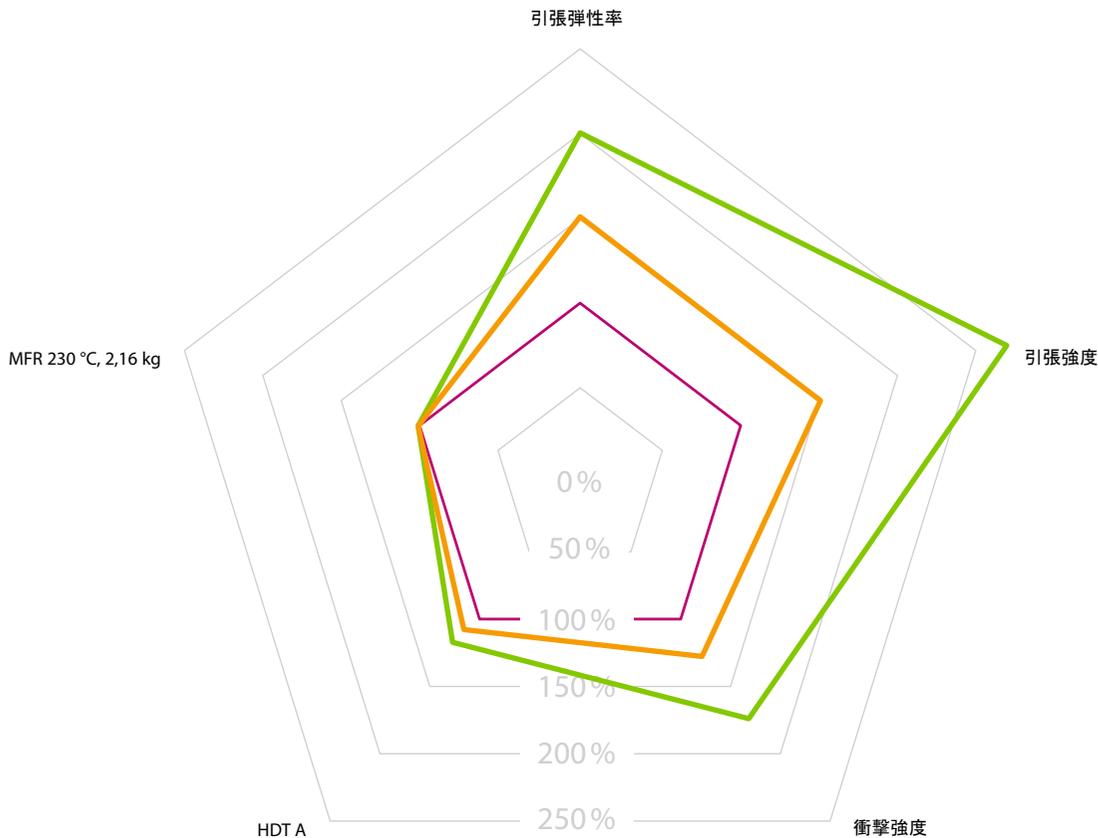
### 木質繊維強化再生材(PE/PP)の機械的性質(50%)



炭素繊維を含む自動車部門からの廃材とその成分はリサイクルすることができます。これから得られたリサイクル炭素繊維は、ガラス繊維と比較してわずかなコスト差しかなく熱可塑性プラスチックに使用することができます。しかしながら、ガラス繊維とは異なり、このような再生炭素繊維は、ポリプロピレンのようなポリオレフィンとのより良好な相溶性を可能にするサイジングを有しません。

それにもかかわらず、マトリックスと繊維との間の良好な接着を達成するためには、高度の官能化を有するカップリング剤が必要です。BYK製品は、この目的に理想的に適しています

### 業界標準とカップリング剤を含まないコントロール試料と比較した30%炭素繊維含有PP中への4%SCONA TSPP 10213GBの各種物性への添加効果相対比較



## VOC・臭気の低減

熱可塑性プラスチックがリサイクルされる場合、加工工程が、最終製品の品質に重大な影響を及ぼし得ます。加工工程は、物性や耐性に影響するだけでなく、リサイクルプラスチック中の臭気や揮発性有機化合物を増加させる可能性があります。リサイクル物の洗浄は、これが表面に到達するだけなので非常に限定されるが、VOC(揮発性有機化合物)は、プラスチック全体に存在し、表面および周囲空気に拡散していきます。

一般的な選択肢は、加工工程中に真空脱気を使用することです。材料の混練は表面積を最大にし、高温と真空はVOCの移動度を増加させ、それらを部分的に排除します。添加剤としては、活性炭、ゼオライトなどの吸着剤、もしくは水、CO<sub>2</sub>または窒素などの連行剤の使用が挙げられます。

