

外装カバー用リン系難燃樹脂の再資源化

Recycling of Phosphorous, Non-flammable Resin for Enclosure Covers of Multifunction Office Machines

要 旨

複写機及びプリンターに使用する外装カバーには、リン系難燃剤を配合した樹脂材料が用いられている。また、環境ラベル等で、再資源化した材料の使用割合を高める事が求められている [1]、[2]。リン系難燃剤は、樹脂の劣化を促進しやすいため、これまで材料リサイクルがほとんど進んでいなかった。

循環型社会の構築に貢献する事を狙い、回収樹脂を再資源化する過程で樹脂が特性劣化する事を防止するために、ポリマーの劣化を抑制する材料処方について検討した。その結果、バージン樹脂とは組成が異なる回収樹脂を用いても、バージン樹脂同等以上の物性と成形加工性を得る事ができる要素材料技術を確立した。

Abstract

To fireproof the enclosure covers of multifunction office machines and printers, resins composed of flame-retardant phosphorous compounds are used. At the same time, there is a demand for environmentally-friendly products, as certified by third-party organizations, which requires an increase in the ratio of recycled materials in the products [1], [2]. However, material recycling of resins containing phosphorous flame-retardants has barely progressed, because phosphate causes the degradation of the polymer.

In order to contribute to the development of a recycling-based society by using recovered enclosure covers as a resource, methods for preventing the deterioration of polymer characteristics in the recycling process must be developed. A technique for suppressing polymer degradation was investigated. As a result, a recycling technology was accomplished that improves both the molding and material properties of the recycled resin to the level of virgin resin.

執筆者

前山 龍一郎 (Ryuichiro Maeyama)*
山中 麻記子 (Makiko Yamanaka)*
井上 沙耶香 (Sayaka Inoue)*
今田 亮 (Akira Imada)*
古屋 俊江 (Toshie Furuya)**
安野 道昭 (Michiaki Yasuno)*

* 技術開発本部 DfE グループ
(Design for Environment Group, Technology Development Group)

** 技術開発本部 基盤技術開発部
(Key Technologies Development, Technology Development Group)

1. 緒言

複写機及びプリンターの外装カバー用の樹脂材料は、材料安全面からハロゲン系難燃剤の使用が制限される下で、高度な難燃性能と機械的特性を持ち、かつ、再資源化可能な材料で構成されている事が求められている。

これらの要求に対応するため、ハロゲン系難燃剤を配合した ABS 樹脂に替わってリン系難燃剤を配合したポリカーボネート（以下 PC と略す）系ポリマーアロイを 2001 年頃より商品導入してきた。現在、これら PC アロイ樹脂を使用した商品を市場から回収する時期を迎えつつあるが、これら樹脂材料を資源として再利用するために、適応可能な技術は業界においても確立されていない。

本稿では、PC アロイ樹脂と添加剤を組み合わせ、市場から回収した樹脂を効果的に再資源化する事を可能とする再生樹脂材料技術について述べる。

2. 外装カバー用樹脂材料への要求と環境対応技術への取り組み

複写機及びプリンターの外装カバーは、製品の意匠性を高めるとともに、防火エンクロージャーとして、また、機械的エンクロージャーとして、製品全体の商品安全性を確保するために重要な役割を担っている。これらの機能を発揮するために、PC 樹脂の難燃性や耐衝撃性とスチレン系樹脂の良好な成形性の特徴を生かしたアロイ樹脂を採用する事により、重さが 1kg を超える大型の外装カバー部品を射出成形加工する事が可能となっている。

一方、大型の部品に使用する材料であるために、石油資源の消費や使用後の廃棄材料による環境に与える負荷の割合も大きい。ゼログラフィを用いた画像形成装置の利便性が飛躍的に向上し、ネットワークの情報端末としてその利用が拡大している中で、これらの電子機器類の外装カバーに使用する材料について、環境商品安全面できめ細かい要求事項が、法的に或いはエコラベル認証機関等の第 3 者機関により整備されてきている（表 1）。これらの要求に確実に対応するとともに、さらに高いレベルでの環境性能を実現してゆく事が必要となっている。

表 1. 外装カバー材料に関する環境商品安全要求（例）
Product requirement for enclosure covers on environmental safety

	商品安全	材料安全	環境保全(省資源等)
各国の法的要求		特定重金属や特定臭素系難燃剤等の物質の使用禁止 (EU RoHS)	臭素系難燃剤含有プラスチックの廃棄時の分別要求 (WEEE)
エコラベル要求		ハロゲン系のポリマーや添加剤の使用禁止または制限 発がん性・変位原性・生殖毒性に分類される物質の使用禁止	再生プラスチック原料の使用が許されている事 (5%以上使用する事を推奨)
国際標準等の要求	UL94 V-0の難燃性を有する事 (18Kg以上の機器の場合) IEC60950衝撃試験に合格する事 (製品への要求)		

