

バイオ可塑剤 TBIO+ (ティビオプラス)

田岡化学工業株式会社 研究所

松島歩海
森愛美香
葛山圭悟
西墻朝香



はじめに

地球温暖化の進行と海洋プラスチックごみに代表される環境汚染の深刻化を背景に、国連気候変動枠組条約締約国会議（COP）をはじめとする国際交渉の場では、温室効果ガス削減と並行してプラスチック汚染対策および循環型経済への移行が重要課題として位置づけられている。特に、プラスチックのライフサイクル全体を対象とする国際的な包括的枠組みの構築が進められ、化石資源依存からの脱却と再生可能資源の活用が求められている。こうした潮流の中で、日本では2019年5月に「プラスチック資源循環戦略」が策定された¹⁾。この戦略では、「3R+Renewable」を基本理念として、ワンウェイプラスチック排出量の削減、リユース・リサイクル率の向上、使用済みプラスチックの100%有効利用、さらにバイオマスプラスチック利用促進などが目標として掲げられ、代替素材としてのバイオプラスチックの導入拡大が明確に位置づけられた。また、本戦略の実行力を高めるための具体的な法制度として、2022年4月に「プラスチック資源循環促進法（プラスチック資源循環法）」が施行された²⁾。同法は、プラスチック製品の設計段階から使用、排出、回収・リサイクルに至るライフサイクル全体を対象に、設計指針の策定、特定プラスチック使用製品の使用の合理化、自治体による分別回収の拡充、事業者による自主回収・リサイクル計画の認定制度等が制度

化された。なお、バイオプラスチック導入促進に関しては、2021年に作成された「バイオプラスチック導入ロードマップ」において、「2030年までにバイオプラスチックを最大限（約200万トン）導入する」という世界トップレベルの野心的なマイルストーンが示されている³⁾。

Fig. 1で示されるように、バイオプラスチックとは生分解性プラスチックおよび／またはバイオマスプラスチックの総称であり、生分解性という機能とバイオマスという原料物質の異なるふたつの視点から分類されるものである。バイオプラスチックとしてこれまで注目されてきたのはバイオプラスチック材料そのものであり、それに配合される添加剤の研究は十分に進められていなかった。プラスチックには、酸化防止剤、紫外線吸収剤、帯電防止剤、滑剤、難燃剤、可塑剤、核剤、透明化剤、架橋剤、充填剤、顔料、着色剤などさまざまな添加剤が配合されている。したがって、本質的なプラスチック資源循環のためには、配合される添加剤にも、生分解性またはバイオマス由来性、あるいはその両方を備えることが重要であると考えられる。

当社は、1949年から今日までの長年にわたり塩ビ用可塑剤を中心とした非フタル酸系可塑剤のリーディングカンパニーとして、食品包装フィルム向けなどの多様な用途に対応する可塑剤を製造し、提供してきた。今回、当社は、これまで培ってきた知見を生かし

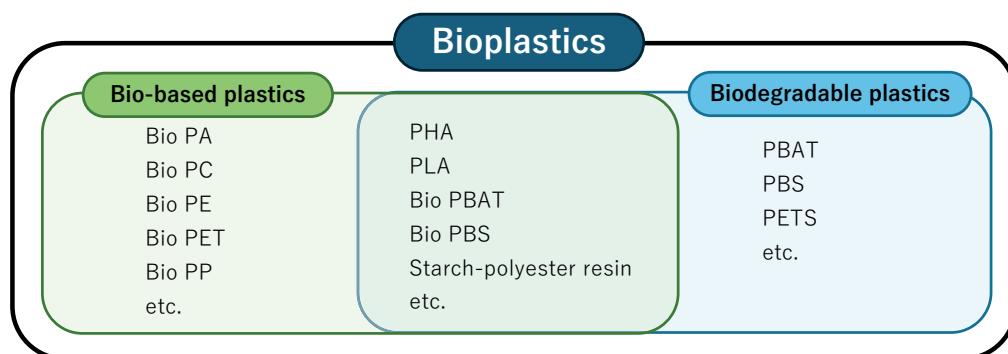


Fig. 1 Definition of bioplastic

てバイオプラスチック用添加剤の研究を進め、代表的な生分解性プラスチックであるポリ乳酸（PLA）などに適性を有するバイオ可塑剤 TBIO+（ティビオプラス）を開発した。TBIO+のラインアップには、BPCシリーズ、および既存の生分解性可塑剤であるATBC（アセチルクエン酸トリブチル）にバイオマス原料を適用したBio-ATBCが含まれる。