ここにBYKの製品と添加する場合があります。BYK-MAX P 4200の具体例を用いて次に示す2段階作用様式で、例示することができます。

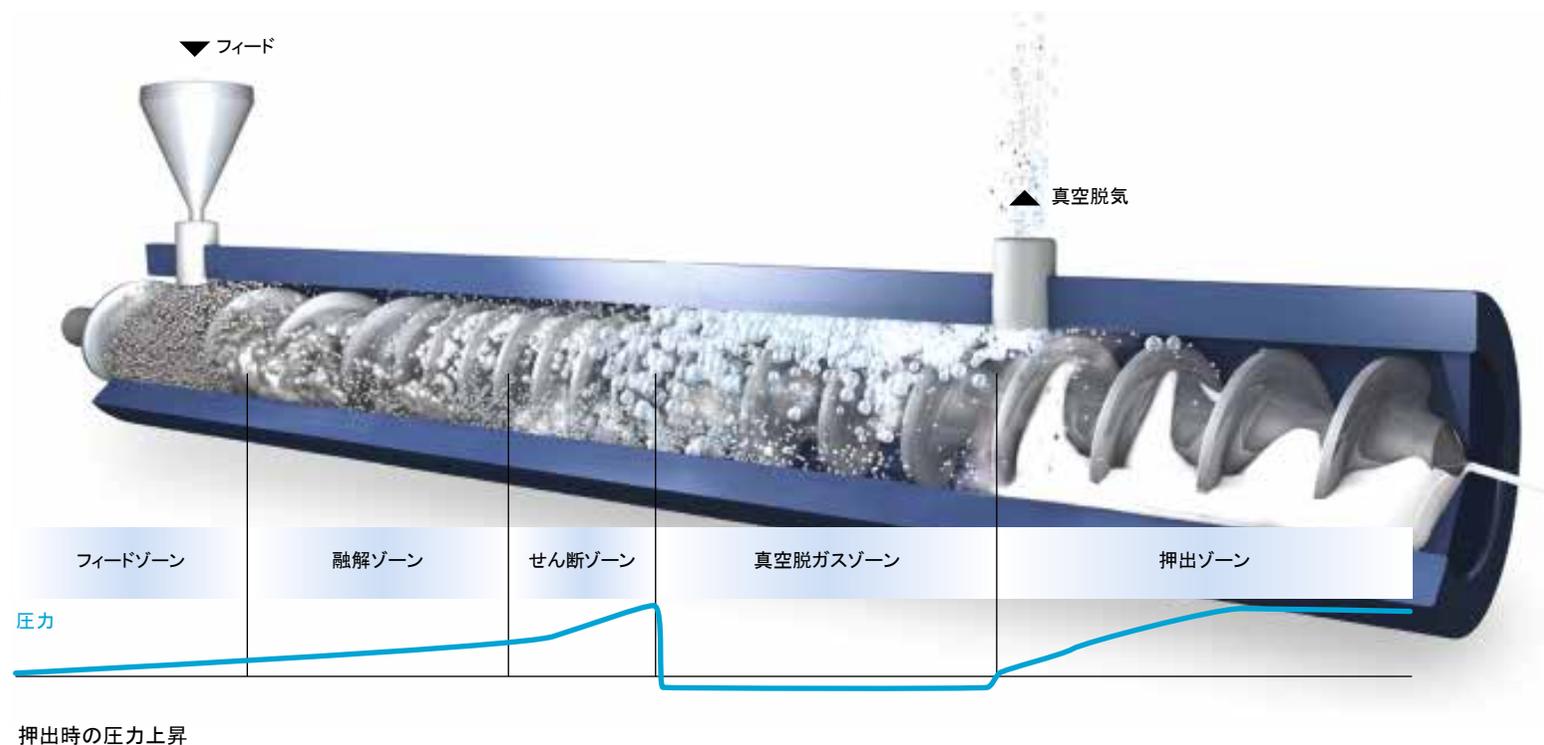
### ステップ1

押出行程中、BYK-MAX P 4200から有効成分が放出されます。押出機中の温度および剪断力と相互作用して、微小発泡体が熔融樹脂中に形成され、これは臭気およびVOC成分を吸収します。