富士ゼロックスでは、業界に先駆けて新品と同等の品質をもつ再生 ABS 樹脂素材を開発し商品導入してきた。また、2003 年のブルーエンジェルの認証基準改定により、外装カバーにハロゲン系難燃剤の使用が禁止されたのに先駆けて、リン系難燃剤を配合した PC アロイ系樹脂の採用を行ってきている [3]。

これらのリン系 PC アロイ樹脂は、樹脂加工工程での熱履歴や製品として使用される間の加水分解により特性が劣化しやすく、再資源化する事が困難となっていた。また、近年 PC 樹脂やリン系難燃剤の供給が世界的に逼迫した事や物性改良要求に対応するため、PC アロイ樹脂の組成も数年毎に改良されてきており、回収樹脂とは異なる組成をもつ樹脂が、現在は多用されるようになってきた事も回収資源の再利用を困難とする要因となっている。

このように異なる組成を持つ回収資源を活用して、現在使用されているバージン材料と同等の物性をもつ PC アロイ系再生樹脂を獲得してゆくには、多くの技術的障壁があり、これまで実用化されていない。現在、外装カバー用 PC アロイ樹脂の年間総需要量は、年間 10 万トンを超える量になると推定されるため、これらを有効に再資源化する事は、エコラベル等の再生樹脂使用要求に対応するとともに、循環型社会の構築にむけ機器メーカーとして取り組むべき重要課題と考えられる。

3. 樹脂材料の再資源化技術と技術課題

プラスチックの材料リサイクルについて、多くの方法が実用化されており、富士ゼロックスにおいても以下の方法で回収樹脂を再資源化し、廃棄 0 を達成してきている。

- (1) マテリアルリサイクル（再生利用）
- (2) ケミカルリサイクル（モノマー・原料化、高炉還元剤、コークス炉原料化、ガス化、油化など）

(3) サーマルリサイクル (セメントキルン、ごみ発電、RDF, RPF など)

近年、エコラベル等により、マテリアルリサイクルした部材の使用割合を高める事が求められている。また、グローバルな製品回収システムを構築し、回収樹脂の再資源化を達成している富士ゼロックスにとって、マテリアルリサイクルを活用した部品の使用比率を増やしてゆく事が今後の課題となっている。

一方、市場から回収された樹脂は、機械的強度や難燃性が低下していたり、変色していたり、射出成形時の流動性が変化している場合があり、マテリアルリサイクルを拡大するためには、これら諸特性をバージン樹脂と同じレベルに回復させる樹脂の材料技術が必要となる。

PC とスチレン系樹脂とのアロイ化の検討は、歴史的に古く、1963 年には特許出願されている[4]。また、このアロイを難燃化するために添加する非ハロゲン系難燃剤としては、縮合タイプのリン酸エステルが多く用いられている事が知られている[5]。このスチレン樹脂やリン酸エステル中に触媒等が残存すると、成型時にリン酸エステルだけでなく PC 樹脂を分解してしまう場合がある事が知られており[6]、熱履歴にたいして敏感なため、再資源化が困難な材料となっている事が多い。同一組成の樹脂に回収樹脂を 10% 程度混合した再生樹脂等が、実用化されているが、適応可能な組成は限定されていた。

現在使用されているバージン材料とは、異なる組成を持つ回収資源を活用して、バージン材と同等の物性と成形加工性をもつ PC アロイ系再生樹脂を獲得するためには、熱履歴に対して安定な材料系を選定しつつ、難燃性能や強度物性の低下と成型性や色調の変化を回復する要素材料技術が必要であり、これら技術課題を解決する事を狙いとして再生樹脂の材料設計を行った。

4. リン系難燃剤配合 PC アロイ系再生樹脂の材料設計

4-1 回収樹脂の再資源化に適したベース材料組成の選択

表 2 に、今回使用したバージン樹脂、回収樹脂、およびそれらを混合したリサイクル樹脂の種類および略称を示す。

今回の検討対象とした市場回収樹脂 D およびそれと混合する材料の検討対象に選定した 3 種

表 2. 使用した樹脂の略称
Abbreviation for the resin used

バージン樹脂	回収樹脂	リサイクル樹脂
A	-	A+RD(10)*
		A+RD(20)*
B	-	B+RD(10)*
		B+RD(20)*
C	-	C+RD(20)*
D	RD	-