商標登録TBIO+の命名は、10以上の候補名の中から田岡化学の目指すところを表すものとして厳選した。TBIO+のTは、田岡化学とTerra（地球）を意味し、当社と地球環境、自然との調和を示唆し、BIOは生分解性およびバイオマス由来原料という意味を有する。最後に+（プラス）はPlasticizerのPlasと添加（プラス）するという意味を持たせた。

TBIO+（ティビオプラス） BPCシリーズ

1. ポリ乳酸（PLA）への適用

代表的な生分解性プラスチックであるPLA向けの可塑剤として、性能のバランスとともに生分解性と高バイオマス度を兼ね備えた可塑剤はあまり知られていなかった。当社は、これまで培ったエステル化技術を活用し、耐ブリード性などの特性に優れたPLA向けバイオ可塑剤TBIO+のBPCシリーズを開発した。

BPCシリーズは、PLAなどの生分解性プラスチックに適合する非フタル酸系の複合エステル型可塑剤であり、その基本化学構造は、（ポリ）アルキレングリコール／脂肪族ジカルボン酸／（ポリ）アルキレングリコールモノアルキルエーテル／アルコールなどの

エステル化合物である。これらは、PLAをはじめとする生分解性プラスチックとの高い相溶性を有し、少量の配合で優れた可塑性と耐衝撃性を付与できる。

Table 1に代表的なBPCシリーズ（BPC-110、113、117、137）の性能を示す。BPCシリーズでは、複合エステルの原料であるジカルボン酸とグリコール類やアルコール類との組み合わせを変えることで、可塑剤としての特性をコントロールできる。例えば、末端置換基を調整することで、高温・高湿環境下での優れた耐ブリード性（BPC-113）や、体積固有抵抗率が $5.2 \times 10^7 \Omega \cdot \text{cm}$ と優れた帯電防止性能（BPC-117）を発揮させることができる。また、BPC-137はジカルボン酸の安定性向上により高い耐熱性を示す。このように、BPCシリーズは、当社のエステル化技術を用いることで容易に分子設計することができ、耐ブリード性、帯電防止性に加え、耐熱性、高バイオマス度など、望みの特性を有するグレードを合成することができる。全てのグレードにおいて86%以上の良好な生分解性を示すとともに、BPC-117およびBPC-137では、原料のジカルボン酸、グリコール類およびアルコール類に全てバイオマス原料を用いることができ、それぞれ100%に近いバイオマス度を有している。

PLAは天然物由来で比較的安価な生分解性プラスチックとして注目されているが、耐熱性と成形加工性に課題を有する。当社開発のTBIO+のBPCシリーズは、PLAに高い相溶性を示すとともにその可塑化効果により、硬くて脆い性質を有するPLAに柔軟性を付与し、成形加工性を改善することができる。BPCシリー

Table 1 Physical properties of BPC series

	BPC-110	BPC-113	BPC-117	BPC-137
	Standard type	Bleed-resistant type	High biomass content/ Antistatic type	High biomass content/ High heat resistant type
Biodegradability (%) ¹⁾	88	86	89	96
Bio-based content (%) ²⁾	49	47	93	98
APHA scale	30	30	30	30
Viscosity (mPa·s, 30 °C)	95	220	100	100
Relative density (20/20°C)	1.106	1.173	1.138	1.056
Refractive index (at 25 °C)	1.456	1.511	1.458	1.458
5% weight loss temperature (°C) ³⁾	236	226	223	256
Weight loss (% at 200 °C × 30 min)	13	16	27	5
Volume resistivity (Ω·cm)	3.2×10^8	2.3×10^8	5.2×10^7	1.0×10^9

1) JIS K6950

2) ¹⁴C analysis

3) TG-DTA (under N₂)