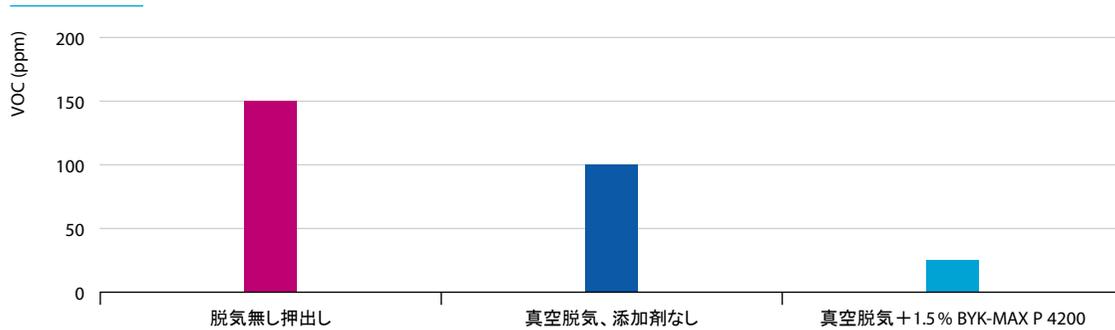
### ステップ2

その後の真空脱気の間、マイクロフォームは、含有される不純物と共に熔融樹脂から除去されます。

## Strong degassing is required



### BYK-MAX P 4200:VDA277に準拠して測定したPP-GF(30%)成形品のVOC低減



G.15

### BYK-MAX P 4200によるPP-GF(30%)成形品におけるVDA 270に準拠した臭気低減

	VDA 270
脱気なし押出	4-5
50 mbarの真空脱気	4-5
1.5% BYK-MAX P 4200および50 mbar真空脱気	2-3

T.02

## 臭気

臭気は実際にどのように確認されるか。臭いを嗅ぐことによって確認されます。すでに測定機器を用いて臭気を分析的に測定するアプローチがあるにもかかわらず、臭気の人間の知覚は、依然として最も好ましく簡単な方法です。規定量試料をガラス容器中で調整し、次いでドイツの学校の等級付けシステムに従って評価します:

1は、臭気を全く感知しないことを意味し、6は耐えられない臭気です。2-3 は、感知できる臭気がありますが、不快ではないレベルです。ここに示す結果のために、試料を80°Cに2時間暴露したものでの評価です。

BYK-Chemie GmbH  
Abelstraße 45  
46483 Wesel  
Germany  
Tel +49 281 670-0  
Fax +49 281 65735

info@byk.com  
www.byk.com

ADD-MAX<sup>®</sup>, ADD-VANCE<sup>®</sup>, ANTI-TERRA<sup>®</sup>, AQUACER<sup>®</sup>, AQUAMAT<sup>®</sup>, AQUATIX<sup>®</sup>, BENTOLITE<sup>®</sup>, BYK<sup>®</sup>, BYK-AQUAGEL<sup>®</sup>, BYK-DYNWET<sup>®</sup>, BYK-MAX<sup>®</sup>, BYK-SILCLEAN<sup>®</sup>, BYKANOL<sup>®</sup>, BYKCARE<sup>®</sup>, BYKETOL<sup>®</sup>, BYKJET<sup>®</sup>, BYKO2BLOCK<sup>®</sup>, BYKONITE<sup>®</sup>, BYKOPLAST<sup>®</sup>, BYKUMEN<sup>®</sup>, CARBOBYK<sup>®</sup>, CERACOL<sup>®</sup>, CERAFAK<sup>®</sup>, CERAFLOUR<sup>®</sup>, CERAMAT<sup>®</sup>, CERATIX<sup>®</sup>, CLAYTONE<sup>®</sup>, CLOISITE<sup>®</sup>, DISPERBYK<sup>®</sup>, DISPERPLAST<sup>®</sup>, FULACOLOR<sup>®</sup>, FULCAT<sup>®</sup>, GARAMITE<sup>®</sup>, GELWHITE<sup>®</sup>, HORDAMER<sup>®</sup>, LACTIMON<sup>®</sup>, LAPONITE<sup>®</sup>, MINERPOL<sup>®</sup>, NANOBYK<sup>®</sup>, OPTIBENT<sup>®</sup>, OPTIFLO<sup>®</sup>, OPTIGEL<sup>®</sup>, POLYAD<sup>®</sup>, PRIEX<sup>®</sup>, PURABYK<sup>®</sup>, PURE THIX<sup>®</sup>, RECYCLOBLEND<sup>®</sup>, RECYCLOBYK<sup>®</sup>, RECYCLOSSORB<sup>®</sup>, RECYCLOSTAB<sup>®</sup>, RHEOBYK<sup>®</sup>, RHEOCIN<sup>®</sup>, RHEOTIX<sup>®</sup>, SCONA<sup>®</sup>, SILBYK<sup>®</sup>, TIXOGEL<sup>®</sup> and VISCOBYK<sup>®</sup> are registered trademarks of the BYK group.

The information herein is based on our present knowledge and experience. The information merely describes the properties of our products but no guarantee of properties in the legal sense shall be implied. We recommend testing our products as to their suitability for your envisaged purpose prior to use. No warranties of any kind, either express or implied, including warranties of merchantability or fitness for a particular purpose, are made regarding any products mentioned herein and data or information set forth, or that such products, data or information may be used without infringing intellectual property rights of third parties. We reserve the right to make any changes according to technological progress or further developments.

This issue replaces all previous versions.