* (10)...リサイクル樹脂における回収樹脂RDの比率が10%
(20)...リサイクル樹脂における回収樹脂RDの比率が20%

のバージン樹脂 A、B、C のシャルピー衝撃試験片 (JIS K 7111) を用いてシャルピー衝撃試験を行った結果を図 1 に示すが、回収樹脂 D はバージン樹脂 D の 3/4 程度にまで低下している。また、3 種のバージン樹脂 A、B、C に回収樹脂 D を各々配合したリサイクル樹脂の衝撃強度を図 2 に示すが、対応するバージン樹脂とほぼ同等の強度を維持しているものから、約 1/3 程度

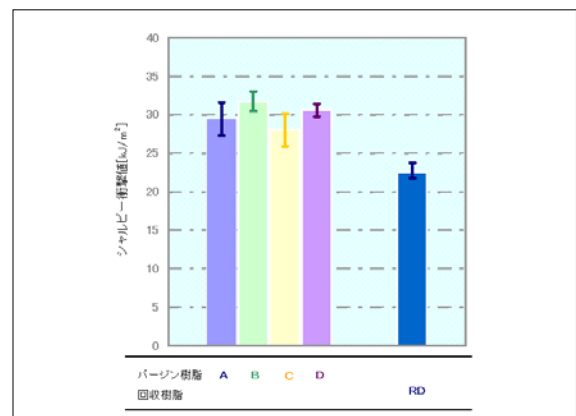


図 1. バージン樹脂 A、B、C、D および回収樹脂 RD のシャルピー衝撃強度
Charpy impact strength of virgin resin A, B, C, D and recovered resin RD

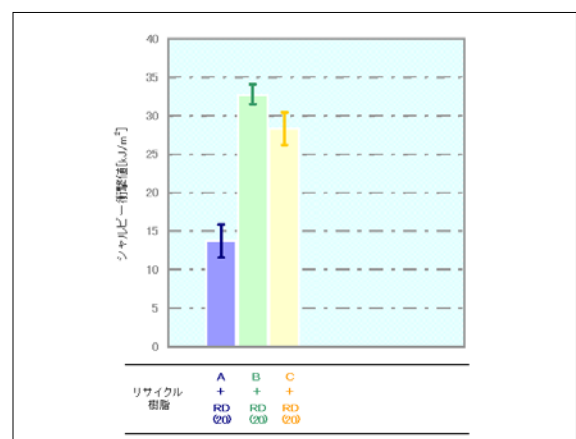


図 2. リサイクル樹脂 A+RD (20)、B+RD (20)、C+RD (20) のシャルピー衝撃強度
Charpy impact strength of recycled resin A+RD (20), B+RD (20), and C+RD (20)

にまで大きく低下しているものまであり、回収樹脂を再資源化する上でバージン材料の選定が非常に重要な事がわかる。

再生樹脂に使用する母材として選択に至ったバージン樹脂は、それに回収樹脂を配合した場合においても衝撃強度を維持し、衝撃エネルギー吸収状態が良い材料であると考えられる。樹脂の耐衝撃メカニズムの一つとして、樹脂内部のボイドの発生が知られている[7]。樹脂が衝撃エネルギーを受けるとき、樹脂内部ではその内部構造の海・島界面や島内部でボイドが生じ、そのエネルギーを吸収していると考えられている。そこで、樹脂内部のボイド発生状態に着目し、樹脂内部構造を観察した。

サンプルにはシャルピー衝撃強さ試験に用いる試験片 (JIS K 7111) を用い、試験時のハンマー振り下ろし角度を調節することにより、試験片が破断せずクレーズが生じる程度の衝撃エネルギーを与えた。試験片にはタイプ A ノッチ (半径 $0.25 \pm 0.05\text{mm}$ 、ノッチ部の幅 $8.0 \pm 0.2\text{mm}$) が切削加工してあり、反ノッチ側に打撃が加わることでノッチ部に応力が集中しクレーズが生じる。そのクレーズが生じたノッチ近傍から観察サンプルを採取し、光学顕微鏡と透過型電子顕微鏡 (以下、TEM と略す) を用いて観察を行った。

写真 1 と写真 2 に、バージン樹脂 A とバージン樹脂 B の観察画像を、写真 3 と写真 4 にバージン樹脂 A とバージン樹脂 B 各々に回収樹脂 D を 10% 配合した材料 (以下、リサイクル樹脂 A、リサイクル樹脂 B とする) の観察画像を示す。

光学顕微鏡では 150 倍の倍率で観察を行い、観察画像から目視で確認できたクレーズの生じている範囲を写真左のようにマーキングした。また、クレーズ部の倍率 300 倍の TEM 観察画像を写真中央に示す。この画像で、点々と白く抜けた部分にボイドが生じている。ボイドの発生が著しい a 部とボイド発生末端付近の b 部の一部を TEM 観察により倍率 30,000 倍で拡大した画像を写真右 (上段 : a、下段 : b) に示す。