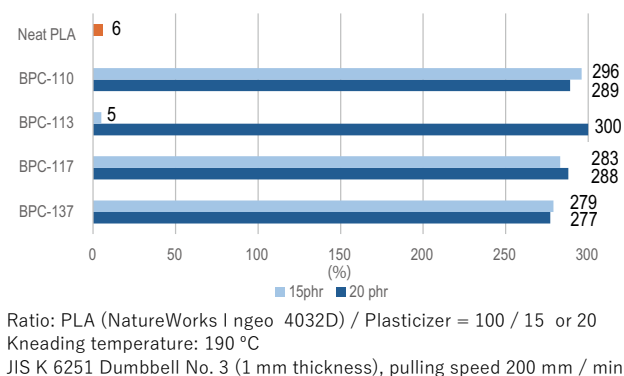


Fig. 2 Tensile elongation of PLA with BPC series

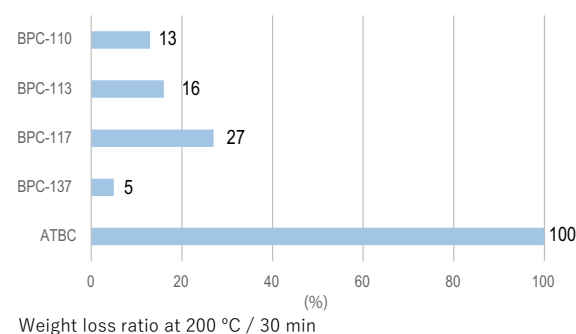


Fig. 4 Heat resistance of BPC series

ズ配合によるPLA可塑性（引張伸び）の評価結果を**Fig. 2**に示す。BPC-113を除き、PLAに対して15 phr（parts per hundred resin）の配合量で250%以上の引張伸びを確認した。BPC-113を用いた場合でも20 phrの添加で同等の引張伸びを示した。

可塑剤がプラスチックから浸出する「ブリード」は、成形時の不良発生、製品性能の低下、長期保管時の互着や外観不良などの問題を引き起こすため、耐ブリード性は重要な指標である。BPCシリーズをPLAに配合した場合の耐ブリード性（80°Cにおけるテストピースの重量減少率）の評価結果を**Fig. 3**に示す。BPC-113は20 phrの配合量でも重量減少率は0.7%であり、非常に低い重量減少率を示した。また、BPC-110およびBPC-117についても、可塑性を発現する15 phrの配合で十分な耐ブリード性を確認した。

さらに、可塑剤にとって重要な性能指標であり、プラスチックの耐久性にも影響を与える耐熱性を**Fig. 4**に示す。BPCシリーズでは汎用可塑剤であるATBCと比較して優れた耐熱性（200°Cでの重量減少率）を示す。特にBPC-137は、低揮発性により加熱混練成形時の生産安定性を向上させ、生産時の環境汚染の抑制にも寄与する点がお客さまにも高く評価されている。

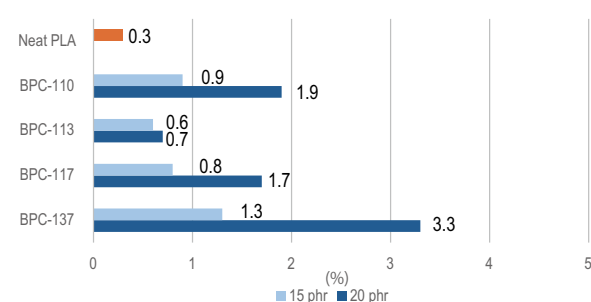


Fig. 3 Bleed resistance (Weight loss ratio at 80°C)

このように、TBIO+のBPCシリーズは複合エステルの骨格構造を変化させることで、さまざまな特性を持つ可塑剤の設計が可能である。今回はPLAへの適用例について紹介したが、セルロースアセテートなどPLA以外の生分解性プラスチックへの適用も可能であり、適用範囲が広いこともひとつの特徴である。

2. ポリ塩化ビニル（PVC）への適用

高バイオマス度の可塑剤は、生分解性プラスチックだけではなく非生分解性プラスチックへの需要も高い。非生分解性プラスチックで代表的なポリ塩化ビニル（PVC）の場合、可塑剤の使用量が多いため、バイオマス度の高い可塑剤を使用することで一般社団法人日本有機資源協会（JORA）における高い数値のバイオマスマークの認定が可能となる。このような背景から、バイオマス度が98%と高いBPC-137はPVCへの適用が望まれている。