写真右の画像において、白く穴が開いたように見える部分がボイドである。樹脂に衝撃エネルギーが加わることで樹脂内部に生じるボイドの観察を可能とすることができた。ノッチ部分に近い a 部ではボイドの発生が著しく、ノッチ部分から離れるに従って b 部のようにボイドの発生頻度は低くその規模も小さくなって

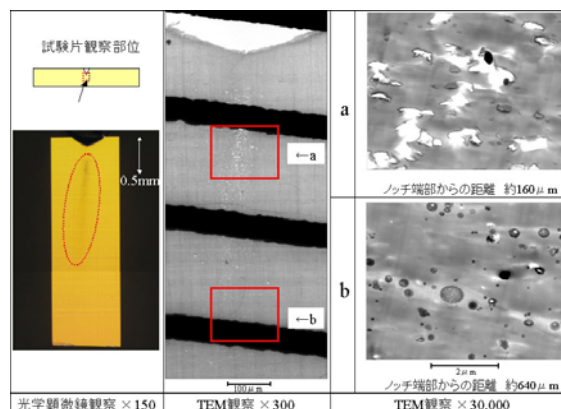


写真 1 バージン樹脂 A シャルピー衝撃強さ: 28kJ/m^2
Virgin resin A Charpy impact strength: 28kJ/m^2

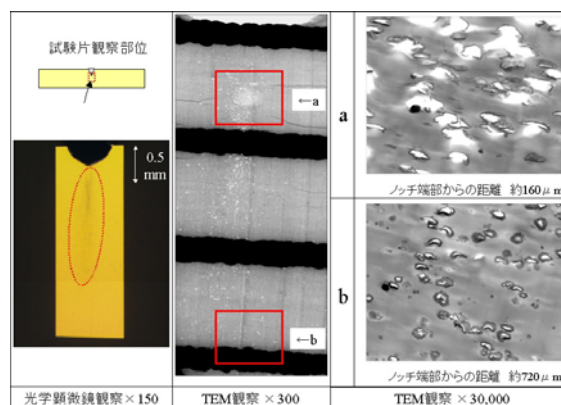


写真 2 バージン樹脂 B シャルピー衝撃強さ: 32kJ/m^2
Virgin resin B Charpy impact strength: 32kJ/m^2

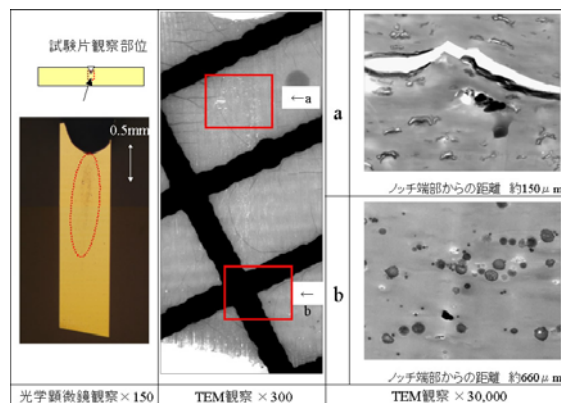


写真 3 リサイクル樹脂 A+RD (10) シャルピー衝撃強さ: 13kJ/m^2
Recycled resin A+RD (10) Charpy impact strength: 13kJ/m^2

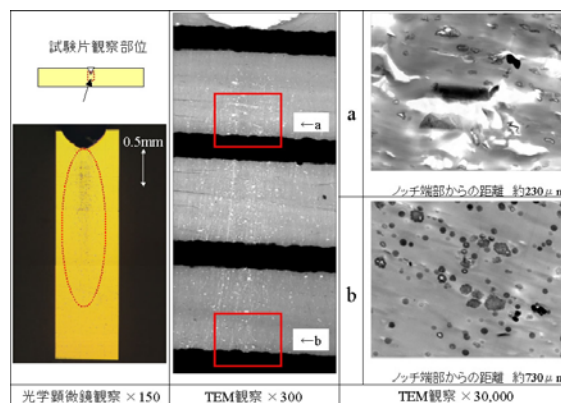


写真 4 リサイクル樹脂 B+RD (10) シャルピー衝撃強さ: 35kJ/m^2
Recycled resin B+RD (10) Charpy impact strength: 35kJ/m^2

おり、衝撃エネルギー伝播の様子が伺える。また、ボイドは無機粒子の界面とゴム粒子内部に生じていることがわかった。特に写真2のbの画像にあるように、写真中央の画像では確認できないような小さなボイドも、ゴム粒子内部に生じていることが確認できた。

写真1のバージン樹脂Aと写真2のバージン樹脂Bにおいて、写真左のマーキング部分と写真中央に見られるボイド発生領域を比較すると、バージン樹脂Bの方がボイドの発生領域が広く、衝撃エネルギーがより分散され吸収されていると考えられる。同様に、写真3のリサイクル樹脂Aと写真4のリサイクル樹脂Bのボイド発生領域を比較するとリサイクル樹脂Bの方がボイドの発生領域が広く、衝撃エネルギーが分散されていると考えられる。

以上の観察結果からバージン樹脂Bと、回収樹脂添加による衝撃強度低下のないバージン樹脂Bを用いたリサイクル樹脂Bでは衝撃エネルギーの分散状態が良いと考えられる。この結果より、安定して高いシャルピー衝撃強度値を示す樹脂Bと樹脂D（回収樹脂）の組み合わせが適切と考え、以降この材料に関して物性値の改良を行った。

4-2 難燃性能と強度物性の確保

外装カバー材の要求項目として、Underwriters Laboratories Inc. (以下 UL と略す) 94 試験 5VB 合格が挙げられる。表3に UL94 燃焼試験 (5V 試験のほか、V、HB も記載) の内容を示す。

表3. UL94 の試験規格
The test Standard for UL94

	94-5V ^(注1)	94V-0	94V-1	94V-2	94HB
火炎消火時間	グローも含み60秒	平均5秒 最大10秒	平均25秒 最大30秒	平均25秒 最大30秒	消火しなくてもよい ^(注2) 燃焼速度76mm/分以下
グロー消火時間	同上	30秒	60秒	60秒	-
消火時間合計	-	50秒	250秒	250秒	-
火炎の滴下	不可	30cm 下方のガーゼに着火せず	同時着火	同時着火	-
着火時間	5秒	10秒	10秒	30秒	30秒
着火回数	5秒間隔5回	2回(第1着火消火直ちに第2着火)	1回	1回	1回
試験片の方向	タテ	タテ	タテ	ヨコ	ヨコ
試験片・前処理時間	常態および 121℃60日	常態および70℃7日間	常態	常態	常態
火炎長さ	127mm	19mm	19mm	25.4mm	25.4mm

注1: 94-5Vにはこの他152×152mmの試験片によるB法がある。
注2: 厚さ3.2mm以上の材料については燃焼速度38mm/分

出展
書籍 章「製品開発に役立つプラスチック材料入門」、日刊工業新聞社、2005、p.177～178

リサイクル材に使用するバージン樹脂 B (PC/ABS) 100%、および回収樹脂 RD (PC/HIPS) 100%を成形した試験片の燃焼試験結果を図3に示す。

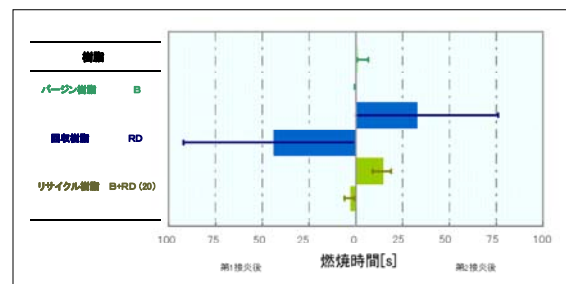


図3. バージン樹脂B、回収樹脂RD、およびリサイクル樹脂B+RD (20)の燃焼試験結果
Flaming time of virgin resin B, recovered resin RD, and recycled resin B+RD (20)

回収樹脂 RD の難燃性能が低下している場合がある事がわかる。これは、回収樹脂 RD に処方されている帯電防止剤の影響によるものが大きいものと推測される。また、回収樹脂 RD を少量添加することで (図3中のリサイクル樹脂B+RD(20))、バージン樹脂 B の難燃性が低下する場合がある事が明らかとなり、回収樹脂 RD の大幅な難燃性向上が必要であることがわかった。

そこで、回収樹脂 RD に難燃剤を添加し、樹脂の燃焼性改善を試みた。無機系難燃剤や反応性タイプなどの難燃剤を検討した結果、少量で効果が高かったリン系難燃剤を選択して実験を行った。図4に、添加するリン系難燃剤量を変化させた材料より作製した成形試験片を用いて行った燃焼試験の、着火後消炎するまでの時間を示す。

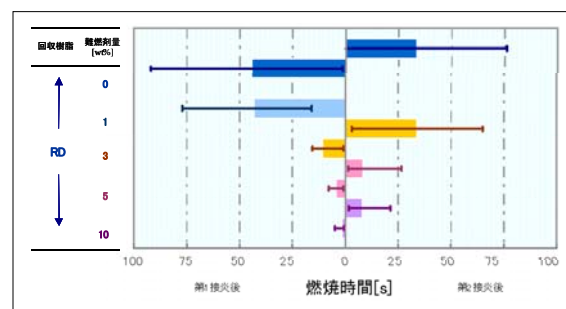


図4. 難燃剤を0～10(wt%)配合した回収樹脂RDの燃焼試験結果
Flaming time of recovered resin RD, adding amount of flame-retardant into the resin by 0～10 (wt%)