BPC-137と汎用のPVC向け可塑剤として知られるATBC、ジオクチルアジペート（DOA）、およびジオクチルフタレート（DOP）をそれぞれPVCに適用した結果を**Table 2**に示す。配合は、PVC（重合度1,000）／ステアリン酸カルシウム／ステアリン酸亜鉛／エポキシ可塑剤／可塑剤＝100／1／0.5／3／50とした。BPC-137は、汎用可塑剤と比較して低い体積固有抵抗（ $1.0 \times 10^9 \Omega \cdot \text{cm}$ ）を示し、配合シートに高い帯電防止性能（ $2.8 \times 10^9 \Omega \cdot \text{cm}$ ）を付与するとともに、耐ブリード性も優れていることから、高バイオマス度だけではなく性能面でも優位性を有している。

バイオ可塑剤 TBIO+／Bio-ATBC

当社が長年にわたり製造販売しているATBCは、日本バイオプラスチック協会（JBPA）の生分解性ポジティブリストに登録（登録番号B30050）されてい

Table 2 Physical properties of PVC sheets with various plasticizers

Plasticizer	Volume resistivity	Bleed resistance		Tensile strength	100% modulus	Tensile elongation	Durometer A hardness
	$\Omega\text{-cm}$	Immediately after sheet forming ¹⁾	Weight loss at 100 °C / 48 hr (%)	MPa	MPa	%	
BPC-137	2.8×10^9	none	2.2	22	7	397	86
ATBC	1.9×10^{11}	none	14.6	22	8	337	86
DOA	3.4×10^{10}	none	10.5	18	7	401	83
DOP	2.8×10^{11}	none	3.5	19	10	330	84

PVC sheet: PVC (DP: 1,000) / Calcium stearate / Zinc stearate / Epoxy plasticizer / Plasticizer = 100 / 1/ 0.5 / 3 / 50 (phr)

Kneading conditions: 100 °C / 3 min then 160 °C / 17 min

Heat press conditions: 185 °C × 40 MPa, 2 to 4 min

1) none : No bleeding by visual inspection

Table 3 Properties of Bio-ATBC

	ATBC	Bio-ATBC
Biodegradability (%) ¹⁾	82	82
Bio-based content (%) ²⁾	30	89
JBPA PL Number	B30050 B60409	
Resin with good compatibility	PLA, PHBV, CN, EC, PS, VA, VB, VC, VCA, PVC	

1) OECD 301C

2) ¹⁴C analysis

る生分解性可塑剤であり、日米欧を含む多くの国では食品包装用材料として認可されている。さらにその高い安全性で、食品包装用フィルムだけでなく、玩具、文房具、塗料、インキといった幅広い用途で使用されている。今回、環境負荷のさらなる低減のため、原料をバイオマス原料に変更し、バイオマス度を約90%にまで高めたBio-ATBCを開発した（Table 3）。Bio-ATBCは、従来のATBCが有する各樹脂への優れた可塑性や相溶性、加工性等の性能を損なうことなく、バイオマス度を大きく高めることに成功している。BPCシリーズに加えて、このBio-ATBCも生分解性バイオマス可塑剤として、従来の市場における顧客ニーズに応えるだけでなく、バイオマス可塑剤を求める新たな市場への展開を考えている。

おわりに

環境問題を解決するひとつの手段として、バイオプラスチックはますます重要度が増しているが、その添加剤にも生分解性またはバイオマス由来性、あるいはその両方を備えることが重要であると考えられる。今回、当社が開発したバイオ可塑剤TBIO+（ティビオ

プラス）BPCシリーズおよびBio-ATBCは、PLAなど生分解性プラスチックに求められる可塑剤として有用である。また、これらは、PVCなどの非生分解性プラスチックへの適用も可能であり、PVC製品のバイオマス度を高めることができることから、広くお客さまのニーズに応えることができる。本技術を起点に、可塑剤に限らず、潤滑油基油などの幅広い分野に展開し、持続可能な社会の実現に少しでも貢献していきたい。

引用文献

- 1) 環境省，“「プラスチック資源循環戦略」について”，<https://plastic-circulation.env.go.jp/about/senryaku> (参照 2026/4/7).
- 2) 環境省，“プラスチックに係る資源循環の促進等に関する法律”，<https://www.env.go.jp/content/000050379.pdf> (参照 2026/4/7).
- 3) 環境省，“バイオプラスチック導入ロードマップ” <https://www.env.go.jp/recycle/plastic/bio/roadmap.html> (参照 2026/4/7).