難燃剤の増量に伴い消炎時間は減少し、リサイクル樹脂の難燃性が向上した。一方、同じ材料を用いて作製した試験片のシャルピー衝撃強度を測定したところ (図5)、難燃剤の増加に伴い衝撃強度が低下し、単に難燃剤をリサイクル樹脂に配合するのみでは、複写機のカバー部材として適切な特性が得られないことがわかった。

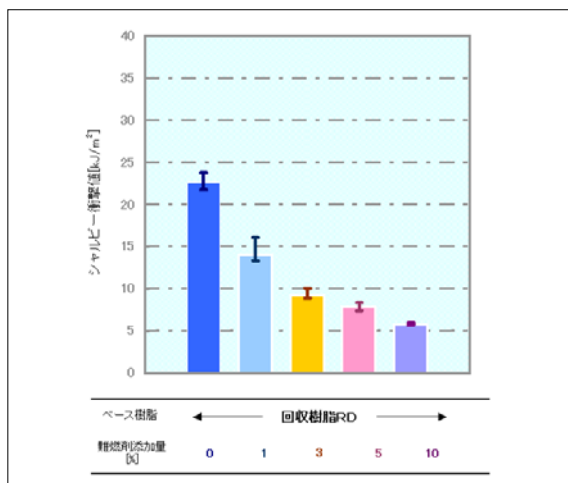


図 5. 難燃剤を 0~10(wt%) 配合した回収樹脂 RD のシャルピー衝撃試験結果
Charpy impact strength of recovered resin RD by adding flame-retardant by 0~10(wt%)

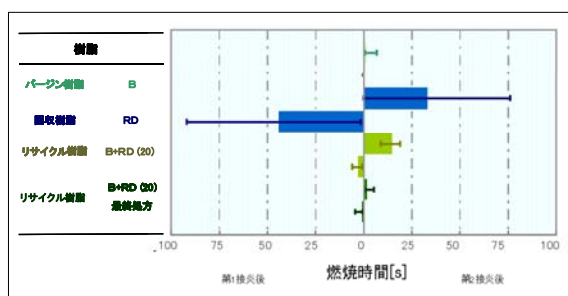


図 6. バージン樹脂 B、回収樹脂 RD、リサイクル樹脂 B+RD (20)、およびリサイクル樹脂 B+RD (20) 最終処方品の燃焼試験結果
Flaming time of virgin resin B, recovered resin RD, recycled resin B+RD (20), and finally prescribed recycled resin B+RD (20) adding flame-retardant and plastic modifier

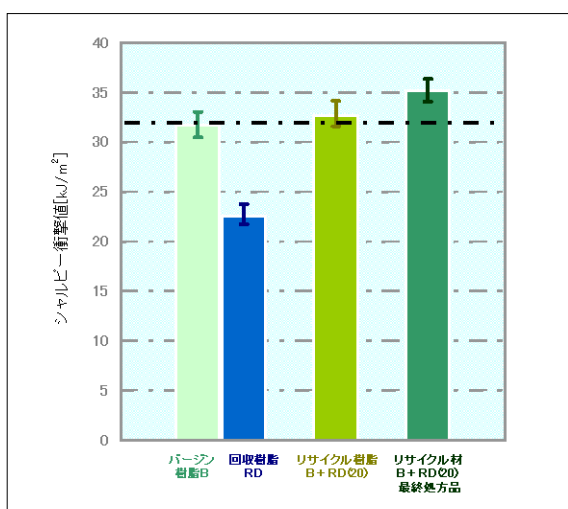


図 7. バージン樹脂 B、回収樹脂 RD、リサイクル樹脂 B+RD (20)、およびリサイクル樹脂 B+RD (20) 最終処方品のシャルピー衝撃強度
Charpy impact strength of virgin resin B, recovered resin RD, recycled resin B+RD (20), and finally prescribed recycled resin B+RD (20) adding flame-retardant and plastic modifier

このような場合に衝撃強度物性を改良するために最もよく知られた方法は、エラストマーのようなゴム成分をマトリクス樹脂に分散させることである。難燃性の観点から、検討対象としては構造的に高温で安定性を保てるような物質を選択した。一方で、リサイクル樹脂の衝撃強度に対して、混合するバージン樹脂 B の寄与が大きいことが事前の実験 (4-1 項参照) より確認されている。リサイクル樹脂の衝撃強度と難燃性の確保が最終的な技術目標であることから、回収樹脂 RD の特性強化に特化するのではなく、リサイクル樹脂に配合される全ての成分 (回収樹脂 RD、バージン樹脂 B、および難燃剤・衝撃改質剤) をブレンドした、より完成系に近い条件で配合比率の検討を行った。

バージン樹脂 B、回収樹脂 RD、それらを混合したリサイクル材 B+RD(20)、および添加剤検討後の最終処方を施したリサイクル材 B+RD(20)の燃焼試験結果およびシャルピー衝撃強度を図 6、7 に示す。

これら 2 試験の特性値が、バージン樹脂 B 同等レベルであることがわかった。これより、外装カバー材として必要な、難燃性と耐衝撃性を同時に確保する樹脂および添加剤組成の検討により、リサイクル材の最終処方として確立することができた。

4-3 色調の変化への対応

通常、樹脂メーカーは独自のカラーマッチング技術を確認しており、その内容は一般的に開示されていない。図 8 は今回調色検討を行ったサンプルの外装カバー用樹脂の色差値 (CIE L*a*b*表色系) である。サンプルには射出成形したカラープレートを用い、分光測色計にて測定を行った。ここで、レファレンスには、弊社複写機外装カバーの色見本 (Quartz White) を用いた。

図 8 a) にバージン樹脂 B の色差値を示す。図の中心にある円状のグラフにある $\Delta a^* \times \Delta b^*$ は、測定系の色相と彩度を示す色度の差を、右端にある ΔL^* はサンプルの明度差、そして ΔE は色差を表す。樹脂 B は、 $\Delta a^* \times \Delta b^*$ 、 ΔL^* 、および $\Delta E < 0.5$ である。一方、図 8 b) に示すのは回収樹脂 RD の色差値だが、 Δb^* 値が高く、黄色味を帯びスベックアウトしていることがわかる。長期間使用されている複写機等は、その外装樹脂が経時変化し、徐々に黄色味を帯びてくる。

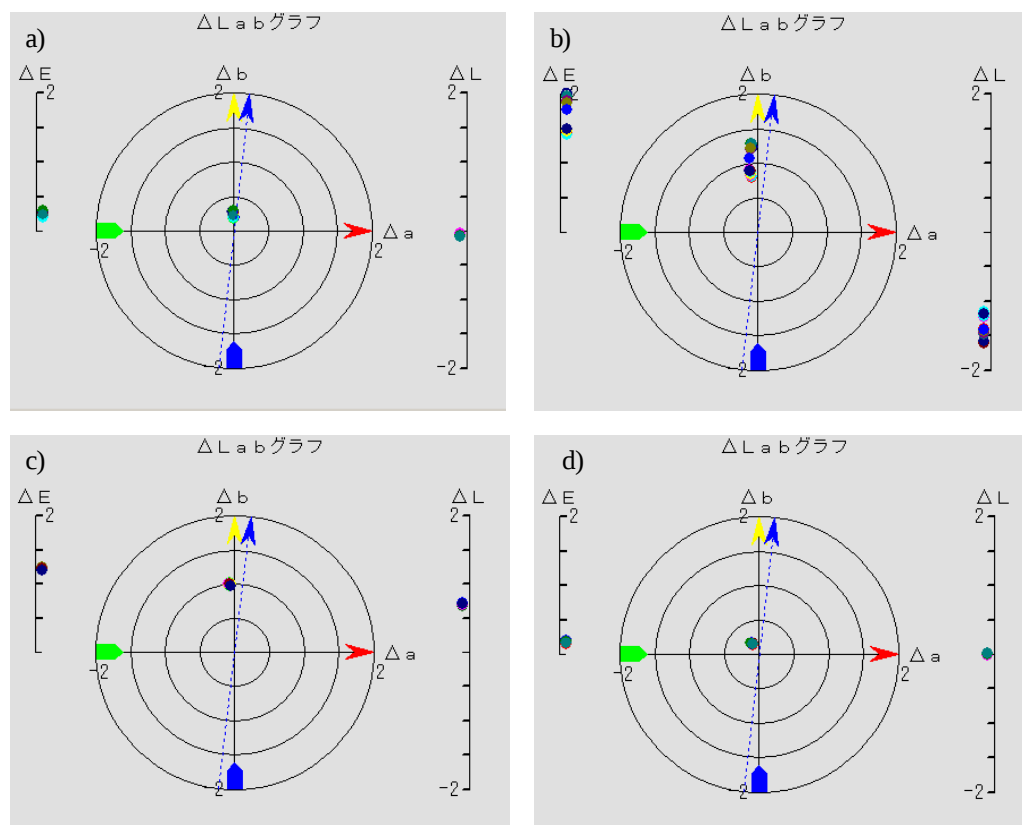


図8 a) バージン樹脂 B、b) 回収樹脂 RD、c) リサイクル樹脂 B+RD (20)、
d)リサイクル樹脂 B+RD (20、調色検討済み)の色差
Color difference of a) virgin resin B, b) recovered resin RD, c) recycled
resin B+RD (20), d) recycled resin B+RD (20, colored)

これは空気中への暴露に伴うポリマーの光劣化・酸化劣化に起因する不飽和結合発色団の増加が原因である。これらは熱酸化劣化の過程で成分が分解することで生成するペルオキシラジカルを捕捉し安定化を促すフェノール系酸化防止剤の変色も要因の一つ[8]である事が知られている。

次に、バージン樹脂 B と回収樹脂 RD を混合し 4・2 項で検討した添加剤を加え、押し出しペレット化したリサイクル材 B+RD(20)後成形したサンプルの色差を図 8 c) に示す。回収樹脂が RD20%と少ないにも関わらず、回収材同様黄色味が強い。また、 ΔL^* 値が増大しているため、添加剤により、リサイクル樹脂の色調が変化していることが推測できる。

これらの変色に対応した、再生樹脂についての調色工程の技術獲得が必要となる。黄色味を補正するには、青系顔料が適切な事が知られており、補正用顔料として、耐熱温度が低い有機顔料ではなく青を呈した黒色顔料を選択した。結果を図 8 d) に示すが、 $\Delta a \times \Delta b$ 、 ΔL 、および ΔE において <0.5 となり、色差限度内に入る配合を得た。

4-4 成型性の確認

回収樹脂を再利用するとき、回収材の再利用開始時から定常生産までの移行期間では、(1) バージン材単独、(2) バージン材／回収材併用、の 2 ケースでの並列生産となり、同一金型での成型となる。そのため、(1)、(2) のどちらの材料を使用した場合においても寸法変化が変わらないことが求められた。

収縮率にあわせて、都度金型を作ることは設備投資が大きくなり、現実的ではない。そのため、バージン材を選定するにあたっては、回収材の成型収縮率と同等になる材料を選択した。表 4 に回収材、バージン樹脂 (B) のそれぞれ

表 4. 成形収縮率
Mold shrinkage

材料	成形収縮率(%)	
	MD	TD
バージン樹脂 B:100	0.59	0.57
回収樹脂 RD:100	0.55	0.57
バージン樹脂 B に対し		
回収樹脂5%使用	0.52	0.55
回収樹脂10%使用	0.57	0.59
回収樹脂15%使用	0.56	0.59
回収樹脂20%使用	0.55	0.64

試験条件:

試験片: 150 × 150 × 3mm

金型寸法 MD:150.16mm

TD:150.04mm

値は3回繰り返し時の平均値

の成型収縮率と、(B) に対し回収材を 5～20% 迄添加した際の成型収縮率を示す。

回収材を 5～20% まで変更して添加しても、成型収縮率はバージン樹脂 (B) とほぼ同等の値であった。そのためこのバージン樹脂 (B) をバージン材として使用することとした。

5. まとめ

リン系難燃剤入り回収樹脂を効率よく再資源化するために、難燃性能や強度物性の低下、及び、成型性や色調の変化に対応する要素材料技術を獲得した。

今後は、これら要素技術を応用し、再生樹脂使用部品の量産化を目指して、樹脂再資源化工程の構築を進めていきたい。

6. 参考文献

- [1] エコマーク商品類型 No.117 「複写機 Version 2.2」 認定基準書
- [2] No.122 「プリンタ Version 2.0」 認定基準書 B.電子写真方式 エコラベル授与基準書 プリント機能付の事務機器 RAL-UZ 122 (Blue Angel) Vergabegrundlage für Umweltzeichen Bürogeräte mit Druckfunktion RAL-UZ 122
- [3] 舊橋 章, 製品開発に役立つプラスチック材料入門, 日刊工業新聞社, 2005, p.177～178
- [4] 阪野 元, 高橋 和則, 青木 寛充, 藤原隆祥, 成形加工 第8巻 第9号, 1996, p.599
- [5] 大勝 靖一. 高分子機能化剤の基礎と応用. 技術教育出版社. 2000. 86-96p
- [6] 福岡 直彦ら, 特開 2002-53865
- [7] 井上 隆, 市原 祥次, ポリマーアロイ, 共立出版. 1988, 107p
- [8] 大武 義人. ゴム、プラスチック材料のトラブルと対策 -劣化と材料選択-. 東京. 日刊工業新聞社. 2005. 260-266p

筆者紹介

前山 龍一郎
技術開発本部 DfE グループ
専門 有機合成化学

山中 麻記子
技術開発本部 DfE グループ
専門 機械工学

井上 沙耶香
技術開発本部 DfE グループ
専門 電気化学

今田 亮
技術開発本部 DfE グループ
専門 化学工学

古屋 俊江
技術開発本部 基盤技術開発部 KT-3
専門 電子顕微鏡による形態観察、汎用的な一般分析

安野 道昭
技術開発本部 DfE グループ
専門 ゼログラフイー機器の要素部品材料開発